

トラックターミナル機能に注目した物流拠点の最適配置

Optimizing the Allocation of Freight Transport Complexes Considering Their Function as a Truck Terminal

山田忠史**, 谷口栄一***, 則武通彦****, 泉谷透*****

By Tadashi Yamada, Eiichi Taniguchi, Michihiko Noritake, and Toru Izumitani

1. はじめに

物流問題の改善や物流の高度化・効率化に物流拠点整備は寄与する。物流拠点の整備計画において、配置を決定するというプロセスは重要な位置を占めるものと考えられる。そこで本研究は、ある地域内の物流拠点の配置を決定するモデルを構築することを目的とする。さらに、配置を決定すると同時に、個々の物流拠点の規模としてトラックバース数の算出も行う。トラックバース数をもって規模とするのは、配置を決定する際に物流拠点のトラックターミナルとしての機能に注目しているからである。物流拠点の機能には、その性質に依存して様々なものが考えられるが、トラックが貨物輸送を行い、そこで荷役するという点で、多くの物流拠点はトラックターミナルとしての役割も果たしている。

物流拠点は、広域物流拠点、都市内集配送拠点、末端物流施設に大別できる。一地域内の物流拠点整備を考える場合には、それらを一体的に取り扱う必要があるが、まずここでは広域物流拠点の配置についてのみ考える。広域物流拠点は都市間輸送と都市内集配送を中継する大規模な物流拠点であり、ロジスティクスセンターを核とした広域物流拠点の整備も現実に進められている。広域物流拠点を整備する目的には、スプロール的な物流拠点立地の抑制、大型貨物車両の流入抑制による市街地の交通環境の改善等が挙げられるが、広域物流拠点に限らず、物流

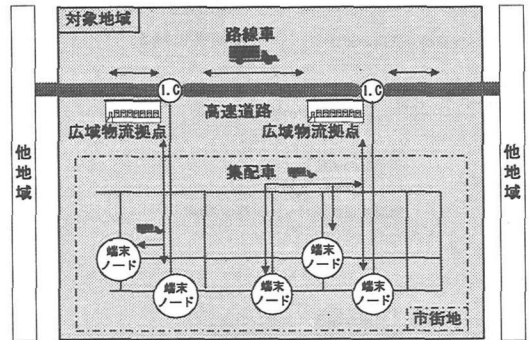


図1 対象とする物流体系

拠点を整備する場合には、物流拠点の利用と関連するコストの発生もできる限り抑制する必要がある。

2. モデルの構造と定式化

(1) 対象とする物流体系

本研究では、地域間の物流の結節点となる広域物流拠点に注目するため、対象とする物流体系は図1に示される。大型車両の市街地への流入防止のため、他地域から路線車（11t車と仮定する）で輸送された物資は郊外の広域物流拠点で集配車（4t車と仮定する）に積み替えられ、末端ノードに配送される。逆に、末端ノードで集荷された物資は広域物流拠点を經由して他地域に輸送される。どちらの物資フローについても一地域内での総取扱貨物量は既知とする。図1において、末端ノードは都市内の貨物の発生集中ゾーンをノードで表現したものである。

高速道路のインターチェンジと一体化して、あるいはインターチェンジ近辺に、広域物流拠点が整備されることを想定する。そのため候補地については、用途地域指定に留意しながら、高速道路と主要道と

* Key Words : 物資流動, ターミナル計画

***正会員 工修 関西大学助手 工学部土木工学科

(〒564 大阪府吹田市山手町 3-3-35 TEL06-368-0964 FAX06-368-0964)

***正会員 工博 京都大学大学院助教授 工学研究科土木工学専攻

(〒606-01 京都府京都市左京区吉田本町 TEL075-753-5125 FAX075-753-5907)

***正会員 工博 関西大学教授 工学部土木工学科

(〒564 大阪府吹田市山手町 3-3-35 TEL06-368-0905 FAX06-368-0905)

****正会員 工修 京阪電気鉄道株式会社

(〒573 大阪府枚方市岡東町 25-9 TEL0720-41-4619 FAX0720-41-4637)

