

モデルケース分析による通勤列車運行計画の 便益特性の分析とその実用評価法

Evaluation of User's Benefit on Train Scheduling by Model Case Analysis

家田 仁^{*}・志田州弘^{**}・永井邦彦^{**}

By Hitoshi IEDA, Kunihiro SHIDA and Kunihiro NAGAI

Train scheduling is nowadays regarded as one of the effective ways to improve user's benefit on commuter railways with heavy congestion in highly populated metropolitan region. In this study, many model cases varying either demand pattern and its level or train schedule pattern are analyzed to find the feature of the desirable train schedule, using user equilibrium theory in network assignment. Then some practical formulas to evaluate user's benefit are derived from the upper mentioned analysis, and their adaptability is verified in the situation of real railway lines. Finally, the formulas are practically applied to the existing lines to compare train schedule at present with several proposed alternatives.

Keywords; train scheduling, user's benefit, user equilibrium

1. はじめに

大都市の交通混雑対策の一環である鉄道の輸送力増強も、新線建設・線路増設と鋭意進められてきたところであるが、建設に対する合意形成や財源確保の困難などから必ずしも円滑に進んでいるとはいえない現状にあり、列車の本数、列車種別とその構成比、停車駅設定などによって特長づけられる列車運行計画を適切に設定して利用者の受ける便益を向上することも、長期的大規模投資を補完する中短期的な施策として重要視されるようになってきた。近年、鉄道事業者の間でも通勤列車運行計画改善への関心が高まりつつあるが、実際の運行計画作成は多分に経験に依存している現状で、特に利用者便益というような観点からの列車運行計画の客観的評価に関する能率的な方法論の開発が実務面からも要請されている。

*正会員 工博 東京大学土木工学科助教授
(〒113 東京都文京区本郷 7-3-1)

**学生会員 東京大学大学院土木工学専攻

2. 研究の経緯と本研究の位置付け

列車運行計画の客観的な評価法やそれに基づく運行計画の適切な設定方法に関する研究は少ない¹⁾。文献1)は、運行計画を時空ネットワークとして表現し、利用者均衡配分法を用いてリンク交通量とリンクコストを推定し、利用者の被る総損失及びその偏在性から資源配分の効率性と公平性を評価する方法を提案したものである。その他、肥田野らは、優等車両導入という個別施策の評価を仮想的な意識調査から試みているが²⁾、通勤列車の混雑対策を扱いながらコストの交通量依存性を考慮していないことなどいくつか問題点も残され、一般的な意味での運行計画評価法とはいいいにくい。一方、運行計画の最適解を直接求めようとする試みも森津³⁾や文献4)があるが、いずれも相当程度簡略化された状況でのみ可能な方法であり、現実規模の通勤線区における膨大な数の制御変数と制約条件のもとでは、直接に最適な運行計画を見いだすというのは現状では現実的と

は考えがたい。適切な運行計画策定のためには、むしろ第一に駅間OD表など与えられた輸送需要のパターンや規模、地上設備や車両数などの制約条件のもとに蓋然的に好ましい運行計画案を立案することを可能ならしめること、第二に運行計画の代替案を客観的かつ能率的に評価する実用的方法を見いだすことが重要であると考えられる。

このような考え方に立って、文献1)では東武東上線のリンクコスト関数（不効用関数）を推定し、さらに得られた不効用関数を用いて通勤4線区の利用者便益の評価を試みた。これを受けて文献5)では首都圏、関西圏の他の通勤5線区の不効用関数を実データから同様に推定し、その移転可能性、パラメータの感度などについて分析し、混雑によるコストの交通量依存性、実用的精度での不効用関数の相互の移転可能性が確認された。次に実際の通勤線区における列車運行計画とそれがもたらす利用者便益の関係の現況を分析するため、文献6)では首都圏、関西圏の15の通勤線区に同一の不効用関数を適用し、所与の輸送需要のもとにもたらされる利用者便益を評価し、各線区の評価結果の特性、現状における運行計画の類型的特性や不効用構成要素の諸特性が把握された。この結果、多くの実務的な知見が得られたが、実際の輸送需要や運行計画には当然現実の範囲での変動しか現れないから、“ひどく悪い運行計画”など極端な場合を含めて分析することができず、運行計画の特性と利用者便益の相互関係を明解に把握するという点からは限界がみられた。

