Vol.2011-MPS-86 No.7
Vol.2011-BIO-27 No.7
2011/12/1

共和分を利用した株式テクニカル投資戦略

佐々木 豊史[†1] 宮崎 浩一[†1]

本研究では，株式市場がランダムウォークに従うときにでもテクニカル戦略を有効にするアプローチとして，共和分を利用して定常な株式ポートフォリオを構築する手法を提案し，収益の生成メカニズムに関して検証する．

A Simple Technical Equity Investment Strategy Using Cointegration

Toyofumi Sasaki [†1] and Koichi Miyazaki [†1]

We provides a simple cointegration-based equity portfolio construction method to make the portfolio to be stationary and the technical strategy for the portfolio to be effective even in the market condition such that individual equity follows random walk and the technical strategy for the equity is unprofitable.

1. はじめに

株式市場を対象とした投資戦略には，大きく分けてファンダメンタル戦略とテクニカル戦略 (詳しくは合寶ら（2006）[1] を参照) とがある．前者は，財務分析等に基づいて企業価値を分析し現在の時価対比で割高割安を判断のうえ投資を行う戦略である．後者は，過去の株価チャート（株価を時系列的プロットしたもの）の特徴に基づいて将来を予測するような手法である．よって，テクニカル戦略の方が，ファンダメンタル戦略よりも統計的手法に関連が高い投資戦略といえる．

本研究は，テクニカル戦略に共和分分析という統計的手法を応用する研究である．統計的観点から，将来の株価がランダムウォークに従うなら，テクニカル戦略から収益を長期的・安定的にあげるのは難しい．一方，将来の株価がランダムウォークではなく，何らかの確率過程に従っているならその確率過程の特徴を的確にとらえたテクニカル戦略を採用することで収益をあげることが可能である．著名なテクニカル戦略の一つに，ボリンジャーバンド戦略（以下 BOL 戦略と呼ぶ）がある．この BOL 戦略には，利用法として多種類あるが，逆張り的（株価が低下したら売られすぎと判断してロング，上昇したら買われすぎと判断してショート）に利用する仕方は，(1) 各時点において，その時点から過去の一定期間における平均と標準偏差を求め，(2) この平均値に標準偏差の定数倍を足した値と引いた値をバンドとして割高・割安の判断基準に利用し，(3) 下のバンドを下回れば売られすぎとしてロングし，将来時点においてその時点から過去の一定期間における平均を上回れば売られすぎが修正されたと見なして買い戻す手法である．

株価の従う確率過程が平均回帰的であれば，例えば，株価が十分に低下した場合には売られすぎと判断することができるので，その時点で株式を購入すれば平均回帰性による株価の上昇が期待できるから，逆張り的に BOL 戦略を採用することで収益をあげることが可能である．しかし，株価の従う確率過程がランダムウォークであれば，株価が十分に低下してもどの水準であれば売られすぎといえるかについての判断基準が得られないため，BOL 戦略を逆張り的に採用しても収益を生み出す統計的なメカニズムがない．このような議論は，株価の従う確率過程として自己回帰過程を想定した場合に，それが定常であるか非定常であるかに基づいて整理することができる．自己回帰過程が定常であれば，株価の平均回帰性から BOL 戦略が効果的となるが，非定常の場合には株価はランダムウォークに従うため，BOL 戦略から収益を生み出すのは難しい．

これまでの実証研究から，株価自体は，長期間にわたってみると非定常であり概ねランダムウォークに従うことが広く知られている．よって，株価の過去の推移に基づくテクニカル戦略から長期間にわたって安定的な収益を生み出すことは難しい．通常，テクニカル戦略は過去のチャートに基づいて短期的なトレンドの発生を見抜くなど株価がランダムウオークから乖離するような株式相場を見抜く上で有効な分析ツールを提供している．本研究では個別の株価が長期的に非定常過程に従う場合でも，幾つかの株式をあるウェイトでロング・ショートして構築したポートフォリオであれば定常過程にしたがう可能性に着目する．つまり，BOL 戦略を長期間にわたって逆張り的に採用した場合においても収益を生み出すことができるような統計的メカニズムを持つポートフォリオを構築しようと試みる．このポートフォリオを構築する際に，各銘柄を組み込むウエイトを決定するために必要な統計的ツール