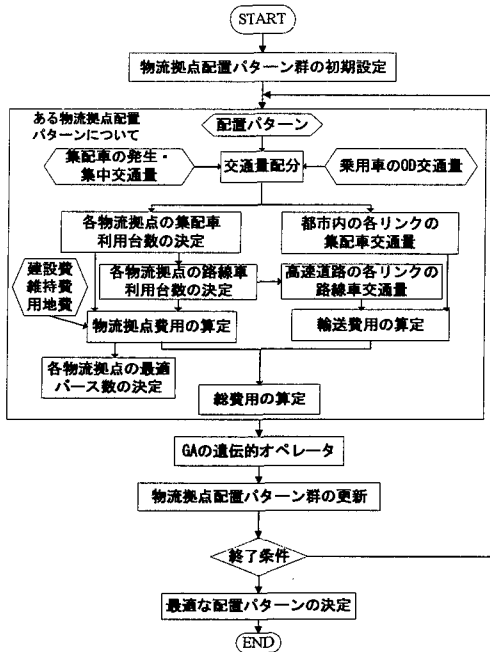


図2 最適配置決定モデルのフレーム

の結節点に離散的に与える。

(2) モデルの構造

図2に、本研究で構築する最適配置決定モデルのフレームを示す。個々の候補地に物流拠点を立地させるか否かにより、ある配置パターンが決定されると、対象地域内の市街地の交通状態を決定するために、まず交通量配分を行う。このとき各リンク上を走行するのは、端末ノードと広域物流拠点間を集配送する集配車とそれ以外の乗用車の2モードであると仮定する。乗用車はあらかじめOD交通量が定められた需要固定型の均衡配分原則に従うとする。一方、集配車については発生・集中量に制約のある需要変動型の均衡配分原則に従うとし、配分結果として、個々の物流拠点を利用する集配車の台数が決定される。集配車の物流拠点利用台数をもとにして、路線車の物流拠点利用台数が決定される。個々の物流拠点における集配車と路線車の利用台数から、物流拠点費用が計算される。物流拠点費用には建設費、維持費、用地費等も含まれる。また、個々の物流拠点費用が最小となるようにバース数を決定する。なお、路線車は高速道路上を走行するが、高速道路上

の各リンクの評価値は交通量と交通容量との関係に影響を受けないものと仮定する。

交通量配分の結果から、各リンクの交通量と所要時間が決定される。それをもとに、集配車と路線車の輸送費用が算定される。輸送費用と物流拠点費用から、ある配置パターン下での総費用が算定される。こうしたプロセスを多様な配置パターンに適用し、その中から総費用を最小化する配置パターンを最適配置とする。配置パターンは候補地の数が増加するに従って膨大な数に及び、厳密な最適解を求めることが困難になる。本研究では、最適化問題の解法として遺伝的アルゴリズム（GA）を適用する。

(3) 本研究で適用するGAの特徴

個々の配置パターンをビット列でコード化することにより、各世代における個体を表現する。各配置パターン、すなわち各個体について算定した総費用から各個体の適合度を算定した後に、GAに関連する遺伝的オペレータを適用する。遺伝的オペレータには淘汰・増殖、交叉、突然変異があり、そのうち淘汰・増殖にルーレット選択、交叉に1点交叉を使用したものを通常、単純GAと呼ぶ。本研究で適用するGAについては、適合度の線形正規化、適合度の高い個体を次世代にそのまま残すエリート保存選択、一様交叉の各処理を用いる点で、単純GAとは異なっている。これらの処理を用いることにより、単純GAやランダムサーチに比べて解の探索・改善の面で効果がみられた。

