

1958年7月8日の地磁気嵐と電離層嵐の 発達について

永井正男

概要

1958年7月8日07時48分世界時に起こった地磁気嵐は Fast Type の PCA に対応する。これに対しさきに解析した 1958年2月11日の地磁気嵐は, Slow Type の PCA である。2月11日の場合は, PCA の発達過程と一致して Pre-sc 擾乱の発達過程をとらえることができた。7月8日の PCA の初期の発達過程においては地磁気の変化はほとんど静穏であり, ブラック・アウトの領域が完全に極冠帯および極光帯の全領域をおおった後初めて Sharp Negative Bay が急発達した。これは2月11日の場合と非常に異なっており Fast Type の場合の特性の一つと考えられる。

sc の3時間前に DP (Pre-sc) 電流系が極冠帯ブラック・アウトと関連してすでに形成されておるが, この電流系と初相のそれとは本質的に全く同じパターンを示している。これは2月11日の場合とよく一致する。したがって sc の二・三時間前から地磁気嵐の初相にいたる間においては Fast Type と Slow Type の区別はつけられない。

主相においては D_{st} 磁場の発達にともなって異常電離領域も著しく南下する。2月11日の場合は午前側の側から真夜中にかけて極光帯ブラック・アウトがスパイラルにのび, 午後側の側から真夜中にかけて Storm E_s の領域が発達するが, 7月8日の場合は極光帯の全領域をおおってブラック・アウトだけが観測される。これはきわめて特異な例である。電流系は下部電離層における異常電離領域の発達と同様, 初相のそれがさらに増大されたパターンを示すが, 昼夜の区別がなくなり極光帯全域で極めて大きな値を示している。これは初相の電流系にさらに Auroral Electrojet が増大されて附加されたものと考えられる。

1. 緒言

1958年7月8日07時48分世界時に起こったこの地磁気嵐は, 東京天文台の報告によると⁽¹⁾, 7日00時32分および00時39分にそれぞれ太陽面の中心部に近い N 25°, E 7° および N 24°, W 9° で起こった Imp. II⁺ および Imp. III⁺ の大きな二つのフレアーによっておこされ, IV 型のアウト・バーストをともなっている。柿岡における急始の大きさは $\Delta H: +116 \gamma/2 \text{ min}$ で IGY 期間中で一番大きな立上りを示し, 又 H の較差は 472γ で第3番目に大きな地磁気嵐である。フレアーの開始から ssc までの時間は31時間で太陽—地球間を平均 $1.34 \times 10^8 \text{ km/sec}$ の速度で太陽微粒子流が飛来したことを示している。

College の Riometer の記録によれば⁽²⁾, フレアー後約1時間して07日01時30分世界時には Polar cap event が始まり78時間以上の経続がみられ, Cosmic Noise Absorption の最大は 15 db 以上であった。

極冠帯における PCA の強度は到来する太陽宇宙線フラックスにほぼ比例するが、その時間変化の型は大別して Single 型と Complex 型に分けられる。Single 型とはフレアー、PCA および磁気嵐と一連の事象が孤立しておこるもので、これに対して Complex 型は一連のフレアー、PCA、磁気嵐の期間中に別のフレアーによる磁気嵐や PCA が明らかに混入する場合で、したがって PCA の時間変化は非常に複雑なものとなる。

Single 型はこれをさらに Fast Type, Slow Type および対応するフレアーが判然としないものに分けられる。この分類は主として PCA の開始時間 (フレアーと PCA 開始の時間差 ΔT_{sc}) によるものであるが、PCA の最大になるまでの時間、 ΔT_{max} も考慮に入れると $\Delta T_{\text{max}} \approx 20$ 時間を境にして、これより早く最大になるもの F と、それよりも遅くむしろ磁気嵐の開始頃に最大になる F^* に分けられる。これは Leinbach (1962) の分類による Pre-sc Max 型と sc Max 型に対応する。Slow Type はフレアーの発生から 10 時間以上もたってはじめて PCA として認められるもので Long Delayed PCA とも呼ばれる⁽³⁾ (1964, 大林)。

1958 年 2 月 11 日の PCA は Slow Type に属し、1958 年 7 月 8 日の PCA は F^* に属する。

太陽粒子密度の時間変化は Single 型についてみると、高エネルギー粒子ほどはやく到来し、したがってタイム・スケールも短い、低エネルギーの粒子になるほど密度の最大はあとにずれ、10 MeV 程度ではほぼ磁気雲の到来と一致する。また低エネルギーの粒子ほど磁気雲にトラップされたための変化が著しくなり、高エネルギーでは sc の直後からその粒子密度が減少するのと対称的である。

したがって極冠帯ブラック・アウトに関連して sc 前からすでに極冠電流系が形成されるように思われる。

この研究においては、はじめに 1958 年 7 月 8 日におこった地磁気嵐の特性を解析し、ついで f_{min} の増加のパターンとそれに対応した極冠電流系の発達過程をフレアーの開始後 1 時間より地磁気嵐の主相に至るまでを汎世界的に比較検討した。

解析方法および使用した資料の観測所の一覧はとりまとめて APPENDIX に示される。

2. 結果の概要

A) Ds 変化の特性

第 1 図には 1958 年 7 月 8 日におこった地磁気嵐の概観を知るために柿岡における H, D, Z 3 成分の記録が示される。初相から主相にかけて周期の早い変化が卓越し Dst 変化に重なっているのが見られる。又第 2 図には極光帯における Big Delta の 3 成分の記録が示される。ssc の始まる 21 時間前に Sharp Negative Bay が観測され、この地磁気嵐の導火線となっているのが特徴的に示される。

第 3 図には Kakioka, Honolulu, Tucson, San Juan, San Fernando, Tifis の 6 つの観測所から求めた ΔX_m (地磁気北成分) の Dst を地磁気緯度 0° に換算した Dst_0 の値が、ssc の 24 時間前より 48 時間後にいたるまで示されている。極小値は ssc の 15 時間後 360γ

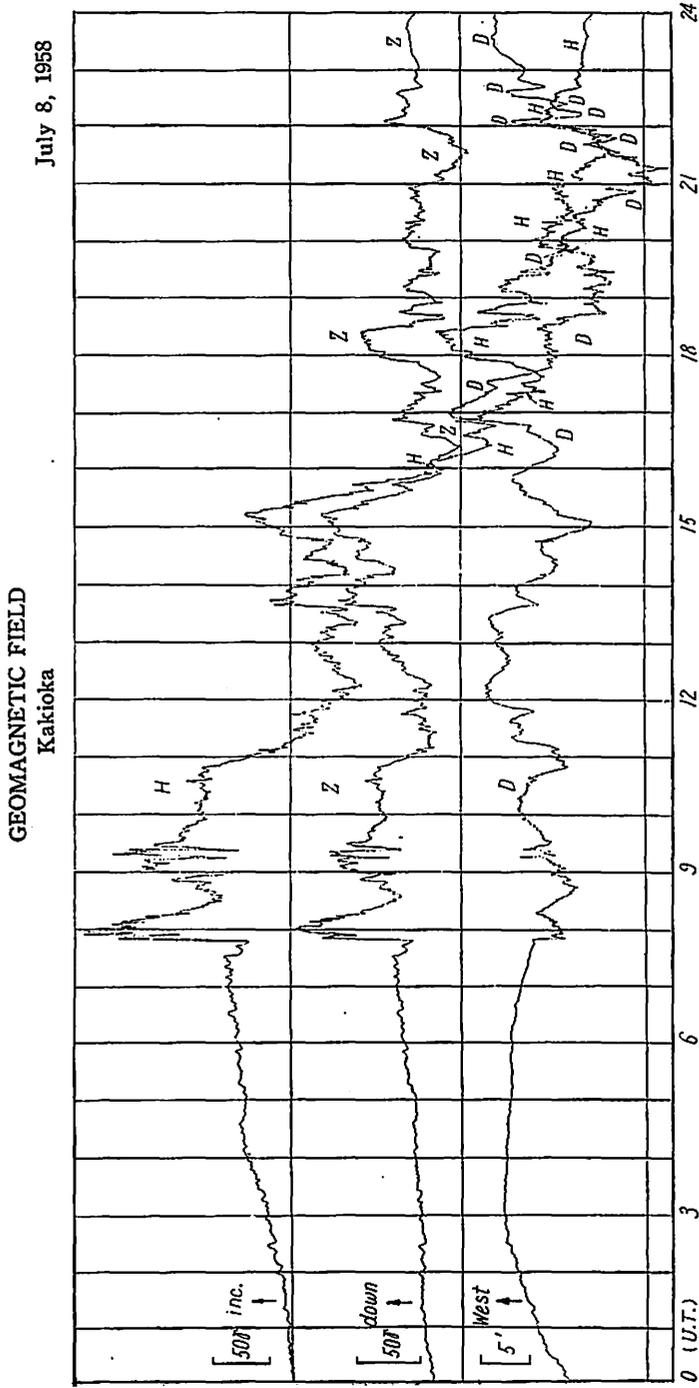


Fig. 1 Three components of geomagnetic field intensity on July 8, 00h~24h UT, 1958, observed at Kakioka, Japan.

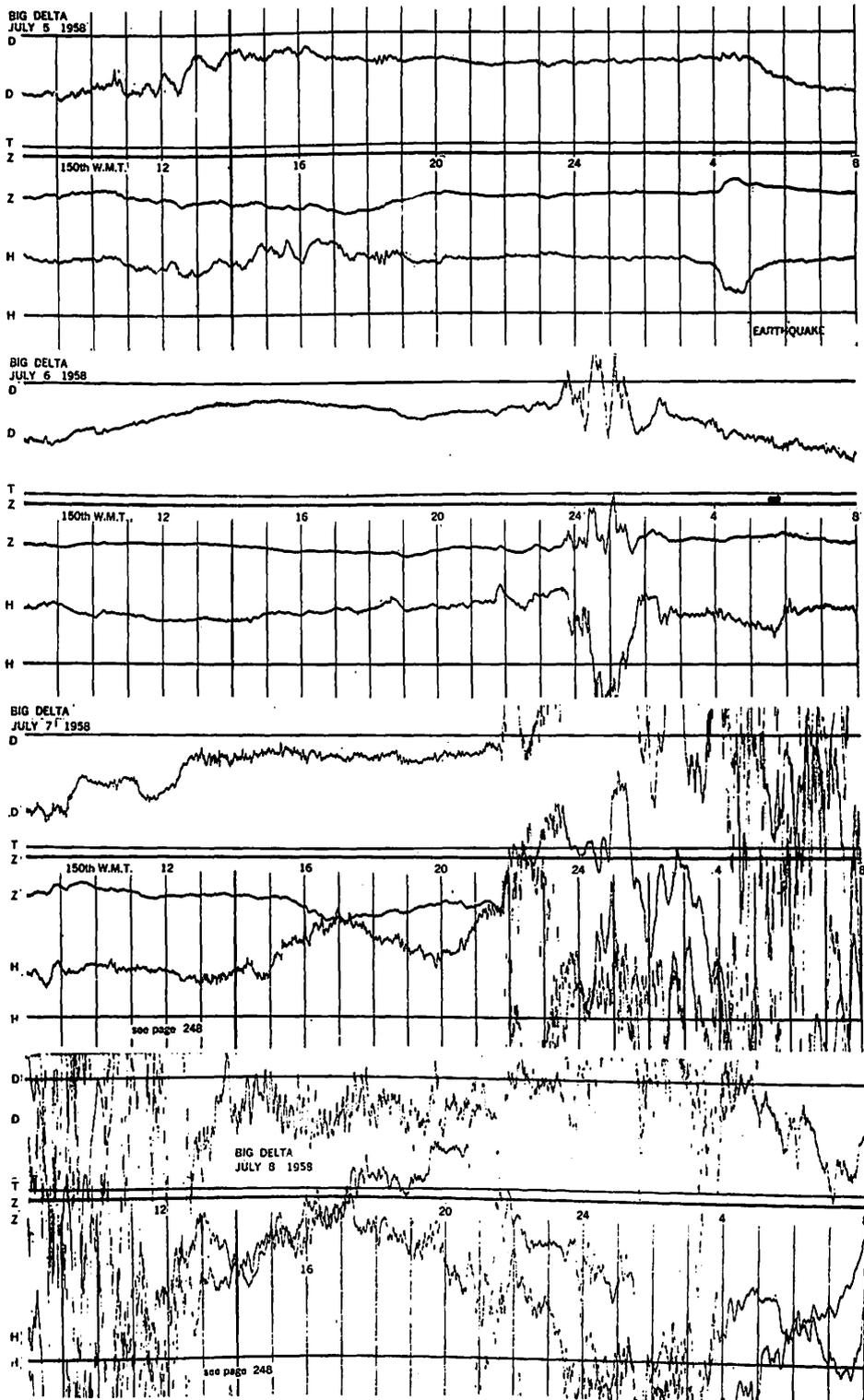


Fig. 2 Three components of geomagnetic field intensity at Big Delta in the auroral zone (July 5^d 08^h~9^d 08^h, 150th W.M.T.).

