

卸売市場の分荷圏推定モデルの情報論的研究 —「市場依存度モデル」の構造と決定—

小 田 滋 晃

1 本稿の課題

卸売市場の整備・統合は、今日まで数次にわたる中央卸売市場の整備計画や、これに即して推進されてきた地方卸売市場の整備計画に見られるように国だけでなく多くの自治体においても重要な農政施策の一環として位置づけられており、膨大な予算措置が講じられてきている。一般に卸売市場の整備・統合を計画する場合、市場の内部経済問題もさることながら外部経済問題である当該地域における各卸売市場の分荷圏構造の変化の方向を、地域内の人口動態や需要構造の変化を加味しながら計数的に把握しておくことがまず重要となる。しかし、現在、このような卸売市場の分荷圏構造を計数的裏付けをもって分析する方法論は十分なものとは言い難く、多くの場合、理論的根拠を欠いたまま手探りで行われてきていると言えよう。

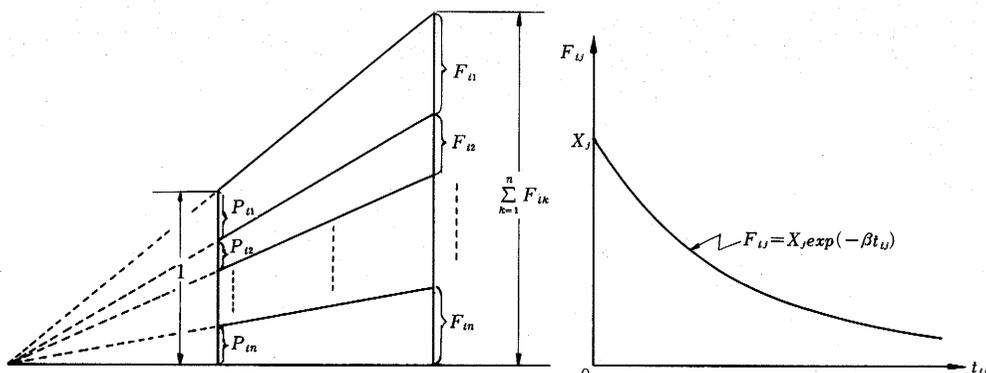
そこで、本稿では、この種の政策決定における計数的把握の重要な基礎となる計量モデルとして有望な「市場依存度モデル」¹⁾を取り上げ、モデルの構造上の特性を一般商業モデルにおける商圈測定モデルとして有名な「ハフモデル」²⁾と比較しつつ明らかにし、さらにモデル決定時におけるパラメータ推定問題を情報論的に検討して、今後の合理的なモデル改善の方向を提示することを課題とする。

- 1) 文献 [2] 参照
- 2) 文献 [1] 参照

2 「市場依存度モデル」の特性

(1) 「市場依存度モデル」の概要

このモデルは、小売商の市場選択行動を計数的に表現することを目指したものである。このモデルでは、当該消費地域の全小売商が当該市場に対して持つ供給依存度が、当該消費地域の小売商が全対象市場の各々に対して平均的に持つ魅力度の総和に占める当該市場の魅力度の構成比で与えられる(図1参照)。魅力度の具体的なモデルは次のようになる。すなわち、市場jの市場規模を X_j 、消費地域iから市場jまでの所要時間を t_{ij} とすると、消費地域iの小売商が市場jに対して平均的に持つ魅力度 F_{ij} は、 $F_{ij} = X_j \exp(-\beta t_{ij})$ と表される(図2参照)。



F_{ij} : 消費地 i の小売商が市場 j に対して持つ魅力度
 P_{ij} : 消費地 i の小売商の市場 j に対する供給依存度
 X_j : 市場 j の取扱量
 t_{ij} : 消費地 i から市場 j までの所要時間
 n : 対象市場の総数

