

2013年度（平成25年度）

博士論文

モルフォロジーを援用した建物配置の
解析手法に関する研究

—建物間の隙間・寺社境内・避難所・文化財建物への適用と
防災的見地からの考察—

立命館大学大学院

理工学研究科 総合理工学専攻

松宮 かおる

序

昨今、グローバリゼーションにより、都市の個性が薄れてきているといわれている。情報技術や交通網の発達により、あらゆる境界を越えてヒト・モノ・カネ・情報の移動が活発になり、その結果として都市の「画一化」が進んでいるという。なるほど確かに、日本国内においても、どこを訪れても全国チェーンのコンビニエンスストアや郊外型の大型商業施設・ファーストフード店等があり、一見するとどの街を見ても同じように見える。しかしながら、これまで著者が日本国内・国外と様々な都市を訪ね、街を歩き、そこに住む人々と話をしてきた中で思うのは、グローバリゼーションが進む今でもなお、それぞれの地域には多様な文化が残っており、その受け皿となる都市空間もまた多様であるということである。

多様な都市空間の中においては、日々様々な事象が発生している。そのような事象を客観的に把握・記述し、空間的秩序・構造に関する法則・原理・理論を探究することを目的とする分野は、一般に地域分析と称される。地域分析の手法は様々であり、これまでも多くの手法が用意されてきているが、本研究は、都市空間を対象として、一見した限りでは分からないような各都市の特性を、形態学的もしくは幾何学的な観点から把握するとともに、その手法を開発することを目的として行ってきたものである。

しかしながら、都市空間は極めて複雑であり、幾何学で解決できる問題にも自ずと限界があるといえる。本研究では都市の特性を読み解く素材として、地図の中でも建物配置図および敷地図を用いるが、これらは都市を構成するあらゆる要素の中から、建物や敷地のみを抽出してきたものであり、対象とする固有な場所において発生する多様な事象のほとんどが抽象化され、建物や敷地の大きさや数、位置関係といった僅かな属性が残るにすぎない。その結果、現実との乖離が甚だしくなる恐れがある。

一方で、実際の都市空間も無秩序に生成されているわけではなく、幾何学的制約を受けているということも事実である。例えば、都市計画区域内では地域ごとに用途が指定されており、用途によって建蔽率の限度が定められている。その他にも、道路からの後退距離や隣地境界からの制限等、その規制は多岐にわたる。この点に着目する限りにおいても、都市空間の把握にあたり、幾何学的な手法が導入されるのはごく自然の事だといえる。建物の面積や位置、建物間の距離や隣接といった空間の計量的、あるいは位相的な属性から、説明付けられる事象も少なくはない。

本論文では、幾何学的な手法の中でも、モルフォロジーの基本演算の概念を中心として位置づけ、それによって展開される画像処理技法を用いて、建物配置を解析するいくつかの手法の提案を行う。さらに、本手法を実際の都市に適用することにより、その手法の有用性および汎用性を主張することが本論の趣旨である。したがって、目的の性格上、分析手法のネットワークが構成され、各々の手法と分析の目的が対になって議論される。各分析対象の具体的な問題意識・背景・目的・課題・既往の研究といった点については各章において詳述しているが、モルフォロジーを援用した画像処理手法は大別して2つの手法に分けられる。ひとつは、モルフォロジーにおける **closing** という操作を援用した、空地の計量手法である円掃過法であり、大都市における建物間の隙間の計量や、阪神地域および京都市の寺社境内、京都市の避難所の有効空地の計量に適用する。またいまひとつは **dilation** という操作を援用した、延焼危険性のマクロ評価指標である **DVF** (**Dilated Volume Fraction**) の計量手法であり、本手法を用いて京都市における文化財への延焼危険性の把握を試みる。

多様な都市には多様な問題が存在する。本論で議論するテーマ以外においても、本手法が、地域分析および空間把握の手法として活用され、実際の都市空間における様々な問題を解決へ導くものとなることを切に願う。

2013年12月

著者

論文構成

本論文は、序、第1章から第7章から成っており、これに APPENDIX が付け加えられている。具体的な内容については、各章の冒頭に記しているが、概略的には次のような過程にしたがって展開される。

第1章

まず、第1章では、本研究で主題となる画像処理技法の基礎であるモルフォロジーについての概要を述べる。続いて、モルフォロジーにおける操作に基づいた、2つの建物配置の解析手法を提案する。ひとつは、モルフォロジーにおける **closing** という操作を援用した、空地の計量手法の「円掃過法」であり、本手法を用いることで、空地（ここでは、建物の建っていない非建蔽地）を、建物間に挟まれた微小な空地である”隙間”と、ある規模以上のまとまりをもっており、利活用の可能性の高い”有効空地”に二分するという概念の説明がされる。またいまひとつは、モルフォロジーにおける **dilation** という操作を援用した、延焼危険性のマクロ評価指標である **DVF** (**Dilated Volume Fraction**) について説明する。この **DVF** の概念は、延焼危険性を評価する際の延焼過程モデルとして、防災まちづくり総プロの中で、延焼危険性のマクロ評価手法として提案されている **CVF** (**Covering Volume Fraction**) が基本となっているため、**CVF** についても合わせて述べる。また、本研究では建物配置データとしてポリゴンデータを用いるが、解析の際には配置図を画像データに変換する必要があるため、建物配置図とモルフォロジーの演算に用いる構造要素のデジタル処理の方法について言及する。

第2章

第2章では、第1章で説明した、モルフォロジーにおける **closing** という操作を援用した、空地の計量手法である「円掃過法」の提案を行った後に、日本を代表する大都市の東京 23 区および大阪 24 区を対象として、建物間の隙間に適用する。その結果をもとに、対象領域における隙間の分布様態を把握するとともに、建蔽率や周長率・連結成分密度といった建物密度指標の用語の定義を行った上で、それらの指標と隙間の面積の割合との相関について分析・考察する。また、一般に建物が多いほど人口密度は高くなると考えられるため、人口密度との関連の把握も合わせて行った。

第3章

第3章では、都市公園などの公共空地の代替として、その活用が期待されている民間空地の中でも、大都市における寺社境内を対象として、避難空間としての潜在的価値を、その地理的・形態的条件から評価する。また、第2章では、モルフォロジーにおける **closing** という操作を援用した空地の計量手法である「円掃過法」の提案を行い、東京23区と大阪24区を対象として隙間の計量を行ったが、第3章では、同様の手法を用いて、対象の境内敷地の一時避難場所としての活用を想定した「有効空地」の計量を行い、その結果をもとに、寺社境内の避難所としての有用性の把握を試みる。また対象の敷地内に存在する緑地空間の、都市における貢献度の把握をするために、緑被率等の観点からも評価を行った。

第4章

第3章では、モルフォロジーにおける **closing** という操作を援用した空地の計量手法である「円掃過法」の提案を行い、寺社境内敷地内の有効空地の計量を行ったが、第4章では、まず京都市における避難所の収容可能人数が不足していることを指摘し、「円掃過法」を用いて、京都市における避難所敷地内の空地の内、屋外避難に有効に使用できる「有効空地」の面積の計量を行う。これにより、避難所の屋外空間の収容人数を算出することが可能となるため、避難所の屋内空間だけでなく、屋外空間も含めた避難可能人数の算出を行う。その結果を、元学区単位で集計し、各元学区の夜間人口および昼間人口に対して、どの地域で避難所が不足しているかの把握を行う。

第5章

第2章から第4章までは、モルフォロジーにおける **closing** という操作を援用した、円掃過法を用いて、都市の隙間や寺社境内、避難所の敷地内の有効空地を計量してきたが、第5章では、モルフォロジーにおける **dilation** という操作を援用した手法を用いて、構造要素の円を卵型に置き換えて、**DVF (Dilated Volume Fraction)**を求め、京都市の文化財の延焼危険性の評価を行う。

まず、京都市内の文化財建物と周辺建物の構造別データベースを構築した後に、建蔽率や非耐火率・不燃領域率を算出し、各密度指標による延焼危険性の把握を行う。次に、地域特性としての風向・風速を考慮した延焼過程モデルである **DVF** の提案を行った上で、その結果をもとに、文化財周辺地区全体としての延焼危険地区の抽出を行う。さらに、**DVF** に基づく延焼グラフを作成し、文化財近傍の延焼危険性の評価を行う。最後に、**DVF** といったマクロな指標と、延焼グラフといったミクロな指標をあわせて、文化財の延焼に対する脆弱性を総合的に評価する。

第6章

第4章では、京都市において、指定避難所の施設容量の充足度の把握を試みたが、そこでは屋内のみの利用では、ほぼ全ての学区において著しく施設容量が不足しているものの、屋外空間も含めれば、避難所の収容人数は大幅に増加し、施設容量の不足は大方解消されるという結果が得られた。しかし、屋外空間を利用した場合でも、いくつかの元学区では依然として容量が不足している状況である。

そこで、第6章では新たな避難所設置の提案を行う。第3章において京都市内の寺社境内を避難所として活用した場合の、収容人数を算出しており、さらに第5章において、寺社をはじめとする文化財の延焼危険性の評価を行っているので、それらの結果を基に、避難所の容量が不足している元学区において、延焼危険性の低い寺社の境内を新たな避難所として設定した場合のケーススタディを行う。

第7章

第7章では、本論で展開した議論の過程を再度概略的にたどりながら、提示した主要な概念および手法の問題点・意義・今後の展望について総括する。

APPENDIX

APPENDIX は5部から構成される。

- APPENDIX I 東京23区・大阪24区の間隙率の分布
- APPENDIX II 東京23区・大阪24区の高間隙率エリア
- APPENDIX III 京都市の寺社境内の有効空地計量結果
- APPENDIX IV 京都市の避難所の有効空地計量結果
- APPENDIX V 京都市の文化財のDVF図と延焼グラフ

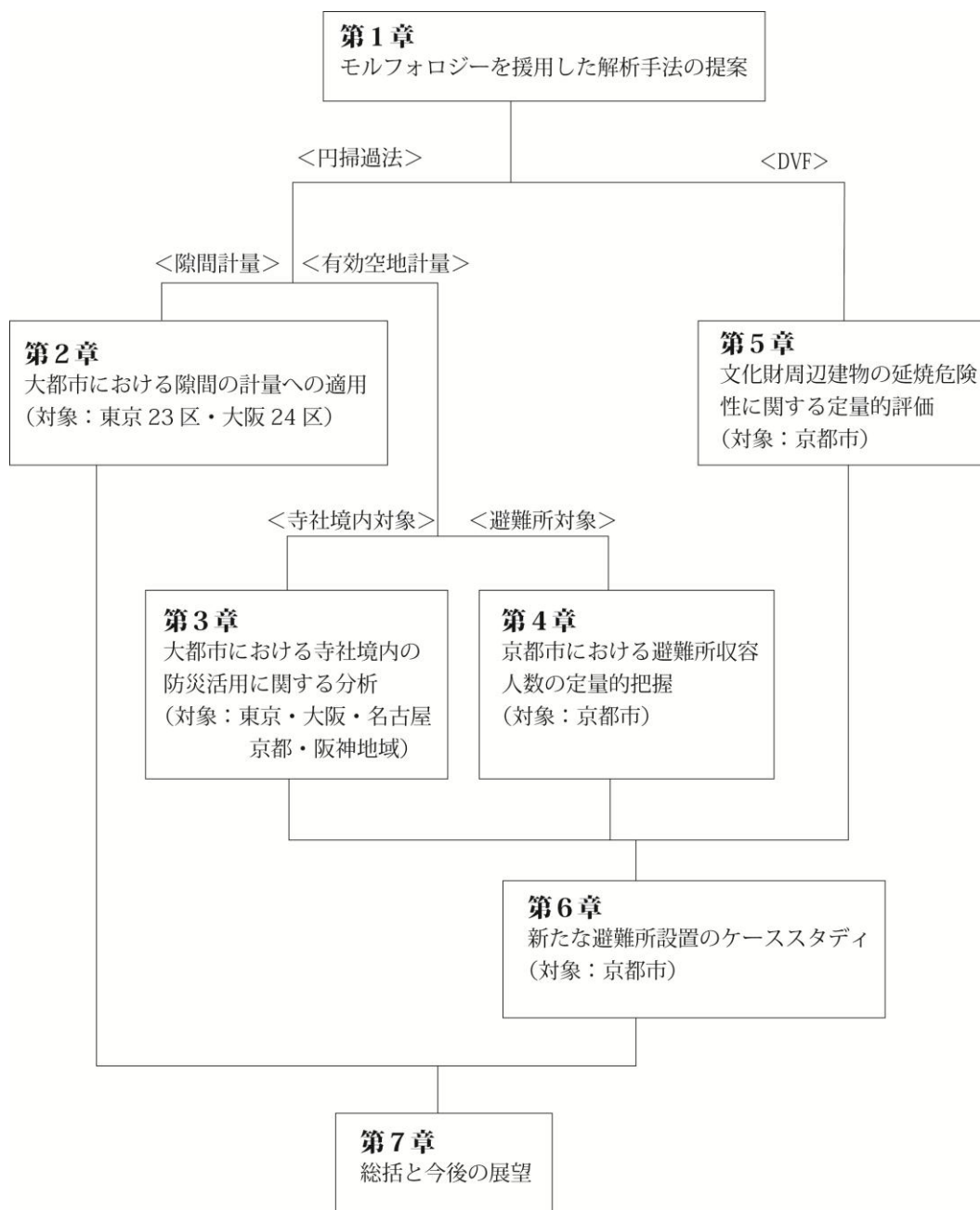


図 0-1 論文構成

モルフォロジーを援用した建物配置の解析手法に関する研究

—建物間の隙間・寺社境内・避難所・文化財建物への適用と防災的見地からの考察—

序

論文構成

第1章 モルフォロジーを援用した解析手法の提案	1
1.1 モルフォロジーの基本演算	1
1.1.1 モルフォロジーの概要	
1.1.2 dilation(拡大)と erosion(収縮)	
1.1.3 opening と closing	
1.2 closing に基づく空地計量手法の提案	5
1.2.1 隙間と有効空地	
1.2.2 closing による隙間の計量	
1.3 dilation に基づく DVF の提案	8
1.3.1 延焼過程モデルの考え方	
1.3.2 建物配置図の dilation に基づく DVF の提案	
1.4 建物配置図と構造要素の画像化.....	11
1.5 まとめ.....	12
<第1章 注・参考文献>	13
第2章 大都市における隙間の計量への適用	15
2.1 はじめに	15
2.1.1 研究の背景と目的	
2.1.2 既往研究と本研究の位置づけ	
2.2 画像処理技法を援用した計量手法	19
2.2.1 建物間の隙間の定義と画像処理技法との対応	
2.2.2 建物配置図の画像化	
2.2.3 デジタル化された建物配置図における建物密度指標	
(1) 連結成分密度 (棟数密度)	
(2) 周長率	
(3) 建蔽率	

2.2.4	建物・街区データベースの作成	
2.2.5	隙間の計量・描出	
2.3	隙間面積の計量とその分布様態.....	29
2.3.1	隙間率	
2.3.2	隙間の分布様態	
2.4	隙間率と建物密度指標との相関.....	40
2.4.1	建物密度指標との相関分析	
2.4.2	人口密度との関連	
2.5	まとめ.....	44
	<第2章 注・参考文献>	45
第3章	大都市における寺社境内の防災活用に関する分析	49
3.1	はじめに	49
3.1.1	研究の背景と目的	
(1)	日本の都市における公園	
(2)	日本の都市における空地	
3.1.2	研究の位置づけと分析対象	
3.2	寺院・神社データベースの構築.....	53
3.2.1	寺院・神社ポリゴンデータの作成	
3.2.2	寺院・神社ポリゴン作成の定義	
3.3	寺社境内の都市内分布特性	56
3.3.1	数密度と境内面積	
3.3.2	分布パターンの判定	
3.3.3	敷地形状の複雑性	
3.3.4	接道率による街路に対する開放性	
3.4	境内の有効空地分析.....	62
3.4.1	寺社境内敷地内の空地量の把握	
3.4.2	円掃過法による有効空地の抽出	
3.4.3	掃過円の半径定義	
3.4.4	有効空地の計量結果	
(1)	阪神地域の寺社境内への適用	
(2)	京都市内の文化財寺社境内への適用	
3.5	寺院・神社境内における緑地計量	78
3.5.1	緑地量の計量手法	
3.5.2	境内緑地に関する考察	

3.6	まとめ	79
	<第3章 注・参考文献>	81
第4章	京都市における避難所収容人数の定量的把握	83
4.1	はじめに	83
4.1.1	研究の背景	
	(1) 避難所の不足	
	(2) 帰宅困難者対策の必要性	
	(3) 研究の目的	
4.1.2	研究の位置づけ	
4.2	研究の対象	85
4.2.1	京都市の地震災害現況	
	(1) 過去の京都の地震被害	
	(2) 京都の活断層と被害想定	
	(3) 一時避難の困難さ	
4.2.2	京都市の防災計画	
4.2.3	京都市の夜間人口と昼間人口	
4.3	避難所および人口データベースの構築	91
4.3.1	避難所分布と施設容量のデータベース化	
4.3.2	人口分布データの作成	
4.4	収容率・超過人口による充足度の把握	93
4.4.1	収容人数・収容率・超過人口の算出	
	(1) 円掃過法による屋外収容人数の計量	
	(2) 収容率・超過人口の算出	
4.4.2	行政区単位での比較	
4.4.3	元学区単位での比較	
	(1) 夜間人口に対する収容率・超過人口	
	(2) 昼間人口に対する収容率・超過人口	
4.5	まとめ	105
	<第4章 注・参考文献>	106
第5章	文化財周辺建物の延焼危険性に関する定量的評価	107
5.1	はじめに	107
5.1.1	研究の背景	
	(1) 京都市における文化財	
	(2) 重点密集市街地	

5.1.2	研究の目的	
5.1.3	既往研究と本研究の位置づけ	
5.2	京都市の特性.....	113
5.2.1	京都市の地震と防災の現状	
(1)	地区の燃えやすさ	
(2)	避難・消防活動の困難さ	
(3)	主要な延焼遮断帯	
(4)	文化財の被害予測	
5.3	文化財建物と周辺建物の構造別データの構築.....	119
5.3.1	文化財建物	
5.3.2	文化財周辺建物の構造別データベース化	
5.3.3	密度指標による延焼危険性の把握	
(1)	建蔽率	
(2)	非耐火率	
(3)	不燃領域率	
5.4	延焼過程モデルの考え方.....	126
5.4.1	既往研究における延焼過程モデル CVF の概要	
5.4.2	CVF における延焼限界距離の設定	
5.5	建物配置図の dilation に基づく DVF の提案と評価	127
5.5.1	風向・風速を考慮した延焼限界距離の設定	
5.5.2	DVF の定義	
5.5.3	DVF による延焼危険地区の抽出	
5.6	延焼グラフの作成とクラスター構成建物数の計測.....	135
5.6.1	DVF に基づく延焼グラフの作成	
5.6.2	文化財を含むクラスターとノード次数	
5.7	文化財の延焼に対する脆弱性の総合評価	139
5.8	まとめ.....	142
	<第5章 注・参考文献>	143
第6章	新たな避難所設置のケーススタディ.....	147
6.1	はじめに	147
6.2	避難所設置候補点の抽出.....	148
6.2.1	夜間人口	
6.2.2	昼間人口	
6.3	新たな避難所設置のケーススタディ	151
6.3.1	上賀茂神社／大宮学区	

6.3.2	西芳寺／松尾学区	
6.3.3	東本願寺／皆山学区	
6.3.4	下御霊神社／滋野学区	
6.4	まとめ.....	156
	<第6章 注>	157
第7章	総括と今後の展望.....	159
7.1	各章の要約.....	159
7.2	本研究の意義と今後の展望	162
APPENDIX	1
APPENDIX I	東京 23 区・大阪 24 区の間隙率の分布.....	1
APPENDIX II	東京 23 区・大阪 24 区の高間隙率エリア	9
APPENDIX III	京都市の寺社境内の有効空地計量結果	77
APPENDIX IV	京都市の避難所の有効空地計量結果.....	97
APPENDIX V	京都市の文化財の DVF 図と延焼グラフ	143

謝辞

第1章 モルフォロジーを援用した解析手法の提案

- 1.1 モルフォロジーの基本演算
- 1.2 closing に基づく空地計量手法の提案
- 1.3 dilation に基づく DVF の提案
- 1.4 建物配置図と構造要素の画像化
- 1.5 まとめ

第1章 モルフォロジーを援用した解析手法の提案

この章では、本研究で主題となる画像処理技法の基礎であるモルフォロジーについての概要を述べる。続いて、モルフォロジーにおける操作に基づいた、2つの建物配置の解析手法を提案する。具体的には、モルフォロジーにおける **closing** という操作を援用した、空地の計量手法である円掃過法と、**dilation** という操作を援用した、延焼危険性のマクロ評価指標である **DVF (Dilated Volume Fraction)** について説明する。また、本研究では建物配置データとしてポリゴンデータを用いるが、解析の際には配置図を画像データに変換する必要があるため、建物配置図とモルフォロジーの演算に用いる構造要素のデジタル処理の方法について言及する。

1.1 モルフォロジーの基本演算

ここでは、予備知識として、モルフォロジーにおける基本演算を、小畑の文献¹⁾ および浅野・延原の文献²⁾ を参照し、説明する。まず、モルフォロジーの基本演算である **dilation** (拡大) と **erosion** (収縮) について言及した後、**dilation** と **erosion** の操作を組み合わせた **opening** と **closing** の定義について述べる。

1.1.1 モルフォロジーの概要

モルフォロジーは1960年代後半、フランス人 **G.Matheron** や **J.Serra** らによる鉱石の顕微鏡写真の解析の手段として考えられたもので、当初は主としてテクスチャの解析の手段として応用された。その後、1985年の **IEEE Computer Society** のワークショップがきっかけとなり、大いに発展し、一つの学問の体系として育ったものである。

モルフォロジー演算は、与えられた二値画像または多値画像からの特徴抽出を目的とした集合操作からなる対象図形の変形手法の理論体系である。これらの演算は処理対象画像と、イメージを処理するために使用する構造要素との間の集合演算で定義される。構造要素とは、画像を変化させる際の要素であり、任意の形状とサイズを持ち、構造要素の選び方により同一の演算結果が変わってくる。処理目的に適した構造要素を設計できれば、通常の画像処理よりも効果的な処理手法が実現できる。最も基本的なモルフォロジー演算は **dilation** (拡大) と **erosion** (収縮) であり、それらを組み合わせた **opening** と **closing** という処理がある。

本研究では、画像の要素の値が0か1の二値画像を対象とし、円掃過法により空地を計量する際は、closingにおける構造要素を半径 r の円として設定し、また、延焼危険性のマクロ評価指標であるDVFを計量する際は、dilationにおける構造要素を卵型に設定している。

1.1.2 dilation（拡大）と erosion（収縮）

モルフォロジーにおける「dilation（拡大）」とは“ずらし重ね”，一方、「erosion（収縮）」とは“掻き取り”と訳される。平面図形を対象とし、構造要素を半径 r の円に設定した場合、その中心が建物の輪郭上を通るように移動させ、円の軌跡分の半径 r だけ拡大させることをdilationといい、また反対に、円の軌跡分の半径 r だけ収縮させることをerosionという(図1-1)。このdilationという操作は、直径 r の円を図形の輪郭線の外側に接するよう移動させ、円の軌跡分の直径 r だけ拡大させること、またerosionという操作は、直径 r の円を図形の輪郭線の内側に接するよう移動させ円の軌跡分の直径 r だけ収縮させることによっても、同様の処理結果が得られる。

この処理結果は構造要素の形や大きさによるが、一般的にはdilationを行うと小さな穴や入江はふさがれ、分離していたものが融合することもあり、また、erosionを行うと、狭い地境は分離し、細い半島は削られてなくなり、内部の穴は拡大するといわれている。

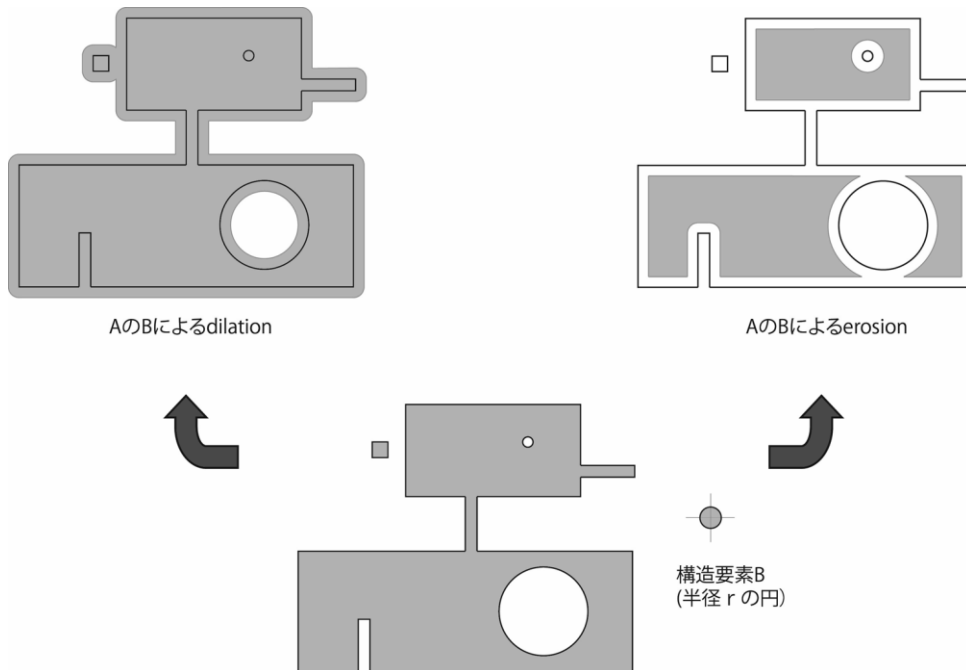
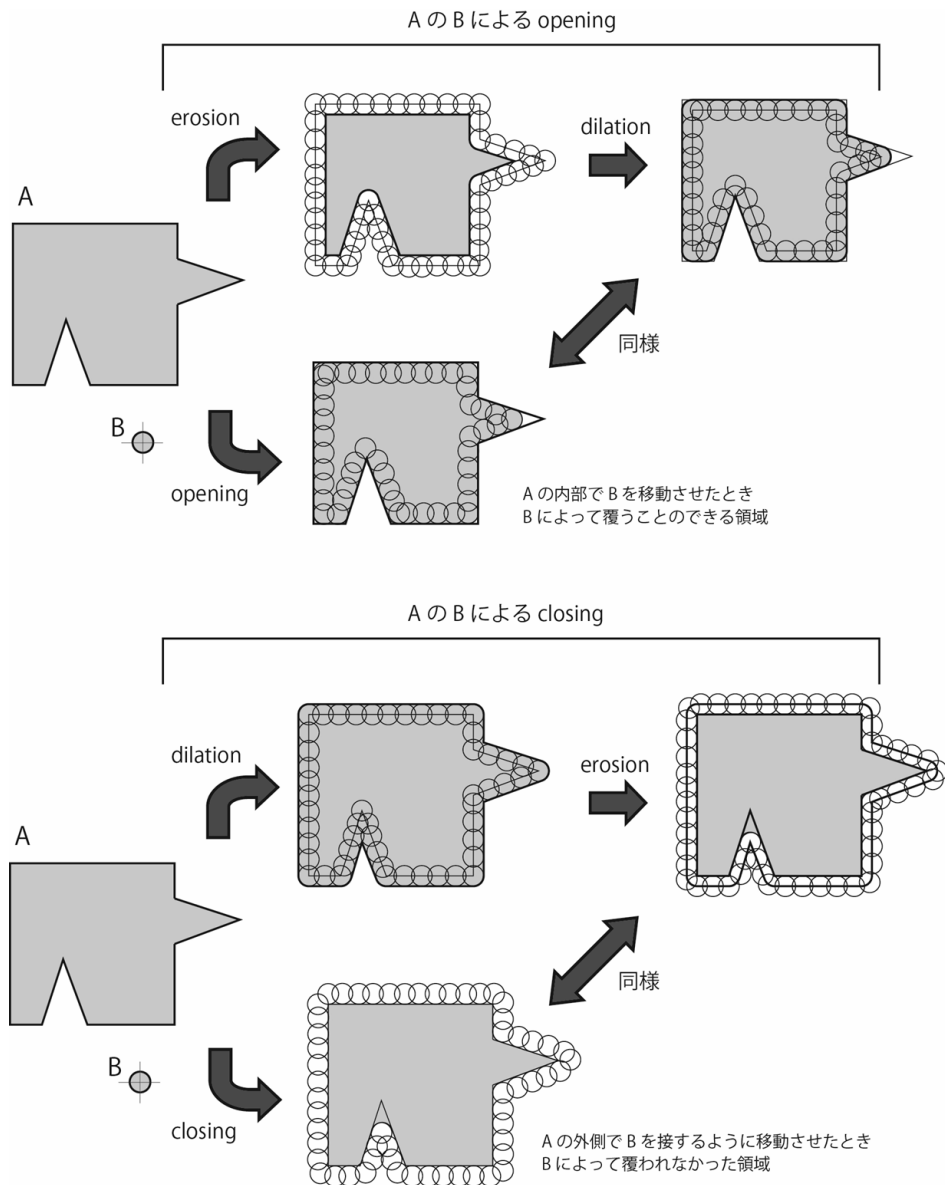


図1-1 dilationとerosion

1.1.3 opening と closing

前項で述べた dilation や erosion は、構造要素よりも小さな凹凸を画像から取り除く効果がある。しかし、dilation を行うと図形は拡大し、erosion を行うと縮小するため、いずれにおいても、処理の前後で画像サイズが基本的に変ってしまう。このため、実際にそれらが単独で用いられることは少なく、両者を組み合わせた opening と closing という手法が多くの場合に用いられる。

モルフォロジーにおいて同じ構造要素を用いて、画像の erosion (収縮) を行った後、dilation (拡大) を行う処理のことを opening と呼び、またその反対に、dilation を行った後、erosion を行う処理のことを closing と呼ぶ (図 1-2)。



opening と **closing** の直感的解釈を説明すると、構造要素 **B** を平行移動して図形 **A** の内部に入れ、**A** の外に一部でもはみ出すことがないようにしながら、**A** の内部で移動させたときに、構造要素 **B** によって覆うことのできる領域が **A** の **B** による **opening** で得られるデータに相当する (図 1-2)。

また、構造要素 **B** を図形 **A** の外側から当て、**B** が **A** の内部に入らない状態で接するように動かしたとき、構造要素によって覆われなかった部分が **A** の **B** による **closing** で得られるデータに相当する。

opening 処理は外側に突き出した突起が削られて滑らかになり、図形の辺縁を内側から滑らかにする一種の平滑化処理である。ただし、内側からの平滑化であるため、入江はそのまま残る。また、狭い地峡部分では図形の分離が起こる。孤立した小さな領域は消滅することから、雑音除去を目的にすることもできる。

closing によっても **opening** と同様に平滑化された図形が得られるが、ただし、突き出た部分がなくなるわけではなく、入江のような部分や小さな穴がふさがれる効果がある。

1.2 closing に基づく空地計量手法の提案

本節では、前節で述べたモルフォロジーにおける **closing** を援用して、建物配置図における空地を、建物間の微小な空地である隙間と、ある程度集約されており、利活用の可能性の高い有効空地に二分する手法を提案する。まずは、隙間と有効空地についての定義を示した後に、**closing** による隙間および有効空地の抽出方法について説明する。

1.2.1 隙間と有効空地

空地を建物が建っていない土地、すなわち非建蔽地とみなした場合、その量を表す指標として空地率がある。しかし、空地率は単なる面積比で計量されるもので、空地のもつ形態上の差異が計量できないという欠点がある。例えば図 1-3 に示すように、同じ空地率であっても分散している空地 (A) よりも、集約している空地 (B) の方が利活用の可能性が高く、有効に働くと考えられる。

そこで、本研究では、空地を建物間に挟まれた微小な空地である”隙間”とある規模以上のまとまりをもった”有効空地”に二分する(図 1-4)。ここで、隙間とは、“建物配置図において半径 r の円が掃過できない領域”として定義し、隙間以外の空地を有効空地と呼ぶこととする。円を用いているのは、円が等方性を有しているためであり、円を用いることで、建物配置の角度の影響を受けずに、隙間や有効空地を抽出することが可能となる。

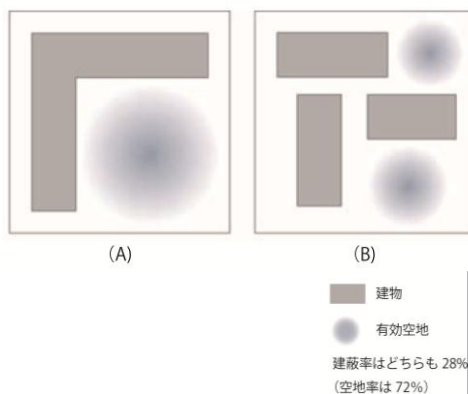


図 1-3 建物配置と空地率

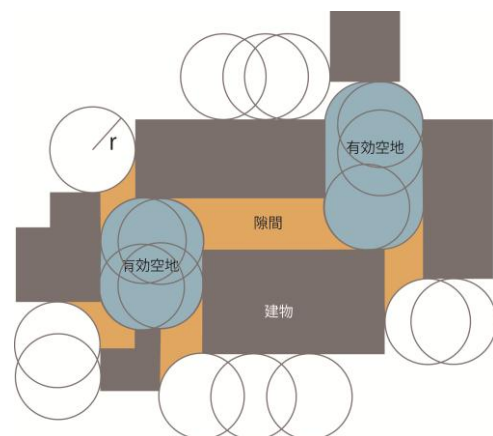


図 1-4 隙間と有効空地

1.2.2 closing による隙間の計量

前述の通りに、隙間を“建物配置図において半径 r の円が掃過できない領域”として定義した場合、連続平面を対象として計量しなければならず、幾何学的な処理は非常に煩雑になる。

そこで、モルフォロジーにおける closing の操作を援用する。つまり、建物配置図を画像化し、半径 r の円に対応するデジタル図形（構造要素）によって、画像化された建物平面を dilation（拡大）し、その後 erosion（収縮）する。これが、建物の半径 r の円による closing に相当する。また空地の方に着目すれば、空地の半径 r の円による opening に相当する。

closing によって生ずる図形が半径 r の円が掃過できない領域となるので、建物の隙間はその図形から建物平面を除くことにより抽出できる（図 1-5）。さらに、空地から隙間を除くと、有効空地も抽出可能である。このような隙間の計量手法を、本研究では「円掃過法」、構造要素となる円を「掃過円」と呼ぶこととする。また、半径 r の値は分析の目的に応じて設定することができる。

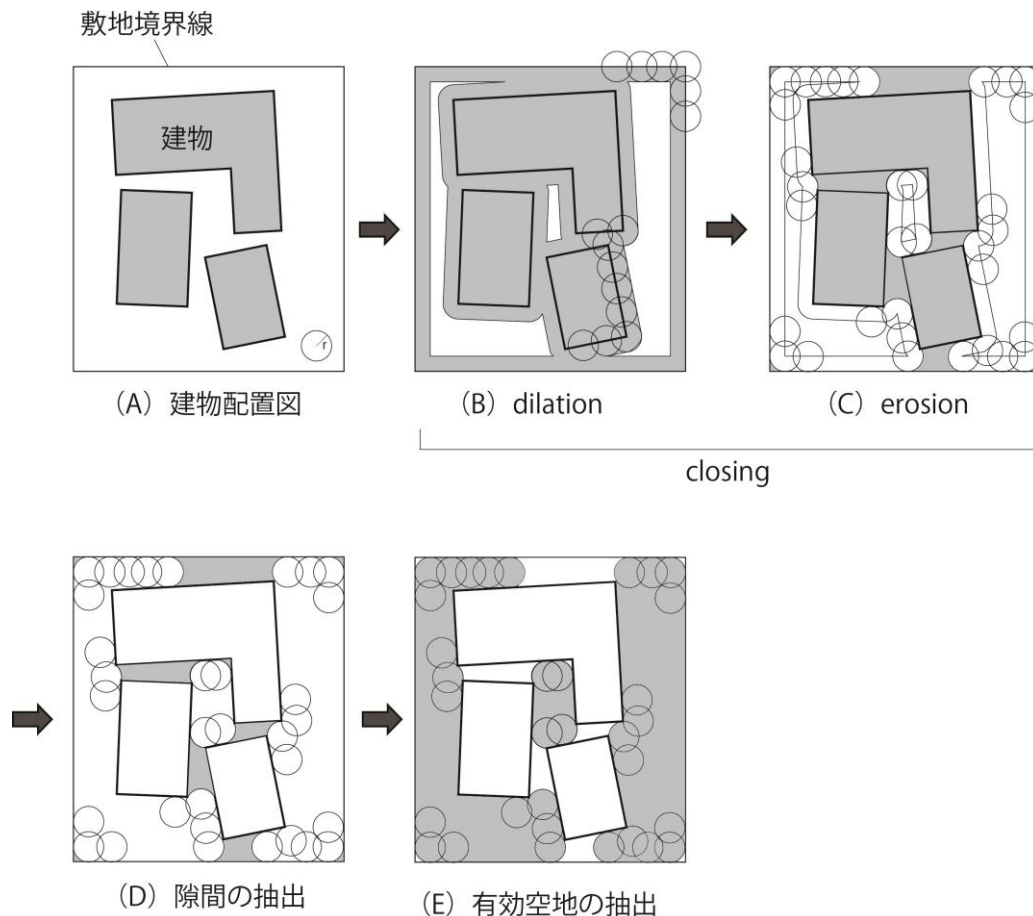


図 1-5 隙間と有効空地の抽出

隙間の抽出例を図 1-6 に、また有効空地の抽出例を図 1-7 に示す。構造要素である掃過円の半径の設定により、建物間の微小な空地である隙間の抽出にも、ある程度集約された有効空地の抽出にも活用でき、汎用性の高い空地の計量手法であるといえる。

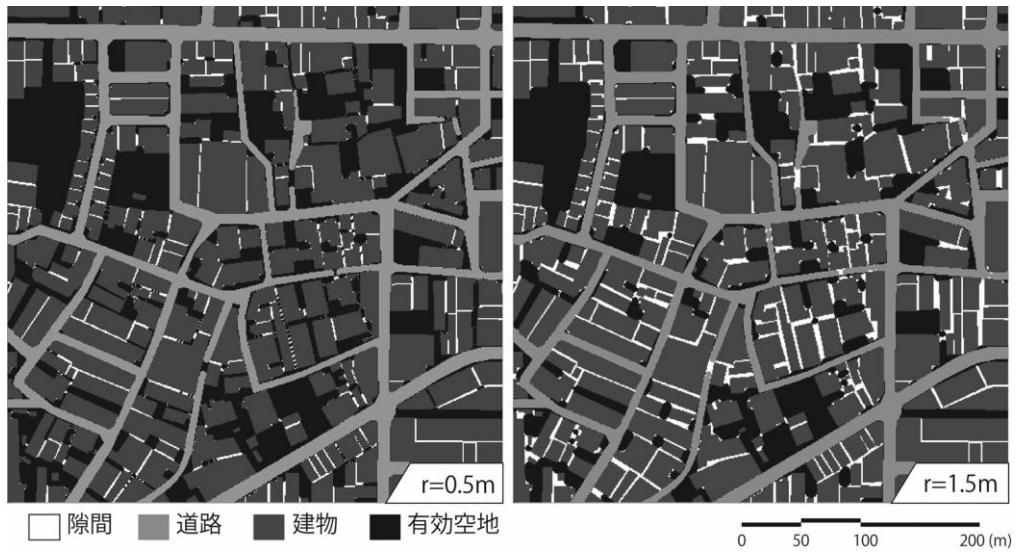


図 1-6 隙間の抽出例（大阪市生野区）

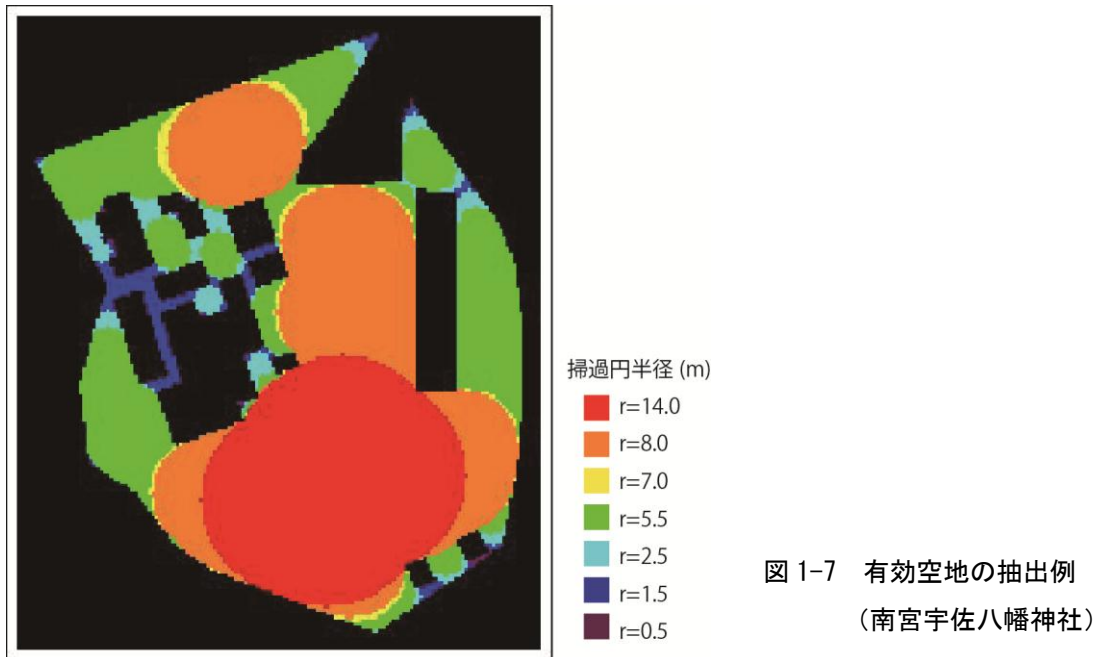


図 1-7 有効空地の抽出例
（南宮宇佐八幡神社）

1.3 dilation に基づく DVF の提案

本節では、モルフォロジーにおける dilation を援用して、延焼危険性のマクロ評価指標である DVF (Dilated Volume Fraction) の提案を行う。まず、DVF の考え方の基本となった国土交通省総合技術開発プロジェクト³⁾ (以下、防災まちづくり総プロと略す) が提案した CVF (Covering Volume Fraction) について言及した後、DVF の定義を述べ、dilation の操作を援用した DVF の求め方について説明する。

1.3.1 延焼過程モデルの考え方

本研究においては、延焼危険性を評価する際の延焼過程モデルとして、防災まちづくり総プロの中で、延焼危険性のマクロ評価手法として提案されている CVF (Covering Volume Fraction) を基本としている。この考え方は、隣棟間の延焼限界距離^{注1)}を定義し、延焼限界距離が隣棟距離^{注2)}を超えると延焼するとみなすもので、隣棟距離が延焼限界距離以下で連担する建物群、すなわちクラスターの量 (面積・棟数) によって延焼危険性を評価するというものである (図 1-8)。

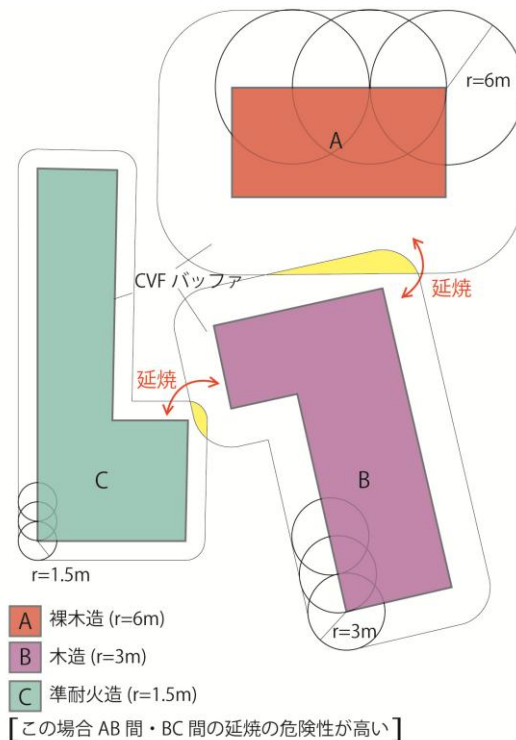


図 1-8 CVF と延焼限界距離

延焼過程モデルについて具体的に述べると、防災まちづくり総プロにおいては、標準規模の建築物の火災に対する延焼限界距離として、裸木造 12m, 防火造 6m, 準耐火造 3m, 耐火造 0m という値が用いられており、対象となる建物平面の周囲に延焼限界距離の半分のバッファを発生させ、隣棟間のバッファが重なるときに延焼するとみなし、地区面積に対するバッファ面積（建築物を含み、バッファが重なる部分は重複して計量しない）の比が CVF として表わされている。

また、この延焼を連単する建物群をクラスターと呼び、クラスター内の建物の中で1件でも出火すれば、クラスター内のすべての建物が焼失するということを意味している。つまり、クラスターを構成する建物の焼失確率は、クラスター内で出火する確率に等しい。したがって、対象地区内でのクラスターが細分されるほど（連担する建物数が少ないほど）、クラスター内での火災はそのクラスター内で留まり、地区全体としての火災被害が低減される可能性が高くなることから、この時の CVF 値は比較的小さくなると考えられる。逆に対象地区内でのクラスター数が少なくなれば、クラスター1つあたりの建物棟数は多くなるため、地区全体としての火災被害は大きくなる可能性を示し、この場合の CVF 値は比較的大きくなると考えられる。

また、延焼過程モデルにおいて、延焼限界距離の半分のバッファを用いているのは、次の理由からである。例えば、それぞれ構造が異なる A という建物と B という建物があるとする。A を火災側建物とした場合の延焼限界距離は $L(A)$ 、B を火災側建物とした場合の延焼限界距離は $L(B)$ となる。例えば、 $L(A) > L(B)$ である場合には、A を火元とした B への延焼は発生しても、B を火元とした A への延焼は発生しない距離 x ($L(B) < x \leq L(A)$) が存在する。これは、延焼経路の異方性を示しており、現実の火災事象としては起こり得るものである。しかしながら、延焼経路の異方性まで考慮して市街地の防火性能を単一の指標として表現することは非常に複雑な議論を要する。この問題を回避するために、「それぞれの建物から延焼限界距離の“半分”の距離のバッファを発生させ、そのバッファがお互いに一部でも交わる場合に、いずれの建物が火災側となっても他方の建物に類焼する」ものと考えことにしている。またこの場合、延焼限界距離は構造別に等方的（図形上では円）であるとしているため、このバッファは、モルフォロジーにおいて、延焼限界距離を直径とした円を構造要素として、建物を dilation して得られるデータに相当する。

1.3.2 建物配置図の dilation に基づく DVF の提案

防災まちづくり総プロにおける CVF では、出火後の風の影響を問わず建物構造別に一律に延焼限界距離を設定していたが、実際の延焼現象では、延焼限界距離は風向・風速によって異なる。つまり、延焼限界距離は風下側が長い卵形となる(図 1-9)。本研究では、このような、地域特性としての気候条件を考慮し、風向・風速を組み込んだ延焼限界距離を設定する。この卵形の延焼限界距離は、円と楕円を合成した曲線とし、風上・風側は等距離とする。この卵型を構造要素として、建物を dilation した領域が DVF (Dilated Volume Fraction) における建物バッファに相当する。つまり、DVF とは図 1-8 における円を卵形に置き換えた延焼限界距離で囲まれたバッファ面積の地区面積に対する比である(図 1-10)。

DVF バッファの抽出例を図 1-11 に示す。図の黄色の部分 DVF バッファに相当し、隣棟の DVF バッファが重なる建物同士は延焼するとみなし、延焼を連欄する建物群を延焼クラスターと呼ぶ。DVF は延焼が拡大していく可能性のある建物の連担状況を表現しており、クラスター内で発生した火災が時間の経過とともにクラスター内の建物すべてに延焼する可能性があることを示している。対象領域内での DVF が大きいことは、対象領域内で連担しているそれぞれの建物群(延焼クラスター)の面積密度が高いことを意味する。これより、DVF は対象地区の地域特性を考慮した全体の延焼に対する脆弱性を表した、マクロな評価数値だといえる。

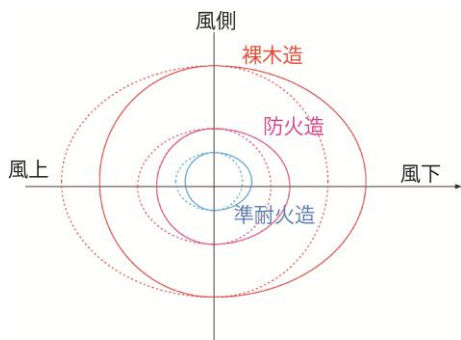


図 1-9 構造別による延焼限界距離

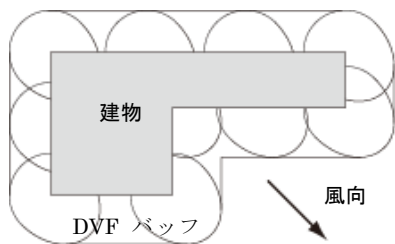


図 1-10 延焼限界距離による dilation

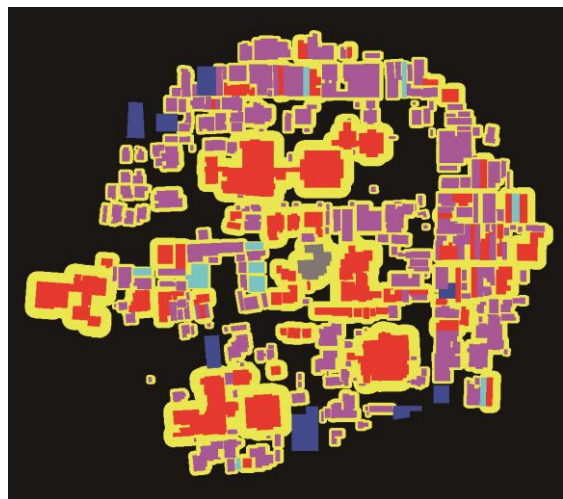


図 1-11 DVF バッファの描画例

(裏千家今日庵)

1.4 建物配置図と構造要素の画像化

先に述べた closing や dilation などの処理を実際の建物配置に適用する際には、建物配置図を画像データに変換（デジタル化）する必要がある。デジタル化、すなわち (0,1) の二値データ化する場合、1ピクセル（画素）の大きさは細かいほど望ましいが、本研究においては、計算時間を考慮して建物配置図を 50cm 角の正方形が1ピクセルとなるようデジタル処理を施した。ここでは、メッシュの中心が建物ポリゴンの内に含まれるメッシュを建物メッシュとした(図 1-12)。

また、構造要素についてはユークリッド距離を用い、メッシュの中心が構造要素である図形の内部に入るメッシュを構造要素メッシュとした。円掃過法における構造要素である半径 r の円を画像化すると図 1-13 のようになる。デジタル処理されるため、連続平面上の円とは形態的な差異があるが、画素が小さくなるほ

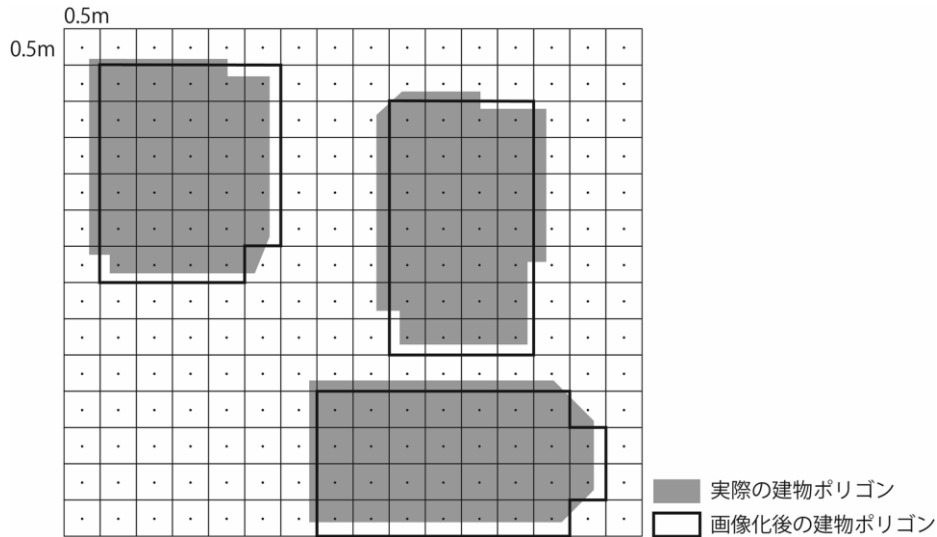


図 1-12 建物ポリゴンの画像化

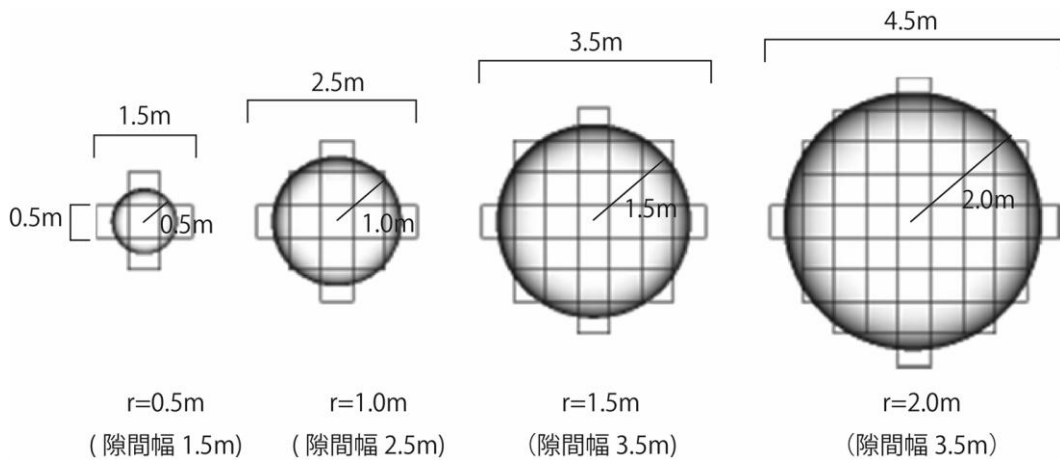


図 1-13 デジタル化された円の構造要素

ど正確な円に近似される。円の直径 $2r$ は、隙間の幅に相当し、半径 r は分析の目的に応じて設定することができる。このとき、隙間幅は、1ピクセルが50cm角であるから、各半径に対する隙間幅（直径、すなわちピクセルの最大幅）は、例えば、1.5m ($r=0.5$)、2.5m ($r=1.0$)、3.5m ($r=1.5$)、4.5m ($r=2.0$ m) となる。

このように、デジタル化した建物配置図を、半径 r の円に相当する構造要素により closing することで、隙間の画像データが得られる（図 1-6）。また、同様に、デジタル化した建物配置図を、延焼限界距に基づいた卵型の構造要素により dilation することで、DVF バッファの画像データが得られる（図 1-11）。

1.5 まとめ

第1章では、本研究の主題となるモルフォロジーの基本演算である dilation (拡大) と erosion (縮小)、およびそれらの操作を組み合わせた opening と closing について、基本概念を述べた後に、モルフォロジーにおける closing を援用した、空地の計量手法である円掃過法と、dilation を援用した、延焼危険性のマクロ評価指標である DVF の提案を行った。また、本研究では建物配置データとしてポリゴンデータを用いるが、解析の際には画像データに変換する必要があるため、配置図とモルフォロジーの演算に用いる構造要素のデジタル処理の方法について言及した。

以降、第2章では、円掃過法を東京23区と大阪24区に適用し、建物間の微小な空地である隙間の計量を行う。また、第3章では阪神地域や京都市の寺社境内に適用し、避難所として活用する場合を想定した有効空地の計量を行い、第4章においても同様の手法を用いて、京都市の避難所を対象として有効空地の計量を行い、避難所の屋外空間の収容人数を算出する。また第5章では、京都市の文化財の周辺地域を対象として、dilation を援用した DVF を算出し、延焼危険性の評価を行う。

注

- 注 1) 延焼限界距離とは隣棟間で延焼する最大距離をいい、建物構造別によって異なる値を示す。
- 注 2) 隣棟距離とはひとつの建物ポリゴンからみた周辺の建物ポリゴンとの最小距離と定義する。

参考文献

- 1) 小畑秀文：モルフォロジー，コロナ社，1996
- 2) 浅野晃・延原肇：マセマティカルモルフォロジーの基礎と新展開，電子通信情報学会誌 Vol.92 No.10 876-880，2009
- 3) 国土交通省国土技術政策総合研究所：総合技術開発プロジェクト「防災まちづくりにおける評価技術・対策技術の開発」，2003

第2章 大都市における隙間の計量への適用

- 2.1 はじめに
- 2.2 画像処理技法を援用した計量手法
- 2.3 隙間面積の計量とその分布様態
- 2.4 隙間率と密度指標との相関
- 2.5 まとめ

第2章 大都市における隙間の計量への適用

2.1 はじめに

本章では、1章で説明した、モルフォロジーにおける closing という操作を援用し、空地の計量手法である円掃過法の提案を行った上で、日本を代表する大都市の東京 23 区および大阪 24 区を対象に建物間の隙間の計量を行う。その結果を基に、隙間の面積の割合と建物密度指標との相関について分析・考察する¹⁾。隙間の定量化により、これまで漠然ととらえられてきた日本の都市空間における隙間について数理的に捉えることが可能となる。

2.1.1 研究の背景と目的

日本の都市空間における特徴のひとつに、建物間の隙間があげられる。ヨーロッパやイスラームの都市の市街地においては、街が共有壁の建物で構成されているため建物間に隙間がみられない(図 2-1^{註1)})。一方、日本の市街地においては、建物は敷地の周辺に余白を残しながら離散的に配置され、その結果、建物間の隙間、すなわち狭小な空地が毛細血管のように分布していることがわかる。

日本の都市空間において建物間に隙間が生じる原因のひとつとして、法的な問題が挙げられる。民法 234 条に〈建物築造に関する距離保存〉として、「建物を築造するには、境界線から五十センチメートル以上の距離を保たなければならない。」とある。これは相隣関係にある土地相互の所有権を守るために、敷地境界と建物の間に空地を取ることを意味している。また、湿度の高い日本の気候に配慮して、通風・換気を確保するためという環境的説明や、地震によるドミノ倒しや木造建築の火災による延焼を防ぐためという防災的説明、個別の敷地ごとに行われる建設作業の都合上、敷地の内部に作業用の空間を確保するためという説明も多くなされている。つまり、隙間の規模や形態は様々ではあるが、隙間は単なる残余空間ではなく、日照や通風の調節・延焼防止・プライバシーの確保などの機能を有している。

また、日本の都市空間における隙間の存在については、都市計画や建築の分野から様々な視点で論じられることが多く、例えば、槇他²⁾は、「日本語ではこうした人工的秩序の間を『すきま』という。『充実』や『埋め尽す』ことが西欧的だとすれば、その対極にある『すき間』は極めて日本的である。」と記しており(pp.194)、黒川³⁾は、「日本の街の構造を調べていて、ふと街の中にあるさまざまな次元のすき間こそ西欧の塔に対立する日本の都市空間の特質ではないかと



(a) パリ



(b) ダマスカス (シリア)



(c) 東京都 (杉並区)

図 2-1 建物配置の比較

考えるようになった。」と記しており、隙間を都市における「中間領域」とも捉えている。さらに、近年は隙間を積極的に活用する建築的な提案やプロジェクト^{4, 5)}もみられ、隙間に対する関心の高さが伺える。しかしながら、実際の市街地において建物間の隙間がどれだけの面積を占め、また、どのように分布しているのかといった基本的かつ広域的な定量的把握は試みられていない状況にある。

そこで本論では、建物間の隙間を計量する幾何学的手法を提案するとともに、実際の市街地における建物配置に適用し、隙間の面積やその量的分布形状、さらには建蔽率や周長率などの密度指標との相関を実証することを目的とする。

以下、本論では、次項で既往の関連研究を概観した後、2節では建物間の隙間を幾何学的に定義し、画像処理技法を援用した計量

手法を提示する。また、画像処理の具体的な方法について説明する。3節ではその計量手法を東京23区と大阪24区全域の市街地における建物配置に適用・考察し、4節では隙間の面積の割合と建物密度指標との相関について分析・考察する。適用事例を東京と大阪にしたのは、代表的な大都市であり、建物データも整備されており、市街地特性を把握するには適切であると考えたからである。

2.1.2 既往研究と本研究の位置づけ

建物間の隙間に関しては、路地空間も含めると様々な視点から研究がなされてきており、例えば既存の路地空間に対し、利用形態の実態調査や、居住者へのアンケート調査を行い、プライバシーの確保や通風効果・近隣とのコミュニケーションの場としての路地と隙間の機能や効果の実証的分析を行っている研究⁶⁾や、隙間の防災機能に着目し、実際の地域を対象に隣等間隔から火災による被害が大きくなると思われるところを導き出し、市街地の火災時の危険性を分析している研究⁷⁾、路地における熱環境を実態調査した研究^{8), 9)}や路地の形成過程を地図などから調査した研究¹⁰⁾などがあげられる。しかし、都市空間における隙間を定量的に把握している研究は数少ない。その中で、白石ら¹¹⁾は東京都の京橋一丁目、銀座二丁目、船場地区の3地区を対象とし、隣棟間の幅及び属性に着目した実態調査を、街路からの計測・観察により行い、各地区の隣棟間隙間率を算出している。また道尾ら¹²⁾は、札幌市市街地の中で、約108m角の碁盤の目状となっている84街区を対象とし実地調査を行い、写真撮影と観察により、各街区における建物間の隙間の数と配置を把握し、その内18街区について、隙間空間の幅と壁面の後退距離といった平面寸法による分類を行っている。さらに、野沢¹³⁾は、実態調査によって採光・庭的利用・延焼防止の観点から2mを空地幅の最小値とみなしている。これらの研究は、対象地における実態調査により隙間の定量的把握

を試みており、利用形態と隙間量の関連などの分析を行えるという点で有益であるが、その調査には多くの時間と労力を要するため、ある都市の全体といった広域を対象とするのは難しい。

これに対して、建物間の隙間に関連した幾何学的・定量的研究として腰塚の研究¹⁴⁾があり、建物壁面から距離 r の張り出し部分によって覆われた土地を“使いものにならない微少な空地”であるとみなして、有効空地率を隣棟間隔・棟数密度・建物面積から推定する理論式を導出している。また、郷田の一連の研究^{15)~17)}では、「空隙」を“3次元空間において建物に占められないで残る空間”と定義し、空隙の定量化に際し、仮想円の掃過という幾何学的手法を用いている。この手法では、空隙のうち建物境界からの距離が r 以下の領域を「影響圏域」、その残りを「離隔圏域」と区別し、さらに離隔圏域に中心をもつ半径 r の円群が掃過する領域を「距離 r の包絡領域」、また距離 r の離隔圏域を「距離 r の中心領域」としている(図2-2, 図2-3^{注2)})。この包絡領域という概念は、ある規模以上のまとまった領域を抽出する際に有効な概念であり、東京都都心部の一部の地域を対象に、包絡領域面積の分析を行っている。データベースの作成においては、対象領域の地図データから建物と道路の形状を入力し、「建物細密画像ビットマップ」に変換した後、このビットマップに対し、分析モデルの距離設定に従ったビットマスクを重ね合わせるという操作により計算処理を行っている。この手法では、建物と道路のデジタルデータがあれば、どの都市にも適応可能であり、汎用性も高いといえる。しかしこの手法では、データの処理に時間がかかり、広域を対象とするのは難しく、郷田の一連の研究においても、対象範囲は4km四方のエリアに留まっている。

鷲崎・及川ら^{18)~21)}は上記の郷田の研究の展開を図り、「隙間」を“建物配置図において半径 r の円が掃過できない領域”と定義し、その計量を試みている。郷田が包絡領域という概念を用いて、ある規模以上のまとまった空き地を計量したのに対し、鷲崎・及川らは建物間の隙間という概念を用いて、空地の中でも建物に挟まれた、ある規模以下の土地を計量している(図2-3)。つまり、両者の研究は

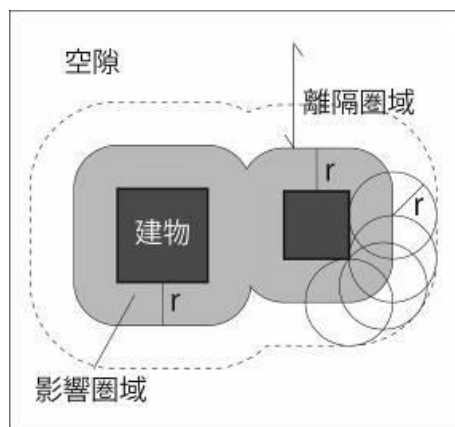


図2-2 等距離圏域モデル

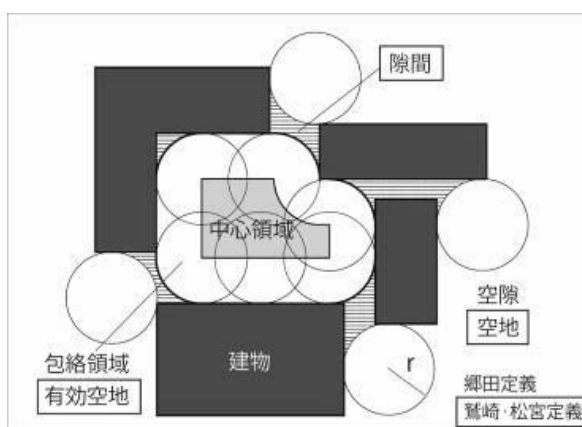


図2-3 中心領域と包絡領域(有効空地)

相補的な関係にある。また鷺崎・及川らは、建物データの計量に際して、画像処理技法を援用することで、郷田の計量手法を画像処理技法の観点から再定義し、かつ実際の計算時間を短縮しており、描出結果は同じであるが、本論で提案している手法とは異なる。その結果、広域を対象としたデータ処理も可能となり、東京23区・大阪24区といった広域の隙間量を定量的に把握している。

本論は、これまでの鷺崎・及川らの研究を総括・再編したものである。ただし、本論では対象地域である東京23区および大阪24区の建物配置データを近年のものに更新し、再度計量を行い、それぞれの隙間率・建物密度指標を同様の算出方法で求めた上で、それらを比較分析している。また、隙間率・建物密度指標についても、これまでのような計量メッシュあたりのグロス密度ではなく、新たに街区データを整備し、街区面積あたりのネット密度で算定した。これにより、河川や道路等を除外した、正味の隙間率および建物密度指標が計量可能である。

2.2 画像処理技法を援用した計量手法

2.2.1 建物間の隙間の定義と画像処理技法との対応

第1章においても述べた通り、本論では、隙間を“建物配置図において半径 r の円が掃過できない領域”として定義する（図2-4）。ただし、この定義にそのまままうと、連続平面を対象として計量しなければならないため、幾何学的な処理は非常に煩雑になる。

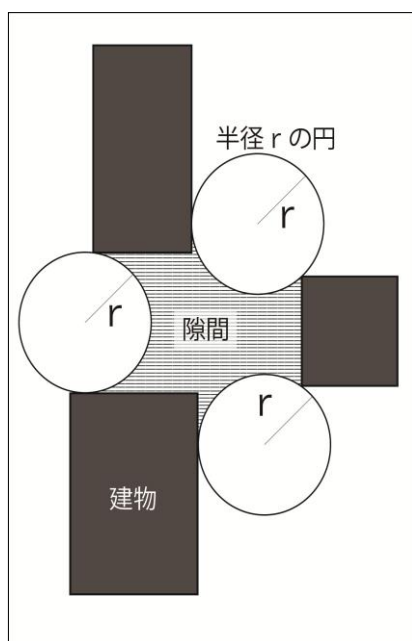


図2-4 隙間の定義

そこで、建物配置図を画像化し、半径 r の円に対応するデジタル図形（「構造要素」という）によって、建物配置図を「拡大（dilation）」し、拡大された図形を「収縮（erosion）」するという画像処理の操作を援用する。これは、モルフォロジー^{注3)}における建物の“closing”と呼ばれる操作に相当する。モルフォロジーにおける「dilation（拡大）」とは“ずらし重ね”，一方、「erosion（収縮）」とは“掻き取り”と訳される。平面図形を対象としたとき、半径 r の円に対応する構造要素を、その中心が建物の輪郭上を通るように移動させたとき（あるいは、直径 r の円を図形の輪郭線上に接するよう移動させたとき）、円の軌跡分の半径 r だけ拡大させることを dilation といい、また反対に、円の軌跡分の半径 r だけ収縮させることを erosion という（図 2-5）。図 2-2 の影響圏域は、dilation した部分に相当する。

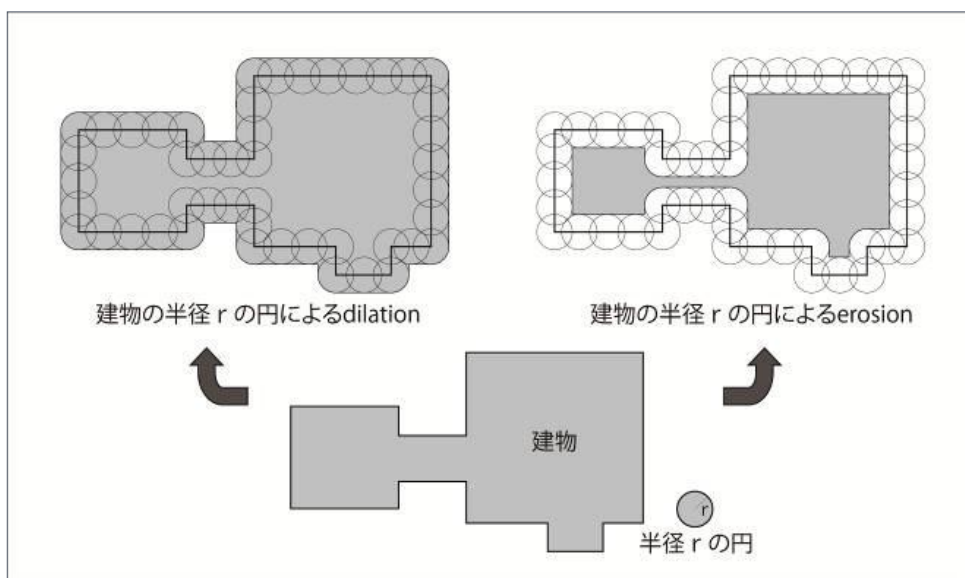


図 2-5 建物平面 dilation と erosion

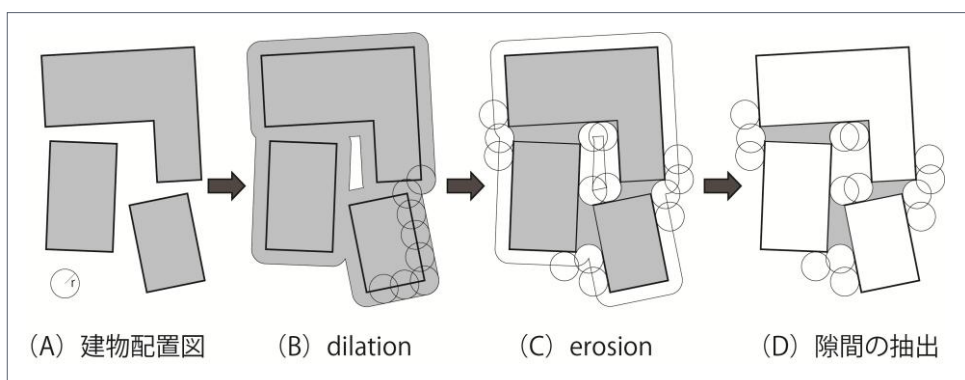


図 2-6 closing による隙間の抽出

建物平面を dilation (拡大) し、その図形を erosion (収縮) する操作を closing といい、逆に、建物を erosion した後 dilation する手法が opening という操作である。このように、closing と opening は双対関係にあり、建物配置図でいえば、“建物の、半径 r の円による closing” は、“空地の、半径 r の円による opening” と等価である。closing によって生ずる図形が半径 r の円が掃過できない領域となるので、建物の隙間はその図形から建物平面を除くことにより抽出できる (図 2-6)。このような隙間の計量手法を、ここでは「円掃過法」と呼ぶこととする。また、構造要素となる円を「掃過円」と呼ぶ。

closing の直感的解釈をいうと、構造要素である半径 r の円を建物の外側から当て、円が建物の内部に入らない状態で接するように動かしたとき、円によって覆われなかった部分が建物の円による closing で得られる領域に相当する (図 2-6(C))。逆に、空地に対して closing の操作を施せば、建物平面で半径 r の円が掃過できない微小な部分を抽出できる。

このように、半径 r の円が掃過できない領域と定義された隙間が、モルフォロジーにおける画像処理技法と明確に対応付けることができる。

2.2.2 建物配置の画像化

第1章でも述べた通り、モルフォロジー演算は、二値画像または多値画像と構造要素との間の集合演算で定義される。そのため、前項で述べたモルフォロジー援用した円掃過法を実際の建物配置に適用する際には、建物配置図を画像データに変換 (デジタル化) する必要がある^{注4)}。デジタル化、すなわち (0,1) の二値データ化する場合、1ピクセル (画素) の大きさは細かいほど望ましいが、本研究においては、計算時間を考慮して建物配置図を 50cm 角の正方形が1ピクセルとなるようデジタル処理を施す。そして建物の外形線内に含まれる、グリッドの交点を中心とした 50cm 角四方の画素を連結して建物データをデジタル画像化する。ただし、このとき隙間幅 50cm 未満で隣接する建物群は連結した成分として画像化されることがある (図 2-7)。つまり本来連結成分が2として画像化されるべき2つの建物が、ここでは1つの連結成分として画像化されるのである。しかし建物間の距離が幅 50cm 未満の場合でも、グリッド線がその建物間を通るときには2つの連結成分として画像化される。すなわち、画像処理前後では建物棟数が変わる場合がある。

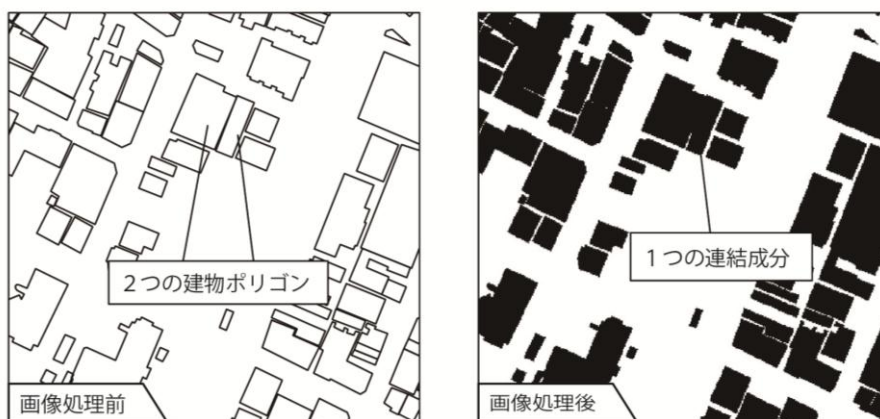


図 2-7 画像化前後の連結成分

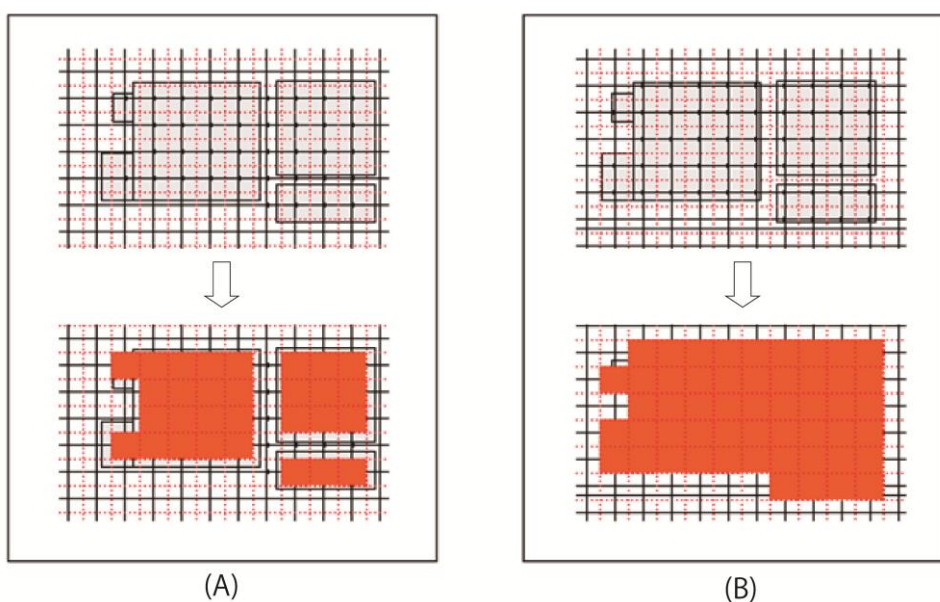


図 2-8 建物の画像化

さらに詳しく説明すると、例えば、図 2-8 の (A) と (B) の建物配置は全く同じであり、建物間の隙間幅も同じである。建物間距離が 1 画素 (50cm) 未満の場合、図のように建物の隙間にグリッドの交点が入る場合 (A) と入らない場合 (B) の 2 つのパターンが生じる。建物データは、その外形線内に含まれる、グリッドの交点を中心とした 50cm 角四方の画素でデジタル画像化されるため、(A) のようにグリッドの交点が入る場合は 3 つの個別の建物としてデジタル画像化されるが、(B) のようにグリッドの交点が入らない場合、本来あるはずの隙間は画像化されず、3 つの建物は連結して 1 つの建物としてデジタル画像化される。

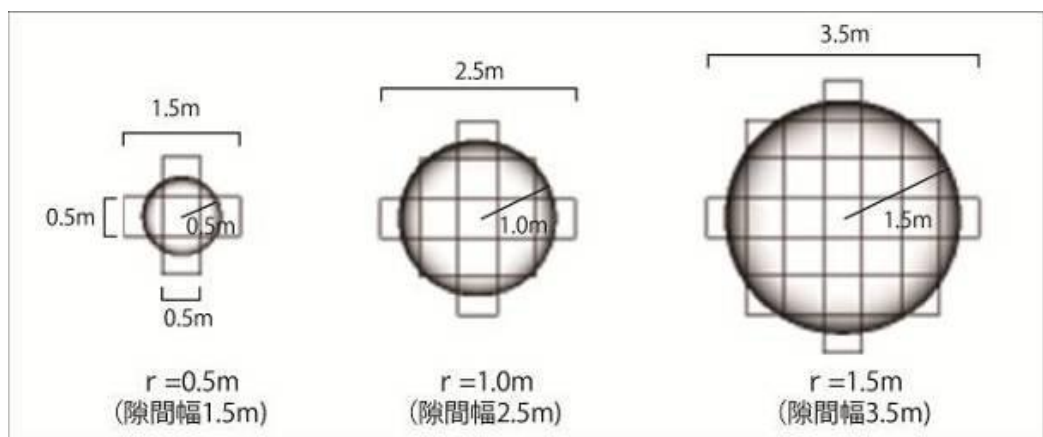


図 2-9 ユークリッド距離に基づく円の形状

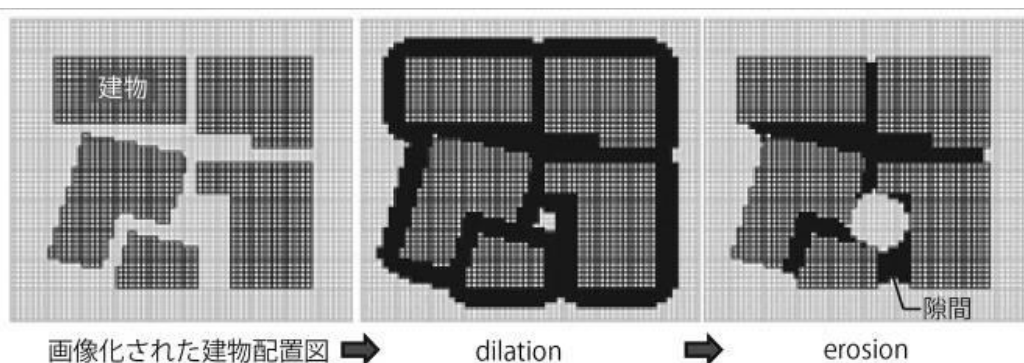


図 2-10 デジタル画像による隙間の描出

隙間幅 50cm 未満で隣接している建物郡が連結した成分として画像化される場合 (A), 建物の周長は連結成分の周長を定量化することになる。同様に棟数密度においても, 厳密には連結成分の密度を表していることになる。よって, 周長と棟数密度の値が実際の値と異なってくる。また建蔽率においても, 連結成分の面積を計算することになるが, 計量しない値は幅 50cm 未満の隙間であり, 本研究では 50cm 未満の隙間は計量しないため, 実際の値とは大差無いと考えられる。

この問題は, 画素の細かさに依存しており, 本研究における, 一画素が 50cm 角の値をより小さくすれば, より実際の値に近づく。つまりデジタルデータの精度における技術上の問題であり, 本研究の手法モデル上の問題ではない。

また, 構造要素である掃過円は図 2-9 のようにユークリッド距離を用いる。半径 r の円はデジタル処理されるため, 連続平面上の円とは形態的な差異があるが, 画素が小さくなるほど正確な円に近似される。また, 半径 r が大きくなるほど, デジタル化された円と連続平面上の正円との面積上の相対誤差は小さくなる^{注5)}。円の直径 $2r$ は, 隙間の幅に相当し, 半径 r は分析の目的に応じて設定することができる。以下, 本論では, 掃過円の半径 $r=0.5, 1.0, 1.5$ (m) の 3 段階で隙

間を抽出する。1ピクセルが50cm角であるから、各半径に対する隙間幅(直径, すなわちピクセルの最大幅)は、それぞれ1.5m ($r=0.5$), 2.5m ($r=1.0$), 3.5m ($r=1.5$)となる。デジタル化した建物配置図を、ユークリッド距離を用いた掃過円の構造要素により closing することで、隙間の画像データが得られる(図2-10)。

2.2.3 デジタル化された建物配置図における建物密度指標

建物配置のデータとしてはポリゴンデータを用いるが、前述した通り、配置図をデジタル化した場合、ポリゴンとしての建物と棟数や周長に差異が生じるので、本研究で隙間料との比較対象に用いる建物の密度指標について詳しく述べる。

(1) 連結成分密度(棟数密度)

棟数密度は、ある領域にどのくらいの数の建物が建て詰まっているのかを表す指標である。ただし、棟数については、前述した通り、隙間幅50cm未満で隣接する建物群が連結したひとつの成分として画像化されることがある(図2-7)。つまり、画像処理前後では建物棟数が変わる場合がある。そのため実際は連結成分を棟数として計量するため、以下、棟数密度を連結成分密度と呼ぶ。連結成分数を街区のピクセル数で除した値を、連結成分密度とし、単位を(棟/ha)とする。

(2) 周長率

建物の周長については、画像上の距離を用いる。すなわち、建物の外形線を構成する画素の中点を連結した線の長さを周長とし、領域内の周長の総和を、その領域内の街区面積で除したものを百倍した値を周長率とする(図2-11)。

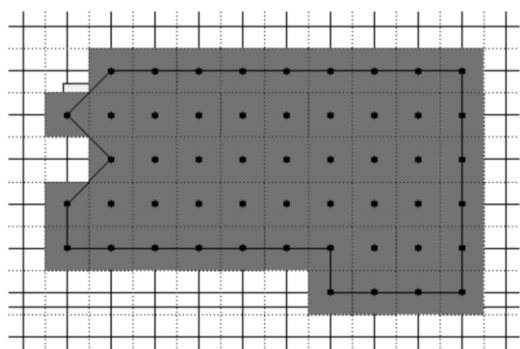


図2-11 デジタル図形における周長

(3) 建蔽率

建蔽率は建物がある領域内にどのくらいの面積を占めているのかを表す指標である。しかし、前述したように、隙間幅 50cm 未満で隣接する建物群は連結した成分として計量されるため、実際には連結成分の建蔽率を定量化することになる。つまり、分析単位メッシュ内において、連結成分のピクセル数を街区のピクセル数で除したのを百倍した値を建蔽率とする。

2.2.4 建物・街区データベースの作成

本研究では、日本を代表する大都市である東京 23 区と大阪 24 区を対象に分析を行った。分析モデルの適用において用いる建物および街区の配置図のデジタルデータは、東京 23 区については「東京都縮尺 1/2,500 地形図構造化データファ

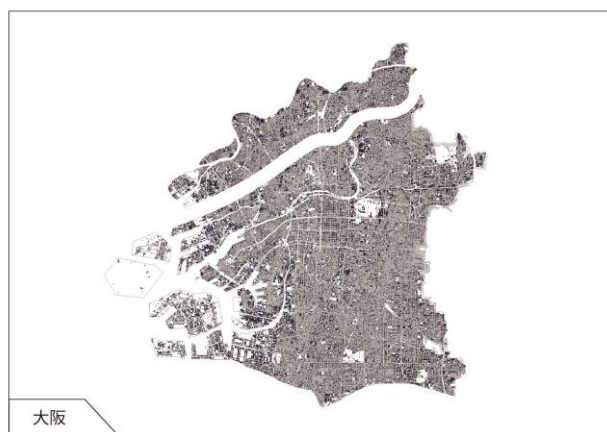
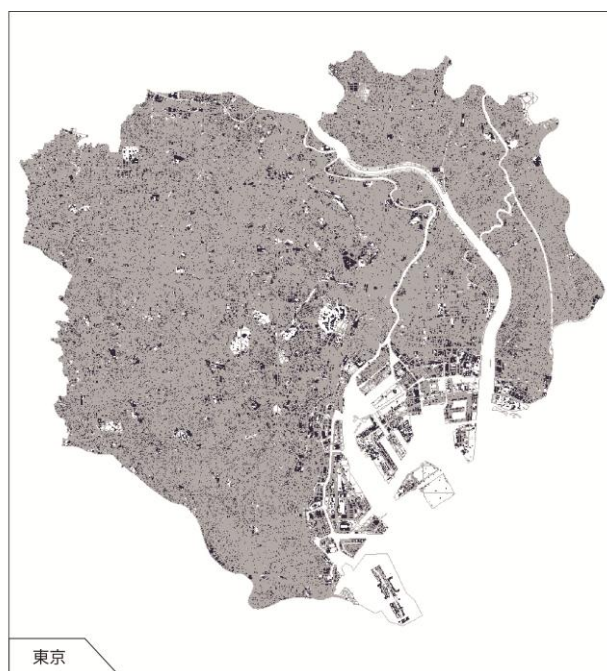


図 2-12
対象領域の建物・街区ポリゴンデータ

表 2-1 対象領域基本計量

	メッシュ数		建物ポリ ゴン数	建物面積 (ha)	街区面積 (ha)	分析対象領域 面積(ha)
	500m	100m				
東京	2662	61059	1938273	12193.9	45863.3	61059.0
大阪	1031	22103	391794	6790.4	16559.4	22103.0

イル (ver. 20110401, 株式会社ミッドマップ東京)」を用いた。また、街区データは「数値地図 2500 空間データ基盤 (平成 15 年 2 月 1 日発行, 国土地理院)」を利用した。一方、大阪 24 区については、「大阪市デジタルマッピング地形図 1 : 2500 (2011 年 8 月発行, 財団法人大阪市都市工学情報センター編集)」から建物と街区のみを抽出したデータを使用した (図 2-12)。

東京においては、東京 23 区を含む東西に 40 km, 南北に 34.5 km の領域を、大阪においては、大阪市全域を含む東西に 23.5 km, 南北に 22 km の領域を、100 m メッシュと 500 m メッシュで区切って計量した。隙間率の分布図において、計量したサンプル数は、東京 23 区をカバーする領域で、500 m 四方メッシュ数が 2662, 面積は 61059 ha, 大阪市全域をカバーする領域で、500 m 四方メッシュ数が 2662, 面積は 61059 ha となった(表 2-1)。

2.2.5 隙間の計量・描出

円掃過法による隙間の計量は、次の流れで行った (図 2-13)。

<Step 1> 1/2500 の建物・街区配置図作成

上記の 1/2500 の建物配置・街区のポリゴンデータを Dxf ファイルに変換し、Vector Script(テキストデータ)で書き出す。

<Step 2> 50cm メッシュ化

建物・街区ポリゴンを 1 ピクセルを 50cm としてデジタル処理を施す。あわせて、前述した計量的前提条件に基づいて、連結成分 (画像化された棟数に相当) の密度 (以下、連結成分密度)・周長率・建蔽率を計量する。

<Step 3> Dilation&Erosion (closing)

画像処理技法の dilation と erosion の処理を施し (closing), 隙間の描出・計量を行う。

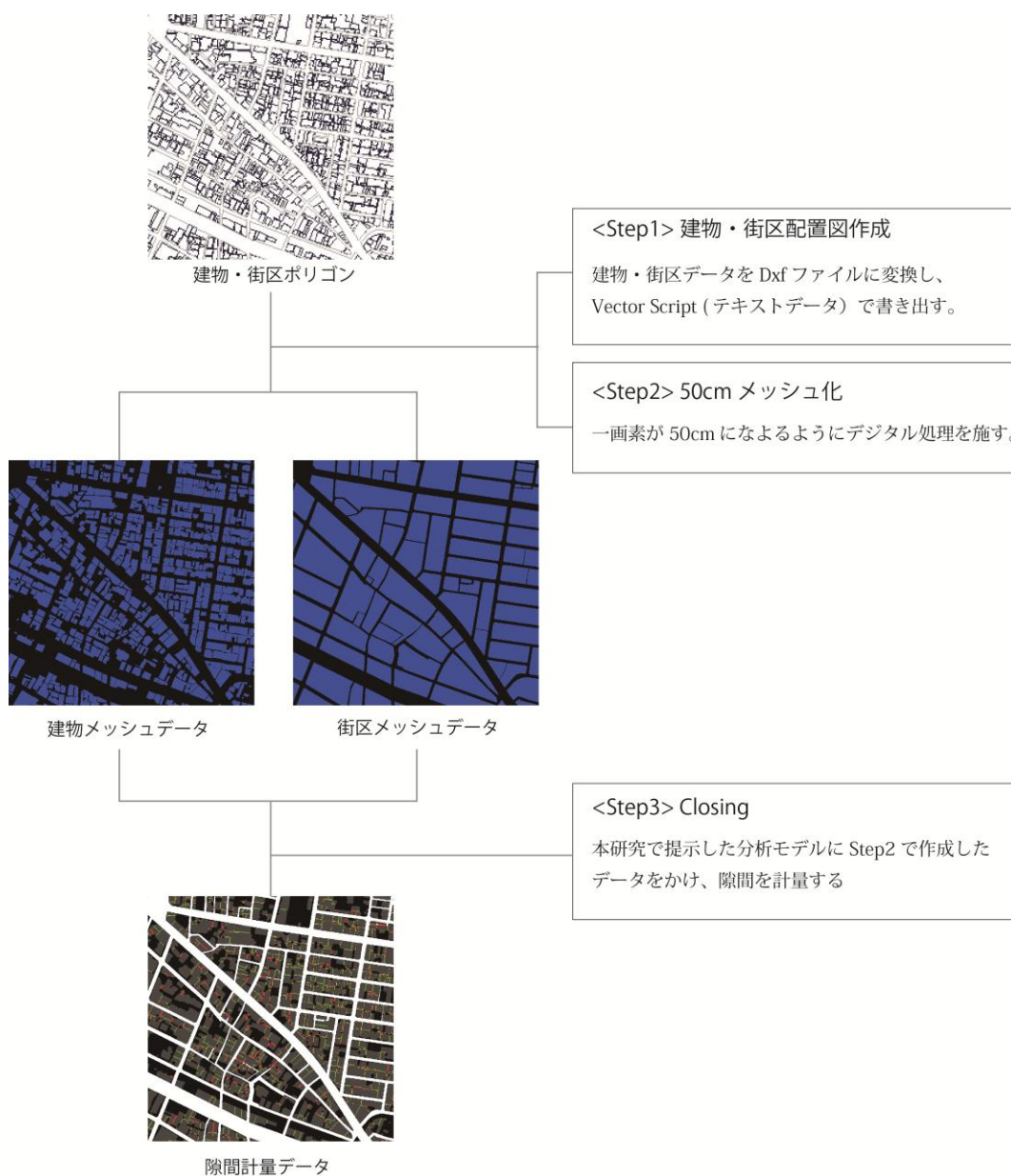


図 2-13 データの作成 (分析の流れ)

図 2-14 は上記の手続きによって隙間を抽出した例である。掃過円の半径 r の設定ごとに、隙間の画像が描出される。なお、隙間・建築面積・周長・連結成分数は、東京 23 区・大阪 24 区全域における総和とともに、対象領域を 100mメッシュと 500mメッシュに区切って計量・描画する。100mメッシュでの計量は、隙間量と各密度指標の具体的な分布様態を示すために用い、500mメッシュでの計量は、隙間率と各密度指標の相関を求める上で、数値的な安定性を確保するために用いる。

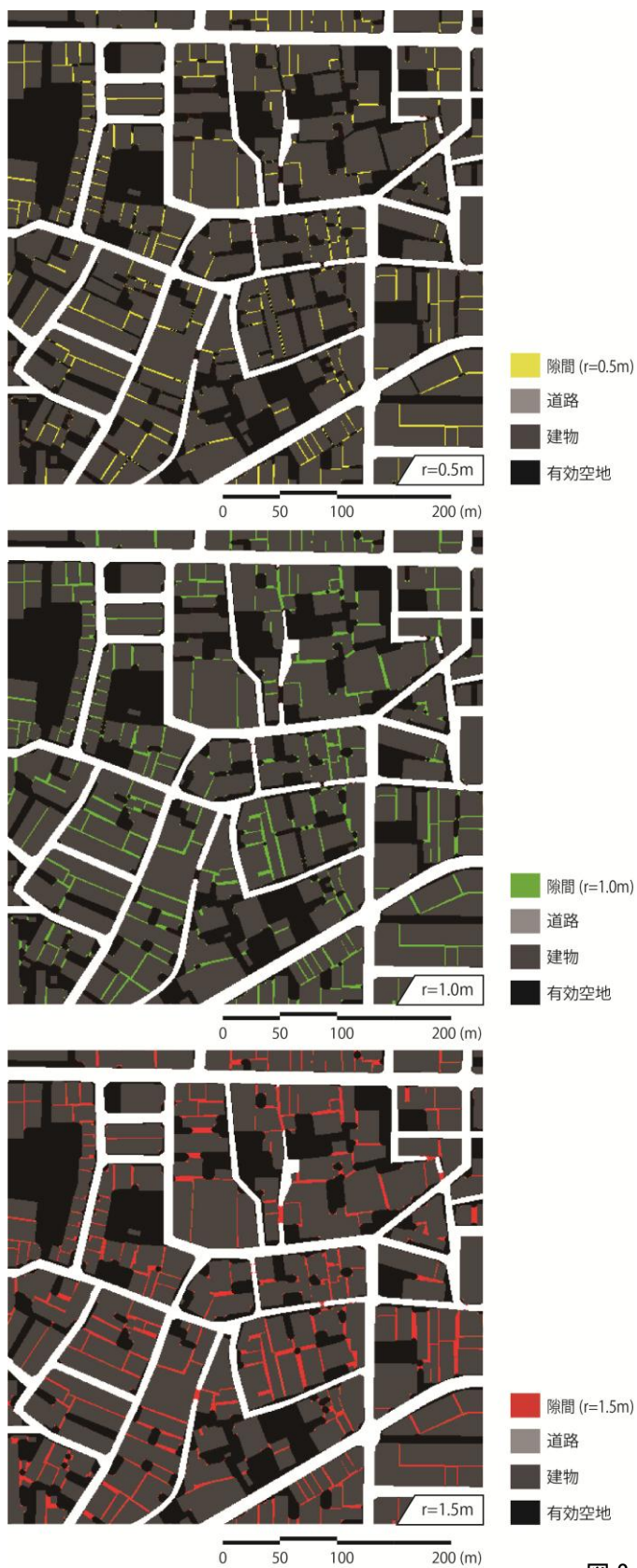


图 2-14 隙間抽出例（大阪市生野区）

2.3 隙間面積の計量とその分布様態

2.3.1 隙間率

ある領域内の隙間のピクセル数を面積 $<0.5^2 \times \text{ピクセル数} (\text{m}^2)>$ に換算した値を隙間量と呼び、換算した街区の面積で除した割合を隙間率と呼び、 λ_r ($r=0.5, 1.0, 1.5$) と表記する。すなわち、隙間率はネット密度に相当する。

東京 23 区・大阪 24 区全域における隙間の計量結果を表 2-2 に示す。東京 23 区の隙間量をみると、掃過円の半径 $r=0.5\text{m}$ の狭小な隙間量でも約 430ha あり、その隙間率は 0.94%と街区全体の約 1%を占めている。また半径 $r=1.5\text{m}$ のときの隙間量は 1887.9ha となり、隙間率は 4%を超える。これは東京 23 区における街区公園面積 (527.6ha) の 3.6 倍にも及ぶ^{注 6)}。

一方大阪市の隙間量をみると、 $r=0.5\text{m}$ のときは 127.1ha、 $r=1.5\text{m}$ のときは 425.9ha となっている。隙間率をみると、いずれの半径の場合も東京の隙間率を下回っており、大阪のほうが隙間率は低いことがわかる。ただし半径 $r=1.5\text{m}$ のときの隙間量は、大阪市の街区公園面積 (212.8ha) の 2 倍にも及び、東京と同様、隙間が都市空間において決して無視できない量を占めていることがわかる。

表 2-2 隙間率

	隙間量 (ha)			隙間率 (%)			街区面積 (ha)
	$r=0.5$	$r=1.0$	$r=1.5$	$r=0.5$	$r=1.0$	$r=1.5$	
東京	429.6	1136.4	1887.9	0.94	2.48	4.12	45863.3
大阪	127.1	282.0	425.9	0.77	1.70	2.57	16559.4

2.3.2 隙間の分布様態

対象領域における隙間率の高い地域^{注 7)}の分布様態を把握するために、100m メッシュ単位で計量し、隙間率 λ_r の分布図を作成した (図 2-15~2-17)。 $\lambda_{0.5}$ の分布図をみると、東京では皇居および隅田川周辺の地域で 3.0%以上の特に隙間率の高いメッシュが集中している。一方、大阪では、 $\lambda_{0.5}$ が 3.0%以上を超える地域は比較的少ないが、大阪城公園の北側の北区・都島区および城東区の東側の一部が隙間率 3.0%以上であり、特に隙間率が高いといえる。 $\lambda_{1.0}$ の分布図をみると、いずれの都市においても隙間率が高い地域は環状に分布するのが特徴的である。すなわち、東京においては JR 山手線沿いに、また、大阪においては JR 大阪環状線沿いに隙間率の高い地域が連担している。特に、隙間率 6.0%以上の非常に隙間率の高い地域は、JR 山手線沿いでは、上野から池袋、また目黒から

大崎にかけて集中している。一方、大阪では JR 大阪環状線沿いに、上は京橋付近から、下は今宮駅付近からにかけて広範囲に連担しており、大阪環状線野田駅と桜ノ宮駅付近を中心とする地域にも隙間率 4.0%以上の高い隙間率の地域が集中している。これらの地域は、両都市ともに、木造住宅密集地域となっているのが特徴である。また、 $\lambda 1.5$ の場合も、 $\lambda 1.0$ の分布と同様の傾向を示すことが確かめられた。

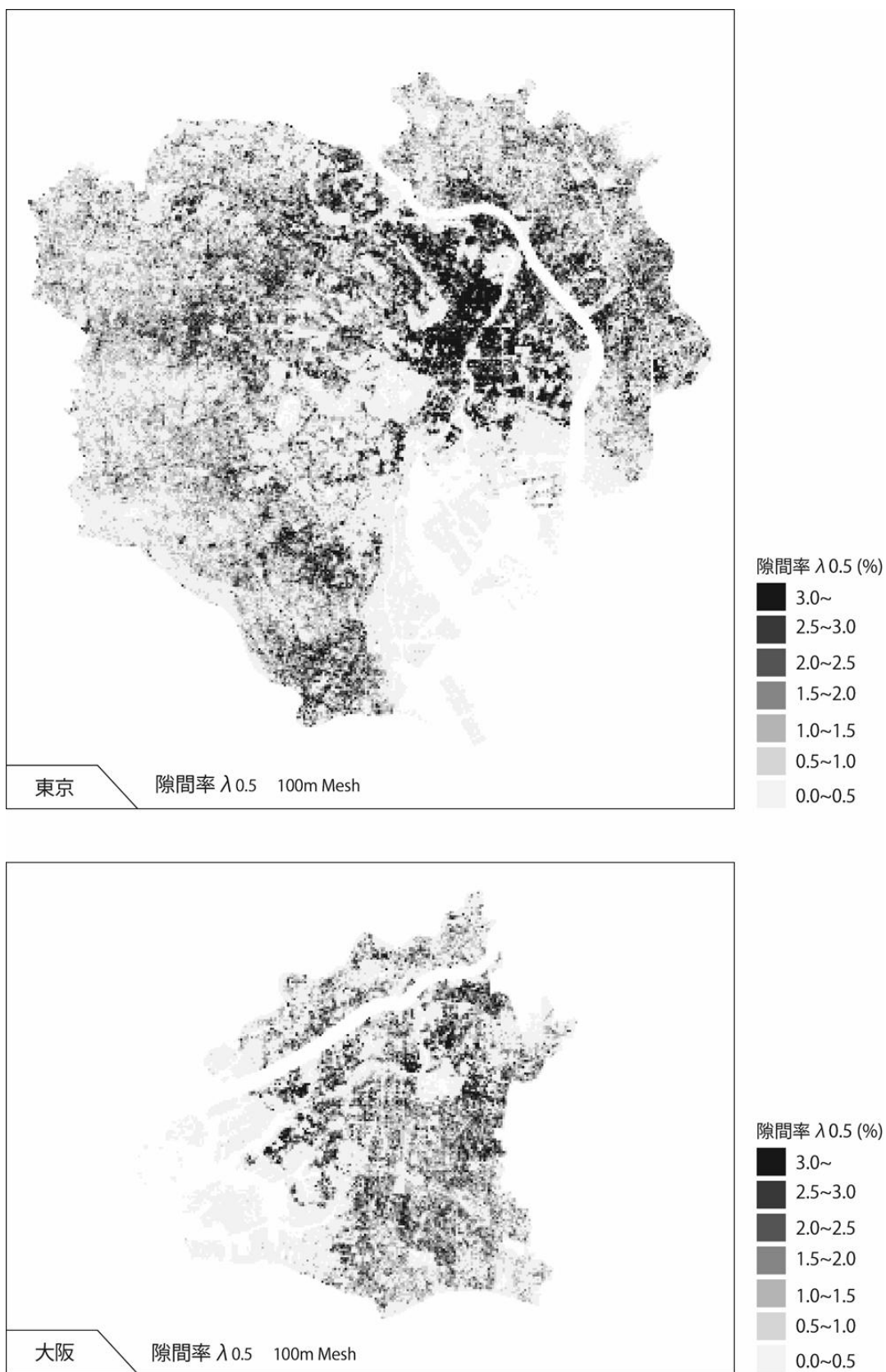


図 2-15 隙間率 $\lambda_{0.5}$ の分布

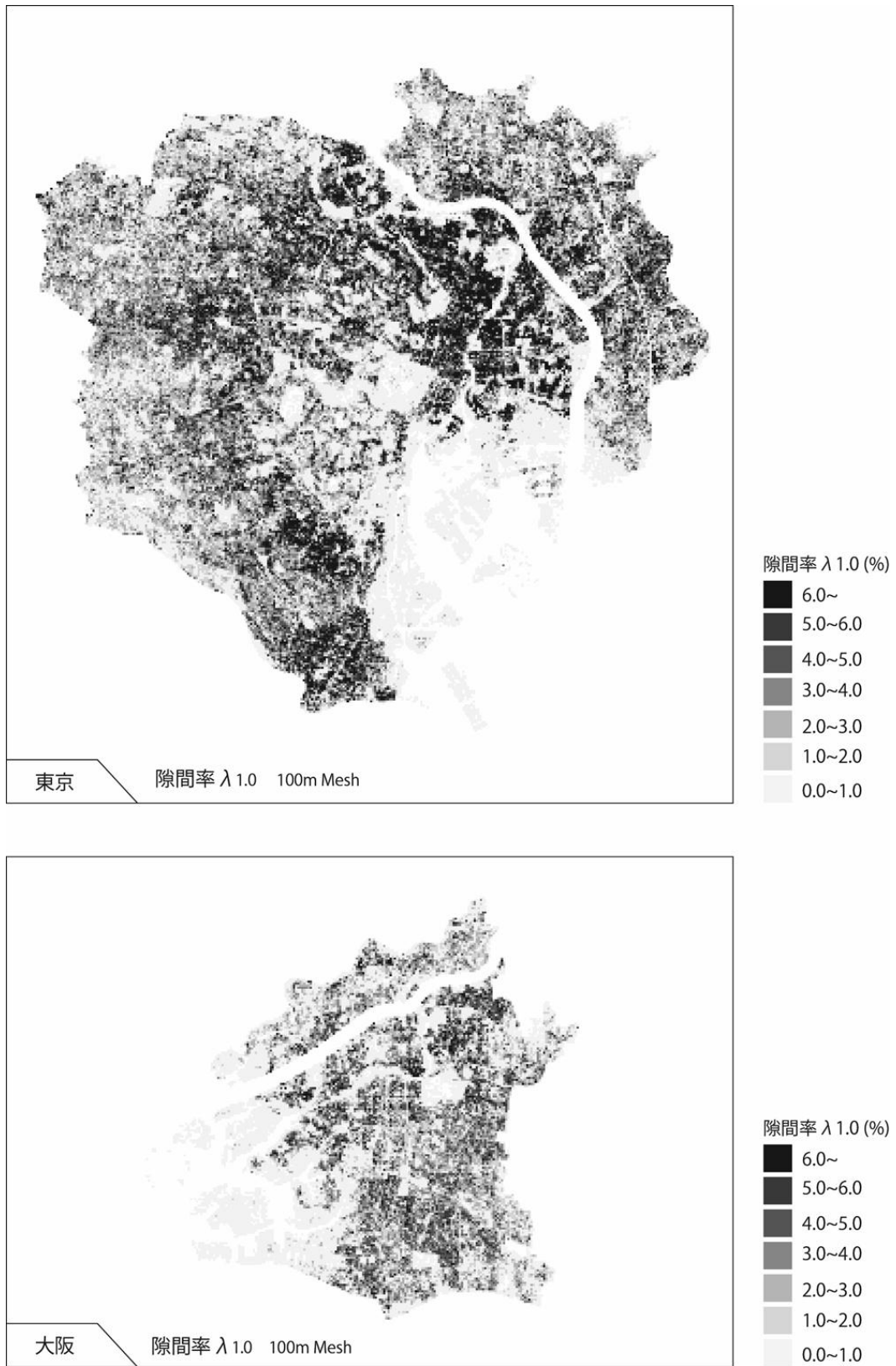


図 2-16 隙間率 $\lambda_{1.0}$ の分布

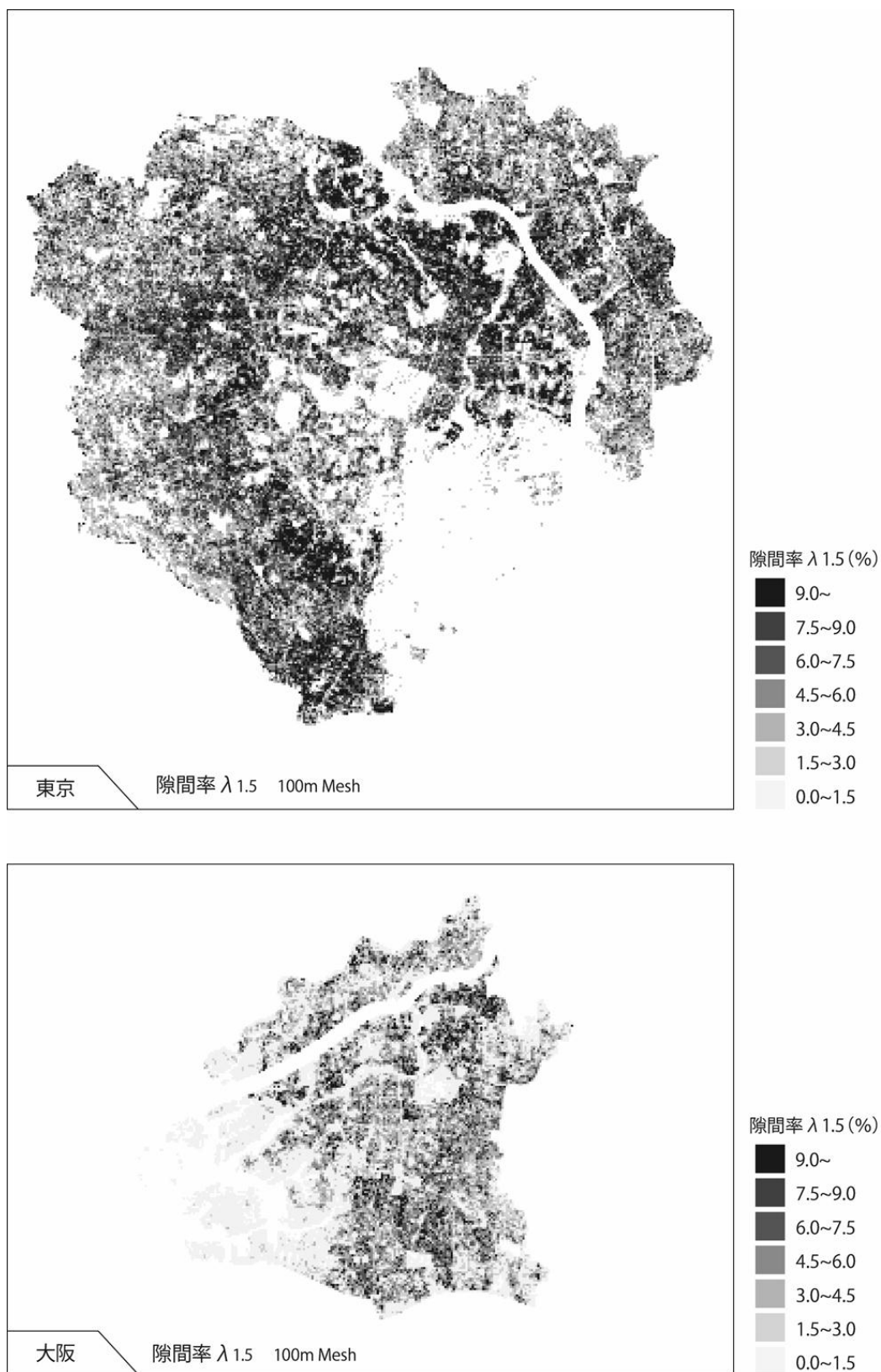


図 2-17 隙間率 $\lambda_{1.5}$ の分布

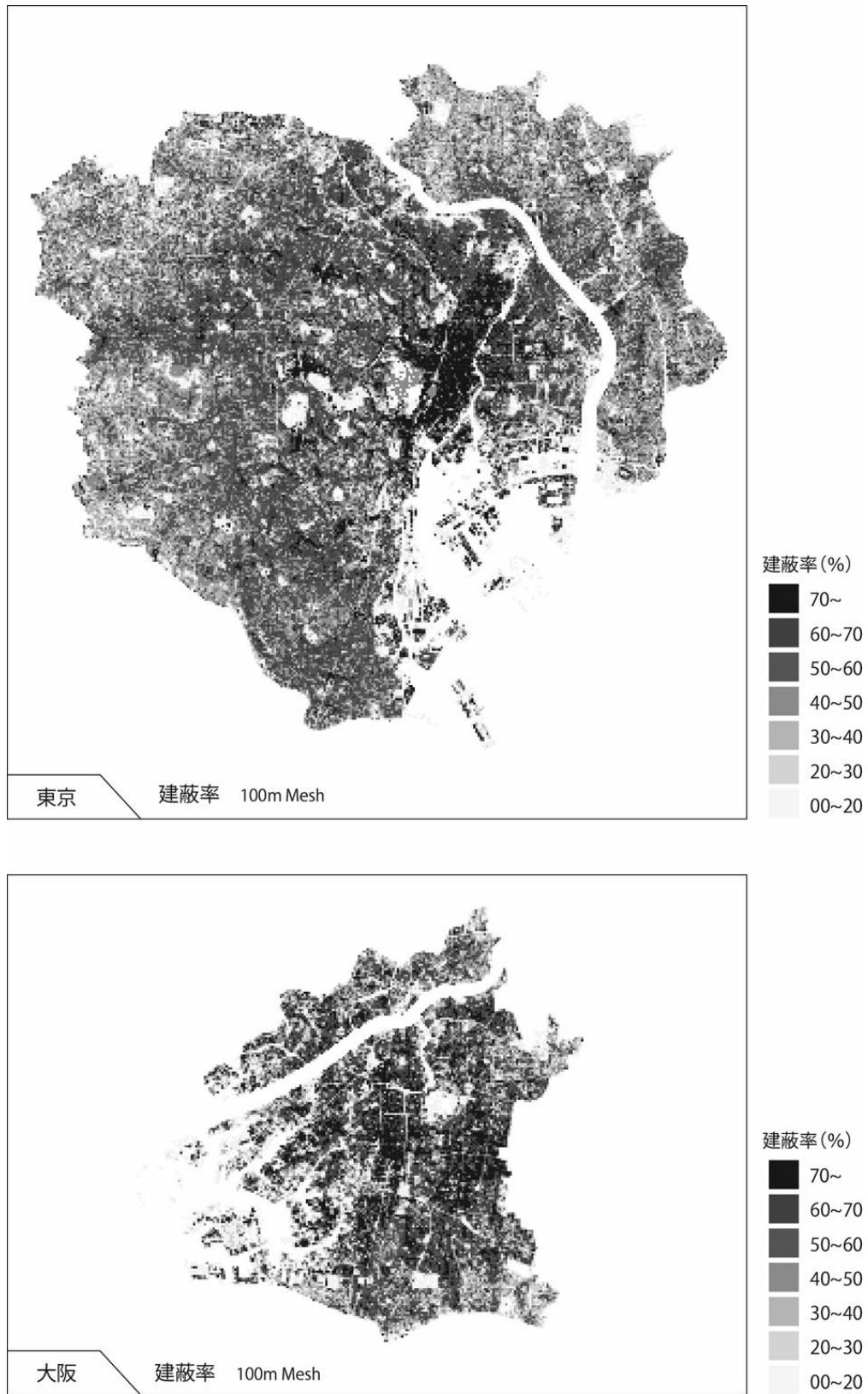


図 2-18 建蔽率

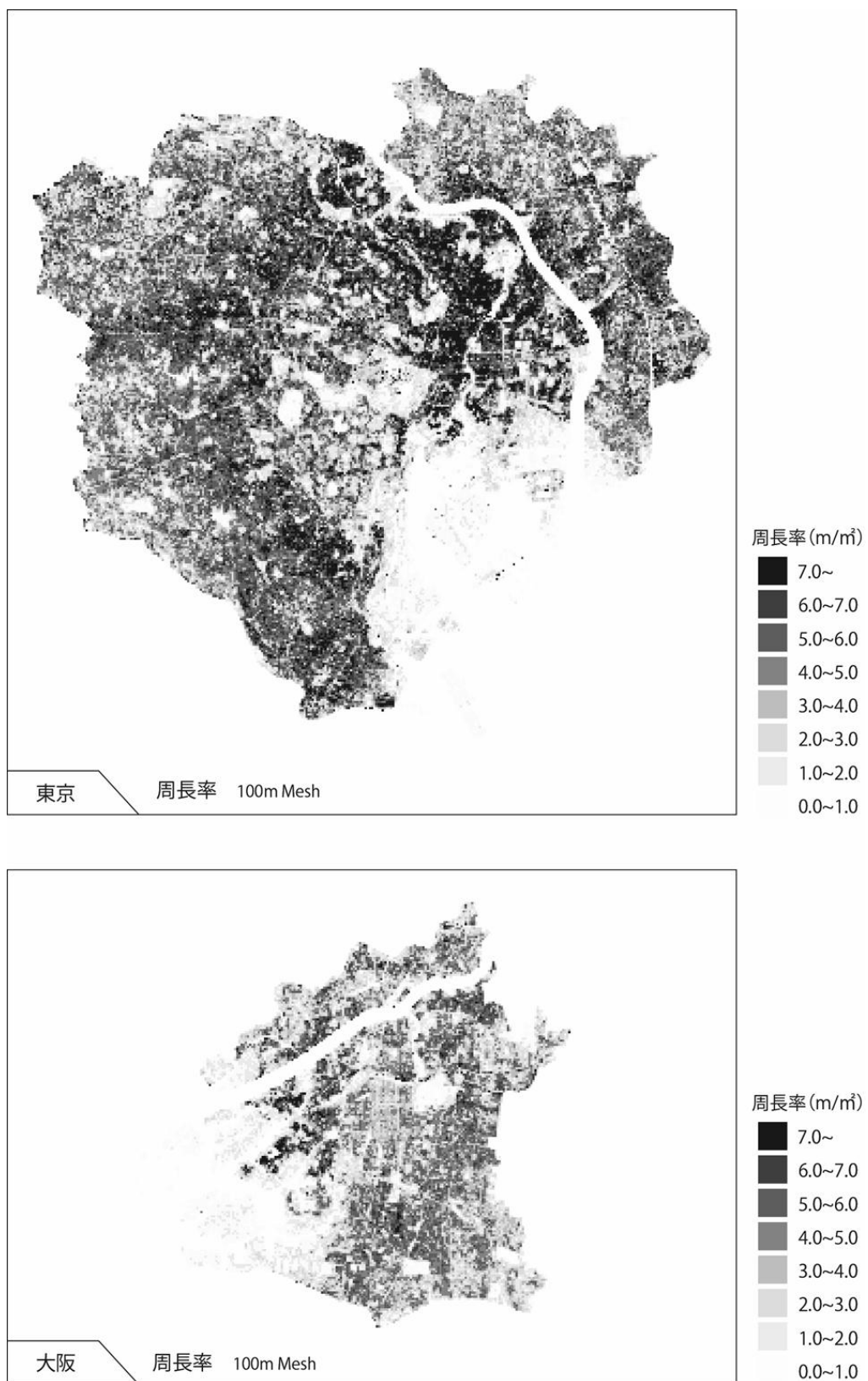


図 2-19 周長率

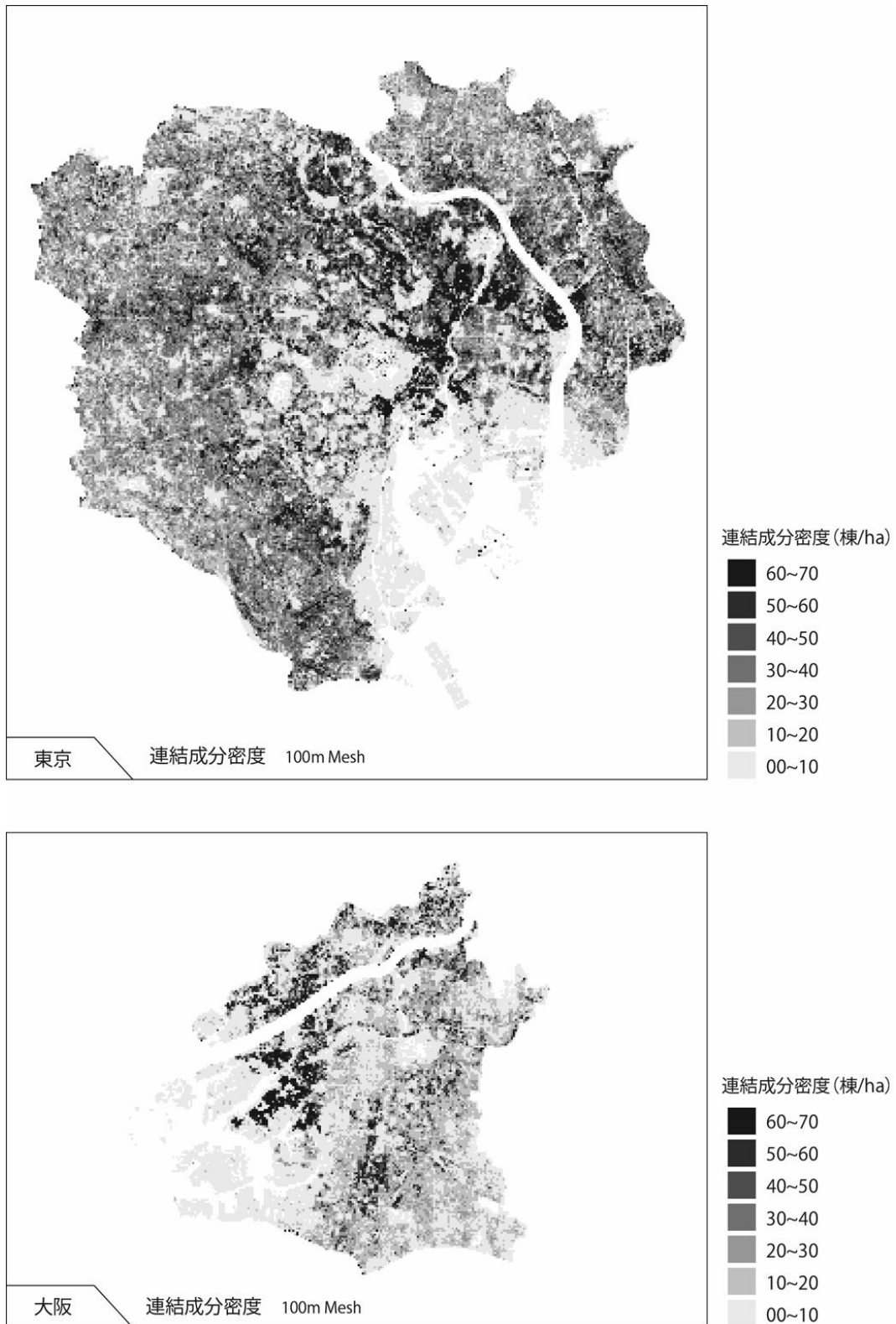


図 2-20 連結成分密度

表 2-3 高隙間率地域上位5地域 (500m メッシュ)

ランク			1	2	3	4	5
東京	r=0.5	メッシュ番号	4151	4653	4654	4552	4150
		地域名	台東区浅草	台東区千束	台東区浅草	台東区北上野	千代田区神田
		隙間率(%)	4.651	4.454	4.422	4.374	4.332
	r=1.0	メッシュ番号	4151	4654	2139	5048	4155
		地域名	台東区浅草	台東区浅草	品川区戸越	北区田端	墨田区亀沢
		隙間率(%)	7.301	7.183	7.122	7.024	6.991
	r=1.5	メッシュ番号	1939	2139	5440	2038	1239
		地域名	品川区豊町	品川区戸越	北区十条	品川区中延	大田区中央
		隙間率(%)	10.864	10.805	10.678	10.425	10.173
大阪	r=0.5	メッシュ番号	2731	2521	1938	2831	2537
		地域名	北区天満	花区梅香	生野区田島	北区東天満	城東区東中浜
		隙間率(%)	3.356	3.106	2.707	2.601	2.526
	r=1.0	メッシュ番号	2731	3035	3339	2521	2831
		地域名	北区天満	都島区都島	旭区清水	花区梅香	北区東天満
		隙間率(%)	5.669	5.057	4.920	4.913	4.740
	r=1.5	メッシュ番号	2921	3339	2624	3035	2331
		地域名	西淀川区姫島	旭区清水	福島区野田	都島区都島	中央区谷町
		隙間率(%)	7.296	7.113	7.105	7.053	7.042

表 2-3 に、東京・大阪において隙間率 λ_r の最も高い上位 5 地域をまとめた。東京においては、台東区浅草地域の $\lambda_{0.5}=4.7\%$ 、 $\lambda_{1.0}=7.3\%$ 、品川区豊町の $\lambda_{1.5}=10.9\%$ 、大阪では北区天満地域の $\lambda_{0.5}=3.4\%$ 、 $\lambda_{1.0}=5.7\%$ 、西淀川区姫島の $\lambda_{1.5}=7.3\%$ が、それぞれにおいて最も高い隙間率となった。東京では $\lambda_{0.5}$ および $\lambda_{1.0}$ の上位を台東区が占めており、この地域に、特に狭小な隙間を持つエリアが集中しているといえる。図 2-21 に隙間率 $\lambda_{1.0}$ および $\lambda_{1.5}$ の高かった地域の隙間の分布を示す。どちらの地域においても、街区の中に小規模な建物が密集しており、それぞれの建物間に狭小な隙間が生じていることがみてとれる。



隙間率 λ (%)	隙間量 (m)	ランク	街区面積 (m ²)
$r=0.5$	4.454	7,649.8	171,752.3
$r=1.0$	6.961	11,955.0	
$r=1.5$	8.791	15,098.5	

東京都台東区千束地域 ($r=0.5m$)



隙間率 λ (%)	隙間量 (m)	ランク	街区面積 (m ²)
$r=0.5$	3.356	3,844.0	114,536.0
$r=1.0$	5.669	6,492.5	
$r=1.5$	6.936	7,944.8	

大阪市北区天満地域 ($r=0.5m$)



隙間率 λ (%)	隙間量 (m)	ランク	街区面積 (m ²)
$r=0.5$	4.651	7,157.5	153,882.5
$r=1.0$	7.301	11,234.2	
$r=1.5$	8.961	13,789.3	

東京都台東区浅草地域 ($r=1.0m$)



隙間率 λ (%)	隙間量 (m)	ランク	街区面積 (m ²)
$r=0.5$	2.442	4,598.5	188,347.0
$r=1.0$	5.057	9,525.3	
$r=1.5$	7.053	13,285.0	

大阪市都島区都島地域 ($r=1.0m$)



隙間率 λ (%)	隙間量 (m)	ランク	街区面積 (m ²)
$r=0.5$	2.833	5,799.2	204,717.0
$r=1.0$	6.925	14,177.0	
$r=1.5$	10.864	22,239.5	

東京都品川区豊町地域 ($r=1.5m$)



隙間率 λ (%)	隙間量 (m)	ランク	街区面積 (m ²)
$r=0.5$	2.449	4,711.8	192,357.5
$r=1.0$	4.920	9,463.2	
$r=1.5$	7.113	13,682.8	

大阪市旭区清水地域 ($r=1.5m$)

図 2-21 高隙間率エリア

東京・大阪全域を 500m メッシュに分割し、それぞれのメッシュにおける隙間率の頻度分布を図 16 に示す。半径 $r=0.5$ のときの頻度をみると、東京においては、 $\lambda_{0.5}=0.0 \sim 2.0\%$ でのメッシュ数が多く、その数は対象領域の全メッシュ数の 9 割を超える。大阪においても同様に、 $\lambda_{0.5}=0 \sim 2.0\%$ の範囲内にほぼ全てのメッシュがおさまっており、 $\lambda_{0.5}$ が 2% を超える地域が特異であることがわかる（図 2-22 における $\lambda_{0.5}$ の図を参照）。また東京・大阪の全ての半径 r において、隙間率が 0.25% のときの頻度が特出している。このことから、隙間幅の小さな隙間は、都市の全域にわたり少量存在しているといえる。

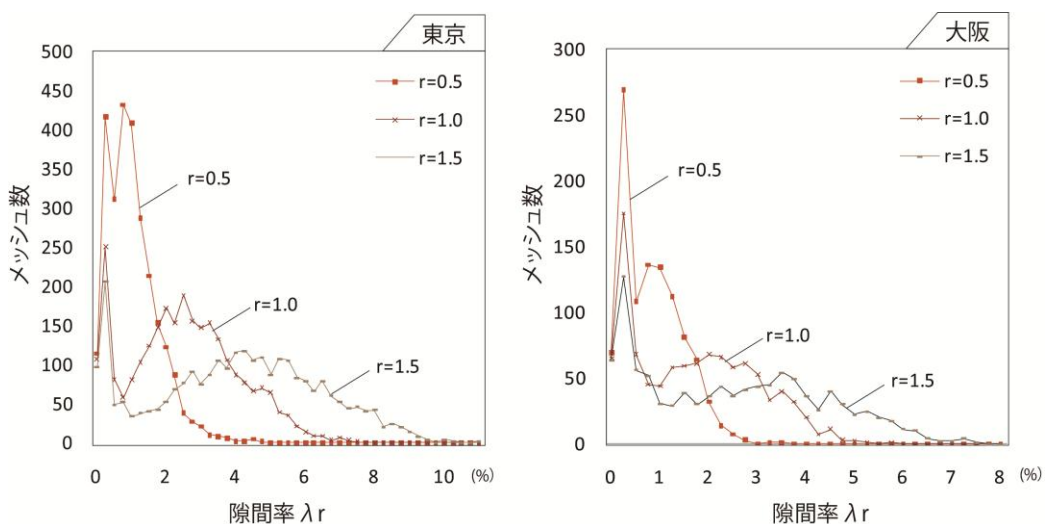


図 2-22 高隙間率地域 (500m メッシュ)

2.4 隙間率と密度指標との相関

2.4.1 建物密度指標との相関分析

図 2-23 のような簡単な建物配置モデルの場合、建物間の隙間の面積は、街区の面積 $W L$ から建物の面積 $a b$ の差で求められる。当然のことながら、隙間の面積は、ある領域内に建物が建て詰まるにつれて大きくなる。従って、領域内にどのくらい数の建物が建て詰まっているのかを示す指標である連結成分密度については、隙間の量との相関があることが予測される。また建物が稠密に配置されている場合、概ね、隙間量は周長に比例すると考えられる。このことから周長 $(2a+2b)$ の値が大きくなると隙間が増えることが予想される。同様に、建物がある領域内にどのくらいの面積を占めているのかを表す指標である建蔽率 $(a b / W L)$ についても隙間の量との相関性がみられると思われる。以上の仮説を踏まえて、本項では隙間の量と建物の密度指標（連結成分密度・周長率・建蔽率）との関係を見ることにする。

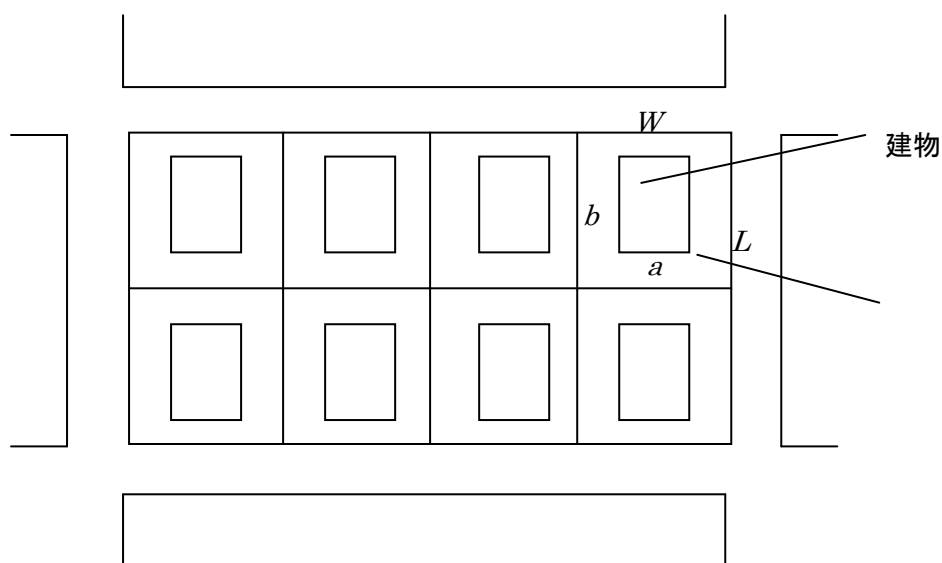


図 2-23 街区と建物配置図の簡単なモデル

隙間量と各密度指標の具体的な分布様態を示すために、東京・大阪全域を100mメッシュに分割し、メッシュ単位での建蔽率・周長率・連結成分密度を計量し、図示した(図2-18~2-20)。図2-17の隙間率の分布図と対応させると、隙間率の高い地域がそれぞれの密度指標の高い地域と概ね一致していることがみてとれる。

東京と大阪における隙間率と建物密度指標との相関をみるために、500mメッシュにおける隙間率と建蔽率・周長率・連結成分密度の散布図を作成し、相関係数と1次回帰式を求めた(次ページ図2-24、表2-4^{註8})。それぞれの相関をみると、程度にばらつきはあるものの、隙間率と周長率・連結成分密度に相関があることがわかる。また、概ね隙間の幅が広がるほど、隙間率と建物間の密度指標とは強い相関を示している。

特に周長率と隙間率は、東京の $\lambda 0.5$ の場合を除き、どの掃過円半径においても相関係数 $R^2=0.70\sim 0.89$ 程度となっており、強い相関がみられた。これより、建物が密に配置される場合、概ね隙間量は周長に比例すると考えられる。すなわち、周長率からおおよその隙間率が推定できることがわかる。

連結成分密度増加すると、周長率も高くなり、隙間量がそれにつれて増加すると考えられる。東京においては、連結成分密度と隙間率は、相関係数 $R^2=0.57\sim 0.78$ 程度とやや弱い相関をみせたが、大阪においては、 $R^2=0.50\sim 0.51$ であり、非常に弱い相関となった。

一方、建蔽率についてみると、東京の $\lambda 0.5$ の場合を除き、相関係数 $R^2=0.004\sim 0.37$ 程度と、隙間率との間には、あまり相関はみられなかった。特に東京においては、 $\lambda_{1.0}$ では $R^2=0.0044$ 、 $\lambda_{1.5}$ では $R^2=0.1156$ であり、隙間率と建蔽率は無相関であるといえる。これは、同一規模・形態の建物であれば、 $[\text{周長}]^2 \propto [\text{建築面積}]$ という関係があるので、隙間量ともある程度の相関があると推測されるが、しかし、建蔽率は同一規模・形態に加えて配置の偏りにも大きく左右されるため明確な相関が見いだせなかったと考えられる。なお、単純な建物配置の場合、建物密度指標から隙間率を推定することも可能で、及川²⁴⁾が示している。

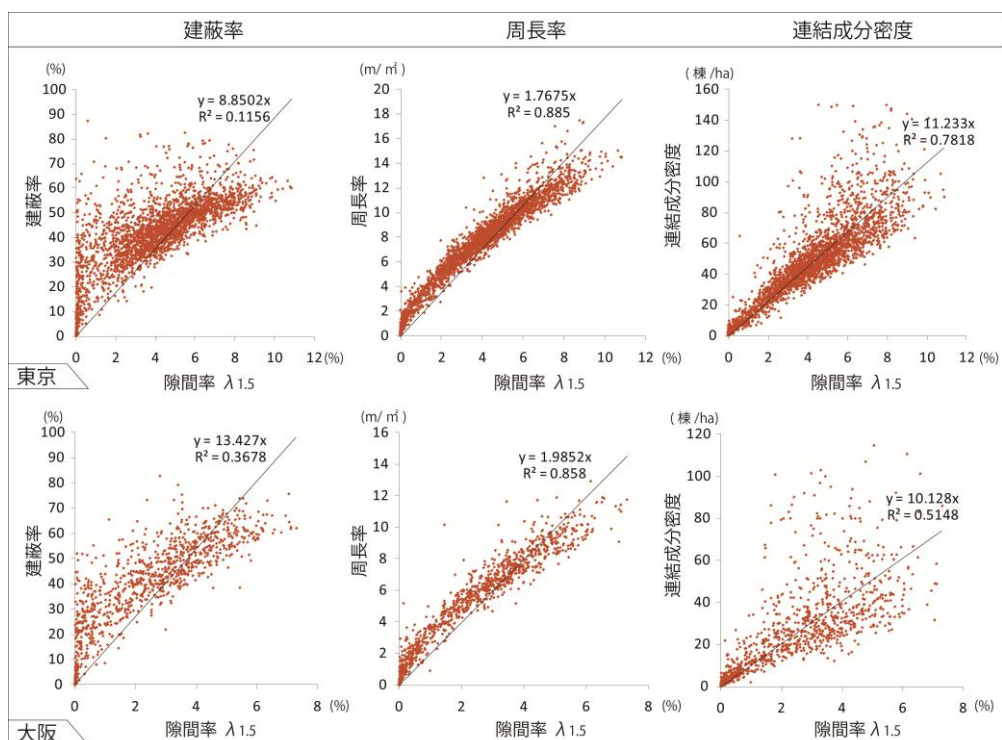


図 2-24 隙間率と建蔽率・周長率・連結成分密度の関連

表 2-4 隙間率と建物密度指標との相関係数

隙間率	密度指標	相関係数R ²		数式	
		東京	大阪	東京	大阪
λ 0.5	建蔽率	0.5230	0.1557	$y = 33.502x$	$y = 42.21x$
	周長率	0.4103	0.7052	$y = 6.691x$	$y = 6.2556x$
	連結成分密度	0.5735	0.4950	$y = 43.342x$	$y = 32.461x$
λ 1.0	建蔽率	0.0044	0.3273	$y = 14.228x$	$y = 19.985x$
	周長率	0.8048	0.8274	$y = 2.8421x$	$y = 2.9555x$
	連結成分密度	0.7647	0.5026	$y = 18.166x$	$y = 15.096x$
λ 1.5	建蔽率	0.1156	0.3678	$y = 8.8502x$	$y = 13.427x$
	周長率	0.8850	0.8580	$y = 1.7675x$	$y = 1.9852x$
	連結成分密度	0.7818	0.5148	$y = 11.233x$	$y = 10.128x$

2.4.2 人口密度との関連

一般に建物が多いほど人口密度は高くなると考えられる。また、隙間率と連結成分密度との間に相関が見られたことから、隙間率と人口密度との相関がみられることが予測される。そこで、高人口密度地域（東京では200人/ha以上、大阪では180人/ha以上の地域）と高隙間率地域（東京では $\lambda_{1.5}=8.5\%$ 以上、大阪では $\lambda_{1.5}=6.0\%$ 以上の地域）を重ね合わせ、人口密度と隙間率の関連性を把握する（図2-25）。これを見ると、東京と大阪のいずれにおいても、高隙間率地域は高人口密度地域と概ね一致していることがわかる。ただし、東京の荒川以東においては、隙間率の高い地域でも、必ずしも人口密度が高くないといえる。

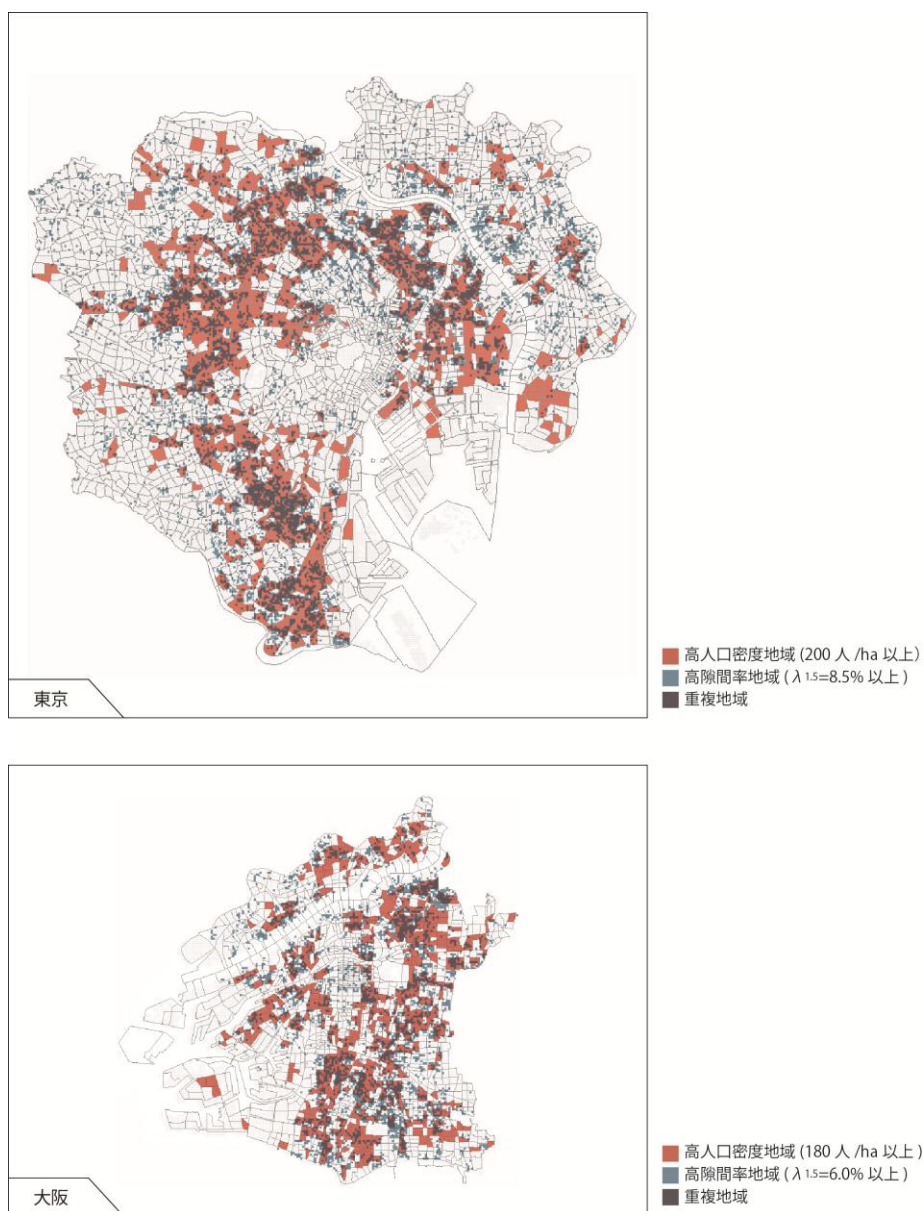


図2-25 隙間率と人口密度との関連

2.5 まとめ

本章では建物間の隙間を幾何学的に定義し、画像処理技法による隙間の定量化手法を円掃過法として提案した。さらに、円掃過法を東京 23 区および大阪 24 区における建物配置に適用することにより、これまで漠然と捉えられてきた都市の中の隙間について、その量と分布を定量的に把握することができた。また、隙間率・建物密度指標についても、これまでの一連の研究のような計量メッシュあたりのグロス密度ではなく、新たに街区データを整備し、街区面積あたりのネット密度で算定した。これにより、河川や道路等を除外した、正味の隙間率および建物密度から、東京・大阪を隙間の量と分布を比較分析することができた。

