

1972年8月4～5日の磁気嵐について

永井正男

概 要

1972年8月4～5日の磁気嵐は次の点でたいへん特徴的であった。

- 1) 柿岡では4日22時12分に219 γ の H の減少を示した。また22時57分に H の減少から45分おくれて210 γ の東偏の D の変化を観測した。いずれの変化も継続時間は50～60分であるが、このようにはげしい変化がsscのすぐあとにおこることは、柿岡のような中・低緯度の観測所では稀なことである。
- 2) 上記の変化に対応して、昼側の極光帯とくにCollegeでは-1,500 γ ～+2,500 γ のたいへんはげしい振動性的変動を示した。一方夜側の極光帯におけるSodankyläでは、最大-1,000 γ の割合巾広い変化を示したにすぎない。4日21時30分、22時10分、22時30分における電流系の変動は昼側の極光帯で歪曲がはなはだしく、時計廻りの領域と反時計廻りの領域が振動性的変動に呼応して、はげしく位置を変えているのがわかった。
- 3) 5日14時00分のsscは、San Juan, Tucson, Fredericksburg等のアメリカゾーンで ΔH が負を示し、通常のsscと様相が異なっている。これは時計廻りのDS(SC)の範囲が中・低緯度まで延びてきたためである。
5日15時10分の電流系は平行電流の向きが12時の方向を示し遅くなっているが、高緯度地方では通常のDS電流系と大差ない。しかし中・低緯度では広い範囲にわたって東向きの電流が卓越しているのがみられる。
一方5日15時30分の電流系は、ほとんど極光帯の全領域にわたって西向きの電流を示し、15時10分の電流系とだいぶ様相が異なっている。
- 4) 以上の他、柿岡のような中・低緯度の観測所においてさえ、振巾の大きな活動的なPc5が観測された。これは1958年2月11日の大磁気嵐以来のことである。

1. は し が き

1972年8月2～7日にかけて、Mc Math 領域 11976 で4つの大きなプロトンフレアーがおこり、それにとまってcm波帯に継続時間のながいC型の太陽電波が発生した⁽¹⁾。またこれと同時に強度の大きな軟X線(1～8Å)がExplorer 44によって観測された⁽²⁾。

一方、Pioneer 9は地球から約 0.334×10^8 kmの位置にあったが、一連のはげしい太陽フレアーにとまって惑星空間における衝撃波を4回観測した⁽²⁾。そのうち4～5日の急始磁気嵐に関連する衝撃波はつぎの3つである。

すなわち、3日11時24分には太陽風の速度が350 km/sec から585 km/secに飛躍した。また3日22時15分には600 km/sec から900 km/secに飛躍し、さらに5日00時30分には900 km/sec から1,000 km/sec以上にまで飛躍した。この1,000 km/sec以上の太陽風の速度というのはPioneerによる惑星空間観測が始まって以来の最高速度である⁽¹⁾。

