

エネルギー市場は COP に踊らされているか？

Is the Energy Markets Danced by COP?

竹内 哲治

Tetsuji TAKEUCHI

1. はじめに

本稿の目的は、気候変動に関する国際連合枠組条約の一連の会議（以下、国連気候変動枠組条約締約国会議：Conference of the Parties, 以下 COP と略す）が資源エネルギー市場取引に影響し価格変動を増大させるか否か、つまりリスクを高めているか否か検証することである。なお、本稿は竹内（2021）のアノマリーの実証分析に COP 開催によるエネルギー市場取引への影響を追加した研究である。1992年に国連総会で採択されリオ・デ・ジャネイロで開かれた地球サミットから、地球温暖化問題に関する国際的な環境を議論する会議は、1995年から毎年大会が行われ、2010年代後半から熱狂的な盛り上がりを見せている。1997年の京都議定書（COP3）により温室効果ガスの削減目標が定められたが、先進国と発展途上国におけるアンバランスな枠組は対立を生み出し前進が見られなかった。そのため2001年のマラケシュ合意の推進のための会議が新たに2005年に加わり行動計画が模索されるようになった（COP11 + CMP1¹⁾）。さらに、見直しや実施に向けた取り組みは2015年のパリ協定（COP21）までずれ込み、さらに翌年には追加的な会議が設けられることとなった（COP22 + CMP12 + CMA1²⁾）。2021年にはグラスゴー気候合意においてパリ協定よりも厳しい提言が行われた（COP26）。一方、途上国からは大きな反発を招き、有志国宣言となっている。この COP は毎年定期的に、“祭り”³⁾のようにニュースとして取り上げられ、その度に市場取引にノイズを発生させていることが疑われる。そこで、本稿ではこの COP の影響による市場価格の変動について、特に石油と天然ガス市場のアノマリーについて実証分析を行うこととする⁴⁾。

アノマリーの実証分析は1980年代よりコンピュータの発展やデータの整備により盛んに行

1) 京都議定書締約国会合（CMP：Conference of the Parties serving as the Meeting of the Parties to the Kyoto Protocol, MOP：Meeting of Parties to the Protocol）。

2) パリ協定締約国会合（CMA：Meeting of the Parties to the Paris Agreement）。

3) 有馬（2021）では「カーボンニュートラル祭り」という目を引く句を第7章のタイトルの使い、筆者自身の COP 参加者としての経験から非常に興味深い観点からその実情と真実に迫っている。

4) この論文を作成中にも、ウクライナ戦争が起こり、脱炭素をリードする EU は転換を迫られるか興味深く、今後の COP の動きが注目される。

われるようになった。なかでも、株式市場での1月効果や週末効果は有名であり、多くの取引所取引の価格やその変動についてアプローチされてきた（Pettengill, 2003のサーベイ参照のこと）。この季節性変動や経済イベントに連動した影響や効果は経済理論と共に古くから研究が行われている（Rozeff and Kinney, 1976やKeim, 1983）。また、変則性を測るメジャーも広く展開されてきた（Floros, 2009）。一方、経済的な合理性に従わない主体のフレームワークが研究されると、行動経済学やデータマイニングの対象とされるようになっている⁵⁾。

2. データとCOP開催時期

本稿ではCOPの開催とともに市場にアノマリーが発生するか否かについて検証を行う。対象は、Chicago Mercantile Exchangeグループ（CME）で取引されている原油先物（NYMEX West Texas Intermediate（WTI）Crude Oil futures, 以下CL）および天然ガス先物（NYMEX HENRY HUB NATURAL GAS, 以下NG）の2つのエネルギー取引についてDatastreamの日次データを用いる。対象となる先物は期近データであり、同一商品のうちで最も変動の大きな1か月以内に満期日を迎えるものとしている。入手できるデータ期間の制約上、CLは1983年3月31日から・天然ガスは1999年12月28日から、2020年3月31日までである。なお、コロナ禍以降のCOPを対象から外すこととする⁶⁾。

はじめに、それぞれの価格推移とCOPの開催時期を確認する。図1と図2はCLとNGの価格推移（折れ線）とCOPなどの会議開催時期（垂直な線）を表している。一番左にある垂直な線は1992年5月9日気候変動に関する国際連合枠組条約の作成時期を示している（2番目の線は地球サミット、3番目は条約発効日）。4番目の線がCOP第1回会合となっている。COP3において京都議定書が作成され、その後、マラケシュ合意の推進のためにCMP会議が追加され（図の垂直線CMP1）、パリ協定の採択1年後にCMAが追加された（図の垂直線CMA1）。図1をみると、京都議定書が作成される前はほぼCLの価格推移は変動があるものの横ばいである。1990年の価格推移でスパイク⁷⁾のある時期は湾岸戦争時期にあたるが、それ以外で京都議定書が作成される以前は大きな変化は見られない⁸⁾。京都議定書作成後は大きく上昇し2008年のリーマンショック頃まで続く。なお、本稿では金融危機については捨象して議論する。また、2009年には価格は以前ほどではないが数年かけて徐々に回復している。ただし、パリ協定の作成まで大きく変動していることが観測され、パリ協定後に価格は低水準に下落していることが分かる。一方、NGは京都議定書作成後に大きな変動が複数見られ、マラ

5) サーベイは竹内（2021）を参照のこと。

6) COP26は2020年に開催されず、2021年に延期されている。なお、COVID-19は2019年末に報告されている。

7) 釘（スパイク）が出ているような形状なことから時系列分析でよく使われる常套句。

8) 80年代に生産技術や供給体制の変化により価格の下落が見られるが、需給供給シフトの影響は本稿では議論しない。

ケシュ合意の推進が合意されるまで急激な価格上昇が続いている。マラケシュ合意が推進されると（CMP1）価格は下落している。しかし、CLと同じようにリーマンショック前に急激な価格上昇が観測され、リーマンショック後に急激な下落が観測されている。ただし、下落後の価格はCLに比べ回復することなく変動は一定であり横ばいになっていることが分かる。リーマンショックなどの金融商品市場との連動性は本稿では割愛するが、S&P500の推移を参考までに図3に載せている。推移を比較するためにはじめてに観測された値を1として、その後の価格を倍率で示している。リーマンショック前後で、ラグはあるものの3系列は同じような価格の変化が見られる。ただし、2009年以降はCLやNGは横ばいから下落傾向にあるが、S&P500は全く異なり大きく上昇している⁹⁾。



