

# 放射状都市鉄道路線の勢力圏人口に関する研究

## A STUDY ON THE POPULATION IN THE INFLUENCE AREA OF RADIAL URBAN RAILWAYS

天野 光 三\*・青山 吉隆\*\*  
By Kozo Amano and Yoshitaka Aoyama

**要 旨** 都市問題の根本的な解決のためには、地域計画の概念にもとづいて都市圏の将来の理想像を描き、それに接近するための総合的な再開発計画を通じて都市構造を望ましい姿に誘導するという施策が必要である。

そのための基礎的な分析を目的として、都市近郊の発展と交通の関係を明らかにするために人口、人口密度と都心への時間距離との関係について考察し、都市交通手段、とくに高速鉄道網の整備条件が今後の近郊地域の人口、人口密度におよぼす影響、ならびに各高速鉄道路線の将来の輸送需要を予測するための手法についてのべる。

### 1. 都市交通機関と人口分布

産業構造の高度化につれ、第2次、第3次産業とその就業人口が増加し、これに比例して人口の都市集中が進展する。この人口増加を都市圏内でみると都心からの距離によって大きな相違があり、都市近郊の主として住宅地需要の増大に基因する地価の高騰によって新たな人口は都市周辺部および外縁部に集積して人口増加率の大きい地域が遠隔化していく傾向が認められる<sup>1)</sup>。

一方、都心地域では昼間就業人口がますます増大し、都市近郊住宅地域と都心事業所地域の間の一方向性の通勤輸送需要を増加させる。

一般に都市における旅客交通機関としては高速鉄道のほかにも路面鉄道、バス、乗用車などがあるが、高速鉄道以外を利用する通勤交通量の比重はいちじるしく小さく、たとえば通勤輸送におけるバスの役割は、放射状鉄道路網の中間地域から最寄鉄道駅までの培養的な補助交通機関としての意義を有するにすぎないともいえる<sup>2)</sup>。

このように都市の通勤輸送に果たしている高速鉄道の役割は、反面近郊地域の夜間人口を放射状鉄道沿線に集積させる結果となり、各地域から都心に至る所要時分(すなわち都心に対する各地域の時間距離)が夜間人口、さらにはその増加人口をも支配する大きな要素となっている。

このように都市近郊の住宅地は、都心に対する直線距離ではなく、時間距離に大きく影響されていることに着目して、都市近郊の発展に密接に関連する交通機関とし

て高速鉄道を取りあげ、放射状鉄道網を有する場合のモデルにより人口密度と都心への時間距離の関係についてつぎの考察を行なった。

### 2. 時間距離と人口密度分布

都市近郊の任意の地点から一つの目的地に通勤する場合、一般にはいくつかの交通手段があり、それぞれのルートの輸送条件、たとえば通勤所要時間、乗換え回数、運賃、混雑度など、種々の要素を考慮し、そのうち最も有利と判断するルートがそれぞれの通勤者によって選ばれる<sup>3),4)</sup>。

一方、都市近郊の人口密度分布に関して C. Clark によれば世界のほとんどすべての都市について都心からの距離につれて人口密度が指数関数に低下することが明らかにされている<sup>5),6),7),8)</sup>。しかし C. Clark ものべているように、この関係をあらわす指数関数の定数を決定する要因として交通機関の整備条件が最も大きい影響を及ぼすので、距離ではなく、都心に対する時間距離と人口密度分布との関数関係を取り扱うこととする。すなわち時間距離が  $t$  である近郊地域の人口密度を  $\rho(t)$  とし、

$$\rho(t) = A e^{-Bt} \dots \dots \dots (1)$$

ここに  $t$ : 都心に対する時間距離,  $A, B$ : 定数とおき、一例として東京西郊の西武池袋線, 同じく新宿線, 国鉄中央線, 小田急線, 京王線の沿線についてその近郊各駅から東京駅に対する時間距離 10 分ごとのブロックを単位として、そのそれぞれの人口密度の過去の推移から定数  $A, B$  および標本相関係数  $r$  を求めると表-1 のように各年度とも時間距離に対してはなほ高い相関性をもっていることがわかる。

表-1 人口密度指数関数の定数(東京西郊5路線沿線合計)

年 度	A	B	r
昭 25	75 736	0.06585	-0.97078
30	107 918	0.06839	-0.98105
35	116 520	0.06516	-0.98637
36	121 590	0.06493	-0.98795
37	121 845	0.06392	-0.98808

そこで以下本文では都市近郊における人口密度分布のマクロ的な把握を主眼とし、さきにもべた駅勢圏の形成に関する諸条件のうち最も大きく影響する時間距離のみ

\* 正会員 京都大学助教授 工学部交通土木工学教室  
\*\* 学生会員 京都大学大学院 工学研究科 修士課程学生

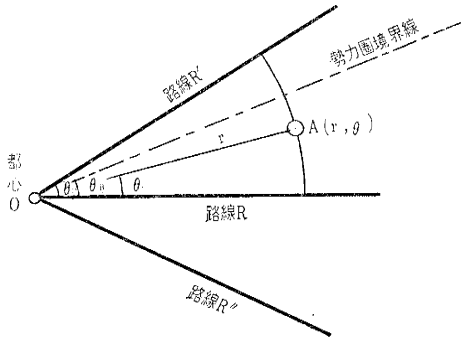
をとりあげることにする。

3. 放射状都市鉄道路線の勢力圏人口

(1) 放射状鉄道網が都心に集中する場合

図-1 に示すモデルにおいて、極座標上の位置  $(r, \theta)$

図-1 放射状鉄道網が都心に集中するモデル



にある住居地Aから目的地Oに通勤する場合、放射状鉄道路線 R または R' を利用する場合のそれぞれの時間距離  $t, t'$  を次式と仮定する。

$$\left. \begin{aligned} t &= \frac{r}{v} + \frac{r\theta}{u} \\ t' &= \frac{r}{v'} + \frac{r(\theta_0 - \theta)}{u'} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots(2)$$

