

「平成13年(2001年)芸予地震」時の 個人交通需要変動のレスポンス構造

崔 宰榮

正会員 工博 筑波大学講師 人文社会科学研究所 (〒305-8571 つくば市天王台1-1-1)
E-mail: choe@social.tsukuba.ac.jp

本研究は、地震発生時の個人交通需要変動のレスポンス特性とその要因を明らかにすることを目的とし、「平成13年(2001年)芸予地震」を対象に、広島市でパーソントリップ調査を行なった(有効分析サンプル1,038人)。その結果、地震発生当日の交通需要は本来の交通需要より4.4%増加し、地震発生1時間後(16時台)にピーク時間帯(28.0%)を形成しており、特に帰宅から乗り換え目的へ、鉄道から乗用車へのレスポンスが、転換交通需要の最も多くを占める(各々34.8%, 38.1%)ことがわかった。また、震災直後の交通需要変動へのレスポンス要因は、若い年代層、社会的アクティビティーで、かつ社会的な拘束度の低い層、同伴者の少ない高いモビリティのトリップ、長(時間)距離の低いアクセシビリティのトリップ、通行時の情報入手のトリップであった。

Key Words : earthquake, travel demand, person trip, response mechanisms, logistic regression

1. はじめに

従来、日本での災害対策、とくに、地震災害における道路防災計画は、道路施設の液状化対策、耐震性や高規格幹線道路網の強化¹⁾、災害時における交通の規制(災害対策基本法第76条)など、主に管理者の観点からハード的な対策や物理的な対策(規制)の実施という政策展開を図ってきた。さらに、発災直後の初期段階での迅速な救助や消火活動は、人的・物的被害の拡大を防ぐとともに、安全確保を第一としており、またその後も、孤立地域への早期啓開や当該地域の早い段階での現状復旧を、復旧・復興段階の最大目標としている。そのため、災害時の組織的活動である災害時緊急交通の円滑な処理に、政策目標の第一プライオリティを置いている。しかし、多くの人々の生活や社会・経済活動での個人交通は、一方的で物理的な規制を受けざるを得なくなり、国や自治体主導の政策に依存しがちである。

とくに、震災時における人々や物資の交通上での様々な問題は、平成7年に発生した阪神・淡路大震災を契機に顕在化し、災害時の交通需要マネジメント(Transportation Demand Management; TDM)に関する関心が高まる中、震災後の道路交通の状況や交通行動を中心とした多くの研究が報告されている^{2)~19)}。また、他の地震災害を対象とした研究例では、震災後のドライバの行動特性、公共交通を含む道路交通の状況、個人交通需要の時系列

的な変動特性などが報告されている^{20)~24)}。

しかし、これらの研究は、震災後の道路交通の状況や交通行動を中心としたものが多く、交通需要の変動メカニズム、すなわちどのように反応し、どのように変動したのか、またそれを規定する諸要因に関する研究は、現在まで検討された例は多くはない。しかしながら、著者らは参考文献25)、26)において、発震後の交通需要の変動特性を詳細に検討しており、その概要は本論文の第3章に示してある。

そこで、本研究は、「平成13年(2001年)芸予地震(平成13年3月24日、土曜日、15時28分頃発生)」を取り上げ、通行者の属性と個人ごとの通行特性から、地震発生当日、地震による影響を受けた個人交通需要変動のレスポンス特性やその要因を非集計レベルで明らかにすることを目的とし、実証的に、かつ体系的な計量分析を試みた。

2. 分析データの概要

大都市部における地震発生当日の交通需要変動へのレスポンス構造を分析するため、「平成13年(2001年)芸予地震」による影響を受けた広島市を研究対象地域とした。研究対象地域には、この地震により、広島県内の市部で、震度5強の最も大きな揺れを記録し(郡部では震度6弱

表-1 地震及び広島市の被害概要

(平成13年10月23日現在)

地震概要	
・発生日時:	平成13年3月24日(土)午後3時28分
・震源地:	安芸灘北緯34.1° 東経132.7° (震源の深さ約51km)
・規模:	マグニチュード6.7
・震度(広島市):	5強(西区, 安佐南区, 安佐北区, 佐伯区), 5弱(中区, 南区, 安芸区), 4(東区)
被害概要(広島市)	
・被害額:	約55億円(公共施設22億円, 民間施設33億円)
・避難:	避難勧告なし, 自主避難20世帯35人
・人的被害:	28人(重傷10人, 軽傷18人)
・建物被害:	民間6,791棟(うち, 一部損壊6,665棟), 公共509ヶ所(学校203ヶ所, その他306ヶ所)
・土木施設:	道路294件(損壊220件, 土砂流入74件), 河川18ヶ所, 山がけ崩れ292ヶ所
・交通施設:	JR 広島市内在来線・呉線不通, その他の線は部分運転(25日9時48分全線運転再開), アストラムライン(24日19時20分運転開始), 広島電鉄(市内電車24日16時32分運転再開), 宮島線電(24日20時運転再開), バス(市全域平常運転), 高速道路(24日通行止解除分:山陽道「岡山～山口」と中国道「佐用～小郡」上下, 広島道・浜田道と広島呉道全線, 広島高速3号線)

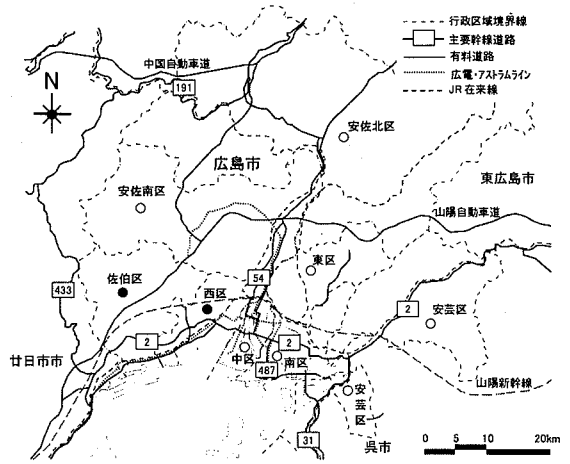


図-1 研究対象地域

の地域はあったものの), かつ相対的に被害の多かった地域(区)が多数分布している^{27),28)}. 表-1に地震及び広島市の被害概要を, 図-1に研究対象地域を示す.

この地震(マグニチュード6.7)は, 瀬戸内海西部の芸予諸島付近を震源とする中規模の地震で, 中国・四国地方を中心に西日本の広い範囲に揺れをもたらしたものである. また, 地震による被害は, 広島市周辺の海岸部では液状化, 広島市と隣接した呉市, 今治市等では建物被害が顕著なもので, 全体的に地震の揺れそのものによる直接的な被害の程度は少なかった震災である. また, 地震発生直後, 各交通機関への影響が生じ, JR広島市内の在来線・呉線は運転を見合わせ部分運転をするなど, 翌日10時頃に全線の運転が再開された. 一方, アストラムライン(19時20分), 広島電鉄(16時32分), 宮島線電(20時)は当日, 運転を再開したが, バスは平常時通り運行した. そして, 主要幹線道路(広島港の臨港道路, 海田大橋, 広島高速3号線など)では, 19時15分～21時の間に交通規制を順次解除するなど, 鉄道や道路交通での影響が頭れた.

一方, 「平成13年(2001年)芸予地震」による個人交通需要変動のレスポンス構造を分析するためには, 広島都市圏での全数調査が望ましいが, 時間的・経済的に不可能である. そのため, 本研究ではサンプル調査により, 地震発生2ヶ月後の平成13年5月23日(水曜日)にパーソントリップ調査を実施した. 調査対象地域(西区・佐伯区)の小中高校に在籍する生徒の世帯を母集団とし, 無作為の432世帯の家族全員(5歳以上)を対象に, 信頼度95%が確保されるように(付録参照), 調査対象地域の各教育機

関を通して行った. そのため, 調査に関する信頼度は保持できるものの, 分析対象が5歳以上の家族構成の世帯に限定される. 最終的に, 250世帯1,038人の有効サンプルを得た. そのうち, 地震発生当日, 通行のあったサンプル数は606人(58.4%)であるが, 完全なトリップ情報, すなわち欠損値のないデータを持つのは240人である. 以降, この完全トリップを基に分析を行なうこととする. また, パーソントリップ調査では, 通行者の属性, 個人ごとの通行とレスポンス内容を明らかにするため, 「世帯・個人特性」, 地震発生時の「初期通行特性」, 「当日の通行特性」, 「情報入手特性」の4項目を含んでいる. また, 調査項目の詳細については, 以降の表-5を参照されたい. 表-2に, 調査概要を示す.

