

IGY (1957年7月～1958年)～1968年の地磁気嵐と ssc の Quality について

来 栖 喜 久 男

概 要

IGY 以来地磁気短周期変化については IAGA のコペンハーゲン決議にしたがい各の現象にその Quality を示す, A, B および C の記号をつけて報告することが義務づけられている。

その一つ ssc について各 Quality を量的に決定することを目的に 1957年7月～1968年に柿岡, 女満別および鹿屋で観測された地磁気嵐 (Geomagnetic Storm) について調査し次の結果をえた。日本の3観測所で位置する中・低緯度地帯では

(1) SC Storm における SC Amplitude と Storm Range の間には正の相関が認められる。
(2) SC Storm における SC Amplitude は, SC が L.T. 06～10 時頃発生した時, 偏角の振幅が水平分力より大きくそれらは全体の約9%観測された。

Storm Range については偏角が水平分力より大きくなる場合が全体の約30%観測された。

(3) 地磁気静穏日変化 S_q の日較差は太陽活動とほぼ平行して変化し一般に偏角が水平分力より大きい。その変化量は太陽黒点極大期の春秋と黒点極小期の冬季では偏角で約70 γ の差がある。

これらの関係から ssc ととるための Storm Range の下限を約40 γ としそれ以下のときは急始変化を ssc でなく si 現象ととる。Quality 判定には地磁気水平分力および偏角のいずれか変化量の大きい方を使う。このように決め変化量の大きい日較差は, 各 Quality の量的な領域のうち Storm Range の範囲を加減して Quality 判定上不都合をきたさぬようにした。

以上から3観測所におのおの適用する ssc Quality 判定用チャートを作り良い結果がえられた。

1. は し が き

地磁気・地電流の世界の常設観測所においては, IGY (July, 1957～1958) 以来, Copenhagen Resolution にしたがいそれらの短周期変化 (ssc, si, bay etc.) の読取にあたり Quality を付記することが義務づけられ資料は毎月定期的に IAGA の資料センターに報告されている。1964年に Berkeley Resolution により, 脈動の国際的な分類・名称および Quality の定義の一部に変更がなされたが, これらの報告は継続的に行なわれ各現象の発生状況は世界各観測所からの報告にしたがい, 毎年 IAGA の Bulletin に発表されている。

Quality は通常 A, B および C の3種が用いられ

A = very distinct;

B = fair, ordinary but unmistakable;

C = very poor, doubtful.

と定義されている。

各短周期変化に対する Quality の決定には、IAGA SYMPOSIUM ON RAPID MAGNETIC VARIATIONS (Copenhagen, 9-11 April, 1957) において作成された PROVISIONAL ATLAS OF RAPID VARIATIONS の例示・解説が世界共通の手引書となるが実際の作業に当たっては各観測所ごと個々の観測者の判断に依存する部分が極めて多い。したがってその判定については各観測所相互間の基準の設定上の問題、個々の観測者相互間の見解の相違等の問題が起こる。

これら Quality 判定の問題は短周期変化研究の上から特に厳密さを要求されるものとは思われない。しかしこれらの報告が今後も続けられるならば個々の観測所における判定の基礎を明らかにしておくことが必要であり、しかも経験の浅い観測者でも短期間の訓練で支障なく担当できることが望ましい。

そこで先づ地磁気 ssc についてその Quality を定量的に判定するチャートを日本の3つの観測所柿岡、女満別および鹿屋について作成することを試みた。

そのため Quality 記入が採用された IGY 以降1957年7月～1968年まで 11.5 年間に発生したすべての地磁気嵐についてその特性を調査した。

2. 1957年7月～1968

地磁気嵐 (Geomagnetic Storm) 特に急始ではじまる SC (又は ssc) 嵐 (以下 SC Storm という) に関しては古くから多くの研究者によって解析がなされ貴重な成果が得られているが、Quality 判定法作成の資料として、特に柿岡で観測された結果をもとに統計調査を行なった。

2.1. 太陽黒点相対数

この期間中の1957年は太陽黒点の変動周期から見て極大期に当り、また1964年は極小期に相当することが第1図からわかるが、それぞれ1957年7月～1958年は IGY (International Geophysical Year), 1964～1965年は IQSY (International Quiet Sun Year) として国際観測事業が実施された。

2.2. SC Storm の発生頻度

期間中柿岡で ssc として採用された数は275個、その発生頻度を年別に見ると第2図 (a) となり、太陽黒点周期との間に大変よい正の相関が見られる。

これを季節別に分けると第2図 (b) となり、黒点極小期付近では春秋期が比較的多発の傾向を示している。発生の日変化については、SC Storm に関しこれまでに得られた中低緯度各地における観測資料統計結果⁽¹⁾に見られると同様、第2図 (c) においても朝方発生数が減少の傾向を示す。これは SC 等価電流図⁽²⁾が示す DS の存在により、福島⁽³⁾ (4) も指摘する通り、朝方水平分力の振幅が小となり見落されやすいことに起因すると思われる。しかし、朝方付近では偏角の SC の振幅が卓越し Storm の発生を示すことも多い。

また Quality 別発生日変化を太陽活動期と静穏期に分けてみると第3図となるが、発生に

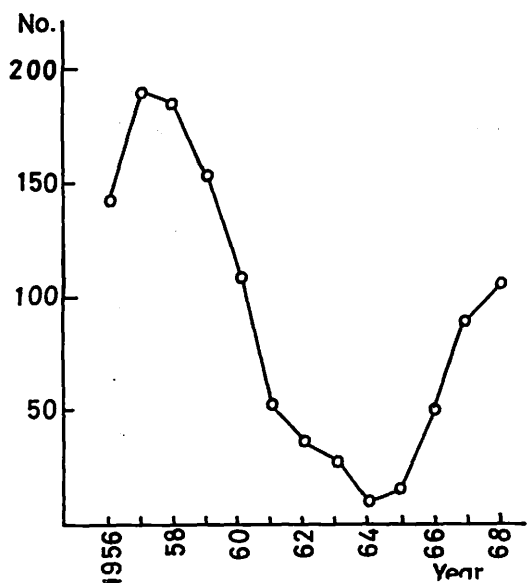
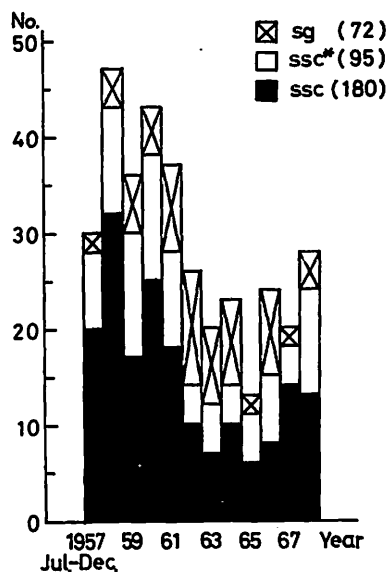
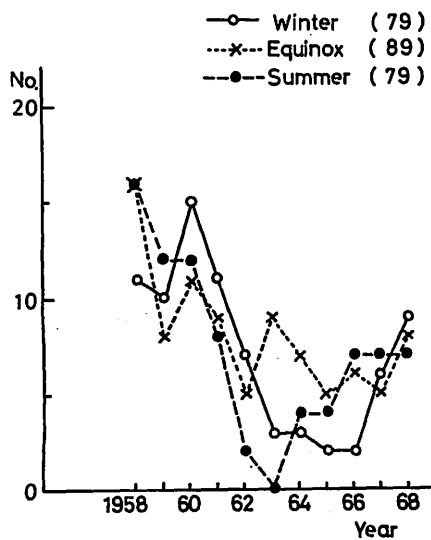


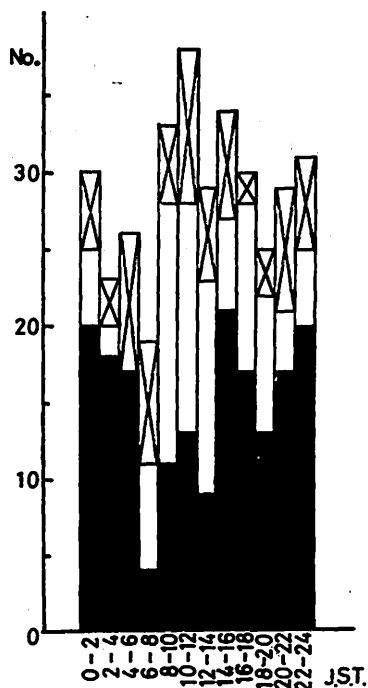
Fig. 1. Annual means of relative sunspot number at Zürich, 1956~1968.



(a) Annual



(b) Seasonal



(c) Diurnal

Fig. 2 (a), (b), (c). Occurrence frequency of geomagnetic storm at Kakioka, July 1957~December 1968.

関し特別の傾向は見られない。

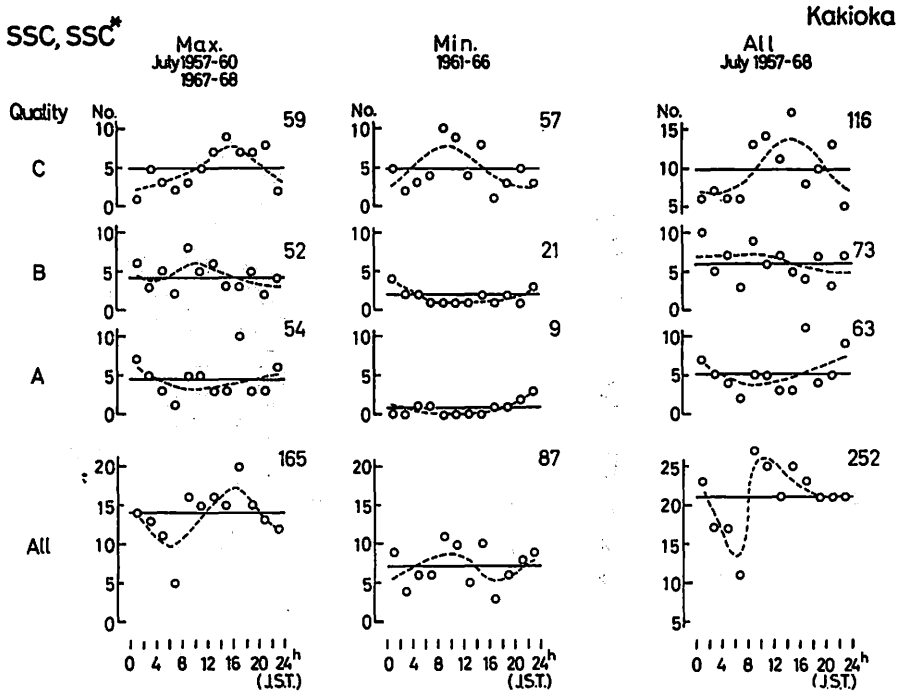


Fig. 3. Diurnal variation of occurrence frequency of ssc storm for each Quality, A, B and C, at Kakioka, July 1957~December 1968.

