

地方鉄道活性化のための技術課題

相川 明¹・河野正寿²

¹都市システム工学科, ²大鉄工業株式会社

鉄道は定時性・高速性・環境性を兼ね備えた大量輸送機関である。地球温暖化問題をはじめ、環境負荷の低減が重要視されるようになり、エネルギー効率に優れる鉄道は、将来的に期待される交通機関である。しかし、交通需要が小さい地方線区では、自動車交通との厳しい競争にさらされている。本報告は、まず、地方線区で興隆を極める自動車交通の交通特性を分析し、地方交通に必要な交通特性について考え、統計データより地方鉄道の問題点を分析する。さらに、地方鉄道の課題、技術開発面での推移と展望、および、将来的な環境への配慮を考慮し、地方幹線鉄道の活性化と再生プロジェクトに資するものである。

キーワード：地方鉄道の活性化，鉄道工学，技術課題，環境性，安全性，維持管理

1. はじめに

鉄道は、自動車交通のように渋滞の影響を被ることなく、定時性・高速性・環境性を有する大量輸送機関である。この特性は、大都市内および中長距離の大都市間交通でとくに有効であり、海岸線沿って都市域が連なるわが国は鉄道輸送大国でもある¹⁾。また、近年、環境負荷の低減が重要視されており、エネルギー効率のよい鉄道は、交通システムの中核として将来的な活用が期待される²⁾。

その一方で、自動車交通の普及、道路交通網整備、航空機と空港整備の結果、鉄道の輸送分担率は年々減少傾向にある³⁾。この傾向は、ことに地方線区で顕著であり、地方鉄道は自動車交通との厳しい競争下にあるといえる。この原因の1つとして、地方線区は交通需要がもともと少なく、鉄道の利点である大量輸送性がそれほど要求されていないからである⁴⁾。このことは逆から見ると、地方の交通特性を考え、地方の要求にかなうように、地方鉄道の交通特性を強化できれば、地方線区においても鉄道の競争力向上、ひいては、将来的な鉄道の再生につながる可能性が見えてくる。

本報告では、まず、現状で地方の交通モードとして中心となる自動車交通の特性について分析し、その中から、地方交通に要求される交通の特徴について考える。次に、統計データに基づいて地方幹線鉄道の現状を分析する。さらに、地方鉄道の抱える今後の課題や、それに対する技術開発と展望、将来的な課題を考慮し、地方鉄道の活性化につながる再生プロジェクトに資するものである。

2. 鉄道競合モードとしての自動車交通の発展

モータリゼーションの進展に伴い、自動車の需要は高まり、1979年度に国内旅客輸送の輸送分担率は自動車が鉄道を逆転した⁵⁾。その後も自動車交通は、道路整備、自家用車数の増加、自動車免許保有者の増大と相まって輸送量を増大させてきた。全国の自家用乗用車数は2001年7月時点で5,300万台を超えており、一世帯当たりの保有台数は1995年度以降1.0を上回っている⁶⁾。

一方、地方鉄道の多くは平均乗車キロが15km以下であり、日常に利用される交通機関として、その地域内の交通が大半を占め、自家用車との競争または代替関係にあるといえる⁷⁾。地方都市圏においては、交通目的に係わらず、他の公共交通機関の利用にくらべて、自動車利用が圧倒的に高く、生活の中で自動車が大きな地位を占める。また、地方都市では、通勤目的での自動車利用の比率が特に高く、通勤目的での公共交通機関の利用者が少ないのも特徴である⁸⁾。

このように鉄道等の公共交通機関を使用せず、自動車が選ばれる理由について考えてみる。1つは、目的地から目的地までいつでもいける随意性、車内空間の快適性がある。2つは、所得水準の向上によりマイカーの価格が相対的に安くなったことである。3つは、一旦車を保有すると、日常の利用では、ガソリン代や有料道路通行料以外の負担感をあまり感じないことも、毎回運賃を支払う公共交通機関との差である。4つは、受益者負担に基づく道路財源等の税収に支えられて、道路新設、既存道路の線

