

名古屋工業大学 正員 森島栄太郎

日本道路公団 正員 〇山上 俊二

1. まえがき

高度経済成長にともなう諸種経済機能の大都市集中は非常に著しく、それに比例しなお、3次産業就業者数の増大および大都市集中が、大都市通勤交通を著しく困難な状態におとしいれつつある。

したがって交通技術者は早急にその打開策をとらなければならないのであるが、通勤事象は種々の分野が互いに密接に関連し合った現象であるから、その場限りの対策ではなく、将来の都市の発展傾向を的確につかんで、あらゆる面からの総合的な解決策を考える必要がある。その様な解決策を提案した論文が現在までのところいくつかあるが、本報告では、通勤事象に関する種々の要素のうち、最も大きな要因であると思われる下記の二つの点を重点的にとりあげ、都市の最も基本的な通勤輸送網の好ましい配置についてあらためて考察し、今後の研究の参考に資することを目的とするものである。

(1)、都市の通勤者がすべてある時間以内で都心に到達できること。

(2)、輸送網の容量を輸送需要と均衡させること。

2. 所要時間と輸送網について

本文に入る前に、本報告では次の二つの仮定を採用する。

(1)、通勤輸送網形態は、各種の輸送手段にかかわらず、すべて放射環状型であるものとする。

(2)、通勤者はすべて、所要時間の短い経路をとって、都心に通勤するものとする。

一様な放射環状型の街路輸送網（以下路面バスで代表させる）を有する都市において、あるバス路線区画内のバスストップから最速点の通勤者がおよりのバスストップまで歩いて、そこからバスで都心に向かう場合の所要時間 T は次式で表わされる。

$$T = (R + \frac{1}{2}r)/v + t \quad (1)$$

ここに、 v は路面バスの表定速度、 R は都心から任意のバス路線区画までの距離、 r はバス路線網の間隔、 t は歩行時間、乗り換え時間および待ち時間の和である。通勤所要時間の限度を60分として、(1)式に種々の実用的な数値を代入して R を求めてみると、バスによる都心への通勤圏は、せいぜい半径10kmが限度であることがわかる。したがって、大都市の通勤圏としてこれ以上の範囲を想定する場合には、必然的に高速路線が必要になる。

そこで図-1のような放射環状型の高速路線網を考える。図中のA点付近のバス路線区画内の通勤者が都心に通勤する場合の所要時間は、放射高速路線を利用する場合、路面バスのみによる場合のそれぞれについて次式のように表わされる。

$$T_h = \frac{R\theta}{\frac{1}{2}v} + \frac{1}{2}r/v + \frac{x}{v} + (R-x)/v + t \quad (2)$$

$$T_e = (R + \frac{1}{2}r)/v + t \quad (3)$$

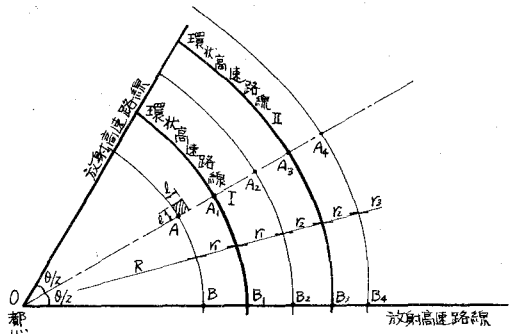


図-1

ここに、 θ は放射高速路線の交角、 V は放射高速路線の表定速度、 S は駅間距離であり、 $t_e = V/r$ 、 $x = (1+t_e)S/2R$ である。

$T_h = T_e$ として θ を求めると、

$$\theta = 2(R - x - \frac{R-x}{2})/r \quad (4)$$

この θ は放射高速路線が有効である最大交角であり θ_e とする。いま $\theta \leq \theta_e$ の場合を考えれば、都心までの所要時間は、放射高速路線を利用した方が早く、かつA点は都心に到達するのに最も時間を要する点であるから、半径 R の範囲内の通勤者はすべて時間 $T_h (=T_e)$ 以内に都心に到達できることになる。

次に環状高速路線Iがある場合には、A点付近のバス路線区画内の通勤者がそれを利用した場合の所要時間 T_2 は(環状高速路線の表定速度も V とする)、

$$T_2 = \frac{r}{V} + \frac{x}{V} + \left\{ \frac{(R+r)\theta}{2} - x \right\} \frac{1}{V} + \frac{R+r}{V} + \frac{l}{2V} + t \quad (5)$$

