

# 磁気共軛点における地磁気変化の南北非対称

永井正男

## 概 要

1961~1964 および 1966~1967 の Cape Wellen (CWE), Macquarie Island (MCQ) の磁気共軛点における水平分力の毎時値を使い、地磁気変化の南北非対称について解析した。

(1) CWE では約  $+20\text{nT}/\text{年}$ , MCQ では約  $-25\text{nT}/\text{年}$  のかなり大きな永年変化のトレンドが、この期間に存在する。

(2) 季節変化は静穏日と擾乱日で全く異なったパターンを示す。静穏日では南北両地点で夏と冬が逆の、ほぼ対称的な半年周期の変化を示すが、擾乱日では両地点とも夏特に大きく春秋で小さい、非対称的な変化を示している。

(3) 日変化は、夏と冬の違いはあるが、MCQ の方が CWE より大きな振幅を示している。

(4) 極磁気嵐の変化では、その爆発的活動時に両地点ともはっきりしたピークの極小を示すが、最盛時の4時間前から2時間後まで、MCQ の方が CWE より平均して約  $40\text{nT}$  以上の大きな振幅の差を生じている。

(5) Dst 指数の大きな発達した磁気嵐では、AU 或いは AL 指数の増大にもなって、南北両地点の差も増大するが、その変化はプラスの場合もマイナスの場合もあり、かなり不規則な変化を示している。

## § 1. は し が き

著者は、さきに南北両半球における地磁気活動度指数  $A_n$  および  $A_s$  の季節変化について解析し、南北両半球の差  $A_n - A_s$  は、北半球の夏で大きく冬で小さい、明瞭な季節変化の非対称があることを見出した(永井, 1984)。またこの季節変化は AU 指数の季節変化と極めてよい相関があり、極磁気嵐の発達と関連があることがわかった。

ここでは、以上の結果をさらに検討するために、南北両半球における磁気共軛点、Cape Wellen (CWE) および Macquarie Island (MCQ) の水平分力の毎時値を使い、両地点における地磁気変化の南北非対称について解析したので報告する。

## § 2. 南北両地点における永年変化

南北両地点の緯度・経度を次に示す。地磁気緯度・経度は MAGSAT 4/81 の磁場モデルによって計算されたものである。

	Geographic		Geomagnetic	
	Lat.	Long.	Lat.	Long.
CWE	$66.17^\circ$	$190.17^\circ$	$62.25^\circ$	$238.95^\circ$
MCQ	$-54.50^\circ$	$158.95^\circ$	$-60.64^\circ$	$244.60^\circ$

第1図には、1961~1964 (1965 は MCQ の資料が欠けている) および 1966~1967 に

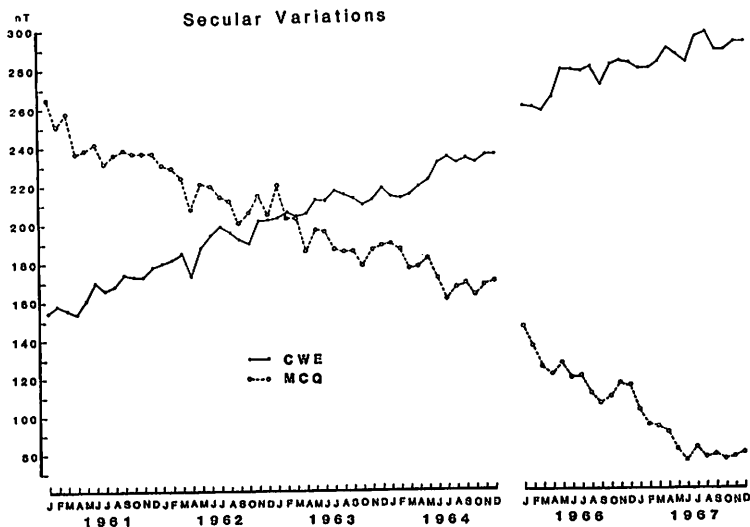


Fig. 1. Secular variations of the horizontal intensity at the conjugate stations of Cape Wellen (CWE) and Macquarie Island (MCQ). (1961–1964 and 1966–1967).

における CWE (実線) と MCQ (点線) の 2 地点における永年変化が、それぞれの月平均値によって示されている。全期間を平滑してこれを見ると、CWE では約  $+20$  nT/年、MCQ では約  $-25$  nT/年の増加と減少のかなり大きな永年変化のトレンドが存在している。

このため、次章以下に述べる季節変化および日変化等については、それぞれ両地点における永年変化のトレンドを補正した値を使用している。

### § 3. 南北両地点における季節変化

第 2 図および第 3 図には静穏日および擾乱日における CWE (実線) と MCQ (点線) の水平分力の季節変化が示されている。いずれも各年ごとの静穏日における平均値からの偏差をとり、永年変化の補正をした。また以下で使用する春夏秋冬は、いずれの場合も北半球を基準にした季節である。

第 2 図をみると、CWE では夏大きく春秋は小さい。また MCQ では冬大きく、夏および春秋は小さい。すなわち振幅の大きさは異なるが、夏と冬の変化が南北両地点で逆になっているのがわかる。

第 3 図をみると、両地点とも夏は特に大きく春秋は小さい。また CWE では冬も小さい。すなわち静穏日と擾乱日では季節変化のパターンが全く異なっている。

さらに第 4 図をみると、南北両地点の水平分力の差、CWE-MCQ の季節変化は、擾乱日 (点線) の方が振幅がやや大きく、春秋の変化が目立っているが、その他は静穏日 (実線)・擾乱日とも余り変わらず、いずれも夏大きく冬小さい。また CWE-MCQ の変化は、夏プラスで冬マイナスになることから、地磁気赤道面と太陽-地球を結ぶ黄道面とのなす角に基因する、ローカル・サマーに極大をもち、ローカル・ウインターに極小をもつ、対

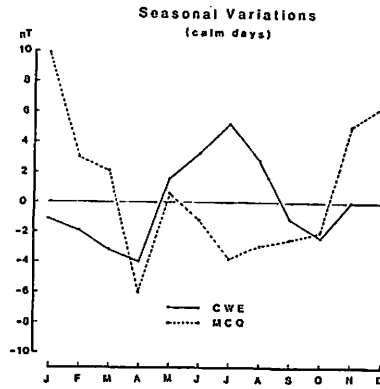


Fig. 2. Seasonal variations of the horizontal intensity on quiet days at CWE and MCQ.