図1：CL価格と会議の開催

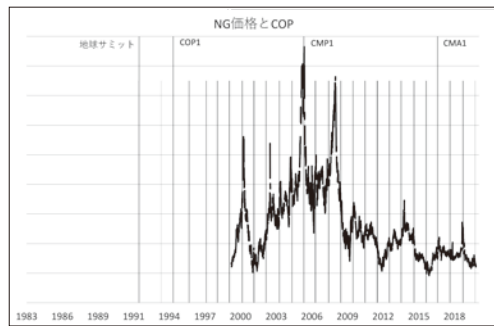


図2：NG価格と会議の開催

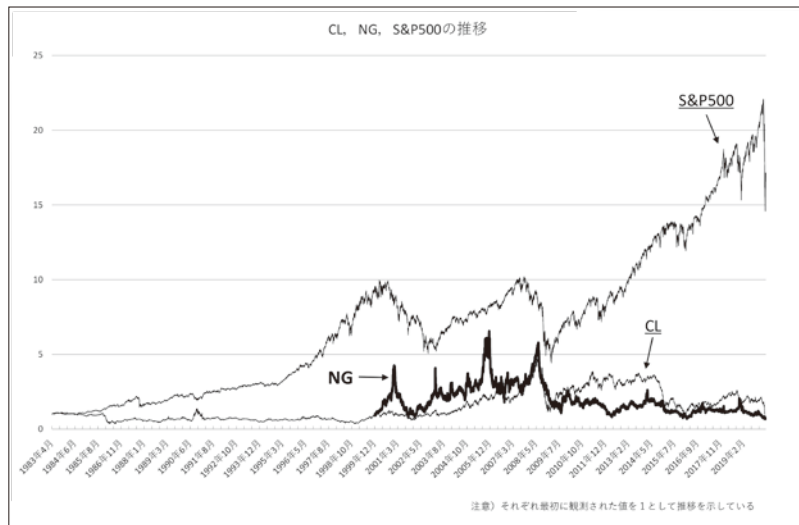


図3：CL、NG、S&P500の推移（倍率：観測初期値を1として）

9) 投資収益率という観点では投資のポートフォリオとしては難しいと考えられ、スペキュレーターが投機的で参加しているという議論には懐疑的になる。

3. 変動性の指数と基本統計量

基本統計量を示すにあたり、データの入手の制約から NG のデータ期間と比較するために CL は2つの期間に分けて表したものが表1である（期間①は1983年3月31日から1999年12月27日まで、期間②は1999年12月28日から2020年3月31日までである）。また、参考までに、S&P500の同期間の記述統計量を示したものが表2である。なお、日中価格変動はRogers and Satchell (1991) の4本値データを用いた変動性指標を用いる。他にも4本値を用いた代表的な変動性指標はあるが、本稿では下方バイアスを防ぐためにこの指標を用いる（詳しくは、竹内 (2021) を参照のこと）。これは高値と始値または終値、安値と始値または終値の乖離を計算しそれぞれ掛け合わせ和を取ることでその広がりを変動性を示したものであり、

$$V_{RS} = (\ln(H) - \ln(O))(\ln(H) - \ln(C)) + (\ln(L) - \ln(O))(\ln(L) - \ln(C)) \cdots \text{式 (1)}$$

H ：高値、 L ：安値、 O ：始値、 C ：終値である。なお、この指標はドリフト項なしと仮定している。また、日次価格変化率は日々の終値による変化率、終値始値変化率¹⁰⁾は前取引日終値と翌取引日始値の変化率である。また、CLとNGについては出来高の変化率についても前日比を求め示している。

表1：基本統計量（CLとNG）

基本統計量	CL								NG			
	日中価格変動①	日次価格変化率①	終値始値価格変化率①	日次出来高変化率①	日中価格変動②	日次価格変化率②	終値始値価格変化率②	日次出来高変化率②	日中価格変動	日次価格変化率	終値始値価格変化率	日次出来高変化率
平均	3.2E-04	-2.2E-05	-4.6E-04	-3.9E-03	5.2E-04	-5.3E-05	6.5E-05	1.3E-04	8.7E-04	-7.0E-05	1.4E-03	-8.1E-04
標準偏差	na	2.4E-02	1.4E-02	5.3E-01	na	2.5E-02	8.6E-03	6.0E-01	na	3.4E-02	1.5E-02	6.4E-01
尖度	na	+	+	+	na	+	+	+	na	+	+	+
歪度	na				na				na		+	
範囲	0.039	0.543	0.434	16.628	0.060	0.496	0.462	16.445	0.064	0.523	0.514	17.515
最小	0	-4.0E-01	-2.7E-01	-7.9E+00	0	-2.8E-01	-2.3E-01	-8.5E+00	0	-2.0E-01	-2.2E-01	-8.8E+00
最大	3.9E-02	1.4E-01	1.7E-01	8.8E+00	6.0E-02	2.1E-01	2.3E-01	8.0E+00	6.4E-02	3.2E-01	3.0E-01	8.7E+00
データの個数	4205	4205	4205	4071	5084	5084	5084	5080	5084	5084	5084	5072
最大値 (10)	0.006	0.105	0.079	2.317	0.009	0.105	0.050	3.278	0.011	0.147	0.121	3.235
最小値 (10)	0.000	-0.117	-0.088	-2.324	0.000	-0.109	-0.054	-1.673	0.000	-0.130	-0.057	-3.203
95%信頼区間の1/2	2.7E-05	7.1E-04	4.3E-04	1.6E-02	3.6E-05	6.8E-04	2.4E-04	1.7E-02	4.0E-05	9.2E-04	4.0E-04	1.8E-02

注) ①1983年3月31日～1999年12月27日、②1999年12月28日～2020年3月31日、NGの期間は②

・日中価格変動は正規分布に従っているわけではないので“na”と表記している。

・3つの変化率の平均値において下線が引かれている数値は5%有意であることを示している。

第一に、表1と表2から平均値が有意に正か、または、負か否か示す。ただし、日中価格変動は正規分布ではないため表1では“na”と表記してある。終値始値変化率についてはCLの期間①において有意水準5%で負、NGでは期間②において有意に正となっている（表1にお