であり、 $T_1 = T_2$ となる r は、

$$r = R\theta(R-1)/(2R+2+\theta) \quad (6)$$

このことから環状線Iを設置することにより、通勤領域を半径 R から半径 $(R+2r)$ にまで拡大できるとになる。同様に、環状線IIを設置すれば、領域を $(R+2r+2r_2)$ にまで拡大でき、以下同じように、 $2r_3, 2r_4, \dots$ ずつ拡大してゆくことができる。

$$r_i = C^{(i-1)} r, \quad C = (2R - \theta - 2)/(2R + \theta + 2) \quad (7)$$

$$i = 1, 2, 3, \dots$$

したがってある都市領域内の通勤者が、すべて T 時間以内に都心に到達できるように高速路線を配置する場合、放射路線と環状路線との種々の組合せを考えると、そのうちで、路線延長の総和が最小となるような形態が最も望ましいといえる。実際に数値を代入して計算を行なってみると、所要時間の面だけからすれば、環状高速路線よりも、放射高速路線の方が有効であり、都心付近には環状高速路線は必要でなく、都市周辺部にせいぜい1本あればよいことがわかる。

また以上の考察を基礎として、実際の都市について、所要時間の面から高速輸送網の将来の必要性および配置を検討することが可能である。

3. 輸送需要と輸送網について

輸送需要を考える場合にも、2の場合と同様、街路輸送機関の限界および大都市における大量輸送機関(mass transit)の必要性を知ることができ、それに関する説明は省略し、すでにmass transitが存在する場合に、将来の需要増に対する輸送力増強の方法について述べる。

通勤人口密度分布は、都心に対する時間距離に関して指数関数で表わされるものとして、次の関数形を採用する。

$$p(t) = A e^{-Bt} \quad (8)$$

上式において、 t は都心に対する時間距離、 $p(t)$ は都心に対する時間距離が t である地区の通勤人口密度、 A 、 B はそれぞれ方向別の定数である。

図-2はmass transitとしての放射路線のモデルであり、図において、勢力境界線とは、路線IおよびII、路線IおよびIIIに対する等時間距離線、また有効限界とはその範囲内では路面バスを利

用して直接都心に向かうより、放射路線を利用した方が早いという限界である。したがって同図において、都市の通勤圏を半径 R とすれば、路線Ⅰに対する路線Ⅱの側の勢力圏内の通勤者についての総輸送人キロ(T.P.K.)つまり輸送需要は次式のようになる。

$$\begin{aligned} \text{T.P.K.} &= \int_0^R \frac{Av}{B} \left\{ e^{-B\left(\frac{R\theta_b}{v} + \frac{r}{v}\right)} - e^{-B\frac{r}{v}} \right\} r \cdot dr \\ &= \frac{Avv_i}{B^2} \left[\frac{v}{v+v_i\theta_b} \left\{ Re^{-B\left(\frac{R}{v_i} + \frac{R\theta_b}{v}\right)} + \frac{vv_i}{B(v+v_i\theta_b)} e^{-B\left(\frac{R}{v_i} + \frac{R\theta_b}{v}\right)} - \frac{vv_i}{B(v+v_i\theta_b)} \right\} \right. \\ &\quad \left. - \left\{ Re^{-B\frac{R}{v_i}} + \frac{v_i}{B} e^{-B\frac{R}{v_i}} - \frac{v_i}{B} \right\} \right] \quad (9) \end{aligned}$$

同様にして路線Ⅲの側の、路線Ⅰ勢力圏についてもT.P.K.を求めることができる。これらを加えたものにピーク時間帯の集中度を乗じた値が路線Ⅰの最混雑時間帯の輸送需要である。

一方、1輸送路線あたりの輸送力は次式で表わすことができる。

$$Ca = 60m \cdot n \cdot V / t \quad (10)$$

ここに、 Ca は輸送力、 t は発車時間间隔、 m は車両の定員、 n は連結車両数、 V は表定速度である。

いま図-2において路線Ⅰの表定速度が V から V^* に向上したとすると(V はそのままで)、勢力圏内の都心に対する時間距離は $\frac{R}{V}$ に短縮され、したがって勢力境界再度 θ_b は θ_b^* に増大する。よって路線Ⅰの輸送需要も増大するものと考えられ、それは式(9)から求められる。このようにある路線の表定速度が相対的に向上すれば、その路線沿線の通勤人口が増加し、それによってその路線の輸送需要も増加するものと予想されるのであるが、このことは単に速度の向上だけでなく輸送力の向上によって、便利さが増すため、輸送需要が顕著的に増加するものと考えられる。この輸送力の向上には次の3つの要素が考えられる、(1)、速度向上、(2)、時間间隔の短縮、(3) 連結車両数の増加。

