

ブートストラップ法における 日経 225 インデックスに関するテクニカル戦略の検証

甲斐 貴之[†] 宮崎 浩一[†]

市場が完全に効率的でありランダムウォークに従うのであれば、テクニカル戦略から超過収益を得ることはできないはずである。しかし、テクニカル戦略は今日でも個人投資家、機関投資家を問わず人気のある投資戦略の一つであり続けている。本研究では、有名なテクニカル戦略を 8 種類採り上げて、その収益性をブートストラップ法に基づき検証する。つまり、実現株価に用いたテクニカル戦略が運良く、偶然に収益を上げたのか、それとも、市場は必ずしも完全に効率的ではなく、テクニカル戦略の適用手法によっては超過収益を見込むことが可能であるのかについて検証する。

Analysis on the Profitability of Technical Trading for Nikkei225 Index Using Bootstrap Method

TAKAYUKI KAI[†] and KOICHI MIYAZAKI[†]

If financial market is perfectly efficient and follows random-walk, technical analysis has no use to make extra-profit. In reality, even in 21st century, the technical analysis is one of the popular trading strategies among individual and institutional investors. In this research, adopting 8 kinds of popular technical strategies, we examine the profitability of these technical strategies using bootstrap method. More specifically, we attempt to verify whether the technical strategy produces the extra-profit with just luck or it has some mechanism to generate the extra-profit from the market due to its inefficiency.

1. はじめに

テクニカル戦略の歴史は古く、一世紀以上もの間、金融市場で用いられてきた。そのため、テクニカル戦略が優れた投資パフォーマンスを得るのに利用できるかどうかを判断するために多くの研究がなされてきた。最近ではテクニカル戦略がどこまで実践に応用できるか、その客観的な効果を検証した試みとして合資・小沢 [2006] がある。そこでは、日経平均株価や個別銘柄として、国内を代表する企業である新日鉄、ソニー、トヨタ自動車の 3 銘柄を対象とし、ヒストリカルなデータセットに対して 25 にも及ぶテクニカル分析手法の結果が提示されている。

ヒストリカルなデータセットに対してテクニカル戦略のパフォーマンスを測定する場合、そのデータセットだからこそ、偶然に収益を上げることができたのではないかということが考えられる。そのため、テクニカル戦略を評価するに際し、実現株価のパスを一つのモ

デルに従う一本のパスとして考えたとき、そのパスだから、たまたま収益が生じたのか、それとも有意に超過収益が生じるのかを検証する必要がある。White[2000]では、大数の法則とブートストラップ法を用いることによって統計的な検証を可能にした。White[2000]ではこれを利用し、ダウ工業平均株価や S&P500 先物指数に対して最も収益性の高いテクニカル戦略の期待リターンが有意に正となるかを検証することでアメリカの市場が効率的であるかどうかについて言及している。

本研究では、先行研究 White[2000] のフレームを利用し、テクニカル戦略を日経 225 インデックスに対して用いた場合に、有意に正の期待リターンを上げられるかどうかを検証する。テクニカル戦略の統計的評価に基づく有用性について言及した後、期間ごとに分けて検証を行い、その期間の特徴と戦略との関係についても言及していく。

2. 分析手法

2.1 基本設定

まず、テクニカル戦略 k のベンチマークに対する超過収益を以下のように表す。

[†] 電気通信大学システム工学科
Department of Systems Engineering, The University of
Electro-Communications

$$\bar{f}_k = \frac{1}{n} \sum_{t=R}^T f_{k,t+1}$$

$$f_{k,t+1} = \ln [1 + y_{t+1} S_k(x_t, \beta_k)] - \ln [1 + y_{t+1} S_0(x_t, \beta_0)]$$

