

「都市鉄道における軌間の異なる路線間の直通運転の可能性」

1. 調査の背景と目的

相互直通運転（以下「相直」という。）は、ミッシングリンクの存在等の鉄道ネットワークの課題にあって、路線間をつなぎシームレス化する最も効果的な施策であり、乗換解消効果とあわせ既存ストックである鉄道ネットワークの有効活用が期待できるものである。

相直は、都市鉄道において多くの路線間で実施され効果を上げてきた。日本の大都市圏では、世界に類を見ない都市鉄道ネットワークが構築され、膨大な量の通勤・通学輸送を担っているが、相直がネットワークの効率化に果たした役割は大きい。一方で、日本には、種々の事情により多くの事業者が存在しており、その連携が課題となっているが、異なる軌間（「ゲージ」ともいう。）が存在するという歴史的課題も有している。軌間が異なる場合は、三線軌化や改軌工事の困難性等からこれまで実施が出来ない場合が一般的となってきた。

軌間が異なる路線間の相直運転には、地上側で対応する方法と、車両側で対応する方法があり、現在、前者については新幹線・在来線直通運転化（以下「新在直通運転化」という。）事業等で改軌や三線軌化の実績が出てきており、また、後者についてもフリーゲージトレイン方式の技術開発が進みつつある。長距離の改軌は現実的でないことから、世界的にも異ゲージ解消に向けた取り組みが散見でき、また、日本では、新在直通運転化を想定した開発が進められている。

フリーゲージトレイン方式は、都市鉄道への導入を想定した場合には高速域での走行性能が不要であること等から、対応性は高いことが期待されるが、一方で、車両重量の軽減や小半径曲線の通過性能等、都市鉄道への対応のために必要となる課題も考えられ、しかるべき開発が求められる。

このような背景を踏まえ、本調査は、相直に関する既存事例やフリーゲージトレインの技術開発状況等を踏まえ、これらを総合的に検討することにより、日本の都市鉄道に残された歴史的課題である、軌間の異なる路線間の相互直通運転化の可能性と課題を整理するものである。

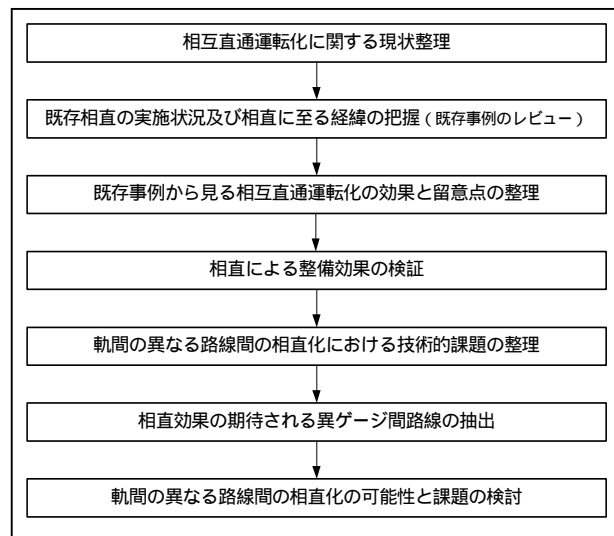


図 - 1 調査フロー

2. 調査結果のまとめ

(1) 相直の現状

都市鉄道における相直は 1960 年代から進められ、これまで、鉄道事業者等の多大な努力により多くの路線間で実施され、都市鉄道の利便性向上に大きく寄与してきた。一方で、大都市圏の鉄道においては軌間の異なる路線が存在しており、これらの路線間においては相直化が困難となっていることから、都市鉄道に対するフリーゲージトレイン方式の開発等により、将来的な軌間の異なる路線間の相直化が期待される。

相直は、都市交通審議会答申第1号（昭和31年）の中で方針が示されて以来、1960年（昭和35年）の都営浅草線 - 京成線の相直開始以降、関係鉄道事業者等の努力により相直路線が拡大してきた。首都圏の相直延長は1970年時点において約250kmであったものが、現在は約900kmに達しており、都市鉄道の利便性向上に大きく寄与している。

しかし、大都市圏の鉄道においてはJRを中心とする1067mm（狭軌）の他に1435mm（標準軌）や1372mm等の軌間が用いられており、現状では、これらの路線間では相直化が困難となっている。

