

金属の現物・先物価格曜日効果に関する非線形時系列解析

辰 巳 憲 一¹

- 1 研究のねらい～価格形成の特徴分析
- 2 データの種類とデータ処理方法
- 3 データ分析による曜日効果検証～課題
- 4 分析技法の展開
- 5 計測結果の展開と解釈
- 6 経済的考察
- 7 まとめ

1 研究のねらい～価格形成の特徴分析

本研究は、日次データを用い、金属現物・先物価格形成の特徴を曜日効果などに基づいて考察する。曜日効果とは、価格変化率（リターン）が継続的に特定の曜日（月曜日、金曜日など）に低くあるいは高くなる現象で、株式市場では世界中で広く観察されている。研究方法として、非線形時系列解析法とサロゲート法に基づく統計検定法によるデータ分析を利用する。

非鉄金属を分析対象として、先物と現物取引の価格形成の特性を、広い観点の経済学と最新の非線形時系列解析法を用いて統計学的に調査・研究することを目的とする。研究・調査の内容は、統計検定を活用したデータ分析を行い、可能な限り、証拠のある議論にするとともに意義がある。

研究技法上のポイントは、4つあり、まず①土日曜日休祭日データの補間というデータ処理方法をとることがあげられる。そして、②リターン（価格変化率）のランダム変動における決定論的側面を測る Wayland ら（1993）の方法、③変動の乱雑さを情報エントロピーによって定量化する Bandt-Pompe（2002）の方法、そして、④ランダム・シャッフリング・サロゲート法を利用してランダム過程の性質に関する帰無仮説を順位（rank）データの t 検定によって統計検定する方法、の3つの分析技法を補間した市場データに対して試す、点である。

¹ 本研究は立命館大学理工学部宮野尚哉教授との共同研究に基づく。単著の研究報告にする許可を与えられた同教授に感謝したい。

2 データの種類とデータ処理方法

ロンドン金属取引所（LME）上場の金属の1989年1月4日から2003年8月29日までの日次価格（指数）を用いる。つまり、アルミ（al）、銅（co）で、各金属の現物（ca あるいは cash）と3ヵ月先物（3m）の各価格の合計4系列を分析する。流動性が低いと考えられる15ヵ月先物（15m）と27ヵ月先物（27m）は、分析対象から外す。また、ニッケル（ni）、鉛（le）、チン（ti）、ジンク（zi）などの希少金属については、さしあたり分析から外した。

日経平均（Nikkei）と日経ジャスダック平均（Jasdaq）の日次株価指数データ、の2つに対する同様な分析については宮野・辰巳（2004a）（2004b）で行った。日経平均先物のデータは、一代価格推移しか利用可能でなく、指数化されていないので、分析対象にできなかった。結果として、後掲の理由も勘案すると LME の金属が分析対象として最適なのである。

2 - 1 補間について

従来なされてきた分析は、金曜日から月曜日への価格変化をあたかも1日に起こった変化とみなす。この変化を、時間間隔の違う、例えば火曜日から水曜日の変化と直接比較することはできない。これが補間を行う理由である。

（1）土日、休祭日のデータを補間する。データ補間は単純線形法を用い、補間すべき日数を n 、連続してデータのない日の第 i 日を i とすると、補間係数は $((n-i+1)/(n+1), i/(n+1))$ 、ただし $i = 1, 2, 3, \dots, n$ のペアになる。例えば、年末年始のデータで、土曜、日曜、月曜、火曜、水曜、木曜とデータが無く、前後の金曜にしかデータが存在していない場合、補間係数は $(6/7, 1/7)$ 、 $(5/7, 2/7)$ 、 $(4/7, 3/7)$ 、 $(3/7, 4/7)$ 、 $(2/7, 5/7)$ 、 $(1/7, 6/7)$ の6つになる。これによって、等間隔（1日間隔）の連続データがえられることになる。

（2）土日は削除し、休祭日データの補間のみ行ったデータを、「日次指数休祭日補間データ」と名づける。これは年末休日や正月も補間している。

（3）土日データも補間した、データを「日次指数土日休祭日補間データ」と名づける。

2 - 2 リターン・データへの変換について

価格の1日前との差を1日前の価格で割り、36000倍した、いわゆる年率リターンを使って行う。

2 - 3 LME 金属先物取引について

LME（London Metal Exchange）について概略説明しておきたい。

（1）取引の種類と時間

LME での金属先物取引は、リングと呼ばれる手振りのオープンアウトクライ、電話によるカーブ（場外）取引、夜間の電子取引、と3形態で行われる。先物の他に、金属価格指数、ふつうのオプションと平均オプション、がある。

グローバルな取引時間の推移は、日本市場（アルミ、ニッケルのみ）→LME のプレマー

ケット（日本時間夕方5時頃から）→リング取引（LME）→場外取引（ロンドン）→ニューヨークのカーブ→日本市場（アルミ、ニッケルのみ）に戻る、という順である。特に重要なのが、LME 市場（リング取引）が開く前には、ヨーロッパ（チューリッヒ、スイス）のプレマーケットで値が付けられており、その影響は受けているものと考えられている。

月曜日にも、直前は月曜日のプレマーケット、その前は金曜日の日本市場（アルミ、ニッケルのみ）がある²。

（２）価格と限月について

価格指数には、売値（ask）の前場終値が採用されている。アルミは13：00時点になる。この時 NY は8：00である。

値付けに関しては、値幅制限がない。そのため、それが大商（大阪商品取引所）価格との間に大きな格差が生じている時がある。また、大商では市場規模が小さく LME と比較して値が飛ぶ現象が時々観察される。

3ヵ月先物取引については、限日制がとられ、毎日決済日が来る。出来高については、現物と3ヵ月先物の合計は全体の約90%を占める。これらが、われわれが現物と3ヵ月先物の日次時系列データを分析対象に選んだ理由である。ちなみに、4ヵ月ものから6ヵ月ものは週一度の水曜日、7ヵ月ものから27ヵ月ものは月一度の第三水曜日が決済日になっている。

