

# 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\*

## A panel analysis of the effects of the Hanshin-Awaji earthquake on travel behavior

藤井 聡\*\* 北村隆一\*\*\* 柘植章英\*\*\*\* 大藤武彦\*\*\*\*\*

Satoshi Fujii, Ryuichi Kitamura, Akihide Tsuge, Takehiko Daito

### 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。人々の生活行動はどのように変化したのか、そして、その変化の要因には何が存在したのか、これらを分析することは、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には、不可欠であると考えられる。

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<sup>1)</sup>。

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。また、震災後のWave 3では、3489世帯に配布、526世帯(15.1%)から916人の調査票を回収した。表-1には、地域別の配布、回収状況を示す。なお、この時点の阪神間の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、阪神の一部区間が、高速街路では阪神高速3号神戸線、5号湾

岸線のそれぞれの一部区間が不通であった<sup>1)</sup>。

本研究では、こうして得られたパネルデータを用いて、震災が個人の生活時間利用、生活圏に及ぼした影響についての種々の分析を行った。そのうち、集計的な分析については、既に文献1)に示したが、本稿では、この文献1)で得られた知見に合わせて、パネル分析手法に基づいて構造方程式モデルを用いて得られた詳細な知見を検討した結果を述べる。

表-1 WAVE3での配布・回収状況

| 地域     | 配付世帯数  | 回答世帯数 | 回収率*  | 回収個人数 |
|--------|--------|-------|-------|-------|
| 大阪市    | 819世帯  | 102世帯 | 12.5% | 156人  |
| 南河内・泉州 | 1230世帯 | 149世帯 | 12.1% | 293人  |
| 阪神間    | 404世帯  | 62世帯  | 15.3% | 124人  |
| 神戸市    | 507世帯  | 90世帯  | 17.8% | 149人  |
| その他    | 529世帯  | 123世帯 | 23.3% | 194人  |
| 合計     | 3489世帯 | 526世帯 | 15.1% | 916人  |

\*: 配付世帯に対する回答世帯の割合

### 2. 震災が個人の生活圏に及ぼした影響の分析

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た。そして、Wave 1, Wave 2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。

こうして得られたデータを用いて、集計的な分析を加えた結果、発生頻度やトリップあたりの距離が低下し、結果として被災地居住者の生活圏が大幅に縮小していることが分かった<sup>1)</sup>。

本稿では、こうして示された個人の行動量の変化に加えて、その変化の要因を把握するために、Wave 1からWave 3までの日常活動目的での3つの来訪頻度を内生変数とする構造方程式<sup>2)</sup>を構築した。構造方程式の説明

\* 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

\*\*\* 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 阪神高速道路公団大阪第一建設部  
(〒542 大阪市中央区西心斎橋1-2-4)

\*\*\*\*\* 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)

変数としては OD 所要時間、居住地アクセシビリティ等を用い、それらの要因が来訪頻度に及ぼした影響の強度を被災地／非被災地別に震災前後で比較した。

表-2 来訪頻度モデルの外生変数の定義

| ・個人属性・居住地属性  |                           |
|--------------|---------------------------|
| Sex          | : 女性は 1, 男性は 0            |
| Age          | : 年齢 (連続変数)               |
| License      | : 運転免許保有なら 1, 非保有なら 0     |
| RAShop       | : 居住地域の商店数密度 (連続変数)       |
| Acce         | : 居住地のアクセシビリティ指標          |
| ・目的地属性・OD 属性 |                           |
| CTime        | : 目的地域までの自動車所要時間          |
| TTime        | : 目的地域までの電車所要時間           |
| BTNum        | : 目的地域の業務目的での集中交通量        |
| DAShop       | : 目的地域の商店数密度 (連続変数)       |
| BayDest      | : 目的地域が大阪湾岸地域なら 1, それ以外 0 |
| EQDest       | : 目的地域が被災地域なら 1, それ以外 0   |
| WArea        | : 目的地域と勤務地域が一致, それ以外 0    |
| Rarea        | : 目的地域と居住地域が一致, それ以外 0    |

