

ファジィ線形回帰による野菜の需要構造の分析

金山紀久*

平成4年6月30日受付

A Study on the Demand Structure of Vegetables by a Fuzzy Linear Regression

Toshihisa KANAYAMA*

An ordinary regression model which is used to study demand structure of vegetables is assumed that its disturbances have a normal distribution. But not all models satisfy this assumption. A fuzzy linear regression model is one of the useful models when ordinary regression models don't satisfy this assumption.

In this paper, the demand structure of broccoli, which has been rapidly increasing in recent years and is one of the important vegetables produced in Tottori, was analyzed by a fuzzy linear regression model (fuzzy model). In particular, a fuzzy price flexibility, which indicates price flexibility in the long run and the short run, was presented in this study.

The results obtained in this study were as follows:

- (1) The estimated fuzzy price flexibility of broccoli indicated that price flexibility in the long run was small but that price flexibility in the short run had a wide range from 1.5 to minus quantities.
- (2) In comparison with ordinary regression model, estimated parameters in the fuzzy model were similar to those in the ordinary regression model. Predicted prices in the fuzzy model were closer to real prices than those in the ordinary regression model.

結 論

これまで、野菜の需要構造の計量分析では、主として観測データとモデルの間の誤差変動は、ある確率分布にしたがうことが仮定される回帰分析によってなされてき

ている^{2,7)}。つまり、通常の古典的回帰モデルでは、

- (1) 確率誤差項の平均は0である。
- (2) 確率誤差項は自己相関していない。
- (3) 確率誤差項は均一分散をもつがその値は未知である。

* 鳥取大学農学部農林総合科学科情報科学講座

* Department of Agricultural Information Science, Faculty of Agriculture, Tottori University

- (4) 説明変数は指定変数である。
- (5) 確率誤差項は正規分布する。

が仮定されている。(2), (3), (4)の仮定が満たされない場合の計測方法は考案されているものの(1)と(5)はモデルを構築する上で考慮すべき仮定とされる²⁾。しかし、理論的にはともかく、現実には得られるデータが必ずしもこの仮定を満たすとは限らない。特に数量データ化されない要因が作用するような社会科学におけるモデルでは、この仮定は厳しいものと考えられる。もしこれらの仮定が満たされない場合、何らかの他の計測方法が必要となる。

また、これまでの回帰分析によって計測されたパラメータの値は、仮定から確率分布するにもかかわらず、その分布状態はパラメータが0と有意な差があるかどうかなどの検定以外ほとんど考慮されず、パラメータの水準のみが目ざされてきた。つまり、パラメータの信頼区間が広くとも、分析結果の考察や取扱いが容易なことからその誤差の範囲を明示的に取り扱うケースはほとんどなかったといつてよい。

このような通常の回帰モデルによる野菜の需要構造の分析は、その需要構造の特徴を容易に理解する上で有効であるが、予測を含む短期に関する分析手法としては一定の限界をもっているといわざるを得ない。そこで、本稿では、確率分布を仮定するこれまでの回帰分析手法とは異なったファジィ線形回帰モデルにより、野菜の需要構造の分析を試みることを課題とした。ファジィ線形回帰モデルは、誤差に確率分布を仮定することなく、分析モデル自体にあいまいさを想定しており、そのあいまいさの認識において分析者の主体的な意志を受容する点に大きな特徴がある。本稿では、近年需要が増大しているブロッコリーの需要構造をファジィ線形回帰モデルにより分析する。その際、通常の回帰分析結果と比較し、価格予測の問題を含めて、ファジィ線形回帰モデルの特性について検討する。さらに、需要構造の特徴を示す1つの指標としてファジィ価格伸縮性の概念を提示し、その有効性を指摘する。

