

## OD 交通の区分を考慮した震災時の発生・集中可能交通量について

苫小牧工業高等専門学校	正会員	下村 光 弘
室蘭工業大学工学部	学生会員	増 田 耕 治
専修大学北海道短期大学	正会員	榎 谷 有 三
室蘭工業大学工学部	正会員	田 村 亨
室蘭工業大学工学部	正会員	斎 藤 和 夫

1. まえがき

道路交通システムは、震災時における避難路あるいは救急活動、物資輸送、復旧活動などの輸送路として必須なライフラインであることから、震災に伴ってシステムの機能が低下したときでも交通渋滞や麻痺を引き起こすことなく円滑な交通機能の確保が必要である。交通渋滞や麻痺は、交通需要と供給のアンバランスの結果生じるものであるため、震災時の道路網の交通処理能力を上回る交通需要は何かの抑制策を施さなければならない。著者等は、需給のバランスを図るためにはどのような抑制策を施すべきかを考えるうえで基礎となる発生・集中可能交通量の算定手法について LP (線形計画問題) の定式化を通して考察してきた。この研究においては、優先的に輸送路を確保すべき緊急車両と規制・制御の対象となる一般車両に区分するとともに、一般車両の発生・集中可能交通量について算定を試みた。

一般車両の算定においては、3つの OD 交通パターン (上下限值、目的地選択比率、および OD 構成比) を考慮して考察しているが、いずれの OD 交通を対象に交通規制・制御を行うことができるかまでについては言及していない。そこで、本研究においては自動車 OD 交通が対象地域の係わりによって内々トリップ、内外トリップおよび通過トリップに大きく3つに区分できることに着目して、規制・制御対象となる OD 交通を踏まえた問題の定式化を試みた。すなわち、一般車両を被災地域内だけを発生・集中する内々交通、地域内から流出あるいは地域内に流入する内外交通および地域内を通過する通過交通にそれぞれ区分して震災時における発生・集中可能交通量の算定を LP 問題を基礎に考察を試みた。

2. 自動車 OD 交通の区分について

自動車 OD 交通の発生・集中可能交通量を算定するときには、OD 交通パターンについて考えなければならない。著者等は、震災時における OD 交通パターンは地震災害の規模あるいは震後の時間経過 (復旧過程) 等によって平常時とは異なってくることを踏まえて、OD 交通パターンに何らかの制約を設けずに上下限值だけを設定した場合、OD 交通パターンの相対比率としての目的地選択比率 (ゾーンごとの行き先別比率) および OD 構成比 (OD 交通量の相対的比率) を設定した場合それぞれについて問題の定式化を行ってきた。これらの問題を通して、震災時における交通需要抑制策のための発生・集中可能交通量について考察することはできる。しかしながら、被災地域内外を発生・集中するすべての OD 交通を算定された交通量に規制・制御することが困難なことが考えられる。被災地域を出入りするあるいは通過する交通については流入抑制等を含めて何らかの対応は可能であるが、特に被災地域内のゾーンを発生および集中とする OD 交通 (内々交通) については困難である。また、自動車 OD 交通はトリップの対象地域に対する係わり合いによって、対象地域内だけを移動する交通 (内々交通)、対象地域内から地域外へあるいは地域外から地域内へ移動する交通 (内外交通) および対象地域内を発生・集中ゾーンとしないで当該地域を通過する交通 (通過交通) に区分することができる。

そこで、本研究ではこれら OD 交通パターンおよび OD 交通の区分を考慮して震災時における一般車両に対する発生・集中可能交通量の算定手法について LP 問題を基礎に種々考察を試みたものである。

## Estimation of Optimal Trip Matrix Considering Classification of OD Traffic Volumes

by Mitsuhiro SHITAMURA, Kouji MASUDA, Yuzo MASUYA, Tohru TAMURA and Kazuo SAITO

### 3. OD 交通の区分を考慮した発生・集中可能交通量の算定

震災時における発生・集中可能交通量は前述の OD 交通パターン及び OD 交通の区分によって種々の問題の定式化が可能である。ここでは OD 交通の中で最も規制・制御しやすい通過交通に対して被災地域内を通過しないで他のルートに経路変更をうながした場合の問題の定式化について考える。