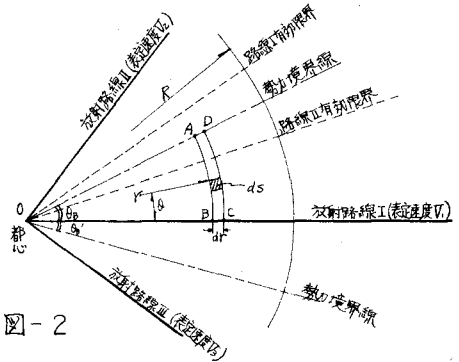


図-2

ところが通勤人口密度は式(8)で表わされるものとしたが、この式には、輸送時間すなわち速度 V の変化の影響のみが入ってくるだけであるから、全体的な輸送力の向上が人口密度増加の要因であるとする場合には、上記の(2)、(3)を速度向上に換算する必要がある。この換算は、輸送力という点からみれば次式で表わすことができる。

$$\Delta V = \frac{\Delta n}{n} V \cdot \xi \quad (0 < \xi < 1), \quad \Delta V = \frac{\Delta t}{t - \Delta t} V \cdot \zeta \quad (0 < \zeta < 1) \quad (11)$$

ここに n は連結車両数、 Δn は連結車両数の増加、 t は発車時間间隔、 Δt は発車時間间隔の減少、 V は表定速度、 ΔV は表定速度の増大、 ξ , ζ は換算率である。

この様な考え方のもとに、式(9)の A , B , R 等の値を与えればT.P.K.と V の関係を図示することができる。また、式(10)により、 V と Ca との関係をも図示することができる。これらの図において、2つの曲線の交点があれば、その交点においてT.P.K.と Ca が均衡していると考えられることができる。

将来の需要増加に対する輸送網増強および配置計画を定めるためには、各放射路線ごとに、現在の

当該路線の V 、 ϕ_b 、 V の値から、将来の A^* 、 B^* 、 K^* に対して、 x 年後の当該路線のTPK曲線を作成し、また現在の a 、 m 、 n から Ca 曲線を作成する。それらを同じ図上で比較して、輸送力増強の必要性を知ることができる。それらの関係の例を図-3に示す。

上述の場合、速度向上による勢力境界角度 ϕ_b の変化は考慮しない。その理由は、相対的な速度向上がある場合には、その路線に新たな需要が集中して輸送力向上の効果が発揮できないので、効果的にするためには隣接路線も同時に速度向上の必要がある。したがって、ここでは速度向上は全路線について一様に行なうものとしたためである。以上述べた路線増強および配置計画の手順を示したものが図-4である。

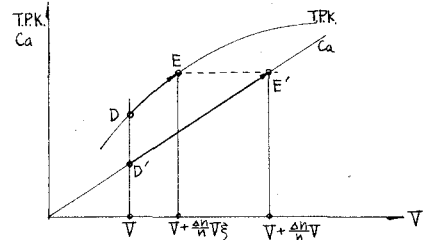


図-3

環状路線を設置した場合、都心に対する所要時間の短い範囲内の通勤者は環状線を利用するものと考えてよい。したがってそのような範囲内の通勤者数を全放射路線の両側について求め、その総和が最大になるような位置が最適であるとする方法によって環状線の位置を求めることが可能であるが、紙面の都合で省略する。2の場合の環状線は多数設けても効果的ではないが、輸送需要に応ずるための環状線もまた多くは必要としないこと、またその位置は都心に比較的近いところに必要であることを計算例によって示すことができる。

4. あとがき

この報告は、都市の通勤輸送網の配置と輸送力の増強に関する一手法を提案したものであるが、採用した種々の仮定や、環状路線と放射路線を組合せた場合の手法については、なお多くの問題を残しており、今後の研究課題であると考えている。

終りに本研究には、昭和42年度文部省科学研究補助金を受けたことを付記し、謝意を表する。

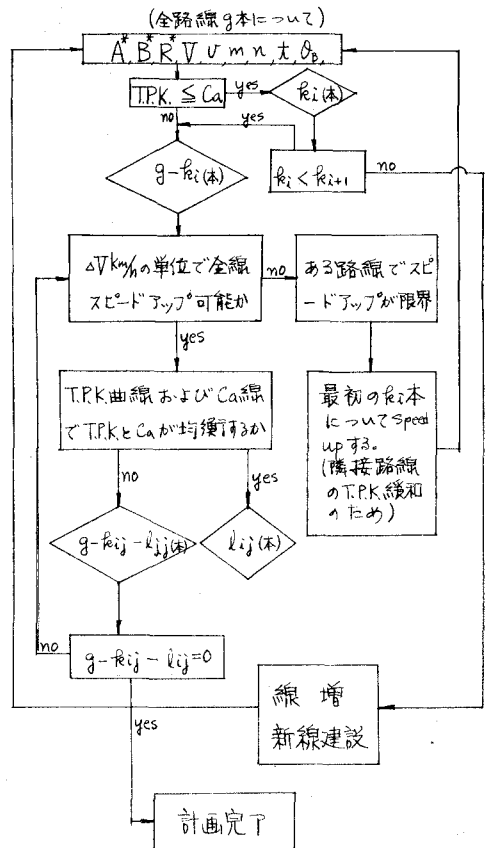


図-4

参考文献：天野光三；都市通勤交通需要の推計に関する方法論的研究