

岐阜大学工学部 正 員 加藤 晃
 岐阜大学大学院 学生員 ○岡 昭二
 丸井国治

まえがき

本研究は名古屋市の地下鉄路線網の検討のために、ラッシュ時のパーセントリッパを大衆輸送機関網、特に地下鉄路線網に配分しようとするものである。地下鉄路線網の計画に際し、駅間交通量の推定は線路容量の決定や路線の建設順序の決定などのために非常に重要である。

大衆輸送機関網において、出発地と到着地との間にルートが多数存在するとき、パーセントリッパはルートについての時間、料金、便利さなどの情報によって判断(評価)し、あるルートを選択すると考えられる。この原則にしたがって最適ルートを探さくし、競合するルートへの分担量を決定して、区間交通量を推定しようとするものである。

1. 大衆輸送機関網について

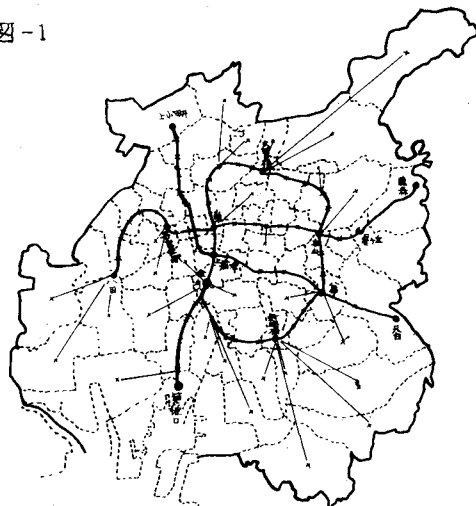
名古屋市の大衆輸送機関網において、出発地(O)と到着地(D)を結ぶルートは無数にある。いま、大衆輸送機関網を形成するものを市営バス路線網と地下鉄路線網に限定して考えるならば、(i)バス路線網だけを利用するルート、(ii)地下鉄路線網だけを利用するルート、(iii)バス路線網と地下鉄路線網を組合せて利用するルートがある。一般に、地下鉄路線は長距離に利用すればするほど時間的、料金的に有利であるので、地下鉄とバスの連絡は出発地(または到着地)に一番近い駅かあるいは最も利用しやすい駅でなされる。このとき、(ii)(iii)のルートは地下鉄路線を主体とし、バスを補助的手段とするルートと考え、このルート群を地下鉄ルート群とし、この場合はルート中のバス区間においバス乗換を必要としないものと仮定する。(i)のバス路線だけを利用するルート群をバスルート群とし、この場合はバス乗換を含む。

名古屋市のバス路線は系統運転で、都市集中型であり、地下鉄路線網は環状放射型であるため、O-D間ルートはバスルート群と地下鉄ルート群からそれぞれ一本の最適ルートが選択され、地下鉄最適ルートとバス最適ルートが互いに競合すると仮定する。

(1) バス路線網について……バス路線は系統運転によるため距離当り料金、運行回数、乗換え点などがまちまちであるので固定した交通網として統一的に扱うことが困難である。そこで、O-D間の街路系統に沿って経過地点の指定されない仮想のバス路線があると仮定し、このバス路線をO-D間のバスルートとみる。これは各O-D間ごとに一本だけ存在し、バス最適ルートであるとする。

(2) 地下鉄路線網について……地下鉄路線網とそれ

図-1



に接続する補助バス路線は図-1に示す。

2. バス最適ルートの評価値

各ODルートに評価値を与えるために、地帯割の考え方を採用する。ルートの評価値は出発地ゾーンと到着地ゾーンの中心間距離を基礎とする時間と料金によって表われ、式で表わせば次のようになる。

$$E_{ij} = \alpha c_{ij} + C_{ij} \quad (1)$$

$$c_{ij} = T_B + k T_{CB} + T_w + T_M \quad (2)$$

$$T_B = 60 \alpha \cdot L_B / V_B$$

ここで、 E_{ij} は i, j 間のルート評価値、 c_{ij} は i, j 間の所要時分、 c_{ij} は i, j 間の料金、 T_B はバスの乗車時分、

T_{CB} はバス乗換え時分、 T_w は徒歩時分、 T_M はバス待ち時分、 L_B は i, j 間のゾーン中心間距離、 V_B はバスの表定速度、 α は時間-料金換算係数、 k は乗換え回数、そして α はゾーン中心間距離をバスルート距離に修正する係数である。

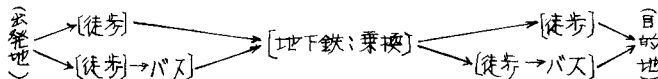
表-1 k, α, C の値

形式	k	α	$C(円)$
1	0	1.25	30
2	2	1.80	90
3	2	1.25	105
4	1	1.25	60
5	1	1.25	75
6	0	1.25	30
7	0	1.25	45

