Ⅳ-136　交通ネットワーク均衡問題を導入した土地利用計画

信州大学工学部　学生員　○朴　仁洪

信州大学工学部　正員　奥谷　巖

1. まえがき

都市空間を計画または予測を行なう場合，土地利用と交通ネットワークが、相互に深く関連していることを考慮されねばならない。なぜなら，あるOD間の交通量は、その交通発生ゾーンと吸引ゾーンの社会経済システム，言いかえるなら土地利用状態に依存している。あるゾーンの立地量が増大することにより発生吸引交通量が増大することは、極自然に推察されることである。

また土地利用アクティビティは、その立地選好において，一般的に最も重大な要因のひとつである時間距離が短縮できるゾーンに立地する傾向にある。

本研究では、土地利用状況推定に対する効用を評価基準とした数理計画モデルを提案し，従来からよく知られている交通ネットワーク均衡需要モデルとを時間距離に注目して結びつけ，土地利用と交通の相互関係を考慮した土地利用計画手法を構築した。

2. 土地利用推定モデル

都市内の効用トータルが、最大になるように各アクティビティーは、立地するするものと仮定する。各アクティビティーの立地選好における要因は、様々なものを考えることができるが，ここでは、その要因を，ゾーンからCBDまでの時間距離と，そのゾーンにおける地価，そして各アクティビティー自体の立地量(つまり同種アクティビティーの集積による効用増大)を考える。

ひとつの効用関数に，時間距離と地価を混在させるということはせず，本研究では、効用を一般的に減少せしめる地価に関して，別に非効用関数として定義した。

次式のような目的関数$\theta(x)$を最大にする数理計画問題を提案する。

$$\theta(x)=\sum_{i=1}^{n}\sum_{p=1}^{m}\int_{0}^{x_p^i}U_p^i(x)dx-\sum_{p}^{m}\int_{0}^{X_p}G_p(z)dz \longrightarrow max$$

制約条件：
$$x_p^i \geqq 0 \quad\text{―――①}$$
$$X_p=\sum_{i=1}^{n}x_p^i \qquad (i=1.2.3.\cdots\cdots,n\quad;p=1.2.3.\cdots\cdots,m)\quad\text{―――②}$$

i：アクティビティを示す添字　　　p：ゾーンを示す添字

x_p^i：ゾーンpにおける，アクティビティーiの立地量

X_p：ゾーンpにおける全立地量

U_p^i：ゾーンpにおけるアクティビティーiの効用関数。同種アクティビティーの集積に比例し，CBDまでの時間距離に反比例するような関数。

EX.　$U_p^i(x)=\alpha x/t^{\beta}+\gamma$　　α,β,γは定数。t_pは，ゾーンpからCBDまでの時間距離。

目的関数$\theta(x)$を制約条件①②のもとで最大にする条件は，Kuhn Tucker条件より，次式。

$$x_p^i=0 \qquad \frac{\partial\theta}{\partial x_p^i}=U_p^i(x_p^i)-G_p(X_p)\leqq 0 \quad\text{―――③}$$

$$x_p^i > 0 \qquad \frac{\partial \theta}{\partial x_p^i} = U_p^i(x_p^i) - G_p(X_p) = 0 \qquad \text{④}$$

3. 交通ネットワーク均衡モデルによる分布、配分交通量の推定

交通ネットワーク均衡問題を最初に数理最適化手法を導入して解いたのは、Beckmannであり、このモデルによって得られた配分交通量は、Wardropの原理を満たしているのは、よく知られていることである。

この数理計画モデルは、次のような目的関数S(f)を最小にする問題である。[1,2]

$$S(f) = \sum_{j=1}^{M} \int_0^{f_j} C_j(f)\,df - \sum_{p}^{P}\sum_{q}^{Q} \int_0^{g_{pq}} g_{pq}^{-1}(g)\,dg \longrightarrow \min$$

制約条件：$\sum\sum \delta_{jr}^{pq} x_j^{pq} = f_j$ ―――― ⑤　　$\sum_r x_r^{pq} = g_{pq}$ ―――― ⑥

$x_r^{pq} \geqq 0$ ―――― ⑦

j：リンクを示す添字

p, q：ゾーンを示す添字　（$p = 1, 2, 3, \cdots\cdots, P$　；$q = 1, 2, 3, \cdots\cdots, Q$）

r：経路を示す添字

f_j：リンクj上の交通量　（$j = 1, 2, 3, \cdots\cdots, L$）

δ_{jr}^{pq} $\begin{cases} 1：ゾーン\,p,\,q\,間の\,r\,番目利用経路上にリンク\,j\,がある時 \\ 0：\qquad\qquad〃\qquad\qquad ない時 \end{cases}$

g_{pq}：ゾーンp, q間の総交通量

x_r^{pq}：ゾーンp, q間におけるr番目の経路交通量

$C_j(f)$：走行時間関数

g_{pq}^{-1}：逆需要関数

目的関数S(f)が、制約条件⑤⑥⑦の下で最小になる条件は、Kuhn Tucker条件より次式となる。

$$x_r^{pq} = 0 \qquad \frac{\partial S(f)}{\partial x_r^{pq}} = \sum_j \delta_{jr}^{pq} C_j(f_j) - g_{pq}^{-1}(g_{pq}) \geqq 0 \qquad \text{⑧}$$

$$x_r^{pq} > 0 \qquad \frac{\partial S(f)}{\partial x_r^{pq}} = \sum_j \delta_{jr}^{pq} C_j(f_j) - g_{pq}^{-1}(g_{pq}) = 0 \qquad \text{⑨}$$

4. 土地利用推定モデルと分布、配分交通量推定モデルとの結合

次式のように仮定された関係式より、土地利用推定モデルによって得られた立地量から、発生吸引交通量がもとめられる。　$O_p = \sum_{i=1}^{n} x_p^i \eta^i$ ―――― ⑩　　$D_q = \sum_{i=1}^{n} x_q^i \rho^i$ ―――― ⑪

O_p、D_qは、それぞれ発生、吸引交通量、η^i、ρ^iは、アクティビティー一単位あたりの発生、吸引交通量である。

このO_p、D_qより得られた逆需要関数を分布、配分交通量推定モデルにおいて用いる。その結果得られた分布、配分交通量により時間距離をもとめ、この時間距離を土地利用推定モデルにフィードバックしてやる。

このようなループをxが収束するまで行なう。

以上のように本モデルで得られた都市空間は、立地量配分においても交通量配分においても均衡状態にあると思われる。

参考文献　1) Beckmann, M. J., C. B. McGuire and C. B. Winston ; Studies in the Economics of Transportation

2) 加藤晃、宮城俊彦、吉田俊和：交通分布・配分統合モデルとその実用性に関する研究　交通工学 VOL. 17　No. 6　1982