

首都圏における物流施設の立地先・立地量の同時決定モデルの構築

篠原 丈実¹・福田 大輔²・岡 英紀³・兵藤 哲朗⁴

¹学生会員 東京工業大学修士課程 環境・社会理工学院 土木・環境工学系 (〒152-8552 目黒区大岡山 2-12-1-M1-11)

E-mail: t.shinohara@plan.cv.titech.ac.jp

²正会員 東京工業大学准教授 環境・社会理工学院 土木・環境工学系 (〒152-8552 目黒区大岡山 2-12-1-M1-11)

E-mail: fukuda@plan.cv.titech.ac.jp

³正会員 一般財団法人 計量計画研究所 社会基盤計画研究室 (〒162-0845 新宿区市谷本村町 2-9)

E-mail: hidekioka@ibs.or.jp

⁴正会員 東京海洋大学教授 海洋工学部 流通情報工学科 (〒153-8533 江東区越中島 2-1-6)

E-mail: hyodo@kaiyodai.ac.jp

現代社会において物流は人々の生活に不可欠な要素の一つである。首都圏において三環状道路をはじめとした交通インフラの整備が昨今進んでおり、物流施設の立地状況にも変化が見られる。本研究では東京都市圏を対象に、第5回東京都市圏物資流動調査の結果を用いて物流施設の立地先・立地量の決定行動のモデル化を行った。立地選択モデルに関する研究は従来にも行われているが、本研究では各3次メッシュ(約1km四方)を対象にして立地先と立地量(施設の敷地面積)の選択行動を記述する離散-連続モデルを構築し、空間相関を考慮するなど、より妥当なモデルの構築を指向した。モデルの推定結果より周辺道路の利便性や用途地域指定が立地行動に有意な影響を与えていることが明らかになった。

Key Words: logistics facilities, spatial correlation, discrete-continuous choice model, lotsize

1. はじめに

現代の日本では、ネット通販などの普及により、物流の重要性がさらに高まっている。その拠点である物流施設の立地は、周辺の交通整備状況からの影響を大きく受ける。首都圏においても、特に三環状道路周辺部における道路の部分開発により物流施設の立地が進んでいる。

このような交通インフラ、特に道路整備と物流施設の立地の間に存在すると予測される相関性に着目して、篠原ら¹⁾では第5回東京都市圏物資流動調査のデータを用い、物流施設の立地選択行動を立地先と立地量(敷地面積)の同時選択行動とみなし、神奈川県各3次メッシュ(約1km四方)における物流施設の立地選択行動のモデル化を行った。離散-連続モデルの一つである Sample-Selection モデルを援用することにより、物流施設の立地先に加えて立地量の同時選択行動をモデル化し、立地先と立地量のそれぞれの決定行動の規定要因を明らかにした。しかしながら、篠原ら¹⁾には、(1)パラメータ推定において同一の地域メッシュに複数の物流施設が存在する場合への配慮がなされていないこと、(2)物流施設の開設年やタイプを分類しないまま一括したモデル化を行っていること、(3)神奈川県のみを分析対象としていること、等の課題が残されている。以上

を踏まえ本研究では、物流施設の立地先と立地量を考慮可能な篠原ら¹⁾の分析枠組みを、上記の3点に着目して拡張する。

2. 物流施設の立地状況の基礎分析

(1) データの概要

物資流動調査は東京都市圏交通計画協議会によって昭和47年に第1回目を実施され、およそ10年に1度の頻度で行われており、都市計画を行う大きな指標となっている。今回使用するデータは2014年に実施された最新の第5回物資流動調査の結果であり、東京近郊エリア(一次地域メッシュ:5239, 5240, 5339, 5340, 5439, 5440の地域)を調査対象とする。なお、物流関連施設の所在地は緯度・経度および3次メッシュ単位で与えられており、以降の分析はすべてこの3次メッシュ単位で行う。また、説明変数等で用いる各メッシュの属性変数に関しては、協議会内での分析検討の際に構築されたデータベースより適宜抽出する。

a) 地域分類・物流施設分類

本研究において東京都市圏とは東京都・神奈川県・千葉県・埼玉県・茨城県南部・群馬県南部・栃木県南部の1次メッシュ6つ分に相当する範囲を指す。また物流施設とは、物流過程に関する施設のうち、工場や販売店、

事務所等と言った物資を捌くことを主目的としない施設を除外した残りの施設であり、大きく分類すると荷主関連の施設と運輸業関連の施設が存在する。

まず、物流施設を開設年と業種によって分類した上で立地分布図を作成した。“運輸業関連施設”とは調査項目における施設種類で「倉庫」「集配送センター・荷捌き場」「トラックターミナル」「その他の輸送中継施設」を選択した物流施設のことを指す。また、“荷主関連施設”とは、同項目において「工場」「物流施設」を選択した施設を指す。以下では、敷地面積データを有する運輸関連企業 1,484 社、荷主関連施設 7,036 社を対象にして東京都市圏における立地数及び立地量の分布を分析する。その際、施設を開設年毎に 1984-1993 年、1994-2003 年、2004-2013 年の三区分で分類した。

