

懸賞論文 優秀賞

金融市場のジャンプに対する反発を利用するテクニカル売買戦略 ～統計学的にも妥当なテクニカル分析の一例～

茨城大学工学部知能システム工学科

共同執筆 小泉 洋八
鈴木 智也

要 旨

テクニカル分析の妥当性について様々な検証がなされているが、未だ明確な結論は得られていない。そこで本研究では、統計学的に妥当性を証明できるテクニカル売買戦略の実例を示す。この戦略のエッセンスとして、金融市場で突発的に発生する大変動（ジャンプ）に着眼し、実データ解析を通じて、ジャンプ発生直後の反応に明らかな偏り（アノマリー）が存在することを発見した。これは金融市場の予測可能性およびテクニカル分析の妥当性の源泉になるため、このアノマリーを利用した新しいテクニカル売買戦略を考案した。その後、実データを用いた投資シミュレーションによって本売買戦略の有用性を確認し、さらに統計的仮説検定によって、投資タイミングおよびポジション選択の両観点から統計学的にも妥当な売買戦略であることを確認した。

1. はじめに

テクニカル分析は、経験に基づいた相場観を体系化したものとして、18世紀日本の米相場において考案された。その後19世紀米国においてダウ理論が誕生し、テクニカル分析の基礎が築かれた。当時は計算機技術が未発達であったため、テクニカル分析の妥当性を統計学的に検証する試みは、20世紀後半になってからである。計算機技術が発達した現代においては、統計ツールを誰でも手軽に利用できるため、テクニカル分析に妥当性を求めるニーズは高まりつつある。しかし過去の調査研究によれば、肯定的な研究事例[1-7]もある一方、否定的な事例も散見される[8, 9]。これまでの経緯は、文献[10]が詳しい。そこで本研究では、明確に妥当であると主張できるテクニカル分析を示すことが、本分野の継続的発展にとって

重要であると考え、以下の可能性を検討する。

周知のとおり金融市場の取引価格は、自然災害や画期的な製品の開発といった突発的なニュースによって急激に変動する。このような変動はジャンプと呼ばれ、これを検出するボラティリティ指標[11, 12]が金融工学において提案されている。さらにこれをテクニカル指標に応用した先行研究としてBPVレシオ[13]があり、ジャンプ発生後の市場が不安定な状態を避けて投資する戦略を提案している。しかし投資時におけるロングまたはショートのポジション選択の判断は依然として困難であり、明確な指針は検討課題である。そこで本研究では、BPVレシオの新しい利用法を提案する。

行動経済学によれば、人間は他者を模倣したがる心理バイアスを持つため、市場価格の突発的なジャンプは、投資家らの過剰な追従行動によって

形成される場合がある。もしそうならば、ジャンプ後の株価は市場の効率性によって適正価格に引き戻すように反発しやすいため、むしろジャンプ発生時の方が市場を予測しやすいかもしれない。そこで第3章では、実際の株価データを用いてジャンプ発生直後の反応を調べる。もしこの反応に偏りがあるならば、それは金融市場のランダムウォーカー仮説を否定できるアノマリーに相当し、さらに金融市場の予測可能性およびテクニカル分析の妥当性の根拠になり得る。したがって、もしこのアノマリーが存在するならば、ジャンプ後の市場が不安定な状態を避けるのではなく、むしろジャンプ直後の反応を予見して投資タイミングおよび投資ポジションを決めることができる。この売買戦略の有用性を検証すべく、第4章では実データに基づいた投資シミュレーションを行い、投資パフォーマンスの観点からBPVレシオを用いた従来戦略[13]と比較する。

第5章では、冒頭でも述べたように本提案手法が統計学的にも妥当であるかを検証すべく統計学的仮説検定を実施する。その際、投資タイミングおよびポジション選択の両観点から妥当性を詳細に検証するため、先行研究[1-8]のような検証方法に頼らず、独自に新しい検証方法を考案する。

