

地震・津波の被害地域における被災直後及び復旧期の 自動車交通需要

Vehicle Traffic Demand in Post-disaster Recovery Period for Area affected by Earthquake and Tsunami

○熊谷 兼太郎¹, 小野 憲司¹
Kentaro KUMAGAI¹ and Kenji ONO¹

¹ 京都大学 防災研究所

Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University

The purpose of this study is to collect fundamental information for a vehicle traffic demand estimation in post-disaster recovery period. In areas affected by earthquake and tsunami, to estimate traffic demands and to conduct traffic simulations are important for planning of emergency relief logistics. 15 papers and technical reports were collected from academic journals and websites. As a result of literature reviews, it was found that the user-equilibrium model with a variable-demand model is effective for the vehicle traffic demand estimation for an earthquake, and it seems that improvement of the variable-demand model will be required in case of application for areas affected by a tsunami.

Keywords : Vehicle traffic demand, post-disaster, earthquake, tsunami, literature review

1. 序論

大規模な地震・津波の被害地域では、物資の不足に対応するため緊急支援物資輸送（Emergency Relief Logistics. 以下、単に ERL とする。）が行われる。

ERL の計画にあたり、自動車交通シミュレーションを用いて交通状況を表現し、輸送の所要時間を推定することによって、ERL を行う貨物車の必要台数、各避難場所における物資充足率等を見積もるという手法が考えられる。しかし、同シミュレーションを行うためには、被害地域における自動車交通需要を適切に設定する必要がある。そこで、本研究ではその点について検討した。

また、地震発生からの時間を被災直後（地震発生後 3 日程度まで）、復旧期（同 4 日から同 1 か月ないし数か月程度まで）、復興期（それ以降）に区分したとき、ERL が重要な役割を果たすと考えられるのは被災直後及び復旧期である。復興期には、通常の物流活動が回復してきて ERL から通常の物流活動へと漸次代替されると考える。そこで、本研究では被災直後及び復旧期に着目することにした。

2. 研究の目的

本研究は、地震・津波の被害地域における被災直後及び復旧期の自動車交通需要について既往の文献のレビューを行い、知見を得ることを目的とする。

以下、3 章は既往の文献のレビューについて記す。また、4 章は結論である。

3. 既往の文献のレビュー

(1) 文献の抽出方法

本間ら（1997）¹⁾は、本格的なモータリゼーションを迎えた自動車社会の環境下での都市型の大規模な地震の事例は阪神・淡路大震災よりも以前には無かったと指摘している。そこで、基本的には、1997 年阪神・淡路大震

災及びそれ以降の地震・津波事例を対象とする。

まず、論文公開ウェブサイト²⁾で 1997 年以降に発表されている論文について「地震」または「津波」（個別災害の名称、「震災」等の関連する用語も含める。）、及び、「交通需要」（「OD 交通量」、「交通行動」等の関連する用語も含める。）をタイトルに含むものを検索し、2 章の目的に合致する論文を抽出した。さらに、抽出した論文の参考文献欄に記載された文献のなかから関連する文献も収集した。なお、後者については 1997 年以前の文献も対象に含めた。

(2) レビューの方法

(1) で収集した文献について、記載された内容に基づき過去に発生した地震・津波の実態調査やその被害の再現計算を行っているもの（A）と、その他（B）とに分類した。B には例えば、特定の地震・津波を対象とせずに自動車交通需要の地震後の変化を推定するモデルについて述べたものや、今後発生が想定される地震について述べたものが挙げられる。

次に、A を自動車交通需要の総量に関するもの（A-1）、自動車のうち特に乗用車類（主として人を運ぶ自動車、バスを含まない。）に関するもの（A-2）、及び、自動車のうち特に貨物車類（主として荷物を運ぶ自動車）に関するもの（A-3）とに分類した。図-1 に示す。

