

大阪工業大学

正員 金丸次男

中央復建コンサルタンツ㈱

正員 丸尾哲也

1. はじめに

通勤交通を通勤者の側から分類すると、プライベートがある程度確保できるプライベートな交通と公共輸送交通とに分けられ、さらに、この2つの折衷型であるパーク・アンド・ライドが加わることになる。本報告は都市交通網の整備を通勤交通の面からとりあげ、施設設置者の立場から道路建設が有利か、鉄道建設が有利かを比較検討しようとするものである。ここでは通勤交通を鉄道利用(バス-鉄道を含む)、バス利用、マイカーによる目的地への直接ドライブ、パーク・アンド・ライドの4種類で構成し、目的関数としては総通勤時間と建設費との比をとり、それを最大化する様な交通網の整備を最適とした。

2. モデルの設定

放射状型の交通網を有する都市において、通路と鉄道(図-1)および道路と道路にはさまれた扇形の地域に道路または鉄道を建設する場合について考える。都市圏は市街部と郊外部とから成り、都市圏全域の半径を r_1 で表わす。対象とする交通は郊外部から市街部に流入する通勤交通で、通勤流入人口密度距離関数 $f(x)$ は

$$f(x) = ae^{-bx} \quad (1)$$

ただし x : 都市からの直線距離; a, b : 定数
で与える。すなわち、この扇形地域からの流入人口総数を N とすると

$$N = \int_0^{r_1} ae^{-bx} dx \quad (2)$$

の関係が成立する。つぎに総通勤時間を求めるに際して下記の決定を行う。

(1)マイカー利用による通勤者が、直接ドライブするか、パーク・アンド・ライドするかを選択基準は通勤時間の短い方をとるものとする。

(2)4種類の通勤手段について、次の通勤経路を仮定する。

④直接ドライブ: 自宅から円周方向の分散路(既設とする)に沿って走り、幹線道路を走って都心に向う。

⑤パーク・アンド・ライド: 自宅から円周方向の分散路に沿って走り、鉄道に乗り換えて都心に向う。

⑥鉄道利用: 自宅付近の分散路上を運行するバスに乗って、鉄道駅へゆき、鉄道に乗り換えて都心に向う。

⑦バス利用: 分散路上を運行するバスに乗り、幹線道路へ出て、幹線路上のバスに乗り換えて都心に向う。

3. 総通勤時間

道路と鉄道とに囲まれた地域(type 1)に①道路を新設する場合(ケース1)、②鉄道を新設する場合(ケース2)、および道路と道路とに囲まれた地域(type 2)に③道路を新設する場合(ケース3)、④鉄道を新設する場合(ケース4)について、総通勤時間を求める。まず、通勤者の居住地座標を (x, θ) とし、前記モデルの仮定(2)によって、 (x, θ) の居住地から通勤する場合の1人あたり通勤時間を求めると式(3)~(4)のようになる。

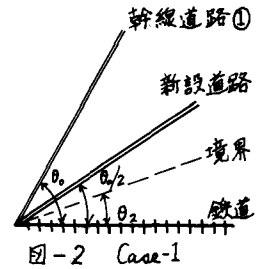
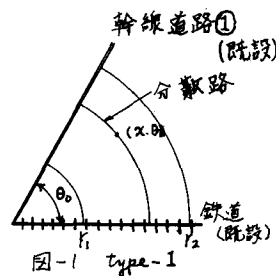
$$\text{④直接ドライブ: } D(x, \theta) = \frac{\theta x}{v_2} + \frac{x}{v_3}$$

$$\text{⑤パーク・アンド・ライド: } P(x, \theta) = \frac{\theta x}{v_2} + \frac{x}{v_4} + w_{t1}$$

$$\text{⑥鉄道利用: } R(x, \theta) = \frac{\theta x}{v_4} + \frac{x}{v_5} + w_{t1} + w_{t2}$$

$$\text{⑦バス利用: } B(x, \theta) = \frac{\theta x}{v_4} + \frac{x}{v_6} + w_{t2} + w_{t3}$$