2. BPV レシオを用いたテクニカル売買戦略（従来法）

本章では準備として、昨年度に提案されたテクニカル売買戦略[13]を紹介する。

時刻 t における投資対象銘柄 i ($i = 1, 2, \dots, n$) の株価を $s_i(t)$ とすると、対数収益率 $r_i(t)$ は次式のように定義される。

$$r_i(t) = \log \frac{s_i(t)}{s_i(t-1)} \quad (1)$$

対数収益率の変動を定量化するボラティリ

ティ指標として、Realized Volatility (RV) と Realized Bipower Variation (BPV) が金融工学において用いられるが[11, 12]、それぞれ次のように算出される。まず RV を $v_i(t)$ とおくと、

$$v_i(t) = \frac{1}{N} \sum_{a=1}^N r_i^2(t-a+1) \quad (2)$$

と書け、さらに BPV を $b_i(t)$ とおくと、

$$b_i(t) = \frac{1}{N-1} \sum_{a=1}^{N-1} |r_i(t-a+1)| |r_i(t-a)| \quad (3)$$

と書ける。ここで N は参照する過去の期間である。この BPV は時間的に隣り合う対数収益率の絶対値の積で定義されるため、ジャンプのような大きな価格変動が発生すると RV との間に差が生じ、両者の比である $b_i(t) / v_i(t)$ は小さくなる。さらに対数収益率 r_i がトレンドのない正規確率過程である場合、 $N \rightarrow \infty$ ならば $b_i(t) / v_i(t) \rightarrow 2 / \pi$ に収束することが証明されている[11]。先行研究[13]では、これを 1 に収束するように補正した次式を BPV レシオ $c_i(t)$ として定義している。

$$c_i(t) = \frac{\pi}{2} \times \frac{b_i(t)}{v_i(t)} \text{ ここで } \lim_{N \rightarrow \infty} c_i(t) = 1 \quad (4)$$

しかし実際の活用を考えると N は有限なので、式(4)の収束値は厳密ではない。そこで $c_i(t)$ の大小判別には直近 I 期に基づいて経験的に確率分布を構成し、その平均値 $m_i(t)$ と標準偏差 $\sigma_i(t)$ を踏まえて、 $c_i(t) < m_i(t) - \alpha \cdot \sigma_i(t)$ を満たした時刻 t にジャンプが発生したとみなす。ここで、

$$m_i(t) = \frac{1}{I} \sum_{a=1}^I c_i(t-a+1) \quad (5)$$

$$\sigma_i(t) = \sqrt{\frac{1}{I} \sum_{a=1}^I (c_i(t-a+1) - m_i(t))^2} \quad (6)$$

である。ただし標準偏差 σ_i については我々独自の解釈であり、先行研究[13]では標準偏差を考慮しないため $\alpha=0$ に相当する。なお、 α の設定については後述する。

先行研究[13]では、ジャンプ発生直後は市場が不安定になるため全ポジションを手仕舞いし、トレンドを形成し得る安定状態に復帰してから投資を再開する戦略をとる。つまり手仕舞い条件は上記のとおりであるが、仕掛け条件として $c_i(t-1) < m_i(t-1)$ から $c_i(t) \geq m_i(t)$ へ変化した時刻 t に市場が安定状態に戻ったとみなし、ポジションを構築する。この時、ロングまたはショートのポジション選択について強力な根拠は無いが、トレンドの形成を見込みつつ、ポジション構築時刻において $r_i(t) \geq 0$ であればロング、逆に $r_i(t) < 0$ であればショートのポジションを建てる順張り方式を採用している。その後の手仕舞い条件として、 $c_i(t-1) \geq m_i(t-1)$ から $c_i(t) < m_i(t)$ へ変化した場合に新しいジャンプを認識し、反対売買を行うことでポジションを解消する。そして、再び市場が安定化する（仕掛け条件を満たす）まで待機する。本研究ではこの戦略を「従来法」と呼ぶ。

3. 株価ジャンプの発生直後の反応

3.1. アノマリーの発見

行動経済学の観点より、取引価格のジャンプは新しいニュースに対する投資家たちの過剰反応が原因かもしれない。もしそうならば、ジャンプ直後の過剰価格は効率的市場仮説の観点より、直ちに適正価格まで引き戻されると予想される。この可能性を検証するために、東証一部上場企業647銘柄の2000年から2006年までの始値と終値を分析した。なお、本研究に用いる実データはすべてYahoo! ファイナンス[14]から取得し、データ欠損がない647銘柄($n=647$)を採用した。

ジャンプの検出には、前章と同様に式(4)のBPVレシオ $c_i(t)$ を用いる。ただし本研究では、より慎重にジャンプを検出するために $\alpha=1$ とする。これはボリンジャーバンドと同様の考え方であり、過去の経験分布に対して1シグマを超える現象は並外れているとみなす。したがってBPVレシオが $c_i(t) < m_i(t) - \sigma_i(t)$ を満たすほど縮小した時にジャンプが発生したとみなす。一方、過去にはこのような大ジャンプのみならず上記に満たない小規模なジャンプも発生するため、平均値は正規確率過程よりもジャンプに偏った評価になり易い。そこでジャンプ発生の突発さを強調するために、 $c_i(t-1) > m_i(t-1) + \sigma_i(t-1)$ もジャンプ検出条件に加える。これにより、直前状態（時刻 $t-1$ ）はジャンプから程遠い状態にあったことを保証する。その他のパラメータについては先行研究[13]と同様に $I=120$ および $N=13$ とした。なお本研究を通じて、始値または終値を観測する度に、時刻 t を1ずつ進めていく。具体的には、開場時刻の9:00と閉場時刻15:00に時刻 t が更新される。

