

テクニカル指標の動的選択と tick 価格予測

田中 美栄子^{†1} 徳岡 聖 二^{†2}

一般にランダムウォークとして振る舞うとされている株価の日次変動においても、さまざまなパターンの統計的性質に基づいて予測を行おうと、多くの試みがなされている。特にテクニカル指標を利用した価格予測は多くの投資家によって行われており、同時にまた、新しい指標が次々と提案されてもいる。しかしどの指標をどのような場合に利用すべきかといった科学的分析はほとんどなく、結果として投資家ごとに好みの指標を恣意的に用いるにとどまっている。一方、研究資料として近年急速に普及するに至った tick データは、株価や為替の日中変動を詳細に記録したもので、変動のパターンには一定の規則性が見られ、ランダムウォークから有意に異なることから多くの研究者の興味を集めている。本論文は、このような日中変動の予測に利用すべく、動的に変化する価格時系列の状態を進化計算に基づいて追いつながら、その状態に最も適したテクニカル指標の組を選定し短期予測を実行するシステムを、指標のパラメータの選定も合わせて行うシステムを新たに構築し、それをを用いて株価、および為替の実 tick データにおいてその有効性の検証を行った結果について報告する。

Adaptive Use of Technical Indicators for the Prediction of Tick-wise Price Fluctuation

MIEKO TANAKA-YAMAWAKI^{†1} and SEIJI TOKUOKA^{†2}

While technical analysis is widely used by practitioners for predicting the price trends and market strength, and many new indicators are proposed for this purpose, it is rare to see serious investigations as to which indicator is to be chosen under specific situations based on scientific rigorosity. This situation results in the random choice of favorite indicators by individual practitioners. On the other hand, databases of tick-wise price fluctuations that have become available to our reach recently attract much attention of many researchers of diverse fields of expertise due to the deviation from the randomness. We report in this paper on our attempt to construct a new version of our prediction generator system which incorporates the function of selecting the necessary parameters of indicators, as well as the result of testing this system on the real tick-wise data of stock prices as well as foreign exchange rates.

1. 価格の短期予測

価格変動は大まかにいってランダムウォークであり、百発百中の予測はできないのが普通である。市場は効率的であって不当に安すぎたり、高すぎたりする価格はすぐに是正されて永くは続かない。少なくともこのように信じることによって万人が平等の立場で参加できる、公平な株式市場や為替市場という概念が成立するわけである。もしも特定の参加者のみに有利に働くような条件が成立しているのであれば、そのような市場に最初から負け組として参加する人はいなくなるはずである。

しかし tick レベルの早い動きを見ると、必ずしも効率的とはいえない部分がある。不当に安すぎたり高すぎたりする価格が数十～数百 ticks 連続するような現象が見られることもあり、価格変動の世界はけっして不毛の砂漠ではない。それどころか、変化自在の魅惑に満ちた、大変面白い世界なのである。ここでの魅惑は金儲けという次元にとどまるものではない。魚釣りが必ずしも食料の調達という次元にとどまらないのと同じく、価格変動の予測は人知の極限を窺う最も挑戦的なゲームであるとさえいえる¹⁾⁻⁹⁾。

このゲームは計算機の援用により、さらなる魅力を輝かせる。Tick レベルの動きは変化が速く、人間にとっては追いつくにくいほどのスピードを持っている。これは、学習機能を備えた計算機プログラムをもって初めて相手にできる程度のスピードである。このことは、硬直した作戦を腕力で実行する大規模数値計算的なアプローチではなく、変化自在なプログラム切替え

^{†1} 鳥取大学工学部知能情報工学科

Department of Information and Knowledge Engineering, Faculty of Engineering, Tottori University

^{†2} リコーソフトウェア株式会社

RICOH Software, Inc.