本研究で得られた主な知見は、以下の通りである。

- ① 隙間率（ネット密度）は、東京 23 区においては掃過円の半径 r が 0.5, 1.0, 1.5 (m) のとき、それぞれ 0.9, 2.5, 4.1 (%)、大阪 24 区においてはそれぞれ、0.8, 1.7, 2.6 (%) と計量され、狭小な隙間もその総和をみると、市街地においては無視できない面積を占めていることが明らかにされた。
- ② 隙間率の高い地域の分布状態をみると、東京 23 区では山手線沿線に環状に連なる地域に集中し、大阪では JR 大阪環状線外周沿いに連担していることがわかった。
- ③ 隙間率と建物密度指標（建蔽率・周長率・連結成分密度）とは相関がみられ、特に周長率とは非常に強い相関がみられた。

一般に、隙間率の高い地域は、建物同士の隣棟間距離が狭いと考えられ、また隙間率と連結成分密度との間に相関が見られたことから、建物が密集して建っていると考えられる。特に隙間率の高かった、東京の山手線沿いや大阪の環状線沿いは、古くからの木造密集市街地が分布しており、木造家屋の密集とオープンスペースの不足は、地震の二次災害としての延焼火災の危険性が高い地域であることが予測される。また隙間率と建物密度指標と相関関係がみられたことから、各建物密度指標を算出できれば、延焼危険性の高い地域の大まかな把握も可能となると考えられる。

本論では、隙間率と建物の密度指標との相関を分析し、隙間率と人口密度については両者の分布図による比較のみを行ったが、上述のように、隙間率と木造住宅密集市街地、さらには緑被率にも関連があることが予想されるので、今後は都市防災と関連付けながら、定量的に明らかにしたいと考える。

注

- 注1) ダマスカスの都市図は、及川（参考文献1の共著者）が2000年に共同で行った現地調査の結果に基づく。
- 注2) 図2・3は郷田が論文で用いた図をもとに、本稿説明用に修正したものである。
- 注3) モルフォロジーに関する技法に関しては参考文献22), 23)を参照した。
- 注4) 例えばVector Worksなどで線データの建物配置図を扱った場合、円を構成要素としたdilationやerosionといった操作や面積の計量に、膨大な作業量が必要となり、多くの時間を要する。そこで、建物配置図を二値画像化し、作業量の軽減と処理時間の短縮化を図った。
- 注5) デジタル化された円は、連続平面上の幾何学的な正円とは形態も面積も異なり、計量結果も異なる。本論では、あくまでもデジタル画像上で定義される円と隙間の面積の計量結果を論じている。ちなみに、デジタル化された円と、連続平面上の円との面積誤差は、半径 $r=0.5\text{m}$ のとき 0.465 m^2 、 $r=1.0\text{m}$ のとき 0.11 m^2 、 $r=1.5\text{m}$ のとき 0.185 m^2 であり、その相対誤差は、半径 $r=0.5\text{m}$ のとき37.2%、 $r=1.0\text{m}$ のとき3.39%、 $r=1.5\text{m}$ のとき2.53%と、半径が大きくなるにつれ、相対誤差は小さくなる。
- 注6) 街区公園の面積は、横浜市 政策局 統計情報課、大都市比較統計年表（平成22年）に基づく。
- 注7) ここでは、東京・大阪それぞれの都市において、半径 r ごとに、隙間率の高いメッシュ上位5%以上を、隙間率の高い地域の目安とした。よって、東京では、2.23% ($r=0.5\text{m}$)、5.02% ($r=1.0\text{m}$)、7.84% ($r=1.5\text{m}$)、大阪では1.81% ($r=0.5\text{m}$)、3.70% ($r=1.0\text{m}$)、5.54% ($r=1.5\text{m}$)が高い隙間率の目安となる。
- 注8) 隙間率 λ_r と各密度指標の相関図において、原点を通過しない近似直線を求めた場合の相関係数を参考に記す。建蔽率との隙間率 λ_r の相関係数 R^2 は、東京では0.5158 ($\lambda_{0.5}$)、0.5818 ($\lambda_{1.0}$)、0.5787 ($\lambda_{1.5}$)、大阪では0.6628 ($\lambda_{0.5}$)、0.6976 ($\lambda_{1.0}$)、0.7001 ($\lambda_{1.5}$)であり、周長率との隙間率 λ_r の相関係数 R^2 は、東京では0.7381 ($\lambda_{0.5}$)、0.8993 ($\lambda_{1.0}$)、0.9344 ($\lambda_{1.5}$)、大阪では0.8485 ($\lambda_{0.5}$)、0.9044 ($\lambda_{1.0}$)、0.9178 ($\lambda_{1.5}$)、建蔽率との隙間率 λ_r の相関係数 R^2 は、東京では0.6933 ($\lambda_{0.5}$)、0.7847 ($\lambda_{1.0}$)、0.7818 ($\lambda_{1.5}$)、大阪では0.5447 ($\lambda_{0.5}$)、0.532 ($\lambda_{1.0}$)、0.5369 ($\lambda_{1.5}$)となった。

参考文献

- 1) 松宮かおる・鷺崎桃子・及川清昭・郷田桃代：建物間の隙間に関する定量的分析，日本建築学会計画系論文集，79巻，697号，2014.03
- 2) 槇文彦他：見えがくれする都市，鹿島出版会，1980
- 3) 黒川紀章著：道の建築—中間領域へ—，丸善，1983
- 4) スキマ・プロジェクト「東京計画#01，#02」雑誌「A」vol8，9，2000
- 5) 貝島桃代・黒田潤三・塚本由晴著：メイド・イン・トーキョー，鹿島出版会，p.012，2001
- 6) 金 栄爽・高橋 鷹志：密集住宅地の「住戸群」における路地と隙間の役割に関する研究，日本建築学会計画系論文集（469），pp.87-96，1995-03-30
- 7) 腰塚武志・杉田修：隣棟間隔を考慮した市街地の分析，日本都市計画学会学術研究発表会，pp.37-42，1983
- 8) 辻政宏・鈴木修一：住宅密集地の路地空間における温熱環境の実態調査，日本建築学会学術講演梗概集 D-1，pp695-696，2001
- 9) 豊福晃史・藤木薫・竹林英樹・森山正和：路地空間における夏季熱環境の実態とその改善方策に関する研究，日本建築学会学術講演梗概集 D-1，pp919-920，1999
- 10) 水島あかね：近代京都市域に形成された路地空間に関する研究，日本建築学会学術講演梗概集 F-1，pp247-248，1999
- 11) 白石高志・松村秀一・安藤正雄・宇野求・安孫子義彦・藤井俊二・本堂泰治：都市空間における隣棟間隙間の協調利用に関する研究，日本建築学会学術講演梗概集 E-1 2005，pp.33-36，2005.07.31
- 12) 道尾淳子・那須聖・八代克彦：札幌市市街地における隙間空間に関する研究・その1：隙間空間の平面寸法による分類，日本建築学会学術講演梗概集 F-1，2003，pp.269-270，2003.07.30
- 13) 野沢康：空地確保による街区環境の改善手法に関する研究，日本都市計画学会学術研究発表会論文集，pp.703-708，1993
- 14) 腰塚武志：棟数密度による有効空地の推定，日本都市計画学会学術研究発表会論文集，pp.337-342，1989
- 15) 郷田桃代：既成市街地における空隙の定量分析—東京の GIS データを用いたケーススタディー—，日本都市計画学会学術研究論文集，No.31，pp.13-18，1996.11
- 16) 郷田桃代：既成市街地における建物と空隙の立体的特性に関する研究—東京の高密度地域を対象としたケーススタディーを通して—，日本都市計画学会学術研究論文集，No.32，pp.493-498，1997.10

- 17) 郷田桃代：建物に対する方位を考慮した空隙の形態的特性に関する研究－東京の既成市街地における比較分析を通して，日本都市計画学会学術研究論文集, No.33, pp.49-54, 1998.10
- 18) 鷺崎桃子・刀根令子・及川清昭：画像処理技法による建物間の隙間の定量化に関する研究，日本建築学会学術講演梗概集 F-1, pp. 611-612, 2002.06.30
- 19) 鷺崎桃子・刀根令子・及川清昭：画像処理技法による建物間の隙間の定量化に関する研究 その 2, 日本建築学会学術講演梗概集 F-1, pp. 955-956, 2003.07.30
- 20) 鷺崎桃子・及川清昭：大阪市における隙間量と建物の密度指標との関係：画像処理技法による建物間の隙間の定量化に関する研究 その 3, 日本建築学会学術講演梗概集 F-1, pp. 573-574, 2004.07.31
- 21) 鷺崎桃子・及川清昭：東京 23 区と大阪 24 区における隙間の分布形態の比較：画像処理技法による建物間の隙間の定量化に関する研究 その 4, 日本建築学会学術講演梗概集 F-1, pp. 1175-1176, 2005.07.31
- 22) 小畑秀文：モルフォロジー，コロナ社，1996
- 23) J.Serra:Image Analysis and Mathematical Morphology, Academic Press, 1982
- 24) 及川清昭・鷺崎桃子：建物配置図における隙間の面積の定式化，日本建築学会大会学術講演梗概集 F1, pp.1171-1172, 2005

第3章 大都市における寺社境内の防災活用に関する分析

- 3.1 はじめに
- 3.2 寺院・神社データベースの構築
- 3.3 寺社境内の都市内分布特性
- 3.4 境内の有効空地分析
- 3.5 寺院・神社境内における緑地計量
- 3.6 まとめ

第3章 大都市における寺社境内の防災活用に関する分析

3.1 はじめに

本章では、都市公園などの公共空地の代替となる民間空地の中でも、大都市における寺社境内を対象として、避難空間としての潜在的価値を、その地理的・形態的条件から評価する。また、2章では、円掃過法を用いて、東京23区と大阪24区における隙間の計量を行ったが、本章では、同様の手法を用いて、対象の境内敷地の一時避難場所としての活用を想定した有効空地を計量し、その避難所としての有用性の把握を試みる¹⁾。

3.1.1 研究の背景と目的

(1) 日本の都市における公園

公園緑地とは、公園、緑地、運動場等従来の公共の広場と宅地における庭および空地を含んだものをいい、これらは、都市におけるアメニティやレクリエーション等の役割としてだけでなく、火災時における延焼防止や避難空間としての役割等、防災計画の面でも重要とされている。

また、公園緑地等の必要量については、一般に英国および米国の標準が認められており、英国では、近隣住区に関して言えば、英国では30～60家族に対し330m²の幼児園、150家族に対して500～800m²の児童遊園、200家族に対して最少600m²の球技の敷地を必要とするとしている。また、1944年の大ロンドン計画では近隣地区人口1万人当り28～40ha（人口1人当り28～40m²）の緑地が必要とされている。この計画では、全般的に人口1000人当り7～10エーカー（人口1人当り25～36m²）を標準としている。英国の全国運動場協会は、今日においても人口1000人当り6エーカー（人口1人当り24m²）の運動場を必要とすることを主張して、全国に指導しており、これが一般に認められている。

また、米国でも、公園緑地の必要量は英国とほぼ同様となっており、人口密度と誘致距離と個々の公園面積との相関関係を公式化している、公園の必要量は都市の規模によって多少異なるが、大公園や郊外の公園を除いて、人口50万以下の都市において1人当り40m²、100万以下の都市で20m²、100万以上の都市内部において13.3m²となっている。

一方、日本の都市の場合、都市公園法に基づいて、人口1人当り市街地内で3m²、市域全体では6m²と標準が示されている。この数字は、諸外国の標準に比較してはなはだ低いものであるが、わが国の宅地および住宅の現状ならびに諸種の事情を勘案して低目に決められている。日本と海外の主要都市における一人当

たりの公園面積を比較しても、日本の公園面積の不足状況が伺える（図3-1）。

また、日本の都市における公園は、公園の配置に関しても分布の不均衡が著しく、土地区画整理によって宅地が整理された区域は、公園緑地を確保して、ある程度配置は合理的に行なわれているものの、その他の区域は土地入手可能の場所に公園緑地を確保したに過ぎないので、計画性の無いものがある。

以上の事から、日本の都市における公園緑地はその量・分布共に、整備されているとは言い難い。

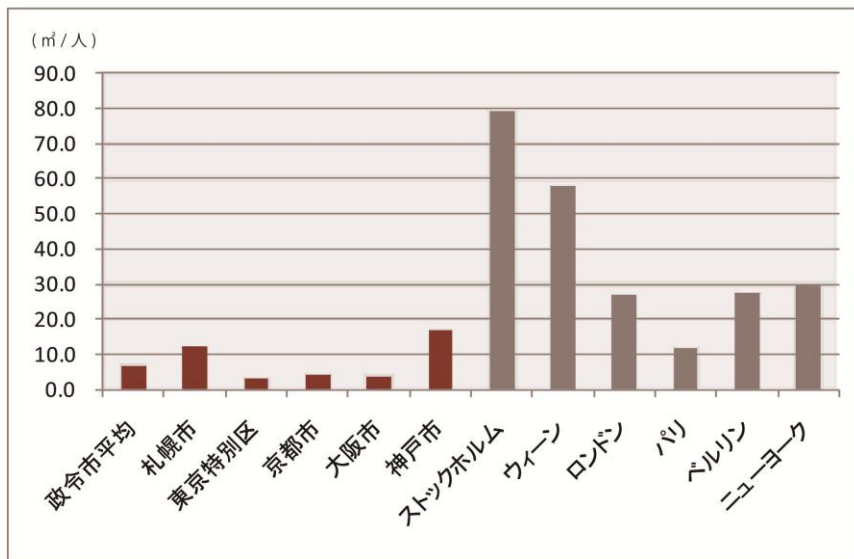


図3-1 一人あたりの公園面積比較

(2) 日本の都市における空地

都市における空地は、大きく公共空地と民間空地に分類される。公共空地は、主に行政が管理しており一般開放がなされている。しかし、単なる空地とみなされ様々な施設用地に転用される傾向が根強く残る公共空地は、都市部への人口集中の流れに伴う開発の影響を受け、持続的な空地としての維持や計画が困難になっている。一方、民間空地は、公共空地に比べて、必ずしも一般開放されているとは言いきれず、空地として地域住民に使われていない傾向にあるものの、維持管理主体・財源・受益主自体が明確なため比較的維持される空地として都市に存在している。このため、都市内部の民間空地は十分に活用されていない潜在的な空地と考えられる。民間空地には様々な種類があるが、市街地にも広く存在し、自由に入出りできる等、地域との距離が近い民間空地のひとつとして寺院・神社境内（以下、寺社境内）が挙げられる。市街地に広範に分布している寺社境内は、単に宗教施設としての機能に止まらず、貴重な緑地資源として、また火災時にお

ける延焼防止や一時的な避難場所としても活用可能であり、実際、京都市においても寺社境内を新たな避難所として指定している例もある。境内空間は、都市公園の代替やそれを補完する機能も有しているといえる²⁾。

本研究は、このような状況認識のもとに、都市公園などの公共空地の代替やそれを補完する避難空間としての可能性を持つ民間空地として、大都市の市街地に分布している寺社境内に焦点を当て、その都市内における分布特性、および敷地自体の形状や建物配置の形態的特性を抽出し、マクロな視点とミクロな視点の双方から分析を行うことで、寺社境内の都市内空地、および避難場所としての活用可能性に関する知見を得ることを目的としている。

3.1.2 研究の位置づけと分析対象

寺社境内の防災拠点化を検討している先行研究として、大窪ら³⁾は京都市法金剛院を対象に、地震火災を想定した場合の、地域住民や消防団体等による「消火活動」→「一時避難活動」→「応急性格用水確保」の3つのシナリオに沿って、各段階における課題と、対策へ向けた地域と文化遺産が備えるポテンシャルについて、実測調査や住民へのアンケート調査を基に整理を行っている。その上で、地域と文化遺産とを相互に守るための具体的なモデル計画を提案し、「文化遺産の防災拠点化構想」へ向けた汎用的な検討手順の導出を試みている。

一方、都市全域を対象として、寺社境内の分布や敷地形状の観点から、都市防災や緑地としての有用性を定量的に把握している先行研究として、刀根ら⁴⁾は、東京都における寺社境内の敷地形状や分布様態を分析している。また、藤原ら²⁾は刀根らの研究を継承し、京都市、大阪市のデータを加え、さらに加藤らは、名古屋市のデータを加え、名古屋市・東京23区・大阪市・京都市の4都市における寺社境内敷地の形態および分布様態の比較分析を行っている。本研究では以上の先行研究を踏まえ、新たに神戸市を中心とした兵庫県阪神地域^{注1)}（以下、阪神地域）における神社境内の敷地・建物・緑地ポリゴンを作成し、5都市間での比較分析を行う。比較する分析指標は、数密度・面積比・分布パターン・形態係数・接道率である。

また、これまでの一連の研究では、都市における寺院・神社の境内空間の分布特性・形態的特性のみに着目し、寺院・神社の境内空間を境内の敷地ポリゴンで一律に扱っており、敷地内部の建物配置や緑地などには着目されていない（図3-2左）。寺社境内の中には、建築物が境内に数多く建ち、空地（非建蔽地）がほとんど存在しないものもあれば、ほとんどが空地のものもあり、境内によって敷地に対する空地の割合が異なる。そのため、寺社境内敷地を一律に空地として扱っては、空地としての有効性が精確に考察できていないと言える。そこで本研究では敷地ポリゴンに加え、建物および緑地ポリゴンデータの整備を行った（図3-2中央・右）。緑地のデータ整備にあたっては、Google Mapの上空写真をもとに、樹木の樹冠のラインを緑地ポリゴンとして手作業で作成した。

本研究では既往の研究手法に則り、まず次節では寺院・神社のポリゴンデータの作成について述べ、次に3節では寺院・神社の境内分布特性、敷地形態の特性を計量し都市間比較を行った上で、4節ではさらに対象地を絞り境内の内部空間にも着目し、どの程度の有効な空地面積が存在するかを明らかにし、その用途別有効面積を計量する。また5節では緑地と有効空地の相関についても言及する。これにより、寺院・神社の境内空間が都市内空地として有効に利用される可能性をより精確に分析する。

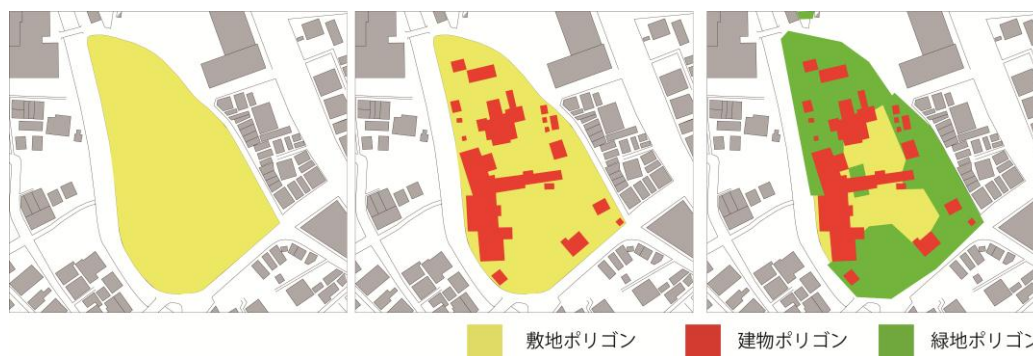


図3-2 建物・緑地ポリゴンの整備

3.2 寺院・神社データベースの構築

3.2.1 寺院・神社ポリゴンデータの作成

寺社境内の分析を行うにあたって、寺社境内の都市全体での総面積や総数、寺社の分布、また個々の寺社境内の形態や面積といった空間的な情報が必要である。しかし、刀根・藤原らによる研究で使用された「MAPPLE DIGITAL DATA - MAPPLE10000-」（昭文社）や2500分の1地図、住宅地図では大規模な寺院・神社は描画されているものの、小規模な寺院・神社は描画がなされていない。また、位置データのみで敷地形状のデータが明確でない地図も多く存在する。そのため既存の地図データを利用した分析では、正確性に欠けるため、本研究では東京大学空間情報科学センターのCSIS空間データ共有システムを用いて、独自の寺院・神社の境内ポリゴンを作成する。その際、本研究ではできる限り正確な寺社境内の現状を把握するため、地図に記載されている寺社境内ではなく、役所に宗教法人として登録されている寺社境内の全てを分析対象とし、データの作成を行った。対象とする寺院・神社は、兵庫県が所轄する宗教法人名簿（平成19年）に記載されている包括団体の項で、神社本庁と仏教系の宗派名が記載されているものに限り、採用した。

また本研究では寺社境内空間のポリゴンデータの作成にあたり、東京大学空間情報科学センターのCSIS空間データ共有システムから共同利用する「ZmapTown II 兵庫県データセット」を使用した。そのうち、建物・施設境界・道路・歩道のデータを基に、Arc Viewを使用して、寺社境内空間の敷地ポリゴン・建物ポリゴン・緑地ポリゴンを作成した（図3-3）。ただし、他都市の分布は前報²⁾を参照されたい。

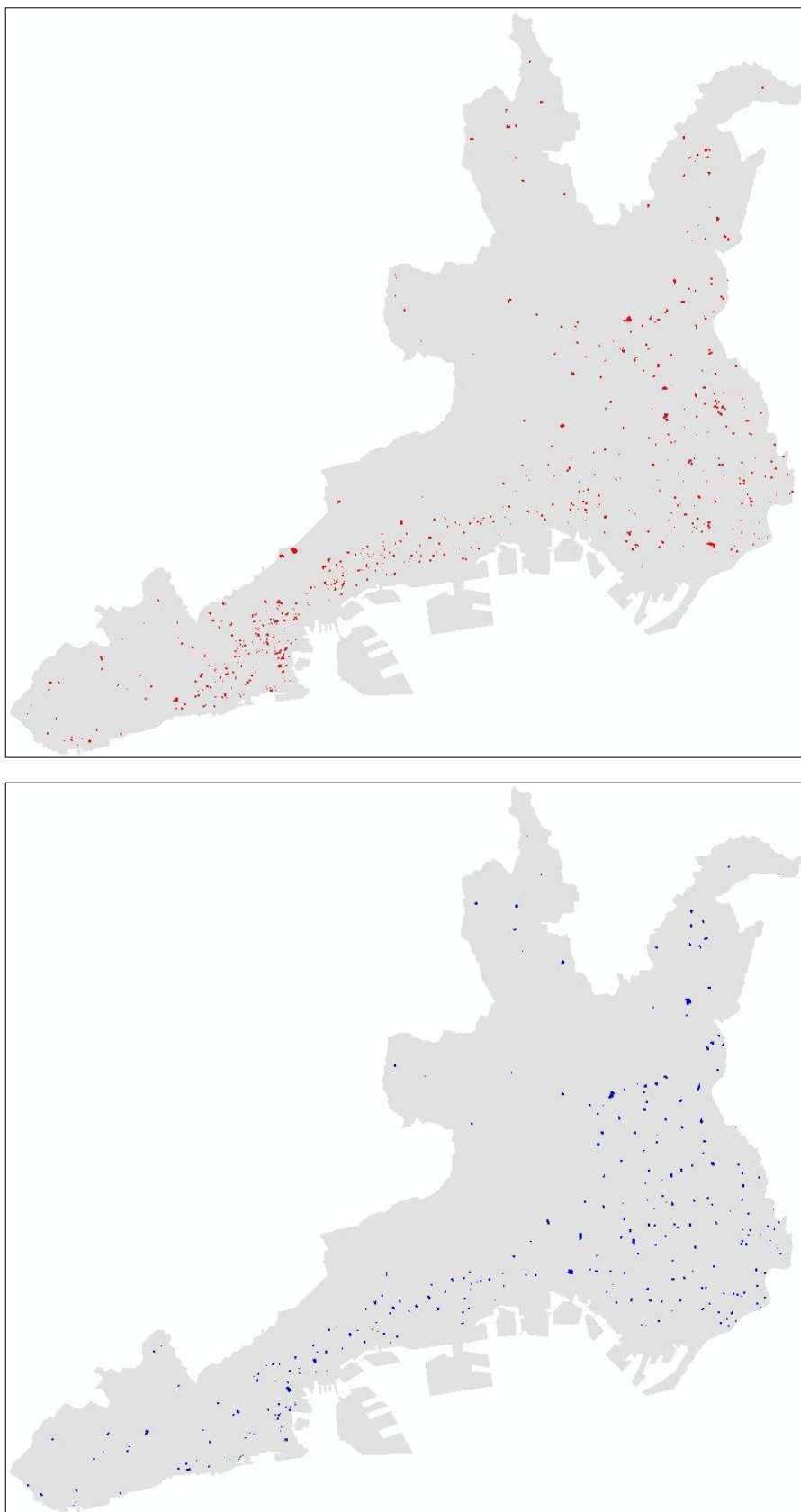


図3-3 寺院（上）神社（下）の分布（阪神地域）
※他都市の分布は前報²⁾参照

3.2.2 寺院・神社ポリゴン作成の定義

ポリゴン化の作業に際して、店舗や住宅・墓地を併設していたり境内が確認できないほど縮小化してしまったりと、都市内空地としての利用目的に沿わない寺院・神社境内空間が存在した。また、境内の周囲に建物が密集したことによって敷地境界が地図上ではっきりしないものも数多く存在した。そこで、本研究では独自にポリゴンデータ作成の際の定義を決めた。

境内空間の把握という本研究の目的から、境内としてではなく他の用途として利用されていると見られる空間は境内の敷地とは見なさず、除外した。他の用途で利用されているものとして多く見られたのは、①寺院に併設された墓地、②寺院に併設された幼稚園の園舎（図 3-4a）、③境内の外に設けられた駐車場、④店舗やマンションなどの建物（図 3-4b）である。これら①～④は境内の所有者の管理する土地であることもあるが、本研究の目的は境内空間の分析であるため、それらの部分は除外する。また、⑤境内の内部に建てられていた建築物が建て替えられてビルになってしまった境内（図 3-4c）や、⑥縮小化に伴いオープンスペースが全く存在しなくなってしまう境内なども存在したが、これらも境内空間とは言えないため、分析には利用しないこととする。



図 3-4 分析の対象外

3.3 寺社境内の都市内分布特性

本節では、作成したポリゴンデータを、数密度・面積比・分布パターン・形態係数・接道率の分析を行い、5都市間での比較を行うと共に、寺院・神社境内の違いに着目し、考察を行う。

3.3.1 数密度と境内面積

数密度とは、1km²当たりの寺院・神社境内のポリゴン数のことをいい、数密度を求めることにより、対象領域全体のうち寺社境内の数がどのくらい存在するかを把握するものである。

各都市間の寺社境内数密度を比較すると、寺社境内数の最も多い東京23区が数密度も5.12と最も高く、寺社境内数が2番目に多い京都が、数密度は2.52と最も低いという結果になった(表3-1, 図3-5)。これは、京都市の対象領域が市街地だけでなく、右京・左京・北区の間部も含んでいるため、宗教都市京都ではあるが、このような数密度の低い結果になったと考えられる。寺院数密度と神社数密度を比較すると、いずれの都市においても、神社より寺院の方が高く、つまり寺院境内が神社境内よりも都市内に多く分布していることがわかった。

また、面積比(都市面積に対する境内面積の総和)を比較すると、数密度の最も高かった東京23区が面積比0.17と他の都市と比較しても著しく低く、東京では、小規模な寺社境内が多く存在しているということがわかる(表3-1, 図3-6)。

表3-1 5都市間における数密度と面積の比較

		阪神地域	東京23区	大阪市	京都市	名古屋市
対象地域面積(km ²)		353.5	621.5	222.0	827.9	326.5
数	寺院境内数	691	2211	880	1680	987
	神社境内数	285	969	184	404	549
	寺社境内数合計	976	3180	1064	2084	1536
	公園数	1586※	5701	969	1095	1470
数密度(km ⁻²)	寺院数密度	1.95	3.56	3.97	2.03	3.02
	神社数密度	0.81	1.56	0.83	0.49	1.68
	寺社数密度合計	2.76	5.12	4.80	2.52	4.70
	公園数密度	4.48※	9.17	4.36	1.32	4.50
面積(km ²)	寺院境内総面積	1.13	0.88	1.24	2.79	1.56
	神社境内総面積	0.93	0.21	0.48	2.16	0.96
	寺社境内総面積	2.06	1.09	1.72	4.95	2.52
	公園面積	25.48※	38.74	9.31	6.96	18.07
面積比(%)	寺院面積比	0.32	0.14	0.56	0.34	0.48
	神社面積比	0.26	0.03	0.21	0.26	0.29
	寺社面積比合計	0.58	0.17	0.77	0.60	0.77
	公園面積比	7.20※	6.23	4.19	0.84	5.53

※神戸市のみのデータ

一方、数密度の最も低かった京都市は、寺社境内の総面積が 4.95km^2 と、他都市と比較しても著しく大きく、面積比も 0.60 と高くなっており、本山都市京都であるだけに、広大な敷地を持つ寺社境内が多いといと考えられる。

公園の数密度と比較してみると、大阪市・京都市・名古屋市では寺社境内の数密度の合計値が公園の数密度を上回っており、特に京都市の場合、寺社境内の数密度の合計値 2.52km^2 は公園の数密度 1.32km^2 と比較し約2倍である。また面積に関しても京都市の寺社境内の面積比合計値 0.60% は公園の面積比 0.84% に迫る値であり、5都市間の中で最も寺社境内の都市内空地としての重要性が認められる。

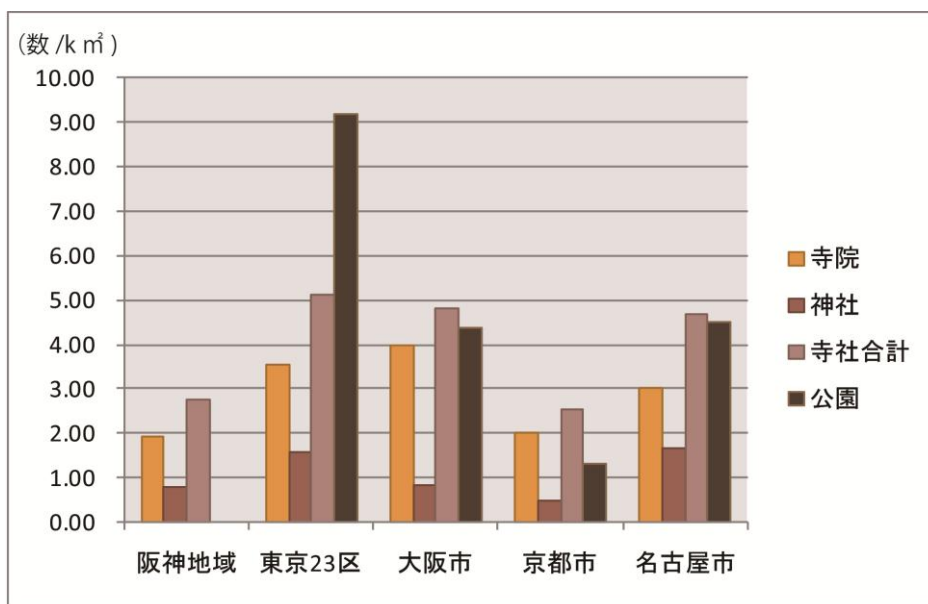


図 3-5 5都市間における数密度比較

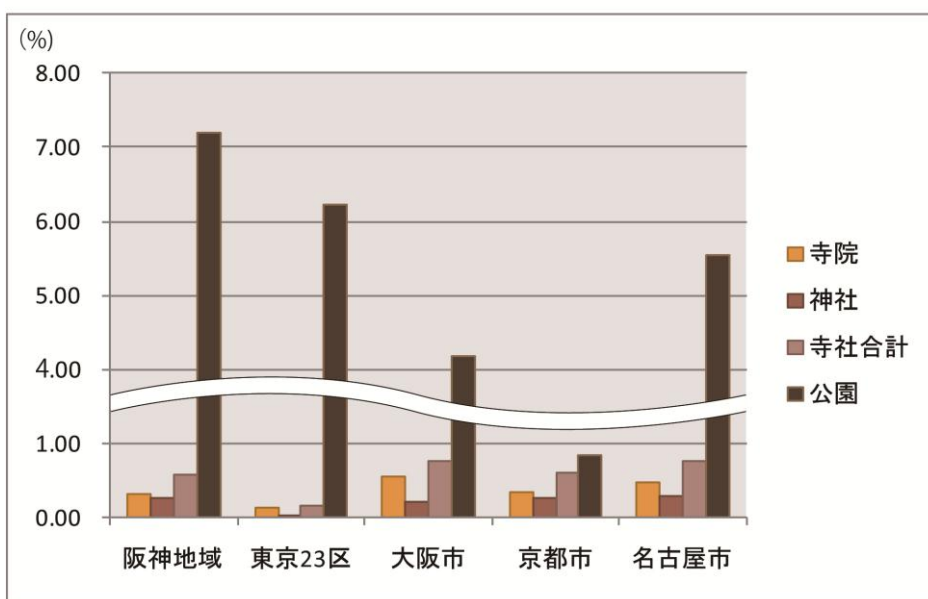


図 3-6 5都市間における面積比比較

3.3.2 分布パターンの判定

対象地域内の寺院・神社の分布パターンを判定するため、最近隣指標（R指標）を利用し、寺院・神社間の比較、5都市間での比較を行った。最近隣指標分析では、対象領域におけるすべての境内重心から最近隣の寺社境内までの距離（最近隣距離 図3-7）を求め、R指標をもとに5都市間での分布様態の比較分析を行う。以下にR指標の定義式（1）を示す。

$$R = \frac{r_0}{r_E} = 2r_0\sqrt{\rho} \quad (1)$$

- r_0 : 分布する境内同士の最近隣距離の平均値
- r_E : ポアソンモデルにおける最近隣距離の期待値
- ρ : 境内の数密度

完全なランダム型分布の場合 $R=1$ となるが、集合に偏りがある場合 $R < 1$ となり、0に近づくほど凝集の程度が高い。この際、対象地域の境界までの距離が計測上の最近隣距離よりも短いポリゴンに関しては実際の最近隣距離と異なる可能性を考え、除外した（図3-8）。



図3-7 最近隣距離

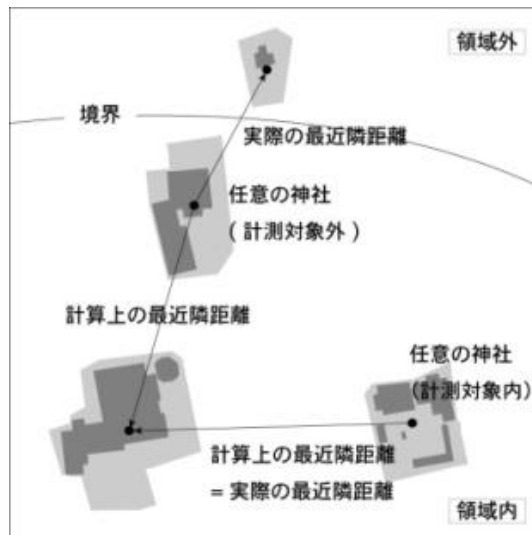


図3-8 計測除外ポリゴン

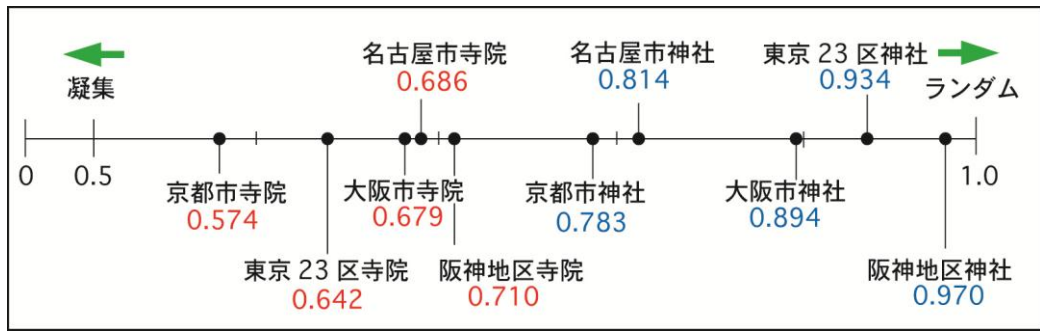


図 3-9 5 都市間の最近隣距離比較

分析の結果、阪神地区寺院の R 指標は 0.710、神社が 0.970 であり、5 都市間の中でも、寺院・神社共に、最もランダムな配置をしており、一方、京都の寺院の R 指標は 0.783、神社が 0.574 と、いずれにおいても最も凝集した配置をしていることがわかった (図 3-9)。この結果から、兵庫県阪神地域の寺院・神社境内は他の 4 都市と比較して、均質に配置されていることがわかり、境内の数こそ少ないものの、総面積は都市公園の補完という役割のための十分な面積が確保されており、また各々の配置も集中することなく、分散して配置されているため、有効な空地として、都市内で地域格差なく平等に使用される可能性が確認された。

寺院と神社の比較をすると、全ての都市において、寺院よりも神社の方がランダムな分布様態をしている結果となった。すなわち、寺院よりも神社の方が、任意の地点から境内までの平均距離が短く、アクセス距離の公平性が保たれるため、空地としての利活用の可能性が高いといえる。寺院が凝集型を示したのは、寺町・寺内町・本山を中心とした寺院体系など、古くから寺院同士に結びつきがあることが関係していると考えられる。

3.3.3 敷地形状の複雑性

一般に、境内の敷地形状が単純であるほど、空地としての利活用の可能性が高いと判断される。対象地における境内敷地の複雑性を把握するために、形態係数を用いて 5 都市間での比較を行った。

形態係数 F とは閉じた図形の複雑性を示す指標であり、図形の面積を S、周囲長を L とすると、次式 (2) であらわされる。図形が円であるとき形態係数は 1 となり、円との差異が大きい、つまり図形が複雑になるほど 0 に近づくものである (図 3-10)。

$$F = 4\pi s/L^2 \quad (2)$$

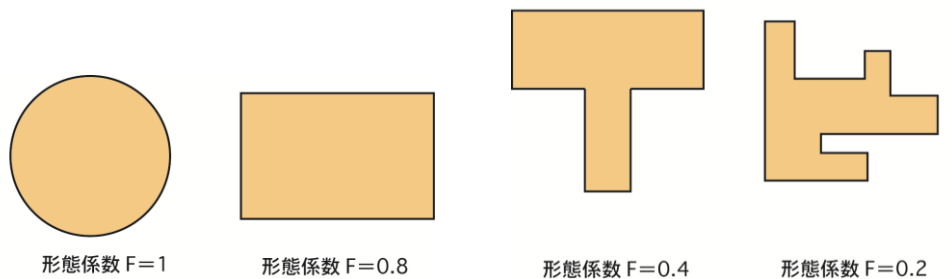


図 3-10 図形の形状と形態係数

表 3-2 5都市間の形態係数比較

		阪神地域	東京23区	大阪市	京都市	名古屋市
ポリゴン数	寺院	691	212	870	71	874
	神社	285	58	178	21	408
形態係数	寺院	0.67	0.63	0.68	0.56	0.63
	神社	0.6	0.65	0.65	0.58	0.63

分析の結果、いずれの都市においても寺社境内の形態係数は概ね 0.58～0.67 程度となっており、都市間の差はほとんど見られず、また寺院・神社間に共通する特性もみられないことが確かめられた（表 3-2）。

3.3.4 接道率による街路に対する開放性

都市内空地としての認知可能性を定量的に把握するために、境内敷地の接道率（敷地の周長のうち街路に接している長さの割合；図 3-11）を計量した。接道率は敷地が街路に対して開放的であるか閉鎖的であるかを表しているといえる。

5都市間での接道率の平均を比較した結果、全ての都市において、寺院境内よりも神社境内において接道率が高いという結果が得られた（表 3-3）。すなわち、神社境内は寺院境内より街路に対する開放性が高く、街路空間から認知されやすい傾向にあるといえる。さらに、接道率の高さは街路からのアクセスが容易であることも意味し、避難場所としても利活用の可能性が高いといえる。

また阪神地域において接道率の構成比の分布図を作成したところ、50%以上の接道率を有する境内の割合は寺院が 31.15%、神社が 40.85%と、寺院境内よりも神社境内の方が 10%近く、高い接道率を有する境内数が多いことがわかった（図 3-12）。



図 3-11 接道箇所

表 3-3 5都市間の接道率比較

		阪神地域	東京23区	大阪市	京都市	名古屋市
ポリゴン数	寺院	691	212	870	71	874
	神社	285	58	178	21	408
接道率(%)	寺院	40.9	38.4	39.2	40.8	32.6
	神社	42.8	48.9	46.7	48.8	40.4

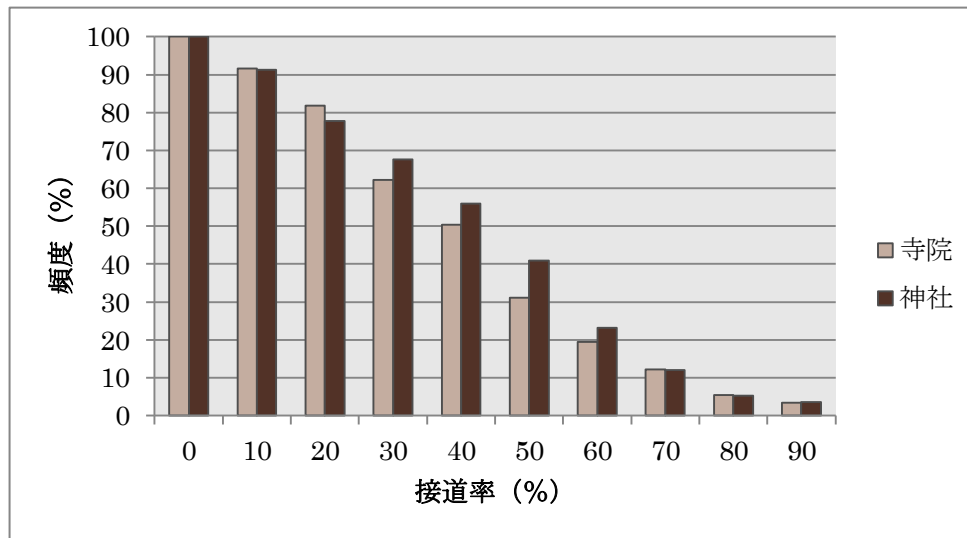


図 3-12 接道率による頻度分布

3.4 境内の有効空地分析

前節までは都市における寺院・神社の境内空間の分布特性、および敷地の形態的特性を分析してきたが、実際に境内がオープンスペースとして機能しうる有効な空地进行をどれだけ備えているかを計量するには、境内の建物配置を考慮する必要がある。そこで、ここでは、寺社境内の敷地・建物・緑地ポリゴンデータの整備が整っている阪神地域・および京都市を対象として、まずは単純に空地面積の比較を行い、それぞれの都市の寺社境内が有する空地量を把握した上で、円掃過法を用いて、避難空間として活用した場合の目的別に使用可能な有効空地の計量を行った⁵⁾。

3.4.1 寺社境内敷地内の空地量の把握

阪神地域における寺社境内空地の総面積を計量すると、寺院 0.79k m²、神社 0.81k m²、またそれぞれの空地率をみると、寺院 69.95%、神社 87.28%であった(表 3-4)。境内敷地の総面積を比較した場合は、寺院 1.13k m²、神社 0.93 k m²と、寺院の方が神社よりも大きな値を示したが(表 3-1)、空地面積の合計を比較した場合は、神社の方が寺院よりも大きな値を示し、また空地率も高いことから、改めて神社境内の空地としての有効性が明らかになった。

表 3-4 寺社境内数と空地面積

	寺院	神社	合計
境内数	691	285	976
境内総面積(km ²)	1.1293	0.9281	2.0574
境内面積平均(km ²)	0.0016	0.0033	0.0021
空地総面積(km ²)	0.79	0.81	1.6
空地面積平均(km ²)	0.0011	0.0028	0.0016
空地率平均(%)	69.95	87.28	77.77

図 3-13 は寺院・神社の空地面積別の構成比である。寺院は空地面積 0～500 m²における構成比が最も高く、神社は空地面積 2000～5000 m²における構成比が22.9%と非常に高い割合となった。このことから神社境内空間の空地利用可能性は高いといえる。

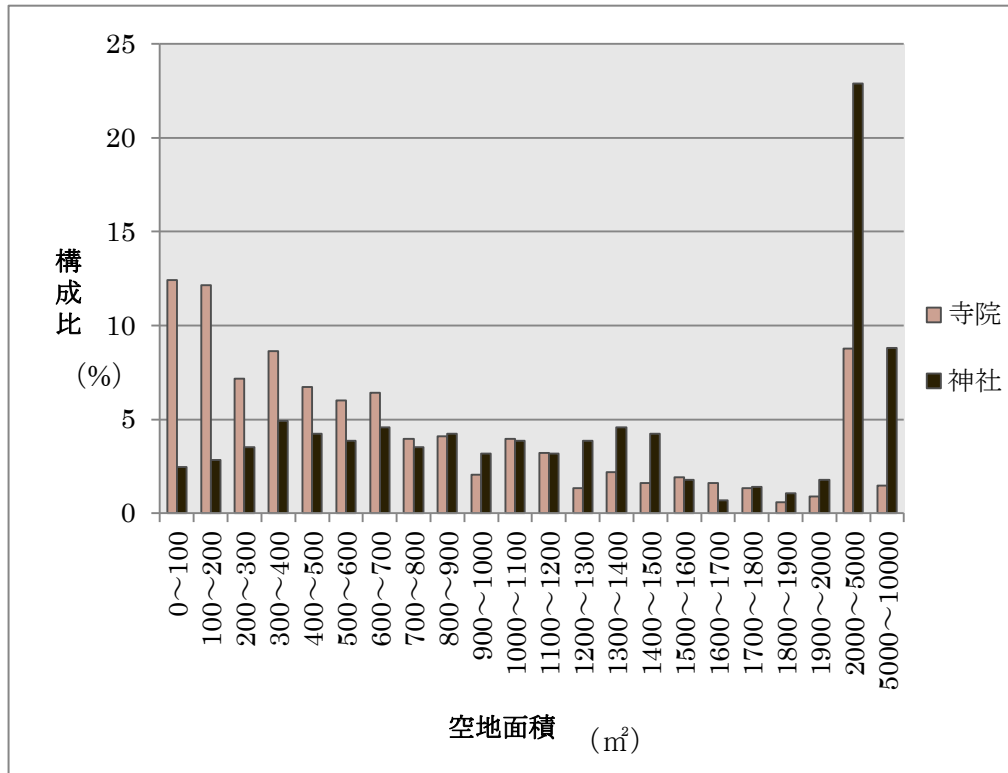


図 3-13 空地面積ごとの寺院・神社構成比

3.4.2 円掃過法による有効空地の抽出

前項で、寺社境内の空地量の把握を行ったが、空地率は単なる面積比で計量されるもので、空地のもつ形態上の差異が計量できないという欠点がある。そこで、隙間を建物配置図において半径 r の円が掃過できない領域として定義し、隙間以外の空地を有効空地と呼ぶこととする（図 3-14）。隙間と有効空地の計量に際しては、建物配置図を画像化し（ここでは 1 画素を 50cm に設定）、半径 r の円に対応するデジタル図形（図 3-15）によって、画像化された建物平面を拡大（dilation）し、その後、収縮（erosion）するという方法を適用する^{6, 7, 8)}。これは、モルフォロジーにおける closing と呼ばれる操作に相当し（ここでは「円掃過法」と呼ぶ）、その処理の結果、隙間が抽出可能である。空地から隙間を除いた部分が有効空地である（図 3-16）。

円掃過法による有効空地の計量の流れを示す（図 3-17）。

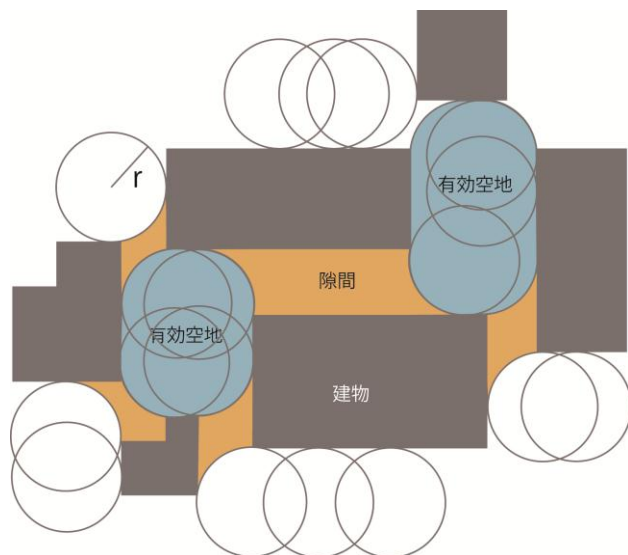


図 3-14 隙間と有効空地

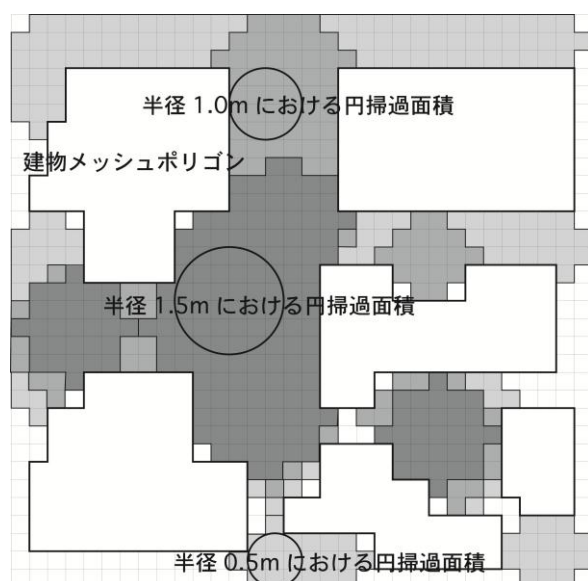


図 3-16 有効空地の抽出

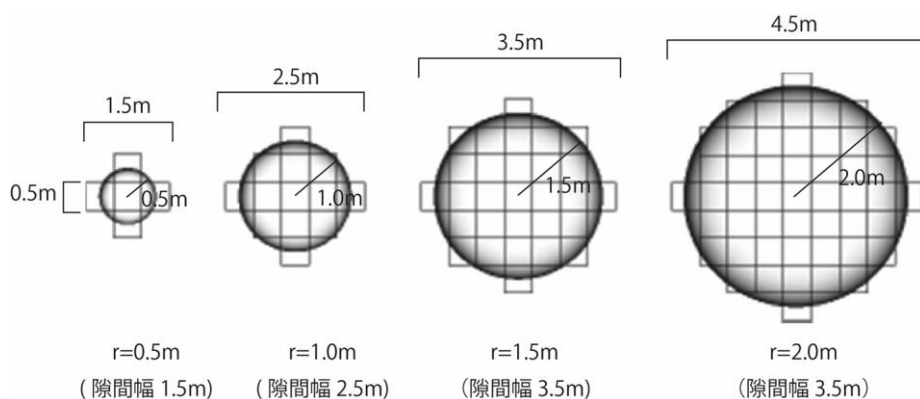


図 3-15 デジタル化された円

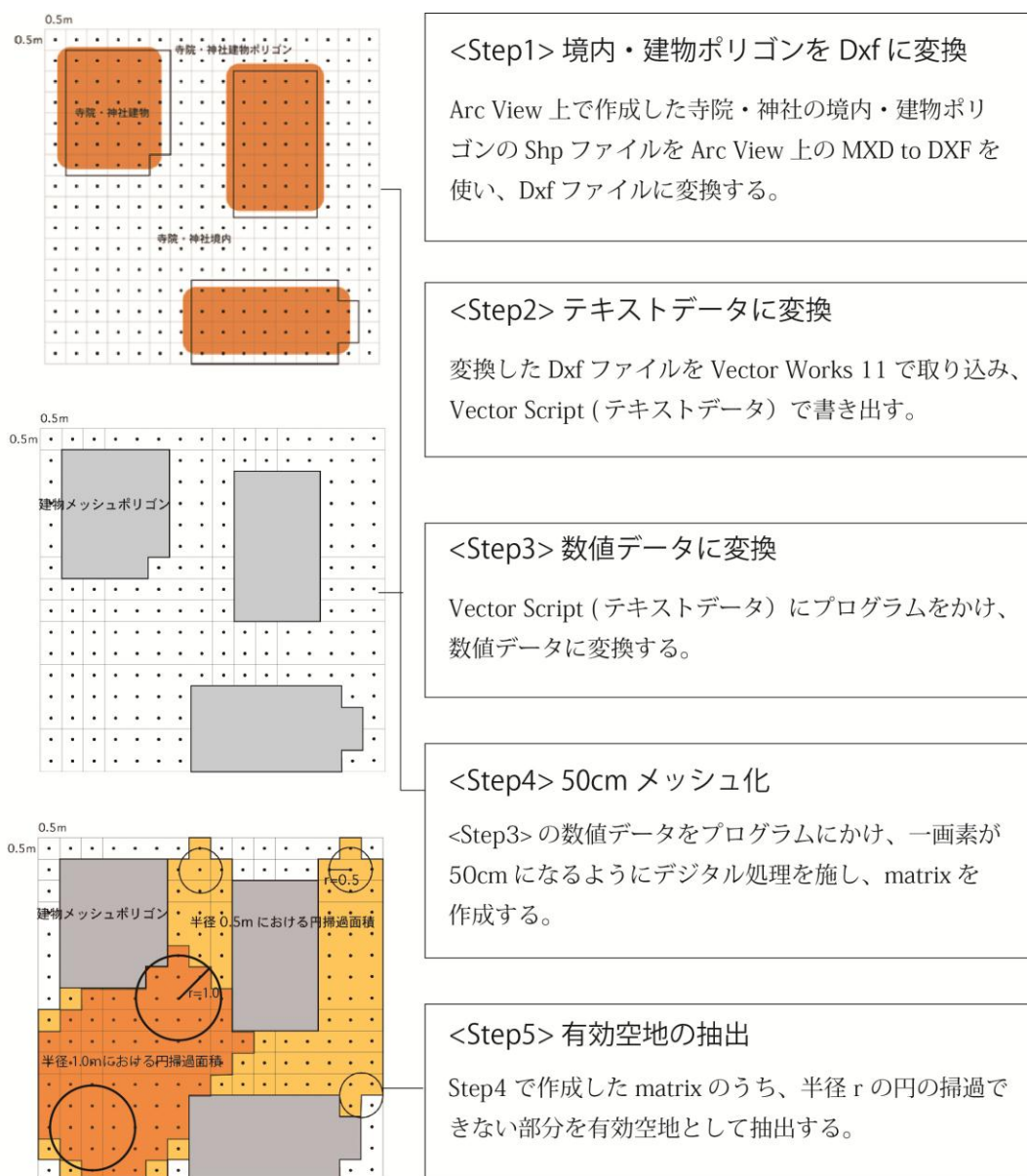


図 3-17 円掃過法による有効空地の計量の流れ

なお、ここでいう空地は、①敷地内の建物が建っていない土地（非建蔽地）、または②敷地から建物および緑地を除いた土地の2種類を意味している。つまり、屋外空間の計量に際しては、緑地を空地として扱った場合と、緑地を空地から除外した場合と、2通りで有効空地の計量を行った。これにより、全ての緑地が有効空地として使用できた場合（最大の有効空地）と、全ての緑地が使用できなかった場合（最小の有効空地）の計量結果が示されることとなり、実際の有効空地の量は、この両者の間の値となる。これは、樹冠までの高さによっては、樹冠下の空地を活用できる場合（例えば樹冠までの高さが3m以上の場合、自衛隊の仮設テントは設置可能）と、樹冠までの高さに依らず使用できない場合（例えば樹冠までの高さがいくら高くても、ヘリポートとしての利用は不可能）が想定されるためである。

本来ならば、同一対象地において①緑地を空地として扱った場合と②緑地を空地から除外した場合の、2通りの計量を行うべきであるが、本研究ではデータ整備の都合上、有効空地の計量の際に、阪神地域においては、①緑地を空地として扱った場合、京都においては、②緑地を空地から除外した場合で有効空地の計量を行った。

3.4.3 掃過円の半径定義

本研究では、寺社境内を避難空間として使用することを想定し、掃過円の半径 r を次の 7 つに定義した。

- ① $r=0.5$ (人の生活行動における最低範囲基準)
- ② $r=1.5$ (自衛隊トラックの通行可能幅)
- ③ $r=2.5$ (自衛隊仮設テント設置可能領域)
- ④ $r=5.5$ (1 m^2 /人とした場合の一時避難場所設置基準)
- ⑤ $r=8.0$ (2 m^2 /人とした場合の一時避難場所設置基準)
- ⑥ $r=7.0$ (緊急救助用ヘリポート設置基準)
- ⑦ $r=14.0$ (物資搬入用ヘリポート設置基準)

以下に、各定義の基準を詳述する。

① $r=0.5$ (人の生活行動における最低範囲基準)

人の生活行動における最低範囲である、自分を中心とした直径 1m の円が掃過できる領域を計量し、生活行動における有効領域と定義する。

② $r=1.5$ (自衛隊トラックの通行可能幅)

災害時の支援を行う自衛隊の保持する大型トラックのうち最大積載量を有する 73 式大型トラックの走行可能幅である全幅 2.485m から直径 3m の空円が掃過できる領域を計量し、災害時の救援物資等の配送拠点となりうる有効領域と定義する。

③ $r=2.5$ (自衛隊仮設テントの設置可能領域)

災害時の支援を行う自衛隊の保有する仮設テントのうち新潟県中越地震の支援活動にて使用された自衛隊宿営天幕 6 人用のサイズである幅 4.5m 、長さ 2.6m から直径 5m の空円が掃過できる領域を計量し、災害時の支援として宿営用の仮設テントを設置できる有効領域と定義する。

④ $r=5.5$ (1 m^2 /人とした場合の一時避難場所設置基準)

緊急時の一時避難場所としての有効な領域面積を計量するために、一時避難場所設置基準である被災者 100 名の収容可能面積を基準とする。
東京都や神戸市の災害時避難場所設置の最低基準である、1 人あたり 1 m^2 を確保できる面積を考慮して、100 名を収容できる面積は 100 m^2 である。
 100 m^2 を最大効率に確保できる最小空円で計量すると、空円の半径は

$$\sqrt{100 \div \pi} = 5.6433264$$

$$\approx 5.5$$

であり、半径 5.5m の空円が掃過できる領域を計量し、1 m²/人とした場合の一時避難場所設置基準を満たす有効領域と定義する。

⑤ $r=8.0$ (2 m²/人とした場合の一時避難場所設置基準)

名古屋市の災害時避難場所設置の最低基準である、1人あたり 2 m²を確保できる面積を考慮した場合、100名を収容できる面積は 200 m²である。

200 m²を最大効率に確保できる最小空円で計量すると、空円の半径は

$$\sqrt{200 \div \pi} = 7.9808688$$

$$\approx 8.0$$

であり、半径 8.0m の空円が掃過できる領域を計量し、2 m²/人とした場合の一時避難場所設置基準を満たす有効領域と定義する。

⑥ $r=7.0$ (緊急救助用ヘリポート設置基準)

災害時の緊急救助用ヘリポートの設置基準に従い、10m×10m以上のスペースを確保できる空地を計量する。なお、緊急時の一時的な利用であることを考慮して、有効な空地量のみを評価基準とし、ヘリポート設置場所周辺の航空法等の規制については考慮せず、高層建築物等におけるヘリコプターの屋上緊急離着陸場等の設置の推進について」(平成2年2月6日消防消第20号消防庁消防課長他2課長通知)に基づき、消防活動の有効性を確保するため、高層建築物等の屋上に設置する緊急離着陸場等に関し必要な事項のみを基準としている。

10m×10m以上のスペースを確保できる最小空円の半径 r は

$$\frac{10\sqrt{2}}{2} = 7.0710675$$

$$\approx 7.0$$

であり、半径 7.0m の空円が掃過できる領域を計量し、災害時の緊急救助用ヘリポートの設置基準を満たす有効領域と定義する

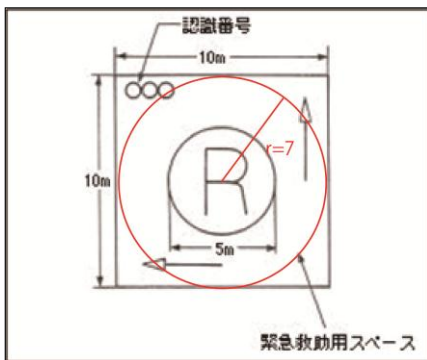


図 3-18 救助用ヘリポートの設置基準図

表 3-5 救助用ヘリポートの設置基準

大きさ	原則として10m×10m以上とすること。
強度	通常床強度以上とすること。
構造	ブラットホーム式又は通常床式とし、床面は滑り防止策を施すこと。
こう配	災害活動に影響しない程度の表面であること。
標識及び認識番号等の表示	緊急救助用スペースの境界線及びRの標識並びに緊急救助用スペース内に認識番号及び進入方向・出発方向を黄色(夜光塗料等)で表示すること。ただし、進入方向・出発方向を同一方向に設定した場合は、この表示を省略することができる。

⑦ $r=14.0$ (緊急離着陸用ヘリポート設置基準)

災害時の救援物資の搬入などに際する、緊急離着陸用ヘリポートの設置基準に従い、 $20\text{m} \times 20\text{m}$ 以上のスペースを確保できる空地を計量する。

$20\text{m} \times 20\text{m}$ 以上のスペースを確保できる最小空円の半径 r は

$$\frac{20\sqrt{2}}{2} = 14.142135$$

$$\approx 14.0$$

であり、半径 14.0m の空円が掃過できる領域を計量し、災害時の緊急離着陸用ヘリポートの設置基準を満たす有効領域と定義する。

表 3-6 物資搬入用ヘリポートの設置基準

	<table border="1"> <tr> <td>大きさ</td> <td>原則として$20\text{m} \times 20\text{m}$以上とすること。</td> </tr> <tr> <td>強度</td> <td>短期荷重として捉え、活動想定機体の全備重量$\times 2.25$倍以上とすること。</td> </tr> <tr> <td>構造</td> <td>プラットホーム式又は通常床式とし、床面は滑り防止策を施すこと。</td> </tr> <tr> <td>こう配</td> <td>最大縦横こう配は2%以下とすること。</td> </tr> <tr> <td>標識及び認識番号等の表示</td> <td>着陸帯の境界線及びHの標識並びに着陸帯内に認識番号、許容重量及び進入方向・出発方向を黄色(夜光塗料等)で表示すること。ただし、進入方向・出発方向を同一方向に設定した場合は、この表示を省略することができる。</td> </tr> </table>	大きさ	原則として $20\text{m} \times 20\text{m}$ 以上とすること。	強度	短期荷重として捉え、活動想定機体の全備重量 $\times 2.25$ 倍以上とすること。	構造	プラットホーム式又は通常床式とし、床面は滑り防止策を施すこと。	こう配	最大縦横こう配は2%以下とすること。	標識及び認識番号等の表示	着陸帯の境界線及びHの標識並びに着陸帯内に認識番号、許容重量及び進入方向・出発方向を黄色(夜光塗料等)で表示すること。ただし、進入方向・出発方向を同一方向に設定した場合は、この表示を省略することができる。
大きさ	原則として $20\text{m} \times 20\text{m}$ 以上とすること。										
強度	短期荷重として捉え、活動想定機体の全備重量 $\times 2.25$ 倍以上とすること。										
構造	プラットホーム式又は通常床式とし、床面は滑り防止策を施すこと。										
こう配	最大縦横こう配は2%以下とすること。										
標識及び認識番号等の表示	着陸帯の境界線及びHの標識並びに着陸帯内に認識番号、許容重量及び進入方向・出発方向を黄色(夜光塗料等)で表示すること。ただし、進入方向・出発方向を同一方向に設定した場合は、この表示を省略することができる。										

図 3-19 物資搬入用ヘリポートの設置基準図

3.4.4 有効空地の計量結果

寺社境内を災害時の一時避難場所として利用する場合を想定して、掃過円の半径 r を 0.5m・1.5m・2.5m・5.5m・7.0 m・8.0m・14.0m に設定し、寺社境内の敷地・建物ポリゴンデータの整備が整っている阪神地域および京都市を対象として、円掃過法による有効空地を計量した⁷⁾。

(1) 阪神地域の寺社境内への適用

阪神地域の寺社境内を対象として、避難空間として活用する場合を想定し、円掃過法における掃過円の半径 r を設定し、有効空地の計量を行った。ここでは、全ての緑地が空地として使用できた場合を想定し、緑地があった場合も空地として扱い、使用できる可能性のある最大の有効空地量を求めた。半径 r における有効空地面積の災害時における利用目的、さらに解析結果のうち、寺院・神社の有効空地の総面積と境内内に有効空地を有する寺社境内の総数をそれぞれ表 3-7 に示す。

$r=2.5\text{m}$ における有効空を有する寺社数をみると、寺院では 683(寺院総数 691)、神社では 280(神社総数 285) と、ほぼ全ての寺社境内で、災害時に被災地の援助を行う陸上自衛隊が所持する簡易テントが設置可能であることが確認された。また、 $r=5.5\text{m}$ における有効空地量が、寺院では 0.56k m²、神社では 0.70k m² であることから、災害時に 1 m²/人の面積を確保するとすれば、寺院で約 56 万人、神社で約 70 万人、寺社合計で約 126 人の被災者が収容可能であり、これは阪神地域の人口約 312 万人の約 40%にも及ぶ。

表 3-7 r の設定要因と解析結果

$r =$	有効空地の利用目的	寺院 (境内数)	神社 (境内数)
0.5 m	人の生活行動における最低範囲である直径 1 m の円の掃過できる空地	0.78k m ² (681)	0.81k m ² (284)
1.5 m	災害時の復興支援を行う陸上自衛隊のトラックの通行可能幅	0.74k m ² (641)	0.80k m ² (284)
2.5 m	被災者の生活を守る陸上自衛隊が所持する簡易テントの設置可能領域	0.69k m ² (683)	0.78k m ² (280)
5.5 m	1 m ² /人を基準としたときの災害時の一時避難場所設置基準である100人の避難可能領域	0.56k m ² (412)	0.70k m ² (255)
7.0 m	災害時の緊急救助用ヘリコプターの着陸可能領域	0.48k m ² (314)	0.65k m ² (231)
8.0 m	2 m ² /人を基準としたときの災害時の一時避難場所設置基準である100人の避難可能領域	0.44k m ² (251)	0.62k m ² (205)
14.0 m	救援物資等搬入用ヘリコプター着陸可能領域	0.27k m ² (85)	0.44k m ² (102)

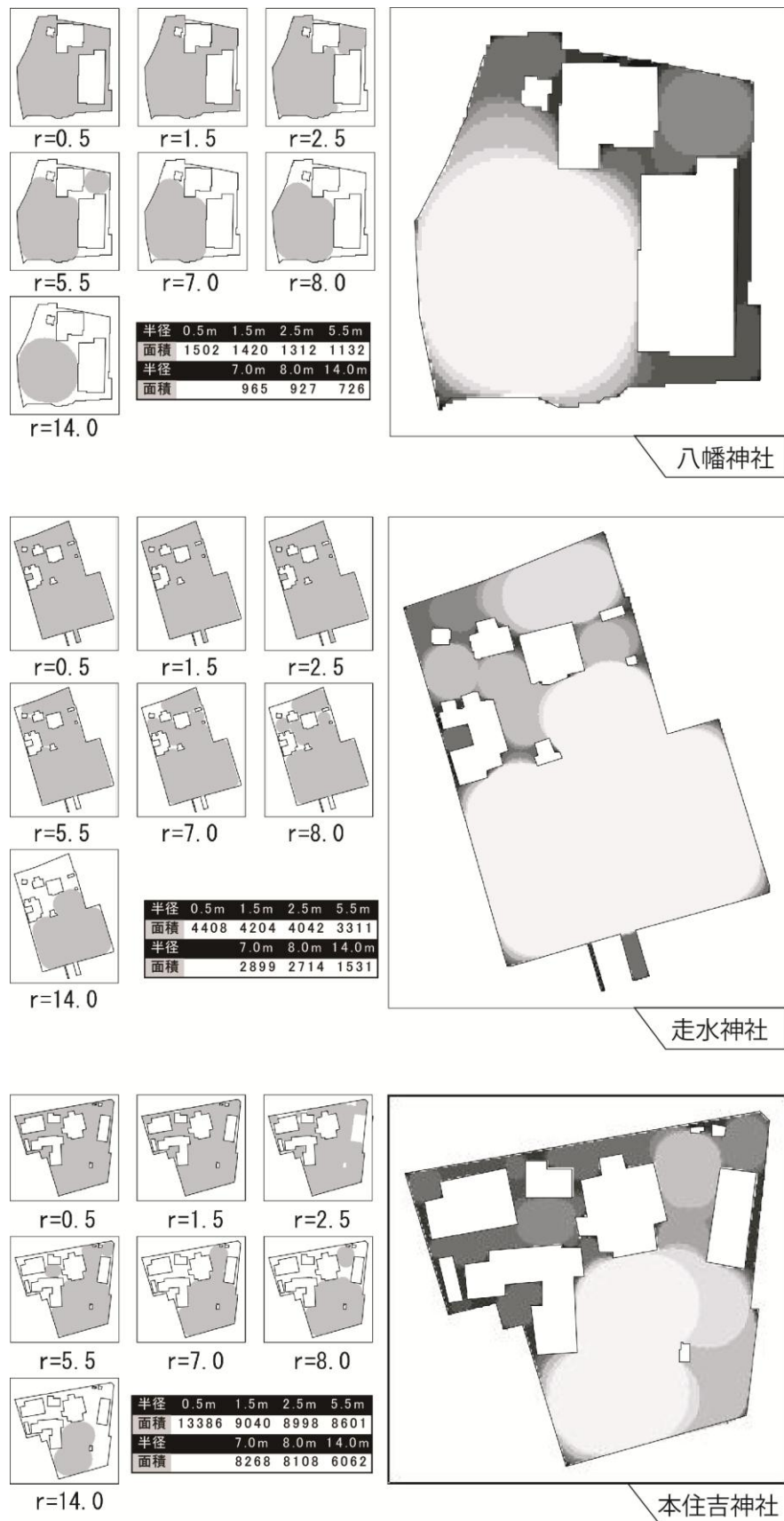


図 3-20 神社境内における掃過領域図

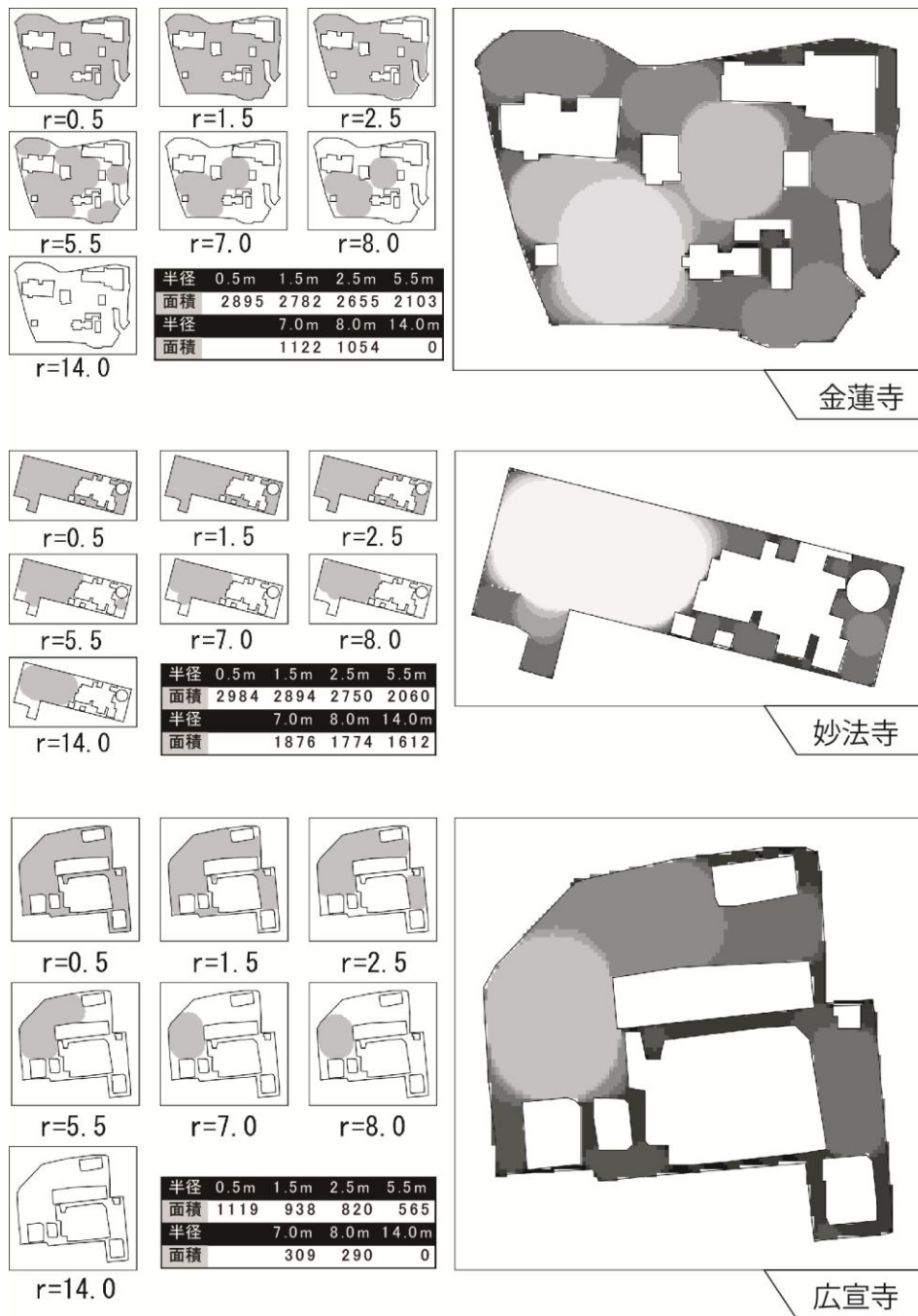


図 3-21 寺院境内における掃過領域図

有効空地の抽出結果のうち、寺院・神社それぞれの建物配置の特徴を表した例を図3-20，図3-21に示す。寺院境内と神社境内の建物の配置を比較すると、寺院の建物は比較的分散しており、神社の建物は集中している傾向が見られた。そのため神社の境内空間は比較的大きな有効空地が得られることが多く、実際の数値データからも、掃過円の半径が大きな空地を確保できる境内は、寺院境内よりも神社境内の方が多いことがわかる。また有効空地が非連結となり、複数の領域を別の目的で利用できる境内も認められた。例えば金蓮寺においては、半径 $r = 2.5\text{m}$ における有効空地の総和が 2, 655 m^2 であることから、約 135 張の災害時支援テントを設置することができ、また $r = 5.5\text{m}$ における有効な空地が 2103 m^2 であることから、災害時に 1 m^2 /人の面積を確保するとすれば、約 2, 100 人の被災者が収容可能である。

さらに全ての掃過円の半径において有効な空地の面積合計は、寺院よりも神社の方が大きい値を示した（図3-22）。特に半径 $r = 14.0\text{m}$ の有効空地解析においては、有効な面積を有する神社の数が寺院の数を上回り、大規模な空地を確保することのできる境内は寺院よりも神社の方が数・面積ともに多いことが明らかになった。また、それぞれの半径ごとの有効空地を有する境内の数とその比率をみると、寺院と神社には大きな差ができ、平均 30%以上もの開きがみられる（図3-23）。これより、神社境内は様々な目的に応じて使用可能な有効性の高い境内空地を有しており、寺院境内よりも、都市内空地としての有用性が高いことが確認できた。神戸市などの大都市においては避難所の不足が問題として挙げられており⁹⁾、特に神社境内の避難所としての活用が期待される。

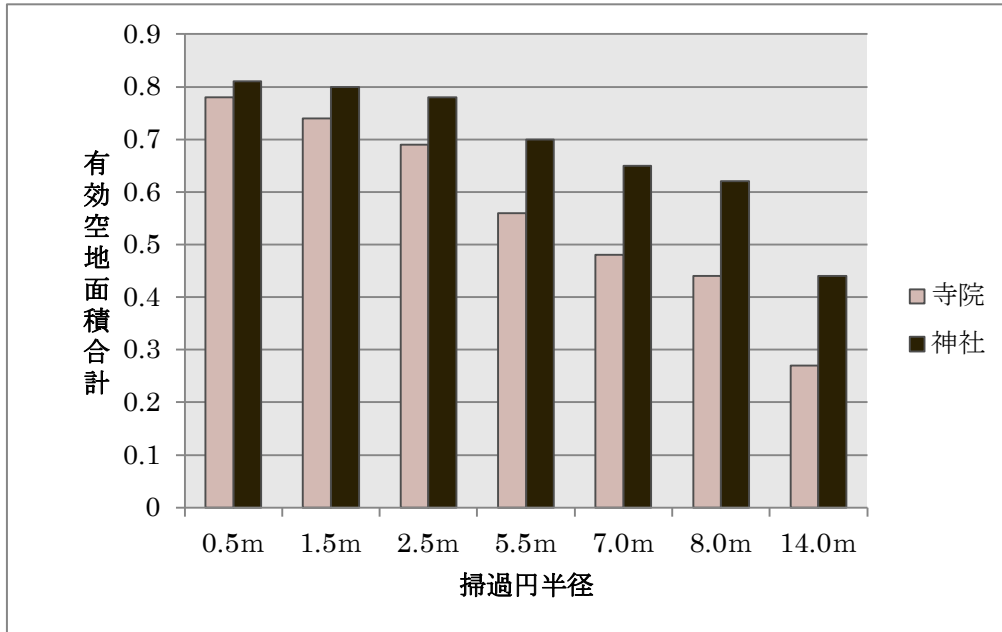


図 3-22 半径 r における有効空地面積

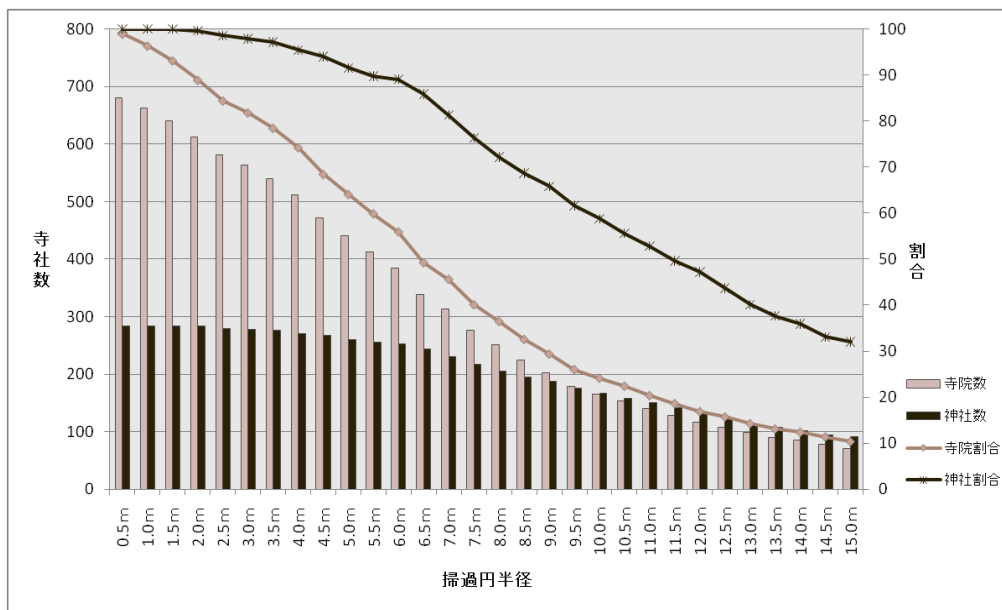


図 3-23 半径 r における有効な空地进行を有する境内数とその比率

(2) 京都市内の文化財寺社境内への適用

ここでは、京都市の寺社の中でも、データの整備が整っており、文化財建物として指定されている寺社 98 件のみを対象として、有効空地の計量を行った。なお、有効空地の計量の際には、緑地や墓地・池等を空地から除いて計量を行った。これは、次章以降で、不足している京都市の指定避難所の代替として、寺社境内空間の利用を提案するが、実際に避難所としての活用を想定した場合、墓地や池には避難用のテントの設置はできず、また緑地に関しても、樹冠までの高さが高い場合は樹木の下空間も活用できるが、低い場合は有効空地としての利活用が難しいと考えたからである。

京都市の対象の寺社境内においては、避難所としての活用を想定し、災害時に 1 m²/人の面積を確保する場合の避難所の設置基準である、 $r=5.5m$ の有効空地の計量結果に着目した。その結果、対象の寺社境内では、平均で 6605 m²も有効空地が存在することがわかった（表 3-8）。

また、表 3-9 に半径 $r=5.5m$ で有効空地を抽出した際の、上位 10 位をリストアップした。これをみると、二条城の有効空地が最も大きく 72852.8 m²であり、次が泉涌寺の 50107.5 m²となっている。また、敷地内に各おける有効空地の分布状況について述べると、二条城はももとの空地面積が多いため、それに伴い有効空地面積も自然と大きくなっているが、賀茂別雷神社は、他の敷地境内と比較して、多少空地面積自体は小さいものの、敷地内で建物や緑地がまとまっている、つまり空地が集約しているため、多くの有効空地を確保できたと考えられる（図 3-24）。

表 3-8 各面積計量結果（半径 $r=5.5$ ）

	面積(m ²)							建物棟数	緑被率 (%)
	境内	建物	緑地	池	墓地	空地	有効空地		
合計	3499549	517506	1627742	119173	64640	1170493	647329	3322	
平均	35710	5281	16610	1216	660	11944	6605	34	40.0

表 3-9 半径 r における有効な空地を有する境内数とその比率

文化財	建物棟数(棟)	面積(m ²)							有効空地率 (%)
		境内	建物	緑地	池	墓地	空地	有効空地($r=5.5$)	
二条城	49	228115.5	14943.8	67272.3	47396.3	0.0	98503.3	72852.8	74.0
泉涌寺	185	271169.0	15730.3	171310.3	2394.5	4688.3	77045.8	50107.5	65.0
金閣寺	49	216035.5	5650.8	141673.5	8640.3	0.0	60071.0	41366.2	68.9
教王護国寺	56	77172.3	12140.5	17442.0	2545.5	0.0	45044.3	30221.5	67.1
本願寺	57	83836.0	28682.3	8832.5	2893.0	0.0	43428.3	29197.8	67.2
賀茂別雷神社	54	88050.3	5933.0	50115.0	0.0	0.0	32002.3	24576.0	76.8
平安神宮	19	85130.0	18182.0	22633.8	7202.3	0.0	37112.0	22356.5	60.2
天龍寺	85	114582.8	12048.3	53447.5	2097.8	8984.8	38004.5	21916.2	57.7
大徳寺	253	149145.8	32169.0	64680.8	959.5	0.0	51336.5	21840.7	42.5
相国寺	63	102452.3	17310.5	41679.0	1100.0	3891.5	38471.3	18488.5	48.1

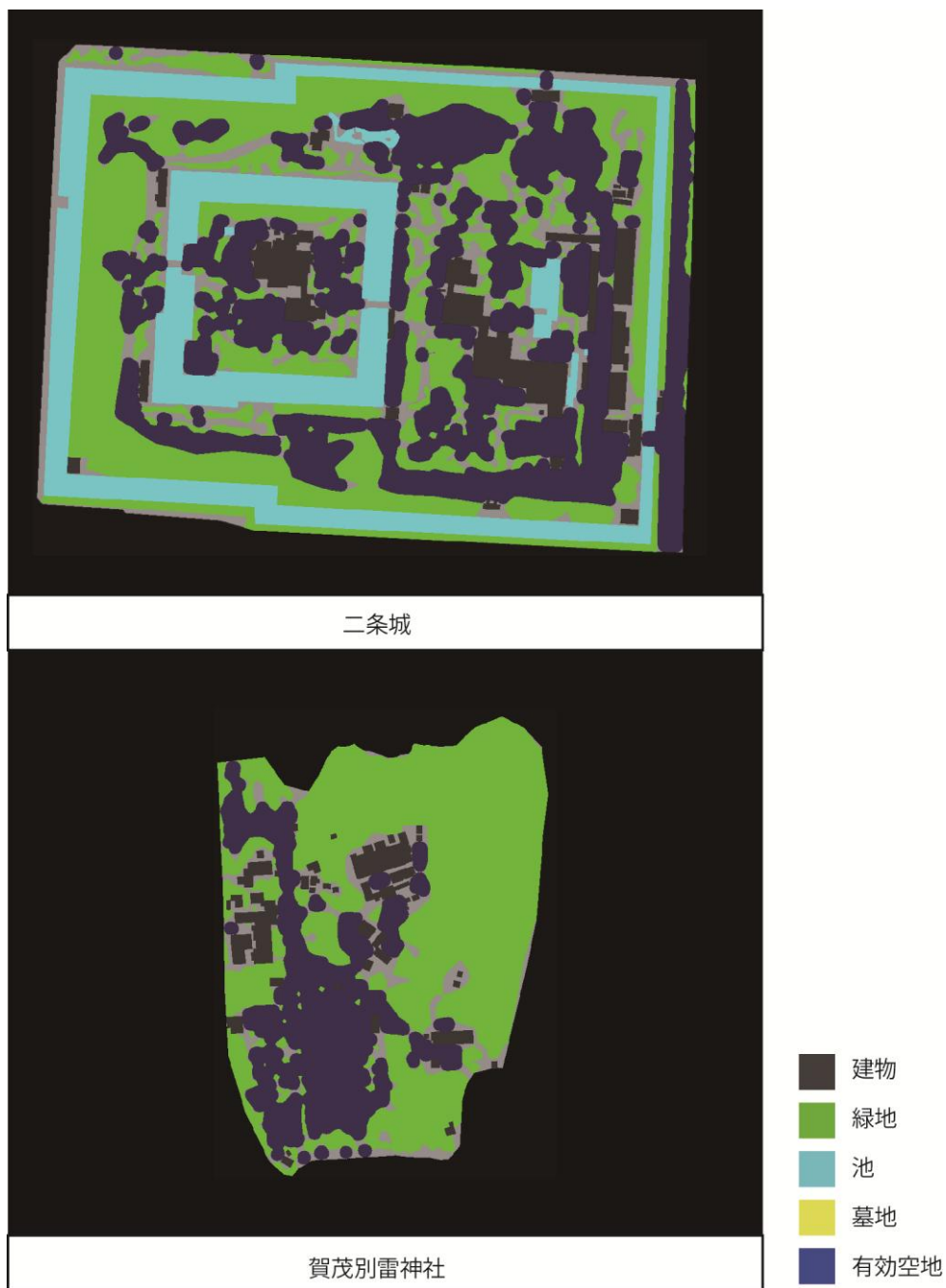


図 3-24 半径 r における有効な空地进行を有する境内数とその比率

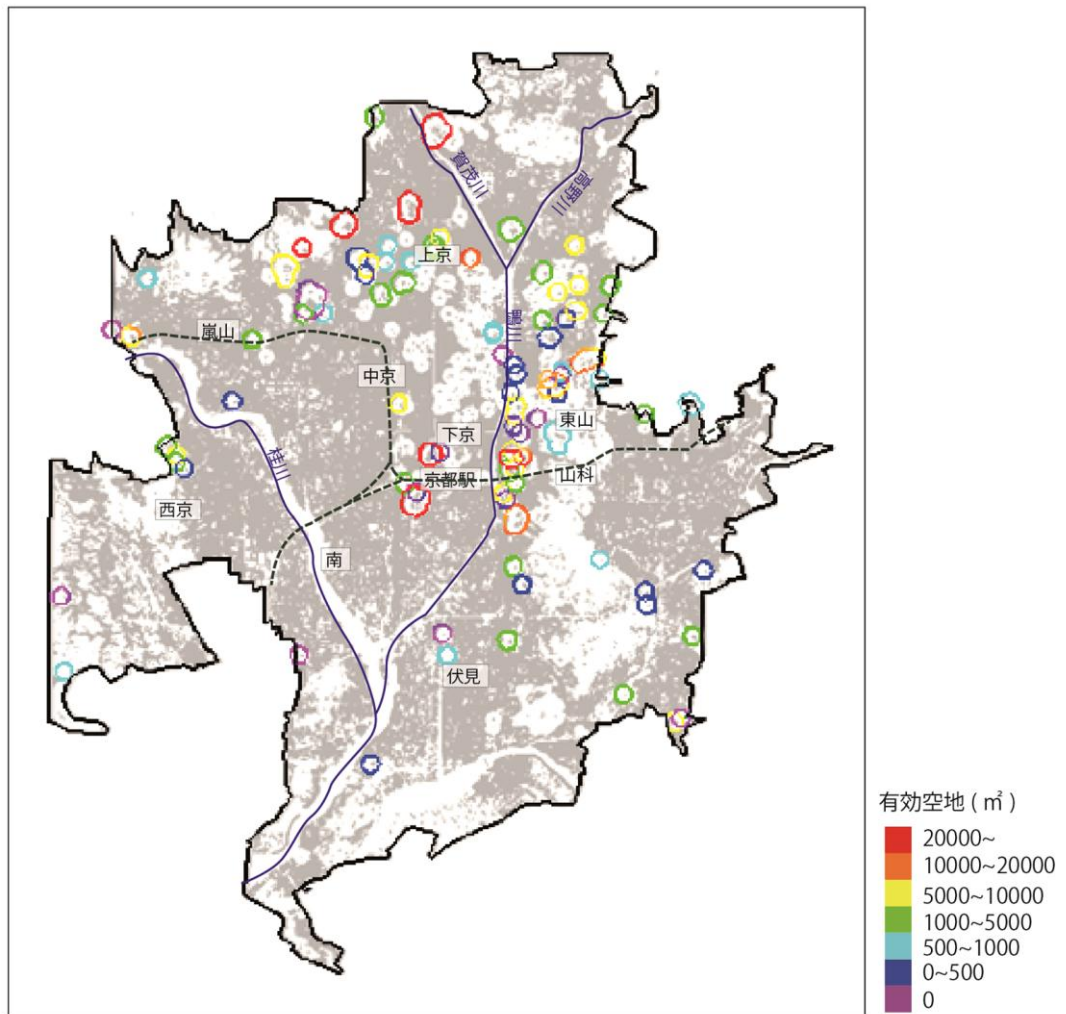


図 3-25 半径 r における有効な空地を有する境内数とその比率

図 3-25 に有効空地の量別の分布図を示す。これを見ると、特に京都駅周辺や上京区の山沿いに、有効空地を確保する寺社境内があるといえる。一方、鴨川沿いの御池通付近の寺社境内では、有効空地をあまり確保できないということがいえる。このエリアは昼間人口も大きい地域のため、寺社境内の避難所として非居住者に対する避難所としての受け皿となることが期待されるものの、あまり屋外避難所としての活用は見込めないことがわかった。

3.5 寺院・神社境内における緑地計量

本節では、寺社境内の緑地の量に関する計量・分析を行い寺社境内の都市に対する緑の貢献度に関する知見を得る。

3.5.1. 緑地量の計量手法

本研究では作成した緑地ポリゴンを用いて、寺院・神社境内の緑地量を計量する。その際、緑地ポリゴンは Google map と Arc GIS から作成したため、建物ポリゴンと緑地ポリゴンが重なってしまう部分が見られた。そのため、本研究では重なった部分は建物ポリゴンとして扱い、緑地ポリゴンから建物ポリゴンを除いた部分を緑地として扱った。また対象は、緑地データの整備が整っている、京都市に絞って行った。

3.5.2 境内緑地に関する考察

対象地の緑地量を計量した結果、対象敷地の緑地面積の合計は 162.77ha であり、また平均すると 1216 m²の緑地が存在し、各境内に対する緑被率は平均で 40% と、非常に高い結果となった。京都市の市街地における現在の緑被率が 35% であることを考えると¹¹⁾、神社境内の緑被率は周囲とくらべても高く、都市における

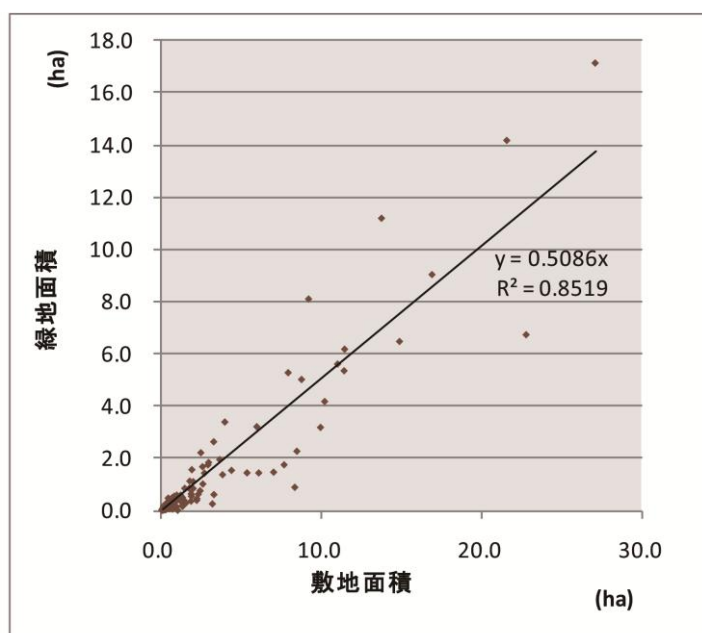


図 3-26 半敷地面積と緑地面積の相関

緑地としての寄与度は高く、多くの緑地が確保されているといえる。

また、境内敷地の面積と緑地面積との相関を求めた結果、相関が $R=0.8519$ と寺社境内の敷地面積と緑地面積において、非常に強い相関関係が認められた(図3-26)。このことから、当たり前のことではあるが、敷地面積の大きい寺社境内は、緑地面積を担保できており、都市における緑の貢献度も高くなっていると考えられる。

3.6 まとめ

本章では、民間空地の中でも市街地にも広く存在し、自由に出入りできる等、地域との距離が近い寺社境内に焦点を当て、都市内における数密度や分布特性、および敷地自体の形状や接道率等の観点から、寺社境内の都市内空地としての有用性の評価を行った。対象は、先行研究によりデータの整備が整っている名古屋市・東京都・大阪市・京都市に加え、今回阪神地域のデータを新たに整備し、分析を行った。さらに、実際に境内がオープンスペースとして機能しうる有効な空地をどれだけ備えているかを計量するため、寺社境内の敷地・建物・緑地ポリゴンデータの整備が整っている阪神地域・および京都市を対象として、避難空間として活用する場合を想定して掃過円の半径を設定し、円掃過法により有効空地を計量した。

本分析により得られた主な知見を以下にまとめる。

- ① 各都市間の寺社境内の数密度を比較すると、寺社境内数の最も多い東京 23 区が数密度も 5.12 と最も高く、面積比を比較すると、数密度の最も高かった東京 23 区が面積比 0.17 と他の都市と比較しても著しく低く、東京では、小規模な寺社境内が多く存在しているということがわかった。
- ② 公園の数密度と比較すると、大阪市・京都市・名古屋市では寺社境内の数密度の合計値が公園の数密度を上回っており、特に京都市の場合、寺社境内の数密度の合計値 2.52 km² は公園の数密度 1.32 km² と比較し約 2 倍である。また面積に関しても京都市の寺社境内の面積比合計値 0.60% は公園の面積比 0.84% に迫る値であり、5 都市間の中で最も寺社境内の都市内空地としての重要性が認められる。
- ③ 分布パターンをみると、阪神地区寺院の R 指標は 0.710、神社が 0.970 であり、5 都市間の中でも、寺院・神社共に、最もランダムな配置をしており、有効な空地として、都市内で地域格差なく平等に使用される可能性が確認された。

- ④ 5都市間での接道率の平均を比較した結果、全ての都市において、寺院境内よりも神社境内において接道率が高く、神社境内は寺院境内より街路に対する開放性が高く、街路空間から認知されやすい傾向にあるといえる。
- ⑤ 円掃過法による有効空地の解析からも、神社境内は寺院境内と比較し、大規模な空地を確保することのできる境内は寺院よりも神社の方が数・面積ともに多いことが明らかになった。

上記の結果より、定量的には、神社境内の方が寺院境内と比べ、都市生活者に公平に開放的な空地を提供でき、さらに使用可能な有効性の高い境内空地を有しているという意味で、都市内空地として、とりわけ避難場所としての利活用の可能性が高いといえる。

また、本研究では、円掃過法を使用する際に、阪神地域においては①緑地を空地として扱った場合、京都においては②緑地を空地から除外した場合で有効空地の計量を行った。本来ならば、それぞれにおいて①緑地を空地として扱った場合と②緑地を空地から除外した場合の、2通りの計量を行うべきであるため、この点に関しては今後の課題としたい。

また、本分析に用いた円掃過法は、モルフォロジーにおける画像処理技法を援用しており、建物ポリゴンデータが整備されていれば、広域を対象とした膨大なデータ量の処理も容易であり、本章では阪神地域の寺社境内 976 件、京都市の寺社境内 98 件の有効空地の計量することができた。このことから、本論で提案した円掃過法の有用性が確かめられた。

注

注1) 本研究では神戸市を中心とし、尼崎市、西宮市、芦屋市、伊丹市、宝塚市、川西市を含めた兵庫県阪神地域を対象とした。先行研究で対象とされてきた東京都23区、大阪市、名古屋市、京都市の4都市と都市の規模を合わせるため、複数都市を一括して対象としている。

参考文献

- 1) 松宮かおる・及川 清昭：大都市における寺社境内の防災的活用可能性に関する定量的考察，歴史都市防災論文集 vol.6, pp.251-256, 2012
- 2) 藤原悠佑・及川清昭：京都と大阪における寺社境内の敷地形状と分布様態に関する数理的考察，日本建築学会大会学術講演梗概集. F1. pp.447-448. 2006
- 3) 大窪健之・伊藤晃生・岡崎愛子・小林正美：災害直後の市民防災活動は向けた「文化遺産の防災拠点化構想」に関する研究-京都市法金剛院とその周辺地域に対する提案-，歴史都市防災論文集 Vol.1, pp.327-334, 2007
- 4) 刀根令子・及川清昭・浅見泰司：東京における寺社境内の形態的特徴と都市緑地環境への貢献，GIS—理論と応用，地理情報システム学会，13巻・2号，pp.129-137, 2005
- 5) 井上僚平・武田史朗・及川清昭：大阪市における寺社境内の分布特性・形態的特性と避難空間としての寄与に関する研究，歴史都市防災論文集 Vol.3, pp.223-228. 2009
- 6) 藤井健史・松宮かおる・及川清昭：大都市における寺社境内の分布と形態特性に関する定量的考察 その 1.5 都市間における分布パターンと敷地形状の比較分析，日本建築学会大会学術講演梗概集. F1. pp. 1051-1052. 2010
- 7) 松宮かおる・藤井健史・及川清昭：大都市における寺社境内の分布と形態特性に関する定量的考察その 2. 円掃過法による有効空地の計量，日本建築学会大会学術講演梗概集. F1. pp. 1053-1054. 2010
- 8) 松宮かおる・鷺崎桃子・及川清昭・郷田桃代：建物間の隙間に関する定量的分析，日本建築学会計画系論文集，79巻，697号，2014年3月
- 9) 天国邦博・呂恒俊・望月利男：阪神・淡路大震災における避難者実態に関する考察，地域安全学会論文報告集 (6)， pp 223-234, 1996-11
- 10) 小畑秀文：モルフォロジー，コロナ社，1996年
- 11) 京都市情報館：京都市緑の基本計画，2010年3月24日

第4章 京都市における避難所収容人数の定量的把握

- 4.1 はじめに
- 4.2 研究の対象
- 4.3 避難所および人口データベースの構築
- 4.4 収容率・超過人口による充足度の把握
- 4.5 まとめ

第4章 京都市における避難所収容人数の定量的把握

4.1 はじめに

前章では、モルフォロジーにおける closing という操作を援用した空地の計量手法である「円掃過法」の提案を行い、寺社境内敷地内の有効空地の計量を行ったが、本章では、同様の手法を用いて、京都市における避難所敷地内の空地の内、屋外避難に有効に使用できる「有効空地」の面積の計量を行う。これにより、避難所の屋外空間の収容人数を算出することが可能で、避難所の屋内空間だけでなく、屋外空間も含めた施設所容量の充足度を把握することができる。

4.1.1 研究の背景と目的

(1) 避難所の不足

近年多発する大規模災害に対し、危機管理システムの構築が都市計画上急務の課題となっている。特に、十分な避難所の確保は重要な問題の一つであり、自治体は地域防災計画の中に避難計画を定め、避難所を指定している。しかし、多くの都市において避難所の数は不足しており、その不足の状況は十分に把握されているとはいえない。

全国7位の人口規模を誇り、146万人を超える居住者を抱える京都市でも、東日本大震災を機に、避難所単位で機材の充実や運営マニュアルの策定を進めている。しかし、花折断層を震源とするマグニチュード7.5クラスの都市直下型地震が発生した場合、13万5千人分の避難所が不足すると想定されており¹⁾、収容人数の確保が大きな課題となっている。このような状況の下、京都市は指定避難所の拡大を進めており、大型施設を持つ宗教団体などにも協力を求め、収容人数を増やしている。しかしながら、依然として十分な量を確保しているとはいえず、屋内のみの避難では十分な収容人数を確保するのは難しい状況にある。屋外避難の先例としては、東日本大震災の際に、宮城県山元町の町中央公民館の敷地内にテント村を設置し、最大で33世帯、約40人が避難生活を送っていた例もあり、今後は屋内だけではなく屋外も避難場所として活用していくことも検討すべきである。

(2) 帰宅困難者対策の必要性

2011年3月11日に日本を襲った、東北地方太平洋沖を震源とする東日本大震災は多くの死者、犠牲者を出し日本中を震撼させた。震度5を観測した首都圏でも、震災による直接被害や安全確保のため公共交通機関は運転停止や規制が行われ、広範囲にわたり麻痺状態に陥った。災害発生時が平日の日中であったために、首都圏には多数の通勤・通学者がおり、彼らの大部分が帰宅困難となった。内閣府の発表によると、東京都・神奈川県・千葉県・埼玉県・茨城県首都圏を中心に合計515万人が当日自宅に帰れない帰宅困難者となっており、これは地震発生時の外出者の約28%に相当する。

また、京都市の市街地には、多数の企業や学校があり、多くの通勤通学者が存在する。このため、京都市の昼間人口は約158万人と夜間人口を大きく上回っており、もし京都で昼間に災害が起き、東日本大震災の時のように甚大な交通麻痺状態に陥った場合、多数の帰宅困難者が発生する恐れがある。京都市内の住民だけでなく、帰宅困難者も考慮した避難場所の整備が求められている。

(3) 研究の目的

上述の背景を踏まえ、本研究では、京都市において指定されている避難場所の分布と収容人数に関するデータベースを作成し、夜間人口および昼間人口に対して、現在整備されている避難所の屋外空間も含めた収容人数の充足度を把握する。どの場所に避難場所が不足しているかを明らかにすることで、今後新たな避難場所の設置を検討する際の、防災計画上の基礎的資料を得ることを目的としている。

4.1.2 研究の位置づけ

避難所の収容人数の評価に関する先行研究としては、神山²⁾らが京都市の広域避難場所を対象に、ネットワーク理論における動的ネットワークフローを用いて、人々が最も効率的に避難した際の避難所への避難人数を算出し、どの避難所がボトルネックとなるか発見する手法を提案している。このアプローチでは、住民が最も早く避難できる最適な避難所へ向かった場合の、収容人数を求めている。しかし、実際の京都市の防災計画では原則的に元学区単位で避難所は定められており、必ずしも最速で避難できる場所に避難するわけではない。本論では、元学区単位での避難所への避難人口を算出しており、さらに夜間人口に加え昼間人口に対する施設容量の充足度も明らかにしているので、日中の通勤・通学者も加味した、現状に即した結果が得られると考える。

また屋外空間を含めた避難所の収容人数を分析する先行研究として、戸田³⁾らは、対象地の地区市民館等の屋外を一般避難者が避難所として利用する場合を

想定し、モデル施設を選定してレイアウトモデルを作成し、それに基づいて使用不可面積比率、および残り面積比率を求め、その比率を他の避難所にも適用し、屋外収容人数を算出している。テントスペースや屋外トイレなど細かなレイアウトも考慮されているため、同様の敷地形状および建物配置がされている避難所に対しては、有益な手法であると考えられるが、敷地内の建物配置が複雑になった場合、面積比率のみで収容人数を求めるには限界がある。本研究では、モルフォロジーにおける closing の手法を援用した「円掃過法⁴⁾」を用いて有効空地进行を計量することで、敷地内の建物配置も加味した屋外の収容人数を算出することができる点で有益であるとする。

4.2 研究の対象

本節では、研究対象である京都の地震災害現況と都市防災状況、また人口といった基礎的情報についての把握を行う。具体的には、京都におけるこれまでの地震被害、現在の活断層の状況と想定される地震被害について、また京都市の一時避難の困難さについて概観する。さらに、京都市の各区における夜間人口と昼間人口の内訳を見た上で、研究の対象地域の選定を行う。

4.2.1 京都市の地震災害現況

(1) 過去の京都の地震被害

表 4-1 は、京都周辺に被害をもたらした主な地震の一覧である⁵⁾。表から見て取れるように南海・東南海地震による被害が多いことがわかる、この南海・東南海地震は 90～150 年間隔で起こっており、地震の活動期に入った近畿地方において、いつ地震が起きてもおかしくない状況にある。

また、1995 年の兵庫県南部地震では震源地から東方約 80km に位置する京都でも震度 5 を記録し、住宅や公共建築物、文化財など約 1400 戸が被害を受けた。これは近代に入って京都が初めて経験した地震災害であり、市民にとっては、ほとんど無防備状態の被災であった。

表 4-1 過去の主な地震被害

西暦	和暦	規模	発生地／地震名	被害の状況
827.08.11	天長4	M6.8	京都	舎屋多く潰れ、余震が翌年6月まであった。
887.08.26	任和3	津波	諸国	京都で諸司官舎及び東西両京の民家の倒壊あり、圧死者多数
938.05.22	天慶1	M7	京都・紀伊	宮中の内膳司類れ、死4。舎屋・築垣倒れるもの多く、堂塔・仏像も多く倒れる。
976.07.22	貞元1	M6.7以上	山城・近江	両京で屋舎・諸仏寺の転倒多く、死50以上。近江の国府・国分寺・関寺(大津市)で被害。
1096.12.17	永長1	M8級	畿内・東海道	大極殿小破、東大寺の巨鐘落ちる。京都の諸寺に被害があった。近江の勢多橋落ちる。津波が伊勢・駿河を襲い、駿河で社寺・民家の流失400余。
1099.02.22	康和1	M8級	南海道・畿内	興福寺・摂津天王寺で被害。土佐で田千余町みな海に沈む。
1185.08.13	文治1	M7.4	近江・山城・大	京都、特に白河辺りの被害が大きかった。社寺・家屋の倒潰破壊多く、死多数。
1317.02.24	文保1	M6.5～7	京都	これより先1月3日に京都に強震、余震多く、この日大地震。白河辺の人家悉く潰れ、死5。諸寺に被害、清水寺出火。多く、死多数。
1361.08.03	正平16	M8級	畿内・土佐・阿波	摂津四天王寺の金堂転倒し、圧死5。
1498.09.20	明応7	M8級	東海道全般	(紀伊から房総にかけての海岸と甲斐で震動大きかったが、被害はそれほどでもない。)
1596.09.05	慶長1	M7.5	畿内	京都では三条より伏見の間での被害が最も多く、伏見城天守大破、石垣崩れて圧死約500。諸寺・民家の倒潰も多く、死傷多数。
1605.02.03	慶長9	M8級	東海・南海・西海諸道	(津波が犬吠崎から九州までの太平洋岸に襲って、八丈島で死57、浜名湖近くの橋本で100戸中80戸流され、死多数。)
1662.06.16	寛文2	M7.5	山城・大和・河内・和泉・摂津・丹後・若狭・近江・美濃・伊勢・駿河・三河信濃	京都で町屋倒壊1千、死200余など。
1707.10.28	宝永4	M8級	五畿・七道『宝永地震』	わが国最大級の地震の一つ。全体で少なくとも死2万、潰家6万、流失家2万。震害は東海道・伊勢湾・紀伊半島で最もひどく、津波が紀伊半島から九州までの太平洋沿岸や瀬戸内海を襲った。
1830.08.19	天保1	M6.5	京都及び隣国	洛中洛外の土蔵はほとんど被害を受けたが、民家の倒潰はほとんどなかった。御所・二条城などで被害。京都での死280。
1854.12.24	安政1	M8級	伊賀・伊勢・大和『伊賀上野地震』	被害地域は中部から九州に及ぶ。津波が大きく、波高は串本で15m、久礼で16m、種崎で11mなど。地震と津波の被害の区別が難しい。死者数千。
1946.12.21	昭和21	M8.0	南海道沖『南海地震』	被害は中部以西の日本各地にわたり、死1,330、家屋全壊11,591、半壊23,487、流失1,451、焼失2,598。
1952.07.18	昭和27	M6.7	奈良県中部『吉野地震』	震源の深さ60km。和歌山・愛知・岐阜・石川各県にも小被害があった。死9、住家全壊20。春日大社の石灯籠1,600のうち650倒壊。
1995.01.17	平成7	M7.3	兵庫県南部	活断層の活動によるいわゆる直下地震。京都市内では重傷1、軽傷28、火災1、住家一部損壊750(西京区樫原450、右京区西京極30、左京区浄土寺近辺10数戸ほか)、道路被害5、水道断水334世帯、電話不通400世帯、社寺仏閣被害78件(うち、指定文化財36社寺)

(出典：京都の地震)

(2) 京都の活断層と被害想定

京都市には、地震発生時に被害を受けると予測される活断層が8箇所あるとともに、京都市地域防災計画の第3次被害想定⁶⁾の中で、各断層による地震被害の予測がされている(図4-1、4-2)。そのうち、最も被害が大きいとされている花折断層による地震が発生した場合は、市街地のほとんどが震度6弱以上の被害となり、家屋の全半壊は162,100棟、焼失面積は1.1km²、避難所へ避難する人数

は就寝者数で 293, 600 人と想定されている。これは京都市の夜間人口の約 20% に相当する。ただし、この値は就寝者に対する想定であるため、通勤・通学者も考慮すると、更に避難者数は増加すると考えられる。また、京都市内の中でも一様に避難者が分布するわけではなく、局所的に避難者が集中していることから、京都市全体ではなく、少地域単位で避難所の施設容量を把握する必要があるといえる。

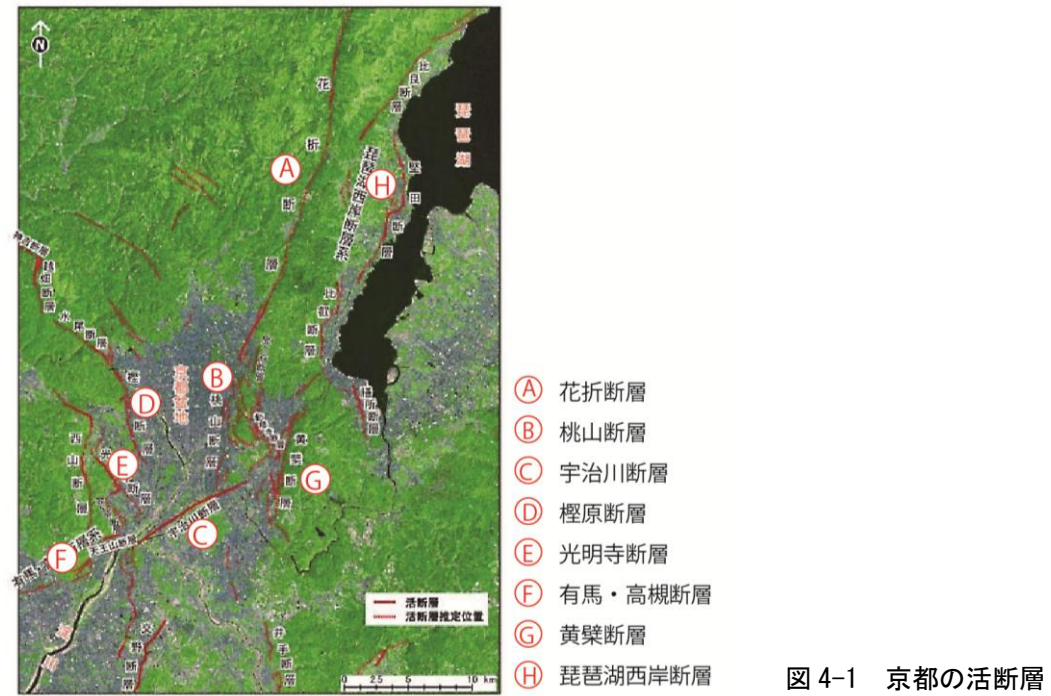


図 4-1 京都の活断層

(出典：京都市第3次被害想定)

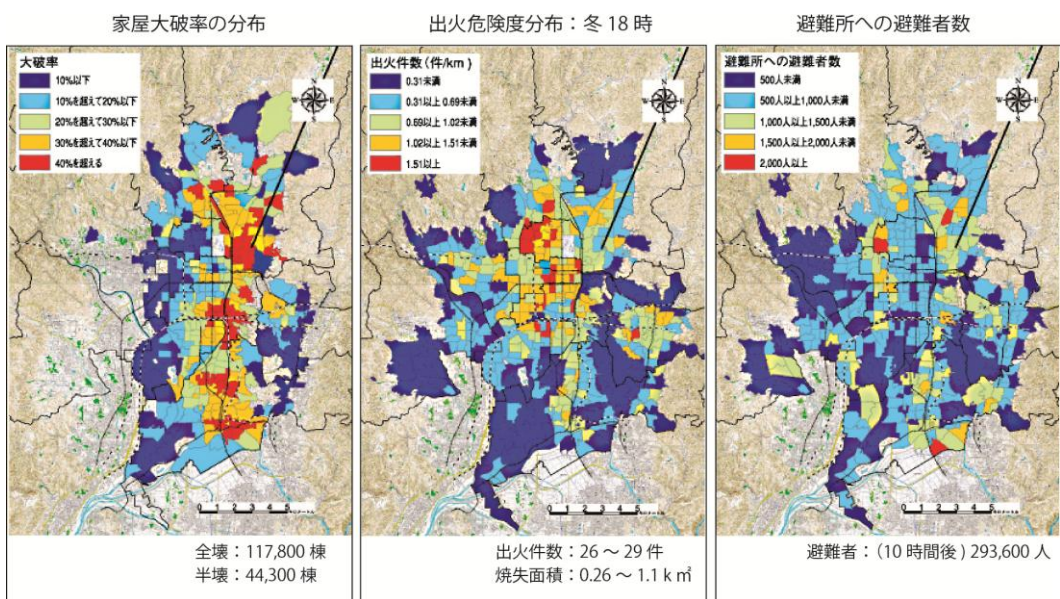


図 4-2 花折断層による被害予測 (出典：京都市第3次被害想定)

(3) 一時避難の困難さ

京都市都市防災都市づくり計画⁷⁾の中で、一時避難困難区域率をもとに、一時避難が困難な地域の分布が示されている(図4-3)。一時避難困難区域率は、地区面積に対し、一時避難場所への避難が困難な区域が占める割合を示すものである。

一時避難困難区域率(%)=

$$\frac{\text{町丁目に占める一次避難地等から一定距離以遠の範囲の面積}}{\text{町丁目の面積}} \times 100$$

ここでいう一定距離とは、日常生活をカバーできる範囲(小学校区の大きさ等)をいう。

これより、京都市の市街地のほぼ全域において、避難距離の観点からみれば、避難所となる公園などの緑地・オープンスペースは概ね確保できており、避難所の施設配置については大きな問題は無いといえる。よって、今後避難所の整備を進めていくにあたっては、その収容人数の確保に課題が絞られることがわかった。

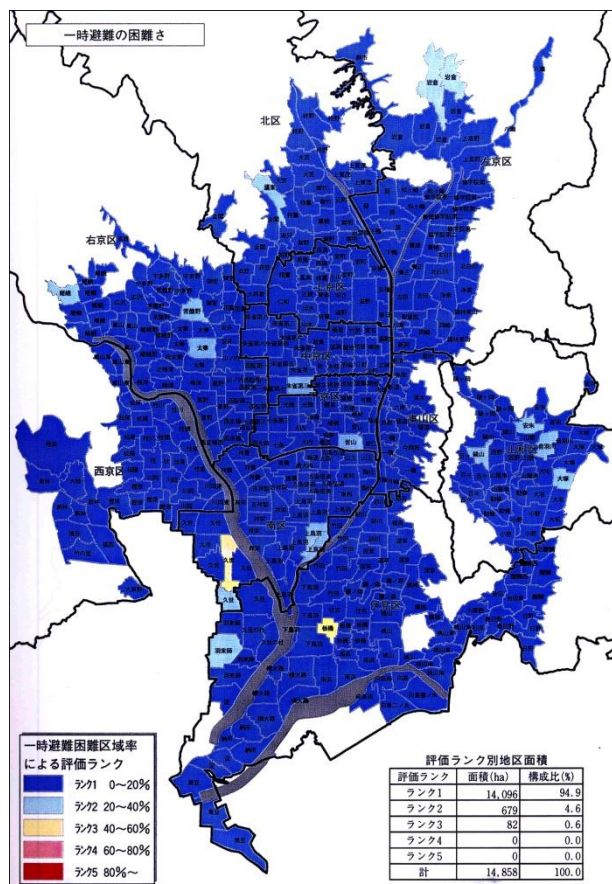


図4-3 一時避難の困難さ

(出典：京都市都市防災都市づくり計画)

4.2.2 京都市の防災計画

京都市は地域防災計画の中で、避難所・広域避難場所を次のように定めている。避難所とは、災害で自宅に住めなくなった場合、一時的に避難生活を営む場所をいい、台風の襲来など災害の発生のおそれが高く、安全を確保するためにあらかじめ避難する場所で、学校の体育館や集会場などが指定されている。一方、広域避難場所とは、地震に伴う大火災による二次災害の危険から、地域住民の生命の安全を確保できる場所をいい、広域避難地域内において、あらかじめ市長が指定しており、公園・緑地・グラウンド・その他公共的な空地帯等で、大火災の輻射熱に対しての安全面積が1ヘクタール以上の場所とされている。

このように、広域避難場所は大火災等で避難所が危険に晒された場合に、身の安全確保のために一時的に待機する場所であり、そこでの避難生活は想定されていない。一般に、広域避難場所は広大な屋外空間を有しており、屋外避難場所としての利用の可能性はあるものの、現状では、屋内避難生活を行うための設備も整えられているわけではないため、本研究では、京都市内の市街地⁽¹⁾における避難施設・避難場所の収容能力を把握するにあたり、まずは現時点で避難生活を想定しており、屋内避難の設備も整っている避難所を対象を限定した。

4.2.3 京都市の夜間人口と昼間人口

京都市では、常住者人口を表す夜間人口約146万人に対し、通勤・通学による流出入の増減を加味した昼間人口が約158万人と大きく上回っている（表4-2）。

表 4-2 行政区単位の夜間人口・昼間人口

行政区	夜間人口 (人)	昼間人口 (人)	昼夜間 人口比率 (%)	面積 (km ²)	人口密度 (人/km ²)
北 区	123,747	128,308	103.7	94.92	1,303.7
上京区	82,765	98,864	119.5	7.11	11,640.6
左京区	167,933	170,961	101.8	246.88	680.2
中京区	101,518	159,055	156.7	7.38	13,755.8
東山区	42,096	58,184	138.2	7.46	5,642.9
山科区	136,277	117,623	86.3	28.78	4,735.1
下京区	73,706	140,624	190.8	6.82	10,807.3
南 区	98,055	140,119	142.9	15.78	6,213.9
右京区	196,112	182,207	92.9	291.95	671.7
西京区	153,460	119,382	77.8	59.2	2,592.2
伏見区	285,019	267,653	93.9	61.62	4,625.4
京都市	1,460,688	1,582,980	108.4	828	1,764.3

(出典：京都市推計人口統計調査)

特に、都心部の上京区・中京区・下京区・東山区・南区の5区において、夜間人口に対する昼間人口の比率を表す昼夜間人口比率は110%以上となっており、昼間人口が集中していることがわかる（図4-4）。一方、その他の区では昼間人口は夜間人口を下回っているか、概ね同数であるので、本研究では昼間人口による収容率の分析については対象を上京区・中京区・下京区・東山区・南区の都心部5区に限定した。

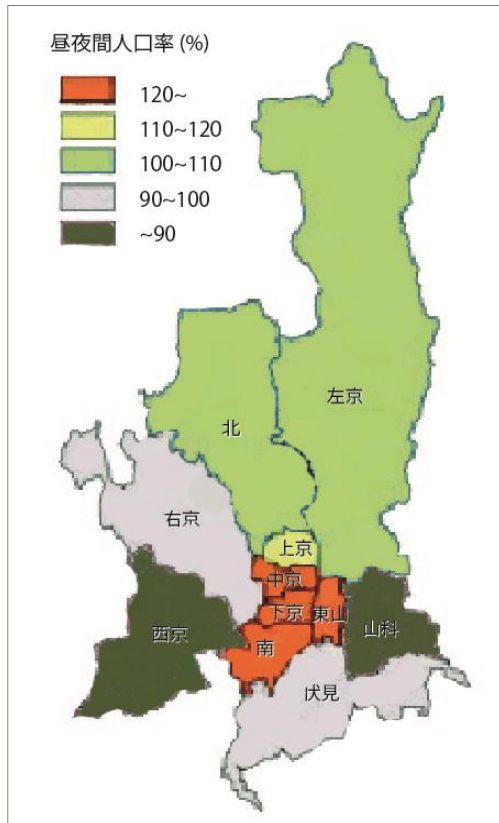


図 4-4 昼夜間人口比率

(出典：京都市推計人口統計調査)

4.3 避難所および人口データベースの構築

4.3.1 避難所分布と施設容量のデータベース化

本研究では京都市指定避難所一覧（平成25年3月1日現在）に掲載されている411箇所の避難所のうち、対象の元学区153地域に含まれる371箇所を分析対象とし、避難所リストを作成した。一覧に掲載されている住所と地図を照らし合わせ、場所と建物を特定し、避難所の敷地・建物ポリゴンデータ・緑地ポリゴンデータおよび避難所の分布図を作成した（図4-5）。また対象の元学区の境界データを、立命館大学文学部地理学教室提供のGISデータセットを元に整備した。

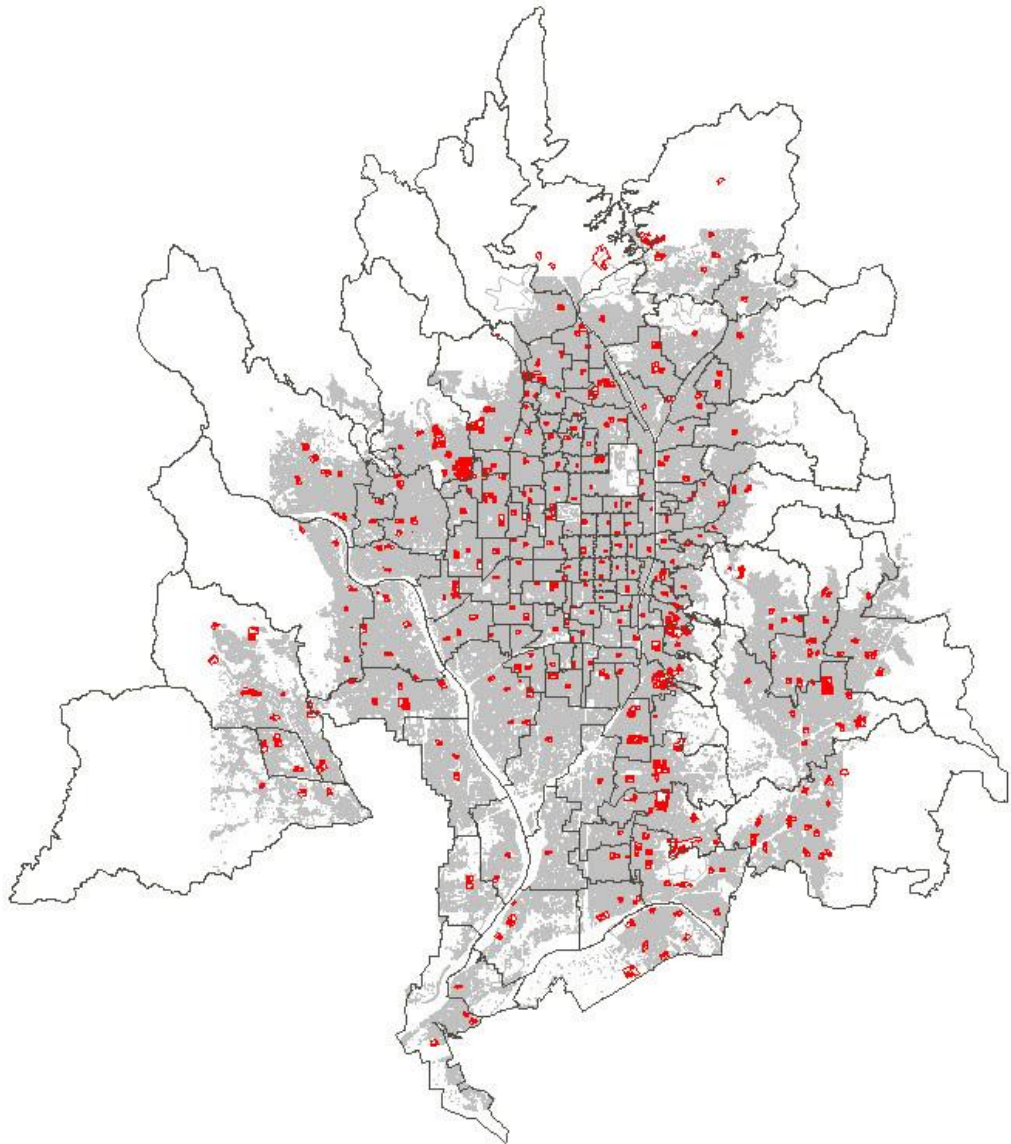


図 4-5 避難所分布図

4.3.2 人口分布データの作成

元学区単位の人口データベースを、夜間人口については京都市住民基本台帳の町別人口（平成24年4月1日現在）を元に、また昼間人口については国勢調査2005年推計昼間人口を元に作成した（図4-6、4-7）。夜間人口密度をみると、概ね中心部にいくほど密度が高くなっている。また昼間人口密度をみると、特に中京区・下京区東側のオフィス・商業エリアが200人/haを超えており、このエリアに日中多くの人が滞在していることがわかる。

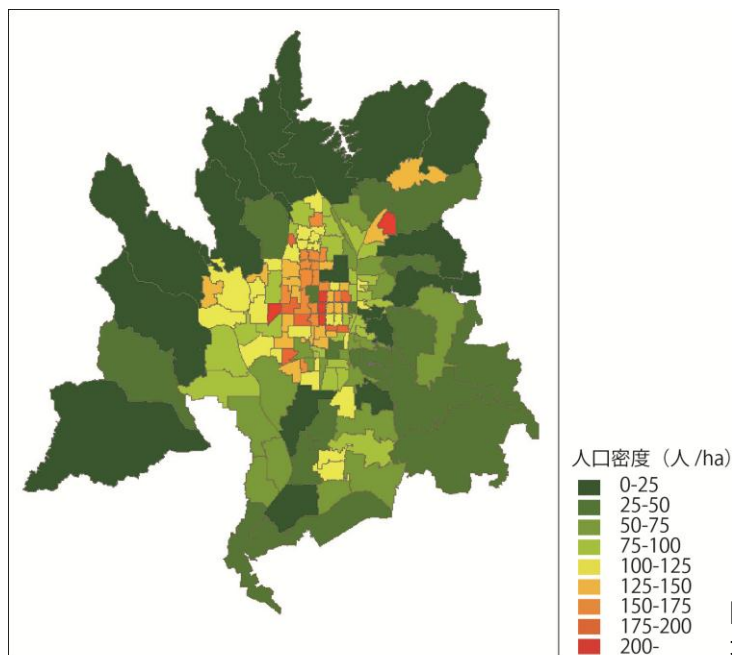


図 4-6
元学区単位の夜間人口密度

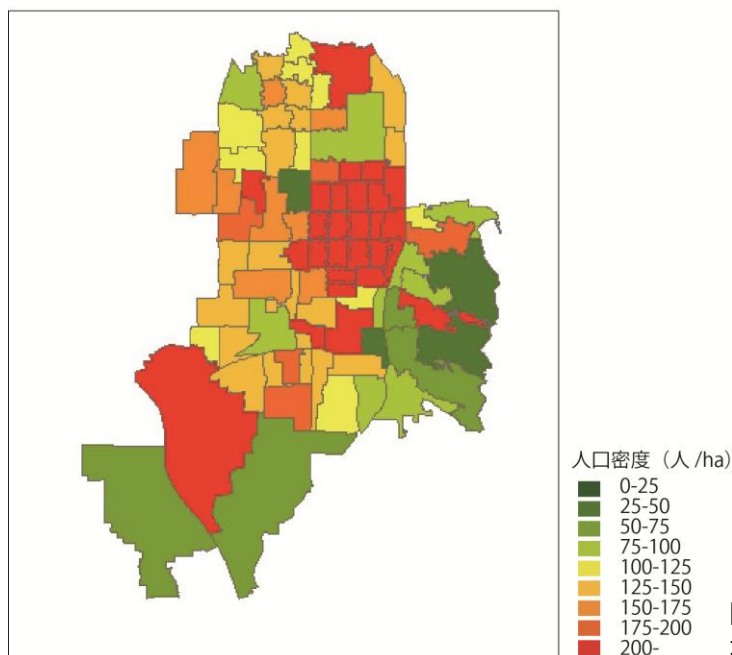


図 4-7
元学区単位の昼間人口密度

4.4 収容率・超過人口による充足度の把握

4.4.1 収容人数・収容率・超過人口の算出

(1) 円掃過法による屋外収容人数の計量

避難所の屋内収容人数は、京都市指定避難所一覧に掲載されている収容人員を用いた。また、屋外収容人数は、第3章の有効空地解析でも用いた「円掃過法」を用いて、避難所敷地内の空地の内、屋外避難に有効に使用できる「有効空地」の面積を計量し、その結果をもとに収容人数を算出した(図4-8)。なおここでいう空地は、①敷地内の建物が建っていない土地(非建蔽地)、または②敷地から建物および緑地を除いた土地の2種類を意味している。つまり、屋外空間の計量に際しては、緑地を空地として扱った場合と、緑地を空地から除外した場合と、2通りで有効空地の計量を行った。これにより、全ての緑地が有効空地として使用できた場合(最大の有効空地)と、全ての緑地が使用できなかった場合(最小の有効空地)の計量結果が示されることとなり、実際の有効空地の量は、この両者の間の値となる。

屋外空間の収容人数の算出は次の通りである。まず、 $1\text{ m}^2/\text{人}$ を基準とした災害時の避難所設置基準である100人の避難可能領域を抽出するため、掃過円の半径を $r=5.5\text{ m}$ に設定し、避難所敷地の空地内における「有効空地」の面積を計量した。そして、その有効空地面積に対して、災害時に $1\text{ m}^2/\text{人}$ の面積を確保するとして屋外収容人数を求めた(表4-3)。

表 4-3 空地面積と有効空地面積

r=	有効空地の利用目的
0.5m	人の生活行動における最低範囲である直径1mの円の掃過できる空地
1.5m	災害時の復興支援を行う陸上自衛隊のトラックの通行可能幅
2.5m	被災者の生活を守る陸上自衛隊が所持する簡易テントの設置可能領域
5.5m	$1\text{ m}^2/\text{人}$ を基準としたときの災害時の一時避難場所設置基準である100人の避難可能領域
7.0m	災害時の緊急救助用ヘリコプターの着陸可能領域
8.0m	$2\text{ m}^2/\text{人}$ を基準としたときの災害時の一時避難場所設置基準である100人の避難可能領域
14.0m	救援物資等搬入用ヘリコプター着陸可能領域

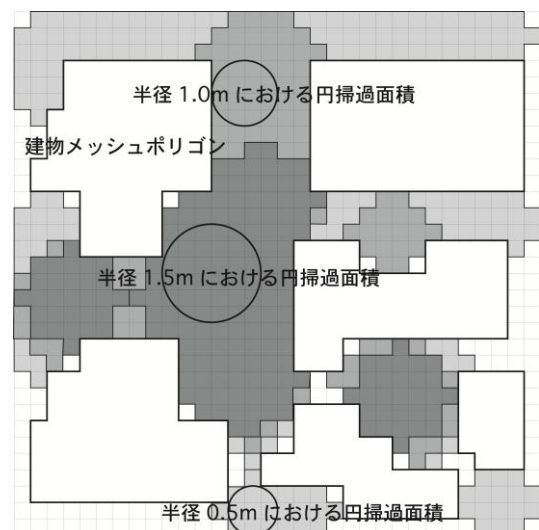


図 4-8 有効空地の抽出

図4-9は避難所に指定されている朱雀高等学校および京都女子中・高等学校の有効空地を求めた例である。空地面積は朱雀高等学校が14559.0 m²、京都女子中・高等学校が16383.2 m²と朱雀高等学校の方が1824.2 m²小さいものの、有効空地面積をみると、朱雀高等学校が13574.2 m²、京都女子中・高等学校が13250.2 m²と朱雀高等学校の方が324 m²大きく、その結果屋外収容人数も324人上回っている(表4-4)。これは、敷地形状が複雑で建物配置も分散している京都女子中・高等学校に比べ、朱雀高等学校は敷地に対し建物がグラウンドを囲む様に配置されており、比較的集約された空地が取れたためだと考えられる。このように、本手法では単なる空地面積からでは計量できない、屋外空間の形態上の差異も考慮した収容人数を算出することができる。

表4-4 空地面積と有効空地面積

	朱雀高等学校	京都女子中・高等学校	差
敷地面積(m ²)	18791.8	23894.5	-5102.7
建物面積(m ²)	4232.8	7511.3	-3278.5
空地面積(m ²)	14559.0	16383.2	-1824.2
有効空地面積(m ²)	13574.2	13250.2	+324.0
屋外収容人数(人)	13574	13250	+324

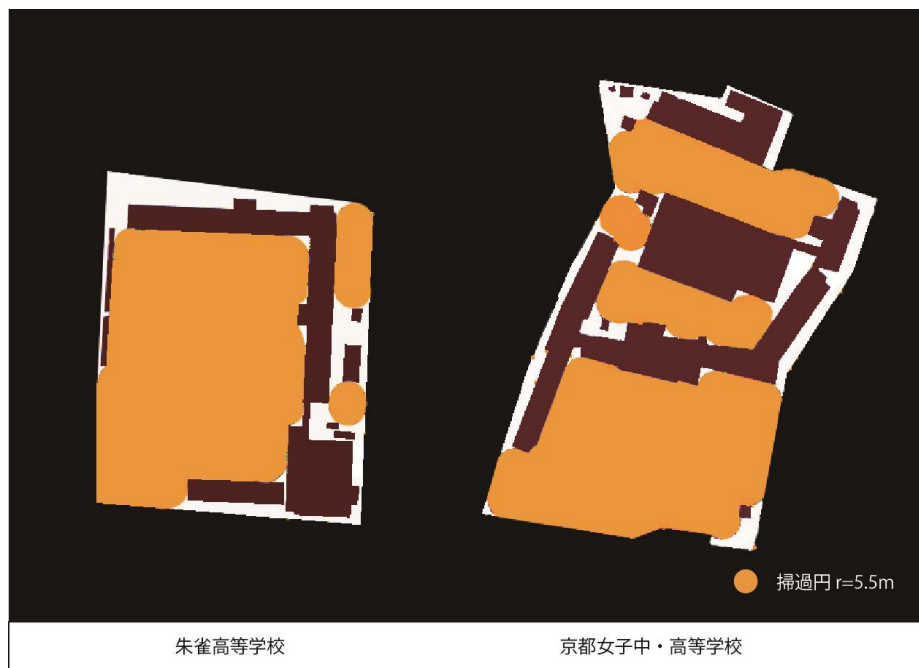


図4-9 有効空地の抽出

(2) 収容率・超過人口の算出

各避難所の屋内および屋外の収容人数を、それぞれの避難所が位置する元学区ごとにまとめ、元学区単位の避難所収容人数（①屋内のみの場合・②緑地を除外した屋外を含む場合・③緑地も空地として屋外を含む場合）を計算し、各元学区の夜間人口および昼間人口に対する収容人数の比率を収容率として求めた。

また、各元学区の夜間人口・昼間人口から元学区単位の避難所収容人数を差し引いた値を超過人口として求めた。

- 収容人数 ①屋内のみの収容人数
- ②屋外を含む収容人数（緑地除外）
- ③屋外を含む収容人数（緑地含む）

$$\text{■ 収容率} = \frac{\text{収容人数} < \text{①屋内のみ} \cdot \text{②屋外含む(緑地除外)} \cdot \text{③屋外含む(緑地含む)} >}{\text{人口} < \text{夜間} \cdot \text{昼間} >} \times 100$$

$$\text{■ 超過人口} = \text{人口} < \text{夜間} \cdot \text{昼間} > - \text{収容人数} < \text{①屋内のみ} \cdot \text{②屋外含む(緑地除外)} \cdot \text{③屋外含む(緑地含む)} >$$

4.4.2 行政区単位での比較

行政区単位で避難所の施設容量・収容率および超過人口を集計した（表 4-4, 4-5, 図 4-10）。各区を合計した京都市市街地全体の収容人数をみると、屋内のみの場合 153, 500 人であり、夜間人口 1, 353, 755 人の僅か 11.3%にしか満たず、その超過人口も約 118 万人と、施設容量の大幅な不足状況が浮かび上がった。行政区ごとにみると、収容率<夜間屋内のみ>は東山区の 37.3%を除いて、どの区も 9~18%と非常に低い値となっている。

しかしながら、屋外も含めた収容人数をみると、緑地を除外した場合でも、京都市市街地全体の収容人数は 2, 549, 956 人となり、各区の収容率の平均 198.1%となる。さらに緑地を空地として扱った場合では、収容人数は 4, 095, 076 人まで増加し、各区の収容率の平均も 322%、超過人口も約 10 万人にまで減少し、屋外施設容量の不足はほぼ解消されることがわかった。

昼間人口に対する収容率をみると、屋内のみの場合は 7.9~19.0%に対し、屋外を含めた場合（緑地含む）は 127.5~403.7%となり、各区全体での施設容量は十分であるといえる。しかしながら、各区単位での収容率が 100%を超えていても、元学区単位での超過人口を累計すると、屋外を含めた場合でも、依然として

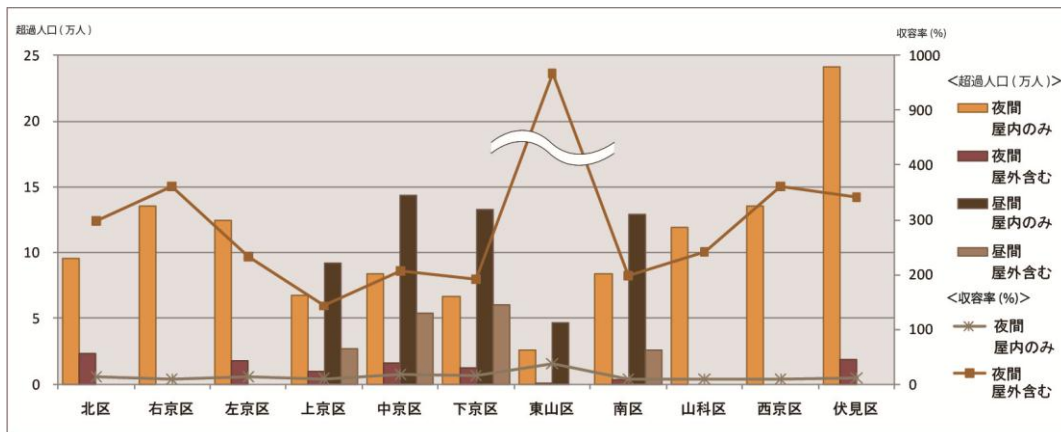
16万人7千人を超える超過人口が存在している。このことから、各元学区単位で、避難所の施設容量には偏りがあることが示唆された。そこで次に、元学区単位での比較を行った。