ここに  $\theta_0$ : 放射状鉄道路線 R と R' の間の角度  
 $v, v'$ : 鉄道路線 R, R' のそれぞれの平均表定速度  
 $u, u'$ : 住宅地 A から路線 R, R' に至るそれぞれの平均速度

時間距離からみた路線 R, R' の勢力圏の境界線が路線 R となす角度  $\theta_B$  は  $t=t'$  とおいてつぎのように求められる。

$$\theta_B = \left( \frac{v-v'}{vv'} + \frac{\theta_0}{u'} \right) \frac{uu'}{u+u'} \dots\dots\dots(3)$$

いま  $v' = k_v \cdot v, u' = k_u \cdot u$  とおくと

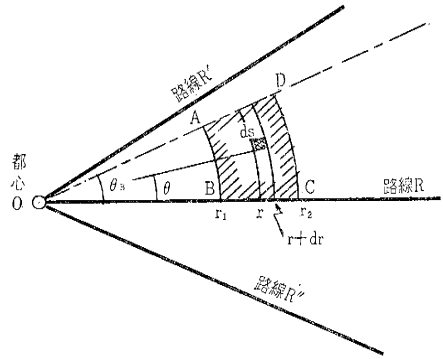
$$\theta_B = \frac{1}{(1+k_u)} \left\{ \frac{u}{v} k_u \left( \frac{1}{k_v} - 1 \right) + \theta_0 \right\} \dots\dots\dots(3)'$$

すなわち  $\theta_0$  の角度をなす2つの鉄道路線について、速度比  $k_v = v'/v, k_u = u'/u$  および  $u/v$  によって等時間距離線すなわち勢力圏の境界を知ることができる。同様に  $v'/v, u'/u$  がわかれば図-1における鉄道路線 R と R' の間の境界角度  $\theta'_B$  も知る事ができる。

この式(3)'の境界角度および式(1)で示される人口密度分布から各鉄道勢力圏内の人口をつぎのように推定することができる。

まず図-2に示すように、都心から放射状に伸びている鉄道網のうち、路線 R の勢力圏の境界線が路線 R' 側に  $\theta_B$  の角度をなしているものとする。この勢力圏内の任意の微小面積  $dS$  は図-2において

図-2 路線 R の勢力圏の領域



$$dS = r dr d\theta$$

都心Oに対する  $dS$  の路線 R による時間距離  $t$  は

$$t = \frac{r}{v} + \frac{r\theta}{u}$$

したがって時間距離が  $t$  である  $dS$  内の人口  $dP(t)$  はつぎのように表わせる。

$$\begin{aligned} dP(t) &= \rho(t) dS = \Lambda e^{-Bt} r dr d\theta \\ &= \Lambda e^{-B\left(\frac{r}{v} + \frac{r\theta}{u}\right)} r dr d\theta \dots\dots\dots(4) \end{aligned}$$

都心Oからの直線距離が  $r_1$  から  $r_2$  までの区間の夜間人口  $P_{r_1 \sim r_2}$  は

$$P_{r_1 \sim r_2} = \int_0^{\theta_B} \int_{r_1}^{r_2} \Lambda e^{-B\left(\frac{r}{v} + \frac{r\theta}{u}\right)} r dr d\theta \dots\dots\dots(5)$$

$$\begin{aligned} &= \frac{\Lambda uv}{B^2} \left[ K_0 \left\{ e^{-B\left(\frac{1}{v} + \frac{\theta_B}{u}\right)r_2} - e^{-B\left(\frac{1}{v} + \frac{\theta_B}{u}\right)r_1} \right\} \right. \\ &\quad \left. - \left( e^{-B\frac{r_2}{v}} - e^{-B\frac{r_1}{v}} \right) \right] \dots\dots\dots(6) \end{aligned}$$

ここに  $K = \frac{u}{u+v\theta_B}$

また  $\left(\frac{1}{v} + \frac{\theta_B}{u}\right)r_2 = T_2, \left(\frac{1}{v} + \frac{\theta_B}{u}\right)r_1 = T_1, \frac{r_2}{v} = T_{02},$

$\frac{r_1}{v} = T_{01}$  とおけば

$$\begin{aligned} P_{T_{01} \sim T_{02}} &= \frac{\Lambda uv}{B^2} \left\{ K \left( e^{-BT_2} \dots e^{-BT_1} \right) \right. \\ &\quad \left. - \left( e^{-BT_{02}} - e^{-BT_{01}} \right) \right\} \dots\dots\dots(6)' \end{aligned}$$

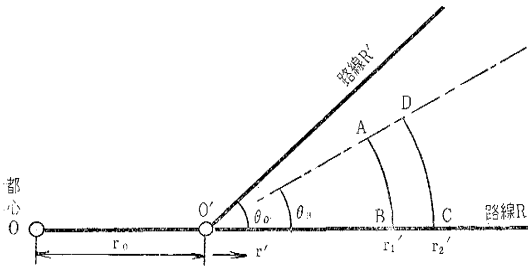
ここに  $T_1, T_2, T_{01}, T_{02}$  は図-2におけるA, D, B, Cのそれぞれの地点の都心に対する時間距離である。同様に図-2における路線 R' 側の勢力圏についても式(6), (6)' によって  $P_{r_1 \sim r_2}, P_{T_{01} \sim T_{02}}$  を示めることができ、その合計が路線 R の勢力圏内の人口となる。

