

ファジィ推論のチャートのテクニカル分析への 応用の一工夫†

安信 千津子^{**} 丸岡 哲也^{**}

ファジィ推論の、証券価格チャートのテクニカル分析への適用が進められている。従来のファジィ推論方式は、既に文章化されているノウハウを計算機化する場合に好適であり、ノウハウをファジィルールとして容易に記述できる。しかしながら、テクニカル分析では、専門家が外部環境に応じて継続的にノウハウを変更・追加するため、従来のファジィ推論方式をそのまま適用すると、ファジィルールの変更時に、他のルールを見直す必要が生じるなどの困難を伴う。そこで本論文では、ノウハウの変更・追加と有効性の検証を容易にする、テクニカル分析向けのファジィ推論方式を提案する。提案する方式の特徴は、次の点にある。(1)段階的に知識を定義しながら知識ベースが構築できる。(2)ファジィルールとメンバシップ関数を分離して定義するのが困難なノウハウのため、両者を一体化して同時に定義できる知識表現を提供する。(3)ルールベース推論で用いられる後向き推論が可能である。(4)時系列データの取扱いに適したファジィ変数の記述法により、過去の時系列データを用いたシミュレーションを容易に行える。具体的に債券先物チャートのテクニカル分析支援システムの開発と実用化を通して、利用者がノウハウを容易に変更・追加できること、部分的な推論結果やシミュレーション結果などノウハウの検証に有用な情報が得られることを確認し、提案するファジィ推論方式が有効であることを確認した。

1. はじめに

ファジィ理論は、言葉の持つ意味のあいまいさを扱うための理論として提案された¹⁾。この理論は、まず制御の分野で応用が始まった。安信は、ファジィ理論を応用したファジィ制御を仙台市地下鉄の列車自動運転システムへ適用し実用化することにより、その有効性を実証した²⁾。その後、エアコンや洗濯機などの家庭電気製品やビジネス分野など、様々な分野で適用が進められている³⁾。

このうちビジネス分野における適用の1つとして、金融・資本市場における市場価格の予想に対する、ファジィ理論の適用が研究されている。これまでに報告されたものは、価格データが数値で、しかも予想に関するノウハウがあいまいさを含むため、ファジィルールを用いて価格予想に関するノウハウを記述し、ファジィ推論により価格動向を予想する例^{4),5)}や、過去の時系列データを利用してこれらのノウハウを洗練する例などがある⁶⁾。

これらの報告におけるファジィ推論は、従来のファジィ制御で使われている方法をそのまま使用している⁷⁾。この方法は、熟練者のノウハウを規則として文章化でき、しかも、文章中のあいまいさを含む言葉にファジィ理論のメンバシップ関数をあてはめることが

できる場合には、あらかじめ熟練者のノウハウをファジィ知識として格納しておき、それに基づいて予想過程をシステム化することが可能である。

しかし、本論文で対象とするディーリング業務において、ディーラが行っている証券価格チャートのテクニカル分析を支援するには、従来のファジィ推論では問題があった。なぜならば、ディーリング業務では、市場という経済条件や参加者の心理で動くシステムを対象としているため、列車の自動運転のように固定的なファジィ知識は得られず、専門家が外部環境に応じて継続的にノウハウを変更・追加しながら利用する必要があるためである。

本論文では、ノウハウの変更・追加と有効性の検証を容易にする、証券価格チャートのテクニカル分析向けのファジィ推論方式を提案する。提案方式の特徴は、以下の点にある。

(1) 段階的な知識の定義が可能なファジィ知識(ファジィルールとメンバシップ関数)の記述法を採用し、ノウハウの変更・追加を容易にした。

(2) テクニカル分析のノウハウは、ルールとメンバシップ関数を分離したファジィ知識表現が難しいため、両者を一体化して定義できる枠組みを持たせた。

(3) (1)のファジィ知識の記述法にあわせて、ルールベース推論で用いられる後向き推論を可能にした。

(4) 時系列データの取扱いを容易にするファジィ変数の記述法を採用し、過去の時系列データを用いた

† A Fuzzy Reasoning Method for Chart Technical Analysis in Financial Trading by CHIZUKO YASUNOBU and TETSUYA MARUOKA (Systems Development Laboratory, Hitachi, Ltd.).