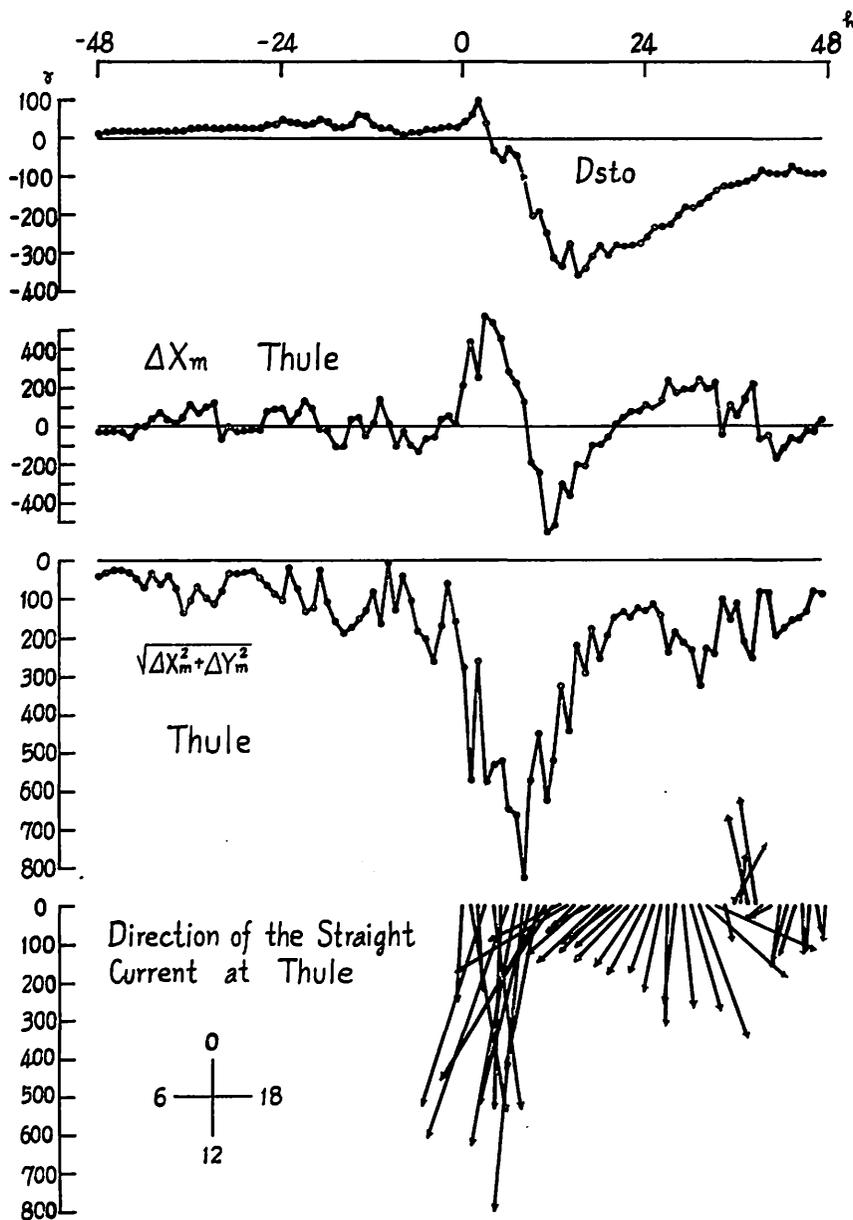


Fig. 3 Dst dependency for the directions of straight currents in the central part of the polar cap.

- (a) Storm-time variation of Dst.
- (b) Intensities of the geomagnetic north component ΔX_m at Thule.
- (c) Intensities of horizontal vector $\sqrt{\Delta X_m^2 + \Delta Y_m^2}$ at Thule.
- (d) Directions of the straight currents in local geomagnetic time (The length of the current arrow shows an intensity of horizontal vector at Thule).

に達する。又 Thule における ΔX_m の値および水平ベクトルの大きさ $\sqrt{\Delta X_m^2 + \Delta Y_m^2}$ が示される。ssc の 8 時間後に水平ベクトルの最大 825γ に達する。さらに ssc から 48 時間後まで Thule における直線電流の方向が矢印によって示されている。Dst の回復過程において扇の骨の如く、地磁気地方時の 8 時の方向から 16 時の方向まで次第に遅れるのがはっきりと示されている。又ベクトルの向きが 180° 回転して 1 時~22 時の方向を指しているのが見られるが、これは西田・岩崎によって報告されている⁽⁴⁾新しい型の地磁気変化と同様の現象ではないかと推測される。以上の結果を 1958 年 2 月 11 日の地磁気嵐の場合と比較すると⁽⁶⁾、Pre-ssc stage における Dst の変化は今回の地磁気嵐においてはほとんどないにもかかわらず、水平ベクトルの大きさは逆に大きくなっているのがわかる。Thule における水平ベクトルの季節変化は 5 擾乱日の平均から求めると、夏では大きく 160γ を示し冬では小さく 60γ を示すことから⁽⁶⁾、季節変化による差異が影響しているように思われる。直線電流の方向が Dst の変化にともなって、午前側の側から午後側の側に遅れる現象は二つの地磁気嵐においてよく一致している。

第 4 図には、アメリカゾーンにおける College, Sitka, Victoria の ΔX_m の変化が地磁気緯度の順に示される。地磁気活動度の最盛期においては極光帯の College よりはむしろ

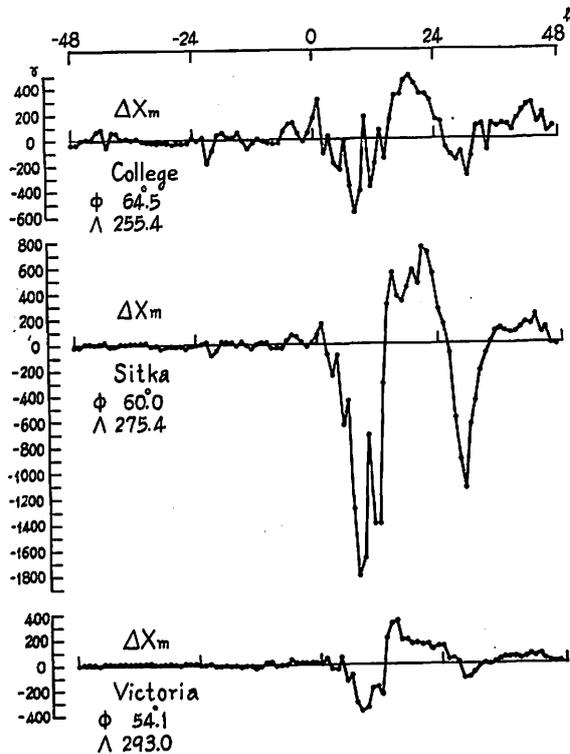


Fig. 4 Latitudinal change of ΔX_m at College, Sitka and Victoria in North American region.

その南にある Sitka において 1800γ の大きな値を示しているのが注目される。

第5図にはさらに東側のアメリカゾーンにおける, Baker Lake, Churchill, Agincourt, Fredericksburg の ΔX_m の変化が示される。これをみて面白いことは Pre-sc Stage における地磁気擾乱は極光帯の北では 200γ 程度であるが, 南ではほとんど静穏に近いことである。

このことは第6図のヨーロッパゾーンにおける, Tromsø, Dombås, Lövo, Rudskov の ΔX_m の変化をみてもいえる。Tromsø では急始の10時間前から Pre-sc 擾乱が顕著にみられる。又 Lovö, Rudskov では0~24時においてきわめてよい相似の変化を示しているのが特徴的である。

第7図には極光帯のやや南の地磁気緯度 $61\sim 63^\circ$ の間における, 西より Lerwick, Dixon, Anchorage, Meanook の ΔX_m の変化を示した。Anchorage, Meanook では地磁気緯度が 43° 違うため, 極大値・極小値の時間がややずれるが(約3時間), ΔX_m の較差はほぼ等しく, よく似た変化を示している。これは永田等⁷⁾が指適している如く, 大きな地磁気嵐においては活動度が増すにつれて地磁気共軛性が極光帯およびその南側で拡大するため, 後にのべる如く, よりよい地磁気共軛点である Baker Lake, Little America, 及び Chur-

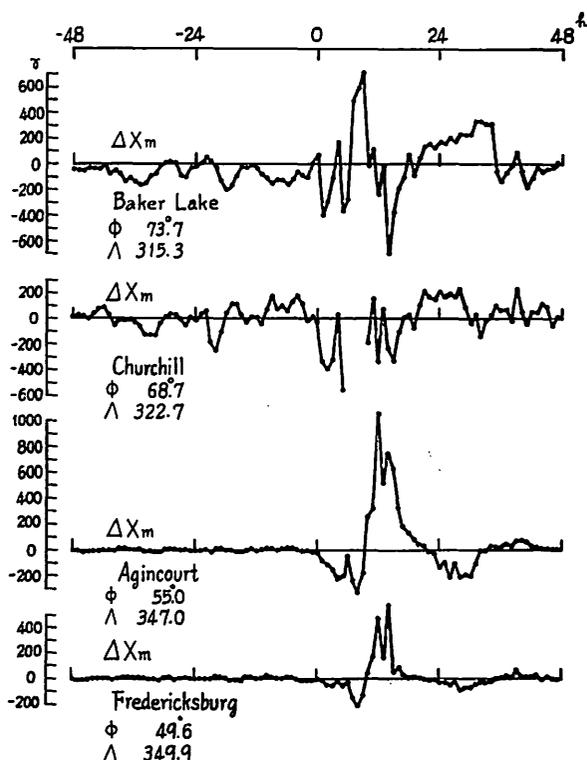


Fig. 5 Latitudinal change of ΔX_m at Baker Lake, Churchill, Agincourt and Fredericksburg in East American region.

