

コモディティ市場におけるファクターの特徴と ファクター間の関係

西崎 薫

東京都立大学大学院 経営学研究科

2024年3月9日

目次

- 1 研究目的
- 2 先行研究
- 3 分析方法
- 4 ファクター分析
- 5 リターン分解分析
- 6 複合ファクター分析
- 7 ボラティリティコントロール分析
- 8 株式ファクターとの関係
- 9 結論

研究目的

コモディティファクターの特徴と関係性を明らかにする

先行研究にて、

- コモディティのファクターはいくつか確認される
- ファクター間の相関関係がある

そこで、

リターン分解を行い詳細に分析すると共に、よりパフォーマンスの良いファクターを作成する

さらに、

- ボラティリティコントロールをした際のパフォーマンスの変化を分析
- 株式ファクターとの関係性を分析

先行研究

Markwat, Quist and Zomerdijk (2020)

- バリューフアクターに注目
- バリューがキャリー，モメンタムに対してそれぞれ負のエクスポージャーを持つと指摘
- キャリー，モメンタムに対してニュートラルとする調整を行うことでバリューが有効となる
- セクターニュートラルにする事でもバリューが有効となる

Han (2023)

- モメンタムファクターに注目
- リターンをイールドとキャピタルゲインに分解する
- キャピタルゲインは負の値であり保有期間が長いほど小さくなる

分析方法～データ～

Szymanowska et al. (2014) を参考に 21 種のコモディティを対象とする

- エネルギー (Heating Oil, Gasoline, Crude Oil)
- 食肉 (Feeder Cattle, Live Cattle, Live Hogs)
- 金属 (Gold, Copper, Silver)
- 穀物 (Corn, Oats, Wheat, Rough Rice)
- 油種 (Soybean Oil, Soybeans, Soybean Meal)
- ソフト (Coffee, Orange Juice, Cocoa)
- 工業品 (Cotton, Lumber)

分析方法～データ～

- コモディティ先物を対象
- 直近の先物価格をスポット価格とみなす
- 取引最終日の前月末に期先物へロールオーバー
- 月次データを使用して、毎月リバランスを行う
- 米ドル建て価格を使用
- 分析期間は 1972 年 11 月～2023 年 4 月

分析方法～ポートフォリオの作成～

3分位ポートフォリオ

- 8～21種類のコモディティをファクターでソート
- 降順で P1, P2, P3 に分割
- P1 - P3 のロングショートポートフォリオを作成
- ポートフォリオ内は等ウェイト

分析方法～ファクターの作成～

キャリー

コモディティ先物においてスポット価格と先物価格との間のスプレッドに起因するリターンである

$$S_{j,t}^{carry} = \ln \left(\frac{\text{Spot}_{j,t}}{F_{j,t}^{T_2}} \right) \quad (1)$$

モメンタム

トレンドを表す指標であり，過去一定期間の累積リターンである

$$S_{j,t}^{momentum} = r_{j,t-12 \rightarrow t-1} \quad (2)$$

分析方法～ファクターの作成～

モメンタムスプレッド

同一の期間において、満期の異なる先物契約のリターンの差である

$$S_{j,t}^{momentum-spread} = r_{j,t-12 \rightarrow t-1}^{T_0} - r_{j,t-12 \rightarrow t-1}^{T_1} \quad (3)$$

バリュー

本質的価値に対する割安度である

$$S_{j,t}^{value} = \ln \left(\frac{\frac{1}{13} \sum_{i=54}^{66} \text{Spot}_{j,t-i}}{\text{Spot}_{j,t}} \right) \quad (4)$$

