IV-93 大量輸送機関の駅配置に関する一考察

京都大学 正 員 福山正治
京都大学 学生員 ○北村隆一

[1] はじめに 従来ネットワークの設計は，ノードを与件としてなされてきた．しかし，例えば高密度地域への新交通システムの導入などについて見ると，トリップの発生はネットワークの範囲内で連続に分布しており，都市間のトリップに対する場合とは状況が異なりトリップの発生をノードで代表することは不適切ではないかと考えられる．またこのような比較的小さなスケールのネットワークでは端末徒歩が比重の大きな要素となる．これらの点から本稿では，トリップの発生を密度関数として与えた場合のネットワークの設計についての基本的な考察に触れたい．

[2] 概要 本稿ではいくつかの仮定により問題を単純化している．まず，トリップは一点集中型で，トランシットの路線は直線とする(図-1)．また端末徒歩は路線に垂直／平行な方向になされるものとする．この基本的な前提の下で，トリップ発生の密度を $\rho(x,y)$ として，総所要時間（端末徒歩＋line-haul）を最小とする駅配置を求める．

[3] 記号 L；対象領域長，b；同幅，V；トランシット定常走行速度，α_A,α_D；同加速度，減速度，T_S；各駅での停車時間，v；徒歩速度，w；乗客の待時間，N；全駅数，また $\alpha=(1/\alpha_A+1/\alpha_D)V/2+w$ とする．

[4] 駅勢圏 アクセス徒歩についての仮定より，各トリップメーカーが所要時間が最小となる駅を利用すると考えれば，駅勢圏は図の直線 b_i で示される．例えば，

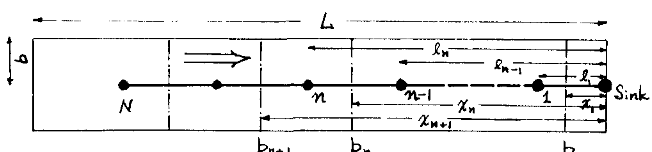

図 1

$$k_2^n=(1+v/V)(l_{n+1}-l_n)/2+\alpha v/2 \quad \cdots(1)$$

次にトランシットの運行形態は，α_A で加速→Vで定常走行→α_D で減速→T_S の停止というものである．

[5] 駅間距離を一定とした場合 図-1においてトリップの発生領域を長方形とし，発生密度は一定とする．$\alpha=\alpha_A=|\alpha_D|$ とし，$d=L-Na\ (\geq 0)$，a は駅間距離で $a\geq V^2/\alpha$ とする．トランシットの駅間所要時間は

$$t=V/\alpha+a/V+T_S \quad \cdots(2)$$

で与えられる．また図-1の各 b_i と集中ノードとの距離を x_i とすれば，駅 n を利用するトリップは $x_n\leq x<x_{n+1}$ の領域で発生し，x_n，x_{n+1}，k_1，k_2 は，おのおの

$$x_n=(n-1/2)a+v(w+t)/2, \qquad x_{n+1}=(n+1/2)a+v(w+t)/2, \quad \cdots(3),(4)$$

$$k_1=na-x_n=a/2-v(w+t)/2, \qquad k_2=x_{n+1}-na=a/2-v(w+t)/2 \quad \cdots(1'),(1'')$$

と与えられる．発生密度が均一(ρ)であるから，n 番目の駅を利用するトリップの総所要時間は，

$$T_n=\rho k_1 b(k_1+b)/2v+\rho k_2 b(k_2+b)/2v+\rho ab(nt+w), \quad 1\leq n<N-1 \quad \cdots(5)$$

となる．また $0\leq x<x_1$ で発生するトリップに対して，

$$T_0=\rho k_2 b(k_2+b)/2v. \quad \cdots(6)$$

$x_N\leq x\leq L$ で発生するトリップに対しては，

$$T_N=\rho k_1 b(k_1+b)/2v+\rho db(d+b)/2v+\rho b(d+k_1)(Nt+w) \quad \cdots(7)$$

となる．したがって総駅数Nに対して，総所要時間 $\mathbb{T}$ は

$$\mathbb{T}=T_0+\sum_{i=1}^{N-1}T_i+T_N \quad \cdots(8)$$

であり，問題は，

$$\min\ \mathbb{T}=T_0+\sum_{i=1}^{N-1}T_i+T_N$$
$$\text{sub. to}\quad d=L-Na\geq 0,\quad a\geq V^2/\alpha$$

と示される．いま $\mathbb{T}$ は，

$$\mathbb{T} = \rho b\ [N/2v \cdot \{a^2/2 + v^2(t+w)^2/2 + ab\} + atN(N-1)/2 + aw(N-1) + d(d+b)/2v + \{d + a/2 - v(w+t)/2\}(Nt + w)] \qquad \cdots (9)$$