機能を搭載可能な、フットワークの軽い人工知能プログラムを、状況に応じて使い分ける意思決定支援システムを必要とする^{10)~16)}。

本稿では、昨年の“進化計算法による tick 価格変動のトレンド予測”¹³⁾の手法を進展させ、移動平均の期間や指標の値の分割数などのパラメータ値を固定するのではなく、価格変動の様相を示すラベルの時間的変化に応じて、最適なパラメータ値を自動選択しつつ、価格の自動予測を行うシステムを構築し、文献 13), 14) で用いた株価に加えて為替までを含む tick 価格変動の実データを用いて検証した結果を報告したい。結果は為替に対しても 50%を有意に超える予測的中率が得られることが分かり、tick 価格変動が効率的市場の理想から程遠い事実と、市場が少なくとも 10-tick 以上の記憶長を有することなどが実証できた。

2. 予測可能性

市場が完全に効率的であれば、条件付き確率が偏ることはないはずである。条件付き確率とは、ある事象 B が起こるという条件下での別の事象 A の起こる確率をいい、これを $P(A|B)$ と書く。tick データにおいてはしばしば、次のように条件付き確率を用いた、up-down 解析を 1-tick 間の価格差に対して行う。up-down 解析とは、価格が変化しない場合を無視したうえで、価格が上がったときを「+」、価格が下がったときを「-」と表し、価格差の時系列を+-のみで表示して、解析する手法である。ここでは、これに価格差が変化しなかった場合を「0」として、さらに細かく価格差の動きを見ることとする。たとえば、3 回連続で価格が上昇した条件下で次に価格が上昇する確率は $P(++++)$ と表され、逆に下がる確率は $P(-++++)$ となる。

これを 1-tick 先の条件付き確率を P1-tick, 10-tick 先の条件付き確率を P10-ticks として、価格の動きの偏りを調べる。このとき、本研究で用いる円ドル為替 tick データ 900 万点を 5 万点ずつのデータセットに分割して条件付き確率を求めた結果を図 1, 図 2, 図 3 に示す。

図 1 は、down, flat, up の条件下で 1-tick 先の価格が上昇する確率を表している。この図を見ると、down の条件下では 70%の確率で上昇していることが分かる。つまり、下がった後は上がりやすいという性質が tick データには見られる¹⁷⁾。

次に、図 2 は 10-ticks 先の条件付き確率を表している。これを見ると、現在の価格が 1-tick 前と比較して下降しているという条件下では 60%の確率で 10-ticks

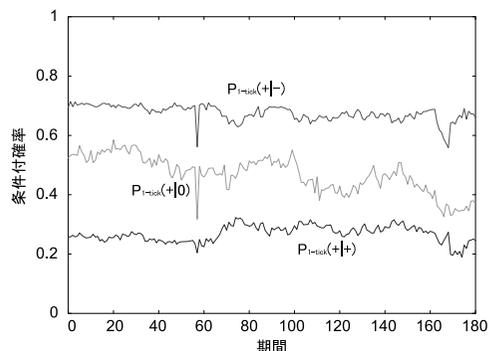


図 1 1 tick 先の価格が上昇する条件付き確率

Fig. 1 Conditional probability of up move at 1 tick later, conditioned by down, flat, up motions.

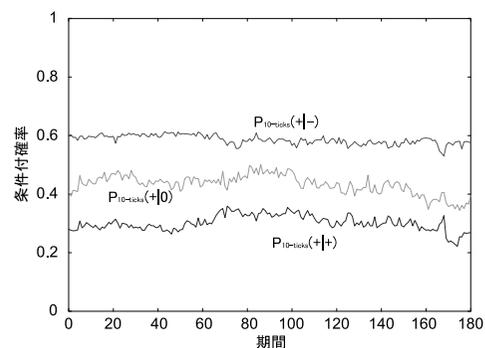


図 2 10 tick 先の価格が上昇する条件付き確率

Fig. 2 Conditional probability of up move at 10 ticks later, conditioned by down, flat, up motions.

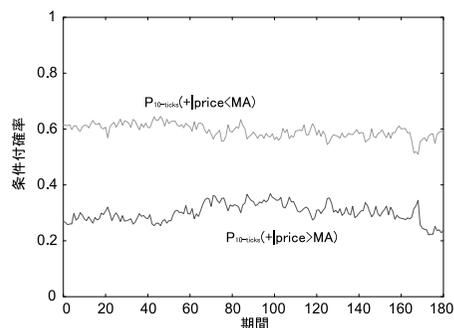


図 3 現在価格と移動平均との大小関係を条件として 10 tick 先の価格が上昇する条件付き確率

Fig. 3 Conditional probability of up move at 10 ticks later, conditioned by relative size of present price and its moving average.

