

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

Framework of Emergency Traffic Management Considering Travel Characteristics in a Historical City

塚口博司¹・小川圭一²・八木昭憲³・駒井新人⁴

Hiroshi Tsukaguchi, Keiichi Ogawa, Akinori Yagi, and Arato Komai

¹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, Ritsumeikan University, Dept. of Civil Engineering

²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, Ritsumeikan University, Dept. of Civil Engineering

³立命館大学大学院 理工学研究科創造理工学専攻 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東1-1-1)

Advanced Science and Engineering Major, Graduate School of Science and Engineering, Ritsumeikan University

⁴滋賀県 大津土木事務所道路計画課 (〒520-0807 滋賀県大津市松本1-2-1)

Shiga Prefectural Government

Hanshin-Awaji Earthquake revealed to cause traffic congestion by the road blockage and the traffic newly generated like the safety confirmation. The challenge to planners is to ensure disaster-resilient urban planning by provision of thoroughfares, which would function adequately during times of disasters. Emergency traffic management plays an important role to keep function of the road network. It is the purpose of this study to identify a framework of traffic management during times of disasters in a historical city considering travel characteristics of the area.

Key Words: *emergency traffic management, disaster mitigation, travel characteristics, historical city*

1. はじめに

阪神・淡路大震災では、道路自体の損壊や沿道建物の倒壊等による道路閉塞のために機能障害が生じた上に、安否確認や状況把握など災害時特有の交通の発生により道路交通が極度に混乱し、緊急・救援車両も走行できない状況であった。

災害時における交通管理について考える場合、時間経過とともに人々のニーズが変化し、これに伴って交通行動が変化することに十分留意することが必要である。阪神・淡路大震災と同規模の震災を念頭に置く場合、一般に、災害時の交通マネジメントの特徴を発災からの時間経過に応じて整理すると図1のように表すことができよう。すなわち、災害時交通マネジメントは (A) 発災直後の交通マネジメントと (B) 復旧時の交通マネジメントに大別できる。

前者は発災直後に実施される交通マネジメントであり、この時期に交通マネジメントの対象となる交通は、避難行動、救助・救援活動、安否確認行動、消火活動、帰宅行動などに関係するものであり、混沌とした状況の下で実施せざるを得ないであろう。発災直後の交通マネジメントは発災時刻にどの地域にどのような人がどれくらい滞留しているか、あるいは移動中であるかといった状況によって、その内容が大きく異なる可能性がある。また、歴史都市においては、多数の観光客が訪れるから、観光客の動向にも留意しなければならない。さらに、貴重な文化遺産を多数有する歴史都市においては、人命、財産だけでなく、文化遺産を守ることも重要である。このため、歴史都市におけるこの時期における交通マネジメントには、文化遺産防災

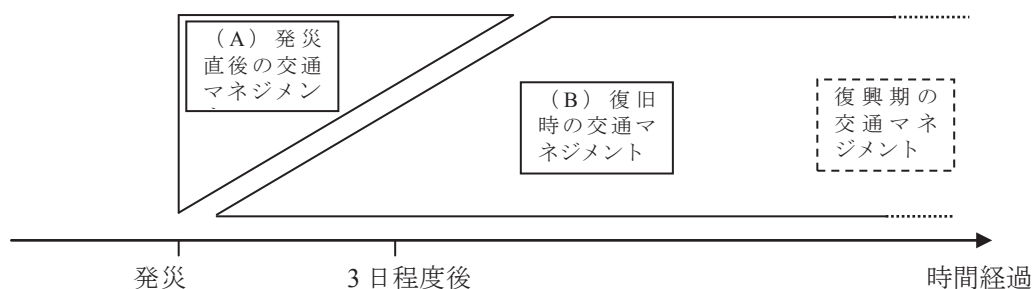


図1 発災からの時間経過に応じた交通マネジメント

としての視点も明確になっているべきである。

後者は、発災直後における被害の全体像すら把握しにくい状況から一応脱し、混乱はあるものの、被害の状況を把握した上で、被災者の支援活動、安否確認・見舞い、インフラの復旧活動等に関連する交通を対象とした交通マネジメントである。この時期には、被災の程度が比較的軽微な市民は平常時の活動を再開することになるから、平常時の交通行動が反映された交通状況となると考えられる。このため、この時期における交通マネジメントのベースとなるものは、平常時に行われていた市民の交通行動である。なお、復旧時に続いて復興期の交通マネジメントも必要となるが、これは交通ネットワーク容量が完全には回復していないにしても、平常時の形態に近い交通マネジメントとなる。