** (株)日立製作所システム開発研究所

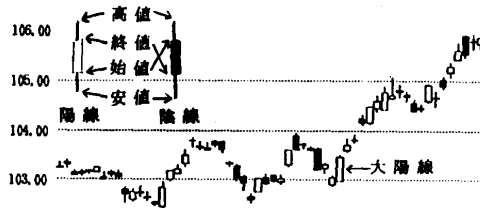
シミュレーションを容易にした。

本論文では、まず2章で、チャートのテクニカル分析への従来のファジィ推論の適用について述べる。3章で、提案するファジィ推論方式について述べる。4章で、提案する推論方式を備えたチャートのテクニカル分析支援システムと、提案方式の有効性について述べる。

2. ファジィ推論を用いたチャートのテクニカル分析

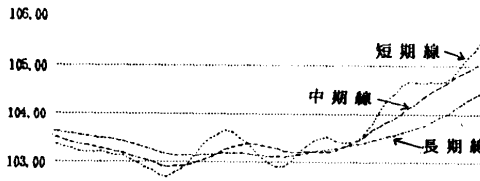
2.1 テクニカル分析でファジィ推論を使用する理由

チャートのテクニカル分析とは、市場価格の短期的な予想方法である^{8),9)}。ディーリング業務では、特に短期的な予想が必要であるので、チャートのテクニカ



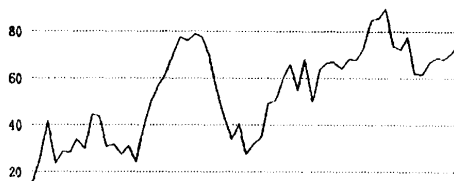
- (1) 始値と終値が同じ同事線は、売方を買方の勢力のバランスがとれていることを示す。
- (2) 大陽線は力強い上昇を示す。

(a) ローソク足
(a) Candlestick.



- (1) 中期線が長期線を上回るのをゴールデンクロスと呼び、上昇傾向の開始を確認する。
- (2) 上から短期線、中期線、長期線の順でそろって上昇する時をブル・トレンドと呼び、安心感のある強気相場を示す。

(b) 移動平均線
(b) Moving average.



- (1) RSIが70から80以上は、売りを示す。
- (2) RSIが80を下回ると、売りを示す。

(c) RSI
(c) RSI (Relative Strength Index).

図1 テクニカル分析の例

Fig. 1 Example of chart technical analysis.

ル分析が広く利用されており、その予想の当りはずれが収益を大きく左右する。チャートとは、取引価格、取引量などの時系列データに基づいて描かれる図やグラフである。テクニカル分析は、「チャート上に同じ様なパターンが繰り返し現れることが多い。」という経験則に基づいている。チャート上に現れるパターンとその後の価格の変化との対からなるノウハウを用い、ノウハウに含まれるパターンをチャートから検出することにより、その後の価格動向を予想する。ローソク足、移動平均線、RSIの各チャートによるテクニカル分析の例を、図1に示す。

テクニカル分析は、古くから株式市場、商品市場などにおいて用いられており、広く知られているノウハウがある。ローソク足チャートの酒田五法¹⁰⁾や、移動平均線チャートのグランビルの法則⁸⁾などが特に有名である。これらのノウハウは、「現在の移動平均が下降気味であり、かつ…ならば、下限傾向を予想する。」など、数量的なあいまいさを含む文章で書かれているので、計算機処理しようとする時、ファジィ推論の適用が必要になる。

