

日本市場における 株式ペア取引の実証研究

2012/3/22

一橋大学大学院国際企業戦略研究科

吉原 正善

1 問題意識

- ◆日本市場でStatistical Arbitrage戦略が成功するかどうかを検証し、絶対リターン型ファンドの α の源泉として活用する。
- ◆日本市場のStatistical Arbitrage戦略から得られたリターンは、Fama-Frenchの3ファクター調整後でも有効か、またTail Riskをどの程度取っているかを検証する。

(注)Statistical Arbitrage戦略とは、株価の動きが共和分(Cointegration)の関係にある2証券に注目して、2証券の株価比率が一時的に乖離した時に取引を始めて(open)、均衡に戻った時に取引を閉じる(unwind)取引戦略である。

単位根過程と定常過程

- ◆ 代表的な単位根過程(unit root process)として、ランダムウォーク(random walk)が挙げられる。

$$y(t) = \delta + y(t-1) + \varepsilon(t), \quad \varepsilon(t) \sim \text{iid}(0, \sigma^2)$$

- ◆ 平均回帰性を持つ定常過程(stationary process)では

$$y(t) = \delta + \rho y(t-1) + \varepsilon(t), \quad \varepsilon(t) \sim \text{iid}(0, \sigma^2)$$

但し、 $|\rho| < 1$

- ◆ N/Tレシオ取引は平均回帰するのか？

$$\log(N225/TOPIX) = \log(N225) - \log(TOPIX)$$

共和分(Cointegration)

- ◆ 単位根過程同士の線形和の場合は、単位根過程にも定常過程にもなる。線形和が定常過程となるとき、単位根過程の間に共和分(cointegration)の関係が存在する。
- ◆ 単位根検定で最も用いられる方法はADF検定である。この場合はAR(1)。帰無仮説 $H_0: \rho = 1$ を、対立仮説 $H_1: |\rho| < 1$ に対して検定する。
$$y(t) = \delta + \rho y(t-1) + \varepsilon(t), \quad \varepsilon(t) \sim \text{iid}(0, \sigma^2)$$
- ◆ ADF検定ではさらにp次AR過程AR(p)に拡張して検定を行う。帰無仮説 $H_0: \rho = 1$ が棄却されれば、 $y(t)$ は定常過程と判断される。ARモデルの次数pの選択は、AICやSICなどの情報量基準が用いられる。

2 先行研究

W.N.Goetzmann,2006, “Pair Trading: Performance of a Relative-Value Arbitrage Rule”, *Review of Financial Studies*.

- ◆1962年から2002年までの米国株の日次データ(CRSP)で、ペア取引の有効性を検証した。
- ◆ペア取引の期間平均パフォーマンスは年率11%で、想定される取引コストよりも高いリターンを出した。
- ◆minimum-distance criterionで最良なペアを決め、TOP20で構成されたポートフォリオのリターンが優秀であった。TOP20にはUtilityが多い。

株式ペア取引の利益の源泉

◆株式ペア取引で儲かるなら、マーケットの効率性は否定されるのか？
効率的市場仮説のWeak Formに抵触するのでは？

◆Lo&MacKinlay(1990)

異なる個別銘柄のリターン間で、相互自己相関(cross-autocorrelation)が存在していることを発見。ある銘柄は情報に早く反応して、別の銘柄を先導している効果(lead-lag効果)がある。

◆Jagadeesh & Titaman(1995)

株価は企業固有の情報(firm-specific information)に対しては過剰に反応し、共通ファクター(common factor)に対しては遅れて反応する結果となった。

3 検証方法

A. データベース

S&P BMI Japan採用銘柄(約1300銘柄程度)をユニバース。
過去14年分の日次株価終値データ(1998年1月から2011年12月末)