(2) 中間駅から放射状路線が分岐する場合

さきのモデルにおいては都心から放射性にのびる鉄道路線網について考えた。しかし高速鉄道路線には都心まで乗入れず、環状線上に終端駅をもつものも多く、また一般には路線が都心に近づくにつれて線形が弯曲し、勢力圏の両側の境界線の交点 O' と実際の都心 O とが一致しない。

しかしながら沿線地域の人口密度分布はすでにのべた

図-3 放射状路線が分岐するモデル



ように都心からの時間距離にもとづいて形成されると考えられる。そこでこの場合に対しては図-3のモデルのように  $O'$  を原点とする極座標  $(r', \theta)$  をとれば境界角度  $\theta_B$  は式(3)によって求められる。この  $\theta_B$  により, ABCD の地域内の人口  $P_{T_{01} \sim T_{02}}$  は  $r'/v=l'$ ,  $r_0/v=t_0$  とすれば

$$\begin{aligned}
 P_{T_{01} \sim T_{02}} &= \int_0^{\theta_B} \int_{r_1'}^{r_2'} A e^{-B(t_0+t')} r' d\theta dr' \dots\dots(7) \\
 &= \int_0^{\theta_B} \int_{r_1'}^{r_2'} A e^{-B\left(\frac{r_0}{v} + \frac{r'}{v} + \frac{r'\theta}{u}\right)} r' d\theta dr' \\
 &= \frac{Auv}{B^2} e^{-B\frac{r_0}{v}} \int K \left( e^{-B\left(\frac{1}{v} + \frac{\theta}{u}\right)r_2'} \right. \\
 &\quad \left. - e^{-B\left(\frac{1}{v} + \frac{\theta}{u}\right)r_1'} \right) - \left( e^{-B\frac{r_2'}{v}} - e^{-B\frac{r_1'}{v}} \right) \dots\dots(8)
 \end{aligned}$$

ここに  $K = \frac{u}{u+v\theta_B}$

また式(6)'と同様に

$$\begin{aligned}
 P_{T_{01} \sim T_{02}} &= \frac{Auv}{B^2} e^{-Bt_0} \{ K(e^{-B(T_2-t_0)} - e^{-B(T_1-t_0)}) \\
 &\quad \dots(e^{-B(T_{02}-t_0)} \dots e^{-B(T_{01}-t_0)}) \} \dots\dots(8)'
 \end{aligned}$$

ここに  $t_0=r_0/v \dots\dots O$  から  $O'$  までの時間距離

$T_{01}=(r_1'/v)+t_0 \dots\dots O$  から  $B$  までの時間距離

$T_{02}=(r_2'/v)+t_0 \dots\dots O$  から  $C$  までの時間距離

$T_1=(r_1'/v)+(r_1'\theta_0/u)+t_0 \dots\dots O$  から  $B$  を経て  $A$  までの時間距離

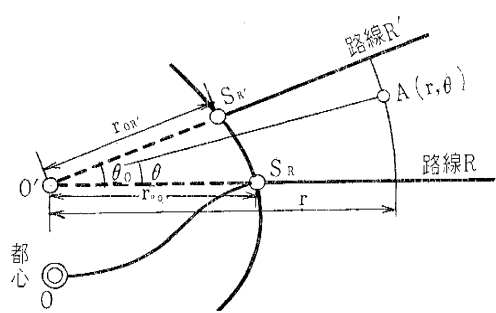
$T_2=(r_2'/v)+(r_2'\theta_0/u)+t_0 \dots\dots O$  から  $C$  を経て  $D$  までの時間距離

式(7)と同様にこの式により相対的な速度変化が勢力圏人口におよぼす影響を求めることができる。なお式(8)において  $r_0=0, r_1'=r_1, r_2'=r_2$  とおいて式(6)が得られ, また式(8)'において  $t_0=0$  では式(6)'が得られる。

(3) 都心から環状線上の駅までの所要時分が相違する場合

都市における高速鉄道路線が都心まで乗入れず環状線上に終端駅をもつ場合には乗換えを要するため, 都心に直通する路線に比して通常所要時分に大きな差を生ずることとなる。たとえば図-4において路線  $R'$  は  $S_{R'}$  駅が終端駅となっているため, この  $S_{R'}$  駅到着の後に都心

図-4 直通のための所要時分が相違するモデル



$O$  に到達するには乗換えをふくめてかなりの時分を要するが, 路線  $R$  は  $S_R$  駅を経由して都心  $O$  に直通できるとすれば  $S_R$  駅から都心  $O$  までの所要時間は当然小さくなる。

任意の居住地  $A$  ( $O'$  を原点として  $(r, \theta)$ ) から都心  $O$  に通勤する場合, 放射状鉄道路線  $R$ , または  $R'$  を利用する場合のそれぞれの所要時分  $t, t'$  は, 式(2)と同様にして次式となる。

$$\left. \begin{aligned}
 t &= \frac{r-r_0R}{v} + \frac{r\theta}{u} + t_R \\
 t' &= \frac{r-r_0R'}{v'} + \frac{r(\theta_0-\theta)}{u'} + t_{R'}
 \end{aligned} \right\} \dots\dots(9)$$