#### (1) 通過交通を排除したときの算定

ここでは、平常時において被災地域の道路を走行経路としている OD 交通、いわゆる通過 OD 交通を被災地域内を通過させないような規制を行った場合について考える。そうすると、被災地域内を発生および集中ゾーンとする OD 交通を対象とした発生・集中可能交通量最大化の LP 問題は、以下のように定式化することができる。

$$\sum_{r \in n_{ij}} Y_r^{ij} = p_{ij} \cdot F \quad (i \in I - I_o, j \in J - J_o) \quad (1)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{r \in n_{ij}} a \delta_r^{ij} \cdot Y_r^{ij} \leq C_a \quad (a \in A) \quad (2)$$

$$Y_r^{ij} \geq 0 \quad (3)$$

$$F \rightarrow \text{Max} \quad (4)$$

ここで、

$Y_r^{ij}$ : OD 交通 ij の r 番目の経路の交通量

$p_{ij}$ : 被災地域内を発生する OD 交通 ij の構成比

$$(\sum p_{ij} = 1 \quad i \in I - I_o, j \in J - J_o)$$

$n_{ij}$ : OD 交通 ij 間の走行経路の集合

$a \delta_r^{ij}$ : OD 交通 ij の r 番目の経路交通量がリンク a を通過するとき 1、そうでないとき 0 をとる定数

$C_a$ : リンク a の交通容量

A: リンクの集合

I: 発ゾーンの集合 ( $I = I_i \cup I_o$ )

J: 着ゾーンの集合 ( $J = J_i \cup J_o$ )

$I_o$ : 被災地域外を発生ゾーンとする集合

$J_o$ : 被災地域外を着ゾーンとする集合

$I_i$ : 被災地域内を発生ゾーンとするゾーン集合

$J_i$ : 被災地域内を着ゾーンとするゾーン集合

式(1)は OD 構成比に対する需要交通量 F を配分するために、満足しなければならない OD 交通量に関する連続条件式であり、式(2)は各リンク

の交通容量に関する条件式である。式(1)~(3)を制約条件として式(4)の需要交通量 F を最大化する問題となる。

#### (2) 内外交通を考慮したときの算定

次に、被災地域内のゾーンを発生および集中する OD 交通 (内々交通) に対する規制・制御は困難であるが、被災地域内を流入および流出する OD 交通 (内外交通) に対しては流入の抑制も可能であることを踏まえた定式化を試みた。また OD 交通パターンとしては内々 OD 交通に対しては OD 構成比を、内外 OD 交通に対しては目的地選択比率をそれぞれ用いた。そうすると、発生・集中可能交通量最大化の LP 問題は以下のように定式化することができる。

$$\sum_{r \in n_{ij}} U_r^{ij} = p_{ij} \cdot F \quad (i \in I_i, j \in J_i) \quad (5)$$

$$\sum_{r \in n_{ij}} V_r^{ij} = q_{ij} \cdot Q_i \quad \begin{cases} i \in I_i, j \in J_o \\ i \in I_o, j \in J_i \end{cases} \quad (6)$$

$$\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{r \in n_{ij}} a \delta_r^{ij} \cdot U_r^{ij} + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{r \in n_{ij}} a \delta_r^{ij} \cdot V_r^{ij} \leq C_a \quad (a \in A) \quad (7)$$