となり，これに $d = L - Na$ および 式(2)を代入，a で偏微分することにより，最終的に

$$a = [(V/\alpha + T_s)N^2 + \{2(\tfrac{1}{v} + \tfrac{1}{V})L + \tfrac{v}{V}(T_s + V/\alpha)\}N + w(v/V + 1)] / [2(\tfrac{1}{v} - \tfrac{1}{V})N^2 + v(\tfrac{1}{v^2} - \tfrac{1}{V^2})N] \qquad \cdots (10)$$

が得られる．計算結果は講演時に示したい．

[6] 駅間距離を一定としない場合　式(8)の最小化は，上に述べた場合を除き容易ではない．そこで問題を多段決定過程として記述し，モデルの展開を試る．図-2，(b) に示すように n 番目と $n+1$ 番目の駅間距離を X_{n+1} とする．n 番目までの駅が決定され，これに $n+1$ 番目の駅が加えられるとき((a)→(b))，変化するのは(a)の a_0 のうち B_{n+1} より左側にあるものだけで他のトリップ(B_{n+1} より下流で発生するもの)は何の変化も受けない．ここに B_{n+1} は(1)と同様に与えられ，

$$B_{n+1} = L_N + (1 + v/V)X_{N+1}/2 + \alpha v/2\ . \qquad \cdots (1)'''$$

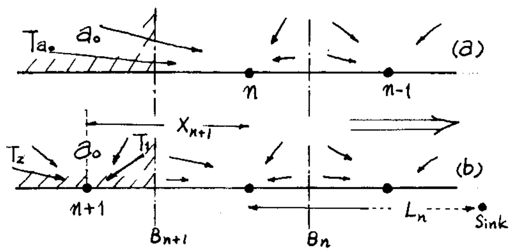

図-2

また，トリップ群 a_0 の総所要時間は，

$$T_{a_0} = \iint_{D_{a_0}} r(x - L_n, y)\rho(x, y)\,dxdy + \iint_{D_{a_0}} \rho(x, y) R_n\,dxdy\ . \qquad \cdots (11)$$

ここに R_n は n 番目の駅から集中ノードまでのトランシットの所要時間，$r(x-L_n, y)$ は点(x, y)から駅 n への徒歩時間である．状態(a) から (b) に移った際の総所要時間の増分は，(段階 $n+1$ の利得と考える)

$$T_g = T_1 + T_2 - T_{a_0}$$
$$= \iint_{D_{a_0}} r(x - L_{n+1}, y)\rho(x, y)dxdy + \iint_{D_{a_0}} \rho(x, y)R_{n+1}dxdy - \iint_{D_{a_0}} r(x - L_n, y)\rho(x, y)dxdy - \iint \rho(x, y)R_n dxdy \qquad \cdots (12)$$

と示される．これは分離可能性，単調性を満たしておりDPにより解を得ることができる．ρ として一様分布，指数分布，$\eta x e^{-\gamma x}$ を用い，トリップ発生領域を長方形，三角形とした場合についての結果を当日示したい．

[6'] パーク・アンド・ライドを想定したモデル　右図の様なP&Rを想定して，駅および駐車場を配置する．全員が車を保有もしくは利用できるものとすれば，[6]での駅 $n+1$ に対するアクセスを車利用によるものに変更することにより直ちに解が得られる．自動車利用時のアクセス時間は例えば

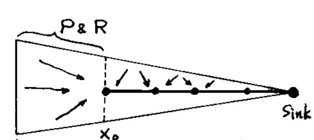

図-3

$$T_A(x_A, y_A) = (\alpha X(x_a) + \beta)y_A + \int_{x_0}^{x_A} \alpha X(x) + \beta\,dx, \quad X(x) = 2\int_0^{y(x)}\int_x^L \rho(x, y)dxdy.$$

[7] 自動車との分担を考慮した場合　全員が車を保有し，所要時間の大小にのみ従って車かトランシットを利用するとした場合の最適駅配置を行う．自動車についても同様に一本の路線を考え，所要時間は flow dependent とする．

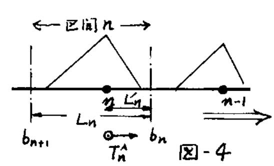

図-4

図の区間では自動車の速度を一定とすれば，トランシット利用者は図の三角形の内部から発生する．また各区間からの自動車トリップ数を P_i^A とすれば，点 n から集中ノードまでの所要時間は，区間 n の交通量を V_n として，

$$T_n^A = L_n'(\alpha V_n + \beta) + \sum_{i=1}^{n-1} L_i \alpha P_i^A\ , \qquad V_n = \sum_{i=n}^{N} P_i^A\ .$$

これを用いて分担率が駅間距離の関数として与えられる。この分担率のもとでの車およびトランシット利用トリップの総所用時間を最小とするネットワークをもとめることになる。

[8] おわりに　今後の方向として，i) 複合OD に対する解，ii) より複雑なネットワークへの適用，iii) feeder service とネットワークの同時決定，iv) 運行スケジュールの考慮，などを考えている。

[参考文献] Donald E. Matzzie, Ubiquitioo Rapid Transit Service, Carnegie-Mellon Univ. doctor dissertation, 1968.