

# 石油先物・天然ガス先物の4本値データを用いた 価格変動性におけるアノマリーの実証分析

竹内 哲治

本稿の目的は、エネルギー先物取引における変動の規則性について4本値データを用いて示すことである。価格変動（volatility）を中心に比較検討するために、変動に何が起因するかの考察からはじめる。次に、変則性を測るメジャーとしてどのようなものがあるか先行研究を紹介し、実証分析へと繋げる。ファイナンスの中では“アノマリー（anomaly）”は変則性と訳され株価やそのリターンの“異常”な推移や経済的なショックの影響に使われてきた。実際にはその動きの経済的な原因を明瞭に示すことができないときに、“アノマリー”と一括りにされてきた。そして、多くの論文でその理由を見つけるべく様々なイベントが仮説として候補となっている。一方最近では、原因をデータに言わしめるデータマイニングの論文が報告されてきた。さらに、非常に短期の高頻度データを用いた時系列分析が盛んに行われてきている。

先物価格は理論的には原資産価格とキャリーコストによって決まる。ただし、市場参加者の心理的な要因がノイズとして取引価格の変動を大きくさせる。需給は原資産価格に影響を与え、それを通じて先物価格へ影響する。商品先物市場は金融資産の先物に比べて流動性が低く心理的な要因に大きく影響すると言われている。そこで、本稿では価格変動性におけるアノマリーについて実証分析を行う。ただし、デイリートレーダーのような非常に短期の分析ではなく、一週間、一か月、一年という単位の分析を行う。この分析を行うことで、商品先物市場の流動性の特徴を明らかにすることで、資産選択に組み込むことが可能になる。

本稿の構成は、第一にアノマリーとしての季節性効果についての先行研究について述べる。第二に、変則性を測るメジャーの先行研究にふれ、4本値を用いた変動性指標についてまとめる。第三に、対象とする商品先物の記述統計をもとに季節性効果について議論する。最後に、基本統計量の結果をもとに、曜日効果・月効果・月内効果などダミー変数を用いた回帰分析によりアノマリーが確認できるか否か実証分析を行う。

## 1. 先行研究

### 1.1 季節性効果

季節性効果（seasonality effect）についての論文は非常に多く、既に20世紀初頭に分析が始まっていることをPettengill（2003）はサーベイで指摘している。その多くは月次効果と曜日

効果の分析に分類され、前者は1月効果 (January effect)、後者は月曜効果 (Monday effect) または週末効果 (weekend effect) として有名である。1月効果は Rozeff and Kinney (1976) や Keim (1983) などの論文が代表的な始まりとされている。1月効果の理由として、1月には小型株の売買や税務上の欠損金対応のための売買 (もしくは、粉飾のための売買) が集中し、決算に連動した経済活動によるものではないかという仮説が立てられている。また、マーケットマイクロストラクチャーの観点から取引所のシステム設計によるものという説明もされている (Roll, 1983 など)。一方、週末効果は資産価格形成理論からのアプローチとして、French (1980)、French and Roll (1986) などの議論がきっかけとなっている。この週末効果の理由の一つとして、取引時間外が続く夜間や週末に公開情報と私的情報の整理において投資家の間で偏りが生じることによるという研究がある。俗に、「週の終わりに株式を買え。土日の情報で月曜に買い圧力が増し、株価上昇が見られるので月曜には売れ！」というものである。ただし、他方では「悪いニュースは場が閉まってからの夜間や週末に発表される。よって、場が再開すると株価が下がるので買え！」ということも言われており、情報の経済学でしばしばみられるシグナリングの役目として逆の議論が存在する。このように週末を挟むことから休日効果 (Holiday effect) と呼ばれることもある (Ariel, 1990 参照のこと)。

さらに、ハロウィーン効果 (Halloween effect) やデカンショ節効果<sup>1)</sup> などというユニークな名称がつけられた季節性効果もある。前者は, Bouman and Jacoben (2002) によれば、株式市場では、10月31日 (ハロウィーンの日) を境にそれ以降の6か月間は、それ以前の6か月間よりも上昇相場に転じることを実証分析で示している。後者は、榊原・山崎 (2003, 2004) や Sakakibara, Yamasaki, and Okada (2013) による、日本株の季節性について上半期のリターンの方が下半期のそれに比べて平均的に高いことを示している<sup>2)</sup>。なお、彼らが指摘するように、証券界を多く有するウォールストリートを中心に「5月に売れ！」ということが言われている。このように、カレンダーを見て判断することからカレンダー効果 (calendar effect<sup>3)</sup>) と呼ばれている。他にも月の初めの週と終わりの週を比べるような月内効果もある (Ariel, 1987)。

これらの効果に対する仮説は、経済的・合理的な解釈では説明のつかないものが存在し、行動ファイナンスの考えにつながっていく。実際、行動経済学の功績でノーベル経済学賞を受賞した Thaler (1987a, 1987b)<sup>4)</sup> でさえアノマリーにコメントを残している。それを受けて、非合理的な行動や心理的な効果というものの分析が盛んに行われるようになった (Moller and Zilca, 2008)。さらに、気温や気候が与える投資への影響やムード・フィーリング・エモーションなど

1) ファイナンスではこのようにファンシーな名づけが見られる。丹波篠山地方の盆踊りの節にちなんで名付けられている。デカンショ節効果の説明は岡田 (2014) の脚注に説明が書かれているので参照されたい。

2) なお、これらの論文は対象時期を変えると結果が示されないという批判がある。

3) 日本語では暦日効果と訳されることがある。

の影響の分析にまで至っている (Saunders, 1993 や Cao and Wei, 2005 を参照のこと)。経済理論から離れ、データマイニング的な方向へ進む研究もある。これはモメンタム効果 (相場の“勢い”による効果) やリターン・リバーサル効果 (反転や反発の効果) などが有名である。デイトレーダーの間では盛んに議論され 1990 年代後半から話題となっているシステムトレードや最近注目されている機械学習によるトレードもこの種のもものとされる<sup>5)</sup>。

このように株式市場の分析から始まり、国際市場 (Gultekin and Gultekin, 1983 や Tong, 2000 など) や他の資産、例えば債券市場・金・為替、などの分析へ広がりを見せている (Pettengill, 2003)。コモディティでは Chang and Kim (1988) や Milonas (1991) などの研究につながり、エネルギー分野では Hoelscher, Mbanga and Nelson (2017) や Nelson, Hoelscher, and Mbanga (2019) が原油と天然ガスの週末効果について分析を行っている。これらの研究では株式市場と同様に終値の日次リターンについての分析となっている。ただし、コモディティ取引では、特に気候、貯蔵、需給などのキャリーコストがファンダメンタルに影響し変動をより複雑にしていることが指摘されている (Mu, 2007)。コモディティ先物取引ではこの“取引コスト<sup>6)</sup>”が理論価格に反映していることが金融取引との大きな違いである。

## 1.2 価格変動性

変則性を測るメジャーとして、代表的なものとして価格、リターン (価格変化)、価格の分散 (または標準偏差) がある。カレンダー効果の多くの研究では終値のリターンとその分散について分析が進められてきた。多くの研究は終値-終値のリターンや日中の高頻度データを用いた分析が主流である。そして、分散の研究では、Engle (1982), Bollerslev (1986), Bollerslev, Chou, and Kroner (1992), Sadorsky (2006) の GARCH などの時系列分析と、Clark (1973), Tauchen and Pitts (1983), Taylor (1986), Gallant, Hsieh and Tauchen (1997) などの確率的ボラティリティモデルが代表的である。さらに、ベイズ推計が進んでいる (高橋・大森・渡部, 2020 や Jacquier, Polson and Rossi, 2002 など参照)。

しかしながら、終値-終値によるリターンを使うことは、営業時間外の情報のひずみによる影響を捨象していることになる。そこで、本稿では4本値を用いて日中の変則性を測ることとする。日中の価格変動を測るために、Floros (2009) の先行研究で紹介されている4つの指標

4) 当時はコーネル大学 (イサカ, NY 州) に在職していたので株式市場のあるウォールストリートに興味を示したのかもしれない。行動経済学の創始者の一人としてあげられる De Bondt が同大博士課程で証券市場の分析を行い、多くの共著がある (De Bondt and Thaler, 1985, 1987)。その後、シカゴ大学へ移っている。逆に、マーケットマイクロストラクチャーの第一人者として名高い O'Hara (O'Hara, Maureen (1999)) がケロッグにおり、後にコーネル大学へ移っている。なお、オハラ氏は西部劇で有名な女優と同名であるのでネットで調べるときには注意が必要である。

