

歴史都市における観光客のための避難経路の抽出方法に 関する研究 ～京都市東山区を対象として～

A Study on the Identification Methods of Evacuation Routes for Tourists in Historical Cities
- Case Study: Higashiyama Ward in Kyoto City -

小川圭一¹・前川貴哉²・松野真樹³・塚口博司⁴・安隆浩⁵

Keiichi Ogawa, Takaya Maegawa, Naoki Matsuno, Hiroshi Tsukaguchi and Yoongho Ahn

¹立命館大学准教授 理工学部都市システム工学科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1)

Associate Professor, Department of Civil Engineering, College of Science and Engineering, Ritsumeikan University

²阪急不動産株式会社 (〒530-0017 大阪府大阪市北区角田町 1-1)

Hankyu Realty Co., Ltd.

³ジオスター株式会社 (〒113-0024 東京都文京区西片 1-17-8)

GEOSTR Corporation

⁴立命館大学教授 理工学部都市システム工学科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1)

Professor, Department of Civil Engineering, College of Science and Engineering, Ritsumeikan University

⁵立命館大学特任助教 理工学部都市システム工学科 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1)

Assistant Professor, Department of Civil Engineering, College of Science and Engineering, Ritsumeikan University

In this paper, the identification methods of evacuation routes for tourists from cultural heritage as sightseeing spots to evacuation sites are proposed in Higashiyama Ward in Kyoto City, which is a typical historical city in Japan. Evacuation routes from cultural heritage to evacuation sites are identified from the viewpoints of distances, reachability rates in disaster situation and numbers of turns at intersections. A comprehensive indicator which integrates these three viewpoints is proposed to identify the evacuation routes from cultural heritage to evacuation sites.

Key Words: cultural heritage disaster mitigation, historical city, tourist, evacuation route

1. はじめに

数多くの文化遺産を有する歴史都市は、多くの観光客が訪れる観光都市でもある。そのため、歴史都市の防災においては、一般的な都市防災に加えて、地理不案内な観光客の避難誘導についても計画をおこなう必要がある。しかしながら、実際の地域防災計画では観光客に対して避難場所を周知するのみに留まっており、具体的な避難誘導方策は示されていないのが現状である。また、観光客の非定常的な交通行動を捉えるのは困難であることから、計画策定の基礎となる有効な統計データも不足している。

筆者らはこれまで、文化遺産を数多く有する歴史都市の防災計画に対して、おもに交通計画の視点から研究をおこなってきた。このうち災害時の避難に関する研究としては、代表的な歴史都市である京都市の市民を対象にアンケート調査をおこない、大規模災害時に想定される避難行動を含めた交通行動について分析するとともに、これらにもとづく災害時の交通需要の推計や、文化遺産防災を考慮した交通マネジメントのあり方について検討をおこなっている¹⁻⁴⁾。また、歴史都市、観光都市の特徴である観光客の避難行動や避難計画に関する研究としては、京都市の中でもとくに多くの観光客が訪れる東山区において、観光客を対象としたアンケート調査をおこない、東山区内における観光客の交通行動について分析をおこなうとともに、東

山区内の各地域における観光客の時間帯別滞留状況の推計や、文化遺産所在地から避難場所までの避難経路の抽出とその評価に関する研究をおこなっている⁵⁻⁹⁾。

筆者らの既存研究においては、文化遺産所在地から避難場所までの避難経路について、距離、通行可能率、リンク数、右左折回数といった複数の評価指標によって抽出と評価をおこない、その相互の比較をおこなってきた⁸⁾。しかしながら、実際の防災計画においては複数の避難経路を併記して案内をおこなうことは現実的ではなく、いずれか1つの評価方法にもとづいて合理的な避難経路の抽出をおこなう必要があると考えられる。本研究では、既存研究において避難経路の抽出や評価に用いてきた評価指標のうち、距離、通行可能率、右左折回数の3つの評価指標を取り上げ、これらを統合した総合的な評価指標による避難経路の抽出方法を提案することを目的とする。

2. 避難経路の抽出における評価指標

(1) 避難経路の評価指標

観光客の避難を考える上では、避難場所までの距離や避難容量のみでなく、地理不案内な観光客にとってもわかりやすい避難経路を考える必要がある。また、災害時には幅員の小さい道路は沿道建造物の倒壊や路面の損傷によって通行できない可能性も存在することから、災害時にもできるだけ通行できる可能性の大きい経路に誘導することも必要である。

