

1702 東京圏の都市鉄道ネットワーク評価に関する一考察

○山下 守人 (鉄道・運輸機構)

伊藤 真 (鉄道・運輸機構)

正 [土] 三浦 秀一 (鉄道・運輸機構)

Study on evaluations of the urban railway network in the Tokyo metropolitan area

Morito YAMASHITA, Japan Railway Construction, Transport and Technology Agency (JRRT) 2-4-1, Shibakouen, Minato-ku

Makoto ITO, Japan Railway Construction, Transport and Technology Agency (JRRT)

Shuichi MIURA, Japan Railway Construction, Transport and Technology Agency (JRRT)

In this study, the current state of the railway network of the Tokyo metropolitan area has been analyzed for future railway projects. Furthermore, for the quantitative evaluation of effects caused by various possible issues, indexes and methods for the evaluation have been examined. Specifically, indexes and methods to evaluate effects of operational trouble and natural disasters have been studied. And the evaluation of the railway network by case studies and the consideration of required countermeasures have been carried out to analyze the validity of the evaluation methods.

Keywords : urban railway, traffic network plan, demand forecast

1. はじめに

これまでの東京圏における都市鉄道整備は、重要課題であった混雑緩和対策としての輸送力増強施策を中心に精力的に進められ、近年では主要区間のピーク時平均混雑率が170%程度まで低下するなど、徐々に緩和してきている。しかし、今後の鉄道計画にあたっては、時代の趨勢から少子高齢化の進行や運行トラブル・自然災害に対する鉄道ネットワークのあり方等、考慮すべき要因は複雑化・多様化してきている。

このような状況にあつて、今後想定される課題を抽出・整理し、それらの諸課題が現状の鉄道ネットワークに与える影響を把握・評価し対応を考えることは、今後の鉄道整備の方向性を検討する上で重要である。

そこで本研究では、今後の鉄道計画に資するため、鉄道ネットワークの現状について把握・分析し、今後想定される諸課題の影響を定量的に評価するために、評価指標及び評価手法の検討を行い、ケーススタディにより運行トラブル・自然災害等を想定した鉄道ネットワークの評価及び対応策の検討・評価により、評価手法の有効性を検証した(図1)。

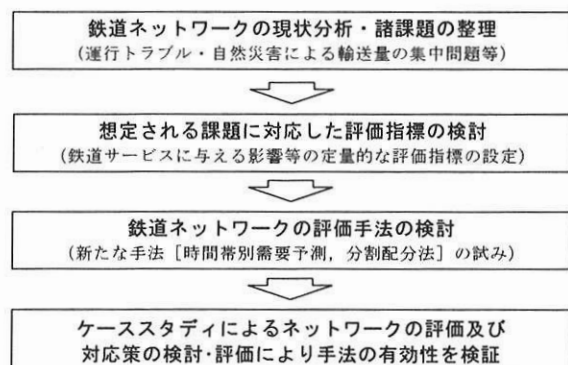


図1 本研究のフロー

2. ネットワークの現状分析及び諸課題の整理

2.1 鉄道ネットワークの現状分析

鉄道ネットワークの現状分析として、鉄道輸送人員・混雑率・定時性等の鉄道サービスレベルや人口動向等の現状分析を行った¹⁾。

年々増加してきた東京圏(東京駅を中心とした半径50kmの圏域)の鉄道輸送人員は、近年横ばいで推移しているが、路線別に着目すると、延伸や相互直通運転が開始されてから年数が浅い地下鉄路線で著しい伸びを示しており、依然として輸送人員が伸びている。

定時性については、輸送量の多い路線や相互直通運転を実施している路線で遅延の発生日数が多くなる傾向にある(図2)。相互直通運転の拡大に伴い、他路線の影響を受けやすいことから、列車遅延が日常化していることが確認された。



※1 輸送密度: H19年度実績²⁾

※2 列車遅延の発生回数: H21.12.8~H22.2.25(80日間)の遅延発生日数

図2 路線の輸送密度及び遅延発生日数

2.2 今後想定される諸課題の整理

現状分析を基に、今後想定される諸課題について整理し、本研究における鉄道ネットワークの評価に対する視点として4つの検討テーマを設定した。

- 1) 運行トラブル・自然災害による影響評価と対策
- 2) 鉄道施設の老朽化に伴う大規模改築の影響評価と対策
- 3) 少子高齢化に対応した鉄道サービスのあり方
- 4) 空港アクセス等広域的な都市圏における旅客流動への対応