ここに  $\theta, v, v', u, u'$  は式(2)と同じ

$t_R, t_{R'}$ : 都心  $O$  からそれぞれ  $S_R, S_{R'}$  までの時間距離

$r_0R, r_0R'$ :  $O'$  からそれぞれ  $S_R, S_{R'}$  までの距離

この場合, 時間距離からみた両路線の勢力圏の境界が路線  $R$  となす角  $\theta_{Br}$  を求めるため,  $t=t'$  とおいて,

$$\begin{aligned}
 \theta_{Br} &= \left\{ \frac{(r-r_0R')\frac{v}{v'} - (r-r_0R)\frac{v'}{v}}{vv'} + t_{R'} - t_R \right. \\
 &\quad \left. + \frac{r\theta_0}{u'} \right\} \frac{uu'}{r(u+u')} \dots\dots(10)
 \end{aligned}$$

$r_0R=r_0R'+r_0$   
 $u=u'$  } とおくと

$$\begin{aligned}
 \theta_{Br} &= \frac{u}{2r} \left\{ \left( \frac{v-v'}{vv'} + \frac{\theta_0}{u} \right) \cdot r \right. \\
 &\quad \left. + (t_{R'} - t_R) \frac{v-v'}{vv'} - r_0 \right\} \dots\dots(11)
 \end{aligned}$$

さらに  $a = \frac{v-v'}{vv'} + \frac{\theta_0}{u}$   
 $b = t_{R'} - t_R - \frac{v-v'}{vv'} r_0$  } とおくと

$$\theta_{Br} = \frac{u}{2} \left( a + \frac{b}{r} \right) \dots\dots(12)$$

ここに  $a$  は  $u$  と  $\theta_0$ ,  $b$  は  $(t_{R'} - t_R)$  と  $r_0$  に関する項であり, いずれも  $v, v'$  によって変化する。

この  $r$  と  $\theta$  の関係をわかりやすくするため, 式(11)においてさらに  $v=v'$  とおくと,

図-5  $v=v'$  の場合の  $r$  と  $\theta$  の関係

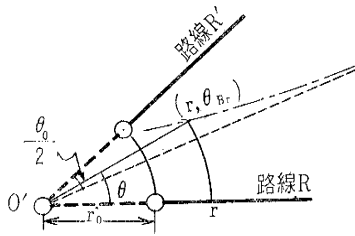
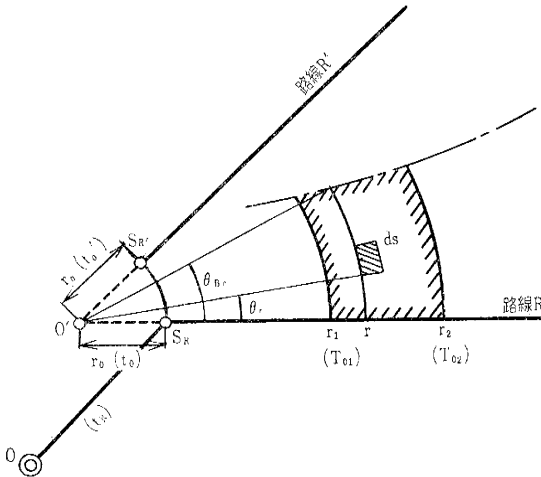


図-6 路線 R の勢力圏の領域



$$\theta_{Br} = \frac{u}{2r} (t_{R'} - t_R) + \frac{\theta_0}{2}$$

となって、図-5 のように時間距離の境界点は  $r$  が  $\infty$  では  $\theta_0/2$  になるが、小さくなるにつれて、 $(t_{R'} - t_R)$  の影響が大きく表われるように変化することがわかる。

さて式(12)の場合について図-6に示す路線Rと路線R'の交点O'からの距離が  $r_1$  から  $r_2$  までの沿線人口は同様に次式によって求められる。すなわち都心Oから  $(r, \theta)$  に位置する  $dS$  までの路線Rによる所要時分  $t$  は  $t = t_R + (r - r_0)/v + (r\theta/u)$  であり、また勢力圏は  $\theta$  が  $r$  によって0から  $u/2 \cdot (a + b/r)$  に変化し、また  $r$  は  $r_1$  から  $r_2$  までであるから、

$$P_{r_1 \sim r_2} = \int_{r_1}^{r_2} \int_0^{u/2(a+b/r)} A e^{-B(t_R + \frac{r-r_0}{v} + \frac{r\theta}{u})} r d\theta dr \dots \dots \dots (13)$$

$$= \frac{Auv}{B^2} e^{-Bt_{R0}} e^{B \frac{r_0}{v}} \left[ \frac{e^{-B \frac{b}{2}}}{K'} \{ e^{-B \frac{r_2}{v} K'} - e^{-B \frac{r_1}{v} K'} \} - \{ e^{-\frac{B}{v} r_2} - e^{-\frac{B}{v} r_1} \} \right] \dots \dots \dots (14)$$

ここに  $K' = 1 + \frac{va}{2} = \frac{1}{2} \left( \frac{v}{v'} + \frac{1}{k} \right)$

また  $\left. \begin{aligned} \frac{r_1}{v} &= T_{01}', T_{01}' = T_{01} - (t_R - t_0) = T_{01} - \bar{t}_0 \\ \frac{r_2}{v} &= T_{02}', T_{02}' = T_{02} - (t_R - t_0) = T_{02} - \bar{t}_0 \end{aligned} \right\}$

とにおいて

$$P_{T_{01} \sim T_{02}} = \frac{Auv}{B^2} e^{-B\bar{t}_0} \left[ \frac{e^{-B \frac{b}{2}}}{K'} \{ e^{-BK'(T_{02} - \bar{t}_0)} - e^{-BK'(T_{01} - \bar{t}_0)} \} - \{ e^{-B(T_{02} - \bar{t}_0)} - e^{-B(T_{01} - \bar{t}_0)} \} \right] \dots \dots \dots (14)'$$