本研究では、以上のように歴史都市における災害時交通マネジメントを位置づけ、京都市を対象都市として、災害時交通マネジメントの基本的考え方について論じるとともに、発災直後の交通マネジメント、ならびに復旧時における交通マネジメントを具体的に検討するための基礎となる交通需要を明確にすることを目的とする。

災害時交通マネジメントが対象とする交通は、(Ⅰ)平常時に生起している交通の一部ならびに(Ⅱ)災害時に新たに発生する交通である。すなわち、

【災害時交通マネジメントにおいて対象となる交通需要】

$$= \text{【①平常時の交通需要】} \times \text{【②災害時低減率】} + \text{【③災害時に新たに発生する交通需要】} \quad (1)$$

災害時交通マネジメントについて考える際には、上記の①②③に適切な諸量を設定することが必要である。

本研究では、2章において、①平常時の交通需要に関連する発生・集中交通量、滞留人口、移動中人数について述べる。次に、3章において②災害時低減率、および③災害時に新たに発生する交通需要の推定に係る事項について述べる。そして、4章において災害時の交通マネジメントの方針について述べる。

2. 平常時の交通需要の整理

ここでは、京都市を事例として、上記の視点から、災害時交通マネジメントを検討する際に必要となる諸データについて示すことにしたい。

(1) 発生・集中交通量

各ゾーンにおける目的別および利用手段別の発生・集中交通量、分布交通量を求めておく。ここでは、2000年に実施された京阪神都市パーソントリップ調査(以下、PT調査と記載する)^{注1)} データを用いて、京都市の各区分に求めた発生交通量および集中交通量を図2および図3に、目的別に求めた発生交通量および集中交通量を図4および図5に示す。これらの諸量は平常時のものであり、災害時には発生・集中量が変化だけでなく、分布パターンも変化することが予想されるが、災害時の交通マネジメントの基礎データとして非常に重要である。

