

阪神・淡路大震災の被害と復旧が交通行動に及ぼした影響分析*

An analysis of the effects of the damage and restoration of Hanshin-Awaji earthquake on travel behavior

藤井 聡^{**}, 米倉徹^{***}, 大藤武彦^{****}, 北村隆一^{*****}

*Satoshi Fujii^{**}, Toru Yonekura^{***}, Takehiko Daito^{****} and Ryuichi Kitamura^{*****}*

In this study the effects on travel behavior of the damage due to *Hanshin-Awaji* earthquake and restoration from the damage are analyzed using a travel and time use panel data set. This data set was collected in a four-wave panel survey. The first wave and the second wave of the panel study were carried out in November 1993 and November 1994, before the earthquake. The third wave was carried out in June 1995, approximately 5 months after the earthquake. The fourth wave was carried out in November 1996, after the transportation-infrastructures was restored. The panel analysis of time use and travel indicates that 1) the individual's travel behavior is inelastic to the change of transportation environment but the individual's time use pattern is elastic, 2) in the *Hanshin-Awaji* area, the increase in travel time caused an increase in total time spent on travel on a day, in spite of a reduction in trip frequency. plastic

Key Word: *Hanshin-Awaji earthquake, panel data, travel behavior*

1. はじめに

1995年1月17日の阪神・淡路大震災は、多くの人命を奪い、交通網やライフライン等の都市機能を壊滅させただけでなく、人々に心理的な大きな衝撃を与えた。その結果、被災地の居住者は生活行動の変更を余儀なくされた。震災以後、被災地では経済力や、都市の活力、そして、人々の生活行動パターンを震災以前の状態に戻すことを目指し、あるいは

それよりもさらに望ましい状態とすることを目指して、復旧活動が絶え間なく行われてきた。そして、現在では、都市高速道路網を含む交通基盤はおおむね震災以前の状態となったものと考えられる。このような都市基盤の崩壊、そして復旧という経緯の中、人々の行動はどのような変化を遂げたのだろうか。これを分析することで、今後、大規模な自然災害の発生を想定し、かつ、それを十分に考慮した都市計画・交通計画を検討するための基礎的な知見が得られる可能性が存在するものと考えられる。

我々は、1994年4月に延伸供用された阪神高速道路湾岸線の供用効果を生活時間利用、生活圏の観点から分析するために、供用前の1993年11月に第一次調査(Wave 1)を、供用後の1994年11月に第二次調査(Wave 2)を行うパネル調査を実施した。被験者については、パネル調査の実施に先立ち、予備

* キーワード: 阪神・淡路大震災, パネルデータ, 交通行動分析

** 正員 京都大学大学院工学研究科土木システム工学専攻
(〒606-01 京都市左京区吉田本町)

*** 正員 阪神高速道路公団計画部
(〒541 大阪市中央区久太郎町4-1-3)

**** 正員 株式会社都市交通計画研究所
(〒540 大阪市中央区釣鐘町1-1-11)

***** 正員 京都大学大学院工学研究科土木システム工学専攻
(〒606-01 京都市左京区吉田本町)

表-1 パネル調査の概要(Wave 2 から Wave 4)

Wave数 or イベント	Wave2	阪神淡路 大震災	Wave3	阪神高速 道路3号 神戸線全 線復旧	Wave4
時点	1994.11	1995.01	1995.06	1996.09	1996.11
配布世帯数	3780世帯	-	3490世帯	-	3170世帯
回収世帯数	706世帯	-	526世帯	-	412世帯
回収個人数	1257人	-	916人	-	660人

調査を実施することで抽出した。予備調査では、設問項目の少ない調査票を、神戸市、阪神地域を含む大阪湾岸地域の居住者を中心として抽出した7,000世帯と、湾岸線競合路線利用者に手渡しで10,500人に調査票を配付した¹⁾。

Wave 2 終了以後の1995年1月、甚大な被害を与えた阪神・淡路大震災が起こった。そこで我々は、この震災が個人の生活行動に及ぼした影響をパネル分析のアプローチに基づいて把握することを目的として、震災から約5ヶ月が経過した1995年6月に、先のパネル被験者を対象に第三次調査(Wave 3)を実施した。なお、この時点では、交通システムの復旧は完了しておらず、鉄道路線では阪急、阪神のそれぞれの阪神間の路線の一部区間が、自動車交通網では、阪神高速道路3号神戸線、5号湾岸線がそれぞれ不通であった。