2.2 テクニカル分析における従来のファジィ推論方法

従来のファジィ推論をテクニカル分析に適用した例として、グランビルの法則を用いて予想する例がある⁵⁾。ルールの例と推論過程の説明を、図2に示す。この例では、

If 現在の移動平均 が 下降
過去の価格変化 が 上昇
現在の価格変化 が 下に反発
過去のかい離率が 正で0付近

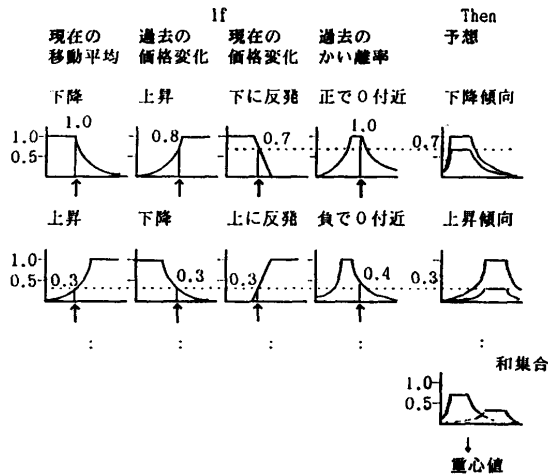
Then 予想 は 下降傾向

というファジィルールを利用している。「現在の移動平均」「過去の価格変化」「現在の価格変化」「過去のかい離率」「予想」がファジィ変数であり、それぞれ「下降」「上昇」「下に反発」「正で0付近」「下降傾向」というファジィ集合が定義されている。ファジィ変数は、If部にある入力変数と、Then部にある出力変数とに分かれている。

推論処理では、「現在の移動平均」などの入力変数の値を与え、「現在の移動平均が下降」などのファジィ集合のメンバシップ関数の適合度を計算する。すべてのルールについて、If部の各ファジィ集合の適合度のAND(最小値)をルールの適合度とする。ルールの適合度をThen部の「予想は下降傾向」などのファジィ

If 現在の移動平均が 下降
 過去の価格変化が 上昇
 現在の価格変化が 下に反発
 過去の乖離率が 正で0付近
 Then 予想は 下降傾向

(a) ファジールールの例
 (a) Example of fuzzy rule.



(b) ファジィ推論
 (b) Fuzzy reasoning.

図2 グランビルの法則へのファジィ推論の適用
 Fig. 2 Application of fuzzy reasoning to Granville's law.

集合のメンバシップ関数に乗じた後、全ルールのファジィ集合の OR (和集合) をとり、和集合のメンバシップ関数の重心値を出力変数「予想」の値とする。

2.3 従来のファジィ推論の問題点

従来のファジィ推論を、テクニカル分析に適用する場合の問題点について述べる。

(1) 段階的定義が困難

テクニカル分析では、例えば「中期線が長期線を上回るのをゴールデンクロス(GC)と呼ぶ。」のように特定のパターンに名前を付け、その名前を参照して「GC かつ...であれば」のように、段階的にルールを定義することが、しばしば行われる。今、GC が2つのファジィ変数のファジィ関係 A and B と定義されるファジィ集合とする (A, B はファジィ集合)。従来のファジィ推論を利用すると、「GC」を参照するルール R1 と R2 は、

R1: If A and B and C Then D

R2: If A and B and E Then F

となる。「GC」という言葉を明示的に利用できないので、自然語のノウハウの文章をそのままファジィルール化できない。

ディーラは、他人と同じノウハウで売買していたのでは、大きな収益を上げることができないので、独自のノウハウを開拓することが必要となる。このためディーラ自身がノウハウの追加、変更を行える必要がある。この知識表現では、ディーラが「GC」を含むルールを定義する時、「GC」という言葉が見えないため知識を理解しにくく、また、「GC」の定義を変更する時、変更が複数のルールに渡る場合もある。

このように、従来のファジィ推論では、単純な言葉を用いてより複雑な新しい言葉を定義することが行えず、知識の追加、変更がある場合に問題が生じる。

(2) メンバシップ関数の定義が困難

テクニカル分析のノウハウは、「RSI が 70 から 80 以上であれば…」のように、文章の中に直接数値を含む場合が多くある。このような場合でも、従来のファジィ推論では、「RSI が大きい」というファジィ集合と、「RSI が大きければ…」というファジィルールとに分けて定義する必要があった。

またテクニカル分析では複数の時系列データが作る図のパターンを記述するため、「始値が終値とほぼ等しい」のように、定数ではなく変数と比較する場合が多い。この場合、ファジィ変数「始値」に定義されるファジィ集合「終値とほぼ等しい」のメンバシップ関数は、「終値」によって変える必要が生じる。

(3) 全ルールの重心値を出力

テクニカル分析に従来のファジィ推論を適用した場合、すべてのルールの Then 部の和集合の重心値を、予想値として出力する。ところが、最終的に予想値だけでなく、個々のルールの適合度も、ディーラにとって有用な情報である。これは、ルールの適合度は、そのルールに含まれるパターンの発生状況を示しており、最終的な予想値の根拠を説明する情報となるからである。

またルールの有効性を検証する場合、特定のルールを過去のデータに適用して、適合状況をチェックしたり、予想値を評価したりする。全ルールによる予想値の計算は不要であり、特定のルールのみを用いた推論を行いたい。