都市鉄道に対するフリーゲージトレイン方式の開発等により、将来的な軌間の異なる路線間の相直化が期待される。

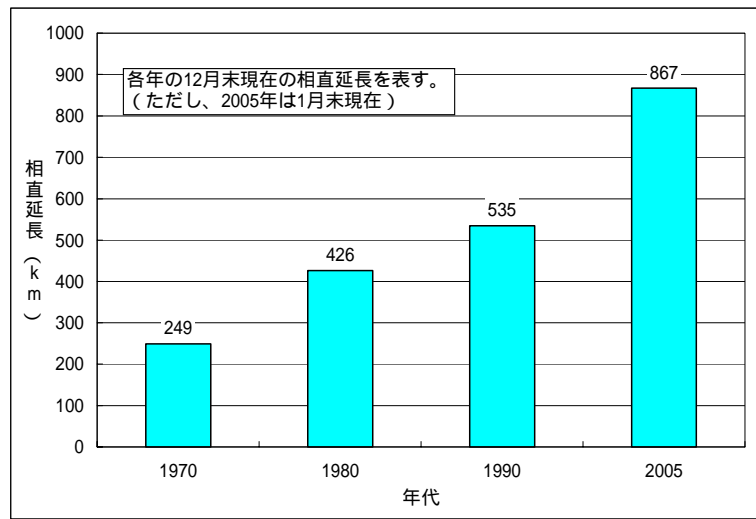


図 - 2 相直の路線延長の推移（東京圏）

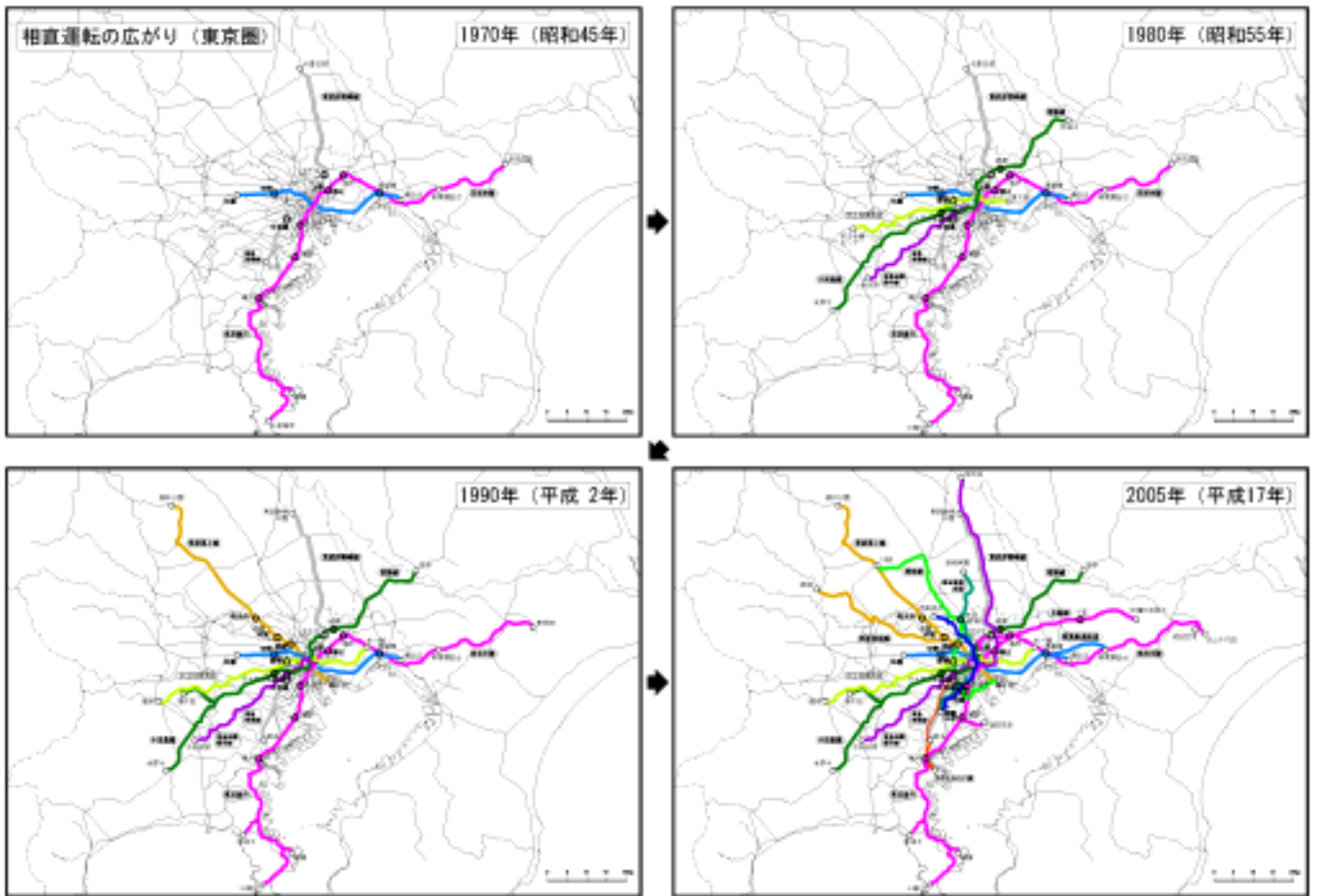
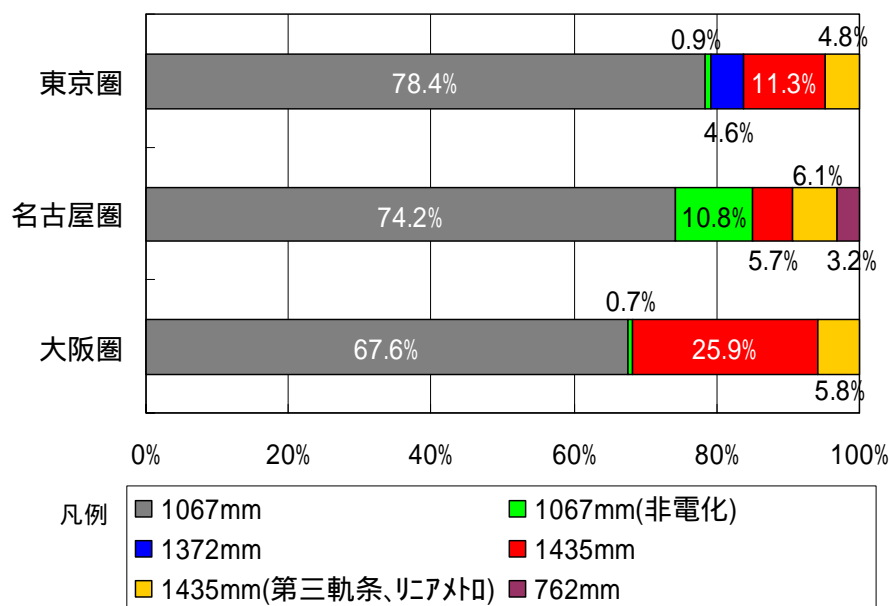