B. 計測方法

ペア構成期間(formation period) 24ヶ月
パフォーマンス測定期間(trading period) 3ヶ月
貸株コスト 年率150bp

C. 単位根検定(ADF検定)

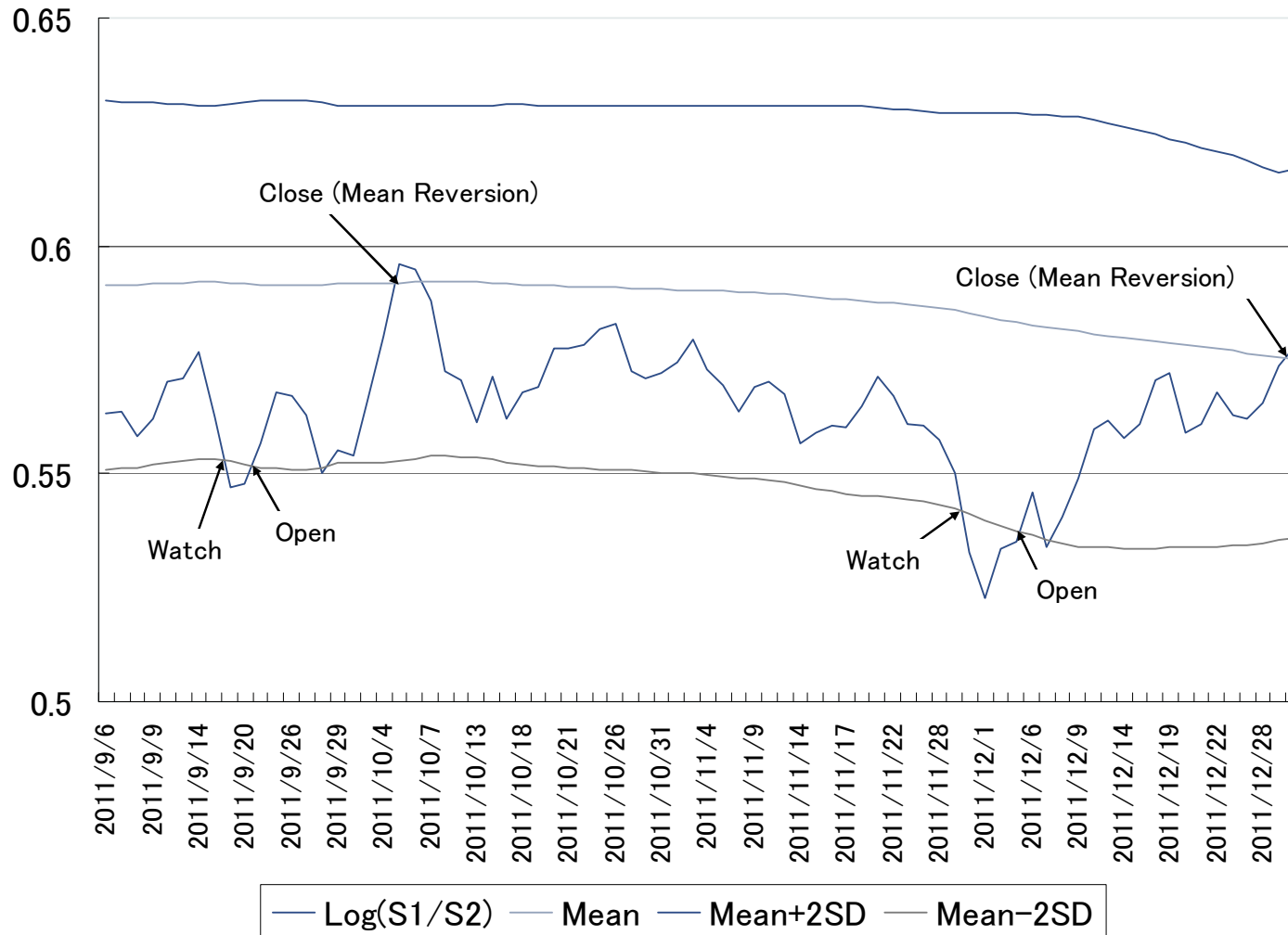
帰無仮説 $H_0: \rho = 1$ を、対立仮説 $H_1: |\rho| < 1$ に対して検定する。

$$y(t) = \delta + \rho y(t-1) + \varepsilon(t), \quad \varepsilon(t) \sim \text{iid}(0, \sigma^2)$$