なお、分析対象メッシュは、山岳部や海域部等を除いた地価データを有する 3 次メッシュ (17,339 個) のみを対象とする。

(2) 基礎分析

a) 立地分布

まず、仮に物流施設が地域内に 100 存在するとしたときに当該メッシュに何個の施設が立地するのかという比率を 3 次メッシュ毎に算出した。図-3 に運輸業関連施設の結果を、図-4 に荷主関連施設の結果をそれぞれ立地年次別に区分して示す。

運輸関連企業の分布に着目すると、1980 年代から 1990 年代にかけては東京湾沿いに多く立地するなど、都心に近い位置に多くの施設が存在する一方で、2000 年代から 2010 年代にかけては圏央道沿いをはじめとして郊外部における立地が増えていることが明らかになった。

荷主関連施設においても同様の考察がなされ、2000 年代以降の施設は、特に圏央道周辺をはじめとした郊外部への立地が顕著であることが示された。また、都心部における立地が減少していることも読み取れる。

以上結果より、周辺インフラの整備などが進んだことにより、運輸業関連、荷主関連の物流施設ともに東京都市圏における立地効用の高い地域が変化している可能性が示唆され、開設年別に立地選択モデルを構築することの必要性が示唆される。

b) 敷地面積分布

次に、物流施設が東京都市圏の各 3 次メッシュにどれだけの面積で立地しているか基礎分析を行った。はじめに、東京都市圏において運輸業関連と荷主関連の物流施設がそれぞれどのような敷地面積で分布しているかヒストグラムで示すと図-1、図-2 のようになる。

図-1、図-2 を比較すると、運輸業関連の物流施設の敷地面積は 2000m² 付近に最頻値が存在し、荷主関連の施設は 500m² 付近の敷地面積のものが最も多くなって

いるといった相違点がある。双方とも敷地面積の小さい施設が多く存在し、敷地面積が増加するにつれて減少する傾向が確認される。

以上の考察を踏まえて、図-5 にお運輸業関連施設の敷地面積の空間分布を、図-6 において荷主関連施設の敷地面積の空間分布を示す。これは、各メッシュにおける立地量の対象範囲全域における立地量総和に対する当該メッシュに立地する施設の敷地面積の割合を算出したものであり、立地量分析において同一メッシュに複数の物流施設が存在する場合には合計値を使用するものとする。これらの図より、運輸業関連および荷主関連において都心における物流施設の敷地面積は年代を追うごとに減少していることが確認される。また、それを補うかのように、物流施設は時代が経過するにつれて郊外部に立地するようになってきていることも確認され、開設年によって物流施設の立地選択行動に相違が生じている可能性が示唆される。また、図-1、図-2 でも示されたように、運輸関連施設は荷主関連施設に比べて 1 つの施設における敷地面積が広くなる傾向にあるため、より郊外部に立地する状況も確認される。