2 - 4 先行研究

いくつか関連する研究があるので見ておこう。

（１）季節性

元来、金属は需給の季節変動の影響を受けることは無い、と言われて来た。実際 Fama-French (1997) は、1967年1月から1984年5月までの Comex と NYM の月次データに対する線形回帰分析によって、食肉や農産物の先物と比較して、金属先物は季節性を持たないという推論をえた。ちなみに彼らは計測にあたって、金属の貯蔵費用はその価値と比較すれば極めて低い、事実を活用する。

しかしながら、この研究における季節性とは月効果のことであり、それは検出されなかった、ということである。

（２）ボラティリティとその原因

銅市場では、かつて、市場支配力を持つ生産者が価格の安定化を実現してきた。しかし、

² LME の取引量の特徴については、特に広く知られた事実はない。先行研究も引用されるものがなく、ないに等しいと判断される。東京工業品取引所の金など、大阪商品取引所のアルミなどは、期先の方が取引量が多い。これは、当事者が参加していない証拠の1つとみなされる。しかも、東工の金などでは、取引回数は少なく、取引あたり取引量が多く、機関投資家の売買が中心であることが予想される。

在庫のデータについては、昔から多くの研究者によって信頼性が乏しいと判断されている。例えば、次のような事例からそれは知ることができる。LME の指定倉庫は日本にもあるが、対日プレミアムを失ってしまうので、LME 価格が低い、ふつうの時期には搬入されない、といわれる。

1970年代後半にはその時代は終わり、銅の購入者は先物契約によってヘッジする誘因をもつようになった、と言われる。アルミ価格も先物市場の発展によって変わってきた、と考えられている。

Slade (1991) は、LME 上場非鉄金属の1970年から1986年まで月次データを回帰分析し、1970年代と比較して1980年代に価格ボラティリティが上昇したのは、市場構造や市場集中度が下がったからではなく、商品取引所に頼ることが増えたからである、と結論した。

しかしながら、Figuerola-Ferretti-Gilbert (2001)は、最近時点までデータを伸ばし、それらの影響度の差はかつて程の大きさではなくなっている、ことを示した。

3 データ分析による曜日効果検証～課題

3 - 1 非線形時系列解析の適用

原データ、休祭日補間データ、土日休祭日補間データの3タイプのデータ、ならびに曜日別データ（月、火、水、木、金）で、株式リターンに適用した宮野・辰巳(2004a) (2004b)と同様な非線形時系列解析を行おう。

商品数が4あるが、現物と先物を別々に計測し一組みにして比較して解釈することが必要になる。あるいは、さらに、現物と先物を1つのセットにした計測を行う必要があるかもしれない。後述の6-2を参照。

ただし、曜日別データ間の比較は必ずワンセットになる。

3 - 2 分析方法の工夫

頻度グラフを曜日ごとに描く、曜日ダミー変数をふつうに入れて線形回帰分析をする、などの伝統的な単純技法によると金属価格の曜日効果は見えてこないところがあり、非線形技法によって明瞭な結果が出るかどうかはまったく不明である。

(1) 問題

曜日ダミー変数をふつうに入れる線形回帰分析で、ダミー変数の有意性を調べる方法は、曜日ダミー変数相互に高い相関を示す多重共線性のため、標準誤差が偏り、検定できない、という指摘がある(Chien-Lee-Wang (2002))。

しかしながら、金属は大きな国際市場であるため、世界中から時間的途切れもなくやってくる、様々な需給要因に動かされ、取引に参加する市場参加者が取引を競いあっており、曜日効果が消えてしまうのかもしれない、という予想は捨てがたい。国毎に異なる様々な要因については後述の6-3の(1)と(2)も参照。その経済メカニズムの実態のすべてが本研究によって必ずしも明らかにされるわけではないが、出来たら統計学的手法によって、このメカニズムの一端を示したい。

さらに、伝統的な単純手法でうまく検出できなかったのが手法の問題であるのなら、どこに欠点があるか、それが非線形技法によってどう解決されたのか、明らかにできるメリットがある。

(2) 小区間ごとの分析

ファイナンスの著名なアノマリーである規模効果では、時間（数ヵ年）が経つと消える、さらには反転するという実証結果が報告されている。先進の国際市場としてロンドン金属取引所金属価格の曜日効果も、そうなっているのか³。そのダイナミックスを仮説化して検証することも考えられるが、統計学手法で試せないだろうか。将来的には、興味ある研究対象になろう。

4 分析技法の展開

本報告では、経済的意味を多少でも付与できる Wayland テストとランダム・シャッフリング・サロゲート法の2つを比較的詳しく紹介しておこう。

4 - 1 Wayland テストの概略

(1) 埋め込み次元と並進誤差

Wayland et al. (1993) テストは、隣接する軌道がどれだけパラレルに動くかをテストするもので、基本的な概念は Kaplan-Glass (1993) に拠り、それを単純化したものである。

時系列データ $\{u(t)\}$ が与えられたとしよう。 t_0 時点における D -次元空間を埋め込み $u(t_0) = \{u(t_0), u(t_0 - \Delta t), u(t_0 - 2\Delta t), \dots, u(t_0 - (D-1)\Delta t)\}$ によって作る。ここで、 D は埋め込み次元(embedding dimension)、 Δt は時間的なラグ、である。

$u(t_0)$ の K -最隣接近傍(K nearest neighbors)を $u(t_i)$, $i=0, 1, 2, \dots, K$, としよう。各 $u(t_i)$ は $T\Delta t$ の時間が経過すれば $u(t_i + T\Delta t)$ になるから、ベクトル $u(t_i + T\Delta t)$ は $u(t_i)$ のイメージ (image) と呼ばれる。

このイメージは時間並進 (time translation) によって生み出される。それゆえ、時間の経

³ これに対しては、ライブラリーとなる母集団を2、3期くらいに分け、並進誤差 (translation error、ランダム変動における決定論的側面を測る尺度) と順列エントロピー (変動の乱雑さを測る尺度) がどう変わるか、時間の推移とともにどう変わっているか、分析する方法を試みる方法が考えられる。