トレーディング・ルール

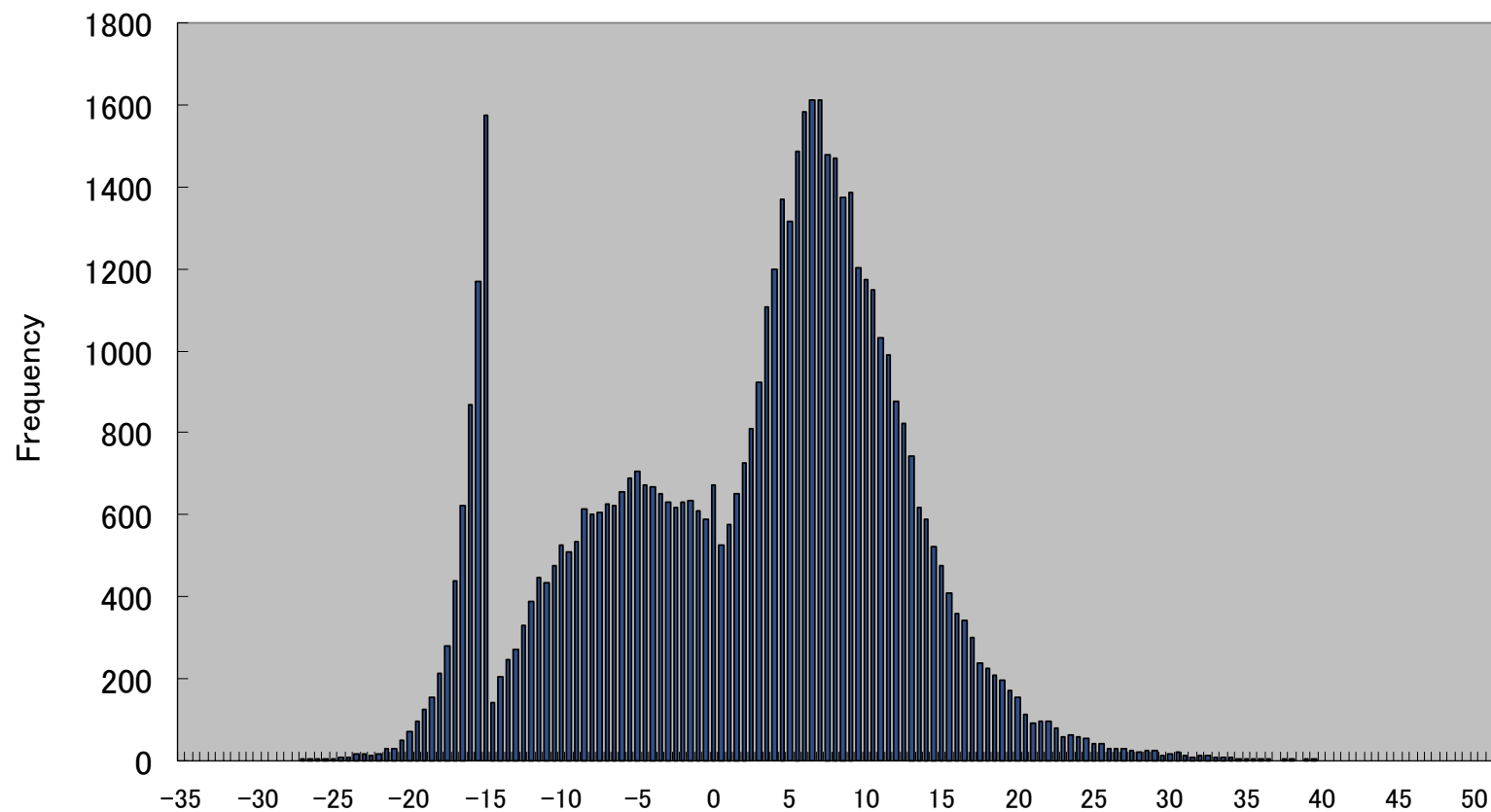
- ◆投資ユニバースはS&P BMIの構成銘柄かつ時価総額が\$500M以上。
GICS産業(24業種)が同一のものでペアを組成。
- ◆ADF検定:2年分の日次データから対数株価比の時系列データを作成。
対数株価比が定常過程に従うかどうかを検定して、ペアを決定(5%水準)。
- ◆Open Rule
対数株価比が平均から2標準偏差離れた場合に、Watch Listに登録。
ピークアウトして、2標準偏差以内に平均回帰してきたらペア取引開始。
- ◆Unwind Rule
 - 1.対数株価比が平均回帰、2. ロスカット・ルール(15%)
 - 3.ADF検定でペア不適當(10%水準)、4. 65日ルール

株式ペア取引戦略



4 実証結果(株式ペア取引のリターン分布)

