

都市鉄道の混雑緩和と速達性向上のための3線運行手法の提案

都市鉄道の輸送サービス水準は、積極的な設備投資によって大きく改善されてきた。その一方で、一部の鉄道路線では未だに激しい混雑が発生している。近年、鉄道事業者の設備投資意欲は低下しており、今後、これらの路線の輸送サービスの改善は困難な状況にあると言える。本研究では、海外で導入されている運行手法を参考にして、複線路線に単線路を追加した3線による運行手法を提案する。この手法では従来の線増方法より少ない費用と工期で、時間帯によって変化する輸送需要に柔軟に対応する運行が可能になり、さらに運転支障事故が発生した場合でも複線による輸送力の確保が期待できる。

キーワード **3線運行, 都市鉄道, 混雑, 速達性, 線路容量**

江口 弘
EGUCHI, Hiroshi

前(財)運輸政策研究機構運輸政策研究所研究員

1——はじめに

都市鉄道の輸送サービス水準は、これまでの精力的な設備投資によって大きく改善されてきた。しかし、一部の都市鉄道路線では未だに旺盛な輸送需要が継続しており、特に朝の通勤通学時間帯においては激しい車内混雑が発生していることに加え、過密な運転ダイヤにより慢性的に運行遅延が生じている。そして、このような状況に対して、多くの鉄道利用者がより一層の輸送サービスの改善を要望していることも事実である。その一方で都市部においても、人口構成の変化により長期的には輸送需要の増加が見込みにくい状況にあるため、鉄道事業者の大規模設備投資のインセンティブは低下している。さらに線増用地の買収や沿線地域との合意形成など、線路の増設をともなう都市鉄道の本格的な輸送サービスの改善は難しい課題である。

本研究では、このような都市鉄道路線を対象に、慢性的な混雑の緩和と速達性の向上を目的とした新規性のある運行手法を提案する。それは既存の複線路線に単線路を併設した3線による列車運行手法であり、その技術的な可能性と輸送サービスの改善効果を検証する。

2——都市鉄道の輸送サービス水準の現況と将来

2.1 輸送サービスの現況と改善要望

東京圏の都市鉄道では複々線化や信号システム改良などのハード施策、ならびにダイヤ改正などのソフト施策により、その輸送力を年々増強させてきた。輸送人員については景気拡大などによりここ数年は微増傾向が見られたが、長期的には人口構成の変化や雇用情勢の影響を

受け、1993年度以降は輸送人員の伸びが鈍化している。1975年度に221%だった平均混雑率は年々緩和されており、2008年度には171%にまで改善された¹⁾。しかし、都心から半径50km付近までの72路線を対象に最混雑区間の1時間平均の混雑率を調査すると、2004年の時点で200%以上の路線が8路線、200%未満180%以上の路線が16路線も存在した。また、混雑時間帯の速達性の低下も問題点として認識されており、過密な運転ダイヤによる遅延の発生、乗降に必要な停車時間の増加、そして優等列車の追越し運転にともなう普通列車の待避時間などに起因して、東京圏の主要路線における混雑時の表定速度は閑散時と比較して平均で約25%も低下している。これを所要時間に換算すると約3割の増加となり、大きな時間損失を発生している。

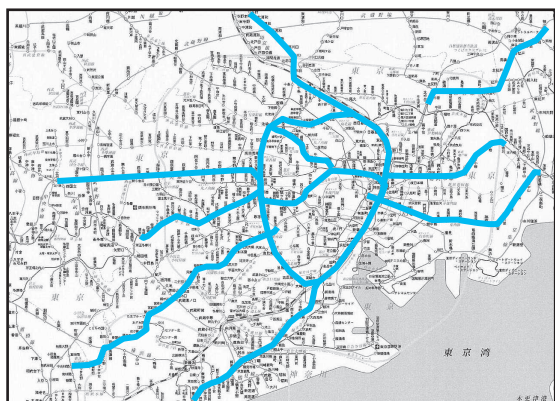
ここで都市鉄道の輸送サービス水準に関して、鉄道事業者がアンケート調査^{注1)}を実施している。その結果、回答者の68%（複数回答式）が「朝ラッシュ時の混雑緩和」、33%が「所要時間の短縮」を要望していることが判明した。また、混雑時の具体的なサービス改善施策として回答者の50%が「運転本数の増加」、46%が「複々線化やバイパスルートの整備」を要望していた。この調査結果は、混雑が激しい鉄道路線の輸送サービス水準に対して、非常に多くの利用者が不満を感じていることを示している。

2.2 将来も混雑が予想される都市鉄道

東京圏の72路線の最混雑区間を対象に、2004年における1時間あたりの通過車両数と混雑率の関係を調査した。信号システムや駅の停車時間などの影響により各鉄道路線の線路容量は異なるが、本研究では線路容量が飽和状態に近いことを表す基準として、1時間あたりの通過

車両数を240両と仮定した。これは10両編成の列車が2分30秒間隔で運行するのと等しい。また、混雑率については運輸政策審議会答申第18号の中で、混雑時間帯の平均混雑率の緩和目標である150%を基準とした。このとき通過車両数が240両/時以上で混雑率が150%以上の路線は18路線存在した。

