

立地選択モデルを用いた東京都市圏における物流施設の立地ポテンシャル分析 ～第4回東京都市圏物資流動調査から～*

A Potential Analysis of Distribution Facilities Locations Using Discrete Choice Modeling in Tokyo Metropolitan Area—from the Tokyo Metropolitan Freight Survey*

萩野保克**・柴谷大輔***・遠藤弘太郎****

By Yasukatsu HAGINO**・Daisuke SHIBATANI***・Kotaro ENDO****

1. はじめに

民間企業では、在庫圧縮によるコスト削減等を目的として、倉庫や流通センターといった物流施設の統廃合により大規模な物流施設の立地を進める動きがあり、近年、市街化調整区域等の開発と保全を総合的に考えるべき地域での立地も進んでいる。

大規模な物流施設は大量の大型貨物車交通が発生・集中する施設であり、周辺環境や交通インフラの整備状況に整合した施設立地の実現することは、都市計画や交通計画として取り組むべき重要な課題となっている。

本研究は、第4回東京都市圏物資流動調査（東京都市圏交通計画協議会）の調査データを用いて、物流施設の立地要因を定量的に計測するモデルを構築するとともに、物流施設の政策的な立地誘導の可能性を分析することを目的としている。

2. モデル構築の基本的考え方

東京都市圏における大規模で広域的な物流施設の立地ポテンシャルが高い場所を定量的に推計し、大規模で広域的な物流施設の立地誘導地域の選定や立地誘導による効果計測などに役立てることを目的として、立地選択モデルの構築を検討した。具体的には、第4回東京都市圏物資流動調査¹⁾の事業所機能調査（本体調査）の個票を用いて、東京都市圏内の1kmメッシュ別の立地選択を予測するための離散選択ロジットモデルを推定した。

3. 立地選択モデルの推定

(1) 分析対象地域とゾーン区分

分析対象地域は、茨城県南部と東京、千葉、埼玉、神奈川の1都3県である。

ゾーン区分としては、ミクロな視点からの分析を可能とするため、国土数値情報の3次メッシュ

区画（1kmメッシュ）を基本とした。このとき分析対象地域のメッシュ数の合計は15,230となる。

(2) 推定に用いる立地データとモデル区分

事業所機能調査（本体調査）で調査された物流施設のサンプルのうち、1990年以降に現在の場所に立地したサンプルを用いた。モデルの区分は表-1の通りから、大きく「広域的な物流施設」¹⁾と「都市内配送センター」に分け、それぞれをさらに2区分してモデルを推定した。

表-1 モデルの推定区分

広域的 物流施設	モデル1	敷地面積 3000㎡以上	主たる搬出圏域が「東京都市圏」を越え、「都道府県を越える」物流施設でも平均輸送距離が40kmを超える施設。
	モデル2	敷地面積 3000㎡未満	
都市内 配送センター	モデル3	運輸・倉庫業	広域物流施設以外の物流施設
	モデル4	その他業種	

(3) モデル式

離散選択ロジットモデルの適用を基本とし、ゾーン選択のモデルの形式である以下のモデル式を採用した²⁾。

$$\begin{aligned}
 P_i^r &= \frac{\exp(\bar{v}_i^r + \ln M_i)}{\sum_j \exp(\bar{v}_j^r + \ln M_j)} \\
 &= \frac{\exp(V_i^r)}{\sum_j \exp(V_j^r)}
 \end{aligned}
 \tag{3-1}$$

P_i^r : セグメント r の物流施設が地域（3次メッシュ） i を選択する確率

\bar{v}_i^r : 地域 i 内の立地可能な敷地ロットの平均効用とそのばらつきを表す効用関数（確定項）

M_i : 地域 i の立地可能な敷地ロットの数

V_i^r : 地域 i の効用関数

立地可能な敷地ロットの数 M_i については、直接観測することはできない。そこでいま、地域 i の観測可能な規模を表す変数 S_i に対して、

* キーワーズ：産業立地、物流施設、地域計画

**工修、(財)計量計画研究所経済社会研究室長(東京都新宿区市ヶ谷本村町2-9 TEL03-3266-0971, FAX03-3266-0973)

***工修、(財)計量計画研究所経済社会研究室

**** 正員、工修、(株)ライテック 社会・公共ソリューション部
(東京都千代田区九段南4丁目7番2号, TEL: 03-3263-5418, FAX: 03-3263-5515)

$$M_i = \alpha S_i \quad (3-2)$$

S_i : 地域 i の規模変数 (可住地面積-宅地面積など)

