

複数線形結合トビットモデルによる物流施設の立地分布変動モデルに関する研究

Double Linear Combination Tobit Model for Changes in Location of Freight Facilities

渡 辺 豊*

By Yutaka WATANABE

At the metropolitan-level, location of freight facilities is influenced by a number of factors which include industrial, commercial and residential activities. Therefore it is necessary for Infrastructure Planning to examine the effects of changes in yield on changes in them by a certain type of the activities. This paper tries to estimate relationship between the effects and the changes.

There is a question that it might be found that small changes in yield have no effect because of transactions costs, investment and so forth. For those kinds of problems, Double Linear Combination Tobit Model can be used. It shows the magnitude of insensitivity yielded between dependent variable and independent variables. The concept was pioneered by R.N. Rosett(1959). This paper also present a possible use of the methodology.

1. はじめに

物流施設は、諸物品の在庫や貨物輸送の円滑化という役割を担うことによって、地域の経済活動に貢献していると考えられる。したがって、好況や不況といった景気の動向に対応して、物流施設の立地分布も変動すると考えられる。しかし、物流施設の増減には、設備投資等の経済的な負担が必要であるため、経済活動等の変化がすべて直接的に、その立地分布に反映されるとは限らない。特に、景気の変わり目の時期においては、諸活動の変化が地域によって一様ではなくなり、それに対応して物流施設の立地分布の変動にも、増加、減少、不変の3つの状態が、同時に発生すると考えられる。

物流施設は、貨物車の発生・集中拠点となるので、

キーワード：トビットモデル，物流施設立地分析

* 正会員 工博 東京商船大学商船学部 助教授
(〒135 東京都江東区越中島2-1-6)

その立地は、地域の住環境や交通へ影響を及ぼす。さらに、経済活動の好況と不況は、一般に、周期的に繰り返されるものであるから、このような短期景気変動時における、複雑な物流施設の立地分布変動を把握することは、土木計画においても重要である。

そこで、本研究は、短期景気変動時における時系列データを用いて、物流施設の立地分布変動のモデル化を目的とする。なお、分析には、目的変数が増加、減少、不変の3つの異なる特性を持つと仮定する、複数線形結合トビットモデルを適用する。

2. 経済活動の変動に伴う物流施設の立地分布変動

2. 1 景気変動に対応する物流施設の立地

貨物保管施設を保有する物流施設（これ以後物流施設と記す）は、経済活動における需要と供給の調整機能や、貨物輸送活動における一時保管や積み替え等の機能を有している。したがって、物流施設に対する需要は、地域の商業、工業、生活等といった

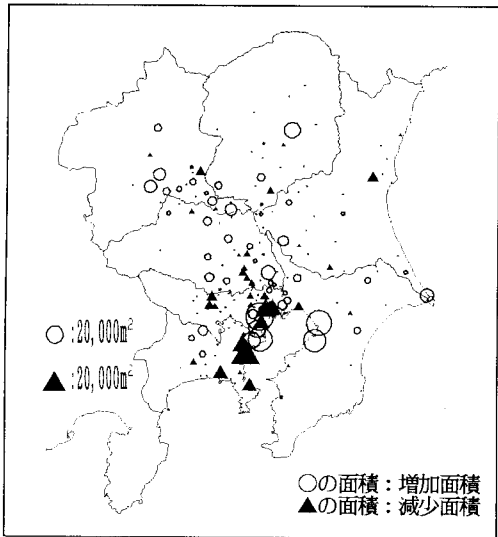


図1 首都圏における物流施設量の時系列変化
貨物保管床面積¹の市区別分布変化
昭和58年と昭和61年の実績値の差

諸経済活動と、密接に関連していると考えられる。

そのため、景気が好況から不況へ、また、不況から好況へと変化する時期においては、物流施設の需要に関連する諸活動の増減が、各地域において折り重なって発生すると考えられる。これに対応して、物流施設の立地分布の変動にも、増加と減少の双方が、顕著に生じると考えられる。

例えば、図1は、オイルショック以降の長期不況が完全に定着していた昭和58年と、平成景気に突入した昭和61年の差で、首都圏における物流施設量の变化を調べたものである。これを見ると、物流施設が増加した地域と減少した地域は、双方ともに同規模で入り乱れて存在している。このように、景気の変わり目の時期においては、諸活動の変動に伴って、各地域における物流施設の立地分布も、複雑な挙動を示すと考えられる。

