

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*

A Study on Evacuation of Tourists in Disaster Situation Based on the Analysis of Tourist Behaviors in Historical Cities*

前川 貴哉**, 乾 晶彦**, 小川 圭一***, 塚口 博司****, 安 隆浩*****

By Takaya MAEGAWA**, Akihiko INUI**, Keiichi OGAWA***, Hiroshi TSUKAGUCHI**** and Yoongho AHN*****

1. はじめに

数多くの文化遺産を擁する歴史都市は、多くの観光客が訪れる観光地でもある。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を計画する必要がある。しかし、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、観光客の非定期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¹⁻⁶⁾。

しかしながら、歴史都市の特徴である観光客の避難行動に関しては、これまであまり研究がおこなわれていない。そこで筆者らは、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った⁷⁾。本研究ではこれをもとに、東山区内の各地域における観光客の時間帯別滞留状況を推計し、観光客の滞留状況を踏まえた避難場所の配

置と、避難場所までの適切な誘導方法を検討する。また、GISを用いて、文化遺産所在地からの想定される避難誘導経路と、歴史都市における道路ネットワークとの関連性を分析することにより、観光客に対する適切な避難誘導経路の設定方法についても検討する。

2. アンケート調査の概要

災害危険性をもっとも高い観光期の休日を対象に、東山区内の観光客の交通流動を把握するため、東山区を訪れた観光客に対してアンケート調査をおこなった⁷⁾。なお、本研究における観光客の定義は「東山区内の観光スポットを訪れる人々。ただし、東山区民やビジネス目的の来訪者は除く」としている。

アンケート調査の概要は以下の通りである。

[調査日時]

2008年11月29日(土)・30日(日)、12月6日(土)・7日(日)・13日(土)・14日(日)の9:00~17:00

[調査方法]

調査票の直接配布をおこない、後日に郵送で回収。

[配布場所]

図-1に示す9箇所。

[配布部数]

4,832部(回収部数は931部であり、返送率は19.3%)

[調査項目]

- 1) 旅行形態：旅行の出発地、京都市への観光頻度、利用交通機関、宿泊日数、旅行人数、総旅行費用
- 2) 交通行動：東山区を観光した1日の旅程と移動経路、今回の旅行で訪問したすべての観光スポット
- 3) 属性：性別、年齢層、職業
- 4) その他：宿泊した地域など