1トンの荷物を運ぶのに排出するCO₂の比較

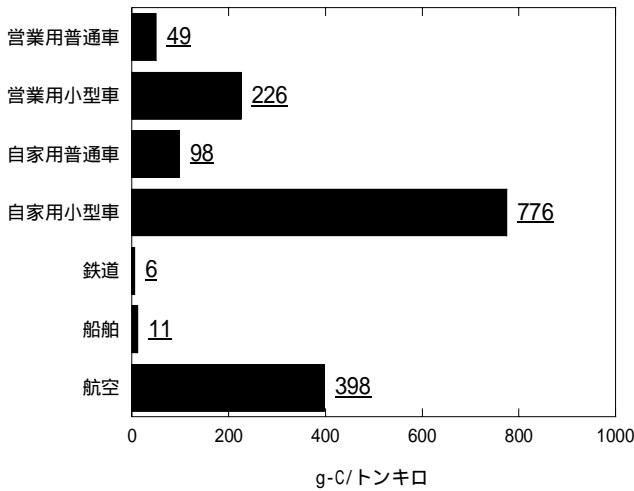


図-1 貨物輸送機関のCO₂排出量の比較(平成11年度)⁷⁾

1人を1km運ぶのに排出するCO₂の比較

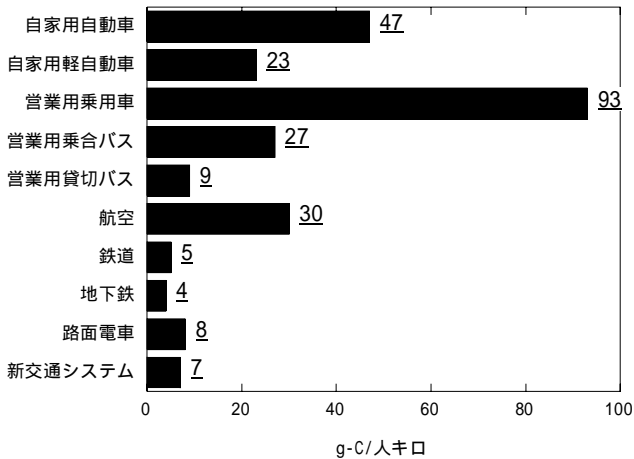


図-2 旅客輸送機関のCO₂排出量の比較(平成11年度)⁷⁾

形変更・拡幅等の道路改良，渋滞改善など，道路環境の整備・拡充が着実に進んだことが挙げられる⁹⁾。

また，人口や施設の分散化に伴い，都市中心部の商店街が衰退し，都市の構造自体が郊外化する現象が起きた。郊外では渋滞もなく，駐車場を探す手間もいらない。このような分散型の都市環境では，人々の行動パターンが面的に広って複雑化し，自動車が適することになる¹⁰⁾。

鉄道等の公共交通機関の利用者が減少した大きな原因として，このような都市環境や交通環境の変化による利用者のニーズに対して，公共交通機関ことに鉄道の柔軟な対応が遅れたという面もあるのではないかと考える。

3. 鉄道と自動車との交通モードとしての特徴の比較

本章では，鉄道と自動車との交通モードとしての特徴を，二酸化炭素排出量の差異，事故の発生件数，道路事業と鉄道事業の投資額の差，走行速度向上と時間短縮の可能性，維持管理費の5つの観点より比較する。

(1) 二酸化炭素排出量の差異

日本の温室効果ガス総排出量はCO₂換算で13.32億トン(2000年度)である。CO₂排出量の削減目標6%を2010年に達成するには厳しい状況にあり，運輸部門の責任は大きい¹¹⁾。輸送機関別の実績(1999年)では，乗用車(56.4%)，貨物車(28.0%)，タクシー・バス(3.4%)，海運(5.5%)，航空(4.0%)，鉄道(2.7%)と，その9割近くが自動車交通によるものであり，鉄道はわずか2.7%にすぎない。

図-1は，荷物1トンを1km運ぶのに要する貨物輸送機関別のCO₂排出原単位(炭素換算)，図-2は，1人を1km運ぶのに要する旅客輸送機関別のCO₂排出原単位(炭素換算)である⁷⁾。図中の値が大きい方が，エネルギー効率が悪く，環境への負担が大きいことを意味する。図より，自動車に比べて鉄道のCO₂排出量の少なさは顕著であり，環境負荷において，鉄道は自動車を大きく引き離している。鉄道における高いエネルギー効率，きわめて滑らかな軌道面を走行するという基本的なメカニズムと，高効率モーターを用いた車両と起電システムの改良によるところが大きい。

