

物理探査 ニュース

SEGU 公益社団法人 物理探査学会
The Society of Exploration Geophysicists of Japan

Geophysical Exploration News Autumn 2024 No.64

目次

研究の最前線	
新しい地盤調査法	
—海底微動アレイ探査システムの開発とその適用—	1
わかりやすい物理探査	
宇宙線ミュー粒子による探査 (第1回)	3
会員の広場	
「物理探査ハンドブック第三版」の出版について	6
現場レポート：能登沖での電磁場観測 (その4)	8
研究機関紹介	
大地の息吹「地熱」を調べる	10
地盤探査研究会イベント報告	12
EMIW2024参加報告	14
出身校同窓会総会での講演報告	15
お知らせ	16



新しい地盤調査法

—海底微動アレイ探査システムの開発とその適用—

令和5年度
論文賞

応用地質株式会社 井上 雄介



巻頭図 海底微動アレイ探査システムの使用機材一式

この度、令和5年度論文業績賞(論文賞)を頂きました標記論文の内容についてご紹介します。

1. はじめに

近年、わが国では洋上風力発電施設(特に着床式洋上風力発電施設)の建設に係る地盤調査市場が大幅に拡大しています。地震大国である我が国において、着床式洋上風力発電施設の建設では耐震設計が重要な検討項目の1つであり、工学的基盤深度(S波速度 $\geq 400\text{m/s}$ に相当する深度)の把握が必須とされています。洋上における地盤のS波速度の測定には、ボーリング孔を利用したサスペンションPS検層が行われてきましたが、波風が強い海域でのボーリング調査は困難が伴います。そこで著者らは、このような厳しい環境下でもボーリング調査を必要とせず、短期間でS波速度構造を把握できる海底微動アレイ探査システムを開発しました。本記事では海底微動アレイ探査の概要と適用事例について技術的な部分を中心に紹介します。

2. 観測システムの概要

観測では短期間かつ簡便に調査することを目的に小型船舶(5t程度のFRP船)1隻で運営できるよう各機器を切り離し可能な仕組みとしました。本システムの主な使用機器を図1に、観測の模式図を図2に示します。

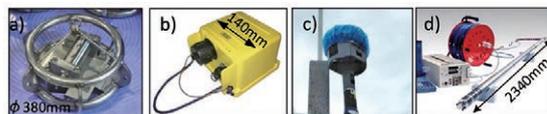


図1 主な使用機器

a) 海底地震計(OBSS)、b) 独立型データ収録器(McSEIS-AT(Atom))、c) RTK-GNSS測位器(Trimble R10)、d) 音波発振装置(OWS振源)

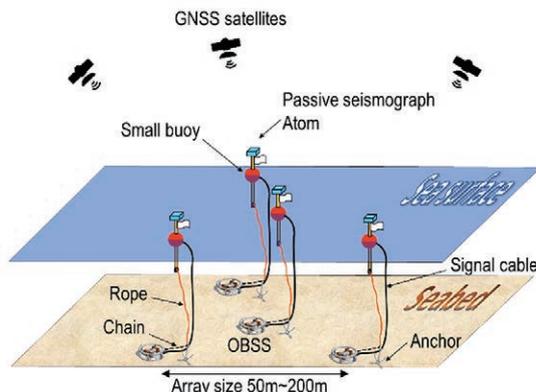


図2 観測の模式図

微動アレイの地震計配置は陸上でも主流な正三角形の頂点と重心からなる正三角形配置とし、底辺長が異なる3アレイ(底辺長: 50m、100m、200m)を同一地点で行うことで、ある程度の浅部から深部までの位相速度を観測できる仕組みとしました。

地震計の設置では、効率性を考慮し停船毎にアンカーを張

らず、船舶を潮流や風の影響により流されながら設置していく方針としたため、地震計が海底に着底するまでに船が流され、計画座標への設置はかなり困難な状況でした。そこで、設置後の地震計の詳細な位置を把握するために、微動を1~2時間観測した後、ブイの外周を船舶で航行しながらOWS振源(小倉ほか、1999)を用いて複数力所で起振しました。この起振により地震計で観測された初動を用いて地震計の詳細な設置位置を算出しました。

3. 解析方法

データの解析では、陸上でも多く使われている空間自己相関法(SPAC法)を用いて観測位相速度を算出し、遺伝的アルゴリズム(GA)法(山中・石田、1995)を用いた逆解析によりS波速度構造を求めています。洋上における地盤調査では、陸上と異なり海底面の上に液体層(海水)が存在します。この影響について、簡単に概説します。

海底面で得られる地盤の位相速度は上位に液体層(海水)が存在するため、陸上探査のようにレイリー波としての取り扱いだけでなくストーンレー波(固体層と液体層の境界波)も考慮しなければなりません(斎藤、2009)。図3に未固結地盤上に液体層がある場合の理論位相速度の数値計算結果の例を示します。理論位相速度は、実際の着床式洋上風力発電施設を対象としている水深を想定し、水深10m~40mまでの4パターンで算出しました。算出した理論位相速度は、どの水深においても0Hz付近では固体表面のレイリー波の位相速度に収束し、周波数が高くなるとストーンレー波の位相速度に収束することが示されています。また、水深が深いほど低周波数領域までストーンレー波の影響が出ています。そのため、解析では液体層を考慮して理論位相速度を算出しました。

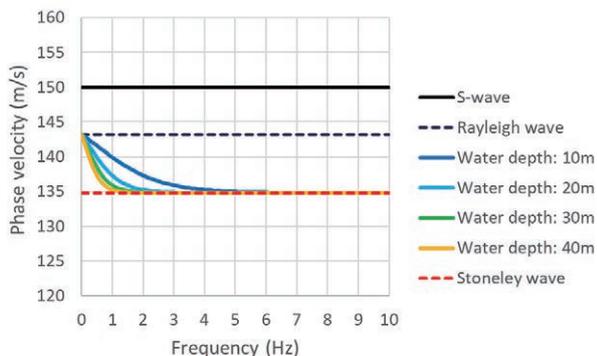


図3 液体層を考慮した理論位相速度の数値計算結果例
S波速度を150m/s、水中および地盤のP波速度を1,500m/s、水中の密度を1,000kg/m³、地盤の密度を2,000kg/m³として算出した。

