

地磁気現象リストを用いた磁気嵐, si,ssc の発生度数と 変動規模にかかわる統計的調査

○源 泰拓 (気象庁地磁気観測所), 藤田 茂 (気象大学校), 原 昌弘 (気象庁地磁気観測所)

1. はじめに

広く宇宙天気と称されている宇宙環境の変動は、太陽表面や太陽風の観測結果から解析・予測されている。観測項目として、太陽望遠鏡によるフレアの発生状況の把握、人工衛星による高エネルギー粒子の観測等が挙げられる。これらの観測は現在起きている現象と、これから蒙る影響の解析には有用であるが、たかだか30年程度、太陽活動周期3周期程度の観測期間しかないため、統計的な性質を検討するには事例数が十分ではない。太陽黒点数は数百年のデータが蓄積されていて、太陽活動のよい指標として用いられるが、宇宙天気の個々の事象を解析することはできない。一方、磁気嵐等の地磁気現象は、宇宙環境の変動をもたらす個々のイベントに対応しており、観測期間も長いものでは100年に及ぶ。

我々は、気象庁が運営している3つの地磁気観測所、柿岡・女満別・鹿屋の地磁気急変現象のリストを調査した。

2. 使用したデータ

気象庁は柿岡・女満別・鹿屋の地磁気観測所における記録から、Storm sudden commencements (ssc), solar flare effects (sfe), sudden impulses (si), continuous pulsations (Pc), irregular pulsations (Pi) と地磁気嵐についてのリストを公開している。このリストには地磁気観測所の職員によって、手作業で読み取られた振幅等が含まれる。表1に柿岡・女満別・鹿屋の各観測点の位置を、表2に各観測点におけるイベントリストの利用可能な期間と収録個数を示す。

表1. 気象庁が運営する地磁気観測所の地理的位置¹と磁気的位置²

	IAGA code	Latitude (N)	Longitude (E)	Magnetic latitude	Magnetic longitude	Altitude
Kakioka	KAK	36°13'56"	140°11'11"	27.47°	209.23°	36 m
Memambetsu	MMB	43°54'36"	144°11'19"	35.44°	211.77°	42 m
Kanoya	KNY	31°25'27"	130°52'48"	22.00°	201.21°	107 m

* Japanese Geodetic Datum of 2000 (JGD2000).

**Dipole coordinates for the International Geomagnetic Field, 11th generation (IGRF-11) of 2010.0; north pole: 80.08°N, 72.22°W.

表2 地磁気現象リストの利用可能な期間と現象の数

		Kakioka	Memambetsu	Kanoya
storm	period	Feb. 1924-Dec.2012	Jul. 1957-Dec.2012	Jan. 1958-Dec.2012
	number		1932	1215 1166
si&ssc	period	Feb. 1924-Dec.2012	Jul. 1957-Dec.2012	Jan. 1958-Dec.2012
	number		2848	2408 2257

自然現象には規模と頻度の間に指数則が成り立つものが多い。たとえば、地震のマグニチュードと頻度には簡単な関係が見られ、マグニチュードが1大きいと発生頻度は およそ 1/10 になる (Gutenberg & Richter 1944)。これは Gutenberg & Richter's relation (以下 G-R 式) として知られている。われわれは、地磁気現象の規模と発生頻度の間にも同様の関係が見られるかどうかを調査した。

地震におけるマグニチュードに相当する、地磁気現象の規模としては、磁気嵐は各イベントの水平成分レンジを採った。一方、si&ssc については、水平成分 Main Impulse の変化量と持続時間の比を用いた。これは、地磁気誘導電流が電磁誘導により励起されることを念頭に置いたものである。今回使用したリストにおいて、地磁気の変化量はいずれも 1nT 単位、持続時間は 1 分単位で記録されている。

3. 現象の規模と発生度数の関係

図 1 に柿岡の地磁気嵐、図 2 (a),(b),(c)に柿岡、女満別、鹿屋の si&ssc について、各々の発生度数を縦軸、現象の規模を横軸として、両対数の累積度数分布を示す。現象の規模の階級幅は、磁気嵐、si&ssc ともに 0.01 である。ある一定以上の規模の現象については、その発生度数と現象の規模の間に G-R 式に類似した関係が見て取れる。規模の小さな現象については、G-R 式で類推されるよりも発生度数が少なくなっているが、これはリスト化に至らない小さな現象があるためと考えられる。一方、規模の大きな現象においても G-R 式で類推されるよりも、発生度数が少なくなっている。

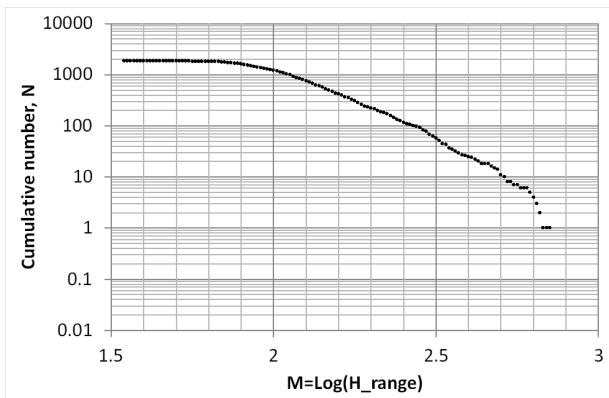


図 1 柿岡で観測された地磁気嵐の累積度数分布
縦軸：発生度数。横軸：磁気嵐の H 成分 range.