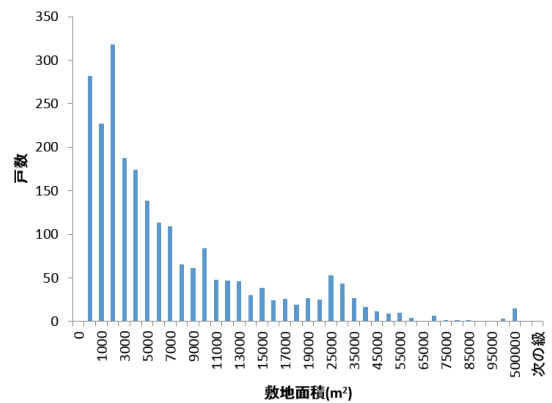


図-1: 運輸業関連施設の敷地面積の度数分布

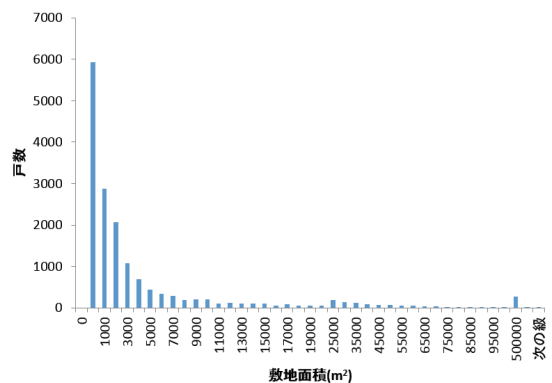


図-2: 荷主関連施設の敷地面積の度数分布

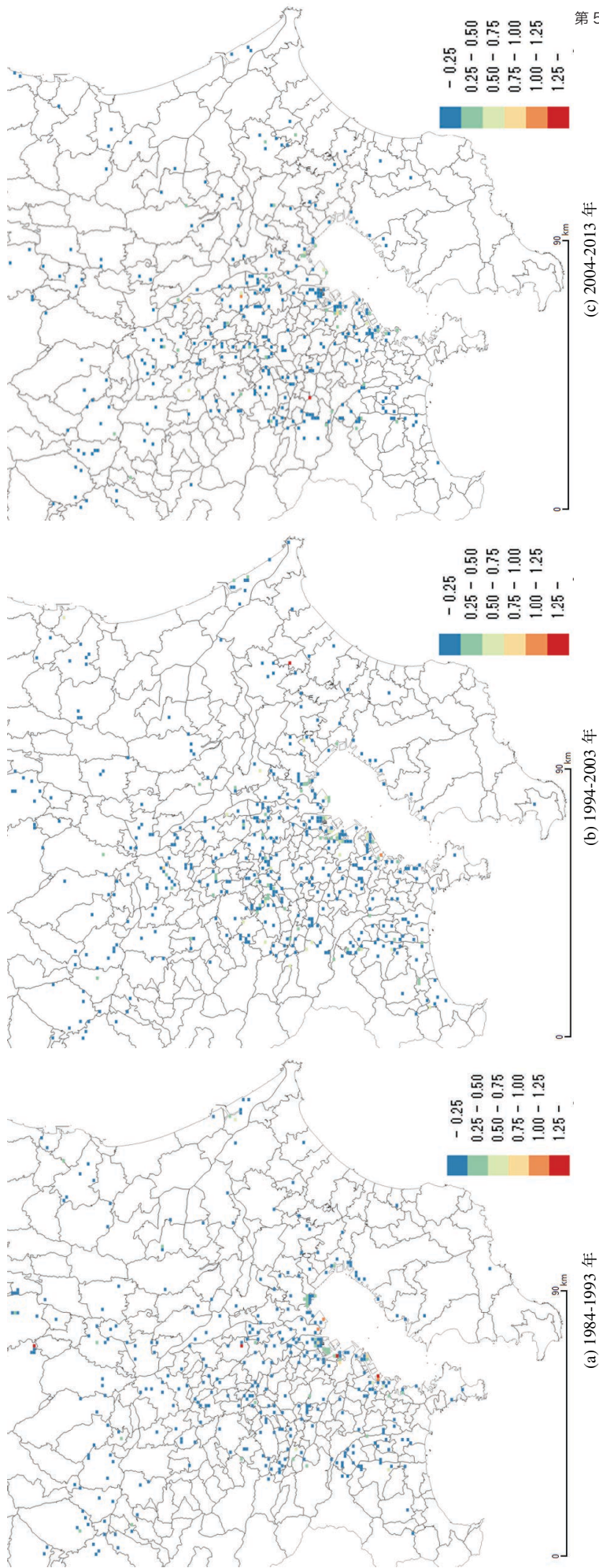


図-3: 運輸業関連施設の空間分布

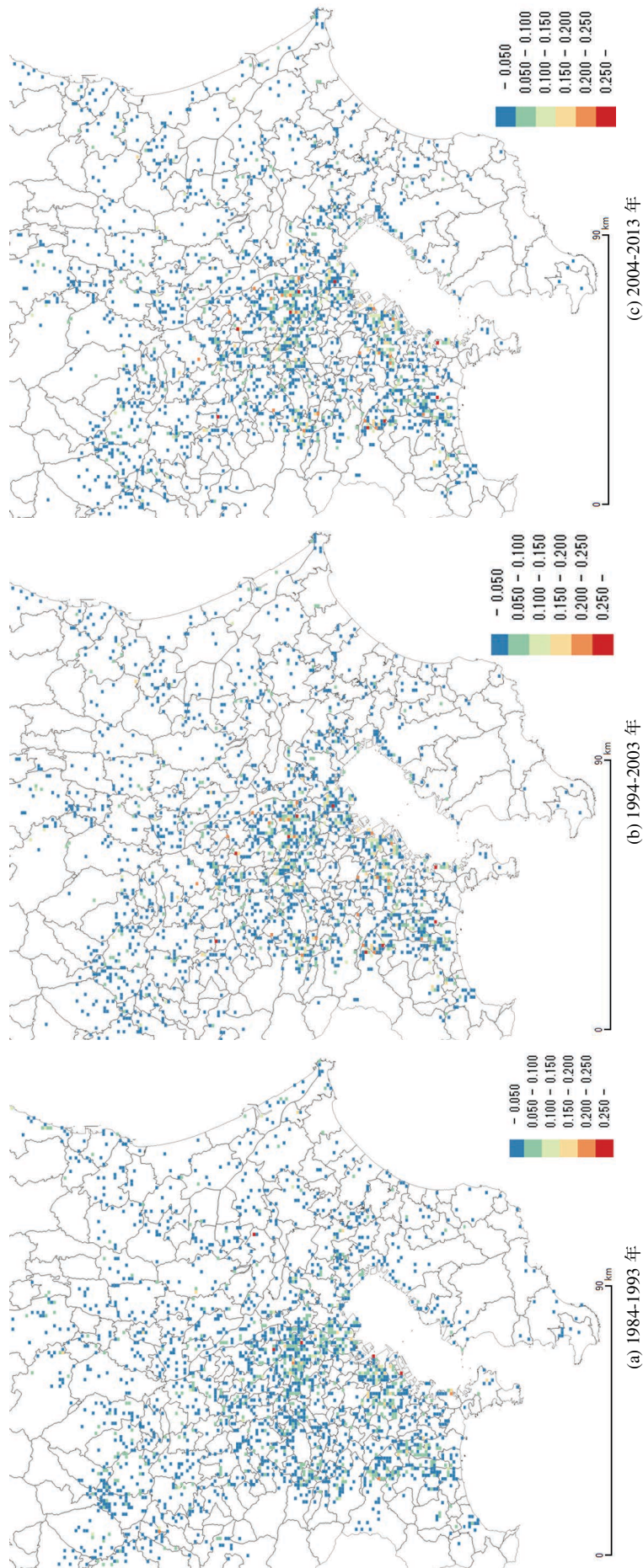


図-4: 荷主関連施設の空間分布

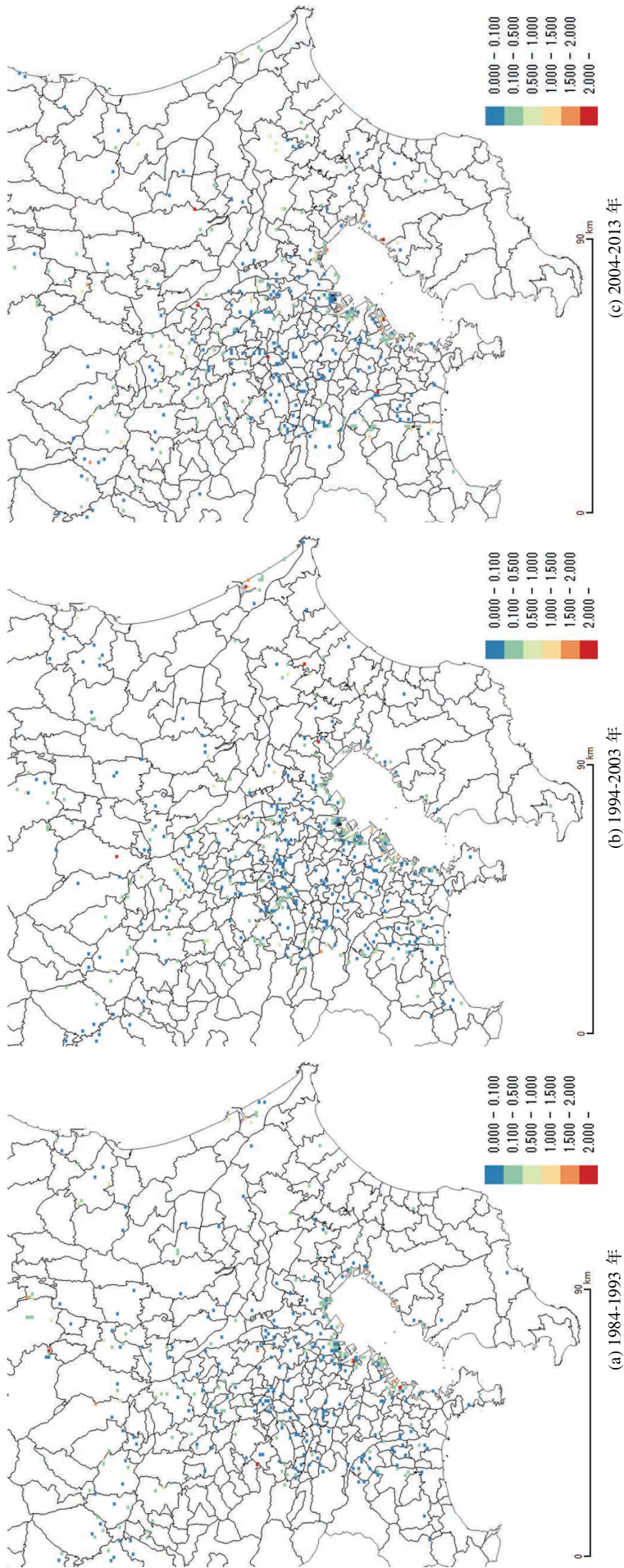


図-5: 運輸業関連施設の敷地面積の度数分布

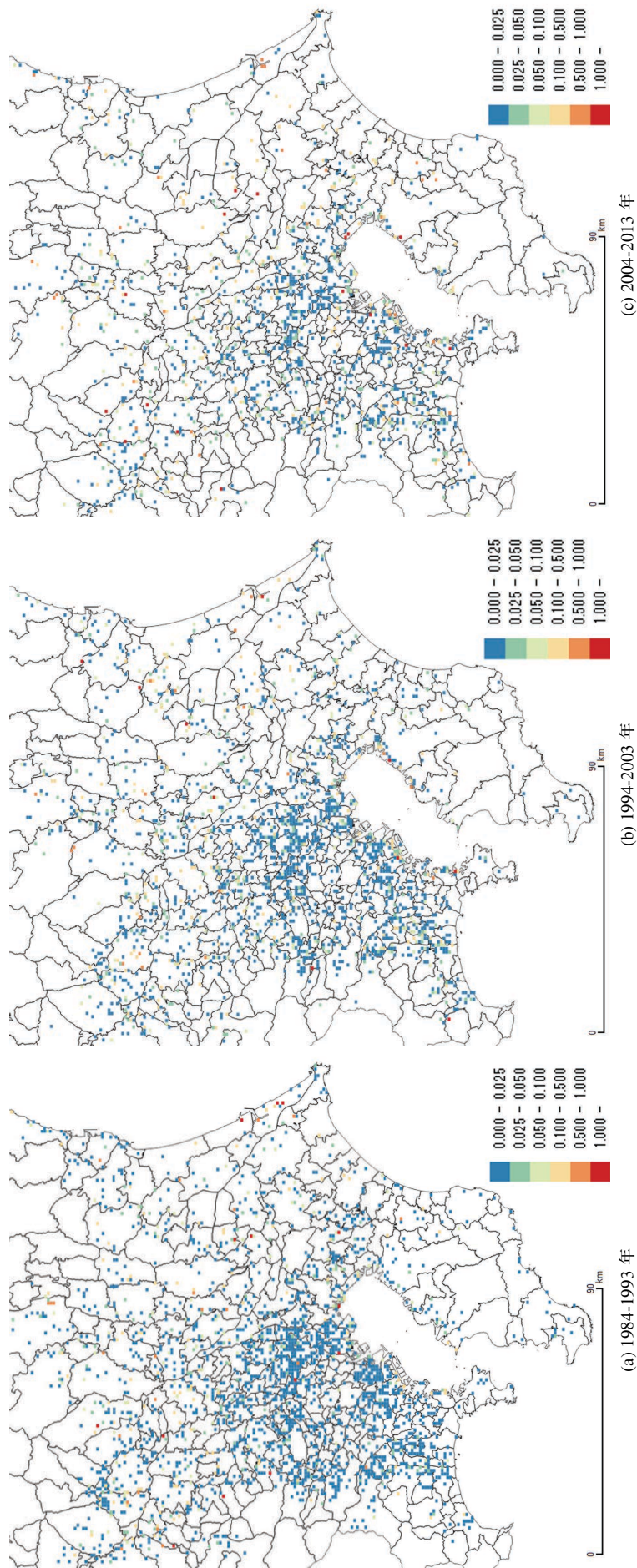


図-6: 荷主関連施設の敷地面積の度数分布

3. 物流施設の立地先・立地量決定モデル

前節での基礎分析の結果を踏まえ、本説では物流施設の立地先と立地量（敷地面積）を同時決定する行動モデルを構築する。本研究では、3 次メッシュ単位で立地の有無を考える。すなわち、メッシュ i における物流施設の立地有無・立地面積を予測するモデルを検討する。

(1) 変数の設定

本研究では、山間部を除く東京都市圏 17,339 の三次メッシュ（約 1km × 1km）を用いて、各メッシュにおける物流関連企業による立地選択行動モデルを推定する。モデルの構築にあたり、複数の説明変数の選択を行う必要があるが、各々の説明変数はスケールが多様であり、実際の推定にはダミー変数を除いた説明変数を標準化（平均 0、分散 1）した値を用いて推定を行った。なお、連続モデルにおける被説明変数である敷地面積に関しては、以下の式で示されるような敷地面積の値 z における自然対数をとった値 z^* を使用する。

