

歴史都市における指定避難所を経由した広域避難場所への 効果的な避難経路に関する研究

A Study on the Evacuation Routes for Tourists to Evacuation Sites via Temporary Gathering Locations in Historical Cities

小川圭一¹・藤井勇希²・塚口博司³・安隆浩⁴

Keiichi Ogawa, Yuki Fujii, 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綾羽株式会社 大津本社 (〒520-0801 滋賀県大津市におの浜 1-1-3)

Ayaha Corporation

³立命館大学特任教授 理工学部 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1)

Professor, College of Science and Engineering, Ritsumeikan University

⁴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, evacuation routes for tourists from cultural heritage as sightseeing spots to evacuation sites via temporary gathering locations are considered in Kamigyo Ward and Higashiyama Ward in Kyoto City, which is a typical historical city in Japan. Evacuation routes from cultural heritage to evacuation sites via temporary gathering locations are identified from the viewpoints of distances, reachability rates in disaster situation and numbers of intersections. A comprehensive indicator which integrates these three viewpoints is proposed to evaluate the evacuation routes from cultural heritage to evacuation sites via temporary gathering locations.

Keywords: *evacuation route, evacuation site, temporary gathering location, tourist, historical city*

1. はじめに

近年、世界各地で多くの地震災害が発生している。1995年1月に阪神・淡路大震災、2010年1月にハイチ地震、同年2月にチリ地震など、大規模な地震が多く発生している。2011年3月に発生した東日本大震災はとくに記憶に新しい。このような自然災害を受け、防災に関する意識も高まっている。

日本では近い将来発生が予想されている南海・東南海・東海地震に対し、さまざまな技術による防災対策の強化が進められている。その防災対策の中でも少し異なる視点を要するのが、文化遺産を多く有する歴史都市における防災である。本研究の対象である京都市もその1つである。

京都市は長らく日本の政治・文化の中心であり、第二次世界大戦による被害を免れたことから、多くの歴史的建造物や美術工芸品を有している。また、街並み、景観も高く評価され、世界各地から観光客が訪れる国際観光都市・京都として広く知られている。京都市でも観光都市としてさらなる発展を目指しており、2000年に当時4,000万人であった観光客数を2010年までに5,000万人に増やすという「観光客5,000万人構想」を宣言した。この目標は2010年を待たずして2008年に達成となっており、今後も観光客が増加する傾向にあると考えられる。

このような歴史都市、観光都市で大規模地震が発生した場合、地域住民とともに観光客の避難も考慮しなければならない。観光客は地域住民に比べてその土地に不慣れであることから、適切な避難経路から逸脱し、迷ってしまう可能性が考えられる。このため避難経路は観光客にとってわかりやすく、かつ安全性の高い経路であることが求められる。

本研究では観光客を対象とした、避難場所までの効果的な避難経路に関する検討をおこなう。筆者らはこれまで、京都市上京区、東山区を対象に、文化遺産を有する観光スポットから広域避難場所までの避難を想定した避難経路の抽出をおこない、道路ネットワーク特性による比較をおこなってきた¹⁻³⁾。しかしながら、広域避難場所の数は限られており、災害時の避難において避難場所を広域避難場所のみに限定することは多数の観光客に長距離の避難を強いることになってしまう。そこで、観光客が広域避難場所に直接避難することだけでなく、より近距離にある指定避難所（以下「避難所」とする）にまず避難し、そこから広域避難場所に避難することも考えられる。一方で、多くの避難所は小規模であり、かつ避難所自体が幅員の小さな道路に面している場合も多いため、多数の観光客が避難することが地域住民の避難生活に影響を及ぼす可能性や、避難所を経由させることによってかえって避難が困難になる可能性も考えられる。そこで本研究では、既存研究と同様の方法を用いて観光スポットから避難所までの避難を想定した避難経路の抽出をおこなう。また既存研究の結果と比較するため、避難所から広域避難場所に避難する経路の抽出もおこない、観光スポットから避難所を経由して広域避難場所に避難する場合の避難経路と、広域避難場所に直接避難する場合の避難経路との比較をおこなう。また、これらと道路ネットワーク特性との比較をおこなう。