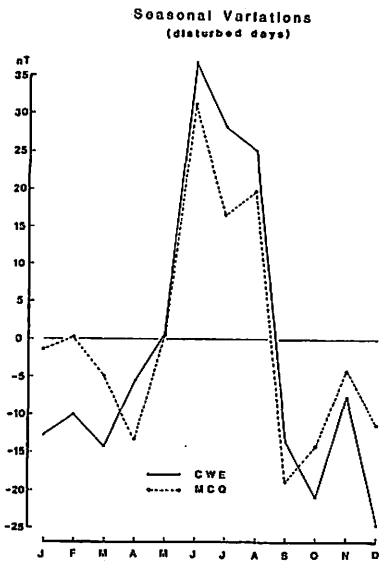


Fig. 3. Seasonal variations of the horizontal intensity on disturbed days at CWE and MCQ.

称的な季節変化の影響が顕著である。しかし、第3図の擾乱日における季節変化のパターンは、CWEの冬の期間を除けば、太陽風速度の季節変化と大略逆相関の関係がみられる。

#### §4. 南北両地点における日変化

第5図には、CWE(実線)とMCQ(点線)の静穏日における日変化 $S_q$ が、冬期(1, 2, 11, 12月)、春秋(3, 4, 9, 10月)および夏期(5, 6, 7, 8月)にわけて、地方時で

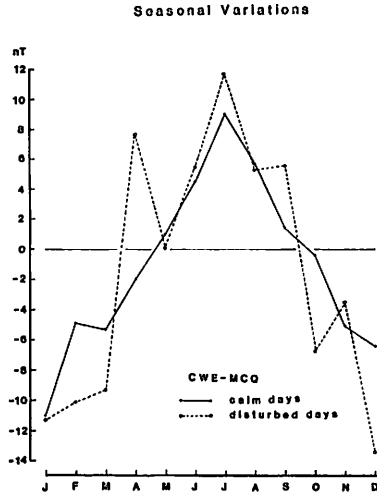


Fig. 4. Seasonal variations of the difference in the horizontal intensity (CWE-MCQ), on quiet and disturbed days.

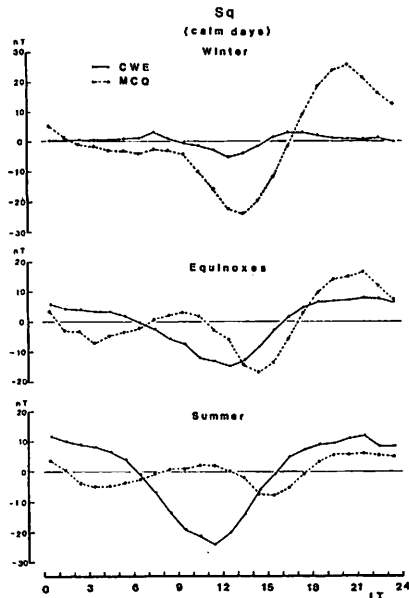


Fig. 5. Solar-daily variations of the horizontal intensity on quiet days (Sq) in winter, equinoxes and summer.

示されている。地方時は CWE が世界時+13時，MCQ が世界時+11時で，両地点の間に2時間の差がある。またいずれも各月ごとの静穏日における月平均値からの偏差をとり，永年変化の補正をした。

第5図の Sq の極小があらわれる時刻を比較すると，CWE は夏11~12時に，MCQ は

冬 13~14時になっている。また春秋の期間では、CWE が 12~13時に、MCQ が 14~15時にあらわれ、いずれも 2 時間のはっきりした差がみられる。日変化の振幅の大きさは、夏と冬とで全く逆になり、夏では CWE の方がたいへん大きい、冬では MCQ の方が非常に大きくなっている。これは一見すると対称的にみえるが、夏の CWE と冬の MCQ の日変化を比較すると、冬の MCQ の方が極大が明瞭にあらわれ、振幅も大きい。また春秋の期間でも MCQ の方が極大が明瞭にあらわれ、振幅がやはり大きくなっている。すなわち Sq の日変化においては、MCQ の方がやや大きく、南北非対称があらわれているといえるであろう。

第 6 図には、CWE (実線) と MCQ (点線) の擾乱日における日変化 Sd が示されている。これをみると、冬および春秋のいずれの期間も、MCQ の方が CWE より大きくなっている。一方、夏では日変化の振幅が両地点ともほぼ同じ大きさで、他の期間よりは小さい。すなわち南半球の MCQ の方が大きな振幅をもつ、南北非対称があらわれている。また極大のあらわれる時刻は、CWE では夏 18~19時となり、MCQ より 1 時間はやくなっているが、他の期間では両地点とも同じ時刻の 19~20時になっている。また極小のあらわれる時刻は、CWE ではいずれの期間も 2~3 時であるが、MCQ では春秋および夏が 3~4 時で冬が 4~5 時になっている。極小のあらわれる時刻は、両地点で 1~2 時間の差がみられるが、Sq のそれ程顕著ではない。

