

1. 日本における地磁気変化ベクトルの異常について

久保木忠夫・大島 汎海

概要

地磁気の数分ないし数十分の短周期変化を利用して、地下電気伝導度の推定を試みることは、すでに多くの人たちにより行なわれてきた。日本付近のきわめて大きい異常については力武らにより数多い研究がなされている。

ここでは各周期についてそれぞれの観測所の特性を求め、それらがさらに複雑であること、地電流の主方向と関係が深いことを調査した。

さらに“常磐線電化対策特別観測”の資料を用いて関東中央部にも局所的な異常があることを見つけた。関東中央部は地震ひん発地域であるので、それとの相互関係も調査した。そして関東中央部の地下は、深さ 30km から約 100km までが良電導層、それ以下が不良電導層になっているが、この地磁気異常域では、不良電導層が非常に局部的に 40km~60km までつき上がっていて、上の良電導層を数 km の深さまでつき上げ、地磁気異常域ができるのであろうと考えた。

観測所の周期特性が複雑であるのと同じく、地域的分布の異常は従来考えられている以上に複雑である。

これらの地磁気異常の分布や周期特性は、重力・モホロビッチ不連続層・地質などと簡単な関係にないが、今後の測定を密にすれば地下構造の解明に役立つことであろう。

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)

——関東地方の地磁気変化ベクトルの異常——

久保木 忠夫* · 大島 汎海*

The Anomaly of Geomagnetic Variation in Japan (Part 2)

T. Kuboki and H. Ōshima

550.38:550.37

In a previous paper (Part 1), the behaviour of the vector of geomagnetic variations in the vicinity of Japan Island was generally discussed. Then, in this paper, problems of small area in the Kantō District are considered with the data of high density survey of "The special observations for the electrification-plan of the Jōban railway". As a result of this study, a local geomagnetic anomaly is found in the central area of the Kantō District. The relations between this anomaly, many epicenters distributed in this district and the subterranean electrical construction are studied. There is the high conductive layer from 30km to about 100km depth in this district. Then, the authors speculate that the Kantō anomaly is caused by the mere local anomalous construction that the low conductive layer of the deeper level sticks out to about 40-60km depth and high conductive layer pushes up to about several kilometer depth at very small area in the middle eastern parts of the Kantō district.

In the present stage, simple relations between the distribution or the frequency characteristic of the anomaly and others such as gravity, moho layer geology *etc.* are not found, but in future if the observing points are densely distributed, the explanations for these questions may be expected.

目 次

- | | |
|---------------|-----------------|
| 1. はしがき | 5. 地震と地磁気異常域の関係 |
| 2. 測定の概要 | 6. 考察 |
| 3. 測定の結果 | 7. まとめ |
| 4. 他の地下構造との比較 | 8. 全体の考察と結論 |

1. はしがき

前報⁽¹⁾で日本における地磁気変化ベクトルにはかなりの局地性のあることや、観測所の特性に差異のあることを述べた。

現在までわかっている地磁気変化の異常の地理的分布で最大の傾度を有する場所としては次のものがある。なお異常の量は $\frac{\Delta Z}{4H}$, $\frac{\Delta D}{4D_{st}}$, パーキンソンベクトル (Parkinson vector) などで表わしているので比較には

* 地磁気観測所

ならぬかもしれないが、原論文の表示に従った⁽¹⁾。

Ponza-Capri anomaly (イタリア) 約70km 離れて

$$\frac{\Delta Z}{\Delta H} \text{ が } 0.5 \text{ 異なる.}$$

Göttingen anomaly (ドイツ) 約35km 離れて

$$\frac{\Delta D}{\Delta D_{st}} \text{ が } 0.18 \text{ 異なる.}$$

Californian Coastal anomaly (アメリカ) 約40km

離れてパーキンソンベクトルが 0.25 異なる.

Texas anomaly (アメリカ) 約80km 離れて

$$\frac{\Delta Z}{\Delta Z_{st}} \text{ が } 0.2 \text{ 異なる.}$$

Alert anomaly (カナダ) 約50km 離れて

$$\frac{\Delta Z}{\Delta H} \text{ が } 0.35 \text{ 異なる.}$$

Central Japan anomaly (日本) 約100km 離れて

$$\frac{\Delta Z}{\Delta H} \text{ が } 0.2 \text{ 異なる.}$$

これらはいずれも比較的異常の大きい地域で最大の傾度から求めた。Ponza-Capri anomaly はこの中で最大のものであるが、これはイタリア半島の周辺に属するサバウディア (Sabaudia) の値と海上に孤立した小さい離島ポンツァ (Ponza) 島での値から求めたものである。しかしポンツァ島は $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ の値が一定でない⁽²⁾と報告⁽³⁾されており、それはおそらく前報⁽⁴⁾第3節で述べた周期特性が大きいためであろうと著者らは考えている。

いずれにしても従来の研究から得られた地磁気変化の異常の地理的分布の最大の傾度は、100km で 0.6~0.7 程度と考えられ、割合に小さいものである。

最近柳原⁽⁵⁾は関東地方における深層の比抵抗を求め、この地方では基盤 (約2km の深さ) より深い2~30km の部分は普通のように電導度の悪い 1000Ωm の比抵抗を有する層であるが、30km より深い所では 10Ωm の値を有するきわめて電導度のよい層になっていることを見つけた。

著者らは彼の研究と平行して、関東地方の地磁気変化の異常の調査を行ない、彼の求めた結果を利用してその異常の説明をしようと試みた。使用した資料は同じ“常盤線電化対策特別観測”⁽⁶⁾(略して電化観測という)のときに得られた地磁気おそ回しならびに早回し記録である。この電化観測は 1952 年より 54 年にかけて行なわ

れたもので、この観測の整理を行なったとき、すでに読み取られていた自然現象 (電車の影響ではない) の $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ に局部異常のあることが知られたが、その地理的分布があまりにも大きく、観測誤差ではないかと疑われた。50 km 離れると $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ が平均 0.5 異なり、最大は 10 km で 0.3 にも達する地理的分布の傾度がある。この量は 1954 年ごろとしては考えられぬほどの異常であった。世界の異常地域でも 100km で 0.7 が最大であり、それに比べると4~5倍に達する。これは非常に興味のあることと考へて、資料を再検討し、また最近得られた関東地方の地質構造、人工爆破による基盤の測定値、モホロビッチ不連続層の測定、比抵抗の測定結果、茨城県南西部や千葉県北部の地震地帯の分布、重力異常分布などとの関係について調査した。これらは地磁気変化の異常の原因が、きわめて局所的であると考えられるので、何らかの関係のあることを期待したからである。

このようなきわめて局所的な地域の特性の研究は、“Central Japan anomaly”の特性の解析や各地の異常の解析に役立つことであろう。

また、解明が困難な深層を研究するには各種の探査法の中でもこの地磁気変化の異常による探査が有効であると強調したいこともこの調査の目的の一つである。

なお利用した資料はもともとの目的からいって、直流電車が地磁気や地電流におよぼす影響を求めめるのに都合よい観測点での配列になっているため、著者らの目的には不適当なところがあったので、今後の追加観測がきわめて必要である。

2. 測定の概要

この調査に利用した資料は次のような要領で行なわれた電化観測の結果から得られたものである。測定は電車線に関するもの・地磁気・地電流・比抵抗の四項目であり、またすべての測定点で全種目の測定が行なわれたのではない。

測定は予備試験・第一次試験・第二次試験・交流試験の四つに分けられる。予備試験は当時の常盤線の直流電化区間の末端である我孫子付近に3点と、柿岡に最も近い直流電車の通る東武電鉄の小山付近に5点をとって電車の影響の概略値を求めた。第一次試験は約17km離れた我孫子・金町両変電所を基点として、この間の架線と電車線路に1000A程度の直流をいろいろに流してその人工じょう乱を求めた。測定は3点より構成される一群ごとに3回にわたり、くりかえし行なわれ、計9点で測

定されたが、9地点の同時測定は行なわれなかった。第二次試験は約7km離れた石岡・羽島間の特設架線と鉄道軌道に移動変電車から約500Aの電流を流し、その人工磁場を3点で同時測定した。交流試験は当時試験営業を行っていた仙台市と山形市を結ぶ仙山線の近くの1点だけで測定が行なわれた。

これらの測点は既設の営業電車により人工じょう乱をうけていて、鉛直分力がかつても大きく影響されている。館野・志筑・村上・園部などは1γ以下で小さいが、その他の地点では小さい所で3γ、最大の流山・布施などは20γもあった。しかし真夜中の3~4時間は電車が運転されないので影響がなくきわめて良好な記録が得られている。もちろんこれらの測定点は電車以外の人工じょう乱、たとえば自動車・蒸気列車などの影響の少ない場所に選定されている。

測定器は通常のエッセンハーゲン (Eschenhagen) 型変化計を当所で改良した水平分力・偏角変化計とワトソン (Watson) 型横吊り変化計を改良した鉛直分力変化計である。水平分力は水晶線吊糸を用いてあるが、ほかは金属線吊糸を用いている。観測室は予備試験では既設の建物の片すみや物置小屋・納屋などを借用し利用した。第一次試験以降では2.0m×3.3mの木造非磁性の組み立て小屋を作り、一部を現像室に仕切りほかを地磁気観測室とした。この観測室では5~15°Cの温度の日変化が起こっている。水平分力や鉛直分力にはFe-Ni-Cr系整磁合金による温度補償⁽⁷⁾を行なって温度係数を1~2γ/°C以下に小さくした。しかし朝の気温上昇期には1時間3°Cの温度変化が起こる可能性が十分あった。もちろん午後から夜間においては、温度による影響は考える必要もなく小さい。とくに本調査では1時間以下の早い変化だけを取り扱っているから、温度の影響はきわめて小さい。朝に起こった現象では温度の影響を無視することができないが、もともと電車のじょう乱のためこの時間で利用できる資料はきわめてまれであった。

変化計の感度は予備試験では、水平分力・鉛直分力および偏角はそれぞれ1~2γ/mm, 1~2γ/mm, 5~8γ/mmで、偏角だけが悪い。ほかの試験では3成分とも1~2γ/mmで、できるだけの高感度にして記録した。周期は成分により異なるが2~4secで、鉛直分力は多少長い。電化観測の目的や、本調査には十分である。また感度測定誤差は5%以下であるが、各変化計の磁石の方位はヘルムホルツコイル・レベルなどで定めたが、野外であるので条件が悪く、とくに時間の制限が強かつ

たため、方位の誤差はかなり大きいと推定される。水平分力や偏角は掘付の手順からいって±5%程度と考えられるが、鉛直分力は±8%程度になると推算される。鉛直分力の磁石はほとんど南北方向に向いているのでさらに大きくなり、 $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ を計算した場合この誤差は±10%と推定される。個々の $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ の分散は平均すれば、値がよくなって行くが、方位の誤差は消去されない。しかし関東地方の分布では布佐・湖北などの観測点が第一次試験の観測点の近くにあって、これらの誤差を見当つけるのに役立つ。また第一次試験においては第一、二、三点は各群とも同一測器を用いており、測器間の系統的誤差が起こった場合の検出に役立てるようにしたが、資料を整理した結果からは、そのような誤差は見つけられなかった。

記録はブロマイドに1日、半日、3時間および4時間回しの各種類であり、紙の送りは20mmまたは15mm/hrおよび120mmまたは180mm/hrになっている。したがってsscやpi2(pt)の値を読み取るにも十分である。時間はいずれの記録紙も±0.1minの誤差であるが、現象の同時性から考えて今回の調査には問題ない。

この測定期間の1952年から54年は割合にじょう乱が多く、湾型変化や磁気あらしの発生も続発し、とくに第一次試験の場合には早回し記録中にpi2(pt), si, sscが数多く起こっていて、測定期間が約1週間しかない割合には豊富な資料が得られている。この点現在行なっているIQSY観測においては静穏なため、今回のような調査には不都合であろう。

地磁気の観測は平山操を班長とする遠藤浩ほか8名の観測者により行なわれた。

また地電流の観測も同時に行なわれている測点がいくつかあり、比較にいろいろ好都合であった。地電流や比抵抗の観測は横内幸雄・柳原一夫ほか5名の観測者により行なわれた。

第1表には測定点の一覧、測定期間・測定要素を示した。なお、第一次、第二次試験では柿岡においても早回し高感度の記録を同時に観測し、各観測点との比較を便利にしてある。

これらの資料は電車の影響が大きい地点でとったものであり、観測室の温度変化が非常に大きいことも重なり、日変化の調査のできる資料ではなかった。

第1図は日本の一部と、この論文で取り扱う関東地方

Table 1. The list of stations and other observational data of the temporary geomagnetic stations in the middle eastern part of Kantō District

