2001年度日本オペレーションズ・リサーチ学会
春季研究発表会

扇形都市における環状路の道路面積率モデル

02302690　慶應義塾大学　＊田中健一　TANAKA Kenichi
01107680　慶應義塾大学　栗田　治　KURITA Osamu

1．はじめに

近年わが国の中規模以上の都市圏では，環状道路網の整備計画が盛んに議論されている．しかし環状路の整備効果や，適正な配置に関する基礎的なモデルが潤沢に用意されているとはいい難い．特に島国であるわが国の多くの都市には，港湾などの地理的制約があり，これを考慮したモデルも必要である．そこで本研究では，都市を扇形で与え，環状道路網の道路面積率の分布を議論する．

東京圏の慢性的な交通渋滞を緩和する手段として環状路の整備の重要性が強調されている．東京圏は典型的な放射・環状道路網を有する都市圏であり，東京湾を考慮した扇形の都市モデルによる記述性は高いと考える．

2．断面交通密度の定義

ある地点で滞りなく交通が流れるために必要となる道路面積は，その地点を通過する交通量に比例すると考えられる．これを記述するために断面交通密度なる指標を定義し，それをもとに道路面積率の分布を導くことにする．

無限に稠密な放射・環状道路網を有する半径R，中心角α (>4[rad])の扇形の都市を考える．扇形の中心を原点とする極座標系を与え，都市内の任意の地点を(z,φ)と表す．ここで，

$$\int_{z_1}^{z_2} q_{環}(z,\varphi)\mathrm{d}z = \{図1の線分L を通過する交通量\}$$

を満たす$q_{環}(z,\varphi)$を環状路網の断面交通密度と呼ぶ．

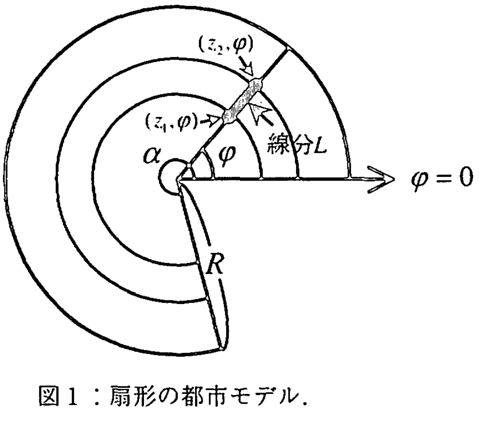

図１：扇形の都市モデル．

本稿では移動の起・終点の密度は一様分布に従うものとし，都市領域内に発生する総トリップ数をNとする．移動を行う主体は放射・環状道路網を最短経路で移動するものとする．線分Lを通過するための移動の起・終点の領域の組み合わせを考慮すると，断面交通密度$q_{環}(z,\varphi)$はφの範囲によって３つの場合分けがなされ，以下のように算出される．

$$q_{環}(z,\varphi)=\begin{cases} \dfrac{4Nz(R+z)(R-z)\varphi(4-\varphi)}{\alpha^2R^4} & (0\le\varphi<2) \\ \dfrac{16Nz(R+z)(R-z)}{\alpha^2R^4} & (2\le\varphi<\alpha-2) \\ \dfrac{4Nz(R+z)(R-z)(\alpha-\varphi)(4-\alpha+\varphi)}{\alpha^2R^4} & (\alpha-2\le\varphi<\alpha) \end{cases} \quad (1)$$

3．道路面積率の導出

(1)式の断面交通密度$q_{環}(z,\varphi)$を用いて，環状路の道路面積率を算出する．図２の面積$z\mathrm{d}z\mathrm{d}\varphi$をもつ微小領域$s_0$を考える．$\mathrm{d}\varphi\to+0$のとき，$s_0$内を通過する交通量は，線分$L$を横切る交通量に等しいと考えられる．