名古屋市バス路線に対する地帯とその地帯間移動の形式を図-2に示す。上式中の k, α, C の値は地帯間移動の形式によって固有の値をとる。その数値を表-1に示す。

3. 地下鉄の最適ルートと評価値

パーソントリップが地下鉄を利用して、出発地から到着地へ行くには次のような過程をたどる。



いす、各ゾーンの中心を発生ノード、地下鉄駅を駅ノードとし、ノードとノードの間をリンクとする。発生ノードはOD交通量の発生(または到着)代表点である。駅ノードは乗換え、通過点で、ここではトリップは発生しない。リンクは発生ノードと駅ノードを結ぶリンク(P-S)と駅ノード間のリンク(S-S)に大別でき、各リンクには乗車時分、乗換え時分、徒歩時分、乗降時分などによるリンク所要時分によってリンク評価値を与える。リンク評価値はそのリンクで利用される交通機関の種類によって、次の4種類に区分される。

(1) 第1種リンク評価値: リンク(S-S)の評価値

$$T = 60 l / V_B \quad (3)$$

ここで、 T はリンクの所要時分、 l はリンク長、 V_B は地下鉄の評定速度

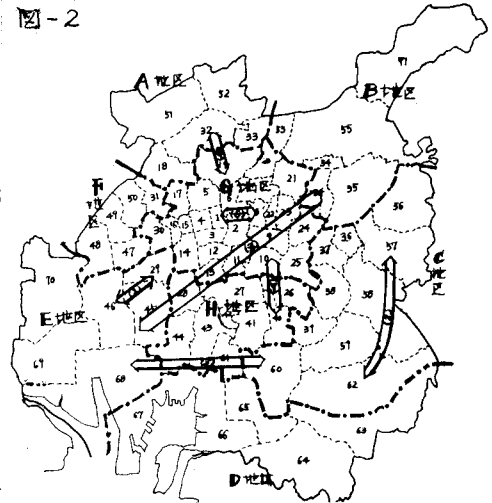
(2) 第2種リンク評価値: リンク(P-S)で、徒歩のみで可能な場合のリンク評価値

$$T = T_w + T_c \quad (4)$$

ここで、 T_w は徒歩時分、 T_c は乗降時分。

(3) 第3種リンク評価値: リンク(P-S)で、バスを必ず利用する場合のリンク評価値

図-2



$$T = 60 \times 1.25L/V_b + T_M + T_W + T_e \quad (5)$$

ここで、 L はリンク(P-8)の長さ、 V_b はバスの評定速度、 T_M はバス待ち時分

(4) 第4種リンク評価値：リンク(P-8)で、バス利用者と徒歩による者があつた割合で存在する場合のリンク評価値

$$T = r(60 \times 1.25L/V_b + T_M + T_W + T_e) + (1-r)(T_W + T_e) \quad (6)$$

ここで、 r はバスの利用者の比率、リンク長さ L の関数である。

すなわち、 r は図-3の $r-L$ のグラフより求められる値。

各ODごとに、地下鉄ルート群の中から出発ノードより到着ノードに達するために経過するリンクの評価値の和が最小となるルート(時間的なミニマムルート)を選ばせ仮定した *minimum tree method*¹²⁾ によって最適ルートが選ばれる。

時間的なミニマムルートとして得られた最適ルートに対して料金を導入し、式(7)で計算される評価値を最適ルートの評価値とする。

$$E_0 = \alpha \sum T + C \quad (7)$$

ここで、 E_0 は地下鉄の最適ルート評価値、 $\sum T$ は最適ルートの所要時分、 C はこのルートの料金、 α は時間-料金換算係数

料金 C は距離に比例するが地下鉄とバスとで時間当り料金が異なり、距離-料金の関係は図-4、5でそれぞれ与えられる。よって、地下鉄乗車料金とリンク(P-8)の料金を別に計算し、その和を最適ルートの料金とする。地下鉄乗車料金は最適ルート中の経過リンク(8-8)の合計長さに対する料金で、図-4より求める。第2種リンクの料金は0とする。第3種リンクの料金はリンク長さ L より $L = 1.25L$ に対する料金で、図-5より求める。第4種リンクの料金は30r(円)とする。

時間的なミニマムルートに対して得られた最適ルート評価値 E_0 が、ルート群の式(7)によって求められたルート評価値 E_0' のうち最小の評価値 $\min E_0'$ と必ずしも一致するとは限らない。しかし、料金と距離とは図-4、5に示されるような比例関係にあるので、 $E_0 \approx \min E_0'$ であるといえる。したがって、図-4、5において、料金の变化する点の距離について $E_0 \approx \min E_0'$ が成立するかどうかをチェックして、大丈夫な場合時間的なミニマムルートを最適ルートとすると、計算上の繁雑さと計算量が軽減できる。