表-3 来訪頻度モデルの推定結果

(非被災地居住者) Sample Size: 696 (= 58 × 12)

| 変数名     | Wave1: 震災前 |       | Wave2: 震災前 |       | Wave3: 震災後 |       |
|---------|------------|-------|------------|-------|------------|-------|
|         | パラメータ      | t値    | パラメータ      | t値    | パラメータ      | t値    |
| 93年来訪頻度 |            |       |            |       | 0.183      | 5.11  |
| 94年来訪頻度 |            |       |            |       | 0.146      | 4.09  |
| Sex     | 0.069      | 1.89  | 0.037      | 1.04  | 0.096      | 3.00  |
| Age     | 0.068      | 1.84  | -0.046     | -1.27 | -0.045     | -1.39 |
| Lisence | -0.068     | -1.98 | 0.055      | 1.64  | -0.100     | -3.32 |
| RAShop  | -0.039     | -1.02 | -0.055     | -1.44 | -0.151     | -4.61 |
| Acce    | -0.044     | -1.22 | 0.080      | 2.25  | 0.041      | 1.27  |
| CTime   | -0.180     | -2.64 | -0.108     | -1.60 | -0.142     | -2.62 |
| TTime   | -0.039     | -0.53 | -0.030     | -0.41 | -0.143     | -2.66 |
| BTNum   | 0.305      | 6.24  | 0.365      | 7.67  | 0.119      | 2.58  |
| DAShop  | 0.046      | 0.90  | 0.047      | 0.92  | 0.082      | 1.80  |
| BayDest |            |       | 0.094      | 2.56  |            |       |
| EQDest  |            |       |            |       | -0.109     | -3.57 |
| WArea   | 0.021      | 0.58  | 0.086      | 2.49  | 0.077      | 2.46  |
| RArea   | 0.131      | 3.38  | 0.037      | 0.96  | 0.115      | 3.52  |
| 決定係数    | 0.453      |       | 0.450      |       | 0.567      |       |

$\chi^2$ -Square: 25.019 GFI: 0.9999 AGFI: 0.9957

(被災地居住者) Sample Size: 408 (= 34 × 12)

| 変数名     | 93年度: 震災前 |       | 94年度: 震災前 |       | 95年度: 震災後 |       |
|---------|-----------|-------|-----------|-------|-----------|-------|
|         | パラメータ     | t値    | パラメータ     | t値    | パラメータ     | t値    |
| 93年来訪頻度 |           |       |           |       | 0.440     | 6.38  |
| 94年来訪頻度 |           |       |           |       | 0.108     | 2.48  |
| Sex     | -0.033    | -0.78 | 0.006     | 0.13  | 0.052     | 1.36  |
| Age     | 0.155     | 3.47  | 0.075     | 1.48  | 0.017     | 0.41  |
| Lisence | -0.112    | -2.33 | 0.035     | 0.65  | -0.035    | -0.79 |
| RAShop  | -0.010    | -0.22 | 0.081     | 1.50  | -0.026    | -0.62 |
| Acce    | -0.100    | -2.03 | -0.077    | -1.37 | -0.017    | -0.38 |
| CTime   | -0.361    | -4.79 | -0.129    | -1.35 | -0.131    | -1.96 |
| TTime   | -0.113    | -1.20 | -0.155    | -1.32 | -0.027    | -0.34 |
| BTNum   | 0.246     | 4.93  | 0.377     | 6.92  | 0.133     | 2.60  |
| DAShop  | 0.054     | 0.82  | 0.024     | 0.32  | 0.000     | -0.01 |
| BayDest |           |       | 0.084     | 1.69  |           |       |
| EQDest  |           |       |           |       |           |       |
| WArea   | 0.037     | 0.91  | 0.069     | 1.48  | 0.113     | 2.98  |
| RArea   | 0.117     | 2.70  | 0.055     | 1.12  | 0.079     | 1.76  |
| 決定係数    | 0.224     |       | 0.415     |       | 0.507     |       |

$\chi^2$ -Square: 103.72 GFI: 0.9992 AGFI: 0.9895

ては、簡便な交通需要予測手法である Direct Demand Model<sup>3)</sup>の考え方を適用した。すなわち、ある個人の 12 地域への来訪頻度の誤差項は互いに独立であると仮定し、それぞれを個別に内生化した方程式を定式化した。

また、来訪頻度は非負の変数であることから左側打ち切り変数と仮定した。以上の前提に基づいて以下のような構造方程式を定式化した。

$$\begin{pmatrix} F_1^* \\ F_2^* \\ F_3^* \end{pmatrix} = \mathbf{H} \begin{pmatrix} F_1^* \\ F_2^* \\ F_3^* \end{pmatrix} + \mathbf{AZ} + \pi \quad (1)$$

$$F_i = \begin{cases} F_i^* & \text{if } F_i^* > 0 \\ 0 & \text{if } F_i^* \leq 0 \end{cases} \quad (2)$$

