

日本における地磁気変化ベクトルの異常について (第5報)

— 日本東部の平磯・磐城などの変化ベクトル —

久保木 忠 夫

概 要

地磁気短周期変化の変化ベクトルが非常に局地性のあることは多くの研究者により明らかにされつつある。この報告では日本東部の海岸の平磯・磐城の2つの観測所の変化ベクトルを求め、合わせてその付近のすでに報告されているいくつかの観測所の資料を検討した。

関東地方の変化ベクトルはごくわずかに西よりで殆んど北向きである。しかし平磯・磐城・小名浜・浪江と北の観測所ほど西よりになっている。そしていづれの地点も Duration が1~3分くらいの急変化現象に対して周期に対する変化ベクトルの変わり方が大きい。

また日本東部の海岸にあるいくつかの観測所の変化ベクトルの大きさは柿岡と同じ程度にいづれも大きい。

1. は し が き

日本列島における地磁気短周期変化ベクトルの異常については多くの研究者により新しい事実がつきつぎと報告されその異常の局地性の大きいことが分ってきた。

今回の報告は IASY の計画のなかで行なわれた地磁気観測所の臨時観測所である福島県磐城市での観測資料がかなりの量になったのでそれを利用し変化ベクトルを求めた。また電波研究所平磯観測所では電波警報業務のため1954~1956年にかけて変化計でプロマイド紙に記録する通常遅回し観測が行なわれ、とくに1955年には鉛直分力も含めて三成分の記録がとれていた。この貴重な資料が死蔵されるのを惜しみとくに借用させてもらい変化ベクトルを求めた。

すでに求められている久保木忠夫(1966)⁽¹⁾の関東地方の変化ベクトルの異常、久保木忠夫(1966)⁽²⁾の鹿野山の変化ベクトル、力武常次ら(1952, 1953~1966)⁽³⁾の油壺の変化ベクトル、今実(1966)⁽⁴⁾の小名浜・浪江の変化ベクトル、さらに久保木忠夫(1966)⁽⁵⁾の求めた女川の変化ベクトルなど茨城県・福島県および宮城県にかけての変化ベクトルの分布を求めた。

調査の方法は著者が従来から行ってきた久保木忠夫(1966)⁽²⁾のものに従ってよく知られているように次の式で示される A , B の値を出し、これから求まる変化ベクトル S について論議した。

$$\Delta Z = A\Delta H + B\Delta D \quad (1)$$

$$\frac{\Delta Z}{\Delta H} = A + B\frac{\Delta D}{\Delta H} \quad (2)$$

ここで $4Z$, $4H$ および $4D$ ($H4D$ で表示されることもあるが、これと同一意味である) はそれぞれ地磁気短周期変化の鉛直分力・水平分力および偏角の変化量を表わす。また変化の Duration は 1~60 分のものを取り扱い π_2 , ssc , si , bay などのわりあい典型的な現象を利用することに努力した。著者が従来から主張してきた 1~3 分の短周期変化の異常を見つけることに気がつけたが、今回の平磯の資料では近くを走っていた直流の電車の人工擾乱のため短周期変化が観測しにくく、また磐城の測定器は GIT 型直視磁力計で 18 秒毎の打点式の記録であったため、早い変化の短周期現象は余りとれなかったのは残念である。

調査の対称としたのは A , B から求まる変化ベクトル S の特性とその周期特性の二つである。

2. 観測資料

今回の調査に使用した観測資料と観測所の状況は次のとおりである。

2.1 平磯

電波研究所平磯観測所は電波通信の障害の予報すなわち電波警報業務のために 1954~1956 年にかけて変化計によるプロマイド紙に記録する通常遅回し観測が行なわれていた。観測室は平磯観測所の構内の東端にあり、半地下室になっていて一日の温度変化は $0.2^{\circ}\sim 0.5^{\circ}\text{C}$ 以下できわめて小さい。内部は約 $2.5\text{m}\times 5\text{m}$ の広さで変化計室としては十分である。ただ夏期に湿度が高く、かつ塩害におかされて観測は決して容易でなかったようである。このため三成分の記録が完全にとれたのは短い期間で、利用出来たのは 1955 年 2 月より 12 月までの資料であった。

変化計はエッセンハーゲン型水平分力・偏角変化計とワットソン型横吊式の鉛直分力変化計で、いずれも吊糸は水晶糸を用いてある。記録は 1 時間 20 mm の遅回し記録で、感度は水平分力約 $4, 5 \gamma/\text{mm}$, 偏角 $5.40 \gamma/\text{mm}$ および鉛直分力約 $2.0 \gamma/\text{mm}$ であった。変化計の温度係数は数 $\gamma/^{\circ}\text{C}$ であったが、観測室の温度変化が小さいので、今回の調査に障害になることはなかった。

観測室は鉄材の多い電波観測関係の施設からは数 10 m 以上離れていた。しかし観測所の前の県道からは約 20 m しか離れていないので、そこを走る自動車の人工擾乱をうけた。幸い当時は車体も小さく、かつ交通量もきわめて少なかったので、今回の調査には障害になることもなかった。しかし次に述べるように直流電車の影響は少なかった。

この観測所の西にはほぼ南北に走る鉄道があり、最短直線距離は 700 m である。これは蒸気機関車で 3~4 両連結の小型なものであり、これの人工擾乱は全くなかった。しかし南には水戸市を起点とし大洗を終点とする 3~4 両連結の直流電車が走っていた。軌道は西北西より東南東の方向に向いており、観測室から最短距離で 7~8 km であり、使用電流は直流約 500 A である。これは当時の水戸市の市内電車の延長である。この直流電車による人工擾乱の量は水平分力で 0.3γ 以下でかろうじて識別出来る程度であり、偏角は変化計の感度が悪いためわからない量であるが、鉛直分力は大きく $1\sim 2 \gamma$ であった。この電車は 1 時間 1 回の運行であったが、停留所が多いため人工擾乱の起こる回数が多く、鉛直分力の変化の小さい現象では誤差が大きく、とくに π_2 のような短周期変化では、夜間のごく限られた

時のものしか利用出来なかった。

観測所の経緯度は次の通りである。

地理的経度 140°-37.5'E 磁氣的経度 206.3°
 地理的緯度 36°-22.0'N 磁氣的緯度 26.2°
 海上面の高さ 15m

変化ベクトルを求めるのに利用した現象は約 130 であった。

2. 2 磐 城

1964 年 IQSY の期間の特別観測として実施された UMP (地球内部開発計画) の一環として、地磁気観測所としては福島県小名浜 (東経 140°-55', 北緯 36°-58') に特別観測所をつくり、GIT 型直視磁力計で変化観測を開始した。しかし委託先の学校が火災にあい、その後は建設工事のためブルドーザーが入って工事を開始したため、観測の継続が不可能となり、1964年3月から5月までの約1ヶ月間で中止せざるを得なくなった。