α : パラメータ

とすれば、式 (3-1) のロジットモデルの効用関数は、以下のように定式化される。

$$V_i^r = \sum_k \beta_k^r x_{ki} + \ln S_i \quad (3-3)$$

x_{ki} : 地域 i 内の敷地の平均的な立地効用を表す k 番目の変数 (立地要因変数)

β_k^r : パラメータ

(4) 立地選択モデルの説明変数

式 (3-3) を構成する説明変数としては、立地因子³⁾とデータの入手可能性を勘案して、表-2に示すような変数を検討した。ここで、式 (3-3) に示す規模変数 S_i としては、可住地面積から一般建物面積を減じた数値を採用した。

(5) パラメータの推定方法

ここで検討しているロジットモデルは、理論的

には選択枝数が首都圏全域における 3 次メッシュ数 (15,230) となって、通常の方法では、パラメータ推定が困難である。しかし、選択枝の全体集合の中からランダムに少量の選択枝集合の部分集合を選択し、パラメータの推定を行っても、サンプル数が十分に大きければ、同一のパラメータに収束することが知られている^{2) 4)}。そこで、本研究では、パーソナルコンピュータと推定ソフトウェア (Gauss を使用) の能力ならびに作業効率を勘案し、サンプルごとに 15,230 区画の中から実際に立地している区画以外のメッシュをランダムに 199 区画抽出し、合計 200 区画の部分選択枝集合を抽出し、パラメータ推定を行うこととした。推定には最尤法を用いた。

(6) パラメータの推定結果

表-3 にパラメータの推定結果を示す。主要な説明変数について信頼性の高いパラメータが得られ、また行政区別の立地件数を再現して実績値と比較したときの単相関係数も 0.6 から 0.8 近くの値が得られており、概ね妥当なモデルが構築できたと判断した。

表-2 立地選択モデルの説明変数

説明変数	説明変数の算定方法	説明変数の考え方
人口密度 (P)	$P_i = pop_i / ha_i$ (千人/km ²) pop_i : i メッシュの人口 (千人) ha_i : i メッシュの可住地面積 (km ²)	物流施設が、周辺に住宅立地が少ない地域を立地場所に選択する傾向を表す変数
通勤圏内労働人口 (RP)	$RP_i = \sum (Rpop_j)$ (千人) $Rpop_j$: i メッシュから 45 分圏域内メッシュ j の労働人口 (千人)	流通加工機能等で必要となる労働力の確保の容易性を表す変数
加工組立業への近接性 (ACC)	$\sum C_j \exp(-\gamma \cdot \log(d_{ij}))$ C_j : 地域 j の加工組立型工業出荷額 (万円) d_{ij} : 地域 ij 間の道路距離 (km) γ : パラメータ (=1.1)	広域的な物流施設への搬入元である加工組立型産業への近接性を表す変数 パラメータ γ としては、事前に首都圏品目別 OD 表を用いて分布交通量モデルを推定し、そのパラメータ 1.1 を採用した。
京浜港までの時間距離	東京港までの一般化費用 (分)	主要港湾までの近接性を表す変数
高速道路 IC までの距離	メッシュ中心から最寄高速道路 IC までの道路距離 (km)	高速道路 IC への近接性を表す変数
地価	公示地価の平均値 (千円/km ²)	物流施設の立地コストを表す変数
市街化調整区域ダミー	メッシュ内に市街化調整区域があれば 1, その他の場合 0	物流施設に適した立地用地確保の容易性を表す変数
用途地域	次の土地利用のメッシュ内の対可住地面積比 ・準工業地域, 工業地域, 工業専用地域	物流施設に適した立地用地確保の容易性を表す変数
地域特性変数 (ダミー変数)	以下の地域別ダミー (1or0) ・臨海部, 市街地, 郊外	地域特性を表す変数
敷地面積 (GA_k) (地域特性変数との組合せ)	$GA_k = ga_k \times$ 地域特性変数 (ダミー変数) GA_k : k サンプルの敷地面積変数 ga_k : k サンプルの敷地面積 (m ²)	郊外部での大規模な物流施設の立地の容易性を表す変数
従業者数 (EN_k) (地域特性変数との組合せ)	$EN_k = en_k \times$ 地域特性変数 (ダミー変数) EN_k : k サンプルの従業者数変数 en_k : k サンプルの従業者数 (人)	郊外において、流通加工機能等で必要となる労働力の確保の困難さを表す変数
道路密度 (RD)	$RD_i = \ln(ra_i/a_i)$ RD_i : i メッシュの道路密度変数 ra_i : i メッシュの道路面積 (km ²) a_i : i メッシュの面積 (km ²)	道路の利便性を表す変数
メッシュの規模変数 (S)	$S_i = ha_i - ba_i$ ha_i : i メッシュの可住地面積 (km ²) ba_i : i メッシュの一般建物面積 (km ²)	物流施設が立地可能な用地の総量を表す変数

