

# 首都圏震災時の一部鉄道長期途絶時における 鉄道ネットワークの効率的活用に関する提案

室井 寿明\* (運輸政策研究機構)

## Suppose on efficient use of public transportation network at the long-term a part of railway disengaged during metropolitan earthquake

Toshiaki Muroi\*(Institution for Transport Policy Studies)

There is a possibility of broken the railway network over a long term in case of a metropolitan earthquake. The railway service of a metropolitan area usually has a chronically high rate of congestion, and the decrease of railway capacity is a serious problem. In this study, it proposes building the system that railway capacity becomes the maximum by utilizing efficiently the train line around which it can operate.

キーワード：公共交通，ネットワーク最適化

Keywords : public transportation, network optimization

### 1. はじめに

今後30年以内でM7規模の首都直下地震が発生する確率は70%程度と予想されており<sup>1)</sup>、行政および交通事業者などが震災対策を進めている<sup>2) 3)</sup>。しかしながら、M7規模の首都直下地震時は一部の鉄道区間で長期に渡って運行不能に陥る可能性が高く、その結果として首都圏全体の輸送力低下は避けられないと考えられる。

首都圏の鉄道は通常時においても車内混雑や遅延が慢性的に発生しており、震災時においては輸送力低下によってこれらの問題がさらに深刻化すると考えられる。したがって、震災時の鉄道による輸送力低下を可能な限り最小化することは、減災の観点から見た場合の重要課題の1つであると言える。震災発生2日後程度から、被災した鉄道路線・区間が復旧するまでの数カ月間程度において、被災を免れた鉄道路線・区間を有効に活用し、首都圏全体でできる限り鉄道ネットワークとして機能するような公共交通の体制づくりが必要であるが、具体的にどの鉄道路線や区間でどの程度の頻度で運行できる場合を考慮して、どう代替バスを運行した場合にどの程度ネットワークとして輸送力が確保できるか定量的に把握するシステムは提案されていないのが現状である。

これに対し、震災によって鉄道のどの路線および区間が被災して運行不能となるか、事前に高い精度で予測するこ

とは容易でないため、震災直後にネットワークとして輸送力が最大になるように、運行可能な鉄道路線や区間に基いて代替バス路線の決定などが予測できるシステムを予め構築しておくことが重要になる。

以上のような問題意識を前提として、本研究では首都圏震災時における鉄道事業者およびバス事業者に対してアンケート調査を実施し、交通事業者の現状における震災時対応の意向を明らかにするとともに、鉄道ネットワークによる輸送力最大化のためのシステムを構築するにあたっての考え方について提案することを目的とする。

### 2. 鉄道・バス事業者に対するアンケート結果

まず、首都圏震災時における各鉄道事業者およびバス事業者の対応を明らかにすることで、どのような課題があるかを抽出する必要があると考え、表1に示す項目について首都圏の鉄道事業者10社局・バス事業者8社局にアンケート調査を実施した。また、比較のために阪神・淡路大震災を経験している関西圏の鉄道事業者7社局・バス事業者6社局にも同様の調査を実施した。なお、バス事業者に実施したアンケート調査では、表1に示す項目のうち鉄道事業者と記述している部分をバス事業者に変更したものを実施している。また、ここでの振替輸送とは既存の他鉄道路線または既存の路線バスによって旅客を振り替える輸送と

し、代替輸送は振替輸送が困難であるため、新たにチャーターしたバスによって旅客を輸送することとしている。

表1 鉄道事業者へのアンケート項目一覧

|      |                         |
|------|-------------------------|
| Q1   | 輸送に関する課題認識              |
| Q1-1 | 振替輸送における鉄道事業者にとっての一番の課題 |
| Q1-2 | 代替輸送における鉄道事業者にとっての一番の課題 |
| Q2   | 振替輸送に関する実態              |
| Q2-1 | 振替輸送に関する要領・マニュアルの有無     |
| Q2-2 | 要領・マニュアルが無い場合の対応方法      |
| Q2-3 | バス事業者との協定・協力依頼状況        |
| Q3   | 代替輸送に関する実態              |
| Q3-1 | 代替輸送に関する要領・マニュアルの有無     |
| Q3-2 | 要領・マニュアルが無い場合の対応方法      |
| Q3-3 | バス事業者との協定・協力依頼状況        |
| Q4   | 大規模地震発生時の対応             |
| Q4-1 | 鉄道事業者が果たすべきと考えている役割     |
| Q4-2 | 代替バス実施の予定               |
| Q4-3 | 実施予定の場合の、要領・マニュアルの有無    |
| Q4-4 | 要領・マニュアルがない場合の対応方法      |
| Q5   | 駅構内で発生した滞留した旅客への対応      |
| Q5-1 | 要領・マニュアルの有無             |
| Q5-2 | その記載内容                  |
| Q5-3 | 誘導訓練の有無                 |
| Q5-4 | 具体的な対応策                 |
| Q6   | 駅構外で発生した滞留した旅客への対応      |
| Q6-1 | 要領・マニュアルの有無             |
| Q6-2 | その記載内容                  |
| Q6-3 | 誘導訓練の有無                 |
| Q6-4 | 具体的な対応策                 |