そこで筆者らはこれまで、京都市の道路ネットワークを表現した GIS を用いて、複数の評価指標にもとづく避難経路の抽出や評価をおこなってきた⁸⁾。なお、この GIS は既存研究において、文化遺産防災のための重要道路リンクの抽出や各文化遺産の安全性評価のために構築したものであり、京都市内の道路ネットワークについて各道路リンクの幅員、リンク長と、文化遺産、消防施設の位置をデータベース化したものである^{10,11)}。また、ここでの道路リンクとは、道路ネットワークをノード（交差点）とリンク（交差点間の単路部）によって構成されるネットワークモデルとして表現した場合における、個々のリンク（交差点間の単路部）を指している。

既存研究における避難経路の抽出や評価にあたっては、以下のような評価指標を用いている。

- ・距離：単純に距離の短い経路が良いとする考え方である。
- ・通行可能率にもとづく到達可能率：後述する各リンクにおける災害時の通行可能率の積により避難経路全体の到達可能率を算定し、その値がもっとも大きい経路が良いとする。道路幅員が大きく、災害時に閉塞する可能性が小さい経路に誘導するという考え方である。
- ・リンク数：道路リンクが交差点間の単路部であることから、経路中に含まれる交差点数はリンク数から1を減じたものとなる。すなわち、交差点数がもっとも少ない経路が良いとする考え方である。これは経路中に含まれる交差点数を少なくすることにより、地理不案内な観光客に対してわかりやすい経路誘導ができるという仮定にもとづいている。
- ・右左折回数：経路中に含まれる交差点のうち、右左折をする交差点の数がもっとも少ない経路が良いとする考え方である。これは右左折をする交差点の数を少なくすることにより、地理不案内な観光客に対してわかりやすい経路誘導ができるという仮定にもとづいている。

筆者らの既存研究においては、各々の評価指標にもとづいて抽出した避難経路に対して、相互に比較することによってその特徴の検討をおこなってきた⁸⁾。

(2) 通行可能率の設定方法

本研究で取り扱う道路リンクの通行可能率とは、地震発生時にその道路が通行可能である確率を、幅員とリンク長に応じて設定した値である。

既存研究において、阪神・淡路大震災時の神戸市における道路閉塞状況のデータをもとに、道路幅員別のリンク長 100m あたりの通行可能率が表 1 のように示されている^{12,13)}。これをもとに、道路閉塞がポアソン分布にしたがうと仮定して、幅員とリンク長に応じて各リンクの通行可能率を設定している¹⁰⁻¹³⁾。なお、本研究では震度 6 の地震の場合を想定した通行可能率を用いている。

表1 道路延長 100mあたりの通行可能率（震度6）¹²⁾

道路幅員 (m)	通行可能率 (歩行)
～4	0.579
4～6	0.630
6～8	0.716
8～	1.000

3. 避難経路の評価指標の統合

(1) 評価指標の統合の考え方

前章で示したように、既存研究における避難経路の抽出と評価の考え方は、距離、通行可能率、リンク数、右左折回数⁴の4つの評価指標にもとづくものとなっている。このうちリンク数と右左折回数は相互に類似した考え方であるが、他の2つの評価指標はまったく異なる考え方にもとづくものとなっている。そのため各々の評価指標の考え方を踏まえて、避難経路を総合的に評価するための指標を考える必要がある。

そこで本研究では、既存研究における評価指標の中から、距離、通行可能率、右左折回数の3つの評価指標を統合した、新たな評価指標の提案をおこなうこととする。具体的には、既存の通行可能率にもとづく到達可能率に加えて、距離と右左折回数の影響を考慮した新たな「到達可能率」を算定することにより、3つの評価指標の統合をおこなう。

このため、距離の増大による到達可能率の減衰、右左折回数の増大による到達可能率の減衰を、既存研究による歩行可能距離の分布や、交差点通過時における進行方向の誤りの確率にもとづき表現する。これらを既存の通行可能率にもとづく到達可能率に掛け合わせることで、距離、通行可能率、右左折回数の3つの評価指標を統合した、新たな評価指標の提案をおこなう。

(2) 距離の増大による到達可能率の減衰

避難場所までの距離が大きくなればなるほど、観光客が避難場所に向かうことをあきらめたり、体力的、精神的な限界によって到達できなかったりする可能性は大きくなると思われる。これを定量化することによって、距離の増大による到達可能率の減衰を表現できるものと考えられる。

