

IV-45

複数企業を考慮した物流施設配置に関する基礎的研究

東北大学 学生員 ○渡辺 研也
東北大学 正 員 徳永 幸之

1. はじめに

物流サービスの高度化や、交通状況の悪化から物流のコストは増大している。その結果、企業は非効率的な集配活動を改善し、物流コストを削減しようとする。その一つに物流施設の郊外移転・拡張などがある。しかし、各々の企業がそのような行動をとった場合に全体としてのコストはどうなっているか、またその都市や地域にとってどのような影響があるか検討する必要がある。物流施設の配置計画について、既存の研究では、単一の主体のみが物流施設の配置計画を行うものとしてとらえられている。しかし、実際には複数の主体（企業）が存在し、物流施設を建設するのである。そこで、本研究では、複数企業のコスト最小化行動における物流施設の配置形態や総輸送距離が最小となる配置形態について分析していく。

2. シミュレーション

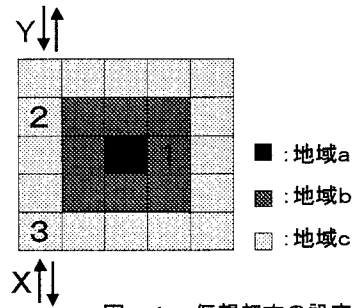
2.1 仮想都市の設定

図—1 のように、仮想都市を設定する。都市を 5×5 のゾーンに分割し、輸送する物資の量に応じて地域 a, b, c の 3 つを設定する。1 つのゾーンは 1500m 四方程度とする。物流施設配置候補地を 1, 2, 3 の 3 地点とし、企業は候補地のいずれか 1 ケ所にのみ物流施設を配置するものとする。地域外との輸送の結節点を X, Y の 2 点とする。地域外との輸送を行う場合には、この X, Y まで輸送をすると考える。企業における輸送の形態として、次の 3 つとする。

- ・都市内輸送：物流施設と都市内のゾーンとの輸送（小型トラックで行う）
- ・地域外輸送：物流施設と地域外の輸送（大型トラックで行う）
- ・施設間輸送：物流施設と他企業の物流施設との輸送（大型トラックで行う）

2.2 企業の設定

今回のシミュレーションでは、10 の企業を設定し、それぞれの輸送形態を異なるものとする。基本



図—1 仮想都市の設定

の輸送量を次のようにする。

- ・都市内輸送輸送台数を地域 a30 台、地域 b5 台、地域 c1 台とする。
- ・地域外輸送台数を X に 17 台、Y に 17 台とする。
- ・施設間輸送台数を他の企業に各 2 台とする。

この輸送量をもとにして、企業 1～10 を表—1 のように設定する。

表—1 企業の設定

	企業 1	企業 2	企業 3	企業 4	企業 5	企業 6	企業 7	企業 8	企業 9	企業 10
都市内輸送	3倍	2倍	1倍	無	2倍	1倍	1倍	無	無	無
地域間輸送	無	1倍	2倍	3倍	無	1倍	無	2倍	1倍	無
施設間輸送	無	無	無	無	1倍	1倍	2倍	1倍	2倍	3倍

2.3 輸送コストの計算

本研究では各企業の物流施設配置パターンを変数とし、各企業ごとの輸送費用を(1)式、全企業の費用を足しあわせた総輸送費用を(2)式、すべてのトラックの輸送距離を足しあわせた総輸送距離を(3)式とし、この 3 つの目的関数の最小化問題として定式化した。

- ・企業ごとの輸送費用

$$\min_x C_i = m \sum_j a_{ij} b_{ij}(x) + n \sum_k c_{ik} d_{ik}(x) + n \sum_l e_{il} f_{il}(x) + S_i(x) \quad (1)$$

- ・総輸送費用

$$\min_x \sum_i C_i = m \sum_i \sum_j a_{ij} b_{ij}(x) + n \sum_i \sum_k c_{ik} d_{ik}(x) + n \sum_i \sum_l e_{il} f_{il}(x) + \sum_i S_i(x) \quad (2)$$

・総輸送距離

$$\min D = \sum_i \sum_j a_{ij} b_{ij}(x) + \sum_i \sum_k c_{ik} d_{ik}(x) + \sum_i \sum_l e_{il} f_{il}(x) \quad (3)$$

