

東京での震災後の社会生活上の制約から生じる交通需要の推定*

Estimation of Traffic Demand owing to the Constrained Life of Earthquake Disaster in Tokyo*

関根 淳**, 小川 好***

SEKINE Atsushi** and OGAWA Yoshimi***

1. はじめに

この論文は、東京23区を対象に、地震災害後に発生が想定される交通のうち、社会生活上の制約を軽減するための物資の輸送とがれきの仮置場への撤去に関連する需要を推定したものである。

阪神大震災では、阪神高速道路3号線の倒壊に代表される道路交通基盤施設の被害に加えて、地震発生数時間後から多種多様な交通需要が発生した。そのため、交通機能など、本来道路が受け持つべき役割の多くを十分に果たすことができなかつた。その対策として道路交通システムの震災時マネジメントの必要性が指摘されている。

道路交通システムの震災時マネジメントにおいては、地震後に想定されるトリップの目的や種類、量、性質などをあらかじめ把握しておく必要性は高い。しかし筆者らの知る限り、その観点で都市型地震被害を扱った研究は、伊藤ら¹⁾が阪神大震災を対象に推定した研究以外は見当たらない。また、東京都地震被害の想定においても行われていない。その原因に、不確実性が非常に高い状況下にある震災後の交通需要を、正確あるいは妥当に推定することの難しさが1つの障害になっているものと考えられる。

しかし、地震被害後の交通需要を推定することは、行政課題として被害を想定することはもちろん、復旧戦略の立案においても意義は高い。また、地震被害想定による被害イメージを把握する作業は、復旧戦略を検討するうえで不可欠なものであると考えられる。そこでこの論文は、図-1に示すように最終的に震災時の交通マネジメントの可能性と効果について検討することを目的とするが、まずその第一段階として推定上の基礎資料が比較的容易に入手できる地震災害後の社会生活上の制約とがれきの撤去に関連する交通需要を推定する。

なお筆者らは、東京23区を対象に、直下地震の震源位置と規模(マグニチュード)を与件とした直下地震被害予測システムを開発中である²⁻⁵⁾。このシステムは液状化

などの地盤災害を予測する機能と社会基盤施設や建物への直接的被害もとづく道路交通機能の障害を評価する機能から構成される。この論文の推定結果は、道路交通機能障害を評価するサブシステムへの入力データとして位置づけられる。将来的にこのシステム上で震災時の道路交通マネジメントの評価までを一貫して実行することを目指している。

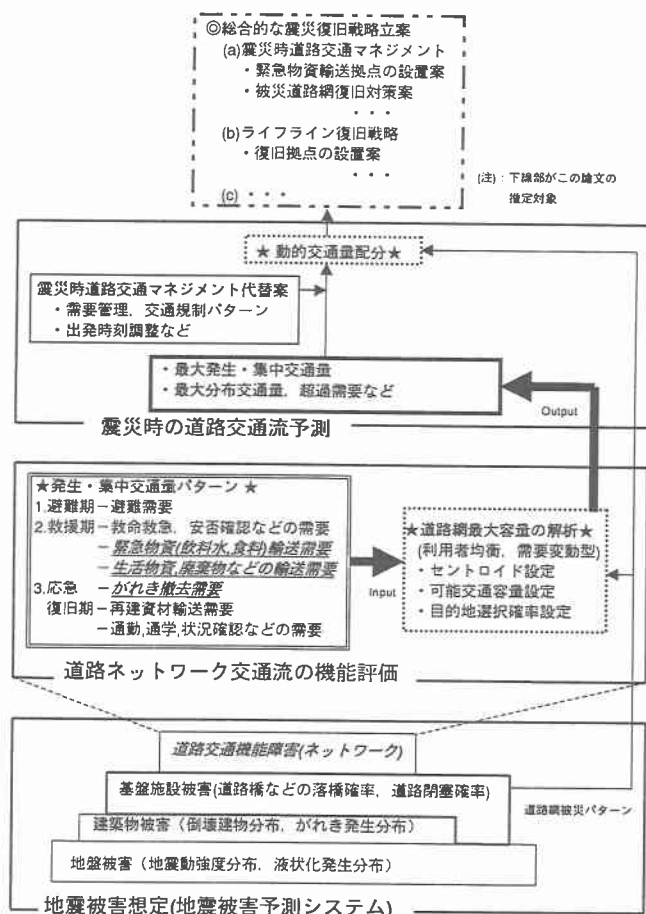


図-1 この研究のアウトライン

2. 推定の前提条件

推定の前提条件となる地震の被害想定は、東京都地震被害想定⁶⁾にもとづく。この被害想定は、東京都地域防災計画⁷⁾の修正などに代表される震災対策に活用するとともに、都民一人ひとりの常日頃からの防災意識の啓発を目的に、一般にも公表されている資料である。その想

* キーワード: 防災計画, 物資流動

** 正会員, 修士(工学), 東京都土木技術研究所技術部

*** 正会員, 博士(工学), 東京都土木技術研究所地象部

(〒136-0075 東京都江東区新砂1-9-15,

TEL:03-5683-1520, FAX:03-5683-1515)

表-1 東京都防災会議による地震被害想定概要

被害想定分類	想定対象項目	推定方法	被害の想定
地震・地盤・津波	地盤	定量	地表加速度
	地質	定性	液状化危険度
	津波	定量	津波高
建築物	建築物(建築構造別)	定量	地震動/液状化による倒壊数
	窓ガラス/看板/タイル/貯水槽など	定量	落下率
	ブロック塀、石塀など	定量	倒壊率
	屋内収容物	定性	転倒危険度
交通施設	道路(高架道路含む)	定量	道路橋不通率、盛土、切土、斜面、トンネルの被害数など
	鉄道	定量	同上
	港湾、河川施設	定性	護岸、堤防などの耐震性や地震時安全性
供給施設	上下水道	定量	被害率、供給停止世帯数など
	都市ガス	定量	同上
	電力	定量	同上
	電話	定量	同上
危険物	可燃性/毒劇物の貯蔵庫など	定量	貯蔵量閾値による危険メッシュ数(500mメッシュ)
地震火災	木造建築物	定量	焼失面積、焼失棟数
人的被害	夜間人口	定量	死者、負傷者数
社会生活上の被害	帰宅困難	定量	被制約想定人口
	食料/飲料水/必需品の制約	定量	同上
	住居制約	定量	同上
	就業、教育制約	定量	同上
	情報、医療制約	定性	制約の状況

