

神戸大学工学部 正会員 黒田 勝彦  
 神戸大学工学部 正会員 竹林 幹雄  
 九州旅客鉄道(株) 正会員 ○長生 武志

## 1. はじめに

兵庫県南部地震では、中長距離輸送交通機関で鉄道輸送に代わる代替輸送として、航空輸送が大きな役割を果たした。また、地震後の復旧支援活動なども航空輸送を通じて行われ、大災害時における航空輸送のあり方、空港の果たす役割が問われる結果となった。

そこで、こうした地震後の状況を踏まえて、本研究では、鉄道の不通によって生じたOD交通量の減少分を航空輸送がどの程度まで補うことができたのか分析することによって、地震発生後に航空輸送が果たした役割について評価を行う。そして、災害時における航空輸送のあり方について考察を行う。

## 2. 経路選択モデルの構築

### (1) 経路選択行動の考え方

本研究では、多くの旅行者は、一部鉄道路線の不通のためある程度費用が高くなっても確実に移動することができ、かつ可能な限り最短時間でトリップできる経路を選択したものと考え、旅行者の行動基準を時間最短基準によるものとして定式化を行った。

なお、本研究では鉄道路線の寸断区間に極めて大きな値の交通抵抗を設定している。そのため、この間のリンクを通る旅行者には膨大な旅行時間がかかることとなる。よって、実質的にはこの区間を含む鉄道によるトリップが行えないことと同意になると考えられ、このトリップが行えない人数を初期のOD交通量から減じたものを「地震後のOD交通量」としている。また初期のOD交通量は、平成3年度の幹線旅客純流動調査に成長率を乗じて平成7年1月現在のものとした。

### (2) 時間最短基準による定式化

旅行者の行動は、以下のように記述できる。

$$\min T(x_{ijk}) = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} \cdot t_{ijk} \\ = \sum_i \sum_j \sum_k x_{ijk} \left\{ t_{ijk}^{ai} + \sum_{\ell} \delta_{ijk}^{\ell} \cdot t^{\ell} + \sum_{\ell} \delta_{ijk}^{\ell} \frac{OT^h}{2y^{\ell}} \right\} \quad (1)$$

ここで、 $x_{ijk}$  : i j 間 k 経路の旅行者数

$t_{ijk}$  : i j 間 k 経路の総走行時間

$t_{ijk}^{ai}$  : i j 間 k 経路のアクセス+イグレス時間

$t^{\ell}$  : リンク L の旅行時間

$OT^h$  : ターミナル h の営業時間

$y^{\ell}$  : リンク L の運行頻度 (便/日)

$\delta_{ijk}^{\ell}$  : i j 間 k 経路リンク L についてのクロネッカー  $\delta$  (i j 間 k 経路がリンク L を通る場合 1 をとりそれ以外は 0 をとる)

(1) 式において、第 1 項はアクセス+イグレス時間、第 2 項はラインホール時間、第 3 項は平均待ち時間を表す。また、制約条件としては OD 保存式、リンク旅行者数データが存在する主要航空リンクについての等号条件式、それ以外のリンクについての容量制約式、および非負条件式を与えている。

## 3. 航空輸送が果たした役割の評価

### (1) 航空需要と OD 減少数の関係

図-2 に主なゾーン間における OD 減少数について示す。この図によると、時間経過とともに OD 減少数が改善されている OD ペアは、いずれも関東地方および近畿地方を発着とするものである。一方、時間が経過しても OD 減少数が改善されない OD ペアは、いずれも中部地方および四国地方を発着とするものである。

これは、航空輸送の需要が高い路線ほど、航空会社がそれに対応して運行頻度や路線数を多く設定しているために、災害時にそれが代替輸送としての役割を果たすことにつながったものと考えられる。

### (2) 航空輸送距離と OD 減少数の関係

表-1 に、OD 減少数が地震前の OD 交通量に占める割合を示す。地震当初に OD 減少の割合が高かったものとして、比較的近距离の OD ペアで挙げられる。一方、地震当初に OD 減少の割合が低かったものとしては、いずれも中長距離の OD ペアが該当する。

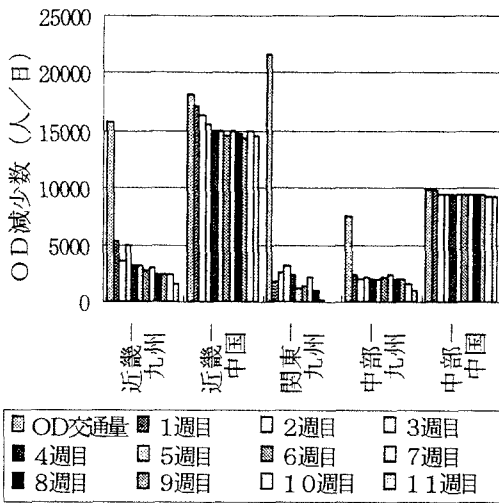


図-2 OD減少数 (モデル推定結果)