調査対象地域は, 広島市西部に立地し背後に山を控えた臨海地形で, 都心部や周辺地域へのアクセスは, 主に国道2号線(宮島街道, 西広島バイパス), JR山陽本線, 広島電鉄(宮島線)の臨海部に沿った帯状の東西路線に依存している地域である. そのため, これら地域は他の地域に比べ, 地震発生直後の鉄道の運転見合わせや道路の交通規制による地域の発着交通への影響を把握しやすい地域であると思われる. また, 地震発生直後, 避難勧告の発令もなかったため, 自己判断による自主的なレスポンス特性を把握しやすい地域であると判断される. ここでのレスポンスとは, 地震発生当日(15時台～24時台, 10時間), 地震の影響を受け, 当初の通行内容(通行目的, 利用交通手段, 通行経路など)から, 通行者が対応(応答)した通行内容の変更, すなわち交通行動の変更を示すものとしている. そして, 当初の通行内容からレスポンスのあった通行(トリップ)量を, 以降レスポンス交通需要と呼ぶこととする.

表-2 調査概要

区分	内容
調査日	平成13年5月23日(水曜日)
調査地域	広島市2区(西区, 佐伯区)
調査対象	子供(5歳以上)のいる世帯(子供のいる広島市202,353世帯, 754,609人(a), 平成12年国勢調査 ²⁹⁾ より)
抽出サンプル数	432世帯(無作為抽出) 250世帯1,038人(広島市:205世帯885人(b), 広島市外:45世帯153人) (有効サンプルのうち, 広島市西区, 佐伯区:142世帯627人)
抽出率	0.12%(b/a)
調査項目	①世帯・個人特性:居住地, 居住者数, 年齢, 性別, 職業 ②初期通行特性:地震時の居場所, 居場所の種類, 居場所への目的, 移動中の交通手段, 交通手段や経路変更有無・理由 ③当日の通行特性:非通行理由, 通行目的, 通行手段, 同行者数, 発着地の施設, 発着時刻, 本来予定した通行内容(通行目的, 到着地, 到着時刻, 交通手段, 経路)の変更有無 ④情報入手特性:通行時の情報入手有無, 情報入手媒体・アクセス数(地震直後1時間と当日)

注)・調査対象地域は広島市西区・佐伯区となっているが, 調査票の配布された在校生の居住地は西区・佐伯区を含め, 広島市全域やその周辺地域となるため, 分析サンプルは調査対象地域に限定されない。

3. 個人交通需要変動のレスポンス特性

「平成13年(2001年)芸予地震」時の個人交通需要変動に関する詳細なレスポンス特性は, 参考文献(25), (26)を参照することとし, ここではその主な特徴を纏める。

(1) 交通需要の時間変動

地震発生当日, 交通需要がどのように変化したのかを分析するために, 当日の総交通需要329トリップ/日(1.37トリップ/人)の時間係数を用いて見てみると図-2のようになる(有効分析サンプル240人)。ここで, 各時間係数は, 式(1)の日交通需要を10時間(15時台~24時台)に換算して, 算出している。

$$\text{時間係数} = (\text{時間交通需要} / \text{日交通需要}) \times 100 \quad (1)$$

地震発生当日の交通需要は, 地震発生後, 1時間が経過した16時台にピーク時間帯(時間係数28.0%, 92トリップ/時間)を形成しており, その後夜に向けて, 交通需要は減少している。これは, 広島市における通常のピーク時間帯(17時台)の分布パターンとは異なるもので, 地震による交通需要変動へのレスポンスが, 地震発生から1

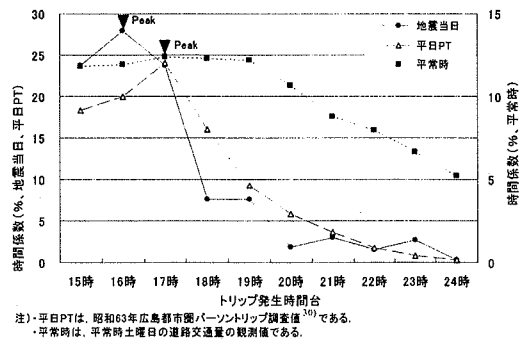


図-2 交通需要の時間変動

時間後に顕われた結果であると思われる。また, 図-2での平日の交通需要は, 土曜日と異なる特性であるものの, 17時のピーク時間帯を形成した後, 減少していく増減パターンには, 平日, 土曜日ともに大きな差がなく, 類似したパターンであったため用いた。

(2) 通行目的変更へのレスポンス

通行目的別交通需要の変動を, 地震発生当日の交通需要と当日予定していた(地震のなかった場合)本来の交通需要から分析する。通行目的は, 「通勤・通学」, 「業務」, 「買い物」, 「乗り換え」, 「その他」, 「帰宅」, 「災害緊急」(情報入手, 復旧, 避難)の7項目である。また, 通行目的のトリップ数は, ある目的を持って出発地から目的地までの通行を1トリップとカウントするのが一般的であり, 移動中のトリップチェーン数, 例えば, 乗り換えなどは考慮しない。しかしながら, ここでは地震によるトリップチェーンでのレスポンス特性を分析するため, 乗り換えなども1トリップとしてカウントし, 分析を行なった。

地震発生当日の交通需要は, 本来の301トリップから93%(28トリップ)増加した329トリップで, 地震による交通需要の変動がわずかに見受けられる。増加した交通需要28トリップ(当日交通需要の8.5%)は, 「災害緊急」の新たな通行目的(14トリップ)と, トリップ連鎖により新たに増加した「乗り換え」などの通行目的(14トリップ)で構成されている。

一方, 地震発生当日に増加した交通需要28トリップは, 本来の交通需要からの変動が通行目的ごとに相殺されたもので, 通行目的別レスポンス内容を具体的に確認することは困難である。このようなことから図-3に, 本来の通行目的から変更のあった23トリップ(当日交通需要の7.0%)のレスポンス交通需要を示す。図-3によると, 地震による交通需要変動へのレスポンスは「帰宅」通行目的を中心としている。とくに, 「帰宅」から「乗り換え」への通行目的が相対的に多くを占める(34.8%, 8トリップ)。

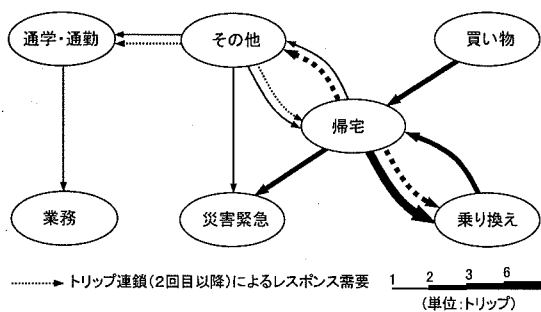


図-3 通行目的変更の内訳

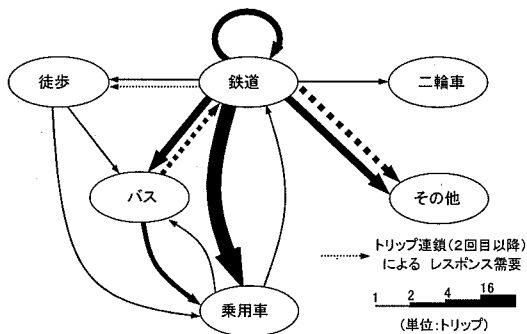


図-4 交通手段変更の内訳

これは、地震が鉄道と道路施設などへ物理的な被害や交通規制などに影響を与えた結果、後述のように、通行者は交通手段や経路変更をせざるを得なかった状況を示すものである。

(3) 交通手段変更へのレスポンス

交通手段別交通需要の変動では、「徒歩」、「二輪車」(自転車・バイク)、「乗用車」、「バス」、「鉄道」、「その他」(タクシーなど)の6交通手段を用いた。通行目的の図-3と同様に、本来の交通手段から手段変更のあった42トリップ(当日交通需要の12.8%)のレスポンス交通需要の内訳を図-4に示す。

