

京都大学工学部 正員 米谷 崇 =

○奥谷 巖

1. はしがき ここでは道路、駐車場および公園等に要するスペースを確保するための建物の高層化のための建設コスト、道路、駐車場、鉄道の建設コストおよび通勤者が通勤によって失なう時間損失の総和を最小にするという基準から最適都市交通施設計画について基礎的な立場から論述する。

2. 都市のモデル 半径 b の円形都市を考えその中の半径 a の地域を業務地域、残りを住居地域と考える。通勤者は乗用車の場合半径方向に都心まで進みそこから再び半径方向に通勤先までゆくとし、メストランシットの場合には家と同一円周上に泊って鉄道までゆきその後は乗用車と同様の経路をゆくものとする。なおここでは通勤交通のみを対象とし通勤手段については乗用車、バス、鉄道とする。

3. 最適化に関する諸量の定式化 都市の位置を表現するために極座標を導入する。いま $g(\xi, \theta)$ を (ξ, θ) 点における単位面積当りのパーソン・トリップ・エンド数としよう。そうすると通勤者が $g(\xi, \theta)$ 点にトリップ・エンドを有する確率は $\frac{1}{2\pi} g(\xi, \theta) \xi d\xi d\theta$ として表わされるであろう。ここに T は総パーソン・トリップ・エンド数である。このような概念の導入によりまず都市の各地点 (η, θ) を通る自動車交通量を算定してみよう。いま $0 \leq \eta < a$ とならぬ都市業務地域における乗用車による通勤交通量を N_0^1 、バスによるそれを N_0^2 とし、 $a \leq \eta \leq b$ の郊外住居地域におけるものをそれぞれ N_0^3 、 N_0^4 とするとこれらの諸量は次のように定式化できる。

$$N_0^1(\eta, \theta) d\theta = kT \left\{ \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \int_a^b g(\xi, \theta) \xi d\xi d\theta \cdot \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} g(\eta, \theta') r(\eta, \theta') \eta d\eta d\theta' + \frac{1}{2\pi} \int_a^b g(\xi, \theta) \xi d\xi d\theta \cdot \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} g(\eta, \theta') r(\eta, \theta') \eta d\eta d\theta' \right\}$$

ここに $k = \frac{g_u}{m_1}$ 、 T は T 、 g ；世帯自動車保有率、 u ；通勤自動車利用率、 m_1 ；世帯当り平均通勤者数とする。また $r(\eta, \theta')$ は (η, θ') 点の駐車の可能性を示す指標であり次式によって表わされる。

$$r(\eta, \theta') = \{AU(B-A) + BU(A-B)\} / A \quad U(X) ; \text{ユニット関数}$$

ただし、 $A = kT \left\{ \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \int_a^b g(\xi, \theta) \xi d\xi d\theta \cdot \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} g(\eta, \theta') \eta d\eta d\theta' \right\}$ ；通勤自動車需要日数

$$B = \frac{1}{2} \{R(\eta, \theta') R(\eta, \theta') + \{1 - R(\eta, \theta')\} \{1 - (1/\zeta(\eta, \theta') + \zeta(\eta, \theta'))\} \eta d\eta d\theta' ; \text{駐車容量}$$

B の式において R は一台当りの必要駐車場面積であり、また $\zeta(\eta, \theta')$ は必要公園、緑地、運動場面積を確保するために要求される高層化階層数でつぎのように表わされる。

$$\zeta(\eta, \theta') = 1 / \{f(\eta, \theta') - f(\eta, \theta') U(R(\eta, \theta') B(\eta, \theta') - f(\eta, \theta'))\}$$

ここに $R(\eta, \theta')$ ； (η, θ') 点の現在の空地面積率

$P_1(\eta, \theta')$ ；空地面積中駐車場として使われる割合

$P_2(\eta, \theta')$ ；公園、緑地、運動場に使われる割合

$f(\eta, \theta')$ ；必要とされる公園、緑地、運動場の面積率

また、 $\zeta(\eta, \theta')$ は駐車場面積を確保するために要求される高層化階層数である。一方、 N_0^2 は

$$N_0^2(\eta, \theta) d\theta = \frac{c}{m_2} T \left\{ \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \int_a^b g(\xi, \theta) \xi d\xi d\theta \cdot \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} g(\eta, \theta') (1 - g_{ur}(\eta, \theta')) \eta d\eta d\theta' \right\}$$