$$z^* = \ln(1 + z)$$

また、1 つのメッシュに複数の物流施設が存在する場合には、立地数に応じて該当メッシュデータを追加することによりサンプル数の重みづけを行った。

(2) 立地先-立地量同時決定モデル

本研究では物流施設の立地選択行動を、物流事業者による立地先と立地量同時決定行動と考え、その同時決定行動を記述する離散-連続モデル²⁾を援用する。ここでは特に、メッシュにおける敷地面積は立地している場合にしか観測できないことに着目し、離散-連続モデルの一つであるサンプルセレクションモデル³⁾を用いて定式化を行う。パラメータ推定には最尤推定法を使用する¹⁾。

あるメッシュ i における立地の有無を表す二項変数を y_i とし、立地の有無を規定する潜在効用を y_i^* と表す。また、データの切断を考慮しない潜在的な立地量を z_i^* 、および、実際に観測される立地量を z_i とすると、サンプルセレクションモデルは以下のように定式化することができる。

$$y_i^* = X_{1i}'\beta_1 + \epsilon_{yi} \quad (1)$$

$$y_i = \begin{cases} 1 & (\text{if } y_i^* > 0) \\ 0 & (\text{if } y_i^* \leq 0) \end{cases} \quad (2)$$

¹⁾ van Hasselt⁴⁾ はベイズ推定を用いたサンプルセレクションモデルの推定方法を提案している。今後、メッシュ間の空間相関を考慮したサンプルセレクションモデルへと展開する際には、ベイズ推定を適用する方が計算上都合が良いと考えられる。

$$z_i^* = X_{2i}'\beta_2 + \epsilon_{zi} \quad (3)$$