ここでは図に示さなかったが、擾乱日と静穏日の水平分力の日変化の差、 $SD(=Sd-Sq)$ 、は Sd に比べ Sq の振幅が小さいので、SD と Sd は大きさもほぼ等しくほとんど同じ変化を示している。これは中・低緯度における SD のそれと比較すると大きな相違である。

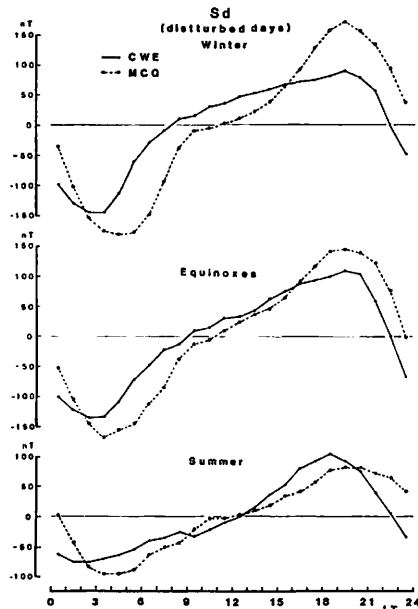


Fig. 6. Solar-daily variations of the horizontal intensity on disturbed days (Sd) in winter, equinoxes and summer.

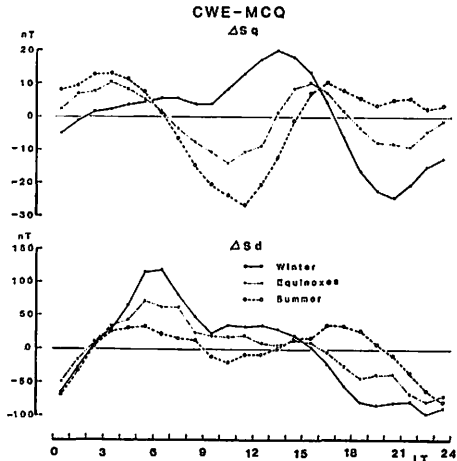


Fig. 7. Solar-daily variations of the difference in the horizontal intensity (CWE-MCQ), on quiet and disturbed days in winter, equinoxes and summer.

第7図には、南北両地点における水平分力の日変化の差、CWE-MCQが $\Delta S_q$ と $\Delta S_d$ にわけて冬・春秋・夏の各季節ごとに示されている。 $\Delta S_q$ では、冬は13~14時に極大を示し、20~21時に極小を示す。また夏は3~4時に極大を示し、11~12時に極小を示す。冬と夏の極小の間隔は9時間、極大の間隔は10時間で、冬は0~9時、夏は15~24時にかけてなだらかな変化を示し、振幅は冬の方がやや大きくなっている。一方、春秋の期間では、極大が2回3~4時と15~16時に、極小が2回10~11時と21~22時にあらわれ、半日周期の変化を示している。 $\Delta S_d$ では、冬は極大が6~7時に、極小が22~23時にあらわれている。また冬および春秋とも、1日周期の変化が卓越しているが、夏は極大が5~6時と16~17時の2回、極小が10~11時と23~24時の2回あらわれ、半日周期の変化が卓越している。図には示さなかったが、 $\Delta S_D$ は、 $\Delta S_d$ とほとんど同じ大きさで同じような変化を示している。

#### § 5. 南北両地点における極磁気嵐と急始磁気嵐

第8図には1966~1967の2年間に発生した極磁気嵐の爆発的活動時の前後±5時間における、AUおよびAL指数の変化が示されている。また同じ時間におけるCWE(実線)およびMCQ(点線)の水平分力の変化および両地点における差、CWE-MCQの変化が示されている。これらの極磁気嵐は、柿岡においてAおよびBにランクされた、水平分力の最大較差が15nT以上の30個の典型的な湾型変化に対応しているものである。AUおよびALは極磁気嵐の爆発的活動時に極大および極小を示す。またCWEおよびMCQの水平分力もその最盛時に、はっきりしたピークの極小を示すが、CWE-MCQの変化をみると、最盛時の4時間前から2時間後まで約40nT以上の大きな振幅の差を生じている。すなわち典型的な湾型変化に対応する極磁気嵐では、最盛時の前後約6時間にわたって、MCQの方が較差が大きくあらわれ、南北非対称を示している。

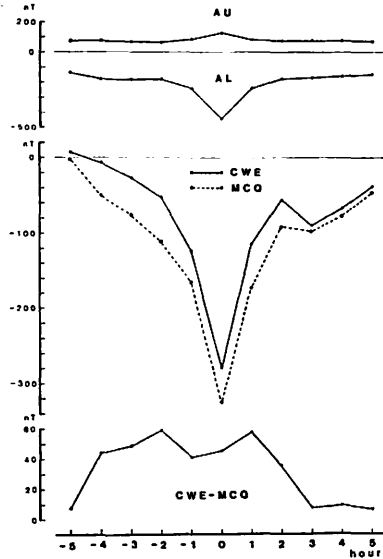


Fig. 8. Variations of AU and AL-index in the polar disturbances, in addition to the variations of horizontal intensity in the polar disturbances at CWE and MCQ, moreover the variation of the difference in each amplitude of polar disturbances at both stations (CWE-MCQ).

Table 1. Geomagnetic storms analyzed in the present report.

