

IV-4 都市地域における人口分布の予測方法について

金沢大学工学部 正員 松浦義満

1. まえがき。ここには都市の土地利用計画立案作業において求められる将来の従業通学就業通学人口分布、居住地居住人口分布の予測方法を提案する。都市の土地利用計画あるいは交通計画における将来予測方法は、諸経済指標の過去の趨勢に依存するといわれるトレンド方式と、都市を構成する各要素間の繋がりを明らかにし、各要素の変動にともなう都市機能の変化を予測し、これに対応する計画立案をする構成方式とに大別できる。ここに提案する人口分布の予測手法は後者に属する。(しかし、従業通学地就業通学人口の構造分析が不充分をため、それを予測する段階で一部トレンド方式を採用している)。この予測手法は基本的には従業通学地就業通学人口の分布が居住地居住人口の分布を決めるという思想に基づいている。しかし従業通学地就業通学人口のうち居住人口分布に依存する分布があるため、手順としてはまず粗い目標年度居住人口分布を求めその結果を用いて従業通学人口分布を推定する。

2. 将来人口分布の予測手法

将来人口分布の予測手順を図-1に示す。以下、順を追って予測手順を説明する。

step 1. 基準年度居住人口分布の算定：対象圏域の基準年度の居住人口密度を算定し、人口密度～実距離、人口密度～時間距離の関係を求めた。密度は可住面積に対する値である。

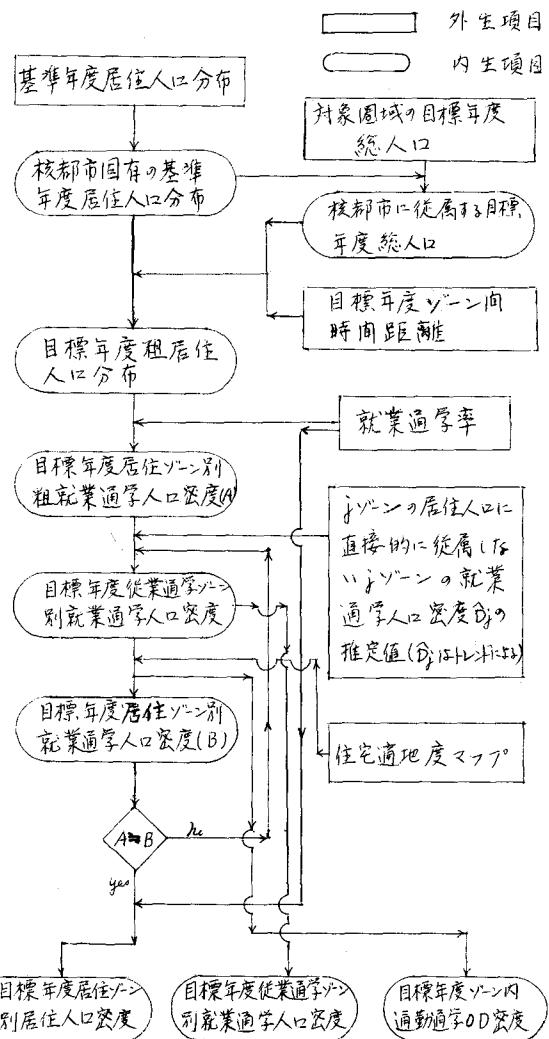
step 2. 核都市固有の居住人口分布の推定：対象圏域の居住人口分布は圏域内の各核都市固有の人口分布を重ね合わせたものとみなして、それらの核都市の居住人口分布を推定する(推定方法は第3節に述べる)。

step 3. 対象圏域の目標年度総人口の予測：トレンドにより予測する。

step 4. 目標年度総人口の各核都市への配分：基準年度における各核都市の規模(人口の大きさ)に比例させて総人口の増分を配分する。

step 5. 目標年度ゾーン間時間距離の導入：交通計画案に基づいてゾーン間時間距離(通勤を対象とした)を算定する。

図-1 将来人口分布予測のプロセス・チャート



step 6, 目標年度粗居住人口分布の算定：人口増大、交通速度の変化に応答する人口分布を各種都市について算定し、その結果を重ね合わせて、ゾーン毎の人口密度を算出する（算定方法は第4節に記す）
step 7, 就業通学率の算定：既存の資料を用いてゾーン別就業通学率（就業通学者数/居住人口）を算出し、居住人口密度の因数として表わす。