東山区には多数の文化遺産を有する観光スポットが存在するが、いずれの観光スポットも直線距離で2km以内に広域避難場所が存在する。2kmという距離は、健康な大人であれば徒歩で十分に移動可能である距離であるが、観光客の中には高齢者や子供連れなど、徒歩での長距離の移動が困難である人々も含まれている。とくに歴史都市の観光スポットにおいては、一般の観光スポットに比較して高齢者の占める割合が大きいものと考えられ、長距離の移動が困難である観光客の割合が大きいものと推察される。また、観光行動の途中で大規模災害に直面した場合、避難場所までの距離が大きければ観光客が避難場所に向かうことをあきらめてしまう可能性も大きくなると思われる。

そこで本研究では、距離の大きさを避難場所までの移動に対する抵抗と捉え、既存研究の結果にもとづき距離と到達可能率との関係を設定することとする。ここでは、松江らによる阪神・淡路大震災の被災者の行動調査の結果を引用することとする¹⁴⁾。これは図1のように、震災後の自宅と避難場所との間の往復行動の頻度に対し、所要時間との関係をみたものである。

これをみると、自宅と避難場所との間の所要時間が大きくなるにつれて往復行動の頻度が小さくなっていることがわかる。本研究ではここでの「自宅には行かなかった」という割合を、所要時間（距離）の大きさによる自宅と避難場所との間の移動に対する抵抗によるものと捉え、観光客が避難場所に到達することができない確率とみなすこととする。なお、実際には震災発生時における観光スポットから避難場所までの移動と、震災後の自宅と避難場所との間の移動とでは抵抗が異なることが想定されるが、ここでは震災発生時における避難場所までの移動に対する抵抗に関する適切なデータが得られなかったことから、震災後の自宅と避難場所との間の移動に対する抵抗によって代用することとした。また、本研究で対象とする東山区では山麓部に位置する観光スポットや避難場所があり、所要時間（距離）の大きさのみでなく避難経路の勾配の大きさや階段の有無なども移動に対する抵抗となることが想定されるが、これらについては本研究では取り扱

えていない。今後、対象地域の実情にあわせたより現実的な移動に対する抵抗を把握する必要がある。

ここでは、所要時間を距離に換算するため、仙田らによる既存研究にもとづき、避難時の平均歩行速度を66.75 (m/分) とした^{15,16)}。これにより、図1に示される所要時間と「自宅には行かなかった」という割合との関係を、距離と「自宅には行かなかった」という割合との関係に変換し、ロジスティック回帰をおこなったものを図2に示す。これを、距離の増大による到達可能率の減衰を表現するものとする。

