

地磁気擾乱の統計的解析：頻度分布中のパワー則とSOC

Statistical Study of Geomagnetic Disturbances: Power Law Behavior in Frequency Distributions and the SOC Model

渡辺 佑治[1], 白井 仁人[1]

Yuji Watanabe[1], Hisato Shirai[2]

[1] 名大STE研

[1] STEL, Nagoya Univ, [2] STEL, Nagoya Univ.

地球磁気圏は太陽風からのエネルギーインプットを電離層または尾部へのアウトプットへと変換する非線形システムであり、このシステム内での物理過程を理解することが磁気圏物理の一つの目的といえる。

我々は、この非線形システムとしての磁気圏におけるエネルギー解放過程を探るため、その出力の一つであるAL指数を統計的に調べた。我々は、地磁気擾乱というイベント中のAL指数の最小値に注目した。

その結果、頻度分布は確率論的なモデルを支持するが、同時にある特徴的なスケールを持つことを示唆する結果を得た。また、一年間の全エネルギー消費量に対して、小さなイベントより大きなイベントの方が大きく寄与していることが分かった。

地球磁気圏は太陽風からのエネルギーインプットを電離層または尾部へのアウトプットへと変換する非線形システムであり、このシステム内での物理過程を理解することが磁気圏物理の一つの目的といえる。我々は、この非線形システムとしての磁気圏におけるエネルギー解放(出力)過程を探るため、その出力の一つである地磁気指数(AL)を統計的に調べた。AL指数は、これまでの研究で既によく調べられており、太陽風に対し線形応答する成分と非線形な成分の両方が存在することが知られている。我々は、各時刻でのAL指数の値ではなく、地磁気擾乱というイベント中のAL指数の最小値に注目した。これは、非線形過程が地磁気擾乱の大きさ(AL指数の最小値)をコントロールしており、それを調べることによって非線形過程の情報が得られるのではないかと考えたからである。

非線形システムとしての磁気圏のモデルには、電気回路のモデル(決定論的カオス)と自己組織化臨界やパーコレーションモデルのような確率論的なモデルがある。後者は、地磁気擾乱の大きさの頻度分布に対し、それがパワー則に乗ることを予測している。従って、頻度分布を調べることで、後者のモデルが合っているかどうか分かり、また、その結果はモデルに対する制限を与えられられる。

我々は、地磁気擾乱イベントを、ALの値がある閾値より小さい時間帯として定義して、各イベントの持続時間とイベント中のALのピーク値(最小値)によって地磁気擾乱の大きさの定義をした。今回は、1978年から1994年までの15年間分のデータを用いて(1988、1989年を除く)、その大きさの頻度分布を導出し、それらを詳しく解析した。その結果、次のことがわかった。

- 1、頻度分布は、ほとんどの値においてパワー則に従う。このことは、自己組織化臨界やパーコレーション等の確率論的なモデルを支持する。
- 2、頻度分布は、ある値よりも大きな領域ではパワー則からはずれる。その値は、持続時間については約150分である。このことから地磁気擾乱は、ある特徴的な時間スケールをもつことを示唆する。
- 3、頻度分布の長期変動を調べると、有意なsemiannual variation及びsolar cycle variationを示した。
- 4、energyを表すパラメーターを作り、その頻度分布を調べたところ、それがパワー則に乗っており、その指数は約1であることがわかった。このことは、一年間の全エネルギー消費量に対して、小さなイベントより大きなイベントの方が大きく寄与していることを示している。