後は上昇することを意味している。つまり、tick データは過去 1-tick の価格の履歴が 10-ticks 先の価格に影響を与えていることになる。

図 3 は現在価格とその 50-tick-移動平均の大小関係を前提条件として用いた条件付き確率である。前提条件の違いによって 10 tick 先で価格上昇する確率と下

降する確率の平均値が異なることにより、移動平均を用いた短期予測が可能となることが示唆される。

以上の結果から、tick データには 10-tick 先以降にも影響があり十分に予測する可能性があると考えられる。以降に、この tick データの定常性を利用した予測手法について述べる。

3. 予測プログラムの設計

テクニカル・チャートは数多く提案されており、大別して、以下の 3 カテゴリがある。

- (1) 価格トレンド（上昇/下降）
- (2) トレンド転回（上昇 ⇄ 下降）
- (3) 市場の強度の指標（モメンタム、出来高、など）

上記の (1) に属するものは何らかの移動平均（MA と略）、すなわち時系列をある期間（T）にわたって平均したもの、に関するものが多く、価格が上がり調子であるか下がり調子であるかを示す。(2) に属するものはトレンドの転換点に関係するものが多く、異なる期間 T の移動平均の上下関係などがよく用いられる。たとえば、SLMA というチャートは期間 T の短いもの（SMA）と長いもの（LMA）を元の価格時系列に比較して、これらの 3 時系列の上下関係を判断材料とする。この変形として、SLEMA がある。これは遠く離れるほど指数関数的に減少するような重みを用いた移動平均、すなわち指数平均（EMA と略）の、期間 T の長いほうの指数移動平均 LEMA と短いほうの SEMA を比較して元の価格時系列との上下関係を判断材料とする。一般にはどれか 1 つで判断することは少なく、異なるカテゴリのチャートを複数組み合わせる用いることが多いようである。

しかしどのような条件下でどのチャートがいいかという分析はあまりなく、人ごとに自分の好きなチャートというものがあって、気分によって適当に使いつけていたりすることが多い。

しかし実際に使ってみると、期間 T を少し変えただけで結果が異なることが分かり、どんな場合にも有効な T というものを見つけるのは難しい。

ここでは最適なチャートの選択と最適な期間 T の選択とを同時に行うようなシステムの構築を試みる。そのために、頻用される 10 種類のチャートを選出し、その組合せとして最適なものをデータに合うように選出するとともに、期間 T などのパラメータの決定も同時に行えるようなプログラムを考案した。図 4 に全体の処理の流れを示す。

初期段階では学習データを用いて最適な各指標のパラメータを決定する。具体的には図 4 に示すシステム

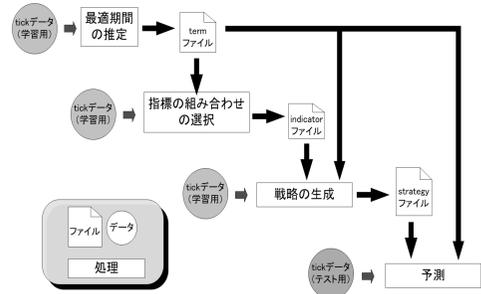


図 4 予測システムの処理の流れ図

Fig. 4 Flow of processes in our prediction generator.

表 1 円ドル為替のデータから推定したパラメータ

Table 1 The parameters obtained from the data (¥/\$).

| 指標 | パラメータ |
|--------------|-------|
| MA | 4 |
| SLMA : SMA | 4 |
| SLMA : LMA | 30 |
| SLEMA : SEMA | 3 |
| SLEMA : LEMA | 4 |
| MACD : SMA | 2 |
| MACD : LMA | 15 |
| MACD : PRICE | 2 |
| BB | 4 |
| MO1 | 1 |
| MO2 | 1 |
| RCI | 3 |
| RSI | 11 |
| PHL | 3 |

表 2 データから学習した最適な指標の組合せ：上位 10 組

Table 2 The best 10 learning results for the combination of indicators.

| 順位 | 指標の組合せ |
|----|---------------------------|
| 1 | (MO1, MA1, MACD, RCI) |
| 2 | (MO2, MA1, MACD, RCI) |
| 3 | (MO1, MA1, RCI) |
| 4 | (MO2, MA1, RCI) |
| 5 | (MO2, MA1, MACD, BB, RCI) |
| 6 | (MO2, MACD, BB, RCI) |
| 7 | (MO1, MACD, BB, RCI) |
| 8 | (MO1, MA1, MACD, BB, RCI) |
| 9 | (MO1, BB, RCI) |
| 10 | (MO2, BB, RCI) |