また一方、今後運行計画の一層の効率化を進めるためには広範多数の代替案を評価することが必要である。この場合、運行計画の評価を利用者均衡配分法により行う場合、運行計画案をネットワーク情報に書き換えなければならず、入力に相当程度の手間を要し、また大規模なネットワーク上で均衡配分計算を実施するには然るべき性能の計算機と計算コストを必要とする。この場合、計画案が少数に限定された後に詳細な検討をする際にははともかくとしても、検討の初期段階で多数の代替案から有望な候補を選定する段階では非常に非能率となる。

そこで本研究では、(A)所与の輸送需要特性のもとに列車運行計画の利用者便益からみた類型的特性を把握すること、(B)利用者便益の実用的な評価方式を

見いだすことの2点を目的とし、まず①輸送需要と運行計画の特性を変化させた多数のモデルケースを設定し、②利用者均衡配分法により利用者便益（損失）を算出評価して、③輸送需要特性格の運行計画の類型的特性を明らかにする。次に④これらのモデルケースの結果から実用的な利用者便益（損失）評価式を見だし、⑤その適合性を実際の通勤線区に適用することにより検証する。さらに⑥その評価式を用いて実際の線区における運行計画改善案の評価を試みる。

3. モデルケースにおける利用者便益評価

(1)利用者均衡配分法による列車運行計画の評価法

文献1)で提案した運行計画の利用者便益評価法は大略次のとおりである。

①列車運行計画の時空ネットワーク表現：

運行計画を各駅各列車での乗車リンク、待ちリンク、乗換リンクなどによって構成される静的な時空ネットワークとして表現する。

②利用者行動の記述と駅間OD交通量の配分原理：

各リンクに乗車時間、混雑などを反映した不効用関数を対応させ、利用者はネットワーク上の経路コストを判断して各自の行動経路、すなわち乗換などを含めた列車選択行動を決定するものとする。したがって各リンクの交通量は駅間OD交通量の経路配分問題として取り扱うことができる。ここで配分原理には、通勤交通における利用者の経験的な情報認知性を考慮して、利用者均衡配分法を用いる。

③利用者便益（損失）評価：

利用者総体としての損失（総損失 U_{TL} ）は配分計算の結果から得たリンクフローとリンクコストの積和をとることにより時間の単位で評価することができる。これは資源配分の効率性という視点からの評価となるが、利用者相互間の損失の公平性という視点からの評価も可能である。ただ、一般にはこの両者を同時に評価するのが困難なため、総損失の改善を図りつつ代替案を集約し、その後に利用者間に著しい不公平のないことを確認する手順を踏むのが適当と考える。この観点から本研究ではさしあたり前者に着目し、以下利用者総体での損失について扱う。

(2) モデルケースの設定

現実の線区における輸送需要の特性と運行計画の

特性を包含しつつ、より幅の広いケースについて総合的に分析するため、ここでは、20駅（延長約30km）からなる仮想的な線区を想定し、輸送需要と運行計画を変化させて多数のモデルケースを設定した。まず、輸送需要については朝ラッシュ時1時間を想定し、駅間OD交通量パターンとして、

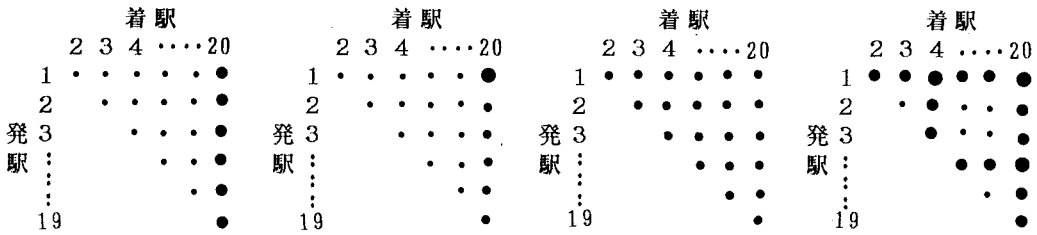
- (a)郊外の各駅からターミナルへ通勤者を運ぶ“フィーダー”タイプ
- (b)始終点二つのターミナル間輸送にも重点のある通勤“都市間”タイプ
- (c)各駅相互間に相当量の需要のある“フラット”タイプ
- (d)途中いくつかの駅に乘客が集まる“複心”タイプの4種を設け（図-1）、また、総輸送需要量（人キ