4. 物流施設立地ポテンシャルの推計

(1) 立地ポテンシャルの定義

立地選択モデルの効用関数 (3-3) によりメッシュ区画ごとに算定される効用値 (以下立地効用という) を用いて、以下の偏差値をポテンシャル値として定義した。

$$P_i^r = \frac{10 \times (V_i^r - \overline{V^r})}{\sigma^r} + 50 \quad (4-1)$$

ただし、

P_i^r : セグメント r , メッシュ i のポテンシャル

V_i^r : セグメント r , メッシュ i の立地効用

$\overline{V^r}$: セグメント r の立地効用の平均値

σ^r : セグメント r の立地効用の標準偏差

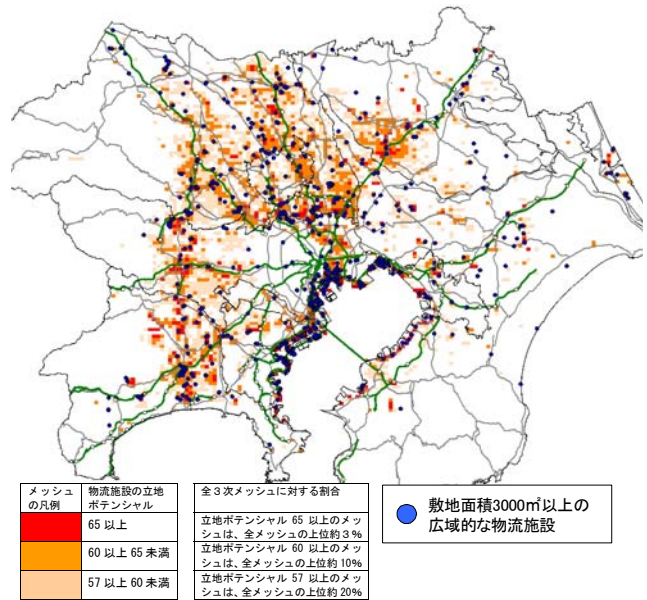
(2) 大規模広域物流施設の立地ポテンシャルの推計

表-3 に示したモデル1 (敷地面積 3000 m²以上の広域物流施設) を用いて、現況における敷地面積 3,000 m²以上の広域物流施設の立地ポテンシャルを推計し、実際の敷地面積 3,000 m²以上の広域物流施設の分布とあわせて図-1 に示す。立地ポテンシャルが高く推計された地域は、臨海部や郊外部の地域となっていることがわかる。さらにこの結果より、立地ポテンシャルが高い上

表-3 パラメータの推定結果

説明変数	パラメータ (カッコ内)	広域物流施設		配送センター	
		モデル1 敷地面積 3000m ² 以上	モデル2 敷地面積 3000m ² 未満	モデル3 運輸・倉庫業	モデル4 その他業種
ln(人口密度※1)	(千人/km ²)	-0.3634 (-4.918)	-0.2876 (-4.653)	-0.2971 (-4.715)	-0.2443 (-2.452)
ln(通勤圏内の労働力人口)	(千人)	0.9672 (5.401)	1.0244 (6.678)	0.7705 (5.637)	0.6214 (3.328)
ln(加工組立業への近接性)		0.5361 (1.404)			0.8332 (2.083)
ln(京浜港までの時間距離)	(分)		-0.4850 (-1.777)	-0.3986 (-1.471)	
ln(ICまでの距離)	(km)	-0.1566 (-1.731)	-0.1575 (-2.078)	-0.1414 (-1.621)	-0.1044 (-1.017)
ln(地価)	(千円/m ²)	-0.8878 (-3.932)	-0.6117 (-3.440)		-0.2761 (-1.158)
市街化調整区域	該当:1 非該当:0	0.2831 (1.516)			0.2659 (1.294)
用途地域	準工業地域	対可住地面積比 3.1014 (7.715)	2.3507 (7.053)	3.0846 (8.918)	2.8124 (6.411)
	工業地域	対可住地面積比 3.5490 (6.922)	3.4662 (8.820)	3.8045 (9.028)	1.1305 (1.307)
	工業専用地域	対可住地面積比 3.6174 (11.182)	2.6897 (7.594)	3.2420 (9.669)	2.0056 (3.709)
土地特性ダミー	内陸部	該当:1 非該当:0		-0.1695 (-0.910)	
	臨海部	該当:1 非該当:0		-0.8910 (-3.102)	6.4518 (3.794)
	郊外部	該当:1 非該当:0		-6.5950 (-2.419)	
ln(サンプル敷地面積) ×土地特性ダミー	内陸部			-0.0354 (-1.256)	-0.0833 (-2.165)
	臨海部			-0.1544 (-3.667)	-1.0206 (-3.970)
	郊外部			0.8501 (2.729)	
コンテナ利用の有無 ×土地特性ダミー	臨海部				
従業員数 ×土地特性ダミー	臨海部				
郊外部					-1.0952 (-1.838)
従業員数 ×土地特性ダミー	臨海部				
郊外部					-0.0048 (-2.519)
ln(メッシュ内道路密度)		0.4042 (1.748)	1.1728 (5.336)	0.4550 (2.072)	0.6022 (2.499)
ln(立地可能面積※2)	(km ²)	1.0000 (-)	1.0000 (-)	1.0000 (-)	1.0000 (-)
初期尤度		-899.5	-1248.1	-1007.5	-633.7
最終尤度		-718.6	-1019.2	-796.2	-633.7
自由度調整済み尤度比		0.201	0.183	0.209	0.129
行政区別の実積立地数と推計立地数の単相関係数		0.593	0.625	0.783	0.645
サンプル数		168	237	189	139

