

放射・環状道路網を有する都市における居住地と道路の配分 —交通渋滞のない円形都市—

現在申請中	慶應義塾大学	* 山田英之	YAMADA Hideyuki
01107680	慶應義塾大学	栗田 治	KURITA Osamu
01303730	中央大学	田口 東	TAGUCHI Azuma

1. はじめに

自動車交通の増大に伴い、道路網は交通需要を十分に処理できなくなり、日常的に渋滞が発生している。交通渋滞の発生を防止するためには、道路を増やせばよい。しかし道路の増大は居住地の削減を意味する。このトレードオフを前提とした平衡点が重要なのである。田口[1]では、直線距離を前提として、都市中心からの道路面積率を計算している。

本研究では稠密な放射・環状道路網を有する円形都市を仮定し、交通需要を円滑に通過させるという制約下での理想的な居住地と道路の配分割合を考察する。具体的には以下を想定する：

- 人々は自動車によって放射・環状路での最短経路を移動する。
- 都市内の人々の移動の発生は距離や時間に依存せず、都市全体で一定である。
- 居住地と道路は同一平面にある。

結論として以下の新たな指針を示す：

- 都市中心部に非居住地域を設けることが、渋滞解消の手段となりうる。ただし中央環状路は膨大となる。
- 高架環状路の設置により中央環状路の幅員を抑制できるが、両環状路の幅員合計はほぼ一定である。

2. 都市の概形

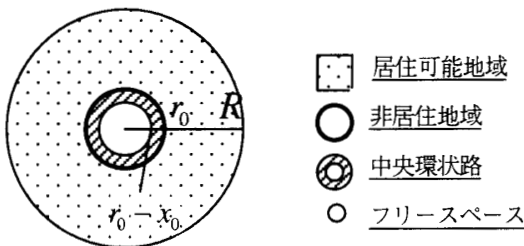


図1 都市の概形

放射・環状道路網の持つ特性として、都市中心部の交通量が周辺地域に比べて格段に多い。そのため中心部の近傍を全て道路用途に利用しても交通需要を処理できない。

そこで半径 R [km] の都市の中心部に、半径 r_0 [km] の同心円の非居住地域を設ける。半径 r_0 の内側に幅員 x_0 [km] の中央環状路を設け、その内側の半径 $r_0 - x_0$ [km] の円盤はフリースペースとし、居住地や道路は存在しない。中央環状路は、起・終点のなす角が 2rad 以上のトリップにおける中心部の交通を処理することになる。

3. 定式化

まずほぼ[1]と同様に次を定義する。

- b = (起・終点を行き来する頻度) [台/(人²・h)]
 $= b_0 N^{-\gamma}$ (b_0, γ は正のパラメータ)
- N = (都市人口) [人]
- c = (単位幅員、時間当たり通行台数) [台/(km・h)]
- $\rho(r)$ = (半径 r でのネットの人口密度) [人/km²]
 $= \rho_0 \exp(-\alpha r)$
- ρ_0 = (都市中心部でのネットの人口密度) [人/km²]
- α = (人口減衰のパラメータ) [1/km]
- $f(r)$ = (都市中心から距離 r での居住面積率)

半径 r ($r_0 < r \leq R$) でその内側に微小幅 dr をもつ円環領域 C を考える。交通需要を満たす条件は、中心からの距離 r では次が成立しなければならない：

$$\begin{aligned} \text{(実)道路面積} &\geq \\ &C \text{ 内総走行距離 } L(r) \times 1 \text{ 台当たり道路幅員 } c^{-1} \\ &(\text{= 渋滞回避に必要な道路面積}). \end{aligned} \quad (1)$$

居住地と道路の配分が最適となるのは、(1)式が等号を満たすときである。これは(2)式で表される：

$$2\pi \cdot r(1-f(r))dr = c^{-1} \cdot L(r) \quad (dr \rightarrow 0),$$

$$1-f(r) = \frac{4b_0}{c \cdot r} \left\{ 2\pi \int_{r_0}^R g(s) ds \right\}^{-\gamma} h(r) \int_r^R g(s) ds. \quad (2)$$

ただし $g(r)$, $h(r)$ は次の通りである：

$$g(r) = \rho(r) f(r) r, \quad (3)$$

$$h(r) = \pi \int_{r_0}^r g(s) ds + (\pi - 2) \int_r^R g(s) ds + 2g(r)r. \quad (4)$$

境界条件より、次を定義する：

$$f(R) = 1. \quad (5)$$

都市人口は次の通りである：

$$N = 2\pi \int_{r_0}^R g(r) dr. \quad (6)$$

(4)式第1,2項が放射路を、第3項が環状路を表すので、環状道路率 $lp(r)$ は次の通り表される：

$$lp(r) = \frac{2g(r)r(1-f(r))}{h(r)} \quad (7)$$

中央環状路の幅員 x_0 は(1)式同様の条件より、次の通りに計算される：

$$x_0 = \frac{(\pi^2 - 4)b_0 N^{2-\gamma}}{4\pi^2 c} \quad (8)$$

4. 計算方法

(2), (5)式の解析解を得るのは難しいので、数値的に解く。図2のように節点を取り、各節点における関数値をパラメータとする折れ線関数を $f(r)$ の近似関数とする。この近似関数を(2)式に代入し、変形の正割法にて近似解を得る。なお中心付近の2節点の間隔を微小にとり、その関数値は等しいものとする。計算には MATHEMATICA Ver.4.1 を用いた。