ただし、 c ；バスの小型車一台に対する換算係数、 m_2 ；バスの平均乗車人員

$$N_0^3(\eta, \theta) d\theta = kT \left\{ \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \int_a^b g(\xi, \theta) \xi d\xi d\theta \cdot \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} g(\eta, \theta') r(\eta, \theta') \eta d\eta d\theta' \right\}$$

$N_0^4(\eta, \theta)$ のうち左回りで鉄道に接近するものを $N_0^4(\eta, \theta)$ 、右回り $N_0^4(\eta, \theta)$ とすれば

$$N_0^1(y, \eta) dy = \frac{c}{m_2} T \left\{ \frac{1}{2T} \int_{(i-1)\alpha + \frac{\alpha}{2}}^{\eta} g(y, \theta) y dy d\theta \cdot \frac{1}{2T} \int_0^{\eta} g(\eta, \theta') (1 - g_{ur}(\eta, \theta')) \eta d\eta d\theta' \right\}$$

$$N_0^2(y, \eta) dy = \frac{c}{m_2} T \left\{ \frac{1}{2T} \int_{(i+1)\alpha - \frac{\alpha}{2}}^{\eta} g(y, \theta) y dy d\theta \cdot \frac{1}{2T} \int_0^{\eta} g(\eta, \theta') (1 - g_{ur}(\eta, \theta')) \eta d\eta d\theta' \right\}$$

以上の準備のもとに各コストを計算するとつぎのようになる。

I) 高層化コスト C_1 都心業務地域におけるものを C_1^1 、住居地域におけるものを C_1^2 とすると

$$C_1 = \int_0^{\alpha} \int_0^{\alpha} \{ \zeta(y, \eta)^* d_1(y, \eta, \zeta^*) - \tilde{\zeta}(y, \eta) d_1(y, \eta, \tilde{\zeta}) \} y dy d\eta$$

$$\text{ただし } \zeta_1(y, \eta)^* = \{ 1 - R(y, \eta) \} y dy d\eta / \{ \{ 1 - R(R, \eta) \} \tilde{\zeta}(y, \eta) + \zeta(y, \eta) \} y dy d\eta - \frac{\{ N_0^1(y, \eta) + N_0^2(y, \eta) \} l}{\tau c} dy d\eta$$

$d_1(y, \eta, \zeta^*)$: 業務地域の高層化に要する単位面積階層あたりの建設コスト
 τ : 通勤ラッシュ時間 c : 道路1車線の容量 l : 1車線の幅員

$$C_1^2 = \sum_{i=0}^{2n-1} \left[\int_{(i-1)\alpha + \frac{\alpha}{2}}^{i\alpha} \{ \zeta_1^*(y, \eta)^* d_1^2(y, \eta, \zeta_1^*) - \tilde{\zeta}(y, \eta) d_1^2(y, \eta, \tilde{\zeta}) \} y dy d\eta \right. \\ \left. + \int_{(i+1)\alpha - \frac{\alpha}{2}}^{i\alpha} \{ \zeta_1^*(y, \eta)^* d_1^2(y, \eta, \zeta_1^*) - \tilde{\zeta}(y, \eta) d_1^2(y, \eta, \tilde{\zeta}) \} y dy d\eta \right]$$