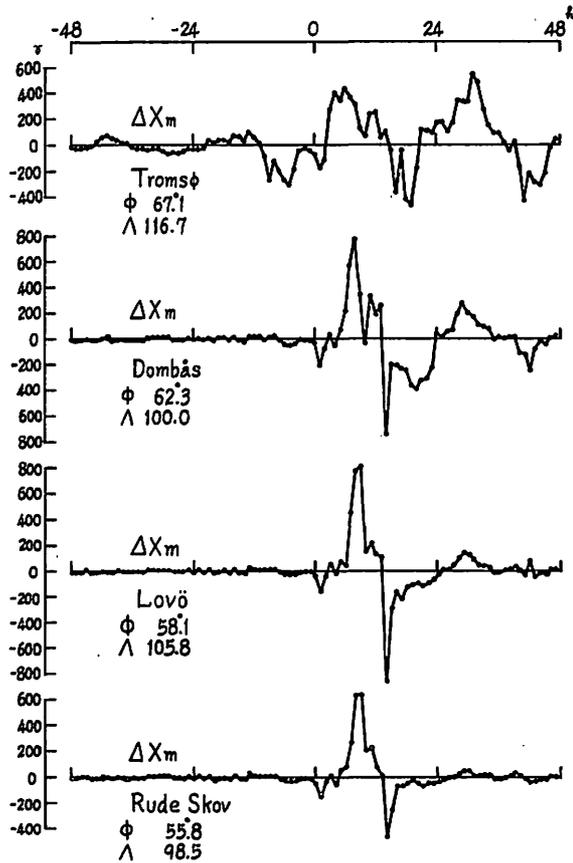


Fig. 6 Latitudinal change of ΔX_m at Tromsø, Dombås, Lovö and Rude Skov in European region.

chill, Byrd Station の極光帯の北側の地点でよい相関を示していない。

第8図には地磁気緯度 $49^{\circ} \sim 54^{\circ}$ までの地点の ΔX_m の変化が西から示してある。この緯度では地磁気活動度の最盛期に太陽からどのような位置にあったかによって ΔX_m の大きさが大部ことなっている。勿論 DS の値を示したものであるから 180° 異なった地点で変化の符号が逆になることは論をまたない。例えば Kazan と Victoria ではほぼ反対であり、Kazan では前半が $+240\gamma$ 後半が -670γ であるが、Victoria では逆に前半が -380γ 後半が $+340\gamma$ となり、Yakutsk の後半の -850γ が最大を示している。

第9図 a~c には (Baker Lake, Little Amerika), (Churchill, Byrd Station) の2つの地磁気共転点における ΔX_m , ΔY_m , ΔZ の3成分の変化が示される。又参考のために第10図 a~c には 1958年2月11日における上記地磁気共転点における3成分の変化が示される。

第1表には急始の時間を起点として $-24^h \sim -1^h$, $0^h \sim 23^h$, $24^h \sim 47^h$ の3日間について、

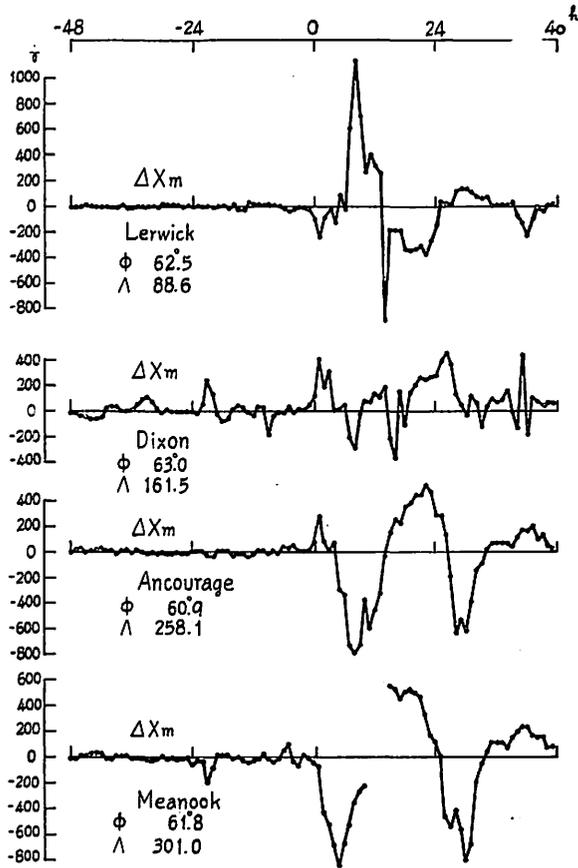


Fig. 7 Longitudinal change of ΔX_m at Lerwick, Dixon, Anchorage and Meanook in the auroral zone.

地磁気共軛点における3成分の変化の相似性を相関係数によって表現した。2月11日の地磁気嵐の方が7月8日のそれより相関がよくなっている。これらの値を国分⁽⁸⁾が求めた昭和基地, Reykjavik における Negative Sharp Bay, Positive Broad Bay のそれぞれ 0.8 及び 0.6 の相関係数に比べると、悪い値を示している。これは特別な現象で比較しなかったこと、および統計した時間系列が長いため不規則かつ断続的に起る地磁気変化の強弱の遷移過程において負の相関が入りやすいことが原因と考えられる。

これを前述した如く、極光帯の南における Lovö, Rudeskov あるいは3時間の位相はずれるが Anchorage, Meanook でよい相関を示しているのと比べ興味のある現象である。

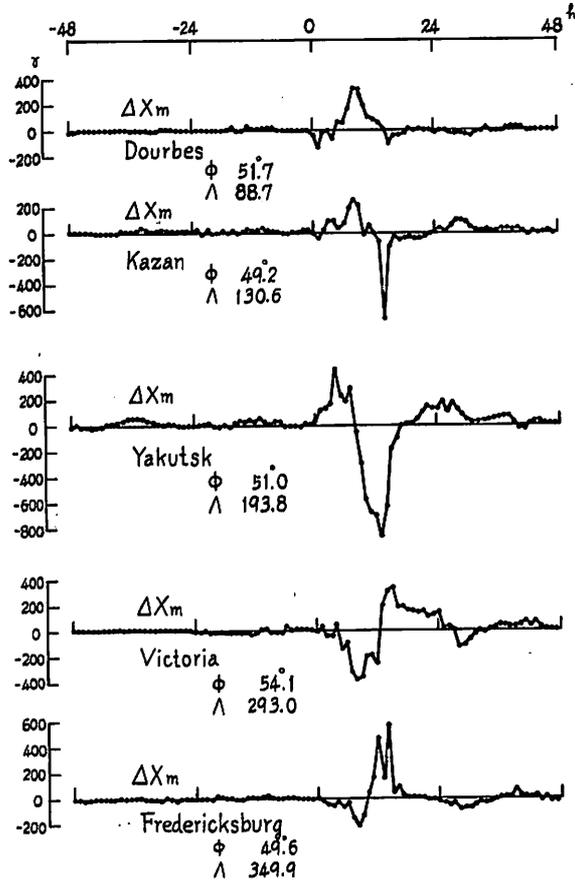


Fig. 8 Longitudinal change of ΔX_m at Dourbes, Kazan, Yakutsk, Victoria and Fredericksburg in the sub-auroral zone.

Table 1 Correlation coefficients for magnetic variations at two conjugate pairs.

1. July 8, '58

Conjugate Pair		Component	North	East	Vertical
		Storm time			
Baker Lake λ 315.1 ϕ 73.7	Little America λ 312.0 ϕ -74.0	-24h ~ -1h	-0.14	-0.65	0.61
		0h ~ 23h	0.69	-0.73	0.43
		24h ~ 47h	-0.36	-0.02	0.52
Churchill λ 322.7 ϕ 68.7	Byrd Station λ 336.0 ϕ -70.6	-24h ~ -1h	0.46	-0.37	0.31
		0h ~ 23h	0.29	-0.12	0.67
		24h ~ 47h	0.09	0.30	0.36

2. Feb. 11, '58

Conjugate Pair		Component	North	East	Vertical
		Storm time			
Baker Lake	Little America	-24h~-1h	0.31	-0.92	0.83
Λ 315.1	Λ 312.0	0h~23h	0.60	-0.41	0.99
ϕ 73.7	ϕ -74.0	24h~47h	0.33	-0.81	0.58
Churchill	Byrd Station	-24h~-1h	0.66	-0.69	0.64
Λ 322.7	Λ 336.0	0h~23h	0.64	-0.32	0.81
ϕ 68.7	ϕ -70.6	24h~67h	0.20	-0.64	0.68

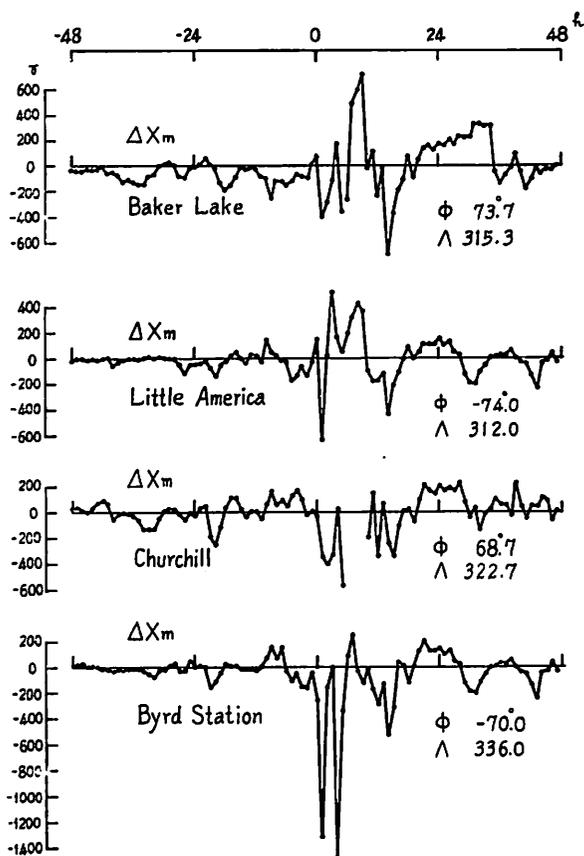


Fig. 9a

B) f_{min} の増加のパターンと DP 電流系の発達

第11図 a~r において f_{min} の増加のパターンと DP 電流系の発達の過程が汎世界的に示される。

急始の時間を起点として Storm time によってフレヤーの開始から地磁気嵐の主相までを概観すると次の如くである。

(a) 7月7日 0~1時 (-31時)