ファジィ線形回帰モデル

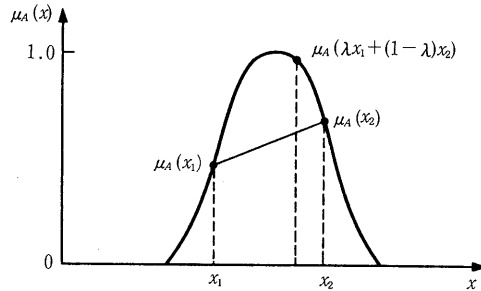
まずはじめに、ファジィ線形回帰モデルの説明に必要なファジィ集合とファジィ数の定義について触れたい³⁾。

ファジィ集合は、次のように定義されている。全体集合Xにおけるファジィ部分集合Aは、

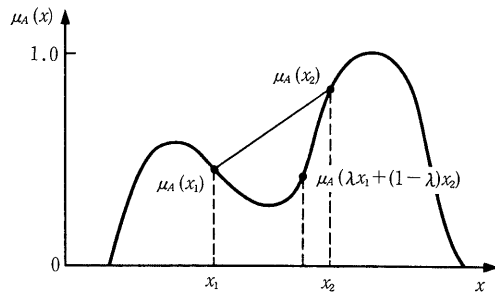
$$\mu_A : X \rightarrow [0, 1]$$

なるメンバシップ関数 $\mu_A(x)$ によって特性づけられる集合で、メンバシップ関数 $\mu_A(x)$ はAにおけるxの帰属度を表している。 $\mu_A(x)$ の値が1に近いときxはAに属する度合いが大きく、反対に0に近ければAに属する度合いが小さいことを示す。メンバシップ関数が0か1のいずれかしかとらない場合はAは通常の集合(クリスプ集合)となり、ファジィ集合とは呼ばない。この時のメンバシップ関数は特性関数となる。通常の集合の例としては男と女の集合などがあり、特性関数の0と1で集合を表すことができる。これに対して「背が高い人」の集合などは、その特性が「背が高い」というようなあいまいさをもっており、身長何cm以上というような厳密な境界をもたない。このような境界のはっきりしない集合を考える場合にファジィ集合は有効な概念である。

次にファジィ数の定義についてみてみよう。ファジィ数とは実数直線上 R^1 上で定義された正規(メンバシップ関数の上限が1であるファジィ集合)かつ凸ファジィ集合で、特に、メンバシップ関数が区分的に連続なものをいう。なお、凸ファジィ集合とは、 $x_1 \in X, x_2 \in X$ と $0 \leq \lambda \leq 1$



(1) 凸ファジィ集合



(2) 非凸ファジィ集合

第1図 凸ファジィ集合と非凸ファジィ集合

出所：坂和正敏『ファジィ理論の基礎と応用』
森北出版、東京(1989) P.20

であるような任意の x_1, x_2, λ に対して,

$$\mu_A(\lambda x_1 + (1-\lambda)x_2) \geq \min(\mu_A(x_1), \mu_A(x_2))$$

が成立するファジィ集合である。第1図に凸ファジィ集合と非凸ファジィ集合を例示した。このファジィ数は、「だいたい m ぐらいの数」のように、およその数を示すのに有効な概念である。

ファジィ数に対して、加法、減法、乗法、除法が考えられているが、このファジィ数の演算を効率的にするためにL-Rファジィ数の概念が導入されている。L-Rファジィ数とは次のように定義されている。ファジィ数 M のメンバシップ関数が、

$$\mu_M(x) = \begin{cases} L((m-x)/\alpha), & x \leq m, \alpha > 0 \\ R((x-m)/\beta), & x \geq m, \beta > 0 \end{cases}$$

のとき、ファジィ数 M はL-Rファジィ数と呼ぶ。ここで、 m は平均、 α, β は広がりを表すパラメータである。また、 $L(\cdot)$ は型関数で、次の性質を満足する。

$$L(x) = L(-x),$$

$$L(0) = 1,$$

$$L(x) \text{ は } [0, \infty) \text{ で非増加。}$$

$R(\cdot)$ も $L(\cdot)$ と同様に定義される。L-Rファジィ数は、型関数を所与とするとパラメータ m, α, β のみの値で決定されることから、簡単に、

$$M = (m, \alpha, \beta)_{LR}$$

と表すことができる。この表記法を用いてL-Rファジィ数の加法 (\oplus)、減法 (\ominus)、スカラー倍 (\odot) が次のよ

うな公式で与えられる。

(1) 加法:

$$(m, \alpha, \beta)_{LR} \oplus (n, \gamma, \delta)_{LR} = (m+n, \alpha+\gamma, \beta+\delta)_{LR}$$