(4) 時系列データへの推論の適用

テクニカル分析では、推論の入力データは時系列データである。「昨日の RSI が 80 以上で、かつ今日の RSI が 80 未満」のように、連続する複数日間のデータに関するパターンを記述することが多い。さらに過去データに適用する場合、「今日」、「昨日」は現実

の今日、昨日ではなく、特定の日とその1日前のデータを示す。

従来の推論の入力データは、「昨日のRSI」と「今日のRSI」を2つの関係のないデータと見るが、テクニカル分析では、RSIの時系列データのみをデータベースに記憶しておき、推論時に「昨日のRSI」や「今日のRSI」をデータベースから取ってくる必要がある。さらに、「今日」が示す時点をずらして推論を繰り返すことにより、過去データを用いて推論のシミュレーションを行う必要がある。

3. 提案するファジィ推論方式

3.1 提案方式の考え方

2.3節で述べた問題点を解決するために、以下の考え方に従って、テクニカル分析に適したファジィ推論方式を提案する。

(1) 複合ファジィ集合の導入

ルールのThen部で、If部の演算結果であるファジィ集合（複合ファジィ集合と呼ぶ）の名称を定義し、その名称を用いて他のルールのIf部で参照できるようにする。複合ファジィ集合に対して、メンバシップ関数で定義されるファジィ集合を要素ファジィ集合と呼ぶことにする。複合ファジィ集合の導入により、2.3節(1)の例は次のように記述させる。

R0 : If A and B Then G

R1' : If G and C Then D

R2' : If G and E Then F

ここで、AからFまでが要素ファジィ集合であり、Gが複合ファジィ集合とする。すなわち、複合ファジィ集合Gを導入することにより、

R1 : If A and B and C Then D

を、

R0 : If A and B Then G

R1' : If G and C Then D

と、2つのルールに分割できる。これにより、R1'を定義する時、Gという言葉を使える。さらにR2'でGを参照していても、Gの定義の変更は一箇所済む。

(2) メンバシップ関数の数式による記述

要素ファジィ集合は、ルールの中に直接定義できるようにする。要素ファジィ集合のファジィ変数、メンバシップ関数の型、メンバシップ関数のパラメータを、それぞれ、変数名、比較演算子、被比較値とファジィ値により、定義する。

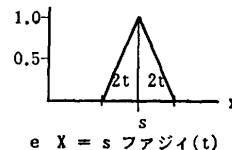
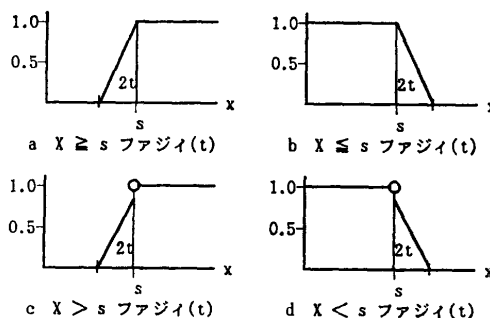


図3 メンバシップ関数
Fig. 3 Membership function.

2.3節(2)の最初の例「RSIが70から80以上であれば…」は、

If RSI ≥ 80 ファジィ(10)...

と、記述される。変数名「RSI」がファジィ変数、比較演算子「≥」がメンバシップ関数の型、被比較値「80」とファジィ値「10」がメンバシップ関数のパラメータを、それぞれ定義する。比較演算子により定まるメンバシップ関数の例を、図3に示す。「≥」は、図3aのように、ファジィ変数の値がs以上の時1.0、sから小さくなるにつれて下がるという、左下がりの形のメンバシップ関数を示す。「80」がs、つまり下がり始めの点、「10」がt、つまり80から10だけ小さいところ70で、メンバシップ関数値が0.5となることを示す。

このように、ルール定義の中でメンバシップ関数まで定義しており、別途定義する必要はない。複数のルールのIf部で同じファジィ集合を参照したい場合は、(1)で述べた方法により、If部に1つの要素ファジィ集合を含むルールにより、複合ファジィ集合名称を定義し、その名称で参照できる。

さらに被比較値として、他のファジィ変数を含む演算式を書けるようにする。2.3節(2)の2番目の例「始値が終値とほぼ等しい」は、

If 始値 = 終値 ファジィ(0.10)...