フレヤーの開始した時間においては地磁気の変化は汎世界的に静穏である。 f_{min} の増加もまだみられない。

(b) 7月7日 1~2時 (-30時)

f_{min} の 1 MC/S の増加が極冠の一部で観測される。

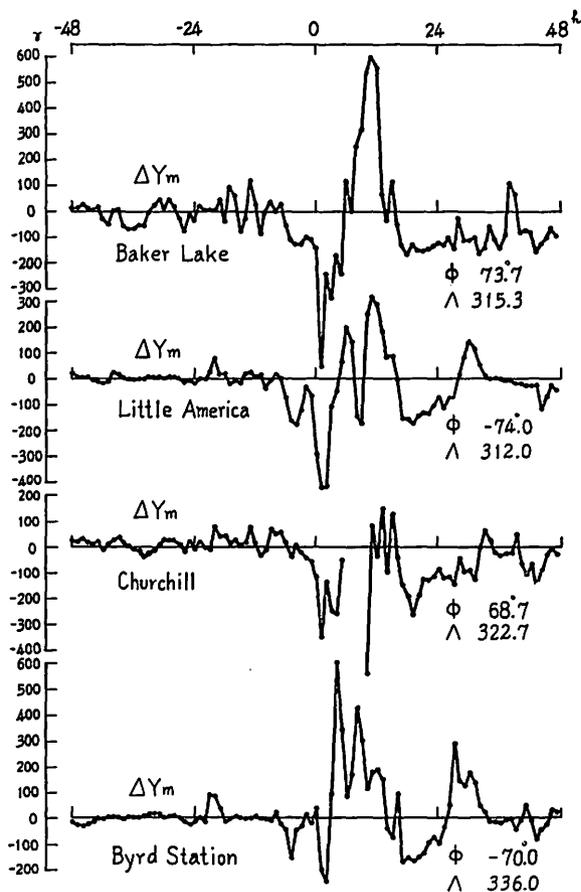


Fig. 9 b

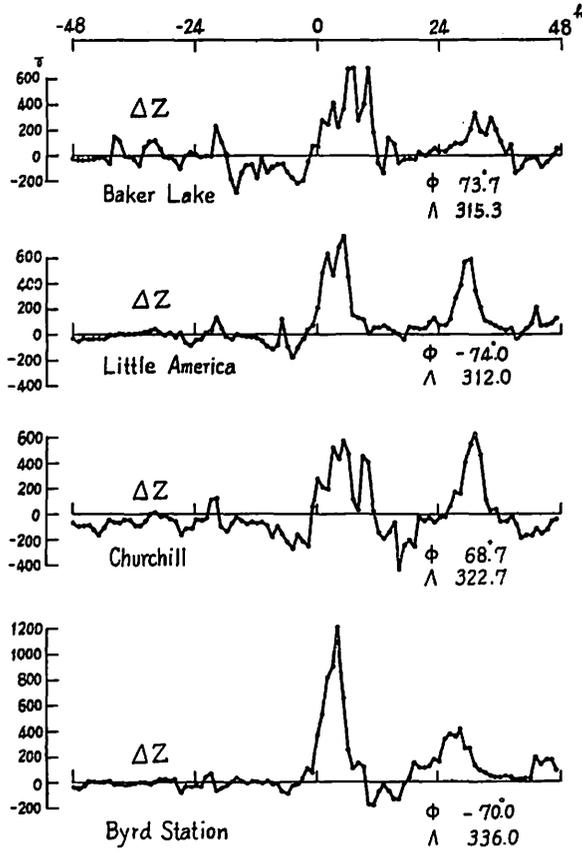


Fig. 9c

Fig. 9a~c Variations of 3-components ΔX_m , ΔY_m and ΔZ at two conjugate pairs on July 6~9, 1958.

(c) 7月7日3~4時(-28時)

ブラック・アウトの領域が昼側の極冠帯で急発達する。地磁気の変化は静穏。

(d) 7月7日4~5時(-27時)

ブラック・アウトの領域は lip shape に発達、極光帯ブラック・アウトになる。地磁気の変化は静穏。

(e) 7月7日5~6時(-26時)

ブラック・アウトの領域はスパイラルに移動発達。極冠および昼側の極光帯をおおう。地磁気の変化は静穏。

(f) 7月7日7~8時(-24時)

ブラック・アウトの領域はさらに拡大する。

(g) 7月7日 8~9時 (-23時)

ブラック・アウトの領域は完全に極冠帯および極光帯の全領域をおおう。

(h) 7月7日 9~10時 (-22時)

地磁気は、極冠及び夜側の極光帯でやや変化がみられる。ブラック・アウトの領域はほとんど変化がみられない。

(i) 7月7日 10~11時 (-21時)

Sharp Negative Bay が観測され地磁気の変化は極光帯で $200 \sim 300 \gamma$ に急発達する。電流系のパターンは2つの Vortex よりなり、一時間前に形成された Augmentation- S_4^+ 電流系がさらに強調されることによって Sharp Negative Bay に発達したものと考えられる。2つの Vortex の強さはほとんど同じで Dipole field Type を示していない。又この時中、低緯度においては湾型変化を観測していない。

(j) 7月7日 11~12時 (-20時)

Sharp Negative Bay はやや弱まり、最大強度は極光帯で 200γ となる。ブラック・アウトの領域はやや拡大される。

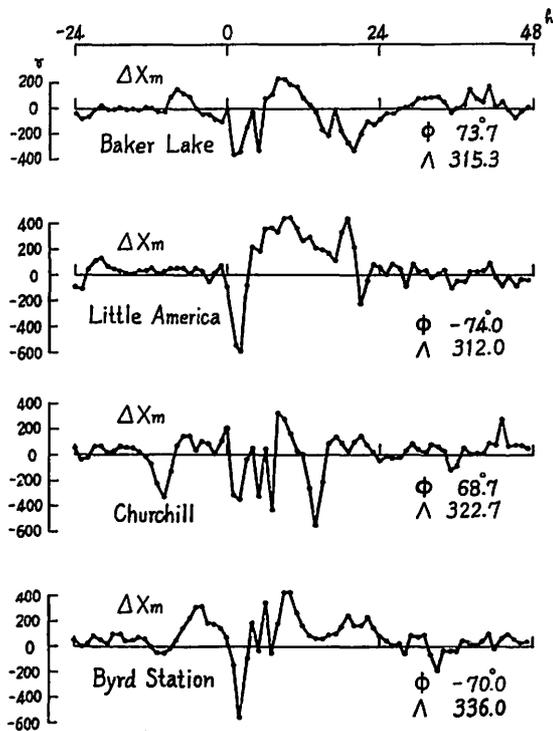


Fig. 10 a

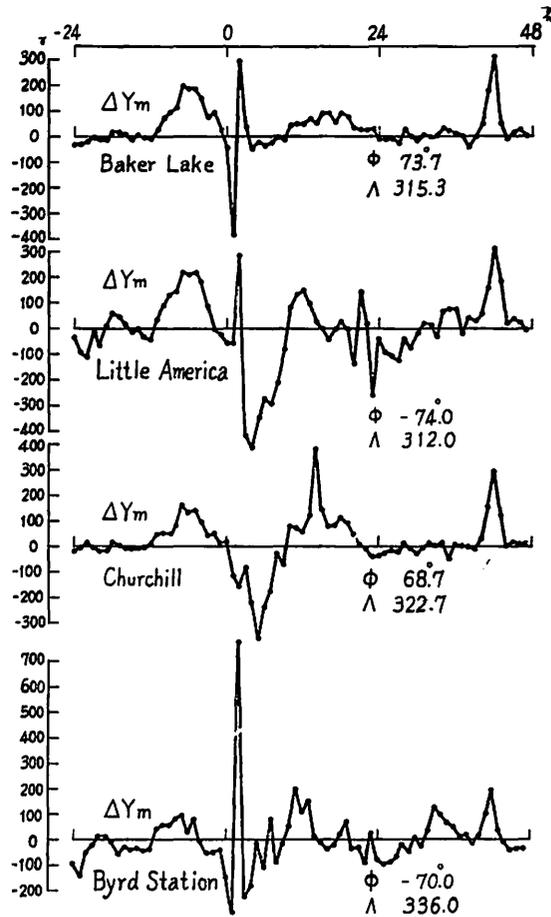


Fig. 10b

(k) 7月7日 18~19時 (-13時)

ブラック・アウトの領域はさらに拡大するが、地磁気の変化は弱まる。午前から夜側の極光帯で $100\sim 150\gamma$ を示す。

(l) 7月8日 4~5時 (-3時)

ブラック・アウトの領域はほとんど変化なく極冠帯及極光帯をおおう。地磁気の変化は極冠及び夜側の極光帯で 200γ を示すが、昼側は 50γ 或いはそれ以下である。これは典型的な DP (Pre-sc) 電流系のパターンである。

(m) 7月8日 6~7時 (-1時)

ブラック・アウトの領域はほとんど変化がない。地磁気の変化は -3時におけるよりも弱まるが、DP (Pre-sc) 電流系のパターンを示す。極冠および夜側の極光帯で $100\sim 200\gamma$ の値を示すが、昼側は 50γ 或いはそれ以下である。

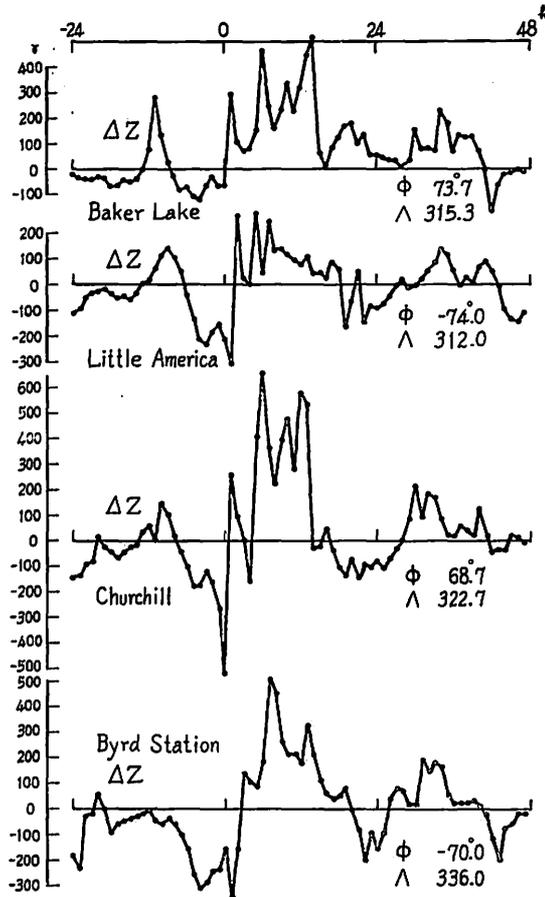


Fig. 10 c

Fig. 10 a~c Variations of 3-components ΔX_m , ΔY_m and ΔZ at two conjugate pairs on Feb. 10~12, 1958.