$$U_r^{ij} \geq 0 \quad (8)$$

$$V_r^{ij} \geq 0 \quad (9)$$

$$F \geq F^L \quad (10)$$

$$Q_i \geq Q_i^L \quad (11)$$

$$\sum Q_i \rightarrow \text{Max} \quad (12)$$

ここで、

$U_r^{ij}$ : 被災地域内の OD 交通 ij の r 番目の経路の交通量

$V_r^{ij}$ : 被災地域外から被災地域内へ、または被災地域内から被災地域外への OD 交通 ij の r 番目の経路の交通量

$Q_i$ : 目的地選択比率に対するゾーン i の需要交通量

$q_{ij}$ : 内外 OD 交通 ij の目的地選択比率

$$\sum_{j \in J} q_{ij} = 1 \quad i \in I$$

$F^L$ : 需要交通量の下限值

$Q_i^L$ : ゾーン i の発生集中可能交通量の下限值

式(5)は OD 構成比に対する需要交通量 F を配分するために、満足しなければならない OD 交通

量に関する連続条件式で、式(6)は目的地選択比率を考慮した各ゾーンに対するOD交通に関する連続条件式である。また、式(7)は内々交通  $U_r^{ij}$ 、内外交通  $V_r^{ij}$  を踏まえた各リンクの容量制限式である。式(10)は被災地域内の需要交通量の下限値で、式(11)は目的地選択比率に対する各ゾーンの発生・集中可能交通量の下限値である。下限値は、各ゾーンからどの程度の交通量を発生・集中させるべきかを勘案のうえ適宜設定すればよい。そして式(5)~(11)を制約条件として、式(12)でそれぞれのゾーンの発生・集中可能交通量  $\Sigma Q_i$  を最大化する問題となる。

各ゾーンを発生・集中可能な交通量  $T_i$  は式(13)に示すように内々交通と内外交通の和として求めることができる。また、被災地域全体で発生・集中可能な交通量  $O$  は式(14)あるいは各ゾーンの  $T_i$  の和として算定することができる。

$$T_i = \sum_{r \in n_{ij}} U_r^{ij} + \sum_{r \in n_{ij}} V_r^{ij} \quad (13)$$

$$O = F + \sum Q_i \quad (14)$$

#### 4. 計算例

本研究では、図-1に示す19個のセントロイドを含む59個のノードおよび100本のリンク(方向別に200本)からなる道路網を対象に発生・集中可能交通量の算定を試みる。表-1のOD構成比を用いて様々な場合の発生・集中可能交通量の算定を試みる。各リンクの平常時の交通容量は1, 2, 4, 12, 13, 29, 30, 50, 51, 71, 72では1200台、3, 39~42, 83~86では480台、62~68では2160台などである。また、計算対象とした平常時のOD構成比を表-1に示す。

表-1のOD構成比を対象に平常時の発生・集中可能交通量

としての道路網容量を算定したところ21131台を得た。この値は、図-1に示すリンク13, 41, 62, 83, からなるカットが最小カットとして発生して算定されたもので、式(15)からも求めることができる。

平常時の道路網容量

$$= (\text{カットの交通容量}) / (\text{通過するOD構成比}) \\ = (1200 + 480 + 2160 + 480) / 0.20444 \\ = 21131 \text{ 台} \quad (15)$$

次に、震災に伴い各リンクの交通容量が減少した場合の道路網容量を表-1のOD構成比を対象に算定したところ、式(16)に示す13794台を得た。ここで、被災パターンとしては、

