

aa インデックスと黒点数の新しい関係およびその応用

A novel empirical relation between the aa index and sunspot numbers: theoretical considerations and applications

伊藤 公紀[1]

Kiminori Itoh[1]

[1] 横浜国大・環境研

[1] Inst. Env. Sci. & Technol., Yokohama Natl' Univ.

<http://www.ynu.ac.jp>

地磁気インデックス(GMI、例えば aa インデックス)と黒点数 R の新しい関係、 $aa(t) = A \cdot \{R(t - t_1)\}^{0.5} + B \cdot \{R(t + t_0 - t_1)\}^{0.5}$ を見だし、1500AD から現在までの期間について GMI の再構成を行った。この式は、適当な周波数帯域を用いると各太陽周期に対して良く成り立つ。これにより、従来のプリカーサー法による将来黒点数が大きく改良される。再構成 GMI は宇宙線由来 Be10 の歴史データと良いピーク相関を示した。同様な相関が北半球および南半球の再構成気温との間に見られた。地球気候の変動に対して太陽時期活動が大きく影響していることが示唆された。

最近の太陽磁気活動増加は、地球に対して磁気擾乱や気候影響などの効果を持つと言われる [Lockwood et al., 1999; Parker, 1999]。従って、太陽磁気活動の時間変化の挙動を明確にすることは重要であろう。本報告では、地磁気インデックス(特に aa インデックス)と黒点数 R の新しい関係(式 1)を見だし、1500AD から現在までの期間について地磁気インデックスの再構成を行った(図 1)。但し、1700AD 以前の R としては、Letfus[1994]の見積もりを用いた。1 式は、適当な周波数帯域を用いると各太陽周期に対して良く成り立つ。

$$aa(t) = A \cdot \{R(t - t_1)\}^{0.5} + B \cdot \{R(t + t_0 - t_1)\}^{0.5} \quad (1)$$

ここで、 t_0 と t_1 の典型的な値は、それぞれ 7 年と 0.5 年である。R と aa インデックスの時系列は、次のような周波数帯域に分けた。1) 0.05/yr より低い周波数; 2) 0.05-0.2/yr; 3) 0.2-0.67/yr; および 4) 0.67/yr より高い周波数、である。aa インデックスの再構成は各周波数帯域で行い、足し合わせて結果を得た。

この手法により、従来のプリカーサー法による将来黒点数予想が大きく改良される。再構成 GMI は宇宙線由来 Be10 のデータと良いピーク相関を示した。同様な相関は北半球および南半球の再構成気温 [Jones et al., 1998] との間にも見られた(図 2)。これらの結果は、地球気候の変動に対して太陽時期活動が大きく影響していることを示唆している。

式 1 に対する物理的基礎および仮定について以下に述べる。黒点は太陽のトロイダル磁場に起因し、また黒点数の小さい時期の aa インデックスは、近似的に太陽ポロイダル磁場を表すと考えられている [Bravo and Stewart, 1994; Legrand and Simon, 1991; Simon and Legrand, 1992]。そこで次の 2 つを仮定した。1) 地球で観測される太陽の全磁場強度 M は、トロイダル磁場による成分 MT とポロイダル磁場成分 MP から成る。つまり、 $M = MT + MP$ 。2) aa インデックスは M に比例する。通常のプリカーサー法の考え方 [Feynman, 1982; Kane, 1987; Letfus, 1994; Li, 1997; Wilson, 1998] に従えば、R が単に MT あるいは MP に比例すると仮定できるが、これでは aa インデックス再構成は困難であった。幾つかの可能性を検討した結果、MT 及び MP が R の平方根 ($R^{0.5}$) の比例するという仮定が最も良かった。これに対して以下のような物理的な説明が可能である。衛星観測による太陽定数の変化と R が比例することに基づき、Polygiannakis & Moussas [1996] は R がプラズマ電流 I の平方根に比例するとした。これにより、彼らは R の変化をファン・デル・ポール型の非線形振動としてうまく説明した。この仮定が成立するならば、太陽ダイナモで生成する電流が磁場に比例するはずであることを考慮して、 $R^{0.5}$ がプラズマ電流 I に比例すること、従ってまたトロイダル磁場 MT は $R^{0.5}$ に比例することが仮定できる。MP が MT よりも数年進んでいるとして式 2 を得る。

$$aa(t) = A \cdot \{R(t)\}^{0.5} + B \cdot \{R(t + t_0)\}^{0.5} \quad (2)$$

この式で得られる aa(t) の形は、実測値に近かったが、計算値の方が数ヶ月過去にずれていた。この現象は多くの太陽サイクルについて観測されたので、 t_1 を考慮して式 1 を得た。但し t_1 の物理的意味は不明である。図 1 のように、式 1 による計算結果は、aa インデックスの観測値と良く一致した。