2.2 物流施設需要変動に対する供給反応遅延

さて、物流施設需要の変動に対して、貨物保管施設を保有する事業者が取行動は、大きく分けて次の2つと考えられる²⁾。

- ① 既存施設内スペースの効率化や遊休化によって供給施設量を内部的に調整
 - ② 施設の新規立地・増設や移転・廃業によって供給施設量を外的に調整
- まず、物流施設の新規立地・増設や移転・廃業な

ど、施設のハードウェアに直接手を加えることは、その事業者にとって、多大な経済的負担を余儀なくする。したがって、物流施設の需要変動が比較的小さい場合や景気の動向が不透明な時期では、施設量の過不足による事業者の収益の悪化や貨物輸送の不効率化による損失は、既存施設を有効に活用することによって対応する方が、リスクが少ないと考えられる(①)。この場合は、事業者が保有する物流施設の総量に、変化を生じない。しかし、物流施設の需要変動が、既存施設に対する内的な努力(①)だけではカバーできない、大きな損失を生じるほど激しくなれば、対外的な戦略を講じて、施設量の供給を調整すると考えられる(②)。この場合は、事業者が保有する物流施設の総量に、増減が生じる。

したがって、物流施設の供給は、経済活動の変化に対して直接的に反映するのではなく、その反応に遅延が生じる現象と考えられる。例えば、図2と図3は、図1に示した市区別物流施設量の増減を、同地域における人口の増減と工業活動の増減で、それぞれ対比させたものである。これを見ると、どちら

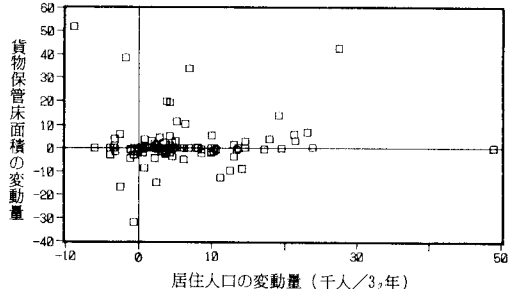


図2 物流施設量と人口の変動の関係
首都圏における市区別分布変化
貨物保管床面積¹と居住人口³
昭和58年と昭和61年の実績値の差

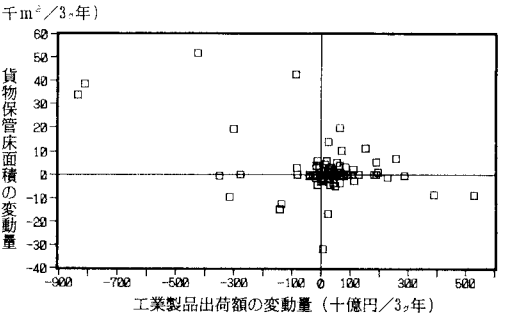


図3 物流施設量と工業の変動の関係
首都圏における市区別分布変化
貨物保管床面積¹と工業製品出荷価額⁴
昭和58年と昭和61年の実績値の差

の図も一つの指標に対して比較したものであるので、物流施設の立地分布の変動に対して、明確な傾向は示されていない。しかし、その傾向は、原点を中心としたランダムな分布とはならず、分布の中心が、原点から特定の方向にずれている（図2，3参照）。

これは、上述した①と②による事業者の対応によって、各地域の物流施設への需要変動に対する、供給反応遅延が生じているためと考えられる。

2. 3 物流施設の立地分布に関する既往研究

さて、物流施設の立地分布の変動を議論した研究には、例えば、小池ら⁵⁾が、物流施設が集積した都市内の特定地域を対象として、物流施設の集積と増加をメッシュデータとアンケート調査によってモデル化している。また、渡辺²⁾は、大都市圏全域において物流施設の立地分布と事業者の参入・撤退が関連すると仮定して、2段階推定モデルを構築している。しかし、これらの研究では、景気の変り目の時期における変動特性や（図1参照）、物流施設需要変動に対する供給反応遅延については、議論がなされていない（図2，3参照）。

上述したように、物流施設の立地分布変動を対象にした研究においては、分析する時系列データの経済的特性（景気の動向等）を明確化するとともに、物流施設需要に対する供給反応遅延を、定量的にモデル化する必要があると考えられる。

3. 複数線形結合トビットモデルと反応遅延現象

3. 1 目的変数の反応遅延現象のモデル化

(1) 反応遅延現象のモデル化の問題点

説明変数の増減に対して、目的変数の反応が遅延する関係を初めてモデル化したのは、R.N.Rosett (1959)⁶⁾の研究である。彼は、経済的な需要と供給の関係においては、需要に対応するために必要となるコスト等（設備投資等）によって、供給の反応が遅延する現象が存在する可能性を指摘した。