(2) 減法:

$$(m, \alpha, \beta)_{LR} \ominus (n, \gamma, \delta)_{RL} = (m-n, \alpha+\delta, \beta+\gamma)_{LR}$$

(3) スカラー倍:

$$\lambda \odot (m, \alpha, \beta)_{LR} = \begin{cases} (\lambda m, \lambda \alpha, \lambda \beta)_{LR} & \lambda \geq 0 \\ (\lambda m, -\lambda \alpha, -\lambda \beta)_{RL} & \lambda < 0 \end{cases}$$

また、L-Rファジィ数で対称なファジィ数を特にL-Lファジィ数と呼び $(m, \alpha)_L$ と表記する。第2図にL-Lファジィ数のメンバシップ関数の例 ($L(x) = \max(0, 1 - |x|)$) を図示した。

以上がファジィ線形回帰モデルの説明に必要な基本的概念である。次に、ファジィ線形回帰モデルの説明にはいるが、ファジィ数と通常の数とを区別するため、ファジィ数はアルファベットの太文字を通常の数と同じく小文字をそれぞれ用いることにする。

ファジィ線形回帰モデルは入出力データがファジィ数であるか通常の数であるかによって次の3つに大別されている。

(1) 通常の入出力データ:

$$y = A_0 + A_1 x_1 + \dots + A_n x_n \quad (1)$$

(2) 通常の入力データ、ファジィ出力データ:

$$Y = A_0 + A_1 x_1 + \dots + A_n x_n \quad (2)$$

(3) ファジィ入力データ:

$$Y = A_0 + A_1 X_1 + \dots + A_n X_n \quad (3)$$

ただし、 $A_i (i=0, \dots, n)$ は計測されるファジィ・パラメータ、 y, Y は出力データ、 $x_i, X_i (i=0, \dots, n)$ は入力データである。

本稿で扱うモデルは、入出力データがともに通常の数とデータであることから、通常の入出力データのモデルによってファジィ線形回帰モデルを定式化する。なお、通常の入出力データによるファジィ線形回帰モデルは区間線形回帰モデルとも呼ばれている⁵⁾。

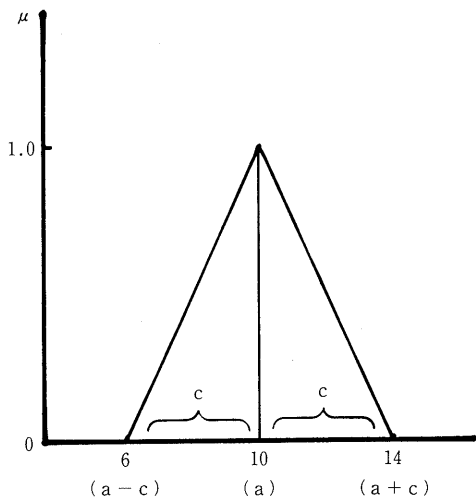
入力が通常の数の場合、ファジィ・パラメータをもつ線形の関数は次のように表される。

$$Y_j = A_0 + A_1 x_{1j} + \dots + A_n x_{nj} \quad (4)$$

ただし、 $j=1, \dots, m$ で m はデータ数である。また、 $A_i = (a_i, c_i)_L (i=1, \dots, n)$ である。この式は、(2)式と同じ定式化である。(4)式のもとで次の2つの方針にしたがってパラメータを求める。ただし、 $x_{0j} = 1$ とする。

(1) 推定区間 $Y_j = (a_j, c_j)_L$ のなかに可能性が $\alpha (1 \geq \alpha \geq 0)$ 以上の度合で出力 y_j が存在する。つまり、

$$y_j \in Y_j^\alpha = (a_j, L^{-1}(\alpha)c_j)_L \quad (j=1, \dots, m) \quad (5)$$



第2図 L-Lファジィ数

注) $L(x) = \max(0, 1 - |x|)$,
 $(a, c)_L = (10, 4)_L$.