ここで、 n は時点 R (テクニカル戦略によって必要となるウインドウの日数) から時点 T までの期間の数 (テクニカル戦略を実行する日数) であり、 $T = R + n - 1$ となる。また、 X_t は時点 t での株価であり、 $y_{t+1} = (X_{t+1} - X_t)/X_t$ は期間 $[t, t+1]$ の日次リターン、 $S_k(x_t, \beta_k)$ はパラメータセット β_k を持つテクニカル戦略 k の時点 t におけるポジション (買い: 1, ニュートラル: 0, 売り: -1) を示すインジケータ関数である。 $S_0(x_t, \beta_0)$ はベンチマークとする戦略の時点 t におけるポジションを示すインジケータ関数である (本研究では、ベンチマークとして現金保有を利用するため、常に 0 とする)。 $x_t = \{X_{t-i}\}_{i=0}^R$ は期間 $[t-R, t]$ の株価のデータセットを意味する。

2.2 仮説検定

本研究では、テクニカル戦略 k の期待リターン $E(f_k)$ が有意に正となり、超過収益を得ることができるかについて仮説検定を行う。しかし、 $E(f_k)$ の分布を実際に入手することは不可能である。そのため、以下に示す White[2000] の定理 2.3 を利用し、実現株価のパスから作成した 1000 本のブートストラップ株価のパス (2.3 Stationary Bootstrap 手順で作成方法を説明する) を用い $E(f_k)$ の近似分布を作成したうえで仮説検定を行う。

[White[2000] の定理 2.3]

$f_{k,t}$ が定常過程に従うとき、 $T \rightarrow \infty$ とすると

$$\rho \left(L \left[\sqrt{n} (\bar{f}_k^\Delta - \bar{f}_k) \mid X_1, \dots, X_T \right], L \left[\sqrt{n} (\bar{f}_k - E(f_k)) \right] \right) \xrightarrow{D} 0$$

が成立することが知られている。ここで、 L は確率分布であり、 ρ は確率分布の距離を示す。また、 $\bar{f}_k^\Delta$ はブートストラップ株価に対してテクニカル戦略 k を行った際のパフォーマンス、 $\bar{f}_k$ は実現株価に対してテクニカル戦略 k を行った際のパフォーマンス、 $E(f_k)$ はテクニカル戦略 k の期待リターンを意味している。つまり、十分に長い期間において ($T \rightarrow \infty$)、1000 本のブートストラップ株価にテクニカル戦略を行った際の収益と実現株価にテクニカル戦略を行った際の収益との差の分布が、任意の期間でテクニカル戦略を行った際の収益とそのテクニカル戦略の真の期待収益との差の分布と近似できるということである。これによって、テクニカル戦略 k の期待リターン $E(f_k)$ に関する分布を

ブートストラップ手法により複製することができる。つまり、この複製した分布と実現データの収益とを比較することで p 値を算出することができ、帰無仮説を $H_0: E(f_k) \leq 0$ とする仮説検定が可能となる。

2.3 Stationary Bootstrap 手順

ここでは、株価が AR1 モデルに従うと仮定し、実現株価のパスを AR1 モデルに従う一本のパスとして考え、以下の手順を行う。また、得られる結果がモデルに依存していないかを確認するため、AR2 モデルでも検証を行うことで結果の頑健性を確認した。

まず、検証期間 $[R, T]$ の株価データに式 (1) の AR1 モデルを仮定して回帰分析を行い、誤差項 ε_t のデータセット $\{\varepsilon_R, \dots, \varepsilon_T\}$ を作成する。

$$y_{t+1} = \alpha + \beta \cdot y_t + \varepsilon_{t+1} \quad (1)$$

次に、以下の手順に沿って、この誤差項のデータセット $\{\varepsilon_R, \dots, \varepsilon_T\}$ から新たに誤差項 $\varepsilon_{\theta(t)}$ を無作為に選びなおし、式 (1) を用いてブートストラップ株価を作成する。 B はブートストラップ株価セットの番号であり、本研究では 1 から 1000 までとする。また、 $\theta(t)$ は時点 t におけるブートストラップ株価の誤差項の添え字を意味する。) ここで、元データの自己相関性を考慮した上で検証するために、検証期間の自己相関の大きさによって、スムージングパラメータ q を設定する。 q の値は小さければ自己相関が強いデータに適切であり、逆に大きければ自己相関が弱いデータに適切である。そのため、検証期間ごとに自己相関の強いものから $q=0.01, 0.1, 0.5$ と設定した (具体的な設定は表 1 参照)。このスムージングパラメータ q によって、誤差項を選びなおす際に、平均 $1/q$ の長さで実データから連続して誤差項を選んでいくことになる。