4. 適用事例

海底微動アレイ探査を実施したある地点の結果を紹介いたします。この地点の海底面は砂主体で、既往の地盤情報としてPS検層結果と音波探査結果がありました。図4に、観測位相速度曲線と理論位相速度曲線の対比、逆解析で求めたS波速度構造と既往のPS検層結果および音波探査の地層境界と対比させたものを示します。

観測位相速度曲線と理論位相速度曲線はほぼ整合しているため、観測値を反映するS波速度構造が得ることができたと評価できます。海底微動アレイ探査で求めたS波速度および層境界は深度60m付近の高速度の薄層は捉えられていないもの

の、概ね既往のPS検層結果と整合する結果が得られました。また、速度層の境界および工学的基盤深度(図4下図の黒の矢印)は音波探査で得られた解釈線とほぼ一致しました。この結果から、比較的水平的な地層構造が想定される海域であれば、調査海域全体を網羅するような音波探査と複数力所の海底微動アレイ探査を実施し、音波探査結果に工学的基盤深度の情報を付加させることで、調査海域の工学的基盤深度の連続的な分布を推定できると考えています。

5. 今後に向けて

今回紹介した海底微動アレイ探査は、着床式洋上風力発電施設の地盤調査においてこれまで多くの海域で実績を積み上げてきました。現在は、本手法を発展させた形で、今後事業が拡大していくと考えられる浮体式洋上風力発電施設の地盤調査にも活用できるように、大水深かつ海岸から遠く離れた沖合で適用可能な探査システムの開発と実証試験を行っています。今後も本手法の実績を積み上げ、さらなる技術のアップデートを進めることで我が国の脱炭素化社会の実現に向けて社会貢献していきたいと考えています。

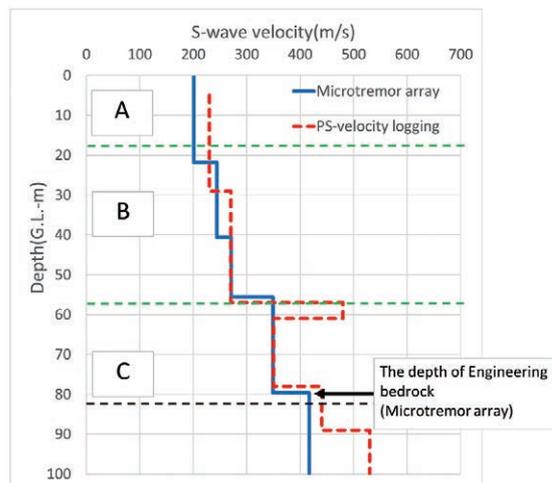
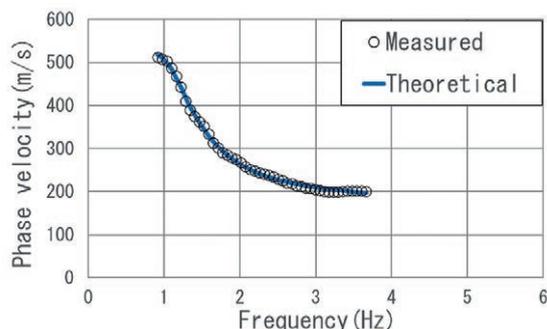


図4 適用事例
観測位相速度曲線と理論位相速度曲線の比較(上図)と逆解析で得られたS波速度構造、PS検層結果、音波探査結果の比較(下図)。緑の破線は、音波探査の地層境界の解釈線、黒の破線は層内反射面の解釈線、A~Cは区分した地層名を示す。

<参考文献>

小倉公雄・荳司泰敬・大橋武一郎(1999)：多層円盤に用いた孔中振源の開発，物理探査，52,141-152。
斎藤正徳(2009)：地震波動論，第6章，東大出版会。
山中浩明・石田 寛(1995)：遺伝的アルゴリズムによる位相速度の逆解析，日本建築学会構造系論文集，468, 9-17。

公益財団法人深田地質研究所 鈴木 敬一
日本電気株式会社 草茅 太郎

はじめに

2017年、エジプト・ギザの大ピラミッドで、未知の空間が発見されたというニュースが大々的に報道されました。この空間の大きさは、旅客用航空機の胴体と同じくらいという巨大なものと考えられています。この新発見は、1922年にイギリスの考古学者ハワード・カーターによるツタンカーメン王墓の発見以来の快挙ともいわれています。この新発見は、宇宙線ミュオン粒子という素粒子を用いた観測技術によってなされました。どのように観測し、どのようにして空間と考えられるものを発見したのでしょうか。本題に入る前に素粒子について、その概要を説明します。

素粒子物理概論

(1)素粒子とは

素粒子とは物質を構成する最小単位のことです。基本粒子とも呼ばれます。素粒子は、字面のイメージからパチンコ玉やビー玉のような固い球体をイメージしがちですが、現在の標準モデル(後述)では大きさのない点であると考えられています。しかし、近年ではひも状(超弦理論)あるいは膜(M理論; 膜=メンブレンの頭文字)ではないかと考えられています。今のところ明確な結論は出ていません。さらに素粒子は粒のように一つ一つと数えられる場合もあれば、波のように振舞う場合もあり、イメージするのが難しいところです。

素粒子には寿命があり、エネルギーを減らす、あるいは時間がたつと別の素粒子に崩壊してしまう性質もあります。素粒子はそれ以上細かくできないのに、不変ではないということです。これもなかなか普通の感覚では理解できないところです。

(2)素粒子の標準モデル

図1に素粒子の標準モデルを示します。素粒子は大きく物質粒子とゲージ粒子があり、これにヒッグス粒子といわれるもの



図1 素粒子の標準モデル

が加わります。物質粒子は原子を構成するクォークとレプトンというグループで構成されます。クォークは原子核を構成する陽子や中性子の元となるものです。クォークはアップu、ダウンd、チャームc、ストレンジs、トップt、ボトムbの6種類です。これに対し、レプトンは原子核の周りをまわる電子の仲間です。こちらから電子e、ミュオンμ、タウτ、電子ニュートリノν_e、ミュオンニュートリノν_μ、タウニュートリノν_τの6種類です。

