1999年度日本オペレーションズ・リサーチ学会
秋季研究発表会

通勤交通のための放射・環状就業地の道路面積

01991450 福岡大学 李 明哲 LI Mingzhe
01501020 東京大学 伏見正則 FUSHIMI Masanori

1 はじめに

都市工学では一般的にひとつの都市を図1のようにふたつのゾーン、就業地と住宅地に分ける。このような都市に住んでいる通勤者は、早朝は住宅地から就業地に向かう一方、夕方は就業地から住宅地に戻るのが普通である。またこれに伴って、都市就業地では出勤や退勤などの通勤時間帯に交通量がもっとも大きく発生する。言うまでもなく、都市就業地での通勤ラッシュの円滑化を確保するためにどれくらいの面積を道路に使わなければいけないのか、いわゆる道路面積確保問題を検討することは都市計画分野において大きな意味をもっている。

奥平 [2] では円形就業地をもつ円形都市を想定し、伊藤 [5] の流動線面積という考え方をもとに、放射・環状ネットワークで交通渋滞のない状態を実現するための交通路面積を数理的に求めた。奥平モデルは、円形就業地に n 本の放射路が存在し、ひとりの通勤者は環状路に沿っていちばん近い放射路まで移動してから放射路を使って就業地を抜け出す、と仮定して議論を行なっている。しかし、このような道路利用者の経路選択は現実性に難点があると思われるので、修正を加える必要がある。

本文ではこのような現状を踏まえ、車を使った移動を対象に、より現実的なモデルを定式化したうえ、通勤交通による放射・環状就業地道路面積の理論的導出を試みた。

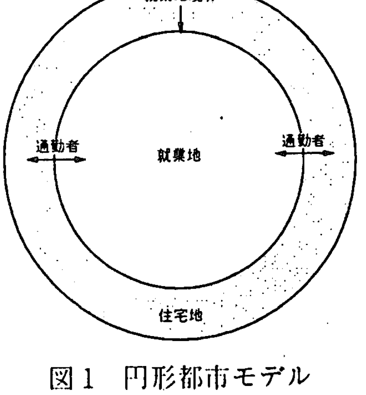

図1 円形都市モデル

2 準備

2.1 モデルの仮定

1. 車を通勤に使う就業者は半径が r である円形就業地のなかに密度 ρ で一様に分布している。
2. 車を通勤に使う就業者は出社や退勤時、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、ひとりの通勤者が就業地境界の一点を通る確率は就業地境界上の一様分布に従うものとする。
3. 円形就業地において、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。

上の仮定で、1. は奥平 [2] でよく用いられる概念である。一方、2. の通勤者経路選択基準はごく常識的な行動パターンである。また、東京を含む数多くの大都市は近似的に 3. で述べられた道路構造をもっている。よって、本モデルに基づく理論的考察は奥平モデルよりは現実的であると考えられる。

下節から記述上の便利のため、車による通勤者及び車を使って通勤する就業者のことを単に「通勤者」、「就業者」と呼ぶことにする。

2.2 流動線面積の概念

流動線面積というのは、車が移動するときに必要となる文字どおり面積であり、単位時間の間のどこかで始点から終点まで移動した一台の車に対して、その移動距離と単位時間の間の車が通るために必要な幅の積として表される。

例えば、就業地ではラッシュが1時間にわたるとする。また、就業地のなかの道路では1車線、幅員3m で900台の車が走れるとする。このとき、車1台当たりに必要な幅は $a = \frac{1}{300}$ となり、要求される時間内に単位幅あたり移動可能な車の量は $c = 300$ となる。そして、ある車がラッシュの間に就業地内の道路を3,000m 走ったとすると、その流動線面積は $3,000 \times \frac{1}{300} = 10\mathrm{m}^2$ となる。このように流動線面積の概念から出発して、ある領域に必要な道路面積はそのなかで移動した車の流動線面積の総和として導出することができる。

3 道路面積

まず、円形就業地のなかの1点と就業地境界上の1点の間を放射・環状ネットワーク網に沿って移動するとき、どのような経路が最短となるかを調べる。図2に注目してみると、中心 O から x 離れている A と、r 離れている B の間の最短距離 $g(x)$ は次のようになることがわかる。

$$g(x) = \begin{cases} (\alpha - 1)x + r & (\alpha \le 2, A - O' - A' - B) \\ x + r & (\alpha \ge 2, A - O - A' - B) \end{cases}$$