解析結果を表1に示す。「正のジャンプ」とはジャンプを認識した時刻 t に株価変動が $s_i(t) > s_i(t-1)$ であることを指し、「負のジャンプ」とは $s_i(t) < s_i(t-1)$ であることを指す。その直後（時刻 $t+1$ ）の反応として、「追従」とは再びジャンプと同じ方向に変動することを指す。つまり、正のジャンプ直後の $s_i(t+1) > s_i(t)$ または

表1. ジャンプ発生直後の株価の反応
なお、2000年～2006年（7年間）における東証一部上場企業647銘柄の集計結果。

	正のジャンプ	負のジャンプ
追従	823回（42.0%）	502回（31.2%）
変化なし	213回（10.9%）	192回（11.9%）
反転	925回（47.1%）	915回（56.9%）

負のジャンプ直後の $s_i(t+1) < s_i(t)$ を追従と呼ぶ。一方「反転」とは、ジャンプと逆の方向に変動することを指す。つまり、正のジャンプ直後の $s_i(t+1) < s_i(t)$ または負のジャンプ直後の $s_i(t+1) > s_i(t)$ を反転と呼ぶ。最後に「変化なし」とは、 $s_i(t+1) = s_i(t)$ の場合である。表 1 によれば、負のジャンプ発生直後の株価は反転する傾向が強い。つまり投資家たちは、悪いニュースに過剰反応する傾向が強く、その直後に市場の効率性によって適正価格に引き戻されると考えられる。

次に、より詳細にジャンプ直後の反応を調べるために、日中で発生するジャンプと夜間で発生するジャンプに分類する。なお簡単のため、それぞれ日中ジャンプおよび夜間ジャンプと呼ぶ。「日中ジャンプ」は始値(9:00)から当日の終値(15:00)にかけて観測されるジャンプであり、ジャンプ直後の反応として翌日の始値を調べる。一方「夜間ジャンプ」は終値(15:00)から翌日の始値(9:00)にかけて観測されるジャンプであり、ジャンプ直後の反応として翌日の終値を調べる。

それぞれの結果を表 2 の (a) と (b) に示す。日中ジャンプについては、その直後の反応に顕著な傾向は見られないが、夜間ジャンプ直後の反応には明らかな傾向を確認できる。特に反転する傾向が強く、これは前述のとおり、投資家らの過剰反応が直ちに適正価格まで引き戻されたと考えられる。また夜間に過剰反応が起こる原因として、市場が閉場しているからかもしれない。もし夜間に重要なニュースが発生しても、誰も取引できなければ、その情報を消化することができない。翌日の寄り付き前(8:00頃)に気配値を確認できるが、それから寄り付き(9:00)までの短時間において投資家らの探り合いが起こり、寄り付きで情報が一気に消化される。この短時間という制約が投資家らの追従行動を刺激し、その結果、過剰反応が起こり易いのかもしれない。

表 2. 表 1 と同様

ただし、(a) は 9:00 ~ 15:00 に発生した日中ジャンプ、(b) は 15:00 ~ 翌日 9:00 に発生した夜間ジャンプに対する反応。

(a) 日中ジャンプに対する反応

	正のジャンプ	負のジャンプ
追従	688 回 (44.1%)	417 回 (34.0%)
変化なし	189 回 (12.1%)	164 回 (13.4%)
反転	683 回 (43.8%)	644 回 (52.6%)

(b) 夜間ジャンプに対する反応

	正のジャンプ	負のジャンプ
追従	135 回 (33.7%)	85 回 (22.1%)
変化なし	24 回 (6.0%)	28 回 (7.3%)
反転	242 回 (60.3%)	271 回 (70.6%)

3.2. アノマリーを利用したテクニカル売買戦略 (提案法)

2 章で紹介した従来法では、ジャンプ発生直後の不安定な市場状態ではポジションを構築しない。しかし前節で示したように、ジャンプ発生直後の株価には反転する傾向が見られたため、本研究ではこのアノマリーを利用した新しい売買戦略を提案する。なお、ジャンプの検出にはテクニカル指標である BPV レシオ [13] を用いるので、本手法をテクニカル売買戦略と称する。

