

# 放射・環状交通ネットワーク網での平均移動距離考察

01991450

福岡大学

\*李 明哲

LI Mingzhe

## 1 はじめに

都市のなかで、人々の車による平均移動距離に関する考察は都市交通システム全体の効率性の観点から考えて重要なのは勿論のこと、ガソリンなどエネルギーの消耗や排気ガスによる大気汚染などにも直接影響を与えるため、多くの関連研究が積極的に行われている。

本文は既存研究の流れに引き継ぎ、車による通勤を考慮した交通ネットワークモデルをもとに、放射路、環状路の数と平均移動距離との関係を定量的に導いてみる。また、Oyama, Taguchi[3][4]によって提案された最短経路数え上げ問題との関連についても調べてみる。

## 2 モデルの仮定

一般に、平均移動距離は対象となる交通ネットワーク網、交通の種類とそのOD分布によって定められる。

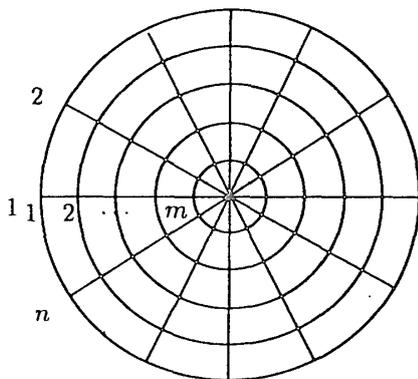


図1 交通ネットワークモデル

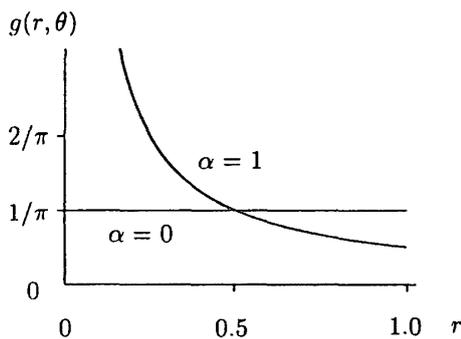


図2 Simple Power Model

われわれのモデルでは都市の形状は半径が1である単位円、道路交通網は都市のなかでそれぞれ均等に分けられた、 $m$  個の環状路と  $n$  個の放射路からなる理想的なものと仮定する(図1)。一方、交通の種類に関しては道路システムにもっとも影響を与える通勤交通を想定し、車による通勤者の居住分布と就業分布はそれぞれ Horwood[2]、Smeed[5] によって提案された、 $\alpha = 1$  の Simple Power Model に従うものとする。具体的に、Simple Power Model では確率密度関数は

$$g(r, \theta) = \frac{2 - \alpha}{2\pi r^\alpha} \quad (0 \leq r \leq 1, \alpha < 2) \quad (1)$$

で表されており、特に  $\alpha = 0$  の場合、関連研究では Smeed City とも呼ばれている(図2)。

上で述べられたモデルにおいて、平均移動距離は具体的に、車による通勤者の居住分布と就業分布を、放射路と環状路が交わる点を代表点とする点集合に集約させ、すべてのトリップは一つの代表点から出発し、もう一つの代表点で終了するものと仮定して算出する。ここで、一人の車による通勤者の居住地や就業地を表す代表点は、この通勤者の居住地あるいは就業地からまず環状方向、続いて放射方向に沿って移動した場合、最短移動経路となるものを選ぶとする。また、円形都市中心及び円形都市境界での点集合における通勤者数(出発、終了)についても少々調整を加える。実際に、Blumenfeld[1]の Bristol, London などにおける実例からも検証されたように、Simple Power Model は中心部と境界部においては現実データとズレが生じるため、この種の調整は、マクロ的観点から実際の都市交通システムの本質をより正確に捉える意味でも、妥当であると考えられる。

$\alpha = 1$  のとき、Simple Power Model において、中心から  $r$  離れている幅  $\Delta r$  の環状地域内での、車による通勤者数は居住、就業ベースともに

$$\int_r^{r+\Delta r} \int_0^{2\pi} g(r, \theta) r d\theta dr = \Delta r \quad (2)$$

と、 $\Delta r$  だけに依存するものの、 $r$  とは関係ないことから、円形都市の中心と一番外の環状路上の点集合における通勤者総数(出発、終了)は、その他のいずれかの環状路上の点集合での通勤者総数の半分になることと、中心と一番外の環状路での点集合を除く、円形都市内での各代表点における通勤者数(出発、終了)は一様であること(一番外の環状路上の各代表点の通勤者数はちょうどその半分)が導かれる。

### 3 最短経路数え上げ問題との関連

最短経路数え上げ問題はさまざまな特徴をもつネットワーク網を対象に提案されたものであり (Oyama, Taguchi[3][4])、その有効性は東京などの諸都市においても実証され、最近はこの分野では連結安定性などの関連研究が盛んに行われている。図1で述べられた交通ネットワーク網を例に最短経路数え上げ問題を説明すると要するに、中心を含む各代表点からその他の代表点に向けて、それぞれ1単位の交通が唯一の最短経路に沿って発生したとすると、各道路セグメント (道路の隣接している代表点の間の部分) の交通量を、その重要度を表す指標として導くものと考えてよい。