[作成手順]

まず、 t を作成する株価の時点とする。

初期時点 $t = R$ において、 $\varepsilon_{\theta(R)}$ を独立で一様な $\{\varepsilon_R, \dots, \varepsilon_T\}$ から無作為に選び、式 (1) からブートストラップ株価を作成する。 $(\varepsilon_{\theta(R)} = \varepsilon_l, \text{ 但し } l \in \{R, \dots, T\})$

$t = t + 1$ とする。

もし、 $t \leq T$ ならば、新たに区間 $[0, 1]$ の独立で一様な乱数 U を用意する。

- もし、 $U < q$ ならば $\varepsilon_{\theta(t)}$ を独立で一様な $\{\varepsilon_R, \dots, \varepsilon_T\}$ から無作為に選ぶ。 $(\varepsilon_{\theta(t)} = \varepsilon_m, \text{ 但し } m \in \{R, \dots, T\})$
- もし、 $U \geq q$ ならば $\varepsilon_{\theta(t)} = \varepsilon_{\theta(t-1)+1} = \varepsilon_{n+1}$ とする。 $(\varepsilon_{n+1}$ は時点 $(t-1)$ で選ばれた誤差項 $\varepsilon_{\theta(t-1)} (= \varepsilon_n, n \in \{R, \dots, T\})$ の実データ上の翌時点の誤差項) こでもし、 $\theta(t) > T$

表 1 各期のデータ期間とその市場局面

	第 1 期	第 2 期	第 1-2 期	第 3 期	第 4 期	全期間
期間	91/1~95/12	95/1~99/12	91/1~99/12	99/1~03/12	03/1~07/12	91/1~07/12
市場局面	横ばい 1	横ばい 2	横ばい	下降	上昇	-
HV(年率)	23.14 %	23.29 %	23.21 %	25.25 %	17.57 %	22.49 %
年率リターン	-1.01 %	1.49 %	0.23 %	-10.73 %	11.29 %	-0.05 %
自己相関係数	-0.0020	-0.0843	-0.0433	-0.0176	-0.0062	-0.0290
設定した q	0.5	0.01	0.1	0.1	0.5	0.1

表 2 全期間における各テクニカル戦略の p 値が最も低いパラメータセットでの結果

	モメンタム	RSI	ストキャス ティックス	スローストキャ スティックス	ゴールデン・ デッドクロス	エンベロープ	ボリンジャー ・バンド	MACD
期間累積リターン	99.16 %	57.41 %	3.06 %	19.92 %	128.98 %	146.56 %	68.66 %	90.22 %
p 値	0.003(***)	0.057(*)	0.446	0.131	0.002(***)	0(***)	0.058(*)	0.022(**)

(***) : 1 % (**) : 5 % (*) : 10 % 有意

*注 ここでの、各パラメータセットはスペースの都合上、省略させていただく。

となったら $\varepsilon_{\theta(t)} = \varepsilon_{\theta(R)}$ とする。

$t > T$ ならば、手順を終える。

選択された $\varepsilon_{\theta(t)}$ をもとに式 (1) よりブートストラップ株価を作成する。

を繰り返す。

この手順を 1000 回行うことによって、1000 本のブートストラップ株価を作成する。

3. 採用するテクニカル戦略と分析対象

3.1 採用するテクニカル戦略

本研究では、 w 日分の株価を利用した独自の指標数値から売買シグナルを作成するオシレーター戦略を 4 種 (モメンタム, RSI, ストキャスティックス, スローストキャスティックス) と株価の w 日移動平均線を利用し、売買シグナルを作成する移動平均線戦略を 4 種 (ゴールデン・デッドクロス, エンベロープ, ボリンジャー・バンド, MACD) の全 8 種類のテクニカル戦略 (各戦略の詳細は合資・小沢 [2006] を参照) を扱う。また、それぞれの戦略で使用するパラメータセットの組み合わせは一般に広く使用されると言われている組み合わせを中心にウインドウ w などを多少、変えたものを扱った。

