

## 野菜のファジィ需給モデルと価格予測

金山紀久\*

### Fuzzy Demand and Supply Models of Vegetables and Price Forecasting

Toshihisa KANAYAMA\*

The price forecast of vegetables is needed for stability of vegetable production, because their prices fluctuate widely. But it is difficult to describe precisely all aspects of economic systems in which human factors are included. Fuzzy models can be effectively employed to express the vagueness of phenomena in these systems. In this paper, it is attempted to forecast the price of broccoli, which is one of the important vegetables in Tottori, by using fuzzy demand and supply models. In particular, the membership function of the models isn't an L-L fuzzy number, which is a symmetrical membership function, but an L-R fuzzy number, which isn't symmetrical.

The results obtained in this study are as follows:

- (1) The fuzzy price flexibility of demand is small and considerably vague in November and December. The fuzzy price elasticity of supply is less than 1.0 and not so vague in November and December.
- (2) The model with an L-R fuzzy number to forecast supply is better than that with an L-L fuzzy number.
- (3) The fuzzy demand and supply models is good enough to forecast prices. But there are some forecasting prices that are seriously different from real prices.

#### 緒 論

野菜は短期的な価格変動が大きく、公的な機関による価格の広報が必要とされている<sup>1)</sup>。このような野菜の価格変動を背景として、秋元他<sup>1-4)</sup>やKASAHARA, et al<sup>7)</sup>など、野菜の価格予測に関する研究がいくつかみられる。しかし、これらの研究では、価格形成の要因を特定化することを目的としたものが多く、実際に価格予測に供さ

れているモデルは少ない。野菜の供給が天候などの予期せぬ要因によって大きく影響を受けるなど、モデルに内生化することが難しい変数がいくつかあることが、野菜の価格予測を困難にしていると考えられる。

このような野菜の価格形成の特徴から考えると、従来の回帰モデルによる価格の点推定では一定の限界があり、区間推定の考え方が重要となってくるものと考えられる。しかし、これまで多くの分析に用いられてきた回

\*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

帰モデルでは、誤差項の分布の性質が推定理論上決定的に重要な意味をもっていることから、確率分布の仮定に問題が生じるような場合には、必ずしも適切な区間推定手法とはいえなくなる<sup>6)</sup>。

そこで、本稿では、野菜の価格予測を、確率分布を仮定しないファジイ線形回帰モデルを用いて行うことを課題とした。また、ファジイ線形回帰モデルの多くは、HESHMATY, et al<sup>5)</sup>、や田中他<sup>10)</sup>のように、簡単化のためL-Lファジイ数を用いて特定化されている。本稿では、L-Lファジイ数の代わりにL-Rファジイ数を用いてファジイ線形回帰モデルを特定化し、メンバシップ関数の形状が価格予測上どのような影響を与えるのかについても合わせて検討することとした。

なお、価格予測を行うためのモデルは、需要・供給モデルを基本にして特定化する。また、価格予測の対象とした野菜は、鳥取県において重要な野菜の1つにあげられるブロッコリーである。

### L-Rファジイ数によるファジイ線形回帰モデル

まず、価格予測に用いられる需要・供給モデルについて検討するが、ここでは、入力データがあいまいさをもたない通常の数、出力データがファジイ数であるファジイ線形回帰モデルを考える。なお、ファジイ数と通常の数とを表記上区別するため、ファジイ数はアルファベットの太文字、通常の数とは同じく小文字を用いることにする。

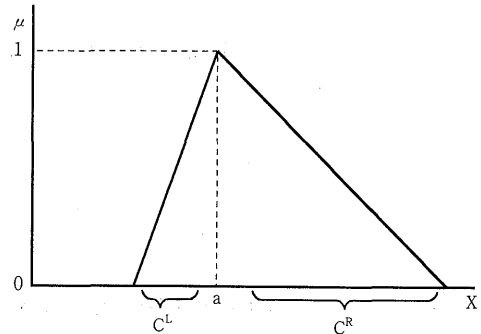
$A_i$ を計測されるファジイ・パラメータ、 $Y$ をファジイ出力、 $x_i$ を通常の数を入力データとすると、一般にファジイ線形回帰モデルは以下のように設定される。

$$Y = A_0 + A_1 x_1 + \dots + A_m x_m \quad (1)$$

なお、ファジイ線形回帰モデルでは、一般に、ファジイ数として簡単化のためL-Lファジイ数(対称三角形ファジイ数)を仮定するが多いが、ここでは、必ずしも対称を仮定しない三角形ファジイ数であるL-Rファジイ数を仮定する。メンバシップ値が1となるファジイ集合の値(平均と呼ぶ)を $a$ 、左右の広がりをそれぞれ $c^L$ 、 $c^R$ とした時のL-Rファジイ数を第1図に示した。 $c^L = c^R$ の時、このファジイ数はL-Lファジイ数となる。