図 - 3 相直路線の変遷（東京圏）



注) 1. 3大都市圏の範囲は、都市交通年報の以下の交通圏とする。
 東京圏：首都交通圏（概ね東京駅を中心に半径50km）
 名古屋圏：中京交通圏（概ね名古屋駅を中心に半径40km）
 大阪圏：京阪神交通圏（概ね大阪駅を中心に半径50km）
 2. 平成16年8月現在

図 - 4 3大都市圏における軌間の構成

(2) 相直化に期待される効果

相直は、ネットワークの高度利用により利用者利便の向上を図るものであり、既存ネットワークを最大限に活用しうる有効な方策である。

相直は、乗換解消や速達性向上等の利用者利便の向上だけでなく、鉄道事業者に対する需要増、増収等の効果や、都市及び地域に対しても、都市開発の進展や生活環境施設の充実等に寄与する。

これらの効果は、接続線整備による直通運転化によって「都心直結」等の大きなネットワーク改善が図られる場合、新線整備に匹敵する効果となる可能性も考えられる。

相直により接続駅での乗換解消、乗換時間の短縮、混雑緩和、鉄道ネットワークの改善が図られ、利用者利便が大きく改善される。今後の高齢化社会を踏まえた場合、これらの効果は大きく評価できる。相直列車は、広範囲のエリアを運行することから、相直化の効果も広範囲に及ぶことが特徴となる。

鉄道事業者にとっても、利用者利便の向上に伴う利用客増、増収を中心として相直効果は大きい。また、駅や車両基地の共有化による要員・経費削減や、相直により生み出された跡地等の有効活用による駅ビル開発等のメリットも大きい。