No.	Year	Month	Date	Onset time		Storm range (H) at Kakioka	Minimum Dst
				h	m	nT	nT
1	1961	Mar.	9	13	27	246	-109
2	"	July	13	11	13	334	-141
3	"	July	26	19	50	261	-144
4	"	Sept.	30	21	09	318	-159
5	"	Oct.	28	08	10	244	-290
6	1963	Sept.	21	14	14	275	-247
7*	1966	Sept.	2	08	23	284	-182
8*	1967	Feb.	15	23	48	256	-111
9*	"	May	25	12	35	509	-370
10*	"	June	5	19	14	202	-142

第1表には、1961~1964 および 1966~1967 に発生した10個の磁気嵐が示されている。これらの磁気嵐は、柿岡における水平分力の嵐の較差が 200 nT 以上のものである。第9図には第1表に示した10個の磁気嵐の南北両地点における水平分力の差、CWE-MCQの個々の変化の重畳が嵐時間の0~24時にわたって示されている。+50~-50nTの範囲内

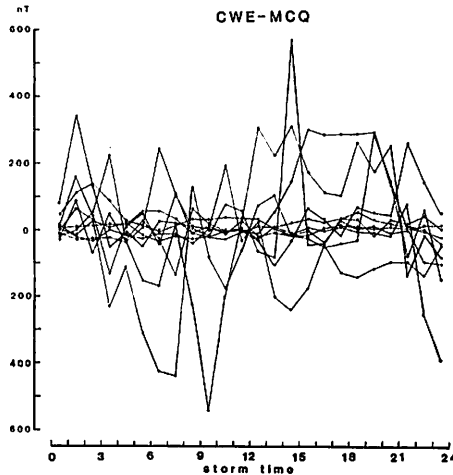


Fig. 9. Superposed variations of the difference in the horizontal intensity (CWE-MCQ), for the SC-storms shown in Table 1.

における小さな変化から、 $+600 \sim -600 \text{ nT}$  の極めて大きな急変化に至るまで、いくつかのパターンがみられるが、変化はかなり複雑である。またここでは図には示さなかったが、同じ10個の磁気嵐の個々の Dst 指数の変化を嵐時間の 0～24時にわたって調べると、初相の継続時間が長い場合ほとんど Dst 指数に変化のないものから、極小が  $-400 \text{ nT}$  に近い主相のよく発達したものまで、いろいろの型がふくまれている。しかしこれらの Dst 指数と両地点における水平分力の差、CWE-MCQ の大きさとの間には相関はない（相関係数は  $-0.1$ ）。

第10図 a), b), c), d) には第1表の \* 印のついた4つの磁気嵐について、南北両地点における水平分力の差、CWE-MCQ の変化が、SC を起点としてそれぞれ嵐時間の  $-24 \sim 72$  時の4日間にわたって示されている。さらにこれらの変化を比較するために、AU・AL および Dst 指数の変化が同時に示されている。またここでは、CWE-MCQ がどのような状況において顕著にあらわれるかを、柿岡における変化計の記録を参照しながら解析することにする。

第10図 a) の 1966年9月2日の 08時23分に起った急始磁気嵐は、第1表に示したように、柿岡における水平分力の較差が  $284 \text{ nT}$ 、Dst 指数の極小は  $-182 \text{ nT}$  で割合大きな磁気嵐である。実線で示した南北両地点における水平分力の差、CWE-MCQ の顕著な変化は SC の起る前にもあらわれている。嵐時間の  $-23$  時を中心とした変化（マイナスの部分）は、柿岡の記録をみると偏角が東向きの湾型変化によるもので、AL 指数の変化にも顕著なピークがみられる。また嵐時間の  $-19 \sim -13$  時にかけて数時間におよぶ変化（プラスの部分）は、あまり活動的ではないが、継続時間の極めて長い連続した湾型変化によるものである。一方、嵐時間の 25時にピークをもつ顕著な変化（プラスの部分）は、柿岡の記録をみると、UT 7～10時にかけて Dst 指数の急激な減少が起っている時期に対応している。しかし嵐時間の 37時に極小をもつ変化（マイナスの部分）は、柿岡の記録には目立った変化はみあたらない。むしろ擾乱の一時休止の時にあたる。逆に、少し前の嵐時間の



33時では、AL 指数が  $-1200\text{nT}$  に近い顕著なピークを示すが、南北両地点における水平分力の差、CWE-MCQ は小さな変化しか示していない。嵐時間の 40~49 時における継続時間の割合長い変化（プラスの部分）は、Dst 指数の極小の時を中心に減少過程の中頃から初期の回復過程における擾乱の振幅の大きい時期にあたる。続く嵐時間の 49~53 時における変化（マイナスの部分）は、主相の回復過程で発達する湾型変化によるもので、AL 指数の増大がみられる。