ここではこれら一連の活動的な太陽面現象にもなって、たいへん特異な急始磁気嵐が観測されたので、二・三の解析結果について報告する。

2. 通常記録よりみた磁気嵐の特徴

第1図には1972年8月4～5日における柿岡の H , Z , D , 3成分の通常記録が示されている。

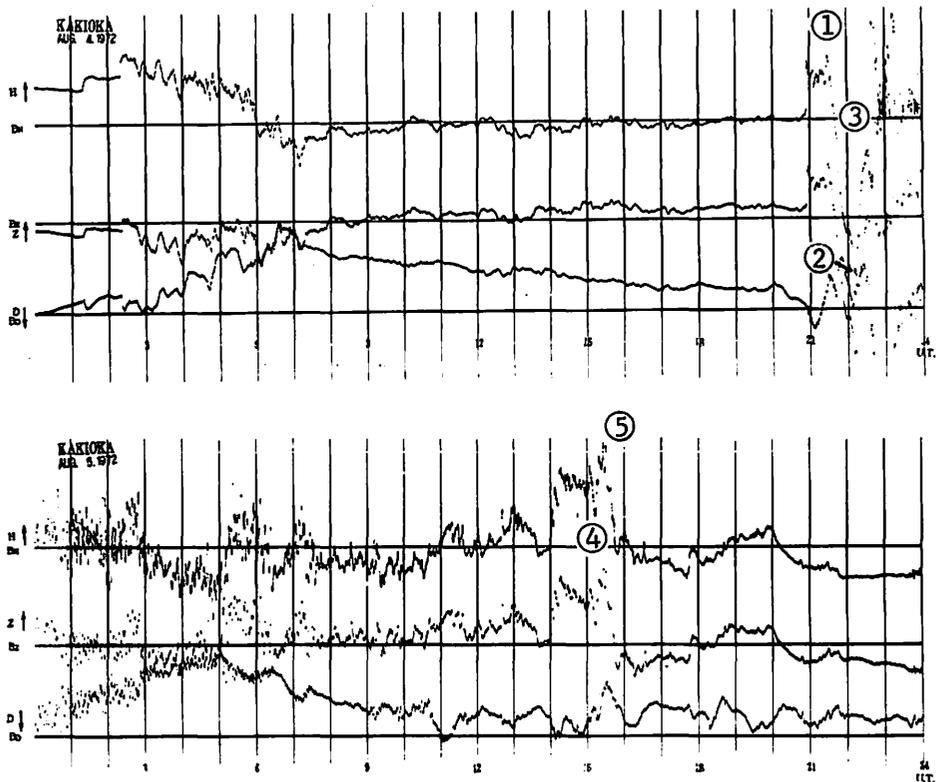


Fig. 1. Magnetograms at Kakioka on August 4-5.

一見して、8月4日20時54分の急始変化 (ssc) のすぐあとで、継続時間が約60分の最大 -219γ におよぶ ΔH の減少が目につく。女満別では -337γ に達し、日本付近では鹿屋、Guam も含めて、高緯度ほど大きくなっている。 ΔH のもっとも減少した時刻は22時12分であるが、 ΔD のもっとも東偏した時刻は22時57分で、45分ほどおくられている。また ΔD の変化の大きさは柿岡で $+210 \gamma$ 、女満別で $+284 \gamma$ を示している。

通常の湾型変化であれば、この時刻は柿岡では地方時の6時～8時で朝方にあたり、正から負に移る ΔH のあらわれにくい時刻である。また ΔD からすれば西偏の明瞭にあらわれる所で負の値を示す筈である。しかるに ΔD が東偏でしかも非常に大きな値を示している

ことは、柿岡だけの变化から判断しても異常である。

第2に目につくことは、 $4H$ の減少が回復し始めるとすぐに周期2.5~10分のPc5のほげしい変動が、5日14時00分まで継続したことである。これは1958年2月11日の大磁気嵐の時のPc5とよく似ている。

第3に目につくことは5日14時00分に始まり約1時間40分ほど継続した、 $4H$ プラスの現象である。

8月4日01時19分のsscに始まり、8月7日18時に終る一連の磁気嵐の H の較差は柿岡で359 γ であるが、4日22時12分の $4H$ の減少と5日15時26分の $4H$ の増加によって極大・極小が決定されている。IGY以来柿岡でKインデックスが9になった磁気嵐は1958年2月11日の大磁気嵐と今回の8月4~5日の2つだけであるが、2月11日の磁気嵐の H の較差が617 γ であるのに比べ、359 γ という値は、活動のはげしさからすると以外に小さいように思われる。これはRing currentによるDst成分が小さかったことによるもので、杉浦によって求められた赤道Dstの最大値は-224 γ であった⁽²⁾。

3. 毎時値を使ったDSの解析

第2図には杉浦によって求められた赤道Dstと柿岡・San Juanの毎時値から5静穏日の平均の値および各磁気緯度におけるDstをさし引いて求めたDSの変動とを比較した。

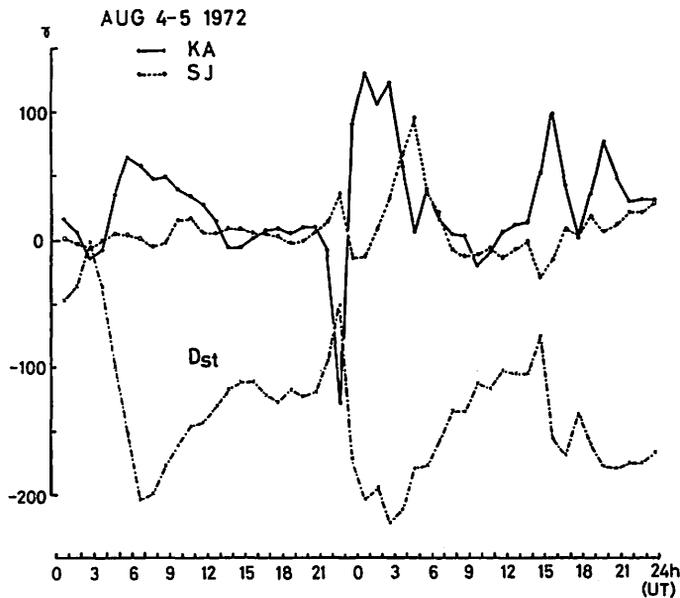


Fig. 2. Variations of Equatorial Dst and DS at Kakioka and San Juan.