2.3. 緩始嵐 (Sg Storm) の発生頻度

期間中に観測された Sg Storm の数は75個，その発生の日変化は第4図となり日中の午前中に比較的多発の傾向を示す。

第2図(c)の SC Storm 毎時発生頻度に第4図の Sg Storm の発生数を加えて見た場合，朝方6~8時の地磁気嵐は SC Storm と Sg Storm 両者の数がほぼ等しく，しかも SC Storm のみの発生数では他の時間帯に此し極めて少なかったのに反して，両 Storm を合わせて見た場合その差はせばまる。これは 2.2. で述べた通り DS の存在が地磁気嵐の急始部を隠し，Sg Storm ととられ易くなることを示すように考える。

2.4. SC Storm における地磁気水平分力 (H) と偏角 (D) の関係

(i) SC の立上り量；SC Storm の2時間ごと発生時間別に地磁気水平分力および偏角についてそれぞれの立上り時間の違いを無視し両者の最大振幅をプロットし，それから SC 立上りの平均ベクトルの方向と振幅とを実線で第5図に示した。LT 06h~10h 頃明らかに偏角の振幅が卓越し，このような場合は全体の約9%を占めた。

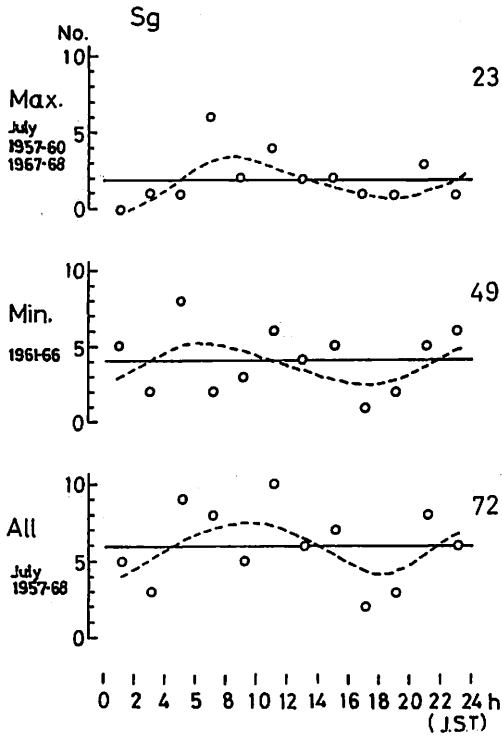
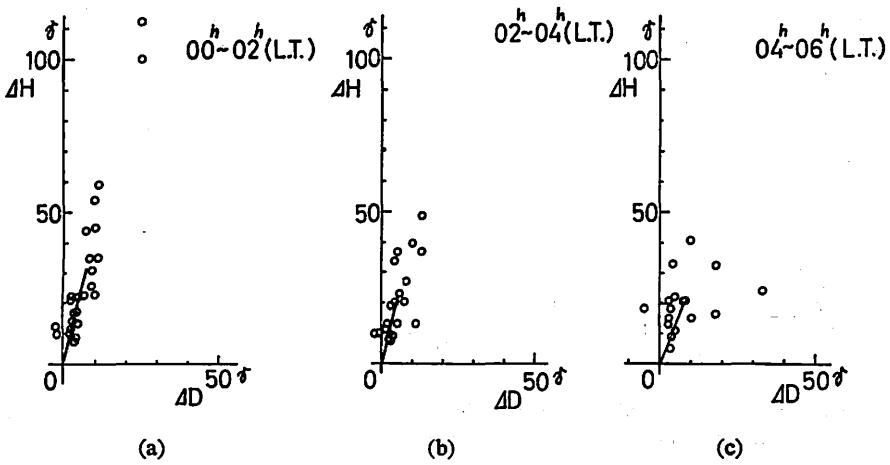


Fig. 4. Diurnal variation of occurrence frequency of gradually commenced storm (S_g) at Kakioka, July 1957~December 1968.



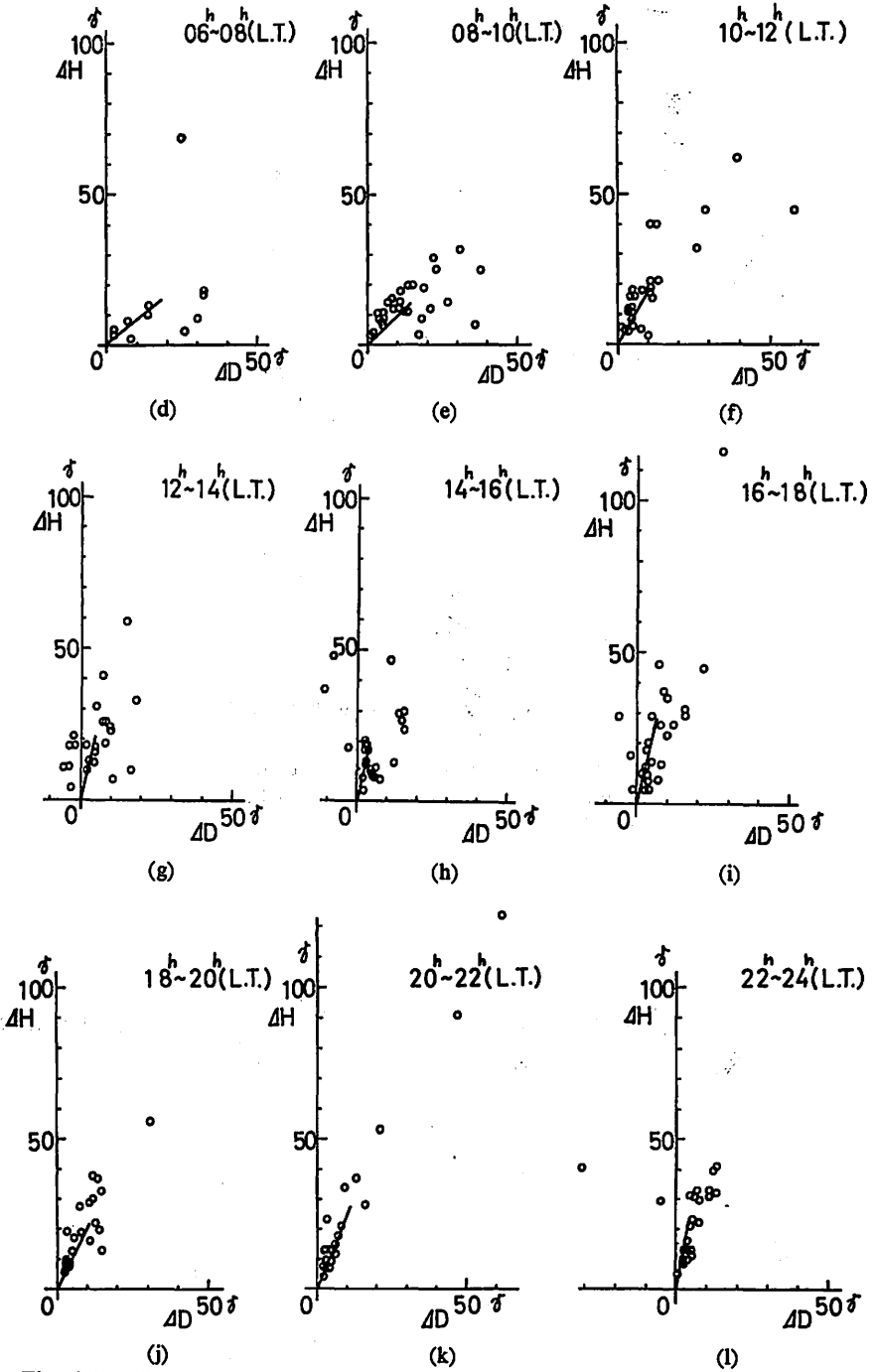


Fig. 5 (a)~(l). Diurnal progressive change of relation between ΔH and ΔD of ssc at Kakioka, July 1957~December 1968.

(ii) 嵐較差 (Storm Range); 期間中の全地磁気嵐の Storm Range についてみると、偏角が水平分力より大きくなる場合が約30%観測された。これは地磁気日変化較差と関係があるので後述する。

(i), (ii) の関係をまとめて第6図に発生比率%と箇数で示したが、第6図の(1)は全 SC Storm 中で起った (i) および (ii) の相対的な発生頻度を示し (2) は全 SC Storm 中既に決定された Quality 中で起った (i) および (ii) の相対的な発生頻度で SC Storm の Quality 判定には、偏角も無視出来ないことがわかった。

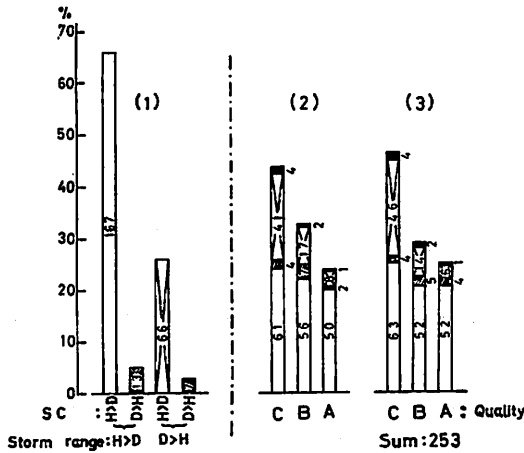


Fig. 6. Occurrence frequency of various cases in the interrelation between ssc amplitudes, and storm ranges, at Kakioka, July 1957~December 1968.