ここで、

x : 各企業の物流施設配置位置 ($x=1,2,3$)

a_{ij} : 企業 i からゾーン j への輸送台数 (台)

$b_{ij}(x)$: 企業 i からゾーン j への距離 (km/台)

c_{ik} : 企業 i から企業 k への輸送台数 (台)

$d_{ik}(x)$: 企業 i から企業 k への距離 (km/台)

e_{il} : 企業 i から地域外 l への輸送台数 (台)

$f_{il}(x)$: 企業 i から地域外 l への距離 (km/台)

C_i : 企業 i の総輸送費用 (円)

D : 総輸送距離 (km)

m : 単位距離あたり小型輸送車費用 (円/km)

n : 単位距離あたり大型輸送車費用 (円/km)

$S_i(x)$: 企業 i の物流施設費 (用地費を含む) (円)

ここでは $n=380$ (円/km), $m=190$ (円/km), 候補地 1 の施設費 150,000 円, 候補地 2 の施設費 90,000 円, 候補地 3 の施設費 80,000 円とした。

本研究では最適化問題の求解法として遺伝的アルゴリズムを用いた。各企業の物流施設の配置を遺伝子とみなし、初期個体として 25 個体を与え、30 世代まで計算するものとした。

2.4 結果

各企業費用最小化の場合 (Case.1), 総費用最小化の場合 (Case.2), 総距離最小化の場合 (Case.3) の配置パターンを表—2、費用の内訳と距離を図—2 に示す。各企業費用最小化の場合、企業は企業 1 から 10 までが順番に物流施設を配置するものとした。施設間輸送に関しては各企業は自らが物流施設を配置する際に、それまで立地した施設との輸送のみを考え、各費用、総距離の値は、全企業が立地した時点で後から配置された企業への取引分も合わせて計算した値である。

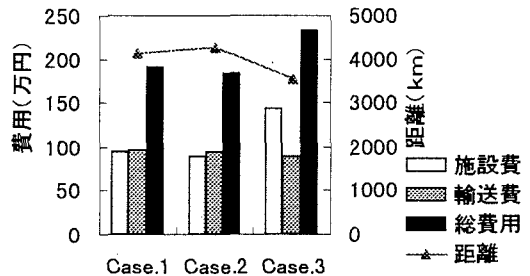
各企業費用最小化の Case.1 を見ると、都市内輸送の多い企業 1 が候補地 1 に、地域外輸送の多い企業 4,8 が候補地 3 になり、他は候補地 2 となった。総費用最小化の Case.2 では、すべての企業が 2 に集中し、企業間の取引を押さえた配置が最適となっ

た。図—2 より Case.1 と Case.2 の各費用は、ほとんど等しいことがわかる。もちろん、仮想都市の設定や企業の配置順序によって結果は変化するが、物流コストの面からだけ見れば物流施設の配置は各企業に任せて、すなわち市場に任せて構わないと考えられる。

次に、輸送距離最小化の Case.3 についてみると、都市内輸送に適した候補地 1 に集中した配置である。ただし、地域外との取引が多い企業 4 は、地域外にも近い候補地 2 が選択されている。図—2 をみると、総距離の短い Case.3 は、都市の中心に近い候補地 1 のために他に比べて施設費用が大きくなっている。交通量の削減をどのように評価するかによって、どのような配置形態が望ましいか決まって来る。したがって多目的最適化問題としてパレート最適解を考えていく必要があると考える。また、都市にトラックを流入させることで一般交通量に与える影響も考慮していく必要がある。

表—2 最小となる配置パターン

	企業 1	企業 2	企業 3	企業 4	企業 5	企業 6	企業 7	企業 8	企業 9	企業 10
各企業費用最小化	1	2	2	3	2	2	2	3	2	2
総費用最小化	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
総輸送距離最小化	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1



図—2 費用と距離の比較

3. まとめ

本研究では、複数の企業を考慮して物流施設の配置形態についての検討を行った。今回得られた結果は、設定した仮想都市や企業に依存するものである。従って、今後は設定条件に変化させて感度分析を行う必要があると考える。また、交通量によって走行時間に変化を与え、企業の集積の効率化と、集積による渋滞の発生などの非効率化について研究を進めていきたい。