

地磁気擾乱をいかに数値的に表すか。

～地磁気活動指数の役割とその利用方法について～

講演者：亀井豊永(地磁気世界資料解析センター)

レポート作成：海洋物理学研究室 M1久保怜子

(0) はじめに

地磁気を引き起こす現象に関する研究の一つとして、観測場所や時刻によって異なる地磁気擾乱を、グローバルな共通認識として捕らえるためにいくつかの主要な指標が作られてきた。これらの指標は異なる算出方法や異なる物理に基づいており、それぞれの適性を有効的に用いることで、実際の現象をより詳細に説明できると考えられる。本公演は、これらの地磁気指標についての解説を中心に進められた。

(1) 地磁気・地磁気擾乱とは？

地球には、「地磁気」と呼ばれる、大まかに北にS極、南にN極を持つ磁場が存在する。地磁気の各方向成分の大きさは、通常nT(ナノテスラ)単位で表現される。

地磁気は、主に太陽活動の変動の影響を受けて乱れを生じ、その現象は「地磁気擾乱」・「オーロラ」と呼ばれる。太陽面爆発で放出されたプラズマ雲(CME)は、自らに閉じ込めていた磁場で磁気嵐を起こし、それが地球磁場を乱し、オーロラ(地磁気擾乱)を発生させる。高緯度で多く見られるオーロラの下では、平常時に7000nTの地球磁場が6000nT程度まで低下する。一方、日本付近(中低緯度)では、平常時の磁場変動が小さく、およそ30nT程度であり、これらの領域での強い擾乱は、場の急激な変動を意味する。

これらの地磁気擾乱の定義は難しく、個々の捉え方に大きく左右される傾向がある。冒頭にあるように、同一の現象も、時間・観測地点によって、程度や変動の様子が異なるからである。しかしながら、地磁気擾乱は地球規模の現象であるので、現象のより深い理解にはグローバルに共通認識が必要とされることは考察に容易い。

(2) 地磁気観測の歴史

1800年代には、地磁気擾乱は目視観測によってその強度や性質を断定されていた。初めてその存在を認識されたのは中国でであるが、その後の観測網の発達は、主にヨーロッパの研究機関による。以来、現在に至るまで、観測地点や観測期間の改善による正確かつ詳細な地磁気データ取得を目的とした研究活動が行われてきた。

(2)で述べたようなグローバルな共通認識を確立するためには、グローバルな観測網が不可欠であるが、技術の発達の一方で、国家的・地理的問題をはじめとする様々な問題の存在が、地磁気観測網の確立には困難を要してきた事実がある。これらの問題は未だ完全に解決されていないが、それらの条件下で最良の策として設置されている観測所では、地磁気擾乱の共通認識の確立に向けて、いくつかの指数が開発されている。

