

ERRATA

Page	Line	Read	For
27	13, 14	アウトとする	アウトする
37	15 from the bottom	9月13日	9月10日

1957年9月13日の磁気嵐と電離層嵐との関係

永井正男, 佐野幸三 (地磁気観測所)

羽 倉 幸 雄 (平磯電波観測所)

Abstract

An investigation was made on the relation between the world-wide patterns of ionospheric storms and corresponding current systems of geomagnetic storm for each stage of a severe upper atmospheric disturbance on Sept. 13 th, 1957. A close relation of the polar magnetic disturbances to the occurrences of polar blackouts and storm Es was certified, suggesting that the current of polar magnetic storm flowed on the conductive region of disturbed lower ionosphere. It was also found that polar cap current system was produced several hours before the SC of geomagnetic storm, coinciding with growth of polar cap blackout. After the SC, it developed its region to form the current system known as that of initial phase. At the main phase, ionospheric storm progressed to the world-wide scale the regions of polar blackouts and storm Es elongated towards lower latitudes as the Dst field developed. And it was shown that auroral currents of bay-like disturbances at that stage, flowed exactly over such disturbed regions of high conductivity.

§ 1. 序 論

太陽爆発に伴って放出された荷電微粒子群が, 爆発の約2日後には地球の高層大気に侵入して, 地磁気嵐, 極光, 電離層嵐等一連の地球嵐を起すことはよく知られている。地磁気嵐に関しては Chapman et al [1] がその汎世界的解析を行い, 地磁気変化 (D) が一般に全地球変化 (Dst 場変化) と極磁気嵐 (DS 場変化) とに分解されることを示した。即ち,

$$D = Dst + DS$$

である。

Dst は地球をとり囲む太陽のプラズマと地球磁場の相互作用によつて起るものであり, 一般には急始 (SC), 初相, 主相, 終相として汎世界的に確認される。主相における著しい地

球磁場の減少は地球をとりまく西向きいわゆる赤道環電流によつて説明されている。

一方, DS は Dst の各時期でその様相が異なるが, 一般にその原因は極地方に存在し, かつ地方時によつて著しく異なる。これは赤道環電流を形成する微粒子の一部が地球磁力線によつて極地方に侵入して作る異常電離領域を流れる電流に起因するものであると考えられている。〔2〕これはダイナモ説を擾乱にまで拡張するものであるが, この立場は我が国の研究者によつて著しく発展された。福島は地磁気擾乱を更に詳しく解析して, elementary polar magnetic disturbance は断続的かつ離散的に発生する異常電離領域を流れる電流系によつて説明され, Chapman の求めた SD 電流系はそれらの平均的な様相であることを示した。〔3〕又 SC の直後に起る高緯度地方の擾乱にもダイナモ説が適用され, 永田, 大林及び Jacobs は極冠帯に異常電離領域を仮定してその説明を行なつた。〔4〕

このようにダイナモ説は上層大気に異常伝導度の領域の存在を仮定しているが, その高さは 100 km 前後とみられ, 事実極地方で上げられたロケットはそのような領域の存在を示している。又極地方の電離層の変化と地磁気擾乱の関係は極めて密接であり, 地磁気擾乱時に E_s 層, 極域ブラック・アウトが発達し, あるいは極光が出現することは多くの人達によつて古くから指適されているところである。〔5〕これらは一般に下部電離層に異常電離領域が発生したことを示すものであり, 従つてダイナモ説で仮定した高伝導度領域に相当するものではないかと考えられる。特に最近南極その他の資料によつて地磁気擾乱と極光光度, f_oE_s との密接な関係が明きらかにされている。〔6〕

しかしながら局部的に見る限り, E_s 層あるいはブラック・アウトの出現する模様は極めて複雑であり, その発達過程は容易にとらえがたいのであるが, IGY を契機として増強精密化された電離層観測資料を用いて汎世界的解析を行なえば, 地磁気嵐の進行と共にこれらの異常電離領域が如何に発達するかを知ることができる。ブラック・アウトに関してはすでに羽倉 et al がその解析を行ない, 地磁気嵐よりもはるかに先行して起る極冠帯ブラック・アウトと地磁気嵐の発生後に始まる極光帯ブラック・アウトが存在することを示した。〔7〕これに E_s 層発達のパターンを加え, それと同一擾乱における地磁気嵐の DS 電流系と比較してみれば, それはダイナモ説の主張を確めることにもなるし, 又更に地球嵐全般の morphology を確立するための資料を提供することになるであろう。

さて地磁気嵐の進行するにつれて, 下部電離層のみならず F_2 層も擾乱を受け, 層の最大電子密度が減少あるいは増大し, 層高が増減することもよく知られている。〔8〕これは極光帯電流による荷電粒子のドリフト, あるいは太陽微粒子の侵入による膨脹等が複雑に組合されたものと考えられるが, この点も個々の地磁気嵐の詳しい検討によつて明確になるかも知れない。

1957年9月13日00時45分（世界時）に起きた SC 型の地磁気嵐は IGY 中における最大の規模のもので、嵐の進行に伴なつて中緯度である日本においてさえ極光が観測されたほどである。然もこの擾乱については既に極域ブラック・アウトの解析がなされており、極冠帯及び極光帯ブラック・アウトが分離できる典型的な擾乱であることが知られている。従がつてここでは新しく E_s 層及び F_2 層嵐の解析を加え、それらの電離層嵐のパターンと地磁気嵐の電流系とを比較してみることにする。