step 8, 目標年度居住ゾーン別就業通学者人口密度(A)の推定：step 6の結果に居住人口密度に対応した就業通学率を乗じて算出する。

step 9, j ゾーンへの通勤通学者人口はうちそのゾーンの居住人口に直接的に従属しない通勤通学者人口 D_j の推定： D_j はトレンドにより推定する（推定方法の詳細は第5節に述べる）。

step 10, 目標年度従業通学ゾーン別就業通学者人口密度の算出：（算出方法は第5節に述べる）。

step 11, 住宅適地度マップの作成：対象地域の自然条件による住宅立地条件を 500m メッシュ単位でランニングする（マップの作成方法は第6節に述べる）。

step 12, 目標年度居住ゾーン別就業通学者人口密度(B)の算出：（算出方法は第7節に述べる）。

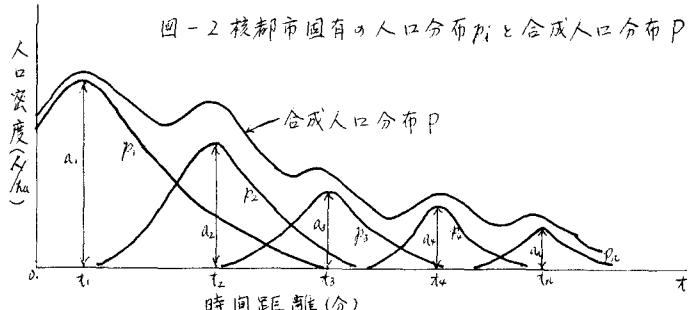
step 13, 目標年度居住地居住人口密度、従業通学地就業通学者人口密度、通勤通学 OD の算出： $A \approx B$ になつたとき B に就業通学率の逆数を乗じて居住人口密度を算定し、就業通学者人口密度および通勤通学者 OD は step 10, 11 の値をとる。

3. 核都市固有の居住人口分布の推定方法、この節では中心核都市の重心を通じ、周辺の核都市を通過する断面の居住人口分布曲線から個々の核都市固有の人口分布を推定する方法を述べる。

個々の独立した都市の人口分布は縦軸に人口密度（人/km²）、横軸に時間距離（分）をとったとき、都市規模の大小に無関係にそのパターンは同一である（すなはち分布型は相似である）という仮定を導入する。核都市の中心位置をある基準地点から時間距離 $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$ で表わし、核都市固有の人口分布および合成人口分布の概念図を描くと図-2のようになつた。

個々の核都市の人口分布 p_i は上記の仮定に基づいて次のようには表わされる。

$$\left. \begin{aligned} p_1 &= a_0 k_1 e^{-\frac{\beta_0}{k_1}(t-t_1)^2} \\ p_2 &= a_0 k_2 e^{-\frac{\beta_0}{k_2}(t-t_2)^2} \\ &\cdots \\ p_n &= a_0 k_n e^{-\frac{\beta_0}{k_n}(t-t_n)^2} \end{aligned} \right\} \quad \cdots \cdots (1)$$



ここで a_0 ：中心核都市の最大人口密度、 k_i ： a_0/a_i 、 β_0 ：中心核都市人口分布の時間距離感応係数、 P ：合成人口分布 P は

$$P = p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n = a_0 \left\{ k_1 e^{-\frac{\beta_0}{k_1}(t-t_1)^2} + k_2 e^{-\frac{\beta_0}{k_2}(t-t_2)^2} + \dots + k_n e^{-\frac{\beta_0}{k_n}(t-t_n)^2} \right\} \quad \cdots \cdots (2)$$

となる。 $P(t)$ 、 a_0 、 t_i が既知であるとき、 $k_1, k_2, k_3, \dots, k_n$ および β_0 を $n+1$ 個の未知数を求めれば個々の核都市の人口分布は(1)式で表わされる。いま時間距離 $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$ と任意点 t に対応する合成人口密度を $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ および P とおけば(2)式を用いて $n+1$ 個の連立方程式を発生させることができた。従つて $n+1$ 個の未知数は求められる。