3. 観光客の滞留状況を踏まえた避難場所の配置

(1) 観光客の時間帯別滞留状況の推計

本節では災害時に東山区で必要となる避難場所の容量

* キーワーズ：防災計画, GIS, 文化遺産防災

** 学生会員,

立命館大学大学院理工学研究科創造理工学専攻

*** 正会員, 博(工学),

立命館大学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

TEL: 077-561-5033, FAX: 077-561-2667

E-mail: kogawa@se.ritsumei.ac.jp

**** フェロー会員, 工博,

立命館大学理工学部都市システム工学科

***** 正会員, 博(工学), 立命館大学

立命館グローバル・イノベーション研究機構

表-1 東山区における主要観光スポット間の観光客 OD 表

	清水寺	高台寺周辺 ⁽¹⁾	円山公園	八坂神社	知恩院	祇園周辺 ⁽²⁾	東福寺	泉涌寺	大谷本廟	京都国立博物館 南座 ⁽³⁾	南座	東山区外	推移確率から求めた 観光客数の合計	統計から求めた 観光客数	成長率 (F)
清水寺	0	13950	1780	5330	2760	1640	480	3320	6130	1270	4050	34400	75120	75180	1.0008
高台寺周辺	10040	0	2340	4660	860	830	120	0	400	290	0	4950	24510	24520	1.0006
円山公園	1380	1470	0	2060	4520	270	0	0	250	70	0	1990	12010	12030	1.0014
八坂神社	3530	2070	4480	0	2450	1470	0	0	260	80	2970	6360	23890	23960	1.0026
知恩院	1450	820	2600	1540	0	830	100	0	0	100	0	9470	16910	16940	1.0018
祇園周辺	2010	970	20	1690	670	0	0	210	0	130	920	4460	11070	11080	1.0003
東福寺	2130	240	0	200	180	150	0	6380	110	480	0	5510	15380	15280	0.9923
泉涌寺	3680	340	0	450	0	190	1880	0	0	1820	0	3680	12030	12030	0.9995
大谷本廟	4440	400	140	800	0	340	0	0	0	0	0	4410	10530	10520	0.9997
京都国立博物館 南座	5270	220	0	480	0	320	730	0	0	0	0	5790	12820	12810	0.999
東山区外	1670	350	250	2290	0	1200	0	0	0	0	0	3740	9710	9720	1.0011
統計から求めた 観光客数	39310	3730	440	4470	5510	3850	11930	2020	3370	8570	1810	0	85020	84960	0.9993
成長率 (G)	1.0008	0.999	0.9965	0.9992	0.9988	0.9988	1.001	1.0085	0.9993	1.0011	0.998	0.9996			

を計画するために、平常時における観光客の滞留状況を推計する。

京都市では「京都市観光調査年報」と呼ばれる観光統計が作成されている⁸⁾。ただし、これは京都市全域が対象の調査であり、各地域内の詳細な交通行動についてのデータはとられていない。また、京都市周辺の交通行動を測る統計として「京阪神都市圏 PT 調査」が挙げられるが、観光目的の交通をレクリエーション目的の交通に含めて集計しているため、観光客の交通行動だけを詳細に抽出することは困難である。

そこで、本研究では既存の統計に、前述した観光客へのアンケート調査のデータを加えて、東山区における観光客の時間帯別滞留状況の推計をおこなった。推計手順は以下の通りである。

① 各観光スポットを1日に訪れる観光客数の算出

「京都市観光調査年報」の月別観光客数（過去5年間の平均値）と、各観光スポットの年間訪問率（過去5年間の平均値）を乗じて、各観光スポットを1箇月に訪れる観光客数を求める。そして、これに「平成12年度京阪神都市圏 PT 調査」の平日と休日におけるレクリエーション目的の交通量を比較することにより求めた日変動係数を乗じて、休日1日に各観光スポットを訪れる観光客数を算出する。

② 観光スポット間を1日に移動する観光客数

アンケート調査で得た観光スポット間の推移状況と、各観光スポットにおける休日1日あたりの観光客数が近似するように、OD表を補正する（表-1）。ここでは現在パターン法で近似をおこなった。

③ 観光客の時間帯別滞留状況

アンケート調査で得た観光スポット間の移動経路選択や、各観光スポットの時間帯別訪問状況などから、観光客の詳細な時間帯別滞留状況を求める。

このうち、東山区においてもっとも滞留観光客数の多い時間帯である12時前後の状況をみると、各観光スポットに滞留している観光客数は表-2、また観光スポットや主要駅の間を移動している観光客数は表-3のように推定できる。

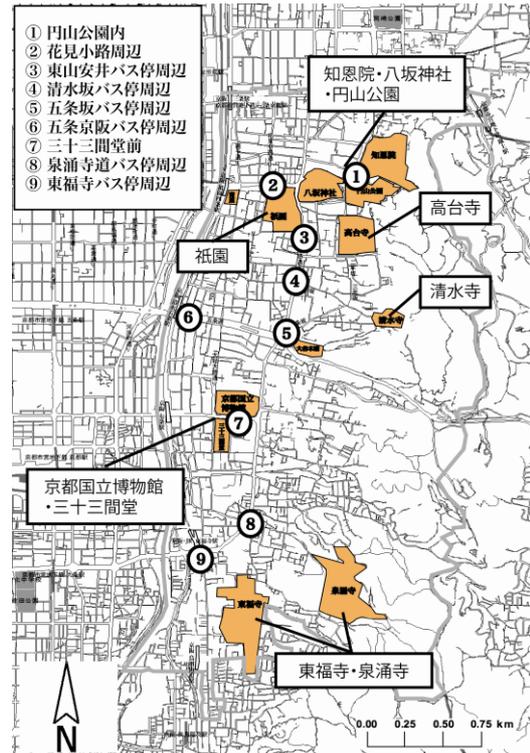


図-1 アンケートの配布場所

表-2 各観光スポットにおける観光客数 (12時)