平均リターン1.77%、標準偏差10.20%、尖度-0.40、歪度-0.24

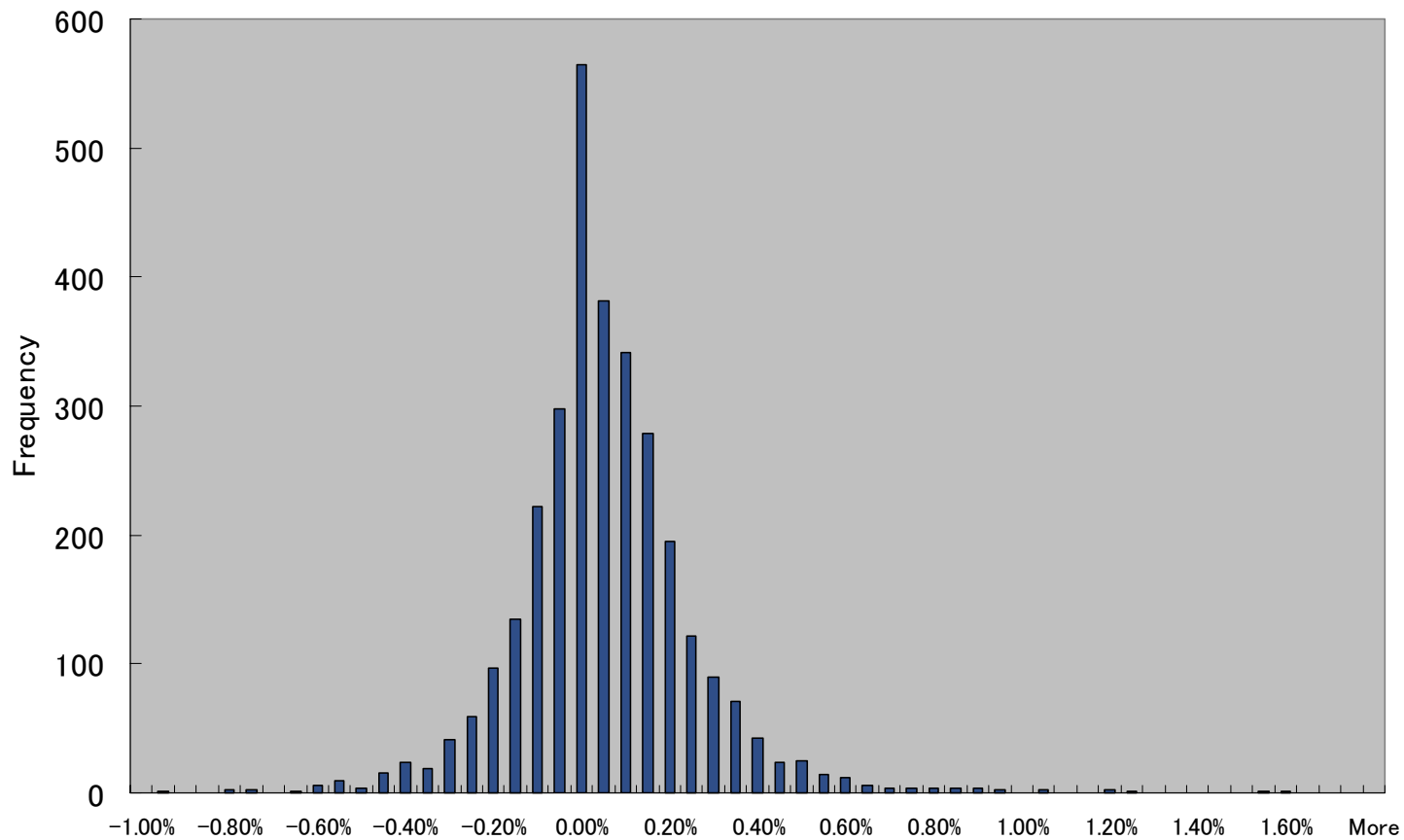


株式ペア取引のパフォーマンス(解消条件別)

Year Beginning	Mean Reversion	Invalidated	Stop Loss	Days Over	Grand Total
2000	2107 trades: 10.8%: 22d	392 trades: -6.4%: 23d	633 trades: -16.9%: 23d	322 trades: -3.4%: 65d	3454 trades: 2.5%: 26d
2001	2695 trades: 9.9%: 23d	508 trades: -4.7%: 23d	739 trades: -16.8%: 25d	292 trades: -3.3%: 65d	4234 trades: 2.6%: 26d
2002	2016 trades: 8.7%: 24d	643 trades: -5.2%: 23d	469 trades: -16.5%: 27d	334 trades: -3.7%: 65d	3462 trades: 1.5%: 28d
2003	1959 trades: 8.5%: 24d	672 trades: -5.6%: 25d	347 trades: -16.4%: 33d	384 trades: -4.2%: 65d	3362 trades: 1.7%: 30d
2004	2065 trades: 7.9%: 28d	1010 trades: -4.9%: 26d	261 trades: -16.2%: 35d	540 trades: -4.0%: 65d	3876 trades: 1.3%: 33d
2005	3612 trades: 7.9%: 23d	2466 trades: -4.6%: 22d	541 trades: -16.4%: 29d	560 trades: -4.3%: 65d	7179 trades: 0.8%: 26d
2006	3481 trades: 9.4%: 24d	1786 trades: -5.0%: 23d	545 trades: -16.7%: 23d	462 trades: -3.6%: 65d	6274 trades: 2.1%: 27d
2007	3892 trades: 8.7%: 22d	1936 trades: -6.1%: 23d	689 trades: -16.5%: 28d	351 trades: -4.6%: 65d	6868 trades: 1.3%: 25d
2008	2116 trades: 11.3%: 19d	1061 trades: -6.6%: 19d	541 trades: -16.9%: 21d	115 trades: -4.0%: 65d	3833 trades: 1.9%: 21d
2009	1472 trades: 10.9%: 28d	491 trades: -6.0%: 26d	310 trades: -16.3%: 30d	374 trades: -3.3%: 65d	2647 trades: 2.6%: 33d
2010	3021 trades: 8.3%: 28d	1680 trades: -3.2%: 24d	421 trades: -16.6%: 34d	712 trades: -3.8%: 65d	5834 trades: 1.7%: 32d
2011	3190 trades: 8.8%: 22d	2130 trades: -3.8%: 20d	339 trades: -17.1%: 23d	308 trades: -3.0%: 65d	5967 trades: 2.2%: 23d
Grand Total	31626 trades: 9.11%: 24d	14775 trades: -4.91%: 23d	5835 trades: -16.62%: 27d	4754 trades: -3.79%: 65d	56990 trades: 1.77%: 27d
Weight	55.49%	25.93%	10.24%	8.34%	