関西の鉄道事業者は、振替輸送と代替輸送に関してバス事業者との協定や協力依頼に差がなく、鉄道の輸送障害に対して振替輸送・代替輸送のいずれも対応することが決められていることが伺える。これに対して首都圏の鉄道事業者は、バス事業者との協定や協力依頼において振替輸送と代替輸送で大きく異なっていることが分かる。振替輸送については全ての鉄道事業者が、関連バス事業者との協定を結んでいるものの、代替輸送については多くの鉄道事業者がバス事業者に対して協力依頼を取っているに留まっており、中にはバス事業者に対して何らの代替輸送も予定していない鉄道事業者もあった。

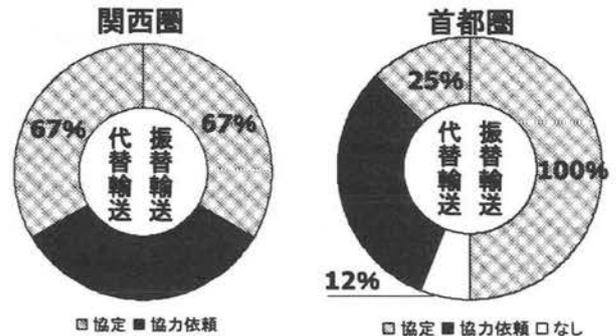


図1 時間帯別混雑率の推定フロー

2-1 鉄道輸送障害時における代替輸送の意向

表2には、数時間から1日程度で復旧するような鉄道の輸送障害時における代替バスに関する要領およびマニュアルに関する回答を、首都圏と関西圏の鉄道事業者別に集計したものである。関西圏と比較して首都圏の鉄道事業者においては、代替バスに関する詳細な項目のマニュアルについて規定されていない傾向であることが分かる。

表2 鉄道事業者の代替バス輸送マニュアルに関する回答

| 代替輸送のマニュアルの内容    | 首都圏 | 関西圏 |
|------------------|-----|-----|
| 代替を依頼するバス事業者の連絡先 | 70  | 86  |
| 代替バスルート          | 40  | 86  |
| 代替バスの乗降位置        | 50  | 86  |
| 人員の確保・参集方法       | 30  | 71  |
| 旅客誘導方法           | 40  | 71  |
| 旅客への情報伝達         | 30  | 71  |

[単位: %]

2-2 バス事業者との対応の違い

鉄道輸送障害時において、鉄道事業者がバス事業者に対して振替輸送および代替輸送を実施することになった場合、バス事業者と協定を結んでいるか、協力依頼を行っているに留まっているか、あるいは何もしていないかまとめたものを図1に示した。

2-3 首都圏震災時における鉄道事業者の危機管理意識

表3は、大規模地震時の危機管理に対する鉄道事業者の取り組み状況について、15項目をそれぞれ5段階評価で自主採点し、首都圏と関西圏の鉄道事業者別に平均値を求めたものである。ここでも関西圏の鉄道事業者は、代替バスの為のバス事業者との協議・協定については高い危機意識を持っていると回答しているのに対し、首都圏の鉄道事業者は地震発生時の列車脱線防止や早期地震検知システムの整備、防災関連機関との地震情報の共有化についての危機管理意識が高く、代替バスについては相対的に危機管理が十分でないという回答であった。