4. 人口増加、交通速度の上昇に応答する人口分布、この節では核都市固有の居住人口分布を对象に

(て人口増大, 交通速度の上昇による人口分布の変動を考えた。いま実距離平面上の人口密度 $p_A(\text{人}/\text{ha})$, 時間距離平面上の人口密度 $p_B(\text{人}/\text{分})$, 実距離(m), 時間距離(分)の4つの成分ごと, て人口増大, 交通速度の上昇による人口分布の変動を因式で表わすと図-3のように説明された。ここで α は都市境界を表わす。各要素間の関数関係を基準年度について求めると次のようになら。

$$\text{人口密度 } P_d = \alpha e^{-2d^2} (\text{人}/\text{ha}) \quad \dots \dots \dots \quad (4)$$

$$\text{人口密度 } \mu_t = \frac{\alpha \sqrt{V_1}}{100^2} e^{-\delta V^2 t} \left(\frac{1}{\sqrt{2}} \right) \quad \dots \dots \dots (5)$$

また、 P_d と P_t の間にには

$$P_t = \frac{p_d V T_i}{100^2} \left(\frac{1}{\eta_{\text{in}}} \right) \quad \dots \dots \dots (6)$$

今、 \vec{v} は周囲がある。ただし、 \vec{v} は放射方向の
速度であり、 v は円周方向の交通速度である。

交通条件が一定の場合の総人口の増加は人
口密度を一概に上昇させるという経験則に基
づいて、核都市の総人口が倍になつたときの
人口分布曲線は、 $y = \frac{a}{x} + b$ のようにな
る。

$$P_1' = kae^{-\frac{\alpha}{R^2}d^2} \quad \dots \dots \dots (7)$$

$$P_t' = \frac{ak\sqrt{n}}{100^2} e^{-\frac{4T_i^2}{k}t^2}. \quad \dots \dots \dots (8)$$

次に、交通速度が V_1 から V_2 へ上昇したときの人は分布 P_{V_2} 、
 P_{V_1} を求めると次のようになる。

$$P_d^* = \frac{\alpha k v \bar{v}}{\bar{v}} e^{-\frac{\alpha \bar{v}^2}{k \bar{v}_c^2} d} \quad \dots \dots \dots (9)$$

$$P_t^* = \frac{c_1 k \bar{\sigma} v}{100 \epsilon^2} e^{-\frac{(k \bar{\sigma})^2 t^2}{4}} \quad \dots \dots \dots (10)$$

二つめでは放射方向の均衡交通速度を表わし、次式から求め
る。 C は右における P_{d} である。

$$C = \frac{\alpha k V \sqrt{V}}{100} e^{-\frac{\beta V^2}{k}} t_0 \dots \quad \dots \quad (11)$$

(9), (10)式は 1 つの断面の人口分布を表わしている。これを基準断面として他の断面の人口分布、すなはち面的に広がった人口分布を推定方法を考之。図-4は面的の人口分布の推定方法を図式で説明したものである。いま、基準断面の人口分布を $p_d = a_0 e^{-x_0 d^2}$

$$p_f = \frac{\alpha_c V_i V_o}{\pi^2 k T} e^{-\alpha_c V_o^2 t}$$

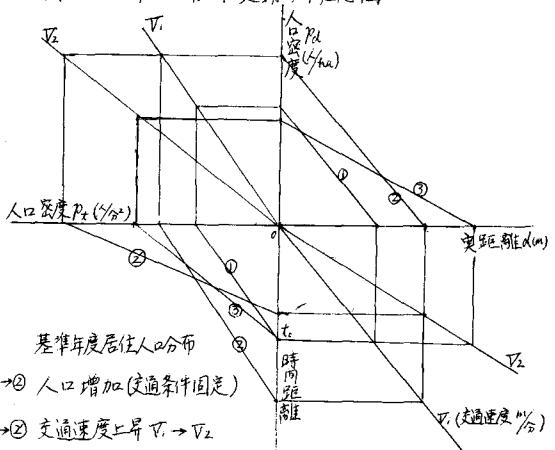
とすると、交通速度が v_i である断面の人口分布 p_{x_i} 、 p_{x_i}' は j を一定とすれば

$$P_d' = a_0 e^{-\frac{D_0^2}{D_0^2 + D_0^2} d_0 c^2} \quad \left. \right\} \dots \dots \dots (12)$$