$$z_i = \begin{cases} z_i^* & (\text{if } y_i = 1) \\ \text{missing} & (\text{if } y_i = 0) \end{cases} \quad (4)$$

ここで、

y^* : 潜在立地効用ベクトル

β_1 : 式 (1) における未知パラメータベクトル

X_1 : 式 (1) における説明変数マトリクス

ϵ_y : 式 (1) における誤差項ベクトル

y_i : メッシュ i における観測結果

z_i : メッシュ i において観測された敷地面積

z^* : 潜在立地面積効用ベクトル

β_2 : 式 (3) における未知パラメータベクトル

X_2 : 式 (3) における説明変数マトリクス

ϵ_z : 式 (3) における誤差項ベクトル

ϵ_{yi} , ϵ_{zi} は誤差項を表し、このときの誤差項は以下の二変量正規分布にしたがう。

$$\epsilon_i \sim \text{i.i.d. } \mathcal{MVN}(0, \Sigma)$$

ここで、 Σ は誤差項ベクトルの分散共分散行列であり、要素表示すると次のように表示される。

$$\Sigma = \begin{pmatrix} 1 & \rho \\ \rho & \sigma^2 \end{pmatrix}$$

ここで ρ は共分散である。また、 σ^2 は ϵ_y によって与えられる ϵ_z の条件付き分散である。

4. パラメータ推定結果

以下では、物流施設を運輸関連施設と荷主関連施設の二つに分類し、さらに 1984-1993 年および 2004-2013 年の各 10 年間に開設した物流施設のみを抽出して年次別パラメータ推定を行った。推定されたパラメータをそれぞれ表-1、表-2、表-3、表-4 に示す。