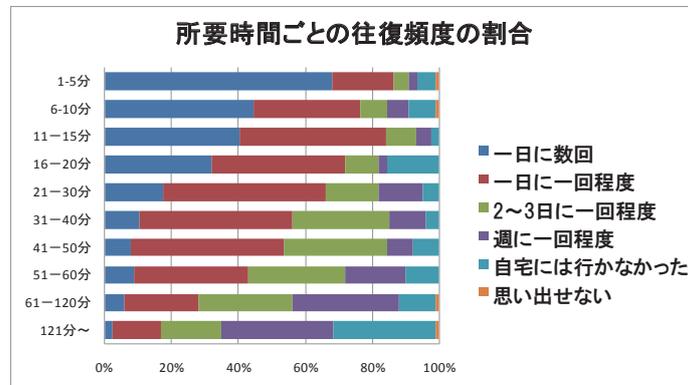


図1 所要時間ごとの往復頻度の割合¹⁴⁾

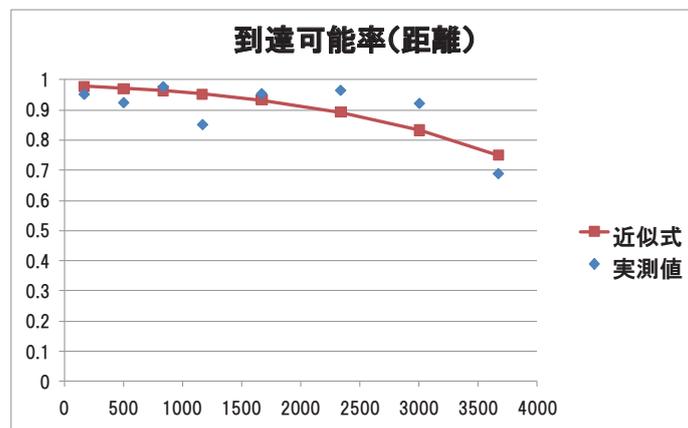


図2 距離の増大による到達可能率の減衰

(3) 右左折回数が増大による到達可能率の減衰

つぎに、右左折回数が増大による到達可能率の減衰について考える。避難経路に含まれる交差点数が大きいことは、経路途中における進行方向の選択の機会が大きくなることとなるため、地理不案内な観光客にとっては進行すべき方向を誤ってしまう機会が増大することを示している。とくに、交差点において右左折をする場合においては、直進をする場合に比較して進行方向を誤る可能性が大きいものと思われる。そこで、避難経路上の右左折回数を計測し、1回の右左折において進行方向を誤る確率を設定することにより、観光スポットから避難場所まで避難経路から逸脱することなく到達できる確率を算定することとした。

ここで、交差点における右左折の定義は、以下のようにした。まず、各々の交差点の進入方向の延長線上にもっとも近い進行方向を直進とみなし、それ以外の進行方向をすべて右左折とみなすこととする。ただし、進入方向の延長線上にもっとも近い進行方向が2つ以上存在する場合には、すべての進行方向を右左折とみなすこととする。これにより、東山区のような非格子状の道路ネットワークにおいても、いわゆる「道なり」の進行方向を直進とし、それ以外の進行方向を右左折と判断することとした。

つぎに、右左折回数が増大による到達可能率の減衰の程度を把握するため、立命館大学の学生を被験者とした避難行動調査をおこなった。これは、被験者に避難経路が指示された地図とGPS機器を渡し、地図に記載された避難経路にしたがって仮想的な避難行動をおこなってもらったものである。調査では、被験者が通行した経路をGPS機器によって得られた位置情報をもとに把握し、各々の交差点において指示された避難経路から逸脱するかどうかを計測した。これにより、経路上に含まれる右左折回数と、指示された避難経路か

ら逸脱することなく到達できる確率との関係を得ることができる。

なお、調査は2011年11月に、対象地域の道路ネットワークや避難場所の位置に対して予備知識のない立命館大学の学生30名を被験者としておこなった。調査では、電子版の地図に観光スポットから避難場所までの仮想的な避難経路（必ずしも最短経路ではなく、意図的に屈曲させた経路や、細街路を通行する経路などを含む）を記載して印刷したものを被験者に渡し、現在位置と最初の進行方向のみを認識させた状態で仮想的な避難行動をおこなってもらった。調査に用いた地図の例を図3に示す。調査は平日の昼間におこなっており、観光シーズンではあるが被験者の経路選択行動に影響を及ぼすような混雑は発生していなかった。

避難行動調査の結果、進行方向が直進となる交差点で指示された避難経路から逸脱した被験者はなかった。また、進行方向が右左折となる交差点で指示された避難経路から逸脱した被験者は、交差点通過回数297回のうち2回であった。すなわち、1回の右左折において進行方向を誤る確率は0.007であることになる。これをもとに、避難経路上の右左折回数と到達可能率との関係を算定すると、表2のようになる。



図3 避難行動調査に用いた地図の例
(O: 出発地, D: 目的地)

表2 右左折回数の増大による到達可能率の減衰

右左折回数	到達可能率
1	0.993
2	0.987
3	0.980
4	0.973
5	0.967
6	0.960
7	0.954
8	0.947
9	0.941
10	0.935

(4) 避難経路の評価指標の統合

上述のような距離の増大による到達可能率の減衰と、右左折回数の増大による到達可能率の減衰をもとに、距離、通行可能率、右左折回数の3つの評価指標を統合した新たな評価指標を作成する。具体的には図4に示すように、距離の増大による到達可能率の減衰、右左折回数の増大による到達可能率の減衰を、道路リンクの通行可能率にもとづく到達可能率に掛けあわせることにより、距離、通行可能率、右左折回数の3つの評価指標を統合した、新たな「到達可能率」を算定することとする。