二十一

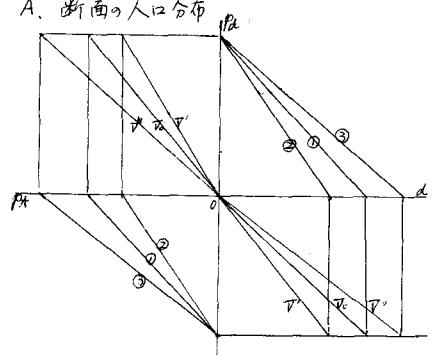
5. 目標年度従業通学ゾーン別就業通学人口密度の算出方法

図-3 人口分布変動の概念図



图一-4. 面积人口分布推算方法概念图

A 断面の人口分布



B 署人口密度地圖

① 基準断面の人口分布、二の断面の支
通速度は平であります。

② 交通速度が下である断面の人口分布

③ 交通速度がア"である断面の人口分布

ここで用いる記号を次のように定義する。

S_f : ジオーネ(居住地)の就業通学人口密度(人/km)

Df: ネイザン(従業通学地)の就業通学人口密度

人口密度：メゾンの居住人口に直接的に従属する就業通学人

α : 常数(対象圏域内ゾーンの D_i/s_i の最小値を α とする)

分子：ゾーンの居住人口に直帰的に従属しない従業通学地就業通学人口密度

S_t , D_t , r , \hat{D}_t を上のようく定義するならば次式が成立する。

$$D_t = rS_t + \hat{D}_t \quad \dots \quad (13)$$

従つて目標年度の値を D_g , S_g' , \hat{D}_g' における

$$D'_j = rS'_j + \hat{D}'_j = r(S_j + \Delta S_j) + \hat{D}'_j + \Delta \hat{D}_j \quad \dots (14)$$

となる。ここで \hat{D}_t はトレンドにより求めまる。(13)
(14)式を因式で説明すると図-5のようになる。

曲線 $D_j = f_j(S_j)$ は D_f , S_j がこの曲線を越えていと
いう境界線を表わす。

6. 住宅適地度マップの作成方法。住宅地は交通、環境、自然条件の優れた地域に発達するが前二者は人為的なものであるとして、ここでは地形、地盤、地盤、排水、災害等の自然条件からみて住宅適地度を 500m×500m 単位で図-6 のフローに従って測定する。

↑ 目標年度居住ゾーン別就業通学人口密度(B)の

算出方法。居住ゾーン*i*の単位面積から就業通学ゾーン*j*への通勤通学者数は経験的に

$$\chi_{ij} = \frac{x_{ij}}{A_i} = K_j e^{-S_{ij}} \quad \dots \dots \dots \quad (5)$$

と与えられた。以下

X_{ij} : イゾーンからオゾーンへの総通勤通学交通量

A_i : イゾーンの可住面積

左：iヘネゾーン間の時間距離

K_i : フゾーンの特性係数 (D_f の大きさにより変動する)

三、時間距離感應常數

これを用いて D_f , S_f を求めると

$$D_f = \frac{1}{A_f} \sum_{i=1}^m X_{if} = \frac{k_f}{A_f} \sum A_{if} e^{-\delta k_i f} \dots (16) \quad S_i = \frac{1}{A_i} \sum_{j=1}^m X_{ij} = \sum_{f=1}^m k_{if} e^{-\delta k_i f} \dots (17)$$

とある。ここで m は対象領域内のゾーン数を表わす。もし $D_f, A_0, \beta, \alpha_i$ が既知であれば(16)式から K_f が求まり、これを(17)式に代入すると S_i が算出される。

図-5 着ゾーン就業通学人口密度

の求め方

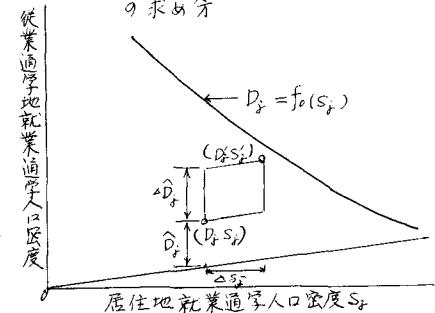


図-6 住宅適地マップの作成方法

