

「株価予測に関する一考察」

A STUDY ON PREDICTION FOR STOCK PRICES

安 里 肇

〈目 次〉

はじめに

1. 株式市場の現況

- (1) 株式市場の分析
- (2) エキスパートシステム

2. 株価変動モデル

- (1) 株価のランダムウォークと効率的市場仮説
- (2) 株価の変動要因

3. 株価予測問題

- (1) 株価予測の確率
- (2) 株価の工学的解析

4. 移動平均線

- (1) 格子形結合過程予測器の構築
- (2) 実験シミュレーション

おわりに

はじめに

機関投資家らが、運用資産のポートフォリオ（一般的な意味合いとして金融資産の構成内容を示す概念として用いられている）に株式を組み込む理由は、確定利子付証券に比べ高いリターンが見込めるからである。例えば、1980年1月から89年12月までの10年間で、東証1部全体の株価上昇率は年率20%にもなる。しかし、長期間で見ればこのように高いリターンも各年毎には4%から48%と様々であり、

年による変動が激しくなっている。そして、より短期的には米国のブラック・マンデーのような市場の急落や高騰に大きく左右されることになるのである。このように、株式の運用には大きな不確実性が伴うため、株式ポートフォリオ運用を考える際にも、この不確実性の大きさの把握と特性の理解が重要になる。

現在、証券会社・研究所・大学等で各種株価予測モデルが構築、実用化されているが、完全に株価を予測できるモデルおよびシステムは現在のところ報告されていない。その理

由としては、株価のランダムウォーク（不規則に変動する）性があげられ、結局様々な外部要因も株価に影響を与えるため過去の株価データを用いた単純な数値予測では良い予測結果を示さない。したがって、現時点では確率過程に従う株価変動モデルにあてはめるのが一般的である。つまり、不確定要素の確率問題として取り扱うので、より確率の高い運用を可能にするため、株価予測を個別銘柄の予測として見るのではなく、ポート・フォリオ中の多数の株式集合体として見たほうがリスクが分散され有効である。本論では、得られる情報は過去の株価データのみとするテクニカル分析の検証を試みる。しかし、単に個別銘柄の将来の株価を予測すると正解の確率は非常に低く、リスクも大きい。よって、テクニカル分析の中で重要なウェイトを占める移動平均線に注目し、その問題点を予測器を利用して解決する方法を提案し、間接的に株価予測を支援する。その際、入力を株価データとすることから、非定常要素（急激に変化するデータ）を含むと考えられるため、その場合でも対応することができ、比較的性能が高い格子型結合過程予測器を用いる。なお、ここで取上げた移動平均線は、証券会社等で構築されているエキスパートシステムのルール作りなどでも広く用いられるため、その分野でも有用性がある。

1. 株式市場の現況

(1) 株式市場の分析

継続的な経常収支の黒字と、円高の進行とが相まって、我が国は、世界に冠たる資産大国に成長した。資産国家の先輩であるイギリスが約100年、アメリカが50年の期間を経て今

の地位を築いたのに比較し、我が国はわずか10年たらずというきわめて短期間に資産大国に飛躍したのである。このような状況のもと、金融機関のみならず、企業収益を蓄積した企業、資産に厚みを増した家計など、個々のレベルにおいて合理的な資産運用がきわめて重要なテーマとして認識されるようになった。日本は銀行などの利率が、諸外国に比較し格段に低いと、それらの商品は魅力に欠け、より大きなリターンを見込める証券などに注目が集まっている。特に、こうした資金が急激なスピードで流入した生命保険、投資信託などのいわゆる機関投資家は、巨額の運用資産を背景に、いかにして証券運用を行えば最も効果的かという問題意識を強く認識するようになったのである。このような運用資金の巨額化にともない、資産運用者にとっての運用管理の視点が、株式や債券の個別銘柄から株式や債券の集合体、つまりポートフォリオに移らざるを得ない状態になってきている⁽¹⁾。したがって、資産運用者にとって最大の課題は、いかにして割安銘柄を発見し個別銘柄を選択していくかというミクロ的な取り組みから、どのようにして効率的なポートフォリオを構築していくかというマクロ的な取組みに運用の焦点が転換していくこととなった。その際、効率的なポートフォリオ構築といっても、個々の証券の将来のリターンは不確実性を伴っており、具体的にどのような組み合わせが合理的な選択になるのかという問題になる。最近のブラックマンデーに象徴される株価の大暴落は証券市場の不確実性を浮き彫りにし、単に株価全体の上昇気流にのっていた一般投資家などを震撼させた。この観点からみてもポートフォリオで、リスクを分散させる必要性がある。こうした業界動向に対し、各社と

も、コンピュータを用いた大規模システムの構築による業務の効率化、リスク管理による収益確保の徹底化、新商品・新サービス開発による他社との差別化などを強力に推進している。このようなシステムにおいては、基本的に株価解析の手法として以下の2つが挙げられる⁽²⁾。

