懸賞論文 優秀賞

Bipower Variation を用いた新しいテクニカル指標

共同執筆　鈴木 智也
山田 雅章

要　約

価格変動におけるジャンプ（急落・急騰）を検出するボラティリティ指標として Bipower Variation が知られている。本論文では、価格変動の状態を、ボラティリティ不安定期と規則的変動期の 2 つのグループに分類すべく、Bipower Variation と Realized Volatility を組み合わせることで新たなテクニカル指標を構成した。この指標に従って、価格が規則的変動期に所属する期間ではロングもしくはショートのポジションを取り、価格がボラティリティ不安定期に入るとすぐさまポジションを解消し、規則的変動期に入るまでポジションを取らない、という売買タイミング戦略を立てた。本論文では、本指標の詳細を述べ、また、その有効性を確認するために実データを用いたバックテストを行ったところ良好の結果を得たので報告する。

1．はじめに

市場価格を随時ウォッチし、将来的に価格上昇を見込むのであれば買い、価格下落を見込むのであれば売ることによって市場の平均的リターンを超えるためには、適切な売買タイミングを検出する必要がある。これまでのテクニカル分析においても、移動平均をはじめとする多くのテクニカル指標が存在する。これらの分析手法の多くは、過去の趨勢と現時点を結んだ延長線上に未来を位置付けている。

これと同様の概念として、金融工学の分野では Bipower Variation［1］という指標が存在する。これは、株価変動におけるジャンプ（急落・急騰）を検出するために用いられるボラティリティ指標である。本論文では、この Bipower Variation を用いて価格変動の特徴をグループ化することを考える。グループの特徴を捉えることができれば、適切な売買戦略を通じて超過収益に結びつけることが期待できる。

なお、より一般的なボラティリティ指標として Realized Volatility がある。これは、ジャンプの検出が目的ではないため、株価変動にジャンプが発生した際、Bipower Variation と Realized Volatility に差が生じる。この性質を利用することでジャンプを検出できる。この詳細については、Lee と Mykland による代表的な論文［2］がある。

一般的にボラティリティ指標は価格変化率の絶対値から計算され、価格変化率の符号（株価が上昇したか下落したか）には影響されない。実際、Realized Volatility は、株価変化率の 2 乗から算出され、Bipower Variation は価格変化率の絶対値から算出される。また、テクニカル分析の指標として知られる Schwager のボラティリティレシオ［3］では、高値から安値を引いた数値から算出されるため、扱う数値は非負に限られる。ボラティリティは恐怖指数と呼ばれることもあり、市場センチメントに関連した魅力的な統計量であるが、価格の騰落の

方向とボラティリティ指標を結びつけるのは容易ではない。

しかし、Bipower Variation と Realized Volatility の相対的関係は、後述するように相加相乗平均で説明できる。Bipower Variation の Realized Volatility に対する相対的な大きさは、隣り合う価格変化率の絶対値が近いほど大きくなることが導かれる。この価格変化率の絶対値が近いという状態は、一定の幅での上昇、あるいは、一定の幅での下落するケースを含んでいる。例えば、酒田五法における三兵や三羽烏の出現は、Bipower Variation の Realized Volatility に対する相対的な数値を高める。逆に、隣り合う価格変化率の絶対値が隔たるほど、Bipower Variation の Realized Volatility に対する相対的な大きさは縮小する。相場の転換点に現れるとされる極線と、その前後に大陽線や大陰線が組み合わさった株価パターンは、Bipower Variation の Realized Volatility に対する相対的な数値を低下させる。

このような、Bipower Variation と Realized Volatility の性質を利用して、本論文では価格変動の２つの属性（ボラティリティ不安定期､規則的変動期）を検出できる新しいテクニカル指標として Bipower-Variation（BPV）レシオを提案する。さらに、これら２つの属性に基づいた適切な売買戦略を紹介する。この戦略の妥当性を検証すべく、実データを用いてバックテストを実施する。

