

外部性を考慮した都市内物流施設配置問題 Facility Location Problem of Urban Freight Transportation Considering Externalities

渡辺 研也*, 徳永 幸之**

by Kenya WATANABE, Yoshiyuki TOKUNAGA

1. はじめに

近年の経済構造・消費者ニーズ・交通環境の変化に伴い、物流は変化を余儀なくされ、ジャストインタイム輸送などの物流の多頻度化、小口化が進んだ。需要の拡大や高度なサービスレベルに対応するため、企業は物流施設の拡大を必要とした。それは都市部の地価の高騰と相まって企業の物流施設の郊外への移転を押し進めた。物流施設は企業が自社の活動のために配置するものであるから、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が増大すると、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。その一つが物流施設の郊外移転・拡張である。しかし企業がそのような物流の合理化行動をとったとすれば自然に問題は解決するだろうか。もしそうならば静観していれば良いだけである。しかし、外部性が発生している場合は公共政策が必要である。加えて、自動車交通量の増加に伴う都心部や幹線道路の渋滞によって輸送時間の増加も問題となっている。非効率的な配送による貨物自動車交通の増加は、都市部での一般交通量の増加とも相まって、交通渋滞、排気ガスによる大気汚染、市街地環境の悪化等の問題も引き起こしている。これらも外部性として捉えられる。

以上のようなことを踏まえ、本研究では物流施設を企業のトラック輸送の積み替え場所とし、その配置について検討する。本研究では、複数の企業を設定し、物流拠点内外の企業間の取引や都市への配送等を考慮する。外部性としては輸送トラックの走行による混雑外部性と企業の立地選択における他企業に与える外部性を考え、これらの大きさを明らかにする。

2. 本研究の考え方

(1) 物流施設配置計画

本研究では、一つの都市内を対象圏内とし、物流施設の配置により物流の効率化を目的として物流施設の配置について検討していく。これはいわゆる施設配

置問題である。配置する施設は企業の物流施設とする。施設の配置可能地点として、施設の配置候補地をあらかじめ与えるので、離散型の施設配置問題となる。現実問題として、物流施設を配置する候補地が限定されるような状況は十分に考えられるので離散型で妥当であると考ええる。また、企業が配置する物流施設の数は任意である。ここで配置する物流施設は積み替え機能のみを有する施設とする。

トラック輸送における物流施設配置計画による物流効率化については、従来様々な研究が行われている。

物流拠点や物流施設について様々な規模での配置に関する研究がある。谷口ら¹⁾²⁾の一連の研究では関西都市圏における物流拠点の規模・配置について検討がなされている。高橋ら³⁾は各業種・施設の流通経路の特性から集配センターの配置について検討している。これらの研究では物流拠点の配置を決定するのは一つの主体のみであり、企業一つ一つについては考慮されていない。しかし、実際に物流施設を配置するのは個々の企業であり、それらの企業は自社のことのみを考え行動するのである。

このように既存の研究では単一意志決定者が物流施設の配置計画をするものと捉えられがちであったが、本研究では実際に複数の企業を設定し、企業間の取引についても考慮する。

(2) 外部性について

もし外部性が発生せず、企業が自社の事のみを考えて行動した結果が社会的にも最適になるのであれば公共側はなんら介入する必要はない。しかし、実際には様々な外部性が発生していると考えられる。本研究では次の二つを外部性として着目し、社会的に最適な配置について考える。

(a) 企業間外部性

互いに取引のある企業を考える。個々の企業が自社の費用（便益）のことについてのみ考えて物流施設を配置するとし、相手企業に及ぼす影響について考慮しないものとする。すると両企業を併せて考えれば隣接して配置することが望ましい場合でも、各企業が自分勝手に行動すると、離れて配置する可能性がある⁴⁾。このような配置では複数の企業の費用の合計は最適になっておらず、外部性が発生する。本研究ではこのような場合の企業間の取引における立地選択の非効率を