を実行することにより、使用データごとに一番良好な予測結果を出したパラメータを選出するのである。パラメータとは、移動平均に対しては期間 T であり、その他の指標に対しては分割数である。表 1 に 1999 年の円/ドル為替 tick データが、一番良好な予測結果を出したパラメータ値を示す。次に指標の最適な組合せを学習データから決定する。表 2 に 1999 年の円/ドル為替データの 10 tick 先を予測した場合に得られた

最適な組合せの上位 10 個を示す．本手法の詳細については文献 13), 14) を参照されたい．

4. 予測結果

こうして得られた結果を用いて戦略を決定し，予測データに対して予測を行う．1995 年から 2000 年にかけて，年ごとに前半を学習データとし，その年の後半を予測データとした．こうして得られた 10-tick 先の予測結果を表 3 に示す．いずれの年についても 65-70% の正答率を得ていることが分かる．表 3 の上段は最上の戦略を用いた場合の結果であり，下段は指標の

表 3 10 tick 先の変動方向を予測した場合的中率 [%]

Table 3 Rate of correctly predicted direction of price movement [%].

| Year | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 |
|---------|------|------|------|------|------|
| Best | 69.9 | 66.5 | 64.9 | 66.0 | 67.7 |
| Average | 69.9 | 66.5 | 64.8 | 66.0 | 67.7 |

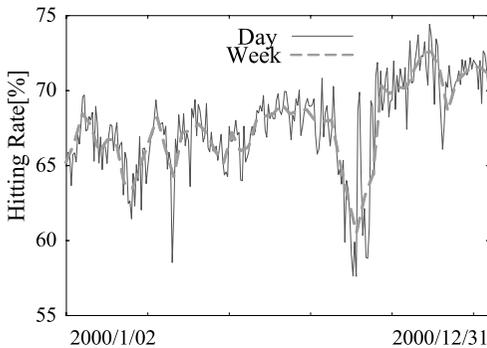


図 5 現在価格と移動平均との大小関係を条件として 10 tick 先の価格が上昇する条件付き確率

Fig. 5 Conditional probability of up move at 10 ticks later, conditioned by relative size of present price and its moving average.

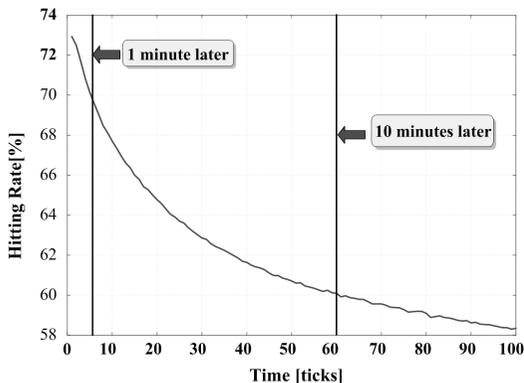


図 6 予測時点による予測的中率の推移 (2000 年の円ドル為替)

Fig. 6 Change of prediction rate according to the prediction point (exchange rate in 2000 (USD/JPY)).

選び方を変えた場合の 10 種類の平均値である．実際には分散が非常に小さいことが分かる．

しかし予測的中率は 1 年間のあいだにかなり変動する．図 5 に 2000 年のデータに対する予測結果を示す．日次変化を実線で，週ごとの変化を点線で示してあるが，日次変化は 57% ぐらいから 74% ぐらいまで変動し，週次の場合は 60% ぐらいから 73% ぐらいまでの範囲で変化する．

10 tick よりずっと先まで予測しようとする，当然的中率は下がる．X tick 先の予測的中率を図 6 に示す．1 分先なら 70% 近くの予測率が得られても，10 分先は 60% 程度まで落ちる．

5. 結論と考察

テクニカル指標の組合せと指標のパラメータとを進化計算によって学習しながら価格変動の短期予測を行うシステムを構築し，為替価格変動に適用したところ，10 tick 先に対して，70% 近い高い予測率が得られることが分かった．これはしかし上昇/下降の方向のみに限定した予測であり，変化幅までを考慮した場合はかなり複雑な作業となることが予想される．また，ベースとなる 10 指標をさらに増やしてみることも今後の課題となる．さらには 1 年ごとにデータを変えて学習したが，この期間が適切かどうか今後の課題である．