No.	観点名	場所	測定名称	緯度	経度	測定期間	測定要素	備考
1	館野	茨城県筑波郡谷田部町館野, 高層気象台	予備試験 第一群 第二群 第三群 第二次試験 交流試験	36° 03.4'	140° 07.6'	28/XI~16/XII, 1952	HDZEN	N+Q
2	布佐	千葉県東葛飾郡我孫子町, 布佐測候所		35° 52.2'	140° 04.9'	28/XII~29/XII, 52	H DEN	Q
3	思川	栃木県下都賀郡豊田村思川		36° 20.7'	139° 46.7'	13/I~29/I, 53	HDZ	N+Q
4	中村	栃木県下都賀郡中村		36° 18.8'	139° 45.8'	15/I~21/I, 53	HZEN	N+Q
5	立木	栃木県下都賀郡豊田村下立木		36° 19.4'	139° 47.5'	21/I~29/I, 53	HZEN	N+Q
6	小山	栃木県小山町旭町		36° 17.5'	139° 48.9'	28/II~3/III, 53	HDZEN	N+Q
7	結城	茨城県結城町辻堂		36° 16.7'	139° 52.9'	26/II~5/III, 53	HZEN	N+Q
8	湖北	千葉県東葛飾郡湖北村		35° 52.8'	140° 02.3'	12/III~16/III, 53	HDZEN	N
9	布佐	No. 2と同じ		35° 52.2'	140° 04.9'	11/III~14/XII, 53	HDZ	N+Q
10	流山	千葉県東葛飾郡流山町		35° 51.3'	139° 54.8'	2/III~9/III, 54	HDZEN	N+Q
11	吉川	埼玉県北葛飾郡吉川町		35° 52.8'	139° 50.5'	3/III~9/III, 54	HDZEN	N+Q
12	増林	埼玉県南埼玉郡増林村		35° 54.5'	139° 48.8'	3/III~9/III, 54	HDZ	Q'
13	五香	千葉県松戸市五香		35° 47.7'	139° 58.4'	12/III~16/III, 54	HDZEN	N+Q
14	白井	千葉県東葛飾郡白井村		35° 46.3'	140° 02.4'	14/III~18/III, 54	HDZEN	N+Q
15	大和田	千葉県千葉郡八千代町		35° 43.4'	140° 04.6'	13/III~18/III, 54	HDZ	Q'
16	布施	千葉県東葛飾郡富勢村布施		35° 53.8'	140° 00.3'	21/III~27/III, 54	HDZEN	N+Q
17	守屋	茨城県北相馬郡守屋町		35° 56.6'	140° 00.1'	21/III~27/III, 54	HDZEN	N+Q
18	浜田	茨城県筑波郡久賀村浜田		35° 56.2'	140° 05.5'	21/III~27/III, 54	HDZ	N'+Q'
19	志筑	茨城県新治郡千代田村上志筑		36° 11.0'	140° 14.3'	10/XII~15/XII, 54	HDZEN	N+Q
20	村上	茨城県石岡市村上		36° 12.8'	140° 14.8'	10/XII~15/XII, 54	HDZ	N+Q
21	村部	茨城県新治郡部村		36° 15.4'	140° 15.4'	10/XII~16/XII, 54	HDZEN	N'+Q'
22	大沢	宮城県宮城村大沢		38° 17.4'	140° 42.1'	12/XII~14/XII, 56	HDZ	N'+Q'

- (注) 1. 地磁気観測者名: 遠藤浩・大和田真一・大越延夫・久保木忠夫・来栖喜久男・伴野登・村上恭四郎・山口又新。
 2. H, D, Z, E, N はそれぞれ地磁気の水平分力・偏角・鉛直分力・および地電流の東西成分・南北成分を表わす。
 3. N, Q, N', Q' はそれぞれ記録紙が1時間20mm, 120mm, 15mm, 180mmの進みであることを現わす。
 4. 柿岡では第一次, 第二次試験のとき早出し高感度記録をとっている。

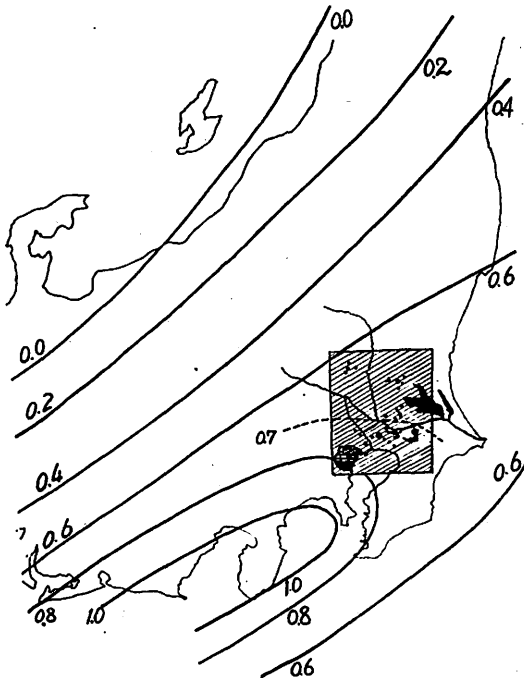


Fig. 1. The map of Kanto district and $\frac{dZ}{dH}$.

の区域を斜線で示した。なお、第1報の第1図から求めた $\frac{dZ}{dH}$ の等しい線を記入してある。この地域の近くには柿岡 ($\varphi: 36^{\circ}14'$, $\lambda: 140^{\circ}11'$)・鹿野山 ($\varphi: 35^{\circ}15'$, $\lambda: 139^{\circ}58'$)・小名浜 ($\varphi: 36^{\circ}58'$, $\lambda: 140^{\circ}55'$) および油壺 ($\varphi: 35^{\circ}09'$, $\lambda: 139^{\circ}37'$) の観測点があるが、 $\frac{dZ}{dH}$ はいずれも 0.57~0.65 で大差なく、 $\frac{dZ}{dH}$ の地理的傾度もきわめて小さいように見える。そしてベクトル S もほとんど北向きであり、周期特性については ssc や si 以外の周期数分以上の現象ならば $\frac{dZ}{dH}$ は一定になっている。このようなところにもかかわらず、この地域の異常はきわめて大きいものである。

3. 測定の結果

観測点は柿岡の西と南に分布しているが、その特性は大体柿岡の値で代表できるであろう。すでに第1報第4節⁽¹⁴⁾に述べてあるが、もう一度概要を述べてみる。地磁気短周期変化の比の関係は、第1報⁽¹⁴⁾第12図、第13図に示してあるが、第1報⁽¹⁴⁾(1)式の係数 A は B よりも分散が大きい。参考までに第2図に $\frac{dZ}{dD}$ と $\frac{dH}{dD}$ の

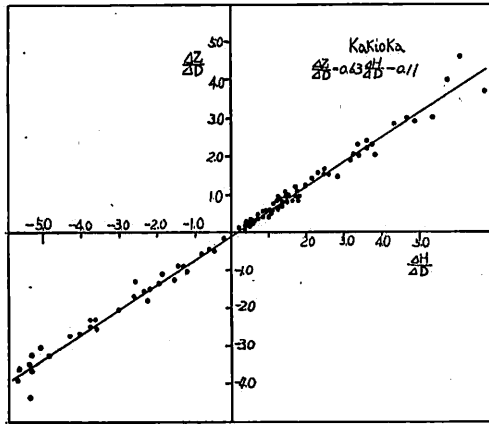


Fig. 2. The correlation between $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$ and $\frac{\Delta H}{\Delta H}$ at Kakioka.

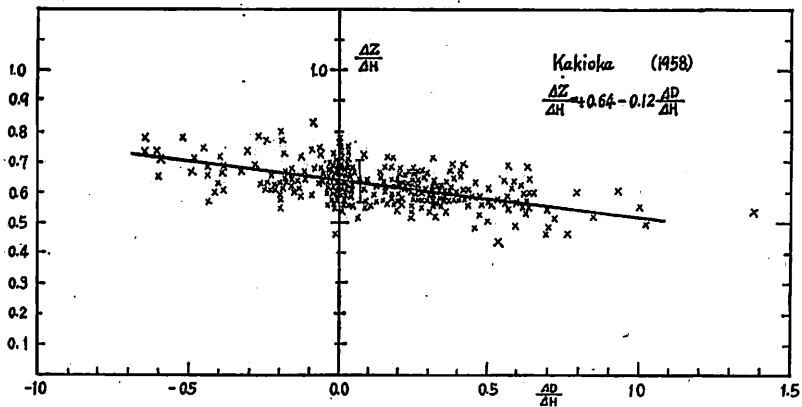


Fig. 3. The correlation between $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ and $\frac{\Delta H}{\Delta D}$ at Kakioka.

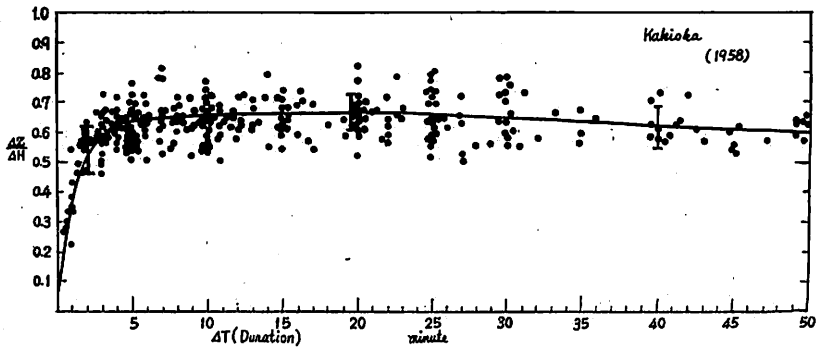


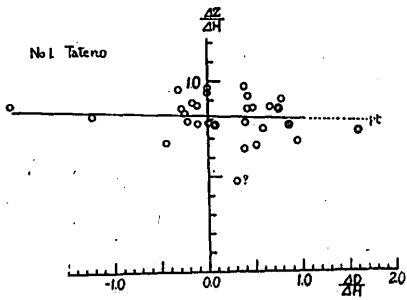
Fig. 4. The time response of $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ at Kakioka.

Table 2. The results of observations

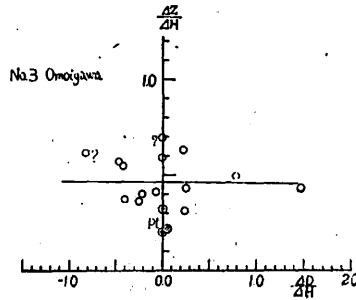
No.	Station	Number	A	B	Vector S	$\frac{dZ}{dR}$ γ /mV/km	pi ₂ (pt)			$\frac{dZ}{dR}$ γ /mV/km	$H_{obs}/H_{Kakioka}$	$Z_{obs}/Z_{Kakioka}$	
							Number	A	B				Vector S
1	Tateno	23	0.82	-0.02	-0.82 -1°	0.64	4	0.8	0.00	0.8	0°	1.00	1.27
2	Fusa	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
3	Omoigawa	14	0.47	0.00	0.47 0	—	3	0.24	—	—	—	1.03	0.76
4	Nakamura	4	0.39	—	—	—	1	0.2	—	—	—	1.30	0.64
5	Tatugi	7	0.27	—	—	—	3	0.22	—	—	—	1.23	0.59
6	Oyama	5	0.53	-0.17	0.56 -17	(0.90)	1	0.2	—	—	—	1.00	0.78
7	Yuki	15	0.54	—	—	—	2	0.20	—	—	—	1.18	1.10
8	Kohoku	11	0.82	-0.09	0.82 -6	—	2	0.81	—	—	—	1.05	1.36
9	Fusa	9	0.80	-0.15	0.81 -11	0.80	2	0.90	—	—	—	1.25	1.78
10	Nagareyama	11	0.66	0.00	0.66 0	0.90	5	0.43	0.00	0.43	0°	1.34	1.42
11	Yoshikawa	5	0.67	0.00	0.67 0	0.70	2	0.35	—	—	—	1.28	1.40
12	Mashibayashi	5	0.56	(0.00)	0.56 (0)	—	1	0.4	—	—	—	1.0	0.95
13	Gokō	4	0.75	-0.23	0.78 -17	1.34	2	0.18	—	—	—	1.22	1.40
14	Shiroe	8	0.61	-0.25	0.66 -14	1.21	2	0.25	—	—	—	1.37	1.20
15	Ōwada	8	0.60	-0.23	0.65 -15	—	1	0.1	—	—	—	1.35	1.16
16	Fuse	9	0.80	0.06	0.80 4	1.00	2	0.57	(0.06)	0.57	(4)	1.08	1.50
17	Moriya	14	0.84	0.00	0.84 0	0.92	5	0.56	0.10	0.57	10	0.92	1.30
18	Hamada	23	0.60	0.00	0.60 0	—	4	0.55	0.00	0.55	0	1.10	1.09
19	Shizuku	4	0.75	(0.00)	0.75 (0)	—	2	0.71	—	—	—	1.0	1.15
20	Murakami	5	0.68	(0.00)	0.68 (0)	—	2	0.50	—	—	—	1.0	1.0
21	Sonobe	7	0.59	0.03	0.59 0	0.78	4	0.50	(-0.14)	(0.60)	(-20)	1.0	1.0
22	Osawa	3	0.32	(-0.41)	0.52 (-53)	—	—	—	—	—	—	—	—
—	Kakioka	—	0.64	-0.12	0.65 -11	0.22	—	0.50	-0.14	0.52	-16	1.00	1.00

