

大震災時における都市鉄道の代行バス運行に関する研究*

Study on Bus Operation as Substitute for Urban Railway after a Big Earthquake*

室井寿明**・森地茂***

By Toshiaki MUROI**・Shigeru MORICHI***

1. はじめに

2036年までに南関東においてM7規模の地震が発生する確率は約70%とされており¹⁾、この対策として鉄道では耐震補強工事など、被害軽減のための対策が進行している。しかし、構造物が損傷、崩壊した場合は阪神・淡路大震災での事例が示すとおり復旧に数ヶ月もの期間を要する。首都圏において複数の鉄道路線が長期に渡り途絶することは、我が国の経済社会活動の停滞に直結することを意味し、その影響は極めて大きいことから、代替交通手段を検討することが必要である。本研究では首都圏の鉄道が全線復旧するまでの交通手段として、バスで代替することに着目する。

一般的に、鉄道とバスは輸送力が大きく異なるため、バスで鉄道の代替を行うのは困難であると認識されている。しかし、バスよりも鉄道に近い代替交通手段があるかといえば、それもまた考えにくい。鉄道が途絶してしまった場合に、鉄道に次いで大量に輸送できる有力な公共交通機関はバスであるといえよう。また、バスは道路が確保できれば最低限の運行は可能であることから、震災時にも早く活用することができる。さらに、阪神・淡路大震災時のJR西日本（以降、JR）東海道線（快速）のピーク時通過人員が31,110人/時に対し²⁾、阪神・淡路大震災時のJRバス代行輸送では約9,800人/時と、鉄道の約1/3をバスで輸送したという実績がある³⁾。すなわち、バスでもある程度の輸送を実現しており、鉄道復旧までの緊急対応輸送手段として有効であるといえる。そこで本研究では、バスで大量輸送を実現させた要因は何かを把握するため、阪神・淡路大震災時の鉄道代行バスの成果と課題について整理する。そして、その結果を踏まえて、首都直下地震時に鉄道が長期に渡って途絶し

た場合の代行バス運行計画のあり方について提案することを目的とする。なお本研究では鉄道の代替手段となるバスを“代行バス”と称することとする。

2. 震災時の公共交通問題に着目した既存研究・調査

阪神・淡路大震災時の教訓を活かすために、これまでも様々な研究が行われている。ここで当時の代行バスを対象として行われた研究に絞ると、バス輸送の供給と利用実態に関しては竹村・家田ら⁴⁾によるものがあり、バスの代替機能の可能性に関しては新田・松村⁵⁾が、それぞれアンケート調査を通じてまとめている。鉄道の復旧過程における鉄道の利用および代行バスの運行実態および利用状況について、研究ではないが調査報告および記録に残っているものはJRや運輸省がまとめたもの^{6),7)}、土木学会、関西交通経済研究センター、国際交通安全学会がまとめたもの^{8),9),10),11)}がある。その他、整理されているわけではないが国土交通省近畿運輸局や神戸大学震災文庫にも代行バスの記録が残っている。しかしながら、これらは主に阪神・淡路大震災時の実態調査を主体としており、将来において十分に起こり得ると指摘されている首都圏大震災を想定し、鉄道途絶時に限られたバスと道路を活用するために、代行バスによって具体的に何について取り組むべきか議論が尽くされているとは言い難い。中川・小林¹²⁾は阪神・淡路大震災発生直後である1～2日間において、どのような交通現象が発生したのかを詳細に整理し、現在の震災時交通対策が抱える課題に言及している。しかしながら、鉄道が復旧するまでの比較的長期間、代行バスで代替する場合に発生する課題と解決案、ならびに解決に必要な施策までは言及されていない。

首都圏震災時において起こり得る交通問題についても多くの研究や調査結果で言及されている。特に多く見られるのは帰宅困難者に関する問題についてであり、中央防災会議では鉄道途絶時における一斉歩行帰宅時の道路混雑状況を推計している¹³⁾。また、防災科学技術研究所では震災総合シミュレーションシステムの開発¹⁴⁾が行われ、道路閉塞によるシミュレーションが進んでいる。東京都は震災時の膨大なデータに基づいて詳細な地域防災

*キーワード：防災計画，計画基礎論

**正員，博（工），財団法人運輸政策研究機構

（東京都港区虎ノ門3-18-19 虎ノ門マリビル3階，
TEL03-5470-8415，E-mail:muroi@jterc.or.jp）

***名誉員，工博，財団法人運輸政策研究機構

（東京都港区虎ノ門3-18-19 虎ノ門マリビル3階，
TEL03-5470-8415，E-mail:morichi@jterc.or.jp）

計画や危険度調査報告書^{15),16)}を公表しており、被害想定や震災対策事業計画を策定^{17),18)}している。他には、鉄道の早期復旧による一斉帰宅行動が及ぼす危険性について言及したもの¹⁹⁾も見られるが、効果的な代行バス運行に関する提案を行った調査や研究は見当たらない。これらのことから、阪神・淡路大震災時の鉄道代行バスの実態だけでなく、何故バスで大量輸送を実現させることができたか、その要因を把握し、成果と課題について整理するとともに、鉄道長期途絶時における代行バス運行計画のあり方について提案することは、震災による経済社会活動への影響を緩和することに貢献するものと考えられる。

3. 阪神・淡路大震災時の代行バスの成果と課題

(1) 調整の場の設置による代行バス早期運行開始

阪神・淡路大震災は1995年1月17日午前5:46に発生した。マグニチュードは7.2、最大震度7を計測した。この大震災により、阪神高速道路の倒壊をはじめ、鉄道施設も大規模な被災を受けた。大阪・神戸間の交通状況は、JR、阪急、阪神の3社による東西方向の鉄道交通を主としているが、山陽新幹線（姫路～新大阪間）を含む3社の阪神間の幹線路線ともに震災によって数ヶ月に渡って途絶した。震災後、図-1に示すとおり鉄道による迂回（一部JRの迂回と指定されていない経路も含む）が実施されたが、迂回経路となるJR播但線、JR加古川線が単線・非電化であったこと、神戸電鉄線も一部単線であったことから、鉄道による迂回輸送だけでは阪神間はおろか姫路・大阪間の輸送も十分確保されているとは程遠い状況であった。さらに、当時は鉄道途絶による代行バス実施の根拠となる法律上の規程が今よりも不明確であり、

また阪神・淡路大震災のような大規模震災によって複数の鉄道路線が同時に途絶することは、当時としては全く想定されておらず、代行バスを実施するかどうかの意志決定者も定まっていなかった状況であった。

このような中、阪神間の陸路を一刻でも早く確保すべく、近畿運輸局の主導で各鉄道事業者によるバスによる輸送の検討が打診され、これが阪神間の代行バス実施の契機となった。当初、JR、阪急、阪神はそれぞれ途絶区間や運賃等の相違から各社が独自に代行バス計画の検討を行っており、運行開始、路線、発着場所、運行時間、運行本数などの詳細な運行計画は各社で異なっていた。さらに、表-1に示すとおり、JRでは当初は1/22に開始する計画であったが、人員やバス車両の手配および道路空間の確保が容易でないこと、鉄道の復旧を見込むことで運行区間を極力最小限にする必要があるとの判断から、運行開始を1/30とする計画案の修正に至った。このよう