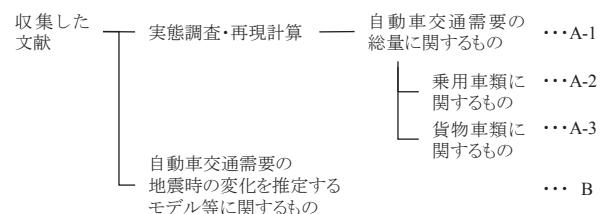


図-1 収集した文献の分類

表-1 収集した文献

文献 No. *	著者 (発行年)	対象とした 地震・津波	主な内容 (自動車交通需要に関する記述)	分類 記号**
1	川上 (1982)	1978年伊豆大 島近海地震	地震時の自動車ODが平常時のものと等しいとして交通シミュレーションを実施。ただし、斜面崩壊等による道路の機能低下は考慮している。	A-1
2	Cho, S. et al. (2006)	1994年ノース リッジ地震(米)	需要変動型利用者均衡配分モデルを用いた交通シミュレーション手法であるREDARS2 (Special Report MCE ER-06-SP08, FHWA, U.S., 2006)を適用した。	A-1
3	倉内・飯田 (1998)	1997年阪神・ 淡路大震災	観測されたリンク交通量から推計すると、震災約3か月後の総交通量は震災前と比べて65%程度であった。	A-1
4	谷口ら (1997)		震災前(1990年10月)と震災4か月後の自動車ODを変化させて交通シミュレーションを実施。ただし、道路の機能低下の評価に重点を置いており、自動車ODの詳細は記載なし。	A-1
5	小谷ら (1997)		通勤の再開時期は、震災後3日以内に54.4%、1月下旬までに92%。震災後半年経過時点でマイカー利用がほぼ回復した地域と、40%程度に減少している地域とがあった。	A-2
6	本間ら (1997)		通勤・通学の再開時期は、災害規模の大きな地域では多くの人が1～2週間後であった。	A-2
7	藤井ら (1997)		震災5か月後の個人トリップは、震災前と比べて発生頻度及び1トリップあたりの距離が低下しており、被災地居住者の生活圏が縮小していた。	A-2
8	岸野・本田 (1997)		世帯外出頻度は、震災前と比べて1週間後に47%、7月末に86%であった。通勤可能な人の割合は1週間後に50%、7月末には92%であった。	A-2
9	塚口ら (1997)		震災当日の大型車混入率は10数%以下。翌日には25～50%程度に増加。	A-3
10	丸山・小山 (2012)	2011年東日本 大震災	平常時の自動車ODを用いて交通シミュレーションを実施し、地震発生直後に高速道路を通行止めにして4時間分のODを一度に与えると、東京都中心部の交通状況を再現できた。	A-1
11	金ら (2013)		平常時の自動車ODを用いて交通シミュレーションを実施し、地震発生直後に避難行動開始割合に従いネットワーク上の車の目的地を避難所等に変更し走行させるモデルを提案。	A-1
12	朝倉 (1998)	—	需要変動型利用者均衡モデルについて、基本モデル、分担・配分統合モデル及び分布・配分統合モデルを提示している。	B
13	関根・小川 (1999)	想定関東地震 (直下地震も一 部考慮)	飲料水確保などの「社会生活上の制約にもとづく交通需要」は、東京都23区で平日内々トリップと比べ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。	B
14	藤原ら (2006)	想定有馬・高 槻断層帯地震	道路橋損壊により経路が失われるか旅行時間が極端に大きくなる場合にトリップを中断するような需要変動型利用者均衡モデルを用い、道路ネットワークの便益評価を行っている。	B
15	中尾ら (2008)	想定東京湾北 部地震	文献2に準じた形で自動車交通需要の地震時の変化を考慮した交通シミュレーションを実施し、変化を考慮しない場合に比べて幹線道路へ交通量が集中する様子を表現した。	B

* 1: 土木学会論文報告集, 2: Technical Report MCE ER-06-0007, FHWA, U.S., 3: 国際交通安全学会誌, 4: 阪神・淡路大震災調査研究論文集, 5: 阪神・淡路大震災調査研究論文集, 6: 土木計画学研究・論文集, 7: 土木計画学研究・論文集, 8: 阪神・淡路大震災調査研究論文集, 9: 阪神・淡路大震災調査研究論文集, 10: 第4回相互連関を考慮したライフライン被災対策に関するシンポジウム講演集, 11: 生産研究, 12: 交通ネットワークの均衡分析—最新理論と解法—, 土木学会, 13: 土木計画学研究・論文集, 14: 土木計画学研究・講演集Vol. 34, 15: 土木計画学研究・講演集Vol. 37