ファクター分析～結果～

Table: 3分位ポートフォリオ

	Eq Weight	Carry				Momentum			
		P1	P2	P3	P1-P3	P1	P2	P3	P1-P3
平均	4.26%	10.26%	4.72%	-2.21%	12.47%	10.64%	4.63%	-1.42%	12.06%
標準偏差	14.14%	19.65%	16.47%	16.00%	19.37%	20.11%	15.86%	18.18%	20.07%
シャープレシオ	0.302	0.522	0.287	-0.138	0.644	0.529	0.292	-0.078	0.601
t 値	1.82	3.04	1.82	-0.98	4.14	3.16	1.73	-0.56	4.11
		Momentum Spread				Value			
		P1	P2	P3	P1-P3	P1	P2	P3	P1-P3
平均		12.11%	1.65%	0.23%	11.88%	7.15%	1.47%	2.90%	4.25%
標準偏差		17.80%	17.30%	16.66%	17.37%	17.10%	17.21%	20.85%	21.64%
シャープレシオ		0.681	0.095	0.014	0.684	0.418	0.085	0.139	0.196
t 値		4.57	0.57	0.09	4.73	2.87	0.54	0.84	1.36

ファクター分析～結果～

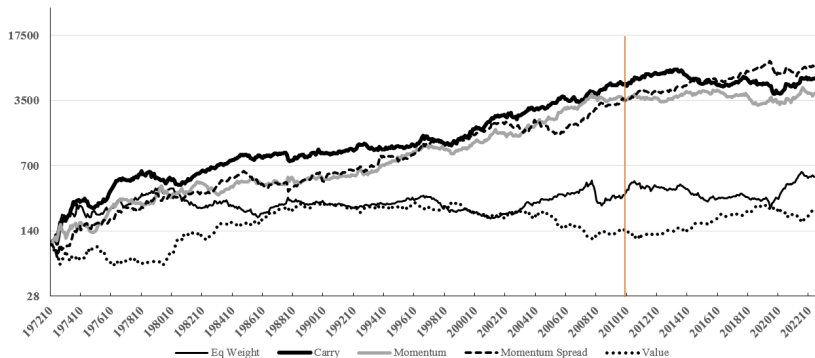


Figure: 3 分位ポートフォリオの資産の推移

ファクター分析～結果～

- キャリー，モメンタム，モメンタムスプレッドについて有意に正の平均リターンとなる
- バリュースプレッドは正の平均リターンであるが有意ではない
- キャリー，モメンタムは2010年頃からパフォーマンスが落ちる

ファクター分析～相関～

バリューのファクター効果は見られないが、Markwat, Quist and Zomerdijk (2020) にてこれはキャリーとモメンタムによるものであると指摘している

Table: ファクター間の相関

	Eq Weight	Carry	Momentum	Momentum Spread	Value
Eq Weight	1.00				
Carry	0.16	1.00			
Momentum	0.14	0.39	1.00		
Momentum Spread	0.05	0.38	0.21	1.00	
Value	-0.22	-0.35	-0.56	-0.06	1.00

リターン分解分析

Han (2023) を参考にファクターリターンをキャピタルゲインとイールドに分解し、より詳細に分析する

リターンは次のように分解する

$$r_{j,t \rightarrow t+1}^{T_2} = cg_{j,t \rightarrow t+1}^{T_2} + y_{j,t \rightarrow t+1}^{T_2} \quad (5)$$

$r_{j,t \rightarrow t+1}^{T_n}$ はコモディティ j で第 n 限月の先物の期間 $t \rightarrow t+1$ の先物リターンである

リターン分解分析

イールド

$$y_{j,t \rightarrow t+1}^{T_2} = \frac{\text{Spot}_{j,t} - F_{j,t}^{T_2}}{F_{j,t}^{T_2}} \quad (6)$$

キャピタルゲイン

$$cg_{j,t \rightarrow t+1}^{T_2} = r_{j,t \rightarrow t+1}^{T_2} - y_{j,t \rightarrow t+1}^{T_2} \quad (7)$$

- イールドはスポット価格が動かない際に先物をロング（ショート）することで得られるリターンであり、実質的にキャリーと同じ
- キャピタルゲインは先物リターンにおいて、先物価格の変動うちイールドで説明できない部分であり、スポット価格のリターンと実質的に同じ