柿岡と San Juan は地方時で 11 時間の差があるから、DS の変動はまさに昼と夜の違いがある。したがって柿岡で ΔH が負にあらわれた 4 日 22 時の変化は San Juan では正になり、柿岡の ΔH が正にあらわれた 5 日 14~16 時では、San Juan の ΔH は負になっている。

Dst と DS の変動を調べると、通常の磁気嵐では主相の発達過程または Dst のもっとも発達した H の転向点で DS も発達している⁽³⁾。したがって今回の磁気嵐のように急始変化の直後で DS が発達する例は数が少なく、この点でも 1958 年 2 月 11 日の大磁気嵐とよく似ている。

4. 8 月 5 日 14 時 00 分の ssc について

第 3 図には Tucson, および San Juan における 8 月 5 日 14 時 00 分の急始変化が矢印で示されている。

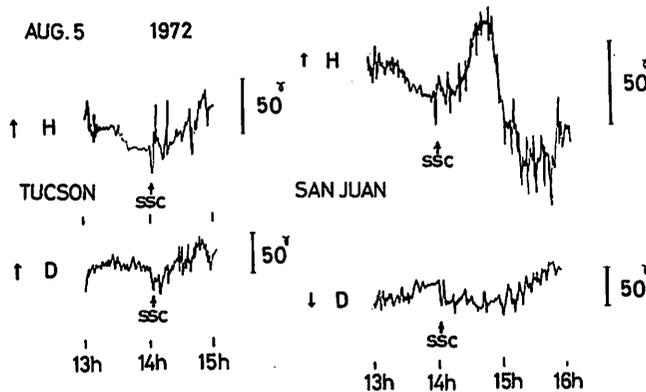


Fig. 3. Negative change in H -component of sudden commencements at Tucson and San Juan which occurred at 14h 00m on Aug. 5d, 1972.

Honolulu, 柿岡, Guam, Tashkent, Tiflis, Odessa, San Fernando 等の中・低緯度のほとんどの観測所では、 ΔH がプラスを示しているが、上記 2 つのアメリカゾーンの観測所においてはマイナスを示している。また Fredericksburg でもマイナスを示し、しかもその大きさは緯度が高いほど大きくなっている。

第 4 図は 8 月 5 日 14 時 00 分の変化を汎世界的に示したものである。明らかに時計廻りの DS の領域が南下して Tucson および San Juan をおおっている。また平行電流のむきも 13 時の方向を示し、第 5 図に示した 4 日 20 時 54 分の ssc の電流系といくぶん異なった様相を示しているが、共通して東向き電流の領域が卓越していることから ssc と判断してよいであろう。

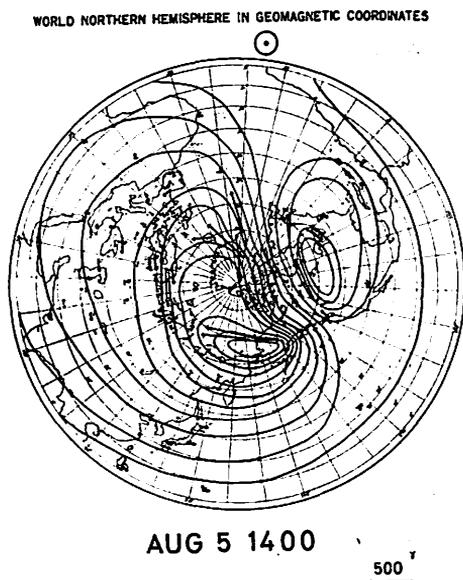


Fig. 4. Equivalent current system of ssc which occurred at 14h 00m on Aug. 5d, 1972.

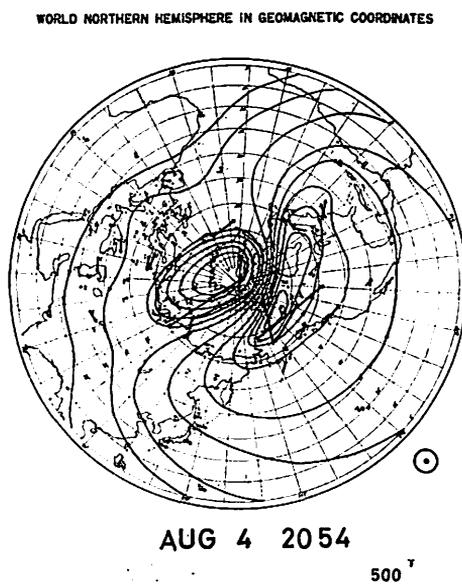


Fig. 5. Equivalent current system of ssc which occurred at 20h 54m on Aug. 4d, 1972.