第 10 図 b) の 1967 年 2 月 15 日の 23 時 48 分に起った急始磁気嵐は、Dst 指数の極小が

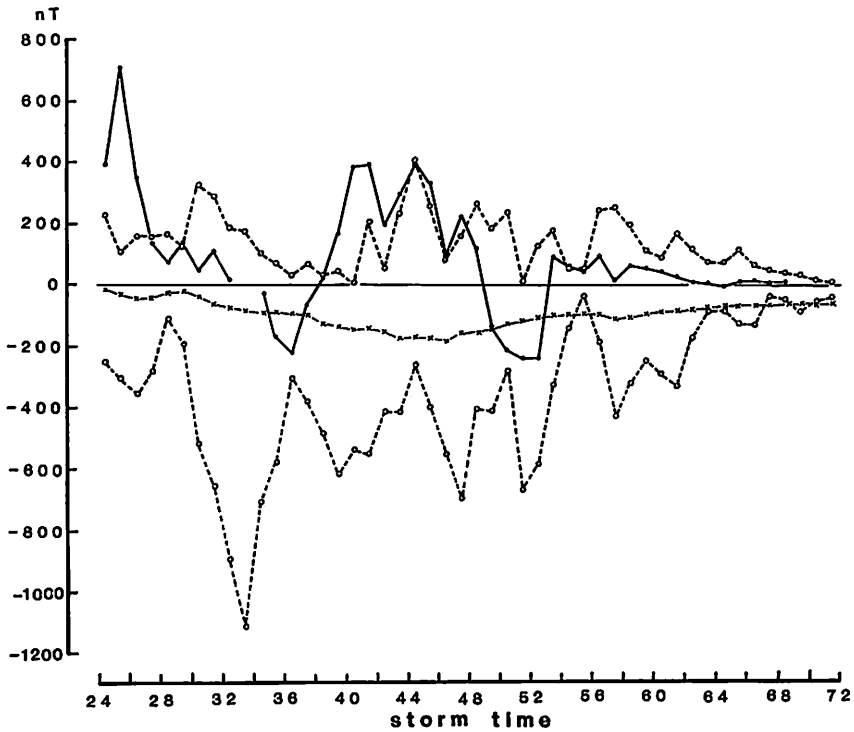
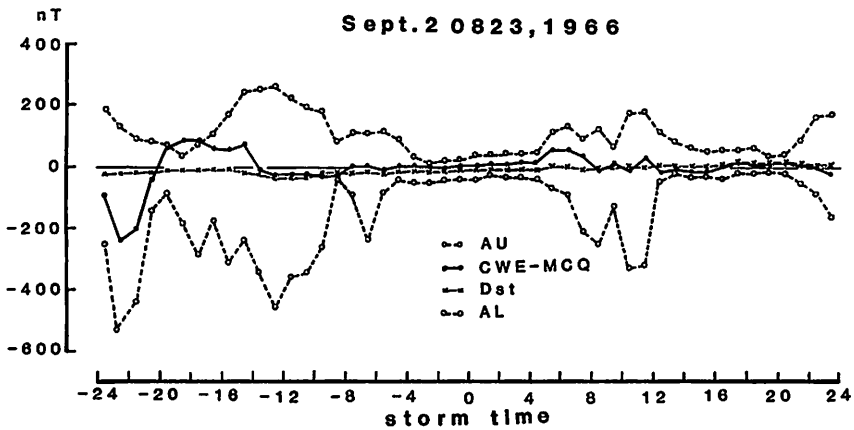
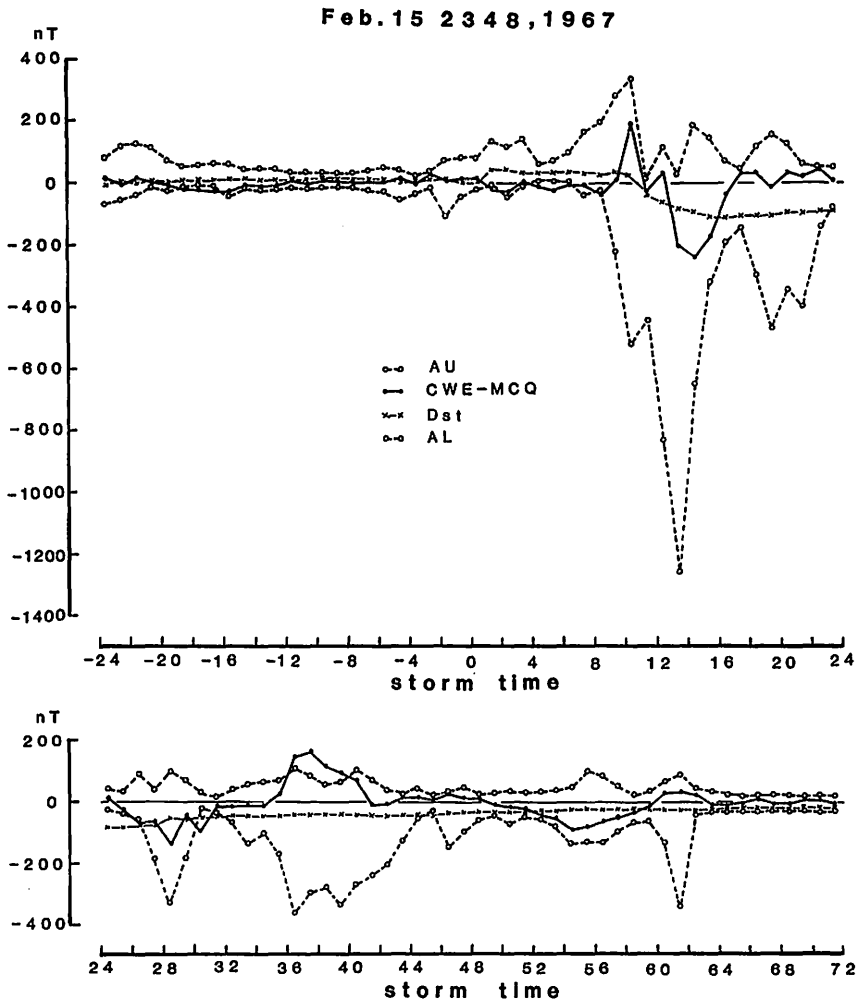


Fig. 10(a)

-111nT でそれ程大きくはないが、柿岡の記録をみると、UT 9~14時にかけて Dst 指数の急激な減少がみられ、短周期の烈しい急変化が卓越している。CWE-MCQ の変化をみると、嵐時間の11時にプラスのピークをもつ変化は、Dst 指数の下り始めの時に起った連続した si の短周期の変化に対応している。嵐時間の13~16時における変化（マイナスの部分）は、AL 指数の顕著なピークとほぼ一致し、柿岡の記録によると、Dst 指数の極小時における烈しい急変化の擾乱の時に対応している。一方、嵐時間の27~31時における変化（マイナスの部分）は柿岡の記録ではわずかな変化しかみられないが、負の湾型変化に対応するものである。また嵐時間の37~41時における変化（プラスの部分）は、正の湾型変化に対応している。嵐時間の62時にピークをもつAL 指数の変化に対応する、柿岡の変化はわずかであり、CWE-MCQ の変化も小さい。

