

博 士 論 文

可視領域に基づく建築・都市空間の 計量的分析手法とその適用

(A Quantitative Analysis Methods and Its Applications for Architectural
and Urban Spaces Based on the Region Visible from a Particular Point)

2015 年 7 月

藤井 健史

立命館大学審査博士論文

可視領域に基づく建築・都市空間の 計量的分析手法とその適用

(A Quantitative Analysis Methods and Its Applications for
Architectural and Urban Spaces Based on the Region Visible
from a Particular Point)

2015 年 7 月

July, 2015

藤井 健史

FUJII Takeshi

主査：及川 清昭 教授

Principal referee: Professor OIKAWA Kiyooki

第1章 序章	・ ・ ・ ・ ・ 1
1. 1 研究の背景と動機	・ ・ ・ ・ ・ 2
1. 2 研究の目的	・ ・ ・ ・ ・ 4
1. 3 論文の構成	・ ・ ・ ・ ・ 5
1. 4 関連研究の概観と基礎的概念の整理	・ ・ ・ ・ ・ 7
1. 4. 1 可視領域の基礎研究	・ ・ ・ ・ ・ 7
1. 4. 2 可視領域の基礎的概念	・ ・ ・ ・ ・ 8
(1) 可視と不可視	
(2) 可視領域	
1. 4. 3 可視領域の定量化諸手法と各既往研究成果	・ ・ ・ ・ ・ 10
(1) 可視点の数え上げによる定量化	
(2) 可視面積・可視体積による定量化	
(3) 平面角・立体角による定量化	
(4) 撮影写真の画像処理や現地実測による定量化	
1. 5 本論文の位置づけ	・ ・ ・ ・ ・ 18
注釈	
参考文献	

第2章 可視領域の定量化手法の提案	・ ・ ・ ・ ・ 27
2. 1 はじめに	・ ・ ・ ・ ・ 28
2. 2 可視面積計量の発展的手法	・ ・ ・ ・ ・ 28
2. 2. 1 手法の詳細	・ ・ ・ ・ ・ 28
(1) 可視面積の定義	
(2) CAD データの作成	
(3) 必要パラメータの抽出	
(4) メッシュ分割	
(5) 視距離の設定	
(6) 可視面積の計量例	
2. 2. 2 発展的提案	・ ・ ・ ・ ・ 31
(1) 段階的視距離の導入	
(2) 可視面積の計量結果の重ねあわせの導入	
2. 3 全天球パノラマ画像法	・ ・ ・ ・ ・ 33
2. 3. 1 3次元CGモデルの作成	・ ・ ・ ・ ・ 33
2. 3. 2 仮想カメラの設定と画像出力	・ ・ ・ ・ ・ 34
2. 3. 3 全天球パノラマ画像の合成	・ ・ ・ ・ ・ 35
2. 4 球面展開図法	・ ・ ・ ・ ・ 36
2. 4. 1 球面展開図の作成	・ ・ ・ ・ ・ 36
2. 4. 2 精度検証	・ ・ ・ ・ ・ 37
2. 5 可視量の表現手法	・ ・ ・ ・ ・ 38
2. 6 本章のまとめ	・ ・ ・ ・ ・ 38
注釈	
参考文献	

第3章 可視面積の発展的計量手法の適用例	・ ・ ・ ・ ・ 41
3. 1 はじめに	・ ・ ・ ・ ・ 42
3. 2 大学キャンパスの外部空間における視覚的な広がりの変遷把握	・ ・ ・ ・ ・ 42
3. 2. 1 背景と目的	・ ・ ・ ・ ・ 42
3. 2. 2 既往研究との位置づけ	・ ・ ・ ・ ・ 43
3. 2. 3 用語の適宜と評価手法	・ ・ ・ ・ ・ 44

(1) 閉境界と開境界	
(2) 視距離の設定	
(3) 分析指標	
(4) BKC の建物配置概要と計算条件	
3. 2. 4 単純モデルによる可視面積の基本的性質の確認	・ ・ ・ ・ ・ 47
(1) 形態の差異による可視領域の変化	
(2) 遮蔽物数およびその配置の差異による可視領域の変化	
(3) 建物の追加による可視面積の減少量の把握	
3. 2. 5 BKC キャンパス外部空間における可視面積の計量結果	・ ・ ・ ・ ・ 50
(1) 視距離無限による計量結果	
(2) 視距離 100m による計量結果	
(3) 視距離 24m による計量結果	
3. 2. 6 2010 年新学棟建設による視覚的影響のシミュレーション	・ ・ ・ ・ ・ 56
3. 2. 7 小結	・ ・ ・ ・ ・ 56
3. 3 小学校の自然監視性の評価	・ ・ ・ ・ ・ 57
3. 3. 1 背景と目的	・ ・ ・ ・ ・ 57
3. 3. 2 既往研究との位置づけ	・ ・ ・ ・ ・ 58
3. 3. 3 用語の定義と評価手法	・ ・ ・ ・ ・ 59
(1) 外部自然監視量と対外自然監視量	
(2) 自然監視量の計量手法と研究対象	
(3) 分析指標	
3. 3. 4 小学校 46 事例の自然監視性の評価結果と考察	・ ・ ・ ・ ・ 61
(1) 小学校の自然監視性の分析例	
(2) 46 校の統計的分析	
3. 3. 5 監視カメラの設置位置シミュレーション	・ ・ ・ ・ ・ 65
3. 3. 6 小結	・ ・ ・ ・ ・ 66
3. 4 本章のまとめ	・ ・ ・ ・ ・ 67
注釈	
参考文献	

第 4 章 全天球パノラマ画像法の適用例	・ ・ ・ ・ ・ 71
4. 1 はじめに	・ ・ ・ ・ ・ 72
4. 2 背景と目的	・ ・ ・ ・ ・ 72
4. 3 既往研究との位置づけ	・ ・ ・ ・ ・ 73
4. 4 可視窓面積率の計量手法	・ ・ ・ ・ ・ 74
4. 4. 1 計量手法の概要	・ ・ ・ ・ ・ 74
4. 4. 2 可視窓面積率の計量精度の検証	・ ・ ・ ・ ・ 75
4. 4. 3 可視窓面積率の基本的な計量的特性の確認	・ ・ ・ ・ ・ 76
4. 5 小学校の基本的な配置形態毎の可視窓面積率の分布特性	・ ・ ・ ・ ・ 77
4. 5. 1 単純モデルⅡの設定	・ ・ ・ ・ ・ 77
4. 5. 2 視認可能距離の設定	・ ・ ・ ・ ・ 77
4. 5. 3 単純モデルⅡの可視窓面積率の計量結果	・ ・ ・ ・ ・ 78
4. 6 小学校 5 事例の自然監視性の評価への適用	・ ・ ・ ・ ・ 81
4. 6. 1 樹木や周辺建物を勘案した可視窓面積率の計量手法の検討	・ ・ ・ ・ ・ 81
4. 6. 2 小学校の実例 3 次元モデルの作成	・ ・ ・ ・ ・ 82
4. 6. 3 対象小学校における可視窓面積率の計量結果と考察	・ ・ ・ ・ ・ 84
4. 7 本章のまとめ	・ ・ ・ ・ ・ 89
注釈	
参考文献	

第5章 球面展開図法の適用例	・ ・ ・ ・ ・ 93
5. 1 はじめに	・ ・ ・ ・ ・ 94
5. 2 全方位緑視率の計量による大学キャンパスの緑地環境の把握	・ ・ ・ ・ ・ 95
5. 2. 1 背景と目的	・ ・ ・ ・ ・ 95
5. 2. 2 既往研究との位置づけ	・ ・ ・ ・ ・ 96
5. 2. 3 全方位緑視率の計量手法の構築	・ ・ ・ ・ ・ 97
(1) 計量手法の概要	
(2) 全方位緑視率の基本的分布特性の確認	
(3) 樹冠の形状分類の反映の検討	
5. 2. 4 BKCの全方位緑視率計量モデルの作成	・ ・ ・ ・ ・ 100
(1) 現地実測調査の方法と緑地の表現方法	
(2) 緑地種別ごとの計量方法	
(3) 歩行可能範囲・歩行不可能範囲の設定	
5. 2. 5 BKCの全方位緑視率の計量結果	・ ・ ・ ・ ・ 101
5. 2. 6 BKCの樹木配置計画シミュレーション	・ ・ ・ ・ ・ 104
(1) シミュレーションモデルの設定	
(2) シミュレーション結果	
5. 2. 7 小結	・ ・ ・ ・ ・ 107
5. 3 樹木配置シミュレーションによる緑の立体的な可視量の比較分析	・ ・ ・ ・ ・ 108
5. 3. 1 シミュレーションの条件設定	・ ・ ・ ・ ・ 109
(1) 基準モデルの設定	
(2) パラメーターの設定	
5. 3. 2 樹木形状シミュレーションの緑視率計量結果	・ ・ ・ ・ ・ 111
(1) 樹冠形状タイプ変更シミュレーション	
(2) h1 変更シミュレーション	
(3) h2 変更シミュレーション	
(4) w 変更シミュレーション	
5. 3. 3 配置条件シミュレーションの緑視率計量結果	・ ・ ・ ・ ・ 115
(1) 配置パターン変更シミュレーション	
(2) l変更シミュレーション	
(3) n 変更シミュレーション	
5. 3. 5 小結	・ ・ ・ ・ ・ 118
5. 4 本章のまとめ	・ ・ ・ ・ ・ 119
注釈	
参考文献	
第6章 結章	・ ・ ・ ・ ・ 121
6. 1 各章の要約	・ ・ ・ ・ ・ 122
6. 2 全体の総括	・ ・ ・ ・ ・ 127
6. 3 今後の展望	・ ・ ・ ・ ・ 129
本論と関連する発表論文一覧	・ ・ ・ ・ ・ 132
付録	・ ・ ・ ・ ・ 135

1. 序章



1.1 研究の背景と動機

人間が五感によって知覚する情報のうち、視覚に依存する情報の割合は8割を超え
るという¹⁾。建築や都市に関しても例外ではなく、その興味の多くは視覚に根差した
ものではないか。筆者自身、建築や都市を訪れて感動したり、そこから何かを読み取
ろうとしたりするとき、それは視覚に依るところが大きいように思う。しかし、ひと
くちに「視覚に依る」と言っても、視覚を通して人間が感受することのできる情報の
属性は様々であり、形状や大きさ、色や素材、光と影、人々の活動の様子など、枚挙
に暇がない。そのような多種多様な視覚情報が複雑に交錯し、関係し合う中で生み出
される一つの総体としてのイメージを、我々は視覚を通して感受していると理解する
ことができる。しかし、このような一連の複雑な情報処理は往々にして無自覚的・感
覚的に為されるのであって、これを他者に説明したり、共有したりする作業の困難さ
は誰しもが経験したことがあるだろう。厳密な意味においては、個人が知覚した情報
の総体を何の欠損も無く他者に伝えるような作業は不可能であるとも言える。

それでもなお、建築や都市を学問の対象とし、これを計画・制御するための知識や
手段を人類として培っていく必要がある限り、他者に情報を伝え、共有する手立てが
必要となることは言うまでもない。建築・都市分野ではしばしば言葉や図面、模式
図、スケッチ、写真などといった伝達手段によって伝えられ、理解される。ここで改
めて注目すべきことは、これらの伝達手段はすべからく抽象化の手続きを経ていると
いうことである。抽出される要素以外の膨大な情報が捨象されるリスクを負ってでも
なお、我々が抽象化された記述方法に基づくコミュニケーションを行うのは、他者と
何かしらの事象を共有するという元来不可能であるはずの行いが、抽象化の手続きを
もってのみ、ついに達成されるからである。

また同時に、抽象化の手続きは、ある事象に特定の観点を与える作業であるとも言
える。よって、「何をどの様に抽象化（記述）するのか」という問いは、方法自体を
問うにとどまらず、「その事象をどの断面から観測するのか」という問いに他ならな
い。逆を言えば、従来の方法では観測することのできない性質や関係性を見出すため
に、我々はある事象をどの様に抽象化し、記述すべきかを思案するのである。

さて、空間事象を高度に抽象化し、客観的に記述する方法の1つとして幾何学的な
アプローチが挙げられる。図形や立体に備わる数理的な性質を援用し、建築や都市を
めぐる諸現象を形態的な側面から数字で説明しようとする方法である。本論文はその

ような幾何学的な手法の中にあっても、特に可視領域と呼ばれる概念に焦点を絞り、その定量化を軸に議論を進める。可視領域の定量化は、「人間の視界において何がどれだけ見えるのか」を計量する行いであり、様々な視覚的な情報のうち、空間の広がりや特定の景観構成要素の見えの大きさを定量化する試みである。詳細は本章4節に譲るが、これまでも景観分析や空間構造の把握などの研究において、可視領域の定量化はしばしば行われてきた。しかしながら、可視領域の定量化手法は未だ発展途上の技術であり、扱う研究対象によっては既存の手法では対応できないケースも見受けられた。可視領域の定量化手法には更なる発展が必要である。

冒頭でも述べたように、人間の視環境は複雑さを極めると同時に、空間把握や印象の形成に重要な影響を及ぼすものである。「何がどれだけ見えるのか」という可視領域が与える視座は、そのような複雑かつ重要な人間と視環境との関係性のごく一部を描き出しているに過ぎないとしても、これをひも解く手がかりとしての役割を筆者は期待せずにはいられない。可視領域の定量化という、人間の視環境の記述法を発展させ、これが与える断面から実際の空間事象がどのように把握されるのかを示すことで、この分野の技術的発展と学問的な位置づけに対して貢献したい。

1.2 研究の目的

前述の背景より、本論文の第一の目的は、既往の研究成果を踏まえ、可視領域の定量化についてのいくつかの手法を新たに提案することにある。手法の解説や既往研究との位置づけに関しては各章に譲るが、具体的には以下の3つの手法を提案している。

- 1) 可視面積計量による定量化の発展的手法 (2,3 章)
- 2) 全天球パノラマ画像による3次元的な可視量の定量化手法 (2,4 章)
- 3) 球面展開図法による立体角に基づいた可視量の定量化手法 (2,5 章)

本論文の第二の目的はこれらの計量・分析手法を現実事象へ適用し、その有効性を主張することにある。それぞれの手法に適した以下の分析対象を設定し、各手法が与える観点から研究対象の分析を行い、客観的な考察を加える。

- 1) 大学キャンパスの外部空間の視覚的な広がりの変遷把握 (3 章)
- 2) 小学校の自然監視性の評価 (3 章, 4 章)
- 3) 大学キャンパスにおける緑の立体的な可視量の把握 (5 章)
- 4) 樹木配置シミュレーションによる緑の立体的な可視量の比較分析 (5 章)

以上の取り組みを通じて、可視領域の計量手法に新たな展開をもたらすとともに、建築・都市の計画に関する各事象に対して、客観的な把握・予測・判断を提供する手段の一つとして可視領域の計量を位置づける。また、分析を通して各課題の今後の計画の一助となる知見を提供することを本論文の目的とする。

1.3 論文の構成

本論文は第1章序論から第6章結章まで、6つの章によって構成される（図1-1）。

第1章では、背景と目的を述べたのち、可視領域の定量化に関する定義や諸概念について整理する。また、定量化の手法的分類に従って各既往研究成果を概観し、本論文の手法的な観点での位置づけを述べる。

第2章では提案する計量手法（可視面積計量法，全天球パノラマ画像法，球面展開図法）について，方法論の詳述や実際の計量のプロセスについて解説する。

第3章では，可視面積計量法の実際の適用例を2つ示す。ひとつは大学キャンパスの外部空間における視覚的な広がりの変遷把握であり，いまひとつは小学校の自然監視性の評価である。前者は立命館大学びわこ・くさつキャンパスを対象に，キャンパ

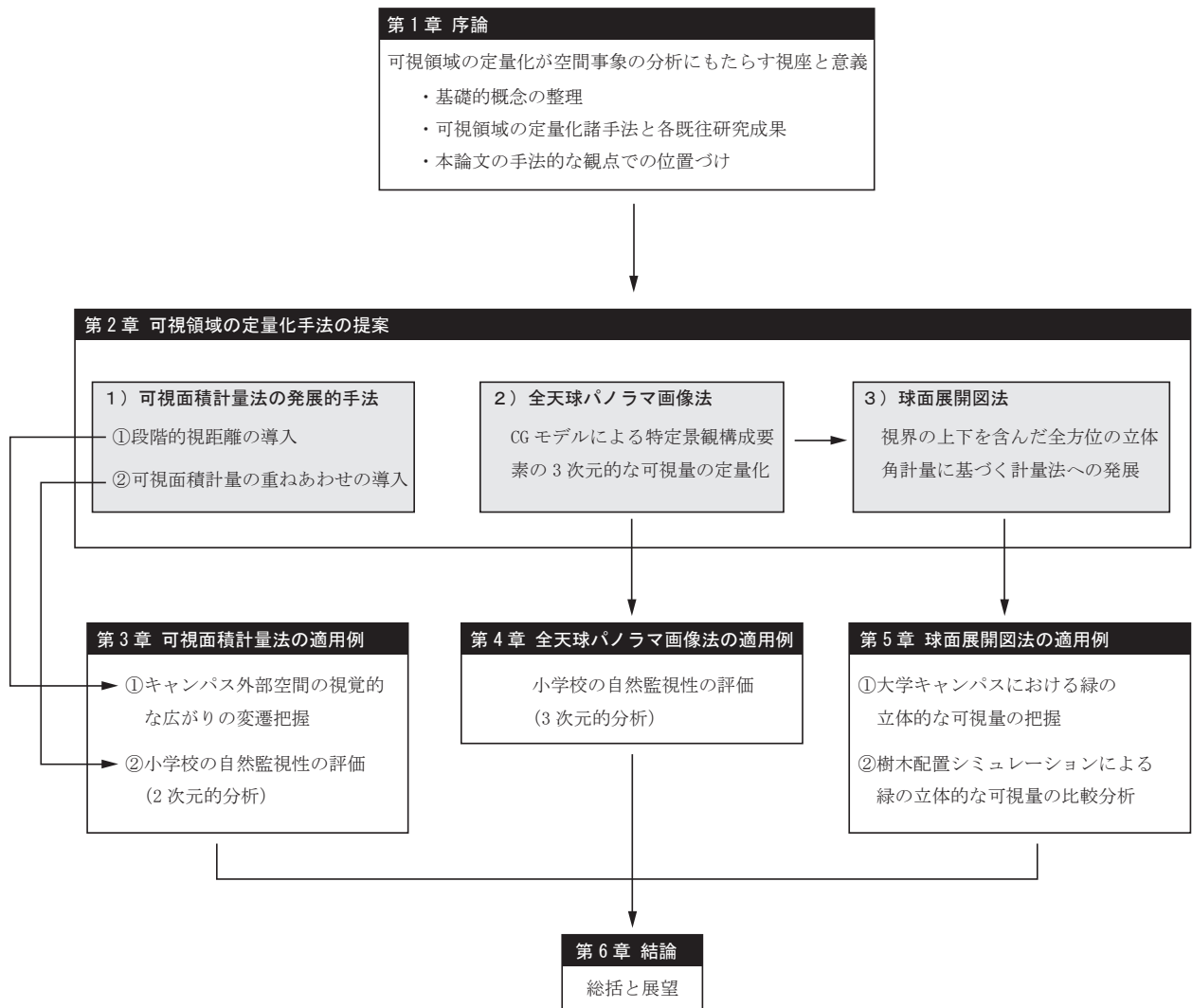


図1-1 論文の構成

ス開設から2008年までの間で建物が新設された13時点の外部空間の可視面積を計量・把握することで、その建物変遷が外部空間に与えた視覚的な特性の変化を明らかにすることを目的としている。後者は小学校46校における可視面積の計量を防犯環境設計の基本的な概念である自然監視性と結びつけ、可視領域の計量によってこれを評価する試みである。いずれのテーマも多数のサンプルを扱うことで、その時系列的な変遷や統計的な傾向を把握することを主眼とするため、計算コストの小さい2次元的な可視面積の計量を分析手法として採用している。2つの例の分析と考察を通して、2次元的な可視面積の計量手法の適用範囲を明示する。

第4章では、引き続き小学校の自然監視性の評価をテーマとするが、より現実に近い可視領域の定量化による自然監視性の評価を試みる。手法は3次元的な計量手法である全天球パノラマ画像法を提案しており、これによって小学校や周辺建物の窓の可視量を定量化することで自然監視性の一指標の提案を行っている。3次元CGモデルをベースとする人間の視界の状態に近い計量方法であるとともに、敷地内の樹木や周辺の街区の状況を現地調査に基づいて再現しており、2次元的な面積計量手法に比べより現実に近い手法として位置づけることができる。

第5章では、第4章で明らかとなった全天球パノラマ画像法の課題点を踏まえ、これをさらに発展させた球面展開図法を提案している。具体的には、全天球パノラマ画像による計量では、計量精度の問題から視界の仰角・俯角 55° 以上の範囲は計量できなくなった。しかし、例えば緑地環境の評価に際しては足元の芝生や頭上の樹木も含めた環境としての緑量（全方位緑視率）を定量化することが必要である。そこで、視界の上部と下部も含めた全方位に対して、立体角に基づいた緑の可視量の定量化を正確に行える球面展開図法を提案している。章の前半では球面展開図法を大学キャンパスの全方位緑視率の計量に適用し、その分布様態の把握および植栽計画の提案を行っている。また、後半では樹木の形状や配置と全方位緑視率との関係を探る試行として、様々なパターンの樹木配置シミュレーションの全方位緑視率の計量を行い、これに考察を加えている。

第6章は結章とし、本論文で展開した議論の過程を再度概観し、本論文で提案した手法や主要な知見を確認するとともに、今後の課題と展望を考察し総括する。

1.4 関連研究の概観と基礎的概念の整理

1.4.1 可視領域の基礎研究

可視・不可視の概念は眺望や景観の研究において、景観の把握や評価に用いる指標として、R.B.Litton, Jr.²⁾ や樋口³⁾ らによって取り上げられてきた。樋口はランドスケープの眺望の性質を明らかにする指標として、① 可視・不可視、②距離、③視線入射角、④不可視深度、⑤俯角、⑥仰角、⑦奥行、⑧日照による陰陽度の8つを挙げ、特に可視・不可視については最も基本的な指標であるとしている^{注1)}。国内において、電子計算機を用いて可視・不可視を定量的に解析した研究としては山田⁴⁾ による研究が最初であるとされる。この研究において、山田は対象地域をメッシュに分割し、メッシュ標高をもとにある視点における可視・不可視領域を判定し、地図上にプロットしている。

一方、建築・都市スケールの分野においては、M.L.Benedict⁵⁾ による isovist 理論等が先駆的な研究として知られる。isovist 理論は視環境は周囲を取り巻く面の構成によって定義されるとした心理学者 J.J.Gibson⁶⁾ の考えに影響を受け、環境の定量的な記述・分析手法として1979年に提唱された理論である。M.L.Benedict はある視点から面的要素で遮蔽されない xy 平面上の全ての可視点の集合を「isovist」と定義している。また、isovist の量や形状は各視点・環境ごとに固有であるという性質に着目し、視野面積、可視面長、遮蔽深度、視距離分散、視距離尖度、真円度といった6つの指標の提案を行っている。近年では、B.Hillier⁷⁾ が視線の通る範囲をひとつの空間とみなす空間記述法のスペースシンタックス理論として展開し、A.Turner ら⁸⁾ が isovist を空間の一単位とした VGA (Visibility Graph Analysis) に展開させるなど、発展を続けている^{注2)}。



図 1-2 可視・不可視領域（黒部湖周辺）
「景観の構造」所収

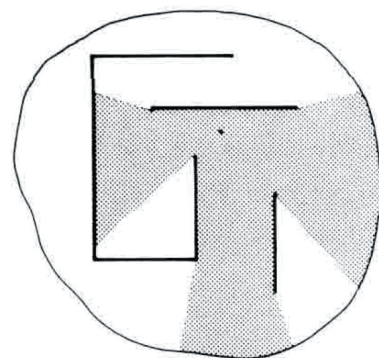


図 1-3 M.L.Benedict による
Isovist の概念図

1.4.2 可視領域の基礎的概念

(1) 可視と不可視

ここで、可視領域の基礎的概念について整理をしておく。可視量の定量化をめぐる手法は様々であるが、つまるところある視点からある対象点が可視か不可視かの判定によって行われる。厳密に言えば、視対象が可視か不可視かについては、光線の波長がヒトの目で知覚できるかどうかといった生物学上の問題も含まれるものの、建築・都市の分野においては専ら「視点」、「対象点」、「遮蔽物」の3つの要素の幾何学的な関係性によって定義される。即ち、任意の視点Aと任意の対象点Bを結ぶ視線はただ一つに決まるが、その視線上にこれを遮る遮蔽物が無い場合、視点Aから対象点Bは「可視」であり（図1-4）、反対に視点Aと視点Bを結ぶ視線上に遮蔽物が存在する場合、視点Aから視点Bは「不可視」と表現できる（図1-5）。本研究においても、2次元計量手法と3次元計量手法の別に関わらず、可視・不可視については以上の定義に則って議論を進める。

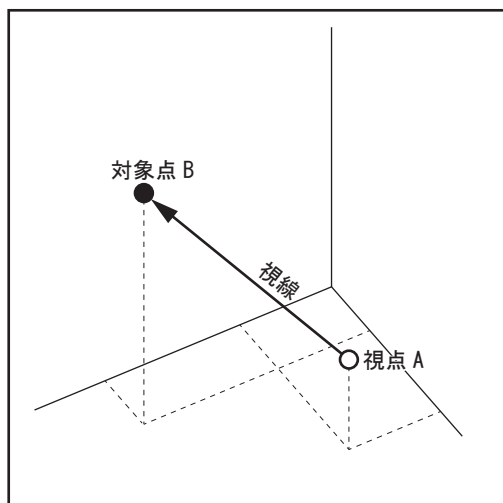


図1-4 可視

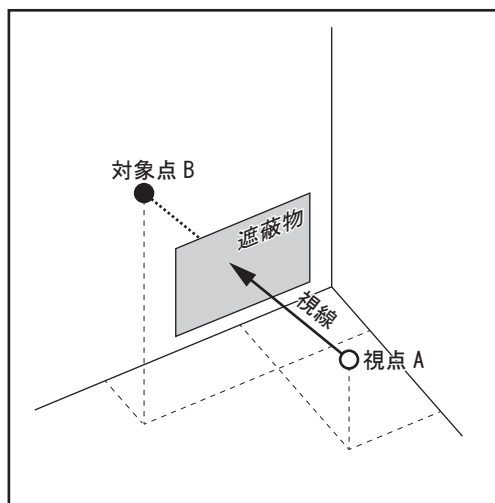
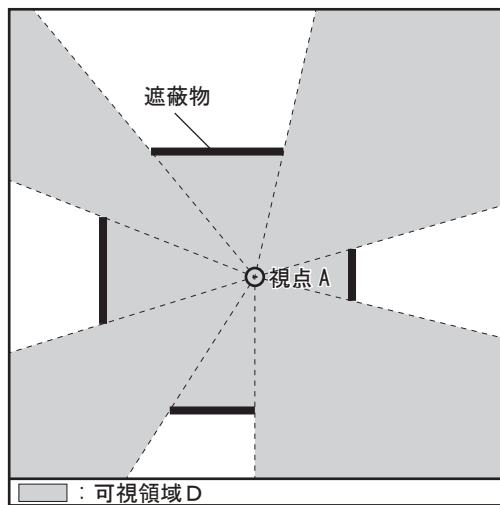
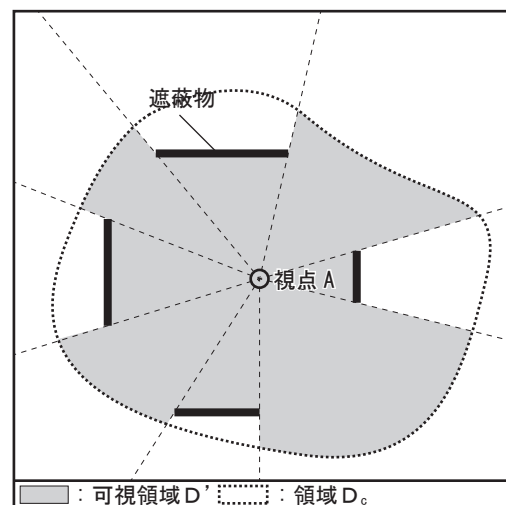
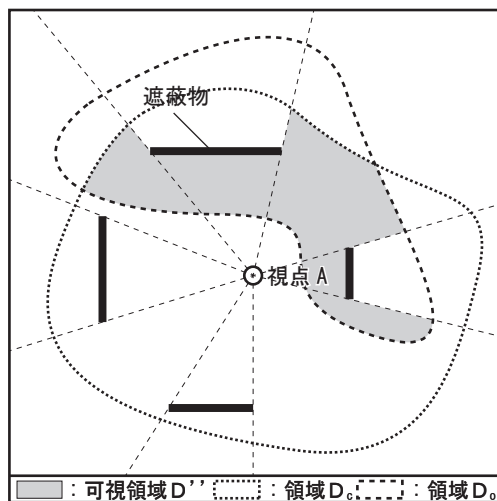


図1-5 不可視

(2) 可視領域

前述の可視の定義に従うと、視点Aにおける可視領域Dとは視点Aから可視である点の集合として定義することができる（図1-6）。ここで、遮蔽物に遮蔽されない視線は幾何学的には無限遠まで到達するため、実際の可視領域の決定に際しては計算範囲を限定する必要がある。仮に、計算範囲を決定する領域を領域D₀とすると、これ

を加味した可視領域 D' は可視領域 D と領域 D_0 の共通部分となる(図1-7)。さらに、例えば視点Aにおける視対象Oの可視領域といったように、可視領域の定量化に際しては定量化の対象とする視対象が限定される場合も多い。その場合、視対象Oを定義する領域を領域 D_0 とすると、視点Aにおける視対象Oの可視領域 D'' は、可視領域 D' と領域 D_0 の共通部分として定義される(図1-8)。図1-6～8は2次元平面における上記概念の模式図であるが、3次的に扱う場合も概念としてはこれに従う。

図 1-6 可視領域 D 図 1-7 可視領域 D' 図 1-8 可視領域 D''

1.4.3 可視領域の定量化諸手法と各既往研究成果

前項に挙げた先駆的な研究をはじめ、可視領域に関する研究は活発に行われてきた。その中で提案されてきた可視領域の定量化手法も様々で、可視領域の面積の計量や立体角の算出、現地の写真の画像処理に基づいた方法などがあげられる。ここでは可視領域の定量化に関する研究について、主に手法的な分類に焦点を当て、これらの研究成果を概観するとともに本論の位置づけを行う。なお、提案する可視領域の定量化手法の具体的な適用については図 1-1 に示すテーマに基づいて第 3～5 章にて議論を展開するため、キャンパス外部空間や自然監視性、緑の可視量といった各章のテーマに沿った関連研究との位置づけは各章に譲る。

(1) 可視点の数え上げによる定量化

最も基本的な可視量の定量化手法に、ある視点から可視である対象点（可視点）の数え上げが挙げられる（図 1-9）。後述する各定量化手法も点やメッシュ、ピクセル、ボクセルといった計量単位に対して可視・不可視の判別を行って数量を算出し、これに単位面積や単位体積を乗じて各測度に展開されるのであり、2 次元や 3 次元、あるいは計量に用いる媒体の別に関わらず、概念的には可視点の数え上げがベースになっていると理解してよい。

及川⁹⁾はイエメン・サナアに関する研究では、3 次元空間データをベースとした電子計算機を用いた計算によって、街路に設定した各視点から各ミナレットの頂点の可

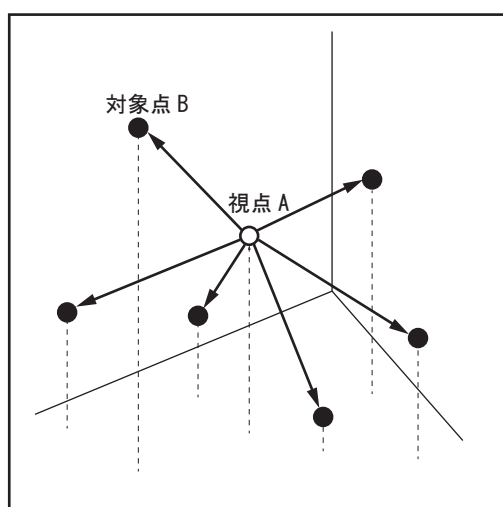


図 1-9 可視点の数え上げ

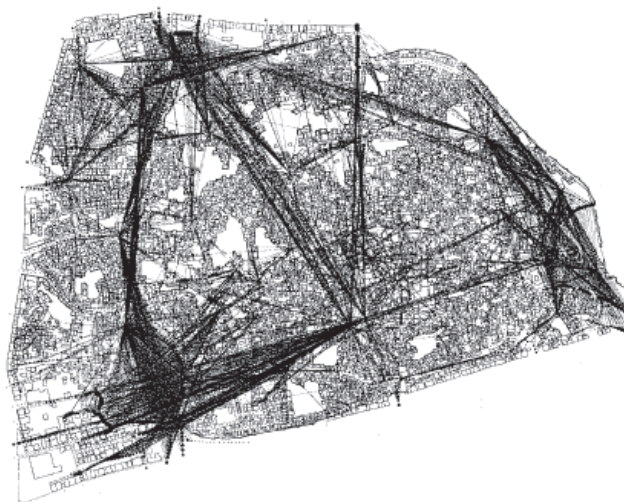


図 1-10 及川による可視ミナレットの計測

視・不可視判定を行い、可視であるミナレットの数を数え上げることでミナレットの可視性を定量化している（図 1-10）。同様に都市中心地区の街路からのランドマークの可視性を定量化した小林ら¹⁰⁾ 研究では、現地での目視調査に基づいたランドマークの可視・不可視判定を行い、その可視点数をもとにランドマークの可視性を定量化している。

（２）可視面積・可視体積による定量化

前述のように、可視領域はある視点から可視である点の集合であると理解できる。よって、可視点の数え上げ法を平面的に展開することで、平面的に決定された可視領域の面積を算出することができる。これにより、視点から見通すことのできる範囲の大小、２次元的な空間の広がりやの度合いを定量化することができる。

山之内ら¹¹⁾ は、４つの大学キャンパスを対象として各キャンパスの歩道中央に 100m 間隔で視点場を設定し、キャンパス外部空間の広がりに関する指標として各視点場からの可視領域面積、視線到達距離、周長等を測定し、オープンスペースの広がり方の形状を 6 つに分類している。また、安福ら¹²⁾ は isovist 理論の中で提案されている視野面積、可視面長など 6 つの指標の指標に基づき、３次元 CG のウォークスルーシステムと連動させながら計算を行うことで歩行経路に沿った視野空間の変化を分析している（図 1-11）。

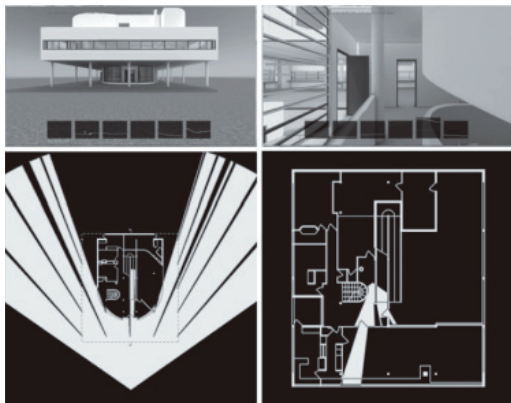


図 1-11 安福らによるウォークスルーシステムと連動した視野領域図の描画

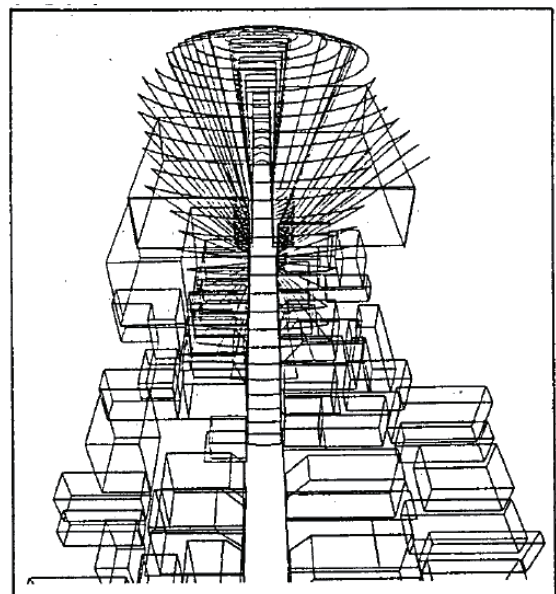


図 1-12 蕭らによる大分市サンサン通りの可視領域図

同様に 3 次元的に展開すれば可視体積の計量が可能であり、ある点から見通すことのできる 3 次元的な空間の広がり的大小さを定量化することができる。蕭ら¹³⁾は、大分の街路の 3 次元モデルをベースに可視体積を計量することで都市街路の開放性を定量化し、法規制による建物形状変化が街路景観の変化に与える影響を考察している(図 1-12)。また、磯田ら¹⁴⁾は、ランドマークに対する眺望性をテーマに、ランドマークが視認できる空間の体積を計量し、潜在的な視点場の広がりやランドマークの卓越性を評価している。

(3) 平面角・立体角による定量化

視点において可視領域を観測できる範囲を、視点における可視領域の見込み角として平面角によって定量化する方法である。

平面角 (plane angle) は平面上で交わり、同一直線上にはない二つの線の間の傾きを指す。単位は複数存在するが、最もよく知られるものにラシアン [rad] が挙げられる。ラジアンはある円の周上においてその円の半径に等しい長さの弧を切り取る 2 本の半径の間の平面角として定義される。これを踏まえ、図 1-13 に示す例において、点 O から曲線分 P_1Q_1 を見込む平面角 θ を考える。 ℓ は線分 OP_1 と線分 OQ_1 が点 O を中心とする半径 r の円から切り取った円弧の長さだとすると、点 O から曲線分 P_1Q_1 を見込む平面角 θ は次式で定義される。

$$\theta = \frac{\ell}{r} \quad [\text{rad}]$$

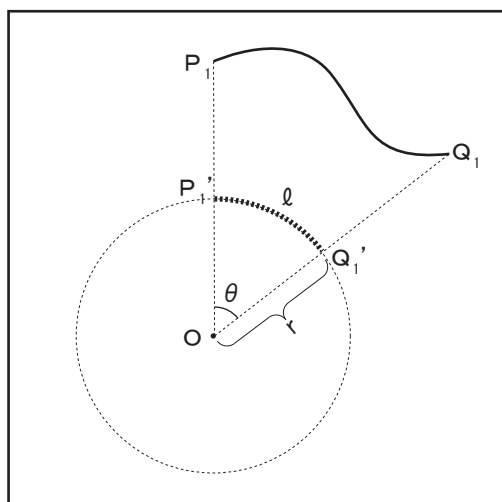


図 1-13 曲線分 P_1Q_1 の平面角

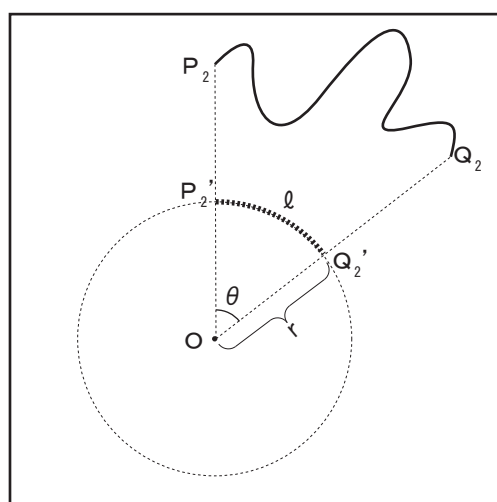


図 1-14 曲線分 P_2Q_2 の平面角

特に、単位円について考える場合、 $r=1$ より、 θ は次式となる。

$$\theta = \ell \quad [\text{rad}]$$

以上より、平面角 θ は点 O を視点と考えた場合の曲線分 $P_1 Q_1$ の見かけ上の長さである ℓ と等しく、これは可視量に他ならない。図 1-13 との比較として、線分 $P_1 Q_1$ と等しい θ を有する曲線分 $P_2 Q_2$ を図 1-14 に示す。これらを比較すると、 θ の値が曲線分の形状や実長に関わらず、見かけ上の長さによってのみ決定されることがわかる。これらの性質から、可視領域を定量化する一つの有効手段として用いられる。また、 θ を全平面角 2π で除せば、点 O を中心とする円周に占める曲線分 $P_1 Q_1$ の見かけ上の長さの割合として扱うことができる。野間ら¹⁵⁾ は国内外の大学キャンパスの歩行空間の景観の違いを把握するための指標の 1 つとして、200m 先まで何にも遮られずに視線が抜ける範囲を平面角 θ で定量化している。

立体角 (solid angle) は平面角の概念を三次元に拡張したものであり、錐体面が頂点において有する広がりを表す。立体角による可視領域の定量化手法は視対象の 3 次元的な見えの大きさ定量化する手法と言える。

立体角の単位にはステラジアン [sr] が用いられる。ステラジアンは、球の半径の平方に等しい面積を有する球面上のある部分の、中心に対する立体角として定義される。図 1-15 において、点 O を投影中心、点 O を中心とする半径 r の球面を投影面として曲面 A を中心射影したとき、この球面から切り取られる表面積を S とすると、点 O から曲面 A を見込む立体角 ω は次式で定義される。

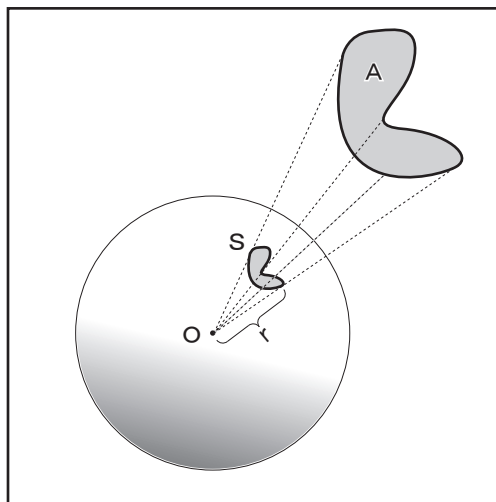


図 1-15 曲面 A の立体角

$$\omega = \frac{S}{r^2} \quad [\text{sr}]$$

特に、単位球面について考える場合、 $r=1$ より、立体角 ω は次式となる。

$$\omega = S \quad [\text{sr}]$$

以上より、図 1-16 における曲面 A の立体角は、点 O から曲面 A を見た場合の見かけ上の面積であり、これをもって曲面 A の可視量を定量化することができる。また、 ω を全立体角 4π で除せば、曲面 A の見かけ上の面積が球の表面積に占める割合として扱うことができる。三好ら¹⁶⁾ や大野¹⁷⁾ は視点の周囲の景観構成要素の立体角を求めるプログラムを構築し、それぞれ景観分析に適用している。三好らはモロッコの伝統的住居モデルの床・壁・天井といった建築を構成する要素を立体角によって計

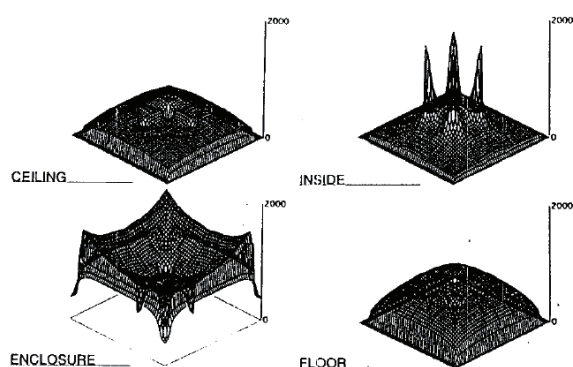


図 1-16 三好らによる各建築要素の
視界に占める割合の分布様態

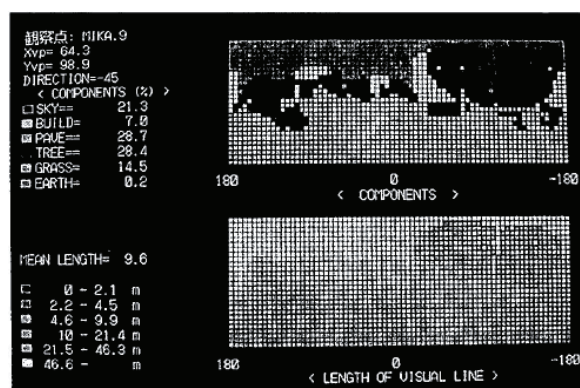


図 1-17 大野による視環境構成面分布
および視線長分布

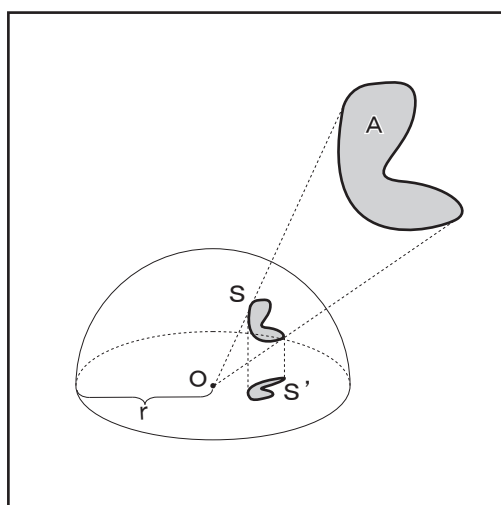


図 1-18 曲面 A の立体角投射率

量し、それぞれが視界に占める割合の分布様態を記述している（図 1-16）。一方、大野は2つの団地の外部空間を対象として環境構成面を天空、建物、樹木、草地、裸地、舗装面の6種類に分類した上で、それぞれの立体角比を算出し比較している（図 1-17）。

また、天空率の算定に用いられることで広く知られている立体角投射率は図 1-18 において球面上に投影された図形 S を水平面上に正射影した図形を S' とするとき、図形 S' と半径 r の円の面積比として立体角投射率 U は次式であらわされる。

$$U = \frac{S'}{\pi r^2}$$

立体角が球面上の曲面の面積を用いるのに対し、立体角投射率は水平面に正射影された像の面積を用いるため比較的計量が容易であり、都市の外部環境の定量化にしばしば用いられる。特に、天空の立体角投射率を天空率と呼ぶ。天空率は建空間の開放感や閉塞感を定量的に表す指標としても天空率は用いられており、武井¹⁸⁾¹⁹⁾による研究がこれにあたる。武井は正射影型魚眼撮影装置を用いて街路上の複数の地点で天空率を実測し、街路上の天空率の分布を等高線モデルで記述することで、建物の密集度合いを定量化している（図 1-19）。

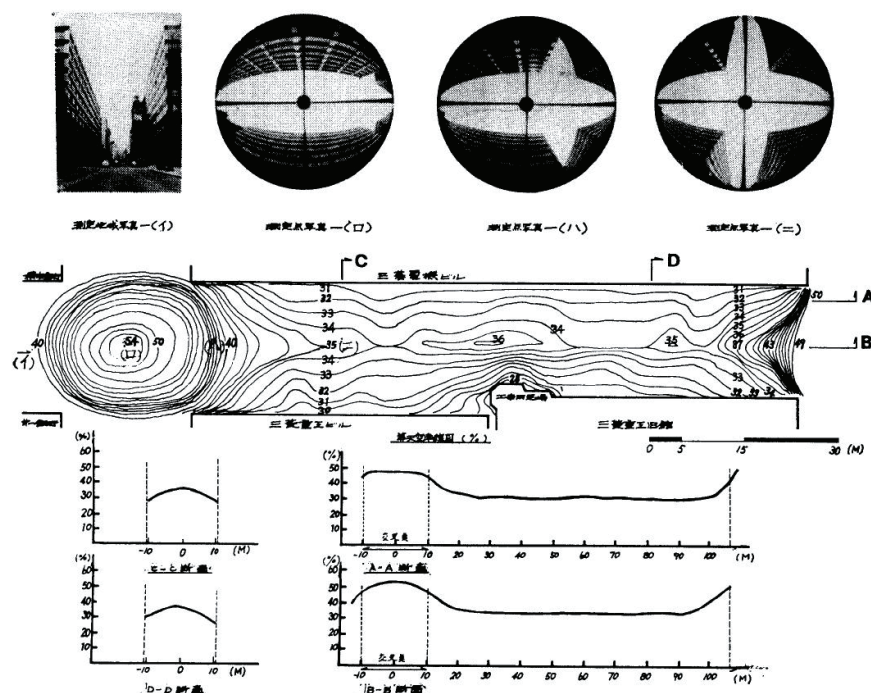


図 1-19 武井による東京丸の内の以外路面における天空率分布状態実測図

さらに、小木曾²⁰⁾は開放性に関する平均環境を求める理論展開の中で立体角に触れており、ある地点から天空がどれだけ見られるかを示す指標として、全天球に対する天空の立体角の割合を「天空量」と定義し、仰視角 θ に対する視線透過の確率 P_θ によって求められると整理している。また、これに類する指標として高橋²¹⁾による「立体角量」が挙げられる。立体角量は全立体角 4π に占める任意の景観構成要素の立体角の比として定義される。高橋は正射影型魚眼撮影装置を用い、1つの地点において前後 180° 視軸の異なる2枚の写真を撮影し、これに基づいて天空、建物、道路の3つの景観構成要素について立体角量を求め、視点の移動によるこれらの立体角量比率の変化をグラフで表現している（図1-20）。

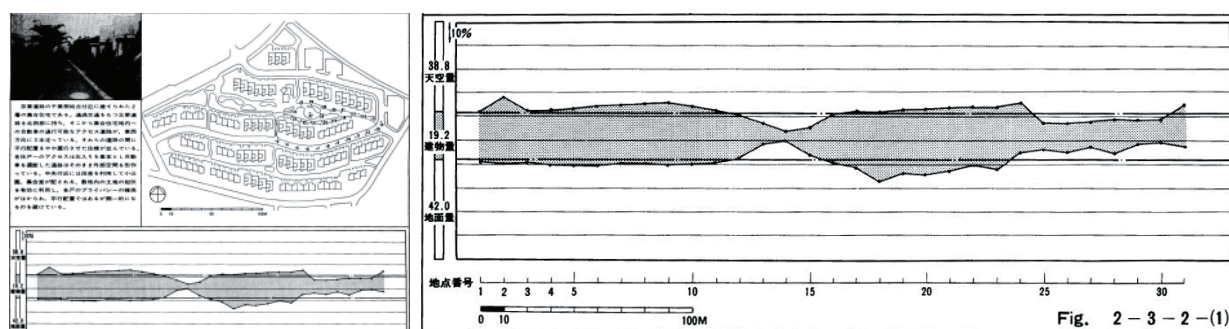


図1-20 高橋による公園みつわ台団地における立体角量の変化

（4）撮影写真の画像処理や現地実測による定量化

また別のアプローチとして、現地写真等の記録媒体に画像処理を行うことによる特定の景観構成要素の可視量の定量化を行う手法もしばしば用いられている。本研究で提案する全天球パノラマ画像法と球面展開図法は最終的にCG上で撮影した写真を媒体として可視量の定量化を行うため、関連研究として以下の研究を概観する。松浦²²⁾は立面的な視野内（写真）における緑量の割合を緑視率と定義し、対象地区の緑視率5～50%までの写真を用いてみどり環境への満足度に関するアンケートを実施している。また、斎藤²³⁾はSHAFER, E. L.²⁴⁾らによる自然監視評価モデルの検証を目的とした研究の中で、デジタイザーを入力装置としたマイクロコンピュータによる写真画像の計測システムを作成し、サンプルに用いる写真の景観構成要素のデータ化と各要素の面積および周辺長の算出を行っている（図1-21）。

写真を基にした計量としては、魚眼レンズを用いた研究も多く行われている。例えば前述の武井¹⁸⁾¹⁹⁾、高橋²¹⁾による研究はこれにあたる。これらの研究は定量化に際

して参照している原理は立体角であるため（3）に分類したが、写真撮影による可視領域の定量化しているという点においては（4）に分類することもできる。

近年では研究対象の3次元CGモデル上の仮想カメラによって撮影した画像を用いて可視領域を図化する手法も提案されており、根来ら²⁵⁾や中村²⁶⁾による光線追跡法などが挙げられる。光源追跡法は視対象となる点やオブジェクトに光源を与えてレイトレーシングレンダリングを行い、上部や側面から必要に応じて画像を描き出し、この陰影画像に適宜画像処理を行って可視・不可視領域を二値画像で表現する手法である(図1-22)。あるいは、田中²⁷⁾や瀧澤²⁸⁾の研究に見られるようにGPSとレーザースキャナを駆使し、周辺環境に照射したレーザの反射の有無で3次元的な可視・不可視を現地実測し、計測データを基に街路の可視性を定量化する試みも行われている。

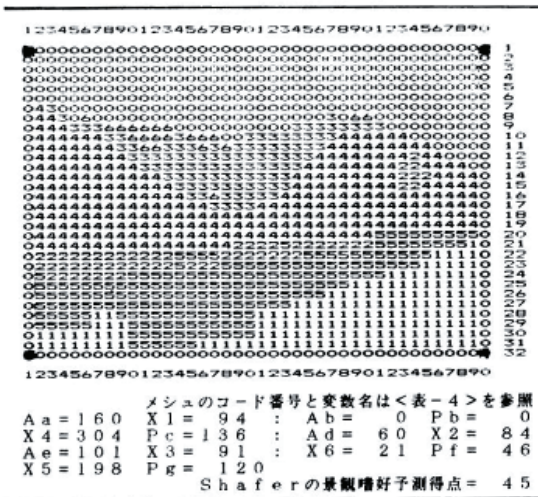


図1-21 斎藤による
可視構成要素計測例

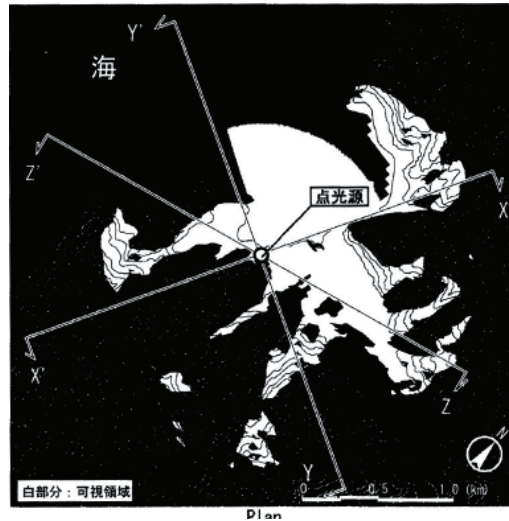


図1-22 根来らによる
宇久須集落の可視領域図

1.5 本論文の位置づけ

可視領域の定量化については様々に提案されているが、本論文では手法的な観点から①可視点の数え上げによる手法、②可視面積・可視体積の計量による手法、③平面角・立体角の計量による手法、④撮影写真の画像処理や現地実測による手法の4タイプに分け、前節において既往研究成果を概観した。

既往研究を見ると、可視面積や可視体積の計量による定量化は、ある視点における空間の広がりや量を記述するためにしばしば用いられる。これは、これらの手法が視対象自体の可視量というよりも、むしろ視点と遮蔽物までの間に存在する空間の量に焦点を当てた定量化手法であるという、手法の性格に由来するものと考えられる。

対して、平面角や立体角はある視点における特定の視対象の見えの大きさを定量化するためにしばしば用いられる。特に立体角は、特定の景観構成要素が視界において占める割合の算出に応用される例が多く見られた。人間の視界の構成要素の分析に軸足を置いて、その周囲の環境を詳細に把握することに主眼が置かれていると言える。

一方、既往研究を概観すると2次元計量か3次元計量かという分類を行うこともできる。3次元計量の方が高度な計量手法であり、より現実に近い計量を行うことができるのは言うまでもない。しかし、3次元計量手法はデータの作成に多大な労力を要する傾向があり、これを理由に研究対象とするサンプルの数や計量視点数を限定的なものにとどめざるを得ない場合も少なくない。対して、2次元計量は比較的簡便に行うことが可能で、同じ労力での比較をすれば3次元計量に比べて大量の分析を行うことができるというメリットがある。

以上のように、各手法にはそれぞれ特徴や長所・短所があり、研究を実施する上ではその分析対象や目的に合わせて適切な手法を選択することが重要であり、そういった分析の選択肢を広げる意味では、各々の技術発展が必要である。そこで、本論文では大別して以下のⅠ) およびⅡ) の2通りの方向性で各手法の発展的提案および各研究対象への適用を行う。

- Ⅰ) 可視面積(2次元計量)による可視領域の定量化手法を発展させる。また、これによって多数のサンプルを分析し、研究対象の視覚的特性の時系列的な変遷や統計的な傾向を把握することに主眼を置いた適用例を示す。

具体的には、可視面積の計量手法を発展させ、これを(1)建物増加に伴う大学キャ

ンパスの外部空間の視覚的な広がり of 13 時点での変遷の把握，ならびに（２）小学校 46 校の自然監視性の分析と統計的傾向の把握，に適用している。手法的な発展性としては，

- ①段階的視距離の導入によって各スケールに応じた段階的な可視面積の計量を可能としている点
- ②可視面積の計量結果の重ねあわせを導入することで，建物外部における可視性と建物内部から外部への可視性を統合的に扱っている点

の 2 点があげられる。①の発展的手法は（１）の大学キャンパスでのテーマに適用し，②の発展的手法は（２）の小学校の自然監視性の評価に適用している。

まず 1 点目の発展性について，都市空間への適用を考えた場合，視距離の到達距離は 200 ～ 300m になる場合も多く，一口に「見える範囲」といっても視距離の到達距離によってその意味合いは異なる。視距離と人間の認知や行動との関係を論じた各研究では，例えば 100m をコミュニティスケール²⁹⁾，24m をヒューマンスケール³⁰⁾と定義する例を挙げることができる。しかし，山之内¹¹⁾や安福ら¹²⁾の研究のような M. L. Benedict⁵⁾ の isovist に基づいて可視面積を計量する研究では，適用対象の規模に関わらず視距離のスケールによる意味合いの違いに着目した研究は無かった。このような背景から，本研究では単一の視距離による計量のみには頼るのではなく，上記のよ

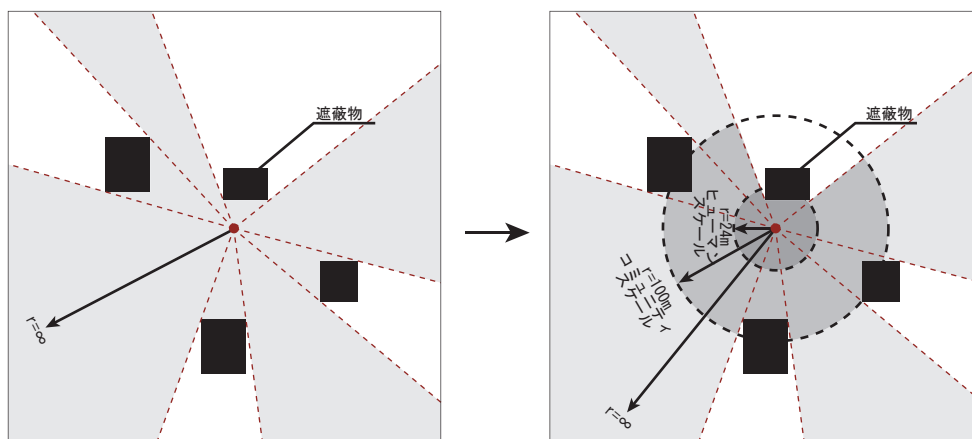


図 1-23 視距離の段階的設定による
各スケールでの意味づけ

うな人間の認知・行動の観点から重要とされる視距離の範囲ごとに、段階的な可視面積の計量を行うことで都市空間^{注3)}の視覚的な様相を段階的に把握することを提案する(図1-23)。

2点目について、具体的には3章3節で示すように、建物外部における見通し(外部自然監視:図1-24)と建物内部から外部に対する見守り(対外自然監視:図1-25)といった2つの観点から可視面積の計量を行い、これらの両面から分析するとともに2つの計量結果を重ねあわせることで新たな指標(自然監視領域分類図:図1-26)を提案して小学校の防犯性を評価している点に新規性が認められる。外部空間の見通しに着目した研究としては永家ら³¹⁾や瀧澤ら³²⁾の成果が挙げられる一方、建物の窓からの見守りに着目した研究としては、大野ら³³⁾や小池ら³⁴⁾による研究が挙げられる。これらの既往研究で取り組まれたように、外部空間の見通しの良さや建物の窓からの見守りを個別に分析した成果は多く報告されている。しかし、これらを統合的に扱った分析手法は報告されていない。

加えて、分析を通して計量を行った視点の膨大さは他に類を見ない。多数の計量が研究対象の視覚的特性の変遷や統計的傾向の把握を支えているという点も特徴的であると言える。

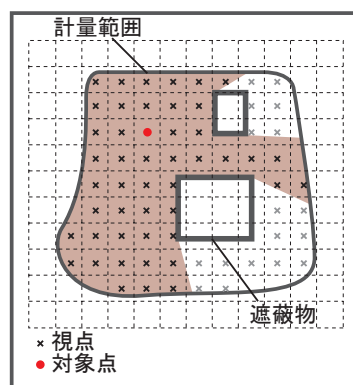


図1-24 外部自然監視

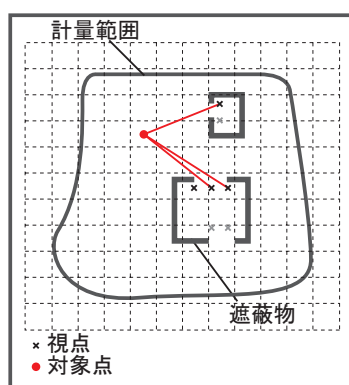


図1-25 対外自然監視

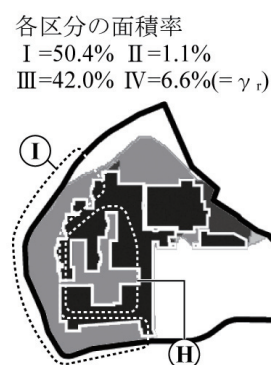


図1-26 自然監視領域分類図

II) CGモデルと画像処理を援用した、立体角(3次元的計量)による新たな可視領域の定量化手法を開発する。また、種々の検討を通じてより現実に近い手法として確立し、各テーマを分析することに主眼を置く。

具体的には全天球パノラマ画像法と球面展開図法を開発し、(1)窓面積の可視量

の計量による小学校の自然監視性の評価，（２）大学キャンパスにおける緑の立体的な可視量の把握，（３）樹木配置シミュレーションによる緑の立体的な可視量の比較分析に適用する。手法の特徴としては，

- ①特定の景観構成要素の可視量の計量を３次元モデルと画像処理によって実現している点
- ②球面展開図法においては，前後左右上下の全方位を立体角によって歪み無く計量する点
- ③研究対象の敷地状況の再現方法の検討によって，より現実に近い計量法を検討している点

が挙げられる。これまでに立体角による特定の景観構成要素の把握は試みられてきたことは前述した。専用プログラムの構築による三好ら¹⁶⁾や大野¹⁷⁾，あるいは正射影型魚眼撮影装置を用いた武井¹⁸⁾¹⁹⁾や高橋²¹⁾による研究がこれにあたる。しかし，本論文で提案する全天球パノラマ画像法や球面展開図法のようにCGモデルによる出力画像（図1-27，28）をベースに立体角に基づいた計量を実現した研究はこれまでに無い。これらの手法は建築・都市の意匠・計画の分野で一般的に用いられている３次元CADソフトや画像処理ソフトの諸機能の組み合わせによって実現しており，その利点として計量結果のチェックやシミュレーションといった分析と計画の検討とが一体的に行える点が挙げられる。これは，計画検討ツールとして積極的に活用されうる可能性を示しており，その有効性については5.2.6の植栽計画シミュレーションなどを通じて改めて主張したい。

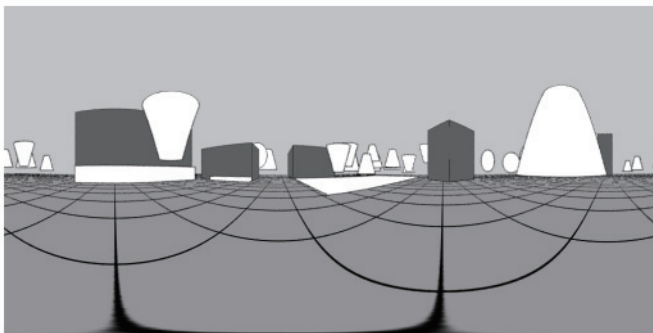


図 1-27 全天球パノラマ画像

図注：視点から全方位の像を収めた画像。
詳細は2.3を参照されたし。

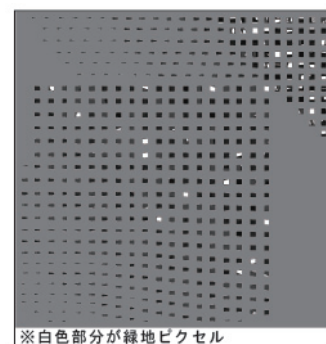


図 1-28 球面展開図

図注：全天球パノラマ画像にもう一段回処理を加えた画像。
全天球パノラマ画像で生じる仰角・俯角55°以上の範囲での歪みを補正している。詳細は2.4を参照されたし。

以上のように，本論文の位置づけを手法的な観点に絞って述べた。手法論の詳細は次章に譲るが，本論文での可視領域の各定量化手法（可視面積の発展的計量手法・全天球パノラマ画像法・球面展開図法）の提案は，2次元的な可視領域の定量化手法である可視面積の計量手法，ならびに3次元的な可視領域の定量化手法である立体角の計量手法の双方に対して一定の発展をもたらすものの期待できる。

注釈

- 注 1) 景観の構造（樋口忠彦）には「ある視点からいちどきに見渡すことのできる領域を明らかにすることは，ランドスケープの視覚的構造を考えていく出発点である。（p.12）」との記述がある。
- 注 2) スペースシンタックス（Space Syntax）理論は視覚的な繋がりや動線的な繋がりに着目し，図面情報を基にグラフ理論を用いて空間の位相幾何学的な特性を分析・記述する手法である。特に VGA（Visibility Graph Analysis）は，M.L.Benedict の「isovist」および「isovist fields」との関係が深い。
- 注 3) 本研究では大学キャンパスに対する適用を試みている。建築単体に対する可視面積の計量ではなく，複数の建築群から構成される研究対象であるという広義の意味合いにおいて，ここでは大学キャンパスも都市空間に含める。

参考文献

- 1) 内田幸男：眼（からだのしくみ・働き・病気），「からだの事典（からだの科学・臨時増刊）」所収，日本評論社，p180，1982
- 2) Litton, Jr., R.B. : Forest Landscape Description and Inventories - a basis for landplanning and design, U.S.D.A. Force Service Research Paper PSW-49, 1968
- 3) 樋口忠彦：景観の構造，技法堂出版，1975
- 4) 山田学：都市設計におけるグラフィックディスプレイの応用，都市計画別冊，6号，日本都市計画学会，pp.191-196，1971
- 5) Benedict, M.L. : To take hold of space: isovist fields, Environment and Planning B, Vol.6, pp.47-65, 1979
- 6) Gibson, J.J. : The Sense Considered as Perceptual Systems, Houghton Mifflin, 1966
- 7) Hillier, B. : Space is the machine : a configurational theory of architecture, Cambridge University Press, 1996
- 8) Turner, A. : From isovists to visibility graphs: a methodology for the analysis of architectural space, Environment and Planning B, Vol.28, pp.103-121, 2001
- 9) OIKAWA, K. : An Analysis on the Visibility of Minarets in San'a Old City Yemen, Islamic Area Studies with Geographic Information Systems, Routledge Curzon, pp.253-277, 2004

- 10) 小林隆史，大澤義明：都市中心地区ランドマークの可視性に関する研究，日本建築学会計画系論文集，第 583 号，pp. 91-98，2004
- 11) 山之内崇，萩島哲，坂井猛，有馬隆文，松本光久：大学キャンパスにおけるオープンスペースの広がりに関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集，F-1，pp. 523-524，1999
- 12) 安福健祐，出来佑也，阿部浩和：ウォークスルーシステムによる歩行経路に沿った視野空間分析ツールの開発と適用，日本建築学会計画系論文集，第 78 巻，第 684 号，pp. 365-372，2013
- 13) 蕭乃聖，佐藤誠治，有馬隆文，金徑希：可視領域に着目した都市街路の開放性に関する研究－大分市の街路におけるケーススタディ－，都市計画．別冊，都市計画論文集，33 号，pp. 637-643，1998
- 14) 磯田節子，両角光男，位寄和久：ランドマークの可視・不可視領域に着目した大規模建築物の影響評価モデルの検討，日本建築学会計画系論文集，第 456 号，pp. 163-169，1994
- 15) 野間尊寛，萩島哲，坂井 猛，有馬隆文，西田正一：国内外の 6 大学キャンパスにおける歩行者スペースの景観比較：その 1，日本建築学会大会学術講演梗概集，F-1，pp. 781-782，2001
- 16) 三好隆之，藤井明，及川清昭，槻橋修，王昀：空間の視覚特性に関する研究：立体角による空間分析 その 1，日本建築学会大会学術講演梗概集，E-1，pp. 817-818，1997
- 17) 大野隆造：環境視の概念と環境視情報の記述法：環境視情報の記述法とその応用に関する研究（その 1），日本建築学会計画系論文報告集，第 451 号，pp. 85-92，1993
- 18) 武井正昭：建築群密集状態の判定手段に関する研究：第 1 部 天空率密集度の定義，等級および算定，日本建築学会論文報告集，第 162 号，pp. 43-52，1969
- 19) 武井正昭：建築群密集状態の判定手段に関する研究：第 2 部 東京・名古屋・大阪の天空率実測と密集状態の考察，日本建築学会論文報告集，第 163 号，pp. 51-61，1969
- 20) 小木曾定彰：地域の開放性に関する平均環境の理論：その 1，空隙係数と立面建蔽率，日本建築学会論文報告集，第 182 号，pp. 33-39，1971
- 21) 高橋鷹志：集合住宅の景観評価に関する研究，住宅建築研究所報，1979

-
- 22) 松浦彰一：みどり環境の計量化の試み，都市計画，第 109 号，pp. 22-26，1980
- 23) 斉藤馨：写真による景観評価特性と既存評価モデルとの関連について，造園雑誌，第 48 巻，第 5 号，pp. 246-251，1985
- 24) SHAFER, E. L., et al. : Landscape Preferences: An International Replication, Journal of Leisure Research, Vol. 5, No. 3, 1973
- 25) 根来宏典，蝶名林秀明，大内宏友，山田悟史：3 次元陰影画像を用いた景観認知による可視化モデルの構築，日本建築学会技術報告集，第 20 号，pp. 359-362，2004
- 26) 中村裕文：光線追跡法を用いた景観影響物可視領域の定量的解析方法について：光線追跡法を用いたランドマーク眺望点解析シミュレーション，日本建築学会九州支部研究報告，第 49 号，pp. 317-320，2010
- 27) 田中英人，趙卉菁，柴崎亮介：都市空間における道路上からの自然監視性のマッピング，GIS- 理論と応用，第 17 巻，第 1 号，pp. 31-42，2009
- 28) 瀧澤重志：移動式 3 次元計測装置を用いた街頭犯罪に対する街路空間の監視性能評価手法の開発，造園雑誌，社会安全研究財団一般研究助成最終報告書，2010
- 29) 岡田光正，高橋鷹志：新建築体系 13 建築規模論，彰国社，p148-165，1988
- 30) Blumenfeld, H. : Scale in Civic Design, Town Planning Review, April, 1953
- 31) 永家忠司，外尾一則，猪八重 拓郎：防犯環境設計における監視性、領域性の特性評価及び犯罪不安の関連について：スペースシンタックス理論におけるアクシヤルラインとイソビスタを用いて，都市計画．別冊，都市計画論文集，第 42 巻，第 3 号，pp. 505-510，2007
- 32) Takizawa, A., Koo, W. and Katoh, N. : Discovering Distinctive Spatial Patterns of Snatch Theft in Kyoto City with CAEP, Journal of Asian Architecture and Building Engineering, vol. 9, No. 1, pp. 103-110, 2010
- 33) 大野隆造，近藤美紀：視線幅射量と防犯性の評価：住民の視覚的相互作用を考慮した集合住宅の配置計画に関する研究（その 1），日本建築学会計画系論文集，第 467 号，pp. 145-151，1995
- 34) 小池博，山本俊哉，松本吉彦，柏原誠一，山岸秀之，美濃部圭太：光源投射法を応用した自然監視性モデルの開発の試み－中間画地の戸建住宅における侵入被害開口部事例に基づくスタディー，日本建築学会技術報告集，第 27 号，pp. 311-314，2008. 06
-

2. 可視領域の定量化手法の提案



2.1 はじめに

前章において、建築や都市を視覚的な観点から数理的・客観的に捉えようとした試みについて概観し、議論の軸となる可視領域の定量化に関する基礎的な諸概念や定義について概説するとともに、既往研究の中で開発されてきた様々な可視領域の定量化手法について解説した。また、既往研究の成果を踏まえたうえで、本論文で新たに提案する可視領域の定量化手法の意義と位置づけを明らかにした。

そこで本章では、本論文で提案する以下の計量手法

- 1) 可視面積計量による定量化の発展的手法 (3 章)
- 2) 全天球パノラマ画像による 3 次元的な可視量の定量化手法 (4 章)
- 3) 球面展開図法による立体角に基づいた可視量の定量化手法 (5 章)

について、その方法論を詳述する。

2.2 可視面積計量の発展的手法

2.2.1 手法の詳述

2 次元的な計量手法を用いる最大の利点はその計算コストの低さであるといえる。計量に必要なデータベースの構築や、計算に要する時間や労力は 3 次元的な計量手法に比べると格段に少ない。それゆえ、多数の対象を計量する必要があるテーマに取り組む場合、効果的な分析手法となりえる。例えば、同一の対象を多時点に渡って分析してその変遷を把握しようとする場合や、あるビルディングタイプの傾向を把握するために統計的な考察に耐えうるだけのサンプルが必要な場合などがあげられる。本研究で取り組む、大学キャンパスの外部空間の可視性の変遷把握や国内の小学校の自然監視性に関する統計的考察などはこれにあたる。

本研究の 3 章で用いる 2 次元的な可視面積の計量手法は 1.4.2 で述べた可視領域の諸概念に基づいて行われる。実際の計算は、解析対象範囲・遮蔽物・メッシュ・視距離を設定し、そのデータを電子計算機に入力して行う。

また、本論文における可視面積の計量手法の特徴である、段階的視距離の導入や計量結果の重ねあわせについても述べる。

(1) 可視面積の定義

可視・不可視，可視領域の概念は1.4.2における定義に従う。即ち，解析対象範囲と視距離において決定される計量範囲において，ある視点の可視メッシュ（図2-1）が存在する領域を可視領域とし，その面積を可視面積と定義する（図2-2）。

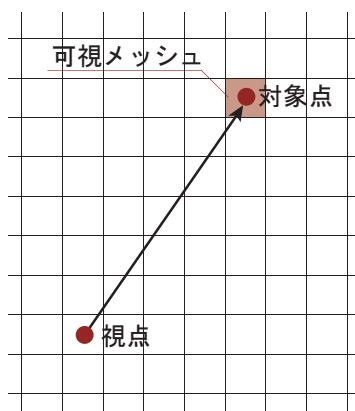


図 2-1 可視メッシュ

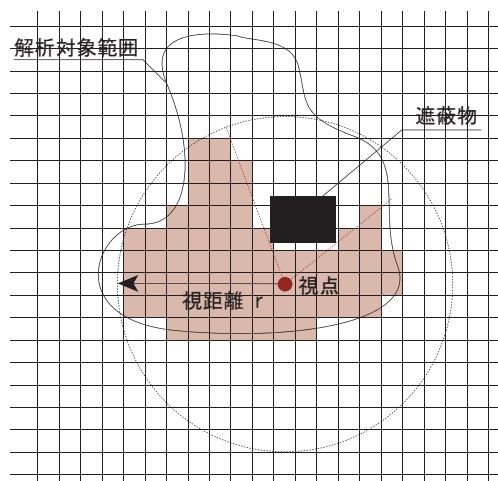


図 2-2 可視領域

(2) CAD データ作成

計算フローを図2-3に示す。可視領域を計量するにあたり，まずは解析対象範囲と，その内に存在する遮蔽物を定義するデータの作成が必要である。これらを定義する図面をVectorWorksによって二次元CADデータとして作成する(図2-4)。ここでレイヤーは2つ使い，一方には解析対象範囲を示すポリゴンデータを，もう一方に遮蔽物のポリゴンデータをそれぞれ格納する。次に，VectorWorks 基本ソフトウェアパッケージに含まれるスクリプト言語であるVevtoScriptによって，このCADデータをテキストファイルに変換する。

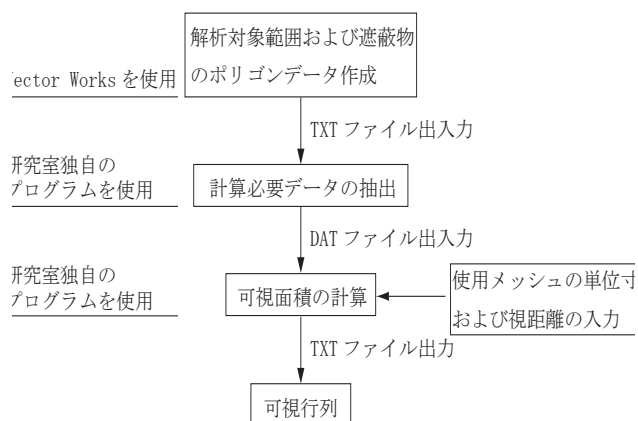


図 2-3 計算フロー

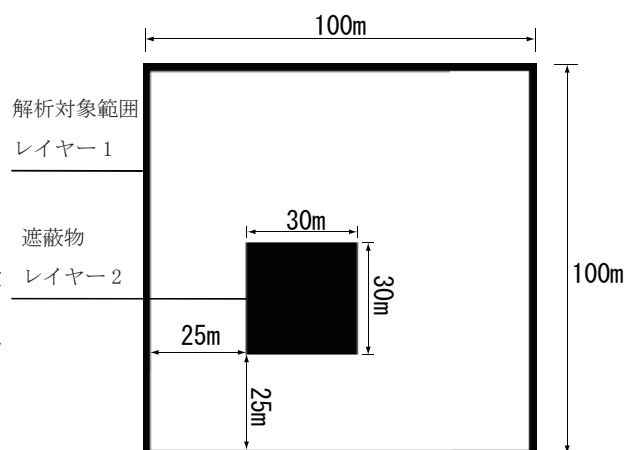


図 2-4 研究対象のCADデータの作成

(3) 必要パラメータの抽出

この時点では、可視領域の計算に必要なパラメータ以外もデータに含まれており、計算には使用できない。よって、各レイヤーに格納されているポリゴンデータの頂点の座標等、計算に必要な情報を先のテキストファイルから抽出し、DAT ファイルとして書き出す。

(4) メッシュ分割

次に、得られたデータをメッシュで分割する。メッシュの寸法は任意の距離を設定できる。メッシュを細かくすれば解析の精度は向上するが、その解析に要する時間は増加する。対象範囲の規模や目的等から判断して、適当なメッシュを設定する。

(5) 視距離の設定

計量範囲を確定させるために、視距離を入力する。ここでは、視距離を無限に設定した場合として説明を進める。よって計量範囲は解析対象範囲と等しいとして計算を行う。

(6) 可視面積の計量例

以上のように解析の条件を設定した上で、可視領域の面積を計算する。図 2-5、2-6 に同じモデルに対する 2 つの視点の計算例を示す。視点 A では 8342 m²、視点 B では 3093 m² という可視面積の計算結果が得られる。視点 A は視点 B の約 2.7 倍の可視面積を有すると言える。また、この計算例において解析領域に含まれるメッシュ