ミュオン粒子は電子の仲間の素粒子で、電子に比べて静止状態の質量が電子の約200倍といわれています。

ゲージ粒子は、力を伝える素粒子です。現在の考え方は力を伝えるのは素粒子をやり取りすることで力が伝わると考えられています。グルーオンgは強い力と呼ばれるクォーク同士を結びつける働きをする素粒子、光子γは電磁気力、ZとWは弱ボソンといわれる素粒子です。光子はその名の通り光ですが、エネルギーが低くなるとガンマ線、X線といった電磁波として扱われるものです。弱ボソンは放射性物質の崩壊にかかわる素粒子で、グルーオンに比べると弱いので「弱」とついています。例えば中性子から電子が一つ放出されるときに必要な力を与える素粒子です。この放射性物質の崩壊は電子=ベータ線を放出するのでベータ崩壊といわれますが、このときニュートリノを一つ放出します(図2)。このニュートリノは水の中では青色のチェレンコフ光を出します。核燃料が燃料プールに置かれているとき、その水が青く見えます。その光がチェレンコフ光です。1999年に発生した東海村JOC臨界事故のとき、被ばくした作業員の証言に「青い光を見た」というのがありましたが、これは眼球が検出器となってチェレンコフ光を見たからだと考えられています。ヒッグス粒子は、物質に質量を与える素粒子で、重力に関係しているといわれています。

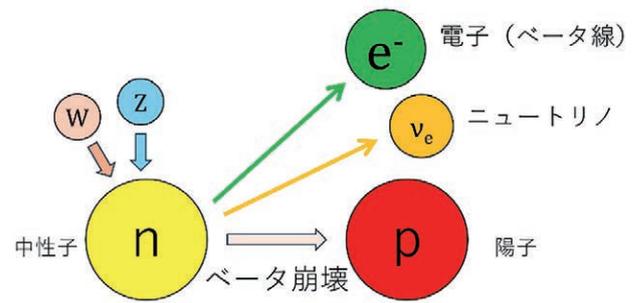
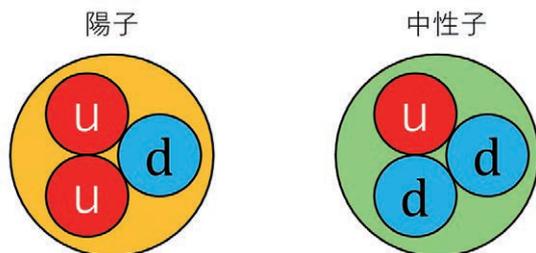


図2 素粒子がかかわるベータ崩壊

図3にクォークによる陽子と中性子の構成を示します。陽子はアップクォークふたつとダウンクォークひとつからなっています。最初に電子の電荷を-と決めたので、クォークの電荷は半端な値で、アップクォークは+2/3、ダウンクォークは-1/3です。図2に示すように陽子はu+u+dなので電荷の合計は+1、中性子はu+d+dなので電荷の合計は0となります。クォーク同士は同じ電荷のものを非常に狭い空間に閉じ込めておかななくては

ならないのでとても強い力が必要です。そのためグルーオンによる力は「強い力」と呼ばれます。電荷とは違いますが、磁石のNとN、あるいはSとSを近づければ近づけるほど強い力が必要であることは、経験的にわかりかと思えます。



$$\text{陽子: } u + u + d = \left(+\frac{2}{3}\right) + \left(+\frac{2}{3}\right) + \left(-\frac{1}{3}\right) = +1$$

$$\text{中性子: } u + d + d = \left(+\frac{2}{3}\right) + \left(-\frac{1}{3}\right) + \left(-\frac{1}{3}\right) = 0$$

図3 3つのクォークから構成される陽子と中性子

物質粒子のクォークとレプトンはそれぞれ6種類ありますが、これらの種類のことを素粒子の世界ではフレーバーと呼んでいます。なぜ味を意味するフレーバーが採用されているのかよくわかりませんが、ちょっと面白い言い方です。

クォークとレプトンには世代という呼び方もあります。クォークの場合、アップとダウンの組が第一世代、チャームとストレンジが第二世代、トップとボトムが第三世代と呼ばれます。レプトンでは電子と電子ニュートリノの組が第一世代、ミュー粒子とミューニュートリノが第二世代、タウ粒子とタウニュートリノが第三世代です。

物質粒子とゲージ粒子には決定的な違いがあります。物質粒子は同じ状態に複数の粒子が存在できず、ゲージ粒子は同じ状態を複数の粒子がとることができるという特徴があります。前者をフェルミ粒子、後者をボース粒子といいます。力を伝えるゲージ粒子の2個例えば、光子が2つ重なり合うことができるのは、その場合に光の強さも2倍になったと考えればわかりやすいと思います。

素粒子には電荷(チャージ: C)や空間対称性(パリティ: P)が反対の粒子が存在します。例えば、電子に対しては電荷の反対の陽電子といった反粒子が存在します。したがって、素粒子の標準モデルにはそれぞれCとPの反対の素粒子が存在するのです。

(3)素粒子物理に関係した日本人ノーベル賞受賞者

原子核の中では陽子同士といった同じ電荷をもつ粒子同士も、狭いところでバラバラにならないようになっています。ここで働く力を伝える粒子はパイ中間子と呼ばれています。この理論を中間子論として発表したのが湯川秀樹です。ミュー粒子の発見当時は、その質量が湯川の予言した中間子に近かったため、ミュー粒子はミュー中間子と呼ばれていました。1970年くらいまでの宇宙線の教科書には「宇宙線ミュー中間子」と書かれています。

クォークには第三世代以上あることは、日本人ノーベル賞物理学者 小林 誠と益川敏英によって1973年に理論的に予測されていました。CP対称性の破れが存在するためにはクォーク

が三代以上でなければ説明がつかないのです。C(チャージ)とP(パリティ)が非対称でないと、粒子と反粒子が出会って消滅してしまい、物質が存在しないことになってしまいます。しかし、CPの対称性が破れる、すなわち非対称であると考えれば、物質が反物質よりも多いことに説明が付きます。

