

競合路線における 輸送需要の構造モデルについて†

足 立 一 夫*

1. まえがき

ある距離をおいてふたつの都市があり、幾本かの大量輸送路線が両者を結んで競合関係を保っている。今、これらの路線のうちの一つが所要時分の短縮、列車本数の増加などの輸送サービスの向上を図った場合、当然、輸送需要量の変化をきたし、

- (1) サービス向上を図った路線の輸送量は増加するが、他の路線の輸送量は減少する。すなわち、減少した輸送量はサービス向上を図った路線に転移したものと考えることができる。
- (2) 各路線の輸送量の総和はサービス向上を図る以前に較べて増加する。これは全路線を総合して見た場合の輸送サービスが向上したことによる需要誘発量とみることができる。

在来線のサービス向上ではなく、あらたに一路線を増設した場合にも同様の転移誘発現象が現われる。転移・誘発効果の大きさは輸送サービスの向上方策に対して評価を行なう際のひとつの尺度となるから、輸送サービスと転移・誘発効果の間関係を明らかにすることは重要である。本論は直並列電気抵抗回路でもってこの関係をモデル化しようとしたものである。

2. モデル

モデル作成の基礎となる考え方は以下のとおりである。

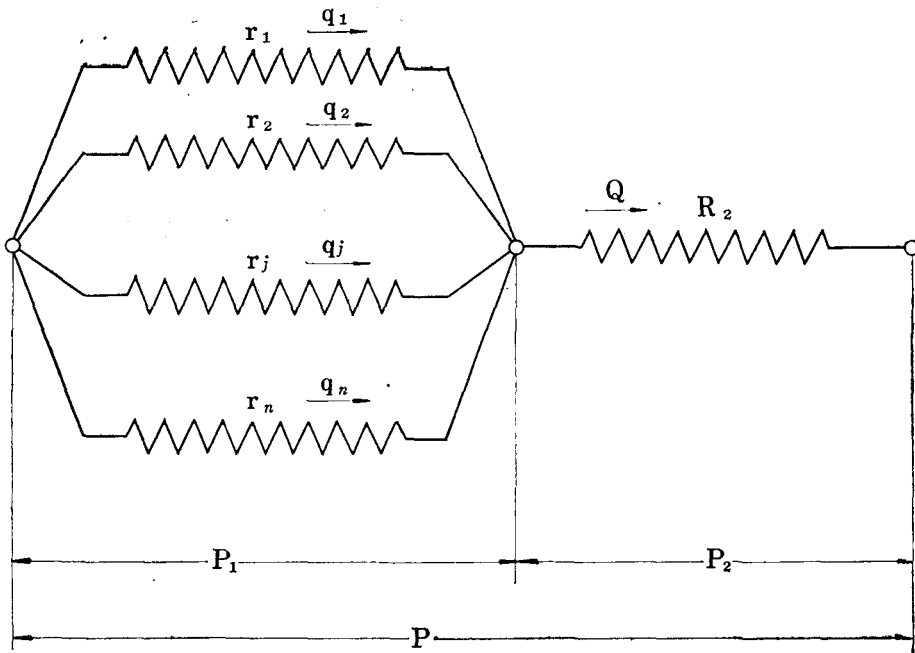
- (1) 路線を利用して乗客が流動する一電気回路における電流に相当するのは、路線の両端にある種の圧力—電気回路における電圧に相当—が加わり、これが原動力となっているためであるとする。
- (2) 路線の乗客流動量がある値でとどまるのは、路線に流れを阻止しようとする抵抗——電気回路における電気抵抗に相当——が存在するためであるとする。
- (3) この抵抗は所要時分、列車本数の逆数、および運賃などで構成されているものとする。
- (4) 路線固有の抵抗は相互に並列抵抗回路を形成する。なお、このほかに並列合成抵抗と直列の形でひとつの抵抗を仮定する。この直列抵抗の意味は、今かりに路線固有抵抗を極度に小さくするか、または路線本数を増加させるなどによって並列合成抵抗値を0に近づけたもの