観光スポット名	12時時点の滞留観光客数
清水寺	23,551
高台寺	2,208
知恩院	2,377
八坂神社	768
円山公園	391
祇園周辺	2,179
南座	972
京都国立博物館周辺	3,660
大谷本廟	1,662
東福寺	4,566
泉涌寺	1,415
合計	43,749

(2) 避難場所の配置と割り当ての検討

本節では前節で推計した観光客の滞留状況をもとに、避難場所の配置と割り当て方法を検討する。

表-3 観光スポットや主要駅の間を移動する観光客数（12時）

	清水寺	高台寺周辺	円山公園	八坂神社	知恩院	延福寺	東福寺	泉源寺	大谷本願	京都国立博物館周辺	南禅	三條駅	紙園四條駅	清水五条駅	七条駅	東福寺駅
清水寺	0	466	133	138	80	154	195	250	715	748	185	3	8	45	7	0
高台寺周辺	893	0	818	863	89	269	30	0	15	41	0	15	164	30	15	0
円山公園	15	49	0	76	72	0	0	0	0	11	0	0	2	0	0	0
八坂神社	27	43	129	0	26	49	0	0	2	2	11	3	41	0	5	0
知恩院	8	7	97	20	0	13	3	0	0	0	0	0	5	0	10	0
延福寺	11	16	13	29	22	0	7	7	12	28	65	34	59	0	0	0
東福寺	2	2	0	0	2	0	0	45	0	84	0	14	2	0	0	163
泉源寺	1	0	0	0	0	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	4
大谷本願	6	2	2	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	17	0
京都国立博物館周辺	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	73	0
南禅	1	0	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
三條駅	4	15	0	3	20	2	0	0	0	0	0	0	100	25	0	75
紙園四條駅	31	164	11	41	15	19	2	0	0	0	9	0	0	14	18	9
清水五条駅	69	30	1	9	0	0	2	0	47	0	0	0	19	0	7	33
七条駅	0	15	0	5	0	0	0	0	132	15	0	32	32	65	0	32
東福寺駅	2	0	0	0	0	0	191	68	0	0	0	7	40	81	7	0

災害発生時、周辺の地理に不案内な観光客は、初動において近隣の避難場所に一時避難をおこない、情報提供を受けることが適切と思われる。しかし、一般に避難場所として指定されているのは、地域の学校や大学などであり、観光客に対して周知するのは難しい。さらに、観光期に災害が発生した場合には、多数の観光客が集中していることから、設定されている避難場所の容量を超える可能性も大いに考えられる。

そこで、代替的な避難場所として著名な観光スポットなどを新たに設定することを考える。これは、観光スポットには観光客に周知が容易で、広域のスペースをもつものが多いためである。この条件にあてはまる東山区内の観光スポットには、たとえば京都国立博物館や智積院などが考えられる（図-2）。

つぎに、観光客に対する避難場所の割り当ては、金井らが地域住民を対象とした既存研究をおこなっており、これを参考に設定した⁹⁾。割り当て方針は「各被災地区から避難場所への総歩行距離を最小化する」で、制約条件は「上限避難距離 D_{max} (500m~1km) を超えない」である。これを定式化すると以下ようになる。

最小化

$$\sum_{i \in I} w_i \sum_{j \in J} D_{ij} \cdot X_{ij}$$

制約条件

$$D_{ij} \leq D_{max} \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \quad \sum_{j \in J} x_{ij} = 1 \quad \forall i \in I, \\ x_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall i \in I, \forall j \in J, \quad \sum_{i \in I} w_i \times x_{ij} \leq C_{ij} \quad \forall i \in I$$