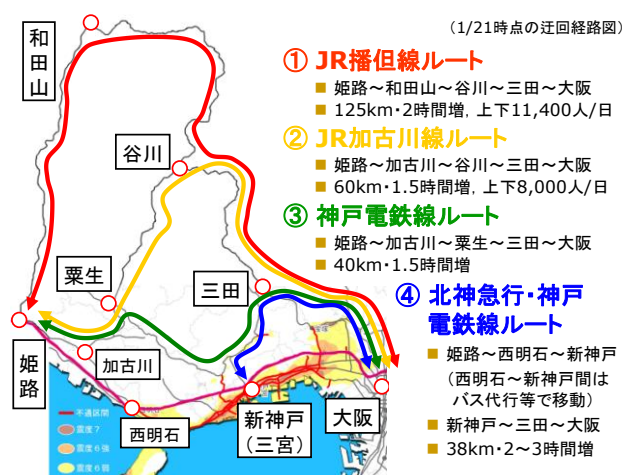


図-1 鉄道による迂回経路

表-1 鉄道の被災・復旧と代行バスの実施状況

日時	鉄道	バス代行輸送
1/17 5:46	地震発生	
1/17 11時	・本線上脱線車両確認(JR)	・近畿運輸局から鉄道事業者によるバス代行輸送指示
1/17 夜	・脱線車両載線開始(JR)	
1/18 6時	・39/51区間で運転再開(JR) ・23/50区間で運転再開(阪急)	・緊急車両通行路線指定 ・運行開始日を1/22とする計画案を作成(JR)
1/19 20時	・42/51区間で運転再開(JR)	・災対法による交通規制(神戸市)
1/20	・鉄道施設被害状況判明(JR)	・運行開始日を1/30に修正(JR)
1/21		・近畿運輸局主導で運行開始日を1/23とする案に再修正(JR)
1/23	・須磨～西明石間運転再開(JR)	・バス代行輸送開始、各駅停車便のみ(JR・阪急・阪神)
1/24		・国道2号交通規制
1/25	・甲子園口～芦屋間運転再開(JR)	
1/27	・脱線車両載線終了(JR)	
1/28		・国道43号開通/バス専用レーン設置 ・各駅停車便+ノンストップ便運行開始(JR・阪急・阪神)

に、鉄道事業者側の判断としては安全、かつ十分な輸送体制が整うことが優先されるため、運行開始に至るまでの準備期間が長くなる。しかし、復旧や復興のために、一日でも早く陸路による移動を確保する必要があるという意見もあり、近畿運輸局の判断および指導のもと、当局、JR、阪急、阪神およびバス事業者による調整の場が設置された。これにより以下の項目について合意が得られた。

- 1) 運行区間の一部統一（三宮発着）
 - 2) 運行時間の統一（6:30～22:00）
 - 3) 運行ルートの統一（国道2号、山手幹線）
 - 4) 定期・回数券利用者はJR、阪急、阪神いずれのバスにも乗車可能とする取り扱い
 - 5) バスに表示するステッカーや乗降場の機材の統合
- このように、代行バス運行の調整を行う場と、それを設置してリーダーシップを発揮した主体（この場合は近畿運輸局）が存在することで、人員や機材の縮小を可能にした。その結果、3社合意で1/23から一斉に運行開始に至ったことが成果のひとつといえよう。

（2）バス専用レーンと直行便導入による輸送改善

関係各所の取り組みにより、大震災から僅か1週間で代行バス運行開始に至った。しかし、運行開始から間もなく、数々の問題に直面した。

- ・ 鉄道途絶のため、一般車両の増大
- ・ 三宮駅付近、山手幹線で大渋滞発生のため、計画では所要時間片道50分が、最大で4時間
- ・ 準備不足による混乱。具体的には代行バス識別が不明確、発車承認者の不在、大渋滞時の停留所以外による降車便宜扱いの不統一、等

ここで、代行バスが走行する山手幹線や国道2号では一般車両の流入規制が実施されたが²⁰⁾、緊急物資輸送車両や廃棄物処理車両等、震災時には多くの緊急車両が被災地に流入することになった。また、流入規制を行うにあたって、単純に車両の外見のみで緊急車両と非緊急車両を二分することは難しく、渋滞が発生した。そのために代行バス運行に大きな支障をきたすこととなった。この問題を緩和するためバス専用レーンが導入され、流入規制の中でさらにバスのための専用車線が設置された。その結果、1/28時点で代行区間長11.4kmのところ所要時間は約70分～240分であったのが、約50分～120分に短縮された。すなわち、一般車両の規制だけに留まらず、代行バス運行に際してはバス専用レーンの導入およびそのための事前検討が必要不可欠であることを示している。

また、利用者の大半が鉄道途絶区間の両端間を移動することから、技術的工夫として、阪神間を結ぶ主要幹線道路である国道2号および国道43号の2路線で代行バスが運行されることとなった。これにより、国道2号上を

走行して鉄道途絶区間の各駅に停車する「各駅停車便」と、国道43号上を走行して鉄道途絶区間の両端をノンストップで結ぶ「直行便」のバスを運行させることで、所要時間の短縮と輸送力の増強を図った。直行便によってバスの効果的な運行を実現した。図-2に示すとおり、バス専用レーンの導入によるバスの所要時間の削減、各駅停車便と直行便の2路線化、および鉄道の順次復旧により阪神間の所要時間が震災前の水準に近づくにつれ、代行バス利用者が増加しており、社会経済活動の回復に大きく寄与したことが分かる。

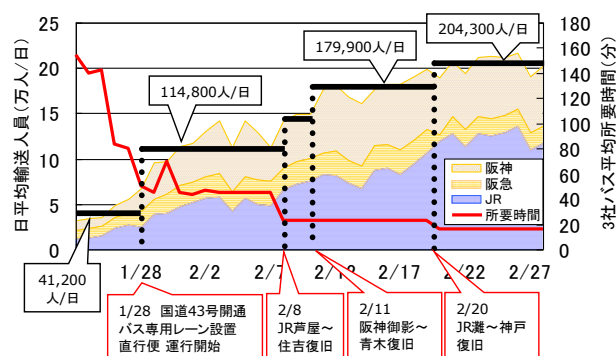


図-2 代行バスの利用者数の推移

ここで、バス専用レーンを設置したにもかかわらず、所要時間が短縮されないという課題があった。それは、三宮でのバス折返しである。当初、東側である大阪方面から到着したバスは、図-3に示すように三宮の駅前を横切る国道2号の路上に降車停留所が設定された。ここで利用者を降車させたバスは、図上の実線矢印上を通過して国道2号の反対車線側に設定された乗車場所まで回送することになっていた。ところが、この回送の区間はバス専用レーンが設定できるような複数車線がなかったために、回送区間の約1kmを進むのに60分もかかってしまうという事態が発生した。