ロ）のレベルとしては、線区全体の平均混雑率で120%、150%、180%に相当する3種を設定した。

運行計画に関しては、列車定員、列車時隔設定条件、列車走行キロを一定とした条件下に、

- (a)平行タイプ
- (b)緩行・急行の二種を両者の接続を重視して設定した緩急結合タイプ
- (c)両者を無接続で設定した緩急分離タイプ
- (d)区域別に緩急種別や輸送力を変化させて設定した区域タイプ

を基本とする10種類の特徴的なパターンダイヤを想定した（図-2）。これらすべての組み合わせから明らかに非現実的なケースを除外した66種類をモデルケースとした。



a)フィーダータイプ b)都市間タイプ c)フラットタイプ d)複心タイプ

点の大きさは各図表内での相対的な需要の大きさを表す。

図-1 輸送需要パターンのイメージ図

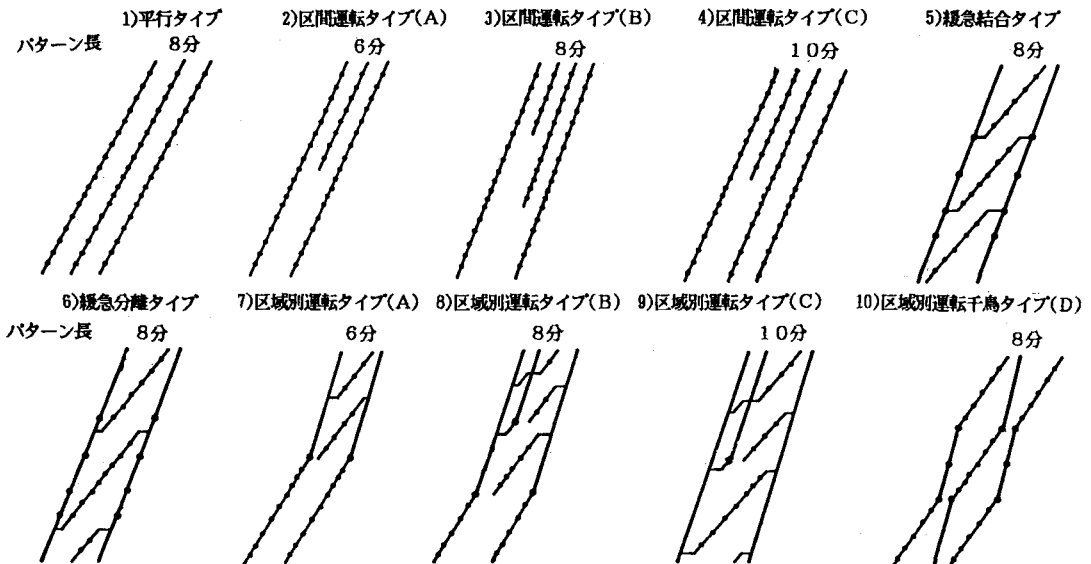


図-2 運行計画案のイメージ図

(3) モデルケースにおける配分計算

モデルケースにおけるネットワーク上での配分計算には次のような交通量依存的なリンクコスト関数を用いた。

$$\text{リンク不効用} = \text{乗車時間} + \alpha \cdot \text{混雑不効用} + \beta \cdot \text{待ち時間} + \gamma \cdot \text{乗換回数}$$

ここで、

$$\text{混雑不効用} = \text{乗車時間} \cdot \frac{\text{乗車人員}}{\mu \cdot \text{列車定員} - \text{乗車人員}}$$