§ 2. 使用した資料

2.1 電離層資料

第1表及び Fig. 3 (I) に示した北半球53ヶ所の電離層観測資料の中 f_{min} , f_oE_s , f_oF_2 を用いた。

極域ブラック・アウト——下部電離層における減衰の尺度である f_{min} を用い、

$$\Delta f_{min} = f_{min} - \overline{f_{min}}$$

によつて異常電離を表わし、 f_{min} が f_oF_2 を越えた時（記号 B）を完全ブラック・アウトとする。（以下用いる図ではハッチで示す）

Storm E_s ——E領域の異常電離として f_oE_s を用い

$$f_oE_s \geq 5 \text{ Mc}$$

$$f_oE_s \geq 7 \text{ Mc}$$

の二つの尺度を用いた。（以下用いる図では点々で示す）

F_2 層嵐—— f_oF_2 の擾乱で

$$f_o^*F_2 = \Delta f_oF_2 / \overline{f_oF_2} \times 100\%$$

$$\text{但し } \Delta f_oF_2 = f_oF_2 - \overline{f_oF_2}$$

によつて F_2 層嵐を表現した。

2.2 地磁気観測資料

第2表及び Fig. 3 (I) に示した北半球27ヶ所の地磁気観測所における三成分の normal-magnetogram 及び毎時値を用いた。

- a) Pre-SC 時の電流系——擾乱前のレベルからの変化量を表わしている。
- b) SC 及び初相の電流系——DS 及び Dst 変化が合成されたものである。しかし高緯度の電流系はほとんど DS 電流系とみなすことができる。
- c) 主相及び終相の電流系——Bay 型の擾乱に注目して求めたもので、第一近似として DS 場を表わしていると考えてよい。

第1表 電離層観測所

Ionospheric Station	abbr.	Geomagnetic		Geographic	
		Lat.	Long.	Lat.	Long.
1 Thule, Greenland	TH	87.0	355.0	76.6	291.3
2 Fletchers Ice, Canada	FL	83.6	222.0	82.0	258.0
3 Resolute Bay, Canada	RE	83.0	289.4	74.7	265.1
4 Godhavn, Greenland	GH	79.8	32.7	69.2	306.5
5 Longyeabyea, Norway	LG	74.4	13355	78.2	15.5
6 Baker Lake, Canada	BK	73.7	315.5	64.3	264.0
7 Narsarssuak, Greenland	NR	71.2	36.9	61.2	314.6
8 Tikhaya Bay, USSR	TI	71.1	155.5	80.3	57.8
9 Reykjavik, Iceland	RY	70.1	71.1	64.1	338.3
10 Churchill, Canada	CC	68.7	322.8	58.8	265.8
11 Point Barrow, Alaska	PO	68.5	241.2	71.3	203.2
12 Tromso, Norway	TS	66.9	116.2	69.4	19.0
13 Kirun, Sweden	KR	65.2	115.7	67.8	20.5
14 Fairbanks, Alaska	FA	64.6	256.6	64.9	212.2
15 Sodankyla, Finland	SD	63.9	114.6	67.4	26.6
16 Dixon Is., USSR	DX	63.0	161.5	73.5	80.4
17 Lycksele, Sweden	LY	62.5	110.8	64.6	18.8
18 Meanook, Canada	ME	61.8	300.7	54.6	246.7
19 Anchorage, Alaska	AN	60.9	258.2	61.2	215.1
20 Inverness, Scotland	IN	60.7	83.4	57.5	355.7
21 Winnipeg, Canada	WI	58.8	322.9	49.9	262.6
22 Upsala, Sweden	UP	58.5	106.0	59.8	17.6
23 Saint Johns, USA	ST	58.4	21.4	47.6	307.3
24 Nurmijarvi, Finland	NU	57.8	112.6	60.5	24.6
25 Ottawa, Canada	OT	56.9	351.5	45.4	284.3
26 Slough, England	SL	54.3	83.3	51.5	359.4
27 Victoria, Canada	VI	54.3	293.4	48.4	123.4
28 De Bilt, Netherlands	DE	53.7	89.5	52.1	5.2
29 Lindau, Germany	LI	52.1	93.9	51.4	10.1
30 Doubrres, Belgium	DO	51.9	87.6	50.1	4.6
31 Fort Monmouth, USA	FM	51.0	354.0	40.3	285.9
32 Moscow, USSR	MO	50.8	120.6	55.5	37.3
33 Washington, USA	WS	50.0	350.3	38.7	282.9
34 Sverdlovsk, USSR	AV	48.5	140.7	56.7	61.1
35 Adak, Alaska	AD	47.2	240.1	51.9	183.4
36 White Sands, USA	WH	41.2	317.0	32.3	253.5
37 Grand Bahama, USA	GR	37.8	351.6	26.7	821.6
38 Wakkanai, Japan	WA	35.2	206.1	45.4	141.7

第1表 電離層観測所

Ionospheric Station	abbr.	Geomagnetic		Geographic	
		Lat.	Long.	Lat.	Long.
39 San Juan, Puerto Rico	SN	29.9	2.1	18.5	292.8
40 Akita, Japan	AK	29.4	205.5	35.7	140.1
41 Tokyo, Japan	TO	25.4	205.5	35.7	139.5
42 Maui, Hawaii	MU	20.8	268.2	20.8	203.5
43 Panama Canal Zone	PN	20.6	348.6	9.4	280.1
44 Yamagawa, Japan	YA	20.3	197.9	31.2	130.6
45 Delhi, India	DH	18.8	149.0	28.6	77.2
46 paramaribo, Surinam	PB	17.0	14.8	5.8	304.8
47 Bogota, Columbia	BG	16.0	355.8	4.5	285.8
48 Okinawa, Japan	OK	15.2	195.7	26.3	127.8
49 Taipei, Formosa	TA	14.0	189.0	25.0	121.5
50 Ibadan, Nigeria	IB	10.6	74.8	7.4	3.9
51 Baguio, Phil. It.	BA	5.0	189.3	16.4	120.6
52 Chimboto, Peru	CB	2.2	350.4	-9.1	281.4
53 Huancayo, Peru	HU	0.5	354.0	-12.0	284.8

§ 3. 地磁気嵐と電離層嵐の比較

3・1 各擾乱の storm time に関する推移 (Dst 変化)