図-3 三宮の代行バス折返しルート

これでは、運行側にとってはバスを増発させても効果的に運用することができず、三宮から乗車する利用者

側から見れば大阪から来るバスは次々に到着しているのに、三宮を出発するバスはいつまで経っても来ないことになる。さらにバス専用レーンを管理する側である警察にとっては、苦勞して開通させた虎の子の道路について営業区間上の随所に警察官やガードマンを立ててまで設置したバスレーンなのに、いつまでもバスが走らないことになり、ガラガラの車線ができてしまい一般の納得が得られないという、運行側と利用者側そして管理側の全てにとって不幸な状況であった。結局、警察および公安委員会の判断で、図-3の点線の矢印上を通る方法、つまり駅前ロータリーに進入して乗車場所まで回送する方法が認められ、スムーズにバスが運行されることとなった。このことから、代行バスの運行は、営業区間上のみにはバスレーンを設置することだけでなく、回送する区間も円滑に走行できることが極めて重要であることが教訓として得られたといえよう。

(3) 乗降方法の工夫による輸送力の向上

バス専用レーンの導入により、所要時間の大幅な短縮を実現したものの、それだけでは輸送力を大幅に向上させることはできない。

通常の乗降場では、バスが到着次第、乗客を乗降させる。これは最も単純な方法であり、バス台数および列整理人員も最小限で済むというメリットがある。しかし、連続でバスが到着した場合は、先頭のバスだけが乗降を行い、後続のバスは先頭のバスが出発するまで何もせず、ただ待機しなければならない。1台あたり約3分の乗降時間を要したとすると、この方法では1時間あたり20台のバスしか出発させることができず、輸送力はせいぜい1,500人程度に留まってしまう。

そこで、阪神・淡路大震災時では、図-4に示すように“バス滞留所”を設け7台で1編成化させるまでバスを待たせることとした。編成化したバスを乗降場まで移動させ、利用者は7台のバスに一斉に乗車することとした。さらにバスの運行を3分間隔に維持することを最大優先とした、いわゆる「列車方式」を採用した。この工夫により、定員70人/台×7台を1時間に20回（3分間隔）運行することで、約9,800人/時という輸送力を実現した。

しかしながら、この列車方式の採用にあたっては、課題が山積していた。

- 1) バス編成化に必要な滞留所の確保
- 2) 運行台数調整に必要な待機場所
- 3) 利用者の乗車待ち空間
- 4) 多くのバス台数が必要
- 5) 発車承認者および整理人員の確保

である。滞留所を設置するだけの道路空間確保も大きな問題だが、バスが延々と道路上に待機すると他の一般交通への影響も小さくない。そこで、一時的にバス台数を調整するための“バス待機場所”を設置した。これは復旧予定地を臨時で借用、あるいは建設予定地であった場所を一時的に利用した。また、利用者の乗車待ち空間が確保できるだけの駅前広場がなく、やむを得ず駅から数百m程度離れた道路上に乗降場を設置するなどの工夫もとられた。

(4) 代行バス車両・運転士の確保

バス専用レーンでの所要時間短縮、列車方式による輸送力の向上により、代行バスによる輸送は極めて重要な役割を担っていった。そのために、JRでは1日あたり最大で135台ものバスが投入されていた。そこで、100台/日以上ものバスをどうやって確保したかを整理することとした。図-5には、JRの代行バス実施のために受けた応援のバス台数を示している。JRの系列会社からの応援は35台～50台/日程度であることが分かる。すなわち、鉄道事業者の系列バス会社だけでは十分なバスを集めることができず、神姫バスおよび大阪・兵庫バス協会からの応援が大半を占めたといえる。特に2月は大阪バス協会、3月になると兵庫バス協会からの応援が多くを占めるようになっていく。また、表-2に示すとおり、バス協会を通じて応援に駆けつけたバス事業者数は36にも達した。このことから、鉄道による輸送力が大きく、かつ自社系列の保有バス台数が少ない事業者がバス代行輸送実施に際しては、鉄道事業者が保有しているバスだけでは大幅に不足することが懸念され、バス協会などを通じた応援を検討することが必須であるといえる。また、応援を受けるにも震災直後は被災地域でバスを集めることが難しく、周辺地域からバスを集める事態が発生する可

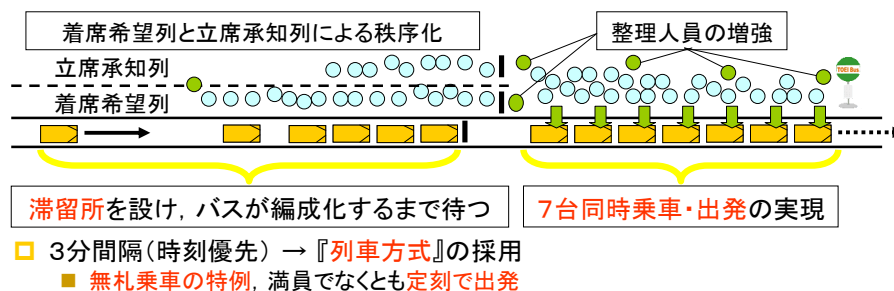
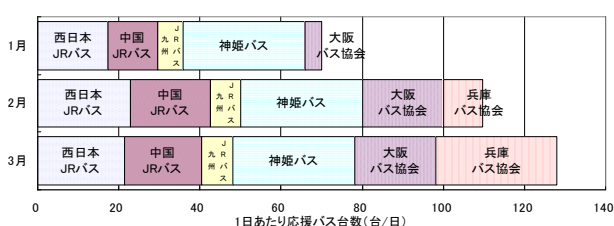
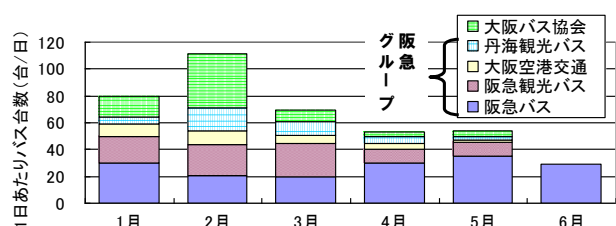


図-4 列車方式によるバスの複数台同時乗車・出発

能性もある。一方、図－6には阪急のバス代行輸送実施のために受けた応援のバス台数を示している。阪急はJRと比較して自社系列会社に多くバスを保有しており、大阪バス協会を通じて受けた応援バス台数はJRより少なく、1日あたり10台前後であった。それでも、1月から2月にかけてはバスが不足し、ピーク時は1日あたり40台程度応援を受けていた。以上のことから、JR、阪急、阪神ともにバス協会からの応援を受けてバス代行輸送を実施していたことが分かった。また、3月以降の復興期・安定期に入っても3社とも自社系列会社から代行バスに投入してきたバス台数はさほど変化していないことも分かった。この理由として、乗合バスは減便できず、貸切バスと予備車を主に利用せざるを得なかったために、自社系



