

日米科学協力事業による日本海溝周辺海域での電磁気観測

東京大学地震研究所	行 武 毅
カリフォルニア大学	
スクリップス海洋研究所	J. H. Filloux
東京大学海洋研究所	瀬 川 爾 朗
東京大学理学部	浜 野 洋 三
東京大学地震研究所	歌 田 久 司
東京大学海洋研究所	小 林 和 男

1. まえがき

世界各地で、地磁気変化あるいは地磁気・地電位差変化の観測から、地殻やマントル内の電気伝導度分布の研究が行なわれている。岩石の電気伝導度が温度や含水率に敏感なことから、地下の電気伝導度分布の研究は、たんに電磁気学的興味からだけでなく、熱的構造を調べる上でも関心が持たれている。

我国では1950～1960年代に精力的に研究が進められ、数々の新事実が発見された。東北日本でも詳しい調査が繰り返し実施された。地磁気変化のいわゆる「東北日本異常」¹⁾も、この時代に発見された新事実のひとつである。これらの観測から、加藤¹⁾や力武²⁾は、電気伝導度の高い層が東北日本では太平洋側で深くもぐり込み、日本海側で浅くなっているモデルを提唱した。

ところが、海水の電気伝導度(～4 mho/m)は高温の岩石電気伝導度(～0.1 mho/m)より高いため、海陸境界では、海水の存在が陸上で観測される地磁気変化に大きな影響をおよぼす。地磁気変化の東北日本異常は、本州北部で地磁気水平成分(ΔH)と鉛直成分(ΔZ)とが、周期10分～3時間で逆向きに変化する現象である。この異常変化は下北半島、津軽半島で最も著しい。その後の研究で、東北日本異常の大部分は、海水中に誘導された電流が津軽海峡を流れて生ずる海峡効果である、とされている³⁾。また岩手県水沢を通る東西測線の観測では、鉛直成分の変化と偏角変化(ΔD)との対応がよいが、その比 $\Delta Z/\Delta D$ は太平洋岸で大きく、日本海岸で小さい。これは大部分が太平洋および日本海の誘導効果で説明できる、とされている⁴⁾。海岸線効果である。

これまで日本の観測は陸上に限られていた。東北日本の海岸線効果は深く内陸部まで影響をおよぼしている。この効果は陸上のみならず海域にまで拡がりをもつ。観測結果に含まれる海岸線効果を調べ、島弧直下の構造を求めるには、海洋域まで観測網を拡大する必要がある。

海洋底での地磁気観測は、陸上観測に比べるとはるかに困難である。カリフォルニア大学ス

クリップス海洋研究所では、吊り磁石方式の海底地磁気変化計と、salt-bridge-chopper方式の海底電位差計を開発し、1976年頃から東太平洋や中部太平洋などで、大々的な海洋地磁気地電位差変化観測を実施してきた。^{5) 6)} 日本でも東京大学海洋研究所を中心として、フラックスゲイト型海底磁力計の開発が進み、ようやく実用化の段階に達した。

1980年、カリフォルニア大学スクリップス海洋研究所と東京大学地震研究所、海洋研究所などとの間で、日本学術振興会・米国科学財団(National Science Foundation)の援助のもとに、「太平洋から日本海に至るプレート沈降帯の電気伝導度」の日米科学共同研究が始められた。

2. 共同研究の目的

大きな目標は、日本海溝を含むプレート沈降帯の電気伝導度分布を明かにすることであるが、具体的にはふたつの目的がある。ひとつは、沈降帯付近の太平洋プレートの厚さを電気伝導度という量を物指しとして求めることであり、第二には島弧直下の電気伝導度構造を求めることである。

東太平洋および中部太平洋海底での地磁気地電位差変化観測の結果、深さ60~120 kmに電気伝導度の高い層が発見された。^{5) 6) 7)} これは海洋リソスフィアとアセノスフィアの境界に部分熔融した層があり、この部分で電気伝導度が高くなっているのであると解釈されている。いゝ換えると、高伝導層の深さは海洋プレートの厚さを表していると考えられる。