地震による交通手段別交通需要変動へのレスポンスは、「鉄道」を中心とし他の交通手段に転換していることが確認できる。これは、広島市内を運行している鉄道(路面電車、新交通システム「アストラムライン」やJR在来線など)が地震発生によって運転を見合わせたため、通行者が代替交通手段を選択せざるを得なかった結果と思われる。とくに、レスポンス交通需要の38.1%(16トリップ)は、「鉄道」から「乗用車」(主に家族や知人らによる迎いの車)に転換している。

もし、今回の地震(震度5強)よりもさらに大きい地震が、鉄道を主要な公共交通機関とする大都市部を襲った

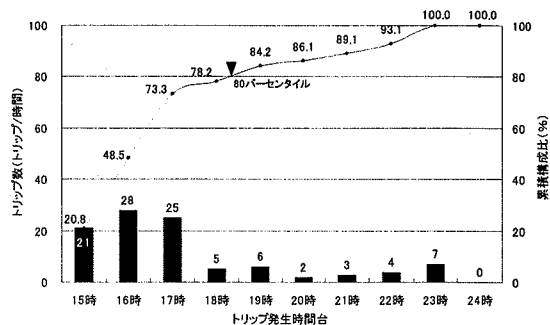


図-5 通行経路変更の時間変動

場合、同じような傾向のレスポンス、あるいはそれを超えるレスポンスなどが、道路施設の被災による物理的な制約と相俟って、深刻な混乱を招く可能性がある。

(4) 通行経路変更の時間変動

地震発生日、通行経路の変更のあった交通需要101トリップ/日(当日交通需要の30.7%)の時間変動を図-5に示す。

通行経路変更の時間変動は、図-2で示した地震発生日の交通需要と類似した増減パターンで、地震発生から1時間後の16時台にピーク時間帯(時間係数27.7%、28トリップ/時間)を形成し、時間の経過とともに減少している。また、経路変更のあった交通需要の80%は、地震発生から4時間後の18時台までに集中している。これは、地震発生時刻にも依存するものの、地震発生後4時間が災害時の交通需要管理における最も重要な最初の時期であるとも言えよう。

(5) 通行経路変更へのレスポンス理由

地震により個人交通の変動のあった人々のレスポンス理由を見ることとする。調査項目には、交通手段の変更理由と通行経路の変更理由を含んでいる。回答内容は、回答者の自己判断(評価)により、主な順で複数回答されたものである。しかし、ここでは、以降の要因分析で個人属性の要因を多数含む通行経路の変更理由を主に取り上げ、その第1の理由を分析する。また、各項目別比較は、その構成比の差の大きい上位2位まで用いてその特徴を述べる。表-3は、分析に用いた通行経路の変更理由をとりまとめたものである。

a) 性別通行経路変更理由

まず、性別に通行経路変更の第1の理由を図-6に示す(有効分析サンプル75件)。「女性」と比較し相対的に社会的活動のアクティビティーが高いと思われる「男性」は、「選択上の制約」(15.8%)と「通行時間の制約」(15.8%)による通行経路の変更が、「女性」(各々3.6%、0%)に比べ多

表-3 通行内容（通行経路）の変更理由

集約カテゴリー	調査票の選択肢
物理的な制約	通行止め、交通機関の運行停止
人的状況の制約	運転者・管理者の指示、同行者の都合、人々の様子
用務の取り止め	用務の取り止め
情報上の制約	情報入手の困難、迂回路が分からない
選択上の制約	迂回路がない、代替交通手段がない
安全上の制約	予定経路が危険、利用交通機関が危険
通行時間の制約	所要時間の増加

くなっている。また、相対的にアクティビティーの低い「女性」において、「物理的な制約」と「人的状況の制約」が、通行経路の変更理由（各々60.7%、25.0%）の多くを占める。

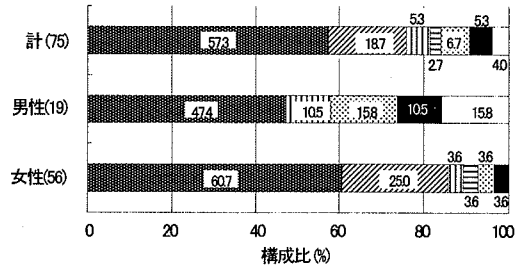
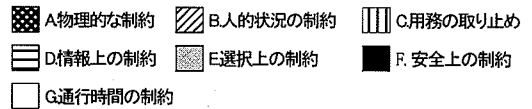
b) 年齢別通行経路変更理由

年齢別に通行経路変更の第1の理由を図-7に示す。有効分析サンプルは75件である。一方、「20~39歳」の年齢層は、該当する有効分析サンプルがないため、図-7から除外してある。また、「10歳以下」と「65歳以上」の年齢層は有効分析サンプルが1件しかないため、他との比較分析は行わない。図-7によれば、アクティビティーの低い「11~19歳」の年齢層は、地震発生当日、「物理的な制約」を理由とした通行経路の変更が66.7%で大半を占める。また、「11~19歳」の年齢層に比べアクティビティーの高いと思われる「40~64歳」の年齢層は、「物理的な制約」による通行経路の変更も多い(45.5%)ものの、「11~19歳」の年齢層に比べると低い水準である。一方、「人的状況の制約」、「選択上の制約」、「通行時間の制約」(各々27.3%、13.6%、13.6%)においては、「11~19歳」の占める割合(各々16.7%、4.2%、0%)と比較し、相対的に高い水準である。とくに、「通行時間の制約」による通行経路の変更は、アクティビティーの高い「40~64歳」のみで見られるものである。

c) 職業別通行経路変更理由

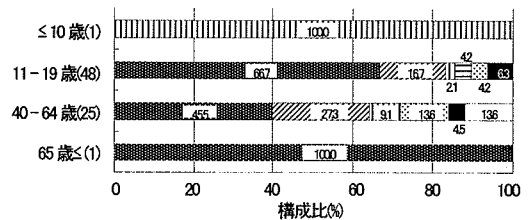
また、地震発生当日、職業別通行経路変更の第1の理由を図-8に示す。分析に用いた有効分析サンプルは75件で、そのうち、「無職」と「商人・職人」の場合、サンプル数が少ない(各々1件、4件)ため、ここでは、「主婦」、「学生」、「会社員」の3つの職業間の比較分析を行なう。

まず、「主婦」の場合、「人的状況の制約」が54.5%と大半を占めており、この理由は図-6に示した「女性」の通行経路の変更特性と関連しているように見える。また、相対的にアクティビティーの低い「学生」層では、「物理的な制約」が65.3%で多くなっており、続いて「人的状況



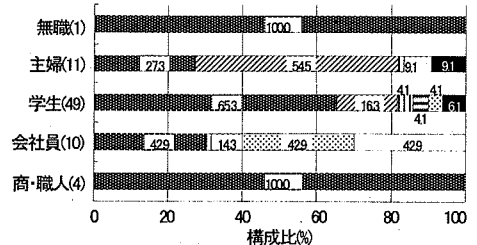
注・()内は、各項目の合計の件数である。

図-6 性別通行経路変更理由



注・()内は、各項目の合計の件数である。

図-7 年齢別通行経路変更理由



注・()内は、各項目の合計の件数である。

図-8 職業別通行経路変更理由

の制約」が16.3%を占める。これは、図-7に示した「11~19歳」年齢層の変更理由の分布特性と類似しているものである。アクティビティーの高い「会社員」は、「選択上の制約」と「通行時間の制約」が各々42.9%を占める。一方、「会社員」の「物理的な制約」においても、これらの理由と同じ水準の42.9%を占めてはいるものの、「学生」の65.3%と比較すると相対的に低くなっているため、「会社員」の特徴としては取り上げないこととする。

また、これらの変更理由は表-4のように集約できる。相対的に社会的な活動のアクティビティーの高い属性グループは、主に「選択上の制約」、「通行時間の制約」な

表-4 社会的アクティビティーと通行経路変更理由

属性 変更理由	社会的な活動のアクティビティー					
	高い			低い		
	男性	40～64歳	会社員	女性(主婦)	10代	学生
物理的な制約				○	○	○
人的状況の制約		○		○	○	○
用務の取り止め						
情報上の制約						
選択上の制約	○	○	○			
安全上の制約						
通行時間の制約	○	○	○			

ど、通行者の自己判断による変更理由が最も多くを占める。また、アクティビティーの低い属性グループは、「物理的な制約」と「人的状況の制約」など、通行者自身を取り囲む直接的な外部環境の変化によるものが、主な変更理由で、アクティビティーの違いによる変更理由の相違が確認できる。