本稿では、検討テーマのうち運行トラブル及び自然災害の影響評価結果を報告する。

3. 評価指標の整理

自然災害等による鉄道ネットワークの影響評価は従来まで定性的な評価が主体であったが、より適切な評価のためには定量的な評価が望ましい。このため、評価指標の設定にあたっては、「規模」「影響の範囲」「鉄道サービスに与える影響」等に大別し、区間長・影響人員・移動時間変化量等の定量的な指標を設定した。運行トラブル・自然災害に関する主な評価指標を表1に示す。

表1 運行トラブル・自然災害に関する主な評価指標

規模	影響の範囲	鉄道サービスに与える影響		社会経済的影響
		利用者の立場	事業者の立場	
運休区間長	運休区間影響人数	総移動時間	路線利用者	一般化費用
運休区間駅数	影響地域夜間人口	総移動距離	断面交通量	
運休(遅延)本数	鉄道経路影響人員	鉄道運賃	輸送人キロ	
運休(遅延)時間	鉄道移動困難者数	混雑率	運賃収入	

※ 鉄道サービスに与える影響及び社会経済的影響の評価指標は変化量で評価する

4. ケーススタディによるネットワーク評価

4.1 運行トラブル時の評価

(1) 評価手法の検討(時間帯別需要予測による分析)

運行トラブルによる突発的な輸送障害は、その規模により鉄道の運休が一日続く場合から数分程度で回復する場合まで様々なケースが想定されるが、ほとんどのケースでは終日にわたることがなく、ピーク時の通勤時間帯が特に問題となる。そのため評価にあたっては終日単位の分析ではなく、運行トラブル発生後の一定時間(数十分～数時間程度)での輸送障害を想定した分析が必要となるため、時間帯別に区別した需要予測手法による分析を新たに試みた。時間帯別需要予測によるOD表推計の流れを以下に示す(図3)。

- 1) パーソントリップ(PT)調査に基づき平常時の時間帯別暫定OD表(1時間毎)を作成
- 2) 時間帯別暫定OD表を非集計鉄道経路選択モデルにより経路配分
- 3) 時間帯別輸送力を考慮し、混雑率が250%を超過する区間を持つ経路は選択不可とし、次の時間帯ODに繰越す

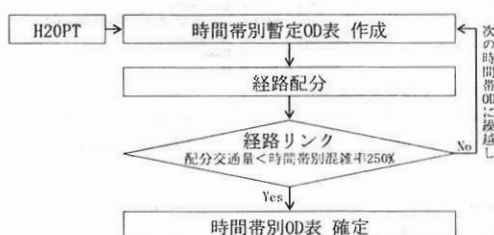


図3 時間帯別OD表推計フロー

(2) ケーススタディの前提条件等

運行トラブルによる突発的な輸送障害が鉄道ネットワークへ与える影響について、郊外と都心部を東西に結ぶ放射状の通勤路線で輸送量の多い中央線快速(東京～高尾)及び中央・総武線緩行(三鷹～千葉)をケーススタディ対象路線とし、飯田橋駅での運行トラブルを検討ケースとして各種指標を用いた評価を行った(図4)。運行トラブル時の前提条件は、朝ピーク時の1時間(7～8時)を運休と設定し、障害発生箇所から最寄りの折返し駅までの間を運休区間と想定した(表2)。

また、対応策の検討(四ツ谷駅での折返しを想定)を行い、運行トラブル時との比較により、鉄道ネットワークへの影響軽減効果についての評価を行った。

表2 前提条件(運行トラブル)

項目	運行トラブル時	対応策(折返し設備)
運休区間	中央線快速 東京～新宿 総武線緩行 水道橋～中野	東京～四ツ谷 水道橋～四ツ谷
運休区間長・駅数	21.6km, 14 駅	9.8km, 6 駅
運休時間	7:00～8:00	7:00～8:00



図4 運休区間の設定

(3) 各種評価指標の試算結果

各種評価指標の主な試算結果を表3に示す。運行トラブル時ケースは、運行トラブルに伴い移動経路を変更する「鉄道経路影響人員」が123千人/日と試算され、「総移動時間変化量」は平常時と比較して29千時間の増加となった。また、運休区間の並行路線に旅客が転換したことにより、都営新宿線等の断面交通量が増加した。