ミュー粒子は、よくニュートリノと間違われます。なんとなく字面や音の響きが似ているせいかもしれません。ニュートリノは2002年に小柴昌俊がノーベル賞を受賞した際に話題になりました。カミオカンデという観測装置が3,000トンの水を検出器として、はじめは陽子の崩壊を観測するために作られました。しかし、超新星の爆発が起こり、そこから放射されたニュートリノをカミオカンデが捉えました。超新星爆発によるニュートリノの観測は世界ではじめてのことでした。ニュートリノは物質とほとんど相互作用しない、平たくいえばかかわりを持たないため、観測が難しいのです。大量の水の中を通過する時にたまたま水分子にぶつかって発生した荷電粒子が発するわずかな光(チェレンコフ光といいます)をとらえることに成功しました。

ニュートリノにもある種の寿命があり、ニュートリノは物質中を進むうちに、電子ニュートリノ、ミューニュートリノ、タウニュートリノに変化します。つまりニュートリノのフレーバーが変わるのです(図4)。この現象はカミオカンデの後継であるスーパーカミオカンデにより観測されました。ニュートリノ振動があるということは、ニュートリノに質量があることになり、それまで観測されなかった事実が確認されました。スーパーカミオカンデの上空からくるニュートリノと、地球の裏側から透過してくるニュートリノのフレーバー比が理論値と異なることが認められたのです。これにより2015年に梶田隆章がノーベル賞を受賞しました。

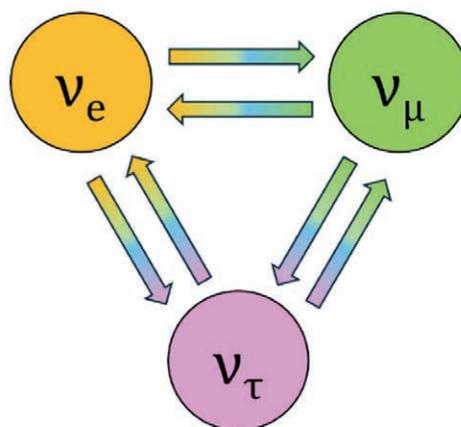


図4 3種のフレーバーを行き来するニュートリノ振動

(4)標準モデルの問題点

素粒子の標準モデルは完成されたものではありません。現時点の理論や観測事実と、できるだけ整合するように考えられたものです。ニュートリノに質量があることはわかりましたが、そのことは標準モデルでは説明できません。

原子核内の素粒子を結び付けている強い力や放射性物質にかかわる弱い力、あるいは電磁気力は標準モデルで説明できます。しかし、重力を伝える素粒子に相当する重力子(グラビトン)

は標準モデルに含まれていません。それを説明するのが超弦理論ともいわれています。

さらにこれらの強い力、弱い力、電磁気力、重力の4つの基本的な力は統一できるのではないかと、いった壮大なテーマもあります。これは大統一理論といわれ、かなり昔から議論されてきましたが、現時点では解明されていません。

さらに大きな問題は、標準モデルで説明できる物質は、宇宙全体のたったの5%程度で、あとは未知の物質とエネルギーだということです。未知の物質を暗黒物質(ダークマター)、未知のエネルギーを暗黒エネルギー(ダークエネルギー)といい、前者が27%、後者が68%もあります。人類としてはまだ宇宙にある物質のたった5%しか理解できていないのです。

かなり壮大な前置きになりました。そろそろ宇宙線ミュー粒子の話に移ります。

(5)宇宙線ミュー粒子

宇宙線は、宇宙空間を飛び交っている高エネルギーの粒子で、そのほとんどが陽子です。ヘリウムの原子核(放射線でいえばアルファ粒子)やベリリウム、鉄の原子核、あるいは電子、中性子などの場合もあります。この宇宙線は、太陽からも放射されています。また、超新星爆発などにより放射された宇宙線もあります。前者を太陽宇宙線、後者を銀河宇宙線と呼ぶ場合もあります。

宇宙線は、1911~1912年のHessの気球観測により発見され、1927年にはウィルソン霧箱を用いてコンプトン効果を研究していたSkobeltsynが宇宙線の飛跡を観測しました。この宇宙線の観測を契機に様々な素粒子が発見され、1936年にはAndersonとNeddermeyerにより霧箱内で宇宙線の中にミュー粒子が発見されました。

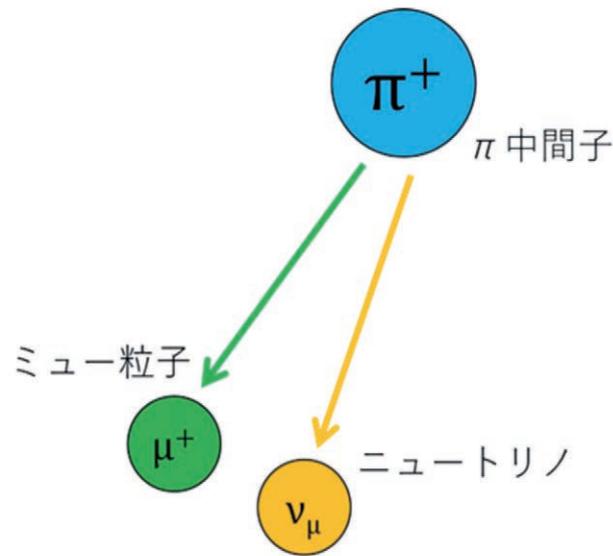


図5 π 中間子の崩壊

宇宙線は大気に入ると、酸素や窒素などの原子と衝突して崩壊し、陽子、中性子、パイ中間子など様々な粒子を発生させます。このうち電荷をもったパイ中間子 π^+ が崩壊してミュー粒子が生成します(図5)。ミュー粒子は中間子に比べて寿命が長く、地表まで達するだけでなく、地下にも透過して行きます。そのほかの粒子は減衰し、崩壊して別の粒子になるものもあります。図6に示すように様々な素粒子や放射線を放出し、シャワーのように見えるため、空気シャワーと呼ばれます。

宇宙線ミュー粒子は、その起源が一次宇宙線であるため、接頭語のようにわざわざ宇宙線とつけられているのです。しかし、煩わしいので、これ以降は断りがない限り宇宙線ミュー粒子を単に「ミュー粒子」と呼ぶことにします。

ミュー粒子は、物質との相互作用があり、物質中を透過するときに崩壊し、その数が減って行きます。物質の密度が大きければ大きいほど、また長い距離を透過すればするほど、その減り方は顕著になります。この減り方を正確に測定することにより、物質内部の密度構造を知ることができます。