10) 株式市場では立ち合い終了時刻が夕方であることから夜間価格変化率ということがあるが、本稿で扱うCL・NGは17時に開始し翌日16時に終了するので、1時間の間隔である。そのため、夜間価格変化率とは明記せず終値始値価格変化率としている。実際の昼間と夜間の研究はTick dataを用いたデータの分析が必要である。

表2：基本統計量（S & P500）

基本統計量	S&P500					
	日中 価格変動①	日次 価格変率①	終値始値 価格変化率①	日中 価格変動②	日次 価格変率②	終値始値 価格変化率②
平均	6.0E-05	5.7E-04	-4.6E-07	8.6E-05	2.0E-04	4.0E-06
標準偏差	na	9.8E-03	2.6E-04	na	1.2E-02	2.7E-03
尖度	na	+	+	na	+	+
歪度	na		-	na		-
範囲	0.006	0.296	0.015	0.006	0.236	0.124
最小	0	-2.0E-01	-9.2E-03	0	-1.2E-01	-7.8E-02
最大	6.1E-03	9.1E-02	6.0E-03	6.4E-03	1.2E-01	4.7E-02
データの個数	4204	4204	4204	5125	5125	5125
最大値（10）	0.001	0.036	0.001	0.003	0.062	0.011
最小値（10）	0.000	-0.042	-0.001	0.000	-0.061	-0.020
95%信頼区間の1/2	4.3E-06	3.0E-04	7.8E-06	6.7E-06	3.4E-04	7.5E-05

注) ①1983年3月31日～1999年12月27日、②1999年12月28日～2020年3月31日

いて下線が引いている数値)。これはCLの期間①においては前取引日終値で買って当取引日始値で買うことができれば正の収益を得たことになり、NGでは期間②において前取引日終値で買って当取引日始値で売ることができれば正の収益を得たことになる。なお、その他の変化率ではその平均値は有意水準5%でゼロであることを棄却できない。他方、S&P500では期間①の日次価格変化率は有意に正となっており、指数連動の資産を有しており持ち続けければ、もしくは、前日終値で買い当日終値で売れば正の収益を生んでいたことになる。

第二に、期間①と期間②におけるCLとS&P500の平均値が異なるか否か示す。日中価格変動については、ともに、期間①よりも期間②の方が平均値は有意に大きい¹¹⁾。日次価格変化率では両社とも有意水準5%で差はないという結果になっている（ただし、S&P500は有意水準10%で期間①よりも期間②の方が有意に大きい）。図1から3では多く違っていると予想されたが、そうではないことが分かる。一方、終値始値価格変化率はCLでは有意水準5%で有意に期間①よりも期間②が大きい、S&P500では有意な差はない。なお、これらの違いは研究対象として興味深い。本稿では割愛する¹²⁾。加えて、CLの日次出来高変化率は2つの期間ではその平均値については有意な差は見られない。なお、3つの変化率の2期間における平均値の差はウェルチの異分散検定を行っている。実際には、下記の等分散検定を行った上で上述の2標本の平均値の検定を行っている。

11) 本稿では、価格がログ正規分布に従うとし、式(1)にある高値と始値または終値の乖離は正規分布の再生性よりログ正規分布となり、その積はカイ2乗分布に従う。同様に、安値と始値または終値の乖離の積もカイ2乗分布に従う。さらに、それらの和はカイ2乗分布の再生性よりカイ2乗分布に従うことから、本稿での日中価格変動はカイ2乗分布に従うとする。そのため、2期間の差は等分散検定と同じようにカイ2乗分布の比を用いたF分布を仮定して検定を行っている。

12) 取引終了時刻が異なることが起因し、取引外時間が1時間ほどのエネルギー先物市場と夜間を挟む株式市場によるマーケットマイクロストラクチャーとしては非常に興味深い。取引所の制度設計によるものなのか市場参加者のタイプによるものなのか分析に値する。

第三に、3つの変化率の2期間における分散は、CLの終値始値価格変化率を除き有意水準5%で異なっている。期間①よりも期間②の方が有意に大きいことから市場変動が大きくなっている。なお、CLの終値始値価格変化率の分散は有意に小さくなっており、上述の通りその平均値も負から正に有意に期間の変化とともに変化していることに注意する。

加えて、相関関係を示したものが表3と表4である。本稿では、同一の先物または株価指数の各値における相関を明記し、市場間連動性の議論はモデル化しないため、異なった市場間での各値の相関係数は結語で紹介に留めることとする。なお、表の対角線上の相関は当日と前日の同一商品の自己相関となっている。例えば、CLの日中価格変動の相関係数20.4%は前日のCLの値と当日のCLの値の相関係数であり、前日の影響が残っていると解釈する。期間②では48.0%と強くなっている。NGは34.4%となり、この3つの統計量は統計的に有意な値となっている。他に相関が強いのは日次出来高変化率の自己相関でありCLの期間①で-42.4%、期間②で-31.8%、NGで-42.4%となっており、前日の出来高が大きければ当日は出来高が少なくなるという負の系列相関がみられた。S&P500についてみれば期間①では日中価格変動の自己相関は19.9%、期間②では36.2%と上昇している。なお、期間②では相関は強くはないが全てで有意に負の相関となっている。

表3：相関関係（CLとNG）

相関係数	CL								NG			
	日中 価格 変動①	日次 価格 変化率①	終値始値 価格 変化率①	日次 出来高 変化率①	日中 価格 変動②	日次 価格 変化率②	終値始値 価格 変化率②	日次 出来高 変化率②	日中 価格 変動	日次 価格 変化率	終値始値 価格 変化率	日次 出来高 変化率
日中価格変動	0.204				0.480				0.344			
日次価格変化率	-0.022	0.006			-0.082	-0.057			0.016	-0.051		
終値始値変化率	-0.028	0.036	0.029		-0.076	-0.054	-0.017		0.017	-0.006	0.012	
日次出来高変化率	-0.084	0.012	-0.001	-0.424	0.022	0.004	0.079	-0.318	-0.074	0.035	0.067	-0.424