高伝導層の深さは、海洋底どこでも一様ではなく、プレートの年代と密接な関係があると見られている。海嶺近くの約100万年前に生成されたと推定される海底では70 kmの深さに、約3000万年の年代の海底では80 kmの深さに、約7000万年の年代の海底では120 kmの深さに高伝導層が求められている。^{5) 6) 7)} 年代とともにプレートが成長して、その厚さが厚くなっていくのだという。海洋プレートの年代はプレート沈降帯でもっとも古いと考えられる。もし上に述べた解釈が正しければ、沈降帯付近で高伝導層の深さは上のどれよりも深くなっているに違いない。このようにして電気伝導度の分布から、プレート沈降帯近くのプレートの厚さを求めようというのが、この研究の目的のひとつである。

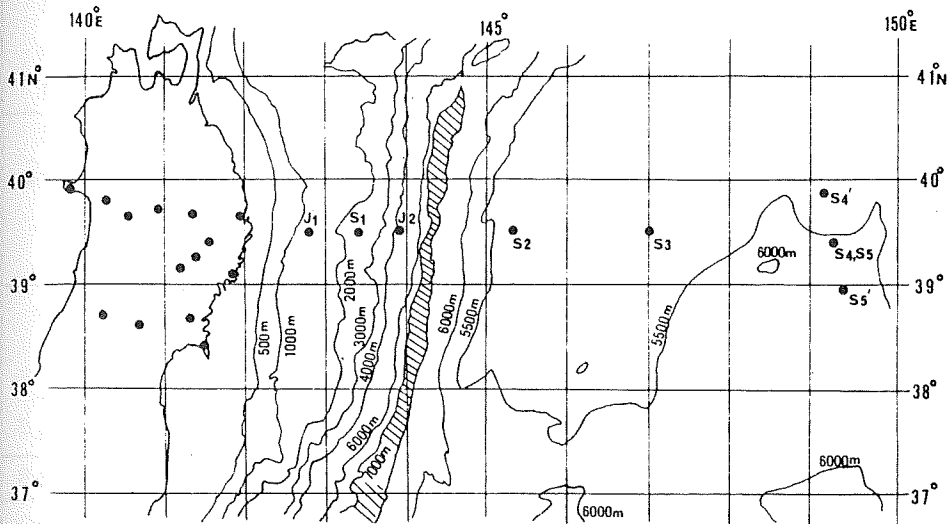
第2の目的は、島弧の地下構造の解明である。前にも述べたように、1960年代に、当時すでに明かにされていた地殻熱流量分布とも調和的な電気伝導度モデルが提唱された。その後、東北日本の地下構造に関する地球物理学的研究の進展は目覚しく、沈み込むプレート面上およびプレート内での詳しい震源分布、火山前線に加えてアサシミックフロントの確認、爆破地震による東北日本地震波速度構造など新知見や新事実の発見が相次いだ。この研究では、従来

の陸上での観測に加えて、海底でも地磁気変化の観測を行ない、日本海溝から島弧にかけての電気伝導度分布を調べ、島弧の地下構造モデルに新たな知見を付け加えることをも狙っている。

3. 観 測

1981年6-8月、日本海溝を横切る東西線上約600 kmにわたり、磁力計、電位差計、圧力計を展開し、地磁気・電位差変化の連続観測を実施した。

観測機器の投入設置は、1981年6月5日から6月12日の期間に、東京大学海洋研究所の白鳳丸によって、機器の回収は1981年7月29日から8月11日の期間、東京水産大学の海鷹丸によって行なった。観測点の配置は第1図に示す通りで、ほぼ北緯39°30'の緯線に沿っている。各地点に設置した機器の種類と台数を第1表に示す。このうち、J1、J2点に設置



第1図 観測点配置

したフラックスゲイト型磁力計が日本側の器械で、他はすべてスクリップス海洋研究所のものである。

磁力計は2種類の磁力計を使用した。ひとつはスクリップス海洋研究所の吊り磁石型の磁力計で、^{5) 6)} もうひとつはフラックスゲイト型磁力計である。⁸⁾ 吊り磁石型磁力計は、小磁石の中心部を細いタングステン線でその両脇から、水平あるいは鉛直方向に吊ったものである。フラックスゲイト型磁力計はリングコア型の磁力計を用いた。水平成分用海底電位差計は、海水中の6 m離れた2点間の電位差を直交2方向について測定する器械である。⁹⁾ 電位差計本体より3 mの長さのポリプロピレンパイプ2本を、反対方向に一直線になるように伸ばし、その両端より電位差計本体の電極部へ海水を取り入れて、パイプの両端の電位差を測定する仕組みに