図－5 JRが受けた月別平均1日あたり応援バス台数



図－6 阪急が受けた月別平均1日あたり応援バス台数

表－2 バス協会を通じて応援を出したバス事業者一覧

JR西日本 阪神電鉄	(以下、JR西日本・阪神共通) 水間鉄道、都島自動車、大阪観光バス 岸和田観光バス、大阪緑風観光 大阪名鉄観光バス、商都交通、近江鉄道 奈良交通、大阪ヤサカ観光バス 大阪国際観光バス、両備バス、大阪滋賀交通 関西空港交通、日本周遊観光バス、中央交通 大阪西鉄観光バス、アクロス観光バス、 中央観光バス、大川自動車、 大阪コンビナートバス、名阪近鉄バス、 南海観光、紀和交通、 日本交通(鳥取)、日本交通(大阪) 明石市交通部、大阪淡路交通、姫路観光バス	(以下、3社共通) 近畿日本鉄道 帝産観光バス (大阪・神戸支店) 大阪淡路交通 北港観光バス 日本交通 国際興業
	阪急電鉄	全但バス、京阪バス、神戸観光バス

列会社だけでは投入できるバス台数に限界があったものと考えられる。

また、代行バス実施に際して、鉄道事業者による主な業務としては以下のようなものがあつた。

- 1) 利用者の乗車待ち列の誘導業務
- 2) バス乗降場、所要時間の案内業務
- 3) 乗車券(乗車票)発券業務
- 4) 精算および乗車券確認業務

鉄道途絶区間の両端駅では、列車が到着すると利用者が一気にバス乗降場へ殺到するため、これの誘導や乗車券(乗車票)の発行には極めて多くの人数を必要とした。また、バス到着時の精算にも同様であつた。しかしながら、鉄道事業者は一刻も早く鉄道を復旧することに全力を傾注することが求められており、バス代行輸送実施に人員を多く割くことが難しい状況であつた。

この人員不足に対処するため、退職した社員を臨時で採用し、また新幹線が途絶していたため新幹線運転士を上述の業務に充てるなどの工夫を取った。

(5) 効果的な代行バス運行路線の設定

阪神・淡路大震災時は、これまで述べてきたように震災から日を追うごとにバス利用者が増加し、それに合わせて事業者もバスを順次増車することで対応していた。この時の道路交通状況は詳細な資料が残っていないため、当時の運輸局や事業者の現場担当者からヒアリングを行ったところ、ここで新たに発生していた問題があつた。それはバスの大幅な増車に伴い、道路上にバスが溢れ、交差点やバスの終点を中心にバス自身が渋滞の要因となっている現象が発生していたことである。一方で、大震災時は復旧・復興支援物資輸送車両や大量のがれきりや廃材の処理車など、様々な車両が道路を利用するため、警察も震災3週間後に道路交通量削減の意向を示すこととなり、代行バス台数も削減の対象となつた。これに対し、JR、阪急、阪神とも鉄道の全線復旧に至っておらず、代行バス台数を削減することは不可能な状況であつた。

この状況に対し、図－7に示すとおり2/11に阪神青木～御影間が、2/13に阪急王子公園～御影間が復旧した。この時、阪急は阪急御影～西宮北口間の代行バス利用だけでなく、阪神の振替輸送を活用することで輸送力を向上させようと、阪急御影～阪神御影間を結ぶ連絡バスを阪急が運行した。これが鉄道沿線方向とは異なる路線を運行する鉄道連絡バスのきっかけとなつた。さらに2/20になると、JR三宮～灘間、阪神三宮～岩屋間の復旧に伴い、JR(阪神)～阪急～阪神と鉄道を乗り継ぐことで阪神間の所要時間はさらに短縮することとなつた。阪急の三宮～西宮北口間を代行バス直行便に乗車した場合は1時間半程度に対し、鉄道を乗り継いだ場合は約50分となつた。この時の状況を図－8に示す。この復旧した鉄道を乗り継ぐ上で、鉄道連絡バスは大きな役割を果たした。これにより、阪急は三宮～西宮北口間の代行バス直行便を廃止した。図－9にJR、阪急、阪神それぞれの代行バス台数を示す。また、3/12には阪急三宮～王子公園間が復旧し、三宮～大阪間が鉄道で移動できるようになり、阪急と阪神はさらに代行バスを削減することができ、2社の合計バス台数は、3/13には90台/日と、ピーク時である213台/日の半数以下となつた。このように、鉄道

を“リレーする”役割を担う鉄道連絡バスと振替輸送の活用によって、代行バス台数を削減しつつ所要時間短縮と輸送力増加を実現したことは、長期鉄道途絶時における大きな教訓であるといえる。

その一方、鉄道連絡バス運行にも課題がある。阪急と阪神という異なる鉄道事業者の鉄道駅を結ぶ路線のため、運行主体をどちらにするか、あるいは両事業者が共同で運行するか、という問題である。いずれの形にせよ、運行責任や費用負担、鉄道復旧状況に応じた運行本数や経路変更の調整など、両者間で協議しなければならないことが発生しうするため、ある程度の事前協議が必要であるといえよう。

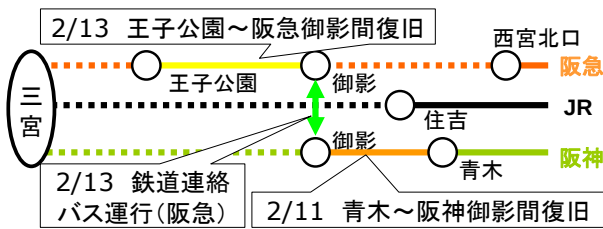


図-7 2/13時点の鉄道復旧状況

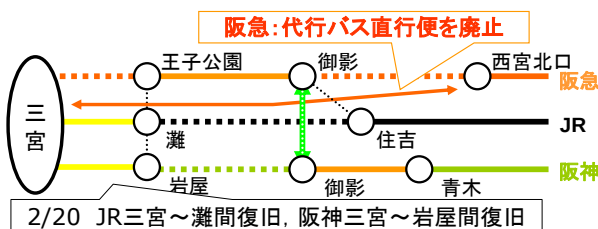


図-8 2/20時点の鉄道復旧状況

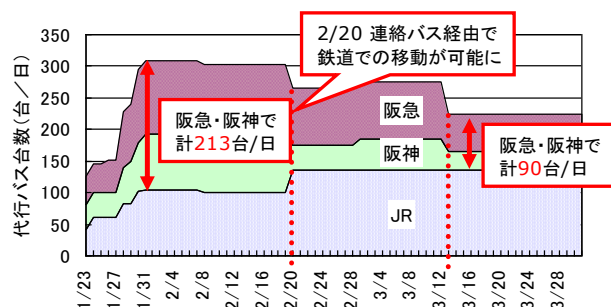


図-9 JR、阪急、阪神の各社代行バス台数の推移

4. 代行バス運行計画のあり方に関する提案

これまで述べてきたように、阪神・淡路大震災時の代行バスに関して、バスで大量輸送を実現させることができた要因について把握し、運行の際の具体的な課題を明らかにしてきた。これを踏まえて、首都圏震災時における鉄道の長期途絶時の代行バス運行のための手順と、運行に際して共通の課題となると考えられる点について整理し、その解決策と実施のための要件を提案することを試みる。