観光客の被災地区 $I = \{1, 2 \sim m\}$, 避難場所 $J = \{1, 2 \sim n\}$

D_{ij} : 被災地区 $i(i \in I)$ から避難場所 $j(j \in J)$ への移動距離

w_i : 被災地区 $i(i \in I)$ の観光客数, C_{ij} : 避難場所 j の収容可能人数

D_{max} : 移動距離の上限,

$X_{ij} = 1$: 地区 i の観光客数を避難場所 j に割り当てる場合

$X_{ij} = 0$: 居住地区 i の観光客数を避難場所 j に割り当てない場合

たとえば、東山区においてもっとも滞留観光客数の多い時間帯である 12 時前後に災害が発生したと仮定する。前節で示したように、各観光スポットに滞留している観光客数は表-2、また観光スポットや主要駅の間を移動している観光客数は表-3 で表される。

しかし、これらを合計すると、東山区には 12 時時点で約 53,000 人の観光客が滞留しており、その時間帯に

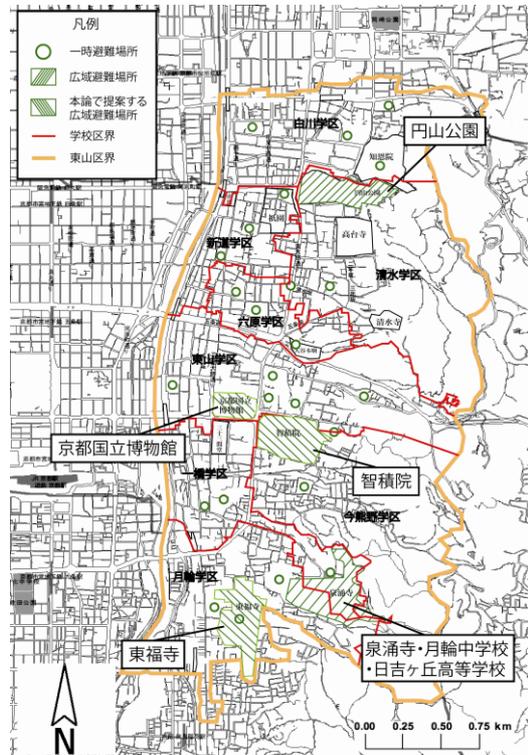


図-2 東山区の指定避難場所

東山区の昼間人口が約 50,000 人であることとあわせると、東山区の総避難可能人員数 73,416 人は大きく不足していることがわかる。学区別でみると、四条通以北の白川学区や南部にある今熊野学区、月輪学区では、著名な観光スポットが少ないこともあり、地域に十分な避難容量が存在する。その一方で、清水寺へ向かうための人通りが多い五条通から 500m~1km 圏内にある六原学区と東山学区には低容量の一時避難場所しか存在しておらず、すべての観光客を地域の避難場所に割り当てることはできないことがわかった。

そこで、上述のように京都国立博物館と智積院を広域避難場所として設定し、それぞれ約 20,000 人と約 260,000 人の避難容量を設定する（指定避難場所の避難容量は、京都市によって安全面積の 0.5 人/m² をもとに定められているため、本研究でもこれをもとに設定した）。これにより、現状では避難場所の確保が難しい五条通や七条通の周辺で滞留している観光客を避難上限範囲内の距離で避難させることが可能である。

他にも、観光が盛んな 9~15 時に災害が発生した場合、

現状の避難容量では不足することが推計された。このように、訪問率の高い観光スポットが存在する地域では、観光客数が収束して地域の避難容量が不足する可能性が高いため、避難上限範囲内の距離で避難できる新たな避難場所を検討する必要があると考えられる。

4. 避難誘導経路の抽出とその特性の分析

(1) GIS を用いた経路抽出の概要

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誘導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。