(6) その他のレスポンス特性

「平成 13 年 (2001 年) 芸予地震」による個人交通需要変動は、先述したレスポンス特性の他、以下の点が指摘できる。

- ・地震発生直後、運転を含む移動中であった通行の 13.5%は交通手段を変更しており、主な変更理由は、通行止めや交通機関の運行停止などの物理的な制約 (61.9%) によるものであった。つづいて、代替交通手段や迂回路がないなど選択上の制約が 14.2%を占める。
- ・地震発生当日、外出しなかった人のうち、地震による用務の取り止めをその理由としたのは僅か 1.2%で、交通需要抑制への影響は軽微であった。
- ・交通手段の変更のあったレスポンス交通需要の主な変更理由は、物理的な制約 (59.1%) と、周辺の人々の様子や同行者の都合など人的状況の制約 (11.4%) であった。
- ・交通手段の変更理由は、通行経路変更と同様に、社会的な活動のアクティビティーの違いによる変更の相違が見られた。相対的にアクティビティーの低い女性、10代、学生は、地震による交通行動への影響を受けやすく、該当属性の他のグループに比べ通行内容の変更が多かった。
- ・地震発生当日、通行の際、43.1%の通行者は情報を入手しており、特に、地震の影響を受けて、通行内容 (通行目的、交通手段、通行経路) のうち、いずれか 1 つに変更のあった通行者の 63.8%は、情報を入手していた。また、情報入手の主な媒体は、TV・ラジオ (46.1%) と携帯電話・PHS (22.3%) であった。

4. 個人交通需要変動の要因分析

地震発生日、個人交通需要変動のレスポンスにおいて、交通発生の主体である個人特性と通行特性などの諸要因との関連性や影響を与えた要因を分析するため、 χ^2 検定 (chi-square test)³¹⁾ とロジスティック回帰 (logistic regression)³¹⁾を用いた。

(1) 個人交通需要変動と諸要因との関連性

地震発生日、交通需要変動へのレスポンスと諸要因との関連性分析を、式 (2) の χ^2 検定により行なった。検定で用いた帰無仮説 H_0 は、「交通需要変動へのレスポンスと諸要因とは無関係」である。

$$\chi^2 = \sum_{ij} ((f_{ij} - E_{ij})^2 / E_{ij}) \quad (2)$$

ここで、 f_{ij} : 行列 (i, j) の度数
 E_{ij} : 行列 (i, j) の理論度数 ($r_i C_j / W$)
 r_i : i 行の合計 (度数)
 C_j : j 列の合計 (度数)
 W : 総計 (度数)
 i, j : 各変数のカテゴリー

表-5 は、表-2 に示した各要因 (変数) を用いて検定を行なった結果である。表-5 によれば、各交通需要 (通行目的、交通手段、通行経路) 変動・通行の際の情報入手へのレスポンスと 18 要因が、有意水準 0.01, 0.05 で、統計的に有意な関連性がある。

はじめに、図-3 に示した通行目的変更へのレスポンスと関連性のある諸要因は、有意水準 0.01 で「交通手段」、 「出発地の施設種類」、有意水準 0.05 で「発着地 (OD)」の 3 要因である。今回の地震による通行目的変更へのレスポンスは、通行者の「当日の通行特性」と関係するもので、通行者の「個人特性」や「初期通行特性」、 「情報入手特性」とは無関係であったものと思われる。

つぎに、図-4 に示した交通手段変更へのレスポンスでは、「情報入手特性」を除外した計 12 要因 (有意水準 0.01

表-5 個人交通需要変動へのレスポンスと諸要因との関連性 (χ^2 検定)

区分		交通需要変動へのレスポンス				備考(カテゴリー区分)
		通行目的	交通手段	通行経路	情報入手	
個人特性	年齢	—	24.60	15.72	—	10歳以下, 11-19歳, 20-39歳, 40-64歳, 65歳以上
	性別	—	11.85	9.03	—	男, 女
	職業	—	17.71	—	—	無職, 主婦, 学生, 会社員, その他
初期通行特性	地震時の居場所	—	—	—	28.01	自宅, 用事先屋内, 用事先屋外, 移動中, 運転中, その他
	居場所の施設種類	—	20.55	39.74	22.21	住居, 販売, 業務, 道路, 運動・公園, 公共・教育, その他
	居場所への目的	—	16.62**	27.68	23.81	在宅, 余暇, 買い物, 業務, 帰宅, その他
情報入手(直後)	情報入手有無	—	—	12.36	—	情報入手あり, 情報入手なし
	情報入手媒体	—	—	—	42.77	普通, 公衆, 携帯・PHS, TV・ラジオ, 案内・広告板, その他
	情報へのアクセス数	—	—	10.04**	17.14	1・2回, 3-5回, 6-10回, 11回以上
当日の通行特性(発災後)	同行者数	—	15.08	15.08	—	0人, 1人, 2人, 3人, 4人, 5人以上
	通行目的	—	11.13**	22.45	—	通勤・通学, 業務, 買い物, 乗換え, 帰宅, 災害緊急, その他
	交通手段	32.43	133.30	86.75	—	徒歩, 二輪車, 乗用車, バス, 鉄道, その他
	発着地(OD)	4.04**	8.07	21.12	5.38	ゾーン内々OD, ゾーン内外OD
	出発地の施設種類	16.24	24.70	31.75	—	住居, 販売, 業務, 駅・ターミナル, 運動・公園, 公共・教育, その他
	到着地の施設種類	—	—	20.53	16.89	公共・教育, その他
	通行時間	—	24.54	27.21	8.78	15分以下, 16-30分, 31-60分, 61分以上
	通行目的の変更有無	—	16.15	26.95	—	通行目的変更あり, 通行目的変更なし
交通手段の変更有無	—	—	78.39	—	交通手段変更あり, 交通手段変更なし	

注) χ^2 検定は, 有意水準 1% で有意である。但し, **は, 有意水準 5% で有意である。

・期待度数 5 以下のセルがある場合, SPSS Exact Tests により評価された結果である。

・情報入手媒体のカテゴリー「普通」「公衆」「携帯」は, 「普通電話」「公衆電話」「携帯電話」である。

: 10 要因, 有意水準 0.05 : 2 要因) に関連性がある。「個人特性」では, 「年齢」, 「性別」, 「職業」の 3 要因, 「初期通行特性」では, 「居場所の施設種類」, 「居場所への目的」(有意水準 0.05) の 2 要因, 「当日の通行特性」では, 「同行者数」, 「通行目的」(有意水準 0.05), 「交通手段」, 「発着地(OD)」, 「出発地の施設種類」, 「通行時間」, 「通行目的の変更有無」の 7 要因である。

つづいて, 図-5 の通行経路変更へのレスポンスでは, 計 15 要因 (有意水準 0.01 : 14 要因, 有意水準 0.05 : 1 要因) との関連性が見られる。特に, 他のレスポンスでは見られなかった「情報入手特性」の要因が確認できたのが特徴的である。各特性別にみると, 「個人特性」では, 「年齢」, 「性別」の 2 要因, 「初期通行特性」では, 「居場所の施設種類」, 「居場所への目的」の 2 要因, 「情報入手特性」では, 「情報入手有無」, 「情報へのアクセス数」(有意水準 0.05) の 2 要因, 「当日の通行特性」では, 「同行者数」, 「通行目的」, 「交通手段」, 「発着地(OD)」, 「出発地の施設種類」, 「到着地の施設種類」, 「通行時間」, 「通行目的の変更有無」, 「交通手段の変更有無」の 9 要因である。

最後に, 通行時の情報入手へのレスポンスは, 「初期通行特性」の 3 要因(地震時の居場所, 居場所の施設種類, 居場所への目的), 「情報入手特性」の 2 要因(情報入手の媒体, 情報へのアクセス数), 「当日の通行特性」の 3 要

因(発着地(OD), 到着地の施設種類, 通行時間)の計 8 要因が, 有意水準 0.01 で, その関連性を示す。

一方, 各レスポンスと諸要因との関連性の大きさ(重み)は, 表-5 の統計量だけでは断定できない部分もあるが, その相対的な値を比較してみると, 交通需要の変更, すなわち通行目的変更, 交通手段変更, 通行経路変更へのレスポンスは 3 者ともに交通手段との関連性が大きい。