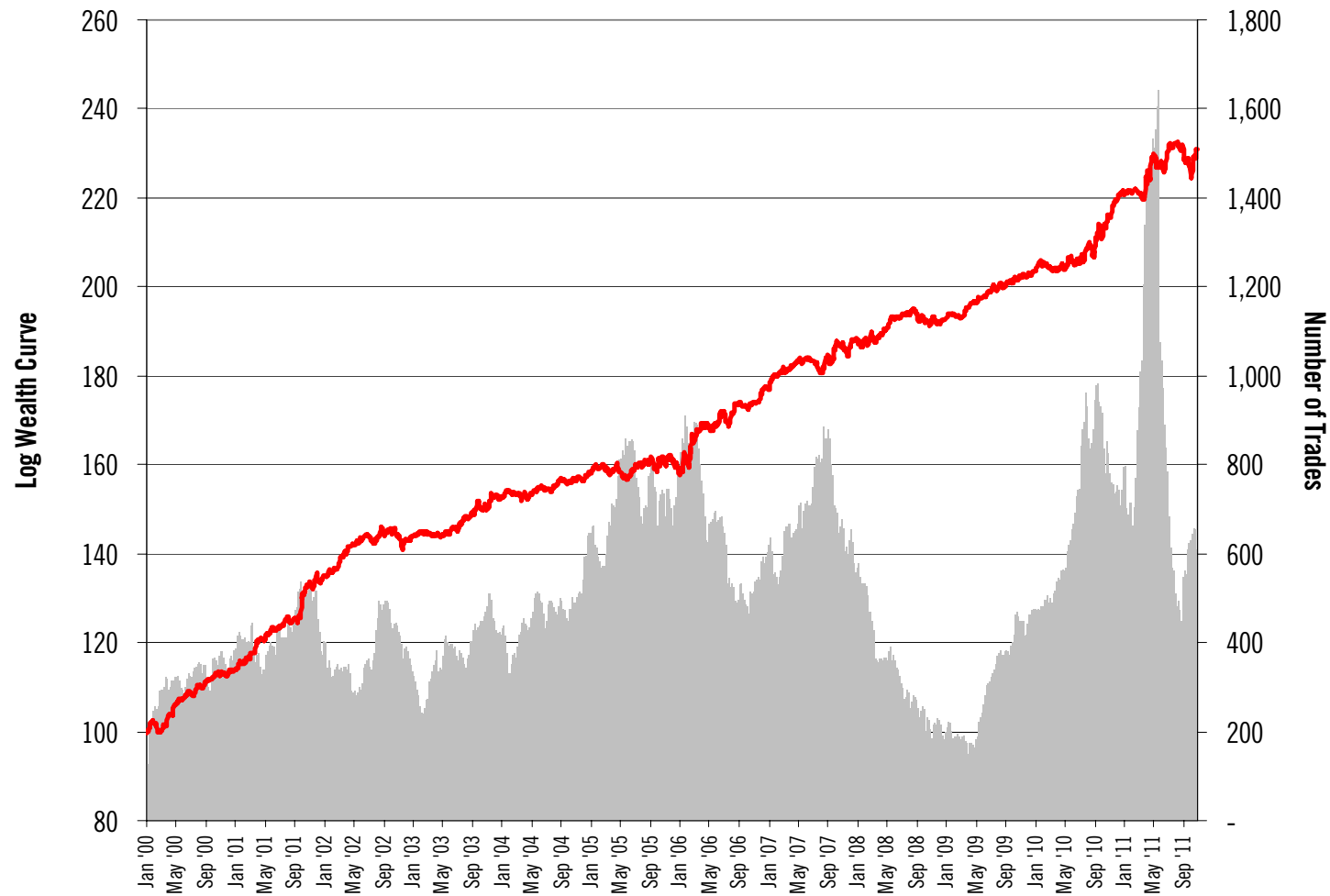
裁定ポートフォリオの日次パフォーマンス

平均リターン0.03%、標準偏差0.20%、尖度5.47、歪度0.72



裁定ポートフォリオのパフォーマンス推移

年率リターン7.20%, Std 3.64%, Sharpe Ratio 1.97



裁定ポートフォリオの月次リターン効果

Anova: Single Factor

Groups	Count	Sum	Average	Variance
Jan	12	11.739	0.978	0.548
Feb	12	2.196	0.183	1.401
Mar	12	11.608	0.967	2.231
Apr	12	8.372	0.698	0.796
May	12	8.435	0.703	0.878
Jun	12	5.254	0.438	0.413
Jul	12	6.177	0.515	1.044
Aug	12	7.659	0.638	0.611
Sep	12	4.168	0.347	1.628
Oct	12	9.195	0.766	2.456
Nov	12	4.264	0.355	0.913
Dec	12	5.335	0.445	0.726