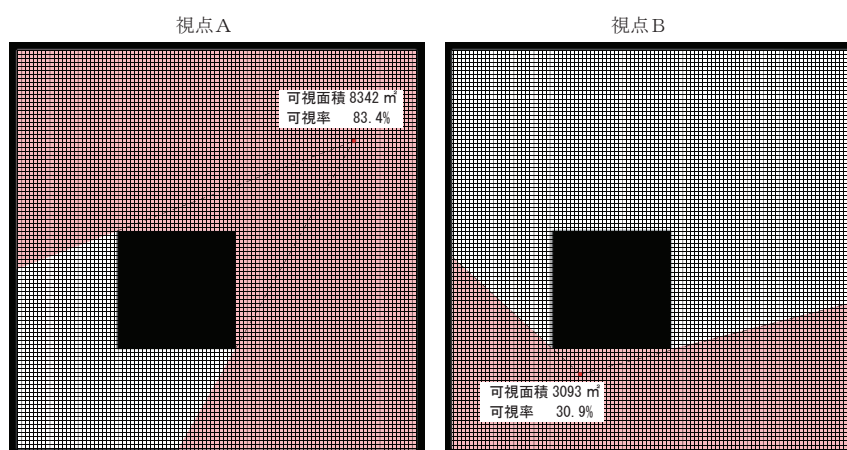


図 2-5 視点 A の計算結果

図 2-6 視点 B の計算結果

総数は 10000 であるので、敷地に対する可視面積の割合（可視面積率）は、観測点 A で 83.4%，観測点 B で 30.9% となる

可視面積の計算はすべての観測点で行い、各観測点の計算結果をその点の行番号および列番号とともに記録していく。計算結果のデータは行列の形式を取るテキストファイルとしてアウトプットされる。この行列データを基づいて、分析に用いる様々な指標を計算，作成する。

2.2.2 発展的提案

(1) 段階的視距離の導入

本研究においては可視面積の計量手法に対して視段階的な視距離の導入を提案し、3 章のキャンパス外部空間の視覚的特性の変遷において適用を試みている（図 2-7）。これにより 3 段階の視距離ごとの可視面積の計量が可能となり、各スケールに応じた外部空間の視覚的な広がりやを把握することが可能となる。詳細は 3.2.2 に譲るが、視距離の設定によって計算結果から得られるデータの意味合いが異なるため、そこから見えてくる計量結果に対してもそれぞれ違った観点からの解釈を与えることができる。以上のように、異なる視距離ごとのスケールに着目して段階的に可視面積を計量する手法はこれまでに報告がない。

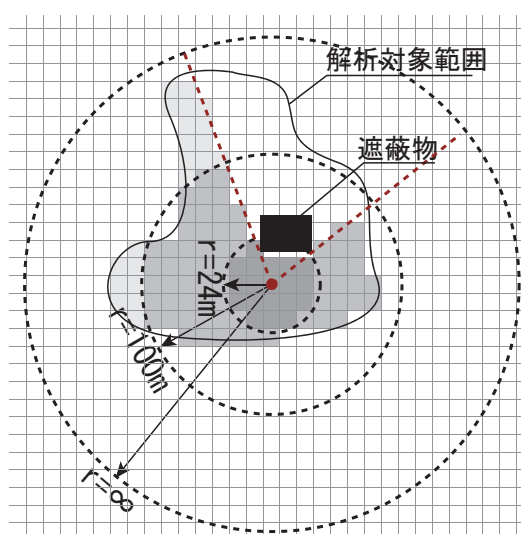


図 2-7 3 段階の視距離

(2) 可視面積の計量結果の重ねあわせの導入

また、3章の可視面積の計量による小学校の自然監視性の評価においては、異なった観点からの可視面積の計量結果を重ねあわせることで新たな評価指標を導出することを試みている。詳細は3.3.3に譲るが、具体的には外部監視性と対外監視性という、建物外部と内部双方の視点から可視領域を計量し、これを統合することで自然監視領域分類図を作成している(図2-8)。これまで異なる2つの観点に基づく可視領域の計量結果を統合的に扱った研究成果は見当たらず、可視面積の計量の応用について発展的提案を行っていると言える。

また、建物の各階の平面図に基づく計量結果を重ねあわせることで簡易的に3次元的な計量結果を再現することにも試みている。2次元計量は、実際の分析対象の3次元的な環境をよく再現しているとは言い難い。ただし、2次元計量の最大の利点はその簡便さであるとすれば、これを担保しながら実際の3次元的な環境にどう近づけるかは重要な課題であり、これに対する試みであると言える。

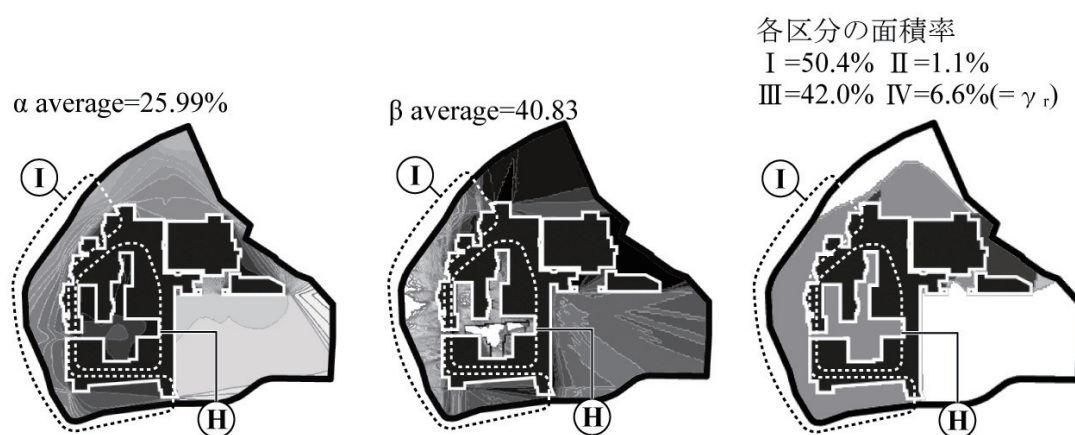


図2-8 城西小学校における分析例
左：外部自然監視率等値線図 / 中：対外自然監視量等値線図 / 右：自然監視領域区分図

2.3 全天球パノラマ画像法

前述の2次元的な手法での計量はデータ入力が簡便ではあるものの、やはり実空間との一定の乖離は認めざるを得ない。研究対象について、実態により則して詳細に分析を行おうとする場合には3次元的な計量への展開が必要となる。また、人間の視界の構成要素に分析の軸足を置いて研究を行う場合、立体角による計量が有効であることは前章で述べた。本研究では立体角計量に基づく3次元計量手法を2種類提案しており、本項ではまず第4章で用いる全天球パノラマ画像法について詳述する。

全天球パノラマ画像法は3次元CGモデルを用いて、ある視点を中心とした全天球に投影される周囲の環境をパノラマ画像化し、これをベースに可視領域の計量を行う手法である。4.3.2に詳述するように、精度的な意味合いにおいて厳密には立体角とは言えないものの、特定の視野範囲に限定すれば立体角に基づいた計量が可能である。使用する3次元CADソフトは建築意匠の分野で一般的に用いられる Autodesk 社の 3ds MAX を用い、モデリングおよび諸機能の組み合わせによって計量を行う^{注1)}。

2.3.1 3次元CGモデルの作成

本研究で提案する可視領域の3次元的な計量手法では、3次元CADによって作成した研究対象の3次元モデルを使用する。図2-9に示すように、例えば窓の可視量を計量する場合、窓の形状や位置を反映させたモデルが必要となる。モデリングに際してはオブジェクトの色も重要となる。後述するが最終的な可視量の計量は全天球パノラマ画像に対してピクセル毎に色の判定を行い、これによって窓・空・建物壁面・地

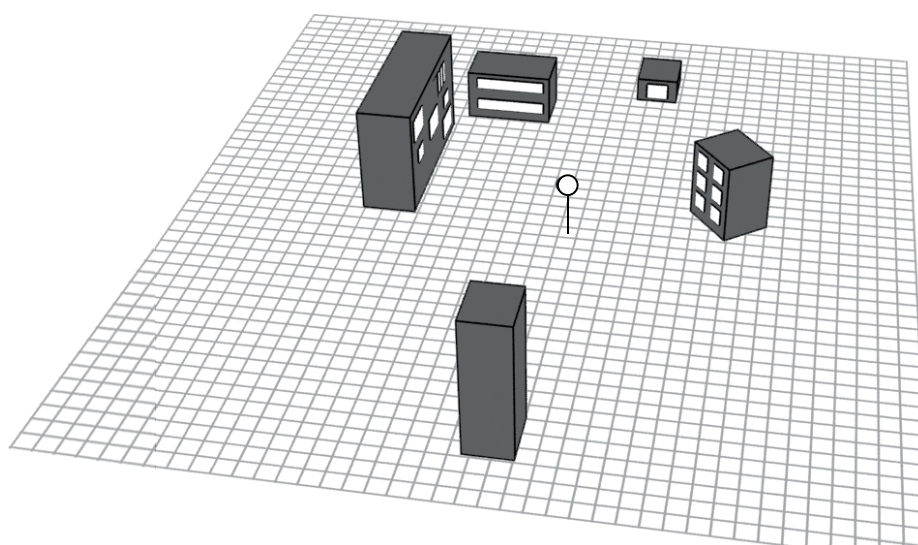


図 2-9 窓の可視量の計量モデル

面と言った景観構成要素の判別を行うためである。

実際のモデルの作成に際しては、都市計画図や建築図面などの資料を参照しつつ、研究対象に対する現地実測調査に基づいて作成する。第4章の小学校の自然監視性の評価を例とすると、小学校の敷地形状や大まかな建物形状を図面から把握した上で、現地調査では小学校の窓の位置や形状、遮蔽物となりえる塀や樹木・植栽の形状と位置、敷地の周辺建物の建物形状と窓の形状および位置、地形の高低差を調査している。現地の状況をどの程度3次元モデルに反映させるかの判断は計量の目的などによって左右されるが、現地の状況に則した計量を行うには、現地の環境をなるべく詳細に3次元モデルに反映させることが望ましい（図2-10）。

2.3.2 仮想カメラの設定と画像出力

次に、作成した3次元モデル上にメッシュを付与し、その中心点上に仮想カメラを設定する。カメラの高さは人間の視線の高さを想定して $h=1.6\text{ m}$ とし、視野角は 90° とする。この仮想カメラをメッシュに沿って移動させていき、各メッシュで計量のベースとなる前後上下左右の6枚の画像を撮影する（図2-11）。なお、メッシュ寸法は任意のサイズで決定できるが、計量精度と計算コストに留意して決定する必要がある。本論文では $2 \times 2\text{ m}$ メッシュを採用している^{注2)}。

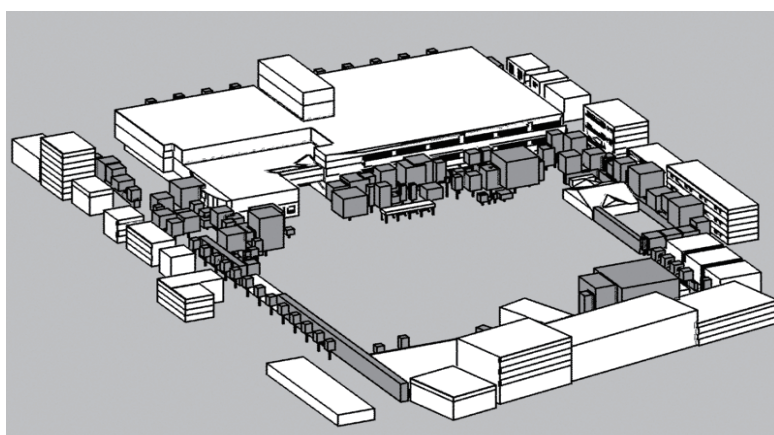


図 2-10 実際に計量に用いた3次元モデル
(芦屋市立宮川小学校)

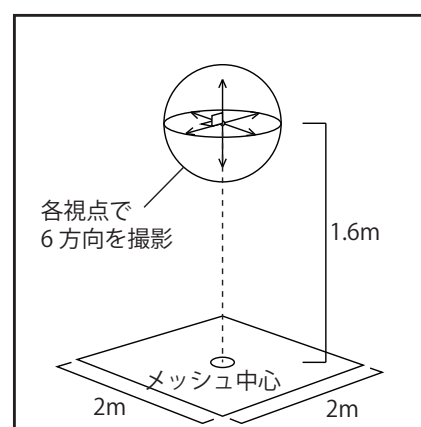


図 2-11 カメラ位置と撮影方向

2.3.3 全天球パノラマ画像の合成

各視点で得られた6枚の画像を基に画像処理を行い、 360° 全方向を見た全天球パノラマ画像を作成する（図 2-12）。得られた全天球パノラマ画像の各ピクセルについて色の判定によって窓のピクセルを特定し、そのピクセル数を計量することで窓の可視量を定量化する。これを全天球パノラマ画像の全ピクセル数で除せば、視界に占める窓の割合を計算可能である。

全天球パノラマ画像は、遠方の窓や小さな窓が0ピクセルとならないように、幅 $1536 \times$ 高さ 768 ピクセルとし、窓の8bit グレースケールバリューが255とした。窓ピクセルの検出条件は8bit グレースケールバリュー 155 ～ 255 と設定してオブジェクト境界のピクセルも検出することで、遠方の窓や小さな窓でも検出可能とした。

ここで、全天球パノラマ画像の合成は、天球面への投影像を図 2-12 の点線で示す舟形に分割し、この上端・下端を引き延ばして結合することでなされる。この過程で歪みが生じるため、特に画像の上端・下端に近い範囲では窓面積の計量に大きな誤差が生じる。詳細な検証結果は4.3.2に譲るが、仰角・俯角 55° 以上の範囲は計量から除外する必要があることが判明している。全天球パノラマ画像法を用いる場合は当該範囲を計量から除外した場合でも全体の計量結果に大きな影響を及ぼさないことを確認する必要がある。

計算はすべての視点で行い、計算結果のデータは行列形式で集約する。可視面積の計量手法と同様で、この行列データを基づいて、分析に用いる様々な指標を計算、作成する。

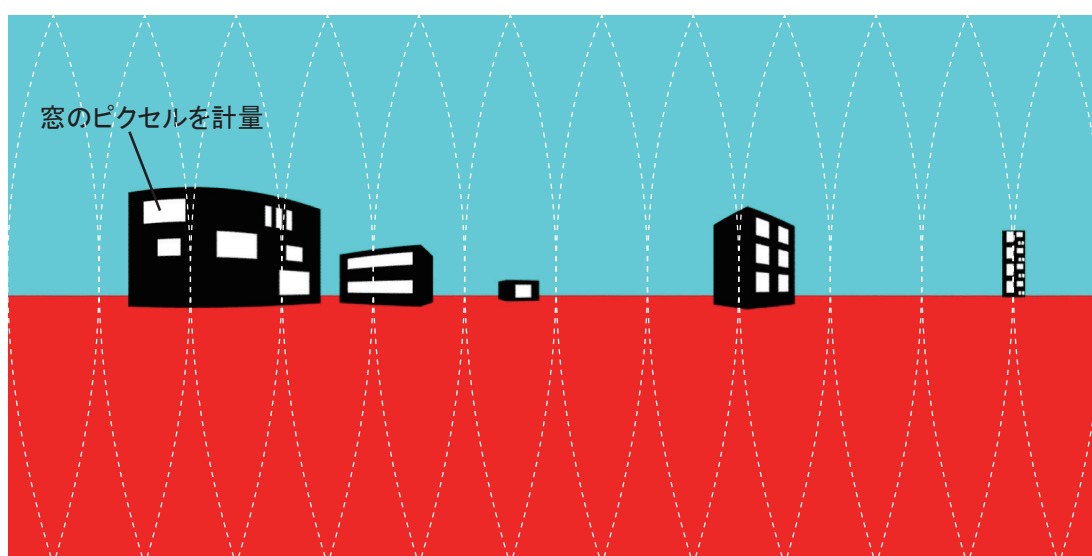


図 2-12 全天球パノラマ画像

2.4 球面展開図法

全天球パノラマ画像を用いた3次元的な計量手法においては、その計量のベースとなる全天球パノラマ画像の仰角・俯角 55° 以上の範囲について歪みが生じるため、計量から除外する必要があることは前項で述べた。

当該範囲の計量を要しない場合には、全天球パノラマ画像法は3次元的な可視量の計量手法として1つの有効な手段となりえる。ただし、例えば第5章で取り組む頭上の樹木や足元の芝生といったような緑地も勘案して緑地の可視量を計量しようとした場合には、仰角・俯角 55° 以上の範囲を計量できる新たな手法が必要となる。そこで、本項では全天球パノラマ画像法をベースにこれに改良を施した球面展開図法を提案する。本論文で提案する計量手法の中で技術的に最も高度な手法であり、仰角・俯角 55° 以上の範囲の計量にも適用できる。精度高く立体角に基づいた可視量の計量を可能とする計量法であり、研究対象を精緻に計量・分析するのに適する。ただし、計算に必要な労力は最も大きい。

2.4.1 球面展開図の作成

球面展開図による計量手法は、全天球パノラマ画像の作成までは前項の全天球パノラマ画像法と同様である。作成した全天球パノラマ画像を3ds MAXを用いて球体にマッピングし、この球面を微小な2次元平面で分割し展開図を作成する処理を追加する(図2-13)。これにより、仰角・俯角 55° 以上の視野範囲も含めた立体角による計量が可能となる。球面展開図の各ピクセルについて色の判定によって特定の景観構成要素のピクセルを特定し、そのピクセル数を計量することで可視量を定量化する。

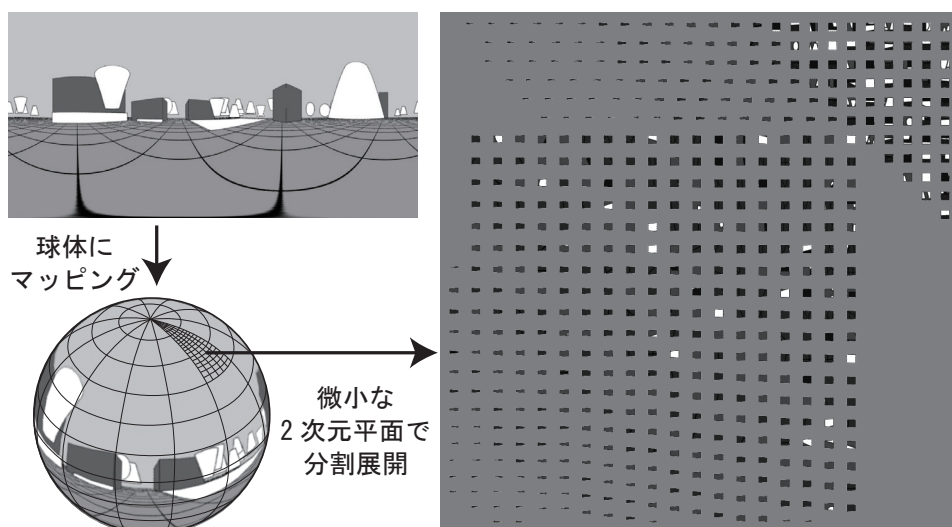


図2-13 全天球パノラマ画像から球面展開図への処理

2.4.2 精度検証

球面展開図による計量手法は、市販の3次元CADソフトの諸機能の組み合わせによって計量を行うものであるが、3次元CADソフト内部の計算アルゴリズムについては確認することができない。そこで、三角形をモデリングした全19通り精度検証モデル^{注3)}について、各モデルの三角形の立体角が視界に占める割合を、数学的な計算に基づく理論値 t と球面展開図のピクセル数計量に基づく計量値 m の2種類算出し、比較検証して計量結果の信頼性を確認する（図2-14）。

与えられた三角形ABCに対応する単位球面上の球面三角形A'B'C'の内角を α , β , γ とすると、三角形ABCの立体角 R については一般に以下の公式が成り立つ。

$$R = \alpha + \beta + \gamma - \pi \quad (1)$$

式(1)で得られた R を全立体角 4π で除し、全天球の表面積に対して球面三角形A'B'C'の面積が占める割合として理論値 t を求める^{注4)}。

計量精度を確認する指標として $|1-t/m|$ の平均値、最大値、最小値を求めた。計算結果はそれぞれ $|1-t/m|_{\text{平均}} = 0.0196$, $|1-t/m|_{\text{最大}} = 0.0859$, $|1-t/m|_{\text{最小}} = 0.0003$ となった。モデルの理論値 t と計量値 m の間には、ピクセル計量の際にオブジェクト境界^{注5)}のピクセルが検出されるか否かによる若干の誤差が確認できるものの、CGモデルによる計量値 m と理論値 t にはほぼ誤差が無いと結論付けることができる。

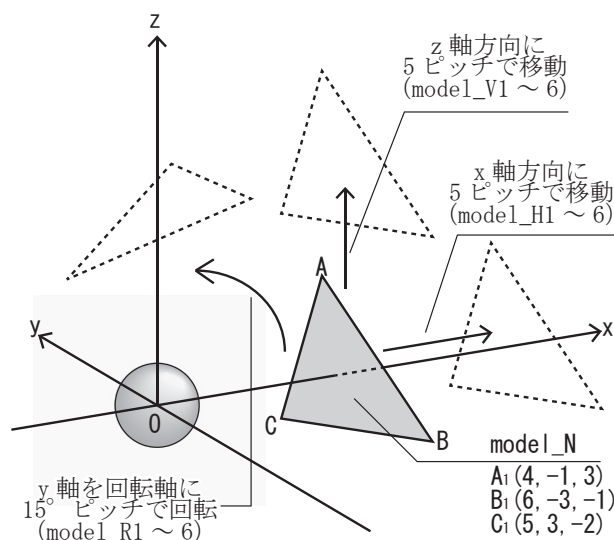


図2-14 精度検証モデル

2.5 可視量の表現手法

本研究の特徴の一つに、特定の少数の視点における分析にとどまらず、研究対象の敷地全体に渡って可視領域にまつわる空間の様相を把握しようとする点が挙げられる。研究対象の敷地全体渡ってこれを把握しようとする場合、効果的な表現手法として等値線図や濃淡図が挙げられる。等値線図はある量の値が等しい点を結んだ図であり、地図における等高線や天気図における等圧線に用いられる。濃淡図は各メッシュの値に応じて、その値の区分に応じて数段階の色に塗り分けて作成した図である。

前節でも述べたように、本研究では研究対象の計量範囲にメッシュを付与し、そのメッシュ毎に可視領域の定量化を行い、これを行列形式のデータで集約する。この行列データを等値線図・濃淡図に変換することで、計量結果を視覚的に把握することが可能となる（図 2-15、2-16）。

また、平均値や分散などの数値指標も敷地全体の計量結果を示す指標として適宜用いる。各章において扱うテーマに則して指標を提案する。

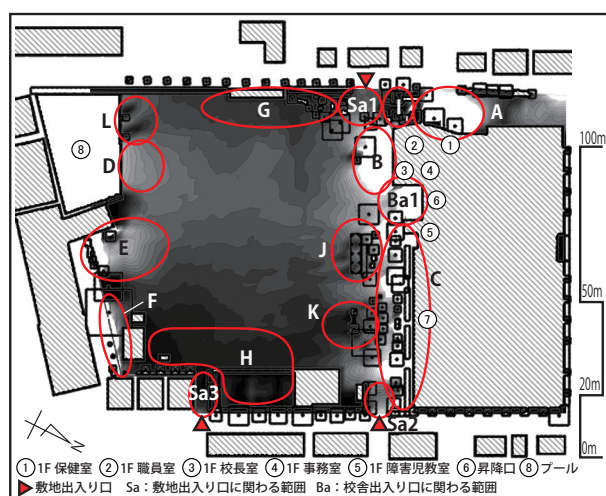


図 2-15 等値線図による表現
(芦屋市立宮川小学校の可視窓面積率等値線)

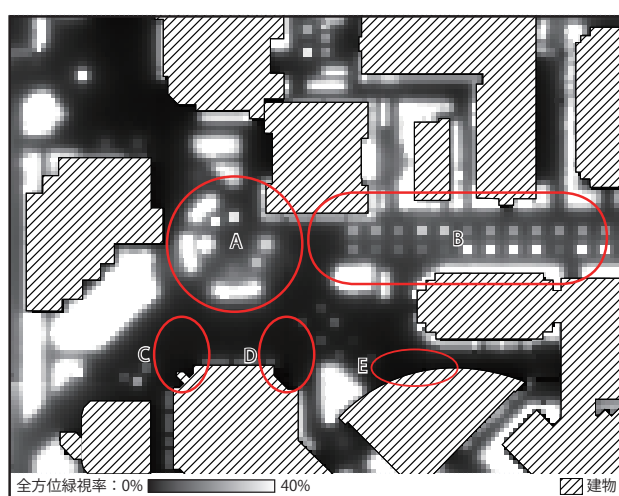


図 2-16 濃淡図による表現
(BKC の全方位緑視率の濃淡図)

2.6 本章のまとめ

本章では可視領域の定量化手法について、その諸概念や定義について整理するとともに、本研究で用いる手法についての概説を行った。平面的な面積計量から立体角計量による全天球対応の手法に至るまで、技術的にはより高度な手法へと展開していると言える。一方、各手法はそれぞれ計算コストの多少や扱える計量の対象などが異なり、分析対象の数や計量の主眼を何に置くかによっては2次元的面積計量手法を採用

する方が効果を挙げる場合も少なく無い。可視領域の定量化研究においては、各手法の特徴を理解し、研究テーマにあった手法の選定が重要になると考えられる。

次章以降では、本章で提案した3つの可視領域の定量化手法を用いて具体的な研究テーマに取り組み、各テーマにおいて可視領域の定量化という観点から分析・考察を展開していく。具体的な適用例を通して、それぞれの手法がどのような研究成果を収めることができるかを示し、その有用性を確認する。

注釈

- 注 1) 厳密には CG モデルの作成，全天球パノラマ画像の作成，球面展開図の作成までを 3 次元 CAD ソフトで行っており，ピクセル計量は画像処理ソフトを用いて行っている。これらのソフトに実装されている諸機能を，マクロ化およびバッチ処理のプログラムを作成・適用することで連動させ計量を行っている。
- 注 2) メッシュサイズの検討については，5 章の注 1) において 5 章の図 5-4 を用いて行っているため，そちらを参照されたし。
- 注 3) 検証モデルは，図 5 で示すモデル (model_N) を基準に，x 軸の正の方向に 5 ピッチで移動させたモデル (model_H1 ～ 6)，model_N を z 軸の正の方向に 5 ピッチで移動させたモデル (model_V1 ～ 6)，model_N を y 軸を回転軸として 15° ピッチで回転させたモデル (model_R1 ～ 6) の計 19 通りとした。また，model_N を x 軸の正の方向に 30 移動させた model_H6 の計量値 m は 0.083% と極めて小さい値であった。このことから，見かけ上の面積が微小になるようなオブジェクトに対しても，計量精度が担保されていることが確認できたため，検証数として妥当であると判断した。
- 注 4) 計算の詳細な導出過程を以下に示す。単位球面上の球面三角形の頂点 A' ， B' ， C' の対辺の長さを a, b, c とすると，球面三角形の余弦定理より，

$$\alpha = \arccos\left(\frac{\cos a - \cos b \cdot \cos c}{\sin a \cdot \sin b}\right) \quad (2)$$

が成り立つ。ここで， $a = \widehat{B'C'} = \angle B'OC'$ なので， a の値は，

$$a = \arccos\left(\frac{|\overrightarrow{OB'} \cdot \overrightarrow{OC'}|}{|\overrightarrow{OB'}| \cdot |\overrightarrow{OC'}|}\right) \quad (3)$$

から求めることができる (b, c についても同様)。これにより， α を決定することができ，同様に求めた β ， γ を式 (1) に代入することで立体角 R を求めることができる。

- 注 5) オブジェクト境界とは，画像上における異なる属性のオブジェクト間の境界を指す。オブジェクト境界では各属性のピクセルの色が混じり合うため，色の判定による属性判定が不可能になるピクセルが発生する。これによって若干の誤差が生じていると思われるが，全体の結果に大きな影響を及ぼすものではない。

3. 可視面積の発展的計量手法の適用例



3.1 はじめに

本章では、平面図をベースとした可視領域の2次元的な計量手法の具体的な適用例を2つ示す。1つ目は大学キャンパスにおける外部空間の可視領域の変遷の把握であり、2つ目は小学校の自然監視性の評価への適用である。前者は、大学キャンパスの建物変遷に伴って外部空間がどのような影響を受けたのかを、可視領域の変遷の把握という観点から捉えようとするものであり、対象キャンパスが開設された1994年から2008年までの間で建物配置の変遷があった13時点の可視領域の様相を網羅している。後者は、1980年代から2009年までに雑誌「新建築」に掲載された小学校のうち、計量に必要な情報を得られた46校全てを対象としており、それぞれの小学校の自然監視性の評価のみならず、全46校の分析から得られた結果を統計的に把握することで、近年の小学校建築の防犯面に関する傾向を明らかにすることを目的としている。いずれも個別の対象を詳細に分析・把握することよりも、多くの分析対象を網羅することで、その全体像を掴むことを主眼としている。

2次元的な可視領域の計量は、実際には3次元的に観測される事象を2次元的に簡便化して分析する手法である。それゆえ、より詳細な検討や評価には不向きであるが、データベースの作成が比較的容易かつ電子計算機による計算コストも少ないため、多くの対象を分析する必要がある場合には適した手法と言える。本章で示す2つの適用例を通じて、2次元的な可視領域の計量が取り扱うことのできる分析の範疇を示し、その範疇における有効性を示すことを本章の目的とする。

3.2 可視面積計量による大学キャンパス外部空間の視覚的な広がりの変遷把握

3.2.1 背景と目的

近年、競争力の強化を目指す多くの大学で学部・学科が新設され、それに伴う新学部・学科のための中核施設や、学生人口の増加に対応するための交流施設が新築されるなど、大学キャンパスにおける施設の量的整備の動きが活発化している。本研究の対象でもある立命館大学びわこ・くさつキャンパスにおいても、キャンパス開設から現在に至るまでに多くの施設が増設されてきた。

その際、新築された建物自体の形態、機能、もしくは既存建物との配置関係等はしばしば注目の対象となる。しかし、新たな建物ができることで大きな影響を受けるのは、「図」としての建物よりもむしろ、「地」としての外部空間であり、建物の形態や

配置の仕方で、外部空間の空間特性は大きく変化するものと考えられる。

また、大学キャンパスにおいて、外部空間は学生たちの課外の様々な活動や交流を担うべき場所として、極めて重要な位置を占めるものであり、大学キャンパスの整備計画においては、その計画が外部空間へ与える影響を評価する必要がある。このような影響を把握する指標として、一般的には建蔽率や容積率が挙げられるが、こういったマクロな指標だけでは不十分であり、人の目線からの影響を評価する指標が必要になると考えられる。

本研究では、1994年～2008年までの立命館大学びわこ・くさつキャンパスにおいて、建物変遷があった13時点を対象に、可視面積の計量によってその外部空間の視覚的な広がりを実量的に把握する。また、時点間の比較や変化量を分析することで、キャンパスの建物変遷が外部空間の視覚的な広がりを与える影響を評価する手法を示す。

3.2.2 既往研究との位置づけ

これまでに、様々な大学キャンパスを対象として、キャンパス外部空間の空間特性を分析する研究は行われてきた。中でも、山之内ら¹⁾、野間ら²⁾、杉田ら³⁾は可視領域に着目してキャンパス外部空間構造の把握・記述を試みている。山之内らと野間らによる研究は、特に歩道に着目した研究であり、計量地点の設定は100m間隔であり、視点場を限定的にした局所的な分析と言える。しかし、キャンパス内の人間の活動領域は歩道だけに限るものではない。また、100m間隔と言う視点場の設定では、移動によって移り変わる視環境の様相を描き出すには至らない。杉田らはisovist理論を発展させた経路isovistを提案し、視覚的な空間の繋がりを分析することでキャンパス外部空間の形式的な分類を行っている。形式として捉えることは1つの記述法としては有効であるが、位相幾何学的な見地からの分析であり、計量的な見地からの分析である本論文とは異なる。大学キャンパスにおける建物の変遷が外部空間に与える影響に着目した研究としては山口ら^{4) 5)}の成果が挙げられる。山口らは評価指標に天空率や鉛直面直接昼光率を採用し、建築可能範囲の把握という観点から分析を行っているのであって、グラウンドレベルでの視覚的な広がりに着目して可視面積を計量している本研究とは異なる。

外部空間の視覚的特性は建物の配置と視点との相対的關係に従って複雑に移ろいくシームレスな様相を有しているはずである。よって、本研究では局所的な分析あるい

は形式性によって記述するのではなく、個別の視点の計量結果の総体としてキャンパス外部空間の視覚的様相をシームレスに網羅・把握することを試みている。また、キャンパス外部空間に対する建物変遷の影響を可視面積の計量で把握しようとした研究は見当たらない。可視面積の計量をキャンパスの外部空間全範囲に適用し、複数の時点における分析によってその変遷を把握しようとする点で新規性認められる。

3.2.3 用語の定義と評価手法

可視面積の計量は、2.2.1で説明した手法によって行うが、本項では大学キャンパスへの適用に向けての追加事項を補足する。

(1) 閉境界と開境界

解析対象範囲の設定に際して、閉境界と開境界の2種類を定義する。図3-1の実線は閉境界線を示すものであり、これを越えて視線が到達する対象点Aは不可視とする。点線は開境界線を示すものであり、これを越えて視線が到達する対象点Bは可視とする。これにより、現状に応じた解析が可能となる。

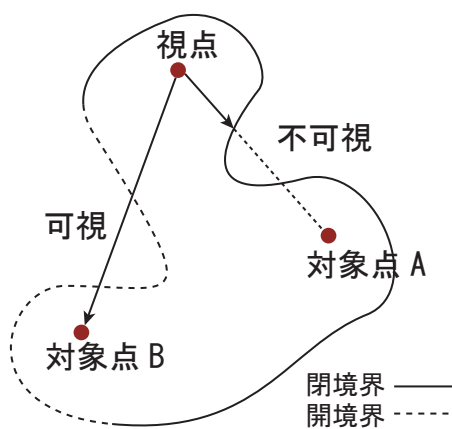


図 3-1 閉境界と開境界

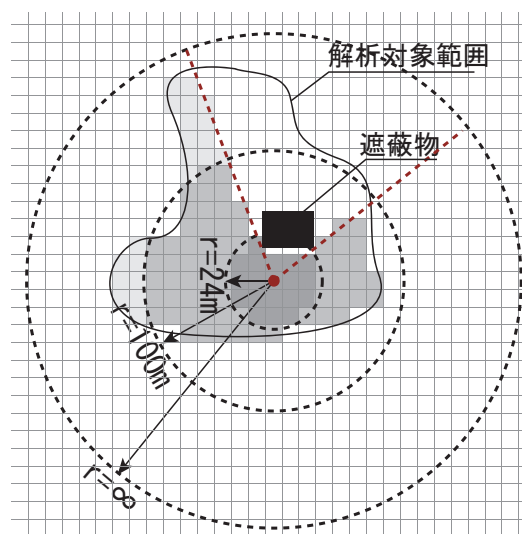


図 3-2 3段階の視距離

(2) 視距離の設定

本研究では各年代の配置図に対して、視覚的コミュニケーションの観点から視距離を無限・100m・24mの3段階に設定し、それぞれの視距離における可視領域を計量する（図3-2）。100mは相互の意思疎通の限界、人の動作が分かる限界の距離とされ、しばしばコミュニティスケールと呼ばれる⁶⁾。親密なコミュニティを形成する屋外空間スケールであり、中世地中海都市の伝統的広場の辺長（短辺平均50m×長辺平均110m⁷⁾、日本の伝統的コミュニティである農村集落内の道の視距離（概ね100m以下⁸⁾）などがこのスケールの外部空間として挙げられる。また、24mという距離は表情の識別限界であるとされ、通常ヒューマンスケールと呼ばれる^{9) 注1)}。

視距離24m・100mの設定においては、人間の視覚的なつながりに基づいたスケールごとの可視面積の広がりの評価である一方、視距離無限の場合は視距離に関わらず視覚的な広がり进行评估することができると考えられる。

(3) 分析指標

各メッシュにおける計算で得られた可視行列を用いて、表3-1、2に示す分析指標を算出する。表3-1に示す指標はある1時点における計量結果を分析することに用いる。表3-2に示す指標は2時点間の可視領域の変化を分析することに用いる。それぞれの計量結果の描画に際しては、各メッシュの値に基づくラスターデータによる表現と、それを等値線に変換した描画方法を適宜用いるものとする。

表3-1 可視行列による指標

可視率	ある視点の可視面積の解析対象範囲面積(*)に対する割合
可視率等値線	可視率によって描画される等値線
可視率平均	可視率の平均値
可視率分散	可視率の分散値

(*) 視距離100m、24mの場合各々の視距離を半径とする円の面積に対する割合とする

表3-2 可視行列の変化量による指標

可視減少量	ある視点が失った可視率の絶対量
可視減少率	可視減少量の、既存可視率に対する割合
可視減少量等値線	可視減少量による等値線
可視減少率等値線	可視減少率による等値線
可視減少量平均	可視減少量の平均値
影響面積率	可視減少が生じた面積の解析対象範囲面積に対する割合



図 3-3 BKC の 2008 年時点の建物配置図

(4) BKC の建物配置概要と計算条件

BKC の建物配置図 (2008 年), 主要外部空間概念図および解析対象範囲を図 2-6 に示す。本研究においては, 遮蔽物とは専ら建物の外形線とし, 閉 / 開境界については, 自然緑地に接するところは閉境界, 運動場等に接する箇所は開境界とした。計算に用いるメッシュ寸法は $1\text{ m} \times 1\text{ m}$ とした。建物配置図は 1994 年から 2008 年までの間で変遷のあった 13 時点を対象とした。

3.2.4 単純モデルによる可視面積の基本的性質の確認

本節では、前節で示した分析手法に則していくつかの単純モデルを分析し、それらを比較することで、可視領域に関する指標の基本的な性質に関して確認する。

(1) 形態の差異による可視面積の変化

建蔽率、配置箇所の条件が等しくとも、遮蔽物の形態によって可視領域の様相には差が生じる。以下に面積 S の正方形、円形、L字型の遮蔽物が解析対象範囲の中央に置かれた場合の、それぞれの可視率等値線と可視率平均・可視率分散の値、およびそのグラフをを示す。(図 3-4, 5)

可視率平均は円形が最も高く、L字が最も低い値を示す一方、可視率分散はL字で最も高く、円形で最も低い値を示すということがわかる。即ち、円形はどの場所も均等に近い状態で、比較的高い可視率を有し、平坦な可視率等値線となると言える。L字型は場所によって可視率のばらつきが大きく、平均すると可視率は低く、急勾配の可視等値線となると言える。

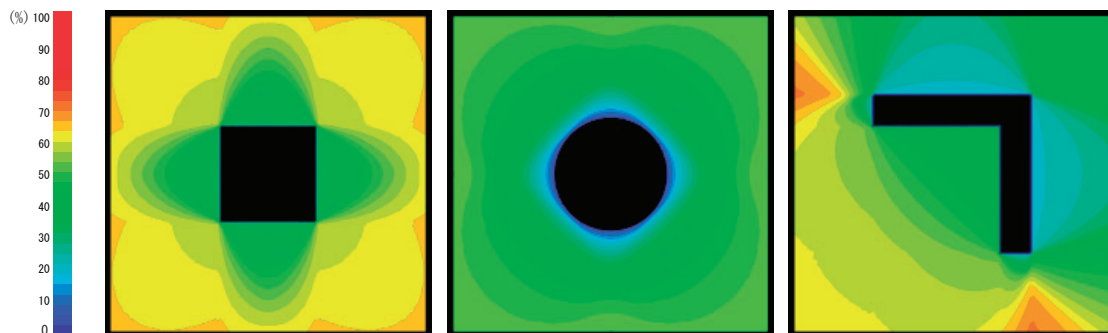


図 3-4 形態による可視率等値線図の違い

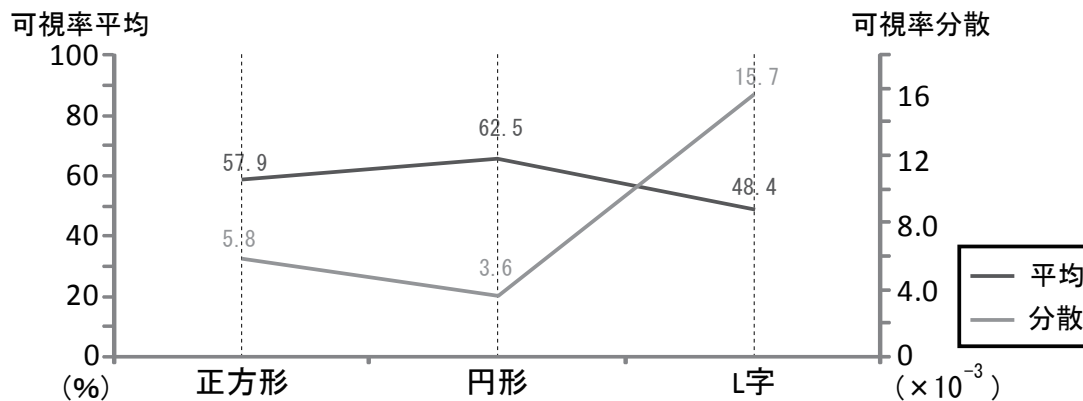


図 3-5 形態による可視率平均・可視率分散の違い

(2) 遮蔽物数及びその配置の差異による可視面積の変化

建蔽率、形態の条件が等しくとも、遮蔽物の数及びその配置の差異によって、可視領域の様相には差が生じる。以下に面積 S の正方形遮蔽物を 1 つ、面積 $S/2$ の正方形遮蔽物を 2 つ、面積 $S/3$ の正方形遮蔽物を 3 つ、任意の箇所に配置した場合のそれぞれの可視率等値線と可視率平均・可視率分散の値、およびそのグラフを示す。(図 3-6, 7)

建蔽率が等しいにも関わらず遮蔽物が分割されるに従って、可視率平均、可視率分散ともに減少していることがわかる。これは当然各モデルにおける遮蔽物の配置の仕方に依るところも大きいのはあるが、少なくとも、遮蔽物を分割しこの例の配置を行うとすれば、視点による可視率のばらつきは次第に小さくなり、可視率等値線は平坦なものへと向かい、それに伴って平均的な可視率も減少しているといえることができる。

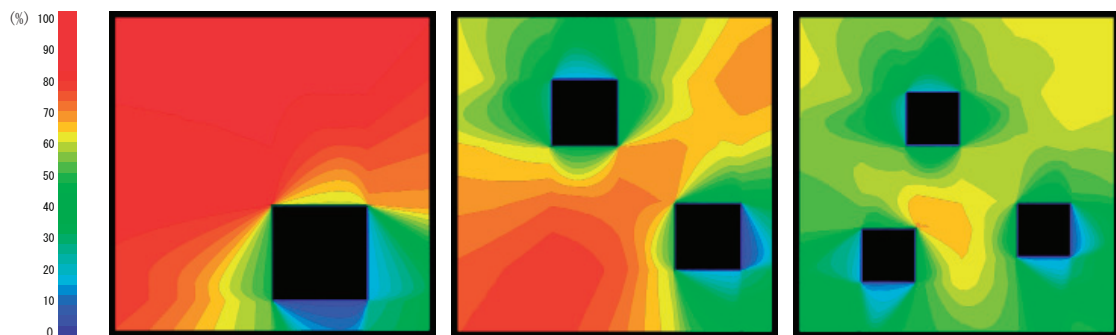


図 3-6 配置による可視率等値線図の違い

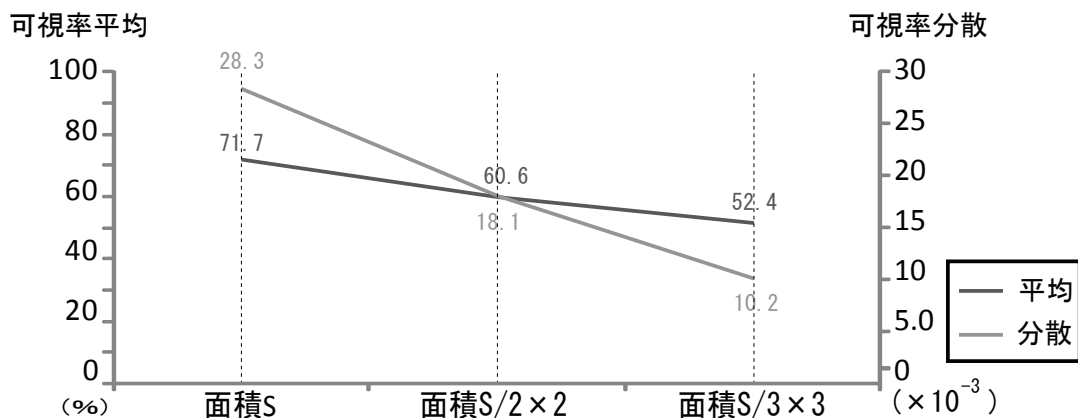


図 3-7 配置による可視率平均・可視率分散の違い

（３）建物の追加による可視面積の減少量の把握

3.2.2 で可視減少量および可視減少率を指標として提案した。ここでは簡単な例を示し、具体的な変化量の把握手法を説明する。model_A における可視率等値全図を図 3-8 に、これに建物を 1 つ追加した model_B の可視率等値線図を図 3-9 に示す。このとき、各々の可視率等値線を見比べても、その影響範囲と度合いを明確には把握できない。

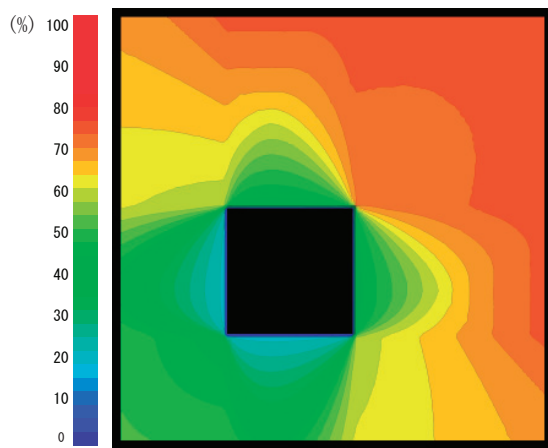


図 3-8 model_A の可視率等値線図

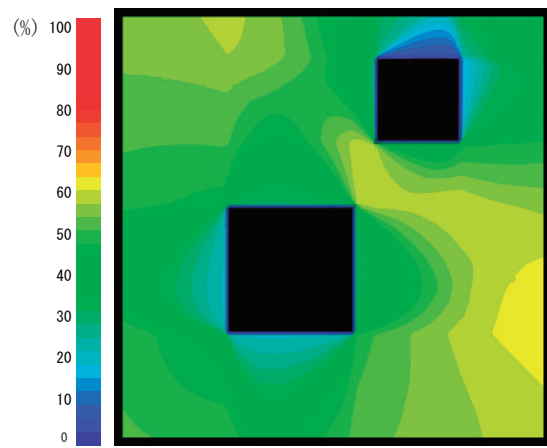


図 3-9 model_B の可視率等値線図

ここで、可視行列の変化量に基づいて描画される可視減少量等値線と可視減少率等値線は、それぞれ図 3-10、11 に示すように描画できる。黒に近いほど可視面積の減少が大きいことを示す。これによって、可視面積の減少の分布様態とその影響範囲を把握できる。可視減少量と可視減少率の違いは、配置の前後の変化を絶対量で把握するか変化の比率で把握するかの違いである。

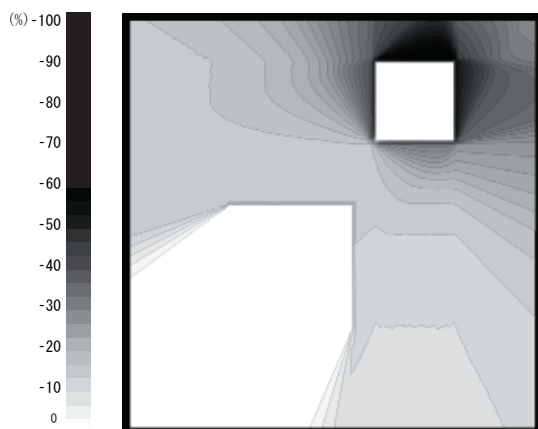


図 3-10 可視減少量等値線図

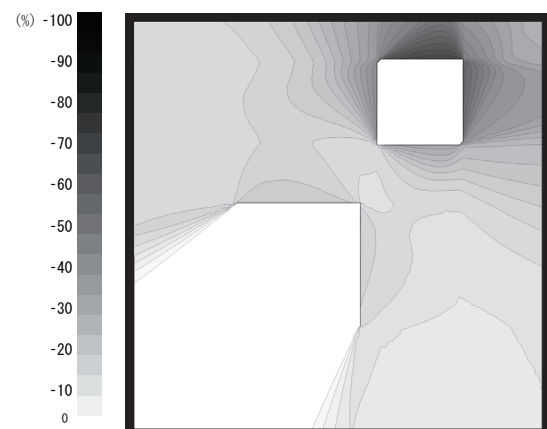


図 3-11 可視減少率等値線図

3.2.5 BKC キャンパス外部空間における可視面積の計量結果

以下に BKC 外部空間の可視面積の計量結果を示す。なお、建物名称と主要外部空間の名称および位置関係は図 3-3 に従う。

(1) 視距離無限による計量結果

図 3-12 に視距離無限における BKC の可視率等値線図の変遷と各時点での可視減少量等値線図を示す。1998 年の大幅な建物増加に伴い可視率も大幅に減少し、セントラルサーカス、イーストウイング北側、キャンパスプロムナード南端、現ローム記念館といった限られた狭い範囲で高い可視率を示していることが読み取れる。2000 年のローム記念館の建設によって現ローム記念館とイーストウイング北側の範囲の可視率が低下し、2003 年のカラーニングハウスⅡの建設によってキャンパスプロムナード南端の可視率が低下したことから、2003 年の時点で特に高い可視率を有するのはセントラルサーカスのみとなったと言える。その後、セントラルサーカスにおいても 2005 年のセントラルアーク、2006 年のキャノピーの建設に伴い可視率の低下が見られたが、BKC で最も高い可視率を有することには変わりはなかった。

また、図 3-13 より、可視率平均は 1998 年に大幅な減少が見られ、1997 年から 1998

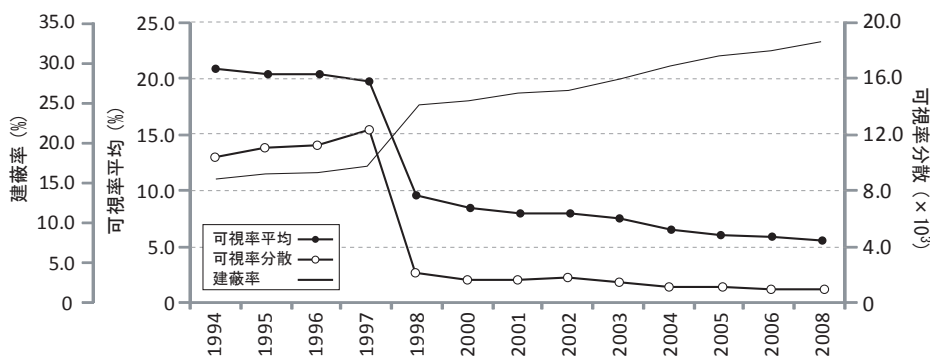


図 3-13 視距離無限における可視率平均・可視率分散の推移

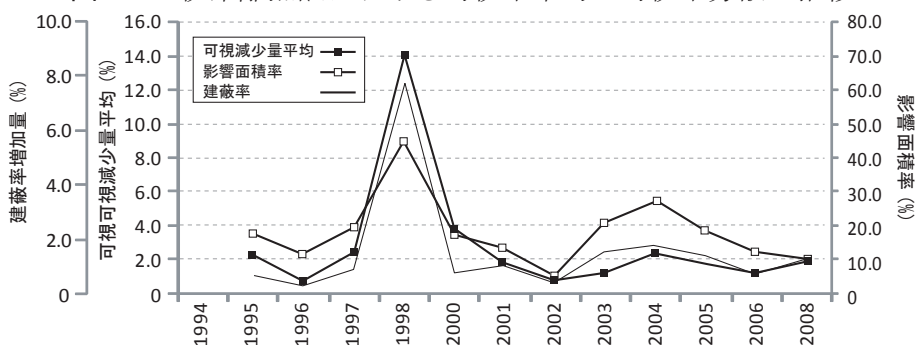


図 3-14 視距離無限における可視減少量・影響面積率の推移

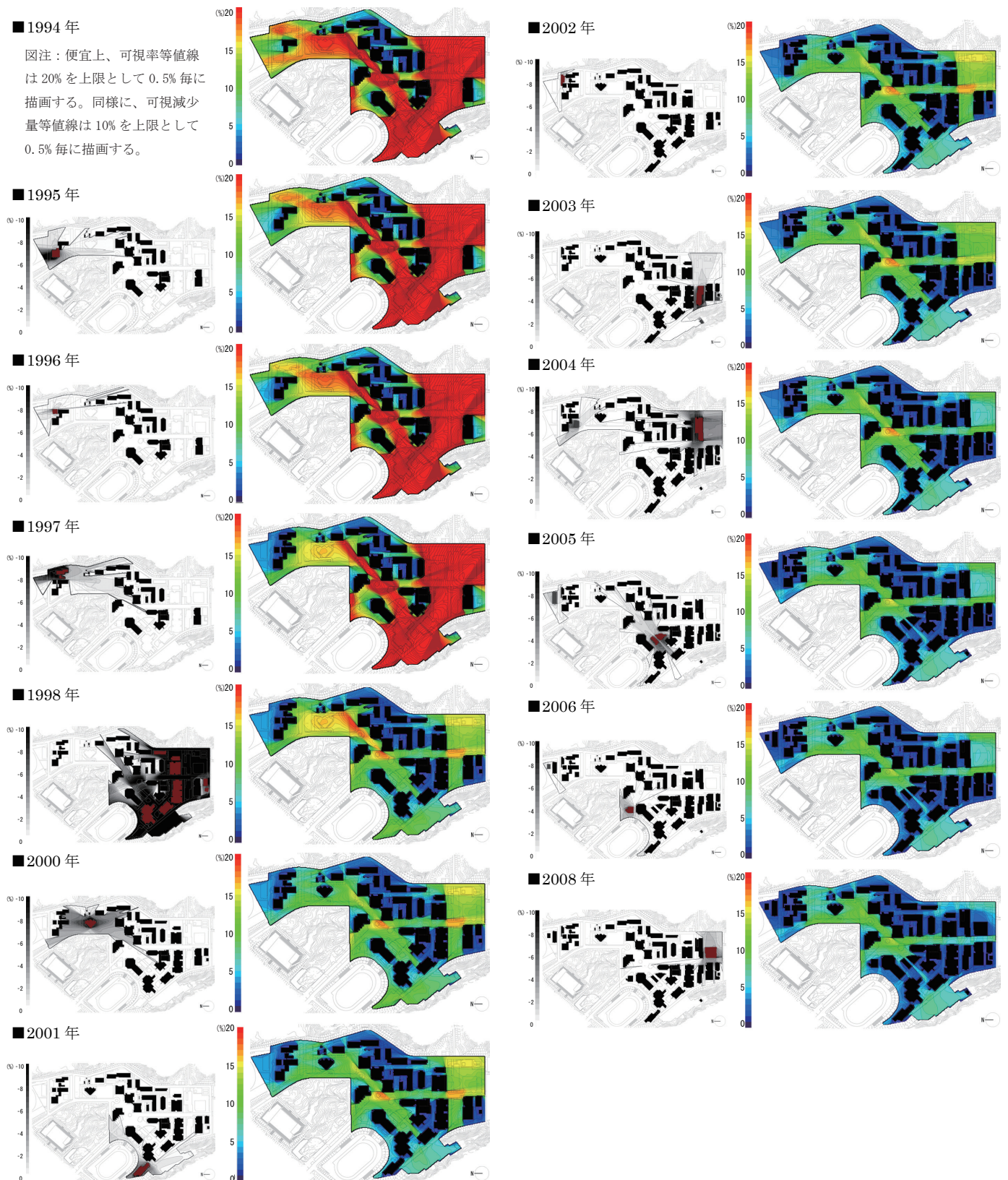


図 3-12 視距離無限における可視率等値線図（右列）と可視減少量等値線図（左列）

年の間に可視率平均が約 1/2 に減少していることがわかる。また、1998 年から 2008 年にかけてさらに 1/2 に減少し、全時点を通してみると建蔽率が約 2 倍に増加しているのに対し、可視率平均は約 1/5 に減少していることが明らかとなった。また、可視率分散の推移から、1994 年から 1998 年にかけては可視率の場所によるばらつきは高まったと言えるが、1998 年には急激な均一化が進み、その後 2008 年まで可視率の均一化の傾向が継続されていることがわかった。

図 3-14 を見ると、1998 年は可視減少量・影響面積率ともに全時点のうちで最大であることがわかる。また、2000 年は可視減少量において、全時点のうちで 2 番目に大きな値を示した。これは 2000 年に建設されたローム記念館の影響が大きかったことを示している。このことは、図 3-12 の 2000 年の可視減少量等値線図を見ても確認できる。さらに、2004 年は影響面積率において、全時点のうちで 2 番目に大きな値を示した年代であることが読み取れる。これは、2004 年に建設されたクリエーションコアと立命館大学 BKC インキュベータの影響範囲の大きさを示している。ただし、2004 年の可視減少量は他時点比べてもそれほど高くはないため、これら 2 棟の建設が小さいながら広範囲に影響を及ぼすものであったことが明らかとなった。

（２）視距離 100m による計量結果

図 3-15 から、1994 年には広く可視率の高い範囲が形成されていたが、1998 年の大幅な建物増加によって全体的に可視率は減少し、高い可視率を示すのはセントラルサーカス、イーストウイング北側から現ローム記念館の範囲、キャンパスプロムナード南端から現サイエンスコアの範囲、アクロスウイング南西の駐車場の 4 つの範囲になったことがわかる。特徴的なのはアクロスウイング南西の駐車場で、視距離無限の場合には特に可視率の高い範囲ではなかったが、視距離 100m の場合には可視率の高い範囲となっている。その後の建物変遷を経て、2008 年時点で高い可視率を示す範囲はセントラルサーカス、イーストウイング北側の一帯、ローム記念館北側の一帯、アクロスウイング南西側の駐車場の 4 つとなった。キャンパスプロムナード南端から現サイエンスコアの範囲は 2002 年時点では可視率が最も高い範囲であったが、その後のカラーニングハウスⅡ、クリエーションコア、サイエンスコアの建設の影響を受けて可視率が大幅に減少していることがわかる。

図 3-16 を見ると、可視率平均および可視率分散の推移は基本的には視距離無限の

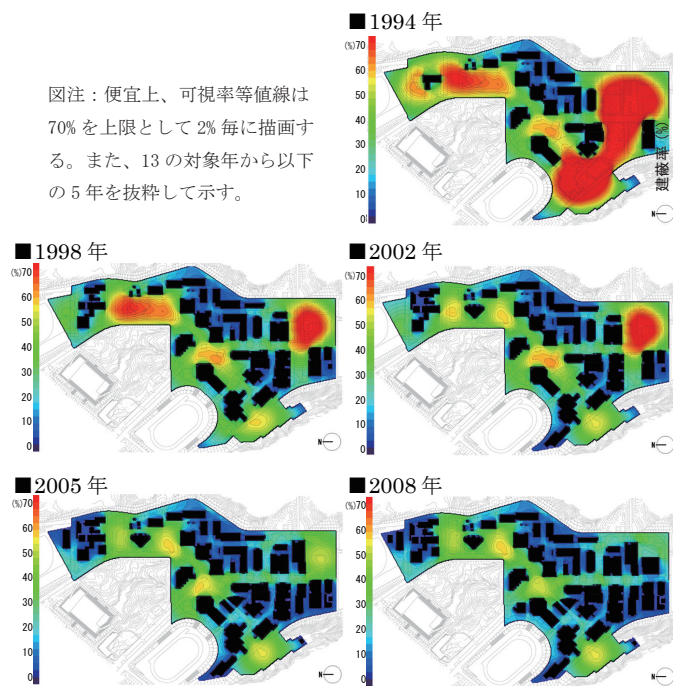


図 3-15 視距離 100m における可視率等値線図

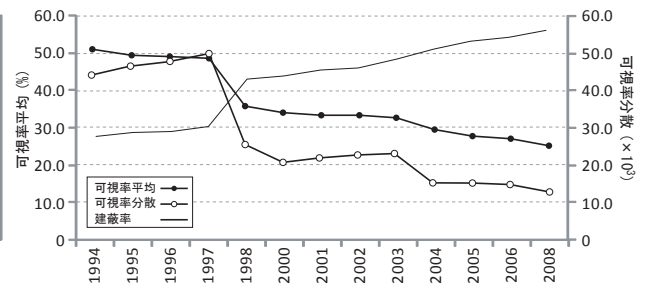


図 3-16 視距離 100m における可視率平均・可視率分散の推移



図 3-17 視距離 100m における可視減少量・影響面積率の推移

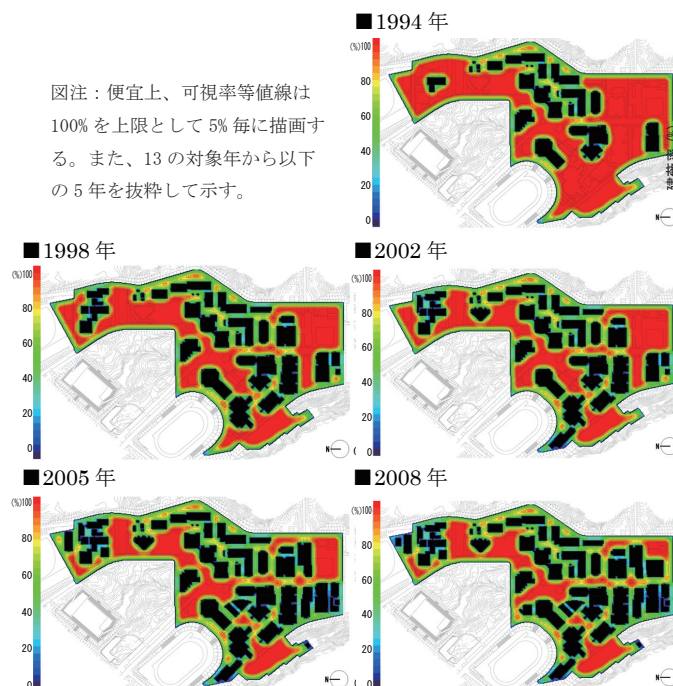


図 3-18 視距離 24m における可視率等値線図

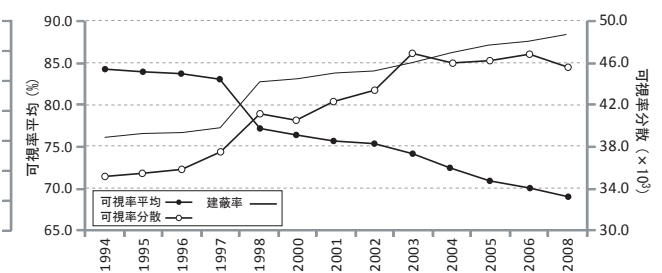


図 3-19 視距離 24m における可視率平均・可視率分散の推移

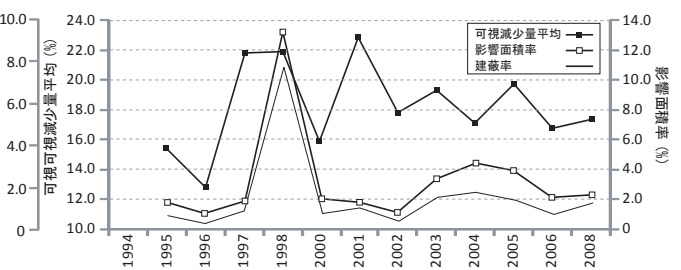


図 3-20 視距離 24m における可視減少量・影響面積率の推移

場合と類似した傾向を示していると言えるが、2000-2003 年の可視率分散の推移には視距離無限の場合には見られなかった上昇が観察できる。視距離 100m というスケールにおいては、この期間に可視率の場所によるばらつきが高まっていると言える。

図 3-17 からは、視距離無無限の場合と同様に、可視減少量および影響面積率ともに最大となったのは 1998 年であったことがわかる。また、影響面積率が 2 番目に高い時点は 2004 年であった。この結果が視距離無限の場合と一致する一方、可視減少量平均のグラフを見ると、2 番目に高いのは 2008 年であり、視距離無限の場合とは異なる結果となった。視距離 100 m のスケールに基づくと、2008 年のサイエンスコアの建設による影響が大きかったことが明らかとなった。

(3) 視距離 24m による計量結果

図 3-18 から、各年代を通して可視率 100%(以下：全可視)の領域が多く存在することがわかる。建物間の隙間のような比較的スケールの小さな空間でも総じて可視率は高く、全可視を示す場所も局所的に多数見られる。また、このような場所においては、視距離無限および 100m の場合に比べて可視率等値線の起伏が激しいことが見て取れる。視距離 24m の可視率等値線は、ある一定以上の面的広がりを持つ外部空間では全可視の領域が広がる単調な可視率の分布を示す一方、前述の隙間空間や建物に近接する場所では多様な可視率の分布が見られると言える。このことは図 3-19 の可視率分散のグラフ推移にもあらわれており、視距離無限、100m の場合には建物が増加するにつれて可視率分散は概ね減少するのに対し、視距離 24m の場合には増加している。視距離 24m というスケールにおいては、建物が増加するほど可視率分布のばらつきを生み出していることが特徴的であると言える。

また、図 3-20 から、視距離 24m において可視減少量が大きかったのは 1997 年、1998 年、2001 年であった。1998 年については視距離無限や 100m の場合にも大きな減少量を示していたが、1997 年や 2001 年については、視距離 24m における特徴的な結果であると言える。1997 年建設のハイテクリサーチセンター、2001 年建設のエポック立命 21 は、双方とも敷地境界線や建物によって囲われた比較的小規模な空地に対しての建設であったため、視距離無限や 100m といったスケールでの影響は相対的に低く捉えられた一方、視距離 24m のスケールにおいては 1998 年の大規模なキャンパスの再編と同程度の影響があったことを示している。

3.2.6 2010 年新学部棟建設による視覚的影響のシミュレーション

本項では将来建物予定の建設による外部空間の可視領域への影響をシミュレーションし、考察を加える。

(1) シミュレーションの条件

対象の建物は 2010 年開設予定のスポーツ健康科学部の学部棟である。BKC の管財課にヒアリングした建設予定の建物の概要（図 3-21）によると、文系学部のエリアにおける中心的広場として機能しているビーイングスクエア付近への建設が計画されており、外部空間の可視領域への影響を試算することは重要であると考えられる。

想定される建物の規模から建築面積を 2000 m²と仮定し、3 パターンのモデルを設定して可視率の計量を行った（図 3-22）。また、ビーイングスクエアへの可視領域の影響に焦点を当てた解析を行うことが妥当との判断から、ビーイングスクエアを中心とした半径 200m 圏内を解析対象範囲とした。

(2) シミュレーション結果

図 3-23 及び表 3-3 に計量結果を示す。可視率平均に関しては、model_C が最高の値を示し、次いで model_B が高く、model_A が最も低い可視率平均を示した。可視率分散についても同様に model_C, model_B, model_A の順に高い値を示した。可視率減少範囲面積率を見ると、最も広範囲に可視率減少を生じさせているのはやはり model_C であったが、model_A と model_B の比較ではほとんど差は無かった。

3.2.7 小結

本節では、可視領域を用いた解析手法によって、BKC の建物変遷に伴うキャンパス外部空間の可視領域の様相変遷を詳細に分析することができた。また、視距離を変化させてその段階的様相を分析することで、それぞれの視距離が有する意味合いに対応する可視領域の様相の特徴を把握することができた。

本節で提案した分析手法は、個別視点の計算結果の集積によって全体様相を網羅するという方法論の性質上、局所的な考察と全体的な考察を自由に行き来することができ、また、視距離の設定に応じたスケールで解析することができるという点で有用性が認められると考えられる。



図 3-21 シミュレーション対象建物概要

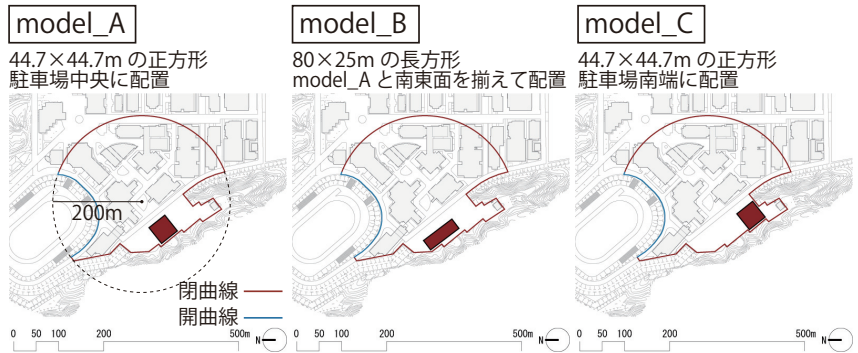


図 3-22 シミュレーションモデル

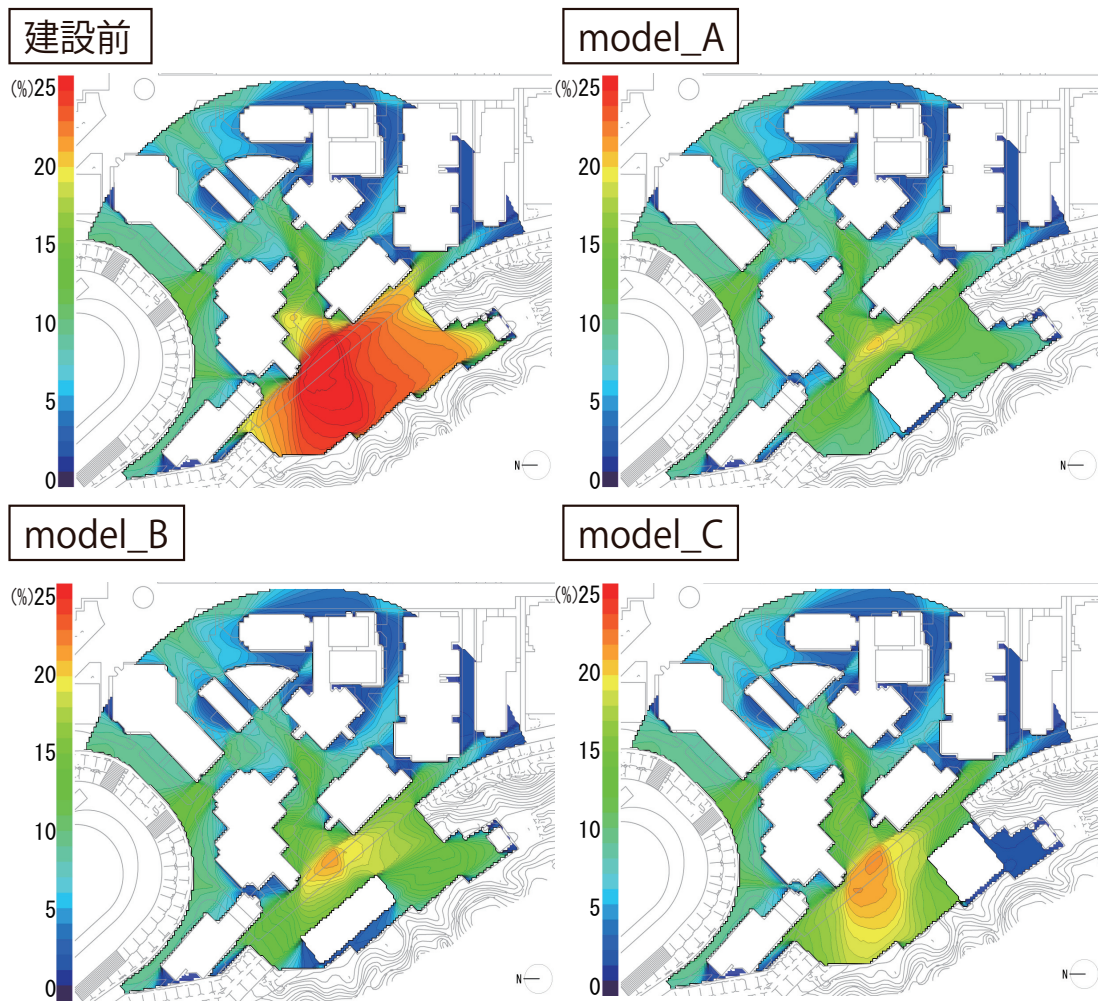


図 3-23 各シミュレーションモデルによる可視率等値線

図注：便宜上、可視率等値線は25%を上限として0.5%毎に描画する。

表 3-3 各シミュレーションモデルの数値指標

	建設前	model_A	model_B	model_C
可視率平均(%)	12.57	8.96	9.43	10.02
可視率分散($\times 10^3$)	5.62	1.55	2.11	3.04
可視率減少範囲面積率(%)	—	25.04	25.11	21.26
可視率減少量平均(%)	—	7.42	6.25	6.02

3.3 小学校の自然監視性の評価

前節では外部空間における見通しの良さに着目し、可視領域として定量化することで、大学キャンパスの外部空間の変遷を把握した。本節では外部空間の可視領域のみならず、建物の窓の位置を勘案することで建物内部から外部空間への可視性を定量化する手法も併せて提案する。これにより、外部空間の見通しの良さと建物内部から外部空間への見通しの良さの双方を統合的に分析し、自然監視性の評価を試みる。建物内部からの外部空間への見通しの良さを計量する際には、各階の平面図ベースの計量結果を重ねあわせることで簡易的に立体的な計量結果として表現しており、前節の計量手法の発展形として位置づけることができる。

3.3.1 背景と目的

近年、小学校には初等教育のみならず地域コミュニティの拠点としての役割が期待されており、空き教室や運動場の開放といった事例が数多く見られる。一方、2001年に起こった池田小事件を契機として児童の安全性に対する関心が高まった。このように、地域に開かれた学校と防犯対策という、相反する課題が要請されるようになった。^{注2)}

このような要請に対して、犯罪発生を抑制や低減を目的とした防犯環境設計（Crime Prevention Through Environmental Design：以下、CPTED）という理論が施設計画に活用される例が増えている^{注3)}。CPTEDとは「機会犯罪」^{注4)}を誘発する環境や空間構成要素の分析を通じて、犯罪実行の機会を抑制する環境を形成しようとする理論である。Jeffery(1971)¹⁰⁾やNewman(1972)¹¹⁾によるものをはじめ、多くの研究がなされてきた。CPTEDにおいては地域住民や警察、監視カメラ等による犯罪企図者への「監視性の確保」が重要な要素として挙げられている。

Crowe¹²⁾(1991)は、監視性を窓などからの人の目による「natural（自然な）」、警察のパトロールなどの「organized（組織的な）」、監視カメラなどによる「mechanical（機械的な）」という3つの監視性に分類し、近年の物理的手段による防犯環境設計の焦点は特に「自然な」機会を利用することに移行しているとしている。一方、国内においても安全安心まちづくり研究会によって「CPTEDの四要素^{注5)}」をできる限り自然な方法で、他の分野と包括して、様々な手法を組み合わせで共同で展開することが重要である¹³⁾と提言されている。このようにCPTEDでは「自然な」監視性（以下「自然

監視性」と称する) が特に重要視されている。そこで、これまで建築計画学や意匠的な観点からの検討が主であった小学校の施設計画に対して、自然監視性による防犯性の確保という観点も平面計画・配置計画の検討に加えることを提案する。そのためには、小学校の自然監視性を定量的に評価する手法が必要である。

文部科学省による小学校施設整備指針(2003年改訂)においては、「敷地内や建物内及び外部からの見通しが確保され、死角となる場所がなくなるよう計画すること」が重要とされている^{注6)}。そこで、本節では小学校の校舎外部における見通しと校舎内部から外部に向けての見守りという2つの観点から自然監視性を評価する手法を提案するとともに、小学校46校の自然監視性の評価を通して、安全で開かれた小学校の施設計画に対する知見を得ることを目的とする。

3.3.2 既往研究との位置づけ

建物の窓からの見守りに着目した自然監視性に関する既往研究として、大野ら¹⁴⁾(1995)は集合住宅を対象として任意の地点に周辺住棟から注がれる視線の量(視線輻射量)を計量することで自然監視性の図化を行い、アンケート調査に基づく防犯上の不安感との相関性を考察している。また、小池ら¹⁵⁾(2008)は住宅を対象として、開口部単位の侵入リスクを定量的に評価するために、光源投射法を用いて歩道から住宅開口部への自然監視性を表現するモデルを構築している。

一方、外部空間の見通しに着目した研究も行われてきた。永家ら¹⁶⁾(2007)は都市空間に着目し、スペースシンタックス理論におけるアクシャルラインとイソビスタに基づく可視性の分析を行うことで、視覚の分類を行っている。瀧澤ら¹⁷⁾(2010)は街路犯罪に着目し、ひたたくりと京都郊外の空間特性(人口統計、土地利用、空間の見通し、街灯)との間の関係性を調査している。

加えて、防犯に関する研究としては、Wangら¹⁸⁾(2010)による大学キャンパスにおけるパブリックスペースの安全性と場面構成に影響を与える要因を分析した研究や、Buら¹⁹⁾(2010)分析の階層化の過程とクラスタリング手法の長所を結びつけて防犯システムのための有効性評価手法を提案した研究、Leongら²⁰⁾(2008)による相互自助的な防犯のためのダイナミックパターン分析の枠組みを開発した研究などが挙げられる。

これまでの自然監視性に関する研究において、外部空間の見通しの良さや建物の窓

からの見守りを個別に分析した成果は報告されている。しかし、これらを統合的に扱った自然監視性の評価手法は報告されていない。また、小学校の自然監視性を定量的に評価する研究は見当たらない。本研究は、校舎外部における見通しと校舎の窓からの見守りという2つの観点から、小学校の自然監視性を評価している点で新規性が認められる。

3.3.3 用語の定義と評価手法

(1) 可視と自然監視量の定義

本節における「可視」の定義は、2.2.2における定義と同様である。また、計量範囲内において、ある対象点に対して可視である視点の総数を「自然監視量」と定義する。

(2) 外部自然監視量と対外自然監視量

ここで、建物外部における自然監視量を「外部自然監視量」(図3-24)、建物内部から外部への自然監視量を「対外自然監視量」(図3-25)と定義する。これにより、校舎外部における見通しと校舎内部からの見守りという2つの観点から自然監視性を評価することが可能となる。外部自然監視量はメッシュ単位面積(1 m²)を乗じて外部自然監視面積に変換する。