しかしながら、単に年で分けるか、日数を均等割りするか、あるいはアフリカ生産国の政治不安による供給途絶、住友商事の LME スキャンダルなど供給側など要因の変化のイベントを切掛けに分けるべきなのか、などの検討すべき課題は残される。

特定の時点を分割時点に設定した場合その妥当性は次のように検証できるかもしれない。まず全期間、小期間のすべてについて並進誤差を計算する。そして、全期間の並進誤差と、小期間の並進誤差をその日数比率を加重にした加重平均並進誤差の大小関係から判断できる。後者の方が低ければ、当該小期間分けが妥当であることを示している。並進誤差を順列エントロピーに代えて検証を行う必要もある。(A test of nonlinear structural break)

同じ原理を使えば、どの時点がブレイク・ポイント (ただし1回と仮定する) であるか求めるには、一日ごとに分割点をローリング移動し、加重平均並進誤差あるいは順列エントロピーが最低の時点を見つければよい。

過に伴う時系列過程の変化は並進ベクトル (translation vector) $\mathbf{v}(t_i) = \mathbf{u}(t_i + T\Delta t) - \mathbf{u}(t_i)$ によって描ける。

もし時系列過程が決定論的 (deterministic) であるならば、この K 個の並進ベクトルは同様な方向に向くだろう。方向の類似性は並進誤差 (translation error) E_{trans} と呼ばれる、次の測度で測れる。

$$E_{trans} = \frac{1}{K+1} \sum_{i=0}^K \frac{\|\mathbf{v}(t_i) - \bar{\mathbf{v}}\|}{\|\bar{\mathbf{v}}\|},$$

ここで、

$$\bar{\mathbf{v}} = \frac{1}{K+1} \sum_{i=0}^K \mathbf{v}(t_i).$$

(2) Wayland テストの意味

Wayland テストにおいて、並進誤差 E_{trans} は埋め込み次元 D に依存する。埋め込み次元 D と並進時間 (time translation, T) については理論自体が提示するものではなく、応用分野の熟練した知見が妥当な数字やそれらの意味を提供する。

並進誤差がゼロに近ければ、原時系列過程は決定論的と考えられる。原時系列過程がホワイト・ノイズであれば、並進誤差は一様に分布し、並進誤差は 1 に近い。中間領域については、よく知られていない (Miyano (1996))。並進誤差に明確な臨界値は存在しない。その結果、並進誤差についての仮説検定はできない。

4 - 2 ランクに基づくサロゲート・データ分析

曜日効果の t 検定を、日次価格指数土日休祭日補間データに基づく、LME の 2 金属現物価格とその 3 ヶ月先物価格リターンを使って行おう。比較対象として日経平均と日経 Jasdac 平均を想定する。日経平均と日経 Jasdac 平均に対しては筆者の研究で有意性がえられているが、ロンドン金属取引所の 2 金属に曜日効果の t 検定が有意に出るかどうかは、まだ、不明である。

(1) リターンのランダム・シャッフルによる方法

2004 年に行った研究では、日経平均と日経 Jasdac 平均に対して日次株価指数土日休祭日補間した価格系列やリターンに対して、後述のランダム・シャッフルを行い、曜日効果の t 検定が有意に出た。

価格系列 (一般にトレンドなどが存在する) のランダム・シャッフルと、リターン系列のランダム・シャッフルとは、異なる帰無仮説に基づく統計検定に相当する。ファイナンス経済学的には、リターン系列のランダム・シャッフルの方がより妥当な帰無仮説を生成すると考えられる。

(2) 頻度のランダム・シャッフルによる方法

月曜日から金曜日までのリターン・データをその大きさに1位から5位までのランクを付ける。ランクを成分とする週間ベクトル

$$y = (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5)$$

について、その組み合わせ総数は120通りになる。これらの各週間ベクトルの頻度をリターン・ランク・データから計算する。

それらの頻度を40回ランダム・シャッフルし、それらの平均値と標準偏差を計算する。月曜日や週末のランクが有意に低いかどうか、t 検定する。そして各週間リターン・ランク・ベクトルについて、オリジナル・データの頻度と平均値との差が、標準偏差の約2倍以上 ($|t| > 2.02$) あれば、95%の信頼性で帰無仮説を棄却できる。

(3) リシャッフルによる標準誤差の推定

6000前後ある土日休祭日補間リターン・データをリシャッフルするのではなく、120ある週間リターン・ランク・ベクトルの各頻度を40回リシャッフルするのは次の理由からである。

リターン生成過程にはホワイト・ノイズが入り込んでいるという想定があるから、ランクをとったわけで、リターンをリシャッフルして再度ランクを計算するのはホワイト・ノイズをリシャッフルするという無駄がある。

(4) 帰無仮説

特定の曜日のリターンが低いのは単なる偶然である、週間パターンは存在せず週間データにランクを付けられない (i.i.d.、あるいはランダムである)、と仮説化してランダム・シャッフルの結果を分析する。