†1 電気通信大学
The University of Electro-Communications

Vol.2011-MPS-86 No.7
Vol.2011-BIO-27 No.7
2011/12/1

が共和分なのである．本研究では，株式市場がランダムウォークに近い確率過程に従う場合には既存の BOL 戦略を長期間にわたって単純に適用するのでは収益が得られにくいため，共和分を利用した株式ポートフォリオに対してテクニカル投資戦略を適用し，共和分を利用せずに BOL 戦略を適用した場合とパフォーマンスの比較を行い，その収益メカニズムとの因果関係を考察する．

本論文の構成は以下の通り．次章では，BOL 戦略とその統計的側面について述べる．第 3 章では，共和分を利用したテクニカル戦略を提案する．第 4 章では，実証分析を行う．最終章では，まとめと今後の課題について述べる．

2. ボリンジャーバンド戦略とその統計的側面

2.1 ボリンジャーバンド戦略の収益生成メカニズム

BOL 戦略の概要に関して前章で述べたが，ここでは図 1 を用いてより具体的に BOL 戦略のメカニズムを確認する．図 1 には，株価の推移と BOL 戦略で利用する各時点における株価の平均値，上下のバンドの推移を合わせて示したものである．図 1 の時点①では，株価は上側バンドを超えているため買われすぎと判断しショートする．その後，株価が下落し平均値を下回る時点②で買い戻すことで収益が発生することがわかる．また，時点③〜時点④，時点⑤〜時点⑥でも同様にして収益が発生することがわかる．時点⑦では，株価は下側バンドを超えているため売られすぎと判断しロングする．その後，株価が上昇し平均値を上回る時点⑧で売却することで収益が発生することがわかる．以下，同様にして株価の従う確率過程が図 1 に示すようなものであれば，BOL 戦略を逆張り的に採用すれば収益を生み出すことが確認できる．

2.2 収益生成メカニズムの統計的側面

BOL 戦略で用いる将来時点における株価の平均値や上下のバンドが，(A) トレンドを持たない，(B) 極端に大きく変動しない，場合には節 2.1 で確認したように BOL 戦略を逆張り的に採用すれば収益を生み出すことができる．このような株価時系列データに関する (A), (B) の条件は，式 (1)〜式 (3) にある定常性の条件と密接に関連付けられる．

$$E\left(y_t\right) = \mu < \infty \tag{1}$$

$$var\left(y_t\right) = \gamma\left(0\right) < \infty \tag{2}$$

$$cov\left(y_t, y_{t-s}\right) = \gamma\left(s\right) \quad \left(s = \cdots, -1, 0, 1, 2, \cdots\right) \tag{3}$$

これらの条件は，株価過程の平均（式 (1)），分散（式 (2)，よって標準偏差も）及び自己共分散（式 (3)，２時点の差 s のみに依存）は，いずれも時刻 t に依存しないものである．

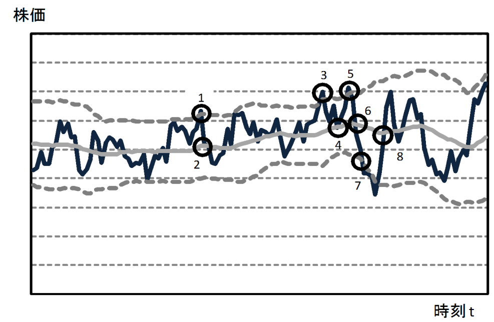

図 1 ボリンジャー戦略（株価が定常な場合）
Fig. 1 Bollinger Band Strategy (Case of $\varphi < 1$)

株価時系列データ y_t が 1 次の自己回帰モデル（式 (4)）に従うことを想定して，どのような場合に，株価時系列データが定常となるかについて整理する．

$$y_t = c + \varphi y_{t-1} + \varepsilon_t \tag{4}$$

ここで，誤差項 ε_t は，$E\left(\varepsilon_t\right) = 0$，$E\left(\varepsilon_t^2\right) = \sigma^2$，$E\left(\varepsilon_t \varepsilon_\tau\right) = 0$，$t = 0, 1, 2, \ldots, n$，$t \neq \tau$ とする．このとき，式 (4) の自己回帰係数 φ が $|\varphi| < 1$ を満たすならば，1 次の自己回帰モデル（式 (4)）は，

$$\mu = E\left[y_t\right] = \frac{c}{1-\varphi} < \infty \tag{5}$$

$$\gamma\left(0\right) = E\left[\left(y_t - \mu\right)^2\right] = \frac{\sigma^2}{1-\varphi^2} < \infty \tag{6}$$

$$\gamma\left(j\right) = E\left[\left(y_t - \mu\right)\left(y_{t-j} - \mu\right)\right] = \frac{\varphi^j \sigma^2}{1-\varphi^2} < \infty \tag{7}$$