相直の実施を契機として、駅周辺開発が自治体により併せて進められ、都市開発の進展や生活環境の充実にも寄与する。

相直は、既存ネットワークを最大限に活用しうる有効な方策と言え、新線整備に匹敵する効果が得られる可能性もある。

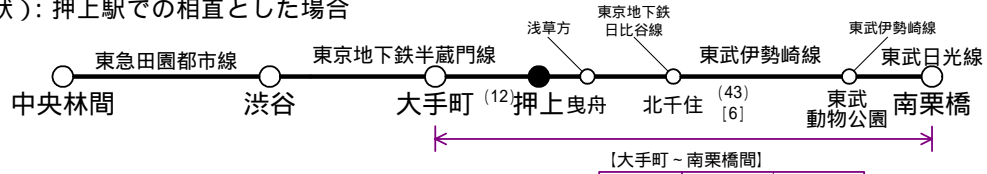
表 - 1 路線別の整備効果の整理（事例）

東急田園都市線、東京地下鉄半蔵門線、東武伊勢崎線の相互直通（押上駅で相直した場合）

【路線図】

乗換（想定）：押上駅での乗換を想定した場合

相直（現状）：押上駅での相直とした場合



【東京地下鉄半蔵門線 - 東武伊勢崎線の相直】
平成 15 年 3 月 19 日相直開始

	乗換(想定)	相直(現状)
時 間	80分	74分
運 賃	890円	890円
乗換回数	1回	0回

注：所要時間は、当該区間の最速列車による。
乗換時間は、6分（仮に押上で乗換とした場合を大手町駅乗換（東京地下鉄千代田線～丸ノ内線）程度と想定）と設定。
〔 〕内は、最混雑1時間の運行本数（本ノ片道）
〔 〕内は、最混雑1時間のうち中央林間方面へ相直する運行本数（本ノ片道）

資料：平成 15 年版 都市交通年報
平成 16 年 10 月時刻表

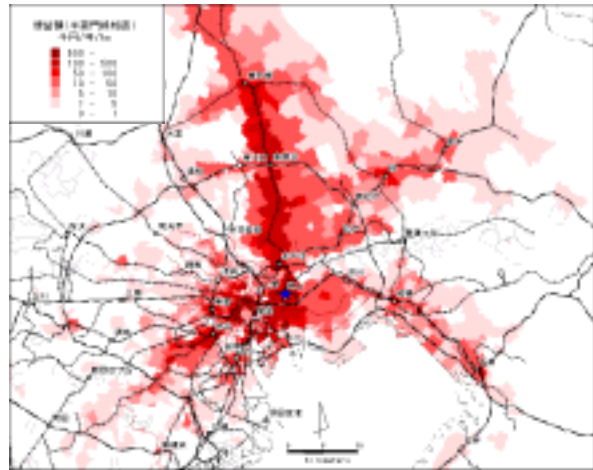
【利用者便益の試算（平成 16 年時点）】

便 益 項 目	便益額（億円/年）
乗換時間短縮便益	51.1
他時間短縮便益	-2.1
時間短縮便益	49.1
費用削減便益	-3.8
混雑緩和便益	14.8
利用者便益計	60.0

・相直による増加人員：6.7 万人
（押上駅の通過人員、需要予測による）

注）乗換の有無のみの条件差による効果で、路線の整備効果すべてを現わすものではない。

【利用者便益の発着地分布】



【路線固有の特徴的な効果】

（ 1 ） 鉄道利用者

- ・ 所要時間の短縮 （接続駅(押上駅)での乗換時間の解消による時間の短縮等）
- ・ 乗換回数の減少 （接続駅(押上駅)での相直による乗換回数の解消等）
- ・ 高齢者、障害者の利便性向上 （相直を機にバリアフリーに配慮した新型車両を導入）
- ・ 運行本数の増加 （東急は急行の増発、東武は区間準急の増発等）
- ・ アクセス利便性の向上 （東武伊勢崎線から第2の都心直通ルート、観光地へのアクセス向上等）
- ・ 駅の混雑緩和 （接続駅である押上駅の乗換解消等）
- ・ 列車の混雑緩和 （東京地下鉄日比谷線の混雑緩和等）

（ 2 ） 鉄道事業者

- ・ 運賃収入の増加 （既存路線からの転換、新規需要の拡大等）
- ・ 工場の共有化 （東京地下鉄は相直路線の活用により、千住工場における主要な検査を鷺沼工場へ集約）
- ・ 相直事業者間の連携 （営業戦略を目的とした臨時直通列車の運行等）

