

都市圏物資流動調査における新たなモデリング

Introduction of Applicable Models by Metropolitan Freight Survey Data

兵藤 哲朗 東京海洋大学 流通情報工学科 教授

Tetsuro HYODO Professor, Department of Logistics and Information Engineering, Tokyo University of Marine Science and Technology

The 4th Tokyo Metropolitan Freight Survey (TMFS) conducted during 2003 to 2005 developed several models for evaluation of freight policies or demand analyses. This article shows the topics on the demand modeling methods or advanced devices as follows. 1) The aim of the facility oriented survey in TMFS and visualization by GIS, 2) the location choice model and the calibration of potential of facility location, 3) large size truck route choice model and evaluation of the change of truck flow by newly constructed road networks.

1. はじめに

わが国の都市圏物資流動調査は、昭和47年の東京都市圏調査以来、大都市圏ではPT調査と交互に実施される「モノの移動調査」として分析や政策評価がなされてきた。それらの成果として、流通業務市街地整備をはじめとする種々の物流施設が整備されたことは周知の通りである。しかし近年、公的物流施設の整備も一段落し、かつ民間の物流拠点集約化が著しく進展するなど、物流施策を巡る環境は変わりつつある。そこで、第4回の東京都市圏物資流動調査では、今まで以上に物流施設の立地や機能に着目し、道路など社会基盤整備との関連性を定量評価することにより、今後の物流施策や交通政策に資する結果を提供する試みがなされた。更に、トラックの大型化に伴う大型貨物車の走行経路についても新たな分析方法を適用し、環境負荷や大型車ボトルネックを前提とした道路ネットワークについても考察している。

都市圏物資流動調査を用いたモデリングの新たな潮流として、本稿では主に、これら二つの特徴的な分析技法を紹介したい。なお、両モデルの詳細は、東京都市圏物資流動調査の報告書¹⁾や、学会論文^{2,3)}としても公表されている。本稿はそれらのエッセンスをとりまとめた内容であることをご了解頂きたい。

2. 第4回東京都市圏物資流動調査の分析面の特徴

物流施設に着目し、それが担っている機能（物流加工や、保管、積み替えなど）を明らかにすることや、そも

そも立地場所や年代を詳細に調べることに、今回物資流動調査の大きな特徴がある。特に、GIS機能の高度化に伴い、立地場所と諸々の物流施設特性との関連性を、視覚的に明瞭に確認でき、分析担当者や、行政担当者間の活発な議論を引き出した場面を多く見かけた。

これらGISの出力例は東京都市圏交通計画協議会のホームページや、調査報告書などから簡単に取得することができる。用途地域と物流施設の立地密度、高速道路建設推移と物流施設立地の時系列変化など、今まで想像はされたが、明確に視認されにくかった情報が開示されている。この空間情報が、本稿3.で紹介する立地モデルの詳細な変数として用いられることになり、かつ分析結果の分かりやすい表現にも活用された。

一方、付帯調査として行われた大型貨物車の利用経路アンケート調査では、調査自体は紙ベースの一般的な方法であったが、道路ネットワークデータとして、詳細な交通量配分結果を用いることにより、今まで十分表現することができなかった、大型車走行特性を反映した政策判断ツールを構築することができた。

極めて詳細な「空間情報」と「ネットワーク」情報が、今回分析手法を支える両輪となったといえよう。

3. 立地選択モデルによる立地ポテンシャル推計²⁾

(1) 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、物流施設

の立地誘導地域の選定や、その効果計測などに用いることを目的として、立地選択モデルの構築を検討した。

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) 立地選択モデルの推定

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る。モデルの区分は表-1の通り、大きく「広域的な物流施設」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「東京都市圏域」以遠および、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	

用いたモデルは、以下の通り、離散選択ロジットモデルである。

$$P_i^r = \frac{\exp(\bar{v}_i^r + \ln M_i)}{\sum_j \exp(\bar{v}_j^r + \ln M_j)} \quad (1)$$

$$= \frac{\exp(V_i^r)}{\sum_j \exp(V_j^r)}$$

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。そこで地域 i の観測可能な規模を表す変数 S_i に対して、

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

S_i : 地域 i の規模変数 (可住地面積一宅地面積など)