○テクニカル分析；過去の株価情報から分析する。

○ファンダメンタル分析；経済の基礎的条件（経済成長率、国際収支、物価上昇率）および企業の会計情報などから株価を分析する。

テクニカル分析では、数学的手法を用いて特徴を抽出し、それをアナリストなどの既存のノウハウに当てはめて株価を予測するという過程である。現在、このような分析法を取り入れて株価を解析するエキスパートシステムが各証券会社を中心に盛んに行われており⁽³⁾、数少ない優秀なアナリストのノウハウをいかにしてシステム化できるかが重要な問題となる。

(2) エキスパートシステム

一つの企業において、意思決定システム(DSS)を利用すると効率的となる業務は、数多く存在すると考えられるが証券業界の場合、重要な意思決定は、第一線で活躍するトレーダ・ディーラが日々行う投資機会の判定と投資対象の選定であるといえ、ここでは多くの専門家たちが、その専門的な知識を駆使して瞬間的な判断を下し、市場での取引業務を行っている。これら専門家たちの知識の多くは、個人ベースで蓄積した経験や勘によるものだが、それらの一部は、今や常識となっているものも多い。古くから証券業界には投資顧問

といわれる専門的なコンサルテーション・サービスが定着しており、こうした知識そのものが、重要なサービス資産にもなっている。したがって、専門家の知識をルールとして表現し、知識を共有して活用できれば収益の向上、サービスの質的向上を図ることができる。以下にルールの例を示す。

表1. 1 例題ルール

	内 容
ルール1	株価収益率が低く、移動平均かい離率も負の値ならば買いである。
ルール2	株価収益率が高く、移動平均かい離率も正の値ならば売りである。

※株価収益率：株価/1株当りの利益

移動平均線かい離率；(株価/移動平均値) - 1。

データベース上のデータから株価収益率と移動平均線かい離率を計算し、得られた値が、ルール1、2に当てはまる度合いを求める。このように移動平均線かい離率などの数学的手法は、ルール作りに際しても利用されており、エキスパートシステムを構築する際には不可欠となっている。

また、ルール管理においては、データベースに蓄えられたデータからの変化を読み取るため判断基準をルール化しておかなければならない。このルール集が証券投資の専門家のノウハウを集約したものである。一般的にモデルの構造に応じて、このルールも4段階あると考えられる。

表1. 2 ルールの階層

	ルールの内容
マクロルール	経済全体に株式市場の動向を判断するルール群で物価指数・金利指数・為替・株価インデックス（個別の株価を加重平均し、指標化した TOPIX、日経225種など）といった変数を用いて記述される。
業種ルール	業種動向を示す個々の経済指標や業種別株価インデックスから業種ごとの売買を判断するルール群。
ミクロルール	マクロ動向や業種動向を離れて、個別の銘柄に注目したとき、その財務状況や株価動向から売買を判断するルール群で、移動平均線かい離率やボラティリティ（価格変動率の標準偏差を年率に換算したもの）といった変数を用いて記述される。
個人ルール	投資家の投資行動に関する基準や社内外での投資規制など。

出所：金子文司・菅野道夫、『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』、情報処理学会 Vov. 30, No 8(1989-9)。

各ルールはレベルごとに独立に処理されるが、その出力は各レベルごとに設定されているウェイト値で加重平均し、合成される。このレベルごとに設定するウェイト値は、いわば投資家の相場観を表現するもので、例えば、業績相場ならミクロルールを重視する、あるいは金融相場ならマクロルールを重視する、といった具合に設定する。

ここで取上げたエキスパートシステムには、ノウハウをルールにした推論などの部分とデータの計数処理などの部分に分れるが、双方によく用いられる評価方法に移動平均線がある。この移動平均線は株式だけでなく経済統計の分析、為替相場の動向を判断する際にも有効である。

2. 株価変動モデル

(1) 株価のランダムウォークと効率的市場仮説
1950年代初め、イギリスの統計学者が株価の周期性を研究するために株価データの分析を行なったが、その分析結果は、予想に反し

て株価はまったくでたらめな動き（ランダムウォーク；random walk）をしていることを示すものであった。それ以後、多くの学者によってこの株価のランダムウォークに関する多数の実証研究や様々な独創的検証が行なわれたが、その分析結果の多くも株価のランダムウォーク性を支持するものであった⁽⁴⁾。株価がランダムウォークをするという分析結果は、当時の実務界に大きな波紋を投げかけた。なぜなら、この結果を受入れてしまえば、過去の株価パターンや株価情報に基づいて将来の株価予想や銘柄選択を行なうテクニカルアナリストの仕事が無意味で価値のないものになってしまうからである。現在でも経済学者からは、根強く証券市場の分析に関しては、ランダムウォーク理論がとなえられており、非線形条件付分散（ボラティリティ）変動モデルなどによりその検証実験が行なわれ、ランダムウォーク理論が成立する銘柄、棄却される銘柄などが詳細に調べられている。

株価のランダムウォーク性の分析を発端として、学界と実務界の間で一大論争が展開さ

れることになり、その後、市場における株式形成の効率性を問題とする効率的市場仮説という形で発展し体系化された。効率的市場仮説の内容をまとめると次のようになる。大規模な資金を運用する機関投資家などを中心に合理的な投資が行われれば、市場は株価がその時点で利用可能なすべての情報を瞬時にかつ完全に織り込むような効率的市場となる。そして、そのような効率的市場においては、いかなる投資家が諸情報に基づいて投資を行っても、継続して市場における平均的投資収益を上回る収益を上げることができないというものである。すなわち、この仮説が正しければ、多くの労力・費用・時間を費やして行われている銘柄選択や証券分析を専門とするアナリストやファンド・マネージャーの存在意義が否定されてしまうことになるのである。効率的市場仮説は、検証の対象とする情報集合の種類によって次の3タイプに分類⁶⁾される。

