

マスター方程式型商業立地モデルによる施設整備効果の発現過程の分析

京都大学工学部 正員 吉川和広 京都大学大学院 学生員○足立康史
 京都大学工学部 正員 奥村 誠 京都大学工学部 学生員 垣下禎裕

1. 商業立地メカニズムの考え方 近年、既存の施設の集積を生かしつつ、都市圏を再編成していく必要性が認識され、なかでも商業活動をはじめとする第3次産業の活性化が重要な課題となっている。

これまで商業立地を分析する際には、消費者（需要側）が存在すれば、それに対応して立地が進展することを前提としたモデルが多く用いられてきた。ところが、①交通の結節点にもかかわらず、商業が集積しない、②新規住宅地に商業が十分に集積せず活気がない、というように、このような前提が当てはまらない状況が多くみられるようになってきた。このような地域の多くは、潜在的な需要は存在するのに、既存の商業の業態やサービスの水準が消費者の変化に追従できなかったために、こうした需要が顕在化しなかったり他の地域に流出してしまっていることが大きな原因であると考えられる。このように商業活動の水準が需要に応じて自動的に定まってくるのではなく、図-1のように、現時点での地域の立地水準や供給の内容の影響も受けっていると考えられる。

つまり、需給の不均衡をキャッチした商業経営者はそれに対応した求人活動を展開し、その情報をもとに商業従業者は労働移動する。この商業従業者の移動が実際に財の供給量を変化させる。これが空間的には商業地分布を構成し、再び消費者の需要行動に影響を与えるというような循環的な関係になっている。交通施設などの施設整備はこの循環に大きな影響を与え、財の需給に不均衡が生起する。この財の需給の不均衡が解消されていくに伴い施設整備の効果もマクロなレベルで顕在化していくことになる。

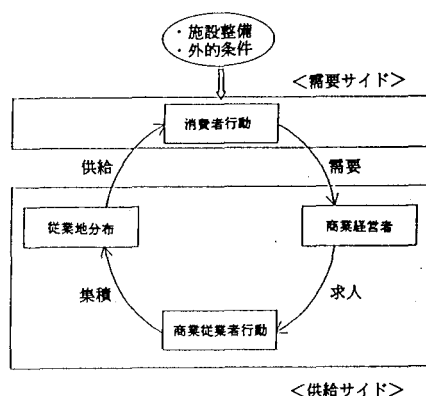


図-1 商業立地メカニズム

2. 不均衡商業立地マクロモデルとその問題点 著者らは、需要と供給の不均衡の存在に注目し、不均衡商業立地モデルをマクロな「非線形ダイナミカルモデル」として定式化するとともに、パラメータ空間上での分岐集合を用いて解の挙動を分析する方法を提案してきた¹⁾。同時に不均衡モデルのパラメータ推定法を開発しており²⁾、両者を組み合わせれば、地域がどのような競争状況にあるかが同定でき、その状況に対応した施設整備を知ることができると考えられる。しかし、施設整備の効果が時間軸上でどのように発現していくかを的確にとらえようとすれば、図-1の循環メカニズムをさらに詳しく検討する必要がある。特に、商業立地は計画主体によりマクロな立場からコントロールされるのではなく、個々の事業者のミクロな行動の集積の結果として変化してくるものである。そこで、ミクロとマクロの相互作用を前提にした動学的な分析モデルを開発することとする。

3. ミクロ-マクロ相互作用と統計的モデルの必要性 ミクロな部分系の協同作用がどのようにして巨視的スケールの空間的・時間的あるいは機能的構造をもたらすかを分析するには、統計的モデルが有用であることが、H. Haken により指摘されている³⁾。本来、個々の事業者のミクロな行動を確定的なものとして厳密に記述することは不可能であるので、その集積であるマクロな商業の立地状態を確定的にとらえることには無理がある。従来のモデルは、ミクロ状態確率を平均化することにより、一つのマクロ状態を

Kazuhiro YOSHIKAWA, Makoto OKUMURA, Yasushi ADACHI, Yoshihiro KAKISHITA

対応させる決定論的モデルである。しかしより厳密には、マクロ状態を状態空間内の一点としてとらえるのではなく、図-2のように状態空間内の密度分布として表現する必要がある。この考え方に基づくモデルが統計的モデルである。なお、ミクロ状態確率を集計したときに得られるマクロ状態確率が単峰的でなければ、平均値で代表させることは許されない。

