

幹線鉄道ネットワークのインターオペラビリティに関する研究
A study concerning inter-operability of inter-regional railway network

浅見 均^{***}・日野 智^{***}・佐藤 馨一^{****}
By Hitoshi ASAMI^{***}・Satoru HINO^{***}・Keiichi SATOH^{****}

1. 研究の背景及び目的

交通ネットワークの信頼性に関しては、今までに多くの研究がなされており、それぞれ有益な成果が得られている¹⁾²⁾等。これら既存研究のスタンスは多様だが、ネットワークを構成するリンクは同質である、と仮定されている点において共通している。

道路ネットワークにおいて、この仮定は適切である。例えば、大型バスの運行に制限が加えられる道路は、少なくとも幹線道路ネットワークでは極めて稀である。最高速度に多少の偏差があるとしても、リンク所要時間として表示する限り、その違いは顕在化しない。高速道も一般道も、同一車両が走行できるという点において同質であり、幹線道路ネットワークは全国同質とみなすことができる。

しかし、鉄道ネットワークでは状況が異なる。例えば、新幹線列車は新幹線区間以外では運行できない。在来線列車は新幹線区間では運行できない。電車列車は非電化区間では運行できない。即ち、日本の幹線鉄道ネットワークは、相互にインターオペラビリティを有さない、質の異なる複数のネットワークが結合したものとみなすことができる。

本研究はインターオペラビリティを考慮した幹線鉄道ネットワークの信頼性評価を行うもので、鉄道システムのさらなる高度化を目指したものである。

2. 用語の定義

【インターオペラビリティ】

鉄道ネットワークにおいて、同一車両が直通運転できる程度を示す指標。本研究においては、特に旅客列車について着目する。

【幹線鉄道】

地域間を結ぶ鉄道路線であり、特急列車が設定されていることを基本とする。

【インターオペラビリティを規定する技術要素】

- ・軌間
- ・線形
- ・軸重
- ・建築限界
- ・電化方式
- ・信号システム
- ・車両性能
- ・交通需要
- 等々

3. 幹線鉄道ネットワークの現状

(1) 幹線鉄道ネットワークの類型化

現在の幹線鉄道ネットワークは、大別すると次の4タイプに分類できる。

- ・新幹線
- ・在来線（交流電化）
- ・在来線（直流電化）
- ・在来線（非電化）

列車の設定は新幹線を基軸として、これに在来線特急が接続するのが一般的である。ここで、それぞれのネットワークは、表-1に示されるように質が大きく異なる点に注意する必要がある。

その結果として、幹線鉄道においては特急の各系統に専用車両を充てることが常態化している。特に在来線の場合、1系統1形式としても過言ではない。これら車両はその投入線区にあわせ最適設計される傾向があり、他路線での運用に制限が加えられる事例も少なくない。そのため、ネットワーク間相互のみならず、同一ネットワーク内でもインターオペラビリティが充分確保されているとは限らない。

近年では、特急運転区間で高規格化が進められている一方、ローカル区間では設備の簡略化が図られており、相対的な規格差が拡大する傾向にある。そのため、本来同質のネットワークとみなされる路線であっても、実態としては別ネットワークに分化している事例も少なくない。

表-1 幹線鉄道の諸元³⁾

	新幹線	在来線
軌間	1435mm	1067mm
車体長	25m	20m
車両限界幅	3400mm	3000mm
電化方式	交流25kV50・60Hz	直流 1.5kV 交流20kV50・60Hz 非電化
信号方式	ATC	ATS

*キーマンズ：インターオペラビリティ、幹線鉄道ネットワーク、信頼性評価
**正会員 工修 日本鉄道建設公団北陸新幹線建設局
長野市大字中御所字岡田45-1 Tel 026-223-9638 Fax 026-223-9681
学生員 修(工) *フェロー 工博
北海道大学大学院工学研究科都市環境工学専攻
札幌市北区北13条西8丁目 Tel 011-706-6209 Fax 011-706-6216

(2) インターオペラビリティの確保

上記の4ネットワーク間でインターオペラビリティを確保する試みは、今までに数多くなされている。

その中で最大の成功例といえるのは、山形・秋田新幹線である。この例では、在来線の軌間を改めることで新幹線と在来線のインターオペラビリティを確保する方式を採用している。それまで乗換が必要だったのが直通運転となり、また所要時間が短縮されたこととあわせ、インパクトが大きい施策であり、利用者数の大幅増加につながった。

