

日本国有鉄道鉄道技術研究所 ○正員 宮田 一
正員 吉永清克

1. はじめに

大都市圏鉄道網の計画手法として標記モデルを研究・開発したので、そのあらましについて述べる。

本モデルは、一口でいえば、人口圧力(都市圏人口)と鉄道網整備(新線建設・輸送改善)の変化による諸効果、すなわち、輸送改善による先導効果をふまえた線区輸送量および人口・業務地分布の変化、各地点の便利度とその変化、鉄道網の概略評価を求めるシステムモデルである。

ここでは、鉄道増強による誘発効果の解析を主体に、合せて、本モデルのその他の特徴について述べる。その特徴のうち、いくつかは斬新的な手法である。

2. 基本的考え方

大都市圏輸送では、鉄道網の場合、輸送施設の決定要因は何といっても通勤輸送であるから、重点的に通勤輸送の解析を行う。その場合、もちろん、道路輸送も含めて総合的に把握する。

旅客輸送の解析にとって重要なことは、旅客は各自意志をもっており、その意志により行動の選択(どこに住むか、どこに通うか、どの経路を選ぶか)をするということである。発地・着地の結び付きは利用者固有のものであり、利用者個人の人間性や社会的必要性によるものであり、現在の流動パターンは長年の社会的背景のもとにこれが蓄積された所産である。だから、基本的にそれを重視しなければならない。

さらに、人口・業務地の配置が変化し、輸送網の条件が変化した場合、それを踏襲するわけには行かない。そこで流動パターンの修正には引力モデル的考え方を活用する。引力モデルは、細部の説明関数をさておけば、交通現象の大原則を示すものであり、適用を誤らなければ充分活用しうるものであると考える。

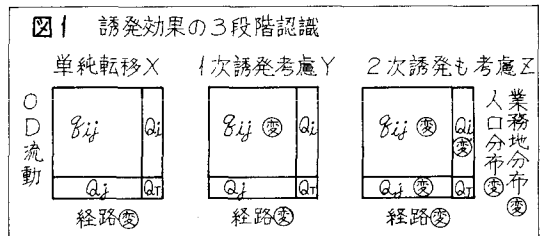
すなわち、本モデルは、基本的に現在の流動パターンを重視し、この修正には引力モデル的考え方を適用するというものであって、いわば、「現在パターン法と引力モデルの有機的複合モデル」を骨子とするもの

であるということが出来る。

3. 誘発効果解析の意義とその3段階認識

大都市圏における環状鉄道のような短絡の著しい鉄道の建設の場合や、距離的に短絡にならなくても時間的に非常に短絡になるような高速鉄道の建設の場合、それらの輸送改善により多くの誘発輸送量を生じ、また、人口・業務地の誘致がなされると考えられるので、この推計のための解析が必要になる。

これは図1に示すように質的3段階の推計が考えられる。



単純転移Xは、あるルートの輸送改善により、そのルートを利用する方が有利になったOD流動がそのルートに転移するというもので、この段階ではOD流動パターンは全く変化しない。

1次誘発考慮Yは、あるルートの輸送改善が行なわれると、そのルートを経由するOD間は以前より便利になり、その他のOD間は相対的に不便になる。そこで、発需要(人口)・着需要(従業地ベースの就業人数)の分布は変化しないとしても、便利になったOD間では輸送量の誘発が行なわれ、相対的に不便になったOD間では輸送量が減ずる。かくしてOD流動パターンは変化する。

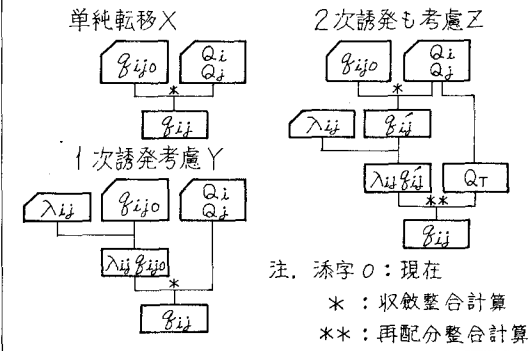
2次誘発も考慮Zでは、あるルートの輸送改善が行なわれると、そのルートを多く利用する地点では、そのルートに関するOD間について輸送量の誘発が行なわれる。その結果、発需要(人口)、あるいは、着需要(従業者数)が増加する。結局、この場合はOD流動パターンも、発需要も、着需要も、輸送改善の多寡に応じて変化する。

ここで、Xは即時効果、Yは短期効果、Zは長期効果であるということが出来る。

4. 誘発効果解析の方法

この解析方法は、図2によるのであるが、誘発の基本的考え方には引力モデル的考え方を適用し、さりとてそれに100%従うということではなくて、拘束条件を考慮し、全体のバランスを考えて、整合性を保たせるというものである。