** A: 実態調査・再現計算のうち自動車交通需要の総量に関するもの, B: 実態調査・再現計算のうち乗用車種に関するもの, C: 実態調査・再現計算のうち貨物車種に関するもの, D: 自動車交通需要の地震時の変化を推定するモデル等に関するもの

(3) レビューの結果

土木学会、米国運輸省、国際交通学会及び東京大学生産技術研究所の各機関の論文集・出版物より計15編の文献を収集した(表-1)。それぞれの文献が対象としている災害は、1978年伊豆大島近海地震が1編、1994年ノースリッジ地震(米国)が1編、1997年阪神・淡路大震災が7編、2011年東日本大震災が2編で、それ以外が4編であった。従って、Aに分類されるものが11編、Bに分類されるものが4編となった。

・A-1: 自動車交通需要の総量

Aのうち、自動車交通需要の総量に関するものは6編あった(文献No. 1～4, 10及び11)。川上(1982)³⁾は、1978年伊豆大島近海地震について、伊豆半島の道路ネットワークの交通状況を表現するために交通シミュレーションを行っている。ただし、道路の機能低下が及ぼす影響の把握に重点を置いており、自動車交通需要の変化については考慮していない。すなわち、地震時の自動車ODが平常時のものと等しいとしてそのまま与えている。Cho, S. et al. (2006)⁴⁾は、1994年ノースリッジ地震を対象に需要変動型利用者均衡配分モデルを用いた交通シミュレーション手法の一つであるREDARS2⁵⁾を適用してお

り、参考になる。丸山・小山(2012)⁶⁾及び金ら(2013)⁷⁾は、いずれも2011年東日本大震災を対象に被災直後の数時間程度の交通状況を再現するために交通シミュレーションを行っている。前者は、地震発生直後の東京都心部の混雑を再現するために、高速道路を通行止めにするという道路の機能低下の条件を付与したうえで、地震発生から1時間後に4時間分の平常時の自動車ODを一度に与えればよいとしている。すなわち、災害が無ければ4時間の間に分散して発生していた交通需要が帰宅・移動のため一斉に発生したと考えるものである。後者は、避難安全性の評価を行うことを念頭に、比較的小規模な地域の交通シミュレーションを行っている。倉内・飯田(1998)⁸⁾によると、1997年阪神・淡路大震災約3か月後の総交通量は震災前と比べて65%程度である。被害地域の自動車交通需要が大きく低下することの定量的な事例であり、参考になる。谷口ら(1997)⁹⁾は、震災4か月後について自動車ODを変化させた交通シミュレーションの結果を報告しているが、道路の機能低下の評価に重点を置いており、自動車ODの変化の詳細については記載がなかった。

・A-2：乗用車類

A のうち、乗用車類に関するものは 4 編あった（文献 No. 5～8）。小谷ら（1997）¹⁰⁾は、通勤の再開時期は震災後 3 日以内が 54.4%，1 月下旬までに 92%であったとしている。この傾向は、本間ら（1997）¹⁾が通勤・通学の再開時期は災害規模の大きな地域では多くの人が震災 1～2 週間後であったと報告していること、岸野・本田（1997）¹¹⁾が通勤可能な人の割合は震災 1 週間後に 50%であったと報告していることと整合的である。また、岸野・本田（1997）¹¹⁾は世帯外出頻度は震災 1 週間後に震災前と比べて 47%であったとしている。

藤井ら（1997）¹²⁾は、震災 5 か月後の個人トリップは、震災前と比べて発生頻度及び 1 トリップあたりの距離が低下しており、被害地域居住者の生活圏が縮小していたと指摘している。これは、岸野・本田（1997）¹¹⁾が世帯外出頻度は震災約 6 か月半後に震災前と比べて 86%であったと報告していることと整合する。ただし、小谷ら（1997）¹⁰⁾は、震災半年後にマイカー利用が 40%程度に減少している地域があった一方で、ほぼ回復した地域もあったと指摘している。

