

首都圏鉄道路線の輸送障害に対する投資に関する研究 *

A Cost-Benefit Analysis of Reliability Improvement Measures for a Metropolitan Railroad *

森 敬芳** 島村 誠** 荒川 英司***

Takayoshi MORI Makoto SHIMAMURA Eiji ARAKAWA

1. 研究目的

運転支障や自然災害による鉄道の輸送障害は事業者にも社会にも大きな影響を及ぼす。しかし、事故防止や防災等に関する設備投資は規模が大きく、すべての対策を一度に行うことは不可能である。また、事業採算の面からも年間の投資額は一定に抑えられている。

実際の事故防止や防災等に関する投資は、毎年一定の投資額を地域格差等を勘案したうえで、投資規模や経年劣化の度合いから優先順位を決めている。この方法は地域ごとに現場の実態を的確に把握できることが前提であり、かつ、各路線の輸送量、輸送力を考慮した重要性や構造物の経年数など各地域の実状を相互に理解できない状況では効率的な投資判断の妨げにもなる。

今後は、各線区の中で障害が発生した場合の影響が大きい箇所を探し、優先順位を明確にし、包括的な投資計画を考えていくことが必要になってくる。即ち、影響を最小限に抑える設備を効率的に配置するということが求められる。

本研究では、以上のような認識の基、従来、新線計画等の評価手法として標準化されている費用対効果分析を適用し、輸送障害時の影響を障害の原因、各路線の区間ごとに定量的に把握し、事故防止や防災等の投資に優先順位を決める上での代替案の客観的評価の一指標とすることを目的としている。今回は首都圏の1路線のみを抽出し検討を行った。

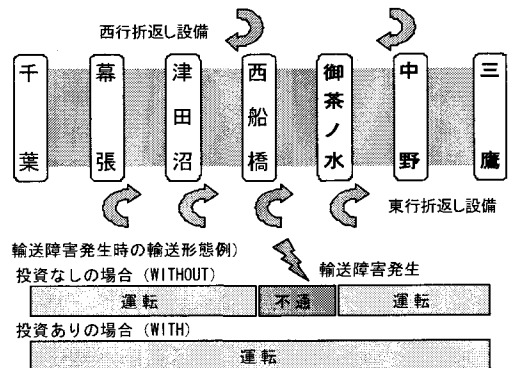
2. 分析対象

今回はJR総武・中央緩行線(千葉～三鷹間)を対象とした。当路線は、首都圏を東西に貫通し、都心と郊外を結ぶ輸送量の変化が大きい路線である。また、過去の輸送障害に関しては運転支障、自然災害ともに発生していることからサンプルとして適当と判断した。

3. 分析方法

分析は費用対効果分析により行う。事故防止や防災等に関する投資に対する便益として、輸送障害発生時、投資なしの場合に発生する費用(利用者・供給者)と投資ありの場合に発生する費用との差である。

図1 輸送障害時の輸送形態



輸送障害が発生した場合、影響として不通区間が発生する。この状態を without ケースとし、投資により影響が無い場合を with ケースとする。

試算は、輸送障害発生確率を用いることにより、区間別便益、輸送障害発生原因別便益について行う。また、輸送障害発生原因のうち対策費用(建設費)が試算できるものについて費用対効果分析を行う。評価指標は、NPV(純現在価値)、CBR(費用便益比)とする。図2に分析フローを示す。