- (1) all
- (2) for each Quality already reported
- (3) for each Quality determined by the proposed chart given in Fig. 12.

2.5. SC の立上り時間 (Rise-time) と立上り量 (Amplitude) の関係

両者の関係を既に資料センターに報告された ssc の Quality 別に第7図に示した。(立上り量は偏角が水平分力より大きくなる場合、偏角の値を使った。) SC の Rise-time に関しては恩藤⁽⁵⁾ (1963), 前田・桜井・山本⁽⁶⁾ (1960) 等が指摘するように昼間は夜間に較べ立上りが早いことがわかる。全体としては ssc の Quality A と判定されるものは SC の Rise-time は短く Amplitude も大きい。C は Rise-time の範囲も長くしかも全体に Amplitude が小さいのは Quality の定義から止むをえまい。B は両者とも A, C の中間となる。

2.6. SC Storm におけるられる Maxmal K

Magnetic storm の擾乱の規模を表現する尺度の一つとして、K-index (地磁気3時間較差

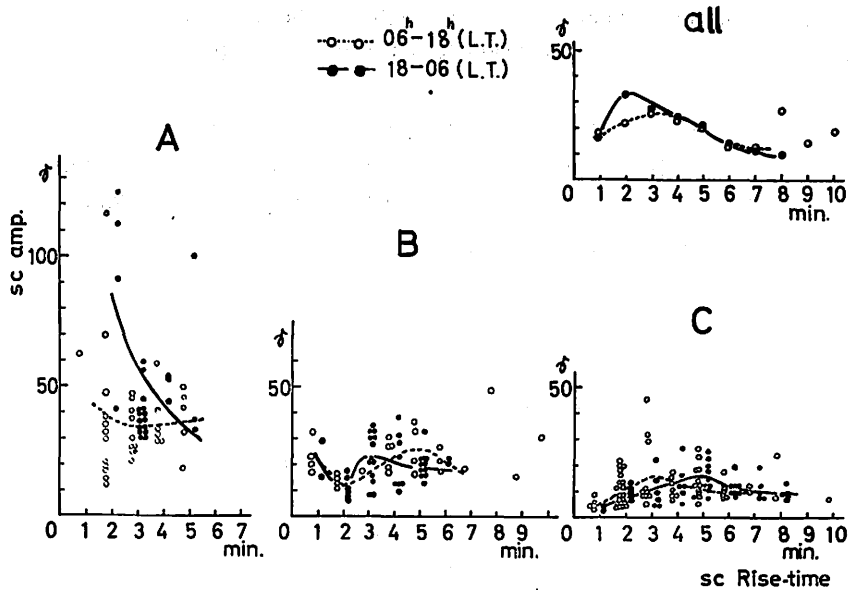


Fig. 7. Relation between rise-times and amplitudes of ssc at Kakioka, July 1957~December 1968.

指数)があり、通常 G. M. T. の 0h から始まる 3 時間毎水平 2 成分 (水平分力および偏角) の較差のうち大なる方に一定の Scale を用いておのおのの時間間隔に 1 箇の index (0~9) を指定するもので、Storm 中にあらわれた最大の K を Maxmal K (Max. K) という。各指数の Lower limit は第 1 表の通りである。

Table 1. Lower limits of ranges R for three-hour-range indices K.

	K	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Memambetsu	Range γ	0	4	8	16	30	50	85	140	230	350
Kakioka Kanoya	Range γ	0	3	6	12	24	40	70	120	200	300

期間中に発生した SC Storm について得られた Max. K の指数別頻度を見ると第 8 図となり、発生の此率%と箇数で示した。

第 8 図の (1) は指数別の発生頻度を示し

(2) は既に決定された Quality 中での指数別発生頻度である。

第 6 図および第 1 表からいわゆる主相部をともなう典型的 Magnet storm と呼ばれるものは、Max. K が 5 又はそれ以上のときといえよう。一方 Max. K=3 は特異な例であり、事実採用された個々の例について調べた結果 SC の立上り量および Storm Range は、水平分力または偏角のうち、いずれかが、それぞれ 10~20 γ および 65~95 γ で一応 Storm として採りうるものであった。

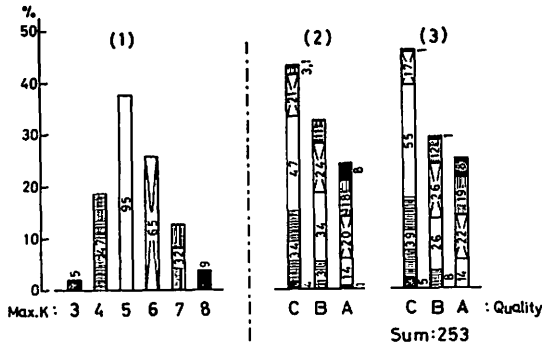


Fig. 8. Occurrence frequency of Maximal K during the period of ssc storm at Kakioka, July 1957~December 1968.

- (1) all
- (2) for each Quality already reported
- (3) for each Quality determined by the proposed chart given in Fig. 12.

3. 地磁気 ssc の Quality

ここで ssc の Quality 判定法を考える前に Copenhagen Resolution にしるされた ssc に関する説明を抜粋すると

RESOLUTIONS

(Copenhagen meeting, April 9-11, 1957)

DESCRIPTION OF PHENOMENA

a) Ordinary magnetograms.

1. ssc A sudden impulse followed by an increase in activity lasting at least one hour. The more intense activity of the storm may appear immediately or it may be delayed a few hours.
2. ssc* This is similar to an ssc, except that the sudden impulse is immediately preceded, on at least one component, by one or more small reverse oscillations. In case the reverse movement has approximately the same amplitude as the principal movement, it will be reported as ssc (no ssc*).
3. In the case of recording ssc*, the observer is requested to put a star in the column where the algebraic sign of the principal movement is recorded, so that the star will indicate the element or elements in which such reverse movement occurred.
- 4.1. If the observer sees, during the course of a magnetic storm, additional clear ssc's or ssc*'s, he should report them as separate phenomena and call them ssc or ssc*, as appropriate.

とあり、ssc 採用の条件として急始（以下 SC という）の後に嵐の強烈な擾乱が伴うことを明示している。

このことは SC に続く嵐としての擾乱は単なる ssc 採用の必要条件で、擾乱の較差の大小は Quality の種類を左右するほど重要な要素でない。要するに必要条件を満たせば、SC の Amplitude の大小で ssc の Quality が決定出来るとも解釈される。しかし一方では SC Amplitude および Storm Range の両者について、その大小の兼ね合いを考慮すべきだとの議論も成り立つ、これらについて世界の各観測所がどのように解釈して行なっているかは不明である。

そこで著者は、この調査に使用した期間中の ssc 資料から、

- (i) 日本の3観測所（柿岡・女満別および鹿屋）においては Storm Range の大小も考慮して Quality を決めている。
- (ii) SC Amplitude と Storm Range の間には Quality を決めるため役に立つ相関がみられる。
- (iii) ルーチン観測として各観測所の見解の相違による判定差をなくす。

この3つの見地から ssc の量的 Quality 判定のためのチャートを作成した。

今 2.4. および 2.5. からえられた調査結果から、Quality の判定に

- (i) SC Amplitude および Storm Range とともに水平分力および偏角のいずれか変化大なる方を使用する。
- (ii) SC 後の Storm の擾乱の大小も考えに入れる。

[(ii) は Quality 採用当初から考慮されていたことが、後節 SC Amplitude と Storm Range の関係図からわかる。]

ことを前提として、日本の3観測所にあてはめて ssc の各 Quality の定義に説明を補足し下記のようにした。

- A: SC の Rise-time は短かく (≤ 5 分程度), Amplitude 大きく, また Storm Range 大なるもの。Storm 中の Max. K は ≥ 5 程度。
- C: SC の Rise-time は約 1~10 分で Amplitude 小さく, また Storm Range 小なるもの。Max. K は 4~6 程度。
- B: SC の Rise-time, Amplitude および Storm Range とともに Quality A, C の中間。Max. K は 4~7 程度。

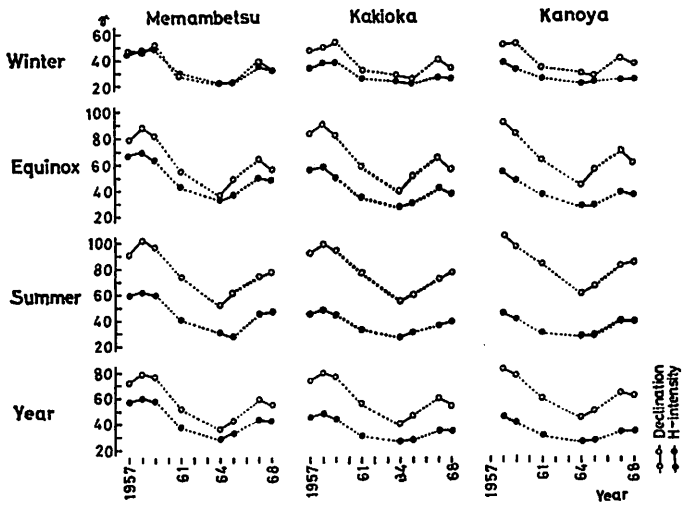
これらの説明に SC の Amplitude および Storm Range を各 Quality ごと量的にあたえることにより判定の基準が明らかになる。

ここで ssc 現象と類似の si 現象との両者の区別をいかに処理するかを考える。

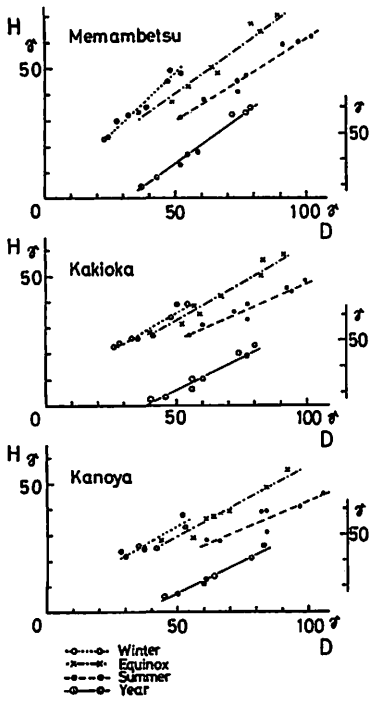
ここで再び RESOLUTIONS を引用すると

- si If the observer sees an *important* sudden impulse during a storm, but doubts that it represents the beginning of a new storm, he should report it as si.