朝の混雑時間帯における利用目的は主に通勤通学である。2004年の1都3県の生産年齢人口を1.00とすると、2025年では東京都が0.93、埼玉県が0.87、千葉県が0.85、神奈川県が0.91まで減少すると予測^{注2)}されている。ここでは各路線の通過車両数が今後は増加しないと仮定した上で、この生産年齢人口の将来予測値を考慮すると、2025年において同様に通過車両数が240両/時以上で混雑率が150%以上の路線は、図一1の路線図の青線に示すように依然として15路線も存在することが予想される。この結果は今後、これらの混雑路線の輸送力が増強されない場合には、将来においても鉄道利用者の快適性や速達性が損なわれ続ける可能性を示唆している。



注：文献2)と国立社会保障・人口問題研究所のデータから作成

■図一1 将来も混雑が予想される路線(概略図)

3——輸送力を決定する要因

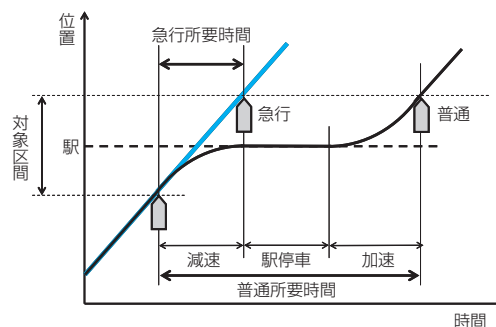
3.1 速達性と快適性に影響を与える要因

鉄道輸送のサービス水準を表す指標には、主に速達性と快適性が用いられる。速達性は目的地までの所要時間であり、駅間の走行速度と駅の停車時間で決定される。快適性は車両内の混雑状況を表し、運転密度と列車の定員に影響される。信号システムなどの設備条件を一定とすれば、駅間走行速度、駅停車時間、運転密度の3つの要素はトレードオフの関係があるため、これらを同時に改善することは不可能である。一般に運行頻度が高く、駅間距離が短い都市鉄道では、駅停車時間を短くすれば運転密度を増やすことが可能であるが、ターミナル駅など乗降に長時間を必要とする駅が、運転時隔短縮のボトルネックとなり路線全体の輸送力を制約している。

3.2 運転密度と駅間走行速度の関係

運転密度の増加にともない走行速度が低下していく様子を実路線の例で示す。京王線の調布駅から新宿駅方向への朝7時台の運転本数は24本/時であるが、この時間帯に列車が1km進行するための所要時間は、日中の閑散時と比較すると平均26秒増加する。さらに8時台の運転本数は30本/時で所要時間は同様に40秒増加する。一般に運転密度を増やすと、信号システム上の限界に達する前に所要時間が急増する現象が見られ、経験的には24本/時を超えると走行速度が低下する傾向がある。これは運転密度の増加により列車の間隔が狭くなる一方で、必要な運転間隔を維持するために信号システムから速度制限を受けることによる。

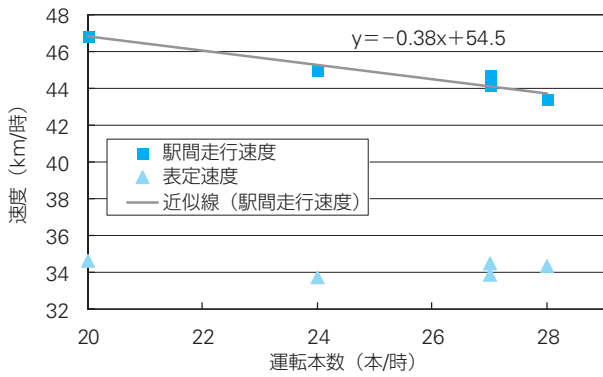
鉄道の速達性を表す指標として、駅間距離と所要時間から単純に平均速度を算出した表定速度が広く用いられている。しかし、ダイヤ改正による急行停車駅の変化や追越し運転にともなう普通列車の待避時間の影響があるため、表定速度で信号や車両などの設備性能に依存する速達性を表すことは難しい。よって本研究では、新たな指標として駅間走行速度による評価方法を提案する。これは図一2に示すように、普通列車の駅停車時間、および急行列車を基準にした普通列車の加減速にともなう損失時間を、従来の駅間所要時間から除いた上で平均速度を算出したものである。



注：駅停車損失時間＝普通所要時間－急行所要時間

■図一2 駅停車損失時間のイメージ

この指標はダイヤ改正などの影響を受けにくく、設備仕様によって上限値が決定されるため、特に運転密度が高い状況での許容走行速度の推計に有効と考える。ここでは過去の実質的な速達性の変化に注目して、シミュレーションの入力データとして使用した。例として図一3に、1987年から2005年における東急田園都市線の最混雑1時間あたりの運転本数に対する駅間走行速度を示す。時期により普通列車と優等列車の混在割合は異なるが、駅停車にともなう損失時間の影響を排除しているため、運転密度の増加にともない路線固有の許容速度が低下していく様子が明らかになった。