keywords : 物資流動, ターミナル計画

*学生員

東北大学大学院情報科学研究科

〒980-0859 仙台市青葉区荒巻字青葉

TEL 022-217-7502, FAX 022-217-7500

**正会員 工博 東北大学助教授 大学院情報科学研究科

企業間外部性とする。

(b) 交通外部性

輸送トラックが一般道路を交通することで交通渋滞などを引き起こす場合がある。本研究では輸送トラックが他の交通者に与える影響（外部性）は大きいものと考え、この影響についても考慮する。具体的には道路の交通量を一定とし、輸送トラックが道路を通行することによって増加するその道路の通行時間分をその道路の交通量だけかけたものを考える。そしてそれを費用へと換算したものを交通外部性とする。

(3) 本研究の考え方

本研究では、個々の企業が自社のことのみを考え物流施設を配置した場合と社会全体について考えて物流施設配置した場合について比較検討する。企業は自社のことのみについて配置する場合、物流施設を費用最小化となるように配置する。本研究では立地選択によって貨物量や料金は変わらない。すなわち収入は一定と考える。したがって企業の利潤最大化とは費用最小化と考えられる。そこで施設配置問題の目的関数としては企業の物流にかかる費用とする。また、外部性を考慮し社会全体として考えて配置する場合には、複数ある企業の費用の合計と交通外部性とを合わせた社会的総費用も目的関数とする。本研究では、この社会的総費用を最小化を社会的な最適化であると考ええる。

それぞれの目的関数のもとでの配置問題の最適解を比較することによって物流の効率化について検討していく。このとき企業が自社のことのみ考えた配置と社会全体について考えた配置の全ての企業の費用の合計の差が企業間外部性となる。

本来交通外部性を考える場合、配置に応じて交通量を再配分させる必要があるが、本研究では一般交通のルート代替性が低いことを仮定し静的最適化とした。これは交通外部性が最も大きくなる状況を考えてことになる。

3. 配置決定モデル

(1) 想定する物流システム

本研究では仮想都市上で図-1の様な物流システムを設定する。企業における輸送の形態として、次の3つの形態があるものとする。

- ・都市内輸送：都市内のゾーンへ輸送
- ・企業間輸送：他企業の物流施設への輸送
- ・地域外輸送：地域外へ、地域外からの輸送

都市内輸送・企業間輸送は小型トラックで輸送するものとし、地域外輸送は大型トラックでおこなうものとする。

各物流施設への貨物の輸送は地域外から大型トラックで輸送されてくるものとする。物流施設はこれらの

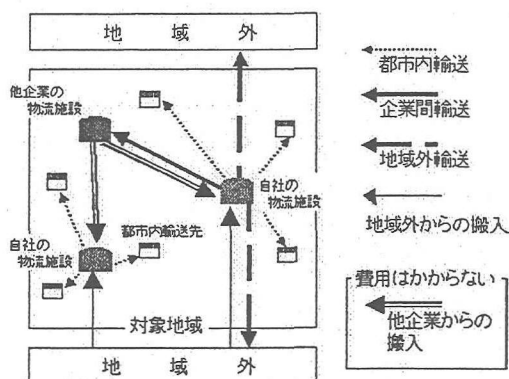


図-1 対象とする物流システム

輸送から輸送への積み替えが行われる場所とする。また、今回は配送の際に、共同化は行わないものとする。

(2) 物流コストの定式化

本研究では物流のコストを以下のように算出する。

(a) 都市内輸送時間

企業 h の都市内輸送時間 A_h を(1)のように算出する。

$$A_h = 2 \sum_i \sum_j a_{hj} b_{ij} w_{hij} \quad (1)$$

w_{hij} : 企業 h における候補地 i からゾーン j の輸送の有無 (1-0)

a_{hj} : 企業 h のゾーン j への輸送トラック台数

b_{ij} : 候補地 i からゾーン j への時間

ゾーン j への輸送は、最もコストが小さくなる候補地の物流施設から行われるものとする。また輸送時間は往復分を算出する。

(b) 企業間輸送時間

企業 h から企業 h' の輸送時間 B_h は(2)式のように算出する。

$$B_h = 2 \sum_i \sum_k \sum_{h'} \frac{c_{hh'} d_{ik} x_{hik}}{\sum_k z_{hk'}} \quad (2)$$