第10図 c) の1967年5月25日の12時35分に起った急始磁気嵐は、柿岡における水平分力



の較差が 509nT, Dst 指数の極小が -370nT で, 変化も烈しく大きな磁気嵐に属している。この磁気嵐の初相は, 継続時間は短いが大きな変化を示し, SC の前にも短周期の急変化があらわれている。この初相に対応して AL および AU 指数とも急激な増大がみられ, 顕著なピークを示している。これにつれて, CWE-MCQ の変化も嵐時間の 1~4時にかけて, プラスとマイナスの振動した変化を示す。これは初相の大きな立上りによる増加と, その後の Dst 指数の急速な減少過程における極磁気擾乱によるものである。続く嵐

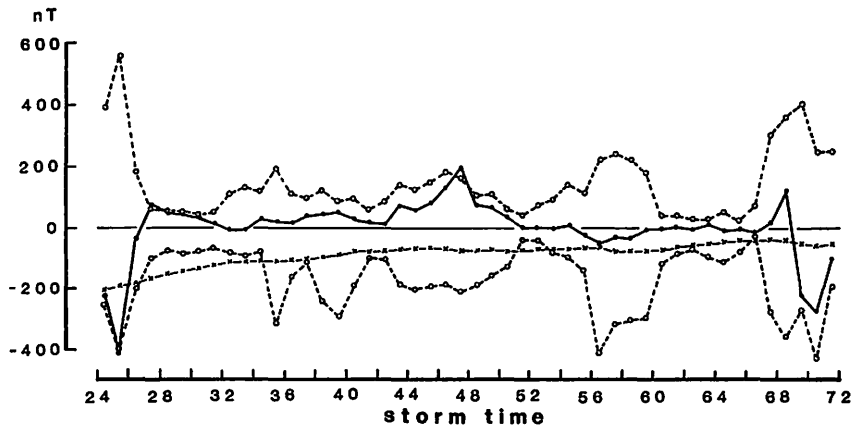
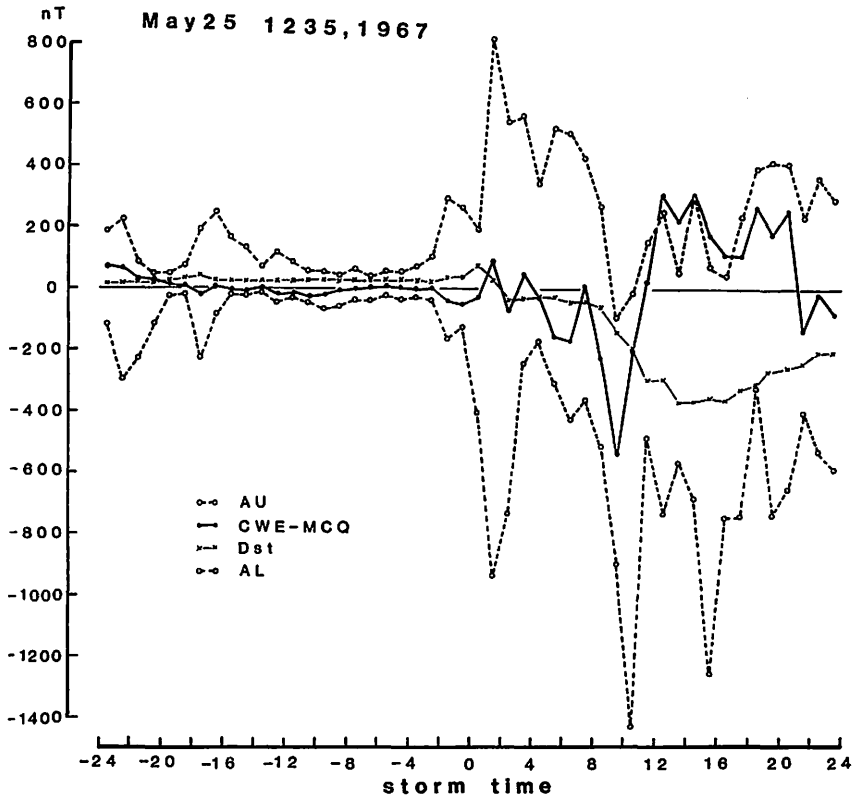


Fig. 10(c)

時間の5~7時における変化(マイナスの部分)は, Dst 指数が一時的に減少した後の回復過程における短周期の振動現象による小擾乱の時期である。嵐時間の8~11時の変化(マイナスの部分)は, Dst 指数が急激に減少している主相における複雑な変化の時であり, AL 指数が $-1400\text{nT}$ をこすピークを形成している。また嵐時間の12~20時の割合長い変化(プラスの部分)は, Dst 指数が極小の時期で極磁気嵐がいくつも発達しているのがみられる。特に嵐時間の16時には, AL 指数が $-1200\text{nT}$ をこす第2のピークを形成し