（ 3 ） 都市及び地域

- ・ 都市開発の進展 （東京地下鉄半蔵門線の建設を機に都市基盤整備を実施）

(3) 相直化にあたっての留意点

相直化の効果には大きなものがあるが、密集市街地での接続線の導入空間の確保や路線規格の調整、運行計画の制約等、事業実施面においてさまざまな課題がある。また、運行段階面においても、経路が特定できなくなることによる運賃収受の問題や事故等による列車遅延の影響拡大、行き先が複雑化することによる利用者の分かりにくさ等の課題がある。

相直化のためには、さまざまな課題があるが、大きな相直効果が期待される場合には、それぞれの課題をクリアし、従来も相直化が進められてきた。

接続に関する留意点

相直化にあたっては、接続線や短絡線の整備、構内配線の変更等駅部改良が必要となる。市街地におけるこれらの導入空間の確保には一般に空間制約等があるため、多額の投資が必要となる場合もある。また、実施が物理的に事実上困難となる場合も考えられ、現地の精査が必要となる。

技術規格に関する留意点

相直化は、各路線の規格・寸法(建築限界、車両限界、ホーム有効長、集電方式、運転保安システム等)や車両及び運営方法について、相直が可能となるように対応する必要があり、技術面での事業者間調整が必要となる。車両幅や集電方式(架空方式・剛体方式、第三軌条方式)等が異なる場合には、調整が事実上困難な場合もある。

運行に関する留意点

相直路線の線路容量や施設規模等の制約により、車両長や編成長、運行本数が制限を受け、期待される運行ダイヤを確保できない場合もあるため、相直化にあたっては、既設路線のダイヤの十分な検討と、必要により線路容量を増やすための既存線の改良も含めた総合的な検討も重要な視点となる。

事業収益に関する留意点

相直化によるネットワーク流動の変化により、相直事業者の一方に減収が生じる場合もある(反射損失)。そのため、調整に限界が生じて相直の事業化が困難となり、利用者利便の向上が図れない場合も考えられる。これらの調整機能を持つ、既存ネットワークを効率的に活用するための施策に対する新たな仕組みの適用が必要となる。

運営に関する留意点

目的地までの経路が複数存在する場合、相直化により利用経路が特定できなくなることにより事業者の運賃収受が困難となる場合があり、事業実施の大きな障害となる可能性がある。IC切符等の開発により、これらの課題の解消が期待される。

また、相直化により行き先、列車種別が複雑化するため、利用者への案内や車両内での掲示等に工夫が必要となる。特に異常時においては混乱が予想されるので、適切な対応が必要となる。

なお、相直化にあたって留意すべき点は多く、相直のための事業者間調整には多くの労力と時間を要するが、技術的ハードルが対応可能であり、かつ大きな相直効果が期待される場合について、相直化が進められてきた。

表 - 2 相直の効果と留意点

対象者	分類	効果	留意点
鉄道利用者	利便性	所要時間の短縮 乗換回数の減少 直通ネットワークの拡大 乗換の不安解消 高齢者・障害者の利便性向上 運行本数の増加 アクセス利便性の向上 鉄道利用のモチベーション向上	運行本数の減少 運賃の上昇 列車運行の複雑化 多種類の車両が混在
	快適性	駅の混雑緩和 列車の混雑緩和（並行路線）	列車の混雑悪化 列車遅延時の影響
鉄道事業者	運賃	運賃収入の増加	運賃収入の減少 運賃の適正収受
	接続駅	駅施設の共有 駅の有効活用	接続線の導入空間の確保
	施設・車両	車両数削減	乗り入れのための対応
	車両基地・工場	車両基地の郊外設置 工場の共有化	
	列車運行	列車運行と作業の効率化	列車運用の調整
	その他	相直事業者間の連携 商業施設等の収益増加	相直事業者間の連携強化 関係者間の連携強化 商業施設等の収益減
都市及び地域	住民生活	沿線のイメージアップ 住宅立地の増加 土地の資産価値の上昇 生活関連施設の充実 雇用の拡大 道路混雑緩和 交通事故削減	
	企業活動	企業活動の活性化 企業立地の促進	駅商業施設の収益減
	地域社会	都市開発の進展 自治体の税収増加 交通アクセス事業者の収益増加 情報発信 地域間連携の強化	駅関連施設の充実 交通アクセスの整備
	環境	環境改善	都市景観への配慮

(4) 軌間の異なる路線間の相直化における対応事項

軌間の異なる路線間の相直化のためには、軌道側での対応方策として、三線軌化、四線軌化、異ゲージ並列化、改軌が考えられるが、これらの方策は、都市鉄道への適用にあたってはそれぞれ課題を持っていることから、全面的な適用は困難である。