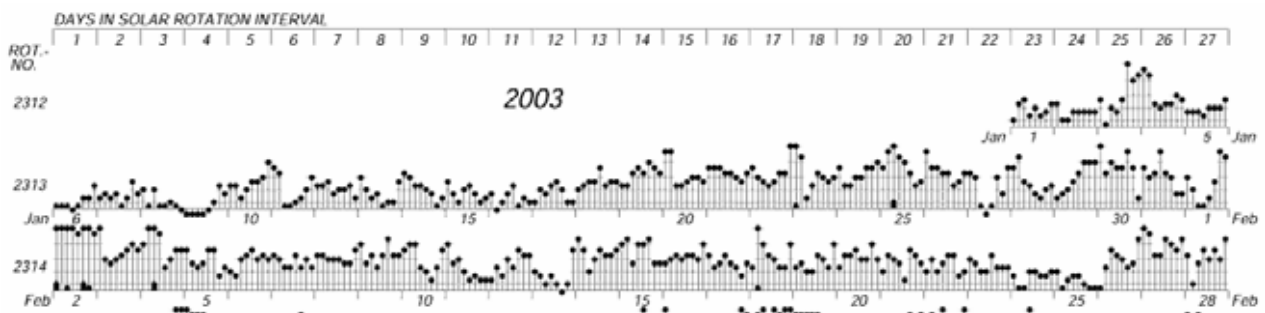
以下に各指数についての解説と観測所の分布を示す。

(3) Kp 指数・Dst 指数・AE 指数

地磁気指数は、地磁気の擾乱の程度を表現するものである。

・ Kp 指数

全世界的な地磁気擾乱の目安として比較的広く使われている指数である。1949年にドイツ・ゲッチンゲン大学の Bartles によって考案された指数であり、現在はドイツの GeoForschungsZentrum (GFZ) Potsdam によって算出される。この指数は、サブオーロラ帯(オーロラが頻繁に見られる領域の少し赤道側)での UT3 時間の地磁気擾乱の振幅を対数的に、28 段階(静穏な順に(0,0+,1-,1,1+,...,9-,9))で表現したものであり、地磁気擾乱の指数としてのほか、地磁気静穏日・擾乱日の決定にも用いられる。Kp 指数は、サブオーロラ帯にある 13 箇所(現在)の K 指数を基に作られている。K 指数は、各観測所において、UT で 3 時間の範囲に地磁気擾乱がどれだけあったのかを擾乱の大きさを基に指数化したもので、各日の UT 0,3,6,12,15,18,21 時から始まる各 3 時間について、その始めの時刻の値に、標準的な地磁気静穏日日変化(Sq)分を加えたものを各瞬間での基線とし、実際の地磁気の値がそれからどれだけ隔たっているかを求め、青の 3 時間内での最大値を定める。各観測所での K 指数を変換テーブルでバラツキ補正したのが Ks 指数で、それを適切に重み付け平均したものが Kp 指数(下図) である。



・AE 指数(オーロラ・エレクトラジェット指数)

オーロラが観測される地域(オーロラ帯)における地磁気変動量を平均して算出した地磁気変動指数。オーロラの活動度を示す指数でもある。AU,AL,AE,AO の 4 成分からなり、単位は nT で 1 分値と 1 時間値がある。北半球高緯度にある 12 程度の観測所の地磁気水平成分を用いて算出されている。各観測所の値からその観測所での地磁気静穏日の平均値を引いた値のうち、その瞬間の全観測所中の最大、最小値がそれぞれ AU,AL であり、概して AU は正、AL は負である。 AE と AO は $AE=AU-AL$, $AO=(AU+AL)/2$ として求められる。おおむね、AU が主に夕方に流れる東向き電流の強さを、AL が主に明け方から真夜中に流れる西向き電流の強さを反映している。(AP 指数の例)

2004/11/20

AE (11)

QUICK LOOK

1000
NT

500
AU

0

-500
AL

-1000

-1500

-2000

N. STN

2000

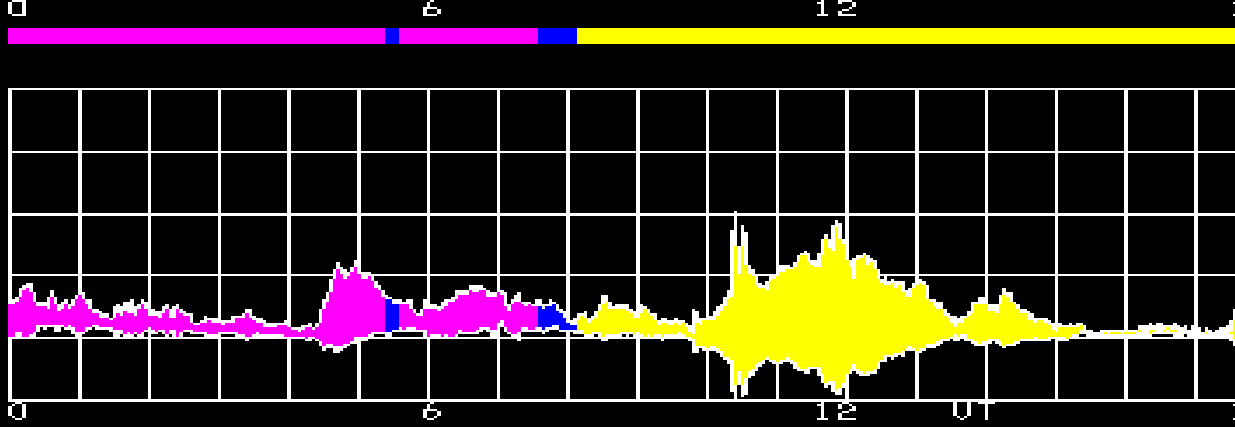
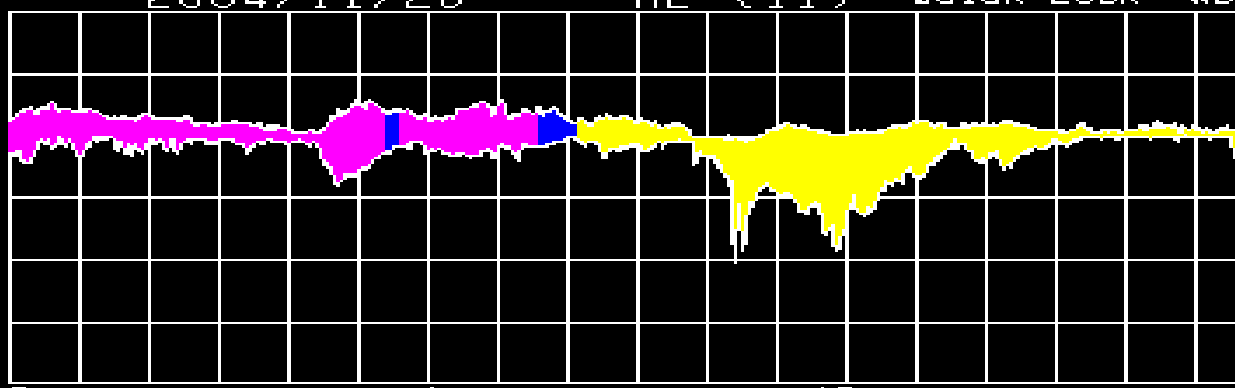
1500