5) 筆者の範疇に無いのでこれ以上の議論は避ける。

6) 貯蔵・流通コストに加え、ノーベル経済学賞受賞者の Williamson 流の取引コストも含む。

を用いる。①高値と安値の差，②高値と安値を用いたドリフト項無しの場合の幾何ブラウン運動を仮定した値，③高値と終値の差だけではなく始値と終値も用いた値，④ドリフト項無しの場合の下方バイアス問題に対応した値を用いる。それぞれは，

$$\textcircled{1} \quad V_{HL} = \ln(H) - \ln(L)$$

$$\textcircled{2} \quad V_P = 0.361(\ln(H) - \ln(L))^2$$

$$\textcircled{3} \quad V_{GK} = \frac{1}{2}(\ln(H) - \ln(L))^2 - (2\ln 2 - 1)(\ln(C) - \ln(O))^2$$

$$\textcircled{4} \quad V_{RS} = (\ln(H) - \ln(O))(\ln(H) - \ln(C)) + (\ln(L) - \ln(O))(\ln(L) - \ln(C))$$

で算出される。なお、 $H$ 、 $L$ 、 $C$ 、 $O$ はそれぞれ同日の高値、安値、終値、始値である。サブスクリプトは②は Parkinson (1980)、③は Garman and Klass (1980)、④は Rogers and Satchell (1991) の頭文字からきている。その効率性など詳しくは Floros (2009) を参照されたい。加えて、本稿では、終値-終値と同様に始値-終値と終値-始値についても計算し、提示する。

## 2. 利用データと記述統計

### 2.1 利用するデータ

本稿では Chicago Mercantile Exchange グループ (CME) で取引されている原油先物および天然ガス先物の2つのエネルギー取引について検証する。データは Datastream の日次データを用いる。データ入手に制約があるため期間は異なっている。原油先物は1983年3月31日から2000年3月31日までの NYMEX West Texas Intermediate (WTI) Crude Oil futures<sup>7)</sup> (以下 CL と略す)、天然ガスは1999年12月28日から2019年12月27日までの NYMEX HENRY HUB NATURAL GAS (以下 NG と略す) である。また、比較のために他のコモディティ取引についても分析をした。CBOT<sup>8)</sup> のコーン先物 (以下 ZC と略す) と大豆先物 (以下 ZS と略す) である。この二つは、直近のデータしか入手できず、ZC は2017年12月14日から2021年1月28日まで、ZS は2017年11月14日から2021年1月28日までとなっている。ただし、限月の異なる複数の先物が存在しているのでデータ数は少なくない。なお、本稿では、取引時間の変更や期間中の一時的な中断などを考慮した分析は行っていない<sup>9)</sup>。これに関しては、マーケットマイクロストラクチャーの範疇であり本研究では捨象して分析を行う。また、ZC と ZS を比較対象とした理由は、もし投資家の心理としてカレンダー効果が現れるのであればエネルギー

7) NYMEX は New York Mercantile Exchange : 世界最大の商品・エネルギー先物の取引所であり、その中でも代表的なのが WTI 原油先物である。

8) CBOT は Chicago Board of Trade : 世界初の先物取引所として創設、先渡し銘柄として最も古いのがコーンの取引である。また、世界初の先物清算業務を開始している。

表1 利用データの期間と取引概要

	データの期間	限月	取引時間 (米国中部時間)	取引最終日
CL	1983/3/31 2000/3/31	当年とその先8年まで毎月、および、連続する2ヶ月について暦月限月上場	日曜-金曜, 5:00pm-4:00pm	受渡月前月25日から3営業日前 前月25日が営業日でなければ、 25日の前営業日から3営業日前
NG	1999/12/28 2019/12/27	当年から12年先まで毎月		受渡月初日から3営業日前
ZC	2017/12/14 2021/1/28	3月・5月・7月・9月・12月	日曜-金曜, 7:00pm-7:45am	限月15日の直前営業日
ZS	2017/11/14 2021/1/28	1月・3月・5月・7月・8月・ 9月・11月	月曜-金曜, 8:30am-1:20pm	限月15日の直前営業日

取引と同様に農業製品取引にも月次効果や週末効果が現れるのではないだろうかと考えているからである。特に、月曜効果と1月効果は同様に観測されるはずである。ただし、前節でも触れたが商品先物取引にはキャリーコストが影響し、エネルギーの場合は夏季や冬季に需給が逼迫することや毎週水曜日に生産量の統計が発表されること、農製品の場合は収穫時期直前の需給が変動することや生産量の予測情報により市場が影響を受けること、を考えると月曜効果と1月効果以外の季節性効果が期待される。また、コモディティ取引には、株式市場に比べて流動性が高いとは言えず、取引参加者にも特徴があることが一般的に言われている。例えば、エネルギー市場は供給者が寡占状態にあること、株式市場のように一般投資家よりも実際に商品を扱う現業者が多く参加していることに留意しなければならない。そのため、分析対象とするデータを比較的流動性のあるものとした。なお、データの期間と取引概要を表1にまとめている。

## 2.2 価格推移と出来高の特徴

図1は天然ガス先物(NG)とコーン先物(ZC)の価格推移と出来高の例である。分析の際は取引最終日まで2年を切るものとしているが、実際にはそれよりも上回る時点のデータがある。どちらも2021年7月が限月であるがNGは2年以内のデータの価格推移と出来高を示して

- 9) 取引所の統合、テロによる中断、システムや取引の突発的な停止などのデータについては前後1日を削除することとして期間を分けた分析は行っていない。また、取引時間の変更などについても基本的には4本値を用いているので何時に開始され、何時に終了したかは問題としていない。営業時間外の情報のひずみは問題になるが、夜間の数時間と休日の数日間は区別していない。極端な例では、エネルギーでは同日17時に取引が終わり、翌日の取引開始が前日の18時に開始するので、実際の営業時間外は1時間ほどである。また、プレオープンな時間が用意されており、実際の市場参加者には事前の公開情報が15分前(平日)や1時間前(日曜)から流れている。農業製品では、もっと複雑で基本的には前日19時から当日7時45分、一時中断後、8時30分から13時20分までの取引となっている。プレオープンはさらに複雑である。よって、4本値は基本的にCMEの定める営業日の中で定義している。詳しくは、CMEグループの「Trading Hours: Futures & Options」を参照 (<https://www.cmegroup.com/trading-hours.html>)。

