

物資流動調査にもとづく物流施設の整備効果に関するシミュレーション分析

高橋洋二^{*}
兵藤哲朗^{***}

苦瀬博仁^{**}
清水真人^{****}

本研究では、東京都市圏の物資流動調査のデータを用い、業種間チャンネルと施設間チャンネルを分析し、広域物流施設および都市内物流施設の必要性と役割を検討している。また輸送コストモデルを用いて、広域物流施設と都市内物流施設の整備効果を、シミュレーションにより分析している。この結果、既存の流通業務団地の立地の妥当性と問題点を明らかにするとともに、広域物流施設と都市内物流施設のそれぞれについて、配置のあり方と整備効果を明確にすることができた。

A Simulation Study of the Effects of Urban Physical Distribution Facilities Using a Goods Flow Survey

Yoji TAKAHASHI^{*}
Tetsuro HYODO^{***}

Hirohito KUSE^{**}
Masato Shimizu^{****}

This research uses data from a goods flow survey in the Tokyo metropolitan area to analyze the distribution channels between industries and between facilities and study the role and necessity of physical distribution facilities in Tokyo metropolitan area. The efficiency of those facilities was also analyzed using a transport cost model. The results were used to reveal problems relating to and the adequacy of existing physical distribution center locations, and to ascertain the ideal arrangement and efficiency of physical distribution centers in Tokyo and in a broad area.

1. はじめに

東京都市圏をはじめとする大都市圏の交通問題はますます深刻になっている。なかでも都市の経済活動や社会活動にとって無くてはならない物流車（ト

ラックやバン等の物流を担う車を言う）は、台キロベースで全交通の半数を占めているのが実態である。これら物流車は深刻な交通渋滞、環境問題を引き起こしており、その解決が緊急かつ重要な課題となっている。

ところで、物流活動を効率化し、物流車の総量を減らす方策として、物資の積み替えや保管等を行う広域物流施設を整備し、物流車の積載率を向上させる方法が考えられてきた。現在、東京都市圏には4カ所（京浜二区、足立、葛西、板橋）の広域物流施設が整備されているが、その配置が適当であるか、また、どの程度の整備効果があるのかについては不明な点が多い。また、今後必要性が高まる都市内の集配送を効率化するための都市内物流施設の整備効

*東京商船大学流通情報工学課程教授
Professor, Dept. of Information Engineering and Logistics, Tokyo University of Mercantile Marine

**同教授
Professor

***同助教授
Assistant Professor

****同大学院生
Master's Student

原稿受理 1995年11月16日

果についてもほとんど解明されていない。

広域物流施設および都市内物流施設の計画や整備を進めるためには、配置のあり方や整備効果等を明らかにしていく必要がある。この場合、物資流動は施設間、業種間のつながりと見ることができるから、物資の流通チャネルの分析をあわせて行うことが重要となってくる¹⁾。

2. 研究の目的と方法

2-1 流通チャネル分析の考え方

1) 広域物流施設と都市内物流施設の分析の必要性
 一般に輸配送にあたっては、積み替えをできるだけ少なくし、時間とコストの増加をおさえることが必要である。しかし、積み替えにより物流車の積載率が向上するならば、積み替え時間によるロスが生じて、結果として物流全体の効率が上昇することが考えられる。

このための施設としては、遠距離から輸送される物資を都市内に輸送する（またはその逆）ための中継施設としての広域物流施設と、端末に集配するための拠点としての都市内物流施設が考えられる。この二つの物流施設の役割としては、Fig.1に示すように四つのタイプが考えられている²⁾。

東京都市圏を考えると、前者の広域物流施設の例として、東京都市圏から東京23区へ輸送する場合（またはその逆）の、遠距離輸送の積み替え拠点を考えることができる。一方後者の都市内物流施設の例として、広域物流施設や東京23区から最終需要地である東京都心への物資の集配拠点を考えることができる。

2) 施設間・業種間物資流動分析の必要性

物流施設の計画にあたっては、物流のノード（結節点施設）に着目し、商品や製品の工場・倉庫・店舗等、施設間の流動実体を解明する必要がある（これを施設間チャネルと呼ぶ）。

このような施設間チャネルと業種間チャネルの両方を組み合わせた概念を、本研究では流通チャネルと呼ぶこととする。

さらに物流に関する交通計画は、物の空間的移動にかかわる計画であるから、これを地域間チャネルと言うことができる。これら施設間チャネル、業種間チャネル、地域間チャネルの3つの関係は、Fig.2のように示される。

3) 物流施設に関する既存研究

物流施設に着目した既存の研究としては、広域物流施設、都市内物流施設の整備方針に関する研究³⁾

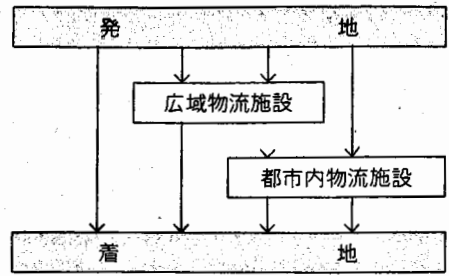


Fig.1 広域物流施設と都市内物流施設の役割

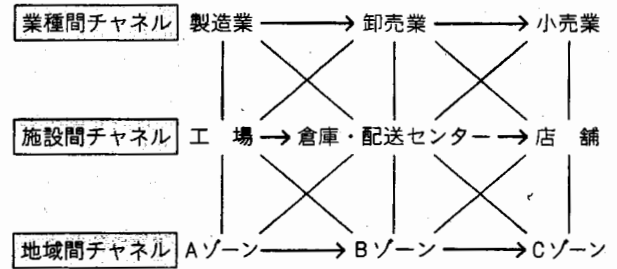


Fig.2 施設間と業種間チャネル

や私企業のロジスティクスセンター（大規模な集配センター）導入の効果を実データにより検証した研究⁴⁾がある。

また、積み合わせによる輸配送（共同化）を扱った研究には、異業種間の貨物の集約化を対象とした国内の事例⁵⁾、海外の事例⁶⁾や都市内の集配送行動のモデル化を行った研究⁷⁾、共同化の社会効果を計測した研究⁸⁾がある。さらに流通チャネルの概念を取り入れた研究には、流通チャネルの分類を通じて、広域における共同化の可能性を示唆した研究¹⁾や都市内の集配センターの配置に関する研究⁹⁾がある。