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	8.163	11	0.742	0.653	0.781	1.862
Within Groups	150.093	132	1.137			
Total	158.256	143				

裁定ポートフォリオの年次リターン効果

Anova: Single Factor

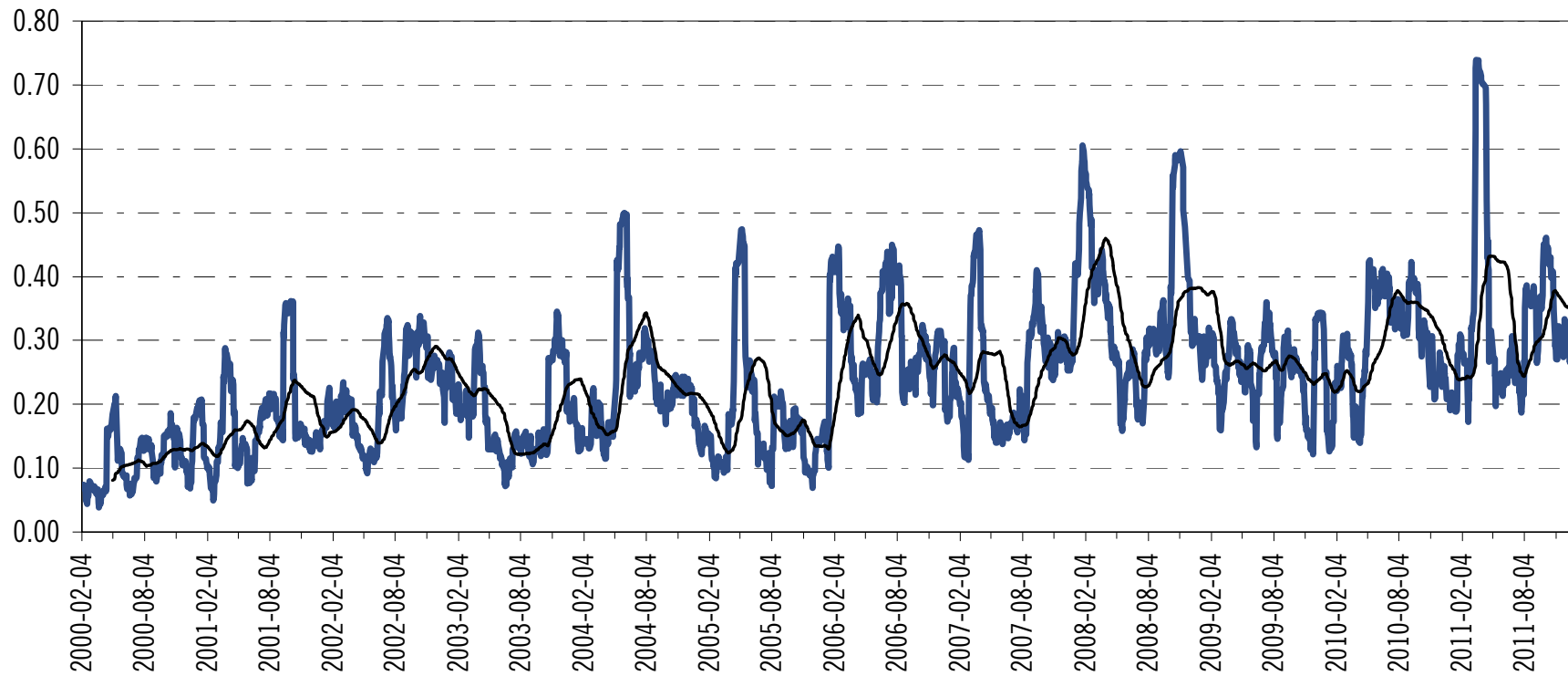
Groups	Count	Sum	Average	Variance
Y2000	12	13.147	1.096	2.058
Y2001	12	17.252	1.438	2.118
Y2002	12	6.459	0.538	0.962
Y2003	12	5.807	0.484	1.019
Y2004	12	3.553	0.296	0.531
Y2005	12	0.104	0.009	0.994
Y2006	12	11.497	0.958	1.170
Y2007	12	6.024	0.502	0.789
Y2008	12	2.455	0.205	0.480
Y2009	12	5.426	0.452	0.170
Y2010	12	8.325	0.694	0.973
Y2011	12	4.355	0.363	1.175