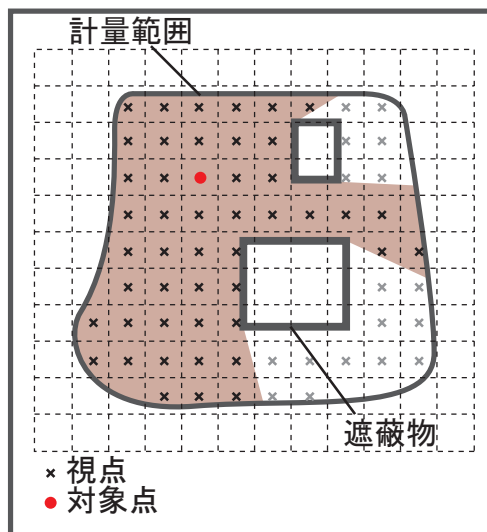


図3-24 外部自然監視量

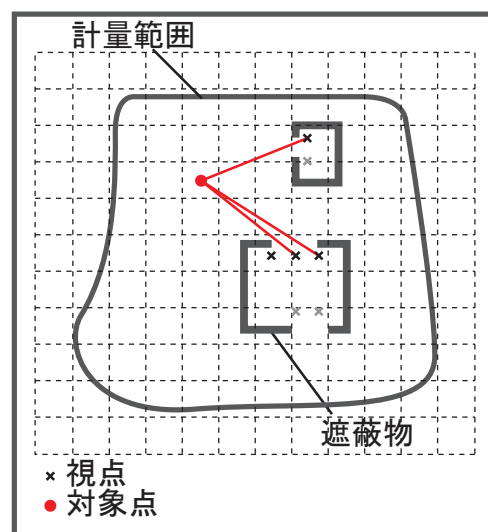


図3-25 対外自然監視量

(3) 自然監視量の計量方法と研究対象

自然監視量の計量は、計量範囲の形状、その内部に存在する遮蔽物、メッシュ寸法を設定条件としてすべてのメッシュで行う。計量範囲は小学校の敷地境界線とし、遮蔽物とは専ら建物の外形線とした。メッシュ寸法は計量精度と計算量に配慮して1 m角とした。また、対外自然監視量の計量に際しては、日常的に教員がいるクラスルーム、職員室またはこれに類するもの、校長室、保健室における開口部分（以下；有効開口部）は遮蔽物の境界線から除外した。これにより、開口による視線の透過、日常的な人の目の有無等の現実に応じた計量が可能となる。校舎内部の視点は、有効開口部から500mm内側にオフセットしたライン上に、中心点を基準として左右に500mmピッチで設定した（図3-26）。2階建て以上の小学校に関しては、対外監視量の計量は各階の平面図に基づく二次元的な計量結果の足し合わせによって行った。計算にはC言語による独自のプログラムを用いた。

研究対象は、地域に開かれた学校づくりが進み始めた1980年代から2009年までの期間に、雑誌『新建築』に掲載された事例の内、計量に必要な情報を取得できた46校を対象とした。

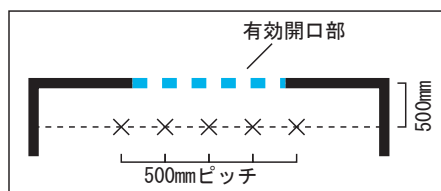


図 3-26 校舎内部の視点の設定

β	$\beta \geq 1$	$\beta = 0$
$\alpha \geq 25$	I	II
$\alpha < 25$	III	IV 不可視領域

α : 外部自然監視率
 β : 対外自然監視量

図 3-27 自然監視領域分類図に用いる区分

表 3-4 数値指標

外部自然監視率 α	計量範囲の総面積に対する外部自然監視面積の割合
対外自然監視量 β	計量範囲内のある対象点に対して可視である建物内部の視点の総数
不可視領域面積 γ_a	$\alpha < 25\%$ かつ $\beta = 0$ の領域の面積
不可視領域面積率 γ_r	計量範囲面積に占める不可視領域の面積率

表 3-5 描画指標

外部自然監視率等値線図	各メッシュの外部監視率 α の計量結果に基づく等値線図
対外自然監視量等値線図	各メッシュの対外監視量 β の計量結果に基づく等値線図
自然監視領域分類図	外部自然監視率と対外自然監視量の計量結果を重ね合わせることで描画される領域分類図

（４）分析指標

分析指標は各メッシュの計算値に基づく数値指標（表 3-4）と、等値線等に変換した描画指標（表 3-5）を適宜用いる。自然監視領域分類図は、外部自然監視率と対外自然監視量の計量結果を重ね合わせ、図 3-27 の区分に従って領域分類を行うことで、2 つの観点からの計量結果を 1 つの描画指標に統合した図である。これにより、校舎外部における見通しが悪く校舎内部からの見守りも無い、自然監視性の極めて脆弱な領域を抽出することができる。図 3-27 の区分Ⅳとなる領域を不可視領域と定義し、不可視領域面積 γ_a および不可視面積率 γ_r をあわせて算出する。なお、図 3-27 の区分に関して、外部自然監視率 α の区分は小学校全 46 校の α の平均値が 54.34% であったことをふまえ、その半分以上の α しかない場所を外部空間の見通しが悪い範囲として定義し、 $\alpha < 25\%$ と $\alpha \geq 25\%$ で区分している。また、対外自然監視量 β の区分は、たとえ一カ所からでも校舎からの見守りが期待できる場合と、どこからも期待できない場合では全く状況が異なると考え、 $\beta = 0$ と $\beta > 1$ で区分している。

3.3.4 小学校 46 事例の自然監視性の評価結果と考察

（１）小学校の自然監視性の分析例

46 の対象校から 4 校を抜粋し、解析結果を図 3-28 に示す。

抜粋した 4 校のうち $\alpha_{\text{平均値}} \cdot \beta_{\text{平均値}}$ ともに最大となるのは川口市立戸塚南小学校であった。 $\beta_{\text{平均値}}$ に関しては、解析を行った 46 校中でみても最大である。しかし、 γ_r は 21.1%（46 校中 5 位）とかなり高い。運動場に面して有効開口部が計画されており、 $\alpha \cdot \beta$ 等値線ともに運動場を中心に高い値の領域が広く形成されている。一方、校舎と敷地境界線の間（範囲 A）は狭く、有効開口部も存在しないため、 $\alpha \cdot \beta$ ともに低い領域が形成されている。 $\alpha \cdot \beta$ の低い領域の分布が類似したため、広い範囲で不可視領域が形成されたと考えられる。区分Ⅲ（ $\alpha < 25\%$ かつ $\beta \geq 1$ ）となった範囲は外構面積のうち 0.8% のみであることから、外部の見通しが悪い範囲に対する内部からの見守りがほとんどないことがわかる。

4 例中 $\gamma_a \cdot \gamma_r$ ともに最大となるのは神戸市立玉津第一小学校であった。全 46 校中でみても $\gamma_a=4197 \text{ m}^2$ 、 $\gamma_r=25.8\%$ はともに 2 位と、高い値であるといえる。この例においても $\alpha \cdot \beta$ 等値線図をみると $\alpha \cdot \beta$ の分布傾向が類似していることがわかる。建物に囲まれた中庭（範囲 B）はクラスルームからの対外自然監視の影響で区分Ⅲ（面

積率 10.3%) となっているが、その他の $\alpha < 25$ の領域に対して対外自然監視はほとんど無く、不可視領域が広く形成されている（範囲 C）。

なぎさ公園小学校は多数の分棟配置で外部空間が細分化され、 α の低い領域が多く存在する。 $\alpha < 25\%$ となる領域の面積率は 42.3% と全 46 校中でも 2 番目に多い。敷地中央の建物で囲われたピロティ空間（範囲 D）や範囲 E・F 等の敷地境界線付近においては、 $\alpha \cdot \beta$ 共に低く、不可視領域となっている。しかし、 β 平均値は 94.5 個 / m^2 と比較的高く、校舎と体育館の間の範囲 G に区分Ⅲの領域が広く形成されており（面積率 28.1%）、 γ_r は 14.2%（46 校中 17 位）にとどまった。

城西小学校は入り組んだ建物形状の影響で中庭（範囲 H）などに α の低い範囲が多く見られ、 α 平均値は 46 校中で最低であるとともに、 $\alpha < 25\%$ となる領域の面積率も 48.5% と全 46 校中で 1 番多い。また、 β 平均値に関しても取り上げた 4 例中では最

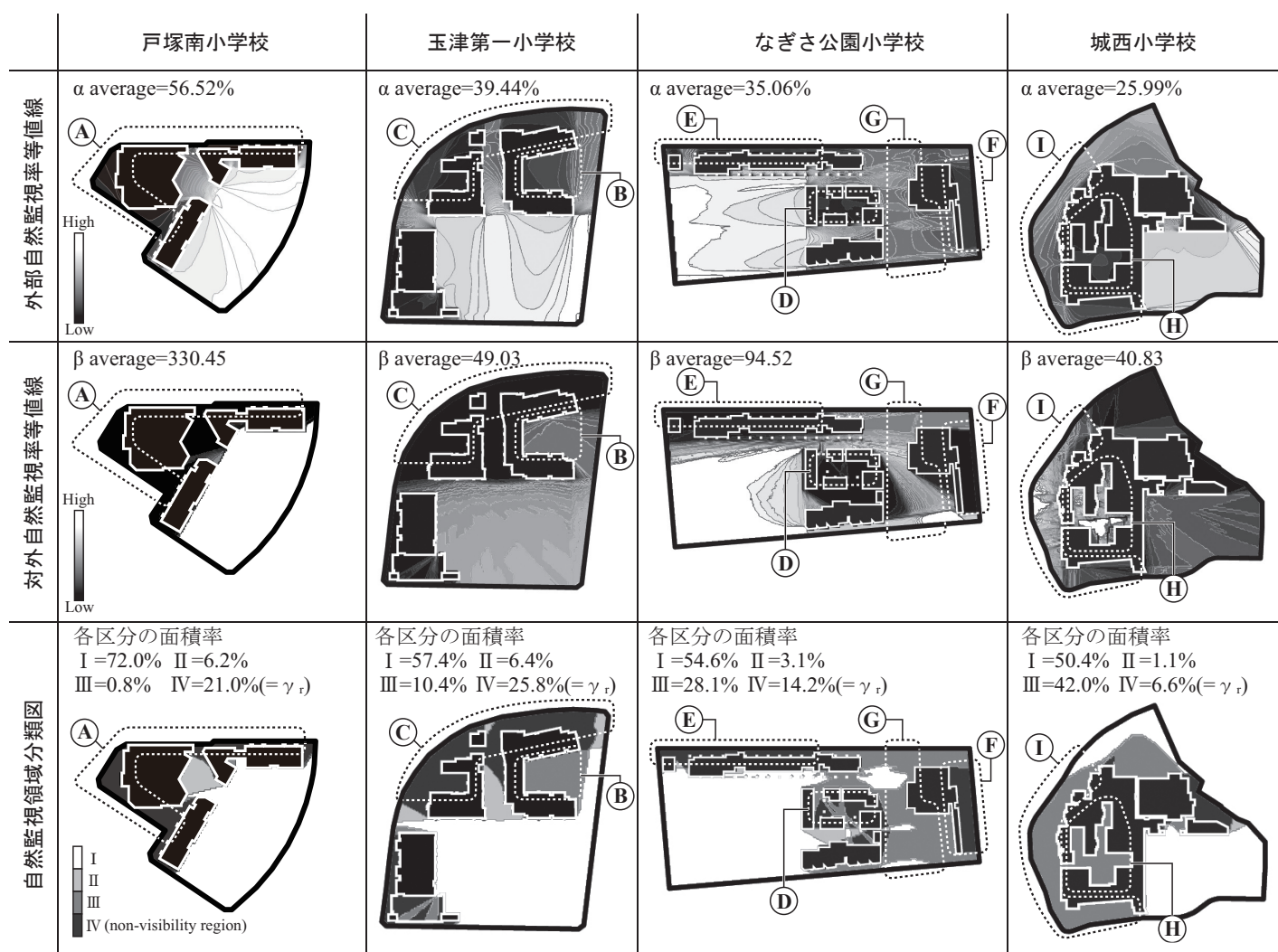


図 3-28 小学校 4 例の自然監視性の計量結果

も低く、46 例中でも 14 番目に低いことから、高い値とは言えない。しかし、中庭（範囲 H）や敷地境界付近（範囲 I）などの $\alpha < 25$ の領域に面して有効開口部が多く存在するため、外構面積の 42.0% という非常に広い範囲で区分Ⅲの領域が形成されていることが特徴的である。 $\gamma_a = 784 \text{ m}^2 \cdot \gamma_r = 6.6\%$ はともに 4 例中で最も低い値であり、46 例中でみても γ_a は 9 番目に小さく、 γ_r は 7 番目に小さい値である。

以上のように、校舎外部における見通しと外部に対する校舎からの見守りの両面から自然監視性を評価し、それらを重ね合わせて不可視領域を抽出することで、小学校の自然監視性を多角的に分析することができる。この 4 例だけをみても、川口市立戸塚南小学校のように α 平均値と β 平均値が比較的高くとも、広範に不可視領域を形成する例がみられる一方、城西小学校のように α 平均値と β 平均値が比較的低くとも、不可視領域の形成が狭い範囲に限定される例もみられた。よって、自然監視性の評価を行う際には α や β の平均値のみならず、その分布様態やそれぞれの値が低くなる領域の重なりにも着目し、分析対象の小学校の自然監視性を評価することが重要であると考えられる。

（２）対象 46 校の統計的分析

以上の分析を対象 46 校において実施した結果を図 3-29 ～ 32 に示す。 α 平均値については、 α 平均値 $\geq 50\%$ となる小学校がおよそ 3/4 を占めた（図 3-29）。これは全小学校に存在する運動場という、まとまった外部空間によるところが大きいと考えられる。全 46 校の平均は 54.34% であった。しかし、46 校中で α 平均値の最大値は 78.8%（芦屋市立宮川小学校）、最小値は 26.0%（城西小学校）と、全小学校が運動場を有しながらも、大きな差がみられる。傾向として、 α 平均値が大きくなる小学校は、敷地

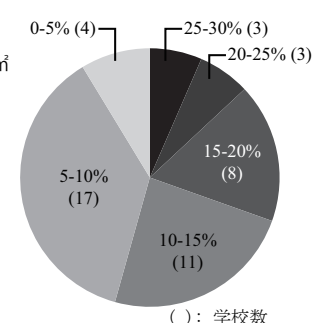
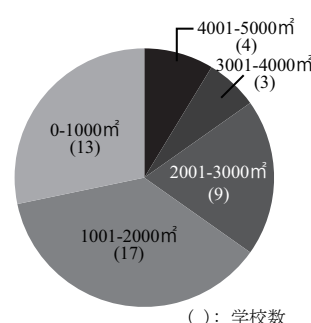
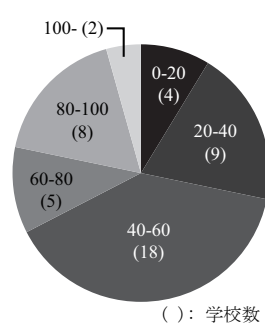
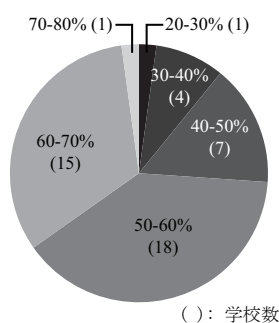


図 3-29 小学校全 46 の α 平均値の頻度分布図 図 3-30 小学校全 46 の β 平均値の頻度分布図 図 3-31 小学校全 46 の γ_a の頻度分布図 図 3-32 小学校全 46 の γ_r の頻度分布図

形状、校舎形状ともに長方形に近く、校舎が敷地境界線に寄せて配置されている場合が多い。一方、 α 平均値 が小さくなる小学校は、敷地の中央近くに施設が配置されることや、建物形状が比較的複雑で囲われた中庭やピロティを有することで、外部空間が細分化される事例に多く見られる傾向がある。また、 α 平均値 の高低に関わらず、敷地境界線と校舎の間の領域では α が低くなる傾向にあった。

β 平均値 については、 β 平均値 ≥ 40 となる小学校がおおよそ 3/4 を占め、約 1/4 の小学校では β 平均値 ≥ 80 となっていることがわかった（図 3-30）。ほとんどの学校で β 平均値 ≤ 100 となる中、突出して高い β となるのは川口市立戸塚南小学校と芦屋市立宮川小学校の 2 校であった。これらの β 平均値 が極めて高いのは、運動場に対して多数の窓が向けられているためである。この 2 例に限らず、運動場に有効開口部が偏って計画されている例においては、 β の分布が高い領域と低い領域に二極化される傾向にあった。

γ_a については $\gamma_a \geq 2000 \text{ m}^2$ となる小学校は約 1/3 を占め（図 3-31）、 γ_r については半数以上の小学校で $\gamma_r \geq 10\%$ となっていることが明らかとなった（図 3-32）。 $\gamma_a \cdot \gamma_r$ 共に高い値となるのは神戸市立玉津第一小学校、山田市立下山田小学校、新地町立駒ヶ峯小学校、白石市立白石第二小学校の 4 校であった。46 事例の結果を概観すると、 α と β の分布様態が類似する場合に、広範な不可視領域の形成されることがわかった。全体的な傾向として、小学校は運動場を必要とするため、校舎は敷地境界

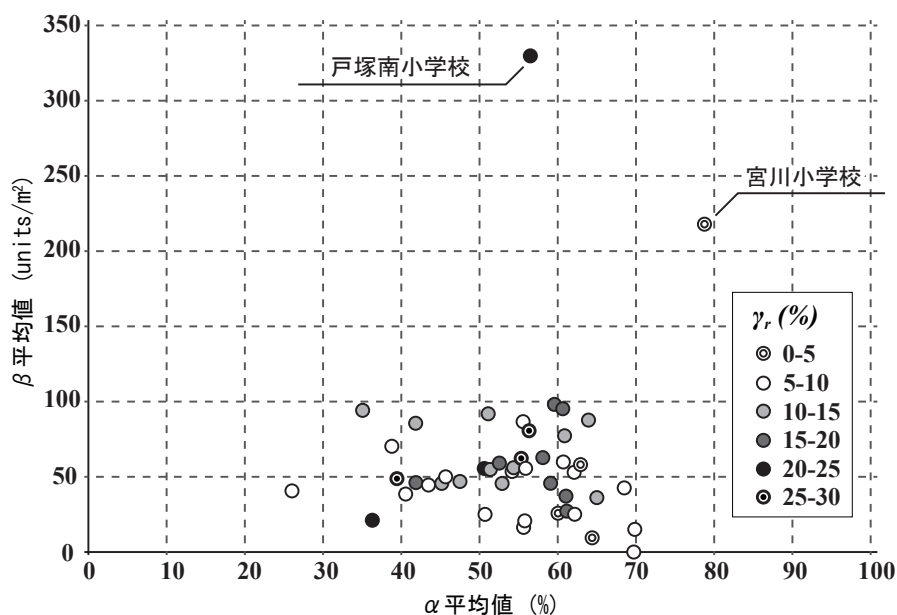


図 3-33 小学校全 46 の α 平均値、 β 平均値、 γ_r に基づく散布図

線に寄せて配置される事例が多く、敷地境界線と校舎の間に α の低い領域が形成されやすい。加えて、運動場などのまとまった外部空間に面して有効開口部が偏って計画された場合に、敷地境界線と建物の間の領域が $\alpha \cdot \beta$ とともに低くなり、広範な不可視領域を形成する事例が多く見られた。また、複雑な建物配置形状や複数の分棟配置となっている場合、小さく囲いこまれた外部空間に対して対外自然監視が確保されず、不可視領域が部分的に形成される例も多くみられた。

また、図 3-33 より、ほとんどの小学校は $0 < \alpha_{\text{平均値}} < 70$ かつ $0 < \beta_{\text{平均値}} < 100$ の範囲に集中して分布しているが、戸塚南小学校と宮川小学校は特異な分布を示した。

3.3.5 監視カメラの設置位置シミュレーション

本節では、本研究の実用的な応用可能性を示すために、前章で $\gamma_a \cdot \gamma_r$ 共に高い値となることが確認された新地町立駒ヶ嶺小学校について、監視性の改善案を検討する。監視性の改善の方法としては、窓の改修による対外環視性の向上や不可視領域に対する見回りの強化など様々な方法が考えられるが、本研究では監視カメラの設置を例に、不可視領域の把握に基づいた効率的なカメラの配置を検討する。

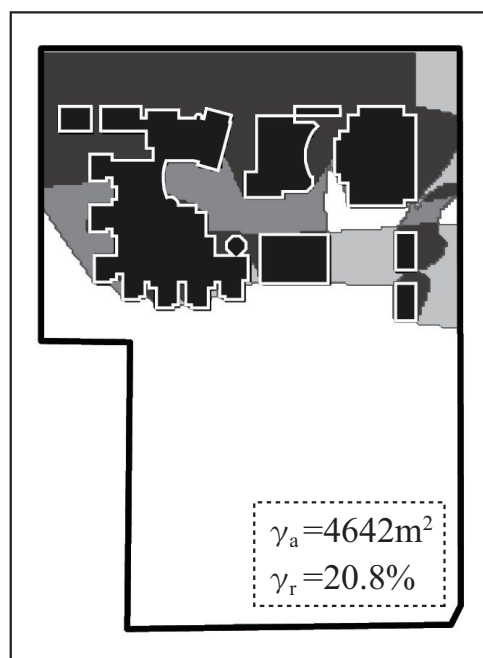


図 3-34 駒ヶ嶺小学校の自然監視領域分類図

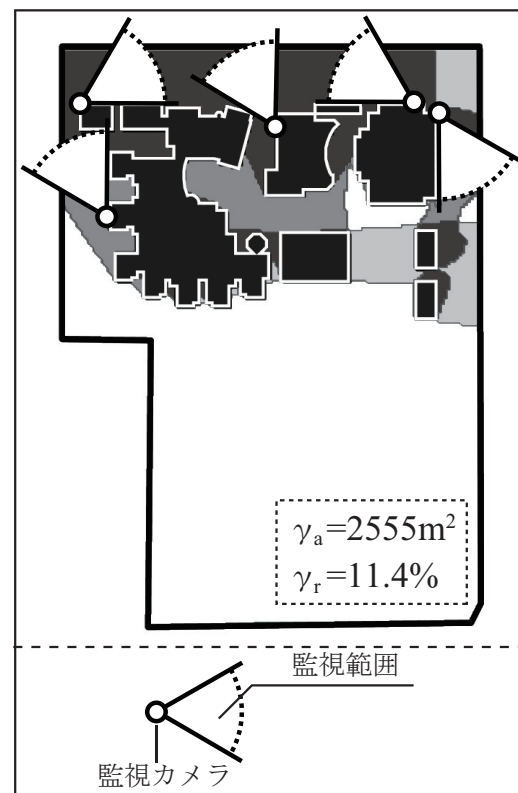


図 3-35 監視カメラの設置個所と自然監視領域分類図の変化

図 3-34 に新地町立駒ヶ峯小学校の自然監視領域分類図を示す。 $\gamma_a=4642 \text{ m}^2$, $\gamma_r=20.8\%$ である。防犯カメラの設置に際しては、画角や監視対象物までの距離などを加味して導入機器の検討を行うが、今回の検討では以下の 4 点を条件として設置例を示す。1) カメラは校舎の外壁に設置する。2) カメラの画角は 60° とする。3) カメラの監視可能距離は 50m とする。4) カメラの設置数は 5 台とする。

図 3-35 に監視カメラの設置位置と監視可能範囲の例を示す。監視カメラによって監視可能となった範囲を不可視領域から除外して γ_a と γ_r を計算し直すと、 $\gamma_a=2555 \text{ m}^2$, $\gamma_r=11.4\%$ であった。例のような監視カメラの配置を行えば、新地町立駒ヶ峯小学校の γ_a と γ_r はともに約半分にまで減少させることが可能であると言える。

3.3.6 小結

本節では小学校の校舎外部における見通しと校舎内部から外部に向けての見守りという 2 つの観点から自然監視性を評価する手法を提案し、46 例の小学校の自然視性の評価を行った。主な知見は以下の通り。

- ①敷地境界に近接して校舎を配置し、運動場を大きく確保している事例では、外部自然監視率 α の平均値は高い傾向にある。しかし、敷地境界線と校舎の間には外部自然監視率 α の低い領域が形成される場合が多い。
- ②複雑な建物配置形状や、複数の分棟構成となっている事例では、外部空間が細分化され、外部自然監視率 α の平均値が低くなる傾向がみられた。
- ③対外自然監視量 β の分布様態は常時教員のいる部屋の室配置計画や開口計画に強く依存する。また、運動場に向けて有効開口部が偏って計画された事例では、運動場とそれ以外の外部空間で対外自然監視量 β の分布が二極化する傾向がみられた。
- ④外部自然監視率 α と対外自然監視量 β の分布が類似することにより、極めて自然監視性の脆弱な不可視領域が生じる。これを回避するためには、校舎外部において見通しの悪い場所を校舎内部からの見守りで補えるように、建物配置計画と有効開口部の配置計画を検討する必要がある。特に、敷地境界線と建物の間や小さく囲いこまれた外部空間に対しての対外自然監視の確保が重要になると考えられる。

本節における成果は、自然監視性による防犯に配慮した小学校に施設計画の基礎資料になると考えられる。同時に、提案した評価手法は、小学校の防犯計画の検討ツールとしての活用が期待できる。今後の展望として、小学校における不審者報告箇所や

犯罪不安感の高い場所の分布と外部自然監視性率，対外自然監視量，不可視領域の分布との関係性を考察することなどが課題になると考えられる。

3.4 本章のまとめ

本章では，まず2節において，建物配置計画の変遷がキャンパス外部の視覚的な特性に与えた影響を外部空間の可視領域の変化として把握し可視化した。続いて，3節においては外部空間の可視領域のみならず，建物内部から外部空間への可視性を定量的に捉える手法を提案した。これにより，外部空間における見通しと建物内部から外部空間へ対する見守りという2つの観点から，小学校の自然監視性の評価を行った。

いずれも2次元的な可視領域の計量に基づく分析であり，より現実にもった分析結果を得るには，可視領域の計量手法を3次元的に展開する必要があると考えられる。ただし，本章で取り扱った例のように，多くの分析対象や分析時点を網羅することでその全体像を掴むことを目的とする場合には，データベースの作成が比較的容易かつ電子計算機による計算コストも少ない2次元的な計量が有効に機能することを示すことができた。

注釈

- 注 1) ブルーメンフェルトは「Scale in Civic Design」文 9) において人間同士の表情の識別限界に基づき 21 ～ 24 mを“normal human scale”と定義している。
- 注 2) 「開かれた学校」については 1996 年 7 月の文部省中央教育審議会答申等（21 世紀を展望した我が国の教育の在り方について（第一次答申））等において、その必要性が提言されている。また、学校施設の防犯対策については文部科学白書にて施策が打ち出されている他、「幼児児童生徒の安全確保及び学校の安全管理に関する緊急対策について」の通達が平成 13 年に文部科学省から各都道府県教育委員会に出されている。
- 注 3) 例として、大阪教育大学付属池田小学校における、体育館壁面を全面ガラス張りにして視認性を向上させるなどの取り組みが挙げられる。
- 注 4) 「機会犯罪」とは潜在的な犯罪者が状況に応じて機会があれば遂行する犯罪であり、侵入犯罪や街頭犯罪がこれにあたる。
- 注 5) 安全安心まちづくり研究会によると、CPTED の四要素は、被害対象の回避、近接の制御、監視性の確保、領域性の強化とされる。
- 注 6) 小学校施設整備指針(2003 年改訂) 第 1 章総則第 2 節 2 の 4「安全・防犯への対応」を参照のこと。

参考文献

- 1) 山之内崇，萩島哲，坂井猛，有馬隆文，松本光久：大学キャンパスにおけるオープンスペースの広がりに関する研究，日本建築学会大会学術講演梗概集，F-1，pp. 523-524，1999
- 2) 野間尊寛，萩島哲，坂井 猛，有馬隆文，西田正一：国内外の 6 大学キャンパスにおける歩行者スペースの景観比較：その 1，日本建築学会大会学術講演梗概集，F-1，pp. 781-782，2001
- 3) 杉田昌弥，宮本文人，呉ウン：可視領域によるキャンパスの外部空間構成の記述法，日本建築学会大会学術講演梗概集，E-1，pp. 1061-1062，2007
- 4) 山口勝巳，谷口汎邦：天空率・鉛直面直接昼光率からみた国立大学キャンパスの外部空間の特性：国立大学キャンパスにおける外部空間の特性 その 1，日本建築学会計画系論文集，第 565 号，pp. 159-166，2003

- 5) 山口勝巳，谷口汎邦：建築可能用地からみた国立大学キャンパスにおける施設・空間の特性：国立大学キャンパスにおける外部空間の特性 その2，日本建築学会計画系論文集，第614号，pp.41-48，2007
- 6) 岡田光正，高橋鷹志：新建築体系13 建築規模論，彰国社，p148-165，1988
- 7) 三浦金作：広場の空間構成，鹿島出版，1993
- 8) 大山勲：伝統的農村集落における道空間の形態と形成要因に関する研究，東京大学博士論文，p74，2001
- 9) Blumenfeld, H. : Scale in Civic Design, Town Planning Review, April, 1953
- 10) Jeffery, C. R. : Crime Prevention Through Environmental Design., Sage Publications, 1971
- 11) Newman, O. : Defensible Space; Crime Prevention Through Urban Design., Macmillan, 1972
- 12) Crowe, T. D. : Crime Prevention Through Environmental Design: Applications of Architectural Design and Space Management Concepts., Butterworth-Heinemann, 1991
- 13) 安全安心まちづくり研究会：安全・安心まちづくりハンドブック 防犯まちづくり編，ぎょうせい，1998
- 14) 大野隆造，近藤美紀：視線幅射量と防犯性の評価：住民の視覚的相互作用を考慮した集合住宅の配置計画に関する研究（その1），日本建築学会計画系論文集，第467号，pp.145-151，1995
- 15) 小池博，山本俊哉，松本吉彦，柏原誠一，山岸秀之，美濃部圭太：光源投射法を応用した自然監視性モデルの開発の試み－中間画地の戸建住宅における侵入被害開口部事例に基づくスタディー，日本建築学会技術報告集，第27号，pp.311-314，2008.06
- 16) 永家忠司，外尾一則，猪八重 拓郎：防犯環境設計における監視性、領域性の特性評価及び犯罪不安の関連について：スペースシンタックス理論におけるアクシヤルラインとイソビスタを用いて，都市計画．別冊，都市計画論文集，第42巻，第3号，pp.505-510，2007
- 17) Takizawa, A., Koo, W. and Katoh, N. : Discovering Distinctive Spatial Patterns of Snatch Theft in Kyoto City with CAEP, Journal of Asian Architecture and Building Engineering, vol.9, No.1, pp.103-110, 2010

- 18) Wang, J., Zhou, J. and Duan, L. : Research on public space planning in college campus based on crime prevention and security design, Proceedings of the international conference on Electric Technology and Civil Engineering, pp.1477-1480, 2011
- 19) Bu, H., Guo, X. and Chen, S. : Grey Analytic Hierarchy Process Applied to Effectiveness Evaluation for Crime Prevention System, Proceedings of the international conference on Biomedical Engineering and Computer Science, pp.1477-1480, 2011
- 20) Leong, K., Junco, L., Chan, S. and Ng, V. : Dynamic Pattern Analysis Framework for cooperative crime Prevention, Proceedings of the 12th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design, pp.1053-1058, 2008

4. 全天球パノラマ画像法の適用例



4.1 はじめに

前章では可視領域の計量によって、キャンパスの外部空間の視覚的特性の変遷把握と小学校の自然監視性の評価を行った。前章での可視領域の計量は平面図をベースとした2次元的な手法に留めた。しかし、平面図ベースの計量手法では実際の3次元空間の立体的な形状や人間の視点の高さ、あるいは遠くのは小さく見えるといった幾何学上の基本的な性質は反映されておらず、実空間における人間の視界の状態を現実さに則した方法で捉えているとは言い難い。また、平面図ベースの計量はある視点から見通せる範囲を平面的に計量し、その範囲を平面的に図示することはできるものの、例えば本章で扱う窓や、あるいは看板広告などの立面的な景観構成要素の可視量を計量することは不可能である。現実空間における人間の視界の状態に則した計量が必要となる場合や、あるいは立面的な景観構成要素の計量のように研究対象の3次元的なモデルをベースにする必要がある場合には、可視量の3次元的な計量手法の構築が必要となる。

そこで、本章では引き続き小学校の自然監視性を例として、新たに3次元CGモデルをベースとした可視量の計量手法を開発し、これによって小学校の窓の可視量を計量することで、より現実さに則した評価手法を検討する。

4.2 背景と目的

本章で扱う小学校の自然監視性の評価に関する背景と目的は、3.3.1に述べた通りである。3章3節では平面的な計量によって外部空間の見通しと建物内部から外部空間への見守りの両面から自然監視性を把握し、これらの重ねあわせによる分析を行ったのに対し、本章では特に建物内部から外部に向けての自然監視性に焦点を当て、これを3次元的な計量によって把握し、自然監視性を評価する手法の提案を行う。

外部空間のある地点からある窓が見えるということは、当該窓から当該地点を自然監視可能な状態であるにとらえることができる。よって、本章では当該地点から視認可能な状態にある窓の見かけ上の面積（以下「可視窓面積」と称する）を当該地点の自然監視性の一指標としてとらえ、可視窓面積を計量することで自然監視性の定量的評価手法を構築することを目的とする。図4-1の研究フローに示すように、各段階において3次元モデルによる可視窓面積の計量手法の検討を重ね、最終的に実際の小学校への適用が可能な自然監視性の評価手法の提案を行う。

4.3. 既往研究との位置づけ

自然監視性に関する既往研究として、大野ら¹⁾(1995)は集合住宅を対象として任意の地点に周辺住棟から注がれる視線の量(視線輻射量)を計量することで自然監視性の図化を行い、アンケート調査に基づく防犯上の不安感との相関性を考察している。ただし、視線輻射量の定量化に際しては窓の面積や個数などが反映されていない。また、小池ら²⁾(2008)は住宅を対象として開口部単位の侵入リスクを定量的に評価するために、光源投射法を用いて歩道から住宅開口部への自然監視性を表現するモデルを構築している。さらに、小池ら³⁾(2010)、柏原ら⁴⁾(2010)、松本ら⁵⁾(2011)の一連の研究成果によって、工具視認率と視距離や外構フェンスの透過度との関係などを詳細な視認実験によって明らかにし、これに基づいた住宅地の侵入犯罪に対する防犯シミュレーションシステムを構築している^{注1)}。これらの研究が、知覚的な観点から、視距離と視認性の関係を明らかにしているのに対し、本研究では幾何学的な観点から、視線入射角と視距離による見かけ上の窓面積の減衰を反映した窓の可視量の計量方法を提案する。

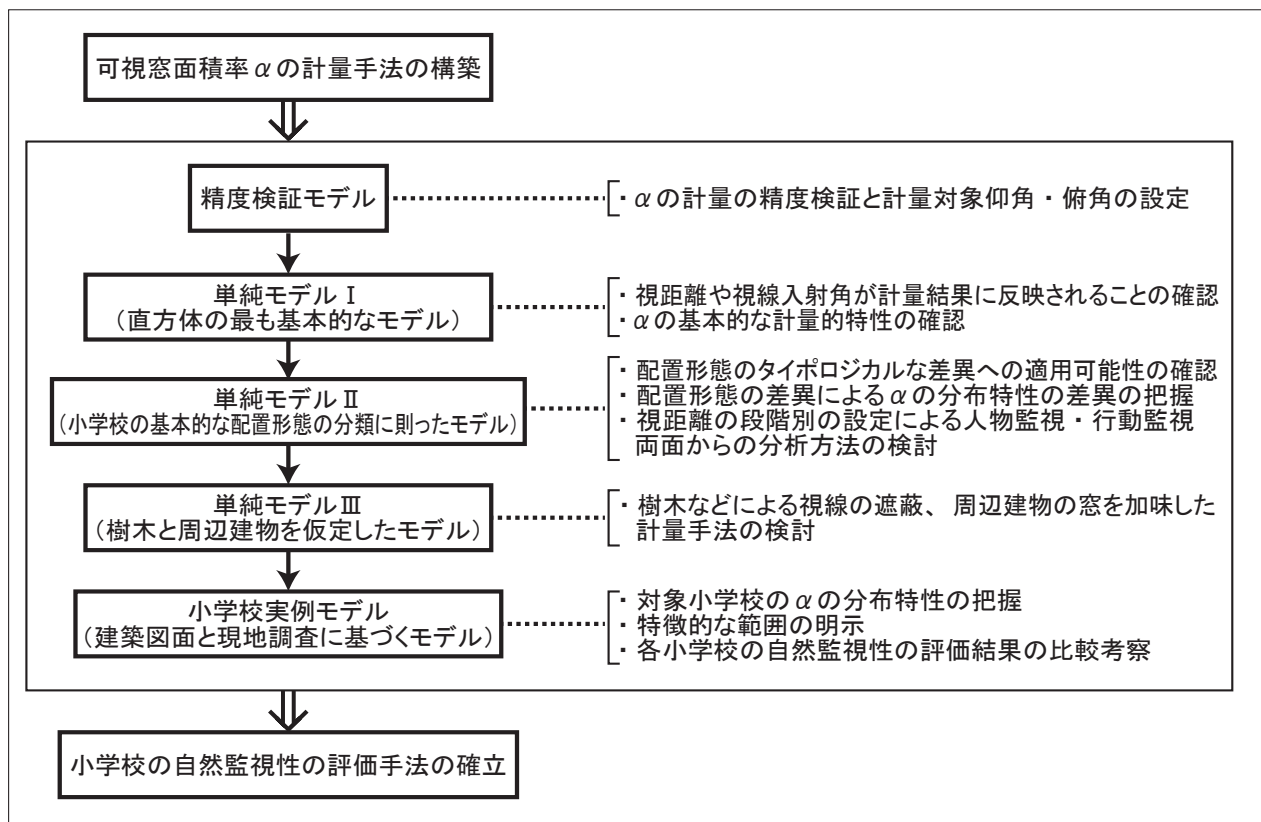


図4-1 研究フロー

一方、田中ら⁶⁾(2009)は、レーザースキャナとGPSを用いた計測システムによって、街路から照射したレーザーが建物等の遮蔽物に遮蔽されるまでの到達距離を実測することで、歩行者から建物への自然監視性を図化している。実測に基づくため、微細な遮蔽物による影響を反映した結果が得られる一方、現段階においては遮蔽物の属性判別が実装されておらず、本研究で着目している窓面積の計量等に使用可能な機能については記述されていない。

既往成果を参考に、建物の窓から外部に向けての自然監視性を定量的に評価するにあたり、本章の研究内容は、

- ① 3次元モデルを用い、外部空間の任意の地点から可視である、建物の窓面積の総量を計量する点、
- ② 計量に際しては窓に対する視線入射角や視距離による見かけ上の窓面積の減衰といった図学上の性質を反映させる方法を提案する点、
- ③ 視認可能距離の段階別の設定により、目的に応じた自然監視性の評価を可能にする点、
- ④ 樹木等による視線の遮蔽や周辺建物からの自然監視の存在を勘案する点において特徴的である。

また、小学校の自然監視性を定量的に評価する研究は見当たらない。本章で提案する自然監視性の評価手法を小学校に適用し、その有効性を検証している点において新規性がある。

4.4 可視窓面積率の計量手法

4.4.1 計量手法の概要

本章では全天球パノラマ画像法によって窓の可視量を定量化している。手法の詳細については2.3を参照されたし。各視点の全天球パノラマ画像(図4-2)から可視となる窓のピクセル数を計量し、これを全天球パノラマ画像の全ピクセル数(1526×768pixel)で除した可視窓面積率(以下、 α と称する)を得る。

可視窓面積の計量は、敷地内を分割した全てのメッシュで行い、各メッシュの計算値を等値線に変換して対象敷地の配置図に重ねることで可視窓面積率 α の分布様態を画像化する。

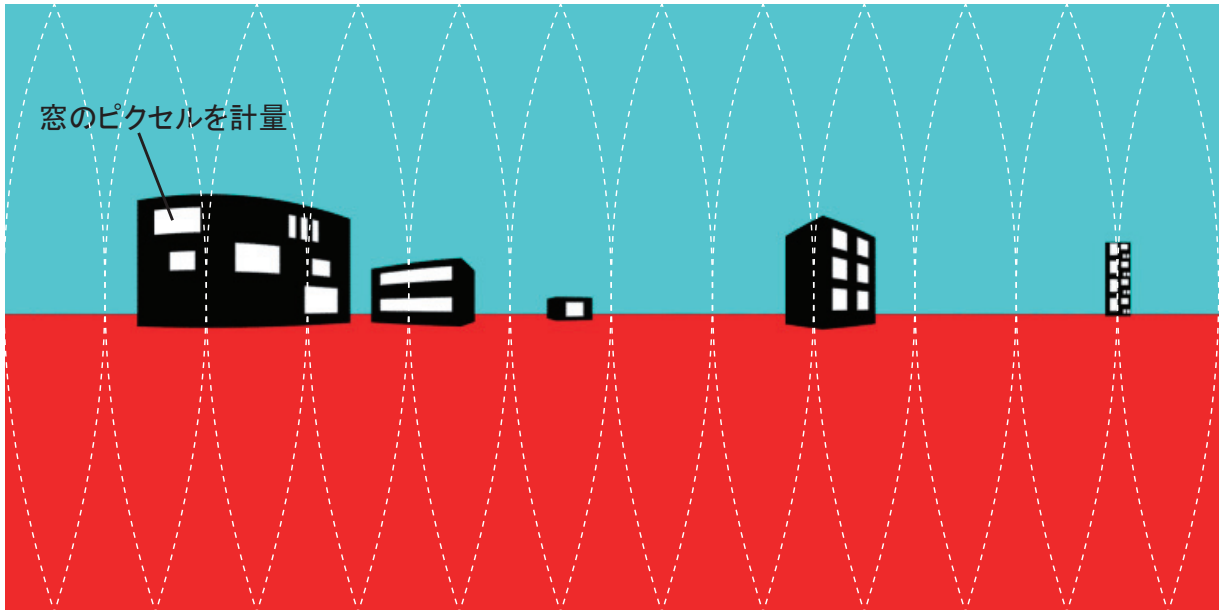


図 4-2 全天球パノラマ画像

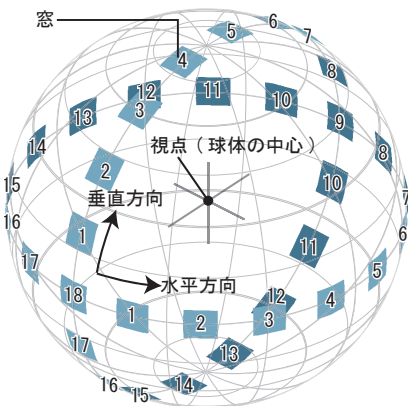


図 4-3 精度検証モデル

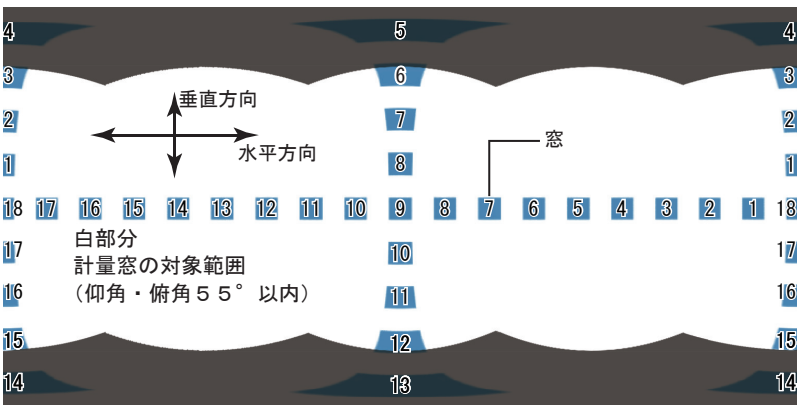


図 4-4 検証モデルの全天球パノラマ画像と計量対象範囲

表 4-1 検証モデルの各窓の可視窓面積率表

可視窓面積率 α (10 ⁻¹ %)																		
窓番号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
X方向	1.57	1.57	1.58	1.62	1.64	1.64	1.64	1.68	1.67	1.66	1.64	1.64	1.64	1.63	1.56	1.56	1.57	1.60
Y方向	1.68	2.05	3.05	8.95	10.44	3.34	2.17	1.77	1.67	1.78	2.15	2.90	10.43	8.87	2.85	2.04	1.67	1.60

4.4.2 可視窓面積率の計量精度の検証

2.3でも触れたが全天球パノラマ画像は天球面への投影像が図4-2の点線で示す舟形に分割され、この上端・下端を引き延ばして結合することで全天球パノラマ画像が作成される。この過程で歪みが生じるため、窓面積の計量に誤差が生じる。そこで、3次元CAD上で球体をモデリングして中心に仮想カメラを設置し、番号を割り当てた同一面積の窓を20°ピッチで球面上に配列したモデル（図4-3）を用いて精度検証を行った。球体の中心の視点における全天球パノラマ画像が歪み無く作成されていれば、各窓の可視窓面積率 α は等しくなる。

各窓の α を表4-1に示す。水平に配列した窓は α が約0.16%～0.17%であることがわかる。それぞれの α の誤差は、ピクセル計量の際にオブジェクト境界のピクセルが検出されるか否かによる誤差であると考えられる。本研究では水平列の誤差は微小であると判断し、そのまま計量した。垂直に配列した窓は可視窓面積率が約0.16%～1.04%であり、4番・5番・13番・14番が特に大きい。また、4番・5番・13番・14番の窓は仰角・伏角が大きい位置に配置されており、自然監視性上の有効性が低いと考えられる。そこで、本研究では計量対象の窓はカメラから仰角・俯角 55° 以内までの範囲とした(図4-4)。

4.4.3 可視窓面積率の基本的分布特性の確認

計量する可視窓面積の基本的な分布特性の確認を行うため、単純モデルⅠの可視窓面積率 α の計量を行った(図4-5)。単純モデルⅠは36m四方の敷地の中央に幅5m・奥行き5m・高さ9mの3階建てのボリュームを配置した。壁面Aの1階部分と壁面Bの3階部分にはそれぞれ幅2.5m・高さ2.5mの窓を配した。

単純モデルⅠの可視窓面積率等値線を図4-5に併記する。白に近い地点ほど α が高く、多くの窓から当該地点を監視可能であることを示す。ラインX-X'を見ると、 α が概ね計量地点と窓の距離の二乗に反比例して減衰していることがわかる。また、ラインY-Y'をみると中心から両側に向かうに従って α が減少している。これは、窓

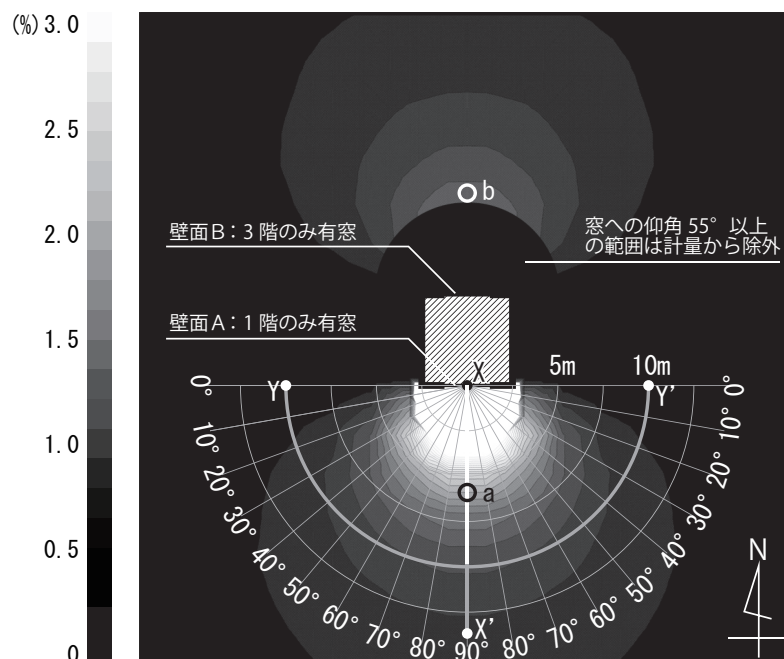


図4-5 単純モデルⅠの可視窓面積率等値線

に対する視線の入射角度によって可視窓面積が減衰することを反映している。さらに、壁面 A, B それぞれから 6m 離れた地点 a, b の α は、地点 a の 1.05% に対し、地点 b は 0.48% であり、地点 a の方が約 2 倍大きい。壁面からの距離が等しいにも関わらず両地点の値に差が生じるのは、地点 b から壁面 B の 3 階窓までの視距離が見上げた分だけ長くなり、かつ視線入射角が小さくなったためである。以上の事から本研究の手法には、計量地点と窓との距離や水平・垂直両面における窓への視線入射角によって、観測される窓の見かけ上の面積が変化するという、既往研究に反映されていなかった図学上の原理が反映されている事を確認した。

4.5 小学校の基本的な配置形態毎の可視窓面積率の分布特性

敷地内における任意の地点の可視窓面積率 α とその分布特性は、建物の配置形態によって異なる。そこで、配置形態によって異なる α の分布特性を計量可能であることを確認するために、小学校の基本的な配置形態を単純化したモデル（単純モデルⅡ）を用いて分析を行う。

4.5.1 単純モデルⅡの設定

小学校の配置形態は岡田ら⁷⁾によるブロックプランの形態上の分類を参考にリニヤープランである I 型（一文字型）、L 字型、コ字型、フィンガープランである I 型 2 列配置の 4 タイプとした。また、タイプ毎に 1 ～ 3 階建てのモデルを作成した^{注 2)}。敷地は 528m × 372m に設定し、延べ床面積はすべて約 2700 m² とし、各タイプの容積率が同一になるよう配慮した^{注 3)}。建物幅は 10m（片廊下幅 2m と教室幅 8m）とし、窓は下端を一般的な窓台の高さ程度の床上 1.0m、上端を大人の目線高さの 1.6m とした。また、窓は建物の全周に設けた。

4.5.2 視認可能距離の設定

実際の小学校は敷地が広く、建物から近い場所と遠い場所では視対象の認知が異なる。Thiel⁸⁾(1961)による距離のグレーディングでは、24m という距離は顔の認知限界であるとされる。これは、学校関係者以外の者が学校に侵入したときに、不審行動を伴わなくとも不審者と判断できる距離、即ち「人物監視」が可能な距離といえる。また、135m は動きの識別限界とされる。これは、不審行動を伴う侵入者に対して不審者と

判断できる距離，即ち「行動監視」が可能な距離といえる。

そこで，本章では犯罪防止の観点から視認可能な距離を 135m と 24m の 2 段階に設定した。各視点からの距離がそれぞれの視認可能距離以内である窓を計量対象とすることで，段階別に可視窓面積を計量する。本研究では建物壁面から 24m 以内の範囲を人物監視範囲，建物壁面から 24m 超 135m 以内の範囲を行動監視範囲と定義し分析を行う。

以上の設定を用いて 4 タイプ各 1 階～3 階の計 12 モデルを作成し，人物監視範囲（外壁線から 24m 以内）と行動監視範囲（外壁線から 24m 超え 135m 以内）の両者，計 49104 メッシュからの可視窓面積を計量し分布特性を分析した^{注 4)}。

4.5.3 単純モデルⅡの可視窓面積率の計量結果

単純モデルⅡの計量結果を図 4-6 ～ 9 に示す。図 4-6 は行動監視における可視窓面積率等値線の数例であり，白いほど可視窓面積率が高いことを示している。図 4-7，8 は各タイプの行動監視・人物監視における可視窓面積率平均と監視可能面積率である。監視可能面積率は少しでも目が届く範囲の面積率であり，可視窓面積率が 0 より大きいメッシュ面積の敷地面積に対する割合として定義している^{注 5)}。なお、行動監視における数値算定に際しては，図 4-6 における斜線部分の人物監視範囲の値は除外した。図 4-9 には敷地の中心点を通る水平軸（X-X' 軸）と垂直軸（Y-Y' 軸）上の分布を示す。これは、各軸における計量地点から建物外壁までの距離と可視窓面積率の変化の関係を示している^{注 6)}。

図 4-7 より，行動監視における平均値は，すべてのタイプで単純増加を示し，3 階建ての値が 1 階建ての値のおよそ 1.5 倍となった。タイプ間の平均値の比較では，どの階数においても最も平均値が高いのは I 型 1 列，次に高いのは L 型であった。I 型 2 列，コ型は階数によって平均値の高低の順序が入れ替わった。1 階建てではコ型，I 型 2 列の順に高く，3 階建てでは I 型 2 列，コ型の順に平均値が高かった。監視可能面積率は，1 階建てから 3 階建ての減少率が，I 型 1 列・L 型・コ型において約 30% であるのに対して，I 型 2 列においては約 20% であった。

図 4-8 より，人物監視における平均値も，行動監視の場合と同様に，すべてのタイプで単純増加を示し，3 階建ての平均値は 1 階建ての値のおよそ 1.5 倍に増加した。タイプ間の平均値を比較すると，どの階数においても I 型 2 列，コ型，I 型 1 列，L

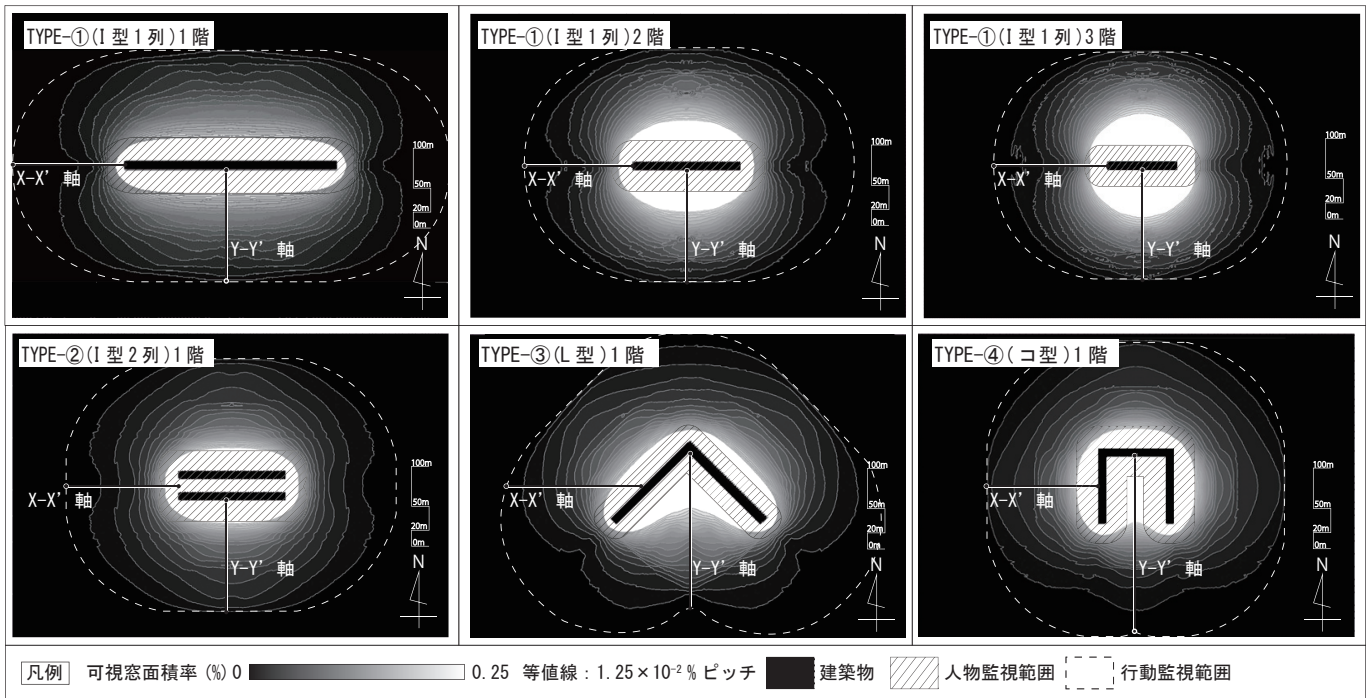


図 4-6 単純モデルⅡの行動監視における可視窓面積率等値線図の例

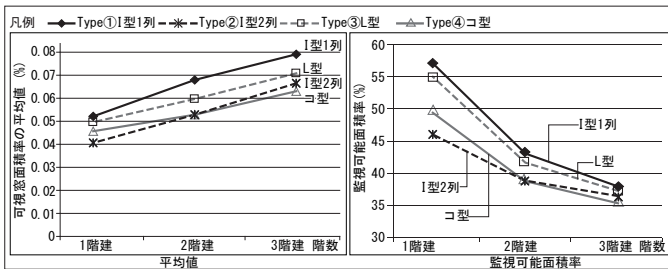


図 4-7 単純モデルⅡの行動監視範囲における各タイプの可視窓面積率平均値 (左) および監視可能面積率 (右)

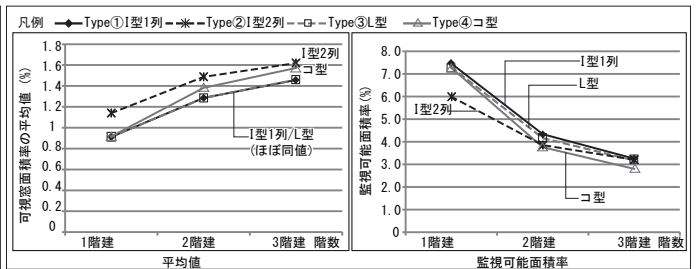


図 4-8 単純モデルⅡの人物監視範囲における各タイプの可視窓面積率平均値 (左) および監視可能面積率 (右)

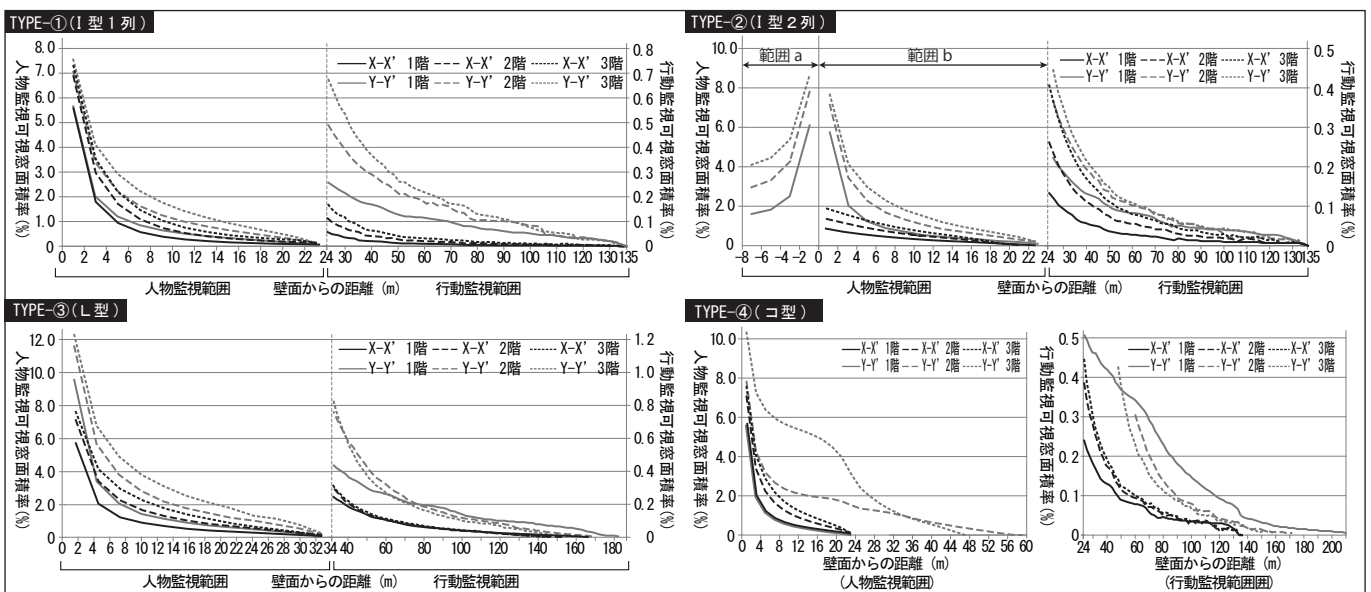


図 4-9 単純モデルⅡの各タイプのX・Y各軸における建物壁面からの距離と可視窓面積率の関係

型の順に高い値を示した（I型1列とL型は各階数ともほぼ同値）。これは行動監視とは異なる傾向で、行動監視においてはI型1列・L型に比べ平均値の低かったI型2列・コ型の方が、人物監視では平均値が高い。監視可能面積率は、1階建てと3階建ての減少率を比較すると、I型2列が45%、I型1列とL型は55%、コ型は60%の減少となった。行動監視・人物監視両面において高層化に伴う監視可能面積率の減少はI型2列が最も少ないことがわかった。

このように、建物階数と可視窓面積率平均・監視可能面積率との関係をみると、平均値は単純増加し、監視可能面積率は単純減少するという傾向を示すことが明らかとなった。行動監視・人物監視ともに、階数が増えるに従って建物近傍の可視窓面積率が増加し、平均値の向上が期待出来るが、自然監視が期待できない範囲は広くなる傾向にあるといえる。

図4-9より、配置形態が α の分布特性に影響していると思われる点をいくつか挙げるができる。I型1列のX-X' グラフ（X-X' 軸上の α の値）とY-Y' グラフ（Y-Y' 軸上の α の値）を比較すると、長手立面に面するY-Y' グラフはX-X' グラフと比較して高い値で推移している。これはY-Y' 軸の方が対面する壁面長が長いためである。また、この傾向は人物監視範囲より行動監視範囲において明確に確認できる。これは行動監視における α の計量の方がより遠方の窓まで計量対象としているため、対面する壁面長が計量結果に与える影響が大きいからである。

また、建物に囲まれた範囲にあたるI型2列・L型・コ型のY-Y' グラフでは次のような傾向が確認できる。I型2列のY-Y' グラフを見ると、建物に挟まれた範囲aが建物に挟まれていない範囲bよりも高い α の分布となっている。壁面からの距離8m地点同士の α を比較すると、範囲aの値は範囲bの値のおよそ1.8倍になることがわかった。L型のY-Y' グラフは、人物監視の建物壁面近傍を見ると、他のグラフよりも特に高い α となっている。また、行動監視範囲では、1～3階のグラフで順に入れ替わりが見られることも特徴的である。コ型のY-Y' グラフも、2・3階の人物監視範囲において他のグラフとは異なった傾向を示し、行動監視範囲において2, 3階建てよりも1階建ての方が高い値で推移している。

以上のように、本研究で提案する手法が、階数や対面する壁面長あるいは建物に囲まれているか否かなどの配置計画上の特徴に依存する α の計量値の差異を分析可能であることを確認した。

4.6 小学校5事例の自然監視性の評価への適用

実際の小学校においては、樹木等の遮蔽物による視線の遮蔽や敷地外の周辺建物からの自然監視の存在など、建物の配置形態や開口以外の要因による自然監視性への影響が考えられる。そこで、本章では実際の小学校に適用するために、樹木等の遮蔽物や周辺建物の存在を勘案した自然監視性の評価手法を検討する。さらに、表2に示すように配置形態・階数・開口計画・樹木の多少・周辺建物の状況等が異なる5事例を対象に可視窓面積率 α を計量し、その分布特性を分析する。

4.6.1 樹木や周辺建物を勘案した可視窓面積率の計量手法の検討

樹木や敷地外の周辺建物など、小学校の3次元モデルに反映すべき項目を検討するために、単純モデルⅢを用いて検証を行った。単純モデルⅢの可視窓面積率 α の等値線図を図4-10に示す。単純モデルⅢでは単純モデルⅠと同様に36m四方の敷地の中央に幅5m・奥行き5m・高さ3mの直方体を3層重ねて配置し、2.5m×2.5mの窓を各階壁面の中央に配置している。ただし、東側壁面は全面開口の立面とした。また、建物北側には樹木を配置し、敷地西側には道路を挟んで敷地に隣接する建物を図4-10に示す階数を設定して配置した。隣接建物にも同様に2.5m×2.5mの窓を各階壁面の中央に配置している。

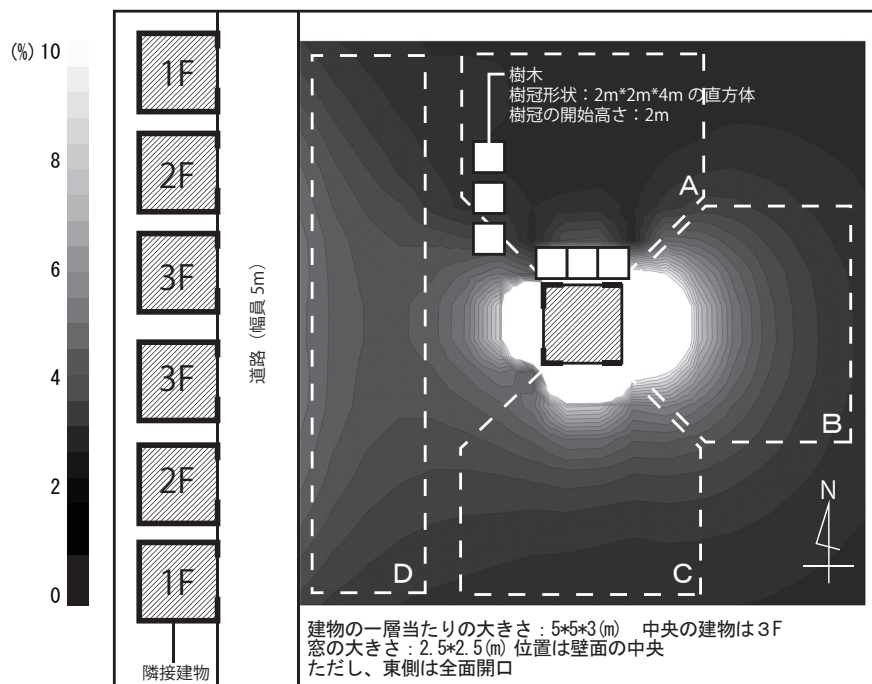


図4-10 単純モデルⅢの概要と可視窓面積率等値線

図 4-10 の範囲 A と範囲 C を比較すると、樹木の影響により計量結果に差が生じていることが分かる。これは、北面 2・3 階に配置した窓からの視線が樹木に遮蔽されたためである。範囲 B と範囲 C を比較すると、窓の面積の大小による α の分布の差異が観察される。範囲 D を見ると敷地西側に隣接する建物の影響が観察され、敷地周辺建物からの自然監視性の存在が確認できる。また、階数が多い周辺建物ほど窓面が多いので、計量結果に大きな影響を与えていることがわかる。以上より、可視窓面積率の計量は樹木と周辺建物の窓の位置・形状に影響を受ける事が確認できた。

4.6.2 小学校の実例 3 次元モデルの作成

表 4-2 に示す小学校の実例の 3 次元モデルと現地写真を図 4-11 に示す。作成に際しては、建築系専門雑誌に掲載されている図面を基本とし、掲載されていない窓・樹木・工作物等の遮蔽物の形状と配置は現地実測調査結果を用いて作成した。具体的な調査項目は、①建物の立面および窓の形状と位置、②敷地内に生育する樹木・植栽の形状と位置、③敷地周辺に隣接する建物の立面形状および窓の形状と位置、④小学校あるいは敷地周辺建物からの自然監視を阻害する壁・倉庫等の工作物の形状と位置、⑤地形の高低差、とした。

計量対象とする窓は、教員が常駐している部屋、および時間割に従って定期的に教員が使用する部屋にあるものに限定した。具体的には、普通教室・ワークスペース・特別教室・体育館・職員室・校長室・保健室における窓（以下、「有効窓」と称する）を計量対象としてモデリングを行い、トイレ・廊下・倉庫・準備室等の窓は計量対象外とした。また、窓面のうち床面より 1.6m 以上の部分は大人の目線より上部に位置するため、自然監視性に寄与しないとしてモデルから除外した。また、すりガラス等の透過性の低い素材による窓も計量対象外とした。

樹木のモデリングにおいては、現地実測調査の結果を基に樹木高さ及び樹冠の開始高さを設定した。樹冠の形状については、形状を忠実に再現するのは困難であると判断し、樹冠を内包する直方体として簡略化した。この方法を採用したのは、CG や景観の研究における樹木のモデリングには樹冠形状をおおまかに再現する方法がしばしば用いられることと、葉の隙間の視線透過を加味することで自然監視性を過大に評価するという危険側の分析結果とならないよう配慮したためである。

表 4-2 対象小学校の概要

校名	特徴
丸亀市立城乾小学校	4階建て（一部5階）。小学校としては階数の多い計画であると言える。
芦屋市立宮川小学校	3階建て。運動場と校舎との間に樹木群が存在する。周辺建物が比較的多い。
彦根市立若葉小学校	2階建て。敷地内は周縁部に緑豊かに木々が茂る。校庭に開いた大きな中庭が特徴。
吉備高原小学校	平屋建て。ガラス壁面が多く、中庭が分散的に配置されている。周辺建物が少ない。
千葉市立打瀬小学校	2階建て。ガラス壁面が多く、中庭が分散的に配置されている。周辺は高層集合住宅に囲まれている。

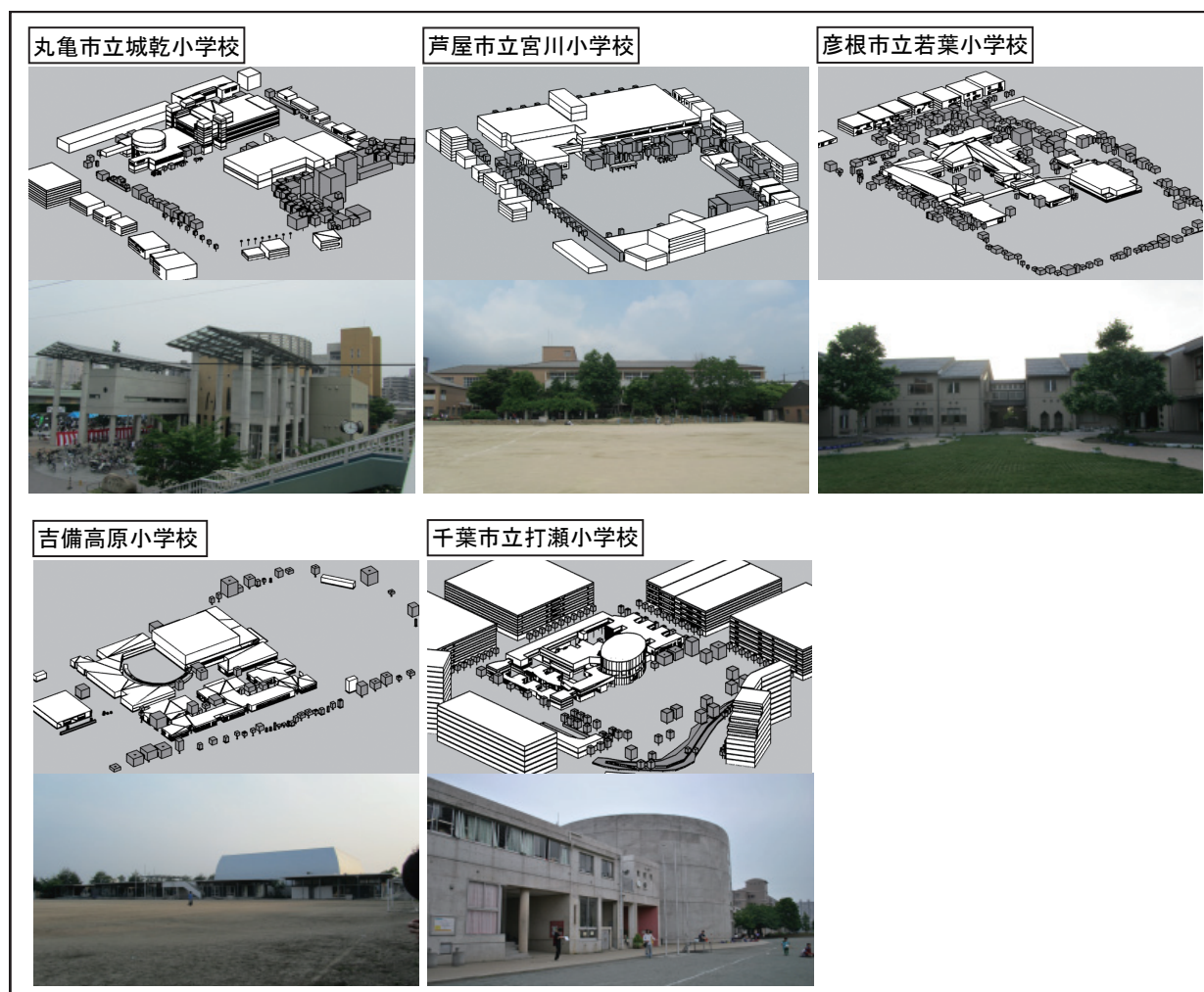


図 4-11 対象小学校の3次元モデルと現地写真

4. 6. 3 対象小学校における可視窓面積率の計量結果と考察

小学校5事例の計28,713メッシュの中心から可視窓面積率 α を計量した。各小学校の計量結果から作成した行動監視・人物監視両者の可視窓面積率等値線を図4-12～16に示す。これらにより、 α の分布様態を視覚的に把握することができる。また、本研究で用いる計量手法は、等値線図において特徴的な分布様態を示した箇所の全天球パノラマ画像を参照することで、その要因等を併せて確認することが可能である。本研究では、 α の高い範囲、 α の低い範囲、周辺建物の影響で α の増加が確認でき



図4-12 丸亀市立城乾小学校の可視窓面積率等値線
(左：行動監視（視認可能距離135m）/右：人物監視（視認可能距離24m）)

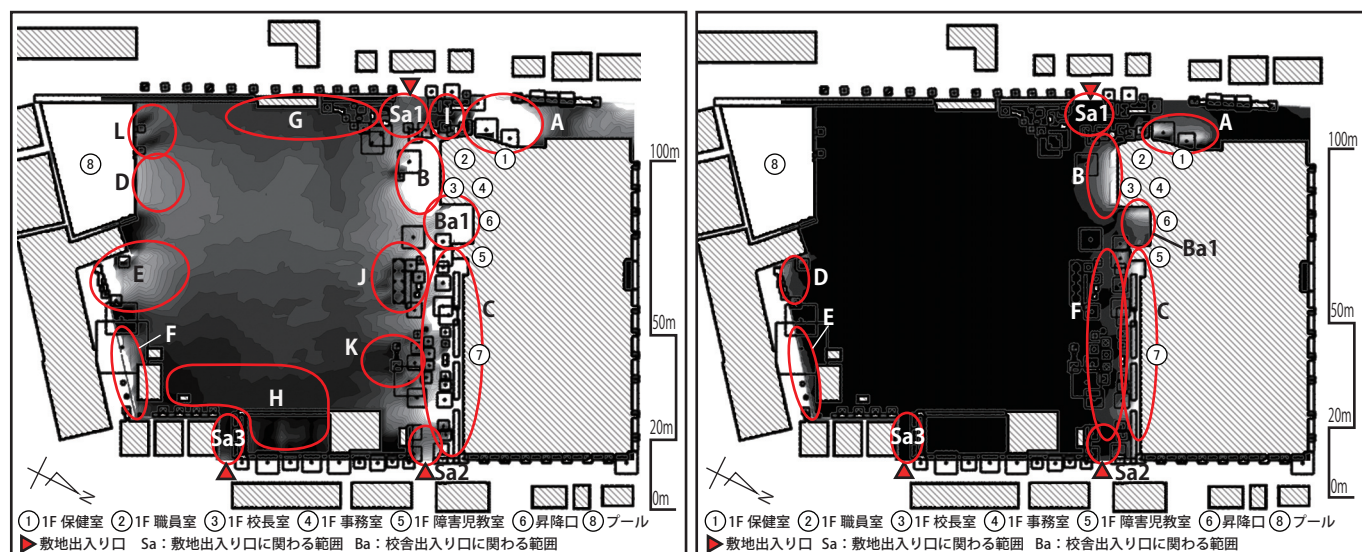


図4-13 芦屋市立宮川小学校の可視窓面積率等値線
(左：行動監視（視認可能距離135m）/右：人物監視（視認可能距離24m）)

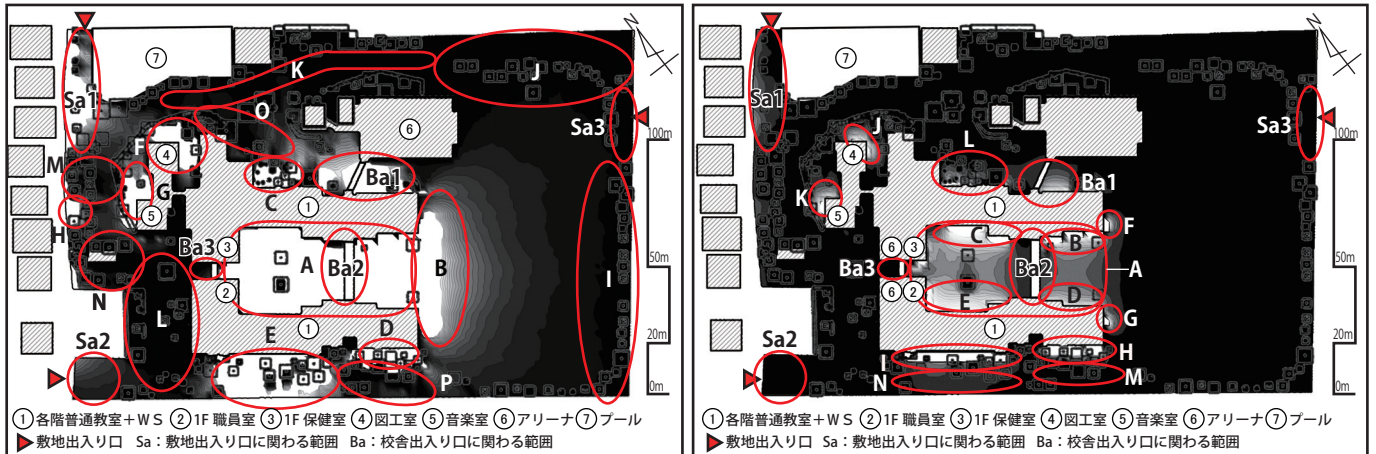


図 4-14 彦根市立若葉小学校の可視窓面積率等値線

(左: 行動監視 (視認可能距離 135m) / 右: 人物監視 (視認可能距離 24m))

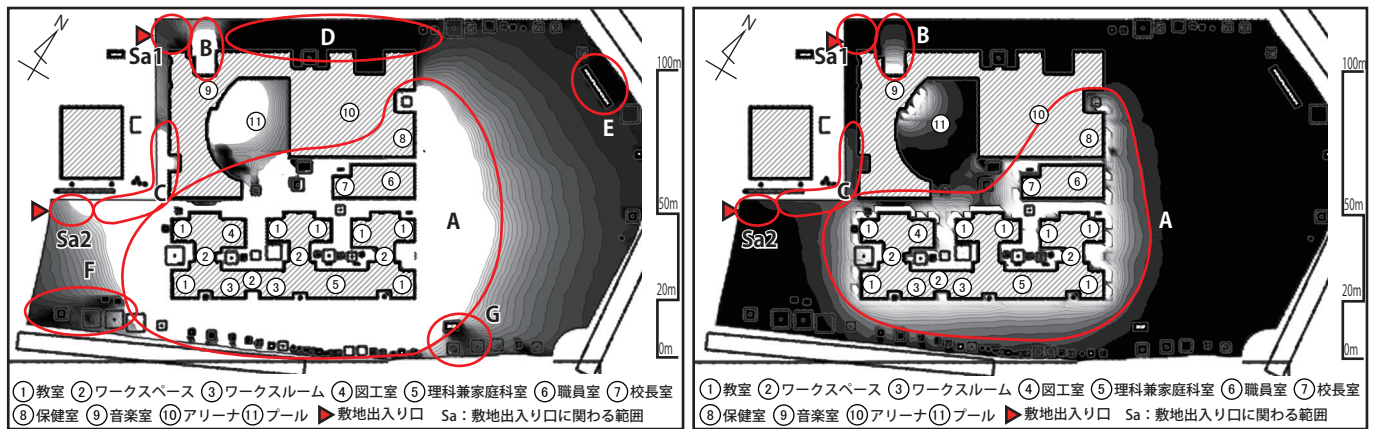


図 4-15 吉備高原小学校の可視窓面積率等値線

(左: 行動監視 (視認可能距離 135m) / 右: 人物監視 (視認可能距離 24m))