図2 誘発効果の解析方法



引力モデルに従えば、 i, j 間の輸送抵抗 R_{ij} が R_{ij} になったための誘発率（指数） λ_{ij} は、基本的に

$$\lambda_{ij} = (R_{ij} / R_{ij})^{\beta} \quad \text{----- (1)}$$

であり、ここに輸送抵抗は運賃所要時間などより多角的に計算される指標であり、一般的に $\beta \approx 2$ とされている。

しかし、鉄道によらない通勤輸送のうち、鉄道の輸送改善により鉄道に転移するものを除けば、鉄道の輸送改善に関与しないので、それを考慮した誘発率は

$$\lambda_{ij} \approx S_{ij0} (R_{ij} / R_{ij})^{\beta} + (1 - S_{ij0}) \quad \text{----- (2)}$$

となる。ここに S_{ij0} は輸送改善前の鉄道輸送（主体となる部分に鉄道を利用する）の配分率である。

図2による方法により、まず、道路輸送を含めた輸送改善後のOD流動を求め、後で、輸送改善後の配分率を求め、それを適用して、鉄道によるOD流動と道路によるOD流動を求める。（Xの場合については、一般に、フレーター法などによって収斂整合計算が行なわれている。）

5. システムモデルの大要

全体システムは事前処理と本体プログラムに分れており、本体プログラムは、標準的に

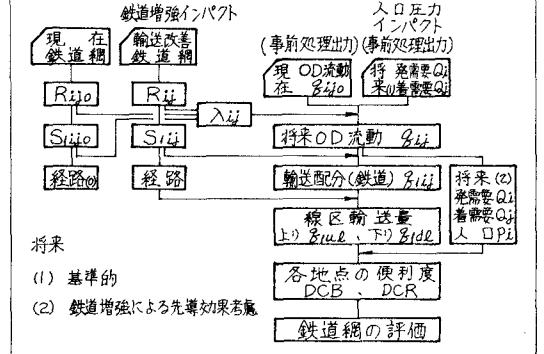
現在鉄道網 現在人口
 将来人口（仮想的場合）
 輸送改善鉄道網 現在人口（ ）
 将来人口 単純転移X

≡ 1次誘発考慮Y

≡ 2次誘発も考慮Z

の6つの場合について計算するようになっており、この場合の概略フローを示すと図3のようである。

図3 概略フローの一例（2次誘発も考慮Zの場合）



6. システムモデルの特徴

本モデルは誘発効果を解析しうる大きな特徴であるが、つぎにその他の特徴について述べる。

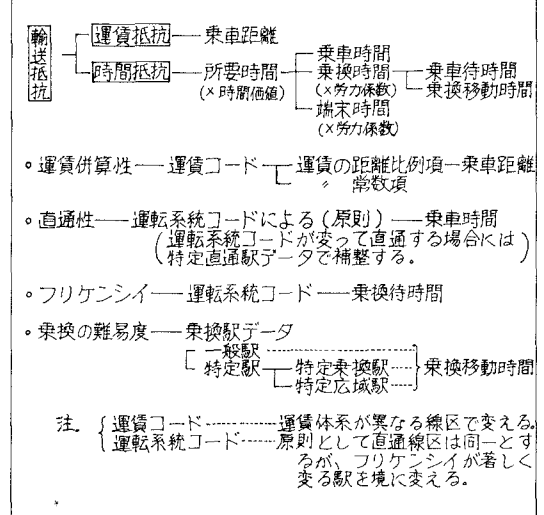
(1) 事前処理機構

流動データについて——基本的流動データは多くの場合行政ブロック相互間のデータとして構成されているので、それを駅勢ブロック相互間のデータに変換する。

ブロックデータについて——行政ブロックから駅勢ブロックへの変換ももちろんであるが、圏内総人口、大規模宅地開発・大規模業務地開発計画の変更の際の推計整合計算を容易に行う。

(2) 輸送抵抗の多角的積算機構

図4 輸送抵抗の構成



注. { 運賃コード ----- 運賃体系が異なる線区で変える
 運転系統コード ----- 原則として直通線区は同一とするが、フリケンシーが著しく変る駅区境に変える。

旅客のルート選択の指標として、運賃乗車時間乗換

時間などを総合的に考慮した輸送抵抗 R_{ij} を用いる。

i, j 間の輸送抵抗は、運賃を U_{ij} 、所要時間を T_{ij} 、旅客の時間価値を W とすれば、基本的に

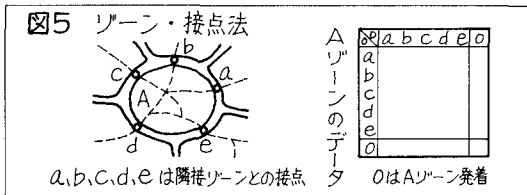
$$R_{ij} = U_{ij} + W T_{ij} \quad \text{-----}(3)$$