例えば、図4に示すような関係では、目的変数の反応遅延によって、説明変数と目的変数の関係は直線的ではない。しかし、反応遅延現象は、説明変数の増加側と減少側に対称的に生じることになるので、回帰モデルを作成すると、原点を通るモデル（定数項が有意とならない）が構築されてしまう。このようなモデルをパラメータから判断すると、説明変数

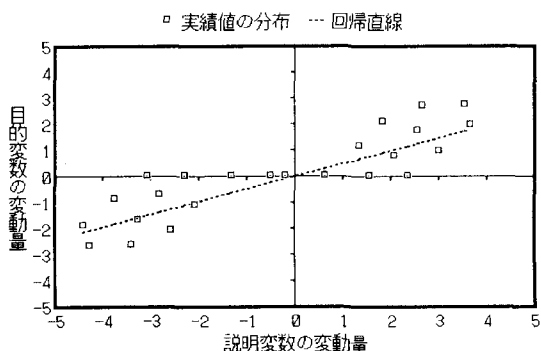


図4 反応遅延現象と回帰モデルの関係

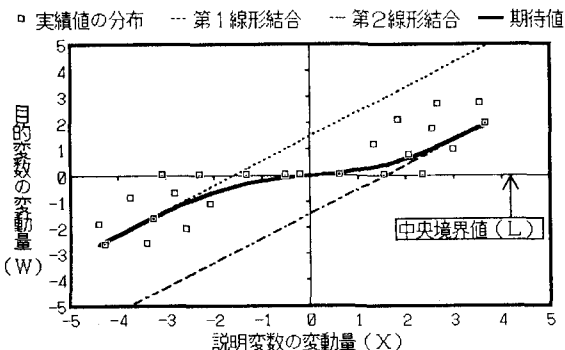


図5 複数線形結合トビットモデルのイメージ

と目的変数の関係は、一見すると直接的に対応しているように受け取れる。しかし、実際には、目的変数の反応遅延を評価できていないだけでなく、説明変数の大きなところでは目的変数の挙動を過小評価してしまうことになる（図4参照）。これは、多変数による分析で、視覚的に判断できないような場合においては、特に注意を要する事項である。

(2) 複数線形結合トビットモデルの開発

そこで、R.N.Rosettは、このような反応遅延が、説明変数の増減に伴って確率的に発生すると仮定し、正規分布に基づくモデル化を行った。その方法は、通常のトビットモデルを開発したJ.Tobin(1958)⁷⁾のアプローチと基本的には同じものであるが、両者には仮説の段階で大きな相違が存在する。

まず、J.Tobinのモデルでは、目的変数に限界が存在すると仮定したため、サンプルの取り得ない領域が存在する。これに対して、R.N.Rosettのモデルでは、サンプルは目的変数のすべての領域に存在することができる（図5参照）。ただし、反応遅延によって説明変数の変化に反応しないサンプルが離散的に出現する場所を、目的変数の領域の中央に設け

ている（中央境界値；図5参照）。さらに、反応遅延が生じることで分離された、目的変数の増加側（中央境界値上側）と減少側（中央境界値下側）に出現する連続的サンプルの特性は、2つの線形結合を用いて別々に表現する。そして、この中央境界値と2つの線形結合を確率分布の平均と仮定して、任意の説明変数に対する期待値を算出することで、中央境界値と各線形結合に漸近的で非線形な、目的変数に対する推定値を求めている（図5参照）。

以上がR.N.Rosettの開発したモデルの概要である。本研究では、このモデルを複数線形結合トビットモデルと定義する（図5参照）。

3. 2 複数線形結合トビットモデルの導出

(1) 確率モデルの記述

以上のような概念に基づいて、確率モデルとして複数線形結合トビットモデルを記述すると、以下となる。まず、 W を目的変数とし、反応が遅延したサンプルが離散的に発生する中央境界値を L とする。さらに、 W に関連する説明変数ベクトルを X とし、反応遅延現象の発生により分離された、 L の上側と下側に連続分布するサンプルの特性は、 X に基づく線形結合として、それぞれ Y_1 、 Y_2 と記す。

ここで、反応遅延現象によって L の上側と下側の双方に生じる特性のいずれの規模を、反応遅延パラメータとして b （定数項）と置けば、

$$Y_1 = b + X, \quad Y_2 = -b + X \quad (1)$$

$$X = \sum_{i=1}^n \beta_i X_i$$

Y_1 : 第1線形結合

Y_2 : 第2線形結合

X_i : 説明変数 ($i=1, \dots, n$)