図1 供給依存度

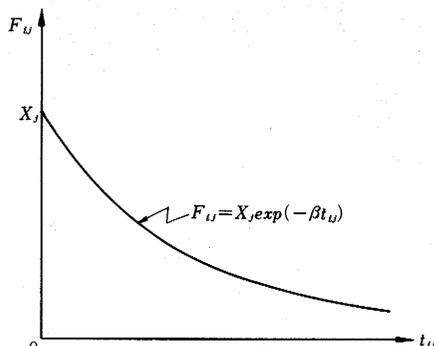


図2 魅力度の関数

なお、 β は計測パラメータで、小売商の仕入れ行動における一種の心理的性向を示すもので一定の地域及び一定の年代期間において安定的な値をとると仮定されている。したがって、消費地域 i の全小売商が市場 j に対して持つ供給依存度を P_{ij} とすると、モデルでは

$$P_{ij} = \frac{F_{ij}}{\sum_{k=1}^n F_{ik}} \quad \text{なお、} \sum_{k=1}^n P_{ik} = 1.0 \quad \text{ただし、} n \text{ は消費地域 } i \text{ における全対象市場の総数}$$

と表される。

当モデルは、以上の概要から分かるようにパラメータの β がなんらかの方法で推定できれば、各消費地域ごとに小売商全体の各市場からの仕入れ量割合すなわち供給依存度が、各市場の規模と各消費地域から各市場までの所要時間との2つの説明変数によって簡素に表現することが可能となる。このことは、市場の新設や統廃合、規模の拡大あるいはアクセス道路の整備等の将来的な流通条件の変化の下における当該地域の小売商の供給行動(供給依存度)をたやすくシミュレートできるという特徴がある。そして、同時に、この計測された供給依存度になんらかの方法によって推定された地域需要量を乗ずれば、各市場ごとの地域別荷量が容易に導出でき、将来的な流通条件の変化の影響を計数的に分析できる。

(2) 「ハフモデル」の概要と「市場依存度モデル」との比較

ここで、この種の計測を行なう場合その援用がしばしば問題となる「ハフモデル」について概説しておこう。このモデルは、基本的に商店あるいはデパート、ショッピングセンターに対する消費者の選択行動を特定商店への選択確率として表現しているところに特徴がある。具体的には、次のように表現される。

$$P_{Hij} = \frac{S_j}{t_{ij}^\lambda} \bigg/ \sum_{k=1}^n \frac{S_k}{t_{ik}^\lambda}$$

P_{Hij} : 消費地域 i の消費者が商店 j を選択する確率
 S_j : 商店 j の規模
 t_{ij} : 消費地域 i の消費者の行動基点から商店 j までの所要時間
 λ : 計測パラメータ

ここで、消費地域 i の総消費者数と消費者 1 人当りの年平均支出額が与えられれば商店 j の消費地域 i に対する年間総販売額が導出されることになる。このモデルにおける計測パラメータ λ も「市場依存度モデル」の場合と同様、消費者の一種の心理的性向を示すものとして仮定され、一定の地域及び一定の年代期間において安定的な値と考えられている。

以上から明らかなように、このモデルは、消費者の選択を確率で表現している点を除き、既に述べた「市場依存度モデル」の魅力度 F_{ij} を $\alpha S_j / t_{ij}^\lambda$ (α は比例定数) と、また供給依存度を消費者の選択確率とそれぞれ置き換えれば、「市場依存度モデル」とモデルの見かけの構造は基本的に同等となる。したがって、両モデルにおいて消費者と小売商、商店と卸売市場、そして消費者の選択確率と供給依存度とをそれぞれに置き換えれば、両モデルとも卸売市場の分荷圏推定モデルとしても一般商業モデルにおける商圈測定モデルとしてもそれぞれ援用することは基本的に可能となる。ここに、この種の計測において「ハフモデル」の援用が指摘される根拠がある。

(3) モデル構造からみた両モデルの特性分析

両モデルとも、当該消費地域の全小売商(消費者)が当該市場(ショッピングセンター等)に対して持つ供給依存度(選択確率)を、当該消費地域の小売商(消費者)が全対象市場(ショッピングセンター等)の各々に対する効用の総和に占める、当該市場(ショッピングセンター等)の効用の構成比で基本的に表現することを狙ったものといえる³⁾。具体的には、

