

平均移動距離からみる円形都市の就業地と住宅地

01991450

福岡大学

* 李 明哲

LI Mingzhe

1 はじめに

都市のなかの人々の平均移動距離は、都市を反映するひとつの重要な指標であることから、最近では都市計画分野において多に注目を浴びている。関連研究のごく一部として、例えば、腰塚¹⁾、栗田、腰塚²⁾、Li⁴⁾、三浦、腰塚⁵⁾などが挙げられる。このような研究の流れを踏まえ、本文では渋滞の発生がもっとも激しい通勤交通を対象に、李³⁾で述べられたモデルを借用し、このモデルに基づいて円形都市(就業地、住宅地)における平均移動距離を求めてみる。また、これらの理論的結果を用いて、平均移動距離の観点から都市の就業地と住宅地について比較を行ない、それぞれの地域での交通網に対する需要や混雑に関する簡単な議論も行なってみる。

2 モデルの仮定

われわれは対象となる円形都市モデル(李³⁾)を次のように定める：

1. 半径が R である円形都市が図1のようにふたつのゾーン、半径が r である円形就業地とそれを取り巻くドーナツ形の住宅地に分けられる。
2. 車の通勤とは、ふたつのゾーンの間、すなわち円形就業地と環状住宅地の間での通勤者の車による行き来を指す。
3. 車を通勤に使う就業者は円形就業地のなかに密度 ρ' で一様に分布している。
4. 道路網は無数の放射・環状ネットワークから構成されている。
5. 車を通勤に使う就業者は出勤や退勤時、全員就業地と住宅地の間を放射・環状道路網に沿って最短距離で通うものとし、ひとりの通勤者が住宅地内の一点に向かう確率は環状住宅地内の一様分布に従うものとする。

このモデルは Li⁴⁾ より若干拡張されたものである。すなわち、円形都市モデルの対象を円形就業地から円形都市全体に拡大したうえ、車を使って通勤する就業者の環状住宅地での居住分布状況を加えたものである。上の仮定で、1.~3. は奥平⁶⁾ でよく用いられている概念である。一方、東京を含む数多くの大都市は近似的に4. で述べられた道路構造をもっている。また、5. の道路利用者(通勤者)の経路選択基準はごく常識的な行動パターンである。よって、本モデルに基づく理論的考察は比較的に現実的であると考えられる。

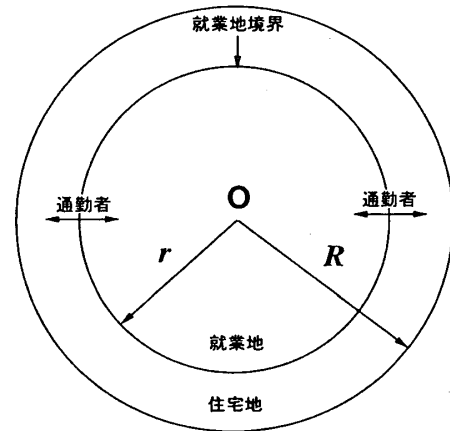


図1 円形都市モデル

3 円形都市での平均移動距離

まず、円形就業地のなかの1点と環状住宅地のなかの1点の間を放射・環状ネットワークに沿って移動するときの最短経路を導く。図2に注目すると、中心 O から x 離れている就業地のなかの A と、 ρ 離れている住宅地のなかの B の間の最短距離 $g(x, \rho, \theta)$ は次のようになることがわかる。

$$g(x, \rho, \theta) = \begin{cases} (\theta - 1)x + \rho & (\theta \leq 2, A - O' - A' - B) \\ x + \rho & (\theta \geq 2, A - O - A' - B) \end{cases}$$

ここで、 θ ($0 \leq \theta \leq \pi$) は放射線 OA と OB が成す角度である。

次に、中心 O から x だけ離れているところの就業者が車を使って通勤するとき、円形都市内での移動距離の平均値を計算する。就業地のなかのひとりの通勤者が住宅地のあるところに向かう確率分布は環状住宅地の一様分布に従うため(第2節の仮定5.)、その密度関数は

$$f(\rho, \theta) = \begin{cases} \frac{1}{\pi(R^2 - r^2)} & (r \leq \rho \leq R) \\ 0 & (\text{その他}) \end{cases}$$