を満たし，株価時系列は定常であることが確認できる．図 1 に示した模式図は，式 (4) で $c = 2$，$\varphi = 0.8$，$\sigma = 1$ とした自己回帰モデルに基づく株価のサンプルパスから作成したものである．

次に，式 (4) の自己回帰係数 φ が $\varphi = 1$ を満たす（時系列モデルが単位根を持つ）場合について考える．このとき，式 (4) は，

$$y_t = c + y_{t-1} + \varepsilon_t \tag{8}$$

となり，式 (8) に時刻をずらした関係式を逐次代入することで，

$$y_t = ct + y_0 + \sum_{i=1}^{t} \varepsilon_i \tag{9}$$

を得る．更に，初期値 y_0 を定数項 c_0 とその誤差項 ε_0 を用いて $y_0 = c_0 + \varepsilon_0$ と表現することによって，式 (9) は，

$$y_t = c_0 + ct + \sum_{i=0}^{t-1} \varepsilon_i + \varepsilon_t \tag{10}$$

となる．ここで，式 (10) の第三項を

$$\eta_{t-1} = \sum_{i=0}^{t-1} \varepsilon_i \tag{11}$$

とおくと，η_{t-1} は和分過程と呼ばれるランダムウォークを表し，t 個の正規乱数の和となっているから，その分散 $V(\eta_{t-1})$ は $V(\eta_{t-1}) = t\sigma^2$ となる．よって，自己回帰係数 φ が $\varphi = 1$ を満たす場合には，式 (4) や式 (10) から株価時系列 y_t の平均や分散は一定ではなく増加する，つまり，先の（A）,（B）の条件を共に満たさなくなることがわかる．

式 (8) に従うような時系列はその階差をとると，$\Delta y_t = y_t - y_{t-1} = c + \varepsilon_t$ となるため定常過程 $I(0)$ に従う．このように 1 階の差分を取ったものが $I(0)$ に従う時系列を階差定常 $I(1)$ という．

ここで，株価時系列が単位根を持つ場合に，節 2.1 で確認した BOL 戦略の収益生成メカニズムがどのようになるか確認する．図 2 の模式図は，式 (4) で $c = 0.1$，$\varphi = 1$，$\sigma = 2$ とした自己回帰モデルから生成した株価のサンプルパスと BOL 戦略の指標を示したものである．株価のサンプルパスは図 1 とは大きく異なり，BOL 戦略の有効性も低下することがわかる．実際，図 2 の時点①では，株価は下側バンドを超えているため売られすぎと判断しロングする．その後，株価が上昇し平均値を上回る時点②で売却することで収益が得られることがわかる．また，時点③では，株価は上側バンドを超えているため買われすぎと判断しショートする．その後，株価が上昇した後で平均値を下回る時点④で買い戻すことになるので大きな損失が発生する．株価の従う確率過程が図 2 に示すようなものであれば，BOL 戦略を逆張り的に採用しても必ずしも収益が得られるわけではないことが確認できる．

3. 共和分を利用した株式テクニカル戦略

3.1 共和分とは

株価時系列 x_t と y_t が共に和分過程つまり $I(1)$ に従い，更に，y_t の x_t による回帰式

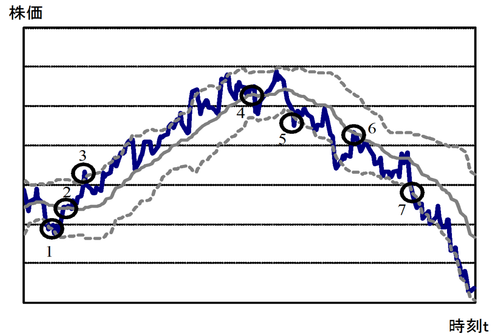

図 2　BOL 戦略 (単位根を持つ場合)
Fig. 2　Bollinger Band Strategy (Case of $\varphi = 1$)