*Keywords : 鉄道計画, 輸送障害, 運転支障, 防災

**正会員 東日本旅客鉄道 安全研究所
(〒100-0006 東京都千代田区有楽町 2-10-1
東京交通会館 7 階
Tel 03-3211-1118 Fax 03-5219-8678)

***正会員 工修 東日本旅客鉄道 東京工事事務所
(〒151-8512 東京都渋谷区代々木 2-2-6,
Tel 03-3299-7962 Fax 03-3372-8026)

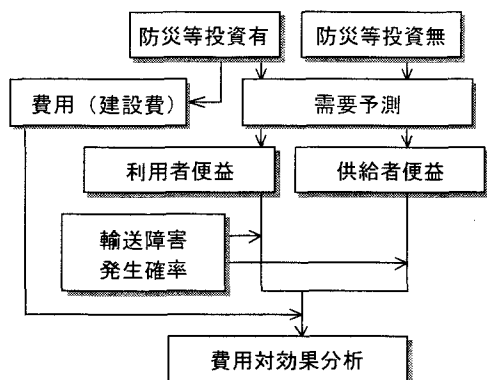


図2 分析フロー

4. 前提条件

(1) 需要予測

予測手法：4段階推定法

予測年次：人口：平成7年

将来の輸送量の変動は考慮しない。

予測対象範囲：1都3県+茨城県南部

ネットワーク：

平成13年時点のネットワーク

本来、輸送障害が発生した場合は、発生集中量や、利用者の時間価値をはじめとする経路選択行動が変化することが予想されるが、本研究では、これを考慮しない。

(2) 利用者便益

4段階推定法における経路選択モデルパラメータを用い、消費者余剰アプローチによるショートカット公式により算出する。¹⁾

(3) 供給者便益

当該事業者（JR）の便益のみを考慮する。便益の算定は、東京圏全体におけるJRの輸送量の変化に東京圏全体の運賃率（人キロあたりの収入実績）を乗じて行う。なお、経費変動は考慮しない。

(4) 輸送障害発生確率

便益については、1日単位の予測結果から得られる算定値に輸送障害発生確率を乗じることによって得られる便益の期待値を用いて評価する。輸送障害発生確率については、実績データ（1987～1999年）を基に、以下の前提で算出する。

遅延時分が影響する場合



運休本数が影響する場合

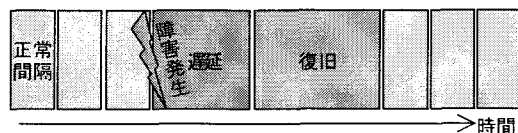


図3 輸送障害時の運転整理（例）

首都圏の路線ではひとつの障害で発生する遅延時間の最大値よりも、その影響により運休した列車運転間隔分の遅延時間の方が大きい場合が多い。そこで、ひとつの障害毎に

①最大遅延時分

②運休本数から求められる遅延時分

のいずれか大きい方選択し、区間毎に累積した数値が総サービス時間（1日21時間×11年間）に占める割合を輸送障害発生確率とする。

(6) 費用（建設費）

輸送障害の原因別に対応策を検討し、過去に対応策（建設費）の単位あたり費用から求める。

(7) その他

計算期間：30年間

社会的割引率：4% とする。

5. 試算結果

(1) 区間別便益

総武緩行線の区間毎の輸送障害発生確率と便益、通過人員³⁾を表1に示す。

輸送障害発生確率については対象とした総武緩行線内で市ヶ谷四ツ谷間が最も高い。隣接する区間も高いのは駅構内で発生する輸送障害は両方の区間に影響するためである。また、起終着駅（千葉・三鷹）と折返し設備のある駅（幕張・津田沼・西船橋・中野）を含む区間の数値がその他の区間よりも高いことがわかる。これは分岐器に関する輸送障害や折返し列車を降車した旅客のホームへの滞留が輸送障害発生に影響していることが推察される。

便益に関しては平井亀戸間の輸送障害を回避することが最も効果が高い。これは発生確率よりもネッ

トワークの稠密度（輸送障害時におけるバイパスルートの有無等）のほうが便益に影響しているということがわかる。

一方、便益と通過人員との関係を見ると、通過人員1人あたりの便益は東中野中野間が最大となる。輸送障害時には通過人員は通常時とは異なるものになるが、この区間に関する対策を講じることが公平な投資になるということができる。