注：1987年から2005年までの東急田園都市線の時刻表³⁾から計算

■図—3 運転本数と駅間走行速度の関係

3.3 従来の輸送サービス改善施策の効果

輸送力を増強するには運転時隔の短縮が効果的であるため、旅客の乗降に長時間を要する駅では、構内の副本線を利用した交互発着運転や多扉車両の導入などにより、停車時間の短縮を図ってきた。また、車両の大型化や編成車両数の増加も有効な施策ではあるが、建築限界の制約やホーム延伸をともなうため、その実現には多くの課題が存在する。一方、速達性の向上には急行列車の導入が最も効果的であり、一般的な都市鉄道の駅間走行速度、駅停車時間および車両の加減速性能から試算すると、急行列車が1駅通過することで約1分の時間短縮が可能である。その他の施策による実績値⁴⁾として、加減速性能に優れた新型車両の導入により平均2~3秒/km、曲線カントの見直しや分岐器の大型化による速度制限の緩和で平均4~5秒/kmの短縮が確認されている。

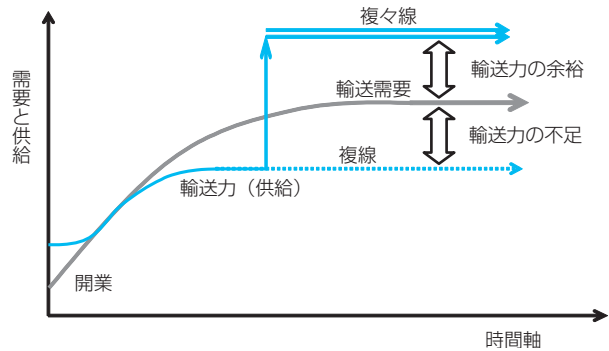
抜本的な輸送力増強施策として複々線化の効果を示す。東武伊勢崎線では1970年代から複々線区間を段階的に延伸しており、当初30本/時だった運転本数は2001年には1.5倍の45本/時にまで増加し、混雑緩和に大きく貢献している。一方、複々線化による速達性向上の例を挙げると、小田急小田原線の登戸駅から下北沢駅の区間では、複々線が完成する前後を比較すると朝の混雑時に普通列車で平均28秒/km、優等列車で平均25秒/km短縮された。また、日中の閑散時においても同区間の普通列車で平均15秒/km短縮されており、これらは主に緩急別運転の効果によるものである。この結果は前述した車両性能の向上、曲線や分岐器の改良と比較して、線路を増設することによる速達性の向上効果の大きさを示している。

4——3線運行手法の提案

4.1 都市鉄道の需要と供給の関係

都市鉄道における長期的な輸送需要と供給の関係を図—4に示す。開業した直後は輸送需要が少なく、輸送力

に余裕のある状態がしばらく続く。その後、沿線開発などにもない増え続ける輸送需要に対応するため、初期の段階では主にダイヤ改正により輸送力が増加される。しかし、ある時点で輸送力は飽和して激しい混雑が発生し始める。ここで複々線化が施工されたと仮定すると、輸送力は大幅に増強されるため、混雑は緩和して速達性も向上する。その後も路線が有する輸送力まで需要が継続的に増加すれば、投資効果の最大化につながるが、実情は多くの鉄道路線で需要が伸び悩んでいる。



■図—4 鉄道輸送の需要と供給のイメージ

一般に輸送需要は連続的に変化するのに対して、輸送力(供給)は設備容量に依存するため、その変化は離散的かつ段階的である。その結果、長期的には必要な設備投資であっても初期の段階では過剰と見なされる場合があり、さらに将来において十分な需要が見込めないと判断された場合には、新規の投資が抑制されるため現在の需要すら満たせない恐れがある。

4.2 効率的な運行手法の提案

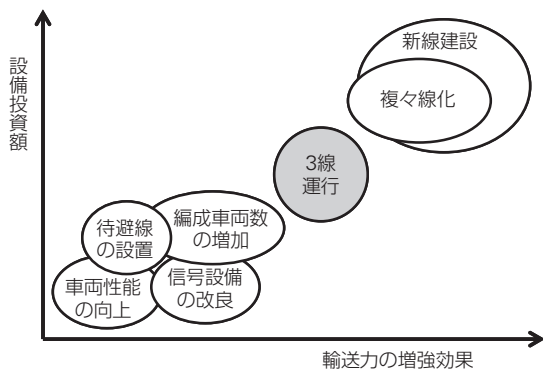
都市鉄道を取り巻く状況をまとめる。現状の輸送サービス水準に対する混雑緩和と速達性向上の要望は未だに多い。しかし、朝の通勤通学需要にともなう混雑が将来も継続して懸念される路線がある一方で、これまでのような増収が期待しにくい状況下での事業者の設備投資意欲は低下している。さらに線増用地の取得や沿線地域との合意形成は長期化する傾向があるため、抜本的な輸送力の増強は非常に困難な課題である。