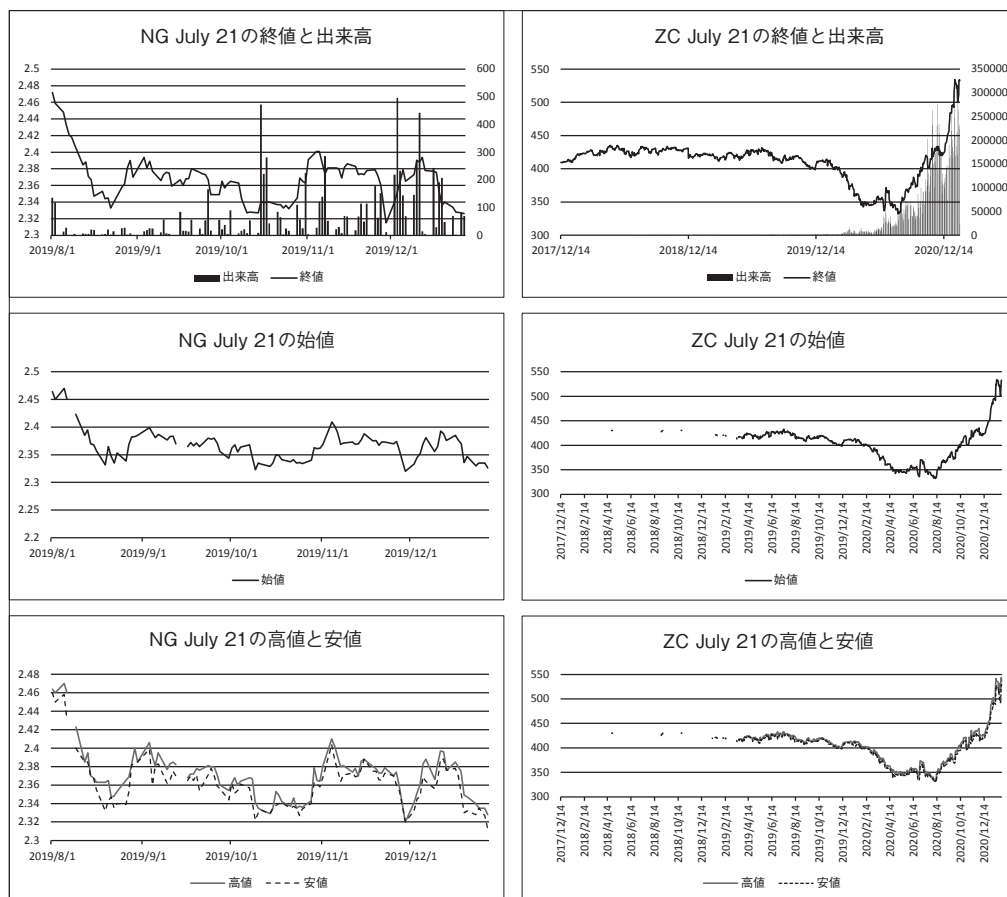


図1 天然ガス (NG) とコーン (ZC) の価格推移と出来高

いる。一方、ZCは2年以上であり、取引最終日まで2年6か月以上あるときは、売買会が全くなく始値・高値・安値の清算値が付かないことがある。右の中断や下段の図から折れ線が左の縦軸から描かれていなく、また、途中で切れている部分が観測されることから分かる。このように先物は取引最終日までの期間が長いと取引が発生しないことがある。ただし、終値は基準値 (marker price) があるため毎日提示されている。よって、図の上段の終値の折れ線は左の縦の軸から連続して描写されている。2021年7月限月のCL、NG、ZC、ZSのはじめて上場された日 (新発会日) は異なっていること、限月までの期間が長いと取引が発生せず清算値が付かないことがありデータの長さはそれぞれで異なっている。エネルギー取引は農製品取引に比べて非常に長い限月のものがある。取引量は少なく毎日ではないが取引が行われることがしばしば存在する。このような流動性の問題があるため、基準値での日次リターンが市場参加者の行動によって決定された清算値ではないため分析に適さないことが指摘される。本稿では一日の中で清算値が付いた日だけのデータを用いるため、このような問題は回避されている。

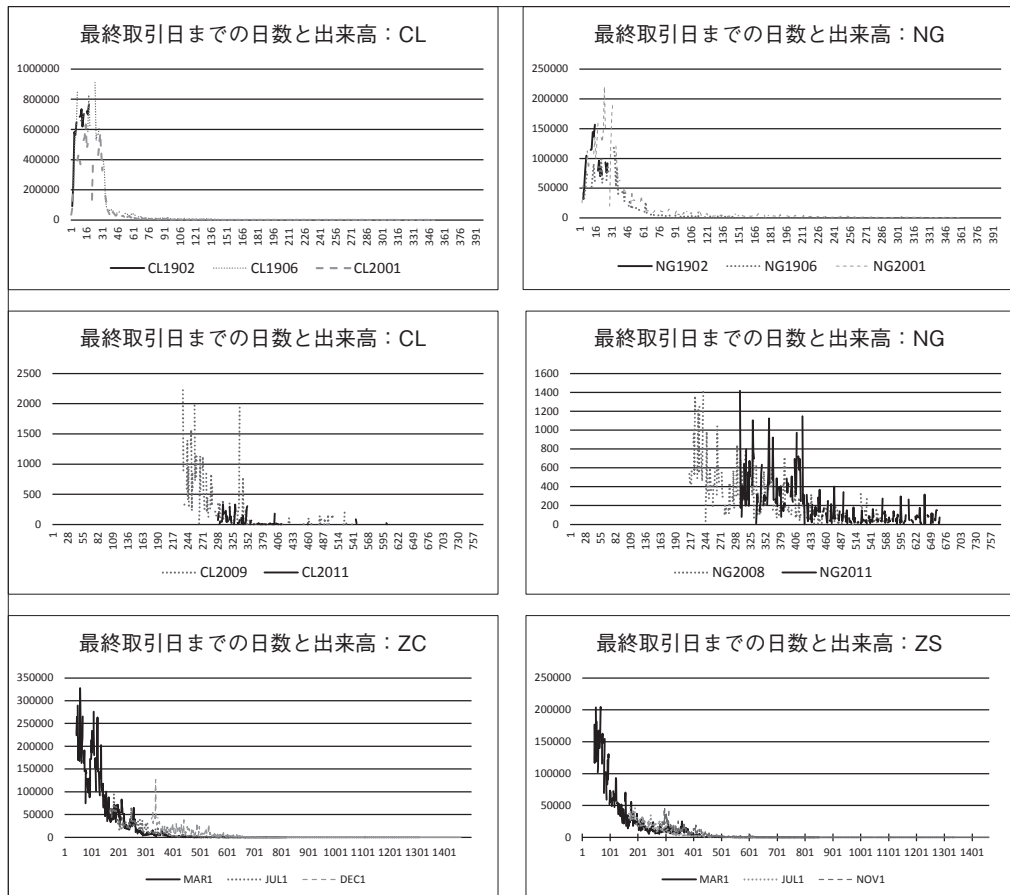


図2 出来高と最終取引日までの日数の関係

この流動性に関しては、米国の先物取引では一般的に限月が近づくにつれて出来高が非常に膨れ上がる。これは図1の上段右の出来高でも観測される。

図1の上段左のNGでは分かり難いので、他のデータ4系列についても最終取引日までの日数と出来高の関係を図2において提示する。取引高が最終取引日までの日数が少なくなればなるほど非常に大きくなることを描いている。上段と中段はCLとNG、下段にはZCとZSとなっている。なお、ZCとZSは最終日まで増加しているのに対して、CLとNGは取引が終わる数日前に急激に出来高が減っていることが特徴的である（上段）。

なお、上段下段では日数が多いときの出来高の推移の傾向について分かり難いので、中段には最終取引日まで10か月以上ある先物の出来高を示している。日数が少ない場合の出来高に比べ、非常に少なく2桁3桁少ない出来高となっている。しかしながら、ここでも日数が減るに従って出来高が増えることが分かる。また、日数が減ることによって変動も大きくなっていることが観測される。

### 2.3 変動性指標・価格変化・出来高変化の統計量

①から④までの変動性指標に加え、下記の⑤終値の変化率、⑥終値と始値の変化率（取引時間外の変化率）、⑦出来高の変化率について考察する。下付き文字は時点、 $D$ は出来高。

$$\textcircled{5} P_{chg} = \ln(C_t) - \ln(C_{t-1})$$

$$\textcircled{6} P_{CO} = \ln(O_t) - \ln(C_{t-1})$$

$$\textcircled{7} D_{chg} = \ln(D_t) - \ln(D_{t-1})$$

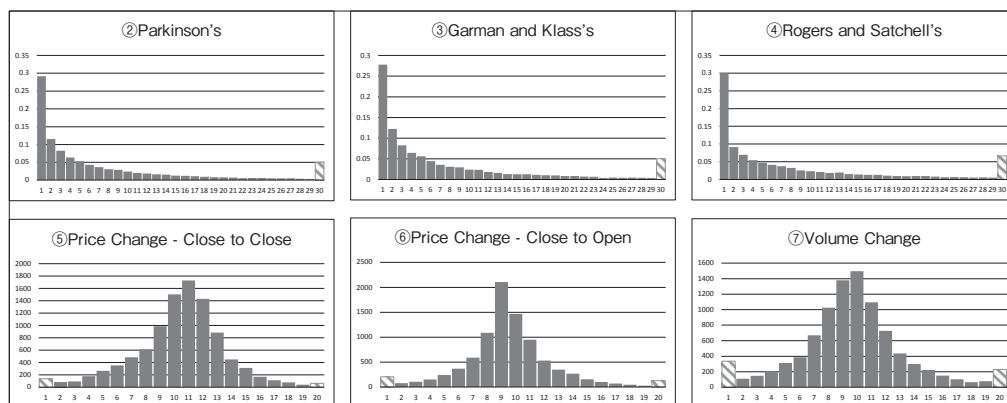


図3 NGにおける変動性指標・価格変化率・出来高変化率の分布

はじめに、②から④までの変動性指数、⑤と⑥の価格変化率、および、⑦の出来高の変化率の分布を示す。図3はNGの例であるが、他も同様の分布の形をしている。全ての図で長い裾をしておりヒストグラムの端の斜線の区間幅は他の区間と異なっている（ロングテールなものでは10区間に及ぶものもある）。②から④までは原点に凸な双曲線のような形をしている。ただし、取引終了までの先物では値動きが無い日も多く観測されたためゼロの階級がどれも突出している。また、非常に裾が右側に長く続いていることが観測される。これは大きく変化する日も存在することが示されている。なお、制限値幅やサーキットブレーカー制度により価格変動にはある程度制限があるものの大きく変化する可能性があることが分かる。⑤と⑥は終値-終値と終値-始値の価格変化率、つまりそれぞれ日次価格変化率と夜間価格変化率に対応する。また、⑦は日次出来高変化率である。これらの⑤から⑦の変化の3つは正規分布に似た中心的な傾向をもち左右対称な単峰分布となっていることが分かる。ただし、下記の表2から分かるように、尖度が高く、正規分布に比べ中心的傾向に非常に多くが観測され、裾の厚さはそれほどではないが非常に長いことが基本統計量（尖度が正である）からも分かる。いわゆる leptokurtic な分布となっている。この leptokurtic な分布は金融データでも、特に株式投資収益率において観測される分布である。価格変化率で見るとNGの夜間変化率( $P_{CO}$ )以外のすべて(5ケース)