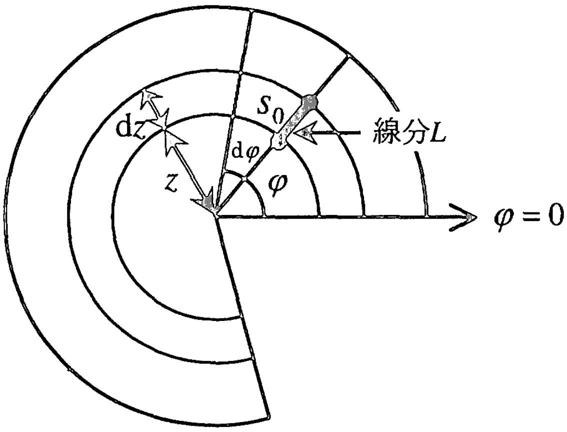

図２：微小領域s_0．

いま，微小領域s_0内を環状路に沿って通過する交通量を$v_{環}$とすると，$v_{環}$は断面交通密度の定義より以下の通りとなる．

$$v_{環}=\int_z^{z+\mathrm{d}z} q_{環}(z,\varphi)\mathrm{d}z \quad (2)$$

s_0内における車一台当りの移動距離は$z\mathrm{d}\varphi$，s_0内の移動距離の総和は，$v_{環}\cdot z\mathrm{d}\varphi$となる．ここで，車一台当りが単位時間当りに要する道路幅をwとすると，s_0内における道路面積率$\gamma_{環s_0}(z,\varphi)$は次のように表わされる．

$$\gamma_{環s_0}(z,\varphi)=\frac{w\cdot v_{環}\cdot z\mathrm{d}\varphi}{z\mathrm{d}z\mathrm{d}\varphi} \quad (3)$$

先に導出した(1)式を(2)式に代入し，(3)式において $dz \to 0$，$d\varphi \to 0$ とすると，環状路の道路面積率 $\gamma_{\text{環}}(z,\varphi)$ は以下の通りに算出される．

$$\gamma_{\text{環}}(z,\varphi)=\begin{cases}\dfrac{4Nwz(R+z)(R-z)\varphi(4-\varphi)}{\alpha^2R^4} & (0\le\varphi<2)\\ \dfrac{16Nwz(R+z)(R-z)}{\alpha^2R^4} & (2\le\varphi<\alpha-2)\\ \dfrac{4Nwz(R+z)(R-z)(\alpha-\varphi)(4-\alpha+\varphi)}{\alpha^2R^4} & (\alpha-2\le\varphi<\alpha)\end{cases} \tag{4}$$

図3および図4は，道路面積率 $\gamma_{\text{環}}(z,\varphi)$ の概形およびその等高線図である（R = 50[km]，α =3 π /2[rad]，N = 300[万トリップ]，w =1/150[m/台]）．