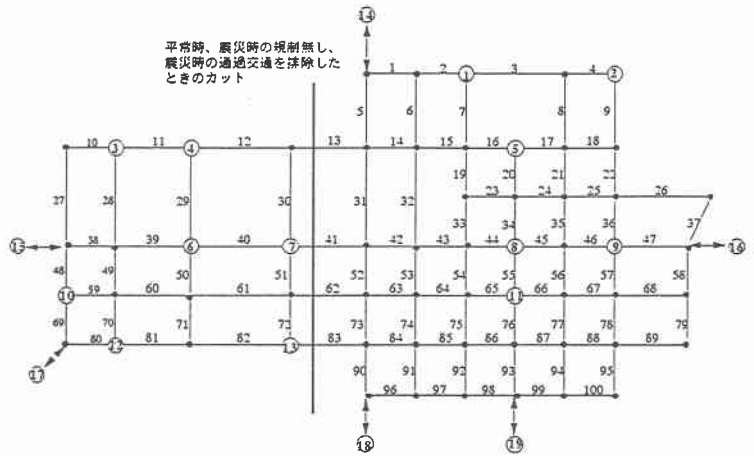


図-1 計算対象の道路網

表-1 平常時のOD構成比

	平常時のOD構成比 $\times 10^{-2}$																		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	0.07	0.03	0.04	0.08	0.05	0.00	0.08	0.06	0.00	0.06	0.00	0.05	0.33	0.05	0.24	0.00	0.00	0.00	0.08
2	0.07	0.02	0.06	0.12	0.04	0.00	0.12	0.11	0.00	0.17	0.00	0.05	0.41	0.08	1.02	0.00	0.02	0.36	
3	0.03	0.03	0.10	0.13	0.18	0.00	0.13	0.08	0.02	0.17	0.07	0.09	0.29	0.64	0.26	0.02	0.10	0.47	
4	0.03	0.04	0.12	0.12	0.12	0.00	0.12	0.06	0.00	0.21	0.05	0.07	0.48	1.01	0.67	0.00	0.13	0.35	
5	0.10	0.11	0.10	0.08	0.30	0.00	0.30	0.25	0.01	0.38	0.06	0.21	0.57	0.57	1.24	0.10	0.28	1.04	
6	0.04	0.07	0.15	0.11	0.35	0.00	0.35	0.13	0.02	0.36	0.09	0.15	0.37	0.65	0.43	0.09	0.21	0.48	
7	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.38	0.37	0.67	0.00	0.00	0.00	
8	0.10	0.11	0.10	0.08	0.30	0.30	0.00	0.25	0.01	0.38	0.06	0.21	0.69	0.74	1.60	0.10	0.28	1.04	
9	0.08	0.10	0.07	0.07	0.27	0.10	0.00	0.27	0.00	0.27	0.07	0.09	0.47	0.34	1.46	0.03	0.14	0.83	
10	0.00	0.00	0.02	0.02	0.02	0.02	0.00	0.02	0.00	0.04	0.03	0.02	0.01	0.11	0.00	0.00	0.00	0.03	
11	0.08	0.13	0.14	0.23	0.44	0.37	0.00	0.44	0.31	0.03	0.14	0.31	0.52	0.79	1.50	0.17	0.44	1.59	
12	0.01	0.03	0.07	0.06	0.10	0.10	0.00	0.10	0.08	0.03	0.21	0.14	0.12	0.38	0.00	0.08	0.17	0.35	
13	0.05	0.05	0.08	0.08	0.25	0.16	0.00	0.25	0.13	0.03	0.33	0.11	0.27	0.47	0.37	0.14	0.22	1.04	
14	0.32	0.46	0.20	0.42	0.59	0.41	0.00	0.69	0.41	0.02	0.83	0.12	0.25	0.00	0.00	0.00	1.09	3.03	
15	0.03	0.14	0.76	1.00	0.73	0.72	0.35	0.89	0.36	0.13	0.99	0.46	0.50	0.00	0.58	0.00	0.87	3.30	
16	0.28	1.13	0.21	0.60	1.41	0.57	0.62	1.65	1.54	0.00	1.86	0.07	0.43	0.00	0.69	0.00	0.65	0.00	
17	0.00	0.00	0.02	0.02	0.14	0.08	0.00	0.14	0.03	0.00	0.20	0.11	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	1.13	
18	0.05	0.02	0.11	0.12	0.39	0.27	0.00	0.39	0.21	0.00	0.65	0.16	0.31	0.57	0.74	0.77	0.00	0.00	
19	0.09	0.17	0.45	0.35	1.52	0.65	0.00	1.52	0.95	0.01	2.19	0.36	1.01	1.93	2.17	0.00	1.10	0.00	