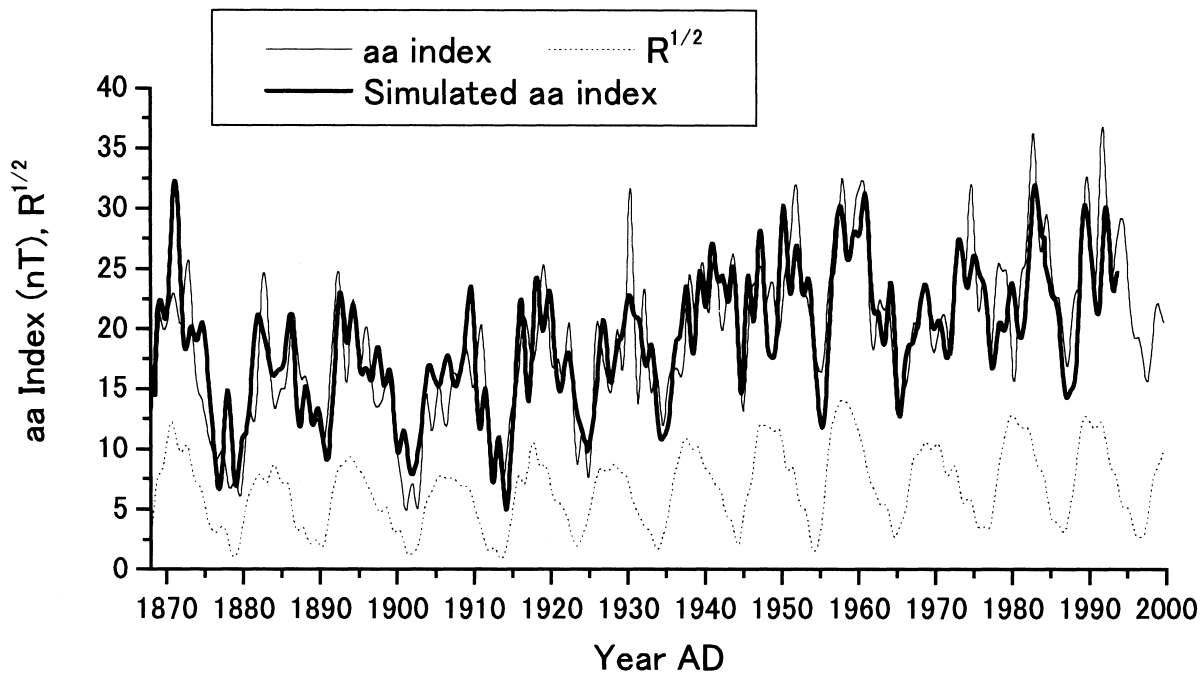


Fig.1. Reconstruction of aa index using Eq. 1.

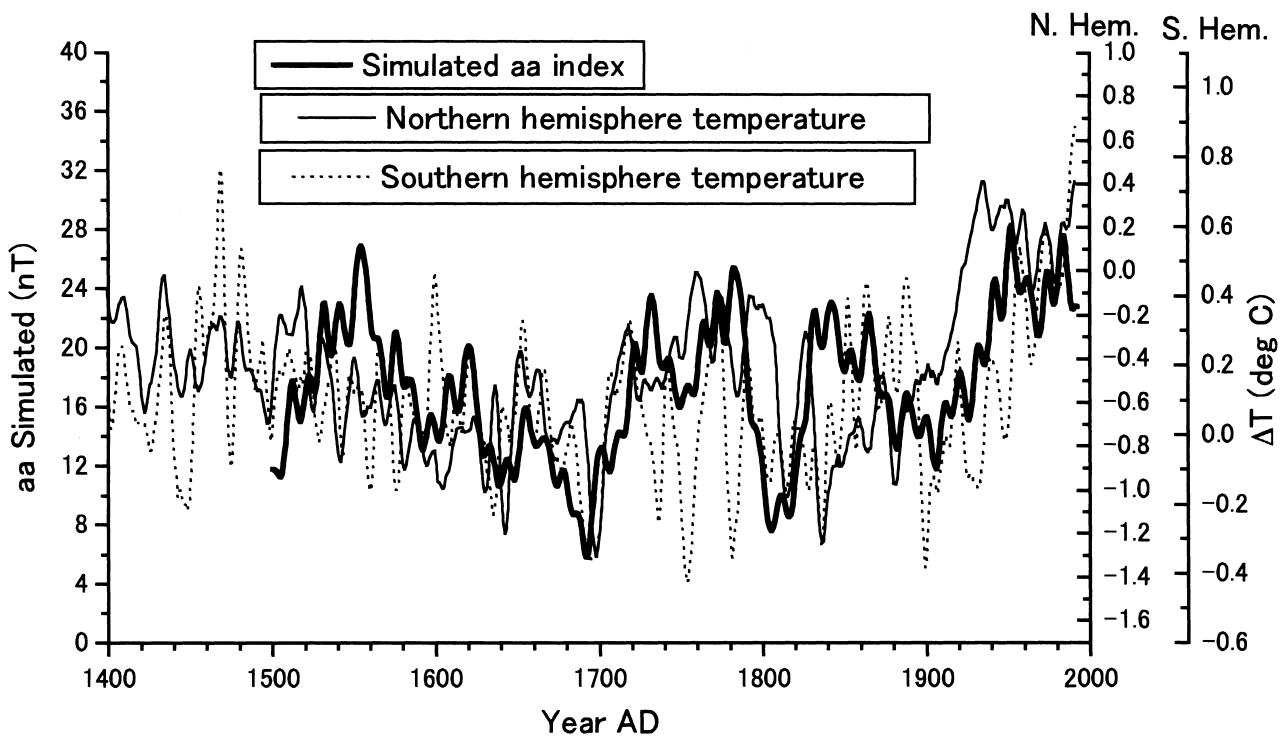


Fig.2. Relations between calculated GMI and hemispheric temperatures. The temperature data [Jones et al., 1998] are based mainly on tree ring analyses.