

南北両半球における地磁気活動度の季節変化

永井正男

概 要

地磁気活動度の季節変化は南北両半球において大きな差がある。1959～79年の A_n および A_s index を使って解析した結果、南北両半球の差 $A_n - A_s$ は北半球の夏で大きく、冬で小さい明瞭な季節変化があることを見出した。この季節変化は AU index の季節変化と極めてよい相関があり、極磁気嵐の発達と関連があることがわかった。

ここではこの他、太陽風との関連ならびに IMS における東西成分 B_y との関連等について報告する。

1. は し が き

極磁気嵐の発達と惑星間空間磁場 (IMF) の南北成分 (B_z) ならびに太陽風プラズマの種々のパラメーターとの間の関係は、既に多くの人達によって研究されている。最近では B_z のみならず、IMF の東西成分 (B_y) も又極磁気嵐の発達に影響を与えていることがわかってきた。

また南北両半球で同時に観測した地磁気活動度の間には差があることが知られている。Siebert¹⁾ (1968), Wilcox²⁾ (1968) 等は南北両半球の差が IMF の極性に依存していることを指摘し、村山³⁾ (1976) は地磁気活動度の南北非対称が昼側の Magnetopause における IMF と地球磁場との結合の際に生ずる neutral line の傾きに関連があることを報告している。しかしこれらは季節変化について取扱ったものではない。

ここでは、1959～79年の A_n および A_s の資料を使って、南北両半球における地磁気活動度の季節変化ならびにその差 ($A_n - A_s$) について、統計的に解析したので報告する。

2. \bar{A}_n および \bar{A}_s と太陽黒点周期との関連

ここで使用した資料がどのような期間のものであるかを知るために、第1図に1959～79年の南北両半球における地磁気活動度指数の年平均値 \bar{A}_n , \bar{A}_s およびその差 $\bar{A}_n - \bar{A}_s$ と太陽黒点周期との関連を示す。この期間は太陽黒点周期 No. 19 サイクルの極大期を過ぎた後半から No. 21 サイクルの極大期までの約2サイクルである。この期間は K_p 或いは A_p index にも見られるように (Nagai, M.; 1977)⁴⁾ 地磁気活動度と太陽黒点数との関係が異常な時期にあたる。特に No. 19 サイクルの後半における地磁気活動度は、他のサイクルに比較して急激に減少しているのがわかる。 \bar{A}_n , \bar{A}_s の変動は No. 19 サイクルと No. 20 サイクルでは、それぞれ異なった地磁気活動度のパターンを示している。No. 19 サイクルの \bar{A}_n , \bar{A}_s の極大の時期と No. 20 サイクルの極大の時期が明瞭に異なっているのは、

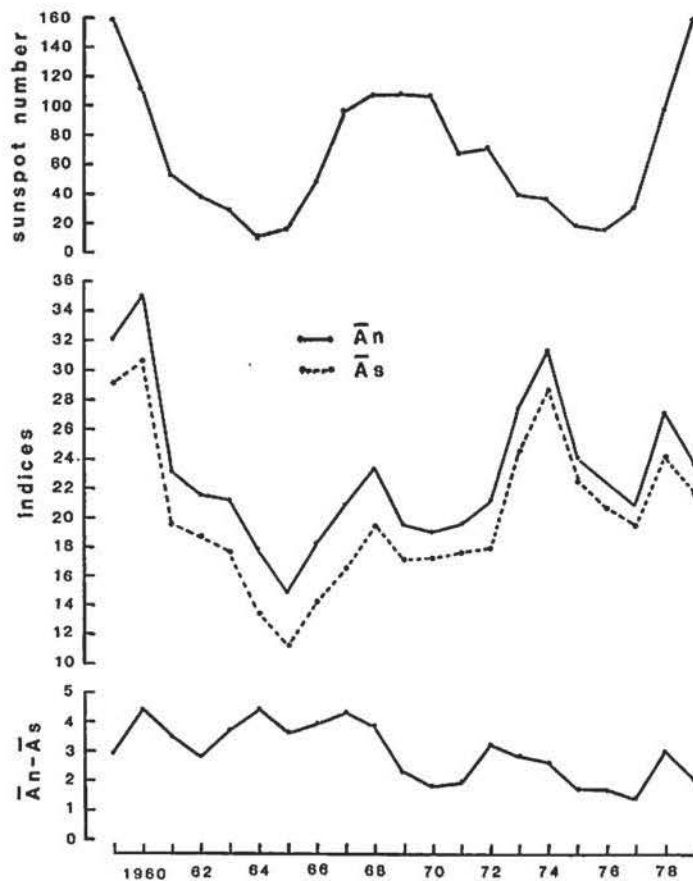


Fig. 1. Relation between sunspot number and annual geomagnetic activities in the northern and southern hemispheres (1959-79).