ここで、L-Rファジイ数 $Y$ のメンバシップ関数を次のように設定する。

$$\mu_Y(u) = \begin{cases} L((y-u)/e^L) & u \leq y, e^L > 0 \\ R((u-y)/e^R) & u \geq y, e^R > 0 \end{cases} \quad (2)$$



第1図 L-Rファジイ数

注)  $c^L = c^R$ のときL-Rファジイ数はL-Lファジイ数となる。

ただし、 $L(\cdot)$ は型関数で次の性質を満足する。

$$\begin{aligned} L(x) &= L(-x), \\ L(0) &= 1, \\ L(x) &\text{は } [0, \infty) \text{ で非増加。} \end{aligned}$$

また、 $R(\cdot)$ も $L(\cdot)$ と同様の性質を満足する型関数である。ここでは、この型関数を以下のように設定した。

$$L(x) = R(x) = \max(0, 1 - |x|).$$

したがって、 $u$ はファジイ数 $Y$ の平均、 $e^L$ 、 $e^R$ はそれぞれファジイ数 $Y$ の左右の広がりを表すパラメータである。メンバシップ関数が②で表されるL-Rファジイ数は、これらのパラメータを用いて次のように簡単に表記することができる。

$$Y = (u, e^L, e^R)_{LR} \quad (3)$$

ファジイ数 $A_i$ についてもファジイ数 $Y$ と同様に次のように設定する。

$$\mu_{A_i}(v_i) = \begin{cases} L((a_i - v_i)/c_i^L) & v_i \leq a_i, c_i^L > 0 \\ R((v_i - a_i)/c_i^R) & v_i \geq a_i, c_i^R > 0 \end{cases} \quad (4) \\ (i=0, 1, \dots, m)$$

また、ファジイ数 $Y$ の③式と同様にファジイ数 $A_i$ も以下のように簡単に表記することができる。

$$A_i = (a_i, c_i^L, c_i^R)_{LR} \quad (5)$$

次に、①式の右辺( $\sum_{i=0}^m A_i x_i$ )のファジイ数を求めるが、ここで、 $x_i$ は負の値をとらないと仮定する。通常、経済変数は負の値をとることが少なく、また、負の値をとる場合でも、正の値に変換することが容易な場

合が多いことから、この仮定は分析上問題となることは少ない。すると、ファジィ数の演算により  $\Sigma A$  は次のようなL-Rファジィ数となる。

$$\Sigma A = \left( \sum_{i=0}^m a_i x_i, \sum_{i=0}^m c_i^L x_i, \sum_{i=0}^m c_i^R x_i \right)_{LR}$$

このファジィ数のメンバシップ関数  $\mu_{\Sigma A}$  は、

$$\mu_{\Sigma A}(w) = \begin{cases} L\left(\frac{\sum_{i=0}^m a_i x_i - w}{\sum_{i=0}^m c_i^L x_i}\right) & w \leq \sum_{i=0}^m a_i x_i \\ R\left(\frac{w - \sum_{i=0}^m a_i x_i}{\sum_{i=0}^m c_i^R x_i}\right) & w \geq \sum_{i=0}^m a_i x_i \end{cases}$$

となる。

次に、メンバシップ値が  $\alpha$  のときの  $u$  ならびに  $w$  の値を求めらる。

$u \leq y$  のとき、②式より

$$\mu_Y(u) = L((y-u)/e^L) = \alpha$$

であるから、

$$L^{-1}(\alpha) = (y-u)/e^L$$

となり、したがって、

$$u \alpha^L = y - L^{-1}(\alpha) e^L \quad (6)$$

が得られる。同様にして  $u \geq y$  のときは、

$$u \alpha^R = y - R^{-1}(\alpha) e^R \quad (7)$$

が得られる。また、 $w \alpha^L$ 、 $w \alpha^R$  についても同様に求められ、以下ようになる。

$$w \alpha^L = \sum_{i=0}^m a_i x_i - L^{-1}(\alpha) \sum_{i=0}^m c_i^L x_i, \quad (8)$$

$$w \alpha^R = \sum_{i=0}^m a_i x_i - R^{-1}(\alpha) \sum_{i=0}^m c_i^R x_i. \quad (9)$$