(n) 7月8日 7~8時 (0時) 初相

ブラック・アウトの領域はやや拡大される。電流系は-1時のDP (Pre-sc) 電流系が増大されたと考えられる。極冠および夜側の極光帯で200~300 γ , 昼側では100 γ を示す。すなわち初相の電流系は、極冠帯ブラック・アウトに関連してscの少くとも3時間前から形成が始まるように思われる。

(o) 7月8日 8~9時 (+1時) 初相

ブラック・アウトの領域はさらにやや拡大される。つれて地磁気の変化もさらに増大し、極冠で400~500 γ , 極光帯では夜側で400~800 γ を示し、昼側で200 γ を示す。

(p) 7月8日 9~10時 (+2時) 初相

Fig. 11 a '58 July 07^d 0~1^h (-31)

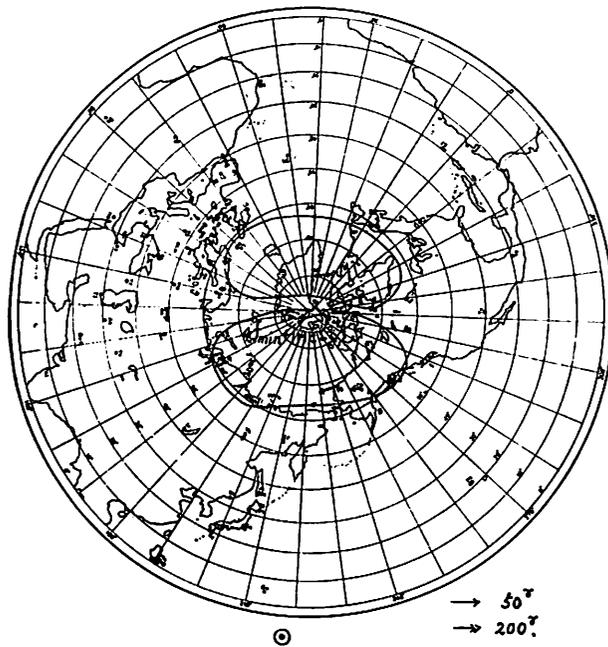
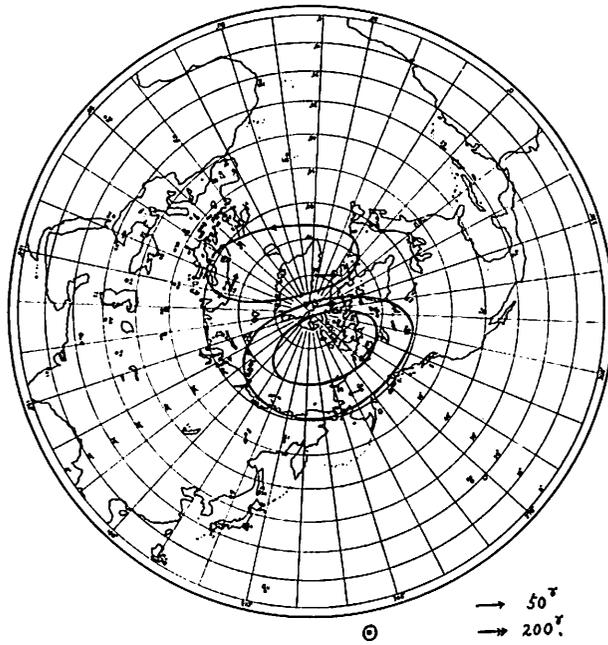


Fig. 11 b '58 July 07^d 1~2^h (-30)

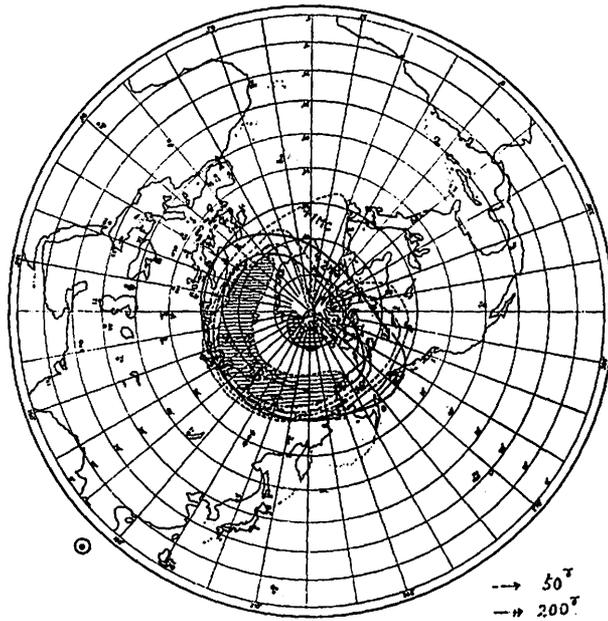
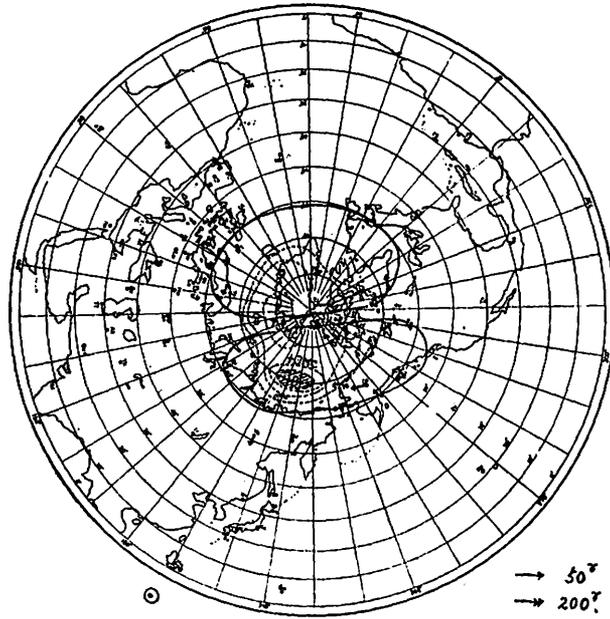
Fig. 11 c '58 July 07^d 3~4^h (-28)Fig. 11 d '58 July 07^d 4~5^h (-27)

Fig. 11 e '58 July 07^d 5~6^h (-26)

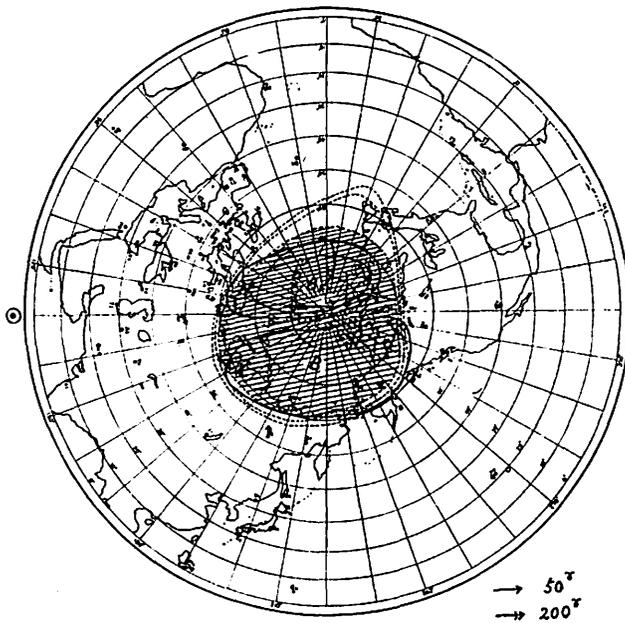
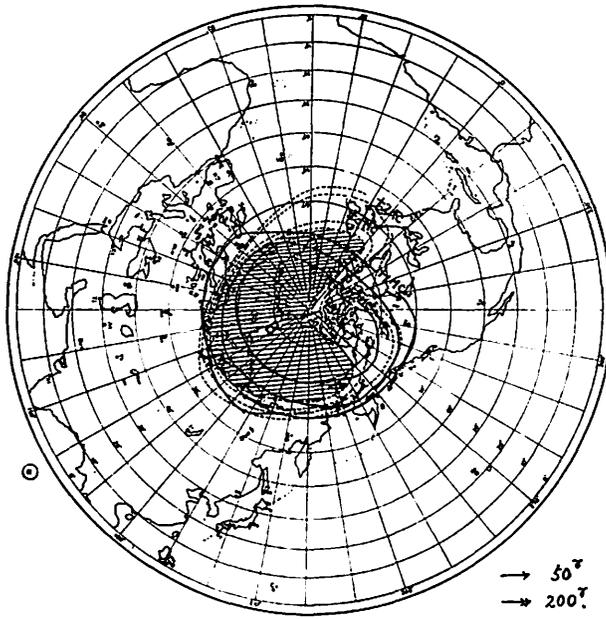


Fig. 11 f '58 July 07^h 7~8^h (-24)

Fig. 11 g '58 July 07^d 8~9^h (-23)

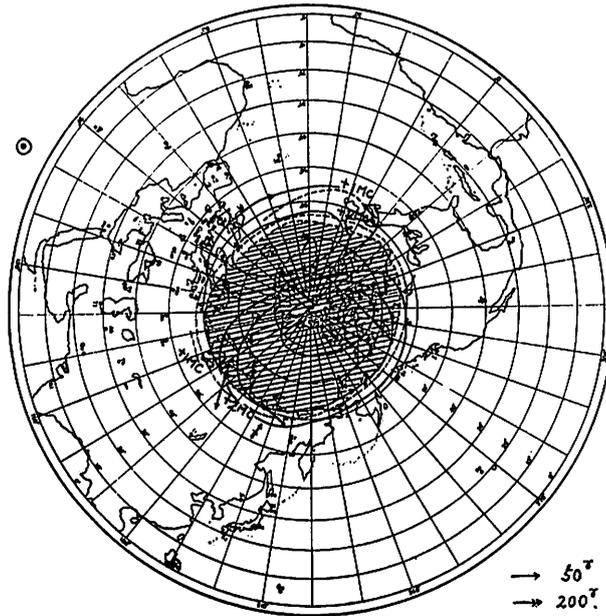
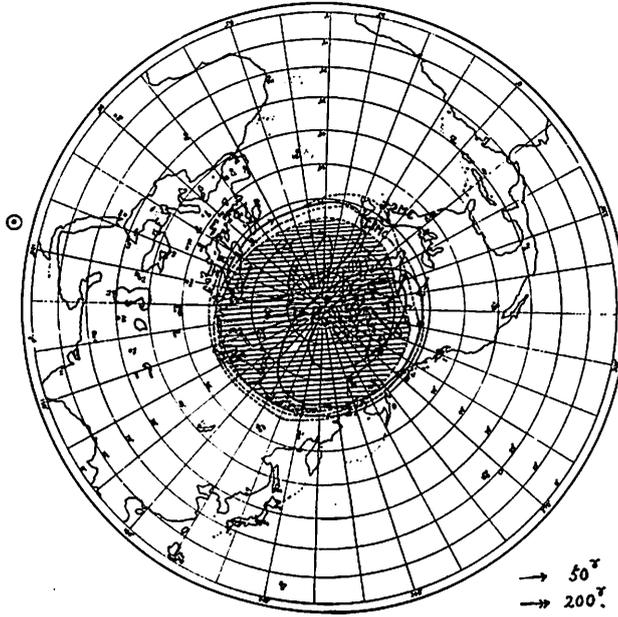


Fig. 11 h '58 July 07^d 9~10^h (-22)

Fig. 11 i '58 July 07^d 10~11^h (-21)

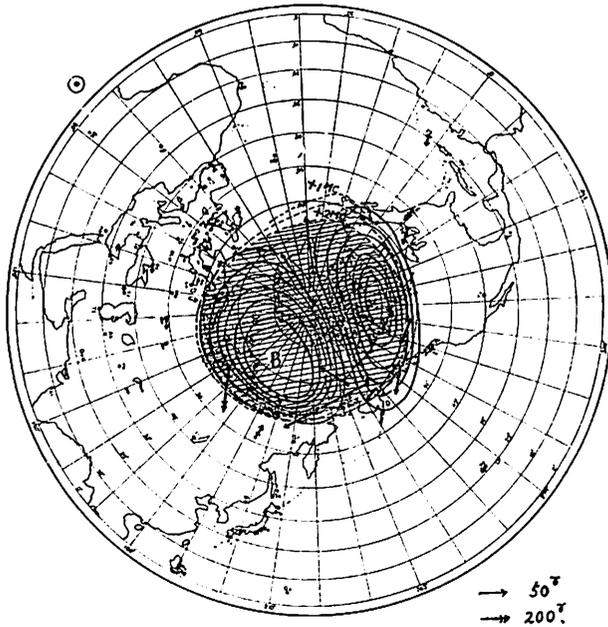
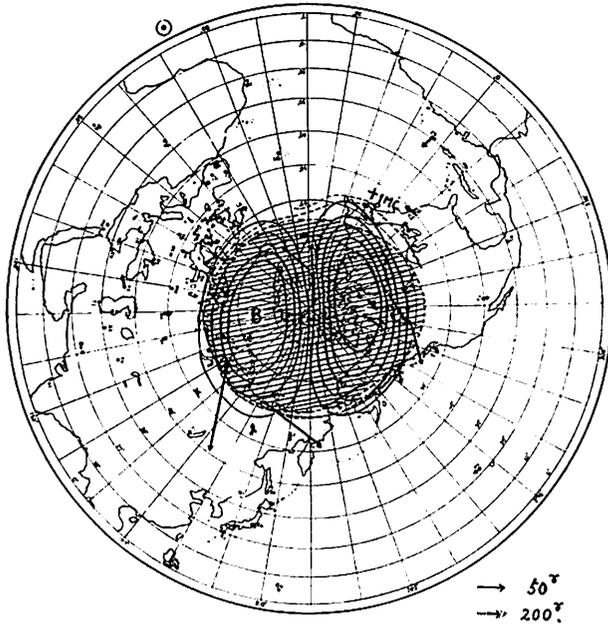