定地震は、相模トラフに震源をもつ関東地震(M7.9程度)の再来を基本とし(直下地震も一部考慮)、冬の18時ごろ発生するものとしている。想定概要は表-1に示すように、地震による物的、人的被害のみならず、都市機能や社会生活に与える波及的被害をできる限り取り込んでおり、可能な限り定量的に想定している。

具体的にこの論文では、関東地震規模の地震により東京23区全域が被災したという想定⁶⁾にもとづいて、地震災害後に発生が想定される交通需要の要因を社会生活上の制約とがれきの撤去に限定して推定する。推定は、夜間人口と帰宅困難者数を被害対象人口の基本とし、地震発生当日と2日目から3日目、1週間目を推定時期とする。社会生活上の制約は、飲料水など水の制約と食料の制約、生活必需品の制約とし、これらの制約を軽減するために必要となる物資の輸送を扱う。がれきは、建物の倒壊や火災により発生する混合廃棄物を対象に(社会基盤施設の被害によるがれきは除く)、被災場所からがれき仮置場までの撤去を扱う。

被災後の主なトリップ目的⁸⁾として、①避難、②救助活動、③安否確認、④電話、⑤被害の状況確認、⑥飲料水などの確保、⑦食料の調達、⑧生活必需品の調達、⑨生活物資の輸送活動、⑩給水活動、⑪がれき処理、⑫復旧活動、⑬通勤などが挙げられるが、この論文では⑥、⑦、⑧、⑨、⑩、⑪に絞って推定の対象とする。これらの要因により発生すると考えられる物流プレート量を、運搬時に利用が想定される貨物車の輸送積載量によって換算することにより発生交通量または集中交通量を推定する。

なお、他県などからの救援物資の輸送や民間商店への物資の輸送なども予想されるが、東京都地域防災計画⁷⁾では環状7号線を境界とした(ほぼ23区全域をカバーする)流出入交通規制を実施する計画になっており、基本的に民間レベルの物資輸送は被災地内に流入できない。

一方、震災後における商業活動の中心はスーパーマーケットとコンビニエンスストアであろうと考えられる。スーパーマーケットは1週間程度ならば商品の在庫で対応可能であろうと考えられるため、輸送需要は少ないと判断して推定の対象から除く。コンビニエンスストアは、商品の在庫はほとんどないが、店舗の展開形態や道路網の被災状況、店舗規模などを総合的に判断すると、震災後1週間程度までの個々の店舗に対する物資輸送は事実上難しいと考えられる。したがってこの種の交通需要も少ないと考えて推定の対象から除く。

3. 被害対象者と居所の仮定

被害対象者は表-2に示すように、帰宅困難者と住居制約者、飲料水など水の制約者、食料の制約者、生活必需品の制約者とする。それぞれの居所は、避難者が地震発生当日は広域避難所(大規模公園や緑地など)、2日目以降は避難所(区立学校や公民館などで、以下、区避難所とする)に避難すると仮定する。また、非避難者は主に自宅で生活すると仮定する。

(1) 帰宅困難者

帰宅困難者は、15歳以上の就業者のうち日常的な通勤手段が被災または利用困難のために、選択できる交通手段が徒歩のみとなる者である。しかも帰宅トリップ長が長いために地震発生当日に帰宅することが著しく困難であると想定される者を対象とする。これは、18時の時点で自宅以外の会社などに残留している就業者と、帰宅途上にある就業者のうち9時間以内に帰宅できない就業者が対象となる。東京の一般的な就業者の通勤交通手段は、鉄道系の高速交通である。被災後は鉄道系の公共交通機関は停止すると想定されるので、帰宅の主な手段は「徒歩」になると考えられる。被災後の帰宅行動は、被災者

表-2 社会生活上の制約の種類と被災者の居所

社会生活上の制約のカテゴリー	被害者(交通需要の推定対象者)	被災原因	居 所		
			1日目	2日目	1週間目
帰宅困難	主に区部外から通勤している区部在勤者	公共交通機関の麻痺 道路施設の被害	広域避難所	地域外	地域外
住居制約	自宅の倒壊、焼失などにより居住が不可能となった区部居住者	自宅の倒壊、焼失など	広域避難所	区避難所	区避難所
飲料水など水の制約	①水供給施設の被害により取得が困難となった区部居住者	自宅の倒壊、焼失など 断水	広域避難所 主に自宅	区避難所 主に自宅	区避難所 主に自宅
	②帰宅困難者	交通システムの麻痺	広域避難所	地域外	地域外
食料の制約	①住居制約、水制約等により通常の飲食の確保が困難となった区部居住者	自宅の倒壊、焼失など ガス、電気の制約	広域避難所 主に自宅	区避難所 主に自宅	区避難所 主に自宅
	②帰宅困難者	交通システムの麻痺	広域避難所	地域外	地域外
生活必需品の制約	住居制約、飲料水等の制約等により通常の市民生活の確保が困難となった区部居住者	自宅の倒壊、焼失など 断水、ガス、電気の制約など	広域避難所 主に自宅	区避難所 主に自宅	区避難所 主に自宅

個人の運動能力や帰宅ルートの被災状況、群集の通行状況によって多様なものになると考えられるが、平均して帰宅困難者は徒歩によって9時間以内に帰宅できない者とする。なおこの論文では、東京都防災会議^{6,9)}において公表されている推定値を対象人口とする。その居所は、地震発生当日は全対象者が広域避難所に避難し、2日目以降は地域外に退去しているものと仮定する。

(2) 住居制約者

住居制約者は、自宅住居の倒壊や焼失などにより自宅での生活が不可能となった者が対象となる。この論文では、東京都防災会議^{6,9)}によって推定されている推定値を利用する。住居制約者の居所は、地震発生当日は広域避難所に、2日目以降は疎開者を除いた全避難者が区避難所に避難すると仮定する。