ファジィ数  $M$  と  $N$  が  $\alpha$  以上の可能性で等しくなる ( $\text{Pos}(M=N) \geq \alpha$  と記述) ための必要十分条件は、 $M$  と  $N$  の  $\alpha$ -レベル集合をそれぞれ  $[m \alpha^L, m \alpha^R]$ 、 $[n \alpha^L, n \alpha^R]$  としたとき、

$$m \alpha^L \leq n \alpha^R \text{ かつ } m \alpha^R \geq n \alpha^L$$

が成立することが知られている<sup>9)</sup>。このことから、 $\text{Pos}(Y = \Sigma A) \geq \alpha$  となるための必要十分条件は、

$$u \alpha^L \leq w \alpha^R \text{ かつ } u \alpha^R \geq w \alpha^L$$

が成立することである。つまり、⑥～⑨式より、

$$\left. \begin{aligned} y - \sum_{i=0}^m a_i x_i &\leq L^{-1}(\alpha) e^L + R^{-1}(\alpha) \sum_{i=0}^m c_i^R x_i \\ -y + \sum_{i=0}^m a_i x_i &\leq R^{-1}(\alpha) e^R + L^{-1}(\alpha) \sum_{i=0}^m c_i^L x_i \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

の条件が満たされるならば、 $\text{Pos}(Y = \Sigma A) \geq \alpha$  となる。ここで、⑩式の右辺の値が小さければ小さいほど、絶対値誤差が小さくなり、また、 $L^{-1}(\alpha)$ 、 $R^{-1}(\alpha)$ 、 $e^L$ 、 $e^R$  は定数でかつ負の値をとらないことから、線形回帰モデルの自然な拡張として、⑩式の制約のもとで、次に示す⑪式の値が最小になるように  $a_i$ 、 $c_i^R$ 、 $c_i^L$  を決定することが、ファジィ線形回帰モデルの定式化として考えられる。

$$J(c) = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n (c_i^L + c_i^R) x_{ij} \quad (11)$$

ただし、 $n$  はデータ数である。

さらに、ファジィ出力データを通常数の場合で置き換えると、 $e^L = e^R = 0$  となるから、この場合のファジィ線形回帰モデルの定式化は以下の線形計画法を解くことに帰着できる。

$$\begin{aligned} &\text{minimize} && J(c) = \sum_{i=0}^m \sum_{j=0}^n (c_i^L + c_i^R) x_{ij} \\ &\text{subject to} && \end{aligned}$$

$$y_j - \sum_{i=0}^m a_i x_{ij} \leq (1-\alpha) \sum_{i=0}^m c_i^R x_{ij},$$

$$-y_j + \sum_{i=0}^m a_i x_{ij} \leq (1-\alpha) \sum_{i=0}^m c_i^L x_{ij}, \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (12)$$

ところが、⑫式の線形計画問題は、 $c_i^L$  と  $c_i^R$  が独立していないことから解が一意に定まらない。そこで、ここでは、 $c_i^L$  と  $c_i^R$  の比率が 1 : 0 (または 0 : 1)、1 : 1、3 : 7 (または 7 : 3) の3つのケースを設定して解を求めることとした。もちろん、どのケースもあいまい度である  $J(c)$  は同じ値となる。

なお、適合度の基準となる  $\alpha$  の水準の設定については、適合度の水準 ( $\alpha$ ) が高くなると、あいまい度 ( $J(c)$ ) も大きくなるため<sup>12)</sup>、0.2、0.5、0.8の3つの水準を設定して解を求めた。