このようなことから, 交通手段別交通需要は, 災害時の交通需要管理政策における主なコントロール変数の 1 つとなると思われる。一方, 通行時の情報入手へのレスポンスでは, 情報入手の媒体との関連性が他の要因に比べその統計量が大きく, これも主な政策変数の 1 つであると考えられる。

(2) 個人交通需要変動へのレスポンス要因

ここでは, 表-5 で分析した 18 要因を用いて, 各交通需要変動へのレスポンスに影響を与えた要因を分析することとする。要因分析に用いたのは, 見かけ上, 回帰式を拡張した式 (3) のロジスティック回帰モデルで, その分析モデルの適合性を評価すると表-6 のようになる(有効分析サンプル 240 件)。

$$P(Y=1) = \mu = \exp(\eta) / (1 + \exp(\eta)) \quad (3)$$

$$\text{or } \ln(\mu / (1 - \mu)) = \eta = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_k X_k$$

表-6 個人交通需要変動のレスポンスモデル (ロジスティック回帰)

区 分		交通需要変動のレスポンスモデル			
		通行目的	交通手段	通行経路	情報入手
モデル 評価	Deviance (-2 log likelihood)	102.66	125.76	170.00	172.86
	HL (Hosmer-Lemeshow) 検定	0.67 (3)	2.25 (3)	3.81 (8)	2.54 (2)
	χ^2 値 (有意水準 0.05)	7.81	7.81	15.51	5.99
	帰無仮説 H_0 の棄却	棄却	棄却	棄却	棄却
判 別 率	全体	94.4%	93.8%	85.1%	71.5%
	レスポンス	0%	44.4%	54.1%	68.3%
	非レスポンス	100.0%	92.5%	95.6%	78.8%

注)・()は, 自由度である。帰無仮説 H_0 は, 「観測値と推定値は無関係」である。

ここで, Y : 目的変数(二項変数)
 μ : Y の反応確立($P(Y=1)$)
 β : ロジスティック回帰係数
 X_i : 説明変数 i

$$D = -2 \sum (c_i y_i \ln(\hat{\mu}_i) + c_i (1 - y_i) \ln(1 - \hat{\mu}_i)) \quad (4)$$

ここで, D : デビアンس(deviance)
 c_i : ケース i の重み
 y_i : ケース i の観測値
 $\hat{\mu}_i$: μ_i (式(3))の推定値

分析したモデルは, 通行目的変更, 交通手段変更, 通行経路変更, 情報入手へのレスポンス要因を構造化した4モデルで, ステップワイズ変数投入法を用いたものである。また, モデルへの変数投入は, 各変数間の多重共線性(multicollinearity)問題を考慮しつつ, モデルに多くの変数が精度よく反映されるように配慮した。一方, 表-5の18要因のうち, 「年齢」(10歳以下, 11~19歳, 20~39歳, 40~64歳, 65歳以上), 「同行者数」(0人, 1人, 2人, 3人, 4人, 5人以上), 「通行時間」(15分以下, 16~30分, 31~60分, 61分以上)は, カテゴリー変数となっているが, モデリング上, カテゴリーの値(順位尺度)を連続変数と見なすこととする。

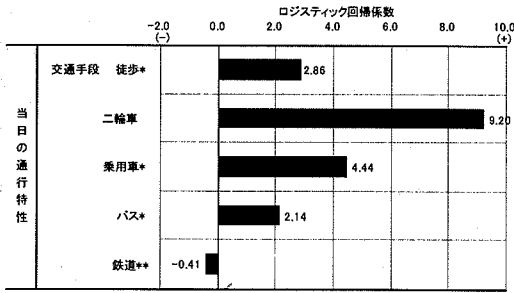
地震による交通需要変動へのレスポンス要因の構造モデル(structure model)は, 重回帰分析(multiple regression analysis), 判別分析(discriminant analysis), 多重分散分析(multiple classification analysis), 共分散構造分析(covariance structure analysis, 通称 Amos)などが考えられる。しかし, 分析モデルは, 用いる変数が, 連続変数とカテゴリー変数の組み合わせの容易性, すなわち, 多変量の正規分布の当てはまらない尺度変数で, なおかつその分析結果の解釈が最も容易であったロジスティック回帰モデルを探索的に用いたものである。

表-6に示すモデルの適合度とは, 構築モデルがどの程度データ(観測値)に適合しているかを観測値と推定値との差で定義される残差の度合い(重回帰モデルの残差平方和に相当)を用いて評価するものであり, この値が十分少なければモデルが適合していると判断する。そこで, 最尤推定に基づくロジスティック回帰モデルでは, 式(4)の尤度比(likelihood ratio)の対数の-2倍のデビアンス(deviance)と呼ばれる尤度比検定統計量(likelihood ratio test statistic)³⁾を用いる。

また, モデルに投入される変数によっては, 欠損値による有効サンプル数の違いや減少(sparse data)が生じ, デビアンスの χ^2 分布への漸近的近似に影響を与える恐れもあるため, 自由度を-2とした式(2)のHL検定(Hosmer-Lemeshow test)も設ける。その検定は, 帰無仮説 H_0 「観測値と推定値とは関係のない」の基で行なう。

各レスポンスモデルの絶対評価は困難なものであるが, モデル間の残差(デビアンス D)を比較してみると, 通行目的(102.66), 交通手段(125.76), 通行経路(170.00), 情報入手(172.86)のモデル順になっている。また, これらのモデルは, 有意水準 0.05 で帰無仮説 H_0 が棄却され, モデルの適合度が良くないと判断する根拠が乏しいことから, 表-6のモデルは統計的に評価される。しかし, その判別率を見ると, 全体的には良い水準であるようにも見えるが, 各レスポンスの有無での判別率に, 大きな差が確認できる。とくに, 通行目的のレスポンスでは 0%で, 非常に判別率の悪いものとなっているなど, 構築モデルの改善は認められる。そのため, 以降の要因分析では, 通行目的のレスポンスモデルを排除し, 交通手段, 通行経路, 情報入手の3モデルから分析することとする。

また, 各交通需要変動へのレスポンス要因分析は, ロジスティック回帰係数(logistic-regression coefficient)の比較により行なう。一方, ロジスティック回帰モデルでは, 一般的に式(5)のオッズ比(odds ratio)により各要因の影響度(大きさ)を評価するが, ロジスティック回帰係数は式(5)にも内在しており, 交通需要変動に与えるレスポンス要因の分析では, 十分であると思われるため用いたものである。オッズ比に関する詳細は, 文献 32)を参照されたい。図-9~図-11は, 表-5に示した各モデルの分析



注) *は有意水準1%, **は有意水準5%で有意である。
 十方向はレスポンスしにくい、一方向はレスポンスしやすい傾向である。

図-9 交通手段変更へのレスポンス要因

結果(ロジスティック回帰係数, 以下回帰係数)を纏めたものである。

$$\Phi_{st} = \exp(\beta_{js} - \beta_{jt})$$

or

$$\Phi_j = \exp(\beta_j) \quad (5)$$

ここで、

- Φ_{st} : 質的変数 i のカテゴリ s, t のオッズ比 (odds ratio)
- Φ_j : 量的変数 i のオッズ比 (odds ratio)
- β_{js}, β_{jt} : 変数 i のカテゴリ s, t の係数 (coefficient)
- β_j : 変数 i の係数 (coefficient)