表3 各種評価指標の主な試算結果

評価指標	単位	運行トラブル時	対応策(折返し設備)	差分
鉄道経路影響人員	千人/日	123	82	-41
総移動時間変化量※1	千時間	29 (25)	24 (22)	-5 (-3)
鉄道運賃変化量	百万円	5	3	-2
断面交通量変化量※2	千人/時間	12	2	-10
一般化費用変化量	百万円	87	65	-22

※1 () 内は6時台の変化量

※2 都営新宿線新宿～新宿三丁目間の7時台の断面交通量変化

「総移動時間変化量」を時間帯別に集計すると、運行トラブル発生前の6時台にゾーンを出発した利用者への影響が最も大きく、25千時間の増加となった。また、影響エリアに着目すると、6時台で中央線沿線の三鷹周辺エリアを出発地とするゾーンで移動時間が増加し、7時台では6時台より運休区間に近いゾーンで移動時間が増加する傾向となった(図5)。これは、利用者の出発時間によって運休時(7～8時)に経路変更が生じるエリアが

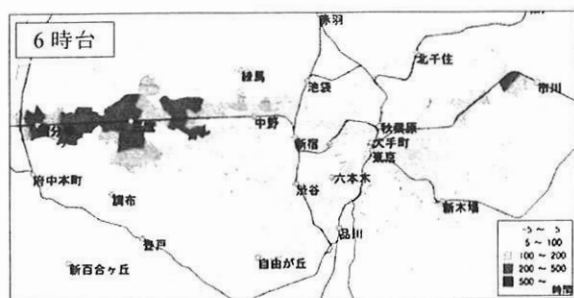


図5 総移動時間の変化（トラフル時）〔通勤・発生〕

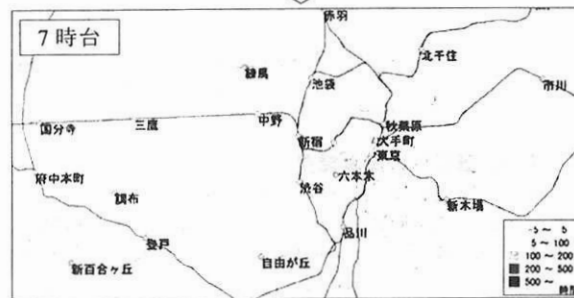
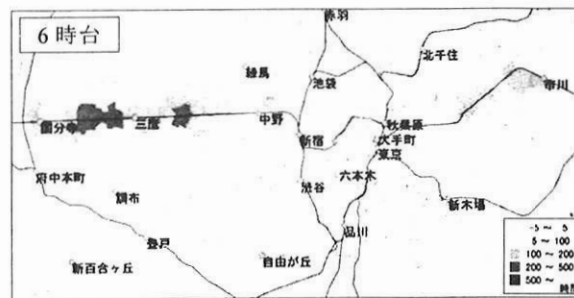


図6 総移動時間の変化（対応策）〔通勤・発生〕

異なることを反映しているものと考えられる。

一方、対応策（折返し設備）ケースでは、四ツ谷駅での折返しにより運休区間が短縮されることで、運行トラフル時と比較して「鉄道経路影響人員」は41千人減少し、「総移動時間変化量」は5千時間減少した（図6）。

以上より、運行トラフル時の鉄道ネットワークに与える影響を「総移動時間変化量」等の各種評価指標で定量的に評価するとともに、対応策（折返し設備）による影響軽減効果を運行トラフル時の指標との比較により定量的に評価できたことから、時間帯別需要予測手法の有効性を確認できたものと考えられる。

4.2 自然災害時の評価

(1) 評価手法の検討（分割配分法による分析）

自然災害に伴う輸送障害は、ある一路線における終日運休を想定し、周辺路線に与える影響等を分析することとした。これらの影響の評価手法として従来の四段階推計法による鉄道経路配分で推計した場合、代替経路となる周辺路線の需要が増加し、容量制限がないことで各断面のピーク時混雑率が実際には乗車できないような非現実的な値となることが確認された。

このため評価にあたっては、輸送量の限界を考慮した鉄道経路配分となるよう、段階的にODを分割する手法（分割配分法）を新たに試みた。分割配分法においては、鉄道経路配分で極めて激しい混雑（混雑率>250%）が発生した区間の乗降が制限されると仮定した。