(3) 飲料水など水の制約者

住居制約者と上水道の断水により制約を受ける者が対象となる。前者は疎開者を除いて全対象者が避難所に避難するものと仮定する。

後者は、住居制約者には含まれないが上水道の断水により飲料水などの確保が困難な者である。その母数は、夜間人口から住居制約者数を除いた人口と、上水道の支障率から推定する。その避難行動パターンは、表-3に示す東京都防災会議^{6,9)}によるアンケート調査結果によると、主に上水道と電気の制約の程度とその復旧状況によって変化すると考えられる。この論文ではその結果をもとに避難者数と非避難者数を推定する。避難所生活者は、地震発生当日は広域避難所に、2日目以降は疎開者を除いた全ての避難者が区避難所に避難していると仮定する。

(4) 食料の制約者

食料の制約者は、住居制約により通常の食事の確保が困難な者と、自宅での生活は可能であるが、飲料水などや電気、ガスの制約により調理が不可能なために食事の

確保が困難な者が対象となる。前者の母数は疎開者を除いた住居制約者(避難所生活者)を推定対象とする。また、後者の母数は夜間人口から避難所生活者数を除いた人口とする。それぞれの居所は飲料水などの制約者と同様と仮定する。

(5) 生活必需品の制約者

生活必需品の制約者は、住居制約により通常の生活の確保が困難な者と、自宅での生活は可能であるが、震災後に一般的に必要となる物資の備蓄がなかったために、生活に支障をきたす者が対象となる。前者の母数は避難所生活者とする。後者の母数は、東京都防災会議による一般家庭に対する震災後の必需品あるいは不足する物資の制約率に関するアンケート調査^{6,9)}より推定する。それぞれの居所は飲料水など水の制約者と同様と仮定する。

4. 飲料水など水の制約に起因する交通需要の推定

(1) 避難所への給水

東京都(区市町村)は、地震発生直後から1日目は広域避難所または一時避難所に避難し、自宅などが倒壊または焼失した被災者は余震などの危険性が低いと判断された段階で、適切な誘導にもとづいて区避難所へ本格的に避難する方式を基本としている⁷⁾。東京都はこの計画をもとに、平成8年度時点で区部にある149の広域避難所のうち42の避難所に応急受水槽を設置している¹⁰⁾。この42の応急受水槽から95の広域避難所(応急受水槽が設置されている広域避難所も含む)に対しては、給水タンクや角型ポリタンク(以下、給水用資機材とする)で給水が可能である。また、48の広域避難所には、24の浄水場(所)・給水所(以下、浄水場とする)から直接給水する。残りの6つの広域避難所には仮設水槽を設ける計画になっている⁷⁾。さらに、区避難所には公共受水槽が設けられている¹¹⁾。

そこでこの論文は、避難者は2日目以降は被災によって断水した区避難所には誘導されないとし、全避難所生

表-3 ライフライン被害別の避難行動*

ライフライン被害 の категория	避難行動のパターン				
	自宅生活を 続ける	数週間後に 避難	1週間後に 避難	2~3日後に 避難	地震直後に 避難
	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
断水のみ	25	7	14	37	17
停電のみ	30	8	19	33	10
断水と停電	22	2	9	23	44

*: 文献9)より修正加筆

活者が水供給に支障のない区避難所に移動すると仮定する。したがって避難所に対する給水は、地震発生当日の応急受水槽経由の給水が困難な広域避難所と、仮設水槽を設ける広域避難所に対して実施することになる。応急受水槽経由の給水が困難な広域避難所と仮設水槽を設ける広域避難所の給水人口は、当該広域避難所の計画避難者人口に対する想定避難者人口の比率より算出した。推定人口の結果を表-4に示す。

避難者の水需要原単位は飲料用水3 lと生活用水20 lを合わせて23 l/人日とした。給水チャンネルは浄水場から給水車や給水用資機材を利用する計画⁷⁾になっているので、応急受水槽経由の給水が困難な広域避難所への給水は、給水用資器材を利用すると仮定する。その輸送には、東京都と区が現有している給水用資機材の容量と数をもとに2 m³車か4 m³車または1 t車で行われると仮定してフレート量を集中交通量へ換算した。また、仮設水槽への給水は2 m³の給水車で行われると仮定してフレート量を換算した。推定結果を表-5に示す。

(2) 避難所外への給水

避難所外での飲料水など水の制約者に対する給水は、主に一般の住居に生活する者(以下、自宅生活者とする)と22の後方医療機関¹⁰⁾を推定対象とした。

(a) 自宅生活者

水の制約を受ける自宅生活者数は、断水する地域の夜間人口から避難者人口と疎開者数を除いた人口とした。需要原単位は地震発生当日が飲料用水3 lと炊事用水の57 lを合わせた60 lから1世帯当たりの平均備蓄水量を差引いた水量とし、2日目以降は飲料用水3 lと炊事用水57 l、生活用水20 l、雑用水52 lを合わせた132 l/人日とした。

給水に伴って自動車交通が発生すると考えられる主なチャンネルは、浄水場から給水端末への給水(浄水場から給水車または給水用資機材を利用したチャンネルの2つがある)となる。

奥村・吉田¹²⁾の阪神大震災後の芦屋市でのアンケート調査結果から考察すると、自宅生活者が水を確保するチャンネルは表-6に示すように推定される。この論文では、この推定値をそれぞれの給水端末への給水として推定した。フレート量の集中交通量への換算は、給水車利用によるチャンネルは2 m³車で、給水用資機材経由のチャネ

ルは2 m³か4 m³または1 t車で行われると仮定した。推定結果は表-5に示した。

なお、自宅生活者への全必要給水量は与件である。また、仮に自宅生活者が水を確保するチャンネルの割合が変化しても、地震被害想定から全必要給水量は少ないと推定されるので、交通需要量への影響は小さいものと考えられる。

(b) 後方医療機関

後方医療機関の給水対象人口は、まず当該後方医療機関の属する二次保健医療圏¹⁰⁾の総病床数と在院総患者数¹³⁾、外来総患者数¹³⁾と当該後方医療機関の病床数より1日の平均在院患者数と外来患者数を推定した。続いてこれらの患者数より医師や看護婦などの医療従事者数を医療法第21条¹⁴⁾にもとづいて推定した。当該後方医療機関に直接搬送されてくると想定される重傷者は、二次保健医療圏内の総重傷者数と総病床数より推定した。