しかしながら、広域物流施設と都市内物流施設の整備効果を、積み合わせによる積載率向上の視点から明らかにした研究はない。

2-2 研究の目的

本研究では、第一に東京都市圏の広域および地区における流通チャネル分析を行い、物流構造を明らかにすることを目的とする。

第二に東京都市圏における広域物流施設と都市内物流施設について、輸送コストモデルを作成し、シミュレーション分析を行い、それぞれの立地と機能および、整備効果を明らかにする。

第三に複数の広域物流施設や都市内物流施設を配置することによる整備効果を分析し、既存の流通業務団地の立地の妥当性と問題点を考察し、広域物流施設および都市内物流施設の計画および整備について、今後の方向を模索することを目的としている。

2-3 研究の方法

1) 業種間・施設間物資流動分析

物流実態の分析については、①東京23区を除く東京都市圏全域から、東京23区への広域の業種間・施設間物資流動実態を明らかにし、②次に都市内物流実態を分析するため、東京23区から東京の都心への業種間・施設間物資流動実態を明らかにする。なおここでは、東京都心の一つとして銀座地区を取り上げて、分析を加えている。

2) 物流施設の整備効果解明のためのシミュレーション分析

物流活動の大部分は民間の経済活動の一部であるため、物流施設の配置計画にあたっては、輸送コストを出来るだけ低くする必要がある。

そこでシミュレーション分析では、①物流施設の整備効果を、物流車の走行距離にもとづく総輸送コストの減少という指標で表すことにする。②次に都市圏全域を対象とした広域物流施設（流通業務団地など）の整備効果を測定し、③銀座地区を対象とする都市内物流施設（集配送センターなど）の整備効果を測定する。④最後にこれらの結果を踏まえ、都市における物流施設のあり方を検討する。

3. 業種間・施設間物資流動分析

3-1 業種間・施設間物資流動分析に用いるデータ

東京都市圏における広域物流施設の分析には、昭和57年度に実施された物資流動調査のC₂票（搬入時物資調査）のうち、東京都市圏全域発（除く東京23区）東京23区着のデータを用いる。

都市内物流施設の分析には、具体的な地区への物流実態を詳細に調べるために、東京23区内最大の商業集積地である銀座地区を選び、物資流動調査のC₁票（搬出時物資調査）のうち、東京23区発銀座着のデータを用いている。

なお、物資流動調査では50品目、15業種分類、19施設分類に細分化されているが、本研究では最終消費財の配送という点に着目して16品目を抽出し、さらに業種は5分類、施設も5分類に分類しなおして

Table 1 最終16品目

1. 穀物	2. 野菜・果物	3. その他農産品
4. 水産品	5. 畜産品	6. 一般機器
7. 電気機器	8. 輸送機器	9. 精密機器
10. 繊維工業品	11. 食料品	
12. 出版・印刷物	13. 文房具・楽器・玩具	
14. 家具装備品・台所用品		
15. 衣服・身廻品・履物	16. その他日用品	

いる (Table1~3)。

3-2 東京都市圏における業種間・施設間物資流動分析

業種間・施設間物資流動分析には、業種間チャンネルと施設間チャンネルそれぞれ25通りずつある（業種、施設とも5分類あるため、その組み合わせは、5²=25）。

東京都市圏（除く東京23区）発東京23区着の物資流動について、16品目ごとの業種間チャンネルと施設間チャンネルのうち、1万フレート以上のものは、それぞれ5および6通りのチャンネルとなり、さらに業種間と施設間のチャンネルの組み合わせは、11通りとなった (Table4)。

東京都市圏（除く東京23区）から東京23区へのフレート数は全体で8,453,689であるが、1万以上のフレート数 (Table4で示されるフレート) は、合計で7,087,529 (83.8%) となった。

このうち、最もフレート数の大きなチャンネルの組み合わせは「卸売業→小売業」の「倉庫施設→商業・業務施設」で、970,925フレート (11.5%) である。ここに含まれる品目は、①文房具・楽器等、②水産品、③食料品、④野菜・果物、⑤衣服・身廻品等、⑥家具装備品・台所用品の6品目であった。

また、生鮮食料品（野菜・果物、畜産品、水産品）は類似したチャンネルを持ち、金属工業品（一般機器、電気機器、輸送機器、精密機器）は、ほとんどが製造業から出発するもので、一部の品目（輸送機器と電気機器）を除けば「製造業→製造業」の「工場・生産施設→工場・生産施設」という流通チャンネルに

Table 2 5業種分類

製造業	農林漁業、鉱業
	建設業
	化学系製造業
	鉄鋼系製造業
卸売	金属材料卸売業
	製造系卸売業
	倉庫業
倉庫業	陸運業
	その他輸送中継業
小売業	小売業
	電気・ガス・水道業
消費者	サービス・公務等

Table 3 5施設分類

工場	農林水産地
	工事現場
倉庫施設	採掘場・工場
	卸売市場
	倉庫・保管庫・上屋
商業	冷凍・冷蔵倉庫
	貯蔵タンク・サイロなど
居住	集配送センター・荷捌場
	店舗
その他	飲食店・宿泊など
	事務所施設
その他	居住施設
	文教・厚生施設
その他	自然地
	廃棄物処理場など
	野積所・モータープール

なっている。

食料品の着地は、業種では小売業が多く、施設では商業・業務施設が多く、2,020,365フレート（食料品のうち92.9%）であった。衣服・身廻品等や家具装備品等は、「卸売業→小売業」の「倉庫→居住施設」で約90%を占めている。すなわち、これらの品目は、ほぼ一つのチャンネルで輸送されていることがわかる。

一方、出版・印刷物は1万フレート以上のものは二つのチャンネルの組み合わせしかなく（34,065フレート）、しかもシェアは18.08%と低い。すなわち、この表には掲載されていない、フレート数1万未満のさまざまなチャンネルで輸送されており、多くの異なる流通チャンネルを持つことが明らかとなった。

3-3 東京23区における業種間・施設間物資流動分析

東京23区発で、中央区銀座着の業種間・施設間チャンネルのうち、1,000フレート以上のものを示したのが次頁Table5である。東京23区から銀座へのフレート数は全体で213,919であり、1,000フレート以上のものは全体の約90%（190,196フレート）とな