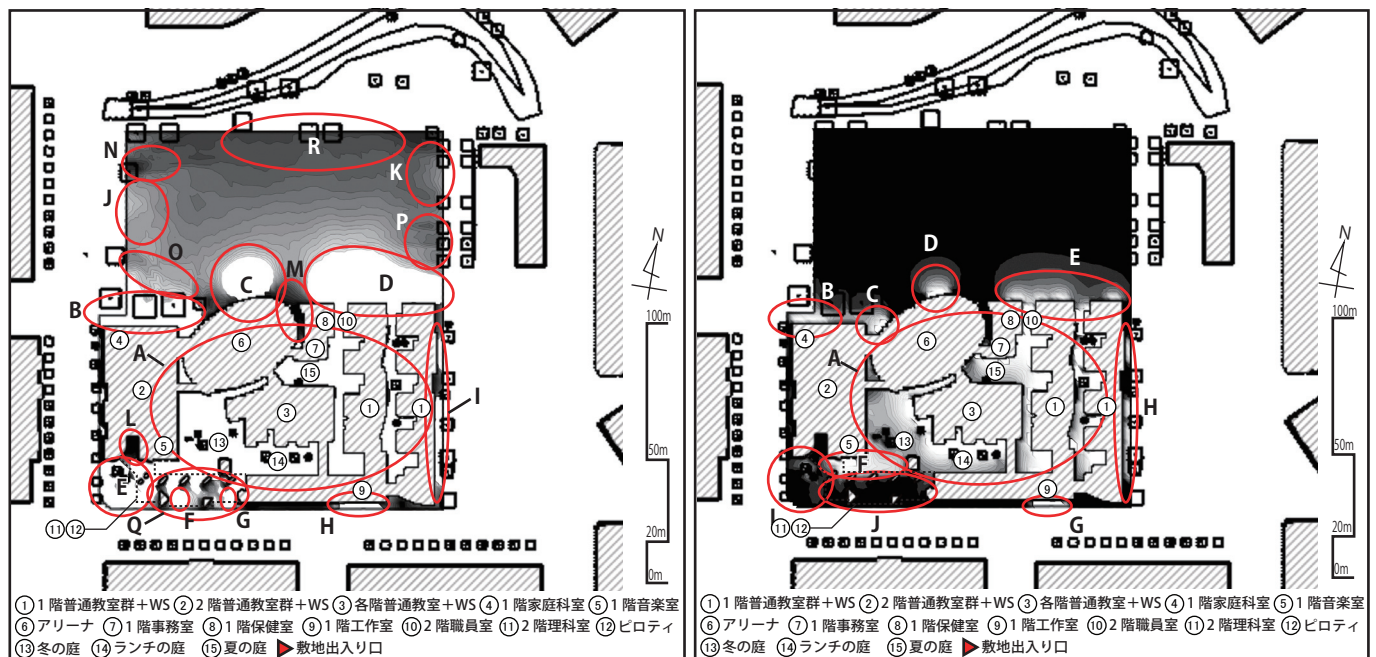


図 4-16 千葉市立打瀬小学校の可視窓面積率等値線

(左: 行動監視 (視認可能距離 135m) / 右: 人物監視 (視認可能距離 24m))

表 4-3 小学校 5 事例の行動監視における分析のまとめ

行動監視								
	α 平均値 (%)	監視可能面積率 (%)	α の高い範囲 ※()内:主にどの窓が計量されたか。 番号は図13-17の凡例に対応。	α の低い範囲	周辺建物の窓の影響範囲 ※()内:主にどの窓が計量されたか/ α の高低	樹木・工作物等による遮蔽 影響範囲 ※()内:主な遮蔽物/ α の高低	校舎出入り口に関わる範囲 ※()内: α の高低	敷地出入り口に関わる範囲 ※()内: α の高低
丸亀市立城乾小学校	0.28	81.42	A(①・②), Sa1(③・④・マンション), Sa2(マンション・民家), Sa3(⑤), E(民家), F(民家)	G, H, I, J, K, L	Sa1(マンション/高), Sa2(マンション・民家/高), E(民家/高)	G(生け垣/低), I(樹木・塀/低), J(樹木/低), L(倉庫/低)	Ba1(中)	Sa1(高), Sa2(高), Sa3(高)
芦屋市立宮川小学校	0.15	69.33	A(①・②), B(②・③), C(⑤・⑦), D(マンション・民家), E(幼稚園), F(幼稚園), Ba1(③・④)	G, H, I, K, L, Sa3	Sa1(民家/中), Sa2(民家/中), D(マンション・民家/中), E(幼稚園/高), F(幼稚園/高)	G(倉庫), H(樹木・生け垣・倉庫), I(駐輪場・樹木), J(樹木/中), K(樹木/低), L(樹木/低), Sa2(樹木/中)	Ba1(高)	Sa1(中), Sa2(中), Sa3(低)
彦根市立若葉小学校	0.21	31.81	A(①・②・③), B(①), C(①), D(①), E(①), F(④), G(⑤), H(民家), Ba1(①), Ba2(①・②・③), Sa1(民家)	I, J, K, L, M, N, O, P	H(民家/高), Sa1(民家/高), Sa2(民家/中)	M(樹木/低), N(樹木/低), O(樹木/低), P(樹木/低)	Ba1(高), Ba2(高), Ba3(低)	Sa1(高), Sa2(中), Sa3(低)
吉備高原小学校	0.72	75.79	A(①~⑧), B(⑨), C(幼稚園)	D, E, F, G	C(幼稚園/高)	E(倉庫/低), F(倉庫・樹木/低), G(倉庫/低)	多数(いずれも高)	Sa1(低), Sa2(中)
千葉市立打瀬小学校	0.90	94.79	A(①~③・⑤~⑩), B(②・④・⑥), C(⑥), D(①・⑧・⑩), E(②・マンション), F(③・⑤), G(③), H(⑨), I(①)	L, M	E(マンション/高), J(マンション/中), K(マンション/中)	N(樹木/低), O(樹木/中), P(樹木/中), Q(壁柱/中)	多数(いずれも高)	多数(いずれも高)

表 4-4 小学校 5 事例の人物監視における分析のまとめ

人物監視								
	α 平均値 (%)	監視可能面積率 (%)	α の高い範囲 ※()内:主にどの窓が計量されたか。 番号は図13-17の凡例に対応。	α の低い範囲	周辺建物の窓の影響範囲 ※()内:主にどの窓が計量されたか/ α の高低	樹木・工作物等による遮蔽 影響範囲 ※()内:遮蔽物/ α の高低	校舎出入り口に関わる範囲 ※()内: α の高低	敷地出入り口に関わる範囲 ※()内: α の高低
丸亀市立城乾小学校	0.21	38.52	A(①), B(②), C(②), D(民家), Sa3(③)	-	D(民家/高), F(民家/低)	E(倉庫/低)	Ba1(低)	Sa1(低), Sa2(低), Sa3(高)
芦屋市立宮川小学校	0.12	31.24	A(①・②), B(②・③), Ba1(③・④), C(⑤・⑦)	-	D(幼稚園/中), E(幼稚園/低)	F(樹木・植込み/低)	Ba1(高)	Sa1(低), Sa2(低), Sa3(低)
彦根市立若葉小学校	0.18	25.56	A(①・②・③), B(①), C(①), D(①), E(①・②), F(①), G(①), H(①), I(①), J(④), K(⑤)	-	Sa1(民家/中)	L(樹木/中), M(樹木/低), N(樹木/低)	Ba1(中), Ba2(中), Ba3(低)	Sa1(中), Sa2(低), Sa3(低)
吉備高原小学校	0.67	46.34	A(①~⑧), B(⑨)	-	C(幼稚園/低)	特に無し	多数(いずれも高)	Sa1(低), Sa2(低)
千葉市立打瀬小学校	0.79	48.03	A(①~③・⑤~⑩), B(④), C(⑥), D(⑥), E(①・⑧・⑩), F(⑤), G(⑨), H(①)	-	特に無し	J(壁柱/低)	多数(いずれも高)	多数(低い箇所を含む)

表 3・4 注) 本章においては、可視窓面積率 α の平均値は行動監視・人物監視ともに、敷地範囲全体に対する平均値として算出している。なお、算出に際しては異常値を除外する目的で上位 1% を除外して計算した。また、監視可能面積率は、 $\alpha > 0$ となる範囲の面積の敷地面積に対する割合として算出している。人物範囲において α の低い範囲は多数存在するため、特定の範囲を取り立てて議論することはしていない。

た範囲、樹木等による視線の遮蔽で α の減少が確認できた範囲に着目し、その要因

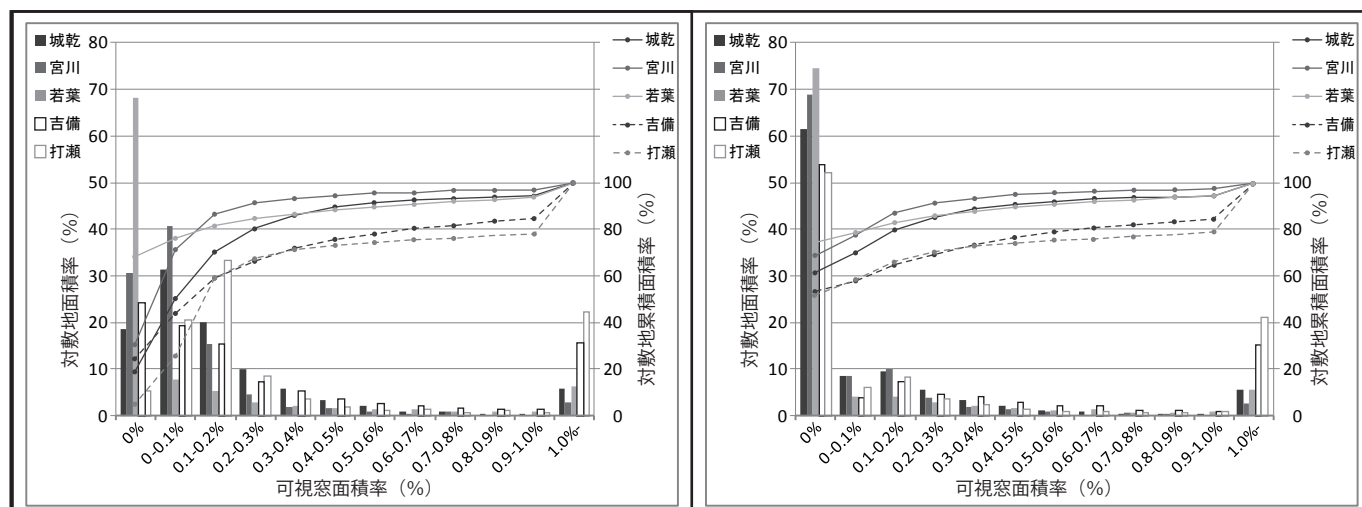


図 4-17 可視窓面積率の頻度分布グラフ (左: 行動監視・右: 人物範囲)

等を含めて行動監視・人物監視両面において分析した（表 4-3・4-4）。また、敷地・校舎への侵入が容易であるという観点から、校門付近などの敷地の出入り口となる範囲（図表中 Sa で表記）と昇降口等の校舎の出入り口となる範囲（図表中 Ba で表記）の α の分布様態を表 4-3・4-4 に併せてまとめた。さらに、各学校の行動監視・人物監視の α の平均値と監視可能面積率を算出し、表 4-3・4-4 に付記した。同時に、 α の頻度分布を図 4-17 にまとめた。各階級の α が敷地面積に占める面積率を相対頻度として棒グラフで表現し、その累積面積率を折れ線グラフで表現している。

以下、各小学校の比較考察を述べる。表 4-3・4-4 の α の平均値を比較すると、行動監視・人物監視両面において吉備小学校と打瀬小学校の平均値が他の学校に比べて突出して高い。この 2 校は建物外壁に多くの有効窓が存在し、全面開口が多用されるなど各窓面積も大きく、図 4-17 を見ると行動監視・人物監視両面において $\alpha \geq 1.0\%$ の視点が多く存在することが分かる。これらの視点は図 4-15 の吉備高原小学校の範囲（A）や図 4-16 の打瀬小学校の範囲（A）を中心に分布している。反対に行動監視・人物監視ともに最も α の平均値が低いのは宮川小学校であった。図 4-17 から、他の学校に比べて $\alpha \geq 0.5\%$ の高い α の分布が少ないことが原因であると考えられる。このことは、他校の等値線図と比べて宮川小学校の等値線図（図 4-13）に高い α の分布を示す白い領域が少ないことにも表れている。

表 4-3 の行動監視における監視可能面積率を比較すると、最も高い値を示すのは α の平均値同様打瀬小学校であった。城乾小学校については、 α 平均値は低いにも関わらず、監視可能面積率は 2 番目に高い値を示した。図 4-17 の城乾小学校を見ると $\alpha = 0$ となる視点の分布は少なく、図 4-12 左図の範囲（G・H）に限定的に分布するにとどまっている。校舎から離れた図 4-12 左図の範囲（F）など、校舎からの監視が届きにくい範囲で周辺建物の窓が多く計量された影響が大きいと考えられる。これに対し、行動監視における監視可能面積率が最も低いのは若葉小学校であった。図 4-14 左図の範囲（I～L）に、 $\alpha = 0$ の視点が多く分布している。範囲（I）は建物からの距離が遠く、周辺建物にも面していないため低い α となった。範囲（J～L）は建物からは比較的近いが、これらの範囲に面して有効窓が少なく、樹木による視線の遮蔽の影響もあり、低い α となった。なお、表 4-4 から若葉小学校は人物監視においても最も低い監視可能面積率となることがわかる。

表 4-3・4-4 より周辺建物からの自然監視に着目すると、行動監視においては城乾

小学校と宮川小学校で周辺建物の窓が数多く計量されたことにより α が増加する範囲が多く確認できた。一方、吉備小学校で周辺建物の窓が計量されたのは、行動監視・人物監視ともに幼稚園の影響による一か所のみであった。打瀬小学校では、行動監視においては周辺マンションの窓が計量された範囲があったが、人物監視においては周辺マンションによる影響が確認できなかった。これは、周辺マンションが幅員の広い道路を隔てて立地しており、人物監視上有効となる窓が少なかったためである。

表 4-3・4-4 の樹木等の遮蔽物による自然監視の阻害という観点に注目すると、行動監視においては宮川小学校で樹木等による視線の遮蔽で α が減少する範囲が多く確認できた。人物監視においては若葉小学校で樹木による影響が多く見られた。宮川小学校や若葉小学校では外壁に近接した位置に存在する樹木が多く、図 4-13 左図の範囲（J・K）・右図の範囲（F）、図 4-14 左図の範囲（O・P）・右図の範囲（L・M）など、樹木の影響による α の減少が著しい範囲が見られた。

表 4-3・4-4 の校舎の出入りに着目すると、宮川小学校は行動監視・人物監視ともに高い α となっている。また、吉備小学校と打瀬小学校は校舎への出入り口が多数あるものの、いずれも高い α となっている。一方、若葉小学校の昇降口近辺（図 4-14・範囲 B a 2）や渡り廊下の部分（図 4-14・範囲 B a 1）は、行動監視・人物監視ともに比較的 α が高かったが、校舎への出入り口であり、中庭へのアクセス動線でもある範囲（図 4-14・範囲 B a 3）は職員室に近接しているにもかかわらず、この範囲に面して有効窓が配置されていないため行動監視・人物監視ともに α が低かった。

表 4-3・4-4 の敷地の出入りに着目すると、行動監視においては城乾小学校の全ての出入り口で α が高く、敷地の出入り口に対する行動監視が優れていると評価できる。また全体的な傾向として、敷地出入り口に関する範囲のうち、周辺建物の窓が計量された範囲では α が比較的高く、隣接する周辺建物の無い範囲では低い α となった。周辺建物からの見守りによって、敷地出入り口の行動監視が確保されているという例が多く見られた。一方、人物監視においては城乾小学校の東側校門（図 4-12 右図・範囲 S a 3）で高い α が計量されているものの、全体的な傾向として α が低い。校舎の有効窓や周辺建物の窓が、敷地の出入り口に対して人物監視上有効でない位置にある例が多く見られた。

以上のように、樹木等の遮蔽物や周辺建物の窓を考慮することによって、各小学校の

可視窓面積率 α の分布様態の把握が可能となった。分析を通して各小学校の行動監視・人物監視両面における α の平均値や監視可能面積率を算出するとともに、特徴的な分布範囲を明示し、比較考察を行うことができた。

4.7 本章のまとめ

本章では、建物の窓から外部に対しての自然監視に着目し、幾何学的な観点から自然監視性を評価するひとつの指標として、視線入射角と視距離が反映された可視窓面積率 α とその具体的な計量手法を提案した。また、小学校の基本的な配置形態を想定した4タイプの単純モデルⅡに可視窓面積率 α の計量手法を適用し、行動監視と人物監視に分けて段階別に自然監視性の分析を行った。

単純モデルⅡの分析では、I型1列・L型・コ型・I型2列すべての配置形態において、行動監視・人物監視ともに高層化するにつれて可視窓面積率 α の平均値が増加し、 $\alpha > 0$ となる面積を敷地面積で除した監視可能面積率は減少することがわかった。また、いずれの配置形態においても、3階建てモデルの可視窓面積率 α の平均値は行動監視・人物監視ともに1階建てモデルのおよそ1.5倍となった。行動監視における可視窓面積率 α の平均値はI型1列が最も高く、次いでL型が高いのに対し、人物監視においてはI型2列が最も高く、次いでコ型が高かった。すなわち、行動監視と人物監視では α 平均値の高い配置形態が異なるという結果が得られた。また、建物外壁からの距離との関係に着目すると、可視窓面積率 α は長い壁面に対面している範囲や建物に囲まれた範囲で高い値を示すといった特徴的な傾向が見られた。

さらに、本研究では、樹木・工作物による視線の遮蔽や周辺建物からの自然監視の存在を勘案した計量手法に発展させ、5つの小学校を適用事例として、可視窓面積率 α と監視可能面積率の分布様態に基づき、行動監視と人物監視の両面から自然監視性の計量的評価を行った。分析の結果、吉備小学校や打瀬小学校のように可視窓面積率 α の平均値と監視可能面積率がともに高い例がみられる一方、城乾小学校のように α の平均値が低くとも監視可能面積率が高い例もみられた。これは、敷地全体に渡って高い可視窓面積率を確保できなくとも、目の届く範囲を広げることは可能であるということを示している。また、校舎の出入り口や敷地の出入り口といった防犯上重要と考えられる範囲に着目すると、敷地の出入り口が校舎から離れて設けられているにも関わらず、周辺建物からの見守りによって行動監視における自然監視性が確保

されている事例が見られた。このような事例は数例見られ、行動監視における敷地出入口の自然監視性の確保に関して、周辺建物からの見守りが重要な役割を果たす可能性があることが示唆された。

以上のように、本研究では小学校の外部空間における窓の立体的な可視量を計量することにより、校舎および周辺建物から小学校外部空間への自然監視性を評価する手法を提案した。小学校の可視窓面積率 α の分布や監視可能面積率は、校舎の配置計画や有効窓の計画のみならず、周辺建物からの見守りや樹木等の遮蔽物と関係しており、自然監視性の確保には、これらを勘案して小学校の施設計画を行うことが望ましいと考えられる。今後の展望として、校舎および周辺建物からの自然監視性に加え、外部における見通しや周辺の歩行者からの自然監視の存在などを加味した評価手法への発展が挙げられる。また、より多くの小学校の分析を行うことで汎用性のある自然監視性の評価手法として確立し、自然監視性の確保に配慮した小学校の施設計画の検討ツールとして活用し得る手法としたい。

本章で取り組んだ、可視窓面積率の計量による自然監視性の評価は、外部空間のある地点が周りの建物の窓からどれだけ見守られる可能性があるかを定量化したと言っても差し支えない。このような、ある地点とその周囲の環境との3次元・全方位的な視覚的関係の把握を要する空間事象への適用を通じて、本研究で提案した全天球パノラマ画像法の有効性が示されたと考えられる。

注釈

- 注 1) 工具視認率は侵入者役が手に持つ工具を通行者役の被験者が「はっきりと見えた」と評価した比率，視距離は歩行者－犯罪企図者間の距離として定義されている。
- 注 2) 文部科学省小学校施設整備指針（平成 22 年 3 月）には「校舎等は，3 階以下の建物として計画することが望ましい。」とあることから，3 階建て以下の校舎を想定した。
- 注 3) 延べ床面積の設定は，文部科学省小学校設置基準第 3 章第 8 条に，校舎面積の基準値算定方法として児童数 481 人以上の場合， $2700 + 3 \times (\text{児童数} - 480) \text{ m}^2$ 以上とすることが定められていることを参照した。ただし，計量の精度を優先して建物の外壁線が 2m メッシュの内に位置した場合は 2m グリッドに載せる事としたため，厳密には延べ床面積が 2700 m^2 ではないものもある。外壁面の位置の調整は以降の分析においても同様とした。
- 注 4) 敷地の大きさは，設定したモデルのうち，縦横の長さがそれぞれ最大長さとなるもの（縦は L 型の 1 階，横は I 型 1 列の 1 階）の壁面から行動監視 135m の距離をとって $528\text{m} \times 372\text{m}$ と決定している。
- 注 5) 補足として，図 4-6 の場合を例とすると，行動監視における監視可能面積率は敷地全体に対する白点線内側の範囲の面積率であり，人物監視における監視可能面積率は敷地全体に対する斜線部分の面積率となる。
- 注 6) グラフが不規則な微小の増減を示しているのは画像解析のピクセル処理の影響であると考えられる。

参考文献

- 1) 大野隆造, 近藤美紀: 視線幅射量と防犯性の評価 : 住民の視覚的相互作用を考慮した集合住宅の配置計画に関する研究(その1), 日本建築学会計画系論文集, 第467号, pp.145-151, 1995
- 2) 小池博, 山本俊哉, 松本吉彦, 柏原誠一, 山岸秀之, 美濃部圭太: 光源投射法を応用した自然監視性モデルの開発の試み-中間画地の戸建住宅における侵入被害開口部事例に基づくスタディー, 日本建築学会技術報告集, 第27号, pp.311-314, 2008
- 3) 小池博, 山本俊哉, 松本吉彦, 柏原誠一: 外構フェンスに関する自然監視性の評価実験, 日本建築学会技術報告集, 第34号, pp.1149-1152, 2010
- 4) 柏原誠一, 山本俊哉, 松本吉彦, 小池博, 池辺英紀 : 防犯シミュレーションシステムの開発(7): 専用シミュレーションソフトの開発, 日本建築学会大会学術講演梗概集, F-1, pp.1337-1338, 2010
- 5) 松本吉彦, 山本俊哉: 侵入被害データに基づくリスクチャートの提案-総合的な住宅防犯性能算定法の研究-, 日本建築学会大会学術講演梗概集, F-1, pp.1429-1430, 2011
- 6) 田中英人, 趙卉菁, 柴崎亮介: 都市空間における道路上からの自然監視性のマッピング, GIS-理論と応用, 第17巻1号, pp.31-42, 2009.06
- 7) 岡田光正, 柏原士郎, 辻正矩, 森田孝夫, 吉村英祐: 建築計画2[新版], 鹿島出版会, 2002
- 8) Thiel, P.: Notes on Description, Scaling, Notation and Scoring of Some Perceptual and Cognitive, 1961

5. 球面展開図法の適用例



5.1 はじめに

前章では可視領域の計量手法を3次元に展開し、実際の人間の視界の状態に則した計量法として提案した。また、これを小学校の窓の可視量に適用することで立面的な景観構成要素の可視量の計量に適用可能であることを示し、小学校の自然監視性をより詳細に分析することを試みた。その際、計量手法としての課題も発見された。即ち、前章で提案した手法に依ると、画像処理による歪みの問題から仰角・俯角 55° 以上の範囲については正確な計量が不可能であった。前章で適用例として扱った小学校の窓の可視量の計量においては、仰角・俯角 55° 以上の範囲に計量対象となる窓が存在しなかったため問題なかった。しかし、例えば本章で扱う緑地の可視量の計量に際しては、足元の芝生や頭上の樹木など、仰角・俯角 55° 以上の範囲に存在する対象を計量可能である必要がある。そこで、本章では前章の計量手法をさらに発展させ、前後左右上下の全方位の計量対象の可視量を立体角に基づいて計量する手法を開発し、ある地点における環境としての緑の可視量、即ち「全方位緑視率」を計量する。

本章では全方位緑視率の計量手法の適用例を2つ示す。第一に、キャンパスの全方位緑視率の分布様態の把握と、これに基づいた植栽計画の提案を行う。第二に、樹木形状や樹木配置条件を様々に変化させながらその全方位緑視率の分布を把握するシミュレーションを行い、樹木形状や樹木配置条件が緑視率にどのような影響を与えるのかを計量的に分析することで、樹木配置計画上どのような点に配慮すれば緑視率を効率的に確保できるのかという観点から基礎的な知見の提供を行う。

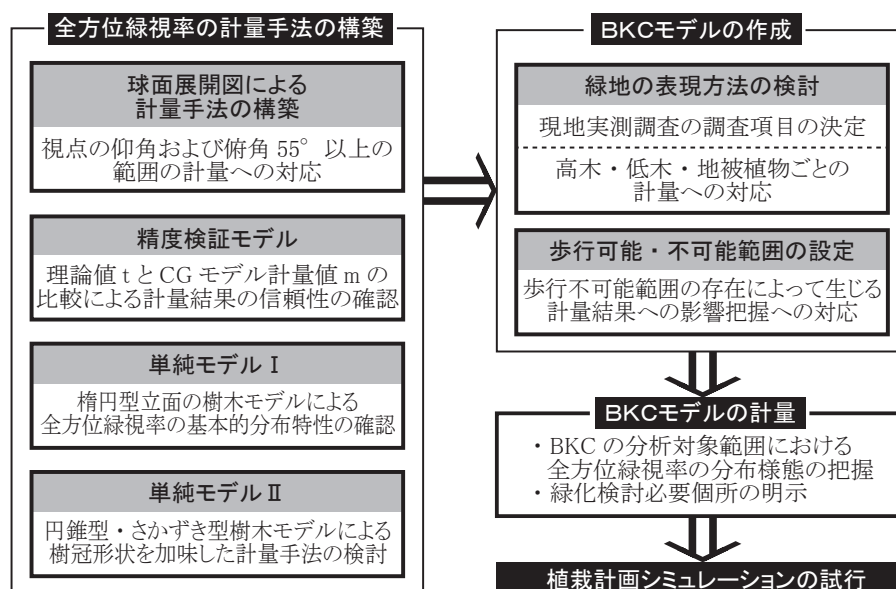
以上の適用例を通じて、可視領域の全方位的な計量手法の応用可能性を考究するとともに、その有効性を示すことを本章の目的とする。

5.2 全方位緑視率の計量による大学キャンパスの緑地環境の把握

5.2.1 背景と目的

建築の外部空間における緑は、水源涵養、表土・生態保全、気象緩和、大気浄化、炭酸ガス吸収など様々な機能を有している。一方で、緑が見えることによる快適性の提供も緑地のひとつの重要な機能と考えると、植栽計画に際しては緑の可視性の効率的な確保という観点から検討を行うことも重要であるといえる。そのためには、計画対象地の3次元的な緑の可視性の分布様態を把握し、緑の可視性という観点から植栽計画の検討を支援する手法が必要となる。

本研究では前後左右上下、全方位の緑の可視率を「全方位緑視率」と定義し、その計量手法とその計量的特性の評価手法を構築することを目的とする。図5-1の研究フローに示すように、各段階において3次元モデルによる全方位緑視率の計量手法の検討を重ね、最終的に立命館大学びわこ・くさつキャンパス（以下：BKC）を例に、全方位緑視率の分布様態を把握するとともに、植栽計画シミュレーションツールとしての応用可能性を報告する。



図注：精度検証モデルについては2.4.2を参照されたし。

図 5-1 研究フロー

5.2.2 既往研究との位置づけ

これまでの立体的な緑量の計量は、青木¹⁾や小西ら²⁾の研究結果で報告されるように、ある地点から水平方向前方に視線を固定し、特定の視野角によって撮影された写真をベースに、目視判別や手作業によって緑視率を算出する方法が主であった。従来の計量法は現実との適合度が高く、現状分析の手法としてしばしば用いられる。一方で、CGモデルを用いた計量法は、全方位緑視率の確保を加味した植栽計画のシミュレーション手法への応用を視野に入れると、CGモデルをベースとして追加樹木等を自由に変更しながら計量的な検討を行える等の利点が考えられる。

視線方向や視野に関する研究に目を向けると、武井ら³⁾によって建築群や街路を歩く人の頭が場所によって左右に振れ、視野を広げていることが明らかにされているなど、実際の人間の視野はその時々状況や行動によって変化するものであると理解できる。加えて、高野⁴⁾によって、緑の存在評価には進行方向前方の緑量だけでなく、頭上の緑量も大きな影響を及ぼすことが明らかとされている。これらの研究成果に加え、高木の下から見上げる樹冠や足元に広がる芝生面のような緑が日常的に存在することを考慮すると、視線方向や視野角を固定した従来の緑視率の計量に留まらず、周囲360°に頭上や足元の緑も含めた、ある地点の環境としての緑視率、即ち「全方位緑視率」を計量することの必要性が認められる。全方位的な緑量の計量を試みた研究として、金ら⁵⁾による周囲360°の緑量の計量手法が報告されているが、頭上や足元の緑については計量されていない。また、計量に際し、撮影画像を2次元のパノラマ画像に変換する際に生じる歪みの補正については記述が無い。

既往研究を参考に、緑の立体的な可視量の計量手法を提案するにあたり、本節の研究内容は、

- ① CGモデルを用い、前後左右上下の全方位緑視率を立体角によって歪み無く計量する点
- ② 多数の地点での計量により、分析対象範囲全体の全方位緑視率の分布様態の把握を行う点
- ③ 高木・低木・地被植物の種類別の計量により、緑地種類ごとの計量的特性把握を可能にする点
- ④ 計量に用いるCGモデルをベースに、植栽計画シミュレーションを試みる点において特徴的である。

5.2.3 全方位緑視率の計量手法の構築

(1) 計量手法の概要

本章では全天球パノラマ画像法をさらに発展させた球面展開図法によって緑の立体的な可視量を定量化している。全天球パノラマ画像法および球面展開図法の詳細については2.3並びに2.4を参照されたし。球面展開図法による計量によって、仰角・俯角 55° 以上の範囲においても立体角に基づいた歪みや誤差の少ない緑量の計量が可能となり、本節の目的である周囲 360° に頭上や足元の緑も含めた「全方位緑視率」を把握することができる。計量する各視点の球面展開図の緑地ピクセル数を計量し、これを球面展開図の全ピクセル数^{注1)}で除した値を全方位緑視率として得る(図5-2)。分析範囲内を $2m \times 2m$ メッシュで分割し^{注2)}、各メッシュにおける計算値を分布図に変換して対象敷地の配置図に重ね、緑視率の分布様態を画像化する。

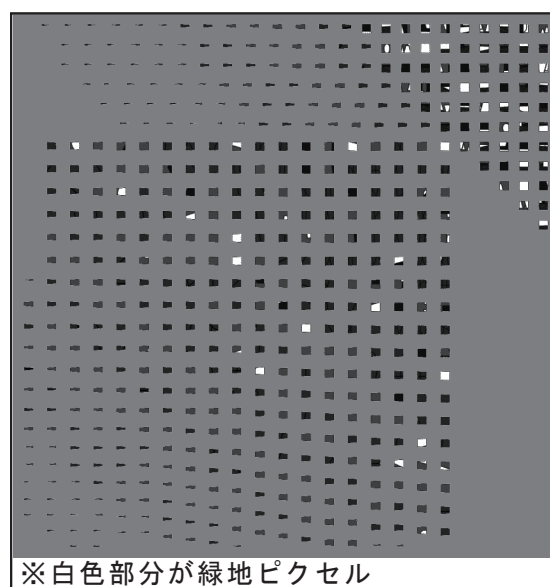


図 5-2 球面展開図

(2) 全方位緑視率の基本的分布特性の確認

全方位緑視率の基本的な分布特性の確認を行うため、4タイプの単純モデルⅠの計量を行った。モデルⅠ-1は図5-3に示す樹木を計量範囲の中央に1本配置し、これを基本としてモデルⅠ-2、Ⅰ-3は樹木の水平投影面積と配置本数を、Ⅰ-h1は樹冠部分の高さを変更している(表5-1)。計量範囲は縦30m、横30mとして設定した。計量結果を図5-4～7と表5-1に示す^{注3)}。分布図は白に近づくほど全方位緑視率が高い。各モデルは樹木の水平投影面積の合計が等しくなるように設定してあるが、表5-1の

モデル I -1 ～ I -3 を見ると樹木本数が増えるにつれ、全方位緑視率平均値も増加している。モデル I -3 が最も全方位緑視率平均値が高く、モデル I -1 と比較すると約 1.6 倍となった。モデル I -1 と比較して樹冠部分の高さを 2 倍にしたモデル I -h1 は全方位緑視率平均値がモデル I -1 の約 1.4 倍となり、単純に 2 倍とはならなかった。また、図 5-6 の樹木 A から等距離にある地点 a と地点 b の全方位緑視率を比較すると、地点 a が 2.3% となり、地点 b の 1.1% の約 2 倍となった。これは地点 a が樹木に囲まれているためであるが、このような計量結果は全方位的な計量によって得られる結果であると言える。

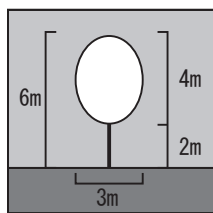


図 5-3 I -1 の樹木モデル

表 5-1 単純モデル I の計量結果

	I -1	I -2	I -3	I -h1
樹木本数	1 本	2 本	3 本	1 本
樹木 1 本あたりの 水平投影面積	$1.5^2 \pi$	$1.5^2 \pi / 2$	$1.5^2 \pi / 3$	$1.5^2 \pi$
樹冠高さ	4m	4m	4m	8m
平均値	1.04%	1.36%	1.60%	1.43%

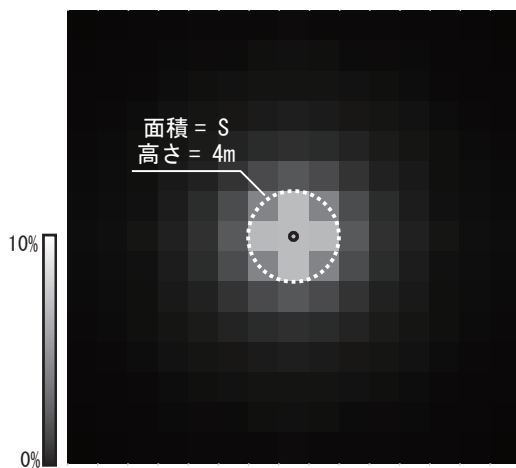


図 5-4 モデル I -1 の緑視率分布図

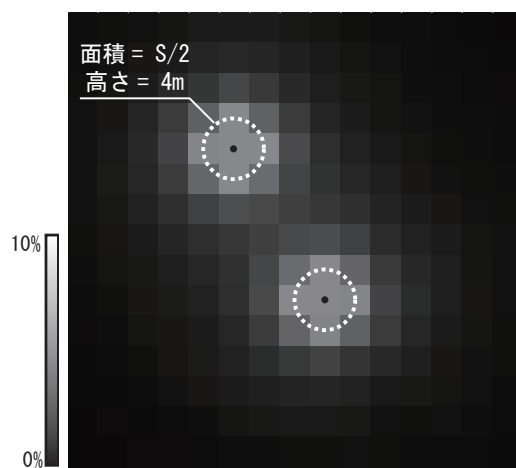


図 5-5 モデル I -2 の緑視率分布図

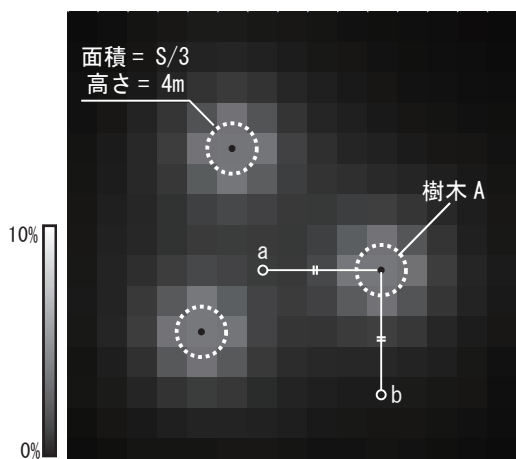


図 5-6 モデル I -3 の緑視率分布図

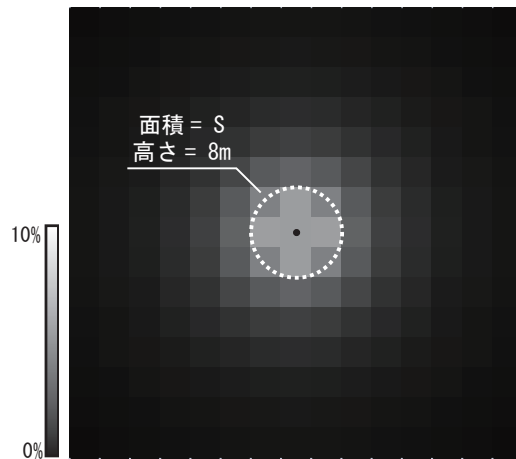


図 5-7 モデル I -h1 の緑視率分布図

（３）樹冠の形状分類の反映の検討

次に，単純モデルⅡを用い，樹冠の形状分類の違いによって緑視率に生じる影響を確認する。計量結果において樹冠の形状分類の違いによる影響が確認された場合，計量に用いる３次元モデルには樹冠の形状分類の反映が必要であると考えられる。

検討に用いた樹冠形状のタイプは，円錐型（モデルⅡ-1）とさかずき型（モデルⅡ-2）である（図5-8）。ともに樹冠の径は6m，樹冠部分の高さは4m，地面から樹冠最下部までの高さを2mとした。計量範囲は縦30m，横30mとして設定し，それぞれの樹木モデルは計量範囲の中心に配した。計量結果を図5-9・10と表5-2に示す。表5-2より，計量範囲全体の平均値は，円錐型は2.68%，さかずき型は1.86%となり円錐型がさかずき型のおよそ1.5倍となった。特に中心9メッシュの平均値を比較すると，円錐型が34.34%，さかずき型が8.98%となっており，樹木近傍において大きな緑視率の違いを確認できる。これは，さかずき型に比べて円錐型の方が視点に近い位置により多くの葉を付けているためであり，頭上の緑も含めた全方位の計量によって得られる結果であると言える。以上より，樹冠形状のタイプによって全方位緑視率の計量的特性が異なり，それらが計量可能であることが確認できた。よって，本研究では樹冠形状を反映させた３次元モデルを構築し計量を行う。

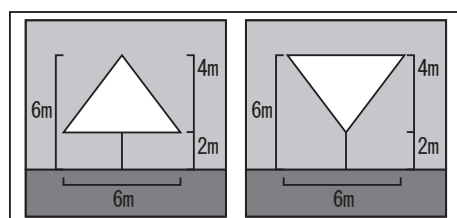


図5-8 円錐型とさかずき型

表5-2 単純モデルⅡの計量結果

	円錐型	さかずき型
平均値	2.58%	1.86%
平均値 (中心9メッシュ)	34.34%	8.98%

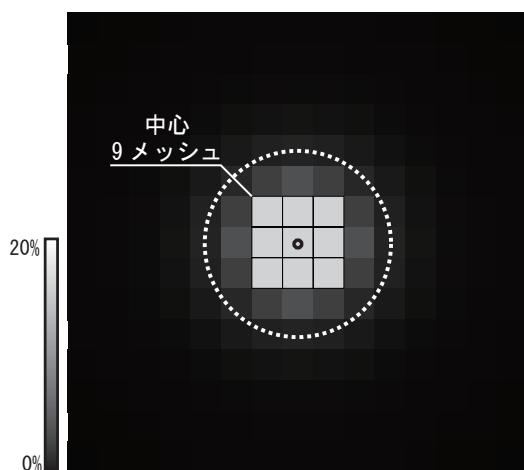


図5-9 モデルⅡ-1（円錐型）の緑視率分布図

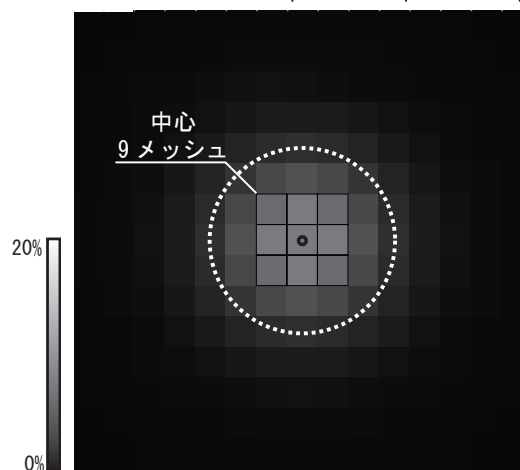


図5-10 モデルⅡ-2（さかずき型）の緑視率分布図

5.2.4 BKCの全方位緑視率計量モデルの作成

(1) 現地実測調査の方法と緑地の表現方法

分析範囲はBKCのメインプロムナードと噴水広場を中心とした200m×270mの範囲とした(図5-11)。建物範囲を除いた計量地点数は7334地点となる。計量に用いた3次元CGモデルは、建物配置図と緑地の現地実測調査に基づいて作成し、分析範囲外の緑地についても分析範囲内から目視できる緑地についてはモデリングを行った^{注4)}(図5-12)。緑地の調査は、まず緑地の種類を①高木、②生け垣などの低木、③芝などの地被植物、の3つに分類し、緑地の種類が高木の場合は①樹冠形状の分類の種別、②樹冠部分の高さ、③樹冠の径、④地面から樹冠最下部までの高さ、の4項目を調査した。樹冠形状の分類については亀山⁶⁾による分類を参照した(図5-13)。高木のモデリングは樹冠形状をおおまかに再現する方法とし、低木は高さに応じた長方形ボリュームで、地被植物は2次元平面で表現した。

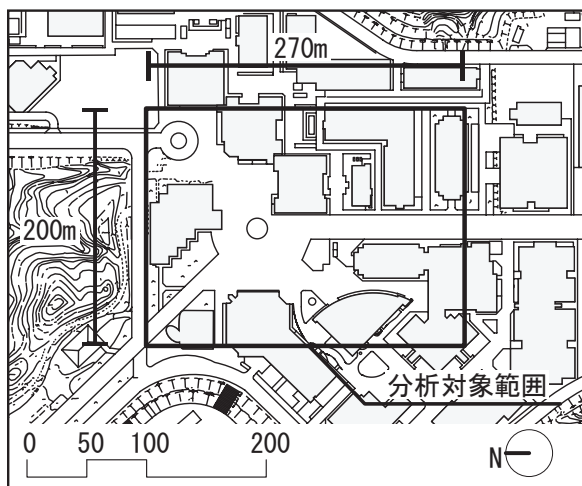


図 5-11 分析対象範囲

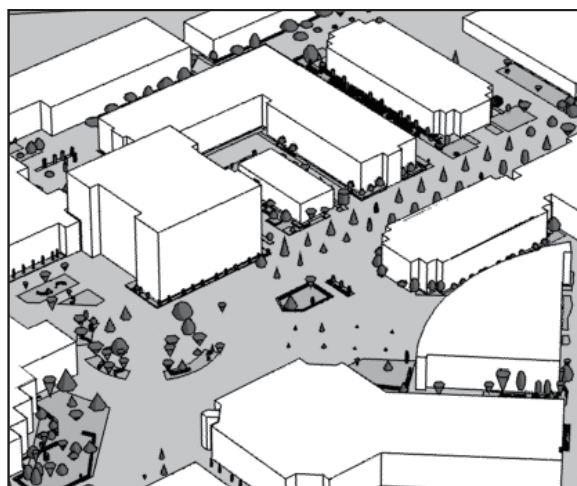


図 5-12 BKCの3次元CGモデル

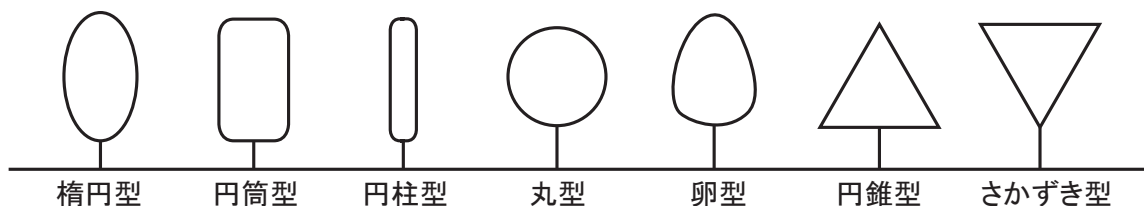


図 5-13 高木の樹冠形状の分類

（２）緑地種別ごとの計量方法

高木・低木・地被植物のモデリングに際しては、緑地の種別毎に異なる配色でモデリングを行った。これにより、高木・低木・地被植物の種類別に全方位緑視率の計量と分布様態の把握を行うことができる。また、高木・低木・地被植物を全て足し合わせることで、全緑地に対する全方位緑視率の計量結果を得ることも可能である。

（３）歩行可能・不可能範囲の設定

キャンパス空間には植え込みや立ち入り禁止の芝面など、実際には立ち入ることができない外部空間が存在する。そこで、分析範囲内に歩行可能範囲と歩行不可能を設定し、分析範囲全体についての計量結果と、その中でも歩行可能な範囲に限定して計量した結果の２種類を得た。前者はBKCのキャンパス空間が本来的に有する全方位緑視率の計量結果であり、対して後者はキャンパスで生活する人々が実際に目にすることが可能な全方位緑視率の計量結果である。これら２種類の計量結果を得ることで、キャンパスにおける歩行不可能範囲の存在によって生じる計量結果への影響を把握可能になると考えられる。

5.2.5 BKCの全方位緑視率の計量結果

BKCの全方位緑視率の計量結果を図5-14～18と表5-3に示す。図5-14・15より、学生の通行が最も多いと思われる噴水広場（図5-14・15-範囲A、図19-写真A）と、メインプロムナード（図5-14・15-範囲B、図19-写真B）の緑視率は比較的高い。一方、人の出入りが多い食堂出入り口付近（図5-14・15-範囲C・D、図19-写真D）や、多くの学生に利用されている学生交流施設前（図5-14・15-範囲E、図19-写真E）では、緑視率が比較的低い。

表5-3より、歩行不可能範囲も含めた分析範囲全体における全緑地の全方位緑視率平均 $\alpha_{全}$ は20.28%であり、分析範囲においては視界の約1/5を緑が占めていることがわかる。ただし、歩行可能範囲に限定した場合の全緑地の全方位緑視率平均 $\beta_{全}$ は13.39%であり、 $\beta/\alpha_{全}=0.66$ となっている。 $\alpha_{全}$ から $\beta_{全}$ への減少率は約35%であり、これは分析範囲全体において本来獲得できるはずの全方位緑視率のうち、1/3以上が歩行可能範囲からは獲得できないことを示している。

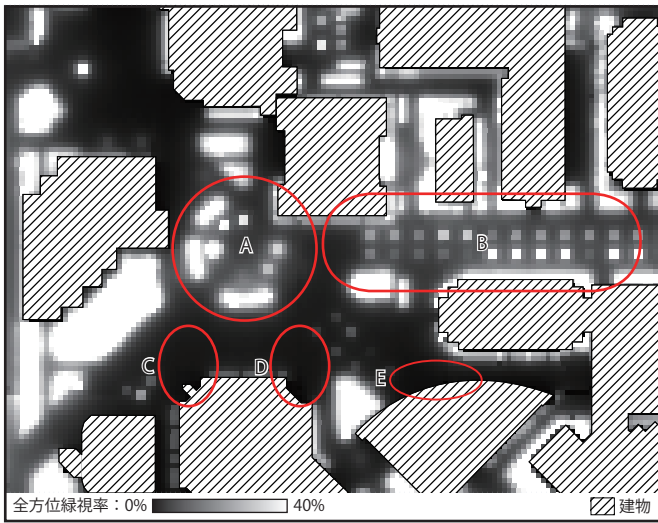


図 5-14 BKC の分析範囲における全緑地の緑視率の分布図

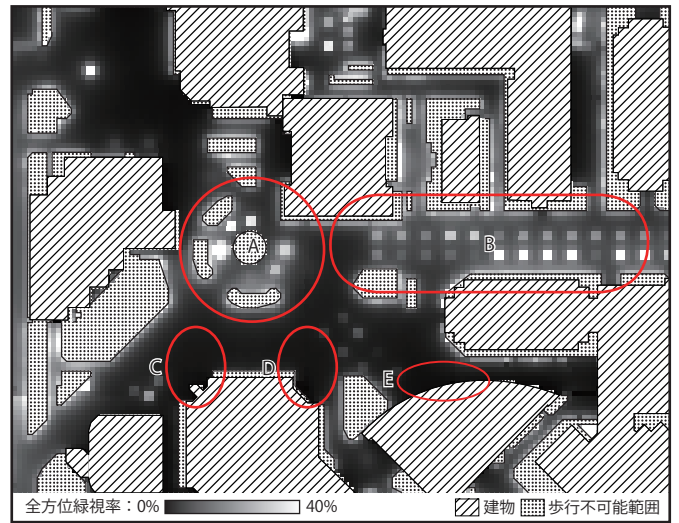


図 5-15 BKC の歩行可能範囲における全緑地の緑視率の分布図

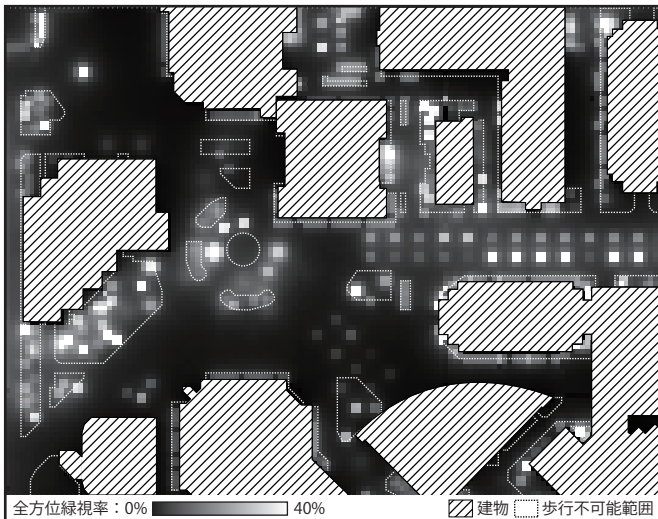


図 5-16 BKC の分析範囲における高木の緑視率の分布図

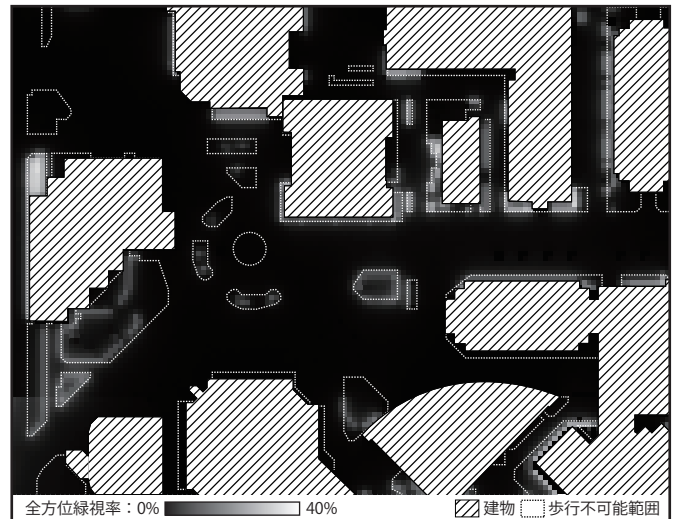


図 5-17 BKC の分析範囲における低木の緑視率の分布図

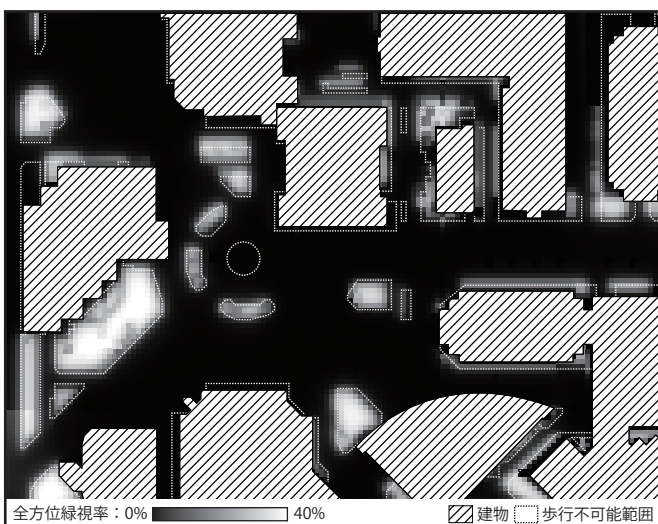


図 5-18 BKC の分析範囲における地被植物の緑視率の分布図



図 5-19 BKC の各範囲の現地写真

表 5-3 緑地種別ごとの数値指標

	計量範囲全体の緑視率平均(α)	全緑地の α に占める緑地種別毎の緑視率の割合(α^*)	歩行可能範囲の緑視率平均(β)	全緑地の β に占める緑地種別毎の緑視率の割合(β^*)	β / α
全緑地	20.28%	-	13.39%	-	0.66
高木	10.83%	53.42%	8.90%	66.45%	0.82
低木	3.11%	15.33%	1.77%	13.25%	0.57
地被植物	6.34%	31.25%	2.72%	20.30%	0.43

図 5-16 ～ 18 の高木・低木・地被植物ごとの全方位緑視率分布図を比較すると、値の高い範囲は高木の分布図に多く見られ、次いで地被植物の分布図に多く見られる。低木の分布図には値の高い範囲はほとんど見られない。また、低木および地被植物の緑視率の高い範囲は、そのほとんどが歩行不可能範囲に分布していることが確認できる。表 5-3 の高木・低木・地被植物のそれぞれの α を比較すると、 $\alpha_{\text{高木}}=10.83\%$ が最も高く、 $\alpha^*_{\text{高木}}=53.42\%$ となることも示すように、分析範囲全体における全緑地の全方位緑視率平均 $\alpha_{\text{全}}=20.28\%$ の半分以上が、高木が計量された影響によるものと言える。次いで α 、 α^* 共に高いのは地被植物であった。 $\alpha^*_{\text{地被}}=31.25\%$ より、分析範囲全体において可視である緑量のうち、30%以上は地被植物で占められることがわかった。 α 、 α^* 共に最も低いのは低木であった。

また、分析範囲全体の全方位緑視率平均 α に対する歩行可能範囲の緑視率平均 β の比 β / α は、 $\beta / \alpha_{\text{高木}}=0.82$ 、 $\beta / \alpha_{\text{低木}}=0.57$ 、 $\beta / \alpha_{\text{地被}}=0.43$ であり、高木の β / α が低木・地被植物より高い。 α から β への減少率が、高木は 20%にとどまるのに対し、低木・地被植物の平均値は半減するということがわかった。

5.2.6 BKC の植栽計画シミュレーション

(1) シミュレーションモデルの設定

BKCの全方位緑視率の計量的分析によって得られた知見のひとつとして、椅子やテーブルが設置され、多くの学生に利用されている学生交流施設前の範囲の緑視率が比較的低いということが挙げられる（図 5-14・15- 範囲 E，図 19- 写真 E）。多くの緑が見えることがその場所の快適性に繋がるという見地に立った場合、学生交流施設のようなキャンパスの学生交流の中心的役割を担う場所において、比較的低い緑視率しか確保できていない現状には改善の余地があると考えられる。そこで、前述の範囲の現況を踏まえた上で、数通りのシミュレーションモデルを設定し、今後の植栽計画の検討を試みる。

図 5-20 に学生交流施設前の範囲の現況とシミュレーションに用いる計量地点を示す。図の背景には当該範囲の全方位緑視率の分布図を重ねて表示している。計量地点は椅子やテーブルが設置されているテラスの範囲に 10m ピッチで 5 箇所設定した。また、学生交流施設前ではいくつかの動線が交錯しているが、シミュレーションモデルの設定に際しては、これらの動線を妨げないよう配慮した。

シミュレーションモデルは 3 タイプを想定した。即ち、学生交流施設と噴水広場を繋ぐ動線の並木がほぼ立ち枯れのような状態になっているので、現状より枝ぶりの良いものに植え替える Model1（図 5-21），複数の動線に囲まれた範囲にまとめて樹木を配置する Model2（図 5-22），噴水広場方面と大講義室方面を繋ぐ動線に伴って列植を施す MModel3（図 5-23）である。各モデルに用いる樹木はすべて統一し（図 5-24），各モデルとも樹木の水平投影面積の合計が等しくなるように、8 本ずつ植える設定としている。

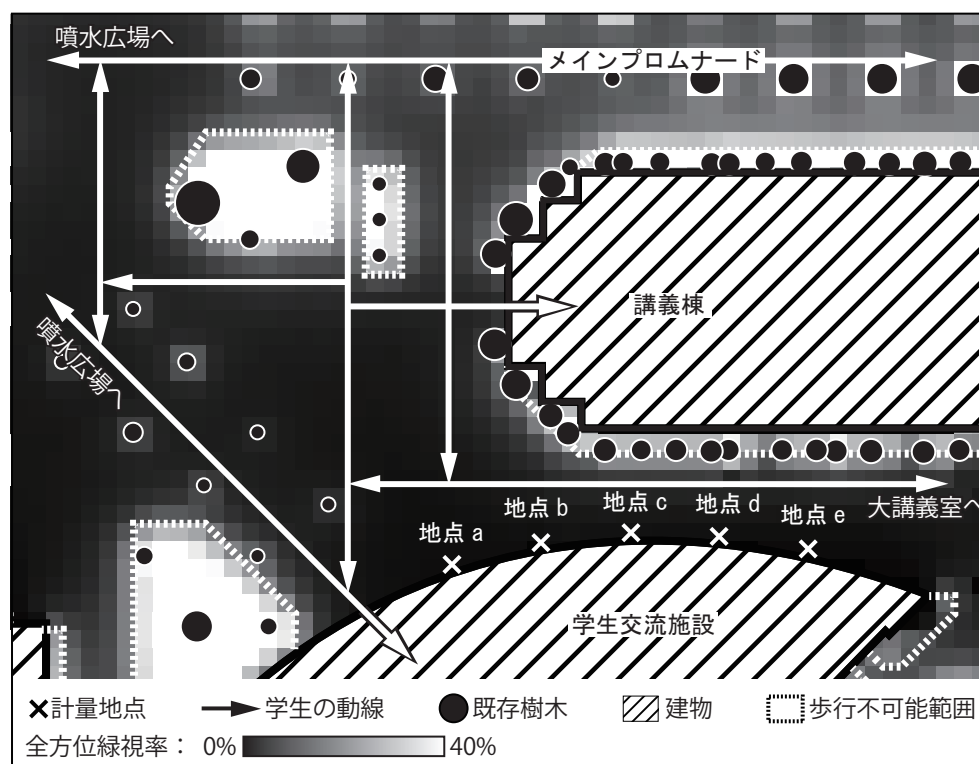


図 5-20 学生交流施設周辺の現況と計量地点の位置

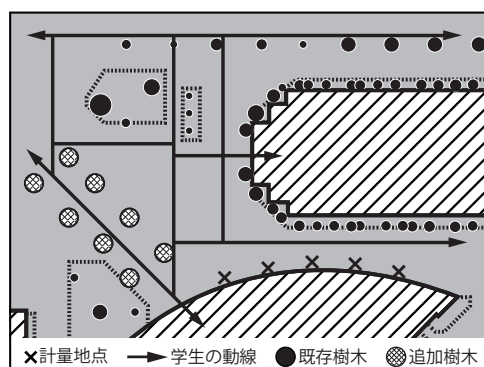
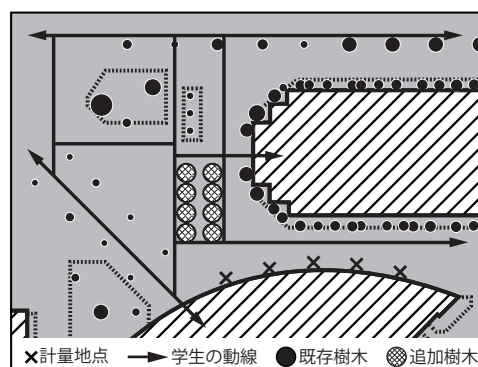
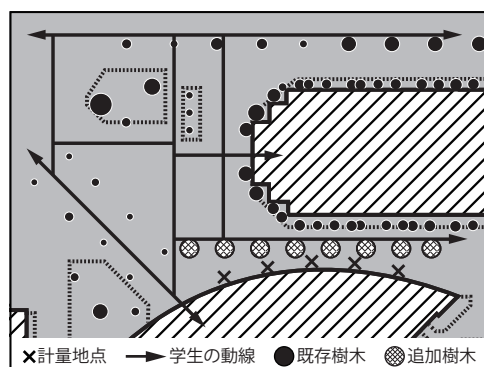
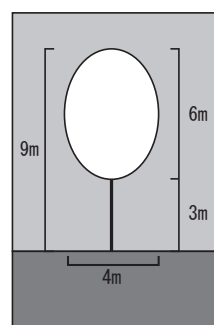
図 5-21 シミュレーションモデル 1
の樹木配置図 5-22 シミュレーションモデル 2
の樹木配置図 5-23 シミュレーションモデル 3
の樹木配置図 5-24
シミュレーション
使用樹木

表 5-4 各地点の全方位緑視率と5地点の平均値

	地点a	地点b	地点c	地点d	地点e	5地点 平均値
現状	1.69%	2.04%	2.51%	2.46%	1.79%	2.10%
Model1	2.75%	2.59%	2.86%	2.70%	1.93%	2.57%
Model2	5.37%	3.97%	3.44%	2.95%	2.09%	3.56%
Model3	6.30%	8.33%	10.28%	10.54%	7.70%	8.63%

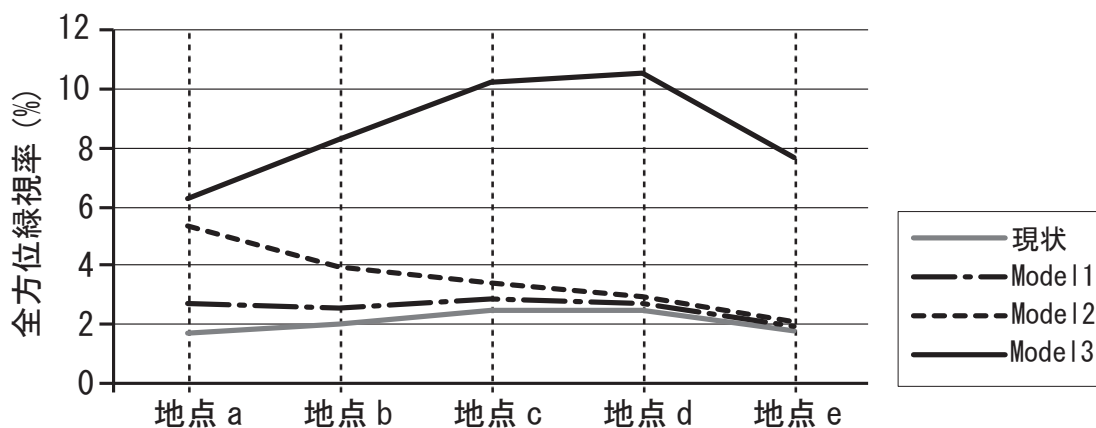


図 5-25 各地点の全方位緑視率のグラフ

(2) シミュレーション結果

図 5-25 と表 4 に各シミュレーションモデルの計量結果を示す。Model1 では視点 a においては約 1% の全方位緑視率の増加が見られたが、その他の視点ではほとんど効果が見られなかった。Model2 では現状と比較して視点 a がおよそ 3 倍、視点 b がおよそ 2 倍となり、全方位緑視率の向上が見られた。ただし、視点 c ～ e に関しては大きな増加は見られなかった。Model3 は、各視点共に最も高い全方位緑視率が計量され、各視点とも現状との比較で 4 倍程度となっている。また、Model1・2 では見られなかった、視点 c ～ e での顕著な向上が確認できた。

以上のシミュレーションより、設定した 3 例の中では噴水広場方面と大講義室方面を繋ぐ動線に伴って学生交流施設前に列植を施す計画 (Model3) が最も効果的であると言える。この 3 通りのシミュレーションのみで Model3 が最適な植栽計画であるとは結論付けられないものの、全方位緑視率の効率的な確保を加味した、植栽計画の計量的な検討に対する応用可能性を示すことができたと考えられる。

5.2.7 小結

本研究では、3次元CGモデルを用いた全方位緑視率の計量手法を提案し、これをBKCに適用することで全方位緑視率の分布様態や計量的特性を把握することができた。計量に際しては、樹冠形状の分類を反映させる手法としたほか、高木・低木・地被植物といった緑地種類別の計量や、分析範囲全体と歩行可能範囲別の計量方法を提案した。これにより、それぞれの分布様態や計量的特性を比較分析することが可能であった。BKCの計量結果より、①分析範囲全体においては、平均して視界の約20%を緑が占めていること、②そのうちの1/3以上は歩行可能範囲からは獲得できないこと、③計量される緑地のうち、50%以上は高木であり、次いで地被植物、低木の順に割合が高いこと、④噴水広場やメインプロムナードは比較的高い全方位緑視率を有する一方、学生交流施設前では学生の利用率が高いにもかかわらず、全方位緑視率が比較的低いことが明らかとなった。

最後に、学生交流施設前の植栽計画シミュレーションを行った。シミュレーション結果から、想定した3例の中で最も効果的に全方位緑視率を獲得できる植栽計画を特定できた。全方位緑視率の効率的な確保を加味した植栽計画を、計量的に検討可能であることを示すことができたと考えられる。

本研究で計量に用いた樹木のモデルは必ずしも現実との適合度が高いとは言えないものの、全方位緑視率の計量手法の基礎を構築し、少なくとも大まかな緑視率の分布様態の把握を行えたことを本研究の成果としたい。また、計量手法自体の精度は保障されているため、樹冠の形状分類だけでなく、より詳細な樹冠形状や葉の密度を反映した樹木のモデリング手法を検討することで、より現実に近い計量手法への発展が期待できる^{注5)}。今後、より多くの施設の分析や数理的なシミュレーション、あるいは全方位緑視率と緑量感などの心理量との関係性の把握を通して、植栽計画上のどのような点に留意すれば効率的に全方位緑視率を確保し、良好な緑地空間を形成し得るのかを考究していきたい。

5.3 樹木配置シミュレーションによる緑の立体的な可視量の比較分析

前節では全方位緑視率の計量によって、大学キャンパスにおける緑地環境の把握を行い、植栽計画の提案を行った。前節の計量結果を見ても分かるように、全方位緑視率は樹木の形状や配置条件などの要因によって影響を受ける。そこで本節では、樹木配置計画上的どのようなことに配慮すれば緑視率を効率的に確保できるのかを明らかにすることを目的として、樹木形状や樹木配置条件が緑視率にどのような影響を与えるのかを計量的に分析する。具体的には図 5-25 のフローに示すように、パラメーターを様々に変化させた樹木形状に関するシミュレーションと配置条件に関するシミュレーションについて、全方位緑視率 α を計量する。

なお。本節の全方位緑視率の計量手は前節と同様に球面展開図法を用いて行う。詳細は 2.3, 2.4.5.2.3 に譲る。

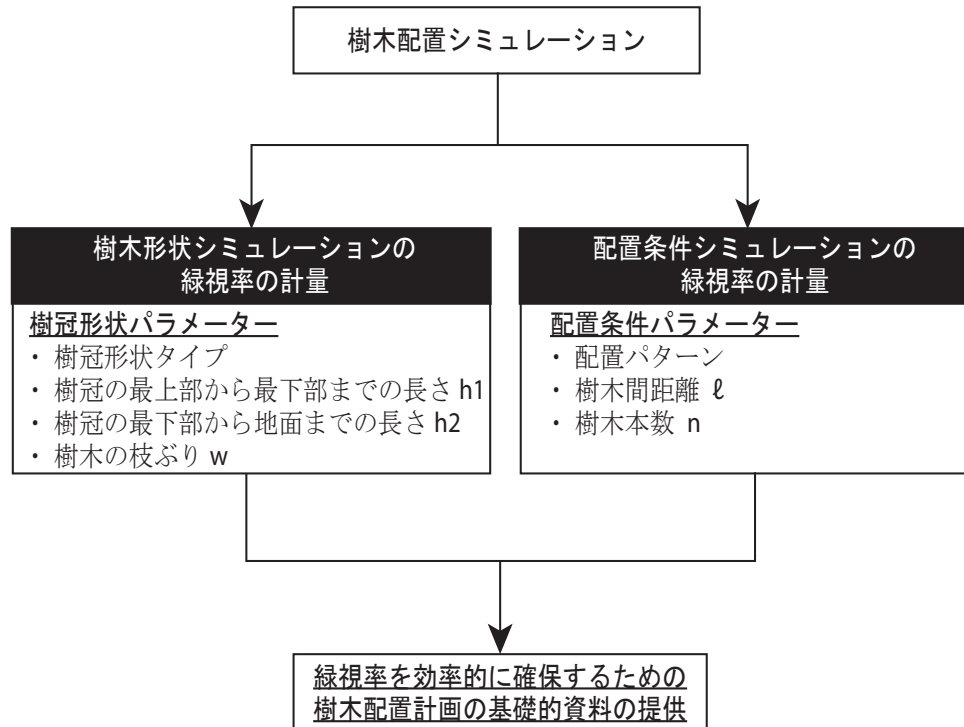


図 5-25 研究フロー

5.3.1 シミュレーションの条件設定

(1) 基準モデルの設定

シミュレーションで用いる敷地形状は1辺50mの正方形とした。これは住区基幹公園の街区公園に相当する規模である。この敷地の中央部に、 $h1=4m$, $h2=2m$, $w=2m$ の楕円型樹木を $\phi=4m$ の間隔でグリッドパターンに16本配置したモデルを基準モデルとする(図5-26)。以下の各シミュレーションは、基準モデルをベースに各パラメーターを1種類ずつ段階的に変動させて行い、緑視率にどのような変化がみられるかを比較分析する。図5-27に基準モデルの緑視率分布図と数値指標を示す。

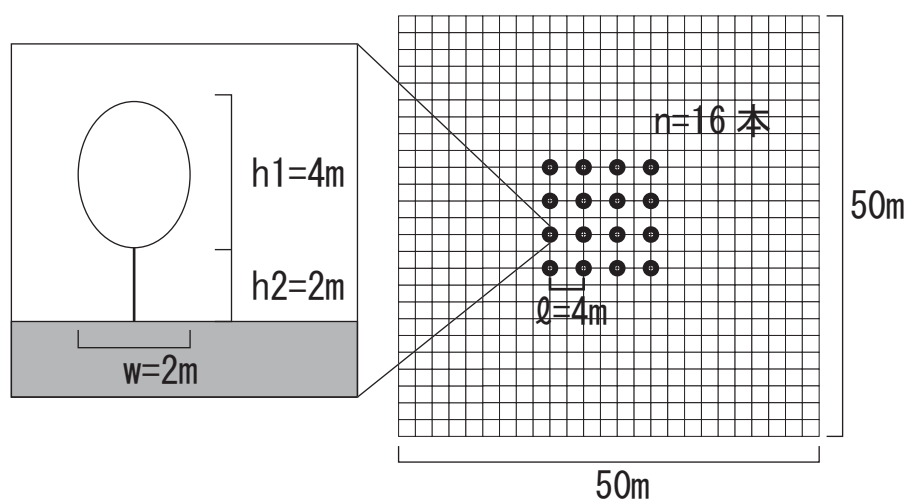


図5-26 基準モデルの樹木配置と樹木形状

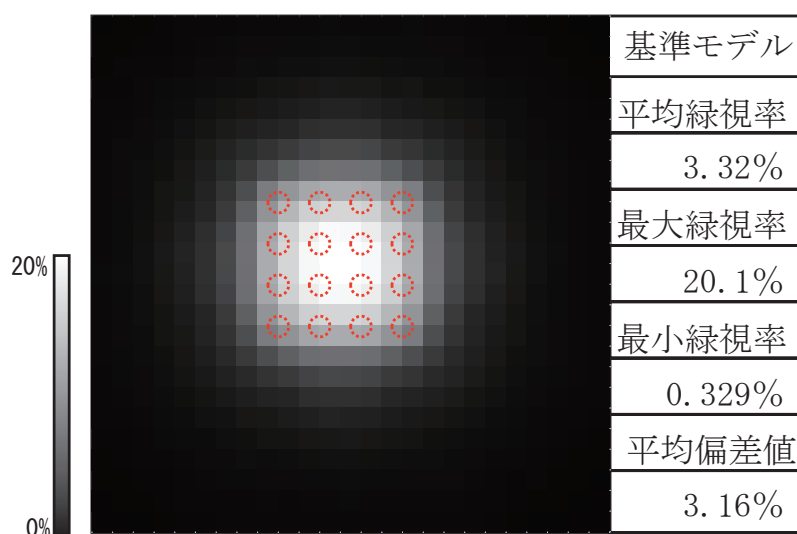


図5-27 基準モデルの緑視率分布と数値指標

パラメーターの設定

樹木形状シミュレーションのパラメーターは以下の4種類とした（図 5-28, 29）。

- ①樹冠形状タイプ（楕円型，筒型，円錐型，さかずき型）
- ②樹冠の最上部から最下部までの長さ $h1$ （=4m, 4.5m, 5m, 5.5m, 6m, 7m, 8m）
- ③樹冠の最下部から地面までの長さ $h2$ （=2m, 2.5m, 3m, 3.5m, 4m）
- ④樹木の枝ぶり w （=2m, 2.5m, 3m, 3.5m, 4m）

配置条件シミュレーションのパラメーターは以下の3種類とした。

- ①配置パターン（図 5-30）
- ②樹木間距離 l （=4m, 6m, 8m, 10m, 12m, 14m, 16m）
- ③樹木本数 n （<400 本）

これらのパラメーターの変更に従って，約 50 のモデルを作成し，それぞれの全方位緑視率の計量を行った。以降，各シミュレーションの結果を記述する。

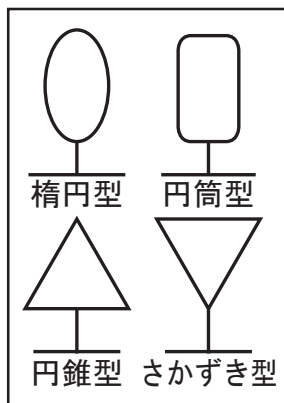


図 5-28
樹冠形状タイプ

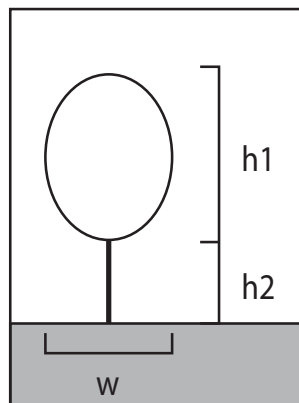


図 5-29
 $h1, h2, w$ の定義

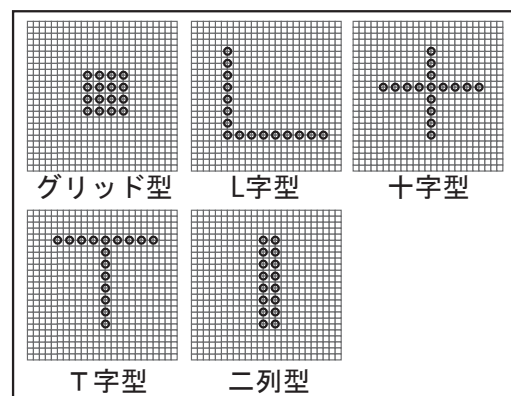


図 5-30
配置パターン

5.3.2 樹木形状シミュレーションの緑視率計量結果

(1) 樹冠形状タイプ変更シミュレーション

4種の樹冠形状の中では、円筒型樹木モデルの平均緑視率が最も高く $\alpha_{\text{平均}}=4.35\%$ であったのに対し、最も低かったのはさかずき型樹木モデルで $\alpha_{\text{平均}}=2.1\%$ であった。さかずき型は円筒型の半分以上の緑視率しか得られないことがわかった（図 5-31, 32）。このことは、図 5-33 の緑視率頻度分布にもあらわれており、平均緑視率が最も高かった円筒型モデルでは緑視率 2.5%未満の計量地点が他の樹冠形状タイプに比べて少なく、反対に緑視率 10%以上の視点が多いことがわかる。

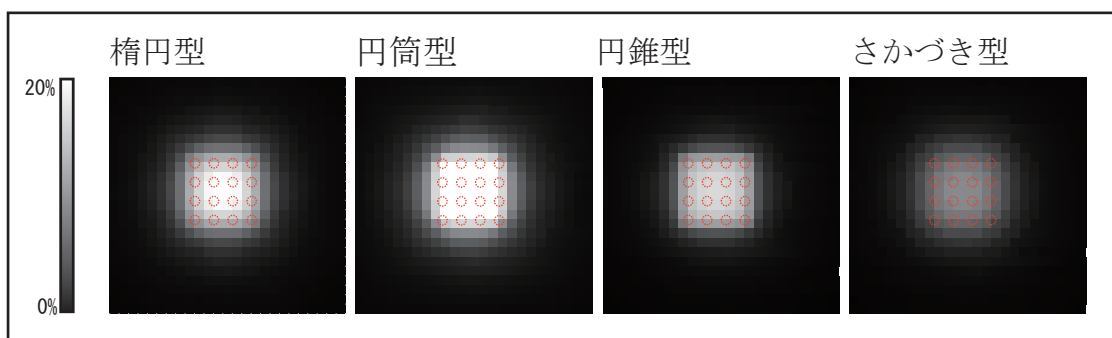


図 5-31 樹冠形状変更シミュレーション
緑視率分布図

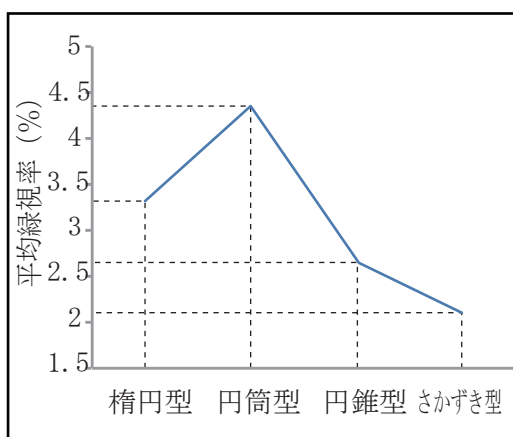


図 5-32 樹冠形状変更シミュレーション
緑視率平均値

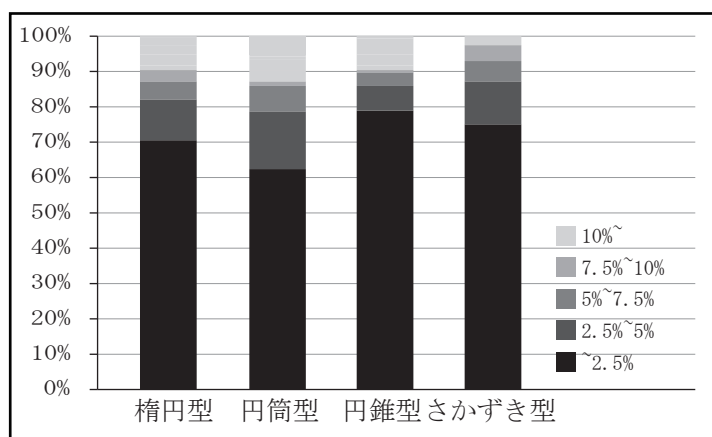


図 5-33 樹冠形状変更シミュレーション
緑視率頻度分布

(2) h1 変更シミュレーション

平均緑視率は単純増加を示し、 $h1=8.0$ のとき、 $\alpha_{\text{平均}}=5.26\%$ となった。 $h1=4.0$ における $\alpha_{\text{平均}}=3.32\%$ と比べると、 $h1$ が 2 倍になると平均緑視率が約 6 割上昇する結果となった(図 5-34, 35)。緑視率頻度分布をみると、 $h1$ の高さが 2 倍になると $\alpha \geq 2.5\%$ の視点数が 2 倍となる一方、 $\alpha < 2.5\%$ の視点数は約 4 割減少していることがわかる(図 5-36)。 α の最大値に着目すると、 $h1=4.0$ の時は $\alpha_{\text{最大}}=20.1\%$ で $h1=8.0$ の時は $\alpha_{\text{最大}}=25.3\%$ であり、平均緑視率の 6 割増加という増加率と比べると、最大値はそれほど増加していないことがわかる。