注) ①1983年3月31日～1999年12月27日、②1999年12月28日～2020年3月31日、NGの期間は②

- ・自己相関の値は、1次ラグとの相関係数である。
- ・日中価格変動と日次価格変化率の相関は、当日の日中価格変動と前々日の終値から前日の終値への変化率の相関である。
- ・下線が引いている数値は5%有意であることを示している。

表4：相関関係（S&P500）

相関係数	S&P500					
	日中 価格変動①	日次 価格変化率①	終値始値価格 変化率①	日中 価格変動②	日次 価格変化率②	終値始値価格 変化率②
日中価格変動	0.199			0.362		
日次価格変化率	-0.302	0.028		-0.180	-0.077	
終値始値変化率	0.008	0.021	-0.007	-0.064	-0.057	-0.086

注) ①1983年3月31日～1999年12月27日、②1999年12月28日～2020年3月31日、NGの期間は②

- ・自己相関の値は、1次ラグとの相関係数である。
- ・日中価格変化率と日次価格変化率の相関は、当日の日中価格変動と前々日の終値と前日の終値の変化率の相関である。
- ・下線が引いている数値は5%有意であることを示している。

参考までに、日中価格変動と日次価格変化率または終値始値変化率の推移を図4にまとめている。表1から4までで観たように相関係数はそれほど大きくないが、大きなスパイクが発生すると、もう一方の値も大きく変動していることが観察される。表3の日次出来高変化率をみ

ると負となっており、前日出来高が大きいと当日は減少するということを意味する。さらに、図5のCLとNGの出来高とその変動をみると、後半において、出来高が大きくなるに連れ、その変化率も徐々に大きく変動していくようになることが観測されている。市場が大きくなるに連れ、市況が活発になっていることを示す。

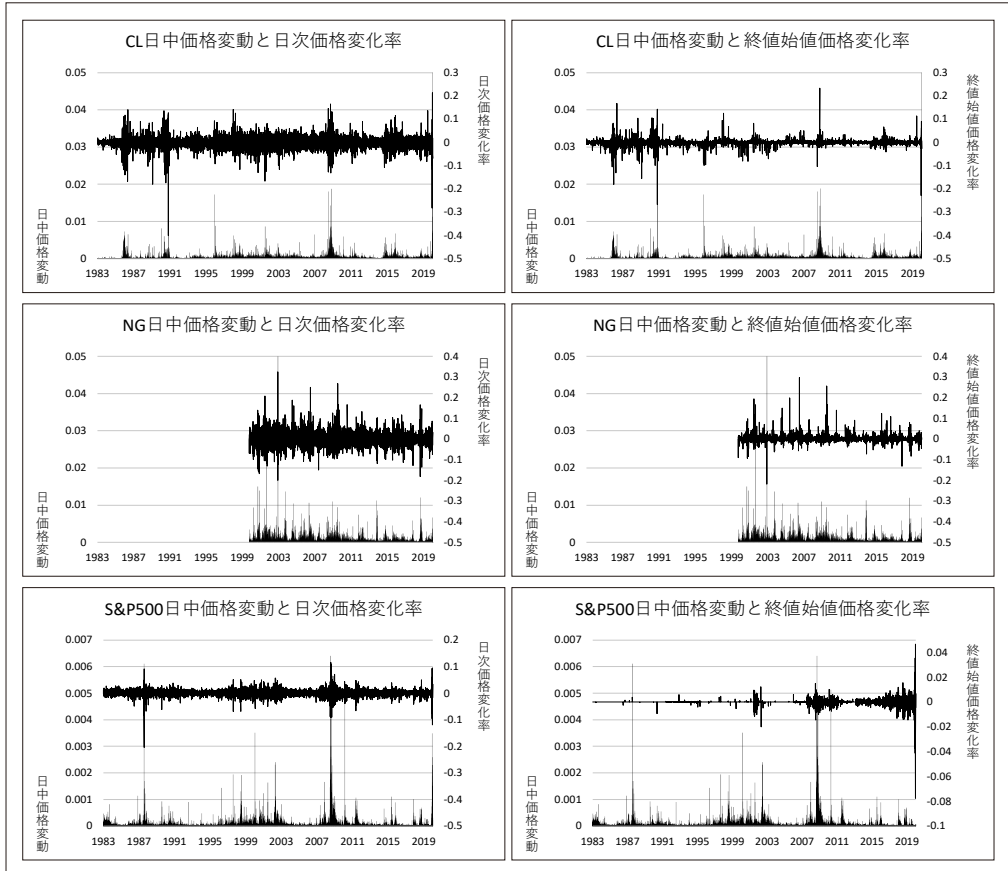


図4：日中価格変動と日次価格変化率/終値始値価格変化率の推移

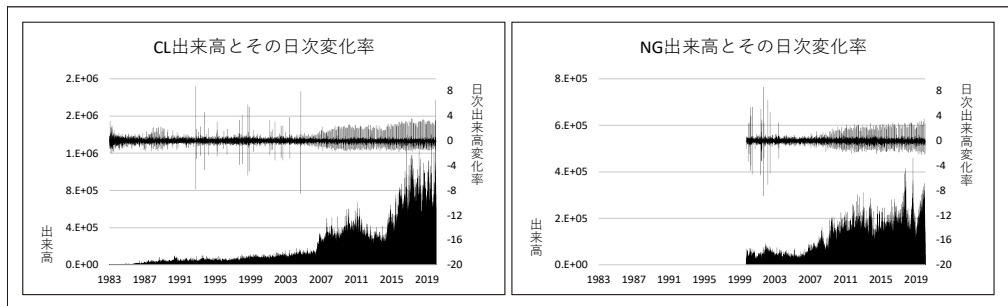


図5：CL/NG出来高とその日次変化率

次に、表1で取り上げた4つの値について、本稿の分析目的であるCOPの開催前後での変化を考察することとし、COPが開催されてから60日間と会議開催間の60日間の変化を比べる。比較は次の2つである。①は前回のCOP開催から60日とCOP開催180日前から60日間の2つの期間を対象とした場合と②はCOP開催180日前から60日間とCOP開催から60日間の期間を対象とした場合を比較した。①はCOP開催後にどう変化するかを観察するため、②は開催前にどう変化するかを観察するためである。それぞれの対象となる期間を図6に示す。