(4) モデルの定式化

以上により、モデルは次式のような2レベル最適化問題として定式化できる。

$$\min_{x \in X, y \in Y} f_1(x, y, z^*) \quad (1)$$

subject to

$$g_1(x, y, z^*) \leq 0 \quad (2)$$

$$\min_{z \in Z} f_2(x, z) \quad (3)$$

subject to

$$g_2(x, z) \leq 0 \quad (4)$$

ここで、

x : 配置パターンを表すベクトル（決定変数）。

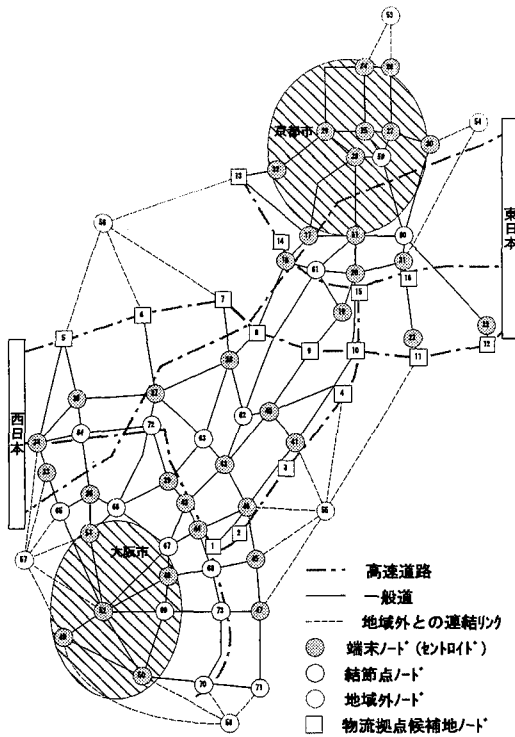


図3 京阪地域の将来の道路網

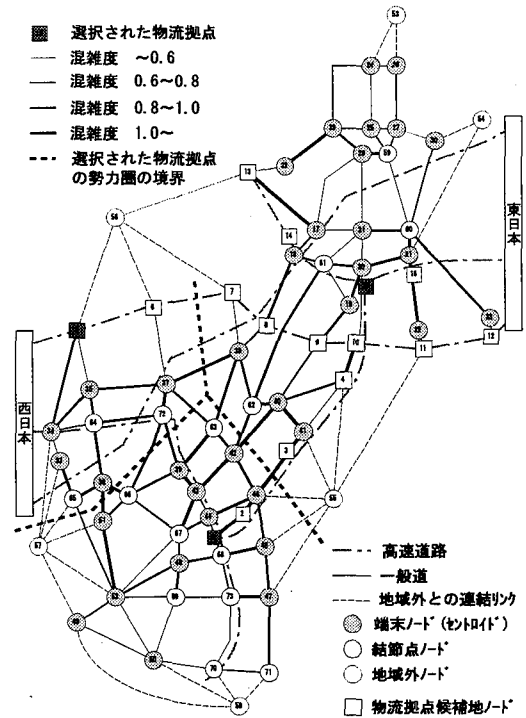


図4 計算結果

候補地数を n とすると、任意の $x(x \in X)$ について、 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 、 $x_i \in \{0, 1\}$ 、 $i=1, 2, \dots, n$ 。ただし、候補地 i に配置するとき $x_i=1$ 、そうでないとき $x_i=0$ とする。

y : トラックバース数を表すベクトル (決定変数)。
任意の $y(y \in Y)$ について $y = \{y_1, y_2, \dots, y_n\}$ 、 y_i は非負の整数。

z : トラックの行動を表すベクトル (状態変数)

X, Y, Z : x, y, z のベクトル集合

z^* : ある x のもとでのトラックの行動 (下位問題の解)

式(1)の目的関数をもつ上位問題では、式(3)の目的関数をもつ下位問題の解から得られる各物流拠点のトラック利用台数を用いて、具体的には次式によって最適バース数 y_i を得る¹⁾。

$$\min_y cbiTS + ciTns(Xi) \quad (5)$$

ここで、

cbi : 物流拠点 i の単位バース費用 (円/バース・時)

ci : トラックの単位費用 (円/台・時)

T : 考察対象期間 (時)

S : トラックバース数

$ns(Xi)$: 物流拠点 i を利用するトラックが X_i 台、バース数が S のとき、期間 T の間に物流拠点内に滞在するトラックの平均台数

3. 実ネットワークへの適用

ここでは、モデルを京阪地域に適用することを試みる。道路網や端末ノードを単純化した京阪地域の将来の道路網を図3に示す。端末ノードが36箇所、主要道の結節点を表すノードが15箇所、京阪地域外との乗用車のOD交通量を考慮するための地域外ノードが6箇所、東日本・西日本を表す他地域ノードが2箇所、各々設定されている。ノード24~29は京都市中心部を、ノード48~52は大阪市中心部を表す。貨物の発生集中量は、大阪市中心部が他のゾーンを大幅に上回っている。