5 計測結果の展開と解釈

本研究では、さまざまな統計量、順列エントロピー法を含めて、種々の計測を行ったが、ここでは上で解説した技法の結果だけを展開し、解説しよう。

5 - 1 計測結果の展開

(1) Wayland テストによる検定

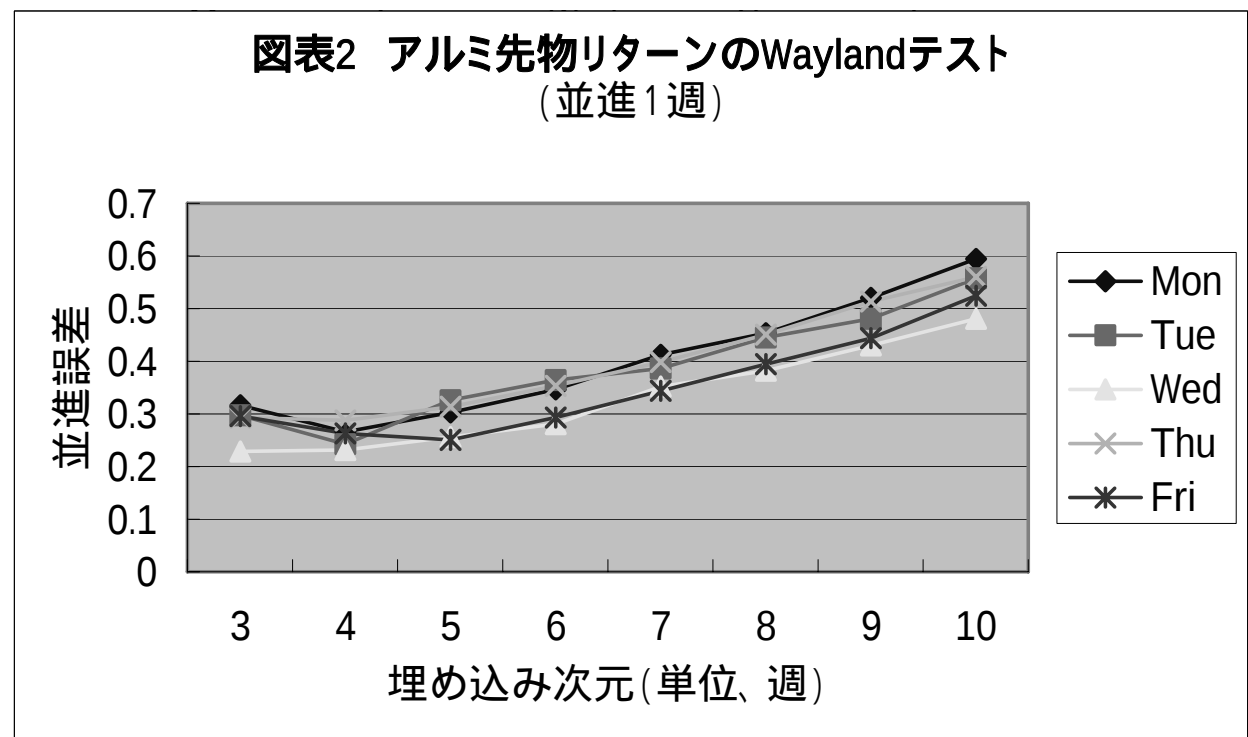
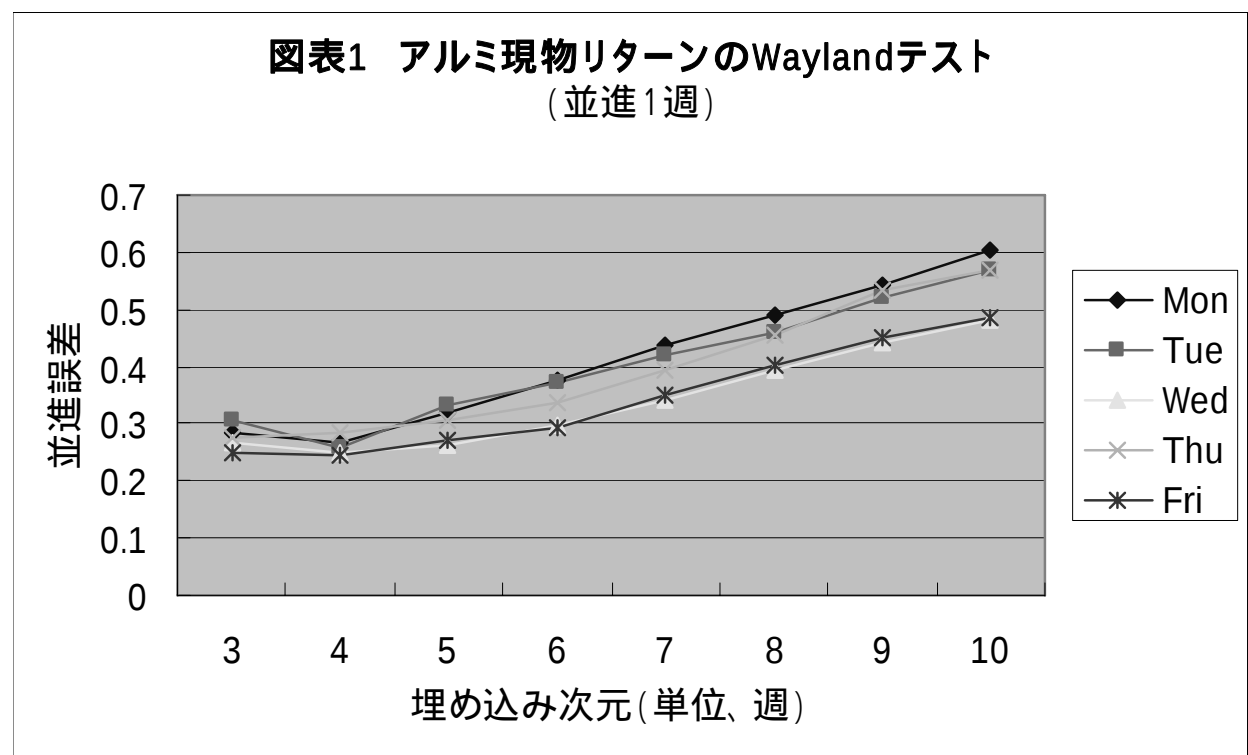
並進時間が、曜日別データについては1週、日次については7日、90日の3つの場合を計算し考察する。図表1から3がアルミ、図表4から6が銅である。