車両側で対応する方策としてフリーゲージトレイン方式が考えられるが、この方策は軌道の改軌が不要であることから、都市鉄道への適用が期待できる。

フリーゲージトレイン方式の都市鉄道への導入にあたっては、相直にあたっての留意点に加え、軌間変換装置設置のための導入空間の確保、車両の新製、台車機構の異なる車両のメンテナンス、列車運行の制約等の課題が考えられる。これらの課題を踏まえ、総合的にフリーゲージトレイン方式の相直への適用性を評価する必要がある。

軌間の異なる路線間の直通運転の方法には、軌道側での改良方式と車両側での改良方式がある。軌道側での改良方式については、三線軌化、四線軌化、異ゲージ並列化、改軌が考えられるが、構造物の改築を伴ったり、膨大な工期と工費を要したり、輸送力の確保が困難であったりして、都市鉄道への全面的な適用は困難である。

車両側で対応する方法には、フリーゲージトレイン方式が考えられるが、改軌工事が不要であるため、都市鉄道への導入が期待できる。

フリーゲージトレイン方式の都市鉄道の導入にあたっては、相直にあたっての留意点に加え、以下に示す点について対応する必要がある。

表 - 3 フリーゲージトレイン方式の都市鉄道の導入にあたっての対応事項

対応事項	概要
軌間変換装置設置のための導入空間が必要	<ul style="list-style-type: none">・アプローチ線に軌間変換装置が必要であり、現状で想定される規格では、平坦な直線区間が必要となる。・都市鉄道への導入にあたり、この区間を確保することが課題となる。
車両の新製・置換えが必要	<ul style="list-style-type: none">・稼働中の車両をフリーゲージトレインに交換する必要がある。・車両をいかに効率的、効果的にフリーゲージトレインに交換していくかが課題となる。
フリーゲージトレイン専用のメンテナンス設備が必要（検修設備等）	<ul style="list-style-type: none">・フリーゲージトレインは、従来の車両と構造が異なるため、検査体制を整備する必要がある。・新たな検査方法の構築や検修設備の設置等が必要となる。
合理的な車両運用計画	<ul style="list-style-type: none">・軌間の幅にかかわらず乗り入れ可能となる列車は、フリーゲージトレインに限定される。・従来車両とフリーゲージトレインが混在した状況となる可能性が高いため、緊急時対応も含め、合理的、効率的な運用が課題となる。

(5) フリーゲージトレイン方式を都市鉄道に適用するために望まれる技術開発課題

フリーゲージトレイン方式は、現在、新在直通運転化を想定して開発中である。都市鉄道への適用を想定した場合には、高速域での走行性能が不要であること等から、対応性が高いことが期待されるが、一方で、都市鉄道への対応のために必要となる課題も考えられ、しかるべき開発が求められる。詳細な規格は今後の検討課題となるが、フリーゲージトレイン方式を都市鉄道に適用するために望まれる技術開発課題として、車両重量の軽減や小半径曲線に対する通過性能の向上、都市鉄道に対応した軌間変換装置の開発等が望まれる。

新在直通運転化を目指したフリーゲージトレイン方式は、1997年度に本格的な技術開発に着手し、1999年4月～2001年1月にかけての米国プエブロの鉄道試験線での走行試験を経て、2001年10月からは国内において、基本性能確認試験、営業線走行試験を実施してきた。これまでの試験結果から、新幹線では概ね240km/h程度、在来線では130km/hまでの高速域において所要の性能を確認している(開発目標最高速度：新幹線区間300km/h、在来線区間130km/h)。今後の開発課題としては、車両重量の軽量化 高速域における走行安定性 軌間変換技術の深度化 在来線曲線走行の安定性 走行に係る環境対策、が挙げられている。今後数年間は、引き続き走行試験を実施し、各種データの蓄積、解析を続け、車両開発を行っていく予定である。また、既に製造に着手している新型試験車両(3両編成)が2006年度に完成予定である。

都市鉄道へのフリーゲージトレイン方式の適用を想定した場合には、高速域での走行性能が不要であることから対応性が高いことが期待されるが、現状で都市鉄道への導入を目的とした開発は進められていない。本調査は、将来において都市鉄道に対応したシステムが開発されたものとして、都市鉄道への活用の可能性、有効性を検討するものである。