対象地域は代表的な歴史都市、観光都市である京都市とし、その中でも多くの文化遺産が存在し、かつ異なる道路ネットワーク特性をもつ上京区と東山区とする。上京区は京都市の中心部に位置し、格子状の道路ネットワークをもつのが特徴である。また幹線道路の幅員は大きいものの、その他の道路は幅員の小さな細街路が多くなっている。一方、東山区は鴨川と東山に挟まれた山麓部に位置し、非格子状の複雑な道路ネットワークを有している。上京区に比較すると幅員の大きな幹線道路は少なく、鴨川と東山に挟まれているために代替経路の少ない道路も多くなっている。上京区の避難所は 22 箇所、広域避難場所は 2 箇所であり、東山区の避難所は 25 箇所、広域避難場所は 2 箇所である。上京区、東山区ともに広域避難場所に比較すると多数の避難所が指定されている。

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と文化遺産、消防施設の位置情報にもとづき、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¹⁻³⁾。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。
- ・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小さ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小さくすることにより、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。

(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。

表1 道路延長 100m あたりの通行可能率（震度 6）⁴⁾

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

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、道路幅員ごとのリンク長 100m あたりの通行可能率が表 1 のように示されている^{4,5)}。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^{4,6)}。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. 観光スポットから避難所までの避難経路の抽出とその特性

前章で示した 3 つの評価指標を用いて、文化遺産を有する観光スポット（上京区 39 箇所、東山区 52 箇所）から避難所までの評価指標ごとの避難経路の抽出をおこなう。各々の評価指標によって抽出された経路に対し、他の 2 つの評価指標の値も算定することによって、その特徴を把握することとする。なお、目的地となる避難所は各々の観光スポットから最寄りのも（道路距離がもっとも小さいもの）1 箇所とし、避難所の面積による避難容量については考慮していない。また、観光スポットによっては避難所よりも広域避難場所の方が距離が小さい場合も存在するが、このような場合にも避難所に避難することとする。

抽出の結果、既存研究と比較すると距離、リンク数の値は全体的に小さく、到達可能率の値はもっとも安全といえる 1 となる経路がいくつか抽出された。また、最短経路、到達可能率最大経路、リンク数最小経路の 3 つが同じ経路になるもの、最短経路とリンク数最小経路の 2 つが同じ経路になるものも多く存在した。これは、多数の避難所が設定されていることから観光スポットから避難所までの距離が総じて小さいことに加え、観光スポットと避難所の位置関係によっては幅員の大きな幹線道路で直線状に結ばれていたためである。一方、避難所の立地条件によっては幅員の大きな幹線道路に面していないものもあり、その場合には到達可能率が大幅に小さくなることになった。

抽出された各々の避難経路について、観光スポット・避難所間の距離帯ごとに区分し、上京区、東山区の各評価指標の平均を算定したものを表 2～表 4 に示す。なお、ここでの距離帯は各々の評価指標によって抽出された避難経路の道路距離を用いている。

これらをもとに、上京区、東山区の道路ネットワーク特性との関係を見ることとする。表 5 は、最短経路と到達可能率最大経路との比較、最短経路とリンク数最小経路との比較において、各々の評価指標の平均にどの程度の差異があるかをみたものである。なお、ここでの差異は、それぞれ到達可能率最大経路、リンク数最小経路の方が値が大きいものを正として表している。

これをみると、最短経路と到達可能率最大経路との比較では、上京区の場合、到達可能率最大経路は距離が 98.7m、リンク数が 1.7 増加している。また、東山区の場合、到達可能率最大経路は距離が 86.5m、リンク数が 1.1 増加している。上京区と東山区を比較すると、距離、到達可能率、リンク数のいずれも、上京区の方が差異がやや大きくなった。上京区の方が東山区に比較して、距離、リンク数はやや大きくなるものの、最短経路に比較してより安全性が高いと考えられる到達可能率の大きな経路に誘導できる可能性があることが示唆される。