っている。

1,000フレート以上のフレートを持つチャンネルとしては、業種間チャンネル、施設間チャンネルとも6通りであり、その組み合わせは、15通りとなった。

このうち、最もフレート数が多いチャンネルの組み合わせは、「小売業→小売業」の、「倉庫施設→居住施設」で79,076フレート（37.1%）である。ここに含まれる品目は、①衣服・身廻品等、②文房具・楽器等、③家具装備品等、④食料品の4品目である。二番目にフレート数が多いものは「卸売業→卸売業」の、「商業・業務施設→商業・業務施設」である。

食料品は、多様なチャンネルの組み合わせ（5チャンネルで52,563フレート：92%）で輸送されている。一方、精密機器や電気機器では、業種と施設ともに、1,000フレート以上のものは1チャンネルしか存在しない。

以上のように、着地を都心の銀座に特定しているため、ほとんどの品目で、業種では小売業、施設では商業・業務施設となっている。

3-4 東京都市圏の分析と東京23区の分析の比較

Table 4 品目別業種間・施設間チャンネルと品目別フレート数とそのシェア（東京都市圏発、東京23区着）

単位：フレート（その品目中の割合%）

		業 種 間 チ ャ ン ネ ル						
		製造→製造	製造→卸売	製造→小売	卸売→卸売	卸売→小売	小売→小売	小売→卸売
施 設	工場・生産 → 工場・生産	一般機器 (10,373/33.03%) 電気機器 (13,199/6.19%) 輸送機器 (16,474/42.10%) 精密機器 (16,531/25.18%) 出版・印刷物 (13,473/7.15%)						
	工場→商業			食料品 (113,890/5.24%)		食料品 (13,600/0.63%)		
間	倉庫 → 商業・業務			食料品 (57,441/26.43%)		文房具・楽器等 (108,162/26.9%) 水産品 (26,459/33.9%) 食料品 (460,578/21.19%) 野菜・果物 (26,393/25.68%) 衣服・身廻品・履き物 (254,180/9.06%) 家具装備品 (95,153/4.47%)		
	倉庫→倉庫				輸送機器 (12,771/32.64%)			
チ ヤ ネ	商業・業務 → 商業・業務			食料品 (44,984/2.07%)		文房具・楽器等 (13,060/3.25%) 食料品 (44,932/2.07%) 出版・印刷物 (20,592/10.93%) 衣服・身廻品・履き物 (60,087/2.21%) 家具装備品 (10,690/0.5%) 畜産品 (18,530/12.48%) 食料品 (50,267/2.31%) 野菜・果物 (14,744/14.35%)		
	商業→倉庫							
ル	倉庫→居住			電気機器 (124,641/58.48%)		食料品 (1,234,673/56.82%) 衣服・身廻品等 (2,271,246/83.58%) 家具装備品 (1,940,406/91.18%)		

注) 1万フレート以上のものを表示。「工場→商業」は「工場・生産→商業・業務」の略。

東京都市圏、東京23区どちらもチャネルの組み合わせは625 (5²×5²) 通り考えられる。しかし、その大半（東京都市圏の場合チャネルが11通りの組み合わせで、フレート割合が約80%、東京23区の場合が15通りで、フレート割合が約90%）が、一部の主要なチャネルで占められている。

東京都市圏（除く東京23区）と東京23区の分析結果を比較すると、都市圏では業種間で「製造業→製造業」、施設間で「工場→工場」の輸送が主要なチャネルとなっているが、東京23区ではこのチャネルは抽出されなかった。

また二つの分析の間で、チャネルと品目が一致しているものは、

- ①「製造業→小売業」「工場→商業業務施設」の食料品
- ②「小売業→小売業」「工場→商業業務施設」の食料品
- ③「卸売業→小売業」「倉庫→商業業務施設」の食料品

の3ケースのみである。

すなわち、食料品を除く他の品目では、東京都市圏および東京23区とも、少数の限られたチャネルを

経由して流動しているうえ、それぞれ異なるタイプの流通チャネルを有していることが明らかとなった。

4. 物流施設の配置計画のシミュレーション分析

4-1 シミュレーションの考え方

1) シミュレーションの目的

本研究では、積載率の向上を目的とした物流施設の配置計画のために、積み替え拠点としての広域物流施設と都市内物流施設の整備効果を明らかにすることを目的としている。そこでここでは、これら二つの物流施設のそれぞれの整備効果を、シミュレーション分析によって、定量的に明らかにする。

一般に都市内のゾーン間の物資輸送において、積み替えなしにゾーン間を直接輸送（直送）する場合と、物流施設を中継して積み替える場合がある。そして物流施設において、輸配送先が同じ物資や近接したゾーンの物資を積みあわせることによって、積載率を向上させることができるならば、輸送コストを減少させることができる。

そこでシミュレーションにあたっては、物流の効率化が輸送コスト（ここでは配送にかかる輸送コストと積み替えコストの合計）を最小化することによ

Table 5 品目別業種間・施設間チャネルと品目別フレート数とそのシェア（東京23区発、銀座着）

単位：フレート（その品目中の割合(%)）

施設間チャネル	業 種 間						
	製造→製造	製造→卸売	製造→小売	卸売→卸売	卸売→小売	小売→小売	小売→卸売
工場→工場							
			食料品 (6,178/10.8%) 野菜・果物 (10,878/94.1%)			食料品 (2,990/5.2%)	
倉庫→商業・業務		その他日用品 (3,456/49.2%)		衣服・身廻品 (2,293/3.6%)			
			食料品 (2,950/5.2%)		食料品 (11,943/20.9%) 畜産品 (3,136/8.2%) 家具装備品等 (1,224/12.6%) 水産品 (1,418/80.5%)		
倉庫→倉庫							衣服・身廻品 (2,729/4.3%)
商業・業務→商業・業務			衣服・身廻品 (1,072/1.7%) 出版・印刷物 (1,708/22.4%) 畜産品 (33,986/88.7%)			衣服・身廻品 (9,940/15.6%)	衣服・身廻品 (2,648/4.1%) 精密機器 (1,534/76.6%)
商業→倉庫			出版・印刷物 (2,973/39.0%)		電気機器 (4,887/73.5%)		
倉庫→居住					その他日用品 (3,117/45.2%) 衣服・身廻品 (40,803/63.9%) 文房具・楽器 (3,192/63.9%) 家具装備品等 (6,489/66.7%) 食料品 (28,592/49.9%)		

