

経路選択を考慮した放射環状道路網モデル

01606150 明海大学 三浦英俊 Hidetoshi Miura

1. はじめに

放射環状道路網を持つ円形都市内を移動する旅行者が2つの経路を選択できるモデルを作成し、全旅行者の平均移動時間が最小となる経路選択を求める。経路選択を組み込んだ数理モデルを用いて、都市内の道路の増加(減少)が与える交通量の地理分布の変化および平均移動時間への影響を考察し、道路網構造の変化と交通量の関係を議論する。

2. 放射環状都市モデルと平均移動時間の計算方法

無限に稠密な放射・環状道路網がある半径 R の円形都市を考える(図1)。都市内では交通が単位時間・単位面積²あたり一様に発生する。都市内の出発地を X 、目的地を Y とし、都心 O との距離をそれぞれ x, y とする。都心からの見込角の角度 $\angle XOY$ を θ と置く。 X, Y 間の移動経路は図1のように環状路利用経路(a)、または都心経由経路(b)のどちらかを利用するものとする。ただし経路(a)では x, y のうち小さいほうを与える X または Y を通る環状路を利用する。

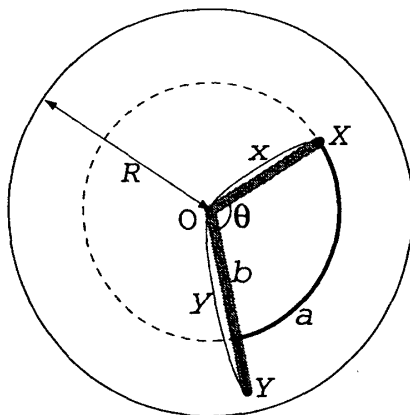


図1: X, Y 間の移動経路

次に旅行者全体の平均移動時間の算出方法について述べる。単位時間当たり都市全体で発生する交通量を N とする。 N のうち、角度 $\Delta\theta$ の扇形と内側半径 z 、外側半径 $z + \Delta z$ の薄いリングに切り取られた図形 K を環状路方向によぎる通過交通量を $q_k(z) \cdot \Delta z$ 、放射路方向によぎる交通量を $q_h(z) \cdot \Delta\theta$ とする(図2)。ここで $q_k(z)$ は環状路方向の単位長さあたりの断面交通量密度を表し、 $q_h(z)$ は放射路方向の1ラジアンあたりの断面

交通量密度を表す。また図形 K における環状路方向の通過時間を $t_k(z)$ 、放射路方向の通過時間を $t_h(z)$ とする。ただし $t_k(z)$ および $t_h(z)$ は、 K における通過交

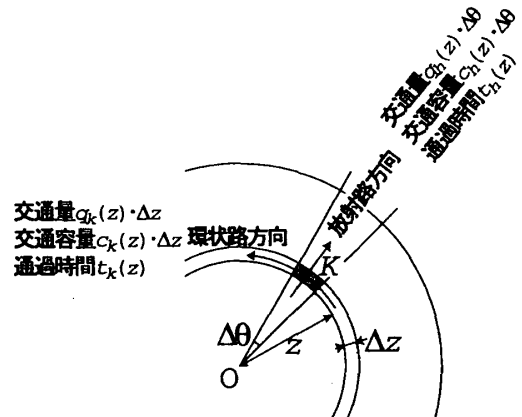


図2: 図形 K

通量密度 $q_k(z)$ および $q_h(z)$ によって決まると仮定し、米国道路局(U.S. Bureau of Public Road)が開発したBPR関数を用いて以下のように定める。ここで α, β は定数である。

$$t_k(z) = \frac{z\Delta\theta}{v_0} \left(1 + \alpha \left(\frac{q_k(z)}{c_k(z)} \right)^\beta \right) \quad (1)$$

$$t_h(z) = \frac{\Delta z}{v_0} \left(1 + \alpha \left(\frac{q_h(z)}{c_h(z)} \right)^\beta \right) \quad (2)$$

$t_k(z)$ における $z\Delta\theta/v_0$ 、 $t_h(z)$ における $\Delta z/v_0$ は K をよぎる旅行者がほかに1人もいない場合の通過時間を表す。 $c_k(z)$ は環状路方向の単位長さあたりの断面交通容量密度、 $c_h(z)$ は放射路方向の1ラジアンあたりの断面交通容量密度を表す。

単位時間当たり都市全体で発生する交通量 N のうち図形 K をよぎる交通に関する総移動時間 $t(z)$ は、

$$t(z) = t_k(z)q_k(z)\Delta z + t_h(z)q_h(z)\Delta\theta \quad (3)$$

と表される。よって交通量 N に関する平均移動時間 \bar{t} は、 $\Delta\theta \rightarrow 0, \Delta z \rightarrow 0$ として $t(z)$ を $0 \leq \theta \leq 2\pi, 0 \leq z \leq R$ の範囲で2重積分し、 N で除すことによって得られる。

3. 平均移動時間を最小にする経路選択の導出

2地点 X, Y 間の経路は環状路利用経路 (図 3(a)) と都心通過経路 (図 3(b)) のどちらかを選択する. 都心通過経路の選択確率を以下のように定める. I を定数として, 都市を幅 R/I の I 個のリングに分割して, 内側から r_1, r_2, \dots, r_I とする. 2地点 X, Y がリング r_i および r_j に所属し, 見込角 θ が $\pi(s-1)/m \leq \theta < \pi s/m$ (m は定数. $s = 1, 2, \dots, m$) の範囲内にある場合の環状路通過経路の選択確率は一定で $P_{i,j,s}$ とし, 都心利用経路の選択確率を $1 - P_{i,j,s}$ とする (図 3).