(2) 推定区間 Y_j の幅の合計を最小にする。

$$\min_{(a_i, c_i)} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_j |x_{ij}| \quad (6)$$

この2つの方針にしたがうことは、つまり、(5)の条件のもとで(6)式を満足する $A_i = (a_i, c_i)_L$ ($i = 1, \dots, n$)を求めることである。この問題は、次の線形計画問題に帰着する。

$$\min_{(a_i, c_i)} \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_j |x_{ij}| = J(c)$$

$$\text{subject to } \begin{cases} y_j \leq \sum_{i=0}^n a_i x_{ij} + L^{-1}(\alpha) \sum_{i=0}^n c_i |x_{ij}| \\ y_j \leq \sum_{i=0}^n a_i x_{ij} - L^{-1}(\alpha) \sum_{i=0}^n c_i |x_{ij}| \\ c_i \geq 0, (i=1, \dots, n), (j=1, \dots, m) \end{cases}$$

区間線形回帰モデルには常に解が存在し、データが増加すると $J(c)$ も増加する。また、 α の値が高くなれば得られる c_i ($i=1, \dots, n$)の値は一般に小さくなる。この線形区間回帰モデルの考え方を図示したのが第3図である。なお、係数がファジィ数によって定義された線形システムを可能性線形システムと呼んでおり、その場合のファジィ出力(Y)は可能性分布をするという。この可能性分布は、係数が正規分布をする場合の確率分布と対比される⁶⁾。

計測モデルとデータ

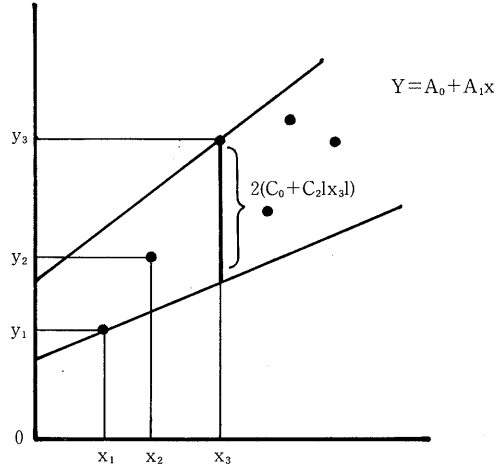
本稿では、以上で述べたファジィ区間線形回帰モデルを用いて、大阪市中央卸売市場におけるブロッコリーの需要構造の分析を行う。ブロッコリーは、第4図をみてわかるとおりここ数年需要が拡大しており、鳥取県で生産される野菜のうちでも重要な野菜の1つに数えられている。

分析対象の月は、鳥取県のシェアが大きい10月から12月までの3ヵ月とした(第1表を参照)。また、分析期間は需要の増加の大きい昭和56年から61年までの6ヵ年で、したがってサンプル数は18個である。なお、昭和55年と62年のデータについては、計測モデルの予測力を評価するために用いられた。

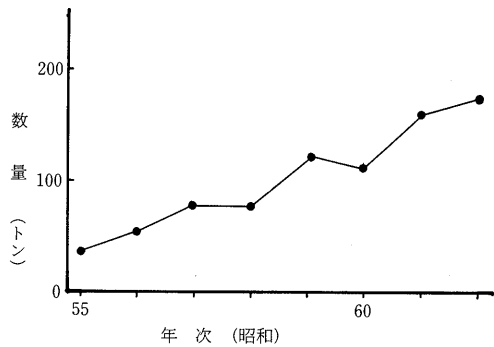
計測モデルは従来の部分均衡分析において定式化されている需要モデルにしたがいが以下のように特定化した。

$$p = A_0 + A_1 q + A_2 y + A_3 d_{11} + A_4 d_{12} \quad (7)$$

ただし、 p は価格、 q は数量、 y は可処分所得、 d_{11} 、 d_{12} はそれぞれ11月、12月が1でそれ以外は0をとるダミー変数である。また、 $A_0 \sim A_4$ は計測されるファジィ・パラメー