注) 千フレート以上のものを表示。「工場→工場」は「工場・生産→工場・生産」の略。

り達成されると考え、さらにゾーン間の物資流動の輸送コストの合計（以下、総輸送コストと呼ぶ）を最小化することを目標とする。

なお、積み替えることにより、荷役コストが増え、滞留時間等が増えることによるコスト増が考えられる。本研究

ではこのコスト増加分を、輸送にかかわるコスト（発地から物流施設および物流施設から着地までの移動によるコスト—狭義の輸送コスト—の合計）の一定割合としている。

2) 輸送コストモデルの設定

輸送コストモデルの作成にあたって、以下を定義する。

- α : トラックの積載容量（1台当たりの積載可能量）
- θ : 1台・単位時間当たりの輸送コスト（一定）
- δ : 物流施設内での荷役コスト
（狭義の輸送コストに比例すると仮定）
- β_k : 物流施設を経由しない場合、および物流施設までの積載率
- γ_k : 物流施設を経由後の積載率
- μ_k : 単位フレート当たりの重量
- W_{ij} : i j 間の物資重量
- T_{ij} : i j 間の輸送時間
- F_{ij} : i j 間のフレート数
- i : 物資の発地 ($i=1, \dots, I$)
- j : 物資の着地 ($j=1, \dots, J$)
- k : チャンネル ($k=1, \dots, K$)

(1) i j 間を直送する場合 (Fig.3のタイプA) の輸送台・時は以下となる。

$$G_{ijk} = \frac{W_{ij}}{\alpha \times \beta_k} \times T_{ij}$$

$$= \frac{\mu_k \times F_{ijk}}{\alpha \times \beta_k} \times T_{ij} \quad \dots\dots(a)$$

したがって、 i j 間の輸送コストは

$$C_{ijk} = \theta \times G_{ijk} \quad \dots\dots(b)$$

となり、すべての発地 i からすべての着地 j に関する、すべての物資の総輸送コストは、式(c)となる。

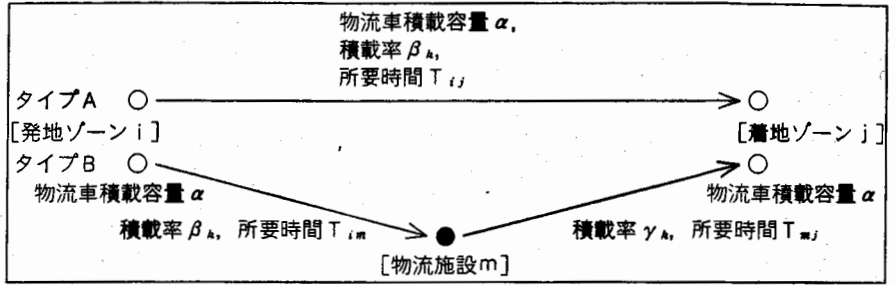


Fig.3 直送と積み替えの物資の輸送コスト

$$CT = \sum_i \sum_j \sum_k C_{ijk}$$

$$= \sum_i \sum_j \sum_k \left\{ \theta \times \left(\frac{\mu_k \times F_{ijk}}{\alpha \times \beta_k} \right) \times T_{ij} \right\} \dots\dots(c)$$

(2)次に、物流施設 m を経由する場合 (Fig.3のタイプB) の輸送台・時は、以下となる。

$$C'_{ijk} = \theta \times G'_{ijk}$$

$$= \theta \times \left\{ \left(\frac{\mu_k \times F_{ijk}}{\alpha \times \beta_k} \right) \times T_{im} + \left(\frac{\mu_k \times F_{ijk}}{\alpha \times \gamma_k} \right) \times T_{mj} \right\} \times \delta \quad \dots\dots(d)$$

(3)ここで、直送 (タイプA) と積み替え (タイプB) のコストを比較すると、通常輸送コストの低い輸送方法を選択するので、 i j 間の輸送コストは式(e)となる。

$$C''_{ijk} = \min \{ C_{ijk}, C'_{ijk} \} \quad \dots\dots(e)$$

(4)したがって、物流施設を整備した場合の最小総輸送コストは、Fig.3のタイプAとタイプBの小さい総輸送コストを合計した式(f)になる。

$$CT' = \sum_i \sum_j \sum_k C''_{ijk}$$

$$= \frac{\theta}{\alpha} \times \sum_i \sum_j \sum_k \min \left\{ \left(\frac{\mu_k \times F_{ijk}}{\beta_k} \right) \times T_{ij}, \left\{ \left(\frac{\mu_k \times F_{ijk}}{\beta_k} \right) \times T_{im} + \left(\frac{\mu_k \times F_{ijk}}{\gamma_k} \right) \times T_{mj} \right\} \times \delta \right\} \quad \dots\dots(f)$$

(5)以上から、物流施設設置による総輸送コストの削

減率は、以下となる。

$$R = \frac{(CT - CT')}{CT} \quad \dots\dots(g)$$

3) シミュレーションの手順

シミュレーションの手順は、以下のとおりである。

- (1) 物資が物流施設で積み替えられずに、着地に直送される場合の輸送コストを算出する (Fig.4の①)。
- (2) 次に物流施設において、複数のゾーンから輸送された物資が積み合わされる場合の輸送コストを算出する (Fig.4の②)。
- (3) 物資が直送される場合(①)と、積み替えられる場合(②)を比較し、輸送コストが小さい輸送方法が選択されるものと考え (Fig.4の③)。
- (4) 各ゾーン間の輸送コストを求め、この合計 (以下、最小輸送コストと呼ぶ) を算出する (Fig.4の⑥)。
- (5) 全ての物資が直送される場合の総輸送コスト(⑦)と、最小総輸送コスト(⑥)の差は、積み替えによるコストの減少分を示している。そこでこの差が物流施設の整備効果を示すものと考え、総輸送コストの削減率を算出する (Fig.4の⑧)。

4) 分析上の条件

本研究では、データの制約や、シミュレーション

の簡略化のため、流通チャネル(k)ごとのフレート当たりの重量(μ_k)、積載率(β_k 、 γ_k)は、一定と仮定した。そして、 β 、 γ 、 μ 、を一定と仮定すると、総輸送コストの削減率はフレート・時を積載率で除した値の削減率に一致する (式(g))。そのためフレート・時/積載率を、修正フレート・時と定義し、以下のシミュレーションの評価に用いる。