長い前置きはこれくらいにして、次回はミュー粒子を用いた探査の原理と検出器について解説する予定です。

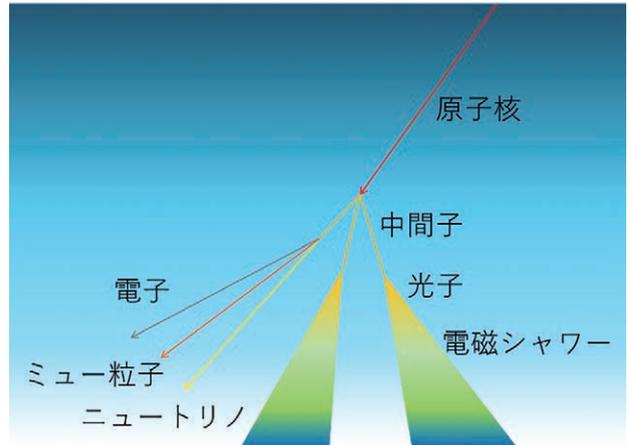


図6 宇宙線による空気シャワー

<参考文献>

- Morishima, K., et al. (2017): Discovery of a big void in Khufu's Pyramid by observation of cosmic-ray muons, Nature, 552, 386-390
<https://doi.org/10.1038/nature24647>.
- NHK名古屋放送局(2023):ピラミッドに未知の空間 古代エジプト“新発見”研究者が語る。
<https://www.nhk.or.jp/nagoya/lreport/article/000/53/> (最終閲覧日:2024年9月24日)
- 小林富雄(2013):素粒子物理と方程式, 高校生と社会 人のための現代数学・物理学入門講座 新春特別講義,
https://www.icepp.s.u-tokyo.ac.jp/~tomio/shinshun_lecture_13.Jan.2013_web.pdf (最終閲覧日:2024年9月24日)
- 物理探査学会(2024):ミュー粒子, 物理探査ハンドブック第三版第15編 第5章, 1201-1225

「物理探査ハンドブック第三版」 の出版について

公益財団法人深田地質研究所 鈴木 敬一
東京都立大学 小田 義也

公益社団法人物理探査学会創立75周年を記念して「物理探査ハンドブック第三版」が出版されました。「物理探査ハンドブック」は物理探査学会の創立50周年の記念出版物として1998年に刊行されました。

初版の物理探査ハンドブックには序文に続き、故石井吉徳東京大学名誉教授による「監修の辞にかえて」が掲載されています。『これまでの50年とこれからの50年では恐らく決定的に異なるであろう』と書かれています。このことについては具体的に書かれており、それは『物質的な繁栄はあっても紛争は絶えず』、『資源にも騒りが見え始め』、『化石燃料が取り返しのつかないほど地球を温暖化させ』、『人類が作った化学物質が人類の生存を脅かす』という警告ともとれる内容です。これらは四半世紀たった現在、どれも現実のものとなっているように思えます。石井先生の先見の明には驚かされます。

初版の物理探査ハンドブックは、事業委員会で運営されている「物理探査セミナー」のテキストとして長らく使われ、毎年、20冊から40冊くらいの間で販売されていました。物理探査ハンドブックは技術の発展に伴い、内容が徐々に古くなっていくであろうことは予想されていました。初版は創立50周年記念でしたので、創立75周年には改訂版を出す計画がありました。ところが予想に反して初版の在庫が底をつきそうになり、物理探査セミナーのテキストとして販売できなくなることが判りました。新たに印刷するにしても大変なお金がかかることから、少しでも古くなったところを修正してはどうかという意見が出されました。初版の執筆

者および新たに執筆者を選定して、増補改訂版が出来上がりました。このときは茂木透・渡辺俊樹・鈴木浩一・鈴木敬一の4名で増補改訂版の編集を行いました。増補改訂版は編集作業の時間がなく、構成は初版のものを踏襲しつつ、総論と事例集の部分はそれぞれの手法ごとの章に収めることにしました。また、増補改訂版では技術の進歩が著しかった反射法地震探査や放射能探査などの内容が大幅に増えました。書籍としてのサイズも初版がB5判であったのに対し、増補改訂版ではA4判に変更しました。

今回出版された第三版は増補改訂版から内容に大幅な変更があります。増補改訂版までは「トモグラフィ」や「シミュレーション」といった項目で1つの章を構成していました。これは初版発行時の分類であり、現在ではこれらの項目はそれぞれの手法で一般的に利用されていることから、各手法の中へ入れるように変更しました。さらに、近年登場した新しい手法、例えば統合物理探査、ロックフィジクス、ドローン物理探査、ミュール粒子、地表NMR、DASなどを新しい章として追加し、最新の物理探査技術としてひとつの編にまとめました。

増補改訂版で削除された総論について、複数の方から復活させてほしいというご意見をいただきました。特に総論中の「支配方程式」のところが概論としてよくまとまっているとのことでした。初版の概論(このときのタイトルは『「物理探査ハンドブック」刊行に際して』)のところは芦田讓先生(50周年記念出版委員長)が書かれたものでしたので、今回は芦田先生からも薫陶を受けた、元会長の渡辺俊



物理探査ハンドブックケースの変遷
(左：初版、中：増補改訂版、右：第三版)

樹先生に書いていただくことになりました。

「物理探査ハンドブック」という名称を変更した方がよいのではないかという意見もあり、思い切って変更することも検討しました。そもそもハンドブックとは「案内や手ほどきを記した」ものであり、理工系では図表や公式などを含む冊子ということのようです。日本語表記では「便覧」が一番近く、マニュアルは手順書、テキストブックは教科書や教材といった感じです。他に教本、教則本などの案もありました。ちなみに教科書の正式名称は「教科用図書」というのだそうです。事典はキーワードを中心にして解説した書物です。様々な案を検討した結果、やはりハンドブックがふさわしいということになりました。また、増補改訂版の次の名称についても悩みましたが、結局三回目の出版なので第三版に落ち着きました。

物理探査ハンドブックのような書籍の編集は、多数の著者に携わっていただくため、工程の管理が大変難しくなります。ほとんどボランティアで執筆していただいていることもあり、期日の厳守を強く求められるのが編集者としてはつらいところです。そこで1年くらいは余裕をみた工程計画を立てていたのですが、やはり難しい面がありました。結果的に1年遅れて創立75周年の翌年に出版となってしまう、心待ちにされていた方には、ご心配やご迷惑をおかけしました。