Fig. 11 j '58 July 07^d 11~12^h (-20)

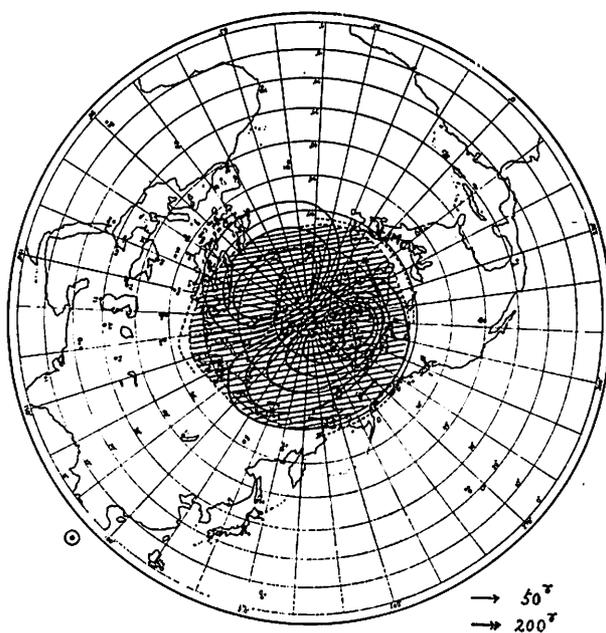
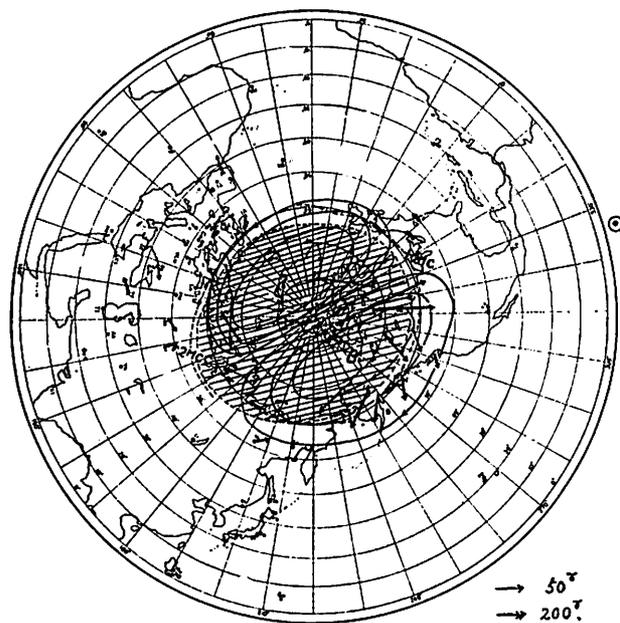
Fig. 11 k '58 July 07^d 18~19^h (-13)Fig. 11 l '58 July 08^d 4~5^h (-3)

Fig. 11 m '58 July 08^d 6~7^h (-1)

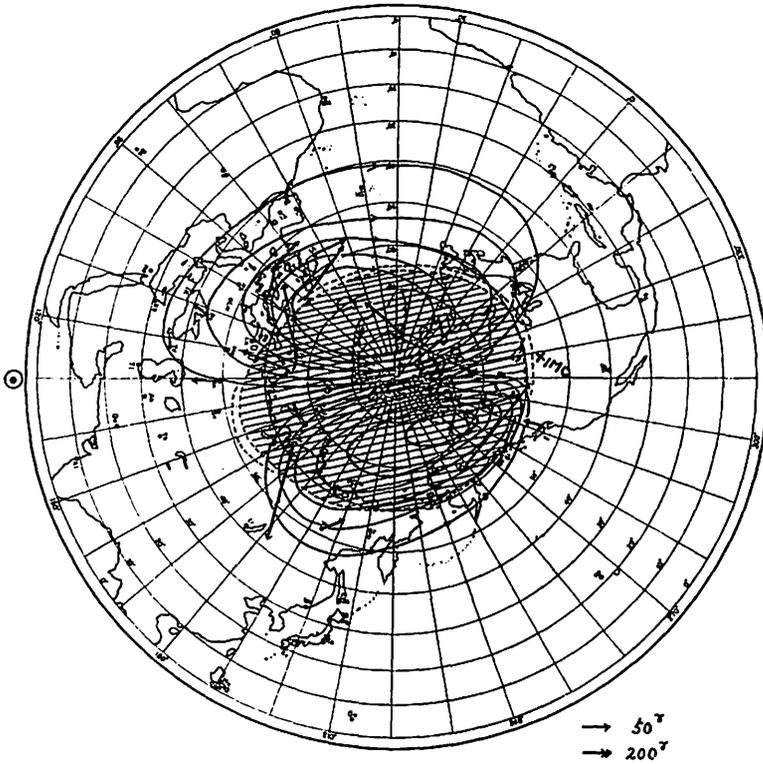
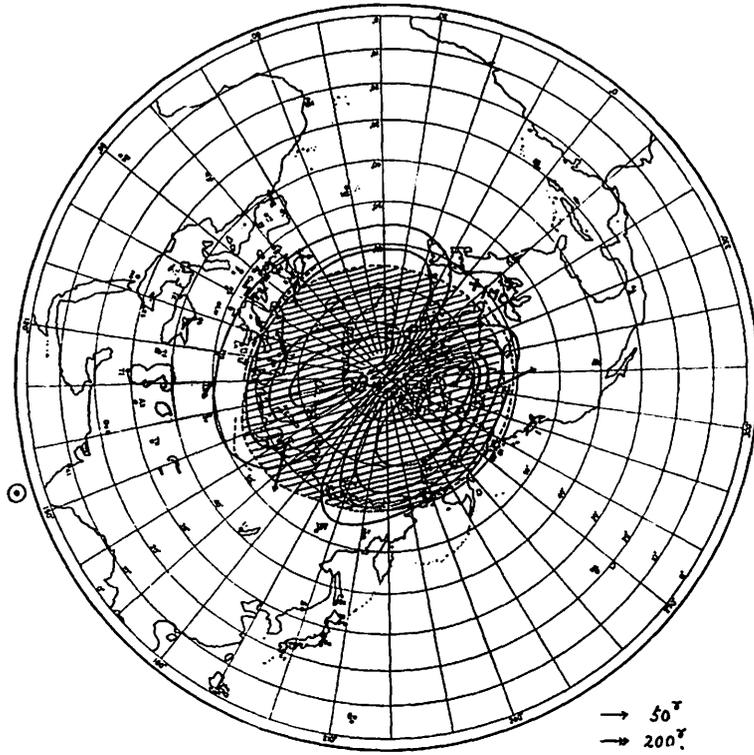


Fig. 11 n '58 July 08^d 7~8^h (0)

Fig. 11 o '58 July 08^d 8~9^h (+1)

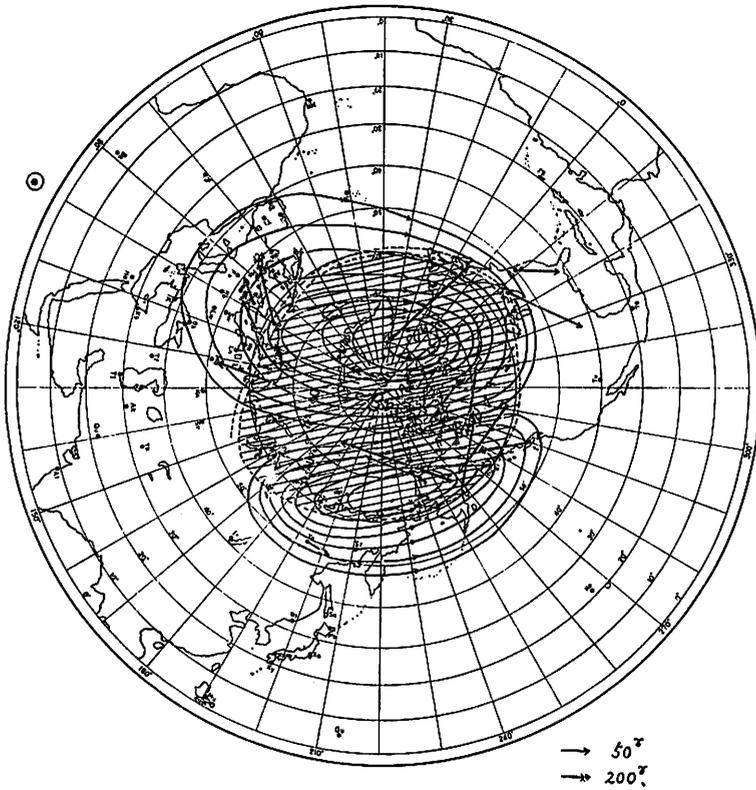
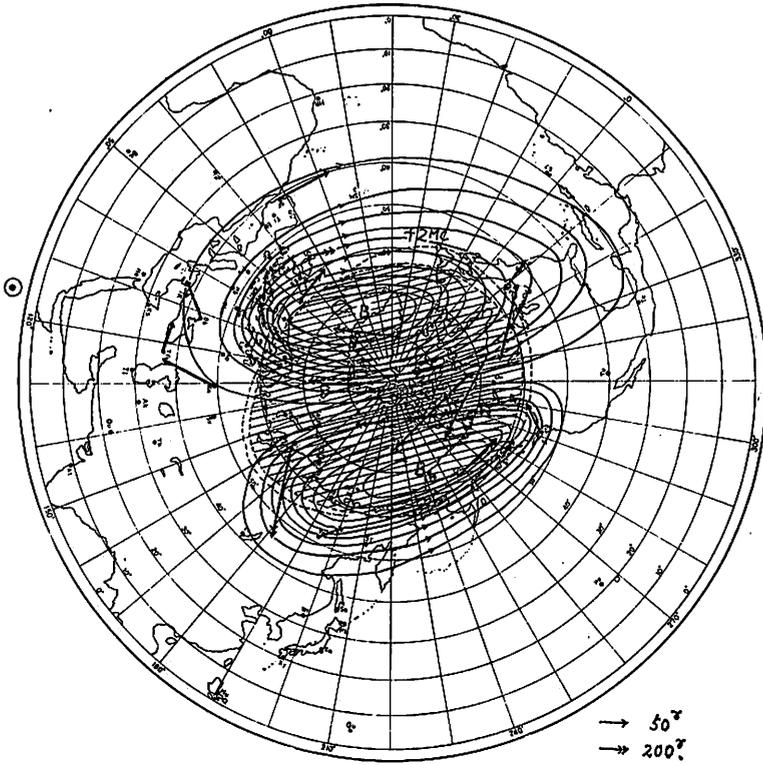
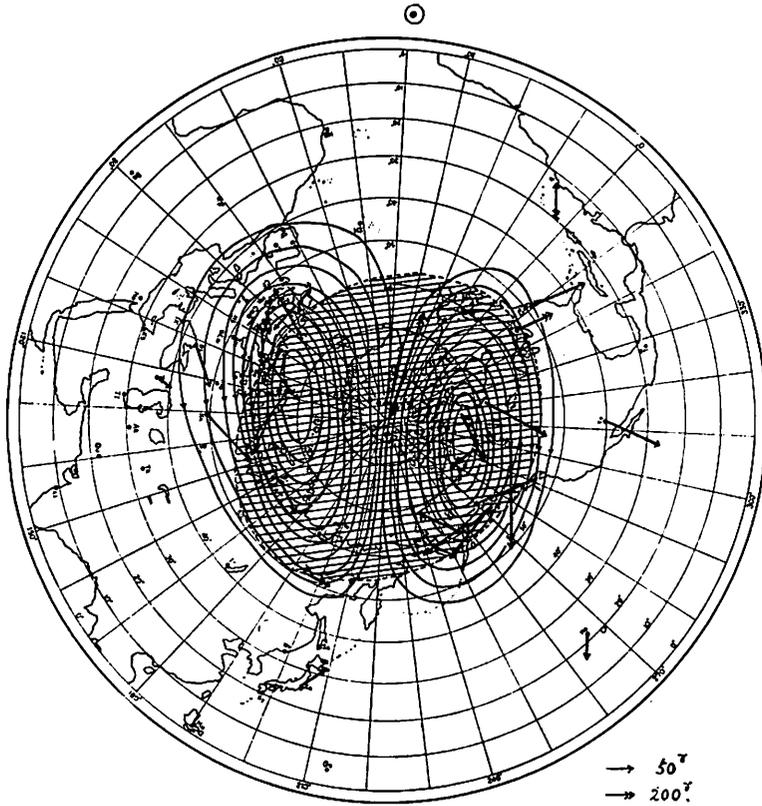