なっている。電極は銀-塩化銀の電極を使用している。電極表面の分極を避けるために、電極と取り入れパイプとの結合組み合わせを、一定間隔で交互に切り替える Salt-bridge-chopper 方式をとっている。鉛直成分電位差計は、ブイを用いて銀-塩化銀電極を上下に 150 m 離し、その間の電位差を測定するものである。海底圧力計はブルドン管式のもので、海底で微小な水圧変化を測定する。

観測器械はすべて自己浮上式で、時計仕掛けにより予め定められた時間に錘りを切り離して、器械自体の浮力で浮上する仕組みになっている。結果はすべてカセットテープに記録する方式で、測定間隔は J 1 のフラックスゲイト磁力計が 4 分間隔である以外、すべて 1 分間隔であった。

回収作業中、台風 12 号の襲来を受け、海鷹丸は 8 月 5 日 - 7 日大船渡港に避難した。その後再び回収作業を続けたが、水平方向電位差計 1 台、鉛直電位差計 1 台、海底圧力計 6 台が未回収に終わった。

海底での観測と呼応して、1981 年 6 月 - 8 月の期間、陸上でも第 1 図に示す各点で、フラックスゲイト型磁力計による地磁気 3 成分変化・地電位差 2 成分変化の連続観測を実施した。

4. 観測結果

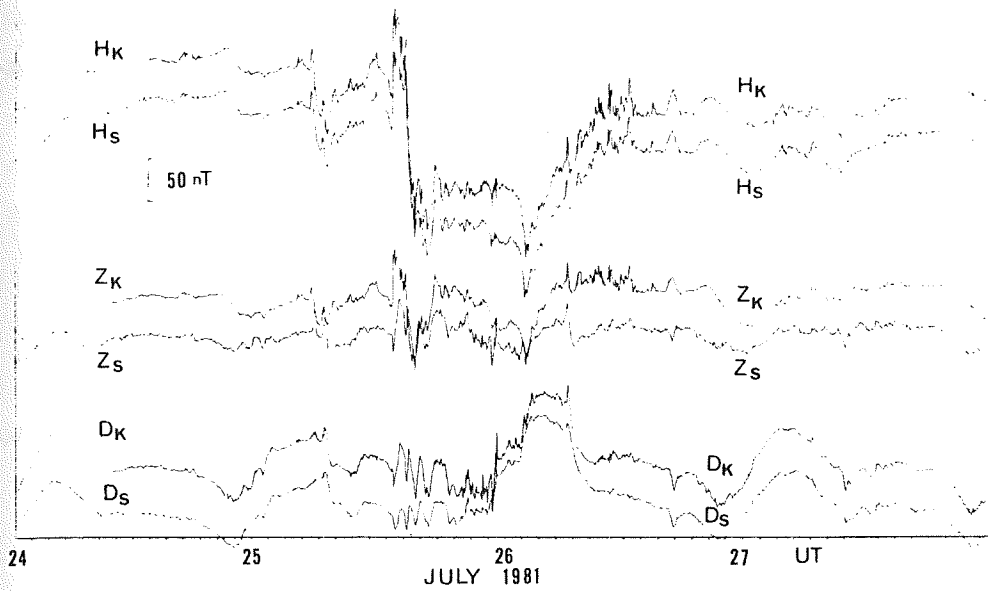
1981 年 7 月 25 日 - 26 日に、水平成分にしておよそ 200 nT に達する磁気嵐が発生した。この磁気嵐の記録例をここに示す。

第 2 図は J 1 でフラックスゲイト型磁力計により得られた地磁気 3 成分 (H_S , D_S , Z_S) 変化を、柿岡の気象庁地磁気観測所における 3 成分 (H_K , D_K , Z_K) の変化と比較したものである。この図では、偏角 D_S , D_K は西向きを正にとってある。水平成分変化 ΔH_S と ΔH_K は、ほぼ同じであるが、鉛直成分変化 ΔZ_S と ΔZ_K は著しく異なっている。柿岡では、よく知られているように鉛直成分変化は水平成分変化と似ている。これに対して、J 1 では、鉛直成分変化 ΔZ_S は偏角変化 ΔD_S に似ている。 ΔD_S が西向きに増加するとき、 ΔZ_S は増加する。つまりパーキンソンベクトルは東向きとなる。周期 30 分位では $\Delta Z_S / \Delta D_S$ が 1 より大きくな