表3 大規模地震時の鉄道事業者の危機管理意識

| 大規模地震時の危機管理に対する設問項目    | 首都圏 | 関西圏 |
|------------------------|-----|-----|
| 代替バスの為のバス事業者との協議・協定    | 3.8 | 4.9 |
| 防災関連機関との地震情報の共有化       | 4.6 | 4.9 |
| 社内の災害対策本部と現場との情報共有化    | 4.1 | 4.7 |
| 早期復旧に向けた、巡回点検や構造物の復旧体制 | 4.4 | 4.7 |
| ...                    |     |     |
| 駅前に滞留した旅客を避難場所へ誘導・案内   | 3.4 | 3.0 |
| 旅客の避難場所へ誘導する際の地域との連携   | 3.8 | 2.9 |

[5段階評価で、値が高いほど危機管理が十分である、という回答]

2-4 首都圏震災時における課題の抽出

以上のアンケート調査から、首都圏の鉄道事業者およびバス事業者の対応として、阪神・淡路大震災を経験してい

る関西圏の事業者と比較して、代替バスに関する要領およびマニュアルの規定が乏しく、また代替輸送に関する協定についても首都圏は関西圏の事業者ほど対策が取られていないことから、首都圏震災時の鉄道ネットワークによる輸送計画策定にあたっては代替バス輸送に主として課題があると考え、代替バスの運行ルートや台数などを考慮した上で鉄道ネットワークによる輸送力最大化を求めるシステム構築を提案する。

### 3. 鉄道ネットワークの輸送力最大化システムの提案

#### 3.1 システム構築上の注意点の整理

ここでシステムを構築するにあたっての具体的な課題を2点挙げる。1つは、被災を免れた、または順次復旧した鉄道路線・区間において、ターミナルとなる駅に旅客が過度に集中することで危険な状況が発生しないか、チェック可能なシステムにすることが必要である。もう1点は、首都圏全体で輸送力が最大限発揮できる鉄道ネットワークを形成するために、どのように代替バスを運行する必要があるかを定量的に把握できるシステムにすることである。

#### 3.2 鉄道ネットワークの輸送力算出の提案

以上で述べた問題点を制約条件として、本研究で求めるものは、首都圏震災時に運行可能な鉄道路線および区間を活用して、首都圏全体で鉄道ネットワークによる輸送力を最大化することである。

そこで、まず震災時において一部の路線または区間で運行不能となった鉄道ネットワークによる輸送力を最大化することを考え、図2に示すような算出フローで震災時の鉄道による輸送力を求めることを提案する。なお、図中にハッチをかけた部分は所与として得られるものとしている。

##### (1) 鉄道利用者の需要推計

震災時は通常時と異なる需要パターンになることが考えられ、通常時の各駅利用者数から私事交通や通学などを除いた震災時の各駅利用者数を算出し、震災時時間別駅間OD表を作成する。

##### (2) 鉄道利用者数を利用可能経路に配分

鉄道運行可能区間や可動車両数に基づいて運行頻度を算出し、運行可能区間ごとに所要時間や輸送力を求め、鉄道運行モデルとして鉄道利用者数を利用可能経路に配分し、時間帯別の各駅のホーム等の滞留者数を求める。

##### (3) ホーム等の旅客滞留箇所における安全性のチェック

上述のとおり算出した各駅のホーム等の滞留者数と、駅構造および駅構内列導線計画に基づいて、エージェントモデルによる安全性のチェックを行う。ここでホーム等に過度な旅客の集中が起こり得る場合は、何らかの鉄道需要の時間的空間的分散もしくは削減策を実施することが必要であり、併せて時間別駅間OD表を修正する。