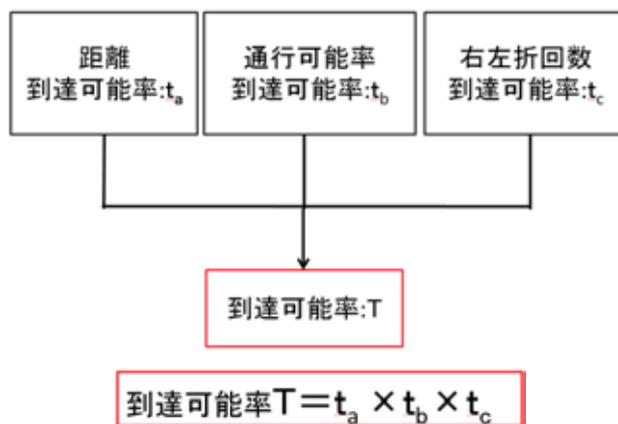


図4 新たな「到達可能率」の評価指標の考え方

4. 京都市東山区における避難経路の抽出

(1) 避難経路の抽出方法

前章で提案した新たな「到達可能率」をもとに、東山区内の観光スポットから広域避難場所までの避難経路の抽出をおこなう。ここでは、各々の観光スポットから 2km 以内の広域避難場所を対象とする。これは、自治体が地域住民を対象として作成している避難計画において、避難経路の最大距離が 2km とされていることによる。

東山区内の広域避難場所の位置を図 5 に示す。広域避難場所は円山公園と泉涌寺・月輪中学校・日吉ヶ丘高等学校であり、東山区内の南北の離れた位置に存在しているが、いずれの観光スポットも 2km 以内にいずれかの広域避難場所が含まれている。なお、観光スポットによっては 2km 以内に両方の広域避難場所が含まれている場合もあるが、その場合には両方の広域避難場所までの避難経路の抽出をおこなう。



図 5 東山区内の広域避難場所の位置

(2) 避難経路の抽出結果

前章で提案した評価指標をもとに、各々の観光スポットから広域避難場所までのもっとも到達可能率の大きい避難経路を抽出したところ、各々の観光スポットから広域避難場所までの到達可能率は表 3 のようになった。ここでは各々の避難経路について、評価の内訳となる「距離にもとづく到達可能率」「通行可能率にもとづく到達可能率」「右左折回数にもとづく到達可能率」の各々と、それらを統合した「統合指標にもとづく到達可能率」を示している。なお、円山公園、泉涌寺については当該場所が広域避難場所として定められているため対象外としている。また、八坂神社、知恩院についても広域避難場所に隣接しており、直接に移動ができるため対象外としている。

なお、表 3 に示された避難経路は、いずれも「統合指標にもとづく到達可能率」がもっとも大きくなる経路を抽出した場合を示している。このため、図 4 に示すように「統合指標にもとづく到達可能率」の値は、評価の内訳となる他の 3 つの到達可能率の値の積となっている。したがって、内訳となる 3 つの到達可能率の値をみることにより、抽出された経路がどのような特性をもつ経路であるかが把握できる。

これをみると、距離にもとづく到達可能率はおおむね 0.90 以上、右左折回数にもとづく到達可能率はおおむね 0.95 以上となっており、通行可能率にもとづく到達可能率に比較すると大きな値になっている。すなわち、距離や右左折回数の大きさがあまり到達可能率に影響を及ぼさない避難経路が抽出されている様子がわかる。また、統合指標にもとづく到達可能率の大小を比較すると、清水寺や東福寺など、通行可能率にもとづく到達可能率が小さい観光スポットについては統合指標にもとづく到達可能率も小さくなっており、

このような通行可能率の小さい道路リンクを利用せざるを得ない観光スポットについては何らかの対策をおこなうことが必要であると考えられる。

このように、複数の評価指標を統合した到達可能率を用いることによって、極端な迂回をするような距離の大きな経路、観光客が避難経路から逸脱しやすい右左折回数が多い経路などを除外し、現実的な避難経路の抽出をおこなうことができるものと考えられる。

表3 各々の観光スポットから広域避難場所までの到達可能率

観光スポット	広域避難場所	到達可能率 (距離)	到達可能率 (通行可能率)	到達可能率 (右左折回数)	到達可能率 (統合指標)
清水寺	円山公園	0.930	0.234	0.987	0.215
	泉涌寺	0.828	0.018	0.947	0.014
高台寺	円山公園	0.961	0.703	0.987	0.667
祇園	円山公園	0.977	1.000	1.000	0.977
南座	円山公園	0.972	1.000	1.000	0.972
大谷本廟	円山公園	0.955	1.000	1.000	0.955
	泉涌寺	0.893	0.079	0.960	0.068
東福寺	泉涌寺	0.970	0.159	0.980	0.151
三十三間堂	円山公園	0.919	1.000	0.993	0.913
	泉涌寺	0.915	0.079	0.993	0.072
京都国立博物館	円山公園	0.940	1.000	1.000	0.940
	泉涌寺	0.921	0.079	0.960	0.070