なお、パラメーターは、文献5)におけるパラメータ移転性検討の結果から、概ね標準的と考えられる、東武東上線におけるリンクフローデータを用いて推定されたもの ($\alpha=0.22$, $\beta=1.6$, $\gamma=4.5$, $\mu=3.5$) を用いることとした。ここでは利用者便益を乗車時間不効用、混雑不効用、乗換関連不効用（乗換に伴う待ち時間不効用を含む）、待ち時間不効用の別により総和をとり、

$$\text{車内損失 } U_{RT} = \text{乗車時間不効用総和} + \text{混雑不効用総和}$$

$$\text{駅内損失 } U_{WT} = \text{乗換関連不効用総和} + \text{待ち時間不効用総和}$$

とし、利用者全体の便益は車内損失 U_{RT} と駅内損失 U_{WT} を加算した総損失 U_{TL} により評価する。

(4) モデルケースの特性分析

以上により得られた各モデルケースについての利用者の損失評価結果を表-1に示す。ここでは、各ケースの総体的優劣関係を示すものとして、平行タイプ運行計画の場合を基準とした総損失をとり、また損失の特性・内訳を把握するため車内損失、混雑損失、乗換関連損失の寄与度をあわせて示した。各輸送需要パターン別に主な特性を述べると以下のとおりである。

a) フィーダータイプの輸送需要の場合

需要の水準に依らず、区間運転の伴う区域タイプの運行計画が良好な結果となっている。これは、輸送力設定のキメの細かさや速達性重視の設定が車内損失寄与を低下させているためと考えられる。区域割りは需要水準が高い時ほど混雑損失寄与を低下さ

表 - 1 モデルケースの評価結果

輸送需要パターン	輸送需要水準	平 行	区間(A)	区間(B)	区間(C)	緩急結合	緩急分離	域別(A)	域別(B)	域別(C)	域別(D)	凡 例	総損失 (平行タイプを 100とする)		車内損失率 (車内損失/総損失)		混雑損失率 (混雑損失/車内損失)		乗換損失率 (乗換関連損失/駅内損失)	
a) フィーダー タイプ	120 %	100 0.90 0.16 0.00	101 0.88 0.17 0.09	98 0.88 0.17 0.00		95 0.77 0.22 0.24	97 0.77 0.21 0.25	90 0.83 0.17 0.17	84 0.78 0.12 0.03											
	150 %	100 0.91 0.25 0.00	95 0.87 0.20 0.19	93 0.87 0.22 0.10		96 0.79 0.32 0.25	96 0.79 0.28 0.25	86 0.85 0.22 0.10	79 0.79 0.18 0.03											
	180 %	100 0.93 0.44 0.00	79 0.87 0.26 0.24	76 0.87 0.28 0.17		95 0.84 0.50 0.26	98 0.84 0.49 0.25	76 0.87 0.34 0.23	65 0.80 0.25 0.03											
b) 都市間 タイプ	120 %	100 0.92 0.12 0.00	106 0.90 0.16 0.05		104 0.91 0.16 0.00	93 0.82 0.26 0.25	89 0.81 0.18 0.30	93 0.86 0.17 0.12		90 0.77 0.12 0.10										
	150 %	100 0.92 0.17 0.00	105 0.89 0.19 0.17		108 0.91 0.23 0.03	93 0.84 0.27 0.21	89 0.83 0.22 0.26	94 0.88 0.22 0.13		89 0.78 0.17 0.10										
	180 %	100 0.93 0.24 0.00	103 0.88 0.24 0.23		104 0.90 0.25 0.22	93 0.85 0.31 0.22	88 0.84 0.27 0.23	99 0.89 0.33 0.14		88 0.79 0.24 0.10										
c) フラット タイプ	120 %	100 0.86 0.13 0.00				107 0.71 0.15 0.23	111 0.73 0.18 0.23												106 0.72 0.19 0.17	
	150 %	100 0.87 0.18 0.00				109 0.73 0.24 0.24	113 0.74 0.26 0.28												112 0.74 0.30 0.20	
	180 %	100 0.88 0.26 0.00				120 0.78 0.41 0.25	123 0.76 0.41 0.32												133 0.80 0.50 0.23	
d) 複 心 タイプ	120 %	100 0.86 0.12 0.00				95 0.73 0.15 0.25	95 0.74 0.12 0.24												95 0.75 0.14 0.12	
	150 %	100 0.87 0.17 0.00				95 0.75 0.20 0.24	94 0.76 0.18 0.24												95 0.76 0.20 0.13	
	180 %	100 0.88 0.24 0.00				96 0.77 0.28 0.24	94 0.77 0.26 0.25												96 0.78 0.29 0.14	