本論文の構成は次のとおりである。第２章では、価格変動パターンの分類に用いる Bipower Variation と Realized Volatility の計算式を示す。第３章では、本論文が提案する *BPV* レシオの詳細を述べる。第４章では、*BPV* レシオを使用した売買戦略の実例として、バックテストによるパフォーマンス測定結果を示す。第５章では、本論文を総括する。

2． Bipower Variationと Realized Volatility

本論文で提案する *BPV* レシオは、価格変動パターンの分類のために考案された指標であり、Bipower Variation と Realized Volatility から構成される。*BPV* レシオの説明に先立ち、本章では、Bipower Variation と Realized Volatility の計算方法を示す。

Realized Volatility は、金融デリバティブの一種であるバリアンス・スワップでも採用されているボラティリティ指標である。もし、N 個の価格時系列を

$$Realized\ Volatility = \frac{x^2(1)+\cdots+x^2(N)}{N} \tag{1}$$

$$Bipower\ Variation = \frac{|x(1)||x(2)|+\cdots+|x(N-1)||x(N)|}{N-1} \tag{2}$$

$$\begin{aligned} Bipower\ Variation &\le \frac{1}{N-1}\left[\frac{x^2(1)+x^2(2)}{2}+\frac{x^2(2)+x^2(3)}{2}+\cdots+\frac{x^2(N-1)+x^2(N)}{2}\right] \\ &= \frac{1}{N-1}\left[\frac{x^2(1)}{2}+x^2(2)+\cdots+x^2(N-1)+\frac{x^2(N)}{2}\right] \\ &= \frac{N}{N-1}\left[Realized\ Volatility-\frac{x^2(1)+x^2(N)}{2N}\right] \end{aligned} \tag{3}$$

$S(i)$, i=0,1,2…N と表すと、S から計算される（対数）価格変化率 $\chi(i)$ は

$$x(i) = \log \frac{S(i)}{S(i-1)}$$ となる。

さらに、次数 N の Realized Volatility は（1）で定義される。

次に、次数 N−1 の Bipower Variation は、（2）で定義される［1］。

ここで相加相乗平均の関係を用いると（3）、この式から、Bipower Variation の Realized Volatility に対する相対的な上限は、次数 N と両端の価格変化率によって決まることが分かる。両端の価格変化率がゼロのときに、Bipower Variation は Realized Volatility の $N/(N-1)$ 倍が上限値となる。また、計算期間の対数変化率がすべて等しいときに両者は一致する。

また、両端 2 時点の価格変化率は、他の時点と加重が異なることに注意されたい。このために、Bipower Variation は、部分的に時間的な順序関係を織り込んでいる。例えばテクニカル指標では、RCI（Rank Correlation Index）も同様の性質を有する［3］。

Bipower Variation と Realized Volatility の相対的大小関係では、隣り合う価格変化率の絶対値の差が影響する。隣り合う 2 時点だけを取り上げるならば、隣り合う価格変化率の絶対値の差が近くなるほど、Bipower Variation の Realized Volatility に対する相対的な数値は上昇する（詳細は付録を参照）。ただし、i 番目の価格変化率を変化させた結果、i 番目と i+1 番目の価格変化率が近づいたとしても、i 番目と i−1 番目の価格変化率との関係が逆に遠くなる場合には、Bipower Variation の Realized Volatility に対する相対的な数値は上昇するとは限らない。このように、Bipower Variation と Realized Volatility の相対的大小関係は簡単ではない。次章では、この点について考察を述べる。

3．*BPVレシオ*を用いた株価変動パターンの分類

価格変化率 χ がトレンドの無い正規確率過程である場合、次数 N を大きくしていくと Bipower Variation と Realized Volatility の比率は 2/π に収束することが、Berndorff-Nielsen と Shepard によって証明されている［1］。

そこで本論文では、上記の場合に 1 に収束する統計量として *BPV レシオ*を定義する（4）。

次数 N が十分に大きく、価格変化率がトレンドの無い正規確率過程である場合、文献［2］で証明されたように *BPV レシオ*は 1 に収束する。

次に、それぞれの隣り合わせの価格変化率の絶対値 $|\chi|$ がある一定の数値に近づくと、（3）式が示すように、Bipower Variation と Realized Volatility は近づく。従って、*BPV レシオ*は π /2 ≒ 1.5 に近づく。このような場合、価格は規則的変動期にあると考えられる。