小名浜からさらに福島県浪江町 (東経 140°-58', 北緯 37°-29') に移動され、その結果は今実 (1966)⁽⁴⁾ により報告されている。

その後 1965 年 10 月にいわゆる松代地震のため、長野県松代地震観測所に GIT 型直視磁力計は移されて 1967 年まで観測がつづけられた。

この一連の測定に使用した GIT 型直視磁力計は、今実 (1966)⁽⁴⁾ によって報告されているように性能の悪いものであった。このため IASY を機会に測器の改造を行ない性能をよくして磐城の観測にそなえた。この観測開始の頃の様子は森俊雄ら (1969)⁽⁶⁾ により報告されている。

この GIT 型直視磁力計のセンサーは水平分力・偏角および鉛直分力の三成分がべつべつの架台におかれ、全体をアクリライト板で覆い内部にシリカゲルを入れ防湿をした。センサーの温度係数は数 $\gamma/^\circ\text{C}$ で、記録像は温度の影響をうけた。

水平分力や鉛直分力の大部分の固有磁場を打消すための打消用回路の補償電源は記録計と同じ架台に納められて、センサーから約 40 m 離れた組立小屋においた。この打消用回路の補償電源の安定度は大幅に改善されたが、温度係数は大きく 25°C 付近は約 $2\gamma/^\circ\text{C}$ であるが、 20°C 以下、 30°C 以上になると急激に大きくなる。このためセンサーの温度係数と組み合わせあって記録は温度の影響を大きくうけ、日変化のような現象は取り扱えなかった。しかし短周期の変化を取り扱うときは支障はなかった。

記録計は 6 秒ごとに切換えになる打点式であるため、一成分は 18 秒ごとの記録となる。このため大きい嵐で、ssc の立上り量の大きい部分では各点の間が 5~10 mm くらいひらくことがある。しかしこの期間はそれ程急しゅんな変化は数多くはなく、読取りのとき不都合をきたした現象はわずかであった。

しかし著者の主張している Duration 0.5~3 分の早い現象の変化ベクトルを取り扱うには、この種の記録方式では不十分であり、今後の改良が必要である。

記録は 1 時間 25 mm の遅回し記録で、感度は三成分とも平均して $2.05\gamma/\text{mm}$ である。記録紙の幅は 180 mm であり、最大記録幅は 350γ であり、少し大きい磁気嵐のときに scale out したのは止むを得なかった。

感度コイルの常数は地磁気観測所の大型コイルと比較して検定した。また感度は測器の安定をみる目安にもなるので、 $\pm 20 \gamma$ 、 $\pm 40 \gamma$ の磁場を毎朝 (U.T. 22~24 h 頃) に与えて感度を求めた。第 1 図は $\pm 40 \gamma$ の感度磁場を与えたときの毎日の感度の月平均値について三成分の値を示した。

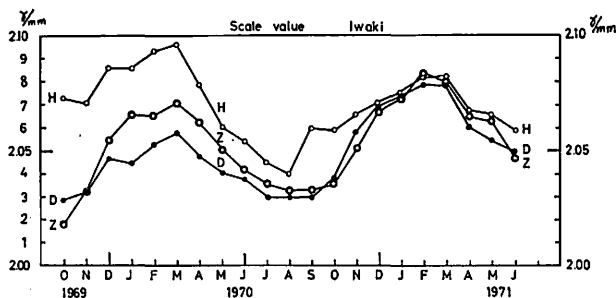


Fig. 1 Scale value of GIT type flux-gate magnetometer at Iwaki.

第 1 図によれば各成分とも、夏期に感度が良くなり、冬期に悪くなっている。その感度の温度係数は $-0.05 \gamma/\text{mm}/20^\circ\text{C}$ 即ち $-0.13\%/^\circ\text{C}$ である。これは通常の変化計の感度の温度係数 $0.01\%/^\circ\text{C}$ に比べて 10 数倍大きい、この GIT 型直視磁力計を改造する前の値に比べると非常によく改善されたといえる。この $-0.13\%/^\circ\text{C}$ の温度変化は見掛上の記録紙の湿度による伸縮とも考えられるが、実験の結果では最大に見積っても $+0.05\%/^\circ\text{C}$ となり、センスが逆になりむしろ上記の値より大きくなる。したがって湿度からくる見掛上のものでなく測定器の特性からくるものである。またこの程度の感度の安定度ならば、月平均値を用いても、実用上は問題ない。

毎日の感度は一定時間にとっているため、見掛上温度変化による差は見られない。しかし温度変化はセンサー・増幅器などを含め一日で数 $^\circ\text{C}$ はあるから 1 日で 1% の感度変化は起りうる。しかし $\pm 40 \gamma$ の感度磁場を与える場合でも読取誤差の中に入ってしまう。事実 $\pm 40 \gamma$ の値から求めたものでは一月の間で感度測定分散を標準偏差で示すと水平分力・偏角および鉛直分力はそれぞれ ± 0.0081 、 ± 0.0093 、 $\pm 0.0091 \gamma/\text{mm}$ となりかなり一定の値となっており、感度は安定していることを示している。

感度の温度変化のほかに水平分力は経年的に減少し、偏角と鉛直分力とは大きくなっている。これは増幅器の特性が変化するためのものである。この GIT 型直視磁力計はパーマロイコアに巻いた二次コイルからの出力をそのまま増幅する方式であり、出力を零位法にして feedback する方式でないためであり、今後改良が必要な部分である。センサー自身の温度変化に対する感度の変化はごく小さいものである。

したがってこの種の観測をする場合は、値自身の温度に対する変化を少なくするためにセンサーの温度変化を小さくすると同時に、増幅器・補償電源回路も温度の変化が少なくするように努力しなければならない。よく各部の温度に対する影響を考慮して保温をし、且つ長期間安定よく観測するため防湿も十分に注意しなければならない。

磐城における観測は、前に使用した小名浜・浪江および松代で使用した測器を大幅に改造したので、従来のものに比べて数段よい観測値が得えられた。

観測は地磁気観測所の森俊雄らにより据付、調節が行われ、また毎月一回定期的な巡回保守が行われた。また毎日の保守は測器をおかせてもらった赤津喜一氏およびその家族により行われた。