本研究ではこの課題の解決策として、複々線区間に単線路を1本追加した3線による運行手法を提案する。その概要は3本の線路の内、外側の2線は上下に進行方向を固定し、中央の線路は需要の変化に応じて柔軟にその進行方向を変化させるものである。

都市鉄道の特徴として、終日の輸送需要は時間帯によって方向別に大きな偏りがあるため、線路や車両などの鉄道施設の使用は非効率であるが、3線運行手法は輸送量(需要)と輸送力(供給)をより等しい関係に近づけ

ることで、効率的な設備利用にも寄与すると考える。また、負担が大きい用地取得については、既存の複線路線における切土区間や盛土区間の法面改良、および線路脇の空き用地の活用によって、複々線化よりも容易に線路1本分の用地拡幅が可能であると考えられる。

ここで輸送力増強施策の効果と設備投資額の間を関係を図一五に表す。これまではホーム延伸による編成車両数の増加、副本線による交互発着運転や追越し運転の実施、そして信号と車両の改良などの各種施策を組み合わせることで輸送密度と速達性を向上させてきた。一方、これらと比較して投資額は莫大だが、十分な輸送需要が見込めた場合には複々線化などの施策が大きな効果を発揮した。提案する3線運行はこれらの施策の中間に位置付けられる。

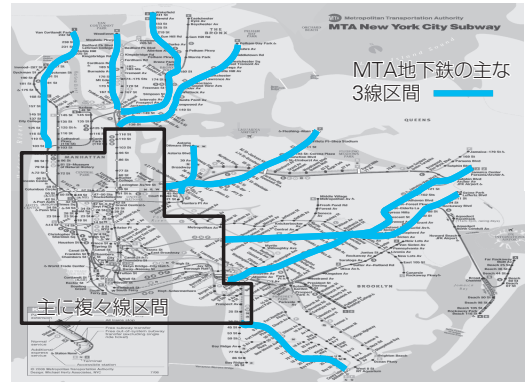


■図一五 輸送力増強効果と設備投資額（概念図）

5——国内と海外の3線運行の事例

東京駅を中心とする半径約50kmの圏内を対象に、JR線以外の24鉄道事業者78路線の線路敷設状況⁵⁾を調べたところ、32駅の構内に3線路の存在が確認できた。その内の13駅で優等列車の追越し運転が実施されているが、朝の混雑時間帯のみの運用や上下一方向に進行方向を固定するなど、その活用方法は限定的である。

その一方で、海外では3線運行を導入し、効果的に活用している路線は複数箇所が存在している。一例として東京圏の都市鉄道と同様に運行頻度が高く、時間帯別および方向別に輸送需要に偏りがあるMetropolitan Transportation Authority New York City Subway（以下、MTA地下鉄）の事例を紹介する。MTA地下鉄は一般にニューヨークの地下鉄として広く知られており、図一六の青線に示すとおり、マンハッタンの複々線区間の外側では多くの路線に3線路が敷設されている。図一七の写真のように、外側の線路は普通列車の専用線として進行方向を固定しているが、中央の線路は急行専用線として上下の両方向に走行が可能な信号システムを導入している。朝夕の混雑時間帯は輸送需要の変化に応じて、混雑方向に走行する列車の一部を急行列車に変更して速達性を向上させている。



注：MTA地下鉄へのヒアリングと現地調査により作成
出典：Metropolitan Transportation Authority

■図一六 MTA地下鉄の3線区間



出典：著者撮影（6号線Whitlock Av駅 2006年9月）

■図一七 駅を通過中の急行列車

MTA地下鉄の営業距離は371km（東京メトロの約2倍）だが駅数は468駅（同約3倍）もあり、駅間距離は比較的短い。信号システムは自動列車停止装置（ATS）により90秒間隔の高密度運転が可能である。開業からすでに100年以上が経過しているが、当初の設計段階から時間帯によって需要の偏りが発生することを予測しており、現在のような3線による運行を計画していた⁶⁾。

ここで運用上の特徴を比較すると、東京圏では駅部のみで追越し設備が設置されているため、急行列車は普通列車を時間的および空間的に「点」で追越す必要があり、いずれかの列車に遅延が発生している場合は相互に波及する恐れがある。さらに急行列車の通過待避にともない普通列車の速達性を損なっている。一方のMTA地下鉄では、混雑方向には2本の線路により緩急別運転を実施しているため、普通列車に待避の損失時間が生じることはない。さらに普通列車と急行列車の相互間で遅延が波及する恐れも小さい。本研究ではこの3線運行の実例を発展させて、需要の変化に合わせた柔軟な列車運行手法を提案する。

6——3線運行の技術的可能性

6.1 輸送需要に応じた運行手法

朝の混雑時はMTA地下鉄を参考にして3本の線路の

内、外側の上り線と中央の線路（中線）を都心方向に使用することで緩急別運転を実施し、輸送力の補強と損なわれた速達性を改善する。さらに各線路の運転密度が相対的に減少することから遅延の拡大抑制も期待できる。一方、閑散時は上下方向の需要に大きな偏りがないため、中線を急行専用線として上下方向に均等に使用機会を与えることで、普通列車に待避損失時間を発生させない運行手法を提案する。そして夜間については現在の輸送力でも余裕があるため、閑散時の運行手法に準じることとする。