また、価格変化率の絶対値 $|\chi|$ が大きい数値と小さい数値を交互に繰り返えす場合、*BPV レシオ*は 1 よりも小さくなる。このような場合、価格はボラティリティ不安定期にあると呼ぶことにする。

*BPV レシオ*が 1 よりも大きく 1.5 に近づくほど、一定の幅で上昇または下落するトレンドが発生したり、また、一定の幅で上下変動を繰り返すもみあいが発生する。これに対して、*BPV レシオ*が 1 よりも小さいケースは、大きい価格変化率と小さい価格変化率が隣り合わせとなり、ボラティリティが不安定な相場局面に相当する。

ローソク足分析に代表される酒田五法を例にとれば、三兵

$$BPV\text{レシオ} = \frac{\pi}{2} \times \frac{Bipower\ Variation}{Realized\ Volatility} \qquad (4)$$

や三空が出現したケースでは*BPV* レシオが 1 よりも大きくなると考えられる。また、酒田五法の三法、二ツ星、三ツ星が出現したケースでは、*BPV* レシオは 1 よりも小さくなると考えられる。そこで、酒田五法にならい、本論文の売買ルールとして、*BPV* レシオが 1 を超えたらロングもしくはショートのポジションを取り、1 を下回った時点でポジションを解消し休む、とする売買タイミング戦略を採る。

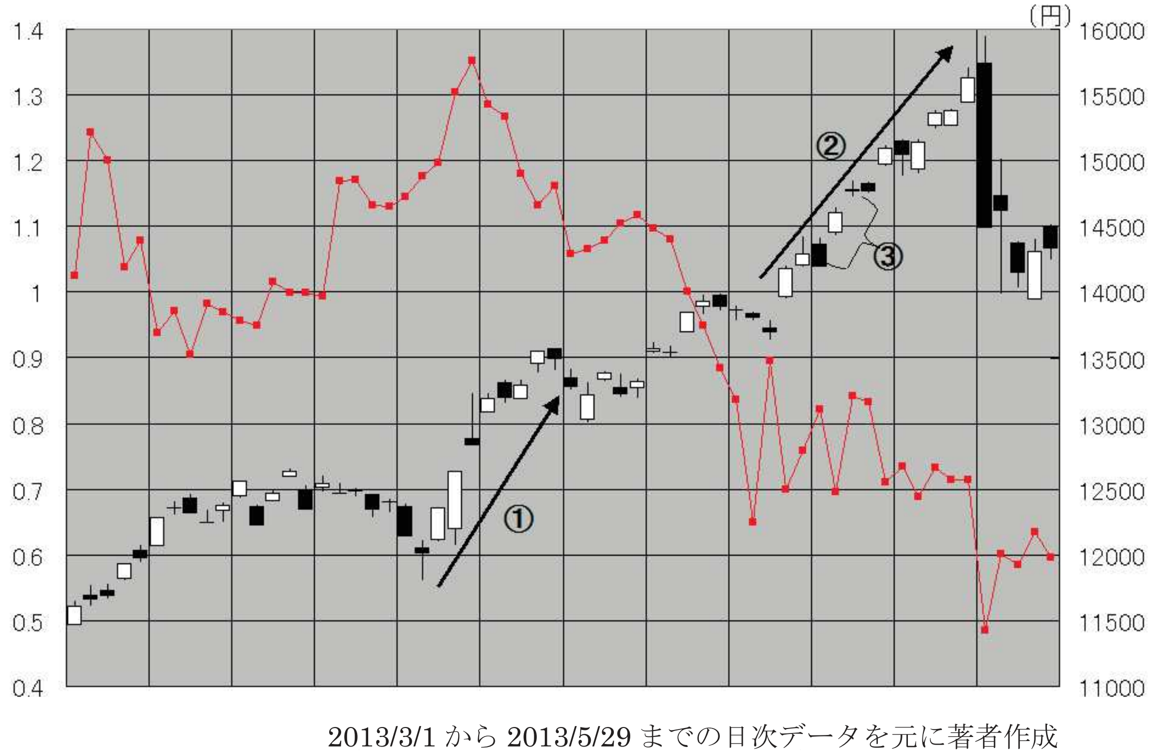
図 1 に、実際の *BPV* レシオの動きを示す。図中には①と②の上昇トレンドがあるが、*BPV* レシオの数値は①では 1 以上、②では 1 以下と異なる。両者の相違を見ると、②には③に示す 3 個の足があり、③に含まれる真ん中の陽線前後の大きな価格変化率と両端の小さな対数変化率とが作用して *BPV* レシオを低下させている。ここで③を気迷いと解釈すれば、②は①には含まれない気迷いを含んでおり、*BPV* レシオはこの気迷いをボラティリティの不確実性として評価し、1 よりも小さい数値になったと解釈できる。従って、①では積極的にポジションを取るのに対して、②ではポジションを取らずに休む、という戦略は妥当である。