のように記述する。この場合、メンバシップ関数の型は図3eのようになり、終値の値により頂点の位置が異なる。推論時に、終値の値に応じてメンバシップ関

数を作ることにより、動的なメンバシップ関数を扱える。

(3) 後向きファジィ推論の導入

推論に用いるべきルールのリストが指定され、さらに必要なルールを後向きに探しながら計算する推論方法とする。まず、ルールリスト内の各ルールの適合度を順に計算する(前向き推論)。途中 If 部に複合ファジィ集合名称を見つけると、その複合ファジィ集合を定義するルールを探し、そのルールの適合度の計算を先に行う(後向き推論)。

(2)のルールの例で、R1'が指定された場合の推論の過程を、図4に示す。まず、R1'のIf部のGの適合度を計算しようとする。ところが、Gは複合ファジィ集合なので、後向き推論が始まる。Gを定義するルールとしてR0を探し出し、R0の推論を先に行う。R0のIf部のAとBの適合度が、それぞれ0.8と0.7と計算され、Gの適合度は最小値をとって0.7とする。後向き推論を終えて前向き推論に戻り、Cの適合度0.5を計算し、R1'の適合度を、0.7と0.5の最小値である0.5とする。

R0: If A and B Then G
R1': If G and C Then D

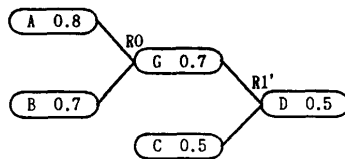


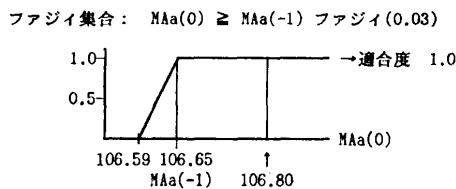
図4 後向きファジィ推論

Fig. 4 Backward fuzzy reasoning.

日付	RSI	Maa	..
0801	89.70	106.31	
0802	88.41	106.65	
0803	92.51	106.80	
...	

基準時点→

(a) 時系列データ
(a) Time-series data.



(b) メンバシップ関数
(b) Membership function.

図5 時系列データとメンバシップ関数
Fig. 5 Time-series data and membership function.

このように、R1'の計算に必要なルールのみを用いて推論を行うので、R1'を変更した後R1'のみ過去のデータに適用したい時、推論が効率的に行える。この例では、Gを定義するルールはR01つのみであったが、2つ以上ある場合はORを意味すると考え、各ルールの適合度の最大値をとる。

(4) 時系列データ名称と相対的時点によるデータの指定

変数名を、時系列データ名称と相対的な時点との対で指定するようにする。推論開始時に別途基準時点を与え、相対的な時点と基準時点を加えた時点のデータを指すものとする。時系列データの例を、図5aに示す。2.3節(4)の例で、「今日のRSI」「昨日のRSI」は、それぞれ、「RSI(0)」「RSI(-1)」と記述し、さらに基準時点を「8月3日」とすると、それぞれ、8月3日のRSI92.51と8月2日のRSI88.41となる。このように、RSIという名称の時系列データを記憶しておくだけで、2つのファジィ変数の値を取り出すことができる。さらに、推論開始時に与える基準時点をずらすだけで、過去のデータを用いたシミュレーションを行える。

3.2 ファジィ知識表現

3.1節の考え方に従った、ファジィ知識表現方法について説明する。ファジィ知識表現の文法を図6に示す。<ルール>(<ルール> は非終端記号を示す)のThen部には、ファジィ集合の名称を定義するための<複合ファジィ集合名称>と、出力値を得るための

```

<ルール> ::= <ルール名称> <ルールグループ名称>
           If <条件節> [and <条件節>]...
           Then [<複合ファジィ集合名称>]
              [<要素ファジィ集合>]...

<条件節> ::= <要素ファジィ集合> | <複合ファジィ集合参照>

<要素ファジィ集合>
           ::= <変数名> <比較演算子> <被比較値>
              [ファジィ(<定数>)]

<変数名> ::= <時系列データ名称>(<相対的時点>)

<比較演算子> ::= ≥ | ≤ | > | < | =

<被比較値> ::= <数値> | <変数名> [<算術演算子> <数値>]

<算術演算子> ::= + | - | × | ÷

<複合ファジィ集合参照>
           ::= <複合ファジィ集合名称>(<相対的時点>)

<相対的時点> ::= 0 | <負の整数>

<ルール名称>, <ルールグループ名称>, <複合ファジィ集合名称>,
<時系列データ名称>
           ::= <文字列>
  