「市場依存度モデル」では、 $U_{ij} = \alpha_1 X_j \exp(-\beta t_{ij})$

「ハフモデル」では $U_{ij} = \alpha_2 X_j / t_{ij}^\lambda$

U_{ij} : 消費地域 i の小売商が市場 j に対して平均的に持つ効用

X_j : 市場 j の規模 β, λ : パラメータ

t_{ij} : 消費地域 i から市場 j までの所要時間 α_1, α_2 : 比例定数

と表現していることになる。両モデルとも関数の形から明らかなように所要時間と効用の関数関係がモデルの特性を基本的に規定している。そこで、この所要時間 t_{ij} に着目して両モデルの特性をみておこう。

まず、「ハフモデル」の場合、関数 U_{ij} は減少関数であるが、関数形から明らかなように $t_{ij} = 1$ の時パラメータ λ の値にかかわらず U_{ij} は $\alpha_2 X_j$ となる。また、 t_{ij} が 1 以下の場合、 U_{ij} は t_{ij} が 0 に近づくにつれて $\alpha_2 X_j$ から極端に大きくなり $t_{ij} = 0$ で $+\infty$ となり発散する。すなわち、

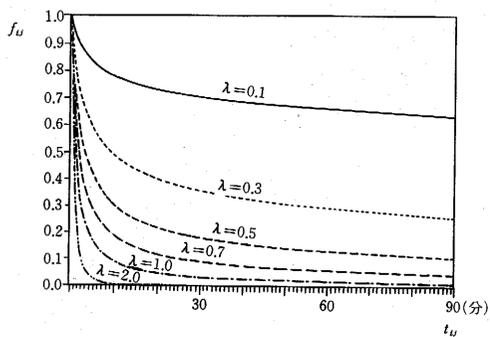


図3 $f_{ij}=1/t_{ij}$ のグラフ

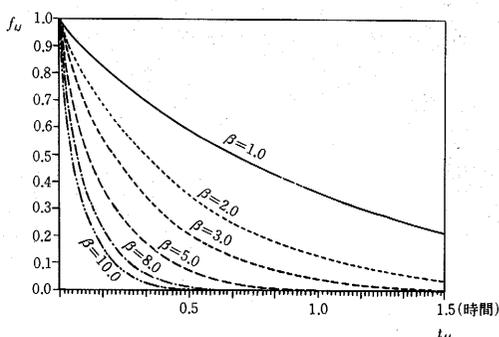


図4 $f_{ij}=\exp(-\beta t_{ij})$ のグラフ

このモデルの場合、 t_{ij} が1以下の値をとることは計測上好ましくなくなる。したがって、このモデルでは t_{ij} の単位の取り方とその値に十分留意する必要がある。また、 $f_{ij}=1/t_{ij}$ と置くと、図3からも判るように関数 f_{ij} の減少率は t_{ij} の値が一定以上になると急速に0に近付き関数 f_{ij} の形状は平坦となる。すなわち、「ハフモデル」では t_{ij} が一定以上になると、選択確率(関数 U_{ij} の構成比で表現される)として評価できるモデルの感度が急速に落ちることを意味している。

一方、「市場依存度モデル」の場合、 U_{ij} の関数形から明らかなようにパラメータ β の値にかかわらず $t_{ij}=0$ で、 $U_{ij}=\alpha_j X_j$ となる。これは、 $t_{ij}=0$ の時 U_{ij} が X_j のみに依存することになり現実的である。すなわち、 $t_{ij}=0$ の時は効用は市場規模のみに比例するということになる。さらに、 $f_{ij}=\exp(-\beta t_{ij})$ と置くと、図4から明らかなように関数 f_{ij} の減少の割合は β の値によって比較的自由に变化させることができる。

以上より、「ハフモデル」は所要時間 t_{ij} の値があまり大きくならない比較的狭い分荷圏に対して適用する場合は有効であるが、対象分荷圏が広域な場合に適用するには十分な配慮が必要となろう。一方、「市場依存度モデル」では、 β の値によって狭域・広域どちらの分荷圏に対しても適用可能であるといえよう。したがって、対象分荷圏が比較的広域となる卸売市場の分荷圏推定モデルとしては「ハフモデル」より「市場依存度モデル」の方が適しているといえよう。