せるべく、よりキメ細かに設定するのが望ましい。

b)都市間タイプの輸送需要の場合

緩急分離タイプまたは区間運転の伴う区域タイプが良好な結果となっている。これはa)に較べて相対的に利用距離が長くなることにより、速達性を重視したタイプが有利となるためである。区域割の特性はa)と同様となっている。また緩急分離タイプは緩急結合タイプよりも良好となっているが、これは後者の乗換機会が前者に較べて相対的に多くなるため、かえって急行列車に乗客が集中し、混雑損失の寄与が高くなるためと考えられる。逆に需要レベルが非常に低いときには緩急結合が有利となると考えられる。

c)フラットタイプの輸送需要の場合

需要水準に依らず、平行ダイヤが良い結果をもたらしている。これは駅内損失の低さによるものと考えられる。しかし、列車本数がさらに増加した場合には待ち時間の寄与は低下するから、この場合、需要水準が低いときには、乗換損失の低い千鳥型区域タイプが有利となり、また需要水準が高くなると混雑損失が相対的に低い緩急結合タイプが有利となると考えられる。

d)複心タイプの輸送需要の場合

この場合、平行タイプは劣り、緩急分離、緩急結合、区域タイプが望ましい結果となった。これは需要の高いOD間の速達性を重視することが必要なことを示している。これら三者の間では乗換損失と混雑損失がトレードオフしてあまり差がないが、需要水準が高まると混雑損失の低い緩急分離タイプがやや有利となっている。

4. 実用評価式の導出と検証

(1) 評価式の構築とパラメータ推定

ここでは輸送需要の特性を表すOD表と列車運行計画から比較的容易に算出できる特性変数を用いて、前章で算出された利用者の損失を推定することを考える。特性変数としては、輸送需要、輸送供給及びその相互関係を表す計86種の特性変数を定義し、前章のモデルケースについて算出した(付表)。一方、評価式構築の対象は、配分計算結果から得られた車内損失 U_{RC} と駅内損失 U_{WT} とした。さらに、損失の内訳を参考的に推定するため次の二項についても評価式を構築した。

混雑損失率 r_c =混雑不効用総和/車内損失 U_{RC}

乗換損失率 r_r =乗換関連不効用総和/駅内損失 U_{WT}

表-2 利用者損失の実用評価式

車内損失 U_{RC} (人・h): サンプル数:66		混雑損失率 r_c : サンプル数:66	
$U_{RC} = Q_L \cdot (1/V_N) \cdot f$ ここに $f = 0.777 \cdot k_c \cdot k_a \cdot S_{c1}$ *** ** 10%有意 t値: (-8.55) (-2.81) (5.03) ** 5%有意 相関係数 $r = 0.796$ *** 1%有意 F値=35.6 (1%有意)		$r_c = 0.230 \cdot k_c \cdot S_{c1} \cdot S_{c3}$ *** ** t値: (-12.86) (5.66) (3.76) 相関係数 $r = 0.879$ F値=70.5 (1%有意)	
駅内損失 U_{WT} (人・h): サンプル数:66		乗換損失率 r_r : サンプル数:66	
$U_{WT} = Q \cdot d \cdot g$ ここに $g = 2.15 \cdot k_c \cdot k_a \cdot S_{c2} \cdot S_{c3} \cdot S_r$ * ** *** ** t値: (-1.82) (2.58) (-3.06) (9.59) (-4.32) 相関係数 $r = 0.797$ F値=20.9 (1%有意)		$r_r = 4.32 \cdot S_{c2} \cdot S_{c3}$ -0.273 4.90 *** ** t値: (-5.33) (13.50) 相関係数 $r = 0.868$ F値=96.1 (1%有意)	
Q: 総輸送人員 (人) Q_L : 総輸送量 (人・km) V_N : 線区表定速度 (km/h) d: 線区平均列車間隔 (h) k_c : 比総輸送力		k_a : 停車時間率 S_{c1} : 各断面比輸送力変動係数 S_{c2} : 各断面輸送力変動係数 S_{c3} : 各駅発車輸送力変動係数 S_r : 各列車停車率変動係数	
		註: S_{c1} については 変数安定性から各断面 比輸送力の逆数の変動係 数を用いた。	