ここに  $T_{01}, T_{02}$ : 都心Oから  $S_R$  を経て、O'からの距離がそれぞれ  $r_1, r_2$  である地点までの実際の時間距離

$T_{01}', T_{02}'$ : O'から速度  $v$  によってO'からの距離がそれぞれ  $r_1, r_2$  である地点までの架空の時間距離

$\bar{t}_0$ : O  $\rightarrow$   $S_R$  間の実際の時間距離  $t_R$  から、O'  $\rightarrow$   $S_R$  間の架空の時間距離  $t_0$  を減じたもの。

また式中の  $b$  は時間距離により

$$b = (t_R - t_{R'}) \cdot (t_0' - t_0)$$

によって表わすこともできる。ここに  $t_{R'}$  は O  $\rightarrow$   $S_{R'}$  間の実際の時間距離、 $t_0'$  は速度  $v'$  による O'  $\rightarrow$   $S_{R'}$  間の架空の時間距離である。

#### 4. 沿線人口増加の予測について

以上のべた式(6), (6)', (8), (8)' および(14), (14)' を用いて鉄道路線、バス路線の速度が相対的に変化する場合の各勢力圏人口の変化を予測することができる。たとえば放射状路線が都心に集中する場合のモデルについて、図-1における路線Rの速度  $v$  が  $v^*$  に増加する場合、路線Rによる  $(r, \theta)$  の地点までの到達時分  $t$  は次式の  $t^*$  に短縮される。

$$t^* = \frac{r}{v^*} + \frac{r\theta}{u}$$

したがって、 $t^* = t'$  とおいて  $\theta_{B^*}$  を求めると、図-1のように路線Rの勢力圏が路線R'の方向に拡大することがわかる。

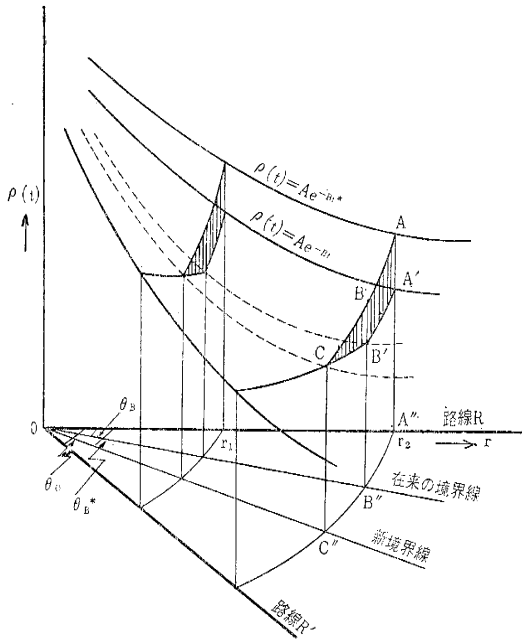
さらにこの  $\theta_{B^*}$  によって、路線Rの勢力圏内人口  $P_{r_1 \sim r_2}^*$  を求めると

$$P_{r_1 \sim r_2}^* = \int_0^{\theta_{B^*}} \int_{r_1}^{r_2} A e^{-B(\frac{r}{v^*} + \frac{r\theta}{u})} r dr d\theta = \int_0^{\theta_{B^*}} \int_{r_1}^{r_2} A e^{-B(\frac{r}{v^*} + \frac{r\theta}{u})} r dr d\theta + \int_0^{\theta_B} \int_{r_1}^{r_2} A e^{-B(\frac{r}{v^*} + \frac{r\theta}{u})} r dr d\theta \dots \dots (15)$$

となり、第1項により路線R'の勢力圏から路線Rへ移転する勢力圏内の人口(図において  $BCC'B'$  に相当する)、および第2項から  $P_{r_1 \sim r_2}$  を減ずることにより速度向上に起因する路線Rの在来からの勢力圏内増加人口( $ABB'A'$  に相当する)を求めることができる。

ただし、ここにのべる勢力圏内人口は人口密度分布の指数関数の定数  $A, B$  を一定とすれば、その時点において

図-7 速度向上による人口密度分布の変化のモデル



時間距離の短縮がすでに実現していることが前提となっている。したがって現実に完成する時点までの自然増の影響を加算するためには相対的な速度変化の実現する目標時点における人口密度の指数関数の定数  $A^*$ ,  $B^*$  を推定し、式 (15) において、 $A$ ,  $B$  の代わりにこの値をとればよい。この将来における指数関数の定数  $A^*$ ,  $B^*$  を推定するための簡単な方法としては、表-1 に示す定数  $A$ ,  $B$  を年度  $x$  の関数として傾向曲線を見出し、その過去の推移を将来に延長することが考えられる。さらに理論的な推定のためには都心に対する時間距離が  $t$  である近郊地域における人口密度の過去の推移を Logistic 曲線<sup>9)</sup>や Gompertz 曲線<sup>10)</sup>のような成長曲線にあてはめ、人口密度を次式のように年度  $x$  および時間距離  $t$  の関数として取り扱うことが考えられる。

$$\rho(t, x) = \frac{c(t)}{1 + a(t)e^{-b(t)x}} \quad \dots\dots\dots (16)$$

または

$$\rho(t, x) = k(t)g(t)e^{(t)x} \quad \dots\dots\dots (17)$$

しかし、必ずしも  $A^*$ ,  $B^*$  を知らなくても、勢力圏人口の予測が可能とするのはつぎの理由による。

すなわち図-7 において、斜線を付した範囲の人口密度増加は

$$\rho(t) = Ae^{-Bt}$$

によって表わされる人口密度分布の均衡が路線 R の速度向上によって破れるため、他の地域に比し、相対的に人口密度が低くなることを意味し、この条件の向上がそのまま沿線に人口を誘引する要因となると考えられる。