$F_i$  : 時点 (Wave)  $t$  でのある目的地域への来訪頻度

$F_i^*$  : 来訪頻度  $F_i$  に対応する潜在変数

$\mathbf{Z}$  : 外生変数ベクトル

$\mathbf{H}, \mathbf{A}$  : パラメータベクトル

$\pi$  : 多変量正規分布に従う誤差項ベクトル

個人が各目的地域のそれぞれに一月間に訪れる回数である来訪頻度は、その個人の一月間の総交通発生回数 (以下、発生頻度) と、各目的地域の選択確率の両者に依存する。本研究では、個人属性や居住地属性等のその個人固有の変数は発生頻度に影響を及ぼし、目的地属性や OD 属性等の、同一個人であっても目的地域によって異なる変数は目的地域選択確率に影響を及ぼすものと考え、外生変数  $\mathbf{Z}$  として表-2 に示した変数を用いることとした。なお、BayDest を説明変数として用いるのは、Wave 1 と Wave 2 の間に延伸供用された阪神高速道路湾岸線の供用効果を考慮するためである。また、地域別のアクセシビリティ指標は、 $Acce_i$  を地域  $i$  のアクセシビリティ指標、 $A_j$  を地域  $j$  の小売り店舗数、 $T_{ij}$  を地域  $i, j$  間の地域間所用時間として、以下の式に基づいて求めた<sup>4)</sup>。

$$Acce_i = \sum_j \frac{A_j^{1.2}}{T_{ij}^{3.6}} \quad (3)$$

推定の際には、被災地居住者、非被災地居住者の意思決定構造の時間軸上での変遷の相違を比較するために、統計的有意性の有無に関わらず、全ての変数のパラメータを推定することとした。なお、震災後の被災地居住者にとっては EQDest と RArea は同一の意味を持つ変数であるため、RArea の係数のみを推定することとした<sup>2)</sup>。

ここで、状態依存が存在するにも関わらずそれを無視した場合には、パラメータにバイアスが含まれることとなる。また、震災後のパラメータ推定値にバイアスが存在する場合、パラメータの変遷の相違を比較することで震災の影響

来訪頻度を内生化した構造方程式を構築するにあつ

を把握する際に、適切に震災の影響を把握することが困難となる。そこで、Wave 3 でのパラメータに含まれるパイアスを軽減するために、式(2)のパラメータ行列  $\mathbf{H}$  を、

$$\mathbf{H} = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ h_1 & h_2 & 0 \end{pmatrix} \quad (4)$$

と特定化した。

以上の前提に基づいて、Wave 1～Wave 3 までの全ての時点における全ての目的地域に対する来訪頻度(0 も含む)、および来訪頻度に対する影響要因の双方を不偏なく回答した 92 名(非被災地居住者 58 名、被災地居住者 34 名)から得られた来訪頻度データを対象として、重み付き最小二乗法で推定した結果を表-3 に示す。なお、目的地域数が 12 であることから、推定時のケース数は合計 1104 である。

各時点の来訪頻度に関する決定係数に着目すると、震災後のものが被災地、非被災地のいずれにおいても最も良好な値を示している。これは、式(4)の様に内生変数間の関係を特定化したためである。外生変数に関するパラメータに着目すると、震災前である Wave 1、Wave 2 の双方において、被災地居住者モデルと、非被災地居住者モデルとの間に相違があることが分かる。この相違は、パネルサンプルの規模を考慮すると、被災地、非被災地のサンプル構成に相違があるためと考えられる。しかし、いずれの居住地域のサンプルもパネルサンプルであるため、時間軸上でのパラメータの変遷は、サンプル構成の相違によって生じたものではない。Wave 間で生活環境・交通環境の変化したこと、および状態依存を考慮することによってパラメータが変化したものと思われる。ここで、状態依存を定式化したことで Wave 間のパラメータが変化することを考慮した上で、生活環境・交通環境の変化によるパラメータの変化を読み取るためには、被災地／非被災地でのパラメータの変遷自体を比較することが必要となる。