フリーゲージトレイン方式を都市鉄道へ導入する場合の、ニーズ面から見たシステム上の望まれる技術開発課題は以下のとおりである。

表 - 4 フリーゲージトレイン方式を都市鉄道に適用するために望まれる技術開発課題

項目	フリーゲージトレイン方式 開発状況	都市鉄道での現状	技術開発課題
車両重量	先頭電動車 :49.4t 中間電動車 :42.8t 先頭電動車 :48.5t (フリーゲージトレイン試験車 両 20m 車)	電動車:35.7t 付随車:26.5t (標準タイプ 20m 車)	現在開発中のフリーゲージトレイン方式については、車両重量が都市鉄道車両と比較して重く、路盤の強化、橋りょうの補強が必要となることに加え、これらに係るメンテナンス費用も増加する可能性が考えられるため、車両重量の軽減が望まれる。
最高速度	新幹線:270km/h 以上 在来線:130km/h	最大 110～120km/h	現在開発中のフリーゲージトレイン方式は、新幹線部の高速性能確保を課題として開発が進められているが、都市鉄道への導入に向けては小半径曲線や分岐器の通過性能の向上が望まれる。また、フリーゲージトレイン方式に対応した分岐器の開発も考えられる。
曲線通過性能	主に高速での曲線通過性能を開発中	小半径曲線や分岐器が多く、速度制限が伴う	
軌間変換装置	直線レベル区間に設置 (新八代駅に設置された装置では、直線レベルを約100m確保) 通過速度制限 10km/h	-	都市鉄道において、現在開発中の装置の設置条件を満足することは相当の空間制約となるため、都市鉄道用の新たな規格の開発が求められる。 また、乗換解消効果は大きいですが、軌間変換装置には通過速度制限があり時間的なロスが生じる。都市鉄道での相直効果を最大限に発揮することを目標に、通過速度制限の緩和や、駅構内での旅客乗降時に合わせて軌間変換が可能とする等の、都市鉄道独自のシステムの開発が求められる。

(6) 相直効果の期待される路線の抽出

首都圏を中心として、具体的な相直路線のイメージをつかむことを目的として、「路線間の乗換利用者数」「空港・新幹線アクセス」「業務核都市等へのアクセス」を視点とし、相直効果の期待される路線の抽出を試みた。首都圏には、軌間が同じ路線間、軌間が異なる路線間にかかわらず、まだ多くの路線間において相直のニーズが残されている。ただし、大ターミナル駅での改良や、密集市街地の地下空間での接続新線が必要となる路線間など、膨大な工事費が想定されるものも多い。

一方で、相直により、新線整備に匹敵する効果が得られる可能性もあることから、相直効果をさまざまな視点から評価し、必要となる事業費と整備効果から、相直化の必要性を判断することが必要となる。

都市鉄道における異ゲージ路線間の相直は、従来は三線軌化や改軌工事には膨大な工事費と工期を要することからこれまで実施されてこなかったが、現在開発中のフリーゲージトレインが適用可能となれば、異ゲージ路線間相直のための工事費の低廉化が可能となり、事業の具体化が期待される。

表 - 5 乗換利用者数の多い路線間の例 (首都圏、異ゲージ路線間)

ターミナル	路線名		路線名		乗換人員 (人/日)
1 日本橋	銀座線	下り	東西線	下り	36,700
2 明大前	京王線	上り	井の頭線	上り	33,584
3 新宿	中央本線	下り	京王線	下り	29,452
4 池袋	丸ノ内線	上り	東上線	下り	28,659
5 池袋	丸ノ内線	上り	池袋線	下り	28,525
6 松戸	常磐線快速	下り	新京成線	上り	26,226
7 表参道	銀座線	上り	半蔵門線	上り	22,714
8 新宿	埼京線	上り	京王線	下り	20,679
9 上野	常磐線快速	上り	銀座線	上り	19,146
10 津田沼	総武本線	下り	新京成線	下り	17,446