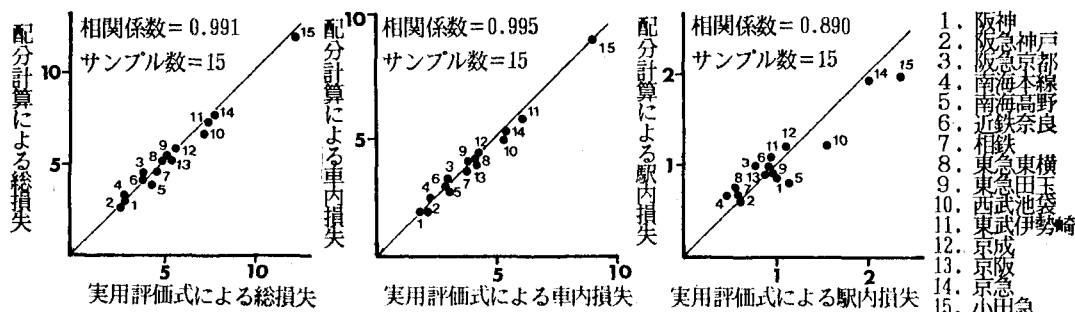


図 - 3 実用評価式の適合性検証 (単位: 10^4 人・時)

次に前述の特性変数を説明変数とする線形回帰式及び対数線形回帰式について、多くの変数を組合せ、説明変数相互間の相関性、変数の有意性、回帰式の有意性、変数の符号条件等を検討し、表-2にあげるモデルを選定した。変数及びモデルの有意性はいずれの場合も概ね良好な結果となっている。この結果をみると、例えば車内損失 U_R では比総輸送力 k_c の係数の絶対値が最も大きくなっているが、これは輸送需要に対して輸送力を大きく設定するほど、混雑緩和の効果により車内損失が小さくなるということを示している。また、駅内損失 U_{WT} においては各駅発車輸送力変動係数 S_{cs} の影響が最も大きく、各駅から発車する輸送力の駅毎のばらつきが小さいほど待ち時間に関連した損失が少ない、といったことなどがわかる。

(2) 実線区データによる実用評価式の検証

次に以上のようにして得られた評価式を実際の線区に適用し、利用者均衡配分計算によって求められた損失の値と上記の評価式によって推定した損失の値とを比較することにより、評価式の適合性を検証する。線区としては、地域的な偏在や輸送特性、運行計画の特性の偏りがないように注意しながら首都圏、関西圏の大都市の通勤路線の中から、文献⁶⁾で取り上げた私鉄15線区の朝ラッシュ時1時間とした。各線区とも配分計算における不効用関数は3章で用いたものと同一とした。その結果を図-3に示す。総損失、車内損失、駅内損失いずれについても4章で得た実用評価式により推定した値と利用者均衡配分により算出した値とは、一部の線区をのぞき概ね良く合致しており、評価式が実用上は十分な精度を持つものと考えられることができる。

う。

5. 列車運行計画改善案評価への適用例

(1) 適用ケース

ここでは、上記の評価式を実際の運行計画改善案評価に適用する。線区としては概ねフィーダータイプの輸送需要特性を持つS線と、都市間タイプと複心タイプの特性を併せ持つT線を選定し、それぞれ現行を含めた4種類の運行計画代替案を作成した。S線では、3.(4)の結果と斉合して現行は区域タイプのなっているが、この現行案とあわせて、急行の追抜回数増加による速度向上案、3区域化及びその混合案を想定した。T線は、現行は緩急比3:1の緩急結合タイプとなっており、これも3.(4)の結果と斉合的で比較的良好なダイヤと思われるが、ここでは現行ダイヤとあわせて、平行型と緩急比(現行3:1)を変化させたものを想定した(図-4)。なお、各代替案の列車時隔条件や列車走行キロは現行とほぼ同一とした。