表 2 の観点から、次の 4 種がジャンプ直後の反転を狙った売買戦略として考えられ、それぞれ提案法 A ~ D と呼ぶ。

(提案法 A)

正の日中ジャンプを検出した時刻 t に、ショートのポジションを構築する。

(提案法 B)

負の日中ジャンプを検出した時刻 t に、ロングのポジションを構築する。

(提案法 C)

正の夜間ジャンプを検出した時刻 t に、ショートのポジションを構築する。

(提案法 D)

負の夜間ジャンプを検出した時刻 t に、ロングのポジションを構築する。

いずれの場合も、時刻 t で逆取引によりポジションを解消する。

表 2 によれば、提案法 A < 提案法 B < 提案法 C < 提案法 D の順で優秀だと思われる。しかしながら表 2 の結果は、過去の記録に過ぎない点に注意が必要である。つまり売買戦略の有用性を評価するには、表 2 とは異なる時期の株価データに対して検証する必要がある。

4. 実データを用いた投資シミュレーション

提案法 A～D および従来法の有用性を比較検証すべく、3 章で検証した 647 銘柄に対して投資シミュレーションを行った。ただし先述のとおり、先見的情報を除くために検証期間を変更し、2007 年～2013 年の 7 年間を投資期間とした。さらに本研究では 647 銘柄を投資対象とするため、同時刻に仕掛け条件を満たす銘柄が複数発生する場合がある。その場合は、それらに対して等分配でポジションを構築した。

4.1. 投資シミュレーションの手順

従来法と提案法 A～D における投資シミュレーションの手順を示す。投資期間の時刻 t を進めながら以下の Step を繰り返す。

【従来法】**Step 1. 時刻 t の更新**

全 647 銘柄 ($i = 1 \sim 647$) において新しい終値が観測される毎に、時刻 t を 1 つ進める。

Step 2. BPV レシオ $c_i(t)$ の算出

式 (4) を用いて BPV レシオ $c_i(t)$ を算出する。なお先行研究 [13] に従い $N = 13$ とした。さらに先行研究 [13] では終値のみを用いているので、本研究で称する従来法においても同様とする。

Step 3. 平均値の算出

BPV レシオの大小判別の基準として、式 (5) より平均値 $m_i(t)$ を算出する。なお、先行研究 [13] に従い $I = 120$ とした。

Step 4. 投資行動の決定（仕掛け）

$c_i(t-1) < m_i(t-1)$ から $c_i(t) \geq m_i(t)$ へ変化した銘柄 i の全てに対して、毎時刻で一定額 M [円] の投資を行う。つまり投資対象銘柄数を $n(t)$ と書くと、各銘柄への配分額は $M / n(t)$ となる。さらに、 $r_i(t) \geq 0$ の銘柄はロング、 $r_i(t) < 0$ の銘柄はショートのポジションを建てる。なお $n(t) = 0$ の場合は、何もせずに Step 5 へ進む。

Step 5. ジャンプの検出

$c_i(t-1) \geq m_i(t-1)$ から $c_i(t) < m_i(t)$ へ変化した銘柄 i においては、ジャンプが発生したため、その後の価格形成は不安定になるとみなす。

Step 6. 利益の確定（手仕舞い）

Step 5 の条件を満たす銘柄 i について、全てのポジションを反対売買によって手仕舞いする。なお投資最終日には、強制的に全ポジションを手仕舞いする。

【提案法】**Step 1. 時刻 t の更新**

全 647 銘柄 ($i = 1 \sim 647$) において新しい始値または終値が観測される毎に、時刻 t を 1 つ進める。

Step 2. BPV レシオ $c_i(t)$ の算出

式 (4) を用いて BPV レシオ $c_i(t)$ を算出する。なお先行研究 [13] と同様に $N = 13$ とした。さらに提案法においては、始値と終値の両方を用いる。

Step 3. 平均値と標準偏差の算出

BPV レシオの大小判別の基準として、式(5)より平均 $m_i(t)$ を、式(6)より標準偏差 $\sigma_i(t)$ を算出する。なお、先行研究[13]と同様に $I=120$ とした。

Step 4. ジャンプの検出

3.1章と同様に $\alpha=1$ とし、 $c_i(t-1) > m_i(t-1) + \sigma_i(t-1)$ から $c_i(t) < m_i(t) - \sigma_i(t)$ へ変化した銘柄 i においてジャンプが発生したとみなす。