その後、徐々に交通システムの復旧は進み、これらの不通区間は一つ一つ供用されていった。そして、1996年9月に阪神高速道路3号神戸線が全線復旧したことで、阪神間の鉄道および高速道路路線の不通区間は全て復旧することとなった。我々は、個人の行動に対して震災が及ぼした影響を分析することに加えて、これらの交通システムの復旧が及ぼした影響を分析することを目指して、1996年11月に先のパネル被験者を対象に第四次調査(Wave 4)を実施した。

本研究では、以上のパネル調査における、震災前のWave 2、震災後のWave 3、交通システム復旧後のWave 4の3時点から得られるパネルデータを用いて、震災の被害、ならびに、復旧のそれぞれが個人の交通行動、および、生活行動に及ぼした影響を分

析する。なお、表-1には、Wave2からWave4の調査時点、回収枚数等を示した。

2. 震災の被害と復旧が個人の交通行動に及ぼした影響の分析

(1) 分析の前提

本パネル調査では、個人の生活圏の拡がりを観測することを目的とした調査項目を設けている。この生活圏の調査項目では、個人の活動を、

- 日常活動 : 買い物, 飲食, 私的な訪問等
- 非日常活動 : 旅行, 日帰りレジャー, 映画等
- 業務活動 : 仕事, 業務, アルバイト等

の3つのカテゴリーに分割している。そして、Wave 1, Wave 2, および Wave 4 では上記の三つの活動目的で、Wave 3 では日常活動、業務活動の二つの活動目的で、湾岸地域の12地域(大阪市, 北大阪, 北河内, 南河内, 東大阪, 泉北, 泉南, 神戸市臨海部, 神戸市内陸部, 阪神間, 和歌山市周辺, 明石・加古川市)のそれぞれに一月間で訪れる回数(以下、来訪頻度)をデータとして得た。

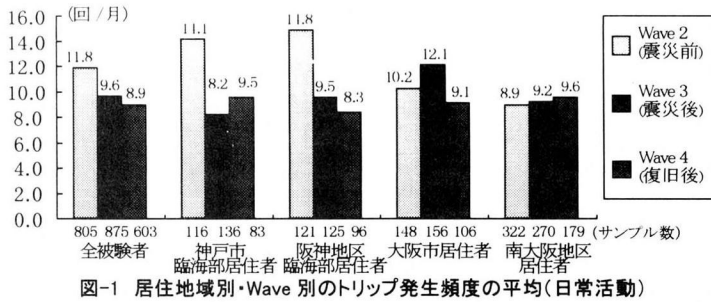
こうして得られた来訪頻度データに基づいて、以下の3つの指標を、Waveごと、個人ごと、そして、活動目的ごとについて算定した。

トリップ発生頻度: 一月間に実行するトリップの総数。来訪頻度データを全ての地域について足しあわせることで算定。

移動量指標: 一月間に移動する総距離。居住地から各地域までの距離と、来訪頻度とに基づいて算定。

1トリップあたりの平均移動距離: 当該個人が実行するトリップの平均距離。移動量指標をトリップ発生頻度で除することで算定。

本稿では、Wave2, 3, 4のそれぞれで観測されている日常活動、業務活動についてのデータのうち、前者の日常活動を目的とする来訪頻度データに基づいて、個人の日常的な交通行動に、震災の被害と復旧が及ぼした影響を分析した結果を示すこととした。



の震災前の Wave 2 での平均値と、震災後の Wave 3 での平均値を比較することで、震災が個人の交通行動に及ぼした影響を、地域別に分析する。

図-1の Wave 2 と Wave 3 のそれぞれの居住地域別平均値に着目すると、神戸市臨海部居住者、阪神地区臨海部居住者の居住者のトリップ発生頻度が低下した一方で、大阪市、南大阪地区の居住者のトリップ発生頻度には大きな変化が見られないことが分かる。ここで、阪神・淡路大震災の震源地からの距離が、南大阪地区、大阪市、阪神地区臨海部、神戸市臨海部の順に短いことを考えると、より被害の大きい地域に居住している個人はトリップ発生頻度がより大きく低下する、という傾向がこの結果から伺える。