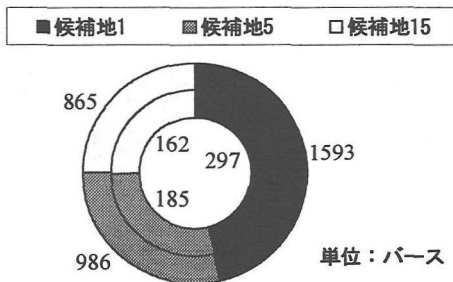


図5 各候補地に必要なバース数
(内側が路線車用、外側が集配車用)

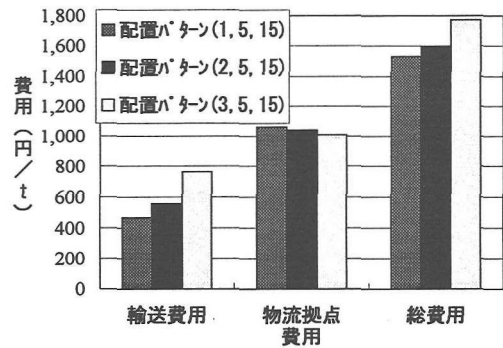


図6 配置パターン間についての費用比較

取扱貨物量が平成2年度と同じ場合を仮定して、広域物流拠点の最適配置を求めた結果を図4に示す。候補地1,5,15の3箇所に広域物流拠点を配置する場合(以下、配置パターン(1,5,15)と呼ぶ)が最適となった。図4には各リンクの混雑度(交通量-交通容量比)と各候補地の勢力圏を図示している。大阪市周辺のリンクは概ね混雑しており、京都市周辺のリンクはそれほど混雑していないため、候補地15の勢力圏が広がっている。道路の混雑を考慮すると、物流拠点の勢力圏は距離上の勢力圏とは異なる結果が得られることが伺える。次に、各候補地に整備すべきバース数を図5に示す。候補地1は大阪市中心部の大量の貨物を扱うためにバース数が多く、大規模な広域物流拠点の整備が必要となる。一方、候補地15は勢力圏は広いものの取扱貨物量が候補地1より小さいので、バース数は候補地1より少なくて済む。

次に、配置パターン(1,5,15)、(2,5,15)、(3,5,15)の計3通りの配置パターンにおいて発生する費用の大きさを比較する(図6)。候補地1,2,3は同じ路線上にあり、地価は大阪市中心部に最も近い候補地1が最も高く、2,3の順に遞減していく。各候補地の物流拠点費用は地価の増大に伴って増加しているが、輸送費用は貨物の発生集中量が多いノードから離れるに従って大きくなる。各配置パターン間での費用格差は輸送費用の方が大きく、結果的に総費用は配置パターン(1,5,15)が最も小さくなる。この結果は、物流コスト抑制の面から配置を考える場合でも、必ずしも地価が低廉な候補地が選択されるわ

けではないことを示している。

各端末ノードの発生集中貨物量を一律1.5倍にして計算を行うと、最適配置は(1,2,5,15)となった。集配車両の増加により候補地1付近の道路が混雑するため、候補地2の追加的利用が必要となった。

最後に、候補地1,2,3,4,10,15を通る高速道路沿いの一般道の容量を増加させた場合について最適配置を求めた結果、配置パターン(1,5,7,15)が最適となった。経路間の交通量には相互関係があるので、ある経路の整備が最適配置に及ぼす影響は、必ずしも整備経路付近のみに及ぶとは限らないことが示された。

4. おわりに

本研究では、道路混雑の影響を考慮でき、かつ勢力圏を交通状態から内生的に決定する物流拠点の最適配置決定モデルを構築した。次に、モデルを実際の地域に適用し、地域内の広域物流拠点に限定し、その最適配置を求めることを試みた。さらに、貨物量や道路整備と配置との関係について基礎的な分析も行った。

今後は、物流に関するコストを抑制するという視点に加えて、ネットワーク内の交通状態や環境への負荷を明示的に評価基準に取り入れる必要がある。

参考文献

- 1) 谷口栄一, 則武通彦, 山田忠史, 石井克尚: ロジスティクスセンターにおけるトラックバース数の最適化, 土木計画学研究・講演集, No.18(2), pp.745-748, 1995.