##### (4) 全駅間ODでの所要時間チェック

震災によって鉄道ネットワークが被害を受け、徒歩また

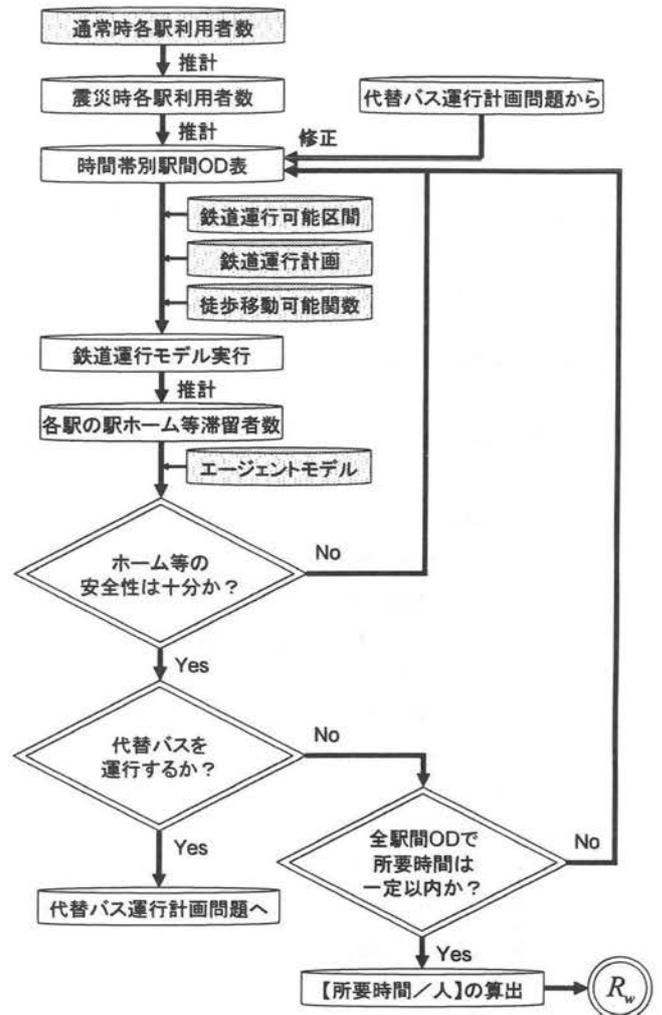


図2 鉄道ネットワークでの輸送力算出フロー

はバス、他の鉄道路線による振替輸送、さらに待ち時間等の増大によって所要時間が大幅に増加することが想定される。このとき、あるOD駅間を移動する際に、所要時間が一定以上になる場合は、移動自体を中止する利用者数がある一定数存在するものと仮定し、時間別駅間OD表を修正する。

##### (5) 1人あたり所要時間の算出

以上の過程によって、震災時に鉄道で輸送可能な人キロおよび総所要時間、そして1人あたり所要時間を求める。ここでの1人あたり所要時間については、運行可能な鉄道路線および区間のみを活用する場合のもので、代替バスを運行させる場合と比較したときのwithoutケースとなる。

#### 3.3 代替バスを活用した鉄道輸送力算出の提案

次に、鉄道運行不能区間において代替バスを活用した場合の、鉄道による輸送力最大化を検討する。ここでは最適バスの路線網構成システムに関する既存研究<sup>4) 5) 6)</sup>を援用することが有効であると考えられる。図2に示したフローの鉄道運行モデルに基づいて決定した時間別駅間OD表から、図3に示すような算出フローで震災時の鉄道による

輸送力を最大化するための代替バスの運行モデルを提案する。

### (1) バスレーン設置可能経路の決定

阪神・淡路大震災時の事例から、震災時に代替バスが有効に機能するためにはバスレーンの設置が不可欠<sup>7)</sup>であるといえる。したがって、まず道路リンクデータの道路幅員や車線数に基づいて、バスレーンが設置可能な路線を絞り込む。これはバスの路線網構成システムで「バス路線網限定モデル」に該当すると考える。

### (2) 代替バス運行路線決定

次に、得られたバスレーン設置可能路線の中から、鉄道運行不能区間を結ぶ最適な路線の組み合わせである「路線

列挙モデル」を検討し、代替バス運行の路線を決定する。

### (3) 代替バスの輸送力を算出

続いて、運行可能バス台数や運転士の人数、運行路線や回送・転回等の所要時間、乗降時間関数、通常の路線バス輸送力を考慮して、バスの輸送力を求め、鉄道利用者を配分する。

### (4) 全駅での最大バス待ち行列チェック

続いて、各鉄道駅での駅前広場等、バスの待ち行列が並ぶ空間が十分にあり、安全性が確保できるか確認する。このとき駅前広場等の滞留者数と、駅前広場の構造および列導線計画に基づいて、エージェントモデルによる安全性のチェックを行う。

### (5) 1人あたり所要時間の算出

上述した代替バス運行時の輸送可能な人キロおよび総所要時間、そして1人あたり所要時間を求める。このとき、代替バス路線の運行経路を他鉄道路線の駅へ接続するような代替バス路線を抽出し、再度鉄道ネットワークでの輸送力算出フローにフィードバックさせ、繰り返し計算によって輸送力最大化を求める。