Fig. 11 p '58 July 08^d 9~10^h (+2)

Fig. 11 q '58 July 08^d 13~14^h (+6)

ブラック・アウトの領域はほとんど変化がない。地磁気の変化は極冠でかなり大きく 300~600 γ を示す。極光帯ではやや弱くなり夜側で 200~400 γ 、昼側で 100 γ を示す。

(q) 7月8日 13~14時 (+6時) 主相

主相に入り、ブラック・アウトの領域はさらに拡大される。つれて地磁気の変化も増大し極冠で 600 γ 、極光帯で 200~600 γ を示し、特に昼夜の区別が見られない。

(r) 7月8日 19~20時 (+12時) 主相

ブラック・アウトの領域の南下が顕著に見られ、地磁気的活動は極大に達する。極冠で 400 γ を示し、極光帯では平均 500~600 γ 、極大は 1400 γ に達する。昼夜の区別は見分けられない。

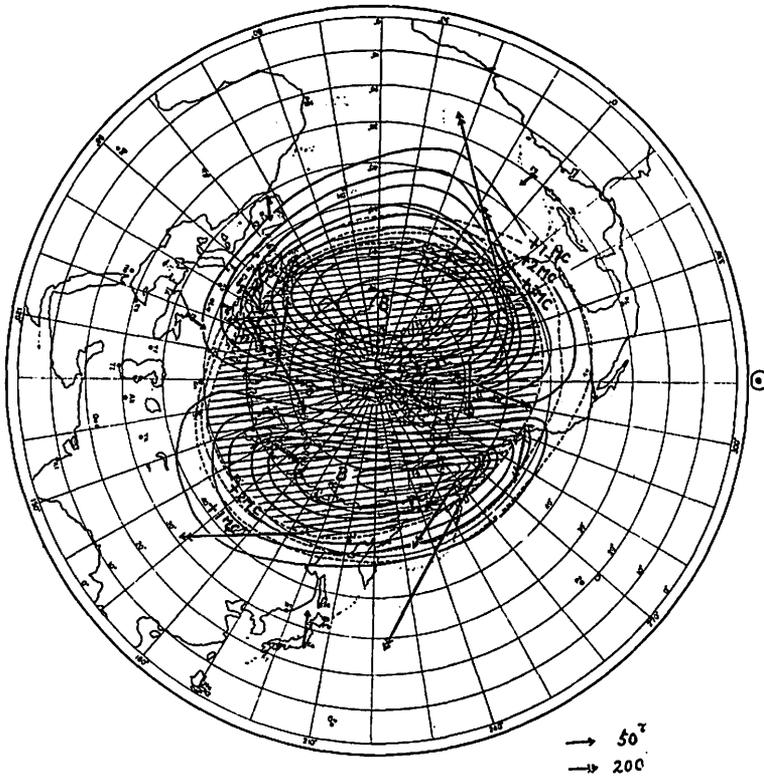


Fig. 11 r '58 July 08^d 19~20 (+12)

Fig. 11 a~r Eighteen characteristic stages of ionospheric and geomagnetic storms on July 6~8, 1958, drawn on the northern world maps in geomagnetic coordinates.

Enhanced ionization is expressed by the counter of Δf_{min} . The region of complete polar blackouts (B) is indicated by hatches. D_s -field of geomagnetic storm is expressed by equivalent current system, where the electric current between successive lines is 1×10^9 amp.

3. 結 論

1958年7月8日07時48分世界時に起った急始地磁気嵐とそれにとまって発達した電離層嵐の関連を検討した結果次の結論を得た。

(1) PCAの初期の発達過程においては地磁気の変化はほとんど静穏であり、ブラック・アウトの領域が完全に極冠帯および極光帯の全領域をおおった後初めて Sharp Negative Bay が急発達した。これは1958年2月11日の場合と非常に異なっており F^* 型の特性の一つと考えられる。

(2) sc の3時間前に DP (Pre-sc) 電流系が極冠帯ブラック・アウトと関連してすでに形成されており、この電流系と初相のそれとは本質的に全く同じパターンを示している。

(3) 主相における極光帯電流は *Dst* 磁場の発達ともなって著しく南下する。電流系のパターンは極光帯ブラック・アウトの発達と同様、初相のそれがさらに増大されたものと考えられるが、昼夜の区別がなくなり極光帯全域できわめて大きな値を示している。これは初相の電流系にさらに Auroral Electrojet が増大されて附加されたものと考えられる。

謝 辞

この研究について種々ご援助をいただいた地磁気観測所長吉松隆三郎氏に厚く御礼申し上げます。貴重なブラック・アウトの汎世界的パターンの解析資料を貸していただき、その上懇切なるご討論をいただいた電波研究所羽倉幸雄氏に心からなる感謝の意を表します。

APPENDIX I. 使用した資料および解析方法

(i) 電離層資料

第1表に示した北半球 89 カ所南半球 37 カ所の電離層資料が用いられた。

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、

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

によって異常電離を表わし、 f_{\min} が f_0F_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)

(ii) 地磁気観測資料

第2表に示した北半球 41 カ所の地磁気観測所における三成分の normal magnetograms および毎時値が用いられた。

解析方法は、まず各観測所の水平成分 *H* および偏角 *D* の毎時値から5日静穏日の平均をさしひき、その値を ΔH 及び ΔD とする。これらの値から次式によって地磁気座標における北成分 ΔX_m および東成分 ΔY_m を算出する。

$$\Delta X_m = \Delta H \cos(D_0 - \psi) - H_0 \Delta D \sin(D_0 - \psi)$$

$$\Delta Y_m = \Delta H \sin(D_0 - \psi) + H_0 \Delta D \cos(D_0 - \psi)$$

ここに ψ は地理的北極と地磁気北極とのなす角であり、 H_0 および D_0 はそれぞれ平均の水平成分および偏角の値である。次に擾乱磁場 *D* は

$$D(\lambda_i; t_{ii}) = D_s(t_{ii}) + D_s(\lambda_i; t_{ii})$$

の考えのもとに、Kakioka, Honolulu, Tucson, San Juan, San Fernando, Tbilis の中緯度における6つの観測所の平均の値から $(D_{ii})_{\text{mean}}$ を求め、これを地磁気赤道における値 $(D_{ii})_0$ になおし、これに Chapman, Sugiura によって統計的に求められた地磁気緯度 ϕ における係数 f_ϕ をかけて、 $(D_{ii})_\phi$ を算出し、 $(D_{ii})_\phi$ の値をその緯度における観測所の値からさし引いて、求める D_s の値とした。かくして求めた各観測所の D_s の値を使い汎世界的な電流系を画き、ブラック・アウトのパターンと比較した。各隣接間流線電流量は 1×10^5 amp. である。

Table A-I-1 Ionospheric sounding stations

Ionospheric station	Abbr.	Geomagnetic	
		Lat.	Long.
Thule, Greenland	TH	88.1	1.1
Eureka, Canada	EU	86.5	236.0
Alert, Canada	AL	85.0	168.5
Fletchers Ice, Canada (drifting)	FL	(83.6)	(222.0)
Resolute Bay, Canada	RE	83.0	289.4
Clyde River, Canada	CY	81.9	0.5
Godhavn, Greenland	GH	79.8	32.7
Arctica II, USSR (drifting)	AI	(77.0)	(190.0)
Longyearbyen, Norway	IG	74.4	131.0
Baker Lake, Canada	BK	73.7	315.2
Tikhaya Bay, USSR	TI	71.5	153.2
Narsarsuak, Greenland	NR	71.2	37.6
Reykjavik, Iceland	RY	70.1	71.1
Yellowknife, Canada	YN	69.0	293.3
Churchill, Canada	CC	68.7	322.8
Point Barrow, USA	PO	68.5	241.2
Arctica I, USSR (drifting)	AI	(68.0)	(209.0)
Tromsø, Norway	TS	66.9	116.2
Kiruna, Sweden	KR	65.3	115.6
Fairbanks, USA	FA	64.6	256.6
Murmansk, USSR	MR	64.1	126.4
Sodankylä, Finland	SD	63.8	120.1
Dixon Is., USSR	DX	63.0	161.5
Luleå, Sweden	LU	62.9	114.7
Lycksele, Sweden	LY	62.5	110.8
Meanook, Canada	ME	61.8	300.7
Anchorage, USA	AN	60.9	258.2
Inverness, UK	IV	60.7	83.4
Kjeller, Norway	KJ	60.0	100.2
Providenie Bay, USSR	PV	59.7	235.6
Winnipeg, Canada	WI	59.6	322.7
Upsala, Sweden	UP	58.5	106.0
St. John's, Newfoundland	ST	58.4	21.4
Nurmijärvi, Finland	NU	57.8	112.6
Ottawa, Canada	OT	56.9	351.5
Salekhard, USSR	SH	56.4	148.5
Juliusruh, Germany	JU	54.5	98.6
Slough, UK	SL	54.3	84.1
Victoria, Canada	VI	54.3	293.4
De Bilt, Netherlands	DE	53.7	89.5

Table A-I-1 (Continue)