まず大前提として、スムーズに代行バスの運行が開始されるために、鉄道事業者、バス事業者、自治体、運輸行政、警察との連携が必須である。具体的には、鉄道、道路の被災状況を迅速に集約化し、代行バスの運行の判断がなるべく迅速に決定されるための体制が必要となる。鉄道の代行バスによる大量輸送に関しては、鉄道事業者あるいはバス事業者が単独で行うことには限界があり、バスを保有していない自治体や運輸行政、警察だけで代行バスを実施することも当然不可能である。これらが上手に連携されるように事前に検討することが不可欠であろう。当時は、近畿運輸局が軸となったこともあり、運輸局や警察の手続きに関しては簡略化してでも輸送の確保に尽力することができたことは、重要な結果であると考えられる。

その上で、阪神・淡路大震災時の資料によると、JRが代行バスによる輸送決定に至るまでのプロセスが記録として残っている⁶⁾。これによると、実際に代行バスの運行計画を策定するにあたっては、以下の3点が方針として存在していた。①バスによる代替輸送を行う場合、確保に限りある台数で、最大限の輸送力の供給を図るため、運行区間は極力短区間とする、②一般自動車道と分離した道路による円滑な走行、乗降場所、バスプールの確保等、一定の条件が整うことを前提とする、③鉄道の復旧状況に応じ、段階的な輸送体制を構成する、とある。JRではこの方針のもとで、具体的に朝ラッシュ時における復旧区間の鉄道輸送需要を基に、鉄道が途絶した全区間を代行バスで運行するとした場合の片道所要時間を算出し、必要なバス台数を求めていた。その結果、用意できるバス台数が約十数台に対し、必要なバス台数は約280台と大幅に乖離していたため、JRは早期に代行バス運行を開始することは難しいと判断せざるを得なかった。

その一方で、第3章の(1)で述べたように、復旧や復興のために、一日でも早く陸路による移動を確保する必要があるという意見もあった。このことから、限られているバスで、全ての鉄道途絶区間を結ばずとも、早期に運行を開始することが重要であるとの考えもあり、実際の阪神・淡路大震災時では、JRは41台のバスで一部の鉄道途絶区間を運行することで、運行開始時期を当初計画より1週間早く前倒した。

ここでの要点は、以下の3点に整理することとした。

①輸送力や輸送区間を限定して、一日も早く実施できる体制づくりを優先するか、②時間をかけて多くの運転士やバスを確保し輸送力を増強するか、③限られたバスと道路などの制約条件の中で輸送力をいかに発揮できるか、である。ここで挙げた3点のどれを重視し、どの時点で運行開始を決定するかが求められるといえる。以上の背景や資料および第3章で述べたことから、鉄道長期途絶時の代行バスの運行計画を検討する上では、このような

難しい判断を迫られる中で、少なくとも以下の4点を明らかにすることが必要であると考える。

- 1) どの鉄道途絶区間を結ぶ代行バスを運行するか
- 2) 運転士・バス台数はどの程度確保できるか
- 3) 投入するバス台数に対して輸送力が得られる環境が確保できるか（バス専用レーン設置など）
- 4) 所要時間はどの程度か、道路被災状況を踏まえた運行ルート上の所要時間の目途が付くか（必要なバス台数の算出に必要）

鉄道および道路の被災状況が判明した上で、以上のことについて見通しが立てば、代行バスを運行するかどうかにおいて最低限の判断要素になると考えられる。もちろん、実際に運行計画を実施するにあたっては、バス停の設置箇所や関係社員の操配、マニュアルの作成等々の課題を解決する必要があるが、ここではその詳細は触れないこととする。以降は、これまで述べてきたように、代行バスが効果的に運行するためには各項目において課題が存在するため、各項目の問題点と要因、解決策と実施のための要件の提案を行うこととする。

（1）代行バスで運行すべき区間

代行バスの運行計画を定める際に、鉄道事業者が最初に検討するのは、鉄道の途絶区間を全てバスで輸送することが可能かどうかであると考えられる。この時の問題点としては、他社の鉄道との連携不足や、途絶区間の全てを代行バスで運行すること自体に無理が生じてしまう恐れがある。阪神・淡路大震災時では、代行バス運行の準備に限界があったこともあり、一部の途絶区間のみを運行するような体制になった。ここで表-3に、どの区間を代行バスで運行するべきか、その時の問題点と要因、解決策と実施のための要件についてまとめたものを示す。

ここで重要な点は、震災時は人材も機材も不足しがちになるため、人材や機材が不要なところに投入されることは極力避けることが望ましい。したがって、鉄道が早期に復旧する（当日中や2～3日後には復旧の目途が立つような軽微な被害）区間や、振替輸送や徒歩を活用することで代行バスの運行を待たずとも良い鉄道駅がある場合は、より代行バスが求められる区間に人材や機材を振り分ける方が望ましいといえる。

このように、効果的な代行バス運行区間をより適切に設定するためには、再開見込みの早い鉄道との連携、それにより代行バスの運行ルートを絞ることが重要であると考えられる。提案としては、震災時の鉄道の運行途絶区間について、当時のJRが分類したように、①当日または翌日の始発までに再開できる区間、②復旧まで2～3日要する区間、③復旧の目途が立たない区間というような、復旧の目安を各鉄道事業者間で共有することが挙げられる。そして、各社が迅速に復旧目安を把握した上で、例えば運輸局を軸とした情報集約が確実に行われ、鉄道事業者にフィードバックされるシステムの構築が望ましいと考えられる。これにより、復旧の目途が立たない区間のみ、あるいは他社線の振替輸送も難しく代行バスによる輸送を行わなければならない区間を明らかにすることが可能となる。

（2）運転士・バス台数の確保

代行バスを運行することが望ましい区間が明らかになった場合、次に問題になるのが運転士やバスの確保である。バスで運行せざるを得ない区間であったとしても、バスが十分に集まらなければ利用者が殺到することになり、かえって危険な状況を招く恐れがある。供給面において、運転士やバスの確保は極めて重要なファクターで