第 1 表 観測器械配置表

M_S : 吊り磁石型磁力計
 M_F : フラックスゲイト型磁力計
 E : 水平成分電位差計
 V : 鉛直成分電位差計
 P : 圧力計

観測点	器械	台数
J 1	M_F	1
S 1	M_S	2
	E	2
J 2	M_F	1
	M_S	1
S 2	E	1
S 3	M_S	1
	E	1
	V	1
	P	1
S 4 } S 5 }	M_S	2
	E	2
S 4' } S 5' }	P	1
	V	3
S 4'	P	2
S 5'	P	2

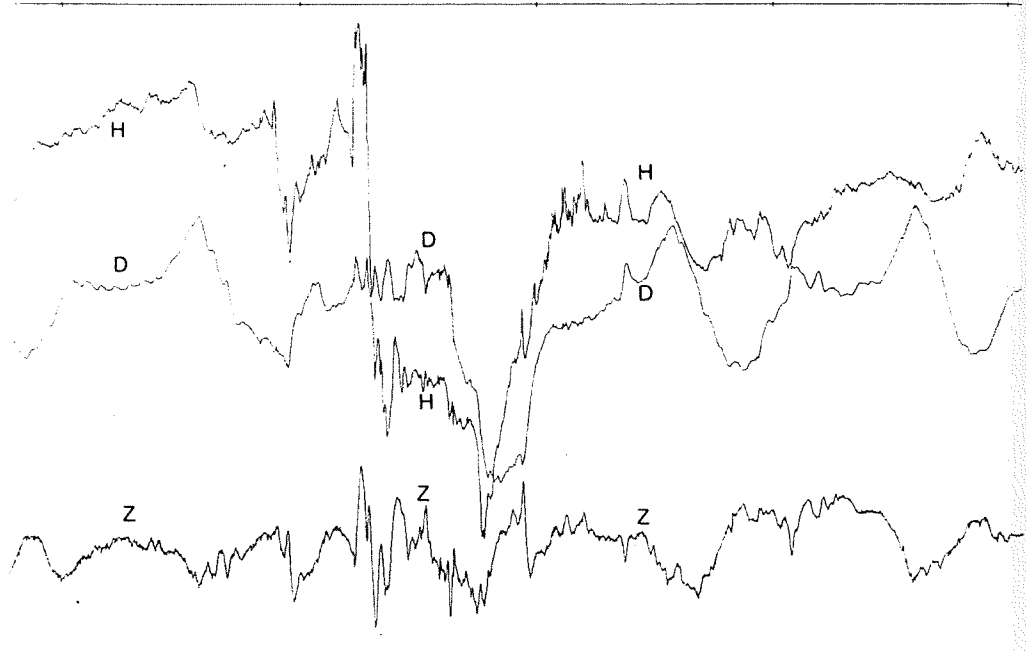


第2図 J 1点における3成分変化 (H_S , D_S , Z_S) と柿岡における3成分変化 (H_K , D_K , Z_K), 偏角 D_S , D_K は, 西向きを正にとってある。

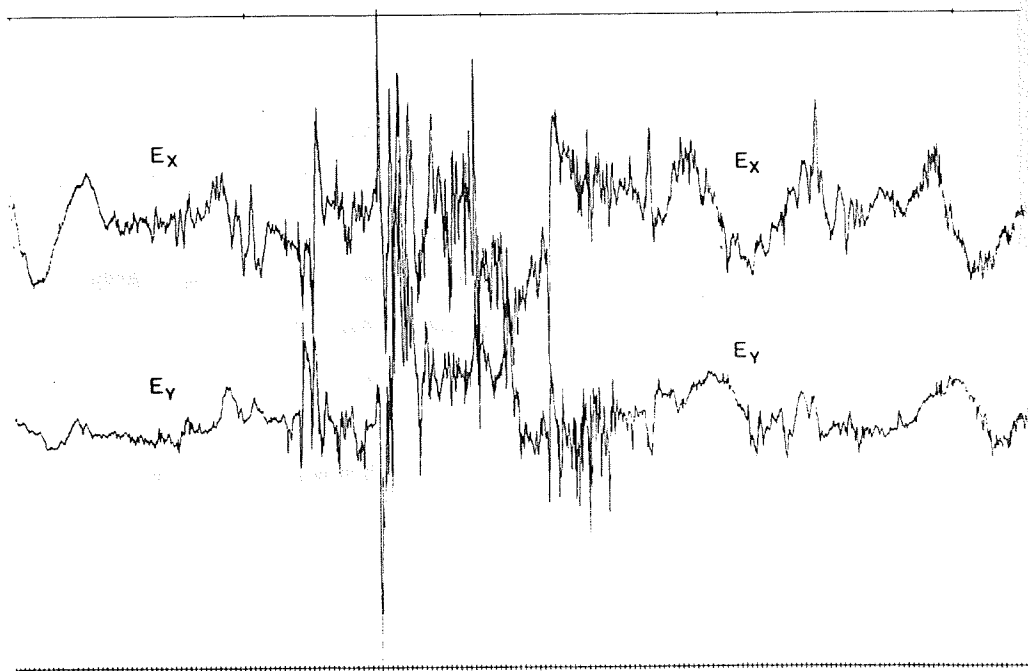
る。 ΔZ_S に対する海岸効果のほかに, 海底観測点 J 1 では ΔD_S が異常に小さくなるからである。このことは ΔD_S が, 変化の様子は ΔD_K と似ているが, その振幅が小さいことから理解できる。海水中を流れる誘導電流によって, 海面上での偏角変化は強められるのに対し, 海底での偏角変化は著しく弱められると考えられる。 $\Delta Z_S / \Delta D_S > 1$ となる原因のひとつである。