第3図 区間線形回帰モデル



第4図 大阪市中央卸売市場におけるブロッコリーの需要総数量の推移

第1表 大阪市中央卸売市場における鳥取産ブロッコリーのシェア (%)

年	数 量			
	年計	10月	11月	12月
55	14.3	0.0	49.7	41.3
56	24.2	48.3	59.7	34.6
57	21.9	53.9	52.1	28.8
58	21.8	54.8	54.8	34.6
59	21.1	51.3	59.5	16.7
60	15.4	44.6	56.1	36.1
61	18.5	42.5	64.3	22.3
62	14.5	35.2	59.3	15.9

注) 年は昭和。

資料) 『大阪市中央卸売市場』(大阪市)

タでL-Lファジィ数とし、この型関数を $L(x) = \max(0, 1 - |x|)$ と特定化した。さらに、 α の値については、0.2, 0.5, 0.8の3つの場合についてそれぞれ計測がなされた。なお、人口の変化や嗜好の変化を示す適当な変数が得られないことからトレンド変数を考慮したが、計測結果が理論と整合性をもたなかった。したがって、(7)式ではこれらの変数は組み込まれていない。計測に用いられた数量と価格データは『大阪市中央卸売市場年報』(大阪市)の月別データより得た。また、価格と可処分所得のデータについては、消費者物価指数総合でデフレートしたものをを用いた。

なお、ファジィ区間線形回帰モデルの計測結果との対比を考慮して、通常の最小乗法による計測モデルも特定化し、計測を行った。計測モデルは以下のとおりである。

$$p = b_0 + b_1q + b_2y + b_3d_{11} + b_4d_{12} \quad (8)$$

ただし、 $b_0 \sim b_4$ は計測されるパラメータである。

ファジィ価格伸縮性

ファジィ線形回帰モデルの計測結果を用いて、ファジィ価格伸縮性の値を求めることを考える。なお、簡単化のためファジィ線形回帰モデルは(7)式からダミー変数を除いた式を用いることにする。

通常の価格伸縮性 (ω) は次の式で与えられる。

$$\omega = -\frac{\Delta p/p}{\Delta q/q} \quad (9)$$

この(9)式の考え方にしたがってファジィ価格伸縮性の値 (Ω) を次式で与える。

$$\Omega = -\frac{\Delta P/p^*}{\Delta q/q^*} \quad (10)$$

ただし、 p^* , q^* は、ある特定の価格と数量を示す値である。次に、

$$\Delta P = P_2 - P_1$$

$$\Delta q = q_2 - q_1$$

とおくと、ファジィ数の演算により、

$$\Delta P = (a_1(q_2 - q_1), 2(c_0 + c_2y) + c_1(q_2 + q_1))_L$$

であるから、(10)式は次式のようにになる。

$$\Omega = (-a_1 \frac{q^*}{p^*}, \frac{2q^*}{p^*} | \frac{c_0 + c_2y}{\Delta q} + c_1(q_2 + q_1))_L \quad (11)$$