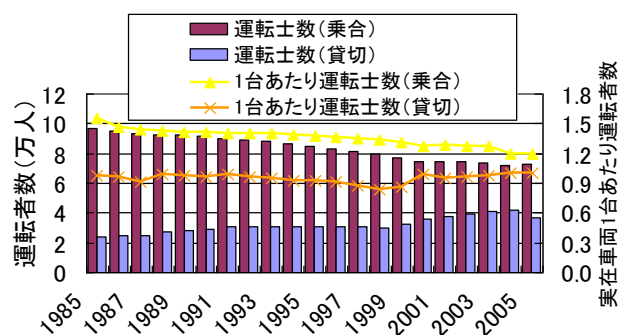
表-3 代行バスで運行すべき区間の検討

STEP1：どこを代行バスで結ぶか？		
問題点と要因：	解決策(提案)：	実施のための要件：
鉄道との連携不足、全途絶区間をカバーする代行バス運行は非合理的な可能性	鉄道との連携、それにより代行バスの運行するルートを限定	連携体制の確立、情報集約・迅速化、事前検討
1) 他社線の復旧見込みの情報共有されず、急いで代行バスを運行させるべき区間を誤ってしまう恐れ	・ ①当日（or 翌日始発）、②2～3日、③復旧の見込みなし、など復旧見込みの共通化	○各社被災状況の共有化 ・ 被災状況把握の迅速化 ・ 運輸局を軸とした情報集約 ・ 通信手段の多重系化
2) 鉄道の未活用によっては他に集中投入できたはずのバスを分散させてしまう可能性	・ 事業者別の途絶路線や運行不能駅を結ぶルートに拘らず、地域全体でカバーするための体制づくり	・ 当該鉄道路線途絶時、代替駅となり得る駅を事前検討 ・ 事前検討のための折返設備の状況、変電所のカバー範囲を共有化

ある。ここで、表－４に運転士とバス確保に向けた提案についてまとめたものを示す。

第３章で述べたように、被災地域においては運転士も事業者も被災者である。そのため、運転士自身や家族が被災した場合は代行バスとして運行すること自体が困難であり、また事業所自体が被災してしまう恐れもある。したがって、阪神・淡路大震災時にも被害の比較的小さかった周辺地域に応援を求めることによって、バスや運転士を確保した。すなわち、事前に被災地外から広く迅速に応援できる体制や仕組みづくりが重要になる。さらに、震災時には大胆な特例もひとつの案として検討することも重要であると考えられる。例えば、実際に阪神・淡路大震災時にもあった事例として、乗務員は出せるがバスは出せないといったケースに対して、他社のバスでも免許保有者であれば特例で代行バスの運行が許可された。この他、通常バス路線の部分的運休や減便により運転士やバスを捻出することも挙げられる。バス事業者は、基本的には路線を維持することを優先するため、鉄道途絶により利用者が激減した路線も通常の便数を確保することが合理的であるとはいえない可能性がある。

バス事業者の判断で、路線の弾力的運用が可能となるような事前検討も考えられよう。また、阪神・淡路大震災時には力を発揮した貸切バスの活用も図っていくことが挙げられる。図－１０には、全国の路線および貸切バスの運転士数について示したものの²⁰⁾である。これを見ると、路線バスの運転士はあまり増加していないが、貸切バスの運転士は増加傾向にあることから、貸切バスについても、バス事業者の判断あるいは何らかの基準を設けて運転士やバスを確保する（震災時に予約の何%がキャンセル



図－１０ 全国のバス運転士数の推移

表－４ 運転士とバスの確保のための提案

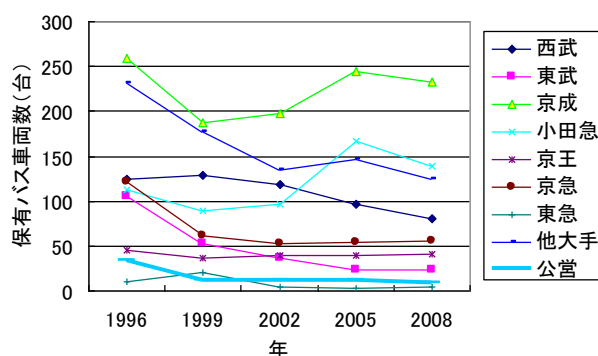
STEP2：運転士・バス台数はどの程度確保できるか？		
問題点と要因：	解決策(提案)：	実施のための要件：
需要に対する供給力(バス台数)の不足	バス、運転士の確保	体制、制度の整備
1) 運転士や事業所自体が被災する恐れ	- 被災地外からの応援による運転士や車両の確保 - 環境規制(排ガス規制)の一時的緩和による車両の捻出(都道府県ごとに規制が違うため)	- 広域的な応援要請の体制、仕組みづくり - 被災地外から応援のバスのための車庫空間拠出の事前検討(公園、学校、広域避難所など)
2) 事業者ごとに、運転士はいるが車両不足、またはその逆の状況に陥る恐れ	他社保有のバスでも代行バスの運転に就くことを許可する特例の運用	- 特例の事前策定、事故発生時の責任所在明確化 - 運転士の訓練期間が特例で短縮化できる制度の策定(通常は2週間～1ヶ月) - 定年退職者の把握
3) 路線バスの予備車保有の限界、路線優先のために代行バスに充当できる台数の不足	バス路線の一時的な部分運休、あるいは減便の特例の運用	バス事業者の判断で震災直後から路線運休や減便できる特例制度の整備
4) 大手貸切バス事業者の規模縮小により代行バス台数の確保が容易でなくなっている	運行事業者が通常運行をキャンセルできる特例の運用	事業者の判断で震災直後から貸切運行を中止できる特例制度の整備

ルした場合は、事業者側から便そのものを運行取り止めにできる、など」といった手段も検討する意義は高いと考えられる。一方、図－１１には首都圏の大手鉄道事業者あるいは系列会社が保有している貸切バス台数の推移を示した²¹⁾。これを見ると大手事業者の貸切バス台数は年々縮小傾向にあることが分かる。さらに、図－１２には2008年において日本バス協会に加盟しているバス事業者が保有している大型貸切バス台数の内訳を示しているが、首都圏の大型貸切バスのうち大手私鉄（および系列会社）が保有しているのは25%に満たない。阪神・淡路大震災時には神姫観光バス、阪急観光バスなどの比較的大手の貸切バスを持つ事業者が代行バスを中心的に担った。それが首都圏に限らず、全国で小規模の貸切バス事業者が増加し、競争条件が厳しくなるなど大手の貸切バス事業者がその規模を縮小せざるを得ない状況にあることは、これらの図から伺うことができる。阪神・淡路大震災時は鉄道事業者が大手のバス事業者から比較的多くのバスを手配することができたが、今はそれが難しくなっていることが考えられる。当時は、大手のバス事業者からの手配だけではバス台数が不足したため、バス協会を通じて小規模事業者からも少しずつバスを集めたことが分かっているが、首都圏ではさらに広範囲に小規模事業者からバスを集める体制づくりも重要になるものと考えられる。

