

太陽黒点数と日経平均株価

連動仮説の復活

山田雅章

要旨

太陽黒点数と経済活動の関係については古くから学説がある。わが国については、西宮史朗が太陽黒点数と日経平均株価の関連を研究した成著がある[1]。西宮は上梓した1989年4月の時点で日経平均株価のピークを1989年、太陽黒点数のピークを1990年と予測した。予測は的中したが、西宮の予測は因果関係がなく、太陽活動が日経平均株価に影響を持っていると考える連動仮説には矛盾する。実際、1990年前後を含む第22太陽周期以降は、それ以前で見られた連動性は見られなくなった。

しかし、足元の第24太陽周期を調査したところ、かつてのような連動性が成り立つ状態で推移している。本文では、ノイズの大きい日次太陽黒点数に対してカルマンフィルターによる平滑化をした時系列を用いて、西宮[1]の研究を再確認し、さらに分析期間の延長をおこなったものである。

1 はじめに

太陽活動を示す指標の一つに太陽黒点指数がある。太陽黒点を観測した先がけの書物としてはガリレオ・ガリレイの「太陽黒点にかんする第二書簡」(1613年)がよく知られている。現在では、太陽黒点は太陽磁場に起因しており、黒点として観測される場所は磁場が強く表面温度が低いところであることが科学的に解明されている。また、ベルギー王立天文台により、日次で太陽黒点指数(以下、単に太陽黒点数と記す)が発表されている。

地球上の生命にとって太陽は無くてはならない存在なので、太陽活動が経済活動に影響すると考えるのは自然であろう。その際、問題となるのは時間単位である。本文の文脈は金融証券市場であり、たとえば日本国債市場では長期債といえば10年物国債、20年超の国債は超長期債と呼ばれているように、億年単位で星の一生を考察する天文物理学とは時間単位が大きく異なる。そうした中で、太陽黒点数についてはハインリッヒ・シュワーベが1844年に約10年の周期で増減することを発見している(Sonnen-Beobachtungen im Jahre 1843, Astronomische Nachrichten, vol21, 1844)。この約10年という周期は、ジュグラー循環と呼ばれる7年から10年の景気循環に重なっている。ウィリアム・ジェヴォンズは穀物価格と太陽黒点数が連動すること(The solarperiod and the price of corn,1875)、景気循環と太陽黒点数が連動すること(Commercial crises and SunSpots, 1878)を主張している。しかしながら、ジェヴォンズの学説から140年以上が過ぎた現在においても、経済活動と太陽黒点数の連動は、まだ仮説の域を出ないようである。

わが国においては、太陽黒点数と株式市場の連動性を研究した西宮史朗の著作[1]がある。西宮が[1]を上梓したのは株式バブルの最盛期である1989年4月である。西宮[1]には次の2つの予測を見出すことができる。

① 太陽周期の第22周期のピークは東京天文台が予測しているよりも1年早い1990年がピーク年になる ([1]89ページ)

② 日経ダウのピーク年は1989年となる ([1]89ページ)

太陽活動と経済活動の連動性を考える場合、太陽活動のピークが経済活動のピークに先行しなければ因果関係は成立しない。後述することだが、第19周期、第20周期、第21周期においては因果関係が成立していた。上記の予測は、西宮が敢えて因果関係を壊して予測を行ったことになる。西宮は因果関係については述べていないが、上記の予測を、「むしろ新しい時代に入ったことを示しているとも言えそうだ」と述べている。

私は西宮[1]に蒙を啓かれて、[1]においては未来であった1990年以降の太陽黒点数と日経平均株価の関係を調査した。時代の進歩により、今ではインターネットで太陽黒点数の日次データを得ることができるので、日次データをカルマンフィルターで平滑化したものを使用した。太陽黒点数のピークは1990年2月1日、日経平均株価のピークは計算するまでもなく1989年12月29日であった。西宮の予測は両方とも的中である。

西宮は1990年以降(あるいは第22周期以降)を“新しい時代”と述べたが、本文の調査

では、足元の第 24 周期では、第 19 周期や第 20 周期のように因果関係が成り立つ時代に戻った可能性を示す結果を得た。科学技術が長足の進歩を遂げるなかで、太陽黒点数と株式市場が連動する経路が解明される日が来ることを期待したい。その日に備えて、本文が何かの役に立つことを願いつつ、報告として纏めた次第である。

