

第IV部門

都市物流拠点の配置パターンに関する一考察

京都大学工学部 学生員 ○高井 健司
 京都大学大学院工学研究科 フェロー 谷口 栄一
 京都大学大学院工学研究科 正会員 山田 忠史

1. 研究の背景と目的

消費者ニーズの多様化・高度化に伴い、物流システムには、いっそうの高度化・効率化が要求されている。一方、都市部においては、交通混雑や環境悪化が深刻化している。これらの問題に対処するためには、サプライチェーン全体を見渡した上で、民間企業の物流活動がどのように効率化されているかを明らかにする必要がある。

その一部として、本研究では、物流拠点配置の傾向について考察する。物流拠点整備は、企業の物流活動の効率化の中でも、即効性や費用効率性の観点から重要視されている。本研究では、物流拠点の配置戦略を施設配置問題の枠組みで単純にモデル化し、厳密解法により解を導出する。そのような枠組みで得られた結果が、都市圏の物流拠点の立地をどの程度記述できるかについて検討する。

2. 施設配置問題

施設配置モデルは多数存在しているが、本研究では、容量制約なし施設配置問題（非制約施設配置問題）に焦点を当てる。目的関数は輸送費用と拠点費用の和であり、物流拠点が配置可能な地点（候補地）は離散的に与えられ、選択可能な候補地数は任意である。本研究では、貨物需要を航空貨物、港湾貨物、陸上貨物の3つに分類する。貨物需要量は既知とする。物流拠点には、容量制約が無いものとする。

容量制約なし施設配置問題は、以下のように定式化できる。

$$\text{Minimize } \sum_{j \in J} f_j y_j + \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} c_{ij} x_{ij} + \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} c_{jk} x_{jk} \quad (1)$$

$$\text{Subject to } \sum_{j \in J} x_{ij} = 1 \quad \forall i \in I \quad (2)$$

$$x_{ij} \leq y_j \quad \forall i \in I, j \in J \quad (3)$$

$$x_{ij} \geq 0 \quad \forall i \in I, j \in J \quad (4)$$

$$x_{jk} \leq y_j \quad \forall j \in J, k \in K \quad (5)$$

$$x_{jk} \geq 0 \quad \forall j \in J, k \in K \quad (6)$$

$$y_j \in \{0,1\} \quad \forall j \in J \quad (7)$$

ここに、

I : 貨物需要点の集合

J : 物流拠点の候補地の集合

K : 貨物の供給地点の集合

x_{ij} : 需要点 i における貨物需要が物流拠点 j によって満たされる割合

x_{jk} : 物流拠点 j に供給される貨物需要が供給地点 k によって満たされる割合

$$y_j = \begin{cases} 1 & \text{物流拠点 } j \text{ を開設するとき} \\ 0 & \text{それ以外するとき} \end{cases}$$

f_j : 物流拠点 j の開設に要する費用（拠点費用）

c_{ij} : 需要点 i と物流拠点 j 間において、1 単位の貨物需要が移動するのに要する輸送費用

なお、上記において、各需要点の貨物需要量は、合計が1となるようにスケールされている。

制約条件式(2)は、各需要点における需要がすべて満たされなければならないことを意味する。式(3)は、開設した物流拠点からでなければ、需要地点へ輸送ができないことを示す。式(5)は、供給地点からの輸送は開設した物流拠点へのみ可能であることを意味する。

この問題は混合整数計画問題に相当し、Bendersの分解法¹⁾、および、Magnanti-Wongによるパレート最適カット²⁾の考え方を用いて解を導出する。

3. ケーススタディ

図1に示すような、東京都市圏を簡略化した輸送ネットワークを対象に、最適配置を求めた。物流拠点候補地は、貨物の需要点と同じくノード1~23とする。供給地点は、貨物の種類により異なるものとし、航空貨物の供給地点をノードA、港湾貨物の供給地点をノードB、陸上貨物の供給地点をノードC1,C2とする。