Occasionally if a magnetic storm apparently begins with two or more sudden



(a)



(b)

Fig. 9(a). Year to year variations of the range of seasonal and annual mean S_q in horizontal intensity and declination at Kakioka, Memambetsu and Kanoya, 1957~1968.

Fig. 9(b). Relation between ranges of seasonal or annual mean S_q in horizontal intensity and declination at Kakioka, Memambetsu and Kanoya, 1957~1968.

movements, the observer should report each movement as ssc (or ssc*), unless he doubts that one or the other is actually the beginning of the storm. In the latter case the clear commencement should be reported as ssc (or ssc*), the other as si.

とあり、実際に観測される記録の多様性から両者を区別するための境界は必ずしも明らかでない。

勿論両現象の類似性からやむを得ぬ一面もあるが、例えば比較的静穏時に Sudden Impulse が発生しその後の擾乱が比較的弱い場合には、ssc 又は si のいずれに判定すべきか、両現象に関する定義のみからは迷わざるをえない。そこで両現象を区別するための目安を定める必要が生ずる。そのため ssc の定義を振り返って、その必要条件として SC の後に強い擾乱を伴うか否かが決め手となることから、ssc と判定するための Storm Range の下限を決め、それを si 現象と区別する目安とした。

Storm Range の下限を決めるため柿岡、女満別および鹿屋についてこの調査の対象となった期間中の地磁気記録からえられた静穏日変化 S_q の日較差 (Maximum Daily Range) を調べた。水平分力と偏角の季節別年変化は第 9 図 (a) となり、それらは太陽活動とほぼ平行して変化し、その変化量は各季節とも偏角が水平分力より大きくなる。これらの変化量を水平分力と偏角の関係で書きなおすと第 9 図 (b) となる。これから 3 地点の日較差の季節変動を見ると、黒点極小期の冬季には 3 地点の水平分力および偏角とも 20 数 γ であるが、極大期の春秋および夏季には女満別の水平分力で約 70 γ 、偏角では 100 γ をこえることもある。また全年の平均値は水平分力で約 40 γ 、偏角では約 60 γ となる。

地磁気 S_q の日変化が年平均値で約 20~100 γ と大きな季節変化を示すことは Storm Range の下限を単純に一定値で表わすことを困難にする。しかしここで S_q 日変化年平均値の最低値の約 2 倍を下限の目安とすると、これまで観測された地磁気嵐の Storm Range の最低値に近くなることから、3 地点とも約 40 γ を Storm Range の下限とし、これ以下の擾乱ならば先に起った Sudden Impulse に si 現象と指定するようにした。

3.1. 柿岡 (磁気緯度: 26.0°, 磁気経度: 206°0') における ssc の Quality

柿岡において 1957 年 7 月~1968 年の 11.5 年間にえられた ssc 275 個、そのうち 253 個 (数時間から十数時間続いて 2 またはそれ以上の急始変化 (SC) が起っている場合、全体で一個の地磁気嵐として処理したため) を使って、SC Amplitude と Storm Range をそれぞれ適当な量のグループに分け両者の関係を、すでに IAGA の資料センターに報告された Quality 別にプロットすると第 10 図がえられる。ここで SC Amplitude および Storm Range はそれぞれ水平分力および偏角のうちいずれか大きい方の値を使った。

第 10 図から SC Amplitude と Storm Range の間には正の相関が見られる。この関係を利用し、また第 10 図中で区別してプロットした各 Quality の判定結果を考慮して新たに量的判定のための Quality A, B および C の領域を太い実線で区分した。

これをさらに報告された Quality ごと別々に実測値でプロットし、第 10 図に準じた区分線

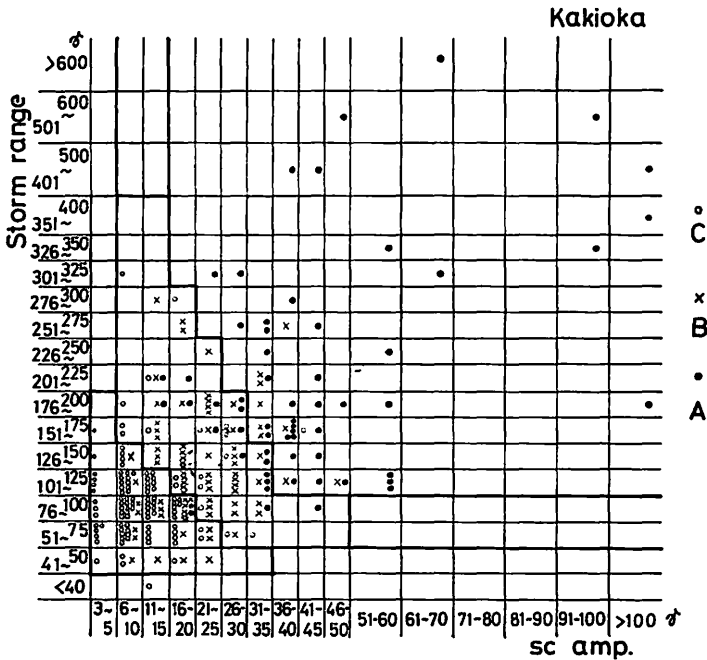


Fig. 10. Relation between amplitudes of ssc and storm ranges for each quality, A, B and C, at Kakioka, July 1957~December 1968.

を入れ各 Quality の領域を決めると第11図 (a), (b) および (c) となる。

この量的判定法により、既に報告されたものが、どの程度他の Quality (第11図 (a), (b) および (c) の中で括弧で示した Quality) に分散するかは各図中の個数をあらわす数字と % で示した。

ここで ssc の Storm Range の下限 (急始変化を ssc とするか si と判定するかの境界) を 40γ と決めることについてその是非を考える。

すでに第9図 (a), (b) で説明した通り地磁気静穏日変化の日較差の年変化から太陽黒点極小期の冬季には水平分力および偏角とも日較差が平均約 20γ となるところから、その約2倍の 40γ が適当として決定したもので、第11図 (a), (b) および (c) にプロットされた観測結果からも正当であると考ええる。

ここで懸念されることは静穏日日変化 S_q が太陽活動と関連して消長し偏角で約 100γ にもなることで、Quality 判定上下限を 40γ としたときその時の日較差の違いが Storm Range の違いとなってあらわれ、Quality に差を生じ易くすることであり、これについては第12図に示すように、このチャートでは Quality A, B および C のおのおのについて SC Amplitude と Storm Range の関係を利用する際、日変化較差程度の Storm Range のものがより上位の Quality に格付されることのないよう、それを考慮し Quality の各領域に幅をもたせ区分線を引いた。

これについては偏角の Storm Range が水平分力より大きかった個々の ssc 資料を第11

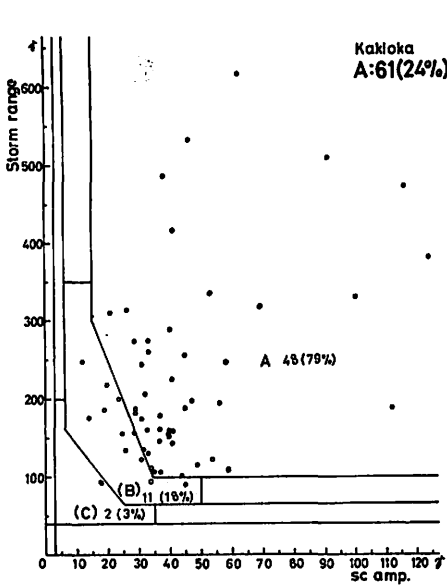


Fig. 11(a) Relation between amplitudes of ssc and storm ranges for the Quality, A, at Kakioka, July 1957~December 1968.

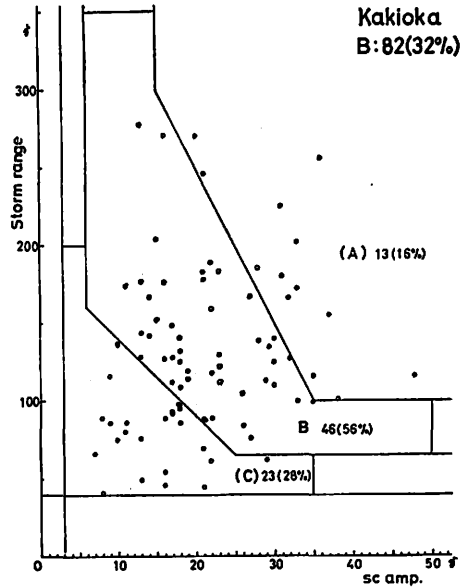


Fig. 11(b). Relation between amplitudes of ssc and storm ranges for the Quality, B, at Kakioka, July 1957~December 1968.

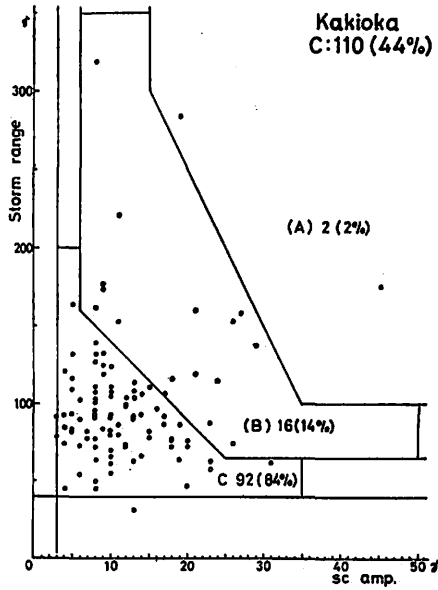


Fig. 11(c). Relation between amplitudes of ssc and storm ranges for the Quality, C, at Kakioka, July 1957~December 1968.