一方、最短経路とリンク数最小経路との比較では、上京区、東山区ともに、リンク数最小経路の距離や到達可能率は、最短経路とほぼ同一の値となっている。これは、最短経路とリンク数最小経路が同一になるものが多く存在したためである。すなわち、上京区、東山区ともに、最短経路に比較してよりわかりやすいと考えられるリンク数の小さな経路に誘導できる可能性はあまりなく、最短経路をそのままわかりやすい経路として案内すれば良いと考えられることが示唆される。

ただし、これらは上京区、東山区の平均のみを用いた比較であり、個々の観光スポット・避難所間の距離、到達可能率、リンク数の大小は、各々の観光スポット、避難所の立地条件によって異なっている。とくに幅員の小さな道路に面した避難所に避難する場合には到達可能率が大幅に減少する事例がみられる。このため、避難所の立地条件によって観光客の避難場所としての適性の判断をすることが必要であると考えられる。

表2 最短経路に対する各評価指標の平均

距離帯 (m)	上京区				東山区			
	距離 (m)	到達可能率	リンク数	観光スポット数	距離 (m)	到達可能率	リンク数	観光スポット数
0～250	140.6	0.869	2.3	9	126.1	0.750	2.1	31
250～500	371.1	0.397	5.9	27	386.1	0.392	5.8	18
500～750	616.7	0.131	8.7	3	566.7	0.434	7.0	3
全体	336.8	0.486	5.3	39	241.5	0.608	3.7	52

表3 到達可能率最大経路に対する各評価指標の平均

距離帯 (m)	上京区				東山区			
	距離 (m)	到達可能率	リンク数	観光スポット数	距離 (m)	到達可能率	リンク数	観光スポット数
0～250	135.6	0.893	2.3	8	126.1	0.750	2.1	31
250～500	375.0	0.553	5.9	22	365.0	0.481	5.1	10
500～750	662.5	0.333	12.3	4	680.0	0.700	11.6	5
750～1000	925.0	0.454	15.8	4	950.0	0.748	13.0	4
1000～1250	—	—	—	0	1150.0	0.362	12.0	2
1250～1500	1300.0	0.272	14.0	1	—	—	—	0
全体	435.5	0.583	7.0	39	328.0	0.678	4.8	52

表4 リンク数最小経路に対する各評価指標の平均

距離帯 (m)	上京区				東山区			
	距離 (m)	到達可能率	リンク数	観光スポット数	距離 (m)	到達可能率	リンク数	観光スポット数
0～250	140.6	0.869	2.3	9	126.1	0.750	2.1	31
250～500	371.1	0.397	5.9	27	391.2	0.382	5.6	17
500～750	633.3	0.141	7.7	3	575.0	0.356	7.0	4
全体	338.1	0.486	5.2	39	247.3	0.600	3.7	52

表5 最短経路と到達可能率最大経路、リンク数最小経路の比較

	最短経路と到達可能率最大経路との比較			最短経路とリンク数最小経路との比較		
	距離 (m)	到達可能率	リンク数	距離 (m)	到達可能率	リンク数
上京区	+98.7	+0.097	+1.7	+1.3	0.000	-0.1
東山区	+86.5	+0.070	+1.1	+5.8	-0.008	0.0

4. 避難所を経由した広域避難場所までの避難経路の抽出とその特性

つぎに、前章で抽出された観光スポットから避難所までの避難経路に加え、避難所から広域避難場所までの避難経路も同様の方法で抽出し、両者をあわせることによって、観光スポットから避難所を経由して広域避難場所に避難する場合の避難経路を想定する。これを、既存研究でおこなってきた観光スポットから広域避難場所に直接避難する場合の避難経路と比較することにより、避難場所としての避難所と広域避難場所の分担に関する検討をおこなうこととする。

なお、前章では距離、到達可能率、リンク数の3つの評価指標を用いて避難経路の抽出と評価をおこなったが、上述のように最短経路とリンク数最小経路ではあまり差異がみられなかったため、本章では距離、到達可能率の2つの評価指標のみを用いることとする。