6.2 併結運転による線路容量の増加

3線運行は上下方向の輸送力に差を生じるため、これまでは折返し駅での連続的な運行が困難だと思われていた。本研究では、朝の郊外（閑散）方面については一部の列車同士を併結する（以下、併結列車）ことで、1線路あたりの車両走行密度を増やすことが可能であると考えている。朝の郊外方向の需要を考慮すると、長編成化した併結列車の半分の車両のみに旅客を乗車させ、残りの車両は空車で運行しても十分な輸送力が得られるはずである。すなわち通常の営業列車と空車の回送列車を併結して運転することで、現行のホームを延伸せずに線路容量を増加させることが可能になる。この線路容量は信号設備、走行速度、車両性能、駅停車条件および列車編成車両数とその長さなどにより決定される。軌道回路（閉そく）長などの設備条件を一定とすると、同一線路上で通常編成の列車に代えて併結列車の運転割合を増やすと運転時隔も増大していくが、その影響以上に線路容量を増加させる効果があるため、より多くの車両の走行が可能になる。しかし、実際の運用では併結作業に要する損失時間により、併結列車の運転本数は制約を受けることが想定される。

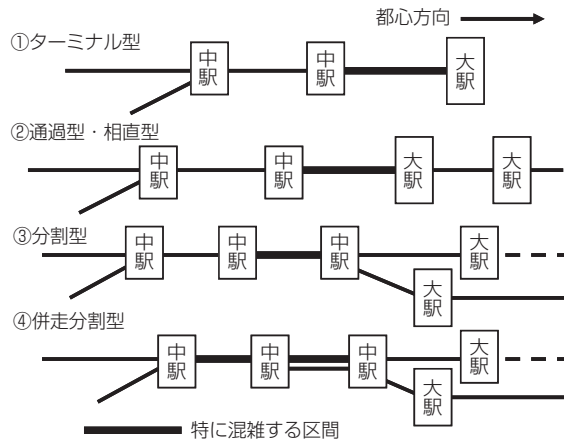
6.3 検討対象とする路線形態

東京圏で見られる路線形態を大別すると図-8のように4つに分類され、太線で示す特に混雑する区間には3線運行の導入が効果的だと考える。これらの路線形態から3線区間の端部では複線または複々線と接続する構内配線が必要となり、このような接続駅における運転効率が路線全体の輸送力に大きく影響する。

6.4 混雑時間帯の3線運行の輸送力

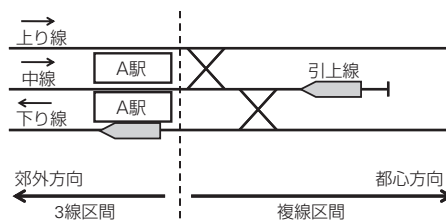
6.4.1 複線と3線を接続するケース

本ケースの構内配線の一例を図-9に示す。A駅は都心のターミナル駅であり、朝の混雑時は多くの利用者が降車することを想定している。駅構内には、郊外方向から到着した列車の一部を折り返すための引上線を1本敷設する。郊外方向から上り線と中線を走行してA駅に到着した

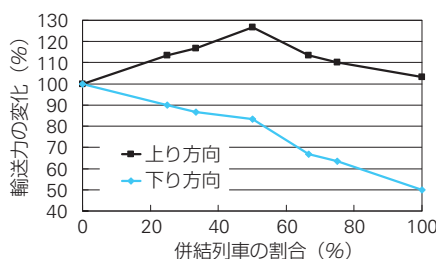


■図-8 路線形態の分類

列車の内、引上線に引き込んだ列車以外は、そのまま都心方向に継続して運行する。引上線で運転方向を換えた車両（回送列車）は、下り線のホームに乗降のために停車中の営業列車と併結後、郊外方向へ走行する。3線区間の上り線と中線を合わせた走行車両数は、一部の列車の併結作業にともなう損失時間によって制約される下り線の走行車両数と等しい。図-10に3線区間の下り線を走行する全列車に対する併結列車の割合と上下方向別の輸送力の変化を示す。この例では現行の運行手法による場合、すなわち全列車を通常編成列車で運転したときの輸送力を100%とすると、併結列車の割合が50%のときに、上り方向の輸送力が127%で最大化される結果が得られた。一方、そのときの下り方向の輸送力は83%に低下する。



■図-9 構内配線の例（複線-3線）



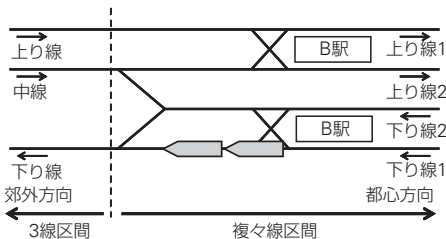
注：列車長200m、構内加減速度2.0km/h/s、駅停車時間30s以上、引上線起動から併結完了まで65s、制限速度や分岐器転換時間などは文献7)と実運用値を参考。