物理探査ハンドブックの編集は、原稿ができてそのあとの作業も結構大変でした。まず、原稿すべてが揃わないとページが打てず、目次や索引も作れません。また、索引も必要です。原稿ができてからのこのような作業は、本当に気が遠くなりそうな感じがしました。さらに第三版とはいえ、書籍としては新しいものになります。引用文献の図表に関し、転載許可申請を行う必要があり、膨大な作業量となりました。

最後に著者一覧やISBN番号を取得する作業など細々した作業もあります。電子版の作成のためにPDFの仕様、たとえばコピーや印刷は可能にするのかどうかなど決める必要もありました。

全部で1,000ページを超えるため分冊になっており、散逸しないように箱に収められています。初版から第三版までの3つの箱はそれぞれ似たような色合いですが、少しずつ違います。増補改訂版の箱の色は「らくだ」、第三版は「鼠」です。書名が金文字で書かれていて、増補改訂版のときは箱の色が少し薄く、文字が読みにくいと感じました。第三版では少し濃い色を選択しました。増補改訂版の「らくだ」に対し、第三版では「鼠」ですので同じ動物つながりということもありました。ちなみにほかの色には動物以外の「アーモンド」や「玉子」、「ミルク」など飲食物の名称が多いようです。

物理探査ハンドブック第三版の目次は次のようになっています。

第0編	総論
第1編	反射法地震探査
第2編	屈折法地震探査・弾性波トモグラフィ
第3編	マイクロサイズミック
第4編	微動・表面波探査・振動
第5編	電気探査
第6編	電磁探査
第7編	地中レーダ
第8編	重力探査
第9編	磁気探査
第10編	測地・リモートセンシング
第11編	熱・温度探査
第12編	放射能探査
第13編	1章 物理検層(資源分野) 2章 物理検層(建設分野)
第14編	VSP・ポアホールサイズミック
第15編	1章 統合物理探査 2章 ロックフィジックス 3章 ドローン物理探査 4章 地表NMR 5章 ミュー粒子 6章 DAS(分布型音響センシング)

物理探査ハンドブック第三版が業務や物理探査セミナーなどで利活用され、末永く皆様に愛されれば望外の喜びです。最後に物理探査ハンドブック第三版の執筆・編集に携わっていただいた多くの方々へ深く感謝いたします。

物理探査学会創立75周年記念出版 物理探査ハンドブック第三版

販売価格 冊子版： **¥39,000円(税別)**

電子版： **¥23,000円(税別)**

第三版は内容に大幅な変更を加えています。現在、一般的に利用されている「トモグラフィ」や「シミュレーション」は各手法の中に整理しました。また、近年の新しい手法である統合物理探査、ロックフィジックス、ドローン物理探査、ミュー粒子、地表NMR、DASなどを新しい章として追加し、最新の物理探査技術としてひとつの編にまとめました



冊子版は4分冊(箱入り)です

別途消費税10%が加算されます。別途送料ならびに振込手数料がかかります。
電子版は閲覧用のパスワードで保護されています。
電子版のプリント及び内容のCopy & Pasteはできません。
冊子版は200部限定につき上限に達した時点で申込を締め切ります。



能登沖での電磁場観測(その4)

海洋研究開発機構 笠谷 貴史

2024年能登半島地震が発生した2024年1月1日、私は実家のある福井県北部にいました。冬の合間の好天であったため散歩をしていたところ、激しい揺れに襲われました。前震となった揺れでも緊急地震速報がなり、電線が揺れているのが分かるくらいでした。2023年の地震の余震にしては大きいなと思いつつ再び歩き出した直後、自宅のある関東地方と福井北部の両方の地震速報がスマホから鳴り響き、「何事?!」と思った瞬間に大きな揺れを感じ、とりあえず可能な限り建物から離れたところに移動して揺れが収まるのを待ちました。震度5強の揺れでしたが、目の前にあった木造3階建ての民家が左右に揺れているのを見て恐怖を覚えました。その後の津波警報の発令もあり、実家にすぐに戻りましたが、近所の方が不安そうに外に出てきていました。本稿では、地震直後から現在に至るまでの海域での電磁気観測の顛末について記載したいと思います。

1. 飛び交うメール

地震直後から、私の所属する海洋研究開発機構(以下、JAMSTEC)でも地震発生に対する対応のメールが飛び交い始めました。現在、私は地震関連の部門ではありませんが、群発地震に関する特別研究促進費での調査(物理探査ニュースNo. 57, 59, 63を参照)に関わっていたことから、船舶を用いた緊急調査に関係することになりました。JAMSTECと東京大学大気海洋研究所を中心に白鳳丸を用いた緊急調査を3回に分けて行う事となり、プレスリリースもされました。第一次・第二次航海は、海域の余震活動を明らかにするための海底地震計(OBS)の投入・回収を中心とする航海でしたが、地震活動に影響を及ぼす地殻内流体に関連する調査の一環として、海底電位磁力計(OBEM)の投入・回収も行うことになりました。

2. 白鳳丸航海

白鳳丸の航海で急遽、OBEMによる観測が行われることになりましたが、大きな地震後に海域で地下構造探査を目的とした電磁場観測が行われたのは初めてのことだと思います。東北沖地震の時には、地震前に偶然投入されていたOBEMがあり、その回収作業を緊急で行いましたが、緊急調査の一環として電磁気観測が行われることはありませんでした。

白鳳丸の第一次、第二次航海のOBSの投入・回収作業の合間にOBEMの作業を入れていただき、第一次航海で2台のOBEMを投入(図1)、第二次航海では2台を回収し新たに5台の投入を行いました。年明けすぐということで消耗品の確保が難しく、年度明けの航海向けに整備していた海底電位計(OBE)から部品を流用するなどして、一次航海向けに2台のOBEMを準備し、私の部署の若手研究者と観測技術員に託して沿岸近くの海域に設置しました。この航海中に何とか消耗品を確保し、私と技術職の方とで二次航海に向けて5台の整備を行いました。かなりの綱渡りです。