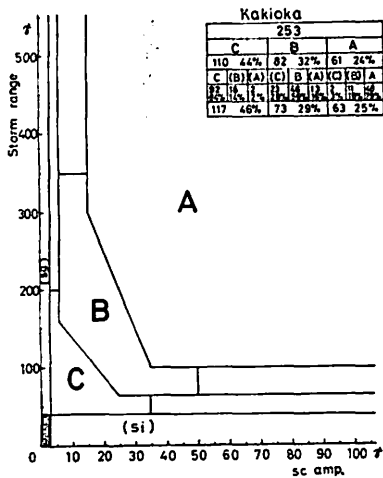


Fig. 12. Proposed chart to determine Quality of ssc at Kakioka.

図 (a), (b) および (c) にあてはめ検討した結果このような例は比較的擾乱の小さな Storm が多く各 Quality の領域区分が妥当であると判断した。

なお SC Storm と Sg Storm の区別については, Storm Range が 40γ 以上の時, その急始変化が水平分力・偏角のどちらかで 3γ 以上なら SC Storm として急始変化を ssc ととり, 3γ 以下なら Sg Storm として処理することが日本の観測所の地磁気通常記録の感度 (水平分力, 偏角および鉛直分力の 3 成分とも約 2.5γ/mm) から適当と考える。

これらの総合的結果として '柿岡における ssc の Quality 判定用チャート' 第12図がえられる。

このチャートから各 Quality の領域は下記の分類となる。

Quality	量的な区分	備考
	<p>SC Storm 採用の条件 (柿岡)</p> <p>1) SC Amplitude の下限 : 3γ</p> <p>2) Storm Range の下限 : 40γ</p>	<p>1), 2) の関係から 1) が 3γ 以下のときは Sg Storm とし 2) が 40γ 以下のときは si 現象とする。</p>
A	<p>1) SC Amplitude : 15γ以上</p> <p>2) Storm Range : 100γ以上</p> <p>3) Storm Range/SC Amplitude が 300γ/15γ~100γ/35γ を直線で結ぶ。</p> <p>1), 2) および 3) 以上の領域を A。</p>	
B	<p>1) SC Amplitude : 6γ~50γ</p> <p>2) Storm Range : 65γ~350γ</p> <p>3) Storm Range/SC Amplitude が 160γ/6γ~65γ/25γ を直線で結ぶ。</p> <p>1), 2) および 3) と A との境界線でかこまれた領域を B。</p>	<p>B の領域で 1) が 50γ 以上, または 2) が 350γ 以上はこれまでの観測結果から出現がきわめてまれと推定される。</p> <p>1), 2) のいずれかが出現した場合, たがい他方の変化量を考慮して上位の Quality, A としてもよい。</p>
C	<p>1) SC Amplitude : 3γ~35γ</p> <p>2) Storm Range : 40γ~200γ</p> <p>1) および 2) と B との境界線でかこまれた領域を C。</p>	<p>C の領域で 1) が 35γ 以上, 2) が 200γ 以上はこれまでの観測結果から出現がきわめてまれと推定される。</p> <p>1), 2) のいずれかが出現した場合, たがい他方の変化量を考慮して上位の Quality, B としてもよい。</p>

このチャートを利用して, 調査に使った報告ずみの Quality を判定しなおした結果は第11

図 (a), (b) および (c) における統計をまとめて第13図と次に示した。

- 第13図において (1) は IAGA・資料センター宛報告済の各 Quality の発生頻度を示し
 (2) は Fig. 12 のチャート判定により (1) から各 Quality への分散を表わす。また
 (3) は (2) で分散したものを各 Quality ごと集計したものでチャートによる判定結果を示す。

資 料 数	253								
Quality	C			B			A		
IAGA・資料センター宛報告済 個 数, %	110, 44%			82, 32%			61, 24%		
チャート判定による報告済 Quality の分散。()内 Quality 変更となる もの。 個 数 %	C	(B)	(A)	(C)	B	(A)	(C)	(B)	A
	92 84%	16 14%	2 2%	23 28%	46 56%	13 16%	2 3%	11 18%	48 79%
チャート判定結果 個 数, %	117, 46%			73, 29%			63, 25%		

上の表で括弧で示した Quality A, B および C は報告済の資料を各 Quality ごとにチャートで判定しなおした結果他の Quality に変わった個数と比率を示す。例えば Quality C 110個のなかの (B) 16個, 14% はチャート判定により C から B に変わった資料の数と比率をあらわす。またこれらをチャート判定結果の Quality A, B および C の各に集計して最下段の個数と比率がえられた。例えば A についてみると元の Quality C からチャートにより A に変わったもの2個, B から A に変わったもの13個および A でやはり A に判定された48個を集計して, チャート判定結果 A は63個, 全資料 253 個に対し25%となる。

第11図 (a), (b), (c) および上記の表からこの量的判定法により既に報告された Quality が C および A の場合は他の Quality への変る比率が少なく, B の場合 A および C への分散が45%と大きいのは従来の判定が目のこによることから止むをえぬ結果と考える。

このチャート判定により各 Quality の占める比率は A : B : C = 約 25 : 30 : 40% となり報告済の元の場合とほとんど変わらない。これはチャート作成の際元の各 Quality の比率を考慮したことにもよるが, 目のこ判定のときは Quality B の範囲が不安定となるがこのチャート

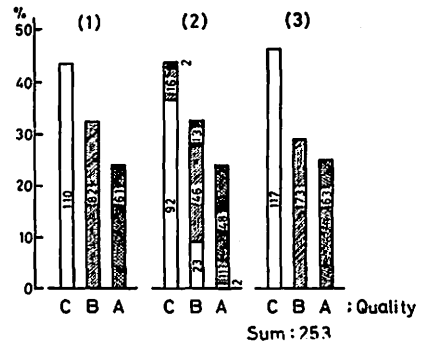


Fig. 13. Occurrence frequency of each Quality, A, B and C of ssc at Kakioka, July, 1957~December, 1968.
 (1) the Quality already reported
 (2) Numbers of above Quality are divided into three Quantities when the proposed chart of Fig. 12 is used to determine Quality
 (3) the Quality determined here by the proposed chart of Fig. 12.

判定によりそれが量的根拠のもとに整理されることを示している。

また、チャート第12図を使って報告済の Quality を判定しなおした場合、その各 Quality に属する ssc の SC Amplitude と Storm Range における水平分力と偏角の関係は第6図に示された(3)となり、同(2)と比較し Quality がCに変わるような擾乱の小さな Storm の中に Storm Range で偏角が水平分力よりも大きいものがふえる(B, A は減る)程度で大きな変化はない。

同様にして、地磁気嵐中で読取られた Maximal K についてみると第8図に示された(3)となり、元の Quality 内の Maximal K の各値の分布[第6図の(2)]に比べ、上位の Quality A から B, C にかけて、おののおに含まれる K 値の比率も理想的な形をとることがわかる。

3.2. 女満別(磁気緯度: 34.0°, 磁気経度: 208.4°)における ssc の Quality

女満別において調査期間にえられた ssc 224 個(柿岡の 253 個に比べ数が少ないのは、採用された ssc のうち Maximal K が ≤ 4 のものについては Storm Range が読取られていないため、それらを調査対象からはずした。柿岡分については、それらについて特に Storm Range を読取り補充した。)を使って柿岡について行なったと同様 SC Amplitude と Storm Range の関係を求め第14図がえられた。

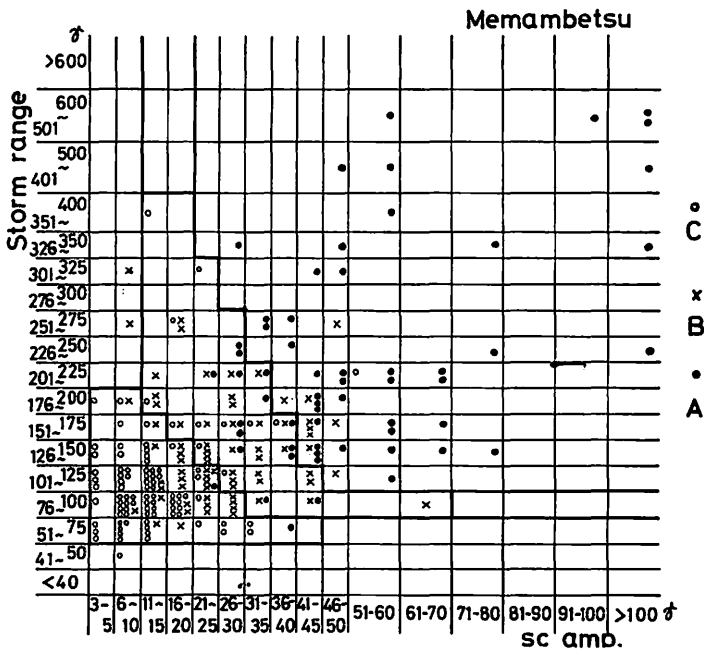


Fig. 14. Relation between amplitudes of ssc and storm ranges for each Quality, A, B and C, at Memambetsu, July 1957~December 1968.