(1) 運輸関連施設

はじめに、立地先を決定する二項プロビットモデル（離散モデル）について考察する。いずれの開設年でも有意な変数として、可住地面積・人口・最寄り IC までの距離・幅員 13m 以上の道路延長・工業地域面積割合が挙げられる。すなわち立地効用は、人口が少なく、IC までの距離が近く、幅員の大きい道路があり、工業地域の割合が大きい地域で高くなる傾向がある。また開設年が古い施設のモデルでは、港から距離のある地域すなわち内陸部および商業地域の変数が、新しい施設においては住宅地域の変数が有意となっている。一方、最寄りの IC までの距離に関しては新しい施設のモデル

の方がパラメータの絶対値が大きくなっており、近年の高速道路整備によって IC へのアクセスが便利な地域において立地効用が向上している可能性が示唆される。一方港へのアクセスに関しては、古い施設のモデルにおいて有意な正值となっていることから内陸部の立地効用の方が高くなる一方で、新しい施設のモデルでは変数の有意性が失われており、港から遠い地点の優位性が相対的に低下している可能性が示唆された。

次に、立地効用が正の値となったメッシュに関してのみ立地量を決定する回帰モデル（連続モデル）のパラメータに関する考察を行う。立地時点にかかわらず、可住地面積、幅員 13m 以上の道路延長、工業地域面積割合に関して有意なパラメータが得られた。すなわち、道路から一定の距離にある運輸関連施設の方が広い敷地面積を所有しやすく、工業地域に位置する施設のほうが敷地面積が小さくなるという傾向が明らかになった。なお、住宅地と物流施設による混在立地の観点からパラメータ推定結果を元に考察すると、住宅地域における立地効用は直近の時点にかけて向上している一方で、敷地面積（の平均値）自体は小さくなっている。したがって、規模の大きな運輸関連施設と住宅の混在立地は緩和されつつある一方で小規模施設と住宅の混在はむしろ進んでいる可能性が考えられる。特に、規模の小さな運輸系施設ほど住居系地域への立地志向が高い結果となったが、例えば、近年需要が高まっているネット通販の影響（消費系の物流が増加して、消費者への近接性が重視されつつある傾向）等があることも推察される。

最後に、離散モデルと連続モデルの誤差項の相関係数はいずれのモデルでも 0.8 程度と高い負の値が推定されている。立地効用の高い地域は立地量も大きくなる傾向があると直感には考えられるが、推定結果はこの直感に反するものとなっている。これは、立地効用の高い地域が必ずしも大きな敷地面積をもつ物流施設が立地されるとは限らないことを示唆しているが、その理由としては図-1 で示されたように、運輸関連施設の立地状況として面積の小さい施設が多く存在している構造によるものであり、時代が変化してもこの立地構造の変化は大きくないためではないかと推察される。

(2) 荷主関連施設

二項プロビットモデルを見ると、開設年を問わず、統計的に有意な変数として、可住地面積・最寄り IC までの距離・最寄りの港までの距離・全道路延長・住宅地域面積割合・商業地域面積割合・工業地域面積割合が挙げられる。また、開設年が新しい施設においては人口が有意な影響をあたえるようになってきている。すなわち、立地効用が高い地域は IC までの距離が近く、内陸

部で、周辺に道路が多い都市部であり、住宅および商業地域の割合が小さく、工業地域の割合が大きい地域であることが確認される。また、住宅との立地混在に関しては、住宅地域において施設の立地効用は低いいため、比較的抑制されていると考察される。

次に連続量モデルを見ると、人口、全道路延長、商業地域面積割合に関して有意なパラメータが得られていることが分かる。すなわち工場などの荷主関連施設は人口の少ない地方部や道路の少ない地域において土地が得やすく、敷地面積が大きくなることが示唆される。また、古い施設では最寄り IC と港までの距離が有意なパラメータとなったが新しい施設では有意性が低くなっており、広い敷地面積を持つ荷主関連施設が IC 周辺や内陸部に進出するといった、立地構造自体の変化が推定結果に反映されたものとも考えることもできる²。

最後に、誤差項の相関係数に関しては新旧ともに -0.25 程度と弱い負の値が推定されている。この結果も運輸関連施設と同様、図-2 で示されたように、荷主関連施設の立地状況として面積の小さい施設が多く存在している構造によるものであるが、相関の強さは、運輸関連施設に比べて小さくなっている。