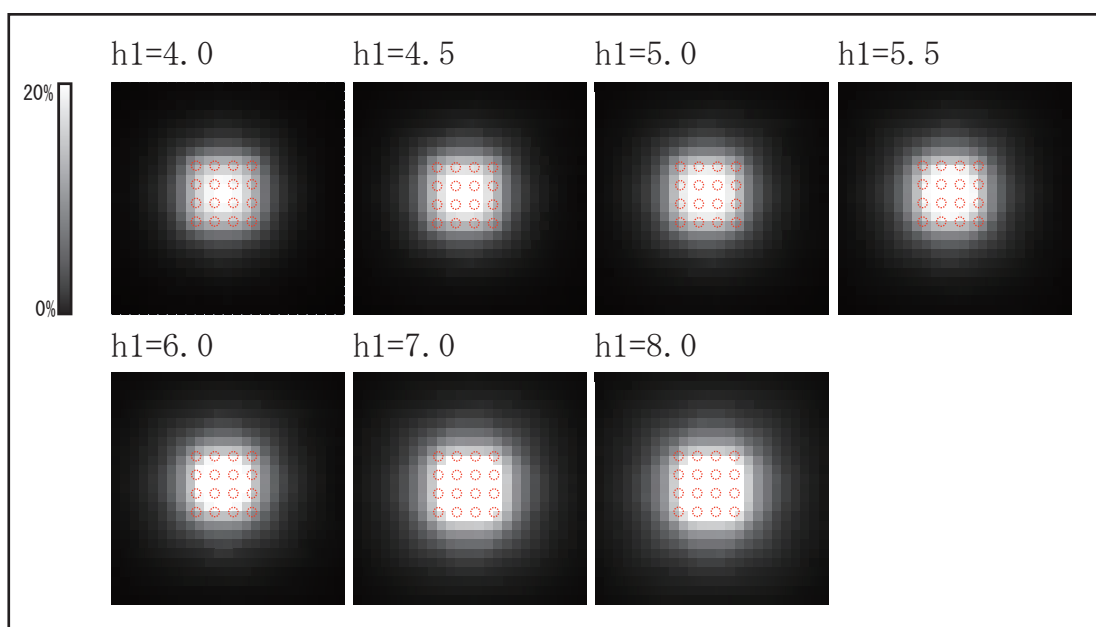


図 5-34 h1 変更シミュレーション
緑視率分布図

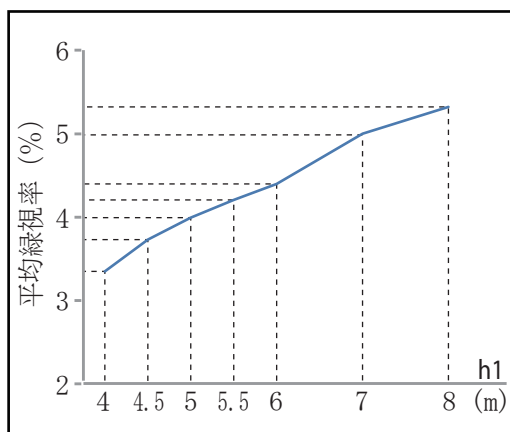


図 5-35 h1 変更シミュレーション
緑視率平均値

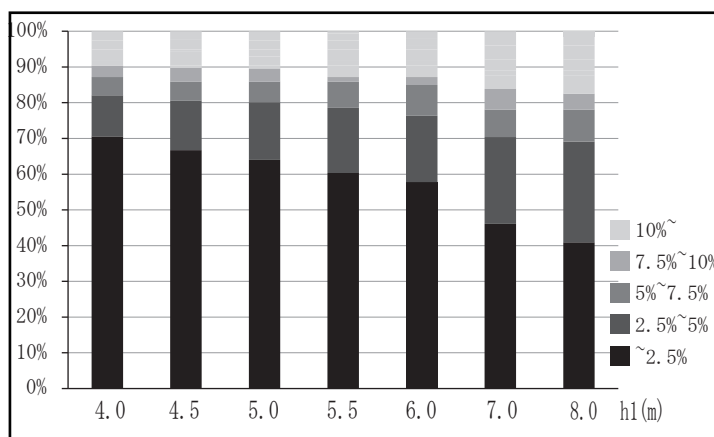


図 5-36 h1 変更シミュレーション
緑視率頻度分布

(3) h2 変更シミュレーション

平均緑視率は単純減少を示し、h2=4.0 のとき、平均緑視率は $\alpha_{\text{平均}}=2.32\%$ となった。h2=2.0 の $\alpha_{\text{平均}}=3.32\%$ が 2 倍になると平均緑視率が約 3 割減少する結果となった（図 5-37, 38）。

また、図 5-39 の緑視率頻度分布図をみると、h2 が変動しても $\alpha < 2.5\%$ の視点数にはほとんど変化が見られない。これは、他のシミュレーションでは見られなかった特徴の一つである。反対に、 $\alpha \geq 10\%$ の視点数には明確な差があり、h2=2.0m に比べ h2=4.0 ではおよそ 1/5 に減少していることが読み取れる。 $\alpha < 2.5\%$ の視点は主に敷地の周縁部に、 $\alpha \geq 10\%$ の視点は敷地中心部にそれぞれ集中していると考えられることから、h2 の変動は敷地周縁部からの緑視率にはほとんど影響がないが、中心部の緑視率には影響が生じると言える。h2 は地面と樹冠最下部との距離であるため、樹木の周辺よりも樹木の直下の視点に対する影響が色濃く出たためであると考えられる。このことは α の最大値にもあらわれており、h2=4.0 の時の $\alpha_{\text{最大}}=20.1\%$ に比べ h2=2.0 の時は $\alpha_{\text{最大}}=10.5\%$ であり、約半分に減少している。

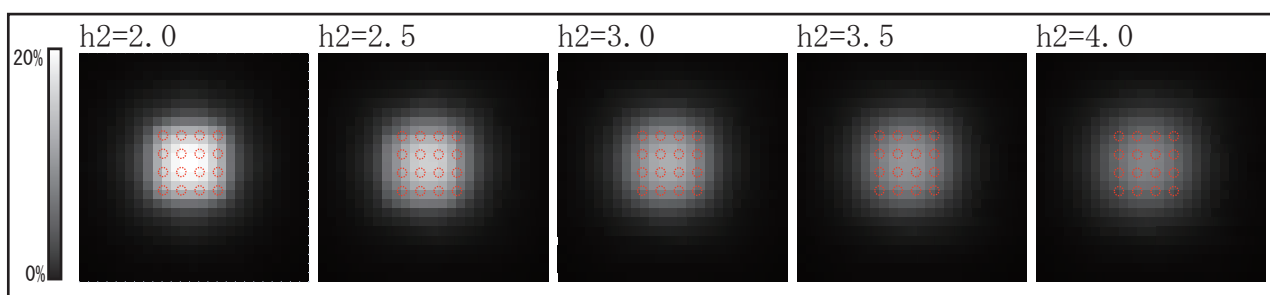


図 5-37 h2 変更シミュレーション
緑視率分布図

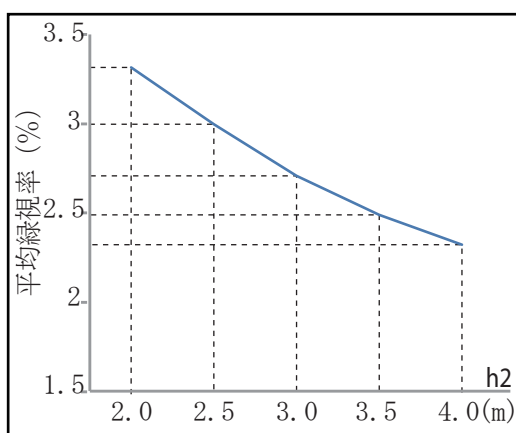


図 5-38 h2 変更シミュレーション
平均緑視率

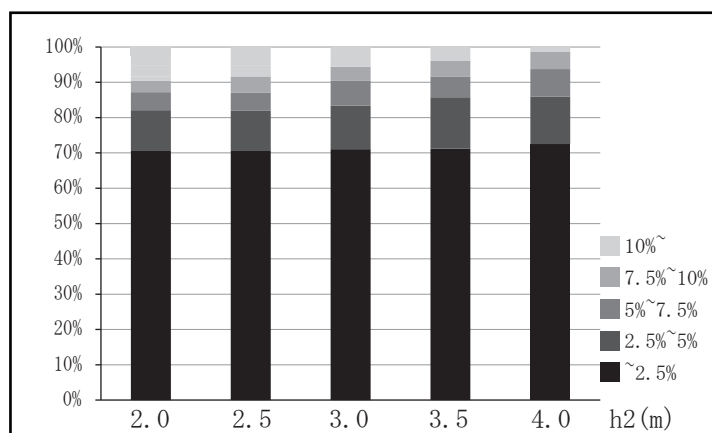


図 5-39 h2 変更シミュレーション
緑視率頻度分布

(4) w 変更シミュレーション

平均緑視率は単純増加を示し、 $w=4.0$ で $\alpha_{\text{平均}}=5.83\%$ となった。 $w=2.0$ の $\alpha_{\text{平均}}=3.32\%$ との比較で w が 2 倍になると緑視率が約 7 割上昇することが分かる（図 5-40, 41）。

図 5-42 の緑視率頻度分布図をみると、 $\alpha < 2.5\%$ の視点数の減少と $\alpha \geq 10\%$ の視点数の増加がともに見られ、敷地全域に渡って偏りなく α が増加していると考えられる。このことは α の最大値と最小値にも表れており、 $w=2.0$ の $\alpha_{\text{最大}}=20.1\%$ から $w=4.0$ の $\alpha_{\text{最大}}=38.8\%$ にかけて 9 割増加しており、最小値も $\alpha_{\text{最小}}=0.33\%$ から $\alpha_{\text{最小}}=0.54\%$ にかけて 6 割増加している。

また、 $h1$ 変更シミュレーションと w 変更シミュレーションから、 $h1$, w をそれぞれ 2 倍にしたときの緑視率の増加率は共に 6 ～ 7 割程度であることがわかる。限定的な分析結果ではあるが、 $h1$ と w が緑視率に及ぼす影響は同程度であると考えられる。

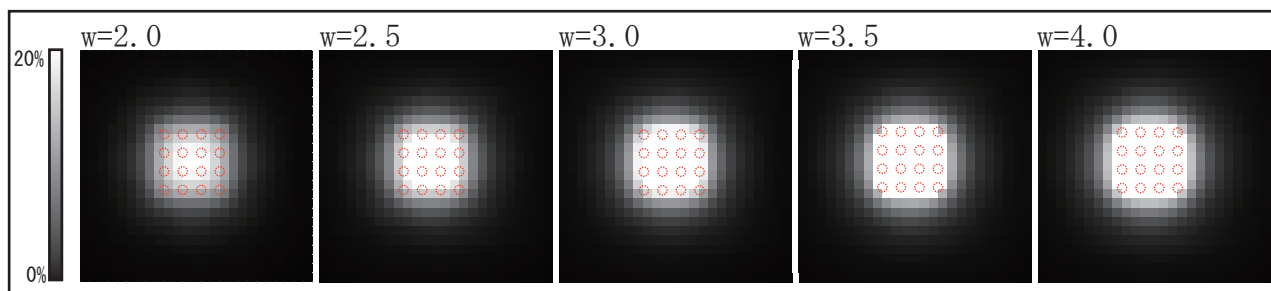


図 5-40 w 変更シミュレーション
緑視率分布図

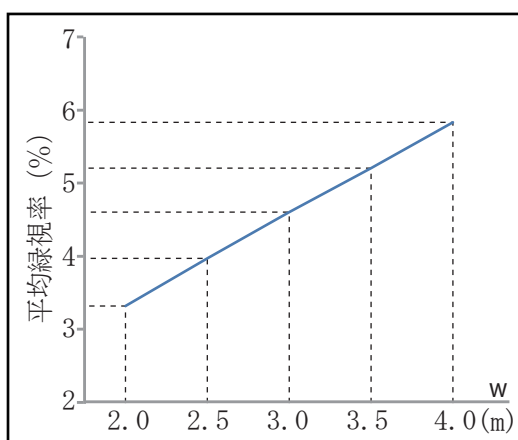


図 5-41 w 変更シミュレーション
平均緑視率

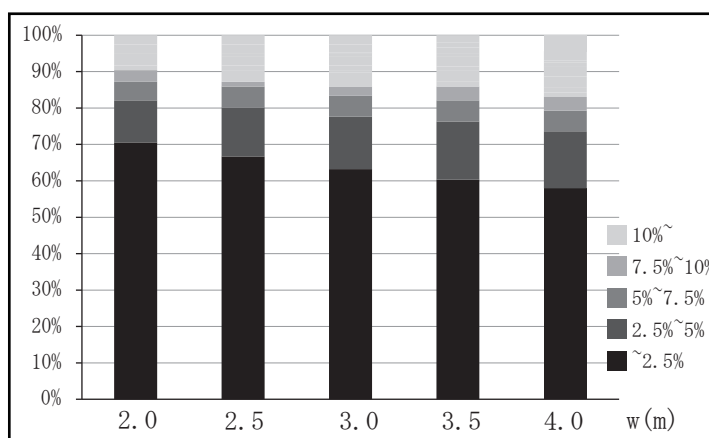


図 5-42 w 変更シミュレーション
緑視率頻度分布

5.3.3 配置条件シミュレーションの緑視率計量結果

(1) 配置パターン変更シミュレーション

5つの配置パターンでは、+字型配置の平均緑視率が最も高く $\alpha_{\text{平均}}=3.57\%$ 、グリッド配置の平均緑視率が最も低く $\alpha_{\text{平均}}=3.32\%$ であった。しかし、この両シミュレーションの平均緑視率の差は1割未満であり、配置パターンの違いによる平均緑視率の明確な差異は観察されなかった（図5-43、44）。

一方、図5-45の緑視率頻度分布図に着目すると、各パターンで頻度分布の偏りの違いを見ることができる。例えば平均緑視率が最小となったグリッド型配置は、 $\alpha < 2.5\%$ の視点数は全パターンの中で最も多いが、同時に $\alpha \geq 10\%$ の視点数も全パターン中最も多いことがわかる。このことからグリッド型は局所的に高い緑視率を示すパターンであるといえる。反対にL字型は $\alpha \geq 10\%$ の視点数は少ないものの、同時に $\alpha < 2.5\%$ の視点数も少ない。L字型は敷地全域に偏りの少ない緑視率を与えていると考えられる。

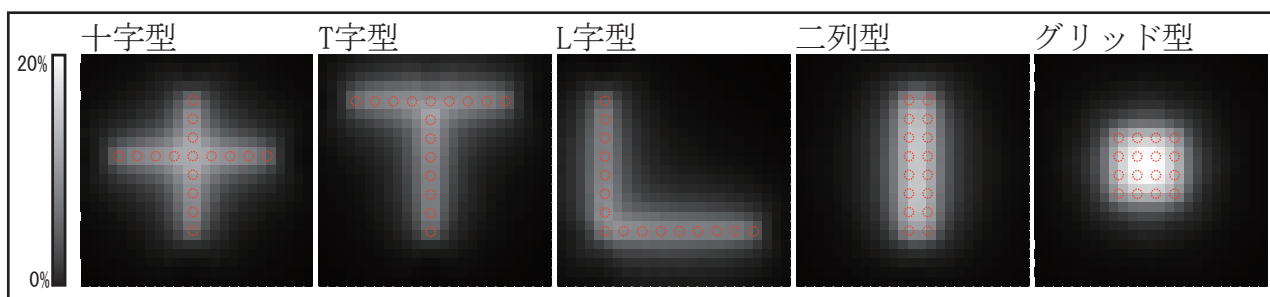


図5-43 配置パターン変更シミュレーション
緑視率分布図

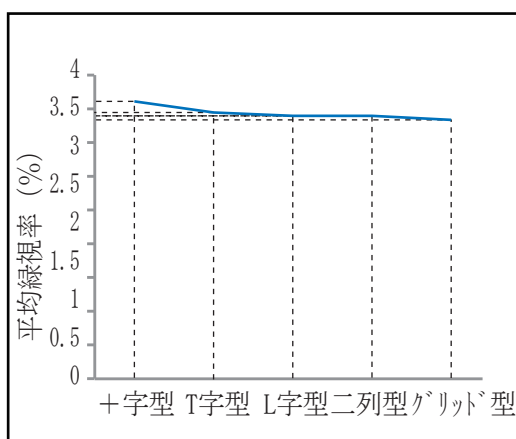


図5-44 配置パターン変更シミュレーション
平均緑視率

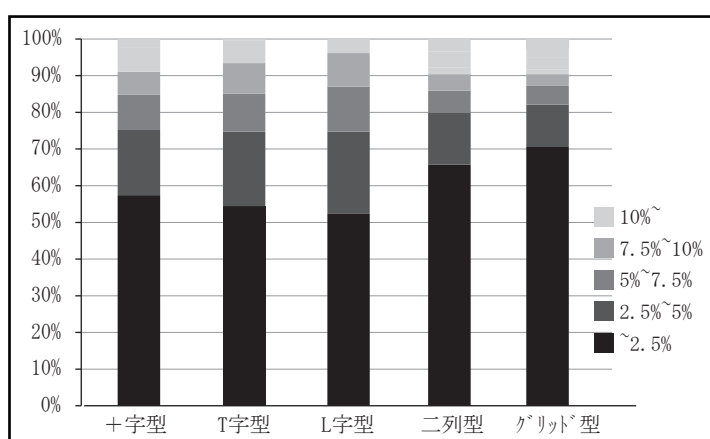


図5-45 配置パターン変更シミュレーション
緑視率頻度分布

(2) ℓ 変更シミュレーション

$\ell=8.0$ のときに、平均緑視率が最大となり $\alpha_{\text{平均}}=3.70\%$ であった。緑視率は単純増加や単純減少といった単純な推移を示さず、 $\ell=8.0$ で極値を持つということが特徴的な結果であると言える（図 4-46, 47）。このことから、樹木同士を多少離して配置する方が平均緑視率を効率的に確保できると考えられる。

また、図 5-48 の緑視率頻度分布をみると、緑視率の区分ごとの推移の詳細を見ることができる。平均緑視率が最大となった $\ell=8.0$ では、 $\alpha \geq 10\%$ の視点数が多いわけでもなく、 $\alpha < 2.5$ の視点数が特別少ないわけでもない。ただし、 $\alpha > 5.0\%$ の視

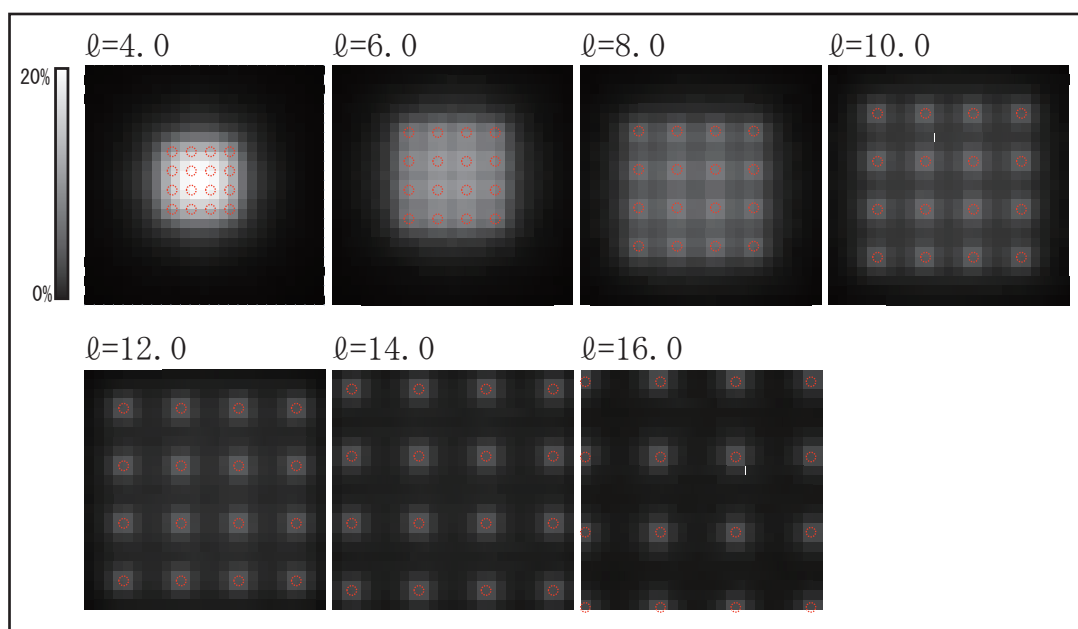


図 5-46 ℓ 変更シミュレーション
緑視率分布図

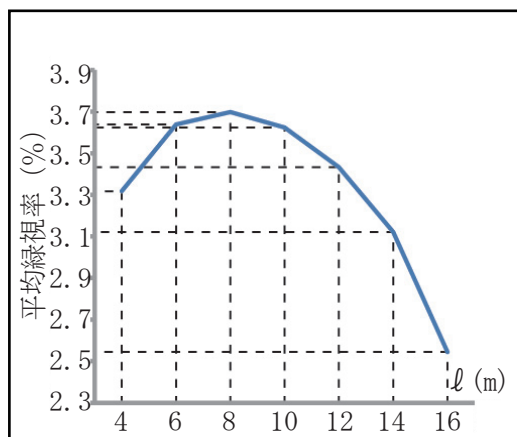


図 5-47 ℓ 変更シミュレーション
平均緑視率

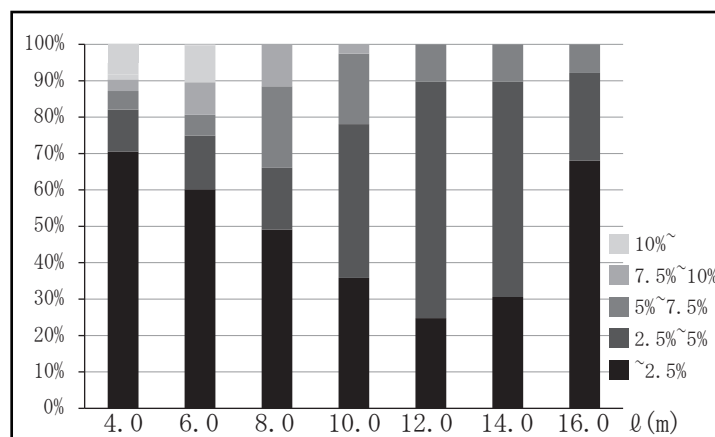


図 5-48 ℓ 変更シミュレーション
緑視率頻度分布

点数でみると全パターン中最大であり、同時に $\alpha < 5.0\%$ の視点数は最小となっている。突出して緑視率が高い範囲はないが、全体的に平均以上の緑視率を持つ視点が多い、バランスのとれた距離であったことが平均緑視率が最大となった要因であると考えられる。一方、平均的に緑視率を確保するよりも局所的に高い緑視率を確保したい場合は $\ell=4.0$ や $\ell=6.0$ の方が適していることがわかる。反対に、緑視率の極めて低い範囲 ($\alpha < 2.5\%$) を少なくしようとする場合は $\ell=12.0$ が最も適していると言える。

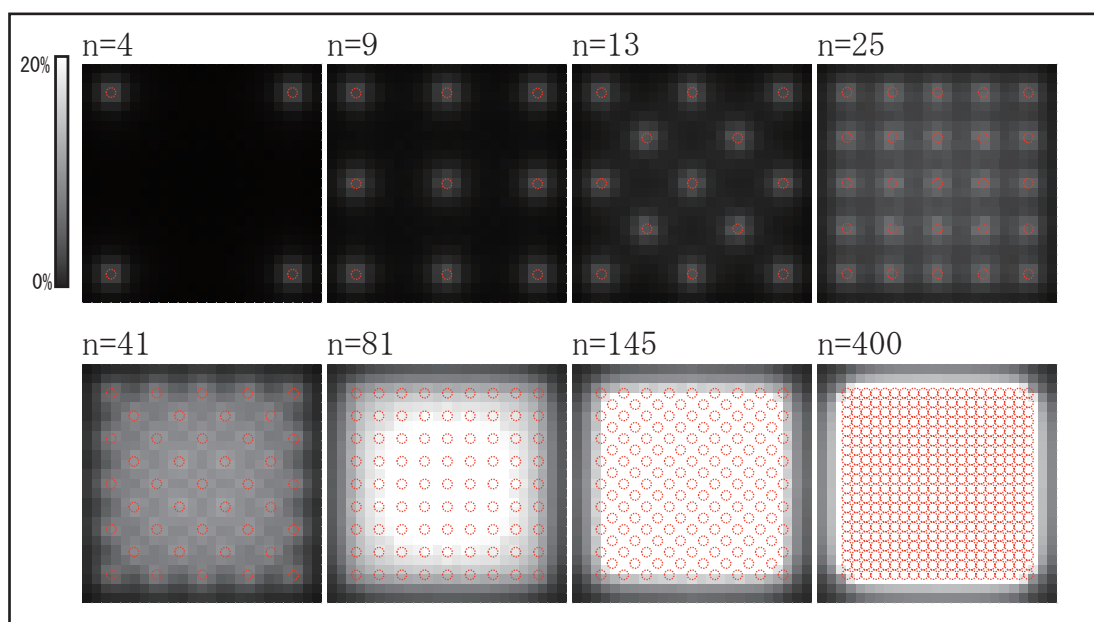


図 5-49 n 変更シミュレーション
緑視率分布図

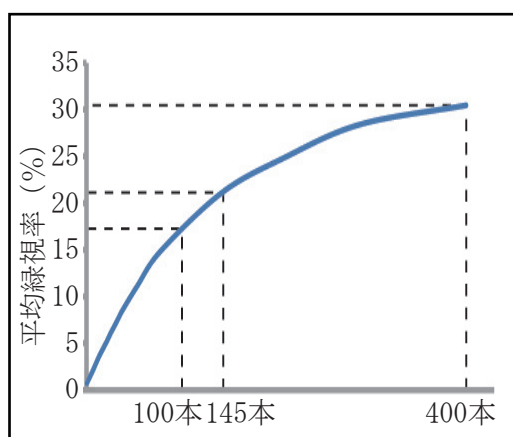


図 5-50 n 変更シミュレーション
平均緑視率

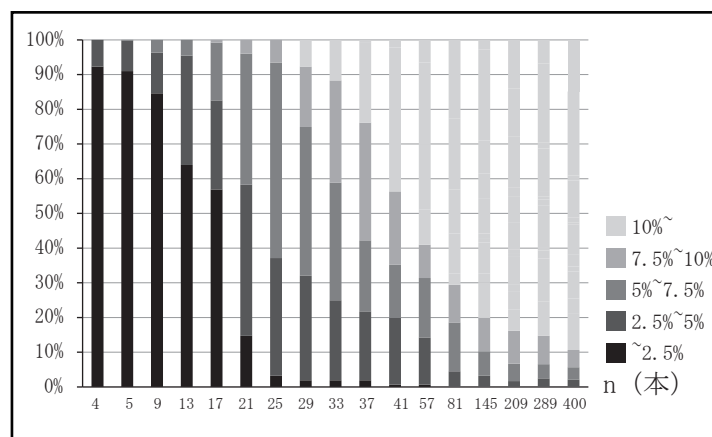


図 5-51 n 変更シミュレーション
緑視率頻度分布

(3) n 変更シミュレーション

敷地内の樹木密度を均一に保つように配慮しながら樹木本数 n を増加させたシミュレーションを行った。樹木の本数が増えるに従って平均緑視率は上昇するものの、緑視率の増加率は低下することが分かる（図 5-49, 50）。樹木一本当たりの緑視率の増加量 γ （＝緑視率の増加量 / 樹木の増加数）を算出すると、 $n > 145$ の範囲では $\gamma < 0.1\%$ となる。本節における条件下では、145 本より多くの樹木を配置しても効率の良い平均緑視率の増加は期待できないと言える。

5.3.5 小結

本節では樹木形状や配置条件に関わるパラメーターを変動させた樹木配置シミュレーションを設定し、それらの緑視率の計量的特性を把握した。各シミュレーションを通して、限定的な分析結果ではあるが、効率的な緑視率確保に配慮した樹木配置計画のための基礎資料を提供できた。本節で得られた結論を図 5-52 にまとめる。特に、樹木は凝集して配置するよりも多少距離を確保しながら（本節の条件では 8m）配置した方が緑視率を効率的に確保できることは、代表的な知見であると考えられる。さらに多くのシミュレーションを重ね、より一般性の高い知見を得ることを今後の展望としたい。

■ 樹木形状シミュレーション

樹形タイプ	円筒形が平均緑視率最大. さかずき型が最小.
h_1	h_1 が 2 倍 → 平均緑視率は 1.6 倍
h_2	h_2 が 2 倍 → 平均緑視率は 0.7 倍
w	w が 2 倍 → 平均緑視率は 1.7 倍

■ 配置条件シミュレーション

配置パターン	平均緑視率に顕著な差はみられない.
l	$l=8m$ で配置すると最も効率的に緑視率を確保できる.
n	本数が増えるごとに増加率は小さくなる. $n > 145$ で平均緑視率の増加率は 0.1% 未満に.

図 5-52 各シミュレーション結果のまとめ

5.4 本章のまとめ

本章では、まず3次元的な可視領域の計量手法の発展形として、前後左右上下の全方位の計量に対応し、かつ立体角に基づいた可視量の計量が可能な手法を提案した。これにより、例えば本章で扱ったような緑量の計量において、足元の芝生や頭上の木々も勘案した、ある視点の環境としての緑の可視量（全方位緑視率）を捉えることが可能となった。

この手法を用いることで、第2節では大学キャンパスの緑地環境の把握と植栽計画の提案を行い、第3節では樹木形状や樹配置形態が緑視率の分布に与える影響についての検討を行った。緑地環境の評価のような全方位的な分析を要する場合には本節で提案した全方位的な計量手法が必要であり、以上の適用例を通してその有効性を示すことができたと考えられる。

注釈

注 1) 球面展開図の全ピクセル数は、96265 ピクセルとした。

注 2) メッシュ寸法を検討するため、図 5-4 に示す樹木モデルの直下から 16m 離れた地点までの間の緑視率を、i) 0.5m ピッチで 33 地点計量、ii) 1m ピッチで 17 地点計量、iii) 2m ピッチで 9 地点計量、iv) 4m のピッチで 5 地点計量、の 4 パターンでそれぞれ計量した。i) ~ iv) の平均値はそれぞれ $\mu_i = 3.55\%$, $\mu_{ii} = 3.74\%$, $\mu_{iii} = 4.11\%$, $\mu_{iv} = 5.04\%$ となった。 μ_i と他の平均値との差を見ると、 $\mu_{ii} - \mu_i = 0.19\%$, $\mu_{iii} - \mu_i = 0.57\%$, $\mu_{iv} - \mu_i = 1.49\%$ となり、1m ピッチ、2m ピッチについては小数点第一位での差であるため、計量精度は担保されていると判断した。一方、0.5m ピッチや 1m ピッチでの計量は、精度はより高いと言えるが計算量は増大する。以上より、計量精度と計算量に配慮してメッシュ寸法は 2m とした。

注 3) 図中の幹は実際にはモデリングされておらず、樹木が立っているメッシュでの計量は幹の位置で行っている。

注 4) 敷地周辺の自然緑地も、分析範囲から目視できるものはモデリングを行い、高木として計量した。

注 5) 葉の密度の反映に際しては、LAI (Leaf Area Index: 葉面積指数) を参照して葉密度を決定する等の方法も考えられる。

参考文献

- 1) 青木陽二：視野の広がり と 緑量感 の 関 連，造園雑誌，Vol. 51，No. 1，pp. 1-10，1987
- 2) 小西達也，小松義典：キャンパス内の学生行動と緑視率による緑化適地選定，日本建築学会東海支部研究報告集，vol. 43，pp. 489-492，2005
- 3) 武井正昭，糸井孝雄，大岩昭之：建築群の景観に関する研究 I，日本建築学会大会学術講演梗概集，pp. 543-544，1968
- 4) 高野歩：住区内街路における緑視状況に関する研究，日本造園学会誌，Vol. 59，No. 5，pp. 157-160，1996
- 5) 金晃漢，ほか 4 名：大分市中心部における緑視率推定と印象評価実験による緑化整備推進区域の選定（その 1），日本建築学会大会学術講演梗概集，pp. 1117-1118，2008
- 6) 亀山章：緑地植物の形態，「緑の環境設計」所収，エヌジーティエー，pp. 61-66，2002

6. 結章



6.1 各章の要約

本論文の目的は、可視領域の概念によって空間の広がりや特定の景観構成要素の見えの大きさを定量化する手法に新たな展開をもたらすとともに、建築・都市の計画に関する諸課題にこれを適用し、客観的な把握・予測・判断に対して可視領域の定量化が持つ有効性を示すことであった。人間の複雑な視環境と建築・都市空間との関係性を論じる一つの道具立てとして可視領域に着目し、これが与える視座から実際の空間事象がどのように記述・把握されるのかを各章に渡って示してきた。ここで再び、これまでの議論を概略的にたどり、その過程において提案した手法の内容や得られた主要な知見について以下に整理し、要約する。

第2章では本論文で提案した計量手法について、方法論の詳述や実際の計量のプロセスについて解説した。本論文で提案した可視領域の定量化手法は、可視面積計の発展的計量手法、全天球パノラマ画像法、球面展開図法の3つであった。可視面積の計量手法の提案については、段階的視距離の導入によって各スケールに応じた段階的な可視面積の計量を可能とする点、視面積の計量結果の重ねあわせを導入することで建物外部における可視性と建物内部から外部への可視性を統合的に扱う点、の2点を発展的な提案として位置づけ、その概略について述べた。また、全天球パノラマ画像法の提案では、3次元CGモデルと画像処理によって全方位的な可視量の3次元計量を実現する方法について詳述した。その過程で、仰角・俯角 55° 以上の視野範囲については計量不可能なことが判明したため、全天球パノラマ画像法をさらに発展させた球面展開図法を開発した。精度検証を通じて、球面展開図法が仰角・俯角 55° 以上の範囲も含む全方位について立体角に基づいた歪みや誤差の少ない可視量の計量が可能であることを示した。

第3章では、可視面積の発展的計量手法の具体的な適用例を2つ示した。第2節では、大学キャンパスの建物変遷に伴って外部空間がどのような視覚的影響を受けたのかを、13時点の可視面積計量を網羅することで明らかにした。可視面積の計量は段階的な視距離設定を導入して行った。各視距離が与えるスケールにおいて、得られた主な知見は以下の通りである。

1. 視距離無限での計量に結果について

- ① 1998年のキャンパスの大規模増築以降、現在に至るまでBKCで最も高い可視率を有するのは中心的な噴水広場のセントラルサーカスである。

- ②可視率平均は1998年に約1/2に減少し、1998年から2008年にかけてさらに1/2に減少した。全時点を通してみると建蔽率が約2倍に増加しているのに対し、可視率平均は約1/5に減少している。
- ③可視減少量ならびに影響面積率の観点から、外部空間への影響が大きかった年は、1998年（大規模増築）、2000年（ローム記念館建設）、2004年（クリエーションコア・立命館大学BKCインキュベータ建設）であった。
- ④将来建設予定の建物についてその規模から3パターンの配置形態を想定し、それぞれが外部空間の可視性に与える影響を把握した。

2. 視距離100mでの計量結果について

- ①2008年時点で高い可視率を示す範囲はセントラルサーカス、イーストウイング北側の一帯、ローム記念館北側の一帯、アクロスウイング南西側の駐車場の4つの範囲であった。
- ②可視減少量ならびに影響面積率の観点から、外部空間への影響が大きかった年は、1998年（大規模増築）、2004年（クリエーションコアと立命館大学BKCインキュベータ建設）、2008年（サイエンスコア建設）であった。

3. 視距離24mでの計量結果について

- ①可視率分散の分析から、建物が増加するほど可視率分布のばらつきを生み出している。視距離無限・100mとは全く逆の特徴的な傾向である。
- ③可視減少量の観点から、外部空間への影響が大きかった年は、1997年（ハイテクリサーチセンター建設）、1998年（大規模増築）、2001年（エポック立命21建設）であった。

第3節では1980年代から2009年までの小学校46校を対象とし、可視面積の計量によって外部自然監視絵率 α と対外自然監視率 β という指標を提案し、加えてそれらの計量結果の重ねあわせによって不可視領域を抽出することで小学校の自然監視性の評価を行った。それぞれの小学校の自然監視性の評価のみならず、全46校の分析から得られた結果を統計的に把握することができた。結果として主に以下のような知見が得られた。

- ①外部自然監視率 α について、 $\alpha_{\text{平均値}} \geq 50\%$ となる小学校がおよそ3/4以上を占めた。全46校の平均は54.34%であった。
- ②対外監視量 β について、 $\beta_{\text{平均値}} \geq 40$ となる小学校がおよそ3/4を占め、

約 1/4 の小学校では $\beta_{\text{平均値}} \geq 80$ となることが明らかとなった。

- ③不可視領域面積 γ_a については $\gamma_a \geq 2000 \text{ m}^2$ となる小学校は約 1/3 を占め、不可視領域面積率 γ_r については半数以上の小学校で $\gamma_r \geq 10\%$ であった。
- ④敷地境界に近接して校舎を配置し、運動場を大きく確保している事例では、外部自然監視率 α の平均値は高い傾向にある。しかし、敷地境界線と校舎の間には外部自然監視率 α の低い領域が形成される場合が多い。
- ⑤複雑な建物配置形状や、複数の分棟構成となっている事例では、外部空間が細分化され、外部自然監視率 α の平均値が低くなる傾向がみられた。
- ⑥対外自然監視量 β の分布様態は常時教員のいる部屋の室配置計画や開口計画に強く依存する。また、運動場に向けて有効開口部が偏って計画された事例では、運動場とそれ以外の外部空間で対外自然監視量 β の分布が二極化する傾向がみられた。
- ⑦外部自然監視率 α と対外自然監視量 β の分布が類似することにより、極めて自然監視性の脆弱な不可視領域が生じる。
- ⑧不可視領域の形成を回避するためには、校舎外部において見通しの悪い場所を校舎内部からの見守りで補えるように、建物配置計画と有効開口部の配置計画を検討する必要がある。
- ⑨駒ヶ嶺小学校を例に、監視カメラの配置位置シミュレーションを行った。結果として、5 台の監視カメラの設置で不可視領域面積 γ_a 、不可視領域面積率 γ_r とともに約半分に減少させることを示した。

以上 2 つの事例への可視面積計量の適用を通じて、多くの分析対象や分析時点を網羅することでその全体像を掴むことを目的とする場合には、データベースの作成が比較的容易かつ電子計算機による計算コストも少ない可視面積の計量手法が有効に機能することを示すことができた。

第 4 章では、引き続き小学校の自然監視性の評価をテーマに、全天球パノラマ画像法を適用することで、特に窓からの見守りに焦点を当てた分析を展開した。窓の見かけ上の面積を計量することで、自然監視性の評価指標の一つとして可視窓面積率を提案した。また、距離と認知の関係に基づいて視認可能距離を 24m (人物監視) と 135m (行動監視) の 2 段階に設定し、それぞれの範囲内の窓を計量対象とする手法を提案した。小学校の基本的な配置形態を単純化したモデル (単純モデルⅡ) と小学校の実例 5 校

に対する分析を行い、それぞれで得られた主な知見は以下の通りである。

1. 単純モデルⅡの分析結果

- ① 小学校の基本的な配置形態単純化したモデル（単純モデルⅡ）の分析では、
I 型 1 列・L 型・コ型・I 型 2 列すべての配置形態において、行動監視・人物監視ともに高層化するにつれて可視窓面積率 α の平均値が増加し、監視可能面積率は減少する。
- ② いずれの配置形態においても、3 階建てモデルの可視窓面積率 α の平均値は行動監視・人物監視ともに 1 階建てモデルのおよそ 1.5 倍となった。
- ③ 行動監視における可視窓面積率 α の平均値は I 型 1 列が最も高く、次いで L 型が高いのに対し、人物監視においては I 型 2 列が最も高く、次いでコ型が高かった。

2. 小学校 5 事例の分析結果

- ① 小学校の可視窓面積率 α の分布や監視可能面積率は、校舎の配置計画や有効窓の計画のみならず、周辺建物からの見守りや樹木等の遮蔽物とも大きく関係する。
- ② 城乾小学校のように α の平均値が低くとも監視可能面積率が高い例が存在する。可視窓面積率の平均値を確保できなくとも、目の届く範囲を広げることは可能であるということを示している。
- ③ 敷地の出入り口が校舎から離れて設けられているにも関わらず、周辺建物からの見守りによって行動監視における自然監視性が確保されている事例が数例見られた。行動監視における敷地出入り口の自然監視性の確保に関して、周辺建物からの見守りが重要な役割を果たす可能性があることが示唆された。

可視窓面積率の計量による自然監視性の評価は、外部空間のある地点が周りの建物の窓からどれだけ見守られる可能性があるかを定量化したと言っても差し支えない。このような、ある地点とその周囲の環境との 3 次元・全方位的な視覚的關係の把握を要する空間事象への適用を通じて、本研究で提案した全天球パノラマ画像法の有効性が示されたと考えられる。

第 5 章では、球面展開図法を用いて、BKC を対象に仰角・俯角 55° 以上の範囲も含む全方位緑視率の計量を行い、その分布を把握した。計量に際しては、樹冠形状の分

類を反映させる手法としたほか、高木・低木・地被植物といった緑地種類別の計量や、分析範囲全体と歩行可能範囲別の計量方法を提案した。分析を通して、以下の知見を明らかにした。

- ① BKC の分析範囲全体においては、平均して視界の約 20% を緑が占めている。
- ② しかし、そのうちの 1/3 以上は歩行可能範囲からは獲得できない。
- ③ 計量される緑地のうち、50% 以上は高木であり、次いで地被植物、低木の順に割合が高い。
- ④ 噴水広場やメインプロムナードは比較的高い全方位緑視率である一方、学生交流施設前では学生の利用率が高いにも関わらず、全方位緑視率が比較的低い。
- ⑤ 以上の結果を踏まえ、学生交流施設前の植栽計画シミュレーションを行った。シミュレーション結果から、想定した 3 例の中で最も効果的に全方位緑視率を獲得できる植栽計画を特定できた。

続いて、樹木配置計画上どのようなことに配慮すれば緑視率を効率的に確保できるのかを明らかにすることを目的として、樹木形状や樹木配置条件を様々に変化させながらその全方位緑視率の分布を把握するシミュレーションを行い、各条件が緑視率にどのような影響を与えるのかを計量的に分析した。本論文で取り組んだ限定的な条件下での結果ではあるが、シミュレーションを通して、植栽計画に関する以下の知見を得た。

- ① 樹形タイプの比較では、円筒型が最も平均緑視率が高く、さかずき型が最も低かった。
- ② 樹冠部分の高さ h_1 が 2 倍になると平均緑視率は 1.6 倍に増加する。
- ③ 地面から樹冠最下部までの高さ h_2 が 2 倍になると平均緑視率は 0.7 倍に減少する。
- ④ 樹冠の直径 w が 2 倍になると平均緑視率は 1.7 倍に増加する。
- ⑤ 配置パターンによる平均緑視率の差は生じなかったが、緑視率の頻度分布図にはそれぞれ特徴的な偏りが見られた。
- ⑥ 樹木は凝集して配置するよりも多少距離を確保しながら（本研究の条件では 8m）配置した方が緑視率を効率的に確保できる。
- ⑦ 敷地内の樹木本数が増える毎に、緑視率の増加量は小さくなる。本研究の

条件下では 145 本以上は樹木を配置しても緑視率の増加がほとんど見られなかった。

ここでの取り組みは足元の芝生や頭上の樹木といった緑も含む、いわば環境としての緑の可視量を把握する試みであったと言える。これには球面展開図法による計量が必要不可欠であり、全方位緑視率の計量やシミュレーションを通してその有効性を示すことができた。ここで示した全方位緑視率に限らず、頭上や足元に分析対象が存在する場合には有効な計量手段となる。以上が各章で取り組んだ内容の要旨である。

6.2 全体の総括

本論文では可視領域の定量化について、既存の概念・手法を基礎に、可視面積計量の発展的手法、全天球パノラマ画像法、球面展開図法の 3 手法を提案した。また、これらの手法を、大学キャンパスの外部空間の視覚的な広がりの変遷把握、小学校の自然監視性の評価、大学キャンパスにおける緑の立体的な可視量の把握、樹木配置シミュレーションによる緑の立体的な可視量の比較分析に適用した。提案した各手法を各テーマへと適用した結果から、それぞれの手法が持つ特徴や適用範囲が明らかとなった（表 6-1）。可視領域の定量化研究においては、各手法の特徴を理解し、適用するテーマに適した手法を選定することが重要となる。この点を踏まえ、以下に全体の総括を述べる。

表 6-1 各手法の特徴

手法名称	可視面積計量法	全天球パノラマ画像法	球面展開図法
データベース	平面 CAD 図	3 次元 CG モデル	3 次元 CG モデル
主な使用ソフトウェア	Vector Works C 言語プログラミング	3ds MAX マクロ化プログラム	3ds MAX マクロ化プログラム
計量可能範囲	xy 平面上の可視領域	仰角・俯角 55° 以上の範囲を除く全方位	全方位
計算コスト	小	中	大
特徴	<ul style="list-style-type: none"> ・ 3 次元的な計量は不可能 ・ データ入力の容易さから多数の分析対象を扱う場合に適する ・ 個々の詳細な分析よりも、全体としての変遷や統計的な傾向の把握に効果的 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 全方位的な計量手法 ・ 研究対象の実態に則した詳細な分析が行える ・ 仰角、俯角 55° 以上の視野範囲については計量不可 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 立体角に基づく全方位的な計量手法 ・ 仰角、俯角 55° 以上の視野範囲についても計量可能 ・ どのような対象でも計量可能であるが、計算コストは大きい。
本研究で扱うテーマ	<ul style="list-style-type: none"> ・ 大学キャンパスの 13 時点における外部空間の視覚的特性の変遷把握 ・ 小学校 46 校の自然監視性の評価と統計的分析 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 小学校の自然監視性の評価（樹木や周辺住宅地の影響も加味した詳細な検討） 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 大学キャンパスの全方位緑視率の分布把握 ・ 樹木配置シミュレーションによる緑の立体的な可視量の比較分析

まず、可視面積の計量は提案した3つの手法の中で最も簡易な手法であると言えるが、キャンパス外部空間の視覚的な広がりの変遷把握および可視面積の計量による小学校の自然監視性の分析と統計的傾向の把握といったテーマに対しては十分な分析を行えた。可視面積の計量は平面ベースの計量ゆえ、必ずしも実空間に則しているとは言えないものの、仮に大掴みであれ各テーマにおける空間事象を可視領域という視覚的な断面から捉えることには成功していたと考えられる。また、上記2つのテーマのように研究の目的が研究対象の変遷や統計的傾向の把握である場合には大量のサンプルを処理する必要があり、解析データの作成が容易な可視面積による可視領域の定量化はむしろ適していた。また、段階的な視距離の導入および計量結果の重ねあわせの導入といった、従来の可視面積の計量手法に対して付加的に提案したアイディアも一定の成果を上げた。キャンパス外部空間の視覚的な広がりの変遷把握において、各視距離ごとの分析結果に様相の違いを見出せたことは、目的とするスケールに応じた視覚的な広がり分析が可能であることを裏付けている。自然監視性の評価への適用で試みた計量結果の重ねあわせによる分析は、単一の指標の計量結果からだけでは見えてこない様相を描き出せたことが大きな成果である。具体的には外部自然監視性と対外自然監視性の重ねあわせによって、外部空間における見通しが悪く、かつ建物内部からの見守りも期待できない領域を不可視領域として抽出したわけであるが、この例のように記述しようとする空間事象が複数の要因の重なり合いによって説明されることが想定される場合には、計量結果の重ねあわせは1つの有効な手段であることを示すことができたと考えられる。

一方、ある地点とその周囲の環境との3次元・全方位的な視覚的関係の把握を要するテーマへの適用には、やはり3次元な計量手法が必要不可欠となる。本論文では3章から4章にかけての小学校の自然監視性の評価についての展開の中で、建物内部からの見守りに焦点を絞って、窓の可視量をより現実にもった手法で計量することで評価しようとしたとき、全天球パノラマ画像法が必要であった。また、全天球パノラマ画像を計量のベースとして用いるので、各視点が置かれた状況を個別に把握しやすいこともメリットとして挙げられる。例えば可視窓面積率が高い地点について、なぜそこが高い値をとるのかを、その地点の全天球パノラマ画像を観察することによって考察することができる。実際、第4章では可視窓面積率等値線と各視点の全天球パノラマ画像を詳しく見ることで、小学校の自然監視性について詳細な分析を行うことができた。ただし、計量精度の問題から仰角・俯角55°以上の範囲については計量が

不可能であることから、これらの範囲も含めた計量が必要なテーマには適用できない。

最後の球面展開図法は、全天球パノラマ画像法にさらなる画像処理を加えた発展型であり、仰角・俯角 55° 以上の範囲も含めた全方位を立体角によって計量可能な手法である。本論文で取り組んだ、頭上の樹木や足元の芝生も含めた環境としての緑視率の計量を試みる場合には、球面展開図法が必要であった。従来ならば人の視野角に絞って緑視率の計量を行うのが通常であったが、実際には人間の印象に影響を与える緑は頭上の樹木も含まれるという研究結果もあることから、球面展開図法が仰角・俯角 55° 以上の範囲も計量できる手法として確立できたことは意義深い。緑に限らず、そのような何かしらの環境として頭上や足元まで含めて対象を計量する必要があるテーマを扱う場合には不可欠な手法となる。反対に、仰角・俯角 55° 以上の範囲を計量する必要がない適用事例の場合には全天球パノラマ画像法で十分対応できる。効率的な計量には適用する対象に応じて全天球パノラマ画像法か球面展開図法を選択する必要がある。また、球面展開図法を用いて植栽計画シミュレーションも行った。通常の設計上の作業と同じ要領で3次元CAD上にモデリングした植栽モデルを用いて緑視率の計量を行えたこと、並びにいくつかのシミュレーションモデルの中から効率的な緑の配置を明示できたことで、計画支援ツールとしての有効性も少なからず主張できたと考えている。

以上のように、可視領域という人間の視覚に着目した概念によって各課題を捉え、計量的な分析を行うことで、それぞれの課題において取り上げた空間事象を客観的に把握・予測・分析することができた。これらの取り組みの中で、いくつかの可視領域の定量化手法を提案するとともに、各手法が捉えることのできる分析の範疇を明示し、その範疇の中での各手法の有効性を主張できたことを本論文の成果としたい。

6.3 今後の展望

視環境はそこで生活する人々に大きな影響を及ぼすものであり、その重要性から各分野で多くの研究が行われている。中でも人間の生活の基盤である建築・都市空間は視環境を形成する大きな要因であると言える。その意味で、建築・都市の分野から人間の視覚的特性と建築・都市空間との複雑な関係性について考究することに1つの意義があると考えられる。人間の視覚の観点から建築・都市を分析するアプローチも様々である。その中にあっても本論文で

は、「何がどれだけ見えるのか」を定量化することに焦点を絞ったわけであるが、このようなアプローチの汎用性は、本論文の各章で取り上げた様々な空間事象への適用を通じて主張できたのではないかと考えられる。

可視領域の計量結果は数字で出力され、何かしらの条件に基づく客観的な事実を記述する手法であることに間違いはない。しかし、その解釈には幅があって然るべきであり、逆に言えば数字として出力された結果にどういった意味を見出すかが重要であるとも言える。計量結果としての数字に意味づけを行っていくひとつの方法として、心理量との関係の考察が挙げられる。例えば緑視率の場合、本論文の到達点は頭上や足元の緑まで含めた全方位の緑視率を計量可能な手法を提案することにあつた。しかし、「全方位緑視率」をその場所の「緑量感」に変換しようとするれば、頭上の緑視率と視界の正面の緑視率が同じ価値かどうか、精査する必要がある。あるいは観測者から視対象としている緑までの距離によっても、緑視率が緑量感に与える影響は変化するかもしれない。今後、仰角や俯角、あるいは視対象までの視距離ごとに心理的な重みづけを導入した計量手法へと発展させ、実際の人間の知覚に則して各空間事象を分析・評価する手法へと発展させていきたい。

最後に、幾何学的・数理的なアプローチに見られる客観性と汎用性の高さに改めて目を向けると、本論文で提案した可視領域の定量化手法にも、人間と建築・都市をめぐる様々な視覚的事象についての展開の余地が多く残されていると期待している。今後も建築・都市に対する観察を続け、可視領域の観点から捉えなおすことでまた新たな断面を提示し、そこに隠された知見を明らかにしていきたい。

本論と関連する発表論文一覧

① CG モデルによる全方位緑視率の計量手法とその応用可能性

藤井健史・山田悟史・廣瀬徳郎・及川清昭

日本建築学会技術報告集，第 43 号，pp.1067-1072，2013 年

② A Quantitative Analysis of Natural Surveillance at Elementary Schools -Evaluation Method Based on Perspectives from Both Outside Visibility and Visibility from Inside Buildings-

Takeshi Fujii・Yuko Fujikawa・Kiyoaki Oikawa

Journal of Asian Architecture and Building Engineering, Vol. 12, No.1, pp.17-23

③ 樹木配置シミュレーションによる緑の立体的可視量の比較分析

藤井 健史・山田 悟史・西浦 吉起・及川 清昭

日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.409-410，2013 年

④ 小学校の自然監視性の評価手法 - CG モデルによる窓の立体的な可視量の計量方法とその応用可能性 -

藤井健史・山田悟史・窪園翔治・宗本晋作・及川清昭

日本建築学会計画系論文集，第 77 巻，第 676 号，pp.1309-1318，2012 年

⑤ 小学校の自然監視性の評価手法に関する研究 - 可視頻度値と視認実験を用いた空間の視認性の定量化 -

窪園翔治・藤井健史・山田悟史

第 35 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集，pp.62-67，2012 年

⑥ CG モデルによる緑の立体的な可視量の計量手法 - 立命館大学びわこくさつキャンパスを対象として -

藤井健史・廣瀬 徳郎・及川清昭

日本建築学会大会学術講演梗概集，pp.1219-1220，2012 年

⑦建物の可視窓面積の計量による小学校の自然監視性の評価手法

藤井健史・山田悟史・窪園翔治・及川清昭・宗本晋作

第 34 回情報・システム・利用・技術シンポジウム論文集, pp. 19-24, 2011 年

⑧可視量を用いた小学校の校舎内外における環視性の定量的把握

藤井健史・及川清昭

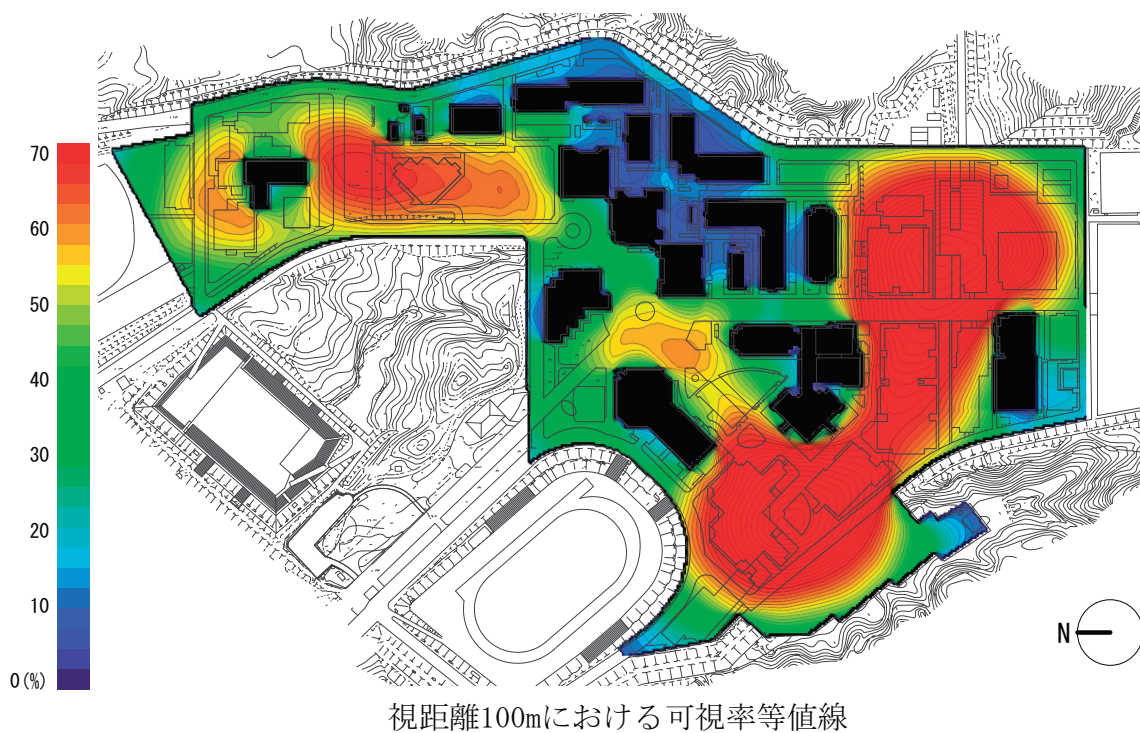
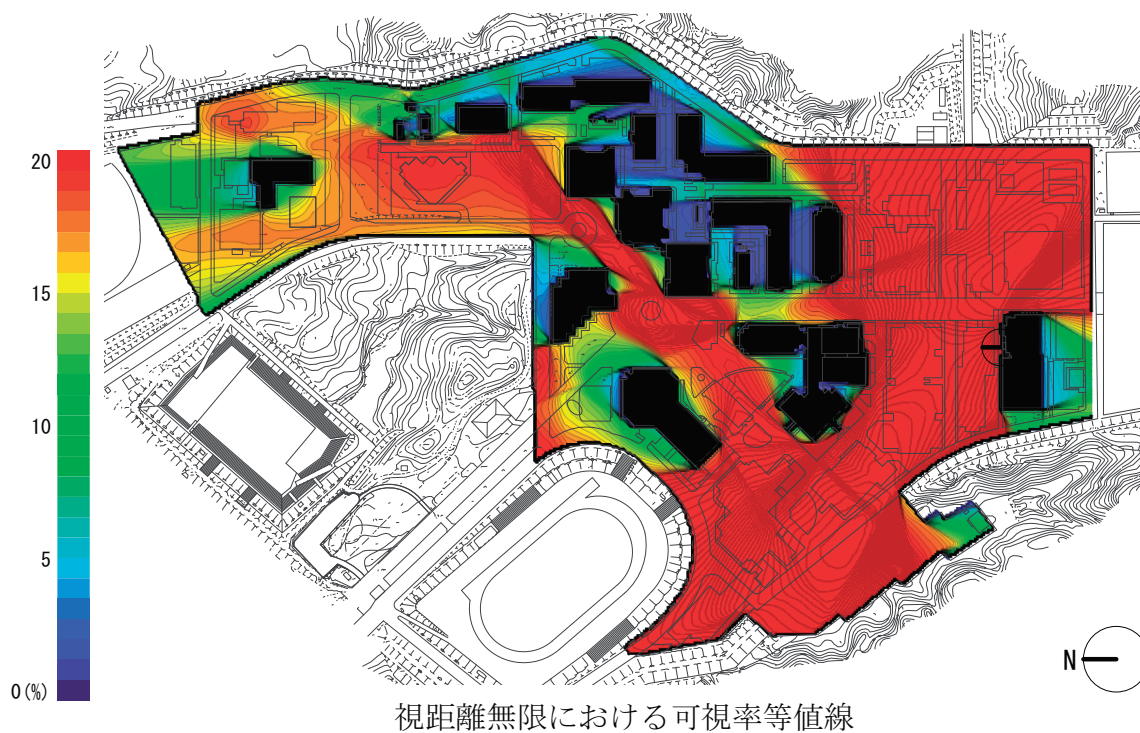
日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 493-494 , 2011 年

付録



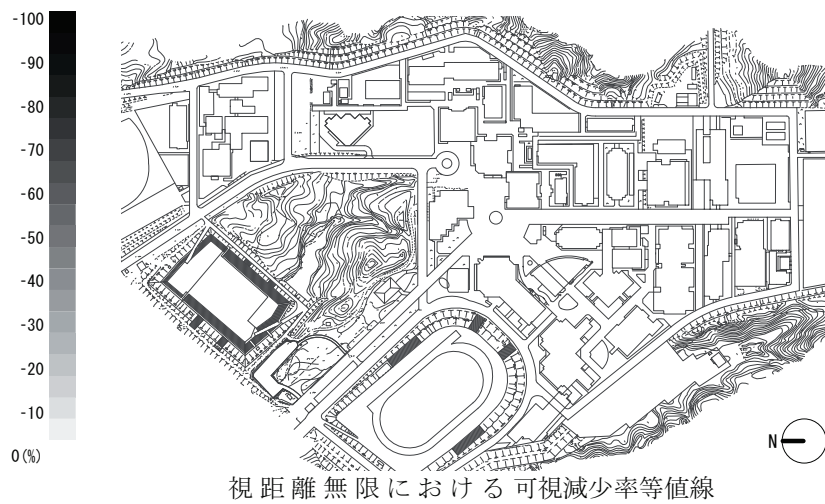
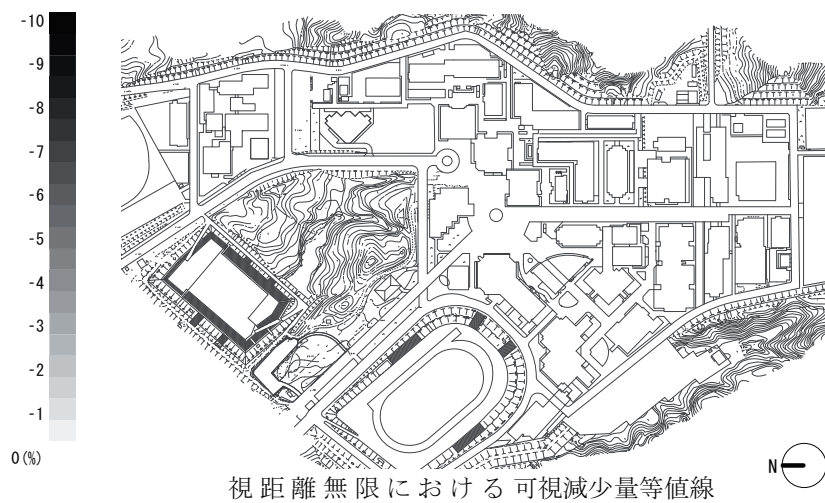
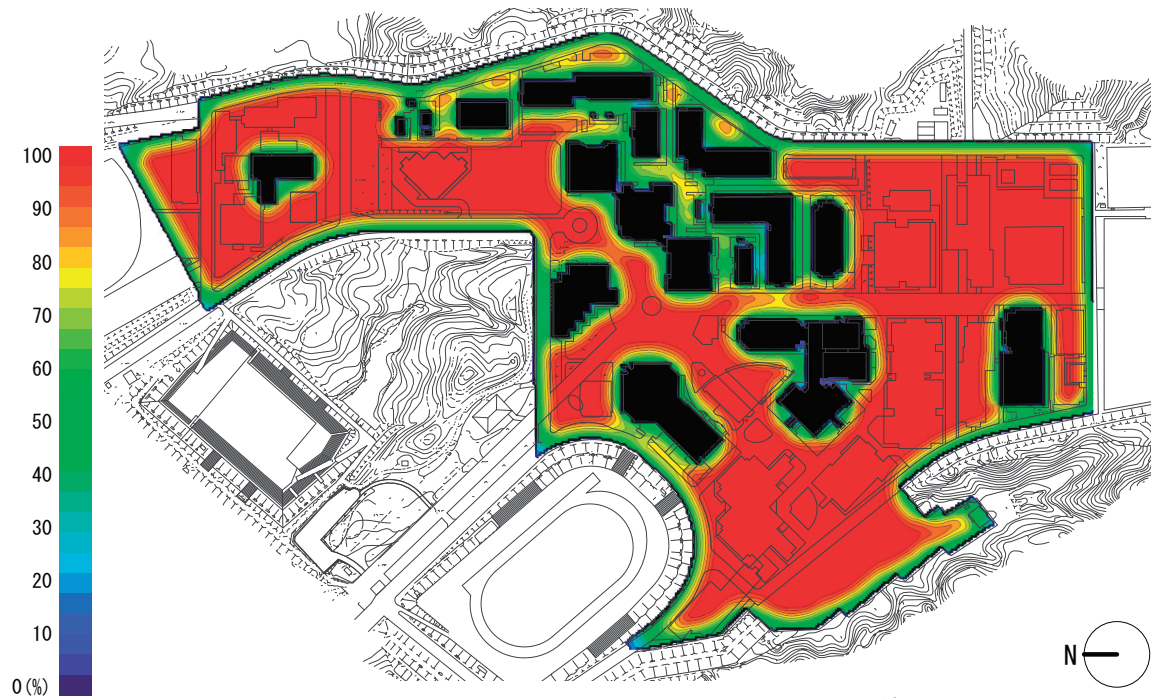
- I. BKC の外部空間の視覚的な広がりの変遷分析データ集
- II. 可視面積計量による小学校自然監視性分析データ集

1994 年

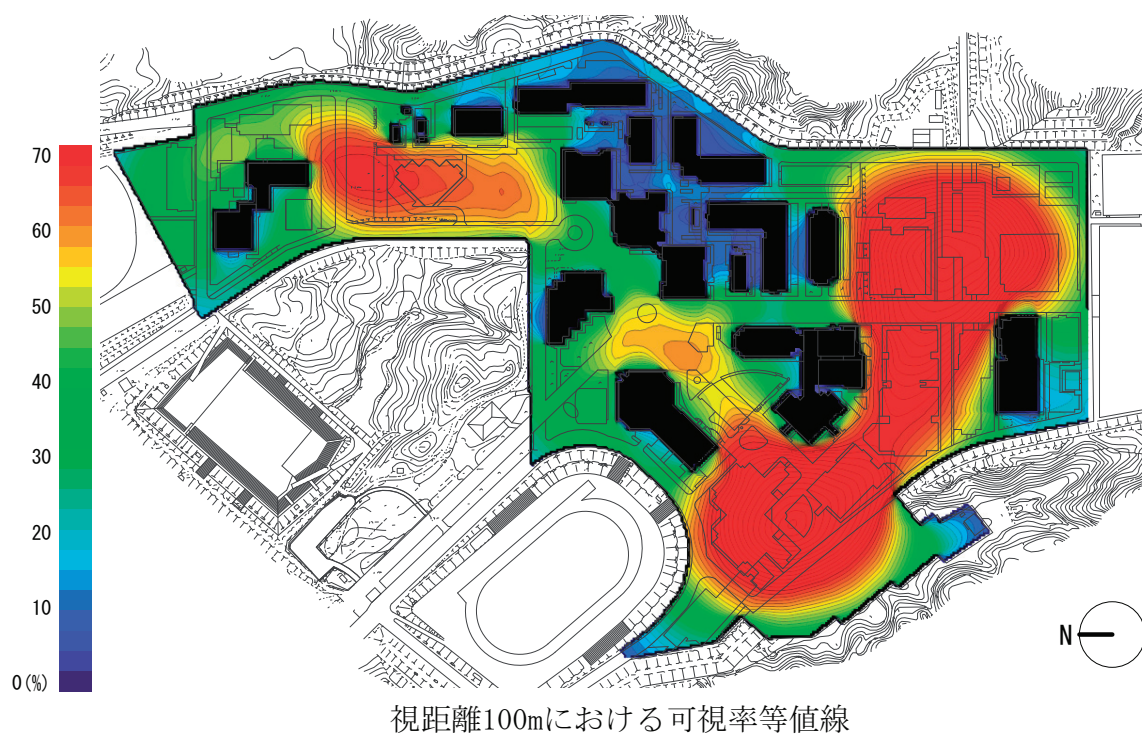
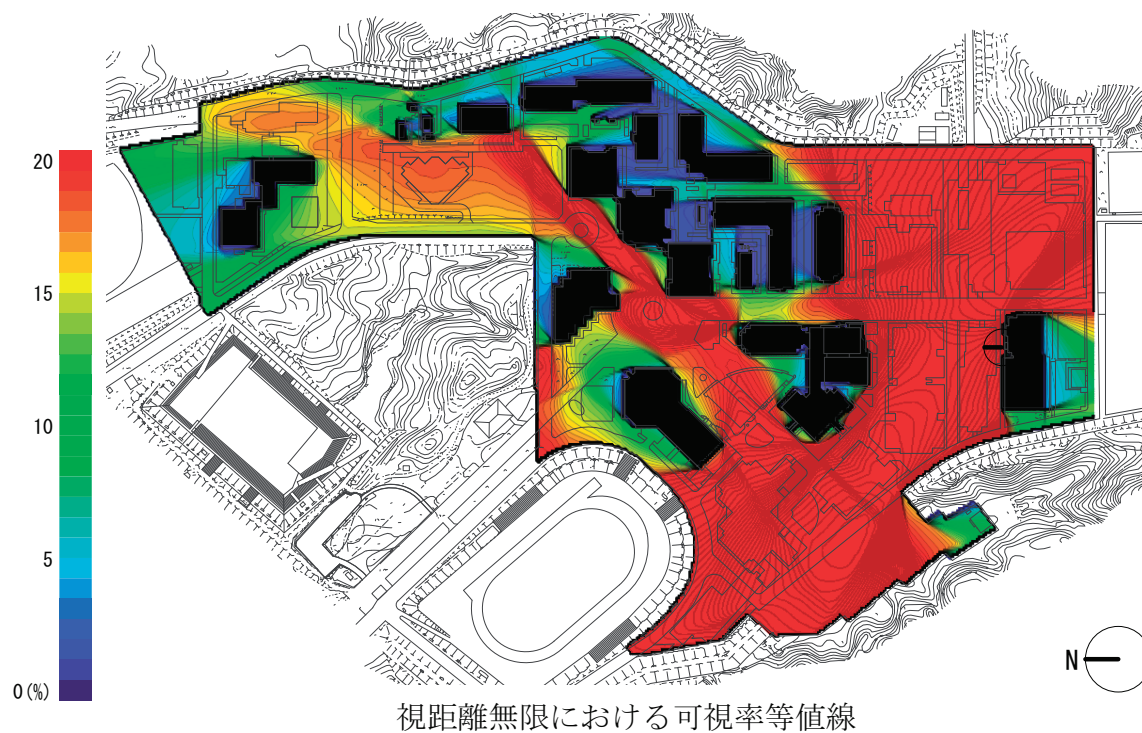


数値指標一覧

視距離(m)	建蔽率 (%)	可視率平均 (%)	可視率分散 ($\times 10^{-3}$)	影響面積率 (%)	可視減少量平均 (%)
∞	15.89	20.82	9.91	—	—
100		50.73	45.83	—	—
24		84.21	34.85	—	—

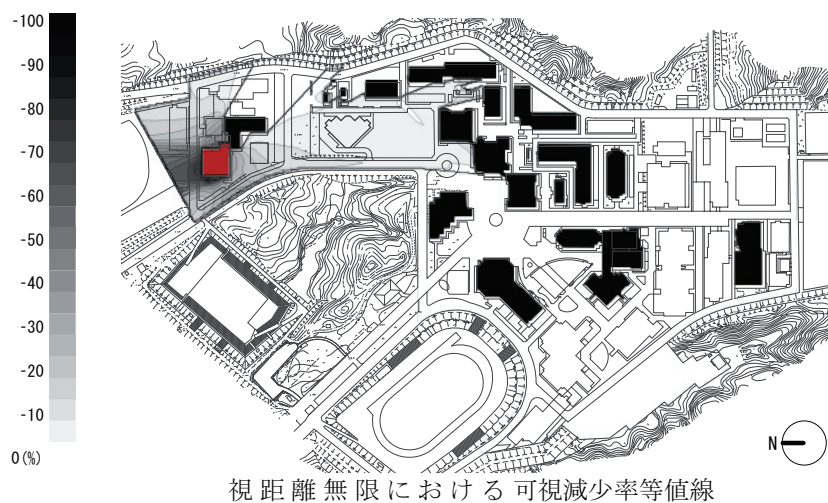
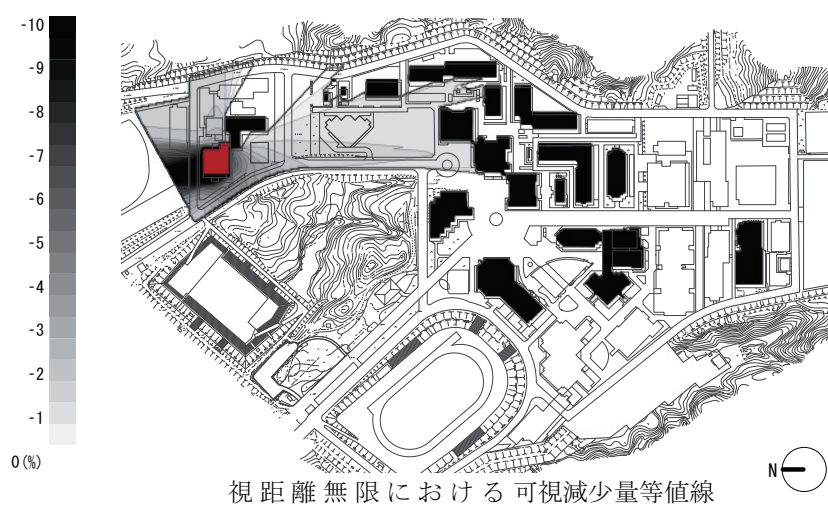
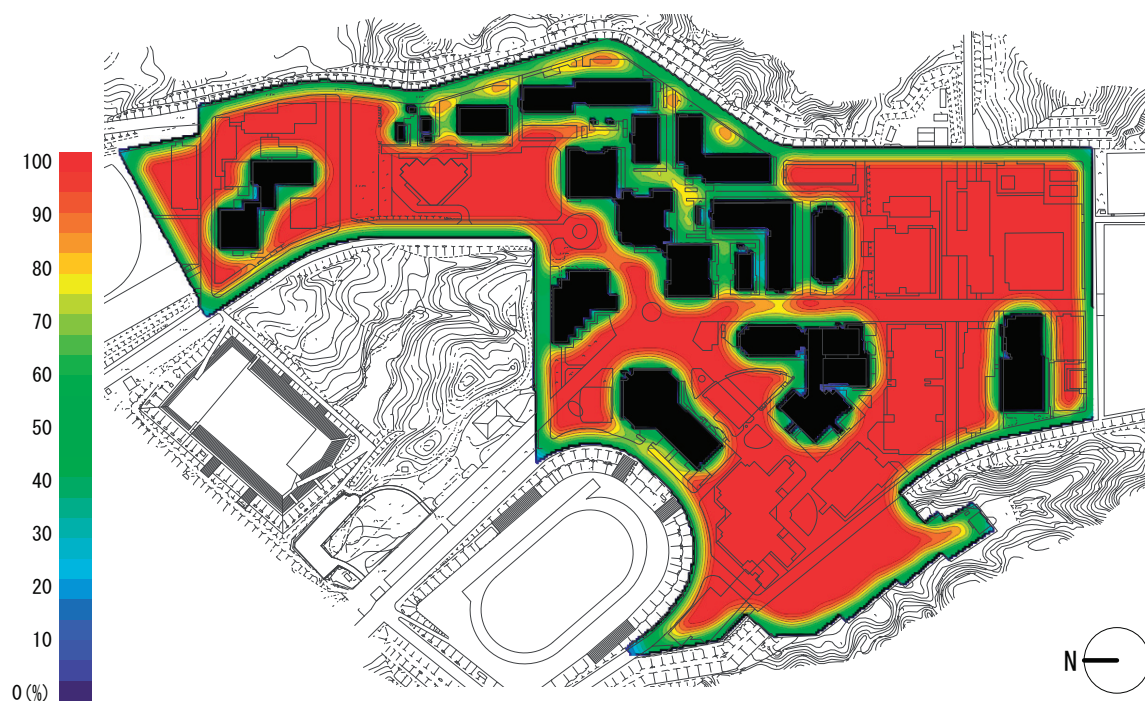