表-1 地震当初におけるOD減少率

| 発着ゾーン | 着ゾーン | 減少率 (%) | 発着ゾーン | 着ゾーン | 減少率 (%) |
|-------|------|---------|-------|------|---------|
| 中部    | 中国   | 100     | 中国    | 中部   | 100     |
| 中部    | 兵庫   | 97.4    | 兵庫    | 中部   | 96.3    |
| 近畿    | 中国   | 94.7    | 中国    | 近畿   | 93.5    |
| 中部    | 四国   | 75.3    | 四国    | 中部   | 80.1    |
| 関東    | 中国   | 61.8    | 中国    | 関東   | 52.5    |
| 近畿    | 四国   | 45.4    | 九州    | 中部   | 47.3    |
| 関東    | 兵庫   | 36.5    | 四国    | 近畿   | 40.0    |
| 近畿    | 九州   | 34.2    | 九州    | 近畿   | 38.3    |
| 中部    | 九州   | 30.6    | 兵庫    | 関東   | 28.6    |
| 関東    | 四国   | 28.9    | 四国    | 関東   | 20.7    |
| 関東    | 九州   | 8.1     | 九州    | 関東   | 9.7     |

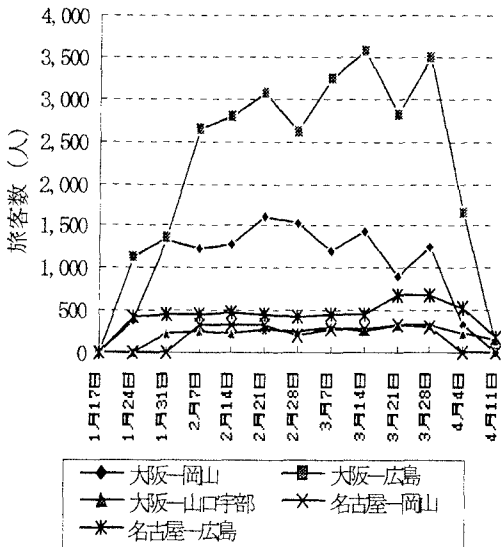


図-3 臨時航空路線の旅客数 (運輸省航空局)

これは、近距離輸送においては、特に鉄道路線寸断の影響がある地方を含む場合、近距離であるがために航空輸送を行うことができず、結果的に多数の旅行者に影響を与え、OD交通量の減少が改善されなかったことを示している。

#### (3) 臨時航空路線が果たした役割

図-3に、臨時航空路線の旅客数の推移を示す。図-2と図-3より、臨時航空路線の旅客数が伸びている大阪-広島間などを含む近畿地方-中国地方間では、OD減少数が改善されている。一方、旅客数伸び率が低い名古屋-広島間などを含む中部地方-中国地方間ではOD減少数が改善されていない。

これは、開設された臨時航空路線の機材容量不足のため、本来であればトリップを行う旅行者が、結局移動手段を失ってしまったためと考えられる。

#### (4) 災害時における航空輸送のあり方

以上の分析結果から、航空需要の少ない路線および近距離輸送において代替輸送としての役割を十分に果たせなかったことが分かる。よって、今後このような災害時には、通常は航空需要があまりない路線でも利用者増が見込まれるため、空港容量や機材容量の許す範囲で、臨時航空便や通勤便を増発することが望まれる。また、航空輸送を行うことが難しい近距離輸送においても、通勤便を導入した臨時航空路線を設定するなど、可能な限りの対策が必要である。さらに、臨時航空路線を開設した場合にも、旅客数数の横ばいが見られる場合には、速やかに機材を増発もしくは大型化することが望まれる。

#### 4. おわりに

本研究では、兵庫県南部地震後に航空輸送および空港が果たした役割について、旅行者の経路別配分計算からOD交通量の減少数を求めることで明らかにした。

今後の検討課題としては、他の交通機関（自動車や私鉄など）による輸送モードを考慮したネットワークモデルの構築などが挙げられる。

<参考文献> 三保木悦幸・黒田勝彦・竹林幹雄・春名薫：シュタッケルベルグ問題としての航空ネットワーク分析，土木学会第50回年次学術講演会iv-390，pp. 780-781，1995.9