ファジィプロダクションルールにおける相乗性について

1H−2

加藤康記　田野俊一　三好力　Thierry Arnould

国際ファジィ工学研究所

1．はじめに

筆者等はLIFE（国際ファジィ工学研究所）において、FOREX（外国為替取引支援エキスパートシステム）を開発した[1][2]。FOREXは新聞等で発表される経済指標のみならず、高官等の発言による影響も扱い、今後の外国為替の動向を予測するエキスパートシステムである。このシステムを構築するに際し、経済アナリシストらが持つ経済知識の分析を行った。この結果、経済アナリシストが持つ知識とは経済項目間の関係を表現した知識であり、「公定歩合が上がれば、金利が上がる」と言ったように言語で表現される曖昧な知識であることが分かった。このような曖昧さが存在する知識の表現にはファジィプロダクションルールを用いた。ところが、このシステムで用いた知識は通常のファジィ推論方法を用いて推論を行った場合、実際に欲しい推論値を得ることが出来なかった。これはルールの前件部と後件部の間にグラジュアル性、ルールの前件部に複数の項目が存在した場合、それらの項目間に相乗性が存在するためである。前者に於てはGradual Equivalenceという推論方法によりうまく知識を表現することが出来た[3]。ここでは後者の性質の表現方法としてルールの前件部に多項目が存在し、それらが互いに相乗関係にある場合について述べる。

2．相乗性について

FOREXで扱った経済知識は「公定歩合が上がれば、金利が上がる」と言った知識である。これは「公定歩合が上がれば上がるほど、金利が上がる」ことを意味しており、知識の前件部が条件を満たせば満たすほど後件部の条件が満たされる度合が増していくと言った知識である。これはルールの前件部と後件部の間にグラジュアル性が存在する事を意味する。

また、別の知識として「公定歩合が上がり、インフレならば、金利が上がる」というように知識の前件部に複数の項目が存在する場合がある。これは前件部の各項目が供に、ある程度条件を満たしていれば総合的に、より一層高い度合で後件部に作用する事を言っている。つまり、前件部の各項目がそれぞれ高い度合で条件を満たせば、後件部は各項目が条件を満たしている以上の高い度合で条件を満たす事を意味している。このような性質のことを相乗性と呼ぶ。

通常、ルールの前件部に複数の項目が存在した場合、前件部の真理値をt-norm関数により合成し、得られた真理値より後件部の値を設定する。しかしながら、このような結合演算子では相乗性の性質がうまく表現することが出来なかった。そこで、筆者等はt-norm演算子に相乗性の性質を付加する方法を検討した。なお、今回は演算子の入力変数の個数を２つに限定した。

The synergy in fuzzy production rules
Yasunori Kato, Shun'ichi Tano, Tsutomu Miyoshi, Thierry Arnould
LIFE : Laboratory for International Fuzzy Engineering Research

3．*and*演算子

以上述べてきたような相乗性を持った結合演算子を*and*演算子と記述することにする。*and*演算子は入力値が同じように高い値の場合に実際の通常の結合演算子で得られる以上の値を出力する関数である。図１に２つの入力値(x,y)に対し、どの領域で相乗性が出て欲しいかを示す。

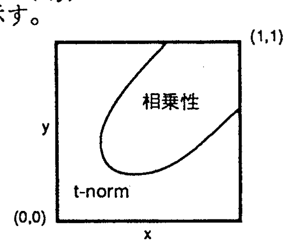

図１．相乗性の出て欲しい領域

4．作成アルゴリズム

ここでは*and*演算子の作成アルゴリズムについて述べる。*and*演算子は次のような３つの関数を用いて合成される。

基本関数：基本的な性質を満たす関数
相乗性関数：相乗性の性質を定義した関数
領域定義関数：相乗性の現れる領域を定義した関数

図２に本アルゴリズムの構造を示す。

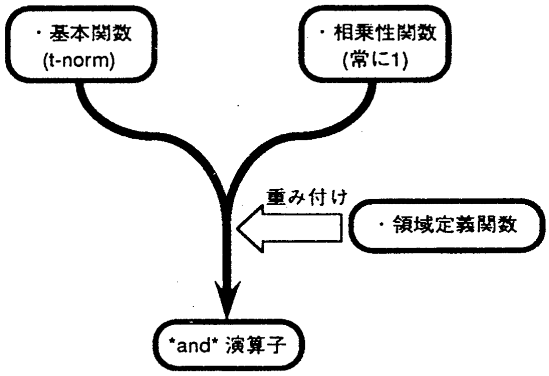

図２．*and*演算子合成アルゴリズム

以降、それぞれについて詳しく説明する。

1）基本関数

*and*演算子の基本的な性質を満たす関数である。*and*演算子の基本的な性質は t-norm 関数である。よって、この関数は任意のt-norm関数Tとする。

$$basic(x,y) = T(x,y) \tag{1}$$

2）相乗性関数

この関数は相乗性の性質を定義した関数である。相乗性とは前述した通り、入力値以上の値を出力することである。よってその性質の上限である、常に１を出力する関数を定義する。