$y_t = \beta x_t + u_t$ において誤差項 u_t が定常である場合，和分変数間に定常な線形関係が見出されることになり，これを共和分という．

株価時系列 x_t と y_t が 1 次のベクトル自己回帰モデルに従っているものとして，2 変数の共和分を考える．$\mathbf{z_t} = \begin{pmatrix} x_t & y_t \end{pmatrix}^t$ とおくと，1 次のベクトル自己回帰モデルは，

$$\mathbf{z_t} = \mathbf{A}\mathbf{z_{t-1}} + \boldsymbol{\varepsilon}_\mathbf{t} \tag{12}$$

と表せる．この両辺から $\mathbf{z_{t-1}}$ を引いて，

$$\Delta\mathbf{z_t} = (\mathbf{A} - \mathbf{I})\,\mathbf{z_{t-1}} + \varepsilon_\mathbf{t} = \mathbf{\Pi}\mathbf{z_{t-1}} + \varepsilon_\mathbf{t} \tag{13}$$

を得る．$x_t, y_t \sim I(1)$ であることから，$\Delta\mathbf{z_t} \sim I(0)$ となり，式 (13) の左辺が $I(0)$ に従うことがわかる．また，式 (13) の誤差項 $\varepsilon_\mathbf{t}$ も $I(0)$ に従うので，式 (13) の両辺のバランスを取るためには，$\mathbf{\Pi}\mathbf{z_{t-1}}$ が $I(0)$ でなければならない．これは，共和分回帰 $y_t = \beta x_t + u_t$ において誤差項 u_t が定常であれば，$\mathbf{\Pi}$ 行列に共和分回帰の情報が含まれ式 (13) が，

$$\Delta\mathbf{z_t} = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -\beta & 1 \end{bmatrix} \mathbf{z_{t-1}} + \varepsilon_\mathbf{t} = \boldsymbol{\alpha}\boldsymbol{\beta}'\mathbf{z_{t-1}} + \varepsilon_\mathbf{t} \tag{14}$$

と表され $\mathbf{\Pi}\mathbf{z_{t-1}}$ や $\boldsymbol{\alpha}\boldsymbol{\beta}'\mathrm{z}_{\mathbf{t-1}}$ が定常となる．式 (13) から式 (14) の導出の詳細に関しては，森棟 (1999)[2] を参照されたい．

Remark:

上記では，共和分回帰 $y_t = \beta x_t + u_t$ において誤差項 u_t が定常である場合において $\mathbf{\Pi}\mathbf{z_{t-1}}$ が $I(0)$ となることを示したが，必ずしも共和分回帰が存在し，$\mathbf{\Pi}\mathbf{z_{t-1}}$ が $I(0)$ となるわけ

ではない．この点に関して，$\mathbf{\Pi}$ 行列の固有値に着目したヨハンセンによる検定手法がある．本節のケースでは，$\mathbf{\Pi}$ 行列は 2 行 2 列の行列であるから，固有値の数は 2，1，0 の何れかである．固有値の数が 2，つまり $\mathbf{\Pi}$ 行列がフルランクの場合には，式 (8) は水準 $\mathbf{z}_t$ に関する通常の VAR モデルであり，このときは $\mathbf{z}_t$ が $I(0)$ でなければならない．逆に，固有値の数が 0 と $\mathbf{\Pi}$ 行列のランクが 0 の場合には，式 (13) は差分 $\mathbf{\Delta z_t}$ に関する VAR モデルであり，株価の水準をベースとした取引戦略をみつけることが困難となる．共和分分析がテクニカル投資戦略において有用となるのは，$\mathbf{\Pi}$ 行列の固有値の数が 1 となる場合，つまり，式 (13) が式 (14) のように分解可能な場合である．

3.2 共和分を用いた株式テクニカル戦略

共和分の考え方を利用すれば，株価時系列 x_t と y_t が共に非定常過程，特に，和分過程 $I(1)$ に従う場合であっても，つまり，図 2 に示したように BOL 戦略から収益をあげるのが困難な場合であっても，株式 y_t を 1 単位ロングして株式 x_t を β 単位ショートするような共和分を用いたポートフォリオ (以下共和分ポートフォリオと呼ぶ) を構築すれば，そのポートフォリオは定常過程 $I(0)$ に従うため，図 1 に示したように BOL 戦略から収益を得ることが可能となる．