したがって、路線 R を速度向上して、ある期間の後

には、その路線の勢力圏人口は式 (15) のように増加するものと考えることができ、これによって交通手段の整備に基因する都市近郊の発展や、各鉄道路線の輸送需要の誘発効果を予測することができる。

一般的には式 (14) あるいは式 (14)' により、式 (15) と同様に相対的な速度変化がそれぞれの鉄道路線の勢力圏人口におよぼす影響を予測することができる。

一例として、路線 R の改良により、 $v$  が  $v^*$  増加し、 $t_R$  が  $t_{R^*}$  に減少された場合の計算手順をつぎに示す。

$$(1) \quad a^* = \frac{v^* \cdot v'}{v^* v'} + \frac{\theta_0}{u}, \quad b^* = t_{R^*} - t_{R'} - \frac{v^* - v'}{v^* v'} r_0$$

を計算

$$(2) \quad K'^* = 1 + \frac{v^* a^*}{2} \text{ を計算}$$

(3) 式 (14) から

$$P^*_{r_1 \sim r_2} = \frac{\Delta u v^*}{B^2} e^{-B t_{R^*}} \cdot e^{B r_0} \left[ \frac{e^{-B \frac{b^*}{2}}}{K'^*} \left\{ e^{-B r_2 \left( \frac{1}{v^*} + \frac{a^*}{2} \right)} - e^{-B r_1 \left( \frac{1}{v^*} + \frac{a^*}{2} \right)} \right\} - \left\{ e^{-\frac{B}{v^*} r_2} - e^{-\frac{B}{v^*} r_1} \right\} \right] \dots (18)$$

により路線 R の改良後における勢力圏人口合計が求められる。

$$(4) \quad \text{改良による勢力圏増加人口合計 } \Delta P_{r_1 \sim r_2} \text{ は,} \\ \Delta P_{r_1 \sim r_2} = P_{r_1 \sim r_2}^* - P_{r_1 \sim r_2} \quad \dots\dots\dots (19)$$

(5)  $\Delta P_{r_1 \sim r_2}$  のうち、路線 R の在来からの勢力圏内人口の増加  $\Delta P'_{r_1 \sim r_2}$  は

$$\Delta P'_{r_1 \sim r_2} = \int_{r_1}^{r_2} \int_0^{\frac{u}{2} \left( \frac{a+b}{v} \right)} A e^{-B \left( t_{R^*} + \frac{r-r_0}{v^*} + \frac{r\theta}{u} \right)} r d\theta dr \\ - P_{r_1 \sim r_2} = \frac{\Delta u v^*}{B^2} e^{-B t_{R^*}} \\ \cdot e^{B r_0} \left[ \frac{e^{-B \frac{b^*}{2}}}{1 + \frac{a}{2} v^*} \left\{ e^{-B r_2 \left( \frac{1}{v^*} + \frac{a}{2} \right)} - e^{-B r_1 \left( \frac{1}{v^*} + \frac{a}{2} \right)} \right\} - \left\{ e^{-\frac{B}{v^*} r_2} - e^{-\frac{B}{v^*} r_1} \right\} \right] \\ - P_{r_1 \sim r_2} \quad \dots\dots\dots (20)$$

(6)  $\Delta P_{r_1 \sim r_2}$  のうち、在来は路線 R' の勢力圏であった地域から転移した人口  $\Delta P_{r_1 \sim r_2}''$  (式 (15) の第 1 項に相当する) は

$$\Delta P_{r_1 \sim r_2}'' = P_{r_1 \sim r_2} - \Delta P_{r_1 \sim r_2}'$$

(7)  $\Delta P_{r_1 \sim r_2}''$  のうち、路線 R の改良による増加人口は、路線 R' に関する同様の計算によって求めることができる。

## 5. 東京西郊の鉄道路線に関する試算

本文 2. にのべた東京西郊の高速鉄道の 5 つの路線 (図-8 参照) について式 (14) および表-1 の  $A$ ,  $B$  の値によりつぎの試算を行なった。

図-8 東京西郊の計算対象地域略図

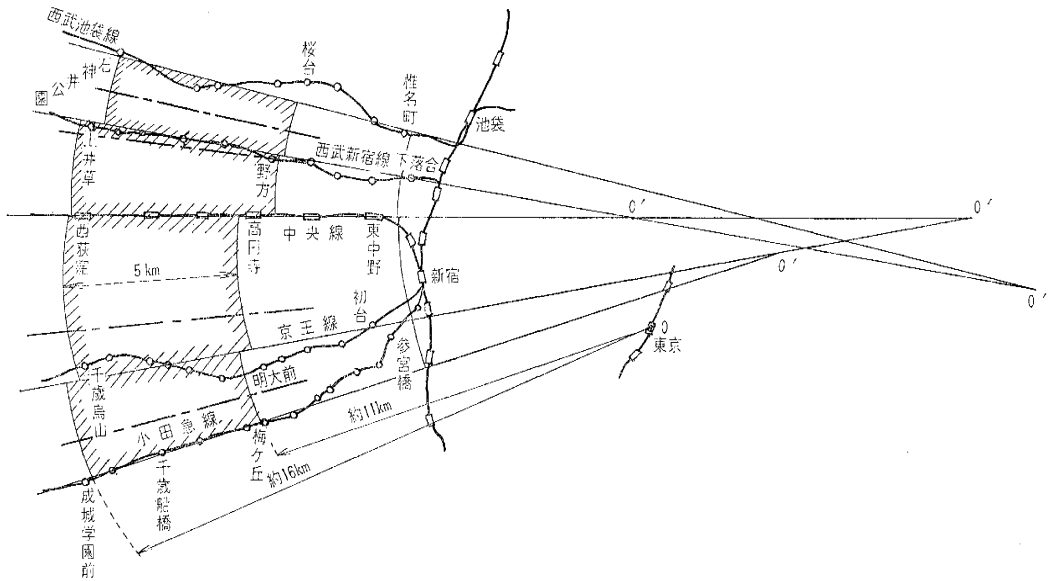


表-2 各路線の計算数値(昭和37年度)