1,2,4,10,12,13,82,の交通容量は 900 台、3,83 は 360 台、58,62~68,76,79,93 は 1080 台とした。

震災時の道路網容量

$$= (900+480+1080+360) / 0.20444$$

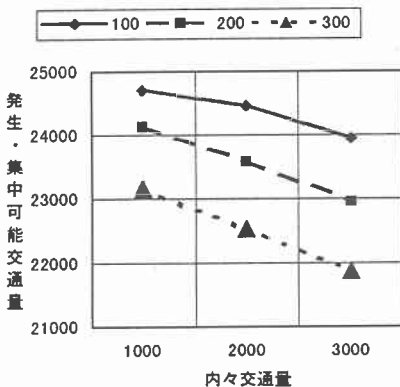
$$= 13794 \text{ 台} \quad (16)$$

震災に伴い発生・集中可能な交通量も大きく減少することか理解できよう。ここでは、OD 交通に対する規制・制御によって式 (16) で算定された発生・集中可能な交通量を増大させることができる方策について考える。まず、3(1)で述べた通過交通に対して規制・制御した場合について算定を行う。対象とする OD 交通の構成比は、表一1の値のうち通過交通に関する OD 交通を除いて新たに作成した。その結果、式 (4)に示す値は 15764 台となり式(16)の値よりも大きくなり通過交通を排除することによって発生・集中可能な交通量を増大させることが可能となる。なお、このときの最小カットは平常時と同様に図一1 に示すカットであった。

次に、内々交通の OD 交通パターンを内々交通のみを考慮した OD 構成比、内外交通の OD 交通パターンを目的地選択比率として、表一1の

表一2 道路網全体で発生・集中可能な交通量

内々交通量	1000	2000	3000
100	24698	24448	23952
200	24127	23585	22958
300	23153	22529	21877



図一2 道路網全体で発生・集中可能な交通量

OD 構成比を基に設定した。前述の震災時に通過交通を排除したときの内々交通量が 2998 台と算定されたので、式(10)の需要交通量の下限値  $l^L$  を 1000 台、2000 台、3000 台と設定していき、それぞれのときに各ゾーンの発生・集中可能交通量の下限値  $Q_i^L$  を 100 台、200 台、300 台と増加させていき道路網全体で発生・集中可能な交通量  $O$  を算定し、表一2および図一2に結果を示した。内々交通量の下限値を増大させることにより被災地域の発生・集中可能交通量は減少し、その減少程度は各ゾーンの発生・集中可能交通量の下限値の増大とともに顕著に現れた。また、道路網全体の発生・集中可能交通量に比べて内々交通の需要交通量は比較的小さな割合である。このことから内外交通が道路網全体の発生・集中可能交通量に大きな影響を与えることがわかる。

### 5.あとがき

以上、本研究は震災時に道路の損壊等によって交通機能が大きく低下した道路網において、需要と供給のバランスを図るためには、どのような交通需要抑制策を施すべきかを考えるうえで基礎となる発生・集中可能交通量の算定について考察を試みた。本研究では、OD 交通を被災地域内だけを発生・集中する内々交通、被災地域内から流出、あるいは流入する内外交通および被災地域内を通過する通過交通と区分した。これらの OD 交通の区分を基に通過交通を排除したときに、OD 構成比および目的地選択比率を用いて LP 問題として定式化するとともに、発生・集中可能交通量の算定手法について種々考察を試みた。

これら各種の定式化によって算定された結果から、通過交通や流入あるいは流出する交通を規制・抑制することで被災地域の発生・集中可能交通量は増加することが分かった。今後は、優先的に輸送路を確保すべき緊急自動車等の考察を試みていく。さらに、大規模な道路網に適用可能なアルゴリズムの開発についても考察を試みていく。

#### 参考資料

- 1) 梶谷・下村・浦田・田村・斎藤：緊急車両を考慮した震災時における発生・集中可能交通量について、土木計画学研究・論文集 No.14、1997