3) 文献 [3] pp. 170~173

3 パラメータ推定に関する情報論的検討

(1) 「市場依存度モデル」における従来のパラメータ推定方法

従来、「市場依存度モデル」のパラメータを推定する場合、調査方法の問題は別として表1のような形式の調査データを基礎として行なわれてきた。そこで、この調査データから「市

表1 供給依存度の調査データの形式

i \ j	1	2	3	.....	n
1	P ₁₁	P ₁₂	P ₁₃	.....	P _{1n}
2	P ₂₁	P ₂₂	P ₂₃	.....	P _{2n}
3	P ₃₁	P ₃₂	P ₃₃	.....	P _{3n}
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
m	P _{m1}	P _{m2}	P _{m3}	.....	P _{mn}

ただし、

i : 消費地域番号 $\sum_{j=1}^n P_{ij} = 1$
 j : 卸売市場番号

場依存度モデル」のパラメータ β を推定する方法として、これまで以下のような評価関数 $I_1(\beta)$ を用いて β の推定値を手探りで求める方法が採られてきた。

$$I_1(\beta) = \sum_{i=1}^m \left\{ \gamma_i \sum_{j=1}^n |P_{ij} - \hat{P}_{ij}| \right\} / \left(\sum_{k=1}^n \gamma_k \right)$$

なお、 $| \quad |$ は絶対値を表す

ここで、 P_{ij} は調査によって得られた供給依存度、 \hat{P}_{ij} は「市場依存度モデル」による推定供給依存度、そして γ_i は各対象地域で調査されたサンプル数である。この \hat{P}_{ij} は、 $X_{j,t_{ij}}$ にすでに与えられた定数が代入されているので β のみの関数となる。したがって、この評価関数 $I_1(\beta)$ は、各対象地域の推定供給依存度と調査供給依存度の差の絶対値の和の調査サンプル数をウェイトとした加重平均値となり、これも β のみの関数となる。そして、 $\beta > 0$ の条件下でこの評価関数の極小値を与える β の値をモデルのパラメータの推定値として採用する。この評価関数は、推定値と調査値とができるだけ近くなることを目指したものと考えられる。この評価関数によるパラメータ推定の方法は、調査データの持つ情報の制約等から考えれば1つの現実的対応として評価できると考える。

しかし、基本的に比率で与えられているデータの差でパラメータの推定値を評価するという方法が妥当であるかどうかは問題として残った。

(2) パラメータ推定方法の情報論的検討

ここで、対象とする卸売市場分荷圏全体を閉じた系と仮定し、この系の中における全需要量に対して消費地域 i の需要量が卸売市場 j に依存する需要割合を I_{ij} とする。そして、これをこの系の中の全需要量に対して消費地域 i が市場 j に依存する需要確率とみなせば、 I_{ij} は i と j の離散型同時確率分布と考えることができる。そして、消費者の選択確率という「ハフモデル」の概念を適用し、小売商の供給依存度を供給依存確率と考えれば、この供給依存確率は、 I_{ij} の条件付確率分布となる。すなわち、供給依存確率は特定の消費地域を限定したときのその地域内における各市場の供給確率となる。また、 I_{ij} の j の周辺確率分布はこの系全

体の需要量に対して特定の卸売市場が供給する割合を確率とみなした時の確率分布（ここでは市場別供給確率分布という）を表し、 i の周辺確率分布は、この系全体の需要量に対して特定の地域で需要する割合を確率とみなした時の確率分布（ここでは地域別需要確率分布という）と一致することになる。

したがって、この I_{ij} は、 I_{ij} の条件付確率分布となる供給依存確率の分布と I_{ij} の i の周辺確率分布となる地域別需要確率分布とから導ける。すなわち、

$$I_{ij} = L_i \cdot P_{ij} \quad \begin{array}{l} L_i : \text{消費地域 } i \text{ の地域別需要確率} \\ P_{ij} : \text{市場 } j \text{ の消費地域 } i \text{ における供給依存確率} \end{array}$$