β_i : パラメータ ($i=1, \dots, n$)

n : 説明変数の数

である。さらに、未知な変数をランダムなものとして ε で示し、 L, Y_1, Y_2 を W の分布の平均と仮定すれば、 W の取り得る状態は次のように表現できる。

$$\left. \begin{aligned} W &= Y_1 - \varepsilon & (Y_1 - \varepsilon < L) \\ W &= L & (Y_1 - \varepsilon > L \text{ かつ } Y_2 - \varepsilon < L) \\ W &= Y_2 - \varepsilon & (Y_2 - \varepsilon > L) \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

よって、 W の変動に対応する確率分布関数(F)及びその確率密度関数(f)は、 ε に正規分布を仮定すれば、式(1)と式(2)から以下となる。

$$F(u; Y_1, L) = Q\left(\frac{Y_1 - u}{\sigma}\right) \quad (u < L)$$

$$F(L; Y_1, Y_2, L) = Q\left(\frac{Y_2 - u}{\sigma}\right) - Q\left(\frac{Y_1 - u}{\sigma}\right) \quad (u = L) \quad (3)$$

$$F(u; Y_2, L) = Q\left(\frac{Y_2 - u}{\sigma}\right) \quad (u > L)$$

$$f(u; Y_1, L) = \frac{1}{\sigma} Z\left(\frac{Y_1 - u}{\sigma}\right) \quad (u < L) \quad (4)$$

$$f(u; Y_2, L) = \frac{1}{\sigma} Z\left(\frac{Y_2 - u}{\sigma}\right) \quad (u > L) \quad (5)$$

u : 確率変数

σ : 標準偏差 (σ^2 : 分散)

P : 標準正規確率分布関数

Q : $1-P$

Z : 標準正規確率密度関数

(2) 尤度関数の定式化

ここで、 L の下側で観測されるサンプルを p 個とする。個々のサンプルは、目的変数値(W^1_j)、説明変数値($x^1_{1j}, x^1_{2j}, \dots, x^1_{nj}$)及びその線形結合値(Y^1_j)により表現する。ただし、 $j=1, \dots, p$ である。同様に、 L の上側で観測されるサンプルは r 個とし、それぞれ、($W^2_l, x^2_{1l}, x^2_{2l}, \dots, x^2_{nl}, Y^2_l$)として記述する。ただし、 $l=1, \dots, r$ である。また、 L にて観測されるサンプルは q 個とし、上記と同様に、それぞれ、($W^L_k, x^L_{1k}, x^L_{2k}, \dots, x^L_{nk}, Y^L_k, Y^2_k$)として記述する。ただし、 $W^L_k = L$ 、 $k=1, \dots, q$ である。

以上のような表記に基づき、サンプルの尤度関数(ϕ)を式(3)、(4)、(5)により定義すると、

$$\begin{aligned} \phi(b, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_n, \sigma^2) &= \prod_{j=1}^p f(W^1_j; Y^1_j, L) \prod_{k=1}^q F(W^L_k; Y^L_k, Y^2_k, L) \\ &\quad \prod_{l=1}^r f(W^2_l; Y^2_l, L) \\ &= \prod_{j=1}^p \frac{1}{\sigma} Z\left(\frac{Y^1_j - W^1_j}{\sigma}\right) \\ &\quad \prod_{k=1}^q \left\{ Q\left(\frac{Y^2_k - L}{\sigma}\right) - Q\left(\frac{Y^L_k - L}{\sigma}\right) \right\} \\ &\quad \prod_{l=1}^r \frac{1}{\sigma} Z\left(\frac{Y^2_l - W^2_l}{\sigma}\right) \end{aligned} \quad (6)$$

となる。よって、式(6)の両辺を対数尤度化し、適当な初期値を与えてニュートンラフソン法等による繰り返し計算を行えば、最尤推定法に基づくパラメータを得ることができる。

(3) 期待値の算出

ここで、式(2)の概念から、 W には任意の説明変数

において、①Lの下側に分布する確率、②Lに対する存在確率、そして、③Lの上側に分布する確率、の3つが存在する。したがって、Lと Y_1, Y_2 が与えられたときには、式(3), (4), (5)からWの期待値(E)は、

$$E(W, Y_1, Y_2, L) = \int_{-\infty}^L \frac{x}{\sigma} Z\left(\frac{Y_1 - x}{\sigma}\right) dx \\ + L\left\{Q\left(\frac{Y_2 - L}{\sigma}\right) - Q\left(\frac{Y_1 - L}{\sigma}\right)\right\} \\ + \int_L^{\infty} \frac{x}{\sigma} Z\left(\frac{Y_2 - x}{\sigma}\right) dx$$