3.2 分析対象

1991 年 1 月 4 日から 2007 年 12 月 28 日までの日経 225 インデックスの日次終値を採用する。株価データは表 1 に示すように、6 つの期間に区分し、それぞれをその特徴から市場局面で分類した。特徴としては下降局面ではヒストリカルボラティリティ (以下, HV) が高く、上昇局面では HV が低いという特徴がある。横ばい局面は第 1 期がやや下降、第 2 期がやや上昇ではあるものの、第 1-2 期ではほぼ横ばいとなっていて HV もほぼ同じである。また、検証期間の自己相関の大きさによって、表 1 に示すようにスムージングパラメータ q を設定した。

4. 実証分析結果

本研究では、テクニカル戦略を日経 225 インデックスに対して用いた場合に、有意にプラスの超過収益が

見込めるかについて検証した。テクニカル戦略の統計的評価に基づく有用性について言及した後、期間ごとに分けて検証を行い、その期間の特徴と戦略との関係についても言及していく。

4.1 全期間に関する結果

表 2 には、今回の検証で採用した全てのパラメータセットの中で、全検証期間において各テクニカル戦略の p 値が最も低くなったパラメータセットでの期間累積リターンの結果を示した。表 2 の結果から、ストキャスティックス, スローストキャスティックス以外の戦略では与えるパラメータセットによって、有意に超過収益を見込めることがわかった。つまり、日経 225 インデックス市場は弱形 (過去の株価情報のみで形成される市場) としてさえ完全に効率的とは言えないということがわかった。また同時に、モメンタム, RSI, ゴールデン・デッドクロス, エンベロープ, ボリンジャー・バンド, MACD には投資戦略としての利用価値があるということがわかった。

4.2 各テクニカル戦略と市場局面に関する結果

表 1 に示す 6 つの局面ごとに分け、戦略との関係を調べたところ、いくつか興味深い結果が得られた。表 3 には各テクニカル戦略と市場局面との関係を示した。ここでは、横ばい局面とは第 1 期, 第 2 期, 第 1-2 期をまとめたものとし、結果の全体的な傾向を下記の記号で表している。表 3 より、オシレーター戦略は横ばい局面で、移動平均線戦略はトレンドのある局面で超過収益が見込めることがわかった。またさらに、順張り戦略ではトレンドのある局面で、逆張り戦略では横ばい局面で、超過収益が見込めることがわかった。これらのことから、各テクニカル戦略の目論みに概ね沿った形で超過収益が得られていることがわかった。

今回採用したパラメータには、一般に広く使われるパラメータセットを中心にウインドウやバンドを一定の割合で変化させた組み合わせを用いた。また、既存の投資期間に捉われず、短期・中期・長期と比較するパラメータを拡張することで、超過収益を狙うことのできるパラメータセットやテクニカル戦略の得意な市場

表 3 各テクニカル戦略と市場局面との関係

体系	テクニカル戦略		横ばい	上昇	下降	全期間
オシレーター戦略	モメンタム	順張り	○	×	○	○
	RSI	逆張り	○	×	×	×
	ストキャスティックス	逆張り	△ OR ×	△	△	×
	スローストキャスティックス	逆張り	○ OR △	△	△	×
	ゴールデン・デッドクロス	順張り	○ OR △	○	○	○
移動平均線戦略	エンベロープ	逆張り	○	○	○	○
	ボリンジャー・バンド	順張り	×	○ (損切りなし)	○ (損切りあり)	×
	MACD	逆張り	△	○	○	○