前章と同様に、抽出された各々の避難経路について、観光スポット・広域避難場所間の距離帯ごとに区分し、観光スポットから避難所を経由して広域避難場所に避難する場合の上京区、東山区の各評価指標の平均を算定したものを表6、表7に示す。同様に、観光スポットから広域避難場所に直接避難する場合の上京区、東山区の各評価指標の平均を算定したものを表8、表9に示す。なお、ここでの距離帯は各々の評価指標によって抽出された避難経路の道路距離を用いている。

これらをもとに、上京区、東山区の道路ネットワーク特性との関係を見ることとする。表10は、観光スポットから避難所を経由して広域避難場所に避難する場合と、広域避難場所に直接避難する場合との比較において、各々の評価指標の平均にどの程度の差異があるかをみたものである。なお、ここでの差異は、避難所を経由して広域避難場所に避難する場合の値が大きいものを正として表している。

これをみると、いずれの場合も避難所を経由して広域避難場所に避難する場合の方が距離の平均は大きく、

表 6 避難所を経由して広域避難場所に避難する場合の最短経路に対する各評価指標の平均

距離帯 (m)	上京区			東山区		
	距離 (m)	到達可能率	観光スポット数	距離 (m)	到達可能率	観光スポット数
0～500	387.5	0.476	4	219.4	0.646	11
500～1000	797.5	0.569	4	697.3	0.310	22
1000～1500	1176.8	0.178	17	1326.7	0.141	11
1500～2000	1798.2	0.275	11	1687.1	0.308	7
2000～2500	2083.3	0.173	3	2200.0	0.039	1
全体	1301.9	0.276	39	891.5	0.340	52

表 7 避難所を経由して広域避難場所に避難する場合の到達可能率最大経路に対する各評価指標の平均

距離帯 (m)	上京区			東山区		
	距離 (m)	到達可能率	観光スポット数	距離 (m)	到達可能率	観光スポット数
0～500	—	—	0	219.4	0.646	11
500～1000	807.1	0.835	7	710.6	0.306	19
1000～1500	1289.4	0.488	9	1309.1	0.315	11
1500～2000	1817.5	0.382	16	1730.5	0.392	8
2000～2500	2283.3	0.262	6	2500.0	0.648	2
2500～3000	2600.0	0.456	1	2750.0	0.410	1
全体	1606.0	0.471	39	998.2	0.408	52

表 8 広域避難場所に直接避難する場合の最短経路に対する各評価指標の平均

距離帯 (m)	上京区			東山区		
	距離 (m)	到達可能率	観光スポット数	距離 (m)	到達可能率	観光スポット数
0～500	277.4	0.701	10	199.6	0.624	23
500～1000	778.3	0.412	10	702.6	0.114	15
1000～1500	1259.6	0.040	14	1227.5	0.244	11
1500～2000	1628.7	0.145	5	1647.3	0.342	3
全体	931.7	0.318	39	645.7	0.380	52

表 9 広域避難場所に直接避難する場合の到達可能率最大経路に対する各評価指標の平均

距離帯 (m)	上京区			東山区		
	距離 (m)	到達可能率	観光スポット数	距離 (m)	到達可能率	観光スポット数
0～500	250.0	0.816	7	183.8	0.678	21
500～1000	851.7	0.850	6	699.6	0.178	12
1000～1500	1314.7	0.407	5	1267.5	0.412	11
1500～2000	1795.9	0.529	14	1583.8	0.844	2
2000～2500	2281.1	0.621	2	2354.8	0.521	6
2500～3000	2698.0	0.455	4	—	—	0
3000～3500	—	—	0	—	—	0
3500～4000	3716.5	0.646	1	—	—	0
全体	1478.2	0.614	39	836.4	0.495	52

表 10 避難所を経由して広域避難場所に避難する場合と広域避難場所に直接避難する場合の比較

	最短経路		到達可能率最大経路	
	距離 (m)	到達可能率	距離 (m)	到達可能率
上京区	+370.2	-0.042	+127.8	-0.143
東山区	+245.8	-0.040	+161.8	-0.087