なお、ここで積載率 β 、 γ による $(1 - \beta/\gamma)$ を積載率向上指数と定義する。この積載率向上指数が上昇すると、物流施設から着地までの貨物車台数が減少し、輸送コストが低減することになる。

シミュレーションにあたっては、既存研究⁴⁾から積み替え前と、積み替え後の平均的な積載率、($\beta = 0.58$ 、 $\gamma = 0.95$)を求め、これから積載率向上指数(0.39)を求めた。以下では、積載率向上指数(0.39)を中心に分析を加えている。また、物流施設での荷役コストは、既存研究¹⁰⁾より $\delta = 1.2$ と仮定した。また、これらの数値は一つの代表例にすぎない。そのため、一定のシミュレーションの後、積載率向上指数に対する弾力性を明らかにすることを目的に感度分析を行う。

4-2 広域物流施設の整備効果分析

1) シミュレーション結果

広域物流施設の整備効果を明らかにするため、東京23区の計画基本ゾーン (23区内で合計115ゾーン)のどのゾーンに整備された場合、総輸送コストを最小にすることができるか分析した。

東京23区内の各ゾーンごとに、広域物流施設の整備効果を、すなわち積み替えが生じる場合と従来通り直送される場合を比較して、修正フレート・時の減少分と総輸送コストの削減率 (整備効果) を求める。これにより修正フレート・時の減少分 (整備効果) の大きい地区 (ゾーン) を抽出するとTable 6

Table 6 整備効果の高い地区 (東京都市圏)

地区	修正フレート・時の減少分	整備効果 (R x 100)	町名
①	1,262,107.56	1.51%	杉並区荻窪付近
⑤	308,435.56	0.37%	杉並区浜田山付近
⑥	246,771.52	0.29%	杉並区井草付近
⑦	69,154.98	0.08%	世田谷区祖師谷付近
②	23,468.58	0.03%	練馬区三原台付近
③	21,663.96	0.03%	江東区東陽町付近
④	19,632.61	0.02%	大田区下丸子付近
⑧	15,940.40	0.02%	世田谷区成城付近
⑨	13,841.64	0.02%	世田谷区用賀付近
⑩	10,296.00	0.01%	葛飾区水元付近

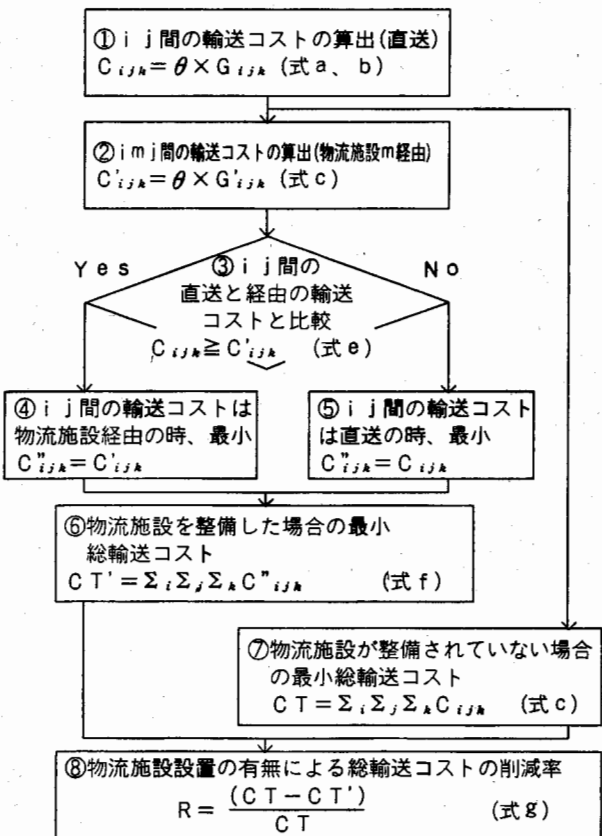


Fig.4 シミュレーションの手順

の結果が得られた。

総輸送コストの削減効果が最大な地区は杉並区荻窪付近で、直送の場合に比べて1.51%であった。なお、東京都心から西の方面である杉並区、世田谷区に、整備効果の上位に位置する地区が多く存在する。

次に複数の広域物流施設を整備する際の効果について検討する。基本的には先に求めた整備効果の高い地区を上位から数カ所選ぶが、その際に地区が隣接している場合は、整備効果の最も高い地区だけを優先的に選んだ。ここでは東京都市圏の流通業務団地の配置を評価するために、既存の流通業務団地と同程度の数を想定することにした。この結果、①杉並区荻窪付近、②練馬区三原台付近、③江東区東陽町付近、④大田区下丸子付近の4カ所となった。

この4カ所に広域物流施設が整備されたとして整備効果（総輸送コストの削減率）を測定したところ、4カ所合計で1.60%の整備効果があった。

また、これらの4カ所の広域物流施設の位置はFig.5に示した地区である。

2) 感度分析

シミュレーションにおいては積載率向上指数が変わると、結果が大きく変化するので、積載率向上指数について感度分析を行うこととした。なお、先に用いた積載率向上指数は0.39であったので、これに加えて0.20、0.60について分析を行った (Table 7)。

積載率向上指数が0.20の時、4カ所の広域物流施設には、ほとんどの物資は経由しない。唯一③の広域物流施設に1,000フレート經由する。すなわち、広域物流施設の場合少なくとも積載率が25% (積載率向上指数0.20) 以上上昇しなければ広域物流施設を整備しても、整備効果は期待できないということになる。また、積載率向上指数が0.60の場合は、7.3%の整備効果 (総輸送コストの削減)があった。

積載率向上指数の上昇によって新たに広域物流施設から物資が輸送される地区は、Fig.5に示すとおりである。

3) 広域物流施設の流通チャネル特性

設定された4カ所の広域物流施設を經由する物資は、品目も異なるし、業種間や施設間のチャネルも異なると考えられる。一方、積み替えを促進するためには、業種間チャネルや施設間チャネルの類似性および品目の特徴を考慮し、積み合わせを考える必要がある。すなわち、一般に「品目数やチャネル数が多く、かつフレート数の少ない物資」よりも、「品目数やチャネル数が少なく、フレート数の多い物資」の方が積み合わせしやすく、積載率もより向上しや