第二次航海は、ものすごく久しぶりの新潟港からの出港となりました。どのくらい久しぶりかと言えば、新潟港に某国の貨客

船が頻繁に来てニュースを賑わせていたところの話です。冬の日本海なので調査可能な海況となるのか心配していたのですが、冬型ではあるものの、OBSとOBEMの投入・回収が可能な海況が続き、昼夜問わず、粛々と作業を行う事ができました。OBSの多くは大学関係の方々を中心となってオペレーションしていましたが、研究者・技術者の方が一丸となって作業に当たり、生じる色々なトラブルに対応をしていたのが印象的でした。私の方も、久しぶりの白鳳丸でのOBEMの投入・回収作業で、いつもと勝手が違って戸惑うことも多くありました。気が付いたら地形計測のための測線計画も立てることにもなるなど、年度末的な陸上業務も相まって、慌ただしく航海が終わりました。



図1 雪がちらつく中での白鳳丸でのOBEM投入

3. 沿岸での観測

群発地震の特別研究促進費は2023年度で終わる予定でしたが、能登半島地震を受けて2024年も継続して実施されることになりました。京都大学防災研究所の吉村さんも陸上観測点を少しずつ復旧しつつあり、その観測を補完する沿岸域での観測計画も立て始めました。しかしながら、報道等でご存じの通り、隆起や津波・地震動によって能登半島北東部の港が大きな被害を受けており、これまでの様な作業をお願い出来る状態ではありません。前号の記事(その3)でも書きましたが、2023年度にお世話になったBLISSさんの船も影響を受けていました。

使用できそうな船舶や港など、現地の情報を収集し、色々相談した結果、能登半島東北部の東岸から南岸にかけての海域にOBEMを設置する計画としました。船をどうするか大きな問題でしたが、金沢大学環日本海域環境研究センターの調査船「あおさぎ」を使わせていただけることになりました(図2)。昨年度にデビューしたばかりの新しい船です。3月に現地入りして採寸や作業の仕方などを検討しました。前号で報告した記事は、このときに撮ったものです。金沢大学環日本海域環境研究センター自体も地震動と津波の被害に遭っています。写真では分か

りにくいですが、船が係留されている浮棧橋の陸への接続部が破損しており、陸に辛うじて接岸できている別の小船で浮棧橋に移動し、「あおさぎ」に乗船しなければなりません。そのため、我々の機材の積み下ろしの作業は「イカの駅つくモール」の岸壁に接岸して行いました(図3)。前号でこの岸壁の写真を報告しましたが、岸壁の修復は行われていない状態でした。



図2 沿岸域の作業に用いた金沢大学環日本海域環境研究センターの調査船「あおさぎ」



図3 ユニック車を使ってOBEMを船に搭載しました
「あおさぎ」には固定式ですが船尾に張り出したフレームがあり、投入・回収作業に役立ちました。

今回は調査船という事もあり、ウィンチやキャブスタンが甲板上に装備され、固定式ではあるものの船尾にフレームもあるので、余裕を持って作業を行う事ができました。ただ、船にクレーンが無いため重量物であるOBEMの搭載が困難でした。これまでと同様、錘は木型に土嚢袋を利用したもので、空中重量が非常に重くなりました。そこで、横須賀から輸送したOBEMや機材を、「つくモール」の駐車場で金沢でレンタルしたユニック車とワンボックス車に移し、ユニック車で船に搭載して行きました。このユニック車のレンタルの予約がなかなか取れず、横須賀からの自走を覚悟しましたが、手当たり次第に電話を掛けて何とか確保しました。一度にOBEMを搭載出来れば良いのですが、甲板にはウィンチなどの設備もありスペースがないため、1~2台ずつ搭載して入出港を繰り返して作業を実施しました(図4)。私は陸上支援という名目で現地入りしているので、陸で次に投入するOBEMへの錘の取付や片付け作業などをしながら船の帰りを待つ形となりました。

やや涼しい風が吹き始めた9月下旬に回収作業を実施しましたが、現地入り直前に台風14号から変わった低気圧による豪雨で洪水が発生し、作業実施が危ぶまれました。幸いなことに、金沢大学環日本海域環境研究センター周辺は支障が無いことが確認され、宿泊予定の宿も無事という事で予定通り現地入りできました。やや内陸にある宿までの道は、流木が橋に引っかかっていたり河岸や田んぼにも散見され、大きな被害を受けていました。投入した5台、全てを無事回収できたのは嬉しかったのですが(図5)、宿への往復の度に洪水の惨状を目の当たりにするのは心穏やかではいられませんでした。



図4 OBEMの投入の様子



図5 OBEMの回収の様子

4. 終わりに

年明けの白鳳丸による残り5台のOBEMの回収が残っていますが、全ての回収が終わると2022年からの観測点と合わせて、これまでにない17点での海域電磁場観測データセットが得られることとなります。陸域観測のデータと合わせて地下の流体分布をより広い領域で明らかにするとともに、地震発生メカニズムの解明に少しでも寄与していきたいと考えています。

被災地の復興・復旧はまだまだ道半ばです。これ以上の災害が能登半島で起こらないことを祈るとともに、私個人としてもできる限りのことをしていければと強く思います。

最後に、一連の観測を支えてくださった、石川県漁協の各支所の方々、金沢大学平松教授、金沢大学環日本海域環境研究センターの皆さまに厚くお礼申し上げます。

大地の息吹『地熱』を調べる

九州大学大学院工学研究院地球資源システム
工学部門 地球熱システム学研究室

西島 潤

1. はじめに

地球熱システム学研究室では、地下深部の高温の火山熱エネルギーから地下浅部の常温の地中熱エネルギーまで様々な形態の「地熱エネルギー」を研究対象にしています。地熱資源を「熱源」・「流体」・「地下構造」からなる一つのシステム(地球熱システム)と捉え、環境に適応した持続可能な地熱エネルギーの開発利用を目指して、基礎から応用まで幅広い研究・教育を行っています。これらの成果は、地熱エネルギーの利用促進、環境問題の解決に寄与するだけでなく、大分県九重火山の火山活動の監視や九州内の活断層調査などの防災分野にも活かされています。