関係とその分散, 第3図に $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$ と $\frac{\Delta H}{\Delta D}$ の関係, 第4図に $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ の周期特性を示した. 整理の都合では $\frac{\Delta Z}{\Delta D}$ と $\frac{\Delta H}{\Delta D}$ や $\tan \phi$ の周期特性を利用するのが便利であるが, 予備観測では偏角の感度が悪く, 読み取り誤差が大きく, また現象は真夜中の電車のじょう乱の

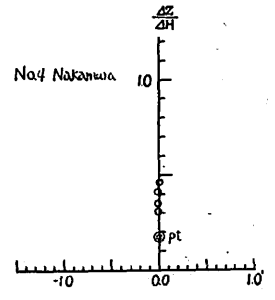
少ない時間のものしか利用できないから $\frac{\Delta D}{\Delta H}$ は小さい値が多い. したがって第3図および第4図に相当するものを各観測点について求めた. それらの図はそれぞれ楕円程度の分散が起こっていて, それが単なる測定上の誤差でなく, 本質的なものであることを考慮に入れておく必要がある. 関東地方では $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ の値の標



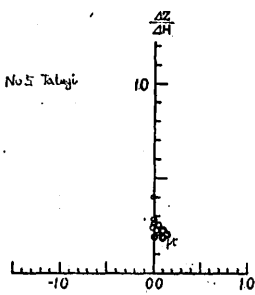
(a)



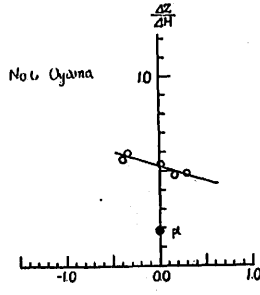
(b)



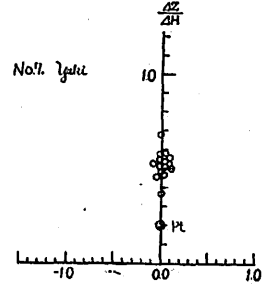
(c)



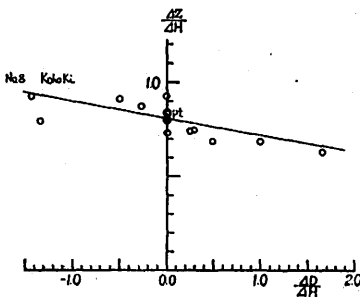
(d)



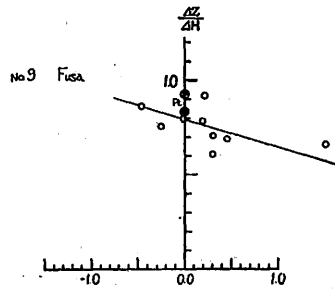
(e)



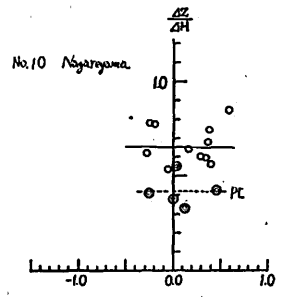
(f)



(g)



(h)



(i)

Fig. 5 (a)~(t). The correlation between $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ and $\frac{\Delta D}{\Delta H}$ at each station.

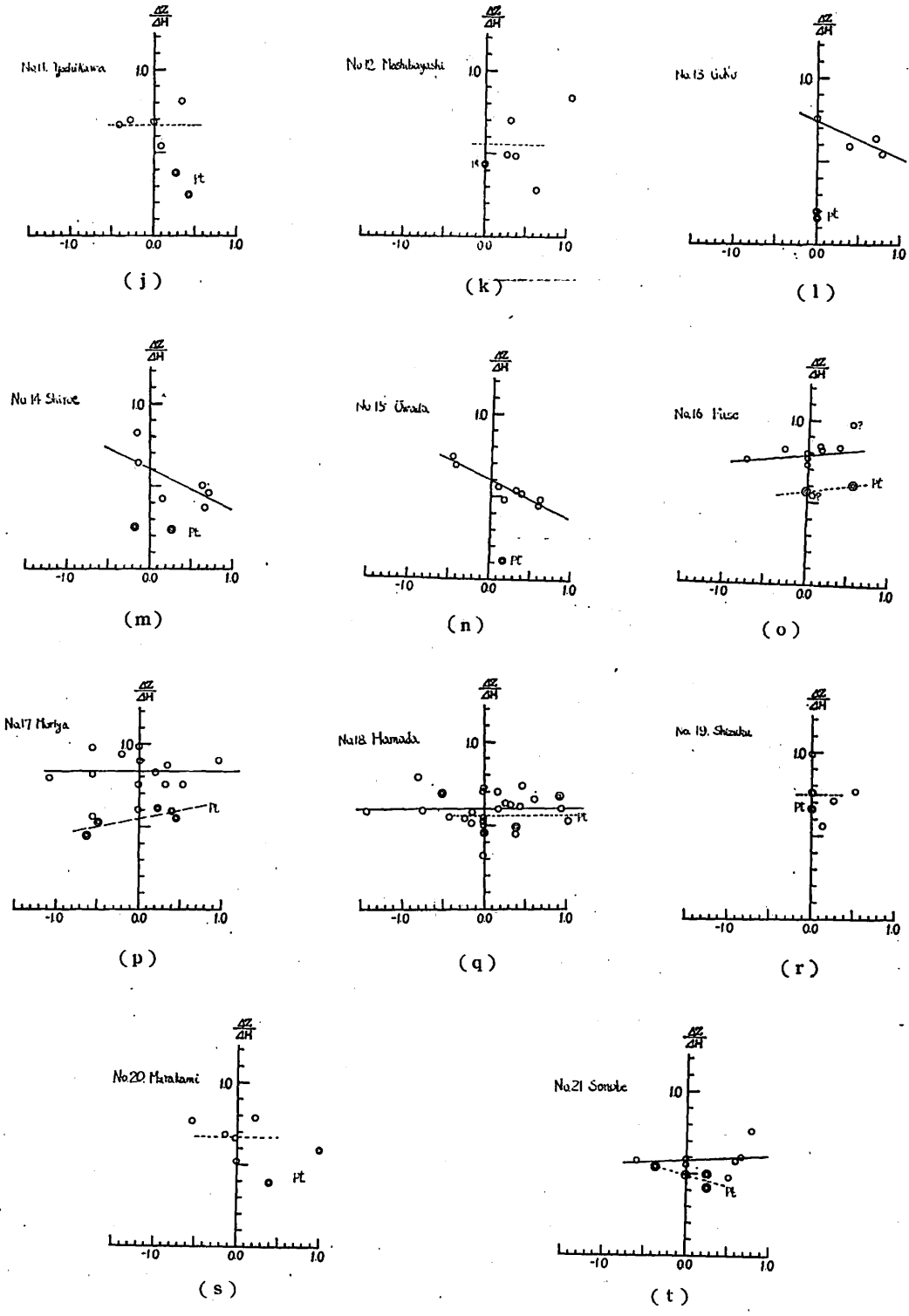
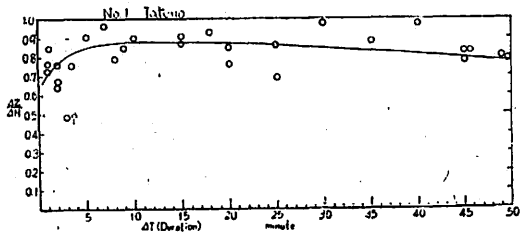
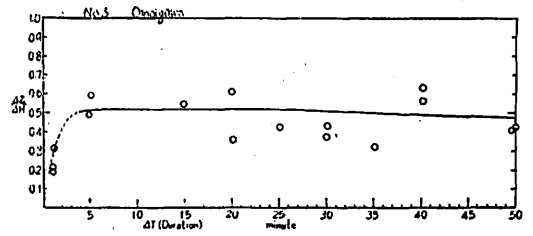


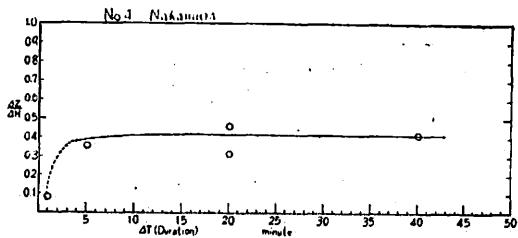
Fig. 5. (Continued)



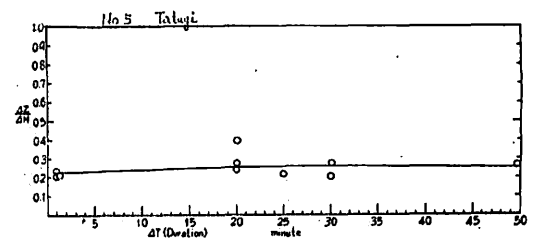
(a)



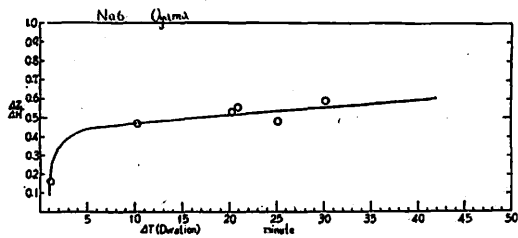
(b)



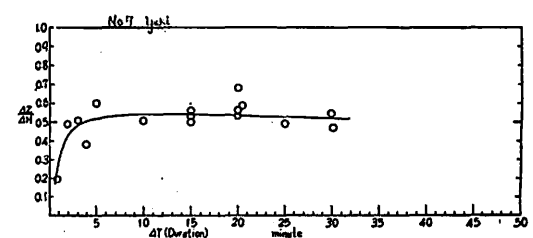
(c)



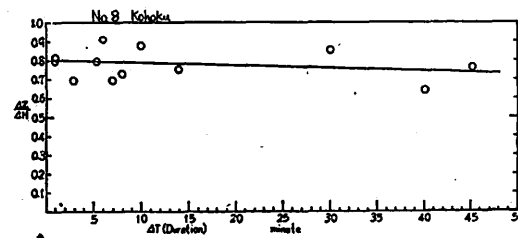
(d)



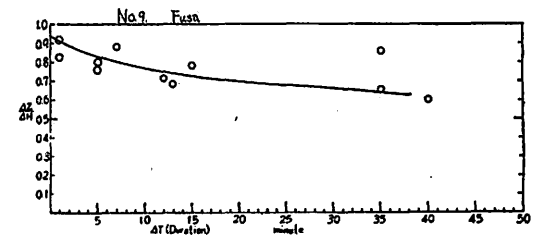
(e)



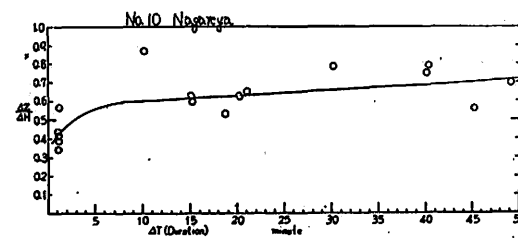
(f)



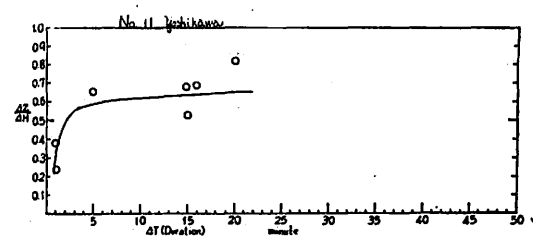
(g)



(h)



(i)



(j)

Fig. 6 (a)~(t). The time response of $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ at each station.