2. データ分析の準備

太陽黒点数の日次データは Solar Influences Data Analysis Center (SIDC) からダウンロードした (<http://www.sidc.be/silso/datafiles>)。データは 1818 年から存在するが、本文では、1945 年 1 月 1 日からの最近までのデータを使用した。

株式市場の代理変数として、日経平均株価を使用した。日経平均株価は、日本経済新聞社のホームページ (<http://indexes.nikkei.co.jp/nkave/archives/data>) からダウンロードした。なお、日経平均株価は日次終値のみを使用している。

図 1 に見るように、太陽黒点数は不規則に激しく変動している。株価の日次時系列データとみなしてボラティリティを計算したところ、筆者の手元計算では 350% 前後の数値となった。こうした高いボラティリティにもかかわらず、0 から 300 前後の数値に収まっているのは、システムとしてトレンド成分を含んでいるためだと考えられる。実際、太陽黒点数の数理モデルとして Ornstein Uhlenbeck プロセスを当てはめた研究もあるようだ。太陽黒点数に対する数理モデルの適用は興味深いテーマであるが、将来の課題として残し、本文では深入りしないことにした。

本文では、太陽黒点数の確率過程の振る舞いについては深入りせずに、カルマンフィルターにより平滑化された時系列を使用した (詳細は付録を参照)。カルマンフィルターを適用するために、真の太陽黒点数の確率変動を記述する状態方程式 (1) と観測ノイズを織り込んだ太陽黒点数の観測方程式 (2) を立てる。本文では、真の太陽黒点数はトレンドを持たず、ランダムに変動すると仮定した。また、太陽黒点の観測に際してもトレンドが無いと仮定した。この前提において、カルマンフィルターの構成は下記のとおりとなる。

$$x_k = x_{k-1} + w_{k-1} \quad \text{状態方程式} \quad (1)$$

$$z_k = x_k + v_k \quad \text{観測方程式} \quad (2)$$

ただし、 z が観測された日次太陽黒点数であり、 x は真の日次太陽黒点数である。 w はシステムノイズ、 v は観測ノイズであり、両方ともブラウン運動を仮定する。

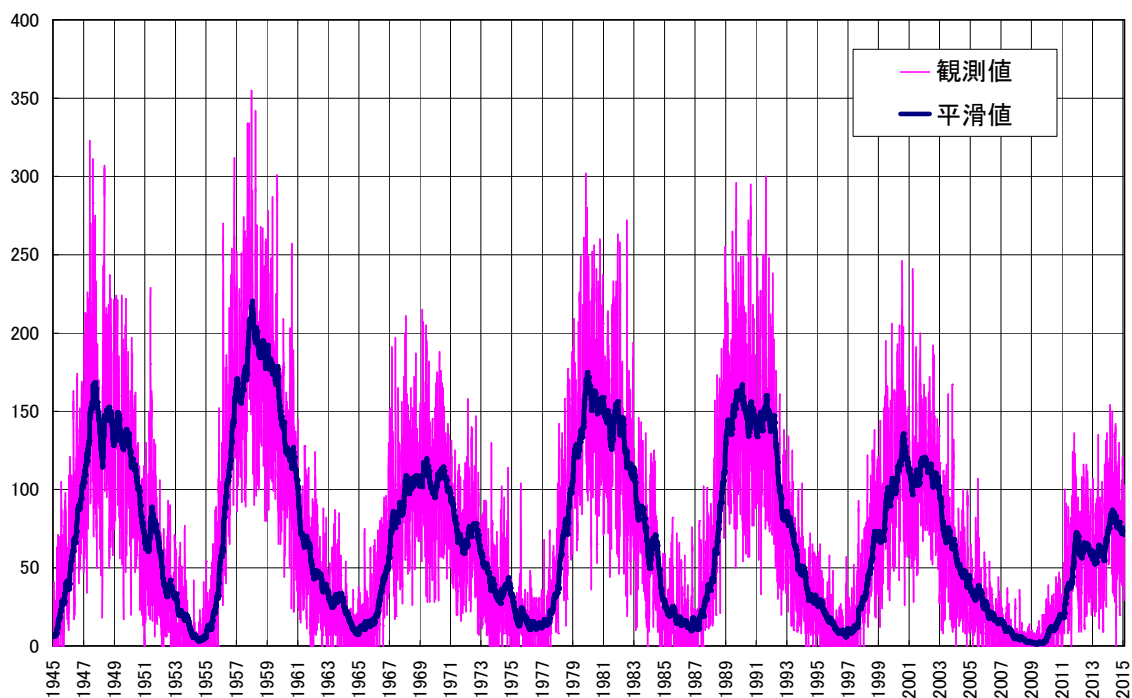
本文で使用する太陽黒点数はカルマンフィルターから得られる x の推定量である。

上記の構成でカルマンフィルターを適用する場合、パラメータは w および v の分散である。

本文では、 w および v の分散をさまざまに変化させて x の推定量の状態を視察し、妥当な水準を探った。その結果、システムノイズと観測ノイズの分散比を1 : 10000 に設定した。

