

IV-41

物流関連施設が都市内交通環境に与える影響

東北大学 学生員 ○猪股信弘

東北大学 正員 徳永幸之

1. はじめに

物流は製造業者から卸売業者・小売業者を経由して消費者までが一つのフローである。しかし、これまでの物流効率化の議論は製造業者、小売業者など、それぞれの関与する部分の効率化であり、消費者までの流れを含めた議論はほとんどされてこなかった。しかし、都市交通問題を考える際には、商業施設の郊外立地による休日の買い物交通による渋滞は重要な課題となってきた。

そこで、本研究では社会的に望ましい店舗配置形態を分析するための基礎的研究として、ある企業が利潤最大化を目的として施設を配置する場合と、企業の利潤のみではなく施設利用者が引き起こす交通外部性をも考慮した場合の配置パターンの比較を行った。

2. 施設配置モデル

(1) モデルの概要

本研究では、大・中規模小売商業施設を想定する。利用者行動モデルには空間相互作用に基づく配分モデルを用い、企業は利潤が最大となる店舗の最適配置を行うものと仮定する。また、利用者の交通手段は自動車のみであるものとする。

消費者の店舗選択行動は多くの要因によって規定される。具体的には、距離（時間）や交通手段等の相互間の空間的關係、品揃えや価格等の店舗自身が持つ特性、年齢や性別等の消費者の属性が挙げられるが、本研究では店舗選択の主要因であると考えられる所要時間と距離を一般化費用で表す。尚、任意の2地点間の一般化費用は各リンク l の一般化費用を[1]式で定義し、最小費用経路探索の結果として算定される。

$$GC^l = (d^l / v^l) \cdot \omega + d^l \cdot \eta (v^l) \quad [1]$$

GC^l : リンク l の一般化費用 (円), v^l : リンク l の走行速度 (km/h), d_j : j 間の距離 (km), ω : 時間価値 (円/h), η : 自動車の走行費用原単位 (円/km)

(2) 空間相互作用に基づく配分モデル

(a) アクセシビリティ

始めに、消費者のアクセシビリティを定義する。アク

セシビリティは、一般化費用の増加に対して減衰する指数関数を用いる。ここで、 μ は減衰パラメーターと呼ばれる定数であり、消費者が店舗を選択する際にどの程度一般化費用を重視するかを示す数値である。この定数は業種によって異なる。

エリア i のアクセシビリティ A_i は配置されている全ての店舗について加算することによって求められる。

$$A_i = \sum_{j \in J'} \exp(-\mu \cdot GC_{ij}) \quad \forall i \quad [2]$$

A_i : エリア i のアクセシビリティ
 μ : 減衰パラメータ ; given

ここで、 i, j をエリア、配置可能エリアを表す添字、 r は配置施設数を表す添字とする。また、 I, J, J' はエリア、配置可能エリア、配置エリアを表す添字集合を表す。

(b) 顕在利用者数

エリア i の総利用者数は潜在利用者数の上限のもとで、アクセシビリティに応じて顕在化するものとする。

$$G_i(A_i) = P_i(1 - \exp(-\alpha \cdot A_i)) \quad \forall i \quad [3]$$

G_i : エリア i の顕在利用者数 (人)
 P_i : エリア i の潜在利用者数 (人) ; given

(c) 店舗選択

各施設の配置パターンが与えられると、それに基づいて、各エリアの消費者は、最も一般化費用が低い施設を選択しようとする。しかし、店舗選択行動は確率的であるとし[4]式に従い ij 間の利用者数を決定する。

$$S_{ij} = G_i \cdot \frac{\exp(-\mu \cdot GC_{ij})}{\sum_{j \in J'} \exp(-\mu \cdot GC_{ij})} \quad \forall i \quad [4]$$

S_{ij} : 店舗 j を利用するエリア i の消費者 (人)

(3) 企業の最適化行動 (Case1)

企業の最適化行動は、[5]式のように収入から費用を減じた利潤最大化行動であるものとし、施設配置場所を最適化することによってのみ達成されるものとする。また、本問題の定式化はネットワークを考慮するために、離散型の最適化問題となっており、組み合わせ最適化問題となる。これら問題は配置可能地点数が増加すると計算時間は急激に増加する。

$$\max_x \pi_r = p \cdot h \cdot \sum_{i \in I} \sum_{j \in J'} S_{ij} - \sum_{j \in J} \{C_j \cdot x_j\} \quad [5]$$

$$\text{where } C_j = c_j^f(m_j) + c_{0j}^t \cdot h \cdot (\sum_{j \in J'} S_{ij}) / L \quad \forall j \quad [6]$$

$$m_j = 46.5 \cdot h \cdot \sum_{i \in I} S_{ij} + 2591.9 \quad \forall j \quad [7]$$

$$\text{subject to } \sum_{j \in J} x_j = r \quad [8]$$

x_j : エリア j に配置するとき 1, しないとき 0. π_r : 配置数 r の時の利潤 (円), C_j : 施設 j を配置することによる費用 (円), m_j : 地点 j の必要面積 (㎡), c_j^f : 施設運営費用 (円), c_{0j}^t : 輸送費用 (円/台), p : 商品平均価格 (円/t) h : 消費者一人あたりの消費量 (t/人), L : 積載量