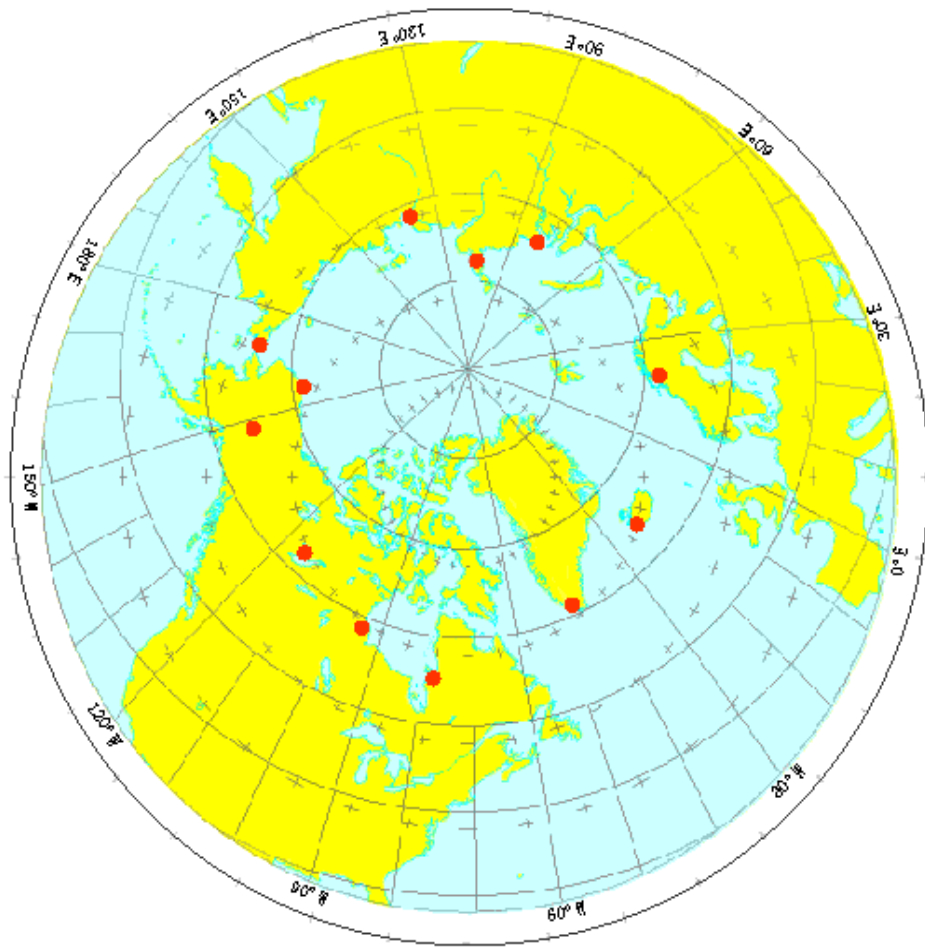
1000
AE

500

0
AD

-500





Distribution of

AE(12) stations.