Step 5. 投資行動の決定(仕掛け)

毎時刻で一定額 M [円] の投資を行うため、Step 4 の条件を満たす銘柄数を $n(t)$ と書くと、 $n(t) > 0$ ならば各銘柄に対して $M / n(t)$ [円] のポジションを建てる。

ただし $n(t)=0$ の場合は、何もせずに Step 6 へ進む。ポジションの建て方として、発生したジャンプの特性(正 or 負 および 日中 or 夜間)に応じて、提案法 A～D を切り替える。

Step 6. 利益の確定(手仕舞い)

Step 5 で建てたポジションは、すべて次時刻 $t+1$ において反対売買により手仕舞いされる。もしジャンプに対する反発が起これば、プラスの利益を得られる。なお投資最終日には、強制的に全ポジションを手仕舞いする。

ここであらかじめ、シミュレーションと実際の取引の相違について言及しておく。まず仕掛け時の問題として、終値を観測した後は閉場するので実際にはポジションを構築できない。そこで現実には、閉場直前の取引価格を終値と見立てて BPV レシオを計算する。そして仕掛け条件または手仕舞い条件を満たす場合は、引け(終値)の成行注文を出す。さらに始値においても、観測直後より価格が動き出るので、始値と同額でポジションを構築できない。しかし瞬時に成行注文を出すことで価格差を小さくできるため、シミュレーションではこの価格差は無視できるほど小さいとした。

4.2. 投資パフォーマンスの評価方法

$n(t) > 0$ を満たす時刻 t において M [円] のポジションが構築され、その後の手仕舞いによって $M + \Delta M(t)$ [円] として現金化されたとする。この時の利益額は $\Delta M(t)$ [円] であり、収益率 $R(t)$ は $\Delta M(t) / M$ である。 $n(t) > 0$ を満たす時刻 t の発生回数を T とすると、総収益率 R_{all} は $\sum_{t=1}^T R(t)$ であり、1回あたりの平均収益率は R_{all} / T となる。これらを利用すると、さらに次の指標も計算できる。

- ・資産増幅率 [倍] = $1 + R_{all} = 1 + \sum_{t=1}^T R(t)$
- ・勝率 W [%] = ($\Delta M(t)$ が 0 以上になった回数 / T) × 100
- ・プロフィットファクタ P [倍] = 総利益 / 総損失 = 0 以上の $\Delta M(t)$ の総和 / | 0 以下の $\Delta M(t)$ の総和 |
- ・最大ドローダウン D [%] = 資産増幅率のピークからの最大下落幅

プロフィットファクタは投資の効率性を、最大ドローダウンは投資の安全性を評価する指標として良く用いられる。なお資産増幅率は、単利方式で計算している。

4.3. 投資シミュレーションの結果

投資シミュレーションの結果として、各評価指標を表3に、資産増幅率の時系列変化を図1に示す。予想どおり表2において、ジャンプ後の反発が最も顕著であった提案法Dが最良のパフォーマンスを示している。特にプロフィットファクタおよび最大ドローダウンが良好なため、効率的かつ安全な投資戦略といえる。この様子は図1の時系列変化を見ても確認できる。その他の提案法についても、予想どおり提案法A < 提案法B < 提案法C < 提案法D の順で優秀である。しかし提案法では $\alpha=1$ に設定し、慎重にジャンプ発

表3. 2007年～2013年の東証一部647銘柄に対する投資シミュレーション結果
太い赤字は、各項目の最良値を示している。なお表1, 2とデータ期間が異なる点に注意されたい。

	従来法	提案法 A	提案法 B	提案法 C	提案法 D
投資発生回数 T [回]	1715	771	564	290	193
総収益率 R_{all} [%]	-12.3	14.9	83.7	124	187
1投資あたりの 平均収益率 \bar{R} [%]	-0.01	0.02	0.15	0.43	0.97
勝率 W [%]	48.6	43.8	52.7	58.9	69.2
プロフィットファクタ P [倍]	0.98	1.03	1.29	1.51	3.13
最大ドローダウン D [%]	59.5	36.5	35.8	21.8	4.80