しかし、このような成功例においてさえ、新幹線と在来線とのインターオペラビリティは完全に確保されたわけではない。軌間こそ共通化されたものの、在来線の車両限界は従前のままであり、新幹線としては小型車両しか充当できないという制限が残った。これは1列車あたりの輸送量が相対的に小さくなることを意味する。そのため、輸送量が逼迫している区間で両例と同様の方式適用は困難である。

3. 幹線鉄道ネットワークの質 — 日欧の比較

既に記したとおり、日本の幹線鉄道は質の異なる複数のネットワークから構成されている。そのため、リンクが途絶した際、列車の迂回運転が難しい。

これに対して、欧州の幹線鉄道は基本的に質が等しい。高速線・在来線という区分こそ存在しているが、高速線列車（TGV・ICEなど）は在来線に直通可能であり、実際のところ直通運転は日常的に行われている。そのため、リンクが途絶した際にも、列車の迂回運転が容易に行える。

(1) 日本の事例Ⅰ：阪神淡路大震災

1995年の阪神淡路大震災の場合、山陽新幹線及び山陽本線が不通となった。山陽新幹線には同質の代替ルートがないため新幹線列車の迂回運転は行われず、不通区間の復旧を待たなければならなかった。⁽⁴⁵⁾

山陽本線には代替ルートが存在したが、その大部分が単線区間という容量上の制約に加え、一部に非電化区間（播但線）が介在していた。そのため、山陽本線列車をそのまま迂回させることができず、代替ルート各線列車の増結及び増発により対応しなければならなかった。その結果、輸送量は途絶前の山陽新幹線・山陽本線の水準に遠く及ばないばかりか、所要時間も大幅に伸びることになった。⁴⁾⁵⁾

この事例では、加古川線が代替ルートとして充分機能しなかった点に注意を要する。同線は線路規格が低く、運行可能な列車編成長が短く、線路容量も少なかったため、限定的な活用しかされなかった。



図-1.1 1995年当時の大阪一姫路間
付近の幹線鉄道ネットワーク

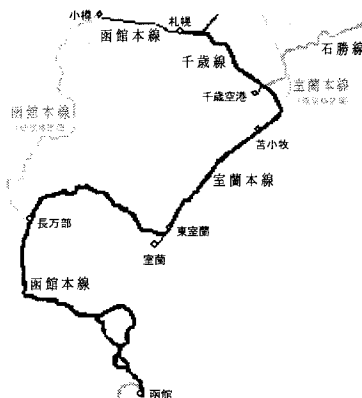


図-1.2 2000年当時の道央・道南地方の幹線鉄道ネットワーク

(2) 日本の事例Ⅱ：有珠山噴火

2000年の有珠山噴火の場合、室蘭本線が不通となった。室蘭本線は函館本線・千歳線とともに道央一道南地方を結ぶ幹線ルートを形成する。これには函館本線長万部～小樽間（以下山線とする）という一見有力な代替ルートが存在する。

室蘭本線は線形良好な路線で、かつ大部分の区間が複線であり、130km/h運転を実施するなど、様々な高規格化が進められてきた。その一方、山線は線形劣悪で、かつ全区間単線であり、高規格化はほとんど行われていない。

山線はかつてメインルートであった。ところが、高規格化の進展などを背景として、優等列車は全て

室蘭本線経由となった。山線はローカル線化し、交換可能駅を間引くなど設備の簡略化を行ったため、室蘭本線と比べて大幅に輸送力が低下した。

有珠山の噴火により室蘭本線が不通になった後、山線は代替ルートとして活用されたが、旅客列車の輸送力は初期で56%、最盛期でも69%しか確保できなかった。貨物列車の輸送力はさらに低く、初期で21%、最盛期でも43%にとどまった⁹⁾。貨物列車の場合、軸重等の制約から最新型の機関車を山線では運行できなかったことが、輸送力低下の原因として大きく効いている。