ANOVA

Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Between Groups	21.42366071	11	1.947605519	1.878823637	0.047558	1.861867708
Within Groups	136.8323899	132	1.036609015			
Total	158.2560506	143				

個別銘柄間の株価リターンの相関係数

Cross Correlation



裁定ポートフォリオのパフォーマンスのリスク特性

Regression Statistics	
Multiple R	0.3375
R Square	0.1139
Adjusted R Square	0.0884
Standard Error	1.0044
Observations	144

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Significance F
Regression	4	18.0279	4.5070	4.4675	0.0020
Residual	139	140.2282	1.0088		
Total	143	158.2561			

	Coefficients	Standard Error	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%
Intercept	0.570	0.088	6.447	0.000	0.395	0.745
Risk	(0.003)	0.028	(0.102)	0.919	(0.058)	0.052
Size	0.040	0.081	0.487	0.627	(0.121)	0.200
Value	0.031	0.079	0.390	0.697	(0.125)	0.186
Momentum	(0.235)	0.056	(4.184)	0.000	(0.346)	(0.124)

注：株式ペア・ポートフォリオの月次リターンを4つのスタイル・インデックスの月次リターンで重回帰した結果である。
シティグループ証券のスタイル・インデックスを使用している。

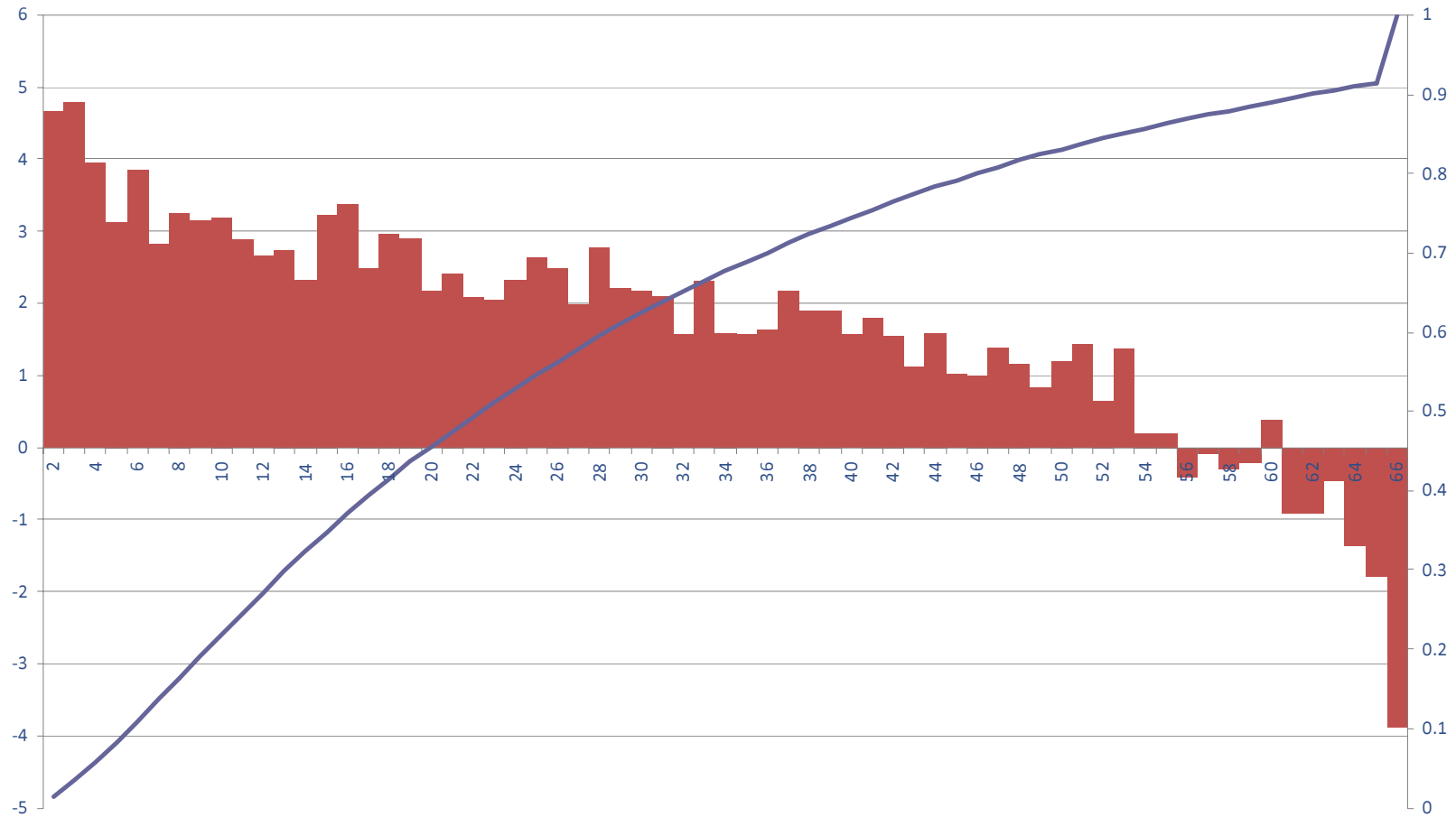
株式ペア取引のセクター別リターン効果

Sector	Min.	1st Qu	Median	Mean	3rd Qu	Max.
CONSUMER DISCRETIONARY	-27.60	-7.10	4.21	1.64	9.72	67.55
CONSUMER STAPLES	-29.20	-5.03	4.31	1.95	8.49	38.74
ENERGY	-18.60	-7.24	0.01	0.87	9.80	25.94
FINANCIALS	-25.46	-3.78	4.11	2.06	7.72	48.68
HEALTH CARE	-27.83	-6.16	3.74	1.46	8.68	47.41
INDUSTRIALS	-32.70	-6.66	4.29	1.75	9.56	43.66
INFORMATION TECHNOLOGY	-24.74	-7.59	3.89	1.67	10.06	45.94
MATERIALS	-26.84	-6.76	3.83	1.37	9.00	37.66