序論で述べたように、地磁気擾乱 (D) は Dst と DS の二つに分解することができる。この中 Dst は SC, 初期, 主相, 終相と太陽微粒子がどのようにして地球近傍に押し寄せ、どのようにして去つてゆくかを示すものであり、その推移は中緯度地方の数観測所の地磁気擾乱部分の平均値によつて大體表示されることが知られている。1957年9月13日の地磁気嵐の場合、Kakioka, Honolulu, Tucson, San Juan, Tbilisi の5観測所の水平分力の平均値によつて Dst 変化をあらわし、それを Fig.1 (a) に示してある。

地磁気 Dst 変化に伴つて、極域ブラック・アウトが如何に進展したかをアメリカ・ゾーンの latitude-storm time variation で示すと Fig.1 (b) のようになる。〔7〕これから判るように極域ブラック・アウトは地磁気嵐の急始をはるかに先行して高緯度にだけ起る極冠帯ブラック・アウト 地磁気嵐の主相に起る極光帯ブラック・アウトの二つに分類される。極光帯ブラック・アウトは Dst 磁場の発達と共に次第に大規模となり、又低緯度にまで及び地磁気嵐の終相では急激に消滅し、短時間の間に殆んど消滅していることは注目すべきである。このことは地磁気嵐の主相において、太陽微粒子の侵入が最も大規模かつ低緯度にまで行なわれることを示すものであり、これに対応して SD 磁場が著しく発達しているであらう。

第2表 地磁気観測所

observatory	abbr	Geographic		Geomagnetic	
		Lat.	Long.	Lat.	Long.
1 Resolute Bay	RB	+74°41'	2655°10'	+ 83°0'	289°6'
2 Dixon	Di	+23.30	80.24	+ 63.0	161.5
3 Tixie Bay	Ti	+71.40	128.54	+ 60.5	191.4
4 Point Barrow	PB	+71.18	203.14	+ 68.6	241.2
5 Murmansk	Mm	+68.57	33.03	+ 64.1	126.5
6 Baker Lake	BL	+64.20	263.58	+ 73.8	315.2
7 Big Delta	BD	+64.00	214.09	+ 64.4	259.0
8 Yakutsk	Ya	+62.51	129.40	+ 51.0	193.8
9 Lerwiek	Le	+60.08	358.49	+ 62.5	88.6
10 Loningrad	Ln	+59.57	30.42	+ 56.2	117.1
11 Lovo	Lo	+59.21	17.50	+ 58.1	105.8
12 Churchill	Cc	+58.45	265.55	+ 68.7	322.8
13 Sitka	Si	+57.04	224.40	+ 60.0	275.4
14 Sverdlovsk	Sv	+56.44	61.04	+ 48.5	140.7
15 Moskow	Mo	+55.28	37.19	+ 50.8	120.5
16 Irkutsk	Ir	+52.28	104.02	+ 41.0	174.4
17 Hartland	Ha	+51.00	355.30	+ 54.6	79.0
18 Tihany-Nagyonk	Ty	+46.54	17.53	+ 46.4	99.1
19 Odessa	Od	+46.42	30.53	+ 43.8	111.1
20 Memambetsu	Mb	+43.55	144.12	+ 34.0	208.4
21 Tibilisi	Tf	+42.05	44.42	+ 36.7	122.1
22 Tashkent	TK	+41.25	39.12	+ 32.4	143.7
23 Fredericksburg	Fr	+38.12	282.33	+ 49.6	349.8
24 Kakioka	Ka	+36.14	140.11	+ 26.0	206.0
25 Tucson	Tu	+32.15	249.10	+ 40.4	312.2
26 Honolulu	Ho	+21.18	201.54	+ 21.1	266.5
27 San Juan	SJ	+18.23	293.53	+ 29.9	3.2

うことが予想される。

最後に Fig.1 (c) に F_2 層嵐の Dst 変化を示してある。これは北半球を緯度によつて次のような6つのゾーン、

- Zone I (80°~90°) : TH, FL, RE, GH
 // II (70 ~80) : BK, NR, RY, LG, TI, (PO)
 // III (60 ~70) : IV, KR, DX, AN, HE, (WI), (ST)
 // IV (40 ~60) : AD, VI, WS, SL, MO, SV
 // V (20 ~40) : WA, TO, GB, PR
 // VI (0 ~20) : TA, (MU), BG, PAR, IB, ND