```

図6 ファジィ知識表現の文法
Fig. 6 Fuzzy knowledge grammar.

```

ブル・オーダ 移動平均線
If MAa(0) ≥ MAa(-1) ファジィ(0.03)
   MAa(0) ≥ MAa(-1) ファジィ(0.03)
   MAa(0) ≥ MAa(-1) ファジィ(0.03)
Then ブル・オーダ

ブル・トレンド 移動平均線
If ブル・オーダ(0)
   ブル・オーダ(-1)
   MAa(0) ≥ MAa(-1) ファジィ(0.03)
   MAa(0) ≥ MAa(-1) ファジィ(0.03)
   MAa(0) ≥ MAa(-1) ファジィ(0.03)
   MAa(0) ≥ MAa(-1) ファジィ(0.03)
Then 予想 = 0.20 ファジィ(0.10)
    
```

図 7 ファジィ知識の記述例
Fig. 7 Example of fuzzy knowledge.

<要素ファジィ集合>を書ける。If 部の<条件節>は、<要素ファジィ集合>または<複合ファジィ集合参照>を書く。

「ブル・オーダ」と「ブル・トレンド」というルール名称の2つのルールを、図7に示す。ルール「ブル・オーダ」は、「ブル・オーダ」という複合ファジィ集合を定義するためある。ルール「ブル・トレンド」は、「予想」を得るためにある。

ルール「ブル・トレンド」は条件節に、複合ファジィ集合参照を2度と、要素ファジィ集合を4度含む。参照する複合ファジィ集合名称は2つとも「ブル・オーダ」で、相対的時点は、1度目は「0」、2度目は「-1」で、すなわち、「今日も、昨日もブル・オーダである。」ことを示す。

要素ファジィ集合「MAa(0) ≥ MAa(-1) ファジィ(0.03)」は、変数名が「MAa(0)」、比較演算子が「≥」、被比較値が「MAa(-1)」、ファジィ値が「0.03」で、すなわち「MAa(a日移動平均)が、今日は昨日より上昇している。」ことを示す。基準時点を「8月3日」とした場合に、この条件節で動的に作られるメンバシップ関数を、図5bに示す。

3.3 ファジィ推論方法

3.1節の考え方に従い、3.2節のファジィ知識表現方法に基づき、ファジィ推論方法について説明する。推論処理の基本的な流れを、図8に示す。推論が起動される時、引数として基準時点とルールが与えられる。推論終了時の出力は、各ルールの適合度とThen部の変数名の値である。

推論は、従来のファジィ推論と同様に、全ルールのIf部の適合度を順に計算する。各ルールについて、If部の各条件節の適合度を求め、その適合度の中の最小値(または平均値)をルールの適合度とする。条件節

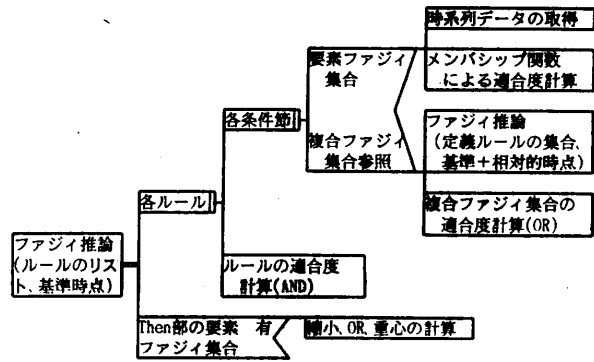


図 8 ファジィ推論処理の基本的な流れ
Fig. 8 Fuzzy reasoning flow (Basic).