と表現される。ここで、上式に変数変換を行い、正規分布の性質を利用して整理すれば⁸⁾、最終的に、

$$E(W, Y_1, Y_2, L) = Y_1 Q\left(\frac{Y_1 - L}{\sigma}\right) - \sigma Z\left(\frac{Y_1 - L}{\sigma}\right) \\ + L\left\{Q\left(\frac{Y_2 - L}{\sigma}\right) - Q\left(\frac{Y_1 - L}{\sigma}\right)\right\} \\ + Y_2 P\left(\frac{Y_2 - L}{\sigma}\right) + \sigma Z\left(\frac{Y_2 - L}{\sigma}\right) \quad (7)$$

を得る。これが、複数線形結合トビットモデルの期待値である。この式(7)は、一つの連続した数値を示すことになるが、上述した3つの確率を内包しているため、説明変数ベクトルの状態に応じて、それぞれの確率の強弱が期待値に反映される。したがって、原点付近の反応遅延が顕著な範囲では、中央境界値への存在確率が大きくなるため、EはLに漸近的に推移する。逆に、原点から遠ざかるにしたがって、Eは Y_1 や Y_2 漸近して行くことになる(図5参照)。

このように、複数線形結合トビットモデルでは、パラメータを推定するのみならず、その期待値を得ることによって、上述した3つの特性のことなるサンプルを、一つのモデルで表現できることになる。

3.3 反応遅延現象の定量的評価方法

さて、本研究の目的は、物流施設の立地分布変動における反応遅延問題を定量的にモデル化することにある。これは、上述したように、複数線形結合トビットモデルの期待値を求めることによって、その傾向を判断することはできる。しかし、期待値はあくまで、目的変数の領域全体に対応する、非線形で連続した数値となるため、目的変数の反応遅延に対しては、定性的な指標でしかない。(図5参照)。

ここで、式(3)の適用される部分は、 Y_1 と Y_2 が、それぞれL(図5における横軸)と交差する点で囲

まれたXの範囲である($-b \sim b$ の範囲)。式(3)の仮定からこの部分は、原点を中心として反応遅延サンプルが生じる確率が特になくなる範囲と考えられる。したがって、この範囲は、反応遅延を許容するために導入した、パラメータbの大きさに依存することになる。例えば、図5では、サンプル数がわずかにあるにも係わらず、中央境界値に出現したサンプルの半数以上が、第1線形結合と第2線形結合との交点の間に含まれている。

以上のように、反応遅延を定量的に評価するためには、推定されたパラメータのb値の大きさを吟味するとともに、説明変数ベクトル(X)を横軸にとったとき、Lと Y_1 及び Y_2 との交点の間($-b \sim b$ の範囲)に、どれだけ実績値のサンプルが含まれることになるかが、重要な判断基準になると考えられる。

4. 供給反応遅延を考慮した物流施設の

立地分布変動モデル

4.1 モデル化の条件

2章の分析結果から、物流施設の立地分布変動をモデル化するためには、次の3つの条件を満たす必要がある。

- ① 施設需要の変動が増加，減少，不変の3つを含む場合のモデル化
- ② 施設量の供給反応遅延現象のモデル化
- ③ 分析対象時系列の経済的特性の明確化

そこで、本論文は、まず、①に対しては、異なる時系列の差分データをモデルの変数に適用する。そして、②に対しては、3章の分析に基づき、複数線形結合トビットモデルを適用する。また、③に対しては、景気の変わり目の時期として昭和58年と昭和61年を分析対象とする。

4.2 複数線形結合トビットモデルの適用

以上に基づき、物流施設の立地分布変動モデルを複数線形結合トビットモデルにより、以下のように定式化する。

- W_i : 地域における物流施設の立地分布変動
- X_i : 説明変数ベクトル
- Y^1_i : 第1線形結合
- Y^2_i : 第2線形結合
- L : 中央境界値 ($L=0$)
- b : 反応遅延パラメータ

i : サンプル(i=1, ..., m)

m : データ数

ここで、

$$Y^1_i = b + X_i, \quad Y^2_i = -b + X_i, \quad (8)$$

$$X_i = \sum_{j=1}^n \beta_j x_{ij}$$

x_{ij} : 物流施設需要変動に関連する説明変数

β_j : 説明変数のパラメータ

n : パラメータ数(j=1, ..., n)

である。ただし、サンプルが、Lの下側で観測される場合は、W¹_i=W_i, x¹_i=x_iとし、Lで観測される場合は、W²_i=W_i, x²_i=x_iとし、Lの上側で観測される場合は、W¹_i=W_i, x²_i=x_iと分類して、尤度関数を組み立てる(3.2節参照)。