すると、最短経路数え上げ問題は前節で述べられたモデルにおいて、中心と一番外の環状路上の各代表点における通勤者数をその他の各代表点の通勤者数と等しくなるよう調整を行ったケースに相当することがわかり、この種のモデルにおける道路セグメントの定量的評価にも使えるものと思われる。

### 4 交通ネットワーク網での平均移動距離

実際に、都市では中心部は就業地、周辺部は居住地が密集しているため、本モデルでもこれを反映する形で、居住に関しては、中心の通勤者数が0、一番外の環状路上の各代表点の通勤者数はその他のところの代表点の通勤者数と同じであるよう調整を行い、一方、就業に関しては、一番外の環状路上の各代表点の通勤者数は0、中心の通勤者数はその他のいずれかの環状路上の点集合での通勤者総数に等しいと仮定して、計算を進めていくことにする。

以上の準備を経て、都市内の車による通勤者数が  $N$  であると、これらの通勤者の出勤状況を想定すると、 $k$  番目の環状路上の各代表点では出勤者数はそれぞれ  $\frac{N}{m}$  人割り当てられ、これらの出勤者の交通ネットワーク網での平均移動距離

$$d_k = \frac{1}{2m^2} [(k-1)(k-2) + (m-k+1)(m-k+2)] + \frac{(m-1)}{m} P \quad k = 1, 2, \dots, m \quad (3)$$

が導かれる。ここで、

$$P = \frac{1}{n} \left[ \frac{\pi}{n} p(p+1) + (n-2p-1) \right] \quad (4)$$

であり、 $p$  とは交通ネットワーク網のなかで、ラジアン2の範囲に含まれている放射路の数のことである。

よって、本交通ネットワークモデルでの、車による通勤者一人あたりの平均移動距離も次のように得られる：

$$d = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^m \frac{N}{m} d_k = \frac{1}{3} + \frac{2}{3m^2} + \frac{(m-1)}{m} P \quad (5)$$

一方、 $P$  について詳しく考察すると、その値の範囲が

$$1 - \frac{1}{\pi} - \frac{\pi}{4n^2} \leq P \leq 1 - \frac{1}{\pi} \quad (6)$$

であることがわかり、平均移動距離も

$$A - \frac{\pi(m-1)}{4n^2m} \leq d \leq A \quad (7)$$

の間で変動することがわかる。ここで、

$$A = \left( \frac{4}{3} - \frac{1}{\pi} \right) - \left( 1 - \frac{1}{\pi} \right) \frac{1}{m} + \frac{2}{3m^2} \quad (8)$$

である (図3)。

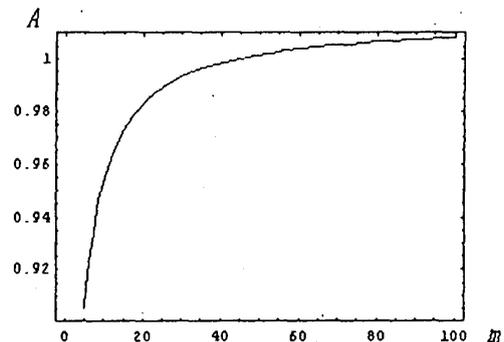


図3 平均移動距離の近似値

### 5 おわりに

本文では車による通勤を考慮し、交通ネットワーク網での平均移動距離を数理的に導出した。また、提案されたモデルの、既存関連研究との関係についても調べてみた。数値計算や詳しい分析などは発表時に取り上げる予定である。

本研究は文部省科学研究費 (基盤研究 (B)14380196) の援助を受けて行なわれた。ご指導ご助言いただいた代表者の伏見正則先生をはじめ分担者の先生方に深く感謝いたします。

### 参考文献

- [1] Blumenfeld, D. E.: *Effects of Road System Designs on Congestion and Journey Times in Cities*. PhD Thesis, Transport Studies Group, University College, London, 1972.
- [2] Horwood, E. M.: A Three-dimensional Calculus Model of Urban Settlement. *Highway Research Board Bulletin*, No.347, 143-146, 1962.
- [3] Oyama, T. and Taguchi, A.: Some Theoretical Results on the Shortest Path Counting Problem. 日本OR学会春季研究発表会アブストラクト集, 102-103, 1991.
- [4] Oyama, T. and Taguchi, A.: Further Results on the Shortest Path Counting Problem. 日本OR学会秋季研究発表会アブストラクト集, 166-167, 1991.
- [5] Smeed, R. J.: The Road Space Required for Traffic in Towns. *Town Planning Review*, Vol.33, 3-16, 1963.