しかし，地方鉄道の多くは未だ従来のディーゼル列車が走行している状態である。地方線区においても，輸送機器の燃費の向上，代替燃料を使用する低公害型輸送機器の開発や普及促進，排ガス脱硝装置の開発など排出ガ

近年の交通事故による死者数と重傷者数

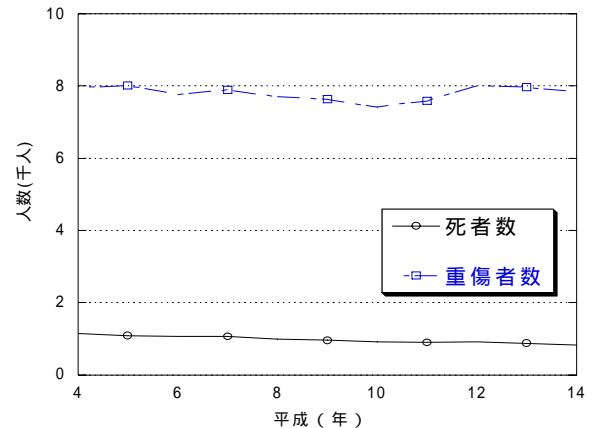


図-3 交通事故による死傷者と重傷者数¹²⁾

近年の交通事故発生件数と負傷者数

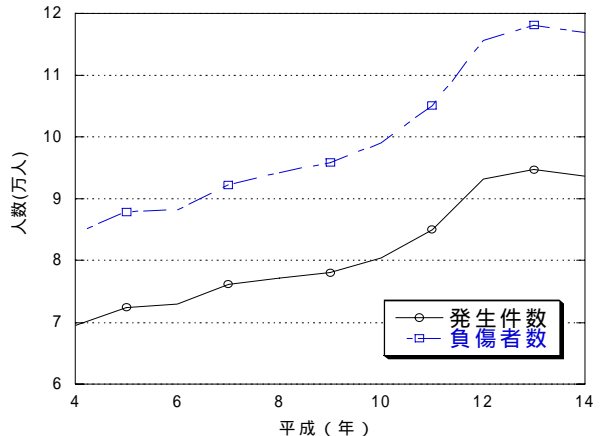


図-4 自動車事故発生件数と負傷者数¹²⁾

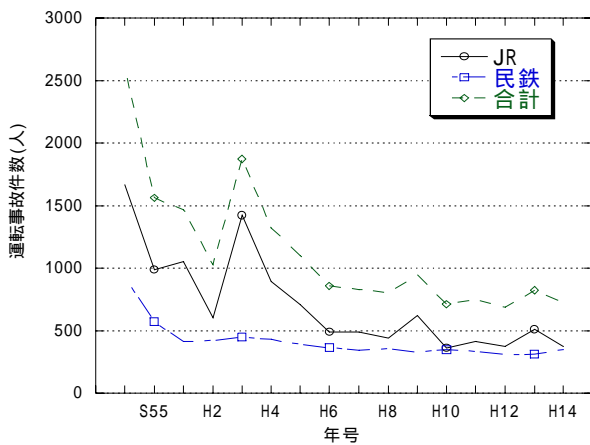


図-5 鉄道の運転事故件数の推移¹²⁾

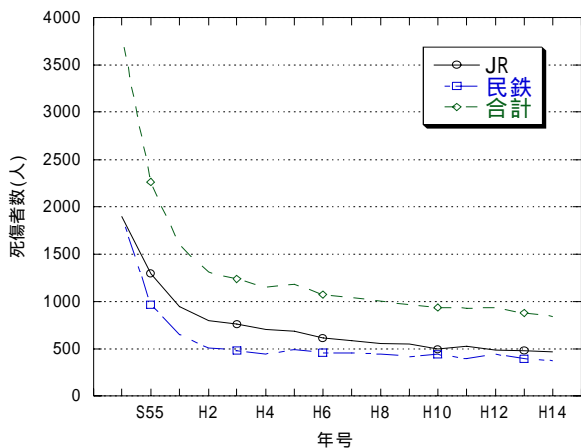


図-6 鉄道の運転事故による死傷者の推移¹²⁾

スの抑制が要求される。また、技術開発だけでなく、輸送効率のよい交通モードの併用促進、幹線貨物輸送のトラックから鉄道・海運へモ・ダルシフトの推進など、排出ガスの少ない総合交通運輸体系の形成も必要である。