参考文献

- 野口悠紀雄：金融工学，こんなに面白い，文春新書 (2000)．
- Poundstone, W.: *Fortune's Formula: The untold story of the scientific betting system that beat the casinos and Wall Street* (2005). 松浦俊輔 (訳)：天才数学者はこう賭ける：誰も語らなかった株とギャンブルの話，青土社 (2006)．
- Paulos, J.A.: *A Mathematician Plays the Stock Market* (2003). 望月 衛, 林 康史 (訳)：天才数学者，株にハマる，ダイヤモンド社 (2004)．
- Mantegna, R.N. and Stanley, H.E.: *An Introduction to Econophysics: Correlations and Complexity in Finance*, Cambridge University Press, New York (2000) .
- Takayasu, H. (Ed.): *Empirical Science of Financial Fluctuations*, Springer (2001)．
- 高安秀樹：経済物理学の発見，光文社新書 (2004)．
- 統計数理研究所共同研究レポート 177，経済物理とその周辺 (2005)．
- 統計数理研究所共同研究レポート 187，経済物理とその周辺 (2) (2006)．
- 統計数理研究所共同研究レポート 198，経済物

理とその周辺(3)(2007).

- 10) Tanaka-Yamawaki, M.: On the Predictability of High-Frequency Financial Time Series, *KES 2003*, Palade, V., Howlett, R.J. and Jain, L. (Eds.), LNAI 2773, pp.1100–1108 (2003).
- 11) Tanaka-Yamawaki, M. and Motoyama, T.: Predicting the Tick-wise Price Fluctuations by Means of Evolutionary Computation, *Proc. IEEE-CEC*, pp.955–958 (2004).
- 12) Tanaka-Yamawaki, M.: Tickwise Predictions of Foreign Exchange Rates, *KES 2004*, Negoita, M., et al. (Eds.), LNAI 3213, pp.449–454 (2004).
- 13) 徳岡聖二, 田中美栄子: 進化計算法による tick 価格変動のトレンド予測, 数理モデル化と問題解決シンポジウム論文集, pp.53–56 (Oct. 2006).
- 14) Tanaka-Yamawaki, M. and Tokuoka, S.: Adaptive Use of Technical Indicators for the Prediction of Intra-day Stock Prices, *Physica*, A383, pp.125–133 (2007).
- 15) Tanaka-Yamawaki, M. and Tokuoka, S.: Two Stochastic Phases of Tick-wise Price Fluctuation and the Price Prediction Generator, *Proc. International Conference on Noise and Fluctuations*, pp.631–634 (2007).
- 16) Tanaka-Yamawaki, M. and Tokuoka, S.: Adaptive Use of Technical Indicators for Predicting the Intra-day Price Movements, *KES2007/WIRN 2007*, Apolloni, et al. (Eds.), Part II, LNAI 4693, pp.597–603, Springer Verlag, Berlin, Heiderberg (2007).
- 17) Tanaka-Yamawaki, M.: Stability of Markovian

Structure Observed in High Frequency Foreign Exchange Data, *Annals of the Institute of Statistical Mathematics*, Vol.55, pp.437–446 (2003).

(平成 19 年 8 月 8 日受付)

(平成 19 年 9 月 26 日再受付)

(平成 19 年 11 月 10 日採録)



田中美栄子 (正会員)

1950 年生. 1974 年京都大学理学部卒業, 1979 年名古屋大学理学研究科満期退学, 1983 年 Rochester 大学博士課程修了 (Ph.D. in Physics). CNY, SUNY, NASC, 相山女学園大学, 宮崎大学工学部を経て, 現在, 鳥取大学工学部教授. 主たる研究テーマは経済物理学, 複雑系科学. 『経済物理学: 暴落はなぜ起こるのか?』(PHP 出版, 2004 年, 共訳), 『情報科学概論』(講談社, 1996 年, 共著). 日本物理学会, I.E.E.E. (Computer Society) 各会員.



徳岡 聖二

1983 年生. 2005 年鳥取大学工学部知能情報工学科卒業, 2007 年鳥取大学工学研究科知能情報工学専攻修了, 工学修士. 2007 年 4 月よりリコーソフトウェア(株)勤務.