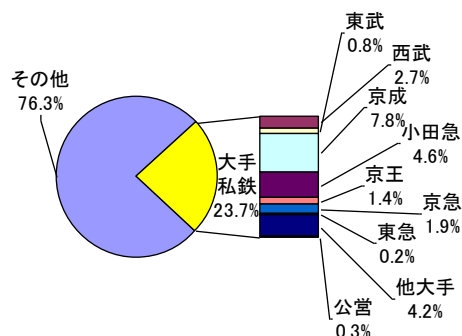
（３）輸送力増加のための環境づくり

運転士やバスが十分に確保できる見通しが立った時点で、続いて問題となるのは輸送力を増加させるための環境をどう整備するかであると考えられる。第３章で述べたとおり、バスの乗車は１台あたり少なくとも約２～３分程度を要することが分かっている。首都圏の通常のパス路線で、朝ピーク時に47本／時を運行し、最大３台同時発車を行っている路線（2010年2月現在。幕張本郷～海浜幕張～マリスタジアムを結ぶ路線。運行主体は京成バス）でも、最短の発車間隔は２分で設定されている。今、最低乗車時間を２分とした場合、もし１台ずつ乗車したら１時間あたりに捌けるバス台数は30台に留まる。しかし、これらは車外にゲートを設けて、そこで運賃扱いを行っているので、車内で乗務員が運賃扱いを行う場合はさらに時間がかかることになり、結果として１時間あたりに捌けるバス台数はさらに小さくなる。したがって、通常の乗降方式には限界があるため、30本／時よりも多くのバスを用意できる場合は、輸送力増加のための対策が重要になると考えられる。表－５は輸送力増加のための提案についてまとめたものである。

まず取り組むことが望まれるのは、上述したように、一定以上のバスが確保できる場合、乗車にかかる時間が延びるほど、それだけ単位時間あたりの輸送力低下に直



図－１１ 大手事業者における貸切バス保有台数



図－１２ 日本バス協会加盟別の貸切バス保有割合

結してしまう。極力、乗車時間を短縮することが重要になる。そのためには車外での運賃取扱いを行うための体制づくりであり、利用者が安全に整列するための空間確保が必要である。また、運用として運賃取扱いを行う乗車券発行所とバス乗車待ちの待機列を分離すること、さらに利用客のバスの乗車を優先するために乗車停留所側での運賃取扱いをせず、到着停留所側の車外で運賃精算を行うことが考えられる。すなわち、とにかく利用者にはバスへの乗車を優先し、運賃精算はバスの回転に関係ないところで行うことである。

これらの対策を行ったとしても、１台あたりの乗車にかかる時間は約２～３分よりも短くすることは難しい。そこで、さらに根本的に輸送力を増加させるための列車方式の採用が必要になる。詳細は第３章で述べたとおりであるが、最も重要なことは出発間隔を一定に保つことを最優先とすることである。そのために、バスが定員にならずとも発車させることを優先することが重要であり、合図者や列整理要員を配置することになる。また、例えば阪神・淡路大震災時のように７台同時発車ともなると、列車のプラットフォームのような長い空間の確保が必要になる。

また、とにかく出発間隔を一定に保つことが必要不可欠になるため、バスを編成化するために停留所直近に“滞留所”を設置、許可がすぐに出されるような事前調整が必要になる。そして、バスの運行はどうしても道路状況に左右されるので、バスの運行台数の調整や乗務員

表－５ 輸送力増加のための提案

STEP3：輸送力を増強できるか？		
問題点と要因： 通常のバス乗降方法による輸 送力の限界	解決策(提案)： 輸送力増強のための、乗降 方法の工夫	実施のための要件： 空間確保のための整備、体制 づくり
1) 車内での運賃扱いによる 乗降時間の増大	・ 車外での運賃扱い	・ 車外で運賃扱いができるだ けの整列所、および空間の 確保
2) 1台ずつの乗降方式によ る輸送力の限界	○列車方式の採用 ・ バスの複数台同時到着 ・ 複数台の同時乗降 ・ 複数台同時発車 ・ 発車時刻優先(定員まで 乗車するのを待たない)	・ 運賃扱いを取り扱う乗車券 発行所とバス待ち待機列の 分離 ・ 到着側での運賃扱いの優 先化による乗車優先(降車 時清算乗車方式の運用)
3) 列車方式導入に伴う編成 化の必要性	・ バスが編成化するまで、 乗降場直近で待機可能な 滞留所の導入と運用許可	・ 路上(乗降場所の直近)で の滞留所の確保 ・ 滞留所を含めた運用計画 ・ 乗降場から滞留所までを結 ぶ道路のバスレーン確保
4) 操車、休憩、交代、待機 等の調整場所の不足	・ 臨時車両基地または路上 での臨時車両待機空間 の確保 ・ 駅前広場空間の運用の 臨時措置 (路線バスの停留所統合 による空間確保など)	・ 滞留所に入りきらないバス を一時的に回送・調整させ る臨時車両基地(空間)を 含めた運用計画 ・ 施工前・復旧前の用地臨時 貸与を可能とするための制 度の整備

交代などのための臨時車両基地を含めた運用計画が求められる。そのため、震災直後に大規模な用地を確保できるような制度の整備が望まれると考えられる。

(4) 定時性確保のための施策

最後に大きな問題として定時性の確保が挙げられる。定時性を確保できなければ、せっかく運行区間を絞り込み、バス台数を確保したにもかかわらず、バスが待てども来ないという状況になり、結果として輸送力は発揮で

きなくなってしまうからである。ここで、表－6には定時性確保のための提案としてまとめた。

定時性が確保されないとは、いうまでもなく渋滞による所要時間の増加が原因である。震災時という極めて異常事態の状況に加え、鉄道が途絶するということにより、それだけで自動車利用を増加させることになる。阪神・淡路大震災時の自動車利用に関しては、極めて多くの文献があり、中川・小林¹²⁾や土木学会⁸⁾、国際交通安全学会¹¹⁾の報告書などが詳細に記述しているのでここでは割

表－6 定時性確保のための提案

STEP4：所要時間はどの程度か？		
問題点と要因： 渋滞による所要時間増加	解決策(提案)： 所要時間を短縮するための 方策検討	実施のための要件： 代行バスの走行環境を確保 するための整備、体制づくり
1) 自動車利用の増加(鉄道 途絶のため)	・ バスレーンの設置(緊急 交通路にかかわらず)	・ 代行バスの緊急車両指定 のための事前調整
2) バスの右左折待ちが引き 起こす渋滞	・ バス運行ルート設定時の 右左折回数最小化 ・ バスを優先させる交差点 運用の措置	・ バスの運行ルート設定方針 の事前策定 ・ 大量のバスが処理できる交 差点箇所の事前検討
3) バス回送時の一般車との 道路混在による渋滞での 大幅な遅延の恐れ	・ 起終点でバスが円滑に 回送するための措置 ・ バス乗降場前(周辺)の 弾力的な運用	・ 現場レベルでの臨機応変な 対応のための警察との調整 や体制づくり

愛する。重要なのは、前述したとおりバスの緊急車両の指定であり、緊急・非緊急を問わず流入する区間にバスレーンを設置することで他の車両と明確に走行空間を分離することや、阪神・淡路大震災時のように現場レベルでバスの運用方法が認められるような事前の体制づくりであると考えられる。