$c_{hh'}$: 企業 h から他企業 h' の輸送トラック台数 ($h \neq h'$)

d_{ik} : 候補地 i から候補地 k への輸送時間

x_{hik} : 企業 h の候補地 i と他企業の候補地 k の輸送の有無 (1-0)

$z_{hk'}$: 企業 h' の候補地 k' における物流施設の配置の有無 (1-0)

企業間の輸送台数は所与であるが、輸送先の企業がどのような施設配置するかによって配送先が変わる。そこで本研究では以下のように配送台数を決定してしまうことにする。

企業 h' の候補地 k にある物流施設への輸送は、企

業 h から企業 h' への輸送台数を企業 h' の物流施設の数で等分した分だけ輸送するものとする。企業 h' の候補地 k への輸送は最もコストが小さくなる候補地の自社の物流施設から行われるものとする。企業 h' が存在しないとき、すなわち $\sum_k z_{hk} = 0$ のときは h' への

企業間輸送は行わない。また輸送時間は往復分とする。

(c) 地域外輸送時間

企業 h の地域外 l への輸送時間 C_h は(3)式のように算出する。

$$C_h = 2 \sum_i \sum_l e_{hl} f_{il} y_{hil} \quad (3)$$

e_{hl} : 企業 h における地域外 l への輸送トラック台数

f_{il} : 候補地 i から地域外 l への輸送時間

y_{hil} : 企業 h の候補地 i から地域外 l へ輸送の有無 (1-0)

地域外への輸送は、最もコストが小さくなる候補地の物流施設から行われるものとする。また、輸送時間は往復分とする。

各物流施設へその物流施設が搬出する貨物量から他企業から輸送されてくる貨物量を差し引いた分の貨物量を地域外から搬入するものとする。ただし、他企業から輸送されてくる貨物がその物流施設が搬出する貨物量よりも多いときは、その余剰分は地域外へ搬出するものとする。搬入または搬出のための輸送時間 D_h は(4)式のようになり、企業 h の物流施設 i からの搬入または搬出のためのトラック台数 t_{hi} は(5)式で与えられる。

$$D_h = 2 \sum_i g_{il} \left| t_{hi} - \sum_{h'} \frac{C_{hh'}}{\sum_k z_{hk}} \right| \quad (4)$$

g_{il} : 物流施設 i と搬入又は搬出先 l との輸送時間

$$t_{hi} = \sum_j a_{hj} w_{hij} + \sum_k \sum_{h'} \frac{C_{hh'}}{\sum_k z_{hk'}} x_{hik} + \sum_l e_{hl} y_{hil} \quad (5)$$

(d) 物流施設費

用地取得費、建築物建設費、減価償却費、固定資産税、荷役費を設定し、物流施設の施設費とする。企業 h の施設費 S_{hi} は(6)式のように算出する。

$$S_{hi} = (O_i G_{hi} + P G_{hi} + Q_{hi} + R_{hi}) / 365 + t_{hi} u \quad (6)$$

G_{hi} : 物流施設面積 (m^2)

O_i : 単位面積当たり用地費 (円/ m^2)

P : 単位面積当たり建築物建設費 (円/ m^2)

Q_{hi} : 減価償却費 (円)

R_{hi} : 固定資産税 (円)

u : 荷役費 (円/t)