• ap 指数

地磁気擾乱の度合いを示す指標の一つ。擾乱の振幅に対して対数的な性質を持つ Kp 指数を線形化したもので、UT3 時間につき一つ。0~400 までの値で与え、大雑把に中緯度での地磁気擾乱の振幅を nT 単位で表現。一日 8 つの指数の平均値が GeoForschungsZentrum で求められている。

• ASY 指数

中低緯度での地磁気擾乱を表すために考え出された 1 分値の指数。ASY-H, ASY-D, SYM-H, SYM-D の 4 成分からなり、単位は nT。SYM-H はほぼ Dst 指数の 1 分値版に相当し、ASY-H と ASY-D は経度について一様でない地磁気擾乱場をあらわしている。(ASY 指数の例)

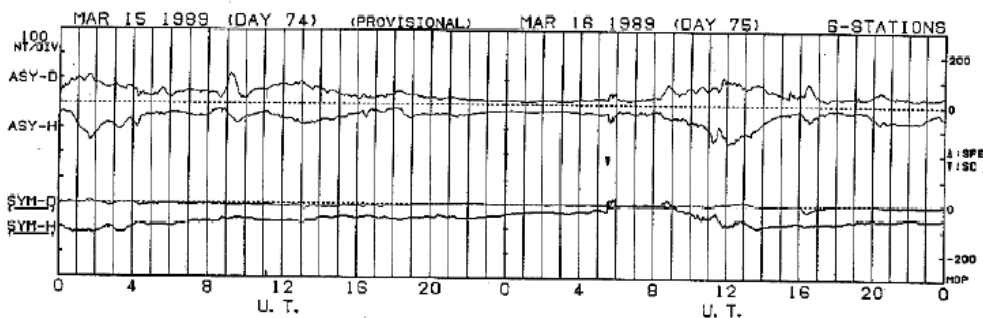
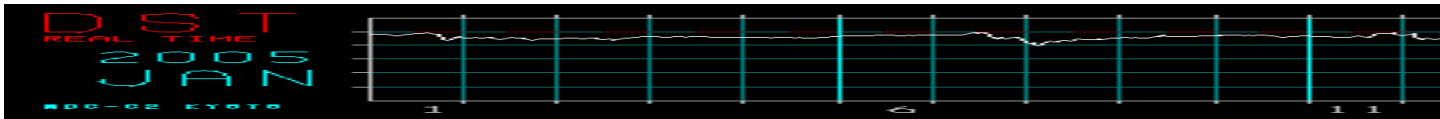


Figure 2a. An example of a comparison between the AE indices and the ASY and SYM indices of rather disturbed period. An SSC is indicated by a solid triangle. The magnetic local time at the station which gives the maximum or the minimum asymmetric deviation from symmetric disturbance is shown by a symbol + (thick line) or a symbol - (thin line), respectively.

・Dst 指数

赤道付近で観測された地磁気変動量を平均して算出した地磁気変動指数。中緯度 4 箇所の観測所のデータによって作られる。磁気圏界面や磁気圏尾部などを流れる電流の効果も含む。(Dst 指数の例)



(4) 議論

Kp 指数では、そのシグナルが 1 年のソーラーサイクルに対応しているという特徴がある。時間間隔としては、3 時間が限度であると考えられた。Dst 指数は一箇所だけの乱れはシグナルとして認識せず、平均的な擾乱、つまり、地球を取り巻く流れ(リングカレント) に対応する。シンメトリックな擾乱を表す指数として使用されている。現在では、Dst 指数が 1000nT 以上下がった場合、地球上の擾乱として共通認識されている。Dst 指数が大きな値を示すときには、たいていオーロラが発生するというモデルもある。

しかし、亀井先生(講演者) の考えとしては、これら近年開発されているモデルは全てある仮定の上で作られているので、一様に疑問の余地を残しているということである。

(5) おわりに

最後に、レポート提出者(私) の本公演の感想であるが、オーロラという有名な現象を説明するには地磁気擾乱のグローバルな視野での把握であることを認識しました。開発された指標や、その顕著な変動の様子(図参照) は興味深く、しかし同時に、現象が太陽の活動に起因しているため、そのレベルでの予測は説明不可能であり、現象の物理を説明するの事も依然困難であるという印象を受けました。