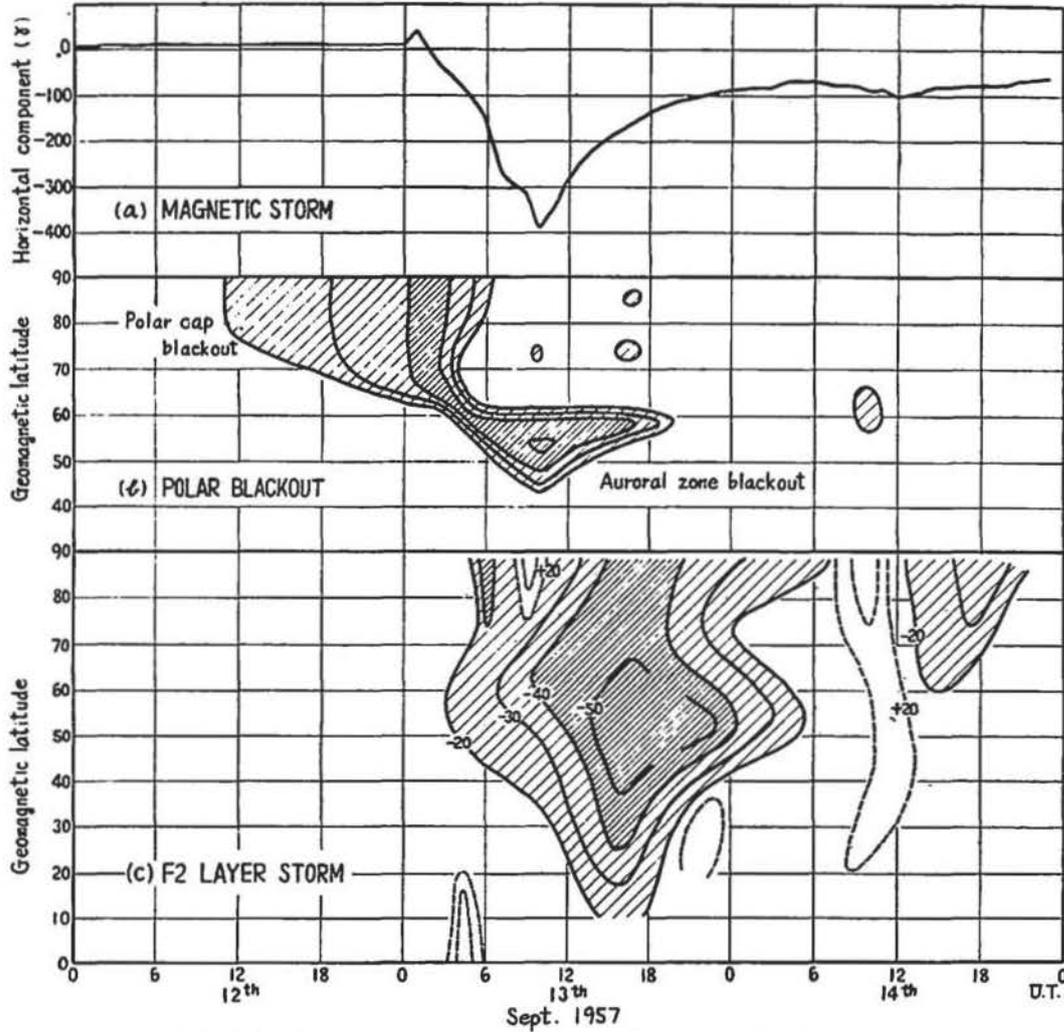


Fig. 1. Dst of magnetic storm, polar blackout and F2 layer storm.

に分け、各ゾーン毎にいくつかの観測所の f_oF_2 の平均値を求めることによつて地方時の影響を消したものである。これから判かるように f_oF_2 の低下は地磁気嵐の急始から数時間後（従がつて主相において）先ず極光帯から始まり、嵐の進行と共に次第に汎世界的規模に拡大している。極冠帯では f_oF_2 の上昇、減少が烈しく入れ代つて複雑であるが、これは散乱性 F 層 (Spread F) の出現のためである。ここで注目すべきことはブラック・アウトが主相において最も発達しているのに対し、 F_2 層嵐は磁気嵐の終期に入った後も拡大をつづけ、赤道から極に至る全領域が 30% 以上の減少を受けた後回復に向つてゐるとのことである。

3・2 各相における地磁気極光帯電流系と電離層嵐のパターンの比較 (DS 変化)

次に DS 磁場変化は一般に Dst の位相によつて異なり、又地方時の函数でもある。

Fig. 2 に前述の地磁気 Dst 変化と比較して Tncson (+40.4°) の水平分力を示してある

が、主相における二つの Bay 状変化が特徴的である。このことから考えても極地方への太陽微粒子の侵入は主相において最も著しく、しかも不規則、断続的に行なわれるものである

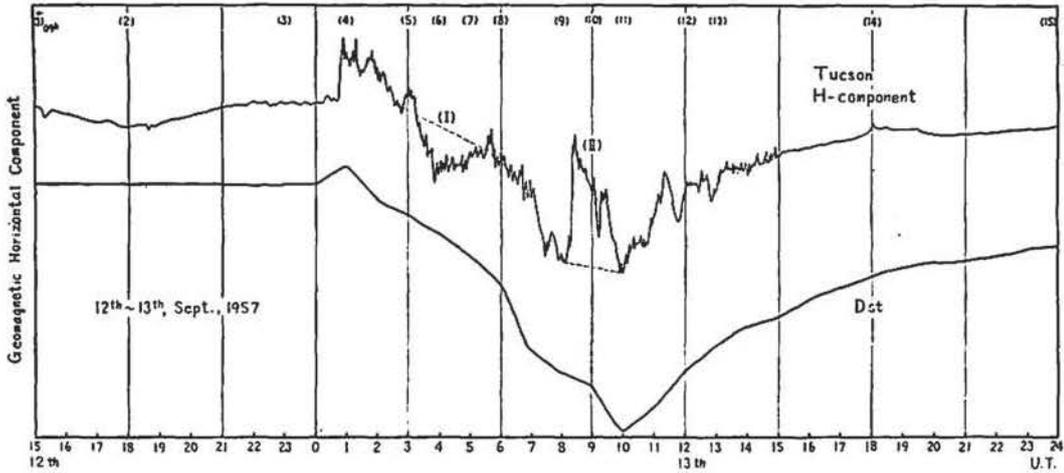


Fig. 2. Geomagnetic horizontal component at Tucson and Dst on Sept. 12-13, 1957

ことが推定される。このような地磁気の大いなる Bay 状変化の時、極光帯電流と電離層嵐との関係はどのようになっているであろうか？あるいは極冠帯ブラック・アウトと関連して地磁気変化は存在しないであろうか？このことを吟味するために、以下 Fig. 2 に番号を付した各過程における地磁気変化の等価電流系と電離層嵐のパターンを Fig. 3 において示し、それらを比較して見ることにする。

(i) Pre-SC stage (1)~(3)