(2) 事故の発生件数

図-3は全国の自動車事故による死傷者数と重傷者数、図-4は自動車事故発生件数と負傷者数である¹²⁾。図より、平成8年より死者数は1万人を下回っているが、交通事故の発生件数は伸び続けていることがわかる。

図-5は鉄道事故の件数、図-6は鉄道事故による死傷者数である¹²⁾。図より、自動車交通より鉄道交通の方が、事故件数・死傷者数ともにはるかに少なく、鉄道の運転事故は長期的に減少傾向にある。鉄道は一般的に他の交通機関に比べて安全性が高いと言える。

しかしながら、トンネルでのコンクリート崩落事故や、地下鉄事故などを契機に、鉄道車両や鉄道構造物に一層の安全性向上が求められる状況にある。これまででもATS(自動列車停止装置)¹³⁾の設置や防災設備の強化などがなされている。しかし、2005年の福知山線での事故のように¹⁴⁾、鉄道ではいったん事故が起こると多くの死傷者がでて、社会的な影響力も大きい。これらのことは通勤・通学等の地域の住民の足になる地方鉄道でも例外で

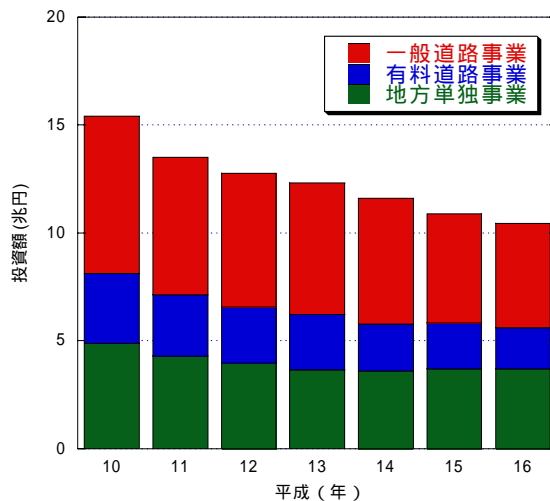


図-7 道路投資額の推移¹⁵⁾

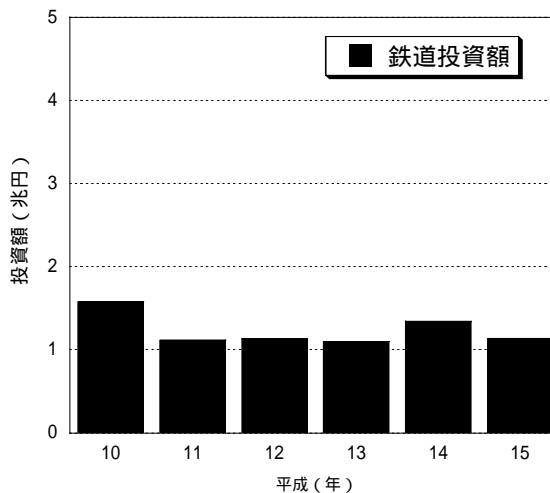


図-8 鉄道投資額の推移¹⁶⁾

は無く、災害時の対応を含めた安全性の向上は、鉄道輸送の中でも最優先の技術課題といえるだろう。

(3) 道路事業と鉄道事業の投資額の差

図-7は近年の道路投資総額¹⁵⁾、図-8はJR、民鉄、その他鉄道会社を含めた鉄道投資総額の推移である¹⁶⁾。図より、道路投資額・鉄道投資額は共に年々減少傾向にあり、鉄道投資額は、道路投資額の1/5程度であり、両者に整備に対する投資額に大きな差があるということがわかる。

このような格差が長期にわたり続くと、道路は年々新設や継続的な改良が行われるのに比べて、鉄道事業では、建設費などに多くの資金が別途必要となるうえに、十分な整備やメンテナンスおよびサービスを実施・提供することができないといえる。