DAShop に着目すると、いずれの時点、いずれの居住地域においても有意なパラメータが推定されていないものの、震災後の被災地では、震災前に比べて極めて小さな値(0.000)が推定されている。この傾向は、非被災地では見られない。このことから震災以後、被災地居住者がトリップを実行する際に目的地域の商業活動の程度を考慮する、という傾向が低下したのと考えられる。

また、震災後の非被災地居住者の EQDest のパラメータが有意に負となっていることから、非被災地居住者の被災地に対する来訪頻度が有意に低下していることが確認できる。

OD 間の移動抵抗を示す CTime、TTime に着目すると、いずれの時点、いずれの地域においても、自動車の所要時間は来訪頻度に対して負の影響を与えていることが確認できる。電車所要時間に関しては、非被災地においては、電車所要時間のパラメータは震災前では有意でないが、震災後有意となっている。一方、震災後には、震災前と比較するとパラメータ、t 値の双方が大幅に小さなものとなっている。これらは、震災後において、被災地居住者が目的地域を選択する際、自動車での所要時間を考慮する一方で、電車での所要時間を重視しない傾向にあることを示している。これは、Wave 3 の調査時点では、阪神間の鉄道路線は完全に復旧しておらず(不通区間:阪急御影～西宮北口、阪神御影～西灘)、被災地の公共交通のサービス水準は著しく低下していたことが原因であると考えられる。すなわち、公共交通機関のサービス水準が低下した状況では、公共交通機関を使わない／使えないために目的地域選択に影響を及ぼさない、あるいは、公共交通機関を利用する場合でも移動時間に対する抵抗感が低下しているものと考えられる。これについては、機関選択行動も考慮した分析が今後必要であると考えられる。

### 3. 震災が個人の時間利用に及ぼした影響の分析

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<sup>5)</sup>  
6)7)。

本研究では、前章で示した各個人の交通行動を一カ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。

まず、ダイアリーデータに基づいて集計的な分析を行ったところ、「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」ということが分かった<sup>1)</sup>。

次に、ダイアリー・パネルデータを用いて、震災が個人の交通行動に及ぼした影響をパネル分析の考え方に基づいて分析した。ここでは、構造方程式の枠組みに基づいたモデルシステムを構築することで、震災が生活時間利用に及ぼした影響をより詳細に分析する。その際、パネルデータの特徴を生かし、各々の個人の生活時間利用の経時的变化に着目するために、個人ごとの時間利用の変化量を内生変数としたモデルを構築する<sup>3)</sup>。

個人が実行する全ての活動を、移動、仕事、自宅外での仕事以外の活動(以下、宅外活動)、自宅内での活動(以下、在宅)の4つに分類し<sup>8)</sup>、これらの各活動に従事した時間の震災前(Wave 2)/震災後(Wave 3)の変化量をパネルデータから各個人について求めた。ここで、上記の4つの活動の実行時間変化量の和は、すべての個人について0となるため、4つの活動のうち3つの活動の実行時間変化量を内生変数とし、以下のような構造方程式を定式化した。

$$\begin{pmatrix} D_w \\ D_t \\ D_r \end{pmatrix} = \mathbf{B} \begin{pmatrix} D_w \\ D_t \\ D_r \end{pmatrix} + \Gamma \mathbf{X} + \xi \quad (5)$$

$D_t$  : 移動時間の変化量

$D_w$  : 仕事時間の変化量

$D_r$  : 宅外活動時間の変化量

$D_h$  : 在宅時間の変化量

$\mathbf{X}$  : 外生変数ベクトル

$\xi$  : 多変量正規分布に従う誤差項ベクトル

$\mathbf{B}, \Gamma$  : パラメータ行列

ただし、

$$0 = D_h + D_w + D_t + D_r \quad (6)$$

また、外生変数  $\mathbf{X}$  としては以下の変数を用いた。

Acce : 居住地域アクセシビリティ指標変化量(式(3)で

定義)

d1 : 居住地域の建物倒壊率が 0%より大きく 5%未満なら 1, それ以外は 0

d2 : 居住地域の建物倒壊率が 10%以上 15%未満なら 1, それ以外は 0

d3 : 居住地域の建物倒壊率が 15%以上なら 1, それ以外は 0

work : 就業者なら 1, 非就業者なら 0

age : 年齢 30 才未満なら 1, それ以外は 0

地域別の建物倒壊率は、新聞発表による建物被害棟数<sup>9)</sup>と震災前の建物総数<sup>10)</sup>に基づいてデータを作成した。今回分析に用いたサンプルには、倒壊率が 5%以上 10%未満であった地域の居住者は含まれていなかったため、倒壊率が 5%以上 10%未満に対応するダミー変数は定義しなかった。また、倒壊率 0%に対応するダミー変数の係数は基準値 0.0 であると仮定した。なお、これらの外生変数を用いたのは、Acce や d1~d3 によって表される居住地域における震災の被害の規模、ならびに、上述の work, age によって表される個人属性によって、時間利用の変化量が異なるものと考えたためである。