表 4-4 各区の収容人数

行政区	人口(人)		収容人数(人)				
	夜間	昼間	屋内	屋外		合計	
				緑地除外	緑地含む	緑地除外	緑地含む
北区	109,742	—	14,436	296,846	353,107	311,282	367,543
右京区	181,913	—	14,026	248,479	513,878	262,505	527,904
左京区	131,602	—	15,645	200,398	321,014	216,043	336,659
上京区	74,719	98,864	7,259	68,189	92,243	75,448	99,502
中京区	99,742	159,055	15,748	148,913	210,584	164,661	226,332
下京区	73,875	140,624	9,425	84,797	111,254	94,222	120,679
東山区	36,959	58,184	11,588	128,077	255,035	139,665	266,623
南区	92,433	140,119	8,129	128,342	167,433	136,471	175,562
山科区	130,571	—	11,519	222,708	325,627	234,227	337,146
西京区	149,601	—	14,026	306,199	513,878	320,225	527,904
伏見区	272,598	—	31,699	717,008	1,077,524	748,707	1,109,223
平均	123,069	119,369	13,955	231,814	358,325	245,769	372,280
合計	1,353,755	596,846	153,500	2,549,956	3,941,576	2,703,456	4,095,076

表 4-5 各区の収容率・超過人口

行政区	収容可能人口割合(%)						超過人口(人)					
	夜間屋外			昼間屋外			夜間屋外			昼間屋外		
	夜間 屋内	緑地 除外	緑地 含む	昼間 屋内	緑地 除外	緑地 含む	夜間 屋内	緑地 除外	緑地 含む	昼間 屋内	緑地 除外	緑地 含む
北区	14.2	283.6	298.0	—	—	—	95,306	19,617	22,985	—	—	—
右京区	9.6	144.3	361.1	—	—	—	135,575	1,100	0	—	—	—
左京区	13.3	164.2	232.5	—	—	—	124,635	27,053	17,984	—	—	—
上京区	10.3	101.0	142.9	9.0	76	127.5	67,460	15,824	9,301	91,605	34,160	26,604
中京区	18.0	165.1	207.2	10.4	104	136.6	83,785	22,058	15,637	143,098	71,984	53,860
下京区	16.3	127.5	191.9	9.9	67	113.0	66,263	18,764	12,636	132,377	69,898	60,355
東山区	37.3	377.9	966.6	19.0	240	403.7	26,119	1,541	260	46,596	498	0
南区	9.9	147.6	197.4	7.9	97	151.2	84,304	3,567	3,067	129,041	38,432	26,227
山科区	9.1	179.4	241.6	—	—	—	119,052	0	0	—	—	—
西京区	9.6	214.1	361.1	—	—	—	135,575	1,712	0	—	—	—
伏見区	10.8	274.7	341.8	—	—	—	240,899	1,573	19,192	—	—	—
平均	14.4	198.1	322.0	11.2	116.9	186.4	107,179	10,255	9,188	108,543	42,994	33,409
合計	—	—	—	—	—	—	1,178,973	112,809	101,063	542,717	214,972	167,045



4.4.3 元学区単位での比較

(1) 夜間人口に対する収容率・超過人口

収容率（図 4-11）をみると、屋内のみの場合は全 153 学区のうち、107 学区が収容率 0~15%となっており、また分布図（図 4-12）をみても、弥栄学区・安寧学区・竹間学区を除いて、市街地全体が低い値である。一方屋外（緑地除外）を含めると、112 学区が 100%以上の収容率となり、分布図をみても全体に収容率が 100%以上か、それに近い値となっている。しかし、教業区や梅屋区・菊浜区など中心部のいくつかの区では避難所屋外での収容人数が確保できず、依然として収容率は 10%以下となっている。

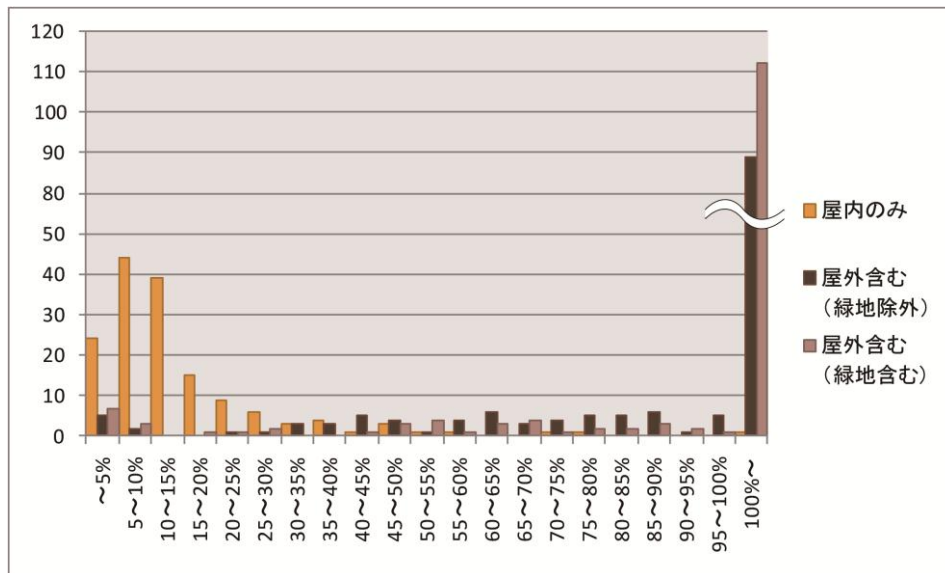


図 4-11 夜間人口収容率ごとの元学区数



図 4-12 夜間人口収容率

表 4-6 夜間超過人口ランク

元学区	区	屋間人口(人)	収容人数(人)					収容率(%)			超過人口(人)		
			屋内	屋外		合計		屋内	屋外		屋内	屋外	
				緑地除外	緑地含む	緑地除外	緑地含む		緑地除外	緑地含む			
大宮	北	19255	452	5525	7594	5977	8046	2.3	31.0	41.8	18803	13278	11209
松尾	西京	29305	1481	19262	37176	20743	38657	5.1	70.8	131.9	27824	8562	0
久我	伏見	15091	707	6022	9759	6729	10466	4.7	44.6	69.4	14384	8363	4625
西院第一	右京	10654	280	3650	5464	3930	5744	2.6	36.9	53.9	10374	6724	4910
浄楽	左京	6431	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	6431	6431	6431
竹田	伏見	9440	363	3158	4530	3521	4893	3.8	37.3	51.8	9077	5920	4547
住吉	伏見	8888	324	2915	3941	3239	4265	3.6	36.4	48.0	8564	5649	4623
修学院	左京	30393	1525	23462	35820	24987	37345	5.0	82.2	122.9	28868	5406	0
仁和	上京	9845	352	4094	3931	4446	4283	3.6	45.2	43.5	9493	5399	5563
松ヶ崎	左京	7346	284	1688	3708	1972	3992	3.9	26.8	54.3	7062	5374	3354
北白川	左京	8738	418	3225	4922	3643	5340	4.8	41.7	61.1	8320	5096	3398
朱雀第五	中京	8101	324	3072	5179	3396	5503	4.0	41.9	67.9	7777	4705	2598
西院第二	右京	8411	352	3506	4321	3858	4673	4.2	45.9	55.6	8059	4553	3739
七条	下京	7790	243	3298	5337	3541	5580	3.1	45.5	71.6	7547	4249	2211
鳳徳	北	6626	288	2399	3984	2687	4272	4.3	40.5	64.5	6338	3939	2354
乾	中京	3732	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	3523	3732	3523
梅屋	中京	3369	242	0	0	242	242	7.2	7.2	7.2	3127	3127	3127
淳風	下京	3065	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	3065	3065	3065
上鳥羽	南	8344	242	5119	6451	5361	6693	2.9	64.2	80.2	8102	2983	1651
下鳥羽	伏見	8498	283	5579	6304	5862	6587	3.3	69.0	77.5	8215	2636	1911

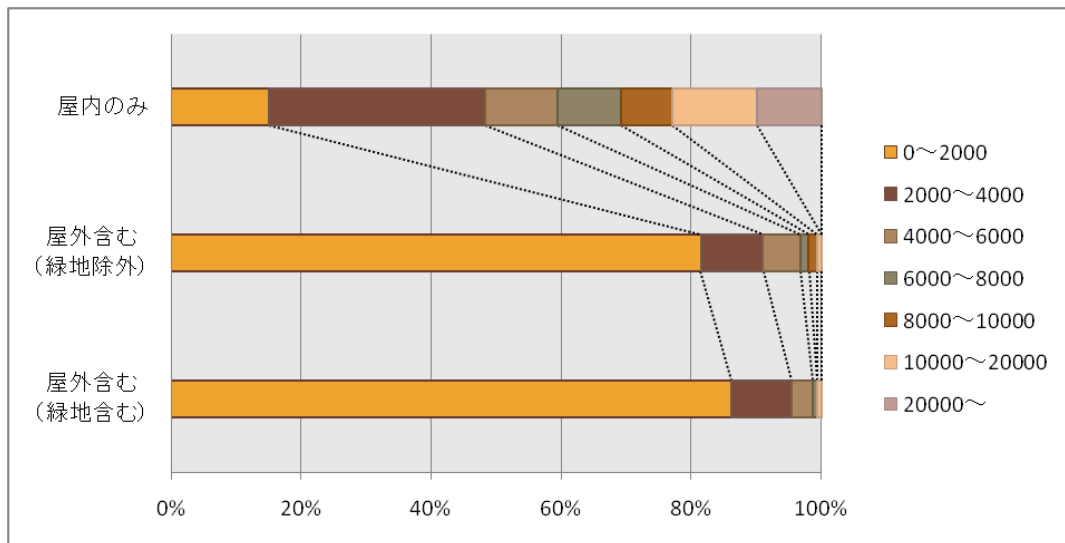


図 4-13 夜間超過人口単位の元学区数割合

超過人口(図 4-13)をみると、屋内のみの場合 2000 人以上となる学区が 131 学区と全体の 8 割を超えており、その分布をみると、中心部よりも面積も広く人口も多い郊外の学区が高くなっている(図 4-14)。しかし、屋外(緑地除外)を含めると 128 学区、緑地も含めた場合では 132 学区で超過人口は 0~2000 人におさまり、分布図をみても、大宮学区以外では超過人口が大きく減少し、殆どの学区で超過人口 0 人となっていることがわかる。

超過人口(夜間・屋外含む)が多い上位 20 学区をリストアップした(表 4-6)。

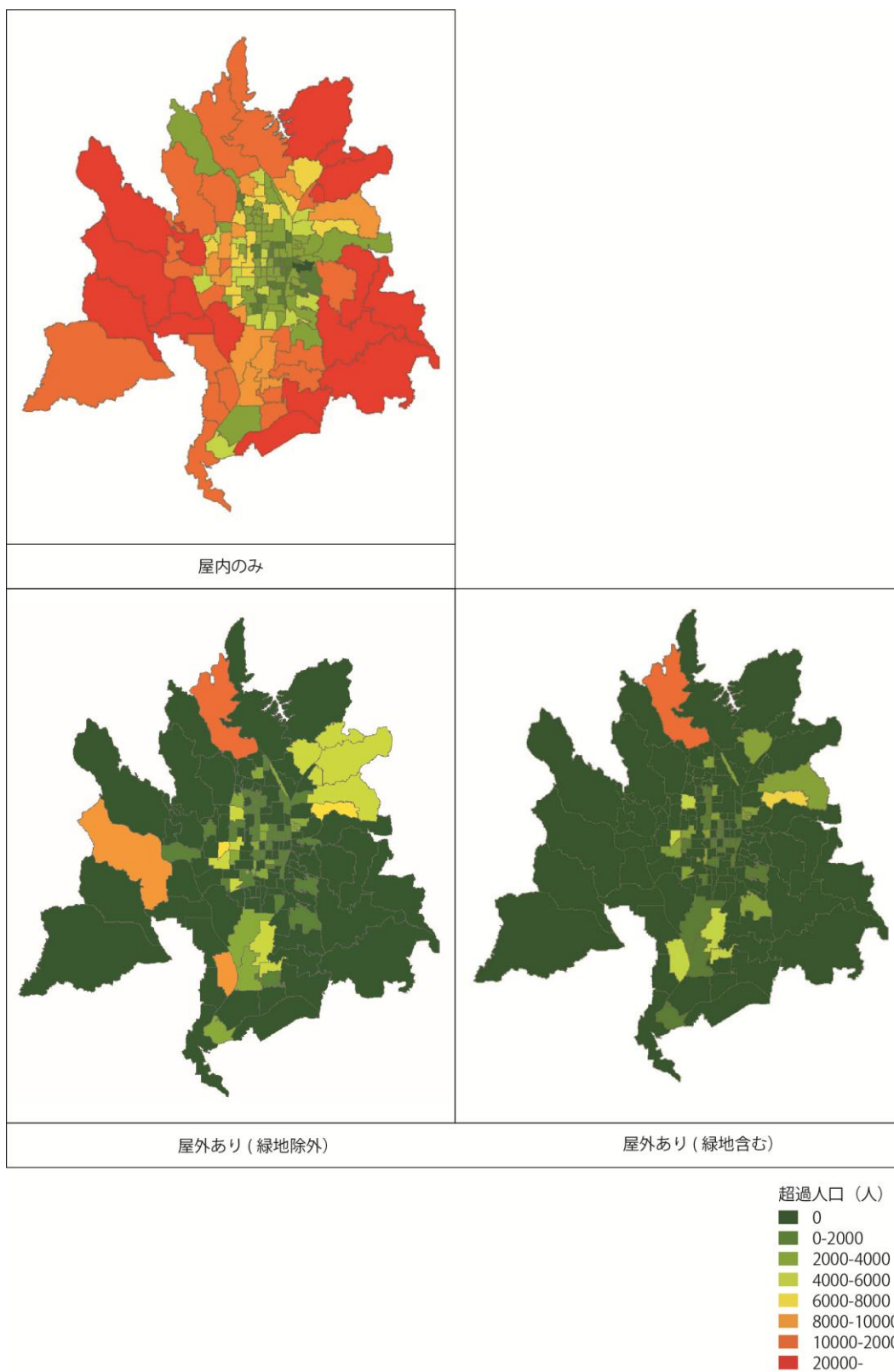


図4-14 夜間超過人口

北区の大宮学区が、屋外（緑地含む）を含めた場合でも超過人口が 11209 人と群を抜いている。これは、夜間人口が多いのに対し、避難所が一か所しか無く、屋外の収容人数の確保も十分ではないためだと考えられる。

(2) 屋間人口に対する収容率・超過人口

都心部 5 区における、屋間人口に対する収容率（図 4-15）をみると、屋内のみの場合は 86 学区のうち、70 学区が収容率 0~15%となっており、また分布図（図 4-16）をみても、崇仁学区と清水区を除いて、全体が低い値である。一方屋外（緑地除外）を含めた場合、33 学区が、緑地も含めた場合では 47 学区が 100%以上の収容率となり、分布図をみても、避難所の無いいくつかの学区を除いて全体に収容率が 100%以上か、それに近い値となっている。しかし、梅屋・菊浜・永松学区などは屋外に収容できる空地を持たないため、依然として収容率は 10%以下となっている。

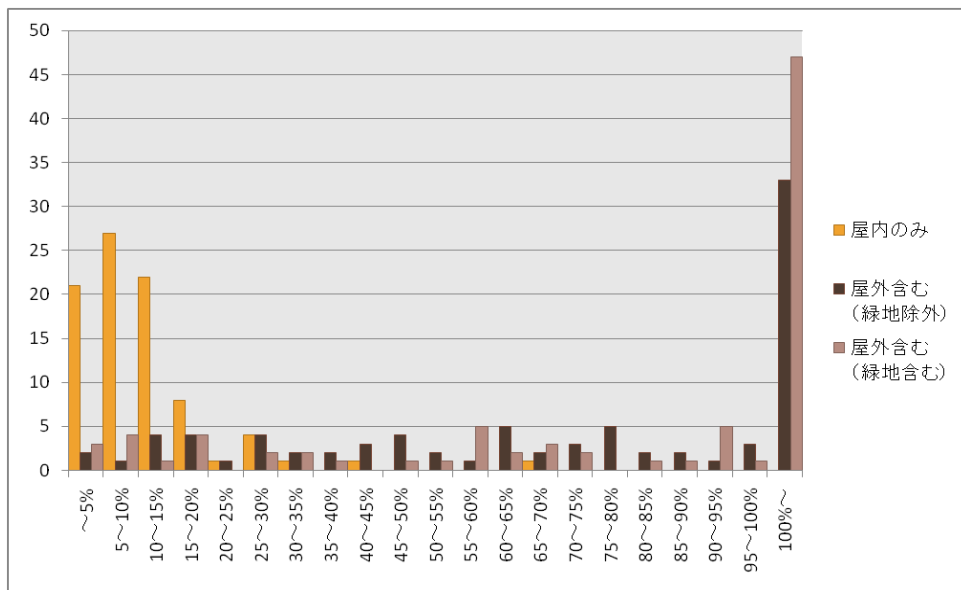


図 4-15 屋間人口収容率ごとの元学区数

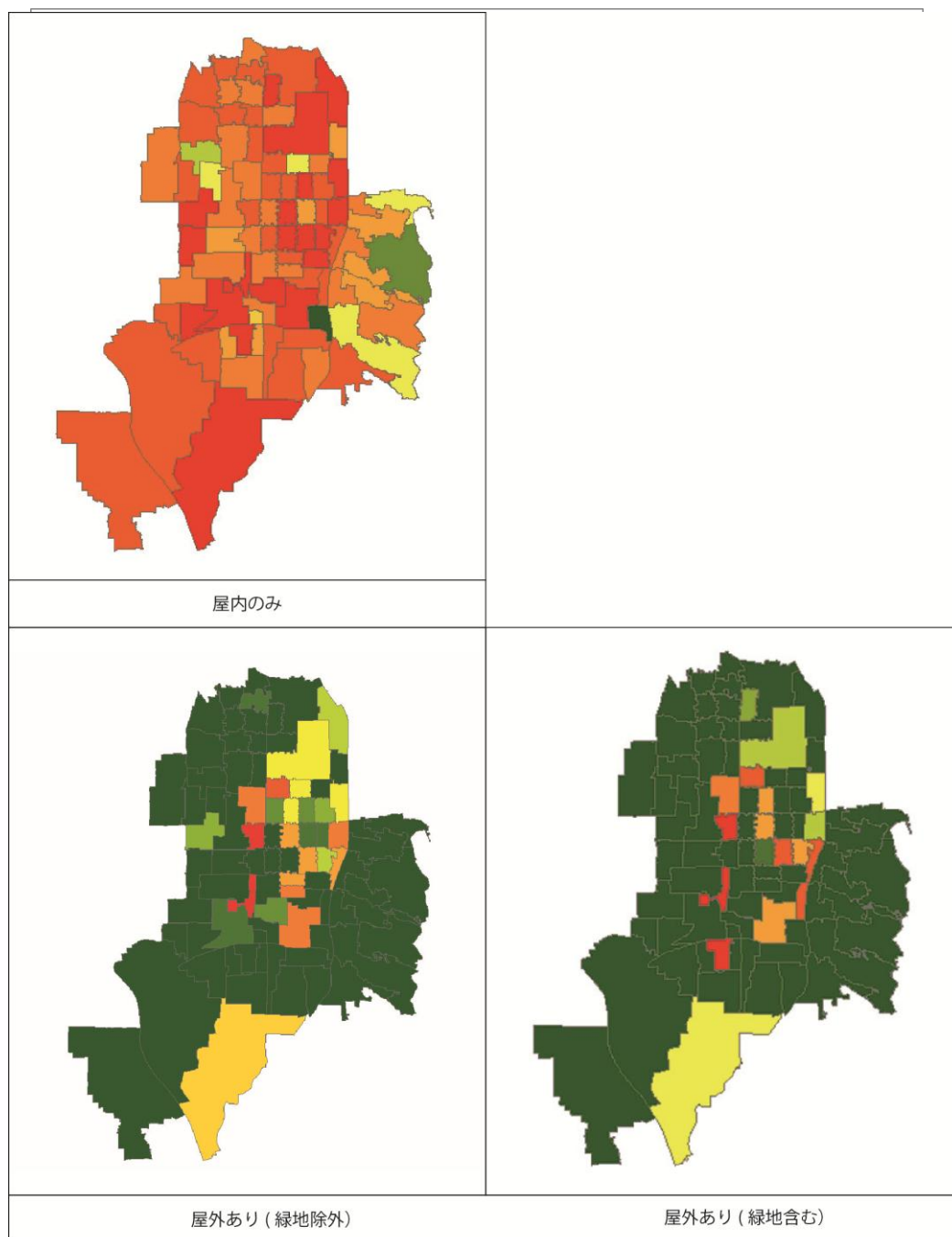


図 4-16 屋間人口収容率

表 4-7 屋間超過人口ランク

元学区	区	屋間人口(人)	収容人数(人)					収容率(%)			超過人口(人)		
			屋内	屋外		合計		屋内	屋外		屋内	屋外	
				緑地除外	緑地含む	緑地除外	緑地含む		緑地除外	緑地含む			
上鳥羽	南	26670	242	5119	6451	5361	6693	0.9	20.1	25.1	26428	21309	19977
皆山	下京	23192	384	2587	3422	2971	3806	1.7	12.8	16.4	22808	20221	19386
室町	上京	25895	1461	11532	13642	12993	15103	5.6	50.2	58.3	24434	12902	10792
吉祥院	南	40646	2136	26355	35013	28491	37149	5.3	70.1	91.4	38510	12155	3497
豊園	下京	13504	459	2180	730	2639	1189	3.4	19.5	8.8	13045	10866	12315
立誠	中京	11920	168	1574	3439	1742	3607	1.4	14.6	30.3	11752	10178	8313
明倫	中京	11485	402	1423	1357	1825	1759	3.5	15.9	15.3	11083	9661	9726
滋野	上京	11933	280	3144	3462	3424	3742	2.3	28.7	31.4	11653	8509	8191
成徳	下京	14554	477	6854	6128	7331	6605	3.3	50.4	45.4	14077	7223	7949
銅駝	中京	8299	284	2018	1825	2302	2109	3.4	27.7	25.4	8015	5997	6190
朱雀第五	中京	8977	324	3072	5179	3396	5503	3.6	37.8	61.3	8653	5581	3474
永松	下京	5633	320	0	0	320	320	5.7	5.7	5.7	5313	5313	5313
京極	上京	7767	250	2301	4400	2551	4650	3.2	32.8	59.9	7517	5216	3117
柳池	中京	8205	448	2631	3807	3079	4255	5.5	37.5	51.9	7757	5127	3950
龍池	中京	6370	410	1292	757	1702	1167	6.4	26.7	18.3	5960	4669	5203
竹間	中京	6443	1706	94	4258	1800	5964	26.5	27.9	92.6	4737	4643	480
日彰	中京	8537	1331	2649	6492	3980	7823	15.6	46.6	91.6	7206	4557	714
初音	中京	6551	280	2419	3381	2699	3661	4.3	41.2	55.9	6271	3852	2890
梅屋	中京	3924	242	0	0	242	242	6.2	6.2	6.2	3682	3682	3682
尚徳	下京	4210	457	161	2379	618	2836	10.9	14.7	67.4	3753	3592	1374

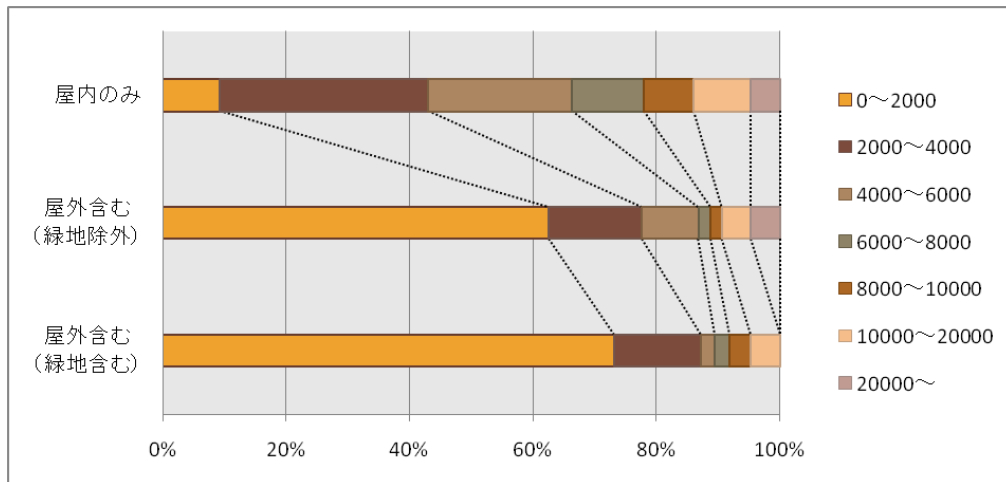


図 4-17 夜間超過人口単位の元学区数割合

超過人口(図 4-17)をみると、屋内のみの場合、超過人口が 2000 人以上となる学区が 78 学区と全体の 9 割を超えており、室町・皆山学区や面積も広く人口規模も大きい吉祥院・上鳥羽学区が 2 万人以上と高くなっている。一方、屋外(緑地除外)を含めると 63 学区(全体の 73%)で超過人口は 0~2000 人におさまり、さらに緑地も含めると 67 学区(全体の 78%)で超過人口は 0~2000 人におさまる。分布図(図 4-18))をみても全体として超過人口が大きく減少し、殆どの学区で超過人口 0 人となっている。

超過人口(昼間・屋外含む)が多い上位 20 学区をリストアップした(表 4-7)。



図 4-18 屋間超過人口

南区の上鳥羽が屋外（緑地含む）を含めた場合でも超過人口が 19,977 人と最も多く、屋内のみの場合では、その収容率が 0.9%と、人口規模に対し、圧倒的に避難所容量が不足している状況である。

4.5 まとめ

本研究では、京都市内で指定されている避難所の屋内空間に加え、屋外空間の活用も想定した収容人数を元学区単位で集計し、夜間人口および昼間人口に対する、その充足度の把握を試みた。その結果、屋内のみの利用では、ほぼ全ての学区において著しく施設容量が不足していることが明らかとなった。しかしながら、屋外空間も含めれば、避難所の収容人数は大幅に増加し、施設容量の不足は大方解消されることがわかった。今後は、収容人数の確保に向けて、新たな避難所の設置に加え、現在指定されている避難所の屋外空間の活用も視野に入れた、避難所の整備を進めていくべきだと考える。

また、本研究では、夜間人口だけではなく、通勤・通学者も加味した昼間人口に対する施設容量の把握を行ったが、その中に買い物客や観光客の人数は含まれていない。しかしながら、日本屈指の観光都市である京都市は、年間約5000万人以上、1日の平均にすると13.6万人もの観光客が訪れており、その数は昼間人口158万人に対しても無視できない規模である。また、今回は屋外避難所としての活用可能性に関して、その避難所が有する屋外空間の有効空地面積の観点からのみ、施設容量の把握を行ったが、実際に屋外を避難所として利用するには、施設設備等に関する制約も存在すると考えられる。さらに、地震の二次災害として火災が発生した場合、避難所の周辺建物からの延焼の危険性も考慮し、避難所の屋外空間自体の安全性も把握した上で、屋外避難の可能性を検討すべきである。

よって今後は、パーソントリップ調査などを利用し、観光客も加味した避難所の収容人数の把握し、また屋外を避難所として利用する場合の諸条件も整理するとともに、避難所の近傍の建物構造と配置を分析し、避難所への延焼危険性を把握した上で、延焼収容人数と合わせて、総合的に屋外避難所としての活用可能性を評価したい。

さらに、その結果、特に観光客が集中する地域においては、収容人数と施設設備の充足度の観点からだけではなく、土地勘の無い者でも比較的アクセスが容易であることなど、避難路のわかりやすさも考慮した、避難所の整備を進めていくべきだと考える。

注

注1) 市街地とは、京都市内において次の元学区を除いた地域を指す。北区（中川・小野郷・雲ヶ畑）、左京区（八瀬・大原・静市・鞍馬・花脊・広河原・久多）、右京区（水尾・宕陰・高雄・黒田地域・山国地域・弓削地域・周山地域・細野地域・宇津地域）

参考文献

- 1) 京都新聞 2012年11月05日
- 2) 神山直之・川端祐人・加藤直樹・瀧澤重志：動的ネットワークフローを用いた避難所の収容人数の評価，日本オペレーションズ・リサーチ学会 2009年秋研究発表会，pp.96-97， 2009
- 3) 戸田典代・渡邊昭彦・神田周二：地区市民館等への屋外避難可能人数と屋内・屋外収容率の分析～A・B市における地震時の災害時要援護者等の避難に関する研究 その2～，日本建築学会学術講演梗概集（近畿），pp.91-92，2005.
- 4) 松宮かおる・及川清昭：大都市における寺社境内の防災的活用可能性に関する定量的考察，歴史都市防災論文集 vol.6， pp251-256， 2012
- 5) 京都市消防局防災対策室：京都の地震，2003
- 6) 京都市：京都市第3次地震被害想定報告書，2012
- 7) 京都市：京都市防災都市づくり計画，2007
- 8) 京都市情報館：<http://www.city.kyoto.lg.jp/>

第5章 文化財周辺建物の延焼危険性に関する定量的評価

- 5.1 はじめに
- 5.2 京都市の特性
- 5.3 文化財建物と周辺建物の構造別データの構築
- 5.4 延焼過程モデルの考え方
- 5.5 建物配置図の dilation に基づく DVF の提案と評価
- 5.6 延焼グラフの作成とクラスター構成建物数の計測
- 5.7 文化財の延焼に対する脆弱性の総合評価
- 5.8 まとめ

第5章 文化財周辺建物の延焼危険性に関する定量的評価

5.1 はじめに

前章までは、モルフォロジーにおける closing という操作を援用した、円掃過法を用いて、都市の隙間や寺社境内、避難所の敷地内の有効空地进行を計量してきたが、本章では、モルフォロジーにおける dilation という操作を援用した手法を用いて、構造要素の円を卵型に置き換えて、地域特性としての風向・風速を考慮した延焼危険性のマクロ評価指標である DVF (Dilated Volume Fraction) を求め、京都市の文化財の延焼危険性の評価を行う。

5.1.1 研究の背景

(1) 京都市における文化財

2008年2月10日に韓国のソウル市で、同国の国宝第1号に指定されていたソウルに現存する最古(1398年建造)の木造建築物、南大門(崇礼門)が火災により焼失したことは記憶に新しい事件である。日本では1949年に起きた法隆寺金堂の壁画の火災をきっかけに、1950年に文化財保護法が制定されたが、当時の文化財の防災対策は文化財自体の境内からの失火や放火に対するものに重点が置かれていた。しかし、近年では大地震時などに起こる、文化財周辺建物から燃え広がる延焼火災が問題視されている。これは、1995年に起きた阪神・淡路大震災で大地震における同時多発的火災が歴史的建造物に対して延焼するという危険性があらわとなり、文化財の防災対策の見直しがされたためである。しかし、実質的に実現には至っていないのが現状である。

文化都市である京都市においては、寺社をはじめとして数多くの文化遺産が現存している。代替性のない文化財を如何にして災害から守り、後世へと継承していくのか、文化・歴史都市京都における都市防災は急務の課題である。日本で保護されている文化財には、国際連合教育科学機関(ユネスコ)が運営している国際的な文化財保護制度の世界遺産、日本国政府の文部科学省が所

管している重要文化財や国宝等が挙げられる。日本における文化財保護法では、文化財として、有形文化財、無形文化財、民俗文化財、記念物及び伝統的建造物群の5分類を定義しており、平成16年の文化財保護法改正により、文化的景観及び民俗文化財および記念物にも登録制度を拡充した。文化財保護法に基づく文化財保護施策の基本は、これらの文化財のうち重要なものなどについて、文部科

文化財保護の体系

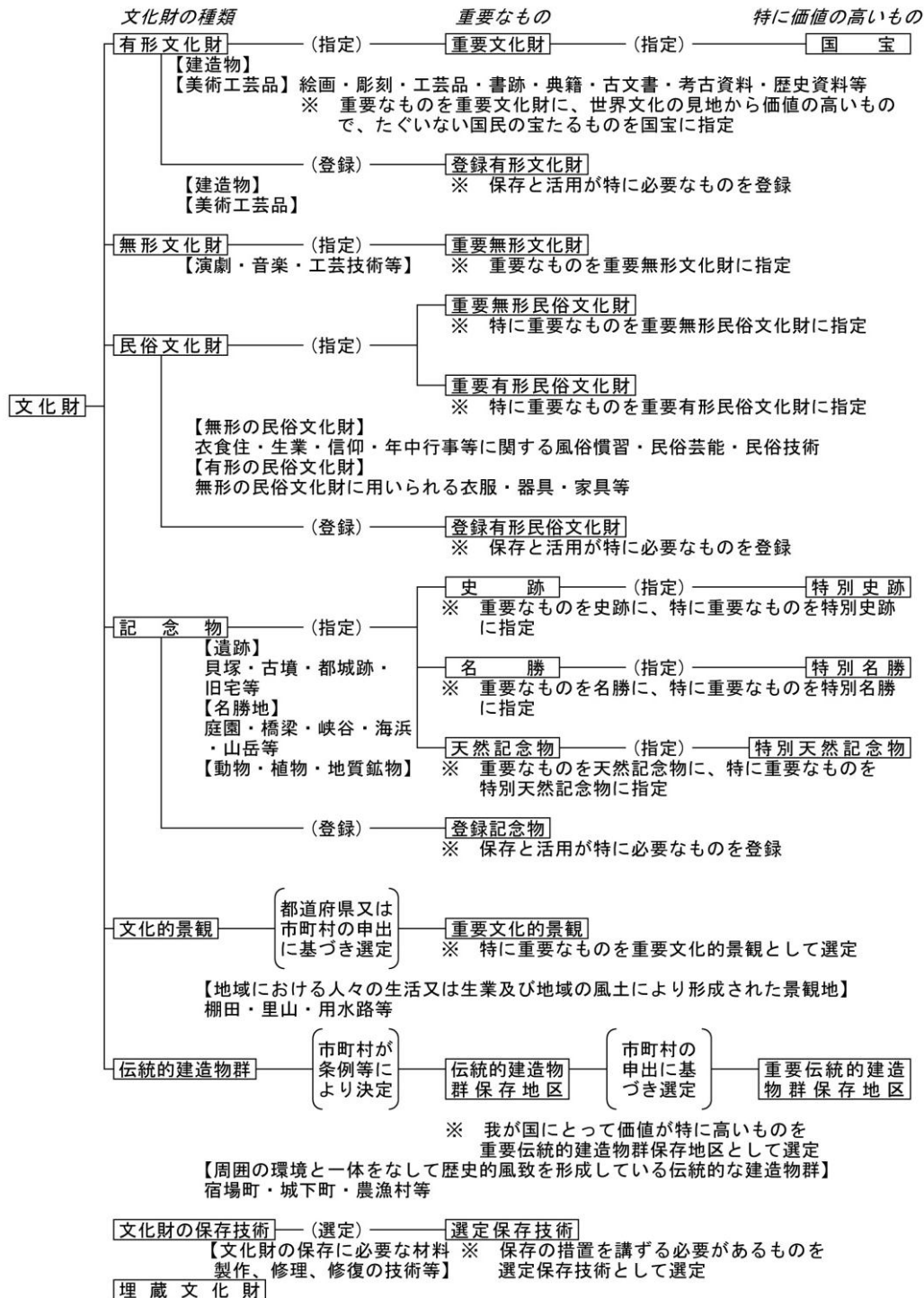


図 5-1 文化財保護の体系図

学大臣指定・選定・登録等し、保護を図ることである。国が指定する文化財等については、国により保存及び活用のための措置が図られているが、文化財は広く全国に存在し極めて数が多く、かつ、その性質上日常的に周到な注意をもって保存に当たる必要があるため、国が全国各地の文化財のすべてを保護することは不可能である。このことから、国が指定した文化財以外の文化財でも、当該地方公共団体の区域内に存するもののうち重要なものを指定し、保存及び活用のため必要な措置を講じることが必要である。

(2) 重点密集市街地

京都の文化遺産は木造建築物が大半を占めている上、周辺の市街地においては木造建築物の占める割合が高く、京都市内の文化財を対象とするにあり、市街地は切り離しては考えられない事項である。密集市街地の中でも、延焼危険性が特に高く地震時等において大規模な火災の可能性があり、そのままでは今後10年以内に最低限の安全性を確保することが見込めないことから、重点的な改善が必要な密集市街地が「重点密集市街地」として国土交通省より報告されている。ここでいう「最低限の安全性」とは、安全確保のための当面の目標として、地震時等において同時多発火災が発生したとしても、際限なく延焼することがなく、大規模な火災による物的被害を大幅に低減させ、避難困難者がほとんど生じないことをいい、市街地の燃えにくさを表す指標である不燃領域率で40%以上を確保すること等をいう。

「重点密集市街地」に該当すると考えられる市街地は、全国において約8000ha存在している(表5-1¹⁾)。京都府では373ha報告されており、そのうち京都市は364haを占めている。これは京都府の重点密集市街地の約98%にあたる。また地区数では最も多い59地区であった。

このように、京都の文化遺産は木造建築物が大半を占めている上、周辺の市街地においては木造建築物の占める割合が高く、火災発生時における延焼危険性の高い地域が多い。これらの文化財を火災被害から守ることは都市計画上の急務の課題となっている。

表 5-1 地震時等において大規模な火災の可能性があります重点的に改善すべき
密集市街地の地区数, 面積一覧

都道府県別		市区町村別		
都道府県名	重点密集市街地(面積)	市区町村名	重点密集市街地(地区数、面積)	
北海道	1ha	函館市	1地区	1ha
青森県	51ha	青森市	7地区	23ha
		弘前市	2地区	6ha
		八戸市	5地区	22ha
岩手県	-	-	-	-
宮城県	39ha	仙台市	5地区	36ha
		石巻市	1地区	2ha
		気仙沼市	1地区	1ha
秋田県	-	-	-	-
山形県	-	-	-	-
福島県	-	-	-	-
茨城県	-	-	-	-
栃木県	-	-	-	-
群馬県	-	-	-	-
埼玉県	120ha	さいたま市	1地区	2ha
		川口市	2地区	54ha
		秩父市	1地区	6ha
		本庄市	3地区	19ha
		戸田市	1地区	5ha
		鳩ヶ谷市	3地区	34ha
千葉県	474ha	千葉市	6地区	51ha
		市川市	22地区	189ha
		船橋市	14地区	77ha
		松戸市	5地区	148ha
		浦安市	1地区	9ha
東京都	2,339ha	文京区	2地区	54ha
		台東区	1地区	19ha
		墨田区	1地区	179ha
		品川区	1地区	252ha
		目黒区	3地区	175ha
		大田区	2地区	164ha
		世田谷区	3地区	230ha
		渋谷区	1地区	57ha
		中野区	2地区	152ha
		杉並区	1地区	155ha
		豊島区	4地区	152ha
		北区	3地区	188ha
		荒川区	2地区	154ha
		板橋区	3地区	132ha
		練馬区	2地区	87ha
		足立区	3地区	125ha
		葛飾区	1地区	22ha
江戸川区	2地区	42ha		
神奈川県	749ha	横浜市	23地区	660ha
		川崎市	5地区	39ha
		横須賀市	2地区	32ha
		秦野市	1地区	19ha
		-	-	-
新潟県	-	-	-	-
富山県	4ha	新湊市	1地区	4ha
石川県	35ha	金沢市	3地区	35ha
福井県	-	-	-	-
山梨県	-	-	-	-
長野県	10ha	長野市	5地区	10ha
岐阜県	4ha	岐阜市	1地区	4ha
静岡県	2ha	東伊豆町	1地区	2ha
愛知県	142ha	名古屋	4地区	123ha
		岡崎市	1地区	4ha
		安城市	1地区	16ha
三重県	19ha	桑名市	1地区	8ha
		尾鷲市	1地区	2ha
		熊野市	1地区	2ha
		南島町	1地区	3ha
		紀伊長島町	2地区	5ha
滋賀県	10ha	大津市	2地区	10ha
京都府	373ha	京都市	59地区	364ha
		城陽市	1地区	2ha
		向日市	3地区	7ha
都道府県別	重点密集市街地(面積)	市区町村名	重点密集市街地(地区数、面積)	
大阪府	2,295ha	大阪市	22地区	1,360ha
		堺市	1地区	17ha
		豊中市	2地区	255ha
		守口市	2地区	206ha
		寝屋川市	3地区	248ha
		門真市	1地区	134ha
		摂津市	1地区	26ha
		東大阪市	1地区	49ha
		神戸市	6地区	204ha
		尼崎市	4地区	85ha
		明石市	1地区	6ha
兵庫県	295ha	奈良市	4地区	26ha
		大和高田市	1地区	1ha
		大和郡山市	2地区	10ha
奈良県	77ha	天理市	1地区	4ha
		橿原市	2地区	5ha
		五条市	1地区	1ha
		香芝市	1地区	13ha
		上牧町	1地区	1ha
		王寺町	2地区	15ha
		和歌山市	3地区	6ha
		海南市	2地区	25ha
		橋本市	1地区	7ha
和歌山県	61ha	田辺市	1地区	2ha
		新宮市	5地区	7ha
		かつらぎ町	1地区	8ha
		高野口町	3地区	3ha
		印南町	1地区	3ha
		島取町	2地区	5ha
		岩美町	2地区	5ha
鳥取県	5ha	岩美町	2地区	5ha
島根県	-	-	-	-
岡山県	36ha	岡山市	4地区	30ha
		倉敷市	1地区	2ha
		笠岡市	1地区	4ha
広島県	127ha	広島市	8地区	73ha
		呉市	1地区	7ha
		尾道市	1地区	6ha
		府中町	1地区	41ha
山口県	11ha	下関市	1地区	11ha
徳島県	18ha	徳島市	1地区	3ha
		鳴門市	2地区	3ha
		由岐町	3地区	10ha
		牟岐町	2地区	2ha
香川県	3ha	丸亀市	1地区	3ha
愛媛県	3ha	宇和島市	1地区	3ha
高知県	58ha	高知市	6地区	58ha
福岡県	194ha	北九州市	3地区	52ha
		福岡市	8地区	84ha
		飯塚市	1地区	1ha
		田川市	2地区	17ha
		山田市	1地区	4ha
		鞍手町	2地区	5ha
		稲築町	3地区	19ha
		穂波町	2地区	2ha
		瀬田町	1地区	5ha
		香春町	2地区	5ha
方城町	1地区	2ha		
佐賀県	23ha	唐津市	5地区	14ha
		厳木町	1地区	6ha
		呼子町	1地区	2ha
長崎県	297ha	長崎市	5地区	297ha
熊本県	46ha	熊本市	4地区	46ha
大分県	27ha	大分市	2地区	26ha
		別府市	1地区	1ha
宮崎県	8ha	日向市	1地区	8ha
鹿児島県	17ha	鹿児島市	1地区	7ha
		名瀬市	4地区	11ha
沖縄県	-	-	-	-
合計	7,971ha			

(注1) 既往の統計資料等を用いた推計値であり、概数である。(小数点1桁で四捨五入しているため合計値が一致しない場合がある。)

(注2) 「重点密集市街地」に係る詳細等の問い合わせは別紙2を参照。

(出典：「地震時等において大規模な火災の可能性があります重点的に改善すべき密集市街地」について¹⁾)

5.1.2 研究の目的

文化財建物の火災被害を軽減するためには、文化財建物自体の火災危険性を把握し、防災設備の設置や自衛消防体制、火災予防指導といった域内の防火・消火対策を講ずる必要がある。同時に、これに加えて、文化財周辺の一般建物からの延焼も防ぐ必要がある。そのためには、周辺市街地の不燃化を促進することが重要である。しかし、数多くの建物の不燃化には長い時間を要する。効率的な防火対策を講じるためには、文化財周辺の建物の分布現況を精確に把握し、それぞれの地域に見合った延焼防止策を講じる必要がある。それには個々の文化財に対し、延焼危険度のランク付けを行い資料化を図ることが有効であると考えられる。

本研究ではこのような問題意識のもとに、文化財建物周辺の一般建物の分布現況からみた文化財への延焼危険性に焦点を当て、延焼危険性を定量的に評価し、個々の文化財に対してランク付けを行う。そしてその結果をもとに、危険度の高い文化財を対象に延焼シミュレーションを行う等の今後の詳細な分析を進めていくための基礎的な資料を得ることを目的とする。

5.1.3 既往研究と本研究の位置づけ

都市防災を形態学的に扱っている先行研究^{2~4)}はこれまでも数多くなされてきている。国土交通省総合技術開発プロジェクト（以下、防災まちづくり総プロと略す）⁵⁾は、市街地における延焼危険性のマクロ評価手法として CVF (Covering Volume Fraction) を提案している。加藤ら⁶⁾は、この CVF の考え方を発展させ、全国を対象として、各都市における建物構造を既知のデータとの比較を通して推計を行った後、建物構造別・風向風速別延焼限界距離を設定している。そしてこの建物構造別・風向風速別延焼限界距離と隣棟間距離との比較を全ての建物ポリゴンデータに対して行い、延焼クラスターを用いて個々の建物に対する消失確率を求めている。また、阿部ら^{7,8)}は、市街地整備による具体的な防火対策を、整備優先性の観点から検討する手法として、延焼経路ネットワークによる離散最適化を用いて、どの建物を整備すれば、少ない整備で最大の防火性能の向上が期待できるかを明らかにしている。これらの研究は都道府県全体、市町村単位等の地域全体を研究対象としており、地域内の特定の建物に注目した延焼危険性の評価は行われていない。松宮ら⁹⁾は研究対象地を文化財周辺地域に限定し、都市計画図において「堅牢建物」および「高層建物」と分類されている建物を耐火構造、それ以外を非耐火とみなし、建物間の隙間を考慮した「みなし非耐火率」を提案し、その指標を用いて京都市における文化財建物周辺の延焼危険性を評価し、ランク付けを行っている。しかし、いずれの研究においても各建物の構造について

は現地調査ではなく、建物の階数や用途に基づいて推計されたものであり、精確なデータベースであるとはいえない。また、加藤らの研究では、延焼限界距離と隣棟間距離との比較を、数値計算を用いて全建物ポリゴンデータに対して行っているため、多くの計算時間を要している。

本研究においては、研究対象地を京都市内の文化財周辺地区に限定し、文化財周辺建物の現地調査を行うことにより、精確な建物構造のデータベースを構築し、文化財と文化財周辺地域における延焼危険性の定量化を行う。さらに、CVFの考え方を基本とし、地域特性として風向・風速の気象条件を考慮したDVF (Dilated Volume Fraction) の提案を行う。この手法では、個々の建物間の延焼限界距離と隣棟間距離との比較を、数値計算ではなく画像処理技法を用いることで計算時間を短縮しており、加藤らの手法を簡便化したものとして位置づけられる。

5.2 京都市の特性

本章では、研究対象地域である京都市の都市防災の現状として、現在の京都市の都市構造における地区の燃えやすさ、消防水利活用の困難さ、避難・消防活動の困難さ、一時避難の困難さ、主要な延焼遮断帯について概観する。また、地域特性の気象条件を把握するため、アメダスを参考にして京都の気候を把握する。

5.2.1 京都市の地震と防災の現状

(1) 地区の燃えやすさ

京都市の木造住宅の建設時期は昭和24年以前のものが16.3%で、全国平均(8.2%)のおよそ2倍であり、政令市の中でも最も多く、火災の危険性は高いと考えられる(図5-2)¹⁰⁾。また、市内に現存する既存建築物は、約76万棟であり、そのうち特に安全性の点検指導を優先的に取り組むべき既存建築物は、約4万棟である。

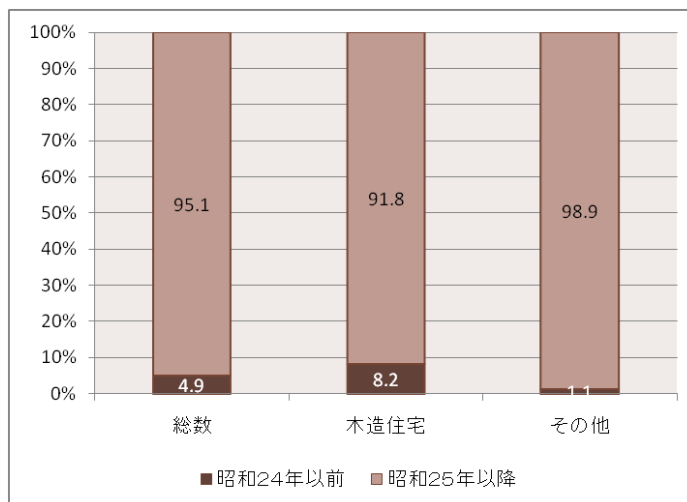
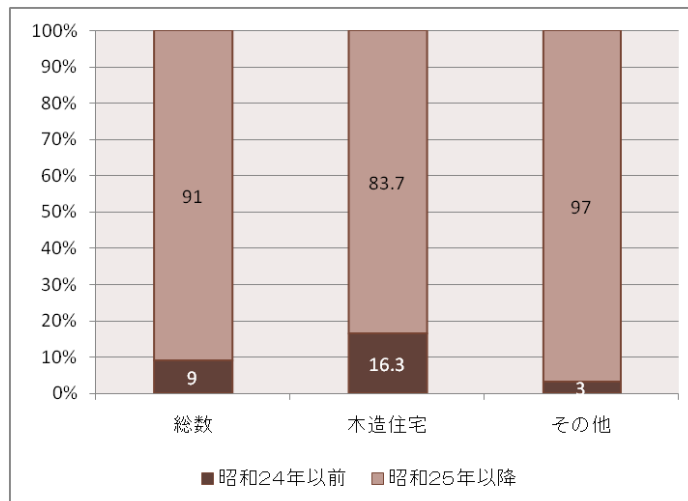


図5-2
戦前に建てられた木造住宅の多さ
上：京都市
下：全国

(次期京都基本計画説明資料，政策分野 <都市づくり(建築物の安心安全)>を基に作成)

また、市内の不燃領域率（地区面積に対し、耐火造建築物や空地などの不燃領域が占める比率）をみると、翔鸞、柏野、聚楽地区など伝統的な木造建築物が残る都心地域や、戦前にできた市街地、昭和30～40年代に小規模な宅地開発が断続的に行われてきた地域などで、木造建築物が多く、空地も比較的少ないことから危険性が高くなっていることが見て取れる（図5-3）¹¹⁾。

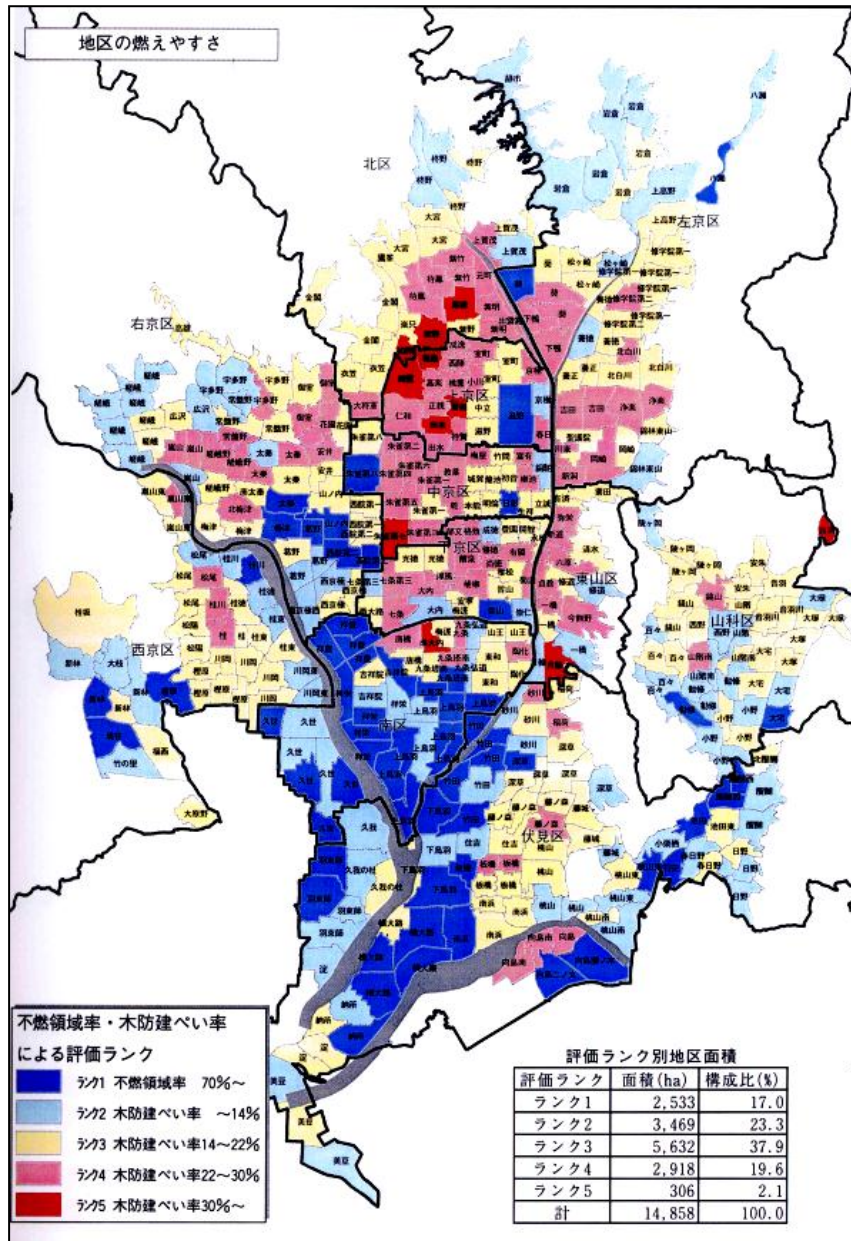


図5-3 地区の燃えやすさ
(出典：京都市防災都市づくり計画)

(2) 避難・消防活動の困難さ

京都市の都心部や戦後のスプロール開発が進んだ都心周縁部などを中心に、細街路が市内各地に点在している。市内の都市計画区域内に、現状で建築物の立ち並びがある細街路は、総延長 940km、約 13000 路線に及んでいる（図 5-4）¹²⁾。このうち、幅員 1.8m 未満のものは、総延長に対して約 18%、総本数に対して約 26%を、また通り抜けの無い袋路は、総延長に対し、約 17%、総本数に対しては約 33%占めている（表 5-2）¹²⁾。

表 5-2 京都市内における細街路の状況

1.8m以上4m未満		1.8m未満		合計 (延長)
通り抜けの道	袋路	通り抜けの道	袋路	
約674km	約100m	約105km	約62km	約941km
71.60%	10.60%	11.20%	6.60%	
約6900本	約2650本	約1730本	約1680本	約12960本
53.20%	20.40%	13.40%	13.00%	

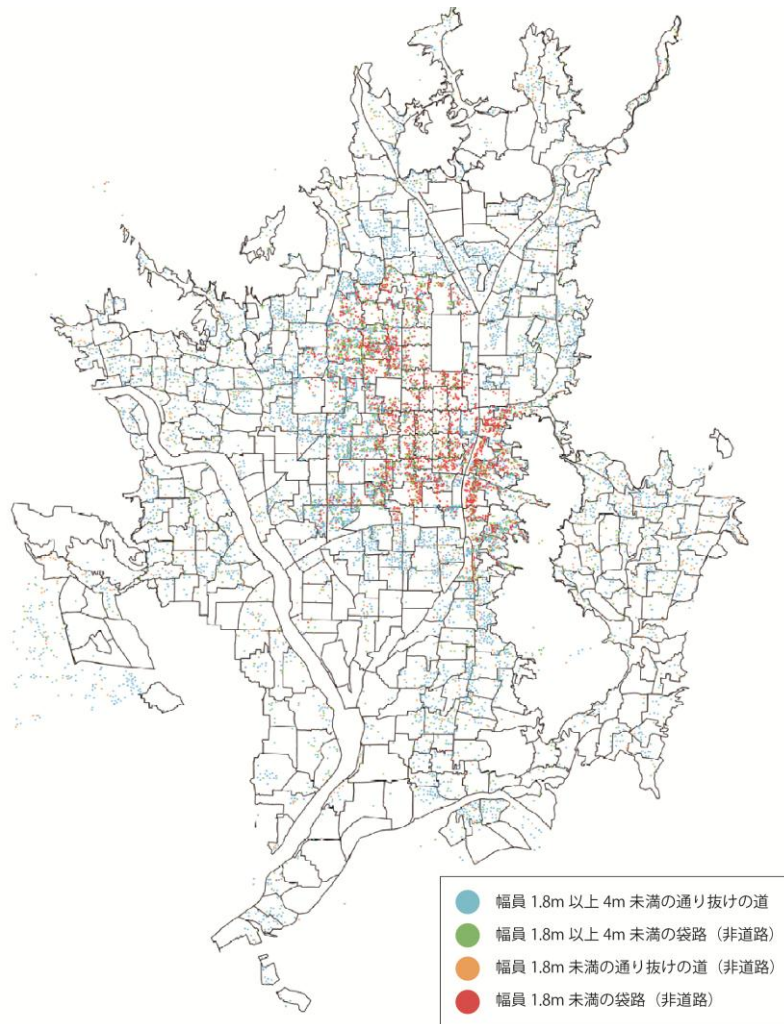


図 5-4 市内の細街路の分布状況

(出典：歴史都市京都における密集市街地対策等の取組方針)

このように、狭い道路や袋路が多く存在する市街地では、火災時の避難・消化を妨げる要因となっていると考えられる。通過障害率（地区内の道路のうち、地震災害時の建築物の倒壊により道路がふさがり、孤立する交差点の比率）をみると、東山区や太秦、嵐山地区など狭あい道路が多い地域で危険度が高くなっている。その中でも特に、倒壊の恐れのある古い木造建築物が多い地域では、より危険性が高いと考えられる（図5-5）¹⁰⁾。

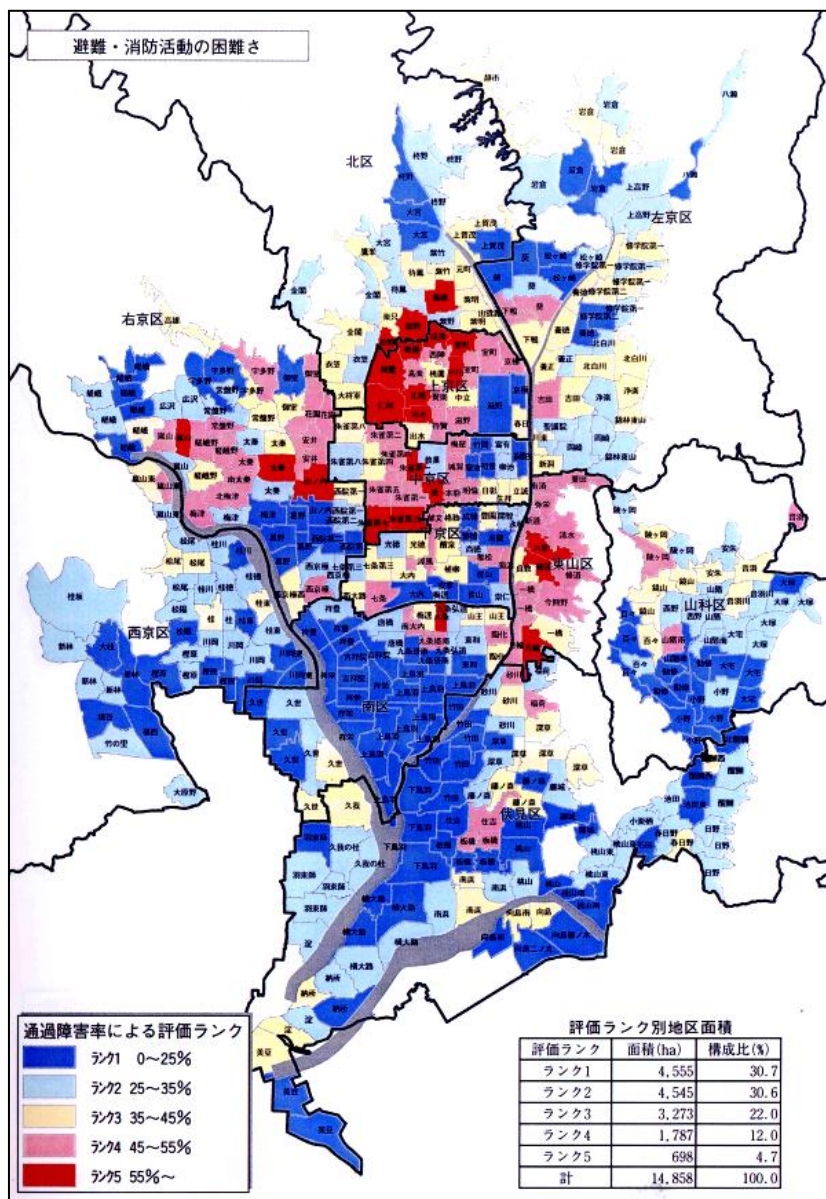


図5-5 避難・消防活動の困難さ
（出典：京都市防災都市づくり計画）

(3) 主要な延焼遮断帯

市街地の大規模火災の拡大を防ぐことのできる延焼遮断帯には、河川、緑地帯、道路とそれらに面する耐火建築物によるものなどがある。図から京都市には、桂川、宇治川、鴨川の主要河川や東山山地などの自然の延焼遮断帯、また、五条通、堀川通、名神高速道路、JR東海道本線など幅員が50m以上に及ぶ道路、鉄道敷などの延焼遮断帯が存在する。また、これらの主要な延焼遮断帯に加え、幹線道路を整備することで市街地を適切な大きさに区分し、一定範囲で延焼を食い止める為の整備事業などが行われている。

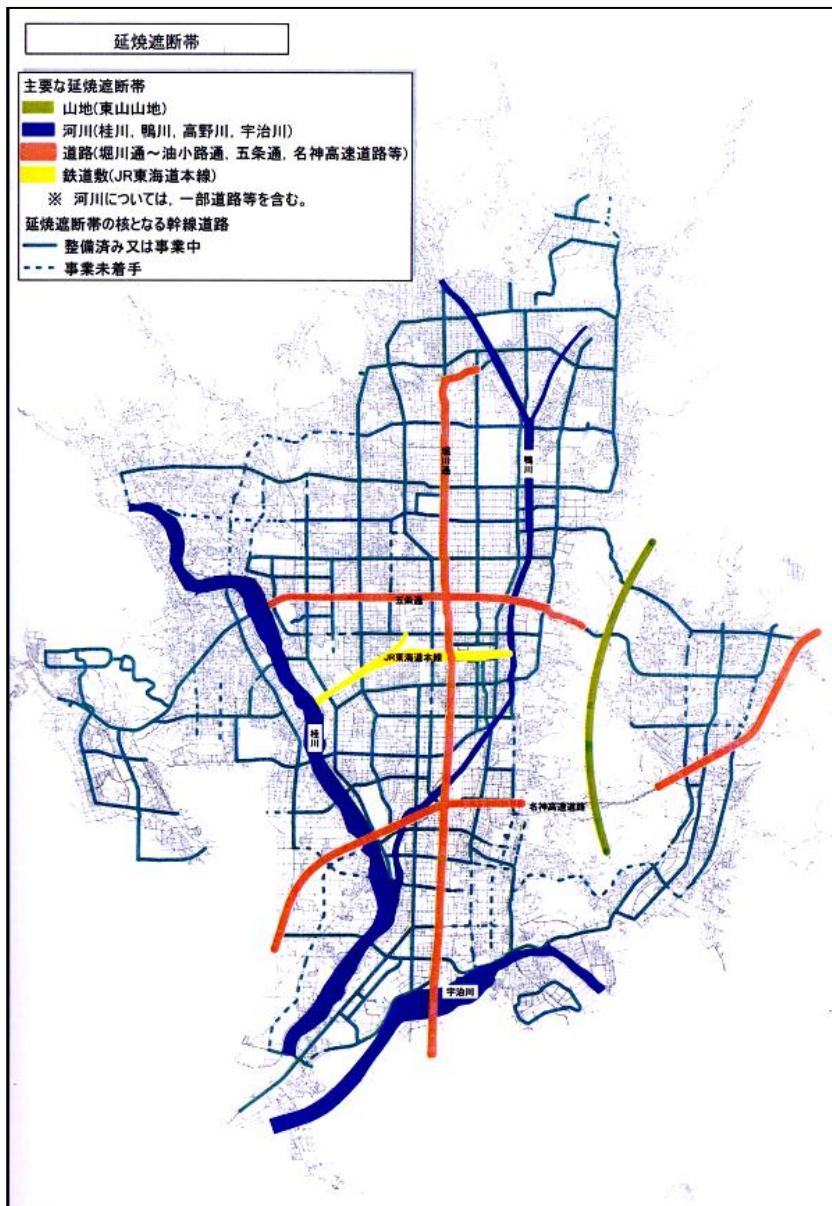


図 5-6 主要な延焼遮断帯
(出典：京都市防災都市づくり計画)

(4) 文化財の被害予測

さまざまな文化財の内、文化財（建造物）は、地震時の強い揺れによる倒壊や、周辺地区の出火延焼による焼失などが懸念される。第3次被害想定¹³⁾によると、最も甚大な被害になると予測される花折断層地震が発生した場合、国宝や重要文化財をはじめとした文化財にもその被害が及ぶと予測されている（表5-3）。表から、震度7の文化財が36、震度6強が330、震度6弱が29と、市内の大半の文化財が強い地震動を受けることがわかる。

表5-3 文化財の被害予測

分類	震度						
	7	6強	6弱	5強	5弱	4	4未満
国宝	2	34	1	3	0	0	0
重要文化財	11	121	11	13	2	0	0
伝建地区	1	2	0	0	1	0	0
その他	22	173	17	19	1	0	0
計	36	330	29	35	4	0	0
世界遺産	0	8	0	6	0	0	0

（京都市第3次被害想定を基に作成）

5.2.2 京都市の気象状況

京都市の気象観測データによると、年間の最多風向は概ね北方向であった。特に火災被害が大きい2月の最多風向は表5-4より北であることが分かる。また、火災の起こりやすい気象として空気が乾燥していることが挙げられる。

表5-4 京都府京都観測地の気象統計 平年値

要素	気圧 (hPa)		降水量 (mm)	気温 (°C)			蒸気圧 (hPa)	相対湿度 (%)	風向・風速 (m/s)	
	現地平均	海面平均	合計	平均	最高	最低	平均	平均	平均	最多風向
統計期間	1981~ 2010	1981~ 2010	1981~ 2010	1981~ 2010	1981~ 2010	1981~ 2010	1981~ 2010	1981~ 2010	1981~ 2010	1990~ 2010
資料年数	30	30	30	30	30	30	30	30	30	21
1月	1013.9	1019.7	50.3	4.6	8.9	1.2	5.7	66	1.5	西
2月	1013.3	1019.1	68.3	5.1	9.7	1.4	5.8	65	1.7	北
3月	1012	1017.7	113.3	8.4	13.4	4	6.9	62	1.9	北
4月	1009.7	1015.3	115.7	14.2	19.9	9	9.6	59	1.9	北
5月	1006.8	1012.3	160.8	19	24.6	14	13.3	62	1.9	北北東
6月	1003.7	1009	214	23	27.8	18.8	18.5	67	1.8	北北東
7月	1003.3	1008.6	220.4	26.8	31.5	23.2	24.3	70	1.8	北北東
8月	1004.3	1009.5	132.1	28.2	33.3	24.3	24.8	66	2	北北東
9月	1007.2	1012.6	176.2	24.1	28.8	20.3	20.4	68	1.7	北
10月	1011.6	1017.1	120.9	17.8	22.9	13.6	14	68	1.5	北
11月	1014.4	1020	71.3	12.1	17	7.8	9.8	68	1.4	北
12月	1014.7	1020.5	48	7	11.6	3.2	6.9	68	1.4	北
年	1009.6	1015.1	1491.3	15.9	20.8	11.7	13.3	66	1.7	北

（京都市の気象観測データを基に作成）

5.3 文化財建物と周辺建物の構造別データの構築

5.3.1 文化財建物

京都市には、世界遺産に登録されている文化遺産をはじめ、文化財保護法により指定を受けた国宝や重要文化財、京都府・京都市指定登録文化財など多数の文化財が現存している。そこで過去の文献やホームページ等の各種の資料を整理し、京都市内に位置する有形文化財の内、「建造物」に分類されている文化財のリストを作成した。列挙した文化財は総計 565 件である。なお、文化財の内訳は、世界遺産 14、国宝 40、重要文化財 200、国登録文化財 174、府指定文化財 41、府登録文化財 6、市指定文化財 67、市登録文化財 23 である。

また、それぞれの文化財に該当する建物ポリゴンデータも作成し、文化財建物の配置図を作成した(図 5-7)。文化財の建物ポリゴン数としては 772 棟である。なお、文化財建物を寺社名などの名称別にまとめると、236 である。

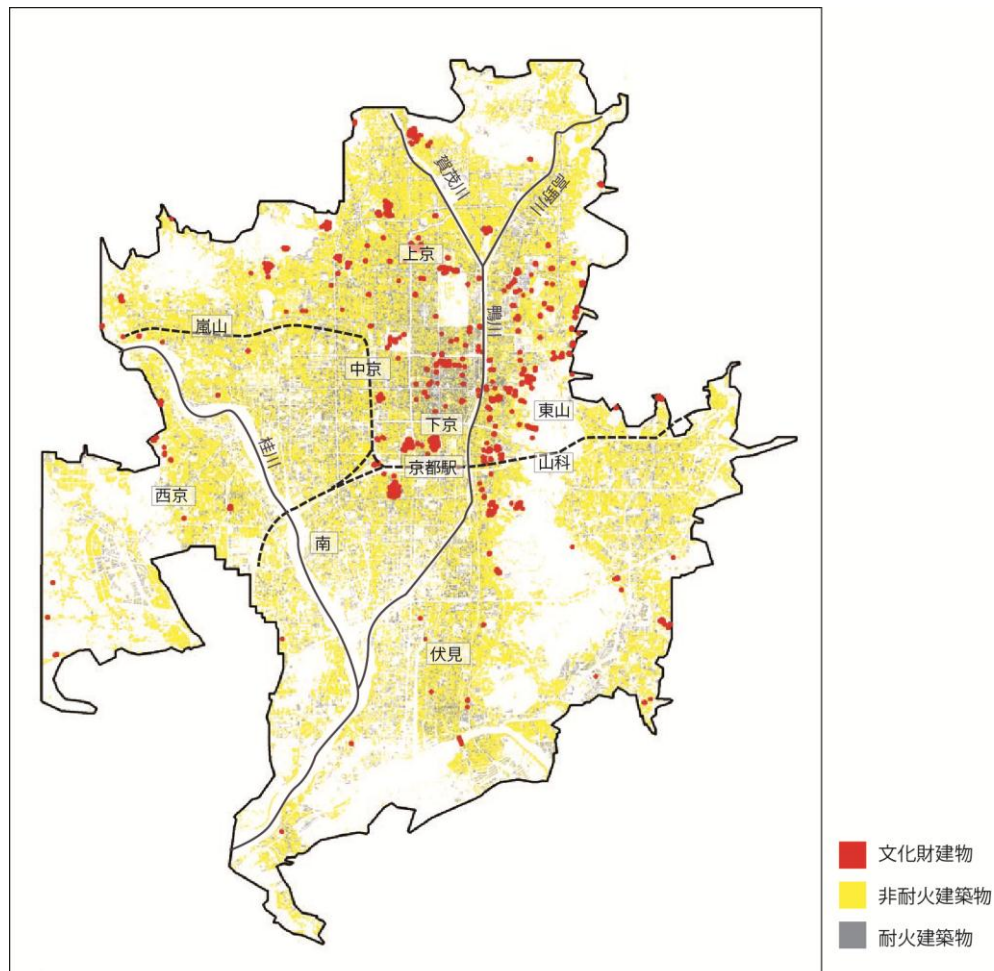


図 5-7 建物ポリゴンデータ

5.3.2 文化財建物の構造別データベース化

文化財周辺地域の延焼危険性を把握するために、京都市都市計画局が発行している 1/2500 都市計画図をもとに、まず建物の耐火・非耐火別の建物分布図を CAD を用いて作製した。この都市計画図において「堅牢建物」および「高層建物」と分類されている建物を耐火構造とみなし、それ以外を非耐火とみなした 2)。なお、堅牢建物とは、階高が 2 階以上の RC 造、耐火鉄骨造の建物のことである。

図 5-7 は耐火・非耐火別の建築物の分布図である。京都市内のすべての建物は、棟数としては約 48 万棟である。京都駅周辺や中心市街地には耐火建築物が集中しているが、他の地域はおしなべて非耐火建築物が卓越していることがわかる。

しかし、文化財周辺地域における延焼危険性を精確に把握するには、耐火・非耐火の区分のみでは不十分である。そこで、文化財周辺の建物の現地調査を行い（108,091 棟）、その結果をもとに裸木造・防火木造・準耐火造・耐火造という構造別データを作成した（図 5-8）。なお、各構造の判別は表 5-5 の通りである。

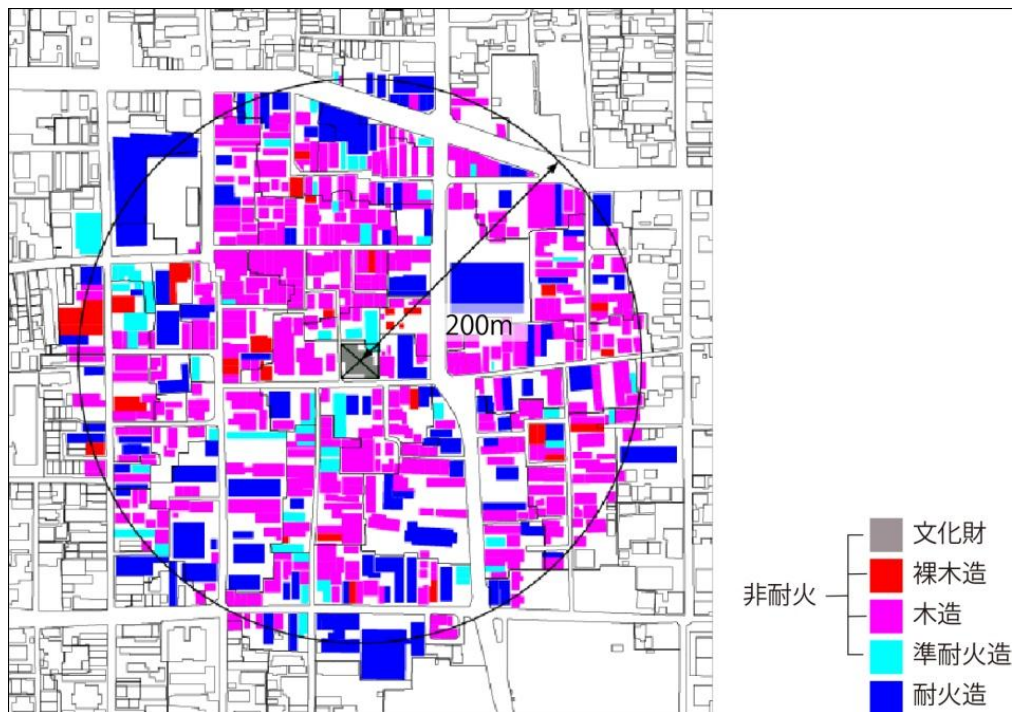


図 5-8 建物構造種別の現地調査結果例（中村宗哲家住宅）

表 5-5 各構造の判別基準

構造種別	定義
裸木造	建物の表面が90%以上木で覆われている建築物
防火造	モルタルやサイティングで覆われた木造建築物
準耐火造	100 m ² 未満の鉄骨造の建築物
耐火造	鉄筋コンクリート造, 100 m ² 以上の鉄骨造の建築物

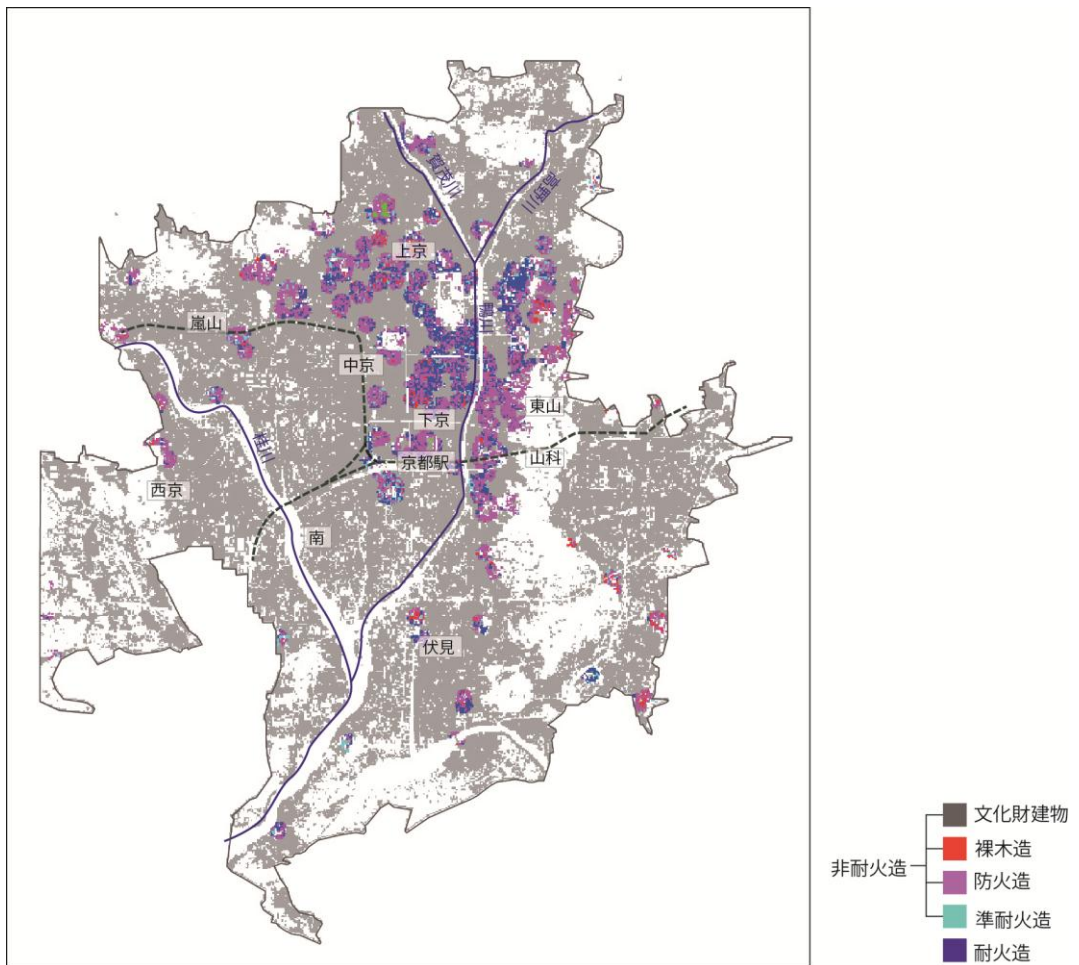


図 5-9 文化財周辺の構造別データの作成

また、調査範囲は文化財ポリゴンの中心から半径 200m と設定した^{注1)}。過去の市街地大火における延焼速度は約 200m/h といわれているので、200m という距離は大火の際に 1 時間以内に文化財へ延焼する可能性がある範囲に相当する。阪神・淡路大震災における延焼速度は約 20~40m/h であったことから、半径 200m という範囲設定は、文化財への初期消火を 1 時間以内とした場合、安全側の数値設定といえる。

表 5-6 構造別の棟数（ポリゴン数）と建築面積

構造		建物数	率(%)	面積(m ²)	率(%)
非耐火	文化財	777	0.72	319354.5	2.7
	裸木造	4669	4.32	764403.4	6.45
	防火造	83615	77.36	6306941.1	53.24
	準耐火造	3778	3.5	457545.5	3.86
耐火造		15252	14.11	3998229.1	33.75
計		108091		11846473.6	

調査方法は文化財ポリゴンの中心から半径 200m の地域を実際に歩き、目視によって裸木造・防火木造・準耐火造・耐火造の 4 つの構造に色分けし記入を行った(図 5-9)。この図をみると、田の字地区など京都市の中心部は他の地域に比べ、耐火構造が多いことがわかる。

表 5-6 は構造別の棟数（ポリゴン数）と建築面積を集計したものである。この表には文化財の集計データも付している。この表をみると、京都市においては、文化財・裸木造・防火木造・準耐火造を合わせた非耐火建築物は棟数で 8 割以上、建築面積では 7 割近くを占め、耐火建築物に比して非常に多いことがわかる。

5.3.3 密度指標による延焼危険性の把握

文化財周辺地区の構造別の建物データをもとに、建蔽率・非耐火率・不燃領域率といった密度指標から、文化財の周辺地区の燃えやすさの把握を行う。

(1) 建蔽率

文化財周辺地域の建蔽率を図 5-10 に示す。一般に、建蔽率が高いほど建物が建てづまっており、延焼の危険性の高い地域であるといえる。

この図から、田の字地区と今出川通りに存在する文化財周辺地域の建蔽率が高いことがわかる。この地域は商業地域であり、建蔽率の限度も 80% と高いため、文化財周辺においても、他の地域と比較して建蔽率が高くなっていると考えられる。

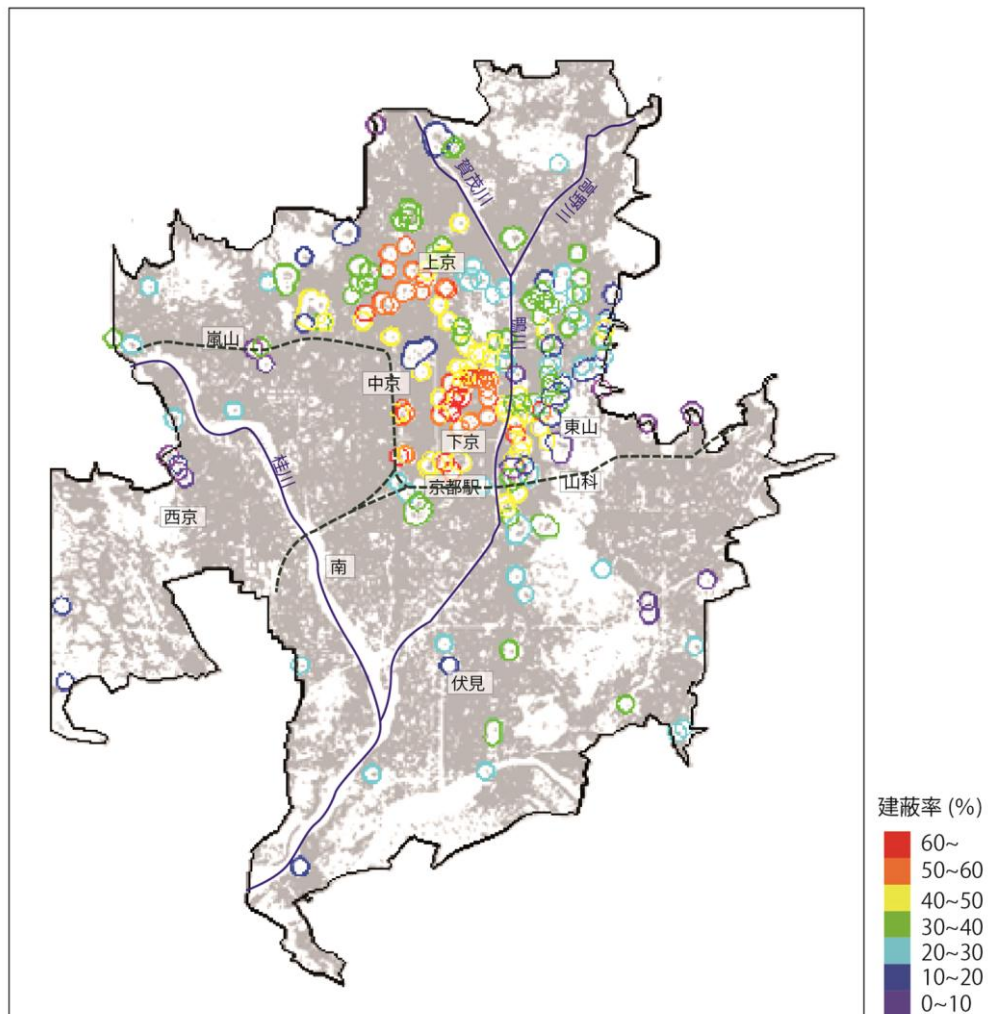


図 5-10 建蔽率

(2) 非耐火率

文化財周辺地域の非耐火率を図 5-11 に示す。非耐火率とは、裸木造・防火造・準耐火造を非耐火建築として、それらの面積の合計を対象領域面積で除した値を百分率に表した値である。非耐火率が高いほど、火災に対して脆弱な建物が多く、延焼の危険性が高いといえる。

図をみると、今出川沿いの建蔽率の高かった地域が、非耐火率も高くなっている。その一方で、今出川沿いと同様に建蔽率の高かった田の字地区は、非耐火率が低くなっている。これは、どちらも商業地域ではあるが、今出川沿いの商業建築は古い木造の建物が多い一方で、田の字地区ではコンクリート造の商業ビルが多くなっているためだと考えられる。

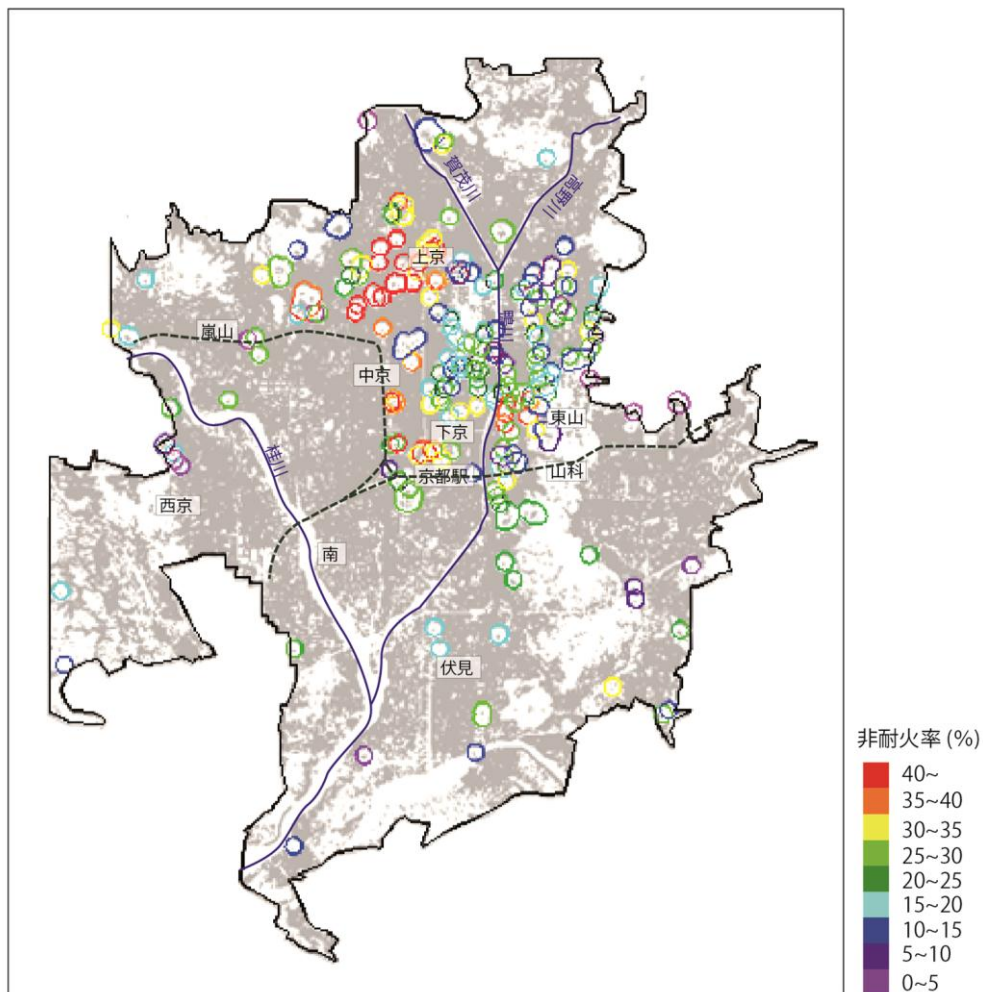


図 5-11 非耐火率

(3) 不燃領域率

文化財周辺地域の不燃領域率を図 5-12 に示す。不燃領域率とは、耐火建築の面積を対象領域の面積で除した値を百分率で表した値である。不燃領域率が高いほど、火災が発生した際にも延焼遮断帯となる建物が多く、延焼の危険性は低いといえる。

図をみると、田の字地区の不燃領域率が非常に高く、郊外に行くほど不燃領域率は低くなる傾向がみてとれる。以上より、田の字地区は建蔽率は高いものの、延焼の危険性は低く、一方、今出川通り沿いの地域は建蔽率・非耐火率が共に高く、不燃領域率は低いことから、延焼の危険性が高いといえる。

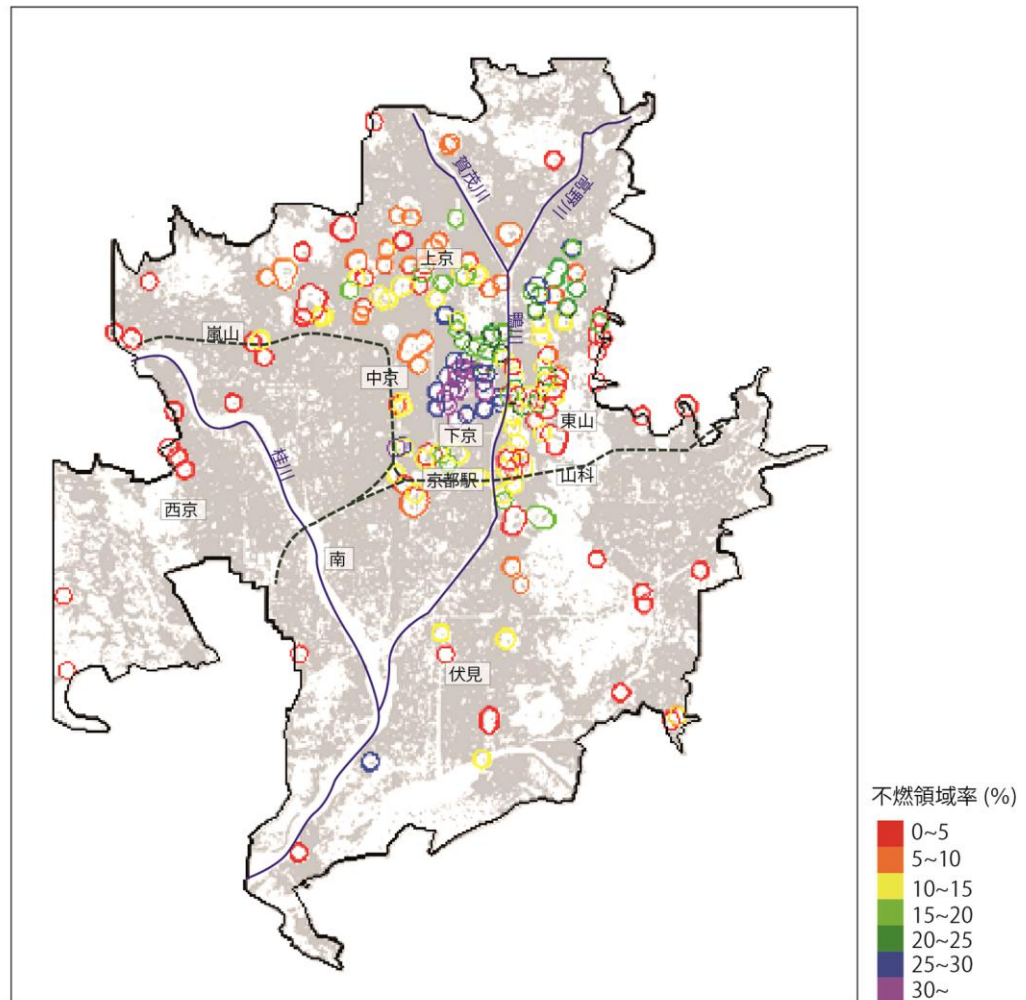


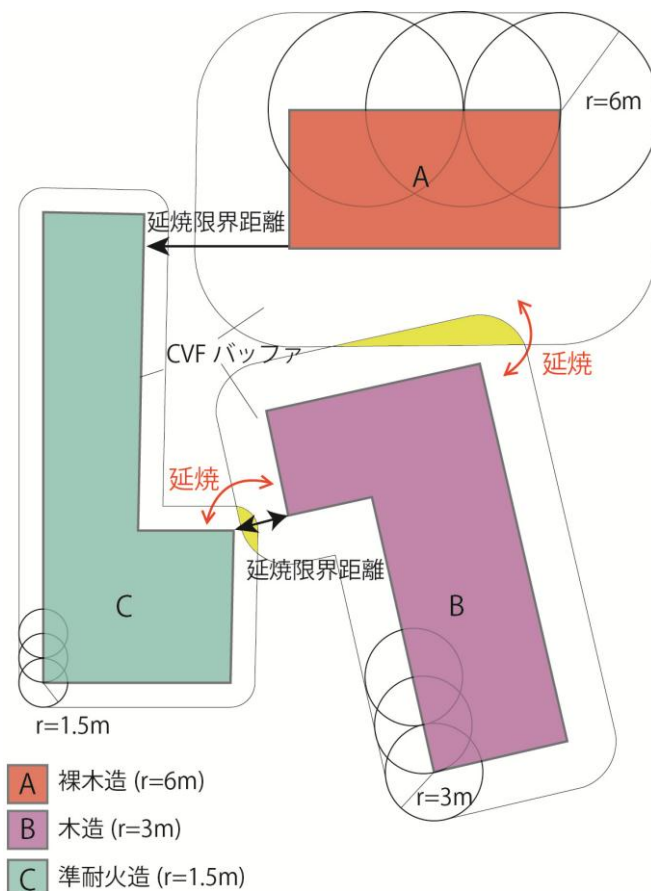
図 5-12 不燃領域率

5.4 延焼過程モデルの考え方

5.4.1 既往研究における延焼過程モデル CVF の概要

本研究においては、延焼危険性を評価する際の延焼過程モデルとして、防災まちづくり総プロの中で、延焼危険性のマクロ評価手法として提案されている CVF (Covering Volume Fraction) を基本とした。この考え方は、隣棟間の延焼限界距離を定義し、隣棟距離が延焼限界距離を超えると延焼しないとみなすもので、隣棟距離が延焼限界距離以下で連担する建物群、すなわちクラスターの量 (面積・棟数) によって延焼危険性を評価するというものである (図 5-13)。これはクラスター内の建物の中で1件でも出火すれば、クラスター内のすべての建物が焼失するということを意味している。つまり、クラスターを構成する建物の焼失確率は、クラスター内で出火する確率に等しい。

なお、隣棟距離とは、ひとつの建物ポリゴンからみた周辺の建物ポリゴンとの最小距離と定義し、延焼限界距離とは隣棟間で延焼する最大距離をいい、建物構造別によって異なる値を示す。



建物 A の隣棟距離は建物 C までの距離であるが、建物 C の隣棟距離は建物 B までの距離である。つまり距離に異方性があり、数学上の距離条件は満たさないが、延焼解析に際しての不合理性はない。

【この場合 AB 間・BC 間の延焼の危険性が高い】

図 5-13 CVF と延焼限界距離

5.4.2 CVF における延焼限界距離の設定

防災まちづくり総プロにおいては、標準規模の建築物の火災に対する延焼限界距離として、裸木造 12m, 防火造 6m, 準耐火造 3m, 耐火造 0m という値が用いられている。これは、市街地延焼に関する代表的な延焼速度式として知られている、浜田式・堀内式・室崎式の考え方を基本としており、延焼限界距離は出火後の経過時間と風速によって増大するが、それぞれの延焼速度式において設定されている延焼限界距離については、出火後の時間・風速を問わず、建物構造別に、浜田式（裸木造）：堀内式（防火造）：室崎式（準耐火造）＝4：2：1 となっている。この場合、延焼限界距離は等方的（図形上では円）であるとしている。

防災まちづくり総プロにおける CVF は、対象となる建物平面の周囲に延焼限界距離の半分のバッファを発生させたときに、地区面積に対するバッファ面積（建築物を含み、バッファが重なる部分は重複して計量しない）の比として表わされるものである。

5.5 建物配置図の dilation に基づく DVF の提案と評価

5.5.1 風向・風速を考慮した延焼限界距離の設定

防災まちづくり総プロや加藤らなどの既往研究は延焼危険性の評価に有効なモデルを提示しており、本研究では上記の手法を展開し、DVF の延焼グラフを求めた。まず防災まちづくり総プロにおける CVF では、出火後の風の影響を問わず建物構造別に一律に延焼限界距離を設定していたが、実際の延焼現象では、延焼限界距離は風向・風速によって異なる。つまり、延焼限界距離は風下側が長い卵形となる（図 5-14）。このような、地域特性として気候条件を考慮し、風向・風速を組み込んだ延焼限界距離のモデル式が、防災まちづくり総プロでの設定値をもとに、損害保険料率算出機構によって提唱されており¹⁵⁾、本研究においてもその延焼限界距離を用いることにする。このときの延焼限界距離 d^* は、建物幅 A （建築面積の平方根）と構造別および風速によって以下の式で表される。

$$d^* = kAr \quad (I)$$

ここに、 k 、 r は建物構造別と風速による炎の傾きによって決定されるパラメータである。

京都市消防局の火災統計によると、京都市の火災件数（図 5-14）は、2月が最も多くなっており、この時期に市街地火災のリスクも高いと考えられる。また、気象庁の統計によると、京都市の年間の最多風向は概ね北方向であり、特に火災被害のリスクが高いと考えられる2月の最多風向も同様に北方向であるので、ここでは風向を北に設定した（表 5-7）。また年間の平均風速は 1.7m/s であるが、過去の市街地大火における平均風速が約 8~10m/s であったことを考慮して¹⁶⁾、風速は 10m/s と安全側に設定した。なお、京都市において日最大風速が 10m/s を超える日は稀であるが、最大瞬間風速をみると、年平均で 16.4m/s となっており、10m/s を超える風速も観測されているので、この点からも安全側の数値設定といえる。

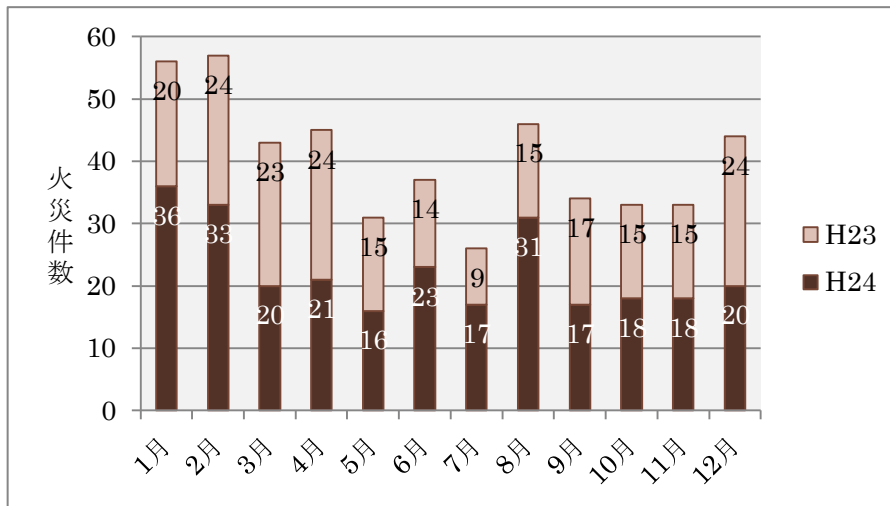


図 5-14 月別出火件数 (京都市消防局・平成 24 年中の火災統計を基に作成)

表 5-7 京都市の風向・風速

月	風向	風速(m/s)	最大風速(m/s)	最大瞬間風速(m/s)	日最大風速 10m/s以上日数(日)
統計期間	1990~2010	1981~2010	2013	2013	1981~2010
1月	西	1.5	8.8	17.3	0
2月	北	1.7	7.1	14.7	0
3月	北	1.9	7.9	15.2	0
4月	北	1.9	9.1	16.9	0
5月	北北東	1.9	8	15	0
6月	北北東	1.8	7.5	17	0
7月	北北東	1.8	8.6	16.8	0.1
8月	北北東	2	9.2	15.5	0
9月	北	1.7	12.6	21.9	0.2
10月	北	1.5	8	16.7	0.1
11月	北	1.4	6.9	13.4	0
12月	北	1.4	8.4	16.3	0
年	北	1.7	8.5	16.4	

(京都市の気象観測データを基に作成)

風向・風速を考慮した、この卵形の延焼限界距離（図 5-15）は、円と楕円を合成した曲線とし（風上・風側は等距離とする）、パラメータ k 、 r は、構造別と不足による炎の傾きによって決定されるパラメータであり、文献¹⁴⁾に基づいて表 5-8 のように設定した^{注2)}。

表 5-8 建物構造別パラメータ

構造種別	k		r	
	風上風側	風下	風上風側	風下
裸木造	3.79	5.14	0.49	0.41
防火木造	2.03	4.60	0.46	0.24
準耐火造	1.28	4.63	0.35	0.05

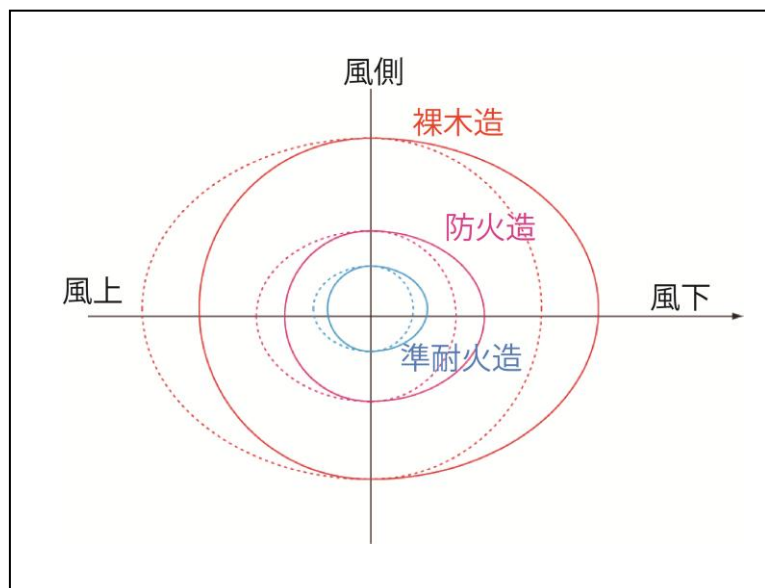


図 5-15 構造別延焼限界距離

5.5.2 DVF の定義

防災まちづくり総プロにおける CVF は、対象となる建物平面の周囲に延焼限界距離の半分のバッファを発生させたときに、地区面積に対するバッファ面積（建築物を含み、バッファが重なる部分はダブルカウントしない）の比として表わされるものである。バッファとは建物周囲の等距離線であるが、本研究ではこの CVF の概念を発展させ、建物平面の周囲に卵形の延焼限界距離線を描き、その面積を計量する。モルフォロジーにおいては、図形を構造要素によって周囲に拡大することを *dilation* と呼び、CVF のバッファは構造要素を円とした場合に相当するが、本研究では風向が考慮されているので、構造要素を卵形とした *dilation* に相当する。つまり、DVF とは図 5-13 における円を卵形に置き換えた延焼限界距離で囲まれたバッファ面積の地区面積に対する比である。この卵形曲線で拡大された領域を、ここでは「DVF (Dilated Volume Fraction)」と呼ぶ。

本研究では先述した CVF の概念を発展させ、地域特性としての風向・風速を考慮した延焼限界距離を用いて、建物平面の周囲に卵形の延焼限界距離線を描き、その面積を計量した。画像処理技術においては、図形を構造要素によって周囲に拡大することを *dilation* と呼ぶが、CVF のバッファは *dilation* における構造要素を円とした場合に相当する。一方、本研究では風向が考慮されているので、*dilation* における構造要素は卵形となる。この卵形曲線で拡大された領域が、「DVF (Dilated Volume Fraction)」における建物バッファ（以下 DVF バッファ）である（図 5-16）。

実際に DVF バッファを描出する際、連続平面上では煩雑になるので、画像処理技法に倣って、デジタル処理する。ここでは、建物平面を 50cm 角の画素に分割し、建物の構造と規模（建築面積）に対応して、(I) 式で表わされる延焼

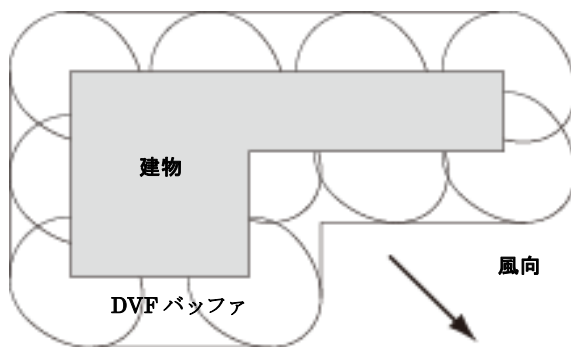


図 5-16 延焼限界距離による dilation

限界距離の“半分”の長さを適用して **dilation** を施す。半分としているのは CVF の場合と同様、加害側の建物構造で延焼限界距離を決定し、異種構造間の延焼方向については延焼限界距離の平均値を両者の延焼限界距離とみなすためである。隣棟距離がこの延焼限界距離よりも小さければ、それぞれを火災側とした場合にいずれの方向にも延焼が拡大すると仮定した^{注3)}。なお、耐火造については火災になっても外部への影響は発生しないものとし、また、文化財自体については安全側に判断し、裸木造とみなして計量した。

これを実際の建物配置図に適用して **DVF** バッファを求め、その論理的和集合を取った例を図 5-17 に示す。図の黄色の領域が **DVF** バッファ（建築物を除く）である。CVF の場合と同様、**DVF** バッファと非耐火建築物（裸木造・防火造・準耐火造）の面積を対象領域の面積で除した値を **DVF** と呼ぶ。**DVF** は延焼が拡大していく可能性のある建物の連担状況を表現する。クラスター内で発生した火災が時間の経過とともにクラスター内の建物すべてに延焼する可能性があることを示しており、対象領域内での **DVF** が大きいことは、対象領域内で連担しているそれぞれの建物群（延焼クラスター）の面積密度が高いことを意味する。つまり **DVF** とは文化財周辺地区全体の延焼に対する脆弱性を表した、マクロな評価数値だといえる^{注4)}。

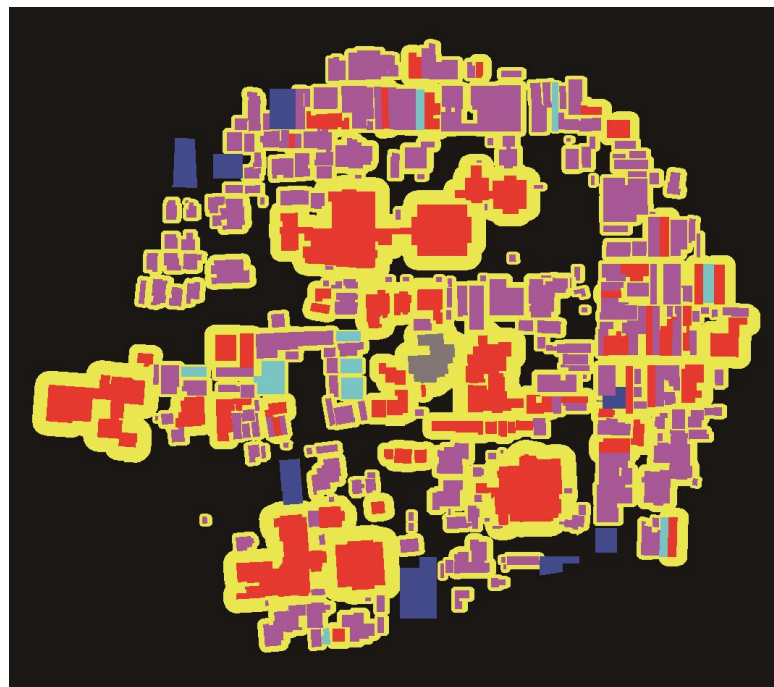


図 5-17 DVF バッファの描画例（裏千家今日庵）

5.5.3 DVF による延焼危険地区の抽出

対象の文化財周辺地区における DVF を求め、DVF が高い順にランク付けを行った(表 5-9)。その結果、妙見寺の DVF が 82.8%と最も高く、次いで船岡旅館が 80.8%という結果となった。ランク上位 6 位までの DVF 図を示す(図 5-18)。この図を見ても、高 DVF 地域は、非耐火建築物が多く、また密集しているため、DVF バッファ面積も大きく、延焼危険性が高いことがわかる。

表 5-9 DVF 評価ランク

ランク	文化財名	非耐火面積 (㎡)	DVF バッファ面積 (㎡)	領域面積 (㎡)	DVF (%)
1	妙顕寺	75472.6	63548.3	167817.5	82.8
2	船岡旅館	61180.9	43881.8	130096.9	80.8
3	本隆寺	64599.0	41942.5	137455.2	77.5
4	奥溪家	60656.5	39998.8	131442.2	76.6
5	引接寺塔婆	62964.0	36546.5	130332.9	76.4
6	富田屋	64441.6	36502.5	132246.8	76.3
7	裏千家今日庵	52030.2	48364.8	132427.3	75.8
8	表千家不審菴	51956.2	45853.8	131854.3	74.2
9	大報恩寺(千本釈迦堂)	60064.9	36657.8	130976.1	73.8
10	瀬川家住宅	54165.2	40177.8	130391.9	72.4
11	島原大門	57790.0	43694.8	142062.2	71.4
12	報土寺	57885.4	34574.0	132334.7	69.9
13	小川家住宅	51403.0	42882.3	137117.5	68.8
14	壬生寺	52496.2	36614.0	129795.5	68.7
15	浄福寺	83388.5	54124.3	202460.3	67.9
16	立本寺	79827.6	52247.5	194850.9	67.8
17	佐々木家住宅	53252.4	35910.3	131609.2	67.7
18	芳春院	47495.3	39362.5	129905.1	66.9
19	日本聖公会京都聖三一教会	50973.9	34912.5	128800.3	66.7
20	八木家	53945.4	36476.0	135971.3	66.5
218	泉涌寺	15781.1	19248.5	277582.4	12.6
219	毘沙門堂	9585.6	13753.3	199153.9	11.7
220	曼殊院	6217.4	7746.0	126232.2	11.1
221	竜安寺	5646.7	7288.5	126159.4	10.3
222	日向大神宮	3864.7	5530.8	131553.9	7.1
223	本圀寺	3110.0	4792.8	125651.1	6.3
224	大河内山荘	2694.7	4888.0	125651.1	6.0
225	天穂日命神社	3581.5	3993.8	128714.8	5.9
226	正傳寺	3414.2	3280.3	142814.5	4.7
227	大原野神社	1893.4	2886.8	125924.6	3.8

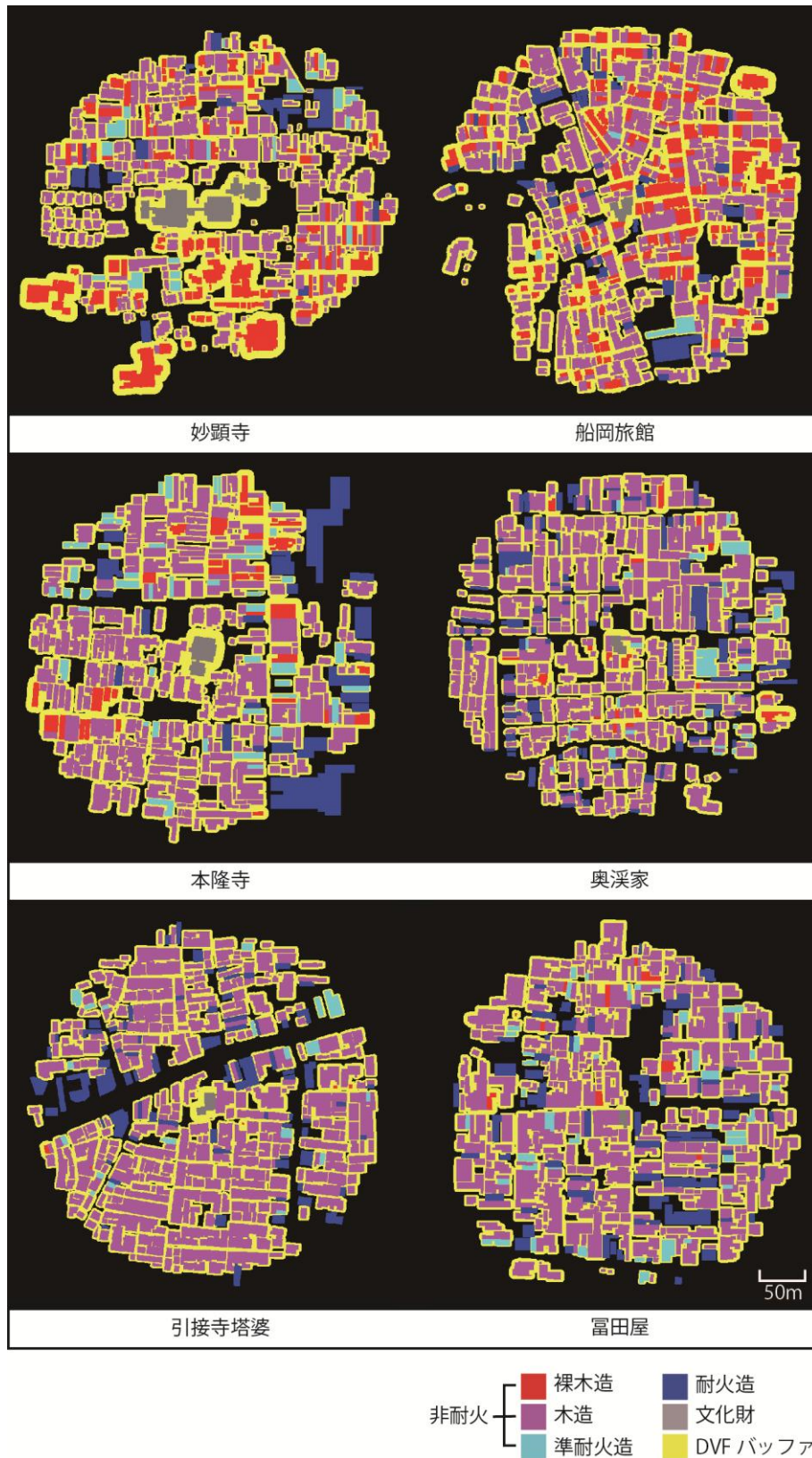


図 5-18 高 DVF ランク地域の DVF 図

また、DVF ランクをもとに、危険度の高い順に色分けを行った（図 5-19）。京都市全域で見ると上京区と東山区の一部が高く、この地域は多くの寺院が存在し、また現在も他地域に比べ木造建築物などが多く、火災に対する脆弱性が認められる。

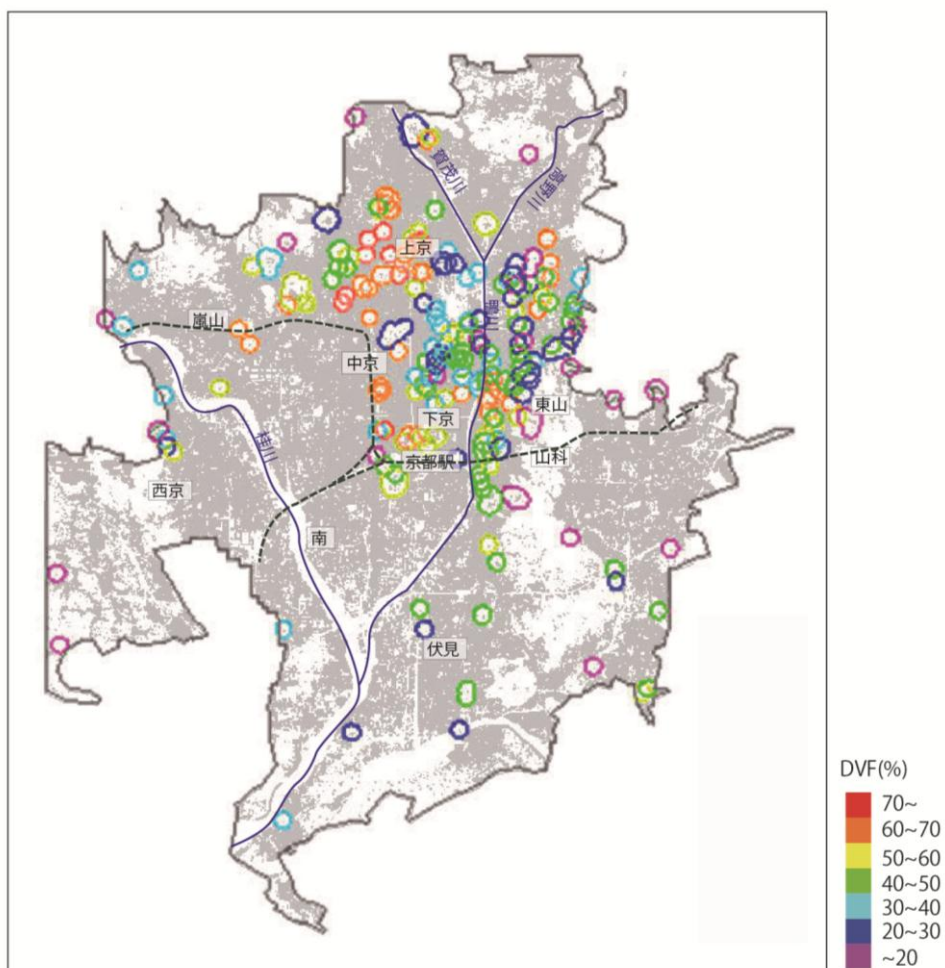


図 5-19 DVF ランク別分布図

5.6 延焼グラフの作成とクラスター構成建物数の計測

5.6.1 DVFに基づく延焼グラフの作成

前述した DVF をもとに延焼の危険性を表す延焼グラフ V^* を作成する。いま、2つの建物間の DVF バッファ（延焼限界距離の半分の長さの dilation）が交わる場合、両者は延焼するとみなし、建物ポリゴンをグラフのノード（頂点）に置き換え、辺で連結する。この作業を文化財を含む対象領域内すべての建物を対象として行い、延焼グラフ V^* を作成する（図 5-20）。延焼グラフの連結成分は延焼が連担する建物群、すなわちクラスターを表現している。このクラスターは、内部で出火した場合、消火活動をしない限り同一クラスター内全ての建物が焼失する、いわば延焼の「運命共同体」を表している。延焼グラフの中から、文化財を含むクラスターを抽出すれば、文化財への延焼危険範囲を表現することができる（図 5-21）。また、文化財のノードに直接連結するノードを1次のノード、文化財ノードから2度連結成分を結んだものを2次のノードと順番に呼ぶこととする。なお、同一敷地内に同一名称の文化財が複数ある場合、文化財のノードはひとつのノードに縮約した。

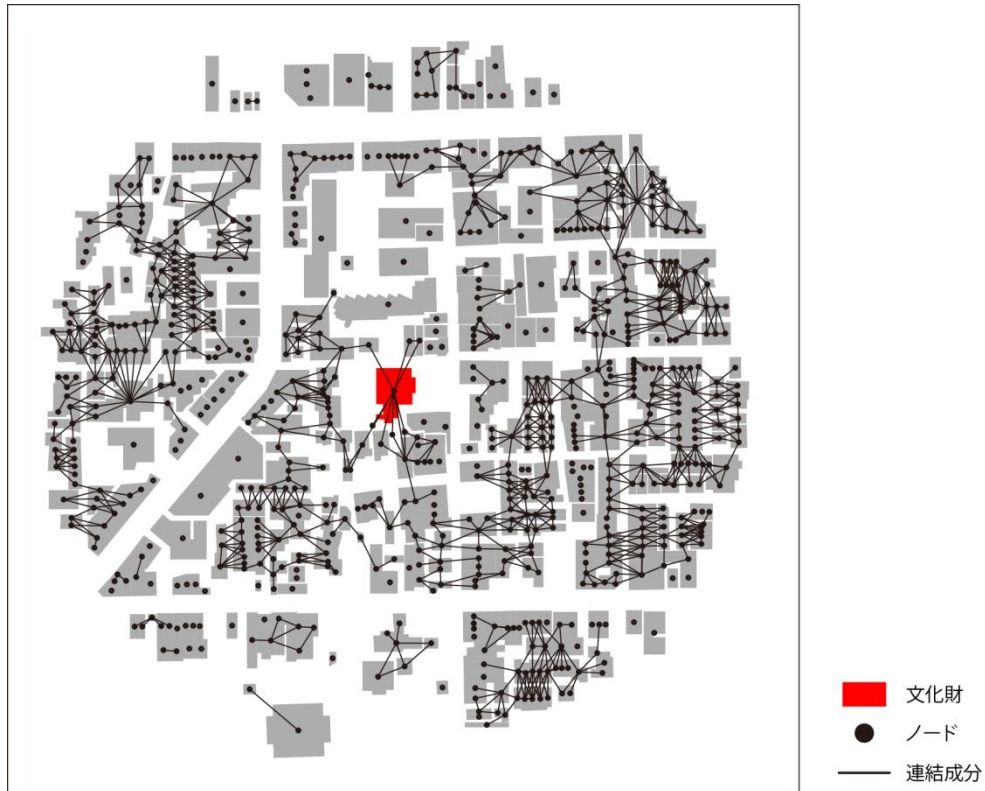


図 5-20 DVF に基づく延焼グラフの例

5.6.2. 文化財を含むクラスターとノード次数

文化財を含む延焼グラフのクラスターのノード数（棟数）が多いほど、文化財への延焼危険性が高いと判定される。そこで、文化財を含む延焼グラフのクラスターのノード数を多い順にランク付けを行った（表 5-10）。文化財を含むノード数が最も多い対象地区は船岡旅館の 862、次いで富田屋の 727、妙見寺の 631 であり、これらは対象地区の総ノード数と文化財を含むノード数にほぼ差がない。図 5-22 の船岡旅館の例に見られるように、これは文化財周辺だけでなく、対象地区内全域において非耐火建築物が連坦していることを表している。

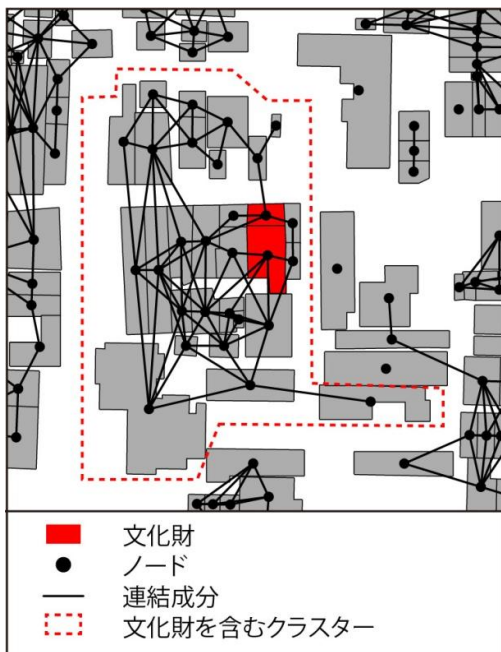


図 5-21 延焼クラスター

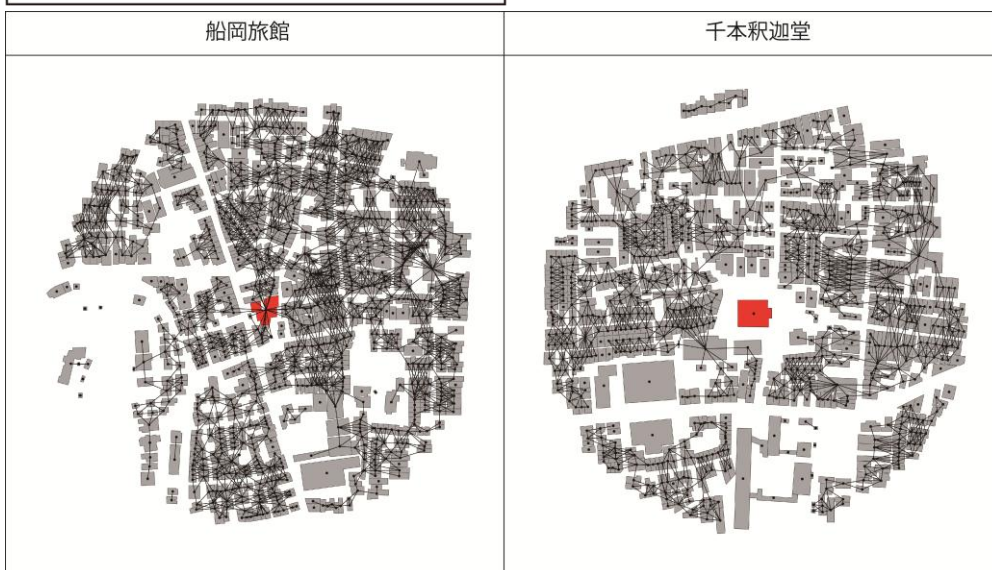


図 5-22 延焼グラフ

表 5-10 ノード数評価ランク

ランク	名前	ノード数		
		総ノード数	文化財を含むノード数	率(%)
1	船岡旅館	979	862	88.05
2	富田屋	752	727	96.68
3	妙顕寺	691	631	91.32
4	壬生寺	841	629	74.79
5	八木(南)家住宅	779	610	78.31
6	旧神先家	857	559	65.23
7	佐々木家住宅	594	553	93.10
8	島原大門	901	524	58.16
9	輪違屋	725	513	70.76
10	法観寺	727	481	66.16
11	立本寺	985	446	45.28
12	報土寺	725	441	60.83
13	六孫王神社	553	436	78.84
14	角屋	489	432	88.34
15	旧徳力彦之助邸	661	423	63.99
16	本隆寺	618	418	67.64
17	引接寺塔婆	904	414	45.80
18	蓮華王院	565	387	68.50
19	小川家住宅	887	386	43.52
20	八木家	850	385	45.29
206	金閣寺	324	1	0.31
207	正傳寺	23	1	4.35
208	平野神社	547	1	0.18
210	大谷大学	391	1	0.26
211	大報恩寺(千本釈迦堂)	801	1	0.12
212	京都府庁	175	1	0.57
213	旧京都中央電話局上分局	182	1	0.55
214	旧武徳殿	258	1	0.39
215	京都大学	464	1	0.22
216	密語庵	89	1	1.12
217	平安神宮	101	1	0.99
218	嶋臺	254	1	0.39
219	文椿ビルヂング	218	1	0.46
220	中央郵便局	197	1	0.51
221	多宝千仏	395	1	0.25
222	日向大神宮	29	1	3.45
223	富士ラビット	337	1	0.30
224	倉掛神社	237	1	0.42
225	桂宮院	442	1	0.23
226	近鉄澱川橋梁	186	1	0.54
227	天穂日命神社	24	1	4.17

一方、ノード数が1（文化財自体のみのグラフ）の文化財は、延焼限界距離内に非耐火建物がないということであり、22件が該当し、これらの地区では周辺建物から文化財への延焼危険性は極めて低いといえる。例えば千本釈迦堂の場合は、総ノード数が801と非常に多いものの、文化財の周辺に空地が存在するため、文化財を含むノード数は1となっている（表5-10、図5-23）。このように木造密集地域に存在していても、空地が延焼遮断帯としての働きをするため、周辺からの延焼の危険性は小さい。よって文化財自体の防火対策を十全に行うことで、安全が確保できると考えられる。

図5-23は文化財を含むノード数の評価ランクにより色分けした図である。京都市全域で見ると、上京区と中京区の一部が高くなっている一方、繁華街の多い田の字地区^{注5)}や京都大学のキャンパスがある左京区ではノード数が少なくなっており、比較的安全だといえる。

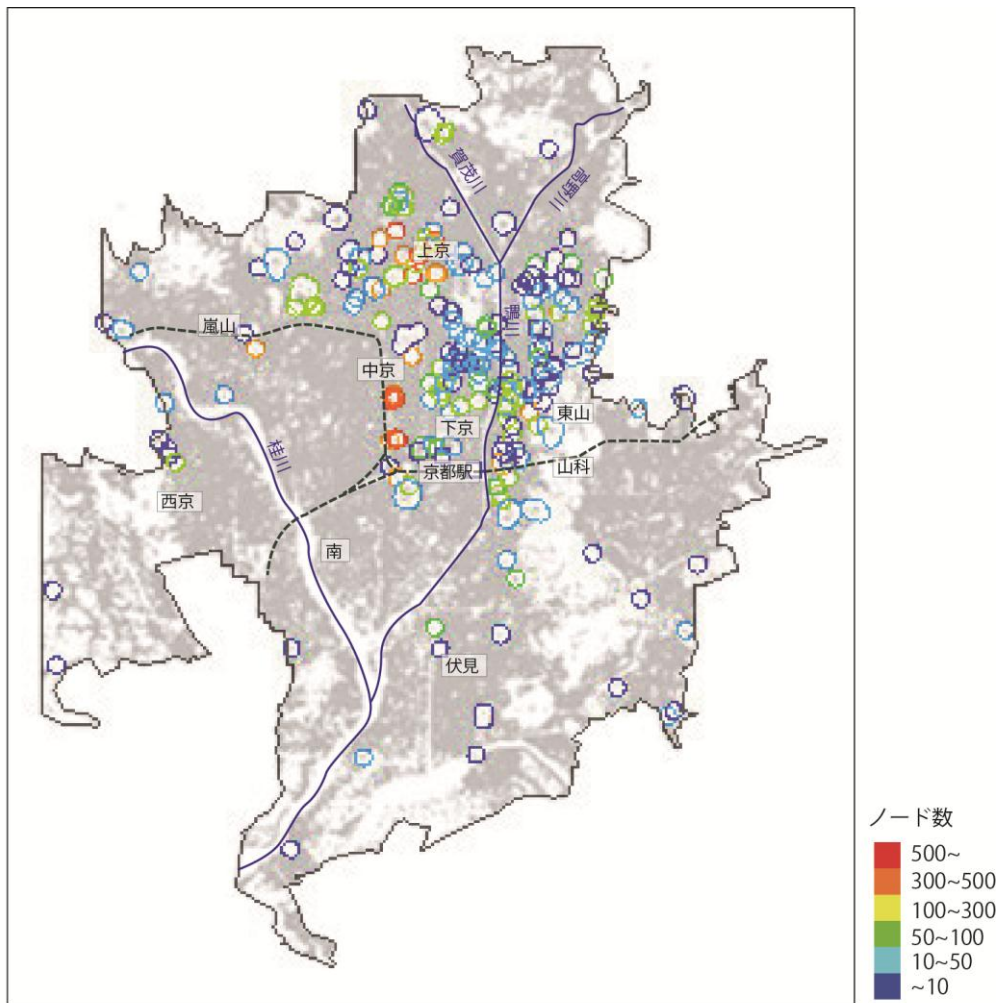


図5-23 延焼グラフ

また、文化財ノードに直接連結しているノードである1次のノード数が0（文化財を含むノード数が1）という文化財を含めて、1次においてノード数が例えば10以下の対象地区は186地区あり、これは全体の約82%を占めている。つまり、2次以降にどれだけ構成ノード数が増えたとしても、1次に該当する非耐火建築物から出火・延焼さえしなければ文化財への延焼を回避できるということであり、比較的延焼に対する対策が講じやすいと考えられる。

一方、1次において構成ノード数が11以上である文化財（41地区）は、木造密集市街地に位置していることが多く、このような地域において出火した場合、大規模火災に至るおそれが格段に高くなるため、早急に延焼に対する対策を講ずる必要があると考えられる。

5.7 文化財の延焼に対する脆弱性の総合評価

以上の分析による文化財への延焼危険性を総合的に評価すると、文化財への延焼に対する脆弱性を、文化財周辺地区全体（マクロ、半径200mの範囲）と文化財近傍（ミクロ）とに分けて評価可能である。前者の評価値にはDVFを、後者には文化財を含む延焼グラフの連結成分のノード数を用いることができる。図5-24の散布図はその結果である。値の大小によってマクロ／ミクロの安全性／危険性を大まかに4つに分類して把握できる^{注6)}。

Type Iは、ノード数が多くDVFが高いため文化財近傍、文化財周辺地区全体ともに延焼の危険性が非常に高い地区を示している。その中でも最も危険度の高い地区は「船岡旅館」であった。

Type IIは、ノード数が多くDVFが低いため文化財近傍の延焼危険性が高い地区を示している。例えば「角屋」が該当する。

Type IIIは、ノード数が少なくDVFが低いため文化財近傍、文化財周辺地区全体ともに延焼の危険性が低い地区を示している。最も安全だと評価された地区は、「大原野神社」である。

Type IVは、ノード数が少なくDVFが高いため文化財周辺地区全体の延焼危険性が高い地区を示している。例えば「奥溪家」が該当する。

それぞれのDVF図と延焼グラフを図5-25に示す。

また、文化財をそれぞれのタイプの分類により色分けした（図5-26）。3節の密度指標による延焼危険性の把握においても、文化財周辺地域の火災に対する脆弱性が認められた今出川通り沿いの地域が、DVFと延焼グラフによる総合評価においても最も危険性が高いことが明らかとなった。

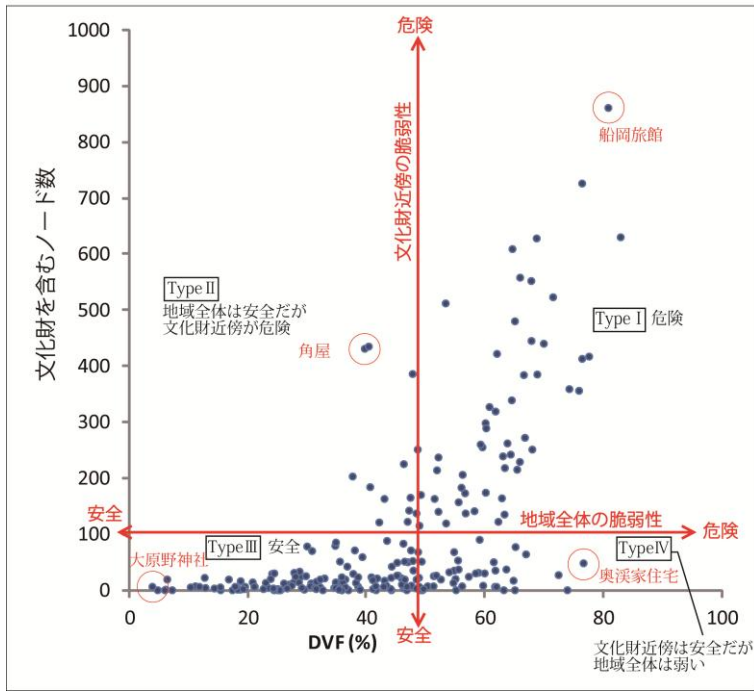


図 5-24 DVF と延焼グラフのノードによる総合評価

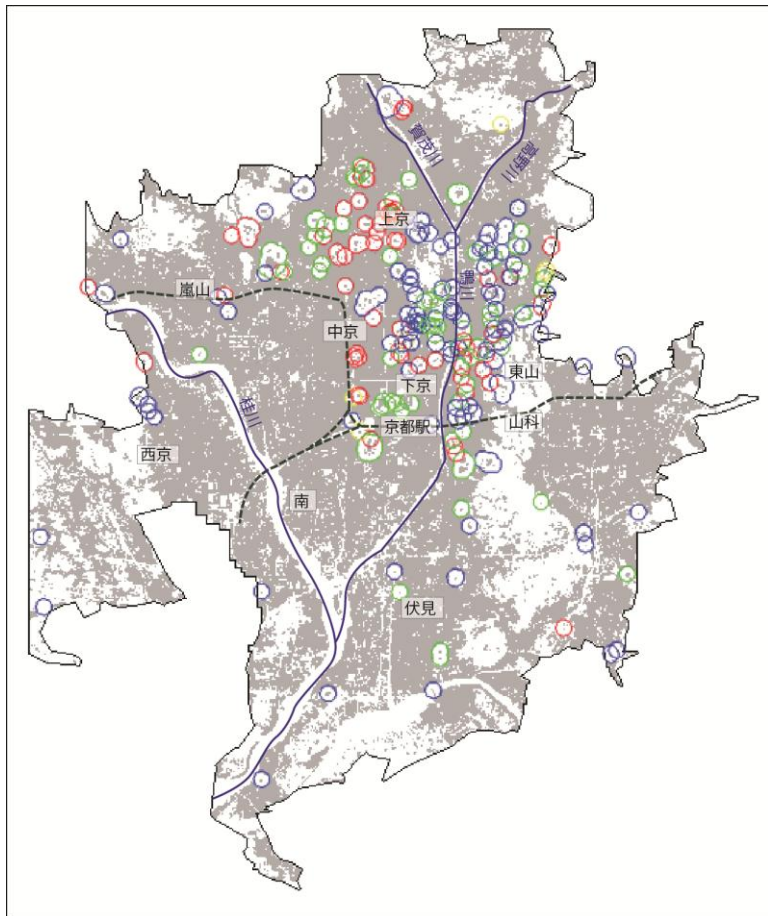


図 5-26 総合評価による分類

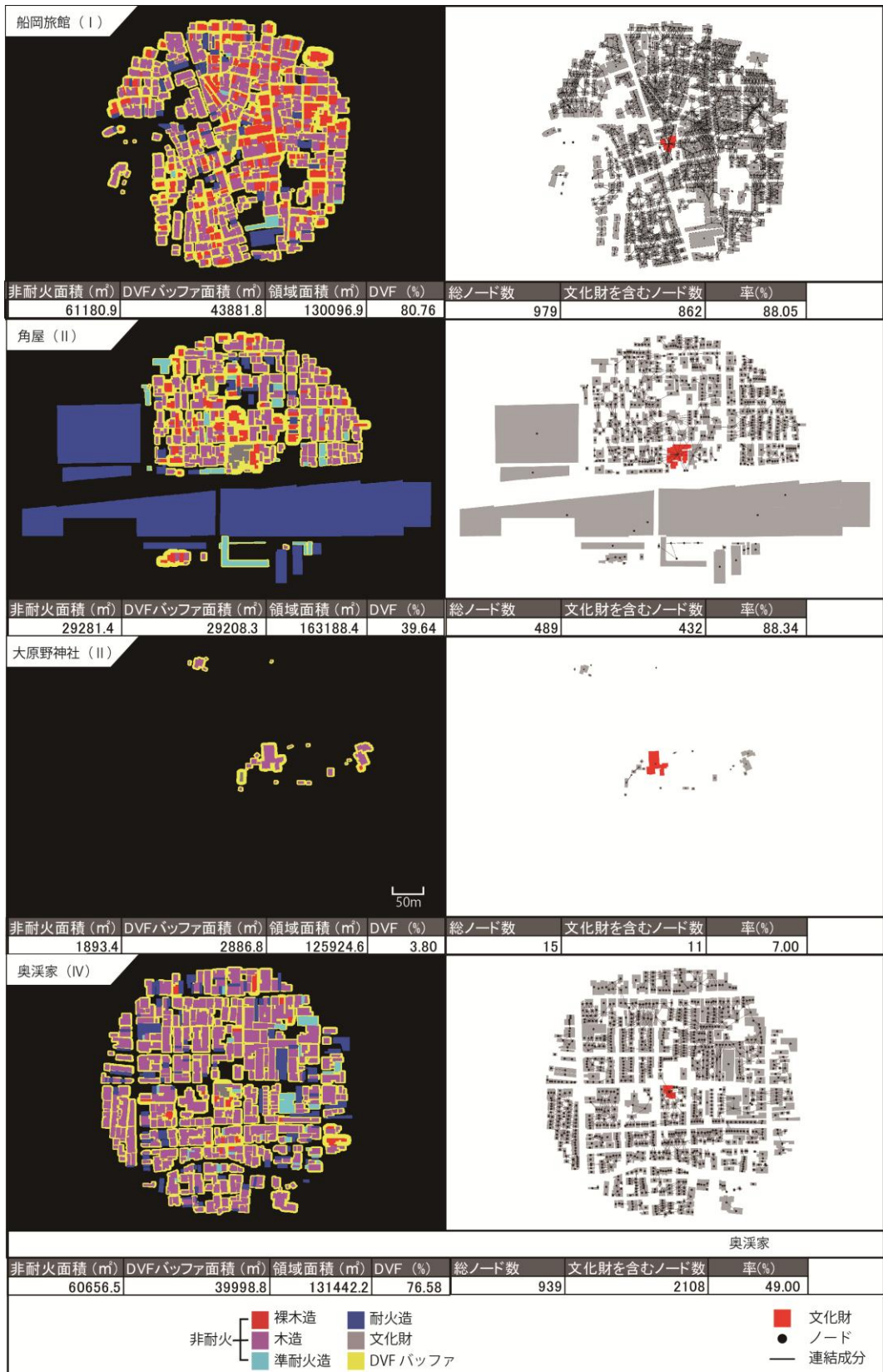


図 5-25 総合評価による分類

3.8 まとめ

本章では、京都市における文化財周辺地区の現地調査を行い、構造別データベースを作成した。分析においては、地域特性としての風向・風速を考慮した延焼限界距離を算出し、モルフォロジーにおける *dilation* の演算に基づく画像処理方技術を用いて *DVF* を提案した。さらに、*DVF* に基づいた延焼グラフを作成し、*DVF* とグラフの構成ノード数の値によって、マクロ・ミクロな視点から文化財への延焼危険性を大まかに4つに分類して把握した。これにより、延焼の危険性のある文化財と文化財周辺地区を明らかにすることができた。その結果、延焼の危険性の高い文化財の多くは、民家や町屋であり、多くが木造密集地帯に分布していることが明らかとなった。