4.3 適用データ

まず、目的変数(W_i)は、2.2節の分析から、地域の生活や諸産業の変化と対応させるために、首都圏における市区単位(i)の貨物保管床面積の立地分布とする(表1参照)。そして、説明変数(x_i)には、当該地域において物流施設需要に影響を及ぼすと考えられる、①人口⁹⁾、②工業⁹⁾、③卸売業⁹⁾、④飲食店業⁹⁾、⑤小売業⁹⁾、⑥地価¹⁰⁾の諸指標を適用する。モデルに適用する変数値には、昭和58年と昭和61年におけるこれらの実績値から、両者の差分データを作成した(表1参照)。なお、サンプル総数は115であり、このうちLの下側に分布するサンプル(施設量減少)は39、Lに存在するサンプル(施設量不変)は41、そして、Lの上側に分布するサンプル(施設量増加)は35である(表1参照)。

4.4 パラメータの推定

表1に示したデータを式(8)に適用し、互いに独立な変数の組み合わせによって、複数線形結合トビットモデルを推定した結果、表2となった。なお、この分析では、比較のために、重回帰モデルのパラメータ

表1 適用データ

変数	適用データ	単位
目的変数	貨物保管床面積 ¹⁾ の変動量	(m ²)/37年
①人口	居住人口 ⁹⁾ の変動量	(人)/37年
②工業	工業製品出荷額 ⁴⁾ の変動量	(百万円)/37年
③卸売業	卸売業販売額 ⁹⁾ の変動量	(百万円)/37年
④飲食店業	飲食店販売額 ⁹⁾ の変動量	(百万円)/37年
⑤小売業	小売業販売額 ⁹⁾ の変動量	(百万円)/37年
⑥地価	住宅敷地価格 ¹⁰⁾ の変動量	(百円/m ²)/37年
地域の単位	首都圏(一都六県)における市及び区	
サンプル数	総サンプル数:115, 中央境界値下側サンプル:39, 反応遅延サンプル:41, 中央境界値上側サンプル:35	
変数値の作成	昭和61年実績値と昭和58年実績値の差分	

表2 パラメータ推定結果

推定モデル	複 数 線 形 結 合 ト ビ ッ ト モ デ ル				重 回 帰 モ デ ル	
	モ デ ル ①		モ デ ル ②			
説明変数	パラメータ	t 値	パラメータ	t 値	パラメータ	t 値
①人口	0.53762×10^0	6.505**	0.52675×10^0	6.131**	0.39235×10^0	4.940**
②工業	-3.50529×10^{-2}	-8.411**	-3.65173×10^{-2}	-8.618**	-3.00061×10^{-2}	-7.020**
③卸売業	7.34052×10^{-3}	2.441*	—	—	8.04920×10^{-3}	3.168**
④飲食店業	—	—	0.23150×10^0	2.364*	—	—
⑤小売業	—	—	—	—	—	—
⑥地価	-3.76004×10^0	-5.954**	-3.95772×10^0	-6.977**	-2.54938×10^0	-4.767**
定数項 (b)	5.69148×10^3	6.118**	5.84920×10^3	6.142**	—	—
分散 (σ^2)	9.84644×10^{-7}	7.516**	1.00672×10^{-8}	7.487**	—	—
推定値と実績値の相関	R ² = 0.495		R ² = 0.476		R ² = 0.442	
対数尤度	L _t = -839.04 L _i = -869.72		L _t = -839.15 L _i = -866.17		—	
χ^2 尤度比	61.36**		54.04**		—	
推定方法	最 尤 推 定 法				最 小 自 乗 法	

***: 1%有意, *: 5%有意,
定数項(b): 複数線形結合トビットモデルの場合は反応遅延パラメータ
R²: 実績値と推定値(複数線形結合トビットモデルの場合は期待値)の自由度調整済み決定係数
L_t: 複数線形結合トビットモデルの対数尤度
L_i: 複数線形結合トビットモデルに重回帰モデルの推定パラメータを仮定した場合の対数尤度
χ²尤度比検定方法: -2(L_i - L_t)

ータの推定も行った。分析の結果、複数線形結合トビットモデルでは、人口(①)、工業(②)、卸売業(③)、飲食店業(④)、地価(⑥)が有意となり、重回帰モデルでは、人口(①)、工業(②)、卸売業(③)、地価(⑥)が有意となった。