物流施設の面積 G_{hi} はその物流施設の搬出貨物量に

よって(7)式のように求める。

$$G_{hi} = 46.5 t_{hi} + 2591.9 \quad (7)$$

(3) 個々の企業の費用最小化行動

輸送時間(1)、(2)、(3)、(6)を費用に換算し、物流施設の配置費用(6)とを足しあわせ、(8)式により企業 h の総費用 E_h を得る。企業は(9)、(10)の条件で費用が最小となるように w_{hij} , x_{hik} , y_{hil} , z_{hi} の値を決める。

$$\min E_h = m A_h + m B_h + n C_h + n D_h + \sum_i z_{hi} S_{hi} \quad (8)$$

z_{hi} : 企業 h の候補地 i における物流施設の配置の有無 (1-0)

m : 単位時間あたり小型輸送車費用 (円/h)

n : 単位時間あたり大型輸送車費用 (円/h)

subject to

$$z_{hi} - w_{hij} \geq 0, z_{hi} - x_{hik} \geq 0, z_{hi} - y_{hil} \geq 0 \quad (9)$$

$$\sum_i w_{hij} = 1, \sum_i x_{hik} = 1, \sum_i y_{hil} = 1 \quad (10)$$

企業が配置する際には30社がランダムで配置する。一度配置し終わった後、再び同じ順序で配置し直すことを許す。

(4) 社会的総費用の最小化

社会的総費用を考える場合には外部性を考慮して最適化を行う。企業間外部性については全ての企業の総費用の合計を考えれば良く、交通外部性については以下のように求める。

リンク a の走行時間 t_a は(11)式の修正BPR関数より求まる。ここで t_{a0} , k_a を所与とすると t_a と V_a の関係式になる。

$$t_a(V_a) = t_{a0} \left\{ 1 + 2.62 \left[\frac{V_a}{K_a} \right]^5 \right\} \quad (11)$$

t_{a0} : リンク a の自由走行時間:given

V_a : リンク a の交通量

K_a : リンク a の交通容量:given

輸送トラックの乗用車換算係数を1.7としてトラックが一台増加したときのリンク a の走行時間の増加分 Δt_a は(12)式のようになる。

$$\Delta t_a = t_a(V_a + 1.7) - t_a(V_a) \quad (12)$$

これに(13)式のようにそのリンクの交通量をかけ、費用に換算したものを交通外部性 v_h とする。

$$v_h = W V_a \Delta t_a \quad (13)$$

v_h : 企業 h による交通混雑の外部性

W : 時間価値 (=2,300円/h)

個々の企業の物流総費用と交通外部性を足しあわせて(14)式により社会的総費用 F を求める。

$$\min F = \sum_h (E_h + v_h) \quad (14)$$

社会的総費用の場合は組み合わせ最適化問題となり、探索すべき組み合わせの数は膨大な数となる。そこで遺伝的アルゴリズムを用いる。30個体120世代で行う。

4. 仮想都市への適用

(1) 仮想都市の設定

図-2のように仮想都市を設定する。都市は10×10のゾーンで構成されているとし、1つのゾーンは2km四方程度とする。物流施設配置候補地を0～8の9地点とし、企業は9個ある候補地に1～9個の自社の物流施設をコストが最小になるように適切な数だけ配置するものとする。また、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まで輸送することを考える。

(2) 企業の設定

企業は30社設定し、それぞれの輸送形態、取り扱い輸送量を異なるものとする。それぞれの輸送形態の基本輸送量を次のように設定する。

- ・都市内輸送台数を小型トラック10台。
- ・企業間輸送台数を小型トラック10台。
- ・地域外輸送台数を大型トラック2台。

企業間輸送の場合は、他の29社の企業に同じ量を配分し、その合計が小型トラック10台分になるようにする。この輸送量を基準にして、表-1のように輸送形態毎の割合を変えて10種類の企業を設定する。数字はそれぞれの基本輸送量の倍数である。また、この10の企業のそれぞれの輸送量の0.5倍の企業、2倍の企業を設定し、合計30の企業の輸送量を決める。いずれの企業も物流施設の候補地は同じ箇所である。