そこで本章では、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誘導経路の抽出をおこなう。避難誘導経路の抽出にあたっては、距離最小化、到達可能率最大化、リンク数最小化という避難誘導経路に必要な3つの評価指標のもとでおこない、相互に比較することとする。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¹⁰⁻¹²⁾。

距離による抽出は、単純にもっとも距離の短い経路の抽出となる。到達可能率による抽出は、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誘導経路全体の到達可能率を算出し、その値がもっとも大きい経路の抽出をおこなう。リンク数による抽出は、道路リンクが交差点間で構成されていることから、交差点の数がもっとも少ない経路の抽出となる。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。

いずれの評価指標のもとで求めた経路に対して、距離、到達可能率、リンク数の値をそれぞれ算出し、相互に比較することによってその特徴を検討することとする。

(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-4 のように示され

表-4 道路延長 100m 当たりの通行可能率 (震度 6)

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

表-5 抽出経路に対する各指標の平均値 (東山区)

経路抽出方法	評価指標の平均値		
	距離 (m)	到達可能率	リンク数
距離最小化	697.79	0.413	16.4
到達可能率最大化	884.15	0.519	19.1
リンク数最小化	862.02	0.371	12.8

表-6 抽出経路に対する各指標の平均値 (上京区)

経路抽出方法	評価指標の平均値		
	距離 (m)	到達可能率	リンク数
距離最小化	966.12	0.299	20.0
到達可能率最大化	1550.64	0.602	26.7
リンク数最小化	1073.91	0.360	15.6

ている¹³⁾。これをもとに道路閉塞がポアソン分布に従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。

(3) 避難誘導経路の抽出と分析

京都市東山区に存在する 52 箇所の文化遺産所在地について、各評価指標により抽出された避難誘導経路の距離、リンク数、通行可能率の平均を表-5 に示す。また、道路ネットワークの形状による比較をおこなうため、比較対象として京都市上京区においても同様の方法による避難誘導経路の抽出をおこなう。上京区の抽出結果による距離、リンク数、通行可能率の平均を表-6 に示す。

東山区は京都市外縁部の山麓近くに位置し、東側を東山山麓、西側を鴨川に挟まれているため、道路ネットワークは全体として南北に細長い形状になっている。また東側に向かうほど山麓近くになるため、道路ネットワークが少なく、かつ幅員の小さい道路が多いという特徴を有している。一方、観光スポットとなる文化遺産所在地は、山麓近くに存在しているものが多い状況にある。

一方、上京区は京都市の中心部に位置し、京都市の特徴である基盤の目状の道路ネットワークをもつ地域である。幹線道路は広い幅員を有しているが、その他の細街路には幅員の小さい道路も多くなっている。ただし基盤の目状であることから、東山区に比較すると災害時に道路閉塞があっても代替経路は確保しやすいものと思われる。また、観光スポットとなる文化遺産所在地は、市街地内に点在している状況にある。

東山区と上京区の結果を比較すると、東山区の方が全体として平均距離が短いことがわかる。また、到達可能率を評価指標にとることにより上京区は距離が大幅に長くなっているが、東山区は距離の差が小さいことがわかる。しかし上京区では距離が長くなっている一方で、到達可能率の値も約2倍と大幅に向上しているが、東山区ではあまり到達可能率が向上していないことがわかる。

これは東山区と上京区の道路ネットワーク形状の違いによるものであると考えられる。山麓にある東山区は道路リンク数も少なく、道路ネットワーク形状が複雑で規則性がないため、到達可能率の高い経路に迂回する場合の選択肢が少ないのに対し、上京区は京都市特有の基盤の目状の道路ネットワークになっていることにより、到達可能率の高い経路に迂回する場合の選択肢が豊富にあるといえる。

また、避難誘導経路の到達可能率に影響を及ぼす重要な要素として、広域避難場所の位置がある。とくに東山区は山麓に近づくほど道路ネットワークが少なくなるという特徴があり、広域避難場所が山麓に近いかどうか非常に重要なものとなる。東山区では北側と南側で広域避難場所の位置の違いがあることにより避難誘導経路の特徴に大きく差が表れている。