○：有意に超過収益が見込める △：どちらともいえない ×：有意に損失が生じる

局面について検証した。その結果、RSI やモメンタム、ボリンジャー・バンド、エンベロープでは、一般に広く使われているパラメータセットは概ね有効であることがわかった。その一方で、ストキャスティックスやスローストキャスティックス、ゴールデン・デッドクロス、MACD といった戦略では、それらはあまり有効でないことがわかった。

4.3 モデルの頑健性について

本研究では、実現株価のパスを一つのモデルに従う一本のパスとして考え、検証を行っている。そのため、ここで仮定するモデルがそもそも間違っていたならば、結果は意味を持たなくなってしまう。そこで、実現株価のパスが従うとするモデルが異なった場合でも、得られる結果に大きな違いがないかどうかを検証する必要がある。White[2000] ではテクニカル戦略 k のベンチマークに対する超過収益 $f_{k,t}$ が定常過程に従うという仮定の下、検証を行っている。そのため、本研究では定常性を満たす AR1 と AR2 の場合で比較、検証した。結果として、両モデルにおける結果に大きな違いは生じず、市場局面との関係性に大きな変化は生じないことを確認した。そのため、本研究で得られたテクニカル戦略に関する結果はより頑健性の高いものであるといえる。

5. まとめと結語

本論文では、ブートストラップ手法を用いて、テクニカル戦略が適用手法によって、有意に超過収益を見込むことができるのかどうか検証してきた。その結果、全検証期間において、いくつかの戦略ではパラメータセット次第で有意に超過収益を見込めることがわかった。このことから、日本の市場が必ずしも効率的ではなく、テクニカル戦略の適用手法によっては超過収益を見込むことが可能であるとわかった。

また、各テクニカル戦略の収益と市場局面との関係は、各テクニカル戦略の目論みに概ね沿った形の収益となっていることがわかった。概ね、横ばい局面ではオシレーター戦略、または逆張り戦略、トレンド局面では移動平均線戦略、または順張り戦略を中心に利用する

のが良いことがわかった。さらに、各テクニカル戦略には市場局面ごとに適したパラメータセットがあることもわかった。これらのことから、市場局面に応じたテクニカル戦略・パラメータの選択が極めて重要になることがわかった。

本研究では、テクニカル戦略の統計的な有用性と、市場局面ごとに有効となるテクニカル戦略とそのパラメータセットに関して統計的検証を行ってきた。今後、小型・大型や製造・非製造などのように銘柄特性を持つ個別銘柄に対して同様の検証を行うことで、市場局面のみならず個別銘柄特性を考慮しつつ、有意に超過収益が見込めるテクニカル戦略について検証することができると思われる。

参考文献

- 1) Halbert White, "A Reality Check for Data-snooping," *Econometrica*, Vol.68, pp.1097-1126(2000)
- 2) Ryan Sullivan, Allan Timmermann and Halbert White, "Data-snooping, Technical Trading Rule Performance, and the Bootstrap," *Journal of Finance*, Vol.LIV, pp.1647-1692(1999)
- 3) 宮崎浩一, "テクニカル・チャート分析が持つ投資情報の価値," *Technical analysis*, Vol.132, pp.3-51(2007)
- 4) 合資都太郎, 小沢文雄, 『株式市場のテクニカル分析』第3版, 日本経済新聞社, (2006)
- 5) John Murphy, "Technical Analysis of the Future Market," *New York Institute of Finance*, (1986) (日本興業銀行国際資金部訳, 『先物市場のテクニカル分析』, 金融財政事情研究会, (1994))
- 6) 汪金芳, 田栗正章, 「ブートストラップ法入門」, 『計算統計 I - 確率計算の新しい手法』岩波書店, (2003)
- 7) 東京大学教養学部統計学教室編, 『基礎統計学 I - 統計学入門』東京大学出版会, (2004)
- 8) John A. Bollinger: 飯田恒夫訳, 『ボリンジャーバンド入門』, パンローリング株式会社, (2004)
- 9) 田中勝博, 『テクニカル分析大全集』, シグマベイスキャピタル株式会社, (2002)
- 10) 宮崎浩一, 『証券分析への招待』, サイエンティスト社, (2005)