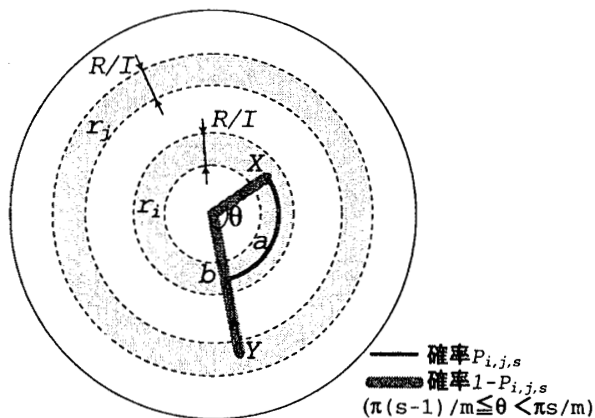


図 3: 都市の分割と経路選択確率

4. 計算例

経路選択確率 $P_{i,j,s}$ を変数として, 平均移動時間 \bar{t} の最小化問題を解く. パラメータを以下のように与える. $R = 10(\text{km})$, $N = 100,000(\text{人/時間})$, $v_0 = 60(\text{km/時})$, $m = 8$, $I = 3$ (リング数 3. 内側から都心リング, 中間リング, 郊外リングと称する), $\alpha = 0.44$, $\beta = 3.1$ (文献 [5] による). 以下のように道路の交通容量を変化させた. 得られた平均移動時間の最小値を \bar{t}^* とする.

- モデル I : すべての旅行者が放射環状道路網における最短経路 ($\theta < 2\text{rad}$ の場合は環状路利用経路, $2\text{rad} \leq \theta$ の場合は都心通過経路) を通る場合の通過交通量を交通容量として与える (モデル I-1 とする). このときの \bar{t}^* は 0.238 時間であった. 同様に交通容量がモデル I-1 の 75% の場合 (I-2) は $\bar{t}^* = 0.343$ 時間, モデル I-1 の 50% の場合 (I-3) は $\bar{t} = 0.788$ 時間であった. これら 3 つの計算例における経路選択は全て最短経路であった.
- モデル II-1 : モデル I-3 の交通容量に加えて, 断面交通量 10000 (人/時), 長さ $2R$ の道路に相当す

る交通容量を都心リングの放射路に加える. ただし増加容量は都心リングの全ての地点において一定となるように調整する. 同様に中間リングの放射路に加える場合を II-2, 郊外リングの放射路に加える場合を II-3 とする.

- モデル III-1 : モデル I-3 の交通容量に加えて, モデル II-1, 2, 3 と同じ交通容量を都心リングの環状路の交通容量に加える. 中間リングの環状路に加える場合を III-2, 郊外リングの環状路に加える場合を III-3 とする.

6 モデルの平均移動時間の最小値 \bar{t}^* を図 4 に示す. 紙面の都合上, 各モデルの経路選択確率 $P_{i,j,s}$ や交通量 $q_k(z)$, $q_h(z)$ は省略した. これら 6 つの計算例から, 放射路については都心に近い地域で増やすことが有効であり, 環状路であれば中間地域に増やすことが効果的であると言えるだろう.

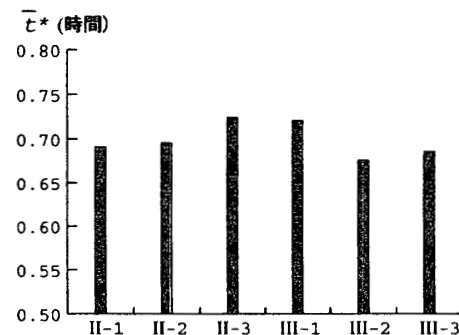


図 4: 最小平均移動時間 \bar{t}^*

参考文献

- [1] 大津 晶, 腰塚 武志 (1997): 都市域の交通流集中に関する数理的分析, 都市計画論文集, No.32, pp.133-138.
- [2] 田中健一, 栗田 治 (2001): 放射・環状道路網を有する扇形都市平面上の通過交通量の分布, 都市計画論文集, No.36, pp.865-870.
- [3] 小林 亨, 田口 東 (2001): 交通路と居住地の配分を考慮した都市の立体構造の分析, *Journal of the Operations Research Society of Japan*, Vol.44, No.3, pp.281-295.
- [4] 栗田 治 (2001): 放射・環状道路網を有する扇形都市平面上の通過交通量の分布, 都市計画論文集, No.36, pp.859-864.
- [5] 松井 寛, 山田周治 (1998): 道路交通センサスデータに基づく BPR 関数の設定, 交通工学, Vol.33, No.16, pp.9-16.