次章では、*BPV* レシオによる売買タイミング戦略の妥当性を検証するため、実データを用いたバックテストを実施し、その結果を示す。

4． *BPV*レシオを用いた売買戦略のバックテスト

売買タイミングを定める上で、*BPV* レシオの有効性をバックテストにより検証する。前章の考察に従えば、*BPV* レシオが閾値 h_s を超えた時点でポジションを構築し、*BPV* レシオが閾値 h_t（$\leqq h_s$）を下回った時点でポジションを解消し、次回のポジション構築までは休む。これを本戦略と呼ぶ。ただし、前章では、計算期間 N は十分に大きいことを仮定して（4）式を導出し、また、各閾

図１．日経平均株価（右軸）とＢＰＶレシオ（左軸）



2013/3/1 から 2013/5/29 までの日次データを元に著者作成

値をh_s=h_t=1 として考察してきた。しかし、実際の投資では、計算期間 N は有限であり、(3) 式に示されるように Bipower Variation と Realized Volatility の比率は N や価格変化率の 2 乗の影響を受けるので、閾値を 1 にすることは適切ではない。

そこで、本論文では、各 i 時点で直近 120 期の *BPV レシオ*によって確率分布を形成し、その平均値 $m(i)$ と標準偏差 $\sigma(i)$ により標準化した *S-BPV レシオ*（(5) 式）を使用した。

確率分布の観点より、*S-BPV レシオ*が $k.\sigma$（標準偏差）を超えた場合、*BPV レシオ*は十分に大きく、市場は規則的変動期にあると考えられる。規則的変動期に入った時点でエントリーし、規則的変動期から出た時点でクローズする切り替えは、エントリーの閾値 k_s とクローズの閾値 k_t を定め、各 i 時点で *S-BPV レシオ*（i）とこれら閾値との比較によって行われる。元の *BPV レシオ*に置き換えれば、エントリーとクローズの切り替えは、*BPV レシオ*（i）≧ m（i）+k_s･$\sigma(i)$ と *BPV レシオ*（i）<m（i）+k_t･$\sigma(i)$ によって行われることから、前章の議論と一致する。

$$S-BPV\ レシオ\ (i) = \frac{BPV\ レシオ\ (i) - m(i)}{\sigma(i)} \qquad (5)$$

次に、*BPV レシオ*の有効性を検証すべく、本戦略の裏（以降、裏戦略と記す）と投資パフォーマンスを比較する。裏戦略では、*S-BPV レシオ*が閾値 k_t を下回った時点でポジションを構築し、閾値 k_s を超えた時点でポジションを解消する。つまり、ポジションの構築条件が本戦略と真逆になっている。さらに、裏戦略のポジションを継続的にするには、k_s=k_t の条件が必要である。このためにも、先述のように閾値を設定した。もし *BPV レシオ*が有効であれば、裏戦略が劣勢となり、*BPV レシオ*が無効であれば裏戦略が対等もしくは優勢となる。