No. 20 サイクルの1974年に緩始磁気嵐が多発したことが大きく影響しており、太陽黒点周期の極小期に近い時期にもかかわらず、 \bar{A}_n 、 \bar{A}_s のピークが見られる。一方No. 19 サイクルの後半は緩始磁気嵐が急減した時期である (Nagai, M.; 1983)⁵⁾。

1959~79年における \bar{A}_n 、 \bar{A}_s と太陽黒点数との相関はそれぞれ0.39、0.54である。これはNo. 19 サイクルの後半は太陽黒点数と \bar{A}_n 、 \bar{A}_s はともに減少しているが、No. 20 サイクルおよびNo. 21 サイクルの前半ではほとんど太陽黒点数との相関が見られないことによる。また $\bar{A}_n - \bar{A}_s$ と太陽黒点数との相関は低く-0.10である。

3. A_n および A_s の季節変化

第2図に1959~79年における平均の A_n 、 A_s および $A_n - A_s$ の季節変化を示す。 A_n 、 A_s とも春秋に極大を示し、 A_n では12月に、 A_s では6月に極小を示している。

$A_n - A_s$ の差は北半球の夏で大きく、冬で小さい。これは地磁気赤道面とsun-earth lineとのなす角 χ の影響による、local summerに極大をもちlocal winterに極小をもち季節変化が見られるためである。しかし平均するとどの月も A_n の方が A_s よりも大きく、 χ による影響だけでは説明出来ない。

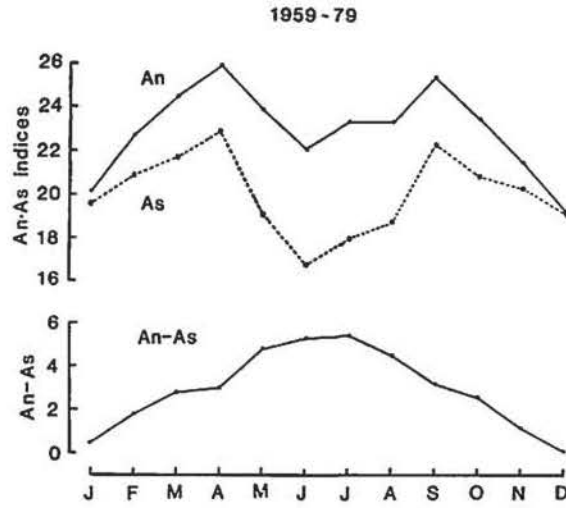


Fig. 2. Average seasonal variations of An, As and their difference An-As (1959-79).

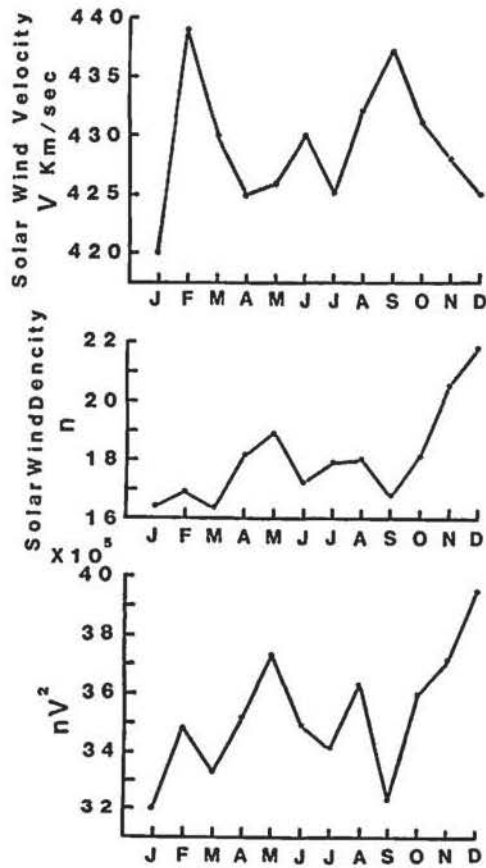


Fig. 3. Seasonal variations of solar wind velocity, density and dynamic pressure of solar wind (1965-73).