1995 年

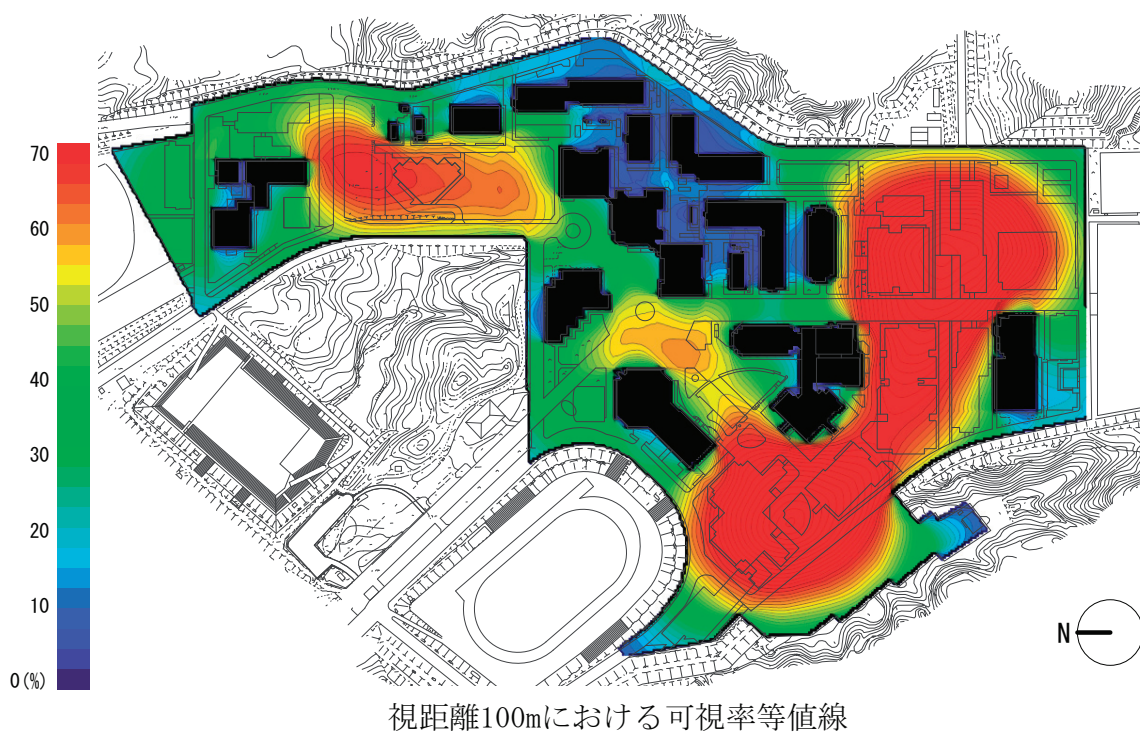
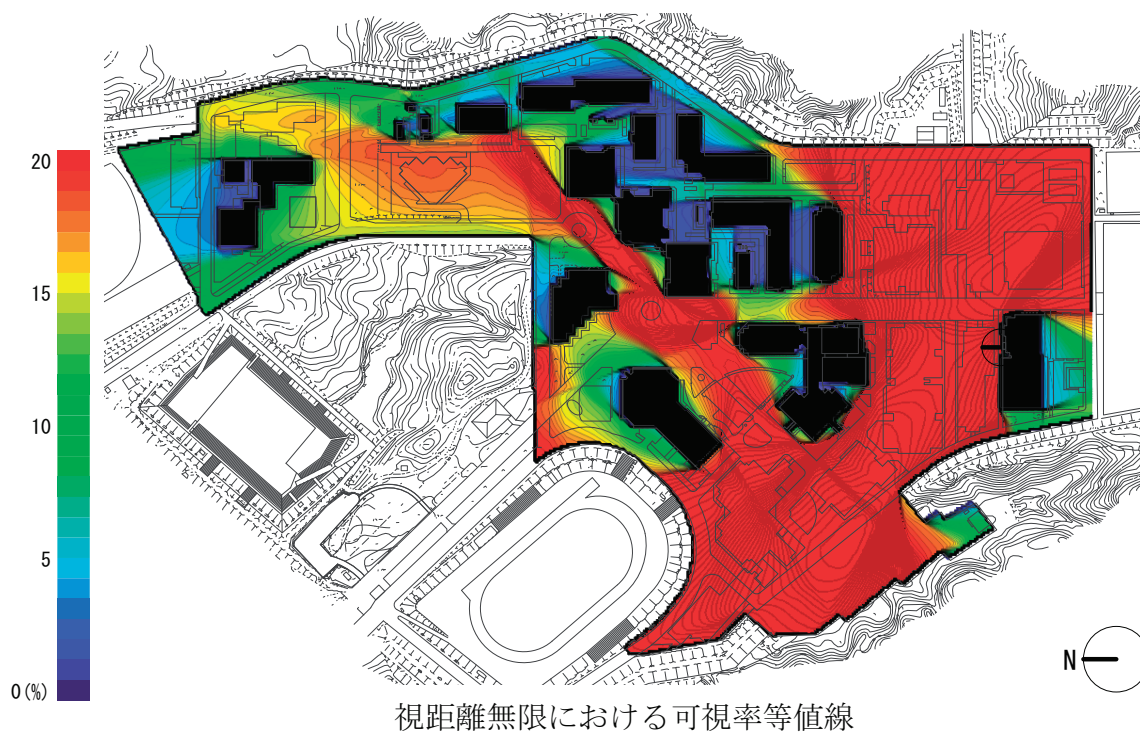


数値指標一覧

視距離(m)	建蔽率 (%)	可視率平均 (%)	可視率分散 ($\times 10^{-3}$)	影響面積率 (%)	可視減少量平均 (%)
∞	16.47	20.37	10.64	18.33	2.22
100		49.74	47.78	8.21	9.69
24		83.77	35.17	1.90	15.36

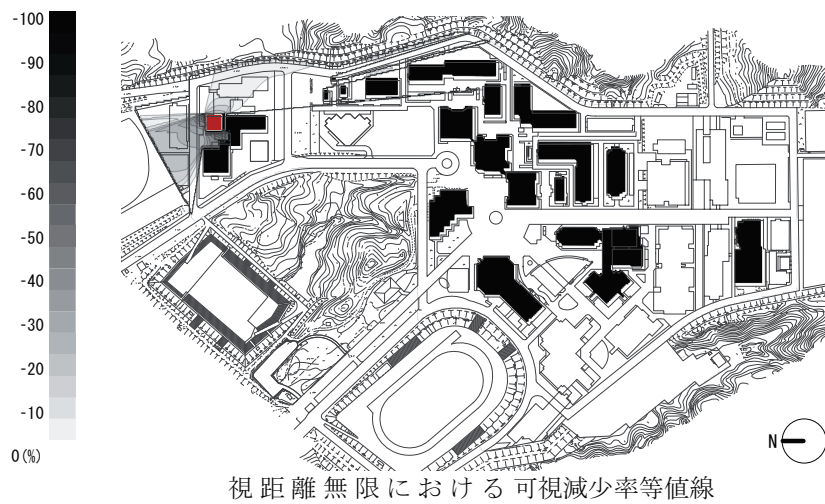
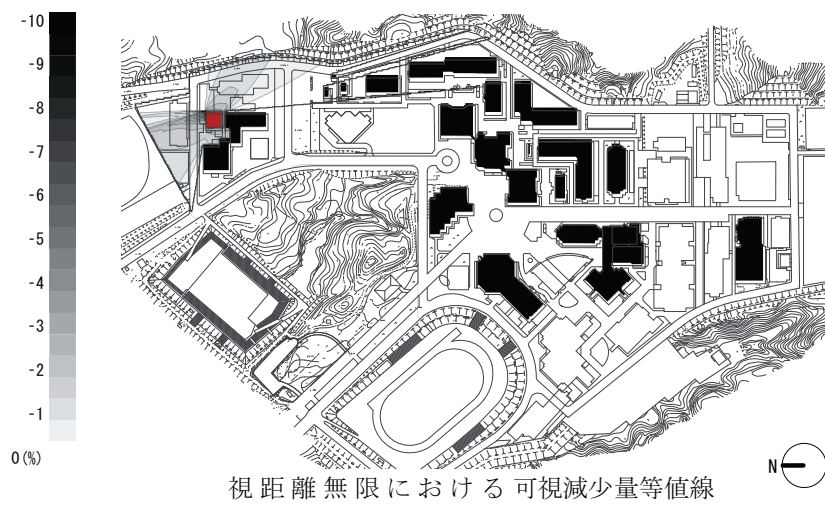


1996 年

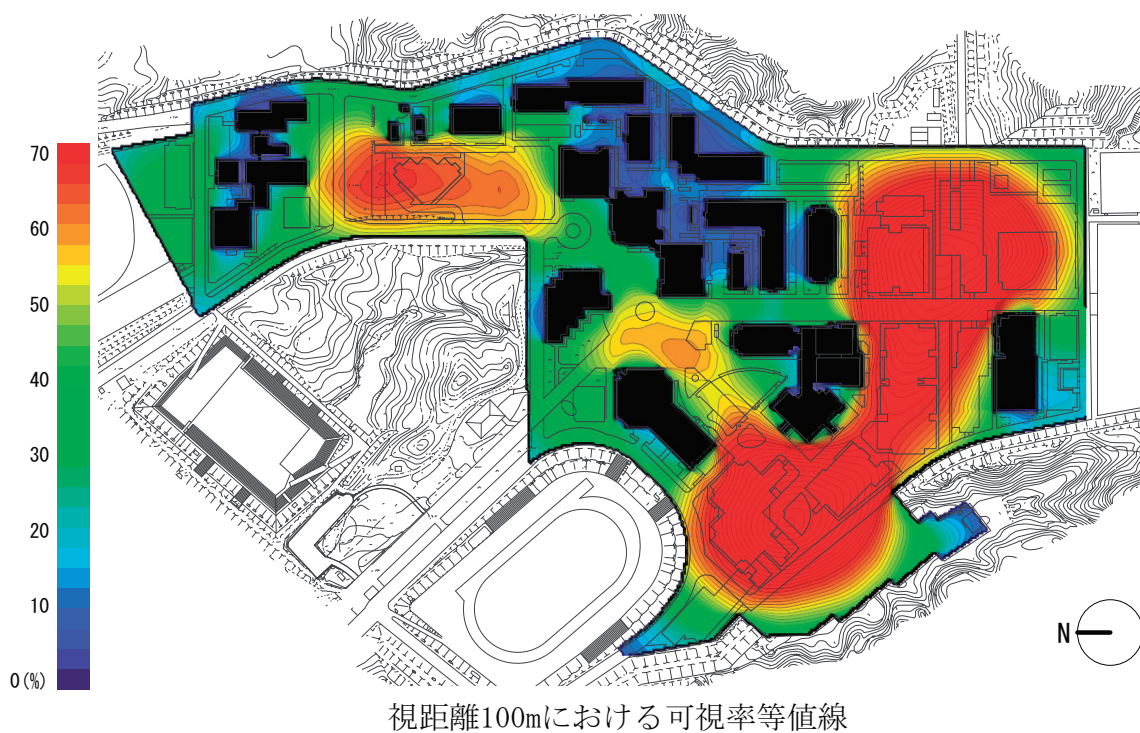
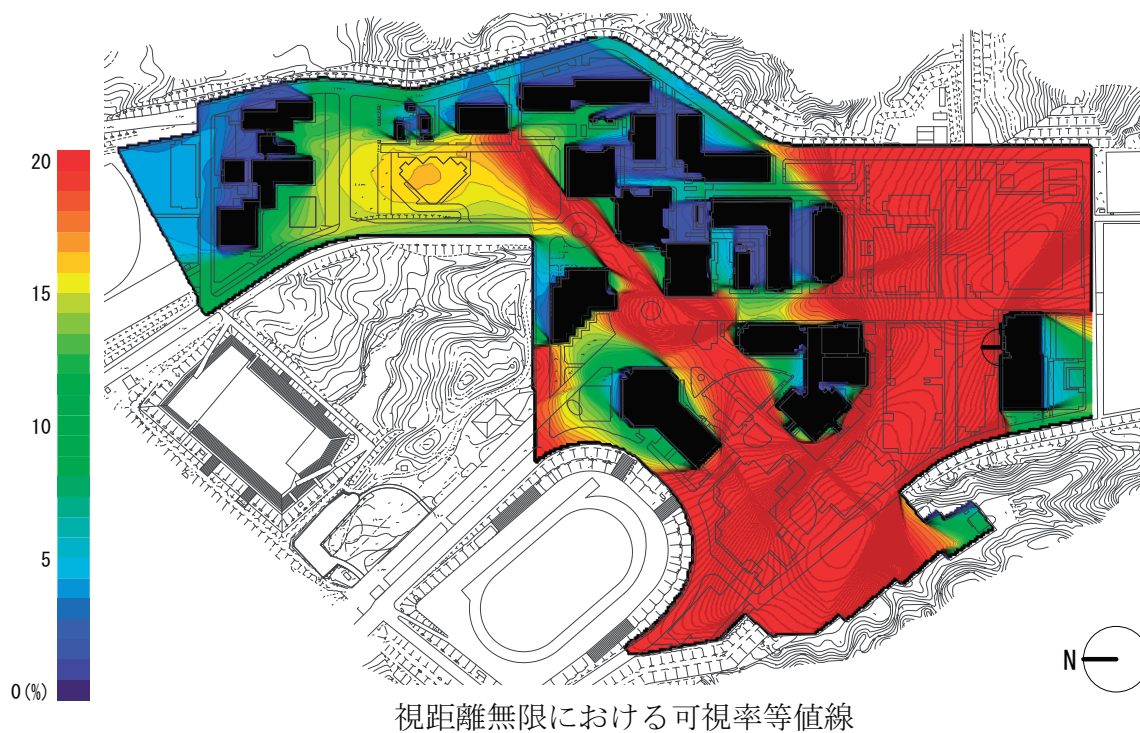


数値指標一覧

視距離(m)	建蔽率 (%)	可視率平均 (%)	可視率分散 ($\times 10^{-3}$)	影響面積率 (%)	可視減少量平均 (%)
∞	16.67	20.30	10.83	11.56	0.74
100		49.44	48.70	6.14	4.34
24		83.59	35.58	1.17	12.83

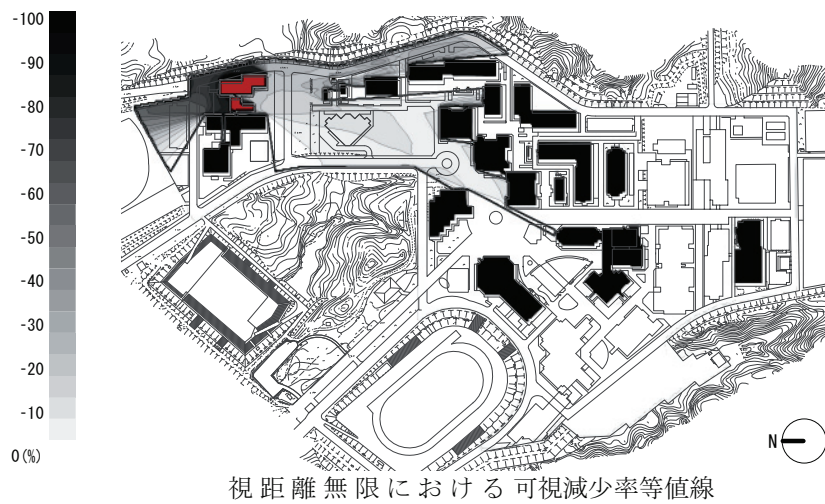
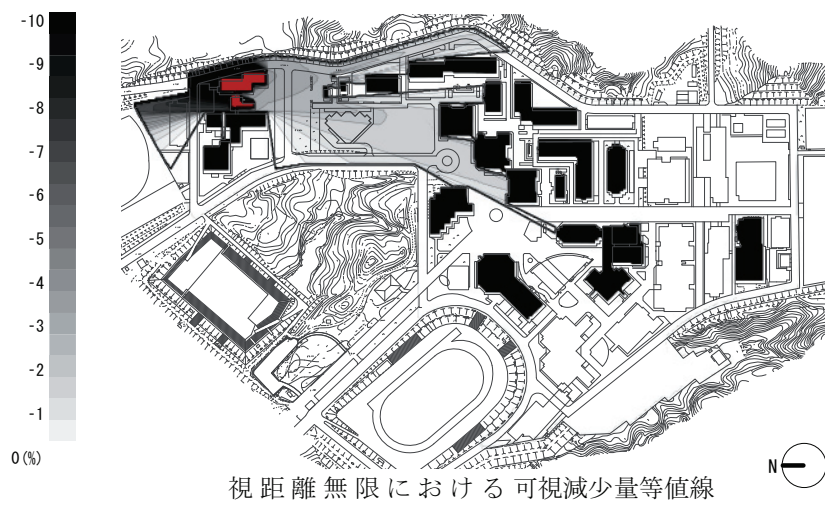
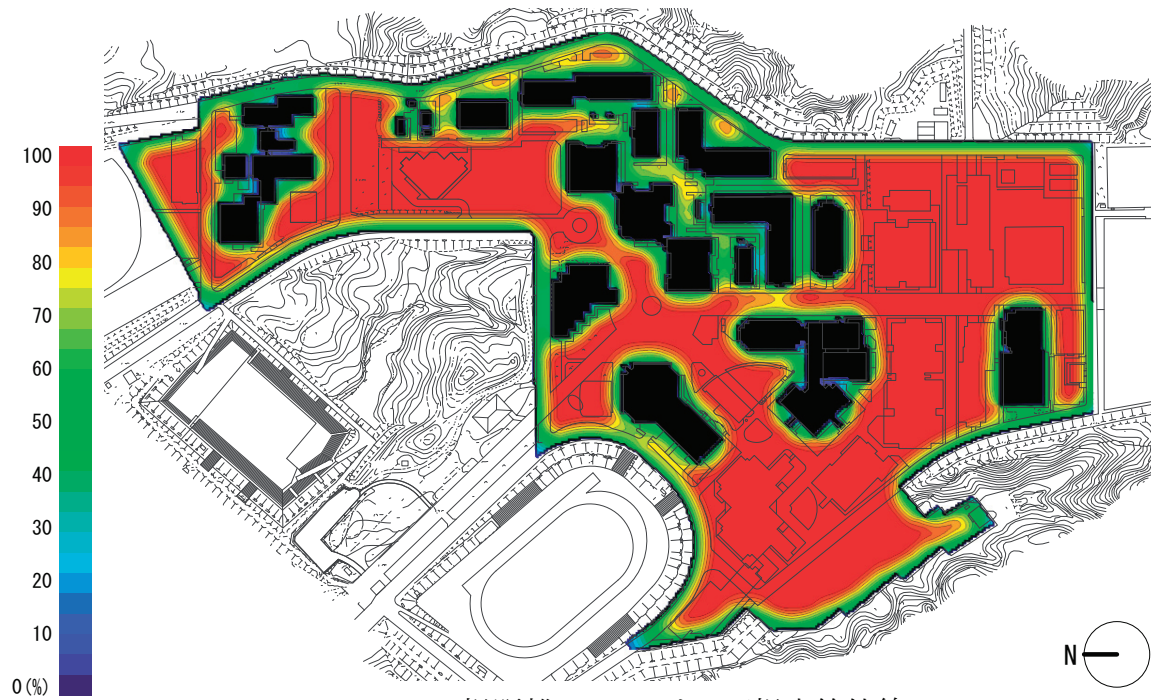


1997 年

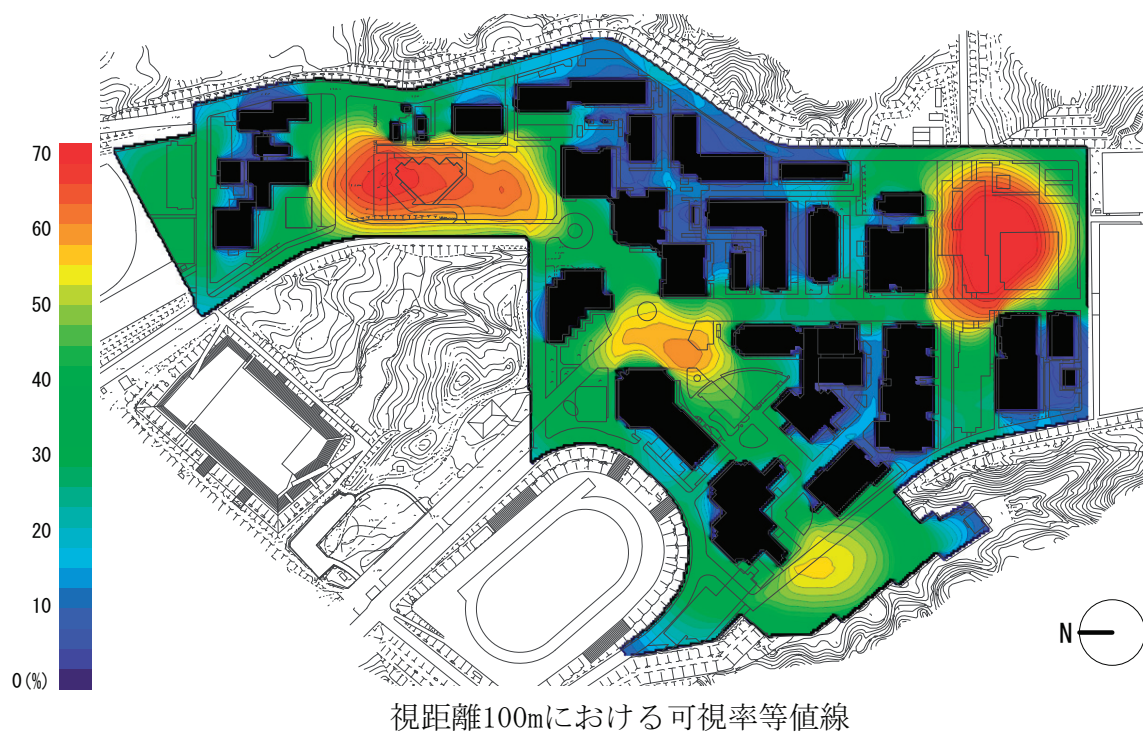
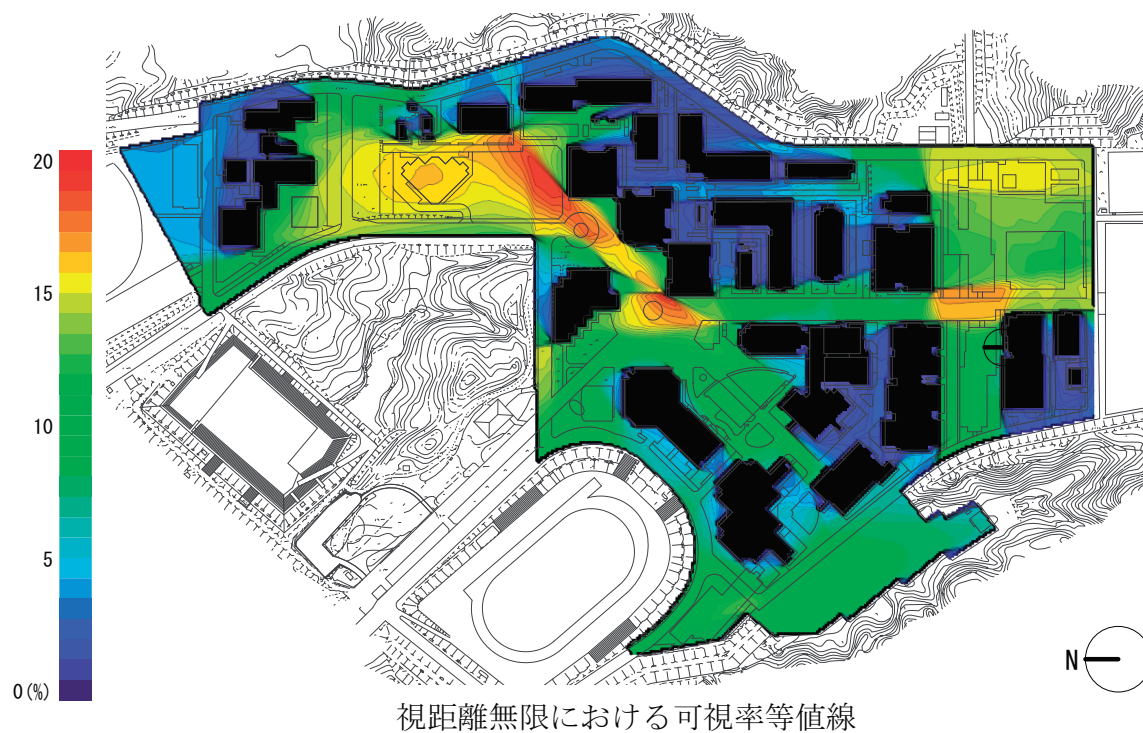


数値指標一覧

視距離(m)	建蔽率 (%)	可視率平均 (%)	可視率分散 ($\times 10^{-3}$)	影響面積率 (%)	可視減少量平均 (%)
∞	17.44	19.76	11.93	20.27	2.43
100		48.70	50.88	7.18	9.15
24		82.93	37.36	1.99	21.73

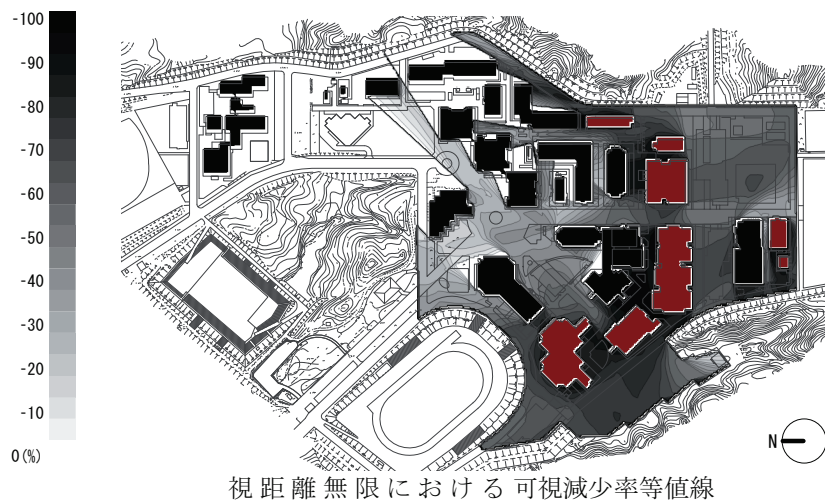
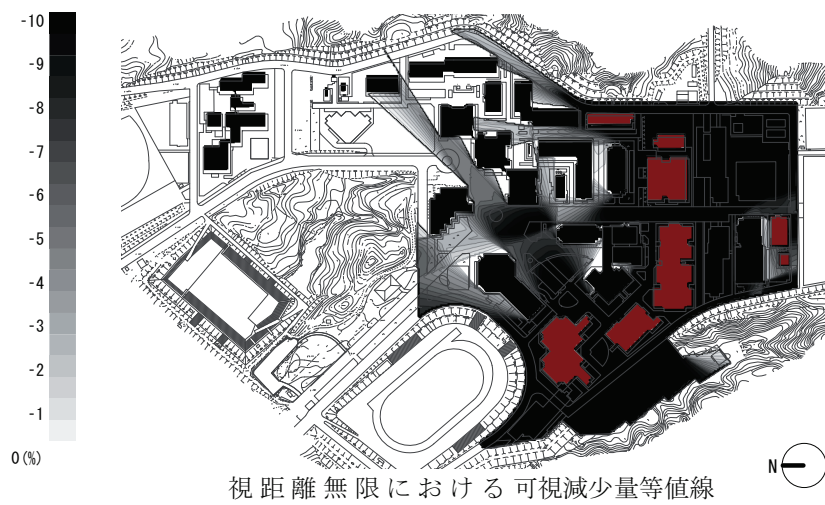


1998 年

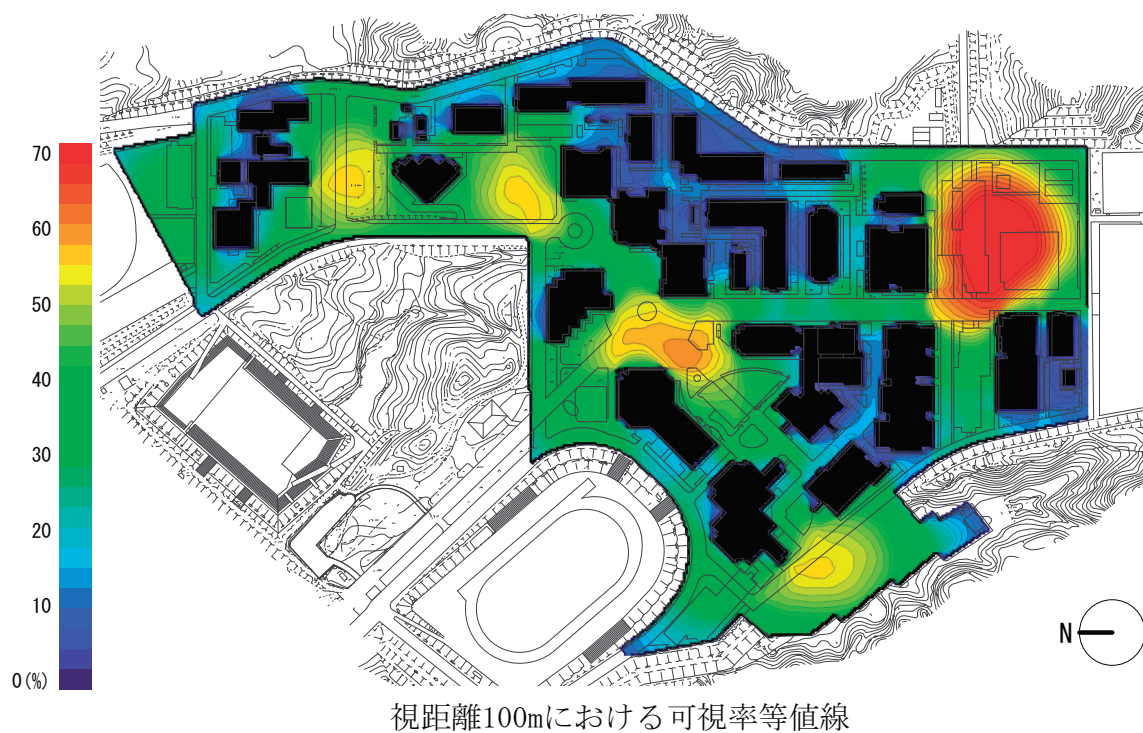
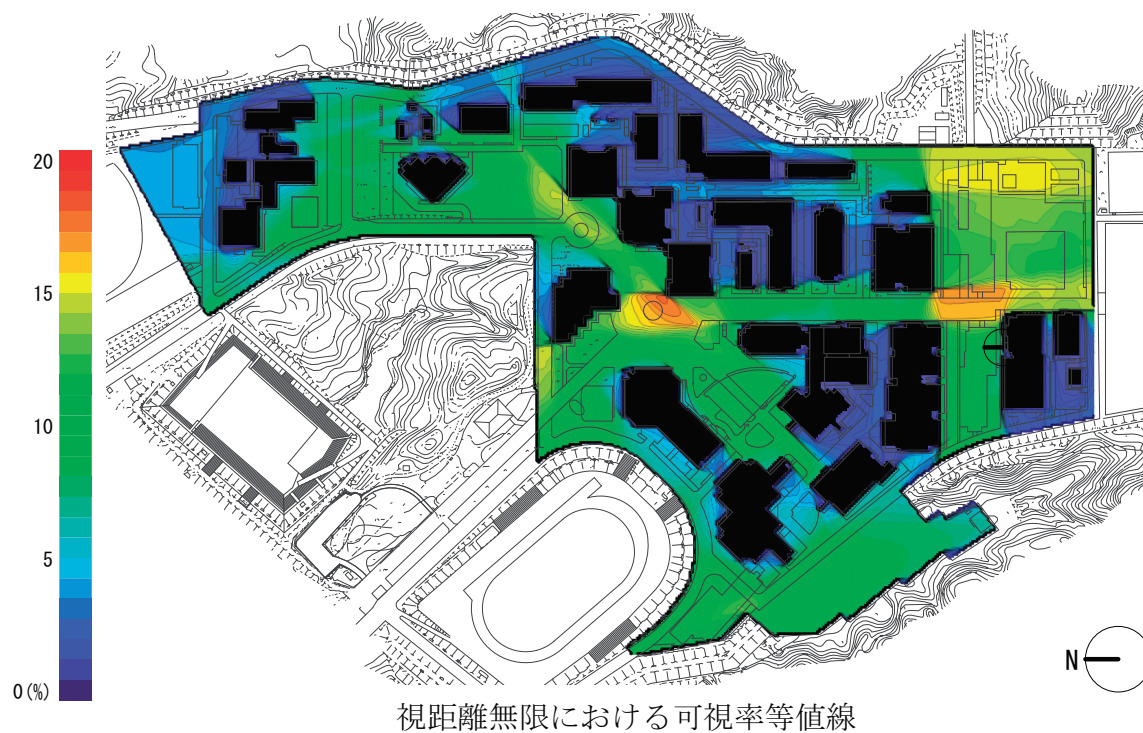


数値指標一覧

視距離(m)	建蔽率 (%)	可視率平均 (%)	可視率分散 ($\times 10^{-3}$)	影響面積率 (%)	可視減少量平均 (%)
∞	25.13	9.33	2.10	48.16	14.04
100		36.12	29.03	36.34	20.84
24		77.04	41.03	12.79	21.84

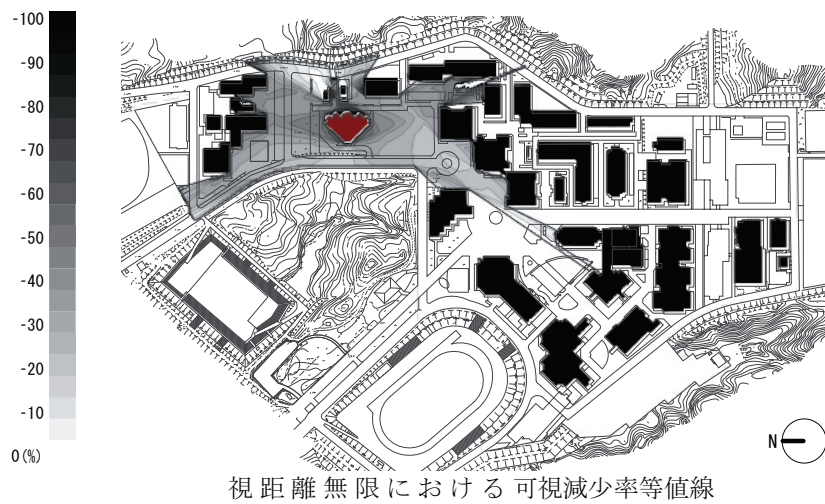
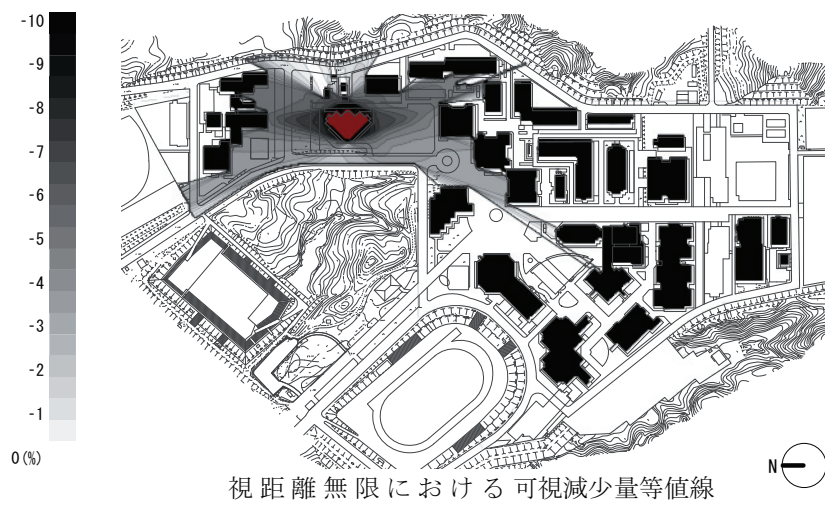


2000 年

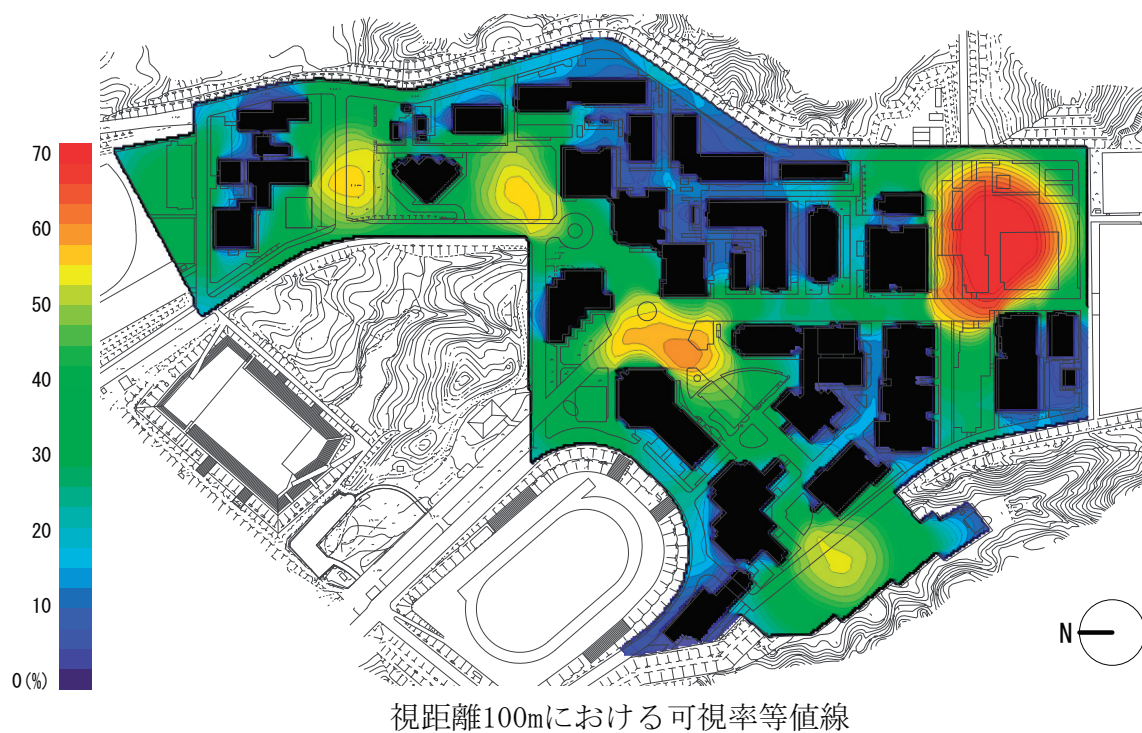
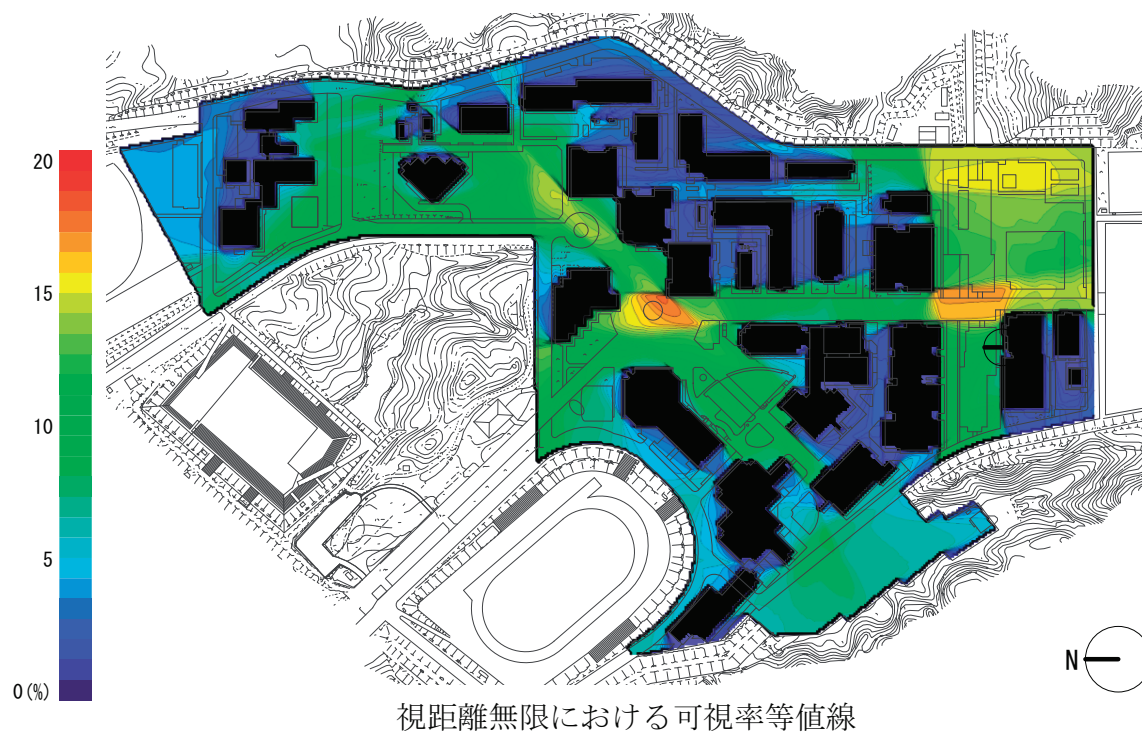


数値指標一覧

視距離(m)	建蔽率 (%)	可視率平均 (%)	可視率分散 ($\times 10^{-3}$)	影響面積率 (%)	可視減少量平均 (%)
∞	25.79	8.36	1.58	18.00	3.76
100		34.58	25.24	11.02	8.73
24		76.38	40.50	2.17	15.86

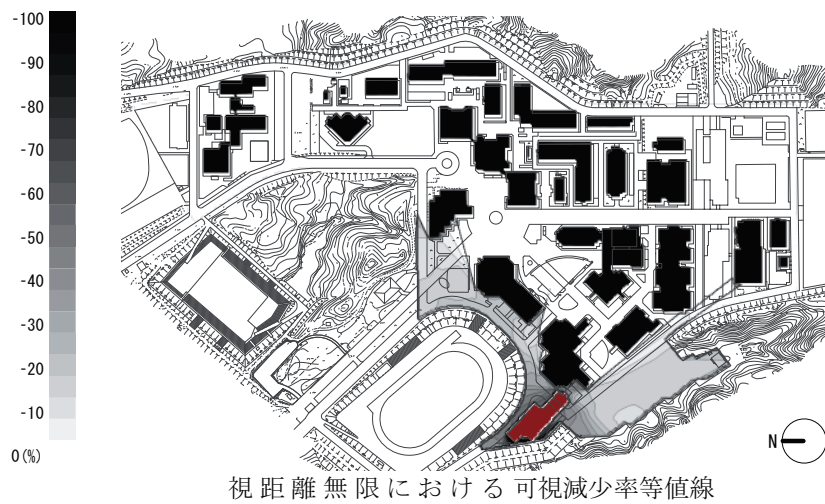
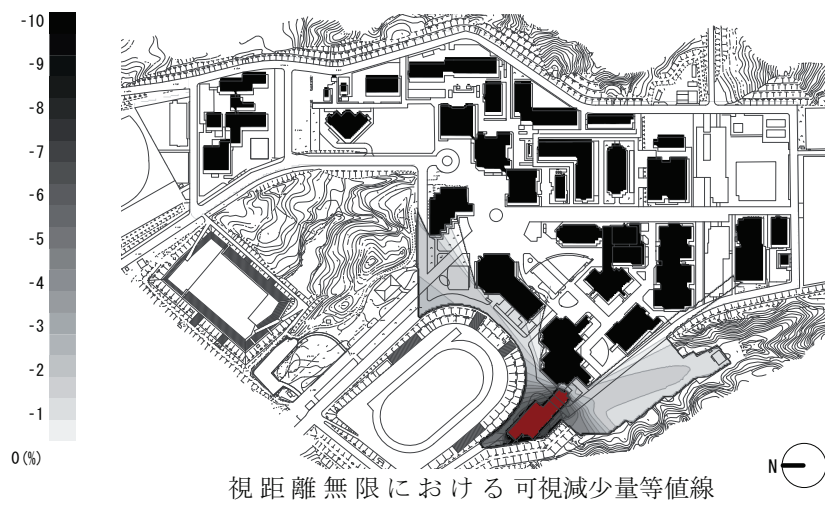


2001 年

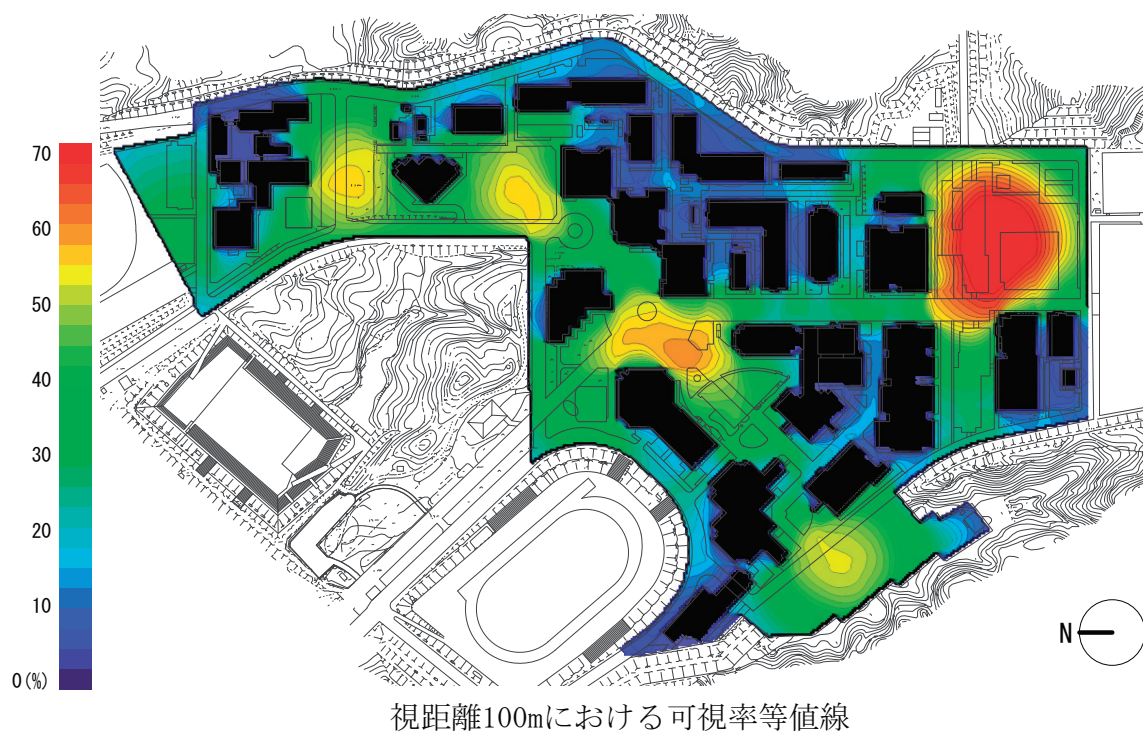
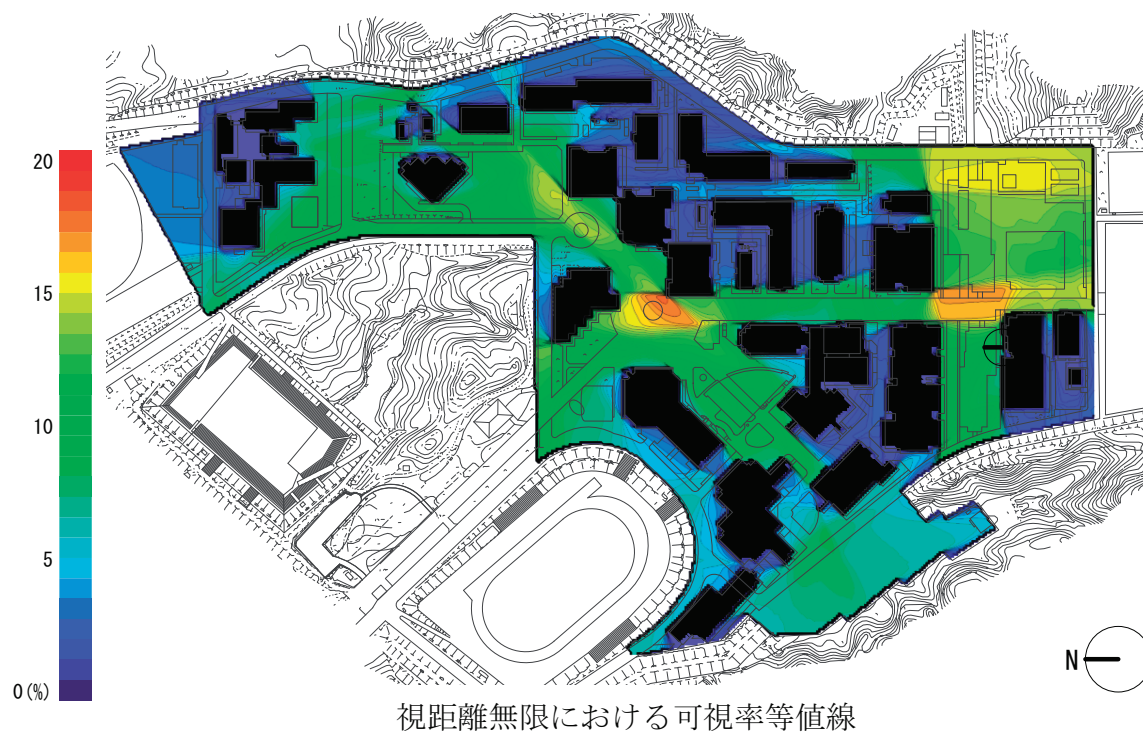


数値指標一覧

視距離(m)	建蔽率 (%)	可視率平均 (%)	可視率分散 ($\times 10^{-3}$)	影響面積率 (%)	可視減少量平均 (%)
∞	26.74	7.98	1.59	13.65	1.84
100		33.94	26.28	4.98	9.71
24		75.63	42.33	1.72	22.71

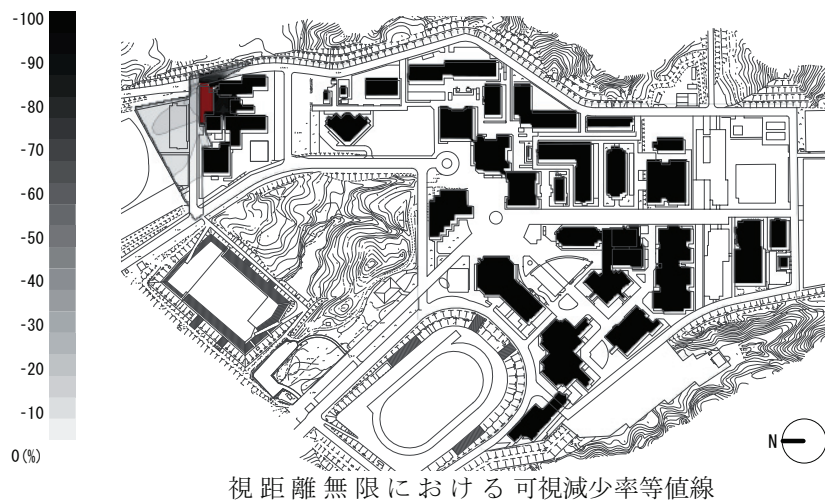
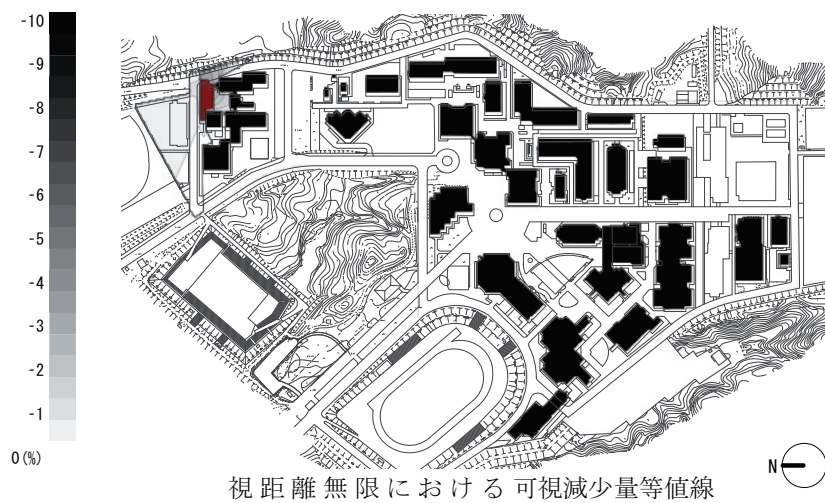


2002 年

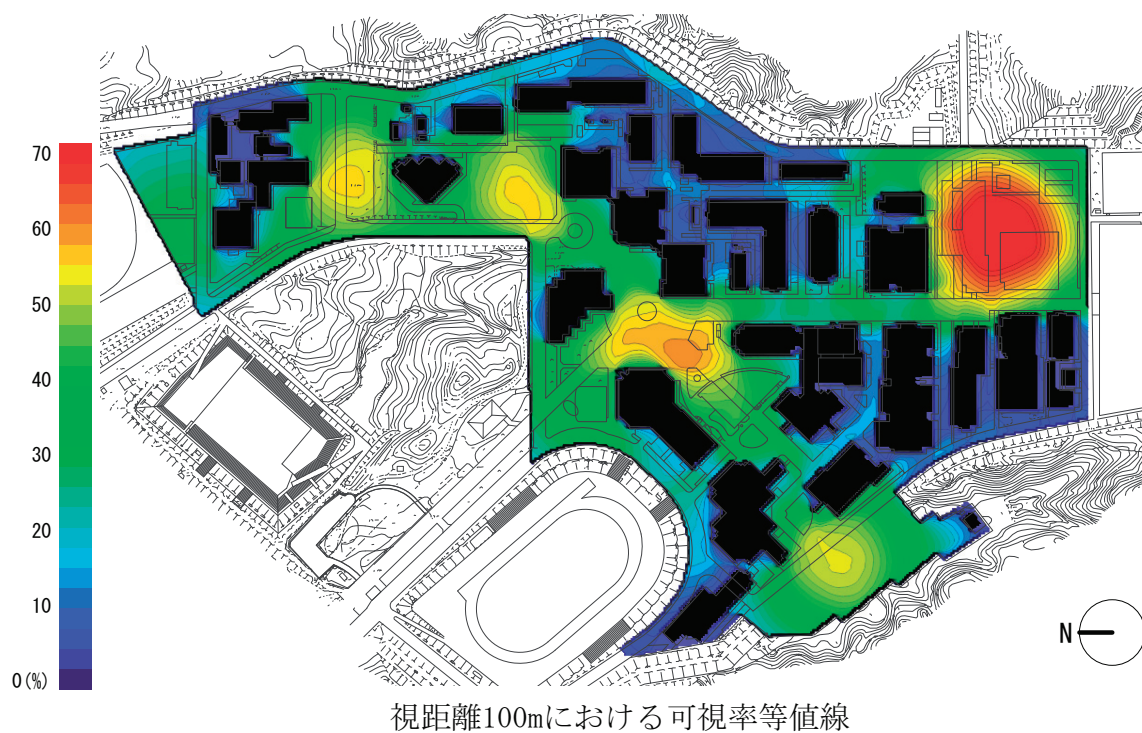
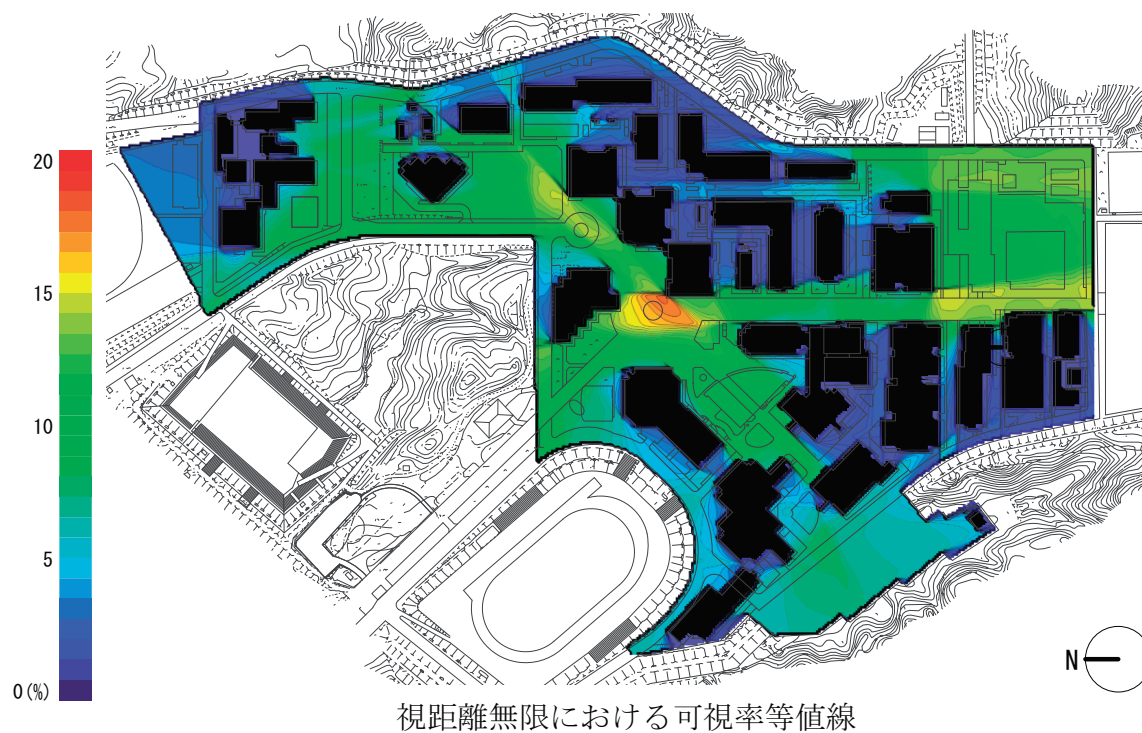


数値指標一覧

視距離(m)	建蔽率 (%)	可視率平均 (%)	可視率分散 ($\times 10^{-3}$)	影響面積率 (%)	可視減少量平均 (%)
∞	27.06	7.95	1.63	4.74	0.73
100		33.71	27.04	4.19	4.76
24		75.32	43.51	1/24	17.78

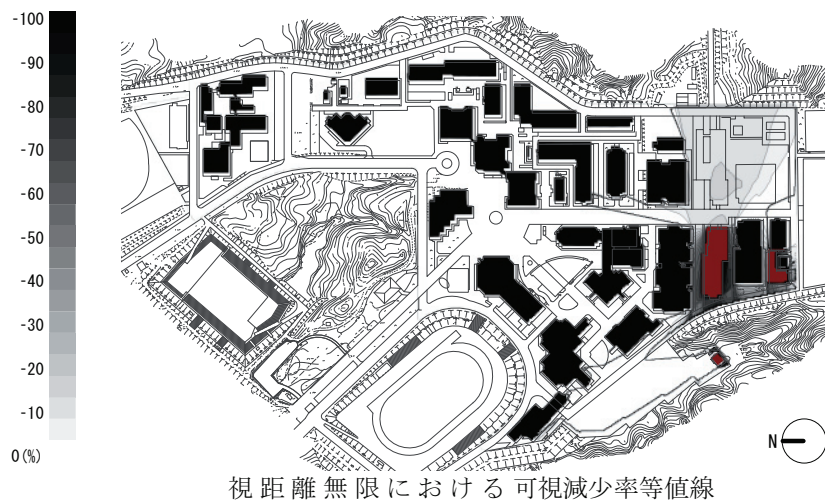
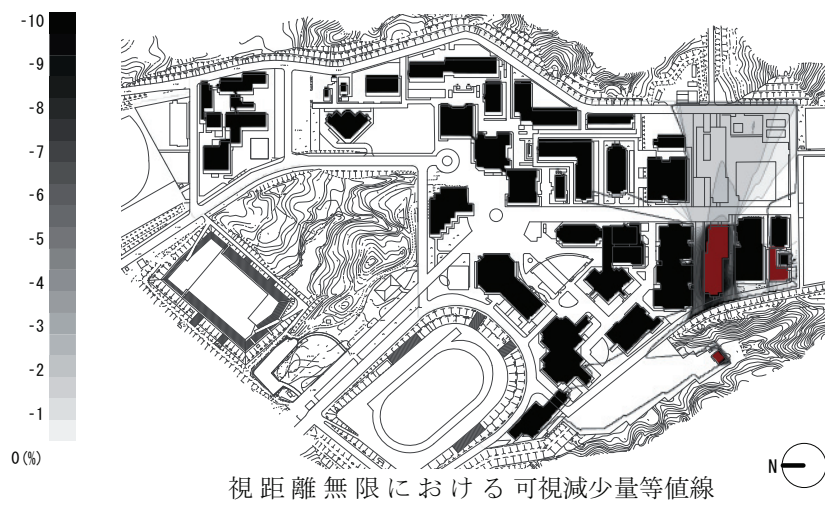
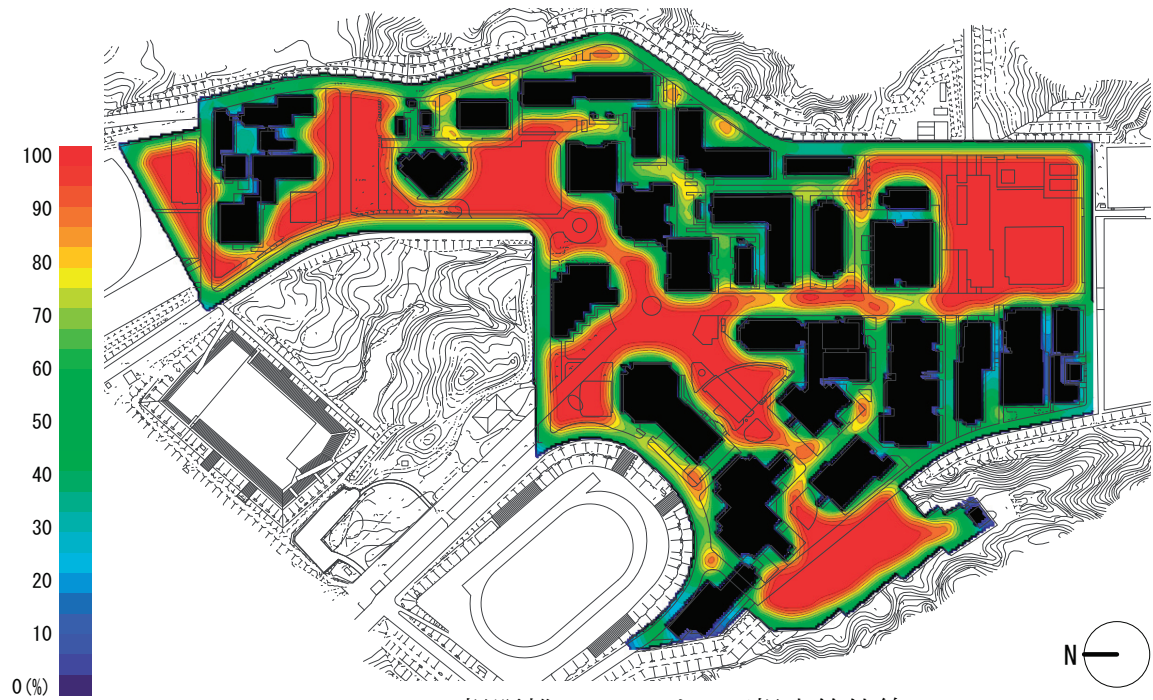


2003 年

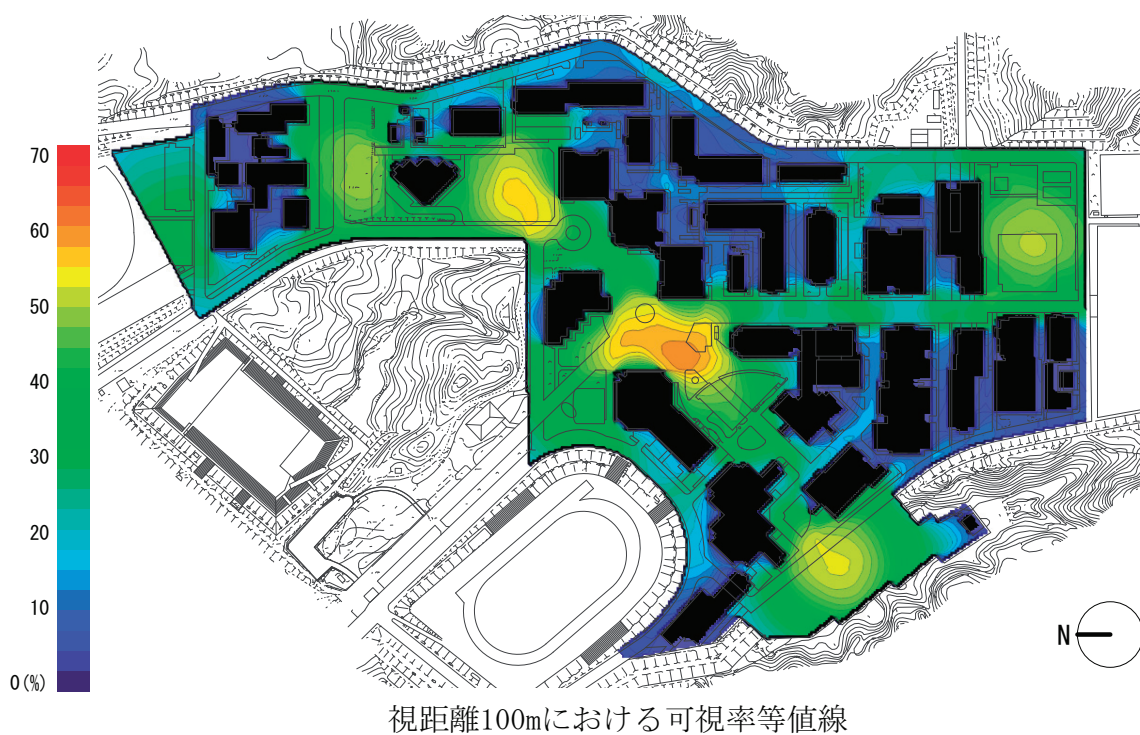
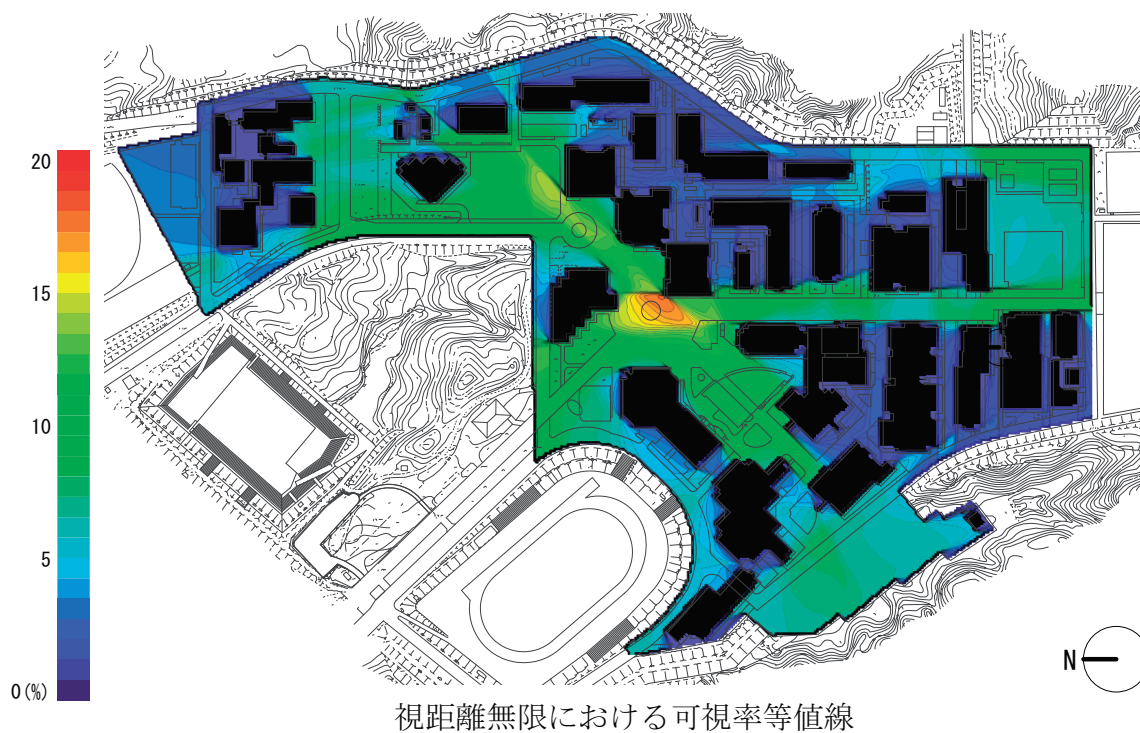


数値指標一覧

視距離(m)	建蔽率 (%)	可視率平均 (%)	可視率分散 ($\times 10^{-3}$)	影響面積率 (%)	可視減少量平均 (%)
∞	28.51	7.57	1.46	21.68	1.24
100		32.97	27.24	9.74	6.19
24		74.17	47.07	3.42	19.26

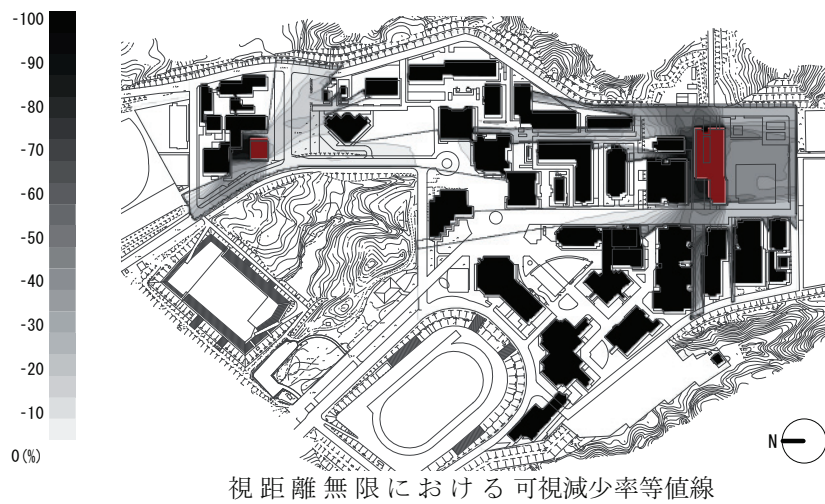
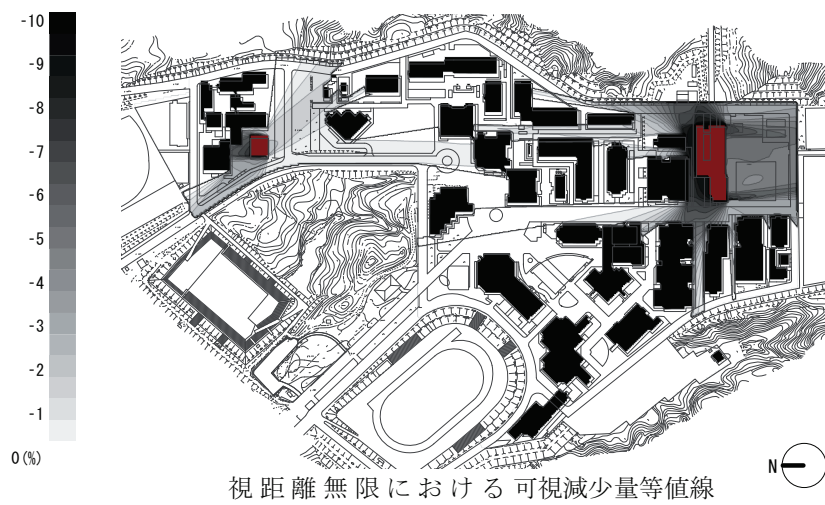
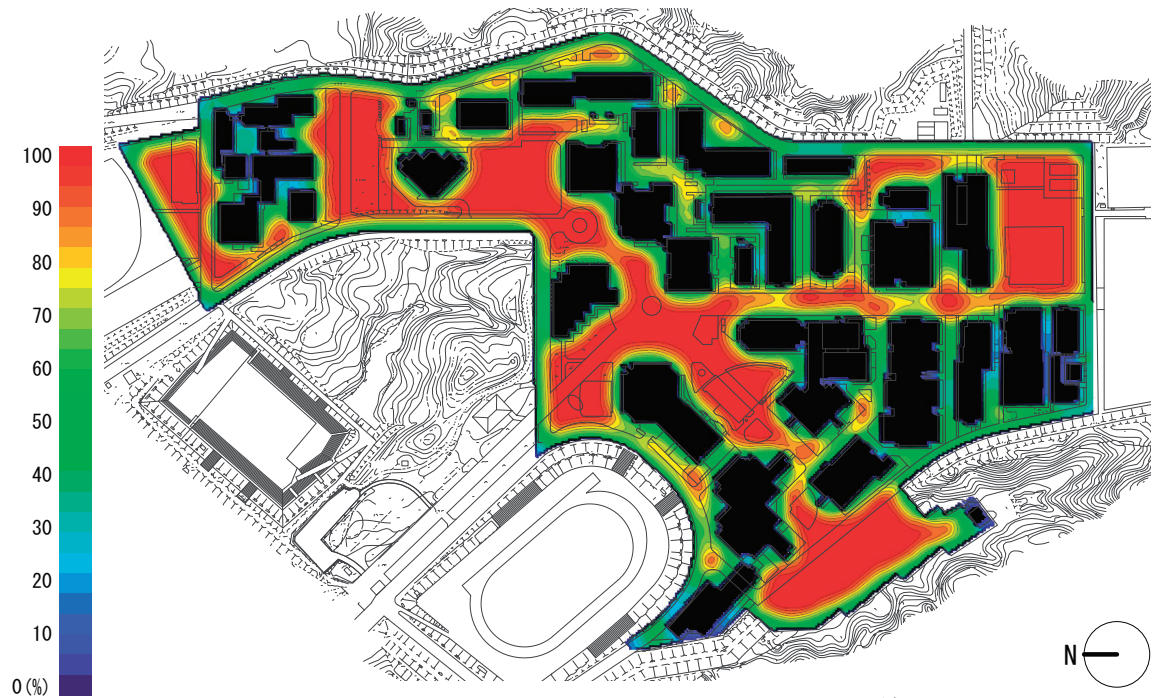


2004 年

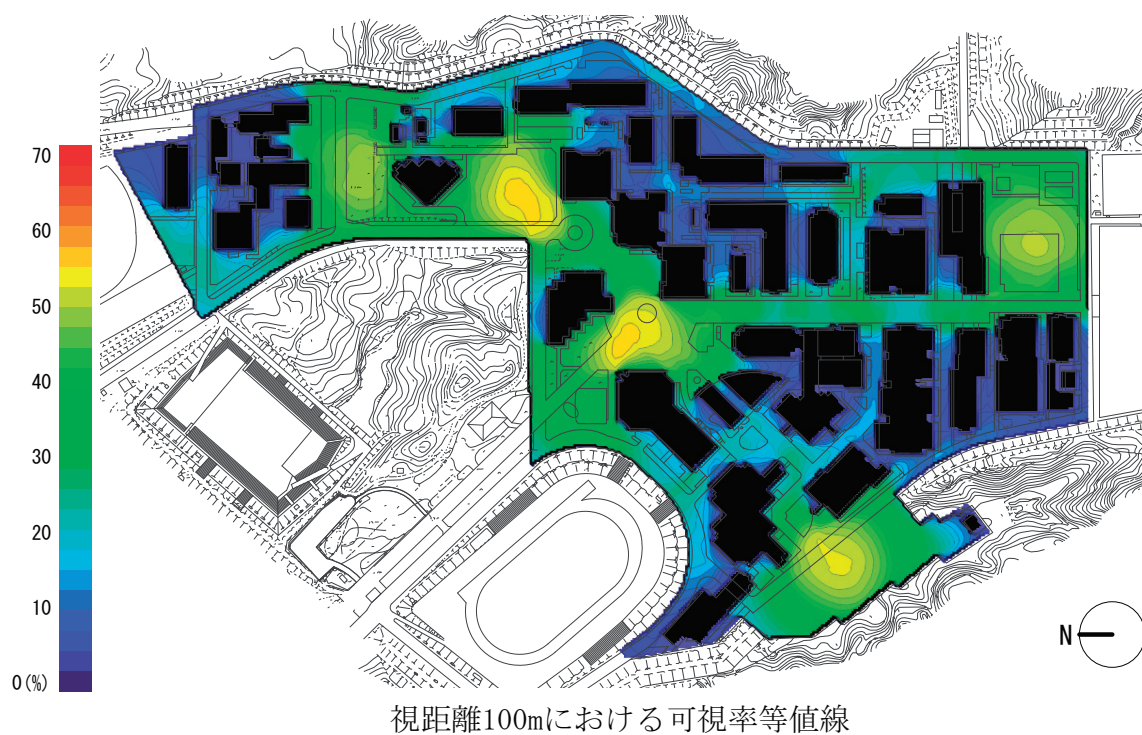
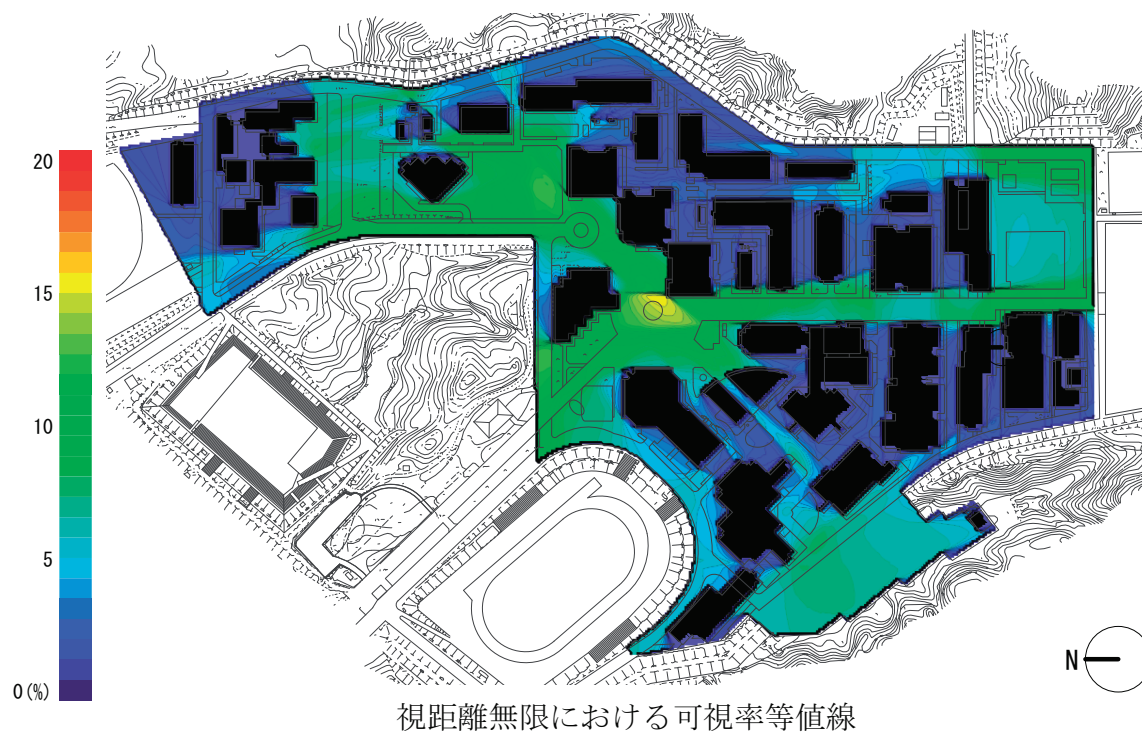


数値指標一覧

視距離(m)	建蔽率 (%)	可視率平均 (%)	可視率分散 ($\times 10^{-3}$)	影響面積率 (%)	可視減少量平均 (%)
∞	30.19	6.56	1.12	28.95	2.35
100		29.82	20.15	17.13	10.16
24		72.50	46.18	4.42	17.08

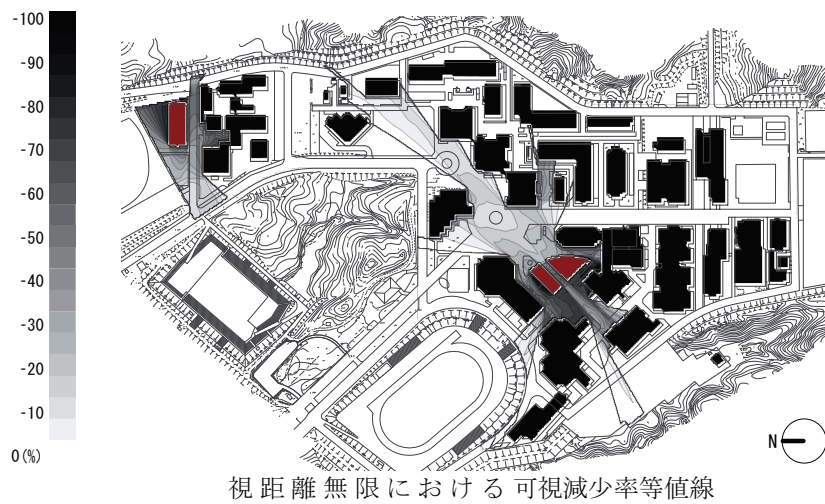
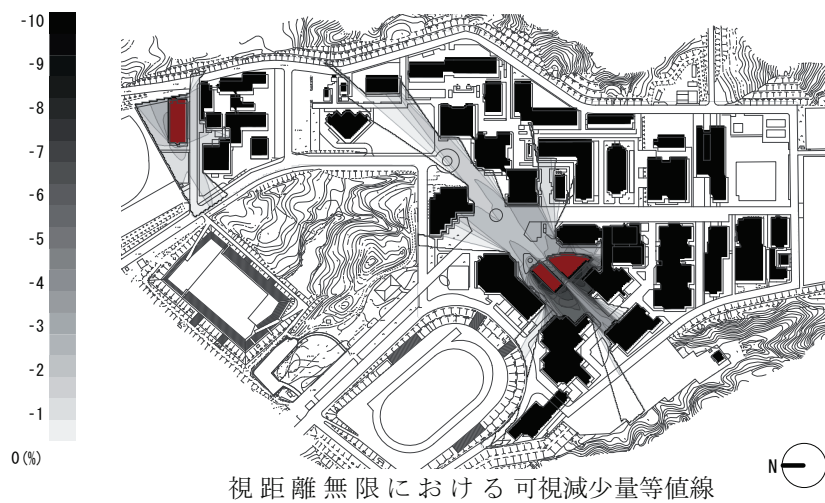