ここで、阪神・淡路大震災時に行われなかった（あるいは、記録が見当たらない）対策として、代行バスの運行ルートについては最短距離ではなく周囲の交通状況に与える影響を少なくするようなルート設定を提案する。具体的には、バスの運行ルート上、右左折回数をなるべく最小化することが必要ではないかと考えられる。何故ならば、大量のバスを確保し、最小で2～3分間隔で7台ものバスを同時に発車させるということは、単純化して考えて信号1サイクルあたり7台のバスが交差点に進入することになる。一方、道路側はそれだけの大量の大型車両が右左折をするような設計になっていないことが多いと考えられる。構造上、右折専用車線長が取られているとも限らず、また右折現示も十分でないのに、大量のバスを運行させてしまうと、バスが右折専用車線に入りきらずに本線上に溢れ、その結果さらなる渋滞を引き起こし、結局バスの定時性も確保できなくなる恐れがある。大量のバスを運行する以上、起終点の空間だけでなく、途中のルート上においても他の交通に影響をなるべく及ぼさないような配慮が求められると考えられる。

5. おわりに

本研究では、将来において十分に起こり得ると指摘されている首都圏大震災を想定し、一部の鉄道が長期途絶する場合の代替交通手段を検討するため、阪神・淡路大震災時の代行バスの実績と課題に着目し効果的な輸送のための課題と解決策およびそのための要件について提案を行った。阪神・淡路大震災では、阪神間という鉄道の大動脈が寸断され、その代替手段をバスで行うという前代未聞の取り組みであったといえよう。ほぼ全てが震災後に取り組んだものであるにもかかわらず、代行バスは鉄道に代わる公共交通機関として一定の成果を見せたことは間違いない。その一方で、利用者に多大な待ち時間を強いたり、渋滞によって所要時間が大幅に増加し混乱を招いたりといった課題があった。本論文は、今まで散在していた代行バスの利用および供給実績に着目し、それに基づいて来たる首都圏大震災時においても効果的に代行バスが運行されるための提案として、必要な手順および問題解決のための施策の提示を試みた。

最後に、本論文ではその詳細について触れていないが、バスは鉄道のサポートであり、鉄道との連携を図るためのバスのあり方を検討することが重要である。本論

文では、阪神・淡路大震災時の代行バスによる課題からの提言であり、主に途絶した鉄道路線と並行する形で代行バスの運行実績に基づいたものとなっている。一方、本研究で念頭に置いている首都圏では鉄道ネットワークが複雑であり、必ずしも途絶した鉄道と並行するようにバスを走らせることが望ましいとは限らないと考えられる。すなわち、被災を免れた鉄道を含め、事業者間を超えてどのようにバスを走らせるかは別途問題になると考えられる。特に、首都圏の鉄道ネットワークを考慮する際には、被災箇所を含めてどうバスを走らせるべきかは直感的に分かりにくいいため、これを支援するためのシステムづくりが重要になると考えている。現段階ではこの点も含めて定性的な提案に過ぎないが、今後は定量的な評価を試みることも重要であると考えられる。

参考文献

- 1) 文部科学省地震調査研究推進本部：全国を概観した地震動予測地図報告書，2006。
http://www.jishin.go.jp/main/p_hokokukaigi.htm
- 2) 運輸政策研究機構：平成7年大都市交通センサス近畿圏報告書総集編，pp. 63-78，1995.
- 3) 西日本旅客鉄道株式会社：阪神・淡路大震災鉄道復旧記録誌，pp. 875-876，交通新聞社，1996.
- 4) 竹村宗能，家田仁，上西周子：震災後の鉄道代替バス輸送の効果と実施上の課題，土木計画学研究委員会 阪神・淡路大震災調査研究論文集，pp. 465-470，1997.
- 5) 新田保次，松村暢彦：代替バスを対象とした震災時の補完交通システム特性，土木計画学研究委員会 阪神・淡路大震災調査研究論文集，pp. 363-370，1997.
- 6) 文献3)と同文献，pp. 822-895，交通新聞社，1996.
- 7) 運輸省鉄道局監修，阪神・淡路大震災鉄道復興記録編集委員会編：よみがえる鉄路ー阪神・淡路大震災鉄道復興の記録一，pp. 182-184，1996.
- 8) 土木学会：阪神・淡路大震災調査報告，土木・地盤10，交通施設と農業施設の被害と復旧，1998.
- 9) 関西交通経済研究センター：震災等発生時の旅客交通に関する調査研究報告書，pp. 109-128，1995.
- 10) 関西交通経済研究センター：阪神・淡路大震災における運輸関係者の行動記録，第8巻・第9巻・第10巻（ビデオ動画）。
- 11) 国際交通安全学会：阪神・淡路大震災の実態調査に基づいた震災時の道路交通マネジメントの研究報告書，pp. 162-170，1998.
- 12) 中川大・小林寛：大都市における震災時の交通対応策に関する研究ー阪神淡路大震災の教訓と現状の課題一，土木学会論文集D，Vol. 62，No. 1，

pp. 187-206, 2006.

- 1 3) 中央防災会議首都直下地震避難対策等専門調査会：首都直下地震避難対策等専門調査会報告，2008.
- 1 4) 防災科学技術研究所：大都市大震災軽減化特別プロジェクト成果報告書，2007.
- 1 5) 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.
- 1 6) 東京都都市整備局：地震に関する地域危険度測定調査報告書，2008.
- 1 7) 東京都防災会議：首都直下地震による東京の被害想定，2006.
- 1 8) 東京都都市総務局：東京都震災対策事業計画～減

災目標の達成に向けて～，2008.

- 1 9) 大野恭司：首都震災時の鉄道による帰宅行動がおよぼす危険性について，運輸政策研究，pp. 67-70, No. 39, 2008.
- 2 0) 文献1 1) と同文献，pp. 131-132, 1998.
- 2 1) 国土交通省：平成18年度陸運統計要覧および自動車交通局旅客課統計情報
- 2 2) 日本バス協会資料より筆者作成

首都圏震災時における都市鉄道の代行バス運行に関する研究*

室井寿明**・森地茂***

都市において大震災が発生した場合，複数の都市鉄道路線で復旧に数ヶ月もの期間を要する恐れがあり，鉄道の長期途絶が経済社会活動の停滞に与える影響は極めて大きく，代替交通手段の確保が必要である．そこで本研究では，鉄道が復旧するまでの交通機関として代行バスに着目した．まず，阪神・淡路大震災時の代行バスの成果と課題を整理し，その技術的・制度的工夫および成果と課題について把握し，震災時の都市鉄道の効果的な代行バスの運行に資するための提案を試みた．

Study on Bus Operation as Substitute for Urban Railway after a Big Earthquake*

By Toshiaki MUROI**・Shigeru MORICHI***

This study focuses on bus operation as substitute for urban railway after a big earthquake in a city. If urban railway will serious damaged suffer from a big earthquake, it takes to recover long time like a Hanshin-Awaji great earthquake. The problem is the public transport in metropolitan area may require substitute for urban railway to stops in a few railway lines which results the level of public transport service will not adequate. This study proposes to effective for bus operation as substitute for urban railway from these issues by the results and processes on bus operation as substitute for Hanshin urban railways.