計算路線 R	西武池袋線	西武新宿線	西武新宿線	中央線	中央線	京王線	京王線	小田急線
比較路線 R'	西武新宿線	西武池袋線	中央線	西武新宿線	京王線	中央線	小田急線	京王線
$u$ km/分	0.1	0.1	0.1	0.13	0.13	0.1	0.1	0.1
$v$ km/分	0.56	0.56	0.56	0.62	0.62	0.57	0.57	0.57
$v'$ km/分	0.56	0.56	0.62	0.56	0.57	0.62	0.57	0.57
$\theta_0$ ラジアン	0.0754	0.0754	0.1744	0.1744	0.1907	0.1907	0.1375	0.1375
$t_R$ 分	33.8	34.75	34.75	19.06	19.06	27.63	27.63	26.30
$t_R'$ 分	34.75	33.8	19.06	34.75	27.63	19.06	26.30	27.63
$r_0$ km	17.1	17.1	5.7	5.7	15.4	15.4	9.0	9.0
$r_1$ km	椎名町 20.1	下落合 20.1	下落合 9.3	東中野~大久保 9.3	同 左 19.5	新宿~初台 19.5	同 左 13.7	南新宿~参宮橋 13.7
$r_2$ km	桜台 25.1	野方 25.1	野方 14.3	高円寺 14.3	高円寺 24.5	明大前 24.5	明大前 18.7	梅ヶ丘 18.7
$a$	石神井公園 0.754	上井草 0.754	上井草 1.572	西荻窪 1.916	西荻窪 1.607	千歳鳥山 1.325	千歳鳥山 1.375	成城学園 1.375
$b$	0.95	-0.95	-14.8	14.8	6.44	-6.44	-1.33	1.33

(1) 昭和37年度における各鉄道路線の勢力圏人口その計算に用いた諸数値を表-2に示す。

(2) 5路線のうち西武新宿線の表定速度が0.62 km/分に向上、下落合駅( $r=r_0$ )から東京駅までの所要時分( $t_R$ )が、たとえば地下鉄による都心直通などにより22分15秒に短縮されたと仮定する場合の勢力圏人口の変化。

(3) 中央線と京王線の間にも新線( $v=0.62$  km/分,  $t_R=20$ 分50秒)が建設されたと仮定する場合の勢力圏人口の変化。

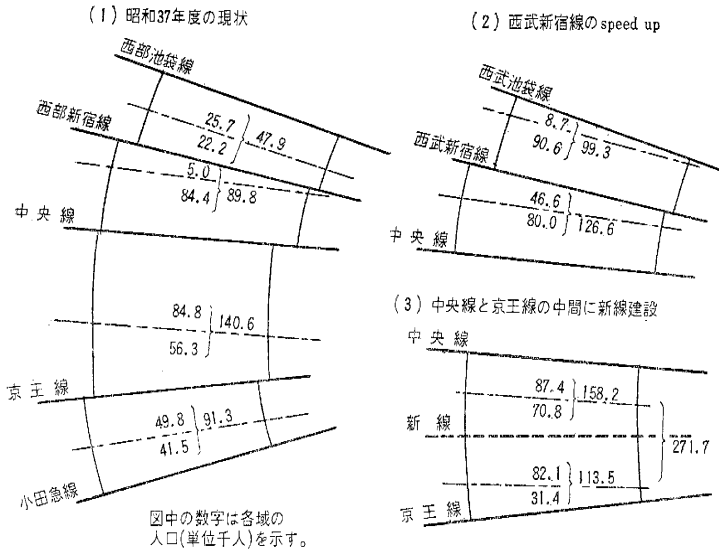
以上のそれぞれの場合について、図-8に示すように、東京駅を中心として半径約11 kmから16 kmの範囲の各路線勢力圏人口の計算結果を図-9に示す。

この結果それぞれの場合についてつぎのことがわかる。

(1) 昭和37年度の現状としては、中央線の勢力圏がいちじるしく広範囲にわたり、したがって他の路線にくらべ、はるかに大きい人口を有している。とくに西武新宿線側に大きく侵入し、ために西武新宿線の中央線側の勢力圏内人口は、5000人強と、きわめて小さい。これは、中央線が都心に直接連絡しているため、他の路線のように、山手環状線で乗換えに時間を必要とせず、それだけ時間距離が短いためであり、現状をほぼ正しく表わしているものとする。

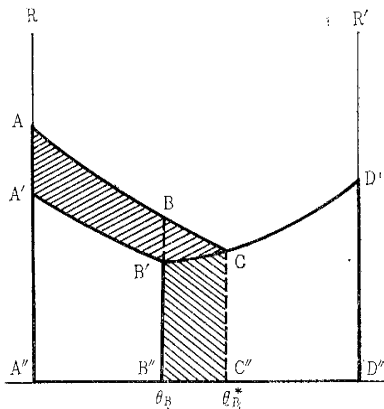
(2) このような状態から、前記のような条件で、西武新宿線による都心までの所要時間が短縮され、同時に平均表定速度も向上されたと仮定したとき、西武新宿線の勢力圏内人口が27000人から、137000人へといちじるしく増大し、増加人口は110000人に達することになる。しかし逆に池袋線の新宿駅側および中央線の新宿線