これを各広域避難場所への経路における迂回率をもとにみることにする。迂回率とは通行可能率で抽出された経路の距離が、最短経路の距離に対してどのくらい迂回しているかを示す値であり、以下の式により算定する。

$$\text{迂回率} = \frac{\text{到達可能率で抽出された経路の距離} - \text{最短経路の距離}}{\text{最短経路の距離}}$$

東山区における各広域避難場所への迂回率の平均を表-7に示す。東山区で北側にある円山公園は山麓から離れた場所にあるために周辺の道路ネットワークも多く、ここに避難する場合には代替経路が多く存在する。これに対し、南側にある他の3箇所の広域避難場所はいずれも山麓に近い場所にあることから、避難する際には山麓側に近づいていくことになる。3箇所の広域避難場所はいずれも迂回率が非常に小さな値となっているが、これは最短経路となる経路で道路閉塞が発生した場合、代替経路がほとんどないことに起因している。とくに日吉ヶ丘高校グラウンドは15箇所の文化遺産所在地からの避難場所となっているが、周辺は道路ネットワークが少なく、避難経路が限定され迂回することができない。このような代替経路のない場所で道路閉塞が発生すれば十分な避難ができず、孤立する可能性もある。

また、東山区の北側と南側における違いとして、広域避難場所が幅員8m以上の道路に面しているかどうかという点がある。円山公園は複数の入口の中の1箇所が幅員8m以上の道路に面している。表-4に示すように、

表-7 各避難場所への避難経路の迂回率（東山区）

広域避難場所	対象文化遺産数	迂回率
円山公園	33	0.347
日吉ヶ丘高校グラウンド	15	0.035
泉涌寺	3	0.000
月輪中学校グラウンド	1	0.000

表-8 各避難場所への避難経路の迂回率（上京区）

広域避難場所	対象文化遺産数	迂回率
二条城	3	0.173
京都御苑	20	0.230
立命館大学グラウンド	1	0.722
洛星高校グラウンド	10	1.168
鴨川右岸	5	2.410

幅員8m以上の道路リンクは災害時においても徒歩であれば通行可能であるため、幅員8m以上の道路に面している広域避難場所への避難は、いったん幅員8m以上の道路に出ることができれば、幅員の広い道路を通っての避難が可能になる。また避難後の救援物資などの輸送をおこなう際、幅員の大きい道路に面していることにより効率的におこなえることから重要であるといえる。山麓に近い場所に広域避難場所が集中している南側ではいずれの避難場所も幅員8m以上の道路に面していないため、狭幅員の道路を利用するの避難が必要となる。

この影響が顕著に表れているのが、比較対象地域として分析をおこなった上京区である。そこで、上京区における各広域避難場所への迂回率の平均を表-8に示す。

幅員8m以上の道路に面した広域避難場所である二条城、京都御苑、立命館大学グラウンドは迂回率が低い値を示しているのに対して、面していない他の2箇所は高い値を示している。東山区の場合と異なり、上京区では基盤の目状の道路ネットワークであることから代替経路が多く存在し、道路閉塞が発生した場合においても到達可能な代替経路が存在する可能性が大きい、その場合には迂回によって避難距離が大幅に増大する可能性があることがわかる。このように幅員8m以上の道路に面していることは、広域避難場所として非常に重要な要素の1つであるといえる。

(4) 広域避難場所の指定の検討

前節に示されたように、道路ネットワークの形状によって代替経路の有無に差があることから、東山区のような地域においては道路閉塞時の代替経路が少ないことを前提とした避難場所の配置や経路誘導をおこなう必要があると考えられる。たとえば、東山区の南側では山麓から離れた場所を避難場所として利用できれば、災害時の到達可能率を向上させることが可能である。