表2 変動性指標・価格変化・出来高変化の統計量

CL	①V <sub>HL</sub>	②V <sub>P</sub>	③V <sub>GK</sub>	④V <sub>RS</sub>	⑤P <sub>Chg</sub>	⑥P <sub>CO</sub>	⑦D <sub>Chg</sub>	NG	①V <sub>HL</sub>	②V <sub>P</sub>	③V <sub>GK</sub>	④V <sub>RS</sub>	⑤P <sub>Chg</sub>	⑥P <sub>CO</sub>	⑦D <sub>Chg</sub>
平均	0.01494	0.00017	0.00016	0.00015	0.00010	-0.00021	0.01768	平均	0.01797	0.00022	0.00022	0.00021	-0.00017	-0.00003	0.01504
標準偏差	0.01575	0.00053	0.00052	0.00054	0.01726	0.01090	1.25325	標準偏差	0.01671	0.00057	0.00158	0.00065	0.01944	0.01365	1.23791
歪度	2.7	25.2	33.9	33.3	-0.9	-1.8	0.0	歪度	2.4	18.9	273.9	36.3	0.0	-30.7	0.0
尖度	19.7	1214.3	2349.8	2144.2	18.6	70.4	5.2	尖度	14.7	759.3	85139.5	2502.1	13.2	4670.0	3.9
最大	0.35991	0.04676	0.06109	0.06024	0.23267	0.25322	9.09907	最大	0.32469	0.03806	0.49457	0.06430	0.32435	0.29679	8.68355
中央値	0.01142	0.00005	0.00005	0.00004	0.00055	0	0.00922	中央値	0.01409	0.00007	0.00007	0.00007	0.00021	0	0.00746
最小	0	0	0	0	-0.53056	-0.48250	-10.18592	最小	0	0	0	0	-0.31121	-2.05567	-8.83174
範囲	0.35991	0.04676	0.06109	0.06024	0.76323	0.73571	19.28499	範囲	0.32469	0.03806	0.49457	0.06430	0.63556	2.35246	17.51529
95パーセンタイル	0.04304	0.00067	0.00063	0.00061	0.02557	0.01378	2.00786	95パーセンタイル	0.04857	0.00085	0.00082	0.00083	0.02787	0.01415	2.04122
5パーセンタイル	0	0	0	0	-0.02660	-0.01456	-1.96611	5パーセンタイル	0	0	1.11E-06	0	-0.02949	-0.01416	-1.98562
データの個数	137491	137491	142869	142869	197792	142637	154989	データの個数	111427	111427	111367	111367	120286	111193	116367
ZC	①V <sub>HL</sub>	②V <sub>P</sub>	③V <sub>GK</sub>	④V <sub>RS</sub>	⑤P <sub>Chg</sub>	⑥P <sub>CO</sub>	⑦D <sub>Chg</sub>	ZS	①V <sub>HL</sub>	②V <sub>P</sub>	③V <sub>GK</sub>	④V <sub>RS</sub>	⑤P <sub>Chg</sub>	⑥P <sub>CO</sub>	⑦D <sub>Chg</sub>
平均	8.43E-03	4.84E-05	4.86E-05	4.95E-05	2.12E-04	-6.92E-04	2.14E-02	平均	9.18E-03	5.06E-05	5.25E-05	5.33E-05	4.00E-04	3.28E-04	7.76E-03
標準偏差	7.93E-03	1.03E-04	9.24E-05	1.02E-04	6.69E-03	3.47E-03	1.14E+00	標準偏差	7.47E-03	9.26E-05	8.58E-05	8.66E-05	6.79E-03	4.06E-03	9.23E-01
歪度	1.9	5.8	5.4	8.7	0.3	0.5	0.0	歪度	1.7	4.9	4.1	3.9	-0.2	0.8	-0.2
尖度	6.0	46.4	51.0	168.9	8.1	7.2	2.4	尖度	4.8	32.3	21.9	21.4	4.8	5.2	2.8
最大	5.93E-02	1.27E-03	1.76E-03	2.84E-03	5.08E-02	3.21E-02	6.17E+00	最大	5.45E-02	1.07E-03	8.54E-04	8.62E-04	3.28E-02	2.78E-02	4.79E+00
中央値	6.82E-03	1.68E-05	1.70E-05	1.61E-05	0	-6.35E-04	0	中央値	7.89E-03	2.25E-05	2.54E-05	2.50E-05	2.69E-04	0	0
最小	0	0	0	0	-4.64E-02	-2.06E-02	-5.47E+00	最小	0	0	0	0	-4.96E-02	-1.85E-02	-4.91E+00
範囲	5.93E-02	1.27E-03	1.76E-03	2.84E-03	9.71E-02	5.26E-02	1.16E+01	範囲	5.45E-02	1.07E-03	8.54E-04	8.62E-04	8.24E-02	4.63E-02	9.69E+00
95パーセンタイル	2.31E-02	1.93E-04	1.96E-04	2.04E-04	1.01E-02	4.76E-03	1.95E+00	95パーセンタイル	2.24E-02	1.82E-04	1.89E-04	1.99E-04	1.07E-02	6.93E-03	1.50E+00
5パーセンタイル	0	0	1.61E-07	0	-9.95E-03	-6.00E-03	-1.88E+00	5パーセンタイル	0	0	4.22E-07	0	-1.03E-02	-5.38E-03	-1.43E+00
データの個数	3749	3749	3744	3744	5725	3744	3486	データの個数	2986	2986	2946	2946	7290	2946	2769

において統計的に有意（両側 5% 有意水準）となっている。

①の分布を示したものが、図4である。他の変動性指標②から④までの分布の形とはかなり異なっていることが分かる。流動性が少なく価格変化に乏しい日や極端に取引が少ない場合もあるのでほぼ変化がゼロになるケースが非常に多いことは他の変動性指標とは同じである（約10%）。逆に、極端に大きな変化が見られるために分布の右端の斜線が30区間以上の累積相対度数（約5%強）となり、長い裾を持っていることも似ている。しかしながら、残りの85%の分布の形は、②から④のような原点に凸な双曲線の形とは異なり、単峰分布のようである。ただし、カイ2乗分布のような山の中心が左方向に偏り、右側に長い裾が広がる左右非対称な歪んだ分布であり、正規分布とは異なっていることが分かる。

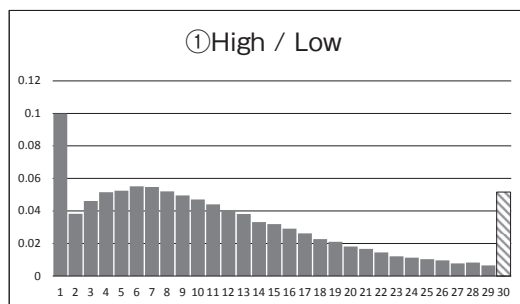


図4 NGの高値と安値の比率（対数比率：Ln（高値／安値））

このように、②から④までは反比例のような形で中心的傾向は無く、一方①は代表値のような傾向を持っていると考えられ、分析結果に異なりを生じることが予想される。

## 2.4 曜日別・月別・月内別の変動性

曜日別、月別、月内別（上旬：1～10日、中旬：11日～20日、下旬：21日～）の3つの期間に分け統計量を算出し検定を行う。また、①から④までについては、2標本コルモゴロフ・スミルノフ検定を行い、⑤から⑦については2標本のt検定を行う。はじめに曜日別、月別、月内の出来高平均を図5に示す。図5の左端のグラフは木曜を基準にしたときの、曜日ごとの出来高平均の比率である。NGを除いて水曜が高く、NGでも木曜が高いことが分かる。農製品の月別と月内では左の縦軸を使用している。月別（6月基準）ではエネルギーと農製品では特長的な違いが観測される<sup>10)</sup>。NGは10月11月が多く、ZCとZSも冬季に高くなることが分かる。月内（中旬基準）ではZCを除いて月末に下がる。これは最終取引日の影響が考えられる。