図-9



側の勢力圏内人口はともに減少している。これは西武新宿線の Speed up により、その勢力圏が拡大し、従来は西武池袋線、中央線の勢力圏であった地域の一部分が西武新宿線の勢力圏となったためである。しかし、西武池袋線と中央線にはさまれた地域の人口は、昭和 37 年度に 138 000 人であったが、西武新宿線の Speed up がすでに完成されていたとすれば 226 000 人に達することとなり、その差 88 000 人は、速度向上により誘引される増加人口を意味する。すなわち、図-10 に示すモデルにおいて、最初人口密度分布が  $A'B'D$  であったものが、路線 R の Speed up により、 $ABC'D$  と変化した。その結果、路線 R と R' の勢力圏の境界が  $\theta_B$  の位置から  $\theta_B^*$  の位置へ移動し、路線 R の勢力圏内人口は A

図-10 路線 R と R' にはさまれた地域の人口密度分布



$$\begin{aligned} \triangle AA'B'CBA &= \triangle_1 \\ B'B''C'CB' &= \triangle_2 \\ \triangle P_{r_1 \sim r_2} &= \triangle_1 + \triangle_2 \end{aligned}$$

$A'B''C''CBA$  に相当する人口増加 ( $\triangle P_{r_1 \sim r_2}$ ) があり、また路線 R' の勢力圏内人口は  $B'B''C''CB'$  に相当する人口減少 ( $d_2$ ) が生じ、さらに路線 R と R' に囲まれた地域全体としては  $AA'B'CBA$  に相当する人口増加 ( $d_1$ ) が生じたことになる。これらの  $\triangle P_{r_1 \sim r_2}$ ,  $d_1$ ,  $d_2$  の値を表-3 に示す。

(3) さらに、中央線と京王線の中間に、前記の  $v$ ,  $t_R$  を有する新線が建設されたと仮定したとき、両路線に囲まれた地域の人口は 141 000 人から 272 000 人に増大し、この新線によって誘引されるこの地域内の増加人口 ( $\triangle P_{r_1 \sim r_2}$ ) は 131 000 人であると考えられる。

以上のように、さまざまな放射状路線の速度に関する諸条件が与えられ、

表-3 新宿線の Speed up および新線建設による誘発人口

線名	対向線	$\triangle P_{r_1 \sim r_2}$	$d_1$	$d_2$
新宿線	池袋線	63 379	51 345	17 034
	中央線	41 580	36 776	4 804
新線	中央線 京王線	131 157		

$d_1, d_2, \triangle P_{r_1 \sim r_2}$ : 図-10 参照

そのそれぞれの場合に対する勢力圏人口の変化を予測することができる。さらに将来における係数  $A^*$ ,  $B^*$  の推定値を適用すれば、今後の自然増を考慮した勢力圏人口をも予測することができる。

## 6. むすび

都市近郊の人口密度を都心への時間距離に関する指数関数であらわした場合、放射状鉄道路線のそれぞれの勢力圏人口を知り、さらに各鉄道について相対的な速度の変化や新線建設が行なわれた場合の路線別勢力圏人口の変化を予測する方法をのべ、さらにこの方法により東京西郊の 5 路線について二、三の試算を行なった。

この方法を応用することにより、都市高速鉄道の整備の面からみた都市近郊の今後の発展形態を予測するとともに、夜間人口に対する通勤発生率によって各鉄道路線の将来の輸送需要を想定することができる。

なお、式 (6)', (8)', (14)' によれば都心駅を基準としてそこからの時間距離が  $T_{01}$  から  $T_{02}$  までの勢力圏人口を求めることができる。ただしこの場合は各路線に速度差があるので  $T_{01}$  が同じであってもその地点の遠近にはかなりの差があり、また路線改良による速度向上後においては同一路線についても時間距離  $T_{01}$  の地点が移動する点に注意を要するが、等時間距離圏の勢力圏人

口の路線別比較や電車運行計画などに際しては有意義な予測値が得られると考える。

おわりにこの研究においては、都市近郊の人口分布をマクロ的に把握することを主眼としたが、都市近郊の個々の地区に関する分析を行なうためにはさらに副都心への通勤者の流入や、バス路線網の影響その他さまざまな条件に対する検討が必要であり、今後の研究課題とした。

#### 参考文献

- 1) 八十島義之助・藤崎 清・大崎本一：都市交通機関と沿線人口の変遷，都市計画，Vol. 6, No. 2, 昭 32.11, p. 16
- 2) 昭和39年度運輸経済年次報告，昭 39.10 運輸省編，p. 66
- 3) 天野光三：都市近郊駅の駅勢圏に関する一考察，土木学会誌，Vol. 50, No. 10, 昭 40.10, pp. 35~38
- 4) 天野光三・小野和日兄：東京西郊における通勤動態に関する一考察，土木学会第20回年次学術講演会講演概要，昭 40.5, IV-110
- 5) 館 稔：形式人口学，昭 35.6, 古今書院，第 22 章 人口分布，pp. 464~466
- 6) C. Clark: Urban population densities, Journal of the Royal Statistical Society, 1951
- 7) C. Clark: Urban population densities, paper No. 53 presented to the 30th Session of the International Statistical Institute, 8/8-15/8, 1957
- 8) 森田優三：第 30 回国際統計会議，一橋論叢，第 39 卷，第 3 号，1958, pp. 350~351
- 9) 館 稔：上掲書，第 21 章，人口増加，pp. 308~320
- 10) 館 稔：上掲書，第 21 章，人口増加，pp. 298~304

(1965.6.7・受付)