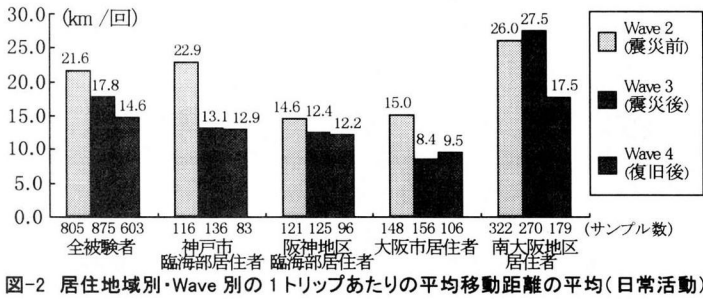


図-2 居住地域別・Wave 別の1トリップあたりの平均移動距離の平均(日常活動)

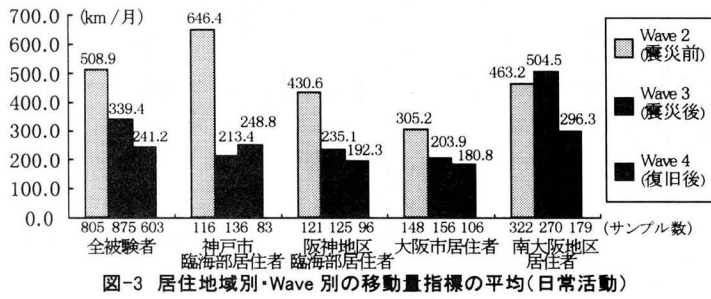


図-3 居住地域別・Wave 別の移動量指標の平均(日常活動)

Wave 2, 3, 4 の日常目的のトリップ発生頻度、1トリップあたりの平均移動距離、移動量指標のそれぞれの居住地域別の平均値を図-1、図-2、図-3に示す。なお、居住地域としては、神戸市臨海部、阪神地区臨海部、大阪市、南大阪地区(泉南と泉北をあわせた地域)の4つの地域を用いた。また、各指標の平均値を算定するにあたっては、本調査のサンプルと母集団との相違を補整するために、それぞれの地域の年齢別性別免許保有有無別の人口構成比率とサンプルの同比率との比に基づいて各サンプルの重みを算定し、これを考慮して平均値を求めた。

(2) 震災前後のデータによる震災の影響分析

まず、図-1 から図-3 に示した各指標の居住地域別

市臨海部、大阪市のそれぞれの居住者の1トリップあたりの平均移動距離が低下しているが、阪神地区臨海部、南大阪地区の居住者のそれについては大きな変化がなかったことが分かる。

ここで、各 Wave、各被験者について、

来訪確率: 各地域への来訪頻度をトリップ発生頻度で除することによって、12 のそれぞれの地域について算定。

なる指標を求め、この Wave 2 と Wave 3 の変化量を算定した。本稿では、被災地である神戸市臨海部、阪神地区臨海部に加えて、1トリップあたりの平均移動距離に変化が見られた大阪市のそれぞれの居住者の来訪確率の変化量の平均値を求めた。その結果を図-4 に示す。

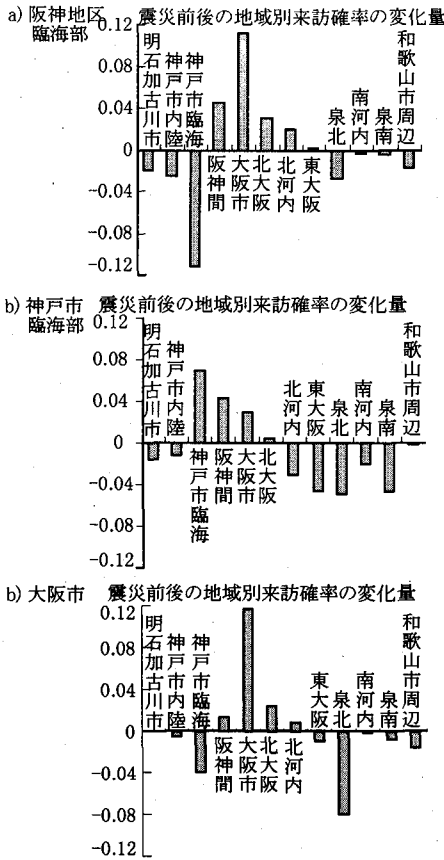


図-4 震災前後の来訪確率の変化量(日常活動)