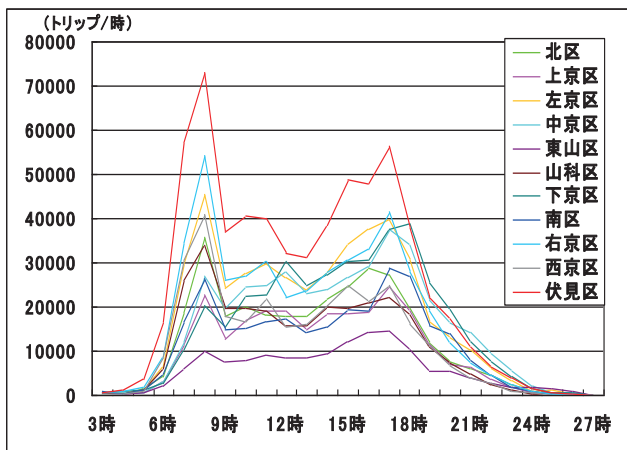


図2 区別にみた時間帯別発生交通量

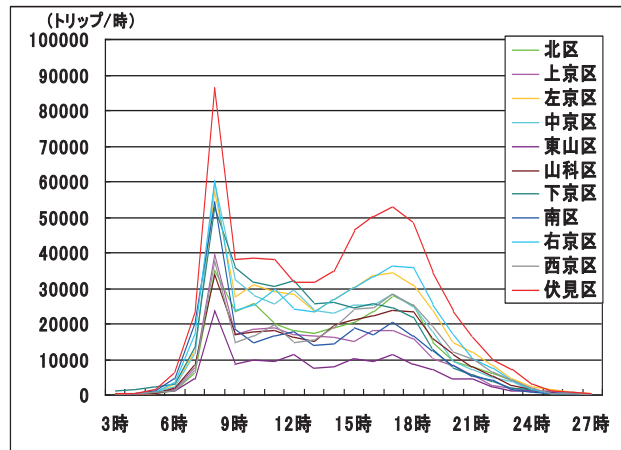


図3 区別にみた時間帯別集中交通量

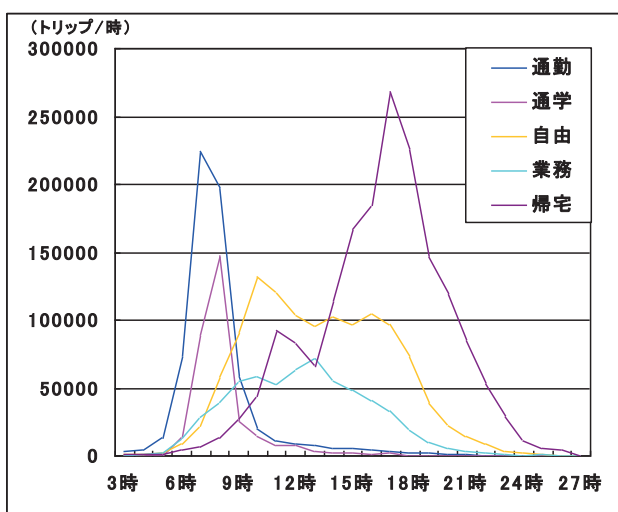


図4 目的別にみた時間帯別発生交通量

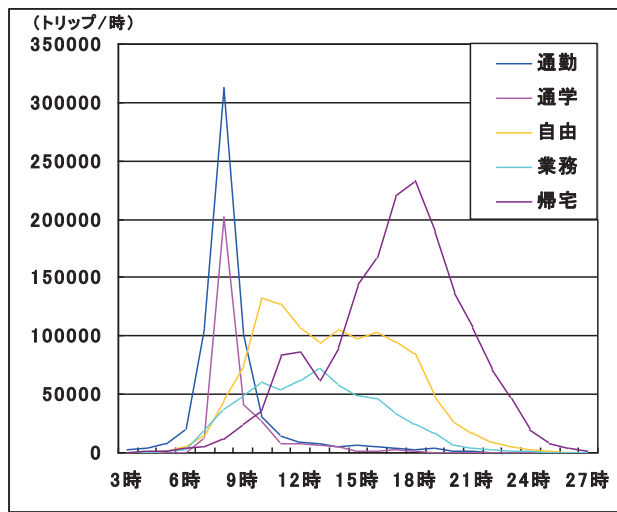


図5 目的別にみた時間帯別集中交通量

(2) 滞留人口

平常時の交通需要に関しては、災害時交通マネジメントには上記の発生・集中交通量および分布交通量だけでなく、ゾーン別の滞留人口や移動中の交通主体数も重要である。ここでは、PT調査データを用いて、京都市の各区の滞留人口を式(2)により算出し、結果を図6に示す。

$$A_t = A_{t-1} + Y_t - X_t \tag{2}$$

A_t : t時台における滞留人口 (A_2 : 夜間人口)

X_t : t時台における発生交通量

Y_t : t時台における集中交通量

t : 時刻帯 (t = 3~27)

都心部に位置する下京区、中京区、南区では、昼間人口が夜間人口に比べ2倍程度になっている。一方、伏見区、西京区、山科区では、昼間人口が夜間人口に比べ大幅に減少している。このように、発災時刻によって交通マネジメントが対応しなければならない市民等の人数が大きく異なっていることに、留意しなければならない。

(3) 移動中の交通主体数

滞留人口が大きく変動している 7 時台ならびに 17 時台は通勤・通学や帰宅交通が多数発生する時刻帯であり、移動中の人々が多いことを表している。交通機関を利用して移動中の人々が多い時刻帯に地震が起これば、被害状況が異なり、それに応じた交通マネジメントの内容も異なったものになると考えられる。図 7 は、PT 調査結果を利用し式(3)に基づいて求めた京都市内における利用交通手段別における移動人数を示している。

$$MOVE_t = \sum_{i=3}^{t-1} S_i - \sum_{i=3}^{t-1} F_i \quad (3)$$

MOVE_t : t 時台における移動人口
 S_i : i 時台に出発したトリップ
 F_i : i 時台に到着したトリップ
 t : 時刻帯 (t=4~27)

出勤や帰宅の時刻帯である 8 時台および 18 時台において移動人数が著しく多くなっており、京都市において交通施設が最も混雑する時刻帯であることが確認できる。トリップ途上にある人々が多い時刻帯と滞留人数が多い時刻帯とは、当然のことながら、交通マネジメントの対象が量的にも質的にも異なるわけであり、このような状況を踏まえて災害時交通マネジメントは適切に実施されることが必要である。なお、交通手段についてみると、8 時台および 18 時台では自動車利用者より鉄道利用者の方が多く、昼間時には自動車交通の方が多くなっている。