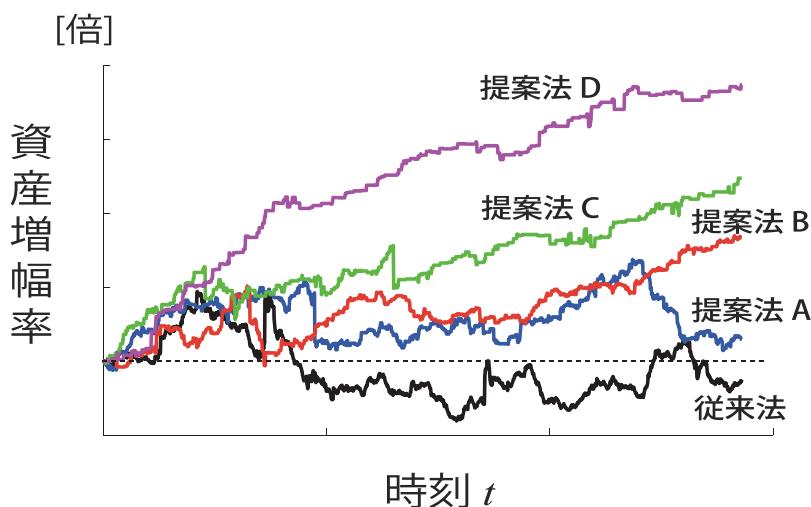


図1. 表3と同様
ただし、資産増幅率の時系列変化。

生の識別を行うため、投資発生回数 T が少ない傾向にある。しかし従来法のように平均収益率 \bar{R} が負の場合、 T が多いほど損失が膨らむので、ジャンプの識別は慎重にすべきだと考えられる。

5. テクニカル分析としての妥当性の検証

前章で有用性を確認できた提案法 A～D に対して、統計学的にも妥当なのかを検証すべく、統計的仮説検定を実施する。なお先行研究 [1-10] よりも詳細に検証すべく、投資タイミングまたは

ポジション選択に分けて妥当性を検定する。

5.1. ポジション選択の妥当性

提案法 A～D で決めた売買ポジション（ロングまたはショート）をランダムに破壊し、投資パフォーマンスが悪化するかどうかを検証する。本章では、検証の対象となる提案法 A～D を「オリジナル戦略」、それらをランダム化したものを「ランダム戦略」と称する。図2に見本として、売買ポジションをランダム化した例を示す。ただしランダム化の対象は仕掛け時の売買ポジション

時刻t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	...
銘柄1		買		買			買			買		買		...
銘柄2	売				売			買			買			...
銘柄3		買			買	売		買				売		...
:														
銘柄647		買		買		買				賣		買		...



時刻t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	...
銘柄1		売		売			買			売		売		...
銘柄2	買				賣			買			賣			...
銘柄3		賣		買		賣		買				買		...
:														
銘柄647		買		買		買				買		賣		...

図2. オリジナル戦略（上図）の売買ポジションを破壊したランダム戦略（下図）
売買タイミングは固定されるが、ロング（買）とショート（売）の回数は変化する。

であり、次時刻の手仕舞いでは、ランダム化後の反対売買によってポジションが解消される。

統計学的仮説検定の観点より、1つのオリジナル戦略から多数のランダム戦略を作成する。乱数によってランダム化するため、全てのランダム戦略は異なる。出来るだけ多くのランダム戦略によって母集団を再現したいため、本研究では10000個のランダム戦略を用意する。次に、全てのランダム戦略に対して前章と同様の評価基準で投資パフォーマンスを評価する。各評価基準につき10000個の成績が得られるが、これがランダム戦略によって実現され得る確率分布である。一般的な統計的仮説検定では、正規分布などを仮定して数式的に確率分布を導出するが、本問題では数式化に用いる仮定が存在しないのでノンパラメトリック検定に相当する。さらに、データのランダム化により母集団を再現し、確率分布を推定する方法はブートストラップ法と呼ばれ、本研究のランダム戦略はこれに着想を得ている。

次に、オリジナル戦略よりも優秀なランダム戦略の出現割合を評価する。この割合を統計学では p 値と呼ぶ。もし p 値が5[%]以下ならば、オ

表4. ポジション選択の妥当性に関する検定結果
各項目は p 値[%]であり、ランダム戦略がオリジナル戦略に勝った割合を示す。太い赤字は p 値<5[%]を意味し、有意水準5[%]の仮説検定において、オリジナル戦略（提案法）の妥当性を積極的に支持できる。

	提案法A	提案法B	提案法C	提案法D
総収益率 R_{all} [%]	39.3%	2.36%	1.21%	0%
1投資あたりの平均収益率 \bar{R} [%]	39.3%	2.36%	1.21%	0%
勝率 W [%]	64.5%	0%	0%	0%
プロフィットファクタ P [倍]	40.2%	4.41%	1.33%	0%
最大ドローダウン D [%]	32.5%	47.9%	8.93%	0%