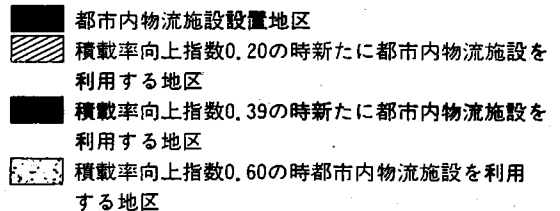
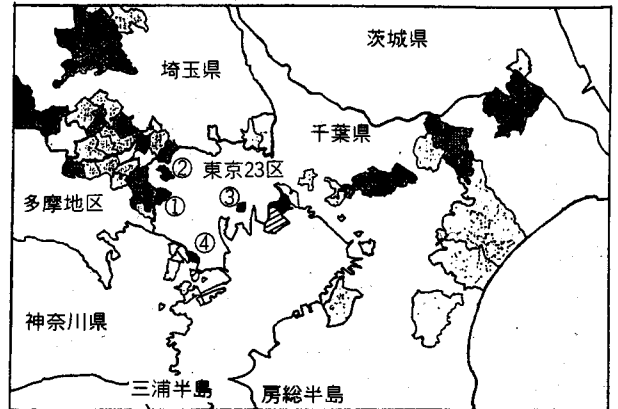


Fig.5 広域物流施設の位置とその利用圏域

Table 7 積載率向上指数と物流施設の利用フレート

積載率向上指数	修正フレート・時 フレート	直行	広域物流施設				合計	整備効果
			①	②	③	④		
なし	修正フレート・時	83,712	---	---	---	---	83,712	0.0%
	フレート	1,241	---	---	---	---	1,241	
0.20	修正フレート・時	83,673 (99.9%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	36 (0.1%)	0 (0.0%)	83,712 (100.0%)	0.0%
	フレート	1,240 (99.0%)	0 (0.0%)	0 (0.0%)	1 (0.1%)	0 (0.0%)	1,241 (100.0%)	
0.39	修正フレート・時	67,821 (83.15%)	13,266 (16.05%)	839 (0.56%)	326 (0.17%)	134 (0.07%)	82,386 (100.00%)	1.6%
	フレート	1,017 (81.9%)	207 (16.7%)	8 (0.7%)	6 (0.5%)	3 (0.2%)	1,241 (100.00%)	
0.60	修正フレート・時	52,117 (67.1%)	22,790 (29.4%)	1,940 (2.5%)	632 (0.8%)	157 (0.2%)	76,080 (100.00%)	7.3%
	フレート	788 (63.5%)	416 (33.6%)	20 (1.6%)	13 (1.0%)	4 (0.3%)	1,241 (100.00%)	

注) 修正フレート・時、フレートとも単位は千 (×1,000)。
 ()内の数値は、ルート (直行、①~④) 別の構成比。
 整備効果とは、4広域物流施設全体の輸送コスト削減率。

Table 8 広域物流施設の流通チャネル特性

広域物流施設	品目	流通チャネル		フレート数	割合
		業種間流動	施設間流動		
①杉並区付近	衣服・身廻品等 家具・装飾品等 食料品 文房具・楽器等	卸売業→小売業	倉庫施設→居住施設	84960.00 63720.00 36000.00 9000.00	93.6%
②練馬区付近	該当品目なし				
③江東区付近	出版・印刷物 食料品 精密機器 電気機器 輸送機器	製造業→製造業	工場施設→工場施設	130.56 17.7 112.53 1347.75 18.00	27.1%
	繊維工業品 電気機器	製造業→製造業	工場施設→商業業務	99.45 43.3	2.4%
	衣服・身廻品等 一般機器 食料品 文房具・楽器等	製造業→卸売業	工場施設→倉庫施設	34.32 65.01 13.68 4.00	2.0%
	出版・印刷物 食料品	製造業→卸売業	倉庫施設→倉庫施設	245.7 98.00	5.7%
	衣服・身廻品等 出版・印刷物	製造業→卸売業	居住施設→居住施設	120.16 72.45	3.2%
	衣服・身廻品等 文房具・楽器等	小売業→卸売業	商業業務→商業業務	54.08 110.88	2.7%
	④大田区付近	該当品目なし			

注) 割合とは物流施設を経由するフレートの比率。

すいと考える。

これらの点を分析するために、3章で行ったチャネル分析を応用して、4カ所に想定した広域物流施設の特性を検討する。

広域物流施設を経由する物資のうちで業種間チャネル、施設間チャネルの一致した品目と、そのチャネルおよびフレート数を示したものがTable 8である。すなわち、①の広域物流施設は、フレート数が他の物流施設に比べ多く、経由するフレート数の約90%が同じチャネルであるので、広域物流施設として整備効果の高い地区と考えられる。

4-3 都市内物流施設の整備効果分析

1) シミュレーション結果

4-2と同じく、東京23区発で銀座着の物資流動のうちで整備効果の高い地区を算出した (Table 9)。このうち、最大の整備効果があった地区は台東区上野周辺で6.6%であった。またこれらの地区の多くは、明治通り (環状5号線) より内側である。

次に、複数の都市内物流施設を整備した場合の整備効果を算出した。まず、銀座を中心に東京23区を東西南北の4方面に分け、それぞれの方面に1カ所、都市内物流施設を整備すると想定した。しかしながら東部方面に設定した都市内物流施設の整備効果は

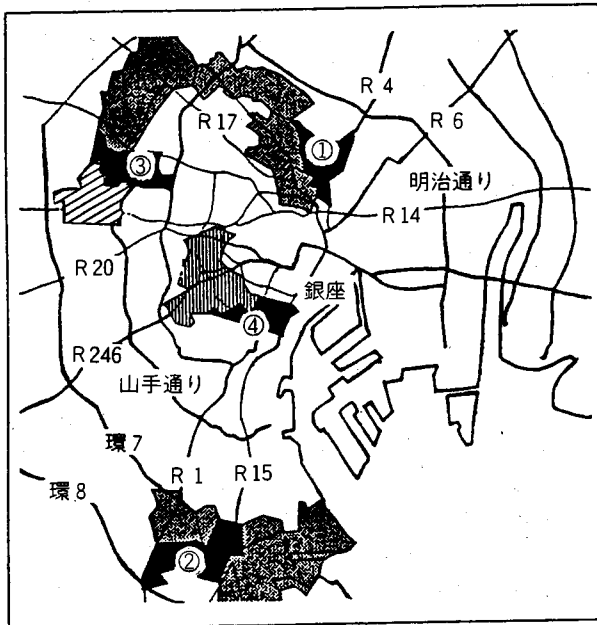


Fig.6 物流施設の位置とその利用圏域

Table 9 整備効果の高い地区 (都市内物流施設)