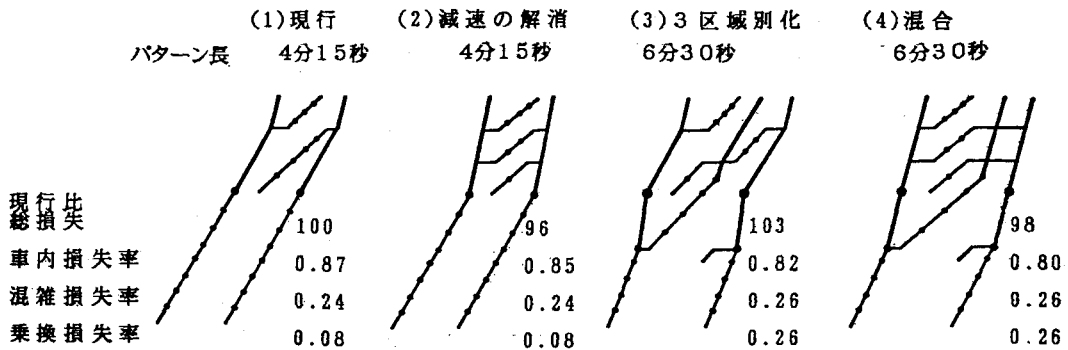
(2) 評価結果

評価の結果を図-4に併記した。

S線においては、急行の速度向上を盛り込んだ案と速度向上・3区域化の混合案が現行と比較して良い結果をもたらしている。この両者では、乗換損失が高くなる混合案に較べて、速度向上案がやや良い結果となっている。

T線においては、平行タイプから現行案を経て急行比率が上昇するに従い、車内損失は減少し、駅内損失が増加するというトレードオフの関係にあるため、総損失はわずかに異なるのみである。したがって評価式の精度を考え併せると、計画案の以降の絞り込みには配分計算などの詳細な検討が必要である

a) S線の運行計画改善案と評価結果



b) T線の運行計画改善案と評価結果

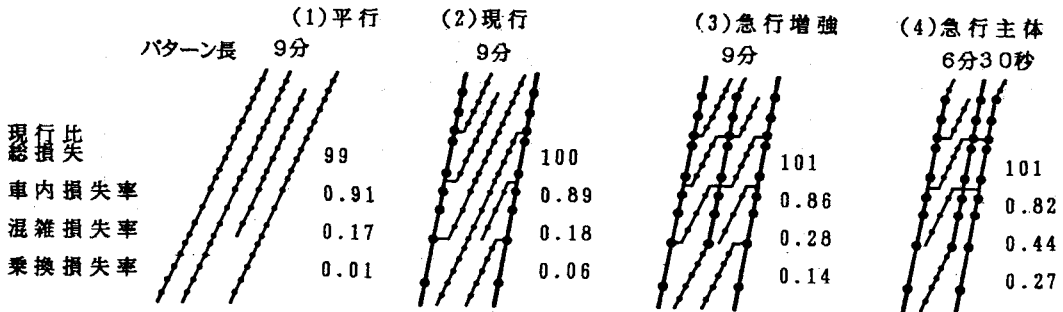


図 - 4 実用評価式の運行改善案評価適用例

ここにあげた適用例は一例に過ぎないが、本研究で得られた評価式は、代替案の評価結果が非常に近接する最終段階ではより詳細な検討が必要であるものの多数の代替案から有望なものを絞りこむ過程では十分実用的に利用できるものと考えられる。

6. 結論及び今後の課題

本研究により得られた結論は次のとおりである。

①：輸送需要、運行計画を変化させた多くのモデルケースについて、時空ネットワーク上での利用者均衡配分により利用者便益（損失）を評価し、輸送需要パターン毎に利用者便益からみて望ましい運行計画のタイプとその典型的諸特性を明らかにした。

②：モデルケースの分析から、輸送需要特性や運行計画特性などに関する特性変数を用いて簡便に利用者便益（損失）を推定する実用評価式を導出し、さらにこれを首都圏・関西圏の15線区に適用した結果、評価式の適合性が検証された。