本論では延焼限界距離の設定にあたり、北向きの風、風速 10m/s の場合という一定の条件を設定し、分析を行った。しかしながら、風向・風速は日によっても一定ではないため、北向き以外の風向や 10m/s 以外での風速を設定した場合、異なる結果が得られることも予想される。今後は、風向や風速を変化させた場合の延焼危険性の把握も行い、それぞれの風向・風速での延焼危険性の違いを比較分析することを課題としたい。なお、この風向の変更は、本章で提案した *DVF* の、*dilation* における操作の構造要素の向きを変更するのみのであるため、容易に分析可能である。このように構造別建物データが整備されていれば、本手法においては風向・風速等の設定条件の変更は容易に可能であり、汎用性の高い手法であるといえる。

また、本論の延焼グラフにおける議論において、安全とみなされた千本釈迦堂であるが、京都市の文化財建物の火災リスクをモンテカルロシミュレーションにより評価した先行研究^{17) 18)}においては、千本釈迦堂の火災のリスクが比較的高く評価されている。また、千本釈迦堂の周辺は木造家屋が密集しており、道路も狭いため、地震火災時には家屋の倒壊等で消防車が通行不可能になる等の消火活動の観点からみたらリスクも存在する。よって、本論で提案した *DVF* や延焼グラフにおける評価とあわせて、異なる手法による評価や、現況調査等をあわせて、総合的に文化財の延焼危険性の把握を行っていく必要があると考える。

注

- 注1) 調査範囲調査範囲を文化財ポリゴンの中心から半径 200m と設定したので、文化財の規模が大きい場合、半径 200m 内に周辺市街地の建物が殆ど含まれない 2 つの場合、すなわち、①施設の敷地は広いが、建物は小規模で、建物周辺に大規模な空地が存在する、②文化財の建物自体が大規模で、半径 200m の範囲のほとんどを文化財建物が占めている、という場合が考えられる。①の場合は周辺市街地から文化財建物へ延焼の危険性は無いものと判断され、問題はない。②のケースでは、周辺建物との距離が近いにも関わらず、調査範囲内に十分に周辺建物が含まれていないため、延焼危険性を計る資料としては不十分であると考えられる。②のケースで著しく問題があると考えられる、建物が半径 100m の範囲を超える文化財建物は、平安神宮、本願寺、真宗本願東本願寺の 3 施設である。
- 注2) 例えば裸木造、建物幅 $A=5\text{m}$ の場合の風下側の延焼限界距離 d^* は、次のように求められる。 $d^*=5.14 * 5^{0.41}=9.943535$
- 注3) 災の際に消防力が期待されないと仮定すると、各建物から構造別・建築面積に応じて延焼限界距離で卵形の dilation を施した際に、DVF バッファに一部でも含まれる建物は、dilation を施した建物（火災側建物）から延焼するものとみなすことができる。実際には受害側の建物構造によっても火災側建物からの延焼限界距離は異なるが、防火性能が高い建物でも開口部経路で類焼することが知られており、延焼限界距離は火災側建物の構造・規模によって決定されると仮定した。ただし、例えば、構造種別が異なる建物 A と B がある場合、それぞれの延焼限界距離を $d(A)$ 、 $d(B)$ とすると、 $d(A) \neq d(B)$ である。すなわち、延焼経路は異方性を示すことがある。しかし、延焼経路の異方性を考慮して市街地の延焼脆弱性を表現することは煩雑になる。この問題を回避するために延焼限界距離の半分の距離で dilation を施し、DVF バッファ相互に交わりがある場合に、いずれの建物が火災側となっても他方の建物に類焼するものとみなすことにした。このような考え方は防災まちづくり総プロに倣っている。
- 注4) DVF の場合も CVF と同様、ひとつの建物が火災になった場合の延焼限界距離に基づいている。集団火災となった場合には、火災側建物群からの延焼限界距離が大きくなるが、ここでは火災拡大にともなう延焼限界距離の増加は考慮していない。
- 注5) 北は御池通、南は五条通、東は河原町通り、西は堀川通に囲まれたエリアを差す。
- 注6) ここでは、相対的に評価することを目的として、便宜的に DVF およびノ

ード数の平均値を区分線として用いた。

参考文献

- 1) 国土交通省都市・地域整備局都市防災対策室, 「地震時等において大規模な火災の可能性があり重点的に改善すべき密集市街地」について,
http://www.mlit.go.jp/kisha/kisha03/07/070711_.html
- 2) Ohara, S. : A Quantitative Analysis of the Distribution and Form of Open Space in Urban Space. Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 2004
- 3) Washizaki, M. and Oikawa, K.:Quantitative Analysis of Gap between Buildings using Image Processing Method. Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 2005
- 4) Oikawa, K. A Geometrical Analysis of Fire Spreading Potential for Surrounding Areas of Cultural in Kyoto City. Journal of Asian Architecture and Building Engineering, 2007
- 5) 国土交通省国土技術政策総合研究所：総合技術開発プロジェクト「防災まちづくりにおける評価技術・対策技術の開発」, 2003
- 6) 加藤孝明ら：建物単体データを用いた全スケール対応・出火確率統合型の地震火災リスクの評価手法の構築, 地域安全学会論文集 (6) , 149-154, 2004.11
- 7) 阿部英樹, 糸井川栄一：延焼経路ネットワークを用いた市街地防火対策における整備優先順位の最適化, 地域安全学会論文集 (5) , 141-148, 2003-11
- 8) 阿部英樹, 糸井川栄一, 繁野麻衣子：実市街地データへの難燃化整備計画問題の適用可能性, 地域安全学会論文集 (6) , 149-154, 2004-11, 2004
- 9) Matsumiya, K and Oikawa K. (2010) Evaluation of Fire Spreading Potential around Cultural Property Buildings~A Case Study of Historical City Kyoto~. 8th International Symposium on Architectural Interchanges in Asia
- 10) 京都市情報館：次期京都基本計画説明資料, 政策分野 <都市づくり(建築物の安心安全)>
http://www.city.kyoto.lg.jp/sogo/cmsfiles/contents/0000075/75960/220208_08-2_kentikubutunoansinanzanA4.pdf
- 11) 京都市：京都市防災都市づくり計画, 2007

- 12) 京都市情報館：歴史都市京都における密集市街地対策等の取組方針，
2012<http://www.city.kyoto.lg.jp/tokei/cmsfiles/contents/0000102/102185/torikumihoushin.pdf>
- 13) 京都市：第3次被害想定，2012
http://www.city.kyoto.lg.jp/gyozai/cmsfiles/contents/0000015/15600/3_3_2.pdf
- 14) 国土交通省国土技術政策総合研究所(2007)：プロジェクト研究報告「都市地域の社会基盤・施設の防災性能評価・災害軽減技術の開発」
- 15) 損害保険料率算出機構（2005）：市街地特性を考慮した地震火災の延焼危険評価手法の開発
- 16) 独立行政法人 消防研究所独立行政法人 消防研究所（2004）：阪神・淡路大震災における阪神・淡路大震災における火災からの教訓
- 17) 樋本圭佑・田中哮義：京都市内にある文化財建造物の地震火災による焼失リスク，京都大学防災研究所年報，第54号B，2012年6月
- 18) 雪本友希：京都市内に点在する文化財建築物の地震火災による焼失リスク，京都大学卒業論文，2010年2月

第6章 新たな避難所設置のケーススタディ

- 6.1 はじめに
- 6.2 避難所設置候補の抽出
- 6.3 新たな避難所設置のケーススタディ
- 6.4 まとめ

第6章 新たな避難所設置のケーススタディ

6.1 はじめに

第4章では、京都市において、指定避難所の施設容量の充足度の把握を試みたが、屋内のみの利用では、ほぼ全ての学区において著しく施設容量が不足しているものの、屋外空間も含めれば、避難所の収容人数は大幅に増加し、施設容量の不足は大方解消されることがわかった。しかし、屋外空間を利用した場合でも、いくつかの元学区では依然として容量が不足している状況である。

そこで、本章では新たな避難所設置の提案を行うこととする。ここまで、4章では京都市の元学区単位での屋外空間も含めた避難所の収容人数を算出し、施設容量が不足している学区を明らかにしており、また3章において京都市内の寺社境内を避難所として活用した場合の、収容人数を算出している。さらに5章において、寺社をはじめとする文化財の延焼危険性の評価を行っている。それらの結果を元に、避難所の容量が不足している元学区において、屋外避難の収容人数が十分確保でき、かつ延焼危険性の低い寺社^{注1)}の境内を新たな避難所として設定した場合のケーススタディを行う。

6.2 避難所設置候補の抽出

6.2.1 夜間人口

夜間人口に対する超過人口をみると、大宮学区が13278人と特出して多く、次いで松尾学区8562人・久我学区8362人となっている（表6-1）。ここに、第5章で延焼危険性を評価した文化財に指定されている寺社境内を、プロットした（図6-2）。

図をみると、最も超過人口の多い大宮学区には文化財に指定されている寺社境内は存在しない。しかしながら、大宮学区と上賀茂学区との堺に上賀茂神社があり、延焼危険性が低く、避難所として活用するにも安全だと考えられる。そこで、大宮学区に対する新たな避難所として、上賀茂神社を提案する。

大宮学区に次いで、松尾学区・久我学区・西院第一学区の超過人口が多くなっているが、収容率はいずれも35%以上と比較的高いので、ここでは、学区内に避難所がないため、収容率が0%であり、超過人口も6341人と多くなっている浄楽学区を新たな避難所設置を提案する対象として選定した。浄楽学区には延焼危険性の低い吉田神社が存在するため、吉田神社の境内を避難所として活用した場合を想定した。

表 6-1 超過人口ランク（夜間人口）

元学区	区	昼間人口(人)	収容人数(人)						収容率(%)			超過人口(人)		
			屋内	屋外		合計		屋内	屋外		屋内	屋外		
				緑地含む	緑地除外	緑地含む	緑地除外		緑地含む	緑地除外				
大宮	北	19255	452	7594	5525	8046	5977	2.3	41.8	31.0	18803	11209	13278	
松尾	西京	29305	1481	37176	19262	38657	20743	5.1	131.9	70.8	27824	0	8562	
久我	伏見	15091	707	9759	6022	10466	6729	4.7	69.4	44.6	14384	4625	8363	
西院第一	右京	10654	280	5464	3650	5744	3930	2.6	53.9	36.9	10374	4910	6724	
浄楽	左京	6431	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	6431	6431	6431	
竹田	伏見	9440	363	4530	3158	4893	3521	3.8	51.8	37.3	9077	4547	5920	
住吉	伏見	8888	324	3941	2915	4265	3239	3.6	48.0	36.4	8564	4623	5649	
修学院	左京	30393	1525	35820	23462	37345	24987	5.0	122.9	82.2	28868	0	5406	
仁和	上京	9845	352	3931	4094	4283	4446	3.6	43.5	45.2	9493	5563	5399	
松ヶ崎	左京	7346	284	3708	1688	3992	1972	3.9	54.3	26.8	7062	3354	5374	
北白川	左京	8738	418	4922	3225	5340	3643	4.8	61.1	41.7	8320	3398	5096	
朱雀第五	中京	8101	324	5179	3072	5503	3396	4.0	67.9	41.9	7777	2598	4705	
西院第二	右京	8411	352	4321	3506	4673	3858	4.2	55.6	45.9	8059	3739	4553	
七条	下京	7790	243	5337	3298	5580	3541	3.1	71.6	45.5	7547	2211	4249	
鳳徳	北	6626	288	3984	2399	4272	2687	4.3	64.5	40.5	6338	2354	3939	
乾	中京	3732	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	3523	3523	3732	
梅屋	中京	3369	242	0	0	242	242	7.2	7.2	7.2	3127	3127	3127	
淳風	下京	3065	0	0	0	0	0	0.0	0.0	0.0	3065	3065	3065	
上鳥羽	南	8344	242	6451	5119	6693	5361	2.9	80.2	64.2	8102	1651	2983	
下鳥羽	伏見	8498	283	6304	5579	6587	5862	3.3	77.5	69.0	8215	1911	2636	

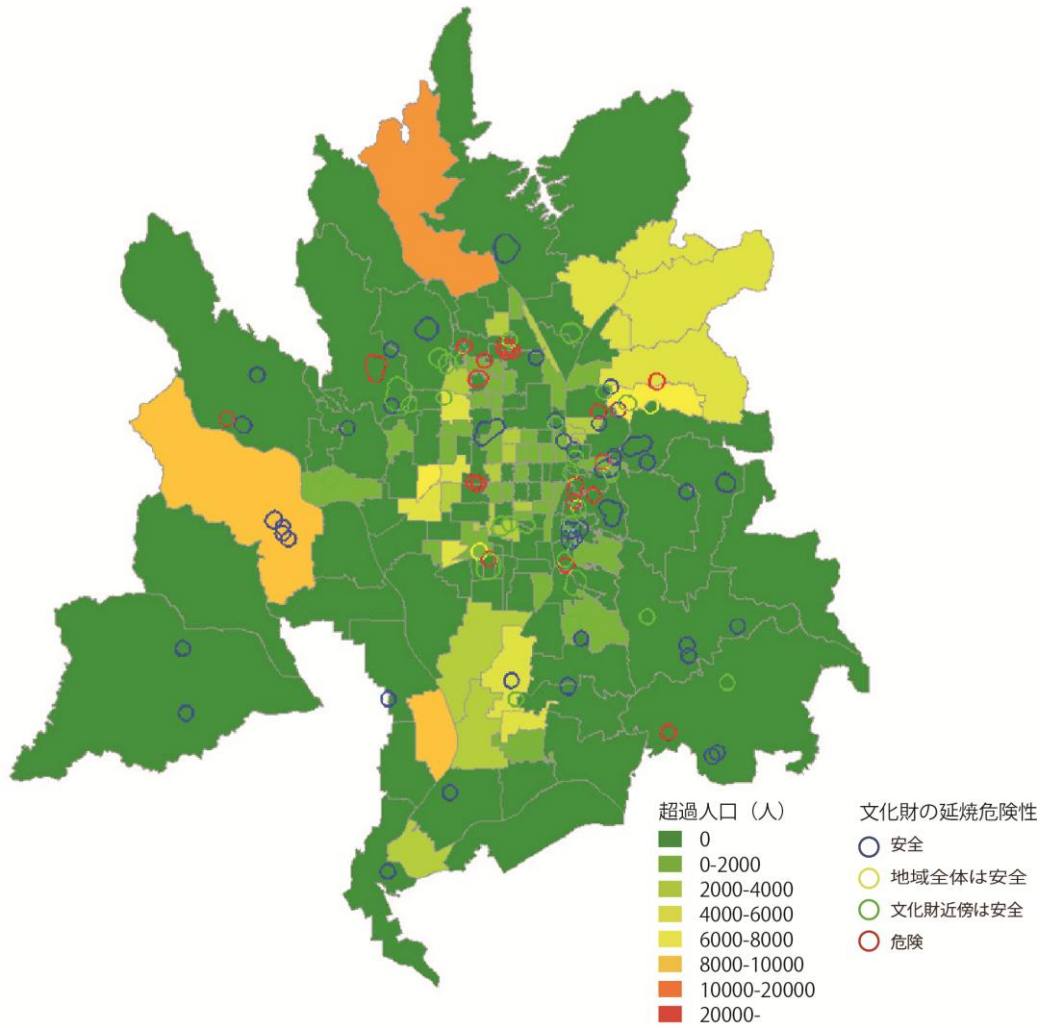


図 6-1 総合評価による分類と夜間超過人口

6.2.2 昼間人口

昼間人口に対する超過人口は、上鳥羽学区が 21309 人、皆山学区が 20220 人と多く、室町学区 12902、吉祥院学区 12155 人と続く（図 6-2）。この図に第5章で延焼危険性を評価した文化財に指定されている寺社をプロットすると、最も超過人口の多い上鳥羽学区には調査対象とした寺社は存在しないので、次に超過人口の多い皆山学区にある東本願寺を新たな避難所として提案する。東本願寺は延焼危険性のカテゴリー分類によると、DVF が高いため地域全体としての延焼の危険性は高いものの、文化財を含むノード数が 26 と少ないので^{注2)}（図 6-5）、近隣の建物からの延焼を防ぐことが比較的容易のため、避難所としても適切であると考える。

その他の超過人口の多い学区の昼間人口に対する避難所の収容率をみると、室町学区が 50.2%、吉祥院学区が 70.1%と高くなっており、人口に対する比率としては、比較的施設容量の充足度は高いと考えられる。また、それに続いて超過人口の多い豊岡学区や立誠・明倫学区の周辺には提案対象となる寺社が存在しないので、近くに対象となる神社の存在する滋野学区を新たな避難所を設置する対象として選定した。新たな避難所として提案する寺社は、滋野学区の東に位置する春日学区の学区界にある下御霊神社とした。下御霊神社は文化財を含むノード数は 52、DVF は 35.45%と、延焼の危険性からみても比較的安全であるため^{注3)}、避難所として適切であると考えられる。

表 6-2 超過人口ランク（昼間人口）

元学区	区	昼間人口(人)	収容人数(人)					収容率(%)			超過人口(人)		
			屋内	屋外		合計		屋内	屋外		屋内	屋外	
				緑地含む	緑地除外	緑地含む	緑地除外		緑地含む	緑地除外		緑地含む	緑地除外
上鳥羽	南	26670	242	6451	5119	6693	5361	0.9	25.1	20.1	26428	19977	21309
皆山	下京	23192	384	3422	2587	3806	2971	1.7	16.4	12.8	22808	19386	20221
室町	上京	25895	1461	13642	11532	15103	12993	5.6	58.3	50.2	24434	10792	12902
吉祥院	南	40646	2136	35013	26355	37149	28491	5.3	91.4	70.1	38510	3497	12155
豊園	下京	13504	459	730	2180	1189	2639	3.4	8.8	19.5	13045	12315	10866
立誠	中京	11920	168	3439	1574	3607	1742	1.4	30.3	14.6	11752	8313	10178
明倫	中京	11485	402	1357	1423	1759	1825	3.5	15.3	15.9	11083	9726	9661
滋野	上京	11933	280	3462	3144	3742	3424	2.3	31.4	28.7	11653	8191	8509
成徳	下京	14554	477	6128	6854	6605	7331	3.3	45.4	50.4	14077	7949	7223
銅駝	中京	8299	284	1825	2018	2109	2302	3.4	25.4	27.7	8015	6190	5997
朱雀第五	中京	8977	324	5179	3072	5503	3396	3.6	61.3	37.8	8653	3474	5581
永松	下京	5633	320	0	0	320	320	5.7	5.7	5.7	5313	5313	5313
京極	上京	7767	250	4400	2301	4650	2551	3.2	59.9	32.8	7517	3117	5216
柳池	中京	8205	448	3807	2631	4255	3079	5.5	51.9	37.5	7757	3950	5127
龍池	中京	6370	410	757	1292	1167	1702	6.4	18.3	26.7	5960	5203	4669
竹間	中京	6443	1706	4258	94	5964	1800	26.5	92.6	27.9	4737	480	4643
日彰	中京	8537	1331	6492	2649	7823	3980	15.6	91.6	46.6	7206	714	4557
初音	中京	6551	280	3381	2419	3661	2699	4.3	55.9	41.2	6271	2890	3852
梅屋	中京	3924	242	0	0	242	242	6.2	6.2	6.2	3682	3682	3682
尚徳	下京	4210	457	2379	161	2836	618	10.9	67.4	14.7	3753	1374	3592

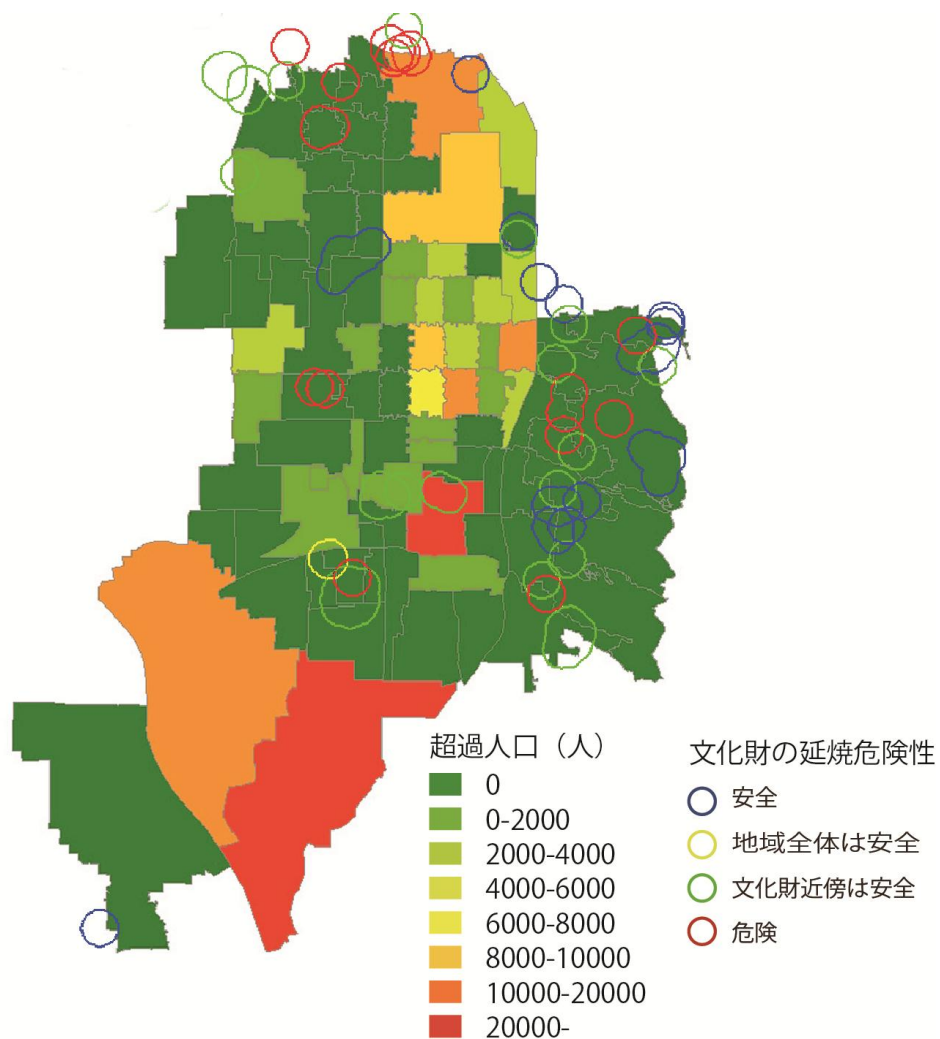


図 6-2 総合評価による分類と超過人口 (昼間人口)

6.3 新たな避難所設置のケーススタディ

前節では、避難所の収容人数が不足している元学区における新たな避難所として適した寺社境内を抽出した。そこで、本節では、各寺社境内を避難所として活用した場合に、それぞれの元学区においてどの程度収容人数の不足が緩和されるかを検証する。

6.3.1 上賀茂神社／大宮学区

大宮学区は学区域が広いいため夜間人口 19255 人と他の学区と比べても夜間人口が多くなっており、それに対して、指定避難所の屋内のみの収容人数は 452 人と非常に少なく、人口の僅か 2.3%しか収容できない（図 6-3）。これに指定避難所の屋外空間も含めると、収容人数は 5977 人まで増加し、収容率も 31%となる。しかしながら、依然として超過人口は 13278 人と他の学区と比較しても非常に多くなっている。そこで、大宮学区に隣接する上賀茂神社境内を新たな避難所として活用した場合を想定する。

1 m²/人を基準とした災害時の避難所設置基準である半径 $r=5.5m$ の有効空地面積を計量したところ、22457.0 m²存在し、2457 人収容可能である。この結果、上賀茂神社の境内空間を含めた場合、学区全体の収容人数は 30553 人まで増加し、学区内総ての人を収容可能である。

上賀茂神社は建物や緑地が集約しているため、まとまった空地が存在し、多くの人を収容することができることが確認された。また境内周辺には緑地があるため、文化財を含むノード数が 3 と非常に少なく、周囲の建物からの延焼危険性も低く、比較的 안전한避難所であるといえる。

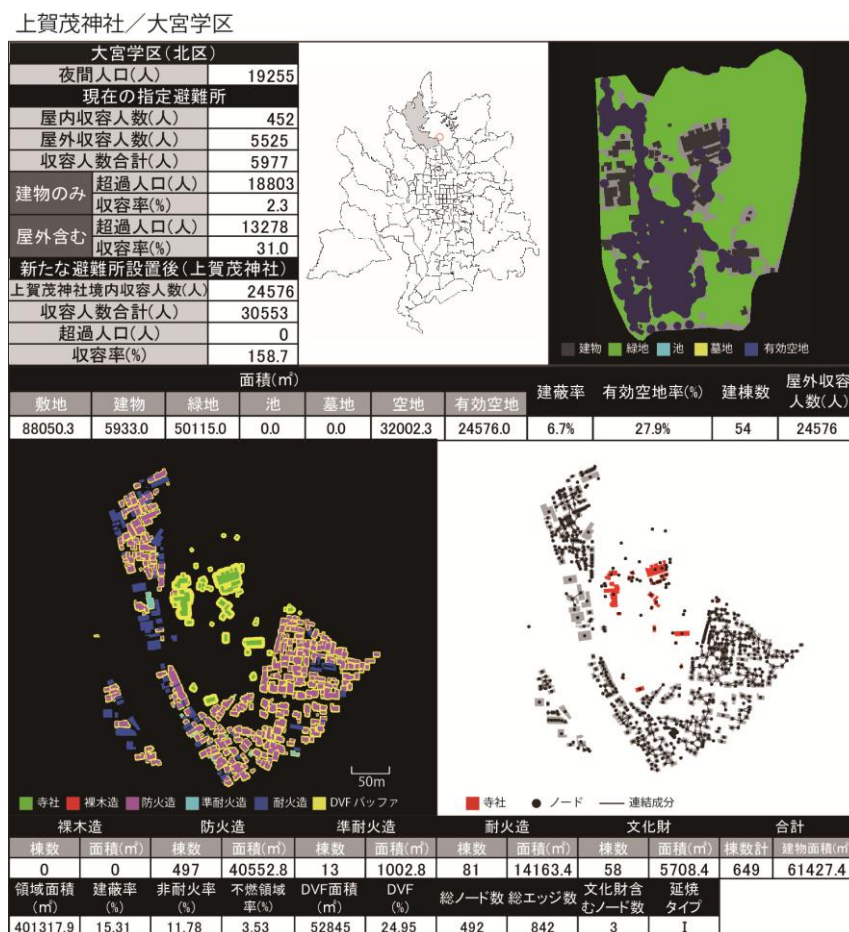


図 6-3 大宮学区における上賀茂神社のケーススタディ

6.3.2 吉田神社／浄楽学区

京都市の東山手に位置する浄楽学区は低層の住宅街が占めており、その夜間人口は 6431 人と、その他の学区と比較して特別に多くはないものの、学区内に指定の避難所が無い場合、新たな避難所設置の必要性が高いといえる（図 6-4）。学区の西側に位置する吉田神社は、DVF 値が 26.8%と低く、文化財を含むノード数も 11 と少ないため、周囲からの延焼の危険性が低く、避難所として安全だと考えられるので、ここでは、吉田神社を新たな避難所として利用した際の、収容人数の計量を行った。

吉田神社の有効空地面積を計量したところ、9018.0 m²存在し、9018 人が収容可能である。これより、吉田神社のみで、浄楽学区の人口を総て収容可能であることがわかった。

吉田神社は敷地面積が非常に広く建物も少なく建蔽率は低いものの、その大半が緑地で占められており、有効空地が多く取れないことが予想されたが、浄楽学区の人口に対しては十分の面積を確保できることが確認された。

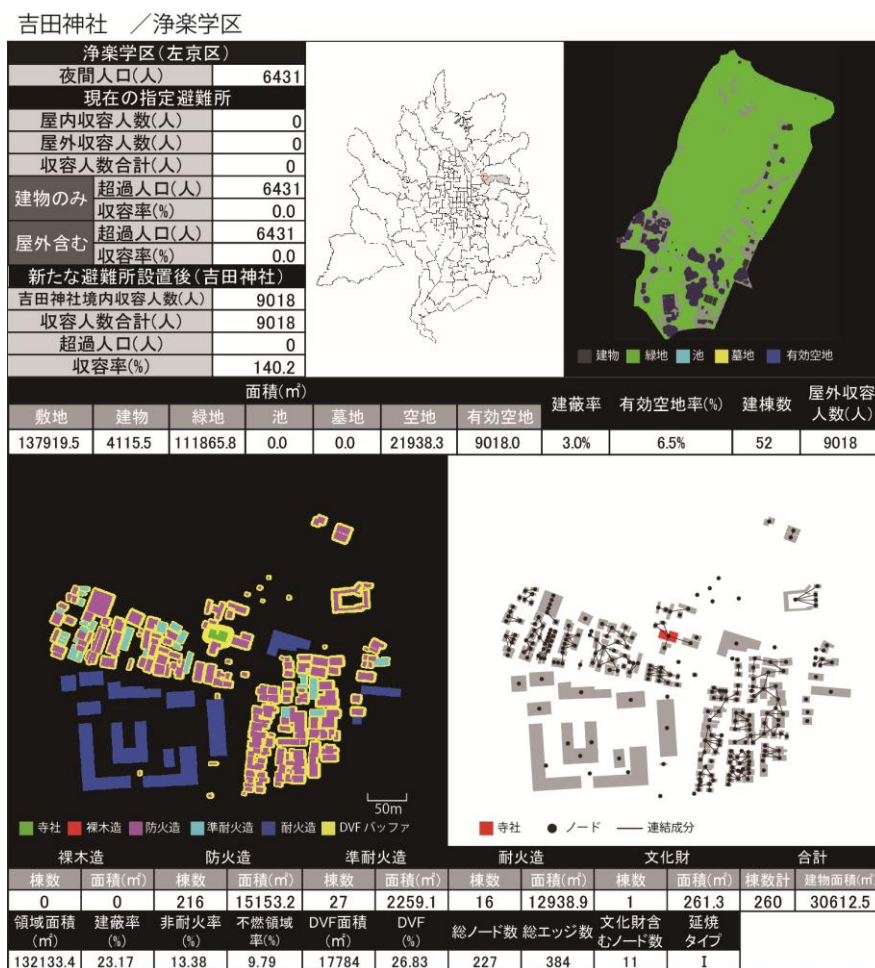


図 6-4 浄楽学区における吉田神社のケーススタディ

6.3.3 東本願寺／皆山学区

皆山学区は京都駅からも近く、市内の中心に位置しているため、昼間人口は23192人と、吉祥院学区・上鳥羽学区・室町学区に次いで4番目に多くなっている。それに対し、指定避難所の屋内のみの収容人数は384人と非常に少なく、昼間人口の僅か1.7%となっている（図6-5）。これに指定避難所の屋外空間も含めると、収容人数は2971人まで増加し、収容率も12.8%となるが、依然として超過人口は20221人と他の学区と比較しても多くなっている。そこで、学区の北部に位置する東本願寺境内を新たな避難所として活用した場合を想定した。

東本願寺の有効空地面積を計量したところ、4370.8㎡存在し、4370人収容可能である。この結果、東本願寺の境内空間を含めた場合、学区全体の収容人数は7341人まで増加し、学区内昼間人口の31.7%を収容可能である。

東本願寺は市街地に位置するため、DVFは51.29%と高いものの、周囲を道路に囲まれているため、文化財を含むノード数が26と少なくなっており、延焼の危険性は比較的少ないと考えられる。

東本願寺／皆山学区

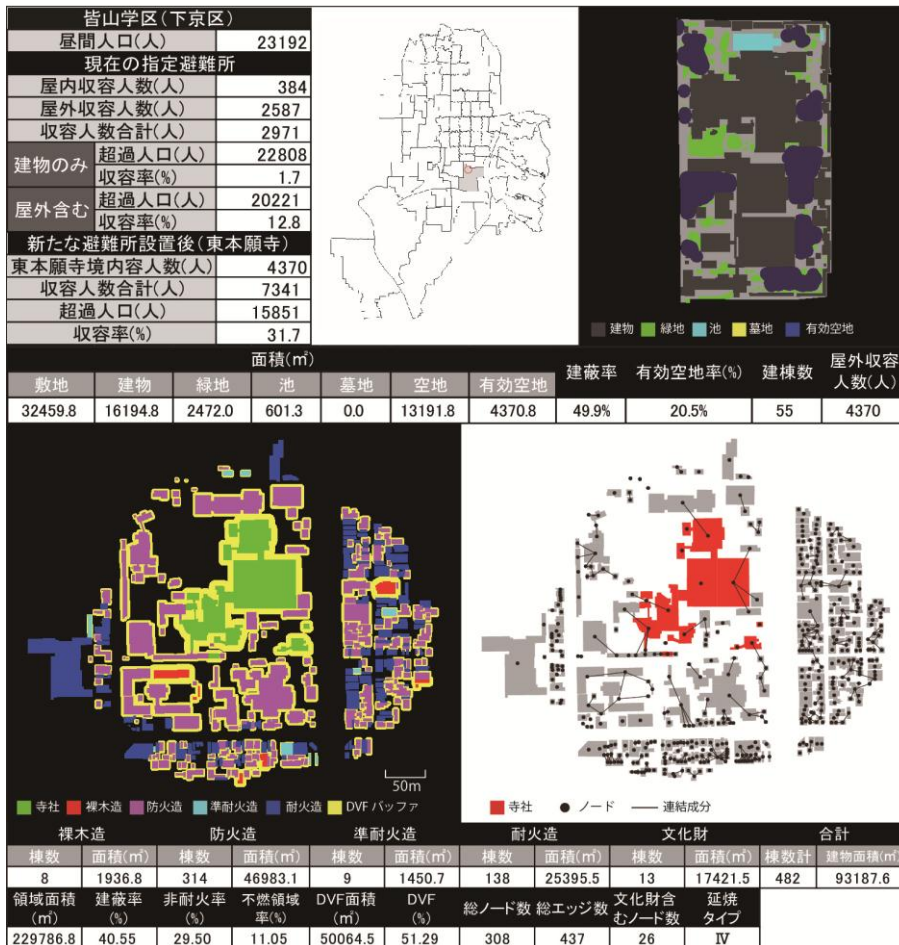


図6-5 皆山学区における東本願寺のケーススタディ

6.4 まとめ

本章では、京都市の元学区の中でも夜間人口および昼間人口に対する避難所の容量が不足している元学区を対象に、延焼危険性の低い寺社境内を新たな避難所として活用した場合に、どの程度不足状況が解消されるかの検証を行った。その結果、今回ケーススタディを行った大宮学区・浄楽学区の夜間人口に対しては、上賀茂神社・吉田神社をそれぞれ新たな避難所として活用した場合、十分な容量を有していることが確かめられた。また、通勤・通学者が多い皆山学区では、東本願寺を避難所として活用することで、避難所の容量不足は大きく改善されることが確かめられた。滋野学区においては、小規模な寺社境内を対象に検証を行ったが、屋外空間を活用すれば、ある程度の収容人数を確保することができ、小規模な寺社境内でも避難所として有効に活用できることが確かめられた。

今回は第5章で対象とした指定文化財の寺社境内のみを対象としたが、京都市には文化財に指定を受けていない寺社境内も存在しており、それらを含めて新たな避難所を選定すべきである。また屋外空間の収容人数だけでなく、屋内の設備の整備状況も含めて考慮して、新たな避難所として適している場所を提案することを今後の課題としたい。

また、本論では京都市の避難所や寺社境内・文化財を対象に、新たな避難所設置に向けた議論を進めてきたが、本手法は、屋外空間も含めた避難所の収容人数の把握を行い、寺社境内をはじめとした文化財の延焼危険性を評価し、寺社境内等を新たな避難空間としての提案する計画の検討手順として、その他の地域においても一般的に適用可能だと考えられる。本論で述べてきた、データ整備から、円掃過法とDVFを用いた分析・新たな避難所の提案までのフローを作成し、汎用化に向けて、本手法の流れを整理することで、本章のまとめとしたい(図6-7)。

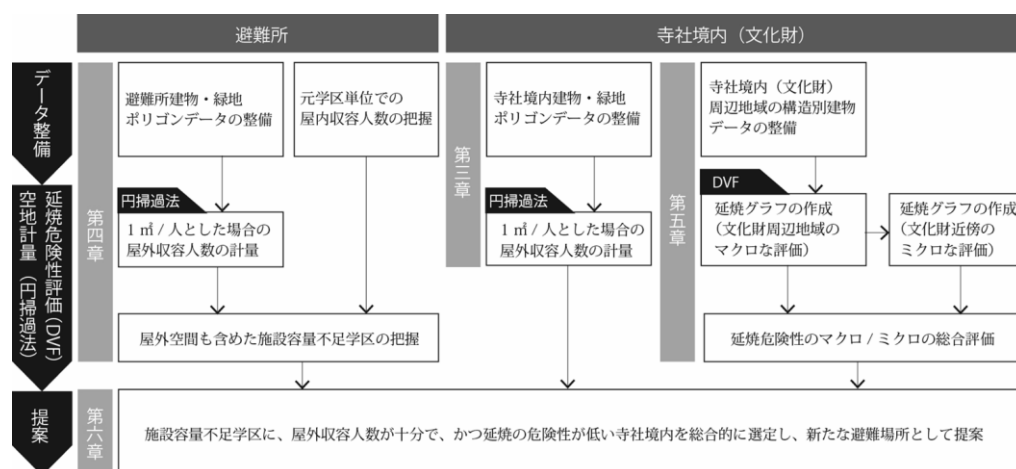


図6-7 寺社境内を活用した新たな避難所提案へのフロー

注

- 注1) 寺社境内の中でも第5章で延焼危険性の評価を行った文化財を対象とし、ケーススタディを行う。文化財は火災などの被害から免れるように防災措置をとる必要があるため、文化財自体を守るだけでなく、避難所としての安全性も確保できると考えたからである。
- 注2) 本章では、文化財を含むノード数の評価は、第5章で対象とした全ての文化財建物の平均（約100）を基準として、それより少ないものを比較的安全と相対的に評価した。
- 注3) 本章では、DVFの評価は、第5章で対象とした全ての文化財建物の平均（約43.9%）を基準として、それより少ないものを比較的安全と相対的に評価した。

第7章 総括と今後の展望

7.1 各章の要約

7.2 本研究の意義と今後の展望

第7章 総括と今後の展望

7.1 各章の要約

最後に各章について概観し、それらを総括した後に、今後の研究の展望について述べる。

第1章 モルフォロジーを援用した計量手法の提案

第1章では、本研究の主題となるモルフォロジーの基本演算である dilation (拡大) と erosion (縮小) ,およびそれらの操作を組み合わせた opening と closing について、基本概念を述べた後に、モルフォロジーにおける closing を援用した空地の計量手法である円掃過法と、dilation を援用した延焼危険性のマクロ評価指標である DVF の提案を行った。また、本研究では建物配置データとしてポリゴンデータを用いるが、解析の際には画像データに変換する必要があるため、配置図とモルフォロジーの演算に用いる構造要素のデジタル処理の方法について言及した。

第2章 大都市における隙間の計量への適用

第2章では、建物間の隙間を幾何学的に定義し、画像処理技法による隙間の定量化手法を円掃過法として提案した。また、円掃過法を東京 23 区および大阪 24 区における建物配置に適用することにより、都市空間における隙間の量的分布様態を把握し、さらに建蔽率や周長率・連結成分密度といった建物密度指標と、そと隙間の面積の割合との相関について分析・考察した。また、一般に建物が多いほど人口密度は高くなると考えられるため、人口密度との関連の把握も合わせて行った。その結果、隙間率（ネット密度）は、東京 23 区においては掃過円の半径 r が 0.5, 1.0, 1.5 (m) のとき、それぞれ 0.9, 2.5, 4.1 (%), 大阪 24 区においてはそれぞれ、0.8, 1.7, 2.6 (%) と計量され、狭小な隙間もその総和をみると、市街地においては無視できない面積を占めていることが明らかにされた。また、隙間率の高い地域の分布状態をみると、東京 23 区では山手線沿線に環状に連なる地域に集中し、大阪では JR 大阪環状線外周沿いに連担していることがわかった。さらに、隙間率と建物密度指標（建蔽率・周長率・連結成分密度）とは相関がみられ、特に周長率とは非常に強い相関がみられた。

第3章 大都市における寺社境内の防災活用に関する分析

第3章では、民間空地の中でも市街地にも広く存在し、都市内オープンスペースとしての利活用が期待される寺社境内に焦点を当て、名古屋市・東京都・大阪市・京都市および阪神地域を対象として、その都市内における寺社境内の数密度や分布特性、および敷地自体の形状や接道率等を分析し、寺社境内の都市内空地としての有用性の評価を行った。さらに、実際に境内がオープンスペースとして機能しうる有効な空地をどれだけ備えているかを計量するため、寺社境内の敷地・建物・緑地ポリゴンデータの整備が整っている阪神地域・および京都市を対象として、避難空間として活用する場合を想定して掃過円の半径を設定し、円掃過法により有効空地を計量した。

その結果、寺院と神社では都市内分布と敷地形態特性には差異がみられ、寺院は神社より数密度が高いが、凝集分布の傾向にあり、これに対して神社はランダム分布に近い上、接道率も高いという結果が得られた。また円掃過法による有効空地の解析からも、神社境内は寺院境内と比較し、大規模な有効空地を有しているということが明らかとなった。すなわち、定量的には、神社境内の方が寺院境内と比べ、都市生活者に公平に開放的な空地を提供でき、さらに使用可能な有効性の高い境内空地を有しているという意味で、都市内空地として、とりわけ避難場所としての利活用の可能性が高いという事が示唆された。

第4章 京都市における避難所収容人数の定量的把握

第4章では、第3章と同様に円掃過法を用いて、京都市内で指定されている避難所の屋内空間に加え、屋外空間の活用も想定した収容人数を元学区単位で集計し、夜間人口および昼間人口に対する、その充足度の把握を試みた。なお、屋外空間の計量に際しては、緑地を空地として扱った場合と、緑地を空地から除外した場合と、2通りで有効空地の計量を行った。これにより、全ての緑地が有効空地として使用できた場合（最大の有効空地）と、全て使用できなかった場合（最小の有効空地）の計量結果が示されることとなり、実際の有効空地の量は、この間の値となる。

そしてその結果、屋内のみの利用では、ほぼ全ての学区において著しく施設容量が不足していることが明らかとなった。一方、屋外空間も含めれば、避難所の収容人数は大幅に増加し、施設容量の不足は大方解消されることがわかった。しかしながら、大宮学区や皆山学区等、屋外空間を避難所として活用してもなお、収容人数が十分に確保できない地域も確認された。

第5章 文化財周辺建物の延焼危険性に関する定量的評価

第2章から第4章までは、モルフォロジーにおける closing という操作を援用した、円掃過法を用いて、都市の隙間や寺社境内、避難所の敷地内の有効空地を計量してきたが、第5章では、モルフォロジーにおける dilation という操作を援用した手法を用い、構造要素の円を卵型に置き換えて、地域特性としての風向・風速を考慮した延焼危険性のマクロ評価指標である DVF (Dilated Volume Fraction) を求め、文化財周辺地域全体の延焼危険性の評価を行った。さらに、その結果から延焼グラフを作成し、火災が発生した場合に文化財へ連単する延焼クラスターを抽出し、京都市の文化財の近傍の延焼危険性の評価を行った。最後に、DVF というマクロな指標と、延焼グラフといったミクロな指標をあわせて、文化財の延焼に対する脆弱性の総合評価を行った。

その結果、延焼の危険性の高い文化財の多くは、民家や町屋であり、多くが木造密集地帯に分布していることが明らかとなった。特に延焼の危険性が高いのは、船岡旅館や富田屋であることが示された。

第6章 新たな避難所設置のケーススタディ

第4章では、京都市において、指定避難所の施設容量の充足度の把握を試みたが、そこでは屋内のみの利用では、ほぼ全ての学区において著しく施設容量が不足しているものの、屋外空間も含めれば、避難所の収容人数は大幅に増加し、施設容量の不足は大方解消されるという結果が得られた。しかし、屋外空間を利用した場合でも、いくつかの元学区では依然として容量が不足している状況である。

そこで、第6章では新たな屋外空間を含めた場合でも、施設容量が不足している元学区を対象として、新たな避難所設置の提案を行った。第3章において京都市内の寺社境内を避難所として活用した場合の、収容人数を算出しており、さらに第5章において、寺社をはじめとする文化財の延焼危険性の評価を行っているので、それらの結果を元に、施設容量が不足している延焼危険性の低い寺社の境内を新たな避難所として設定した場合のケーススタディを行った。対象は、夜間人口に対する施設容量不足の大宮学区の賀茂神社と、浄楽学区の吉田神社、および昼間人口に対する施設容量が不足している皆山学区の東本願寺と、滋野学区の下御霊神社である。その結果、今回ケーススタディを行った大宮学区・浄楽学区の夜間人口に対しては、上賀茂神社・吉田神社をそれぞれ新たな避難所として活用した場合、十分な容量を有していることが確かめられた。また、通勤・通学者が多い皆山学区では、東本願寺を避難所として活用することで、避難所の容量不足は大きく改善される

ことが確かめられた。滋野学区においては、小規模な寺社境内を対象に検証を行ったが、屋外空間を活用すれば、ある程度の収容人数を確保することができ、小規模な寺社境内でも避難所として有効に活用できることが確かめられた。

また、本論では京都市の避難所や寺社境内・文化財を対象に、新たな避難所設置に向けた議論を進めてきたが、本論で述べてきた、データ整備から、円掃過法と DVF を用いた分析・新たな避難所の提案までのフローを作成することで、その汎用化に向けて本手法の流れを整理した。

7.2 本研究の意義と今後の展望

前節において、本論の内容の要旨とその展開過程の概略を示した。これらの内容をもとに本論文の具体的な意義を要約すると、次のようにまとめられる。

- ① 建物配置の解析を行う上で、モルフォロジーにおける closing や dilation といった操作を援用した画像処理技法を用いることで、解析における実際の計算時間を短縮した。
- ② 空地の中でも、建物に挟まれたある規模以下の空地である「隙間」と、ある規模以上の集約された空地である「有効空地」を定義し、その計量手法である「円掃過法」を提起し、実際に適用することで、その有用性を検証した。
- ③ 「円掃過法」は、構造要素である掃過円の半径の設定により、目的に応じた隙間や有効空地を抽出・計量することが可能であり、また、建物配置図さえあれば適用することができるため、建物配置分析において汎用性の高い計量手法である。
- ④ 「円掃過法」を、東京 23 区および大阪 24 区における建物配置に適用することにより、都市空間における隙間の量的分布様態を把握した。
- ⑤ 「円掃過法」を大都市における寺社境内に適用し、公共空地の代替として、避難所やオープンスペースとしての潜在的価値を明らかにした。
- ⑥ 「円掃過法」を用いて、京都の避難所の屋外空間も含めた場合の収容人数を算出し、その不足の状況を明らかにした。
- ⑦ 地域特性としての風向と風速を考慮した延焼危険性のマクロ評価市指標 DVF (Dilated Volume Fraction) を提案し、文化都市京都の文化財周辺地区に適用し、延焼危険地域の抽出を行い、ランク付けを行った。
- ⑧ 本論で議論してきた寺社境内を新たな避難空間として提案する検討手順の一般化を目的として、データ整備から、円掃過法と DVF を用いた分析・新たな避難所の提案までのフローを作成し、本手法の流れの整理を行った。

- ⑨ 京都市を対象として、屋外空間を含めた場合でも、施設容量が不足している元学区において、新たな避難所設置の提案を行い、その改善度の検証を行った。

本論では、円掃過法を、大都市における隙間の計量や、寺社境内の避難場所としての使用を目的とした有効空地の計量に使用したが、本手法は目的別に掃過円の半径が設定できるため、汎用性が高く、様々な事象の分析に活用可能であると確信している。そこで、今後は、今回解析を行った対象や目的以外においても本手法を活用し、様々な分野への応用を通して方法の応用性を検証するとともに、手法の確立を進めていきたいと思う。

APPENDIX

- I 東京 23 区・大阪 24 区の間隙率の分布
- II 東京 23 区・大阪 24 区の高間隙率エリア
- III 京都市の寺社境内の有効空地計量結果
- IV 京都市の避難所の有効空地計量結果
- V 京都市の文化財の DVF 図と延焼グラフ

APPENDIX I 東京 23 区・大阪 24 区の隙間率の分布

第 2 章にて、東京 23 区と大阪 24 を対象に、円掃過法を用いて建物間の隙間の抽出を行った結果得られたデータをここでは扱う。東京 23 区と大阪 24 区における隙間の分布図を隙間率を段階的に設定して示す。ここでは 100 m メッシュにおいて隙間率を測ることとする。

次頁以降に示す分布図の順序については、半径 $r=0.5\text{m}$ の隙間を黄色、 $r=1.0\text{m}$ を緑色、 $r=1.5\text{m}$ を赤色に表示する。それぞれの分布図については、隙間率の低い順に載せている。したがって、最後に載せている分布図が最も隙間率の高い地域を示している。



東京 隙間率 $\lambda 0.5 : 0.5\%$ 100 m Mesh



東京 隙間率 $\lambda 0.5 : 2.0\%$ 100 m Mesh



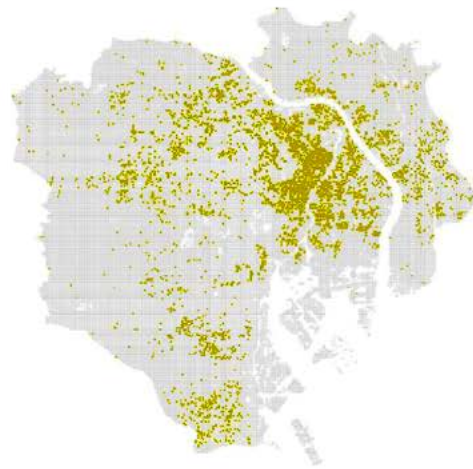
東京 隙間率 $\lambda 0.5 : 1.0\%$ 100 m Mesh



東京 隙間率 $\lambda 2.5 : 0.5\%$ 100 m Mesh



東京 隙間率 $\lambda 0.5 : 1.5\%$ 100 m Mesh



東京 隙間率 $\lambda 0.5 : 3.0\%$ 以上 100 m Mesh



東京 隙間率 λ 1.0 : 1.0% 100 m Mesh



東京 隙間率 λ 1.0 : 4.0% 100 m Mesh



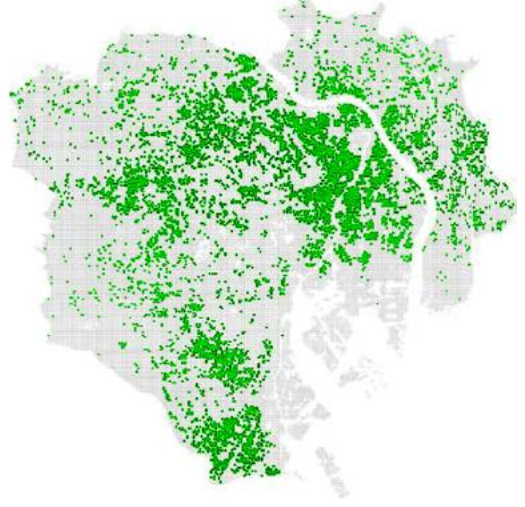
東京 隙間率 λ 1.0 : 2.0% 100 m Mesh



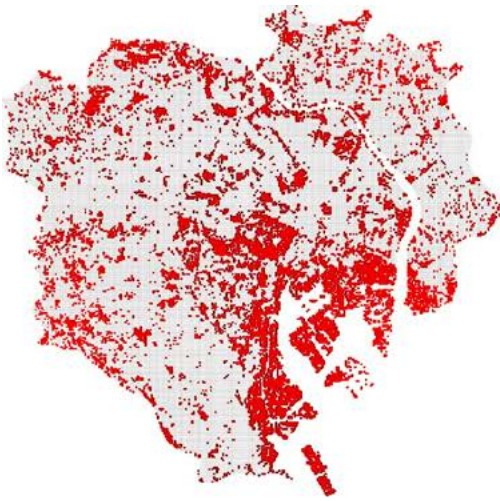
東京 隙間率 λ 1.0 : 5.0% 100 m Mesh



東京 隙間率 λ 1.0 : 3.0% 100 m Mesh



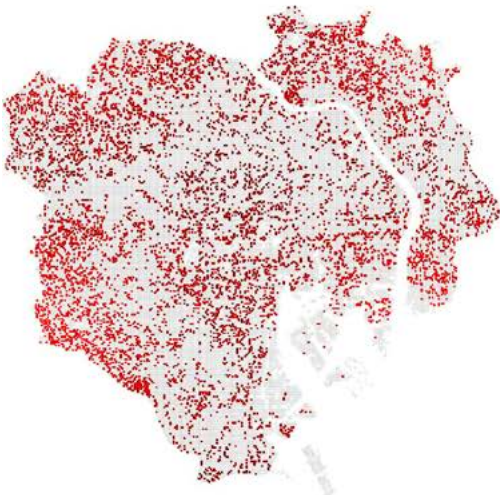
東京 隙間率 λ 1.0 : 6.0% 以上 100 m Mesh



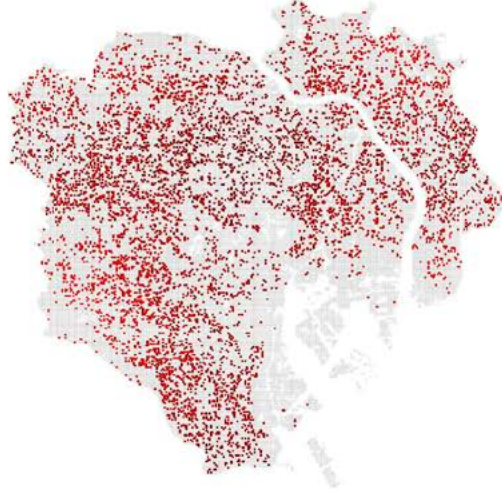
東京 隙間率 $\lambda 1.5$: 1.5% 100 m Mesh



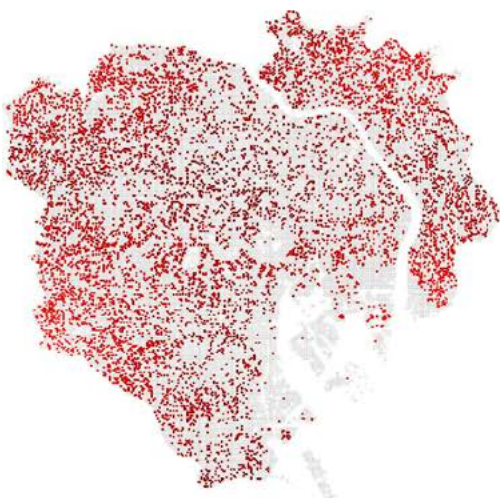
東京 隙間率 $\lambda 1.5$: 6.0% 100 m Mesh



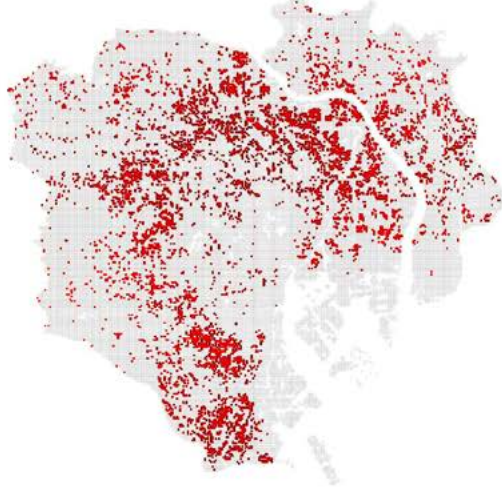
東京 隙間率 $\lambda 1.5$: 3.0% 100 m Mesh



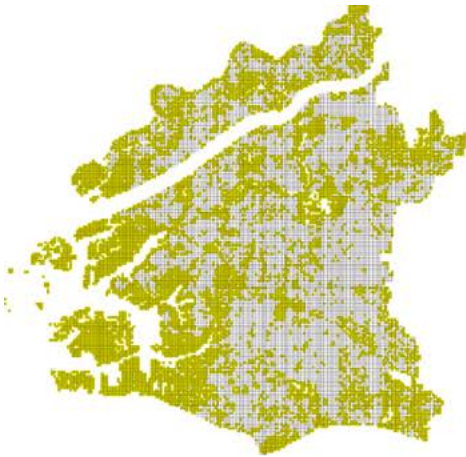
東京 隙間率 $\lambda 1.5$: 7.5% 100 m Mesh



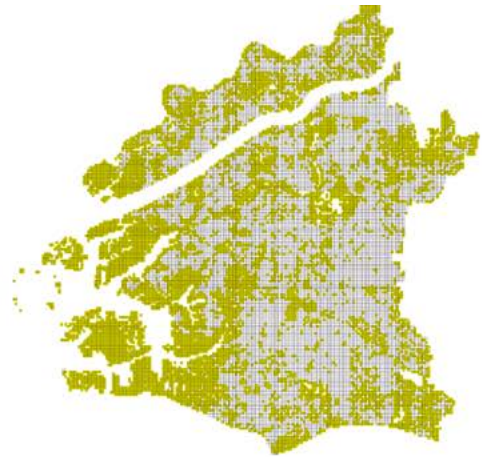
東京 隙間率 $\lambda 1.5$: 4.5% 100 m Mesh



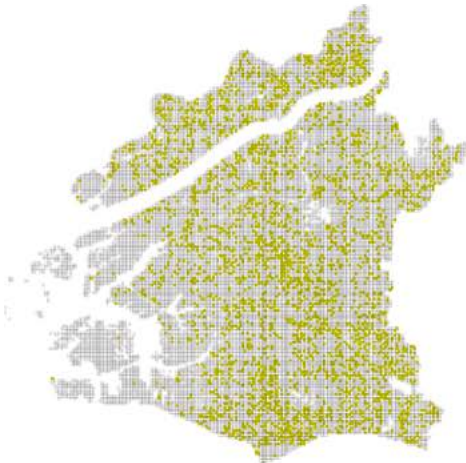
東京 隙間率 $\lambda 1.5$: 9.0% 以上 100 m Mesh



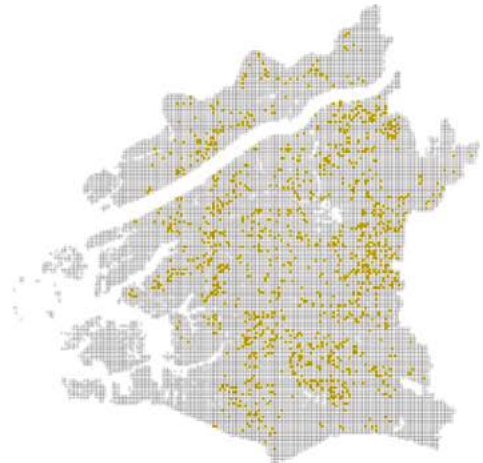
大阪 隙間率 $\lambda 0.5 : 0.5\%$ 100 m Mesh



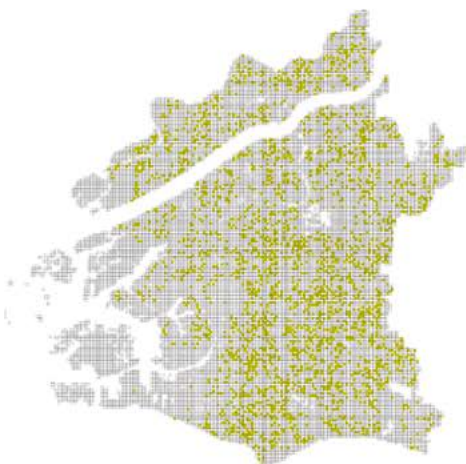
大阪 隙間率 $\lambda 0.5 : 2.0\%$ 100 m Mesh



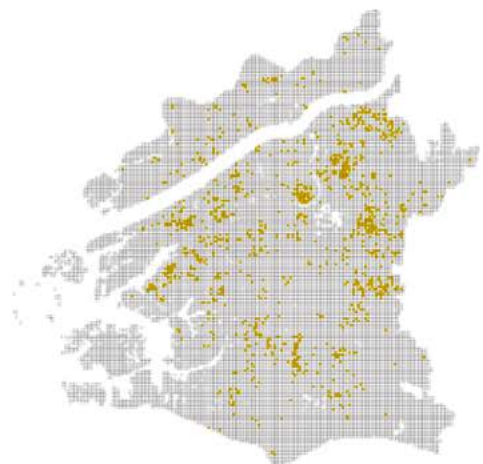
大阪 隙間率 $\lambda 0.5 : 1.0\%$ 100 m Mesh



大阪 隙間率 $\lambda 2.5 : 0.5\%$ 100 m Mesh



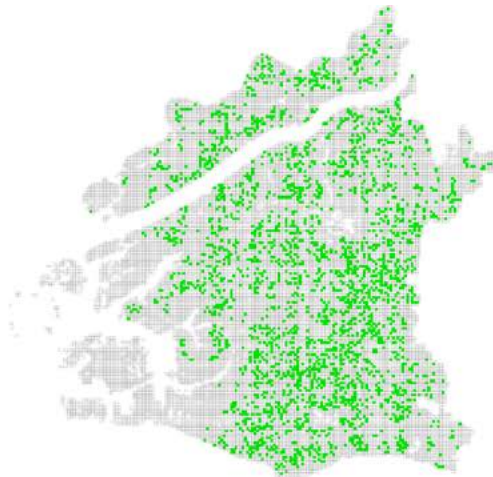
大阪 隙間率 $\lambda 0.5 : 1.5\%$ 100 m Mesh



大阪 隙間率 $\lambda 0.5 : 3.0\%$ 以上 100 m Mesh



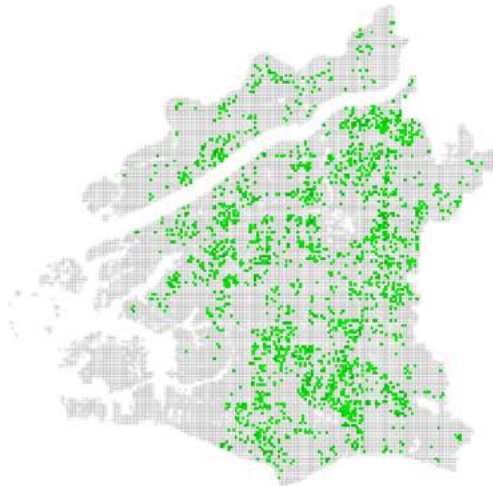
大阪 隙間率 $\lambda 1.0$: 1.0% 100 m Mesh



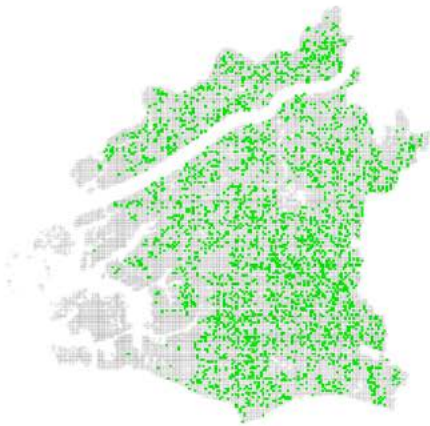
大阪 隙間率 $\lambda 1.0$: 4.0% 100 m Mesh



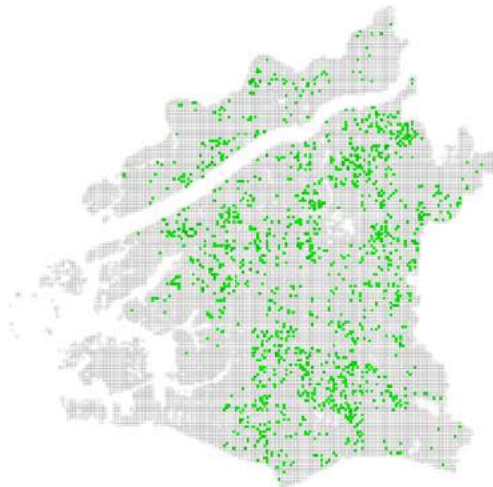
大阪 隙間率 $\lambda 1.0$: 2.0% 100 m Mesh



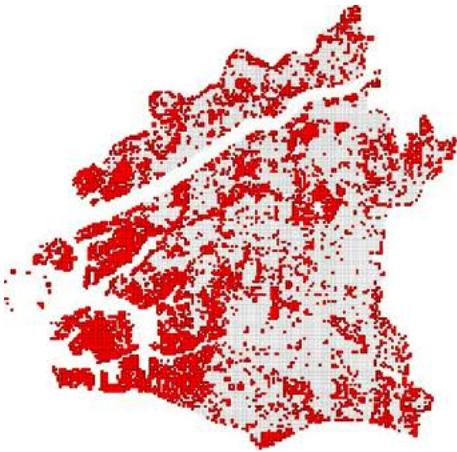
大阪 隙間率 $\lambda 1.0$: 5.0% 100 m Mesh



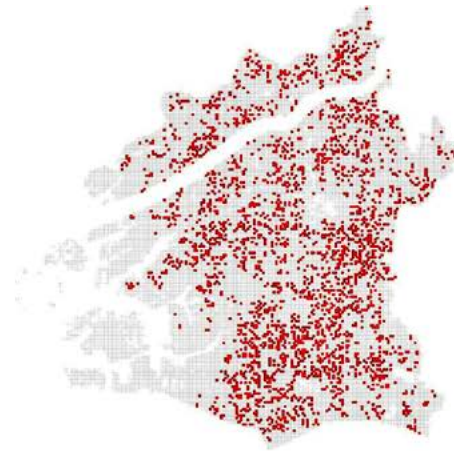
大阪 隙間率 $\lambda 1.0$: 3.0% 100 m Mesh



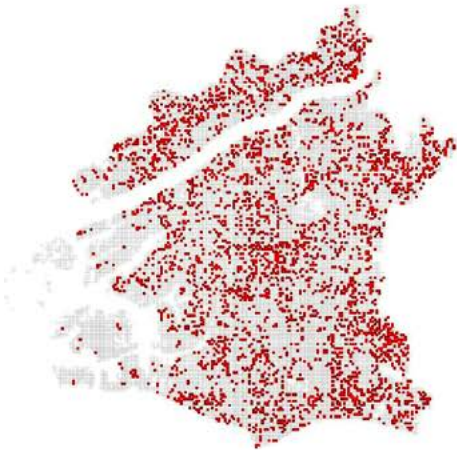
大阪 隙間率 $\lambda 1.0$: 6.0% 100 m Mesh



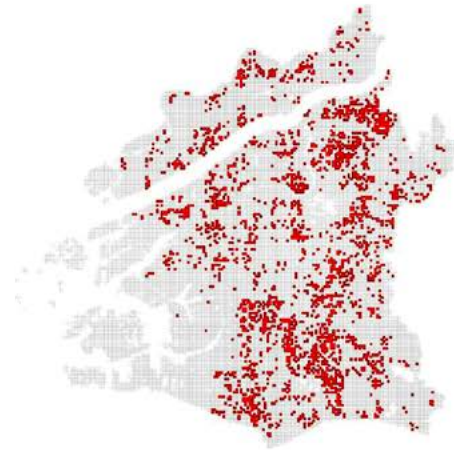
大阪 隙間率 $\lambda 1.5 : 1.5\%$ 100 m Mesh



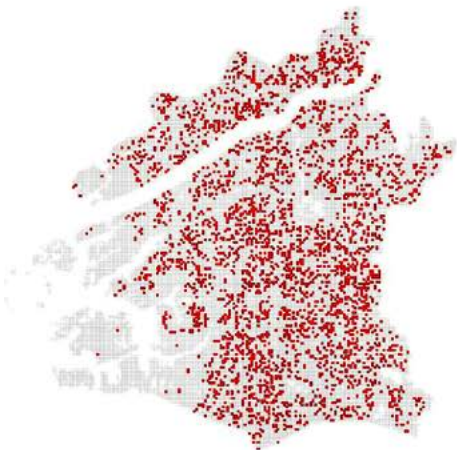
大阪 隙間率 $\lambda 1.5 : 6.0\%$ 100 m Mesh



大阪 隙間率 $\lambda 1.5 : 3.0\%$ 100 m Mesh



大阪 隙間率 $\lambda 1.5 : 7.5\%$ 以上 100 m Mesh



大阪 隙間率 $\lambda 1.5 : 4.5\%$ 100 m Mesh

APPENDIX II 東京 23 区・大阪 24 区の高隙間率エリア

第 2 章にて、東京 23 区と大阪 24 を対象に、円掃過法を用いて建物間の隙間の抽出を行った。その結果を基に、隙間率上位 10 地域をリストアップした（表 II -1）。ここではそれぞれの掃過円（ $r=0.5$, 1.0 , 1.5 ）による隙間率上位 10 地域の隙間の抽出結果を示す。

表 II -1 高隙間率エリアランク

ランク	r=0.5			r=1.0			r=1.5		
	メッシュ番号	メッシュ番号	隙間率(%)	メッシュ番号	メッシュ番号	隙間率(%)	メッシュ番号	メッシュ番号	隙間率(%)
1	41	51	4.651276	41	51	7.3005377	19	39	10.863534
2	46	53	4.453945	46	54	7.1825875	21	39	10.80535
3	46	54	4.421924	21	39	7.1224855	54	40	10.677515
4	45	52	4.374109	50	48	7.0237224	20	38	10.425033
5	41	50	4.332412	41	55	6.9909715	12	39	10.173202
6	45	54	4.303822	46	53	6.9606075	43	27	10.074421
7	45	53	4.089218	54	40	6.929699	43	14	10.073789
8	46	55	4.012446	19	39	6.9251699	22	37	9.895963
9	44	54	3.846283	51	56	6.8988739	11	38	9.8810858
10	40	51	3.776453	47	50	6.7799937	51	56	9.8629671

II -1 高隙間率エリア λ 0.5 (東京)

東京における隙間率 λ 0.5 の高い地域上位 10 地域をリストアップし (表 II -2), その分布を示した (図 II -1)。分布図みると, 微小な隙間は特に台東区に集中していることがみてとれる。

表 II -2 高隙間率エリア λ 0.5 ランク (東京)

隙間率 λ 0.5 (東京)								
ランク	メッシュ番号	隙間率 r=0.5(%)	隙間量 r=0.5(m ²)	建蔽率(%)	周長率 (m/m ²)*100	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積(m ²)
1	41 51	4.65128	7157.50	75.39	17.30	129.77	19969994	153882.5
2	46 53	4.45394	7649.75	70.81	17.51	80.00	13740180	171752.25
3	46 54	4.42192	7457.00	71.57	17.36	80.00	13490960	168637
4	45 52	4.37411	6769.25	74.94	15.38	81.58	12625004	154757.25
5	41 50	4.33241	6345.25	75.94	15.78	85.98	12592499	146460
6	45 54	4.30382	6814.50	69.97	16.64	80.00	12666880	158336
7	45 53	4.08922	7080.00	69.86	17.03	80.00	13851060	173138.25
8	46 55	4.01245	7298.75	62.61	14.25	116.49	21189997	181902.75
9	44 54	3.84628	6025.50	67.73	15.30	138.28	21662493	156657.75
10	40 51	3.77645	6012.00	73.08	15.65	128.00	20377503	159197

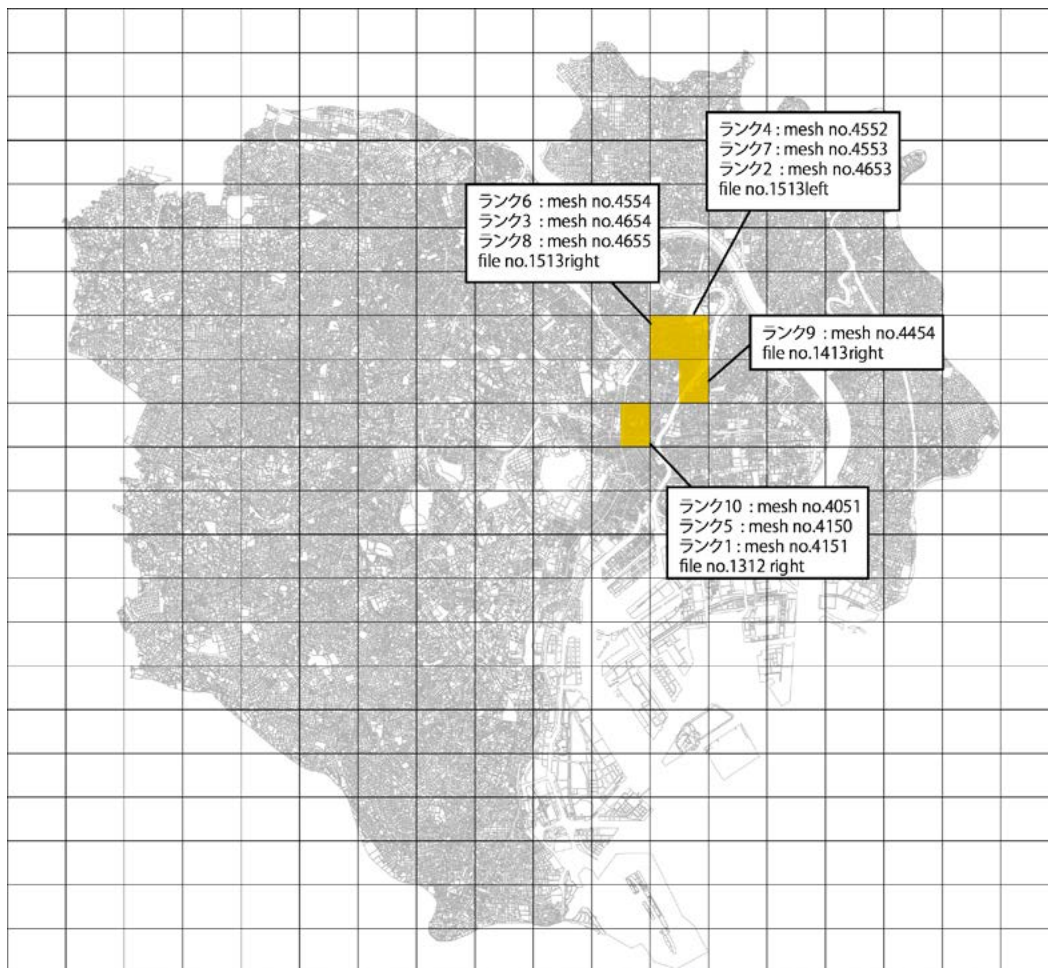


図 II -1 高隙間率エリア λ 0.5 (東京)



隙間率 $\lambda 0.5$ (東京)

ランク	メッシュ番号	隙間率 $r=0.5(\%)$	隙間量 $r=0.5(\text{m})$	建蔽率(%)	周長率 $(\text{m}/\text{m}^2)*100$	棟数密度 $(/\text{ha})$	棟数	街区面積(m^2)
1	41 51	4.65128	7157.50	75.39	17.30	129.77	19969994	153882.5





隙間率 $\lambda 0.5$ (東京)

ランク	メッシュ番号	隙間率 $r=0.5(\%)$	隙間量 $r=0.5(m)$	建蔽率(%)	周長率 $(m/m^2)*100$	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積(m^2)
3	46 54	4.42192	7457.00	71.57	17.36	80.00	13490960	168637



隙間率 λ 0.5 (東京)

ランク	メッシュ番号	隙間率 $r=0.5(\%)$	隙間量 $r=0.5(\text{m})$	建蔽率(%)	周長率 $(\text{m}/\text{m}^2)*100$	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積(m^2)
4	45 52	4.37411	6769.25	74.94	15.38	81.58	12625004	154757.25



隙間率 $\lambda 0.5$ (東京)

ランク	メッシュ番号	隙間率 $r=0.5(\%)$	隙間量 $r=0.5(\text{m})$	建蔽率(%)	周長率 $(\text{m}/\text{m}^2)*100$	棟数密度 $(/\text{ha})$	棟数	街区面積(m^2)
5	41 50	4.33241	6345.25	75.94	15.78	85.98	12592499	146460





隙間率 λ 0.5 (東京)

ランク	メッシュ番号	隙間率 $r=0.5(\%)$	隙間量 $r=0.5(m^2)$	建蔽率(%)	周長率 (m/m^2)*100	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積(m^2)
7	45 53	4.08922	7080.00	69.86	17.03	80.00	13851060	173138.25



隙間率 λ 0.5 (東京)								
ランク	メッシュ番号	隙間率 $r=0.5(\%)$	隙間量 $r=0.5(\text{m})$	建蔽率(%)	周長率 $(\text{m}/\text{m}^2)*100$	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積(m^2)
8	46 55	4.01245	7298.75	62.61	14.25	116.49	21189997	181902.75



隙間率 $\lambda 0.5$ (東京)

ランク	メッシュ番号	隙間率 $r=0.5(\%)$	隙間量 $r=0.5(m^2)$	建蔽率(%)	周長率 $(m/m^2)*100$	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積(m^2)
9	44 54	3.84628	6025.50	67.73	15.30	138.28	21662493	156657.75



隙間率 λ 0.5 (東京)									
ランク	メッシュ番号	隙間率 $r=0.5(\%)$	隙間量 $r=0.5(\text{m})$	建蔽率(%)	周長率 $(\text{m}/\text{m}^2)*100$	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積(m^2)	
10	40 51	3.77645	6012.00	73.08	15.65	128.00	20377503	159197	

II -2 高隙間率エリア λ 1.0 (東京)

東京における隙間率 λ 1.0 の高い地域上位 10 地域をリストアップし (表 II -3), その分布を示した (図 II -2)。分布図みると, $r = 0.5$ の隙間量の多かった台東区に加え、品川区に高い隙間率を持つエリアが存在している。

表 II -3 高隙間率エリア λ 1.0 ランク (東京)

隙間率 λ 1.0 (東京)									
ランク	メッシュ	隙間率 $r=1.0(\%)$	隙間量 $r=1.0$	建蔽率(%)	周長率 (m/m^2)*100	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積(m^2)	
1	41 51	7.30054	11234.25	75.39	17.30	129.77	19969994	153882.5	
2	46 54	7.18259	12112.50	71.57	17.36	80.00	13490960	168637	
3	21 39	7.12249	13579.25	60.54	14.53	94.64	18042508	190653.25	
4	50 48	7.02372	13442.00	63.90	14.55	84.35	16142501	191380	
5	41 55	6.99097	11864.50	62.11	12.71	63.25	10734998	169711.75	
6	46 53	6.96061	11955.00	70.81	17.51	80.00	13740180	171752.25	
7	54 40	6.92970	13821.25	62.92	15.04	105.04	20949996	199449.5	
8	19 39	6.92517	14177.00	59.96	14.50	90.00	18425001	204717	
9	51 56	6.89887	13292.25	57.96	14.96	120.88	23289993	192672.75	
10	47 50	6.77999	12866.75	63.02	14.26	77.47	14702496	189775.25	

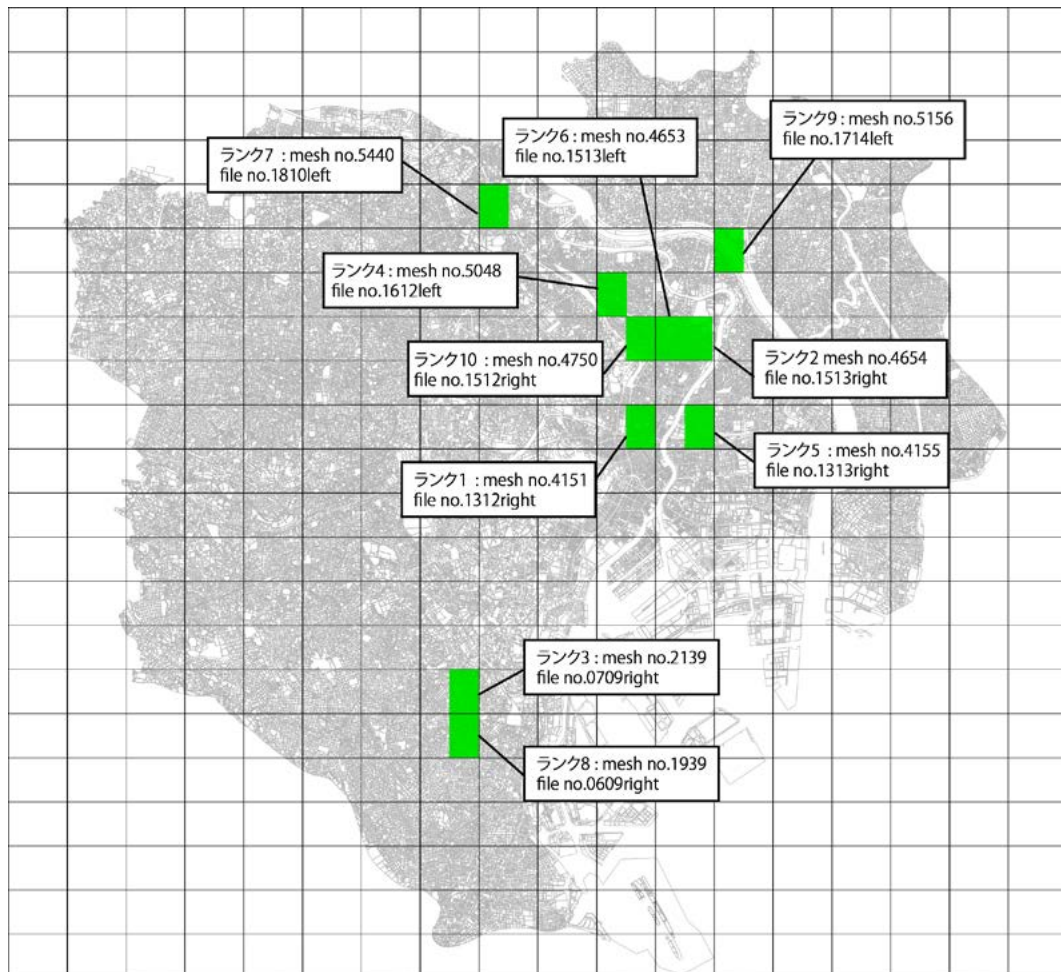


図 II -2 高隙間率エリア λ 1.0 (東京)



隙間率 λ 1.0 (東京)

ランク	メッシュ	隙間率 $r=1.0(\%)$	隙間量 $r=1.0$	建蔽率(%)	周長率 (m/m^2)*100	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積(m^2)
1	41 51	7.30054	11234.25	75.39	17.30	129.77	19969994	153882.5



隙間率 λ 1.0 (東京)

ランク	メッシュ	隙間率 $r=1.0(\%)$	隙間量 $r=1.0$	建蔽率(%)	周長率 (m/m^2)*100	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積(m^2)
2	46 54	7.18259	12112.50	71.57	17.36	80.00	13490960	168637



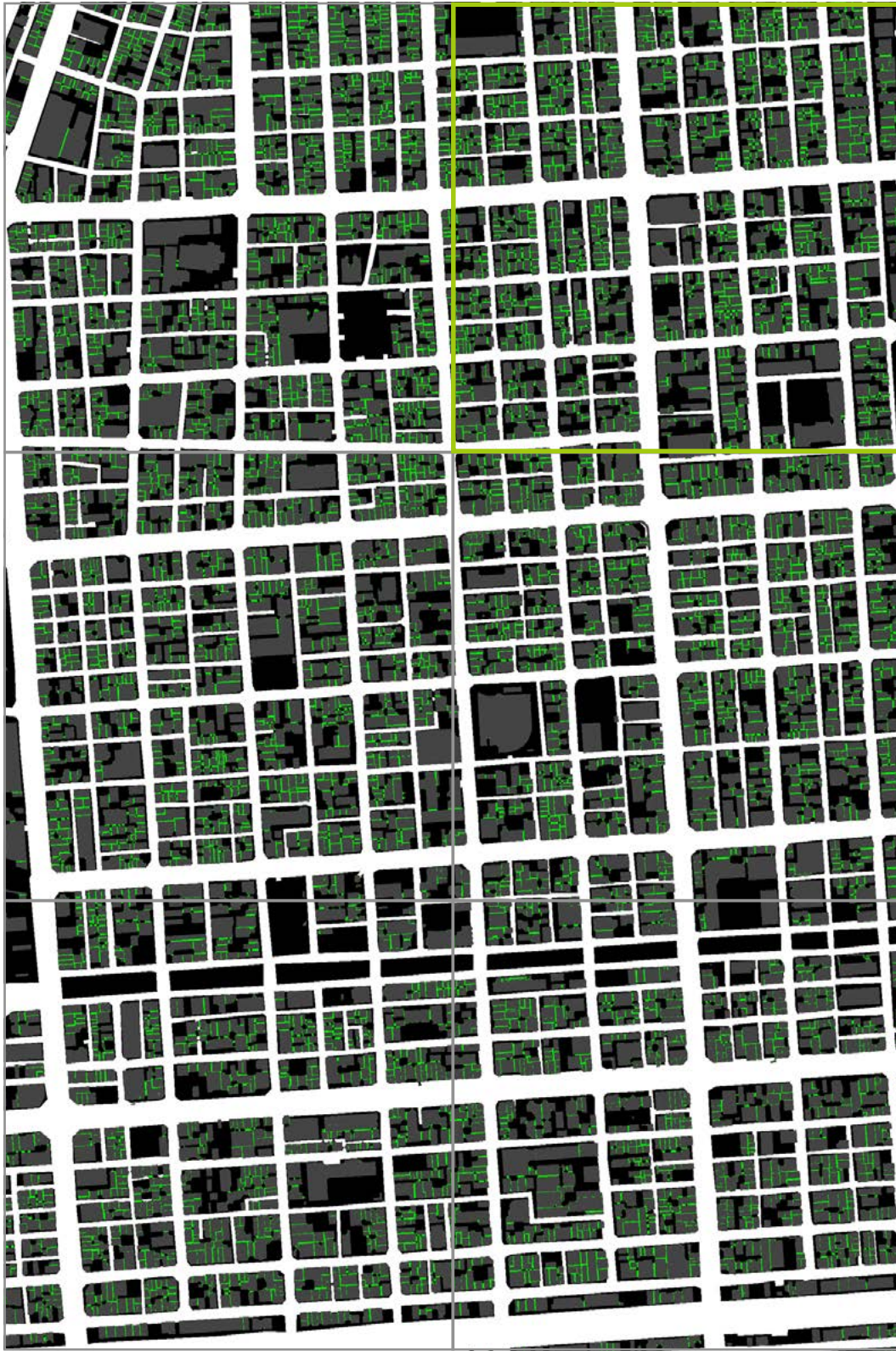
隙間率 λ 1.0 (東京)

ランク	メッシュ	隙間率 $r=1.0(\%)$	隙間量 $r=1.0$	建蔽率(%)	周長率 (m/m^2)*100	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積(m^2)
3	21 39	7.12249	13579.25	60.54	14.53	94.64	18042508	190653.25



隙間率 λ 1.0 (東京)

ランク	メッシュ	隙間率 $r=1.0(\%)$	隙間量 $r=1.0$	建蔽率($\%$)	周長率 (m/m^2)*100	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積(m^2)
4	50 48	7.02372	13442.00	63.90	14.55	84.35	16142501	191380



隙間率 λ 1.0 (東京)								
ランク	メッシュ	隙間率 $r=1.0(\%)$	隙間量 $r=1.0$	建蔽率(%)	周長率 (m/m^2)*100	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積(m^2)
5	41 55	6.99097	11864.50	62.11	12.71	63.25	10734998	169711.75



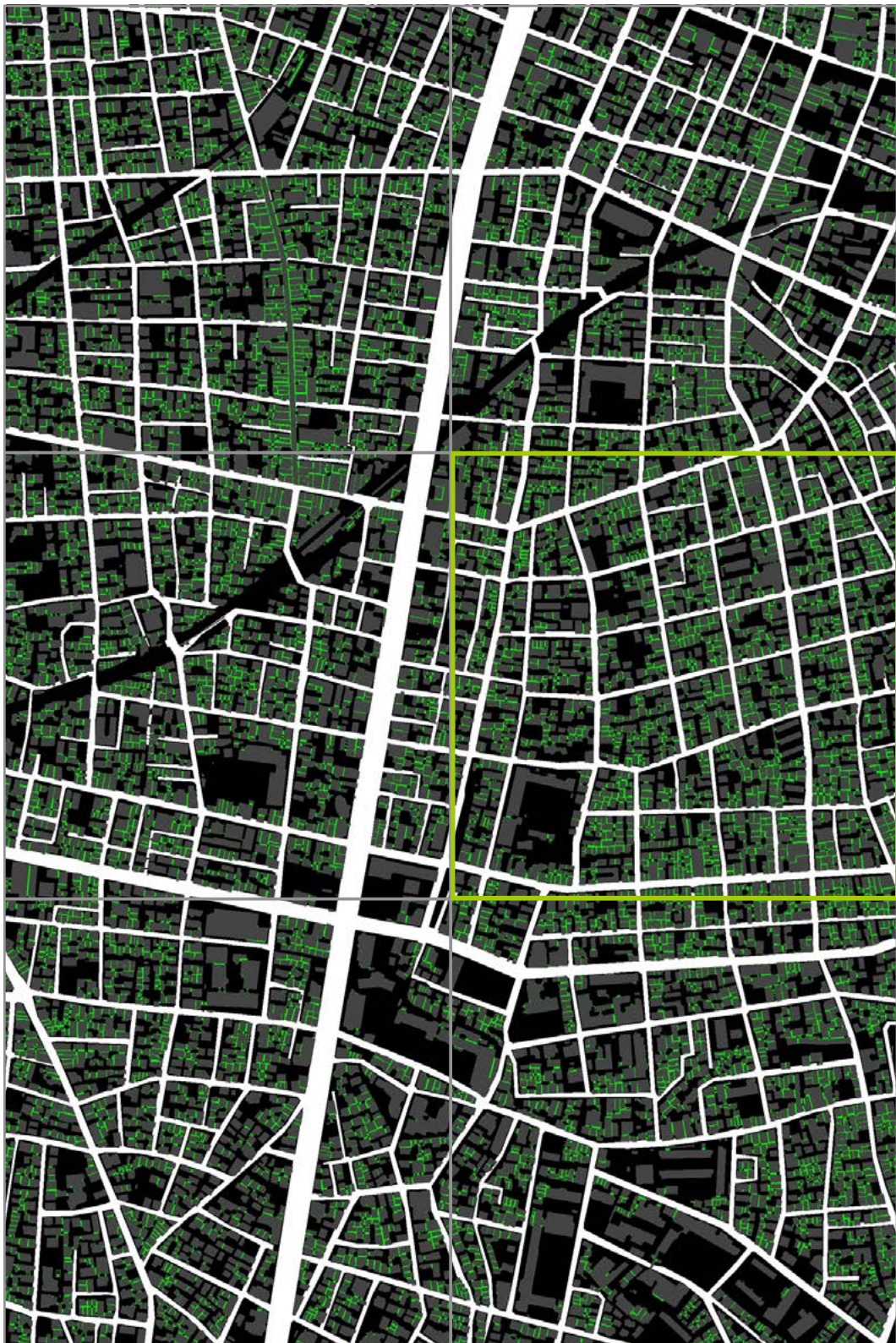
隙間率 λ 1.0 (東京)

ランク	メッシュ	隙間率 $r=1.0(\%)$	隙間量 $r=1.0$	建蔽率(%)	周長率 (m/m^2)*100	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積(m^2)
6	46 53	6.96061	11955.00	70.81	17.51	80.00	13740180	171752.25



隙間率 λ 1.0 (東京)

ランク	メッシュ	隙間率 $r=1.0(\%)$	隙間量 $r=1.0$	建蔽率(%)	周長率 (m/m^2)*100	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積(m^2)
7	54 40	6.92970	13821.25	62.92	15.04	105.04	20949996	199449.5



隙間率 λ 1.0 (東京)

ランク	メッシュ	隙間率 $r=1.0(\%)$	隙間量 $r=1.0$	建蔽率(%)	周長率 (m/m^2)*100	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積(m^2)
8	19 39	6.92517	14177.00	59.96	14.50	90.00	18425001	204717



隙間率 λ 1.0 (東京)

ランク	メッシュ	隙間率 $r=1.0(\%)$	隙間量 $r=1.0$	建蔽率(%)	周長率 (m/m^2)*100	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積(m^2)
9	51 56	6.89887	13292.25	57.96	14.96	120.88	23289993	192672.75



隙間率 λ 1.0 (東京)

ランク	メッシュ	隙間率 $r=1.0(\%)$	隙間量 $r=1.0$	建蔽率(%)	周長率 (m/m^2)*100	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積(m^2)
10	47 50	6.77999	12866.75	63.02	14.26	77.47	14702496	189775.25

II -3 高隙間率エリア λ 1.5 (東京)

東京における隙間率 λ 1.5 の高い地域上位 10 地域をリストアップし (表 II -4), その分布を示した (図 II -3)。分布図みると, r = 0.5 の隙間量の多かった台東区ではなく、品川区や大田区に高い隙間率を持つエリアが存在している。

表 II -4 高隙間率エリア λ 1.5 ランク (東京)

隙間率 λ 1.0 (東京)								
ランク	メッシュ	隙間率 r=1.5(%)	隙間量r=1.5	建蔽率(%)	周長率 (m/m2)*100	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積(m ²)
1	19 39	10.86353	22239.50	59.96	14.50	90.00	18425001	204717
2	21 39	10.80535	20600.75	60.54	14.53	94.64	18042508	190653.25
3	54 40	10.67751	21296.25	62.92	15.04	105.04	20949996	199449.5
4	20 38	10.42503	20943.50	59.72	13.76	82.17	16507504	200896.25
5	12 39	10.17320	19275.75	59.37	14.19	89.64	16985004	189475.75
6	43 27	10.07442	17940.00	62.66	14.79	92.60	16490007	178074.75
7	43 14	10.07379	78.50	54.80	14.55	141.16	110000	779.25
8	22 37	9.89596	19173.75	64.32	13.49	100.88	19544995	193753.25
9	11 38	9.88109	19550.00	56.40	14.02	92.76	18352505	197852.75
10	51 56	9.86297	19003.25	57.96	14.96	120.88	23289993	192672.75

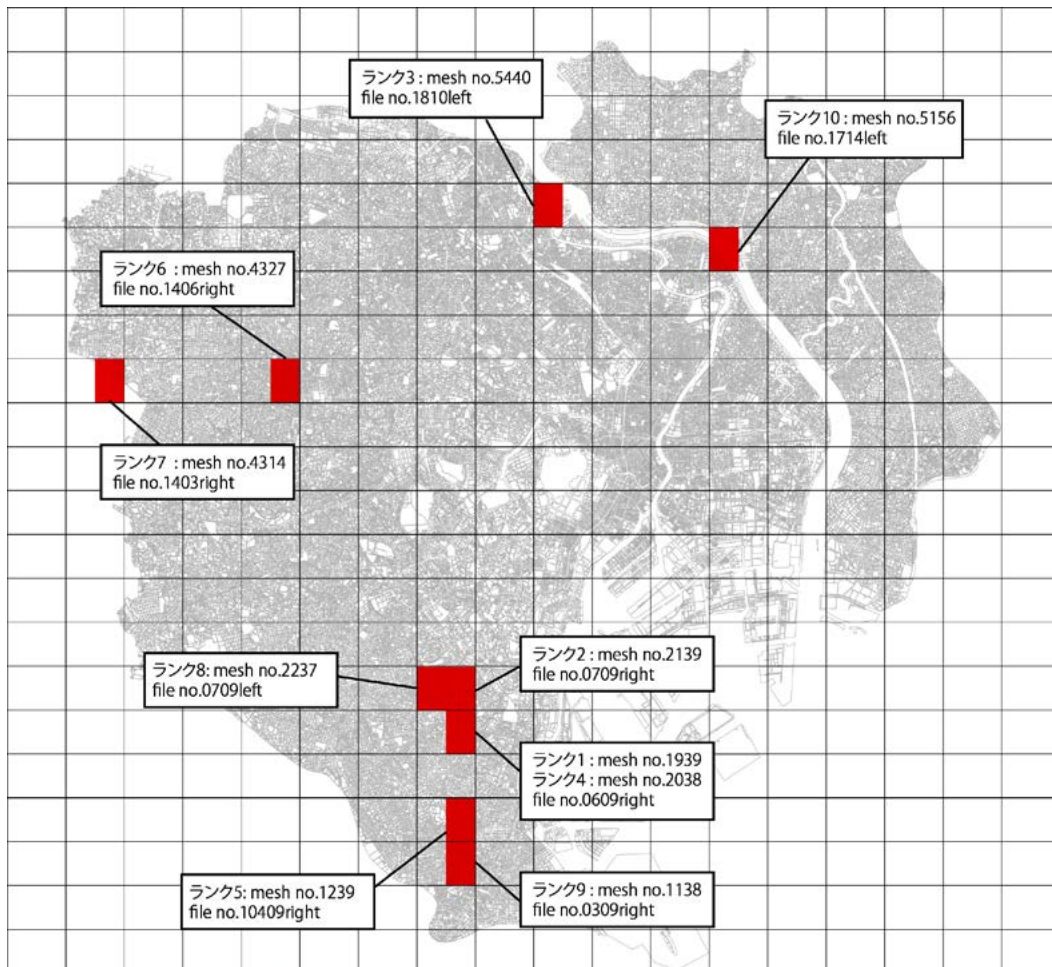


図 II -3 高隙間率エリア λ 1.5 (東京)



隙間率 $\lambda=1.5$ (東京)

ランク	メッシュ	隙間率 $r=1.5(\%)$	隙間量 $r=1.5$	建蔽率(%)	周長率 (m/m^2)*100	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積(m^2)
1	19 39	10.86353	22239.50	59.96	14.50	90.00	18425001	204717



隙間率 λ 1.5 (東京)									
ランク	メッシュ	隙間率 $r=1.5(\%)$	隙間量 $r=1.5$	建蔽率(%)	周長率 (m/m^2)*100	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積(m^2)	
2	21 39	10.80535	20600.75	60.54	14.53	94.64	18042508	190653.25	



隙間率 λ 1.5 (東京)

ランク	メッシュ	隙間率 $r=1.5(\%)$	隙間量 $r=1.5$	建蔽率(%)	周長率 (m/m^2)*100	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積(m^2)
3	54 40	10.67751	21296.25	62.92	15.04	105.04	20949996	199449.5





隙間率 λ 1.5 (東京)

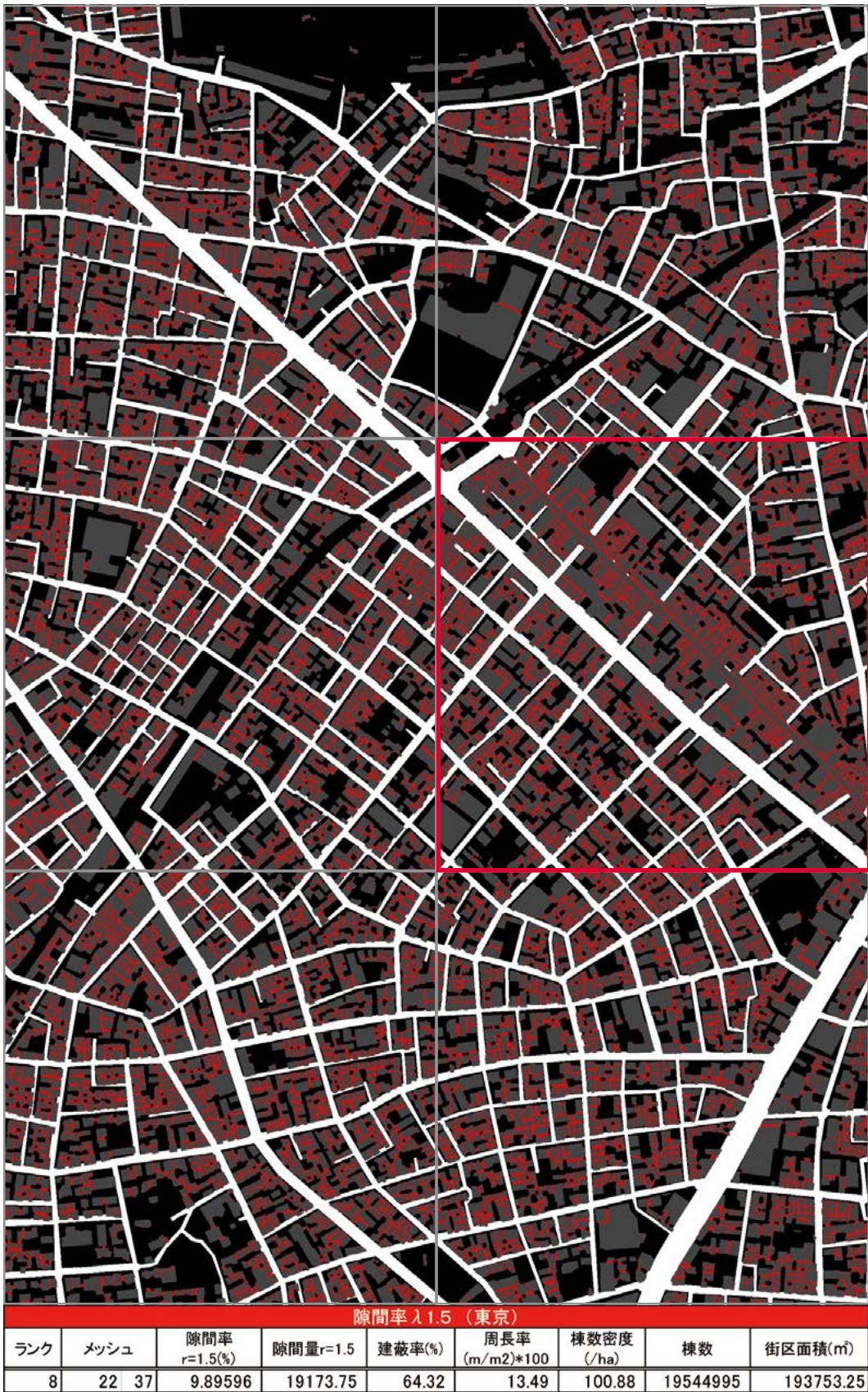
ランク	メッシュ	隙間率 $r=1.5(\%)$	隙間量 $r=1.5$	建蔽率(%)	周長率 (m/m^2)*100	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積(m^2)
5	12 39	10.17320	19275.75	59.37	14.19	89.64	16985004	189475.75



隙間率 $\lambda 1.5$ (東京)

ランク	メッシュ	隙間率 $r=1.5(\%)$	隙間量 $r=1.5$	建蔽率(%)	周長率 (m/m^2)*100	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積(m^2)
6	43 27	10.07442	17940.00	62.66	14.79	92.60	16490007	178074.75









II -4 高隙間率エリア λ 0.5 (大阪)

大阪における隙間率 λ 0.5 の高い地域上位 10 地域をリストアップし (表 II -5), その分布を示した (図 II -4)。分布図みると, 旭区や中央区に微小な隙間を持つエリアが存在している。

表 II -5 高隙間率エリア λ 0.5 ランク (大阪)

隙間率 λ 0.5 (大阪)									
ランク	メッシュ	隙間率 r=1.0(%)	隙間量 r=1.0(m ²)	建蔽率(%)	周長率 (m/m ²)*100	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積(m ²)	
1	27 31	3.35615	3844.00	66.90	11.33	45.58	5220001	114536	
2	25 21	3.10595	4687.50	62.08	12.91	110.65	16700007	150920	
3	19 38	2.70706	5406.75	73.75	10.63	40.71	8130008	199728	
4	28 31	2.60073	4705.50	64.73	9.51	34.83	6302507	180929.75	
5	25 37	2.52630	4743.50	66.98	10.91	43.57	8179998	187764.5	
6	33 39	2.44948	4711.75	62.42	10.99	48.82	9390008	192357.5	
7	30 35	2.44150	4598.50	64.38	11.12	49.01	9230001	188347	
8	19 36	2.43379	4647.75	73.74	9.57	30.14	5755008	190967.25	
9	31 34	2.30536	4326.75	61.13	9.75	44.13	8282493	187682.25	
10	34 36	2.29102	4452.75	61.70	10.70	56.82	11042510	194357	



図 II -4 高隙間率エリア λ 0.5 (大阪)





隙間率λ0.5 (大阪)

ランク	メッシュ	隙間率 r=0.5(%)	隙間量 r=0.5(m ²)	建蔽率(%)	周長率 (m/m ²)*100	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積(m ²)
2	25 21	3.10595	4687.50	62.08	12.91	110.65	16700007	150920







隙間率 λ 0.5 (大阪)								
ランク	メッシュ	隙間率 $r=0.5(\%)$	隙間量 $r=0.5$	建蔽率(%)	周長率 (m/m^2)*100	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積
5	25 37	2.52630	4743.50	66.98	10.91	43.57	8179998	187764.5



隙間率λ0.5 (大阪)

ランク	メッシュ	隙間率 r=0.5(%)	隙間量 r=0.5(m ²)	建蔽率(%)	周長率 (m/m ²)*100	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積(m ²)
6	33 39	2.44948	4711.75	62.42	10.99	48.82	9390008	192357.5



隙間率 λ 0.5 (大阪)								
ランク	メッシュ	隙間率 r=0.5(%)	隙間量 r=0.5(m)	建蔽率(%)	周長率 (m/m2)*100	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積(m ²)
7	30 35	2.44150	4598.50	64.38	11.12	49.01	9230001	188347





隙間率 λ 0.5 (大阪)								
ランク	メッシュ	隙間率 r=0.5(%)	隙間量 r=0.5(m)	建蔽率(%)	周長率 (m/m2)*100	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積(m ²)
9	31 34	2.30536	4326.75	61.13	9.75	44.13	8282493	187682.25



II -5 高隙間率エリア λ 1.0 (大阪)

大阪における隙間率 λ 1.0 の高い地域上位 10 地域をリストアップし (表 II -6), その分布を示した (図 II -5)。分布図みると, r = 0.5 の隙間量の多かった旭区や中央区が, r=1.0 においても高い隙間率を有していることがわかる。

表 II -6 高隙間率エリア λ 1.0 ランク (東京)

隙間率 λ 1.0 (大阪)								
ランク	メッシュ	隙間率 r=1.0(%)	隙間量 r=1.0(m ²)	建蔽率(%)	周長率 (m/m ²)*100	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積(m ²)
1	27 31	5.66852	6492.50	66.90	11.33	45.58	5220001	114536
2	30 35	5.05729	9525.25	64.38	11.12	49.01	9230001	188347
3	33 39	4.91962	9463.25	62.42	10.99	48.82	9390008	192357.5
4	25 21	4.91270	7414.25	62.08	12.91	110.65	16700007	150920
5	28 31	4.73955	8575.25	64.73	9.51	34.83	6302507	180929.75
6	26 24	4.70566	8977.50	61.70	11.41	58.44	11150009	190780.75
7	34 36	4.50717	8760.00	61.70	10.70	56.82	11042510	194357
8	13 34	4.44297	8597.25	60.29	9.89	38.91	7530005	193502.25
9	34 37	4.40139	8776.25	67.00	11.58	61.42	12247498	199397.25
10	23 31	4.39947	8091.25	75.54	9.07	31.65	5820003	183914.25

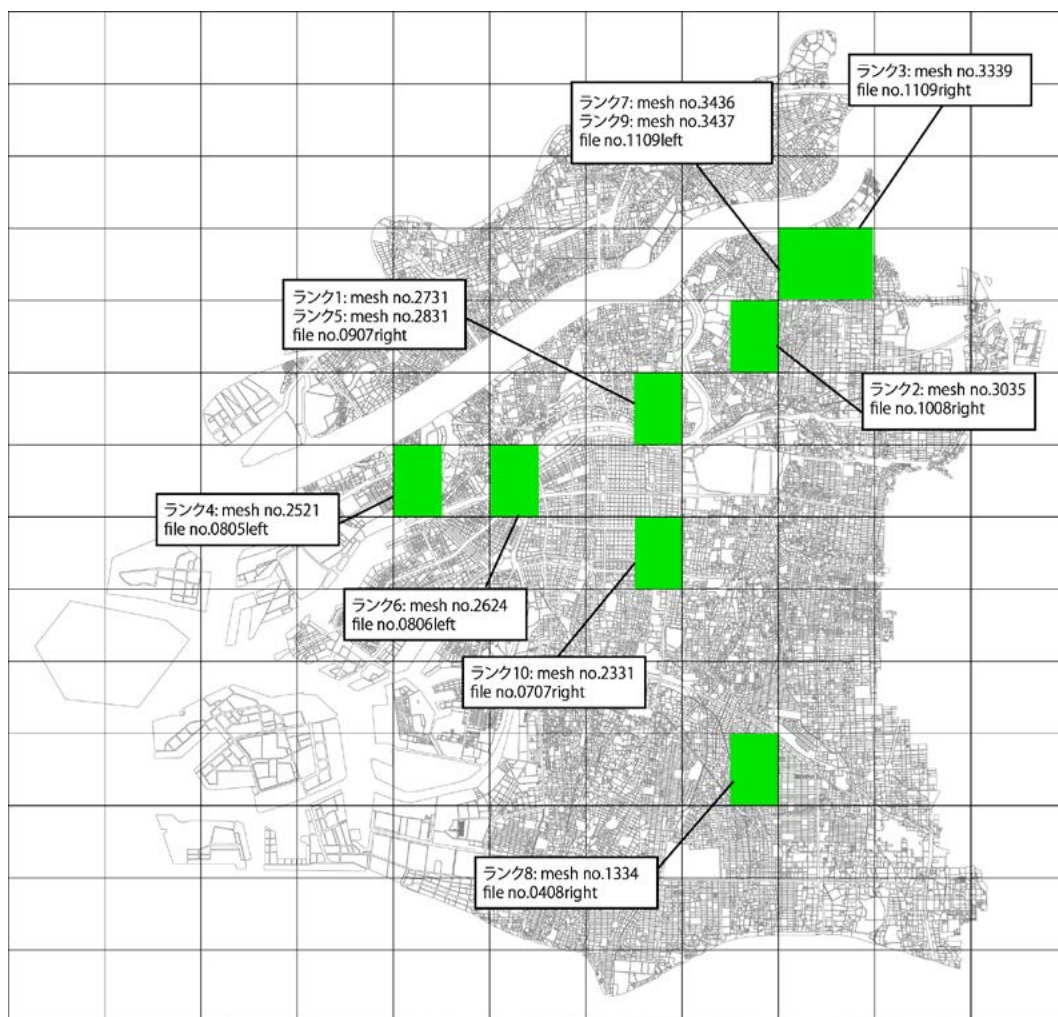


図 II -5 高隙間率エリア λ 1.0 (大阪)



隙間率 λ 1.0 (大阪)

ランク	メッシュ	隙間率 $r=1.0(\%)$	隙間量 $r=1.0(m)$	建蔽率(%)	周長率 (m/m^2)*100	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積(m^2)
1	27 31	5.66852	6492.50	66.90	11.33	45.58	5220001	114536



隙間率 λ 1.0 (大阪)

ランク	メッシュ	隙間率 $r=1.0(\%)$	隙間量 $r=1.0(\text{m})$	建蔽率(%)	周長率 $(\text{m}/\text{m}^2)*100$	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積(m^2)
2	30 35	5.05729	9525.25	64.38	11.12	49.01	9230001	188347



隙間率λ1.0 (大阪)

ランク	メッシュ	隙間率 $r=1.0(\%)$	隙間量 $r=1.0(m)$	建蔽率(%)	周長率 $(m/m^2)*100$	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積(m^2)
3	33 39	4.91962	9463.25	62.42	10.99	48.82	9390008	192357.5



隙間率 λ 1.0 (大阪)

ランク	メッシュ	隙間率 $r=1.0(\%)$	隙間量 $r=1.0(m)$	建蔽率(%)	周長率 (m/m^2)*100	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積(m^2)
4	25 21	4.91270	7414.25	62.08	12.91	110.65	16700007	150920





隙間率 λ 1.0 (大阪)

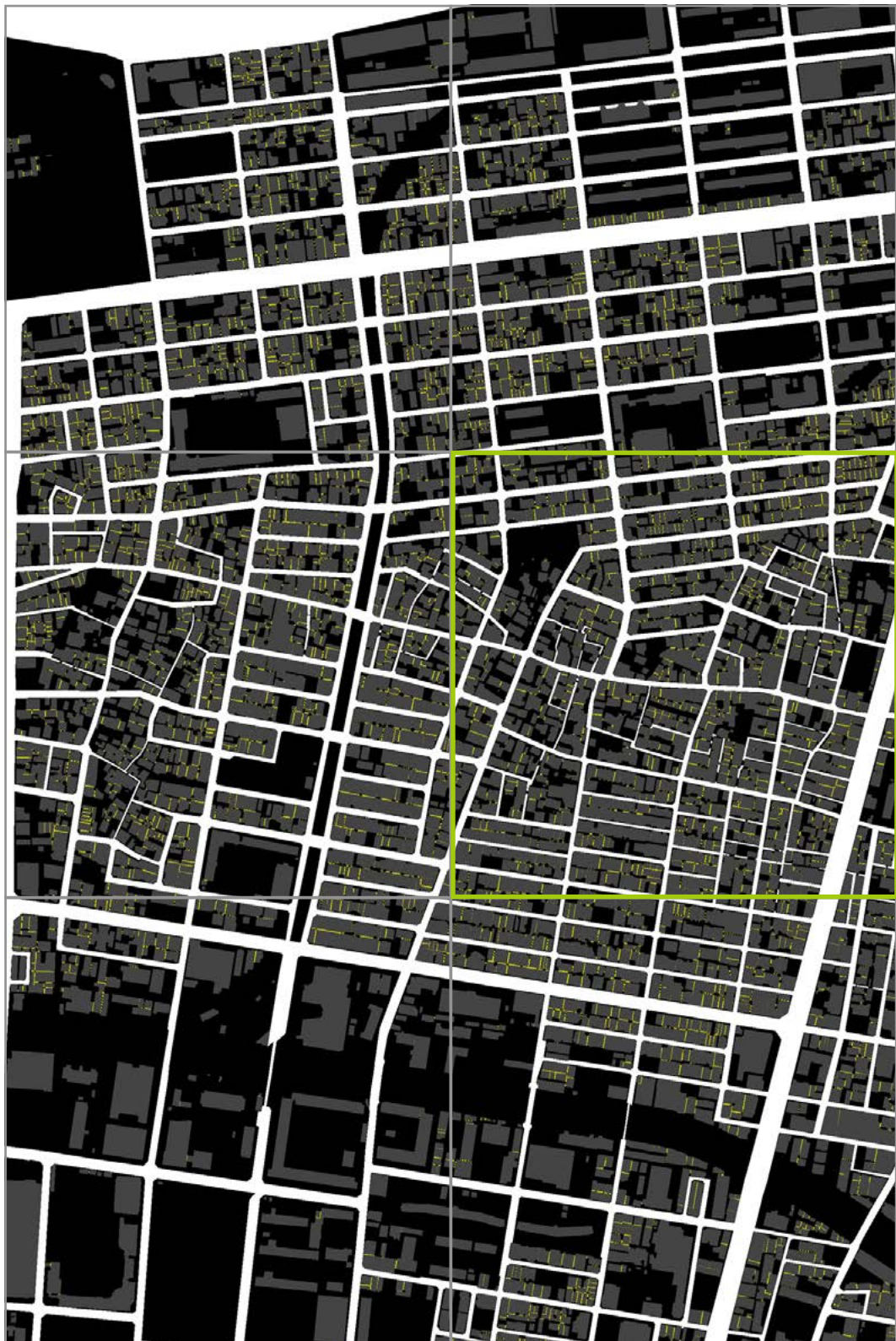
ランク	メッシュ	隙間率 $r=1.0(\%)$	隙間量 $r=1.0(m)$	建蔽率(%)	周長率 (m/m^2)*100	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積(m^2)
6	26 24	4.70566	8977.50	61.70	11.41	58.44	11150009	190780.75





隙間率λ1.0 (大阪)

ランク	メッシュ	隙間率 r=1.0(%)	隙間量 r=1.0(m)	建蔽率(%)	周長率 (m/m ²)*100	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積(m ²)
8	13 34	4.44297	8597.25	60.29	9.89	38.91	7530005	193502.25



隙間率λ1.0（大阪）

ランク	メッシュ	隙間率 $r=1.0(\%)$	隙間量 $r=1.0(m)$	建蔽率(%)	周長率 $(m/m^2)*100$	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積(m^2)
9	34 37	4.40139	8776.25	67.00	11.58	61.42	12247498	199397.25



II -6 高隙間率エリア λ 1.5 (大阪)

東京における隙間率 λ 1.0 の高い地域上位 10 地域をリストアップし (表 II -7), その分布を示した (図 II -7)。分布図みると, r = 1.0 の高隙間率の分布とほぼ同様の地域の隙間率が高くなっていることがわかる。

表 II -7 高隙間率エリア λ 1.5 ランク (大阪)

隙間率 λ 1.5 (大阪)									
ランク	メッシュ	隙間率 r=1.5(%)	隙間量r=1.5 (㎡)	建蔽率(%)	周長率 (m/m2)*100	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積(㎡)	
1	29 21	7.29593	3841.25	61.97	11.74	85.99	4527499	52649.25	
2	33 39	7.11319	13682.75	62.42	10.99	48.82	9390008	192357.5	
3	26 24	7.10541	13555.75	61.70	11.41	58.44	11150009	190780.75	
4	30 35	7.05347	13285.00	64.38	11.12	49.01	9230001	188347	
5	23 31	7.04228	12951.75	75.54	9.07	31.65	5820003	183914.25	
6	27 31	6.93647	7944.75	66.90	11.33	45.58	5220001	114536	
7	13 34	6.79785	13154.00	60.29	9.89	38.91	7530005	193502.25	
8	13 30	6.57018	13937.00	61.41	11.81	101.27	21482493	212125	
9	14 30	6.51643	13137.00	59.95	11.88	83.09	16749992	201598.25	
10	34 37	6.49232	12945.50	67.00	11.58	61.42	12247498	199397.25	

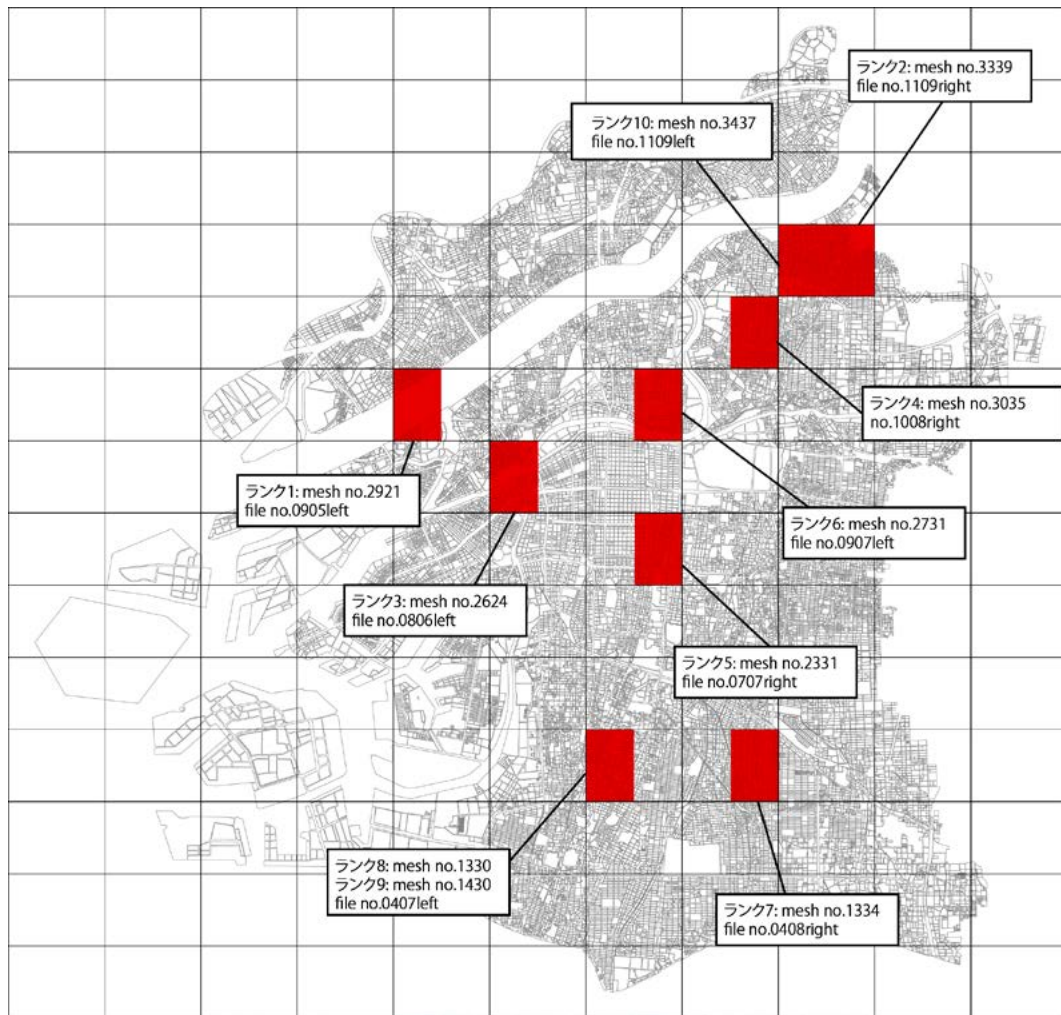


図 II -6 高隙間率エリア λ 1.5 (大阪)



隙間率 λ 1.5 (大阪)

ランク	メッシュ	隙間率 $r=1.5(\%)$	隙間量 $r=1.5$	建蔽率(%)	周長率 (m/m ²)*100	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積
1	29 21	7.29593	3841.25	61.97	11.74	85.99	4527499	52649.25

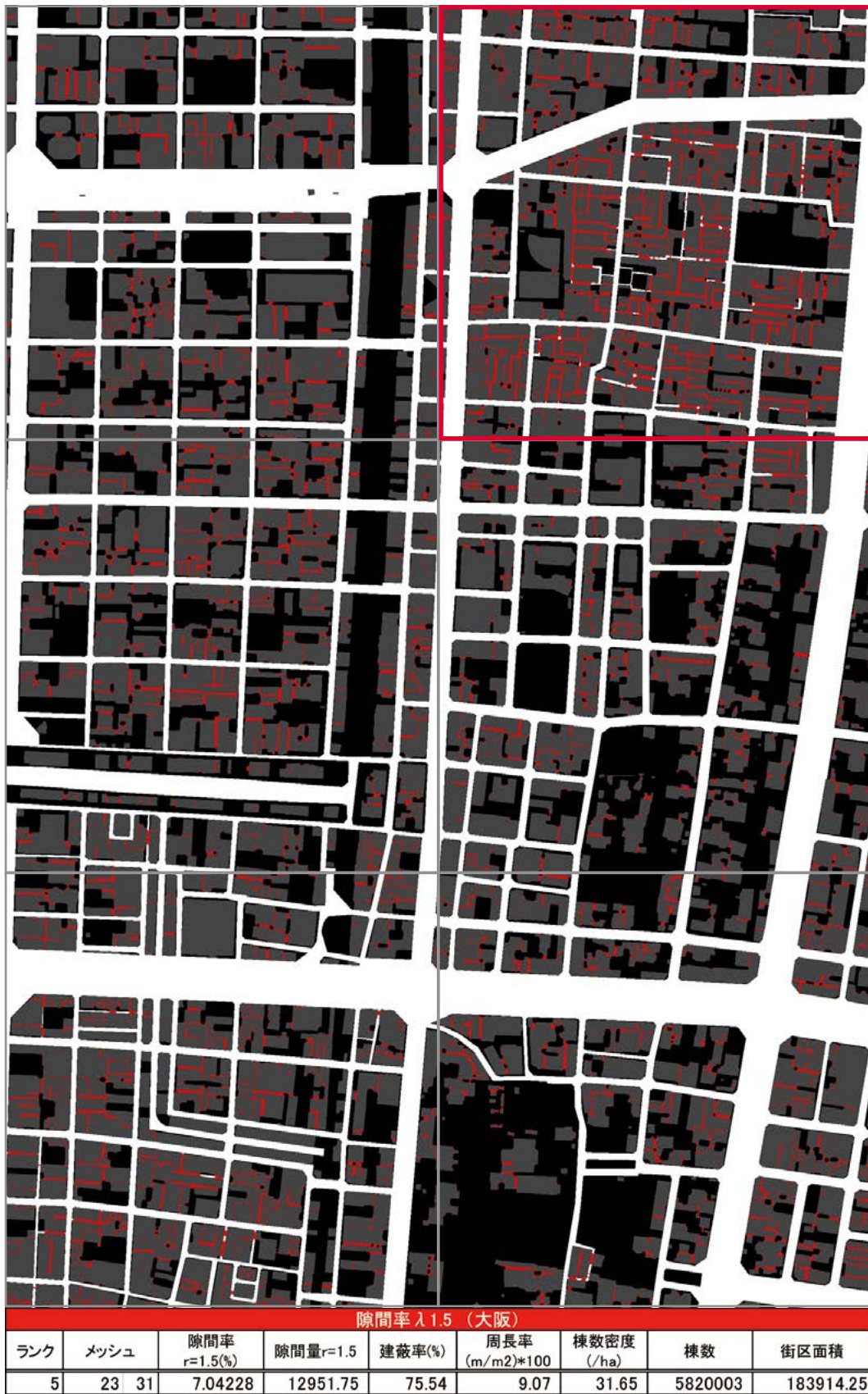




隙間率 λ 1.5 (大阪)

ランク	メッシュ	隙間率 $r=1.5(\%)$	隙間量 $r=1.5$	建蔽率(%)	周長率 (m/m^2)*100	棟数密度 (/ha)	棟数	街区面積
3	26 24	7.10541	13555.75	61.70	11.41	58.44	11150009	190780.75









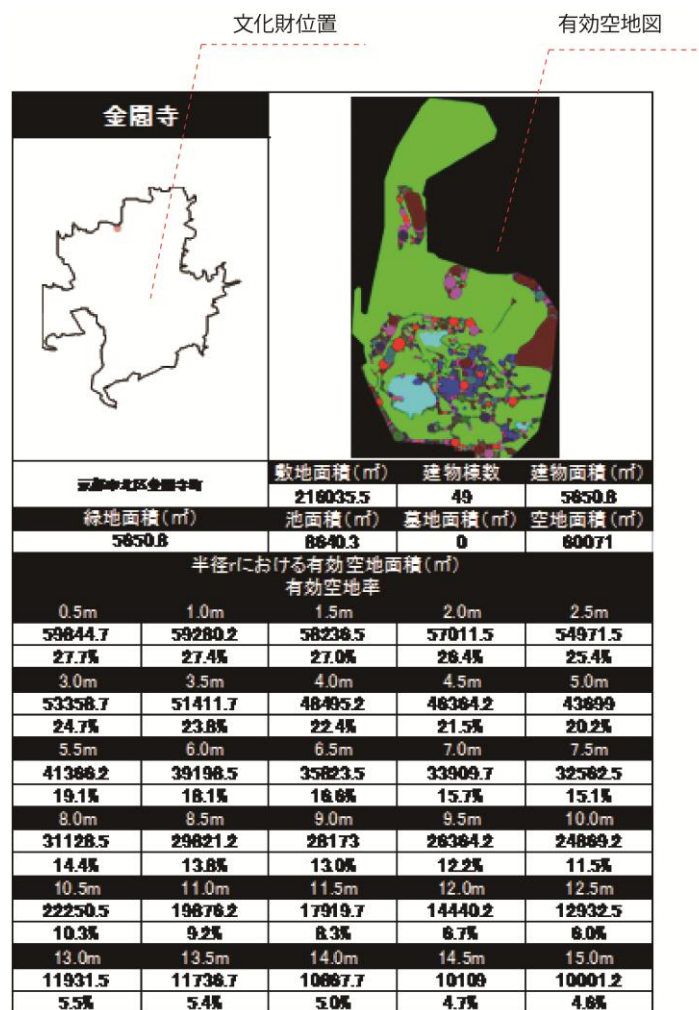






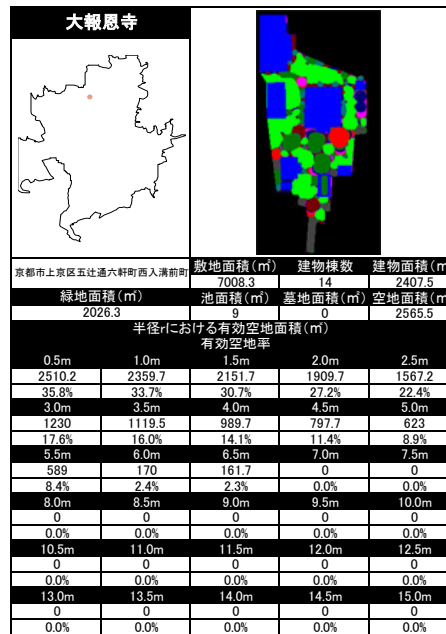
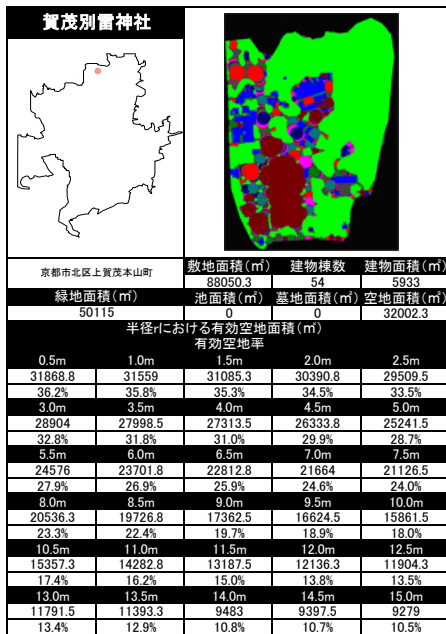
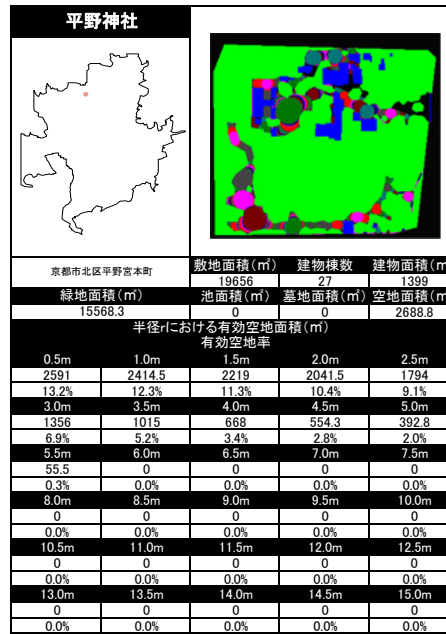
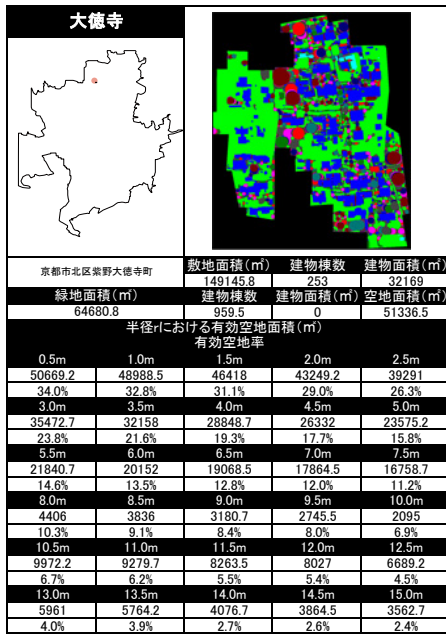
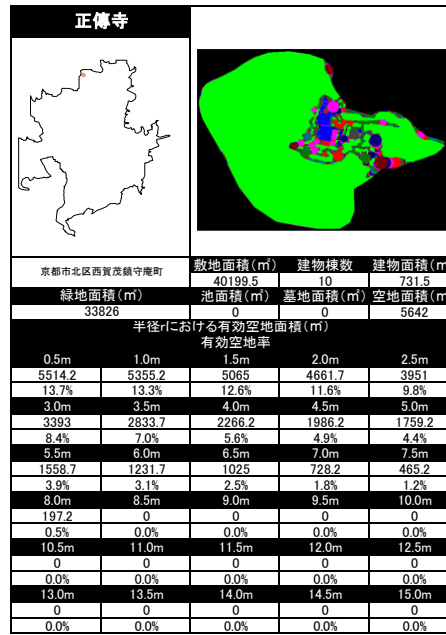
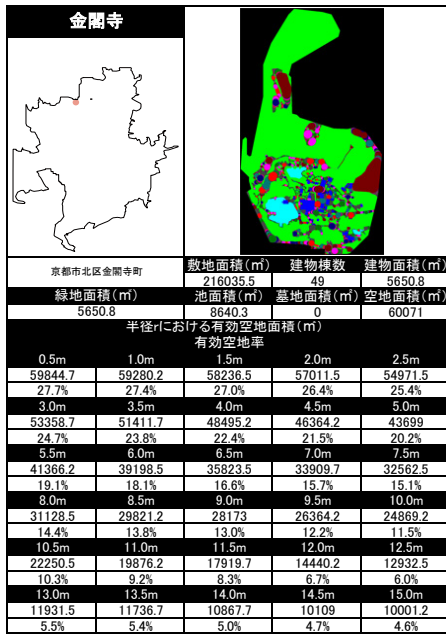
APPENDIX III 寺社境内の有効空地図

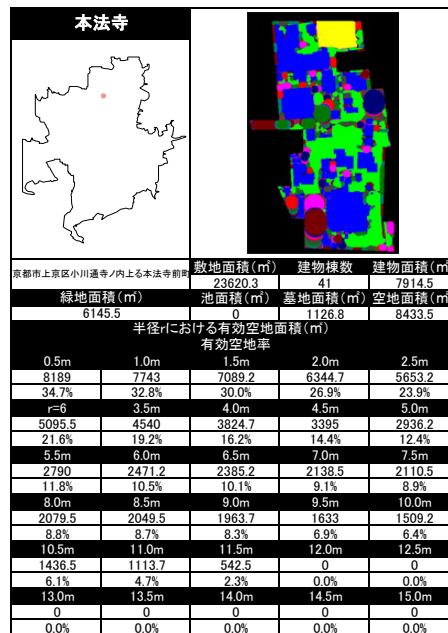
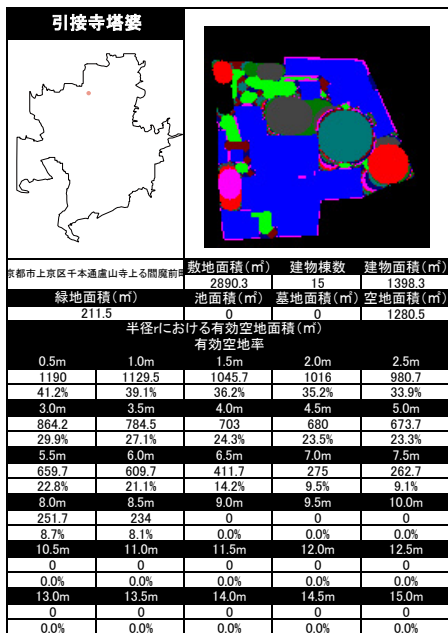
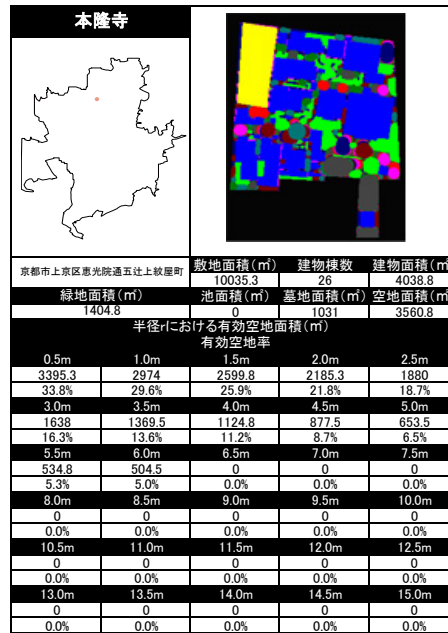
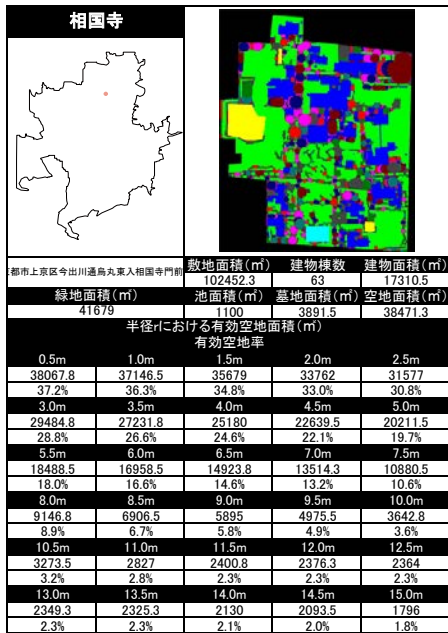
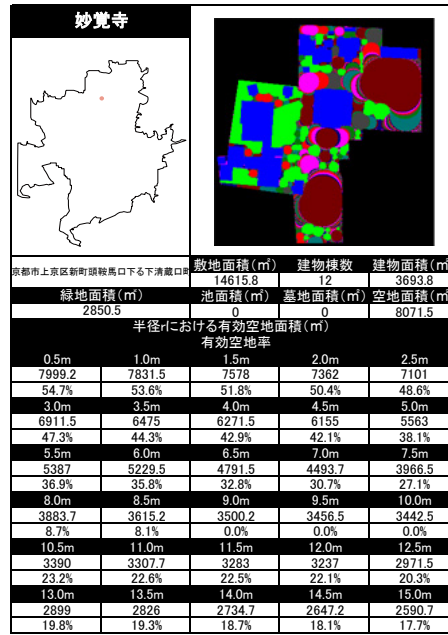
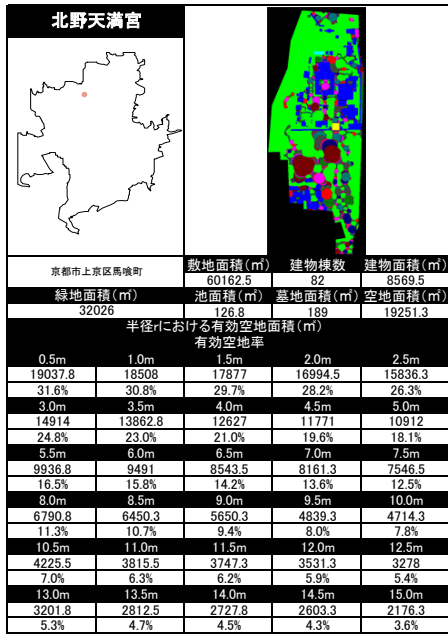
第3章にて、寺社境内を災害時の一時避難場所として利用する場合を想定して、掃過円の半径 r を 0.5m・1.5m・2.5m・5.5m・7.0 m・8.0m・14.0m に設定し、寺社境内の敷地・建物ポリゴンデータの整備が整っている阪神地域および京都市を対象として、円掃過法による有効空地进行を計量した。ここでは、京都市の寺社境内の結果のみを示す。阪神地域の寺社境内の有効空地解析結果については、文献¹⁾を参照されたい。