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) —久保木・大島

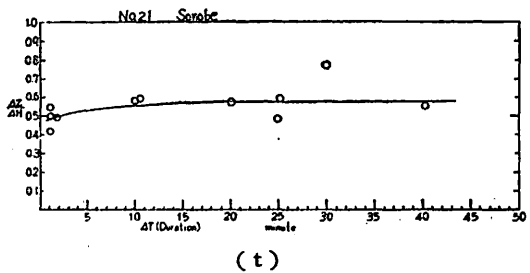
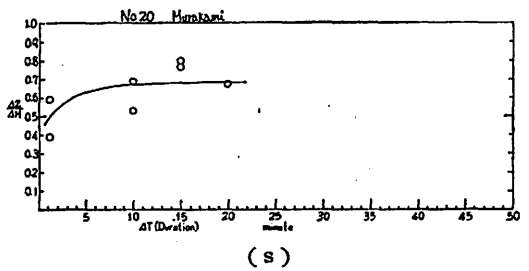
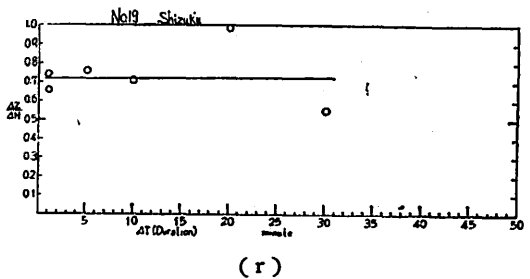
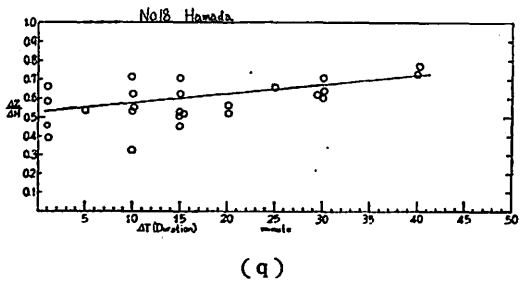
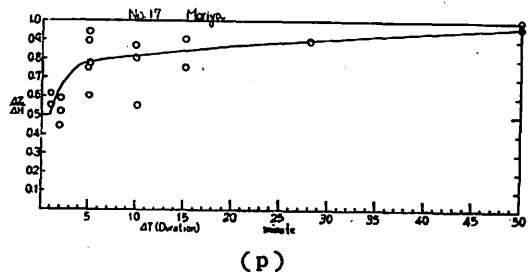
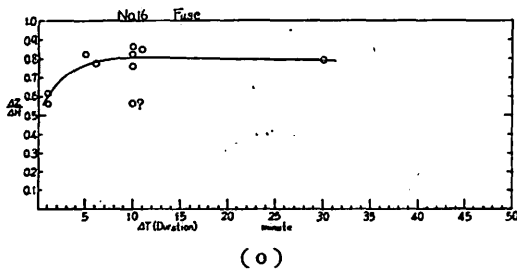
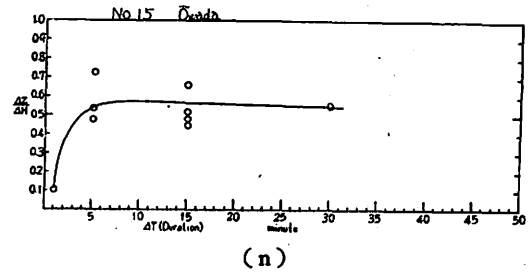
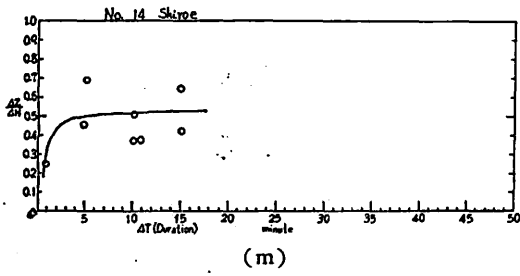
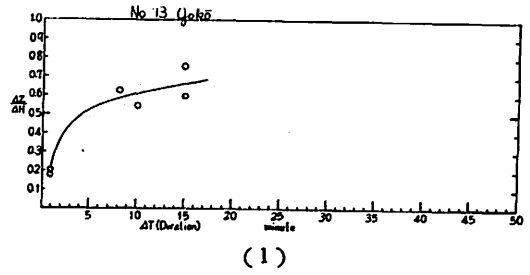
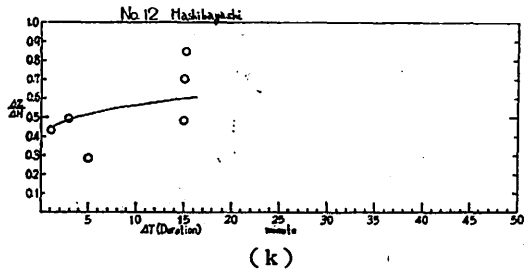


Fig. 6. (Continued)

準偏差は ± 0.06 であると推定されるから観測個数は数個であれば、一応の分布図を描くのにはほぼ満足であろう。もちろん係数 B や周期特性も求められることが望ましい。現在の段階では詳しいことはわからないが、各観測点についてその大勢を知ることはできる。

各測点の記録は平均して1週間あるが、日中は電車の人工じょう乱で、利用できない。このため観測個数のきわめて少ない測点もある。第2表に測定結果を示した。普通に求めるように自然の地磁気・地電流の変化量 ΔH , ΔD , ΔZ , ΔE , ΔN を求め、第1報⁽¹⁴⁾ (1)式で表わされる関係から A , B を求めた。 A , B からベクトル S は求められるが、念のため $\frac{\Delta Z}{\sqrt{\Delta H^2 + \Delta D^2}}$ と $\tan^{-1} \frac{\Delta D}{\Delta H}$ の関係からも比較して、誤計算のないようにした。もちろん角度はかなりの誤差があって、数度の差の出たものもある。第2表で数は $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ の測定された観測個数を表わし、左側は周期が数分から2時間までのものを表わし、右側は $\pi/2$ (pt) による値を示している。ssc はすでに述べたように周期特性の大きく変わる部分に相当しやすいので計算から除外されたものが多い。

ΔZ , ΔH ……などの読み取りは全く独立に2回行ない、とくに浜田 (No. 18) は周辺の値より小さく重要な意味のある観測点なので、3回読み返した。しかしその差はほとんどなく、読み取り誤差は問題にならないが、採用された現象そのものによる差はかなり大きい。これは第1報⁽¹⁴⁾ 第4節で述べた $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ の分散の標準偏差が、個々のものでは ± 0.06 もあるだろうと推定されることから了解できる。第2表で周期の長い現象の係数 A の値は、読み返しにより $0.02 \sim 0.04$ の差が生じ、飛び離れて大きかったものは増林の場合の 0.08 であった。これは現象の数が少ないためで、かけ離れた値の処理からくる問題であった。第2表の A の値は $\pm 0.02 \sim 0.04$, ベクトル S は $\pm 5^\circ$, $\pi/2$ (pt) では A の値は ± 0.1 まで信頼できる。しかし流山・浜田および守屋の方向はほぼ北を向いているといえる程度である。

第1報⁽¹⁴⁾ 第4節において ΔZ と地電流の水平ベクトル $\sqrt{\Delta E^2 + \Delta N^2}$ とが比例することを述べたが、第2表に $\frac{\Delta Z}{\sqrt{\Delta E^2 + \Delta N^2}}$, 比例定数 k の値を最後の列に示した。地電流は地磁気以上に電車の人工じょう乱をうけるので、この $\frac{\Delta Z}{\Delta R}$ の値はきわめて少数例から求められ

た。計算のできない地点も数多かった。

これらの読み取りに際しては人工じょう乱を誤って読み取ることのないように努力し、すべて柿岡の記録と比較しながら行なったが、偏角については感度の点や変化自身が小さいため比較が困難であった。しかし水平分力や鉛直分力については、 $\frac{H_{\text{Obs}}}{H_{\text{Kakloka}}}$ および $\frac{Z_{\text{Obs}}}{Z_{\text{Kakloka}}}$ を求めて第2表にかかげた。この比の値を $\pi/2$ (pt) について求めるのは困難なため、この値は bay, ssc, si についての値である。また柿岡では早回し高感度記録が少ないために、観測値は第3行の数の $\frac{1}{2} \sim \frac{2}{3}$ 程度である。

そして柿岡の $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ (または A) の値と、この $\frac{H_{\text{Obs}}}{H_{\text{Kakloka}}}$, $\frac{Z_{\text{Obs}}}{Z_{\text{Kakloka}}}$ から逆算した各観測点の $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ (または A) とは $\pm 0.03 \sim 0.06$ 異なり、最も大きい差の出たのは、布佐の 0.09 であった。もちろんこれは直接求めた値のほうはるかに信頼度が高い。

第5図 (a)~(t) に各観測点の $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ と $\frac{\Delta D}{\Delta H}$ の関係を示した。観測個数がきわめて少ないものは、ベクトルの方向の決定が困難である。また周期の短いもので $\pi/2$ (pt) 以外のものは、第6図を参照して補正して書き込んである。 $\pi/2$ (pt) のベクトルの方向はいずれも不確実なものが多い。

第6図 (a)~(t) は各観測点の $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ と継続時間 (duration) ΔT の関係を示している。 $\frac{\Delta D}{\Delta H}$ の大きい値は一応補正した。観測値がうまく分布していると10個くらいでも意味のある周期特性が得られるが、一般にはめいりょうでない地点が多い。館野・思川・結城・湖北・布佐・流山などは観測値も多いし分布もうまくいっているので、これから $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ の周期特性が議論できる。

一般の傾向としては柿岡と同じように短周期で小さくなる特性であるが、湖北・布佐は逆に短周期で大きくなっている。ここは値自身が大きいばかりでなく、関東地方の異常域の中心でもあり非常に注目すべきところである。

第7図は観測点付近の地図で、1954年ころの状態を示している。1964年現在では東北線は大宮以北が直流電化、常盤線は藤代以北が交流電化されている。また東京近郊は数多い直流の郊外電車が走っているが、図では省略したものが多。

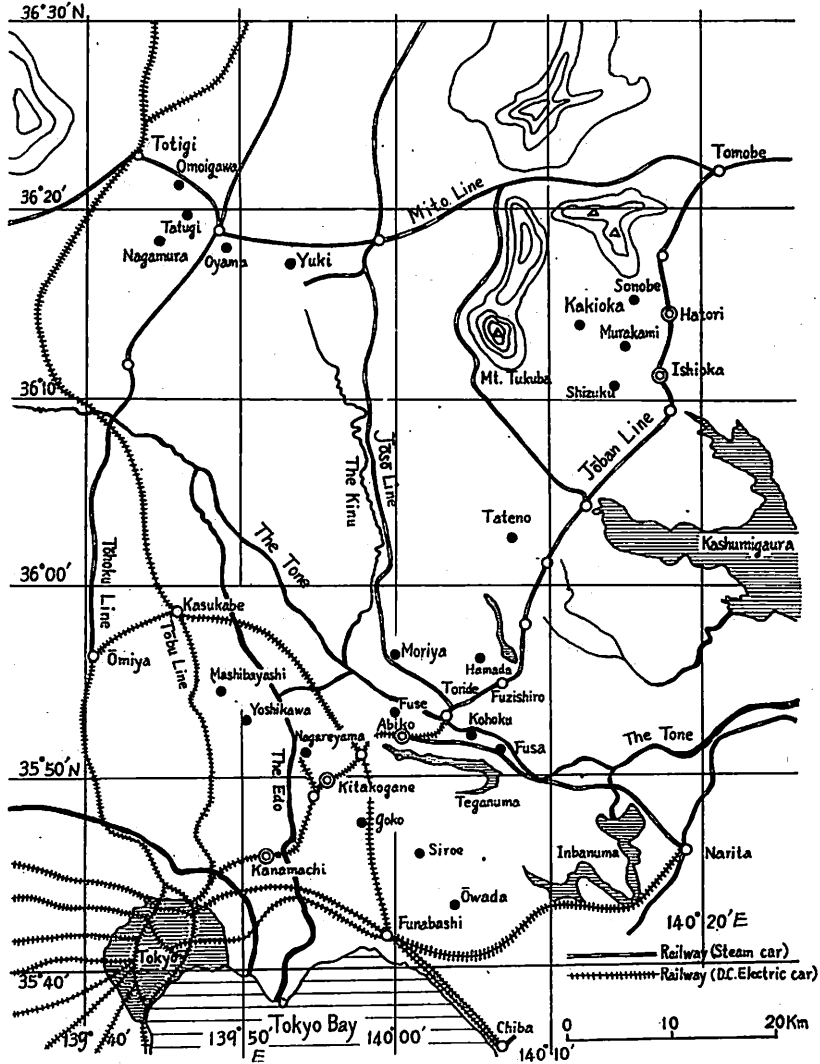


Fig. 7. The map of the middle-eastern part of the Kantō District.