となる。当然のことながら $\sum I_{ij} = 1$ である。

そこで、この I_{ij} の推定モデルを \hat{I}_{ij} （以下このモデルを「市場依存確率モデル」という）とし、このモデルを以下のように表現する。

$$\hat{I}_{ij} = (D_i / \sum_{k=1}^m D_k) \cdot \hat{P}_{ij} \quad \begin{array}{l} D_i : \text{消費地域 } i \text{ の需要量} \\ \hat{P}_{ij} : \text{「市場依存度モデル」による市場 } j \text{ の消費地域 } i \\ \text{における推定供給依存度} \end{array}$$

さて、一般に、真の離散分布 $p = \{P_1, P_2, P_3, \dots, P_m\}$ とその確率モデル $q = \{q_1, q_2, q_3, \dots, q_m\}$ があるとき

$$I(p; q) = E(\log(p/q)) = \sum_{i=1}^m P_i \log(P_i/q_i)$$

をモデル q に対する真の分布 p の Kullback-Leibler 情報量（以下 K-L 情報量と書く）という。そして、この K-L 情報量の値が小さいほどモデル q が真の分布 p に近いことになる⁴⁾。そこで、さらに $I(p; q)$ を展開すると

$$I(p; q) = \sum_{i=1}^m P_i \log(P_i) - \sum_{i=1}^m P_i \log(q_i) \dots\dots\dots \textcircled{1}$$

となり、右辺の第1項は真の分布 p だけに依存した値となる。したがって、右辺の第2項が大きいほど K-L 情報量 $I(p; q)$ は小さくなり、真の分布 p とモデル q の「近さ」を測るためには、右辺の第2項 $\sum_{i=1}^m P_i \log(q_i)$ のみを評価すれば良いことになる。

以上のことを全需要量に対して消費地域 i が市場 j に依存する需要確率 I_{ij} とその推定モデルとなる「市場依存確率モデル」 \hat{I}_{ij} に適用すれば、 $\textcircled{1}$ の右辺の第2項が

$$\sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m \hat{I}_{ij} \log(\hat{I}_{ij}) = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m I_{ij} \log((D_i / \sum_{k=1}^m D_k) * \hat{P}_{ij})$$

となる。

そこで、 I_{ij} 、 D_i 及び X_j 、 t_{ij} が与えられればこの式は β のみの関数となり、これを $E(\beta)$ とおけば $\beta > 0$ でこの $E(\beta)$ の極大値を与える β がパラメータの推定値として最良のものとなる。

- 4) この符号を変えた $B(p; q) = \sum_{i=1}^m P_i \log (q_i/p_i)$ が (負の) エントロピーとよばれ、このことがこの K-L 情報量をモデルの近似の良さの基準として採用することの 1 つの根拠となり、真の分布 p とモデル q の「近さ」を測る情報論的な基準と考えることができる。文献 [4] pp. 27~41

4 「市場依存度モデル」改良の方向

(1) モデル構造上の改良方向

モデルの特性の分析より明らかなように、モデルの構造上、基本的に効用関数 U_{ij} の表現が重要であった。この U_{ij} は具体的に市場規模 (X_j) と所要時間 (t_{ij}) の関数として表現されるが、これらの変数をどの様に扱うかがモデルの構造上の特性を大きく左右することになる。

そこで、まず X_j についてみると、従来、この「市場依存度モデル」では X_j を金額ベースでみた市場取扱量で表現してきた。これは、基本的に小売商の卸売市場における品揃の容易さを表現する代理変数と理解される。しかし、「市場依存度モデル」では既に述べたように供給依存度から市場分荷量を最終的に導出することによって数量ベースとしての市場取扱量が導かれる。したがって、従来の方法では金額ベースと数量ベースという相違はあるが、基本的に市場取扱量から市場取扱量を導出するという奇妙な連鎖関係を内包していることになる。

そこで、1 つの改良方向として X_j を市場の敷地面積 (S_j) と市場魅力度計数 (ϵ_j) で $X_j = \epsilon_j \cdot S_j$ とすることが考えられる。 ϵ_j は、時間距離に関する量を除いて、面積だけで表わし切れない市場の効用に関する量を補正する係数となる。したがって、将来的な市場の効用の増加に対しても、 ϵ_j を操作することによって合理的な対応が可能となる。