(3) 原単位の設定

費用の算出の際に、以下のように設定した。

- ・荷役費 $s = 780$ (円/t)
- ・用地費 $O_0 = 43,000$ (円/m²)
 $O_1 = 52,000$ (円/m²)
 $O_2 = 60,500$ (円/m²)
 $O_3 = 66,000$ (円/m²)
 $O_4 = 78,000$ (円/m²)
 $O_5 = 66,000$ (円/m²)
 $O_6 = 60,500$ (円/m²)
 $O_7 = 45,500$ (円/m²)
 $O_8 = 45,500$ (円/m²)
- ・建設・舗装費 $P = 443$ (円/m²)
- ・輸送費用 $m = 1,968$ (円/h)
 $n = 5,055$ (円/h)

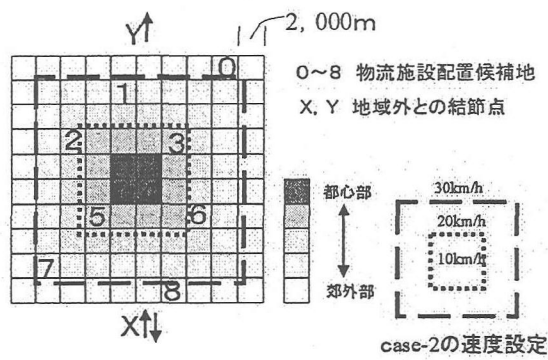


図-2 仮想都市の設定

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
企業間輸送	無	1倍	2倍	3倍	無	1倍	無	2倍	1倍	無
地域外輸送	無	無	無	無	1倍	1倍	2倍	1倍	2倍	3倍

固定資産税課税評価額は、土地の場合は価格の50%、建物の場合は建設コストの70%とみなし、税率は0.015とした。減価償却費は、建設費の90%をそれぞれ耐用年数で除した。輸送トラックは、小型が2tトラック、大型が10tトラックとし、積載率は50%とした。

(4) ケースの設定

仮想都市の交通条件としてcase-1からcase-3までの三種類の設定とした。case-1は都市全域で道路の通行速度が10km/h。case-2は図-2のように都市の中心が10km/hで外側に向かって20km/h、30km/hとなる。case-3は全域で30km/h。また貨物量を1.0倍、2.0倍、4.0倍に変化させて計算を行った。

(5) case-1, 2, 3の計算結果

計算結果を表-2、表-3に示す。表-2、表-3を見ると、物流施設が配置しているのは、候補地0、1、4、8であり、候補地0、1、8は郊外、候補地4は都心である。個々の企業の費用最小化配置と社会的総費用最小化配置が異なっているのは、交通条件No.1で貨物量の変化倍率が2倍と4倍のとき、交通条件No.2で貨物量の変化倍率が4倍のときである。このことから、交通混雑がひどい場合、輸送貨物量が多い場合に、企業の費用最小化行動の結果、物流が非効率的になっており外部性が発生していることがわかる。

次に実際にどのように配置が変わったのかを列挙する。

- ・ case-1-c
候補地4→候補地8 企業1
(都心→郊外)

表-2 個々の企業費用最小配置

		配置候補地									
		貨物量の変化	0	1	2	3	4	5	6	7	8
case-1	a	1.0	0	0	0	0	7	0	0	0	24
	b	2.0	0	6	0	0	9	0	0	0	24
	c	4.0	1	6	0	0	12	0	0	0	26
case-2	a	1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
	b	2.0	0	0	0	0	1	0	0	0	29
	c	4.0	5	0	0	0	1	0	0	0	29
case-3	a	1.0	0	0	0	0	2	0	0	0	28
	b	2.0	0	0	0	0	4	0	0	0	26
	c	4.0	0	0	0	0	4	0	0	0	26

表-3 社会的総費用最小化

		配置候補地									
		貨物量の変化	0	1	2	3	4	5	6	7	8
case-1	a	1.0	0	0	0	0	7	0	0	0	24
	b	2.0	0	3	0	0	8	0	0	0	26
	c	4.0	1	2	0	0	13	0	0	0	27
case-2	a	1.0	0	0	0	0	0	0	0	0	30
	b	2.0	0	0	0	0	1	0	0	0	29
	c	4.0	3	0	0	0	1	0	0	0	29
case-3	a	1.0	0	0	0	0	2	0	0	0	28
	b	2.0	0	0	0	0	4	0	0	0	26
	c	4.0	0	0	0	0	4	0	0	0	26