この分析において、両者のモデルの決定係数(R^2)には、大差が生じていない。しかし、複数線形結合トビットモデルにおいては、定数項である反応遅延パラメータ(b)が有意になったのに対し、重回帰モデルの場合は、定数項が有意とならなかった。さらに、複数線形結合トビットモデルのパラメータの絶対値は、ほとんどの変数において重回帰モデルのパラメータより大きくなってきている⁸⁾。

この事実は、2章で検討した物流施設需要変動に対する、供給反応遅延現象が存在することを意味している。したがって、本論文において、物流施設の立地分布変動モデルに複数線形結合トビットモデルを適用したことは、妥当であったと考えられる。

5. 物流施設の立地分布変動特性

5.1 物流施設の増加と減少の要因

さて、表2における複数線形結合トビットモデルのパラメータにおいては、5つの変数が有意になっている。まず、人口、卸売業、飲食店業がプラスで有意になった。この事実から、居住者等を中心とした消費購買力の向上は、その地域における物流施設需要を高揚させると考えられる。特に、卸売業は、一般に大量な物品の仲介を業務としており、在庫等の必要性から物流施設に対する需要も大きいと考えられる(表2参照)。

次に、工業と地価はマイナスで有意となった。まず、工業が多く立地する地域は、一般に、住宅地には適さない。したがって、居住者ベースの消費購買力は相対的に弱く、それに伴う物流施設需要も少ないと考えられる。しかし、地価のパラメータから、人口が多く商業活動が活発な地域であれば、すべて物流施設の立地に適するとは限らず、地価負担力に抗し得る物流施設需要が存在する地域に対して、物流施設の立地は指向されると考えられる(表2参照)。

以上のように、物流施設の増加と減少は、地域における経済活動とその土地利用の状態のバランスによって決定されていると考えられる。

5.2 物流施設の立地分布変動における

反応遅延現象の評価

ここで、3.3節で検討した方法によって、物流施設の立地分布変動における、反応遅延現象を定量的に評価する。まず、表2から得られた複数線形結合トビットモデルのパラメータを利用して、式(3)から、反応遅延サンプルが生じる確率を求めると図6となる。これを見ると、その確率が特になくなるのは、原点を中心とした反応遅延パラメータ(b)で

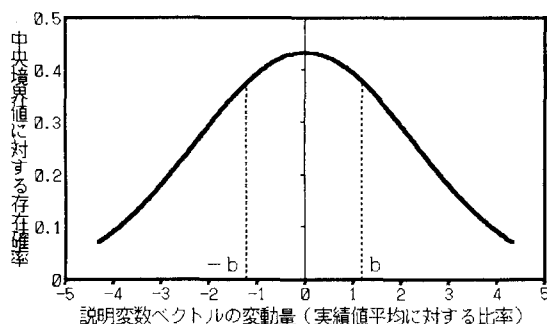


図6 中央境界値に対する目的変数の存在確率
表2のモデル①により計算
 b は反応遅延パラメータ

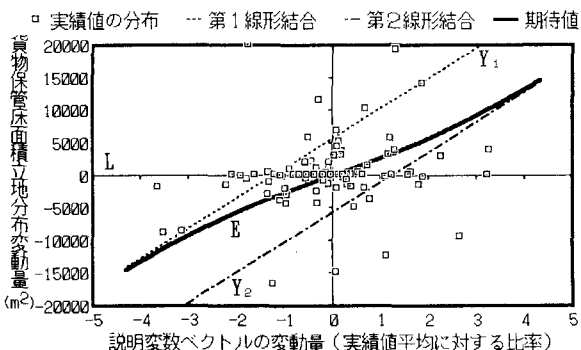


図7 複数線形結合トビットモデルの推定結果と実績値
説明変数ベクトル変動量は表2のモデル①より計算

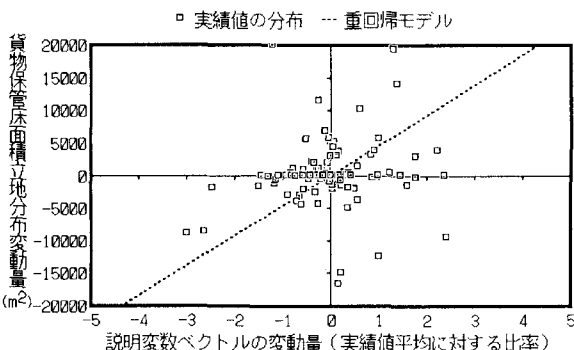


図8 重回帰モデルの推定結果と実績値
説明変数ベクトル変動量は表2のパラメータより計算

囲まれた範囲であることがわかる(3.3節参照)。したがって、本論文の仮説が妥当であれば、推定されたモデルを実績値と共にプロットすれば、目的変数に変化のなかった実績値(反応遅延サンプル)の多くは、中央境界値(L)と第1及び第2線形結合の交点の間に分布すると考えられる(3.3節参照)。