第8図はベクトル S を示した。pi2 (pt) から得られたもので確からしい値を点線で示した。中村・立木の2点は偏角の測定値がないので、方向は信頼できない。この図からベクトルはほとんど北を向いているが、少し西偏したものが多く、また真北を向いている地点は観測値の少ないものに多く観測値が多いと西偏する傾向にある。pi2 (pt) はいずれも早回し記録から求めたもので、読み取り誤差などは小さい。

第9図は $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ の値を示している。正しくは係数 A の

値である。割合長い周期のときの値である。各地点の誤差を考えに入れて線を引いた。しかし浜田の0.60は重要なので、十分検討したが誤りない。もしこの観測点を無視すると点線のような図が得られる。浜田の西北部に観測点がないのは残念である。なお(0.6)、(0.7)の破線は第1報⁽¹⁴⁾第1図やこの報告の第1図から得られる $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ の線である。

観測点の不完全な配列のため、線の引き方には疑問があるが、浜田を中心とする5点がいずれも大きい値であ

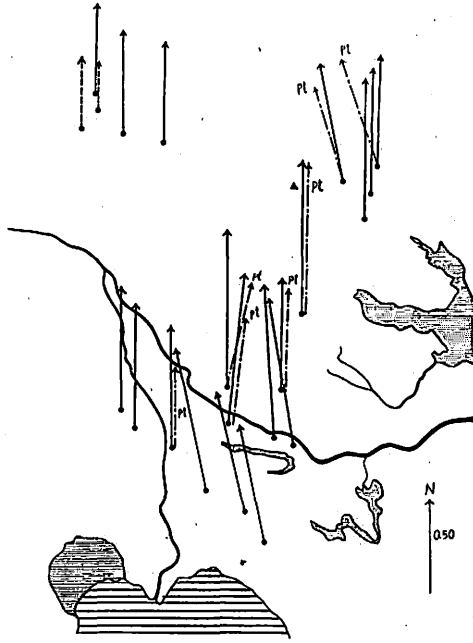


Fig. 8. The distribution of vector S in the middle-eastern part of the Kantō District.

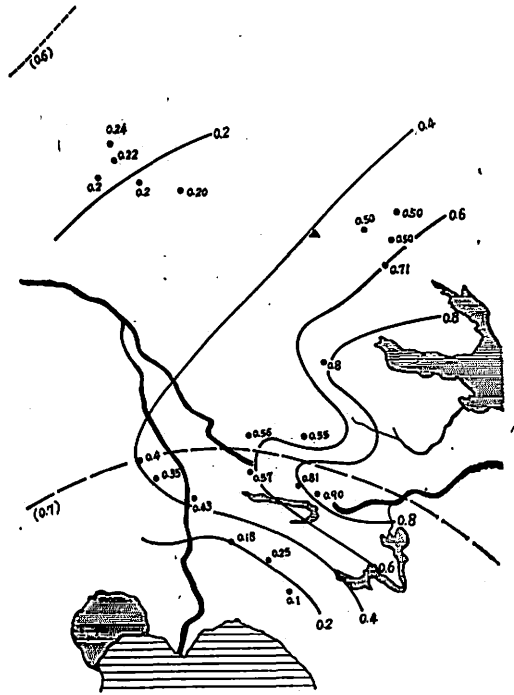


Fig. 10. The distribution of $\frac{4Z}{4H}$ (A) of π_2 (pt) in the middle-eastern part of the Kantō District.

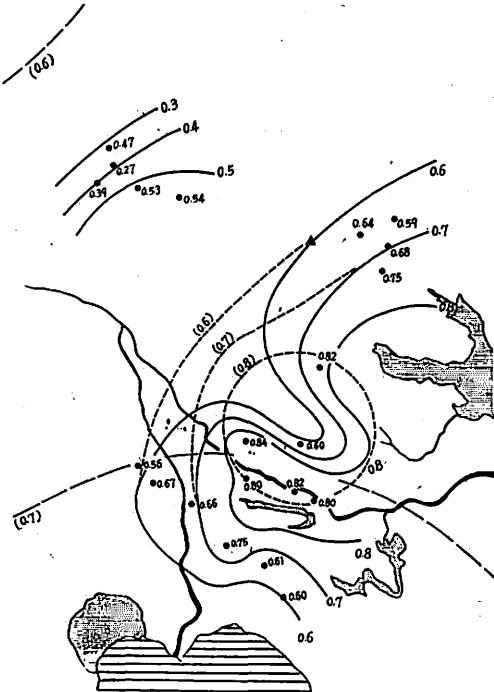


Fig. 9. The distribution of $\frac{4Z}{4H}$ (A) in the middle-eastern part of the Kantō District.

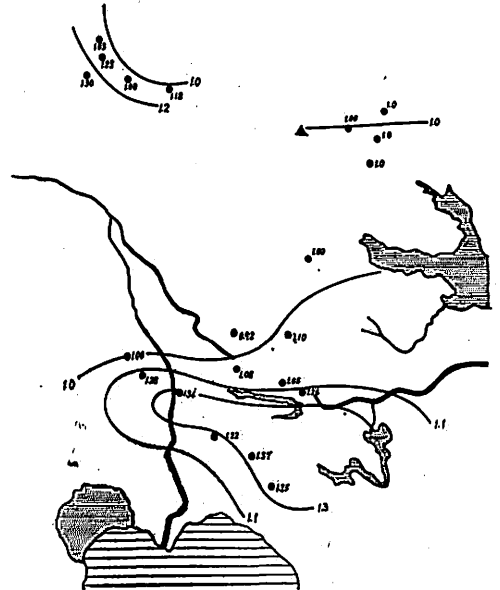


Fig. 11. The distribution of $\frac{H_{obs}}{H_{Kakioke}}$ in the middle-eastern part of the Kantō District.

ることは疑いない事実である。

第10図は pi2 (pt) についての $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ の分布を示している。係数Aの表示として示したが、実際には $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ と変わらない。この図で浜田の北西部の0.4の線については疑問であるが、第9図と完全に同じ分布をしている。五香・白井・大和田はいずれも小さいことに変わらない。小山付近はきわめて小さい値になっている。

これら $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ の分布図は霞ヶ浦付近、さらにその東側でどのようなになっているかは非常に興味あることで、今後の追加観測が強く希望される。特に東京周辺は工場・住宅地として近年めざましい発達をとげているので、人工じょう乱磁場がますます大きくなるものと予想される。したがって早い機会にこれらの測定を実施しないと早晚観測不能のときがくるであろう。

これら $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ の分布は、従来観測された結果に比べれば、非常に大きい地理的分布の傾度を有している。bay程度の周期のものでも最大で10kmで0.3に達し、pi2 (pt) では0.5に達している。小山付近の値は、日本の平均からみれば、はるかに小さい。そして $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ の大きい所は、周期が割合長くても、pi2のような短周期

でもまったく同じである。しかも pi2 のほうが地理的分布の傾度の大きいことは、ごく浅い地下構造に原因があると考えざるを得ない。

第11図には水平分力についての各観測点と柿岡の変化の比 $\frac{H_{obs}}{H_{Kakloka}}$ を示している。これは bay, ssc, si から求めたもので第9図と比較すると極大地帯が $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ のそれより約10kmくらい南にある。これは非常に注目すべきことである。

また第1報⁽¹⁴⁾第3節(7)で述べたように内部に原因あるものだけを取り出して考えると、柿岡における水平分力の内部に原因ある磁場 $i_{Kakloka}$ 、各観測点におけるそれを i_{obs} と表わし、もし内外磁場の比を0.42とすれば、比 $\frac{H_{obs}}{H_{Kakloka}}$ が1.1, 1.3および1.4の地点では $\frac{i_{obs}}{i_{Kakloka}}$ が1.3, 2.0および2.4となる。この地点差は非常に大きいものである。

次に鉛直分力について各観測点と柿岡との変化の比 $\frac{Z_{obs}}{Z_{Kakloka}}$ を第12図に示した。これを第9図と比較すると極大地点は3km以内で一致する。第1報⁽¹⁴⁾第3節(7)で述べたように鉛直分力はほとんど内部に原因があると考えられ、 $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ の極大地帯では柿岡より1.5~1.7

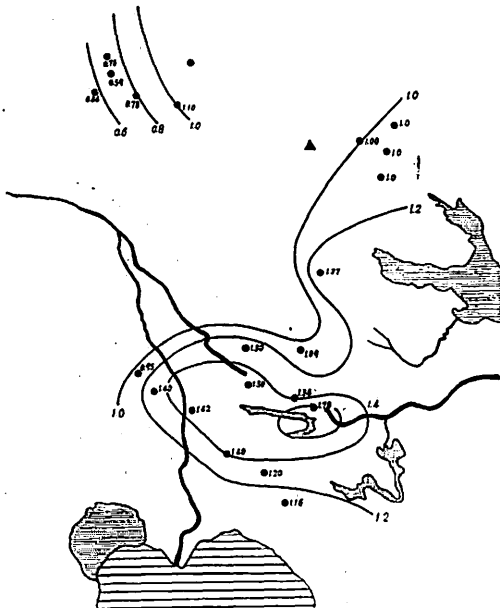


Fig. 12. The distribution of $\frac{Z_{obs}}{Z_{Kakloka}}$ in the middle-eastern part of the Kantō District.

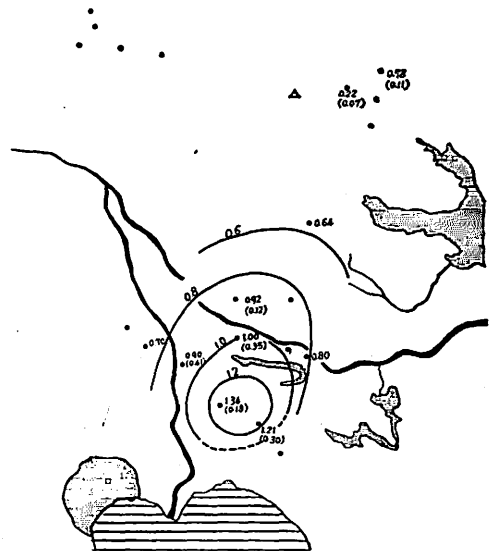


Fig. 13. The distribution of $\frac{\Delta Z}{\Delta R}$ in the middle-eastern part of the Kantō District.

倍大きい鉛直分力の変化を示している。そして浜田が小さい値になっているのは $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ の場合と同じである。

第 13 図は地電流の水平成分 ΔR ($\sqrt{\Delta E^2 + \Delta N^2}$) と鉛直分力 ΔZ との比 $\frac{\Delta Z}{\Delta R}$ (γ /mV/km) を示した。一見意味ありそうな分布をしているが、観測値がきわめて少ないので平均して長い周期では 1.0 γ /mV/km, pi2 (pt) では 0.27 γ /mV/km であるといえるだけであろう。第 13 図でかっこの中の数字は pi2 (pt) の観測値を示す。柳原・横内⁽¹²⁾によれば、この地方の地電流の方向は、筑波山塊を避けるように流れる。そしてそのベクトルの量も基盤の露出している所は大きく、深い所は小さい。すなわち地電流はごく表層の影響をうけているので、深層の様子を表わしにくい。

著者らは第 1 報⁽¹⁴⁾ 第 4 節で女満別・柿岡および鹿屋で $\Delta Z = k \sqrt{\Delta E^2 + \Delta N^2}$ が成立し、 k はそれぞれの地点と現象の周期に固有のものであり、また地電流の主方向とベクトル S とがほとんど直交することを述べた。特に鹿屋では bay, ssc と pi2 (pt), pc3 の方向がかなり異なっているが直交性の成立することを強調した。しかし柳原ら解析ではそうはならない。第 3 表は彼らの求めた資料との比較したものである。数は地電流主方向の計算に使用した総数である。これをみると $90 \pm 20^\circ$ と限定しても、柿岡・館野・流山の 3 地点が直交性を示すのみで、五香・白井・守谷・布施は直交の傾向が多少あ

Table 3. Directions (near principal) of the earth current (by K. Yanagihara and T. Yokouchi) and vector S