ポジション構築時点では、ロング / ショートを決める必要がある。しかし、ロング / ショートの判断方法は無数に考えられるため、本論文では深入りしない。そこで先述の酒田五法における三兵、三空、三羽烏の概念に基づいて、トレンドフォロー型で、ポジション構築時点の価格変化率と同符号のポジションを取ることにする。確かに、*BPV レシオ*が大きい場合には、トレンド状態の他に、もみあい状態である可能性もある。もみあい状態では逆張り型が適切であるが、誤ってトレンドフォローのポジションを取ったとしても、もみあいのリターンは大きくないので、パフォーマンスへの影響は限定される。よって本論文ではトレンドフォロー型を採用する。なお、ロング / ショートの判断は、裏戦略でも同じである。

*BPV レシオ*の計算に用いるパラメータとして、日数 N を設定する必要がある。移動平均線と同様に、日数の違いによって投資パフォーマンスは大きく変化するだろう。確かに、日数を絶えず見直すことで、パフォーマンスを改善する余地はあるが、日数の設定法も無数に考えられる。そこで、本論文では簡単のため、バックテスト期間を通じて日数 N を固定した。しかし、再びバックテストを行う際には、異なる日数 N を用いることで、日数に対するパフォーマンスの安定性も検証する。

4-1. バックテストの結果の見方

表 1 に本戦略、表 2 に裏戦略の結果を示す。*S-BPV レシオ*におけるポジションの開始閾値 k_s と解消閾値 k_t の設定方法は無数に存在するが、本論文では両方の閾値を 0σに設定し、前述した通り計算日数（次数）N を 10 日から 13 日まで 1 日ずつ変化させた。なお、この 0σの設定は、市場ではボラ

表１．本戦略によるバックテスト結果

次数 [N]			10		11		12		13	
取引数	回	ロング	143	51%	142	54%	127	51%	134	58%
		ショート	137	49%	119	46%	121	49%	97	42%
		合計	280		261		248		231	
取引日数	日	ロング	735	54%	851	63%	779	56%	853	62%
		ショート	621	46%	510	37%	603	44%	522	38%
		合計	1356	50%	1361	50%	1382	51%	1375	51%
平均日数	日	ロング	5.14		5.99		6.13		6.37	
		ショート	4.53		4.29		4.98		5.38	
		合計	4.84		5.21		5.57		5.95	
利益	円	ロング	21,892		25,138		25,004		23,373	
		ショート	20,333		15,470		18,119		13,141	
		合計	42,224		40,609		43,123		36,514	
損失	円	ロング	−12,993		−18,502		−12,911		−17,581	
		ショート	−19,247		−18,502		−16,531		−14,830	
		合計	−32,240		−37,005		−29,443		−32,411	
損益合計	円	ロング	8,899		6,636		12,093		5,792	
		ショート	1,086		−3,032		1,588		−1,689	
		合計	9,985		3,604		13,680		4,103	
完全予測	円	ロング	41,139		43,641		41,535		38,203	
		ショート	33,325		33,972		31,030		30,722	
		合計	74,464		77,613		72,565		68,925	
オンリー戦略	円	ロング	7,813		9,668		10,505		7,481	
		ショート	−7,813		−9,668		−10,505		−7,481	
正解数	回	ロング	82	57%	84	59%	82	65%	75	56%
		ショート	71	52%	56	47%	57	47%	44	45%
		合計	153	55%	140	54%	139	56%	119	52%
平均利益	円	ロング	266.97		299.27		304.93		311.64	
		ショート	286.38		276.25		317.88		298.66	
		平均	275.98		290.06		310.24		306.84	
平均損失	円	ロング	−212.99		−319.01		−286.92		−297.98	
		ショート	−291.62		−293.69		−258.30		−279.81	
		平均	−253.86		−305.82		−270.12		−289.38	
収益率		平均	0.35%	18.06%	0.14%	6.79%	0.44%	19.91%	0.21%	8.92%
		標準偏差	3.03%	21.82%	3.42%	23.74%	3.53%	23.71%	3.50%	22.76%
		比	0.11	0.83	0.04	0.29	0.12	0.84	0.06	0.39
正収益率		平均	2.39%	124.60%	2.50%	120.68%	2.66%	120.44%	2.70%	114.26%
		標準偏差	2.24%	16.12%	2.20%	15.29%	2.66%	17.86%	2.53%	16.47%
		比	1.07	7.73	1.14	7.89	1.00	6.74	1.07	6.94
負収益率		平均	−2.10%	−109.29%	−2.56%	−123.90%	−2.37%	−107.11%	−2.41%	−102.01%
		標準偏差	1.78%	12.86%	2.43%	16.89%	2.28%	15.35%	2.26%	14.67%
		比	−1.18	−8.50	−1.06	−7.34	−1.04	−6.98	−1.07	−6.95