また、同一の二次保健医療圏内の一般病院(以下、一般病院と省略)で飲料水などの制約により適切な治療が困難となる重傷者は、後方医療機関へ搬送されてくる可能性が高い。したがって、当該後方医療機関に直接搬送されてくるであろう重傷者以外は地震発生後2日目以降に当該後方医療機関に搬送されてくると仮定して推定した。その割合は、2日目から3日目に50%が、1週間目には100%が搬送されていると仮定した。なお外来患者の来院割合は、地震発生当日が10%、2日目から3日目は50%、1週間目は100%と仮定した。後方医療機関の推定対象人口は表-4に示した。

後方医療機関の需要原単位は推定時期内を通して一定

表-4 社会生活上の制約と被制約者人口

社会生活上の 制約の category	被制約者(被害者)	推定時期		
		1日目	2日目	1週間目
		(人)	(人)	(人)
飲料水などの 制約	避難所生活者*	3,929,609	1,605,021	1,100,031
	自宅生活者*、**	101,092	147,920	66,781
	後方医療機関	16,874	24,777	34,496
	その他医療機関	8,446	10,744	15,207
合計		4,056,021	1,788,462	1,216,515
食料の制約	避難所生活者*	3,929,609	1,605,021	1,100,031
	自宅生活者*	6,275,083	6,722,830	7,227,820
合計		10,204,692	8,327,851	8,327,851
生活必需品の 制約	避難所生活者*	3,929,609	1,605,021	1,100,031
	自宅生活者***	2,765,639	2,975,512	3,205,851
合計		6,695,248	4,580,533	4,305,881

*: 疎開者人口を除く

** : 断水による制約

***: 震災後において一般的に必要な物資の制約率(非備蓄率)より推定

表－5 飲料水など水の制約に起因する交通需要

給水チャネル /水の確保チャネル	プレート量	推 定 時 期		
		1日目 (台)	2日目 (台)	1週間目 (台)
浄水場(所)・給水所→ 広域避難所(仮設水槽)*	2t	198	0	0
浄水場(所)・給水所→ その他の広域避難所*	2t	2,181	0	0
	4t	262	0	0
	1t	3,484	0	0
浄水場(所)・給水所→区避難所*	4t	0	646	1,038
自宅生活者**	1t	1,784	3,080	3,455
浄水場(所)・給水所→給水車*	2t	309	1,953	2,128
浄水場(所)・給水所→ 給水タンク/角型ポリタンク*	2t	1,268	2,891	13,447
	4t	174	395	1,766
	1t	2,204	5,063	24,845
浄水場(所)・給水所→ 後方医療機関*	4t	355	425	517
その他医療機関**	1t	656	560	682
合計		12,875	15,013	47,878

*: 集中交通量

** : 発生交通量

表－6 避難所外生活者の飲料水などの主な確保手段*

水の確保チャネル	水の用途: 需要原単位**	1日目	2日目	1週間目
		(rate)	(rate)	(rate)
給水車	飲料用水:(3+57)(%)	0.10	0.22	0.64
	生活用水:20(%)	0.00	0.33	0.65
	雑用水:52(%)	0.00	0.23	0.42
給水用資器材	飲料用水:(3+57)(%)	0.90	0.78	0.36
	生活用水:20(%)	1.00	0.67	0.35
	雑用水:52(%)	1.00	0.77	0.58
トリップを伴った 水確保率***	飲料用水:(3+57)(%)	1.00	0.87	0.98
	生活用水:20(%)	0.60	0.75	0.77
	雑用水:52(%)	0.87	0.82	0.72

*: 文献(2)より推定して作成

** : 東京の一般社会生活での需要水量

***: 井戸、上水道借用などは含まれない

とし、在院患者が飲料用水と生活用水と雑用水を合わせて75 l/人日、重傷者は飲料用水と治療用水を合わせて153 l/人日、外来患者は飲料用水と雑用水を合わせた55 l/人日の50%、医療従事者が飲料用水と雑用水を合わせた55 l/人日とした。

後方医療機関への給水は、緊急要請にもとづいて浄水場などから給水車や給水用資器材を利用して給水される計画になっている⁷⁾。後方医療機関数と総需要原単位から判断して、給水は全て給水車を利用して行われると仮定し、プレート量の集中交通量への換算は4 m³車で行われると仮定した。推定結果は表－5に示した。

(3) 避難所外生活者の飲料水など水の確保

避難所外生活者の水確保に起因する交通需要は、主に自宅生活者と一般病院を推定対象とした。

(a) 自宅生活者

自宅生活者の自動車トリップを伴う水確保のチャネルは、浄水場や応急受水槽、公共受水槽などの給水拠点から確保する方法と給水用資器材などの給水端末から確保する方法が考えられる。自宅生活者の水確保トリップは、加藤ら¹⁵⁾と小谷ら¹⁶⁾の阪神大震災後のアンケート調査にもとづいて推定すると表－7に示すようになる。

ところで、図－2と図－3は東京都地震被害想定⁶⁾と阪神大震災時の阪神地域の被害概要を比較したものある。

図－2は被災地域面積当りの建築物被害棟数を比較したものであるが、東京都の被害想定は阪神大震災と比較

して中破建築物が多い傾向にある。しかし、大破のみや大破と中破を加えた被害の比較では両地域にそれほど差はないものと考えられる。大破や中破した住宅は結果的に生活不能になるので、被災地面積に対する実質避難者数や建築物被害という側面では、両地域に大差はないと考えられる。また、図－3は被災者人口当りの各ライフラインの供給停止棟数を比較したものある。断水により社会生活上の制約を受ける実質棟数に差が認められるが、ガス供給や電力供給に大差は認められない。海溝型地震による断水に対する東京都の地震被害想定は過少評価であるという側面は否めないものの、概ねライフライン被害についても両地域に大差ないと考えられる。

一方、平均トリップ数は営業している店舗までの距離や時間に依存すると考えられる。小谷ら¹⁶⁾は、地震後3日目の1トリップ当たりの平均トリップ時間(全目的)は約2時間30分であり、被災前後で約2倍の格差があったと報告している。東京の平日の平均トリップ時間は約1時間である。被災状況などから影響を受けると思われるが、マクロ的に東京都の地震被害想定と阪神大震災のトリップ時間に大きな差はないものと考えられる。したがって、関東地震規模の地震の被災状況は、マクロ的にみて阪神大震災の状況に類似したものになるのではないかと考えられる。