しかも、鉄道の投資内容については、現状では、新幹線や、乗車人口の多い都市域の線区への設備投資に重点が置かれている。したがって、乗車人口の減少傾向が顕著な地方鉄道では、新規の投資がほとんど行われず、鉄道敷設時の線路をそのまま使用している状態が続いており、維持管理に関しても満足できる状況下でないといっても過言ではない。

(4) 走行速度向上と時間短縮の可能性

鉄道のもつ利点の1つとして、気象や地震などの事故や災害がないかぎり、定刻に目的地に着けることが挙げられる。新型の新幹線は、人を乗せた最高時速500kmを超える記録を出すなど、鉄道の高速度化は進んでいる¹⁷⁾。

しかし、道路交通が巨費を投じて継続的に線形を改善してきたのに比べ、地方鉄道の線形は明治以来のものをそのまま使用してところも多い。したがって、列車速度は決して速いものとはいえない面がある。また、地方鉄道では列車の運行本数が少ないうえに、他の交通モードとの時間的・空間的な便利に接続する配慮がなく、そのため待ち時間が多くなる傾向にある。鉄道の特徴や魅力を阻害する大きな要因となっている。

自動車は性能が向上したとはいえ、一般道路で最高時速60km、高速道路でも高々時速100km止まりであり、駆動メカニズムや道路構造の革新的な改善がない限りは、上限速度に達しているといえる。他方、速度や渋滞に関しては、鉄道交通がはるかに優位であり、高速化による時間短縮は地方鉄道の再生に不可欠な要素であり、速度の改善が地方鉄道の活性化の鍵となるものと思われる。

(5) 維持管理費

道路交通において、日本道路公団の持つ高速道路の総延長は平成16年5月時点で7,343kmである。高速道路の道路管理費と一般管理費が合わせて約3,500億円であり、高速道路延長1m当たり約4万8千円となる¹⁸⁾。一方、JR東日本の営業キロは平成15年4月時点で7,526kmである。修繕費と人件費を合わせた年間費用が約8,200億円であり、路線1m当たりでみると高速道路の約2倍の約10万円の計算になる¹⁹⁾。

前述の鉄道のエネルギー効率の高さも、高水準の軌道の維持管理に依存しており、鉄道の維持管理費用は、鉄道総経費の1/3を占めるほど莫大である²⁰⁾。このことは乗客収入の減少する地方鉄道でも、この固定経費は避けられないと言ってよい。すなわち、鉄道交通と、道路交通ともに巨大なシステムをかかえているが、鉄道には、運転、駅管理、路の保守などの人件費の占める割合が大きく、それらの削減の余地が残されている。

4. 鉄道がかかえる今後の課題

鉄道は、その機能を維持するために、多種多様な施設と複雑なシステムを抱えており、時代ニーズの変化に対して柔軟な対応ができず、結果的に衰退を招くこととなった。将来的な、鉄道の活性化のためには、高速性・大量輸送性という鉄道の特徴を生かして、今後も時代のニーズに合った技術開発を積極的に展開し続けることが必要である。また、技術開発により現有のシステムを最大限に活用するとともに、他の交通システムと補完的に運用できるような制度面や運用面での改善や工夫も重要である。

ここでは、鉄道における今後の課題として、環境、安全性の向上、高速化、輸送サービスの向上、保守の省力化の五つを取り上げる。10年後もしくは20年後の社会における将来交通システムのあり方を見据えた上で、その一翼を担う鉄道システムの有効利用のためにどのような取り組みが必要であるかを考察する。

(1) 環境性

これまで、鉄道における環境問題は、騒音や振動といった公害問題に限られていたが、近年、地球温暖化やオゾン層破壊が注目される中、将来の鉄道輸送が地球環境に果たす役割が問われている。地球温暖化に関係する温室効果ガス排出量については3章で述べたとおりであるが、交通機関別CO₂排出量割合では、その約90%を自動車交通が占め、鉄道はわずか3%に過ぎない。このことから、我が国におけるCO₂総排出量を抑制するためには、自動車に関して低公害車や低燃費車を開発すると同時に、環境負荷が少ない鉄道や海運へモーダルシフトを進める必要がある。公共交通機関へ利用者をシフトさせるため、鉄道輸送の整備やサービス向上はもとより、パーク・アンド・ライドなどによる輸送の円滑化、運賃の割引制度などを積極的に導入して公共交通機関の利用促進を図る必要があるだろう。