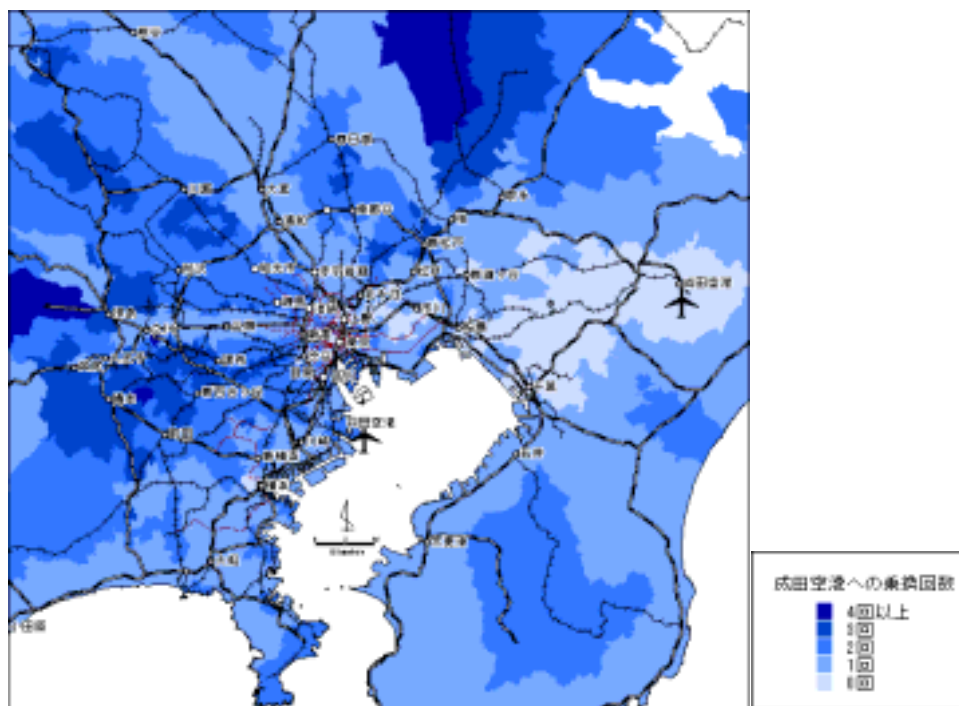


図 - 5 空港アクセスの乗換回数の分析例 (成田空港)

3 . 今後の課題

本調査は、相直に関する既存事例やフリーゲージトレインの技術開発状況等を踏まえ、これらを総合的に検討し、都市鉄道における軌間の異なる路線間の相直の可能性と課題について整理した。

フリーゲージトレイン方式の都市鉄道への適用にあたっては、都市鉄道に適用するために望まれる技術開発課題とは別に、システムを、運行面も含めどのように活用していくか、どういった場合に有効であるか等を検証する必要がある。

今後の検討課題として以下が考えられる。

(1) 列車運行等のソフト面を考慮した可能性と課題の検討

相直の実施にあたっては、密集市街地での接続線の導入空間の確保や路線規格の調整等のハード的な課題に加え、既設線部分の線路容量に応じた運行計画の制約といった、運営面での重要な課題が存在する。

今後、列車運行等のソフト面の観点から、軌間が異なる路線間の相直の可能性と課題について検討する必要がある。

(2) ケーススタディによる具体的な検討の実施

より有用な知見を得る観点からケーススタディを実施し、軌間が異なる路線相互間における相直化に関する具体的な検討を行う必要がある。

フリーゲージトレイン方式の適用による整備効果、必要となる建設費・車両費、相直後の運営面での課題等を具体的に検討し、フリーゲージトレイン方式の有効性を確認する必要がある。また、相直の対象路線延長が短い場合には、フリーゲージトレイン方式の採用よりも対象区間を改軌したほうが有効なケース等も考えられる。どういった場合にフリーゲージトレイン方式が有効であるかも含めて検討する必要がある。

(3) 相直固有の課題解消の検討

相直の実施にあたっては、「経路特定が困難となることに伴う運賃収受の課題」や「ネットワーク流動の変化による事業者損失」等の相直固有の課題がある。これらの課題は、利用者にとっての大きな利便性向上が認められるにもかかわらず、相直の事業化が困難となる場合が想定される。これらの課題への対応方策の検討が必要となる。

(4) 技術開発課題の検討

フリーゲージトレイン方式の技術開発に関しては、現在、新在直通運転化を目指した試験が行われており、そのまま都市鉄道に適用するためにはいくつかの課題が考えられる。今回、フリーゲージトレイン方式を都市鉄道に適用するために望まれる技術開発課題の概要を整理したが、ケーススタディでの検討等を通じ、都市鉄道への適用を想定した軌間変換装置の機能や設置条件、都市鉄道においてフリーゲージトレイン方式を有効に活用するためのシステム等、都市鉄道の特性に対応した開発スペックについて検討する必要がある。