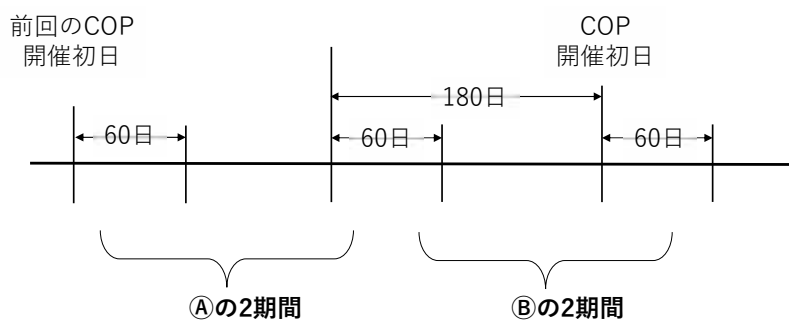


図6：対象となる2期間について

日中価格変動については①と②の2期間の平均に有意差があるか否か検定しているが、日中価格変動の分散については示していない¹³⁾。その他の3つの変化率（日次価格変化率・終値始値価格変化率・日次出来高変化率）については平均および分散をそれぞれ2期間で有意な差があるか否かの検定を行った。2期間において、マイナスならば有意に下降し、プラスであれば有意に上昇していることを表5に示している。①においてマイナス、②においてプラスであればCOPの開催により値が上昇し（3つの変化率の平均の値）、乱高下する（日中価格変動の平均の値及び3つの変化率の分散の値）ことを意味する。NGの終値始値価格変化率の分散は①において多くがマイナスで、②において多くがプラスになり、COPにより市場が不安定になることが疑われる。また、COP21以降では日中価格変動や日次価格変化率と終値始値価格変化率の分散でも頻繁に観測されるようになる。ただし、これらもCOP11からCOP20までは有意な差はあまり見られない。また、平均ではすべてで有意な差はほぼ見られないことに注意する。さらに、日次出来高変化率については、図5で見たような出来高の増加とその分散に一定の増加傾向が見られるときは平均も分散も①でマイナス、②でプラスになることが予想されるが、それは観測されていない。つまり、この結果からだけ見ればNGはCOPにより市場が不安定になったように考えられるが、頑強な結果とは言えない。これは各値について60日間の平均を取っているため時間的なトレンドや周期性を無視しており、時間加重した平均値をもって比較する必要がある。

13) 日中価格変動の平均は脚注6と同様である。ただし、日中価格変動の分散は価格の母分散の2次の関数として示せるが、フィッシャー情報量より有効推定量でないことなどから割愛する。

表5：COP開催前と開催後の差

	日中価格変動				日次価格変化率 (Close to Close)								終値始値価格変化率 (Close to Open)								日次出来高変化率										
	CL		NG		CL				NG				CL				NG				CL				NG						
	平均		平均		平均		分散		平均		分散		平均		分散		平均		分散		平均		分散		平均		分散				
	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)	(A)	(B)			
cop1			na	na			-			na	na	na	na	+		-	+	na	na	na	na							na	na	na	na
cop2		+	na	na				+		na	na	na	na			+		na	na	na	na							na	na	na	na
cop3			na	na	-					na	na	na	na		+	-	-	na	na	na	na							na	na	na	na
cop4	+		na	na			+			na	na	na	na			+	+	na	na	na	na			-	+		na	na	na	na	
cop5	-		na	na			-			na	na	na	na	-	+	-	-	na	na	na	na			-	-		na	na	na	na	
cop6				+			+					+	+			+	+	+													
cop7		+	-	+			-	+				-		+		-	+				-	+			+		-				
cop8	-		-				-					-				-	+				-	+			-						
cop9				+			+					+			+	-				-	+										
cop10			-	+								-	+			-				-	+	-								-	
cop11				+			-					-	+			-				-	+										
cop12							+							+	+					-	+							-			
cop13	+	-										-				-											+				
cop14		+					+	+	-							+		-	-	+		+									
cop15	-	-					-								-														+		
cop16																-						+	-								
cop17	+						+					+				-				-	+							+			
cop18	-		-				+	-				-			+	-										-					
cop19	-													+					-	+		-						-	+		
cop20		+		+			-	-	+			+			-	+			-	+	+			+							
cop21	-	+	-	+			-	+			-	+			-	+			-	+	-										
cop22	-		-				-					+			-					-	+							+			
cop23	-		-				-				-	+			-					-	+						-	+			
cop24		+	-	+			+	+			-	+			+	+				-	+										
cop25	-		-				-				-									-	+									+	

注意) ①前回のCOP開催から60日間とCOP開催180日前から60日間、②COP開催180日前から60日間とCOP開催から60日間について各項目における平均と分散が有意に減少した場合は“-”，増加した場合は“+”と表記している（5%有意水準）。

4. COPによるタイムトレンドを用いた分析

日中の価格変動や日々の終値終値または終値始値の価格変化率の分散に影響が見られるが、COP1 から COP25 まで強い結果が見られたわけでない。そこで、京都議定書、マラケシュ合意、パリ協定という節目をもとに COP および追加の CMP や CMA の会議が開催されていることを考慮し、また、変動は COP 開催に近づくにつれ徐々に大きくなり、会議開催終了後徐々に小さくなるという仮説を立て、会議ダミーとトレンド変数を用いた回帰分析を行う。また、これまでのアノマリーの分析と整合性が取れているか検証するために竹内（2021）で用いたカレンダー効果（曜日・月・月内上下旬）も含める。

$$V_t = C + \beta_1 DTM_t + \beta_2 CO_t + \beta_3 CC_{t-1} + \beta_3 Vol_{t-1} + \beta_4 V_{t-1} + \sum_{i=1}^{11} \gamma_i M_{it} + \sum_{j=1}^4 \lambda_j W_{jt} + \sum_{k=1}^2 v_{sk} S_{kt} \\
 + \sum_{l=1}^3 \psi_l Meeting_{lt} + \sum_{s=1}^3 \omega_s Trend_{st} + \varepsilon_t \quad t = 1, 2, \dots, T$$