※1 人口密度・メッシュ夜間人口/可住地面積
※2 立地可能面積:可住地面積-一般建物面の面積



出典: 東京都市圏交通計画協議会「物流からみた東京都市圏の望ましい総合都市交通体系のあり方」平成18年5月

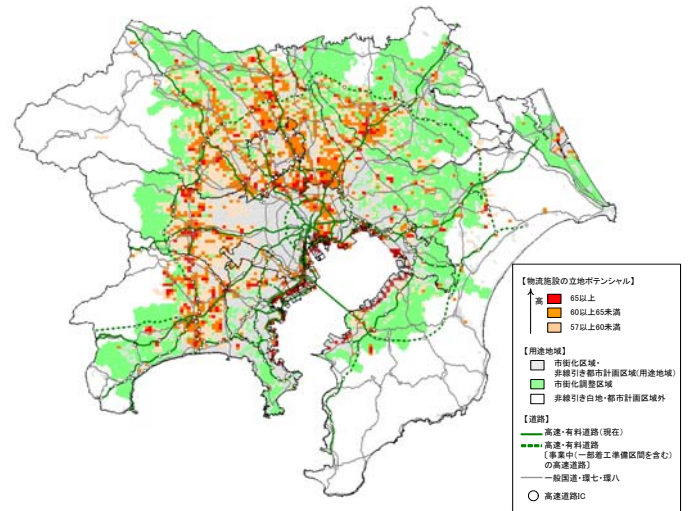
図-1 大規模広域物流施設の立地ポテンシャル

位と推計された上位 20%のメッシュ区画に実際に立地している当該施設は 77%に達していることがわかった。

(3) 道路整備によるポテンシャルの変化の推計

東京都市圏では、今後、環状方向の高速道路等の道路整備が進められるため、今後整備される高速道路 IC 周辺において大規模で広域的な物流施設の立地需要が高まる地域があると考えられる。こうした大規模で広域的な物流施設の需要動向を定量的に捉えることが、適切な立地誘導等の施策を検討する上で重要である。

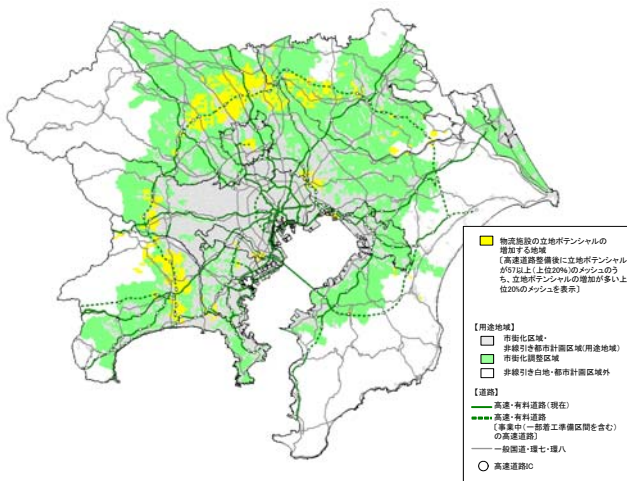
そこで、現在事業中の高速道路の整備後における立地ポテンシャルを前節と同様に推計した。その結果を図-2 に示す。さらに、どのような地域の立地ポテンシャル