磐城の経緯度は次の通りである。

地理的経度	140°-48'-14"E	磁氣的経度	206.4°
地理的緯度	36°-55'-24"N	磁氣的緯度	26.8°
海上面の高さ	20 m		

この地点は1964年の観測点である小名浜（東経140°-55'、北緯36°-58'）より西南西10 kmの所に位置している。ほぼ南西より北東の方向に走る海岸線より2.3 km離れており、標高約80~100 mのゆるい山のへりにある。近くにある大きな建物は植田小学校で鉄筋コンクリート製で、直距離は約350 mである。また150 mくらい離れた所に鉄筋入りブロックの2階建の住宅があるが、現在のところ変化観測には問題を与えることはない。また西に最短距離700 mの所を南北に常磐線が走っている。これは交流電車であり久保木忠夫(1966)⁽⁷⁾によれば、それによる人工擾乱はきわめて小さい。事実森俊雄ら(1969)⁽⁸⁾の測定でも電車などの擾乱はなく、記録紙上では全く検出しえなかった。

また南東約700 mの所に火力発電所があり、ここから北西にのびる高圧線、石炭輸送用のディーゼル機関車による鉄道が西北西にのびており、直距離にしていづれも約500 mである。これらも人工擾乱を与えることはなかった。

測定器は磐城市植田東町堰下38番地の赤津喜一氏の所に委託された。センサーは山林の縁に設置されたコンクリート台の上におかれている。ここから約40 m離れた畑の一隅の組立小屋に増幅器・記録計などをおいた。いづれも温度変化は大きく一日で数°C、年間で約5~30°Cになって温度の影響は大きい。しかし急変化現象を調査するにはそれ程の支障はなかった。

観測開始は1968年12月であるが測器の調子が悪く修理・調整をしたこと、ELF、プロトン磁力計などの臨時観測したため、記録が中断されることが多かった。1969年10月からは順調に記録され1971年7月の観測の終了まで、殆んど欠測することなしに観測された。

したがって今回の調査に利用出来たのは1年9ヶ月の長い期間であり、変化ベクトルを求めるのに都合よい現象を選出して読取りしたが、その総数は155こであった。嵐は小さいものも含めると10回あり、Durationが3分より早いものもかなりの数となっている。

3. 変化ベクトルの特性

それぞれの資料からA, Bを求め変化ベクトルの特性を求め、AまたはBについてDurationとの関係を示す周期特性を求めた結果は次のとおりである。

3.1 平 磯

平磯における資料から急変化現象について三成分の変化量 $\Delta H \cdot \Delta D \cdot \Delta Z$ を読取り、Durationを2~3, 4~5, 6~14, 20~60分の4種類に分けて、 $\Delta Z/\Delta H$ と $\Delta D/\Delta H$ および

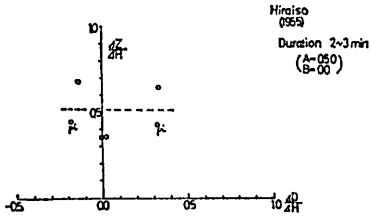


Fig. 2 The correlation between $\Delta Z/\Delta H$ and $\Delta D/\Delta H$ at Hiraiso, duration $\Delta T=2\sim 3$ min.

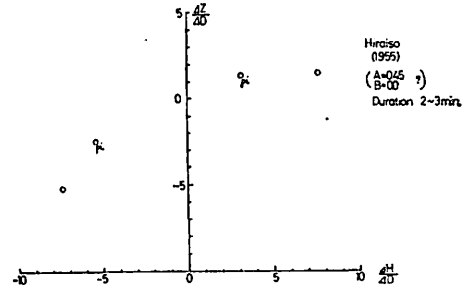


Fig. 3 The correlation between $\Delta Z/\Delta D$ and $\Delta H/\Delta D$ at Hiraiso, duration $\Delta T=2\sim 3$ min.

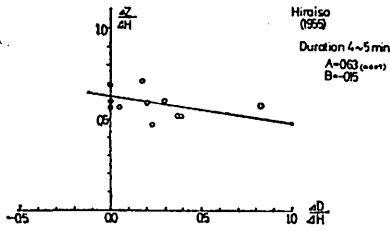


Fig. 4 The correlation between $\Delta Z/\Delta H$ and $\Delta D/\Delta H$ at Hiraiso, duration $\Delta T=4\sim 5$ min.

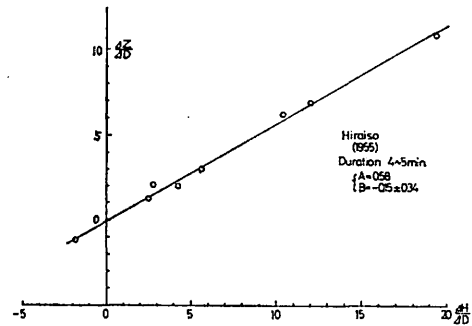


Fig. 5 The correlation between $\Delta Z/\Delta D$ and $\Delta H/\Delta D$ at Hiraiso, duration $\Delta T=4\sim 5$ min.

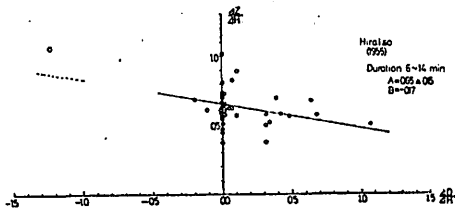


Fig. 6 The correlation between $\Delta Z/\Delta H$ and $\Delta D/\Delta H$ at Hiraiso, duration $\Delta T=6\sim 14$ min.

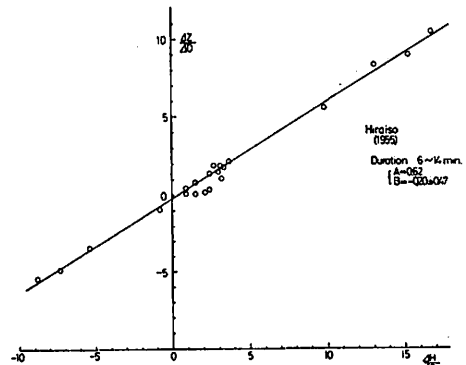


Fig. 7 The correlation between $\Delta Z/\Delta D$ and $\Delta H/\Delta D$ at Hiraiso, duration $\Delta T=6\sim 14$ min.

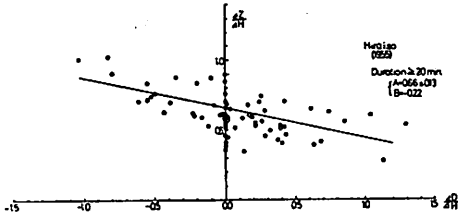


Fig. 8 The correlation between $\Delta Z/\Delta H$ and $\Delta D/\Delta H$ at Hiraiso, duration $\Delta T=20\sim 60$ min.

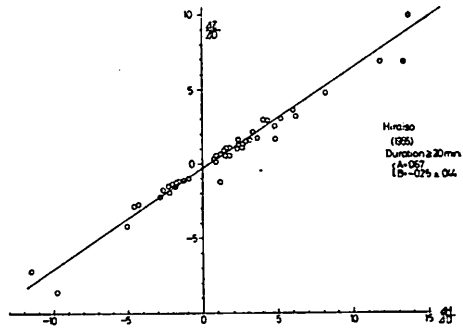


Fig. 9 The correlation between $\Delta Z/\Delta D$ and $\Delta H/\Delta D$ at Hiraiso, duration $\Delta T=20\sim 60$ min.