次に、所要時間 (t_{ij}) についてみると、当モデルでは、所要時間 (t_{ij}) は市場規模 (X_j) と並んで重要な変数である。従来、所要時間 (t_{ij}) は当該市場と当該消費地とを結ぶ道路距離を平均走行時速で除して求めた。そして、将来の道路事情の改善等の条件変化に対しては平均走行時速のアップで対応していた。しかし、この方法では一般道路と高速道路との差が明確にならないという問題があった。そこで、改良方向として、当該市場と当該消費地とを結ぶ道路距離を一般道路距離と高速道路距離とに分離 (将来的な計画も加味する) し、それぞれの距離に平均走行時速を設定して所要時間 (t_{ij}) を求めることが考えられる。このことによって、将来想定される高速道路網の整備等の流通条件の変化が明示的に考慮できるようになる。

(2) パラメータ推定上の改善方向

3 において「市場依存度モデル」のパラメータ β を推定する客観的方法の 1 つとして、「市場依存確率モデル」から基本的に K-L 情報量に依拠して推定する方法が提示された。この「市場依存確率モデル」では、「市場依存度モデル」がこのモデルの条件付確率モデルと考え

ることができた。したがって、「市場依存確率モデル」では「市場依存度モデル」に加えて「市場依存確率モデル」の周辺確率分布を与える地域別需要確率分布がモデルの構造上必要となる。

さらに、実際に3で示した $E(\beta)$ を評価する場合、調査によって求められた表1の P_{ij} の値に地域別需要確率の推定値として計算される地域別需要割合を乗じたものを、真の I_{ij} の値の推定値として使用する方向が現実的となる。その際、モデルの対象地域は卸売市場の分荷圏として閉じた系が想定できるようできるだけ広域となることが望ましい。

したがって、「市場依存確率モデル」によるパラメータ推定のためには、このモデルの構造を決定する上からも、さらにこのモデルを評価するために使用するデータを加工する上からも、できるだけ広域を対象とした地域別需要量の正確な把握が必要となる。このために、地域別需要人口と一人当たり需要量の正確な把握が必要となる。

5 ま と め

以上より、卸売市場の分荷圏を計数的に把握するモデルとして有望視される「市場依存度モデル」は、モデルの構造的特性として商圈測定モデルとして有名な「ハフモデル」よりこの種の計測には適していることが指摘できた。さらに、「市場依存度モデル」のパラメータ推定に関しては、新たに「市場依存確率モデル」を導入することにより情報論的な評価が一定可能となり、従来の推定方法よりさらに客観的に最良のパラメータの推定が可能となることが指摘できた。そして、「市場依存モデル」改良の方向が、モデルの構造及びパラメータ推定に関して指摘できた。

ただし、この方向は現時点での1つの方向性を示すものである。したがって、モデルの構造決定及びパラメータ推定方法においては、解析的に分析することが困難なモデルの具体的な振る舞いと各変数との関係をシミュレーション等の方法で十分検討した上で、再度考察する必要がある。さらに、「市場依存モデル」では特に既存の統計データからは得られないデータがモデル開発上重要な位置付けを担っており、データ収集方法の考察をさらに進めて行くことがモデル改良のための課題として残されていることに留意する必要がある。

主要参考文献

- [1] "Defining and Estimating a Trading Area" David L. Huff, Journal of marketing vol, 28, No. 3, July, 1964
- [2] 米谷栄二, 天野光三「運輸体系からみた中央卸売市場の立地配置の検討(第二部 2)」『大阪府下における中央卸売市場の整備に関する研究調査報告書』生鮮食料品流通問題研究会, 大阪府農林部, 1968年4月
- [3] B・ベリー, 西岡久雄・鈴木安昭・奥野隆史訳『小売業・サービス業の立地』共訳大明堂, 1976年
- [4] 坂元慶行・石黒真木夫・北川源四郎, 『情報量統計学』共立出版株式会社 1983年