地区	修正フレート・時の減少分	整備効果 (R x 100)	町名
①	3,199.855	6.57%	台東区上野付近
⑤	2,289.11	4.70%	文京区根津付近
②	1,456.83	2.99%	大田区池上付近
⑥	1,311.445	2.69%	文京区本郷付近
③	1,060.093	2.18%	新宿区高田馬場付近
④	830.717	1.71%	港区虎ノ門付近
⑦	702.368	1.44%	新宿区河田町付近
⑧	434.083	0.89%	新宿区西新宿付近
⑨	354.845	0.73%	港区赤坂付近
⑩	345.38	0.71%	千代田区平河町付近

低いため省き、また整備効果が3位である大田区池上を加えた。この時、広域物流施設のシミュレーションの場合と同じく隣接する地区は除いた。この結果、①台東区上野付近、②大田区池上付近、③新宿区高田馬場付近、④港区虎ノ門付近の4地区が選定された。

この4地区に都市内物流施設を仮定した場合、東京23区から銀座への総輸送コストの削減(整備効果)は、13.4%であった。なお、都市内物流施設の位置はFig.6のとおりである。

2) 感度分析

広域物流施設のシミュレーションと同様に、積載率向上指数が、0.20、0.39、0.60の場合について感度分析を行い、直送および都市内物流施設経由の修正フレート・時とフレート数の構成率と総輸送コストの削減率を求めた。

広域物流施設の場合と異なり、都市内物流施設は積載率向上指数が0.20(積載率が25%向上)の場合でも約2%の総輸送コストの削減ができることがわかる。また、0.39の場合は13.4%、0.60の場合は29.5%であった。また、積載率向上指数の変化に伴う、都市内物流施設の利用圏域の変化はTable 10のとおりである。

3) 都市内物流施設の流通チャネル特性

4カ所の都市内物流施設において流通チャネル特性を示す(Table 11)。

都市内物流施設においても、広域物流施設と同じように、「品目数やチャネル数が少なく、かつフレート数の多い物資」の方が積み合わせしやすいと考えられる。

この結果から都市内物流施設①(Table 9)が、品目数、チャネル数が少なく、フレート数が多いため、都市内物流施設として整備効果の高い地区であ

Table 10 積載率向上指数と物流施設の利用フレート

積載率向上指数	直送	都市内物流施設				合計	整備効果	
		①	②	③	④			
現状	修正フレート・時	48,687	---	---	---	---	48,687	0%
	フレート	178,398	---	---	---	---	178,398	
0.20	修正フレート・時	24,343 (51.1%)	11,462 (24.0%)	5,218 (10.9%)	3,698 (7.8%)	2,975 (6.2%)	47,697 (100.0%)	2.0%
	フレート	95,861 (53.7%)	38,934 (21.8%)	14,495 (8.1%)	7,730 (4.3%)	21,377 (12.0%)	178,398 (100.0%)	
0.39	修正フレート・時	24,025 (57.0%)	8,739 (20.7%)	3,979 (9.4%)	3,143 (7.5%)	2,268 (5.4%)	42,156 (100.0%)	13.4%
	フレート	95,276 (53.4%)	38,934 (21.8%)	14,396 (8.1%)	8,315 (4.7%)	21,377 (12.0%)	178,398 (100.0%)	
0.60	修正フレート・時	14,573 (42.5%)	12,815 (37.3%)	3,319 (9.7%)	2,122 (6.2%)	1,487 (4.3%)	34,319 (100.0%)	29.5%
	フレート	71,544 (40.0%)	60,572 (34.0%)	16,534 (9.3%)	8,370 (4.7%)	21,377 (12.0%)	178,398 (100.0%)	

注) ()内の数値は、ルート(直行、①~④)別の構成比。

整備効果とは、4都市内物流施設全体の輸送コスト削減率。

Table 11 広域と都市内の物流施設の位置と効果

都市物流施設	品目	流通チャネル		フレート数	割合
		業種間流動	施設間流動		
①台東区付近	食料品 家具・家具用品等 衣服・身廻品等	小売業→小売業	倉庫施設→居住施設	19,466.77	99.9%
			倉庫施設→倉庫施設	6,489.02	
			倉庫施設→商業業務	12,978.11	
③大田区付近	衣服・身廻品等 食料品 水産品 家具・家具用品等 畜産品	卸売業→小売業	倉庫施設→倉庫施設	172.00	1.6%
			倉庫施設→商業業務	60.76	
			倉庫施設→商業業務	1,418.30	
②新宿区付近	該当品目なし			114.09	25.5%
④港区付近	畜産品 食料品	製造業→小売業	倉庫施設→商業業務	2,136.69	
				211.81	2.0%
				212.01	

注) 割合とは物流施設を経由するフレートの比率。

る。また、物流施設③は、業種間チャネル、施設間チャネルが一致する品目が存在しなかった。

4-4 広域物流施設と都市内物流施設の整備効果の比較

東京都市圏を対象とする広域物流施設と、東京23区を対象とする都市内物流施設の配置計画のシミュレーションの結果をまとめると、Table 12のようになる。

この結果、以下のことが考えられる。

(1)広域物流施設を4カ所整備した場合の修正フレート・時の減少分は約130万修正フレート・時であり、都市内物流施設を4カ所整備した場合の修正フレート・時の減少分は6,500修正フレート・時であった。

ここでは、都市内物流施設で扱う物資を銀座地区

(1ゾーン)だけを対象に設定したが、仮に都市内物流施設で扱う物資の着地を東京23区全域(115ゾーン)、とし、しかも、銀座地区と同じ整備効果を持つと仮定すると、東京23区全域を対象とした都市内物流施設の修正フレート・時の減少分は、発生集中量の比率から約75万(6,500×115)と予想される。一方、広域物流施設の修正フレート・時の減少分は約130万であるから、広域物流施設に比較して、修正フレート・時の減少分は約1/2(都市内物流施設/広域物流施設)といえることができる。