No.	Station	Number	Principal direction	Vector S	Difference
—	Kakioka	346	E 11°N	N 11° W	90°
1	Tateno	131	E 18°S	N 1° W	109°
3	Omoigawa	17	E 73°S	0°	163°
6	Oyama	3	E 88°S	N 17° W	195°
7	Yuki	3	E 112°S	—	—
10	Nagareyama	10	E 6°S	0°(0)	96°
11	Yoshikawa	11	E 43°S	0°	133°
13	Gokō	7	E 8°S	N 17° W	115°
14	Shiroe	20	E 10°S	N 14° W	114°
16	Fuse	14	E 30°S	N 4° E (N 4° E)	124° (124°)
17	Moriya	13	E 21°S	0° (N 10° E)	111° (101°)
19	Shizuku	58	E 29°N	0°	61°
21	Sonobe	53	E 24°N	0° (N 20° W)	66° (86°)

() : pi2 (pt)

る程度である。とくに思川・小山は平行している。これらは相互に観測値が少なく誤差も大きいのかも知れないが、よくわからない。また彼らは各観測点と柿岡の変化の振幅の比を求めているが、それをうければ $\frac{\Delta Z}{\Delta R}$ は逆算され第 13 図に近い値になる。

この結果と第 1 報⁽¹⁴⁾ 第 5 節の結果の食い違いは原因がわからない。第 1 報⁽¹⁴⁾ 第 7 節で少しふれたように ΔZ の小さい所で成立しないことかもしれないが、今後さらに調査を進めてみなければならない。

以上の測定結果はすべて自然現象を利用して解析した結果であるが、電化観測自体の目的であった金町および我孫子の変電所から大電流を流したときに生ずる人工じょう乱による測定値を、利用する解析を行なうならば、柳原の深層比抵抗の測定と同じように、興味ある結果が得られることであろう。これはまた別な機会にゆずりたい。

4. 他の地下構造との比較

第 1 報⁽¹⁴⁾ で日本列島の地磁気異常を考えたときと同じように、ほかの地下構造との比較を行なってみた。第 14 図は関東地方の基盤面の等深線を人工地震などから求めた図⁽⁸⁾である。大きい断層 A と小さい断層 B が筑波山南西部にある。前者は最大落差 1,500m にもおよぶ大規模なものである。後者は小さいがその境界がめりょうなものである。また震源地はこの断層付近と千葉県北部に密集している。これは第 1 報⁽¹⁴⁾ 第 39 図 (日本の地震帯) にも明らかにされている。さらにこの断層を境にして東西に、また手賀沼の西端付近を境にして南北に分ける四つの地帯はそれぞれ構造的に特徴が少しずつ異なっているといわれる。したがって今回調査した関東中央部の磁気異常はこれらの地質構造上からの異常点の上にある。

この大断層 A は地表ではそれほどの差異はみられないが、かなり深層まで入りこんでいると推定される。この断層の位置と浜田とはかなり近く約 10km 離れているにすぎない。この断層付近の 2~3km の深さのボーリングによれば、水平方向の地質構造は非常に差がある。そして東方に斜めに入りこんでいるものらしい。もちろん $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ の分布異常の原因する深さが基盤の深さとは考えられないが、これらの断層や地震帯の分布からこの付近が不安定な構造になっていることは確かであろう。

さて震源の分布は震源決定の精度のよくなった 1961 年から 1963 年の期間⁽¹³⁾ に限定して求めた。この期間は $\pm 1 \sim \pm 3'$ で震央の決定が行なわれている。採用した

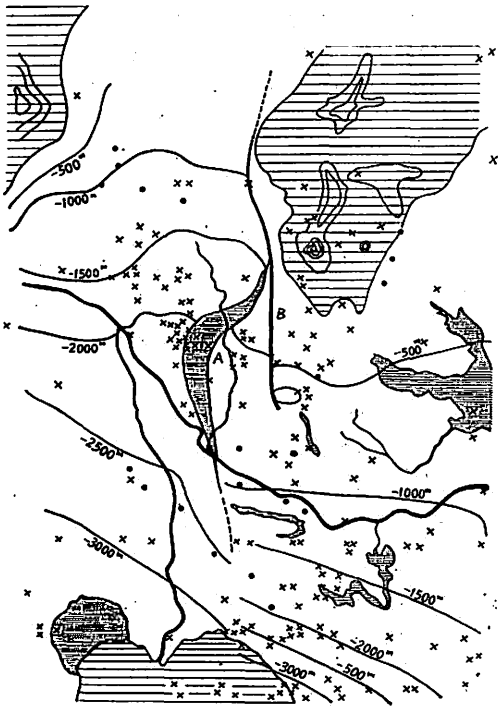


Fig. 14. The depth distribution of base rock and faults, and the distribution of epicenters.

地震はその規模には関係なくすべての地震をプロットした。古い資料 1952~60 年について求めても分散が多少大きくなるが、震源分布にはそれほど変わりない。湖北・布佐・浜田などを中心とする一帯は地震が少なく、茨城南西部地震地帯と千葉県北部地震地帯とはここで切断されているかのようである。図に示された浜田付近の地震はいずれも深い地震か、きわめて浅いかの二つの極端なものである。これらの震源分布と $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ 分布とが関係があると連断するのは大いに危険であるが、何らかの関係がありそうなので、さらに第5節で詳しく調査してみた。

関東地方の重力異常は地理的分布が割合大きく、筑波山塊は大きな異常であるなどの事実はあるが、地磁気異常と直接関係づくような対応はみられない。念のため関東地方の精密な重力測定をした国土地理院のブーゲー異常⁽⁹⁾を第15図に示した。地磁気異常域の近くでは、我孫子一土浦、我孫子一布佐一船橋の二つの1~2km間隔の測線があり、精密な測定がなされている。この実測値について十分検討してみたが、対応する重力異常は何ら見つけられなかった。なお第1報⁽¹⁴⁾第40図とこの図

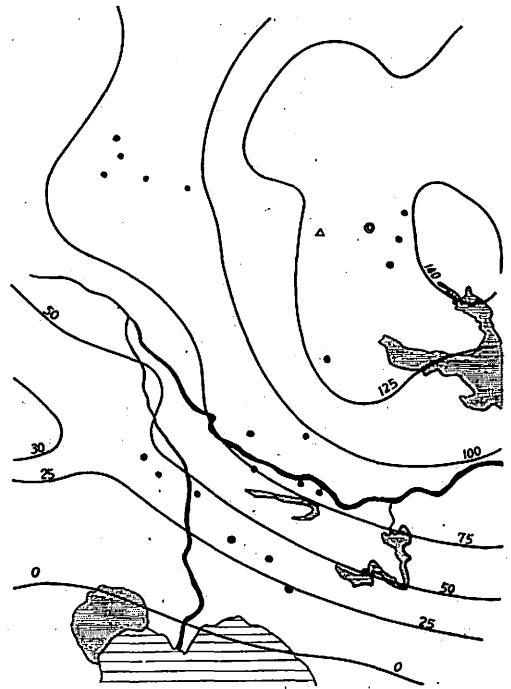


Fig. 15. Bouguer anomaly in the Kantō District. (unit : mgal) (after G. S. I.)

は基準のとり方や局地歪の修正の方法の差のため多少違いますが、本質的な差異はない。

モホロビッチ不連続層の深さが、地磁気異常と直接関係がなさそうであることはすでに述べた。ただ pc3 (pc) 程度の短周期になるとベクトル S の方向はモホロビッチ不連続層の傾斜と直交しているが、関東地方の磁気異常では使用した現象の周期が長いから問題はないものとする。参考となるので御母衣・銚田の両地点の大爆破による人工地震の測定^{(10),(11)}から得られた柿岡の東側付近の地下構造と柳原が求めた深層比抵抗の値を比較してみた。これらのモデルはいろいろあって一義的に決定されないが、柿岡付近のモホロビッチ不連続層の深さは 28~30km といわれている。第16図は 30km のモデルを示した。柳原⁽⁹⁾の求めた比抵抗のほうもかなり誤差はあるが、両者は同じく 30km で一致している。浅い層の差は両者の観測点の食い違いであろうがほぼ一致している。地震波から求めると第3と4層の伝播速度の差が少ないが、どのモデルも 5~7km の深さの不連続層は計算されて出るといわれている。また関東地方はモホロビッチ不連続層の傾斜が大きく地理的傾度も大きいといわれている。

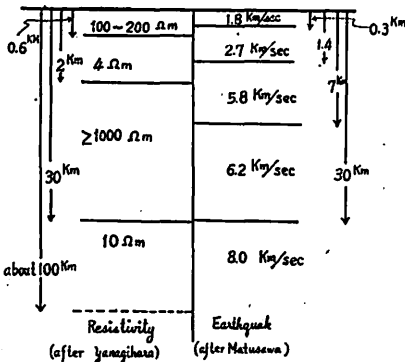


Fig. 16. Crustal structure by explosion seismology and resistivity in the vicinity of Kakioka. (after Matusawa and Yanagihara)

この 30km の深さの一致がモホロピッチ不連続層を境として実態が異なるためとすれば、モホロピッチ不連続層の深さの分布と地磁気異常域の分布とはもっと深い関係にありそうである。とくに π_2 (pt) の $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ 分布は非常に似た形となるはずであろう。柳原⁽⁶⁾は柿岡の地磁気と地電流の変化を用いて、magneto-telluric method から比抵抗を計算して、第 16 図の値と一致することも確かめている。その結果からみると π_2 (pt) は 2~30km の不良電導層にかなり影響をうけていることがわかる。地域的なモホロピッチ不連続層の不規則でこれらの食い違いを説明しようとするれば別であるが、それはあまり不規則性が大きすぎるであろう。第 5 節で 30km より深い層で地磁気異常に関係しそうな事柄を、地震の分布などから推定してみたい。

30km より深い所の良電導層は約 100km までつづき、それからさらに深層は再び不良電導層であろうと想像される。この層の深さや比抵抗も問題であろう。またこの 30km で一致したことの本質的な実態については興味あることである。現在女満別や鹿屋について magneto-telluric method による調査を進めているが、その中間的な結果からわかることは柿岡と異なり、いずれも 30 km より深い所に良電導層はない。女満別付近は多少良電導層になっている傾向があるが、鹿屋はごく表層の良電導層の下は約 30km の深さまで比抵抗数 10Ω m の中間層があり、それから下は約 10⁴Ω m の不良電導層になっている。今後は女満別や鹿屋の周辺の移動測定をしたり、モホロピッチ不連続層などの分布について調査してみる必要がある。

5. 地震と地磁気異常域との関係

北緯 35° 30' から 36° 30', 東経 139° 30' から 140° 30' にかこまれる地域には茨城県南西部と千葉県北部の二つのひん発地震域があり、震源の深さは 40km から 80km に広がっている。この地震は割合小規模な局所地震であるが、観測所が回りに分布しているため位置の決定が正確に行なわれる。

1954 年から 63 年までの資料⁽³⁾ についてその分布を求めた。第 17 a~17 i 図にそれぞれ $h=0\sim 30$ km, 40km, 60km, 80km, 100~120km の各深さの分布を比較しやすくするために地図・基盤等深線図・ $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ 分布図とともに示した。

震源の深さ 100km 以上になるとはっきりしないが、いずれの深さでも地磁気異常付近には震源は少ない。千葉県北部地震地帯は浅い所では東北の方向にのび、茨城県南西部地震地帯は北西部にのびて浅い所は狭くなっており、基盤の大断層付近に一致している。これを見やすくするために第 18 a および b 図に緯度 35° 30' ~36° 00' N, 36° 00' ~36° 30' N の二つに分けて経度分布を示した。分散しているのはこの二つの地震帯の周辺のものが多い。

第 19 a および b 図は経度 139.9° E から 140.5° E の狭い範囲についての緯度分布を示した。この図は念のため最近の震源決定の精度のよい 1961~63 年とそうでない 1954~60 年の二つに分けた。いずれも地磁気異常域の近くの地震の少ない部分について着目してみたい。

第 17 図から第 19 図はいずれも震源分布の見方を変えたものであり意味は同じであるが、第 19 図の斜線の部分は地震が少なくここが地磁気異常域と一致していることは注目すべきことである。第 14 図の震央分布からはそれほどめいりょうでないが断面をとるとはっきりしてくる。そして震源決定の精度がよくなるとそれが顕著になる。

柿岡で観測された地震の走時曲線について、この地域の差異を調査した。第 20 a~20 f 図は千葉県北部地震地帯 (×印) と茨城県南西部地震地帯 (○印) に分けて、平均走時曲線 (和達・鷺坂・益田の表による) からのずれ、いわゆる "O-C" を求めた。茨城県南西部地震地帯では震源の深さ 40km で 5% くらいおそいが、60km では 5% くらい速くなっている。千葉県北部の地震地帯については、めいりょうな差はなく 80km の深さのものが 5% 速くなっている。一方柿岡付近の地震波の速度分布を第 16 図から求めると、平均走時曲線 (和達らの表による) より 5% くらい速い値になることが計算され

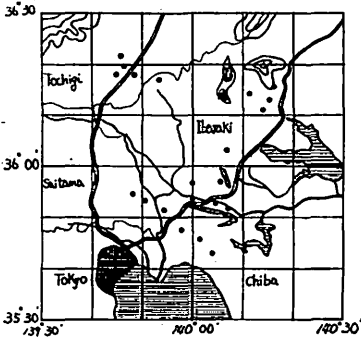


Fig. 17 a. The map of the middle-eastern part of the Kantō District.