† 1969年1月31日受理

* 近畿日本鉄道(株)技術研究所

とすると、回路抵抗が路線抵抗のみであれば計算上は輸送総量が無限の大きさに近づく。輸送総量が無限にまで増加することは實際上、想像しえないのであって、ある値でとどまるためには並列合成抵抗に対して直列に抵抗が存在しなければならない。直列抵抗仮定の理由は以上のとおりであるが、ほかの理由として、この抵抗を仮定することによって、このモデルによる転移現象の説明が可能となる利点も存在する。

以上の関係を線図、ならびに数式で表わせば以下のとおりとなる。



図・1

n = 並行路線数. 1, 2, ..., i , ..., n ,

r_i = i 路線の抵抗.

$$r_i = K_i a_1^{b_1} \cdot a_2^{b_2} \cdot a_3^{b_3} \cdot \dots \cdot a_k^{b_k}$$

a_1, a_2, \dots, a_k , 所要時分, 運賃など.

b_1, b_2, \dots, b_k , r と a の関係を非線型で表わすための係数.

K_i 路線固有の定数.

q_i i 路線の輸送量.

P 2 都市間の乗客流動に対して, その原動力となるある種の圧力.

Q 各路線輸送量の総和.

$$(1) \quad Q = \sum_{i=1}^n q_i$$

P_1 路線の両端にかかる圧力.

$$(2) \quad P_1 = q_1 r_1 = q_2 r_2 = \dots = q_i r_i = \dots = q_n r_n$$

また

$$(3) P_1 = QR_1$$

ただし、 R_1 は路線合成抵抗。

$$(4) R_1 = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{r_i}}$$

$P_2 \cdots R_2$ にかかる圧力

$$(5) P_2 = QR_2$$

$R_2 \cdots$ 直列抵抗

なお、 P と P_1 、 P_2 の関係は、

$$(6) P = P_1 + P_2 = Q(R_1 + R_2)$$

したがって、

$$(7) Q = \frac{P}{R_1 + R_2}$$

このモデルによれば、誘発効果および転移効果は以下のような形のものとして現われる。今、ある路線の抵抗を小さくして r_j' とする。(4)および(5)式の関係によって r_j' のもとにおける輸送総量 Q' は以前の輸送総量よりも大きくなる。この増加量、 $Q' - Q$ が誘発量である。また、 r_j が小さくなれば、(2)、(3)および(4)式の関係によって、 $q_1, q_2, \dots, q_{j-1}, q_{j+1}, \dots, q_n$ が小さくなる。(1)式の関係によってこの減小分の総和が q_j の増加量に転ずる。すなわちこれが転移量である。なお j 路線の増加量はこのほかに誘発量も付加されることは無論である。

3. モデルの適合状態

以上のモデルが実際にどれだけ適合するかをみるため、実在の競合路線群を持つ2都市間の需要時系列データにもとづき、重回帰分析によってパラメータ、 b の推定を行ない、またそのほかの数値をも求めた。なお、データの背景は以下のとおりである。

2 都市間の距離……約 200km.

路 線 数……4路線。いずれも都心にターミナルを持っている。

所 要 時 分……路線によって異なり、約1時間～3時間。なお、とり上げた期間中にはほとんどの路線の所要時分が変更された。

列 車 本 数……路線によって異なり、1日について、約4本～60本。なお、とり上げた期間中にほとんどの路線の列車本数に変更が加えられている。

運 賃……路線によって異なっている。なお、とり上げた期間中に全路線の運賃が一度だけ変化している。

r_1, R_2 などの推定値は以下のとおりである、

$$(8) \quad r_1 = 0.6070 T_1^{0.98} \left(\frac{1}{N_1} \right)^{1.18}$$

$$(9) \quad r_2 = 0.4895 T_2^{0.98} \left(\frac{1}{N_2} \right)^{1.18}$$

$$(10) \quad r_3 = 2.1734 T_3^{0.98} \left(\frac{1}{N_3} \right)^{1.18}$$

$$(11) \quad r_4 = 0.2355 T_4^{0.98} \left(\frac{1}{N_4} \right)^{1.18}$$

ただし, T_i …… i 路線の所要時分.