SC の13時間前 (Stormtime = -13h) 頃から極冠帯ブラック・アウト (ハッチ) が発達し

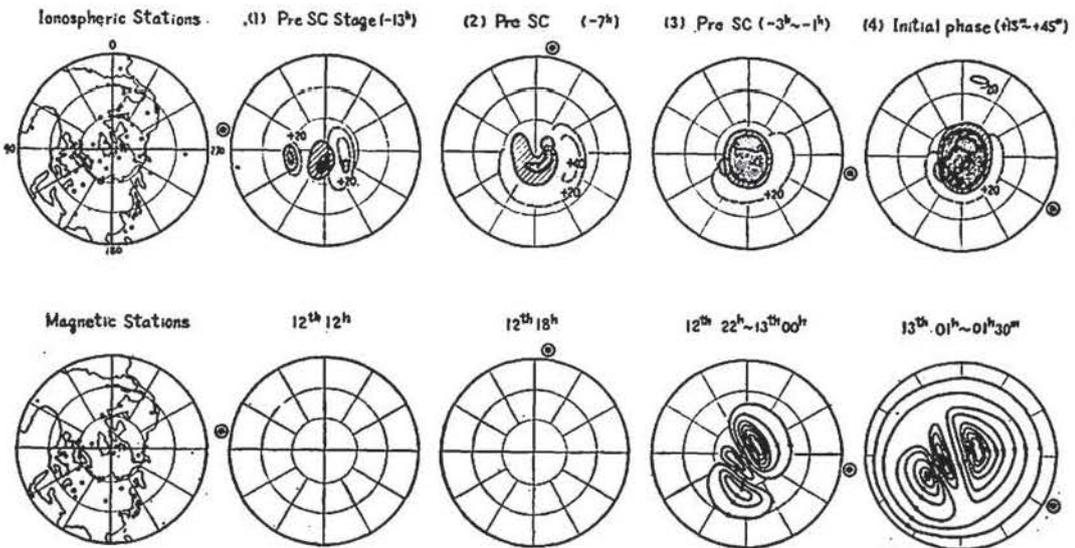


Fig. 3. Ionospheric and geomagnetic storms on Sept. 12-24, 1957 (I)

はじめ、その領域は時間の経過と共に次第に発達して、SCの直前には極冠帯一面をおおうようになっているこれに対して顕著な地磁変化は起っていないが、-3hではやや擾乱を受け、その電流系の位相、形は初相のそれと類似している。このとき高緯度で f_0F_2 がやや上昇しているがその値は deviation $D^*)$ に較べてそれ程大きくない。

(ii) 初 相 (4)

初相では極冠帯ブラック・アウトの領域が増大し、これに対応して地磁気変化の電流系も強められている。然しその位相は Pre-SC stage と殆んど変化していない。従がつて本質的には両者の電流系には相違がないと思われる。

(iii) 主 相 (5)~(11)

Fig. 2 の Tucson の 水平分力の主相に、I, II と示した二つの顕著な Bay 状変化がある

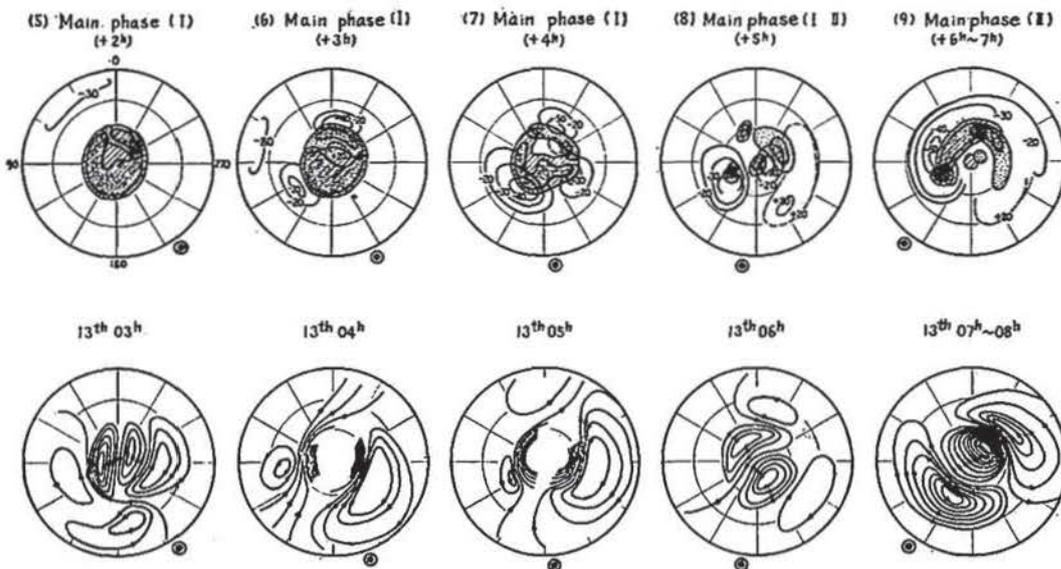


Fig. 3. Ionospheric and geomagnetic storms on Sept. 12-14, 1957 (II)

が、(5)~(7)の電流系 I の場合であり、ブラック・アウトの領域は極冠帯で次第に消滅しつつ、極光帯に移行している。それにまたがつて夜の側に Storm Es の領域がつかつていく。極附近の異常電離の存在しない領域では F_2 層の散乱が見られる。(6), (7) の stage で

*) f_0F_2 の deviation D を

$$D = \frac{1}{24} \sum_{t=0}^{23} D(t) \dots\dots\dots (7)$$

$$D(t) = \frac{1}{30} \sum_{n=1}^{30} | \{ f_0 F_2(t) \}_n | \dots\dots\dots (8)$$

によつて定義する。

極冠帯では $D \approx 20\%$ 、極光帯あるいはそれ以下では $D \approx 10\%$ である。ここでは最も変動の大きい極冠帯における deviation $D=20\%$ を有意性の尺度として採用する。従つて $\pm 20\%$ 以上の変化を等高線で示し、電離層嵐として議論することにする。