曜日別と月内別における違いについては個別に変動性に違いがあるか否か検定の結果を示す。

10) これは農製品の入手データの期間に依存した問題の可能性もあり、検討課題である。

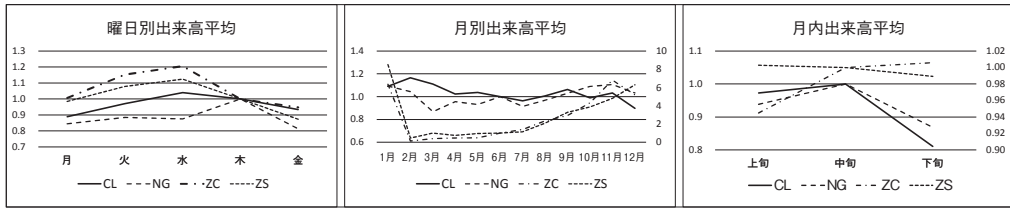


図5 曜日別、月別、月内（上旬・中旬・下旬別）の出来高平均

月別の変動については紙面の制約から割愛し、次節の回帰分析で述べる。なお、変動性指標により結果が異なることについても次節で触れる<sup>11)</sup>。表3は、①から④までについて、月曜から金曜までの2つの曜日を標本としてコルモゴロフ・スミルノフ検定を行った結果である。CLについては金曜・月曜・火曜と差が無く、特に水曜が他の曜日とは異なった変動をしていることが分かる。また、木曜も月曜以外と異なり週中と週初・週末では変動が異なることが分かる。NGは多くの場合で異なるが、ZCとZSでは金曜にいくつか見られる程度である。同様に、月内別の検定結果が表4である。CLは月内での変動も大きいことが分かる。ZSも違いが見られるが③の統計量を用いると、違いが無いということ棄却できない。ZCは中旬と下旬で異なりが見られるが、他では見られない。NGについてはほとんどのケースで違いは見られない。

価格の変化率について、曜日ごとの平均、月ごとの平均、月内3期間ごとの平均をもとにしたのが図6である。終値と終値の変化率 ( $P_{Chg}$ )、いわゆる日次リターンであるが、CLでは月曜・火曜は負の値であるが、週末にかけて徐々に上がり、水曜から金曜は正の値となっている。NGでは水曜から木曜にかけて平均が負の値に下がり金曜に正の値に反発している。ZCとZSでは火曜に高騰が見られる。月次リターンは春先のCL・NGの高水準やZC・ZSの低水準を除

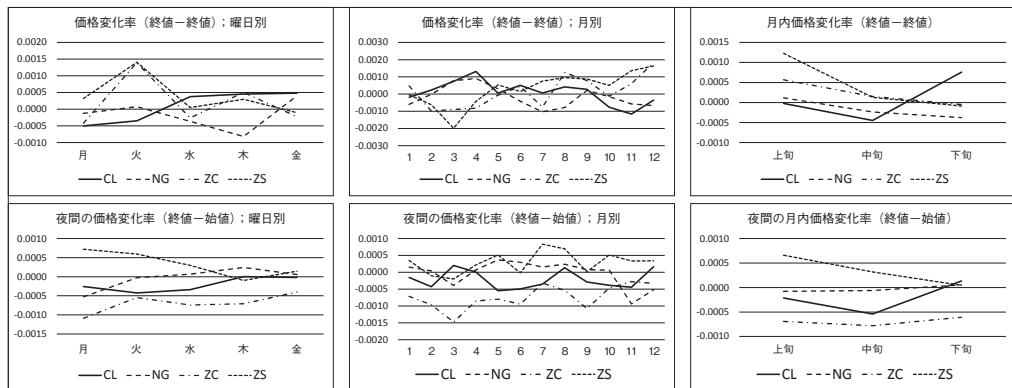


図6 平均価格変化率（曜日別、月別、月内（上旬・中旬・下旬別））

11) 例えば、月曜と木曜では、①から③までの指標では棄却されるが④では異なる。



けば特徴的な変動は見られない。ただし、月内の変動はCLでは月中にリターンが下がり、他は月末にかけて徐々に下がっている。これについて、隣り合う曜日または旬について、有意な差があるか否かt検定を行った<sup>12)</sup>。表5の曜日ごとの平均では、CLの $P_{Chg}$ では火曜と水曜、金曜と月曜が異なる結果となっている。NGも同様であるが、月曜と火曜の有意な差は棄却されるだけで他の曜日は全て見られる。金曜終値と月曜始値の休日の変化率( $P_{CO}$ )の差は有意に正であるが、NGでは金曜終値と月曜終値の変化率の差はそれよりも低い。ZCでは金曜終値と月曜終値の変化率は有意でないが、金曜終値と月曜始値は有意に正である。ただし、ZSではどちらも負の値となっている。なお、曜日ごとの出来高についてはエネルギーで有意な差が多く見られるものの農製品では見られない<sup>13)</sup>。

月内のそれぞれの旬(上旬・中旬・下旬)の平均についても有意な差があるか表6に示している。価格変化についてはCLでは終値と終値でも終値と始値のどちらでもすべてで観測されている。これに対してNG・ZC・ZSの終値と終値の変化の平均では中旬と下旬では差が無いことが分かる。さらに、NGとZCにおいては終値と初めの夜間での変化でも旬の違いには差が無いことが観測されている。

なお、表5や表6の平均についての有意な差がある箇所では、多くの場合、異分散であったため曜日別・月別・月内別の価格変化の違いと価格変動性に連動性があるか疑われる。そこで、次節では曜日・月・旬にどの程度の差があるかダミー変数を用いた回帰を行う。

### 3. 変動性指標の季節効果についての回帰分析

①から④までの変動性指標における季節性効果があるか否か回帰を行った。木曜を基準とした曜日ダミー、6月を基準とした月ダミー、中旬を基準とした月内ダミーを説明変数に用いることで季節性効果を観測する。その他に外生変数として、前々日から前日へかけての終値のリターン(日次リターン⑤の1次ラグ)、前日の終値から当日の始値の変化率(夜間の価格変化率⑥)、前日の出来高と前々日から前日へかけての出来高の変化率(⑦の1次ラグ)、前日の変動性指標(①から④までの1次ラグ)を用いる。さらに、図2で見てきたように、最終取引日までの日数によりどの程度変動性に影響するのか、その値も説明変数に加えた。結果が表7である。なお、DTM:最終取引日までの日数、PCO:前日終値から当日始値への変化率、PCHG1:日次リターンの1次ラグ、VOLUME1:前日の出来高、VCHG1:出来高の変化率の1次ラグ、

12) 月次の違いについては紙面の制約上割愛するが、CLの月次リターンでは違いが多く見られるが、NGでは半数も確認できず、ZC・ZSではあまり見られない。また、夜間のリターンや出来高の変化でも有意な差が多くは見られない。

13) これは生産統計などの発表の頻度によることが考えられるが、そのようなイベントスタディは今後の課題とする。

表5 曜日ごとの平均の差 (t 統計量)