環境への負荷を軽減するための取り組みとしてはこのほかに、環境負荷が少なくリサイクル率の高いエコマテリアル材料を、鉄道の車両や施設の設計時点から積極的に採用することも重要である。

また、2004年にいわゆる「観光法」も成立したこともあり、鉄道建設に当たっても機能面ばかりではなく、周辺環境と構造物の景観的な調和するような、デザイン的にも優れた構造物の実現が求められている。とくに、鉄道構造物は、自然景観や都市景観を分断するように線状に構築されることが多く、長期間にわたってそのままの形を残すことになるため、とくに周辺環境との景観を十分配慮して設計する必要がある²¹⁾。

(2) 安全性の向上

自動車交通では、搭乗者の安全性確保のために、エアバッグやABSの普及、シートベルトの着用を促進している。また、車体構造の中に柔な構造を取り入れることにより衝撃荷重を吸収し、同時に、乗車空間については高強度とし生存空間を確保するような構造が採用されつつある。

これらの車両構造のハード的な改善と相まって、安全性に関係するインフラ整備として、高度道路交通システム（ITS）が検討されており、渋滞、交通事故など自動車交通にかかわる課題をソフト面から支援することが期待されている²²⁾。前述のように、現時点では、安全面においては鉄道の方がはるかに優位であるが、これらの自動車交通の安全性に関する技術の中には、鉄道にも転用可能なものも多くあり、これらの技術の転用は鉄道の信頼性を高めることに貢献するものである。

一方、鉄道交通に特化した技術としては、大都市圏で

の列車の運行の保安度を向上させるために、ATS P方式の信号システムが導入され、また、新しい信号方式として、デジタルATCシステムの導入が検討されている²³⁾。また、万が一の事故時の乗客などの被害を最小限に抑えるために、衝撃を吸収する車体構造などの開発を進めている。他方、災害対策として、鉄道防災情報オンラインシステム(RaMIOS, ラミオス)、早期地震検知情報システム(UrEDAS, ユレダス)、災害予測・復旧支援システムなどによる総合防災システム(HERAS, ヘラス)などの開発が現在進められている²⁴⁾。また、ハード面での対策のほかに、人間自身の誤差により生じるヒューマンエラーを未然に防ぐことも重要な点であるといえる²⁵⁾。

(3) 高速化

鉄道には、輸送サービスとともに、安全性、定時性、高速性、大量性、快適性などが要求される。その中で高速化は交通機関選択における重要な意義を持つ。高速性は他の交通機関と競争するための基本条件である。線形の改善、車両構造の軽量化、軌道構造の改善などにより、いかに効率よく高速化を進めうるかが鍵になる。

ところで、地方鉄道において高速化を阻む大きな原因として、鉄道事業に関する規則等による制約が挙げられる。すなわち、在来線の速度規制の主要な理由としては、停止距離600mの規定に伴う最高速度の制約、最大カントの規制に伴う曲線通過速度の制約、勾配による最大速度の制約、分岐度通過速度の制約、乗り心地維持のための制約が挙げられる⁴⁾。すなわち、これらの制約が緩和されれば、現状の技術によっても、ブレーキ性能の向上や振り子式車両の導入、カントの増加、緩和曲線の延長などの小規模な対策により速度向上が可能である⁴⁾。現状の技術でも、これらの規制を緩和することにより、地方鉄道の高速化がはかれる可能性があるといえる。

(4) 輸送サービスの向上

鉄道輸送の大きな欠点は、出発地から目的地までのすべての行程を鉄道だけで結ぶことができず、末端を他の交通機関に頼らざるをえない点である。こうした鉄道の欠点を補うため、現在の鉄道貨物輸送の主力となっているコンテナ輸送や、カートレインの導入など、鉄道と異種交通機関との共同一貫輸送が有用視されている。

こうした輸送の一形態として、自動車交通との互いの欠点を補完し、交通システムとしての連続性を確保するパーク・アンド・ライド(park and ride)が近年注目されている。パーク・アンド・ライドは、鉄道などの公共交通機関を主たる交通機関と用いるものの、その末端交通として、自動車などの個人輸送機関を利用する方法である。これにより、地方都市中心部への自動車の乗り入れが抑制され、交通渋滞の解消や環境問題の解決、歩行者空間の確保につながる事が期待される。これは鉄道側から見ても、鉄道システムの欠点を補い、鉄道システムのサービス向上にかなうものであり、今後は、鉄道事業者からの積極的な参画や協力が重要である。