2005 年

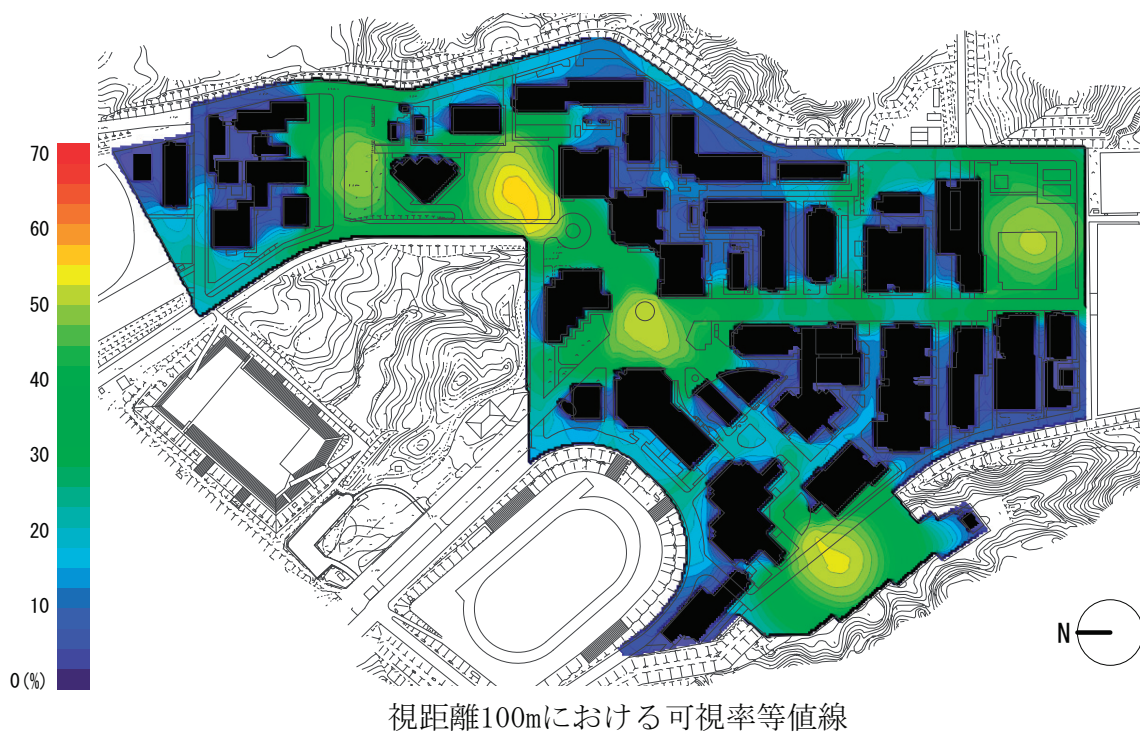
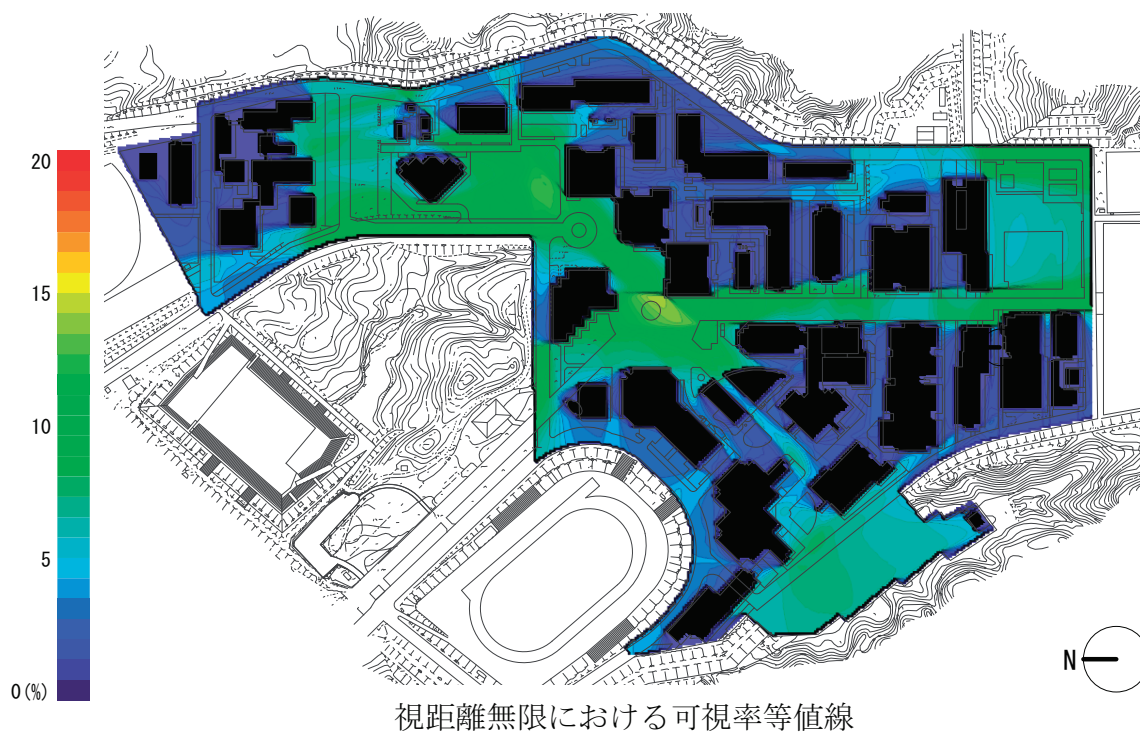


数値指標一覧

視距離(m)	建蔽率 (%)	可視率平均 (%)	可視率分散 ($\times 10^{-3}$)	影響面積率 (%)	可視減少量平均 (%)
∞	31.52	6.01	0.99	19.23	1.72
100		28.13	20.16	10.55	10.19
24		70.94	46.38	3.93	19.69

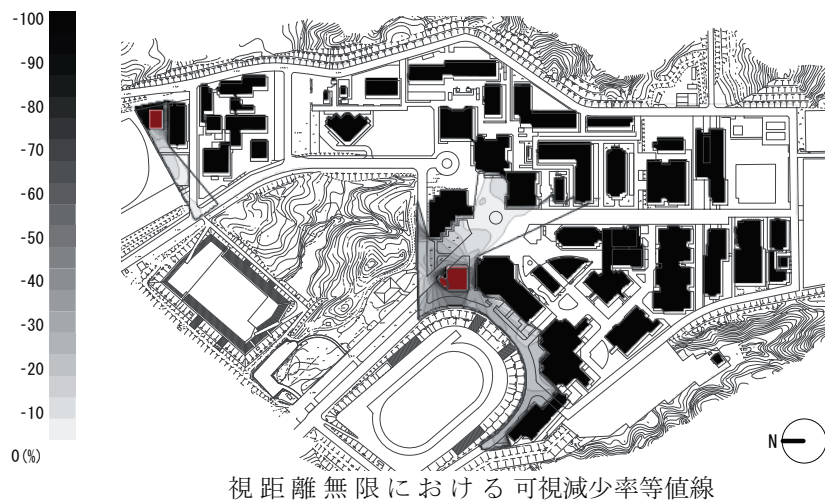
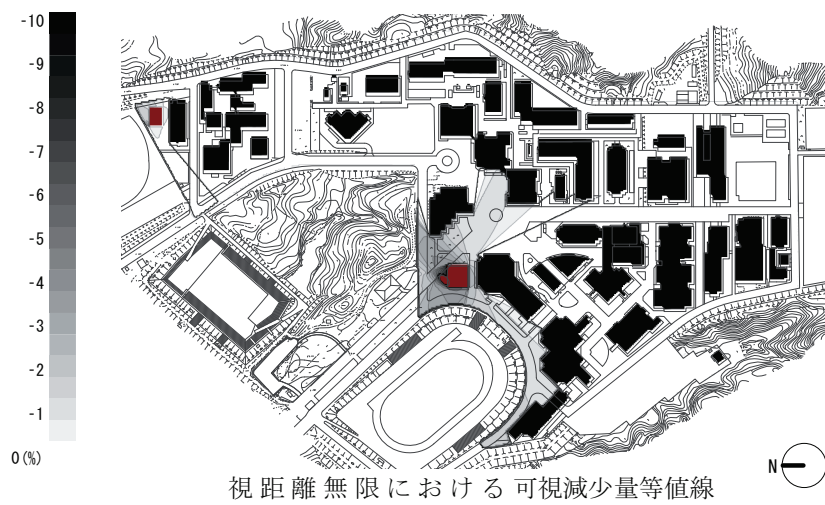


2006 年

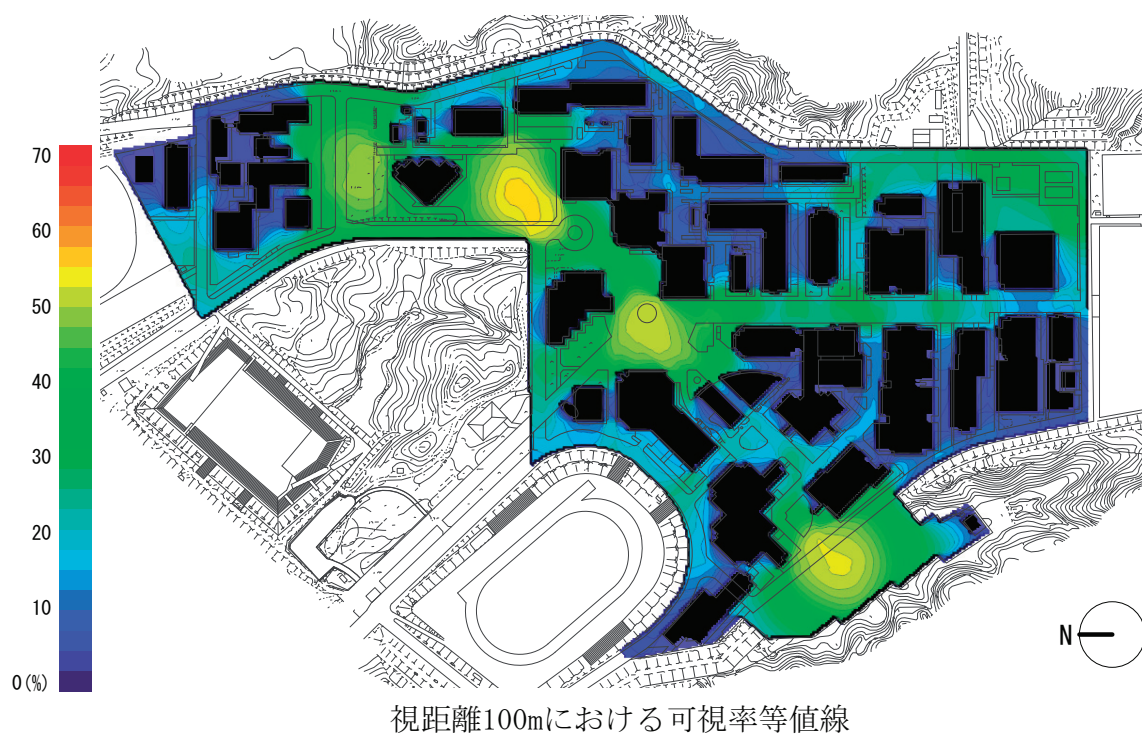
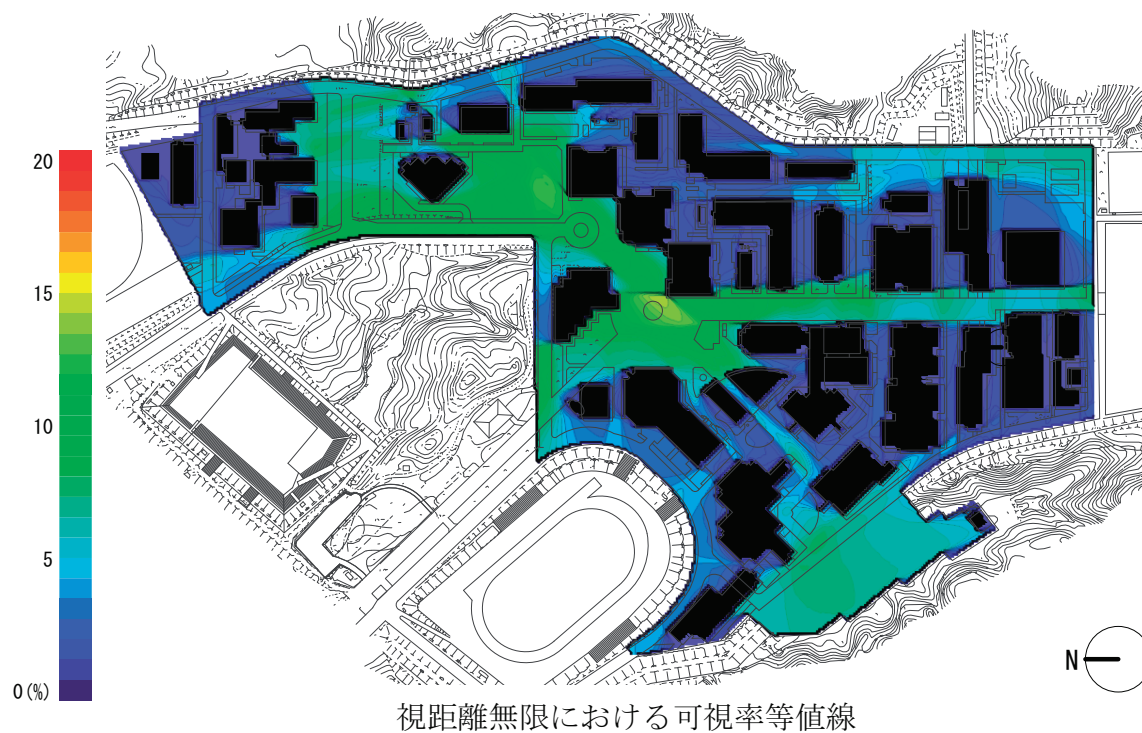


数値指標一覧

視距離(m)	建蔽率 (%)	可視率平均 (%)	可視率分散 ($\times 10^{-3}$)	影響面積率 (%)	可視減少量平均 (%)
∞	32.12	5.79	0.94	12.33	1.21
100		27.44	19.93	6.82	6.81
24		70.21	47.03	2.26	16.78

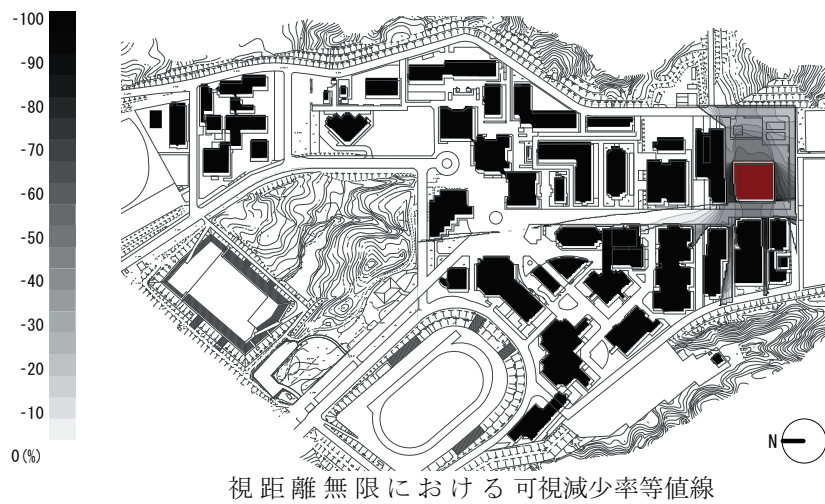
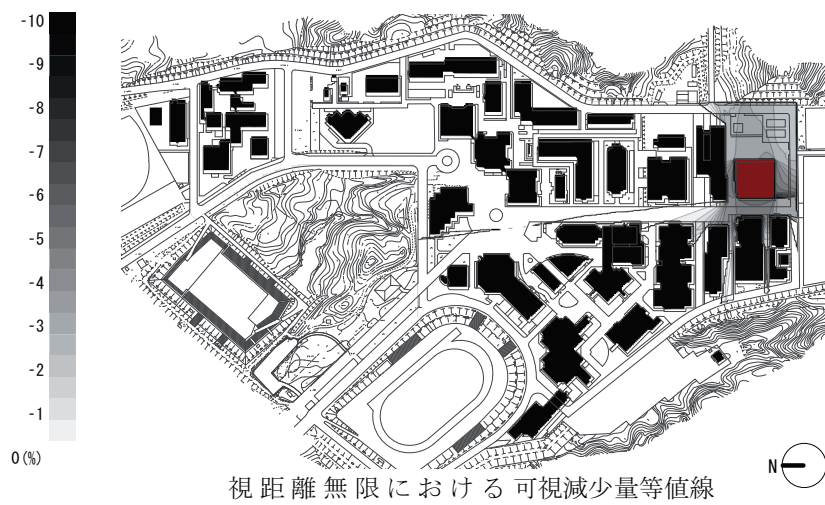
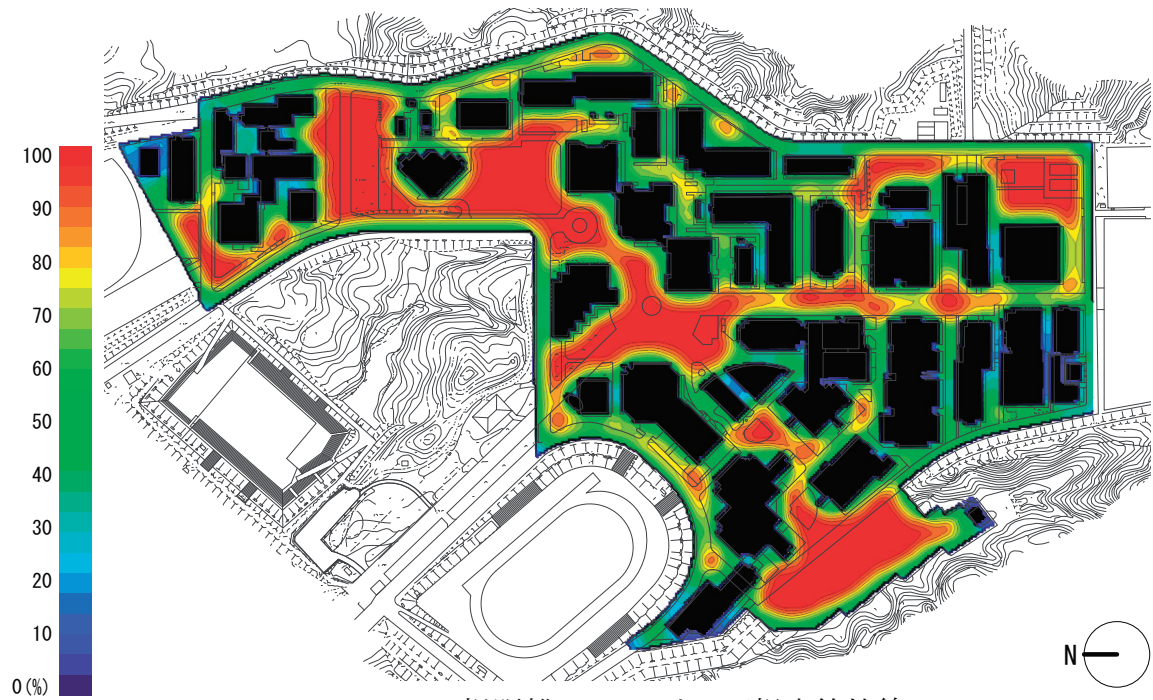


2008 年



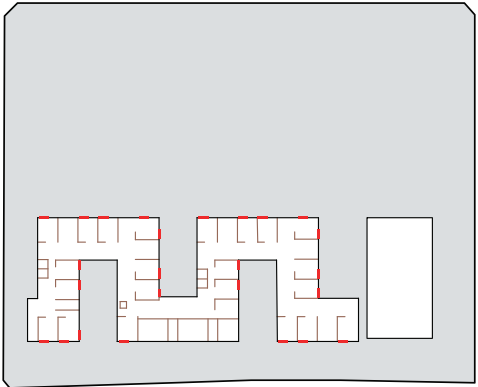
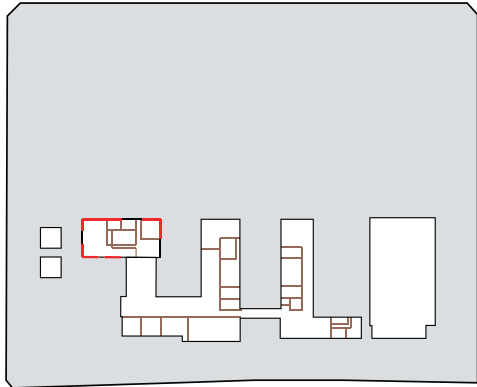
数値指標一覧

視距離(m)	建蔽率 (%)	可視率平均 (%)	可視率分散 ($\times 10^{-3}$)	影響面積率 (%)	可視減少量平均 (%)
∞	33.25	5.48	0.90	10.42	1.86
100		25.85	18.18	6.39	13.14
24		69.13	45.77	2.36	17.28

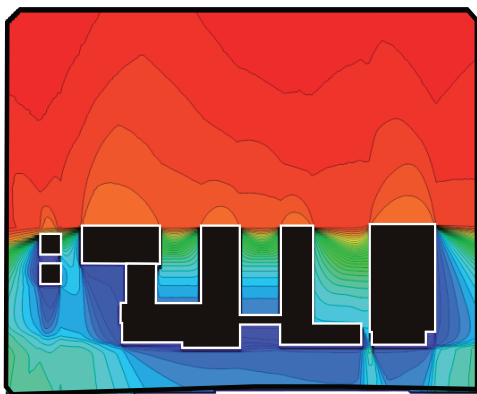


(1) 高崎市立桜山小学校 / 2009-7

外部面積 (m ²)	遮蔽物面積 (m ²)	総視点数
22828	3895	303

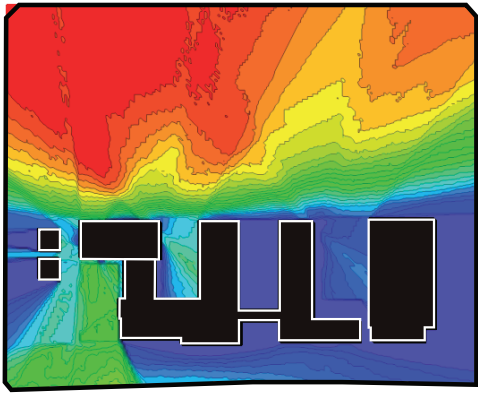


1/2500



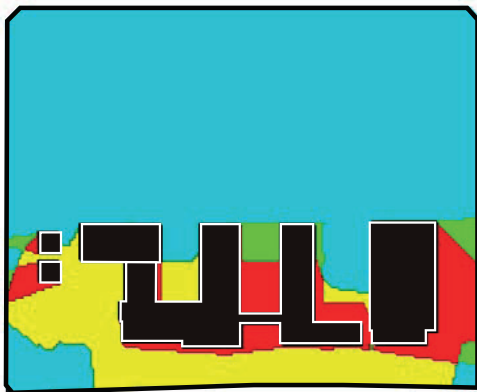
外部環境率平均 (%)	55.58	0% 100%
外部環境率分散 (x10 ²)	6.12	

外部環境率等値線



対外環境平均	86.97	0 150
窓効率	0.2870	

対外環境量等値線



外部環境率 (α) \ 対外環境 (β)	β ≥ 1	β = 0
α ≥ 25	16722 (73%)	628 (3%)
α < 25	3615 (16%)	1863 (8%)

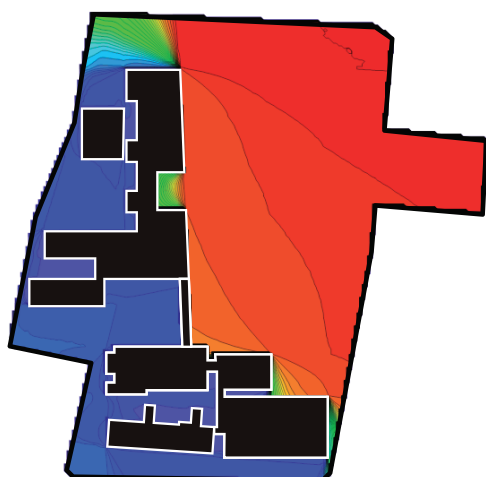
不可視領域

(2) 伊那東小学校 /2009-7

外部面積 (m ²)	遮蔽物面積 (m ²)	総視点数
17223	5126	226



1/2500



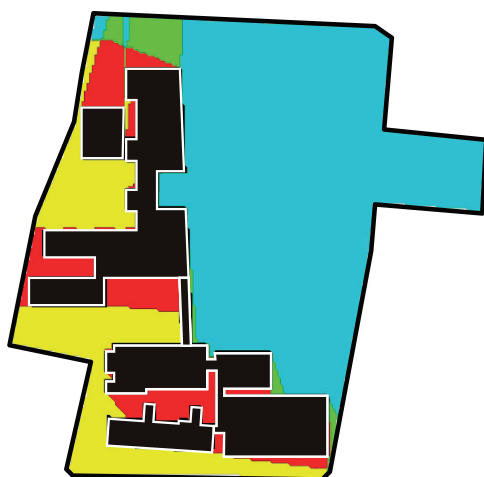
外部環視率平均 (%)	47.52	0% 100%
外部環視率分散 (x10 ⁻³)	7.67	

外部環視率等値線



対外環視平均	47.13	0 150
窓効率	0.2086	

対外環視量等値線

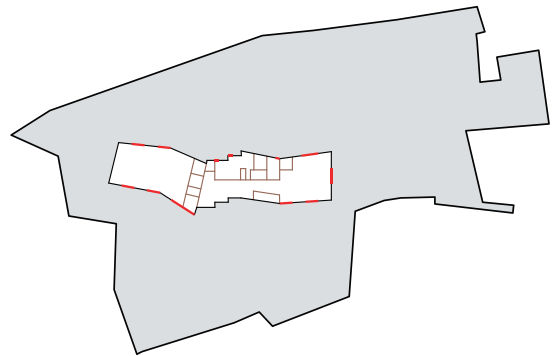


不可視領域

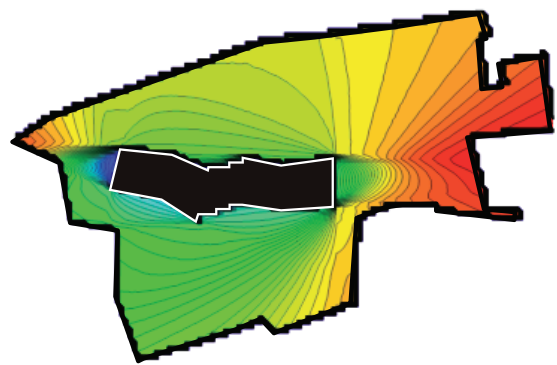
外部 環視率 (α)	対外 環視 (β)	
	β ≥ 1	β = 0
α ≥ 25	11259 (65%)	606 (4%)
α < 25	3544 (21%)	1814 (11%)

(3) 七沢希望の丘小学校 /2009-6

外部面積 (㎡)	遮蔽物面積 (㎡)	総視点数
4893	544	68



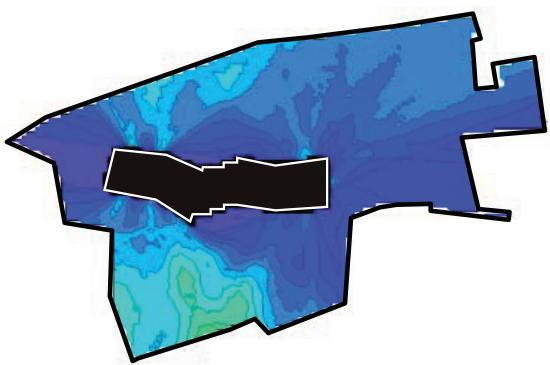
1/1500



外部環視率平均 (%)	60.06
外部環視率分散 (x10 ²)	1.92

0% 100%

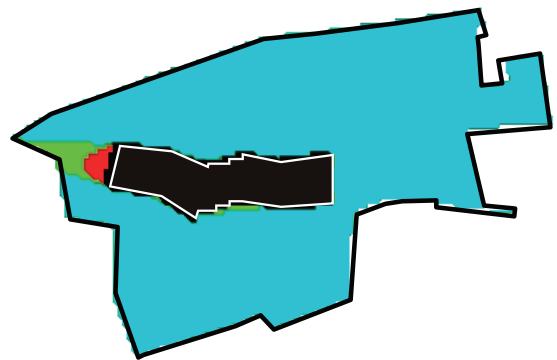
外部環視率等値線



対外環視平均	26.08
窓効率	0.3033

0 150

対外環視量等値線

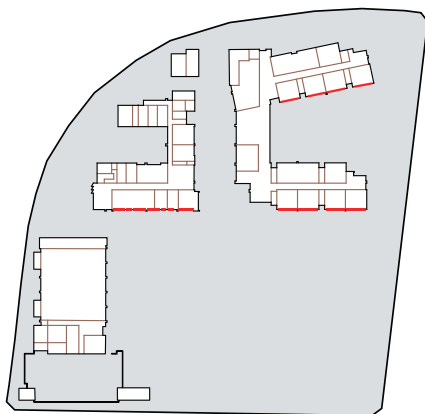


外部 環視率 (α)	対外 環視 (β)	
	β ≥ 1	β = 0
α ≥ 25	4717 (96.4%)	132 (2.7%)
α < 25	4 (0.1%)	40 (0.8%)

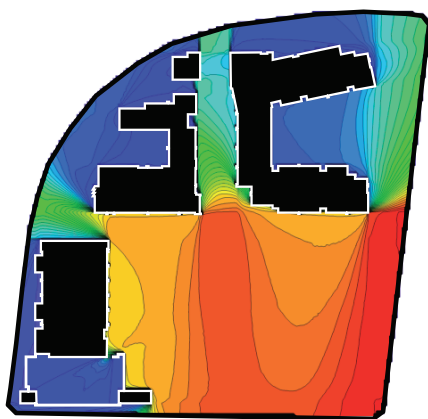
不可視領域

(4) 神戸市立玉津第一小学校 / 2009-3

外部面積 (m ²)	遮蔽物面積 (m ²)	総視点数
16250	5099	170

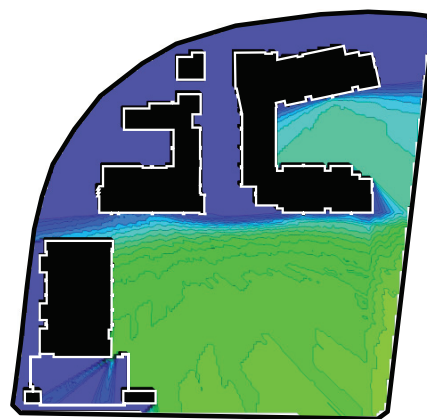


1/2500



外部環視率平均 (%)	39.44	0% 100%
外部環視率分散 (x10 ²)	5.37	

外部環視率等値線



対外環視平均	49.03	0 150
窓効率	0.2884	

対外環視量等値線

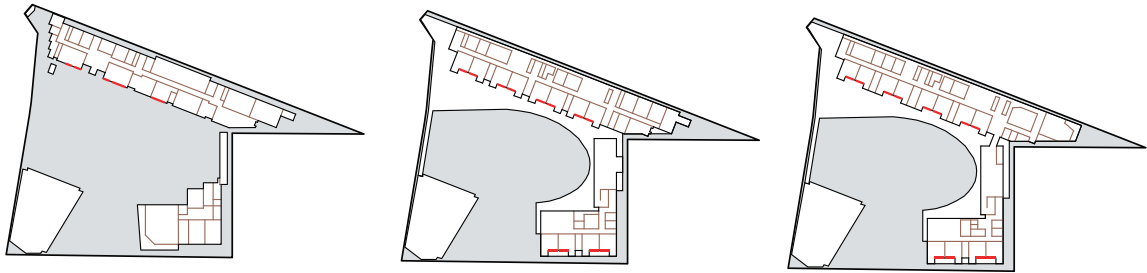


外部 環視率 (α) \ 対外 環視 (β)	β ≥ 1	β = 0
α ≥ 25	9320 (57.4%)	1037 (6.4%)
α < 25	1696 (10.4%)	4197 (25.8%)

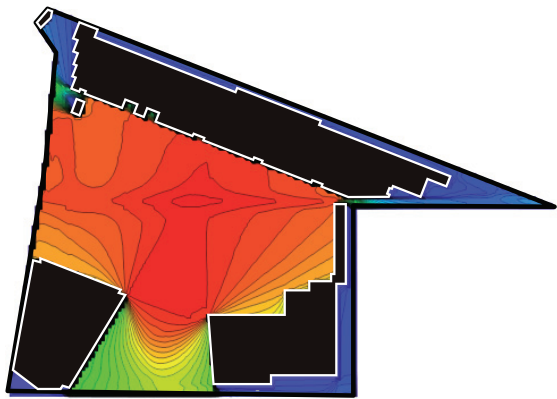
不可視領域

(5) 青山学院初等部 /2008-6

外部面積 (m ²)	遮蔽物面積 (m ²)	総視点数
6694	3795	292



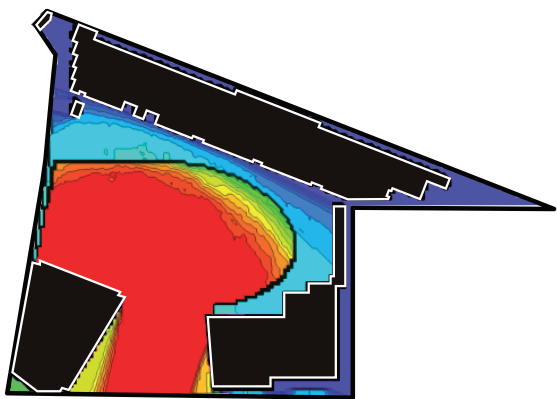
1/3000



外部環視率平均 (%)	60.68
外部環視率分散 (x10 ⁻³)	7.15

0% 100%

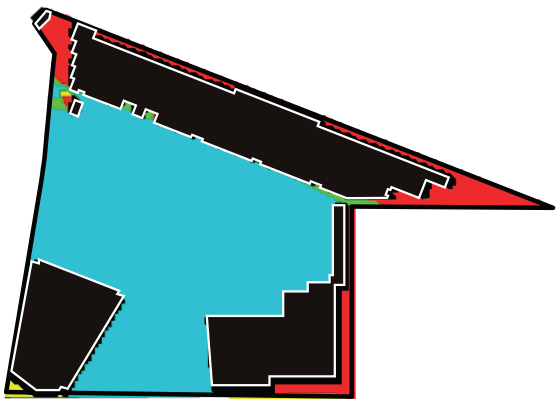
外部環視率等値線



對外環視平均	95.52
窓効率	0.3271

0 150

對外環視量等値線

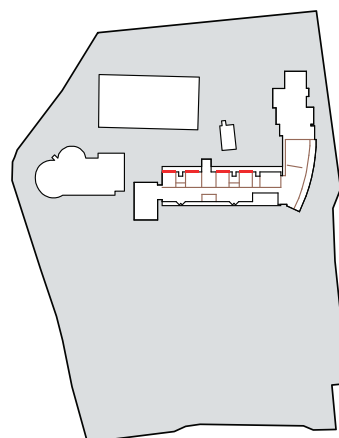
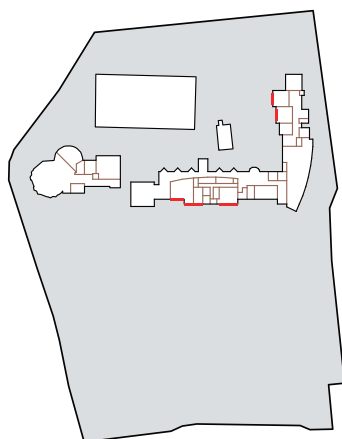


外部 環視率 (α)	對外 環視 (β)	
	β ≥ 1	β = 0
α ≥ 25	5286 (79.0%)	126 (1.9%)
α < 25	192 (2.9%)	1090 (16.3%)

不可視領域

(6) 安中市立九十九小学校 /2007-5

外部面積 (m ²)	遮蔽物面積 (m ²)	総視点数
14751	2549	95



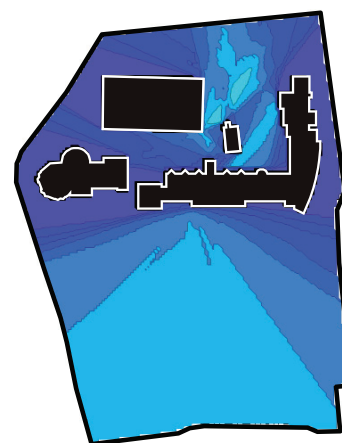
1/2500



外部環視率平均 (%)	50.69
外部環視率分散 (x10 ⁻²)	6.06

0% 100%

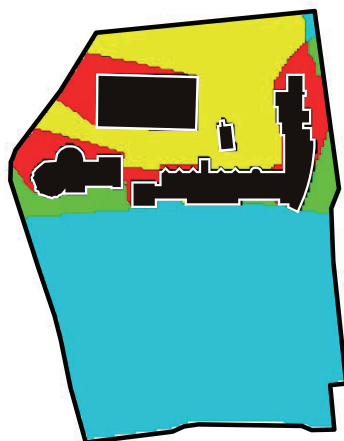
外部環視率等値線



対外環視平均	25.26
窓効率	0.2659

0 150

対外環視量等値線

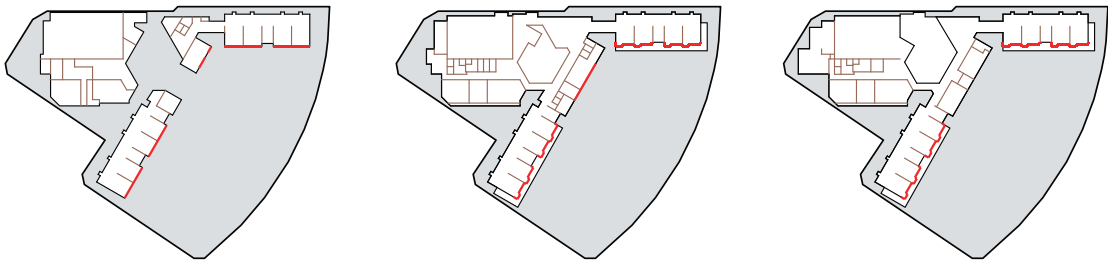


外部 環視率 (α) \ 対外 環視 (β)	β ≥ 1	β = 0
α ≥ 25	9393 (63.5%)	810 (5.5%)
α < 25	3308 (22.4%)	1276 (8.6%)

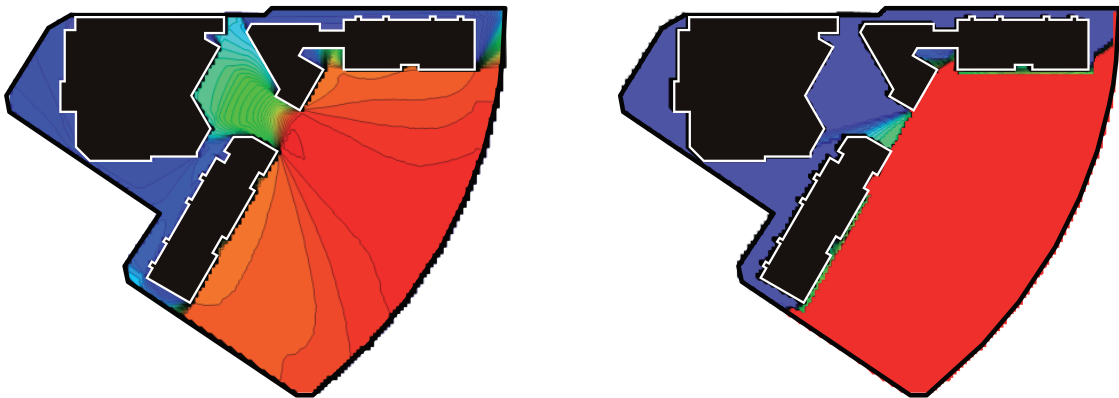
不可視領域

(7) 川口市立戸塚南小学校 /2006-9

外部面積 (㎡)	遮蔽物面積 (㎡)	総視点数
8005	3497	513



1/3000



外部環視率平均 (%)	56.52
外部環視率分散 (x10 ²)	7.56

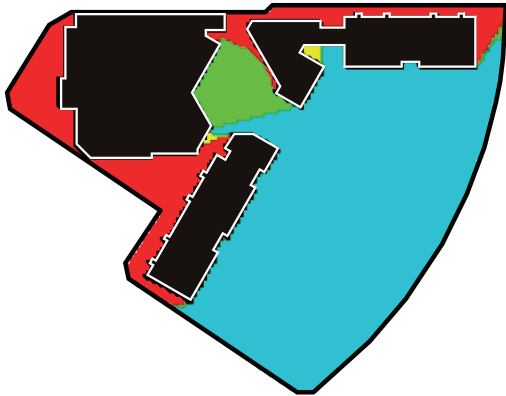
0% 100%

外部環視率等値線

対外環視平均	330.45
窓効率	0.6441

0 150

対外環視量等値線

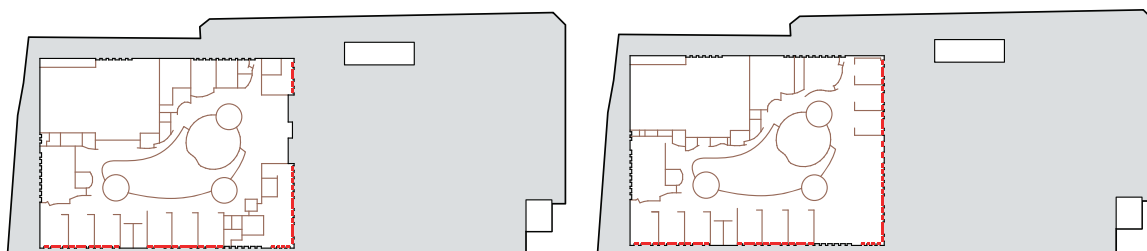


外部 環視率 (α) \ 対外 環視 (β)	β ≥ 1	β = 0
α ≥ 25	5760 (72.0%)	499 (6.2%)
α < 25	61 (0.8%)	1685 (21.0%)

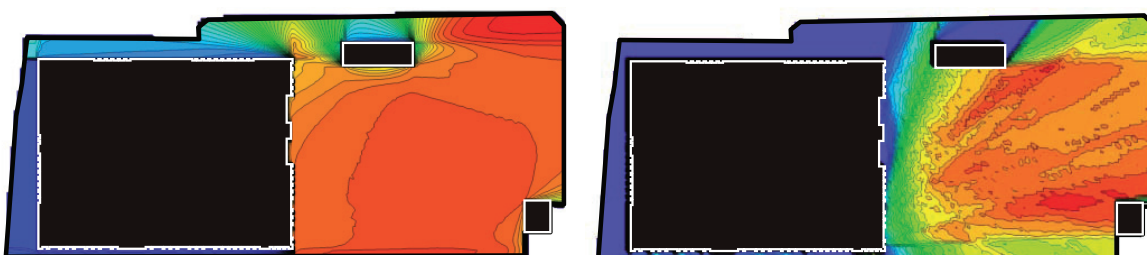
不可視領域

(8) 同志社小学校 /2006-6

外部面積 (m ²)	遮蔽物面積 (m ²)	総視点数
7391	4752	408



1/2000



外部環視率平均 (%)	63.96	0% 100%
外部環視率分散 (x10 ⁻²)	6.35	

外部環視率等値線

対外環視平均	87.98	0 150
窓効率	0.2156	

対外環視量等値線

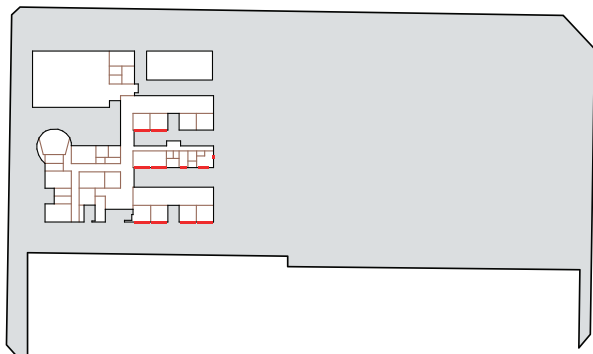


対外 環視率 (α)	対外 環視 (β)	
	β ≥ 1	β = 0
α ≥ 25	5722 (77.4%)	456 (6.2%)
α < 25	207 (2.8%)	1006 (13.6%)

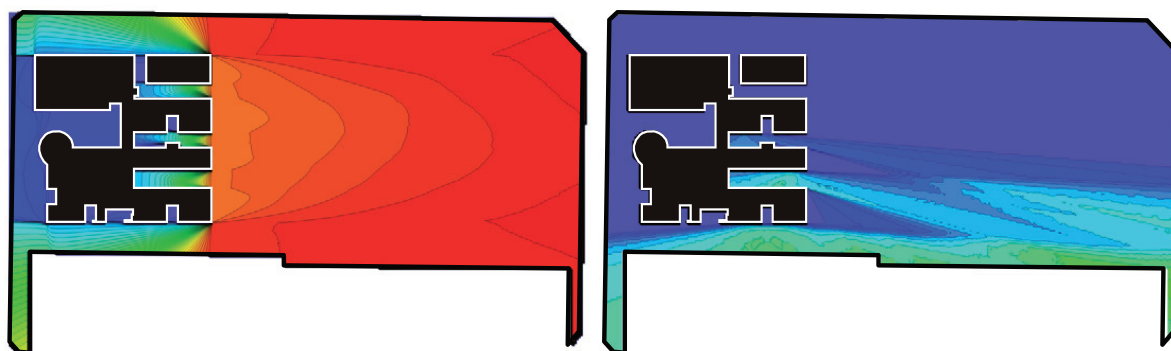
不可視領域

(9) 射水市立堀岡小学校 /2006-4

外部面積 (㎡)	遮蔽物面積 (㎡)	総視点数
29043	5048	146



1/3000

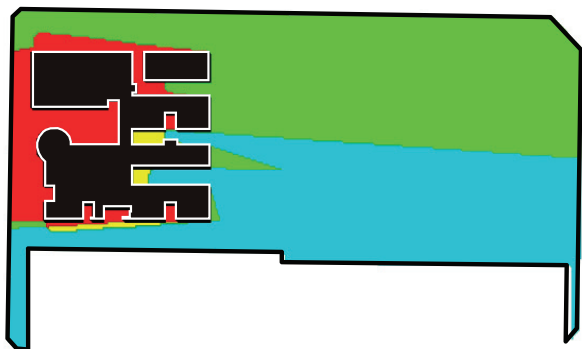


外部環視率平均 (%)	69.86	0% 100%
外部環視率分散 ($\times 10^3$)	6.47	

外部環視率等値線

對外環視平均	15.42	0 150
窓効率	0.1056	

對外環視量等値線

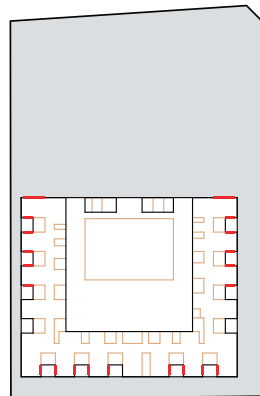
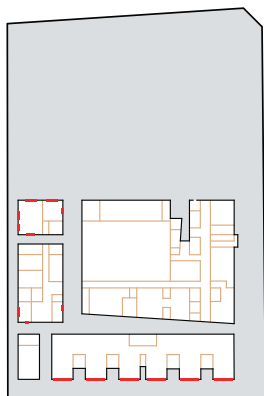


外部 環視率 (α) \ 對外 環視 (β)	$\beta \geq 1$	$\beta = 0$
$\alpha \geq 25$	12377 (42.6%)	13573 (46.7%)
$\alpha < 25$	355 (1.2%)	2738 (9.4%)

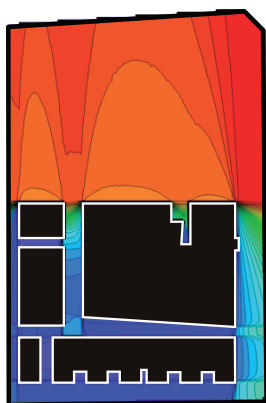
不可視領域

(10) 戸田市立芦原小学校 /2005-5

外部面積 (㎡)	遮蔽物面積 (㎡)	総視点数
10062	4700	372

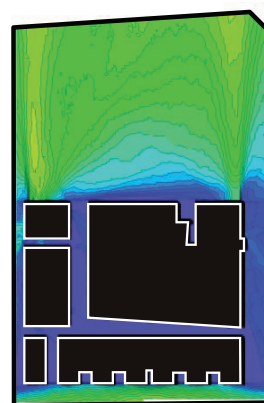


1/2500



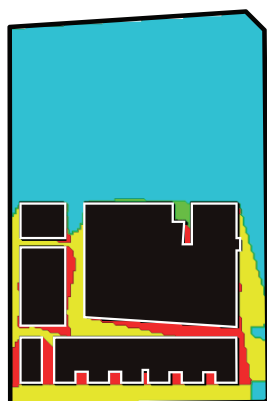
外部環視率平均 (%)	55.93	0% 100%
外部環視率分散 ($\times 10^2$)	7.72	

外部環視率等値線



対外環視平均	55.88	0 150
窓効率	0.1502	

対外環視量等値線

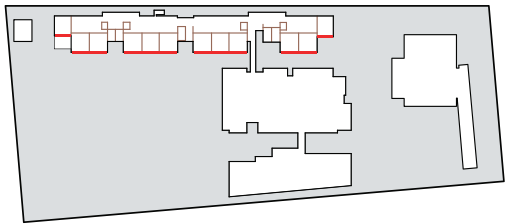


外部 環視率 (α) \ 対外 環視 (β)	$\beta \geq 1$	$\beta = 0$
$\alpha \geq 25$	7375 (73.3%)	107 (1.1%)
$\alpha < 25$	1901 (18.9%)	679 (6.7%)

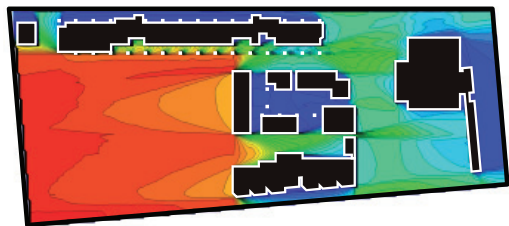
不可視領域

(11) なぎさ公園小学校 /2003-9

外部面積 (m ²)	遮蔽物面積 (m ²)	総視点数
16107	4217	409

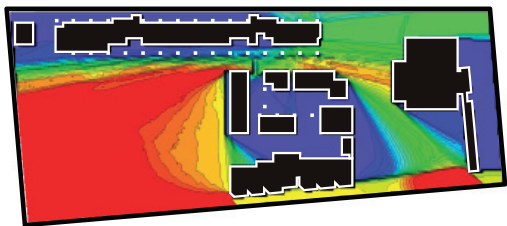


1/3000



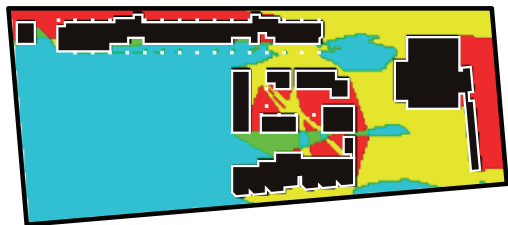
外部環視率平均 (%)	35.06	
外部環視率分散 (x10 ²)	3.77	

外部環視率等値線



対外環視平均	94.52	
窓効率	0.2311	

対外環視量等値線

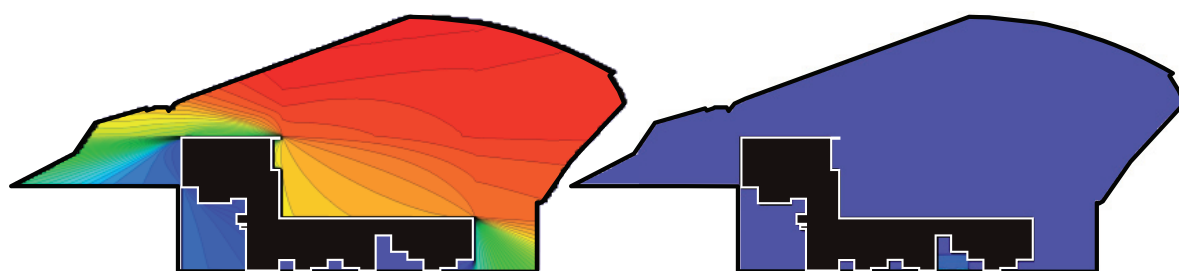
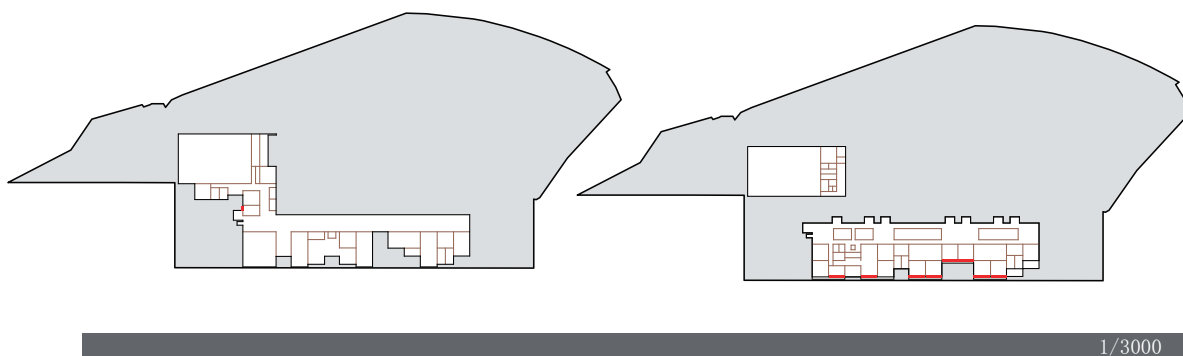


外部 環視率 (α)	対外 環視 (β)	β ≥ 1	β = 0
α ≥ 25		8793 (54.6%)	506 (3.1%)
α < 25		4528 (28.1%)	2280 (14.2%)

不可視領域

(12) 南山城村立南山城小学校 /2003-7

外部面積 (m ²)	遮蔽物面積 (m ²)	総視点数
20198	4158	121



外部環視率平均 (%)	69.71
外部環視率分散 (x10 ³)	5.92

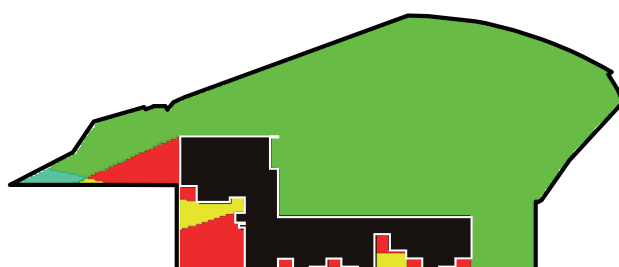


外部環視率等値線

対外環視平均	0.38
窓効率	0.0031



対外環視量等値線

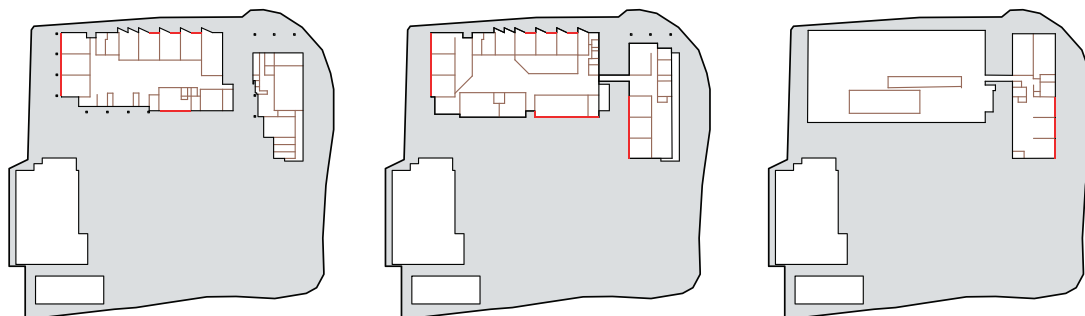


外部 環視率 (α)	対外 環視 (β)	
	β ≥ 1	β = 0
α ≥ 25	182 (0.9%)	17614 (87.2%)
α < 25	600 (3.0%)	1802 (8.9%)

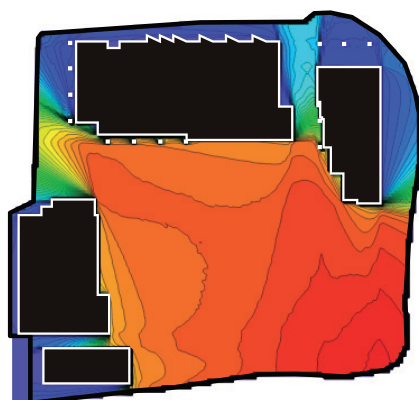
不可視領域

(13) 川尻小学校 / 2003-7

外部面積 (m ²)	遮蔽物面積 (m ²)	総視点数
9089	3884	303

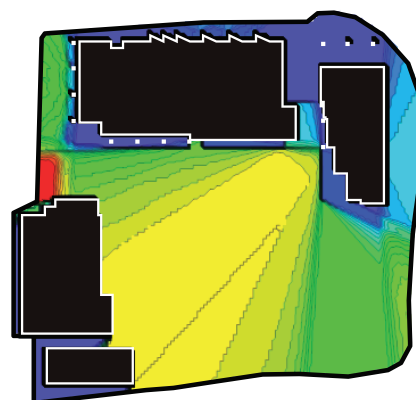


1/2500



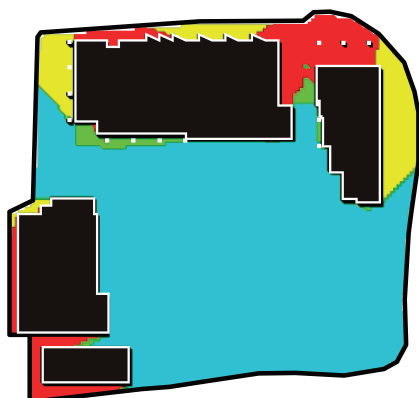
外部環視率平均 (%)	60.90	0% 100%
外部環視率分散 (x10 ²)	7.50	

外部環視率等値線



対外環視平均	77.81	0 150
窓効率	0.2568	

対外環視量等値線

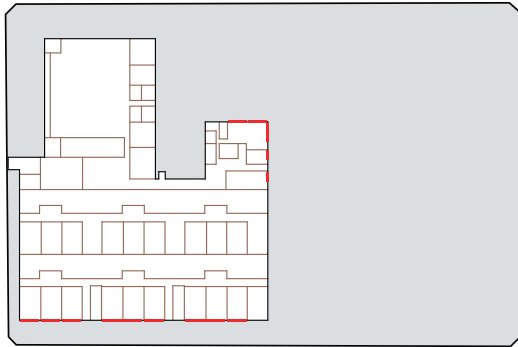


外部 環視率 (α)	対外 環視 (β)	β ≥ 1	β = 0
α ≥ 25		6935 (76.3%)	225 (2.5%)
α < 25		923 (10.2%)	1006 (11.1%)

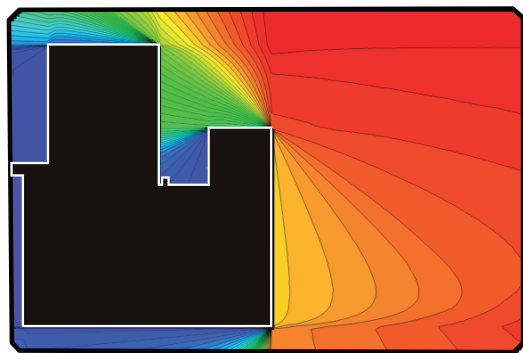
不可視領域

(14) 太田市立沢野中央小学校 /2003-6

外部面積 (㎡)	遮蔽物面積 (㎡)	総視点数
18094	8239	192

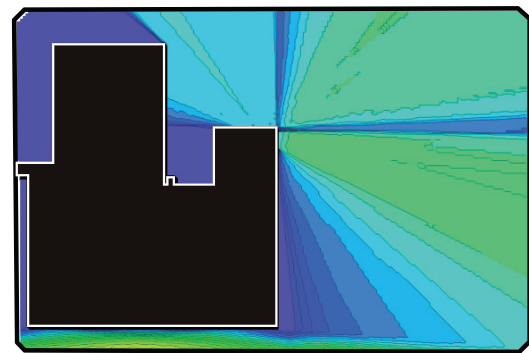


1/2500



外部環視率平均 (%)	68.52	0% 100%
外部環視率分散 ($\times 10^2$)	6.64	

外部環視率等値線



対外環視平均	42.65	0 150
窓効率	0.2221	

対外環視量等値線

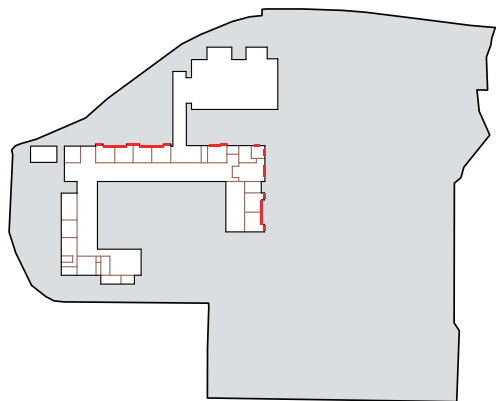


外部 環視率 (α) \ 対外 環視 (β)	$\beta \geq 1$	$\beta = 0$
$\alpha \geq 25$	15000 (82.9%)	636 (3.5%)
$\alpha < 25$	887 (4.9%)	1571 (8.7%)

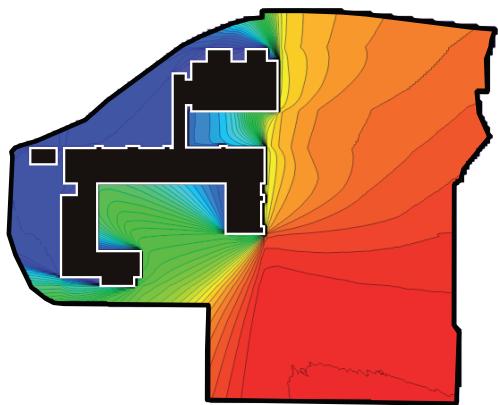
不可視領域

(15) 金山町立明安小学校 /2002-8

外部面積 (m ²)	遮蔽物面積 (m ²)	総視点数
17827	3031	118



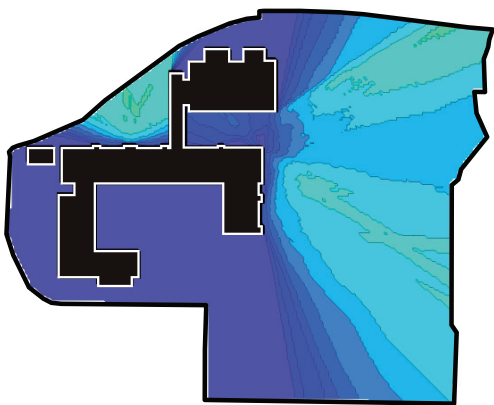
1/2500



外部環視率平均 (%)	62.15
外部環視率分散 (x10 ²)	6.78



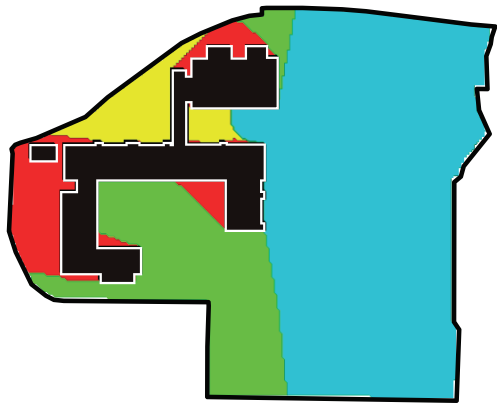
外部環視率等値線



対外環視平均	25.29
窓効率	0.2143



対外環視量等値線

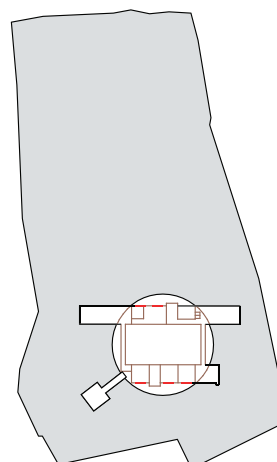
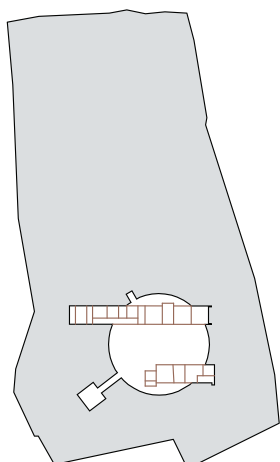


外部 環視率 (α)	対外 環視 (β)	
	β ≥ 1	β = 0
α ≥ 25	11125 (62.4%)	3952 (22.2%)
α < 25	1195 (6.7%)	1555 (8.7%)

不可視領域

(16) 山形村立繫小学校 / 2001-12

外部面積 (m ²)	遮蔽物面積 (m ²)	総視点数
8148	961	42



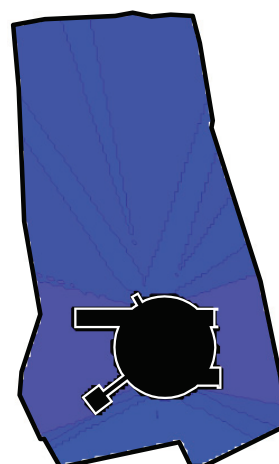
1/2000



外部環視率平均 (%)	64.41
外部環視率分散 (x10 ²)	4.95



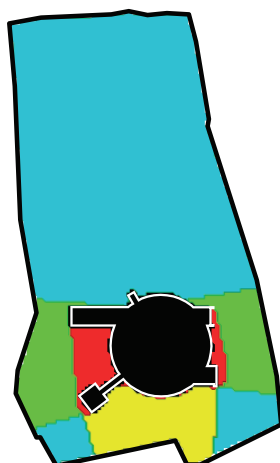
外部環視率等値線



対外環視平均	9.74
窓効率	0.2320



対外環視量等値線

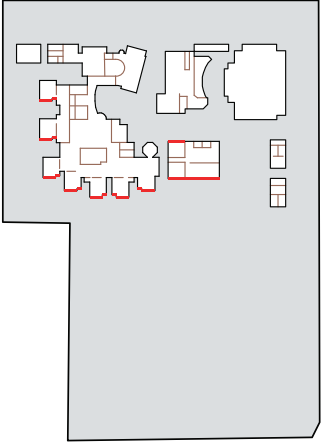


不可視領域

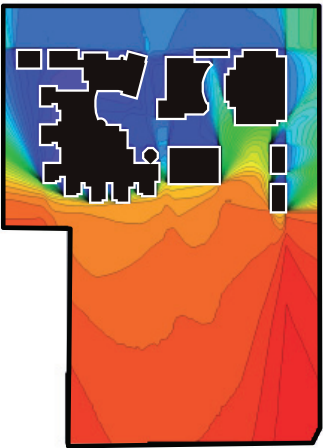
外部 環視率 (α) \ 対外 環視 (β)	β ≥ 1	β = 0
α ≥ 25	5978 (73.4%)	1116 (13.7%)
α < 25	728 (8.9%)	326 (4.0%)

(17) 新地町立駒ヶ峯小学校 / 2001-12

外部面積 (m ²)	遮蔽物面積 (m ²)	総視点数
22214	4585	145

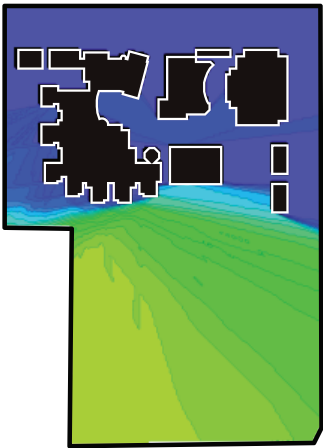


1/3000



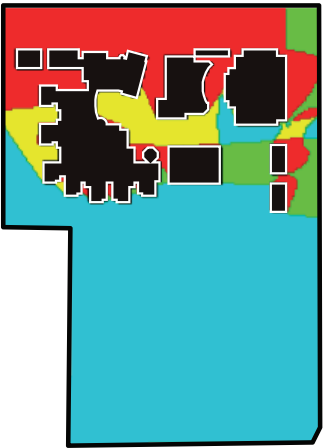
外部環視率平均 (%)	50.65	
外部環視率分散 (x10 ²)	6.42	

外部環視率等値線



対外環視平均	55.89	
窓効率	0.3854	

対外環視量等値線

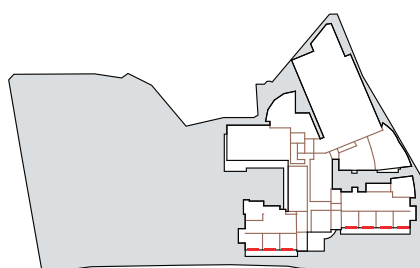
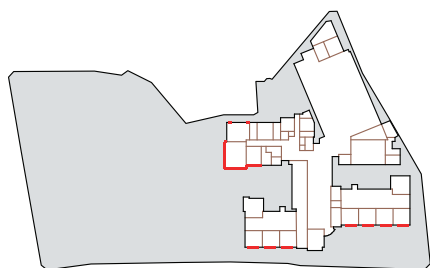
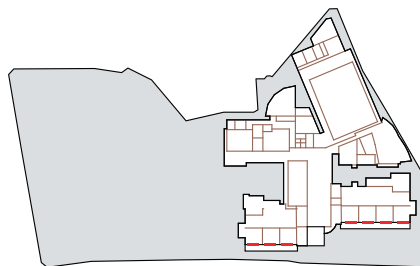


外部 環視率 (α)	対外 環視 (β)	β ≥ 1	β = 0
α ≥ 25		14683 (66.1%)	1344 (6.1%)
α < 25		1571 (7.1%)	4616 (20.8%)

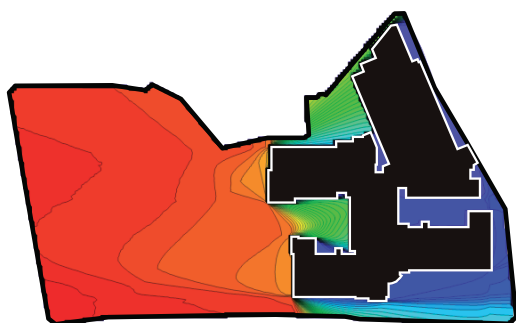
不可視領域

(18) 世田谷区立桜丘小学校 /2000-4

外部面積 (㎡)	遮蔽物面積 (㎡)	総視点数
11177	4408	336



1/3000



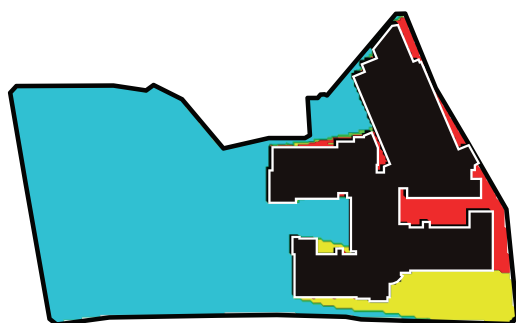
外部環視率平均 (%)	62.12	0% 100%
外部環視率分散 ($\times 10^3$)	7.31	

外部環視率等値線



対外環視平均	53.11	0 150
窓効率	0.1581	

対外環視量等値線

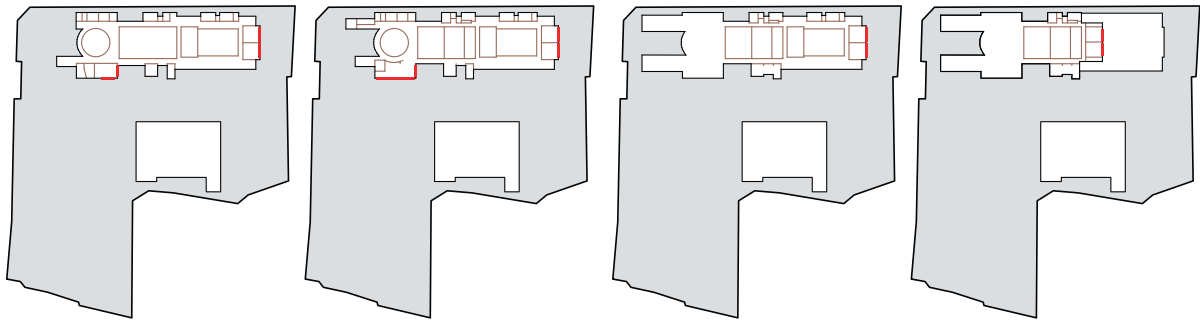


外部 環視率 (α) \ 対外 環視 (β)	$\beta \geq 1$	$\beta = 0$
$\alpha \geq 25$	9140 (81.8%)	40 (0.4%)
$\alpha < 25$	1130 (10.1%)	867 (7.8%)

不可視領域


(19) 丸亀市立城乾小学校 / 1999-12

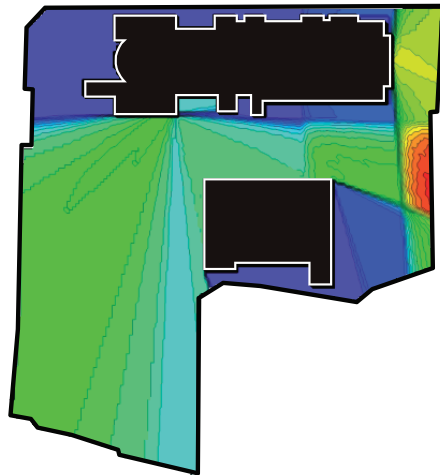
外部面積 (m ²)	遮蔽物面積 (m ²)	総視点数
11465	3664	189



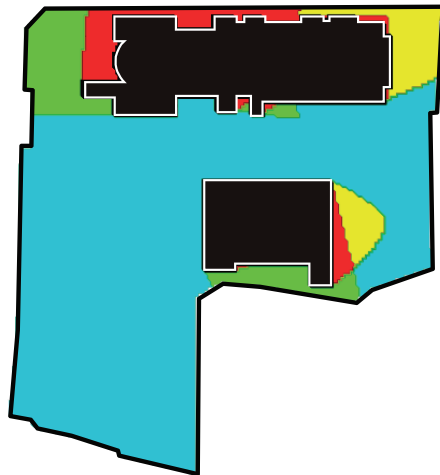
1/3000



外部環視率平均 (%)	54.17	 0%100%
外部環視率分散 (x10 ³)	4.20	
外部環視率等値線		



對外環視平均	53.82	
窓効率	0.2848	
對外環視量等値線		



不可視領域

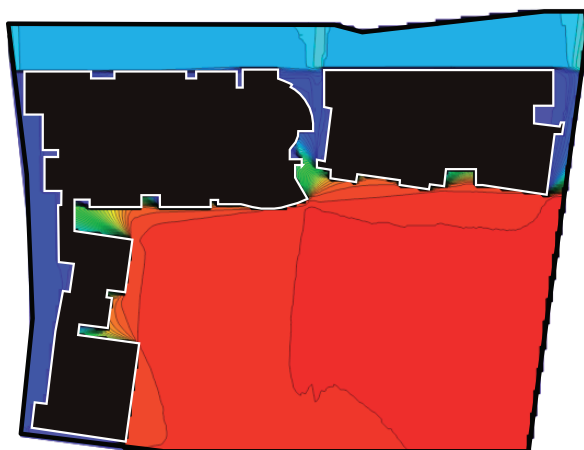
外部 環視率 (α) \ 對外 環視 (β)	β ≥ 1	β = 0
α ≥ 25	8935 (77.9%)	1094 (9.5%)
α < 25	773 (6.7%)	663 (5.8%)

(20) 山田市立↓山田小学校 /1999-12

外部面積 (㎡)	遮蔽物面積 (㎡)	総視点数
15366	7457	103

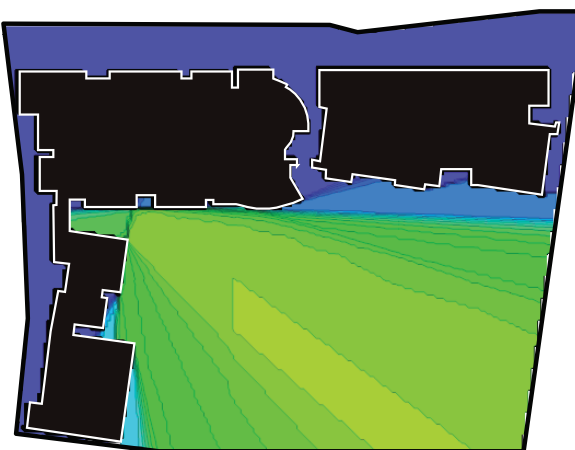


1/2000



外部環境率平均 (%)	55.36	0% 100%
外部環境率分散 (x10 ²)	6.77	

外部環境率等値線



対外環境平均	62.50	0 150
窓効率	0.6068	

対外環境量等値線

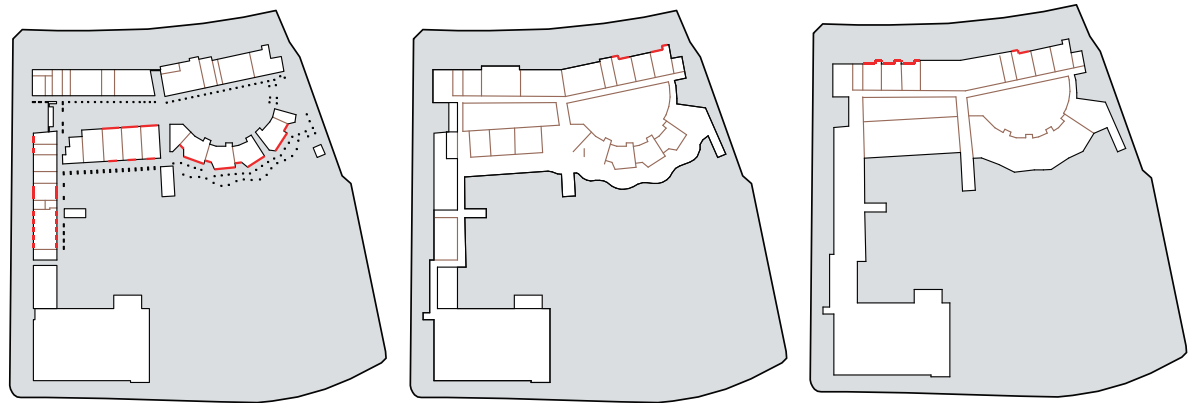


不可視領域

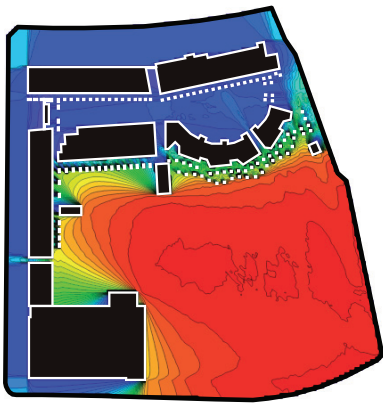
外部 環境率 (α) \ 対外 環境 (β)	$\beta \geq 1$	$\beta = 0$
$\alpha \geq 25$	10964 (71.4%)	193 (1.3%)
$\alpha < 25$	17 (0.1%)	4192 (27.3%)