ティリティ不安定期と規則的変動期がほぼ等しい割合で起きると仮定してバックテストを行ったことを意味する。

表の上段から順に、結果の見方を述べる。「取引数」は、ポジションの開始から解消までを１回と数え、バックテスト期間で生じた回数を示している。ポジションにはロングかショートの区別をしているので、それぞれの回数を示した。

「取引日数」は、ポジションを持った日数の合計である。「平均日数」は、取引日数を取引数で除した数値。「利益」と「損失」は、ポジションから発生した損益を、利益と損失に分けて合計した数値である。「損益合計」は、利益と損失の合計である。

「完全予測」とは、ロング / ショートを事前に正しく予測できた理想的な場合である。当然ながら、完全予測では損失は発生しない。完全予測（ロング）の数値は、利益（ロング）と損失（ショート）の和に相当する。

「オンリー戦略」とは、ポジションを常にロングもしくはショートで持つ戦略を指す。よって、ロングオンリー戦略（ロング）の数値は、完全予測（ロング）の利益から完全予測（ショート）の利益を引いたものに等しい。

「正解数」は、ロング / ショー

表２．裏戦略によるバックテスト結果

次数 [N]			10		11		12		13	
取引数	回	ロング	140	50%	143	55%	133	53%	111	48%
		ショート	141	50%	119	45%	116	47%	121	52%
		合計	281		262		249		232	
取引日数	日	ロング	621	46%	720	54%	646	49%	579	44%
		ショート	717	54%	614	46%	668	51%	743	56%
		合計	1338	50%	1334	49%	1314	49%	1322	49%
平均日数	日	ロング	4.44		5.03		4.86		5.22	
		ショート	5.09		5.16		5.76		6.14	
		合計	4.76		5.09		5.28		5.70	
利益	円	ロング	12,975		14,897		13,430		12,091	
		ショート	18,406		16,984		15,370		17,297	
		合計	31,380		31,882		28,800		29,388	
損失	円	ロング	−14,465		−14,164		−14,908		−12,831	
		ショート	−19,259		−14,164		−13,804		−18,021	
		合計	−33,725		−28,327		−28,712		−30,852	
損益合計	円	ロング	−1,491		734		−1,478		−739	
		ショート	−854		2,821		1,566		−724	
		合計	−2,344		3,554		88		−1,464	
完全予測	円	ロング	32,234		29,061		27,234		30,112	
		ショート	32,871		31,148		30,278		30,128	
		合計	65,105		60,209		57,512		60,240	
オンリー戦略	円	ロング	−637		−2,087		−3,044		−15	
		ショート	637		2,087		3,044		15	
正解数	回	ロング	71	51%	79	55%	68	51%	66	59%
		ショート	56	40%	57	48%	52	45%	52	43%
		合計	127	45%	136	52%	120	48%	118	51%
平均利益	円	ロング	182.74		188.58		197.50		183.20	
		ショート	328.67		297.97		295.58		332.63	
		平均	247.09		234.43		240.00		249.05	
平均損失	円	ロング	−209.64		−221.31		−229.35		−285.12	
		ショート	−226.58		−228.45		−215.69		−261.18	
		平均	−218.99		−224.82		−222.57		−270.63	
収益率		平均	−0.09%	−5.01%	0.20%	10.08%	0.01%	0.50%	−0.02%	−1.00%
		標準偏差	3.17%	23.05%	3.35%	23.58%	3.36%	23.24%	3.61%	24.03%
		比	−0.03	−0.22	0.06	0.43	0.00	0.02	−0.01	−0.04
正収益率		平均	2.15%	113.53%	2.17%	107.25%	2.14%	102.08%	2.22%	98.27%
		標準偏差	2.57%	18.67%	3.06%	21.53%	2.83%	19.53%	2.78%	18.50%
		比	0.84	6.08	0.71	4.98	0.76	5.23	0.80	5.31
負収益率		平均	−1.94%	−102.76%	−1.92%	−94.80%	−1.97%	−93.99%	−2.35%	−103.76%
		標準偏差	2.33%	16.93%	2.17%	15.26%	2.53%	17.47%	2.84%	18.91%
		比	−0.83	−6.07	−0.88	−6.21	−0.78	−5.38	−0.82	−5.49