I. ウィーク型効率的市場仮説

現在の株価は、過去から現在までのすべての株価情報からは予測できない。前述の株価のランダム・ウォーク仮説は、このウィーク型の効率的市場仮説に相当する。この仮説によれば、過去の株価に基づく投資判断は、有効性を失い無意味なものになる。

II. セミストロング型効率的市場仮説

現在の株価は、過去の株価情報だけでなく株価に影響のある公表されたあらゆる情報（企業の会計情報など）を含めても予測することができない。この仮説によれば、投資家が一般に入手可能な財務データなどの公表情報のすべてを反映したとしても、ファンダメンタル分析などによって他を上回る収益を得ることは不可能となる。

III. ストロング型効率的市場仮説

現在の株価は、公表された情報だけではなく非公開情報（インサイダー情報）を含めても予測することができない。この仮説においては、合法的に入手可能なあらゆる種類の情報に基づくすべての投資判断が否定されることになる。

将来の状態は現在の状態にのみ依存する、換言すれば、過去の過程、つまり現状に至るまでのプロセスには依存しないという前提をおいた確率過程の一つにマルコフ過程 (Markov process) がある⁶⁾。株価がマルコフ過程に従うということは、とりもなおさずウィーク・フォームの効率的市場仮説を仮定していることにほかならない。これは、将来の株価を知るうえで重要なのは現在の株価水準であり、過去の株価の推移からは将来の株価推定のために必要な情報は得られないということである。この仮説のもとでは、過去の価格推移チャートなどのデータを用いた、いわゆるテクニカル分析によって平均よりもよいパフォーマンスを得ることはできないということになる。このような各種の検証も数多く報告されている⁷⁾。見方を変えれば株価がマルコフ過程に従うということは、市場競争が働いているということを仮定しているともいえる。市場では数多くの投資家がマーケットをにらみ、株価の動きに注目し、過去の株価の推移からなんとか情報を引き出すことで収益をあげようとしている。結局、市場競争が完全に働いている状況では、どうしても過去の株価から得た情報だけで収益をあげることはできないことになる。このように解析が困難となる市場競争の原理をうまく排除し得る技法があれば非常に有効であり、もし排除できれば、あながちテクニカル分析も無意味なものとは

言い難くなる。

(2) 株価の変動要因

株価の評価方法と株価の変動要因について考える。株式投資収益は、配当と株価の上昇によって得られるが、日本の株式市場の場合、平均配当利回りは0.5%以下ときわめて低く、したがって、収益はもっぱら株価の推移で決定される。株価理論の歴史は古いが、近代的な理論としては、1920年代に入ってヒューブナー(S.S.Huebner)の唱えた二次元株価理論があげられる。これは、株価評価をより本質的な価値評価と市場価格評価に分けるもので、前者を企業の将来利益と還元率などから、後者を金融市場の需給や金利、景気変動などの外的要因から行っている。これ以後も本質的

な株価評価の方法は、配当金と利益の二つを基準とする考えが主流であったが、第二次大戦後、利益や配当に対して株価が上昇すると、これらの成長性を織り込んだ成長株の評価モデルがバレル(O.K.Burrell)らによって主張されるようになった。一方、主として市場分析的アプローチによる市場価格評価は、ファンダメンタルな部分とテクニカルな部分とで形成されるとしていたが、レフラー(G.L.Leffler)は、さらに心理的な要因についても強調し、心理的株理論(confidence theory)を提起した。前述した株価評価のうち本質的な株価評価に近いアプローチであり、実務的な代表例を以下の表に示す。

表 2. 1 代表的な株価評価項目

評価基準	評価項目
配当金・利益	配当割引モデル(DDM; Dividend Discount Model)：将来に発生する配当金のキャッシュフローが、債券のクーポンや償還金と同じように、現在価値に割り引かれて合算されることで、株価が形成されていると考えるモデル
	株価収益率(PER; Price Earnings Ratio) = 株価 / 1株当りの利益
純資産価値	株価純資産倍率(PBR; Price Book-Value Ratio) = 株価 / 1株当りの純資産
	Qレシオ：PBRの資産価値を時価で見直したもの。

上記の株価の代表的な評価方法はいずれも信頼性には問題が多く、通常、これらの指標から直接的に割安・割高を判断するのではなく、全株式の平均PERに対する相対的な大きさ、業種内のPERの分布に対する位置関係、ま

た各個別株式の過去のPERの水準に対する偏りといった形で利用されることが多い。日々の株価変動には、様々な説明がなされるが、主なものを以下の表にあげる。

表 2. 2 株価変動要因

政治・経済的な要因	マネーサプライ、景気、金利、為替、原油価格、海外の市場、要人の発言、選挙。
個別企業の要因	輸出比率、利益成長度、配当増資、M&A(企業の合併・買収)、財務状況、業種、企業規模、PER、PBR、株価変動性、売買高。
その他の要因	証券会社のテーマ、ファンドの設定と決算、裁定取引。