N_i …… i 路線の列車本数.

常数項は路線固有の値である. r の値を決定すべき要因として上述の N, T のほかに, 運賃, ターミナルの立地条件, その他諸々のサービス側面が挙げられるが, 運賃を除く他の因子は

- (1) 定量化が容易でなかったこと,
- (2) T, N に比して影響の度合いが小さいと考えられること,
- (3) 影響は大きいと考えられるが, データ期間中に大きく変動していないと思われ, したがって, 解析結果に有意な形で現われると思われないこと,

などのためにとり上げることをしなかった. なお (3) 項に該当する因子で, 路線間で大きな差異が存在するものは定数値の差異という形で式に現われている. ターミナルの立地条件はこれにあたる. また運賃要因は一応, とり上げたのであるが, 統計解析上, 有意性を認めることができなかったので省略した. ただし, 路線間の運賃差が事実上大きく, かつ, 実務上の直感においても影響力が大きいと考えられるので, 立地条件と同様, 定数値の差異という形で式に現われているものと思われる. なお, 上述のパラメータの数値, 0.98, 1.18は統計解析上, 高度に有意である.

R_2, P の値は以下のとおりである.

$$R_2 = 2.886$$

$$P = \frac{1}{1 + 1.084 e^{-0.1386L}}$$

P の値は前述のような性質上, 両都市の人口, 経済活動, ならびに両都市の性格などの関数として表わわしうと思われる. なお, モータリゼーションの影響などもこの値を変化させるものと考えて良さそうである.

人口, 経済活動力, およびモータリゼーションはすう勢的に変化していくものであり, かつ, 今の場合, P の分析が主眼でないので, 上述のすう勢に着目し, 各路線の輸送サービスが安定している数年間の輸送量に対して, Logistic 曲線 (理論的生長曲線の1種) をあてはめて P の値を推定した. 以上の推定値にもとづいて計算した各路線と実際のデータとを対比させて図示したのが図・1これによるとかなりよく適合している. なお, 算定数値を検討した結果, 4路線中の重要な2路線 ($i=1, 2$) 間に転移の遅れ現象が認めれたので以下のように数値化した,