第3図は S 1 で得られた地磁気3成分変化と直交2成分の電場変化である。 E_x は電場の北向き成分, E_y は電場の東向き成分である。第3図(a)では, 偏角 D は東向きを正にとって図示してある。第2図と比較すると地磁気3成分の変化が J 1 における変化とよく似ていることがわかる。海岸線効果が S 1 点まで及んでいると見られる。

このようにして得られた記録は, 現在パワースペクトルなど解析中である。これらから, この地域の電気伝導度分布も間もなく得られるものと期待される。



第3図(a) S1点における地磁気3成分変化。偏角Dは東向きを正にとってある。



第3図(b) S1点における電場変化。 E_x : 電場の北向き成分。 E_y : 電場の東向き成分。

5. 謝 辞

この計画の遂行は、多くの人の御好意と御援助によって可能となった。とりわけ東京大学海洋研究所の白鳳丸および東京水産大学の海鷹丸の御協力に負うところが大きい。器械の回収作業中に台風に遭遇したため、海鷹丸には大幅にその日程を延長して回収作業完了に御協力頂いた。ここに厚く感謝の意を表す。この日米科学協力事業は、日本学術振興会、米国科学財団の援助によるものであるが、日本側海底磁力計の製作に当っては、その他、文部省科学研究費、東レ科学技術研究助成金などの助成があった。併せてお礼を申し上げる。

参 考 文 献

- 1) Y. Kato, Northeastern Japan anomaly of the upper mantle, Conductivity Anomaly Symposium 講演集(地震研究所), 19 - 31, 1968.
- 2) T. Rikitake, The undulation of an electrically conductive layer beneath the islands of Japan, Tectonophysics, 7, 257 - 264, 1969.
- 3) H. Yamashita and I. Yokoyama, Interpretation of the "Northeastern Japan anomaly" in electrical conductivity of the upper mantle, J. Geomag. Geoelectr., 28, 329 - 332, 1976.
- 4) Y. Honkura, Electrical conductivity anomaly beneath the Japan arc, J. Geomag. Geoelectr., 26, 147 - 171, 1974.
- 5) J.H. Filloux, Magnetotelluric soundings over the NE Pacific may reveal spatial dependence of depth and conductance of the asthenosphere, Earth Planet. Sci. Letters, 46, 244 - 252, 1980.

- 6) J.H. Filloux, Magnetotelluric exploration of the North Pacific; Progress report and preliminary soundings near a spreading ridge, *Phys. Earth Planet. Inter.*, 25, 187 - 195, 1981.
- 7) L.K. Law and J.P. Greenhouse, Geomagnetic variation sounding of the asthenosphere beneath the Juan de Fuca Ridge, *J. G. J. Geophys. Res.*, 86, 967 - 978, 1981.
- 8) 瀬川爾朗, 海底地磁気観測の難しさ, 本報告。
- 9) J.H. Filloux, Observation of very low frequency electromagnetic signals in the ocean, *J. Geomag. Geoelectr.*, 32, Suppl. I, S11 - S112, 1980.