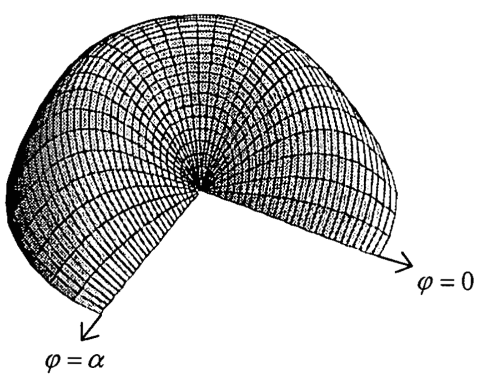

図3：道路面積率 $\gamma_{\text{環}}(z,\varphi)$ の概形．

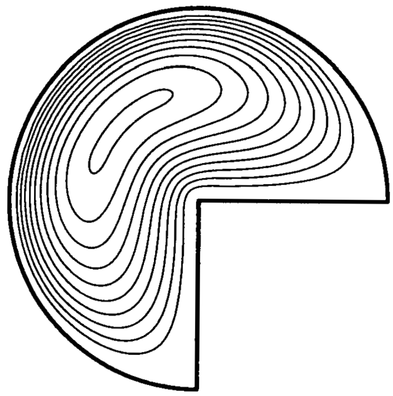

図4：道路面積率 $\gamma_{\text{環}}(z,\varphi)$ の等高線図．

図5は $\gamma_{\text{環}}(z,\varphi)$ の z による断面図である（z =25[km]，R = 50[km]，α =3 π /2[rad]，N = 300[万トリップ]，w =1/150[m/台]）．$\gamma_{\text{環}}(z,\varphi)$ は $\varphi=\alpha/2$ 付近で最大値をとり，これから離れるに従って二次函数的に減少していく様子が見て取れる．

図6に $\gamma_{\text{環}}(z,\varphi)$ の φ による断面図を示す．グラフは φ の値を 0.2[rad]から 2.0[rad]まで，0.2[rad]刻みで描いたものである（R =50[km]，α =3 π /2[rad]，N = 300[万トリップ]，w =1/150[m/台]）．$\varphi=\alpha/2$ に近づくに従って $\gamma_{\text{環}}(z,\varphi)$ は大きくなるが，概形は同一となる．

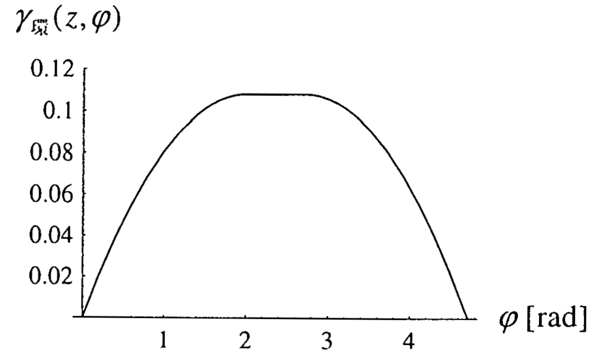

図5：$\gamma_{\text{環}}(z,\varphi)$ の z による断面図．

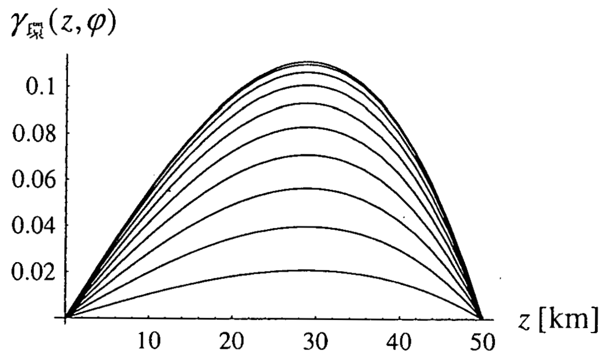

図6：$\gamma_{\text{環}}(z,\varphi)$ の φ による断面図．

図6から分かる通り，$\gamma_{\text{環}}(z,\varphi)$ は上に凸の概形をしている．$\gamma_{\text{環}}(z,\varphi)$ の最大値を与える都心中心からの距離を z^* とすると，(4)式より z^* は φ に依存せず，次の通りとなる：

$$z^*=\frac{1}{\sqrt{3}}R \quad (\cong 0.577R). \tag{5}$$

4．まとめ

- 環状路上の交通量は通行不可能な領域の反対側で最大となり，通行不可能な領域との境界に近づくにしたがって二次函数的に減少する．これは都市を円形で与えた場合には得られない結果であり，本モデルから得られた有益な知見である．
- 環状路の道路面積率は，中心からある程度離れた地点で最大となる．本モデルによって環状路の適正配置に関する，重要な基本特性を把握できたと考える．

参考文献

[1]栗田　治(2000)：東京道路網における道路距離と理論的距離，日本オペレーションズ・リサーチ学会秋季研究発表会アブストラクト集，1－C－7，pp.64－65.
[2]奥平耕造(1976)：都市工学読本，彰国社．