Table 1 The values of coefficient A , B , vector S and Parkinson vector at Hiraiso.

Duration (ΔT)	A Standard deviation	B Standard deviation	Vector S		Parkinson Vector		γ, θ
			α	$\sqrt{A^2+B^2}$	α_{po}	$\sin \gamma$	
minute 2~3	0.45 —	— —	—	(0.45)	—		
4~5	0.60 ± 0.07	-0.15 ± 0.34	N14°W	0.62	S14°E	0.53	32°
6~14	0.64 ± 0.15	-0.19 ± 0.47	N17°W	0.67	S17°E	0.56	34°
20~60	0.67 ± 0.13	-0.24 ± 0.44	N26°W	0.71	S20°E	0.58	35°

$\Delta Z/\Delta D$ と $\Delta H/\Delta D$ との関係を図 2~8 に示した。資料の数は Duration 2~3, 4~5, 6~14, 20~60 分についてそれぞれ 4, 11, 42, 75 個であり、2~5 分の A, B の値は正しくは求められなかった。

$\Delta Z/\Delta H$ と $\Delta D/\Delta H$ とを軸とする図から A とその標準偏差を求め、また B を求める。また $\Delta Z/\Delta D$ と $\Delta H/\Delta D$ とを軸とする図から B とその標準偏差を求め、また A を求める。係数としては、その信頼度を考慮して平均して求めた。また A, B の値から計算したパーキンソンベクトルを求めた。この結果を第 1 表に示した。なお α や α_{po} は磁気子午線を基準としてあり、以下同じく取り扱っており、平磯も磐城も偏角は西偏 6° である。

第 1 表で α は変化ベクトルの方向を示し、 α_{po} はパーキンソンベクトルの方向を、 $\sin \gamma$ はベクトルの量を、 γ はその角度を示した。この量の定義は久保木忠夫 (1966)⁽²⁾ に従った。

$\pi/2$ の 2 例から $A=0.45$ と推定され、 B は恐らく 0.0 と推定される。また早い変化でも水平分力と鉛直分力の位相のずれはない。また Duration の長い現象でも水平分力と鉛直分力の変化はよく一致しており、位相差はない。

また下里観測所のように、Duration の短い現象で鉛直分力の変化が異常に大きくなることもない。また ssc の立上り時刻はどの成分も全く同時であり、鹿野山のようなことは全く

起っていない。

電車による人工擾乱の量では $\Delta Z/\Delta H=3\sim 6$ であり、柿岡の値 $2\sim 3$ より少し大きい。しかし鹿野山のように $\Delta Z/\Delta H=0.3$ というような値にはならない。

平磯の変化ベクトルの大きさは柿岡のそれと非常に近い値であり、方向は柿岡より約 20° 西よりになっている。柿岡よりは海岸線に対して直交する方向によっているが、直交しているわけでない。また Duration が短いものは変化ベクトルは小さく北よりで、長くなると大きくかつ西によってくる。

A, B の値の周期特性を求めると、第 10 と 11 図のようになる。これらの図で B の値は

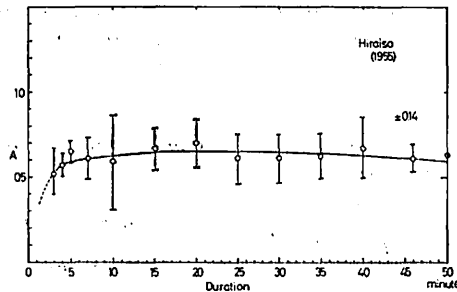


Fig. 10 The change of A at Hiraiso due to the duration of variation concerned.

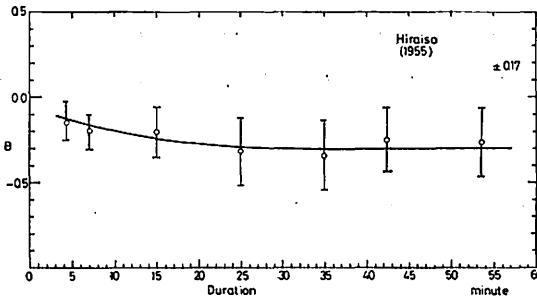


Fig. 11 The change of B at Hiraiso due to the duration of variation concerned.

$\Delta D/\Delta H$ が 0 になる資料が多いので正しく求めにくいので、信頼度をよくするため Duration の区切り幅をひろくしてある。図の中で縦の幅は値の標準偏差を示した。これらの図から変化ベクトルは Duration が短くなると A, B 共に小さくなるのが分かる。この傾向は柿岡と殆んど同じである。下里でみられるような異常は全くない。

平磯の変化ベクトルは平均するとほぼ次の値となる。

$$A = 0.67 \pm 0.13 \quad B = -0.22 \pm 0.40 \quad N18^\circ W$$

短周期の現象ほど小さくかつ北よりになる。

3. 2 磐 城

平磯と同じように資料を整理し A, B の値を求めた。資料は調査に都合のよいものを選出

しその数は Duration が 0.5~3, 4~5, 6~14, 20~50 分のとき 29, 17, 29, 53 こだる。短周期の現象は記録計が 18 秒毎の打点式のものであるため、出来るだけ多くの現象をとるようにした。もちろん長周期のものに対しても同じ配慮をしたが、Duration が単純にきめられないような複雑な変化をする現象は避けた。

平磁の資料と同じく、Duration を 4 つに分けて $\Delta Z/\Delta H$ と $\Delta D/\Delta H$, $\Delta Z/\Delta D$ と $\Delta H/\Delta D$ の関係図を第 12~19 図に示した。それぞれの図に A または B の標準偏差を示してある。地磁気の現象の特性から短周期では $\Delta D/\Delta H$ が、正、長い周期では負になる資料が多い。

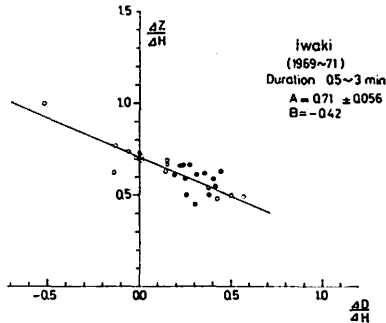


Fig. 12 The correlation between $\Delta Z/\Delta H$ and $\Delta D/\Delta H$ at Iwaki, duration $\Delta T=0.5\sim 3$ min.