### 価格予測モデルとデータ

本稿での価格予測モデルは、需要モデルと供給モデルからなる。需要モデルは、

$$P_t = A_0 + A_1 q_t + A_2 y_t + A_3 d_{11} + A_4 d_{12}, \quad (13)$$

供給モデルは、

$$Q_t = B_0 + B_1 P_{t-1} + B_2 d_{11} + B_3 d_{12} + B_4 t \quad (14)$$

と特定化する。ただし、 $P_t$  は  $t$  期のファジィ価格、 $Q_t$  は  $t$  期のファジィ供給数量、 $p_t$  は  $t$  期の価格、 $q_t$  は  $t$  期の供給数量、 $y_t$  は  $t$  期の可処分所得、 $d_{11}$ 、 $d_{12}$  はそれぞれ11月、12月の値が1となるダミー変数、 $t$  はトレンド、 $A_0 \sim A_4$ 、

$B_0 \sim B_4$ はファジィパラメータである。

供給モデルでは、適応期待モデルと類似したモデルの設定も考えられるが、ファジィ理論にしたがった特定化についてさらに検討を要することから、1期前の価格のみに反応するモデルとした。また、需要モデルに代替財または補完財の変数や人口の変数などを組み込むことも考えられるが、これらの変数を特定化することが容易ではないことから除いた（ここでの分析対象市場が大阪市中央卸売市場であり、転送量の大きさを考慮すると、この市場の需要に影響する人口変数はそれほど容易には決定できない）。これら、組み込まれなかった変数の影響は、モデルのあいまいさとして捉えられる。

ファジィ線形回帰モデルの1つの利点は、モデルに取り込むべき変数が十分でない場合でも、その影響はモデルのあいまいさとして把握されるという点である。これに対して、通常の回帰モデルの場合、特別な状況を除いて、モデルに取り込まれなかった変数が誤差項へ少なからぬ影響を与えることから、計測された値は望ましい性質を持たなくなる。

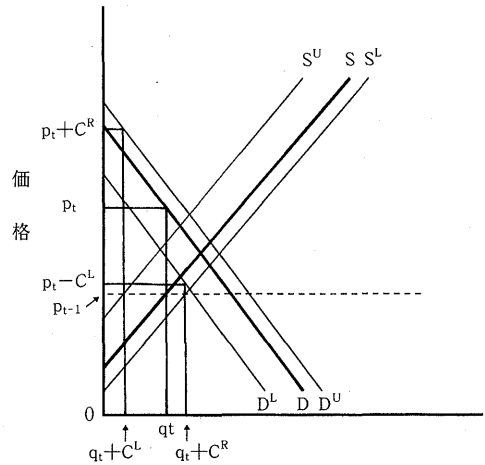
価格予測を行うには、まず、⑬、⑭式のファジィパラメータを、出力データが通常の数である場合のファジィ線形回帰モデルの定式化にしたがって求めることから始める。次に、⑬式の供給モデルに $t^* - 1$ 期の価格等を代入し、 $t^*$ 期の予測供給数量を求める。この予測供給数量は、供給モデルのあいまいさを反映したファジィ数で得られる。さらに、このファジィ予測供給数量を⑭式の需要モデルの通常の数である数量変数に代入する。このとき、ファジィ数の積は次の計算式によって近似できる<sup>9)</sup>。

$M < 0, N > 0$ で、 $M = (m, \alpha, \beta)_{RL}$ ,  $N = (n, \gamma, \delta)_{LR}$ 、とすると、

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

また、 $t^*$ 期の可処分所得等を予測する必要があるが、簡単化のためここでは $t^* - 1$ 期の値を用いることとした。この一連の計算によってファジィ価格が求められるが、この予測価格は、供給モデルと需要モデルのあいまいさを反映した値となっている。ファジィモデルによる予測は、あいまいさを陽表的に捉え、予測される値が平均だけではなく、区間予測も同時に行うところに特徴がある。この価格予測モデルをグラフ化したのが第2図である。

以上で説明した価格予測モデルを用いて、大阪市中央



第2図 ファジィ需給曲線による供給数量と価格の予測

卸売市場におけるブロッコリーの価格予測を試みる。ブロッコリーは、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。また、分析期間は需要の増加の大きい1981年から1987年までの7ヵ年で、したがって、サンプル数は21個である。なお、1988年から1990年のデータは、予測モデルの予測力を評価するために用いられた。