結果を図3左列に例示する。このように中心での放射道路率が極端に大きくなるのである。

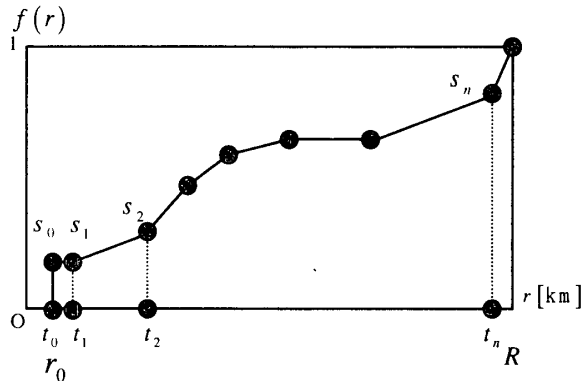


図2 $f(r)$ の近似関数とする折れ線関数

5. 高架環状路の導入

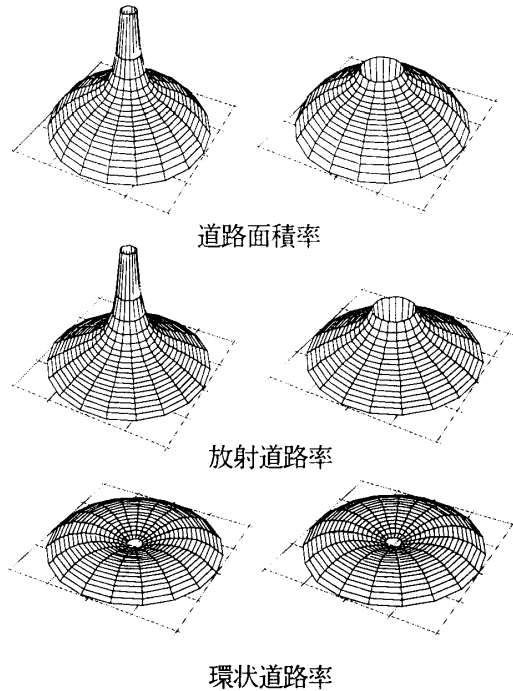
前節での中心部の過大な交通量を抑制するために、中央環状路に加えて新たに半径 r_1 の高架環状路を1本設置してみよう。その際以下の条件を想定する。

- 移動の起・終点がともに高架環状路の外側にあるときは、高架環状路の内側を通過してはならない。
- これは、都心部での通過交通を排除する規制を意味している。定式化の手順は3節と同様なので割愛する。このとき中央環状路と高架環状路の幅員の合計は、次の通りとなる：

$$x_0 + x_1 = \frac{(\pi^2 - 4)b_0 N^{2-\gamma}}{4\pi^2 c} \quad (9)$$

(8)式と(9)式とでは、都市人口 N の値こそ異なるがほぼ等しくなる。つまり中央環状路と高架環状路に必要な幅員の合計は変わらないことを示している。これは高架環状路を複数本設置した場合にも同様である。

6. 計算例



左列：高架環状路なし 右列：高架環状路あり

図3 計算例

図3の計算例では、次の値を用いた。

$$R = 50[\text{km}] \quad r_0 = 2[\text{km}] \quad r_1 = 10[\text{km}] \quad b_0 = 5 \cdot 10^{-10}$$

$$\gamma = 0 \quad c = 300000[\text{台}/(\text{km} \cdot \text{h})] \quad \alpha = 0[1/\text{km}]$$

そして $N = 3 \cdot 10^7$ [人] を満たすように ρ_0 を設定した。

道路面積率、放射道路率は中心に近いほど大きい。環状道路率は、都市中心から離れた地域で最高値を取る。

高架環状路の導入により、道路面積率、放射道路率で、中心付近での値の減少が確認できる。環状道路率については、導入の影響がほとんど見られない。

中央環状路、高架環状路の幅員は次の通りである。

$$\begin{aligned} \text{高架環状路なし} \quad x_0 &= 0.223[\text{km}] \\ \text{高架環状路あり} \quad x_0 &= 0.0169[\text{km}], x_1 = 0.206[\text{km}] \end{aligned}$$

7. おわりに

本研究で算出した放射・環状道路率を基にした、新都市の放射・環状道路網の設計例を、当日発表する予定である。

参考文献

- [1] 田口東(1995)：都市空間の道路と住居への配分—交通渋滞のない円形都市モデル—, *Journal of the Operations Research Society of Japan*, Vol.38, No.4, pp.398-408.