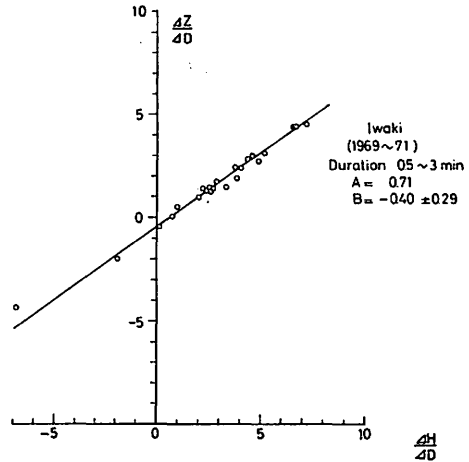


Fig. 13 The correlation between $\Delta Z/\Delta D$ and $\Delta H/\Delta D$ at Iwaki, duration $\Delta T=0.5\sim 3$ min.

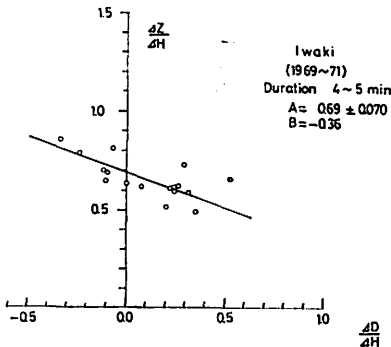


Fig. 14 The correlation between $\Delta Z/\Delta H$ and $\Delta D/\Delta H$ at Iwaki, duration $\Delta T=4\sim 5$ min.

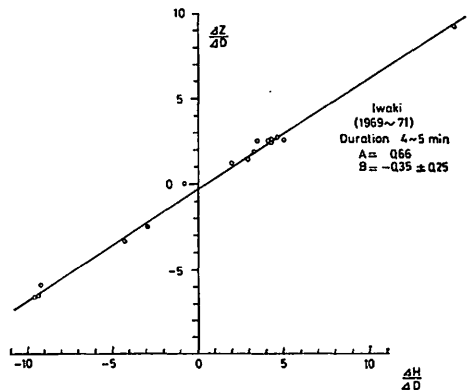


Fig. 15 The correlation between $\Delta Z/\Delta D$ and $\Delta H/\Delta D$ at Iwaki, duration $\Delta T=4\sim 5$ min.

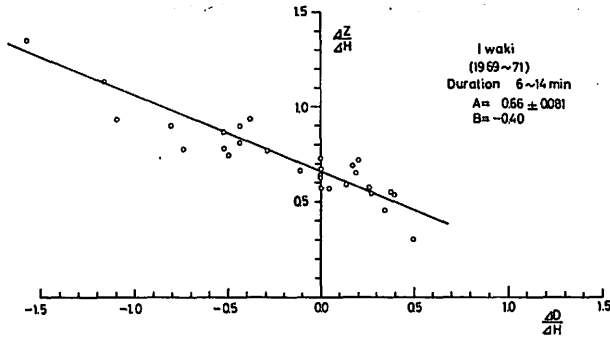


Fig. 16 The correlation between $\Delta Z/\Delta H$ and $\Delta D/\Delta H$ at Iwaki, duration $\Delta T=6\sim 14$ min.

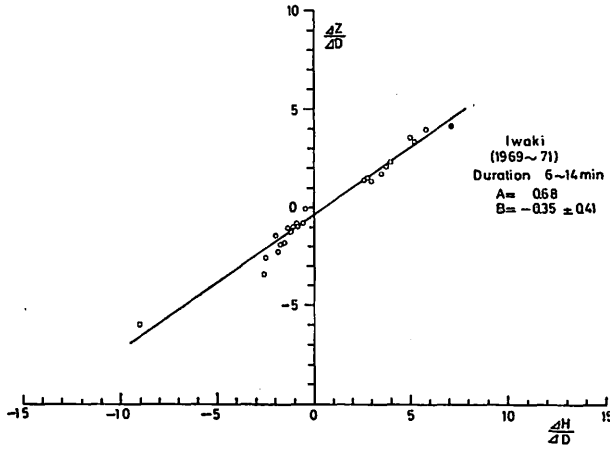


Fig. 17 The correlation between $\Delta Z/\Delta D$ and $\Delta H/\Delta D$ at Iwaki, duration $\Delta T=6\sim 14$ min.

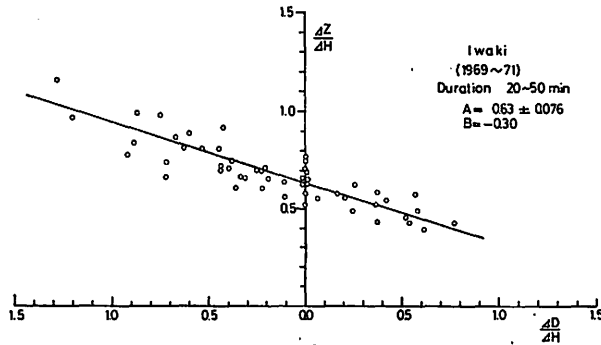


Fig. 18 The correlation between $\Delta Z/\Delta H$ and $\Delta D/\Delta H$ at Iwaki, duration $\Delta T=20\sim 50$ min.

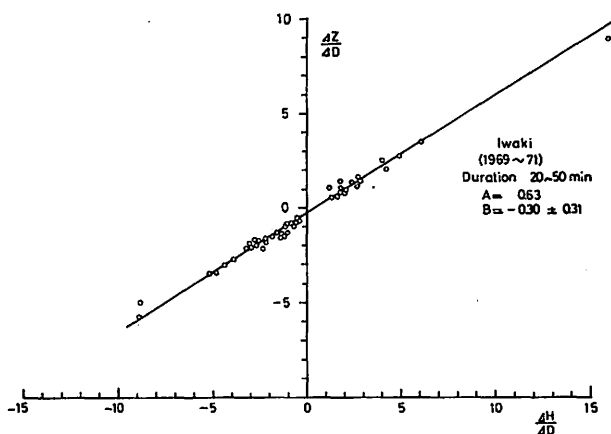


Fig. 19 The correlation between $\Delta Z/\Delta D$ and $\Delta H/\Delta D$ at Iwaki, duration $\Delta T=20\sim 50$ min.

Table 2 The values of coefficient A , B , vector S and Parkinson vector at Iwaki.