(3) 欧州の事例

欧州では幹線鉄道の途絶した事例はごく少なく、仮に途絶が発生してもそれによる影響は最小限にとどまるネットワーク構成となっている。

例えばTGV高速線では信号閉塞システムが単線並列方式であり、複線の一方の線路が不通となっても、もう一方の線路を利用することが簡単に行える。また複線の両線が不通となっても、TGV列車は在来線への迂回運転が容易に行える点に特色がある¹⁰⁾。

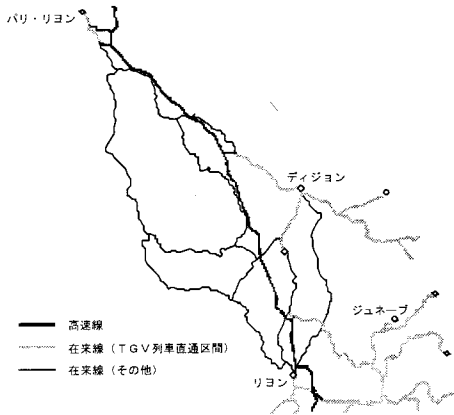


図-1. 3 フランスの幹線鉄道ネットワーク
南東線（パリーリオン間）及び関連路線

4. 幹線鉄道ネットワークの信頼性評価の課題

(1) ネットワークの質に関する評価

日本の幹線鉄道ネットワークでは、リンク途絶時に迂回運転で対応可能な事例は少ない。東北本線に対する常磐線など少数の事例を除き、所要時間の大幅延伸や乗換回数の増加を伴い、代替手段の有力な選択肢にはなりえないのが一般的である。

つまり、リンクが途絶した場合、幹線鉄道ネット

ワーク内での代替ルートは事実上存在しないことになる。少なくとも、途絶リンクを包含するOD間の移動に伴う一般化費用は増加し、発生交通量は減少するものと考えられる。その帰結として、リンク途絶時には相当数の利用者が旅行を中止するものと考えられる。幹線鉄道ネットワークの信頼性評価にあたっては、この点についても考慮することが望ましい。

(2) 輸送量大きい新幹線

新幹線は高速度交通機関であると同時に、高密度輸送を行う交通機関でもある。それぞれの新幹線の輸送量は開業以来伸び続けている。特に東海道新幹線の輸送密度は約20万人／km日に達し、これは大都市圏の通勤鉄道に匹敵する高密度交通機関といえる。

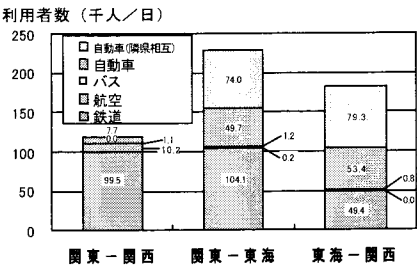


図-2 東海道新幹線沿線地域の交通流動⁸⁾

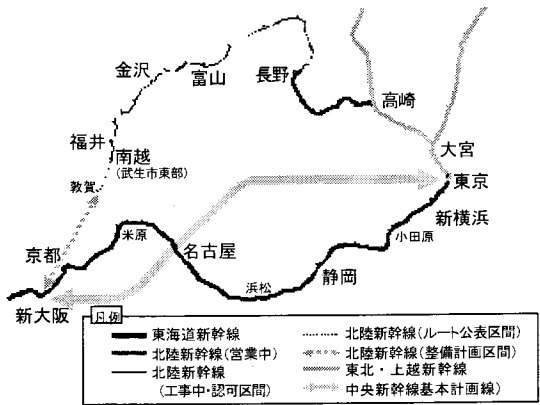


図-3 現在の新幹線路線図

図-2は東海道新幹線の沿線地域間相互の輸送量を交通機関毎に示したものであり、鉄道＝新幹線が相当部分を担っていることがわかる。新幹線の輸送量は航空・高速バスに十倍する水準にある。自動車には相応の輸送量があるが、隣県相互の輸送量を除くと、新幹線とは対等、あるいはそれ以下である。

東海道新幹線の開業後、山陽新幹線、東北・上越新幹線や、近年では北陸新幹線高崎ー長野間も開業

している。しかし、このネットワークはスポーク型のものであり、どの路線に対しても同質の代替ルートは未だに形成されていない（図－3）。

この輸送量の大きさと、同質のネットワークがない状況を、同時に評価する手法は確立されていない。

(3) 代替ルート形成による便益

新幹線の一部区間が途絶した場合どのようなことが起こるか、といった具体的な状況を想定したインパクトスタディは、昨年度筆者⁹⁾や谷口¹⁰⁾が論じている。筆者の研究成果においては、東海道新幹線の途絶（東京－名古屋間・90日間）により、2,400億円の利用者損失などが発生することを示している。これらは社会的に見て多大な損失である。