(5) 保守の省力化

わが国の鉄道交通における全営業キロは25,000kmあり、車両は約70,000両、橋梁は約121,900カ所、トンネルは約4,800カ所あり、老朽化がかなり進んでいるものもある。鉄道の維持管理の範囲は、鉄道システムが巨大であるため、かなりの広範囲にわたる。しかも、鉄道の維持管理には、車両、土木・建設設備、電気・通信設備等の多くの点で必要となる。

これらの維持管理作業における効率化を図り、作業によって発生する無駄な費用を削減する必要がある。長期にわたってその機能を維持できコストや手間のかからない車両や軌道の研究開発が急がれている。

5. まとめ

道路交通と鉄道交通の比較や鉄道の今後の課題を踏まえて、今後の鉄道の在り方を考察した。従来、地方鉄道における最大の競争相手は自動車であるとして捉えてきたが、将来交通システムを再構築するには、パーク・アンド・ライドにみられるように両者の特徴を活かすことが必要である。しかし、自動車交通と比べると地方鉄道には十分な設備投資や、新設および改良工事を行う資金が不足しているのが現状である。今後の地方鉄道活性化のための提案を以下にまとめる。

道路事業は、道路特殊財源などの税金の収入に支えられており、これらが投資額に直結しているのに比べ、鉄道事業では、利用者からの乗客収入に依存しなければならず、これが投資額の差にも大きく表れている。鉄道事業投資は、毎年その大部分を新幹線や、都市部の新設地下鉄等に使用されており、地方鉄道の設備投資には使用されていない。鉄道事業にも道路事業のような財源確保を行ない、鉄道投資構造の抜本的な改善が必要である。すなわち、鉄道事業の法的な制限の緩和、鉄道事業の新規参入などを容易にするような民間からの投資構造の改革が必要であり、鉄道・道路を一体のシステムとして税金を投入するなど資金運用面で改善が望まれる。

高速化は地方鉄道における最大の問題点であるが、車両の軽量化や線形の改良など、その改善の余地と可能性が最も大きい。しかし、地方鉄道は一言に高速化と言っても、技術に応じた投資が必要となるため、車両や路線の改良に投資するのは金銭的に難しい状況である。地方鉄道では、長期的な観点からは、高速化へ向けての技術開発と規制緩和を考えるが、短期的な観点からは、制度面の変更や運用上の改善など、現状における最適な対策をとることが望ましい。

環境面では鉄道が自動車よりも優れているとはいえ、地方鉄道では従来のディーゼル列車などが主力として運行しており、低排出車を導入するのは経済的に難しい。しかし、今後自動車の低公害化が進めば環境に対する鉄

道の優位性も失われることになるため、よりいっその努力が要求される。

安全性の向上については、安全性の高さが自動車と比べて鉄道が優位と考えた時、地方鉄道および利用者需要の少ない線区へのハード面での最新技術投入は経済的に難しい。自動車等における安全面の技術の転用をすすめることも一つの方策である。また、地方線区が実施可能な手段として考えられるのは、人間自身の過誤により生じるヒューマンエラーを未然に防ぐための取り組みであり、これについてはどの線区においても実施可能である。

地方鉄道の輸送サービスの向上としては、他の交通モードと一体的な交通システムを構築して、それぞれの特徴を活かし、どちらの需要も拡大することを考える必要がある。列車そのものの速度の向上を追及しながら、同時に、他の交通機関との乗り換えをスムーズにすることも時間の短縮ができ、それがサービスの向上にも繋がる。また、地方都市近郊の駅では、パーク・アンド・ライドのような交通体系を鉄道交通側から積極的に取り入れることによって、利用者の増加に繋がると考える。他のモードとのリンクを促進して利便性の確保することは、ひいては自動車の利用者が減り、渋滞緩和や二酸化炭素の排出を抑え、環境面での貢献は大きい。