観測地点による違いを知るために、SC Amplitude および Storm Range についておのおの柿岡との比率を求め第15図および第16図から SC Amplitude では女満別/柿岡 ≈ 1.25 、Storm Range では女満別/柿岡 ≈ 1.10 といずれも女満別が大きくなった。これらは両者とも水平分力および偏角のうちいずれか大きな値を使って比較した。

第15および16図の結果および第9図(a),(b)から、女満別における ssc 採用の条件として Storm Range の下限は約 45γ とした。そのうえで、柿岡の場合に準じ新たな各 Quality の領域を太い実線で都合よく分割し、さらに元の Quality 別におのおの実測値でプロットし、Quality A, B および C となるべき領域を求めると第17図(a),(b),(c)となる。

これらの総合的結果として‘女満別における ssc の Quality 判定用チャート’は第18図となる。

このチャートを利用して各 Quality を判定しなおした結果は、第17(a),(b)および(c)図で求めた結果をまとめて第18図に一覧表としてかかげた。

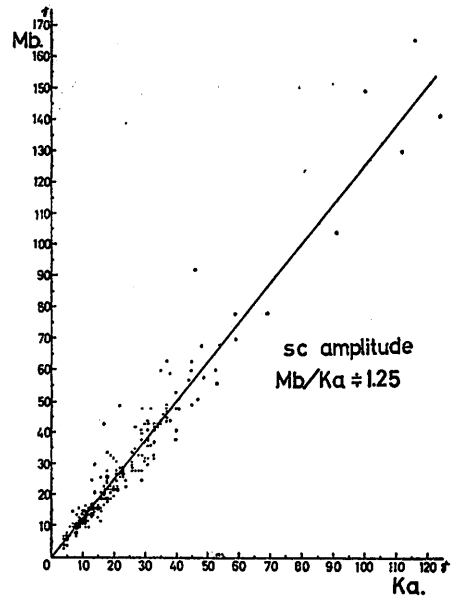


Fig. 15. Ratio of $\Delta H(\text{or } \Delta D)_{Mb} / \Delta H(\text{or } \Delta D)_{Ka}$ for amplitudes of ssc, July 1957~December 1968.

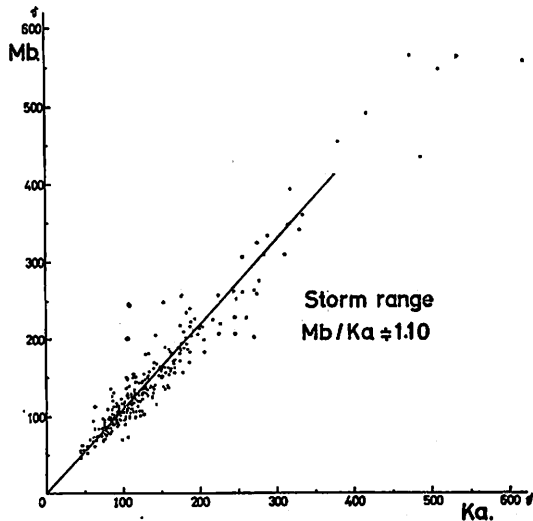


Fig. 16. Ratio of $\Delta H(\text{or } \Delta D)_{Mb} / \Delta H(\text{or } \Delta D)_{Ka}$ for storm ranges, July 1957~December 1968.

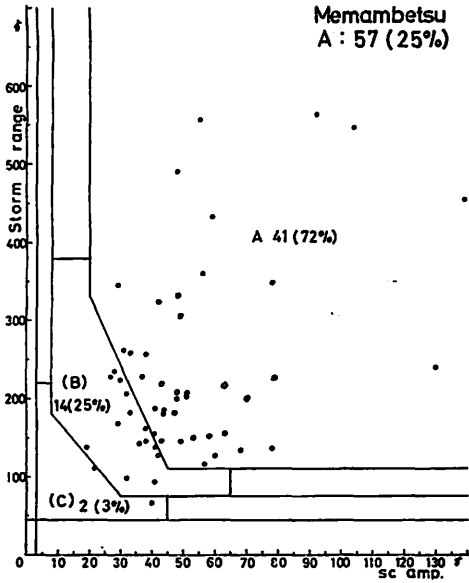


Fig. 17(a). Relation between amplitudes of ssc and storm ranges for the Quality, A, at Memambetsu, July 1957~December 1968.

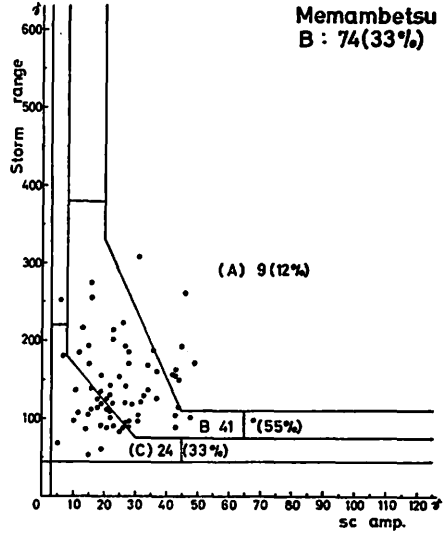


Fig. 17(b). Relation between amplitudes of ssc and storm ranges for the Quality, B, at Memambetsu, July 1957~December 1968.

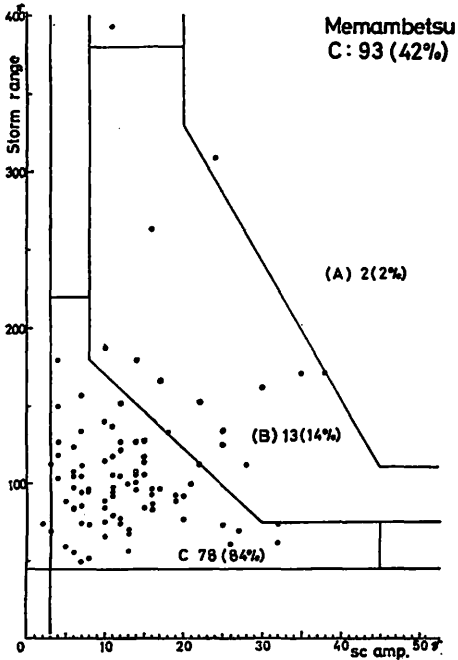


Fig. 17(c). Relation between amplitudes of ssc and storm ranges for the Quality, C, at Memambetsu, July 1957~December 1968.

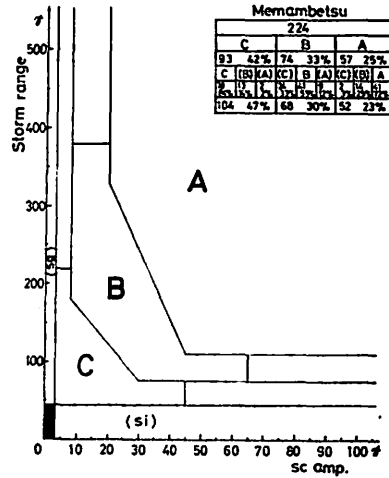


Fig. 18. Proposed chart to determine Quality of ssc at Memambetsu.

女満別の場合にも第18図のチャート判定により各 Quality の占める比率は柿岡と同様、 $A : B : C = \text{約}, 25 : 30 : 45\%$ となり報告済の Quality の比率とあまり変らない。

このチャートから、各 Quality の領域は下記の分類となる。

Quality	量的な区分	備 考
	SC Storm 採用の条件 (女満別) 1) SC Amplitude の下限: 3γ 2) Storm Range の下限: 45γ	1), 2) の関係から 1) が 3γ 以下のときは Sg Storm とし 2) が 45γ 以下のときは si 現象とする。
A	1) SC Amplitude: 20γ 以上 2) Storm Range: 110γ 以上 3) Storm Range/SC Amplitude が $330\gamma/20\gamma \sim 110\gamma/45\gamma$ を直線で結ぶ。 1), 2) および 3) 以上の領域を A。	
B	1) SC Amplitude: $8\gamma \sim 65\gamma$ 2) Storm Range: $75\gamma \sim 380\gamma$ 3) Storm Range/SC Amplitude が $180\gamma/8\gamma \sim 75\gamma/30\gamma$ を直線で結ぶ。 1), 2) および 3) と A との境界線でかこまれた領域を B。	B の領域で 1) が 65γ 以上, 2) が 380γ 以上はこれまでの観測結果から出現がきわめてまれと推定される。 1), 2) のいずれかが出現した場合、たがいに他方の変化量を考慮して上位の Quality, A としてもよい。
C	1) SC Amplitude: $3\gamma \sim 40\gamma$ 2) Storm Range: $45\gamma \sim 220\gamma$ 1) および 2) と B との境界線でかこまれた領域を C。	C の領域で 1) が 40γ 以上, 2) が 220γ 以上はこれまでの観測結果から出現がきわめてまれと推定される。 1), 2) のいずれかが出現した場合、たがいに他方の変化量を考慮して上位の Quality, B としてもよい。

3.3. 鹿屋 (磁気緯度: 20.5° , 磁気経度: 198.1°) における ssc の Quality

鹿屋についても柿岡、女満別と同様の調査を行なった。鹿屋の場合地磁気観測の開始が1958年1月からであることと、女満別同様 Max. K が ≤ 4 の Storm が除かれているので総計 210 個が使われた。

SC Amplitude と Storm Range について柿岡との関係を求めると、前者は鹿屋/柿岡 $\doteq 1.16$ となり第19図、後者は鹿屋/柿岡 $\doteq 1.09$ で第20図となり、女満別の場合より柿岡に対する係数は小さいが、SC Amplitude および Storm Range とも柿岡より大きい。

これらの関係および第9図 (a), (b) から鹿屋における地磁気嵐の Storm Range の下限は女満別と同じく 45γ とした。

さらに各 Quality ごとに SC Amplitude と Storm Range との関係をプロットすると第21図および第22図 (a), (b), (c) となり、これらから '鹿屋における ssc の Quality 判定用チャート' 第23図となる。

第23図を使って各 Quality を判定しなおした結果は同図中に一覧表としたが、鹿屋の場合、チャート判定の前後で各 Quality の占める比率が、A および C において変動してい

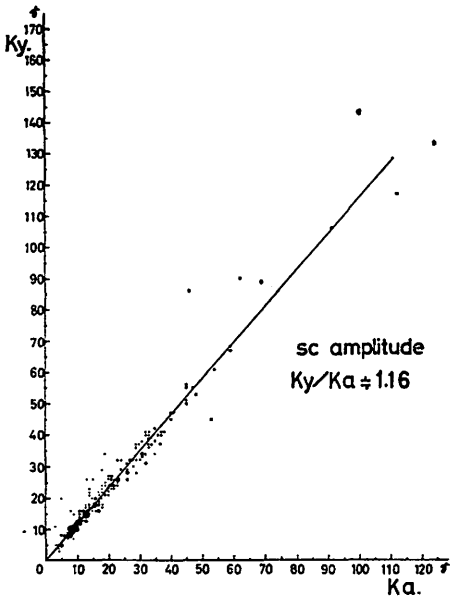


Fig. 19. Ratio of ΔH (or ΔD)_{Ry}/ ΔH (or ΔD)_{Ka} for amplitudes of ssc, 1958~1968.