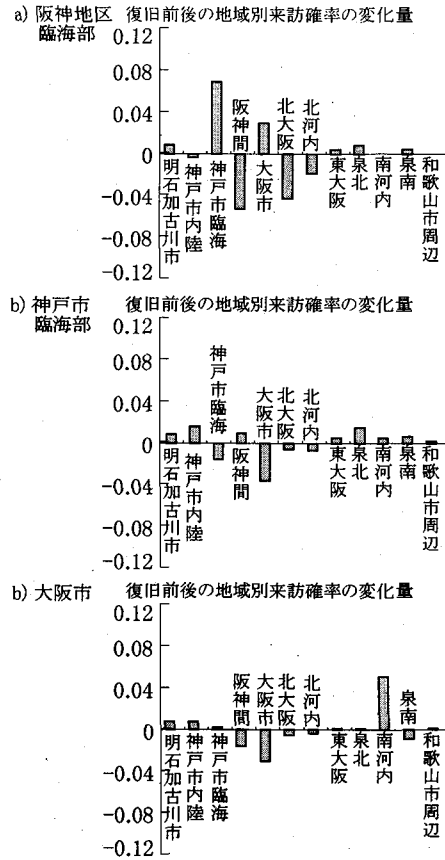


図-5 交通インフラ復旧前後の来訪確率変化量(日常活動)

図-4 に示されている居住地域別の来訪確率の平均変化量を考慮すると、神戸市臨海部での1トリップあたり平均移動距離が大きく低下したのは、北河内よりもより遠方の地域への来訪確率が低下した一方で、居住地域である神戸市臨海部、ならびに、居住地域の近くに位置する阪神間、大阪市への来訪確率が増加したことが原因である。また、大阪市の1トリップあたり平均移動距離が低下したのは、被災地である神戸市臨海部への来訪確率が低下する一方で、居住地域である大阪市の来訪確率が増加したことが原因である。なお、泉北への来訪確率が大きく減少しているのは、94年度の阪神高速道路4号湾岸線の開通によって一時的に泉北への来訪確率が増加したことが原因であると考えられる¹⁾。また、1トリップあたり平均移動距離が大きく変化しなかった阪神地区

臨海部の居住者の来訪確率変化量の平均に着目すると、被災地である神戸市臨海部への来訪確率が大きく低下している一方で、大阪市への来訪確率が大きく増加していることが分かる。このことは、神戸市臨海部へのトリップが大阪市へのトリップに代替されていることを示しているものと考えられる。このことが、阪神地区臨海部の居住者の1トリップあたりの平均移動距離に変化が見られなかった原因であると考えられる。

なお、図-3 に示した移動量指標は、トリップ発生頻度と1トリップあたりの平均移動距離の積であるため、その両者に変化しなかった南大阪地区の以外の地域の居住者の移動量指標は低下している。

(3) 復旧前後のデータによる復旧の影響分析

次に、図-1、図-2、図-3 に示した Wave3 と Wave4 の各指標の居住地域別平均に着目し、交通基盤復旧が個人の交通行動に及ぼした影響の把握を目指す。

図-1 に着目すると、いずれの地域についても、Wave 3 と Wave 4 の間には大きな変化が見られない。震災によって大幅に低下した神戸市臨海部、阪神地区臨海部のそれぞれの居住者のトリップ発生頻度についても、大きな変化は見られない。すなわち、被災地においては、震災によって低下したトリップ発生頻度は、震災以後1年10ヶ月が経過し、交通基盤が復旧した Wave 4 の調査時点においても、震災後の Wave 3 の水準を保ったままとなっている。ただし、神戸市臨海部では、復旧前後でトリップ発生頻度が8.2 から9.5 へと約1.3 増加している。この増加量は、震災による減少量に比べて小さなものではあるが、他の地域の Wave 3 から Wave 4 にかけてのトリップ発生頻度の増加量と比較すると、最も大きなものである。