表2. 2の他にも、銘柄がもっている属性によってグループ化し、そのグループ全体の株価が変動することによって、その銘柄が同じような株価変動をするという、グループ別変動要因⁽⁶⁾が挙げられる。このようなグループ別の株価変動要因として重要度の高いものは業種、企業規模、P E Rなどがある。アメリカの市場において、株式の変動は、その半分以上が株式市場全体の動きで説明され、約15%は業種ごとの変動で説明されるという報告⁽⁹⁾があるが、日本市場においてもグループ別変動要因の中で業種要因が最も重要である。

しかしながら、投資家の投資行動は、常に上記のような変動要因を冷静に判断した合理的なものであるとはいえず、心理的な要因によっても株価を変動させていることは無視できない。次章では、これら変動要因からの株価予測が、どの程度の信頼性をもつかを検証する。

3. 株価予測問題

(1) 株価予測の確率

ロンドン・ビジネス・スクールのリチャード・A・ブレイリー (R.A.Brealey) 教授は、ファンド・マネージャーや証券アナリストといった人たちの予測能力の検証を行った。1960年代および70年代のアメリカでプロの投資家として株式運用を行っている人たちは、一般的には、かなりの予測能力を有していると思われていたのであるが、その調査によると予測値と実績値の相関係数はわずか0.15にすぎず、天才的な予測能力をもっている人はきわめて稀であり、天才的な予測能力をもっていると過信している人が圧倒的に多いと忠告している。さらに予測能力が平均的であるにもかかわらず自らの予測能力が天才的であると過剰認識した時には、運用成果は大幅に平均以下のものになってしまうと警告している。

表3. 1 予測能力に対する認識の重要性

投資家の認識	投資家の能力	
	天才的	平均的
天才的	平均以上のパフォーマンス	平均以下のパフォーマンス
平均的	平均的パフォーマンス	平均的パフォーマンス

出所：Brealey, R. A., An Introduction to Risk and Return from Common Stocks, The MIT Press, 1983.

わが国においても一般的に行われている金利などの予測値と実績値との間にどのような相関がみられるか検証されたが、結果を見る限り、予測値は予測時点の数値に左右されやすい傾向があり、予測値と実績値との関係はきわめて弱いものであることが示されている。このように株価予測は、専門家である証券アナリストらにとっても難しく、確率は非常に

低い。よって株価予測は、数値データ、専門家から見た評価項目（景気、金利、為替、利益成長度、財務状況、P E R、P B R等）のデータおよびその重要度、内部情報の収集力、市場原理のルール化（市場競争のモデル化）などが揃ってはじめて満足に予測ができるのであって数値データからの予測などというのは、ほとんど無理に近い。したがって、本論

では個別銘柄の単体予測を行うのではなく、ポートフォリオでリスクを分散して運用することを前提とし、テクニカル分析等で広く用いられている移動平均線に注目し、その精度

を向上させることにより間接的に予測確率を上げる努力をする。以下に株価予測システムを性能順に区別して証券アナリストとの比較を行った表を示す。

表3. 2 株価予測システムと証券アナリストの比較表

タイプ	得られる情報	有効性
A 型	○過去の株価情報のみ (テクニカル分析のみ)	ポートフォリオでの使用を前提として条件付きで適用可能(おおまかな選定)
B 型	○過去の株価情報 ○株価に関するあらゆる公開情報 (経済成長率・国際収支・物価上昇率・企業の会計情報) (テクニカル+ファンダメンタル分析)	個別銘柄の分析等にも適用できる。 ○平均的のパフォーマンスを示す証券アナリストと同等の能力
C 型	○過去の株価情報 ○株価関係の公開情報 ○非公開情報(インサイダー情報)	個別銘柄の分析等にも適用できる。 ○平均以上のパフォーマンスを示す証券アナリストと同等の能力
D 型	○過去の株価情報 ○株価関係の公開情報 ○非公開情報 ○市場競争の原理 (知識データベースとして保存)	個別銘柄の分析等にも適用できる。 ○一流アナリストと同等のパフォーマンスを示すことができる。

表3. 2より個別銘柄の分析にはB型以降のモデルを必要とする。確率の面からみるとC、D型が望ましいが、Cではインサイダー情報、Dでは市場原理の知識データベース構築という難問があって、実現は困難となる。例えば、知識データベースのルール作りなどは、一流のアナリストから情報を収集しなければ意味がないが、はたして、アナリストがその知識・勘などをたやすく教えてくれるかどうかは疑問である。

(2) 株価の工学的解析

株式市場の分析は、ファンダメンタル分析とテクニカル分析に分かれることは前にもふれた。しかし、株式市場は、いわば、森羅万象の事象に影響を受ける対象であるため、これらの知識の確実性は非常に低く、時には、知識の内容とは全く逆の結果になることさえ