V：日中価格変動，DTM：満期日までの日数，CO：終値始値価格変化率，CC：日次価格変化率（終値の変化率），Vol：出来高変化率，M：月ダミー，W：曜日ダミー，S：旬ダミー（月内を上旬・中旬・下旬とおおよそ10日間で分けている），Meeting：会議ダミー，Trend：トレンド変数，ε：誤差項である。会議ダミーは京都議定書を作成以前と以降を分けるダミー変数，マラケシュ合意推進のための CMP 会議設置以前と以降を分けるダミー変数，パリ協定採択によ

るCMA 会議設置以前と以降の状態変化を分けるダミー変数である。具体的には、

$$Meeting_1 = \begin{cases} 1 & \text{if COP3 以降} \\ 0 & \text{それ以前} \end{cases}, \quad Meeting_2 = \begin{cases} 1 & \text{if COP11 以降} \\ 0 & \text{それ以前} \end{cases}, \quad Meeting_3 = \begin{cases} 1 & \text{if COP22 以降} \\ 0 & \text{それ以前} \end{cases}$$

追加的な会議がどの程度影響するか測るためのダミー変数と考えている。トレンド変数はCOPが開催される N_b 日前から増幅する変数 ($Trend_1$), COPが開催される期間中を示すダミー変数 ($Trend_2$), COP終了から N_a 日後まで減衰する変数 ($Trend_3$) である。本稿では単純に正弦関数を用い、

$$Trend_1 = \begin{cases} \sin\left(\frac{\pi(N_b - n)}{2N_b}\right) & \text{if 開催}n\text{日前} \\ 0 & \text{それ以外} \end{cases}, \quad Trend_2 = \begin{cases} 1 & \text{if 開催中} \\ 0 & \text{それ以外} \end{cases}, \quad Trend_3 = \begin{cases} \sin\left(\frac{\pi n}{2N_a}\right) & \text{if 開催}n\text{日後} \\ 0 & \text{それ以外} \end{cases}$$

とする。これは会議が近づくに連れ被説明変数が大きくなり、会議期間中にトレンドの効果は最大の1を取り、会議が終わると徐々に小さくなるというトレンドを考えている。それ以外の期間は影響しない周期性を考えている。一般的な自己回帰平均モデルでは事後的な影響を考えているが、本稿では事前の影響も考慮していることになる。一般的な自己回帰平均モデルを用いるとCOP以外の経済ショックの事後の影響と区別が付けられないので本稿では単純なトレンド変数を用いた回帰としている。

回帰結果は表6に示しているが、各変数についての回帰における処理上の諸注意を示す。定数項または回帰係数の横の列には有意か否かを示している。はじめに、説明変数として用いたダミー変数についての留意点を示す。はじめに、曜日ダミーではCLは火曜日・NGは金曜日、月ダミーではCLは7月・NGは4月、旬ダミーでは両方とも中旬を基準としている。それぞれのダミー変数において最も日中変動が低くなる曜日、月、旬を選んでいる。よって、他の曜日・月・旬の日中変動がどのくらい基準よりも大きいか測っていることになる。表ではその基準の曜日・月・旬に「-」が表示されている。次に、会議ダミーについては、NGの場合、京都議定書作成後のデータであることから京都議定書ダミーは変数として用いていない。また、会議ダミーにより基本統計量で2つの期間にわたった期間とほぼ重複するので回帰は期間別にサンプルを分けずプールして行っている。最後に、トレンド変数として開催前 ($Trend_1$) はCLで37日、NGで33日としている。これは例えば、CLの場合37日前から変動が徐々に増加トレンドにあると考えていることになる。なお、この日数は徐々に増やして回帰結果におけるあてはまりの良さやAIC基準を参考にグリッドサーチしている¹⁴⁾。同様に、開催後のトレンド変数 ($Trend_3$) はCLで62日、NGで37日とした。なお、開催中のトレンド変数 ($Trend_2$) はCOP開催期間が1、他はゼロの2値変数、つまり通常のダミー変数と同じである。

14) 30日から30日ずつ増やし120日まで行い、回帰結果の良い2つの期間について、1日ずつ増やした結果を比較している。

表6：日中価格変動についての回帰結果

定数項	CL				NG			
満期日までの日数	-1.29E-10		-1.23E-10		-9.56E-06	***	-9.40E-06	***
日次終値価格変化率	-4.76E-04		-4.82E-04		5.64E-03	***	5.59E-03	***
終値始値価格変化率	-6.75E-03	***	-6.93E-03	***	6.42E-04		5.92E-04	
出来高変化率	-9.84E-06		-1.02E-05		3.00E-05		3.02E-05	
被説明変数の1次ラグ	4.17E-01	***	4.11E-01	***	3.28E-01	***	3.17E-01	***
月曜	3.88E-05		3.85E-05		2.06E-04	***	1.96E-04	***
火曜	-		-		1.62E-04	***	1.54E-04	***
水曜	4.98E-05		4.90E-05		2.67E-04	***	2.59E-04	***
木曜	9.61E-06		9.92E-06		3.89E-04	***	3.85E-04	***
金曜	2.49E-06		3.29E-06		-		-	
1月	1.77E-04	***	1.50E-04	***	4.97E-04	***	4.86E-04	***
2月	1.13E-04	**	1.08E-04	**	4.14E-04	***	4.29E-04	***
3月	2.27E-04	***	2.25E-04	***	9.36E-05		1.05E-04	
4月	3.35E-05		3.31E-05		-		-	
5月	3.61E-07		3.93E-07		2.74E-05		2.74E-05	
6月	-2.41E-07		7.85E-07		7.52E-05		7.67E-05	
7月	-		-		1.27E-04		1.30E-04	
8月	1.72E-05		1.68E-05		2.35E-04	**	2.39E-04	***
9月	3.81E-05		3.92E-05		2.86E-04	***	2.91E-04	***
10月	2.97E-05		2.69E-05		2.29E-04	**	1.88E-04	**
11月	4.83E-05		2.50E-05		3.69E-04	***	2.29E-04	*
12月	1.09E-04	**	6.02E-05		4.01E-04	***	2.94E-04	**
上旬	3.31E-05		3.72E-05		8.87E-05		9.18E-05	*
中旬	-		-		-		-	
下旬	8.95E-05	***	9.26E-05	***	2.41E-05		2.44E-05	
京都議定書 (COP3)			1.04E-04	***			-	
マラケシュ合意 (CMP)			2.34E-05				-1.96E-04	***
パリ協定 (CMA)			2.48E-05				-1.57E-04	***
開催前トレンド			2.65E-05				2.64E-04	*
開催中			2.51E-05				7.11E-05	
開催後トレンド			1.13E-04	*			2.45E-04	*
Adj R2	0.1789		0.1820		0.1527		0.1594	
#obs	9150		9150		5071		5071	