リジナル戦略の有意性は圧倒的であるため、統計学的にオリジナル戦略は妥当であると主張できる。ただし p 値が5[%]以上であってもオリジナル戦略が不当という訳ではない。有意性が圧倒的でないため、統計学的に明確な結論が得られないだけである。なお、ランダム戦略でも偶然的に強い戦略が出現する可能性があるため、一般的に5[%]の有意水準が用いられる。

検定結果を表4に示す。提案法Aについては全ての評価基準で妥当性を確認できないが、提案法BおよびCにおいては概ね妥当であり、提案法Dにおいては全ての評価基準で妥当性を確認できる。なお先述の通り、本研究では数学的な確率分布を仮定しないため、確率分布の裾は無限大まで続かない。そのため p 値は0%になり得る。これは、オリジナル戦略が全てのランダム戦略に勝ったことを意味する。

しかし、この検証においては注意が必要である。実は、オリジナル戦略をランダム化した際に、ロングとショートの総数が変化するため、相場のトレンド状況によってランダム戦略が不利（または有利）になってしまう。例えば市場全体が上昇相場の場合、ロングのポジションしか構築しない提

案法 B および D は有利であるが、これらのランダム戦略はロング回数が減るので不利になる。このバイアスを補正する場合は、ランダム戦略において獲得した収益率を以下のように修正すれば良い。

まず、市場全体のトレンドを評価するために、投資を仕掛けた全時刻における全銘柄の平均リターン R_M を計算する。次に、オリジナル戦略とランダム戦略で発生したロング回数をそれぞれ N_o および N_r と書くと、ランダム戦略 ($N_o - N_r$) R_M だけ不利である。そこで、ランダム戦略の総収益 R_{all} を $R_{all} + (N_o - N_r) R_M$ として評価する。さらにこれを投資発生回数 T で割れば、1 回あたりの平均収益率 \bar{R} も修正できる。

この補正後の検定結果を表 5 に示す。提案法 B と C の妥当性を積極的に主張できなくなってしまった。

表 5. 表 4 と同様
ただし、ランダム戦略を補正した場合。

	提案法 A	提案法 B	提案法 C	提案法 D
総収益率 $R_{all} [\%]$	44.2%	16.5%	13.7%	0.34%
1 投資あたりの 平均収益率 $\bar{R} [\%]$	44.2%	16.5%	13.7%	0.34%

時刻t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	...
銘柄1	買		買			買			買		買			...
銘柄2	売			売			買				買			...
銘柄3		買			買		売		買			買		...
:														
銘柄647	買			買		買				賣		買		...



時刻t	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	...
銘柄1	買		買			買		買				買		...
銘柄2				買			賣				賣		買	...
銘柄3	賣			買			賣		買		買		賣	...
:														
銘柄647	買		賣		買			買		買				...

図 3. オリジナル戦略（上図）の投資タイミングを
破壊したランダム戦略（下図）
ただし、各銘柄において、ロング（買）とショート（売）の回数は固定される。

またが、提案法 D についてはこのように厳格な検定を行っても妥当性を確認できる。したがって、夜間に突発的な下落（負のジャンプ）が起こった場合、翌日の始値でロングポジションを建てる戦略は統計学的にも妥当である。

5.2. 投資タイミングの妥当性

次に、BPV レシオによって検出された投資タイミングの妥当性について検証する。前節と同様に 10000 個のランダム戦略と比較するが、ただし売買ポジションを保持したまま、投資時刻のみをランダム化する。つまり売買ポジションの総数は変化しないため、前節で考慮した収益率の補正是必要ない。図 3 に見本として、投資タイミングをランダム化した例を示す。ただしランダム化の対象は仕掛けのタイミングであり、ランダム化後においても手仕舞いは仕掛けの次時刻に執行される。

検定結果として p 値を表 6 に示す。全ての提案法において概ね妥当性を確認できる。つまり BPV レシオによってジャンプを検出することは、投資タイミングの認識において非常に大きな意義を持つ。なお p 値の観点からもこれまでと同様に、提案法 A < 提案法 B < 提案法 C < 提案法 D の順で妥当性が高い。特に提案法 Dにおいては、ポジション選択および投資タイミングの両観点より

表 6. 表 4 と同様
ただし、投資タイミングの妥当性に関する検定結果。

	提案法 A	提案法 B	提案法 C	提案法 D
総収益率 $R_{all} [\%]$	5.11%	24.4%	0.16%	0%
1 投資あたりの 平均収益率 $\bar{R} [\%]$	4.19%	1.68%	0%	0%
勝率 $W [\%]$	0%	0%	0%	0%
プロフィットファクタ $P [倍]$	4.98%	4.52%	0.70%	0%
最大ドローダウン $D [\%]$	9.01%	46.0%	26.0%	0%