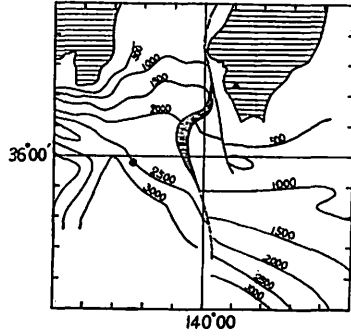


Fig. 17 b. The depth of base rock and fault.

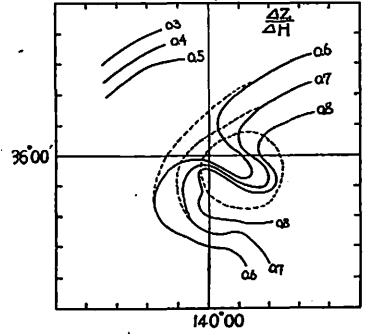


Fig. 17 c. The distribution of $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$.

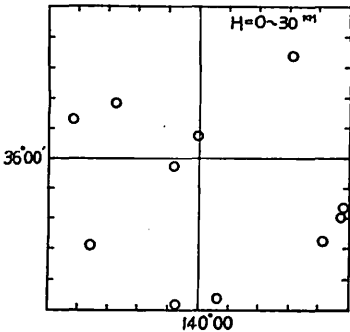


Fig. 17 d. The distribution of origins of earthquakes ($h=0-30\text{km}$).

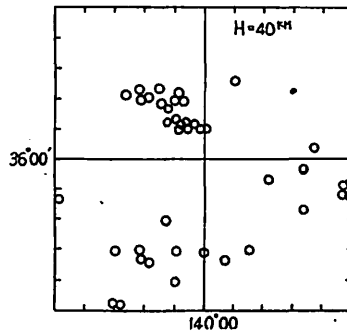


Fig. 17 e. The distribution of origins of earthquakes ($h=40\text{km}$).

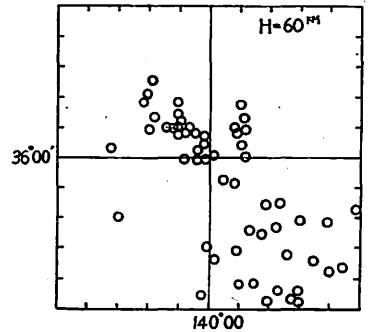


Fig. 17 f. The distribution of origins of earthquakes ($h=60\text{km}$).

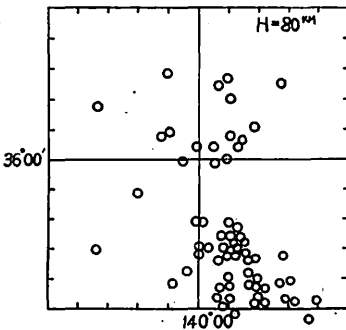


Fig. 17 g. The distribution of origins of earthquakes ($h=80\text{km}$).

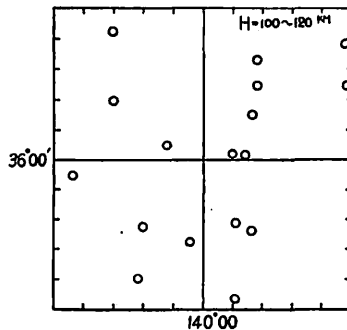


Fig. 17 h. The distribution of origins of earthquakes ($h=100-120\text{km}$).

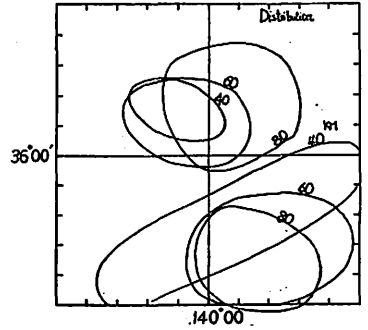


Fig. 17 i. The distribution of origins of earthquakes (summarized).

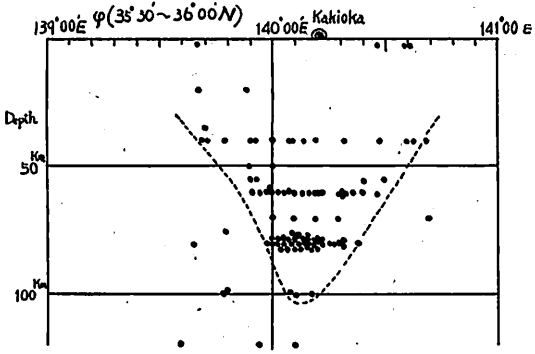


Fig. 18 a. The longitudinal distribution of the depth of earthquakes. (1961-63)
Latitude : 35°30'—36°00'N.

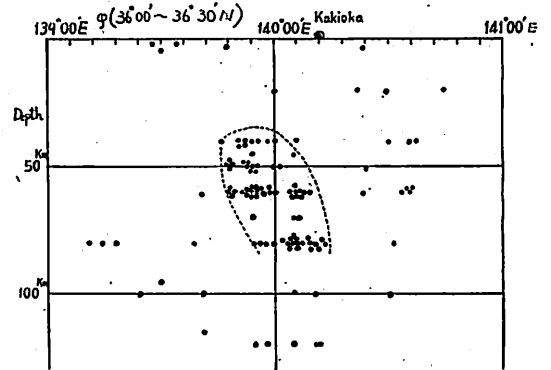


Fig. 18 b. The longitudinal distribution of the depth of earthquakes. (1961-63)
Latitude : 36°00'—36°30'N

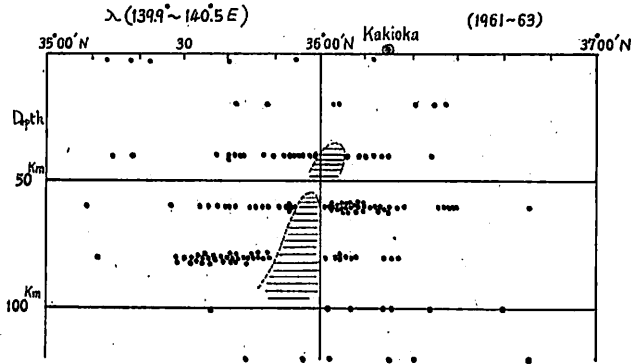


Fig. 19 a. The latitudinal distribution of the depth of earthquakes. (1954-60).
Surface geomagnetic anomalies are observed over the shaded domain in which earthquakes scarcely occur. Longitude : 139.9°—140.5°E

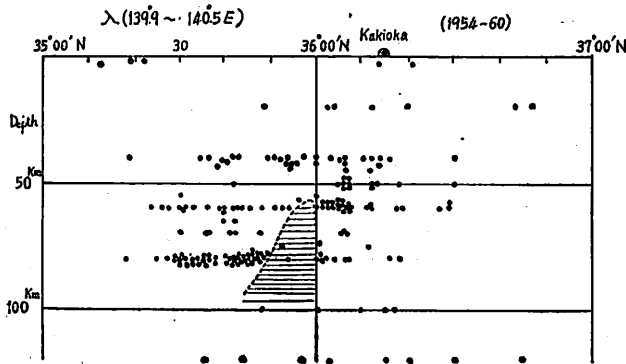


Fig. 19 b. The latitudinal distribution of the depth of earthquakes. (1961-63).
Surface geomagnetic anomalies are observed over the shaded domain in which earthquakes scarcely occur. Longitude : 139.9°—140.5°E

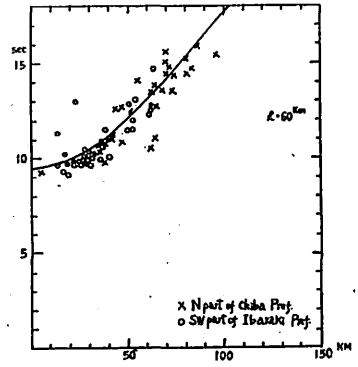
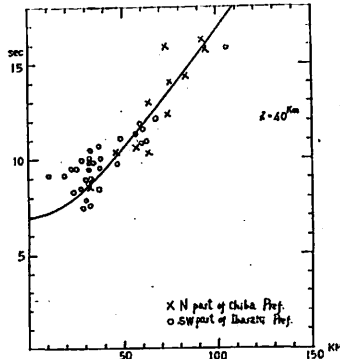
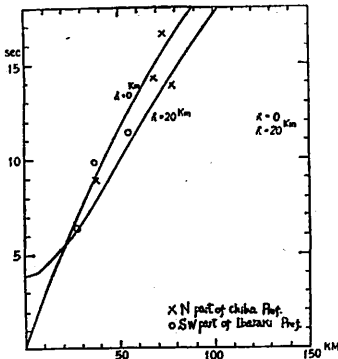


Fig. 20 a. The time-distance curve at Kakioka ($h=0-20\text{km}$) ($\Delta=0-100\text{km}$)

Fig. 20 b. The time-distance curve at Kakioka ($h=40\text{km}$) ($\Delta=0-100\text{km}$)

Fig. 20 c. The time-distance curve at Kakioka ($h=60\text{km}$) ($\Delta=0-100\text{km}$)

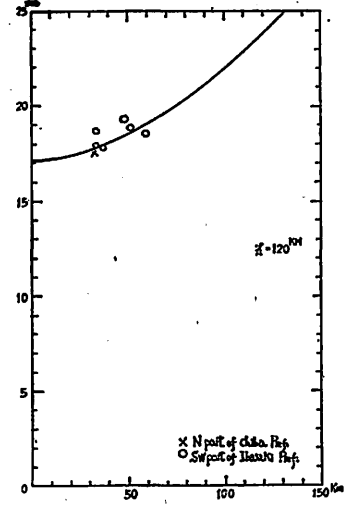
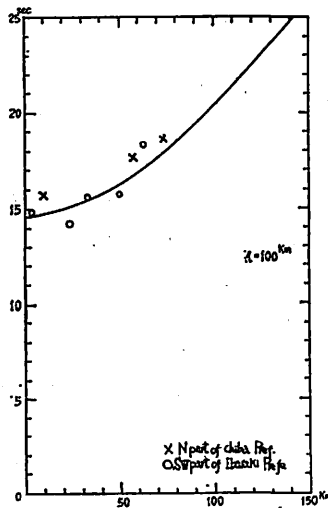
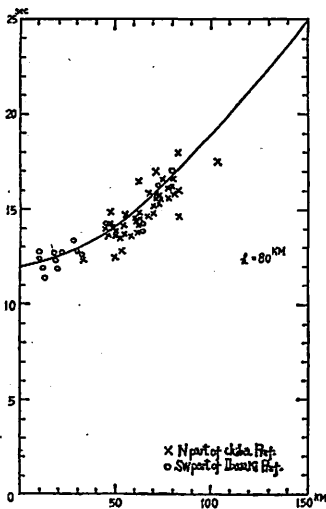


Fig. 20 d. The time-distance curve at Kakioka ($h=80\text{km}$) ($\Delta=0-100\text{km}$)

Fig. 20 e. The time-distance curve at Kakioka ($h=100\text{km}$) ($\Delta=0-100\text{km}$)

Fig. 20 f. The time-distance curve at Kakioka ($h=120\text{km}$) ($\Delta=0-100\text{km}$)

る。したがって深さ 60, 80km の地震については一致するが, 40km より浅い南西部の地震については少しおそい。すなわち柿岡の南西部(茨城県南西部地震地帯)の深さ 40km の地震波の速度は第 16 図より計算されるものより 10% おそく約 5.5km/sec で, 深さ 60, 80km および南(千葉県北部地震地帯)からの地震波の速度は第 16 図に近い。第 1 報第 41 図からモホロビッチ不連続層はそれほど深さが変わらないから, これらのことはきわめて局部的なものであるまいか。そして地磁気異常域の近くを通ってくる地震波には差異がみられない。これは数が少ないことにもよるが, 地磁気異常域が狭小のためと考える。観測資料が多くなったらさらに解析を

