都市高速道路におけるランプ配置に関する一考察

京都大学工学部　正　員　井上矩之
京都大学大学院　学生員　中川　修
京都大学工学部　学生員○中野則夫

1.はじめに

今日、都市高速道路は、空間的に発達した都市を一体化させ、都市の機能を維持・増進するための重要な交通施設として位置づけるべきである。そこで、本研究では、都心と郊外を結ぶ長トリップを優先し、積極的に都市を一体として機能させるための方法として、都市高速道路のランプ配置を取り上げる。具体的には、環状方向に均質に、放射方向に低減的に発達し、都心に集中する交通体系を持つモデル都市において、放射状に配置された高速道路網を考え、その放射線流入ランプ配置のあり方について考察する。

2.モデル

i)道路網モデル

a.道路網　平面街路網は、放射道路および環状道路が密に配置されているものとする。高速道路網は、円周方向に等角度で配置され都心から無限遠まで延伸する容量一定の放射道路のみにより構成される。

b.ランプ配置の表示　ランプ配置は、半径rで与えられるような密度分布で与える。

c.速度　平面街路の速度は、都心からの距離によって与えられる　$v(r)=a-b\cdot e^{-cr}$　なる単調減少関数とする。高速道路の速度は、路線の各地点で得られる交通量の関数とし、交通量βが交通容量に達するまでの範囲において、$V_\beta(r)=V_f-k\cdot\beta$　(V_f:自由速度，k:定数)なる関数とする。

d.高速道路へのアクセス経路　トリップは、その発生地点から円周方向の平面街路に沿って、高速道路放射線に接近する。(図-1)この仮定と円周方向の均質性およびαの仮定より、高速道路放射線は、図-1のような勢力圏を持つことになる。

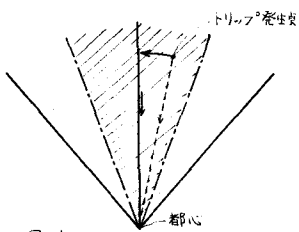

図-1
高速道路へのアクセス経路
および勢力圏

e.ランプへのアクセス経路　高速道路に到着後、ランプへの平均アクセス距離として次式を用いる。

$$\bar{l}_r=\frac{1}{4\rho}\left\{1+\frac{v(r)^2}{V_\beta(r)^2}\right\}\qquad(\rho:\text{ランプ密度})$$

ii)交通需要モデル

a.発生交通量　交通発生密度関数として、$f(r,\theta)=\mu\cdot e^{-\lambda r}$　(μ,λ：係数)を採用する。したがって、点(r,θ)近傍からの発生交通量は　$f(r,\theta)\cdot r\,dr\,d\theta$　となる。

b.転換交通量　高速道路への転換交通量を推定するため　$P(T)=\alpha\cdot e^{-\beta T}$　(α,β：係数，T:両経路のOD間全体の所要時間比)なる転換率式[1]を用いる。

3.ランプ配置の評価アルゴリズム

Noriyuki INOUE　Osamu NAKAGAWA　Norio NAKANO

i)評価規準　一点集中の仮定より、都心と郊外を結ぶ長トリップを優先させる評価規準として、高速道路利用総台・キロ最大および総節約時間最大が考えられるが、ここでは前者について述べる。また、評価は、都市機能の維持・増進を目的としていることから、渋滞を起こさないようなランプ配置であることを前提として行なう。

ii)高速道路利用交通量

a.転換交通量　点(r,θ)近傍から都心へ向うトリップの高速道路への転換交通量　$g(r,\theta;\rho)\cdot r\,dr\,d\theta$　は、次のように表わされる。

$$g(r,\theta;\rho)\cdot r\,dr\,d\theta = f(r,\theta)\cdot r\,dr\,d\theta\cdot P(T)$$

b.ランプ流入交通量　N本の放射線が設置されたとき、各路線の勢力圏の仮定より、半径r地点近傍へ流入する総交通量$Q(r,\rho)dr$は、次式で表わされる。

$$Q(r,\rho)dr = Z\times\int_0^{\theta_0} g(r,\theta;\rho)dr\cdot r\,d\theta$$

c.断面交通量　ある路線でのr地点の断面交通量$Q_0(r,\rho)$は、次式で表わされる。

$$Q_0(r,\rho)=\int_r^{\infty} Q(r,\rho)\cdot dr$$

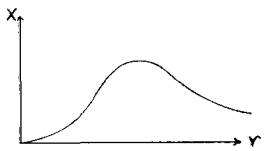

図-2　rに関する概形

iii)評価関数　半径r地点近傍のランプに流入する交通量に対する評価関数の値は、ランプ密度がρのとき、

$$X(r,\rho)dr = r\times Q(r,\rho)\,dr$$

iv)評価関数の特性　rおよびρに関して評価関数の概形を調べた結果、図-2,図-3のような形状であることが明らかになった。ρに関しては、すべてのr断面において変曲点$(\rho=\rho_0)$を持ち、ρ_0は都心の近傍を除くと十分小さい。また、評価関数は$(\rho>\rho_0)$の範囲では単調増加を行ない、しだいに一定値に近づいていく。

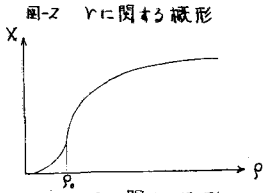

図-3　ρに関する概形

v)アルゴリズム　iv)を利用し、すべてのrに関する$\partial X/\partial\rho$すなわちランプ密度の増加量に対する評価関数の増加量に注目し、以下のアルゴリズムに従って最大化を行なう。実際の計算は、半径方向に短区間、ランプ密度に単位増加量$(\Delta\rho)$を設定し、離散的に行なう。

a)区間ごとの初期速度を与える。

b)各区間に初期ランプ密度$(\rho=\rho_0)$を与える。

c)与えられたランプ密度から$\Delta\rho$だけ密度を増加させたときの評価関数の増加量をすべての区間について比較し、最も大きい区間のランプ密度を$\Delta\rho$だけ増加させる。

d)新たなランプ配置に対する総転換交通量を算出する。

e)総転換交通量が路線の交通容量に達するまでc)d)をくり返す。

f)ランプ密度の初期値が不適な区間については、修正を行なう。

g)路線各区間の断面交通量を算出し、新たな区間ごとの速度分布を与え、速度分布が収束するまでb)～f)の計算をくり返す。

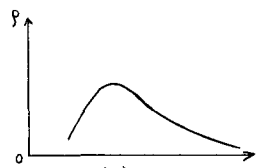

図-4 ランプ密度分布の概形

4.おわりに

数値計算に際しての具体的なパラメーターの設定および計算結果については、当日発表を行なう。図-4に上述のアルゴリズムによるランプ密度分布の概形を示しておく。

参考文献　1) 阪神高速道路公団,システム科学研究所：転換率式に関する実証的調査研究業務報告書(S.51年)