出典: 東京都市圏交通計画協議会「物流からみた東京都市圏の望ましい総合都市交通体系のあり方」平成18年5月

図-2 高速道路整備後の立地ポテンシャル推計値

が高まるかを示したのが図-3である。この結果、郊外部の高速道路 IC 周辺で、大規模で広域的な物流施設の立地ポテンシャルが高く、また、今後増加すると推計された。また、郊外部での立地ポテンシャルが増加する地域の多くは、市街化調整区域（図中の緑色のエリア）となっており、秩序ある立地のコントロールが今後の重要な課題として抽出された。



出典：東京都市圏交通計画協議会「物流からみた東京都市圏の望ましい総合都市交通体系のあり方」平成18年5月

図-3 高速道路による立地ポテンシャルの増加

5. 立地誘導による移転需要量の推計

当立地選択モデル(式3-1)では、メッシュ区画ごとの立地効用の変化から立地確率を算定することが可能なため、前章と同様に敷地面積3000㎡以上の物流施設を対象として、立地誘導施策の立地需要量に与える影響分析を実施した。

具体的には、現在事業中の高速道路整備後において、立地誘導を図るべき地域におけるメッシュ区画内の工業専用地域面積を変化させて立地確率の変化を算定した。立地誘導を図るべき地域としては、立地ポテンシャルが57以上であり、かつ圏央道のICの近傍(ICから2km以内、あるいは5km以内で重さ指定道路の沿道)のメッシュを選定し、当該メッシュの工業専用地域面積を25%(東京都市圏に工業専用地域を含むメッシュの平均値)として、立地確率を計算した。さらに、現況の立地確率との差分から移転需要量の増減を試算した。

この結果より明らかになった内容を以下に整理する。

- ① 郊外部の立地誘導区域への大規模広域的物流施設の移転量は180施設で、これは全大規模広域的物流施設の7%に相当する。
- ② このうち、郊外部からの約41%(郊外部の大規模広域的物流施設全体の7%に相当)
- ③ 臨海部からは約16%(同じく臨海部施設の3%)

- ④ 郊外部、臨海部以外の市街地からは約43%(同じく当該地域施設の11%)

本モデルは、あくまでも静学的なモデルであるため、想定するような政策によって、直ちにこの結果のような移転が生じるという解釈は成り立たないが、潜在的にここで得られた程度の移転ポテンシャルを有していると解釈することが可能と考えられる。

6. おわりに

本研究では、都市機能が高密度に集積する東京都市圏を対象として、今後の物流政策の立案・評価に役立てることを目的として、立地選択モデルを構築し、モデル分析を実施した。その結果、以下のような成果が得られた。

- ① 離散選択ロジットモデルを用いて、1kmメッシュという比較的ミクロな地域別の評価が可能な良好な立地選択モデルを構築することができた。
- ② このモデルを用いることにより、立地ポテンシャルを定義し、現況、将来における立地ポテンシャルの高い地域を把握することができた。この結果、将来における市街地調整区域に対する立地ニーズの高まりが伺えるなどの政策課題を抽出することができた。
- ③ さらに、本モデルを用いて用途地域指定による政策感度を分析し、今後の立地誘導にかかる有用な情報を得ることができた。

本研究で構築したモデルは、東京都市圏全体の中で物流施設の立地ポテンシャルをマクロに評価することが可能であるが、今後は、特定の地域に着目し、物流施設の立地誘導策による詳細な物流施設の需要量を推計できるモデルへの展開が考えられる。また、本モデルを立地誘導によって生じる道路上の物流交通量の削減効果、CO₂やNO_x、PMなどの削減効果などの推計につなげていくことも今後に残された課題である。

【謝辞】本研究は、第4回東京都市圏物資流動調査・事業所機能調査分析ワーキンググループ立地分析部会の検討成果をまとめたものである。検討にあたっては、ワーキンググループ座長の東京海洋大学兵藤哲朗助教授をはじめ多くの方々にも多大な協力を頂いた。ここに、関係各位に感謝の意を表する次第である。

参考文献

- 1) 東京都市圏交通計画協議会：物流からみた東京都市圏の望ましい総合都市交通体系のあり方、2006.5
- 2) Mosh Ben-Akiva et al : Disaggregate Trip Distribution Models, 土木学会論文集, No.347/IV-1, pp1-17, 1984.7
- 3) 岩崎, 相茶, 遠藤他 : 非集計分析に基づく工業立地因子を考慮した移転工場の立地予測モデルの開発に関する研究, 土木学会研究・論文集, No.12, pp239-246, 1995.8
- 4) 屋井鉄雄 : 交通と統計(非集計行動モデルによる交通需要予測手法), (財)交通統計研究所, No.15, 16合併号, 1986.3