ここに、 v_1 : 鉄道の平均速度; v_2, v_3 : 分散路および幹線道路上における乗用車の平均走行速度、 v_4, v_5 : 分散路、幹線道路を走るバスの平均速度、 w_{t1}, w_{t2} : 乗用車、バスから鉄道への乗り換え時間、 w_{t3} : 分散路バスの待ち時間である。また図-1において、パーク・アンド・ライドを選ぶ地域と直接ドライブを選ぶ地域との境界は仮定



(1)により、 $(\theta^* - \theta_0) \sqrt{r_2} + \sqrt{r_3} = \theta_0 \sqrt{r_2} + \sqrt{r_1} + W_{11}$ が成立し、これより境界線の式として、 $\theta^* = \theta_0/2 - \sqrt{r_2}/2 (1/\sqrt{r_3} - 1/\sqrt{r_1})$ を得る。この式の漸近線は $\theta_1 = \theta_0/2 + \sqrt{r_2}/2 (1/\sqrt{r_3} - 1/\sqrt{r_1})$ をもつ。したがって、ここでは直接ドライブとパーク・アンド・ライドとの境界としてはこの漸近線の式を用いることとする。

上記より type 1 (新設以前) の総通勤時間 ($T_{0(1)}$) およびケース 1 の総通勤時間 ($T_{1(1)}$) は次のように求められる。

$$T_{0(1)} = \int_{\theta_1}^{\theta_0} \int_{r_1}^{r_2} f(x, \theta) D(x, \theta) dx d\theta + \int_{\theta_1}^{\theta_0} \int_{r_1}^{r_2} f(x, \theta) P(x, \theta) dx d\theta + \int_{\theta_1}^{\theta_0} \int_{r_1}^{r_2} f(x, \theta) B(x, \theta) dx d\theta + \int_{\theta_1}^{\theta_0} \int_{r_1}^{r_2} f(x, \theta) R(x, \theta) dx d\theta \quad \text{----- (3)}$$

$$\text{ただし、} \theta_1 = \theta_0/2 + \sqrt{r_2}/2 (1/\sqrt{r_3} - 1/\sqrt{r_1}), \quad \theta_2 = \theta_0/2 + \sqrt{r_2}/2 (1/\sqrt{r_3} - 1/\sqrt{r_1})$$

$$T_{1(1)} = 2 \int_{\theta_0/4}^{\theta_0/2} \int_{r_1}^{r_2} f(x, \theta) D(x, \theta) dx d\theta + \int_{\theta_0/2}^{\theta_0/2} \int_{r_1}^{r_2} f(x, \theta) D(x, \theta) dx d\theta + \int_{\theta_0/2}^{\theta_0/2} \int_{r_1}^{r_2} f(x, \theta) P(x, \theta) dx d\theta + 2 \int_{\theta_0/4}^{\theta_0/2} \int_{r_1}^{r_2} f(x, \theta) B(x, \theta) dx d\theta \\ + \int_{\theta_0/2}^{\theta_0/2} \int_{r_1}^{r_2} f(x, \theta) B(x, \theta) dx d\theta + \int_{\theta_0/2}^{\theta_0/2} \int_{r_1}^{r_2} f(x, \theta) R(x, \theta) dx d\theta \quad \text{----- (4)}$$

$$\text{ただし、} \theta_3 = \theta_0/4 + \sqrt{r_2}/2 (1/\sqrt{r_3} - 1/\sqrt{r_1}), \quad \theta_4 = \theta_0/4 + \sqrt{r_2}/2 (1/\sqrt{r_3} - 1/\sqrt{r_1})$$

ケース 2, ケース 3, ケース 4 および type 2 (新設以前) の総通勤時間 $T_{2(1)}, T_{3(2)}, T_{4(2)}, T_{0(2)}$ も同様にして求めることができる。