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。

### 計測結果と考察

第1表に需要モデルの計測結果を、第2表に供給モデルの計測結果をそれぞれ示した。ケースⅠは $c^L, c^R$ のどちらかが必ず0のケース、ケースⅡは $c^L = c^R$ のケース、ケースⅢは $c^L : c^R$ が3 : 7または7 : 3のケースである。

需要モデルの結果については、供給数量、可処分所得および12月のダミー変数が $c^L = c^R = 0$ で、あいまいさをもたない通常の数として値が得られた。また、供給モデルの結果については、定数項、11月のダミー変数およびトレンド変数が同様にあいまいさをもたない値であった。

したがって、需要モデルでは定数項および11月のダミー変数があいまいさをもつパラメータであり、ここで取り込まれた変数以外にも重要な価格決定要因があるこ

第1表 需要モデルの計測結果

		定数項	q	y	d <sub>11</sub>	d <sub>12</sub>
ケース I	a	-343.702	-1.769	3.706	23.511	40.387
	c <sup>L</sup>	0.000	0.000	0.000	23.577	0.000
	c <sup>R</sup>	195.802	0.000	0.000	0.000	0.000
ケース II	a	-294.751	-1.769	3.706	17.617	40.387
	c <sup>L</sup>	97.901	0.000	0.000	11.788	0.000
	c <sup>R</sup>	97.901	0.000	0.000	11.788	0.000
ケース III	a	-314.332	-1.769	3.706	19.974	40.387
	c <sup>L</sup>	58.741	0.000	0.000	16.504	0.000
	c <sup>R</sup>	137.061	0.000	0.000	7.073	0.000

注) ケースIはc<sup>L</sup>, c<sup>R</sup>のどちらかが必ず0となる場合, ケースIIはc<sup>L</sup>, c<sup>R</sup>に1:1の制約を設定した場合, ケースIIIはc<sup>L</sup>, c<sup>R</sup>に7:3または3:7の制約を設定した場合を示す。また, この表の計測結果は, α=0.2のときの値である。

第2表 供給モデルの計測結果

		定数項	p-1	d <sub>11</sub>	d <sub>12</sub>	t
ケース I	a	-128.557	0.503	100.722	83.848	24.554
	c <sup>L</sup>	0.000	0.148	0.000	0.000	0.000
	c <sup>R</sup>	0.000	0.000	0.000	7.308	0.000
ケース II	a	-128.553	0.444	100.721	85.772	24.554
	c <sup>L</sup>	0.000	0.074	0.000	3.652	0.000
	c <sup>R</sup>	0.000	0.074	0.000	3.652	0.000
ケース III	a	-128.555	0.467	100.722	85.603	24.554
	c <sup>L</sup>	0.000	0.104	0.000	2.192	0.000
	c <sup>R</sup>	0.000	0.044	0.000	5.114	0.000

注) ケースIはc<sup>L</sup>, c<sup>R</sup>のどちらかが必ず0となる場合, ケースIIはc<sup>L</sup>, c<sup>R</sup>に1:1の制約を設定した場合, ケースIIIはc<sup>L</sup>, c<sup>R</sup>に7:3または3:7の制約を設定した場合を示す。また, この表の計測結果は, α=0.2のときの値である。

とや11月の価格形成が不安定なことが示唆される。同様に, 供給モデルでは価格と12月のダミー変数があいまいさをもつパラメータであり, 供給数量の決定では価格に対する反応にあいまいさがあることや12月の供給数量にあいまいさがあることが示唆される。ただし, あいまいさをもたないものとして計測されたパラメータについても, 全くあいまいさがなくと断定することはできない。モデル全体のあいまいさが, 一部のパラメータに集約的に表れている可能性が否定できないからである<sup>8)</sup>。

ところで, 以上の計測結果から分析対象であるプロックリーの需給構造の特徴を直感的に把握することは難し

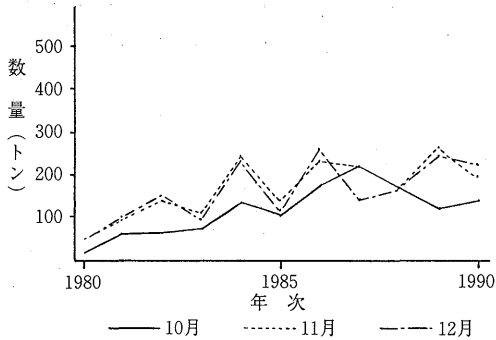
い。そこで, これまでの分析で用いられてきている価格伸縮性や価格弾力性の概念をファジィ数に拡張したファジィ価格伸縮性とファジィ価格弾力性の値を求めた。なお, これらの値の算出方法は, L-Lファジィ数について求めた方法<sup>6)</sup>をL-Rファジィ数に応用したものである。第3表にその結果を示した。