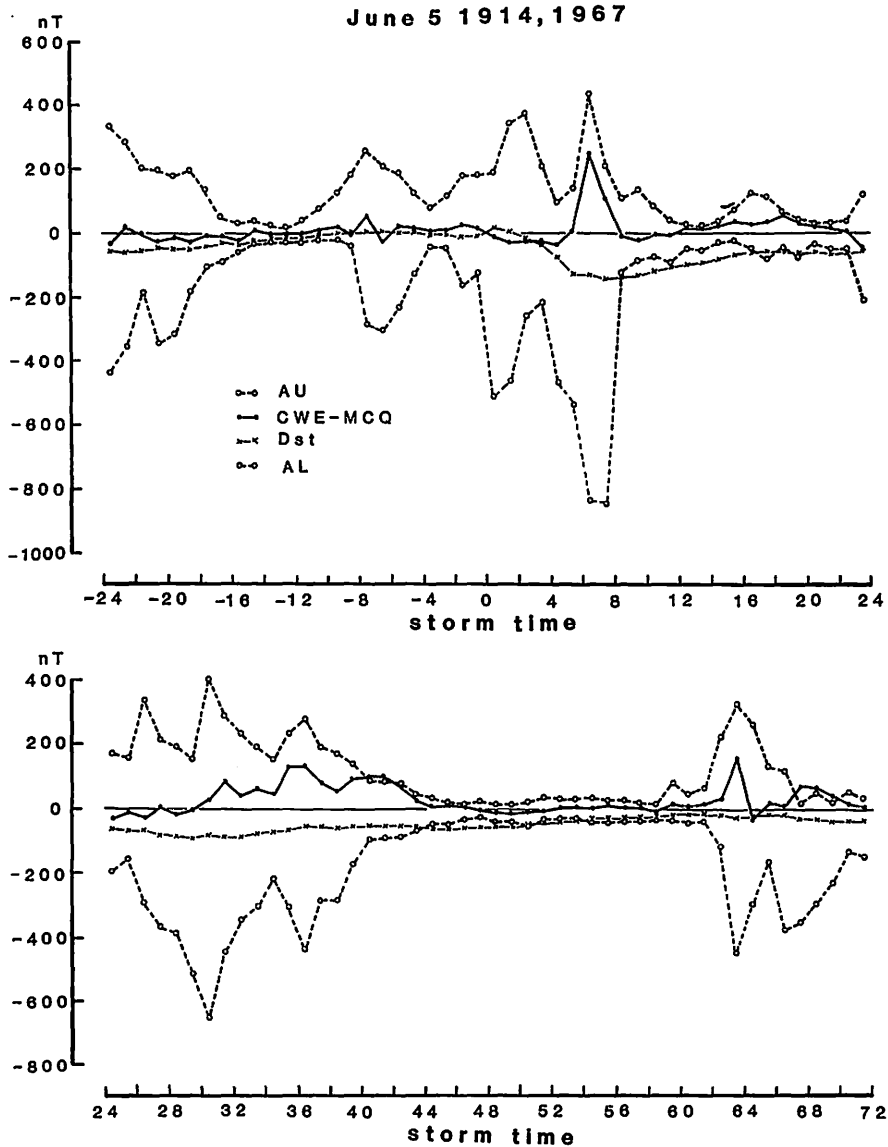


Fig. 10(d)

Fig. 10. (a)-(d): Storm-time variations of the difference (CWE-MCQ), for the SC-storms marked \* in Table 1 with the variations of Dst-index, AU and AL-index.

ている。嵐時間の24~26時のマイナスのピークは、終相における連続した不規則な極磁気嵐によるものである。柿岡の記録では、嵐時間の44~50時の変化（プラスの部分）に対応する顕著な現象はみられない。また嵐時間の68~72時におけるAUおよびAL指数にみられる極磁気嵐に対応した変化も明瞭ではない。

第10図 d) の1967年6月5日の19時14分に起った急始磁気嵐は、主相におけるDst指数の発達はかなり大きさがあるにもかかわらず、顕著な急変化現象はみられない。したがって、CWE-MCQの変化も、既に述べた他の3つの磁気嵐の場合と比較して変化が少ない。第10図 d) をみると、SCのあとやや発達したALおよびAU指数の変化がみられるが、CWE-MCQの変化は小さい。嵐時間の6~7時におけるプラスのピークは、主相におけるDst指数の極小時に発達する極磁気嵐によるものである。AUおよびAL指数とも顕著なピークを形成している。嵐時間の30~42時におけるなだらかな変化（プラスの部分）は、Dst指数の第2の回復過程における小擾乱に対応している。また嵐時間の64時におけるプラスのピーク、およびその後の変化（プラスの部分）は、Dst指数のわずかな減少にともなった小さな振動現象によるものである。

以上述べて来たように、個々の磁気嵐におけるCWE-MCQの変化は、かなり複雑で一義的に説明することはむずかしい。それは孤立した典型的な湾型変化に対応する時もあるれば、Dst指数の極小期に発達する不規則な湾型変化に対応する時もあり、中・低緯度では振動現象にしかとれない小さな変化に対応する時もあるれば、主相におけるかなり大きな変化の擾乱に対応する時もある。ただこれらの変化と、CWE-MCQの変化との間に定量的な関係がみられない点に問題がある。すなわち、CWE-MCQの変化は、プラスの時もマイナスの時もあり、また1~2時間でピークを示すこともあるれば、割合長時間にわたることもあって、何がその原因であり、何がそれらの引きがねになるのかは、今のところはっきりしない。

## § 6. 結果の概要と考察

以上の結果を要略し、二・三の考察を加えることにする。

(1) この期間にCWEでは約 $+20\text{nT/年}$ 、MCQでは約 $-25\text{nT/年}$ の逆センスのかなり大きな永年変化のトレンドが存在する。

これは、南北両磁極からの相対的な位置関係が、CWEとMCQで異なること、および非双極子磁場の西方移動が両者に及ぼす影響が異なることに原因があると考えられるが、いずれにしても永年変化の分布は複雑なため、一組の磁気共軌点の解析だけでは、くわしいことはわからない。

(2) 季節変化は静穏日と擾乱日で全く異ったパターンの変化を示す。これは紫外線による影響と、太陽風による影響との違いがあらわれているものと考えられる。静穏日の季節変化は、CWEでは夏大きくMCQでは冬小さい。すなわち、南北両地点で夏と冬が逆のはほぼ対称的なパターンを示す。一方、擾乱日の季節変化は、両地点とも夏特に大きく春秋で小さい。またCWEでは冬も小さい。しかし、CWE-MCQの季節変化は、静穏日・擾乱日とも余り変わらず、夏はプラスで冬はマイナスになる。