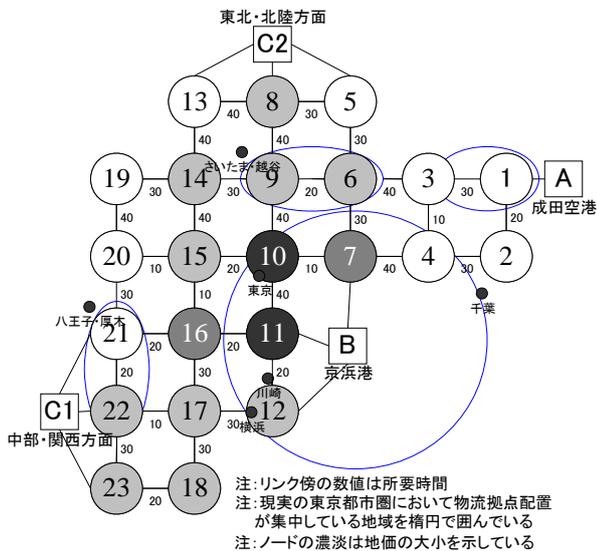


図1 対象輸送ネットワーク

輸送費用の計算には、トラックの運行費用、Dijkstra 法により算出した最短経路（および、所要時間）、人口に比例するものと想定して決定した貨物需要量、貨物分類に起因する時間価値の相違が考慮される。また、拠点費用の計算には、取扱貨物量に応じた土地の延べ床面積、および、延べ床面積あたりに必要な費用（単位拠点費用）を用いる。

最適配置を求めるに際して設定した計算ケースを、以下に記す。

Case1：貨物の時間価値の相違を考慮する場合

Case2：貨物の時間価値の相違を考慮しない場合

Case3：Case1 で、すべての候補地の単位拠点費用を、全候補地中の最小値に設定する場合

Case4：Case2 で、すべての候補地の単位拠点費用を、全候補地中の最小値に設定する場合

Case5：Case1 で、ノード7,10,11,12における単位拠点費用を150~200%増加させる場合

Case6：Case2 で、ノード7,10,11,12における単位拠点費用を150~200%増加させる場合

これらの各ケースにおいて、航空、港湾、陸上それぞれの貨物に分類して最適配置を求めた場合と、すべての分類の貨物を区別無く扱って最適配置を求めた場合の、合計4通りについて計算を行う。

各ケースの計算結果を表1に示す。Case1とCase2の結果より、候補地6,9への立地が捉え切れていないものの、実際の物流拠点の分布が4通りの結果を合算したようなものであることを考慮すれば、最適配置計算が物流拠点立地の傾向をほぼ示せていると考えられる。最適配置に含まれる候補地の傾向から、物流拠点

表1 各ケースの最適配置

	貨物分類			
	航空	港湾	陸上	区別なし
Case1 拠点位置	1	4,12	21	6,21
Case2 拠点位置	4	7,11,12	21	7,11,12,21
Case3 拠点位置	1	11	16	7,16
Case4 拠点位置	1	7,11,12	16	7,11,12
Case5 拠点位置	1	4,21	21	6,21
Case6 拠点位置	4	4,6,11,17	21	4,6,11,17

は、貨物供給地点の近傍、もしくは、大需要地近辺に立地するものと推察される。また、Case2の候補地4のように、大需要地の近くに拠点費用の小さくなる地点がある場合は、その地点に物流拠点が立地することも示唆されている。

時間価値を考慮するか否かによる相違は、輸送費用の影響の大小に関係し、航空貨物や港湾貨物において、最適配置に影響を及ぼしている。

Case3とCase4の結果より、拠点費用が小さくなると、輸送費用を抑制できる地点、すなわち、貨物供給地点や大需要地の近辺に物流拠点が立地する傾向が強くなるのがわかる。また、Case5とCase6の結果より、大需要地の拠点費用が大きくなると、地価の低廉な地点へと立地が変化することがわかる。

4. まとめ

本研究では、基本的な施設配置モデルを用いて、都市圏の物流拠点の立地傾向を確認するとともに、拠点費用と物流拠点配置に関する基礎的分析を行った。物流拠点の立地傾向に関して、貨物供給地点、もしくは、大需要地の近傍に立地する傾向が強いことが確認された。さらに、大需要地近辺に拠点費用の低廉な地点があれば、その地点に立地する傾向があることも示された。また、拠点費用の変化は、物流拠点の配置に強い影響を与えることも認められた。

今後は、他の施設配置モデル（例えば、メディアン問題やセンター問題）との結果比較や、拠点立地の誘導施策の効果分析を行う予定である。

参考文献

- 1) J.F. Benders : Partitioning procedures for solving mixed integer programming problem, Numerische Mathematik, Vol.4, pp.238-252, 1962.
- 2) T.L. Magnanti and R.T. Wong : Decomposition Method for Facility Location Problems, John Wiley & Sons, pp.209-262, 1990.