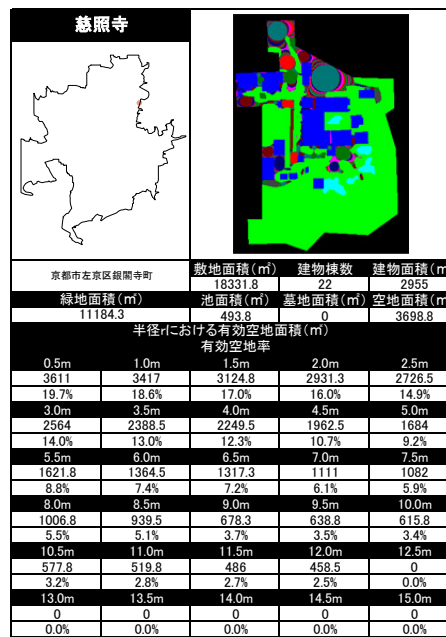
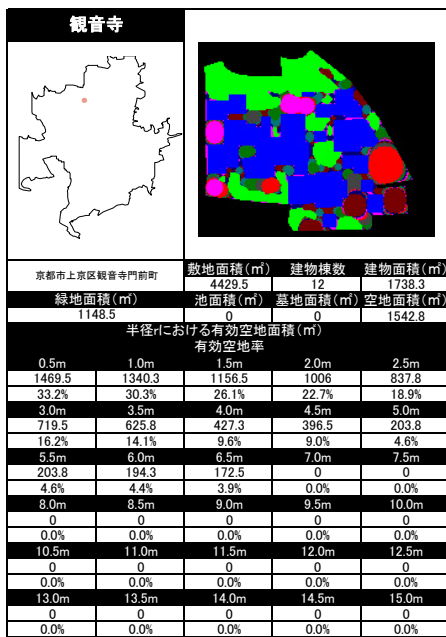
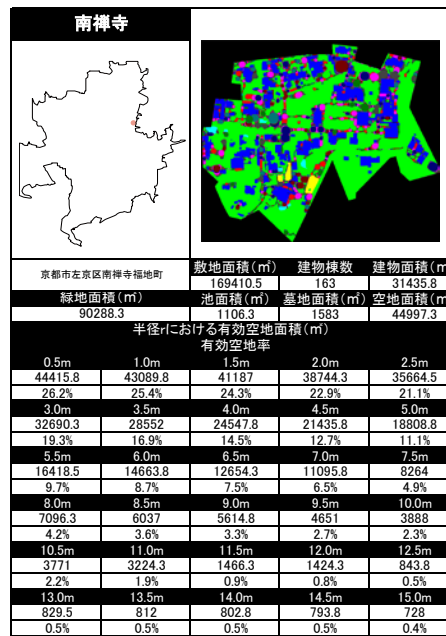
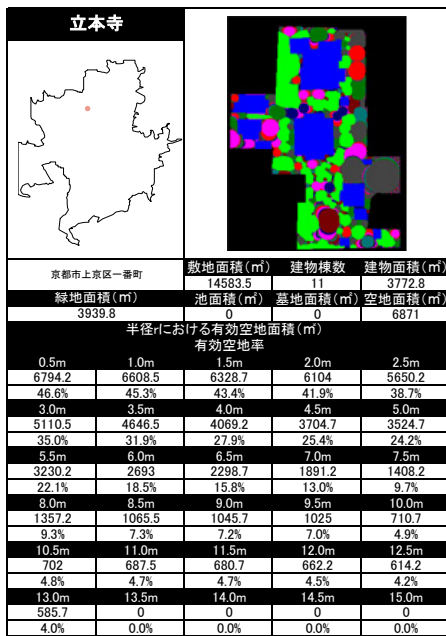
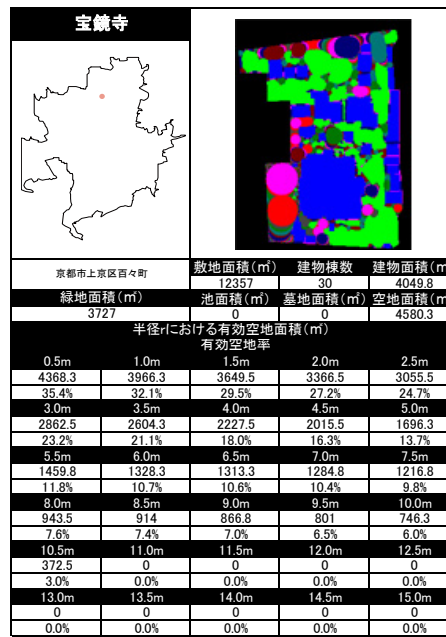
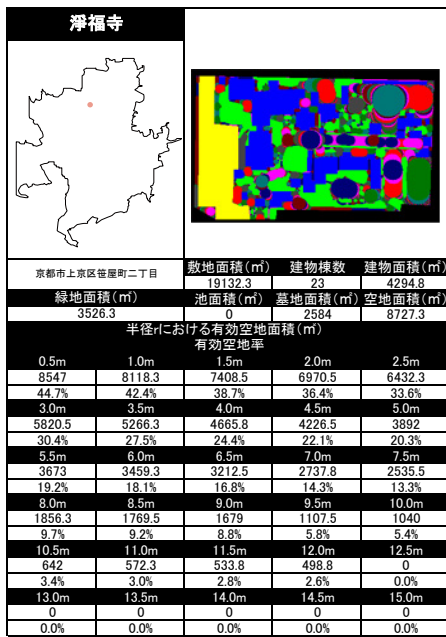


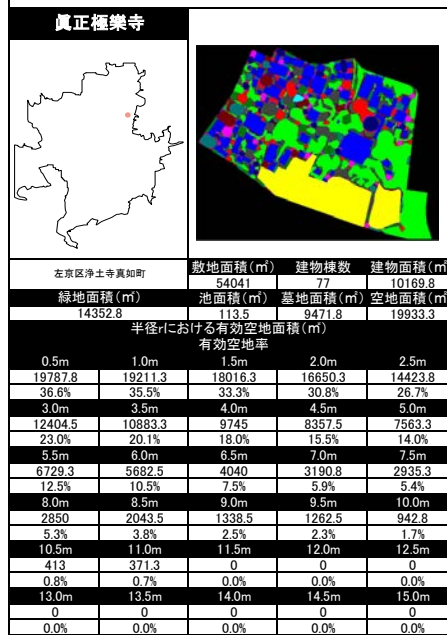
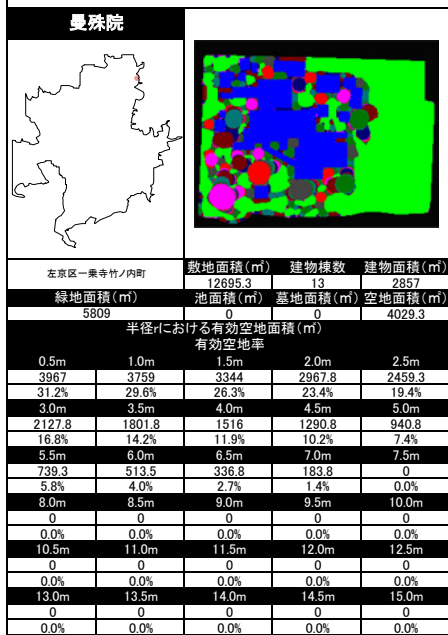
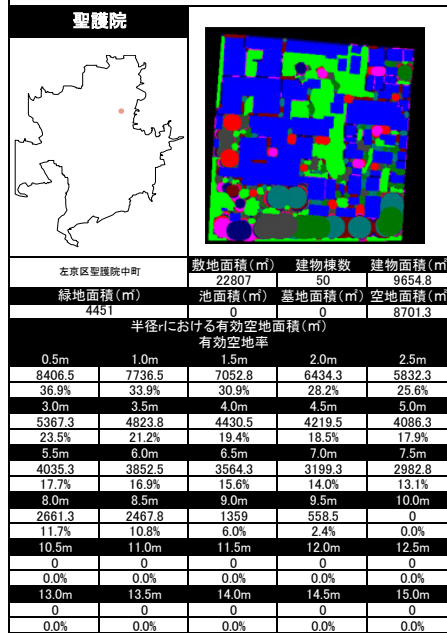
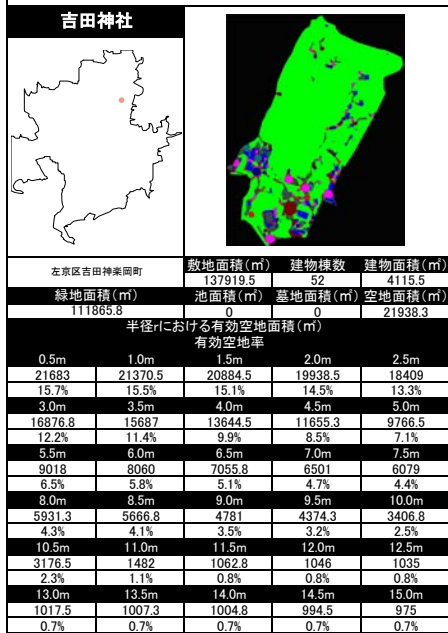
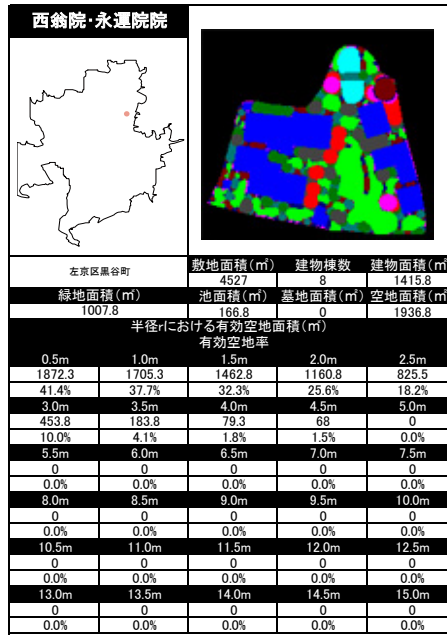
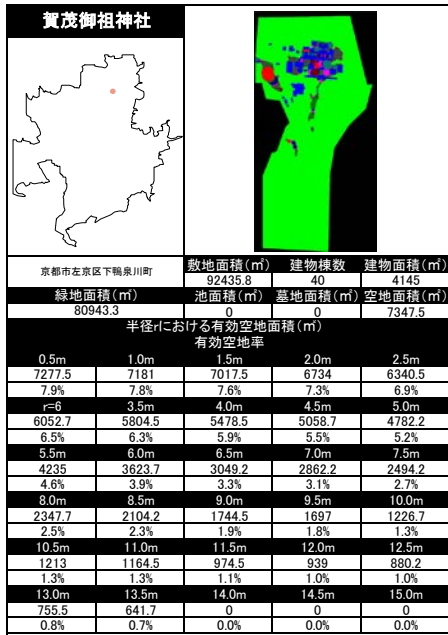
参考文献

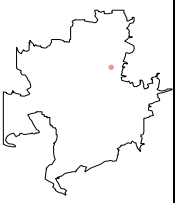
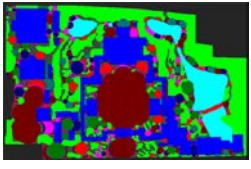
- 1) 丹羽亮：大都市における寺社境内空間の定量的考察－兵庫県阪神地区を対象として，立命館大学修士論文，2010年度

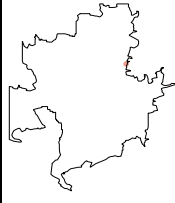
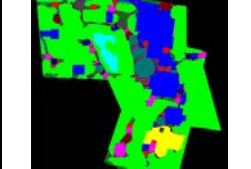


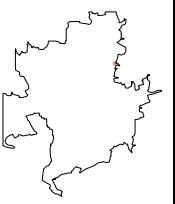



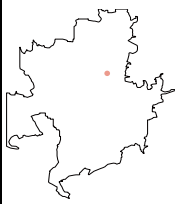



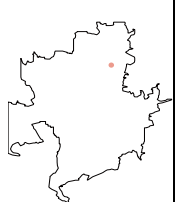
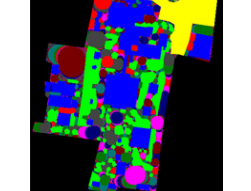



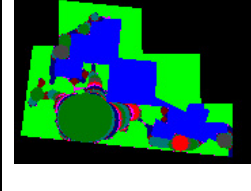
平安神宮				
				
左京区岡崎西天王町97	敷地面積 (㎡)	建物棟数	建物面積 (㎡)	
	85130	19	18182	
緑地面積 (㎡)	池面積 (㎡)	墓地面積 (㎡)	空地面積 (㎡)	
22633.8	7202.3	0	37112	
半径rにおける有効空地面積 (㎡)				
有効空地率				
0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
36939.5	36421.5	35541	34495.5	33016
43.4%	42.8%	41.7%	40.5%	38.8%
3.0m	3.5m	4.0m	4.5m	5.0m
31293.5	29487	27117.7	26075	24021.7
36.8%	34.6%	32.6%	30.6%	28.2%
5.5m	6.0m	6.5m	7.0m	7.5m
22366.5	20617.2	19316.5	18138.5	17226.5
26.3%	24.2%	22.7%	21.3%	20.8%
8.0m	8.5m	9.0m	9.5m	10.0m
16785	16357	15935.7	14968.2	14814
19.7%	19.2%	18.7%	17.8%	17.4%
10.5m	11.0m	11.5m	12.0m	12.5m
13789.2	13375.2	12850.2	12571.2	12415.7
16.2%	15.7%	15.1%	14.8%	14.6%
13.0m	13.5m	14.0m	14.5m	15.0m
11784.2	11702.7	11406.2	11263	11156.5
13.8%	13.7%	13.4%	13.2%	13.1%

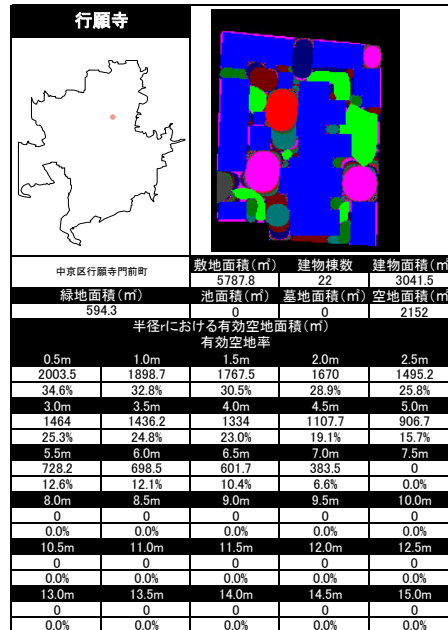
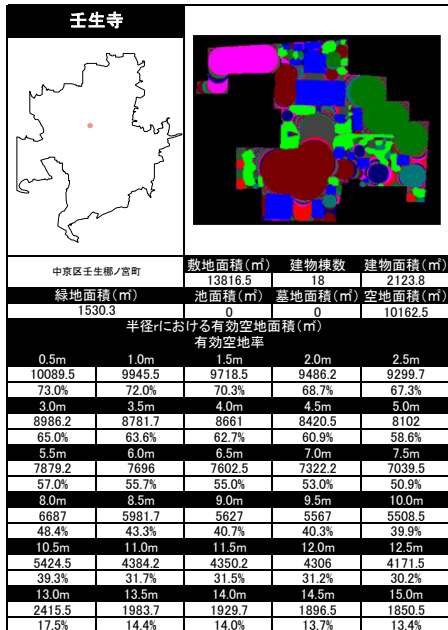
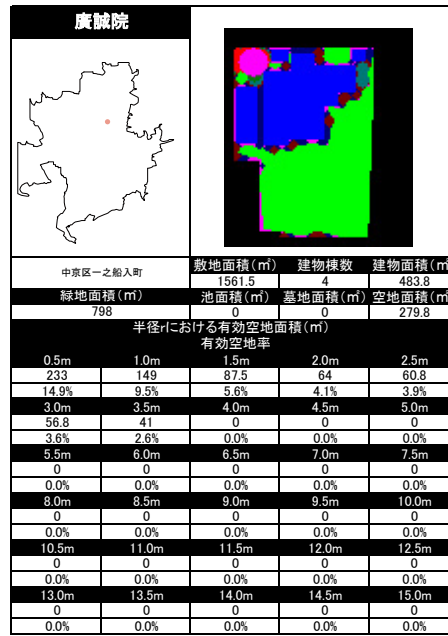
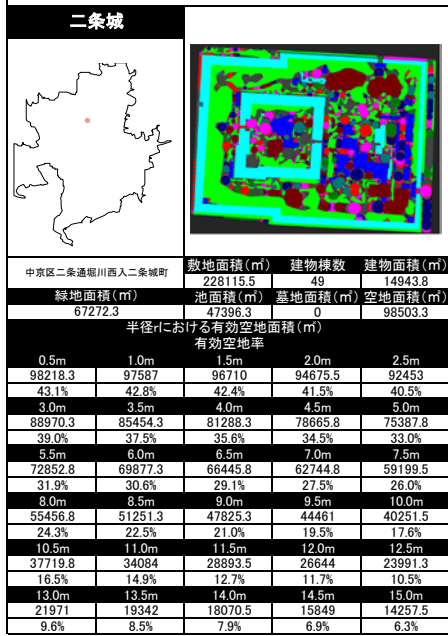
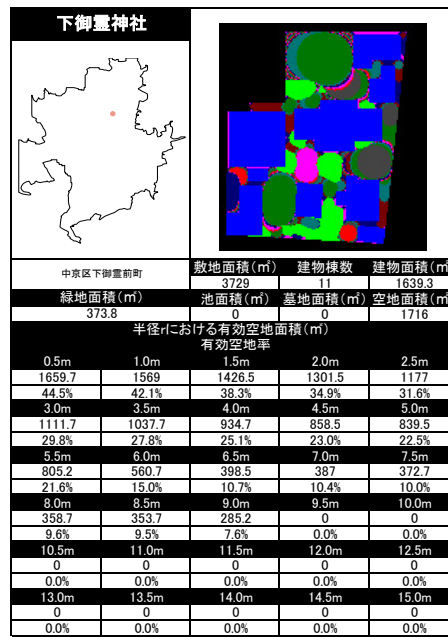
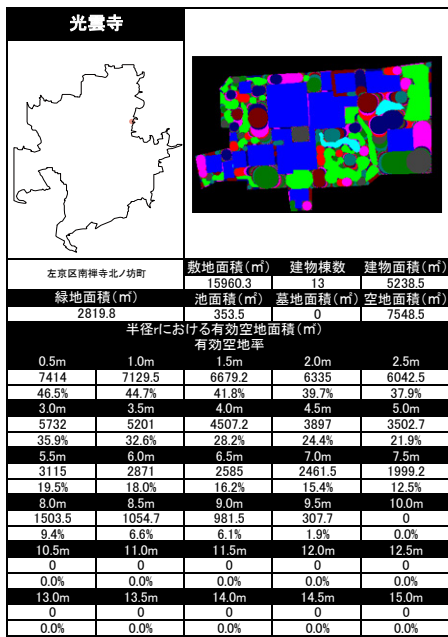
禪林寺				
				
左京区永観堂町	敷地面積 (㎡)	建物棟数	建物面積 (㎡)	
	37015.3	24	6910.8	
緑地面積 (㎡)	池面積 (㎡)	墓地面積 (㎡)	空地面積 (㎡)	
19431.8	684.3	1110.3	8878.3	
半径rにおける有効空地面積 (㎡)				
有効空地率				
0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
8716	8395.5	8047	7613.3	6986.3
23.5%	22.7%	21.7%	20.6%	19.9%
3.0m	3.5m	4.0m	4.5m	5.0m
6554.5	5918.8	5186.5	4760.3	4246.5
17.7%	16.0%	14.0%	12.9%	11.8%
5.5m	6.0m	6.5m	7.0m	7.5m
3707.5	3543	3237.8	3158.3	2621.8
10.0%	9.6%	8.7%	8.5%	7.1%
8.0m	8.5m	9.0m	9.5m	10.0m
2490.3	2173.8	1417	1113	1056.8
6.7%	5.9%	3.8%	3.0%	2.9%
10.5m	11.0m	11.5m	12.0m	12.5m
646	614.5	579.5	549	26.5
1.7%	1.7%	1.6%	1.5%	0.1%
13.0m	13.5m	14.0m	14.5m	15.0m
26.5	26.5	26.5	26.5	26.5
0.1%	0.1%	0.1%	0.1%	0.1%

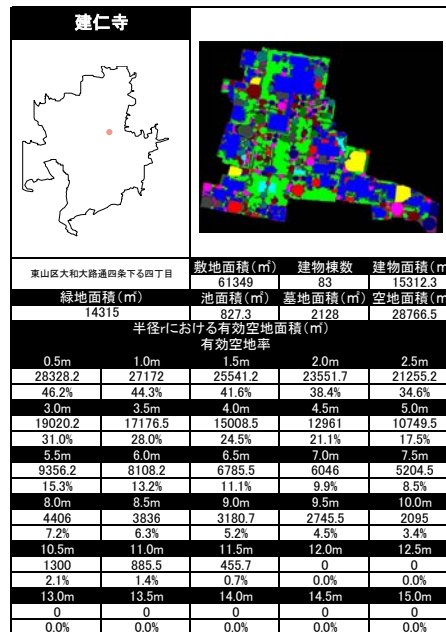
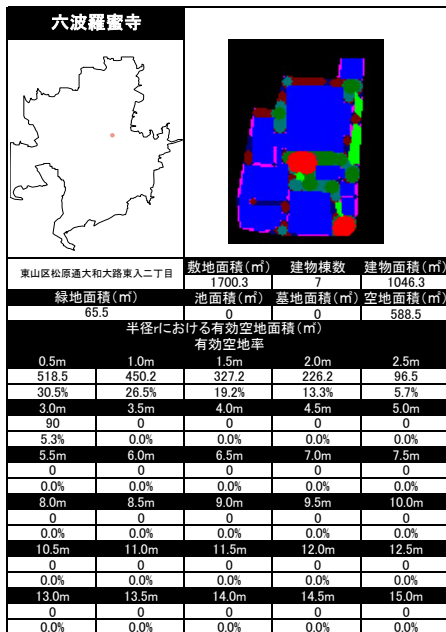
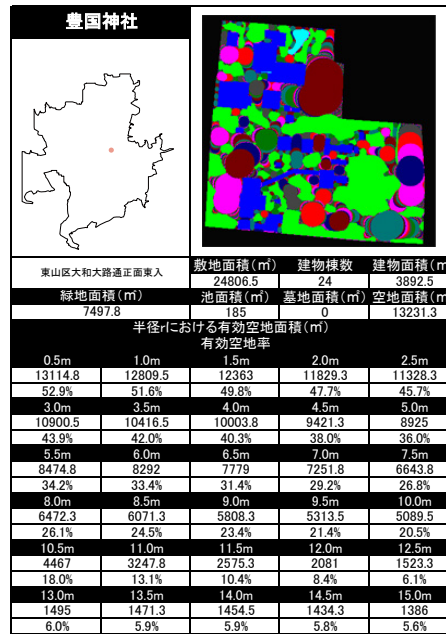
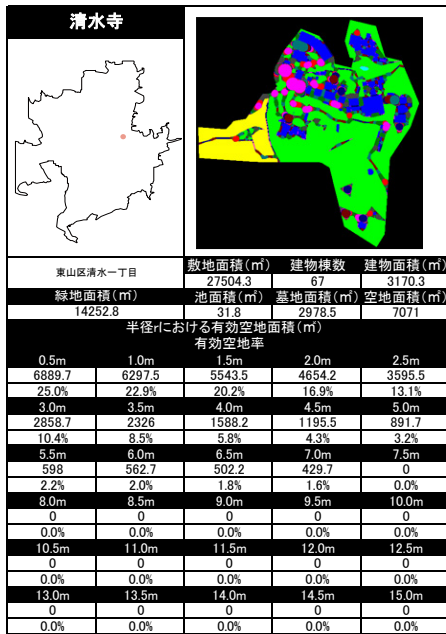
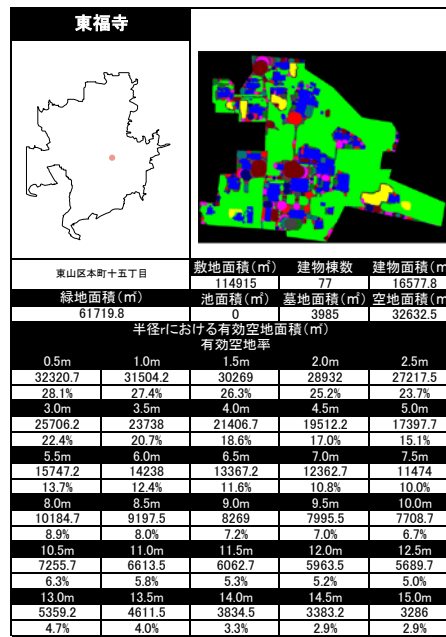
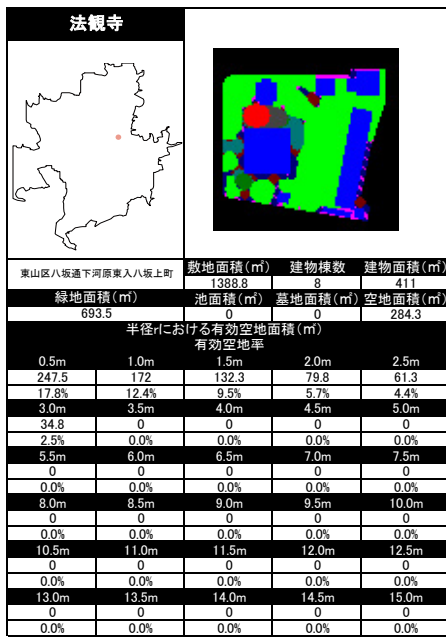
安楽寺・曇籠寺				
				
左京区鹿ヶ谷御所ノ内町21	敷地面積 (㎡)	建物棟数	建物面積 (㎡)	
	33253	14	2464.5	
緑地面積 (㎡)	池面積 (㎡)	墓地面積 (㎡)	空地面積 (㎡)	
26255.5	501.5	1276.5	2755	
半径rにおける有効空地面積 (㎡)				
有効空地率				
0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
2736.5	2695.7	2636.2	2467.7	2275.7
8.2%	8.1%	7.9%	7.4%	6.8%
3.0m	3.5m	4.0m	4.5m	5.0m
2051	1905.5	1316.5	964.2	605
6.2%	5.7%	4.0%	2.9%	1.8%
5.5m	6.0m	6.5m	7.0m	7.5m
457.5	379.2	285.7	140.7	0
1.4%	1.1%	0.8%	0.4%	0.0%
8.0m	8.5m	9.0m	9.5m	10.0m
0	0	0	0	0
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
10.5m	11.0m	11.5m	12.0m	12.5m
0	0	0	0	0
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
13.0m	13.5m	14.0m	14.5m	15.0m
0	0	0	0	0
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

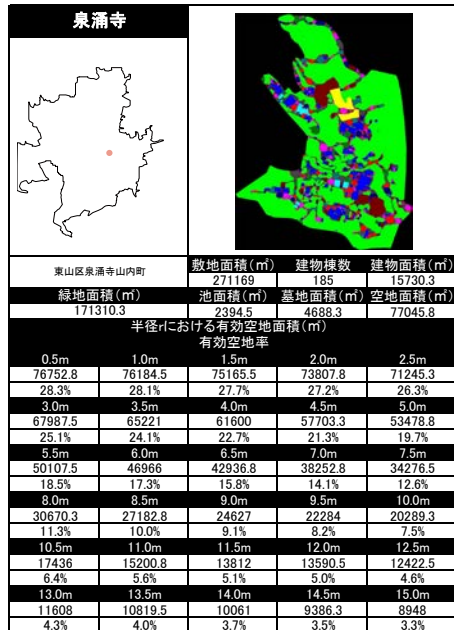
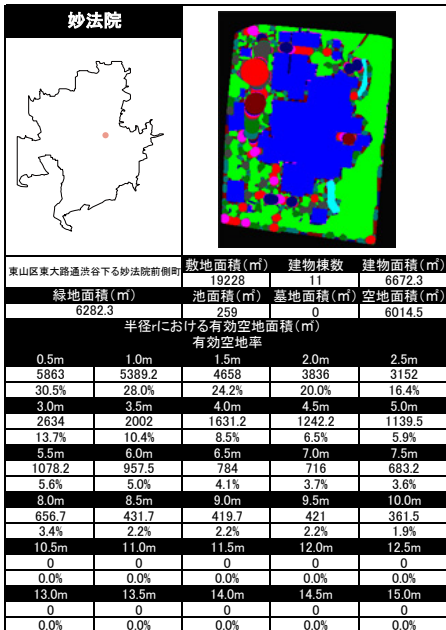
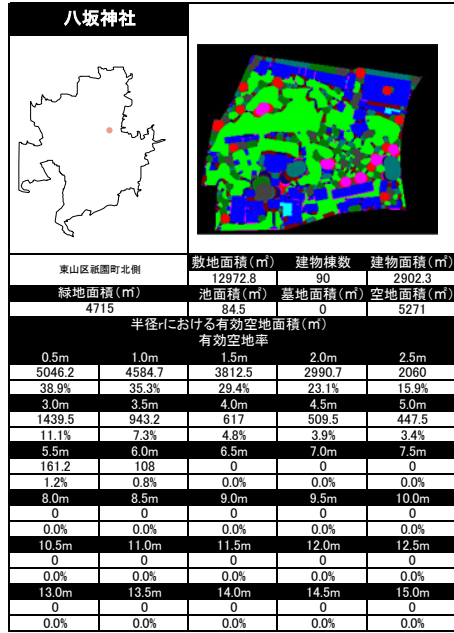
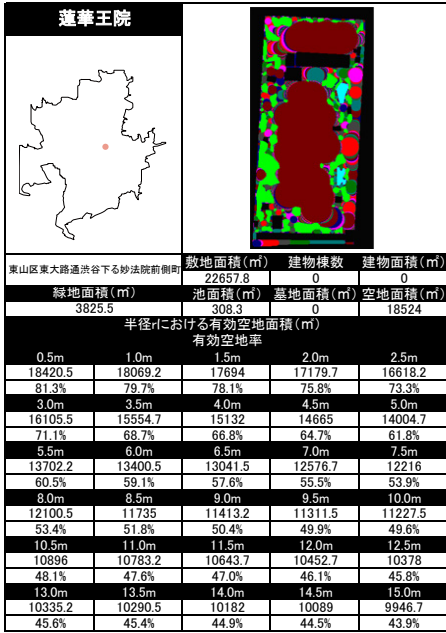
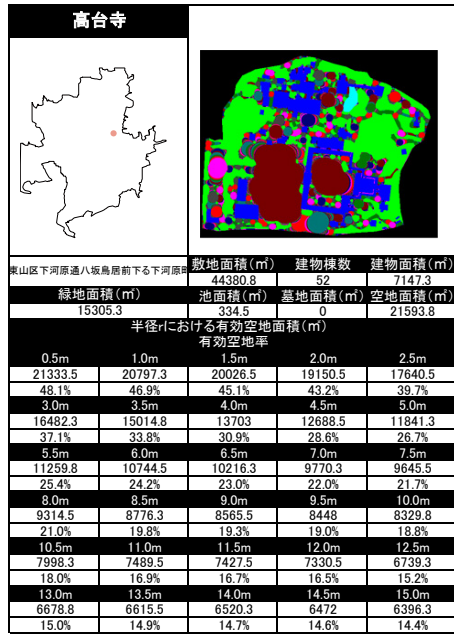
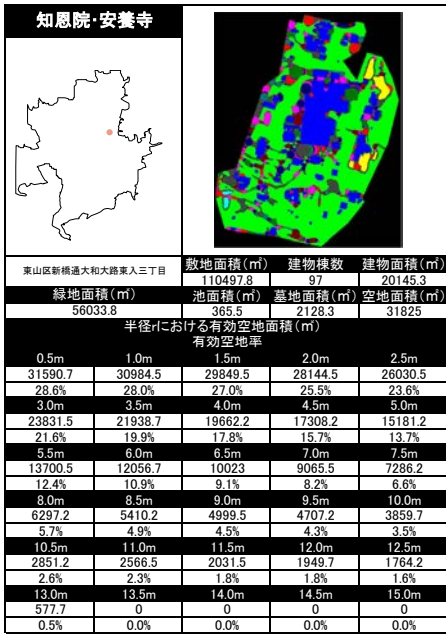
檀王法林寺				
				
左京区川端通三条上る法林寺門前町	敷地面積 (㎡)	建物棟数	建物面積 (㎡)	
	7489.8	30	3479.8	
緑地面積 (㎡)	池面積 (㎡)	墓地面積 (㎡)	空地面積 (㎡)	
461	0	860	2689	
半径rにおける有効空地面積 (㎡)				
有効空地率				
0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
2500.5	2249.5	1878.7	1632.2	1357.2
33.4%	30.0%	25.1%	21.8%	18.1%
3.0m	3.5m	4.0m	4.5m	5.0m
1143.5	950.7	804	708.5	538.2
15.3%	12.7%	10.7%	9.5%	7.2%
5.5m	6.0m	6.5m	7.0m	7.5m
275.2	258.5	186.2	0	0
3.7%	3.5%	2.5%	0.0%	0.0%
8.0m	8.5m	9.0m	9.5m	10.0m
0	0	0	0	0
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
10.5m	11.0m	11.5m	12.0m	12.5m
0	0	0	0	0
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
13.0m	13.5m	14.0m	14.5m	15.0m
0	0	0	0	0
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

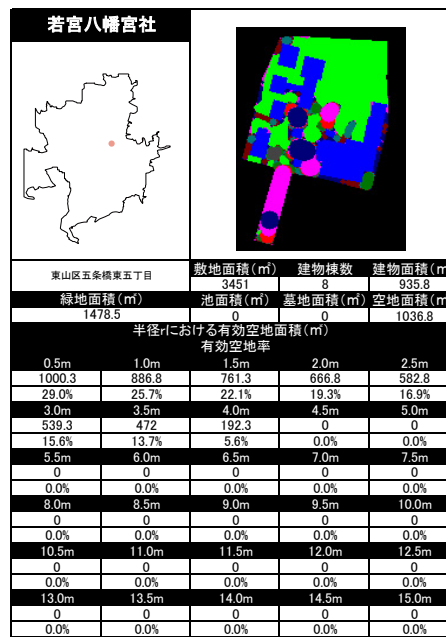
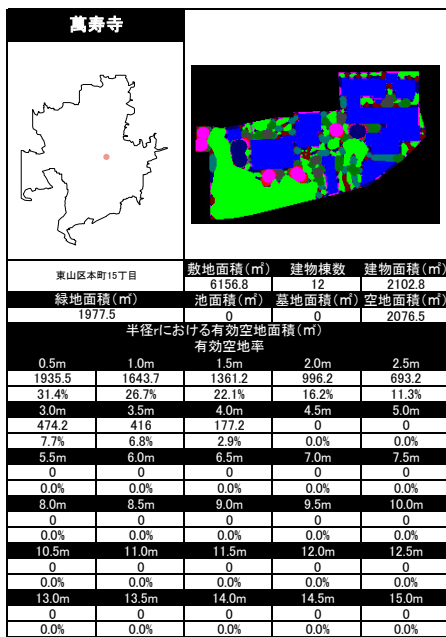
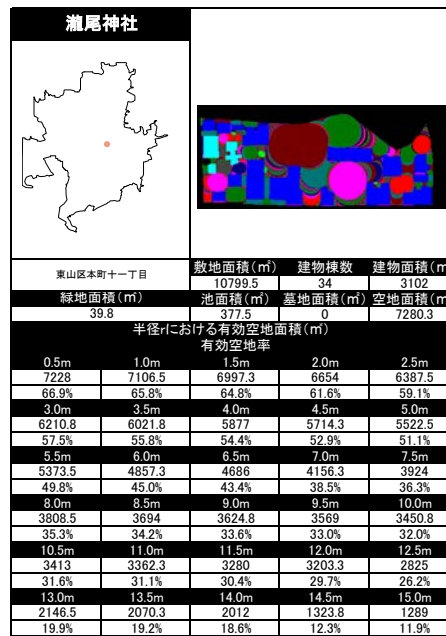
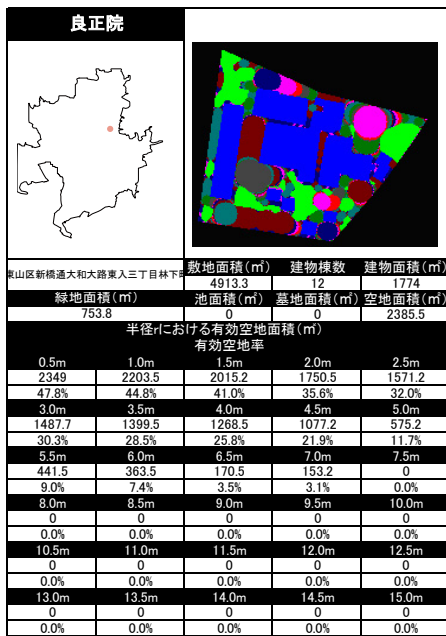
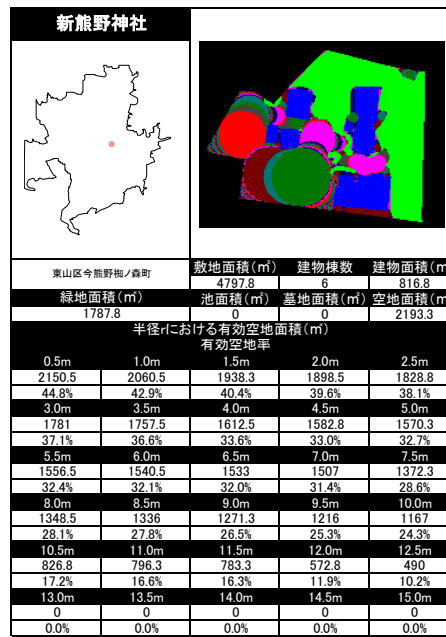
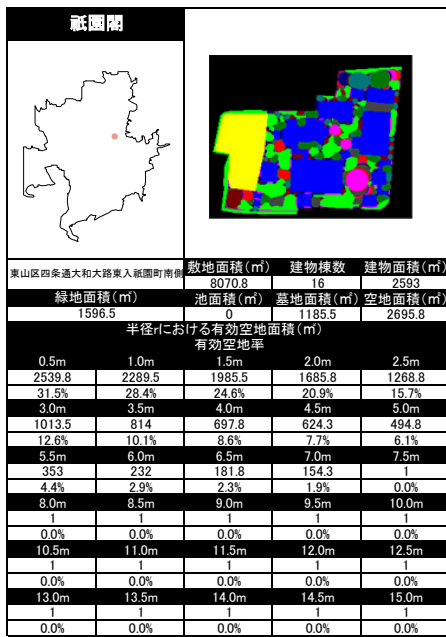
知恩寺				
				
左京区田中門前町103番地の27	敷地面積 (㎡)	建物棟数	建物面積 (㎡)	
	33415.8	41	8133.8	
緑地面積 (㎡)	池面積 (㎡)	墓地面積 (㎡)	空地面積 (㎡)	
6040.5	0	5217.3	14024.3	
半径rにおける有効空地面積 (㎡)				
有効空地率				
0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
13814.8	13310	12645.3	11862.3	10945.8
41.3%	39.8%	37.8%	35.5%	32.8%
3.0m	3.5m	4.0m	4.5m	5.0m
10273.8	9149.3	8486.5	7544.8	6593.5
30.7%	27.4%	25.4%	22.6%	19.7%
5.5m	6.0m	6.5m	7.0m	7.5m
5996.5	5082.5	4015	3805.5	3393.3
17.9%	15.2%	12.0%	11.4%	10.2%
8.0m	8.5m	9.0m	9.5m	10.0m
2876.5	2812.8	2741.8	2598.8	2206.5
8.6%	8.4%	8.2%	7.5%	6.6%
10.5m	11.0m	11.5m	12.0m	12.5m
1809.8	1368	1358.3	1327.5	1170.3
5.4%	4.1%	4.1%	4.0%	3.5%
13.0m	13.5m	14.0m	14.5m	15.0m
1116.3	1072.5	1037	1013.8	956.3
3.3%	3.2%	3.1%	3.0%	2.9%

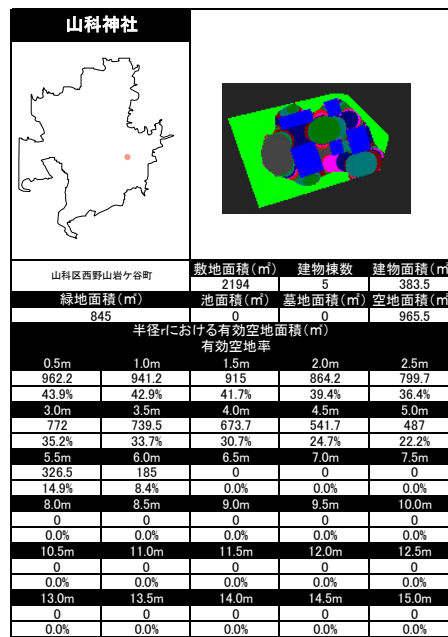
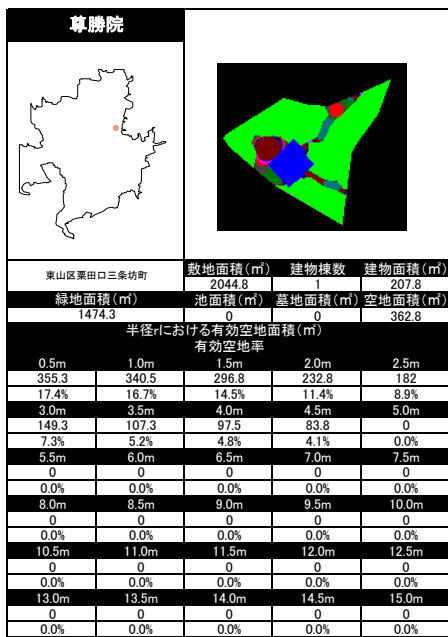
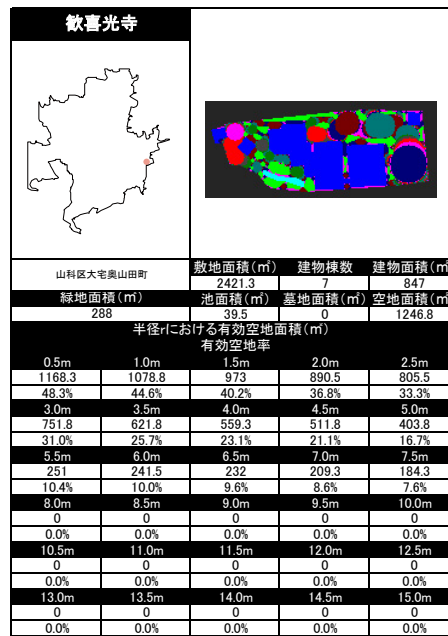
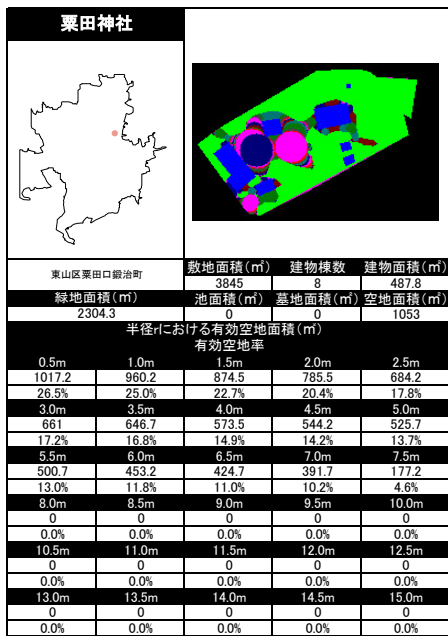
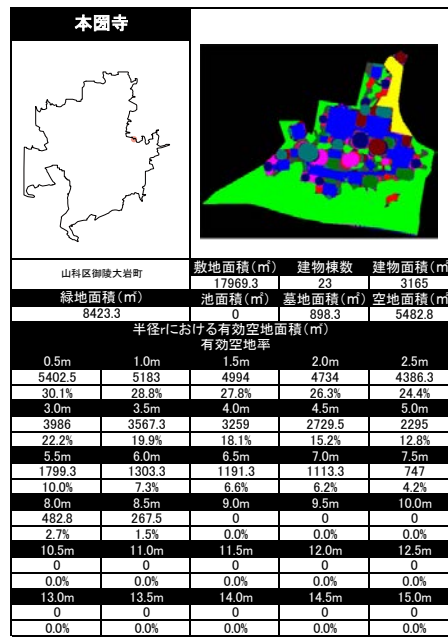
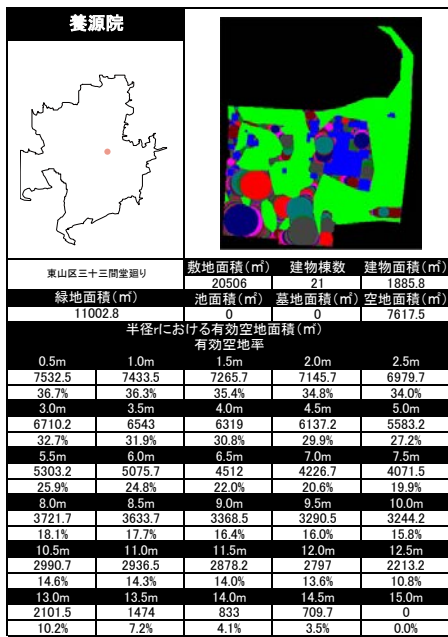
涌泉寺				
				
左京区松ヶ崎福町	敷地面積 (㎡)	建物棟数	建物面積 (㎡)	
	3001	4	857.5	
緑地面積 (㎡)	池面積 (㎡)	墓地面積 (㎡)	空地面積 (㎡)	
1299.3	0	0	844.3	
半径rにおける有効空地面積 (㎡)				
有効空地率				
0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m
825.5	759.8	708.5	640.5	564.5
27.5%	25.3%	23.6%	21.3%	18.8%
3.0m	3.5m	4.0m	4.5m	5.0m
494	444.5	432.8	423	413
16.5%	14.8%	14.4%	14.1%	13.8%
5.5m	6.0m	6.5m	7.0m	7.5m
388.5	374	366.8	357.3	347
12.9%	12.5%	12.2%	11.9%	11.6%
8.0m	8.5m	9.0m	9.5m	10.0m
317	313.5	289.3	0	0
10.6%	10.4%	9.6%	0.0%	0.0%
10.5m	11.0m	11.5m	12.0m	12.5m
0	0	0	0	0
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
13.0m	13.5m	14.0m	14.5m	15.0m
0	0	0	0	0
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%

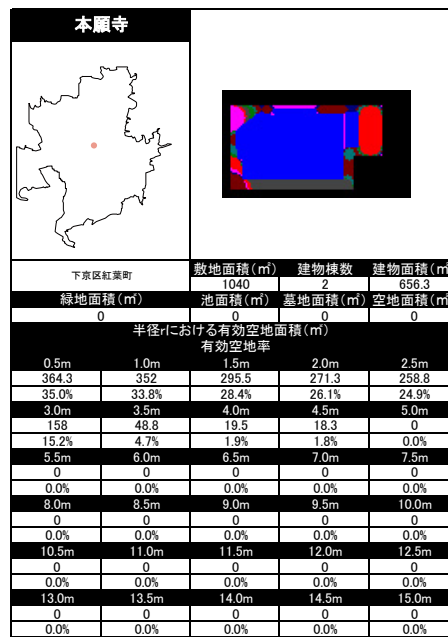
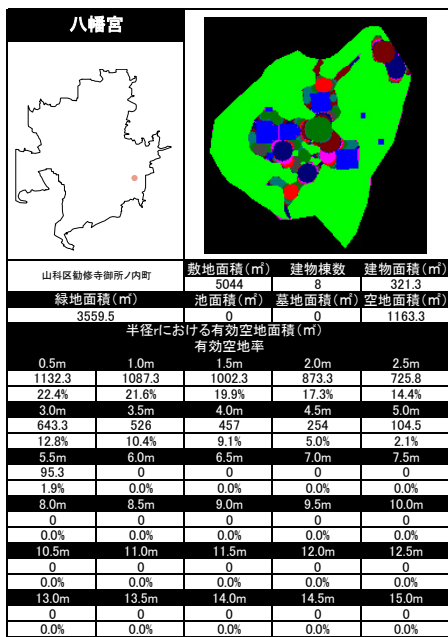
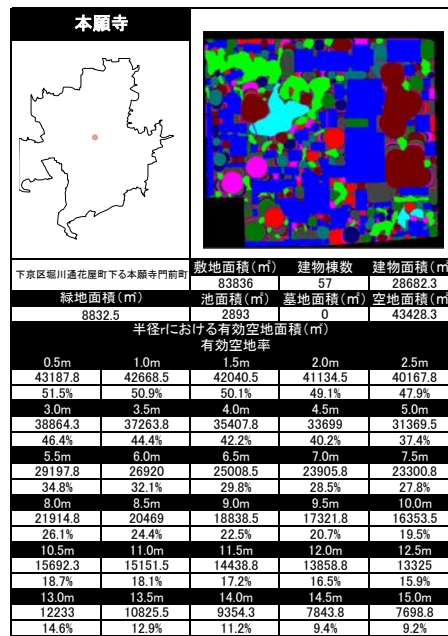
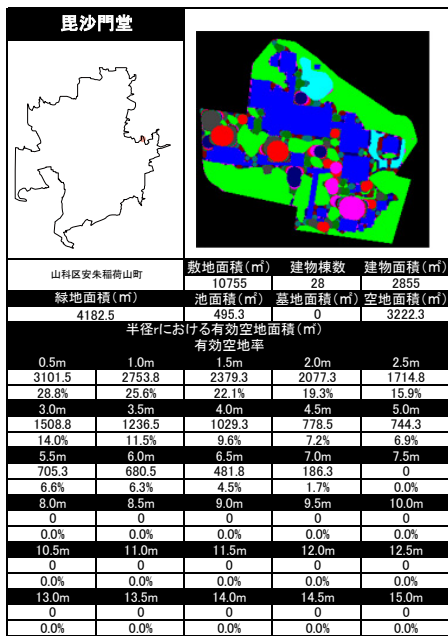
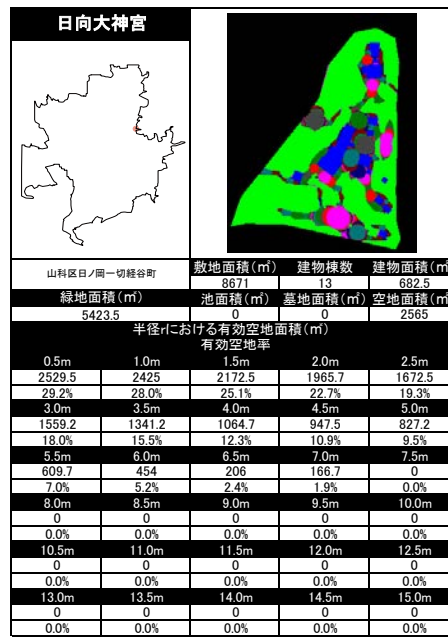
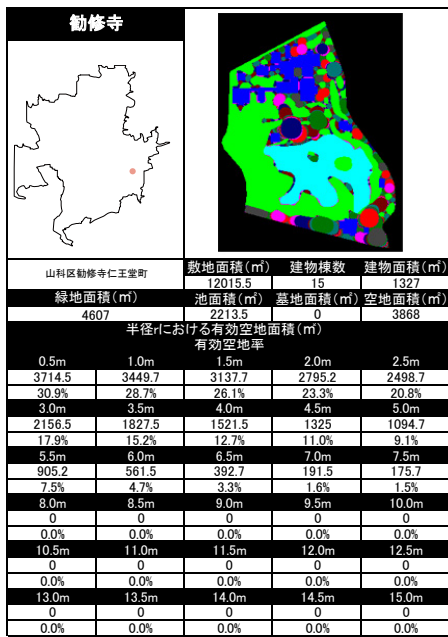


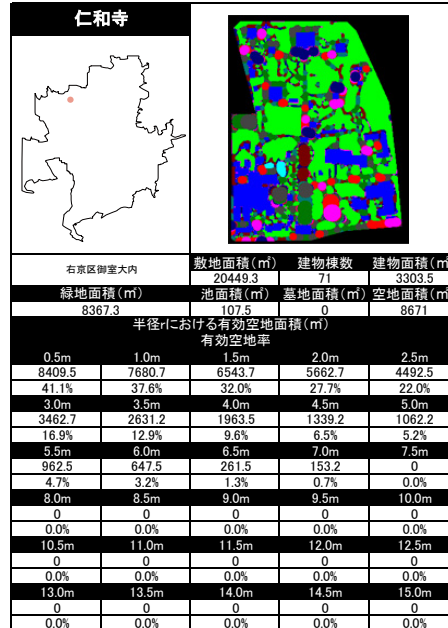
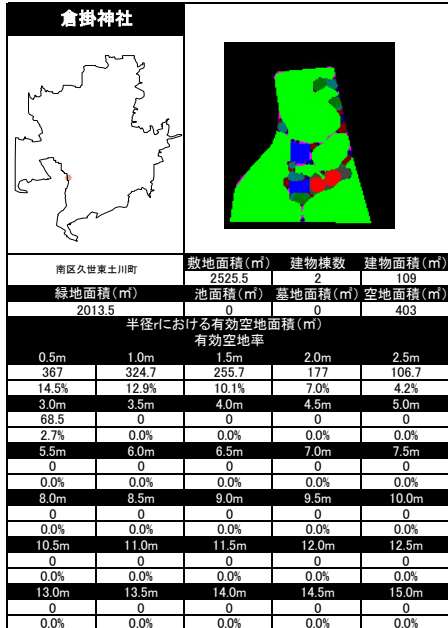
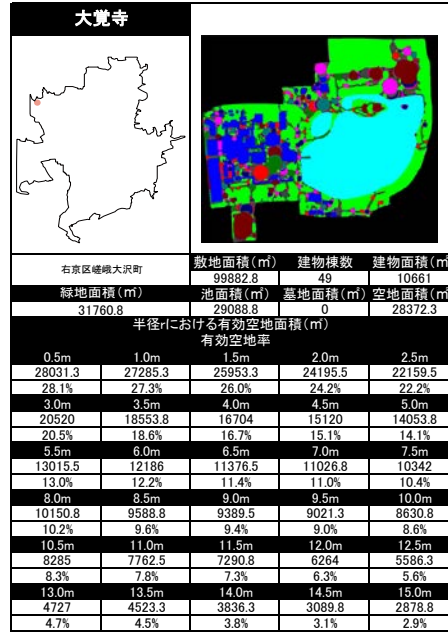
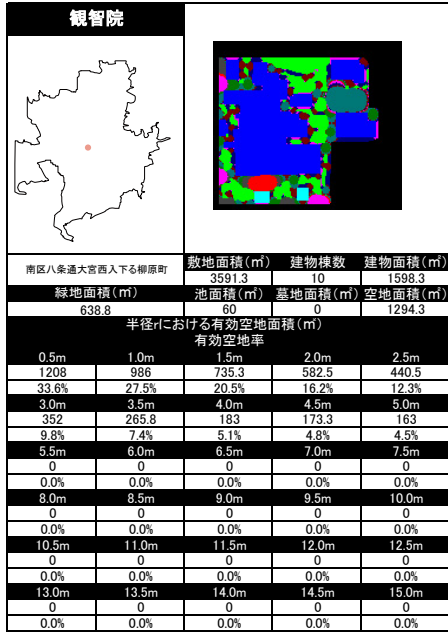
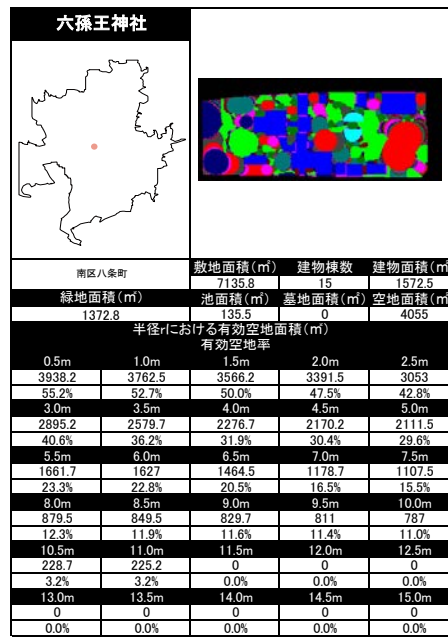
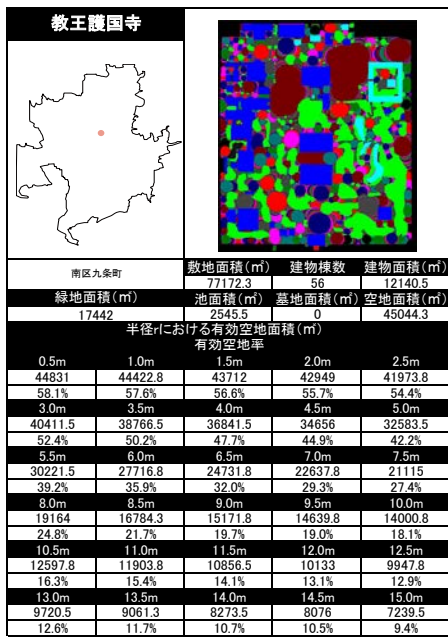


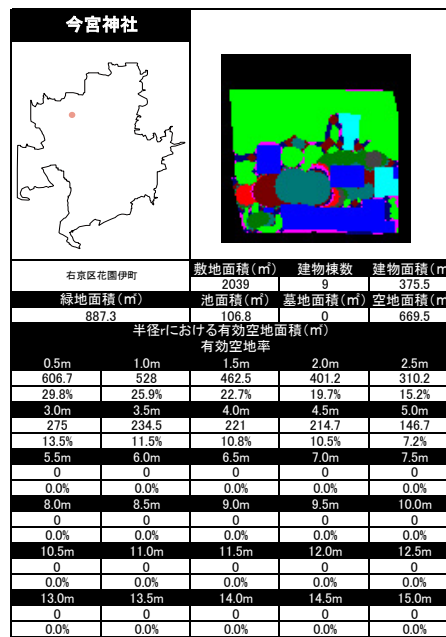
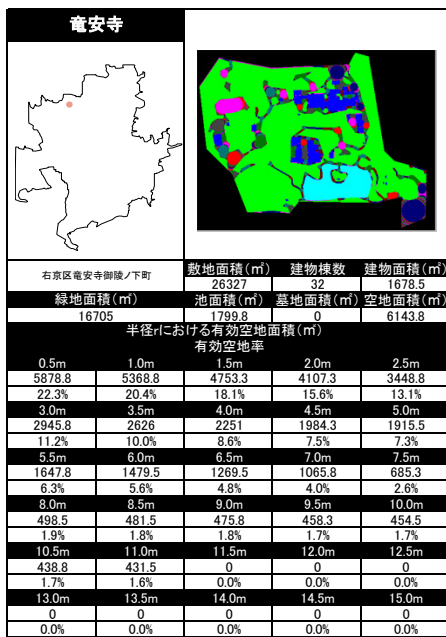
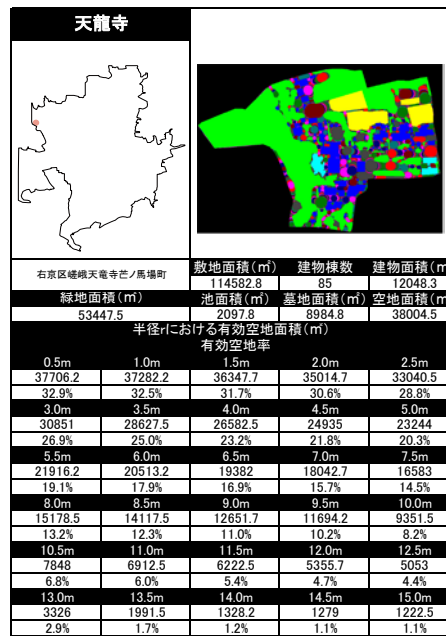
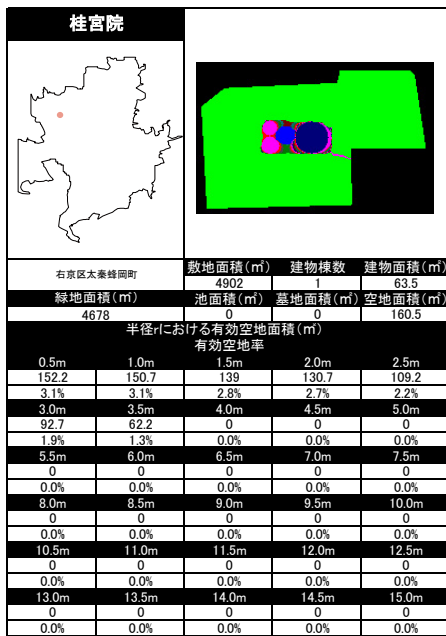
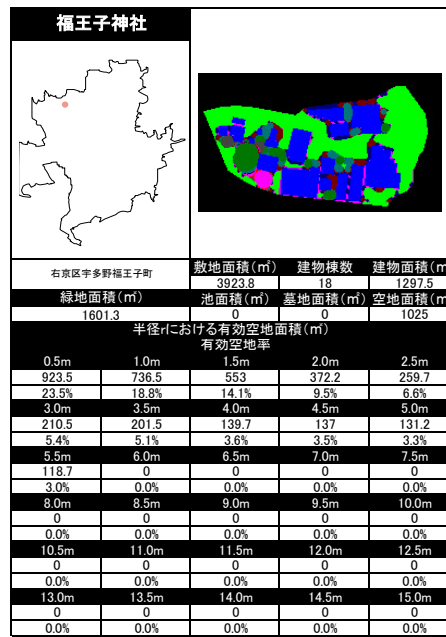
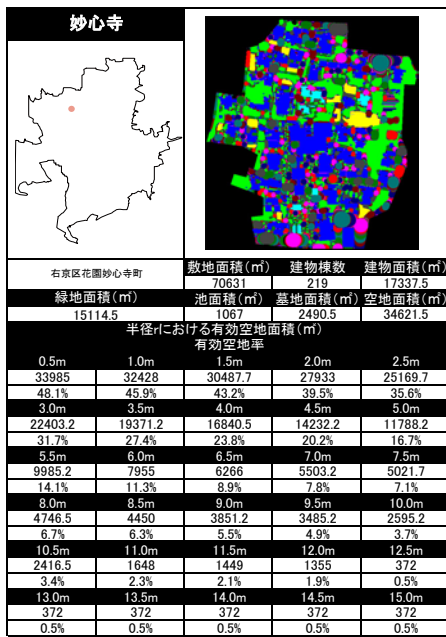


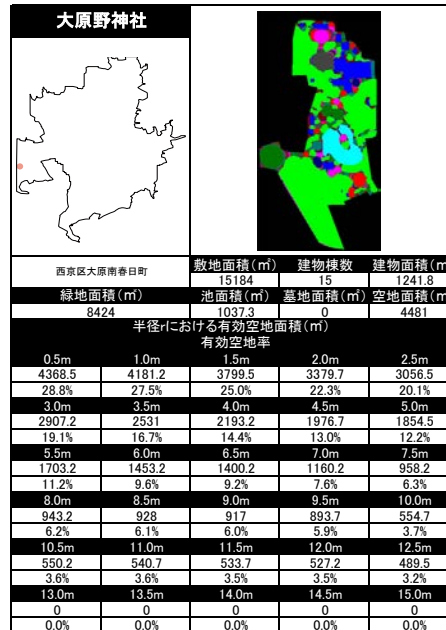
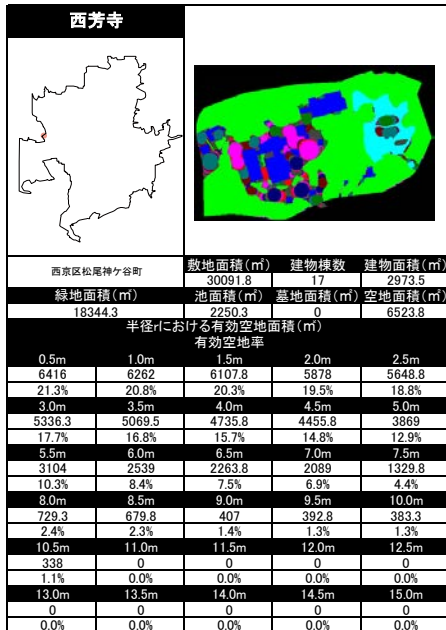
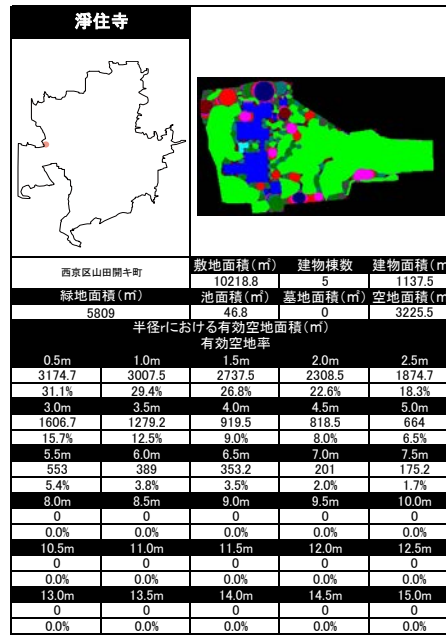
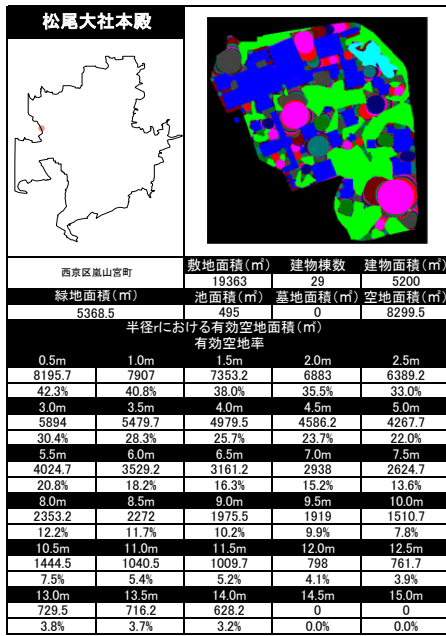
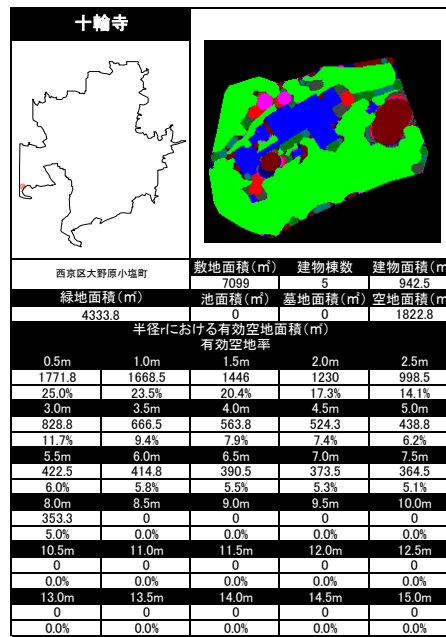
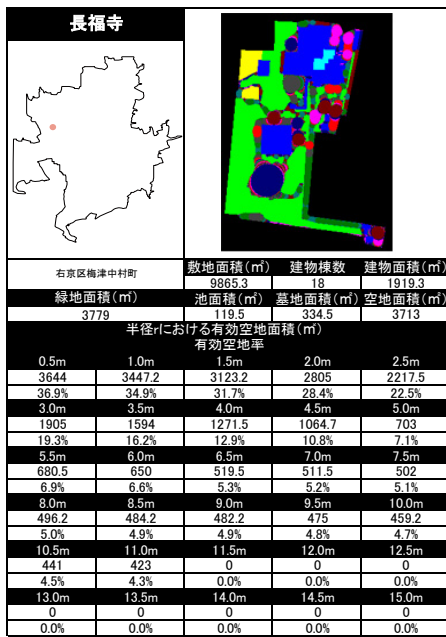


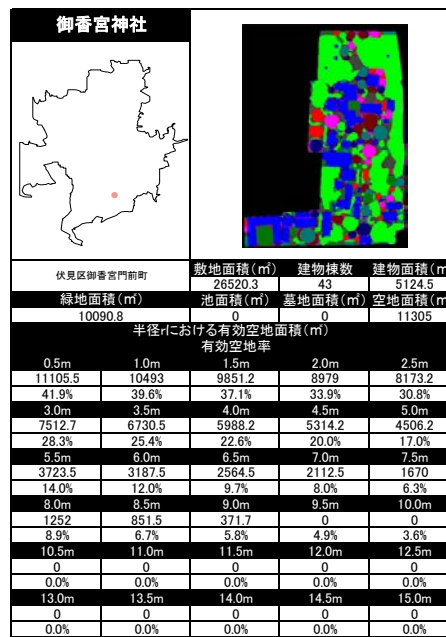
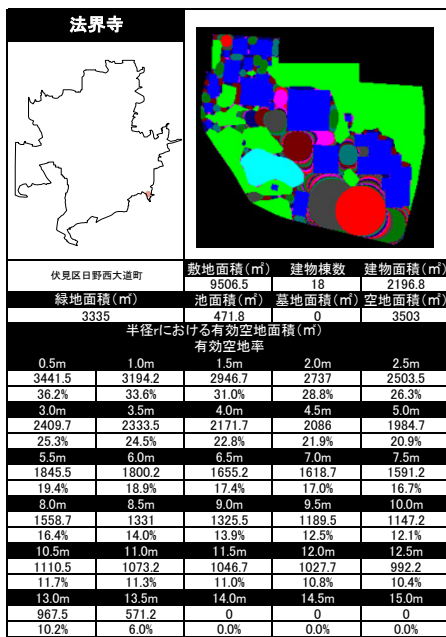
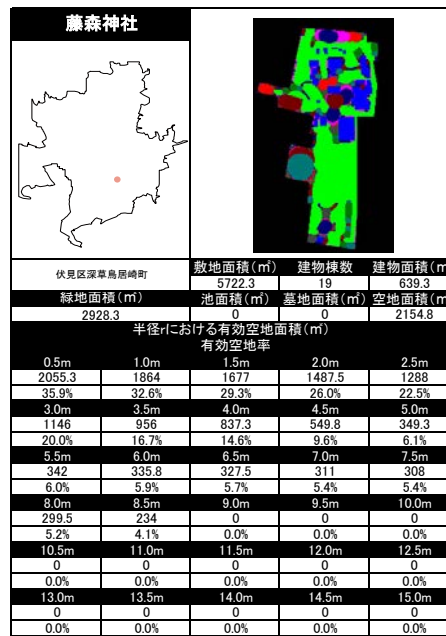
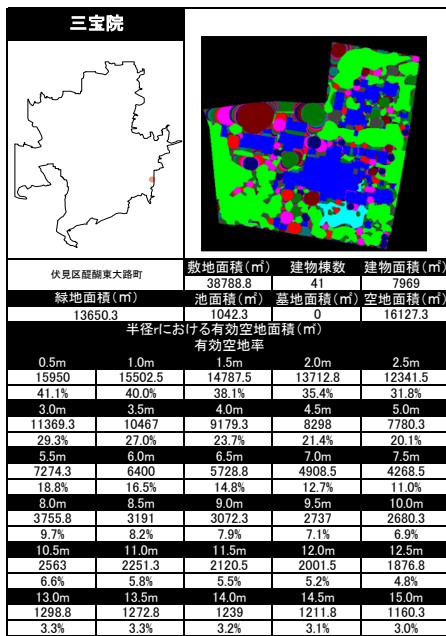
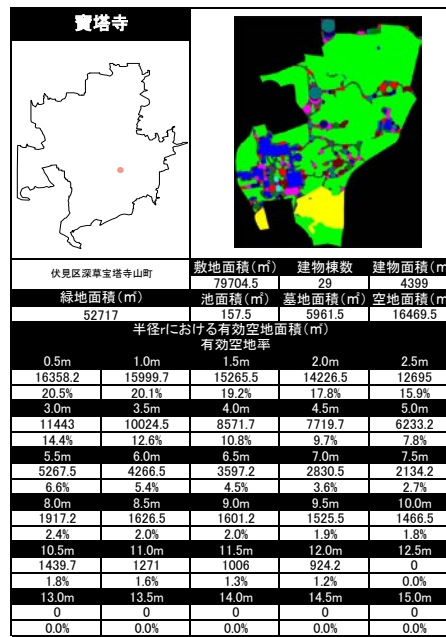
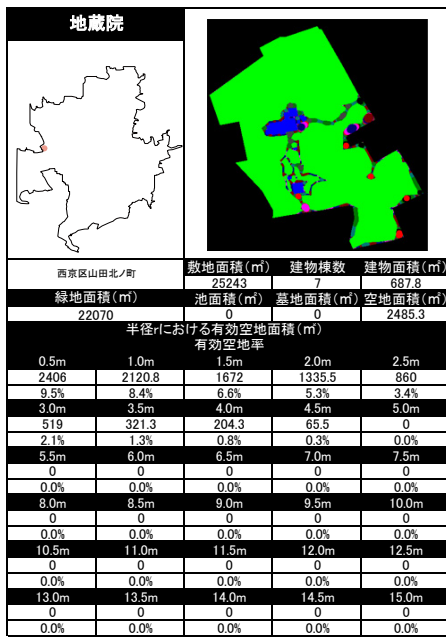


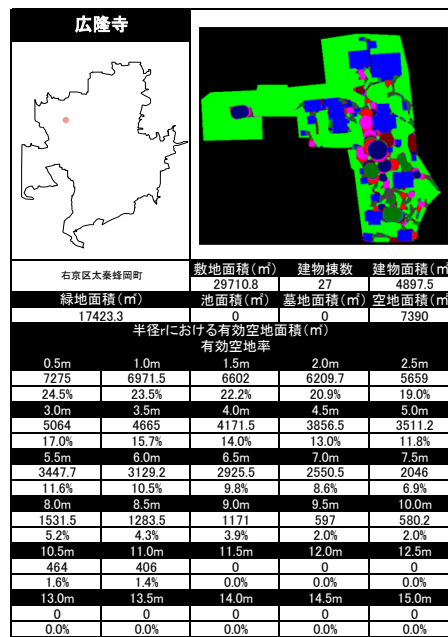
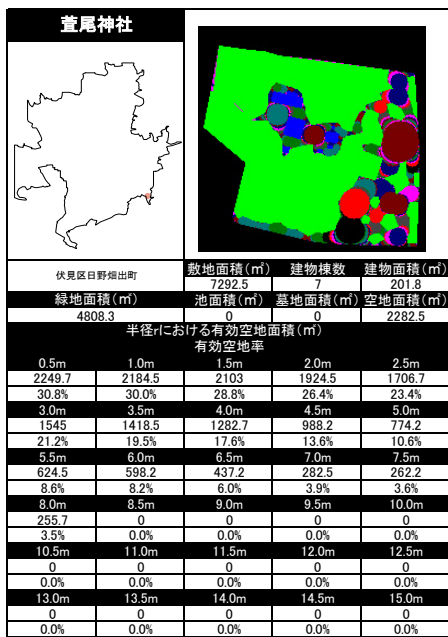
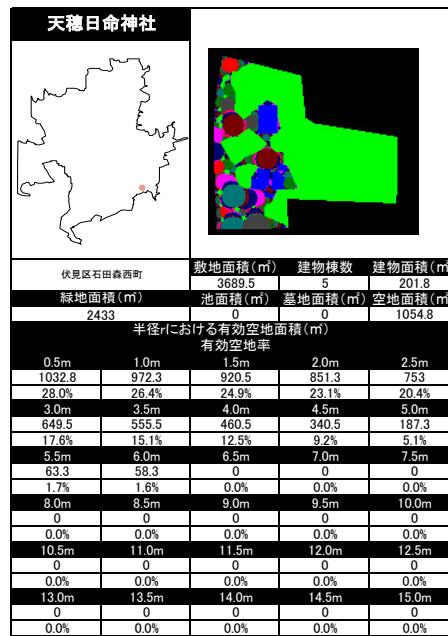
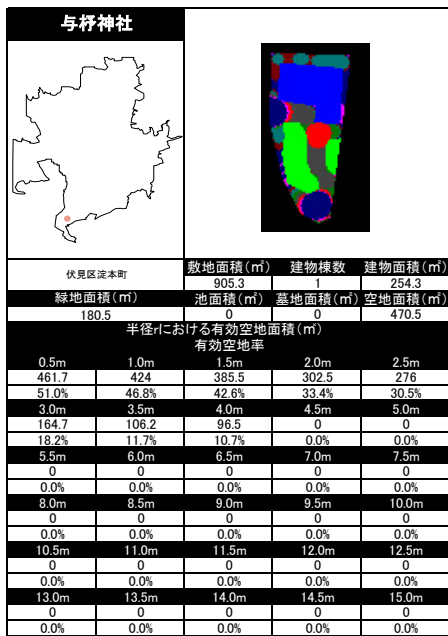
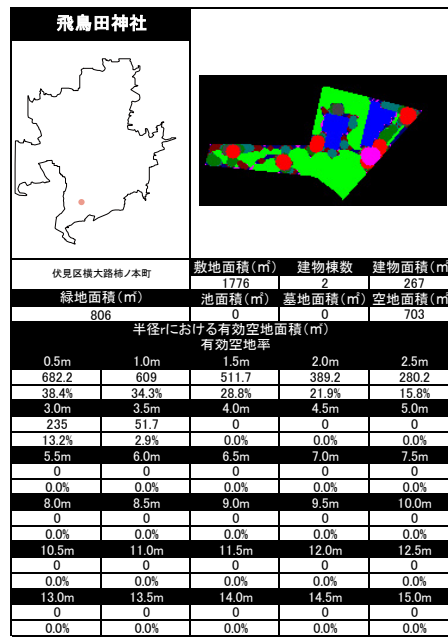
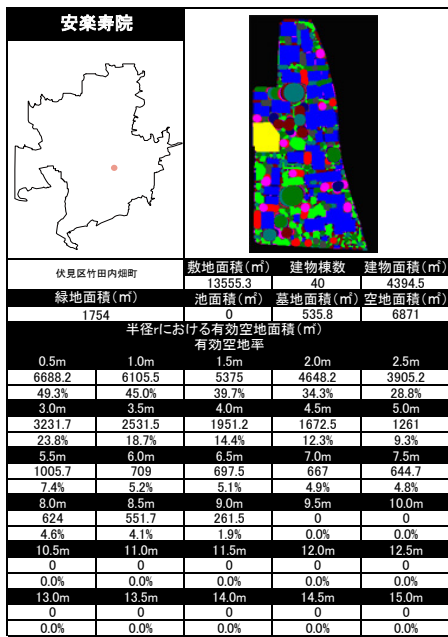


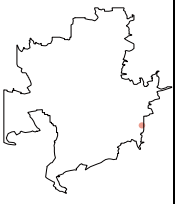
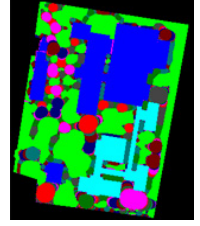






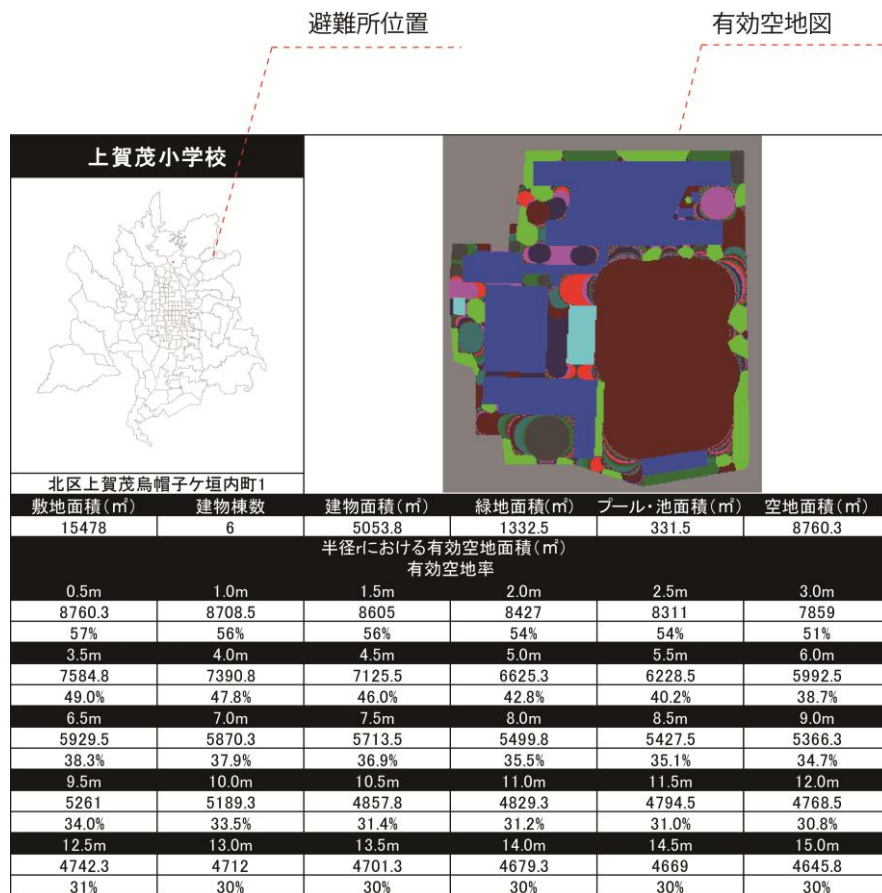




醍醐寺					
		敷地面積 (㎡)		建物棟数	建物面積 (㎡)
		15812.5		18	3788
緑地面積 (㎡)		池面積 (㎡)	墓地面積 (㎡)	空地面積 (㎡)	
5143.3		1526	0	5355.3	
半径rにおける有効空地面積 (㎡)					
有効空地率					
0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m	
5267.3	5075.8	4742.8	4135.8	3441.3	
33.3%	32.1%	30.0%	26.2%	21.8%	
3.0m	3.5m	4.0m	4.5m	5.0m	
2921.3	2475.8	1993.3	1501.5	1065	
18.5%	15.7%	12.6%	9.5%	6.7%	
5.5m	6.0m	6.5m	7.0m	7.5m	
914.3	765.5	581.8	253.3	0	
5.8%	4.8%	3.7%	1.6%	0.0%	
8.0m	8.5m	9.0m	9.5m	10.0m	
0	0	0	0	0	
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
10.5m	11.0m	11.5m	12.0m	12.5m	
0	0	0	0	0	
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	
13.0m	13.5m	14.0m	14.5m	15.0m	
0	0	0	0	0	
0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	


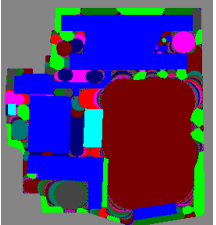
APPENDIX IV 避難所の有効空地図

第4章では、円掃過法に基づいて、掃過円の半径を1㎡/人を基準とした災害時の避難所設置基準である100人の避難可能領域を抽出するため、 $r=5.5m$ に設定し、京都市における避難所敷地の空地内における「有効空地」の面積を計量し、避難所の屋外空間の収容人数を算出した。ここでは、その解析結果により得られた各避難所の有効空地図を示す。



1001
2

上賀茂小学校


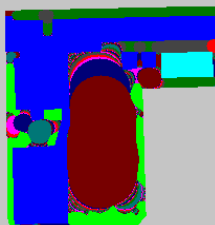



北区上賀茂高桐子ケ垣内町1

敷地面積 (m ²)	建物棟数	建物面積 (m ²)	緑地面積 (m ²)	プール・池面積 (m ²)	空地面積 (m ²)
15478	6	5053.8	1332.5	331.5	8790.3
半径rにおける有効空地面積 (m ²)					
有効空地率					
0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m	3.0m
8760.3	8708.5	8605	8427	8311	7859
57%	56%	56%	54%	54%	51%
3.5m	4.0m	4.5m	5.0m	5.5m	6.0m
7584.8	7390.8	7125.5	6625.3	6228.5	5992.5
49.0%	47.8%	46.0%	42.8%	40.2%	38.7%
6.5m	7.0m	7.5m	8.0m	8.5m	9.0m
5929.5	5870.3	5713.5	5499.8	5427.5	5366.3
38.3%	37.9%	36.9%	35.5%	35.1%	34.7%
9.5m	10.0m	10.5m	11.0m	11.5m	12.0m
5261	5189.3	4857.8	4829.3	4784.5	4788.5
34.0%	33.5%	31.4%	31.2%	31.0%	30.8%
12.5m	13.0m	13.5m	14.0m	14.5m	15.0m
4742.3	4712	4701.3	4679.3	4669	4645.8
31%	30%	30%	30%	30%	30%

1005
6

鳳徳小学校


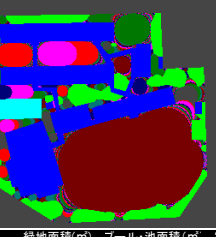



北区嵯野上島田町30

敷地面積 (m ²)	建物棟数	建物面積 (m ²)	緑地面積 (m ²)	プール・池面積 (m ²)	空地面積 (m ²)
8554.3	3	3375.3	802.5	294.5	4082
半径rにおける有効空地面積 (m ²)					
有効空地率					
0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m	3.0m
4682	4073.2	4018	3917.2	3851	3110.7
48%	48%	47%	46%	45%	36%
3.5m	4.0m	4.5m	5.0m	5.5m	6.0m
2854.2	2782.5	2724.2	2634	2528	2398.7
33%	32%	32%	31%	30%	28%
6.5m	7.0m	7.5m	8.0m	8.5m	9.0m
2386.7	2371.5	2359.5	2342	2327.2	2319.2
28%	28%	28%	27%	27%	27%
9.5m	10.0m	10.5m	11.0m	11.5m	12.0m
2295.7	2284.2	2284.2	2235.7	2224.2	2213.7
27%	26%	26%	26%	26%	26%
12.5m	13.0m	13.5m	14.0m	14.5m	15.0m
2200.2	2191.2	2180.5	2134.5	2093.5	2061.5
26%	26%	25%	25%	24%	24%

1002
3

大宮小学校






北区大宮中ノ柱町37

敷地面積 (m ²)	建物棟数	建物面積 (m ²)	緑地面積 (m ²)	プール・池面積 (m ²)	空地面積 (m ²)
13628.3	15	3935	1940	288.5	7464.8
半径rにおける有効空地面積 (m ²)					
有効空地率					
0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m	3.0m
7464.8	7424.3	7293.8	7150.3	6922.8	6587.5
55%	54%	54%	53%	51%	48%
3.5m	4.0m	4.5m	5.0m	5.5m	6.0m
6274.5	6090.8	5891.5	5698.5	5568	5525
46.0%	44.7%	43.2%	41.8%	40.9%	40.5%
6.5m	7.0m	7.5m	8.0m	8.5m	9.0m
5472.5	5340.3	4988	4554.5	4503.8	4503.8
40.2%	39.2%	35.9%	33.4%	33.2%	33.1%
9.5m	10.0m	10.5m	11.0m	11.5m	12.0m
4478.3	4131.8	4126.5	4108.8	4091.8	4074.5
32.9%	30.3%	30.3%	30.1%	30.0%	29.9%
12.5m	13.0m	13.5m	14.0m	14.5m	15.0m
4066.5	4052.5	4044.8	4035	4015	4007.5
30%	30%	30%	30%	29%	29%

1006
7

柴明小学校






北区小山東天野町55

敷地面積 (m ²)	建物棟数	建物面積 (m ²)	緑地面積 (m ²)	プール・池面積 (m ²)	空地面積 (m ²)
7423	8	2609.3	658.5	291.5	3863.8
半径rにおける有効空地面積 (m ²)					
有効空地率					
0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m	3.0m
3863.8	3798.8	3709.3	3563.8	3426.8	3276
52%	51%	50%	48%	46%	44%
3.5m	4.0m	4.5m	5.0m	5.5m	6.0m
3183.3	3155.5	3055.8	3035.8	3026.3	3009.5
43%	43%	41%	41%	41%	41%
6.5m	7.0m	7.5m	8.0m	8.5m	9.0m
2981.8	2953	2941.3	2917.5	2893.5	2859.8
40%	40%	40%	39%	39%	38%
9.5m	10.0m	10.5m	11.0m	11.5m	12.0m
2347.8	2341.5	2338	2324.5	2318.5	2308.5
32%	32%	31%	31%	31%	31%
12.5m	13.0m	13.5m	14.0m	14.5m	15.0m
2292.3	2285.3	2276.3	2254	2240	2227.8
31%	31%	31%	30%	30%	30%

1003
4

紫竹小学校


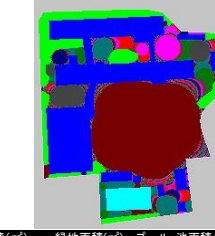



北区紫竹下園生町26

敷地面積 (m ²)	建物棟数	建物面積 (m ²)	緑地面積 (m ²)	プール・池面積 (m ²)	空地面積 (m ²)
10886.8	6	2931.8	1396.3	291.3	6267.3
半径rにおける有効空地面積 (m ²)					
有効空地率					
0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m	3.0m
6267.3	6227.3	6158.5	6060.3	5901	5671.5
58%	57%	57%	56%	54%	52%
3.5m	4.0m	4.5m	5.0m	5.5m	6.0m
5350.8	5296.8	5276.5	5143.8	5022.8	4991
49.1%	48.7%	48.3%	46.2%	45.1%	45.3%
6.5m	7.0m	7.5m	8.0m	8.5m	9.0m
4931.5	4901.3	4869.3	4845	4829.5	4811.3
45.3%	45.0%	44.7%	44.4%	44.4%	44.2%
9.5m	10.0m	10.5m	11.0m	11.5m	12.0m
4794	4775.3	4742	4732.3	4712.8	4695.5
44.0%	43.9%	43.6%	43.5%	43.3%	43.1%
12.5m	13.0m	13.5m	14.0m	14.5m	15.0m
4664.5	4652.3	4648.8	4632	4623	4607.5
43%	43%	43%	43%	42%	42%

1007
8

紫野小学校


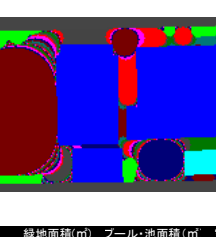



北区紫野下紫山町21

敷地面積 (m ²)	建物棟数	建物面積 (m ²)	緑地面積 (m ²)	プール・池面積 (m ²)	空地面積 (m ²)
9299	13	2882.5	1102	302.8	5011.8
半径rにおける有効空地面積 (m ²)					
有効空地率					
0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m	3.0m
5011.8	4973.3	4914.8	4827.3	4600	4487.8
54%	53%	53%	52%	49%	48%
3.5m	4.0m	4.5m	5.0m	5.5m	6.0m
4421.5	4246	4111.8	3999.5	3925.5	3643.5
48%	46%	44%	44%	43%	39%
6.5m	7.0m	7.5m	8.0m	8.5m	9.0m
3480.8	3117.8	3092.8	2919	2889.5	2875.5
37%	34%	33%	31%	31%	31%
9.5m	10.0m	10.5m	11.0m	11.5m	12.0m
2853.5	2846.8	2825	2794	2769.8	2761.3
31%	31%	30%	30%	30%	30%
12.5m	13.0m	13.5m	14.0m	14.5m	15.0m
2729.5	2718.5	2705.5	2678.8	2678.8	2673
29%	29%	29%	28%	28%	28%

1004
5

元町小学校






北区小山西元町14

敷地面積 (m ²)	建物棟数	建物面積 (m ²)	緑地面積 (m ²)	プール・池面積 (m ²)	空地面積 (m ²)
7472.3	5	2698.8	500	229.3	4044.5
半径rにおける有効空地面積 (m ²)					
有効空地率					
0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m	3.0m
4044.5	4009.7	3920.5	3809	3736.7	3586.2
54%	54%	52%	51%	50%	48%
3.5m	4.0m	4.5m	5.0m	5.5m	6.0m
3432.2	3174.5	3104.7	3047	2977.2	2818.5
45.9%	42.5%	41.5%	40.8%	38.9%	35.0%
6.5m	7.0m	7.5m	8.0m	8.5m	9.0m
2992.7	2511.7	2485	2442	2215.7	2203.7
34.7%	33.6%	33.3%	32.7%	29.7%	29.5%
9.5m	10.0m	10.5m	11.0m	11.5m	12.0m
2181.7	2172.2	2160.2	2151.7	2145.5	2135.5
29.2%	29.1%	28.9%	28.8%	28.7%	28.6%
12.5m	13.0m	13.5m	14.0m	14.5m	15.0m
2121	2116.7	2094.7	2086.5	2073.5	2057
28%	28%	28%	28%	28%	28%

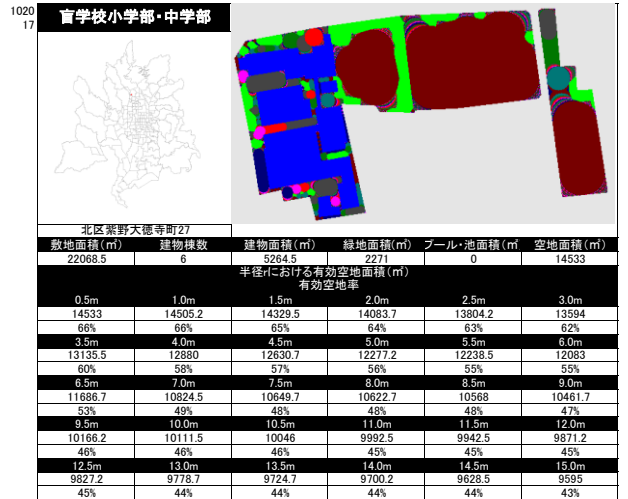
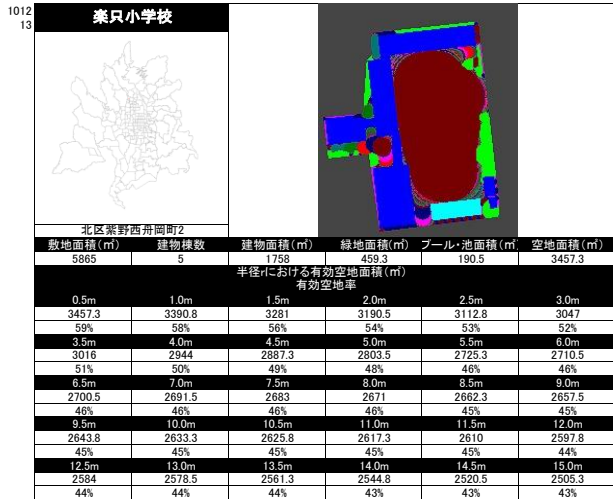
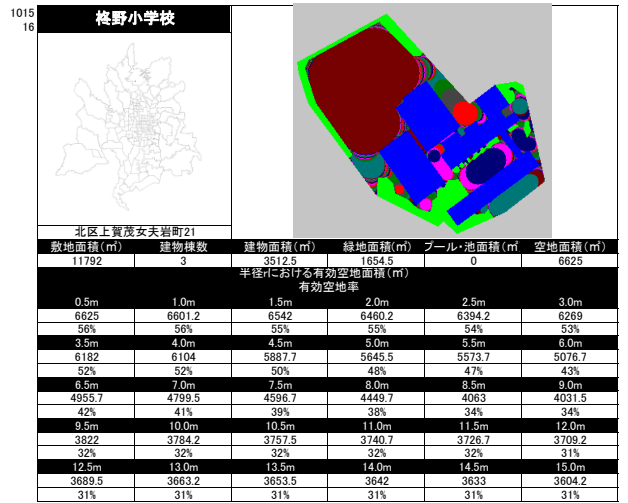
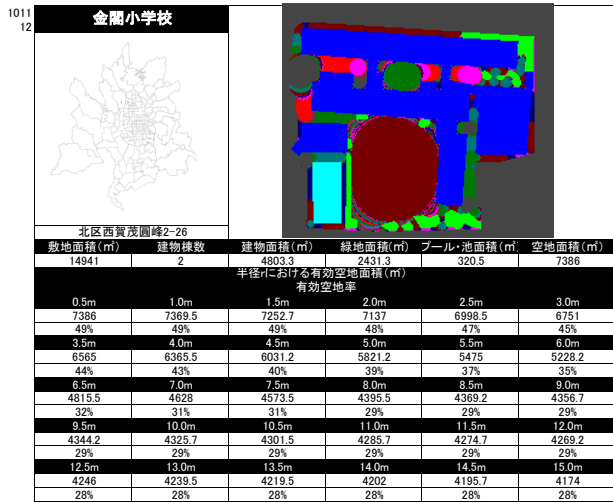
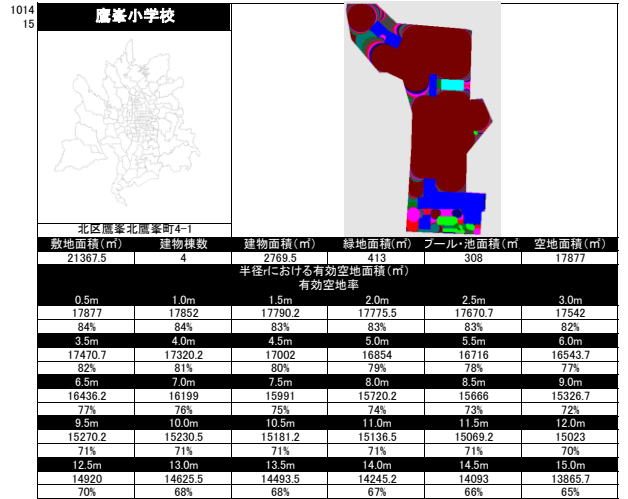
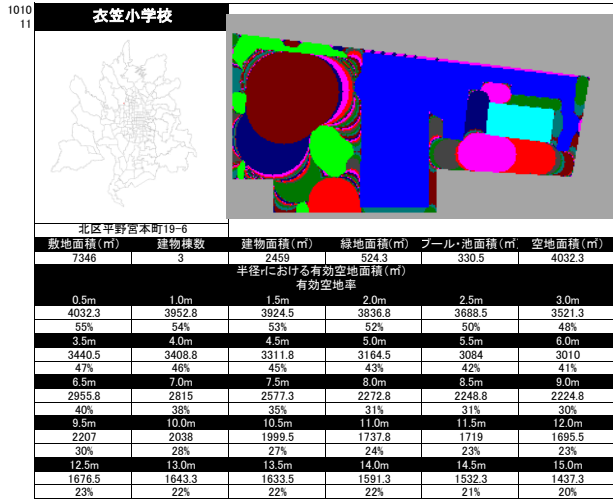
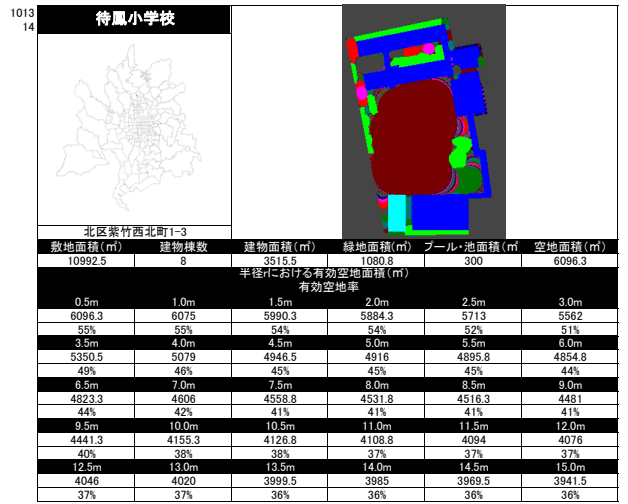
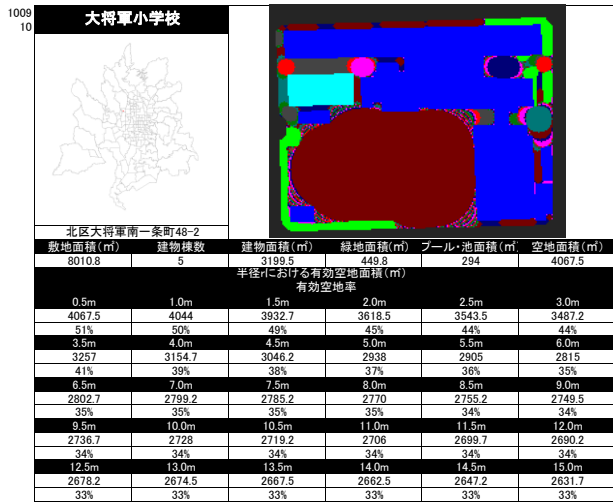
1008
9

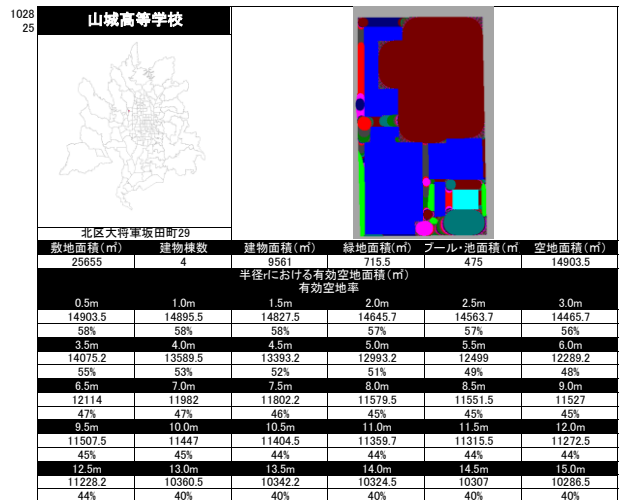
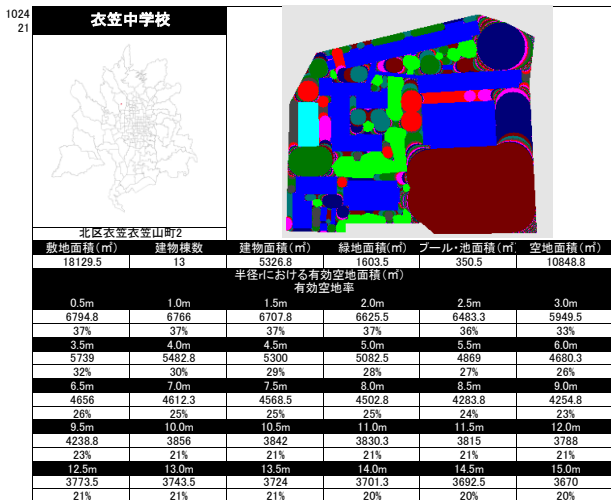
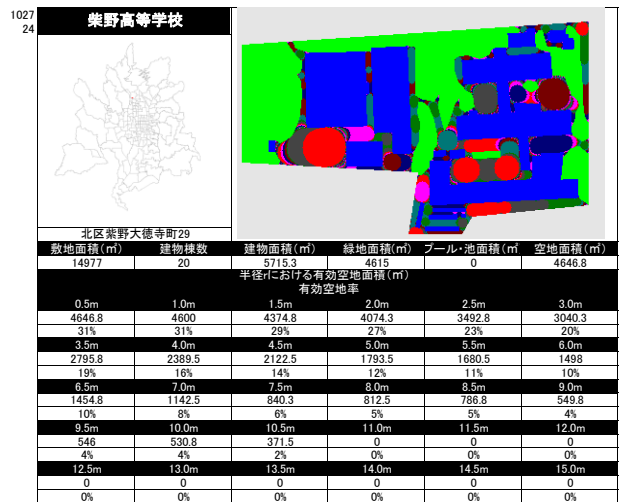
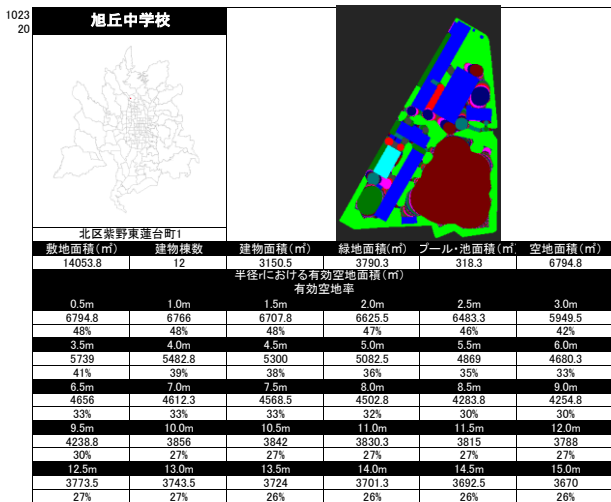
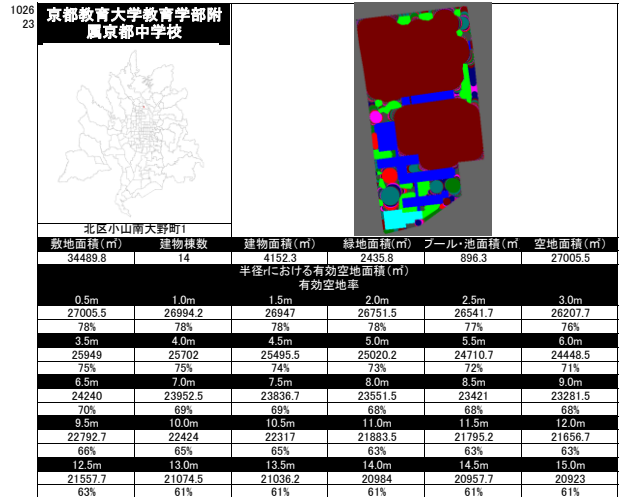
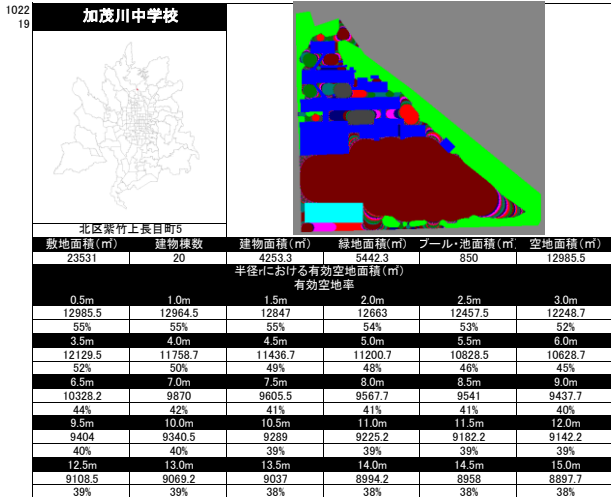
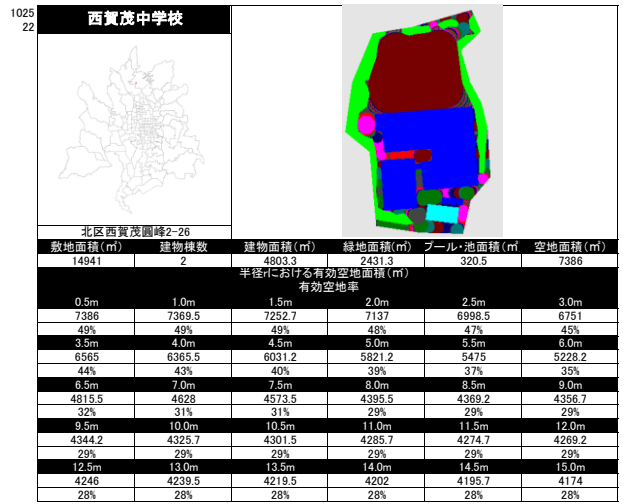
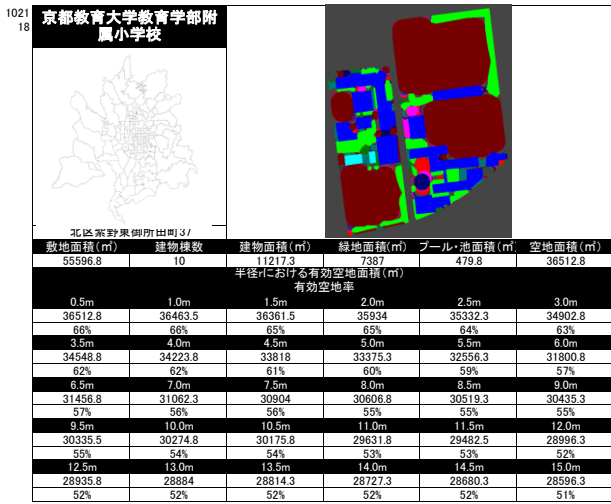
柏野小学校

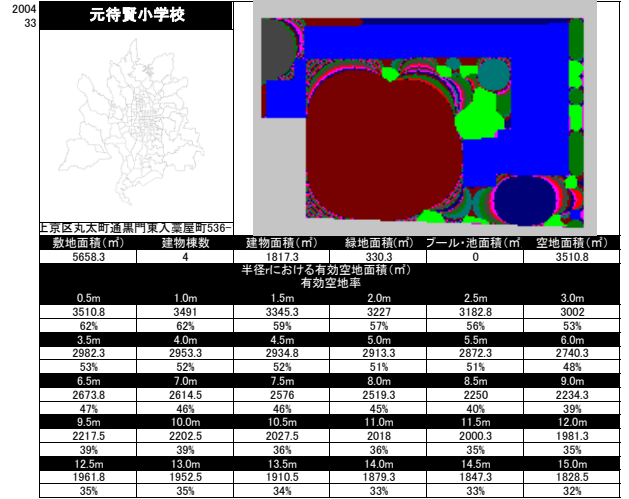
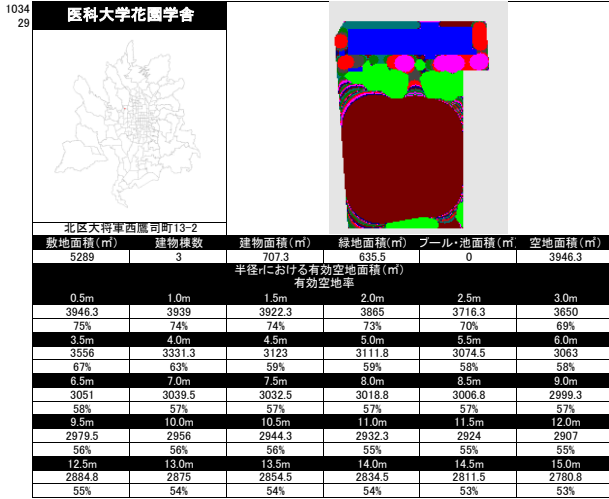
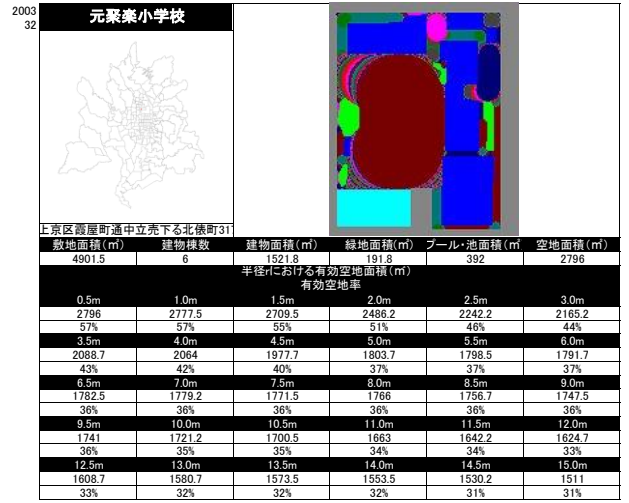
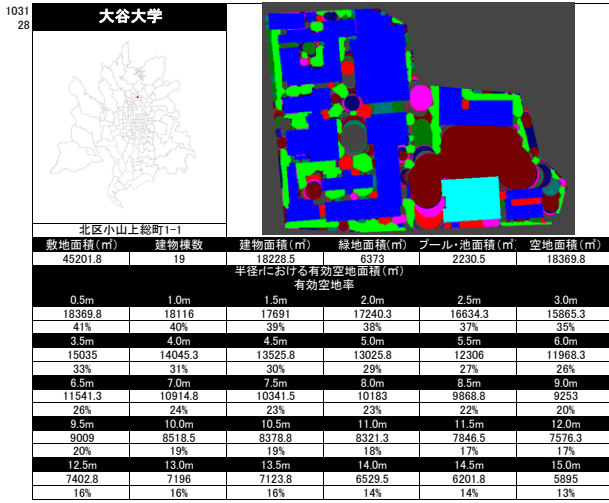
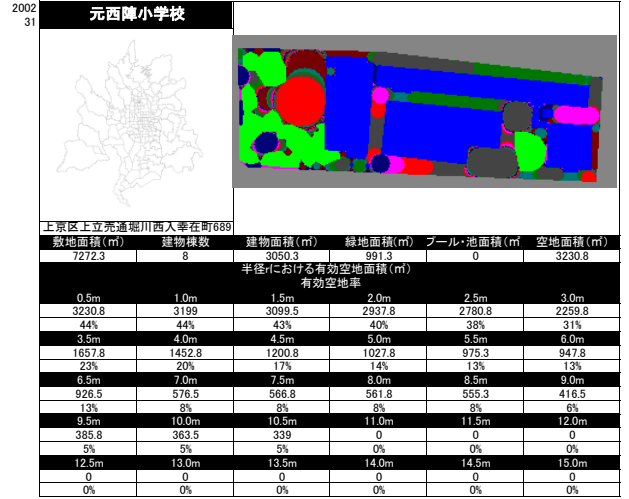
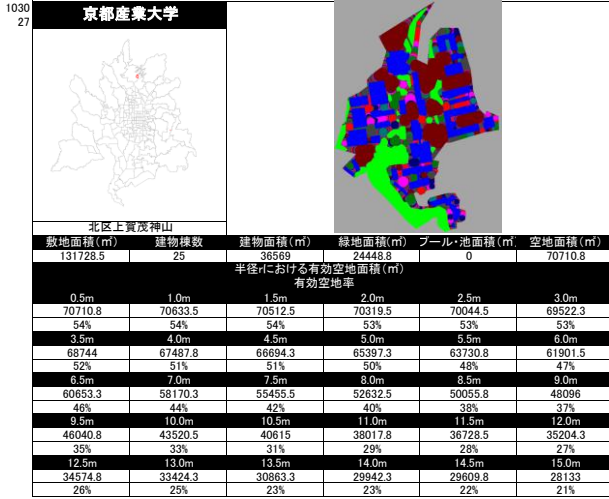
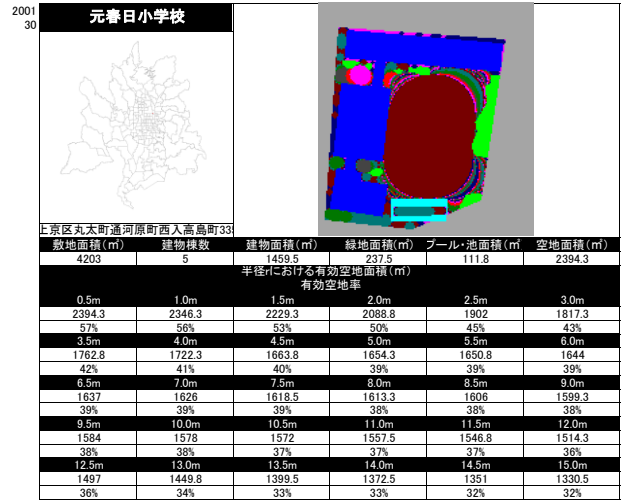
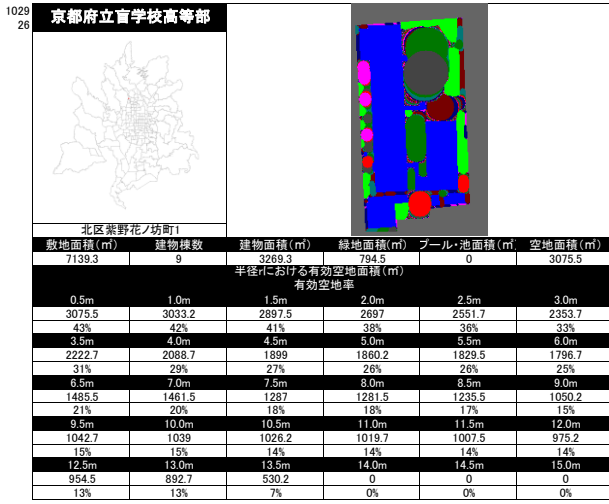



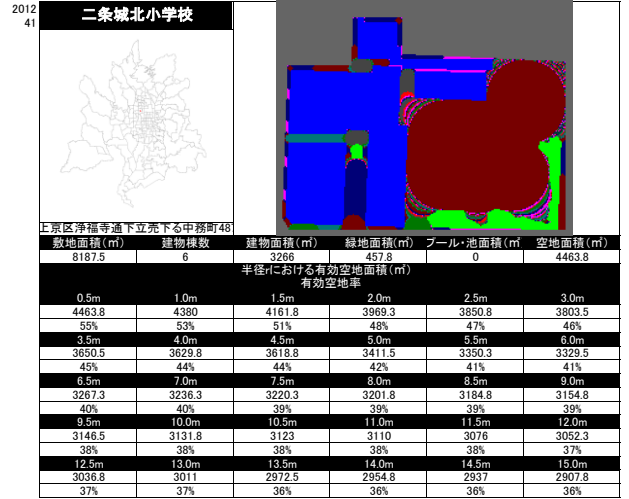
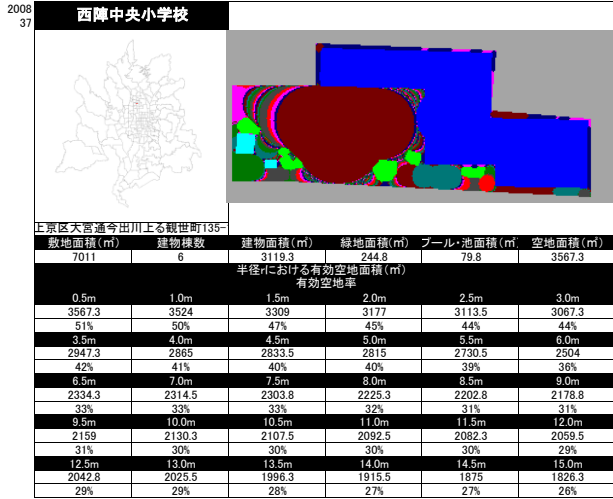
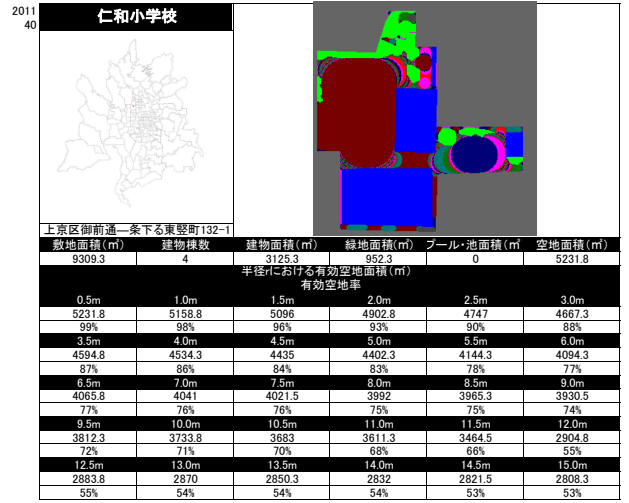
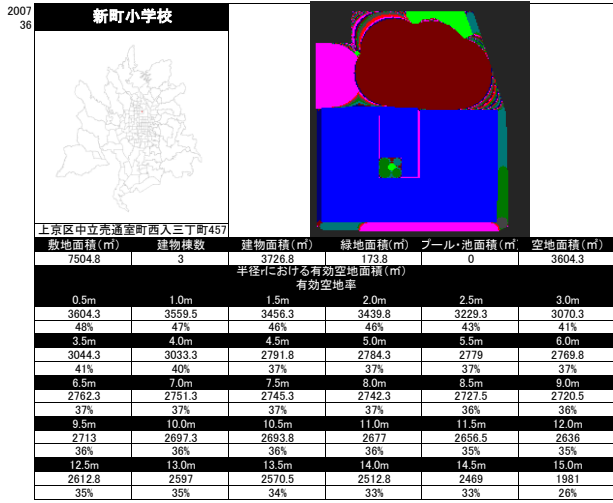
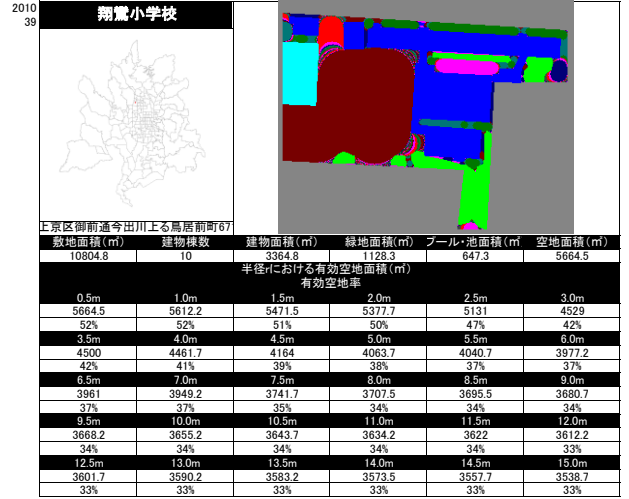
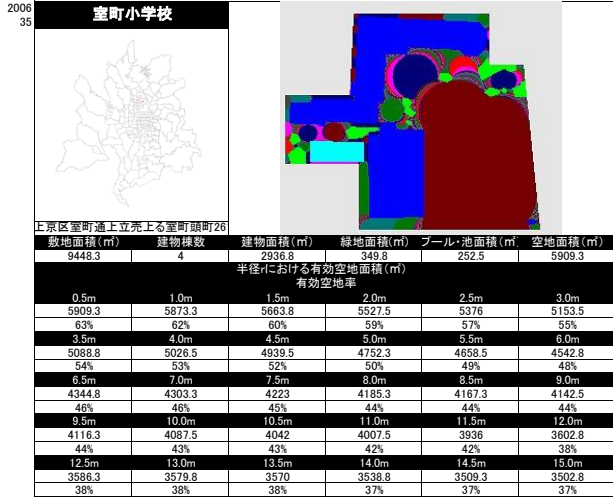
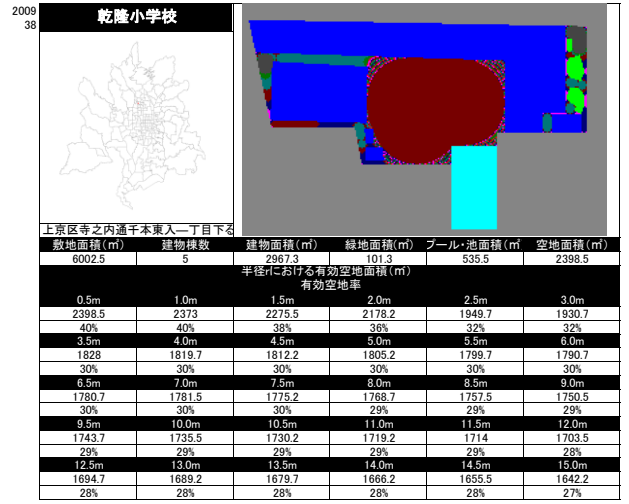
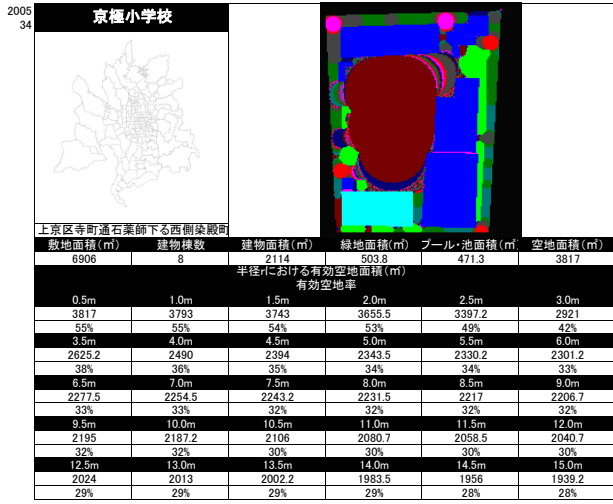
北区紫野上町36

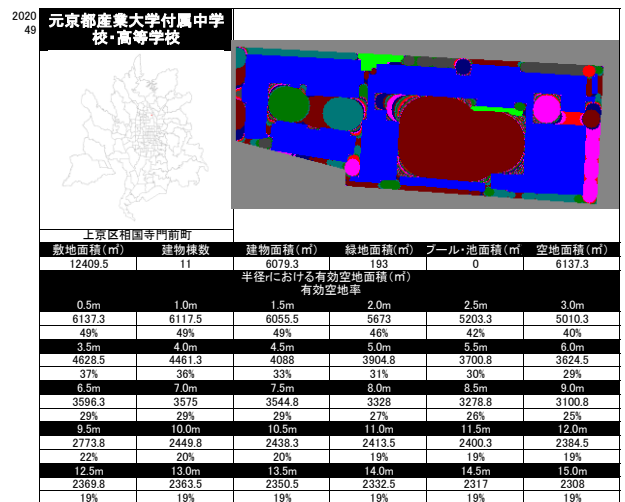
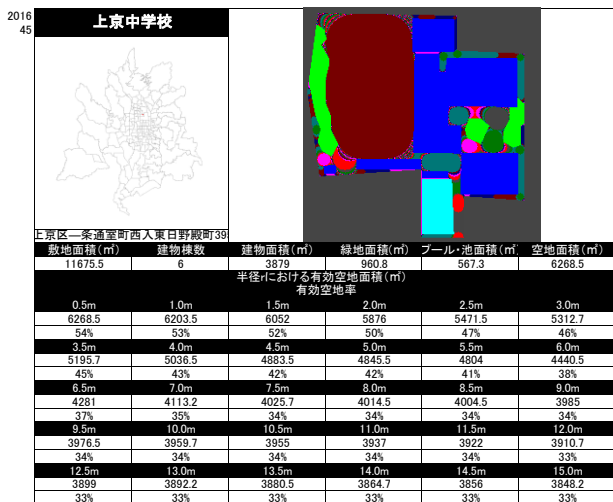
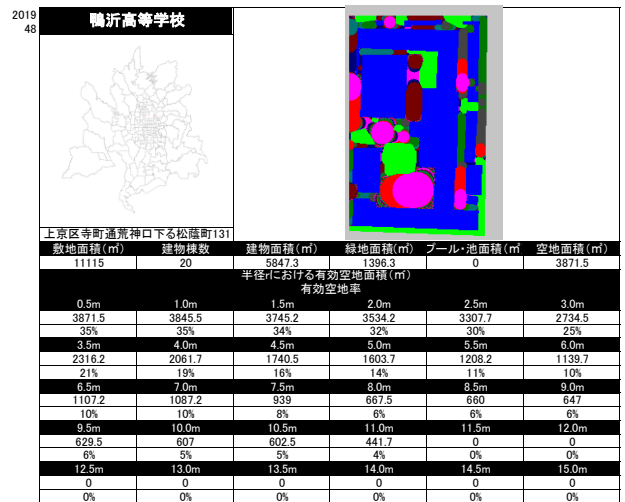
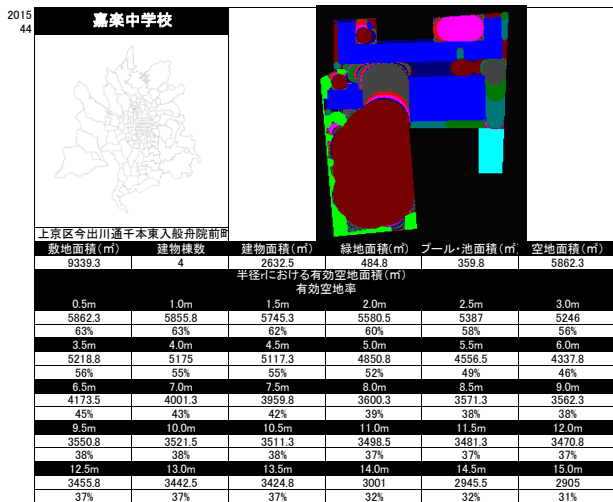
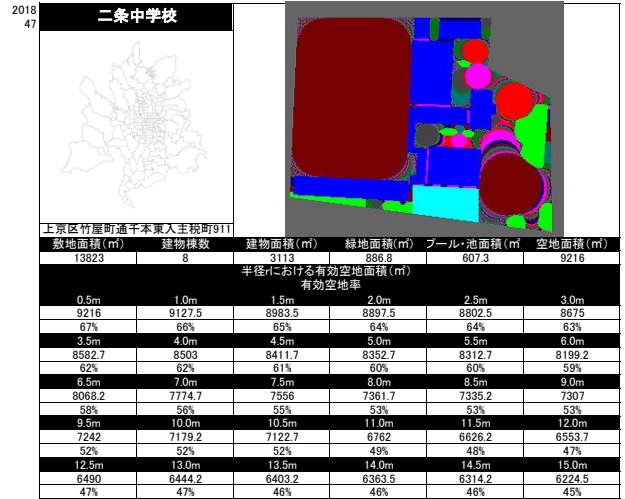
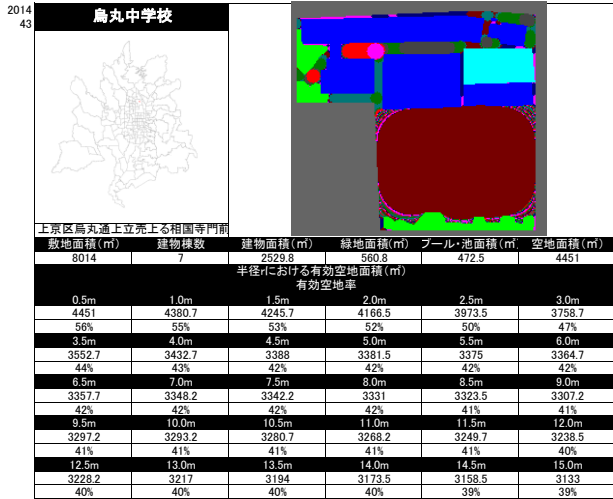
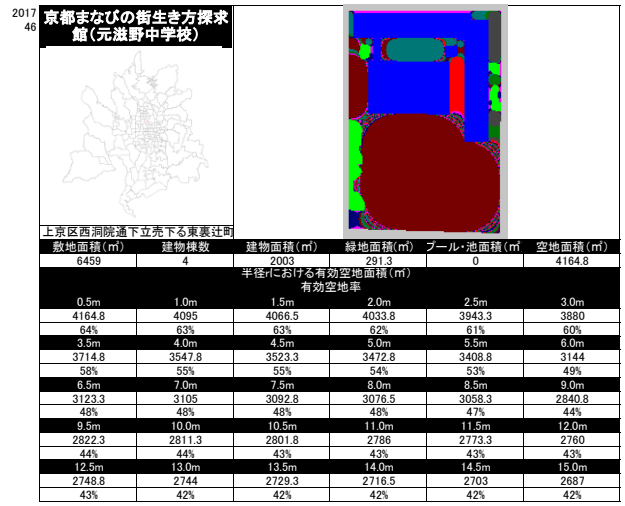
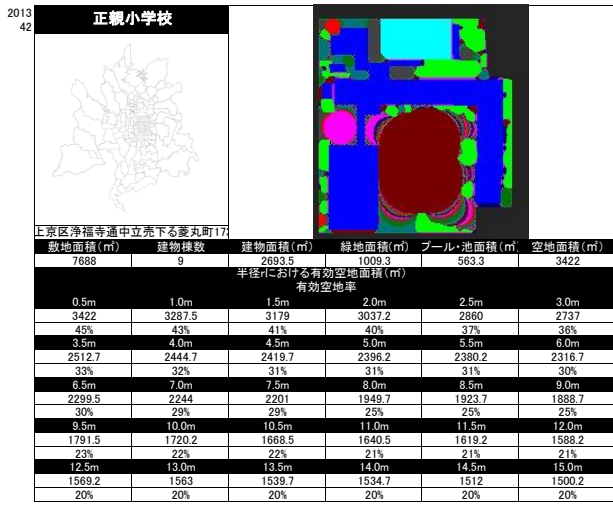
敷地面積 (m ²)	建物棟数	建物面積 (m ²)	緑地面積 (m ²)	プール・池面積 (m ²)	空地面積 (m ²)
8660.3	10	1191	462.5	1320	3976.8
半径rにおける有効空地面積 (m ²)					
有効空地率					
0.5m	1.0m	1.5m	2.0m	2.5m	3.0m
3836.8	3687.5	3593	3478.5	3365.3	3298.3
56%	54%	52%	51%	49%	48%
3.5m	4.0m	4.5m	5.0m	5.5m	6.0m
3257.3	3185.5	3096.3	3079.5	3050.8	3013.3
47%	46%	45%	45%	44%	44%
6.5m	7.0m	7.5m	8.0m	8.5m	9.0m
2965.3	2944.5	2856	2636.5	2628.5	2615.5
43%	43%	42%	38%	38%	38%
9.5m	10.0m	10.5m	11.0m	11.5m	12.0m
2605.5	2595	2575.3	2569.5	2517.5	2480.5
38%	38%	38%	37%	37%	36%
12.5m	13.0m	13.5m	14.0m	14.5m	15.0m
2452.3	2437.5	2425.8	2406.5	2358	2343.8
36%	36%	35%	35%	34%	34%

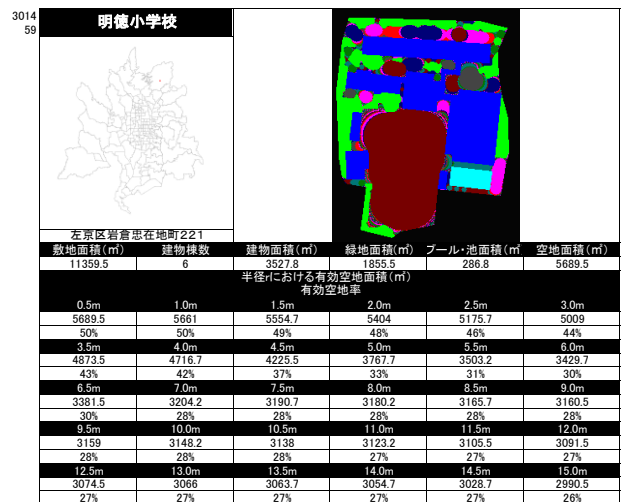
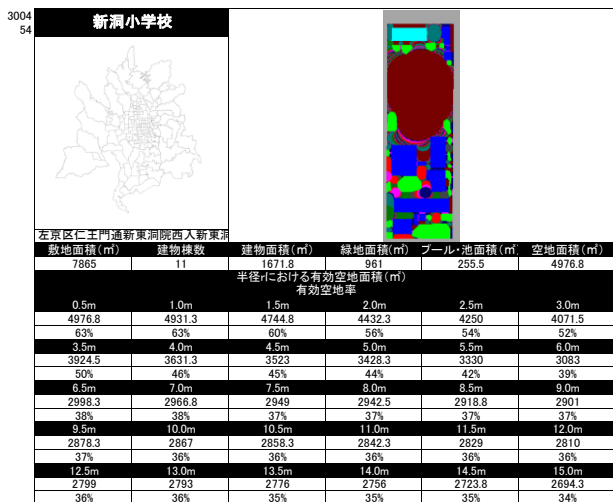
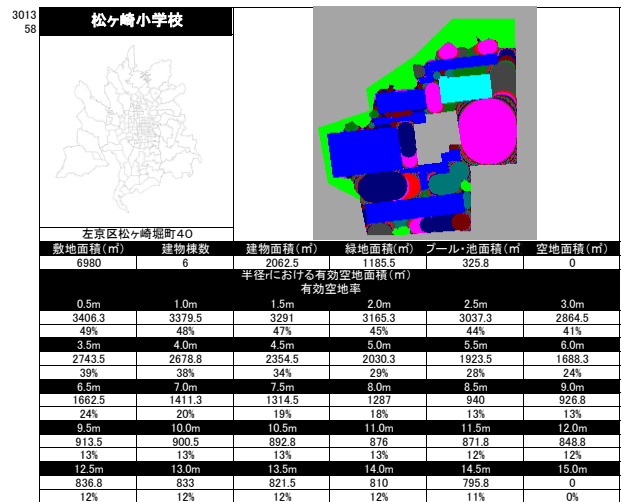
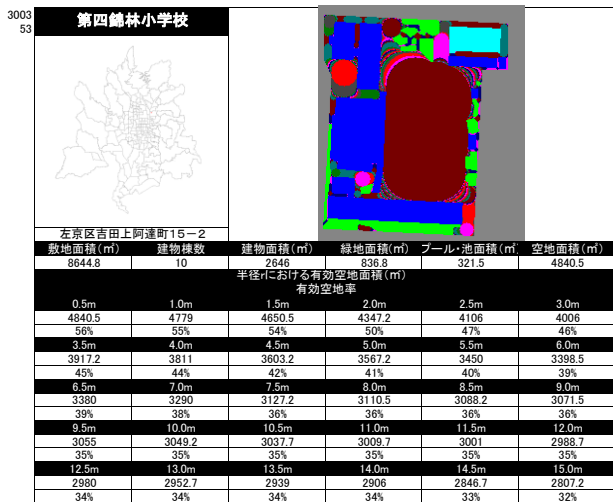
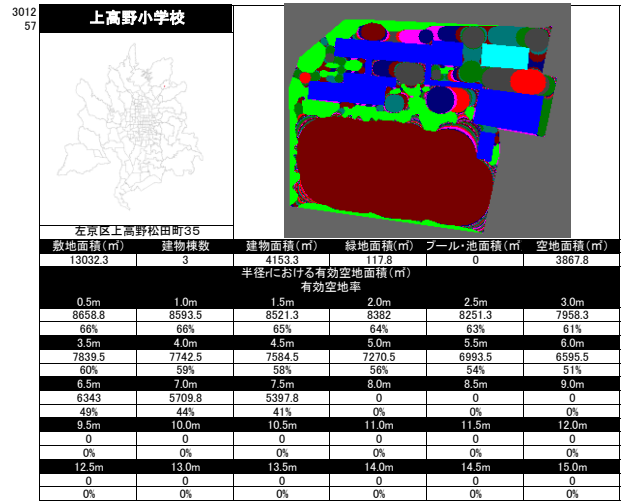
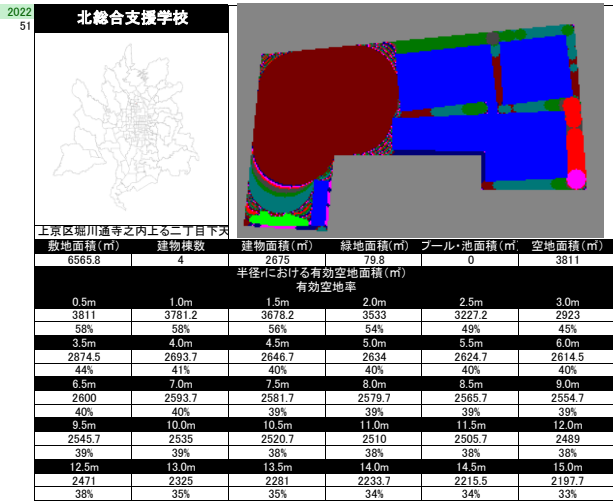
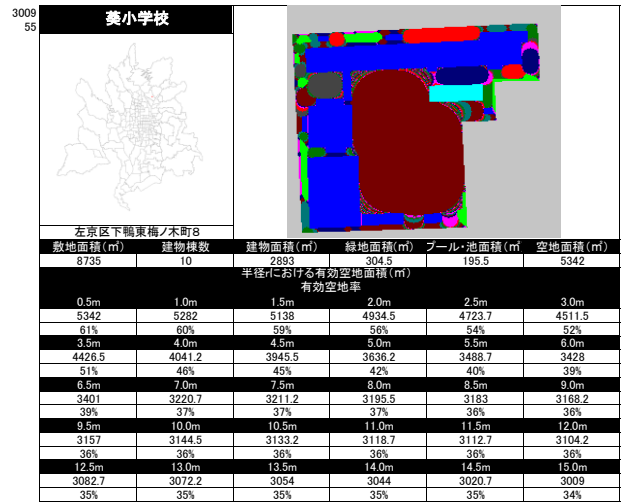
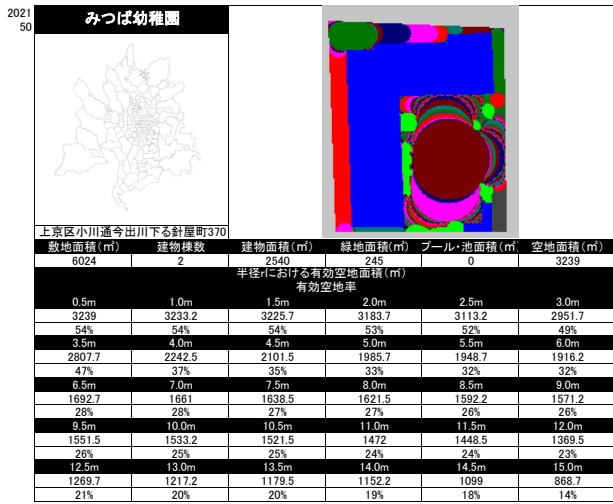