ここまで，株価時系列として 2 銘柄の場合を例として，共和分の考え方やその株式テクニカル戦略への適用について述べてきたが，3 銘柄以上への拡張も可能である．4 章では，ポートフォリオに組み込む銘柄として 3 銘柄を対象とし，株価時系列モデルとして 2 次のベクトル自己回帰モデルを想定した実証分析を試みるため，この場合に関しても節 3.1 で示した 2 銘柄のケースと対応させて示す．

x_t，y_t に加えて z_t も和分過程 $I(1)$ に従い，誤差項 u_t，w_t が定常となる共和分回帰 $y_t = \beta x_t + \gamma z_t + u_t$，$x_t = \delta z_t + w_t$ が存在するものとする．$\mathbf{z_t} = \begin{pmatrix} x_t & y_t & z_t \end{pmatrix}^t$ とおくと 2 次のベクトル自己回帰モデルは，

$$\mathbf{z_t} = \mathbf{A_1 z_{t-1}} + \mathbf{A_2 z_{t-2}} + \varepsilon_\mathbf{t} \tag{15}$$

となる．節 3.1 と同様の手順を経ると，(15) 式は，

$$\begin{aligned}\mathbf{\Delta z_t} &= \begin{bmatrix} a_1 & b_1 \\ a_2 & b_2 \\ a_3 & b_3 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} -\beta & 1 & -\gamma \\ 1 & 0 & -\delta \end{bmatrix} \mathbf{z_{t-1}} - \mathbf{A_2 \Delta z_{t-1}} + \varepsilon_\mathbf{t} \\ &= \boldsymbol{\alpha\beta}'\mathbf{z_{t-1}} - \mathbf{A_2 \Delta z_{t-1}} + \varepsilon_\mathbf{t}\end{aligned} \tag{16}$$

となる．よって，3 銘柄から成るポートフォリオを構築する際には，株式 y_t を 1 単位保有して株式 x_t を β 単位売却し，株式 z_t を γ 単位売却するようなポートフォリオを構築すればよい．

4. 実証分析

4.1 データと分析設定

実証分析において利用するデータは，東証一部上場株式で構成される東証業種別株価指数（33 業種）の 1999 年 10 月 29 日から 2010 年 2 月 1 日までの日次データである．前半の 5 年間のデータをモデルのパラメータ推定期間として利用し，後半の 5 年間をテクニカル戦略のパフォーマンス測定期間として利用する．実証分析では 3 章までで用いた「銘柄」を「指数」と読み替えることになる．

共和分を用いたポートフォリオは，何れもその構築法から定常となることが期待されているため，パラメータ推定期間における共和分ポートフォリオの平均と標準偏差を固定して，パフォーマンス測定期間において，固定した平均から 1.5 標準偏差（又は，2.0 標準偏差）プラス（マイナス）に乖離したところで，共和分ポートフォリオをショート（ロング）し，平均まで戻れば反対売買を行うようなテクニカル戦略を採用する．また，損切りルールとして，ロング（ショート）時の株価から 1 標準偏差の損失が発生する場合は一旦反対売買を行い，ここまでの取引に関しては損失を確定するが，その後は引き続き BOL 戦略を採用する．

共和分ポートフォリオは，33 業種から 3 業種選択した 5456 通りのポートフォリオから，共和分分析を実行して共和分回帰係数が得られる組み合わせの数だけ構築することができる．各共和分ポートフォリオの大きさが区々であるため，単純に収益を比較することはできない．そこで，初期の基準額を 10,000 と定め，ある業種の指数が 100 であれば 100 単位分のロング（ショート）を行い，別の業種の指数が 200 であれば 50 単位分のロング（ショート）を行う形で，初期の投資可能額 10,000 から取引可能な単位数を算出し，この単位数に基づいてスケーリングを行い，収益を業種間で比較可能なものにする．尚，パフォーマンスを測定する際は，注意を要する．ポートフォリオを構築する際のウエイトは共和分回帰係数に依存しているため，ロングする指数とショートする指数から構築され，共和分ポートフォリオの大きさ（金額）は相当に小さくなるケースが生じる．例えば，ポートフォリオの金額が 10 となる場合には，基準額 10,000 で計算すると 1,000 単位分の取引を行うことになる．しかし，各指数を構成する個別銘柄の流動性を勘案すると 1,000 単位分の取引が困難となるケースが多い．このため，実証分析ではポートフォリオの取引単位数の上限を 500 単位に制限した設定の下でパフォーマンスの測定を行う．