ここに $\alpha = \frac{2\pi}{n}$ n : 通勤鉄道の本数

ただし、 $\zeta_1^*(y, \eta)$ は $\zeta^*(y, \eta)$ の式中、 $\tilde{\zeta}(y, \eta) + \zeta(y, \eta)$ を $\tilde{\zeta}(y, \eta)$ に、 $N_0^1(y, \eta)$ を $N_0^2(y, \eta)$ に、 $N_0^2(y, \eta)$ を $Y^1 N_0^2(y, \eta)$ にかえたものである。同様に $\zeta(y, \eta)^*$ は $\zeta^*(y, \eta)$ の $N_0^2(y, \eta)$ を $Y^1 N_0^2(y, \eta)$ にかえたものである。

$$C_1 = C_1^1 + C_1^2$$

II) 道路建設コスト C_2 都心業務地域におけるものを C_2^1 、住居地域におけるものを C_2^2 とすると

$$C_2 = \int_0^{\alpha} \int_0^{\alpha} \{ N_0^1(y, \eta) + N_0^2(y, \eta) \} l / \tau c \cdot d_2(y, \eta) dy d\eta$$

$$C_2^2 = \sum_{i=0}^{2n-1} \left[\int_{(i-1)\alpha + \frac{\alpha}{2}}^{i\alpha} \{ N_0^2(y, \eta) + Y^1 N_0^2(y, \eta) \} l / \tau c \cdot d_2(y, \eta) dy d\eta \right. \\ \left. + \int_{(i+1)\alpha - \frac{\alpha}{2}}^{i\alpha} \{ N_0^2(y, \eta) + Y^1 N_0^2(y, \eta) \} l / \tau c \cdot d_2(y, \eta) dy d\eta \right]$$

ここに $d_2(y, \eta)$: 単位面積当りの道路建設コスト

$$C_2 = C_2^1 + C_2^2$$

III) 駐車場建設コスト C_3 いま $d_3(y, \eta)$ を単位面積当りの駐車場建設コストとすると

$$C_3 = \int_0^{\alpha} \int_0^{\alpha} \{ R(y, \eta) R(y, \eta) + \{ 1 - R(y, \eta) \} \{ 1 - (1/\zeta(y, \eta) + \zeta(y, \eta)) \} \} d_3(y, \eta) y dy d\eta$$

IV) 通勤鉄道建設コスト C_4 いま $d_4(y, \eta)$ を単位長さ当りの鉄道建設コストとすると

$$C_4 = \sum_{i=0}^{2n-1} \int_0^{\alpha} d_4(\xi, i\alpha) d\xi$$

V) 通勤者の通勤トラップ損失 カートリップによる損失を C_5^1 、マストランシットによる損失を

$$C_5^2 \text{ とすると } C_5^1 = \rho \int_0^{\alpha} \int_0^{\alpha} \int_0^{\alpha} \int_0^{\alpha} \left\{ \frac{1}{2T} g(\xi, \theta) \zeta \cdot \frac{1}{2T} g(\eta, \theta') r(\eta, \theta') \eta \left\{ \left(\frac{\xi - \alpha}{v_2} + \frac{\alpha + \eta}{v_1} \right) d\xi d\theta d\eta d\theta' \right\} \right. \\ \left. C_5^2 = \sum_{i=0}^{2n-1} \rho T \left[\int_0^{\alpha} \int_0^{\alpha} \int_{(i-1)\alpha + \frac{\alpha}{2}}^{(i+1)\alpha - \frac{\alpha}{2}} \int_0^{\alpha} \frac{1}{2T} g(\xi, \theta) \zeta \cdot \frac{1}{2T} g(\eta, \theta') \{ 1 - g_{ur}(\eta, \theta') \} \eta \left(\frac{11\alpha - \theta1\beta}{v_2} + \frac{\xi}{v_3} + \frac{\eta}{v_1} + r\omega \right) d\xi d\theta d\eta d\theta' \right] \right. \\ \left. C_5 = C_5^1 + C_5^2 \right.$$

ただし v_1 : 都心部における乗用車の走行速度 v_1' : 都心部に上りるバスの走行速度

v_2 : 郊外部

v_2' : 郊外部

v_3 : 鉄道の走行速度 ρ : 時間価値 r : マストランシット利用の際の待ち時間に

対する時間価値の増加率 ω : マストランシット利用による発生待ち時間

以上のようにして $C_1 \sim C_5$ の各コストが求めらるると $C = \sum_{j=1}^5 C_j$ で表わされる総損失を最小にするような $\zeta(y, \eta)$ および n を求めることにより都市内各地点における道路面積、駐車場面積、鉄道の本数および高層化の階層数を決定することができる。