以上より、自動車のうち特に乗用車類は、被災直後から一週間程度は通勤・通学の需要が概ね半分程度になるなど落ち込むようである。数か月後は地区間のばらつきが大きくなっており、日常的行動の再開時期等を考慮して地区ごとに適切に設定する必要があるようである。

・A-3：貨物車類

A のうち、貨物車類に関するものは 1 編あった（文献 No. 9）。塚口ら（1997）¹³⁾によると、貨物車類は、被災直後に大型車が最大で全体の半分程度に達しており、支援車両等の影響を大きく受けて増加するようである。

・B：自動車交通需要の地震時の変化を推定するモデル等に関するもの

B に該当するものは 4 編あった（文献 No. 12～15）。そのうち 3 編が需要変動型利用者均衡モデルに関するものである。朝倉（1998）¹⁴⁾は、同モデルについて基本モデル、分担・配分統合モデル及び分布・配分統合モデルをそれぞれ提示している。また、藤原ら（2006）¹⁵⁾及び中尾ら（2008）¹⁶⁾は、それぞれ想定有馬・高槻断層帯地震及び想定東京湾北部地震を対象に交通シミュレーションを行っている。また、既述のとおり A-1 に分類した文献のなかでも Cho, S. et al.（2006）⁴⁾により同モデルを用いた交通シミュレーションが行われていた。従って、地震・津波の被害地域における被災直後及び復旧期の自動車交通需要の変化を推定するため、同モデルを用いる手法が参考になりそうである。ただし、以上の文献はいずれも地震を対象にしている、津波を対象にしたものはない。そこで、地震・津波の被害地域に適用するためには、例えば津波で浸水して長期に湛水している場合、当該地区の発生・集中交通量をゼロにするなど、津波が自動車交通需要に及ぼす影響に着目した改良が必要であると考えられる。

関根・小川（1999）¹⁷⁾は、想定関東地震を対象に「社会生活上の制約にもとづく交通需要」について、飲料水確保トリップなどの 5 つの活動を想定して積み上げにより算定している。例えば、飲料水確保トリップは人口、上水道支障率等の値を用いて推定している。

4. 結論

本研究は、被害地域における被災直後及び復旧期の自

動車交通需要の文献レビューを行った。公開されている論文集・出版物より計 15 編の文献を収集し、その結果は以下の通りである。

- ・1997 年阪神・淡路大震災約 3 か月後の時点の総交通量は震災前と比べて 65%程度であったとの報告があり、被害地域の自動車交通需要は全体として大きく変化するようである。ただし、自動車交通需要のうち乗用車類について地区間のばらつきが大きいなどの報告もあり、日常的行動の再開時期等を考慮して地区ごとに適切に設定する必要がある。
- ・貨物車類は、被災直後に大型車が最大で全体の半分程度に達した事例が報告されており、支援車両等の影響を大きく受けていると考えられる。
- ・需要変動型利用者均衡モデルを用いて自動車交通需要の地震時の変化を推定する手法が多く報告されていた。ただし、既往の文献はいずれも地震を対象にしている、津波を対象にしたものはなかった。地震・津波の被害地域に適用するためには、例えば津波で浸水して長期に湛水している場合、当該地区の発生・集中交通量をゼロにするなど、津波が自動車交通需要に及ぼす影響に着目した改良が必要であると考えられる。

なお、自動車交通シミュレーションを行うためにはこれまで述べた自動車交通需要の変化だけでなく、道路機能の低下、すなわち、地震・津波に伴う道路の閉塞・一部通行不能、通行規制等も適切に想定する必要がある。例えば、川上ら（1982）³⁾は、地震による道路機能の低下の原因として斜面崩壊、橋・トンネルの破壊、道路の亀裂・段差、落下した看板・ビル外装材・横断歩道橋等の障害物、道路周辺の火災、交通信号の破壊等を挙げている。このような道路機能の低下を適切に想定する方法についても検討する必要がある。