(4) 交通外部性を考慮した最適配置 (Case2)

交通外部性は修正 BPR 関数より自動車一台増加したときのリンク l の走行時間の増分 Δt_l にそのリンクの交通量及び、時間価値を乗じた値を自動車一台の社会的費用とする。この値は、自動車の利用経路を辿ることによって算定される。それら社会的費用の総和を E とし、目的関数を [9] 式のように定式化する。

$$\max_x \{\pi_r - E\} \quad [9]$$

3. シミュレーション分析

(1) 条件設定

シミュレーションは、以下のような仮想都市を用いて行う。メッシュは道路網を表し、走行速度は都心部から郊外に向かい 10km/h, 20km/h, 30km/h (リンク数: 12, 28, 44) と設定する。消費者は各メッシュ交点 (7×7 個) に居住しているものとし、その潜在消費者数も都心部が最大となるように設定している。また、企業の配置可能地点は図 1 に示すように 25 エリア設定し、それぞれに地価を与える。その他のパラメータは表 1 のように設定し、シミュレーションを行う。

表 1 パラメータ設定

パラメータ	数値
p	1.0×10^6
h	1.5×10^{-3}
μ	0.4
σ	1.0

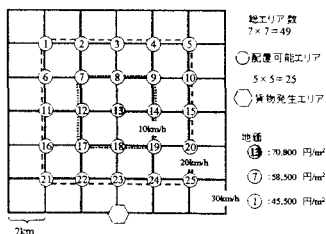


図 1 仮想都市の設定

本研究では、施設配置数を変化させ企業の利潤最大化による最適配置パターン (Case1) と交通外部性を考慮した最適配置パターン (Case2) の変化を比較する。Case1 の配置パターンは施設数 1 から 4 にかけて、郊外に都心部を囲むような配置パターンとなり、Case2 においては全ての施設数で都心部に配置するパターンとなった。これは利潤最大化としての郊外立地が、地価が安いことに加え、個々の郊外

エリアの潜在消費者数が少ないにもかかわらず、エリア間移動の一般化費用が低いため広範囲から顧客を集めることができるため、有利になることを表している。図 2 はそれぞれの最適配置パターンにおける、施設数 1, 5, 9 の場合の配置場所を示したものである。Case2 は Case1 に比べて施設間距離が離れており、長距離トリップを行う確率を抑えるような配置パターンとなっている。

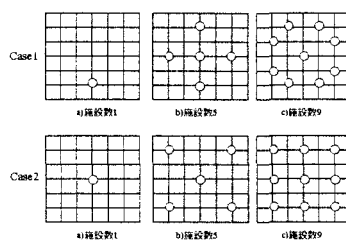


図 2 Case1, Case2 における最適配置 (施設数 1, 5, 9)

図 3 は店舗利用者一人当たりの平均一般化費用とその費用差を図示したものである。この図から Case1 の方が常に Case2 の値を上回っていることがわかる。Case1 において施設数 4 から 5 に変化する際に費用が大きく低下している。これは、都心部に配置していないパターンから、都心部に配置するパターンへの変化である。つまり、利用者の平均一般化費用は都心部に配置されることにより低下することを示している。

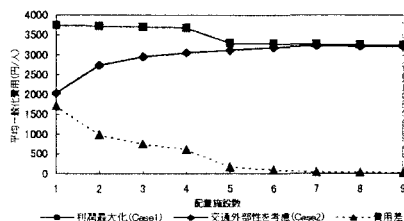


図 3 店舗利用者の平均一般化費用の比較

4. おわりに

空間相互作用に基づく配分モデルを用いて、企業の利潤が最大となるような配置形態と、交通外部性を考慮した場合の配置形態の比較を行った。その結果、これら二つの配置形態は大きく異なっており、利用者の平均一般化費用も店舗の郊外化により増大する傾向となる。

今回は店舗選択において、一般化費用を用いて消費者と施設間の空間的距離のみを考慮したものである。従って、交通手段選択、駐車場の有無や床面積などの施設魅力度を考慮した場合には更なる店舗の郊外化が進んでいる場合が考えられ、今後はそれらを取り込んだモデルが必要であると考える。