小谷らの調査は阪神大震災の被災地域のほぼ全域とその周辺地域を、加藤らは芦屋市から長田区にかけての地域を対象に調査されているので、阪神大震災の被災地全域をほぼ網羅している。したがってここでは、東京23区の断水による水の制約者のうち、免許を保有し、かつマイカーを保有する人口を推定し、表－7の平均目的トリップ数と自動車トリップ率をかけて交通需要を推定した。推定結果は表－5に示した。

(b) 一般病院

一般病院の水需要人口は前節の後方医療機関の場合と同様の方法で推定した。ただし、重傷患者は2日目以降に後方医療機関へ搬送されると仮定しているため、その分の対象者数は差引いている。その結果は表－4に示した。

水の需要原単位は後方医療機関と同一である。確保のチャネルは、自宅生活者と同様に浄水場や応急受水槽、公共受水槽などの給水拠点から確保する方法と、給水車や給水用資器材などの給水端末からの確保する方法を推定対象とした。推定される発生交通量は、医療機関であることを考慮して全必要水量に対してトリップが発生すると仮定し、それらは1 t車で輸送されるとしてプレート量を発生交通量に換算した。その結果は表－5に示した。

5. 食料の制約に起因する交通需要の推定

(1) 避難所への食料の配給

表-7 社会生活上の制約に起因するトリップ数と自動車トリップ率 ***

社会生活上の制約の 카테고리		1日目	2日目	1週間目
飲料水など水の制約 *	(trip/人日)	0.230	0.347	0.880
食料の制約 *	(trip/人日)	0.210	0.217	0.530
生活必需品の制約 *	(trip/人日)	0.080	0.137	0.222
自動車トリップ率 **		0.339	0.254	0.255

*: 住居制約者でない避難所外の自宅生活者

** : 免許保有者でかつマイカー保有者

*** : 文献(15,16)より推定して作成

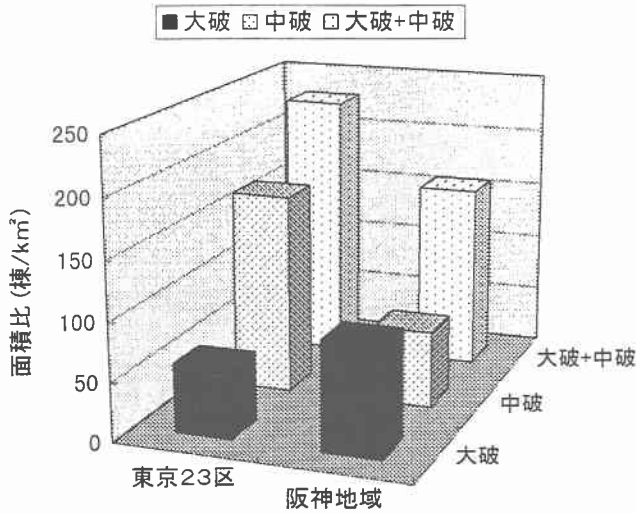


図-2 被害想定と阪神大震災の建物被害別比較

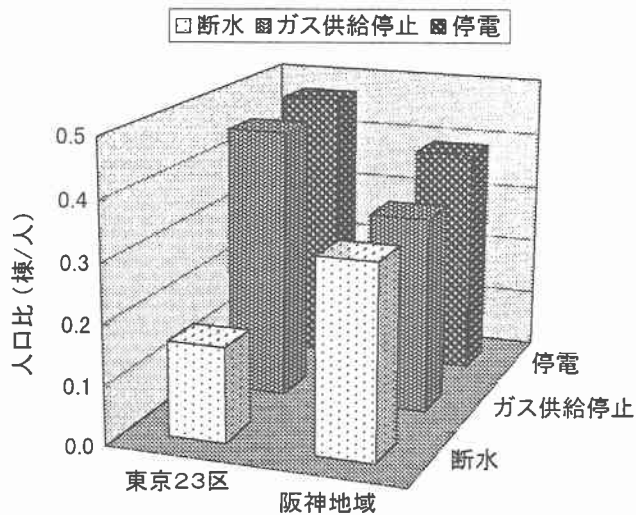


図-3 被害想定と阪神大震災のライフライン被害別比較

避難所への食料の配給は、地震発生当日から2日目までは区備蓄の緊急食料の配給が基本であり、不足分は区に要請にもとづいて東京都の備蓄食料を放出するかまたは契約業者から調達する計画になっている⁷⁾。また3日目以降は、東京都は契約業者から米穀や副食品、生鮮食料品などを調達して米飯の炊出しによる食料配給を実施する計画になっている⁷⁾。地震発生当日から2日目までの緊急食料の備蓄量と契約調達量は、避難者人口の想定を211万人⁷⁾とした場合、東京都と区合わせて約2日分強の食料が確保されている^{7,11)}。

そこでこの論文は、2日目までの備蓄食料と調達食料ならびに3日目以降の米穀や副食品、生鮮食料品などの調達に伴う輸送の交通需要を推定対象とした。配給の対象人口は表-4に示した避難所生活者数とした。

主な陸上輸送のチャンネルは、区の備蓄倉庫から避難所や東京都の備蓄倉庫から避難所、調達業者から避難所、他県などから避難所の4つのチャンネルが考えられる。このうち区の備蓄倉庫から避難所へのチャンネル以外は全て地域内輸送拠点または集積地(以下、集配拠点とする)や広域輸送基地などにおいて積換えが必要となる。この論文では他県などから避難所へのチャンネルを除いた3つのチャンネルを推定対象に、配給対象人口と需要原単位、需要原単位当りの重量にもとづいてフレート量を総流動量として推定した。需要原単位当りの重量に関するデータは、資料調査と商店での市場調査より得た。フレート量の集中交通量への換算は、避難所が端末となることを考慮して、端末輸送には1t車による輸送、集配拠点への輸送には4t車によって輸送されると仮定して推定した。その結果を表-8に示す。

(2) 避難所外生活者の食料の確保

この対象者は、被害を全く受けていない者と飲料水などや電気、ガスなどのライフライン制約者である。したがって推定対象人口は夜間人口から避難所生活者数と疎開者数を除いた人口とした。