α : パラメータ

とすれば、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。

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

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

ここで検討しているロジットモデルは、理論的には選択肢数が首都圏全域における3次メッシュ数(15,230)となり、通常の方法では、パラメータ推定が困難である。そこで、本研究では、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区画の部分選択肢集合を抽出し、パラメータ推定を行った(選択肢サンプリング)。

表-2がパラメータ推定結果である。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。

(3) 物流施設立地ポテンシャルの推計

立地選択モデルの効用関数(式(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、セグメントごとの効用の偏差値を算出する。その値をポテンシャル値として定義した。

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-1に示す。さらに、立地ポテンシャルが高まる地域を抽出・表現したのが図-2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。

表-2 立地選択モデルのパラメータ推定結果

値) 説明変数		パラメータ (カッコ内t)	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					
	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
行政区別の実績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

本モデルを用いることにより、道路整備に伴う物流施設の立地展開についてある程度の予見を与えることができる。その結果から、特に郊外部における施設誘導や

規制のあり方について考察を行ったが、詳細は報告書¹⁾を参照頂きたい。

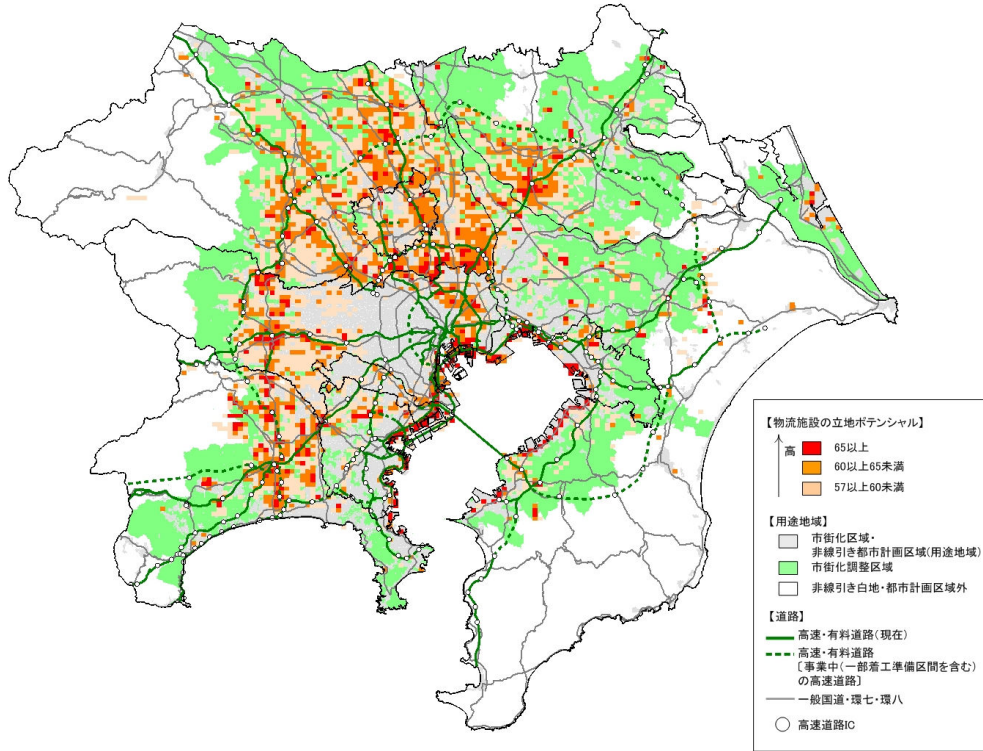


図-1 高速道路整備後の立地ポテンシャル推計値

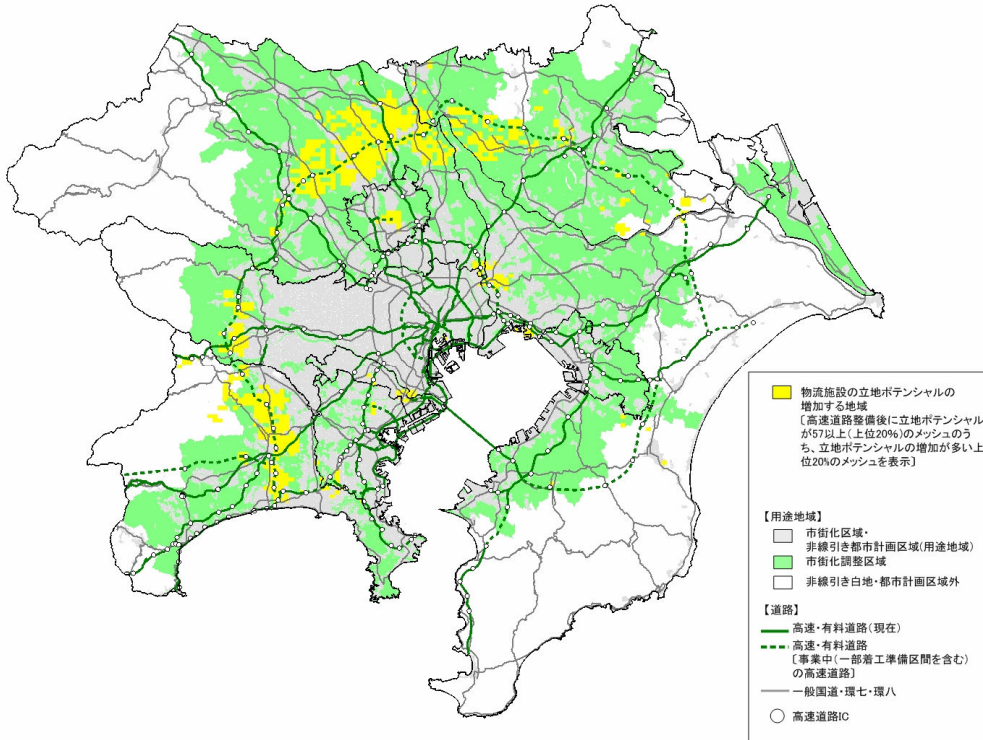


図-2 高速道路による立地ポテンシャルの増加

4. 大型貨物車の経路選択行動分析³⁾

トラックの大型化と国際物流の増大に伴い、わが国では大型の海上コンテナの流動実態を詳細に調べたり、重さや高さ超過で走行不可能なボトルネック箇所を既存統計で丹念に調べ上げる試みが多くなされつつある。しかし、重さ・高さの走行制約がある大型トラックに対し、その走行経路を道路条件などを加味して推計する方法論が十分検討されていないように思われる。

交通行動分析の枠組みでは「経路選択モデル」として扱われる分野であるが、選択肢集合の設定自由度が高い道路上の経路選択モデルは、まだ統一的な見解は定まっておらず、多くのモデルが林立している状態にあるといえる。今回の東京都市圏物資流動調査では、様々な経路分析方法論の中から、実経路を直接表現する「重複率最大化モデル」を取り上げ、その適用性を吟味することとした。

(1) 大型貨物車走行データとネットワークデータの概要

本研究で用いる大型貨物車走行ルートデータは、東京都市圏物資流動調査の付帯調査の一つである、大型貨物車走行ルート調査である。同調査データより、特殊大型車両、海上コンテナ車、10トン以上の貨物車を抜粋し、合計598サンプルのデータを得た。また以降、便宜上、サンプルの車種を大別し、特殊大型車両及び海上コンテナ車を「特殊車」、10トン以上の貨物車を「貨物車」として分類する。

配分結果とサンプル経路データをマッチングすることにより、本モデルでは多くのリンク属性を分析に用いることができる。用意されたリンク属性は、リンク距離、料金（高速道路、有料道路）、道路種類（有料道路、無料道路、高速道路、一般道）、地域区分（市街地、国道16号線以内、環状7号線以内、港湾地区）、リンク規制速度、リンク旅行速度（平成10年パーソントリップ調査の配分計算結果より）、リンク車線数、車道幅員、各種指定道路（重さ指定道路、高さ指定道路）である。

本モデルは、大型貨物車走行のボトルネックとなる、重量や高さの制約リンクを考慮した分析を意図している。そのため、現段階の首都圏における重さ指定道路、高さ指定道路の情報をネットワークデータに取り込むこととした。