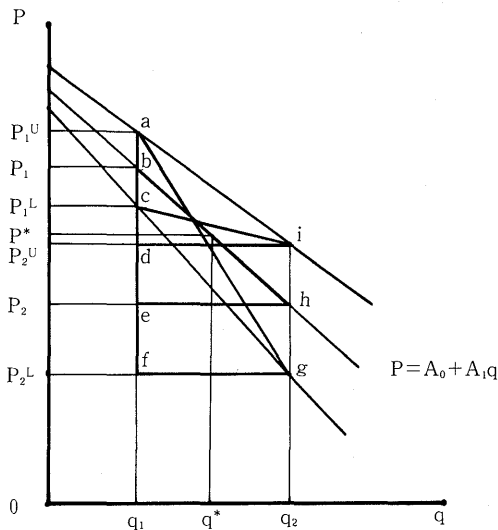
ここで、 p^* , q^* を次式で与えることにする。

$$p^* = (a_0 + a_2y + a_1(q_1 + q_2))/2$$

$$q^* = (q_1 + q_2)/2$$

ファジィ価格伸縮性について図示したのが第5図である。

なお、本稿では、 q_1 および q_2 はそれぞれ当該月の分析データの最小値と最大値を、 y は分析期間の平均値を用いた。



第5図 ファジィ価格伸縮性

注) $af > be > cd$

計測結果と考察

第2表にファジィ線形回帰モデルの計測結果を、第3表に通常の回帰モデルの計測結果を示した。まず、ファジィ線形回帰モデルの計測結果から検討する。平均の値 a_i は、 α の水準いかんにかかわらず同じ値である。また、あいまいさの大きさを示す c_i は、その値が0となる場合を除いて α の水準が高くなると小さくなっており、予想されたとおりである。平均 (a_i) の値をみると、数量のパラメータはマイナス、所得のパラメータはプラスで通常の財の需要構造と理論的に整合している。また、ダミー変数の値より、10月、11月、12月の順に価格水準が高くなっていることがわかる。一方、あいまいさの度合いを示す c_i の値をみると、定数項と11月のダミー変数以外は0となっている。定数項についてのあいまいさが大きいことから、ここで特定化した変数以外に価格を決定する重要な要因があることが示唆される。11月のダミー変数のあいまいさについては、他の月に比べて11月の価格形成が多少不安定なことが指摘される。しかし、他の変数のあいまいさが0であるという結果から、数量や所得の価格に対する影響があいまいさをもたないとは断定できない。特定化されたモデルのあいまいさが定数項と11月のパラメータに集約されてしまった可能性を否定できないからである。

次に通常の回帰モデルの計測結果について検討する。自由度修正済決定係数は0.827とこのモデルで8割以上

の説明力を有している。また、符号条件はファジィ線形回帰モデルと同様で理論と整合している。標準誤差については、11月のダミー変数がかなり大きく、次いで12月のダミー変数、定数項の順となっている。数量と所得のパラメータはかなり安定しているといえよう。

ファジィ線形回帰モデルと通常の回帰モデルの計測結果を比較すると、平均 (a_i) と通常の回帰モデルのパラメータ、あいまいさ (c_i) と標準誤差ともおよそ類似した傾向を示している。どちらの計測結果がより現実の需要構造を反映しているのかについては、通常の回帰モデルの制約が満足されているかの判断に大きく依存し、ここでの結果のみでは判断できない。

そこで、これらの計測結果を用いて分析対象期間外の年次(昭和55年、62年)の価格予測を試みた。数量と所得の値は簡単化のため現実値をそのまま用いて予測価格を算出した。第4表にファジィ線形回帰モデルの予測価格を、第5表には通常の回帰モデルの予測価格を95%信頼区間⁴⁾も合わせて示した。

ファジィ線形回帰モデルの平均の予測価格は昭和55年の10月と12月を除いて現実価格との差は15円以内とかなり良好な予測値であった。通常の回帰モデルによる予測価格もファジィ線形回帰モデルの場合と同様の傾向にあるが、現実値との差はファジィ線形回帰モデルのほうが概ね小さい値となっている。したがって、昭和55年と62年に限ってみるならば、ファジィ線形回帰モデルのほうが通常の回帰モデルよりも良好な予測力を示した。しか

第2表 ファジィ線形回帰モデルの計測結果

変数	a_i	c_i		
		0.2	0.5	0.8
定数項	-294.751	244.752	97.901	61.188
q	-1.769	0.000	0.000	0.000
y	3.706	0.000	0.000	0.000
d_{11}	17.617	29.471	11.788	7.368
d_{12}	40.387	0.000	0.000	0.000