(4) 月別にみた観光客数

京都市は寺社仏閣など多数の文化遺産が点在しているだけでなく、桜や紅葉を楽しむことができる自然に恵まれ、年間4,500万人を超える観光客が集まる観光都市である。歴史都市における災害時の交通マネジメントには観光客に対する対応を考えておかなければならない。観光客数は季節によって変動するから、季節ごとの観光客数を把握しておく必要がある。ここでは、月別にみた観光客数を個人客と団体客、日帰り客と宿泊客に分けて図8に示す¹⁾。

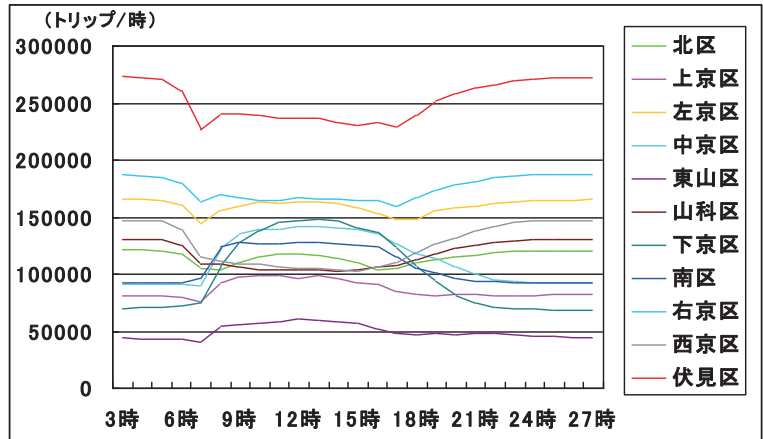


図 6 時刻帯別にみた滞留人口

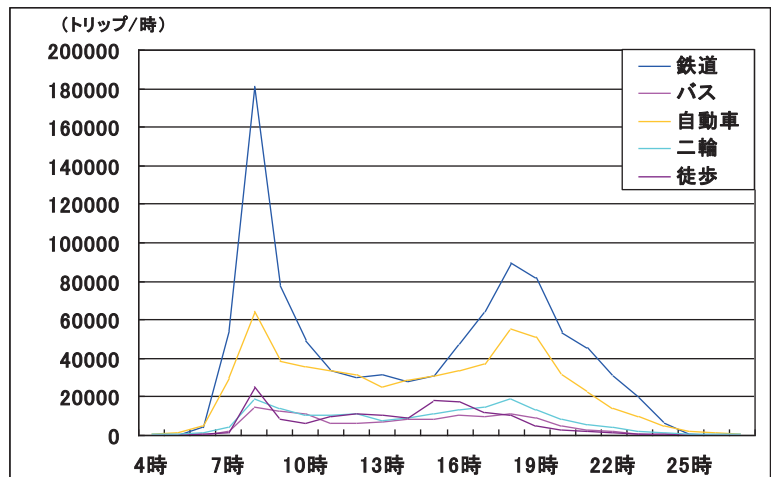


図 7 時刻帯別にみた移動中の交通主体数

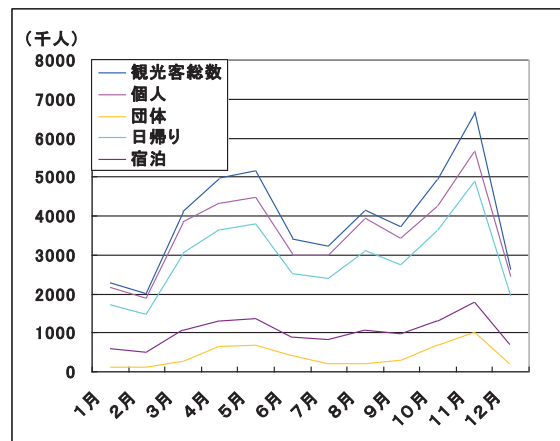


図 8 月別にみた観光客数¹⁾

(資料 : 京都市産業観光局「京都市観光調査／平成 17 年」)