表1 区間別輸送障害発生確率・便益・通過人員

		輸送 障害 発生 確率	便益 円	通過 人員 台	A/B
		—	円/日	人/日	—
千葉	西千葉	95	65,724	158,751	0.41
西千葉	稲毛	25	17,096	153,617	0.11
稲毛	新検見川	27	18,486	176,561	0.10
新検見川	幕張	33	22,924	194,534	0.12
幕張	幕張本郷	70	69,127	207,493	0.33
幕張本郷	津田沼	70	70,006	234,004	0.30
津田沼	東船橋	73	127,545	316,222	0.40
東船橋	船橋	53	91,367	336,269	0.27
船橋	西船橋	70	121,104	431,144	0.28
西船橋	下総中山	58	244,274	375,776	0.65
下総中山	本八幡	43	182,839	386,403	0.47
本八幡	市川	57	241,916	388,678	0.62
市川	小岩	75	315,808	405,137	0.78
小岩	新小岩	66	280,586	469,988	0.60
新小岩	平井	69	291,690	500,864	0.58
平井	亀戸	81	343,376	524,446	0.65
亀戸	錦糸町	37	156,554	576,373	0.27
錦糸町	両国	47	199,021	628,065	0.32
両国	浅草橋	53	223,096	647,943	0.34
浅草橋	秋葉原	36	154,195	698,477	0.22
秋葉原	御茶ノ水	31	133,042	720,549	0.18
御茶ノ水	水道橋	38	117,070	478,514	0.24
水道橋	飯田橋	36	108,119	427,141	0.25
飯田橋	市ヶ谷	99	301,858	382,635	0.79
市ヶ谷	四ツ谷	100	304,274	383,842	0.79
四ツ谷	信濃町	43	132,290	311,886	0.42
信濃町	千駄ヶ谷	21	65,037	335,802	0.19
千駄ヶ谷	代々木	42	127,840	357,695	0.36
代々木	新宿	79	241,615	397,781	0.61
新宿	大久保	46	139,346	264,300	0.53
大久保	東中野	23	71,221	232,266	0.31
東中野	中野	53	161,203	190,505	0.85
中野	高円寺	42	24,469	272,321	0.09
高円寺	阿佐ヶ谷	21	12,213	257,365	0.05
阿佐ヶ谷	荻窪	23	13,487	245,594	0.05
荻窪	西荻窪	19	11,039	233,305	0.05
西荻窪	吉祥寺	14	8,139	225,022	0.04
吉祥寺	三鷹	47	27,059	224,669	0.12

（輸送障害発生確率は総武緩行線内で最大の市ヶ谷四ツ谷間の発生確率を100とした時の相対値）

（通過人員は1999年のもの）

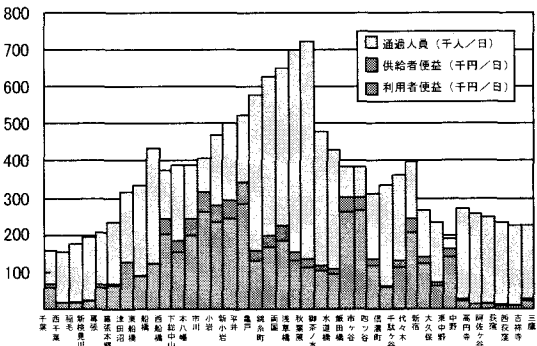


図4 区間別便益・通過人員との関係

(2) 輸送障害発生原因別便益

輸送障害発生原因別の輸送障害発生確率と便益を表2に示す。

- 発生原因は
- ①乗務員等のヒューマンエラー
 - ②旅客の転落、人身事故
 - ③自然災害
 - ④送電路の故障、障害
 - ⑤踏切に関する事故
 - ⑥車両故障
 - ⑦信号設備の故障
 - ⑧分岐器の故障

に分類した。最も輸送障害発生確率の高いものは②の旅客の転落、人身事故のよるものであり、分岐器の故障によるものの約200倍となった。

便益に関しても同様に、②の旅客の転落、人身事故によるものが最大となった。発生原因から見れば旅客の転落、人身事故に関する対策を講じることが最も効率的な投資になるということができる。

表2 原因別輸送障害確率・便益

	輸送 障害 発生 確率	便 益 円	利用者便益
			供給者便益
—		円／日	—
乗務員等のヒューマンエラー	2	13,906,879	7.14
旅客の転落、人身事故	100	1,143,672,709	5.94
自然災害	23	263,536,735	6.11
送電路の故障、障害	8	77,969,388	6.40
踏切に関する事故	3	12,660,929	7.21
車両故障	19	220,732,955	5.49
信号設備の故障	19	176,418,459	6.36
分岐器の故障	0.5	2,262,125	7.11