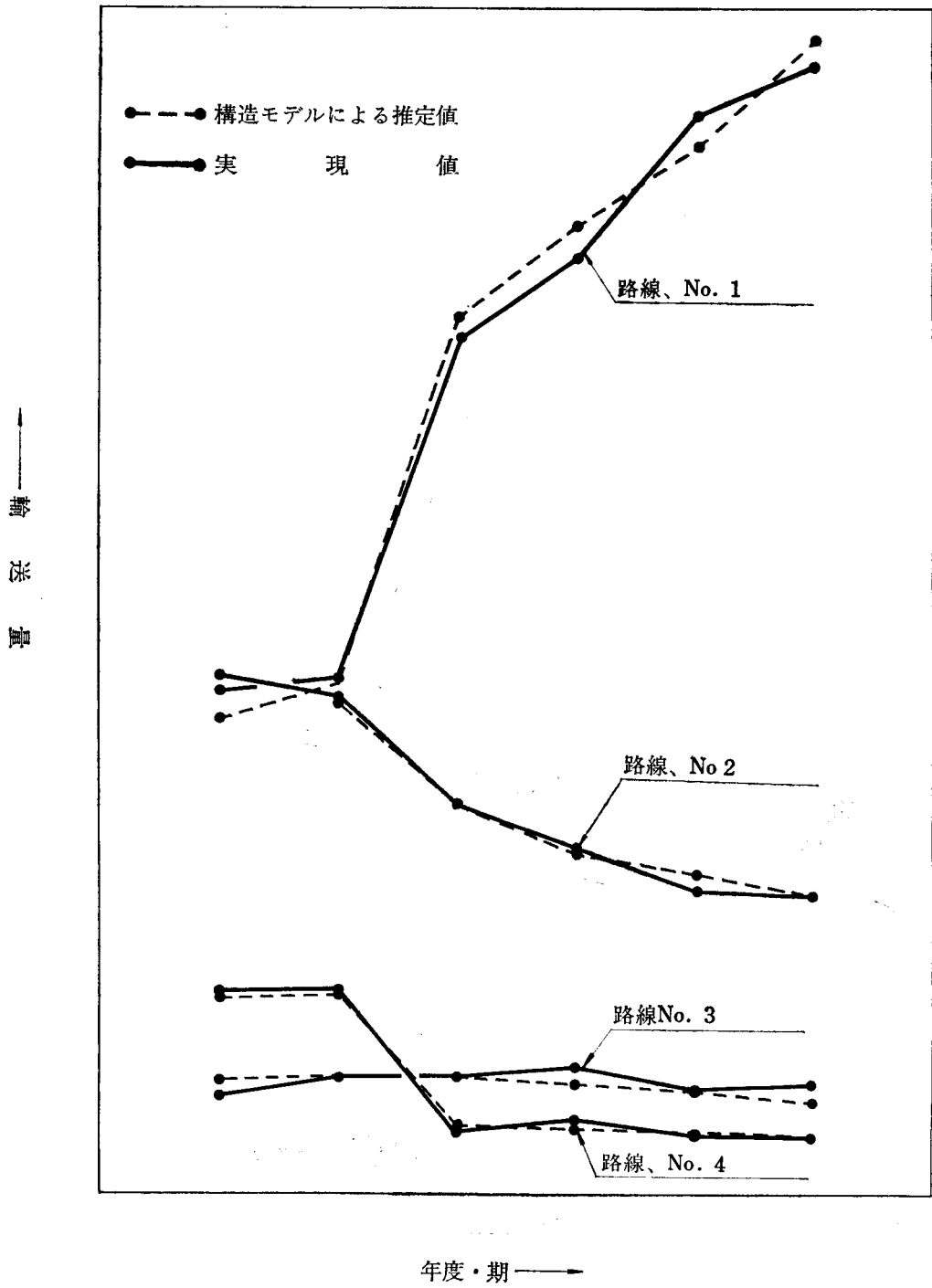


図1 構造モデルの適合状況

$$q_1 = \frac{P_1}{r_1} - (15.0 - 25.87 \times 0.7947^t)$$

$$q_2 = \frac{P_1}{r_2} + (15.0 - 25.87 \times 0.7947^t)$$

図・1はこの値で修正した後のものである。

4. 問題点

(3)～(11)式にターミナルの立地条件、および運賃の要因が抜けている、取扱ったデータの範囲内では両者が抜けたのはやむを得なかったとはいえ、このままでは対象とした両都市間の既存路線のみでは有用であるとはいえ、一般性に乏しい、新線建設とか、思い切った運賃改訂を実施するような場合にはこれらの要因の効果を知る必要がある、したがって、今後、この効果を知ることがひとつの課題として残っている、

一般性に関する問題点としては、ほかに P の問題がある。ここでは P をすう勢値、しかも単純な生長曲線としてとらえたが、対象都市間に限った場合はともかくとして、一般にはこの値が通用しないことは無論である。したがって、 P の構造を明きらかにすることも今後の課題として残っている。

5. まとめ

競合路線群を持つ都市間の輸送において、路線の輸送サービスの変化によって起こる誘発・転移現象は、多少の問題点はあるにしても、転送網を直並列電気抵抗回路に類似させることによってかなり良く説明することができる。

なお、ある事例についてパラメータを推定したところによると、路線の輸送量は、所要時分にほぼ反比例し、列車本数にほぼ比例する。