改善案として、山麓近くに位置する日吉ヶ丘高校グラ

ウンド、月輪中学校グラウンドの2箇所を替えて、新たに3箇所の広域避難場所を指定することを考える。新しく提案する①東福寺、②智積院、③京都国立博物館の3箇所は山麓から少し離れた場所にあること、十分なスペースをもっていることから選定をおこなった。また②智積院、③京都国立博物館に関しては幅員8m以上の道路に面している。

改善案での各文化遺産から広域避難場所への避難誘導経路の抽出結果について、距離、リンク数、通行可能率の平均を表-9に示す。

表-5と比較すると距離やリンク数は大幅に改善され、到達可能率も高い値となっている。このように、山麓から離れた位置で幅員の広い道路に面した場所を広域避難場所に加えることにより、安全性、避難時間の短縮などが可能になることがわかる。このように災害時を想定した複数の指標値を用いることにより、より安全な避難場所の選定をおこなうことができることがわかる。

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、観光客を対象としたアンケート調査をおこない、観光客の交通行動について分析をおこなった。これをもとに、東山区内の各地域における観光客の時間帯別滞留状況を推計し、観光客の滞留状況を踏まえた避難場所の配置と、避難場所までの適切な誘導方法の検討をおこなった。また、文化遺産所在地からの避難誘導経路と道路ネットワークの特性との関連性を分析することにより、観光客に対する適切な避難誘導経路の設定についても検討をおこなった。

これらにより、東山区には観光期の休日には多数の観光客が滞留しており、東山区の昼間人口とあわせると、時間帯によっては現状の避難容量では大きく不足することが推計された。また、避難場所までの避難誘導経路に対して距離、到達可能率、リンク数といった指標によって評価をおこなうことにより、現状の避難場所の指定や避難誘導経路についての課題点や改善策を検討できることが示された。

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、避難誘導経路の選定方法の検討が挙げられる。また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も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として京都市を取り上げ、東山区と上京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にも適用できるように、道路ネットワークの特性や観光スポットの分布状況に応じた方法の分類をおこない、他の歴史都市にも適用でき

表-9 改善後の抽出経路に対する各指標の平均値
(東山区)

経路抽出方法	評価指標の平均値		
	距離 (m)	到達可能率	リンク数
距離最小化	386.20	0.536	7.4
到達可能率最大化	470.65	0.579	8.6
リンク数最小化	400.04	0.533	6.6

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の防災対策パッケージ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。

参考文献

- 1) 本郷伸和, 山内健次, 塚口博司, 小川圭一: 文化遺産防災のための災害時交通行動に関する市民意識の分析, 土木学会第60回年次学術講演会講演概要集, CD-ROM, 第IV部門, IV-025, 2005.
- 2) 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.
- 3) 八木昭憲, 塚口博司, 小川圭一: 京都市民の災害時における避難行動, 平成18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-52, 2006.
- 4) 八木昭憲, 塚口博司, 小川圭一: 大規模地震災害後における交通行動 -京都市におけるアンケート調査より-, 土木学会第61回年次学術講演会講演概要集 CD-ROM, 第IV部門, IV-193, 2006.
- 5) 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.
- 6) 八木昭憲, 駒井新人, 塚口博司, 小川圭一: 災害時における交通需要の予測のための交通行動の分析, 土木学会第62回年次学術講演会講演概要集, CD-ROM, 第IV部門, IV-155, 2007.
- 7) 乾晶彦, 小川圭一, 塚口博司: 京都市東山区を訪れる観光客の交通行動に関する研究, 平成21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-36, 2009.
- 8) 京都市: 京都市観光調査年報, 2009.
- 9) 金井淳子, 塚越功: 大都市における地震火災時のリアルタイム避難誘導システムに関する研究 ~リアルタイム避難誘導システムにおける避難地割り当てのモデル化の試み~, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.135-136, 1999.
- 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) 小川圭一, 塚口博司: 道路ネットワークを考慮した文化遺産の安全性評価, 歴史都市防災論文集, Vol.1, pp.305-312, 2007.
- 13) 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.