(3) 避難場所の追加指定をおこなった場合の避難経路の抽出結果

つぎに、仮想的な条件として、新たに避難場所の追加指定をおこなった場合を考える。ここでは、既存の避難場所が東山区内の南北の離れた位置に存在していることから、図4に示すように、東山区内の中心部に近く、比較的スペースのある京都国立博物館・智積院を新たに広域避難場所とした場合を考える。

前節と同様に、各々の観光スポットから広域避難場所までのもっとも到達可能率の大きい避難経路を抽出したところ、各々の観光スポットから広域避難場所までの到達可能率は表4のようになった。なお、表4に示された避難経路は、前節と同様に、いずれも「統合指標にもとづく到達可能率」がもっとも大きくなる経路を抽出した場合を示している。

表4 各々の観光スポットから広域避難場所までの到達可能率（避難場所の追加指定をおこなった場合）

観光スポット	広域避難場所	到達可能率 (距離)	到達可能率 (通行可能率)	到達可能率 (右左折回数)	到達可能率 (統合指標)
清水寺	円山公園	0.930	0.234	0.987	0.215
	京都国立博物館	0.953	0.223	0.987	0.209
	泉涌寺	0.828	0.018	0.947	0.014
高台寺	円山公園	0.961	0.703	0.987	0.667
	京都国立博物館	0.942	0.698	0.987	0.649
祇園	円山公園	0.977	1.000	1.000	0.977
	京都国立博物館	0.929	1.000	0.993	0.923
南座	円山公園	0.972	1.000	1.000	0.972
	京都国立博物館	0.915	1.000	0.993	0.909
大谷本廟	円山公園	0.955	1.000	1.000	0.955
	京都国立博物館	0.972	1.000	1.000	0.972
	泉涌寺	0.893	0.079	0.960	0.068
東福寺	泉涌寺	0.970	0.159	0.980	0.151
	京都国立博物館	0.945	0.269	0.967	0.246
三十三間堂	円山公園	0.919	1.000	0.993	0.913
	京都国立博物館	0.975	1.000	1.000	0.975
	泉涌寺	0.915	0.079	0.993	0.072
京都国立博物館	円山公園	0.940	1.000	1.000	0.940
	泉涌寺	0.921	0.079	0.960	0.070

これをみると、大幅な改善効果はみられないものの、大谷本廟、東福寺、三十三間堂の3箇所の観光スポットにおいては既存の広域避難場所に向かう場合に比較して統合指標にもとづく到達可能率が向上しており、避難場所の追加指定をおこなうことの効果が定量的に評価できることがわかる。

このように、複数の評価指標を統合した新たな評価指標を用いることにより、道路ネットワークの実情に応じた合理的な避難経路の抽出や避難場所の選定がおこなえることがわかる。

5. おわりに

本研究では代表的な歴史都市であり、多くの観光客が訪れる京都市東山区を対象として、距離、通行可能率、右左折回数などの3つの評価指標を統合した、総合的な評価指標による避難経路の抽出方法について検討をおこなった。これにより、複数の評価指標を統合した新たな評価指標を用いることにより、道路ネットワークの実情に応じた合理的な避難経路の抽出や避難場所の選定がおこなえることがわかった。

今後の課題としては、時間帯や季節によって異なる観光客数の変動に対応できる適切な避難場所や避難経路の選定方法の検討、観光客の避難と地域住民の避難との両者をあわせた検討などが必要であると考えられる。また、本研究では代表的な歴史都市、観光都市として京都市東山区を対象に分析をおこなっているが、同様の課題をもつ他の歴史都市、観光都市にも適用できるよう、道路ネットワークの特性や観光スポット、避難場所の分布状況に応じた方法の分類をおこない、他の歴史都市、観光都市にも適用できる一般性をもった方法を検討する必要がある。これにより、より汎用性のある歴史都市、観光都市の防災対策ハンドブックの作成に向けた方法論の構築が必要であると考えられる。