(21) 広島市立矢野南小学校 /1999-7

外部面積 (㎡)	遮蔽物面積 (㎡)	総視点数
14156	3913	330



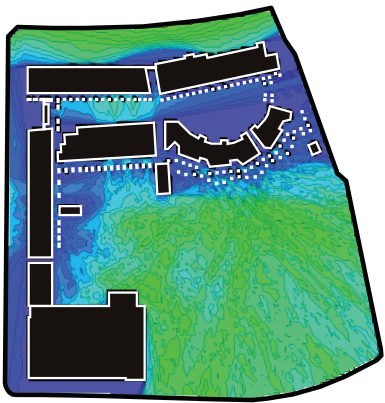
1/2500



外部環視率平均 (%)	43.47
外部環視率分散 (x10 ²)	6.53

0%100%

外部環視率等値線



対外環視平均	44.91
窓効率	0.1361

0150

対外環視量等値線

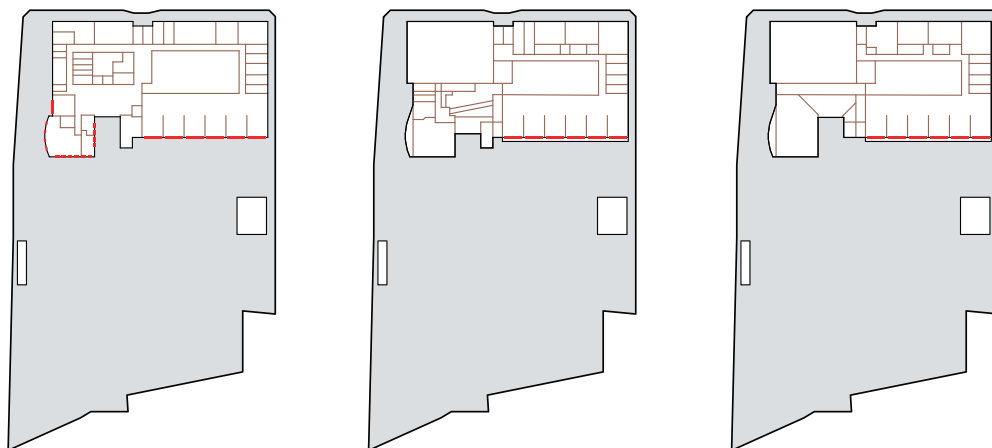


外部 環視率 (α) \ 対外 環視 (β)	β ≥ 1	β = 0
α ≥ 25	9505 (64.6%)	42 (0.3%)
α < 25	4082 (27.7%)	1087 (7.4%)

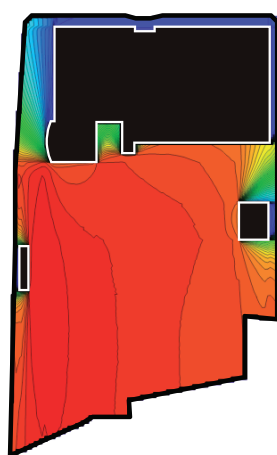
不可視領域

(22) 芦屋市立宮川小学校 /1999-4

外部面積 (㎡)	遮蔽物面積 (㎡)	総視点数
10861	4011	348



1/2500



外部環視率平均 (%)	78.78
外部環視率分散 ($\times 10^2$)	5.58

0% 100%

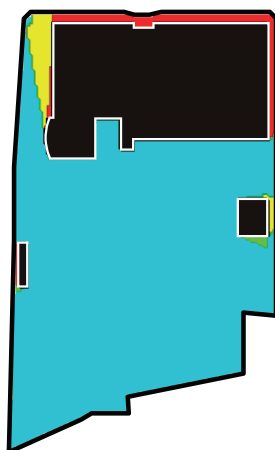
外部環視率等値線



対外環視平均	218.47
窓効率	0.6278

0 150

対外環視量等値線

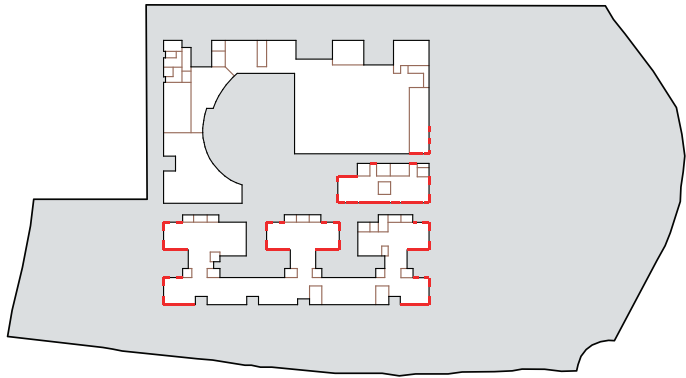


不可視領域

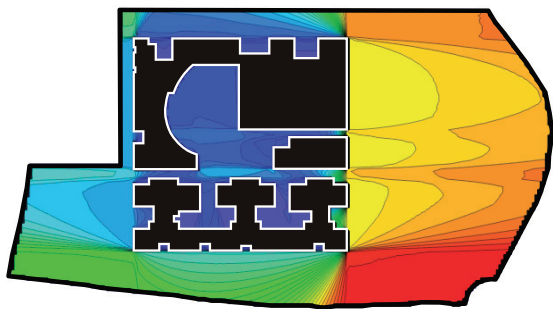
外部 環視率 (α) \ 対外 環視 (β)	$\beta \geq 1$	$\beta = 0$
$\alpha \geq 25$	9930 (91.4%)	52 (0.5%)
$\alpha < 25$	340 (3.1%)	539 (5.0%)

(23) 吉備高原小学校 /1998-7

外部面積 (m ²)	遮蔽物面積 (m ²)	総視点数
15116	4247	316



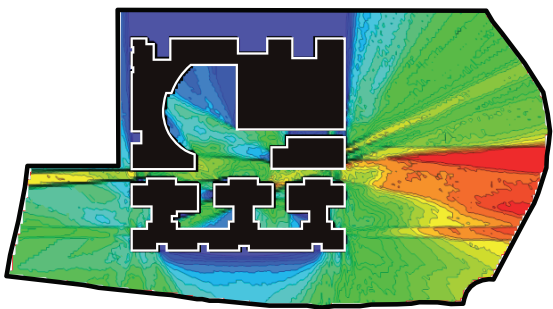
1/2000



外部環視率平均 (%)	38.80
外部環視率分散 (x10 ²)	4.37



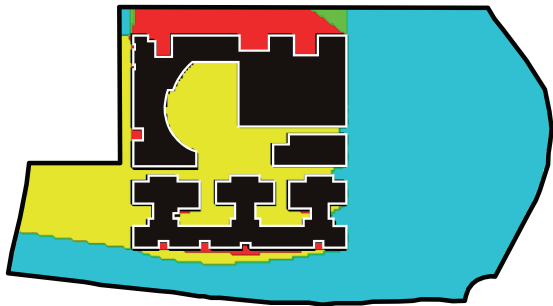
外部環視率等値線



対外環視平均	70.47
窓効率	0.2230



対外環視量等値線

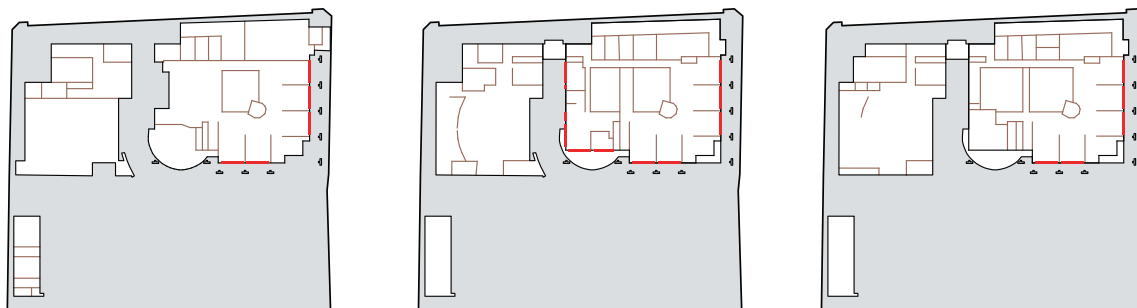


外部 環視率 (α)	対外 環視 (β)	
	β ≥ 1	β = 0
α ≥ 25	9911 (65.6%)	107 (0.7%)
α < 25	3907 (25.8%)	1191 (7.9%)

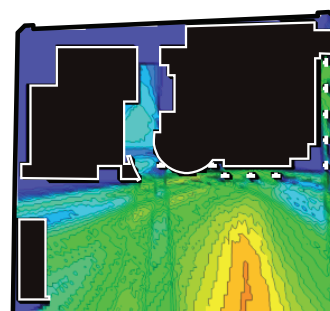
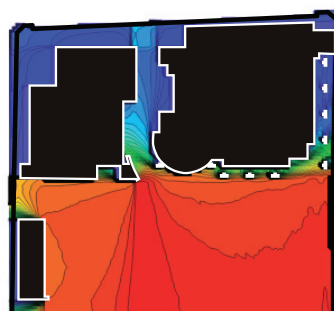
不可視領域

(24) 武蔵野市立千川小学校 /1997-11

外部面積 (m ²)	遮蔽物面積 (m ²)	総視点数
5581	3400	278



1/2000



外部環視率平均 (%)	58.12	0% 100%
外部環視率分散 (x10 ²)	7.81	

外部環視率等値線

対外環視平均	63.00	0 150
窓効率	0.2266	

対外環視量等値線

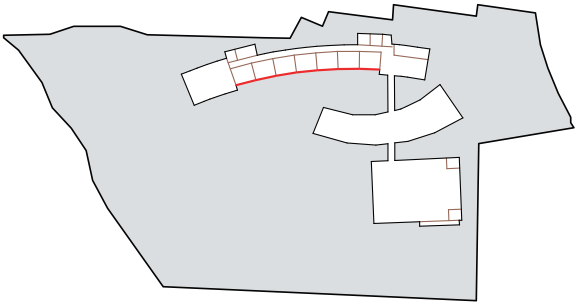
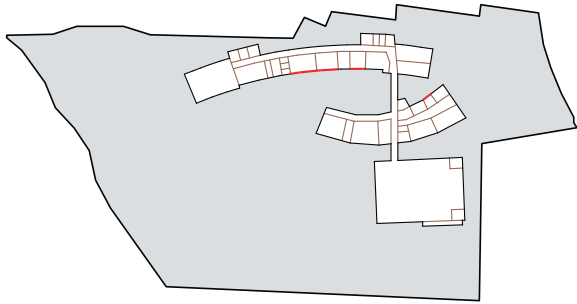


外部 環視率 (α) \ 対外 環視 (β)	β ≥ 1	β = 0
α ≥ 25	4164 (74.6%)	127 (2.3%)
α < 25	395 (7.1%)	895 (16.0%)

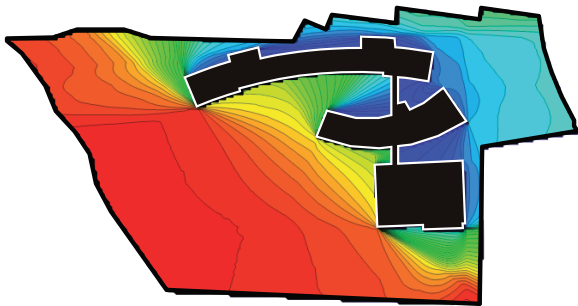
不可視領域

(25) 氷見市立海峰小学校 /1997-11

外部面積 (m ²)	遮蔽物面積 (m ²)	総視点数
15683	2883	155

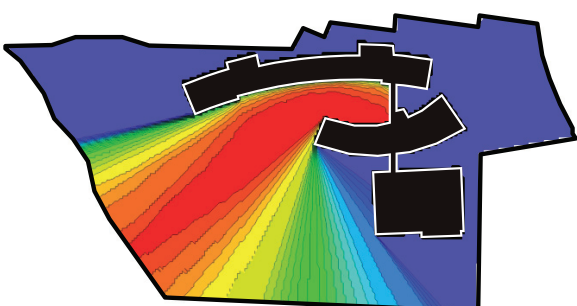


1/2500



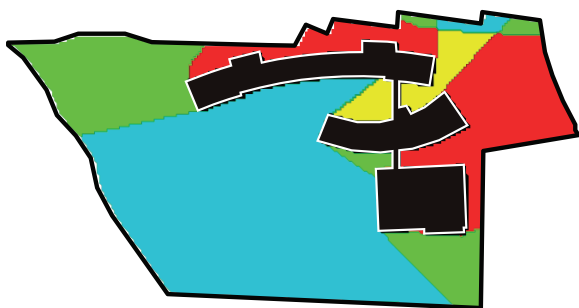
外部環境率平均 (%)	52.55	
外部環境率分散 (x10 ²)	5.16	

外部環境率等値線



對外環境平均	59.37	
窓効率	0.3830	

對外環境量等値線

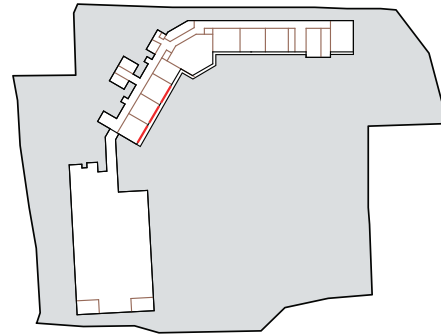
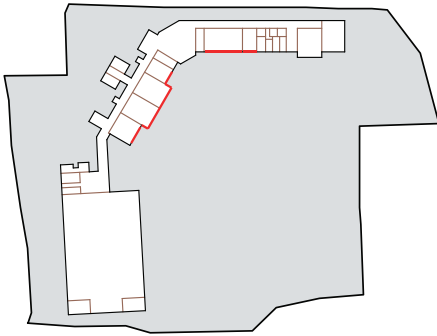


外部環境率 (α) \ 對外環境 (β)	β ≥ 1	β = 0
α ≥ 25	8538 (54.4%)	3265 (20.8%)
α < 25	784 (5.0%)	3096 (19.7%)

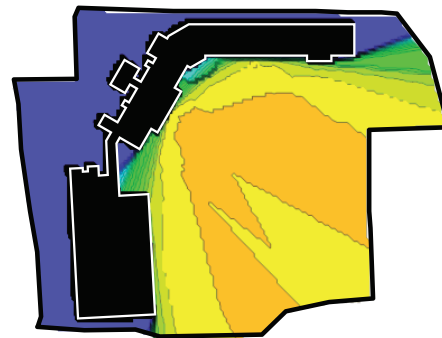
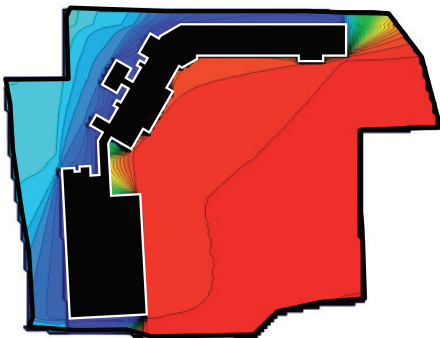
不可視領域

(26) 樽川村立贅川小学校 /1997-11

外部面積 (m ²)	遮蔽物面積 (m ²)	総視点数
8575	2072	124



1/2000

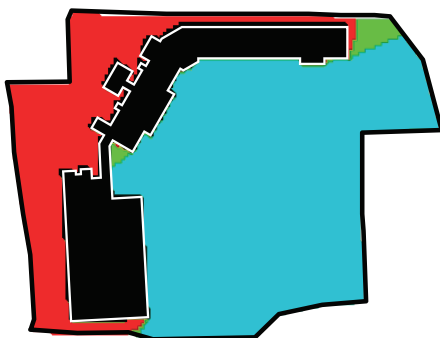


外部環視率平均 (%)	56.35	0% 100%
外部環視率分散 (x10 ²)	6.31	

外部環視率等値線

対外環視平均	80.97	0 150
窓効率	0.6529	

対外環視量等値線

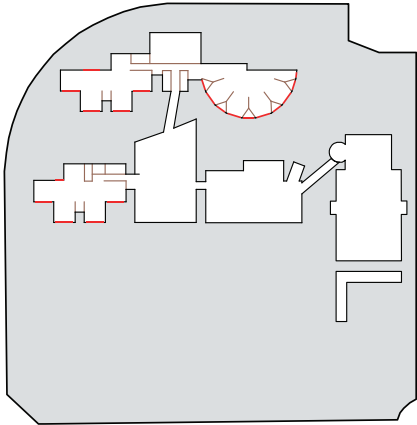
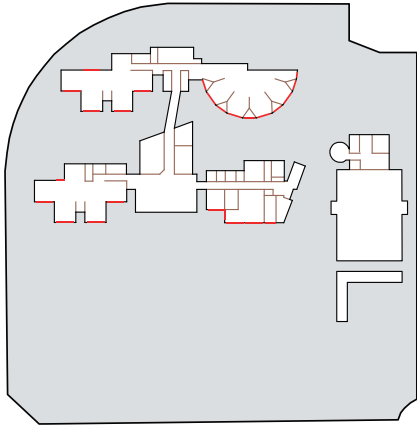


外部 環視率 (α) \ 対外 環視 (β)	β ≥ 1	β = 0
α ≥ 25	6076 (70.9%)	172 (2.0%)
α < 25	118 (1.4%)	2209 (25.8%)

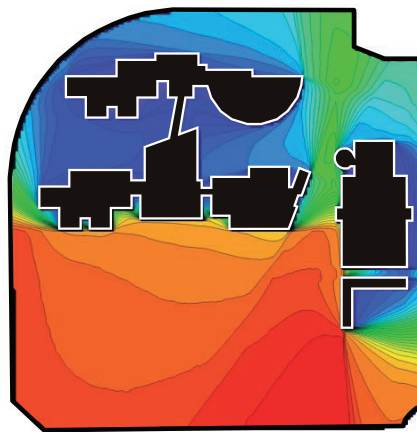
不可視領域

(27) 印西市立原小学校 /1997-8

外部面積 (m ²)	遮蔽物面積 (m ²)	総視点数
19384	4825	510



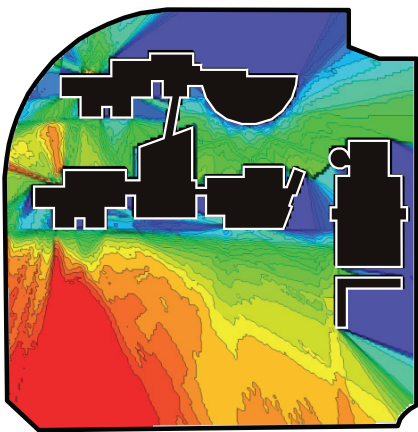
1/2500



外部環視率平均 (%)	41.84
外部環視率分散 (x10 ²)	5.03

0% 100%

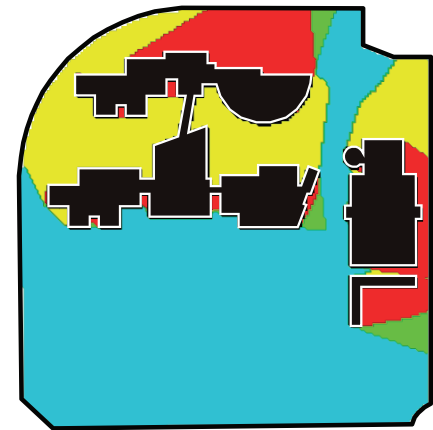
外部環視率等値線



対外環視平均	85.73
窓効率	0.1681

0 150

対外環視量等値線

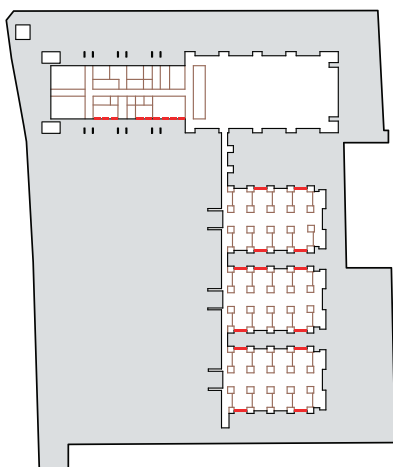


外部 環視率 (α) \ 対外 環視 (β)	β ≥ 1	β = 0
α ≥ 25	12404 (64.0%)	470 (2.4%)
α < 25	4407 (22.7%)	2103 (10.8%)

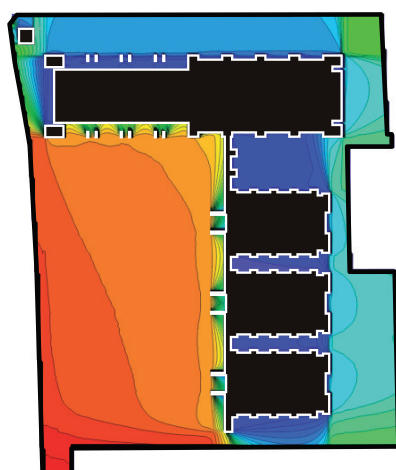
不可視領域

(28) 白石市立白石第二小学校 /1996-11

外部面積 (㎡)	遮蔽物面積 (㎡)	総視点数
16660	5977	171



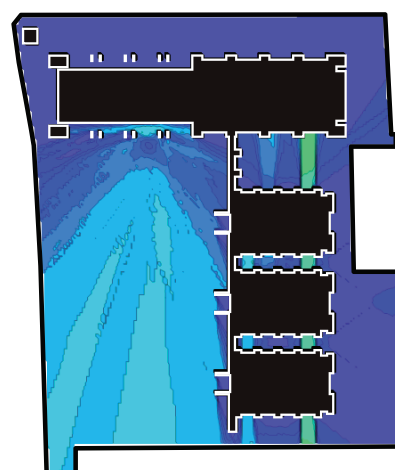
1/2500



外部環視率平均 (%)	36.30
外部環視率分散 (x10 ²)	4.07

0% 100%

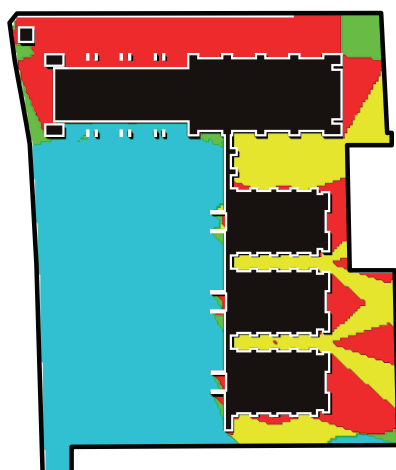
外部環視率等値線



対外環視平均	21.39
窓効率	0.1251

0 150

対外環視量等値線

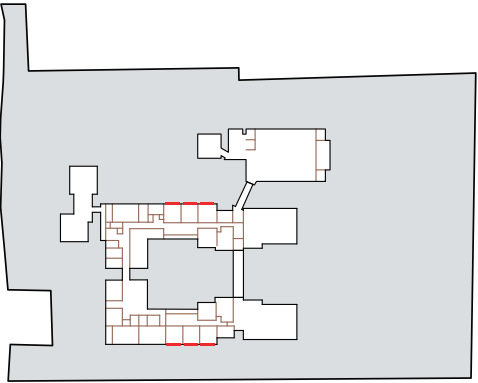
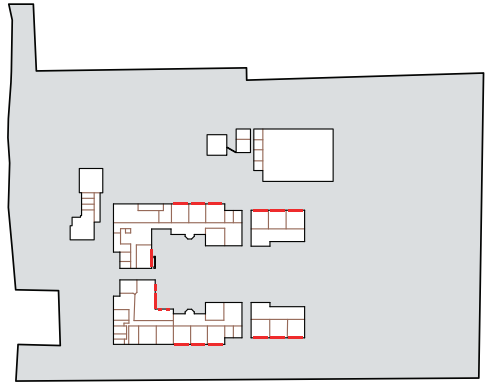


不可視領域

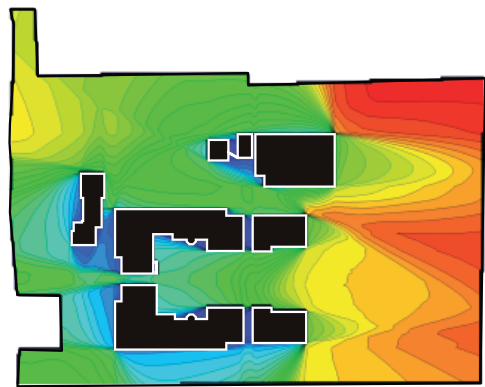
外部 環視率 (α)	対外 環視 (β)	
	β ≥ 1	β = 0
α ≥ 25	8991 (54.0%)	615 (3.7%)
α < 25	2944 (17.7%)	4110 (24.7%)

(29) 彦根市立若葉小学校 /1996-9

外部面積 (m ²)	遮蔽物面積 (m ²)	総視点数
26367	4485	308

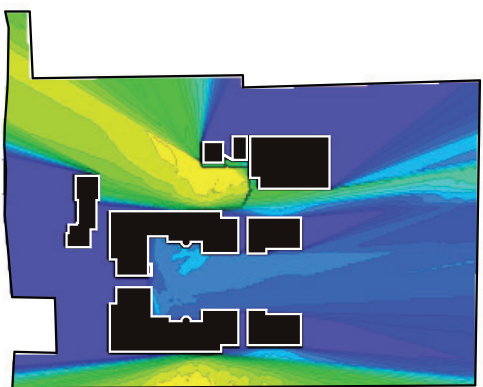


1/3000



外部環視率平均 (%)	40.54	
外部環視率分散 (x10 ²)	2.08	

外部環視率等値線



対外環視平均	38.73	
窓効率	0.1257	

対外環視量等値線

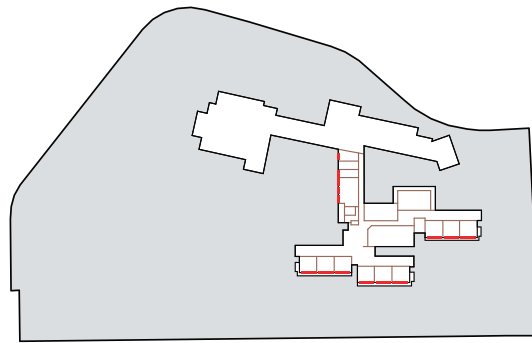
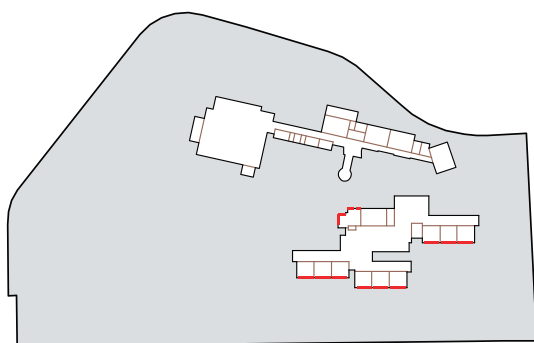


外部 環視率 (α) \ 対外 環視 (β)	β ≥ 1	β = 0
α ≥ 25	17392 (66.0%)	4496 (17.1%)
α < 25	2168 (8.2%)	2311 (8.8%)

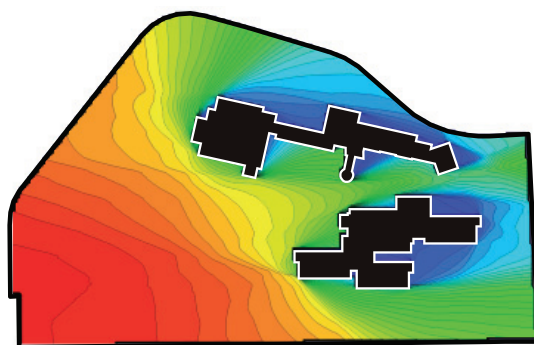
不可視領域

(30) 稲城市立長峰小学校 /1996-5

外部面積 (m ²)	遮蔽物面積 (m ²)	総視点数
25610	3795	316



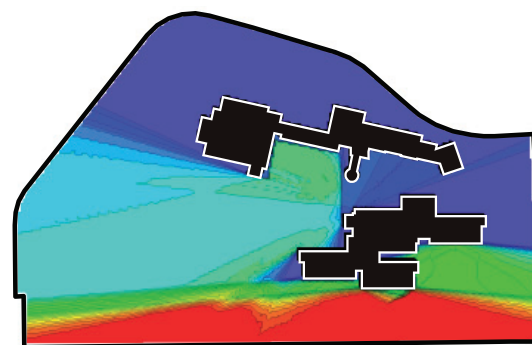
1/3000



外部環視率平均 (%)	51.38
外部環視率分散 (x10 ²)	4.39

0% 100%

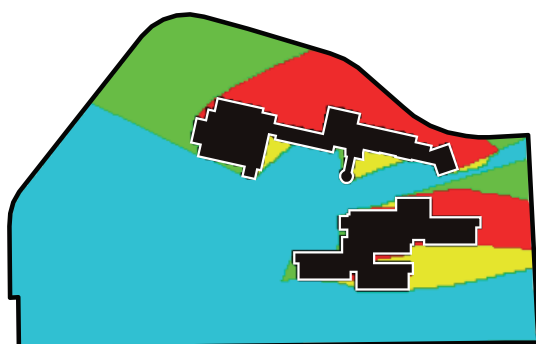
外部環視率等値線



対外環視平均	55.22
窓効率	0.1747

0 150

対外環視量等値線

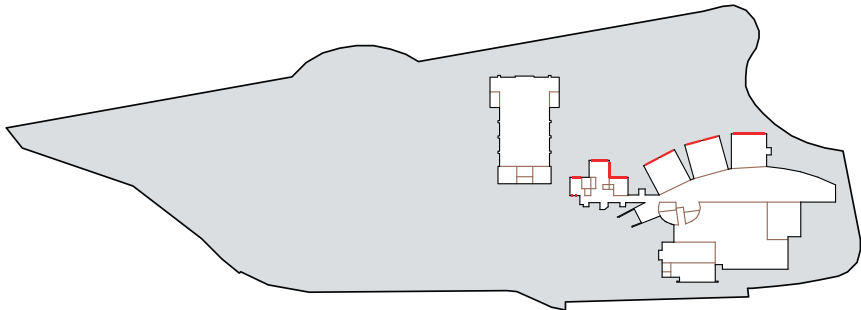


外部 環視率 (α) \ 対外 環視 (β)	β ≥ 1	β = 0
α ≥ 25	17130 (66.9%)	3833 (15.0%)
α < 25	1394 (5.4%)	3253 (12.7%)

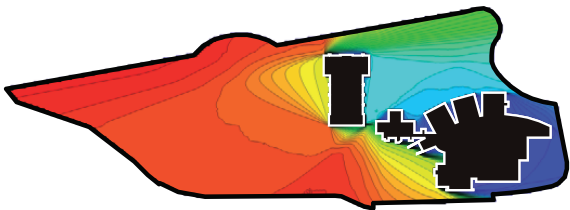
不可視領域

(31) 三良坂町立灰塚小学校 / 1995-9

外部面積 (㎡)	遮蔽物面積 (㎡)	総視点数
13527	2551	107



1/2000



外部環視率平均 (%)	55.63
外部環視率分散 (x10 ²)	5.23



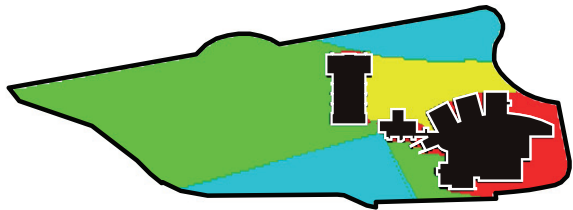
外部環視率等値線



対外環視平均	16.50
窓効率	0.1542



対外環視量等値線

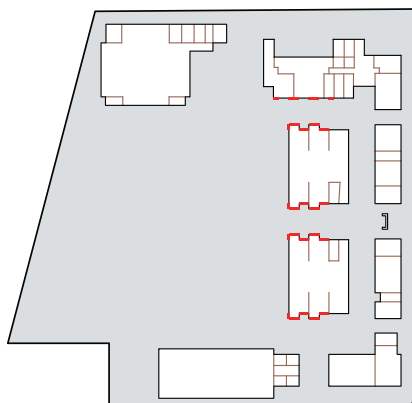


外部 環視率 (α) \ 対外 環視 (β)	β ≥ 1	β = 0
α ≥ 25	3336 (24.7%)	7571 (56.0%)
α < 25	1529 (11.3%)	1091 (8.1%)

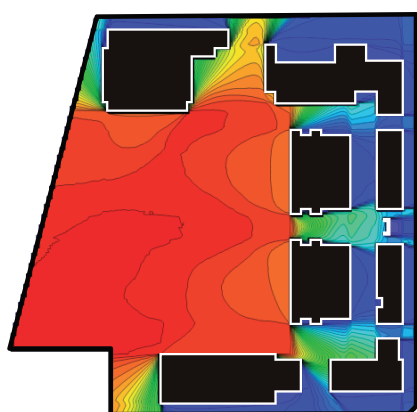
不可視領域

(32) つくば市立東小学校 /1995-9

外部面積 (㎡)	遮蔽物面積 (㎡)	総視点数
15526	5542	338



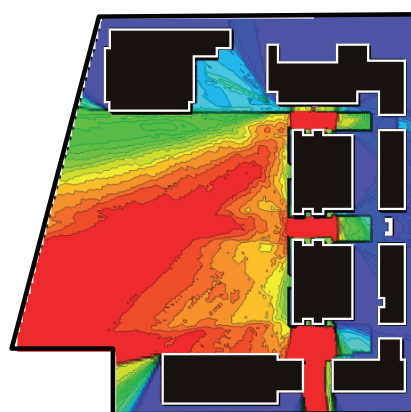
1/2500



外部環視率平均 (%)	51.11
外部環視率分散 (x10 ²)	7.20

0% 100%

外部環視率等値線



対外環視平均	92.07
窓効率	0.2724

0 150

対外環視量等値線

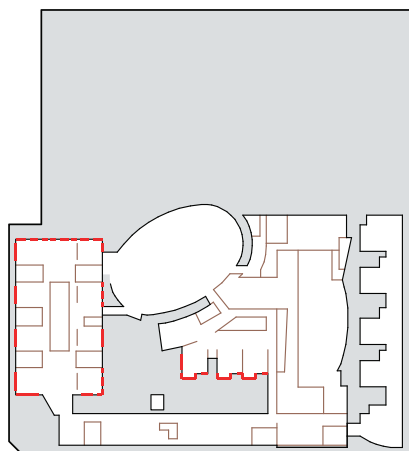
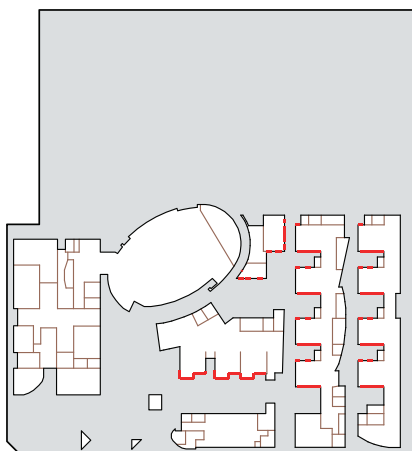


外部 環視率 (α) \ 対外 環視 (β)	β ≥ 1	β = 0
α ≥ 25	11087 (71.4%)	319 (2.1%)
α < 25	1898 (12.2%)	2222 (14.3%)

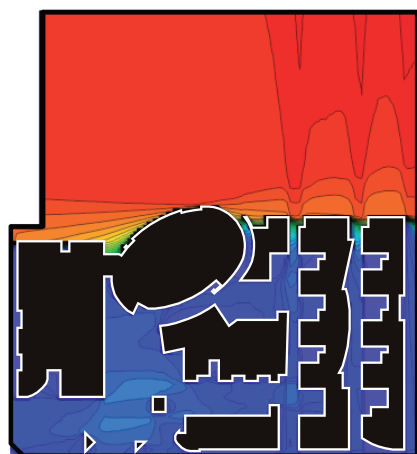
不可視領域

(33) 千葉市立打瀬小学校 /1995-7

外部面積 (㎡)	遮蔽物面積 (㎡)	総視点数
11611	4985	524



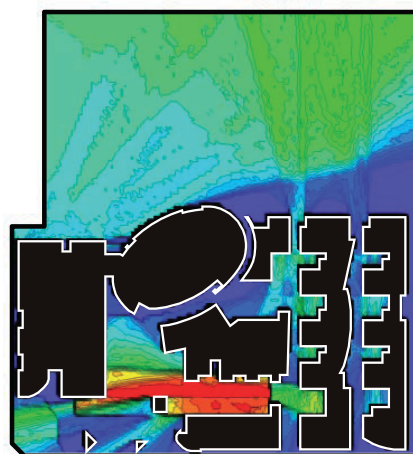
1/2000



外部環視率平均 (%)	45.67
外部環視率分散 (x10 ²)	7.67

0% 100%

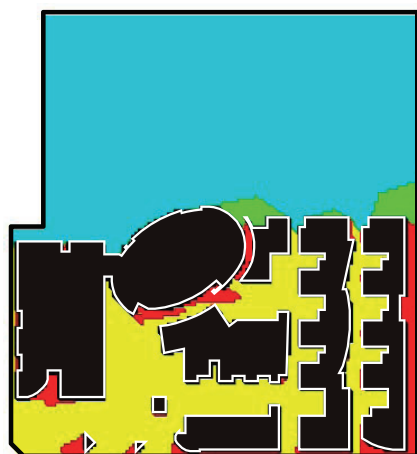
外部環視率等値線



対外環視平均	50.28
窓効率	0.0960

0 150

対外環視量等値線

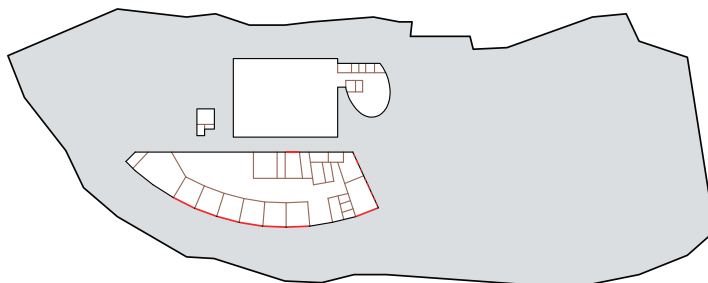


不可視領域

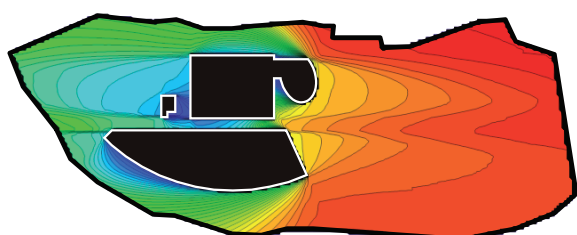
外部 環視率 (α)	対外 環視 (β)	β ≥ 1	β = 0
α ≥ 25		7378 (63.5%)	286 (2.5%)
α < 25		3215 (27.7%)	732 (6.3%)

(34) 氷見市立仏生寺小学校 / 掲 1994-11

外部面積 (㎡)	遮蔽物面積 (㎡)	総視点数
12454	2459	127

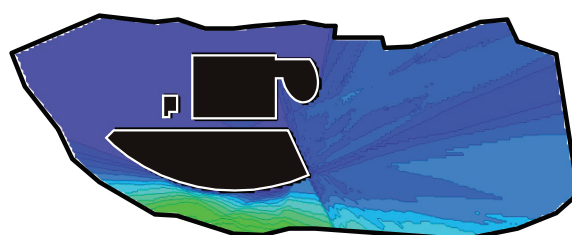


1/2000



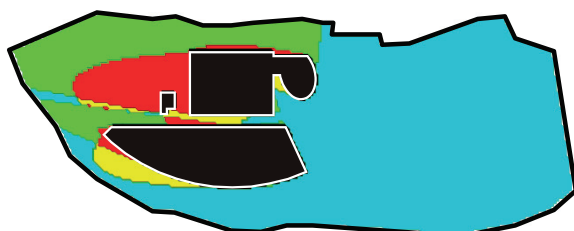
外部環視率平均 (%)	55.81	0% 100%
外部環視率分散 (x10 ²)	3.98	

外部環視率等値線



對外環視平均	20.91	0 150
窓効率	0.1647	

對外環視量等値線

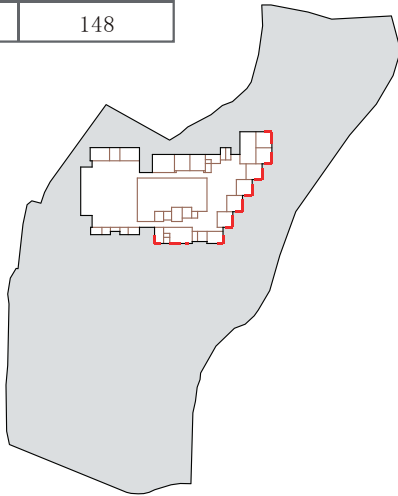


外部 環視率 (α) \ 對外 環視 (β)	β ≥ 1	β = 0
α ≥ 25	8836 (70.9%)	2213 (17.8%)
α < 25	448 (3.6%)	957 (7.7%)

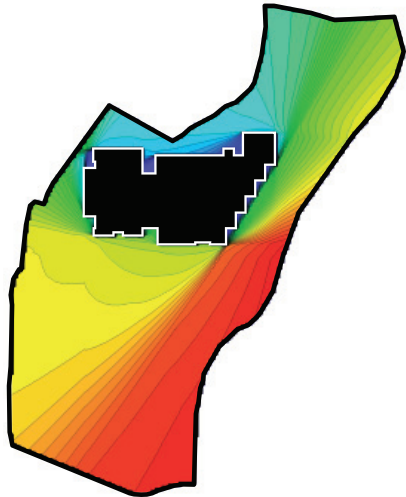
不可視領域

(35) 一戸町立鳥海小学校 /1993-5

外部面積 (m ²)	遮蔽物面積 (m ²)	総視点数
17944	3117	148



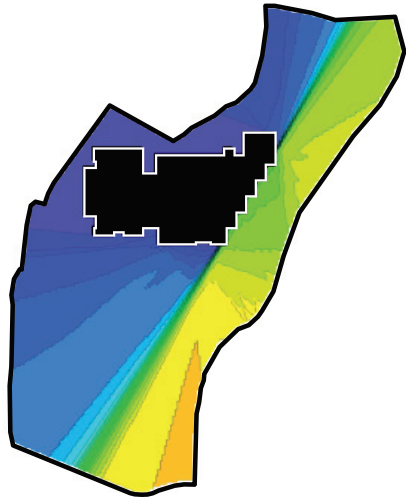
1/3000



外部環視率平均 (%)	62.90
外部環視率分散 (x10 ²)	3.46

0% 100%

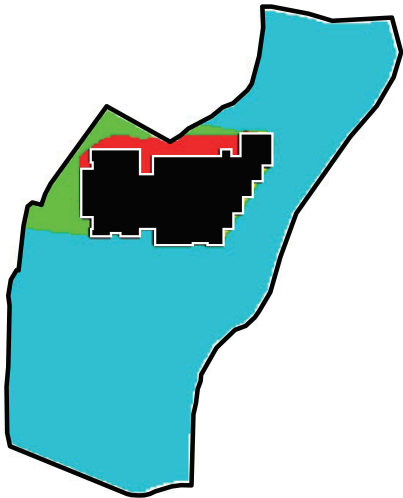
外部環視率等値線



對外環視平均	58.26
窓効率	0.3936

0 150

對外環視量等値線

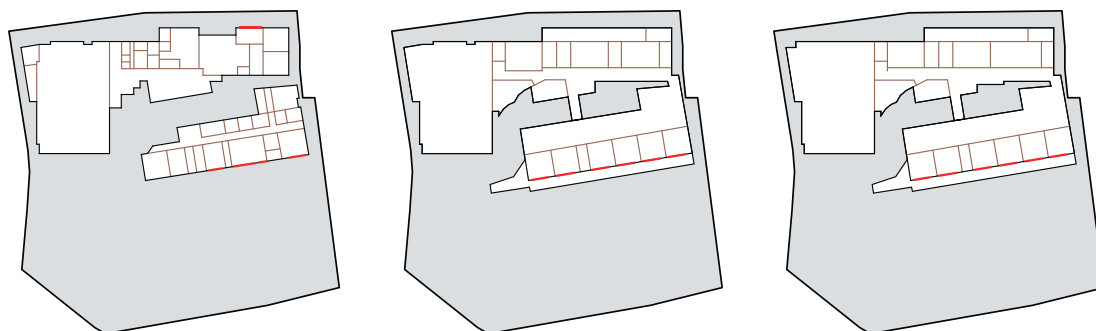


不可視領域

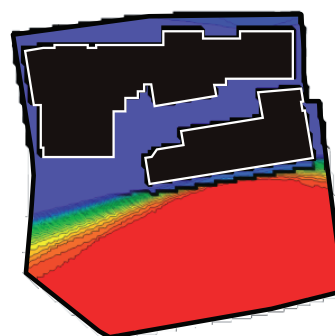
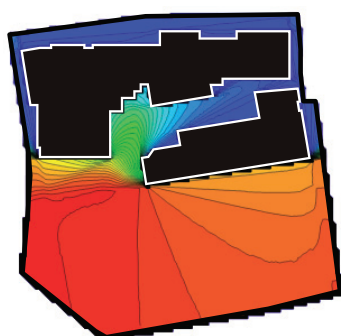
外部 環視率 (α) \ 對外 環視 (β)	β ≥ 1	β = 0
α ≥ 25	16111 (89.8%)	1044 (5.8%)
α < 25	101 (0.6%)	688 (3.8%)

(36) 杉並区立杉並第四小学校 /1993-1

外部面積 (㎡)	遮蔽物面積 (㎡)	総視点数
5859	2549	202



1/2000

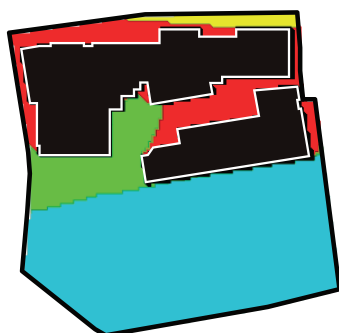


外部環視率平均 (%)	59.59	0% 100%
外部環視率分散 ($\times 10^2$)	7.53	

外部環視率等値線

対外環視平均	98.26	0 150
窓効率	0.4865	

対外環視量等値線

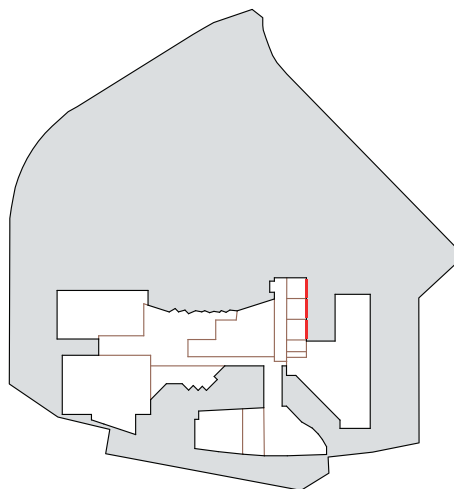
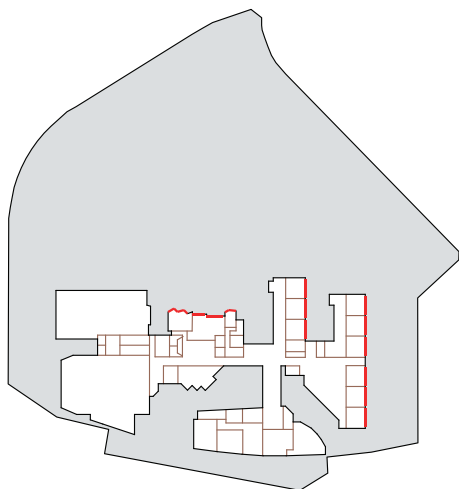


外部 環視率 (α) \ 対外 環視 (β)	$\beta \geq 1$	$\beta = 0$
$\alpha \geq 25$	3871 (66.1%)	750 (12.8%)
$\alpha < 25$	213 (3.6%)	1025 (17.5%)

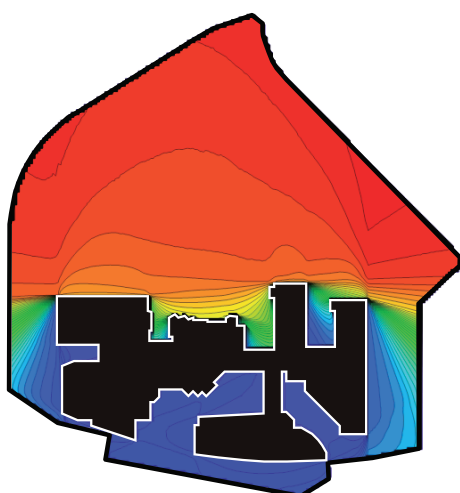
不可視領域

(37) 稲城市立城山小学校 /1993-1

外部面積 (㎡)	遮蔽物面積 (㎡)	総視点数
17412	4881	245



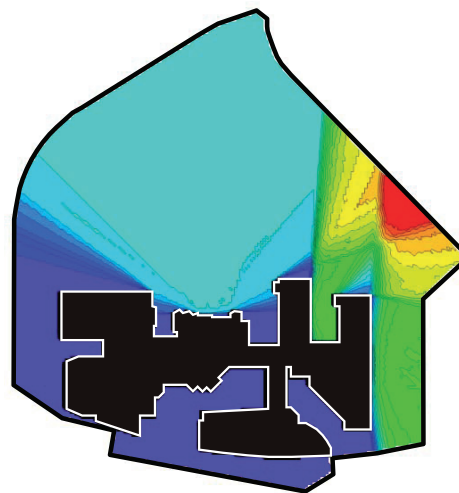
1/2500



外部環視率平均 (%)	59.10
外部環視率分散 (x10 ²)	7.72



外部環視率等値線



対外環視平均	45.92
窓効率	0.0020



対外環視量等値線

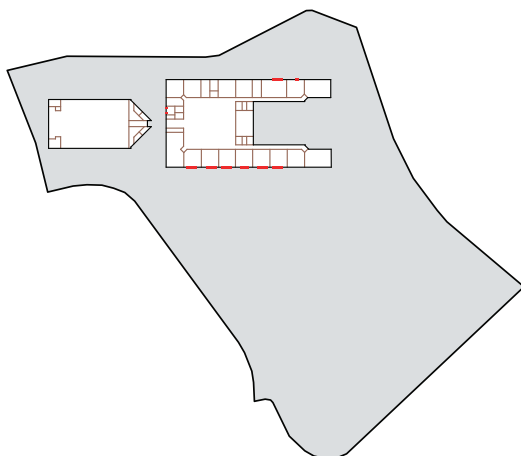


不可視領域

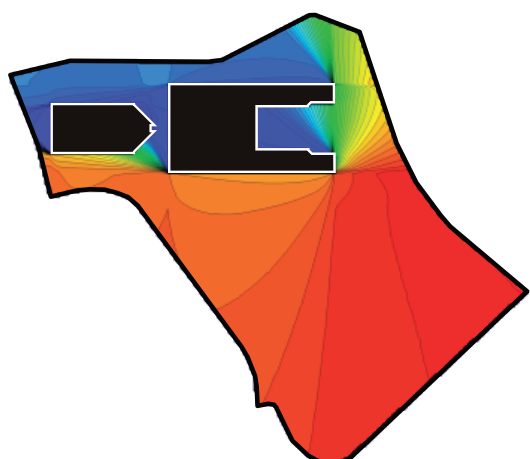
外部 環視率 (α) \ 対外 環視 (β)	β ≥ 1	β = 0
α ≥ 25	12691 (72.9%)	834 (4.8%)
α < 25	1033 (5.9%)	2854 (16.4%)

(38) 角館町立西長野小学校 /1992-10

外部面積 (㎡)	遮蔽物面積 (㎡)	総視点数
20940	3340	87

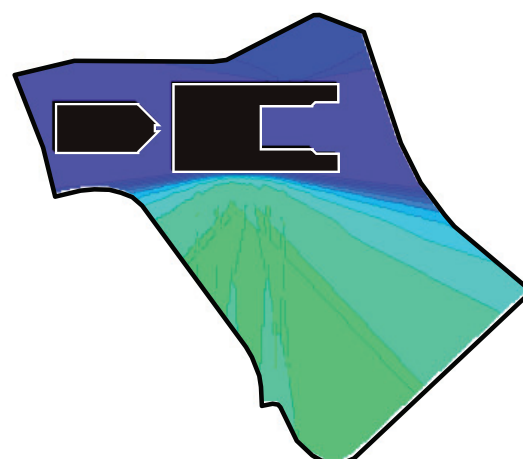


1/3000



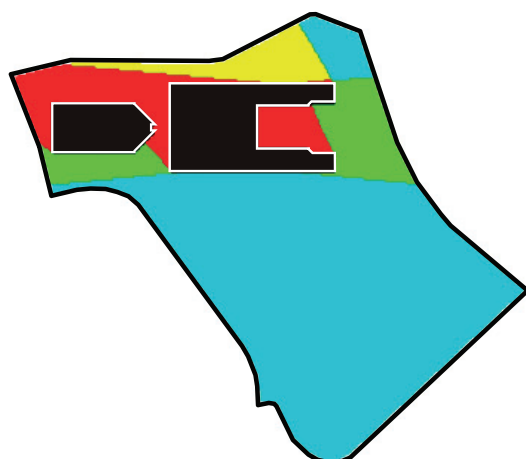
外部環境視率平均 (%)	65.02	0% 100%
外部環境視率分散 (x10 ²)	6.35	

外部環境視率等値線



対外環境視平均	36.41	0 150
窓効率	0.4185	

対外環境視量等値線

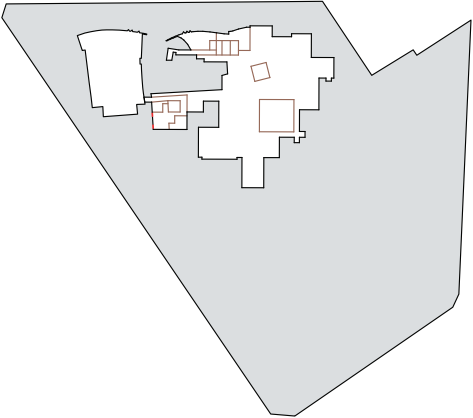
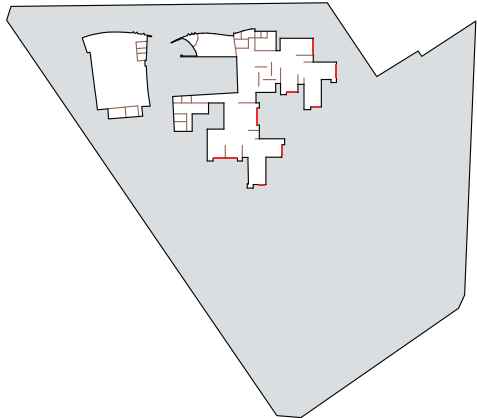


外部環境視率 (α) \ 対外環境視 (β)	β ≥ 1	β = 0
α ≥ 25	15063 (71.9%)	2219 (10.6%)
α < 25	1286 (6.1%)	2372 (11.3%)

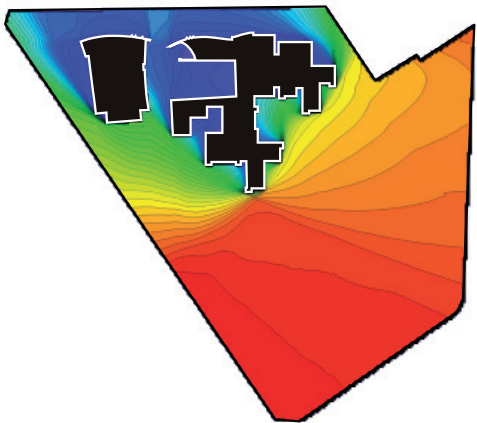
不可視領域

(39) 中新田町立鳴瀬小学校 /1988-7

外部面積 (m ²)	遮蔽物面積 (m ²)	総視点数
22866	3303	116

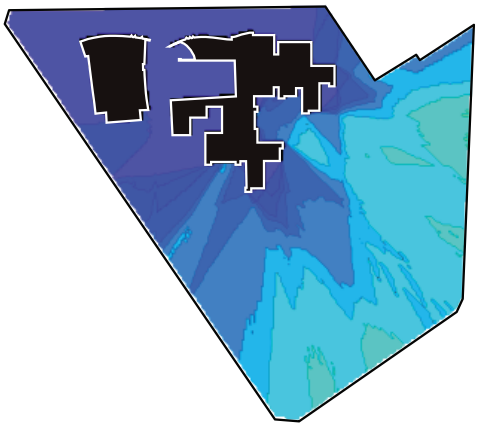


1/3000



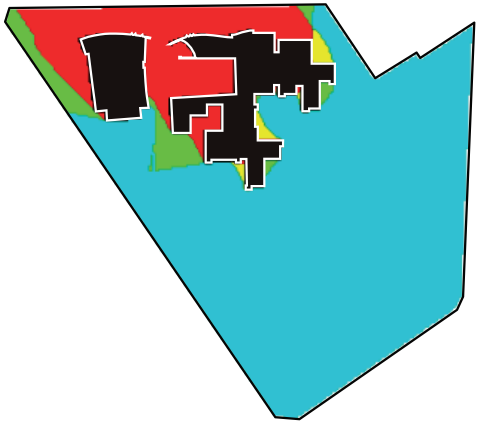
外部環視率平均 (%)	61.15	
外部環視率分散 (x10 ²)	6.28	

外部環視率等値線



対外環視平均	27.33	
窓効率	0.2356	

対外環視量等値線

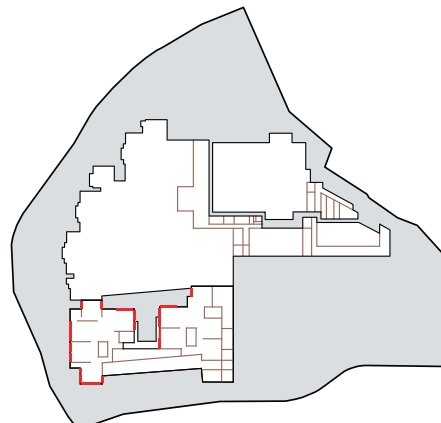
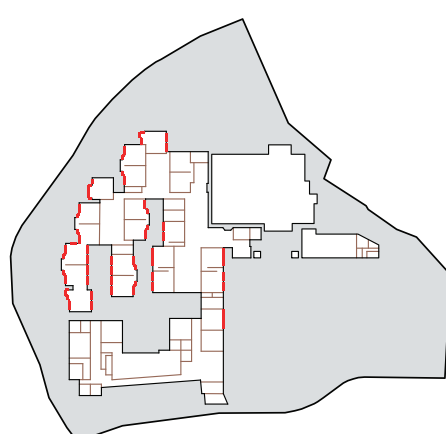


外部 環視率 (α) \ 対外 環視 (β)	β ≥ 1	β = 0
α ≥ 25	18049 (78.9%)	1021 (4.5%)
α < 25	242 (1.1%)	3554 (15.5%)

不可視領域

(40) 城西小学校 /1987-11

外部面積 (m ²)	遮蔽物面積 (m ²)	総視点数
11965	5340	538

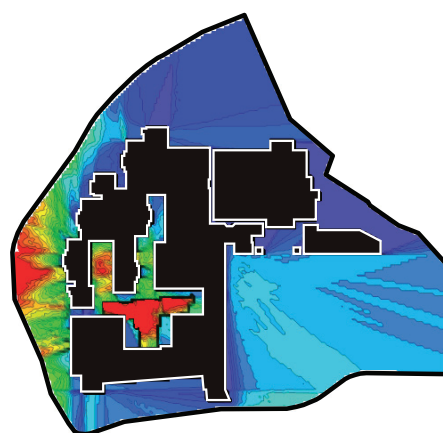


1/2500



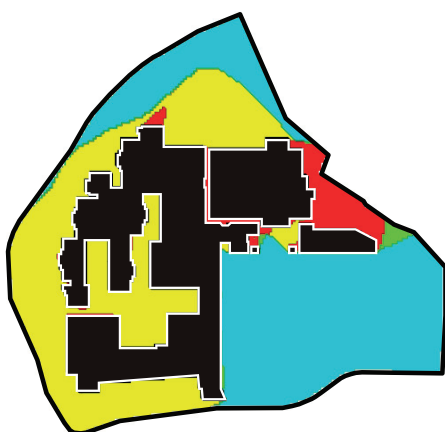
外部環視率平均 (%)	25.99	0% 100%
外部環視率分散 (x10 ²)	1.93	

外部環視率等値線



対外環視平均	40.83	0 150
窓効率	0.0759	

対外環視量等値線

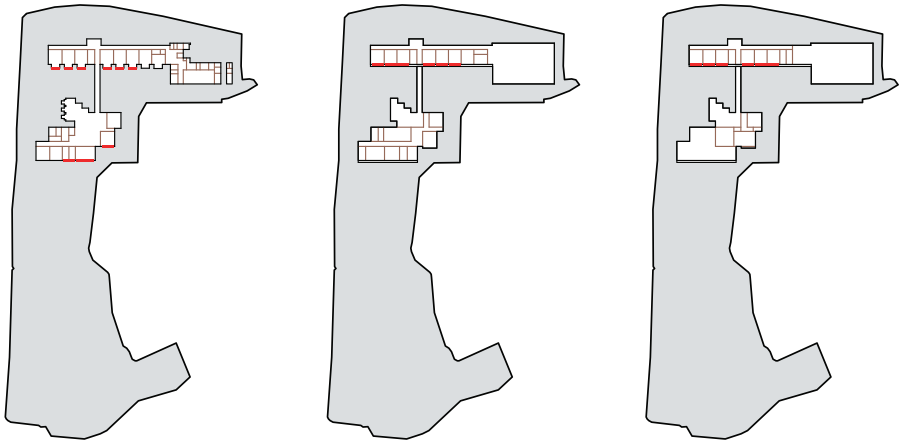


外部 環視率 (α) \ 対外 環視 (β)	β ≥ 1	β = 0
α ≥ 25	6031 (50.4%)	129 (1.1%)
α < 25	5021 (42.0%)	784 (6.6%)

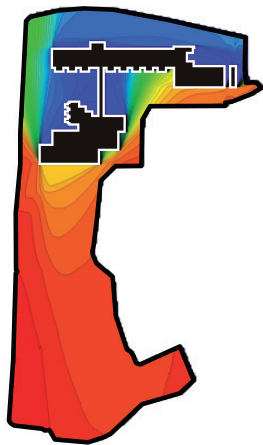
不可視領域

(41) 上松町立上松小学校 /1987-2

外部面積 (m ²)	遮蔽物面積 (m ²)	総視点数
18489	2967	285



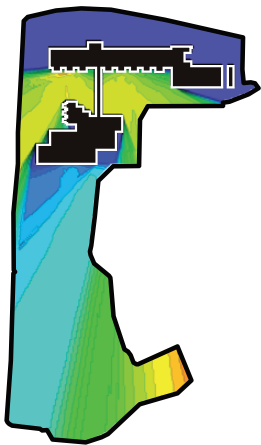
1/4000



外部環視率平均 (%)	54.37
外部環視率分散 (x10 ²)	6.35

0% 100%

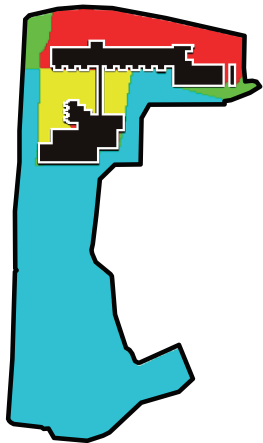
外部環視率等値線



対外環視平均	56.04
窓効率	0.1966

0 150

対外環視量等値線

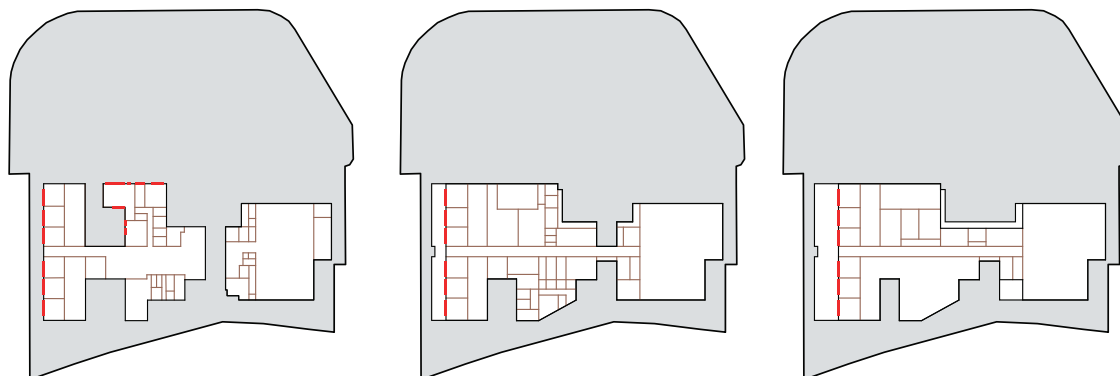


外部 環視率 (α)	対外 環視 (β)	β ≥ 1	β = 0
α ≥ 25		13302 (71.9%)	837 (4.5%)
α < 25		1596 (8.6%)	2754 (14.9%)

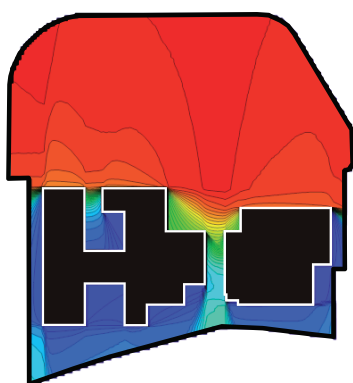
不可視領域

(42) 杉並区立杉並第十小学校 /1986-10

外部面積 (㎡)	遮蔽物面積 (㎡)	総視点数
11689	3654	301



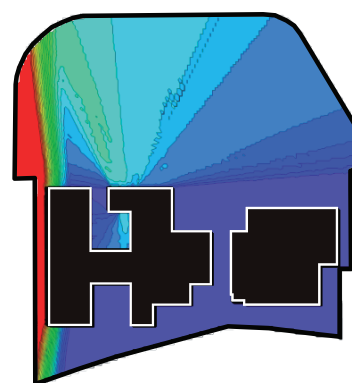
1/2500



外部環視率平均 (%)	61.06
外部環視率分散 ($\times 10^2$)	7.27

0% 100%

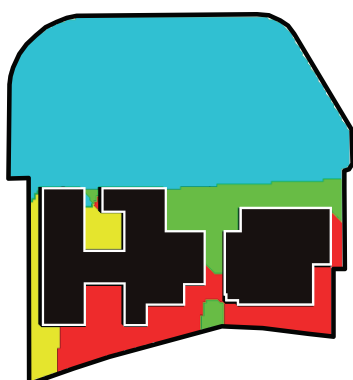
外部環視率等値線



対外環視平均	37.27
窓効率	0.1238

0 150

対外環視量等値線

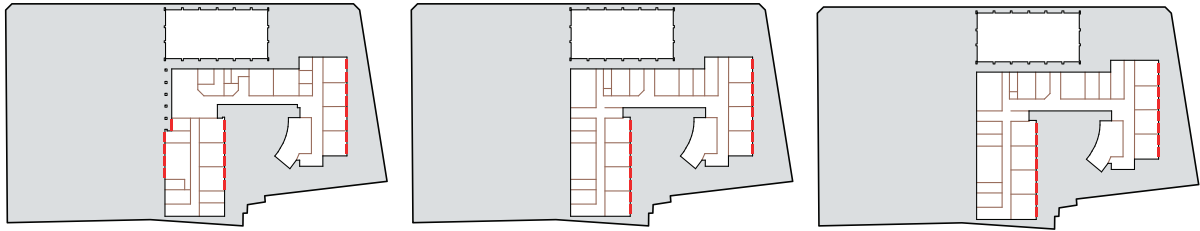


外部 環視率 (α) \ 対外 環視 (β)	$\beta \geq 1$	$\beta = 0$
$\alpha \geq 25$	7918 (67.7%)	1216 (10.4%)
$\alpha < 25$	760 (6.5%)	1795 (15.4%)

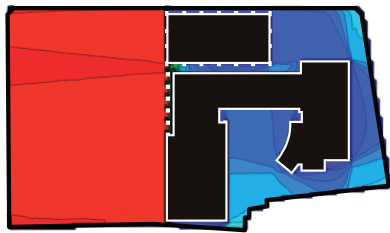
不可視領域

(43) 静岡市安西小学校 / 1985-9

外部面積 (m ²)	遮蔽物面積 (m ²)	総視点数
5872	2331	397



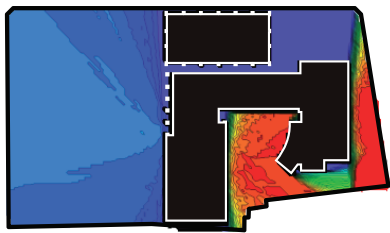
1/2000



外部環境視率平均 (%)	45.20
外部環境視率分散 (x10 ⁻³)	6.27



外部環境視率等値線



対外環境視平均	45.80
窓効率	0.1154



対外環境視率等値線

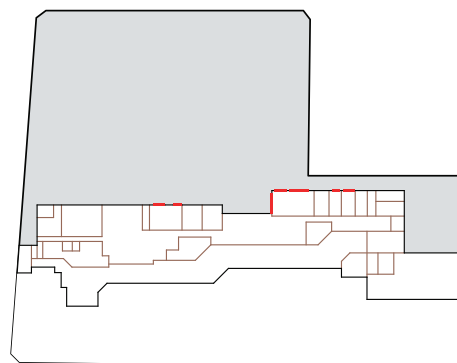
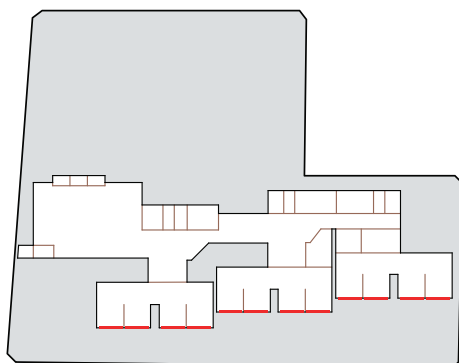


外部環境視率 (α) \ 対外環境視 (β)	β ≥ 1	β = 0
α ≥ 25	3687 (62.8%)	71 (1.2%)
α < 25	1342 (22.9%)	772 (13.1%)

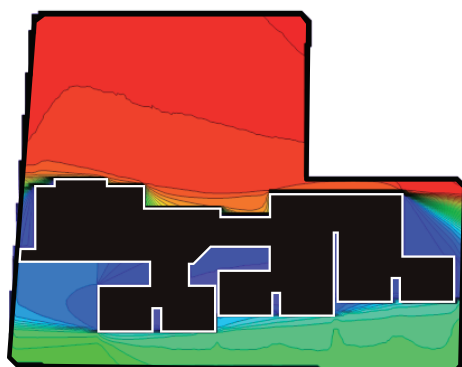
不可視領域

(44) 東京都目黒区立宮前小学校 /1985-6

外部面積 (㎡)	遮蔽物面積 (㎡)	総視点数
8695	3749	237

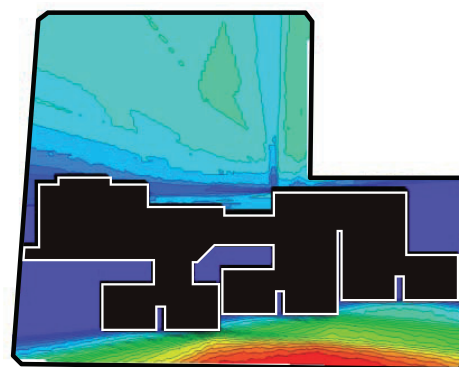


1/2000



外部環視率平均 (%)	41.89	0% 100%
外部環視率分散 (x10 ²)	4.29	

外部環視率等値線



対外環視平均	46.27	0 150
窓効率	0.1952	

対外環視量等値線



外部 環視率 (α) \ 対外 環視 (β)	β ≥ 1	β = 0
α ≥ 25	5771 (66.4%)	162 (1.9%)
α < 25	1359 (15.6%)	1403 (16.1%)

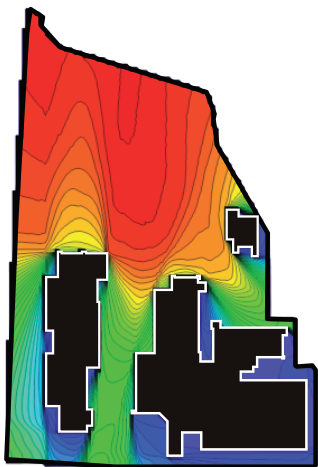
不可視領域

(45) 横浜市立本町小学校 /1985-4

外部面積 (m ²)	遮蔽物面積 (m ²)	総視点数
6974	2728	311



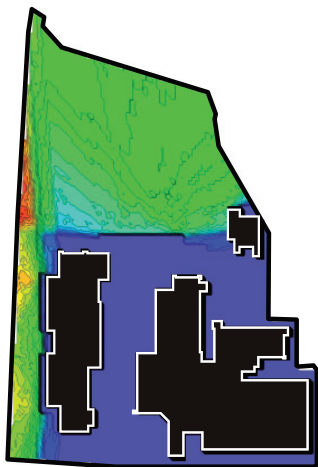
1/2000



外部環視率平均 (%)	52.92
外部環視率分散 (x10 ²)	5.69



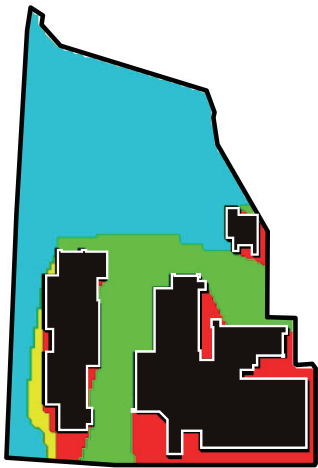
外部環視率等値線



對外環視平均	45.88
窓効率	0.1475



對外環視量等値線

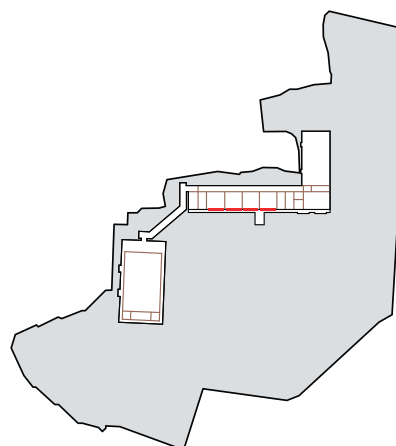
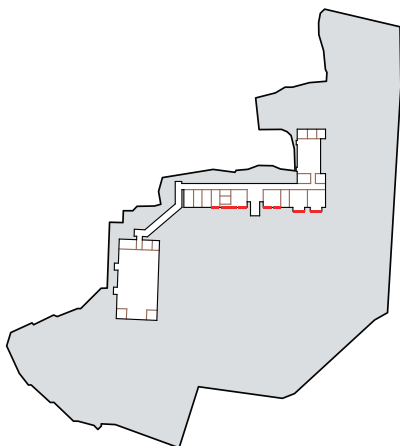


外部 環視率 (α)	對外 環視 (β)	
	β ≥ 1	β = 0
α ≥ 25	4045 (58.0%)	1760 (25.2%)
α < 25	206 (3.0%)	963 (13.8%)

不可視領域

(46) 南牧村立北小学校 /1983-7

外部面積 (㎡)	遮蔽物面積 (㎡)	総視点数
16395	1884	122



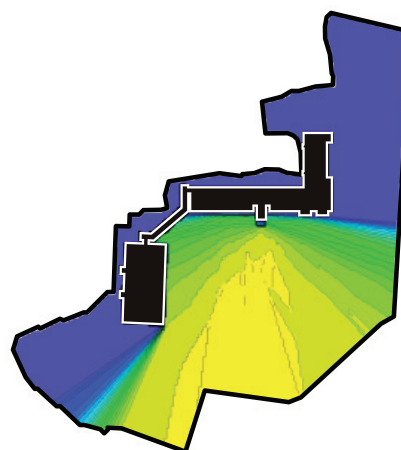
1/3000



外部環視率平均 (%)	60.71
外部環視率分散 ($\times 10^2$)	4.68

0% 100%

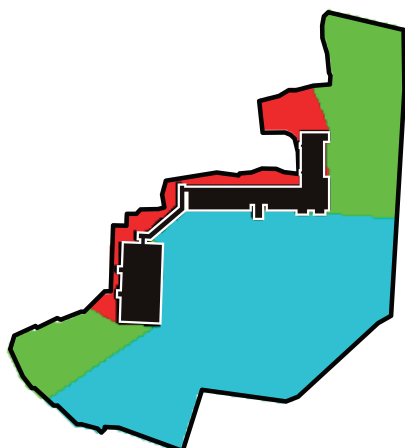
外部環視率等値線



対外環視平均	60.01
窓効率	0.4919

0 150

対外環視量等値線



不可視領域

外部 環視率 (α) \ 対外 環視 (β)	$\beta \geq 1$	$\beta = 0$
$\alpha \geq 25$	10172 (62.0%)	4718 (28.8%)
$\alpha < 25$	12 (0.1%)	1493 (9.1%)

謝辞

本研究を遂行し、学位論文としてまとめるにあたり、多くの方々にご指導とご支援を賜りました。ここに記して、感謝の意を申し上げます。

主査の及川清昭教授には学生時代からの長きに渡り、懇切丁寧にご指導頂きましたことを心よりお礼申し上げます。及川先生には論理的・技術的指導のみならず、研究の楽しさや奥深さに気づくきっかけを与えて頂き、また研究者の眼差しを見せていただきました。私が至らぬところも多々あり、心配をかけっぱなしだったと思いますが、根気よく温かく見守って下さいました。及川先生との出会いが無ければ、この論文の完成も今の私もありません。先生の傍で見聞きし、教えて頂いた多くのことを糧に、今後も励んでまいります。本当にありがとうございました。

副査の平尾和洋教授、近本智行教授には本論文をまとめるにあたって、的確かつ貴重なご助言を数多く頂きました。読者によく伝わるよう心がけて執筆にあたったつもりでしたがまだまだ未熟で、先生方のご助言は大変参考になりました。深く感謝申し上げます。また、宗本晋作准教授にも本論文の構成についてのご助言を頂きました。親身になって相談に乗って下さったことを感謝申し上げます。

本研究が始動した当時、立命館大学の私の同僚として在籍しておられ、現在早稲田大学人間科学部で助教の職に就かれている山田悟史助教には特段の謝意を表さねばなりません。年齢は近いながら、充実した研究成果を挙げておられる山田先生は一番身近な私の目標です。いつだったか、二人でラーメンをすすりながら共同研究の構想が立ち上がった日のことを鮮明に覚えています。それから多くの密な議論を経て研究がカタチになっていく日々は、この上なく充実したものでした。計量技術に関わる全面的な技術支援もさることながら、同じ熱を共有して議論できる同世代の研究者を身近に得たことが、私にとってどれほど大きい事であったか計り知れません。心より感謝申し上げます。

また、本研究の推進に際しては、及川研究室、山田研究室に在籍しておられた多くの学生諸氏にご協力いただきました。特に、窪園翔治氏、藤川裕子氏、廣瀬徳郎氏、西浦吉起氏には深く感謝申し上げます。本論文には彼らの在学中に彼らとの共同研究として取り組んだ成果が多分に含まれており、本論文は彼らの尽力無しには成し得ませんでした。本当にありがとうございました。

最後に、本研究を遂行するにあたってご助力賜りました立命館大学理工学部建築都市デザイン学科の諸先生方、並びに先輩、後輩の皆様、そして、ずいぶんと心配をかけた両親と千紘に心より感謝したいと思います。本当にありがとうございました。

2015 年 7 月

藤井 健史