保守の省力化については、利用者収入の減少に悩む地方鉄道において、固定支出である保守・維持管理費の省力化が一番の課題であると考えられる。頻繁に新設・改良工事を行う機会が少ないと考えられるが、初期投資に多少の費用がかかったとしても、それぞれの設備の寿命や保守管理に要するコストを考慮して、最も合理的な投資を行うライフサイクルコストの考え方が重要である。

地方鉄道であっても、問題点を改善し、鉄道の優位性を活かして取り組めば、今後十分自動車とも競争を続ける可能性がある。また、地域利用者のニーズに答え、選択される魅力的な交通機関へ変化していくには、各地域における鉄道、道路、空港等の周辺交通機関が一体となった効率的な連携が必要不可欠である。それが双方の利益を増す結果に繋がり、今後鉄道が生き残っていく上で大切であると考えられる。

参考文献

- 1) 国土交通省総合政策局 (2005) : 海外交通統計 平成16年度版, 運輸振興協会, 57p .
- 2) 佐藤吉彦 (2001):国鉄の分割民営化前後における鉄道の経営と将来の技術開発, 鉄道力学論文集, No.5, pp.67-72 .
- 3) 国土交通省総合政策局 (2005): 交通経済統計要覧 平成16年版, 運輸政策研究機構, 210p .

- 4) 地方鉄道研究会 (2003): 鉄道とその関連技術の発達を反映した地方幹線鉄道の高速度・低価格化の可能性, 土木学会構造工学委員会鉄道構造小委員会, 93p .
- 5) 国土交通省 (2005): 国土交通白書平成16年度年次報告 2005, ぎょうせい, 372p. (あるいは, 国土交通省HP運輸白書, <http://www.mlit.go.jp/hakusyo/hakusyo.html/>) .
- 6) 日本自動車工業会(2002): 自動車統計月報, Vol.36, No.1 .
- 7) 国土交通省鉄道局HP, <http://www.mlit.go.jp/tetudo/> .
- 8) 国土交通省総合政策局 (2005): 陸運統計要覧 平成16年版, 日本自動車会議所, 185p. (国土交通省HP陸運統計要覧, <http://toukei.mlit.go.jp/06/monthly/index.html>) .
- 9) 竹内伝史 (2000): 交通工学(新版), 鹿島出版会, 249p .
- 10) 新谷洋二 (2003): 都市交通計画(第2版), 技報堂出版, 265p .
- 11) 辻村太郎 (2002): 地球環境問題とライフサイクルアセスメント, 鉄道総研報告, Vol.16, No.10, pp.1-6 .
- 12) 警察庁ホームページ, <http://www.npa.go.jp/>
- 13) Railway Technical Research Institute & East Japan Railway Culture Foundation (2001): Japanese Railway Technology Today, 226p, 東日本鉄道文化財団 .
- 14) 航空・鉄道事故調査委員会 (2005): 西日本旅客鉄道株式会社福知山線列車断線事故に係る鉄道事故調査について(経過報告), <http://araic.assistmicro.co.jp/araic/railway/report/経過報告2.pdf> .
- 15) 国土交通省ホームページ, <http://www.mlit.go.jp/> .
- 16) 国土交通省総合政策局情報管理部, 交通経済統計要覧(平成12~15年版), (財)運輸政策研究機構 .
- 17) RRR, 特集「新幹線の高速化」, Vol.61, No.1 .
- 18) 日本道路公団ホームページ, <http://www.jhnet.go.jp/> .
- 19) JR東日本ホームページ, <http://www.jreast.co.jp/> .
- 20) 上浦正樹・須長 誠・小野田滋 (2000) : 鉄道工学, 森北出版, pp.152およびpp.203-215 .
- 21) 景観法制研究会 (2004): 概説景観法, 国土交通省都市地域整備局, ぎょうせい, 172p .
- 22) 線路研究のグランドデザイン研究会 (2003): 線路研究のグランドデザイン, 土木学会構造工学委員会鉄道構造小委員会, 287p .
- 23) 渡辺郁夫・平尾裕司 (2003): 信頼される鉄道信号システムの構築, RRR, Vol.60, No.7, pp.2-5 .
- 24) 上浦正樹・須長 誠・小野田滋 (2000): 鉄道工学, 森北出版, 222p .
- 25) 井上貴文 (2005): ヒューマンファクターを考慮した安全管理, RRR, Vol.62, No.6, pp.18-21 .

(2005.9.30 受付)