いま Pioneer 9 の観測した 3日 11時 24分, 22時 15分, 5日 00時 30分の 3つの惑星空間衝撃波に対応して, 4日 01時 19分, 20時 54分および 5日 14時 00分の ssc がそれぞれ起されたとすると, 衝撃波が観測されてから ssc までの時間 Δt は 24時間, 23時間, 13.5時間となり, Pioneer 9 によって観測された太陽風速度が速くなるにつれて Δt は小さくなっている。また太陽電波が観測されてから ssc までの時間はそれぞれ 46時間, 49時間, 32時間となってもっともらしい値を示すことから, 第一表に示すように一連の現象を対応づけて考えることは妥当のように思われる。

5. 8月4日 22時の Substorm について

第6図には College における 4日 20~24時の H , D , Z , 3成分の記録の写しが示されている。一見して $-1,500\gamma \sim +2,500\gamma$ の正負のはげしい振動性的変化が H に見られる。しかもこの時刻は College では丁度真昼にあっている。真昼の極光帯でこのようにはげしい変動が観測されたのは 1954~1958年の太陽黒点数の上昇期および極大期においても稀である。

また第7図には Sitka における 4日 20~24時の 3成分の変化が示されている。これを第6図の College の変化と比較すると, H および D は変化の大きさは異なるがはげしい正負の振動性的変動はよく似ている。

Table 1. Solar-Terrestrial

Solar Radio Emission				
Date	Time UT Start	Dur. min	on 10 cm Peak Flux	Station
1972			F.U.	
Aug. 2 ^d	03h 10m	120	2600	Toyokawa
2	19 59	240	9735	Ottawa
4	06 19	56	9600	Toyokawa

1) ΔT_m : Travel-time of solar plasma which causes geomagnetic storms.

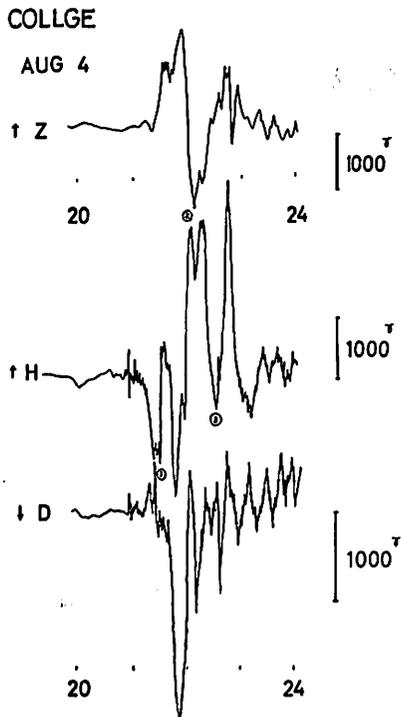


Fig. 6. Variations of 3 components at College during 20h-24h on Aug. 4d, 1972.

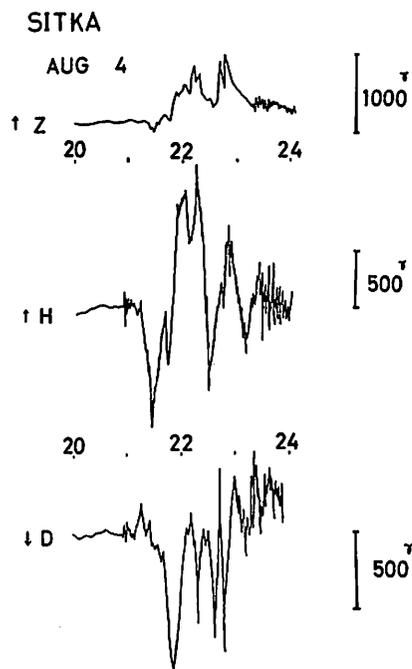


Fig. 7. Variations of components at Sitka during 20h-24h on Aug. 4d, 1972.

Z の変化については、College では 22 時を境にして正負が明瞭に変化している。すなわち H の変化が負に対して Z は正を示し、 H の正の変化に対して Z は負の変化を示している。一方 Sitka では H の負の変化に対して、 Z はわずかに負を示し、 H の正の変化に対しては Z もはっきりした正の変化を示し、明らかに College と反対の傾向を示してい

Events in August 2-5, 1972.