そこで、説明変数ベクトルを横軸にとり目的変数を縦軸とした平面に、表2で推定した複数線形結合トビットモデルの第1線形結合(Y_1)、第2線形結合(Y_2)、期待値(E)、そして、実績値を同時に示すと、図7となる。これを見ると、反応遅延サンプルの大半は、L上の Y_1 と Y_2 の交点の間に分布している。さらに、この区間では、期待値の変化は中央境界値に漸近的となり、反応遅延現象に対応を示している。以上のような分析を、重回帰モデルで行ったのが、図8である。これを見ると、重回帰モデルの推定値では、物流施設の立地分布変動における反応遅延現象の存在や、その程度を定量的に評価することは、困難であることがわかる。

さて、3.3節で述べたように、反応遅延現象の規模は、反応遅延パラメータ(b)の大きさが目安になると考えられる。今回のモデルでは、bの大きさは、分析した全サンプルによる説明変数ベクトル値の、平均以上の値を示している(図6, 7参照)。このような事実から、物流施設の立地分布における変動の発生には、比較的顕著な経済活動及び土地利用形態の変化が対応していると考えられる。

6. おわりに

本論文は、景気変動時における物流施設の立地分布の変動特性を、複数線形結合トビットモデルに基づいてモデル化した。その結果、

- ① 物流施設の立地分布変動には、施設の供給に反応遅延現象が存在する。
- ② この現象の規模は、複数線形結合トビットモデルの反応遅延パラメータ(b)によって示すことができる。
- ③ 複数線形結合トビットモデルは、反応遅延現象等により、分析対象に増加、減少、不変という3つの異なる特性が混在する場合に有効である。

の3点が明らかになった。

特に、今回推定したb値は、全サンプルの平均を

上回る、かなり大きな値を示した。したがって、物流施設の立地分布に顕著な変動が生じた場合には、その地域全体の経済活動及び土地利用の構造が、大きく変化していると予想できる。これとは逆に、地域における個々の諸活動とその土地利用が少々変動したとしても、物流施設の立地分布にはあまり影響しないと考えられる。このような本論文の結論は、公的に計画・整備された流通センター等に、地域の諸活動に密着した物流施設の事業者等を誘致しようとする場合には、重要な検討課題と考えられる。

なお、本論文で構築したモデルは、地域に関連が深い物流施設の短期変動予測には有効である。しかし、広域的なネットワークを持ち、地域間で長期的な統廃合が可能な物流施設の予測には限界がある。

さて、R.N.Rosettの研究⁹⁾では、複数線形結合トビットモデルの理論的定式化だけを示したに留まり、実際のデータを用いたパラメータの推定例は示されなかった。さらに、通常のトビットモデルと比較すると、モデルの構造が一層複雑であるとともに、統計分析ソフトウェア等の中で、コマンドとして提供されているものもない。そのため、複数線形結合トビットモデルを、実際の現象等に適用した研究事例は、報告されていなかった。しかし、本論文の例が示すように、計算機的能力が飛躍的に向上した現在では、このモデルも実用の域に入ったと考えられる。

参 考 文 献

- 1) 日本倉庫協会、「会員名簿」、1983年、1986年
- 2) 渡辺、「首都圏における物流施設の戦略的立地に関する研究」、ア・パ・ソ・ン・フ・テ・ク・ロ・ジ・推進会議、第4回技術研究発表論文集、p.43～p.48、1993年
- 3) 自治省、「住民基本台帳に基づく全国人口・世帯数票」、1983年、1986年
- 4) 通商産業大臣官房調査統計部、「工業統計表」、1983年、1986年
- 5) 小池、苦瀬、呉、中川、「都市内物流施設の集積要因と立地指向性の分析」、日本都市計画学会、都市計画論文集No.26-B、p.493～p.498、1991年
- 6) Rosett, R.N. (1959). "A Statistical Model of Friction in Economics." *Econometrica* 27 : pp.263-267
- 7) Tobin, J. (1958). "Estimation of Relationships for Limited Dependent Variables." *Econometrica* 26 : pp.24-36
- 8) 渡辺、「上限と下限を持つトビットモデルによるコンテナの選択モデルに関する研究」、土木学会、土木計画学研究・論文集、No10、p.55～p.62、1992年
- 9) 通商産業大臣官房調査統計部、「商業統計表」、1982年、1985年
- 10) 住宅金融公庫、「住宅敷地価格調査報告」、1983年、1986年