1945年から直近までの太陽黒点数の動きをみたのが図1である。太陽黒点数は1755年3月から1766年6月までを第1周期とし、現在は第24周期にある。図1では、第18周期から足元の第24周期までが示されている。

図1. 太陽黒点数の観測値と平滑化数値



日経平均株価は1949年5月16日から算出されているので、太陽黒点数の第19周期から関連性をみることにした。太陽黒点数周期の最小値を太陽周期の期初とし、次回の期初の前日を期末とした。また、各太陽周期の最大値を求めた。期初と最大値を一覧したのが表1である。

表 1. 太陽黒点数周期

19	期初	1954/7/11	3.03
	最大値	1958/1/18	220.41
20	期初	1964/12/7	7.44
	最大値	1969/6/16	119.89
21	期初	1976/3/9	10.44
	最大値	1979/12/17	174.89
22	期初	1986/9/30	9.71
	最大値	1990/2/1	166.99
23	期初	1996/11/8	5.63
	最大値	2000/8/18	135.66
24	期初	2009/4/28	1.22
	最大値	2014/4/22	86.94
	直近値	2015/1/31	72.56

なお、カルマンフィルターのパラメータであるシステムノイズと観測ノイズの分散比の設定が太陽周期の期初、最大値にどのくらいの影響を持つのかを確認しておこう。表 2 は、分散比を 15000、10000、7000、5000、3000、1000 の 6 種類について変化させて太陽周期の期初、最大値を計算した結果である。

大きな変化は、第 19 周期の最大値が分散比 3000 と 1000 で 76 日、第 20 周期の最大値が分散比 3000 と 1000 で 74 日、第 22 周期の最大値が分散比 5000 と 3000 で 138 日の 3 か所である。第 22 周期は分散比が 5000 と 3000 のところで起きている。第 22 周期はピークの判定に複雑さがあると言えよう。また、分散比を 10000 ではなく、3000 に設定していれば第 22 周期のピークは 1989 年に起きており、しかも、日経平均株価のピークよりも先行しているので因果関係が成立している。

図 1 をみれば、分散比を小さくしていくことによってピークが動きやすくなることは想像できる。本文では、日経平均株価との関係をみていることから小さな分散比を避けた。このことにより失われた情報についての調査は別の機会に行いたい。

表 2. システムノイズと観測ノイズの分散比による太陽周期の違い

		15000	10000	7000	5000	3000	1000
19	期初	1954/7/11	1954/7/11	1954/7/11	1954/7/11	1954/7/7	1954/7/2
	最大値	1958/1/18	1958/1/18	1958/1/18	1958/1/18	1958/1/17	1957/11/2
20	期初	1964/12/9	1964/12/9	1964/12/7	1964/11/11	1964/11/11	1964/10/17
	最大値	1969/6/16	1969/6/16	1969/6/16	1969/6/16	1969/6/16	1969/4/3
21	期初	1976/8/1	1976/3/9	1976/3/5	1976/3/5	1976/3/5	1976/3/5
	最大値	1979/12/17	1979/12/17	1979/12/17	1979/12/16	1979/12/16	1979/11/14
22	期初	1986/9/30	1986/9/30	1986/9/30	1986/9/29	1986/9/28	1986/9/28
	最大値	1990/2/1	1990/2/1	1990/2/1	1990/2/1	1989/9/16	1989/9/15
23	期初	1996/11/8	1996/11/8	1996/11/8	1996/11/8	1996/11/8	1996/11/8
	最大値	2000/8/19	2000/8/18	2000/8/18	2000/8/17	2000/7/25	2000/7/25
24	期初	2009/4/28	2009/4/28	2009/4/28	2009/4/28	2009/4/20	2009/4/20
	最大値	2014/4/22	2014/4/22	2014/4/22	2014/4/22	2014/4/22	2014/3/5