4. 競合について

地下鉄路線網の最適ルートとバス路線網の最適ルートとの間に乗客が分かれて乗るものと考えるので、これは2ルート間の競合問題となる。地下鉄最適ルートとバス最適ルート間の競合問題を最適ルートの評価値による確率分担率の考え方によって、地下鉄、バスについてのOD交通量とのそれぞれに分担交通量を求める。

図-3 $r-L$ のグラフ

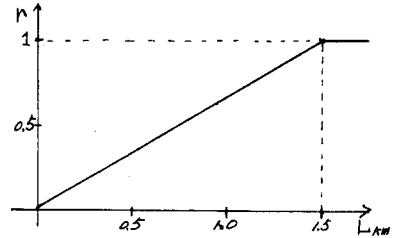


図-4 $C-L$ 関数

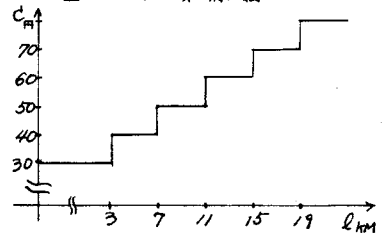
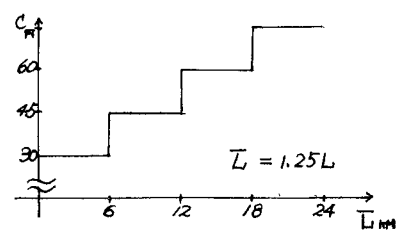


図-5 $C-L$ 関数



確率分担率による方法²⁾とは、地下鉄の最速ルート評価値を E_d 、バスの最速ルート評価値を E_b とするとき、パーソントリップ(利用者)の地下鉄ルート、バスルートに対する評価はそれぞれ E_d 、 E_b を中心にしてある分布をつくる。このとき、パーソントリップが地下鉄ルート、バスルートをそれぞれ x_d 、 x_b と評価したとすると、 $x_d \leq x_b$ ならば地下鉄ルート、 $x_d > x_b$ ならばバスルートを選ぶとする。したがって、評価の分布を正規分布と仮定し、平均値をそれぞれ E_d 、 E_b とし、分散を σ_d^2 、 σ_b^2 とすれば、地下鉄ルートを選ぶ確率(確率分担率) P_d は

$$P_d = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_d} \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left\{-\frac{(x_d - E_d)^2}{2\sigma_d^2}\right\} \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_b} \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left\{-\frac{(x_b - E_b)^2}{2\sigma_b^2}\right\} dx_b \right) dx_d \quad (8)$$

であり、バスルートを選ぶ確率(確率分担率) P_b は、

$$P_b = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_b} \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left\{-\frac{(x_b - E_b)^2}{2\sigma_b^2}\right\} \left(\frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_d} \int_{-\infty}^{\infty} \exp\left\{-\frac{(x_d - E_d)^2}{2\sigma_d^2}\right\} dx_d \right) dx_b \quad (9)$$

いま式(8)において、 $X_d = \frac{x_d - E_d}{\sqrt{2}\sigma_d}$, $X_b = \frac{x_b - E_b}{\sqrt{2}\sigma_b}$ (10)

と置き、さらに式(9)の第2積分の下限値を式(11)のように与える。

$$g_1 = \frac{\sqrt{2}kZ_2X_1 + Z_2 - Z_1}{\sqrt{2}kZ_1} \quad \text{ここに、} k = \sigma_b/\sigma_d, Z_1 = E_b/E_d, Z_2 = E_d/E_b \quad (11)$$

したがって、式(8)は、

$$P_d = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-X_d^2} \left(\frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{g_1}^{\infty} e^{-X_b^2} dx_b \right) dX_d \quad (12)$$

となる。同様に式(9)は、

ここに、

$$P_b = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{-\infty}^{\infty} e^{-X_b^2} \left(\frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{g_2}^{\infty} e^{-X_d^2} dX_d \right) dX_b, \quad g_2 = \frac{\sqrt{2}kZ_1X_b + Z_1 - Z_2}{\sqrt{2}kZ_2} \quad (13)$$

となる。式(11)、式(12)をHastingsの近似公式を用いて解くと、確率分担率 P_d 、 P_b が得られる。

5. 地下鉄駅間交通量

確率分担率 P_d 、 P_b にしたがって地下鉄ルート、バスルートのそれぞれの分担交通量をすべてのODの組について計算する。次に、すべてのODの地下鉄分担交通量を、先に得られている最速ルートにそれぞれ配分し、駅間リンクを通過したOD交通量を総計して、その駅間交通量とする。駅間交通量は上下方向別、乗換え方向別、上下計などの輸送量が求められる。一例として上下計の駅間輸送量を図-6に示す。

参考文献

- 1) 加藤 見「道路網における交通配分解析」土研論文集 No. 213
- 2) 加藤 見「鉄道路線における交通配分について」土研論文集 No. 214