謝 辞

本研究は JSPS 科研費 15H02970（2015～2017 年度「巨大災害下における避難民の生命・健康維持のための海陸一貫大量輸送システムの開発」、研究代表者：小野憲司）の助成を受けたものです。

参考文献

- 1) 本間正勝・森健二・木戸伴雄・齋藤威：大規模災害時の交通行動実態—阪神・淡路大震災を例として—，土木計画学研究・論文集，土木学会，No. 14，pp. 321-326，1997。
- 2) 土木学会：土木学会学術論文等公開ページ，<http://www.jsce.or.jp/library/open/files/open01.shtml>，2016 年 9 月 16 日確認。
- 3) 川上英二：道路交通システムの機能上の耐震性の一評価方法，土木学会論文報告集，第 327 号，pp. 1-12，1982。
- 4) Cho, S., C. K. Huyck, S. Ghosh and R.T. Eguchi: REDARS Validation Report, Technical Report MCEER-06-0007, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, pp. 51-59, 2006。
- 5) Werner, S. D., C. E. Taylor, S. Cho, J. Lavoie, C. Huyck, C. Eitzel, H. Chung and R. T. Eguchi: REDARS2 Methodology and Software for Seismic Risk Analysis of Highway Systems, Special Report MCEER-06-SP08, Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation, pp. 53-62, 2006。
- 6) 丸山喜久・小山哲迪：東北地方太平洋沖地震後の東京都における道路交通需要の推定，第 4 回相互連関を考慮したライフライン減災対策に関するシンポジウム講演集，土木学会地震工学委員会，pp. 1-7，2012。

- 7) 金進英・花房比佐友・桑原雅夫・大畑長・堀口良太・浦山利博・佐口治・江藤和昭・家森崇文・櫻井康博・彦坂健太・増田卓朗：災害時と平常時の交通マネジメントのためのデータ融合と解析，生産研究，Vol. 65，No. 2，pp. 119-124，2013.
- 8) 倉内文孝・飯田恭敬：阪神・淡路大震災発生後の時点経過を追ったOD交通量の変化に関する研究，国際交通安全学会誌，Vol. 23，No. 3，pp. 146-154，1998.
- 9) 谷口栄一・則武通彦・山田忠史・国分潔：震災による道路網容量の減少と新規路線の整備効果，阪神・淡路大震災調査研究論文集，土木学会土木計画学研究委員会，pp. 217-222，1997.
- 10) 小谷通泰・松本誠・嶋尾哲也・今井秀幸：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，阪神・淡路大震災調査研究論文集，土木学会土木計画学研究委員会，pp. 339-346，1997.
- 11) 岸野啓一・本田武志：震災後の交通行動に関する考察，阪神・淡路大震災調査研究論文集，土木学会土木計画学研究委員会，pp. 333-338，1997.
- 12) 藤井聡・北村隆一・柘植章英・大藤武彦：阪神・淡路大震災が交通行動に及ぼした影響に関するパネル分析，土木計画学研究・論文集，土木学会，No. 14，pp. 327-332，1997.
- 13) 塚口博司・川村智司・中辻清恵・戸谷哲男：空中写真を用いた発災直後における道路交通状況に関する分析，阪神・淡路大震災調査研究論文集，土木学会土木計画学研究委員会，pp. 259-266，1997.
- 14) 朝倉康夫：需要変動型の利用者均衡，交通ネットワークの均衡分析－最新の理論と解法－，土木学会，pp. 103-132，1998.
- 15) 藤原友・長江剛志・朝倉康夫：GIS と需要変動型利用者均衡配分を用いた道路ネットワーク耐震化の便益評価，土木計画学研究・講演集，土木学会，Vol. 34，CD-ROM，4 p.，2006.
- 16) 中尾吉宏・小路泰広・峰隆典：地震による交通需要の変化を考慮した実用的な道路交通への影響評価に関する検討，土木計画学研究・講演集，土木学会，Vol. 37，CD-ROM，4 p.，2008.
- 17) 関根淳・小川好：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，土木計画学研究・論文集，土木学会，No. 16，pp. 377-386，1999.