ところで、これら損失を未然に回避・低減するためには、同質の代替ルートを形成しなければならない。この点は、幹線鉄道（とりわけ新幹線）ネットワークの際立った特徴の一つである。

途絶損失の回避・低減による便益は、途絶損失の絶対値が上限となる。この便益は代替ルート形成のコストと比べ、低水準にとどまる（数%程度）。そのため、途絶損失の回避・低減による便益は、社会的には大きな意味を持つにも関わらず、費用対効果分析の中では小さな項目としてしか表れてこない。

5. 幹線鉄道ネットワーク信頼性評価に対する提言

以上より、幹線鉄道ネットワークの信頼性評価にあたっては、以下の4点について同時に評価できることが望ましい。

- 1): リンク途絶時の損失の大きさ
- 2): リンク途絶時に旅行中止する利用者数
- 3): 代替ルート形成による1)及び2)の緩和
- 4): 代替ルート形成による通常時の社会的便益

5. ケーススタディ

以下に模式的な状況を設定し、新幹線ネットワー

クに対する評価を試みる。

ケースⅠは代替ルートがない現状である。一部のリンクが不通になると、移動に伴う一般化費用が上昇し、大きな利用者損失が発生する。また、利用者数が大幅に減少する。

ケースⅡは遠回りの代替ルートを形成した状況である。一部リンクが不通になると、利用者損失はケースⅠに匹敵する水準に達する。ただし、利用者数の減少幅はⅠより小さくなる。

ケースⅢは同質の代替ルートを形成した状況である。一部リンクが不通になった際の一般化費用上昇幅は小さく、利用者損失はケースⅠ・Ⅱの半分程度にとどまる。また、利用者数減少はほとんどない。

また、ケースⅡ・Ⅲとも、代替ルートの利用者数は通常時でも十分に多い。これは、代替ルートが通常時においても十分な社会的意義を有する、もしくは十分な採算性を有することを意味する。

謝辞

本論は、筆者が運輸政策研究所の研究員時代、中村英夫先生の御指導により始めた研究に手を加え、さらなる展開を試みたものである。研究の機会を与えて頂いたこと、懇切な御指導を賜ったことについて、ここに謹んで感謝を申し上げたい。

参考文献

- 1) 南・高野・佐藤：道路網における代替ルートの整備水準の一評価法に関する研究、土木学会論文集No. 530, IV-30, p67-77, 1996
- 2) 村木・高橋・家田：利用者便益から見た全国幹線交通ネットワークの耐震信頼性評価と耐震性向上による影響分析、土木計画学研究、論文集No. 16, p341-347, 1999
- 3) 佐藤：世界の高速鉄道, 1998
- 4) 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, 1998
- 5) 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, 1998
- 6) 北海道旅客鉄道株式会社：有珠山噴火鉄道輸送の挑戦, 2001
- 7) 浅見：仏独高速鉄道最近の動向：JREA, Vol144, No. 5, 2001
- 8) 運輸政策研究機構：全国幹線旅客純流動調査統計編, 1997
- 9) 浅見：東海道新幹線の長期不通時における社会的損失の評価、土木計画学研究・講演集No. 23 (2), p707-710, 2000
- 10) 谷口・阿部・清水：新幹線の途絶が潜在的な航空旅客負担に及ぼす影響、土木計画学研究・講演集No. 23 (2), p199-202, 2000

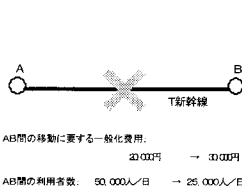


図1 ケースⅠ

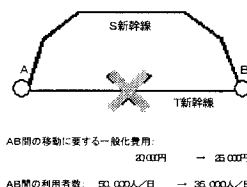


図2 ケースⅡ

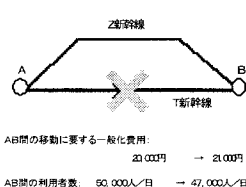


図3 ケースⅢ