分割配分法による予測の流れを以下に示す（図7）。

- 1) 終日OD表の $\alpha\%$ （最小値 $\alpha=2.5$ ）となる分割OD表（ OD_n ）を作成
- 2) 1)のOD表を非集計鉄道経路選択モデルにより経路配分
- 3) 混雑率が250%を超過した区間は乗降不可区間とし、駅アクセスが困難となった場合には新たにアクセス駅を探索（(2)参照）
- 4) $n+1$ 番目の分割OD表（ OD_{n+1} ）を作成し、1)に戻る
- 5) 累計OD表が100%になるまで繰り返す

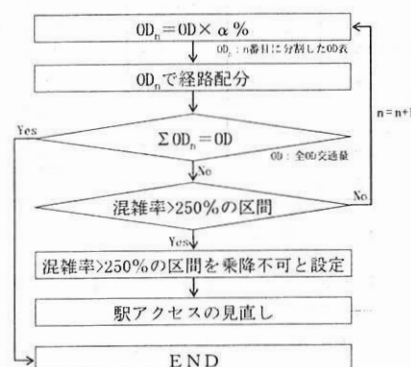


図7 分割配分法によるOD推計フロー

(2) 障害時の駅アクセスの設定

混雑率による乗車制限区間は、障害時の運休及び乗降不可能な区間を発生させ、平常時にアクセス可能と設定している駅のいずれも使えなくなるゾーンが出てくるため、距離順に新しいアクセス駅を探索することとした。ただし、この場合でも4km圏内（徒歩1時間以内）に駅に辿り着けない場合は、鉄道利用ができない者（「鉄道移動困難者」と定義）として集計した。

(3) ケーススタディの前提条件等

自然災害が鉄道ネットワークへ与える影響について、台風を想定した総武線緩行・総武線快速（東京～千葉）中川鉄橋での被災を検討ケースとして、各種指標を用いて評価を行った。自然災害時の前提条件は、運休期間を終日運休と設定し、障害発生箇所から最寄りの折返し駅までの間を運休区間と想定した（表4）。

また、対応策として、①既設路線を活用した輸送力増強及び②新線整備によるリダンダンシーの確保等の2ケースの検討を行い、鉄道ネットワークへの影響軽減効果について評価を行った。既設路線の輸送力増強ケースは、総武線に並行する放射状路線である都営新宿線（新宿～本八幡）の輸送力増強を想定し、ピーク時の運行本数は

高頻度運行路線と同程度（30 本/h）に設定した。また、新線整備ケースは運輸政策審議会答申 18 号において「今後整備について検討すべき路線」と位置づけられた区部周辺環状公共交通（メトロセブン）の整備を想定し、環状路線のリダンダンシー効果等を検証することとした。

表 4 前提条件（自然災害）

項目	前提条件
運休路線・区間	総武線緩行（御茶ノ水～西船橋） 総武線快速（東京～津田沼）
運休区間長・駅数	46.8km, 19 駅
対応策① 輸送力増強（新宿線）	運行本数：ピーク時 18 本⇒30 本 オフピーク時 9 本⇒20 本
対応策②※ 新線整備（メトロセブン）	区間：赤羽～葛西臨海公園間、編成：4 両 運行本数：ピーク時 12 本、オフピーク時 9 本

※ 既往調査の前提条件³⁾

(4) 各種評価指標の試算結果

各種評価指標の主な試算結果を表 5 に示す。自然災害時ケースは、災害時に鉄道利用ができない「鉄道移動困難者数」が 174 千人/日と試算され、「影響人員あたりの一般化費用変化量」は 310 円/人の増加となった（図 8）。

表 5 各種評価指標の主な試算結果

評価指標	単位	自然災害時	対応策① (輸送力増強)	対応策② (新線整備)
鉄道移動困難者数	千人/日	174	112	148
総移動時間変化量	千時間	238	286	235
鉄道運賃変化量	百万円	107	113	174
断面交通量変化量※1	千人/時間	287	258	264
一般化費用変化量※2	円/人	310	274	302

※1 JR 常磐線綾瀬～亀戸間の断面交通量変化

※2 影響人員あたりの一般化費用変化量

対応策の効果を見ると、既設路線の輸送力増強ケースにおいては、自然災害時ケースと比較して「鉄道移動困難者数」が輸送力増強区間を中心に減少するとともに（112 千人/日）、「影響人員あたりの一般化費用変化量」は 274 円/人に減少し、対応策の効果を実証的に示すことができた（表 5、図 9）。