(3) 静穏日の日変化Sqの大きさは、夏と冬とで全く逆になり、夏ではCWEの方がMCQよりたいへん大きい、冬ではMCQの方がCWEより非常に大きくなって

いる。しかし、冬の MCQ と夏の CWE を比較すると、冬の MCQ の方が極大が明瞭にあらわれ、振幅も大きい。また春秋の期間でも MCQ の方が振幅が大きい。すなわち南北非対称があらわれている。

また擾乱日の日変化  $S_d$  の振幅は、冬は MCQ の方がたいへん大きい。また春秋でも MCQ の方が大きい。一方、夏では両地点ともほぼ同じ大きさで、他の季節よりは小さい。すなわちこれも南北非対称があらわれている。

(4) 柿岡において A および B にランクされた孤立した典型的な正の湾型変化に対応する極磁気嵐では、爆発的活動の時、CWE および MCQ とははっきりしたピークの極小を示す。そして南北両地点における振幅の差、CWE-MCQ は最盛時の 4 時間前から 2 時間後まで、約 40nT 以上 MCQ の方が大きくあらわれ、南北非対称を示している。

(5) Dst 指数の大きな発達した磁気嵐では、南北両地点における水平分力の差、CWE-MCQ の変化は、プラスの場合もマイナスの場合もあり、また 1~2 時間で顕著なピークを示すこともあれば、割合長時間にわたって影響があらわれる場合もあり、かなり複雑な非対称を示している。

国分 (1965) は、湾型変化における極光帯電流と汎世界的な電流系の発達について研究し、夕方にあられる東向きの電流は、真夜中にあられる西むきの電流とは同時に発達しないことを述べている。そして昭和基地と Reykjavik の磁気共軌点では、負の極磁気嵐の平均の相関係数は 0.81 であり、正の極磁気嵐の平均の相関係数が 0.61 となって、西向きの電流による負の極磁気嵐の方が相関がよいことを報告している。

また小口 (1968) は、昭和基地と Reykjavik の磁気共軌点における、1959 年 9 月 3~4 日および 9 月 19~20 日の二つの急始磁気嵐の水平分力の記録を 2.5 分ごとに読取り、南北両地点における相関係数を調べた所、3 時間の間隔では +0.6 の相関を示すが、1 時間の間隔では相関係数がプラスからマイナスへ移行するのがみられ、さらに 20 分の間隔では +1~-1 の幅広い相関係数を示すことを指摘した。特に相関係数が -1 の、南北両地点ではほとんど正反対の変化がみられたことを強調している。

二人の研究者によるこれらの結果は、南北非対称の大きさについては不明であるが、著者の今回の解析結果を定性的によく裏付けているといえるであろう。

## §7. む す び

これまで地磁気変化の南北非対称について述べて来たが、ここで解析した一組の磁気共軌点の結果のみでは充分でない。また今回の解析では、極光帯電流の南下にとまらぬ南北非対称については、はっきりした結果が出なかったが、主相のよく発達した Dst 指数の大きな磁気嵐について、もっと数多くの研究をつみ重ねる必要がある。おそらく、極光帯電流の変化が局所的なものか、数百キロメートルに及ぶ広範囲なものか、或いは急変化か否かということによって、磁気共軌点における地磁気変化の南北の差も大きく変化することが予想される。極光帯周辺にさらに細かい磁気共軌点の観測網が設置されると、研究の進展に寄与するであろう。

終りにこの研究に際し、種々御指導をいただいた地磁気観測所長原田朗氏に厚く御礼申し上げます。

## 引用文献

- Kokubun, S. (1965): Dynamic behaviour and north-south conjugacy of geomagnetic bays, Rep. Ionos. Space Res. Japan, Vol. 19, No. 2, 177-200.
- Nagai, M. (1984): Seasonal variation of geomagnetic activity in the northern and southern hemispheres, Mem. Kakioka Mag. Obs., Vol. 20, No. 2, 25-31.
- Oguti, T. (1968): Positive and negative correlations of geomagnetic fluctuations at conjugate-pair stations Syowa base and Reykjavik, Rep. Ionos. Space Res. Japan, Vol. 22, No. 3, 197-200.

## Asymmetry of the Geomagnetic Variations at the Conjugate Stations, Cape Wellen and Macquarie Island, in the Northern and Southern Hemispheres

by

Masao NAGAI

### Abstract

Asymmetry of the geomagnetic variations at the conjugate stations in the northern and southern hemispheres are analyzed, using the hourly values of horizontal intensity at Cape Wellen (CWE) and Macquarie Island (MCQ) during 1961-1964 and 1966-1967.

Main results are as follows:

(1) Relatively large trends of  $+20^{\text{nT}}/\text{year}$  at CWE and  $-25^{\text{nT}}/\text{year}$  at MCQ in the secular variations are found at the conjugate stations.

(2) There are different patterns of seasonal variations on quiet and disturbed days. Semi-annual variations are seen on quiet days, which have almost symmetrical pattern in summer and winter. On the other hand, the seasonal variations on disturbed days have particularly large amplitudes at both stations in summer, showing asymmetrical pattern.

(3) Solar-daily variations on quiet (Sq) and disturbed (Sd) days are shown asymmetrical patterns, respectively.

(4) In the variation of the polar disturbance, sharp minimums are seen at the onset time of breakup, and it is shown that the amplitude of disturbance at MCQ is larger about by  $40^{\text{nT}}$  than that at CWE throughout the period of activity.

(5) The highly developed magnetic storms with large Dst-index indicate that the differences in the horizontal intensity between the northern and southern stations, (CWE-MCQ), increases with a increase of AU or AL-index, showing complicated variations.