

土地利用—交通統合モデルの岐阜市への適用

岐阜大学 正員 宮城俊彦

岐阜大学 学生員 加藤人士

岐阜大学 学生員 水口晴明

1. はじめに

土地利用と交通の相互作用の重要性は早くより指摘されており、1960年代初頭のLowryモデル以来これを表現したいくつかのモデルがつくられ、研究が進められてきた。これらの研究を集大成したものがISGLUTI (the International Study Group on Land-Use/Transportation Interaction) によって報告されている。

土地利用—交通相互作用モデルの中で、交通ネットワーク均衡モデルと土地利用モデルを統合し、単一の数理計画問題として記述するアプローチを特に統合モデルアプローチと呼ぶことにする。本研究で提案するモデルはこの流れをくむものであり、基礎的産業部門従業者数を与件とし、人口変数、地価、トリップ数を内生的に求めることができる。

2. モデルの概要

図-1が、本研究で用いる土地利用—交通統合モデルの相互作用の概念である。ゾーン間所要時間を介して活動配分サブモデルと交通ネットワーク均衡サブモデルが相互に作用しあう構造になっている。

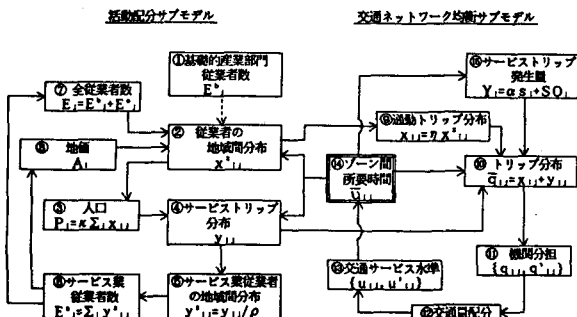


図-1 土地利用と交通の相互作用

3. 数理最適化問題としての定式化

上図に示した交通需要モデル、機関分担関数、ネットワーク均衡条件式を得ることは、次に示す数理最適化問題を解くことと等価である。

等価な数理最適化問題

$$[P] \min Z(s, P, x, y, \bar{q}, q, q', h) \\ = \Phi_1(s, P) + \Phi_2(x, y) + \Phi_3(\bar{q}, q, q') + \Phi_4(h)$$

s. t.

$$\begin{aligned} P_i &= \kappa_1 \sum_j x_{ij} + \kappa_2 (\nu_i) \\ \sum_i x_{ij} &= \lambda_2 E_j \quad (\omega_j) \\ \sum_j y_{ij} &= \alpha s_i + \alpha_1 P_i \quad (\gamma_i) \\ x_{ij} + y_{ij} &= \bar{q}_{ij} \quad (\bar{u}_{ij}) \\ \bar{q}_{ij} &= q_{ij} + q'_{ij} \quad (\mu_{ij}) \\ q_{ij} &= \sum_k h_{kij} \quad (u_{ij}) \\ s, x, y, \bar{q}, q, q', h &\geq 0 \end{aligned}$$

ここで、

$$\begin{aligned} \Phi_1(s, P) &= \frac{1}{\beta} \sum_i [\alpha s_i^2 / 2 + \alpha s_i + \alpha_1 P_i \\ &\quad - \frac{\alpha_1^2}{2\alpha} P_i^2 - (\alpha s_i + \alpha_1 P_i) \ln(\alpha s_i + \alpha_1 P_i)] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi_2(x, y) &= \frac{1}{\beta^w} \sum_i \sum_j x_{ij} (\ln \frac{x_{ij}}{A^*_{ij}} - 1) \\ &\quad + \frac{1}{\beta^w} \sum_i \sum_j y_{ij} (\ln \frac{y_{ij}}{A^*_{ij}} - 1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Phi_3(\bar{q}, q, q') &= -\frac{1}{\theta} \sum_i \sum_j \bar{q}_{ij} (\ln \bar{q}_{ij} - 1) \\ &\quad + \frac{1}{\theta} \sum_i \sum_j q_{ij} (\ln q_{ij} - 1) \\ &\quad + \frac{1}{\theta} \sum_i \sum_j q'_{ij} (\ln q'_{ij} - 1) \\ &\quad + \sum_i \sum_j q'_{ij} u'_{ij} \end{aligned}$$

$$\Phi_4(h) = \sum_i \int_0^{f_i(h)} t_i(f) df$$

$$\lambda_1 = 1 / \kappa_1, \lambda_2 = \eta$$

ここで、

x'_{ij} : j ゾーンに職場を持ち i ゾーンに居住している労働者数

y'_{ij} : i ゾーンのサービス需要によって生ずる j ゾーンのサービス業の従業者数

A^*_{ij} : 住宅立地に伴う i ゾーンの魅力度

A^*_{ij} : サービス活動の場所としての j ゾーンの魅力度

$\bar{s}_i$: サービストリップに関する i ゾーンの最大期待効用

E_j, E^*_j, E^*_{sj} : j ゾーンの総従業者数, 基礎的産業部門従業者数, サービス部門従業者数

κ :就業率の逆数

σ :単位人口当りのサービス需要量

η, ρ :通勤, サービストリップの生成原単位

$\bar{u}_{ij}$: i ゾーンから j ゾーンまでの所要時間で、次式で示されるように、自動車の所要時間 u_{ij} とマストラの所要時間 u'_{ij} のログサム変数である。

$$\bar{u}_{ij} = -\frac{1}{\theta} \ln [\exp(-\theta u_{ij}) + \exp(-\theta u'_{ij})]$$