言い換えれば広域物流施設の総輸送コストの削減率は1.60%と低い、総輸送コストの削減効果としては、都市内物流施設の削減効果のほぼ2倍の大きさがあることが分かる。

(2)今回のシミュレーションでは、物流施設内での積み替え時間が物流施設経路後の修正フレート・時の2割に相当すると仮定し、物流施設経路後の修正フレート・時は120%として計算した。従って総輸送コストのうち、積み替えコストを除いた狭義の輸送コストを取り出すと、物流施設を経由した場合、かなり大きな削減が行われたことになる。すなわち、輸送そのもののコスト(狭義の輸送コスト)の削減率は現状の値、1.60%(広域物流施設)、13.4%(都市内物流施設)より高くなる。

このことは、交通量の削減効果はもとより、物流車の走行による排気ガスやエネルギー消費の削減効果も、より大きなものと考えられる。

5. 結論と今後の方向

本研究により、明らかになった点(成果)および今後の課題や方向を示す。

1) 成果

(1)流通チャンネルを考慮し品目別業種間、施設間分析を行うことによって、物流施設の特徴が明らかに

なり、より実態に即した計画が可能となった。

(2)広域物流施設のシミュレーション分析により、高い整備効果が期待できる地区は、既存の流通業務団地にきわめて近いことが確認され、これらの流通業務団地の立地の妥当性が裏付けられた。しかし、最も効果が期待できる地区として、東京23区西部(杉並区、世田谷区)地区が結果として得られた。このことから、東京の西部においても新たな広域物流施設を整備していく必要性が高いといえる。

(3)都市内物流施設のシミュレーション分析では、銀座地区1カ所を対象に行った。これにより都市内物流施設による総コストの削減率が高く、効果があることがわかった。

2) 今後の課題

(1)流通チャンネルのタイプにより、広域物流施設や都市内物流施設の機能、物流施設内の設備等も異なってくるのが考えられる。今後は品目の違いやチャンネルの違いによる物流施設の計画、共同化等の可能性についても分析を進める必要がある。例えば、広域物流施設として選定されたA地区が、電器機器などの重量のある消費財を中心に、「製造業→卸売業」(業種間)で、「工場→倉庫」(施設間)の輸送が多いならば、輸送の積み替え拠点とともに倉庫機能を整備が必要と考えられる。

(2)広域物流施設のシミュレーションでは既存の足立流通団地周辺での効果は認められなかったが、都市内物流施設のシミュレーションにおいては大きな役割が見出された。これらの点を明らかにしていくために、今後は流通業務団地それぞれの機能の違いを、より詳細に比較分析する必要がある。

(3)物資の発生集中が高いと考えられる新宿や渋谷、池袋等の他の地区を対象として同様な地区レベルのシミュレーションを行うことにより整備効果の高い地区がさらに抽出できると考えられる。またこれらの地区が重複していれば、同じ都市内物流施設が複数の地区に対して集配を行う都市内物流施設として効果があるということもできる。今後の課題として研究を深める必要がある。

(4)本研究では東京都市圏の広域物流と東京23区内の都市内物流を分けて分析しているが、広域物流施設と都市内物流施設の整備効果を、一体的、体系的に分析比較する必要がある。そのためには広域物流施設と都市内物流施設を同時にシミュレーション分析し、相互の関係を明らかにしていくことが課題となる。

Table 12 広域と都市内の物流施設の位置と効果

物流施設	物流施設配置地点	整備効果
広域物流施設	①杉並区荻窪付近	1,326,176 224,254 1.6%
	②練馬区三原台付近	
	③江東区東陽町付近	
	④大田区下丸子付近	
都市内物流施設	①台東区上野付近	6,531 83,022 13.4%
	②大田区池上付近	
	③新宿区高田馬場付近	
	④港区虎ノ門付近	

注) 整備効果の上段は、減少した修正フレート・時。中段は、物流施設を経由したフレート数。下段は、総輸送コストの削減率。

(5)シミュレーションにおいて仮定した積載率、積載容量、荷役コスト等の具体的データの収集が重要である。

(6)詳細な交通ネットワークを考慮したシミュレーションの構築が必要である。

なお、本研究で扱っている物流施設計画はマクロ的視点にたった分析であるが、マイクロ行動記述モデル等の構築は行っていない。マイクロモデルの構築については、1)今回使用した東京都市圏物資流動調査のデータでは制約が多く、他の調査データを使用しなくてはならない、2)本研究はさまざまな品目、さまざまな業種を対象としているため、特定業種や特定品目に特化したマイクロモデルを構築する意義が薄い、といった理由から、あえて考慮に入れずに分析を行った。現在このような研究が少ない中では本研究のマクロなアプローチも堪え得ると考える。

〔謝辞〕

本研究において、東京都市圏物資流動調査のデータについては、東京都市圏交通計画委員会および計量計画研究所の協力を得た。また、日本能率協会総合研究所の小林等氏より、貴重な御助言を頂いた。ここに記して謝意を表明する次第である。

参考文献

- 1) 苦瀬・高橋・室町・渡辺「流通経路からみた都市内物流の品目別特性分析」『日本都市計画学会第29回学術研究論文集』pp.67~72、1994年
- 2) 高橋・松本「都市内物流施設の計画整備方策」『社会基盤としての都市内物流システム』土木学会、pp.47~76、1994年
- 3) 高橋・望月・栄「広域物流拠点及び集配拠点の整備の方向」土木計画学研究・講演集、No.16(2)、pp.25~28、1993年
- 4) 吉本「物流施設整備と道路交通システム」土木計画学研究・講演集、No.16(2)、pp.17~20、1993年
- 5) 家田・佐野・常山「マクロ集配送輸送計画モデルの構築とその「地区型共同配送」評価への適用」土木計画学研究・論文集、No.10、pp.247~254、1992年
- 6) 鹿島「物流施設整備の方向」土木計画学研究・講演集、No.16(2)、pp.29~32、1993年
- 7) 家田・佐野・小林「積合せトラック物流における都市内集配送活動のモデル化とその推定」
- 8) 根本「都市内物流の共同化の効果とその促進施策—福岡天神地区共同集配送事業をケーススタディとして—」『日本都市計画学会第27回学術論文集』pp.349~354、1992年
- 9) 高橋・兵藤・久保・清水・渡辺「流通経路を考慮した都市内物流の効率化に関する分析」『日本都市計画学会第30回学術研究論文集』pp.655~660、1995年
- 10) 北田「商習慣が道路物流に与える影響」『道路交通経済』'92-1、pp.47~58、1992年