東京都防災会議^{6,9)}による備蓄食料に関するアンケート調査では、区部の一般家庭の備蓄食料による自給可能日数は5.3日である。この結果によれば、地震発生から約5日間は食料確保を目的とする交通需要は少ないかあるいは発生しないと想定される。しかし、この推定値は一般家庭の食料備蓄量を単純に調査したものすぎず、仮に備蓄食料が豊富にあっても、実際に飲料水や電気、ガスなどの制約を被っていると調理は困難であるので、備蓄食料は食用には適さないと判断するのが妥当である。したがってこの論文では、食料の確保に起因する交通需要は、表-7に示した目的トリップ数と自動車トリップ率をもとに水確保の需要推定の場合と同様に推定した。その推定結果は表-8に示した。

なお、食料の確保と次章で述べる生活必需品の確保は、1トリップの中で連続して行われることが考えられるが、加藤ら¹⁵⁾の阪神大震災後のアンケート結果によると、1日に何度もトリップを行っていた状況が報告されている。

表－8 食料の制約に起因する交通需要

食料の輸送チャンネル	フレート量	推定時期		
		1日目	2日目	1週間目
		(台)	(台)	(台)
区備蓄倉庫→広域避難所*	1t	260	0	0
区備蓄倉庫→区避難所*	1t	0	167	18
都備蓄倉庫→集配拠点*	4t	73	42	12
流通調達→集配拠点*	4t	106	70	544
集配拠点→広域避難所*	1t	553	0	0
集配拠点→区避難所*	1t	0	331	1,823
自宅生活者**	1t	102,430	74,376	223,130
合計		103,422	74,986	225,527

*: 集中交通量

** : 発生交通量

また、営業中の店舗を見つけるのに時間を費やしたという報告もいくつかみられる。これは確保したい物資の入手が終わっていないためにトリップを重ねた状況を反映しているものと考えられる。したがって、この論文では1トリップにつき1目的と仮定し、食料確保と生活必需品確保はそれぞれ別トリップで行われると仮定して推定した。

6. 生活必需品の制約に起因する交通需要の推定

(1) 避難所への生活必需品の配給

避難所への生活必需品の配給は、食料の配給と同様に区が備蓄している配給品の分配が基本であり、不足などは区の要請にもとづいて東京都が備蓄品を放出するかまたは調達する計画になっている⁷⁾。配給対象人口は表－4の通りである。陸上輸送のチャンネルは食料の輸送と同様であると仮定し、フレート量は需要原単位と需要原単位当りの重量、配給対象人口より総流動量として推定した。需要原単位当りの重量に関するデータは、食料の場合と同様に得た。フレート量の集中交通量への換算は、食料輸送の場合と同様に、端末の輸送は1t車で、集配拠点への輸送は4t車で行われると仮定した。その推定結果を表－9に示す。

(2) 避難所外生活者の生活必需品の確保

東京都防災会議^{6,9)}は、一般世帯に対して震災後の生活必需品の備蓄状況をアンケート調査している。その制約率(備蓄率)をもとに制約人口を推定した結果が表－4である。この制約対象人口から飲料水などや食料の確保に起因する交通需要の推定と同様の方法で発生交通量を推定した。推定結果を表－9に示した。

7. がれき撤去に起因する交通需要の推定

がれきの撤去作業は、その下敷きになった被災者を救出(遺体収容)するために、地震直後から始まっていたことが筆者らの阪神大震災後のヒアリングによって明らかになっている。この時期の撤去作業は組織だったものではなく、おそらく住民個々に実施していたものと考えられる。この種の活動も非日常的という意味では広義の

表－9 生活必需品の制約に起因する交通需要

生活必需品の輸送チャンネル	フレート量	推定時期		
		1日目	2日目	1週間目
		(台)	(台)	(台)
区備蓄倉庫→広域避難所*	1t	1,442	0	0
区備蓄倉庫→区避難所*	1t	0	51	28
都備蓄倉庫→集配拠点*	4t	1,310	28	25
流通調達→集配拠点*	4t	6,146	1,878	297
集配拠点→広域避難所*	1t	29,150	0	0
集配拠点→区避難所*	1t	0	7,084	845
自宅生活者**	1t	17,784	24,535	42,857
合計		55,832	33,576	44,052

*: 集中交通量

** : 発生交通量

社会生活上の制約に含まれると考えられる。そこでがれきに関連する交通需要も推定の対象とした。

地震被害後に発生するがれきは、社会基盤施設の被害によって発生するものと、建物の倒壊などによって発生するものの2種類が考えられる。社会基盤施設の被害から発生するがれきは、施設の被害の程度を特定するのが難しいことと、がれき発生原単位が明確でないことから、この論文では対象外とし、建物被害から発生するがれきのみを推定の対象とする。がれきの処理は、①発生場所から仮置場(第一または第二仮置場)への撤去、②第三仮置場への運搬、③仮置場での分別・破碎、④最終処分または再利用のフローに沿って実施される。ここで交通需要が発生すると考えられる作業は①や②、④であるが、④に関しては、前段階までの作業進捗状況や最終処分場の面積、再利用用途の活用状況に左右される。さらに、②や③、④は地震後約半年から数年にわたる作業であることが想定されるので、この論文の推定対象から除いた。

建物被害は、倒壊と液状化を原因とした建物構造ごと(木造、RC造、S造)の大破または中破別の被害棟数と、木造の火災による焼失棟数(東京都では、区ごとに整理されている)が基本となる⁶⁾。

がれき推定発生量は、重量単位で推定する方法と体積単位で推定する方法の2通りが考えられる。重量単位で推定した場合、がれきの運搬時に利用される貨物車の積載重量制限などを考慮すると、交通需要が過大に推定される可能性がある。また、がれきは混合廃棄物であることから、現実的に考えると、がれき推定発生量は体積単位で推定することが適当であると考えられる。この論文では、がれき推定発生量は体積単位で推定する。