リターン分解分析～分析結果～

(a) キャピタルゲイン

	Eq Weight	Carry				Momentum			
		P1	P2	P3	P1-P3	P1	P2	P3	P1-P3
平均	10.28%	-23.90%	14.16%	39.84%	-63.74%	1.20%	10.65%	19.50%	-18.29%
標準偏差	14.47%	21.22%	16.30%	16.43%	20.76%	20.89%	16.89%	18.60%	21.41%
シャープレシオ	0.711	-1.126	0.869	2.424	-3.070	0.058	0.631	1.048	-0.854
t 値	4.40	-6.46	5.83	17.23	-19.59	0.34	4.00	7.38	-5.19
		Momentum Spread				Value			
		P1	P2	P3	P1-P3	P1	P2	P3	P1-P3
平均		4.41%	11.63%	14.87%	-10.45%	21.41%	9.41%	-1.35%	22.77%
標準偏差		19.48%	17.62%	17.43%	20.12%	19.31%	17.35%	21.10%	23.96%
シャープレシオ		0.227	0.660	0.853	-0.519	1.109	0.543	-0.064	0.950
t 値		1.42	4.07	5.50	-3.17	7.22	3.44	-0.41	6.57

リターン分解分析～分析結果～

(a) イールド

	Eq Weight	Carry				Momentum			
		P1	P2	P3	P1-P3	P1	P2	P3	P1-P3
平均	-6.02%	34.18%	-9.56%	-42.00%	76.19%	9.35%	-5.92%	-20.93%	30.28%
標準偏差	4.43%	9.28%	2.82%	4.44%	9.03%	7.58%	6.82%	5.35%	8.85%
シャープレシオ	-1.357	3.684	-3.383	-9.450	8.440	1.233	-0.869	-3.915	3.421
t 値	-4.94	14.32	-11.88	-35.26	34.66	4.82	-3.71	-15.28	13.70
		Momentum Spread				Value			
		P1	P2	P3	P1-P3	P1	P2	P3	P1-P3
平均		7.68%	-10.00%	-14.64%	22.31%	-14.26%	-7.94%	4.25%	-18.52%
標準偏差		9.17%	4.29%	6.09%	10.09%	8.35%	5.88%	6.57%	10.05%
シャープレシオ		0.837	-2.328	-2.405	2.212	-1.709	-1.351	0.648	-1.842
t 値		3.35	-9.00	-9.86	9.51	-7.19	-5.39	2.42	-7.72

リターン分解分析～分析結果～

- キャリーファクターの平均リターンと標準偏差の絶対値が他の3ファクターと比べて突出して大きい
 - キャリー, モメンタム, モメンタムスプレッドはキャピタルゲインでは負のリターン, イールドでは正のリターン
 - バリュースプレッドはキャピタルゲインでは正のリターン, イールドでは負のリターン
- 負の相関はイールドとキャピタルゲインそれぞれの経路を通じて一方に正のリターン, 他方に負のリターンとして現れる

複合ファクター分析

キャリー、モメンタム、モメンタムスプレッド、バリュートの4つのファクターを組み合わせた複合ファクターを作成する

- 複合ファクターにすることでパフォーマンスが向上する
のか？
- キャリー、モメンタム、モメンタムスプレッドとバリュートの間における負の相関がパフォーマンスの向上に寄与する
のか？

複合ファクター分析

複合ファクター 1

各ファクターポートフォリオリターンを等加重平均して作成する

$$r_{t \rightarrow t+1}^j = \sum_i \frac{r_{t \rightarrow t+1}^i}{N} \quad (8)$$

N は組み合わせたファクターの数である

複合ファクター 2

各特性値でソートした際に順位を付けて各コモディティ毎にその順位を合計して作成する

$$\text{Composite}_t^j = \sum_i c_t \times \text{rank}(S_{j,t}) \quad (9)$$

c_t はスケーリングファクターである

複合ファクター分析～結果～

Table: 複合ファクター 1

	Eq Weight	Carry + Momentum	Carry + Momentum Spread	Carry + Value	Momentum + Momentum Spread	Momentum + Value	Momentum Spread + Value	All
平均	4.26%	12.27%	12.18%	8.36%	11.97%	8.16%	8.06%	10.17%
標準偏差	14.14%	16.20%	14.90%	11.73%	14.06%	10.03%	13.74%	9.15%
シャープレシオ	0.302	0.757	0.817	0.713	0.852	0.813	0.587	1.111
t 値	1.82	4.93	5.34	4.90	5.71	5.69	4.01	7.24