β^*, β^* :パラメータ

$\bar{q}_{ij}$: i, j 間のトータル交通量

q_{ij} : i, j 間の自動車分担量

q'_{ij} : i, j 間のマストラ分担量

u_{ij} : i, j 間の自動車の最小所要時間

u'_{ij} : i, j 間のマストラの最小所要時間

ϕ, θ :正のパラメータ

制約条件に対応したLagrange未定乗数は()内のギリシヤ文字で示す。

問題[P]の最適解に対するKuhn-Tucker条件より、立地モデル、交通モデルを得ることができる。なお、住宅立地におけるゾーンの魅力度には地価を用いた。

4. 弱い結合構造と強い結合構造

ここでは、交通均衡モデルで得られるゾーン間所要時間 $\{\bar{u}_{ij}\}$ と矛盾しないように活動配分サブモデルを解く場合、システムは'強い結合構造をもつ'と呼ぶことにする。

弱い結合関係とは、図-1におけるサブモデル間の変数の受け渡しにおいて整合性を重要視せずに、全体システムを解こうとする場合のサブモデルの関係をさすものと定義する。最も極端な例は活動配分サブモデルと交通均衡サブモデルを独立に機能させる場合であり、活動配分サブモデルからの $output \{x_{ij}, y_{ij}\}$ が交通均衡サブモデルに引き渡されるが、その逆の $output \{\bar{u}_{ij}\}$ は伝達されない場合である。逆のケースもある。弱い結合関係の成立を認める理由はいくつか存在する。まず、第1に統合モデル[P]では、完全に均衡した状態における変数間の関係を記述しているが、立地における均衡と交通における均衡は均衡にいたる時間の長さが異なるであろうという推測である。したがって、立地均衡に達していなくてもある短い期間での交通均衡は存在しうる。この場合、実際の状況を再現するのにマスタープログラムで変数間の整合性をとる必要はないかもしれない。たとえば、立地均衡

に用いられる $\{\bar{u}_{ij}\}$ とは別の値を想定して住宅の立地場所を選んでいるかもしれない。次に、モデルのパラメータ推定の結果、所要時間弾力性が非常に小さいと判断できる場合、あるいは、所要時間よりも立地魅力度 W_i の方が強く効いていると判断できる場合なども弱い結合関係を認める理由となろう。そのような場合、交通均衡サブモデルからの所要時間変化の情報を活動配分サブモデルに伝達しても全体の変動量は小さいので計算が無駄になる。

5. モデルの適用結果

分析対象地域を岐阜市とその周辺市町村を含む地域で、弱い結合構造を仮定した場合(パターン1)と強い結合構造を仮定した場合(パターン2)の現況再現性について比較を行った。表-1がモデルの推定結果である。

表-1 土地利用-交通統合モデルの適用結果

	パターン1(弱い連結)		パターン2(強い連結)	
	相関係数	不一致係数	相関係数	不一致係数
① 居住人口	0.837	0.156	0.837	0.149
② 第3次産業従業者数	0.878	0.181	0.860	0.120
③ 通勤トリップ発生量	0.823	0.127	0.823	0.122
④ サービストリップ発生量	0.828	0.097	0.835	0.109
⑤ 通勤トリップ分布	0.740	0.261	0.813	0.243
⑥ サービストリップ分布	0.822	0.283	0.829	0.283
⑦ 地価	0.845	0.200	0.958	0.187
⑧ 自動車分布交通量	0.869	0.181	0.856	0.191
⑨ バス分布交通量	0.680	0.374	0.752	0.347
⑩ 自動車ゾーン間所要時間	0.591	0.167	0.603	0.164

①～⑦は土地利用モデルによって求められる値であり、⑧～⑩は交通均衡モデルによって求められる値である。ただし、交通量配分の現況再現性は自動車のゾーン間所要時間で検討を行っている。両パターンを比較すると、現況のゾーン間所要時間をそのまま土地利用モデルに用いたパターン1よりも、交通サービス水準を内生化したパターン2の方が現況再現性が良い。本来、ローリー型土地利用モデルは過剰推定になる傾向にあるが、交通ネットワーク均衡モデルと結合することにより道路ネットワーク上の交通混雑が発生し、それが過剰推定意味になっている土地利用変数や交通量を抑える役割をしている。これが、パターン2の推定結果が良くなっている理由であると思われる。

6. まとめ

地方中心都市程度の人口規模、交通ネットワークをもつ地域に対しては、本モデルで人口予測、交通需要予測を統一して求めることが可能である。ただし、本モデルは企業立地を含んでおらず、今後検討すべき課題である。