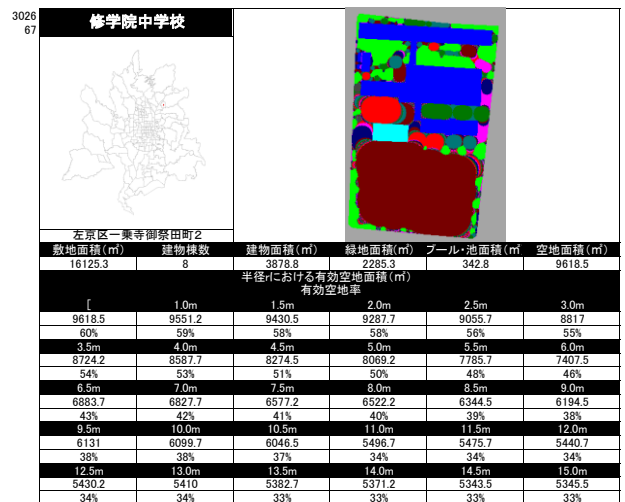
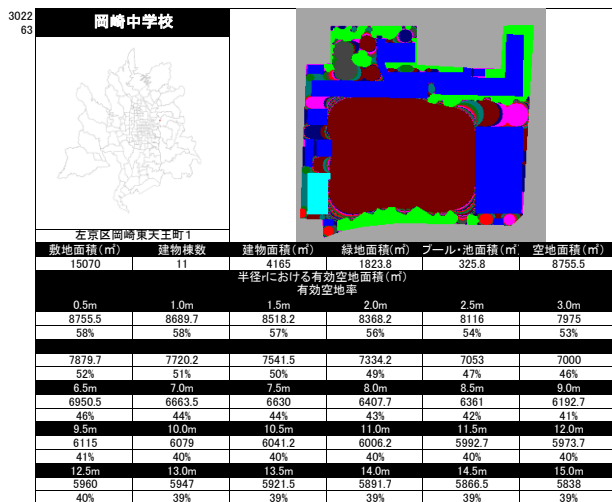
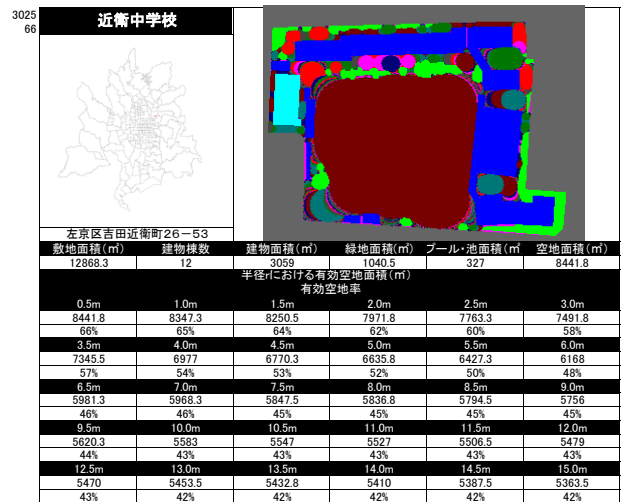
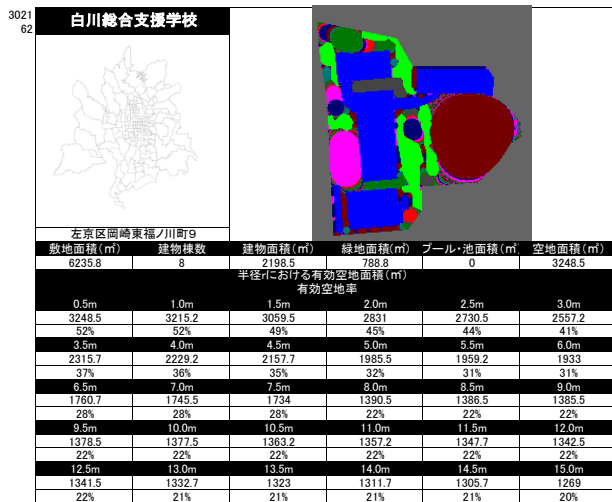
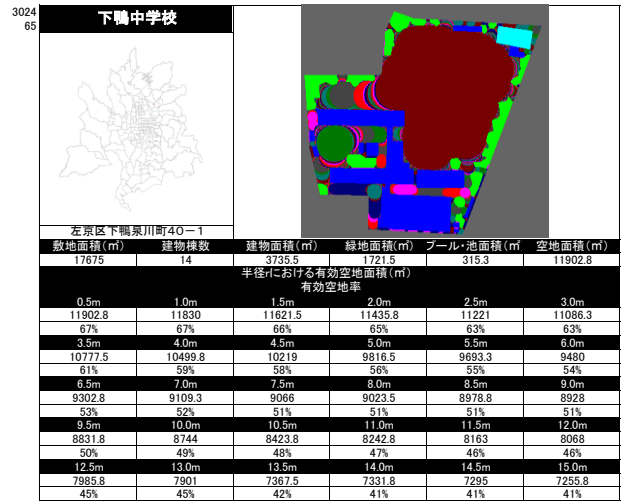
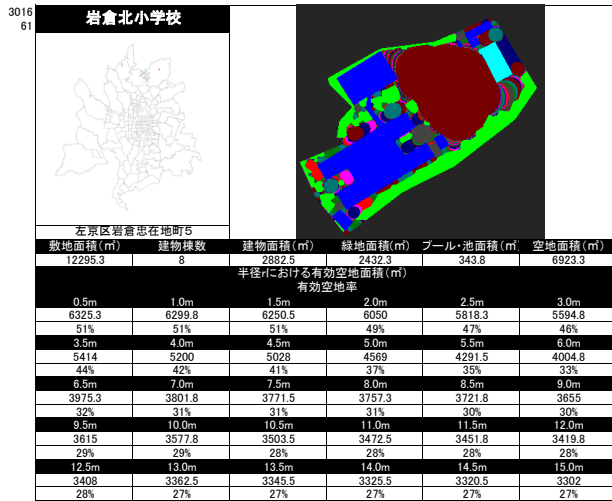
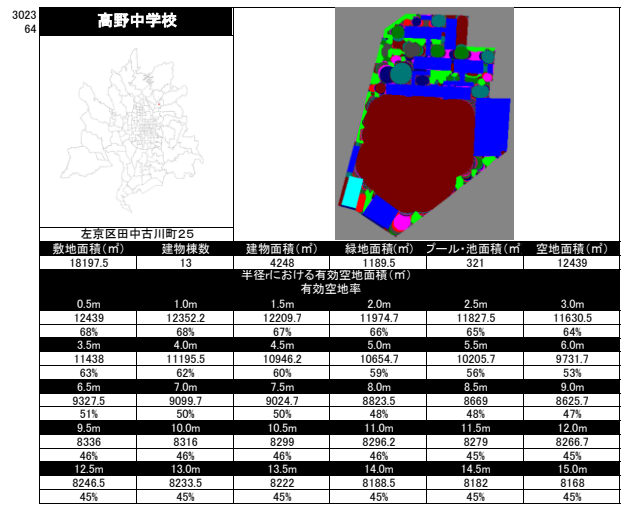
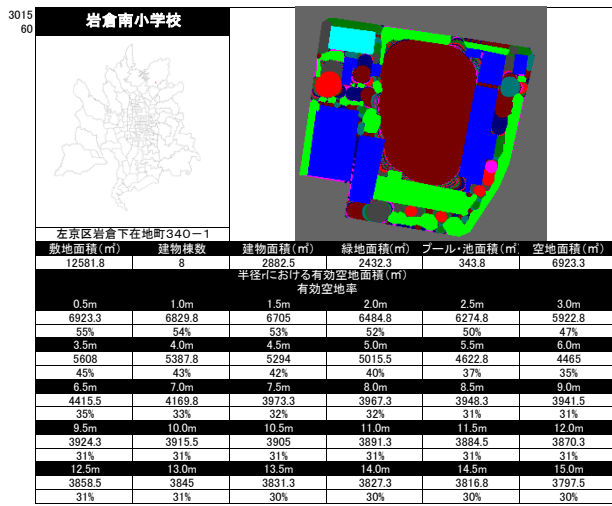


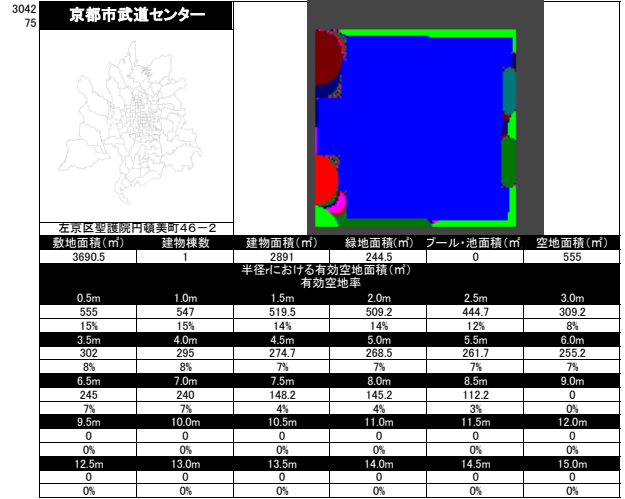
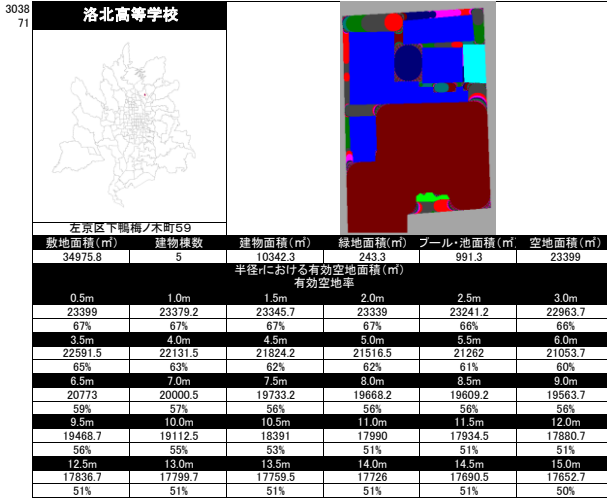
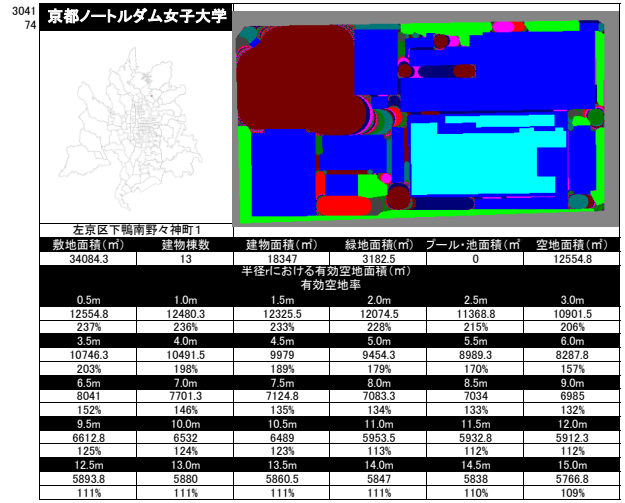
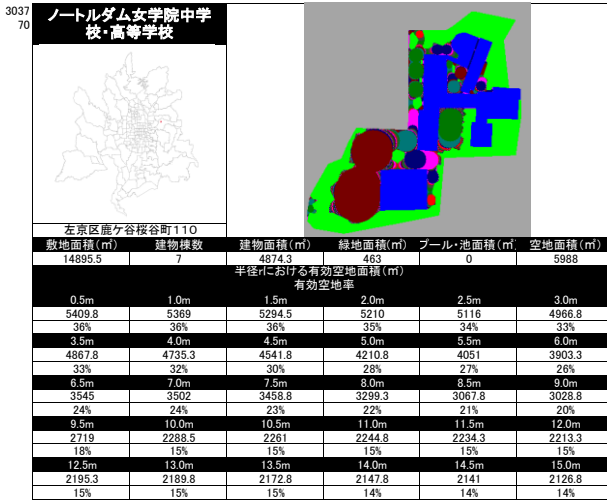
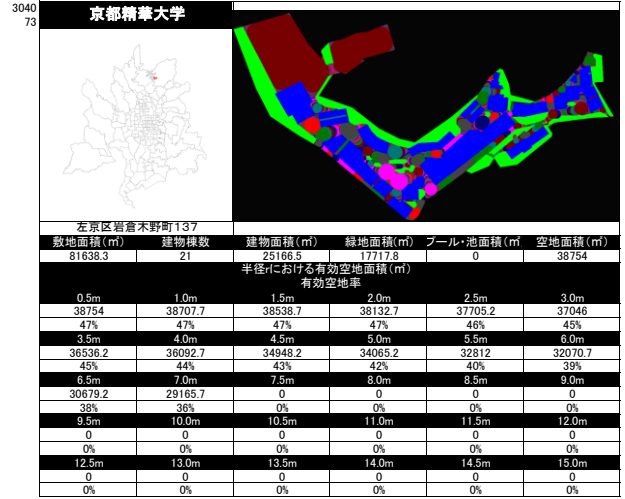
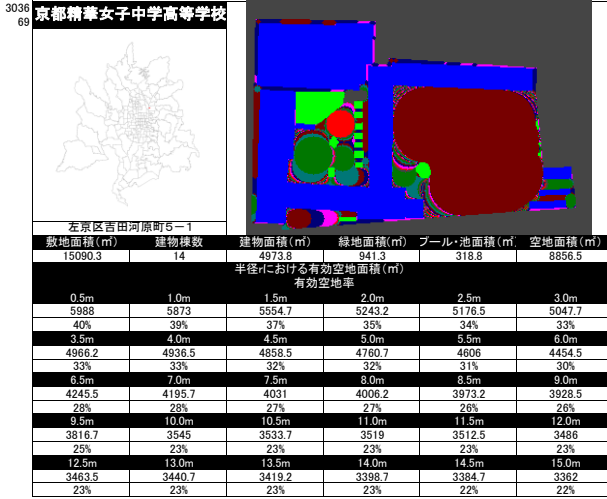
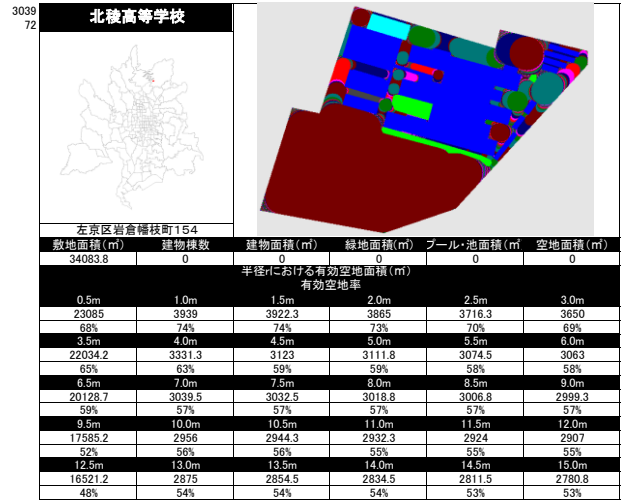
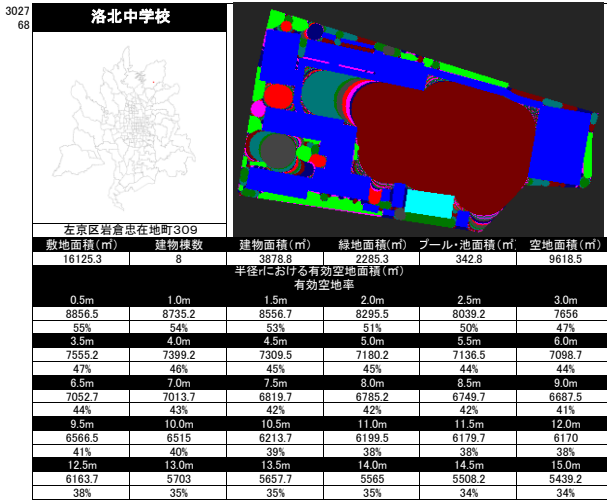


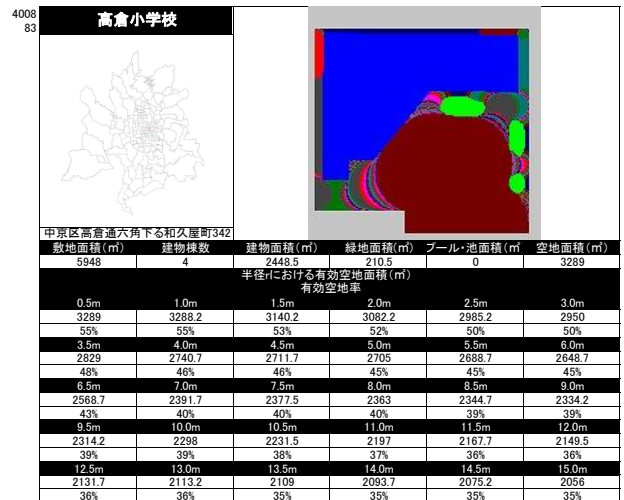
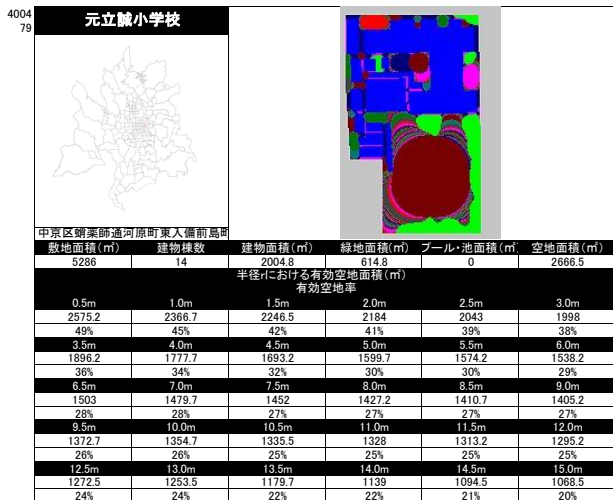
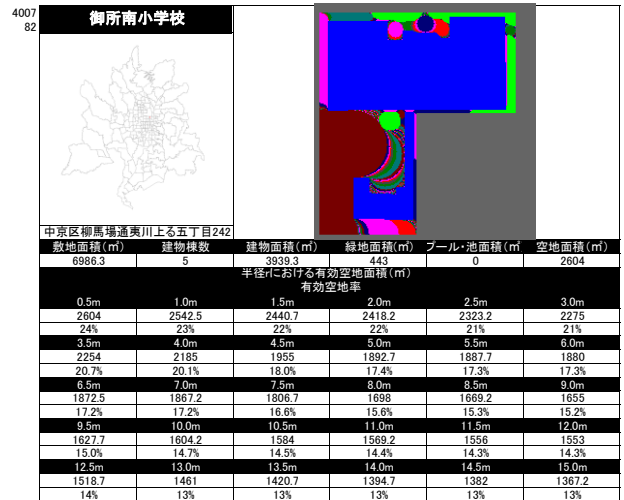
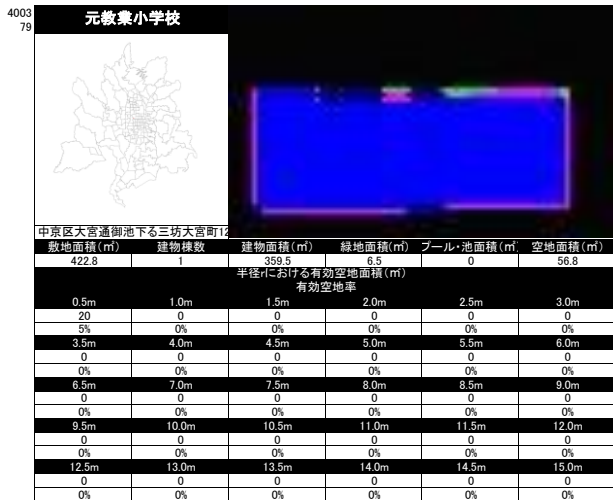
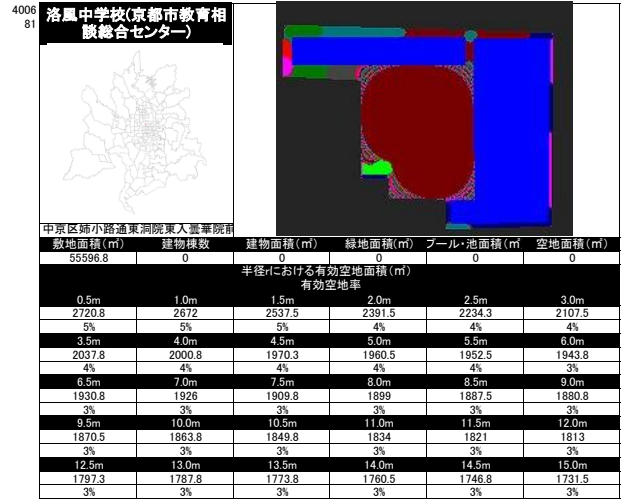
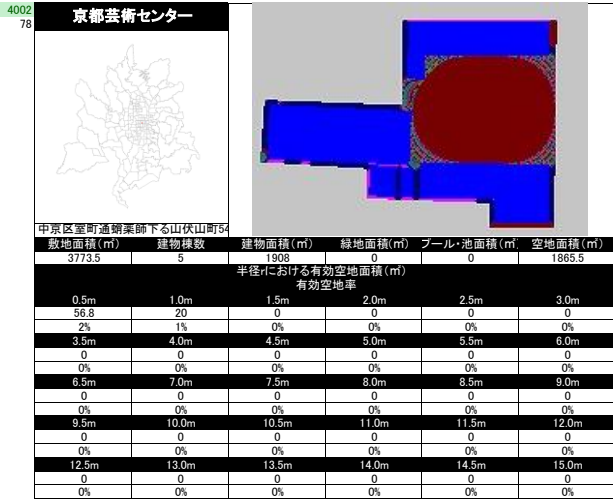
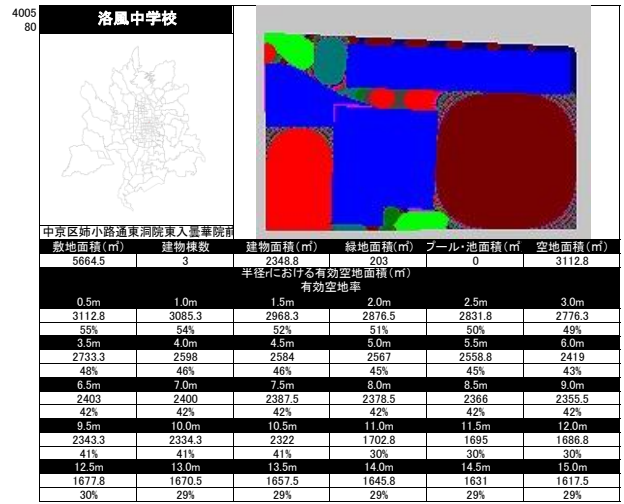
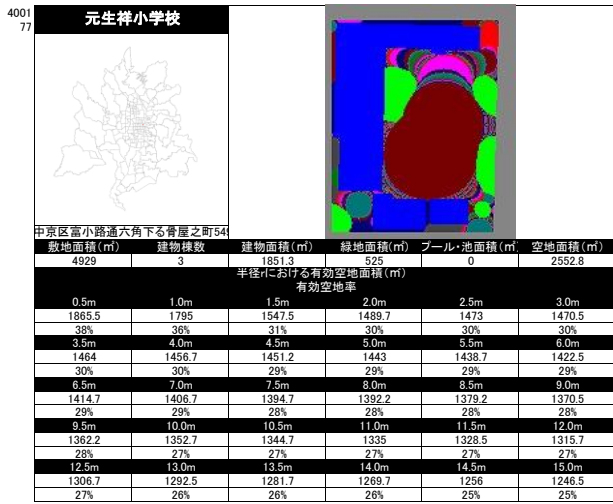


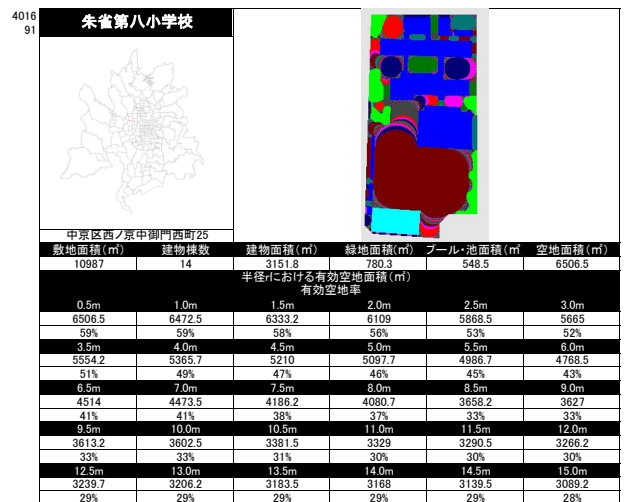
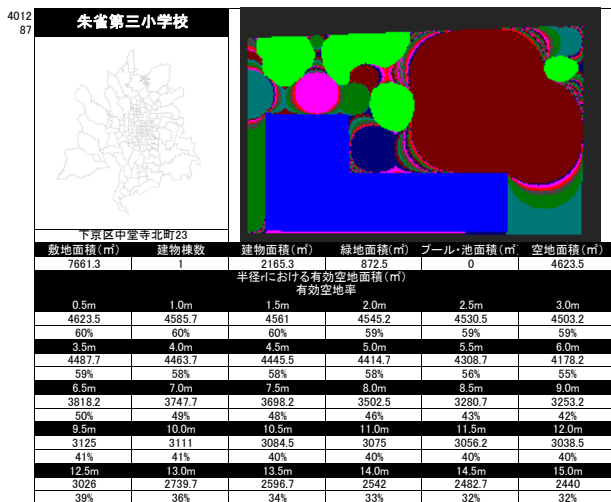
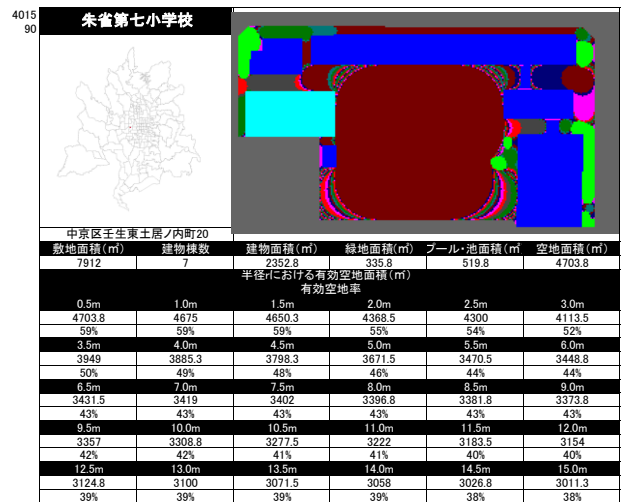
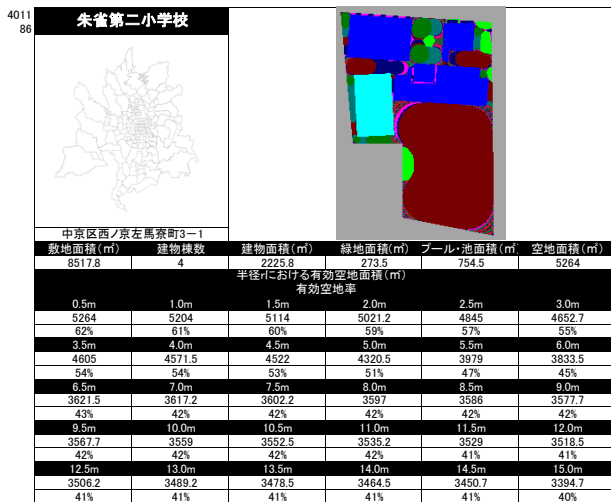
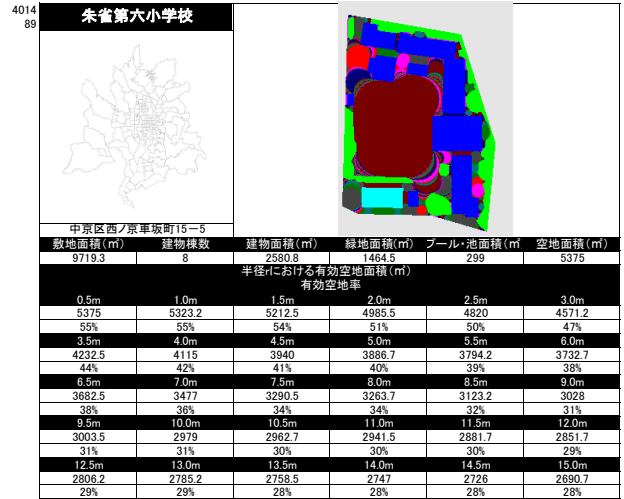
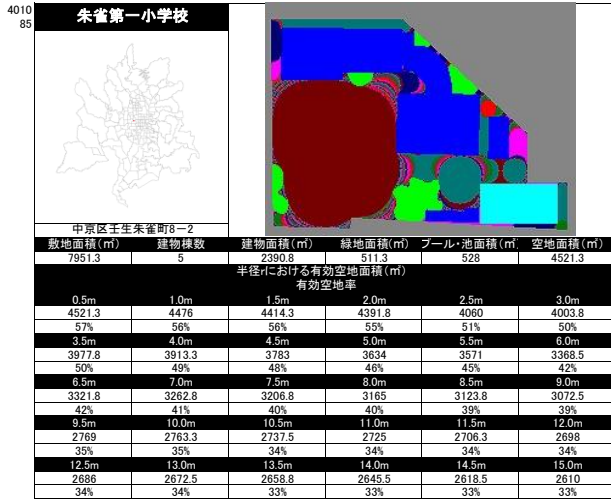
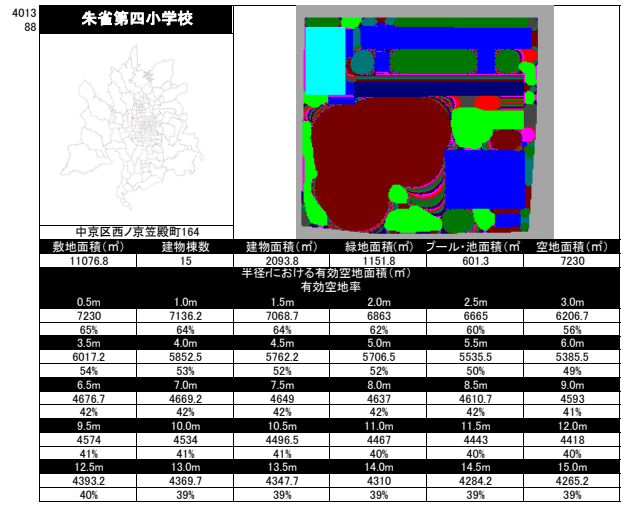
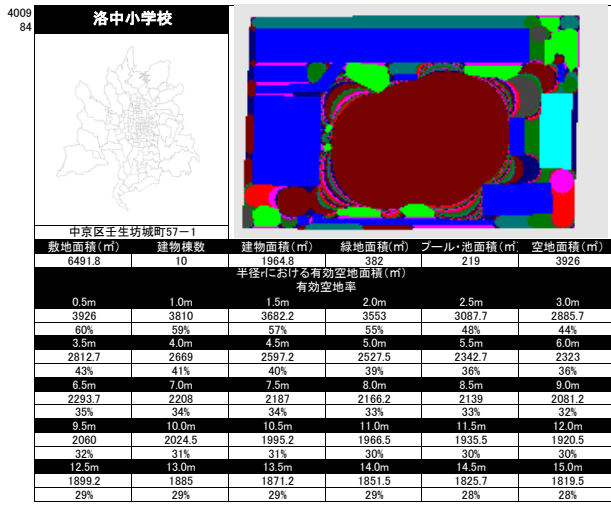


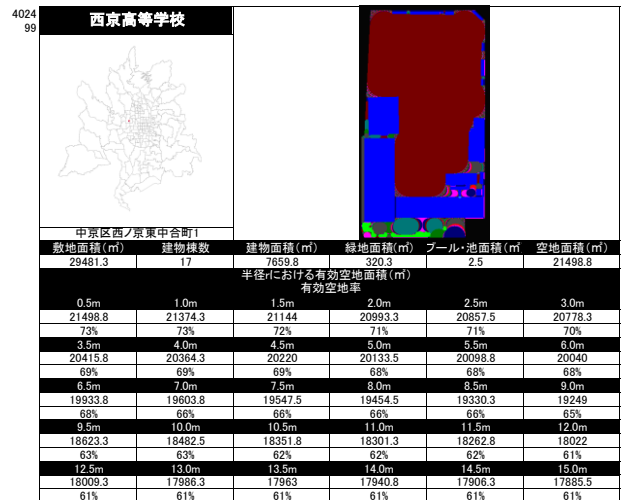
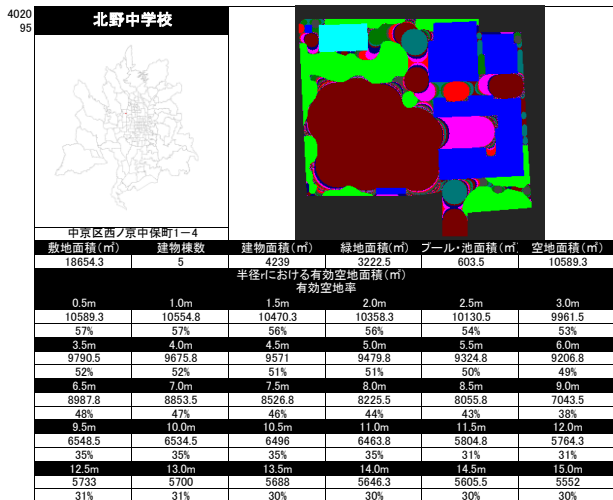
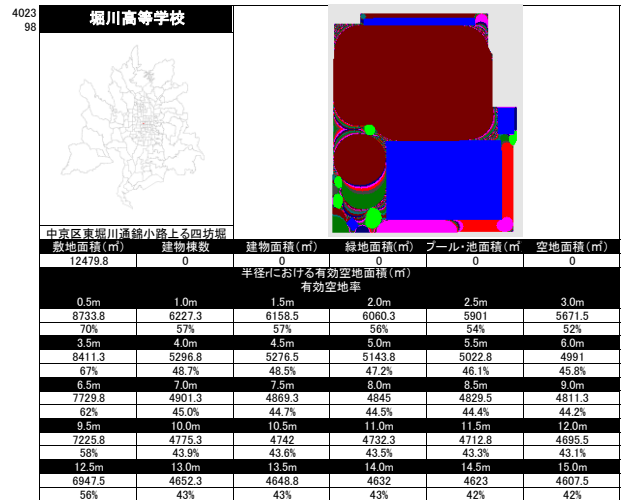
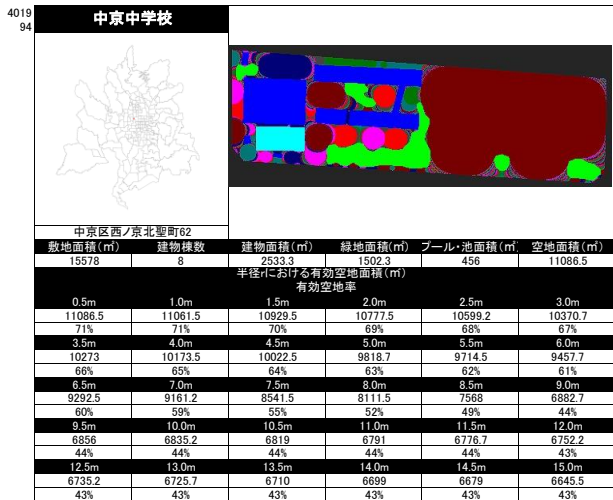
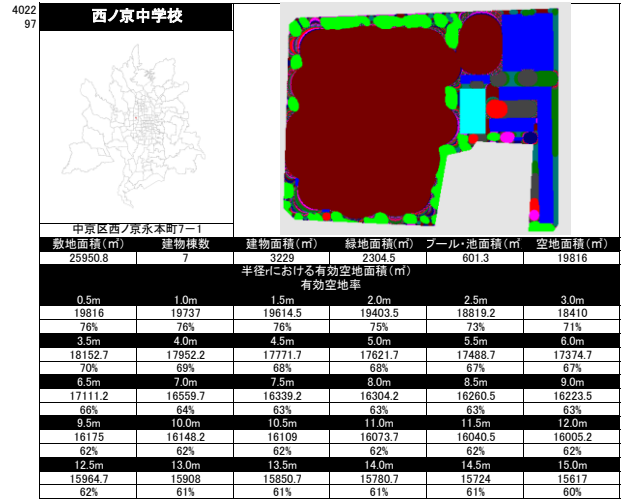
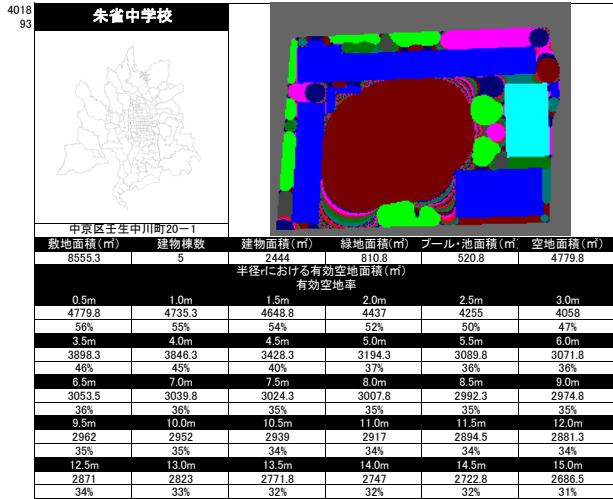
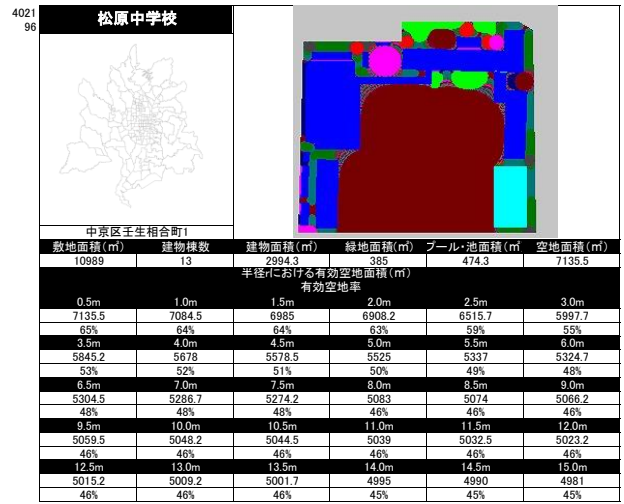
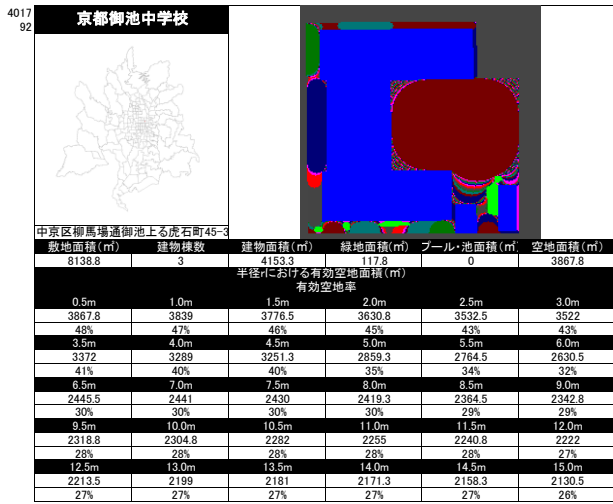


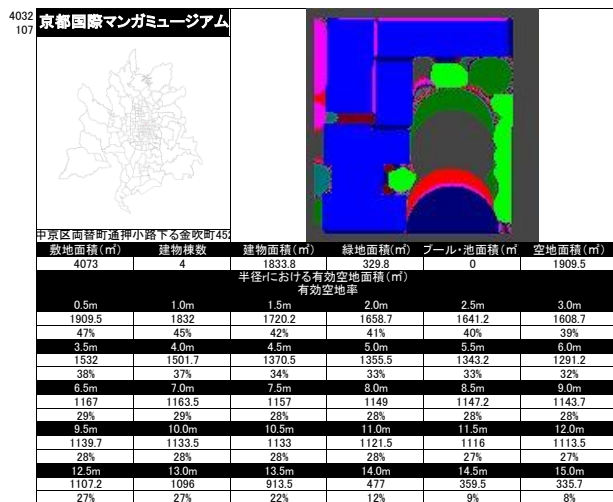
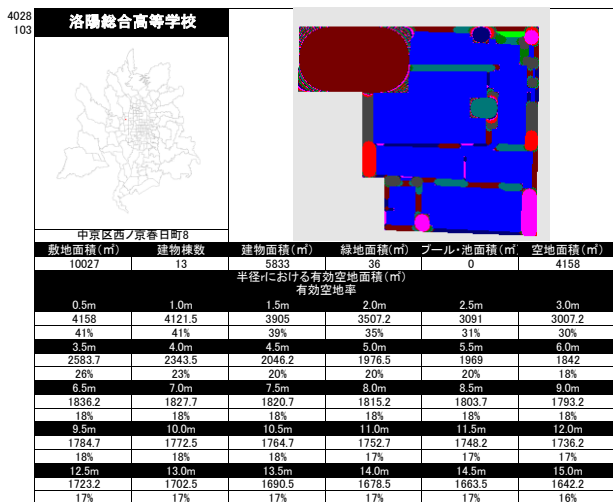
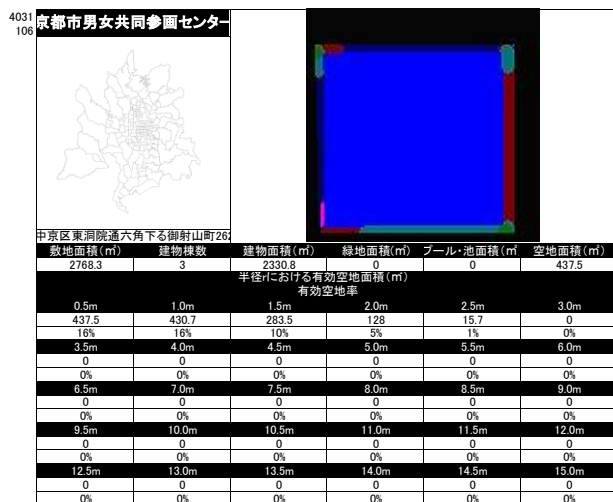
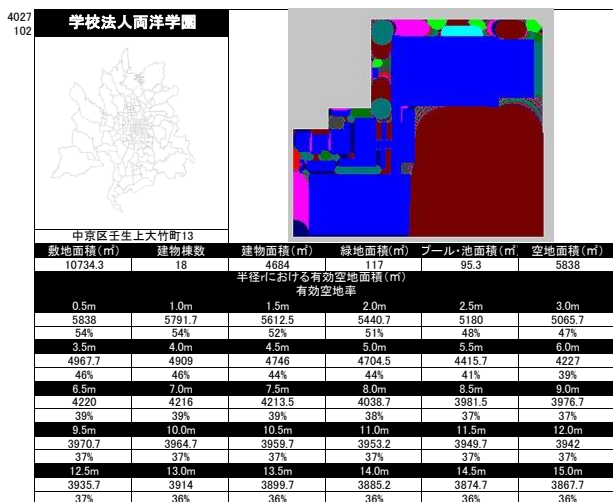
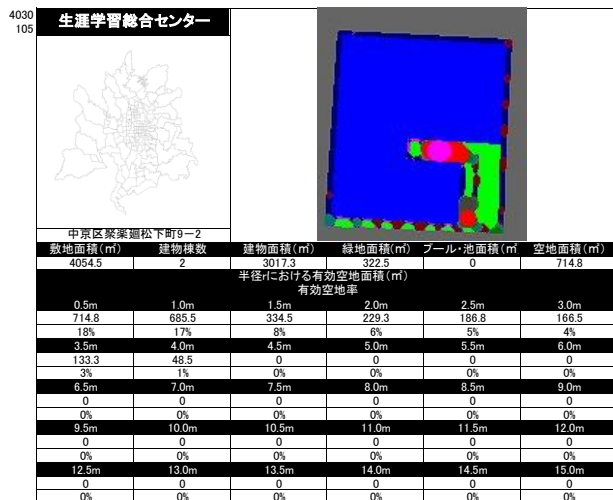
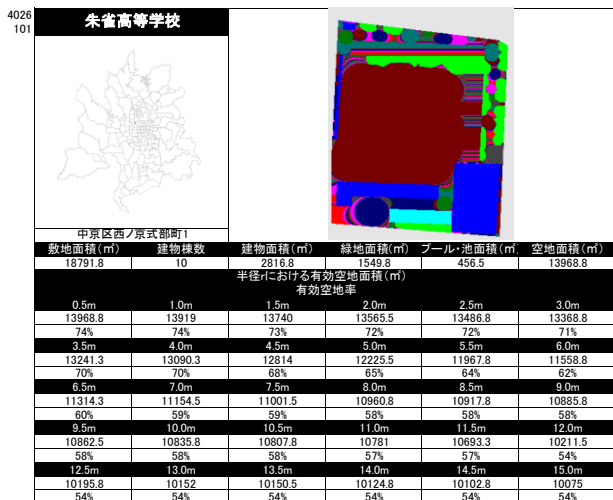
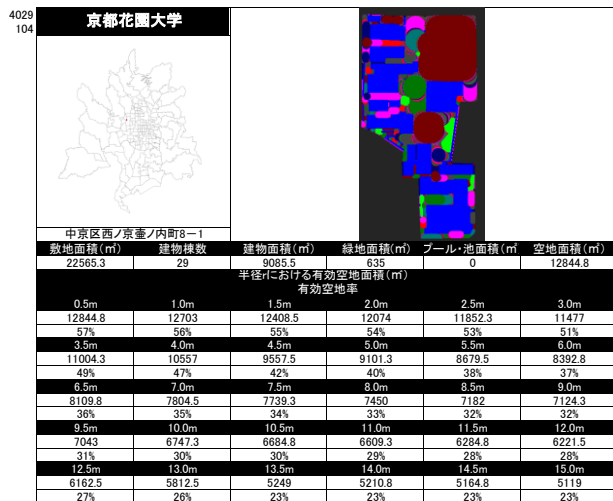
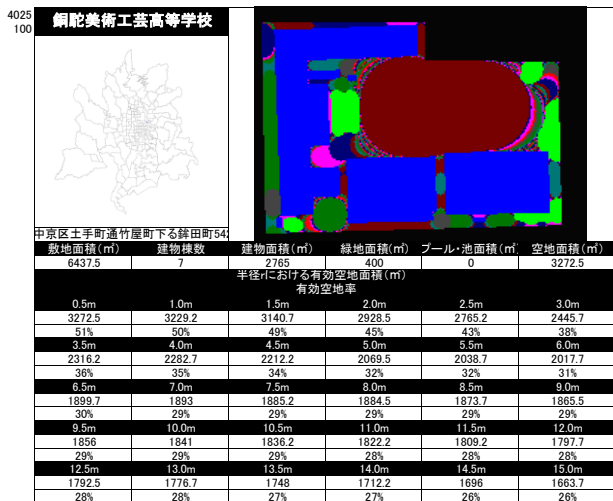


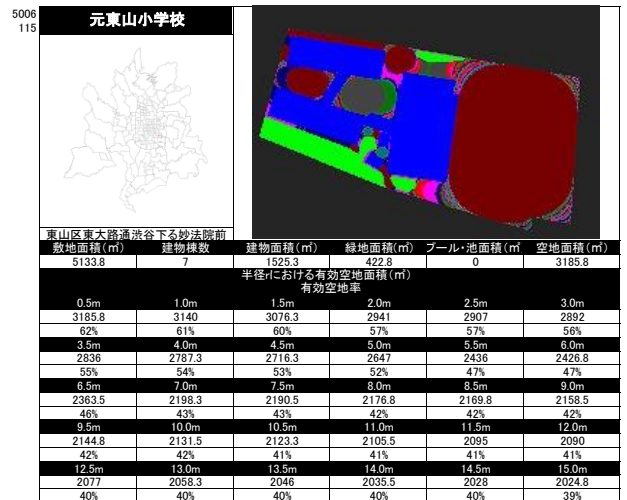
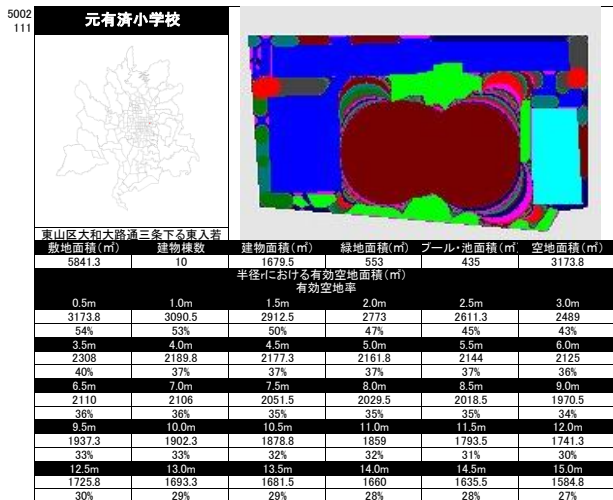
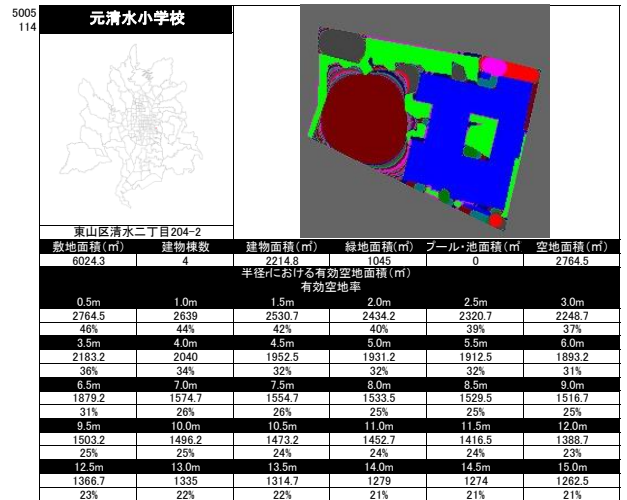
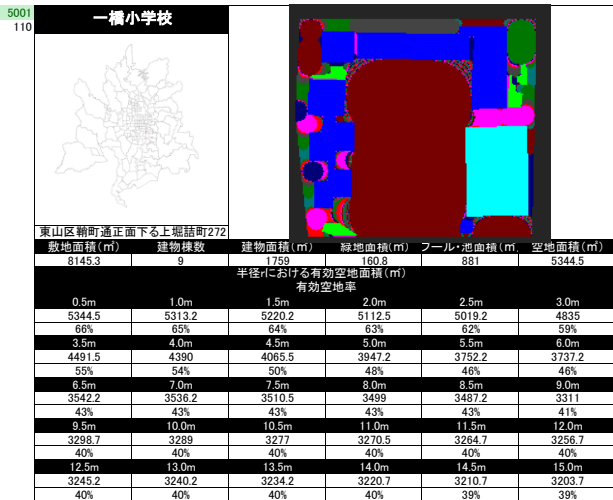
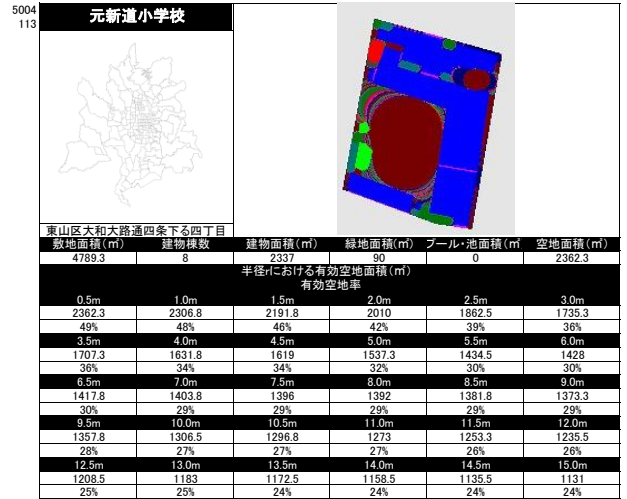
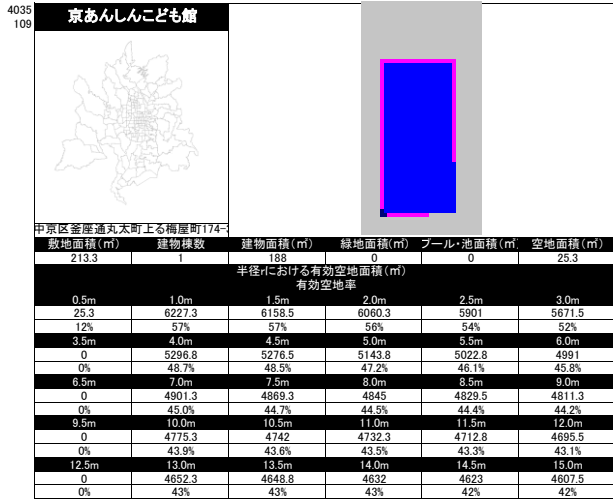
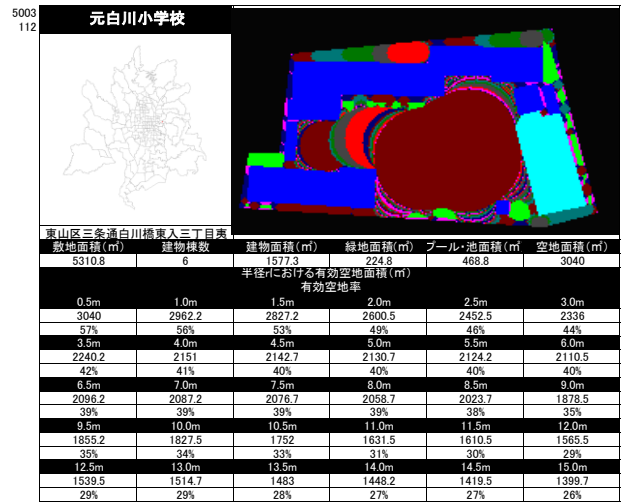
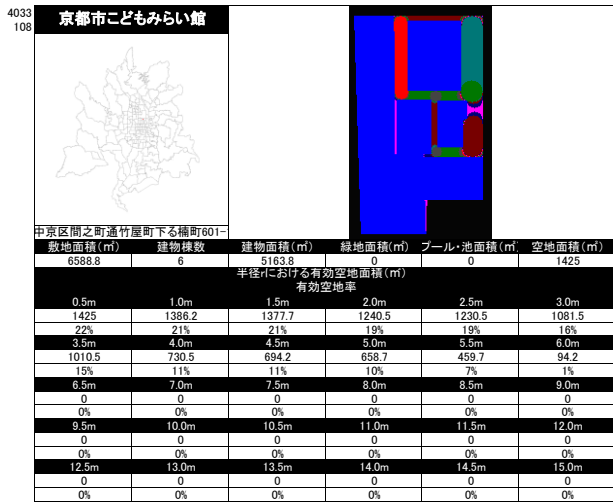


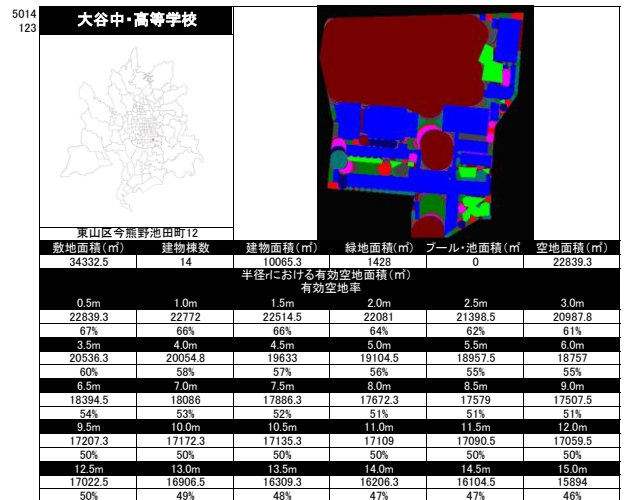
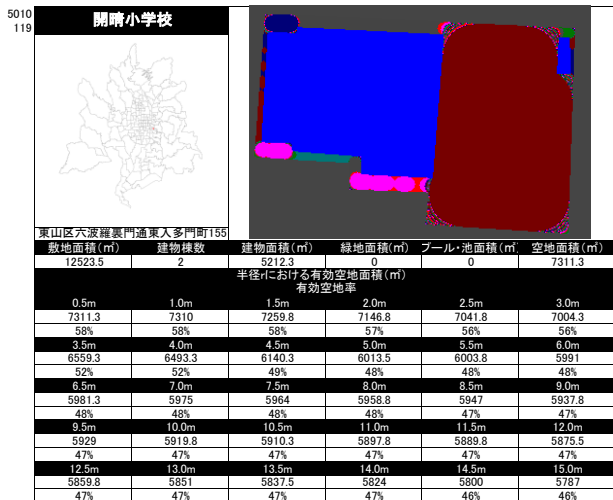
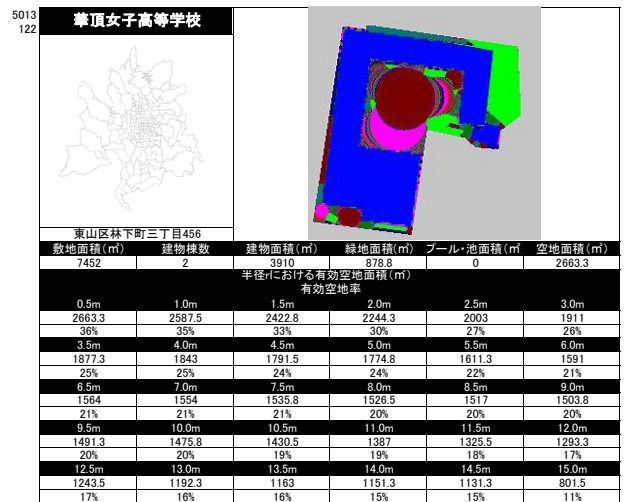
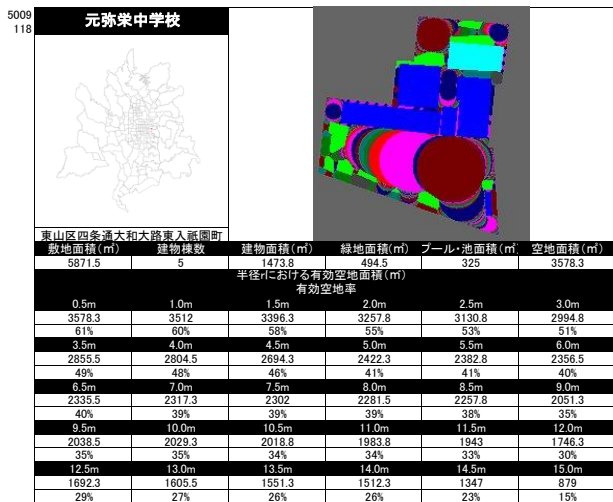
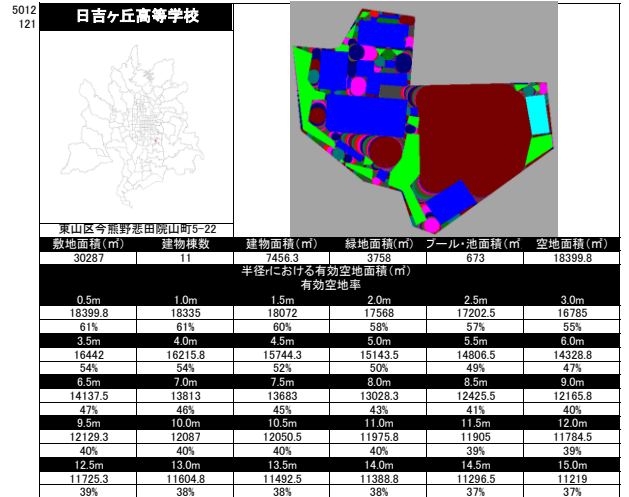
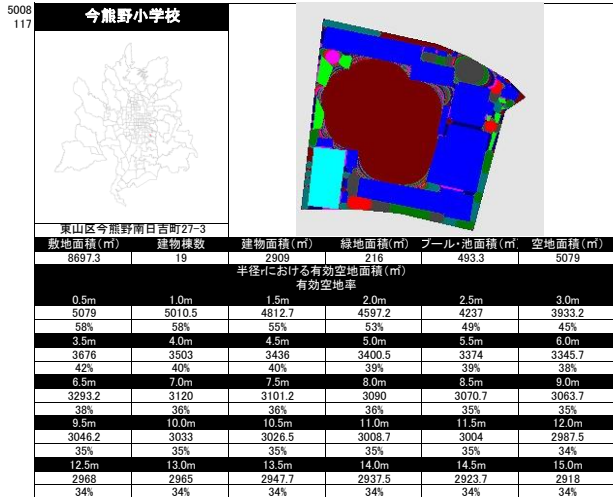
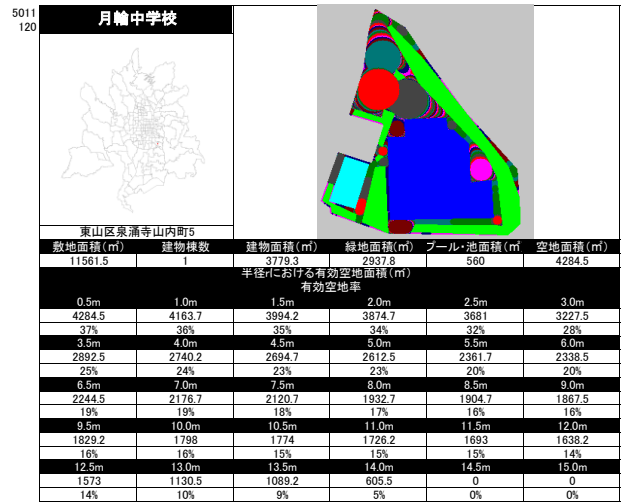
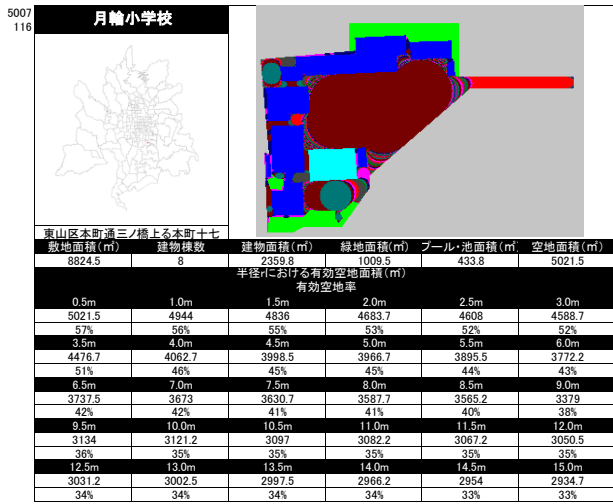


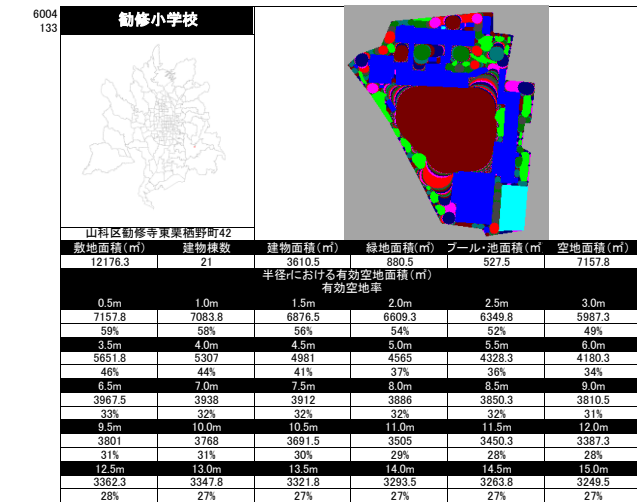
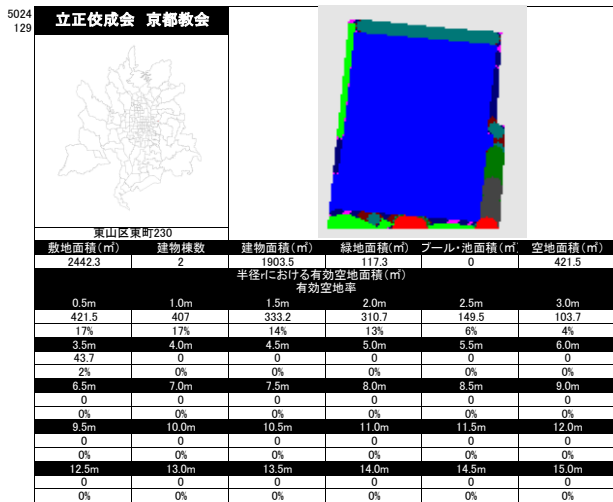
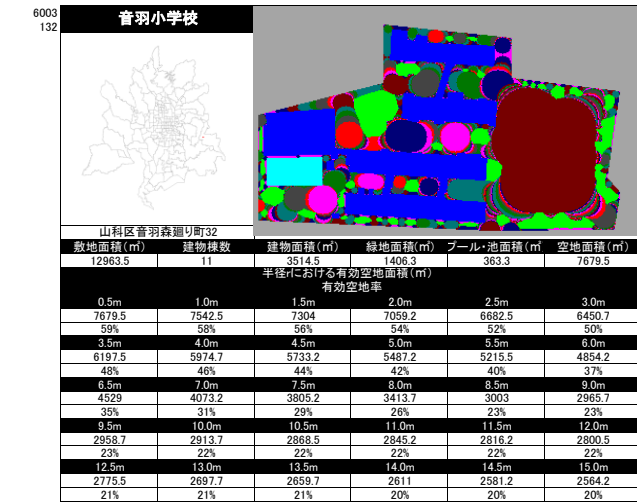
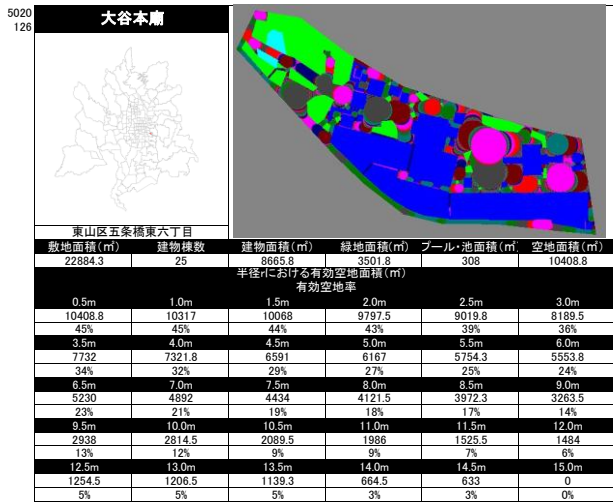
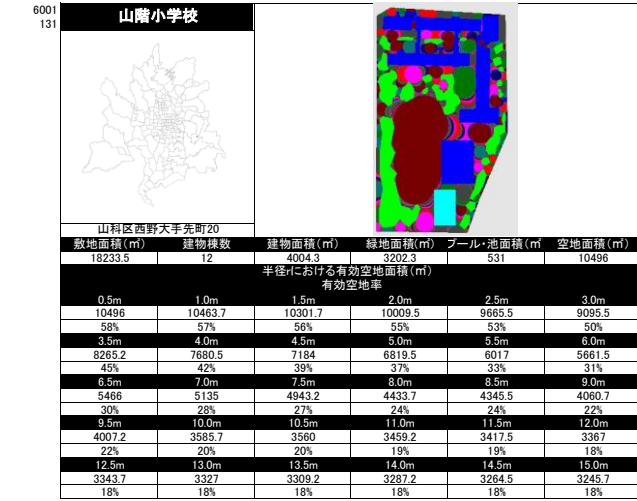
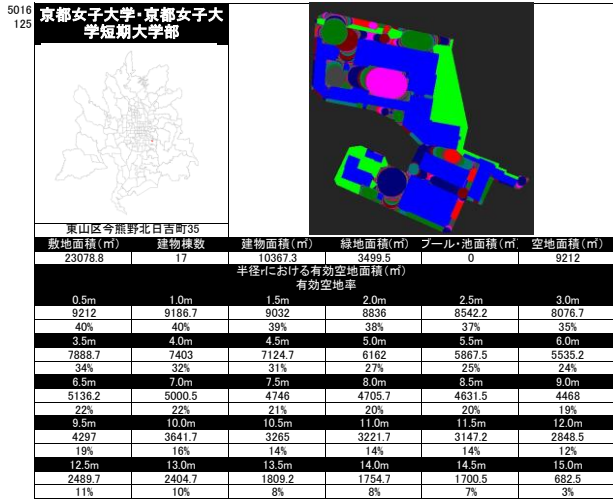
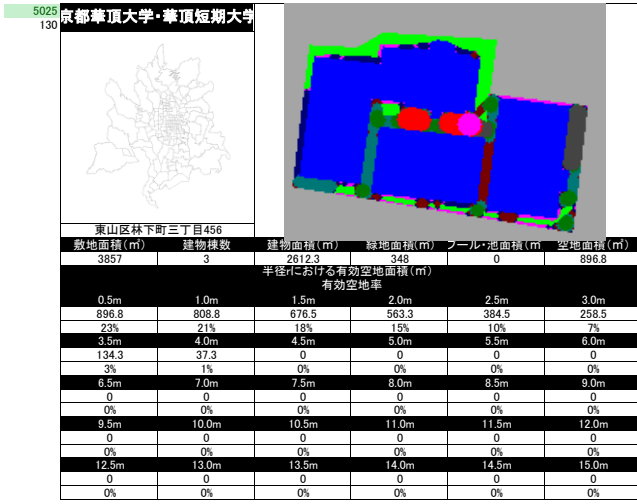
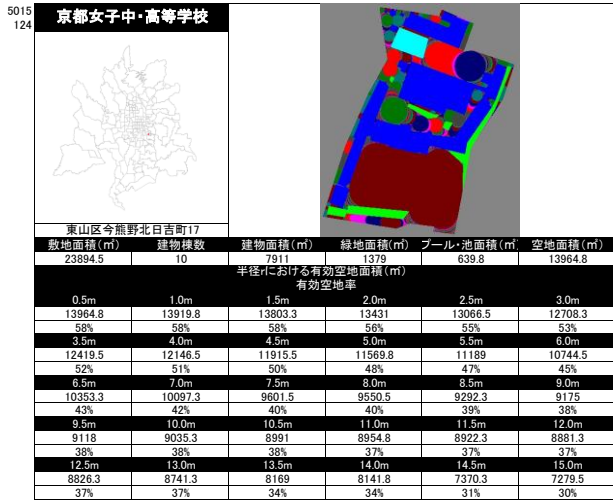


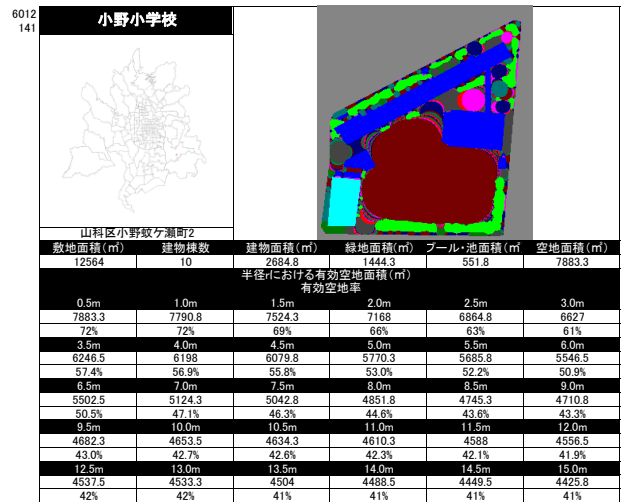
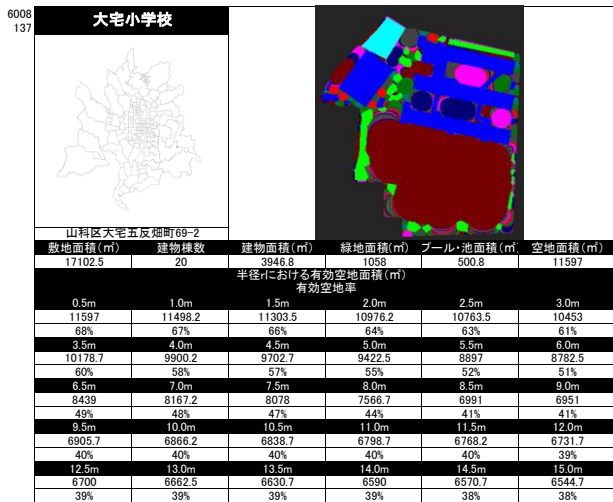
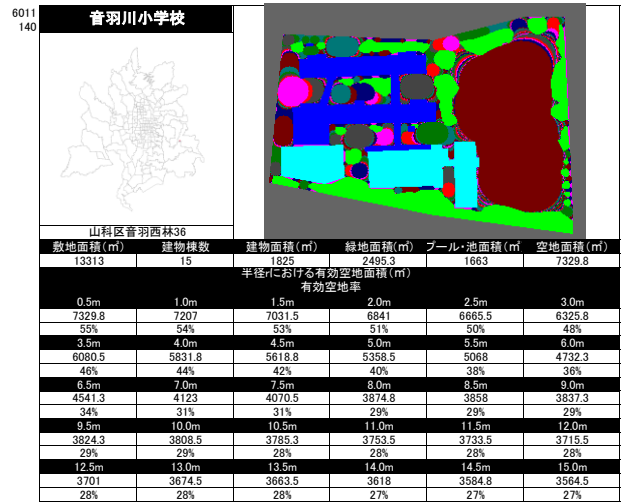
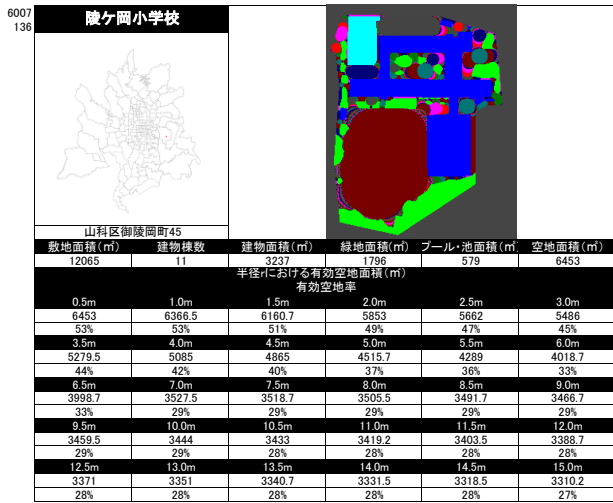
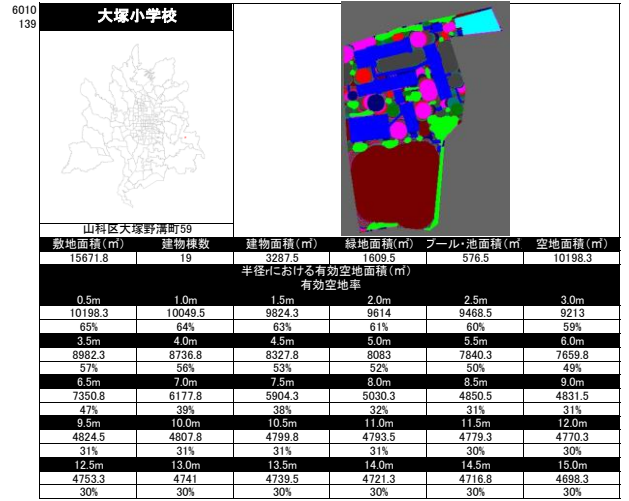
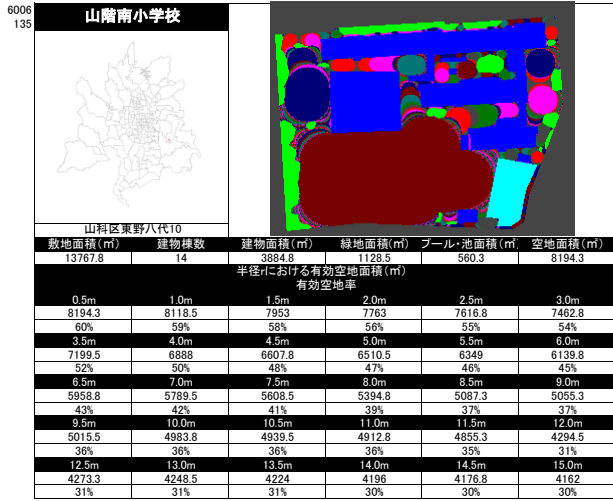
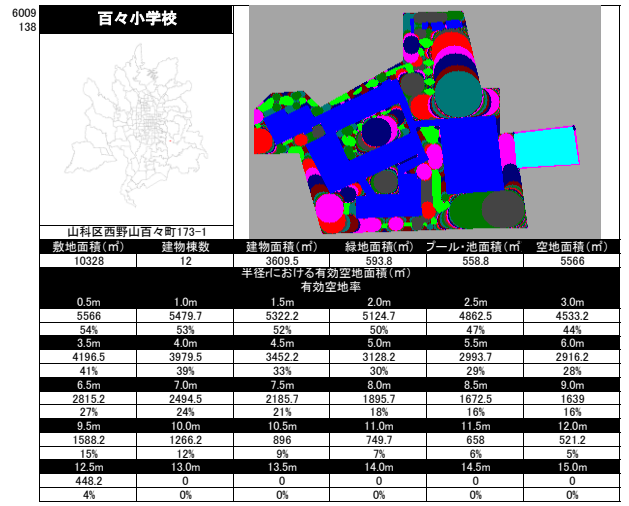
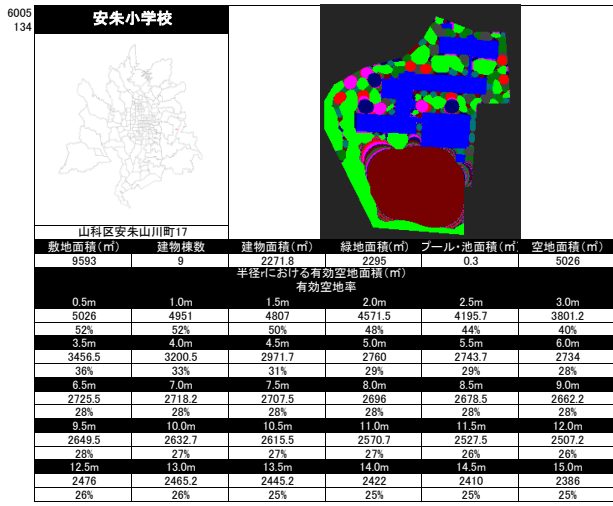


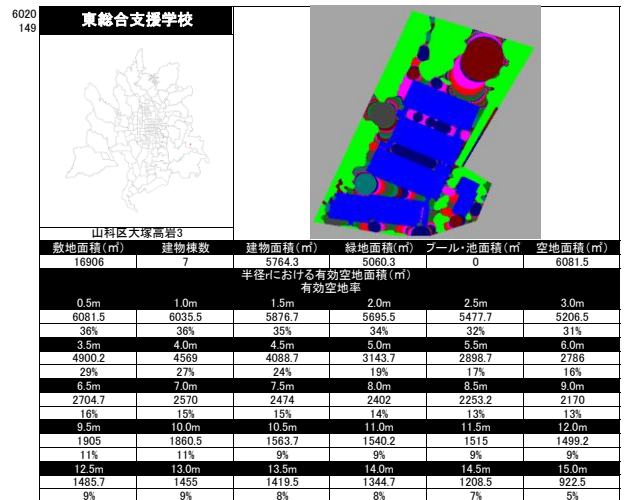
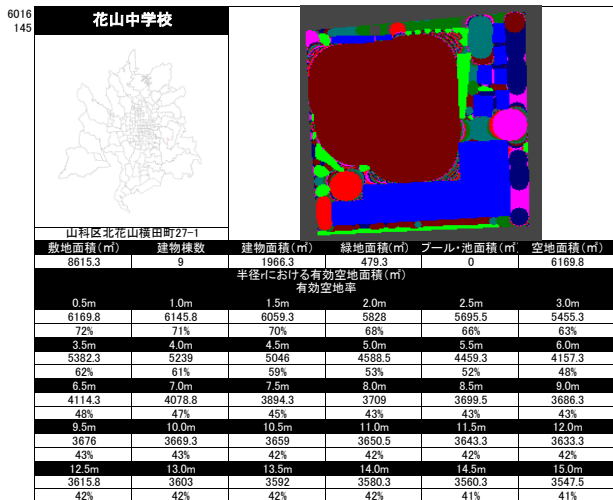
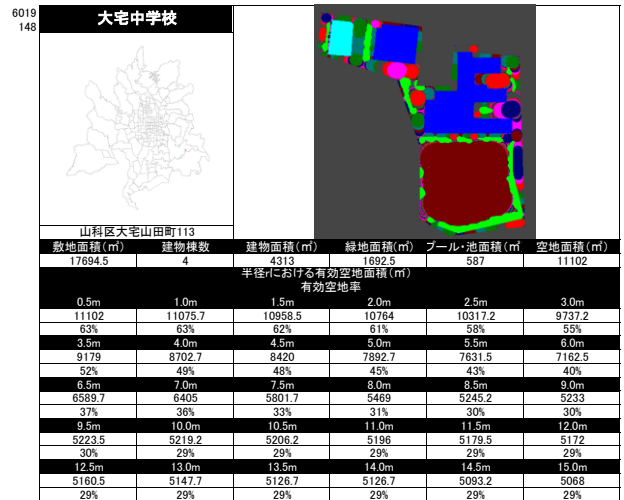
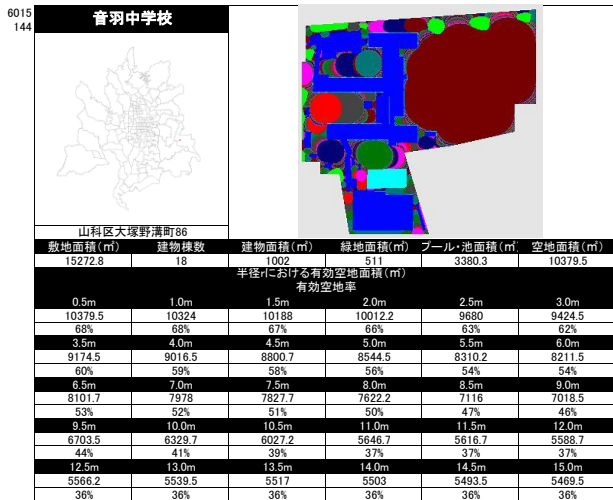
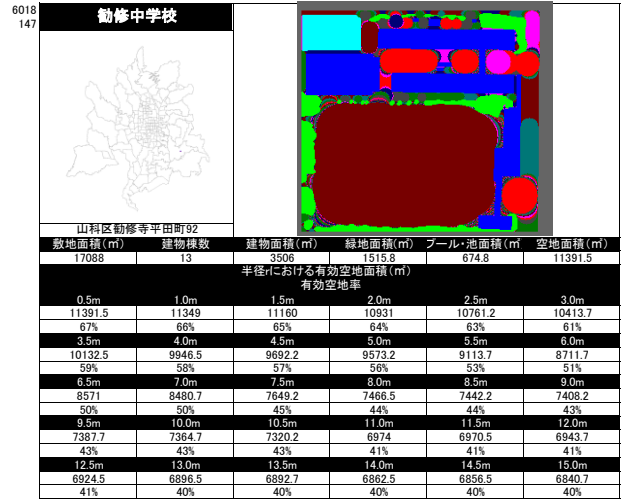
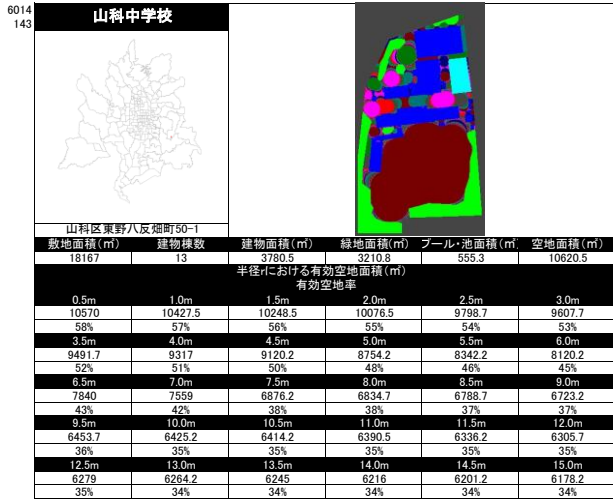
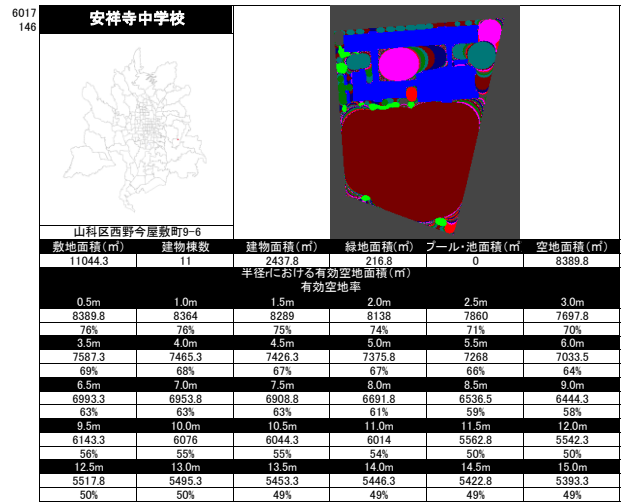
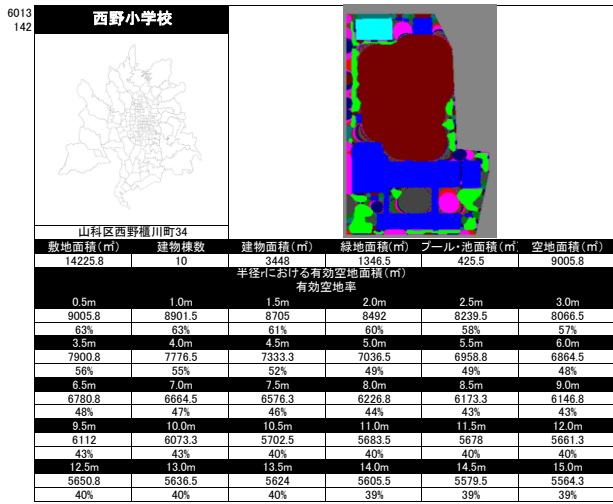


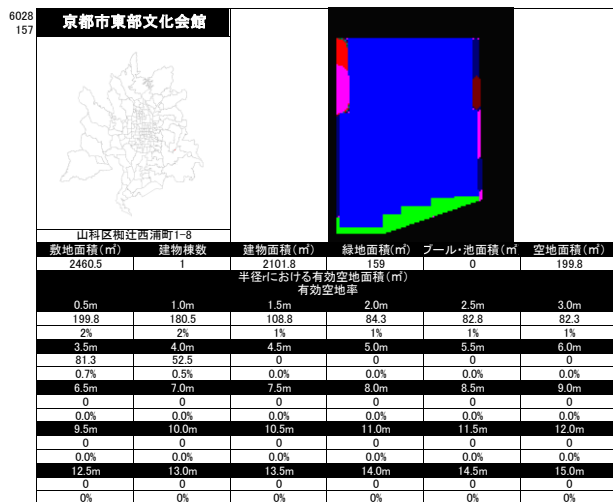
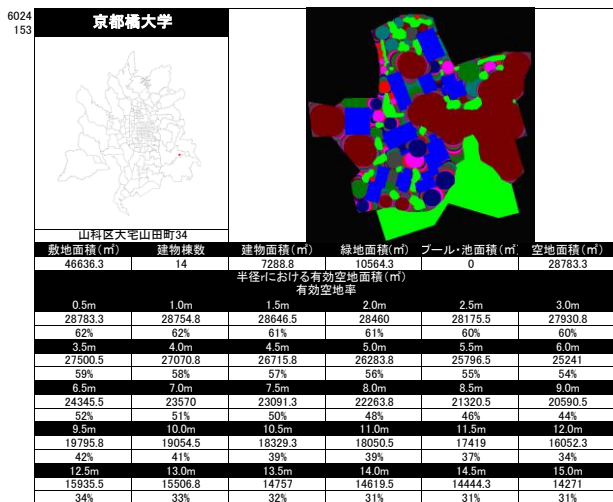
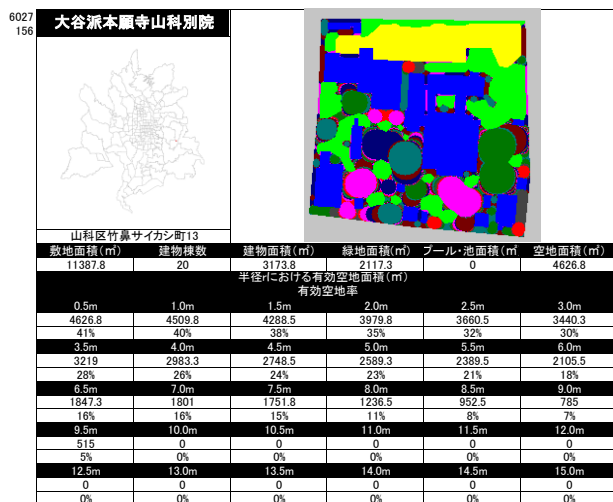
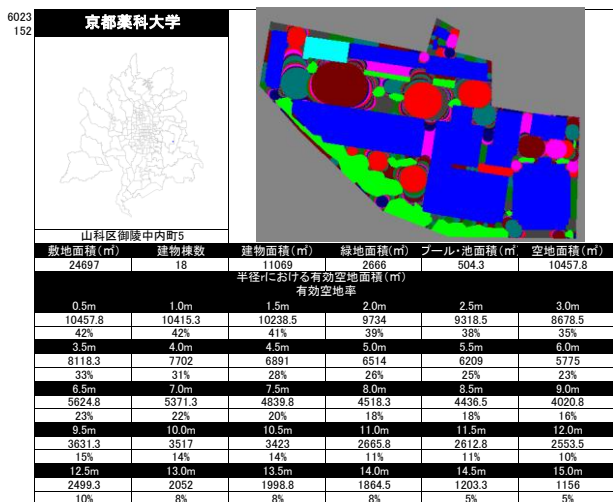
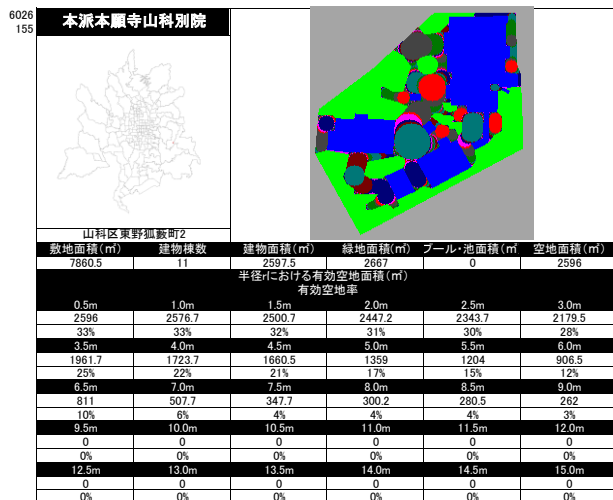
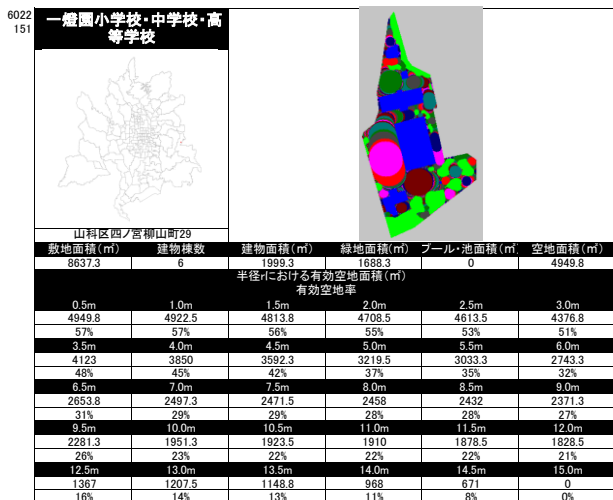
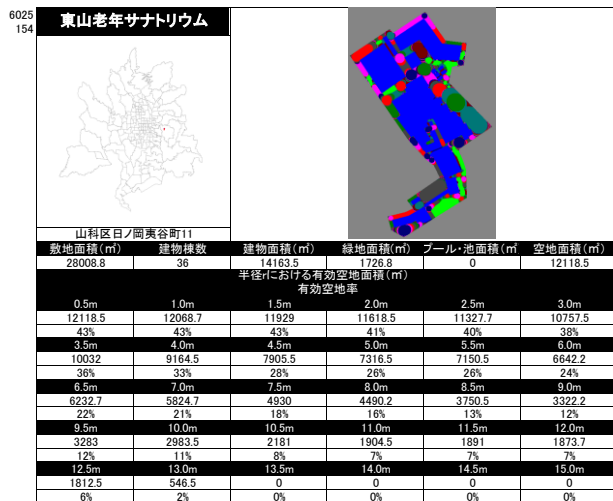
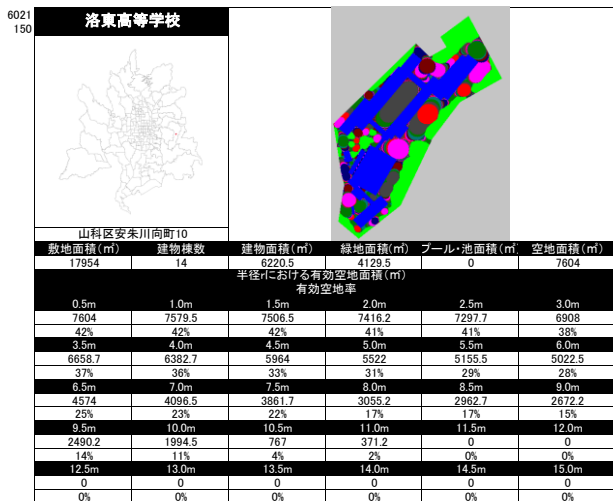


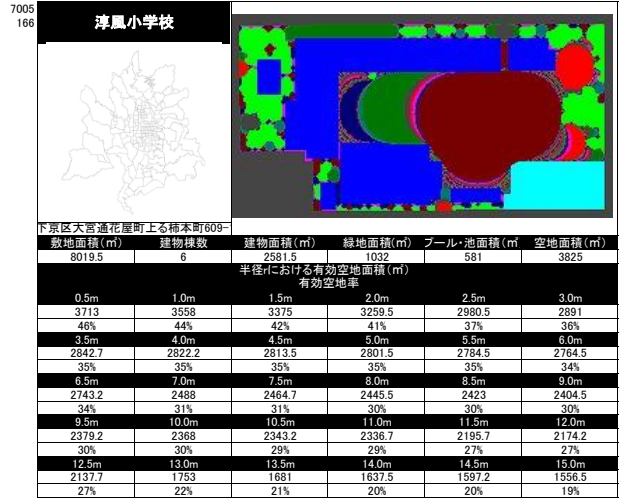
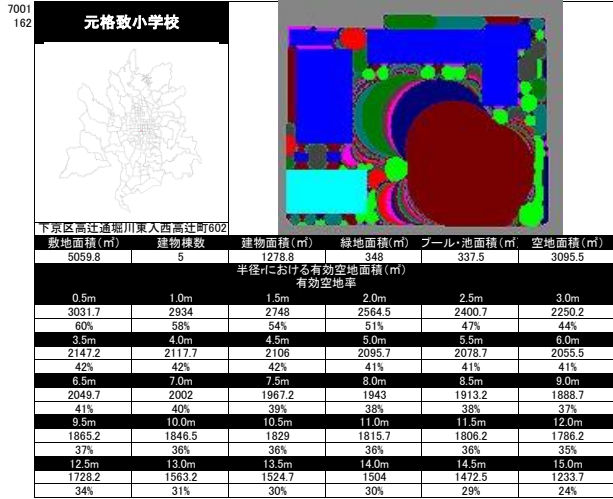
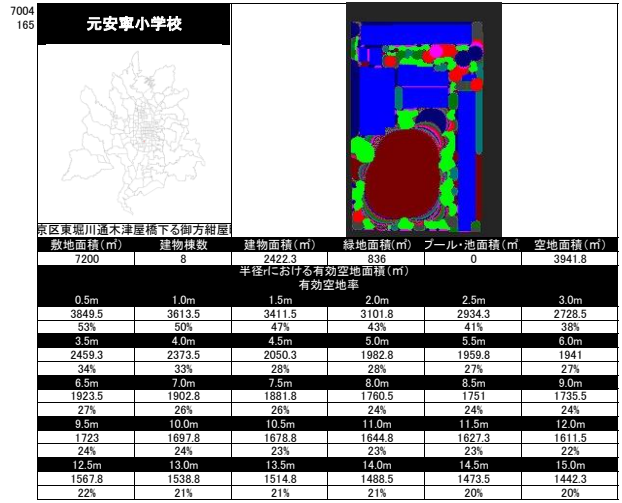
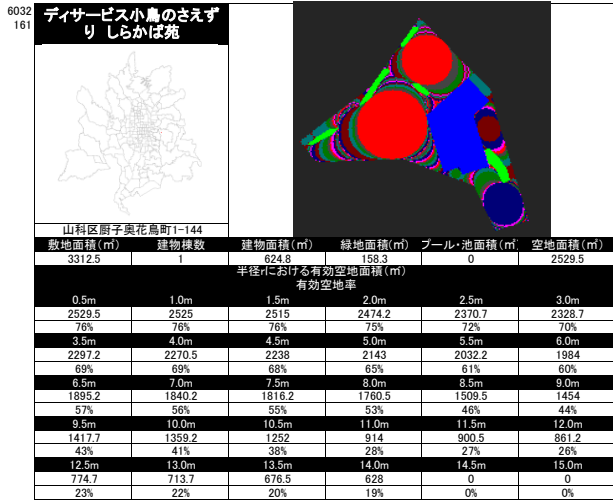
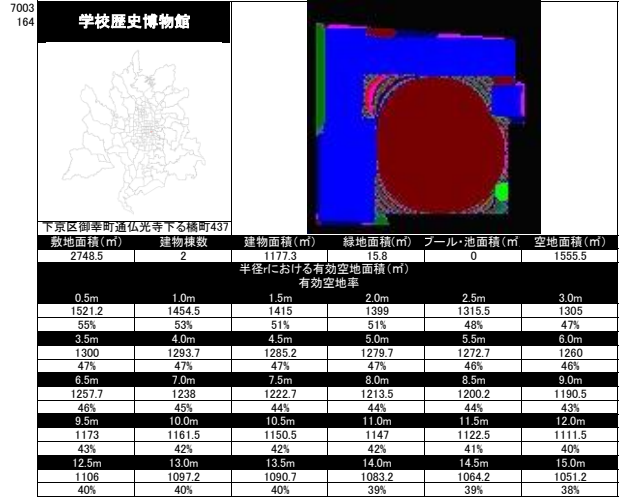
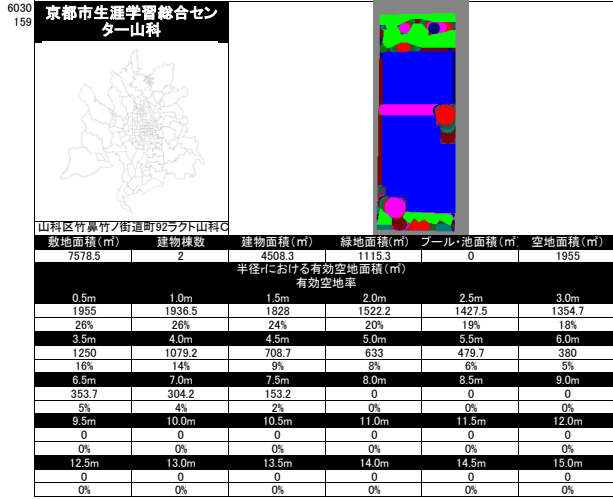
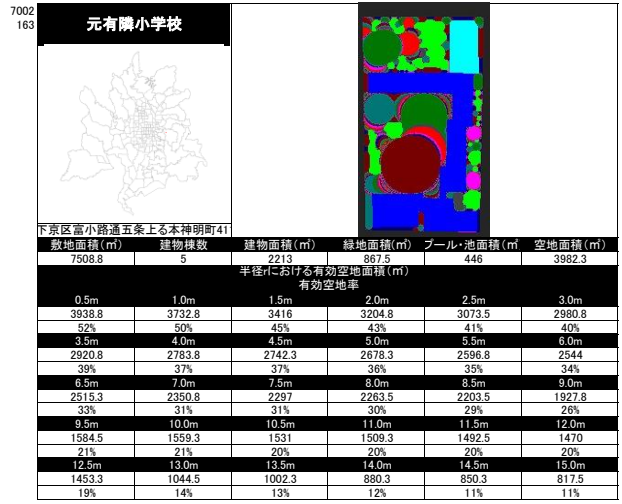
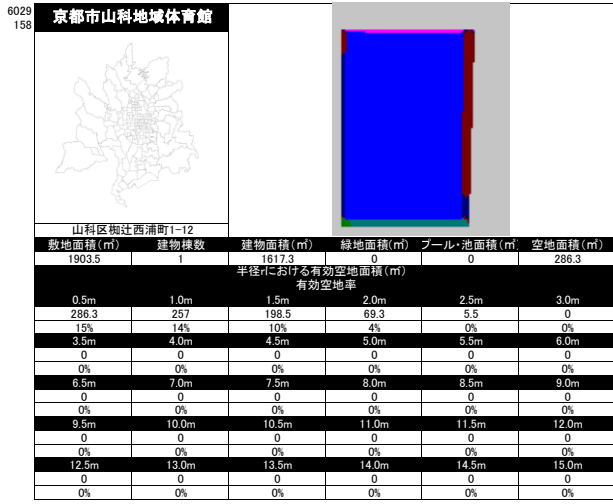


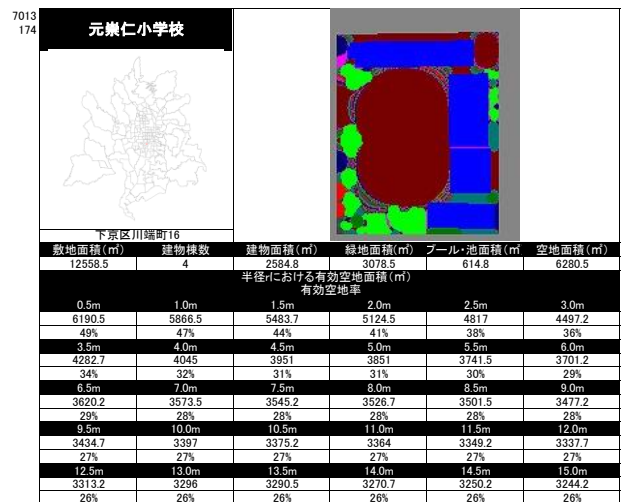
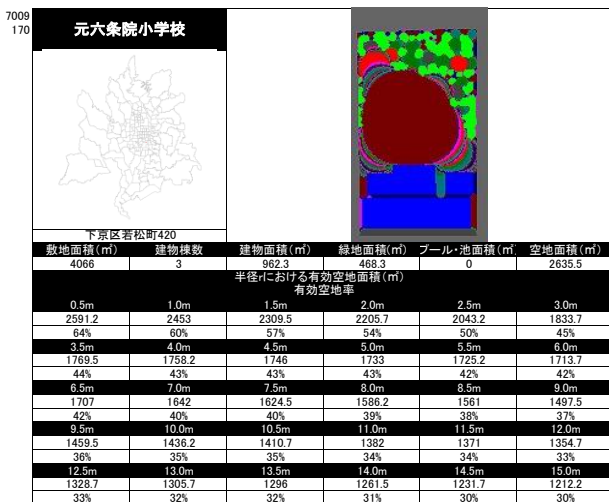
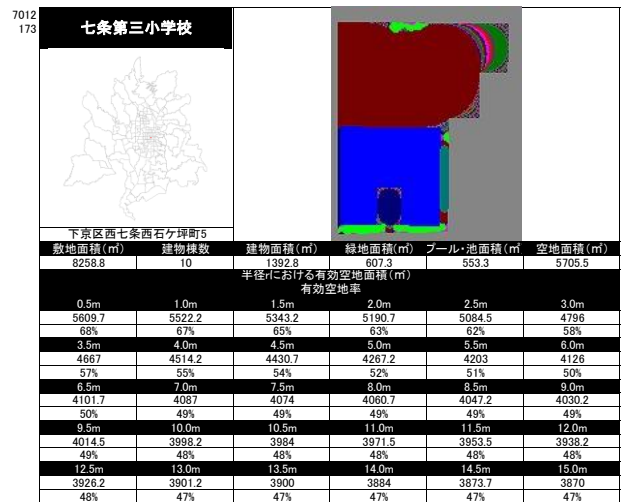
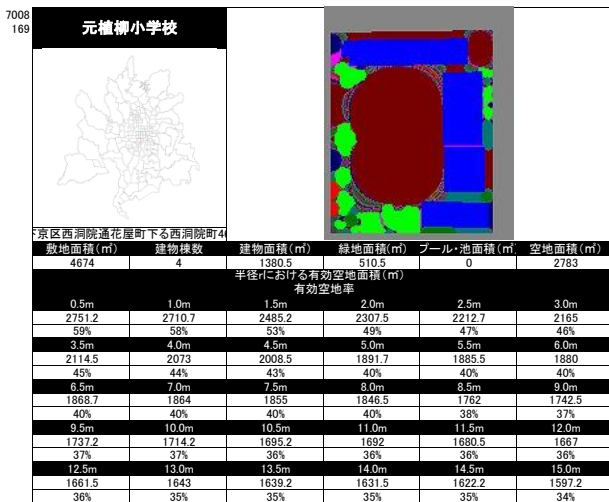
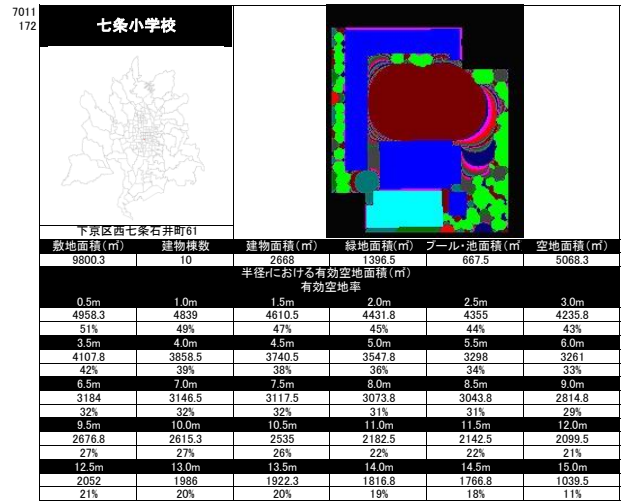
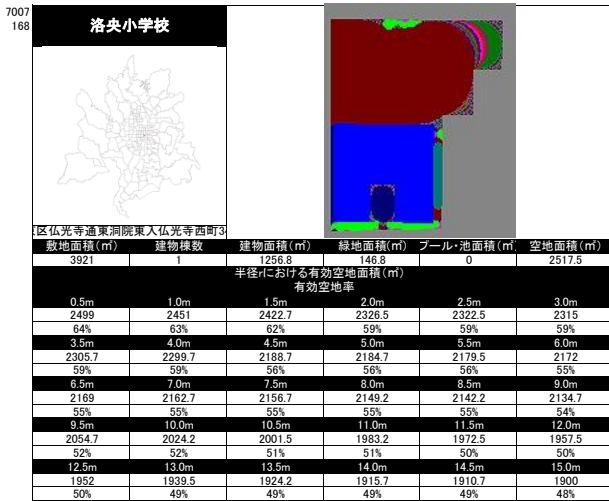
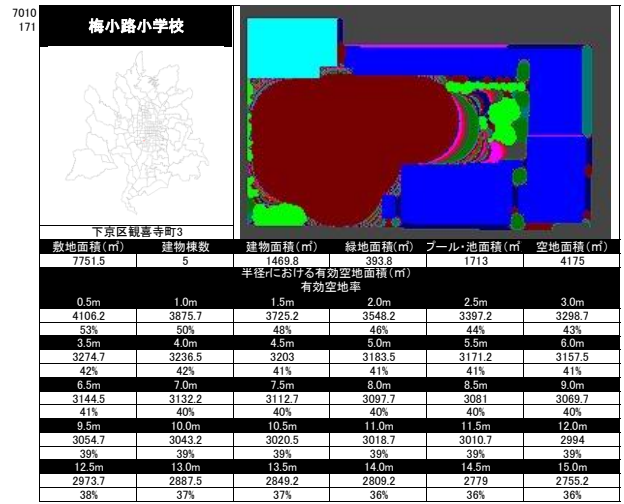
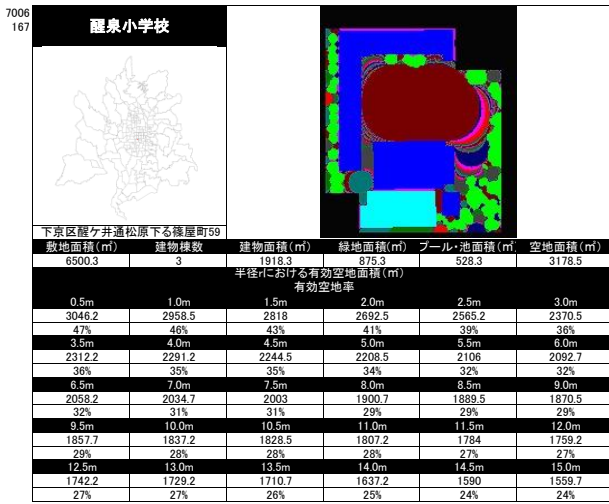




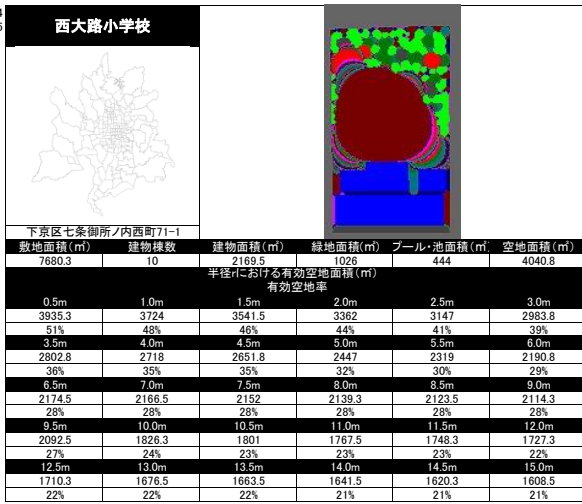




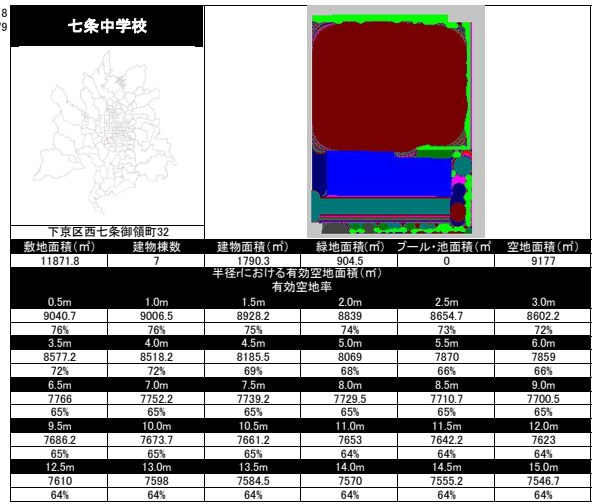




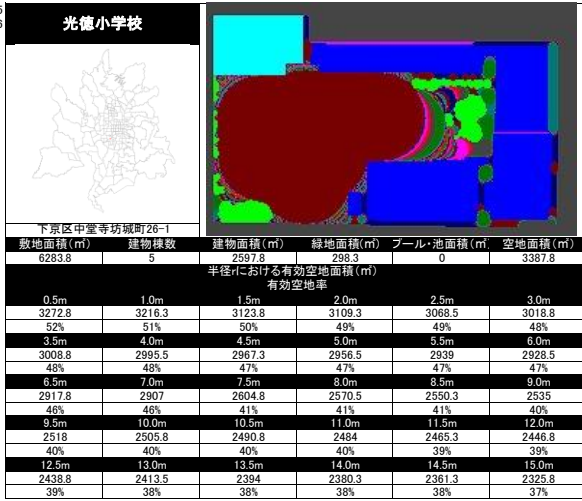
7014
175



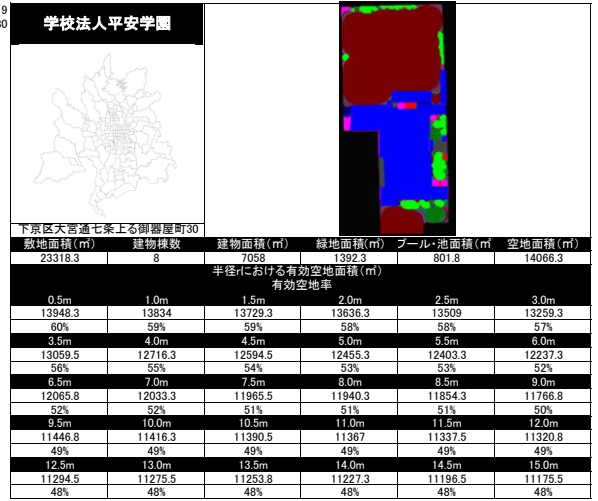
7018
179



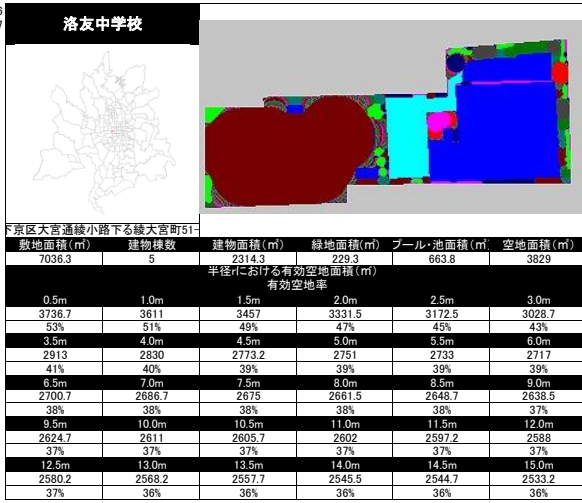
7016
176



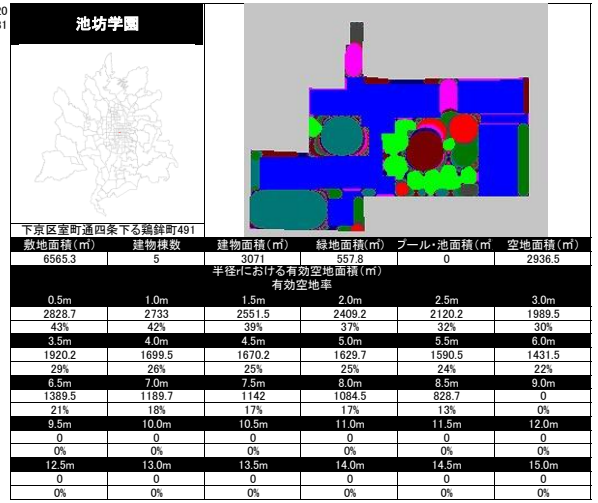
7019
180



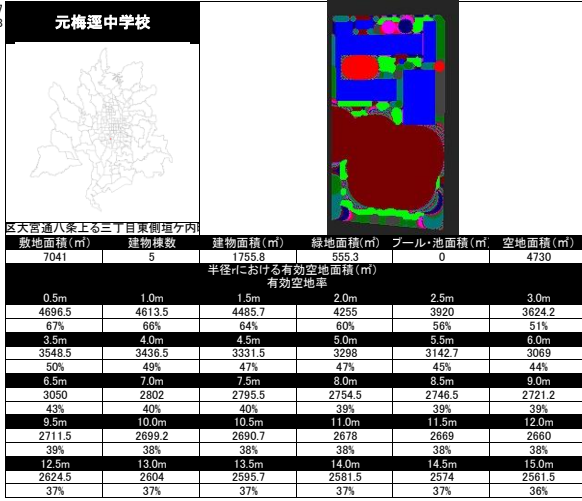
7016
177



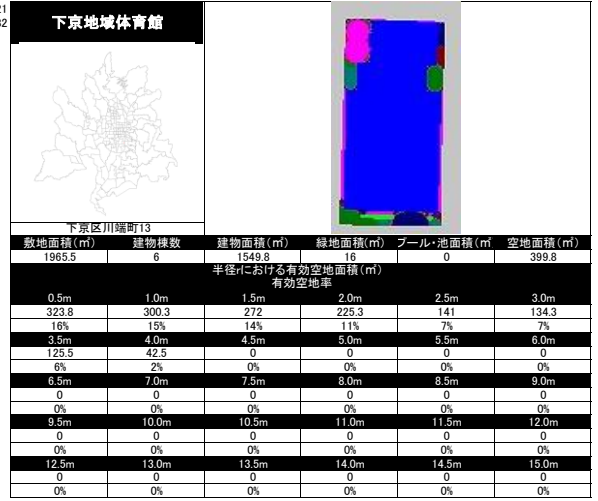
7020
181

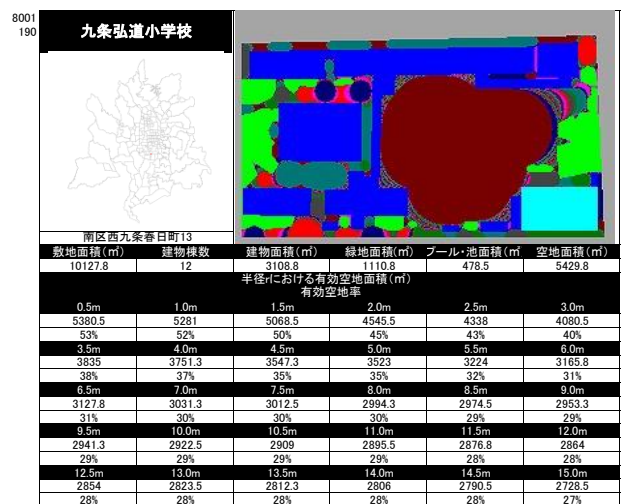
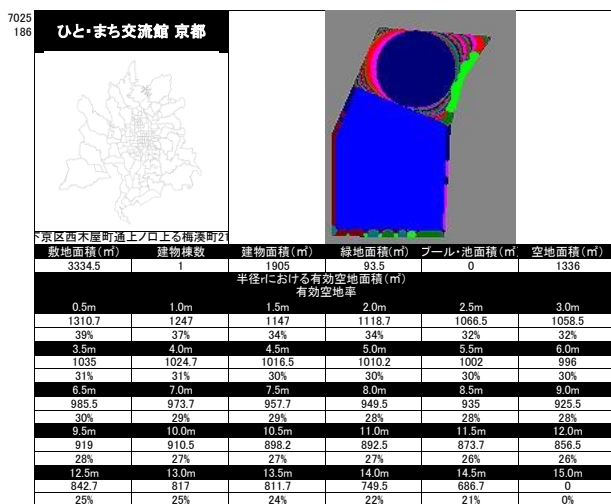
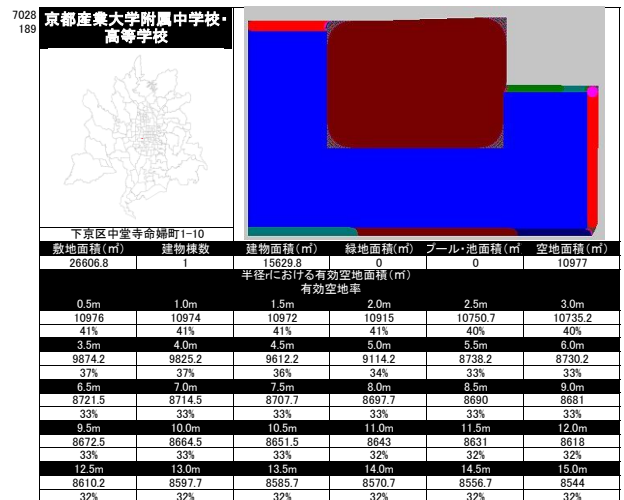
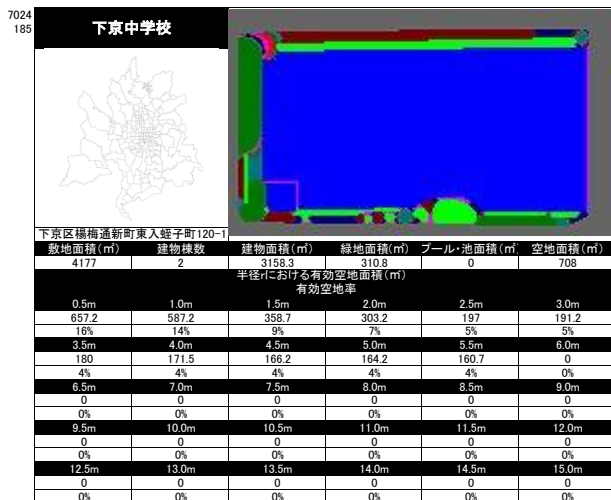
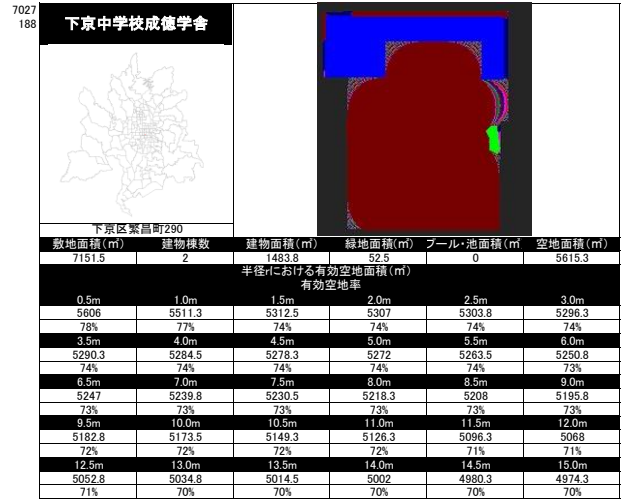
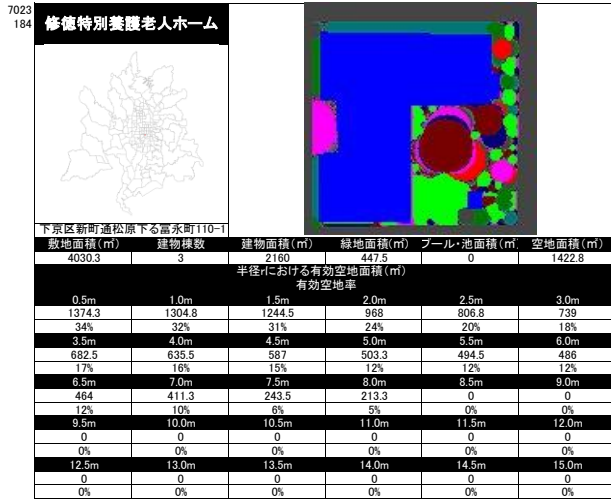
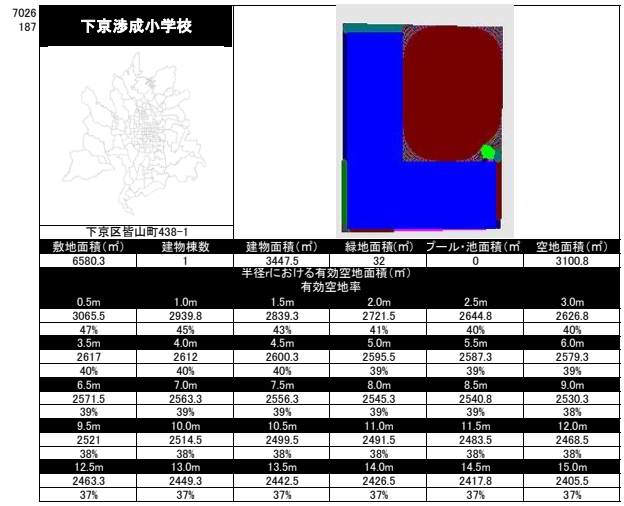
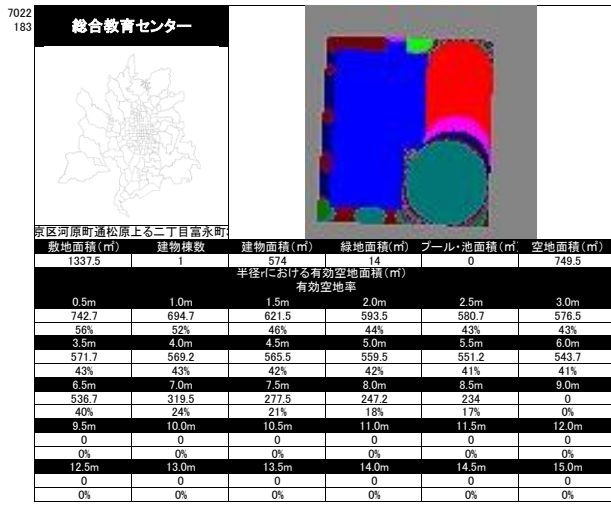


7017
178

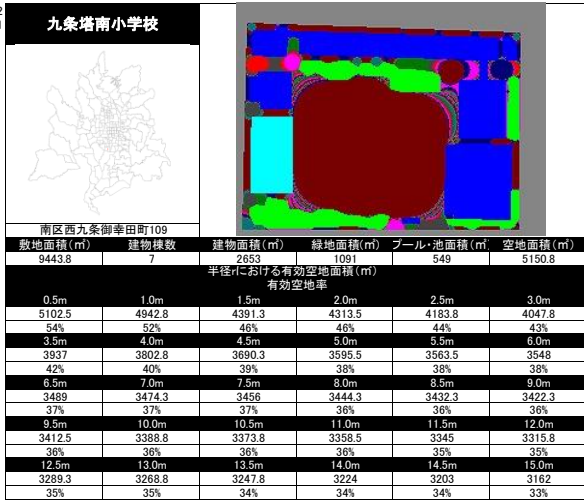


7021
182

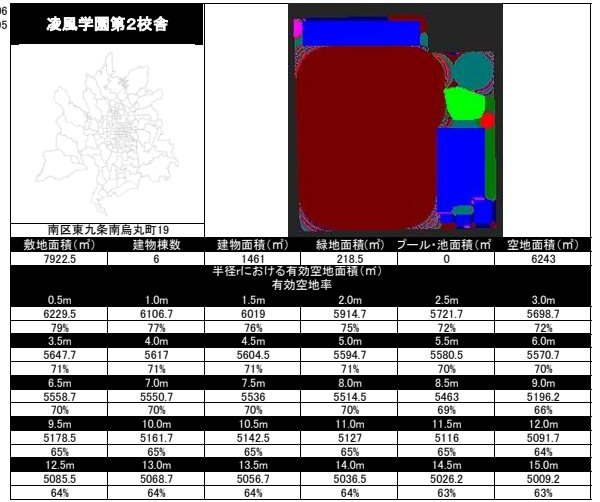




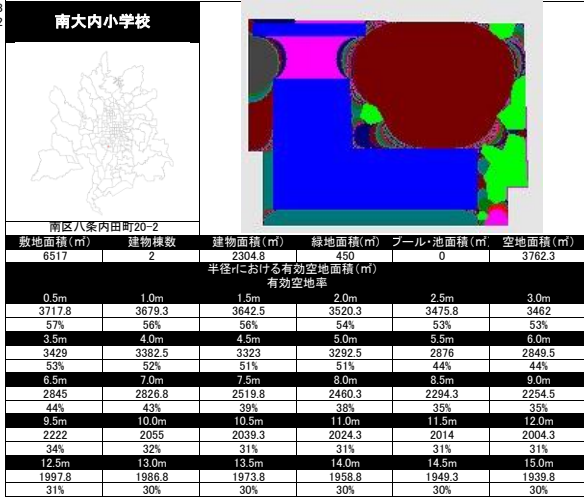
8002
191



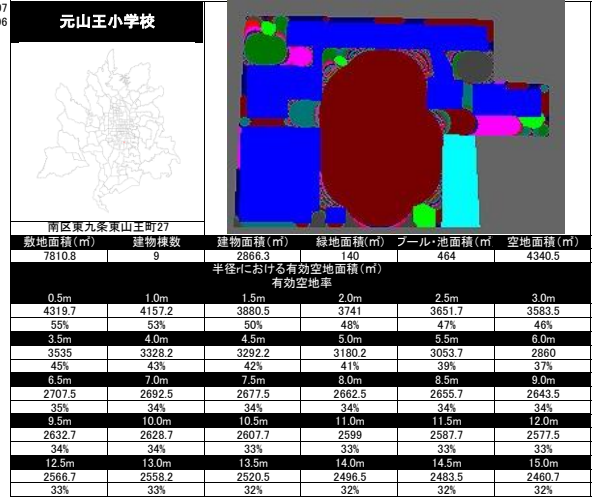
8006
195



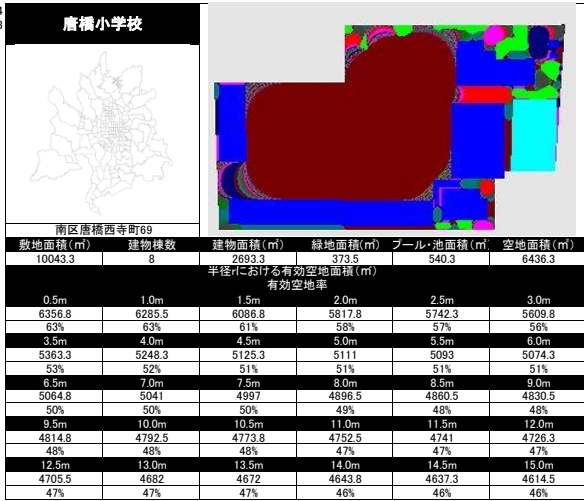
8003
192



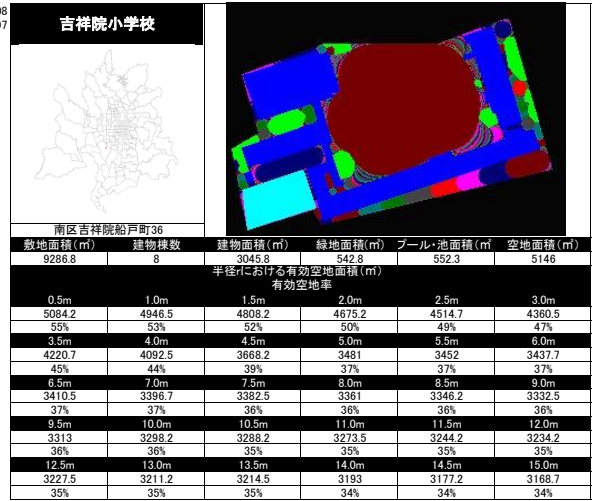
8007
196



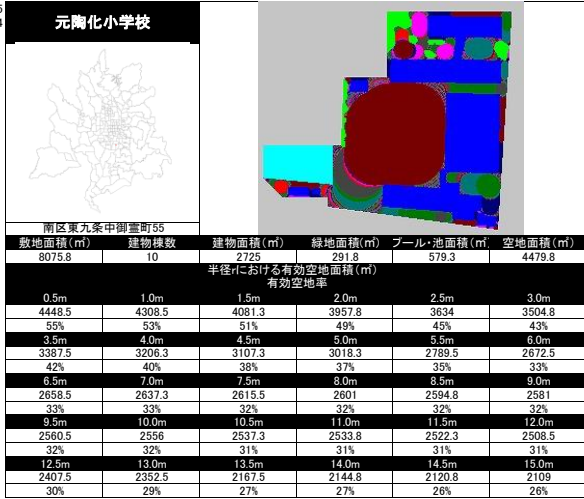
8004
193



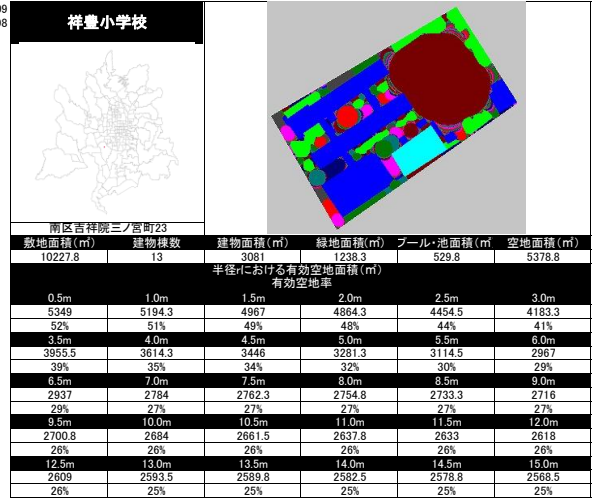
8008
197



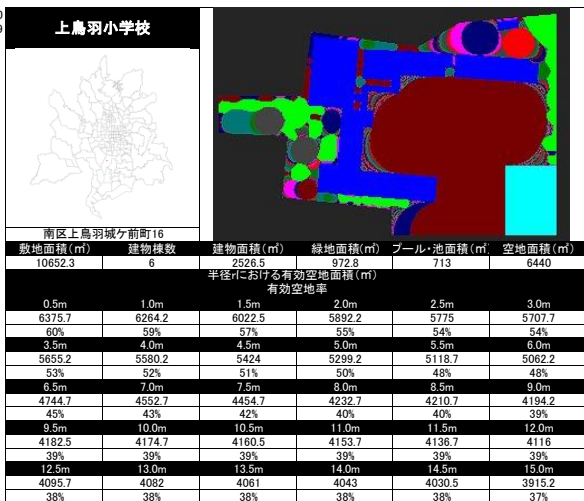
8005
194



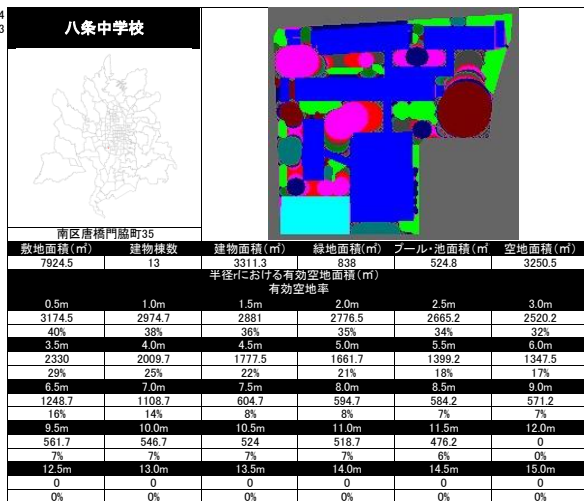
8009
198



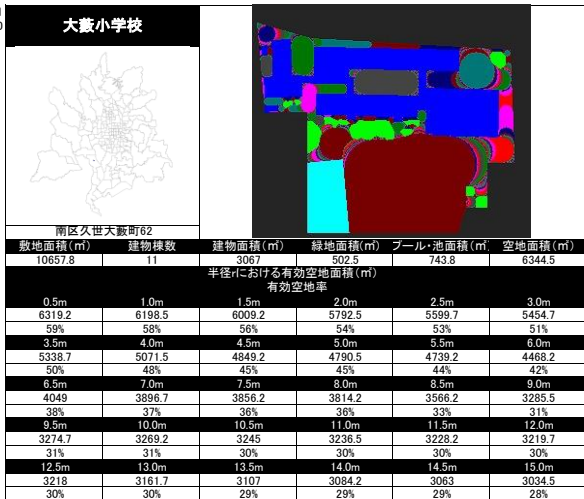
8010
199



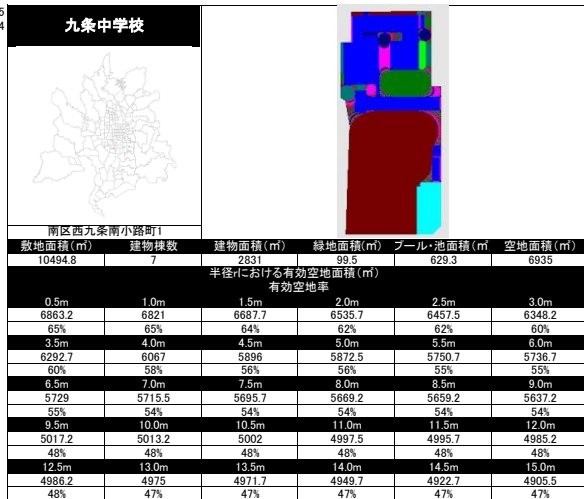
8014
203



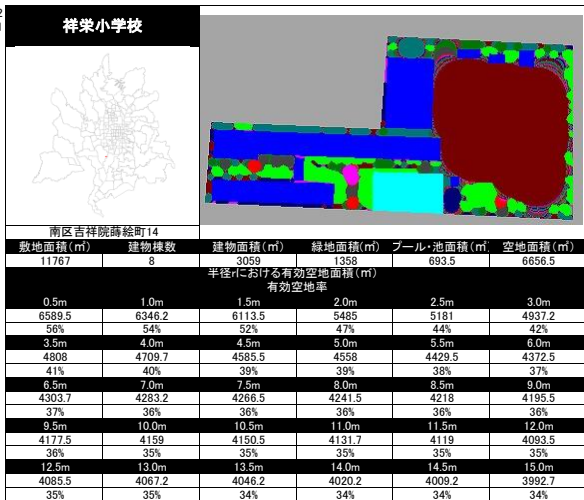
8011
200



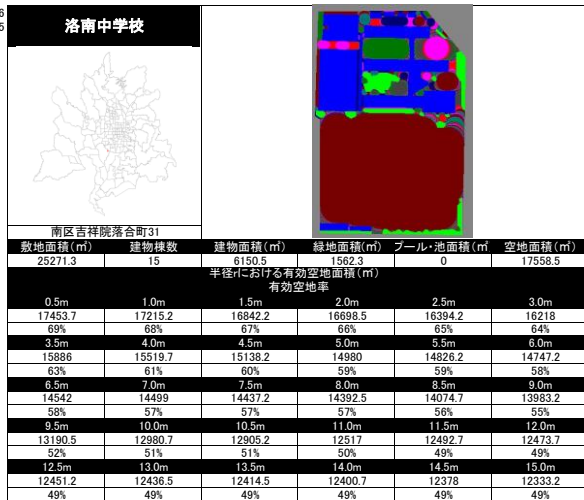
8015
204



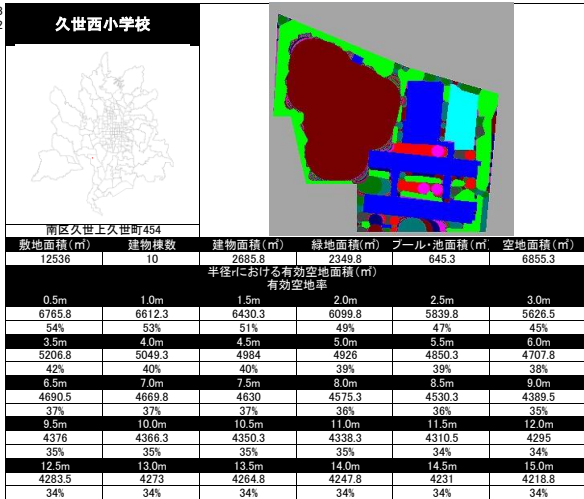
8012
201



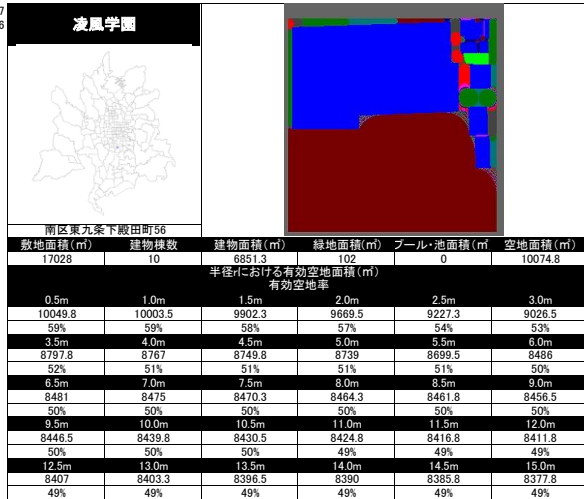
8016
205

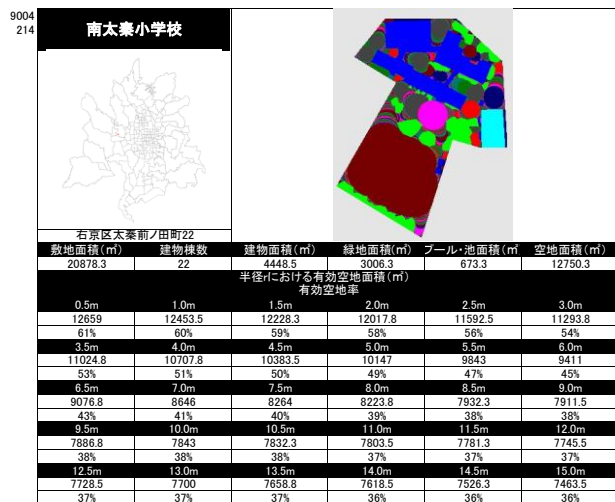
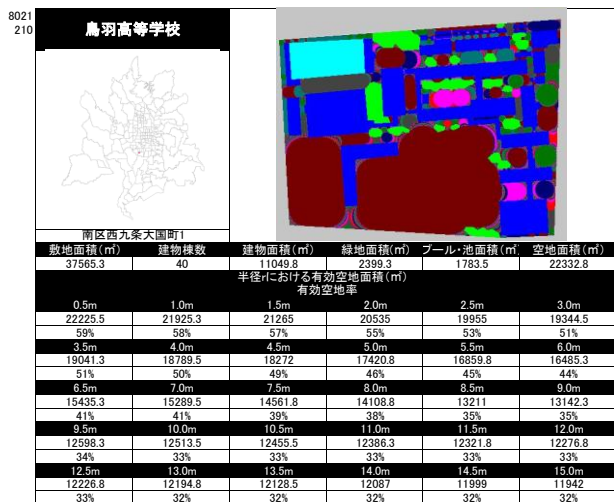
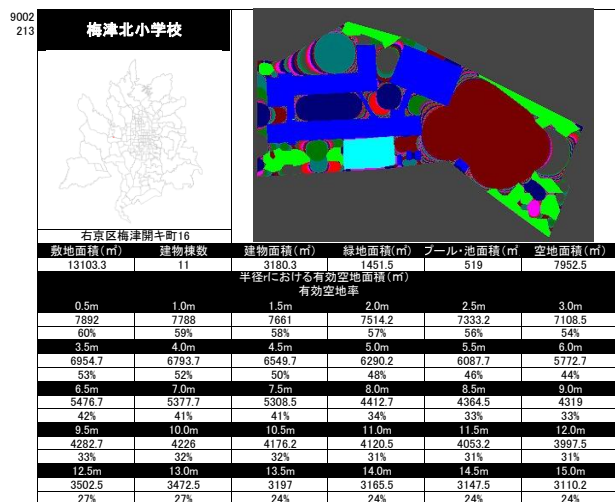
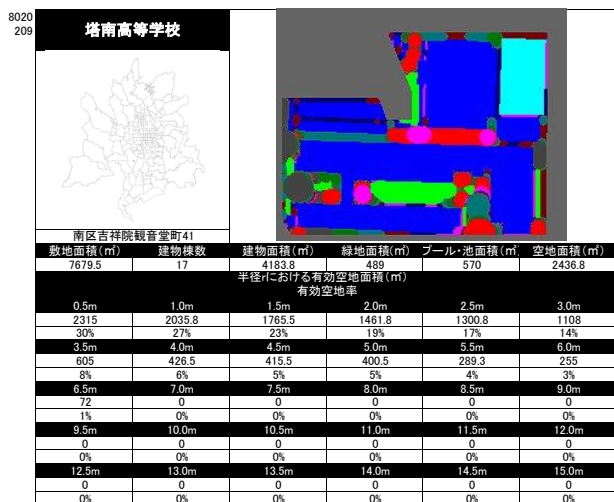
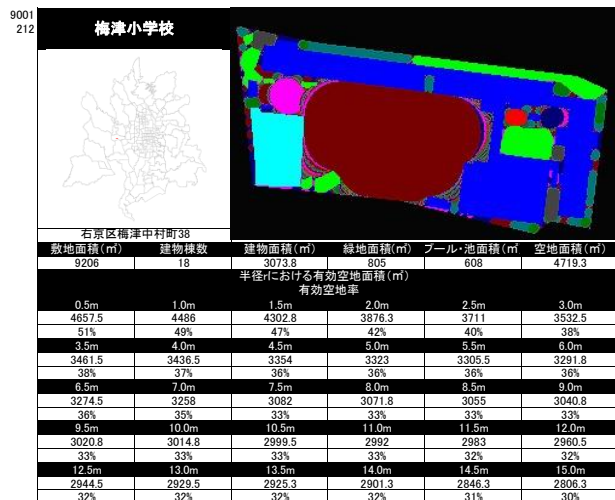
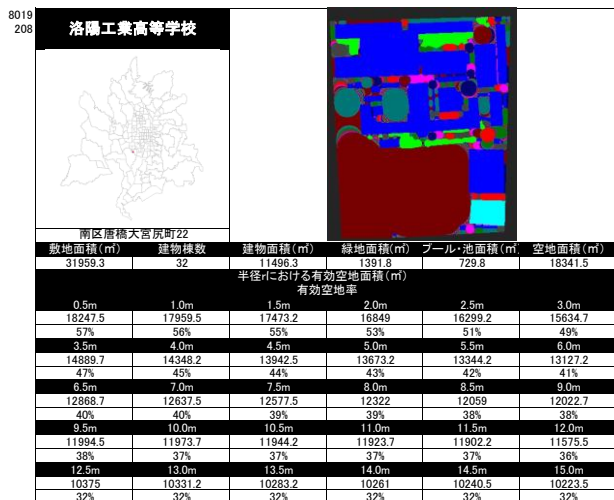
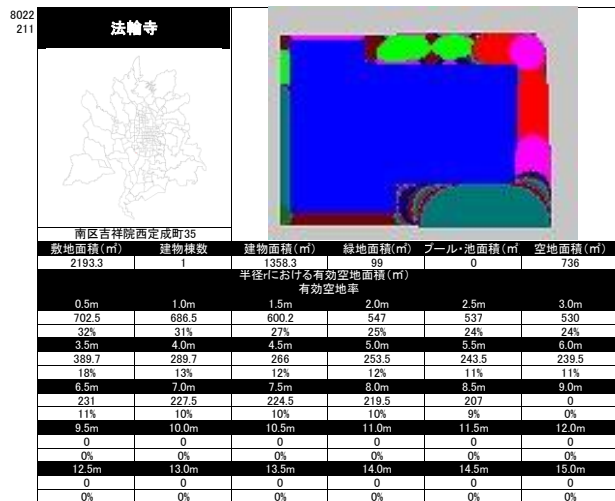
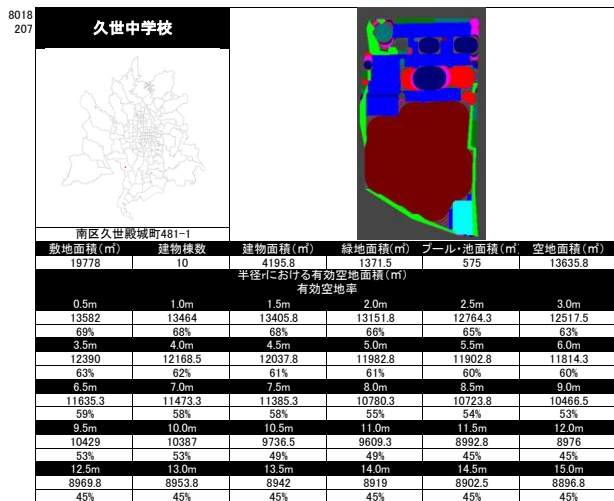