季節別にみると、4・5月と10・11月が多く、最も多い11月と最も少ない2月を比べると3倍以上の差がある。春と秋のように観光客が多く、観光客の移動人数も多い時期に地震が発生した場合には、特に観光客に対する対応が重要となる。観光客に関しても、季節変動および時間変動を考慮し、先に述べた滞留人口ならびに移動中の交通主体数に加えておかなければならない。

3. 災害時における交通行動

自動車社会となって以来、幸いに京都においては大規模地震が発生していない。このため、災害時における京都市民あるいは来訪者の交通行動に関する実態調査は存在しない。そこで、災害時交通マネジメントを検討する際には、2章で述べた平常時の交通行動をベースとし、これを京都市民に対して実施した、災害時を想定した行動意識調査結果に基づいて修正していくという方法を取らざるを得ない。本研究では、筆者らが2004年11月に京都市民に対して実施した上記趣旨のアンケート調査「大規模地震災害への対応と地震発生時における行動に関する市民意識調査」^{3) 4) 5)}の結果に基づいて論述する。なお本調査では京都市民10000名を対象として調査票を郵送で配布回収し、1443名から有効な回答を得た。

(1) 日常的な交通行動の変化

上記の調査によると、大規模地震が発生した場合でも自分や家族に被害がなければ約6割の人が翌日から出勤しようと考えている(図9)。これは逆に見れば約4割は場合によっては通勤を控える可能性があることを示唆している。また、この調査においては通勤・通学や買い物など、日常的な交通目的による外出頻度等についても設問されているから、これに基づいて大雑把な原単位を求め、災害時における日常的な交通行動の発生量の概略を把握できる。これより、交通目的別に先に述べた災害時低減率を求めることができる。なお、阪神・淡路大震災における被災者の交通行動については、災害時において新たに発生する行動が6割を占めており、これらは「安否確認」や「状況把握」、「救援物資の輸送」などを目的とする行動であった。また、日常的な交通行動も3割程度あり、中でも「通勤」を目的とする交通が2割程度あったことが報告されている⁵⁾。

次に、地震発生後の「通勤」交通手段については、平常時に自家用車を利用している人であっても半数は「自動車利用を控える」と答えている(図10)。平常時に自家用車以外で通勤している人の7割弱は、「自転車や徒歩により通勤する」と答えている(図11)。また、「バイク」を利用して通勤するという意見も多く、公共交通機関が利用できない場合は出勤不可能という回答も多かった。なお、阪神・淡路大震災