追加したい。

宮本や横内^{(12),(13)}は柿岡付近の 300km 以内の割合顕著な地震について走時曲線を求めたが, 著者のようなごく近傍の地震についてでないで, ほぼ平均走時曲線に合っている。すなわち震央距離が 50~100km 以内でない走時曲線からの差は見つけられない。

このように走時曲線の解析からは, この地域の地下構造の差をはっきりみつけることはできず, 若干の地震波速度に地域差のあることがわかったにすぎなかった。

参考まで真発震時刻と柿岡での観測時刻との差 ΔT と P 波と S 波の到達時間差 $P-S$ との関係を求めてみたが, 分散が大きく, 地震地帯による差はみつからな

った。第 21 図はその関係を示した。これは S 波の走時曲線と同じような意味をもつ。この分散が大きいのはいかなる理由かよくわからない。もちろん深さについての分類をして図を求めても、同じ程度の分散となる。またこの図からは二つの地震地帯の差異はみつけれない。

以上の調査から地磁気異常域の分布が地震の震源分布に関係あることがわかったが、走時曲線などからは特別な関係は何も見つけれない。柿岡の南西方向で深さ 40km より浅い所では地震波の速度は約 5.5km/sec であるが、これは直接地磁気異常域とは関係ないと考えられる。

6. 考察

関東地方のごく小地域の磁気異常の原因としては、かなり表層に原因を求めなければならない。地理的分布が数十 km 以内であることから、次のような推測を試みた。

第 19 図に示されるような地震地帯の分布から、地層

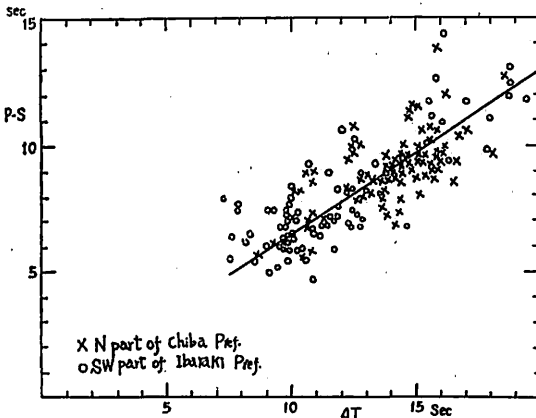


Fig. 21. The correlation between P—S time and ΔT (difference between origin time and observation time at Kakioka).

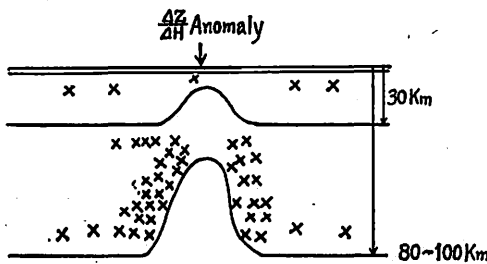


Fig. 22. The speculated illustration of crustal structure at Kantō anomaly.

のもり上がりを考えて第 22 図のような想像図を作った。すなわち深さ約 80~100 km より深い所の不良電導層が 40~60km の深さまでおし上げられ、このためさらに浅い良電導層が局部的におし上げられ、深さ 2~30km の不良電導層がきわめてうすくなり、そこに地磁気異常域がおこる。

このもり上がりの範囲はせいぜい 20km の幅でほぼ南東方向に伸びたものであろう。 $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ の分布図で特に pi2

(pt) の地理的分布の傾度が大きいこと、 $\frac{H_{Obs}}{H_{Kakioka}}$ の分布でその極大地域が $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ や $\frac{Z_{Obs}}{Z_{Kakioka}}$ の極大地域より約 10km 南にあること、地震の震源分布が南側にゆるく深くなっていることなどから考えて、盛り上がりの中心は 10~20km の深さで、その上面すなわち関東地方の一般性である 30km より深いところの良電導層の上面は、この地磁気異常域では数 km になっていると想像される。この押し上げられたものは、さらに筑波山南西部の基盤の大断層につながるのではあるまいか。

この押し上げられた地下の異常物の境界の所に地震が起こりやすいことは十分うなずけることであろう。この地域でのモホロビッチ不連続層の詳しい測定がないので、さらに詳細な議論ができないのは残念であるが、今後の研究で興味ある測定値が得られるであろう。

この $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ と $\frac{H_{Obs}}{H_{Kakioka}}$ の分布は Alert anomaly の場合に非常によく似ている。特に水平分力の内部磁場についての比を求めると量的にも一致している。次の機会に Alert anomaly で行なったような計算を試みて報告したい。

日本のほかの観測所では地震地帯と一致した場所がないのでこのような調査はできない。関東地方は偶然が幸いしている。著者らは以上の調査から、磁気異常が地震と直接関係あるとはいわないが、この種の地磁気観測から、地下構造を知ることは、ほかの方法に比して安上がりであることを強調したい。そして東京都の膨張発展に伴って観測がしだいに困難になるから早い機会に、東側や北西部の観測値の不足個所の追加観測が望ましい。

また電車線路や架線に大電流を流したときの人工じょう乱の観測結果を利用するならば、さらに興味ある結果が得られると考えられるので、今後も調査を進めたい。

7. まとめ

1952 年から 1954 年にかけて行なわれた“電化観測”のときの記録を利用して関東地方の地磁気変化ベクトルの異常を求めたところ、次のことがわかった。

7. まとめ

1952 年から 1954 年にかけて行なわれた“電化観測”のときの記録を利用して関東地方の地磁気変化ベクトルの異常を求めたところ、次のことがわかった。

(1) 異常分布は第8~13図などに示されるように非常に局地性があり、地理的傾度も $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ の差が 10km で 0.3 にも達する大きい所がある。

(2) 地震地帯であるのでその分布を調査したところ、地震のほとんど起こっていない部分と地磁気異常域が一致している。

(3) モホロビッチ不連続層・重力異常分布などと地磁気異常域との直接の関係は見いだせなかった。

(4) 第1報第4節で述べた地電流主方向とベクトル S とが直交しない地点が小山付近にある。

(5) 柿岡の南西部の 40km より浅い所の地震波速度は周囲より約 10% おそい (約 5.5km/sec)。

(6) 地磁気異常域は 30km から 80~100km の間に存在する良電導層が、その下の不良電導層により地表近くまでおし上げられているためと推定される。

(7) 観測点の不足は、近い将来にすみやかに追加観測で補充されることが望ましい。

8. 全体の考察と結論

第1報⁽⁴⁾第6節および第2報第6節ですでに考察とまとめを行なっているので重複はさけ、ここでは第1報⁽⁴⁾第2報をとおして全体の考察と結論を述べたい。従来考えられていた“Central Japan anomaly”は各観測所の特性を調査すると、非常に複雑であり、第1報⁽⁴⁾第1図で示したようなものではない。とくに ssc より短周期の現象になると、水平成分の変化の2倍にも達する鉛直分力の変化が起こる観測所がある。力武らは地下150kmくらいに原因のあることを主張してきたが、割合長い周期の現象にはうまく適用できるが、短周期の現象の複雑さの説明には困難が起こってくる。また ssc のベクトルダイヤグラムからわかるように、下里の鉛直分力の変化は、今後の解析を必要とする重要な事項であろう。地電流と地磁気変化ベクトルの関係もさらに研究を必要とするであろう。

関東地方の異常の大きいことは特記すべきである。この原因が地震の震源の分布と関係あるとし、比抵抗の実測によってわかった良電導層のもり上がりのためであろうと考えた。今後さらに研究をすすめ、また既設の電車線を利用してほかの地方で深層比抵抗の測定をするならば、日本の磁気異常の解明に大いに役だつてであろう。この局地性の解明こそ先決問題であろう。

いずれにしても今後の観測の増強が希望される。局地性の大きいことがわかった現在、それは非常に大切である。もし観測が太陽黒点の最大期ころに行なわれるなら

ば、能率的な測定法となる。そして地磁気による地下探査はほかの方法に比べてきわめて安上がりであることも忘れてはならない。そしてこの種の観測が周期の幅を広くとれるようにし、あわせて地電流も行なうことが望ましい。

さらに日本は火山列島であり、陸上での観測は局地性にわざわざされるので海上ならびに海中での測定を併行することが好都合である。追加すべき測定点は各所で述べてあるが、“Central Japan anomaly”の解明のほか、地震の分布も考慮に入れたほうがよい。関東地方の磁気異常の分布で得られた手がかりはこの付近の地震の機構の解明に役立つかもしれないし、やがて地震予知への道も考えられるであろう。

重力異常・モホロビッチ不連続層の深さ分布・地かく熱量の分布・地震分布・地質構造などの日本全体の様子と地磁気異常は単純に関係づけられないが、マンテル対流が日本の地震分布帯の発生最多面の下にもぐりこんでいるとすれば、単純ではないが相互の関係がみつけれられるであろう。特に関東地方は各種の地下構造の測定が割合進んでいるので、ここで局地性を十分調査するのが早道である。

以上の調査はすべて $\frac{\Delta Z}{\Delta H}$ を基本に第1報⁽⁴⁾(1)式から出発して、地磁気異常を取り扱った。しかし水平成分については内外磁場の分離をしなければならぬので手数がかかるが、今後はそれについてもさらに詳しく取り扱ってみたい。

“Central Japan anomaly”の機構の理論的な解明には、力武常次らの精力的な研究があるが、以上の結果がさらにその研究の一助になれば幸いである。

謝 辞

第1報⁽⁴⁾の資料の利用についての便宜や種々のご援助を下された東京大学地震研究所力武常次氏・東北大学加藤愛雄氏・京都大学太田征次郎氏・鳥取大学宮腰潤一郎氏ならびに水路部の方々に感謝します。

第2報で利用させていただいた電化観測の資料は、国鉄そのほかの方々の多大のご援助のもとに、柿岡地磁気観測所の多くの観測者により得られたもので、それらの方々に感謝します。

また早くからこの分野に関心をもち、いろいろご指導下さった平山操氏や地磁気観測所長吉松隆三郎氏に心から感謝します。柳原一夫氏からは数々の助言をたまわっており、それが非常に有意義であったことを深く感謝します。

参 考 文 献

- (1) IUGG (1964): Upper Mantle Project IAGA Symposium IUGG-Berkeley, August, 1963. J. Geomag. Geoelec., 15, No. 4.
- (2) 柳原一夫・横内恒雄(1965): 地電流の地方異常と大地比抵抗. 地磁気観測所要報, 12, No. 1, 105~113.
- (3) 気象庁(1958): 地震月報.
- (4) 地磁気じょう乱対策協議会(1954, 1955); 常磐線電化に伴う地磁気および地電流じょう乱試験第一次試験結果および第二次試験結果報告.
- (5) G. Simeon, and A. Sposito (1964): Anomalies in Geomagnetic Variations in Italy. J. Geomag. Geoelec., 15, 249~267.
- (6) 柳原一夫(1965): 柿岡付近の深層比抵抗について. 地磁気観測所要報, 12, No. 1, 115~122.
- (7) T. Kuboki (1951): On the Temperature Compensation of a Magnetic Variometer by Means of a Magnetic Shunt Alloy. 地磁気観測所要報, 6, No. 1, 64~65.
- (8) 福田理(1962): 日本の燃料資源の探鉱・開発上の地質学的諸問題(その1). 天然ガス. 地質ニュース, 93, No. 4.
- (9) Geographical Survey Institute (1964): Gravity Survey in Japan (3). III. Gravity Survey in the Kanto and Chubu District. 国土地理院彙報, 9, 1~340.
- (10) T. Usami, T. Mikumo, E. Shima, I. Tamaki, S. Asano, T. Asada and T. Matuzawa (1958): Crustal Structure in Northern Kwanto District by Explosion-Seismic Observations. Part 2. Models of Crustal Structure. 地震研究所彙報, 36, 349~357.
- (11) T. Mikumo, M. Otsuka, T. Utsu, T. Terashima and A. Okada (1961): Crustal Structure in Central Japan as Derived from the Miboro Explosion-Seismic Observations. Part 2. On the Crustal Structure. 地震研究所彙報, 39, 327~349.
- (12) 宮本清・横内恒雄(1962): 柿岡における地震走時曲線について(1). 技術報告(柿岡地磁気観測所), 2, No. 3, 1~11.
- (13) 宮本清(1962): 柿岡における初動について. 技術報告(柿岡地磁気観測所), 2, No. 4, 11~16.
- (14) 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, 17, 57~86.

(1965年3月2日原稿受理)