4.2 分析の目的と手法

分析の目的は，主に，次の 3 点である．

（1） 33 業種ある東証業種別株価指数が長期間にわたって定常（$I(0)$）であるか非定常（$I(1)$）であるかを確認する．

（2） 東証業種別株価指数が非定常である場合でも，3 業種から共和分回帰の係数に基づいて（業種 y_t を 1 単位ロングして業種 x_t を β 単位ショートし，業種 z_t を γ 単位ショートする）定常なポートフォリオを構築できる業種の組み合わせはどの程度あるのかを確認する．

（3） 上記の (2) において得られた共和分を用いた定常なポートフォリオに対して，テクニカル戦略を適用し，期待値ベースで正の収益が得られることを検証する．

分析の目的 (1)〜(3) に対応する分析手法は，次の (1)〜(3) である．

（1） 33 業種ある東証業種別株価指数の各々に対して単位根検定（Phillips Perron 検定）を行う．定常でない業種に関しては，一階の階差 Δy_t をとった時系列に対して単位根検定を行う．これが定常となれば，階差をとる前の東証業種別株価指数は，$I(1)$，つまり，ランダムウォークに従うことになる．単位根検定は，$\varphi = 1$ が棄却されるかどうかの検定であり，棄却されれば定常と判断される．つまり，検定結果の P 値が小さいほど $\varphi = 1$ が棄却されやすく定常と判断されやすい．

（2） 33 業種から 3 業種選択する組み合わせは 5456 通りある．この組み合わせに対して，共和分分析を実行して，共和分回帰係数が得られる組み合わせを特定する．

（3） 上記の (2) で得られた共和分ポートフォリオは，何れもその構築法から定常と想定されるポートフォリオである．各共和分ポートフォリオにテクニカル戦略を長期的に適用して得られる収益を求める．横軸に単位根検定における P 値，縦軸にテクニカル戦略の収益をプロットする．単位根検定における P 値は，前半 5 年のパラメータ推定期間におけるものと，後半 5 年のパフォーマンス検証期間のもの，2 通りを採用する．ポートフォリオの P 値が何れも小さく，かつ，テクニカル戦略の収益が正のバイアスを持っていることを確認する．

4.3 分析結果とその考察

実証分析から得られた結果は，主に次の 3 点である．

（1） 単位根検定の結果，33 業種ある東証業種別株価指数は，何れも長期的にはランダムウォークに従い（$I(1)$），1 階の階差をとると定常であることがわかった．単位根検定の有意水準は 1%としたが，検定における P 値は大きく有意水準を上回り，有意水準を 5%と緩和しても単位根は棄却されない結果となった．

（2） 33 業種から 3 業種選択する組み合わせ 5456 通りの内で，共和分回帰係数が得られ定常となるポートフォリオを構築することができるのは 473 通りであることがわかった．つまり，単純に指数自体にテクニカル戦略を適用しても収益をあげるのが難しい状況であっても，指数で構成するポートフォリオで定常なものを構築して収益機会を見いだせることがわかった．

（3） 上記の (2) で得られた 473 通りの定常と想定される共和分ポートフォリオを対象にパラメータ推定期間において単位根検定を行った P 値を横軸に，縦軸にテクニカル戦略の収益をプロットしたものを図 3（1.5 標準偏差を採用），図 4（2 標準偏差を採用）に示した．単位根検定の P 値はパラメータ推定期間におけるものなので 473 の共和分ポートフォリオの殆ど全てが 0.05 以内に収まっており，定常なポートフォリオであることがわかる．また，縦軸をみると，テクニカル戦略の収益は大きな正のバイアスを持つことがわかる．よって，確かに共和分を用いたポートフォリオを構築すれば，期待値で評価して正の収益をあげることが確認できる．但し，損失が発生するポートフォリオも少なからず存在する．この要因として，パラメータ推定期間から得られた共和分ウエイトがどの程度の期間にわたってポートフォリオを定常に保つことができるかという問題がある．理論的には定常といえばどれだけ長く時系列をとっても節 2.2 で示した式 (1)〜(3) を満たすことになるが，現実的にはポートフォリオに組み込む指数の時系列がパラメータ推定期間とパフォーマンス測定期間で同一のプロセスに従うことは考えにくい．このため，パラメータ推定期間から得られた共和分ウエイトがパフォーマンス推定期間にわたってポートフォリオの定常性を持続させるとは期待しにくい．この点を確認するため，パフォーマンス測定期間において単位根検定を行った P 値を横軸に，縦軸にテクニカル戦略の収益をプロットしたものを図 5（1.5 標準偏差を採用），図 6（2 標準偏差を採用）に示した．やはり，多くのポートフォリオで単位根は棄却されず，当初は定常となるように構築したポートフォリオであってもパフォーマンス測定期間においてはランダムウォークに近いプロセスとなっていることがわかる．しかし，P 値が 0 に近くなるに従ってテクニカル戦略の収益が正になるバイアスが確認され，やはり，定常に近いポートフォリオの方が期待値ベースでは正の収益を得やすいことがわかる．

