

太陽黒点相対数の短周期変動解析

大阪市立科学館学芸課

加藤 賢一

概 要

1922年から1987年までの毎日の黒点相対数 24106 点をデジタルデータとして入力し、その周期解析を行った。短周期成分として太陽の自転に伴う 25~31 日周期成分、および 2 自転に相当する 51.2、52.0、55.2 日成分が得られた。その他、35.2、41.7、44.2 日成分も見出されたが、周期性は明確ではない。

1. はじめに

筆者は 1982 年、東亜天文学会の会誌「天界」に東亜天文学会会員が観測した太陽黒点相対数の 6 年間 2048 日にわたるデータに基づき周期解析を行った結果を発表した(加藤 1982)。目的は 30 日以下の周期を見出すことであったが、データ点数が少なかったこともあって明確な結論を得るまでに至らなかった。それでも 37.2 日、26.6 日、23.5 日、19.3 日、13.2 日といった周期が見出され、太陽の対地球自転周期(太陽の赤道で 26.9 日)以外にも変動する成分があるらしいことが分った。

さらに明瞭に短周期成分を調査するにはさらに多くの観測点が必要であることから、長年にわたって相対数のとりまとめをしてきたチューリッヒ天文台のデータを解析すべきであろうと考え、それらの入力を始めたが、1950 年代以前のデータは科学館の資料には欠けており、大阪経済大学の久保田諄先生、東京天文台の入江誠先生にご協力いただき、データを送付いただいた。1987 年 11 月には 1922 年~1986 年のデータ入力は完了し、データ量は「天界」へ発表した時の 10 倍に達し、同様の周期解析を行うことができた。しかし、当時の計算機とソフトの組み合わせでは大きなデータを扱う場合、信頼性に欠けることがあったため、結果に自信が持てず、発表するまでに至らなかった。

その後、当時筆者が所属していた電気科学館が新しい現科学館へ移転することになり、その一展示品としてこの太陽黒点データが使えるのではないかと考えた。もう少し年代を広げれば市民のほとんどが生まれ過ごしてきた月日をカバーすることができ、それに気象データや社会の出来事を重ねあわせた年表としよう、という構想であった。自然現象と社会現象をリンクさせ、見学者はそれに個人的なできごとや思い出をさらに重ね合わせていただければ面白いと

思ったが、そんな案を提示できるような雰囲気ではなく、太陽黒点データを活用する場は失われてしまった。

ちょうどその頃、黒点相対数をデジタル化したファイルがすでに存在することを知るに至り、独自に入力する必要性はなくなってしまった。だが、データ入力に際して、一部であったが、当時の星の友の会会員にもお手伝いいただいたこともあり、何とか活用したいと思い続けてきたものの、未だ具体化される見込みはなく、一応このデータ入力計画はここで終了することにし、本論文でこれまでの作業をまとめることにした。

2. 入力データとプロット

入力した太陽黒点相対数は表1に掲げる文献より採用した。1938年～1954年のデータは久保田諄先生より、1922年～1937年のデータは入江誠先生よりご提供いただいた。

図1にそのデータをグラフ化したものの一部掲げる。

表1. 太陽黒点相対数データの出典

| 年 代 | 文 献 |
|-----------|--------------------------------------|
| 1922-1937 | Waldmeier (1961) |
| 1938-1954 | Quarterly Bulletin on Solar Activity |
| 1955-1961 | 山本速報 (東亜天文学会) |
| 1962-1968 | 天界 (東亜天文学会) |
| 1969-1985 | 天文観測年表 (地人書館) |
| 1986-1987 | 天界 (東亜天文学会) |