	CL						NG					
	⑤P <sub>Chg</sub>		⑥P <sub>Co</sub>		⑦D <sub>Chg</sub>		⑤P <sub>Chg</sub>		⑥P <sub>Co</sub>		⑦D <sub>Chg</sub>	
月-火	-1.180	+	1.672	+	-24.289	***+	-1.080	+	-3.203	***-	-16.107	***+
月-水	-6.646	***+	0.833	+	-12.863	***	1.283	+	-4.721	***+	1.027	+
月-木	-7.381	***+	-2.547	***+	-6.872	***+	3.434	***+	-5.413	***+	-7.597	***+
月-金	-7.754	***+	-2.327	***+	7.814	***+	-2.767	***+	-4.086	***+	23.245	***+
火-水	-6.057	***-	-1.010	+	11.429	***-	2.794	***-	-0.761	+	18.075	***
火-木	-6.868	***-	-4.936	***	18.119	***-	5.103	***-	-1.940	+	8.938	***
火-金	-7.285	***	-4.739	***+	33.240	***-	-2.025	**	-0.604	+	41.039	***
水-木	-0.634	+	-4.007	***-	6.342	***+	2.561	***-	-1.719	*-	-9.097	***
水-金	-0.878	+	-3.787	***+	21.250	***+	-4.696	***-	0.078	-	23.443	***-
木-金	-0.234	+	0.307	+	15.212	***-	-6.767	***+	1.494		32.247	***
	ZC						ZS					
	⑤P <sub>Chg</sub>		⑥P <sub>Co</sub>		⑦D <sub>Chg</sub>		⑤P <sub>Chg</sub>		⑥P <sub>Co</sub>		⑦D <sub>Chg</sub>	
月-火	-6.176	***-	-2.743	***+	-2.822	***	-4.299	***	0.462	+	-2.168	**
月-水	-0.585		-1.812	***+	-0.693		1.095		1.648	***+	-2.091	**
月-木	-3.518	***	-1.913	***+	-1.602		0.091	+	3.208	***+	-0.830	-
月-金	-0.707		-3.558	***+	-0.692		1.568	-	2.251	***+	0.970	
火-水	5.651	***+	1.154	+	2.246	**	5.567	***	1.289	+	0.145	
火-木	3.114	***+	0.924		1.190		4.724	***+	3.019	***+	1.248	
火-金	5.461	***+	-0.861	+	2.185	**	5.663	***-	1.957	***+	3.221	***+
水-木	-2.924	***+	-0.188	-	-0.978		-1.088	+	1.844	*	1.145	-
水-金	-0.131		-2.086	**	-0.013		0.581	-	0.709		3.181	***
木-金	2.744	***-	-1.805	***+	0.946		1.586	-	-1.138		1.786	***+

注) 統計量の右にある記号は、統計量が有意なことを示し、\*\*\*;有意水準1%, \*\*;有意水準5%, \*;有意水準10%である。また、記号「-」は異分散を示し分散が有意に増加、記号「+」は分散が有意に減少を示している。記号があるところはウェルチの異分散検定、無い場合はプールドt検定を行っている。

表6 月内の平均の差 (上旬・中旬・下旬) (t 統計量)

	CL						NG					
	⑤P <sub>Chg</sub>		⑥P <sub>Co</sub>		⑦D <sub>Chg</sub>		⑤P <sub>Chg</sub>		⑥P <sub>Co</sub>		⑦D <sub>Chg</sub>	
上-中	4.413	***	4.674	***-	3.319	***	2.790	***	-0.194	-	1.562	+
上-下	-8.271	***+	-4.923	***-	1.627	-	3.484	***-	-1.337	-	0.031	-
中-下	-12.910	***+	-9.440	***	-1.492		0.989		-1.051		-1.514	
	ZC						ZS					
	⑤P <sub>Chg</sub>		⑥P <sub>Co</sub>		⑦D <sub>Chg</sub>		⑤P <sub>Chg</sub>		⑥P <sub>Co</sub>		⑦D <sub>Chg</sub>	
上-中	2.036	**	0.620		0.505	-	5.755	***	1.801	***+	-1.301	
上-下	2.841	***-	-0.622		-0.352	-	6.694	***-	3.252	***+	-0.263	-
中-下	0.898		-1.265		-0.832		1.126		1.582		1.018	

注) 統計量の右にある記号は、統計量が有意なことを示し、\*\*\*;有意水準1%, \*\*;有意水準5%, \*;有意水準10%である。また、記号「-」は異分散を示し分散が有意に増加、記号「+」は分散が有意に減少を示している。記号があるところはウェルチの異分散検定、無い場合はプールドt検定を行っている。