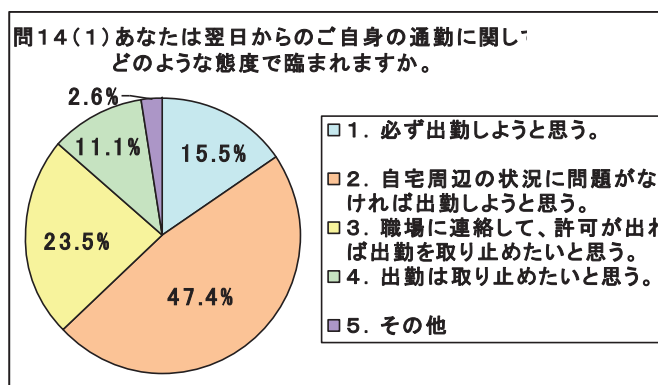


図9 災害時における通勤意思

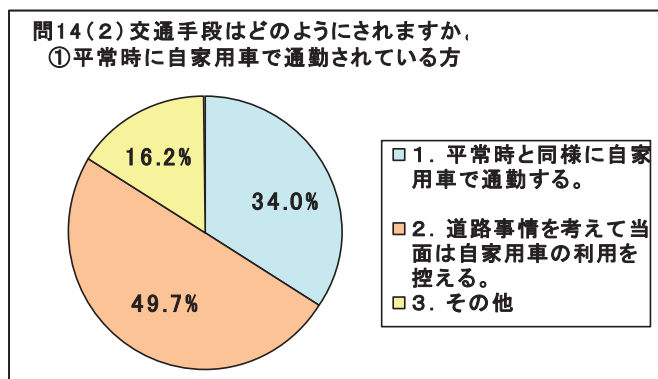


図10 災害時通勤手段

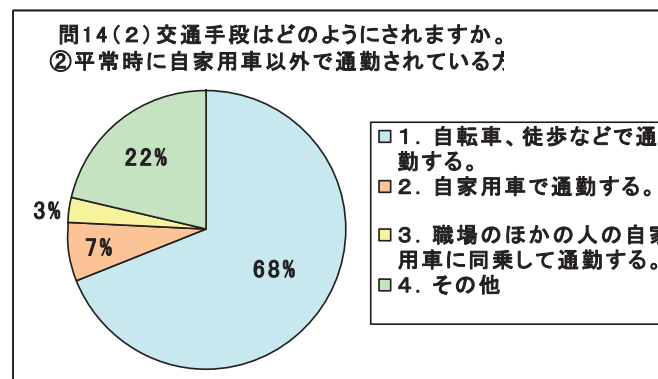


図11 災害時通勤手段

における被災者の交通行動調査によると、災害時において新たに発生する目的である「避難行動」の利用交通手段は「徒歩」の割合が5割と最も高く、「自動車」も4割と高い割合であった。鉄道やバスの運行が不能であったため、公共交通の利用は少なかった⁶⁾。また、地震発生後においても日常的な行動目的である「通勤」は量的にも多く、その際の利用交通手段は「自動車」の割合が6割以上と高かった⁷⁾。

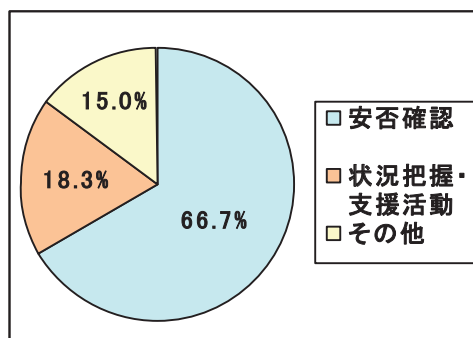


図12 災害時における市民の行動目的

(2) 災害時に新たに生じる交通行動

災害時において新たに発生する目的としては、「安否確認」が6割を超えており、2割弱が「状況把握・支援活動」であった(図12)。なお、災害時に優先されるべき交通目的としては、救助活動、救済物資の輸送、安否確認の順に優先順位が高いという結果であった。

次に、災害時において新たに発生する交通の利用手段は「自動車」が最も多い。なお、公共交通機関の被害状況に依存するからあくまでも参考データではあるが、公共交通機関の利用も4割程度と高い割合であった(図13)。

市民アンケート調査においては、上記のような災害時に新たに必要となる行動の頻度も設問している。これに基づいて、当該行動の発生量の概略を把握することができる。

さらに、このような交通行動の目的地も把握している。ここでは、災害時に新たに発生する交通だけでなく、日常的な交通目的も含めて分布状況を示してみたい。図14は各被災者の行動を区別に集計し、区と区に跨るトリップのうちで10%を超えるものを示したものである。

災害時に新たに発生する交通の主要動線は赤矢印で示されており、これらの矢印の起終点が集中している区ではこのような活動量が多いことがわかる。また日常的な交通行動の分布を表している黄矢印と比較すると、両者に差異があることがわかる。これは、災害時に新たに発生する交通の分布パターンは、平常時の交通の分布パターンと異なることを示しており、災害時に新たに発生する交通に関しては、アンケート調査等を用いて傾向を把握することが必要である。