謝辞：本研究は、立命館大学 21 世紀 COE プログラム「文化遺産を核とした歴史都市の防災研究拠点」およびグローバル COE プログラム「歴史都市を守る「文化遺産防災学」推進拠点」における研究成果の一部である。関係各位に感謝の意を申し上げる次第である。

参考文献

- 1) 八木昭憲, 塚口博司, 小川圭一: 歴史都市における市民の地震災害時避難行動に関する一考察, 土木計画学研究・講演集, Vol.33, CD-ROM, No.277, 2006.
- 2) 塚口博司, 小川圭一, 八木昭憲, 駒井新人: 歴史都市における災害時交通マネジメントの枠組み構築と交通分析, 歴史都市防災論文集, Vol.1, pp.313-320, 2007.
- 3) Yoongho Ahn, Hiroshi Tsukaguchi, Keiichi Ogawa, Kota Tanaka: Study on Disaster Risk Assessment of Cultural Heritage and Road Network Improvement in Historical City, Journal of Disaster Research, Vol.6, No.1, pp.119-131, 2011.
- 4) 安隆浩, 塚口博司, 久下紗緒里, 小川圭一: 文化遺産防災のための歴史都市における災害時交通マネジメントに関する研究, 歴史都市防災論文集, Vol.5, pp.37-44, 2011.
- 5) 前川貴哉, 小川圭一, 塚口博司, 安隆浩: 歴史都市における災害時の効果的な避難誘導経路の抽出方法に関する研究, 平成 22 年度土木学会関西支部年次学術講演会講演概要集, CD-ROM, 第IV部門, IV-70, 2010.
- 6) 前川貴哉, 乾晶彦, 小川圭一, 塚口博司, 安隆浩: 歴史都市における観光客の行動分析に基づく災害時避難に関する研究, 土木計画学研究・講演集, Vol.41, CD-ROM, No.329, 2010.
- 7) 小川圭一, 乾晶彦, 前川貴哉, 塚口博司, 安隆浩: 歴史都市における避難計画のための観光客の交通行動と滞留状況の推計に関する研究, 歴史都市防災論文集, Vol.5, pp.61-68, 2011.
- 8) 小川圭一, 前川貴哉, 松野真樹, 塚口博司, 安隆浩: 歴史都市における観光客のための避難経路の抽出方法とその特性に関する研究, 歴史都市防災論文集, Vol.6, pp.265-272, 2012.
- 9) 小川圭一, 南和憲, 前川貴哉, 塚口博司, 安隆浩: 避難時の交通容量を考慮した歴史都市における観光客の避難経路に関する検討, 歴史都市防災論文集, Vol.7, pp.7-14, 2013.
- 10) 小川圭一, 塚口博司, 本郷伸和, 中村真幸: 緊急時のアクセス性を考慮した文化遺産防災に関する研究, 交通科学, Vol.36, No.1, pp.49-58, 2005.
- 11) 小川圭一, 塚口博司, 中村真幸, 本郷伸和: 歴史都市における文化遺産防災のための重要道路区間の抽出に関する研究, 土木計画学研究・論文集, Vol.23, No.2, pp.253-264, 2006.
- 12) 塚口博司, 小川圭一, 本郷伸和: 大震災時における道路の通行可能確率の推定, 歴史都市防災論文集, Vol.2, pp.43-48, 2008.
- 13) 塚口博司, 小川圭一, 田中耕太, 本郷伸和: 歴史都市における道路機能障害の推定, 歴史都市防災論文集, Vol.3, pp.253-258, 2009.
- 14) 松江正彦, 田中隆, 野島義照, 藤原宣夫, 若生謙二: 阪神・淡路大震災における避難者の避難所と自宅との往復行動, 日本造園学会誌 ランドスケープ研究 研究発表論文集 15, Vol.60, No.5, pp.659-662, 1997.
- 15) 仙田満, 矢田努, 富田昌志, 原博: 歩行線形による通路空間の形状に関する研究 小学校廊下の実態調査および実物大模型による歩行実験にもとづく曲がり角隅切処理の提案, 日本建築学会計画系論文報告集, No.455, pp.109-118, 1994.
- 16) 仙田満, 矢田努, 大越英俊: 歩行線形による屋外通路空間の形状に関する研究 近道行動における歩行線形のビデオ解析と裸地出現率の検討にもとづく曲がり角隅切処理の提案, 日本建築学会計画系論文報告集, No.479, pp.131-138, 1996.