がれき発生量の推定は、まず、被害1棟当りの延床面積¹⁷⁾と被害1棟当りに発生する各廃棄物の種類別(廃木材、コンクリートがら、金属屑、陶器やガラス片など)の発生原単位^{17,18)}をもとに面積当りの各廃棄物重量を推定する。続いて、各廃棄物の建物の解体時における単位重量当りの体積¹⁸⁾より容積単位に換算した。その結果を表－10に示す。

ところで、がれき撤去に関連する交通需要の時間経過に沿った推定は不確定な部分が多い。

がれきの撤去作業は、被害者を救出(遺体収容)する目的で被災当初から始まっていた模様である。地震発生後

表-10 建物の被害想定と推定がれき発生量

被害原因	構造	被害区分	被害棟数 (棟)	延床面積 (㎡)	被害面積 (㎡)	解体時原単位				推定がれき 発生量 (㎡)
						廃木材 (0.076)*	コンクリートがら (0.084)*	金属屑 (0.008)*	その他 (0.144)*	
						(㎡/t)	(㎡/t)	(㎡/t)	(㎡/t)	
倒壊 or/and 液状化	木造	大破	27,932	93.70	2,617,228.40	3.98	0.75	4.59	1.46	4,720,442.92
		中破	90,614	56.22	5,094,319.08	3.98	0.75	4.59	1.46	
	RC造	大破	2,632	212.28	558,720.96	3.98	0.75	4.59	11.83	
		中破	9,238	127.37	1,176,625.58	3.98	0.75	4.59	11.83	
	S造	大破	4,485	244.80	1,097,928.00	3.98	0.75	4.59	8.84	
		中破	2,513	146.88	369,109.44	3.98	0.75	4.59	8.84	
火災	木造	-	477,353	93.70	44,727,976.10	1.00	0.75	4.59	1.17	10,567,908.40

*: 面積当りの重量で単位は(t/㎡)

1ヶ月目から把握されている阪神大震災後の調査結果¹⁷⁾によると、地震後2ヶ月目から4ヶ月目に建物解体作業がピークに達し、それ以降は収束したと報告されている。また、倒壊建物の所有者の経済状態によっても撤去時期が大きく異なることが報告されている。

一方、ノースリッジ地震と阪神大震災の比較を行った報告¹⁹⁾によると、仮置場へのがれきの撤去は、ライフラインの復旧状況や被害規模によって変化することがうかがえる。したがってこの論文では、不確定な要素が多いため地震発生当日、2日目から3日目、1週間目における推定は行わず、阪神大震災後の調査結果をもとに1ヶ月後と3ヶ月後を推定した。その結果、それぞれ約30万台/月、約26万台/月と推定される。なお、がれき推定発生量をもとにした発生交通量の推定は、利用する貨物車の積載容積²⁰⁾を10.1m³として推定した。

8. おわりに

表-11は社会生活上の制約から発生する交通需要をまとめたものである。この論文の推定結果は、次のようにまとめられる。

- (1) 被災後の社会生活上の制約にもとづく交通需要を合計すると、地震発生当日が約17万台、2日目が約12万台、1週間目が約31万台であると推定される。
- (2) 飲料水など水の制約に起因する交通需要は、地震発生当日から1週間目まで一貫して増加傾向にある。一方、食料の制約や生活必需品の制約に起因する交通需要は、地震発生後2日目に一旦減少し、それ以降は増加傾向にある。

食料の制約に起因する需要の推定では、2日目以降の避難者に帰宅困難者を含めていないことと、3日目以降の米飯の炊き出しによる給食を考慮したためと考えられる。米穀や生鮮食料品などの重量が大きい物資は集配拠点などで積み替えの交通需要が発生する。また、生鮮食料品は業者からの調達が基本になっているので、集配拠点での積み替えの交通需要が発生するためである。

一方生活必需品は、食料と同様に2日目以降は帰宅困難者に対する物資の供給がなくなると仮定しているために需要は一旦減る。しかし、水道や電気の被害状

況に応じて新たに避難所に避難してくる住民を考慮し、かつ業者からの調達物資の集配拠点における積み替えの需要増加を考えると、3日目以降の交通需要は増加すると考えられる。避難所における食料や生活必需品の備蓄量を増やすことで交通需要は減らせる可能性が高いが、避難所の備蓄面積に上限があることも考慮しなければならない。

自宅生活者の食料確保に起因する交通需要は、自動車利用率が2日目以降減少している（ただし、食料確保トリップ数は増加傾向にある）ために減少する結果となったものと考えられる。生活必需品の制約に起因する交通需要に関しても、食料確保に起因する交通需要と同様と考えられる。

- (3) 社会生活上の制約に関連する全推定交通需要のうち約60%が自宅生活者の食料確保を目的とした交通需要である。
- (4) 伊藤ら¹⁾は阪神大震災の被災対象人口を120万人として物資輸送の交通需要を推定し、地震発生当日が約7万台、2日目が約2.6万台、1週間後が約4万台という結果を報告している。飲料水など水の制約対象人口の推定にガス供給施設の被災データを採用している点や、物資の公的備蓄を考慮していない点など、この論文の推定方法といくつか異なる点があるが、単純に比較すると、この論文の対象人口がその約7倍であるのに対して地震発生当日の交通量は約2.5倍、2日目は約4.8倍、1週間目は約8倍である。被災対象人口から考えると、この論文の地震発生当日から2日目の推定交通量が過少ではないかとも考えられる。しかし自宅生活者の食料確保を目的とする交通需要を東京都防災会議^{6,9)}の報告のとおり地震発生後5日目まで考慮しないとすると、さらに過少に推定することになる。したがって、この種の交通が相当数発生することは被

表-11 社会制約上の制約に起因する交通需要

社会生活上の制約の カテゴリ	推定時期		
	1日目 (台)	2日目 (台)	1週間目 (台)
飲料水など水の制約	12,875	15,013	47,878
食料の制約	103,422	74,986	225,527
生活必需品の制約	55,832	33,576	44,052
合計	172,129	123,575	317,457