需要の価格伸縮性については, 需要モデルの価格のパラメータがあいまいさをもたないことからL-Lファジィ数として求められている。平均水準 (aω<sub>D</sub>) は, 10月が小さく, この月は相対的に数量変化に対して価格変化の小さい月といえる。また, 10月, 11月, 12月とも平均水

第3表 ファジィ需要価格伸縮性と供給価格弾力性

パラメータ	10月	11月	12月	
需 要	$a\omega_D$	0.495	1.004	0.940
	$c\omega_D^L$	0.338	0.824	0.625
	$c\omega_D^R$	0.338	0.824	0.625
供 給	$a\omega_S$	1.476	0.742	0.821
	$c\omega_S^L$	1.197	0.293	0.326
	$c\omega_S^R$	1.008	0.197	0.220

注) 需要価格伸縮性:  $\Omega_D = (a\omega_D, c\omega_D^L, c\omega_D^R)$   
 供給価格弾力性:  $\Omega_S = (a\omega_S, c\omega_S^L, c\omega_S^R)$



第3図 大阪市中央卸売市場（本場）におけるブロッコリーの月別需要量の推移

準の価格伸縮性は小さいといえよう。あいまいさを考慮すると、10月に比べて11月、12月は価格伸縮性にかなり幅があることがわかる。これは、短期的には、11月、12月における価格伸縮性の水準の変化が大きいことを示すといえよう。

供給の価格弾力性では、平均水準 ( $a\omega_S$ ) をみると10月が大きく、11月、12月は1を下回っている。また、あいまいさを考慮すると、10月では幅があるものの、11月、12月ではおよそ0.5から1.0の間くらいの幅で安定的であった。

次に、これら需給モデルの計測結果をもとに価格予測を試みるが、まず、供給モデルにより供給数量の予測からはじめる。なお、予測するために用いたトレンドの値は、第3図からわかるとおり、1986年より傾向的な供給数量の増加がみられなくなることから、1987年のトレンド値を1988年から1990年までのトレンドの値として用いることとした。

第4表に供給数量の予測結果を示した。なお、この表では、現実の供給数量が予測区間内にある場合は○印が、区間内でない場合は×印が示してある。また、 $\alpha$ の水準が大きいほど○印が多くなっているのは、 $\alpha$ の値が大きくなると予測区間が広がるため、現実の値が予測区間内に入り易くなるためである。

この表の結果より、ケースⅠ、Ⅱ、Ⅲのそれぞれのケースで予測結果が異なっていることがわかる。つまり、メンバーシップ関数の形状の違いにより、予測結果が異なる

第4表 供給数量の予測区間と現実の数量

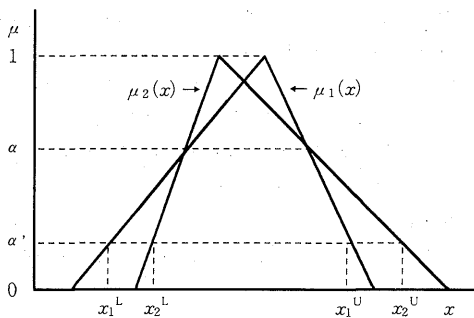
	10月			11月			12月		
	1988	1989	1990	1988	1989	1990	1988	1989	1990
$\alpha = 0.8$									
ケースⅠ	×	○	○	○	○	○	○	○	○
ケースⅡ	○	○	○	○	○	○	○	○	○
ケースⅢ	○	○	○	○	○	○	○	○	○
$\alpha = 0.5$									
ケースⅠ	×	○	○	×	○	○	×	○	○
ケースⅡ	×	×	×	×	○	○	×	×	○
ケースⅢ	×	○	×	×	○	○	×	○	○
$\alpha = 0.2$									
ケースⅠ	×	×	×	×	○	×	×	×	○
ケースⅡ	×	×	×	×	×	×	×	×	○
ケースⅢ	×	×	×	×	○	×	×	×	○

