

IV-1 通勤鉄道の路線選定に関する研究

東京工業大学 正会員 菅原 操

森地 茂

○日本国有鉄道 池田 尚

1. はじめに

通勤鉄道の路線決定要因としては、利用者の交通時間および費用、既存路線の混雑緩和、沿線の開発、建設費、運営費その他多くのものが考えられ、一つの尺度により最適な路線選定の解として提示することは不可能である。しかし、路線選定に際し、ある要因に關しての最適解を知っておくことは代替案作成に対する有益な情報であると考えられる。本研究は、北九州市高速鉄道計画に際し、そのような目的で行なったものであり、沿線住民の総通勤時間と最小にする路線選定方法について検討している。なお、ある仮定のもとで、費用便益差最大、費用便益比最大という目的に対しても、この方法を拡張することが可能である。

2. 基本式の設定

1) 仮定

問題を簡単化するため最初に5ヶの仮定をおき基本式を設定する。オ1に、通勤鉄道建設前にバスなど既存交通機関で通勤していた人が新鉄道と利用することにより短縮する通勤時間短縮量の全鉄道利用者についての統計を最大にする路線と最適な路線とする。オ2に、求心的都市を仮想し、全利用者は郊外の各地域から都心へ通勤するものとする。オ3に、通勤鉄道利用者は各ゾーン中心駅からのみ利用するとし、バス等で他ゾーンからの乗り継ぎで利用しないとする。オ4に路線の可能な経路として、各小学校区の中心を考え、それをどのように結んでゆくのが最適かを考える。即ちゾーンingは小学校区単位で行なっている。オ5に郊外側の終着点が決定されているとする。オ3以降の仮定は以下述べるように、実際の適用に際してははずすことが可能である。

2) 記号

n_i : i ゾーンから都心への通勤者数, B_i : 新線建設前の i ゾーンから都心への所要時間, X_i^p : 都心から i ゾーンまでの路線で $p+1$ 番目に便益の大きいもの, $X_i = \{X_i^p\}$: X_i^p の集合, $T(X_i^p)$: 路線 X_i^p に新線建設された場合の i ゾーンから都心への所要時間, $E(X_i^p)$: 路線 X_i^p に新線が建設された場合の便益, $E_i = \{E(X_i^p)\}$: $E(X_i^p)$ の集合, J_i : 都心側からノード i に建設可能リンクが直結されているノード j の集合, P_i : i ノードに到る路線番号 p の集合, t_{ij} : j ノードに新線が建設された場合の所要時間

3) 基本式

都心側から順に各ノードで可能路線を絞ってゆき、目的地に到達したルート中便益最大のルートが最適解である。例えば i ノードで落される路線とは、都心から i ノードまでのルートで既に捨てられたルートを除き便益最大のものから順に並べ、より順位の高いルートより都心→ i 間所要時間の大きいもの(等しいものを含む)である。

これを先に述べた符号で記述すると次のようになる。都心よりノード j に到るルート X_j^p にノード i を追加したルート X_j^{p+1} と記述し、その段階で X_j^{p+1} の次に便益の大きいルートを X_i^p とする。

$$X_i = \{ (X_j^p + i) \mid T(X_j^p + i) \leq T(X_i^{p-1}), p \in P_j, j \in J_i \} \quad \text{----- (1)}$$

$$\text{但し } T(X_i^p) = \{ T(X_i^p) \mid E(X_i^p) = \max_{p \in P_i} E(X_i^p) \} \quad \text{----- (2)}$$

$$\max_{p \in P_i} E(X_i^p) = \max_{j \in J_i} \max_{p \in P_j} \{ \nabla_i [B_i - (T(X_j^p) + t_{ij})] + E(X_j^p) \mid T(X_j^p) \leq T(X_i^{p-1}) \} \quad \text{----- (3)}$$

このようにして最適解の求まることは、評価関数の形から明らかである。今、 j における二つのルート X_j^p, X_j^{p-1} において、 $E(X_j^p) < E(X_j^{p-1})$ かつ、 $T(X_j^p) > T(X_j^{p-1})$ であったとする。これらとを結んだルートの便益はそれぞれ

$$E(X_j^p + i) = E(X_j^p) + \nabla_i (B_i - t_{ij}) - \nabla_i T(X_j^p)$$

$$E(X_j^{p-1} + i) = E(X_j^{p-1}) + \nabla_i (B_i - t_{ij}) - \nabla_i T(X_j^{p-1})$$

であり、 $T(X_j^p) > T(X_j^{p-1})$ より $E(X_j^p + i) < E(X_j^{p-1} + i)$ となり X_j^p の延長によるルートは最適解になりえない。すなわち、 i から一つ都心側の隣接ノード j においてすべてのルートを便益の順に並べたとき、より順位の高いルートより都心 $\rightarrow j$ 間所要時間大のルートの中には、都心より i に到る便益最大のルートは存在しえない。

各ノードで $p=0$ のすなわち便益最大ルートのみを求めるとそれは一般的なDPの問題となる。すなわち、この方法はDPにおけるマルコフ性の制限を取り除き、それにより計算量が膨大になることを防ぐため最適性をこわさずに計算量を減少させる簡単な制約条件を加えたことに外ならない。

3. 仮定の排除

問題を簡単化するため非現実的な仮定をおいている。これらの仮定とはすす方法について述べておく。才1に両終端駅が先決されていなければならないという仮定については、ターミナルと車庫用地の制約のためこれらが先決されることも多いが、一般化するには、いくつかの代替案についてそれぞれ最適解を求め、それらと比較すればよい。才2に、鉄道の通るゾーンのみから利用者があるという仮定については次のような処理をすればより現実的になる。すなわち、ある段階まで進んだとき、同じ段階で鉄道の通らないゾーンについて鉄道利用率を求め、その利用者の通勤時間量を加算する。もし後で路線がこれらのゾーンを通ればその加算分を差し引く。

4. 計算例

北九州市の鉄道計画に際し、小倉一岡崎間の路線については沿線の宅地化が進んでおり、路線選定に多くの議論があった。本方法で選んだ最適解は、路線選定に際して有効な情報であった。右図がその可能路線と最適路線を示している。

5. まとめ

建設費・運営費が路線延長に比例すると仮定できれば、ほとんど同じ手順で費用便益差最大、費用便益比最大の路線をも選ぶことができる。最適解のみでなく、終着駅に達したルートはすべて、便益の大きい順にアウトプットされ計画に際しての情報として用いることが可能である。

図 北九州市鉄道計画への適用例