まず得られたサンプルデータと、道路ネットワークデ

ータを用いて、迂回率の算出を行った。迂回率の算出では、最短走行距離に対する迂回と、最小走行時間に対する迂回率を計算した。各サンプルの迂回率を、走行距離で重み付けをし、全体の平均迂回率を算出したところ、距離の迂回率は1.140、時間の迂回率は1.290であった。また、距離の迂回率に比べ時間の迂回率の分散が大きかったが、これは時間最短経路に高速道路の有無が大きく関わり、支払料金意思額のその決定に寄与することによって一因があると考えられる。それがまさに、経路選択要因の一つであることから、時間や費用を考慮した経路選択モデルの必要性をここからも伺うことができる。

表-3 迂回率算出結果

	全体	特殊車	貨物車	高速利用有	高速利用無
距離迂回率	1.140	1.100	1.157	1.163	1.097
時間迂回率	1.290	1.347	1.263	1.173	1.462

(2) 重複率最大化モデルの検討

ここで取り上げる「重複率最大化」モデルとは、過去、鈴木ら⁴⁾や、笹井ら⁵⁾において自転車経路選択モデルの一つとして提案されてきたモデルを指す。同モデルは選択肢集合を扱わず、認知最短経路と実経路の重複（overlapping）率が最大となるように、リンク距離関数を操作する方法論である。以下、簡単にモデルの基礎式を紹介し、大型車経路選択への適用を前提としたモデルの改良方法について説明する。

まず、変数の基礎的な定義も兼ねて、表-3で紹介した迂回率の算出式を示す。 n 番目サンプルの実利用経路延長 X_n を次式とする。

$$X_n = \sum_a \delta_{na} \cdot l_a \quad (4)$$

ここで δ_a は n 番目サンプルが a 番目リンクを通過する際に1、それ以外に0をとるダミー変数である。 l_a は a 番目リンクのリンク長である。このとき、 n 番目サンプルの迂回率は次式で表される。

$$DT_n = \frac{X_n}{\sum_a \delta_{na}^{**} \cdot l_a} \quad (5)$$

δ_{na}^{**} は n 番目サンプルの出発地と目的地の最短距離経路に a 番目リンクが含まれていれば1、そうでなければ0をとるダミー変数である。迂回率は n 番目サンプルの実

利用経路延長を計算機によって算出される n 番目サンプルの最短距離経路で除した値となる。

ここで、各サンプルの利用経路延長を重みとして、サンプル全体の重み付き迂回率を以下のように定義する。

$$DT = \frac{\sum_n X_n \times DT_n}{\sum_n X_n} \quad (6)$$

つぎに「認識距離」の概念を導入する。認識距離とは運転者が実際に感じていると想定した距離のことである。運転者は必ずしも目的地までの最短経路を通行するとは限らず、車線数、車道の幅員、交通規制、高速道路、交通渋滞状況等の様々な要因の影響を受けて走行経路を選択していると考えられる。すなわち運転者は走行経路選択の際に、実距離ではなく、状況に応じて変化する認識距離が最小となる経路を選ぶと仮定する。以下に認識距離の定式化について記す。

リンクの属性により認識される経路長が異なるという仮説に基づき、 a 番目のリンクの認識距離を以下の式で表現する。

$$l_a^*(\beta) = l_a \times \prod_k \beta_k^{z_{ak}} \quad (7)$$

ここで、 z_{ak} は a 番目リンクにおける k 番目属性変数(車線数、渋滞状況等)について条件を満たすときは1、それ以外は0をとるダミー変数である。 β_k は k 番目属性にかかる未知パラメータである。この式は、リンク属性により認識されるリンク長が変化することを表す。例えば、過去の自転車経路選択モデルの例で言えば、広幅員道路や歩道を有するリンクの場合、 β 値は0.8~0.9程度の値が報告されていた。これは同条件を満たす場合、自転車利用者はそのリンク長を実際の80~90%の距離と認知していることに相当する。また、全てのパラメータの値が1の場合は、認知距離は実距離に一致する。

既存の重複率最大化モデルは、自転車経路選択への適用に止まっていたため、リンク長や歩道有無、道路幅員など極めて限られたリンク情報しか利用できなかった。しかし今回の大型車の調査では、配分結果に基づく種々のリンクデータが利用可能である。さらに、迂回率も距離と時間とは大きく異なっており、道路料金や走行速度など、多様な変数が経路選択行動に影響を与えていることは自明である。そこで、本研究では式(7)で定義した