トの選択が利益をもたらした回数である。「平均利益」は、正解によって得られたプラス利益の合計を正解数で割った数値である。「平均損失」はそれを損失について計算した数値である。

「収益率」は、ポジション開始時点の株価 $S(i_s)$ とポジション解消時点の株価 $S(i_t)$ の対数変化率 $\log\frac{S(i_t)}{S(i_s)}$ を指す。それぞれの左列には原数値を、右列には年率換算値を示した。なお、年率換算は、すべてのポジションが平均日数であると仮定して、左側の原数値をスケーリングした数値である。「正収益率」は、正の収益率のみを取り出して計算したものであり、「負収益率」は、負の収益率のみを取り出して計算したものである。

4-2. バックテストの結果

本戦略と裏戦略を比較すると、まず損益合計において明らかな本戦略の優位性を確認できる。完全予測の結果においても同様である。つまり、ロング / ショートの判別によらず、投資チャンス判別のみに着眼しても本戦略が優位であることを示している。これは、*BPV* レシオが適切に機能した証拠である。同様に、オンリー戦略にお

いても本戦略の優位性を確認できる。

今回のバックテストの期間では、本戦略ではロングオンリー、裏戦略ではショートオンリーが良好であった。ただし、投資期間は本戦略と裏戦略でほぼ等しいことから、裏戦略のショートオンリーの効率は良くない。

平均日数に着目すると、本戦略ではロングの日数が長く、裏戦略ではショートの日数が長い。ロングの日数が長いことは、相場の格言にある「上げ百日下げ三日」と対応する。一方、裏戦略のショートの日数が長い点は、ボラティリティが不安定期に入るタイミングでは株価が下落傾向にある解釈できる。

次に、正解数によれば、ロング・ショートともに良好な精度とは言えないが、本戦略と裏戦略において同様に、ロングの正解率が高い。これは「上げ百日下げ三日」の格言どおり、短期間のポジション保有であれば、ロングが有利となる機会が多い、という相場の特徴に合致している。ロング / ショートのポジション設定については、改善の余地が残るものの、本戦略の次数 N を 10 日あるいは 12 日にすると、正解数は改善されている。これら2つのケースでは、平均利益が平均損失を上回り、負収益率の標準偏差が小さく抑制されている。裏戦略においても、これらの傾向を持つ次数 N が見られるが、そもそもボラティリティ不安定期に投資して正解率が低下し、その結果十分なパフォーマンスが得られていない。

5．まとめ

本論文では、Bipower Variation と Realized Volatility という２つのボラティリティ指標に基づいて *BPV レシオ*という新しいテクニカル指標を考案した。これにより価格変動を、ボラティリティ不安定期、規則的変動期の２グループに分類した。さらに、株価が規則的変動期に所属する期間ではロングもしくはショートのポジションを取り、株価がボラティリティ不安定期に入るとすぐさまポジションを解消し、規則的変動期に入るまでポジションを取らない、という投資行動戦略を立てた。

この妥当性を検証すべく、実際の日経平均株価に対してバックテストを実施した。考案した売買戦略（本戦略）に対して、これと真逆の投資行動をとる売買戦略（裏戦略）と比較した結果、本戦略が裏戦略を優越するパフォーマンスを示した。したがって、*BPV レシオ*による株価変動の分類およびこれに基づいた投資行動の判別は有意義であると言える。