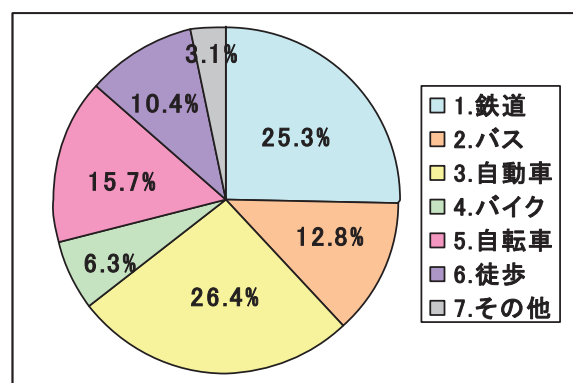


図13 新たに発生する行動の交通手段

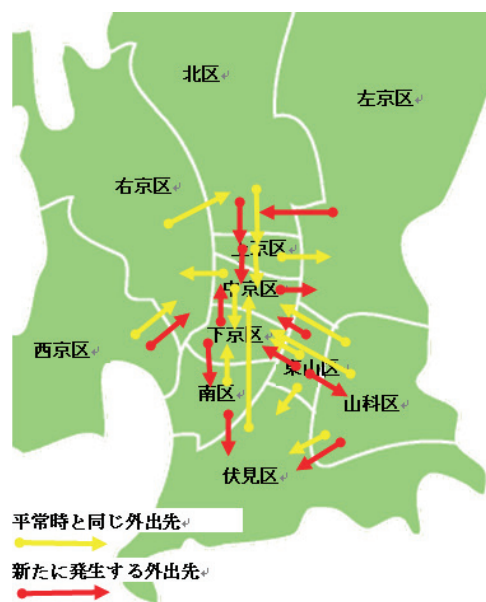


図14 災害時交通需要概念図

4. 発災直後の交通マネジメント

(1) 発災直後の交通マネジメント

地震はいつ発生するかわからない。このため、発災直後に的確な交通マネジメントが実行可能であるかは定かでない。場合によっては混沌とした状態がしばらく続くかもしれない。しかしながら、発災直後から交

通マネジメントが必要であることは言を俟たない。

前述の通り、発災直後には、避難行動、救助・救援活動、安否確認行動、消火活動、帰宅行動（夜間に発災する場合は除く）など交通が発生する。このうち、避難行動、救助・救援活動、安否確認行動、消火活動は前述の「(II)災害時に新たに発生する交通」に属するものであり、帰宅行動は「(I)平常時に生起している交通の一部」に属するものである。このような交通発生は都市における滞留人口に依存する。滞留人口は、当該時点にて速やかに対応すべき市民等の人数を表すわけであり、上記の行動の多寡に直接関係するからである。なお、先に述べたように、観光客についても滞留人口に加えておく必要がある。

さて、滞留人口は時刻帯によって異なる。このため、地震発生直後における交通マネジメントの具体的な内容は、地震発生時刻に大きく左右されることになる。いつ発生するのが予測困難な地震災害に対応するためには、時刻帯別に滞留人口を求めておくことが重要である。すなわち、発災時刻において、どの場所にどのような人（交通目的、交通手段、居住地域など）がどれくらい滞留しているのか、あるいはまたは移動中であるかについて把握し、シミュレーション等によって、適切な交通マネジメント方策を検討すべきである。

時刻帯の区分については、例えば、(a)昼間、(b)夜間、(c)移動中の人々が多い時刻帯（朝夕のラッシュ時）に分けておけばよいと考える。

- (a) 昼間：昼間時に地震が起こった場合には、自宅を離れている市民が多いであろうから、家族の安否確認行動ならびに帰宅トリップを如何に処理していくかが交通マネジメントの最大の課題となる。そこで、平常時におけるゾーン別時刻帯別滞留人口を推定し、これを帰宅方向別に振り分け、方向別のトリップ数を推定する。そして、道路の被害状況を把握した上で、これらの交通を処理するための道路網を確保するための交通マネジメントを実施することになる。歴史都市においては、文化遺産が一般市街地に点在している。文化遺産を災害から守る最も重要な視点は火災から守ることである。文化遺産を火災から守るためにも、この時期の交通マネジメントは特に重要である。筆者らはすでに、京都市に存在する文化遺産を災害から守るために特に重要な道路網を特定している⁸⁾⁹⁾。これらの道路網は上記の交通を処理するための道路網とともに交通マネジメントを実施して、有効に利用すべきである。
- (b) 夜間：夜間に地震が起こった場合には、昼間時と異なり帰宅交通に関する検討の必要性は低い、翌朝の交通行動に対するマネジメントが速やかに求められる。このため、上記の(I)平常時に生起している交通の一部を対象とすることになる。平常時と比べてどの程度の交通が発生するかは、先に述べた災害時低減率の設定によって表すことになるが、これには一般市民の災害時の行動特性に関する意識調査結果が参考となる。夜間に発災する場合の交通マネジメントは、基本的に、後述する復旧時および復興期の交通マネジメントに準じたものとなる。
- (c) 移動中の人々が多い時刻帯（朝夕のラッシュ時）：朝夕のラッシュ時には交通手段を使って移動中の人が多い。この場合には、上記の「昼間」とは異なる状況が出現する可能性がある。この時期の交通マネジメントは公共交通機関の被害状況に大きく左右されるものであるが、移動人数が多い時刻帯に大規模地震が発生した場合には鉄道利用者の被害も甚大であり、交通マネジメントの範囲を遥かに超えた状況となっている恐れがある。