一方、新線整備ケースにおいては、「鉄道移動困難者数」が 148 千人/日に減少し、「影響人員あたりの一般化費用変化量」も 302 円/人に減少したが、既設路線の輸送力増強ケースと比較すると対応策の効果は限定的となった（表 5）。この理由としては、新線整備ケースにおいて想定した輸送力が不足し、一部区間で乗降不可区間が発生したため、代替路線としての機能が十分に発揮できなかったものと考えられる（図 10）。

また、評価指標のうち「総移動時間変化量」及び「鉄道運賃変化量」は、対応策の効果により「鉄道移動困難者数」が減少したため、自然災害時ケースより鉄道利用者が増加し、各々の指標が増加する結果となった。自然災害時の対応策は代替経路の選択を可能とすることにより「鉄道移動困難者数」を減少させることが大きな課題であるため、対応策の評価指標としては、これらの指標より「鉄道移動困難者数」が重要であると考えられる。

以上より、自然災害時の鉄道ネットワークに与える影響を「鉄道移動困難者数」等の各種評価指標で定量的に評価するとともに、対応策による影響軽減効果を自然災害時の指標との比較により定量的に評価できたことから（表 5）、分割配分法による評価手法の有効性を確認できたものと考えられる。

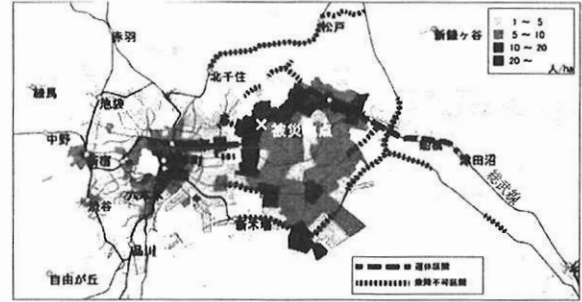


図 8 鉄道移動困難者の発地分布（自然災害時）

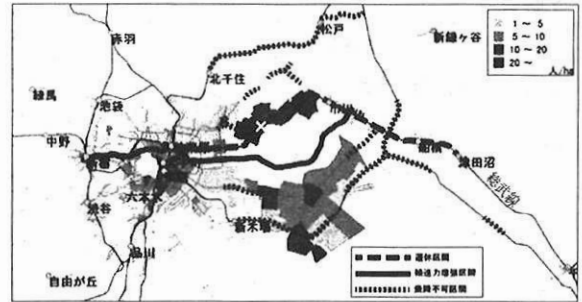


図 9 鉄道移動困難者の発地分布（輸送力増強）

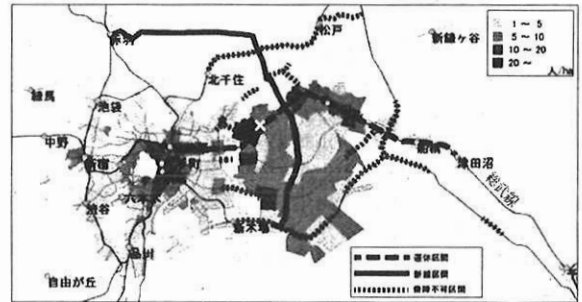


図 10 鉄道移動困難者の発地分布（新線整備）

5. まとめ

本研究では、鉄道ネットワークの現状分析及び課題の整理により、「運行トラブル・自然災害」等の検討テーマを設定するとともに、各検討テーマに対応した定量的な評価指標の整理及び具体的な評価手法の検討を行った。

また、運行トラブル・自然災害を一例として、ケーススタディにより想定される諸課題がネットワークへ与える影響についての定量的な評価を行うと共に、対応策の検討・評価を行った。ケーススタディにおいては、対応策の有無により想定される影響軽減効果を指標の比較により定量的に評価できたことから、評価手法の有効性を確認できたものと考えられる。

今後は、本研究で検討した評価指標及び評価手法を用いて、想定される諸課題に対する効果的な対応策（設備改良・新線整備等）の提案や東京圏の鉄道ネットワークの評価等を実施していきたい。

参考文献

- 1) 木村悠一郎，落合弘明，三浦秀一：都市鉄道ネットワークの評価に関する一考察，第 17 回鉄道技術連合シンポジウム，pp69-72，2010
- 2) 運輸政策研究機構：都市交通年報平成 21 年版，2010
- 3) メトロセブン促進協議会：区部周辺部環状公共交通に関する基礎調査報告書，2003