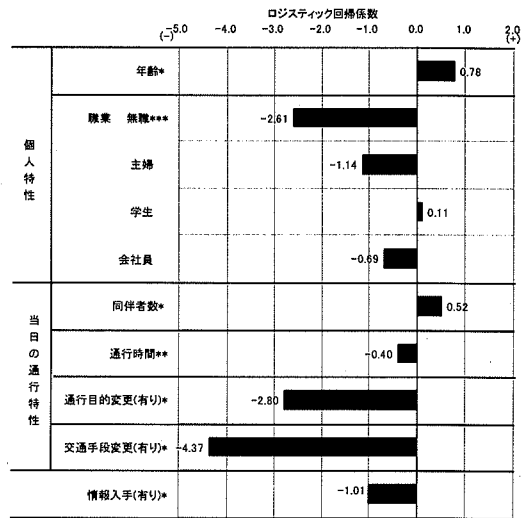
a) 交通手段変更へのレスポンス要因

まず、交通手段変更へのレスポンス要因は、「当日の通行特性」の「交通手段」の1要因である(図-9)。カテゴリ別に見ると「鉄道」の交通手段(有意水準0.05)だけが、マイナス(-)の回帰係数で、交通手段変更へのレスポンスに影響するものとなっている。他の交通手段の回帰係数は、プラス(+)の値で、非レスポンスの傾向に働きかけている(有意水準0.01, 二輪車は除外)。これは、3章の交通需要変動へのレスポンス特性においても分析されたように、広島市内を運行している鉄道(路面電車, 新交通システムや在来JR線など)が、地震発生によって運転を見合わせたため、通行者が代替交通手段を選択せざるを得なかった結果と思われる。このようなことから、他の交通手段のトリップに比べ、鉄道トリップは相対的に地震の影響を受けやすいと読み取れる。

b) 通行経路変更へのレスポンス要因

通行経路変更へのレスポンス要因は、「個人特性」の2要因(年齢, 職業), 「当日の通行特性」の4要因(同行者数, 通行時間, 通行目的の変更, 交通手段の変更), 「情報入手特性」の1要因(情報入手へのレスポンス)の計7要因となっている(図-10)。

まず、要因「年齢」(有意水準0.01)の場合、年齢が増加すると非レスポンス、言い換えれば、若い年代になると



注) *は有意水準1%, **は有意水準5%, ***は有意水準10%で有意である。
 十方向はレスポンスしにくい、一方向はレスポンスしやすい傾向である。

図-10 通行経路変更へのレスポンス要因

レスポンスしやすい傾向にあることは、社会的、またはメンタルティ어의成熟度の浅い年代、すなわち高いエンтроピーを持つ年代であるため、そのトリップの安定性が保持できなくなった結果の現われと見受けられる。

要因「職業」の場合、回帰係数の統計的な有意性は、「無職」だけが水準0.10で厳しく評価されるものの、社会的なアクティビティーを持ち、なおかつ社会的な拘束度の低い(あるいは、自由度の高い)社会層であるほど、レスポンスしやすい傾向であると判断される。

要因「同伴者数」(有意水準0.01)は、トリップの動き(モビリティ)や意思決定の容易さを表すもので、トリップの際の同伴者数が少なければ少ないほど、トリップは動き易くなり、またそのトリップ意思の決定し易くなることから、レスポンスしやすい傾向に働きかけた要因と思われる。

要因「通行時間」(有意水準0.05)は、時間距離から見たトリップのアクセシビリティ³³⁾で、長いトリップであればあるほど、そのアクセシビリティは低くなり、また、地震による鉄道と道路施設などの被害や交通規制などの影響を受け、さらに通行時間の増大を恐れた(または、増大した)ため、通行者がその改善を求めた結果である。これは、通行での所要時間の短縮化を図ろうとする効用理論に基づく働きの要因にも読み取れる。

要因「通行目的変更へのレスポンス」と「交通手段変更へのレスポンス」(有意水準0.01)は、各トリップ内容(通行目的, 交通手段)の変更によるレスポンス連鎖の波及を表すものである。通行目的に変更のあった場合、多く

は当初の予定された通行目的地を変えることになり、またそのアクセス交通手段まで変えざるを得なくなり、最終的には、変更された通行経路上にレスポンス需要として現れた結果と解釈される。

最後に、要因「情報入手へのレスポンス」(有意水準0.01)は、通行の際の情報入手有無に関するもので、情報入手へのレスポンスのあった場合、通行経路変更へのレスポンスはしやすくなる傾向を示す。これは、通行に必要とする情報入手が、通行者の選択肢に関する期待値を高めるとともに、該当トリップ達成への信頼度、または確実性を与えた結果、通行経路変更へのレスポンスを向上させたものと思われる。

このようなことから、やや断定的ではあるものの、通行経路変更へのレスポンスは、若い年代、または社会的アクティビティーで、かつ社会的な拘束度の低い社会層のトリップ、長(時間)距離トリップ、通行目的や交通手段変更のレスポンス連鎖に加え、通行時の情報入手へのレスポンスの要因によって説明されよう。

c) 通行時の情報入手へのレスポンス要因

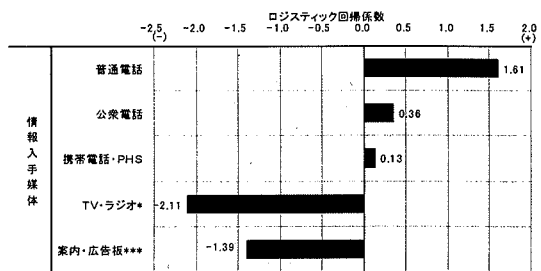
最後に、通行時の情報入手へのレスポンスは、図-11に示すように「情報入手媒体」の1要因に影響されている。その要因を見ると、情報の一方的流れの媒体である「TV・ラジオ」(有意水準0.01)によるものが、通行時に必要とする情報入手へのレスポンスをしやすくする傾向を表す。一方、統計的な有意性は、有意水準0.10で厳しく評価されるものの、同じく情報の一方的流れの媒体と思われる「案内放送・広告板」(構内放送、張り紙、道路交通情報案内板など)も、情報入手へのレスポンスに働きかけるものと判断される。

また、これらの情報源は、公共性と客観性のある媒体

で構成されるもので、必要最小限のエッセンス情報が提供されるものである。そのため、通行者は、通行に必要とする情報を、個人の情報入手媒体の電話類よりも、確実に情報を得られるこれらの情報源を利用したものと見られる。

以上の分析結果を視覚化し纏めると図-12 のようになる。図-12 に示す網掛けの二重線の四角形は、地震発生当日の交通需要変動へのレスポンストリップを、白抜き四角形はそのレスポンス要因で、レスポンストリップの特性を表したものである。網掛けの楕円形は、該当レスポンストリップのレスポンス理由を、矢印は各交通需要変動へのレスポンストリップに影響を及んだことを示す。

地震発生当日の交通需要変動へのレスポンスは、やや断定的ではあるが、図-12 に示すように、通行目的変更へのレスポンストリップ、通行手段変更へのレスポンストリップ、情報入手(へのレスポンス)トリップは、通行経路変更へのレスポンストリップに影響を与えたと思わ



注) *は有意水準1%, **は有意水準10%で有意である。
+方向はレスポンスしにくい、-方向はレスポンスしやすい傾向である。

図-11 通行時の情報入手へのレスポンス要因

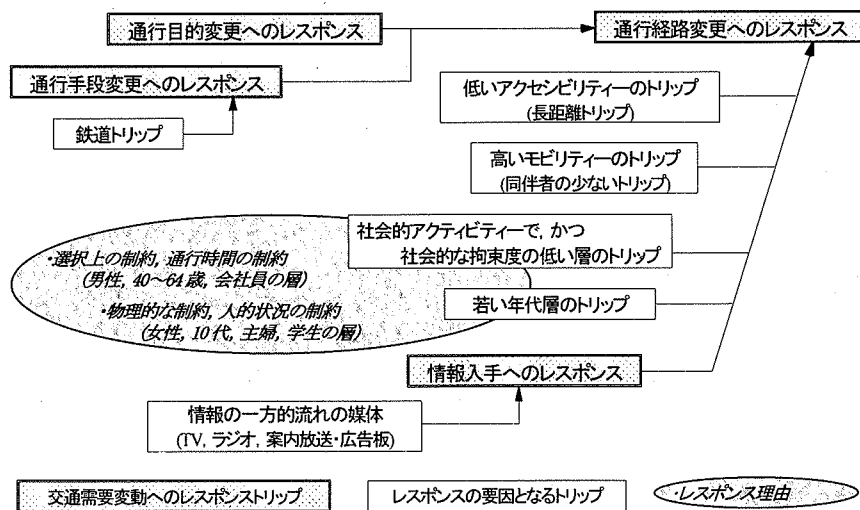


図-12 地震による個人交通需要変動のレスポンス構造

れる。そして、各レスポンストリップは、通行手段変更へのレスポンストリップの場合、鉄道トリップが、通行経路変更へのレスポンストリップの場合、低いアクセシビリティの(長距離)トリップ、高いモビリティの(同伴者の少ない)トリップが影響を及ぼしたものと推測される。さらに、通行経路変更へのレスポンストリップでは、社会的アクティビティで、かつ社会的な拘束度の低い層や若い年齢層のトリップが影響を与えており、各個人特性によってそのレスポンス理由の相異が見られる。また、情報入手(へのレスポンス)トリップは、情報の一方的流れの媒体により情報を得たと考えられる。