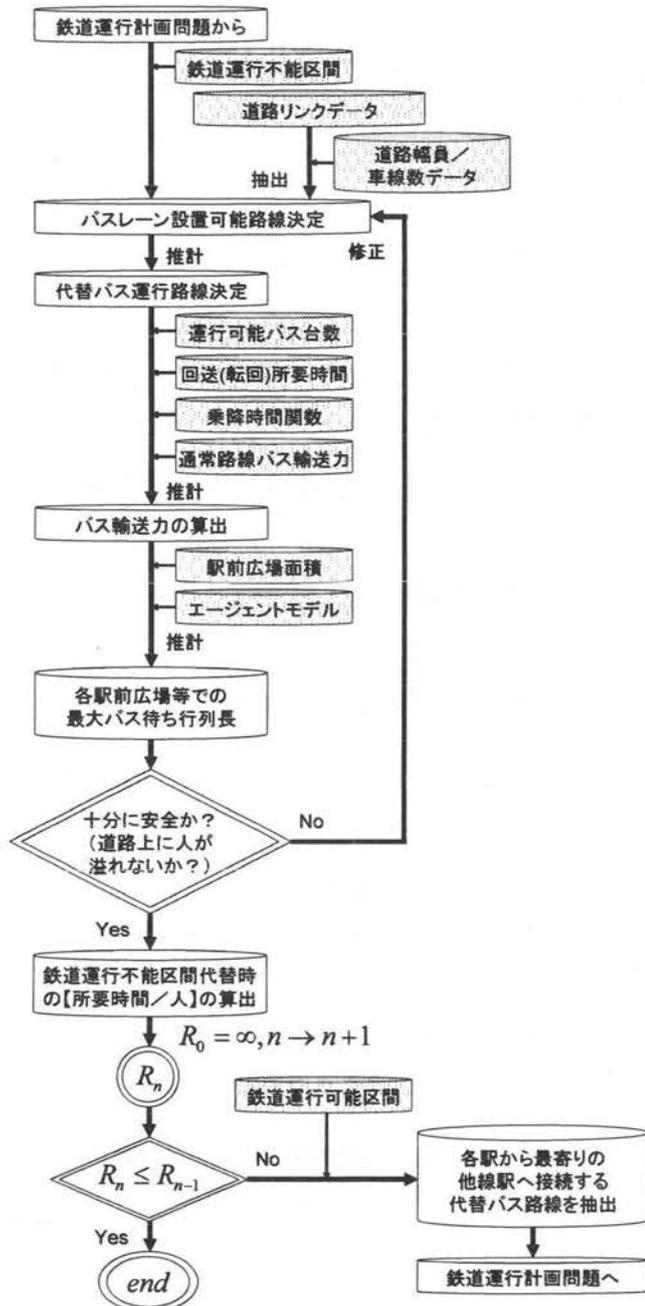


図3 代替バスを活用した輸送力最大化算出フロー

## 4. まとめ・今後の課題

本研究では、首都圏震災時に鉄道の一部で長期運行不能になった場合の、運行可能な鉄道路線・区間および代替バスで輸送力を最大化するためのシステムを提案した。

課題は山積しているが、今後は実際にケーススタディを通じて実効性の検討を行っていく予定である。

## 文 献

- (1) 文部科学省地震調査研究本部地震調査委員会：相模トラフ沿いの地震活動の長期評価について、2004.8  
[http://www.jishin.go.jp/main/chousa/04aug\\_sagami/index.htm](http://www.jishin.go.jp/main/chousa/04aug_sagami/index.htm)
- (2) 中央防災会議首都直下地震対策専門調査会：首都直下地震対策専門調査会報告、2005.7  
<http://www.bousai.go.jp/jishin/chubou/shutochokka/houkoku.pdf>
- (3) 東京都防災会議：東京都地域防災計画 震災編（平成19年修正）、2007.3
- (4) 森地茂，岩井壮三，鈴木純夫：バス輸送改善のための基礎的考察，土木学会論文報告集，第238号，pp.61-68，1975
- (5) 枝村俊郎，森津秀夫，松田宏，土井元治：最適バス路線網構成システム，土木学会論文報告集，第300号，pp.95-107，1980
- (6) 原口友心，高山純一，塩土圭介，加藤隆章：バス路線網再編計画検討システムの構築に関する研究，都市計画論文集，No.36，pp.601-606，2001
- (7) 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会：阪神・淡路大震災調査報告 交通施設と農業施設の被害と復旧，pp.203-207，1998.2