(3) 施設種類による比較

立地効用に関しては、運輸業関連施設、荷主関連施設とともに工業地域や最寄りの IC への距離が近い地域であることの影響が大きい。また、IC への近接性は、どちらの施設立地においても年代を追う毎に重要性が高くなっている。また新しい施設ではいずれも人口が少ない地域に立地していることが確認される。運輸関連施設にのみ見受けられる特徴としては、幅員の大きい道路が充実している地域に多く立地することが挙げられる。荷主関連施設は幅員の広い道路に限らず全道路に沿って立地しており、より商業・住宅地域を避けているという結果となっている。工業地域は工業施設などの建設に関する制限が緩く、周辺住民に対する影響が大きいことから人口が少ない地域に配置される傾向があり、そのような地域に物流施設が多く立地する傾向がある。さらに、周辺のアクセス性が高い地域に運輸関連施設が立地する傾向がある反面、工場などは都市計画によって立地が制限されることが多いため荷主関連施設は避ける傾向があることが確認された。

立地量に関しては、運輸関連施設および荷主関連施設ともに道路の多い地域には狭い施設が立地する傾向にある。運輸関連施設は工業地域において敷地面積が

² 但し、東京都市圏では内陸部に立地する物流施設が多い現状とはなっているものの、臨海部を好む物流施設と内陸部を好む物流施設とでは、取り扱う品目や主な輸送圏域も大きく異なるため、すべての物流施設が内陸部を好むという訳ではない点には留意する必要がある。

表-1: 立地先・立地量同時決定モデル(古運輸)

立地先選択行動	推定値	t 値
(定数項)	-2.1989	-75.732
可住地面積 (km ²)	0.1141	3.200
人口 (人)	-0.1447	-4.111
最寄り IC までの距離 (m)	-0.1531	-4.416
最寄り港までの距離 (m)	0.0665	2.696
幅員 13m 以上道路延長 (m)	0.1584	8.020
全道路延長 (m)	0.0580	1.286
公示地価 (円)	-0.0100	-0.654
住宅地域面積割合	0.0370	1.125
商業地域面積割合	0.0455	2.552
工業地域面積割合	0.2881	20.102
立地量選択行動	推定値	t 値
(定数項)	12.6257	21.809
可住地面積 (km ²)	-0.2493	-1.950
人口 (人)	-0.0167	-0.165
最寄り IC までの距離 (m)	0.1491	1.313
最寄り港までの距離 (m)	-0.0867	-1.195
幅員 13m 以上道路延長 (m)	-0.2043	-3.750
全道路延長 (m)	-0.4128	-3.227
公示地価 (円)	-0.0636	-1.327
住宅地域面積割合	-0.0391	-0.385
商業地域面積割合	0.0093	0.209
工業地域面積割合	-0.3089	-4.475
共分散 ρ	-0.8651	-22.43
条件付標準偏差 σ	1.9964	11.72
総メッシュ数 (立地観測メッシュ数)	17339 (367)	
のべ総メッシュ数 (のべ立地観測メッシュ数)	17451 (479)	
最大対数尤度	-2487.756	

表-3: 立地先・立地量同時決定モデル(古荷主)

立地先選択行動	推定値	t 値
(定数項)	-1.1624	-85.441
可住地面積 (km ²)	0.1885	10.348
人口 (人)	0.0211	0.904
最寄り IC までの距離 (m)	-0.0926	-5.704
最寄り港までの距離 (m)	0.0591	4.460
幅員 13m 以上道路延長 (m)	-0.0137	-0.932
全道路延長 (m)	0.3835	14.282
公示地価 (円)	-0.0114	-0.634
住宅地域面積割合	-0.1620	-8.417
商業地域面積割合	-0.1271	-8.097
工業地域面積割合	0.3814	33.937
立地量選択行動	推定値	t 値
(定数項)	7.8598	37.853
可住地面積 (km ²)	0.0428	0.769
人口 (人)	-0.3592	-8.658
最寄り IC までの距離 (m)	0.1390	3.415
最寄り港までの距離 (m)	-0.0687	-2.223
幅員 13m 以上道路延長 (m)	0.0478	1.747
全道路延長 (m)	-0.4607	-7.536
公示地価 (円)	-0.0522	-1.228
住宅地域面積割合	-0.0279	-0.696
商業地域面積割合	0.1405	4.019
工業地域面積割合	0.0358	0.987
共分散 ρ	-0.2580	-3.325
条件付標準偏差 σ	1.5145	50.064
総メッシュ数 (立地観測メッシュ数)	17339 (2083)	
のべ総メッシュ数 (のべ立地観測メッシュ数)	18179 (2923)	
最大対数尤度	-11670.69	

表-2: 立地先・立地量同時決定モデル(新運輸)