は極光帯附近でやや f_0F_2 の劣下が見られる。これに対応して地磁気変化の電流系はブラック・アウト, Storm Es の混在する附近に最も著しい電流が存在している。それらは福島らの求めた平均的な Bay の電流系に良く似ている。

次に(8)の小休止的, 過渡的状态を経て, (9)(10)(11)はIIの Bay 状変化に相当するパターンである。ブラック・アウトの領域は Dst 磁場の発達と共に, 主として午前側の側から右廻りのスパイラル状に極めて低緯度まで延びているが, Storm Es の領域は依然として夜の側に存在する。 F_2 層嵐もこのころからようやく発達をはじめ, 主として午後の側から f_0F_2 の劣下が見られる。午前側の極光帯電流はブラック・アウト及び Storm Es の領域と共に次第に位相を変えつつ南下するが, 午後の側のそれは不明瞭になる。

(vi) 終 相 (12)~(14)

ブラック・アウト及び Storm Es は離散的になるが, f_0F_2 の劣下はますますその領域を

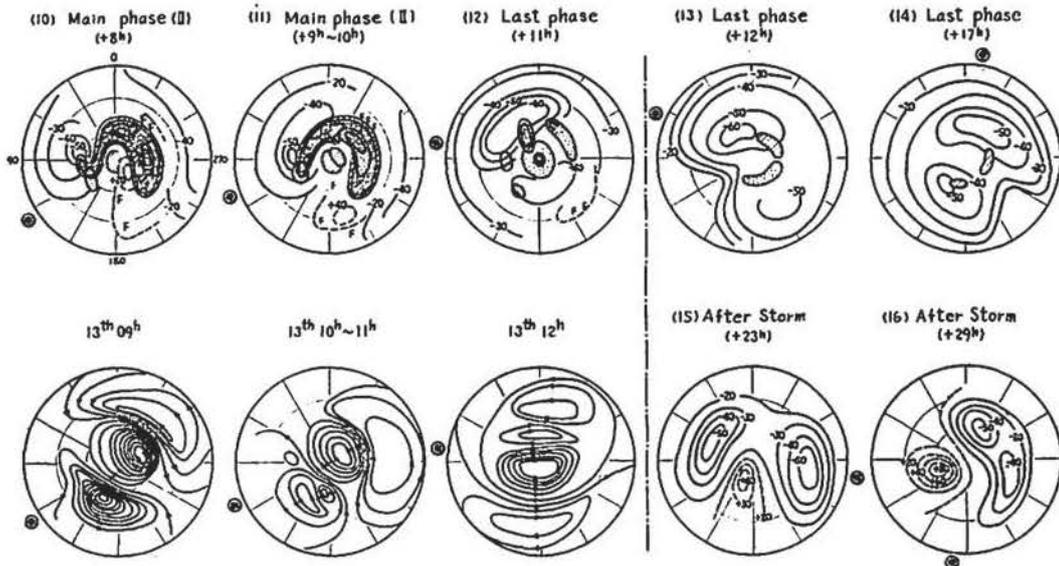


Fig. 3. Ionospheric and Geomagnetic Storms on Sept. 12-14, 1957 (III)

拡大し, 中低緯度まで及ぶ。然し(14)頃から次第に F_2 層嵐も劣化をはじめ。この終相においては顕著な DS 場変化は見られない。

(v) 嵐 の 後 (15)~(16)

地磁気嵐が終る頃, 午前6時頃の高緯度地方に顕著な異常上昇の領域があらわれ, その領域は太陽と共に西にまわっている。時間の経過と共に F_2 層嵐は次第に衰え, +35h 頃(14日12時)大体平常状態にもどっている。

§ 4. 極冠帯擾乱と極光帯擾乱

前節で述べたことから明らかなように, 電離層嵐及び地磁気嵐の DS 変化は, SC の前

後で著しくその様相が異なる。即ち SC 及びそれ以前での擾乱は主として極冠帯に極限されているが、磁気嵐の生起後 Dst 磁場の発達するにつれてそれらは次第に極光帯に移行してゆく。従がつてそれらを夫々極冠帯擾乱 (Polar cap disturbance) 及び極光帯擾乱 (auroral zone disturbance) と呼んで別々に問題点にふれてみよう。

4・1 極冠帯擾乱

前述したように SC の3時間前に既に主として極冠帯に微少ではあるが、地磁気嵐に関連があると思われる地磁気変化が認められる。Fig. 4 (a) はその電流系とブラック・アウト及