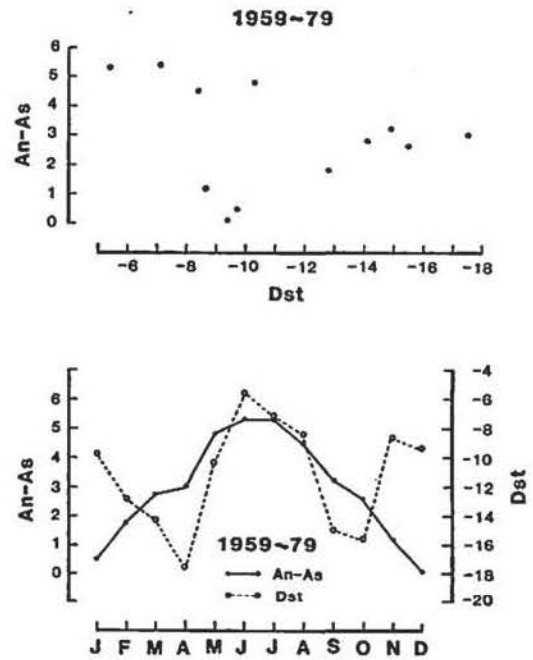


Fig. 4. Relation between seasonal variation of An-As and Dst index (1959-79).

4. A_n-A_s の季節変化と太陽風, D_{st} および AE index との関連

ここでは A_n-A_s の季節変化が, どのような要因と関連するかを調べてみる。

第3図に1965~73年における太陽風の速度 V km/s, 密度 n/cm^3 , 太陽風の dynamic pressure $nV^2 \times 10^{-2} eV/cm^2$ のそれぞれの季節変化を示す。太陽風の速度は2月と9月に明瞭な極大を示し, 1月に極小を示す。これは第2図に示した A_n および A_s の平均の季節変化とやや異なる様相を示している。 n および nV^2 の季節変化は, ハッキリしない。 A_n-A_s の季節変化と V, n, nV^2 の季節変化との相関係数は, それぞれ 0.16, -0.37, -0.21 でいずれもよくない。第4図に1959~79年における A_n-A_s と D_{st} の季節変化を示す。 D_{st} は4月および10月の春秋で極大を示し, 6月に極小を示して, 第2図の A_n および A_s の季節変化とは -0.62, -0.94 の割合よい相関を示す。しかし A_n-A_s と D_{st} の季節変化との相関は低く 0.26 である。

第5図に1966~73年における AU, AL および AE index の季節変化を示す。AU は6月に極大を示し冬小さく, ほぼ A_n-A_s の季節変化と似ている。AL は4月および9月の春秋に極大を示し, 7月が小さく半年周期の季節変化を示している。AE は6月に極大を示し, 前半は AU と似た変化を示すが, 7月に AL の影響が見られる。 A_n-A_s の季節変化と AU, AL, AE の季節変化との相関係数は, それぞれ 0.92, 0.60, 0.84 で AU

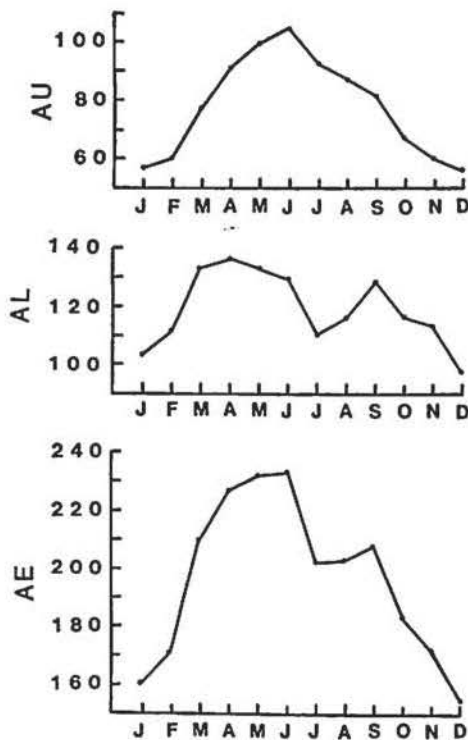


Fig. 5. Seasonal variations of auroral electrojet index AU, AL and AE (1966-73).

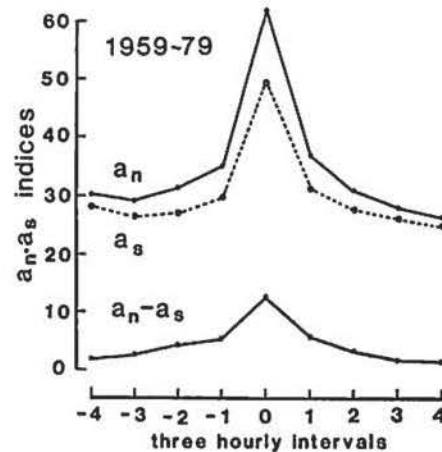


Fig. 6. Superposed variation of a_n and a_s for ± 4 three hourly intervals at the bay disturbance (1959-79).