$$synergy(x,y) = 1 \tag{2}$$

3）領域定義関数

真理値空間上（２次元）で相乗性の性質の現れる領域を定義した関数である。この領域は次の２つの性質を満足する領域とする。

i)「入力値がほぼ同じ」

ii)「入力値が大きい」

ここではこれらの性質を満たす関数の定義方法について述べる。

i)「入力値がほぼ同じ」に関して

この関数は変数２つの入力変数がほぼ等しい領域を定義した関数である。パラメータαを用い、「ほぼａ」を以下のような釣鐘型の関数で定義する。

$$almost(a,x,\alpha) = e^{\ln 0.5 \cdot (x-a)^2/\alpha^2} \tag{3}$$

この関数を用い、次の式で「入力値がほぼ同じ」を定義する。

$$same(a,b) = \sup_x \left(almost(a,x,\alpha) \wedge almost(b,x,\alpha) \right) \tag{4}$$

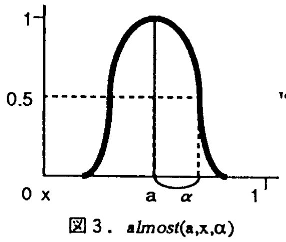

図３．$almost(a,x,\alpha)$

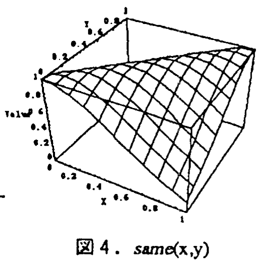
図４．$same(x,y)$

ii)「入力値が大きい」に関して

この関数は２つの入力変数が高い値をとる領域を定義した関数である。パラメータβを用い、min演算のβ以上の領域を正規化した関数とした。

$$high(x,y) = \frac{\max\left(\min(x,y) - \beta, 0\right)}{1-\beta} \tag{5}$$

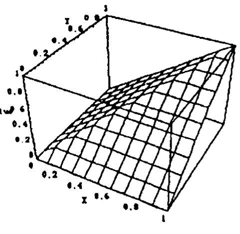
図５．min(x,y)

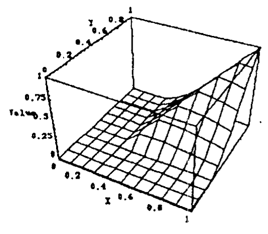
図６．$high(x,y)$

次に、これら２つの関数を積演算により合成した。

$$area(x,y) = same(x,y) \times high(x,y) \tag{6}$$

これにより領域定義関数を定義する。

4）*and*演算子の合成

*and*演算子の合成には領域定義関数を用い、基本関数と相乗性関数の重み付平均により合成を行う。

$$\begin{aligned} {*and*}(x,y) &= w \times synergy(x,y) \\ &\quad + (1-w) \times basic(x,y) \\ \text{where } w &= area(x,y) \end{aligned} \tag{7}$$

例として、基本関数(*basic*)をt-norm関数の一つである代数積、α=0.3,β=0.3とした場合の出力結果を図７に示す。

$$basic(x,y) = T(x,y) = x \cdot y \tag{8}$$

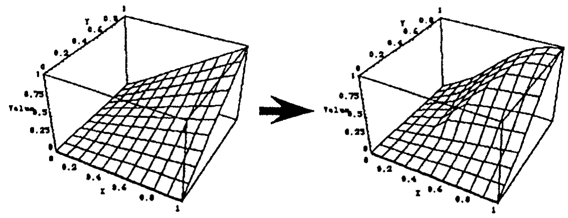
図７　基本関数（代数積）と*and*演算子の出力結果

このように、*and*演算子は領域定義関数で定義した部分では基本となるT関数より高い値を持つことが分かる。

5．おわりに

ルールの前件部に２項目の条件があり、それらが相乗性を持っている場合の真理値の結合演算子の合成方法について述べた。この方法により、相乗性に限らず他の性質を付加させることも可能であろう。今後は２項目に限らず、ｎ項目の場合の結合方法について検討していく予定である。

参考文献

[1] T. Yagyu, H. Yuize, M. Yoneda, M. Grabisch and S. Fukami : "Foreign Exchange Trade Support Expert System", Proceedings of IFSA'91 Brussels, Artificial Intelligence, pp. 214-217(1991).

[2] H. Yuize, T. Yagyu, M. Yoneda, Y. Katoh, S. Tano, M. Grabisch and S. Fukami : "Decision Support System for Foreign Exchange Trading - Practical Implementation -", Proceedings of IFES'91 Japan, pp. 971-982 (1991).

[3] Y. Katoh, H. Yuize, M. Yoneda, K. Takahashi, S. Tano, T. Yagyu, M. Grabisch and S. Fukami : "Gradual Rules in a Decision Support System for Foreign Exchange Trading", Proceedings of IIZUKA'92 Japan, pp. 625-628 (1992).