■図-10 併結列車の割合と輸送力の変化（複線-3線）

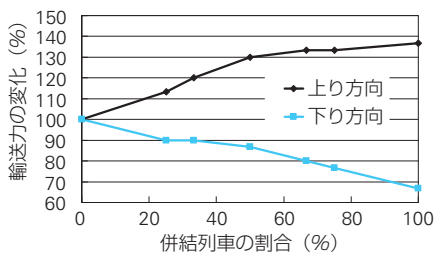
6.4.2 複々線と3線を接続するケース

本ケースの構内配線の一例を図-11に示す。郊外方向へは複々線区間の2本の線路（下り線1と下り線2）が、B駅から先の3線区間では1本になるため、郊外方向に走

行する一部の列車同士を構内で併結させる。先行列車はB駅で全旅客を降車させた後で、300m程度進行して停止する。そして後続列車はB駅で乗降の完了後に誘導信号に従って進行し併結する。3線区間の下り線を走行する全列車に対する併結列車の割合と、上下線別の輸送力の変化を図一12に示す。



■図一11 構内配線の例(複々線-3線)



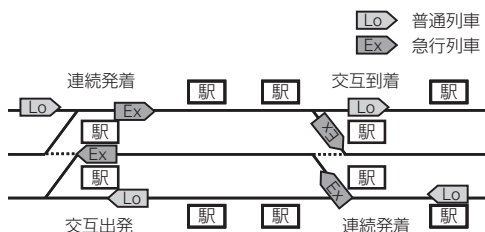
注：列車長200m、構内加減速度2.0km/h/s、駅停車時間30s以上、併結作業時間30s、制限速度や分岐器転換時間などは文献7)と実運用値を参考。

■図一12 併結列車の割合と輸送力の変化(複々線-3線)

ここで例として示した2つの構内配線以外に、引上線や副本線の追加など線路配置を変更すると得られる輸送力は変化する。併結割合を選択するときには、上下両方向の輸送需要を十分に考慮する必要がある。

6.5 閑散時の運行手法

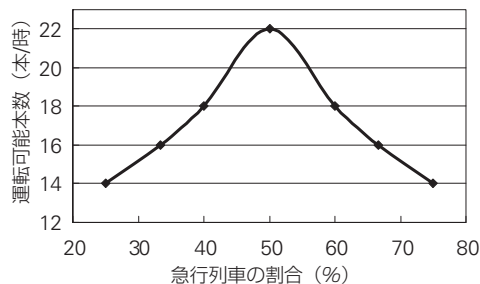
閑散時は急行運転にともなう普通列車の待避損失時間を削減する手法⁸⁾を提案する。図一13に示すように両外側の線路は上下の進行方向を固定するが、中線は急行列車専用の通過線として、上下方向に対して均等に区間を配分する。MTA地下鉄では、朝と夕方の混雑時間帯は中線の全区間を混雑方向の急行列車が使用するが、提案する運行手法では急行列車が中線と外線を交互に走行することにより、上下方向の速達性を等しく向上させる。



注：連続発着とは同じ線路(ホーム)から連続して列車が発着すること。また、交互発着(到着)とは異なる線路から列車が交互に出発(到着)すること。

■図一13 閑散時の運行手法

中線から外線へ、および外線から中線への渡り線の設置が必要な駅は、駅停車にともなう損失時間と列車相互間に必要な運転時隔から決定される。試算した運転可能な列車本数は、図一14に示すように全列車に対する急行列車の割合で変化する。急行列車が外線と中線を交互に走行しながら、1本ずつ普通列車を追越すような運転パターンが最も効率的であり、そのときの急行列車の運転本数は普通列車と同じになる。



注：列車長200m、加減速度2.5km/h/s、駅停車時間30s、運転余裕時間10~15s、16番分岐を想定、軌道回路長と制限速度および分岐器転換時間などは実運用値を参考。

■図一14 閑散時の運転可能本数

この運行手法の特徴は、上下の方向別に中線の走行区間が常に分離されているため、上下線間で遅延が直接的に波及しないこと、ならびに駅間を走行中に追越すことで運転間隔に時間的および空間的な幅が発生するため、先行および後続列車への遅延の波及が抑制できることである。また、部分的に3線区間を導入しても相応の速達性の向上効果が期待できる。効果的に運行できる条件は、急行列車が中線を走行している間に普通列車を完全に追越していること、そして急行列車が外線を走行している間は普通列車に追付かないことである。

7 輸送サービスの変化と費用便益比

実在する複線路線をモデルとして、3線運行を導入した場合の輸送サービスの変化を試算した。対象路線はその両端を複々線で挟まれた約12kmの複線区間である。現行の朝の混雑時間帯の輸送力は42,000人/時であるが、3線運行を導入した場合のシミュレーション結果では、都心方向へは53,000人/時(+26%)、郊外方向へは36,000人/時(△14%)に変化する。また、都心方向への全列車を平均した表定速度は25km/時から40km/時に増加し、当該区間の平均所要時間は29分から18分に短縮される。一方の閑散時間帯では、現行の輸送力を維持した状態で速達性を向上することを考えた。シミュレーション結果では、表定速度は平均33km/時から37km/時に増加し、当該区間の平均所要時間は2分短縮される。