Ionospheric station	Abbr.	Germagnetic	
		Lat.	Long.
Lindau, Germany	L I	52.1	93.9
Dourbes, Belgium	DO	51.9	87.6
Fort Monmouth, USA	FM	51.7	353.9
Yakutsk, USSR	YK	51.0	193.8
Moscow, USSR	MO	50.8	120.6
Washington, USA	WS	50.0	350.3
Poitiers, France	P S	49.5	81.8
Sverdlovsk, USSR	S V	48.5	140.7
Freiburg, Germany	F I	48.4	90.0
Schwarzenburg, Suisse	SW	48.0	88.7
Adak, USA	A D	47.2	240.1
Graz, Austria	G Z	46.9	97.0
Budapest, Hungary	B P	46.6	100.6
Tomsk, USSR	T M	45.9	159.6
Monte Capellino, Italy	M T	45.8	89.6
San Francisco, USA	S F	43.6	298.6
Rome, Italy	R O	42.5	92.0
Simferopol, USSR	S M	41.2	113.3
White Sands, USA	W H	41.0	316.4
Rabat, Morocco	R B	38.7	69.9
Grand Bahama, USA	G R	37.9	349.3
Sakhalin Is, USSR	S K	36.9	207.5
Wakkanai, Japan	W A	35.2	206.1
Alma-Ata, USSR	A A	33.5	150.8
Ashkhabad, USSR	A S	30.6	133.5
Akita, Japan	A K	29.4	205.5
Tokyo, Japan	T O	25.4	205.5
Daker, Sénégal	D K	21.8	54.6
Maui, USA	M U	20.8	268.2
Panama Canal Zone, Canal Zone	P N	20.6	348.6
Yamagawa, Japan	Y A	20.3	197.9
Delhi, India	D H	18.8	149.0
Paramaribo, Surinam	P B	17.0	15.3
Bogota, Colombia	B G	16.0	354.5
Okinawa, Liu Kiu	O K	15.2	195.7
Ahmedabad, India	A H	14.1	143.8
Taipei, Formosa	T A	14.0	189.0
Calcutta, India	C T	12.2	158.8
Ibadan, Nigeria	I B	10.6	74.8
Bombay, India	B M	9.8	143.8

Table A-I-1 (Continue)

Ionospheric station	Abbr.	Geomagnetic	
		Lat.	Long.
Djibouti, French Somaliland	D J	7.0	113.5
Talara, Peru	T L	6.6	347.7
Baguio, Philippines	B A	5.0	189.3
Bangui, Africa France	B U	5.0	88.6
Chiclayo, Peru	C L	4.4	349.2
Madras, India	M A	3.3	150.3
Chimbote, Peru	C B	2.2	350.4
Tiruchirapalli, India	T P	1.3	148.3
Kodaikanal, India	K D	0.7	147.5
Trivandrum, India	T V	-0.1	146.3
Huancayo, Peru	H U	-0.6	353.8
La Paz, Bolivia	L P	-5.0	0.9
Singapore, Malaya	S G	-10.0	172.7
Hollandia, New Guinea	H L	-12.6	210.3
São Paulo, Brazil	S O	-12.9	21.0
Tucuman, Argentine	T U	-15.3	3.3
Tsumeb, S. Africa	T B	-18.3	82.8
Salisbury, Rhodesia	S Y	-19.5	96.2
Rarotonga, Pacific Ocean	R A	-20.9	273.8
Buenos-Aires, Argentine	B E	-23.3	9.4
Tananarive, Madagascar	T N	-23.7	112.6
Concepcion, Chile	C O	-25.3	356.5
Johannesburg, S. Africa	J O	-26.9	91.4
Townsville, Australia	T W	-28.4	219.0
Capetown, S. Africa	C P	-32.7	79.7
Brisbane, Australia	B R	-35.8	226.9
Port Stanley, Falkland Is.	P Y	-40.4	9.0
Watheroo, Australia	W T	-41.7	185.8
Ushuaia, Argentine	U S	-43.3	0.8
Canberra, Australia	C N	-43.8	223.7
Godley Head, New Zealand	G D	-48.1	252.8
Deception, Antarctica	D C	-51.6	6.1
Hobart, Australia	H B	-51.7	224.6
Port Lockroy, Antarctica	P L	-53.4	3.9
Kerguelen, Indian Ocean	K G	-57.2	128.0
Campbell Is., New Zealand	C M	-57.4	253.1
Macquarie Is., Southern Ocean	M Q	-61.1	243.1
Halley Bay, Antarctica	H Y	-65.8	24.3
Ellsworth, Antarctica	E L	-66.9	14.7
Byrd Station, Antarctica	B Y	-70.6	336.1

Table A-I-1 (Continue)

Ionospheric station	Abqr.	Geomagnetic	
		Lat.	Long.
Mawson, Antarctica	MW	-73.1	103.0
Little America, Antarctica	LA	-74.0	312.0
Cape Hallet, Antarctica	CH	-74.6	278.1
Terre Adelie, Antarctica	TE	-75.3	233.4
Wilkes, Antarctica	WL	-77.9	178.8
Scott Base, Antarctica	SC	-79.0	294.4

Table A-I-2 Geomagnetic observatories

Observatory	Abbr.	Geomagnetic		Geographic		ϕ	$D-\phi$
		Lat. ϕ	Long. λ	Lat. φ	Long. λ		
Thule	Th	88.0	0.0	77.5	291.0	0.0	-79.7
Resolute Bay	Re	83.0	289.0	74.7	265.5	46.5	-140.5
Godhavn	Go	79.8	32.5	69.2	306.5	-17.5	-34.8
Marchison Bay		75.2	137.2	80.0	18.3		
Baker Lake	BL	73.7	315.3	64.3	264.0		
Yellow knife	YK	69.0	293.3	62.4	245.6		
Churchill	Ch	68.7	322.7	58.8	265.9		
Point Barrow	PB	68.6	241.0	71.3	203.2	33.0	-6.5
Tromsø	Tr	67.1	116.7	69.7	18.9	-30.8	29.7
Cape Chelyuskin	CC	65.9	117.5	77.7	104.3	-2.3	25.4
College	Co	64.5	255.4	64.9	212.2	27.5	1.9
Big Delta	BD	64.3	259.3	64.0	214.3	26.5	3.3
Murmansk	Mm	64.1	126.5	69.0	33.0	-26.6	38.0
Healy	He	63.6	256.6	63.9	211.1	29.2	1.8
Dickson	Di	63.0	161.5	73.5	80.4	-12.8	41.8
Lerwick	Le	62.5	88.6	60.1	358.8	-23.6	13.7
Dombås	Do	62.3	100.0	62.1	9.1	-23.6	17.6
Meanook	Me	61.8	301.0	54.6	246.7	17.2	7.1
Anchorage	An	60.9	258.1	61.2	210.1		
Tiksi	Ti	60.5	191.4	71.7	128.9	7.2	7.4
Sitka	Si	60.0	275.4	57.1	224.7	21.4	7.8
Eskdalemuir	Es	58.5	82.9	55.2	356.8	-20.4	9.7
Lovö	Lo	58.1	105.8	59.4	17.8	-22.1	22.6
Rude Skov	RS	55.8	98.5	55.8	12.5	-20.6	18.1
Agincourt	Ag	55.0	347.0	43.8	280.7	3.6	-11.0
Hartland	Ha	54.6	79.0	51.0	355.5	-18.1	9.1
Victoria	Vi	54.1	293.0	48.5	236.6	16.1	6.9
Dourbes	Db	51.1	88.1	50.1	4.6	-18.1	12.4

Table A-I-2 (Continue)

Observatory	Abbr.	Geomagnetic		Geographic		ψ	$D\text{-}\psi$
		Lat. ϕ	Long. A	Lat. φ	Long. λ		
Yakutsk	Ya	51.0	193.8	62.0	129.7	5.8	-13.1
Fredericksburg	Fr	49.6	349.9	38.2	282.6	2.6	-9.8
Kazan	Kn	49.2	130.6	55.8	49.1	-15.6	26.0
Odessa	Od	43.8	111.1	46.8	30.9	-15.7	17.6
San Fernando	SF	41.0	71.3	36.5	353.8	-13.6	22.6
Tucson	Tu	40.4	312.2	32.3	249.2	10.1	3.2
Tifilisi	Tf	36.7	122.1	42.0	44.7	-13.1	18.3
Memambetsu	Mb	34.1	208.3	43.9	144.2	7.5	-15.7
San Juan	SJ	29.9	3.2	18.4	293.9	-0.7	-6.6
Kakioka	Ka	26.0	206.0	36.2	140.2	6.2	-12.6
Honolulu	Ho	21.1	266.5	21.3	201.9	12.3	-0.7
Kanoya	Ky	20.7	198.1	31.4	150.9	4.2	-9.2
Guam	Gu	3.9	212.8	13.5	144.8	6.4	-4.6

(Note) ψ The angle formed by the great circle joining the station and the geomagnetic pole with the geographical meridian of the station (eastward positive);
 D Declination (for February 1958).

References

- (1) Catalogue of Disturbance No. 30 (July 7~10, 1958). (1958): Rep. Ionos. Res. Japan, Vol. XII, No. 4.
- (2) Riometer Records for College and Fare well. (1961): IGY Aurora (Instrumental) Report Number 2, Jan.
- (3) Obayashi, T., (1964): Streaming of solar particles between sun and earth. Planet Space Sci. 12, p. 463.
- (4) Nishida, A., N. Iwasaki, and T. Nagata. The origin of fluctuations in the equatorial electrojet. preprint.
- (5) Nagai, M., and Y. Hakura (1965): Development of polar geomagnetic disturbance and PCA event on February 11, (1958). Memo.Kakioka Mag. Obs. 12, No. 1.
- (6) Nagai, M., Directions of the straight currents in the central part of the polar cap (1) Memo. Kakioka Mag. Obs., 12, No. 2.
- (7) Nagata, T., Magnetic field at poles, Symposium on Results of the IGY-IGC held at University of California, Los Angeles. Aug. 12~16, 1963.
Ondoh, T. and H. Maeda, (1962): Geomagnetic-storm correlation between the northern and southern hemispheres, J. Geomag. Geoele. 14, p. 22~32.
- (8) Kokubun, S., (1965): Dynamic behaviour and north-south conjugacy of geomagnetic bays. Rep. Ionos. Space Res. Japan, 19, No. 2, p. 177.

Development of Geomagnetic and Ionospheric Storms on July 8, 1958.

M. NAGAI

Abstract

An investigation was made on relation between the worldwide patterns of ionospheric storm and the corresponding current systems of geomagnetic storm which occurred at 07^h 48^m UT July 08, 1958.

Polar cap blackouts began to occur 30 hours before the sc. The horizontal component of the geomagnetic field was almost calm during 9 hours, until the whole polar cap region suffered from complete blackouts. And then, a sharp negative bay was formed suddenly at 21 hours before the sc, over the well-developed polar cap blackout region. These results seem to show some characteristics of polar geomagnetic disturbances in the case of the occurrence of fast onset type of PCA in this severe upper atmospheric disturbances.

The typical Pre-sc disturbance which was intensified with enhanced ionization in the midnight auroral zone was observed at 3 hours before the sc. The current pattern of the S^p -field resembles very much with that of the DP (Pre-sc) field, though the former is confined in the polar-cap area and there is no auroral zone enhancement of the currents.

After the sc, polar cap blackout developed its region to form the current system known as the initial phase. The polar cap blackout is known as the phenomenon caused by the invasion of highly energetic solar corpuscles without any appreciable geomagnetic disturbances. However, it is clarified that an apparent current system is already formed a few hours before the onset of a geomagnetic storm, the same as in the case of slow occurrence type PCA, which flows over the conductive region of polar cap blackout. Such a current system seems to be essentially identical with that of the initial phase, though it is strengthened and widened after the onset of the geomagnetic storm.

At the main phase, the ionospheric storm progressed to a world-wide scale; the regions of polar blackouts elongated to words the lower latitudes as the Dst field developed. It was shown that auroral currents at this stage, flowed over the conductive region of the disturbed lower ionosphere.