3. 周期解析

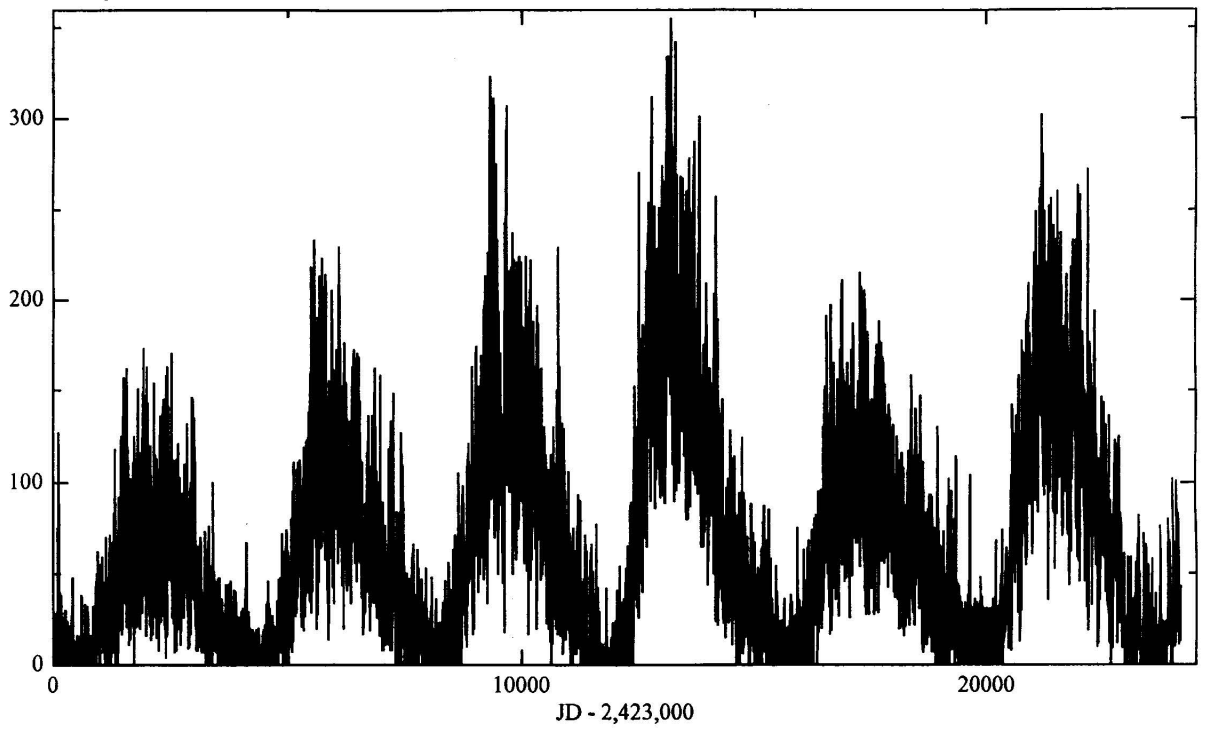
入力した66年分の全データ24106個についてフーリエ解析法および最大エントロピー法(MEM)によりパワースペクトルを求めた。フーリエ解析法はBloomfield (1976)を、MEMについてはPress et al. (1986)を参考にした。

結果は図2に示したとおりである。縦軸は任意の値であり、絶対的な値に意味はない。計算過程でフィルターをかけたり、適当な値に納まるようサイズを変更したりしているからである。これを見ると2つの方法による結果はおおむね一致していると言えるであろう。太陽の対地球自転周期である25日～29日周期成分が顕著で、その倍成分にあたる13日～15日に弱いピークが見られる。その他、31.0、35.2、41.7、44.2、51.2、52.0、55.2日あたりにピークがある。