が要素ファジィ集合である場合、変数名と基準時点に相対的時点を加えた時点で指定されるデータをデータベースから取得し、必要ならば算術演算を行った後、メンバシップ関数の値を計算する。

複合ファジィ集合参照の場合、従来のルールベース推論と同様な後向き推論を行う。すなわち、複合ファジィ集合をThen部で定義するルールと、指定される相対的時点を基準時点に加えた時点をもとに、新しい引数として、推論処理をリカーシブに起動する。リカーシブな推論が終了後、各ルールの適合度が得られる。各ルールの適合度の最大値(または平均値)を複合ファジィ集合の適合度とする。

例えば、ルール「ブル・トレンド」と「8月3日」が与えられて推論処理が起動されたとする。最初の2つの条件節「ブル・オーダ(0)」と「ブル・オーダ(-1)」の適合度を計算するために、それぞれ「ブル・オーダ」と「8月3日」、「ブル・オーダ」と「8月2日」を引数として、推論処理をリカーシブに起動する。3番目の条件節「MAa(0) ≥ MAa(-1) ファジィ(0.03)」では、時系列データベースから、MAa(0)、MAa(-1)として、それぞれ106.80、106.65を取り出し、図5bに示すメンバシップ関数を作り、MAa(0) = 106.80の時の値1.0を得る。

4. 有効性の実証

4.1 債券先物チャートのテクニカル分析支援システム

提案したファジィ推論方式を適用して、「債券先物チャートのテクニカル分析支援システム」を開発し、実用化した¹¹⁾。5種類のチャートを実現し、合計して約30の時系列データと約150のルールを定義した。

例えば「ローソク足」チャートでは、時系列データ

ベースに、「始値」「高値」「安値」「終値」というチャートの描画に必要なデータのほか、チャートを読む場合に必要な特徴を示すデータも用意した。例えば、実体の長さ（「終値」-「始値」）、上影の長さ（「高値」-最大値（「終値」,「始値」））のように単純な計算で求まるものと、「上窓の位置」,「直近安値」のように、複雑な手続きを必要とするものがある。

4.2 提案したファジィ推論方式の有効な応用例

実際にディーラが使用した結果、容易にルールを変更・追加でき、ファジィ推論の出力が売買判断と新しい有効なルールの研究に役立つことが確認された。以下に例を示す。

(1) 複合ファジィ集合の導入

実際に名前のあるパターンは、その名前を複合ファジィ集合名称とすることにより、パターンを組み合わせる新しいルールを容易に定義することができた。例えば、

If 高値(0) \geq 高値(-1) and

高値(-1) \geq 高値(-2)

Then 高値切上げ

If 高値切上げ(0) and

安値切上げ(0)

Then 上昇傾向

のように、高値切上げという既存のパターンを利用することにより、上昇傾向の定義に必要な記述の量を減らしている。

(2) メンバシップ関数の数式による記述

メンバシップ関数の定義もファジィルールの定義も同じ文法で行えるので、ファジィ知識のエディタは1画面となり、新しいルールとメンバシップ関数の定義を同時に考えることができた。また、

If 実体の長さ(0) \geq 0.40 ファジィ(0.10)

Then 大陽線

のように、従来のメンバシップ関数も、If部の条件節が要素ファジィ集合1つのルールとして定義できる。このように、エディタの操作が簡素化され、ディーラ自身による知識の変更・追加操作が可能となった。

(3) 後向きファジィ推論の導入

特定のルールの過去データへの適合状況は、チャートのパターンが類似した時点を検索したり、If部の条件のきつき緩さをチェックしたりすることにより、より良いルールを定義するのに有用であった。本方式では、特定のルールの適合度の計算に必要なルールの適合度のみ計算するので、すべてのルールの適合度を

計算する場合に比べて高速化がはかれた。例えば、移動平均線チャートのルールは全部で30個あるが、図7の「ブル・トレンド」の適合度を知りたい場合には、「ブル・トレンド」と「ブル・オーダ」の2つのルールのみを用いる。

また、過去データを用いて、チャート上類似した時点を検索する機能も、ディーラが過去同じような市場価格の動きをした頃を思い出し新しいルールを発想するのに有用であった。これは、各ルールの適合度に基づいてチャートの類似度を計算しており、推論結果としてルールの適合度も出力することが役だった。

(4) 時系列データ名称と相対的時点によるデータの指定

(1)のように「高値(0)」「高値(-1)」などを利用することにより、変数の意味が明確になり、ルールが理解しやすくなった。また、数日間に渡るパターンも書くことができた。このように、パターンの記述力が高くなったので、ディーラが発想した新しいパターンを、ルールとして定義することが容易となった。

4.3 提案方式の有効性について

4.2節では提案方法の個々の要素の有効性について述べた。それらは密接に関係して、時系列データのパターン認識が基本であるチャートのテクニカル分析に効果を上げている。