複合ファクター分析～結果～

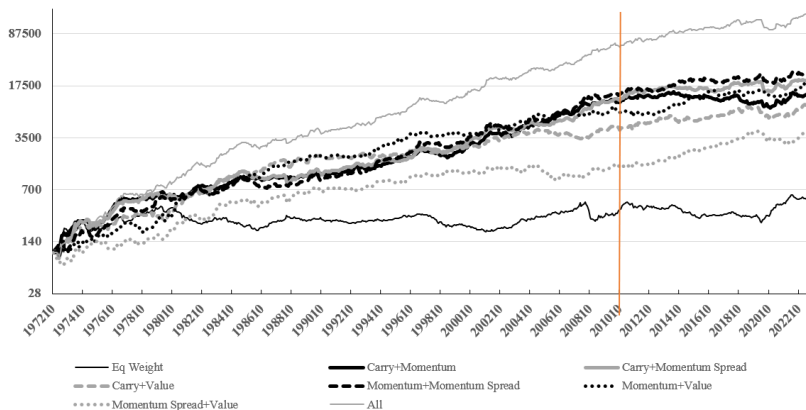


Figure: 複合ファクター 1 の資産の推移

複合ファクター分析～結果～

Table: 複合ファクター 2

	Eq Weight	Carry + Momentum	Carry + Momentum Spread	Carry + Value	Momentum + Momentum Spread	Momentum + Value	Momentum Spread + Value	All
平均	4.26%	11.46%	12.87%	11.88%	15.92%	11.53%	10.54%	18.60%
標準偏差	14.14%	20.38%	18.87%	20.53%	19.59%	19.58%	20.82%	19.27%
シャープレシオ	0.302	0.562	0.682	0.579	0.812	0.589	0.506	0.965
t 値	1.82	3.57	4.80	4.31	5.77	4.06	3.42	7.05

複合ファクター分析～結果～

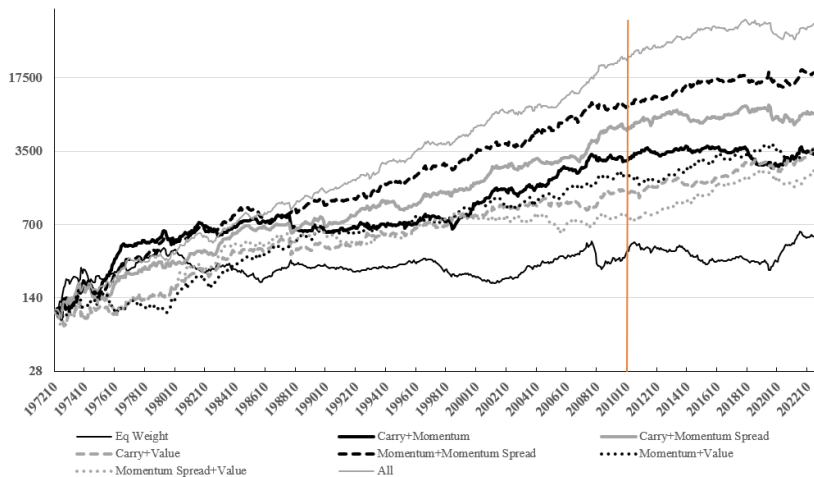


Figure: 複合ファクター 2 の資産の推移

複合ファクター分析～結果～

- 複合ファクター 1, 2 ともにほとんどの組み合わせでパフォーマンスが向上
- 3分位ポートフォリオの複合ファクター 1 の All で SR1.111 と高いパフォーマンス
- 複合ファクター 1 の方がパフォーマンス良い
- 負の相関によるパフォーマンス (SR) の向上は無い
- バリューファクターと組み合わせることで 2010 年以降にキャリーやモメンタムファクターのパフォーマンスがなくなる問題を解消する