のである。このことは、第4図をみてわかるとおり、メンバシップ関数の形状の違いにより、メンバシップ値の低い水準において、区間の広がり方が異なってくるためである。

ケースⅠは、 $\alpha = 0.8$ の1988年の10月が予測区間外に現実値があり、予測区間の偏りが他のケースに比べて大きいことが指摘できよう。また、ケースⅡにおいても、 $\alpha = 0.5$ の1989年10月、12月と $\alpha = 0.2$ の1989年11月が×印となっており、他のケースに比べて問題となる場合が多い。ケースⅡは $c^L = c^R$ のケースであることから、L-Lファジィ数による線形回帰モデルが無条件に予測モデルとして有効なモデルであるとはいえないことがこの結果よりわかる。つまり、メンバシップ関数の形状は、ファジィ予測モデルを定式化する上で重要な検討事項の1つといえる。ここでは、ケースⅢが他のケースと比較して全体的に良好な予測結果を示したことから、需給モデルとしてこのケースⅢを採用した。

価格の予測結果を第5図に示した。なお、 $\alpha$ の水準は需要モデルが0.5、供給モデルは0.2である。 $\alpha$ の水準があまり大きいと（ただし、 $\alpha \leq 1$ ）予測区間がかなり大きくなり過ぎるという問題がある一方、 $\alpha$ の水準が小さすぎると（ただし、 $0 \leq \alpha$ ）予測区間に現実値はいらないケースが多くなるという問題が生じる。本稿では、予測結果よりこの $\alpha$ の組み合わせを選択した。

この結果をみると、1988年の10、12月で予測区間をはずれて現実の価格が形成されている。予測区間の幅が必ずしも小さくないことを考えるならば、このことは大きな予測上の問題点として指摘されよう。一方、この2つ



第4図 メンバシップ関数の違いによる弱 $\alpha$ カット値  
注) 弱 $\alpha$ カットとはファジィ集合Aに対して次のような定義で与えられる。

$$A'_{\alpha} = \{x \mid \mu_A(x) \geq \alpha\}, \quad 0 < \alpha < 1.$$

なお、メンバシップ関数 $\mu_1$ と $\mu_2$ の弱 $\alpha$ 'カットの値は、それぞれ $[x_1^L, x_1^U]$ ,  $[x_2^L, x_2^U]$ である。

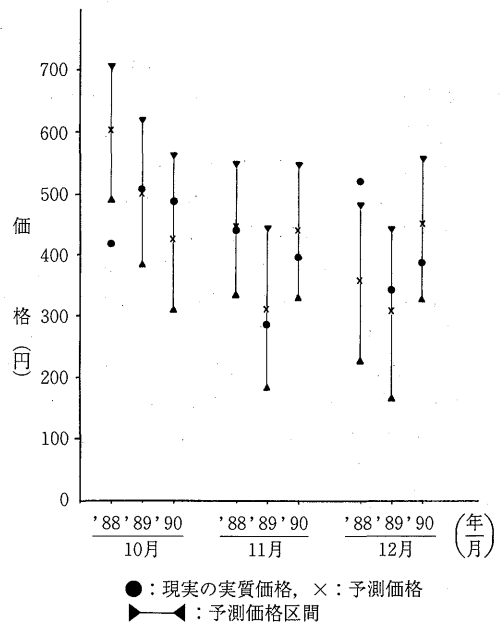
の予測値以外はかなり予測結果が良好で、平均レベルで見ると予測価格と現実値の差は実質価格で100円以下の差であり、予測区間をさらに小さくしても予測上問題が少ないといえる。

また、供給数量の予測では、 $\alpha = 0.2$ の場合では予測区間に現実値がはいったのは2つの予測値のみであった。しかし、 $\alpha$ がこの水準の供給モデルの計測結果を用いた予測価格の結果では、予測区間に現実価格が7つもあり良好な予測結果であった。したがって、需給モデルを用いて価格を予測する場合、必ずしも供給数量の予測区間を大きくとらなくても、価格予測上問題とはならないことがこの結果よりわかる。供給数量の予測の場合と価格予測の場合では、 $\alpha$ の水準をそれぞれ別々に検討する必要があるのである。