立地先選択行動	推定値	t 値
(定数項)	-2.2978	-66.692
可住地面積 (km ²)	0.2014	4.790
人口 (人)	-0.1523	-4.070
最寄り IC までの距離 (m)	-0.2429	-5.937
最寄り港までの距離 (m)	0.0017	0.064
幅員 13m 以上道路延長 (m)	0.0962	4.519
全道路延長 (m)	0.0860	1.864
公示地価 (円)	0.0067	0.445
住宅地域面積割合	0.0686	2.054
商業地域面積割合	-0.0069	-0.313
工業地域面積割合	0.2488	16.650
立地量選択行動	推定値	t 値
(定数項)	14.0594	12.415
可住地面積 (km ²)	-0.4186	-2.056
人口 (人)	0.0526	0.369
最寄り IC までの距離 (m)	0.3972	2.166
最寄り港までの距離 (m)	-0.0592	-0.563
幅員 13m 以上道路延長 (m)	-0.2151	-2.580
全道路延長 (m)	-0.2814	-1.653
公示地価 (円)	-0.0947	-1.205
住宅地域面積割合	-0.4433	-3.357
商業地域面積割合	0.1056	1.367
工業地域面積割合	-0.3459	-3.264
共分散 ρ	-0.8804	-16.870
条件付標準偏差 σ	2.5671	7.799
総メッシュ数 (立地観測メッシュ数)	17339 (330)	
のべ総メッシュ数 (のべ立地観測メッシュ数)	17400 (391)	
最大対数尤度	-2244.295	

表-4: 立地先・立地量同時決定モデル(新荷主)

立地先選択行動	推定値	t 値
(定数項)	-1.6382	-88.024
可住地面積 (km ²)	0.1782	7.382
人口 (人)	-0.1101	-4.147
最寄り IC までの距離 (m)	-0.1458	-6.609
最寄り港までの距離 (m)	0.1078	6.219
幅員 13m 以上道路延長 (m)	0.0029	0.175
全道路延長 (m)	0.3452	10.811
公示地価 (円)	0.0247	1.933
住宅地域面積割合	-0.1303	-5.475
商業地域面積割合	-0.0705	-4.138
工業地域面積割合	0.3732	31.813
立地量選択行動	推定値	t 値
(定数項)	8.4238	14.519
可住地面積 (km ²)	0.0588	0.658
人口 (人)	-0.2556	-3.873
最寄り IC までの距離 (m)	0.0682	0.967
最寄り港までの距離 (m)	-0.0692	-1.301
幅員 13m 以上道路延長 (m)	-0.0007	-0.020
全道路延長 (m)	-0.6653	-6.544
公示地価 (円)	0.0734	2.266
住宅地域面積割合	0.1008	1.553
商業地域面積割合	0.0939	2.045
工業地域面積割合	0.0217	0.284
共分散 ρ	-0.2391	-1.462
条件付標準偏差 σ	1.5756	27.709
総メッシュ数 (立地観測メッシュ数)	17339 (1131)	
のべ総メッシュ数 (のべ立地観測メッシュ数)	17667 (1459)	
最大対数尤度	-6624.749	

小さくなる傾向にあり、荷主関連施設は人口の少ない地域に大きな敷地面積を有する可能性が示唆された。

立地効用と立地量の相関はいずれの施設でも負となった。但し、年代の変化において値はほぼ一定であったが、施設によって相関の程度に差が生じた。荷主関連施設は立地している地域が広範囲であること、運輸関連施設は荷主関連施設と比べて広大な敷地面積を要するため、立地効用が低い地域に立地している可能性が考えられる。

検討, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol. 71, No. 4, pp. 156–167, 2015.

(2016. 7. 31 受付)

5. まとめと今後の課題

本研究では、東京都市圏物資流動調査の結果を用いて物流施設の立地先・立地量の決定行動のモデル化を行った。立地選択モデルに関する研究は従来にも行われているが、本研究では各 3 次メッシュ (約 1km 四方) を対象にして立地先と立地量 (施設の敷地面積) の選択行動を記述する離散-連続モデルを構築することで、敷地面積別の発生交通量等の原単位算定等に資するモデルの構築を行った。また、モデルの推定結果より、立地の有無に関しては人口、近隣の IC や港、道路の存在や都市計画地域が重要な説明変数となっていることが明らかになり、またこれらの重要性は施設や年代によって変化することも示された。また、立地面積に関しては、人口、道路の存在、都市計画区域が主要な規定要因であることが確認されたが、施設や年代によってその影響度は異なることが確認された。

兵藤ら⁵⁾でも確認されるように、空間を対象とした二項プロビットモデルに関しては、空間相関の考慮によって立地効用等の推定値としてより妥当な結果が得られやすくなることが確認されている。今後は、サンプルセレクションモデルへの空間相関性の導入等を行うことがモデリング上の課題として挙げられる。

謝辞 分析用のデータは東京都市圏交通計画協議会よりご提供頂いた。ここに記して感謝の意を表したい。

参考文献

- 1) 篠原丈実, 福田大輔, 兵藤哲朗: Spatial Sample-Selection Model を用いた物流施設の立地先・立地量の同時決定行動の分析, 土木計画学研究・講演集, Paper No. 7311, 2016 (CD-ROM)。
- 2) 福田大輔, 力石真: 離散-連続モデルの研究動向に関するレビュー, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol. 69, No. 5, pp. 497–510, 2013。
- 3) Heckman, J. J.: Sample selection bias as a specification error, *Econometrica*, Vol. 47, No. 1, pp. 153–161, 1979.
- 4) van Hasselt, M.: Bayesian inference in a sample selection model, *Journal of Econometrics*, Vol. 165, No. 2, pp. 221–232, 2011.
- 5) 兵藤哲朗, 坂井孝典, 河村和哉: 東京都市圏物資流動調査による空間相関を考慮した物流施設立地選択モデルの