4. 結果と考察

1979年～1993年のデータを用いた兼子たち(1996)の解析では、～150日、～80日、～50

Sun Spot 1922-1987



Sun Spot 1922-1987

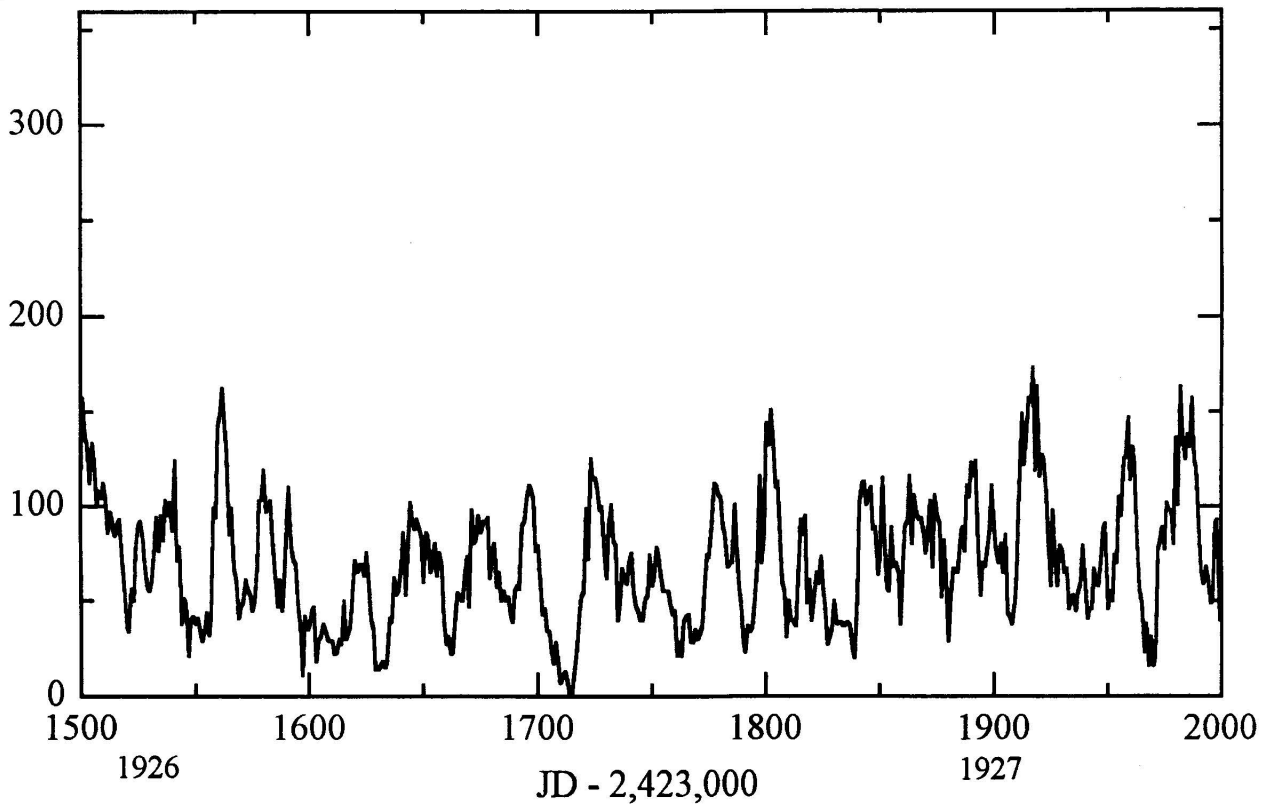


図1. 太陽黒点相対数の日変化 (一部)

日、～33日の自転周期より長い周期と、自転に対応する～27日周期、およびそのサブ・ハーモニックスが認められるという。ここでの結果とほぼ符合する内容である。

太陽の対地球自転周期は Allen(1973)によれば

$$26.75 + 5.7\sin^2 \phi \quad (\text{日})$$

である。ここで、 ϕ は緯度である。緯度 ϕ を30度とすれば28.18日となる。

一方、黒点の日々の経度・緯度の観測より得られた自転周期は25.3～29.0日(鈴木、久保田1994)、25.4～30.9日(Herdiwijaya et al. 1995)である。図2に見えている24.9日周期成分は彼らの値よりやや短い、自転に伴う成分と考えてよいだろう。ここで用いたデータは66年間にわたるもので、彼らの観測期間よりも長く、その間に短周期の成分が生じたことは十分考えられるからである。図2で最も顕著な25日～29日周期成分は対地球自転周期であると結論される。幅があるのは黒点の出現する緯度が様々なこと、黒点に固有運動があることで解釈される。

31日周期が自転成分かどうか、明確ではない。Herdiwijaya et al. (1995)の結果の最大値をとれば30.9日であるが、これは実際観測された値ではなく、統計的処理の中から得られた数字と見られるからである。もっとも、黒点の固有運動を考慮すれば自転成分と解釈できるかも知れない。

Hayashi & Yoshimura (1994)はコロナ・ホールの自転速度として26.5～28.3日を得ており、小塚ら(1994)は大規模磁場構造の自転周期として27日、あるいは28日という値を挙げている。これらはいずれも上記の結論を支持する一つの材料である。

以上まとめてここでは、図2の25～31日周期の成分は自転によるものと結論する。ただし、黒点の固有運動も考慮した上でのことである。

35.2、41.7、44.2、51.2、52.0、55.2日の各成分のうち、51.2、52.0、55.2日についてはやはり自転で説明できるだろう。2自転以上の長寿命黒点によるものと解釈すればよいからである。

しかし、35.2、41.7、44.2日成分については物理的解釈に困難さを感じる。20.6日、21.6日、22.0日、22.5日といったところに弱いピークがあって、41.7日や44.2日成分のハーモニックスと思われる成分が見えているので確かに存在していると思われるが、成分としては弱く、これらがデータ処理上現れた物理的実態のない架空の現象ではなく、本当の周期的成分であることを調べるにはさらに多くのデータが必要である。

図2には33日に弱いピークがある。しかし、これが兼子たち(1996)が見出した～33日成分に合致するものか判然としない。

また、本報告誌では船本(1994)および白旗(1996)がすでに短周期変動について言及している。これは大阪市立科学館で行われた271日間および83日間の観測に基づいた解析で、前者では27～29日、後者では30～33日の周期が得られた。しかし、図2に比べてと分解能が不足しており、図2との比較対照は困難である。