まず、気付くことは、現物と先物が同じ動きをすることである。アルミと銅の間でも、全く似た動きである。

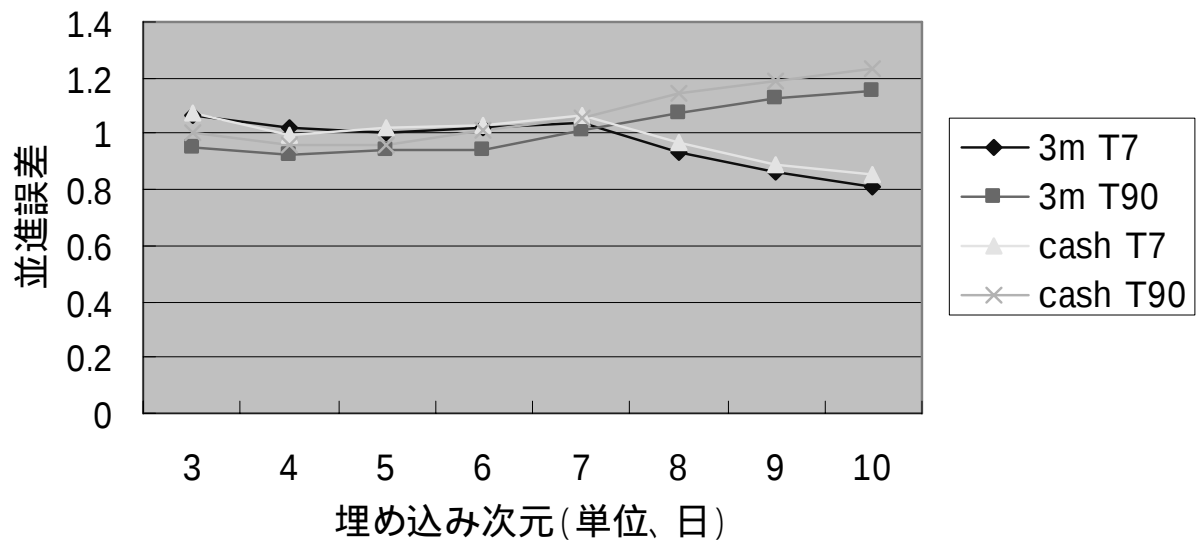
並進時間が1週の場合、現物と先物、アルミと銅のいずれも、技法の詳細を云々しなくとも、曜日の差はほとんどない事実が読み取れよう (図表1、2、4、5)。

並進時間が7、90日の場合、埋め込み次元にかかわらず、現物・先物リターンともに、並進誤差はおよそ1で、ランダム過程であることが、わかる (図表3、6)。並進時間が7日の場合、時間並進の先は1週間先の同じ曜日になるので、この結果は次の週間サロゲート検定の全体の傾向と矛盾しない。

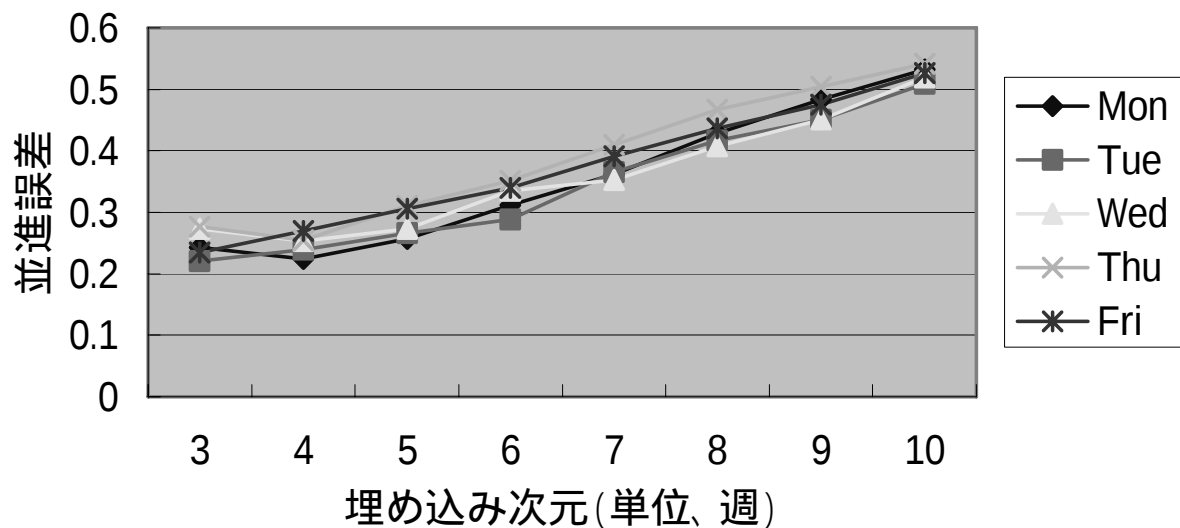
並進時間が90日の場合、どのような解釈になるか、90日の意味の説明を含めて、後段の6節と別稿に委ねたい。



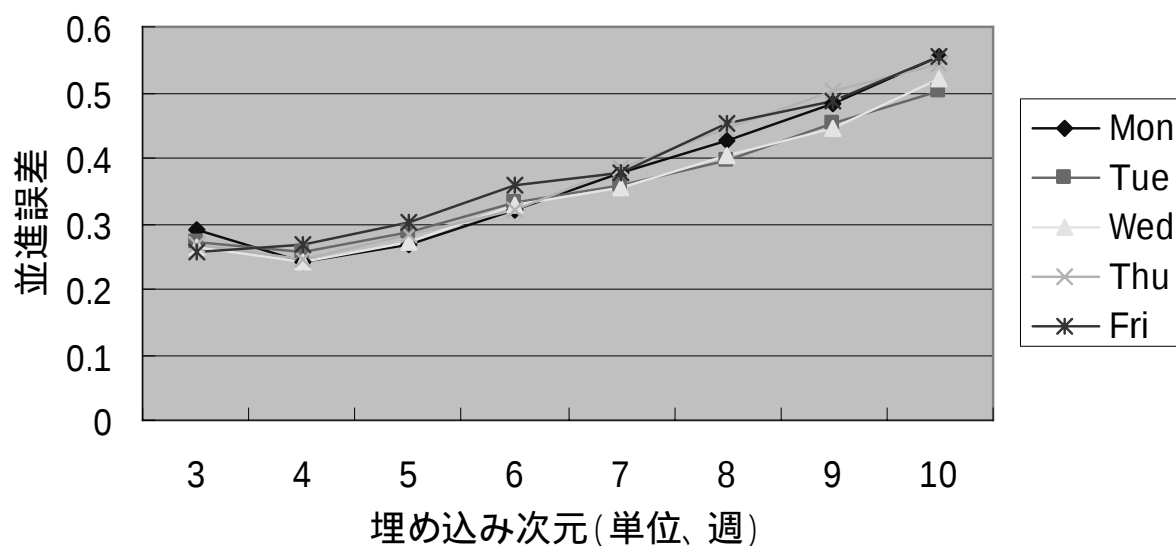
図表3 アルミ現物・先物リターンのWaylandテスト
(並進7、90日)