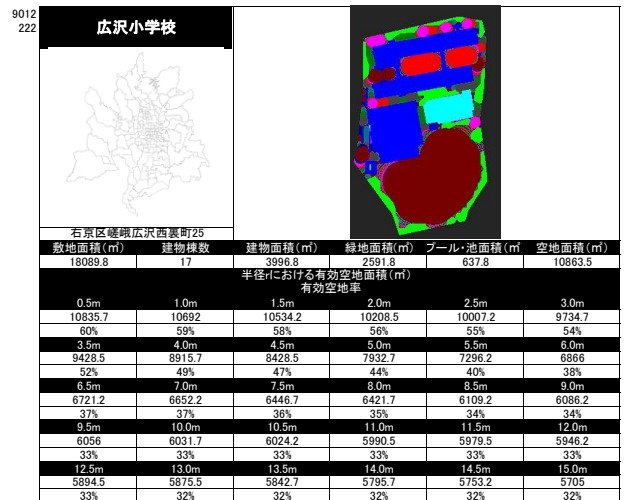
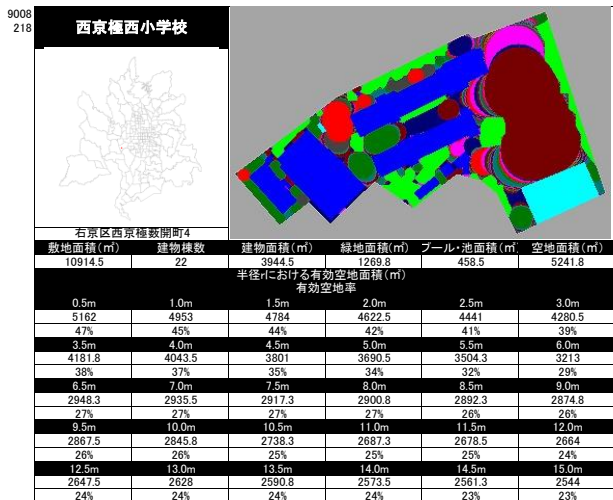
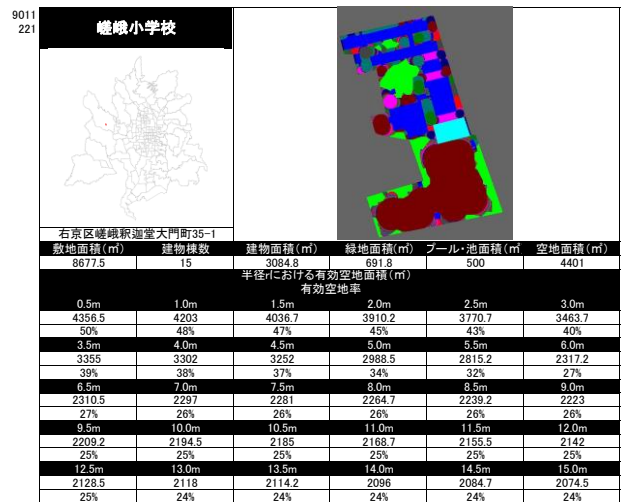
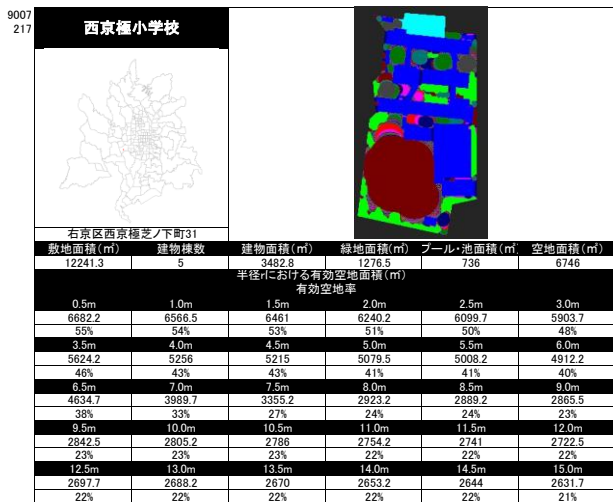
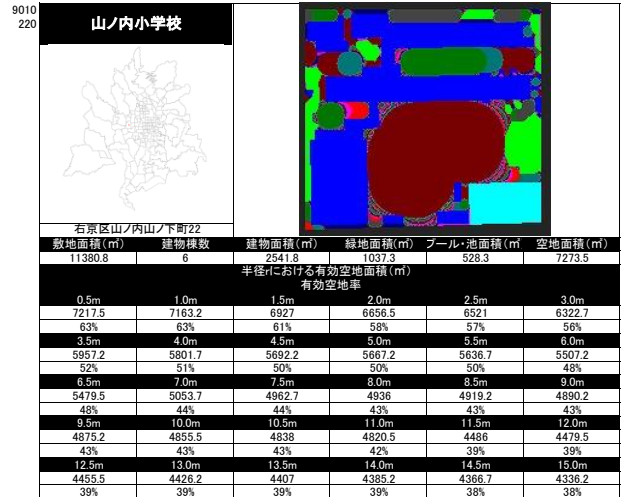
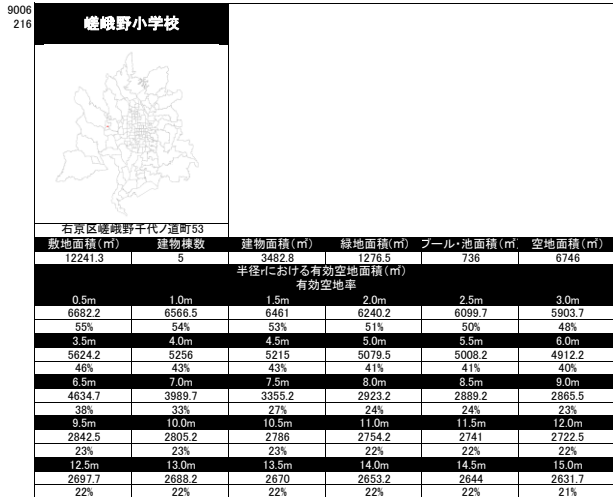
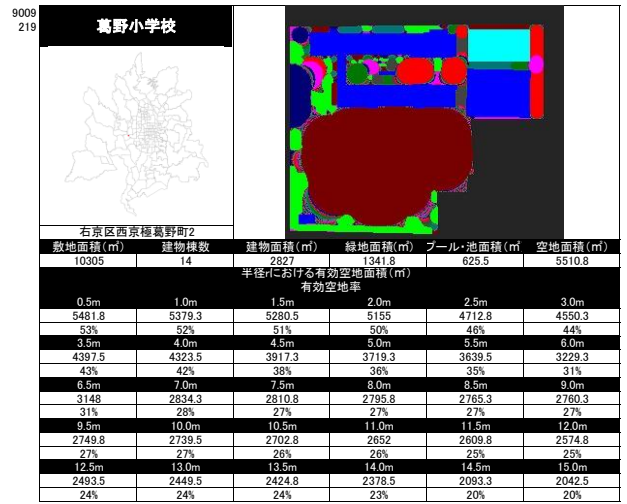
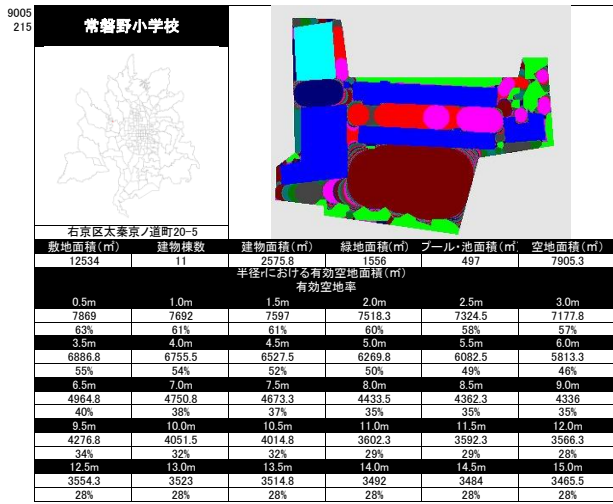
8013
202

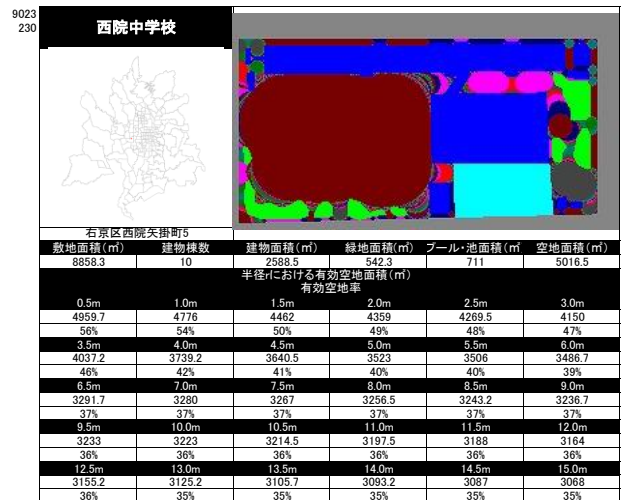
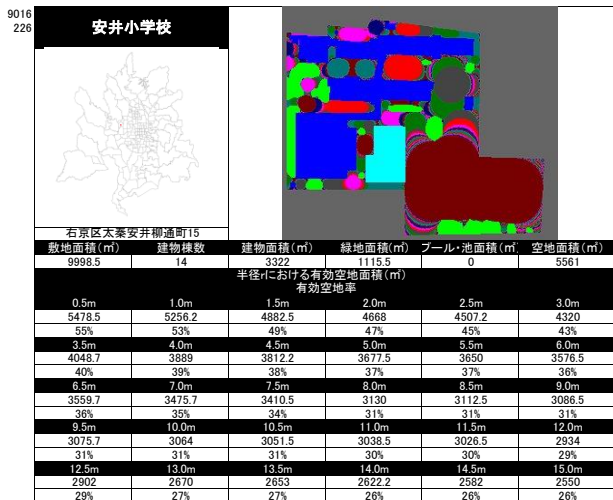
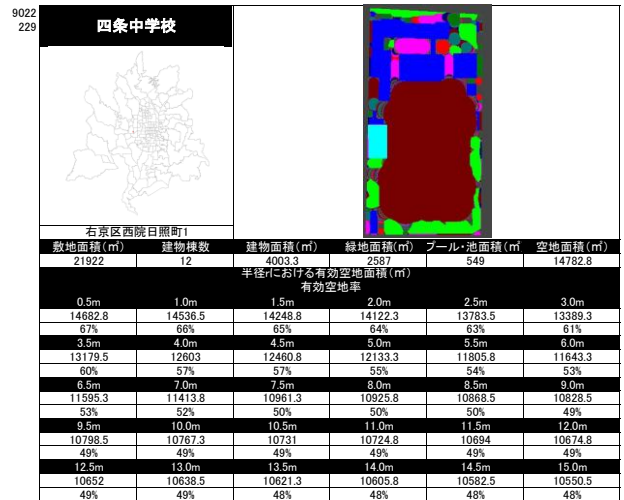
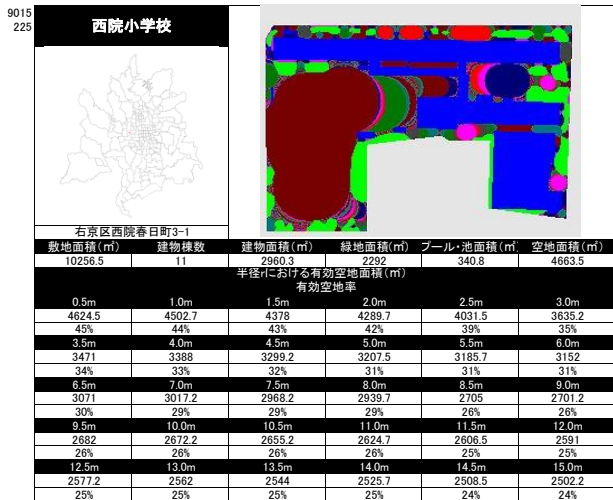
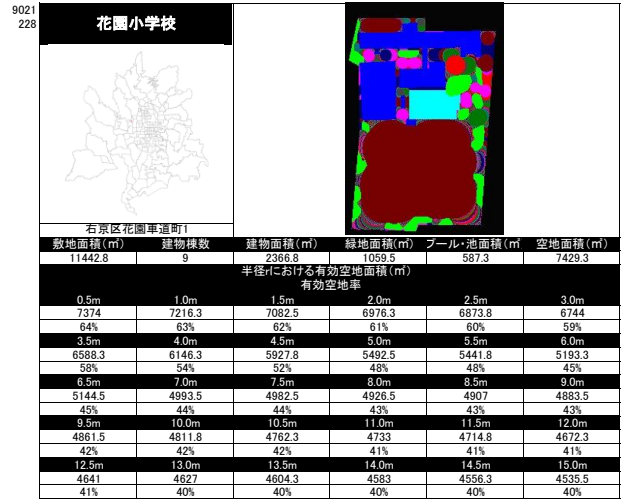
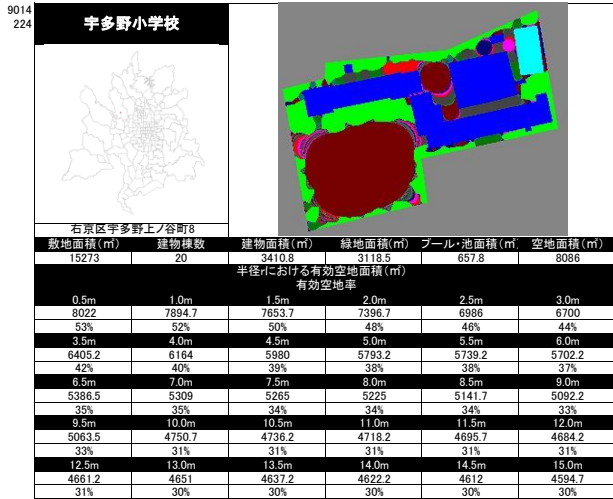
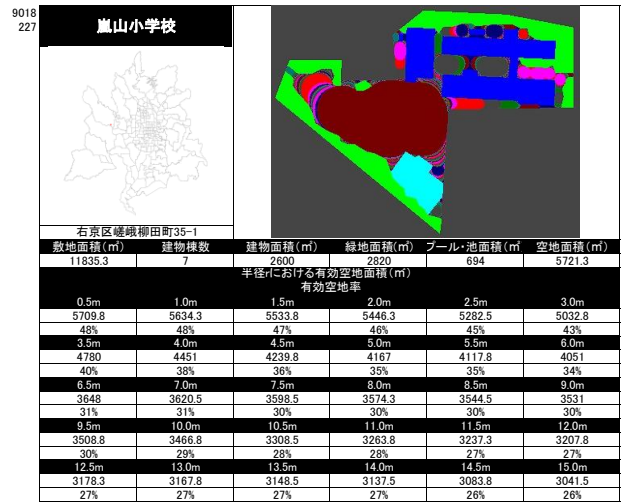
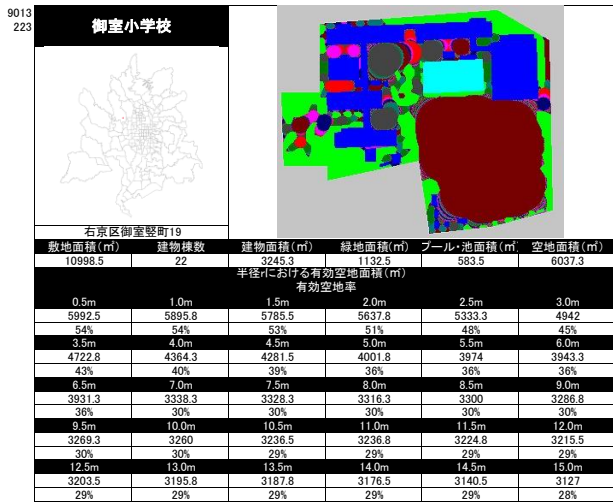


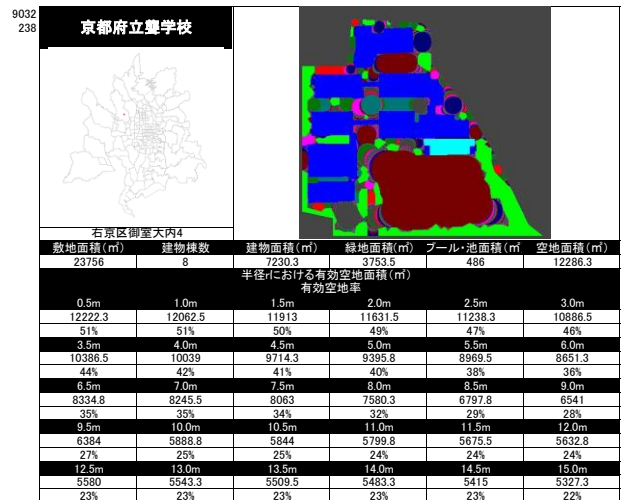
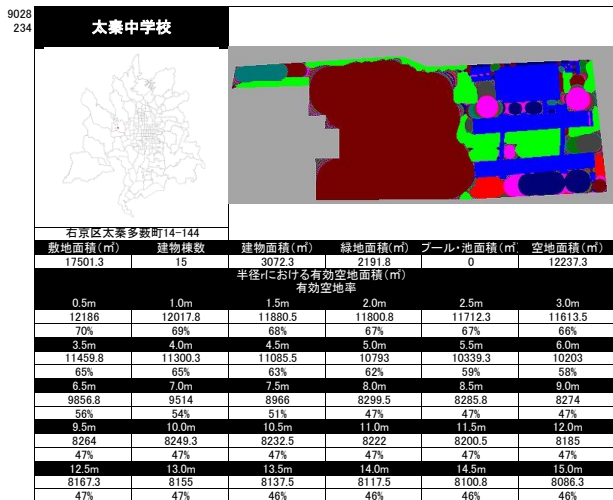
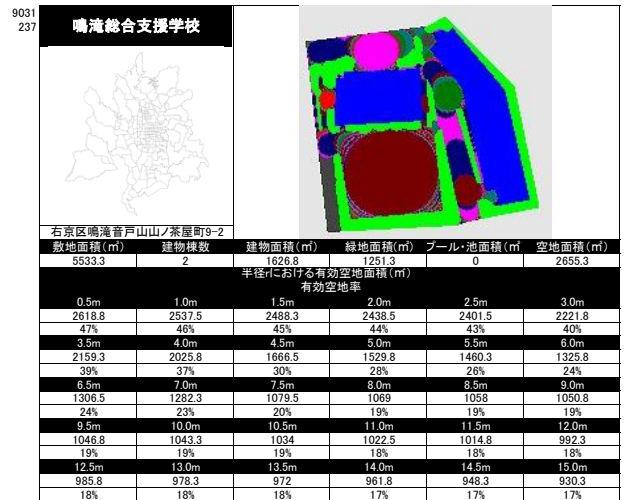
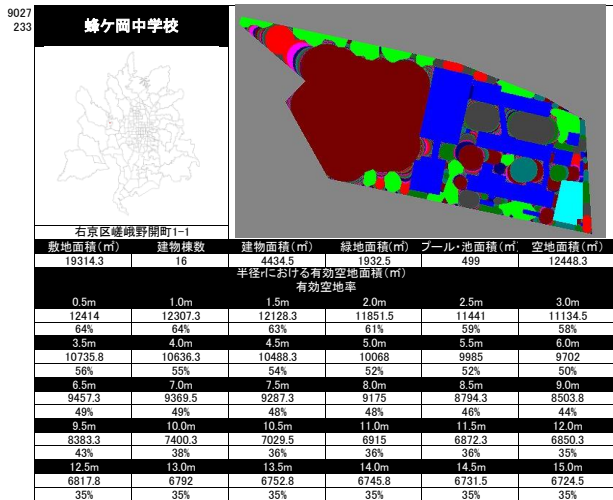
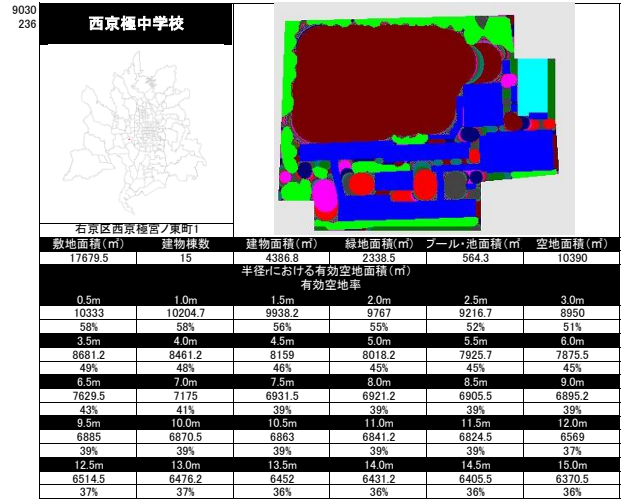
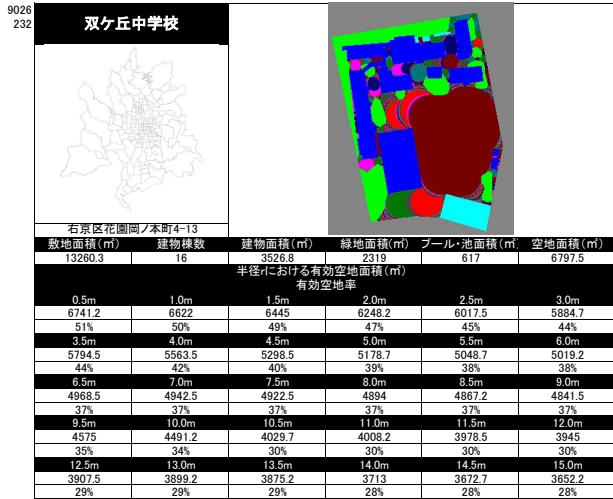
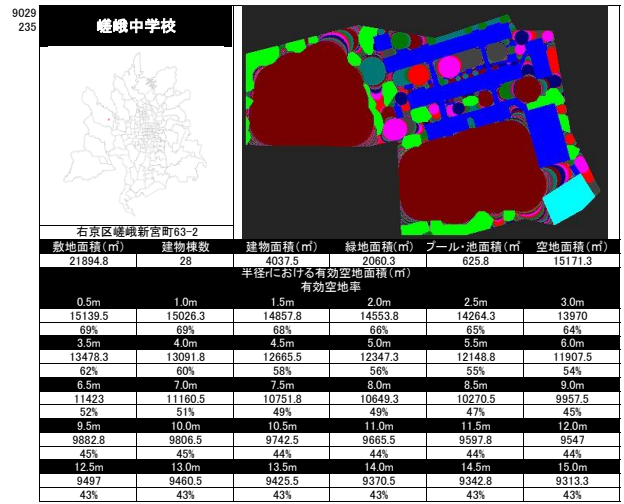
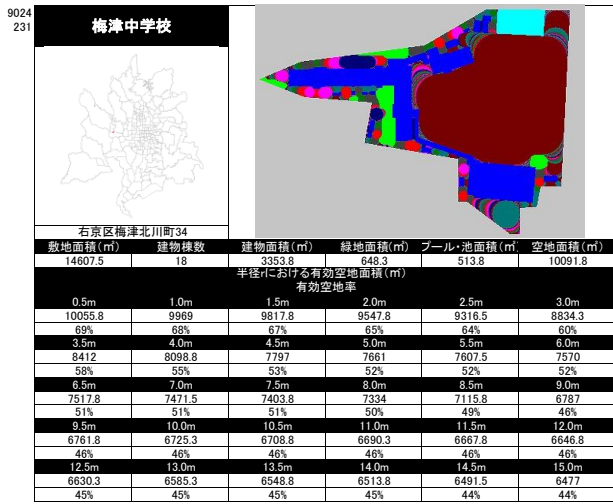
8017
206

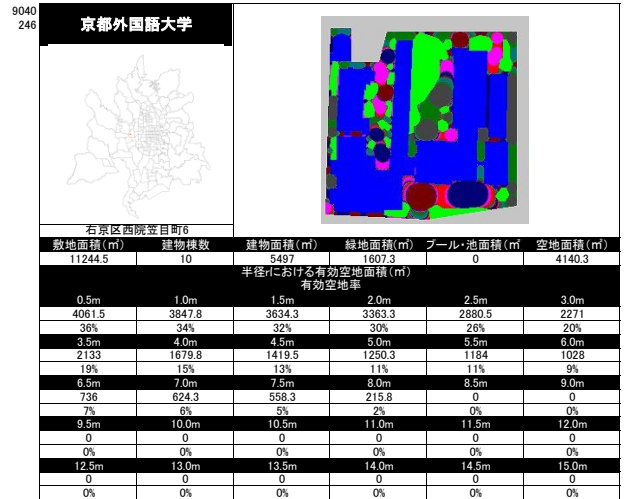
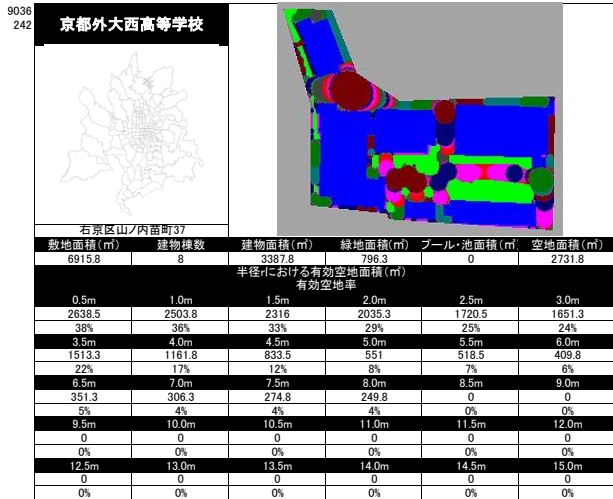
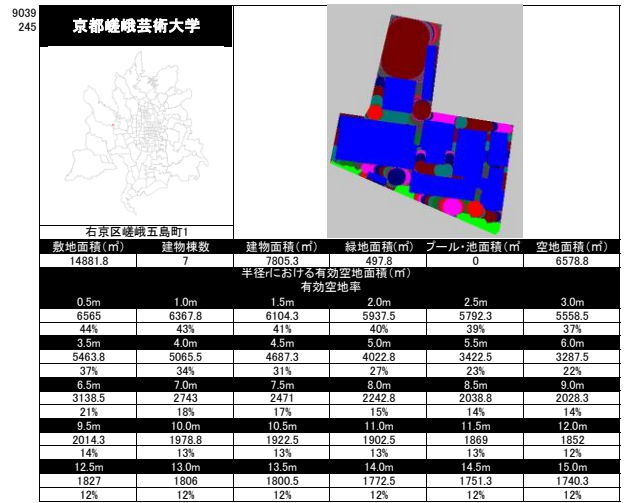
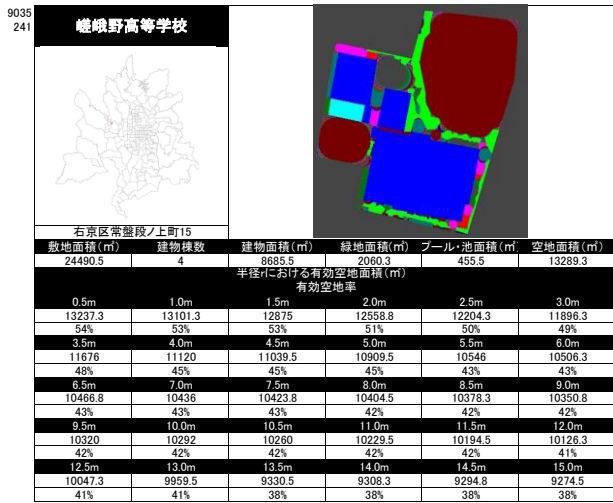
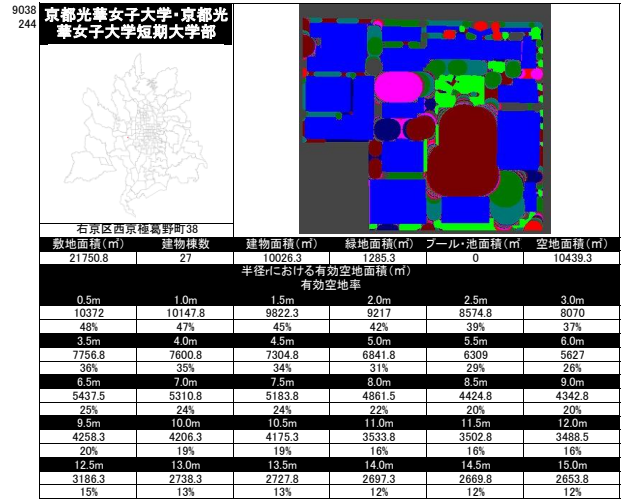
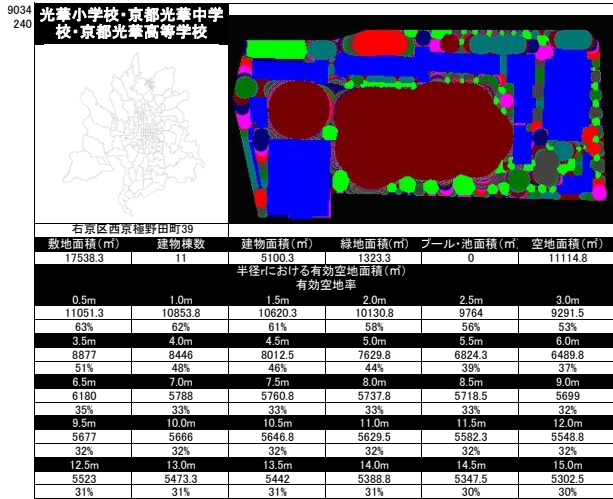
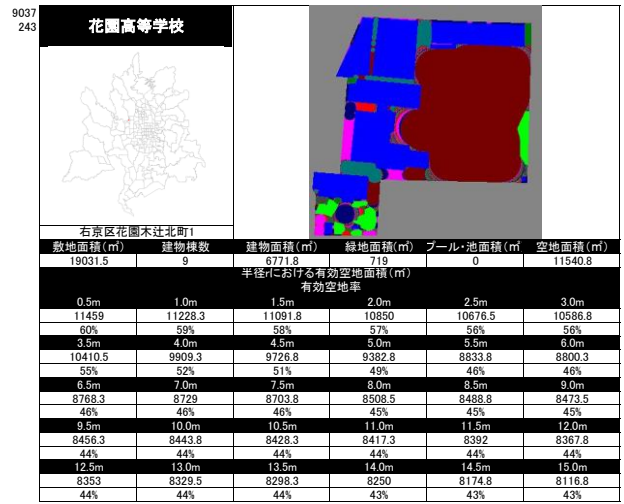
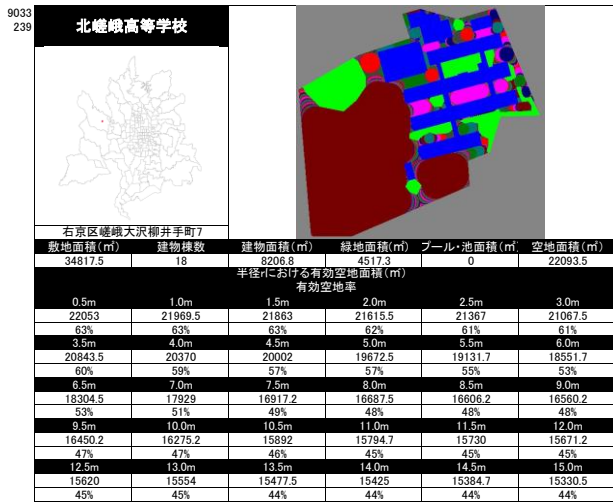


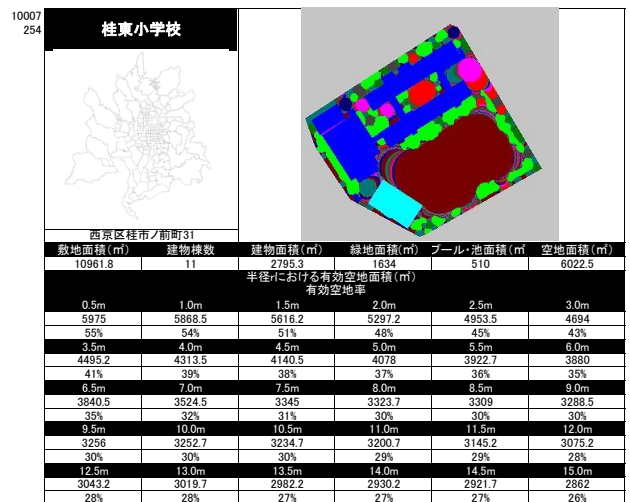
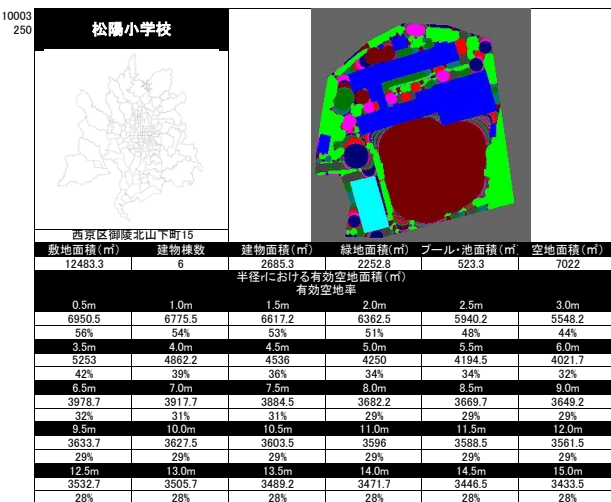
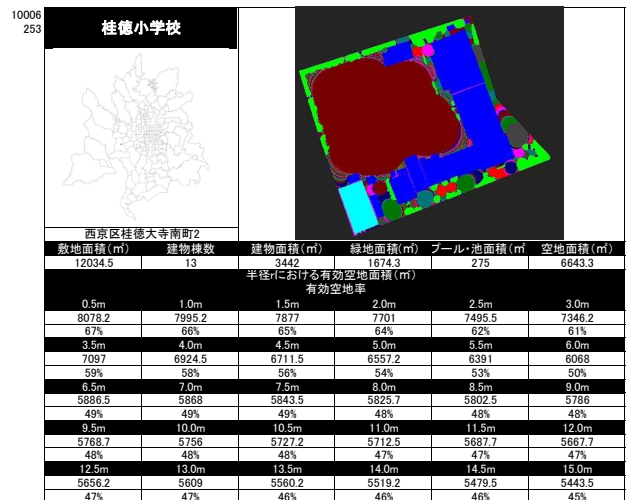
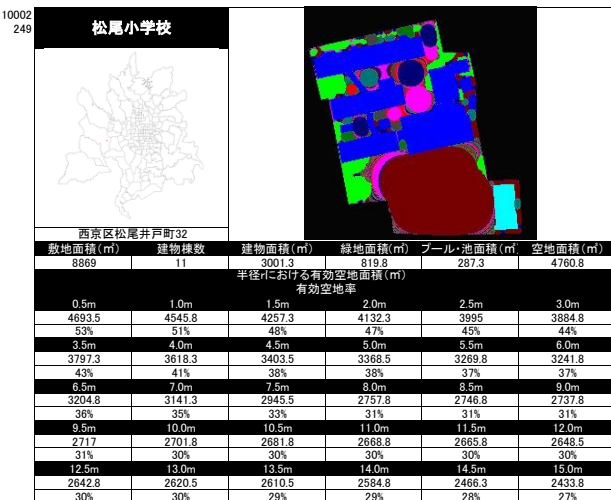
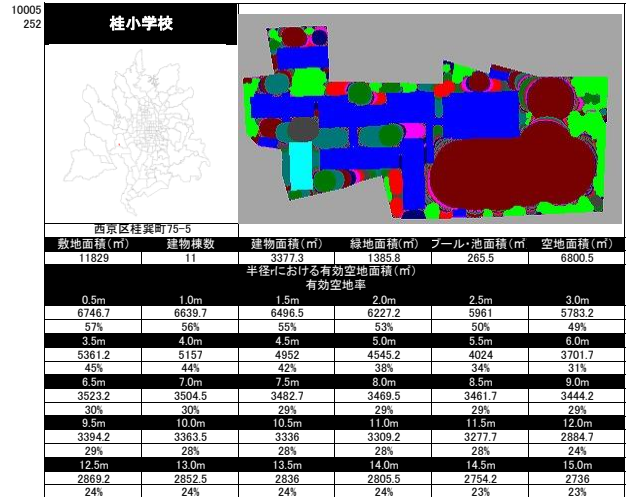
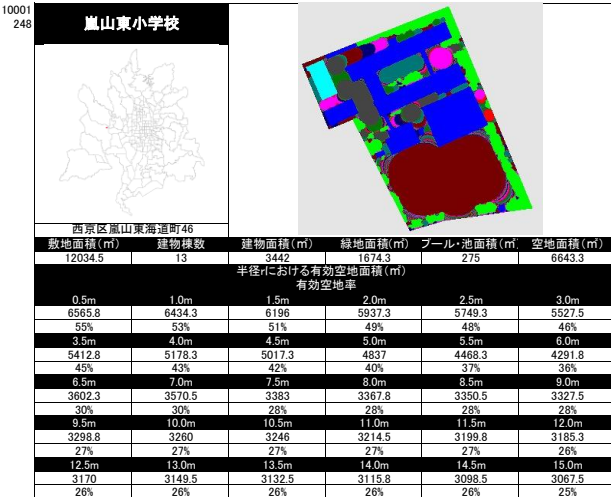
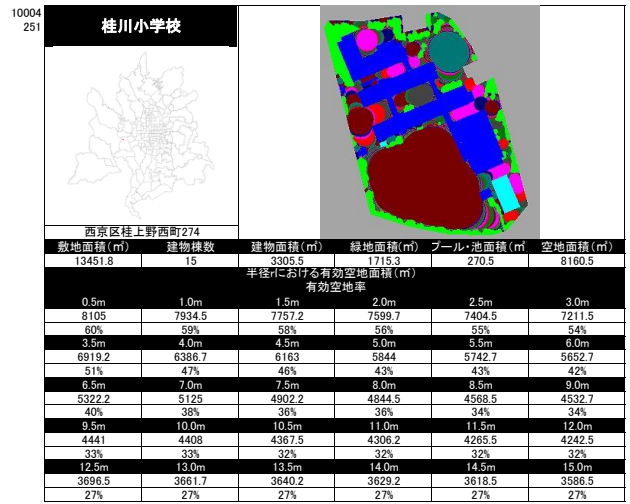
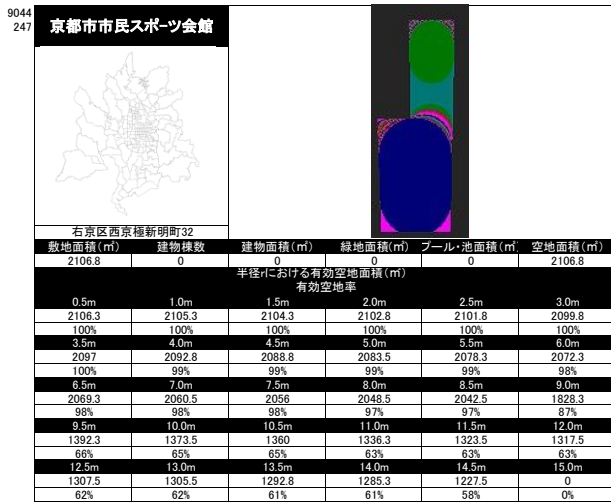


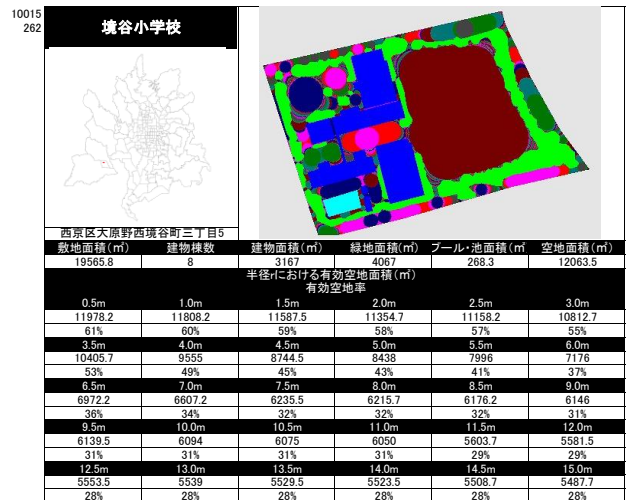
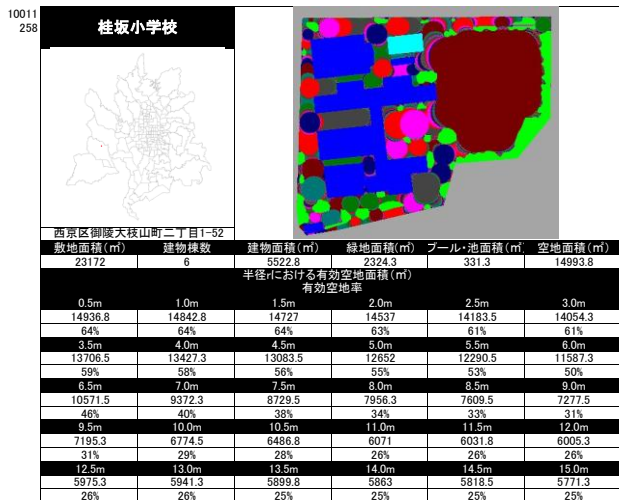
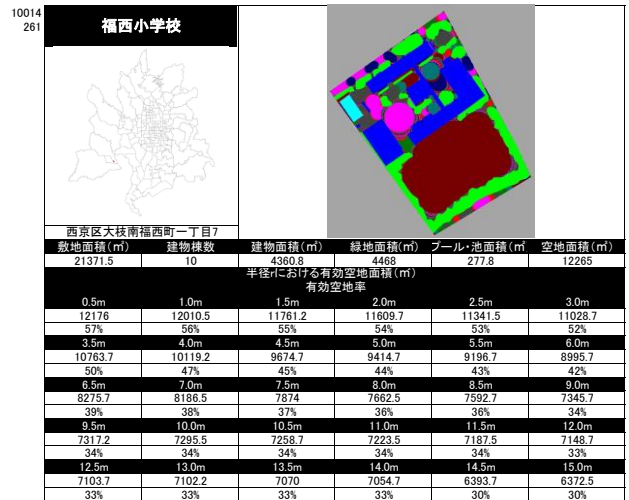
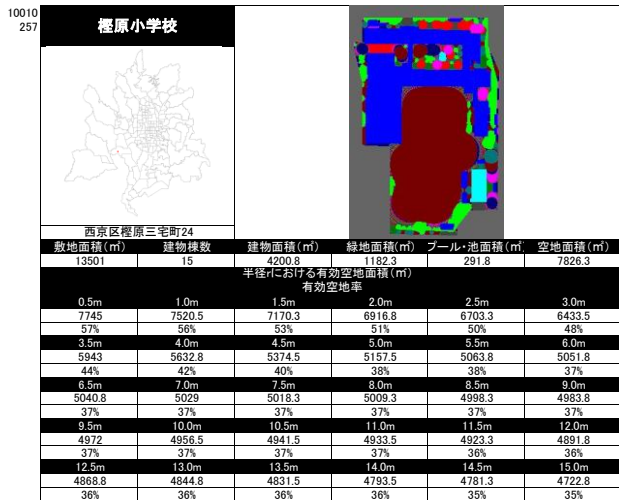
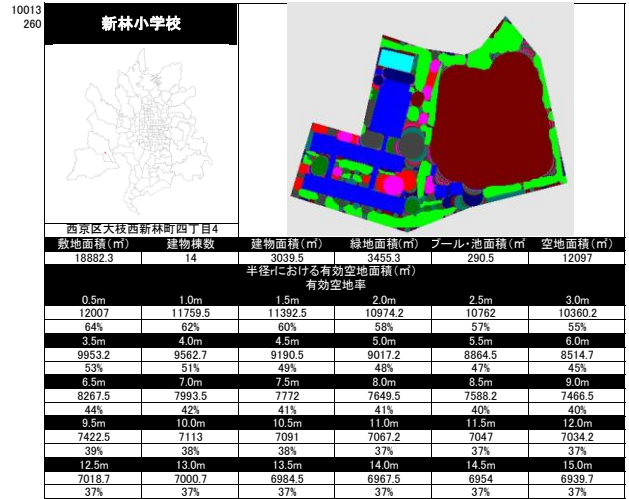
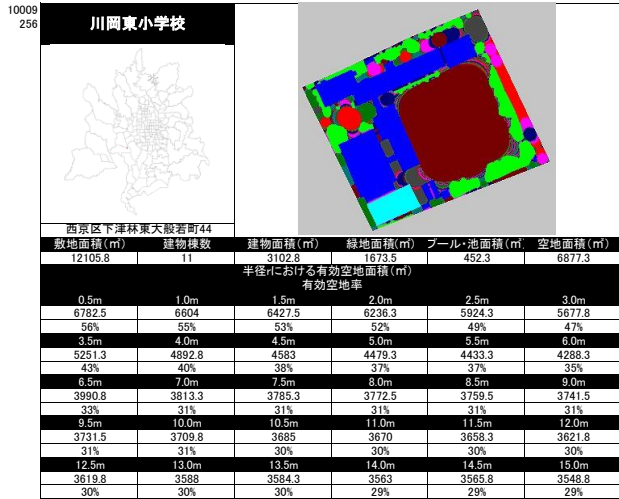
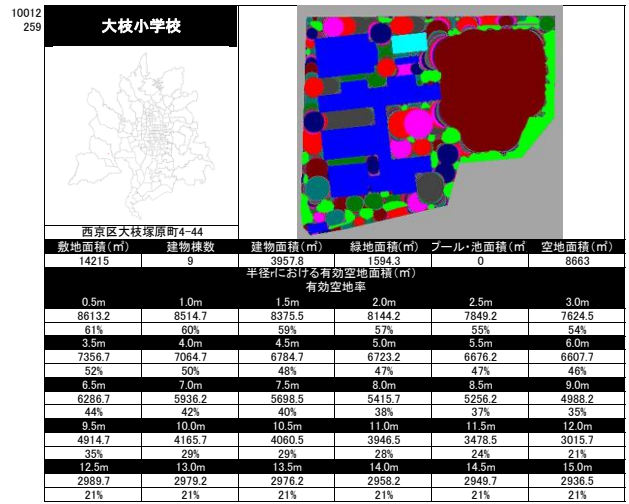
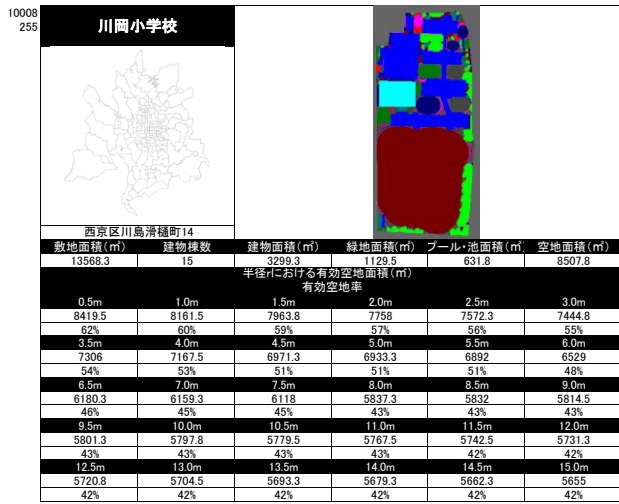


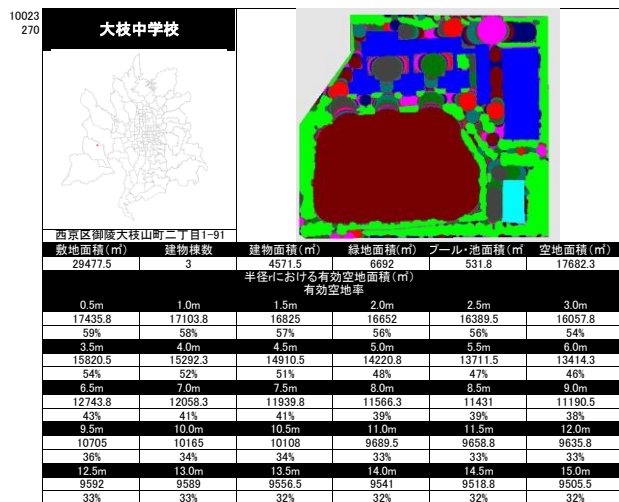
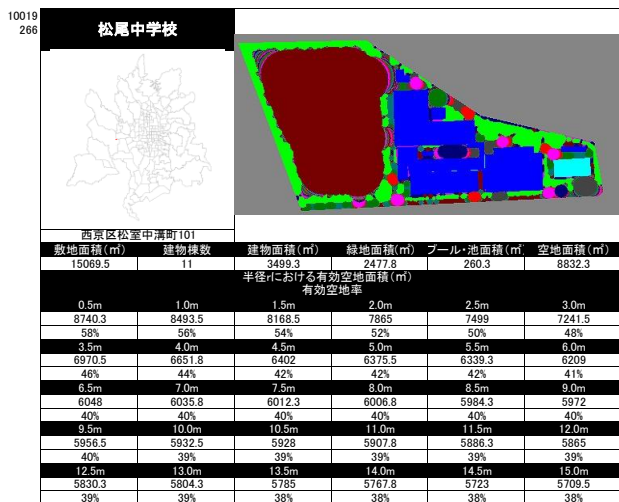
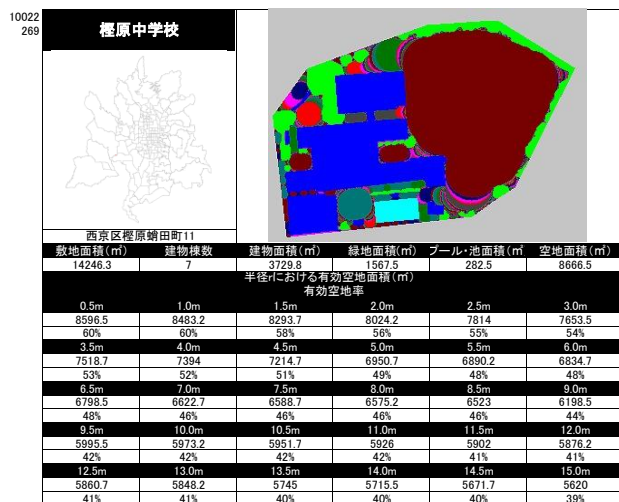
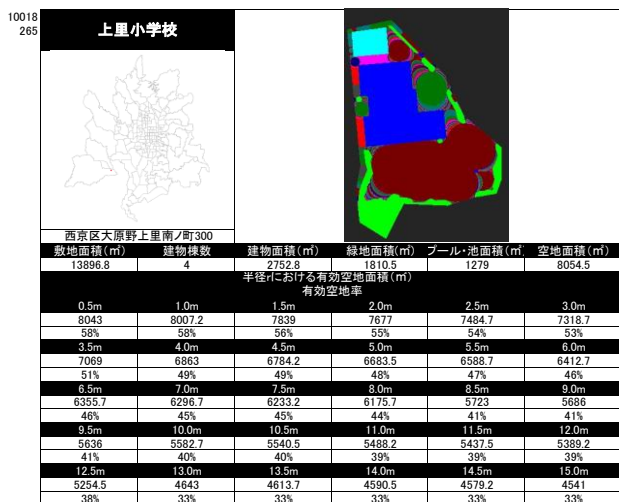
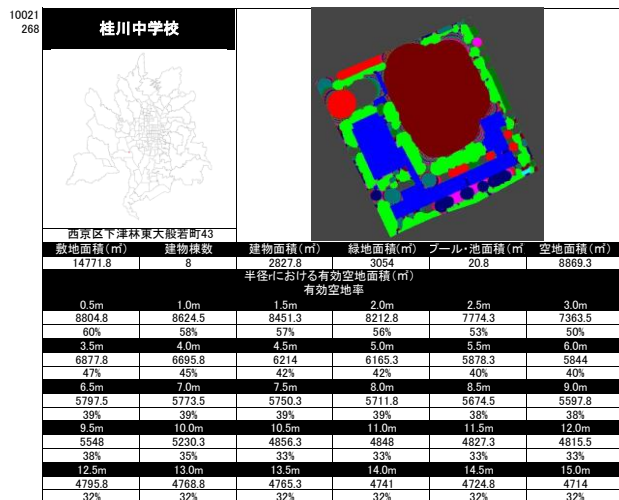
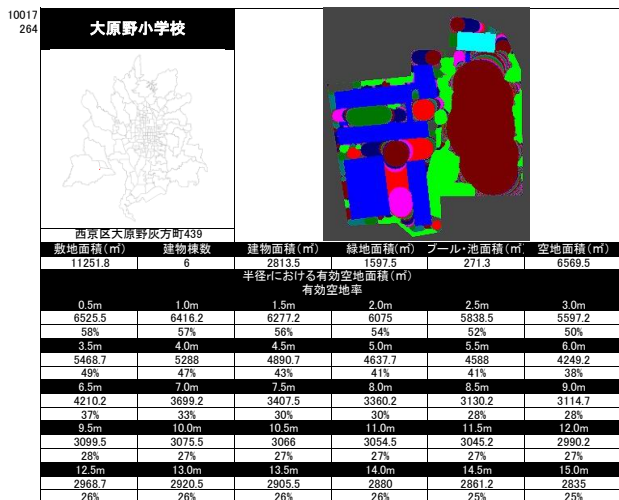
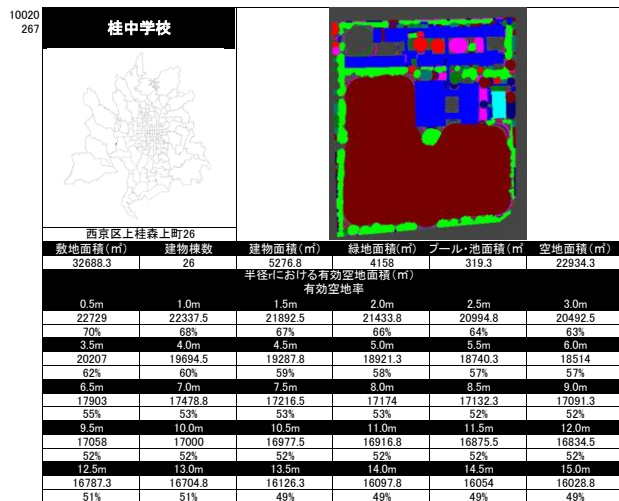
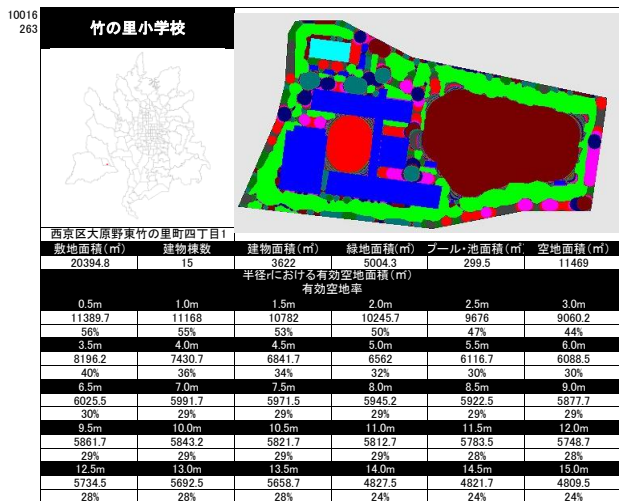


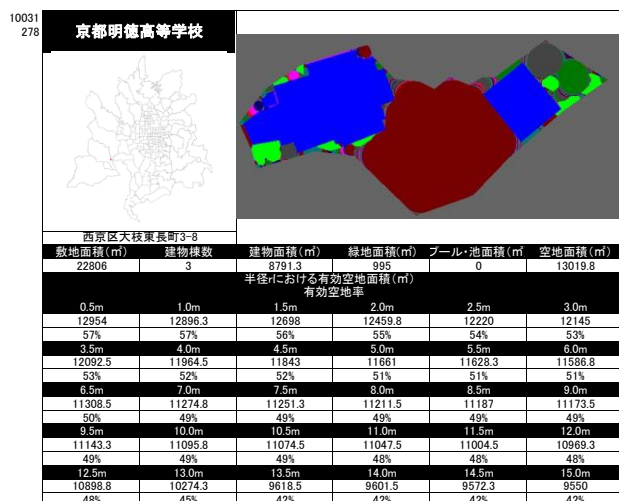
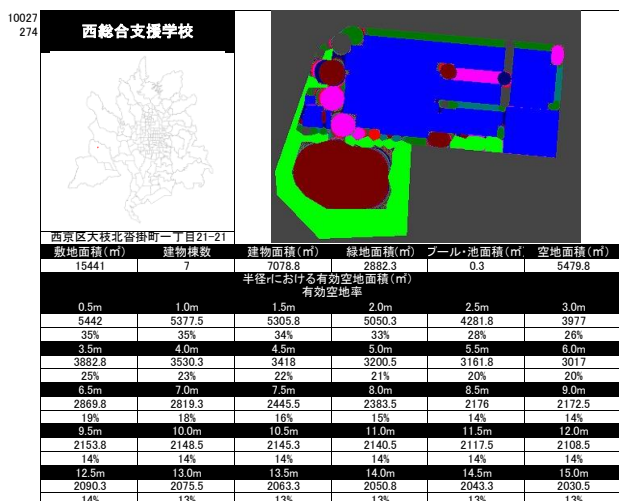
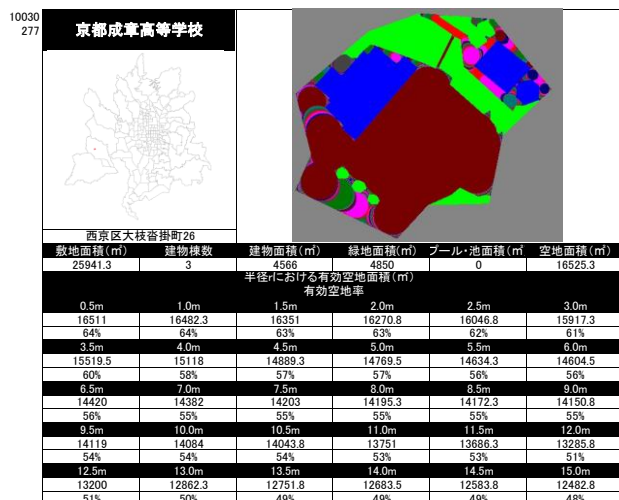
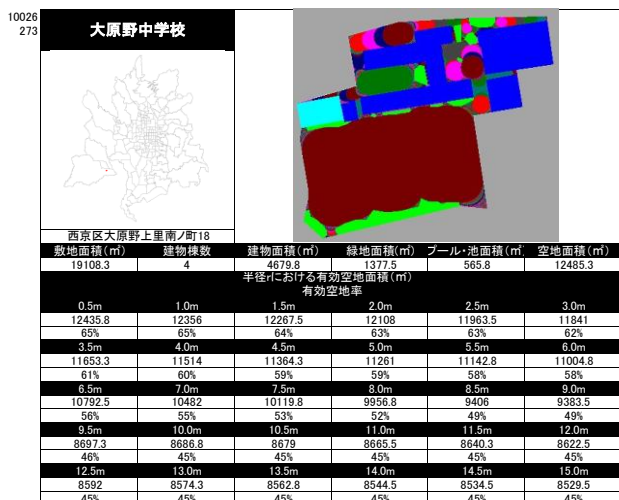
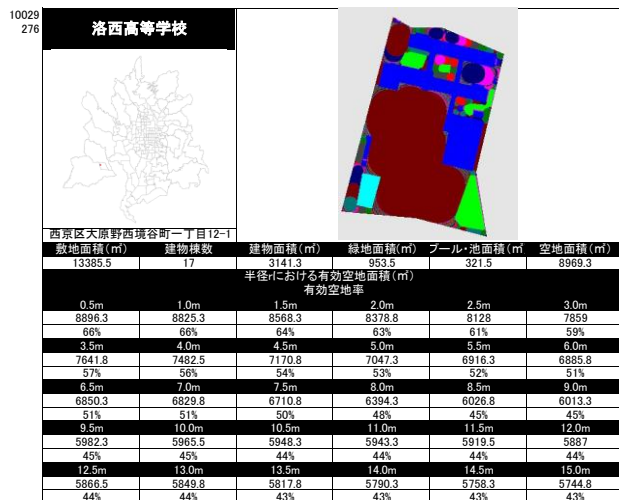
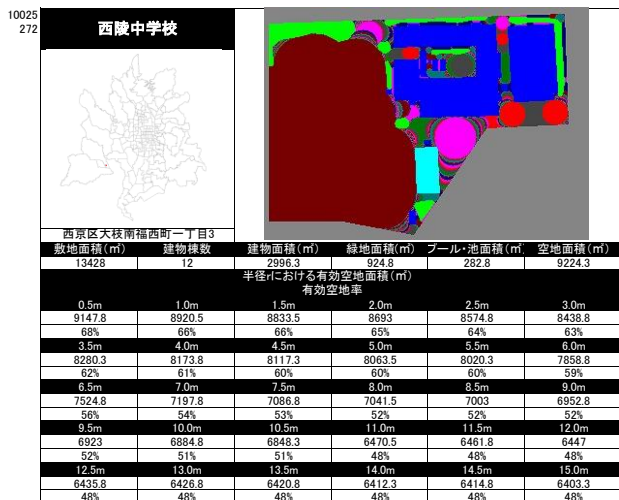
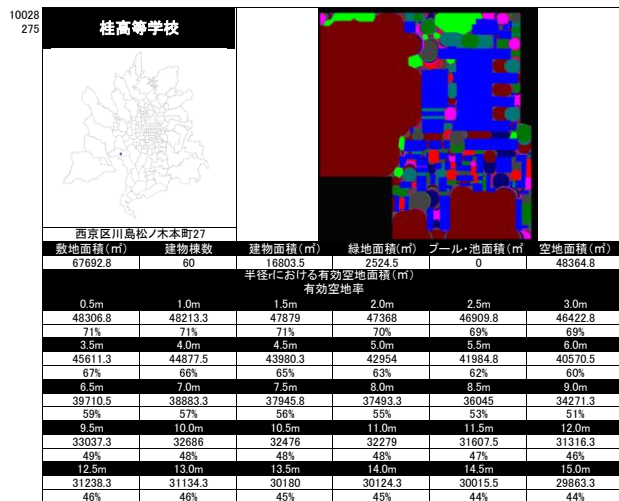
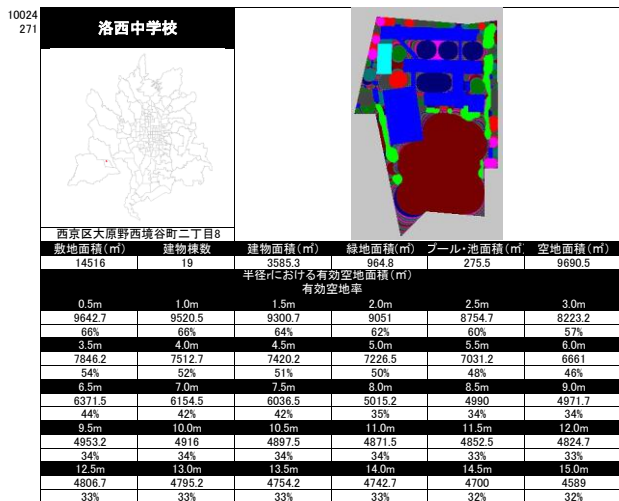


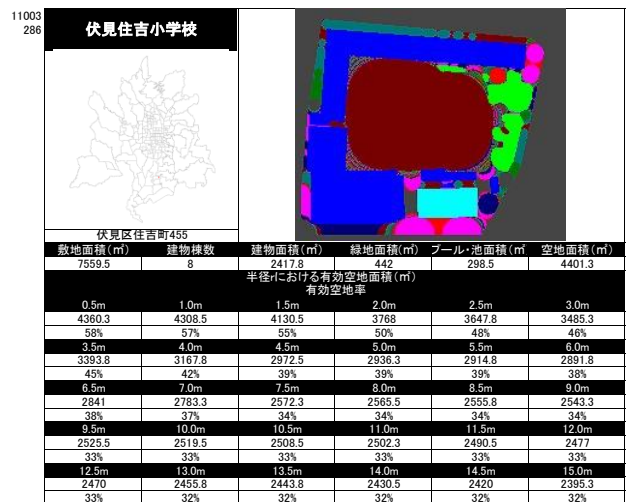
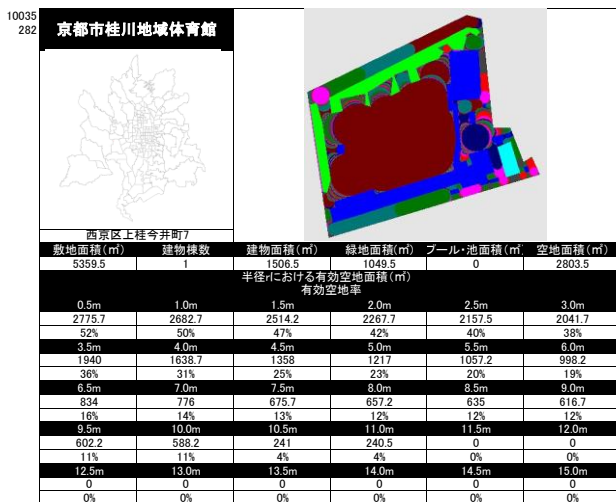
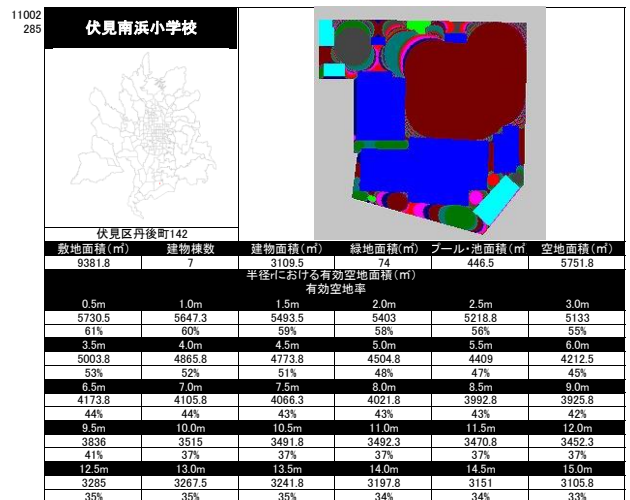
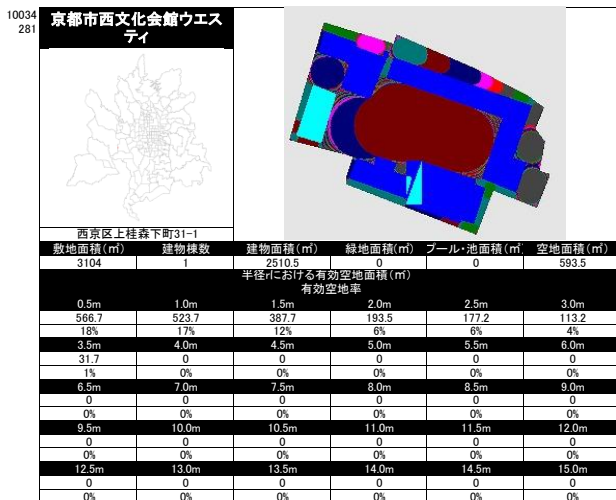
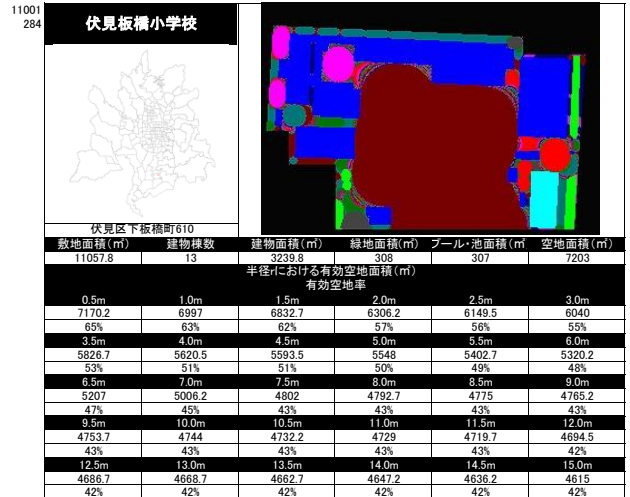
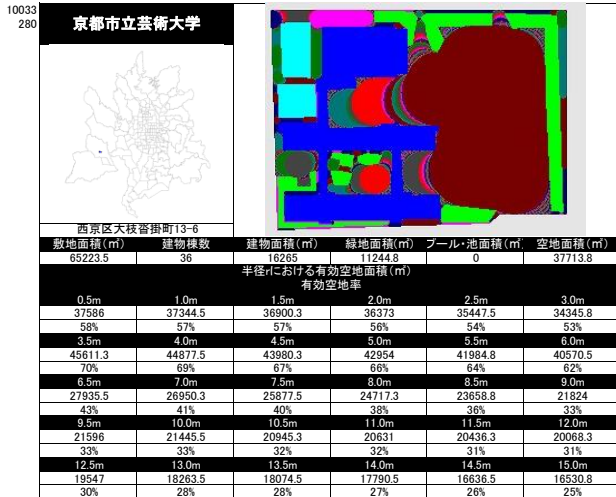
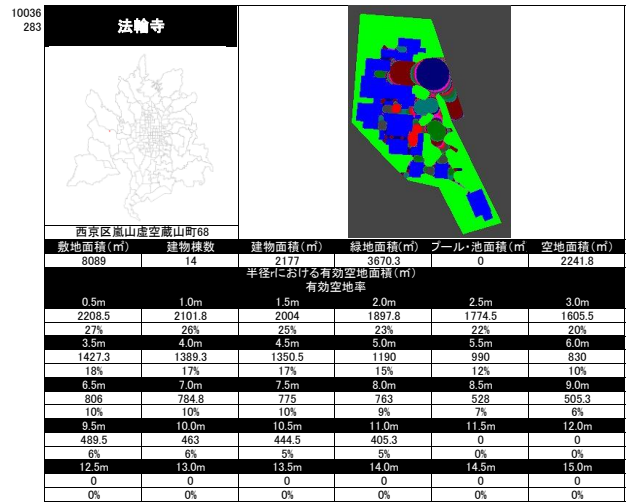
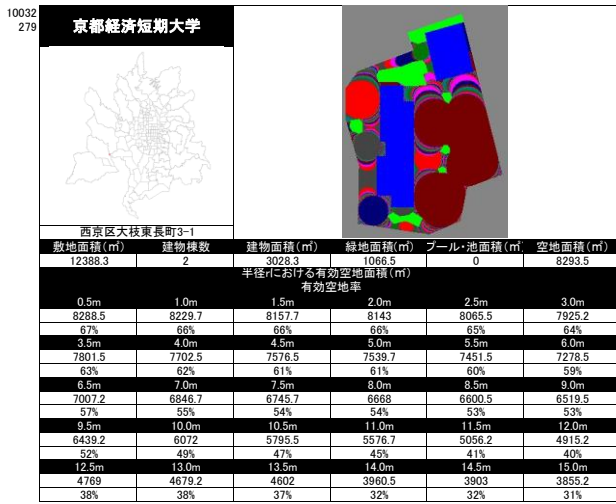


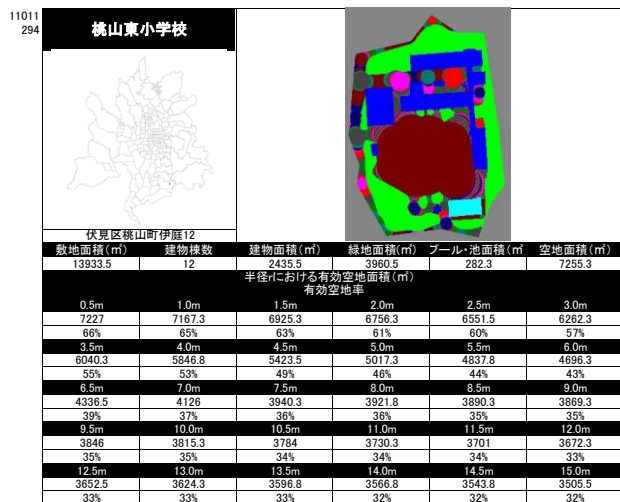
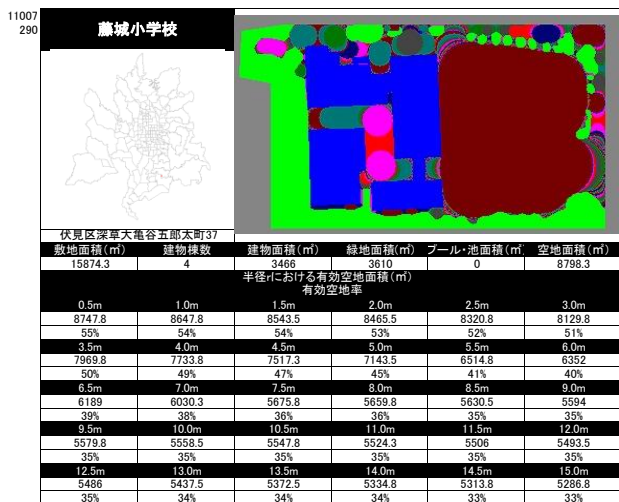
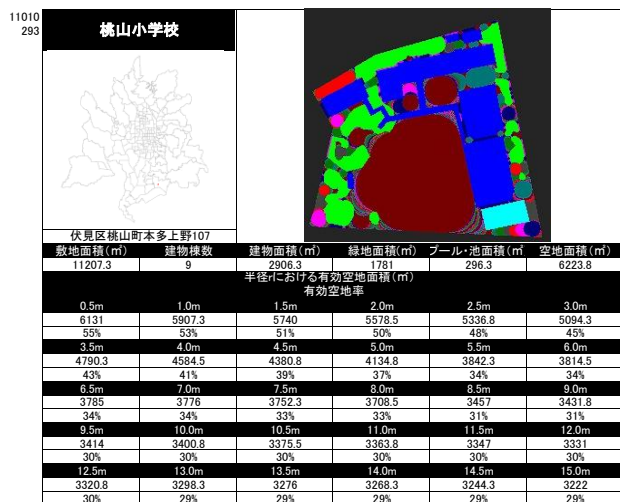
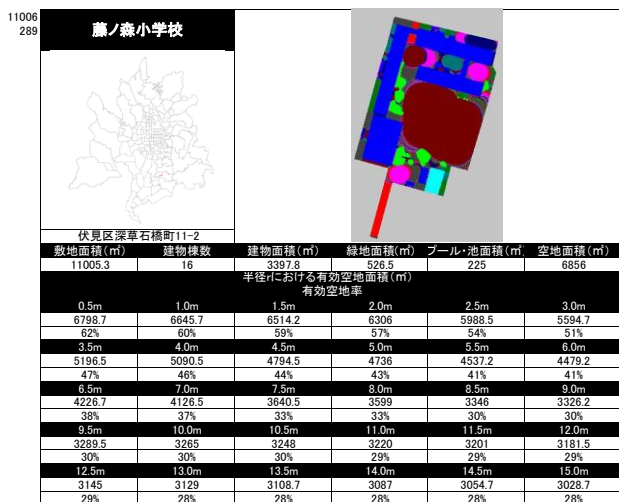
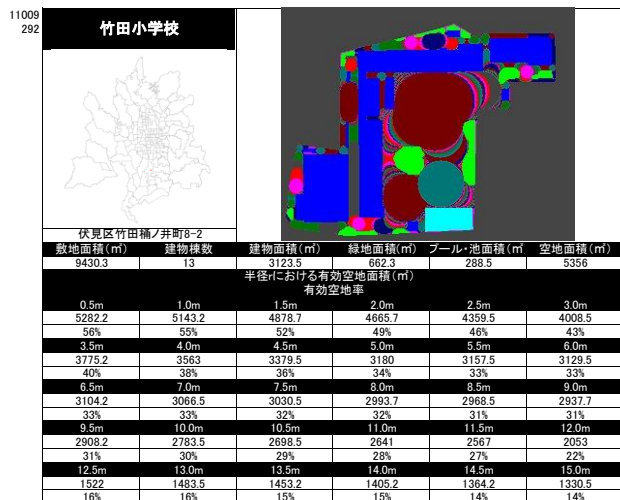
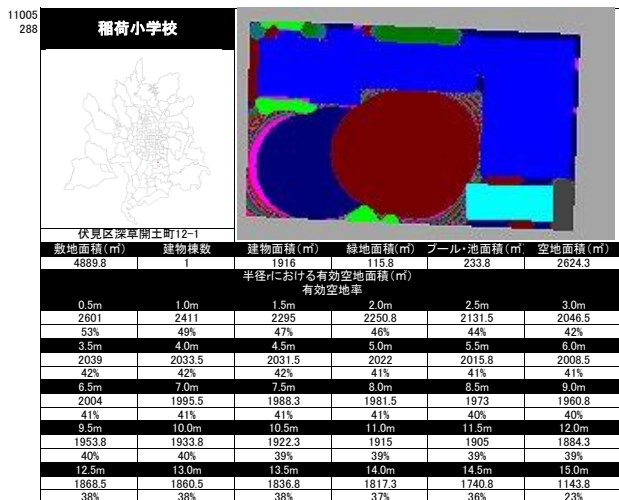
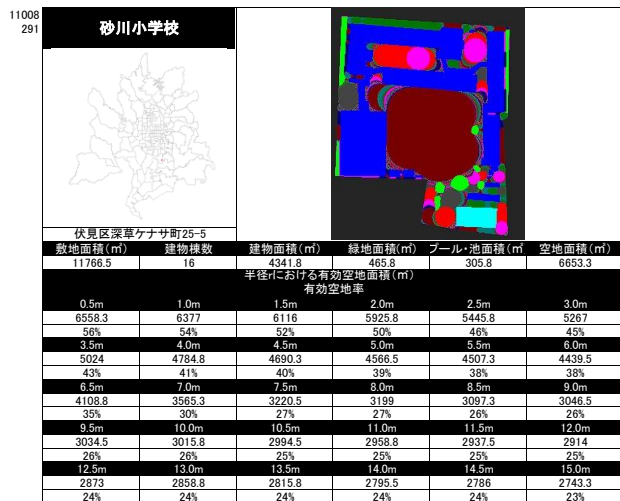
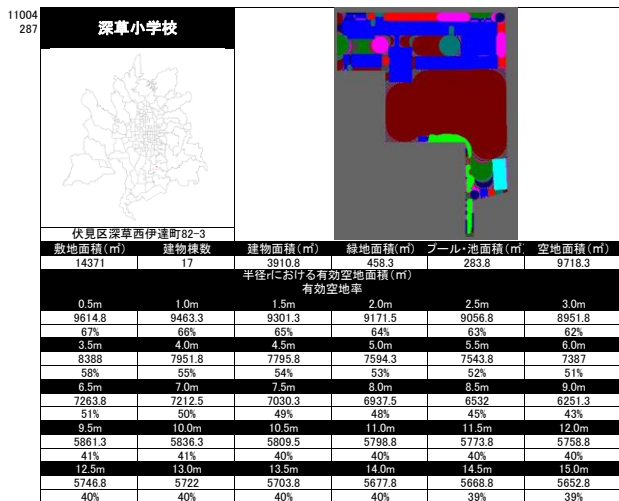


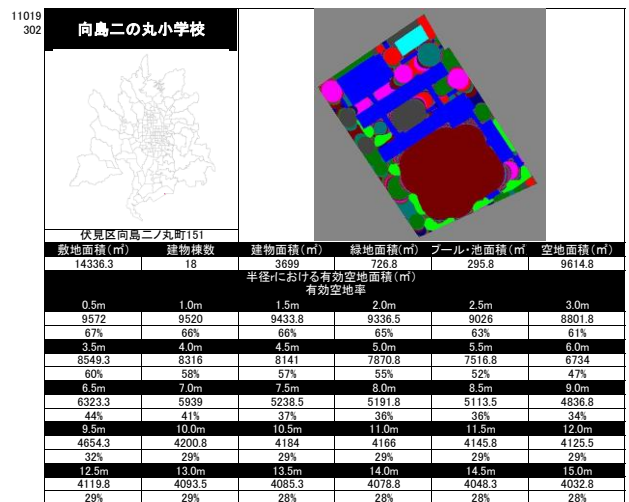
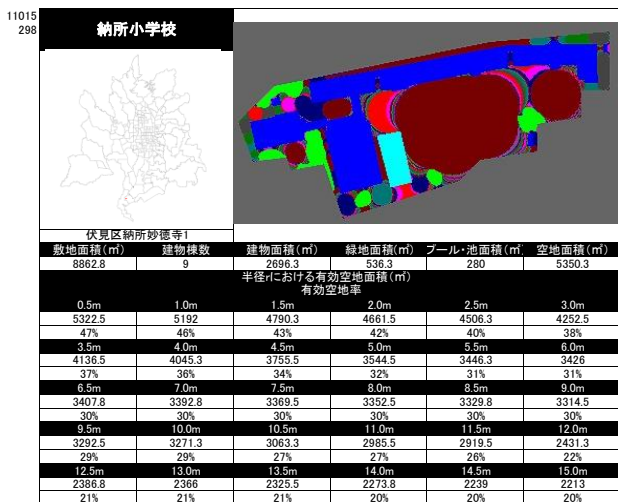
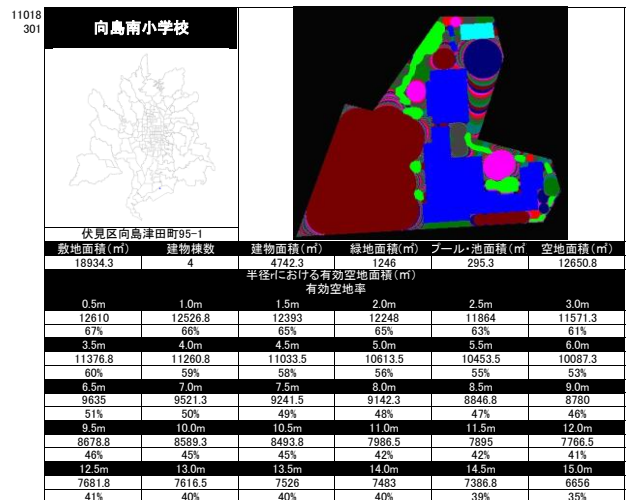
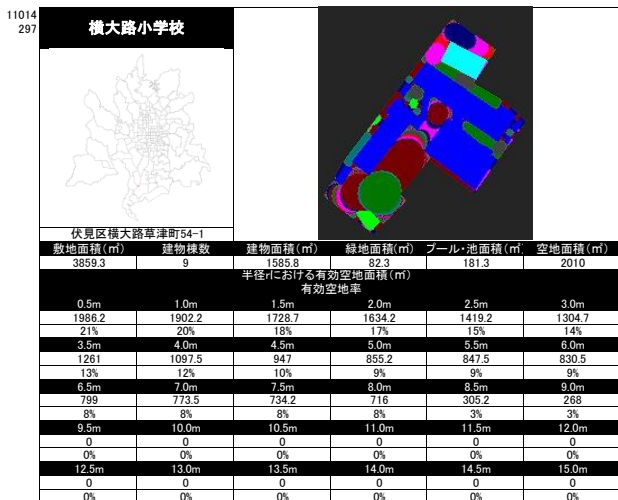
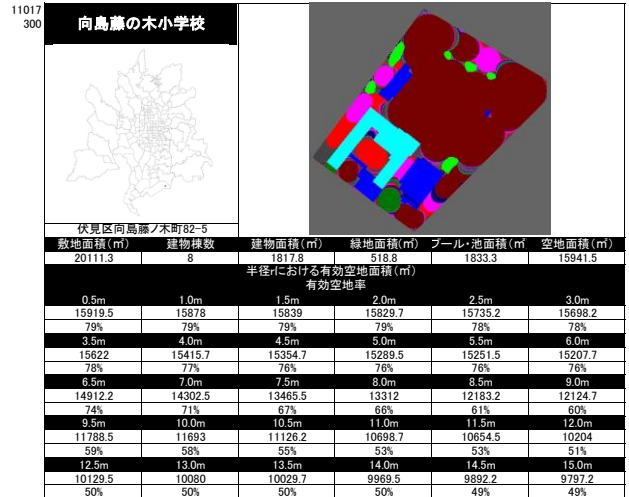
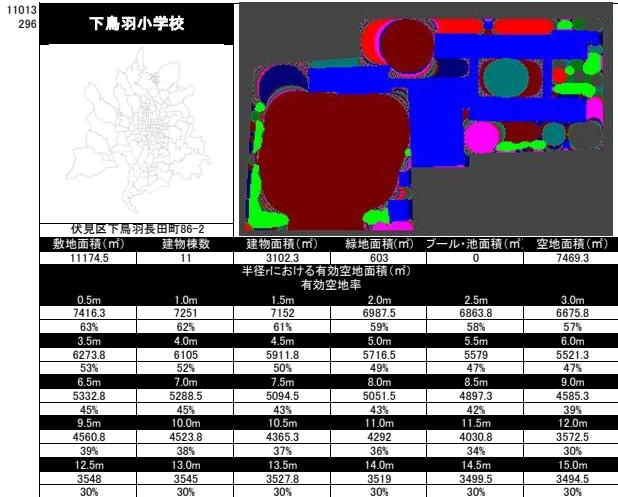
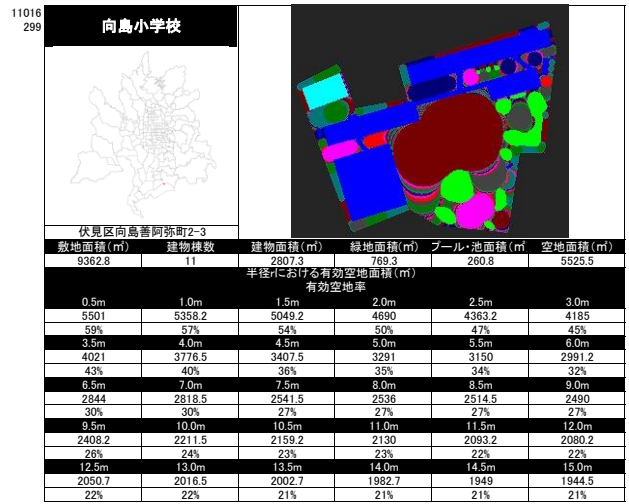
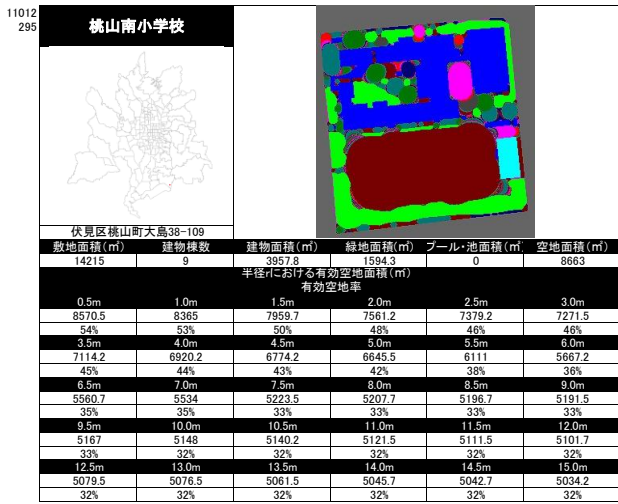




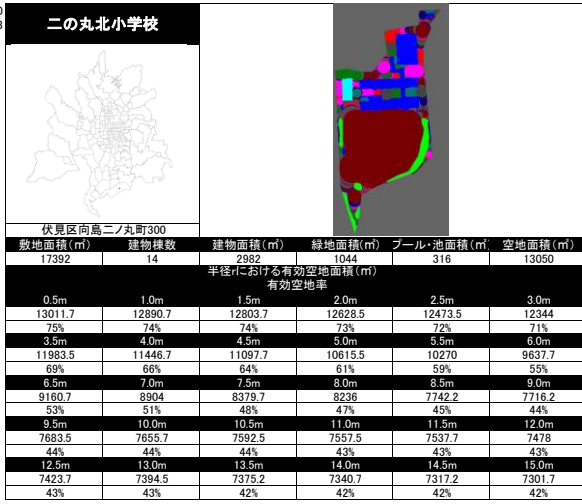




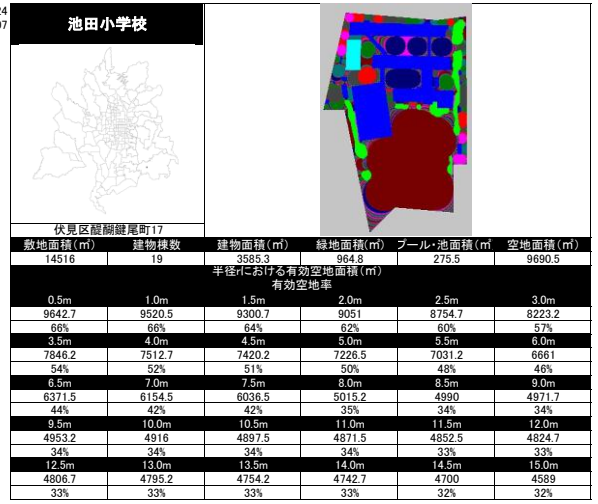




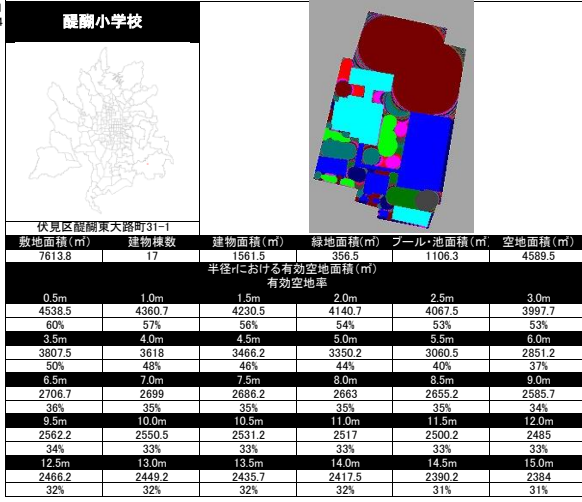
11020
303



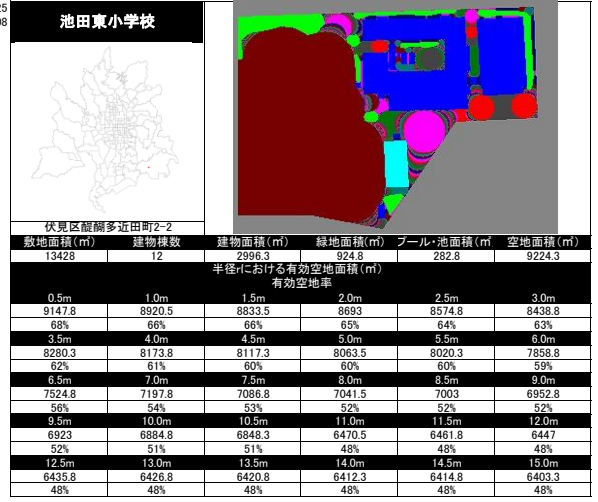
11024
307



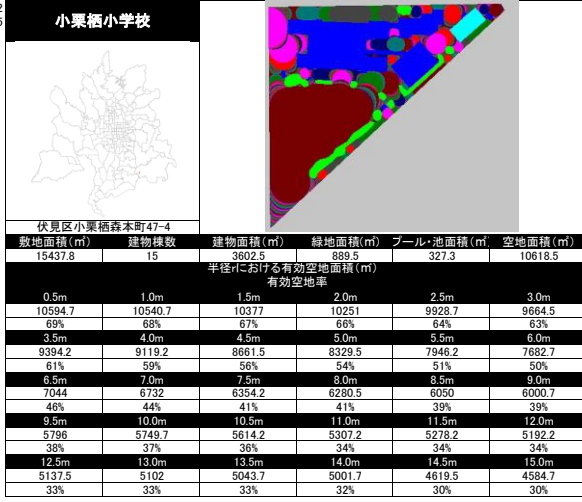
11021
304



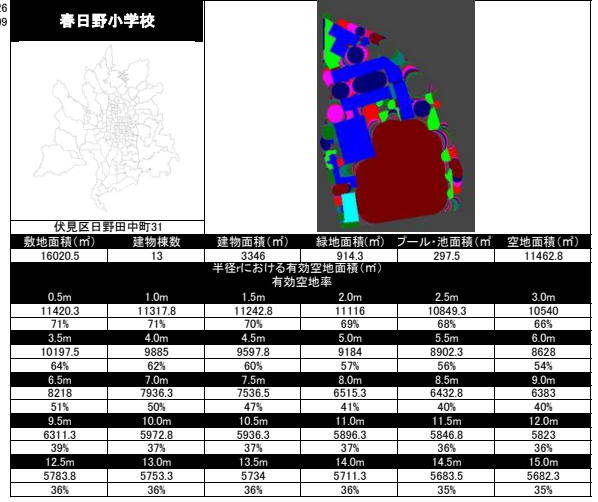
11025
308



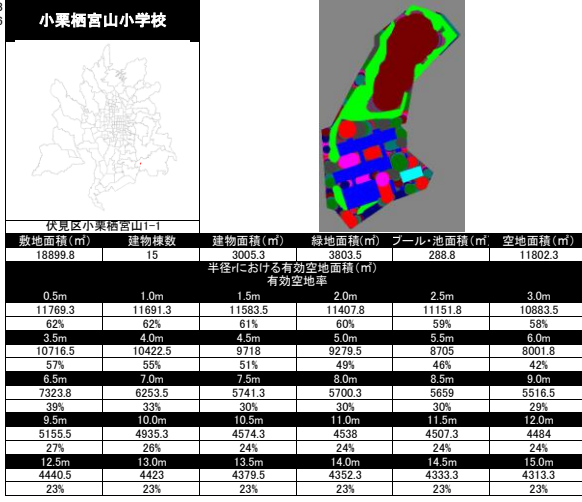
11022
305



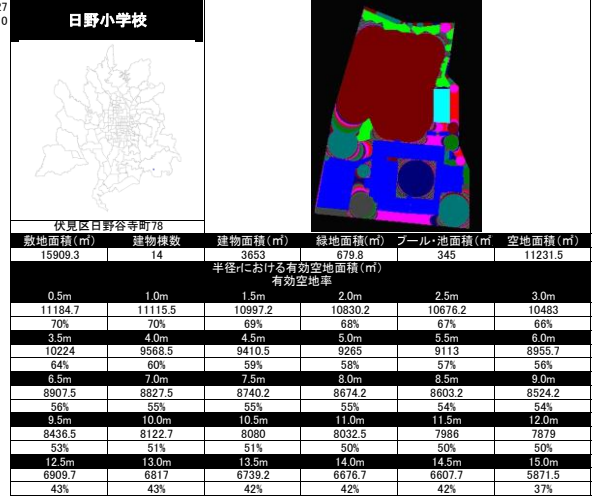
11026
309

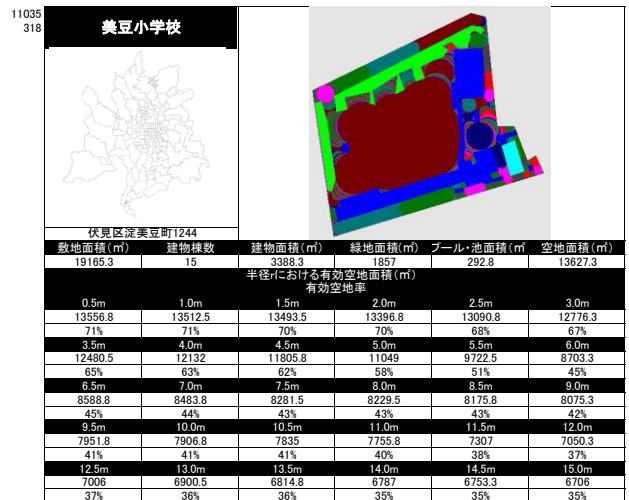
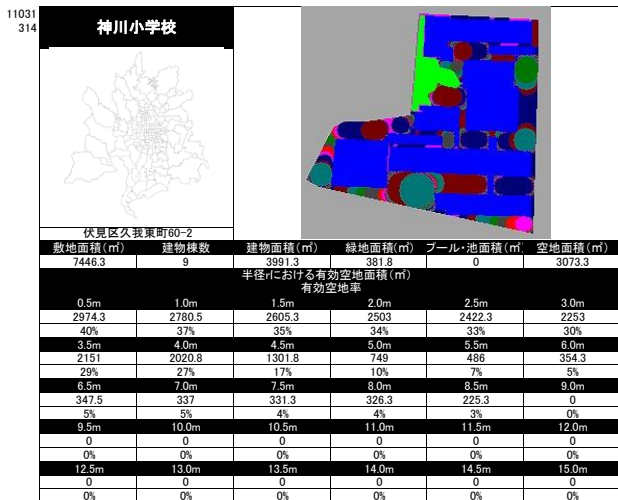
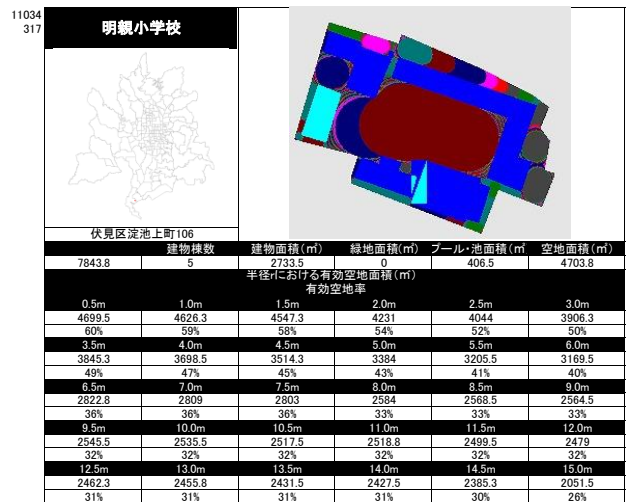
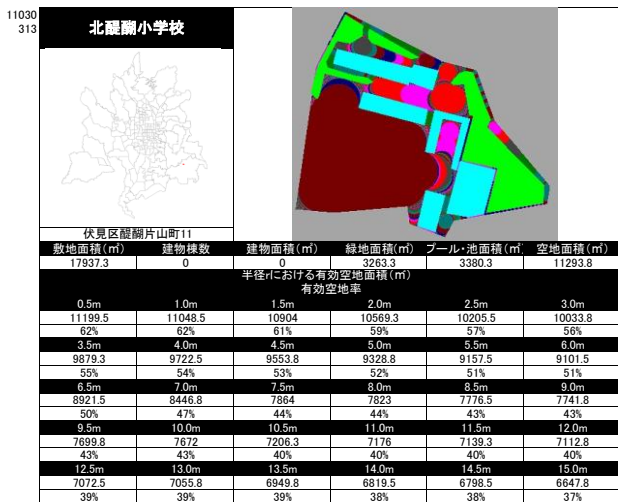
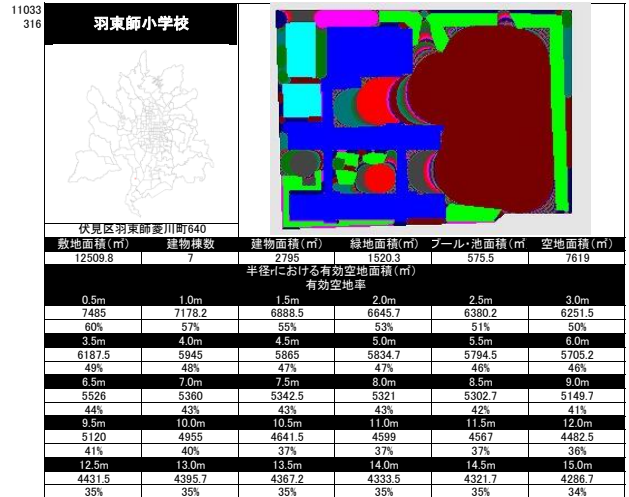
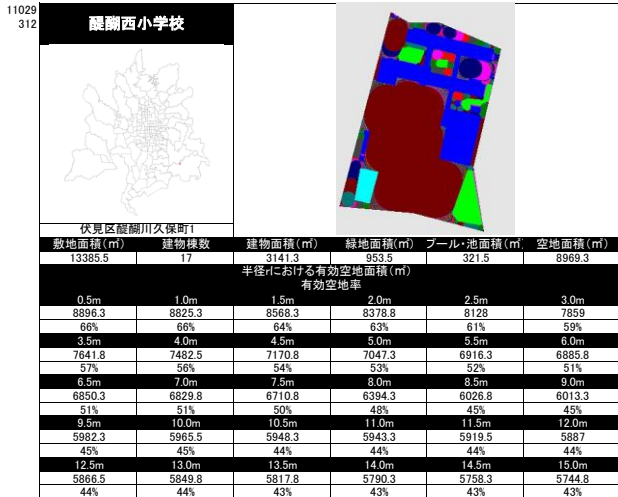
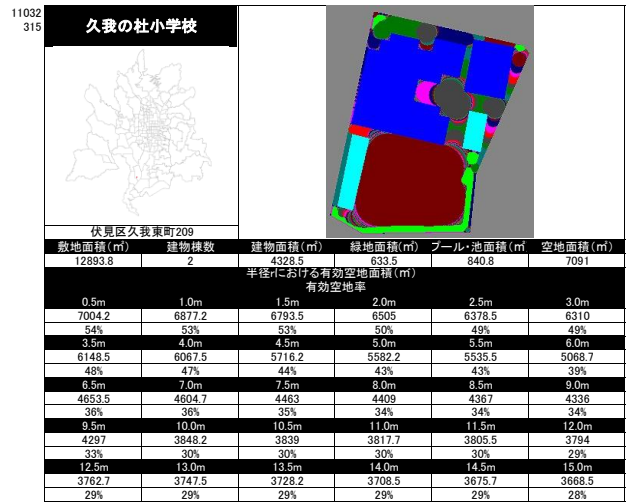
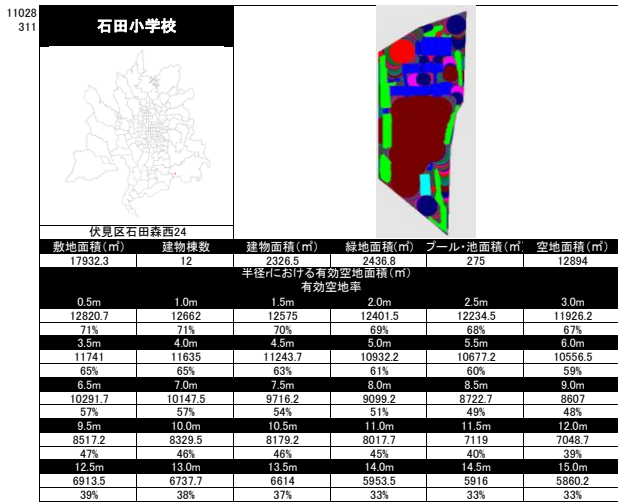


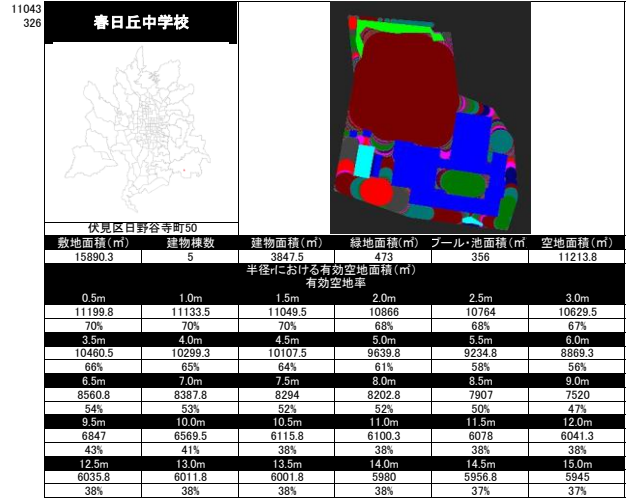
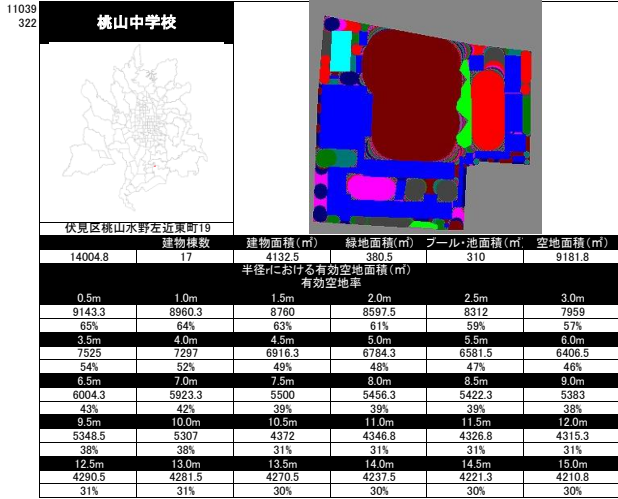
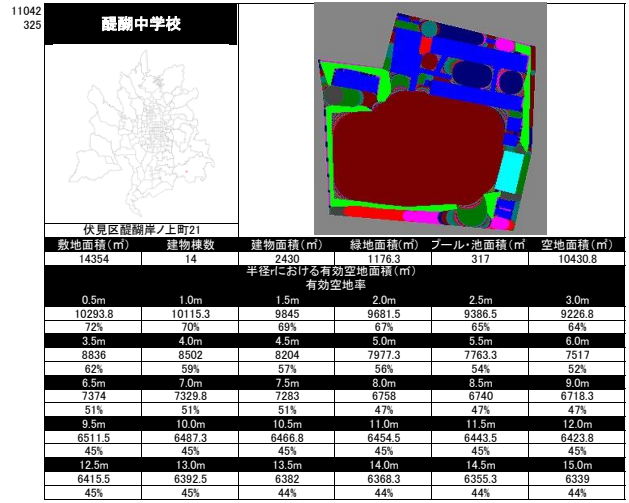
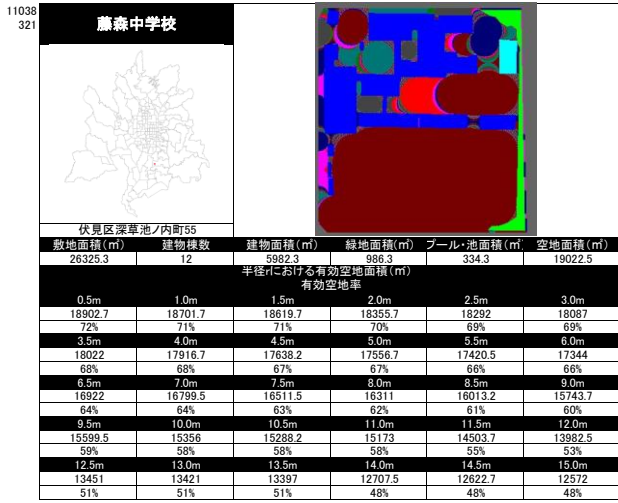
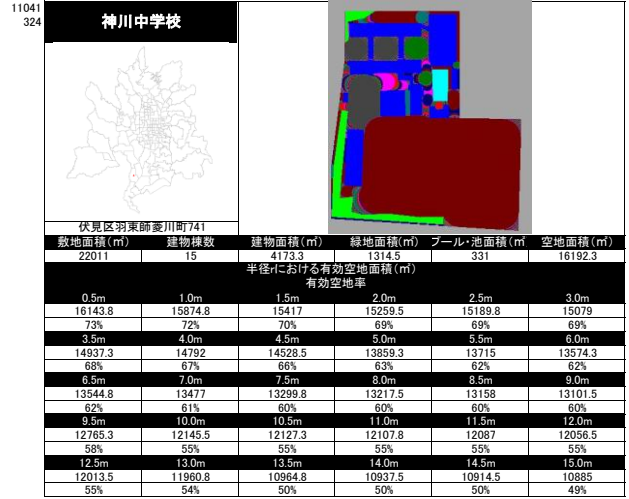
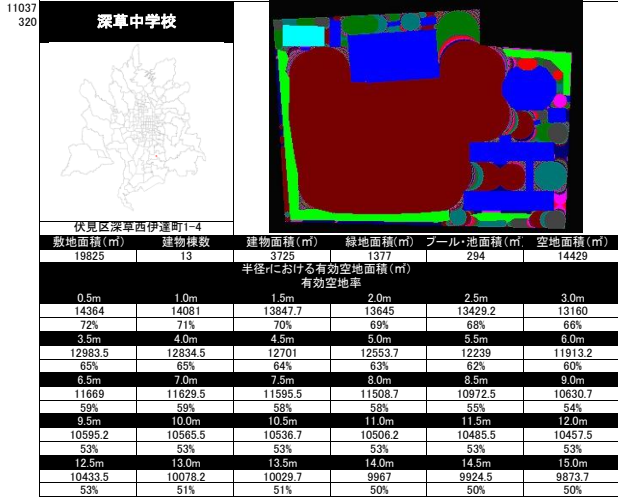
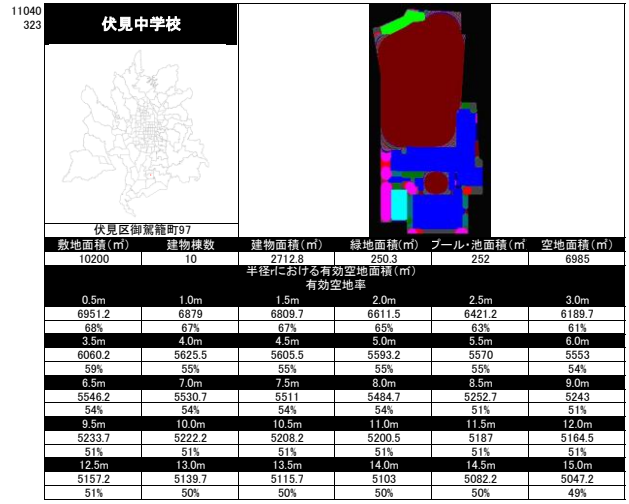
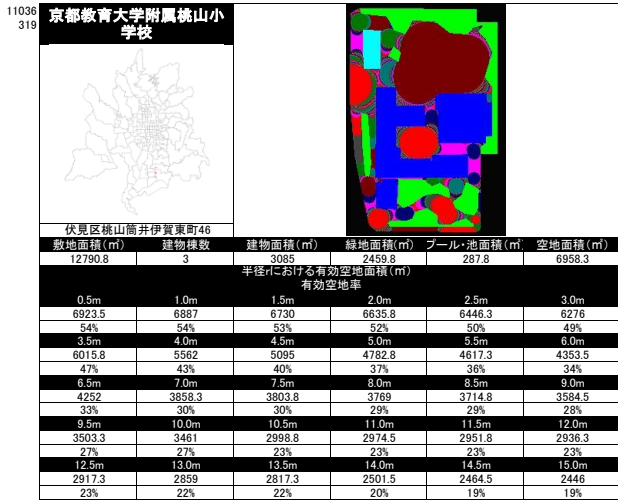
11023
306

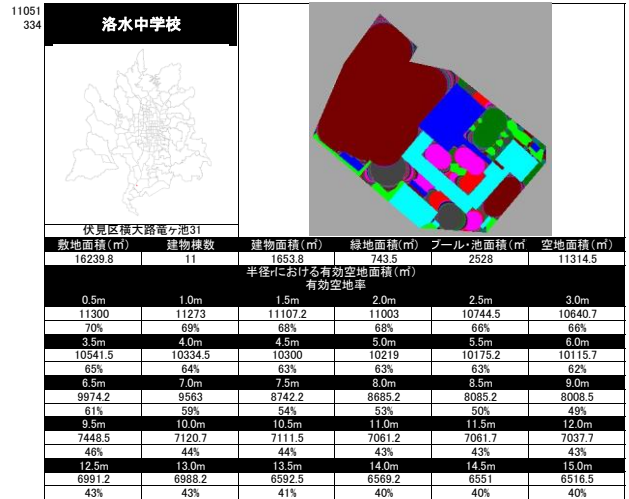
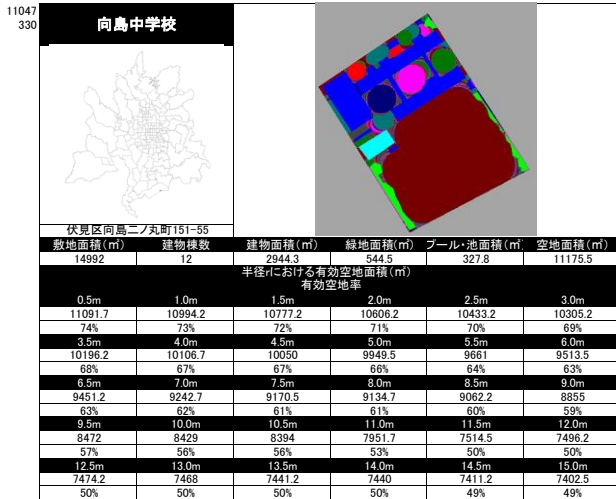
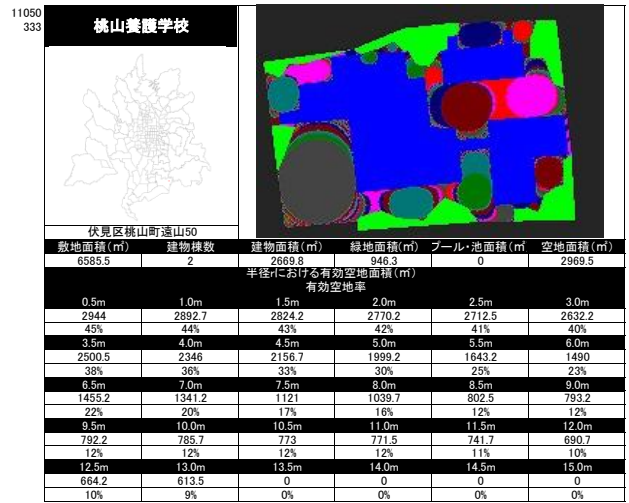
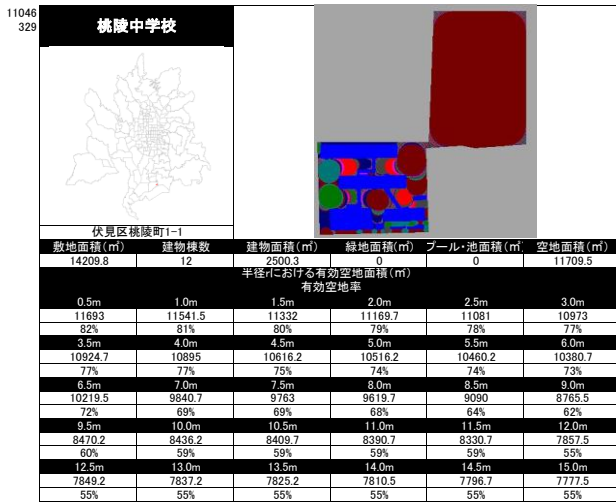
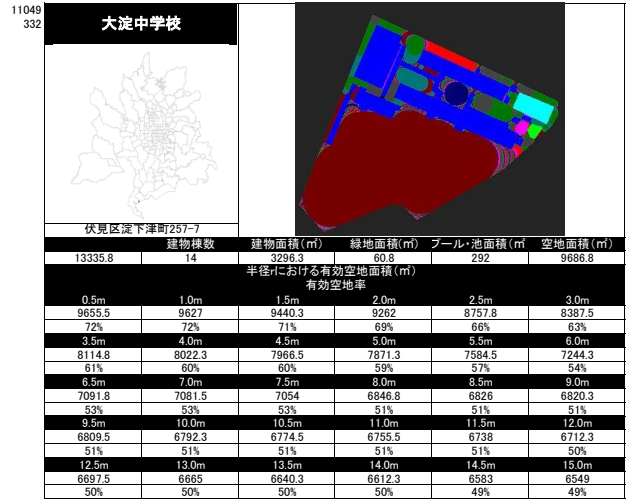
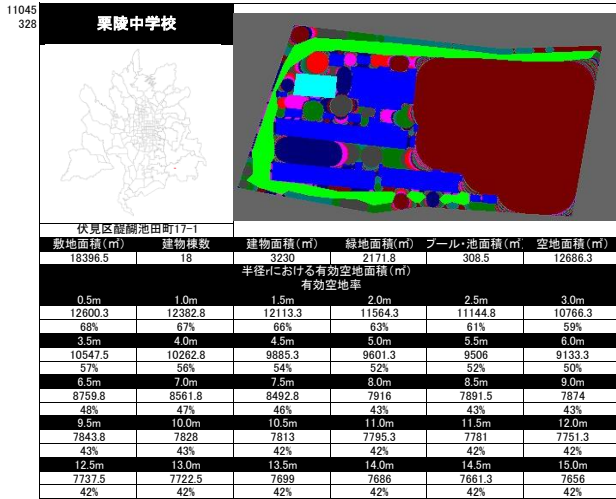
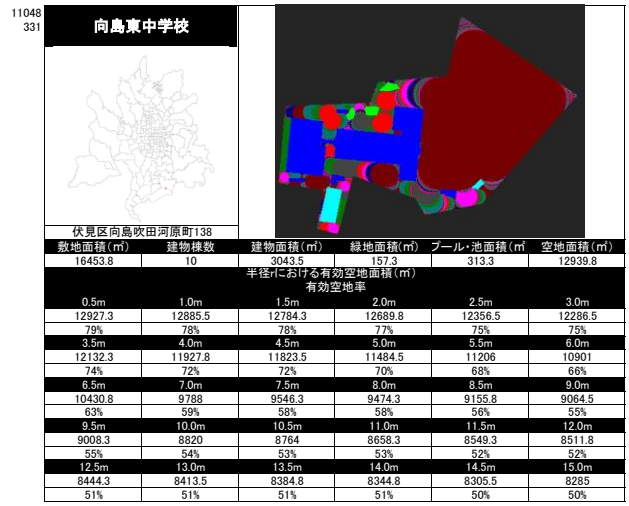
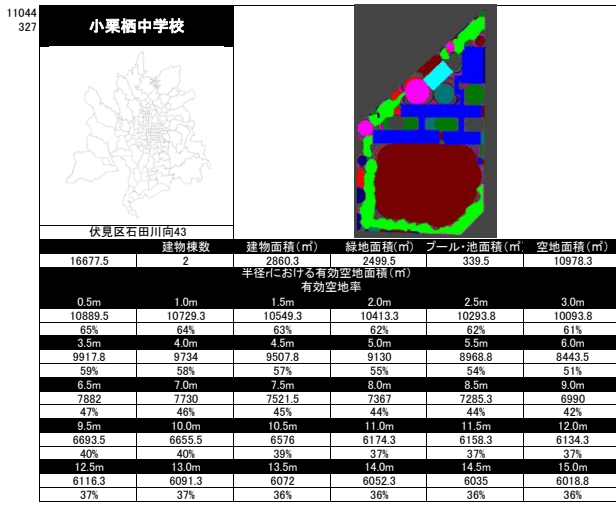


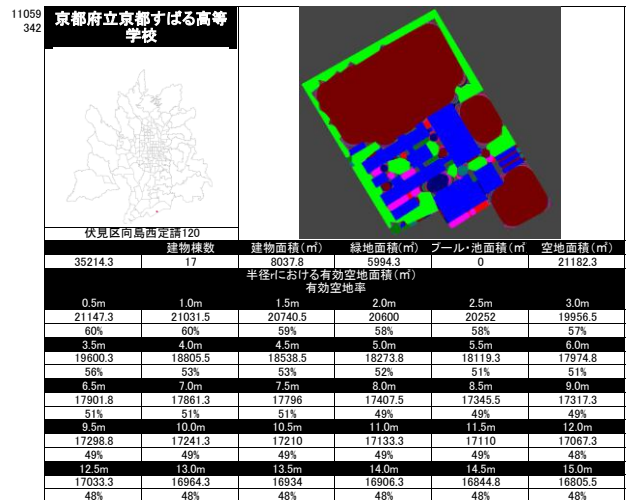
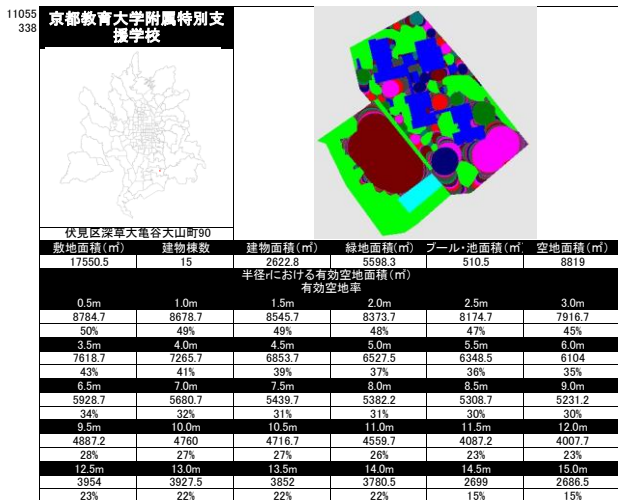
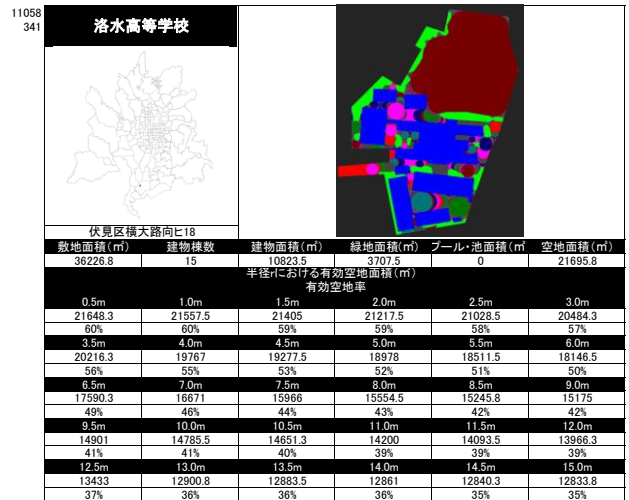
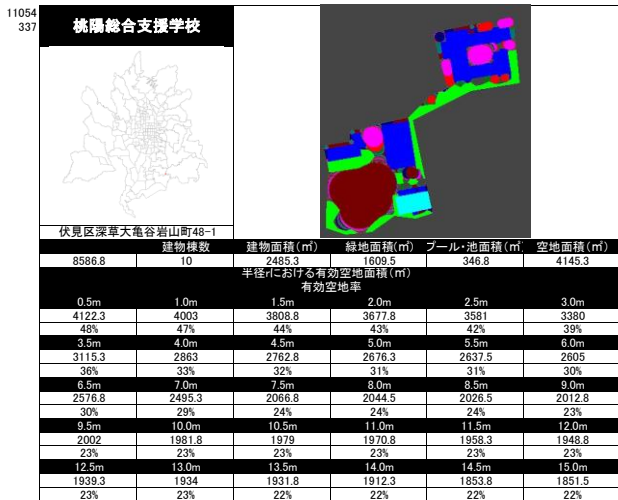
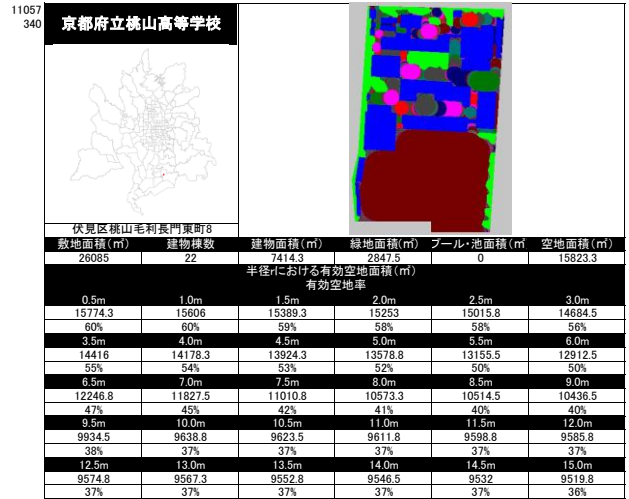
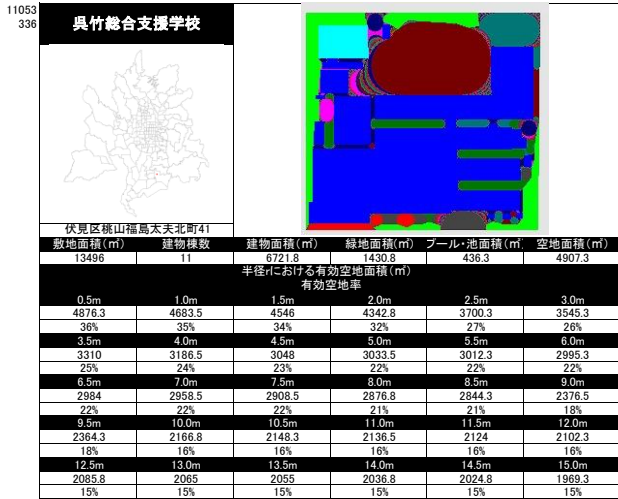
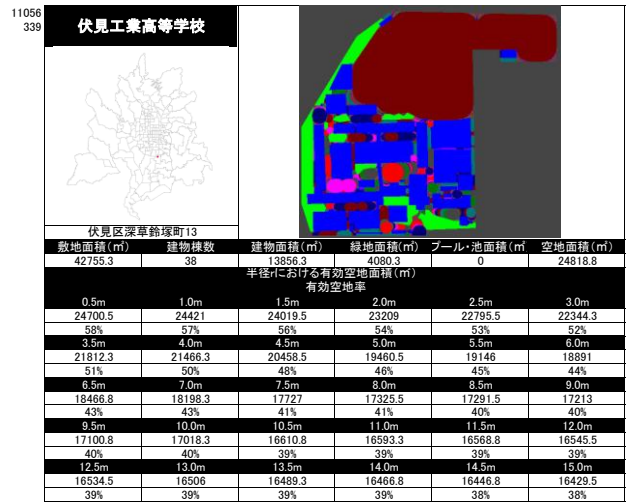
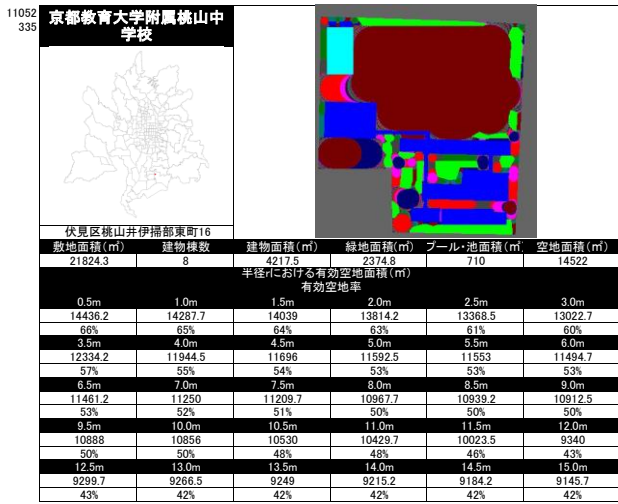
11027
310

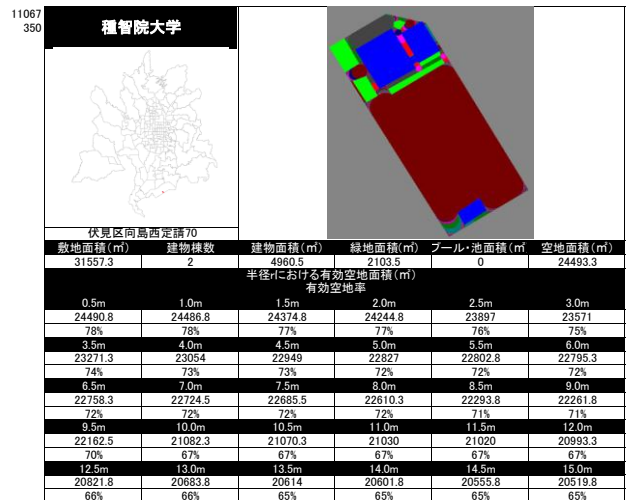
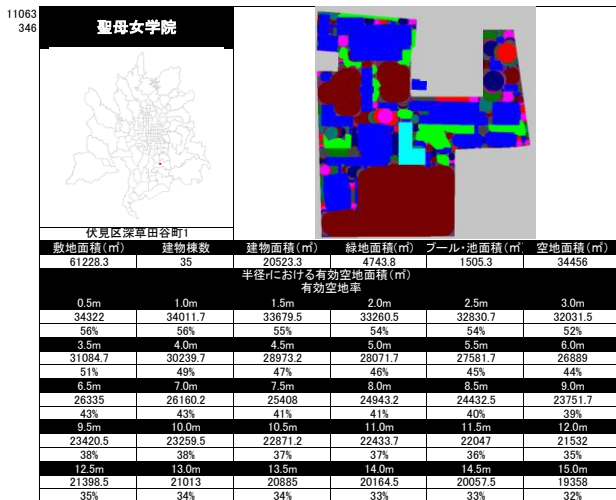
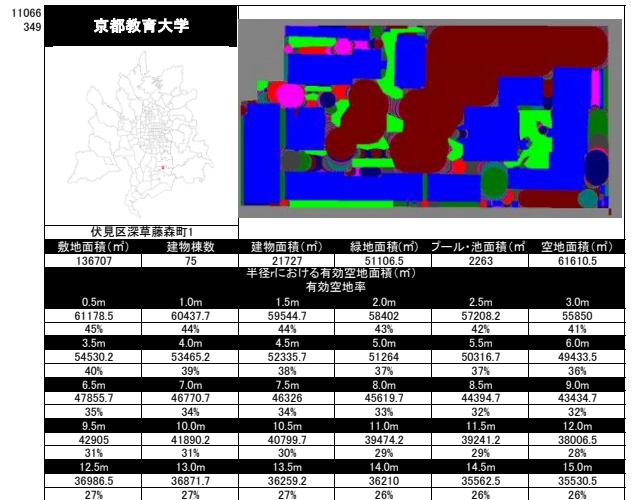
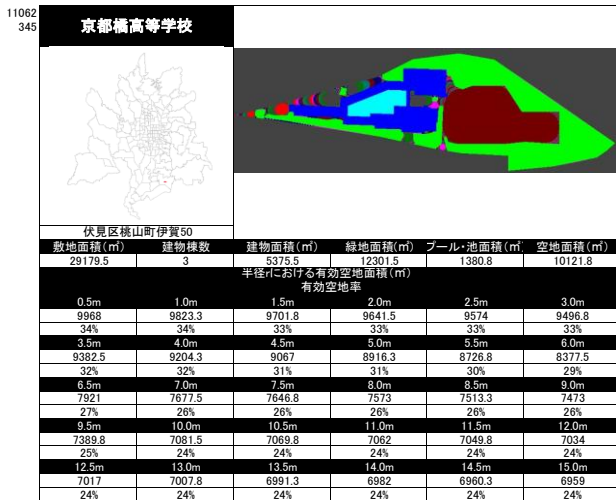
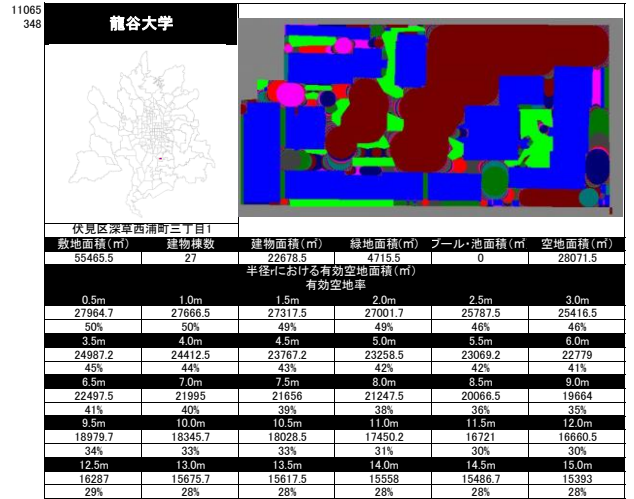
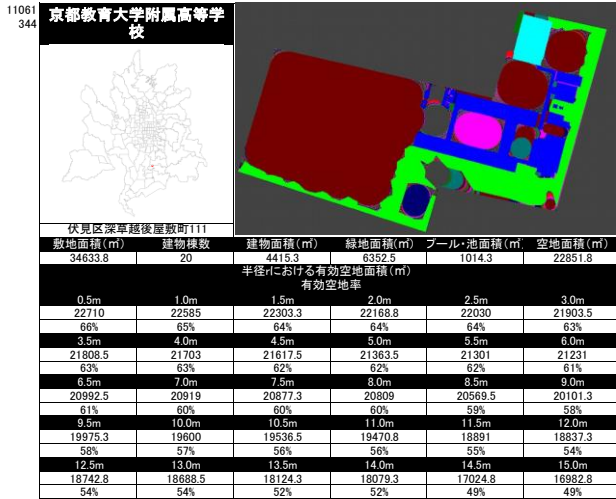
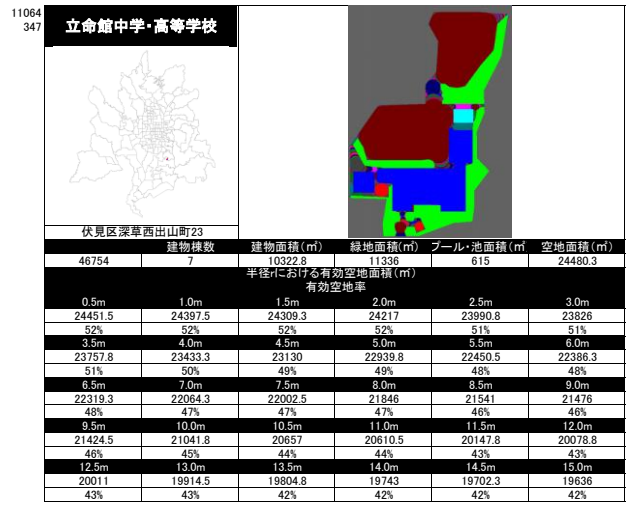
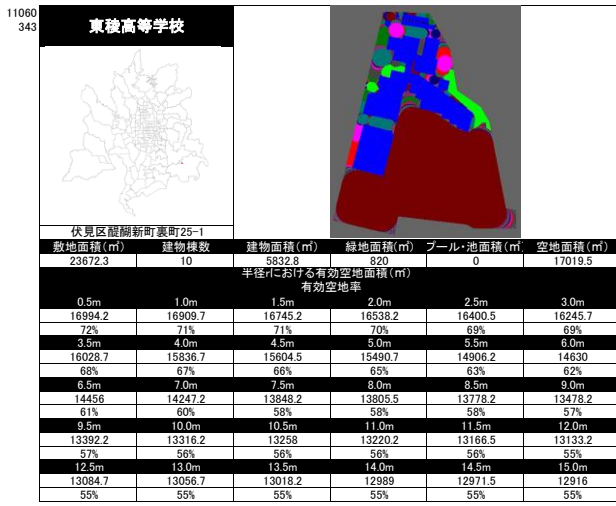