次に、図-2 の Wave 3、Wave 4 の1トリップあたりの平均移動距離に着目すると、トリップ発生頻度の Wave 間の推移と同様に、震災前後の間で見られた変化に比べて、交通基盤復旧前後の間で見られた変化の方が小さいことが分かる¹⁾。特に、1トリップあたりの平均移動距離が震災によって大幅に低下した神戸市臨海部においても、交通基盤復旧前後ではほとんど変化が見られないことが分かる。

ここで、交通基盤復旧前後についても、図-4 に示したものと同様の方法で、来訪確率の変化量を居住地域別に求めたものを図-5 に示す。この図より、神戸市居住者、大阪市居住者の来訪確率については大きな変化が読み取れないことが分かる。ただし、阪神地区臨海部の居住者の来訪確率に着目すると、神戸市臨海部の来訪確率が大きく増加していることが分かる。さらに、この増加量は、交通基盤復旧前後で観測された来訪確率の増加量の中でも最も大きいものである。

最後に、図-3 の移動量指標に着目すると、阪神地区臨海部、大阪市、南大阪地区のいずれの地域においても Wave 3 から Wave 4 にかけて減少していることが分かる。その中で唯一、神戸市臨海部の移動量指標が、若干ではあるが増加していることが分かる。

(4) まとめ

本章では、震災の被害、ならびに、復旧が個人の交通行動に及ぼした影響を把握することを目的として、日常活動における交通行動に着目した分析を行った。分析の結果、震災の被害の大きい地域ほどトリップ発生頻度は低下する傾向にあり、そして、震災によって低下したトリップ発生頻度は、交通基盤が震災以前の状況に戻っても、震災以前の状態に戻らないことが分かった。このことは、個人の交通行動パターンの交通環境に対する可塑性の存在を示唆しているものと考えられる。ただし、神戸市居住者のトリップ発生頻度、移動量指標のそれぞれは、交通基盤復旧以後、大きな水準であるとは言い難いものの、増加する傾向にあることも示された。

その他、震災以後、阪神地区居住者は、神戸市臨海部へのトリップを大阪市へのトリップに代替していること、さらに、阪神間の交通基盤が復旧したことで、再び神戸市へのトリップを実行するようになったことが分かった。

3. 震災の被害と復旧が個人の生活時間利用に及ぼした影響の分析

(1) 分析の前提

ここでは、震災前後の双方で得られたアクティビティダイアリーデータを用いることで、震災が個人の生活時間利用に及ぼした影響を分析する。

本パネル調査では、アクティビティダイアリー調査で、回答者が調査日における午前3時から翌日の午前3時までに行なった全ての活動と移動について、以下の項目を質問した。

○個々の活動について

- ・開始時刻, 終了時刻
- ・活動場所, 活動施設
- ・活動内容
- ・同伴者種別

○個々の活動について

- ・出発時刻, 到着時刻
- ・交通機関
- ・同伴者数

こうして得られるダイアリーデータからは, 活動についての詳細な情報に加えて, 移動についての情報が収集できる。また, 実行した活動を連続的に想起しつつ回答する形式をとるため, 通常のトリップダイアリーデータでは回答漏れの恐れのある短距離トリップを的確に捉えることができる²⁾。

本研究では, 前章で示した各個人の交通行動を1ヵ月間で集計した結果として得られる来訪頻度に焦点をあてた分析に加えて, 一日の活動に焦点を当てたダイアリー・パネルデータに基づいて, 詳細な交通行動, 生活行動に関する分析を加える。

(2) 震災の被害が交通行動に及ぼした影響について
時間利用パネルデータに基づく分析

前章では, 震災によって, 被災地の個人の交通行動パターンが大きく変化し, その一方で, 交通基盤が復旧しても, その変化した行動パターンはもとには戻っていないことが示された。

ここでは, 震災が個人の交通行動に及ぼした影響をより詳細に把握することを目的として, 震災前の Wave 2, 震災後の Wave 3 の2時点のダイアリー・パネルデータに基づいた分析を行うこととした。

パネルデータから, 個人の移動に関する以下の3つの指標を求め, これらの指標に関する震災前後の変化量に基づいて, 被災地/非被災地別に比較分析を行う。

- ・総移動時間 : 個人の一日の総移動時間
- ・トリップ回数 : 個人の一日のトリップ回数

・トリップ時間 : 個人の一トリップあたりの平均所要時間

これらの指標の変化量の平均と, 変化量平均が0に等しいという帰無仮説のもとでのt値, さらに, 被災地における変化量平均と非被災地における変化量平均が等しいという帰無仮説のもとでのt値を表-2に示す。