ボラティリティコントロール分析

ボラティリティを一定にしたリターンを作成して分析を行う

- 各コモディティ個別のボラティリティコントロールとポートフォリオのボラティリティコントロールの2種類を作成
- Moskowitz, Ooi and Pedersen (2012) を参考

ボラティリティ σ_t^2 は

$$\sigma_t^2 = 261 \sum_{i=1}^{261} \frac{\delta^i}{\Delta} (r_{t-i} - \bar{r}_t)^2$$

$$\bar{r}_t = \sum_{i=1}^{261} \frac{\delta^i}{\Delta} r_{t-i}$$

$$(\delta = 60/61, \Delta = \sum_{i=1}^{261} \delta^i)$$

ボラティリティコントロール分析

ボラティリティコントロールリターン (Vol コンリターン) r_t^{volcon} は

$$r_t^{volcon} = \frac{r_t}{\sigma_t} \times 0.5$$

- リターンは年率化を行った日次リターン
- 1年間を 261 日として計算
- ポートフォリオのボラティリティコントロールは月次リターンしか取得できないため、月次リターンから同様のボラティリティコントロールを行う

ボラティリティコントロール分析～結果～

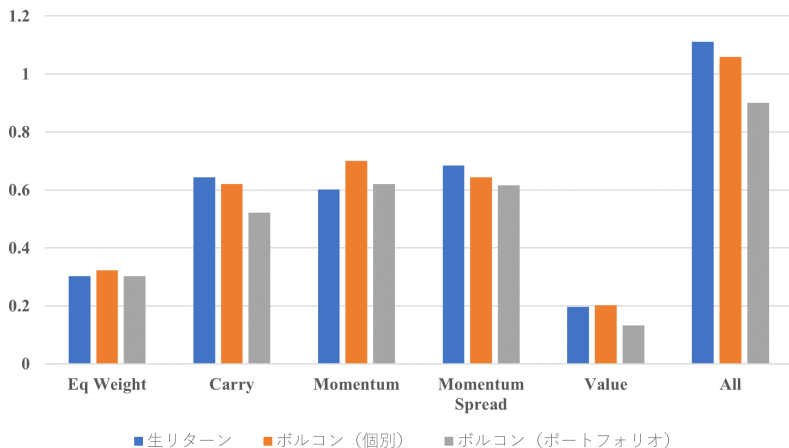


Figure: ボラティリティコントロールのシャープレシオ

ボラティリティコントロール分析～結果～

分析結果から次の事が明らかになる

- ボラティリティコントロールにてパフォーマンスは大きく変わらない
 - ポートフォリオのボラティリティコントロールに比べ個別のボラティリティコントロールの方がパフォーマンスが良い
- コモディティ間の相関をコントロールするとパフォーマンスが落ちる

株式ファクターとの関係

コモディティのファクターと株式のファクターの関係を分析する
Fama and French (2015) の株式マーケット (MKT), サイズ (SMB), バリュウ (HML), 収益性 (RMW), 投資 (CMA) の 5 ファクターに過去 1 年間のモメンタムファクターを追加して
Fama-French6 ファクターとして分析する

- 等ウェイトと 4 ファクター, 複合ファクター 1 の All が対象
- データは French のホームページより入手
- Fama-French6 ファクターは米国市場を使用