いずれにしろ、このような周期解析を行えば何がしかの周期的成分が得られることは良く知

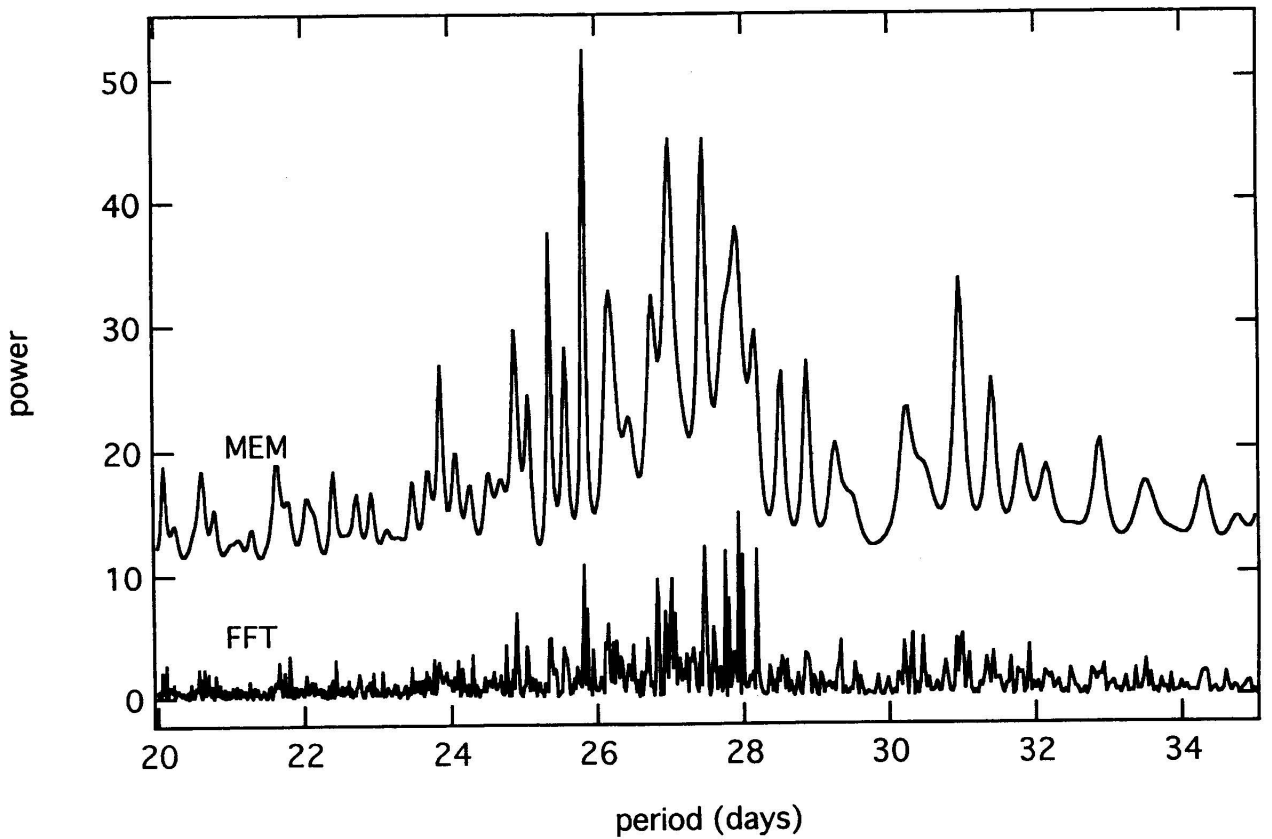
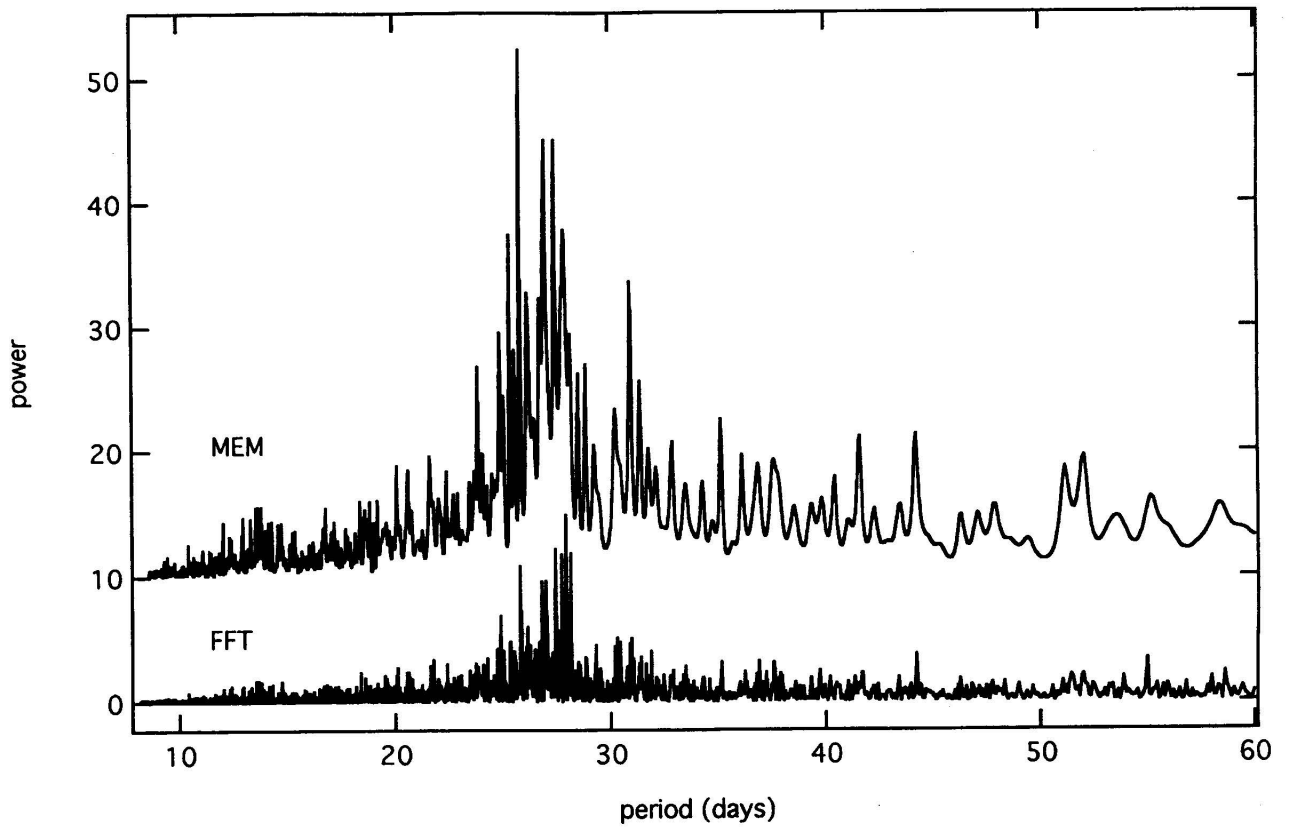