表7 変動の曜日効果, 月次効果, 月内効果

Variable	CL				NG				ZC				ZS			
	①V <sub>HL</sub>	②V <sub>P</sub>	③V <sub>GK</sub>	④V <sub>RS</sub>	①V <sub>HL</sub>	②V <sub>P</sub>	③V <sub>GK</sub>	④V <sub>RS</sub>	①V <sub>HL</sub>	②V <sub>P</sub>	③V <sub>GK</sub>	④V <sub>RS</sub>	①V <sub>HL</sub>	②V <sub>P</sub>	③V <sub>GK</sub>	④V <sub>RS</sub>
C	8.3E-03 ***	1.1E-04 ***	1.1E-04 ***	1.2E-04 ***	2.4E-02 ***	3.9E-04 ***	5.3E-04 ***	4.0E-04 ***	1.2E-02 ***	9.8E-05 ***	9.4E-05 ***	1.1E-04 ***	1.0E-02 ***	5.9E-05 ***	5.1E-05 ***	5.1E-05 ***
DTM	-1.3E-05 ***	-2.4E-07 ***	-2.4E-07 ***	-2.7E-07 ***	-3.2E-05 ***	-5.9E-07 ***	-8.3E-07 ***	-6.6E-07 ***	-9.8E-06 ***	-9.3E-08 ***	-8.7E-08 ***	-1.0E-07 ***	-1.2E-05 ***	-1.2E-07 ***	-9.7E-08 ***	-9.3E-08 ***
PCO	-5.3E-02 ***	-3.5E-03 ***	-3.6E-03 ***	-3.2E-03 ***	-8.2E-03 ***	-7.2E-04 ***	-5.2E-02 ***	9.3E-05 ***	-9.4E-02 ***	-9.5E-04 ***	3.7E-04 ***	1.4E-03 ***	-1.2E-01 ***	-1.7E-03 ***	-9.8E-04 ***	-6.0E-04 ***
PCHG1	-1.6E-02 ***	-5.7E-04 ***	9.4E-04 ***	-1.0E-03 ***	3.4E-02 ***	1.9E-03 ***	-5.8E-04 **	2.0E-03 ***	-1.4E-02 **	-1.7E-04 **	-1.1E-04 **	4.2E-04 **	-5.9E-02 ***	-1.0E-03 ***	-1.1E-03 ***	-9.2E-04 ***
VOLUME1	1.2E-08 ***	4.1E-10 ***	4.9E-10 ***	6.0E-10 ***	1.6E-08 ***	1.0E-09 ***	2.5E-09 ***	1.6E-09 ***	2.7E-08 ***	5.9E-10 ***	6.2E-10 ***	8.3E-10 ***	2.7E-08 ***	6.5E-10 ***	5.5E-10 ***	5.6E-10 ***
VCHG1	-5.9E-04 ***	-8.4E-06 ***	-4.1E-06 ***	-2.0E-06 ***	-3.0E-04 ***	-5.3E-06 ***	7.2E-06 **	3.3E-07 **	-1.8E-04 *	-6.3E-07 **	-4.8E-07 **	8.4E-07 **	-4.7E-04 ***	-4.3E-06 **	-3.8E-06 **	-2.4E-06 **
Lag1	6.0E-01 ***	5.1E-01 ***	4.8E-01 ***	4.0E-01 ***	4.0E-01 ***	3.6E-01 ***	3.6E-02 ***	2.2E-01 ***	3.9E-01 ***	2.8E-01 ***	3.0E-01 ***	1.5E-01 ***	3.1E-01 ***	2.2E-01 ***	3.4E-01 ***	3.5E-01 ***
D_mon	5.3E-04 ***	2.4E-05 ***	1.9E-05 ***	1.6E-05 ***	-2.7E-03 ***	-5.5E-05 ***	-1.1E-04 ***	-7.0E-05 ***	4.9E-05 ***	2.4E-06 ***	5.4E-06 ***	3.8E-06 ***	8.5E-04 **	1.7E-05 ***	2.0E-05 ***	2.2E-05 ***
D_tue	6.9E-05 ***	-3.4E-06 ***	-3.5E-06 ***	-3.8E-06 ***	-3.7E-03 ***	-9.1E-05 ***	-7.4E-05 ***	-7.4E-05 ***	5.3E-04 *	2.0E-05 ***	9.6E-06 **	3.1E-06 **	8.1E-04 **	2.2E-05 ***	1.9E-05 ***	1.7E-05 ***
D_wed	1.7E-03 ***	4.2E-05 ***	2.8E-05 ***	1.5E-05 ***	-2.9E-03 ***	-5.7E-05 ***	-6.9E-05 ***	-5.2E-05 ***	2.3E-05 ***	4.0E-06 ***	6.1E-06 ***	5.4E-06 ***	1.1E-04 **	5.6E-06 ***	2.9E-06 ***	5.6E-07 ***
D_fri	-4.0E-04 ***	-4.9E-06 ***	-6.5E-06 ***	-7.1E-06 ***	-6.1E-03 ***	-1.4E-04 ***	-1.2E-04 ***	-1.1E-04 ***	-4.8E-04 **	-4.2E-08 **	-5.1E-06 **	-1.1E-05 **	2.0E-04 **	1.4E-05 ***	8.1E-06 *	3.1E-06 **
D_jan	1.5E-03 ***	5.2E-05 ***	6.0E-05 ***	7.2E-05 ***	2.7E-03 ***	6.9E-05 ***	1.1E-04 ***	1.0E-04 ***	1.2E-03 **	2.6E-05 ***	2.4E-05 ***	3.3E-05 ***	4.8E-03 ***	7.8E-05 ***	6.6E-05 ***	6.3E-05 ***
D_feb	9.9E-04 ***	3.4E-05 ***	3.8E-05 ***	4.8E-05 ***	1.3E-03 ***	4.0E-05 ***	5.9E-05 ***	7.2E-05 ***	-2.7E-03 ***	-3.7E-05 ***	-3.2E-05 ***	-3.1E-05 ***	6.8E-04 **	2.4E-06 ***	5.5E-06 ***	9.7E-06 **
D_march	1.6E-03 ***	8.6E-05 ***	8.8E-05 ***	1.0E-04 ***	-1.3E-04 ***	-7.6E-06 ***	2.0E-05 ***	9.2E-06 ***	9.6E-05 ***	-1.1E-05 ***	1.3E-07 ***	1.2E-05 ***	4.1E-03 ***	4.2E-05 ***	4.1E-05 ***	4.5E-05 ***
D_apr	4.0E-06 ***	6.0E-06 ***	1.1E-05 ***	1.6E-05 **	-8.0E-04 ***	-2.4E-05 ***	-3.7E-05 *	-1.5E-05 **	1.1E-04 **	-7.8E-06 **	-3.1E-07 **	9.6E-06 **	1.8E-03 **	1.5E-05 **	1.5E-05 **	1.6E-05 *
D_may	1.4E-04 ***	4.9E-06 ***	5.1E-06 ***	7.6E-06 ***	-7.1E-05 ***	-6.6E-06 ***	-2.6E-06 ***	1.2E-06 ***	-1.7E-03 ***	-2.6E-05 ***	-1.9E-05 ***	-1.6E-05 **	-1.6E-04 **	8.7E-07 ***	1.7E-06 **	3.0E-06 **
D_july	-1.9E-05 ***	1.6E-06 ***	5.7E-06 ***	9.0E-06 ***	-1.4E-04 ***	-3.3E-06 ***	-7.0E-06 ***	1.1E-05 ***	-1.6E-03 ***	-2.6E-05 ***	-2.3E-05 ***	-1.8E-05 ***	-1.3E-03 **	-8.1E-06 ***	-9.0E-06 ***	-9.7E-06 ***
D_aug	1.9E-05 ***	9.8E-06 ***	1.2E-05 **	1.4E-05 *	-6.6E-04 ***	-8.5E-06 ***	-1.6E-06 ***	1.2E-05 ***	-1.6E-03 ***	-2.7E-05 ***	-2.6E-05 ***	-2.8E-05 ***	5.0E-04 **	5.9E-06 ***	2.5E-06 ***	1.7E-06 **
D_sep	3.1E-04 *	1.4E-05 *	1.7E-05 ***	2.2E-05 ***	-1.8E-04 ***	7.7E-08 ***	1.4E-07 ***	2.3E-05 **	-9.8E-04 **	-1.5E-05 *	-1.1E-05 **	-1.1E-05 **	2.2E-03 ***	2.5E-05 ***	2.3E-05 ***	2.1E-05 ***
D_oct	3.2E-04 *	1.2E-05 *	1.5E-05 **	1.8E-05 **	3.1E-05 **	-2.2E-06 ***	-9.7E-06 ***	1.1E-05 ***	-2.6E-03 ***	-3.9E-05 ***	-3.5E-05 ***	-3.3E-05 ***	4.5E-04 **	5.3E-06 ***	2.9E-06 ***	4.2E-06 **
D_nov	8.6E-04 ***	3.0E-05 ***	2.6E-05 ***	2.6E-05 ***	1.4E-03 ***	4.3E-05 ***	1.6E-05 ***	6.7E-05 ***	-1.5E-03 ***	-2.4E-05 ***	-2.2E-05 ***	-2.3E-05 ***	1.4E-03 **	1.7E-05 **	9.8E-06 **	7.1E-06 **
D_dec	8.1E-04 ***	3.9E-05 ***	4.3E-05 ***	4.9E-05 ***	1.5E-03 ***	4.3E-05 ***	3.8E-05 *	7.4E-05 ***	-2.7E-03 ***	-4.1E-05 ***	-3.7E-05 ***	-3.9E-05 ***	9.3E-04 **	9.3E-06 **	8.0E-06 **	7.8E-06 **
D_jy1	1.1E-04 ***	-1.1E-06 ***	-1.6E-06 ***	-2.3E-06 ***	-5.0E-05 ***	-4.8E-06 ***	-1.3E-05 ***	5.2E-06 ***	-3.1E-04 **	-5.0E-06 **	-5.4E-06 **	-7.2E-06 **	6.6E-04 **	7.6E-06 **	7.5E-06 **	6.6E-06 **
D_gej	-1.6E-04 *	-8.3E-06 **	-1.2E-05 ***	-1.6E-05 ***	1.5E-04 **	9.7E-06 **	6.4E-06 **	1.5E-05 ***	7.8E-04 ***	1.4E-05 ***	1.2E-05 ***	9.0E-06 ***	7.4E-04 ***	1.2E-05 ***	8.7E-06 **	6.6E-06 **
AdjR2	45.9%	28.2%	25.3%	19.2%	51.3%	24.8%	20.8%	14.2%	50.8%	33.5%	41.4%	36.6%	43.7%	32.8%	41.4%	41.1%
obs#	113759	113759	117370	117370	104644	104644	104663	104663	3137	3137	3136	3136	2521	2521	2519	2519

(注) 統計量の下にある記号は有意水準を示している。\*\*\*;有意水準1%, \*\*;有意水準5%, \*;有意水準10%である。

Lag1: 被説明変数の1次ラグ, D\_\*\*\*: ダミー変数 (\*\*\*)は木曜を除いた月曜から金曜, 6月を除いた1月から12月, および, 月の上旬または下旬を示す)。よって, 6月中旬木曜を基準に違いが見られるか回帰していることになる。

初めに外生変数として用いた結果を述べる。図2で見てきたように最終取引日に近づくほど変動性が大きくなっている(DTMの係数が有意に負)。前日の終値から当日の始値の変化率が大きければ当日の変動性はほとんどで減少するということが分かる(PCOの係数が有意に負)。前々日から前日へかけての終値のリターンについては, CLとZSでは大きければ当日の変動性は下がるが, NGでは③を除き逆に正となっている。ZCでは有意でない結果となっている。出来高の量とその前々日から前日への変化率は, ZCの一部を除いて, それぞれ有意に正と負となっており, 出来高が大きいほど市場は変動するが, 徐々に減ることを示している。最後に, 被説明変数の1次ラグは全てで有意に正となっており, 前日が変動すればするほど当日の変動性が大きくなることが示されている。ただし, これについては最終取引日までの日数と関係しており検討の余地がある。また, 異なる変動性においては符号が逆転しているものもあり分次データやティックデータなど日中の価格推移の前提により利用する変動性指標を選択しなければならないことを示唆しており検証を行う余地がある。これは, 標本分布またはその代表値における前節の月別の2標本の検定でも観測されており, 期間別のスイッチングモデルなどを用いないと不十分であり中長期の分析の難しさを示している。

その点を踏まえたうえで, 季節性効果について回帰の結果を示す。曜日ダミーにおいては, CLで木曜と月曜および水曜で①から④まですべてで変動性指標が統計的な違いを示している。ただし, 木曜と火曜または金曜は有意な差は無い。一方, NGではすべての曜日が木曜日から有意に低いということが示されている。ZCでは多くの場合で違いは見られず。ZSでは木曜と月火は異なるが, 水金との異なりは示されていない。月ダミーでは, エネルギーでは春から秋にかけての年の中旬と冬から春にかけての年末年始では異なっていることが観測される。ZCでは1月で変動性が高くその他の月では変動性が下がる, もしくは, 6月と同等である。ZSでは1月・3月・9月で変動性が比較的高くその他の月ではあまり変わらない。月内の効果ではZSの中旬の変動が小さいことを除けば, 他は中旬と下旬が異なることを示している。このようにコモディティにより異なることが示され, その特性についてさらなるファンダメンタルな分析の必要性が示唆された。