Duration (ΔT)	A Standard deviation	B Standard deviation	Vector S		Parkinson Vector		γ, θ
			α	$\sqrt{A^2+B^2}$	α_{po}	$\sin \gamma$	
minute 0.5~3	0.71 ± 0.056	-0.40 ± 0.29	N29°W	0.81	S29°E	0.63	39°
4~5	0.69 ± 0.070	-0.35 ± 0.25	N27°W	0.77	S27°E	0.61	38°
6~14	0.66 ± 0.081	-0.35 ± 0.41	N28°W	0.75	S28°E	0.60	37°
20~50	0.63 ± 0.076	-0.30 ± 0.31	N24°W	0.70	S24°E	0.57	35°

係数 A や B は信頼度を考慮して平均を求めた。それらの結果を第2表に示した。

B の値は A の約半分であり、その値の分散は 3~4 倍と大きい。そして短周期現象ほど変化ベクトルの大きさは大きく、方向は西よりになっており、平磯と逆で、柿岡と同じ傾向にある。

また短周期で鉛直分力が異常に大きくなるとか、ssc の立上り時間が成分ごとにより違うというような異常はない。

磐城の記録をみると、水平分力と鉛直分力の変化は位相が合っていない。これは B の値が大きいためであり、この偏角の変化分を考慮すると、よく位相は一致している。これについては後で実例についてもう一度ふれることとする。

A, B の値の周期特性を求めると第 20, 21 図となる。 $\Delta D/\Delta H$ の値が 0 になるもののため B の値は Duration の区別を広くして信頼度を高めている。図の中で縦の幅で示したのは標準偏差であり、全体の平均値で A は ± 0.084 , B は ± 0.145 である。とくに Duration

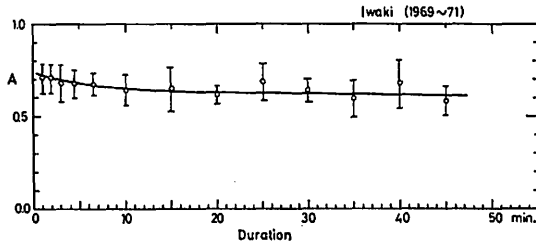


Fig. 20 The change of A at Iwaki due to the duration of variation concerned.

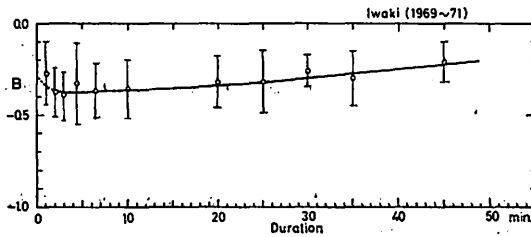


Fig. 21 The change B at Iwaki due to the duration of variation concerned.

3分以下のものを注意してみたが、 A 、 B どちらもそれ程大きく変わらない。これは柿岡、浪江、平磯でみられる A 、 B の変化よりはるかに小さい。磐城の変化ベクトルは Duration に対して A は Duration が小さいとき 0.7 くらいで大きく、10分くらいで 0.65 となりそれより長い Duration では変わらない。一方 B は短周期で -0.40 で長い Duration になる程小さく -0.20 となる。

また短周期の所で A や B が大きく変化することはない。磐城の変化ベクトルの平均値としては次のようになる。

$$A = 0.66 \pm 0.072 \quad B = -0.34 \pm 0.34 \quad N27^{\circ}W$$

森俊雄・白木正規 (1970)⁽⁸⁾ の私信によれば、1968年12月から1969年3月までの資料から求めたものは次の通りである。

$$A = 0.60 \quad B = -0.37 \quad N32^{\circ}W \quad (\text{bay 24 こ})$$

$$A = 0.70 \quad B = -0.48 \quad N34^{\circ}W \quad (\text{ssc 13 こ})$$

この値は著者の求めた第2表の値に近いものである。

さて一般に $4D/4H$ は ± 1 以下の小さい現象が多く、第12~19図では ± 1 以上大きいものは図示していない。第22図にはとくに $4D/4H$ の大きい現象7こについて $4Z/4H$ と $4D/4H$ の関係を示した。図の中の○印の傍の数字は Duration を分で示した値である。前に述べたように A 、 B の値は Duration でそれ程は変わらないので、同一図に示しても問題はない。また図の中でハッチで示した部分は第12~19図で用いた所である。使用したものは Duration が小さいところは ssc、大きいところは水平分力が殆んど変化していない bay で

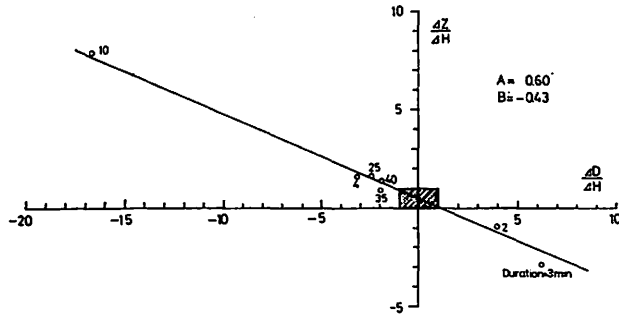


Fig. 22 The correlation between $\Delta Z/\Delta H$ and $\Delta D/\Delta H$ at Iwaki, $\Delta D/\Delta H$ are larger than ± 1 .

ある。

第 22 図から $\Delta D/\Delta H$ が大きい部分、すなわち地磁気の変化が殆んど東西方向に向かう現象でも、変化ベクトル A, B は同じであり、平均して $A=0.60, B=-0.43$ と求まる。また通常の bay の場合でも、水平分力が零になる部分で偏角の分を考慮すると位相はよく一致しており、いわゆる変化ベクトルの拘束される平面はきわめてせまい幅で決められることが分かる。

1970 年 3 月 31 日、1969 年 11 月 8 日、1970 年 7 月 9 日の 3 つの嵐の記録例を第 23~25 図に示した。これは ssc の立上りの部分で偏角の変化の大きさが通常の場合、きわめて小さい場合ときわめて大きい場合の 3 つの例である。この第 23 図の例では偏角の変化が小さく水平分力の変化が大きい場合で、鉛直分力の変化は水平分力の変化に類似している。逆に第 25 図の例では水平分力の変化がきわめて小さいため、鉛直分力の変化は偏角の変化によく

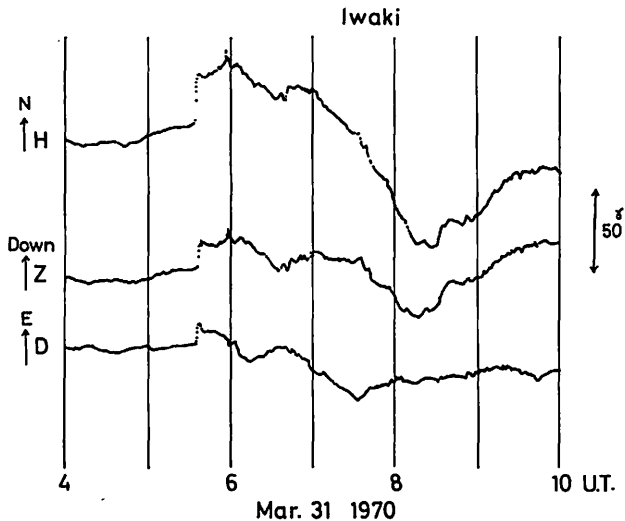


Fig. 23 Example of record at Iwaki.