到達可能率の平均は小さくなっている。これは、避難所という経由地が存在することにより、大半の観光スポット・広域避難場所間で距離が増大するためである。

このうち、上京区の到達可能率最大経路においては、到達可能率の平均の減少幅が 0.143 となり、他の場合に比較して大きな差異がみられた。これは、地域住民をおもな対象とした避難所が必ずしも幅員の大きな道路に面していないため、避難所を経由することによって幅員の小さな細街路を通過することになるためであると考えられる。一方、東山区の到達可能率最大経路においては、上京区よりは到達可能率の平均の減少

幅が小さくなっている。このことから、上京区のように幅員の小さな細街路が多く、かつ避難所が幅員の大きな道路に面していない地域では、観光客を避難所に誘導するよりも広域避難場所に直接避難するように誘導した方が比較的安全であることが示唆される。

ただし、前章と同様に、これらは上京区、東山区の平均のみを用いた比較であり、個々の観光スポット・広域避難場所間の距離、到達可能率、リンク数の大小は、各々の観光スポット、経由する避難所、広域避難場所の立地条件によって異なっている。前章と同様に、幅員の小さな道路に面した避難所を経由する場合には、広域避難場所に直接避難する場合に比較して到達可能率が大幅に減少する事例がみられる。このため、避難所の立地条件によって観光客の避難場所としての適性の判断をし、観光スポットから避難所への避難を推奨するか、広域避難場所への避難を推奨するかを選択することが必要であると考えられる。

5. おわりに

本研究では、京都市上京区、東山区を対象に、観光スポットから避難所までの避難を想定した避難経路の抽出をおこなった。また避難所から広域避難場所に避難する経路の抽出もおこない、観光スポットから避難所を経由して広域避難場所に避難する場合の避難経路と、広域避難場所に直接避難する場合の避難経路との比較をおこなった。また、これらと道路ネットワーク特性との比較をおこなった。

その結果、観光スポットから避難所までの避難経路では、最短経路と到達可能率最大経路とを比較すると、距離、到達可能率、リンク数のいずれも、上京区の方が差異がやや大きくなった。すなわち、上京区の方が東山区に比較して、距離、リンク数はやや大きくなるものの、最短経路に比較してより安全性が高いと考えられる到達可能率の大きな経路に誘導できる可能性があることが示唆された。一方、最短経路とリンク数最小経路との比較では、上京区、東山区ともに、最短経路に比較してよりわかりやすいと考えられるリンク数の小さな経路に誘導できる可能性はあまりなく、最短経路をそのままわかりやすい経路として案内すれば良いと考えられることが示唆された。

また、観光スポットから避難所を経由して広域避難場所に避難する場合と、観光スポットから広域避難場所に直接避難する場合について比較すると、いずれの場合も避難所を経由して広域避難場所に避難する場合の方が距離の平均は大きく、到達可能率の平均は小さくなるが、上京区の到達可能率最大経路においては他の場合に比較してとくに大きな差異がみられた。このことから、上京区のように幅員の小さな細街路が多く、かつ避難所が幅員の大きな道路に面していない地域では、観光客を避難所に誘導するよりも広域避難場所に直接避難するように誘導した方が比較的安全であることが示唆された。

今後の課題としては、本研究では距離、到達可能率、リンク数の3つの評価指標を用いて避難経路を抽出し、その評価をおこなったが、避難経路の特性の検討のみでなく、各々の観光スポットの観光客数と、避難経路の交通容量、避難所、広域避難場所の避難容量を考慮した検討も必要であると考えられる。また、多くの避難所は小規模であり、多数の観光客が避難することが地域住民の避難生活に影響を及ぼす可能性もあることから、災害時における避難所と広域避難場所の役割の違いを明確にし、必要に応じて観光客のための一時的な集合場所や避難場所を確保することなど、より効果的な避難経路の抽出や避難場所の分担に関する検討をおこなう必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 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.
- 2) 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.
- 3) 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に関する研究 ~京都市東山区を対象として~, 歴史都市防災論文集, Vol.8, pp.181-188, 2014.
- 4) 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.
- 5) 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.
- 6) 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.