妥当性を確認できたため、非常に有用なテクニカル売買戦略と考えられる。

6. まとめ

本研究では BPV レシオを用いて市場価格のジャンプを検出し、ジャンプ直後の反応に偏り（アノマリー）があることを確認した。特に終値から翌日の始値にかけて発生したジャンプに対する反発が強く、翌日のザラ場を通じて適正価格に戻る傾向を確認できた。この理由として、夜間は取引を執行できないため、投資家らは夜間に発生したニュースに対して過剰反応しやすいと考えられる。そこで新しいテクニカル戦略として、過剰反応に対する反発を予見して売買ポジションを持つことで、従来のジャンプを回避する戦略よりも安全かつ効率的に収益を獲得できることを投資シミュレーションによって確認した。さらに統計的仮説検定によってテクニカル分析としての妥当性を検証したところ、投資タイミングおよびポジション選択の両観点からランダム戦略に対する有意性を確認できた。

謝 辞

本研究を遂行するにあたり、有意義な議論をさせて頂いた山田雅章氏に深く感謝いたします。なお本研究の一部は、文部科学省科学研究補助金（No.25330280）の助成を受けたものです。

＜参考文献＞

- [1] R. J. Sweeney: "Some New Filter Rule Tests: Methods and Results," *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol.23, pp.285–300, 1988.
- [2] L. Blume, D. Easley, M. O'Hara: "MarketStatistics and Technical Analysis: the Role of Volume," *Journal of Finance*, Vol.49, pp.153–183, 1994.
- [3] S. J. Brown, W. N. Goetzmann, A. Kumar: "The Dow Theory: William Peter Hamilton's Track Record Reconsidered," *Journal of Finance*, Vol.53, pp.1311–1333, 1998.
- [4] R. Gencay: "The Predictability of Security Returns with Simple Technical Trading Rules," *Journal of Empirical Finance*, Vol.5, pp.347–359, 1998.
- [5] A. W. Lo, H. Mamaysky, J. Wang: "Foundations of Technical Analysis: Computational Algorithms, Statistical Inference, and Empirical Implementation," *Journal of Finance*, Vol.55, pp.1705–1765, 2000.
- [6] G. Savin, P. Weller, J. Zvingelis: "The Predictive Power of "Head-and-shoulders" Price Patterns in the U.S. Stock Market," *Journal of Financial Econometrics*, Vol.5, pp.243–265, 2007.
- [7] P. H. Hsu, Y. C. Hsu, C. M. Kuan: "Testing the Predictive Ability of Technical Analysis Using a New Stepwise TestwithoutData Snooping Bias," *Journal of Empirical Finance*, Vol.17, pp.471–484, 2010.
- [8] D. Aronson: Evidence-Based Technical Analysis – Applying the Scientific Method and Statistical Inference to Trading Signals, Wiley Trading, 2007. (邦訳) テクニカル分析の迷信－行動ファイナンスと統計学を活用した科学的アプローチ, 長尾慎太郎監修, 山下恵美子翻訳, パンローリング, 2009.
- [9] B. G. Malkiel: A Random Walk Down Wall Street – The Time-Tested Strategy for

- Successful Investing, W W Norton & Co Inc, 1973. (邦訳) ウォール街のランダム・ウォーカー (原著第10版) – 株式投資の不滅の真理, 幸手正介翻訳, 日本経済新聞出版社, 2011.
- [10] C. H. Park, S. H. Irwin: "What do we know about the profitability of technical analysis," *J. Economic Surveys*, Vol.21, No.4, pp.789–826, 2007.
- [11] O. E. Barndorff-Nielsen, N. Shephard: "Power and Bipower Variation with Stochastic Volatility and Jumps," *Journal of Financial Econometrics*, Vol.2, No.1, pp.1–37, 2004.
- [12] S. S. Lee, P. A. Mykland: "Jumps in Financial Markets: A New Nonparametric Test and Jump Dynamics," *Review of Financial Studies*, Vol.21, No.6, pp.2535–2563, 2008.
- [13] 山田雅章, 鈴木智也: "Bipower Variation を用いた新しいテクニカル指標" *テクニカルアナリストジャーナル*, Vol.1, pp.1–9, 2014.
- [14] Yahoo! ファイナンス (Japan) : <http://finance.yahoo.co.jp>