候補地1→候補地4 企業4,8

(郊外→都心)

候補地1→無し 企業8

(郊外)

・ case-1-b

候補地4→候補地8 企業1

(都心→郊外)

候補地1→無し 企業4,9

(郊外)

無し → 候補地8 企業6

(郊外)

・ case-2-c

候補地0→無し 企業6

(郊外)

以上のように変化した。立地箇所が変更したのは郊外の候補地1, 0や都心部の候補地4である。大多数の企業は候補地8に物流施設を配置している。これは貨物の搬入が地域外との結節点Xから行われているためである。企業間の輸送を考えると、多くの企業が集まる候補地8に集約したほうが全体の費用としては低くなるため、候補地4から8への施設の移動が起きている。また、case-1-cで候補地1から4へと移動しているのは、都心という場所に移ったというよりはより候補地8に近い場所に移ったと考える方が妥当である。候補地8に新たに施設が配置された場合や候補地0, 1の施設がなくなったのも、候補地8への集約に向かっていくものと思われる。このことから、企業が自社のこ

とのみを考えて行動した場合、社会的最適配置に比べて分散してしまう傾向があると言える。

また、変更になった企業をみると、郊外の候補地の場合は企業9, 10, 都心部の候補地の場合は企業1となっている。企業9, 10の場合は自社の輸送における地域外輸送の割合が高い企業であり、企業1は自社の輸送における都市内輸送の割合が高い企業である。このことから、ある輸送形態に特化している企業ほどその輸送が特化している故に、社会的に見て非効率な物流施設の配置を行ってしまう傾向があるといえる。企業6, 8については、特定の輸送に特化した企業に引きずられてしまい、社会的に非効率な配置を行ったと考えられる。

case-1-c, case-1-bの場合の費用の比較を図-3, 図-4に示す。ここで物流費とは全ての企業の輸送費と施設費を足し合わせたものであり、この社会的費用最小と企業の費用最小の差が企業間外部性となる。また総費用とは物流費と交通外部性の和である。いずれの場合でも物流費、総費用ともに社会的総費用最小化の方が低くなっているのがわかる。物流費が低いという

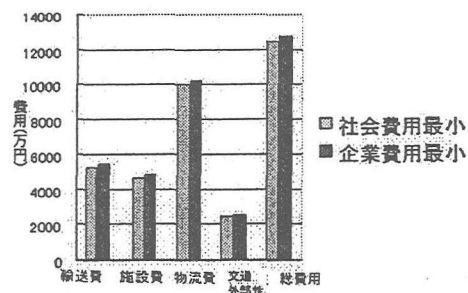


図-3 case-1-cの費用の比較

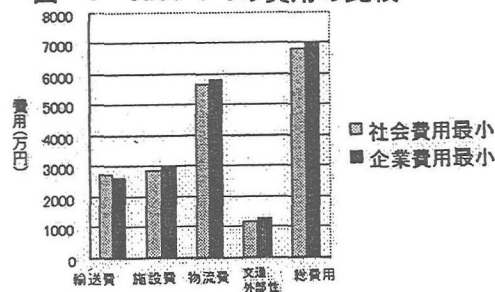


図-4 case-1-bの費用の比較

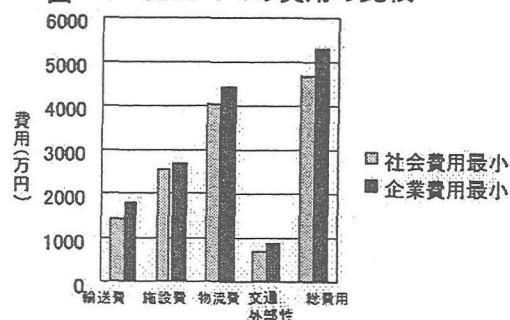


図-5 外部性の大きい場合の費用の比較

ことは、企業が独自に物流施設を配置させた場合に外部性が発生していることである。また、交通混雑によ

る外部性もいずれの場合も低くなっているのがわかる。

輸送費をみると図-3では社会的総費用最小化のほう
が低くなっているのに対し、図-4では高くなっている。
しかし、外部性は社会的総費用最小化のほうが低くな
っている。これは、大型トラックによる地域外輸送の
輸送距離が増えたため、輸送費が多くなっているの
であり、都市内輸送や企業間輸送の輸送時間は少なくな
ったため、輸送時間全体をみると低くなっている。