ある。現在、構成されている株価テクニカル分析法には、グランビルの法則、ローソク足に関する分析法(ケイ線)、モメンタム分析、サイコロジカルライン、出来高移動平均線、逆ウォッチ曲線などがある⁽¹⁰⁾。これらテクニカル分析のなかで重要な目安として移動平均線がよく用いられているが、この移動平均線とは、現時点から過去に遡りいくつかのポイントの平均を現時点の出力とするものである。ここで、株価における移動平均線は、例えば、グランビルの法則⁽¹¹⁾によれば、「移動平均線が下降したのち横這いから上昇し、また株価がこの移動平均線を上回ってくれば買い信号」のように使用する。しかしながら、株価の変化は、移動平均線において遅れて現れてくるという致命的な欠点があり、その運用には注意が必要である。

また、株価チャート等を分析してみると、その特徴として以下の点が挙げられる。

- 急激に変化する点が含まれる（非定常データ）。
- 株価はその近傍のデータに強く影響を受け、どちらかという距離が離れれば相関関係が薄れてゆくように見える。
- ランダムな動きをしており確率過程にあてはめて解析するのが一般的。

このような特徴は、画像データと非常に類似しており、テクニカル分析に画像処理等の工学的技術が応用できるのではないかと考えられる。例えば、雑音加わった画像データから雑音除去を行う場合では、雑音の種類によって方法は異なってくるが、一般的なガウス性雑音（白色ノイズ）などでは、雑音は短時間で激しく変動する高周波となる。よって、これを除去する際には、ローパスフィルタ等が用いられる。このローパスフィルタの代表的なものが平均値フィルタ（移動平均線）になる。よって、平均値フィルタにより、激しく細かく変動するデータが滑らかになって出力される。

株価には市場原理が働いているので、仮にチャート分析等で90%の確率で価格が上昇するパターンが発見されたとすると投資家たちはその株式を買いにかかり、結果として直ちに株価が上昇してしまう。ある程度上昇すると、リターンを目的に投資している投資家たちはそれを売りにだし、株価は下降していく。このような市場原理の予測（どの程度まで値が上がるのかなど）は非常に難しく、短期的にはほとんど無理に近いが中長期的に見ると必ずしもそうとは言えない。なぜなら、市場原理から影響を受ける株価変動の平均が0となるのではないかと考えられるからである。

もし、この仮定（市場原理＝白色ノイズ）が正しいとすれば、平均値フィルタによりその変動を排除することが可能になる。よって、フィルタ出力（移動平均線）は株価の本来持っている傾向や特徴となるはずである。これらの特徴が正確に抽出できれば、株価全体の平均値、企業の会計情報などと関連づけて解析することも可能となるため移動平均値自体でも分析の一手法となり得る。しかしながら、前にも触れたとおり時間的な遅れがあつては利用が制限されるため、画像データなどで有効性が確認されている時間的遅れを生じない雑音除去（平均値）フィルタを株価データに適用し、検証する。

4. 移動平均線

(1) 格子形結合過程予測器の構築

予測器を用いて、例えば20週の平均ならば、1～20週先の予測値を推定し、その平均値（40週）として移動平均線を求めるため時間的遅れを生じなくなる。よって、1～20のように、将来のいくつか先のポイントを予測できるkステップ先予測の格子形結合過程予測器（kは任意に設定できる数）を併用することにより時間的遅れがない平均値フィルタを構築する。kステップ先予測のための予測器の研究は、筆者らにより報告⁽¹²⁾⁻⁽¹⁵⁾されているが、本論では、この中の格子形結合過程予測器⁽¹⁶⁾を用い、それを平均値フィルタに導入し、時間的遅れのない雑音除去フィルタを構築する。

平均値フィルタにおいては、 $(2k+1)$ 個の観測データから、原時点の移動平均値 \bar{y}_t を

$$\bar{y}_t = \frac{y_{t-k} + \dots + y_{t+1} + y_t + y_{t+1} + \dots + y_{t+k}}{2k+1} \dots(1)$$

により算出するが、ここで、時刻tにおいて

観測されない y_{t+1} ($i=1, 2, \dots, k$) については k ステップ先を予測する格子形結合過程予測器の予測値を用いる。まず、 i 段目における前向きおよび後向き予測誤差 $f_{i,t}$ および $b_{i,t}$ の次数に関する再帰式は次式となる。

$$\begin{bmatrix} f_{i,t} \\ b_{i,t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & \gamma_i^f \\ \gamma_i^b & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} f_{i-1,t} \\ b_{i-1,t-1} \end{bmatrix} \dots\dots\dots(2)$$

但し、 γ_i^f および γ_i^b はそれぞれ前向きおよび後向き反射係数を示す。このとき、 1 から k ステップ先の観測値を予測する予測器の次数を p とし、入出力関係式を次式で定義する。

$$\hat{y}_{t+j} = - \sum_{i=0}^p a_i^j \cdot y_{t-i} \quad (j = 1, 2, \dots, k \leq L) \dots\dots(3)$$

但し、 a_i^j および L は予測係数および最大予測数を示す。

なお、入力ベクトル $y_t = [y_t, \dots, y_{t-p}]^T$ と後向き予測誤差ベクトル $b_t = [b_{0,t}, \dots, b_{p,t}]^T$ と