	サンプル数	総移動時間		トリップ回数		1トリップ時間	
		平均 ^{a)}	t値 ^{b)}	平均	t値	平均	t値
被災地	49	3.75	0.46	-0.50	-3.21	8.25	3.97
非被災地	155	-19.60	-4.47	0.15	1.53	-6.91	-5.12
全域	204	-15.09	-3.88	0.02	0.29	-3.98	-3.38
差のt値 ^{c)}		2.56		-3.32		5.65	

指標a) 平均 : 震災後指標 - 震災前指標の重み付き平均
 指標b) t値 : 帰無仮説「平均=0」の下での重み付きt値
 指標c) 差のt値 : 帰無仮説「被災地での指標 a) = 非被災地での指標 a)」の下での重み付きt値

表-2 震災前後でのトリップ指標の変化量とその検定

総移動時間に注目すると, 表-2 より, 全域で総移動時間が減少していることが統計的に確認できる。これは, 調査時期による影響等の様々な影響が考えられるが, 被災地では, 震災前後では有意な差は確認できない。そして, 被災地での変化量と非被災地での変化量の差のt検定(表-2 指標 c)より, 被災地での総移動時間の増加量は非被災地での総移動時間の増加量よりも有意に大きい事が分かる。すなわち, 被災地では, 非被災地と比較すると, 相対的に総移動時間が増加していることが分かる。

一方, 一日あたりのトリップ回数の変化量に着目すると, 非被災地では有意差は認められないものの, 被災地では有意に負であり, 一日あたりの平均で一人につき0.5トリップ減少していることが表-2から分かる。そして, 差のt検定(表-2 指標c)より, 被災地でのトリップ回数の減少量は, 非被災地でのそれよりも大きいことが統計的に裏付けられる。以上より, 震災によって, 被災地居住者の一日あたりのトリップ回数は減少したことが確認できる。

また, 一トリップあたりの所要時間に関しては, 非被災地では平均 6.91 分減少している一方で, 被災地では, 8.25 分増加していることが表-2 より分かる。そ

して、双方の変化量とも統計的な有意差が確認できる。さらに差のt値からも、被災地、非被災地における所要時間の変化量の差にも、有意差があることが分かる。

以上より、被災地の回答者は、非被災地の回答者と比較すると、トリップの回数自体は減少したものの、一トリップ当たりの所要時間が増加したため、結果として、移動に費やす時間が増加していることが分かる。

(3) 震災の被害と復旧が生活時間利用に及ぼした影響

ここまでの分析では、個人の交通行動に焦点をあてた分析を行った。ここでは、震災の被害と復旧が個人の生活時間利用に及ぼした影響を分析する。

(内はサンプル数)		総移動時間 変化量	趣味・娯楽 等時間 変化量	睡眠 時間 変化量	その他 時間 変化量
震災前から 震災後に かけての 変化量平均	被災地 (49) 非被災地 (155)	+3.75	-28.7	-13.6	+38.5
復旧前から 復旧後に かけての 変化量平均	被災地 (43) 非被災地 (115)	-25.5	+14.5	+11.6	-0.6
		+7.71	-0.6	+6.31	-13.4

単位:分

表-3 震災前後・復旧前後の時間利用変化量

本稿では、まず、震災前後の Wave 2, Wave 3 の双方でダイアリー調査に回答した 204 個人、ならびに、復旧前後の Wave 3, Wave 4 の双方でダイアリー調査に回答した 158 個人を抽出した。そして、抽出した各個人について、震災前から震災後、および、復旧前から復旧後にかけての、総移動時間、趣味・娯楽等時間、睡眠時間、その他の時間のそれぞれの変化量を求めた。こうして求めた活動内容別時間変化量の平均を、被災地、非被災地別に求めた結果を表-3 に示す。

表-3 より、震災によって被災地居住者が趣味や娯楽に費やす時間が 28.7 分、そして、睡眠に費やす時間が 13.6 分それぞれ減少したことが分かる。しかし、震災直後の Wave 3 から交通基盤復旧以後の Wave