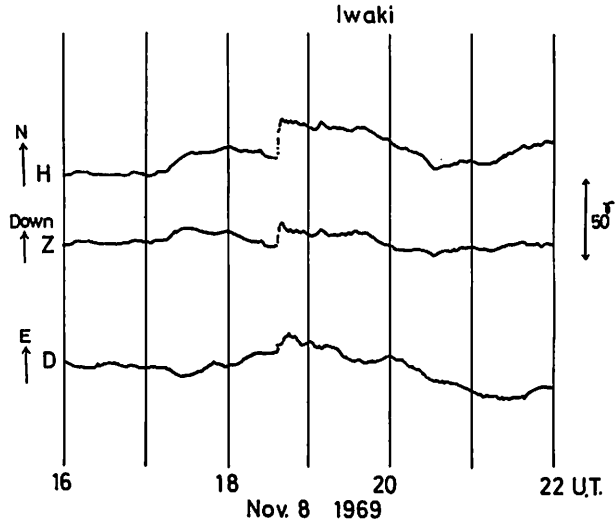


Fig. 24 Example of record at Iwaki.

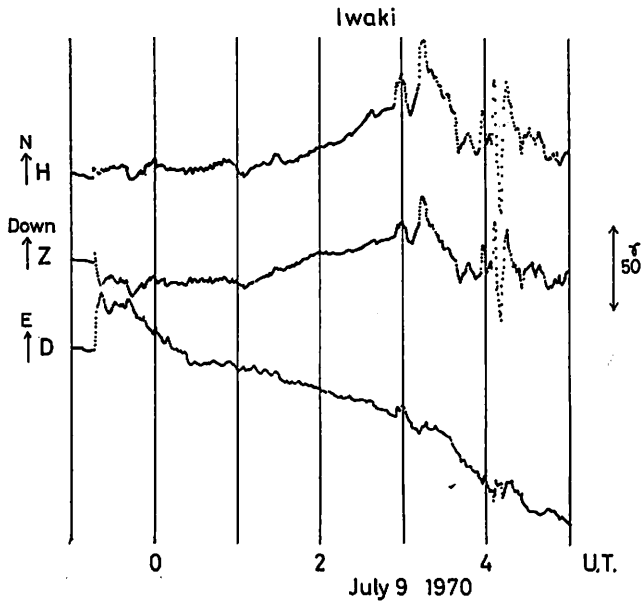


Fig. 25 Example of record at Iwaki.

類似していて、第 23 や 24 図と逆に上向き方向に変化している。このような例は割合に多く観測された。変化ベクトルの方向が北からずれて東よりまたは西よりになった観測点では ΔZ の値は ΔH だけでなく ΔD にも大きく関係してくるので、単に $\Delta Z/\Delta H$ とか $\Delta Z/\Delta D$ の値だけで地下の電気電導度の目安にすることは危険である。従来 $\Delta Z/\Delta H$ だけを取扱った

研究報告があるが、内容をよく検討しないと誤った結果をひきおこすことになる。

またここで注目する必要のあることは第 25 図の例で示されているように、鉛直分力の ssc の立上りの最初の部分に下向き方向に小さい急変化 ssc^* があることである。これは偏角の変化が大きく $4D/4H$ が大きくなると殆んど表われる現象であり、 $4D/4H$ が大きくなるとその量は大きくなる。これは打点式の記録計であるため同時性がなく変化が打点の間隔内で起こるようにも思われるが、いくつかの記録例で詳しく調べてもまぎれもなく鉛直分力の変化にのみ ssc^* が起こっており、他の成分には ssc^* は全くない。これは 2, 3 点 (20~25 秒) の記録打点があり、見誤りでない。

前述した A, B の周期特性のところ、磐城では Duration の短いところでも変化ベクトルはそれ程の値の変化はないと述べたが、30 秒よりも早い変化ではもっと別の現象が起っていることは確かである。これは磐城における変化ベクトルの注目すべき点である。

この現象は久保木忠夫 (1972)⁽⁹⁾ の述べている豊原における Duration が 2 分より短い変化のときの鉛直分力の変化に一見類似している。しかしむしろ鹿野山の鉛直分力が ssc の立上りのとき他の成分より 1~2 分おくれる現象と類似し逆に鉛直分力の位相がすすむのかも知れない。いづれにしても現象の存在は確かであるがその機構は分っていない。今後更に早回し変化観測を追加して解明する必要がある。

3.3 磐城と小名浜との比較

小名浜の変化ベクトルは今実 (1966)⁽⁴⁾ によれば bay について $A=0.68$, $B=-0.39$ である。

磐城と小名浜とは地形的には殆ど同じであり、直距離で 10 km しか離れていない。また実際に観測された変化ベクトルは小名浜では磐城より少し大きく、角度も 3° 西よりになっているが、これは誤差の範囲と考えるとよい程度である。

小名浜では観測期間が短いので ssc の立上りのところで鉛直分力の ssc^* が起ったかどうかは分からなかったのは残念である。

4. 関東東部から福島県東海岸における変化ベクトル

以上述べた平磯と磐城の変化ベクトルの外に久保木忠夫 (1966)⁽⁵⁾ の求めた、女川・油壺の値、また久保木忠夫 (1966)⁽²⁾ の求めた柿岡・鹿野山の値、今実 (1966)⁽⁴⁾ の求めた小名浜・浪江の変化ベクトルを綜合整理してみた。さらに久保木忠夫 (1966)⁽¹⁾ により求められた関東異常域の変化ベクトルのうち異常の割合少ない館野・思川・流山・布施・湖北・大和田・園部の値を第 26 図に示した。

これからわかるように関東地方では変化ベクトルは 0.6~0.7 で大きくほぼ北向きである。福島県東海岸になると西よりになり値も小さくなる。

この図で最も内陸に入っているのは思川であるが、変化ベクトルの大きさは 0.47 となっている。福島県内には内陸部の観測結果がないので詳しいことはいえないが、今後は是非観測が必要と考えている。とくに日本海岸では変化ベクトルはきわめて小さいことが分っており、観測地点からいっても磐城と佐渡を結ぶ方向で、磐越東線・西線の沿線上は好都合と考えられる。

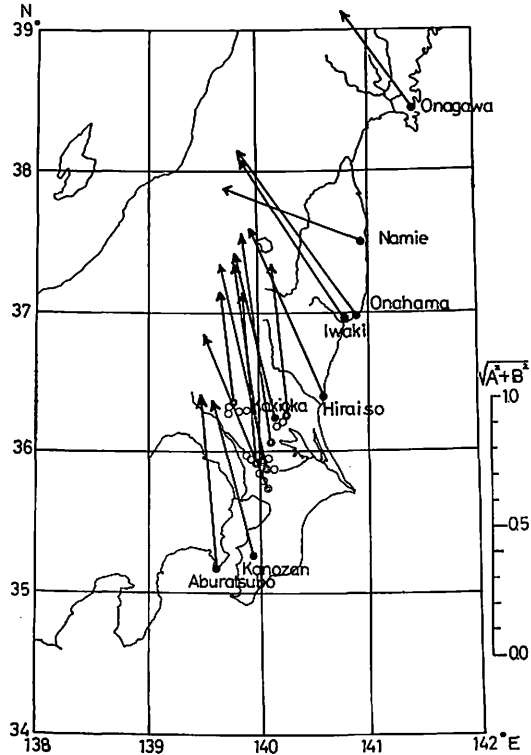


Fig. 26 The distribution of vector in vicinity at Kanto and Fukushima Pref..