（輸送障害発生確率は最大の「旅客の転落、人身事故」の発生確率を100とした時の相対値）

(3) 費用対効果分析

費用対効果分析については(2)で分類した8項目の発生原因のうち、輸送障害を発生させない、あるいは抑制する対策があり、かつその対策にかかる費用(建設費)が過去の実績等から試算が可能である

- ②旅客の転落、人身事故
- ③自然災害
- ⑤踏切に関する事故
- ⑧分岐器の故障 を対象とした。

また、それぞれの対策は

- ②ホームドアの設置
- ③土構造区間の法面防護
- ⑤道路との立体交差
- ⑧分岐器交換 とした。

表3 費用対効果分析

	便益	費用	NPV	CBR
②ホームドアの設置	1,144	6,720	14,227	3.24
③土構造区間の法面防護	264	4,840	173	1.04
⑤道路との立体交差	13	1,120	-829	0.22
⑧分岐器交換	2	2,000	-2,318	0.02

(便益及び費用の単位は百万円/年)

(NPVの単位は百万円)

本研究で想定した前提条件のもとで事故防止、防災に関する対策を評価すると、ホームドアの設置が最も有効な対策であるということが出来る。しかし、今回試算した便益は輸送障害時に生じる経路選択行動の変化についてのみであり、ホームドア設置により起きうる新たな利用者の不便益(ホーム幅員縮小による謂集等)を考慮できていない。

土構造区間の法面保護についてもCBRが1以上となり、対策として有効であるといえる。

道路との立体交差、分岐器交換に関してはCBRで1を下回る結果となった。

また、いずれの対策についても、利用者便益と供給者便益の比は5~7倍以上であり、供給者便益と費用(建設費)の差はきわめて大きい。

6. 今後の課題

今回の研究では

- ① 需要予測に通常時の旅客流動モデルを用いているため輸送障害発生時の行動(移動の取止めによる需要の変化等)を表現できていない

- ② 費用の算定には過去の実績を用いているため実状に合わない部分がある
- ③ 輸送障害に関する実績データから輸送障害発生確率を算出しているため、発生していない自然災害の影響(地震等の確率の極めて小さいもの)が捉えられていない

これらの問題から

- ① 輸送障害時の旅客流動モデルによる挙動の把握、需要予測
- ② 各箇所、原因に応じた費用の算出
- ③ 自然災害等の発生に関するモデルの適用が今後の課題として挙げられる。

7 おわりに

本研究では、一事例研究ではあるが、事故防止や防災に関する設備投資に関して区間別、原因別に比較評価することができた。これにより事故防止や防災等に関する投資のなかで優先順位をつけ、客観的かつ効率的な投資に寄与することが期待される。

今後は、一般的な設備投資や鉄道事業の輸送改善に関する設備投資と異なり、明確なキャッシュフローの増大が期待できないこれらの投資の重要性を、様々な面から定量化し、計画的な事故防止や防災計画の立案につなげていきたいと考えている。

参考文献

- 1) 運輸省鉄道局監修/(財)運輸政策研究機構:鉄道プロジェクトの費用対効果分析マニュアル99
- 2) 森杉壽芳「社会資本の便益評価」, 劉草書房
- 3) (財)運輸政策研究機構:都市交年報
- 4) 堀江, 荒川, 下大箇, 深尾, 森, 坪田, 熊本:費用対効果分析を用いた鉄道プロジェクト評価の事例研究, 土木計画学研究講演集22(2), 1999.
- 5) 荒川, 森, 熊本, 坪田, 山崎:費用対効果分析を用いた鉄道輸送障害対策プロジェクトの定量的評価について, 土木計画学研究講演集23(2), 2000.
- 6) 森, 荒川, 串田, 熊本: CBAを用いた鉄道プロジェクトの評価, 土木学会年次学術講演会2000.
- 7) 森, 荒川, 井上:費用対効果分析を用いた防災投資の定量的評価に関する研究, 土木学会年次学術講演会2001. (投稿中)