(2) 復旧時および復興期の交通マネジメント

復旧時における交通マネジメントの検討には、平常時の交通需要把握がベースとなる。先に述べたように、対象とすべき交通需要は式(1)のように表せるから、上式の①②③をそれぞれ求めることになる。

【災害時交通マネジメントにおいて対象となる交通需要】

$$= \text{【①平常時の交通需要】} \times \text{【②災害時低減率】} + \text{【③災害時に新たに発生する交通需要】} \quad (1)$$

まず、①に関しては、2(1)で述べた諸量が適切なゾーニングの下で求められればよい。②に関しては、次の2つの視点が必要である。第1は、3(1)で述べた市民が平常時に行っていた行動のうち、どの程度の行動を自主的な判断で実行するかという側面である。第2は、これらをすべて受け入れるだけの交通空間が確保されないであろうから、優先させるべき交通目的について一定の合意形成を図り、優先性の低い交通を抑制することを前提とした低減率である。

③に関しては、まず、3(2)で述べた災害時に新たに発生する需要を推定し、次に、これらをすべて受け入れることが恐らく不可能であろうから、優先順位の議論が重要となる。災害時に発生する交通は、それぞ

れの個人にとっては必要不可欠なものであり、簡単に優先順位が決められるものではない。このため、現実的には、災害の程度に応じた残存容量の多寡に基づいて許容される交通目的を柔軟に考えることも必要であろう。

なお、上述のように、発災直後の交通マネジメントにおいては、発災時刻、季節等によって、同一規模の地震であっても交通マネジメントの内容が大きく異なると考えられるが、復旧時ならびに復興期における交通マネジメントにおいては、もはや発災時刻はそれほど大きな影響を持たないと考えられる。

5. おわりに

本研究では、災害時における交通マネジメントの枠組みを明らかにし、これを災害直後の交通マネジメントと復旧時の交通マネジメントに区分することを提案した。次に、それぞれの交通マネジメントのベースは、前者の場合には発災時刻における滞留人口あるいは移動中の交通主体数であり、後者の場合には発生・集中交通量、分布交通量等の平常時の交通需要であることを明確にした上で、京都市を事例として、PT 調査ならびに筆者らが独自に実施した災害時の交通行動に関するアンケート調査結果に基づいて、災害時の交通マネジメントについて検討するために必要となる諸データについて論じた。

今後、本論で述べた方針に沿って、災害時交通マネジメントにおいて対象とすべき交通需要を具体的に求め、文化遺産を多数有する歴史都市京都において、具体的な災害時交通マネジメント・システムの構築を目指すことにしたい。

注1) 京阪神都市圏交通計画協議会により、1970年、1980年、1990年、2000年の4回に亘ってパーソントリップ調査が実施されている。本稿では2000年に実施された調査結果のうち、京都市関連分のみを抽出して集計している。

参考文献

- 1) 京都市産業観光局：京都市観光調査, 2005.
- 2) 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、土木学会年次学術講演会講演概要集(CD-ROM), 2005.
- 3) 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、土木学会年次学術講演会講演概要集, (CD-ROM), 2005.
- 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-、土木学会年次学術講演会講演概要集(CD-ROM) 2006.
- 5) 本田武志・谷垣博司・飯田祐三・岸野啓一：震災の影響調査に対する京阪神都市圏での取り組み, 土木計画学研究・講演集, No.19(2) pp.311-314, 1996
- 6) 本間正勝・森健二・木戸伴雄・斎藤威：大規模地震災害時の交通行動実態, 土木計画学研究・講演集, No.19(1) pp. 1-4, 1996
- 7) 村上憲一・小谷通泰：震災直後における出勤交通手段の選択行動に関する分析, 土木計画学研究・講演集, No.22(2) pp. 519-522, 1999
- 8) 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.
- 9) 林雄一・中村真幸・塚口博司・小川圭一：文化遺産の防災性向上のための道路モニタリングシステムに関する研究、土木計画学研究・講演集(CD-ROM) Vol.34, 2006.