であるが、運賃・所要時間の積算には、運賃コード・運転系統コードを設定し、特定の駅については乗換駅データを与え、運賃の併算性・直通性・フリケンシイ・乗換駅における乗換の難易度を計算結果に反映するようにした。図4に輸送抵抗の構成を示す。

(3) ゾーン・接点法の併用

複雑な路線網を忠実にモデル化しようとする、計算過程で同時内部記憶データ量が増加するので、これに対処する方策として、本モデルでは、つぎに提案する「ゾーン・接点法」とでもいうべき方法を併用した。

ゾーン・接点法とは、通常、輸送網がノードとリンクで構成されていると考えるのに対し、図5のようにゾーンと接点で構成されていると考え、ゾーン内を説明するデータを隣接ゾーン接点相互間のODデータとして与え、これをもとに輸送網を解く方法である。



この特徴は、“①OD流動の基となるブロックが粗くても複雑な路線網を適格に導入できる。②ゾーン内の路線網データを別にファイルしておくことが容易にできるので、同時内部記憶データを節減できる。③当該ゾーン発着に関する端末抵抗を出元行先別に与えることができる。”などである。

本モデルでは、このような考え方を、ブロック内の路線網がとくに複雑になっているブロックについて特定広域駅として活用したのであるが、この方法を全面的に使用すれば、多くの場合がそうであるように、輸送網の網の目に比べて、流動データのブロック割が粗い場合に、適格な解析が行なえるばかりでなく、流動データおよびブロックデータの行政ブロック相互間から駅勢ブロック相互間への変換も不要になる。

(4) 鉄道と道路の輸送配分の方法

通勤輸送は近距離を除けば鉄道が主体となるので、

道路は均質に存在するものと考え、鉄道について具体的な輸送網を考慮した。

配分関数は、距離 l_{dij} (直線距離)と鉄道の質を踏まえた迂回比 γ_{ij} (実際ルート輸送抵抗/仮想直線輸送抵抗)を因子とし、

$$S_{ij} = 1 / \left(1 + \frac{l_{rvo} + k(r_{ij} - 1)}{l_{dij}} \right)^m \quad \text{-----}(4)$$

S_{ij} : i, j 間で鉄道輸送となる配分率

l_{rvo}, k, m : 配分関数常数

を考え、その配分関数の常数は国勢調査(昭45)の主要交通手段別通勤流動のデータより求めて使用した。

(5) 便利度の定義とその算定

便利さの尺度が定量化されていないので、輸送抵抗 R_{ij} を基本にして引力モデルに準じて、

各地点の通勤目的地に対する便利度

$$DCB = \sum B_j / R_{ij}^{\beta} \quad (B_j: \text{業務地集積(就緒数)}) \quad \text{----}(5)$$

各地点の通勤源に対する便利度

$$DCR = \sum P_i / R_{ij}^{\beta} \quad (P_i: \text{住居地集積(人口)}) \quad \text{----}(6)$$

と定義した。各地点の便利さは、そこから各地点と結ぶ交通機関が便利でも、相手地点の目的地としての有用性がなければ意味がないので、相手地点の集積をウエイトにすることが至当であると考えられるからである。これにより各場合についての各地点の便利度を求めた。

(6) 鉄道網の評価

輸送改善代替案の評価を行うために、鉄道網の大略の評価を行った。基本的に、人キロ・人時を考え、それにより鉄道の輸送経費・旅客の時間経費が大略求まるので、つぎにより3つの観点より評価した。

国民経済的評価：(輸送経費+時間経費) $\rightarrow \min$ ----(7)

鉄道経営的評価：(輸送経費-運賃) $\rightarrow \min$ ----(8)

旅客の立場：(時間経費+運賃) $\rightarrow \min$ ----(9)

(国民経済的評価 = 鉄道経営的評価 + 旅客の立場)

なお、国民経済的評価には公害問題などの評価も含め考えなければならないが、輸送経費に公害対策関係経費を含めて考えれば、これも含めて評価したことになる。

7. おわりに

紙面の関係で考え方を述べたにとどまったが、計算結果(首都圏鉄道網など)については別途報告したい。

参考文献

- 1) 宮田・吉永 通勤鉄道網の解析(第10回鉄道におけるサイバネティクス利用国内シンポジウム論文集(昭48.11))
- 2) 宮田・吉永 大都市圏鉄道網の計画手法(鉄道技術研究所速報No. 74-59(昭49.6))