が一意的対応関係を有する⁽¹⁷⁾ことから、 y_{t+j} は後向き予測誤差ベクトル b_t の関数として次式のように書き直すことができる。

$$\hat{y}_{t+j} = - \sum_{i=0}^p h_i^j \cdot b_{i,t} \dots\dots\dots(4)$$

但し、 h_i^j は後に決定される未定係数である。更に、(4)式の両辺に Z^{-j} (遅延演算素子) を乗じ、次式の評価関数

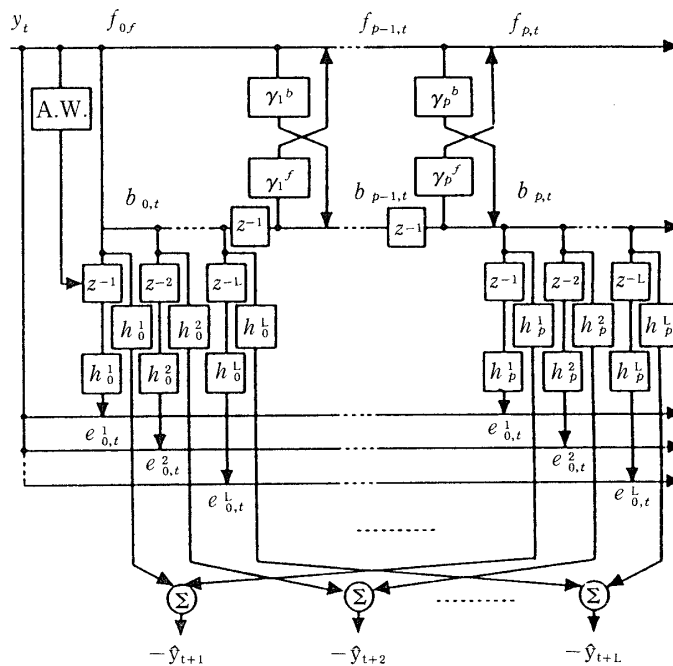
$$J_j = E [e_{p,t}^2] \quad (e_{p,t} = y_t - \hat{y}_t) \dots\dots\dots(5)$$

を定義する。このとき、(5)式の評価関数を最小にする最適なタップ係数 h_i^j は次式のように求められる。

$$h_i^j = - \frac{E [e_{i-1,t} \cdot b_{i,t-j}]}{E [b_{i,t-j}^2]} \dots\dots\dots(6)$$

以上より、 1 から k ステップ先の観測値を予測し得る格子形結合過程予測器のブロック図は図4. 1となる。

図4. 1 格子形結合過程予測器



(2) 実験シミュレーション

前節で構築した格子形結合過程予測器を移動平均線を求める際に使用する。適用にあたっては、上場株式の中から、乱数を用いてランダムに選んだ株式銘柄10社を対象にその有効性を検証する。ここで、本来なら上場株式全銘柄に適用しなければならないが、データが入手できなかったため、いくつかの銘柄のみに限定し、株価は1990年3月から1992年10月

までの約140の週足データを用いている。

シミュレーションにおける評価は移動平均線に適用した場合の時間的遅れの改善度である。ここでは、通常の移動平均線の形を保存したまま時間遅れを解消しているかを比較している。以下に、ランダムに選んだ銘柄の一つをAとしてその20週移動平均線を ave1、30週を ave2、40週を ave3 として示す。

図4.2 移動平均線

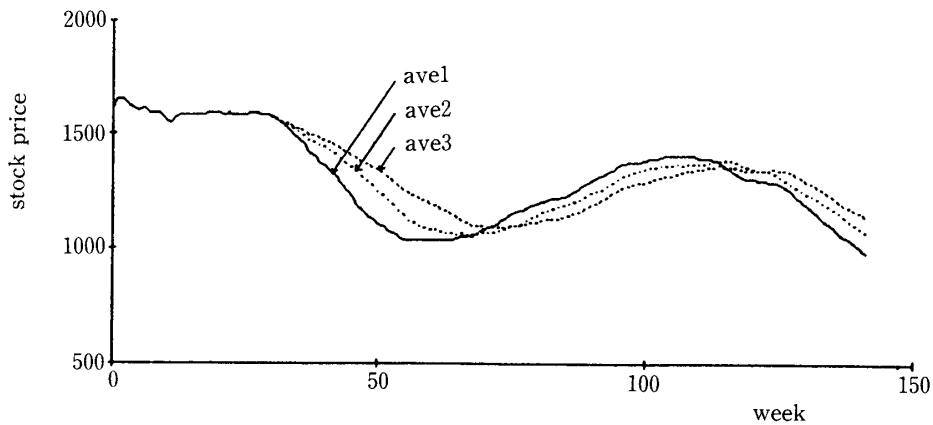
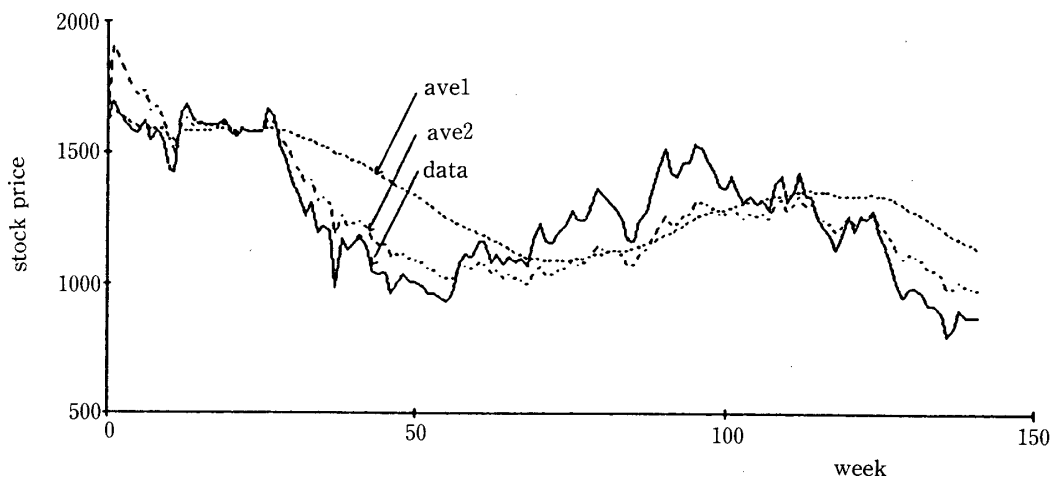