次に所要時間の短縮と混雑の緩和により利用者が得られる便益を推計した。事業者の運賃収入については、将

来の沿線人口の変化による需要変動は考慮したが、利便性の向上による誘発需要は含めていない。表一に示すように、3線運行により利用者が得られる便益は、優等列車の追越しにともなう待避時間の削減と運行遅延の抑制により年間235億円、車内混雑の緩和により年間74億円と試算された。一方、設備が増加することにより鉄道事業者に発生する追加の維持管理費用は年間6億円となり、差し引き年間303億円の便益が発生する結果が得られた。

■表一 3線化による費用の推計

(億円/年)

費用項目		複線式 (現行)	3線式 (提案)	増減
利用者	速達性	1,289	1,054	△235
	快適性	121	47	△74
事業者	営業費	19	25	6
合計		1,429	1,126	△303

注：文献9)にもとづき試算

現行の地上複線区間の3線化にあたり、地上で線増する場合、既存の複線路も含めて高架化または地下化する場合、そして参考までに高架式により複々線化する場合について、それぞれの概算事業費と費用便益比(B/C)の試算結果を表二に示す。

■表二 3線化の概算事業費と費用便益比

	3線式			複々線式
	地上式	高架式	地下式	高架式
事業費(億円) (km単価)	1,316 (111)	3,144 (264)	4,672 (393)	4,327 (364)
純現在価値 (億円)	2,224	822	△430	520
B/C	3.27	1.35	0.88	1.16
EIRR (%)	14.7	6.2	3.2	5.1

注：社会的割引率4%、計算期間30年

各事業費は土木、軌道、電気、車両などに分類して積算し、用地費は過去の類似工事の実績に基づき算出した。地上3線式は最も事業費を抑えられるが、踏切への影響が懸念されるため実現性は低いと思われる。

8——運行異常時の輸送力の確保

事故や故障などにより運行異常が発生すると、復旧までに長時間を要する場合があります、その影響は社会的に大きな損失をとまなう。昨今では安全性は当然のこととして、運行の定時性や継続性も強く求められている。現在の複線区間における運用では、上下方向どちらかの1線路を支障する事故が発生し、復旧までに長時間を要すると判断された場合には、支障箇所を含む一定区間で上下両方向の運転を見合わせ、それ以外の区間では折返し運転を実施することで可能な限りの輸送力を確保している。しかし、

支障事故が3線区間で発生したと仮定すると、事故の内容によっては当該区間を複線扱いとして運行を継続することが可能となり、路線全体の輸送力が確保できる。

本研究では、鉄道事業者から国土交通省に提出された鉄道運転事故等届出書を参照して、これらの運転支障事故が3線区間において発生したと仮定したときに、複線扱いにより上下方向の輸送力が確保できるものを抽出した。3線化により輸送力の確保が可能な事象は、分岐器に関係しない信号故障や車両故障などがある。一方、3線区間であっても上下両方向で運転を支障する恐れがある事象には人身事故、踏切事故、連動装置が関係する信号故障および自然災害などが挙げられる。

東京圏のJRや民鉄などから提出された平成14年度分の運転支障事故434件の内訳は、その32%が人身事故、26%が車両故障、そして信号故障と踏切支障がそれぞれ12%だった。個々の事故内容を分析したところ、全体の39%にあたる170件については、仮に事故の発生箇所が3線化されていれば運行の継続が可能であったと推測される。事故種別で分類すると、発生した車両故障の98%と信号故障の62%は複線扱いにより運転の継続が可能であったと推測されるが、人身事故と踏切事故の98%は3線区間であっても運行の継続が不可能な内容だった。また、これらの運転支障事故に起因して遅延した列車の本数と最大遅延時間から算出した時間損失費用は約70億円だったが、仮に3線化されていればその33%にあたる23億円の損失費用の削減が可能であったと推計される。

9——まとめ

3線運行手法を導入することで、混雑方向の輸送力増強と緩急別運転による速達性の向上、および遅延の抑制が期待できる。以下にその導入が効果的な路線の特徴を目的別に示す。

①輸送力増強による混雑緩和

- ・混雑時間帯の輸送需要に大きな偏りがあり、ボトルネック区間が存在する路線

②緩急別運転による速達性の向上

- ・線路容量に余裕がないため、混雑時間帯に走行速度が低下する路線
- ・優等列車の追越しにともなう普通列車の待避時間が長い路線

③運行遅延の波及拡大の抑制

- ・運転時隔に余裕がないため、遅延が波及拡大しやすい路線

これまで3線運行が国内の都市鉄道に普及しなかった

理由には、かつては運転の保安が人的注意力に頼る部分が多く、柔軟な運行手法の導入が困難だったことが考えられる。提案する3線運行手法は、現行の信号システムと1980年代後半から一部の鉄道路線で普及し始めた自動連結解放装置を用いることで、技術的な実現可能性があると考える。