5. まとめ

地震による個人交通需要変動へのレスポンス特性とその要因を通行者の属性と個人ごとの通行特性から明らかにすることを目的とし、「平成 13 年(2001 年) 芸予地震」に遭遇した広島市民を対象に、パーソントリップ調査を行ない、以下の結果を得た(有効分析サンプル 1,038 人)。

- 1) 地震発生当日の交通需要は、地震発生 1 時間後の 16 時台にピーク時間帯(時間係数 28.0%)を形成しており、本来の交通需要より 9.3%増加していた。また、新たに増加した交通需要は、情報収集、復旧、避難目的となる災害緊急や乗り換えなどの交通であった。
- 2) 当日交通需要の 7.0%を示す通行目的別レスポンス交通需要は、主に帰宅目的を中心としており、とくに、帰宅目的から乗り換え目的への転換が、レスポンス交通需要の 34.8%を占める。
- 3) 当日交通需要の 12.8%を示す交通手段別レスポンス交通需要は、主に、鉄道の交通需要が本来の需要より減少し、他の交通手段を代替交通手段としている。とくに、鉄道から乗用車への転換が、レスポンス交通需要の 38.1%を占める。
- 4) 当日交通需要の 30.7%を示す通行経路変更へのレスポンス交通需要は、地震発生当日の交通需要変動パターンと同様に、地震発生 1 時間後の 16 時台にピーク時間帯(時間係数 27.7%)を形成しており、その 80%は地震発生から 4 時間以内に発生している。

また、地震発生当日、個人交通需要変動に影響を与えたレスポンス要因を、ロジスティック回帰モデルにより分析した結果、

- 1) ロジスティック回帰モデルにより構築された 4 つのレスポンス(通行目的変更、交通手段変更、通行経路変更、通行時の情報入手)モデルの適合度(HL 検定、Hosmer-Lemeshow test)は、モデルが良くないと判断する

根拠はなく(有意水準 0.05)、統計的な有意性が認められる。

- 2) 4 モデルによる各レスポンスの判別率は、通行目的変更が 0%で最も低い水準となっているものの、他の 3 モデル(交通手段変更、通行経路変更、情報入手)は、各々 44.4%、54.1%、68.3%であった。
 - 3) 交通手段変更へのレスポンスに影響を与えた要因は、「鉄道」の交通手段(有意水準 0.05)の 1 要因で、鉄道トリップは地震による影響を受けやすいものと確認された。
 - 4) 通行経路変更へのレスポンスに影響を与えた要因(有意水準 0.01)は、若い年代、社会的アクティビティで、かつ社会的な拘束度の低い社会層のトリップ(有意水準 0.10)、同伴者の少ない高いモビリティのトリップ、長(時間)距離の低いアクセシビリティのトリップ(有意水準 0.05)、通行目的や交通手段変更のレスポンス連鎖に加え、通行時の情報入手へのレスポンスの計 7 要因であった。
 - 5) 通行経路変更へのレスポンス理由は、短絡的ではあるが、社会的な活動のアクティビティの違いによる変更の相違が見られる。相対的にアクティビティの低い女性、10 代、学生らのグループでは、交通施設の被害などによる物理的な制約と、周辺の人々の動きなどによる人的状況の制約など、通行者自身を取り囲む直接的な外部環境の変化による変更理由が最も多くを占める。
 - 6) また、アクティビティの高い男性、40~64 歳、社員の場合、代替交通手段や経路の選択上の制約に加え、効用理論に基づく通行時間の制約など、通行者の自己判断によるものが、主な変更理由であった。
 - 7) 最後に、通行時の情報入手へのレスポンスに影響を与えた要因(有意水準 0.01)は、情報源に公共性と客観性があり、また情報が一方的に流れる媒体である TV・ラジオ、案内放送・広告板(有意水準 0.10)の計 2 要因であった。
- ことが明らかにされた。

以上のように、防災計画と交通計画の境界領域である災害時の個人交通(パーソントリップ)は、震災のもたらしたその変動やレスポンス特性に、主に個人やトリップ特性などによる多様性を持って発生している。また、2001 年 3 月に発生した芸予地震は、震災の規模がそれ程大きくなかったものの、その交通行動に及ぼした影響は少なからずあったものと指摘できる。

もし、同じような傾向の交通需要変動へのレスポンス、あるいは、それを超えるレスポンスが、大都市部での震災時に発生するとすれば、組織的な災害時緊急交通に第

プライオリティを置いている現在の防災計画では、災害時の非組織的な個人交通需要に大きな問題をもちたすものと思われる。また、その問題は、災害時の組織的な災害緊急交通の妨げとなる恐れもある。

ほとんどの大都市の場合、鉄道などを中心とする公共交通機関の交通手段分担率が高いため、地震直後の鉄道などの運転見合わせにより、他の代替手段を求める通行者も当然多くなるだろう。また、その通行者のレスポンス内容が、(短絡的ではあるものの)本調査研究の分析結果のように、帰宅通行目的を中心とし、また乗用車が代替交通手段とされると考えれば、既存の防災計画に戦略的な政策の転換が求められる。

現在の地域防災計画では、災害応急対策的的確、かつ、円滑な遂行に第一の政策目標を置き、組織的な災害時緊急交通のための警備活動の一環として、非組織的な個人交通を交通規制の政策対象として位置づけ、幹線道路などを含む主要路線での通行を認めていない。これは、本調査研究で明らかになった災害時の個人交通行動のレスポンス、とくに帰宅通行目的を中心とし、乗用車への転換需要、とりわけ災害による道路交通への潜在交通需要を規制する、または、規制できるということを前提条件としている。もちろん、「災害時であるから」という名目で、物理的な交通規制によりこのような潜在交通需要を規制することは可能であるかも知れない。そのため、地域防災計画では、ある意味でこれら(潜在交通需要)を徒歩による帰宅困難者の問題として位置づけており、その帰宅行動の支援策などを工夫している。

そうとは言え、本当にこれで良いのであろうか？ 国や行政の物理的、かつ、一方的な政策理念だけで十分であらうか？ 災害による個人交通行動での対応は、個人属性によりそのレスポンス特性は異なっている。とくに、個人交通行動でのレスポンスは、災害による直接的な外部環境の変化での影響を受けやすい女性、10代の若者、学生や交通弱者などの社会層をも含むため、より幅広い選択肢のある戦略的政策づくりが必要されよう。

一方、本調査分析による研究成果のみで、既存の地域防災計画での問題点などを指摘するのは、さらなる限界を内在するかも知れない。しかし、災害とは不特定な状況になりがちなものであるため、多くの状況設定やシナリオづくりが必要であり、それに対して柔軟に対応できる戦略的な政策の検証が必要不可欠であることは、間違いないだろう。

しかし、本研究では、人々の地震による個人交通需要変動へのレスポンス構造を非集計レベルで初めて実証的に明らかにしたものの、震災規模や分析サンプルの制約などにより、汎用性の高い分析結果までは得られなかった。したがって、本調査研究から分析された事実などを踏まえ、今後、さらなる情報の蓄積やレスポンス特性に

関する詳細な事例研究を重ね、一般性の高い災害時の交通需要変動へのレスポンス構造を明らかにする必要性が求められる。

謝辞：本研究を進めるにあたり、筑波大学社会学系熊谷良雄教授(当時)及び同社会科学系辻中豊教授(当時)から貴重な御助言を得た。各種資料の収集・提供やパーソナルトリップ調査などに御協力頂いた広島市の各教育機関、広島市等の行政関係者、広島大学大学院国際協力研究科岡村敏之助手(当時)や市民の方々の皆様に厚くお礼申し上げます。また、この論文の一部は、筑波大学平成14年度学内プロジェクト補助金(奨励研究)によるものである。

付録

本分析での適切なサンプル数は、式(6)³⁴により求められる。式(6)に関する詳細な内容は省略するが、文献34)を参照されたい。

式(6)における調査精度(F)、サンプリング誤差(α)、信頼係数(k)は、任意水準で設定したものである。また、ここでの「調査項目のカテゴリ数(C)」は、主に通行内容(通行目的、交通手段、通行経路など)別のレスポンス構造分析を研究目的としているため、交通手段の項目(徒歩、二輪車、乗用車、バス、鉄道、その他)数の6を用いた。一方、通行目的の場合、母集団での通行目的は、災害緊急の通行目的がないなど、通行目的の項目が対応していないことから、交通手段の項目を用いた。