3. 太陽黒点数と日経平均株価の連動仮説

西宮[1]では、第19周期から第21周期まで、太陽黒点数のピークは日経平均株価のピークに先行することが示されている。そこで、第19周期から第24周期までについて、太陽黒点数と日経平均株価の連動性を見ることにしよう。

連動性をみるために、太陽黒点数周期を期初から最大値に至るまで（以下、上昇期）と最大値から期末に至るまで（以下、下降期）に二分し、それぞれの期間における日経平均株価の最大値と最小値を調べた。結果を表3に示す。

太陽活動が活発になる（太陽黒点数が増加）と経済活動も活発になり景気が上向きとなる。逆に、太陽活動が縮小に向かう（太陽黒点数が減少）と景気が下向き。その際にタイムラグがあるために、太陽黒点数周期が景気循環に先行する、というのが太陽黒点数と景気の連動仮説である。日経平均株価が景気に連動すると仮定すれば、太陽黒点数と日経平均株価の連動仮説となる。

表3. 太陽黒点周期と日経平均株価の連動性

太陽黒点周期		日経平均株価			太陽黒点周期		太陽黒点最大値と日経平均最大値の日数
		最小値	1950/7/6	85.25			
19	上昇期	最大値	1953/2/4	474.43	期初	1954/7/11	1277
		最小値	1954/11/13	315.61			
	下降期	最大値	1957/5/4	595.46			
		最小値	1958/1/21	503.16			
20	上昇期	最大値	1961/7/18	1,829.74	最大値	1958/1/18	1318
		最小値	1965/7/12	1,020.49			
	下降期	最大値	1969/6/10	2,029.59			
		最小値	1969/7/30	1,842.57			
21	上昇期	最大値	1973/1/24	5,359.74	期初	1976/3/9	2438
		最小値	1976/4/13	4,408.21			
	下降期	最大値	1979/9/29	6,590.69			
		最小値	1980/3/28	6,475.93			
22	上昇期	最大値	1986/8/20	18,936.24	期初	1986/9/30	-34
		最小値	1986/10/22	15,819.55			
	下降期	最大値	1989/12/29	38,915.87			
		最小値	1990/2/6	37,666.83			
23	上昇期	最大値	1992/8/18	14,309.41	最大値	1990/2/1	-1,361 2,516
		最小値	1996/11/26	21,418.25			
	下降期	最大値	1998/10/9	12,879.97			
		最小値	2007/7/9	18,261.98			
24	上昇期	最大値	2009/3/10	7,054.98	期初	2009/4/28	暫定335
		最小値	2011/11/25	8,160.01			
	下降期	最大値	2013/12/30	16,291.31			
		最小値	2014/5/19	14,006.44			
		最大値	2015/3/23	19,754.36			

実際、表1をみれば、第19周期と第20周期は連動仮説を裏付ける結果となっている。すなわち、第19周期においては、太陽黒点数のピークである1958年1月18日から1277日間のタイムラグを伴って日経平均株価は1961年7月18日にピークを付けている。第20周期においては、太陽黒点数のピークである1969年6月16日から1318日間のタイムラグを伴って日経平均株価は1973年1月24日にピークを付けている。

しかしながら、第21周期では太陽黒点数のピークである1979年12月17日から日経平均株価のピーク1986年8月20日までの間隔は2438日と非常に長くなっている。西宮[1]では、第21周期の太陽黒点数のピークに対応する日経平均株価のピークを1981年8月17日と判断している（[1]70ページ）。なぜ第21周期の太陽黒点数のピークに対応する日経平均株価のピークが1986年8月20日でないのか？西宮が[1]を上梓したのは1989年4月なので、筆者のこうした疑問は西宮も承知していたことは想像に難くないが、[1]では説明されていない。

第21周期についての[1]の記述には未解決な部分が残るものの、西宮は第22周期の太陽黒点数のピークを東京天文台の予測より1年早い1990年と予測し、予測的中させている。また、第22周期においては、日経平均株価のピークが太陽黒点数のピークよりも前に来ると予測し、1989年に日経平均株価はピークとなると予測した。この予測も的中である。

第19周期と第20周期に見られた太陽黒点数と日経平均株価の連動性は、第21周期から崩れ始め、第22周期、第23周期では完全に崩壊した。第23周期では、日経平均株価の最大値1996年11月26日が太陽黒点数の上昇期の最初に位置しており、太陽黒点数のピークである2000年8月18日から1361日間、日経平均株価の方が先行する状態になっている。太陽活動が日経平均株価に影響するというのが連動仮説であるので、この逆転現象は連動仮説を否定することになる。そこで、第23周期の太陽黒点数下降期における日経平均株価のピーク2009年3月10日と太陽黒点数のピーク2000年8月18日を比較することになるが、第21周期と同様に、この2時点の間隔は2516日と非常に長いものになる。このように、連動仮説は第21周期から成り立たなくなったように見える。