とは大へんよい相関を示している。

第6図に柿岡における Quality A, B の湾型変化を選び、break up の時間を基点として $-4 \sim +4$ の各3時間毎の指数 $a_n \cdot a_s$ およびその差 $a_n - a_s$ の変化を示す。いずれも break up の時にピークを示し、その前後ではほぼ同じ変化率で急速に減少するのが見られる。すなわち南北両半球の差の原因の一つとして、極磁気嵐の発達が大きく寄与していることが考えられる。

5. IMS のセクター構造との関連

極磁気嵐の発達には IMF の南北成分 B_z が大きく関与するが、東西成分 B_y によっても影響されることがわかって来た。ここでは Svalgaard⁶⁾ (1972) による B_y の資料を使い、1962~70年における A_n , A_s および $A_n - A_s$ の季節変化と B_y の極性との関連ならびにセクターの境界からの経過日数による変化について解析した。

第7図に away (上図) および toward (下図) における A_n (実線) と A_s (点線) の季節変化を示す。 A_n と A_s でやや異なるが、away では3月と9月に極大を示し、6月ないし7月に極小を示して、半年周期の季節変化を示す。一方 toward では9月に極大を示すだけで、12月或いは1月に極小を示して、全く異なったパターンの季節変化を示している。第8図に $A_n - A_s$ の季節変化を away と toward のそれぞれについて示す。away では7月が極大となり、12月ではほとんど0に近くなる。toward では1月を除けばaway より南北の差が大きく、5月に極大を示している。すなわち away の12月に南北両半球

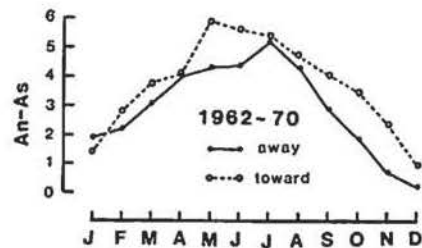
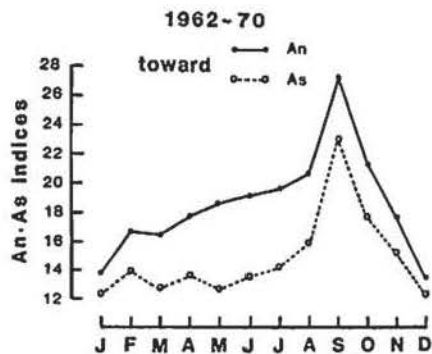
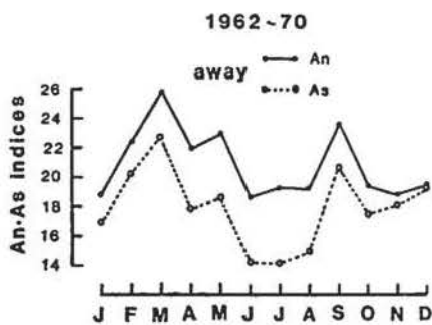


Fig. 7. Seasonal variations of A_n and A_s in the two sectors, away (upper) and toward (lower) (1962-70).

Fig. 8. Seasonal variation of $A_n - A_s$ related to polarization of IMF (1962-70).

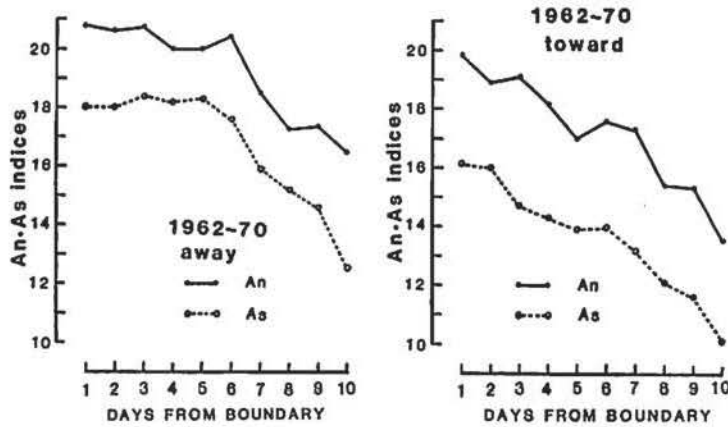


Fig. 9. Variations of A_n and A_s in the two sectors, away (left) and toward (right) as a function of the elapsed day from each IMF sector boundary (1962-70).