ここで、α $(0 \le \alpha \le \pi)$ は放射線 OA と OB が成す角度である。この計算は簡単であるため、ここでは導出過程を省略しておく。なお、詳細については Li and Fushimi[1]、Oyama and Taguchi[3][4] を参照してもらいたい。

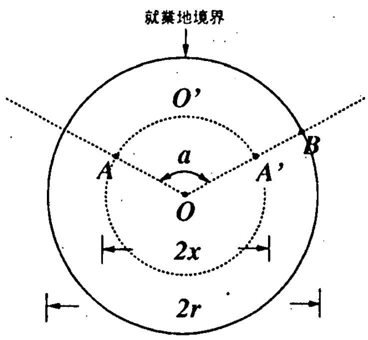

図2 放射・環状ネットワークでの最短移動距離

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、就業地内での移動距離の平均値を求める。前節の仮定2.からわかるように、就業地のなかのひとりの通勤者にとって、就業地境界上のあるところを通る確率分布は密度関数 $f(\theta) = \frac{1}{2\pi}$ に従う。すると、この通勤者と時計回り、反時計回りで同じ角度をもつ就業地境界上の両点は対称的な構造をもっており、それぞれこの通勤者との間の移動距離は等しいことから、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、就業地内での移動距離の平均値は

$$\begin{aligned} E[g(x)] &= \int_0^{2\pi} f(\theta) g(x) \mathrm{d}\theta \\ &= \frac{1}{\pi}\{\int_0^2 [(\theta - 1)x + r]\mathrm{d}\theta + \int_2^{\pi}(x + r)\mathrm{d}\theta\} \\ &= (1 - \frac{2}{\pi})x + r \end{aligned}$$

となる。

最後は、通勤者による放射・環状就業地での道路面積を導く。図3において、中心 O から x だけ離れたところでごく狭いリング状の部分には $2\pi x \mathrm{d}x$ の面積があり、就業者の密度を ρ とすれば $2\pi\rho x \mathrm{d}x$ の就業者がいる。これらの就業者が通勤者として就業地内で移動する距離の平均値は上で求めた通りであり、一台の車に一人しか乗らないとし、車が通るために必要な幅を a とすれば、就業地全域の就業者が就業地内で通勤のために占める道路面積の総和は

$$\begin{aligned} \int_0^r 2\pi a\rho x E[g(x)]\mathrm{d}x &= \int_0^r 2a\rho x[(\pi - 2)x + \pi r]\mathrm{d}x \\ &= \frac{(5\pi - 4)}{3} a\rho r^3 \end{aligned}$$

となることがわかる。

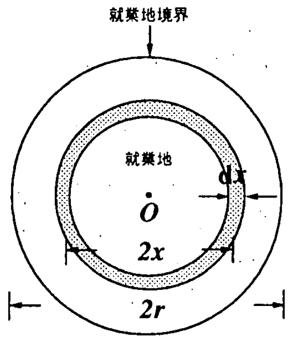

図3 放射・環状就業地解析図

4 おわりに

本研究では車による移動を対象に、簡単なモデルを定式化したうえ、通勤者の放射・環状就業地での道路面積を数理的に導いた。ここで得られた理論的結果を、都市計画分野の交通路配分に関する予備的解析のなかのひとつのツールとして加えることは有効であると考えられる。

今後の課題としては、合理的パラメータの同定、現実問題への適用などが残されている。

参考文献

[1] Li, M. Z. and M. Fushimi: The SPCP on Two Relaxed Special-type Networks. *Zeitschrift für Angewandte Mathematik und Mechanik*, Vol.76(S2), 595-596, 1996.

[2] 奥平耕造:『都市工学読本』. 彰国社, 1976.

[3] Oyama, T. and A. Taguchi: Further Results on the Shortest Path Counting Problem. 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, 166-167, 1991.

[4] Oyama, T. and A. Taguchi: On Some Results of the Shortest Path Counting Problem. 日本オペレーションズ・リサーチ学会春季研究発表会アブストラクト集, 102-103, 1991.

[5] 伊藤通畦:『都市の生態と計画』. 技報堂, 1961.