第3表 通常の回帰モデルによる計測結果

定数項	q	y	d_{11}	d_{12}	R^2	D.W.
-445.210 (208.509)	-1.964 (0.239)	4.423 (0.986)	27.936 (27.475)	43.073 (27.519)	0.827	2.312

注) () 内の値は標準誤差, R^2 は自由度修正済決定係数, D.W.はダービン・ワトソン統計量。

し、すべての場合に対して、このような結果が得られるとは限らないことに留意する必要がある。

ファジィ線形回帰モデルでの予測で特徴的なのは、予測値がファジィ数で与えられることである。帰属度 (α) が0.2についてみると、上限と下限の幅が余りに大きく、この数字のみの情報では有効な価格予測はできない。ところが、昭和55年と62年のケースでは55年の12月を除いて帰属度0.8の上下限値内に現実値が含まれている。したがって、特別な状況が想定されなければ、帰属度0.8の水準の予測価格を用いて予測することに問題は少ないといえよう。一方通常の回帰モデルによって得られる95%信頼

区間をみると、信頼区間内にすべての現実値が含まれている。この信頼区間の幅は、概ねファジィ線形回帰モデルの帰属度0.5の上下限幅に近い対応をしている。通常の回帰モデルにおいても帰属度に対応して信頼係数の水準を変えることによって信頼区間の幅は変化させることができる。この昭和55年と62年のケースでは、信頼係数95%水準を多少下げても予測上問題が少ないかもしれない。

第6表にファジィ価格伸縮性の値を示した。ファジィパラメータは帰属度が0.8の計測結果を用いている。平均レベルでは、ブロッコリーの価格伸縮性は1より小さい値であり、あまり価格伸縮性の値は大きくない。特に、

第4表 ファジィ線形回帰モデルによる予測価格

(円)

α		55年			62年		
		10月	11月	12月	10月	11月	12月
0.2	上限	688.5	687.7	674.9	519.1	562.6	695.7
	下限	199.0	139.2	185.4	29.6	14.2	206.2
0.5	上限	541.7	523.1	528.0	372.2	398.1	548.8
	下限	345.9	303.7	332.2	176.4	178.7	353.0
0.8	上限	504.9	482.0	491.3	335.5	357.0	512.1
	下限	382.6	344.9	368.9	213.2	219.9	389.7
	平均	443.8	413.4	430.1	274.3	288.4	450.9
	現実	480.0	400.0	505.0	285.6	279.5	452.3

注) 年は昭和。

第5表 通常の回帰モデルによる予測価格

(円)

	55年			62年		
	10月	11月	12月	10月	11月	12月
上限	540.2	518.5	526.4	375.5	399.6	582.4
下限	338.1	309.2	318.1	158.0	181.9	339.7
平均	439.1	413.8	422.2	266.8	290.8	461.0
現実	480.0	400.0	505.0	285.6	279.5	452.3

注) 年は昭和。平均は回帰直線上の値、上限と下限はそれぞれ95%の信頼区間の上限と下限の値である。

第6表 フィジィ価格伸縮性

	10月	11月	12月
平均	0.643	0.836	0.888
上限	1.523	2.154	2.051
下限	-0.238	-0.483	-0.275

月が早まる程小さい値となっている。したがって、ブロッコリーの価格変化は数量変化にそれほど敏感ではないといえよう。しかし、価格伸縮性のあいまいさを考慮すると、上限は1.5を超え、下限はマイナスの水準となっている。このあいまいさは特定化したファジィ線形回帰モデルのあいまいさによるものであるが、このモデルのあいまいさを考慮するならば、価格伸縮性はかなり大きな幅をもっていることになる。ファジィ価格伸縮性の解釈の1つとして、平均レベルの価格伸縮性は長期の価格伸縮性を、価格伸縮性の上限から下限までの値は短期の価格伸縮性を示すと考えることもできよう。つまり、この上下限の幅が大きい場合、平均レベルの価格伸縮性と現実の価格伸縮性に対する実感とは大きなギャップを生ずる可能性がある。ファジィ価格伸縮性は、短期レベルの価格伸縮性と長期レベルの価格伸縮性のギャップの程度を示す有効な指標と考えることができる。