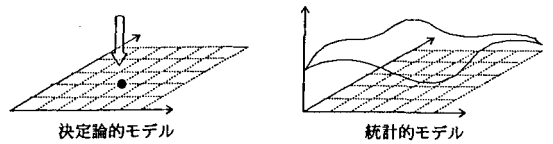


図-2 状態の表現

4. マスター方程式モデルの定式化 以上の考え方のもとで、個人のミクロな選択確率からマクロ状態間の遷移確率が導出できる。マスター方程式とは、この状態間の確率流の連続方程式である。

簡単のため2つのゾーン1, 2からなる1つの閉じた都市圏を考える。地域の状態を特徴づけるのは2つの変数 x_1, x_2 (従業者数に相当する) であるが、全体の従業者数が保存されると考えると必要となるのは1つの変数 x_1 だけとなる。ここで単位時間 dt 当りの従業者の相互の移動確率を $p_{21}(x_1), p_{12}(x_1)$ 、時刻 t における状態空間内の x_1 という点の密度を $P(x_1; t)$ とすると、ある状態の隣接状態への遷移確率と、マスター方程式は、図-3のようになる。

$$\begin{aligned} \text{遷移確率} \\ W(x_1+1 \leftarrow x_1) &= x_2 \cdot p_{12}(x_1) = (X - x_1) p_{12}(x_1) \\ W(x_1-1 \leftarrow x_1) &= x_1 \cdot p_{21}(x_1) = (x_1) p_{21}(x_1) \\ W(x_1' \leftarrow x_1) &= 0 \quad x_1' \neq x_1 \pm 1 \\ \text{マスター方程式} \\ dP(x_1; t)/dt &= [W(x_1 \leftarrow x_1+1)P(x_1+1; t) - W(x_1-1 \leftarrow x_1)P(x_1; t)] \\ &+ [W(x_1 \leftarrow x_1-1)P(x_1-1; t) - W(x_1+1 \leftarrow x_1)P(x_1; t)] \end{aligned}$$

図-3 モデルの定式化

$$\begin{aligned} p_{12}(x_1) &= \left(\frac{\gamma}{1 + \exp(X - C - 2x_1)} + \frac{1 - \gamma}{1 + \exp(X + C - 2x_1)} \right) \\ p_{21}(x_1) &= \left(\frac{\gamma}{1 + \exp(-X - C + 2x_1)} + \frac{1 - \gamma}{1 + \exp(-X + C + 2x_1)} \right) \\ X, C, \gamma &\text{はパラメータ} \end{aligned}$$

図-4 移動確率

5. モデルの解析結果 「不均衡」の考え方に基づいて、個々の商業従業者の移動確率を図-4のようなロジットモデルとして定式化して、マスター方程式の逐次的挙動を解析した。図-5に例示したように、パラメータの組み合わせによっては、マスター方程式から得られる分布型が複数の峰を持ち、マクロモデルでの予測結果と大きく異なるケースがあることがわかる。様々なパラメータの組み合わせのもとでこのような解析を行った結果、総人口の減少、従業者一人当りの供給額の増大、ゾーン内の交通網の整備が進んでいる地域では、マスター方程式による分析が必要であることが明らかとなった。

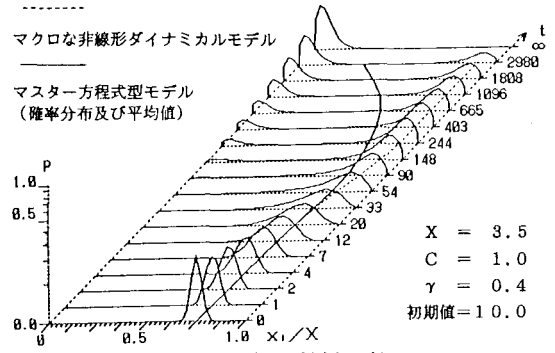


図-5 解析結果の例

6. おわりに 本研究では、施設整備効果の発現過程を分析するために、商業従業者の移動をミクロなレベルにたちかえて統計的に分析できるマスター方程式型の商業立地モデルを作成し、その有用性を示した。しかし、消費者の買物行動やの土地の供給行動については統計的に扱っていない。今後は、それらに關しても検討が必要である。

- 1) 吉川, 奥村, 上野, 足立: 不均衡商業立地モデルの解の挙動に関する研究, 土木計画学研究・講演集, 1988
- 2) 吉川, 奥村, 園田: 地域不均衡モデルの各種の推定法の比較、関西支部講演概要集, 1990
- 3) H. ハーケン (牧島, 小森訳): 協同現象の数理、東海大学出版会、1980