### 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価格予測を試みた。そこで用いられたファジィ線形回帰モデルは、通常用いられるL-Lファジィ数ではなく、L-Rファジィ数によって定式化されたものを用いた。以下にその結果を要約する。

ファジィ回帰モデルの計測結果よりわかったブロッコリーの需給構造は、全体的に需要の価格伸縮性が小さい



第5図 ファジィ需給モデルによる価格予測

こと、また、11月、12月でそのあいまいさがかなり大きく不安定なこと、さらに、供給の価格弾力性では10月が1より大きい、11月と12月では1より小さいこと、また、11月と12月のあいまいさが小さく安定していることがわかった。

ブロッコリーの供給数量の予測では、メンバーシップ関数の形状により予測力に差があることがわかった。つまり、これまでL-Lファジィ数を用いたファジィ回帰モデルが多かったが、必ずしもこの型のファジィ数によるモデルが良好な予測力をもつとはいえず、どのような型のファジィ数をモデルに用いるかは、予測モデルを構築する上で重要な検討項目であることがわかった。また、ブロッコリーの供給数量を予測する場合、 $\alpha$ の水準をかなり高く設定する必要があり、予測力には問題があった。

ブロッコリーの価格予測では、9つの予測値に対して予測区間からはずれた値は2つで、これ以外の7つの予測値は平均の予測値と現実の予測値との差が小さく良好であった。また、供給数量の予測力がかなり低下する $\alpha$ 水準の低い供給モデルを用いても、価格予測上は問題が少ないことが示され、価格予測力と予測区間の幅との兼ね合いで $\alpha$ の水準が決定される必要があることがわかった。

ところで、本稿におけるブロッコリーの価格予測では、概ね予測力は良かったものの、予測区間がかなり大きいにもかかわらず、現実値がその中には入らない場合が生じた。予測力は、予測区間の幅が小さいほど、かつ現実の価格がその予測区間内に入る度合いが高いほど高くなる。しかし、この2つの基準はトレードオフの関係にあり、予測力を高めることはかなり難しい問題である。特に、ブロッコリーなどの野菜では、供給数量を決定する要因をすべて数量化することが困難であり、このような大きな予測誤差の生じる可能性が高い。

そこで、本稿で用いた価格予測モデルの改良方向を考えると、需給モデルにさらに供給数量や価格決定に影響しているとみられる変数を取り込むことや、かなり広い予測区間を設定して、予測されたファジィ価格とさらに価格形成に影響すると考えられる要因をモデルの外で再考慮して、予測区間を縮小することなどが挙げられよう。

もちろん1つ目と2つ目を組み合わせることもできる。これらの改良方向による価格予測力の向上については今後に残された課題としたい。

#### 参 考 文 献

- 1) 秋元浩一, 他: 青果物の卸売価格の短期予測に関する研究 (第1報). 岐阜大学農学部研究報告, **50** 67-75 (1985)
- 2) 秋元浩一, 他: 青果物の卸売価格の短期予測に関する研究 (第2報). 岐阜大学農学部研究報告, **50** 67-75 (1985)
- 3) 秋元浩一, 他: 青果物の卸売価格の短期予測に関する研究 (第3報). 岐阜大学農学部研究報告, **51** 67-75 (1986)
- 4) 秋元浩一, 他: 青果物の卸売価格の短期予測に関する研究 (第4報). 岐阜大学農学部研究報告, **51** 67-75 (1986)
- 5) Heshmaty, B., Kandel, A.: Fuzzy Linear Regression and its Applications to Forecasting in Uncertain Environment. *Fuzzy Sets and Systems*, **15** 159-185 (1985)
- 6) 金山紀久: ファジィ線形回帰による野菜の需要構造の分析. 鳥取大学農学部研究報告, **45** 123-125 (1992)
- 7) Kasahara, K., Imai, R., Chan, T. S.: Forecast Model Building of Vegetable Wholesale Price. *Journal of Faculty of Agriculture Tottori University*, **24**, 47-54 (1988)
- 8) 石淵久生: ファジィOR 日本ファジィ学会編. 日刊工業新聞社, 東京 (1993) pp.181-184
- 9) 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
- 10) 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)
- 11) 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
- 12) 和多田淳三, 他: ファジィ時系列モデルとその予測問題への応用. 日本経営工学会誌, **34** 180-183