4. 建設費

建設費としては道路または鉄道の路線建設費と駐車場建設費をとりあげ、都心から離れた地域の地価を

$$g(x) = A e^{-Bx} \quad (r_1 \leq x \leq r_2) \quad \text{----- (5)} \quad \text{とする。}$$

①道路建設費 (C_1): 路線建設費を計算する場合、交通需要変化による道路幅員の変化を考慮しなければならない。いま、道路幅員が都心から l_i の距離の所で変化するものとし、その位置の幅員を $H(l_i)$, 幅員 $H(l_i)$ の道路の単位延長当り工事費を $K(l_i)$ とする。また都心の駐車場建設費 (1台当り) を G_1 とすると

$$C_1 = \sum_{l_i} H(l_i) g(x) dx + \sum_i K_i(l_i) (l_i - l_{i-1}) + G_1 \int_{r_1}^{r_2} f(x) dx d\theta \quad \text{----- (6)}$$

②鉄道建設費 (C_2): すべて複線とし、各駅付近に駐車場を設ける。用地幅員を H_2 , 単位延長当り工事費を K_2 , 1台当りの駐車スペースを 25.0 m^2 とすると

$$C_2 = H_2 \int_{r_1}^{r_2} g(x) dx + K_2 r_2 + 25.0 \times \int_{r_1}^{r_2} f(x) dx d\theta \quad \text{----- (7)}$$

5. 建設効率

道路(または鉄道)の新設によって生じる通勤時間の総短縮量を求め、総短縮時間を建設費で割った値とその道路(または鉄道)の建設効率とする。

6. 計算例

表-1 の I ~ V の規模の都市について試算を行なった。計算に用いた諸数値は表-1 および $V_1 = 45 \text{ km/hr}$, $V_2 = 20 \text{ km/hr}$, $V_3 = V_4 = 35 \text{ km/hr}$, $W_{12} = W_{13} = 0.15 \text{ hr}$, $W_{22} = 0.20 \text{ hr}$, K_1 (2車線, 幅 10m) = 6 億円/km , K_2 (複線) = 20 億円/km , 交通容量 2000 台/時/車線である。f(x) の定数 a, b の値は昭和 45 年名古屋市通勤 OD 調査より b の値を求め、流入人口総数から a の値を逆算した。f(x) の定数 A, B の値は昭和 48 年地価公示価格から求めた。計算結果については $\theta_0 = 30^\circ, 45^\circ$ の建設効率を表-2 に掲げた。鉄道建設有利, 道路建設有利の境界は type 1 では 200 万都市, type 2 で 100 万都市付近に現われる。また同一 type について都市規模別にみると鉄道建設は大都市になるにつれて著しく有利になる。

表-2

表-1							TYPE 1				TYPE 2			
	流入人口	都市人口	r_1	r_2	a	A	$\theta = 30^\circ$		$\theta = 45^\circ$		$\theta = 30^\circ$		$\theta = 45^\circ$	
			r_1	r_2			道路建設率	鉄道建設率	道路建設率	鉄道建設率	道路建設率	鉄道建設率	道路建設率	鉄道建設率
I	37,500 ^人	250,000 ^人	5 ^{Km}	20 ^{Km}	1143.39	22.985								
II	75,000	500,000	6	24	2312.96	55.641	1.0733	0.5436	2.0510	0.8309	0.8968	0.4932	1.9413	0.9066
III	150,000	1,000,000	7	28	4786.38	69.670	1.3407	0.8184	2.4912	1.3421	1.1513	0.8984	2.3735	1.6312
IV	300,000	2,000,000	10	40	11438.60	70.254	1.9835	1.4634	3.5542	2.4001	1.7865	1.7366	3.4682	3.1051
V	600,000	4,000,000	13	52	31698.52	86.488	2.8575	3.1631	4.9205	5.1463	2.8248	3.5013	4.7769	6.1832
$b = 0.0905$							3.5745	9.2468	5.8184	14.1681	3.5081	6.6835	5.7541	11.5751
$B = 0.0233$														