図2. フーリエ法 (FFTと表示) およびMEMにより求められた
パワースペクトル

られおり、物理的背景が明瞭でない場合に周期的成分であることを強く結論するのは困難であろう。

最後にデータを提供していただいた久保田諄先生、入江誠先生に改めて感謝申し上げます。また、大きなマトリックの数値計算ができるようになったのは、この間の業界の進歩であるとともに大阪市立科学館の計算機環境が整ったためでもあり、環境整備に貢献された関係者の方々へも感謝申し上げます。

参考文献

- 加藤 賢一：1982、天界 63、61 (東亜天文学会)
- 兼子 昇、寺地 三郎、大友 詔雄、田中 幸雄、常盤野 和男：1996、日本天文学会秋季年会集録 M45c
- 小塚 幸央、小島 正宣、渡辺 堯：1994、日本天文学会秋季年会集録 S40x
- 白旗 章子：1966、大阪市立科学館研究報告 6、89
- 鈴木 美好、久保田 諄：1994、日本天文学会春季年会集録 S19P
- 船本 深雪：1994、大阪市立科学館研究報告 4、33
- Allen C. W. : 1973, Astrophysical Quantities, 3rd edition (The Athlone Press, London)
- Bloomfield P. : 1976, Fourier Analysis of Time Series: An Introduction (John Wiley and Sons, New York)
- Hayashi K., Yoshimura H. : 1994、日本天文学会春季年会集録 S20P
- Herdiwijaya D., Makita M., Anwar B. : 1995、日本天文学会秋季年会集録 M104b
- Press W. H., Flannery B. P., Teukolsky S. A., Vetterling W. T. : 1986, Numerical Recipes, The Art of Scientific Computing (Cambridge University Press, Cambridge)
- Waldmeier M. : 1961, The Sunspot-Activity in the Years 1610-1960 (Schulthess, Zurich)