しかしながら、いくつかの課題が存在することもバックテストから確認できた。第一に、*BPV レシオ*の次数によっては十分なパフォーマンスが得られないケースが存在する。これは、移動平均線による分析と同様な課題であるが、このパラメータの設定方法が実用上の課題といえる。

第二に、*BPV レシオ*がエントリーのシグナルを発した際の、ロング / ショートの判断方法である。本研究では、最も単純な設定をしたが、バックテストによればこの判断精度は十分に高くはなかった。つまり、ポジション取得 / 解消のタイミングは *BPV レシオ*に従えば良いが、ロング / ショートの判断は、今後の課題として検討する。

なお、本論文では日経平均株価を対象にしたバックテスト結果を報告したが、その他の市場価格に対してもバックテストを実施したところ同様の結果を得ている。つまり、上記の２つの課題は、他の金融市場に対しても共通である。

参考文献

[1] Barndorff-Nielsen and Shephard. (2004). Power and Bipower Variation with Stochastic Volatility and Jumps, Journal of

Financial Econometrics, 2,1-48.
[2] Lee and Mykland. (2008). Jumps in Financial Markets: A New Nonparametric Test and Jump Dynamics, Review of Financial Studies, 21, 2535-2563.
[3] 日本テクニカルアナリスト協会編.（2004）. 日本テクニカル分析大全.

データ出所

http://indexes.nikkei.co.jp/nkave 日経平均プロフィルから取得.

謝　辞

本論文の作成過程で、松尾和彦氏と御手洗孝子氏（東海東京証券）の協力を得た。この場を借りて、深く感謝の意を表したい。ただし、ありうべき誤りは筆者らに属する。本稿の内容と意見・見解は、筆者ら個人に属するものであり、筆者らの所属する機関の意見・見解を代表するものではない。

付　録

［命題］

隣り合う２時点、i と $i+1$ についてのみ考察する。隣り合う価格変化率の絶対値の差が近くなるほど、Bipower Variation の Realized Volatility に対する相対的な数値は上昇する。

$$|x(i+1)| = |x(i)| + e \tag{A}$$

$$V(e) = \frac{x^2(i) + x^2(i+1)}{2} - |x(i)| \cdot |x(i+1)| \tag{B}$$

$$V(e) = \left(\frac{x^2(i) + |x(i)|^2 + 2|x(i)|e + e^2}{2} \right) - |x(i)| \cdot (|x(i)| + e)$$

$$= \left(x^2(i) + |x(i)|e + \frac{e^2}{2} \right) - |x(i)|^2 - |x(i)|e = \frac{e^2}{2}$$

［証明］

i 番目の価格変化率の絶対値 $|\chi(i)|$ と（$i+1$）番目の価格変化率の絶対値 $|\chi(i+1)|$ の差が e であるとしよう（A 式）。

本文（3）式における、Realized Volatility の要素である $\frac{x^2(i)+x^2(i+1)}{2}$ から Bipower Variation の要素である $|\chi(i)|\cdot|\chi(i+1)|$ を引いた関数 V（B 式）が、$e=0$ を最小値とする e の増加関数であることを証明する。

したがって V は e の増加関数であり、最小値は $e=0$ のとき $V=0$。

（プロフィール）
鈴木　智也
<経歴>
茨城大学工学部知能システム工学科　准教授。2003 年東京理科大学理学部応用物理学科卒業、2005 年同大学院理学研究科物理学専攻博士課程修了。現在は情報処理学会論文誌「数理モデルと応用（TOM）」編集委員、日本テクニカルアナリスト協会（数理研究部）幹事、情報処理学会「数理モデル化と問題解決研究会（MPS）」運営委員、ロゴス･アンド･パトス･アドバイザリーサービス（株）顧問など活躍中。

（プロフィール）
山田　雅章
<経歴>
文部省高エネルギー物理学研究所、大手証券系、大手新聞社系研究所などを経て現在、証券会社勤務。専門は複雑系デリバティブ、仕組み債のプライシングツール開発（計算式導出から実装まで）応用経済時系列研究会理事。「わが国における証券化の進展と展望」『証券アナリストジャーナル』39（2）, Feb.2001 など論文多数。