注意：***, **, * はそれぞれ有意水準1%, 5%, 10%で有意であることを示す。

開催前トレンド変数はCLは37日, NGは33日。

開催後トレンド変数はCLは62日, NGは37日。

第一に、量的変数の満期日までの日数の変数から被説明変数の1次ラグの変数までの結果について考察を行う。満期日までの日数についてみると、海外の先物取引は満期日に近づくに連れて取引量も多くなり価格変動が大きくなると言われており、NGでも有意に負の符号が確認できる。満期日までの日数が多くなればなるほど変動は小さくなることを示している。ただし、CLでは確認されていない。次に、日次終値変化率と終値始値価格変化率ではCLとNGの符号が異なっている。有意なのはCL場合の負であり、前日終値から当日始値の価格変化率が大きければ、当日の日中価格変動は小さくなることを示している。CLにおいては前々日の終値から前日の終値までの変化率は、当日の日中価格変動に有意に影響を与えていない結果となっている。一方、NGでは終値の価格変化率に有意に影響され、符号は正となっている。つまり、

CLでは前日から当日にかけての価格変化が当日の日中変動に反発（負の符号）を生じ、NGでは前日までの終値の価格変化が日中変動に引き続き（正の符号）影響していることを意味する。終値始値価格変化率と日次価格変化率については表3の相関係数の結果と符号は整合的であり、偏相関を考慮した回帰分析でもその結果が考察される。ただし、表3で示した相関係数が有意ではなかったが回帰結果では回帰係数が有意となっており間接的な相関について詳しく要因分析することが望ましいが本稿では紙面の都合上割愛する。また、被説明変数の1次ラグが大きく影響していることが分かるが、高次のラグを説明変数としたVARモデルなどは本稿では取り扱わない¹⁵⁾。

第二に、曜日・月・旬（月内）のアノマリーを観測するダミー変数の結果について考察する。曜日ダミーより、CLでは火曜日の変動が小さく、他の曜日がどの程度火曜の日中価格変動より大きいかは曜日ダミー変数の回帰係数の結果として現れている。CLについては全てで有意ではない。一方、NGは金曜日に比べて他の曜日は有意に大きく、木曜日はもっとも大きいことが観測されている。月ダミーでは、CLでは7月に比べ1・2・3月が有意に大きく、NGでは4月に比べ8～2月が有意に大きい。CLとNGはことなっていることが分かる。一般に、NGの需要動向と利用目的により年間の季節変動が言われており結果も整合的である。ただし、12月は8・9月と比べて大きく違いは無く、1・2月の半分である。旬ダミーについては、最終取引日の違いの影響と考えられる。CLは限月月末であることから予想されていたが、NGは限月の翌月3営業日であることから下旬でも大きいことが予想されるが、結果はそうでない。

第三に、本稿の目的のCOPの影響について考察する。CLでは京都議定書作成時期以降とそれ以前では日中価格変動が有意に大きくなったことが示されている。続く、CMPやCMAなどの開催が行われる前と後では日中価格変動への断続的な影響はない。一方、NGではCMPにより変動が小さくなり、CMAによりさらに小さくなったことが観測されている。しかしながら、NGでは会議を行うことで一時的なトレンドとして会議開催3日前から徐々に変動が大きくなる傾向が見られ、会議閉幕後37日間をかって変動が小さくなることが観測されている。CLは会議閉幕後の62日間ゆっくり徐々に変動が小さくなることが観測されるが、会議開催前の変動は増加を示す正の係数となっているが、有意とは言えない結果となっている。

なお、これらの結果は竹内（2021）の曜日・月・旬（月内）のアノマリーの結果と大きく変わりは無いものの、COPに関する係数のいくつかは有意であり、かつ、あてはまりの良さは0.5%程度改善されていることを付け加えて報告する。

15) 3次までは大きく影響するが、その後間欠的に影響が出るなど詳しい分析が必要であるため紙面の都合上割愛した。

5. 結語と今後の展開

変動性は単調に増加するわけではなく、会議前後に振幅しながらの増加や減衰が見られる。そのため、本稿の単純なモデルでは計測できていない可能性がある。さらに、資源エネルギー市場には代替物が存在することから市場関連動性も考慮しなければならない。これについては、他の市場からの影響を考慮したVARモデルや市場価値の評価乖離を考慮したエラーコレクションモデルを用いて分析をさらに進める必要がある。また、近年資源エネルギー商品先物市場は市場が整備されその結果、現業者ばかりでなく投資対象としても注目を浴びていることから金融市場との連動性について分析が必要である。

最後に、本論文集の性質から今後の展開を取り上げて締めくくる。市場関連動性がどの程度あるか本稿で示したデータから考察を加える。表7はCLとNGの市場間の相関を示している。この2つの先物では価格は約20%の相関を観測されている。経済ショックを受けると考えられる日中価格変動の相関はそれよりも低く約10%程度である。また、CLとS&P500では期間が異なると価格の相関は符号が逆転している。また、期間②においてNGとS&P500では日次価格変化率の相関が低く市場連動性は高くない¹⁶⁾。

表7：市場間の相関関係

		価格	日中価格変動	日次価格変化率	終値始値変化率
期間①	CLとS&P500	-0.356	0.051	-0.074	0.002
	CLとS&P500	0.064	0.215	0.208	0.025
期間②	NGとS&P500	-0.432	0.044	0.039	0.012
	CLとNG	0.206	0.099	0.239	0.082