ここでは資料を整理し、この付近の変化ベクトルの様子を報告することにとどめたい。この資料だけからでは地下構造を推測することはむづかしい。

5. 結 論

平磯・磐城の変化観測の資料から短周期現象について変化ベクトルを求め、さらに関東東部から福島県東海岸における変化ベクトルの分布から次のことが分った。

(1) 平磯では平均値で $A=0.67$, $B=-0.22$, 変化ベクトルの大きさ 0.71 , 方向 $N18^\circ W$ である。 A, B の周期特性としては、いずれも Duration が短くなると値は小さくなる。

(2) 平磯の変化ベクトルの特性は、その方向が柿岡よりも約 10° 西よりになっているだけでその他の特性は柿岡と非常に似ている。

(3) 平磯の変化ベクトルには特別な異常はない。

(4) 平磯の 1955 年頃の地磁気の記録には近くの直流電車のための人工擾乱が、鉛直分力に対して $1\sim 2\gamma$, 他の成分に対しては 0.3γ 以下あった。

(5) 磐城の変化ベクトルは平均値で $A=0.66$, $B=-0.34$, 変化ベクトルの大きさ 0.74 , 方向 $N27^\circ W$ である。 A, B の周期特性としては、 A は短周期で大きく、 B は短周期で

-0.4 長い所で -0.2 となり、いづれもきわだった周期特性はない。

(6) 磐城の変化ベクトルは $4D/4H$ の非常に大きいところでも小さい時の値と同じであり、いわゆる拘束面の幅がせまい。

(7) 磐城の記録をみると鉛直分力の急変化現象では、正や負に変化する。これは変化ベクトルの方向が $N27^{\circ}W$ でかなりの西よりであるため、偏角の変化が大きく関係するためである。このような観測点では $4Z/4H$ の値を用いて変化ベクトルを代用するのは危険である。

(8) 平磯と磐城は柿岡と同じく、偏角の変化を考慮すると、鉛直分力と水平分力の位相差はきわめて小さい。

(9) 磐城の ssc の立上りの最初の部分では水平分力や偏角に ssc^* がなく、鉛直分力にのみ ssc^* が表われる記録例がある。これは単純に偏角の変化の影響とはいえず、今後の研究にまたねばならぬ。

(10) 磐城と小名浜は 10 km 離れているにすぎず、その変化ベクトルは類似している。

(11) 関東東部の変化ベクトルは 0.6~0.7 では北向きであるが、福島県東海岸では西よりとなり大きさも北による程小さくなる。この様子で地下構造を論ずるのは現在の所資料不足である。

今後は磐越東線、西線に沿った所に日本海岸までの変化ベクトル観測を行うことが望ましい。

(12) 磐城の GIT 型直視磁力計は大幅な改良がなされたので、かなりよい観測値が得られた。とくに感度はかなり安定したものとなり、この種の観測には十分になった。しかしまだ改良の余地は十分あり、今後の問題は残っている。

謝 辞

この調査に際して資料の利用を許可され、またいろいろ指導をうけた地磁気観測所長柳原一夫氏に感謝します。また磐城の観測に従事された赤津喜一氏や地磁気観測所の森俊雄・白木正規技官をはじめ多くの職員に感謝したい。

平磯電波観測所からは貴重な資料の拝借をうけたことを感謝し、この報告を以て御礼にかえたい。

文 献

- (1) 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2報), 地磁気観測所要報, 別冊 2, pp. 32-53.
- (2) 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, pp. 127-198.
- (3) Rikitake, T. et al.: The Anomalous Behaviour of Geomagnetic Variation of Short Period in Japan and Its Relation to the Subterranean Structure: 1-10, Report. Bull. Earthq. Res. Inst., 30, 207-221 (1952); 31, 19-31, 89-100, 101-118, 119-127 (1953); 33, 297-331 (1955); 36, 1-20 (1958); 37, 1-12, 545-570 (1959); 40, 693-717 (1962).
- (4) 今 実 (1966): 日本における地磁気変化異常と関連した浪江他 2, 3 点における地磁気観測およびその結果, 地磁気観測所要報, 12, No. 2, pp. 117-126.

- (5) 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1報), 地磁気観測所要報別冊 2, pp. 1-31.
- (6) 森 俊雄・河村 諒・斎藤正市・大地 洸 (1969): いわきにおける地磁気観測, 地磁気観測所技術報告, 9, No. 2 (No. 34), pp. 1-4.
- (7) 久保木忠夫 (1966): 車などによる人工擾乱, 地磁気観測所要報, 12, No. 2, pp. 263-292.
- (8) 森 俊雄・白木正規 (1970): “磐城の変化ベクトルについて” の私信による。
- (9) 久保木忠夫 (1972): 日本における地磁気変化ベクトルの異常について (第4報)——日本北部の根室・礼文・稚内・豊原の変化ベクトル——, 地磁気観測所要報, 14, No. 2, pp. 93-105.

The Anomaly of Geomagnetic Variation in Japan (Part V)

Tadao KUBOKI

Abstract

Many investigators have already found that there are anomalies of the geomagnetic rapid variation in Japan. The relation between three components (ΔH , ΔD and ΔZ) of rapid variation vector is approximately expressed by the following equation, $\Delta Z = A\Delta H + B\Delta D$.

In this paper, the author determined the coefficients A and B at Hiraiso (140° - $38'E$, 36° - $22'N$) and Iwaki (140° - $48'E$, 36° - $55'N$). The values of A and B are 0.67 and -0.22 respectively at Hiraiso and 0.66 and -0.34 at Iwaki. The change of A and B due to the duration of variation is small.

At Iwaki, the vertical component of the ssc has preliminary reverse impulse when $\Delta D/\Delta H$ is large, but the other components have not.

The vector S directs nearly northwards in Kanto district and north-westerly in Fukushima Pref..