以上の前提に基づいて、最尤推定法で推定した結果を表-5に示す。表-5には、式(1)と  $D_w$ ,  $D_t$ ,  $D_r$  に関するパラメータ推定値に基づいて、 $D_h$  に対する各々の外生変数の Total Effect に関するパラメータ<sup>8)</sup>を算出した結果を右端に示した。

$\chi^2$  値、AGFI より、良好な適合度が得られていることがわかる。B の推定結果に着目すると、移動時間が増加すると仕事時間が減少し、仕事時間の増加は宅外活動時間の減少の原因となることが確認できる。ここで、表-4 に基づいて、 $D_t$  の  $D_r$  に対する Total Effect<sup>11)</sup>を求めたところ、そのパラメータ、t値はそれぞれ 0.0981, 3.00 となった。これらの結果は、移動時間が増加することで仕事時間が減少する一方で、宅外活動時間は増加することを示している。

次に、Acce のパラメータに着目すると、アクセシビリティが低下した地域では、移動時間が増加し、宅外での活動時間は減少する傾向が示されている。これは、震災による交通のサービス水準の低下が移動時間の増加を招くことを示している。

倒壊率に関するダミー変数のパラメータ推定値に着目すると、仕事時間に関しては、倒壊率 5%未満の被災地においては増加傾向が見られるものの、それ以上の被害を受けた地域ではその増加傾向は統計的に確認できない。また、倒壊率に関わらず、被災地では宅外活動時間が減

表-5 時間利用変化に関する構造方程式の推定結果

|                | D <sub>w</sub> | D <sub>i</sub> | D <sub>r</sub> | D <sub>n</sub> |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| B              | -              | -              | -0.31 (5.26)   | -              |
| D <sub>w</sub> | -              | -              | -              | -              |
| D <sub>i</sub> | -0.32 (4.39)   | -              | -              | -              |
| D <sub>r</sub> | -              | -              | -              | -              |
| G              | -              | -0.04 (-5.11)  | 0.068 (8.99)   | -0.033         |
| Acce           | -              | -              | -              | -              |
| d1             | 0.17 (3.34)    | 0.091 (1.18)   | -0.15 (-2.42)  | 0.014          |
| d2             | 0.087 (1.44)   | -0.16 (-2.66)  | -0.20 (-4.81)  | 0.19           |
| d3             | -0.037 (-0.60) | 0.16 (3.16)    | -0.15 (-3.1)   | 0.06           |
| work           | -              | 0.14 (4.18)    | -              | -0.062         |
| age            | -0.072 (-4.41) | 0.12 (5.48)    | -              | 0.022          |

$\chi^2$  値(df=16):11.69 AGFI:0.9962

少し、在宅時間が増加するという傾向が見られる。ただし、宅外活動時間、在宅時間の変化量が最も大きいのは、倒壊率が 10%～15%の地域の居住者であることがわかる。移動時間に関しては、震災による被害が大きく、倒壊率が 15%を超過していた地域の居住者の移動時間が増加していることがわかる。一方で、倒壊率 10%～15%であった地域の居住者の移動時間は減少しており、倒壊率 1%～5%であった地域の居住者は倒壊率 0%の非被災地の居住者の移動時間変化量と有意差が確認できない。

この様に移動時間変化量と倒壊率との関係は非線形であるとの結果が得られた。これは、倒壊率の増加、すなわち被災規模の増大は、移動速度(以下、AV と表記)の低下を招くと共に、一日あたりのトリップ回数(以下 NTrip と表記)の低下が招くことが原因と考えられる(なお、被災地居住者の NTrip の低下、AV の低下については、時間利用パネルデータを用いて解析から統計的に確認されている<sup>1)</sup>)。AV の低下は 1 トリップあたりの移動時間を増加させ、結果として一日あたりの移動時間を増加させる一方で、NTrip の低下は一日あたりの移動時間を減少させる。そして、AV の低下と倒壊率の関係と NTrip の低下と倒壊率の関係がそれぞれ異なっているため、移動時間変化量と倒壊率との関係は非線形となったものと推測される。ただし、この点については、今後、NTrip、AV の非線形性を考慮した上で内生変数として導入するといった方法により、より詳細な解析が必要であるものと考えられる。