③：実用評価式を2線区の運行計画改善案評価に適用した結果、その実用上の適用性が示された。

さらに、今後の課題としては、

- ①：今回設定したモデルケースは、多数のケースとはいってもネットワーク規模などの点で限られた範囲のものであり、今後より広範な状況の中で実用評価式が有効であるか確認し改善していくこと。
- ②：結論の①を踏まえ、路線の設備上の制約を満足させた上で与えられた輸送需要特性から蓋然的に望ましい運行計画の粗案を見いだす手法の開発。
- ③：結論の②を受けて、多数の代替運行計画案から実用評価式により少数に絞り、さらに時空ネットワーク法により高精度で評価するとともに公平性の視点からの問題や、局所的なフローの状況などを検討していくというようなステップワイズな評価システムを構築していくこと。
- が挙げられる。

7. あとがき

本研究の実施に当たっては、首都圏、関西圏の私鉄各社の関係各位には貴重なデータの提供など大変お世話になった。また、東京工業大学森地教授と中央大学鹿島教授からは非常に有用な示唆をいただいた。さらに、JR東日本本社輸送課の牛島課長代理には実務上のニーズからみたアドバイスを頂いた。JR東海（前当研究室）原啓介氏にはデータ解析などで協力して頂いた。末筆ながら本研究は、安藤記念奨学財団より援助を受けて実施されたことを記し、あわせて謝意を表したい。

参 考 文 献

- 1) 家田・赤松・高木・畠中：利用者均衡配分法による通勤列車運行計画の利用者便益評価，土木計画学研究・論文集No.6，pp.177-184，1988年11月
- 2) 肥田野・篠原：鉄道サービスの質的評価に基づいた都市間通勤輸送におけるハイグレードカーの導入可能性に関する研究，土木学会論文集No.413/4-12，pp.57-66，1990年1月
- 3) 森津：最適交通網構成手法に関する基礎的研究，1984年2月
- 4) 赤松・古川・家田：利用者便益からみた列車ダイヤ最適化に関する基礎的研究，土木計画学研究・講演集No.11，pp.243-250，1988年11月
- 5) 志田・古川・赤松・家田：通勤鉄道利用者の不効用関数パラメータの移転性に関する研究，土木計画学研究・講演集No.12，pp.519-525，1989年12月
- 6) 古川・高木・家田：列車ダイヤパターンと利用者便益との関連性に関する分析，土木計画学研究・論文集No.7，pp.131-138，1989年12月

付 表 輸送需要・輸送供給に関する特性変数

輸送需要特性（駅間OD表から得られる変数）	輸送供給特性（列車運行計画から得られる変数）
総輸送量（人キロ） 総輸送人員 各断面輸送量：平均，分散，変動係数，重心位置 各駅間輸送量（人キロ）：平均，分散，変動係数 各駅間輸送人員：平均，分散，変動係数 各駅乗車人員：平均，分散，変動係数，重心位置 各駅降車人員：平均，分散，変動係数，重心位置 各駅乗降人員：平均，分散，変動係数，重心位置	総輸送力（人キロ） 総列車本数 総走行距離 総運転時間 総出発回数 総停車回数 総停車時間 線区表定速度：総走行距離／総運転時間 線区平均列車間隔：対象時間・（駅数-1）／総出発回数 各断面輸送力：平均，分散，変動係数，重心位置 各断面列車本数：平均，分散，変動係数，重心位置 各列車走行距離：平均，分散，変動係数 各列車運転時間：平均，分散，変動係数 各列車表定速度：平均，分散，変動係数 各列車停車率：平均，分散，変動係数 各列車停車駅間距離分散：平均 各列車停車駅間距離変動係数：平均 各駅発車列車本数：平均，分散，変動係数，重心位置 各駅発車輸送力：平均，分散，変動係数，重心位置 各駅到着輸送力：平均，分散，変動係数，重心位置 各駅発着輸送力：平均，分散，変動係数，重心位置 接続率：接続回数／（接続回数＋待避回数） 停車時間率：総停車時間／総運転時間 途中発車始発列車率
輸送需要と輸送供給の相互関係を表す変数	
比総輸送力：総輸送力／総輸送量 各断面比輸送力：平均，分散，変動係数 各駅別比輸送力：平均，分散，変動係数	