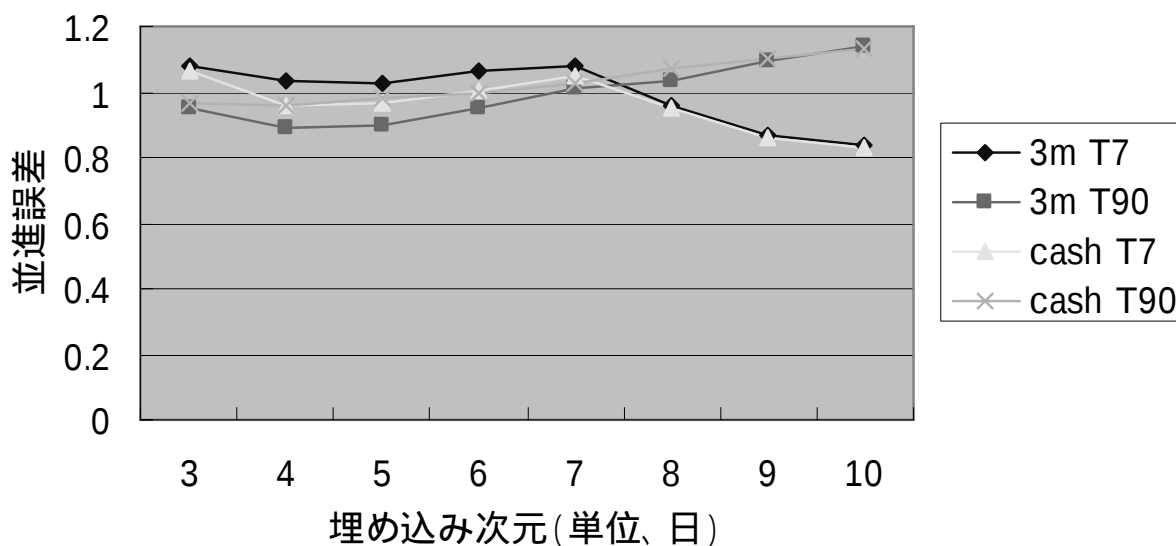
図表4 銅現物リターンのWaylandテスト
(並進1週)



図表5 銅先物リターンのWaylandテスト
(並進1週)



図表6 銅現物・先物リターンのWaylandテスト
(並進7、90日)



(2) ランクに基づくサロゲート・データ分析で有意性の検定

各リターンのサロゲートを40作成して、t検定した結果を図表7にまとめた。

図表7 各リターンのランダム・シャッフリング・サロゲート法によるスチューデントの t 検定

	アルミ		銅	
	現物	3 ヶ月先物	現物	3 ヶ月先物
Monday	2.5450*	1.9605	1.5755	1.5166
Tuesday	2.8008*	2.2393*	3.1318*	2.2175*
Wednesday	-0.8435	-0.4308	-0.6174	-0.6736
Thursday	-5.1103*	-4.2514*	-4.2610*	-3.3023*
Friday	-0.4987	-0.5560	-1.0240	-0.7576

Note: * indicates significance at the 95% confidence level for the both-sided test.
number of surrogates = 40.

サロゲート法のどの場合でも月、金曜日の曜日効果は有意に出てきそうにもない、という印象である。

しかしながら、重要な点は、現物と先物で同じ結果が得られているという事実とサロゲート法では火・木曜日効果が有意である事実、である。火曜日の t 値がプラスとはランクが下位、木曜日のそれはランクが上位で、それぞれが有意なのである。

5 - 2 計測結果の技法上の解釈

(1) 準備

Wayland テストでは、基本的に、金属価格の日次推移はどちらかという決定論的な挙動であり、しかも曜日効果は株式市場と違い、曜日間の違いは大きくない、という推論が可能になる。

サロゲート法では、曜日によって異なるが、t 値の高い曜日は火、木曜日で、全体としては t 値が低くランダムネスを棄却できない曜日の方が多いということになる。

技法間で違う結論が得られれば、まず2つのことが考えられる。

- ①どちらか、あるいは両方に、計算ミスがある。
- ②技法が捉える現象、あるいは同じ現象を捉える技法に差があり、それが現れた、と考える。

しかしながら、①はないことを確認したので②だけが起こったことになる。この場合、2つの現象の差は何を意味しているのか、直ちには判明しない。それゆえ、2つの技法の差が大きく、正しい現象は中間にある、と考える方が楽である。幅の中身・内容はまだはっきりしないが、技法間に幅があることがはっきりした、といえるだろう。

(2) 技法の差を考察

特定の曜日効果が「あり得る」というサインは計測結果全体として出ていない、というべきだと思う。

確かに経済分析はモデルを提示しなければなりません。例えば、すべての係わる変数がランダム過程なら、経済学になりません。非線形解析の方が、経済現象の解明に役立つ、ある

いは経済モデル構築の際の前提として想定しなければならない重要な構造である、ことを示さねばなりません。

それゆえ、どのような経済学的事実を明らかにしたかという点に関しては、まだ明らかになっていないというべきだが、今回の非線形解析による結果は、金属市場のダイナミックスに関して、従来では明らかにできなかった事実を示しているように思う。

各技法が棄却した仮説の外に事実がある。その外は予想外に広い。もう少し狭くする必要はある。あるいは、いくつか区分できるようにすべきである、というのが正直な感想で、2金属の実証結果がもたらした結果はこのようなことが「あり得る」、経済モデルの存在しうる空間がある、ことを教えてくれる。

Wayland テストは、金属リターンの時間変動における滑らかさを評価している。順列エントロピーは、リターン変動の乱雑さを評価している。これらは、時系列ダイナミックスの複雑さに関する評価で、時間変動における決定論的側面に焦点を合わせている。この検定で分かることは、リターン変動のダイナミックスにおける決定論的側面が、曜日ごとに異なってみえるかどうかである。決定論的ダイナミックスという観点から見た曜日効果の検証ということになる。