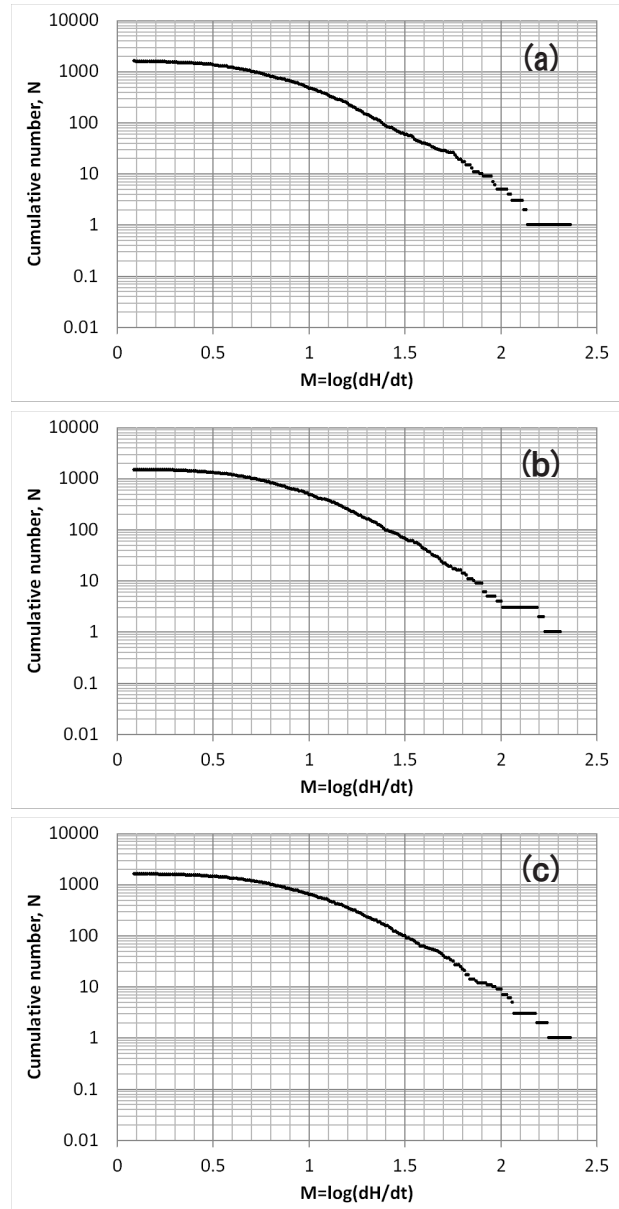


図 2 si&ssc の累積度数分布
(a) 柿岡, (b) 女満別, (c) 鹿屋
縦軸：発生度数。
横軸：si&ssc の H 成分の大きさ と 持続時間の比。

各現象・観測点の規模別度数分布 N を線形式で表すと、磁気嵐・柿岡で

$$\log N = 3.09 - 2.90M$$

si&ssc は順に

柿岡： $\log N = 4.99 - 1.98M$

女満別： $\log N = 4.80 - 2.01M$

鹿屋： $\log N = 4.83 - 2.04M$

と表される。

4. 議論とまとめ

磁気嵐と $si&ssc$ の規模別累積度数分布を、G-R 式に準じた式で表すことができた。この式を用いると、たとえば 1000 年に 1 度の頻度で発生する地磁気現象の規模を算出することができる。たとえば 1000 年に 1 度発生する磁気嵐は、1924 年 2 月から 2012 年 12 月までの 88.92 年間に 0.089 回発生するものとする、磁気嵐の水平成分のレンジは 2800nT と推算される。同様に 1957 年 7 月以降の柿岡と女満別、1958 年 1 月以降の $si&ssc$ について 1000 年に 1 度発生する磁場の急変は、柿岡 1100nT/min、女満別 1400nT/min、鹿屋 1000nT/min と算出される。

しかし、この推定はラフなもので、今後、改善の余地がある。前述の通り、磁気嵐と $si&ssc$ ともに、現象の規模が大きくなると、累積度数分布のプロットが G-R 式に沿った直線より下に位置する、すなわち G-R 式で類推されるよりも発生度数が少なくなっている。ひとつ考えられる理由としては、電離層電流によって発生する磁場擾乱には、電離層の物理量、すなわち厚さや電気伝導度による上限があるため、磁場擾乱の規模が頭打ちになることである。この場合、ある程度大きな規模の現象だけを取り出して、別途統計処理を行うことが有効かもしれない。しかし、今回用いた現象のリストでは、大きな規模の現象だけを取り出した場合、統計的に有意な解析は困難である。地磁気観測値の変化量を、磁気嵐、 $si&ssc$ といった地磁気現象だけでなく、観測期間すべてにわたって算出し、統計処理を行うことが一案であろう。

なお、本発表の内容は、Earth, Planets and Space 誌特集号 “Extremely Severe Space Weather and Geomagnetically Induced Currents in Regions with Locally Heterogeneous Ground Resistivity” に投稿される。

<http://www.earth-planets-space.com/>

参考文献

Gutenberg, R., and C.F. Richter, Frequency of earthquakes in California, Bulletin of the Seismological Society of America, 34, 185-188, 1944