式(6)によれば、信頼度95%で調査するために必要とされるサンプル規模は、抽出率0.10%の755人(広島市)で算定される。一方、表-2に示した本研究での有効分析サンプル数885人(広島市、抽出率0.12%)は、式(6)により算定された755人より多いため、本分析に耐え得るサンプル数であると評価される。

$$F = \alpha P \quad (6)$$

$$= k \times \sqrt{(1/(\tilde{N}-1))} \times \sqrt{((1-\mu)/\mu)} \times \sqrt{((1-P)/P)}$$

ここで、 μ ：抽出率

F ：調査精度(相対誤差：0.129)

α ：サンプリング誤差(0.050)

P ：母集団での特性値

(自動車通行量の手段分担率：0.388)³⁰

k ：信頼係数(信頼度95%の1.960)

\tilde{N} ：調査項目ごとの母集団の大きさ

(N_{PT}/C 、354,541トリップ/項目)

N_{PT} ：母集団の大きさ

(1日通行量： $N \times PT$ 、2,127,243トリップ/日)

C ：調査項目のカテゴリ数(交通手段の区分：6)

N ：広島市の5歳以上人口数(754,609人)²⁹

PT ：1人当たり平均通行回数

(PT_D/N_H ：2819トリップ/人・日)

PT_D : 広島都市圏の1日通行量(3,963,848トリップ/日)³⁰⁾
 N_H : 広島都市圏の5歳以上人口数(1,406,014人)³⁰⁾

参考文献

- 1) 内閣府:平成13年版防災白書, 2001.
- 2) 日野泰雄, 上野精順, 和田実, 見寄権次郎:震災時における自動車ニーズと交通運用の考え方, 第2回阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集, pp.505~512, 1997.
- 3) 赤羽弘和:被災地における道路交通の実態, 交通工学, Vol.30, 増刊号, pp.32~35, 1995.
- 4) 中川大, 吉川耕司, 伊藤雅, 小林寛: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.191, pp.9~12, 1996.
- 5) 味沢慎吾, 家田仁, 加藤浩徳:阪神大震災における被災者の生活と交通需要実態, 土木学会第51回年次学術講演会, IV-32, pp.64~65, 1996.
- 6) 岸野啓一, 本田武志, 白井芳樹, 中野敬:震災時の交通行動に関する一考察, 阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集, pp.665~672, 1996.
- 7) 松村暢彦, 新田保次, 西尾健太郎:交通規制による被災地域住民の自動車利用の変化特性, 阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集, pp.697~700, 1996.
- 8) 村野隆彦, 松本圭司, 内田敬:阪神・淡路大震災時の交通規制下における乗用車交通流, 土木学会第51回年次学術講演会, IV-29, pp.58~59, 1996.
- 9) 若林拓史, 亀田弘行, 兼信真, 坪内勇介:阪神・淡路大震災が通勤交通に与えた影響に関するアンケート調査の分析, 土木学会第51回年次学術講演会, IV-33, pp.66~67, 1996.
- 10) 本間正勝, 森健二, 木戸伴雄, 齋藤威:阪神・淡路大震災後の交通行動実態, 土木学会第51回年次学術講演会, IV-34, pp.68~69, 1996.
- 11) 松村暢彦, 新田保次, 西尾健太郎:震災後の交通規制下における被災地域住民の通勤交通手段に関する分析, 土木計画学研究・講演集, No.19(1), pp.13~16, 1996.
- 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・講演集, No.19(1), pp.17~20, 1996.
- 13) 日野泰雄, 上野精順, 吉田長裕, 鈴木孝治:震災時における自動車利用ニーズに関する分析, 土木計画学研究・講演集, No.19(2), pp.323~326, 1996.
- 14) 藤井聡, 北村隆一, 柘植章英:阪神・淡路大震災が個人の交通行動・生活行動に及ぼした影響の分析, 交通工学, Vol.32, No.2, pp.37~46, 1997.
- 15) 加藤浩徳, 味沢慎吾, 家田仁:阪神・淡路大震災における地震発生後1週間の被災者・支援者の交通行動に関する調査分析, 第2回阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集, pp.499~504, 1997.
- 16) 松本誠, 小谷通泰, 峠尾哲哉, 今井秀幸:震災時におけるマイカーの利用行動に関する考察, 第2回阪神・淡路大震災に関する学術講演会論文集, pp.513~520, 1997.
- 17) 村上明, 亀田弘行, 若林拓史, 岩井哲:阪神・淡路大震災における通勤交通行動の分析と空間情報展開, 土木学会第52回年次学術講演会, IV-291, pp.582~583, 1997.
- 18) 本間正勝, 木戸伴雄, 齋藤威:大規模災害時に特有な交通行動実態に関する基礎的研究-阪神・淡路大震災を例として-, 土木計画学研究・講演集, No.20(2), pp.515~518, 1997.
- 19) 村上憲市, 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.
- 20) Kawashima, K., Sugita, H. and Kanoh, T.: Effect of Earthquake on Driving of Vehicle Based on Questionnaire Survey, *Structural Eng./Earthquake Eng.*, Japan Society of Civil Engineer, Vol.6, No.2, pp.405s~412s, 1989.
- 21) 亀田弘行, 浅岡克彦, 小川信行, 能島暢呂:ロマ・ブリエタ地震がサンフランシスコ湾岸地域の交通システムに与えた影響, 都市耐震センター研究報告, 別冊第7号, 京都大学防災研究所, 1991.
- 22) 崔宰榮, 川島一彦, 中島燈:北海道南西沖地震による交通需要変動の解析, 第9回日本地震工学シンポジウム, Vol.2, pp.2203~2208, 1994.
- 23) 若林拓史, 能島暢呂:ノースリッジ地震と阪神大震災から学ぶ交通システムの危機管理, 地域安全学会論文報告集, No.5, pp.244~250, 1995.
- 24) 崔宰榮, 川島一彦:北海道南西沖地震が交通需要の変動に与える影響, 土木学会論文集, No.543/I-36, pp.259~269, 1996.
- 25) 熊谷良雄, 糸井川栄一, 崔宰榮:地震・火山災害における住民・行政の対応と被災地の復興 その1; 芸予地震に対する広島市民の交通行動の対応調査, pp.135~158, (財)都市防災美化協会・地域安全学会, 2002.
- 26) 崔宰榮:「平成13年(2001年)芸予地震」直後の交通需要変動のレスポンス特性, 第11回日本地震工学シンポジウム, 講演論文集 CD-ROM, pp.2343~2348, 2002.
- 27) 気象庁:地震速報, 2001.
- 28) 広島市:「平成13年(2001年)芸予地震」による被害状況, 平成13年.
- 29) 総務省:平成12年国勢調査, 平成14年.
- 30) 広島都市圏交通計画協議会:昭和62年度広島都市圏パーソントリップ調査報告書2.実態調査編, 昭和63年.
- 31) SPSS Inc.: *SPSS Statistical Algorithms*, Second Edition, Chicago, 1991.
- 32) 丹後俊郎, 山岡和枝, 高木晴良:ロジスティック回帰分析, 朝倉書店, 2000.
- 33) Blunden, W. R.: *The Land-Use/Transport System Analysis and Synthesis*, Pergamon, New York, pp.194~197, 1973.

RESPONSE MECHANISMS OF PERSON TRIPS AFTER THE GEIYO EARTHQUAKE IN 2001

JaeYoung CHOE

This paper deals with the response mechanisms of person trips after the Geiyo Earthquake in 2001 that occurred near Hiroshima, Japan. Such data are essential for post-earthquake road planning and travel demand management after disasters. This survey of person trips was undertaken by randomly sampling 1,038 residents of the Hiroshima metropolitan region which suffered the brunt of damage. The response in travel demand due to the earthquake was mainly centered on trips transferring from trains to cars, as these activities comprised 38.1% of the amount of diverted travel demand. The response of travel demand often involved young trip-makers and those who are socially active. With information acquired through TV, radio, and announcements, these people undertook the majority of their trips using public transportation. A small number of companions and long trip-distances were also factors. Furthermore, the response was caused by the influence of physical restrictions such as traffic restrictions and suspended transportation services.