一方、順位サロゲート検定は、週間ランキングの頻度を評価している。これは、単なる統計分布で、この検定で棄却されるのは、各曜日の統計分布が、独立一様ランダム過程による分布であるかどうかである。論理的には、変動のダイナミックスにおける決定論的側面とは直接関係ない⁴。統計分布という観点から見た曜日効果の検証となる。結果を見ると、水曜日と金曜日は、独立な一様ランダム過程であると言えそうです。他の曜日は、この帰無仮説が棄却されている。

結局、結論として何を言えるかですが、一週間を通したリターン変動の決定論的ダイナミックスという観点からは、曜日効果があるとは言えそうになく、また、変動のダイナミックスはランダム過程と識別できない。リターン変動は、本来、独立一様ランダムである。ただし、火曜日、木曜日には、本来のダイナミックスとは関係のない、かつ、全金属相場に影響を与えるような大きな外乱が金属市場に入りやすい。

6 経済的考察

6 - 1 商品や時間の考察

(1) 取引される商品の特性から見ると

先物市場において形成される価格の効果を検討するには、財の特性と用途、需給（生産・流通）とその特徴、現物価格形成の特徴、現物価格変動とリスクの特徴、などをまず踏まえる必要がある。例えば、①金属は、持ち越し可能な財で、既述のようにグローバル取引され、競争的（むしろ不完全競争的）な価格が形成される傾向は否定できない、②金属には一般に

⁴ なお、著者は、Wayland テストも、順列エントロピーも、統計学者がまだその特性を明らかにしていない統計学的手法と理解している。

多様な用途がある。一部には工業用使用、装飾用などの売買がある。用途がこのように複数に渡る財は価格が安定するだろう。③アルミと銅のように、特定の目的のために複数の金属が利用できる場合には、それらの価格は長期にわたって大きく乖離して変動することはないだろう。これは裁定取引の効果と同じ影響を価格に及ぼす。

曜日効果との係わりでは、①の要因はグローバル取引の曜日効果を小さくする。②多様な用途の存在や③特定の目的のために複数の金属が利用できる場合は、価格推移をスムーズにするだろう。これらの要因のいずれもが曜日効果を消滅させる方向に働く。しかしながら、不完全競争的要素がどういう結果をもたらすかわからない。

（２）月・金曜日効果ではなく火・木曜日効果

LME のような国際市場で、多くの当業者の参加がみこまれている市場では、月・金曜日は世界の一部では就業時間外あるいは土・日曜日になっている。時差の関係で次のとおりになっている。

ロンドン月曜日 9:00 には、南北米大陸はまだ月曜日の始業時間を迎えていない。その後、南米大陸、北米大陸で順次始業時が来る。ロンドン月曜日 15:00 でも、米国のシカゴを含む以西はまだ 9:00 が来ていない。

ロンドン金曜日 9:00 には、中国、シンガポール以東はすでに終業時間 17:00 を終えている。その主要国は日本、韓国、オーストラリア、ニュージーランドである。

もし当業者が就業時間内にヘッジなどを行うと仮定できる場合、月・金曜日には世界の一部からは需給が来ず、月・金曜日効果は非常に小さくなり、火・木曜日効果に集約される、と考えられるのである。

LME などの当業者中心の国際市場では、月・金曜日効果から火・木曜日効果に変更になる。このような観点から図表 7 を見ると、これはあくまで仮説⁵であるが、すっきりした結果が得られている、ことがわかる。

6 - 2 先物取引の効果と先物価格形成

（１）先物取引の経済効果

先物（futures）取引とは、将来のある時点に商品の受け渡しと代金の精算を行う売買契約で、受渡価格（先物価格）と数量は現時点で決定する。ちなみに、2つの時点が一致している取引は現物（cash、あるいは spot）という。

現物価格が将来値上がりしても、先物契約によって安い価格で確保してあれば財の需要者は困らない。これを買ってヘッジという（逆の、売りヘッジもある）。しかしながら、予想に反して値下がりしてしまうと、現物より高い先物価格で財を引き取らねばならなくなり損になる。価格変動リスクのヘッジといっても、このような仕組みを通じてであり、リスクも残る。

⁵ これは、入手不可能な LME の曜日別商品別取引量データがあれば棄却できるかどうか、検証できるだろう。

先物がヘッジ機能などの機能を発揮できるためには、先物価格が理論価格と大きくズレないことが必要である。先物価格が理論価格から大きくズレると、先物のヘッジコストが事前に予測できず、ヘッジできずに、大きなリスクをかかえてしまう。現物価格に影響するファンダメンタルズの変化が先物価格に反映せず、先物の価格発見力機能が弱められる⁶。

先物価格が理論価格から大きくズレる理由は、裁定取引が入っていないからである。たとえば日本では、1988年の株価指数先物取引の導入以降長い間、先物価格は理論価格を大きく超えた。それには、①当時は、まだ、いわゆる成長神話のため株価の先高観が強く、先物が割高に買われた、②現物の手数料が割高であったため現物の代わりに先物が買われた、という説の2つがある。これが、先物を売ってインデックスを構成する現物を全銘柄買うインデックス・アービトラージが盛行し、それを実行した外資系証券を潤した。

（２）現物価格の曜日効果と先物価格の曜日効果の比較

ロンドン金属市場については、現物よりは先物の方が代表性（流動性がある、つまり多く使われる）があると言われる。それゆえ、先物に曜日効果があり現物に曜日効果がない場合、市場参加者は先物ヘッジ機能を市場に求めながら、曜日効果を生み出していることになる。もし現物と先物の両市場に月曜日効果が観察され、先物市場の方がより有意性が高いならば、しかも有意性が有意に異なる場合にも、同様な結論が導ける。