Flare-Location		Geomagnetic Storm at Kakioka			Interplanetary Shocks (Pioneer 9)			
Lat.	MER. Dist.	beginning		$\Delta Tm^{(1)}$	jumped time UT		Solar wind velocity	$\Delta t^{(2)}$
N	E	d	h	m	h	d		
13°	35°	4/01	19	46	03/11h	24m	350km/sec ~ 585	24h
13	28	4/20	54	49	03/22	15	600~ 900	23
15	9	5/14	00	32	05/00	30	900~>1000	13.5

2) Δt : Time between ssc beginning and interplanetary shocks recorded by Pioneer 9.

る。すなわち Z の変化から判断すると, College と Sitka の間に極光帯電流が存在したことを示しているが⁽⁴⁾, 極光帯電流の移動によっては H の正負のはげしい振動性的変動は説明できない。

一方夜側の極光帯に位置している Sodankylä の記録をみると, 第8図に示すように, 正負のはげしい振動性的変動はみられず, 平滑してみると割合中広い減少を示し, その大きさも最大 $-1,000 \gamma$ を示すにすぎない。

すなわち夜側の極光帯における変化より昼側の極光帯における変化の方が大きくかつはげしいことがわかる。



Fig. 8. Variations of H -component at Sodankylä during 20h-24 on Aug. 4d, 1972.

WORLD NORTHERN HEMISPHERE IN GEOMAGNETIC COORDINATES

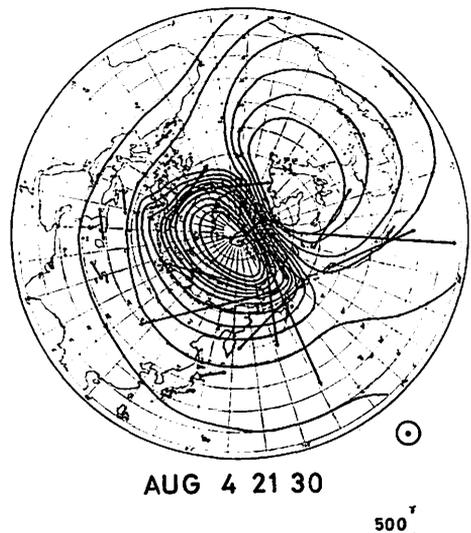


Fig. 9. Equivalent current system of sub-strom which occurred at 21h 30m on Aug. 4d, 1972.

以上のことをさらに詳しく調べるために、第9図には4日21時30分における汎世界的な電流系が示される。第1図の矢印で示したように柿岡では $4H$ がプラスの時間で一見初相のようにみられるが、College では $4H$ が $-1,350 \gamma$ を示し、すでに Substorm の様相を呈して最初の負の極にあっている。(第6図)

第9図をみると、平行電流のむきが12時の方向を示している。また中・低緯度の真夜中から朝方の広い範囲にわたって東向きの電流が卓越しており、DCF の影響がみられる。また昼側の College, Sitka の方が夜側の Sodankylä, Reykjavik より変化が大きいのが目につく。

第10図には4日22時10分における電流系が示される。これは柿岡で $4H$ がマイナスの極に達した時で、College では $4H$ プラスの最初のピークにあっている(第6図②)。第10図をみると著しい歪曲が目につく。しかも昼側の College ではプラスの変化が夜側のマイナスの変化に比べ著しく大きい。さらに時計廻りの DS の領域から反時計廻りの DS の領域に移る過程がきわめて短時間におこなわれており、これがはげしい振動の原因になっていることは注目し値する。またこの図からもわかるように、中・低緯度における $4H$ の減少は日本付近で大きいのが、これは極光帯電流の帰還電流の影響とは考えられないパターンを示している。

第11図には4日22時30分の電流系が示されている。柿岡では負の極から回復した中間

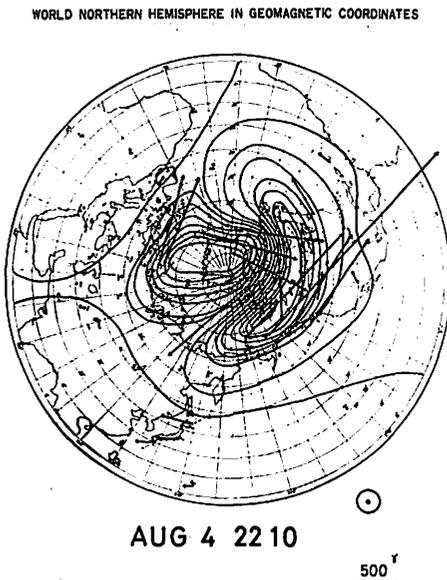


Fig. 10. Equivalent current system of substorm which occurred at 22h 10m on Aug. 4d, 1972.