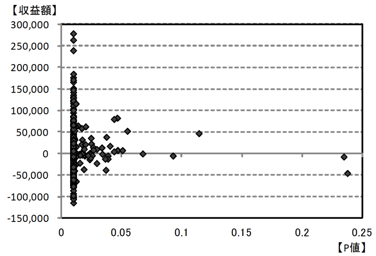

図 3 共和分ポートフォリオを対象とした単位根検定における P 値 (インサンプル) と BOL 戦略の収益 (1.5σ)
Fig. 3 P-Value of the Unit root test(in-sample) and the profitablty for the portfolio(1.5σ)

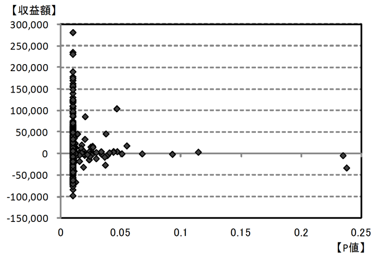

図 4 共和分ポートフォリオを対象とした単位根検定における P 値 (インサンプル) と BOL 戦略の収益 (2.0σ)
Fig. 4 P-Value of the Unit root test(in-sample) and the profitablty for the portfolio(2.0σ)

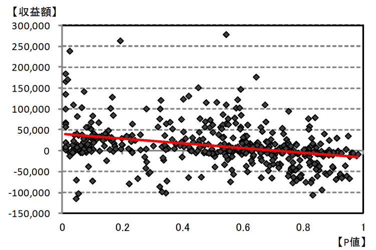

図 5 共和分ポートフォリオを対象とした単位根検定における P 値 (アウトサンプル) と BOL 戦略の収益 (1.5σ)
Fig. 5 P-Value of the Unit root test(out-sample) and the profitablty for the portfolio(1.5σ)

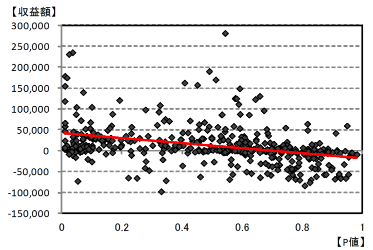

図 6 共和分ポートフォリオを対象とした単位根検定における P 値 (アウトサンプル) と BOL 戦略の収益 (2.0σ)
Fig. 6 P-Value of the Unit root test(out-sample) and the profitablty for the portfolio(1.5σ)

5. まとめと今後の課題

本論文では，まず，株式テクニカル戦略において有名な BOL 戦略の収益性が株価時系列における自己回帰係数と密接に関連していることを確認した．共和分分析の結果，適切な共和分ウエイトを採用することで，ポートフォリオとしては定常となるようなものを構築できる可能性があることを示した．実証分析においては，33 業種ある東証業種別株価指数を用いて提案手法に基づくポートフォリオの収益性を検証し，期待値でみると有意に正となっていることを確認した．更に，ポートフォリオの収益性が負となる場合には，パフォーマンス測定期間におけるポートフォリオの時系列が単位根を持ち，その理由として株価時系列のパラメータが当初推定された値とは異なるため共和分ウエイトが適切とはいえないことを明らかにした．

今後の課題としては，データ期間を変えた場合に提案手法がどの程度有効であるか検証すること，推定に利用するデータ期間と戦略を適用するデータ期間をどの程度の長さに設定すれば有効な適用手法となるかを検討すること，本手法を採用した場合のリスク量を計量したうえでリスクリターンの観点からパフォーマンスを検討すること，などが挙げられる

参 考 文 献

1) 合寶郁太郎・小沢文雄：株式相場のテクニカル分析，日本経済新聞社（2006）
2) 森棟公夫：計量経済学　東洋経済新報社 (1999 年)
3) 山本拓：経済の時系列分析　創文社 (1988 年)
4) Pfaff,Bernhard:Analysis of Integrated and Cointegrated Time Series With R(2008)