もし現物価格の曜日効果と先物価格の曜日効果が有意性や効果の大きさの点でほぼ一致しているなら、市場参加者が先物ヘッジの効果だけを考えて価格形成していない証拠になる。もし現物と先物の両市場で同時に曜日効果が観察され、有意性に差がなければ、市場参加者のヘッジ行動が価格形成に影響する効果より、曜日効果をもたらす何らか別の要因の方が優

⁶ 先物利用目的とヘッジ・ニーズ問題について、追加的に考察すべき論点は次のとおりである。

市場参加者には、①商社（ブローカー・ディーラー）、②実需筋（生産者、流通業者、加工業者）、③機関投資家、④個人投資家、がある。

機関投資家は裁定取引などを活発に行うが、国によっては規制など諸般の事情のため参加はない場合がある。個人投資家が行うのは投機である。これら参加者は市場の厚みを増している。ヘッジ・ニーズを持つのは商社・実需筋である。

しかしながら、先物に対するヘッジ・ニーズについては、次のように産業構造、系列の存在、などに依存するが、場合によっては大きくないかもしれない。

①原材料価格が値上がりしても製品価格に転嫁できれば、それゆえ、原材料市場や製品市場の市場支配力があれば、ヘッジの必要性はない。そのため、国によって業種によって産業構造が異なり、ヘッジ・ニーズが違ふかもしれない。

②契約生産、長期的継続取引を行う企業グループ（カルテルとも呼ばれる）の間で、事前あるいは事後のルールを決めて損益を分担するという形でリスクヘッジしている場合、先物などを用いたヘッジが入り込む余地は小さくなる。金属については、国際カルテルが存在し、この要因は無視できない。

③季節的な供給と需要の変動で価格変動のほとんどを説明できるのであれば、価格の予測可能度が高くなり、事前に対応でき、改めて先物によるリスクヘッジの必要性は生じない。しかしながら、金属については季節変動要因は小さく、この要因は考えなくて良いだろう。

勢な影響力を持っている証拠になる。

3ヵ月先物のヘッジの効果は3ヵ月つまり90日後に明らかになるが、90日は1週間つまり7日の倍数ではないからである。84日と91日が7日の倍数。しかし、90日目が休日ならば清算は91日目になる。

7 まとめ

LME 上場のアルミと銅に関して、先物だけに曜日効果が起こるわけでもない。現物と先物共通に、曜日としては、火・木曜日が特別であった。考えられる原因はいくつかある。商品の特性と時差が影響しているのかもしれない。非線形技法にもいくつか課題⁷が残される。

【参考文献】

宮野尚哉・辰巳憲一「非線形時系列解析による株価の曜日効果分析」, 学習院大学経済経営研究所デイスカッション・ペーパーNo. 03-3, 2004年2月, P.12。Miyano, T. and Tatsumi, K., “Nonlinear Time Series Analyses of the Days-of-the-Week Effect on Stock Return (in Japanese)”, Gakushuin University GEM discussion paper 03-3, Feb. 2004. (a)

宮野尚哉・辰巳憲一「非線形時系列解析による株価の曜日効果分析」, 『電子情報通信学会論文誌 A』, 2004年9月、Vol. J87-A, No. 9, pp. 1226-1235. (b)

Bandt, C. and Pompe, B., “Permutation Entropy: A Natural Complexity Measure for Time Series”, Phys. Rev. Lett., vol.88, 2002, pp.174102-1-174102-4.

Chien, C-C., Lee, C-f. and Wang, A. M. L., “A note on stock market seasonality: The impact of stock price volatility on the application of dummy variable regression model”, Quarterly Rev .of Economics and Finance, vol.42, 2002, pp.155-162.

⁷ 非線形技法にもいくつか課題がある。

先行する宮野・辰巳(2004a) (2004b)で、異なった3つの非線形技法が明らかにしたのは、月曜日と金曜日の株式リターンが他の曜日と違った動きを示す事実である。しかしながら、それぞれの技法が捉えようとしている非線形現象は同じではない。各テストが持つ特性から、この事実が何を意味するか、その経済的理由は何なのか、明らかにすることは今後の課題であろう。

(1) 検討課題の例1

サロゲート・データ法では、ランクをとるのはノイズを除去するためだが、月曜日と金曜日の株式リターンはランダム仮説を棄却した。つまり、これは、株式リターンの変動には特有の週間パターンがあることを示唆する結果である。他方、Wayland テストと順列エントロピー法の結果は乱雑さを示唆する結果である。これらの結果を経済学的に首尾一貫した論理で説明することは、未解決の課題である。ランクをとることの意味を含めて、技法間の比較を考察しなければならないだろう。

2) 検討課題の例2

サロゲート・データ法では、リターンを1週間内でランダム・シャッフルしたが、ランダム・シャッフルする経済的根拠を検討する必要がある。例えばもしリターンが前日のリターンとのみ自己相関するのであれば、それを前提としたシャッフルが妥当するかもしれない。

- Fama, E.F., and K.R. French, "Commodity Futures Prices: Some Evidence on Forecast Power, Premiums, and the Theory of Storage," *Journal of Business*, 60 (1997) pp. 55-73.
- Figuerola-Ferretti, I. and Gilbert, C. L., "Price variability and marketing method in non-ferrous metals: Slade's analysis revisited", *Resources Policy*, 27, 3 , September 2001, pp. 169-177.
- Kaplan, D. T. and Glass, L., "Coarse-grained embeddings of strange attractor", *Physica*, 1993, D64, pp.431-454.
- Miyano, T., "Time Series Analysis of Complex Dynamical Behavior Contaminated with Observational Noise", *International Journal of Bifurcation and Chaos*, 1996, Vol. 6, No.11, pp.2031-2045.
- Slade, M. E., "Market Structure, Marketing Method, and Price Instability", *Quarterly Journal of Economics*, 106 (April 1991), pp. 1309-1340.
- Tong, W. "International Evidence on Weekend Anomalies", *Journal of Financial Research*, Vol. 23, No.4, Winter 2000, pp.495-522.
- Wayland, R., Bromley, D., Pickett, D. and Passamante, A., "Recognizing Determinism in a Time Series", *Physical Review Letters*, Vol. 70, No.5, February 1993, pp.580-582.