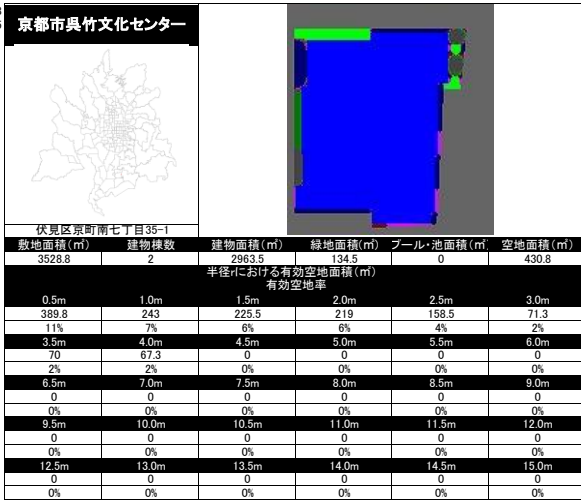




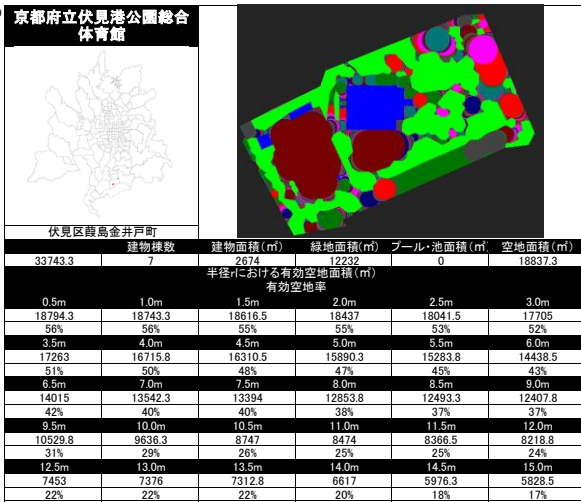




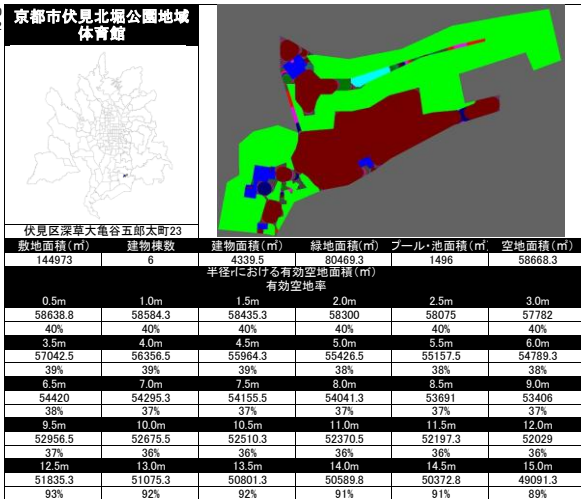
11068
35



11069
351

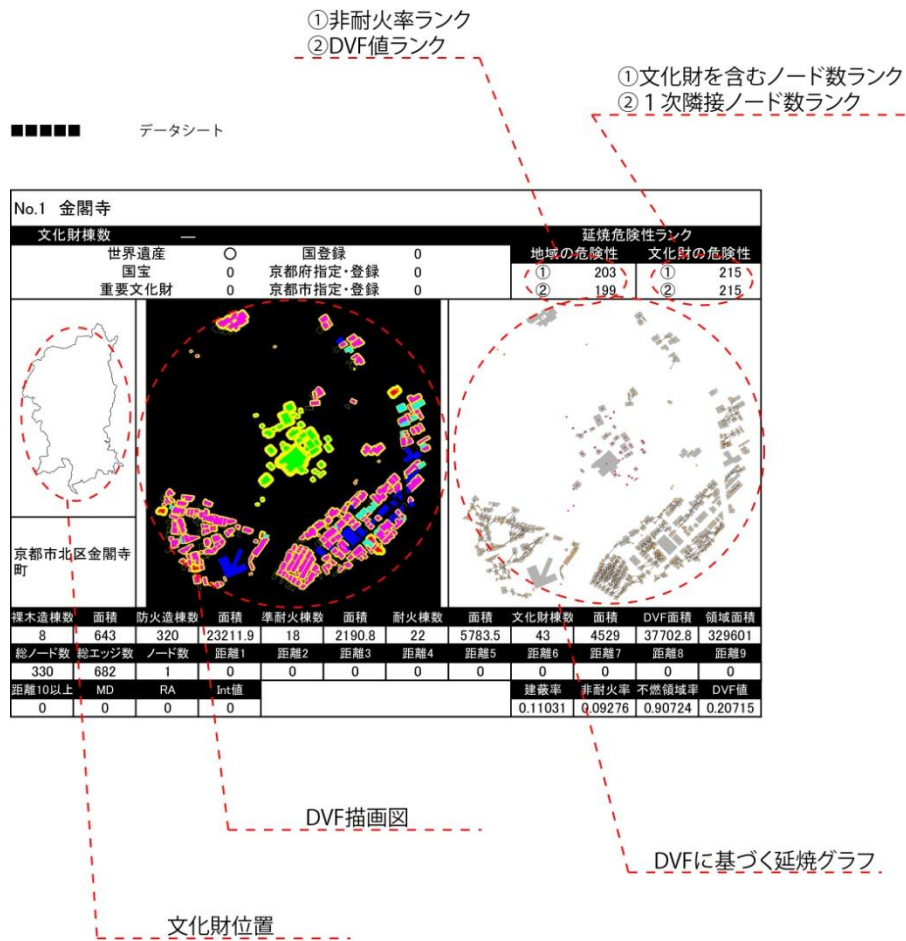


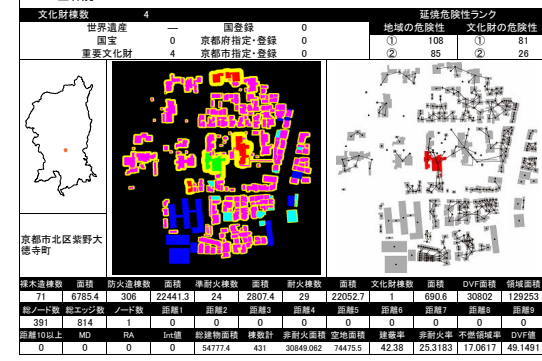
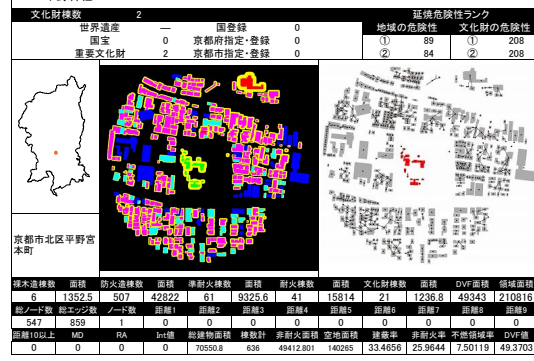
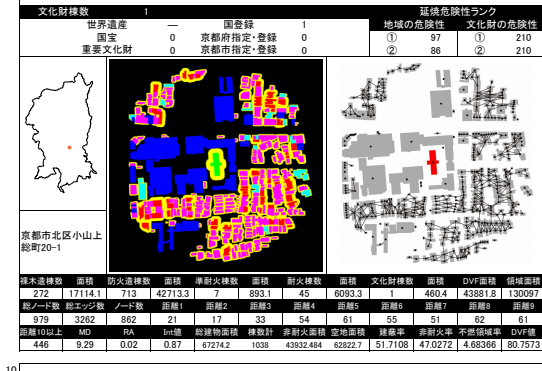
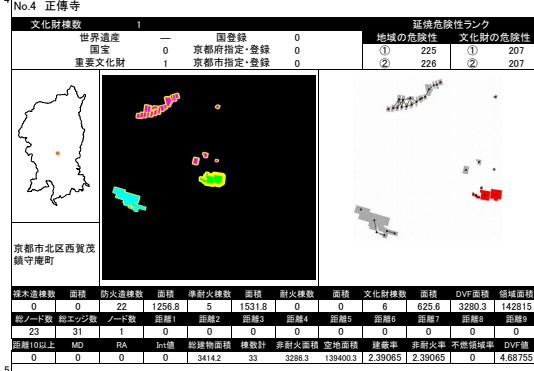
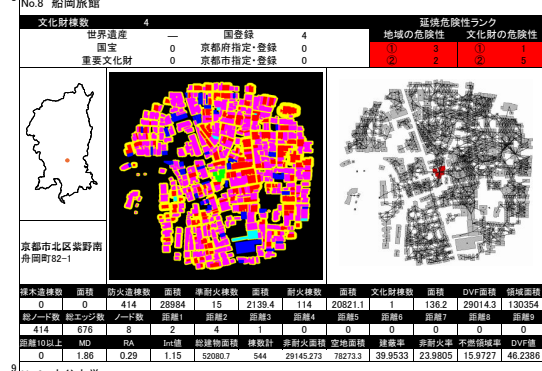
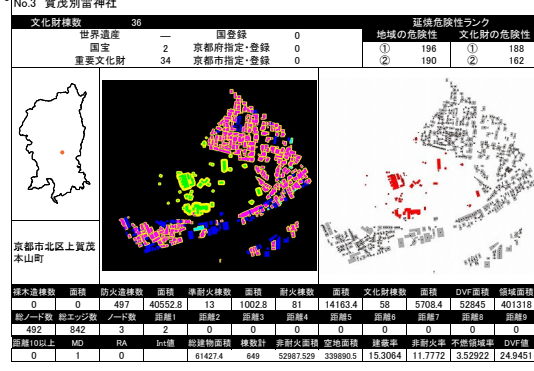
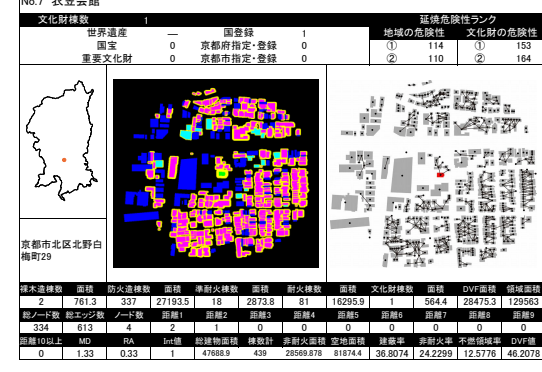
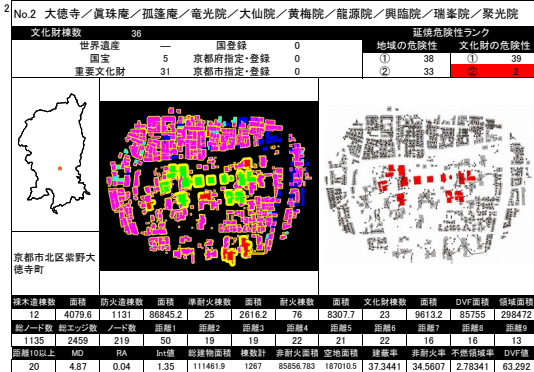
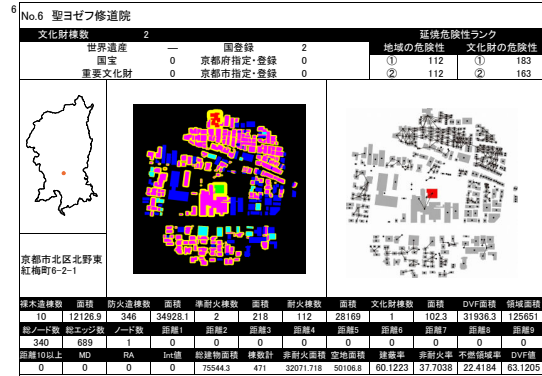
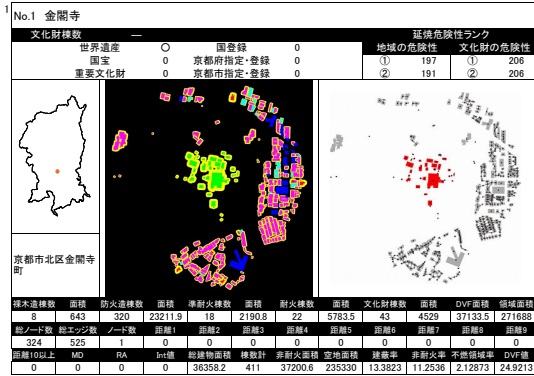
11070
352

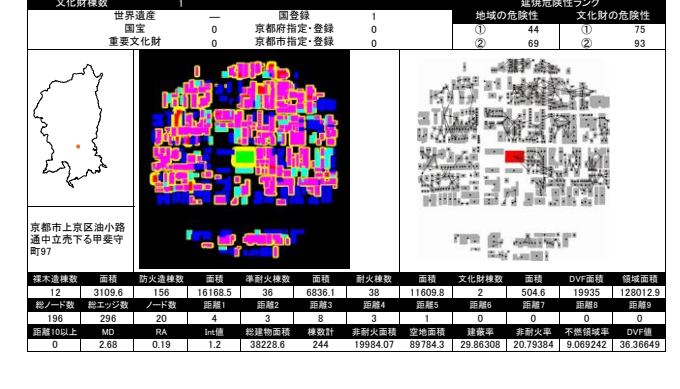
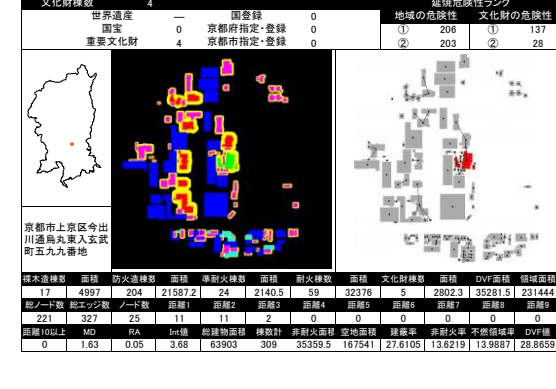
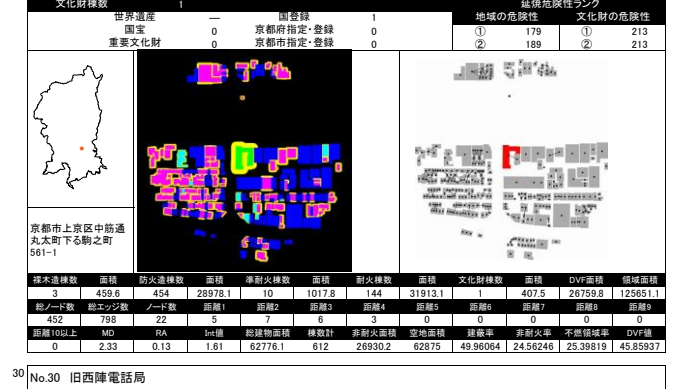
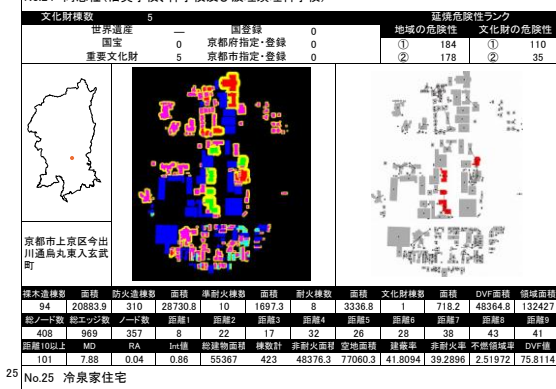
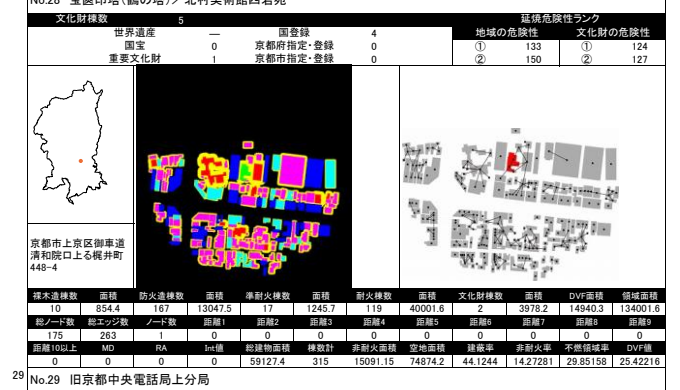
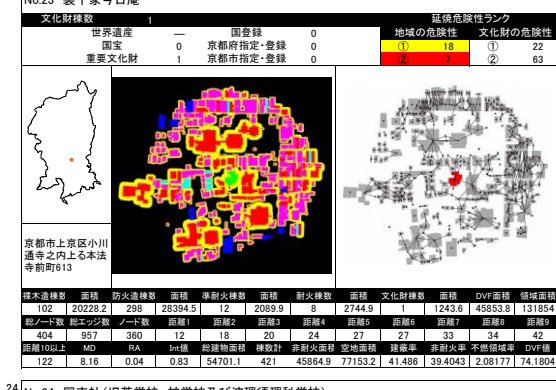
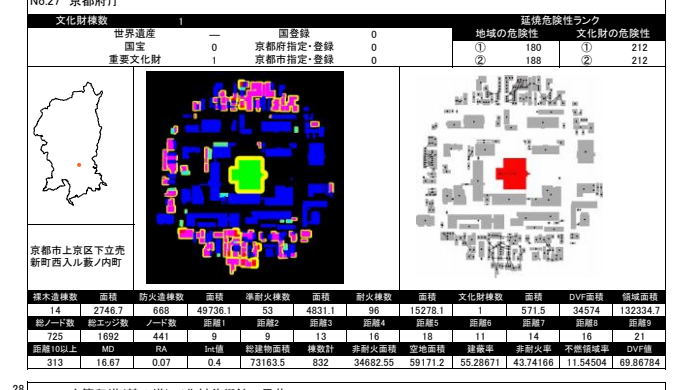
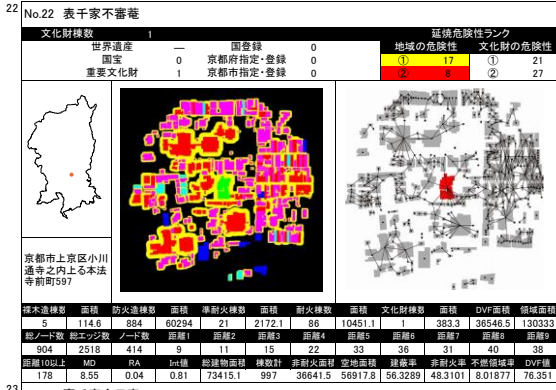
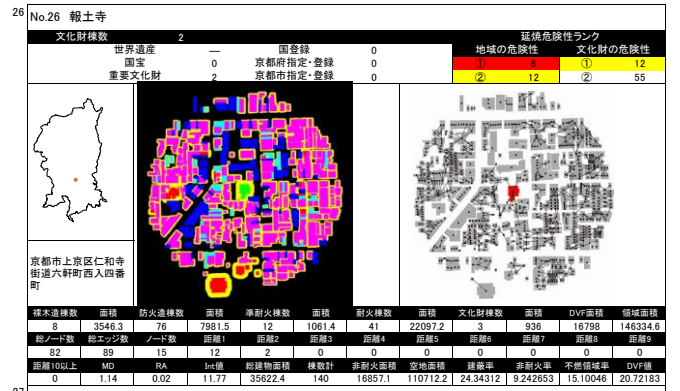
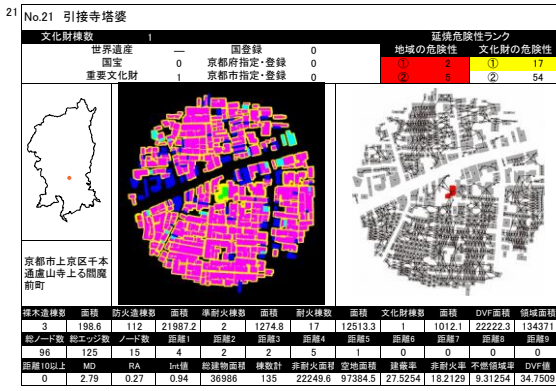


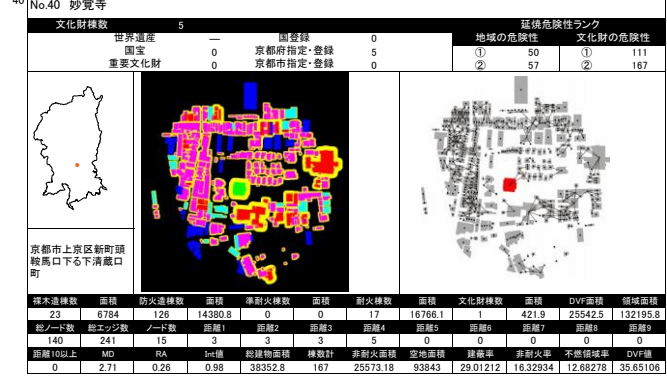
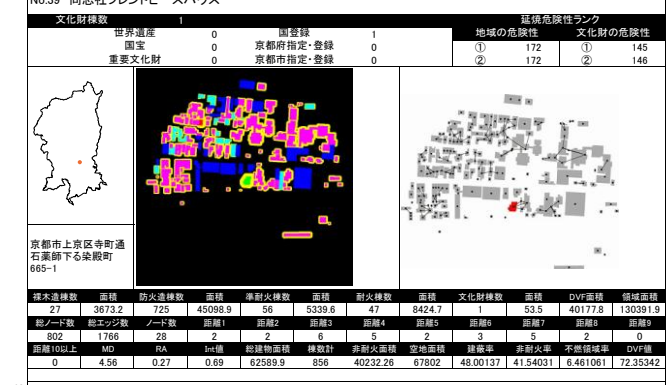
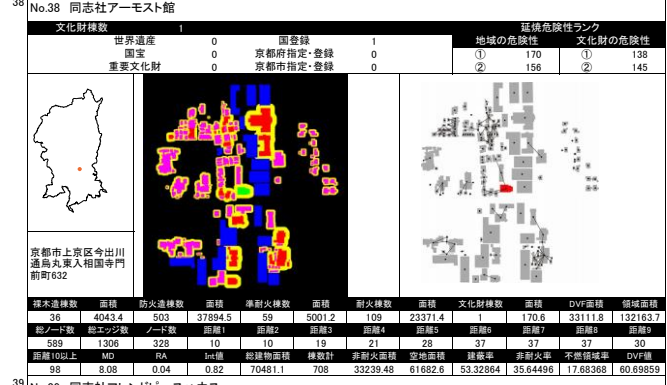
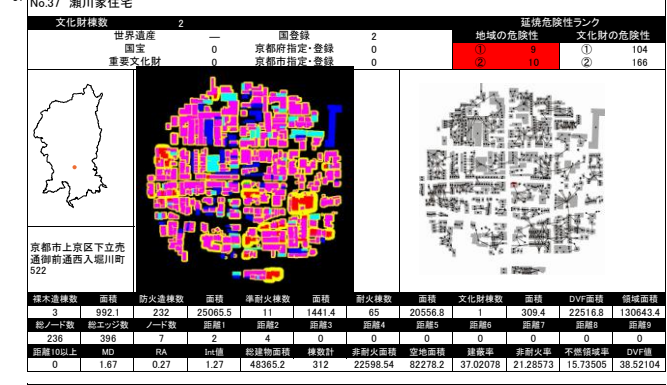
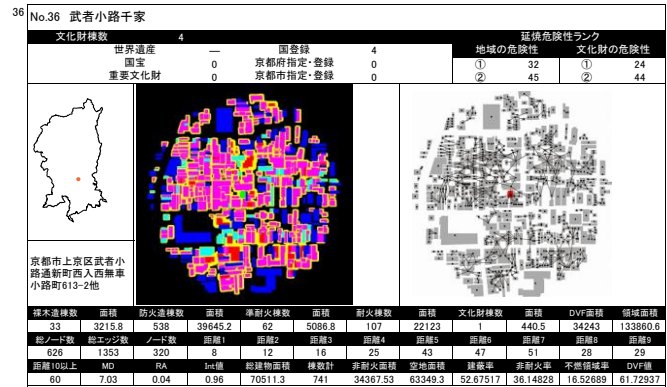
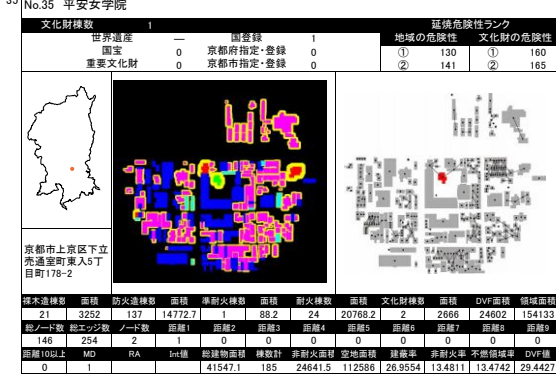
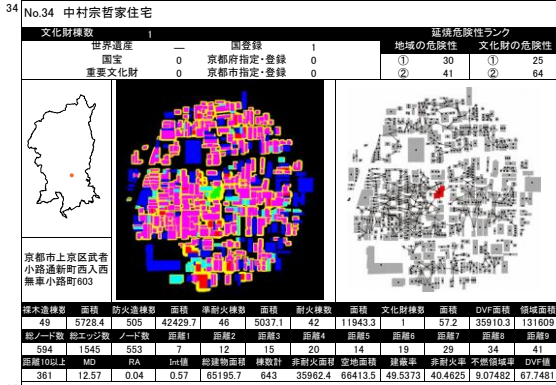
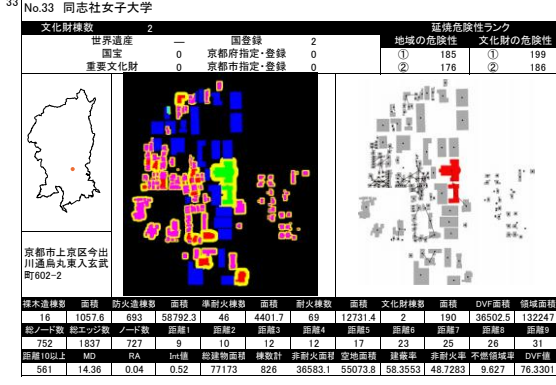
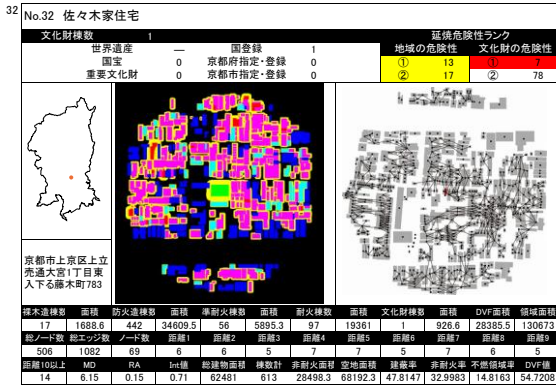
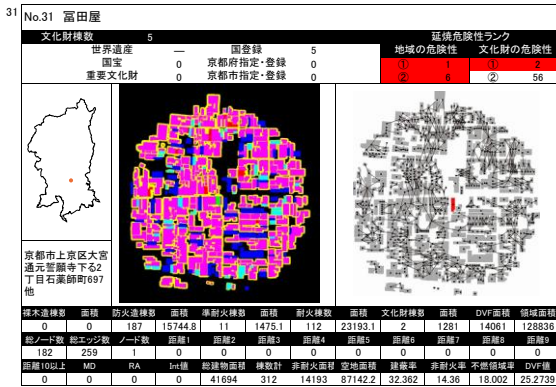
APPENDIX V 文化財の DVF 図と延焼グラフ

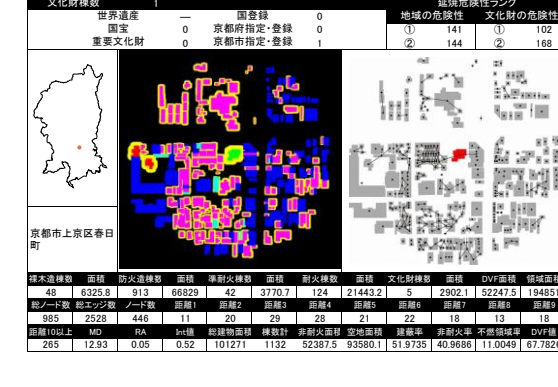
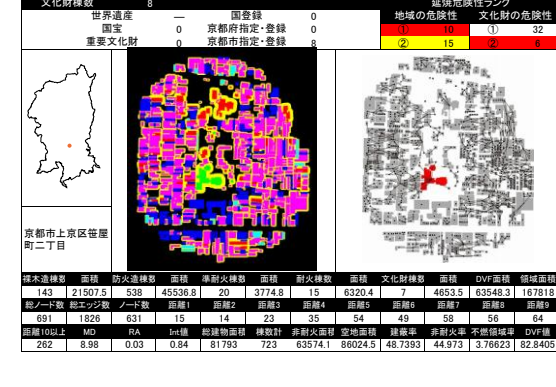
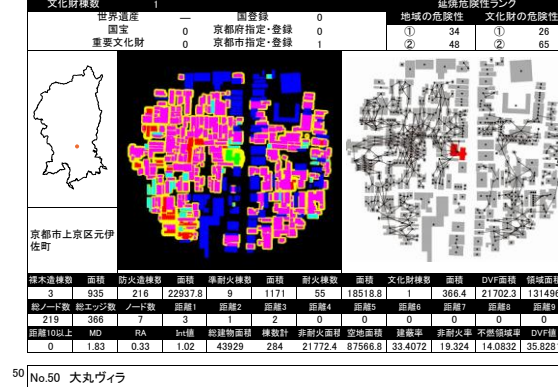
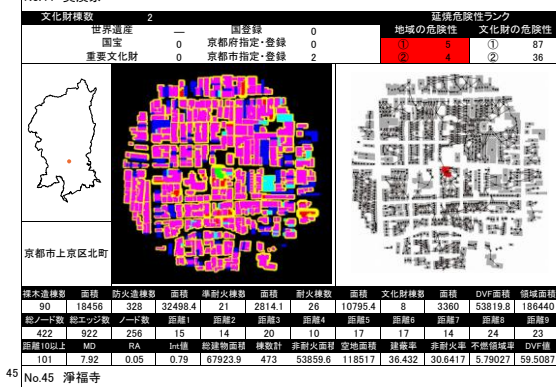
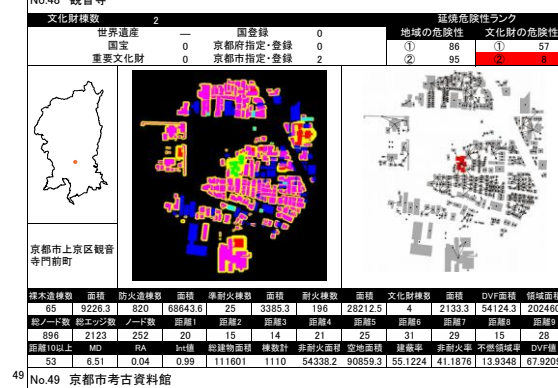
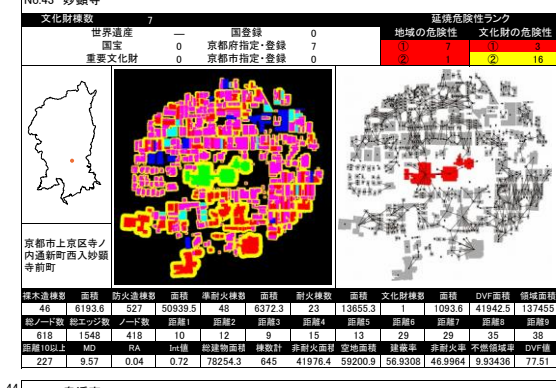
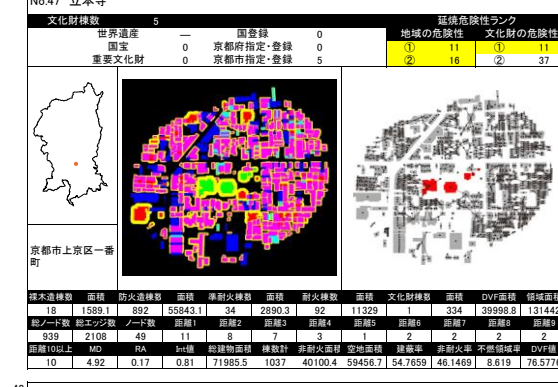
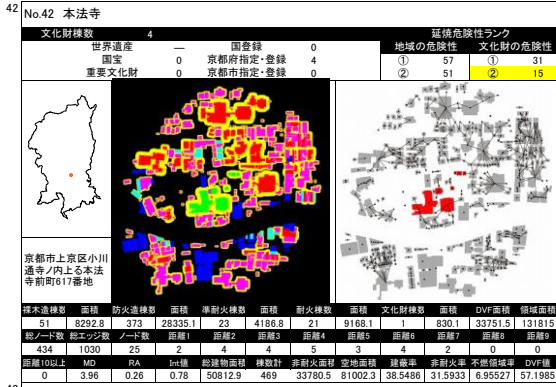
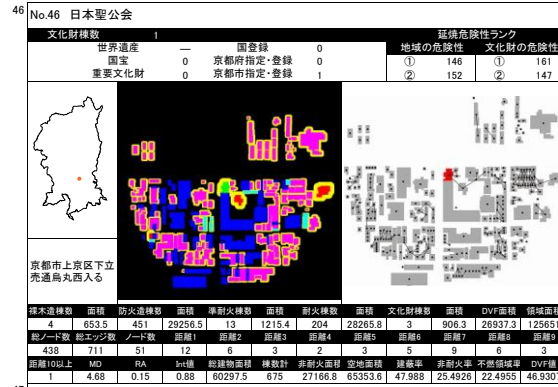
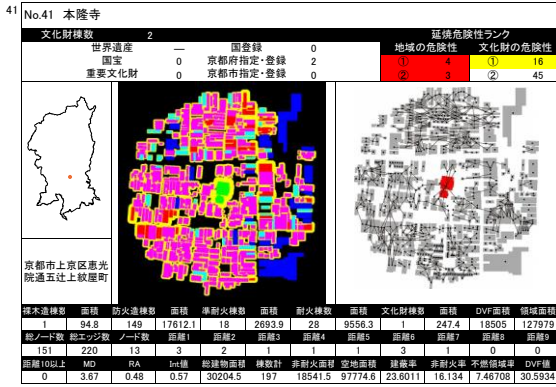
第5章では、モルフォロジーにおける dilation という操作を援用した手法を用いて、構造要素の円を卵型に置き換えて、地域特性としての風向・風速を考慮した延焼危険性のマクロ評価指標である DVF (Dilated Volume Fraction) を求め、そこから延焼の連担状況を示す延焼グラフを作成し、京都市の文化財の延焼危険性の評価を行った。ここでは、京都市の文化財に本手法を適用した結果得られた DVF 図と延焼グラフを示す。

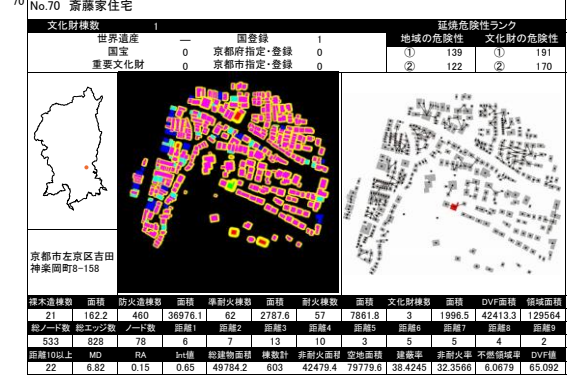
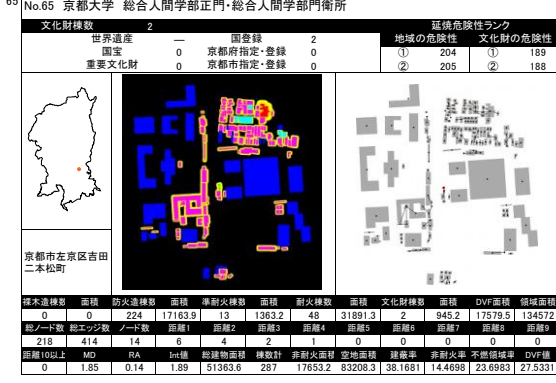
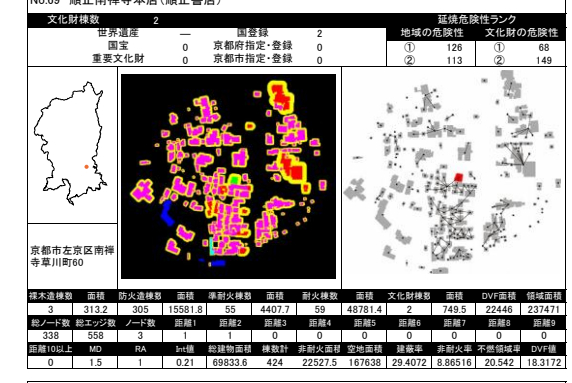
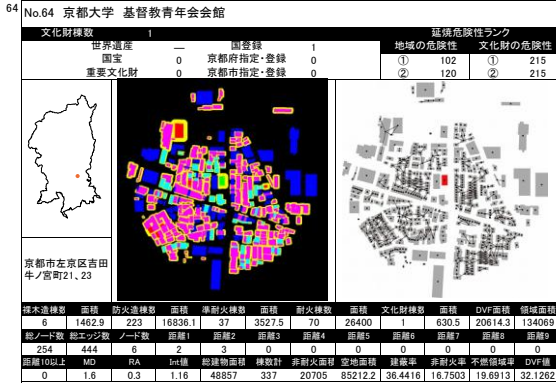
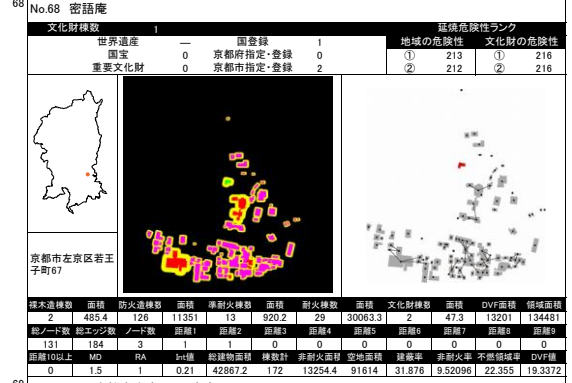
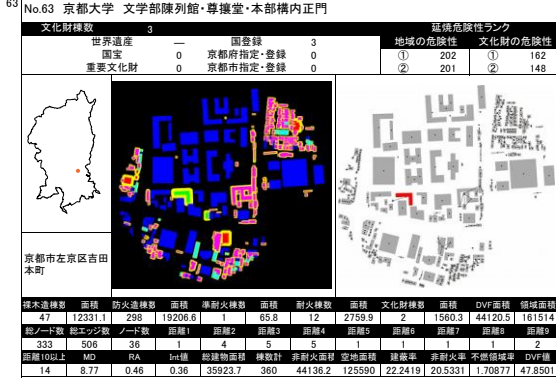
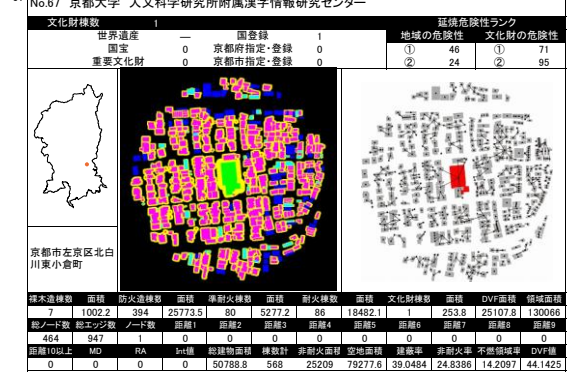
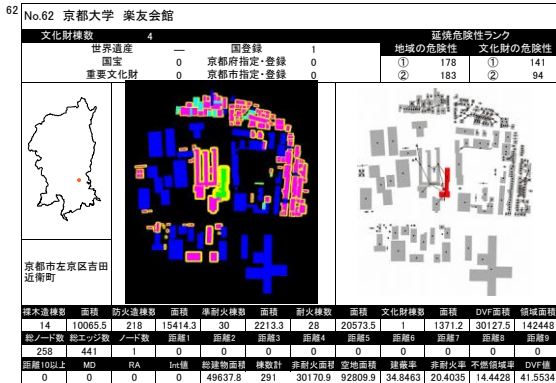
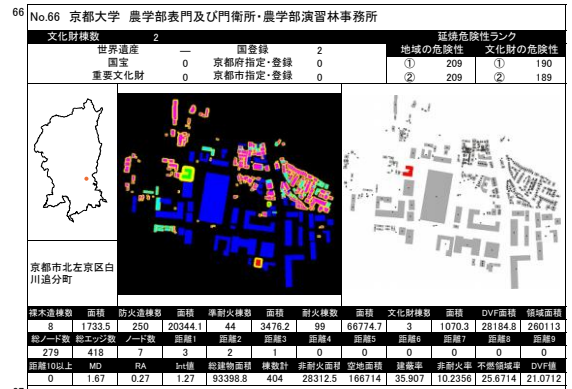
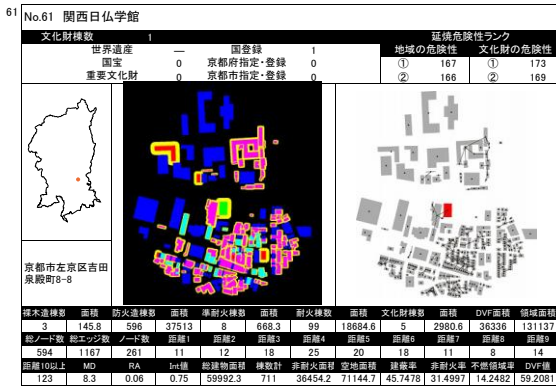


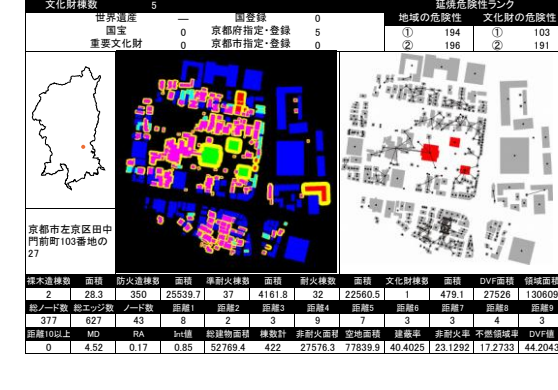
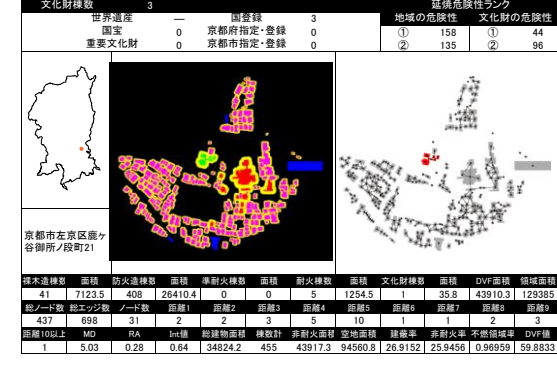
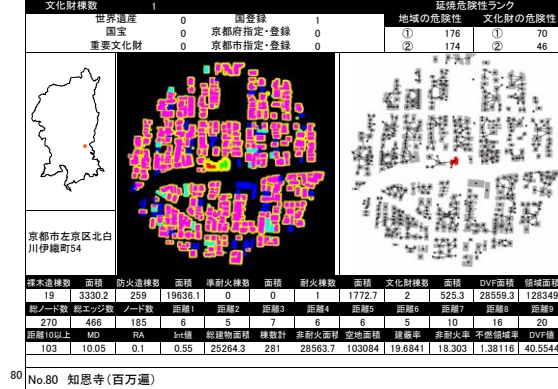
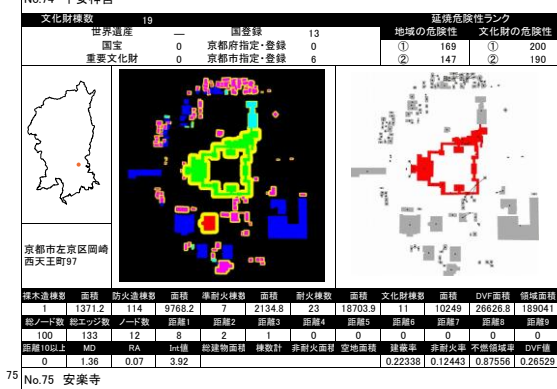
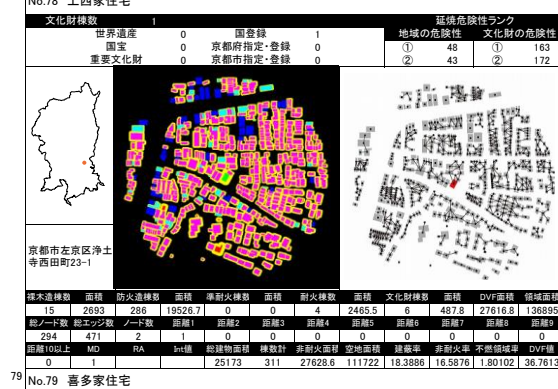
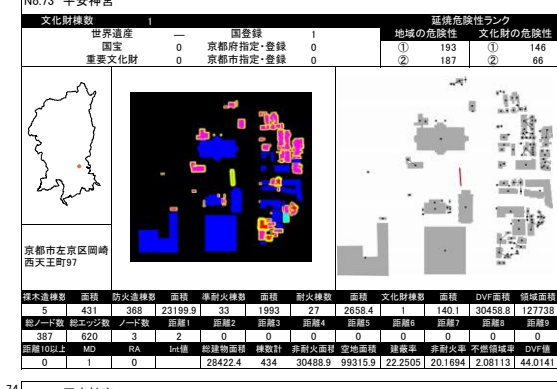
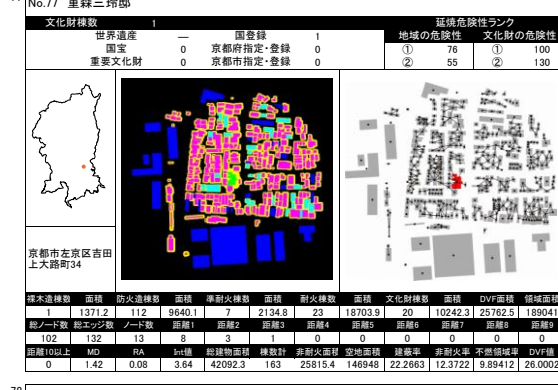
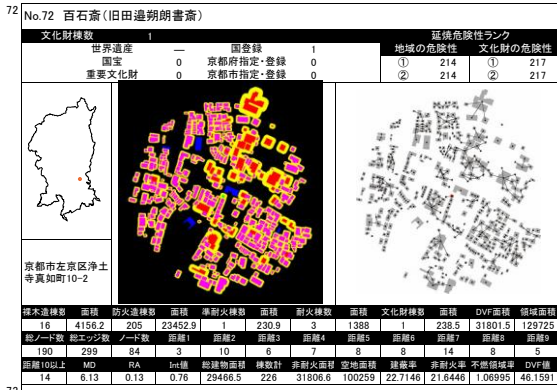
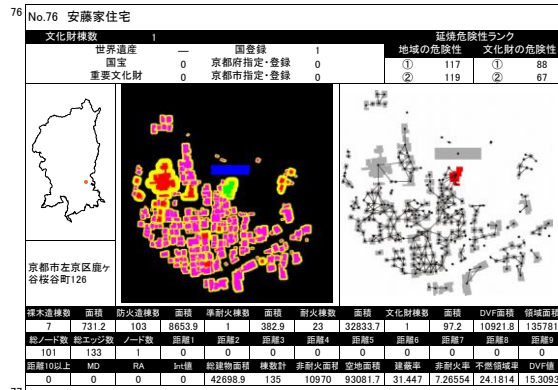
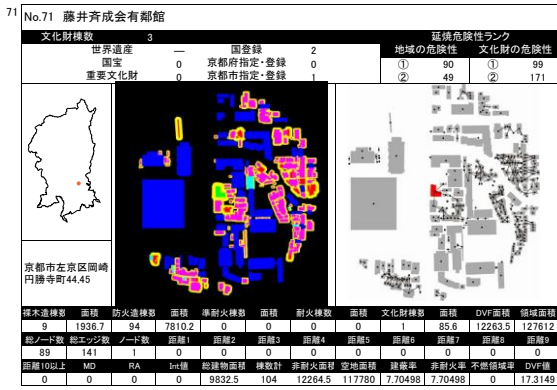


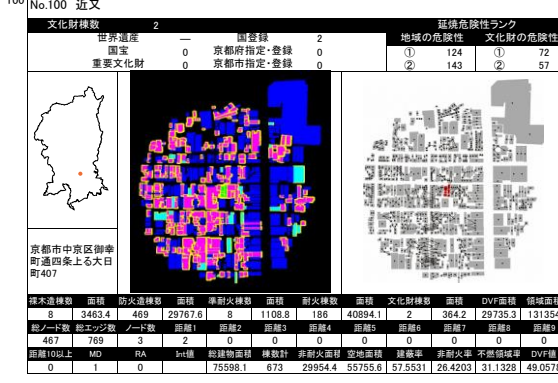
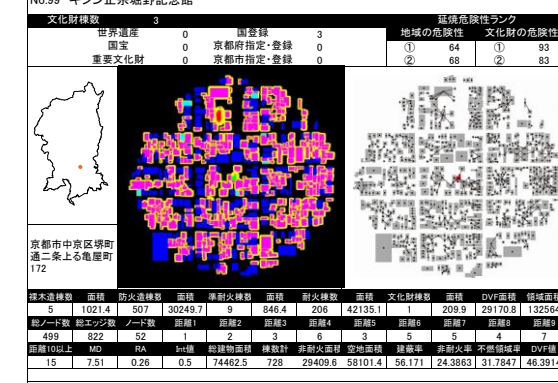
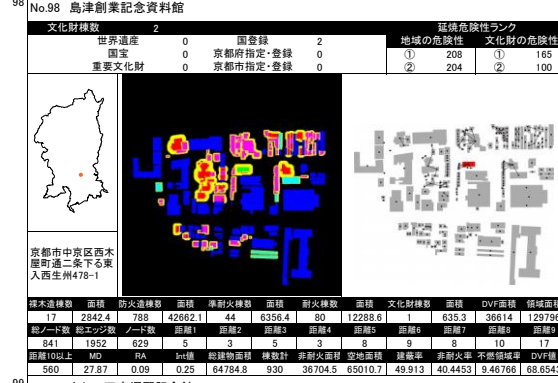
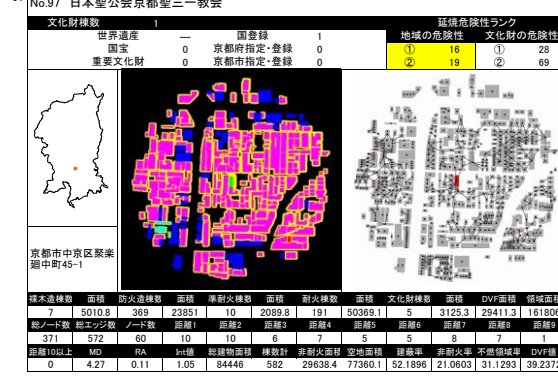
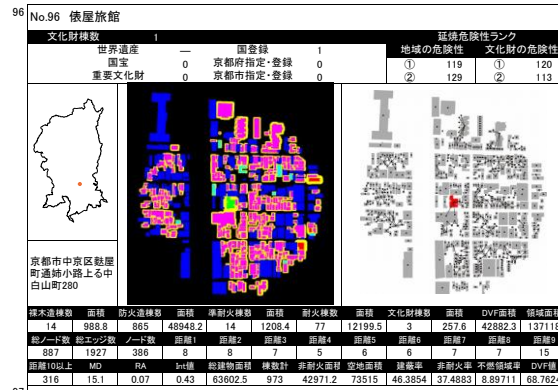
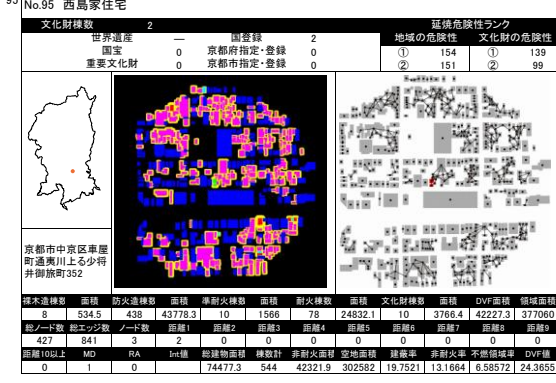
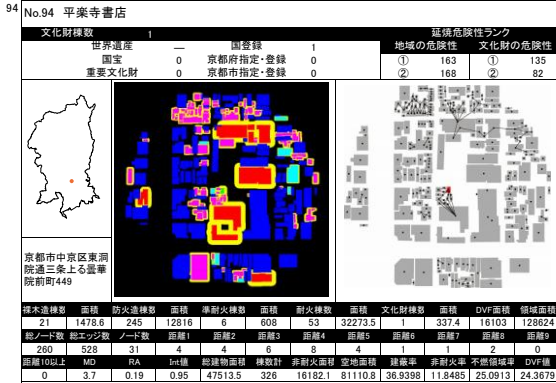
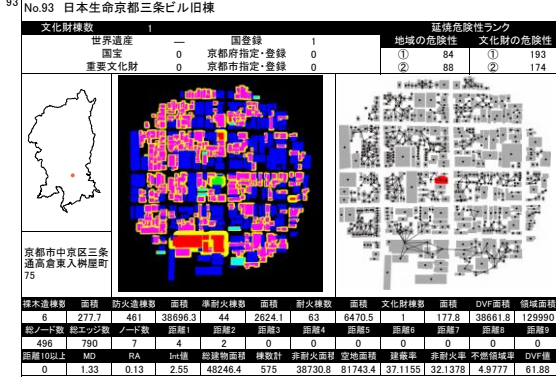
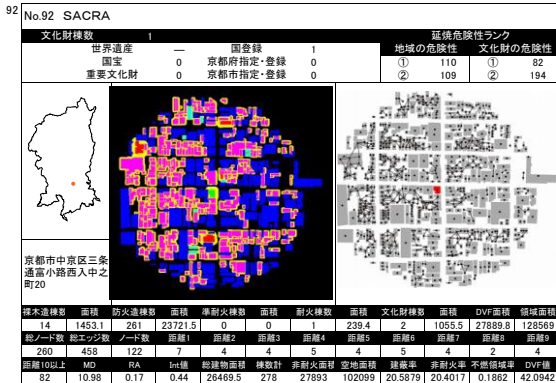
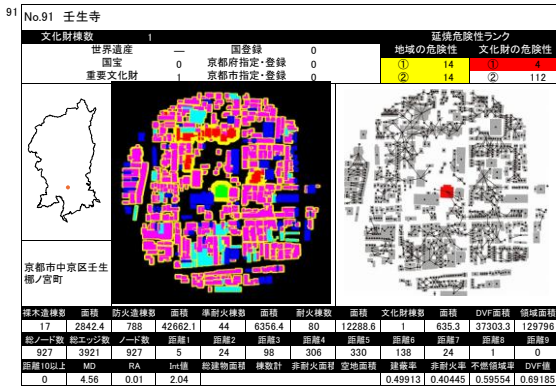


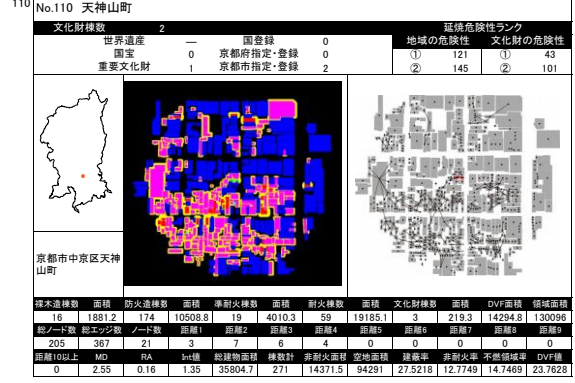
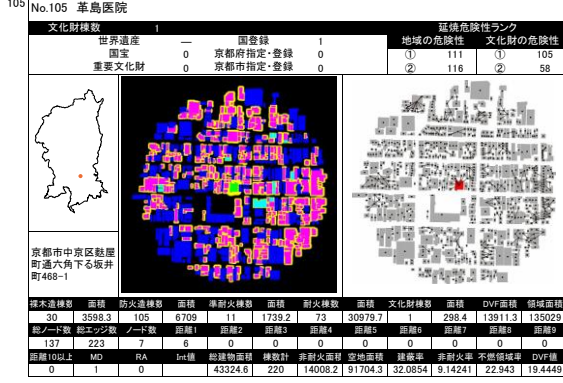
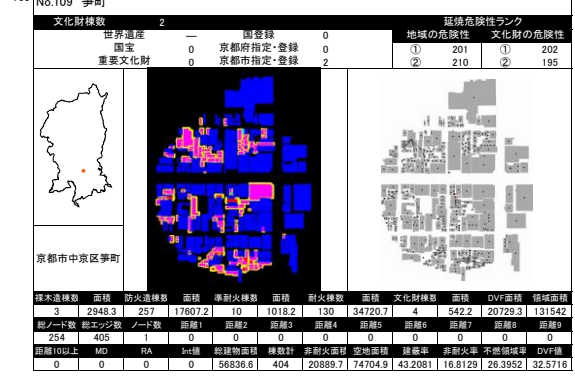
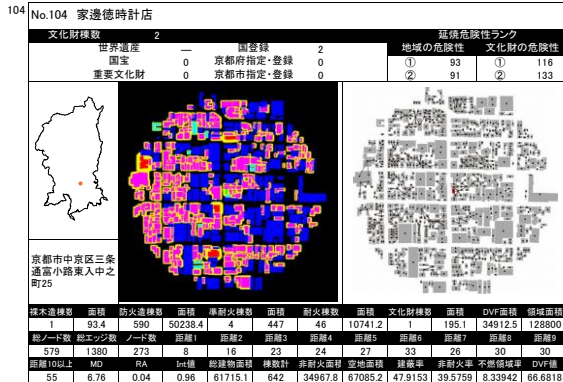
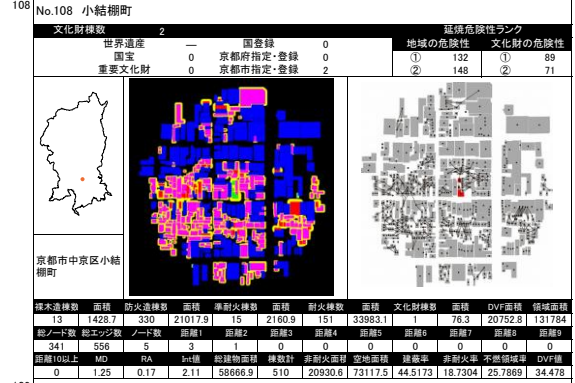
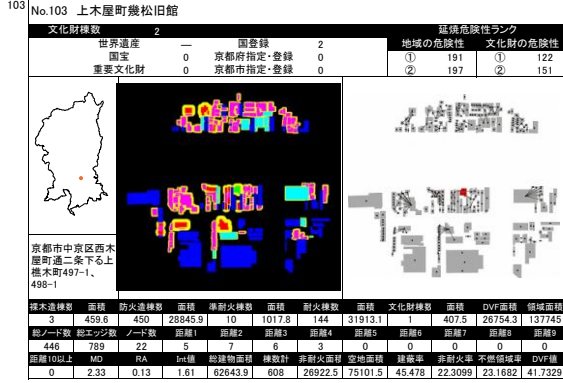
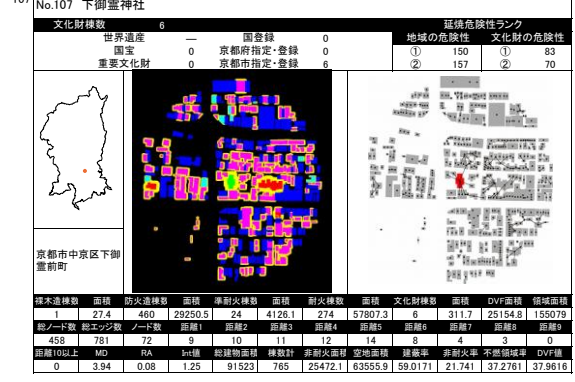
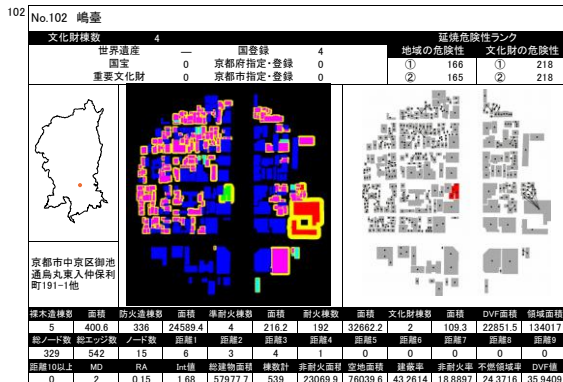
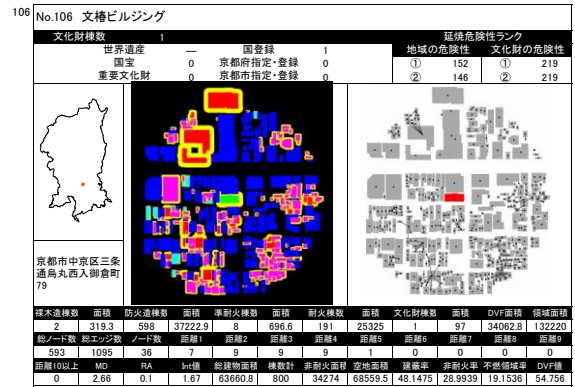
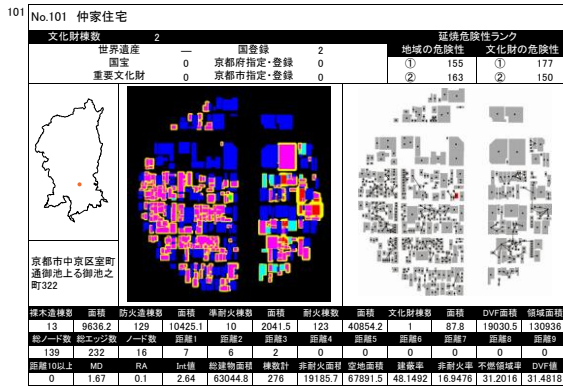


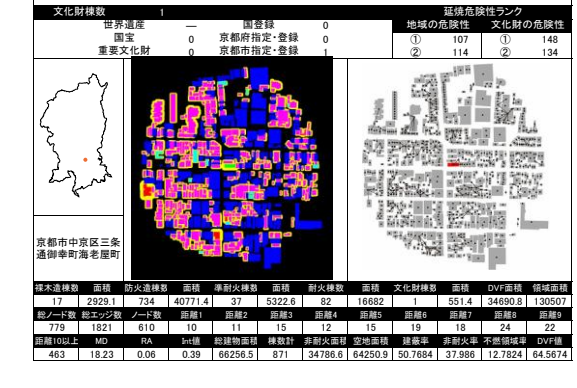
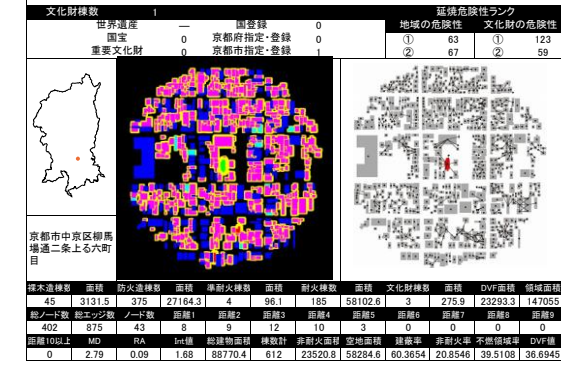
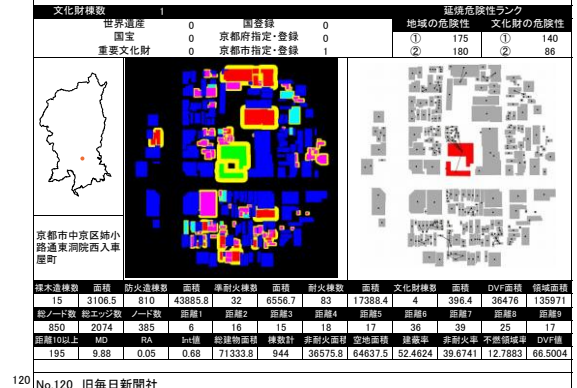
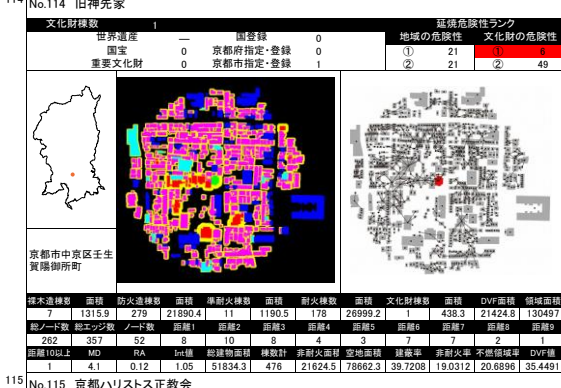
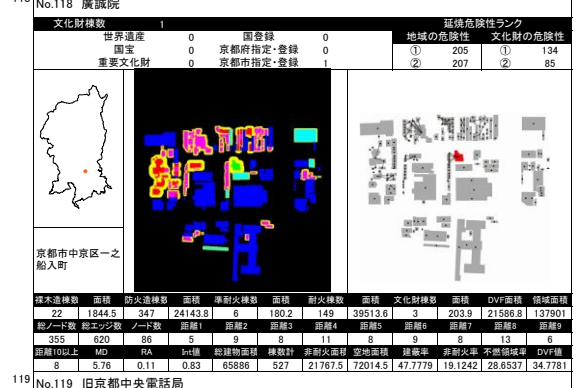
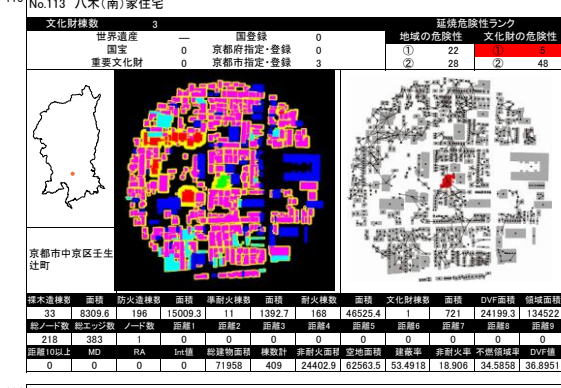
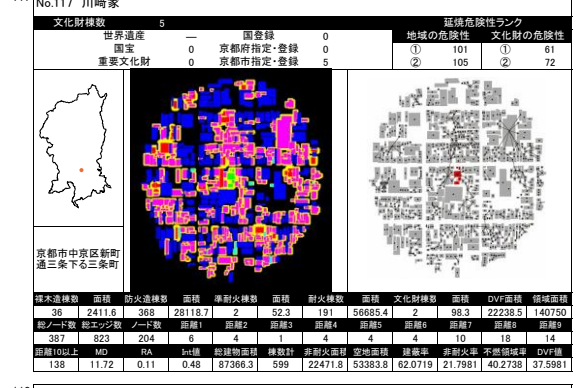
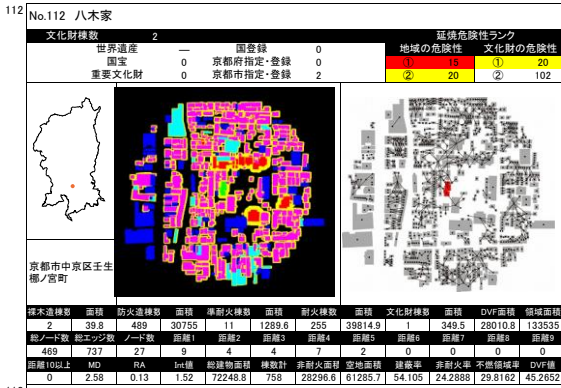
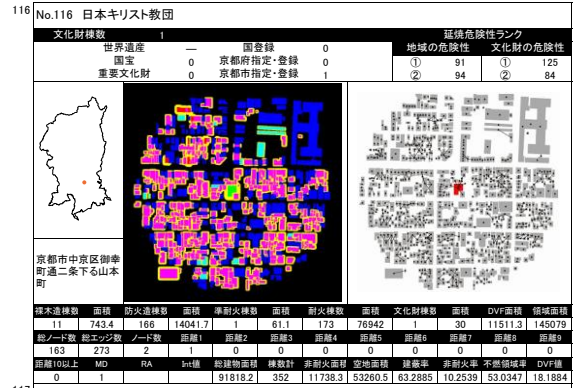
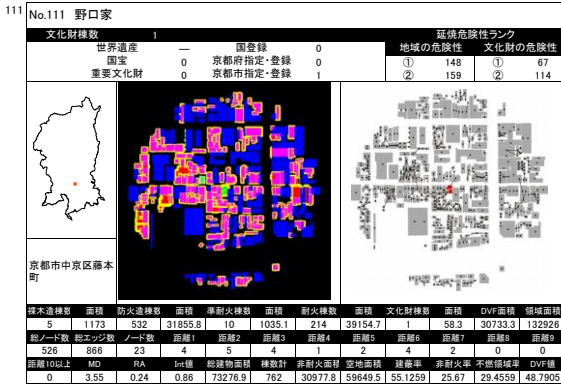


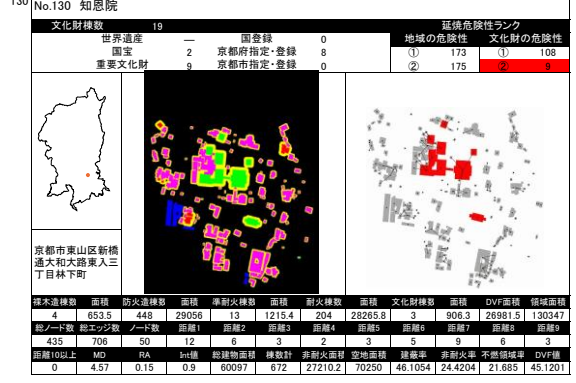
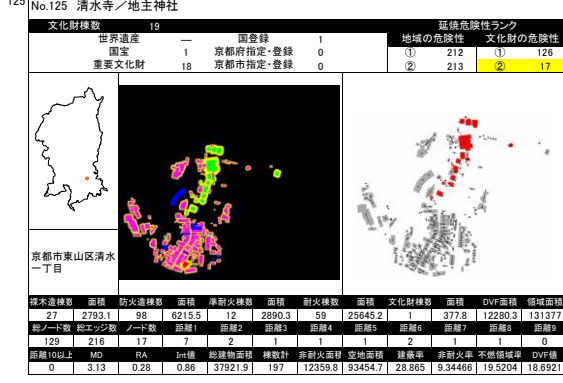
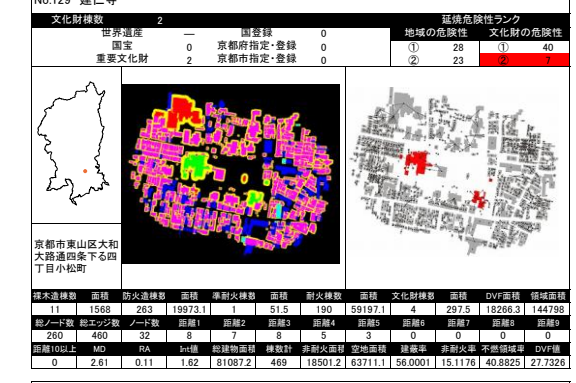
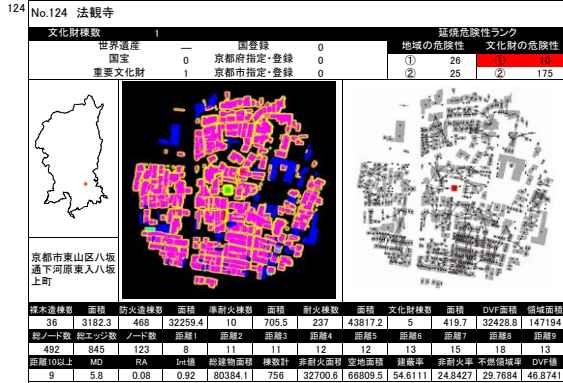
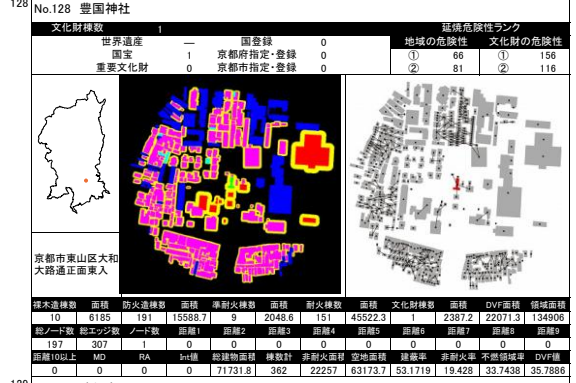
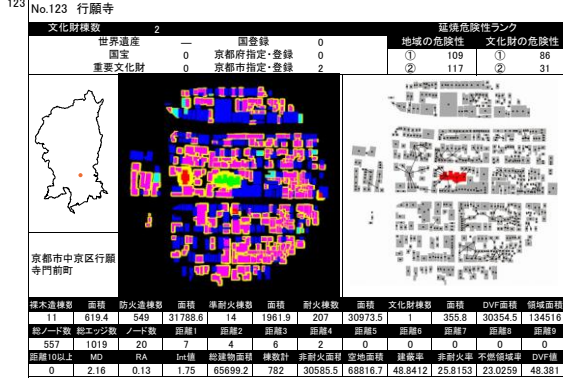
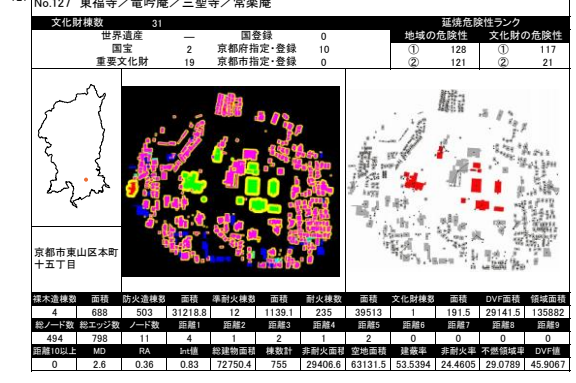
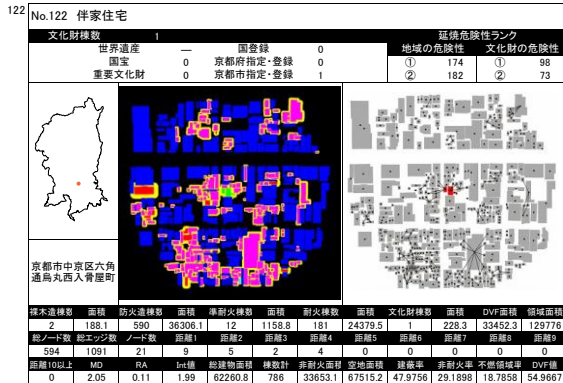
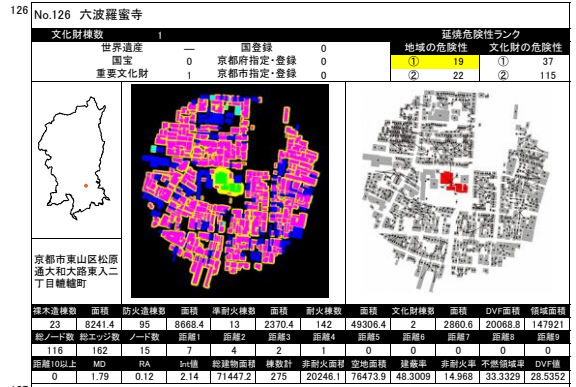
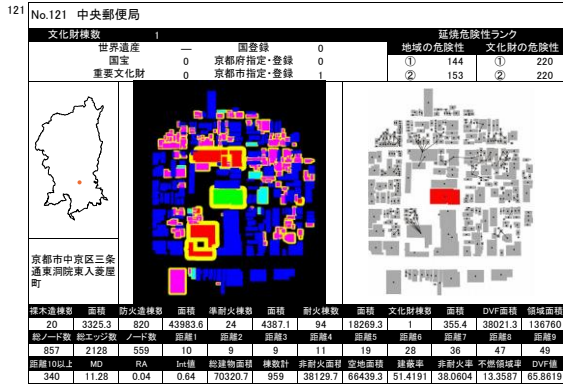


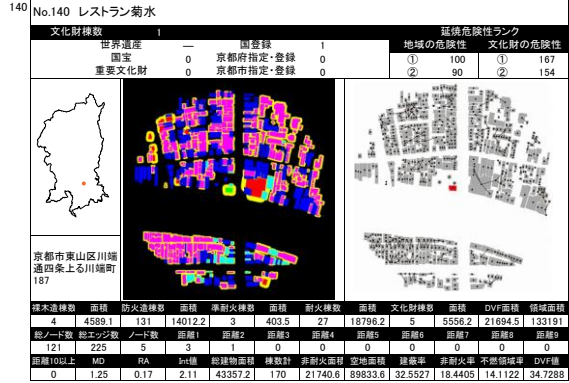
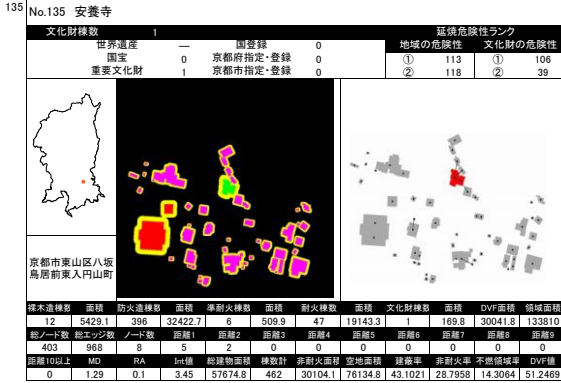
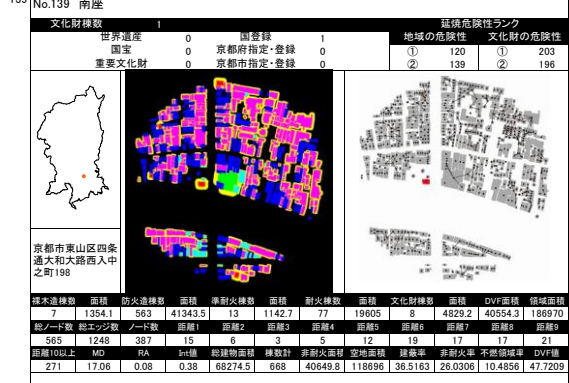
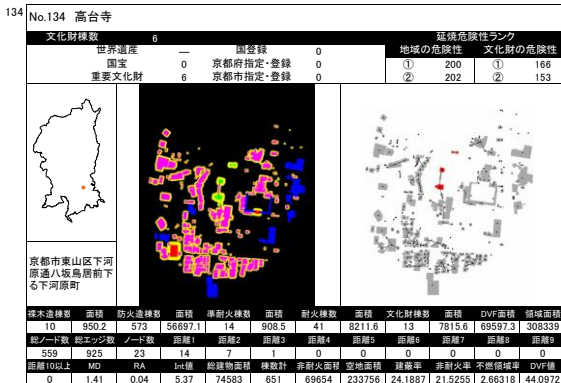
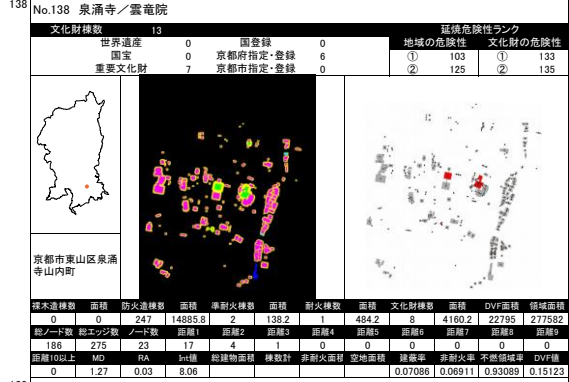
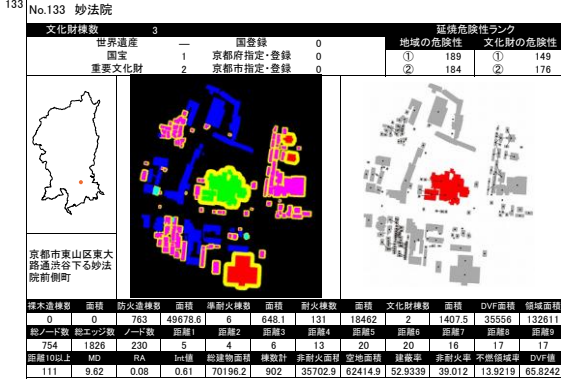
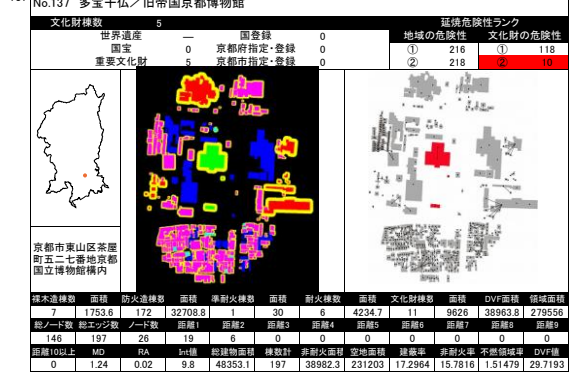
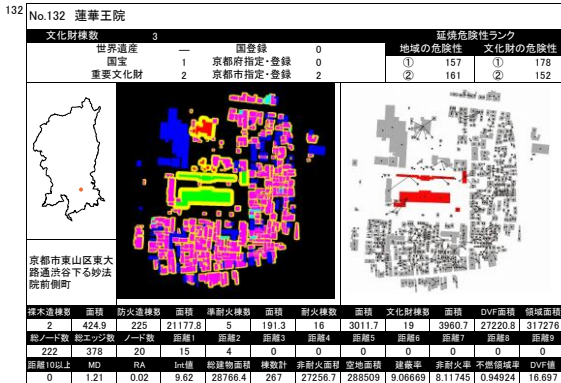
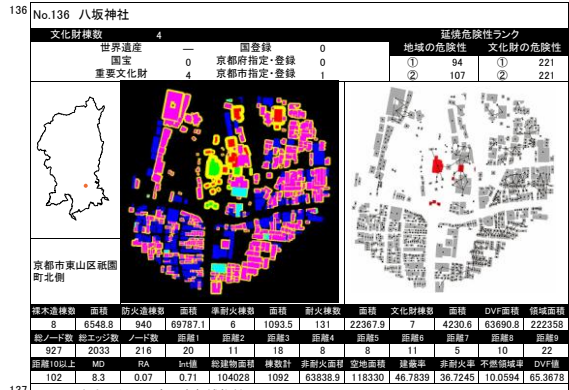
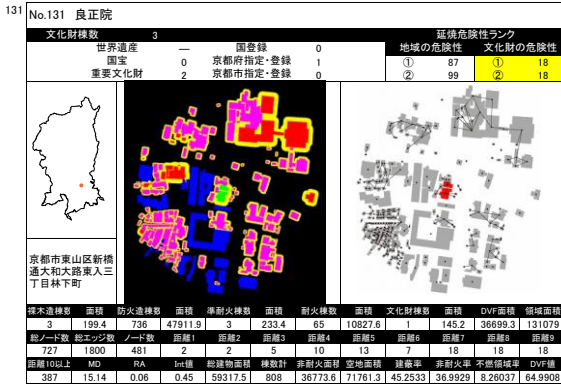


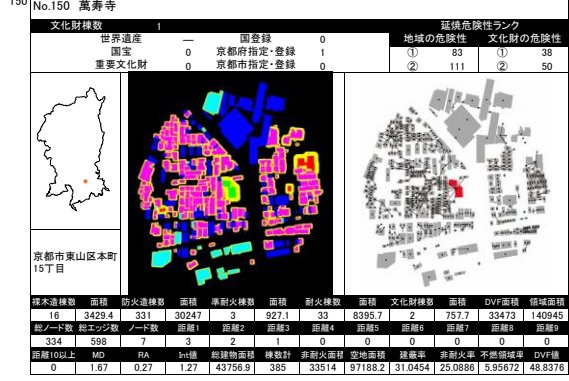
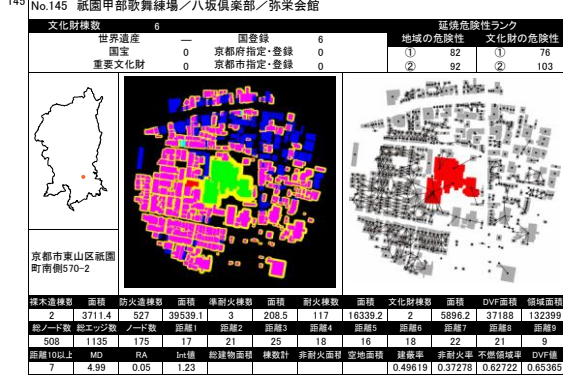
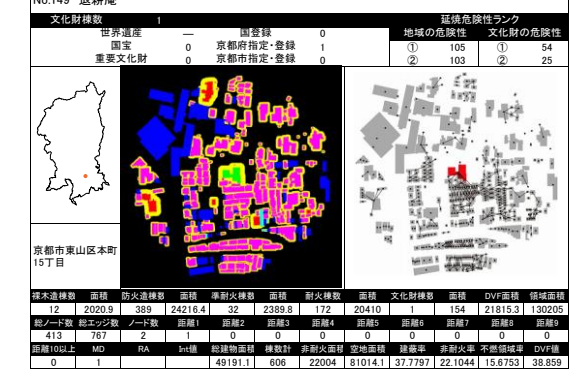
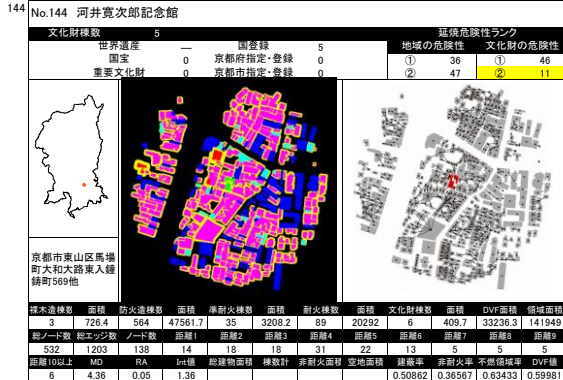
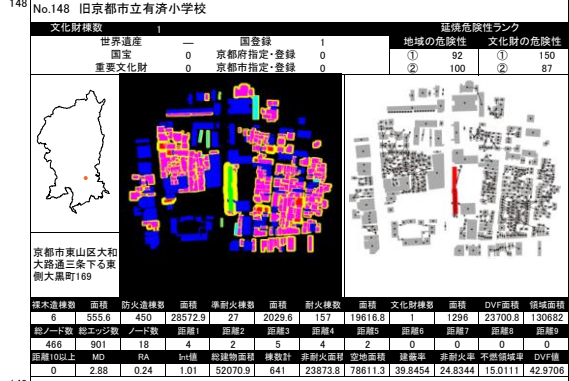
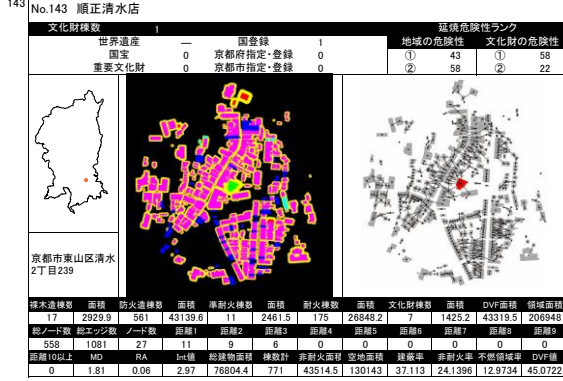
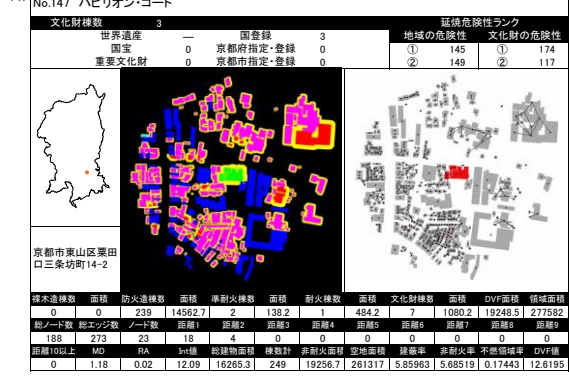
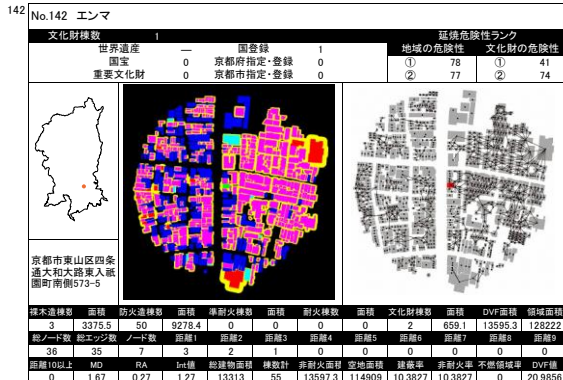
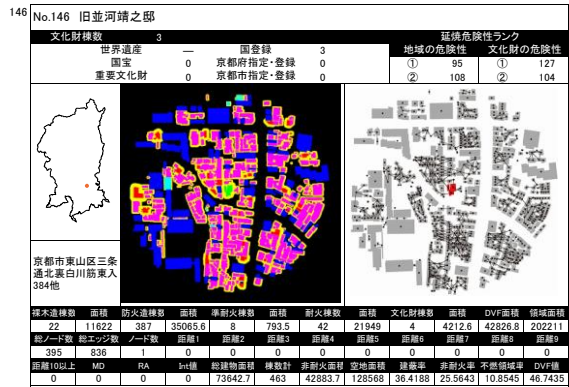
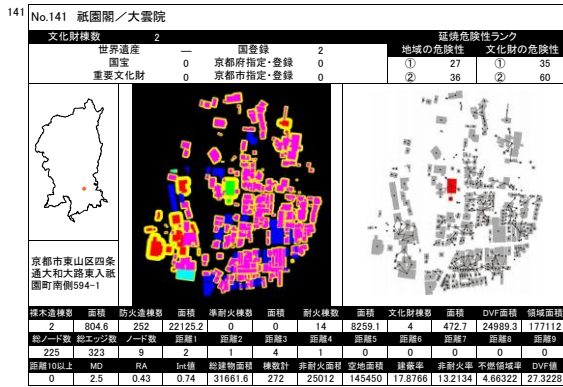


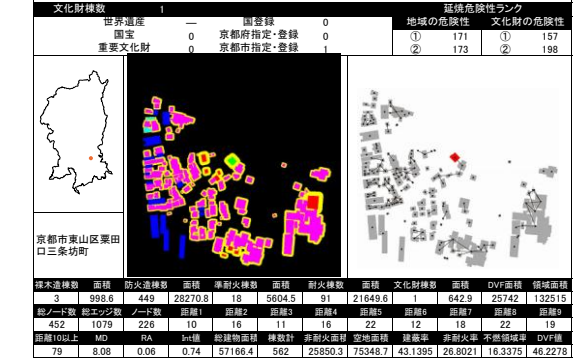
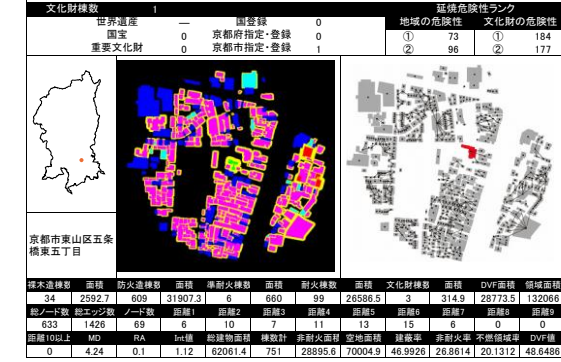
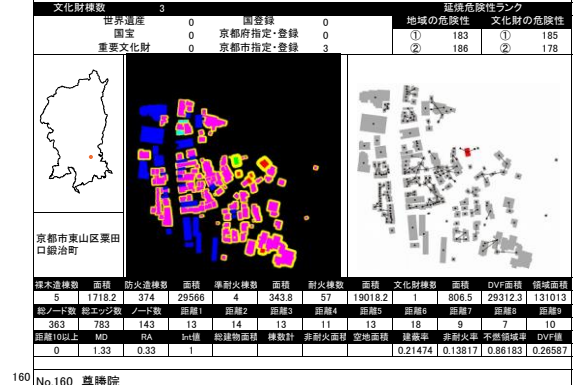
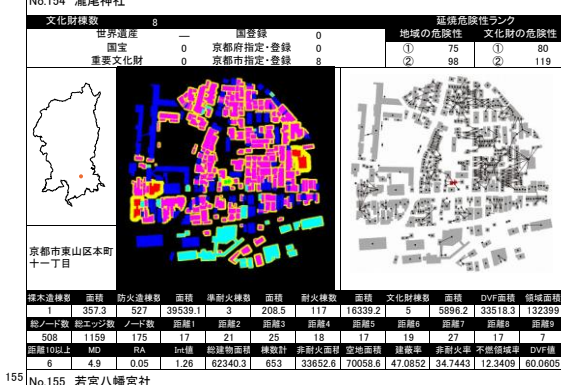
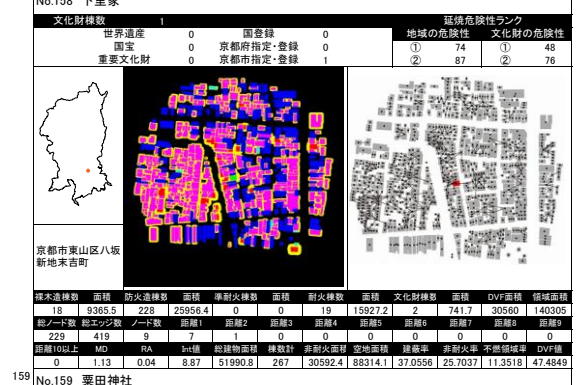
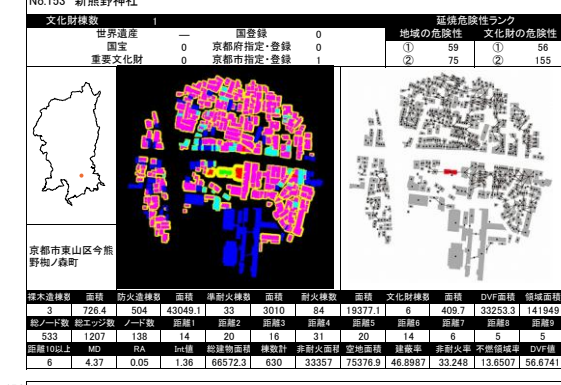
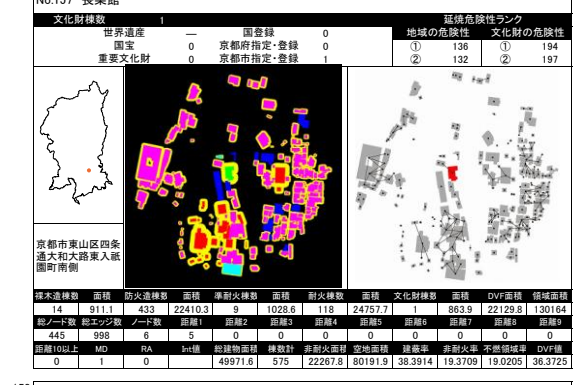
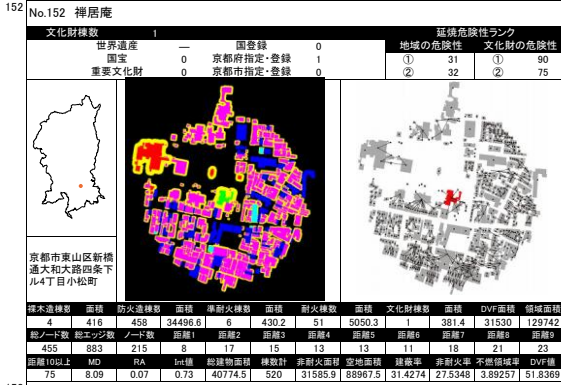
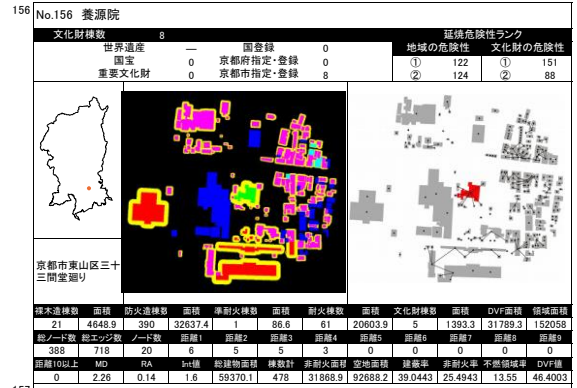
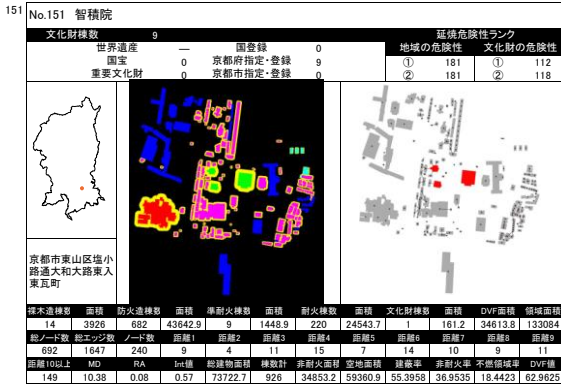


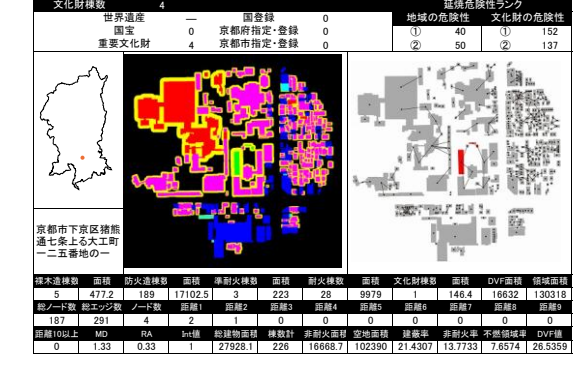
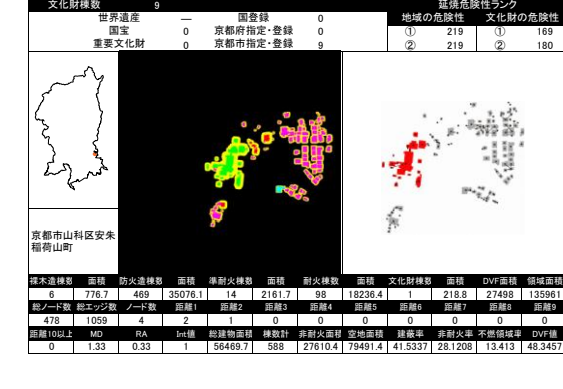
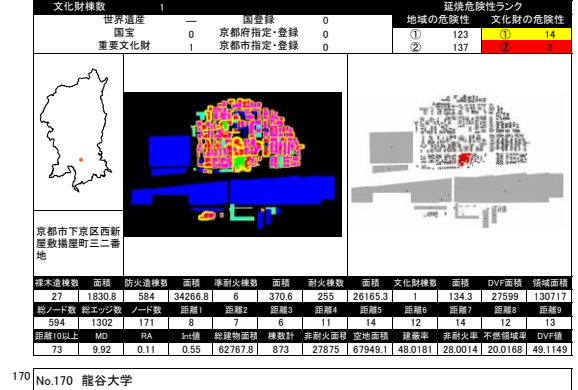
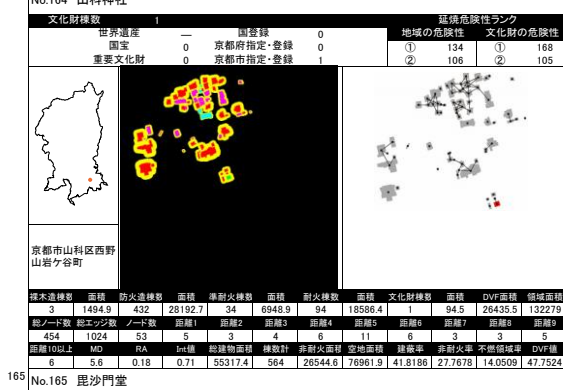
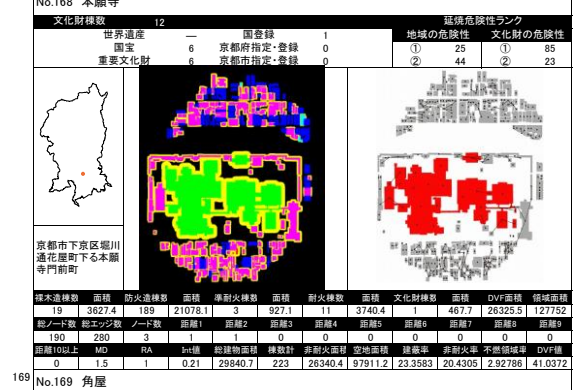
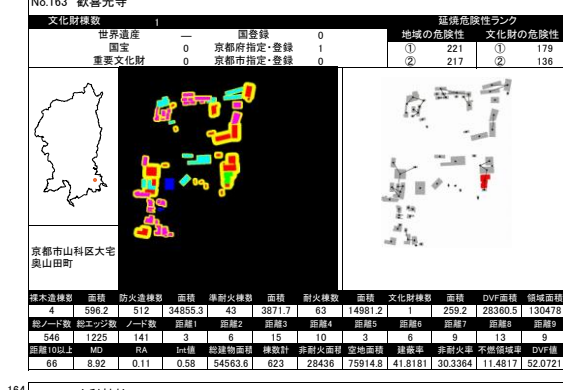
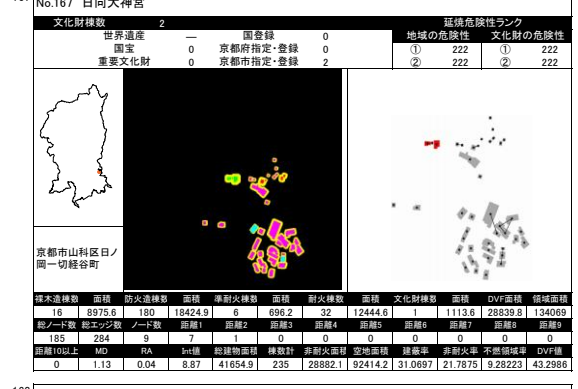
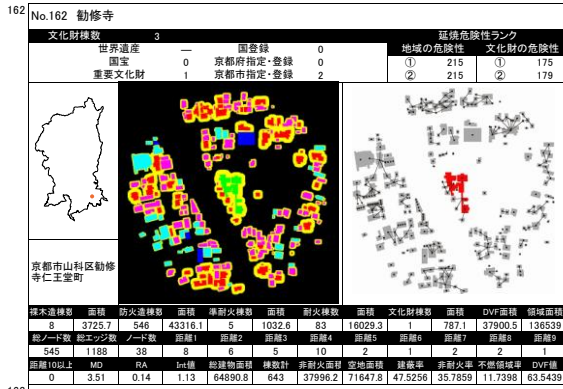
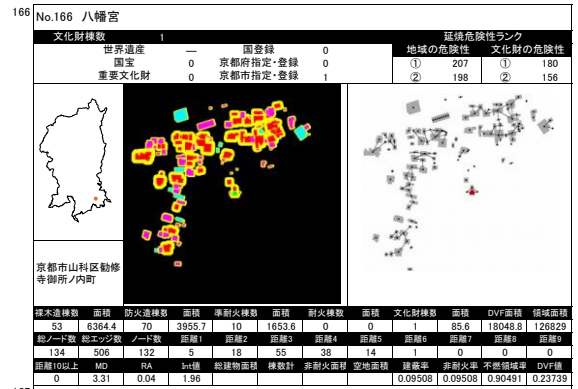
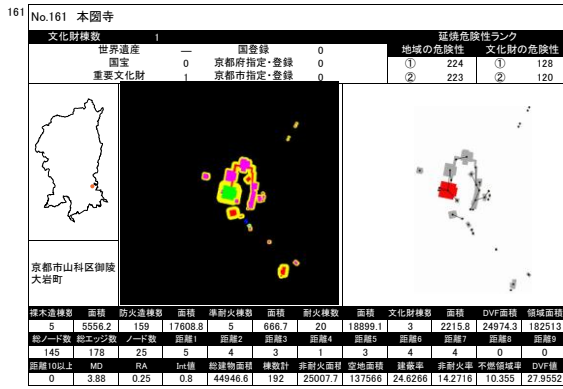


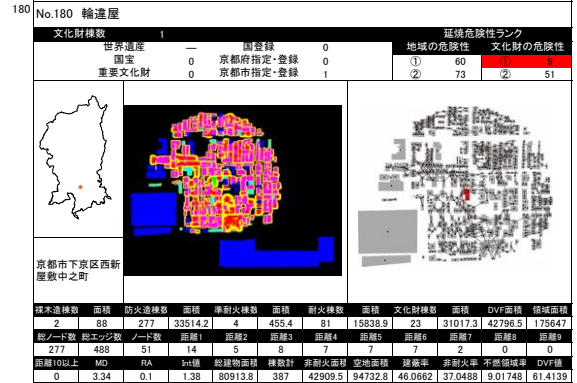
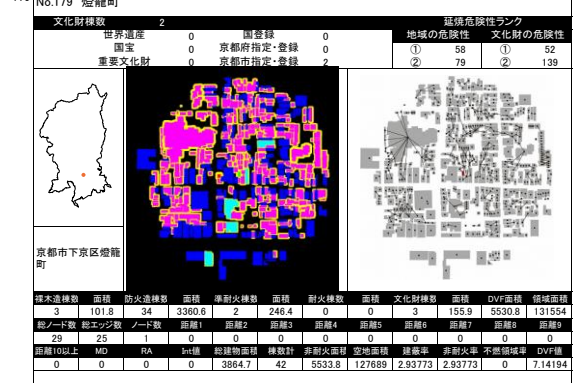
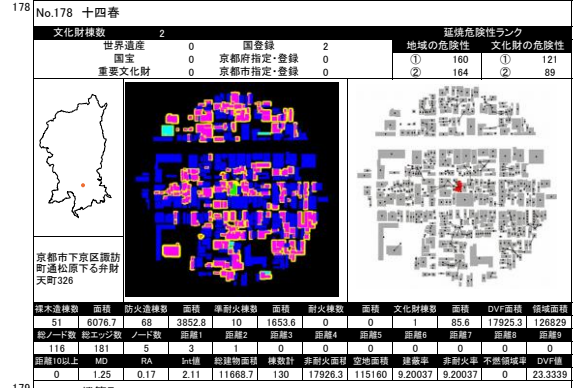
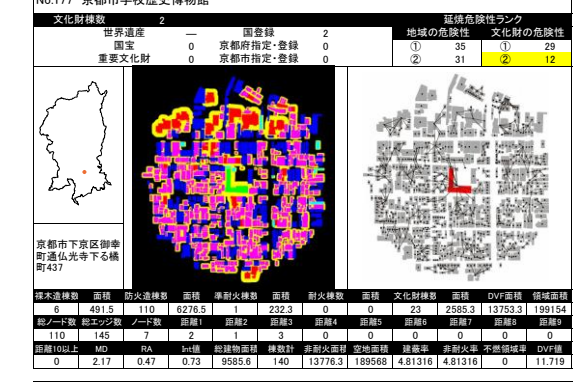
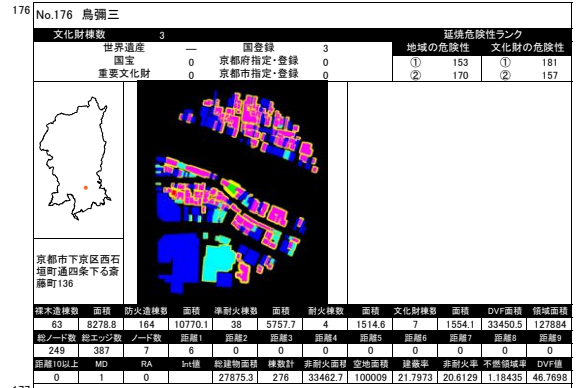
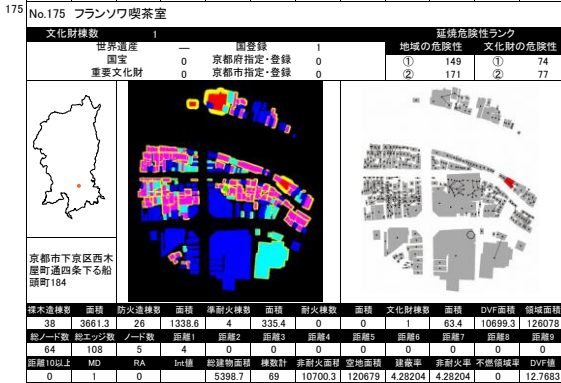
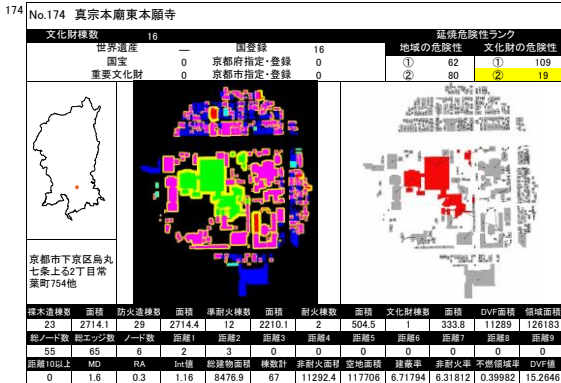
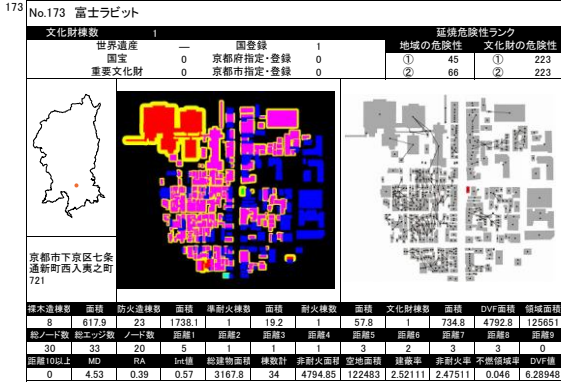
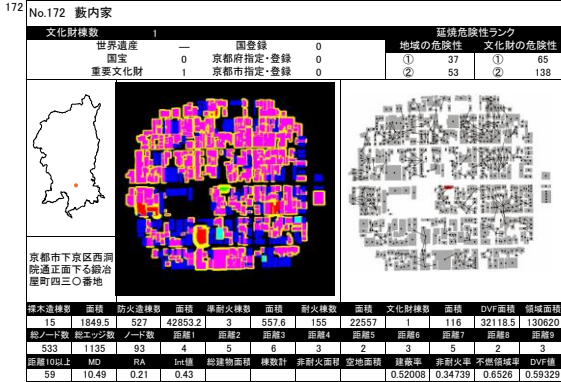
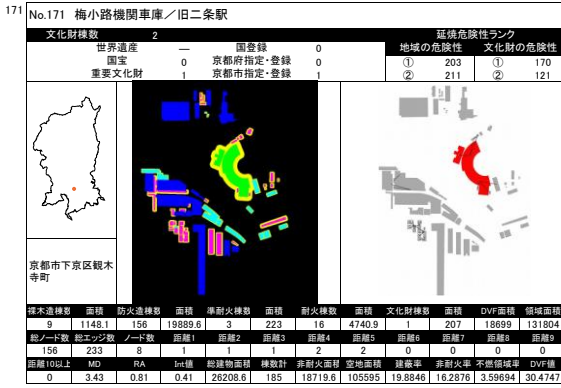


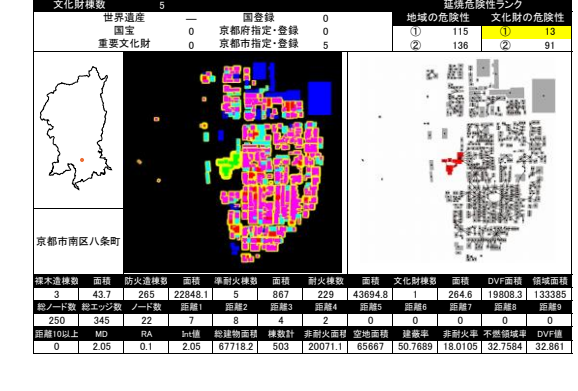
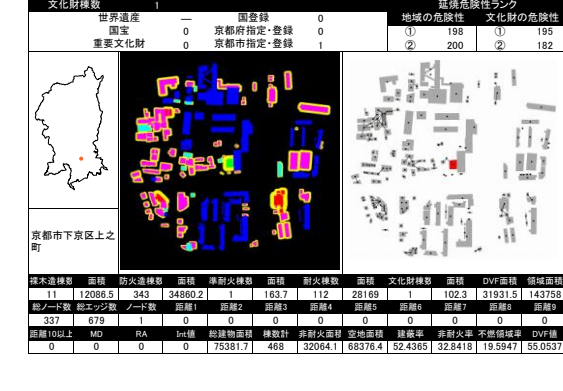
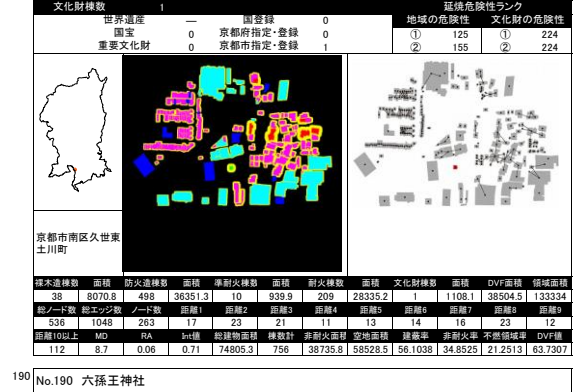
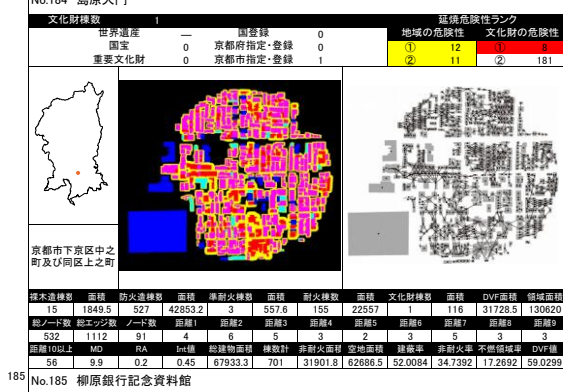
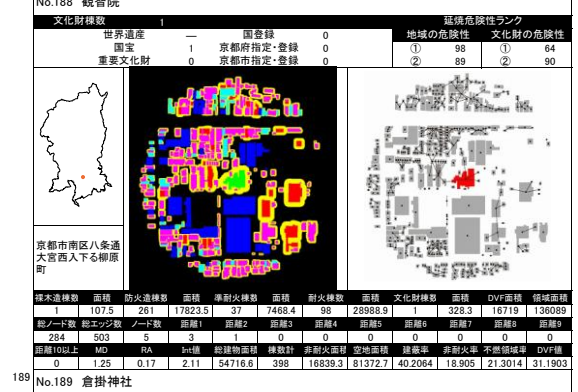
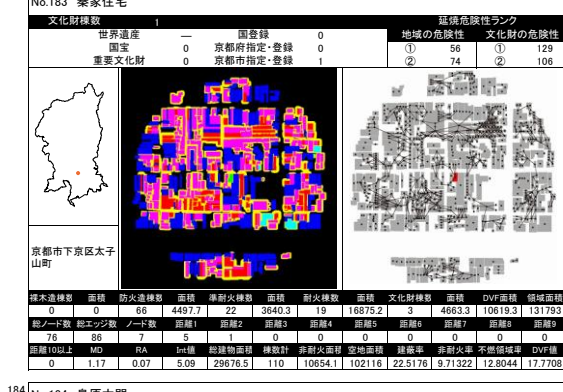
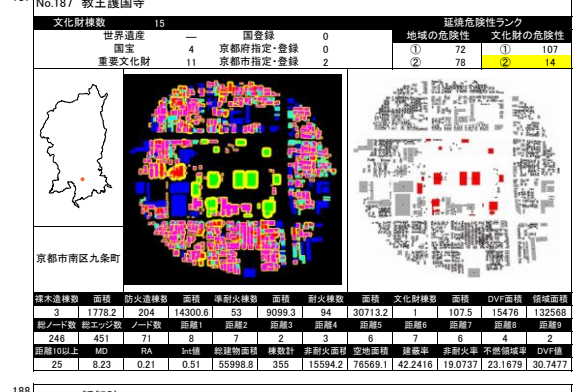
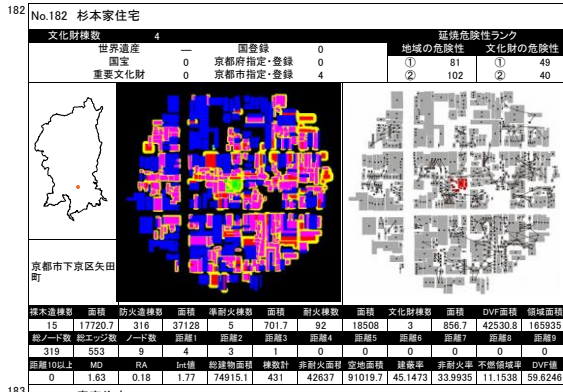
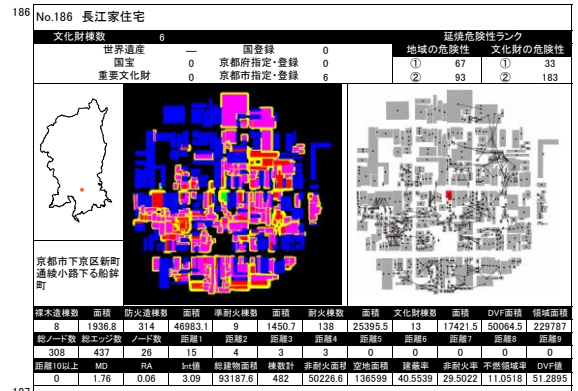
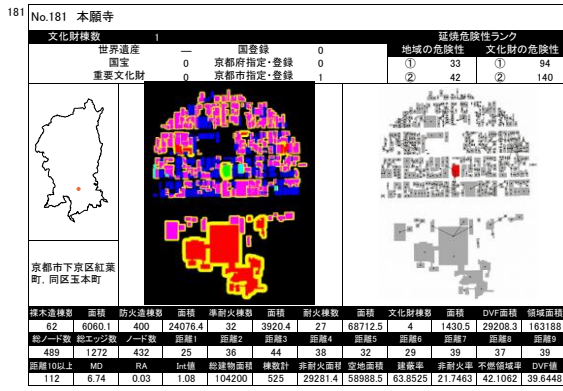


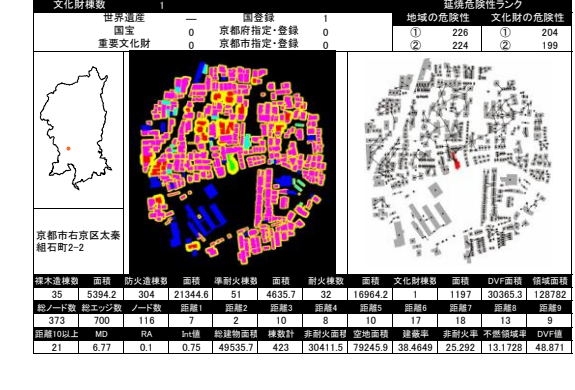
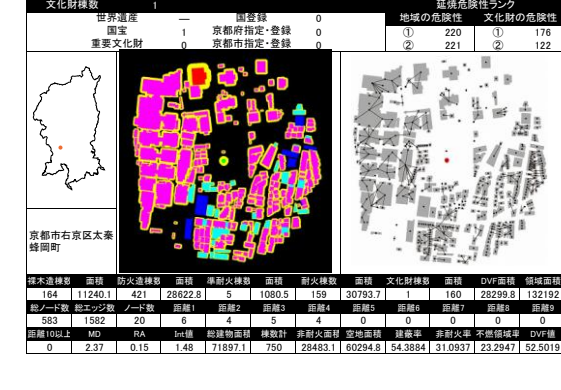
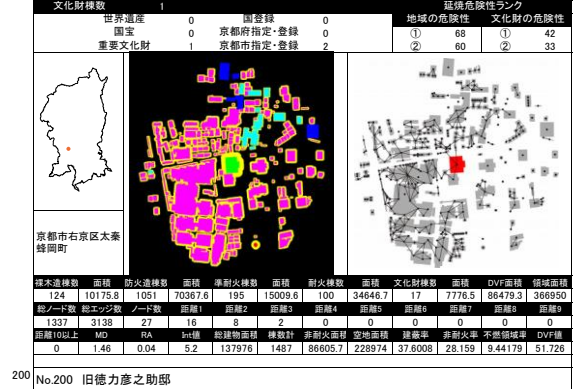
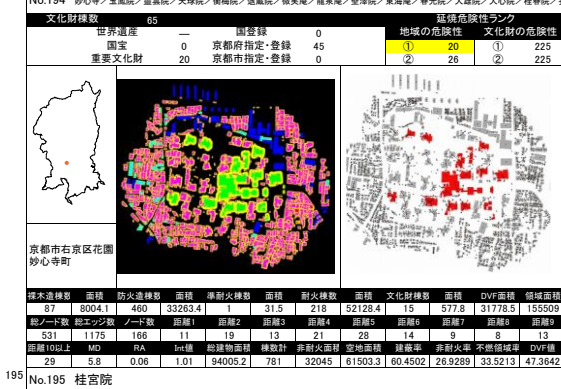
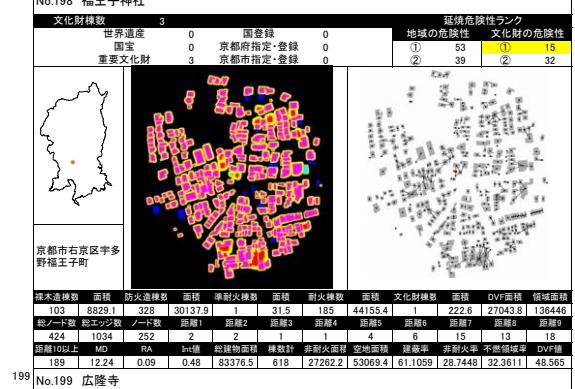
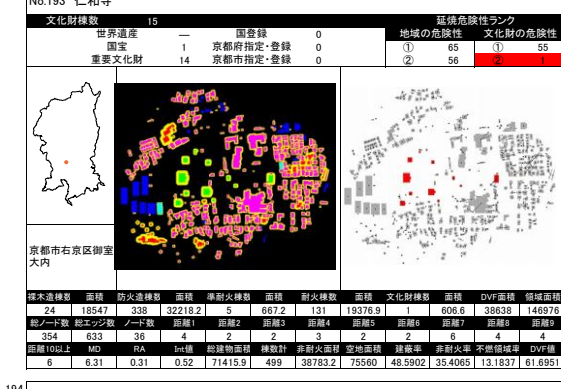
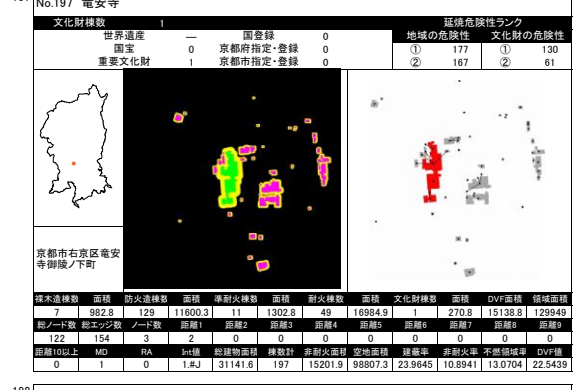
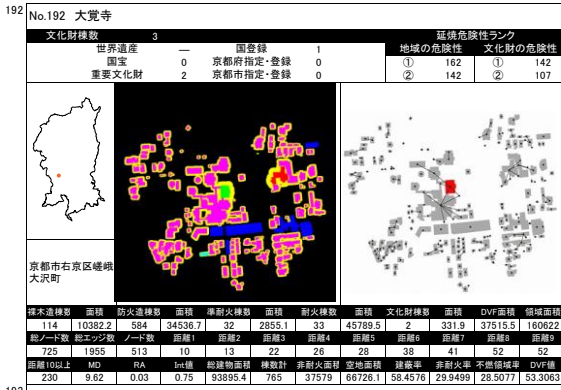
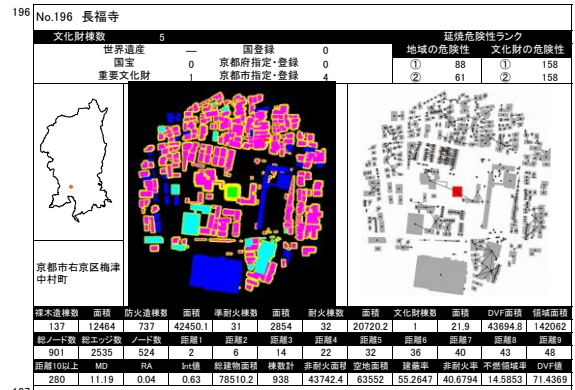
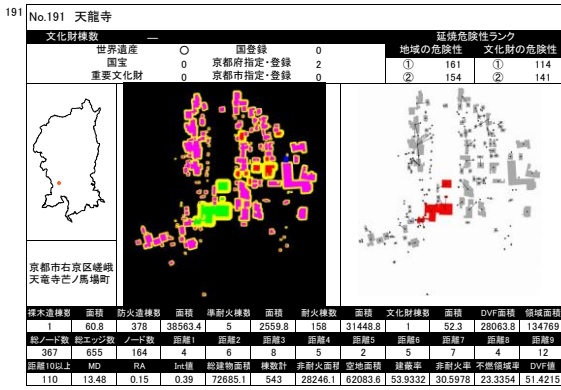


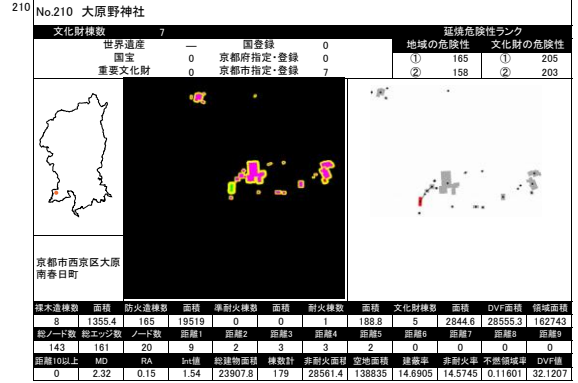
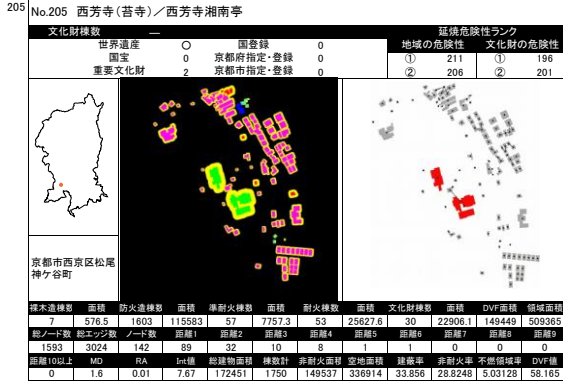
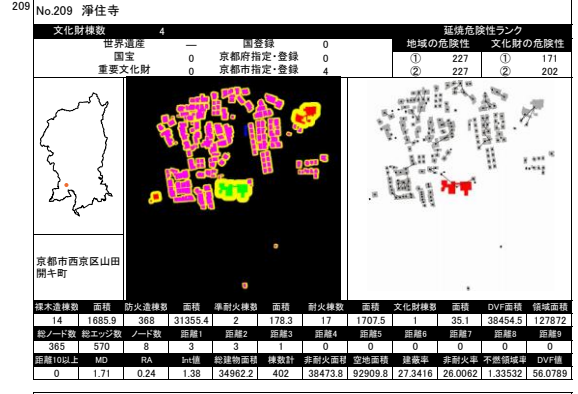
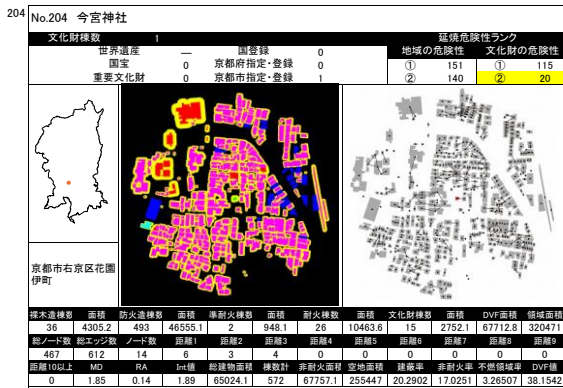
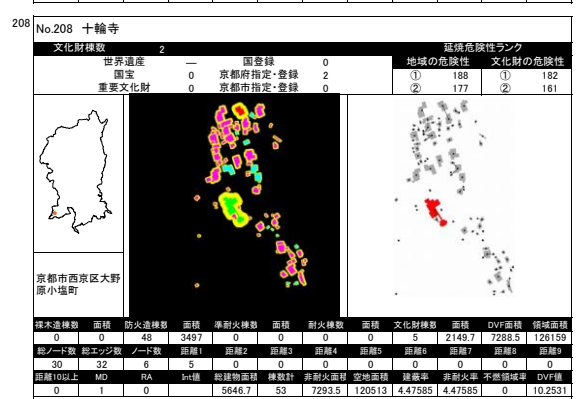
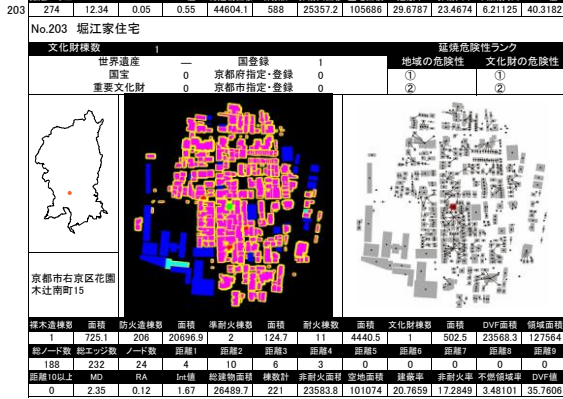
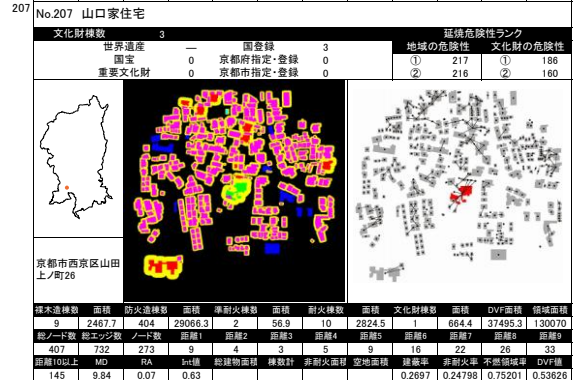
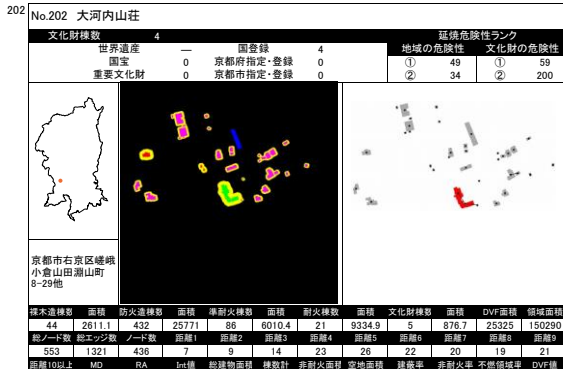
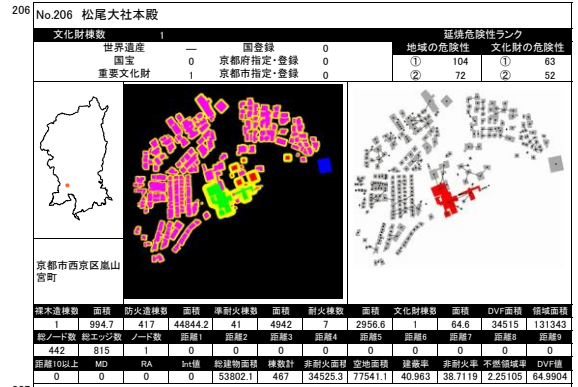
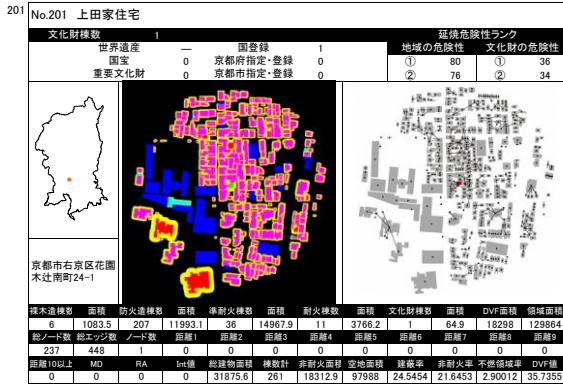


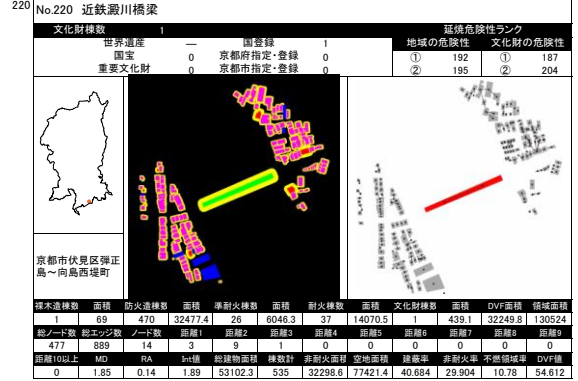
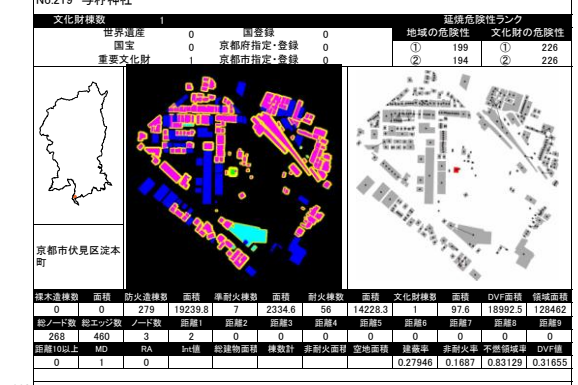
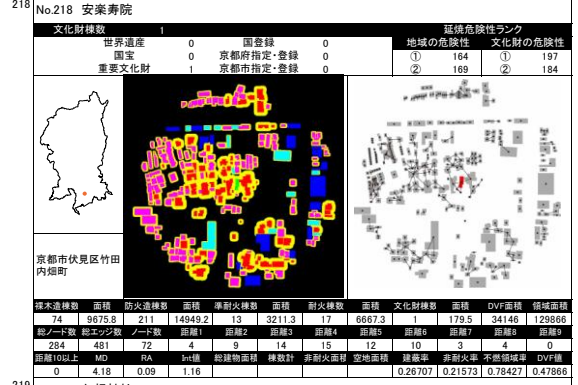
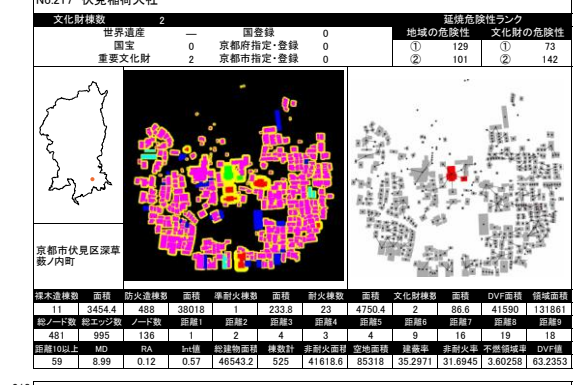
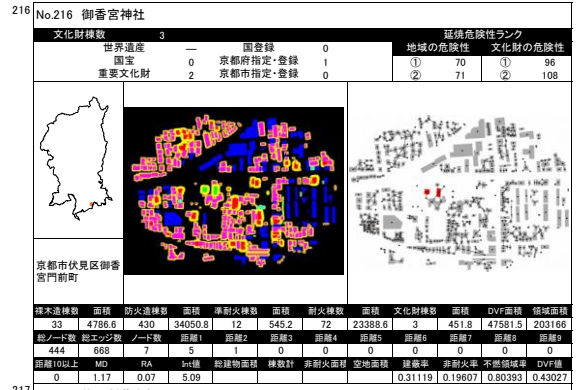
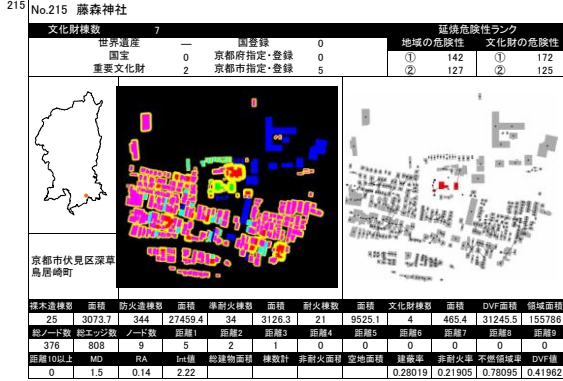
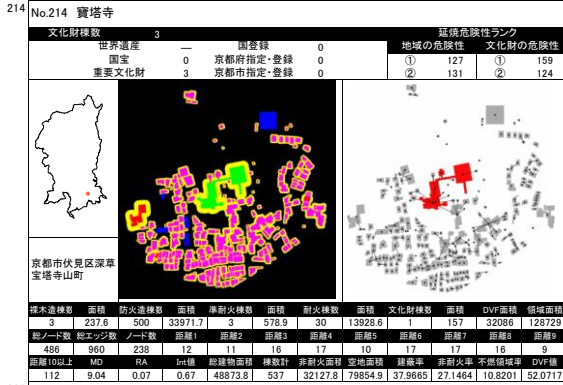
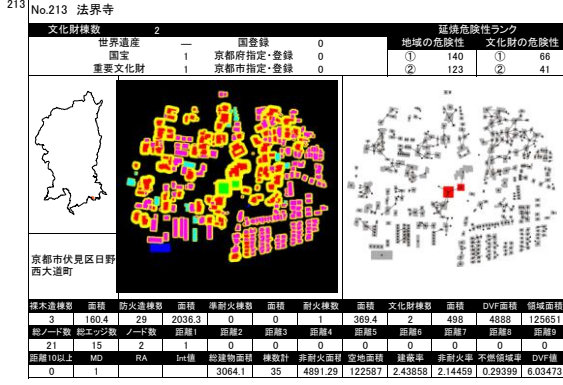
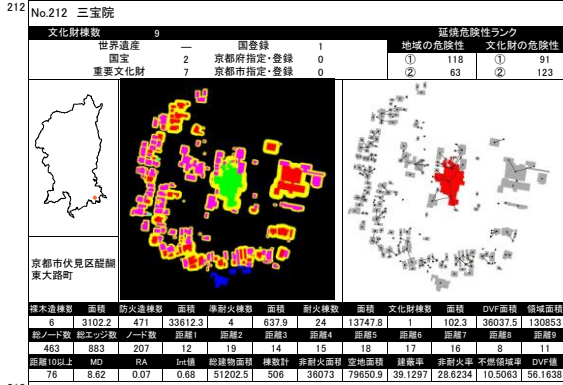
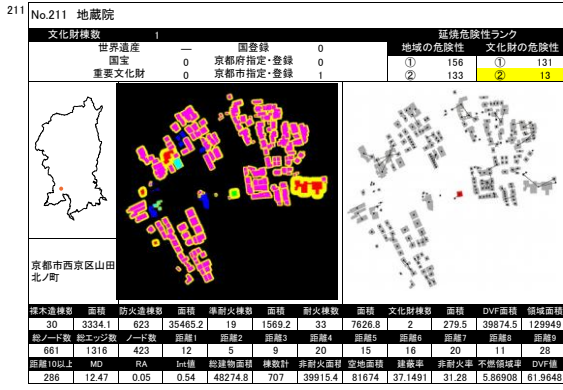












謝辭

謝辞

本論文の作成にあたり、多くの方からご指導やご協力をいただきました。ここに心から感謝の気持ちを申し上げます。

まず、本研究を修士過程の頃から継続してご指導いただいた立命館大学工学部建築都市デザイン学科教授・及川清昭先生に、深く感謝の意を表します。論文構成からプログラミングによる解析、執筆に至るまで、本論の多くの部分をご指導いただきました。及川先生の熱心で暖かいご指導が無ければ、博士論文としてまとめ上げることはできませんでした。本当にありがとうございました。

本論文で提案を行った手法の基礎となる概念を示して下さった、東京理科大学工学部第一部建築学科准教授・郷田桃代先生に感謝致します。郷田先生のこれまでの研究を展開することで、本論文における手法を確立することができました。

本研究を行うにあたって必要な、建物配置図のポリゴンデータや文化財リスト等のデータベースを構築して下さった山下設計の鷺崎桃子さんをはじめ、立命館大学都市空間デザイン研究室のOBである小原信哉さん・藤原悠佑さん・加藤広樹さん・廣野典子さん・丹羽亮さん・井上僚平さんに感謝いたします。先輩方のこれまでの膨大な研究データの蓄積の上に、本論文は成り立っております。

また、京都市元学区界のGISデータを快くご提供頂いた立命館大学文学部地理学教室に対し御礼を申し上げます。特に瀬戸寿一さん（現・東京大学空間情報科学研究センター 特任助教）には、人口データの収集方法からGISの使用方法に至るまで、丁寧なアドバイスを頂きました。

本論文の執筆の際に、的確な助言を頂いた大阪工業大学教授・福原和則先生に感謝いたします。直接の教え子ではない著者に対しても、ご親切にご指導下さいました。

また、研究を進めるにあたって力を貸してくれた及川研究室のみんなに、改めてお礼を申し上げます。守口拓也君・木下淳史君・川勝悠司君には、データの作成や解析補助など、時には昼夜を徹して作業を手伝ってもらいました。また竹内真理さん・谷藤瞳さんには、本論文の一部となる解析を行ってもらいました。その他の及川研究室の学生みなさんにも、夏休みの貴重な時間を削っての、データの作成補助をしてもらいました。また、建築環境設備研究室の荻野浩之君には製本作業を手伝って頂きました。こうした協力があったはじめて、この論文をまとめることができたと思います。みんな、本当にありがとう。

博士課程の同期仲間の金度源さん、壇上徹君にもありがとうを伝えたいです。研究についてはもちろんのこと、時には愚痴になってしまう様な悩みまで聞いてもらい、精神的にもサポートしてくれました。頼りになる二人と博士課程の3年間を歩んでくれたことをとても幸せに思います。

最後に私事となりますが、著者の長い学生生活を、いつも暖かく応援してくれた家族に、心から感謝の気持ちを申し上げます。

2013年12月
松宮 かおる