#### 4. 結論

本研究では、交通インフラに基大な影響を与える大規模な災害の発生を想定し、被災地域での対応施策の樹立、さらには被災を十分に考慮した都市計画を検討するための基礎的な知見を得るために、1995 年 1 月 17 日の阪神・淡路大震災による生活行動・交通行動の変化を対象として分析を加えた。分析を加えたデータは、大阪湾岸地域の居住者を対象として 1993 年 11 月、1994 年 11 月

にそれぞれ Wave 1、Wave 2 を、そして震災後の 1995 年 6 月に Wave 3 を実施したパネル調査から得た。

来訪頻度に関するパネルデータに基づいたモデル分析からは、震災後に被災地の居住者が目的地域選択を行う場合、目的地域の商店密度や目的地域までの電車所要時間等の要因を重要視していないことが示された。これより、震災によって OD 属性や目的地属性といった要因を重要視する程度が変化していることが、すなわち、意思決定構造にも震災が影響を及ぼしていることが確認できた。

一方、時間利用パネルデータを用いた時間利用モデルの推定結果から、アクセシビリティ指標で表現される交通のサービス水準の変化量と、倒壊率で表現される震災によって受けた被害の規模が一日に移動に費やす時間(総移動時間)の変化要因であることが分かった。そして、移動時間は、仕事時間や宅外活動時間等の他の活動の実行時間に対して影響を与えていることが統計的に確認できた。なお、同データを用いた集計分析からは、被災地居住者の一日あたりのトリップ回数は減少し、一トリップあたりの所要時間が増加し、結果として、一日に移動に費やす時間が増加していることが示されている<sup>1)</sup>。

これらの時間利用データに基づく集計分析、モデル分析のそれぞれの結果を考え合わせると、震災による被害規模が大きく、かつ、交通のサービス水準が低下した地域では、トリップ回数は減少するものの、一トリップあたりの所要時間が増加し、結果として、一日に移動に費やす時間が増加する。一方で、被災者の生活パターンは変化することを余儀なくされているが、その移動時間の増加がその変化の主要な要因の一つとなっている、ということが考えられる。

このように、本研究では、生活時間利用の変化要因として居住地域のアクセシビリティ指標、倒壊率が存在すること、また、交通行動の意思決定構造事態に震災が影響を及ぼしていること、が確認できた。

本稿で示したような個人の交通行動、生活行動モデルの精緻化を図り、震災時における一般的な交通需要解析手法が構築されれば、種々の条件下での震災の交通への影響を分析することが可能となるものと期待される。ただし、本稿で示した交通モデルは極めて基礎的なものであり、震災後の個人の交通行動を再現する一般的なモデルを構築するためには、数多くの課題点が残されている。今後、震災が個人の交通行動や生活行動に及ぼした影響をより詳細に把握するためにも、震災後の調査時点における交通状況や復旧状況等の詳細なデータを地域別

に収集し、これらの客観的データと本調査で得られた交通行動、生活行動の因果関係に関する分析を行う必要があるものと考えられる。このような分析を重ねることで、震災と交通行動、生活行動の因果関係に関するより一般的な知見が得られるものと思われる。

**謝辞:**本研究を遂行するにあたり、阪神高速道路公団に全面的な協力を受けた。また、解析にあたっては、文部省科学研究費基盤研究(B)(1)の助成を受けた。ここに記して謝意を表します。

#### 注

- [1] 1997年6月の調査時点での不通区間は、鉄道路線では阪急の御影－西宮北口間、阪神の御影－西灘間、自動車交通網では、阪神高速道路3号神戸線の武庫川－月見山間、5号湾岸線西行きの魚崎浜－六甲アイランド北間、5号湾岸線東行きの六甲アイランド北－深江浜間であった。
- [2] 目的地が被災地域である、という要因の効果と、目的地が居住地域である、という要因の効果の総和が  $R_{Area}$  の係数という形で推定されるものと考えられる。被災者を対象とするモデルと、非被災者を対象とするモデルでは、後者には EQDest が変数として導入されていない一方で前者には導入されている、という点で、推定する変数組みが異なっているが、上述のように  $R_{Area}$  の係数が2つの要因の総を表しているものと解釈可能であり、したがって、考慮している要因は両者で共通であるものと考えることができる。
- [3] パネルデータには、fatigue, conditioning 等に起因するパネル固有のバイアスが存在する。このバイアスを除去する方法として、パネル参加回数によってそれらのバイアスの程度が異なると仮定する方法が考えられるが、今回はパネル参加回数が全サンプルについて共通であり、その方法を採用す