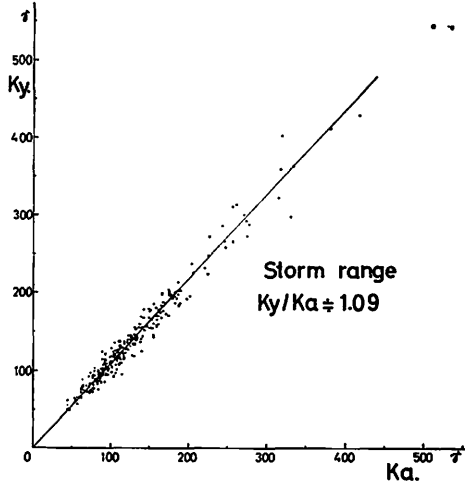


Fig. 20. Ratio of ΔH (or ΔD)_{Ry}/ ΔH (or ΔD)_{Ka} for storm ranges, 1958~1968.

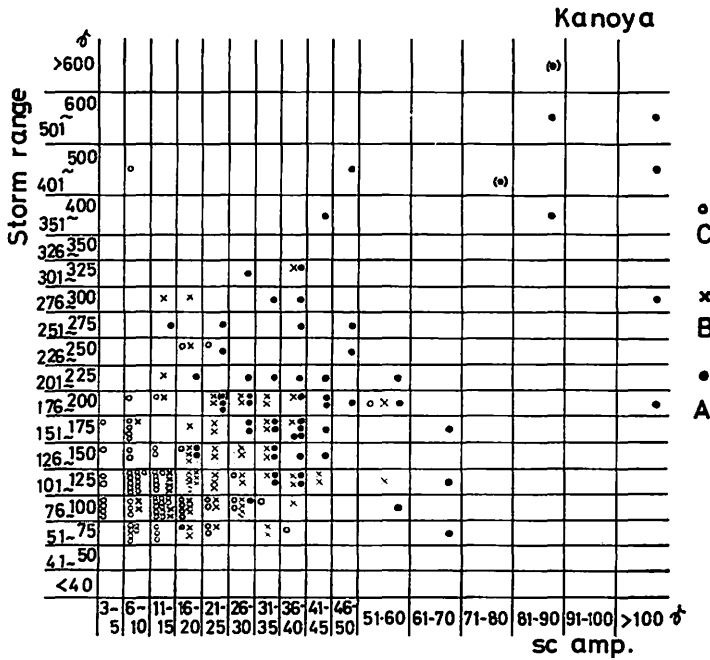
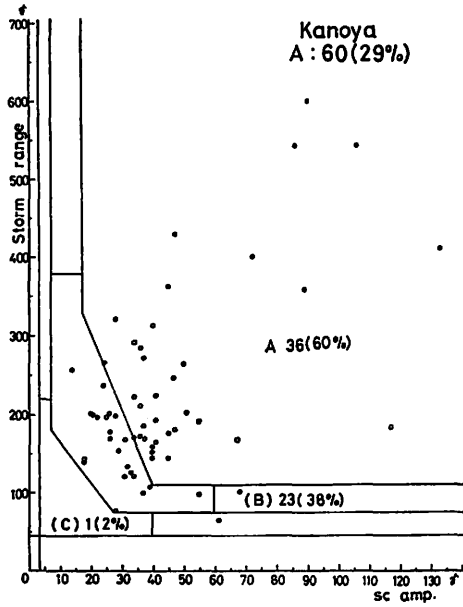
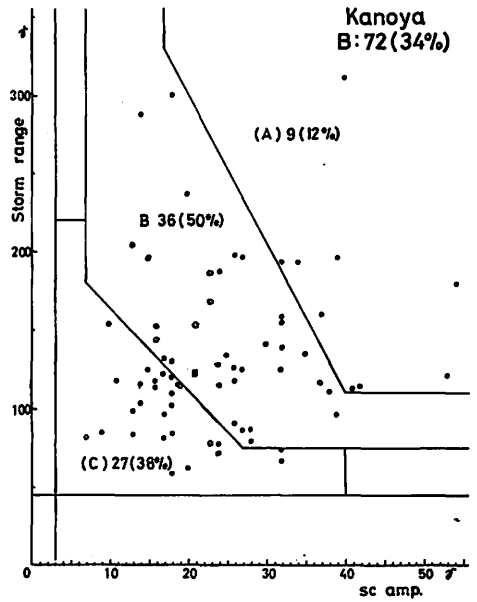


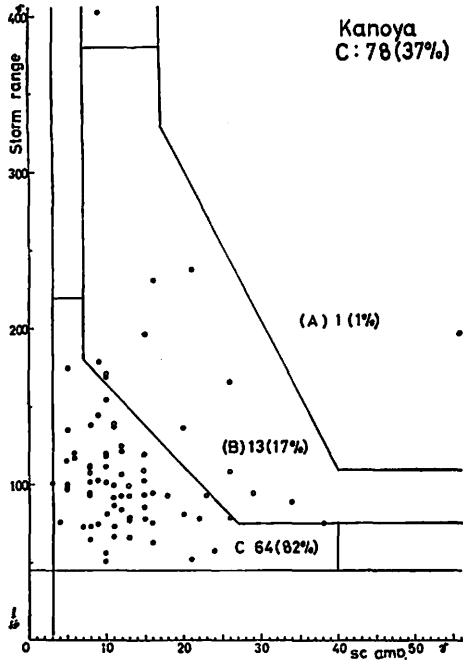
Fig. 21. Relation between amplitudes of ssc and storm ranges for each Quality, A, B and C, at Kanaya, 1958~1968.



(a)



(b)



(c)

Fig. 22(a). Relation between amplitudes of ssc and storm ranges for the Quality, A, at Kanaya, 1958~1968.

Fig. 22(b). Relation between amplitudes of ssc and storm ranges for the Quality, B, at Kanaya, 1958~1968.

Fig. 22(c). Relation between amplitudes of ssc and storm ranges for the Quality, C, at Kanaya, 1958~1968.

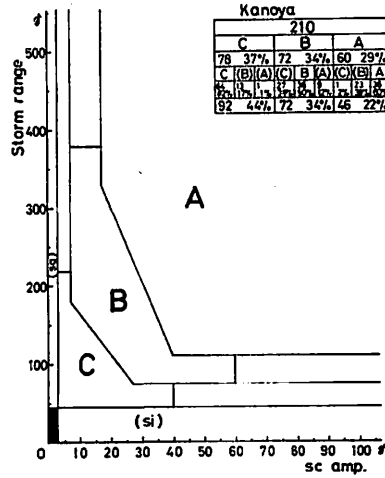


Fig. 23. Proposed chart to determine Quality of ssc at Kanoya.

る。このチャートを使って判定したとき、それぞれの此率が A : B : C = 23 : 34 : 44 と柿岡、女満別のそれに近づき、また観測結果を見なおしたうえからもこれがよいと思われた。

このチャートから各 Quality の領域は下記の分類となる。

Quality	量的な区分	備考
	<p>SC Storm 採用の条件 (鹿屋)</p> <p>1) SC Amplitude の下限 : 3γ</p> <p>2) Storm Range の下限 : 45γ</p>	<p>1), 2) の関係から 1) が 3γ 以下のときは Sq Storm とし 2) が 45γ 以下のときは si 現象とする。</p>
A	<p>1) SC Amplitude : 17γ以上</p> <p>2) Storm Range : 110γ以上</p> <p>3) Storm Range/SC Amplitude が 330γ/17γ~110γ/40γ を直線で結ぶ。</p> <p>1), 2) および 3) 以上の領域を A。</p>	
B	<p>1) SC Amplitude : 7γ~ 60γ</p> <p>2) Storm Range : 75γ~380γ</p> <p>3) Storm Range/SC Amplitude が 180γ/7γ~75γ/27γ を直線で結ぶ。</p> <p>1), 2) および 3) と A との境界線でかこまれた領域を B。</p>	<p>B の領域で 1) が 60γ 以上、2) が 380γ 以上はこれまでの観測結果から出現がきわめてまれと推定される。</p> <p>1), 2) のいずれかが出現した場合、たがいに他方の変化量を考慮して上位の Quality, A としもよい。</p>
C	<p>1) SC Amplitude : 3γ~ 40γ</p> <p>2) Storm Range : 45γ~220γ</p> <p>1) および 2) と B との境界線でかこまれた領域を C。</p>	<p>C の領域で 1) が 40γ 以上、2) が 220γ 以上はこれまでの観測結果から出現がきわめてまれと推定される。</p> <p>1), 2) のいずれかが出現した場合、たがいに他方の変化量を考慮して上位の Quality, B としもよい。</p>

4. 考 察

柿岡, 女満別および鹿屋についてえられた ssc Quality の量的判定用チャートについて次のことが考えられる。

(1) 比較的静穏な地磁気変化のなかで発生した急始変化について ssc か又は類似現象の si を区別するために, Storm Range の下限を柿岡で 40γ , 女満別, 鹿屋で 45γ と決めたことは, これまでの観測結果とも一致し, 両現象を区別する基準を明らかにしたことは適当である。

(2) SC Storm と Sg Storm を区別するために, 地磁気嵐ととりうる Storm Range をもつ場合その急始変化の量から判定 (3γ 以上なら SC, 3γ 以下なら Sg Storm) の基準をあたえたことは (1) と同様適当である。

(3) チャート上で Quality A, B および C の各領域は, 従来の目のこによる判定の基準を大幅に変えないことおよび静穏日日変化 Sq を考慮して区分線を引いたが, SC Amplitude と Storm Range の関係から簡単な形で表示された。しかし実用的には領域区分をより単純化した磁気緯度・経度によりある程度の広がりをもつブロックごと使用出来るものとした。