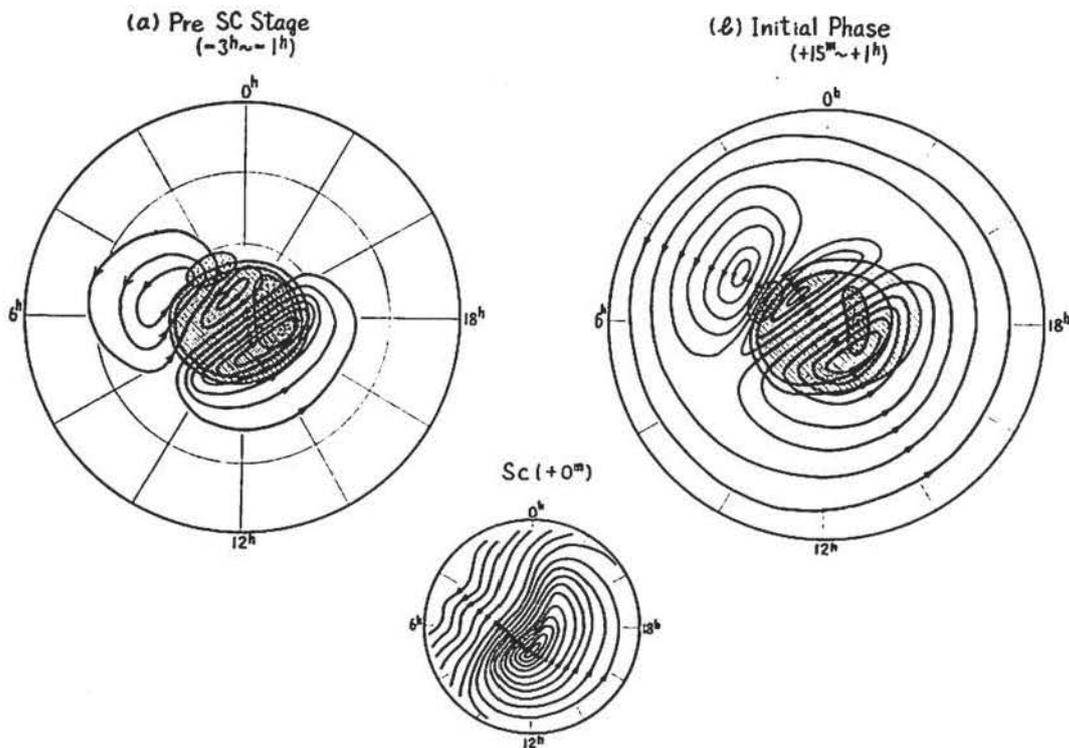


Fig. 4. Current system of polar geomagnetic disturbance and enhanced ionization of polar ionosphere. (a) Pre SC Stage (-3 h-1 h)
(b) Initial Phase (+15 m-+1 h)
(c) SC (+0 m)

び Es のパターンを重ね合せたものである。両者は極めてよく一致しており、これらの電流が極冠帯の異常電離領域に起因して流れていることは明らかであろう。Fig. 4 (b) は初相の電流系を示したものであるが、これは (a) の場合と本質的には同一のものである。勿論、極冠帯電流系の伝導体であると考えられる異常電離領域は SC の前後でその発生領域が拡大しており、SC の直後荷電微粒子群の侵入が急増したことを示しており、それに伴つて地磁気の極冠電流系も強められている。然し電流系の位相は Pre-SC Stage とほぼ一致しており、両者は同一機構によるものであることを示している。これに対して (c) に示す SC の電流系は (a) 及び (b) と異質であり、SC 変化の主原因はかなり外方の別の機構によるもので

あることを示している。例えば微粒子雲による地球磁場の圧縮機構などである。しかし電離層内の原因も無視はできないようである。SCにおけるこのような問題は今後の問題点として重要なものであると思われる。極冠帯ブラック・アウトは type IV のアウト・バーストに関連して生成された $10\sim 100\text{Mev}$ の Proton が磁気嵐を起す荷電粒子雲に先行して極冠帯に侵入して発生するもので、このような高エネルギー粒子は地球大気深く侵入し、 $40\sim 70\text{ km}$ 附近に異常電離を起すが、このような低高度では電気伝導度が悪く、従がつて極磁気嵐は起らないといわれている。然しながら高エネルギー粒子の貯蔵庫である荷電粒子雲が次第に膨脹して、その内部に凍結している磁場が弱まるにつれて、そこから放出される微粒子も次第に低エネルギーになつてもよいはずであり、従がつて SC の直前にはダイナモシートである $80\sim 100\text{ km}$ の高度にも異常電離が増大してもよいはずである。大林と Jacobs は SC の直後に形成される電流系を説明するのに極冠帯異常電離領域を仮定したが、[4] SC 直後に強められた極冠帯ブラック・アウト領域がそれに当たると考えてよい。しかしそこに形成される電流系は SC の直後に突然できるものではなく、SC 以前から既にその下地がかなりできていることを強調したい。

4・2 極光帯擾乱

先に地磁気嵐主相に二つの顕著な Bay 状変化が (Fig. 2) 起つたことを述べたが、ここではその典型的なパターンについて考察する。Fig. 5 (a) の I の場合は主相に入つたばかりであるがブラック・アウト、Storm Es の領域が極光地域に移行し、ブラック・アウトは昼間、Es は夜間に出現し両者は互にまたがつて存在する。そしてこの時の極光帯電流系はこれら

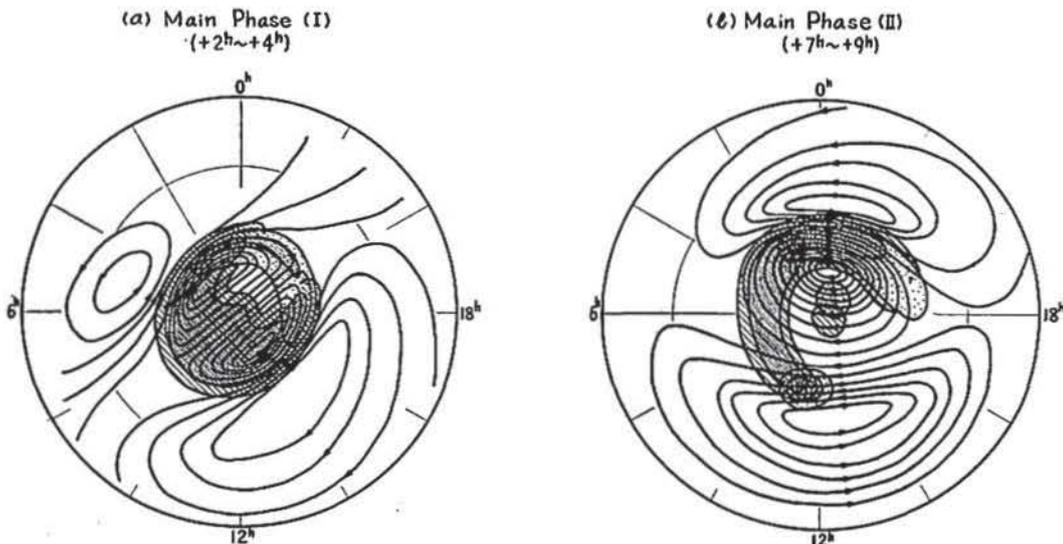


Fig. 5. Current system of polar geomagnetic disturbance and enhanced ionization of polar ionosphere. (a) Main Phase (I) (+2 h-4 h)
(b) Main Phase (II) (+7 h+9 h)