特に、時系列データの時点による指定では、ファジィ変数の指定に-1, -2等を許しているので、ファジィ変数の数は最大、時系列データ名称の数に時点の数を乗じたものとなる。あらかじめ、すべてのファジィ集合の適合度を計算しておくわけにはいかない。後向き推論を利用して必要なファジィ集合のみ選択して計算することにより、この問題を回避している。

また、「ブル・オーダ(-1)」のように複合ファジィ集合参照時にも相対的時点の指定を許している。時系列データ名称が共通で時点のみ異なるファジィ変数群のファジィ集合を共通化しており、知識のモジュラリティを高くしている。

5. おわりに

チャートのファジィ分析向きに知識の変更・追加に適したファジィ推論方式を提案した。提案した方式を債券先物チャートのテクニカル分析支援システムに適用し、知識の変更・追加が容易であることを実証した。

本論文で述べたファジィ推論方式は、チャートのテ

テクニカル分析だけでなく、他の分野でも適用可能性があると考えられる。例えば、時系列データに基づく意思決定、複数時系列データのパターン認識、階層的に定義される概念の認識などを必要とする分野である。従来のファジィ推論方式が自動化システムに有効であったのに対し、提案方式は利用者の思考を支援する対話型システムにおいて有効であると考えられる。

謝辞 研究の機会を与えていただき便宜をはかっていただいた(株)富士銀行市場・国際システム部の田中英雄部長代理、チャートのテクニカル分析について教えていただいた(株)富士銀行資金証券営業部の重美一秀氏と島崎誠氏、システム開発に協力していただいた(株)日立製作所システム開発本部の喜田真由美氏、ならびに本研究にご指導をいただいた(株)日立製作所システム開発研究所の森文彦博士と小坂満隆博士に心から感謝いたします。

参 考 文 献

- 1) Zadeh, L. A.: Fuzzy Sets, *Inf. Control*, Vol. 8, pp. 338-353 (1965).
- 2) 安信: ファジィ推論を利用した列車自動運転, *情報処理*, Vol. 30, No. 8, pp. 970-975 (1989).
- 3) 片井, 林(編): 特集 ファジィ応用製品・技術特集にあたって, *日本ファジィ学会誌*, Vol. 3, No. 2, pp. 2-59 (1991).
- 4) 金子, 菅野: ファジィ推論を利用した証券投資エキスパートシステム, *情報処理*, Vol. 30, No. 8, pp. 963-969 (1989).
- 5) 浜田, 築谷, 小坂: 証券価格のチャート分析へのファジィ推論の応用, *日本ファジィ学会誌*, Vol. 3, No. 2, pp. 56-57 (1991).
- 6) Maeda, A. et al.: A Fuzzy-based Expert System Building Tool with Self-Tuning Capability for Membership Functions, *Proc. of World Congress on Expert Systems*, Vol. 1, pp. 639-647 (1991).

- 7) 廣田: ファジィ推論エキスパートシステムの現状と動向, *情報処理*, Vol. 28, No. 8, pp. 1065-1074 (1987).
- 8) 合宝: 株式相場のテクニカル分析 ファンドマネジャーの眼, 日本経済新聞社 (1985).
- 9) Murphy, J. J.: *Technical Analysis of the Futures Markets: A Comprehensive Guide to Trading Methods and Applications*, New York, Institute of Finance, Prentice-Hall (1986).
- 10) 日本証券新聞: 酒田五法は風林火山=相場ケイ線道の極意=, 日本証券新聞社 (1987).
- 11) Yasunobu, C. et al.: A Knowledge-Based Technical Analysis System for Financial Decision-Making, *Proc. of Pacific Rim International Conference on Artificial Intelligence '90*, pp. 89-94 (1990).

(平成3年9月18日受付)

(平成3年12月9日採録)



安信千津子 (正会員)

昭和29年生。昭和52年東京大学工学部計数工学科卒業。同年(株)日立製作所システム開発研究所に入所。エキスパートシステムの研究開発に従事。人工知能学会、日本オペレーションズ・リサーチ学会各会員。



丸岡 哲也 (正会員)

昭和37年生。昭和56年山口県立下関工業高等学校電子科卒業。同年(株)日立製作所システム開発研究所に入所。主として、ビジネス分野におけるエキスパートシステムの研究開発に従事。