株式ファクターとの関係～結果～

Table: FF6 ファクターとの関係

	Eq Weight	Carry	Momentum	Momentum Spread	Value	All
切片	0.0026 (1.20)	0.0099 (3.49)	0.0077 (3.01)	0.0111 (5.14)	0.0047 (1.68)	0.0084 (6.80)
MKT	0.1523 (2.54)	-0.0297 (-0.58)	0.0169 (0.32)	-0.1807 (-3.30)	0.0515 (0.87)	-0.0355 (-1.42)
SMB	0.0335 (0.50)	0.1809 (2.16)	0.0325 (0.32)	0.0477 (0.51)	0.0260 (0.26)	0.0718 (1.62)
HML	0.2136 (2.70)	0.1816 (1.74)	0.3336 (2.55)	0.0535 (0.52)	-0.2593 (-1.94)	0.0773 (1.58)
RMW	-0.1210 (-1.41)	0.0393 (0.36)	-0.0068 (-0.07)	-0.0433 (-0.42)	0.0697 (0.58)	0.0147 (0.29)
CMA	-0.0749 (-0.55)	-0.1095 (-0.65)	-0.2260 (-1.20)	0.0122 (0.08)	0.2461 (1.25)	-0.0193 (-0.25)
Mom	-0.0049 (-0.12)	0.0122 (0.20)	0.3209 (4.77)	-0.0507 (-0.87)	-0.2968 (-4.83)	-0.0036 (-0.14)

株式ファクターとの関係～結果～

分析結果から次の事が明らかになる

- キャリー，モメンタム，モメンタムスプレッド，オールファクターは株式ファクターで説明できない成分がある
- モメンタムスプレッドは株式マーケットファクターとの係数が有意に負
- モメンタムファクターは株式モメンタムと同方向に動く

結論

コモディティファクターの特徴と関係性について次の事が明らかになる

- キャリー，モメンタム，モメンタムスプレッドとバリュウの間には負の相関がある
 - キャリー，モメンタム，モメンタムスプレッドはキャピタルゲインにマイナス，イールドにプラスに寄与し，バリュウはキャピタルゲインにマイナス，イールドにプラスに寄与することを発見
- イールドとキャピタルゲインへの寄与の違いによってバリュウと他の3つのファクターの間に負の相関がある

結論

- 複合ファクターを作成し、キャリーとモメンタムについてバリューと組み合わせることによって 2010 年以降もファクター効果があるといった改善がある
- 4 つのファクターを合わせた複合ファクターでは最高 1.111 と高いシャープレシオを持つファクターを作成する事が出来る
- ボラティリティを一定にした場合の分析について効果はあまりない
- 個別とポートフォリオそれぞれのボラティリティコントロールを比較して、コモディティ間の相関をコントロールするとパフォーマンスが落ちると発見
- 株式ファクターとの関係性の分析を行い、キャリー、モメンタム、モメンタムスプレッド、オールファクターは α が存在する

Fama, E. F. and K. R. French (2015) “A five-factor asset pricing model,” *Journal of Financial Economics*, 116(1), 1–22.

Han, M. (2023) “Commodity momentum and reversal: Do they exist, and if so, why?” *Journal of Futures Markets*.

Markwat, T., J. Quist, and C. Zomerdijk (2020) “Value investing for commodities,” *Journal of Alternative Investments*, 23(2), 127–140.

Moskowitz, T. J., Y. H. Ooi, and L. H. Pedersen (2012) “Time series momentum,” *Journal of Financial Economics*, 104(2), 228–250.

Sakkas, A. and N. Tessaromatis (2020) “Factor based commodity investing,” *Journal of Banking & Finance*, 115, 105807.

Szymanowska, M., F. de Roon, T. Nijman, and R. Van den Goorbergh (2014) “An anatomy of commodity futures risk premia,” *Journal of Finance*, 69(1), 453–482.

付録：取引コスト

Sakkas and Tessaromatis (2020) にて、取引コストを議論している

- 1回の取引コストは4.4 ベーシスポイント
- ロングショートポートフォリオは4回転行う
- 毎月リバランスであり、ロールオーバーは同時に行う

$$12 \times 4 \times 4.4 = 211.2\text{bp}$$

Table: 取引コストを加味したシャープレシオ

	Eq Weight	Carry	Momentum	Momentum Spread	Value	All
シャープレシオ	0.302	0.644	0.601	0.684	0.196	1.111
修正シャープレシオ	0.152	0.535	0.496	0.562	0.099	0.881