の領域にそつて流れていることが明らかに見られる。一般にブラック・アウトはD層の異常電離であり、Storm Es は E 層のそれであるから両者のパターンはとりもなおさず太陽微粒子の D, E 層への侵入過程を示すものといえよう。そしてブラック・アウト及び Es の領域が接するあたりに最も密度の高い電流が流れていることは 100 km 附近にダイナモ領域があることと一致している。又この場合の電流系が福島によつて求められた平均的な電流系に極めてよく一致することは注目すべきである。

これに対してIIの場合 (Fig. 5 (b)) は Dst 場が異常に発達した時に当るので、ブラック・アウト及び Es も著しく低緯度にまで延びている。この場合も Es 層及びブラック・アウトの領域を極光帯電流が、非常に密に流れているが、特に夜の側でその対応が著しい。これはIの場合の午前側の電流系が異常電離領域とともにその緯度及び位相を変化したものと考えられる。

以上から判かるように主相における極光帯電流の強弱と Es 及びブラック・アウトの極光帯における展開とが、時間的にも場所的にもよく対応しており、このことから考えて太陽微粒子の侵入は極めて不規則且つ断続的で、それに伴つて発生する Bay 状擾乱の集合として極磁気嵐が発達していることは明らかである。

§ 5. 結 論

1957年9月10日00時45分に起つた急始地磁気嵐とそれに伴つて発達した電離層嵐の関連を検討した。北半球27地磁気観測所の資料から求めた地磁気各相における極電流系と、53電離層観測所の f_oF_2 , f_{min} , f_oE_s 資料から求められた電離層嵐の発達を比較検討した結果次の結論を得た。

- (1) SC の十数時間前より極冠帯にブラック・アウトが始まるが、それは地磁気嵐と無関係であるといわれている。しかしこの擾乱では SC の3時間前には既に極冠帯電流系が形成されており、それは、本質的に磁気嵐初相のそれと同一である。したがつて極冠帯ブラック・アウトに関連して SC 前から既に極冠電流系が形成されるように思われる。
- (2) 磁気嵐の主相に極めて顕著な bay 状の変化が2つみられる。第一の場合の極磁気嵐電流図は福島によつて求められた平均的な電流図によく似ているが最も擾乱の烈しい時期に起つた第2の場合極光電流系は著しくその緯度及び位相が変化している。これらの電流系は極光帯ブラック・アウト及び Es 層の出現のパターンとよく一致しており太陽微粒子流の侵入による下部電離層の異常電離が極磁気嵐の原因であることを示している。この様に主相に於ける極光電流の強弱と、Es 及びブラック・アウトのそれが時間的に一致することから考えて、太陽微粒子流の侵入の過程は極めて不規則且つ断続的である

が, それに伴って起る bay disturbance の集合として極磁気嵐が発達していることが明らかである。

- (3) ブラック・アウト及び Es の出現は磁気嵐の進行と共に極めて規則的に発達し, 両者のパターンは, 太陽微粒子の地球大気への侵入の過程を明らかに示している。そしてブラック・アウトと Es が相接して出現する附近に特に強い極光帯電流が流れていることは, 100 km 附近にダイナモシートが存在することを示している。
- (4) 極光電流系は Dst 磁場の発達に伴って著しく南下する。その際午前側の電流系は常に Es 及び極光帯ブラック・アウトの南下とよく一致しているが午後側のそれは特に嵐の極大において明瞭な対応がみられない。
- (5) F_2 層嵐は SC の数時間後, 日照光帯から始まり, 午前の側から次第に発達する。磁気嵐の主相では極光電流系と F_2 層嵐のパターンは一定の関係にあるようであるが, F_2 層嵐の Dst を求めてみれば判るように, それが汎世界的に発達するのはむしろ磁気嵐の終相においてである。従って F_2 層嵐と極光帯電流系とを簡単に結びつける訳にはいかない。

References

- [1] Chapman, S. and J. Bartels; Geomagnetism(1940).
- [2] Stewart, B.; Encyclopedia Britanica 9th et., 16, 181 (1882). Schuster A.; Phil. Trans. Roy. Soc., A, 208, 163 (1908).
- [3] Nagata, T., N. Fukushima and M., Sugiura; J.Geomag. Geoele., 2, 35 (1950). Fukushima N.; J. Fac. Sci. Univ. Tokyo, Sec II, Vol VIII, Part V (1953).
- [4] Obayashi, T. and J. A. Jacobs; J. Geophys. Res., 62, 589 (1957).
- [5] Appleton, E. V., R. Naismith and G. Builder; Nature, 321, 340 (1933). L. Harang; The Aurorae (1951). R. W. Knecht; J. Geophys., 61, 59 (1956).
- [6] Oguchi, T.; Rep. Ionos. Space Res. Japan 14, 291 (1960).
- [7] Hakura, Y., Y. Takenoshita and T. Otsuki; Rep. Ionos. Res. Japan, 12, 459 (1958). T. Obayashi and Y., Hakura; Rep. Ionos. Space Res. Japan 14, 1 (1960). Y. Hakura; J. Radio Res. Lab., 7, in Press (1960).
- [8] Appleton, E. V. and W.R. Piggott, J. Atmos. Terr. phys., 2, 236 (1952). D. F. Martyn; Proc. Roy. Soc. London A, 218, 1 (1953). T. Obayashi; J. Radio Res. Lab., 6, 375 (1959) K. Sinno; Rep. Ionos. Res. Japan, 9, 166 (1955). S. Matsushita; J. Geophys. Res., 64, 301 (1959). Symposium on Ionospheric Storms, Rep. Ionos. Res. Japan, 8, 1 (1954),