(6) 外部性の大きいケース

case-1-c, case-1-bの場合では、企業費用最小化と社
会的総費用最小化の費用の差はあまり小さくなく、企
業の自由行動で社会的に問題はない。しかし、交通条
件が悪く、貨物量が多い場合、また一つの輸送形態に
特化した企業が多い場合に外部性が大きくなる傾向が
あることから、より外部性が大きくなる条件設定とし
て、case-1-cの交通・貨物量の条件で、一つの輸送形
態に特化した企業1、企業4および企業10が10社ずつ
として計算を行った。その結果を図-5に示す。このよ
うな設定では、企業費用最小化の配置と社会的費用最
小化の配置とで、特に輸送費では概ね2割程度の差が
ついており、比較的外部性が発生しているものと思わ
れる。

5. まとめ

本研究では複数の企業の物流施設配置モデルを構築
し、企業が自社の費用のみを考え施設配置した場合と
企業間外部性や交通外部性といったものを考慮して社

会的に最適な施設配置について検討した。

本研究で得られた結論は以下の通りである。

- ・企業費用最小化、社会的総費用最小化ともに集中し
た物流施設配置により、企業間外部性が小さくなる
- ・企業が輸送形態が特化している方向へ施設を配置す
ると外部性が大きくなる
- ・混雑しているとき、また貨物量が多いときは企業間
外部性、交通外部性が大きくなる傾向がある

本研究では、静的最適化で計算を行ったため、実現
象では外部性はより少ないものと思われる。したがっ
て企業が自由に立地・移転可能な場合には個々の企業
の最適化にまかせても外部性は小さいといえる。しか
し、企業の自由立地を阻害する要因がある場合、特に
混雑などが生じている場合には外部性が大きくなるこ
とが懸念されることから、阻害要因を取り除くような
公共政策が必要となろう。

参考文献

- 1) 谷口栄一、則武通彦、山田忠史、泉谷透：トラックターミナルの
最適バース数決定法に関する研究、土木学会論文集 No. 548
/IV-33, pp.23-33, 1996
- 2) 谷口栄一、則武通彦、山田忠史、泉谷透：物流ターミナルの最適
規模および配置の決定法に関する研究、土木学会論文集 No.
583/IV-38, pp.71-81, 1998
- 3) 高橋洋二、兵藤哲朗、久保幹雄、清水真人、渡邊玉興：流通経路
を考慮した都市内物流の効率化に関する分析、第30回日本都市
計画学会学術研究論文集, pp.655-660, 1995
- 4) 金本良嗣：都市経済学、東洋経済新報社, pp.152-156, 1997

外部性を考慮した都市内物流施設配置問題

渡辺 研也、徳永 幸之

物流分野では交通渋滞や大気汚染といった様々な問題を抱えている。これらの問題を解決するために
も効率的な物流システムを構築することが求められている。適切な物流施設の配置はその効率化の方法
の一つである。本研究では外部性を考慮した物流施設の配置問題について最適化による配置モデルを構
築した。仮想都市におけるシミュレーションの結果、外部性が発生していることが明らかになった。

Facility Location Problem of Urban Freight Transportation Considering Externalities

by Kenya WATANABE, Yoshiyuki TOKUNAGA

In the freight transportation, there are various problems, such as traffic jam and air pollution. In order to
solve the problems, it is necessary to construct a rational transportation system. Locating freight
transportation facility properly is one of the ways. This study proposes locating model considering
externalities, and analyze optimum location applying to virtual city. The result clearly shows that there
are externalities.