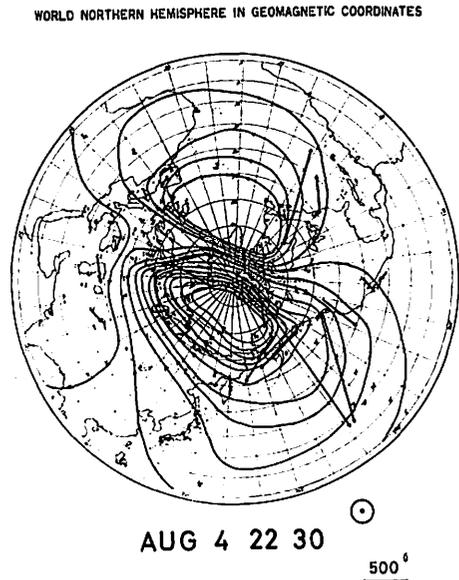


Fig. 11. Equivalent current system of substorm which occurred at 22h 10m on Aug. 4d, 1972.

点にあたり(第1図③), College では正の極からの回復点にあたる(第6図③)。第11図をみると, 平行電流は14~15時の方向を示し, College が再び時計廻りのDS領域に入るが, 一連のはげしい振動が一時停滞した時間にあたる。また昼側・夜側の極光帯の変動はほぼ同じ程度となり, 極冠の Resolute Bay で変動が大きい。

6. 8月5日15時の Substorm について

第1図の柿岡の記録をみると, 5日15時を中心にして約 $50\sim 60\gamma$ の ΔH の増加が目につく。5日14時00分に ssc が起っており, 初相の変化と似ているところもあるが, 柿岡では丁度この時間は地方時の真夜中にあたり, 湾型変化の ΔH が正に大きくあらわれる時間帯でもある。一方第1図の偏角をみると5日14~15時は東偏の変化を示すが, 15~16時では西偏を示して通常の湾型変化とは逆になっている。

ここでは以上の点をさらに詳しく調べるため, College の ΔH が負にもっとも大きく変化した5日15時10分および College の変動より Sitka の変動が大きくあらわれた5日15時30分の2つの電流系について述べることにする。

第12図には5日15時10分の電流系が示されている。平行電流の方向は12時を示し, 通常のDSの電流系に見られる8時~11時の方向⁽⁵⁾よりは遅れている。また中・低緯度における東むきの電流が午後から朝方の広い範囲にわたっており, DCF の影響が見られる。

第13図には5日15時30分の電流系が示されている。Sitka における ΔH が負の最大

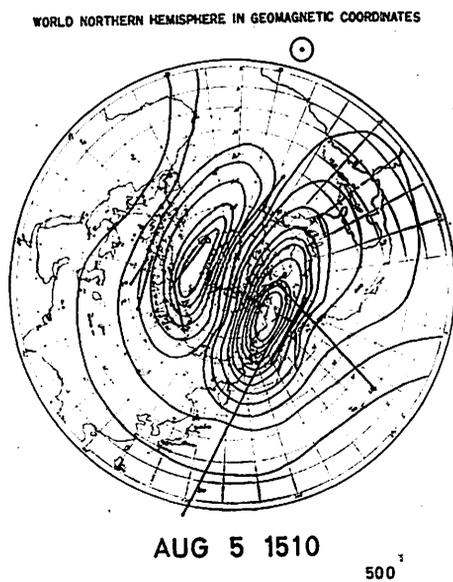


Fig. 12. Equivalent current system of substorm which occurred at 15h 10m on Aug. 5d, 1972.

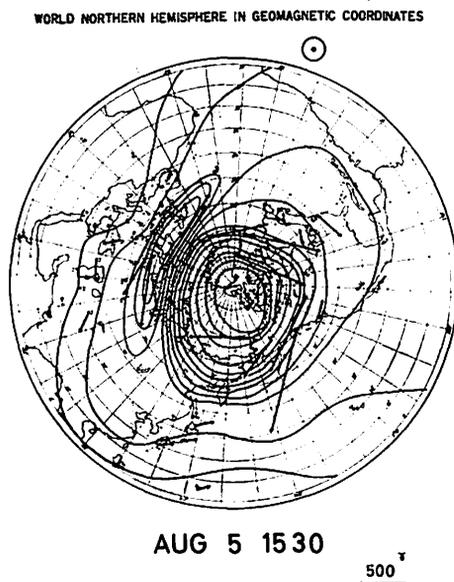


Fig. 13. Equivalent current system of substorm which occurred at 15h 30m on Aug. 5d, 1972.