である。

すると、円形都市モデルの構造の対称性から、中心 O から x だけ離れているところの就業者が出勤や退勤のとき、円形都市内での移動距離の平均値は

$$E[g(x, \rho, \theta)] = \iint_D f(\rho, \theta)g(x, \rho, \theta)dD$$

$$= (1 - \frac{2}{\pi})x + \frac{2(R^2 + r^2 + Rr)}{3(R+r)}$$

となる。ここで、 D は環状住宅地域を表している。

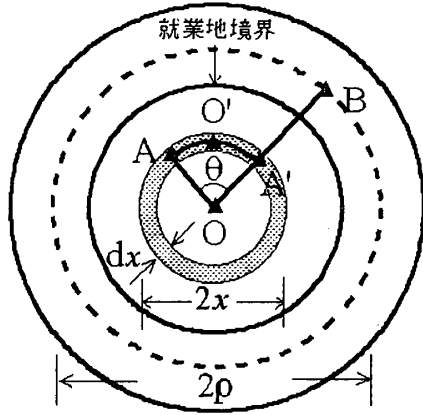


図2 円形都市での平均移動距離

最後は、ひとりの通勤者の円形都市での平均移動距離を求める。車を使って通勤する就業者は円形就業地のなかに密度 ρ' で一様に分布しており(第2節の仮定3.)、中心 O から x だけ離れたところのごく狭いリング状の部分にいる $2\pi\rho'xdx$ の就業者は円形都市内で通勤者として平均 $E[g(x, \rho, \theta)]$ の距離を移動するため、就業地全域の通勤者に対する円形都市内での移動距離平均値の総和は

$$\int_0^r 2\pi\rho'xE[g(x, \rho, \theta)]dx = \frac{2}{3}\rho'r^2[2(\pi-1)r + \frac{\pi R^2}{(R+r)}]$$

となる。

結局、就業地内では全部で $\pi\rho'r^2$ の就業者がいるため、ひとりの通勤者が円形都市のなかで放射・環状ネットワークに沿う平均移動距離は

$$d = \frac{\int_0^r 2\pi\rho'xE[g(x, \rho, \theta)]dx}{\pi\rho'r^2}$$

$$= \frac{2}{3}[2(1 - \frac{1}{\pi})r + \frac{R^2}{(R+r)}]$$

となる。

一方、円形都市における円形就業地、環状住宅地での平均移動距離についても類似の手法を使って導くことが可能である。計算の結果、

$$d_{就} = \frac{(5\pi - 4)}{3\pi}r$$

$$d_{住} = \frac{1}{3}[1 + \frac{R}{(R+r)}](R-r)$$

が得られる。

4 円形都市での平均移動率

本節で、環状地域における平均移動率の概念を定義する。なお、円形地域についてはひとつの特殊な環状地域として考慮する。すると、

$$\text{平均移動率} \phi = \frac{\text{環状地域での平均移動距離}}{\text{環状地域の幅}}$$

道路網についてグラフ論的考察を行う際、上の指標は交通網に対する需要や混雑などの状況を反映するひとつの尺度である。一般的に、この指標が大きくなればなるほど、道路利用者の平均移動時間は長くなって交通網に対する需要が高く、混雑も激しくなることが予想される。

前節で得られた $d_{就}$ 、 $d_{住}$ の与えから、円形都市における就業地、住宅地の平均移動率はそれぞれ $\phi_{就} \approx 1.24$ 、 $\phi_{住} \leq \frac{2}{3}$ になることがわかる。これは、円形都市の中心部である就業地地域がその周辺地域より交通網に対する需要が高く、混雑も激しいことを暗示している。実際に、東京などの大都市では中心部が比較的混んでいると言われており、その意味でここで与えられた結果はひとつの側面から、このような都市の道路混雑状況を理論的に反映したものと考えられる。

5 おわりに

本文では、車による通勤交通を考慮し、就業者の円形都市(就業地、住宅地)での平均移動距離を数理的に導出した。一方、環状地域の平均移動率という概念を定め、円形都市における就業地と住宅地での、交通網に対する需要や混雑などについても単純な解釈を行なった。ここで得られた結果が東京などの大都市における実際の道路交通状況を反映できたことはまた、李³⁾で提案したモデル及び、本文で定義した平均移動率の概念の妥当性を示している。

本研究は文部省科学研究費(基盤研究(B)11480091)の援助を受けて行なわれたものであり、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感謝いたします。

参考文献

- 1) 腰塚武志: 地域内距離. 日本オペレーションズ・リサーチ学会論文誌, Vol.21, 302-319, 1978.
- 2) 栗田 治, 腰塚武志: 領域間平均距離の近似理論とその応用. 日本都市計画学会学術研究論文集, Vol.23, 43-48, 1988.
- 3) 李 明哲: 通勤交通に要する円形都市の道路面積. 日本都市計画学会学術研究論文集(投稿中).
- 4) Li, M. Z: The Average Travelling Distance of a Car Commuter in a Working Area with Radial-Circular Road Network. *OR TRANSACTIONS*, Vol.4, 27-31, 2000.
- 5) 三浦英俊, 腰塚武志: 不定領域における距離分析の近似算法. 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, 64-65, 1993.
- 6) 奥平耕造: 『都市工学読本』. 彰国社, 1976.