季節変動性から価格の変動幅や分布を知ることでのどのタイミングで売買を行えばよいかの戦略の一つの情報となる。本稿では, リターンについては季節変動性の分析を行う上で必要な事前調査を行った。結果として, 変動には季節性があることが一部で観測された。今後は, 大きく変動する月・曜日における売買戦略のパターンにおいてリターンに有意な差がみられるかについての分析が興味深い。また, 高頻度データを用いた日中の変化や時系列分析も必要である。なお, 本稿ではデータの制約上, 農製品についてはデータ期間が短いためエネルギーに比較し



てあまり強い結果が観測されなかったことに留意し結びとする。

### 参考文献

- 岡田克彦 (2014). 世界の季節性アノマリーと投資家心理：テキストマイニングが明らかにする心と株価の強い関係, 商学論究, 61 巻 4 号, pp119-136.
- 榎原茂樹・山崎尚志 (2003). 我が国株式市場における上半期効果, ディスカッションペーパー, 神戸大学大学院経営学研究科, 2003・24, 2003 年 9 月, p27.
- 榎原茂樹・山崎尚志 (2004). わが国株式市場における「半年効果」と投資家心理, 国民経済雑誌 190 (1), 2004-07, pp53-68.
- 高橋慎・大森裕浩・渡部敏明 (2020). Realized Stochastic Volatility モデル—拡張と日本の株価指数への応用—, 統計数理 第 68 巻 第 1 号, 統計数理研究所, pp65-85.
- Ariel, R. A. (1987). A monthly effect in stock returns. *Journal of Financial Economics*. Vol. 18, pp161-174.
- (1990). High stock returns before holidays: Existence and evidence on possible causes. *Journal of Finance*. Vol. 45, pp1611-1626.
- Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*. Vol. 31(3), pp307-327.
- , Chou, R. T., and Kroner, K. F. (1992). ARCH modeling in finance: A review of the theory and empirical evidence. *Journal of Econometrics*. Vol. 52, Issues 1-2, pp5-59.
- Bouman S. and B. Jacobsen (2002). The Halloween Indicator, “Sell in May and Go Away”: Another Puzzle. *American Economic Review*. Vol. 92(5), pp1618-1635.
- Cao, M. and J. Wei (2005). Stock market returns: A note on temperature anomaly. *Journal of Banking & Finance*. Vol. 29, Issue 6, pp1559-1573.
- Chang, E. C. and C. W. Kim (1988). Day of the week effects and commodity price changes. *Journal of Futures Markets*, John Wiley & Sons, Ltd. Vol. 8(2), pp229-241.
- Clark, P. (1973). A Subordinated Stochastic Process Model with Finite Variance for Speculative Prices. *Econometrica*. Vol. 41(1), pp135-155.
- De Bondt, W. F. M. and R. Thaler (1985). Does the stock market overreact? *Journal of Finance*. Vol. 40, pp793-805.
- (1987). Further evidence on investor overreaction and stock market seasonality. *Journal of Finance*. Vol. 42, pp557-581.
- Engle, R. F. (1982). Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the Variance of United Kingdom Inflation. *Econometrica*. Vol. 50(4), pp987-1008.
- Floros, C. (2009). Modelling Volatility using high, low, open, and closing prices: evidence from four S&P indices. *International Research Journal of Finance and Economics*. Vol. 28, pp198-206.
- French, K. R. (1980). Stock Returns and The Weekend Effect. *Journal of Financial Economics*. Vol. 8, pp55-69.
- and R. Roll (1986). Stock Return Variances: The Arrival of Information and the Reaction of Traders. *Journal of Financial Economics*. Vol. 17, pp5-26.
- Gallant, A. R., D. Hsieh, and G. Tauchen (1997). Estimation of stochastic Volatility models with diagnostics. *Journal of Econometrics*. Vol. 81, Issue 1, pp159-192.
- Garman, M. B. and M. J. Klass (1980). On the estimation of security price Volatilities from historical data. *Journal of Business*. Vol. 53, pp67-78.
- Gultekin, M. and N.B. Gultekin (1983). Stock Market Seasonality: International Evidence. *Journal of Financial Economics*. Vol. 12, Issue 4, pp469-481.

- Hoelscher, S. A., C. Mbanga, and W. A. Nelson (2017). TGIF? The weekend effect in energy commodities. *The Journal of Finance Issues*. Vol. 16, No. 1, pp48-69.
- Jacquier, E., N. G. Polson, and P. E. Rossi (2002). Bayesian Analysis of Stochastic Volatility Models. *Journal of Business & Economic Statistics*. Vol. 20:1, pp69-87.
- Keim, D. B. (1983). Size-related anomalies and stock return seasonality: Further empirical evidence. *Journal of Financial Economics*. Vol. 12, pp13-32.
- Milonas, N. (1991). Measuring seasonalities in commodity markets and the half-month effect. *Journal of Futures Markets*. Vol. 11, pp331-345.
- Moller, N. and S. Zilca (2008). The evolution of the January effect. *Journal of Banking and Finance*. Vol. 32, pp447-457.
- Mu, X. (2007). Weather, storage, and natural gas price dynamics: Fundamentals and Volatility. *Energy Economics*. Vol. 29(1), pp46-63.
- Nelson, W. A., S. A. Hoelscher, and C. L. Mbanga (2019). Weekend Effect in Commodity Markets: Evidence from Oil and Gas. *Journal of Business and Behavioral Sciences*. Vol. 31, No 2, pp26-38.
- O'Hara, M. (1999). *Market microstructure theory* (1st ed.). Malden, MA: Blackwell.
- Parkinson, M. (1980). The extreme value method for estimating the variance of the rate of return. *Journal of Business*. Vol. 53, pp61-65.
- Pettengill, G. N. (2003). A survey of the Monday effect literature. *Quarterly Journal of Business and Economics*. Vol. 42 (3-4), pp3-27.
- Rogers, L. C. G., and Satchell, S. E. (1991). Estimating variance from high, low, and closing prices. *Annals of Applied Probability*. Vol. 1, pp504-512.
- Roll, R. (1983). Vas ist das? The turn-of-the-year effect and the return premia of small firms. *Journal of Portfolio Management*. Vol. 9, pp18-28.
- Rozeff, M. S. and W. R. Kinney Jr. (1976). Capital market seasonality: The case of stock returns. *Journal of Financial Economics*. Vol. 3, pp379-402.
- Sadorsky, P. (2006). Modeling and forecasting petroleum futures volatility. *Energy Economics*. Vol. 28, Issue 4, pp467-488.
- Sakakibara, S., T. Yamasaki, and K. Okada (2013). The Calendar Structure of the Japanese Stock Market: The "Sell in May Effect" versus the "Dekansho-bushi Effect". *International Review of Finance*. Vol. 13, No. 2, pp161-185.
- Saunders, E. M. J. (1993). Stock prices and wall street weather. *American Economic Review*. Vol. 83, pp1337-1345.
- Tauchen, G., and M. Pitts (1983). The Price variability-volume Relationship on Speculative Markets. *Econometrica*. Vol. 51(2), pp485-505.
- Taylor, S. J. (1986). *Modelling Financial Time Series*. Wiley, New York.
- Thaler, R. H. (1987a). Anomalies: The January Effect. *Journal of Economic Perspectives*. Vol. 1 (1), pp197-201.
- (1987b). Anomalies: Weekend, Holiday, Turn of the Month, and Intraday Effects. *Journal of Economic Perspectives*. Vol. 1 (2), pp169-177.
- Tong, W. (2000). International Evidence on Weekend Anomalies. *Journal of Financial Research*, Vol.23, Issue 4, pp495-522.

## Empirical Analysis of Anomalies in Price Volatility using High, Low, Open, and Close Prices of Oil and Natural Gas Futures

Tetsuji TAKEUCHI

### Abstract

The purpose of this study is to clarify the seasonal effects of crude oil and natural gas futures by the volatility index using four-value data on the effects on price volatility. Specifically, it reexamines regarding the day-of-the-week effect, the monthly effect, and effects by period within a month. As a result, a day-of-the-week effect was observed, different from the well-known Monday effect in the stock market. The same tendency was revealed in the monthly effect. Although seasonal effects exist, individual effects are quite strong, suggesting that it depends on the characteristics of the commodity market.