リンク長(l_a)を、一般化費用に置き換えることにより、従来型の経路選択モデルと同様、重複率最大化モデルを、多様な変数を取り込むことが可能な汎用性の高いモデル式に拡張することを試みた。

定式化は、リンク長の替わりに、一般化費用を用いることになるので、(7)式より、

$$GC_a^*(\beta) = (\text{Cost}_a + \omega \cdot \text{Time}_a) \cdot \prod_k \beta_k^{z_{ak}} \quad (8)$$

を新たな認識距離、もしくは認識一般化費用式とする。ここで、 GC_a^* は a 番目リンクを走行する際にかかる一般化費用 (Generalized Cost) を表している。 Cost_a は a 番目リンクを走行する際にかかる費用(有料道路利用料金と燃料費の合計)である。燃料費の算出は、 a 番目リンク延長に対距離あたりの燃費を掛け合わせたものを燃料費としている。一般化費用に乘じられる項は、既存例と同様である。 ω は時間価値であるが、本モデルでは、未知パラメータであり、モデルの推定結果から直接その値を得ることができる。

重複率最大化モデルのパラメータ推定方法は、モデルの主旨から、実利用経路とモデルで再現される経路との重複率が最大になるようにパラメータを定めることになる。ここで、モデルで再現される経路とは、認識距離もしくは認識一般化費用が最小となる経路である。

パラメータを推定する場合の目的関数は、実経路と最短認識距離(もしくは一般化費用)経路の、距離重み付き重複率である。そこで次式のような n 番目サンプルの重複率を定義する。

$$D_n(\omega, \beta) = \frac{\sum_a \delta_{na} \cdot \delta_{na}^*(\omega, \beta) \cdot l_a}{X_n} \quad (9)$$

ここで X_n は実際の走行経路長である。 $\delta_{na}^*(\omega, \beta)$ はパラメータ値が ω, β のとき、 n 番目サンプルの認識最短経路に a 番目リンクが含まれる場合に1、それ以外の場合は0をとるダミー変数である。ここで、式(9)で示した重複率が大きい(1に近づく)ほど、モデルで再現される経路が実際の経路をよりの確に説明していることになる。そこで各サンプルの利用経路延長を重みとして、サンプル全体の重みつき重複率を次のように定義する。

$$D(\omega, \beta) = \frac{\sum_n X_n \cdot D_n(\omega, \beta)}{\sum_n X_n} = \frac{\sum_a \sum_n \delta_{na} \delta_{na}^*(\omega, \beta) l_a}{\sum_n X_n} \quad (10)$$

未知パラメータ (ω, β) は式 (10) を最大化するように求めればよい。しかし、一般的には最短経路などのネットワーク変数は離散的であるため、この重複率をパラメータで微分することは不可能であり、目的関数の勾配等を算出することはできない。そこで、パラメータの値を任意の区間で移動させ、それぞれのパラメータに対する重複率 (10式の値) を算出し、目的関数の等高線図を作成し、重複率が最大となるパラメータを視認することが考えられる。また、パラメータ数が多くなる (3変数以上) と、目的関数の等高線図も描けないため、この場合は遺伝的アルゴリズム (GA) を用いた方法を適用している。

本方法では、モデルの説明力を確認するため、全てのパラメータが1である場合を「初期重複率」と定義した。最も基本的な情報で構成されるのは、距離最短経路との重複率であると想定されるため、以降、この値を初期重複率と見なす。

(3) モデルパラメータの推定

時間価値パラメータ以外に、一変数のみを取り入れた、合計二変数のモデルを推定した。用いた変数は、各種変数から、経路選択に影響を与えと考えられる代表的な6変数である。図-3に、パラメータ値を変動させ、それに対応した目的関数値 (式(10)の重み付き重複率) の等高線図の例を示す。目的関数が最大となる推定パラメータを表-4にまとめる。