最後に、ファジィ線形回帰モデルの計測結果から得られた大阪市中央卸売市場のブロッコリーの需要構造の特徴を以下に整理する。トレンドが変数としてモデルに採用されなかったことから、需要の傾向的な変化は分析期間中ほとんどみられなかったと考えられる。したがって、需要の増加は、需要側の要因としては所得の増加によるもので、食生活の洋風化や緑黄色野菜ブームの影響はこの計測結果をみる限りあまり大きくなかったと考えられる。また、平均レベルでみるならば、価格の伸縮性は小さく、供給量の増加による価格の低下の幅はあまり大きくないことも指摘できる。これらの結果から、ブロッコリーの大坂市場での需要量の増加は、ある程度の価格低下を受容しつつ供給量を増加させることのできた供給構造の変化に大きく規定されていたと考えることができよう。

結 論

本稿では、ファジィ線形回帰モデルを用いて大阪市中央卸売市場におけるブロッコリーの需要構造の分析を試みた。ここでは通常の回帰モデルの計測も行い、ファジィ線形回帰モデルとの比較検討も合わせて行なった。また、需要構造の特徴を示す指標として、ファジィ価格伸縮性を新たに提示し、その指標の有効性を検討した。以下にその結果を要約する。

ブロッコリーの需要構造については傾向変動はみられず、食生活の洋風化等の影響はほとんどなかった。また、ファジィ価格伸縮性の値より長期的な価格伸縮性の値は小さいことが示されたが、そのことは数量の増加による

価格の低下は長期的な観点では小さいことを意味する。ただし、ファジィ価格伸縮性より示される短期の価格伸縮性の値ではかなり幅が大きく振れていた。これらの結果を総合すると、これまでのブロッコリーの需要の増加は、需要曲線の右上方のシフトではない需要曲線上の増加がほとんどであり、供給構造の変化によって規定されていたことがわかった。

ファジィ線形回帰モデルと通常の線形回帰モデルとの比較については、計測結果では両モデルともだいたい類似した値が得られた。価格の予測においては、概ねファジィ線形回帰モデルのほうが現実値に近い値が得られたが、これは予測年次の特性と考えられる。したがって、ここでの分析では、ファジィ価格伸縮性という価格伸縮性の新たな指標を提示できたものの、どちらがより有効な分析モデルであるかの判断は明確には下せなかった。

ファジィ線形回帰モデルと通常の線形回帰モデルの選択問題は、明らかに誤差項が正規分布であるならば通常の回帰モデルによるのが有効といえるが、その仮定があまり適当と考えられないならば、ファジィ線形回帰モデルも十分利用可能なモデルと考えられる。特に、価格を予測する場合、その予測価格はある幅をもって予測することが現実的な対応と考えられるが、ファジィ数で予測された値をさらに何らかの情報をもとにファジィ推論を行うことができるならば、さらにその予測価格の幅を狭めることが可能である。このファジィ線形回帰モデルとファジィ推論による価格予測システムの構築については、ファジィ線形回帰モデルの有効性の検討と合わせて今後に残された課題である。

参 考 文 献

- 1) 蓑谷千風彦：計量経済学，東洋経済新報社，東京（1988）pp. 27-32
- 2) 永木正和：野菜の価格と市場対応，明文書房，東京（1977）pp. 79-100
- 3) 坂和正敏：ファジィ理論の基礎と応用，森北出版，東京（1989）pp. 2-105
- 4) 佐和隆光：回帰分析，朝倉書房，東京（1979）pp. 101-110
- 5) 田中英夫：ファジィモデリングとその応用，森北出版，東京（1990）pp. 138-140
- 6) 田中英夫，他：ファジィ線形回帰分析の三つの定式化，計測自動制御学会論文集，22 1051-1057（1986）
- 7) 上路利雄：野菜価格の変動と生産者の対応，明文書房，東京（1986）pp. 36-62