注) ①1983年3月31日～1999年12月27日、②1999年12月28日～2020年3月31日、NGの期間は②

加えて、市場関連動性について言えば、金融危機などの影響が疑われる。例えば、図1・2の2008年における大きな変動にリーマンショックがあり、その影響が考えられる。また、これらのコモデティは需給関係についても影響があり金融商品とはことなった性質を持っている。特に、資源エネルギーは生産者の地政学的な背景やさまざまな紛争があり、市場へもその影響が懸念される。そこで、最後に参考までにCLと金融危機および紛争との時系列をグラフで紹介して結びとする。

16) マーケットポートフォリオの観点からは、日次価格変化率の相関の低さや終値始値変化率の相関の低さ商品先物のヘッジ機能を考えると興味深い。

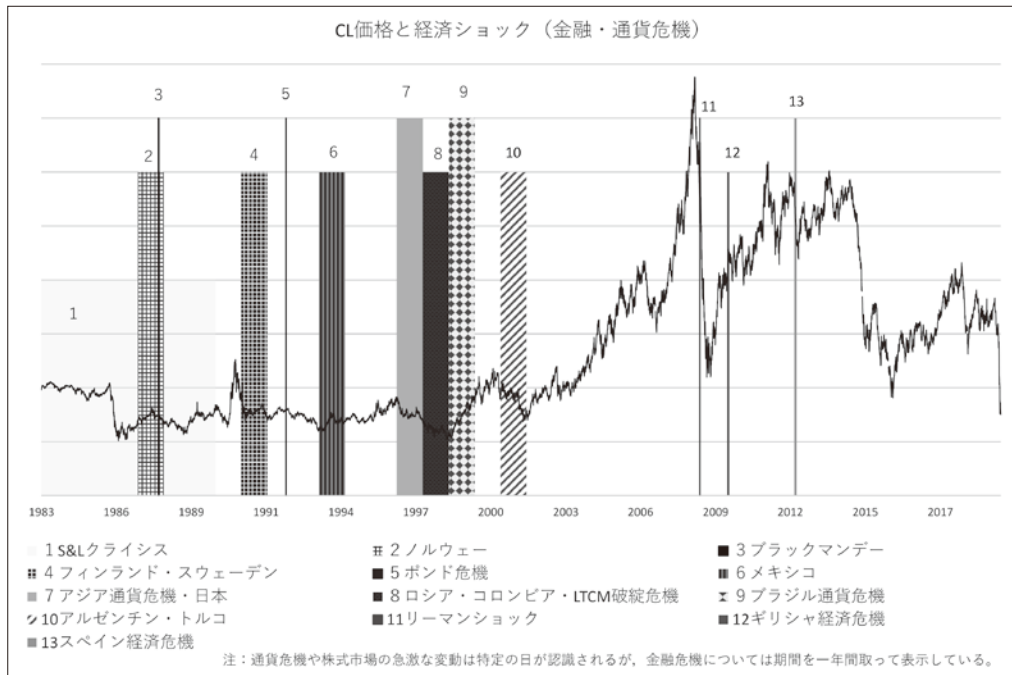


図7：CL価格推移と金融・通貨危機

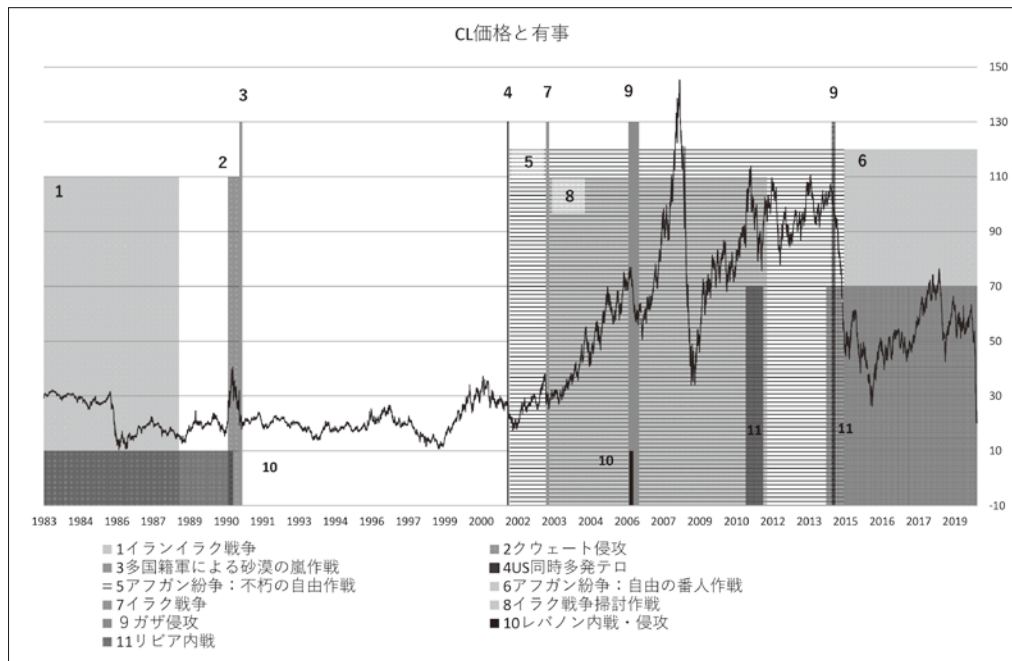


図8：CL価格推移と有事

Reference

- 有馬純 (2021) . 亡国の環境原理主義, エネルギーフォーラム .
- 竹内哲治 (2021) . 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, 経済理論, 405号 pp.65-83.
- Keim, D.B. (1983) . Size-related anomalies and stock return seasonality: Further empirical evidence. *Journal of Financial Economics*. Vol. 12, pp.13-32.
- Pettengill, G.N. (2003) . A survey of the Monday effect literature. *Quarterly Journal of Business and Economics*. Vol. 42 (3-4) , pp.121-137.
- Rogers, L. C. G., and Satchell, S. E. (1991) . Estimating variance from high, low, and closing prices. *Annals of Applied Probability*. Vol. 1, pp.50-512.
- Rozeff, M.S. and W. R. Kinney Jr. (1976) . Capital market seasonality: The case of stock returns. *Journal of Financial Economics*. Vol. 3, pp.379-402.