3線運行手法の導入が鉄道事業者、鉄道利用者、非鉄道利用者の3者に与える価値^{注3)}についてまとめる。鉄道事業者への価値としては整備コストの圧縮と工期の短縮が挙げられる。従来の手法と比較して用地取得などの沿線に与える影響が小さいために、地権者や関係機関との協議に要する時間を大幅に短縮することが可能である。さらに競争力の確保や沿線価値の向上、そして混雑緩和効果の内部化が考えられる。次に鉄道利用者に与える価値には乗車時間と待ち時間の短縮、車両内とホーム上の混雑緩和などが挙げられ、運輸政策審議会答申第18号の主要課題の解決に貢献することができると考える。また、前述の工期短縮を踏まえると早期に輸送増強の便益を享受することが可能である。非鉄道利用者への価値には沿線価値の向上が挙げられる。輸送力の増強と質的向上により沿線価値が高まるため、人口増加や企業誘致が促進され、沿線の自治体は固定資産税、都市計画税、事業所税などの増収が期待できるようになる。

次に3線化の導入を支援する整備スキームに触れる。都市鉄道の混雑緩和のための整備事業を支えてきた特定都市鉄道整備積立金制度が2005年に廃止になった。その一方で、同年に制定された都市鉄道等利便増進法に関して、その施行規則の第四条の三には「列車が追越しを行うために必要となる都市鉄道施設の整備」とある。同法の適用範囲は、複数の鉄道事業者が個々に所有する路線のミッシングリンクを解消することであるが、単一鉄道事業者内の輸送ボトルネックの解消にも同法の利用を幅広く検討していく価値はあり、解釈によっては3線運行のた

めの施設整備にも適用できる可能性があると考えられる。

最後に、従来からの慣例にとらわれずに新しい運行手法の導入に挑戦することで、これまで困難だと思われていた都市鉄道の輸送サービスが改善され、将来の良質な都市インフラ構築の一助になることを期待する。

謝辞:本研究は運輸政策研究所に在籍中に行ったものである。政策研究に初めて挑戦する著者に対して、森地茂運輸政策研究所長および寺嶋潔(財)運輸政策研究機構顧問からは、研究テーマの選択とその方向性について温かいご指導をいただいた。また、曾根悟先生(工学院大学)からは本研究の技術的な基礎となる運転理論について多くの助言をいただいた。さらに各事業者様および伊東誠主席研究員をはじめとする研究員の皆様からも多大なご支援をいただいた。改めて各位に感謝いたしたい。

注

注1) 東京急行電鉄(株)[2005-2007]、「HOTほっとTOKYU」のモニターアンケート調査結果から引用。

注2) 国立社会保障・人口問題研究所のデータによる。

注3) 岩倉成志 [2006]、第82回運輸政策コロキウムのコメントの一部を引用。

参考文献

- 1) 国土交通省鉄道局 [2009]、『数字でみる鉄道2009』,(財)運輸政策研究機構。
- 2) (財)運輸政策研究機構 [2008]、『都市交通年報』。
- 3) 交通新聞社 [1987-2005]、『東京圏時刻表』。
- 4) (財)運輸政策研究機構 [2001]、『地下鉄スピードアップのための改善措置に関する調査報告書』。
- 5) (独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構 [2005]、『東京圏鉄道網図』。
- 6) Thomas R. Jablonski [2006]、「New York City's Subway Century」,Transportation research board of the national academies, TR NEWS, No. 242, pp. 3-7.
- 7) 国土交通省鉄道局 [2002]、『鉄道に関する技術基準』,(社)日本鉄道電気技術協会。
- 8) 勝田敬一・古関隆章・曾根悟 [2001]、「複々線同等の高速・高密度運行を可能にする駅間3線運行方式」,「電気学会産業応用部門誌」,121巻6号, pp. 68-75.
- 9) (財)運輸政策研究機構 [2005]、『鉄道プロジェクトの評価手法マニュアル2005』。

(原稿受付 2010年6月10日)

Expansion of Congested Railway Capacity on a Triple-Track Line

By Hiroshi EGUCHI

In this paper, a method is proposed for improving level of service in congested urban railways with special travel demand characteristics by means of triple-track line operation. Where the future travel demand forecasts show sluggish growth, there is little incentives for railway investments like quadruple-track extension to alleviate current railway congestion problems. In such a situation, triple-track line operation can be the best alternative due to its moderate investment cost and ease in land acquisition for just an additional single track along the existing tracks. The simulation investigation showed that triple track line operation can increase railway capacity by 26% and shorten travel time by 38% in peak direction during morning peak hours. These results are encouraging and are potentially useful for overcoming current railway problems in Tokyo and in similar urban situations elsewhere.

Key Words : *urban railway, triple-track line, railway capacity*

この号の目次へ <http://www.jterc.or.jp/kenkyusyo/product/tpsr/bn/no51.html>