時間あたり、同じ時刻の College におけるよりも大きな変化を示している。これをみると平行電流の方向は 12 時であるが、ほとんど全領域に近い極光帯で西向きの電流を示し、反時計廻りの領域がきわめて狭くなっている。また第 12 図と同じく中・低緯度における東向きの電流が午後から朝方にかけて広い範囲をおおい DCF の影響が見られる。

7. 柿岡における Pc5 の変動について

1972 年 8 月 4～5 日の磁気嵐の特徴のもう一つは 4 日 23 時頃から 5 日 14 時 00 分の ssc まで Pc5 の非常にはげしい変動がみられたことである。

Pc5 は今までの研究によると、大体高緯度地方の午前中に主としておこる現象で、磁気緯度 $62\sim 70^\circ$ 付近にあらわれる。永田⁽⁶⁾らが 1958 年 March 19 の Pc5 について調べたものによると、磁気緯度 65° 付近の極光帯で振巾が $300\sim 500\gamma$ に達しているが、磁気緯度 60° 付近では極端に小さくなり $60\sim 70\gamma$ となってしまう。また 60° より低緯度では観測されていない。

したがって柿岡のような中・低緯度でこのように活動的な振巾の大きい Pc5 が連続して相当長い時間観測できたことは珍しいことである。

第 14 図および 15 図には柿岡の通常記録からよみとった、8 月 4 日 21 時～5 日 20 時（世界時）の Pc5 の周期および振巾の時間的な変化が示されている。毎時間ごとの周期および振巾をよみとり、平均したものが黒丸点でプロットしてある。また各時間ごとの周期および振巾の最大と最小を縦線で示した。したがってこの縦線からはみ出た周期および振巾のものは観測されていない。

第 14 図をみていえることは、8 月 4 日 23～24 時にもっとも周期が短くなり、平均 2.9 分となっている。その後 5 日の 0 時から 3 時までは平均 4 分以内であるが、次第に周期が大きくなり ssc の始まる前の 13～14 時では平均 7.3 分になっている。

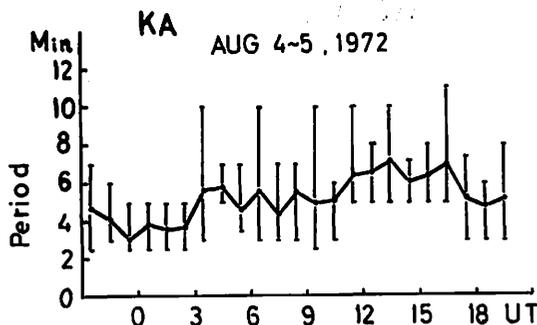


Fig. 14. Variation of Pc 5 periods at Kakioka. Vertical lines show the range between Maximum periods for each time. Black points show mean periods for each time.

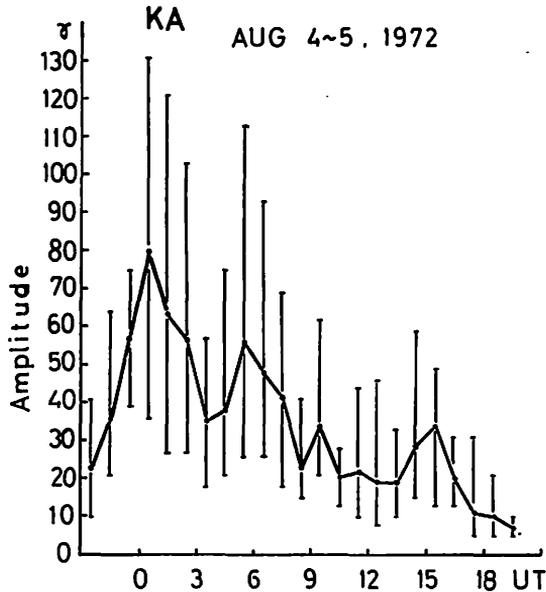


Fig. 15. Variation of Pc 5 amplitudes at Kakioka. Vertical lines show the range between Maximum and Minimum amplitudes for each time. Black points show mean amplitudes for each time.

第15図をみると、8月5日の0~1時(世界時)では平均の振巾が80 γ に達し、最大の振巾は131 γ であった。これは1958年2月11日の2~3時(世界時)の平均振巾47 γ および最大振巾92 γ と比較し、驚くべき活動度といわなければならない。

8. むすび

以上1972年8月4~5日の磁気嵐について、いくつかの特徴を述べてきたが、McMURDOの30MHzのRiometerによると⁽¹⁾、4日01時19分および02時20分のsscに対応してPCAが見られる。また4日20時54分のsscの後のHの急減少(柿岡における)に対応して顕著なAbsorptionが見られている。またATS-1によると、5~21MeVおよび21~70MeVのプロトン粒子の侵入とPCA Eventとは時間的な一致が見られるようである⁽¹⁾。したがって極光帯電離層に異常電離がおり、E層の電気伝導度を増大したであろうことはまず疑いない。