ることはできなかった。この点については、今後検討することが必要である。

#### 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, pp. 37-46, 1997.
- 2) 荒木敏, 藤井聡, 北村隆一: パネル分析手法に基づく個人の生活圏に関する分析, 土木学会第51回年次学術講演会講演概要集第4部, pp. 340-341, 1996.
- 3) Quandt, R.E.: The Demand for Travel: Theory and Measurement, Heath Lexington Books, pp. 83-101, 1975.
- 4) 石上肇, 藤井聡, 北村隆一: 個人の交通行動を考慮したアクセシビリティに基づいた都市モデルの構築, 土木学会第50回年次学術講演会講演概要集第4部, pp. 490-491, 1995.
- 5) 太田勝敏: 何故、いま「交通データ収集分析の最近の動向」なのか?, 交通工学, Vol. 23, 増刊号, pp. 3-10, 1988.
- 6) 杉恵頼寧: 交通行動調査の開発と適用(その2)アクティビティ・ダイアリー調査, 交通工学, Vol. 23, 増刊号, pp. 71-79, 1988.
- 7) 杉恵頼寧, 藤原章正, 永末勝久: 活動日誌を用いた交通調査の有効性, 第23回日本都市計画学会学術講演論文集, pp. 409-414, 1988.
- 8) 門間俊幸, 藤井聡, 北村隆一: 時間利用パターンを考慮した就業者の交通行動分析, 土木計画学研究・講演集, No.18(1), pp. 321-324, 1995.
- 9) 読売新聞社: 阪神大震災の記録, 読売新聞日刊, p. 19, 1996.1.16.
- 10) 朝日新聞社: '94 民力, 1994.
- 11) Joreskog, K. and Sorbom, D.: LISREL V II-Analysis of Linear Structural Relation by Maximum Likelihood, Instrumental Variables, and Least Squares Methods, User's Guide. Department of Statistics, Univ. of Uppsala, Uppsala, Sweden, 1984.

#### 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

藤井 聡 北村隆一 柘植章英 大藤武彦

本研究では、大規模な地震の発生を想定し、それを十分に考慮した都市計画を検討するための基礎的な知見を得るために、1995年1月17日の阪神・淡路大震災による生活行動・交通行動の変化を対象として分析を加えた。分析を加えたデータは、大阪湾岸地域の居住者を対象として1993年11月、1994年11月にそれぞれWave 1, Wave 2を、そして震災後の1995年6月にWave 3を実施したパネル調査から得た。得られたパネルデータに基づいて、個人の生活圏についてのモデル分析を加えた結果、意思決定構造にも震災が影響を及ぼしていることが示された。また、時間利用パネルデータに基づくモデル分析からは、アクセシビリティ指標で表現される交通のサービス水準の変化量と、倒壊率で表現される震災によって受けた被害の規模が一日に移動に費やす時間(総移動時間)の変化要因であることが分かった。そして、移動時間は、仕事時間や宅外活動時間等の他の活動の実行時間に対して影響を与えていることが統計的に分かった。

#### *A panel analysis of the effects of the Hanshin-Awaji earthquake on travel behavior*

Satoshi Fujii, Ryuichi Kitamura, Akihide Tsuge and Takehiko Daito

In this study the effects of the Hanshin-Awaji earthquake on travel behavior are analyzed using a travel and time use panel data set. This data set was collected in a three-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 which hit the Hanshin-Awaji area in January, 1995. The third wave was carried out in June 1995, after the earthquake. The disaggregate panel analysis of time use and travel indicates that 1) in the Hanshin-Awaji area, the increase in travel time caused the increase in total time spent on travel on a day, in spite of reductions in trip frequency, 2) the level of transportation service and the fraction of collapsed buildings are the factors that contribute to the increase of total daily travel time, and 3) total daily travel time affects individual time use patterns.