害想定上考慮しておく必要性が高い。

- (5) また、筆者らの当初の予想に反し、食料の制約や生活必需品の制約に起因する需要のうち約90%が自宅生活者の確保需要であった。地震時の道路交通マネジメントの対象を行政の配給活動に絞れば比較的容易に実行可能ではないかと考えたが、東京都地域防災計画⁷⁾にしたがった緊急物資の備蓄などがきちんと実施されているために、避難所などへの交通需要はそれほど発生しないという結果になった。しかしこの結果は、震災時の交通機能障害を軽減することを目的に、自宅生活者に対する直接的な配給方法と、その緊急物資の備蓄量増加の検討が必要であることを示唆していると考えられる。
- (6) 各社会生活上の制約に起因する発生または集中交通量を、起終点間の往復2トリップの生成交通量と仮定すると、東京都区部の平日内々トリップ²¹⁾と比較して、地震発生当日は約10%、2日目は約7%、1週間目は約21%に相当する交通需要が発生すると推定される。
- (7) この論文では自宅生活者の食料や生活必需品の確保を目的とするトリップは、1トリップにつき1目的と仮定し、食料確保と生活必需品確保はそれぞれ別トリップで行われるとして推定した。しかし、1トリップ内で食料と生活必需品を連続して確保する状況も考えられるため、この点はより詳細な分析と推定が必要であると考えられる。
- (8) がれきの撤去に関する交通需要では、がれき発生量は比較的容易に推定可能である反面、その撤去に関する交通需要の時系列予測は、被害主体が置かれる周辺状況や被害規模から大きく影響を受けるために難しい。しかし、本格復旧期頃までの道路交通の機能障害は想定しておかねばならないため、少なくともその時期までの推定は必須であると考えられる。

最後に、この論文を執筆するにあたり、当研究所主任研究員の笹岡弘治氏と草野 郁氏には適切な助言とご指導を頂いた。記して感謝の意を表わします。

【参考文献】

- 1)伊藤, 中川, 吉川, 小林: 震災直後の被災地流出入交通量とその交通特性, 土木計画学研究委員会 阪神・淡路大震災調査研究論文集, pp. 273-280, 1997.
- 2)関根 淳: 地震災害後の道路網最大容量推定法, 東京都土木技術研究所年報, pp. 57-68, 1996.
- 3)小川 好, 阿部 博: 東京直下型地震被害予測システムの開発, APA 測量調査技術, No. 61, pp. 67-71, 1995.
- 4)小川 好ほか: 震災予測のための道路網データベースの開発, 東京都土木技術研究所年報, pp. 269-280, 1997.
- 5)SEKINE, OGAWA, SASAOKA: Estimation of Traffic Demand owing to the Constrained Life of Earthquake Disaster in Tokyo, Proceeding of the 6th Japan/United States Workshop on Urban Earthquake Hazard Reduction, 1999.
- 6)東京都防災会議: 東京都における地震被害の想定に関する調査研究, 1991.
- 7)東京都防災会議: 東京都地域防災計画震災編本冊(平成8年修正), 1996.
- 8)例えば, 中川, 吉川, 伊藤, 小林: 阪神・淡路大震災における地震発生直後の交通状況に関する研究, 土木計画学研究・講演集, No. 19(1), pp. 9-12, 1996.
- 9)東京都防災会議: 東京都における地震被害の想定に関する調査研究(手法・提言編), 1991.
- 10)東京都防災会議: 東京都地域防災計画震災編別冊資料(平成8年修正), 1996.
- 11)東京都総務局災害対策部: 平成9年度区市町村防災事業の現況(平成9年度4月1日現在), 1998.
- 12)奥村 誠, 吉田英雅: 震災時の水運搬能力と水利用, 土木計画学研究委員会 阪神・淡路大震災調査研究論文集, pp. 137-142, 1997.
- 13)東京都衛生局: 東京都の医療施設—平成8年度医療施設(静態・動態)調査・病院報告結果報告書—, 1996.
- 14)東京都衛生局医療計画部医療指導課: 病院管理の手引き, 1997.
- 15)加藤, 味沢, 家田, 林: 地震発生後一週間の被災者及び支援者の交通特性とマイカー利用削減の可能性, 土木計画学研究委員会 阪神・淡路大震災調査研究論文集, pp. 355-362, 1997.
- 16)小谷, 松本, 岬尾, 今井: 阪神・淡路大震災時におけるマイカー利用の実態と今後の課題, 土木計画学研究委員会 阪神・淡路大震災調査研究論文集, pp. 339-346, 1997.
- 17)厚生省生活衛生局: 大都市圏の震災時における廃棄物の広域処理体制に係わる調査報告書, 1998.
- 18)東京都清掃局がれき処理部会: 「がれき」処理マニュアル(内部資料), 1996.
- 19)土田, 水上, 菊池, 吉野: 阪神・淡路大震災におけるガレキの処理・活用に関する調査と考察, 港湾技研資料, No. 899, 1998.
- 20)千葉県産業廃棄物協会資料: 廃棄物の重量等の換算方法
- 21)東京都建設局道路建設部: 東京都の自動車交通の実態—平成6年度自動車起終点調査より—, 1997.

東京での震災後の社会生活上の制約から生じる交通需要の推定

関根 淳, 小川 好

この論文は、関東地震規模の地震により東京23区全域が被災したという想定にもとづいて、飲料水など水の制約や食料の制約、生活必需品の制約を主な発生要因とする交通需要と、がれきの撤去に関連する交通需要を推定したものである。社会生活上の制約に起因する推定交通量は、地震発生当日が約17万台、2日目が約12万台、1週間目が約31万台である。その推定値の約60%が自宅生活者の食料確保に起因する交通需要である。また、推定された発生または集中交通量を、起終点間の往復2トリップの生成交通量と仮定すると、東京都区部の平日内々トリップと比較して、それぞれ約10%、約7%、約21%に相当すると推定される。

Estimation of Traffic Demand owing to the Constrained Life of Earthquake Disaster in Tokyo

SEKINE Atsushi and OGAWA Yoshimi

Traffic demand is treated on the basis of the Disaster Scenario. This analysis takes damage to water treatment system, shortage of foods and insufficiency of the necessities into account as the constrained life. Demand to dispose of debris from damaged buildings is also discussed. The demand on the earthquake day, at the 2 later day and at the 7 later day are approximately 170,000 vehicles/day, 120,000 vehicles/day and 310,000 vehicles/day, respectively. Approximate 60% of these demand are associated with foods obtaining activities by dwellers who still live in malfunction houses. On the assumption of round trip, these are equivalent to 10%, 7% and 21% of usual OD demand, respectively.