しかし、太陽黒点数のピークから日経平均株価のピークまでの日数をみて行くと、第24周期には第19周期と第20周期に見られた太陽黒点数と日経平均株価の連動性に戻る可能性があることが分かる。第22周期の-34日を中心に、第21周期と第23周期は共に2400日間となっている。第22周期から折り返しが起きているとすれば、第24周期は第20周期のように1300日間位のタイムラグとなる。

実際、第24周期は、現在までのところ、第19周期と第20周期に見られた太陽黒点数と日経平均株価の連動性が成立している。

4. むすび

太陽活動が活発になる（太陽黒点数が増加）と経済活動が活発になり株価が上昇していく。逆に、太陽活動が縮小に向かう（太陽黒点数が減少）と景気が下向き、株価が下落していく。太陽活動と日経平均株価の動きにはタイムラグがあるために、太陽黒点数のピークは日経平均株価のピークに先行する、というのが太陽黒点数と日経平均株価の連動仮説である。第 19 周期から第 20 周期は、連動仮説を支持する期間であった。しかし、第 21 周期ではタイムラグが非常に長く、連動仮説は疑わしくなり、続く第 22 周期、第 23 周期は、連動仮説を否定する期間であった。しかしながら、足元の第 24 周期では、太陽黒点数と日経平均株価の関係は、第 19 周期や第 20 周期に見られたパターンで推移している。第 24 周期が終わるまでに日経平均株価が 8160.01 円を下回ることが無ければ、第 24 周期は連動仮説を支持する期間となろう。

また、太陽黒点数のピークから日経平均株価のピークまでの日数をみて行くと、第 22 周期を折り返し点として、第 24 周期は連動仮説を支持する期間に戻るとを示していると解釈できる。

そして、第 24 周期が第 19 周期や第 20 周期が示したような連動性を持つとするならば、日経平均株価のピークは太陽黒点数が最大値となった 2014 年 4 月 22 日から 1300 日前後に訪れると予測される。その日は、2017 年 11 月 12 日となる。

参考文献

[1]西宮史朗（1990）、「自然は偉大なチャートスト、」YMD波動研究所。

謝辞

松尾和彦氏（東海東京証券）からは、本文執筆の契機となった西宮[1]を教えていただいた。また、原稿執筆では、松尾和彦氏、御手洗孝子氏（当時、東海東京証券）からは有益なアドバイスを頂戴した。両氏がいなければ本文は完成しなかったであろう。筆者は両氏に心より感謝している。

付録

カルマンフィルターは、 k 時点の観測値 z_k から、 k 時点の物理量 x_k を予測するアルゴリズムである。アルゴリズムでは、 x_k に対する事前的予測値 f_k と事後的予測値 g_k を導入する。そして、事後的予測値 g_k を x_k の推定量とする。

事前的予測値と真の物理量との誤差の分散を F_k

事後的予測値と真の物理量との誤差の分散を G_k

システムノイズ w の分散を Q

観測ノイズ v の分散を R

とする。

アルゴリズム

$$f_k = g_{k-1}$$

$$F_k = G_{k-1} + Q$$

$$K_k = F_k / (F_k + R)$$

$$g_k = f_k + K_k (z_k - f_k)$$

$$G_k = (1 - K_k) F_k$$

$k = 1$ から g_k が漸化式として計算される。ただし、 $k = 1$ のときに初期値として、 g_0 と G_0 を与える必要があるが、本文では $g_0 = 0$ 、 $Q = 0$ と置いた。

筆者経歴

1981 年新潟大学大学院数学科修士課程修了。ソニー半導体事業本部 IC 設計部、文部省高エネルギー物理学研究所衝突ビーム測定器研究系文部教官助手を経て、1987 年山一証券経済研究所入社。その後、QUICK 総合研究所金融工学研究部副主任研究員、東海インターナショナル証券営業企画室次長、住友信託銀行市場金融部審議役を経て、2007 年東海東京証券入社。専門は複雑系デリバティブ、仕組み債のプライシングツール開発（計算式導出から実装まで）および金融工学によるリスクアドバイザー。最近、テクニカル手法を用いたシステムトレードのロジック開発を開始。