図4.2より平均する週を増やしていくと全体的に滑らかになっているが平均線が右側にずれていくことが分る。よって、このずれをいかにしておさえられるかが問題である。

次に、銘柄Aの移動平均線を図4.3に示す。ここで、dataは銘柄Aの株価を、ave1は通常の40週移動平均線を、ave2は予測器を使用し改良した40週移動平均線を表わす。

図4.3 銘柄Aの移動平均線の比較



改良型の左側は、予測器に入力されるデータが不十分なため挙動がおかしくなっている（予測器が不安定のため）がデータが十分に入力された状態では、通常の移動平均線を左側にずらした形とほぼ一致している。これは時間的遅れが改善された証拠である。また、通常型に比べ改良型が平滑化されていない（滑らかになっていない）のは、日足に比べ変動

が大きい週足のデータを用いていることに起因していると考えられる。よって、日足データを用いるなどの解決方法がある。また、現フィルタを用い出力した移動平均線をフィルタに再入力し、数回フィルタを通過させることによっても平滑化は容易に行える。同様に銘柄B、Cの移動平均線を図4.4、図4.5に示す。

図4.4 銘柄Bの移動平均線の比較

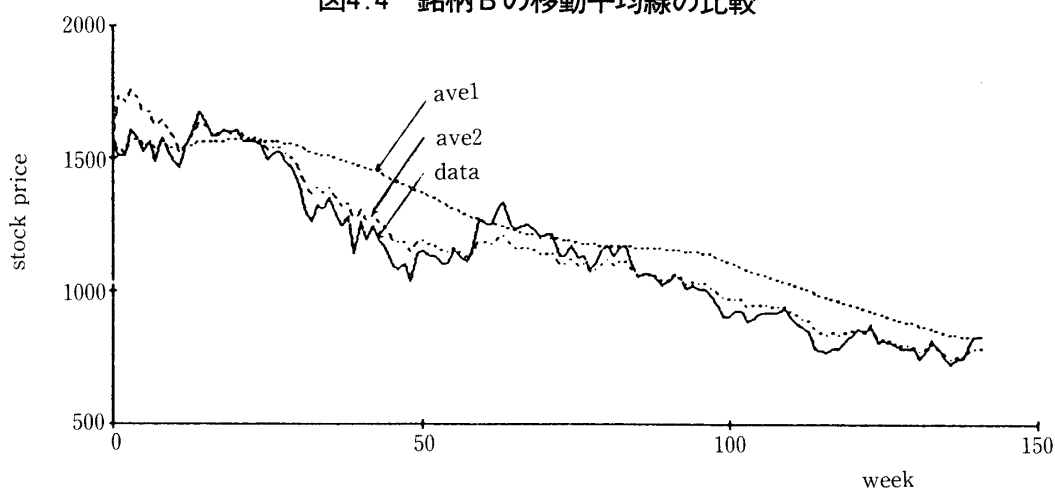


図4.5 銘柄Cの移動平均線の比較

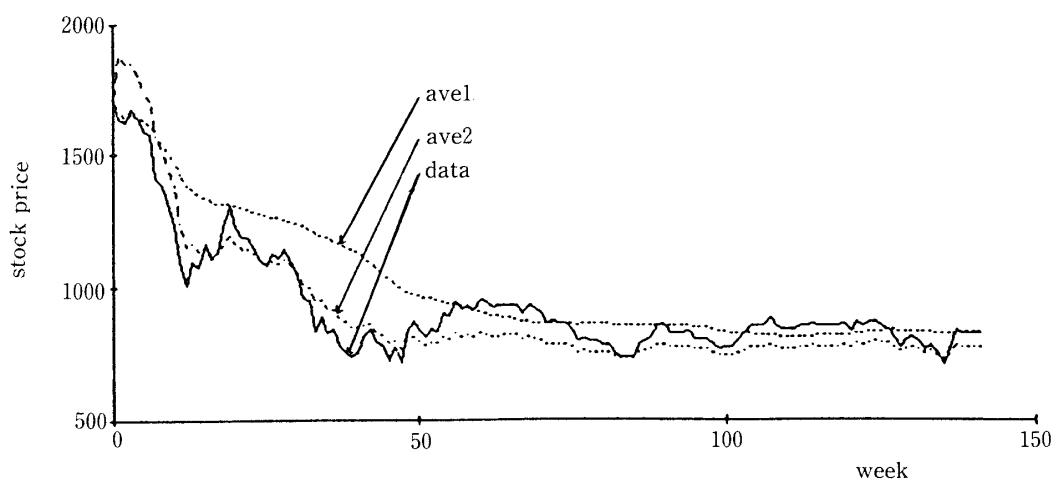


図4.4、図4.5より銘柄B、Cの場合も銘柄Aと同様、ほぼ形を保存しながら、時間的遅れを解消している。ここでは、示せなかったがランダムに選定した10銘柄のうち他

の7銘柄も上の3例とほぼ同様な結果を示している。

以上の結果より、格子形構造を持つ予測器を用い、移動平均線を求めることにより、あ

る程度の時間的遅れを解消できた。また、この予測器は現在構築されているものの中でも非常によい性能を示しており、しかも、予測値単体で評価するのではなく、予測値集合の平均を用いる点から考えると、有効性があると思われる。

おわりに

以上のように、株価のテクニカル分析、エキスパートシステムのルール作りなどで広く用いられている移動平均線に非定常過程でも有効性が証明されている格子形結合過程予測器を適用し、時間的遅れの問題を解消した。このことによって、移動平均線を用いた予測方法、および移動平均線を単体で用いた場合の株価の特徴抽出においても性能改善が期待できる。また、本論で用いた予測器の精度に関しても、現時点では、平均をとるという点、格子型結合過程予測器を用いるという点を考え合わせると最低限の性能は保証できる。しかしながら、根本的に数値データからだけの予測では、ある程度の確率(例えば、100の銘柄を選びそのうちのいくつかの株価が上昇したなど)は達成できるとしても実用的にはかなり問題が残る。個別銘柄などの分析をする際には、一般的な証券アナリストの意見と同様あまり当てにならないと推測される。よって将来的には、移動平均線を用いた数値データからの予測に加えて、一流アナリストの経験・勘などをエキスパートシステムの知的情報として、ファジィ理論などのようなものを通して取り入れる必要がある。また今回は、株価データの不足のためシミュレーション解析が一部の銘柄でしか行えなかったが、今後の課題としては、上場株式全銘柄の日足デー