(4) ssc の Quality C と判定されるものには Storm Range が地磁気日変化の較差に近いものも含まれるが, C の定義が ssc として小さいか又は疑がわしいということからやむをえないと思う。ただし普通に地磁気嵐と言われるものは嵐中の Maximal K が ≥ 5 を標準とする。

(5) Quality 判定用チャートの中で各 Quality A, B および C の各領域を示す区分線には \pm 数 γ の幅をもたせ, 観測者の判断により例えば急始 (SC) 変化の形状, 地磁気日変化較差等を考慮した上, Quality の各領域を示す区分線の近傍では Quality 一階級の上げ下げはさしつかえない。

(6) 調査に使われた期間中の資料の中に既に Quality C と報告されたものでチャート判定により A となるものが 1 例あった。これは 1960 年 1 月 10 日 07 時 17 分 (GMT) に観測された -ssc (SC: 水平分力 (柿岡) で -45γ , Storm Range: 水平分力 (柿岡) で 175γ) で負の ssc と採用された唯一の例である。このことが SC の振幅大にもかかわらず Quality C と判定された理由と思われる。これは Quality 記入が決められ, その判定の基礎があまりはっきりしなかった時期にあらわれた単独の観測所の記録からは判定が難しい例⁽⁷⁾であった。あらためて記録紙を見なおした場合その約 1 時間前の 06 時 12 分 (GMT) に起った急始変化を ssc ととり, これはむしろ -si と採用すべきだったように思う。1 例にすぎないが, Quality 判定以前の問題として ssc 判定の定義を, その理論的研究とあいまって明確なものとした方が類似現象 si との関係から難しい課題である。

(7) IAGA の Bulletin からこれまでに報告された ssc の Quality について日本と外国の観測所とを比較した。磁気緯度にして柿岡と 4° から 14° 異なる San Juan (ペエルトリコ島) および Tucson (アメリカ) との間では, 日本の 3 地点が外国の 2 地点に比し判定がややからいと見られたが, この 2 地点と日本の間で Copenhagen Resolution における ssc の定義

の解釈にそれほど違わないことがわかった。

(8) 経験の浅い観測者に地磁気短周期現象の定義を説明し、これらチャートによる ssc の Quality 判定の練習結果は、従来行なわれたおおよその基準による目のこ判定より観測に従事し易く統一された結果がえられた。しかし各 Quality の境界付近で例えば C または B にすべきかの判断、Storm Range の下限付近で ssc とすべきか si かの選択等には、各現象に対する基礎的知識の積みかさねが必要であることは明らかである。

5. 結 び

この調査に使用した1957年～1968年は太陽黒点の変動周期からみて第19周期の極大期から第20周期の極小期を経て極大期までの11.5年間に相当する。

地磁気短周期変化の一つ、ssc の Quality A, B および C を量的に判定することを目的として上記期間中に観測された地磁気嵐を調査し次の結果がえられた。

それらを要約すると、

日本の3観測所が位置する中・低緯度地帯では

(1) SC Storm における SC Amplitude と Storm Range の間には正の相関が認められる。

(2) SC Rise-time と Amplitude の関係は一般に Rise-time が短い(5分以内)ものほど Amplitude が大きい。

(3) SC Amplitude については、SC が L.T. 06～10時頃に発生した場合偏角成分の変化量が水平分力より大きくなりやすく、それらは柿岡で SC Storm 全体の約9%を占めた。

(4) Storm Range については、偏角成分が水平分力より大きくなる場合が柿岡で SC Storm 全体の約30%観測された。

(5) SC Amplitude について3地点の関係を求めると

$$\text{女満別/柿岡} \doteq 1.25$$

$$\text{鹿屋/柿岡} \doteq 1.16$$

と女満別が最も大きく、鹿屋、柿岡の順となる。

(6) Storm Range について3地点の関係を求めると

$$\text{女満別/柿岡} \doteq 1.10$$

$$\text{鹿屋/柿岡} \doteq 1.09$$

となり、女満別および鹿屋が柿岡より約10%大となる。

(7) 地磁気静穏日日変化 S_q の変化量の年平均値は太陽活動とほぼ平行して変化し、一般に偏角成分が水平分力より大きい。その変化量は太陽黒点極小期の冬季には両成分とも20数 γ となり、黒点極大期の春秋および夏季には水平分力で約 60 γ 、偏角で約 100 γ となり年および季節変化が大きい。

(8) 地磁気嵐の擾乱の程度を示す Maximal K は Dst の規模と関連して指数が決まるが、普通地磁気嵐と呼ばれるもの (ssc の Quality B および A) は Max. K が ≥ 5 が標準となる。

(9) 上記 (3) および (4) から ssc の Quality 判定には水平分力又は偏角の変化量の大きい方を使い, (5), (6) および (7) から ssc と判定するための Storm Range の下限を柿岡で 40γ , 女満別, 鹿屋で 45γ としてそれ以下の場合は急始変化を si 現象と判定することとした。

(10) SC Storm と Sg Storm の区別は, Storm Range が柿岡で 40γ 以上, 女満別, 鹿屋で 45γ 以上のとき, 急始変化が 3γ 以上なら SC Storm として急始変化を ssc ととり, 3γ 以下なら Sg Storm とする。

(11) 太陽活動および季節により変化量の大きい地磁気偏角の日角差についてはそれが Quality 判定に直接影響して不都合を起さぬ様特に Quality C と B の境界付近では各の Storm Range の範囲の選定に注意した。

以上から, SC Storm における SC Amplitude と Storm Range の関係を利用して, Quality A, B および C の領域を定め柿岡, 女満別および鹿屋のおのおのについて ssc の量的 Quality 判定用チャートをつくりよい結果がえられた。

すでに IAGA には1957年7月以来全世界の観測所の資料が報告されている。ssc のみならず si, bay その他の短周期現象の Quality について世界の各観測所が量的な判定の基準を示して, IAGA に集め K-index におけると同様汎世界的にいくつかの地域ごと量的判定用 ATLAS がつくられるならば, それらの資料はさらに有効なものとなろう。

謝 辞

この調査にあたり有益なご助言とご教示をいただいた地磁気観測所柳原所長ならびに直接のご指導と鞭達をいただいた久保木観測課長に深く感謝の意を表します。また種々ご援助いただいた調査課大島主任研究官に厚くお礼申し上げます。 (昭和44年9月)

参 考 文 献

- (1) Newton, W. H. (1948): Mon. Not. Roy. Astr. Soc., Geophys. Suppl. 5, No. 6, 159-185.
- (2) Obayashi, T., and J. A. Jacobs (1957): Sudden Commencements of Magnetic Storms and Atmospheric Dynamo Action. J. Geophys. Res. 62, 589-616.
- (4) Fukushima, N. (1966): Sudden Commencement of Magnetic Storms, Morphology of Magnetic Storms シンポジウム (1965年12月25, 26日) 講演集. 東京大学理学部地球物理研究施設. 151-162.
- (4) Nagata, T. and N. Fukushima (1968): Morphology of Magnetic Disturbance, Handbuch der Physik, Bd 49/3 (Encyclopedia of Physics, Vol. 49/3).
- (5) Ondoh, T. (1963): J. Geomag. Geoelectr. 14, 198-207.
- (6) Maeda, H. and M. Yamamoto (1960): A Note on Daytime Enhancement of the Amplitude of Geomagnetic-Storm Sudden Commencements in the Equatorial Region, J. Geophys. Res., 65, 2538-2539.
- (7) Yamaguchi, Y. (1965): Inverted SC in the Low Latitude, Memoirs. Kakioka Mag. Obser., 12, No. 1, 77-103.

(その他)

- Sano, U. (1962): Morphological Studies on Sudden Commencement of Magnetic Storms Using Rapid-run Magnetograms during the IGY (I), *Memoirs. Kakioka Mag. Obser.*, 10, No. 2, 19-41.
- Sano, U. (1963): Morphological Studies on Sudden Commencement of Magnetic Storms using Rapid-run Magnetograms during the IGY (II), *Memoirs, Kakioka Mag. Obser.*, 11, No. 1, 1-52.
- Sano, U. (1964): Morphological Studies of Sudden Commencement of Magnetic Storms and Sudden Impulses (III), *Memoirs. Kakioka Mag. Obser.*, 11, No. 2, 5-22.
- 久保木忠夫・大島汎海(1965): 日本における地磁気変化ベクトルの異常について(第1報), *研究時報(気象庁)*, 17, 57-86.
- 久保木忠夫・大島汎海(1965): 日本における地磁気変化ベクトルの異常について(第2報), *研究時報(気象庁)*, 17, 130-152.
- 久保木忠夫・大島汎海(1966): 日本における地磁気変化ベクトルの異常について(第3報), *地磁気観測所要報*, 12, No. 2, 127-198.
- 横内幸雄(1953): 柿岡における地球磁気擾乱の観測結果(1924-1951), 6, No. 2, 204-248.

On Geomagnetic Storms, which occurred during the period
from July 1957 to Dec. 1968, and Quality of ssc.

Kikuo KURUSU

Abstract

The author have felt the necessity to determine more rigorously the Quality which is one of three classes A, B and C, given to a phenomenon of magnetic rapid variation according to its quality.

In this paper the Quality of ssc is studied as a first step. The author proposes a chart to determine the Quality of ssc more regorously.

To derive the chart about 250 geomagnetic storms with sudden commencement observed at Kakioka, Memambetsu and Kanoya observatories during the period from July, 1957 to December, 1968 are studied, and the following results are obtained:

- (1) A positive correlation is found between amplitudes of ssc and ranges of storm at each observatories.
- (2) For storms occurring from 06h to 10h (Local time), the amplitude of sudden comencement in declination is larger than in horizontal intensity. Such cases of larger declination are about 9% of the whole.

In storm ranges similar cases of larger declination than horizontal intensity are about 30% of the whole.

- (3) Ranges of Sq change in parallel with solar activities. Their maximums appear in equinox of most active sun year and minimums in winter of most quiet sun year. Changes in declination are generally larger than in horizontal intensity. The amount of those changes is about 70% between maximum and minimum.

Using these results, the charts applied to above three observatories are made to determine the Quarity of ssc.