推定結果から、初期重複率 (0.48151) に比して、十分な大きさの重複率が算出されており、モデルにより、実経路が再現されていることが確認できる。結果から、「重さ指定ダミー」を含んだモデルの説明力が最も高いことがわかる。また、時間価値パラメータは概ね75 [円/分] (=4500 [円/時]) 程度を示すケースが多く、これは従来公表されている貨物自動車の時間価値 (道路整備の費用対効果マニュアルなど) と大きな相違はない。

(4) 東京都市圏におけるモデル適用事例

得られたモデルを用いて、本モデルの目的である大型貨物車走行経路特性を踏まえた、首都圏の道路整備について定量的評価を試みる。用いたモデルは表-4の「時間価値」「重さ指定道路」2変数を含む「2-1」モデルである。今回の東京都市圏物資流動調査では、事業所アン

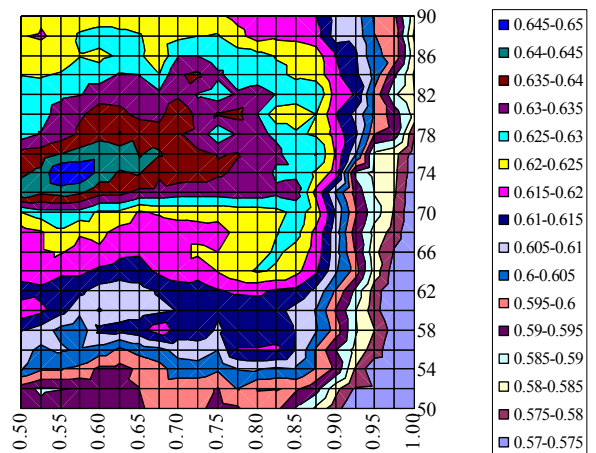


図-3 時間価値 (縦) と重さ指定ダミー (横) 重複率

表-4 重複率最大化モデルのパラメータ推定結果

モデル番号	変数名	パラメータ値	重複率
2-1	時間価値 [円/分]	74	0.64962
	重さ指定ダミー	0.550	
2-2	時間価値 [円/分]	88	0.63677
	高さ指定ダミー	0.775	
2-3	時間価値 [円/分]	102	0.63754
	4車線以上ダミー	0.725	
2-4	時間価値 [円/分]	58	0.64372
	高速道路ダミー	0.625	
2-5	時間価値 [円/分]	80	0.59173
	市街地ダミー	1.100	
2-6	時間価値 [円/分]	86	0.58515
	環7内側ダミー	0.900	

ケートから、大型貨物車の搬入・搬出先が分かるため、それを用いた大型貨物車のOD表が、市区町村単位で作成されている。そこで、分析で用いた首都圏道路ネットワークに、本モデルを適用し、各ODペアをモデルによる最短認知経路に割り当てる計算を行った。図-4は現況、図-5は建設中の主要な道路が完成した場合の大型貨物車の予測走行経路を示す。主に、環状道路の整備 (外環東側、圏央道、首都高中央環状線) により、129号線や環状7号線の大型車交通量が軽減することが見て取れる。しかし、横浜から湘南エリアのバイパス建設が、東海地方と横浜港湾エリアを結ぶ新たな大型貨物の走行ルートとなり、周辺環境面から望ましくない流れが生じる可能性が示唆される。これに対し、外環西区間や横浜環状線西北部など、建設が議論されているいくつかのリンクを追加すると (図-5)、今述べたルートや、23