タを用いて解析し、さらに数値データ以外の株価に与える外部要因も含めて総合的(テクニカル分析、ファンダメンタル分析、市場原理など)な見地から解析できる株価予測システムを構築していきたい。

注記：

- (1) H.M.Markowitz, Portfolio Selection; Efficient Diversification of Investment, John Wiley & Sons, 1959.
- (2) 山口高平、『証券市場と知識システム』、コロナ社 Computrol No.31 (1990)。
- (3) 岩下安男、『金融と人工知能』、コロナ社 Computrol No.31 (1990)。
- (4) 安田信託銀行投資研究部編、『ザ・ポートフォリオ・マネージメント』、社団法人金融財政事情研究会 (1990)、P.99。
- (5) 前掲『ザ・ポートフォリオ・マネージメント』、P.100。
- (6) ジョン・ハル著 三菱銀行商品開発室訳、『フィナンシャル・エンジニアリング』、社団法人金融財政事情研究会 (1992)、pp.76-77。
- (7) 前掲『ザ・ポートフォリオ・マネージメント』、pp.101-106。
- (8) 前掲『ザ・ポートフォリオ・マネージメント』、pp.115-117。
- (9) 日本証券経済研究所編、『証券資料 No.106 証券市場のパフォーマンスと流動性』(1989)。
- (10) 金子文司・菅野道夫、『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』、情報処理学会 Vol.30, No.8 (1989-9)。
- (11) J.E.Granville, "A Strategy of Daily Stock Market Timing for Maximum Profit," Englewood Cliffs N.J., 1960.

- (12)山下勝己・宮城徳雄・宮城隼夫：『ラティ
スフィルタを併用した平均値フィルタの一
設計法』、電気学会論文誌C,111, No.1,
pp.56-57 (1991-1)。
- (13)山下勝己・安里 肇・宮城隼夫：『ラティ
ス形結合過程予測器を併用した適応的窓幅
をもつ平均値フィルタの一設計法』、情報処
理学会研究報告、Vol 91No56, CV-73-4,
pp.25-31 (1991-7)。
- (14)山下勝己・安里 肇・宮城隼夫：『ラティ
スフィルタを併用した平均値フィルタの一
設計法』、電気学会論文誌C,111, No.10,
p.529 (1991-10)。
- (15)安里肇：『適応格子形結合過程予測器の一
設計法』、琉球大学大学院工学研究科修士論
文 (1992-3)。
- (16)山下勝己・安里 肇・宮城隼夫：『格子形
結合過程予測器を併用した適応的窓幅をも
つ平均値フィルタの一設計法』、電子情報通
信学会論文誌(A), J 75-A, 4, pp.850-
853 (1992-4)。
- (17)S.Haykin, "Introduction to Adaptive
Filters," Macmillan, London (1985).