4 にかけては、いずれの活動時間も増加している。そして、いずれの活動についても震災による減少量の半分以上の増加量が得られていることが分かる。前章で示した分析からは、トリップ発生頻度や 1 トリップあたりの平均移動距離といった交通行動についての指標は、一旦交通環境が悪化してしまうと、その交通環境が改善されても元の状態には戻らない、という可塑性の存在が示唆されていた。このことを考え合わせると、ここで得られた結果は、時間利用パターンには、交通行動パターンでの解析で示されたような可塑性が存在しない、ということを示しているものと考えられる。

また、総移動時間に着目すると、震災直後には震災以前から 3.75 分しか増加していないにも関わらず、復旧後には 25.5 分も減少していることが分かる。これは、交通基盤の復旧によって移動速度が増加しているにも関わらず、交通行動パターンの可塑性により、トリップの発生頻度、あるいは、移動量指標は大きな増加を示していないため、被災地では復旧以後に大幅に総移動時間が減少したのと考えられる。

4. おわりに

本研究では、大規模な自然災害の発生を想定し、かつ、それを十分に考慮した都市計画・交通計画を検討するための基礎的な知見を得ることを目的として、震災による都市基盤の崩壊、そして復旧という経緯の中での、人々の行動の変化について分析を加えた。本研究では、我々が震災の約 2 ヶ月前に Wave 2 を、震災の約 5 ヶ月後に Wave 3 を、そして、阪神高速道路 3 号神戸線を含む全ての阪神間の交通システムが復旧した直後に Wave 4 を実施したパネル調査から得られたデータを用いた。

生活圏についての調査項目から得られたデータに基づいて、震災の被害と復旧が交通行動に及ぼした影響を分析した結果、震災の被害の大きい地域ほどトリップ発生頻度は低下する傾向にあり、そして、震災によって低下したトリップ発生頻度は、交通基盤が

震災以前の状況に戻っても、震災以前の状態に戻らないことが分かった。このことは、個人の交通行動パターンへの交通環境に対する可塑性の存在を示唆しているものと考えられる。一方、ダイアリーデータを用いた解析結果からは、震災によって睡眠や趣味娯楽活動に費やす時間が大きく減少したものの、Wave 4の時点では、ある程度もとの状態に戻っていることが分かった。

これらのことを考え合わせると、トリップ発生頻度や移動量指標といった指標で観測される個人の交通行動のパターンは、交通環境に対して可塑性を持つ一方で、生活時間利用パターンは、その可塑性を持たないものと考えられる。

なお、交通行動パターンに可塑性が存在すると考えられるものの、神戸市居住者のトリップ発生頻度、移動量指標のそれぞれは、交通基盤復旧以後、大きな変化量とは言い難いが、増加する傾向にあることも示された。

その他、震災以後、阪神地区居住者は、神戸市臨海部へのトリップを大阪市へのトリップに代替していたこと、そして、阪神間の交通基盤が復旧したことで再び神戸市へのトリップを実行するようになったことが分かった。

また、震災が交通行動に及ぼした影響をより詳細に検討するために、時間利用データを利用した解析を行った結果、被災地の回答者は、非被災地の回答者と比較すると、トリップの回数自体は減少したものの、一トリップ当たりの所要時間が増加したため、結果として、移動に費やす時間が増加していることが分かった。

このように、本分析を通じて、震災の発生、そして復旧という過程における個人の交通行動についてのいくつかの知見が得られた。今後、本研究で用いた行動データに加えて、実際の交通環境、都市環境についての詳細なデータを収集し、これらを合わせて解析することで、より一般的な知見が得られるものと考えられる。

注

[1] 交通基盤復旧後では、南大阪地区の居住者の1トリップあたりの平均移動距離が低下していることが分かる。この原因を把握するために、南大阪居住者の来訪確率の変化量の地域分布を求めたところ、居住地域への来訪確率が大きく増加していることが分かった。これが、1トリップあたりの平均移動距離が低下した原因であると考えられるが、このような来訪確率変化量の地域分布が生じた原因については、今回得られたデータからは把握できなかった。この点について検討を加えるためには、それぞれの調査時点での交通環境等についてのデータを収集することが必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 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, -印刷中-，1997.
- 2) 北村隆一：交通需要予測の課題—次世代手法の構築にむけて，土木学会論文集，No. 530/IV-30, pp. 17-30, 1996.