一方、1973年5月14日の外圏大気物理研究会における談話会の席上、8月4日21時~23時の昼側の極光帯とくにCollegeのはげしい振動性の変動に関連して、昼側のCupsにおける振動が影響しているのではないかというコメントを国分氏からいただいた。ここではそれをたしかめることはできなかったが、面白い問題を含んでおり⁽¹⁾、今後の研究にまちたいと思う。

終りに種々御指導をいただいた柳原所長，直接研究の機会を与えられた久保木観測課長，ならびに前記談話会の席上御討論をいただいた大林教授はじめ諸先生方に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- (1) Report of Ionosphere and Space Research in Japan Vol. 26, No. 4, 1972. p. 287-297.
- (2) a) Preliminary Compilation of Data for Retrospective world interval July 26-August 14, 1972. World Data Center A for Solar-Terrestrial Physics, Nov. 1972.
b) Solar-Geophysical Data, No. 342-part II, Feb. 1973.
- (3) a) M. Nagai, Y. Sano and K. Yanagihara (1961): Some Analyses of Dst and DS-Fields of Magnetic Storms during the IGY (I), Memo. Kakioka Mag. Obs. 10, No. 1, p. 39-48.
b) Y. Sano, M. Nagai and K. Yanagihara (1962): Some Analyses of Dst and DS-Fields of Magnetic Storms during the IGY (II), Memo. Kakioka Mag. Obs., 10, No. 2, p. 1-18.
- (4) Akasofu, S.-I. (1960): Large-scale auroral motions and polar magnetic disturbances. J. Atmosph. Terr. Phys. 19, p. 10-25.
- (5) M. Nagai (1966): Directions of the Straight Currents in the Central Part of the Polar Cap (1). Memo. Kakioka Mag. Obs., 12, No. 2, p. 25-41.
- (6) Nagata, T., S. Kokubun, and T. Iijima (1963): Geomagnetically Conjugate Relationship of Giant Pulsations at Syowa Base in Antarctica and Reykjavik in Iceland. J. Geophys. Res., 68, p. 4621-4625.
- (7) L.A. Frank (1971): Comments on a Proposed Magnetospheric Model. J. Geophys. Res., 76, No. 10, p. 2512-2515.

Geomagnetic Storms on August 4-5, 1972

Masao NAGAI

Abstract

Very interesting and characteristics storm with sudden commencement occurred during Aug. 4-5d, 1972. Here, studies of the storm are carried out on the following 4 points, using ordinary magnetograms at 35 world-wide observatories.

- 1) At Kakioka, decrease of 219γ in H -component was observed at 22h 12m on Aug. 4d. After the lapse of 45 minutes, eastward movement of 210γ in D -component was observed at 22h 57m.

Duration of each disturbance is only about 50-60 minutes, but these intense variations which occur soon after the sudden commencement are unusual in middle and low latitudes such as Kakioka.

- 2) Corresponding to above disturbance, very intense oscillation of $-1,500\gamma \sim +2,500\gamma$ was observed at College in the dayside auroral zone. On the other hand, broad variation with maximum range of $-1,000\gamma$ was observed at Sodankylä in the night side auroral zone. Equivalent current systems are drawn for three epochs, 21h 30m, 22h 10m and 22h 30m on Aug. 4d. The regions of clockwise and counter-clockwise current vortices are twisted, and changed rapidly in response to the oscillative disturbance in the dayside auroral zone.
- 3) Negative ΔH of sudden commencement occurred at 14h 00m on Aug. 5d at San Juan, Tucson and Fredericksburg. This is different from the ordinary pattern of ssc current system, in the point that the region of clockwise vortex of DS (sc) extends to the low and middle latitudes, such as above 3 observatories.

Parallel overhead electric current flows towards the meridian corresponding to 12h local geomagnetic time in the current system at 15h 10m on Aug. 5d. Though this direction is outside the range of 8h-11h in most cases of instantaneous individual disturbances, it is not so much different from the usual current system of DS at high latitude. And it is shown that eastward current predominates over the wide region of low and middle latitudes.

On the other hand, the current system at 15h 30m on Aug. 5d shows westward current over the almost all region of auroral zone, and this is different from pattern of the current system at 15h 10m.

- 4) In addition to above variations, active Pc 5's of great amplitude were observed even in the low and middle latitudes such as Kakioka. Such a large amplitude of Pc 5 had not been observed at Kakioka, since Feb. 11, 1958, when great geomagnetic storm occurred.