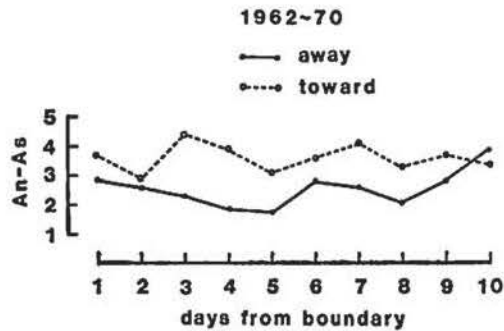


Fig. 10. Variation of $A_n - A_s$ in the two sectors as a function of the elapsed days from IMF sector boundary (1962-70).

の差が最も小さくなり、toward の5月に最も大きくなる。

第9図にセクターの境界からの経過日数による変化を away (左図) および toward (右図) のそれぞれについて示す。away では A_n , A_s とともに6日まであまり変化が見られないが、6日を過ぎると急速に減少する。一方 toward ではセクターの境界で最も大きく、1日目からほぼ同じような変化率で減少し、セクターの境界からの日数が経つに従って小さくなる。第10図に $A_n - A_s$ のセクター境界からの経過日数による変化を away と toward のそれぞれについて示す。toward の方が away よりやや大きな値を示しているが、いずれもセクターの境界からの経過日数にはあまり影響されず、ほぼ一定の値を保っている。

6. むすび

今回は南北両半球における A_n および A_s の季節変化ならびにその差 $A_n - A_s$ に重点をおいて解析した。 $A_n - A_s$ は北半球の夏に極大となり、冬に極小となる明瞭な季節変化を

示す。そしてこの季節変化は極磁気嵐の発達が大きく影響していることを見出した。特に AU index の季節変化と非常によい相関を示している。しかし柿岡における夜間の湾型変化の break up の際の $a_n - a_s$ (3 時間値) が明瞭なピークを示すにもかかわらず、 $A_n - A_s$ の季節変化と AL index の季節変化の相関は思った程よくない。

村山は極磁気嵐の発達が、IMS の東西成分 B_y の正負によって極冠帯および極光帯における電場分布の dawn-dusk 非対称性が逆転することと密接に関連することを強調している。そして $B_y > 0$ のとき早朝側の電場が強いことから、westward electrojet が強まり a_n を大きくし、南半球ではこの逆になって $B_y < 0$ のとき a_s が大きくなることを述べている。しかしこれがどの程度 $A_n - A_s$ の季節変化に影響を与えるかは明瞭でない。今後詳細に検討する必要があるだろう。

終りにこの研究に際し、御指導をいただいた地磁気観測所長原田朗氏に厚く御礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) Siebert, M. (1968): Magnetic activity differences between the two hemispheres following the sector structure of the interplanetary magnetic field, J. G. R. Vol. 73, No. 9, 3049-3052.
- 2) Wilcox, J. M. (1968): Asymmetry in geomagnetic response to the polarity of the interplanetary magnetic field, J. G. R. Vol. 73, No. 21, 6835-6836.
- 3) 村山 喬 (1977): 地磁気活動度の南北非対称と dayside reconnection, 天体フレアー現象研究会, 8-11.
- 4) Nagai, M. (1977): Geomagnetic disturbances related to the solar rotation cycle, Solar Terrestrial Environmental Research in Japan, Vol. 1, 88-90.
- 5) Nagai, M. (1983): Characteristics of the geomagnetic storms based on the statistical analysis, Mem. Kakioka Mag. Obs., Vol. 20, No. 1, 17-38.
- 6) Svalgaard, L. (1972): Interplanetary magnetic sector structure, 1962-1971. J. G. R. Vol. 77, No. 22, 4027-4034.

Seasonal Variations of Geomagnetic Activity in the Northern and Southern Hemispheres

by

Masao NAGAI

Abstract

There is a great difference between the seasonal variations of geomagnetic activity in the northern and southern hemispheres. It is confirmed from the analysis of data in 1959-1979 that a clear seasonal variation is observed in the difference between A_n and A_s ; the difference is largest in July and smallest in December. This seasonal variation is highly correlated to AU index.

Moreover, the author discusses the solar wind and EW-component of the IMF in relation to the seasonal variation of $A_n - A_s$.