TELECOMMUNICATION	-21.51	-9.06	1.87	0.71	8.97	26.89
UTILITIES	-16.10	-1.36	2.06	1.19	3.92	16.05

Kruskal-Wallis rank sum test

Kruskal-Wallis chi-squared = 59.943, df = 9, p-value = 0.000

株式ペア取引の回収日数別のリターン



5 結論(ストーリーとしての株式ペア取引戦略)

- ◆ 本研究の貢献は、株式ペア取引の利益の源泉を解き明かしたことである。株式ペア取引の利益の源泉は以下の通り。
- ◆ 共和分関係にある株式ペアに着目して、平均回帰の動きに賭ける。平均的な株式ペア取引から得られるリターンは1.77%程度である。
- ◆ リターンは想定外のニュースが出て、損失を被るリスクに対する見返りである。そのためにトレーダーは思惑が外れた場合に備えて、ペアを解消するルールを定め、リスク・コントロールを行う。
- ◆ 大量のペア取引を一度に実行することにより、投資分散効果を楽しんでいる。

6 今後の課題

- ◆ 回収日数が早いほど、トレードの平均リターンが高い。事前に早く平均回帰する株式ペアを判別できれば、より儲けることができる。どのようにして回収の早いペア取引と遅い取引を識別すべきかが、今後取り組むべき課題であろう。
- ◆ 追加研究としては、2証券間の共和分ベクトルを一般化させることも考えられる。共和分ベクトル $(1, \beta)$ とした株式ペアリングで、パフォーマンスが改善する可能性もある。
- ◆ ベクトル誤差修正モデル(VECM)で表現できる株式ペアリングも検討の価値がある。誤差修正項(error correction term)は、均衡に戻っていく力を働くことを表現しており、均衡からの乖離に対する調整速度と調整の方向を推定することができる可能性がある。

引用文献リスト

- [1] Gatev, E., W. N. Goetzmann, and K. G. Rouwenhorst [2006],
“Pairs Trading: Performance of a Relative Value Arbitrage Rule,”
The Review of Financial Studies 19, 777—827.
- [2] Jagadeesh, N., and S. Titman [1995],
“Overreaction, Delayed Reaction, and Contrarian Profits,”
The Review of Financial Studies 8, 973—993.
- [3] Lo, A., and C. Mackinlay [1990],
“When are Contrarian Profits Due to Stock Market Overreaction? ,”
The Review of Financial Studies, 3 ,175—205.
- [4] Shleifer, A. and R. Vishny [1997], “Limits of Arbitrage,”
Journal of Finance 52, 35—55.