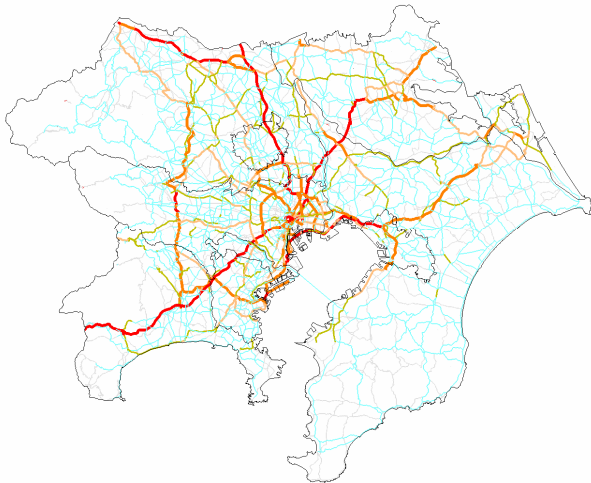


図-4 推計大型貨物車走行量（現状ネットワーク）

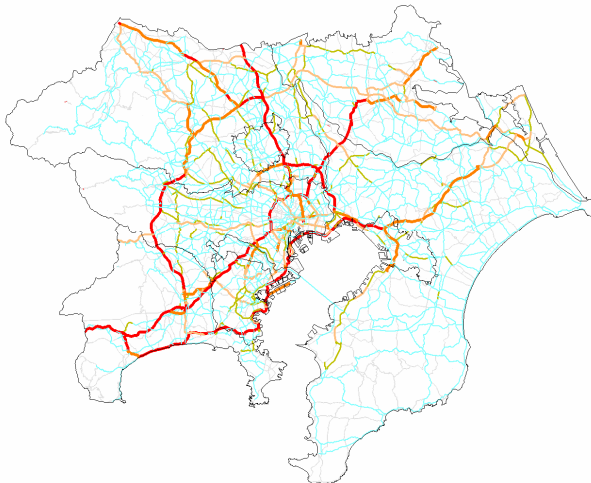


図-5 推計大型貨物車走行量（将来ネットワーク）

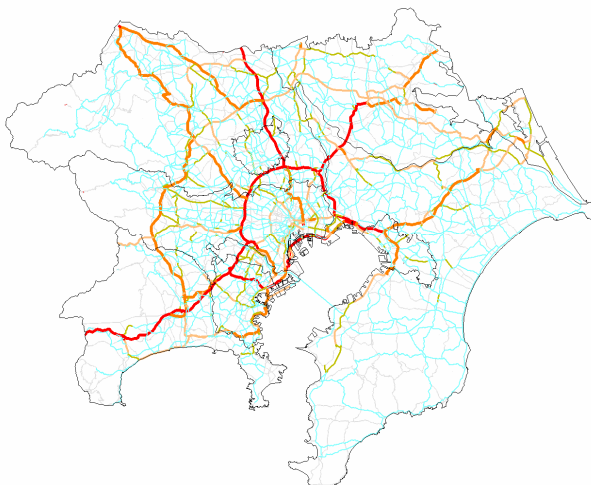


図-6 推計大型貨物車走行量（将来構想含む）

区内の大型貨物車走行量が分散化し、適切な走行条件が達成されると思われる。

このように、本モデルを用いることにより、大型車特有の経路選択特性を加味した道路ネットワーク評価が可能になる。ここでは広域ネットワークの評価のみに止まったが、より狭いエリアでも（例えば湾岸地域など）、同様の分析で、大型車対応の missing link の優先的な整備順位の評価なども行うことができる。

5. おわりに

本稿では、第4回東京都市圏物資流動調査の分析の際に用いられた特徴的なモデリングの工夫について概略を紹介した。無論、3ヶ年をかけた調査であり、用いられた解析手法は他にも多数存在する。ご興味をお持ちの方は、是非、報告書をご一読されたい。

物流拠点集約化、トラックの大型化、そして輸出入取引量の増大など、都市圏物流に関わる状況は過去10年で大きく変化した。さらに首都圏では環状道路の整備も進み、それが立地や貨物車経路に与える影響も小さくない。ここで紹介した方法も、時代のニーズに応える役割を果たし得ると考えている。

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年5月
- 2) 萩野保克・柴谷大輔・遠藤弘太郎：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～，土木計画学研究・講演集，Vol.34，CD-ROM，2006年12月
- 3) 兵藤哲朗・シジニィ シュライナー・高橋洋二：東京都市圏物資流動調査を用いた大型貨物車走行経路のモデル分析，土木計画学研究・講演集，Vol.34，CD-ROM，2006年12月
- 4) 鈴木・高橋・兵藤（1998）：“自転車走行環境に着目した鉄道端末自転車需要予測方法の提案”，交通工学，Vol.33，No.5，pp.13-21
- 5) 笹井・兵藤・鈴木・高橋（2004）：“自転車経路選択モデルの比較検討分析”，土木計画学研究・論文集，Vol.21，No.2，pp.597-606