当研究室は令和6年9月現在4名の教員(藤光康宏教授、西島 潤准教授、北村圭吾准教授、松本光央助教)と25名の学生(博士5名、修士14名、学部生6名)で構成されています(図1)。学生25名のうち外国人留学生は6名で、出身国はフィリピン1名、インドネシア1名、ジブチ2名、ウガンダ2名となっています。近年、政府が東アフリカの地熱開発支援に力を入れていることから、留学生の出身国もアジアから東アフリカへと変化してきています。



図1 研究室メンバーの集合写真(2024年4月撮影)

野外観測、数値シミュレーション及び岩石物性測定などの3つのグループから構成されますが、大学院進学予定の学生は可能な限り学部で野外観測、大学院進学後にシミュレーションに取り組むようにして両方に精通した人材を育成することを心がけています。

2. 研究紹介

2.1 ケニア大地溝帯内の地熱・火山地域地下構造の解明と地熱資源量評価

当研究室では2020年度より地球規模課題対応国際科

学技術協カプログラム(SATREPS)「東アフリカ大地溝帯に発達する地熱系の最適開発のための包括的ソリューション」が進行しています。本プロジェクトではオルカリア・メネンガイの地熱地域(ケニア)における物理探査(微小地震、微動探査、重力、MT)の高精度化及び貯留層シミュレーション、スケール付着のメカニズム解明と対策、社会受容性調査、カウンターパート(ジヨモケニヤッタ農工大、ナイロビ大学、ケニア発電公社、地熱開発公社)の人材育成といった地熱開発に関わる諸問題を包括的に解決することを試みています。当研究室では主に物理探査、貯留層シミュレーション及び人材育成に取り組んでいます。コロナウィルスの影響で現地調査は出遅れましたが、すでに来日していたケニアからの留学生の人材育成は順調に進み、2024年9月時点で5名の博士号、3名の修士号を取得しています。現地調査は2023年度の終盤から4つのカウンターパートが協力して急ピッチで進んでおり、今後両地域の詳細な概念モデルの作成とそれに基づいた貯留層シミュレーションが実施される予定です。

2.2 九重火山深部熱水系解明に関する研究

大分県九重火山では、当研究室が設立された1974年以降浅部・深部熱水系と火山活動の関係を解明するため様々な研究が行われてきました。また、1995年の水蒸気爆発後の火山活動モニタリングでは、放熱量、噴気温度、微小地震、重力変化などの項目で多くの観測が行われました。さらに、2018~2020年度には「超臨界地熱発電技術研究開発/東日本・九州地域における超臨界地熱資源有望地域の調査と抽熱可能量の推定」、2021~2023年度には「超臨界地熱資源量評価(九重地域)」が新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)のプロジェクトとして実施され、当研究室は中心的な役割を果たしてきました。以上の研究を通じて、大岳・八丁原地域を含めた九重火山に形成された浅部・深部の熱水系の理解が進んできています。特に九重火山下約4kmのマグマだまりの位置や形状、マグマだまり辺縁部に発達する深部貯留層と大岳・八丁原地熱貯留層との関係などは新しく得られた知見(図2)で、期待される深部超臨界地熱貯留層開発の可能性だけでなく、今後の大岳・八丁原地熱貯留層の開発にも大きく役立つことが期待されています。

2.3 広域熱水系の解明に関する研究

国内の地熱地域は温泉地域と近接しており、温泉との共生を考慮した地熱開発を行うためには、個々の温泉の地下構造や湧出機構を明らかにし、深部地熱貯留層との関係を解明する必要があります。本研究では大分県九重火山、別府温泉及び鹿児島県霧島火山などの地熱地域や温泉地域において地下構造調査を行い、過去の様々な調査データと合わせて広域熱水系の定量的なモデリングを目指して

地盤探査研究会イベント報告

土木研究所 尾西 恭亮

(1) 地盤探査研究会 (テーマ：積算)

第41回となる地盤探査研究会を5月29日に開催しましたので報告いたします。地盤探査研究会ではテーマ別の研究会を不定期で開催しております。また、研究会を核とする緩やかなつながりを通じて、浅部地盤探査に関する広報、執筆、説明会などにお役に立てる体制を維持しておりますので、お声がけをいただければと存じます。

さて、場所は上田先生に手配を頂き、早稲田大学にて、定常化したオンライン参加も受け入れての実施となりました。会場19名、オンライン55名の計74名の方に参加頂きました。

この度、多くの参加者を得ましたテーマは「積算」でした。技術や調査対象ではないテーマ設定は異色ではありますが、物探技術者のためになることは前例にとらわれずに扱って行く方針です。技術の成熟により研究会の役割は変わってきた様に思います。研究会で扱ってほしいテーマがありましたら、ぜひともご要望をお寄せください。

前座として、私が土木分野への利用動向調査の情報紹介をいたしました。詳細は、物理探査学会75周年の特集号をご覧ください。この10年では、土木分野の探査件数は増加していること、しかし、従来からの探査手法は、横ばいかやや減少傾向であることが骨子でした。適正対価を得て品質の高い調査をしていくことが大事と述べまして、全地連の相澤さんにマイクをお渡ししました。

さて、全国地質調査業協会連合会(全地連)発行の全国標準積算資料、通称赤本は昨年度大改訂が行われました。物理探査では、屈折法や反射法、電気探査、地中レーダ探査、表面波探査では、補正係数の見直しが行われております。さらに、微動探査が追加されました。また、弾性波探査などでは1km以上は補正係数なしと改められました。青本(設計業務等標準積算基準書)に合わせた格好となります。探査の実勢に合わせることで、この度の改訂のねらいとのことでした。

相澤さんからは、改訂内容について、ひとつひとつ丁寧な説明がありました。それでも、説明資料を見直さないと、完全な理解は難しい内容でした。特に、普段あまり積算を使うことのない人間には細部までの理解は難しい内容であったかと思います。しかし、重要なことは赤本を丸暗記することではなく、これを機会に、赤本を開いて、業務内容と単価を照らし合わせ、対価の意識を醸成することが大事との

ことで、特に会場の方に対してとなりますが、赤本を手にとって開く行動を促されておりました。会場は次第に熱気を帯びて来ましたが、「ぜひ皆さん『My赤本』を!」との呼びかけに、冷静さを取り戻しました(写真1)。

特にお話の中で重要と感じたことは、市場調査アンケートの実施と対応についてです。弾性波探査の歩掛実態調査票のアンケートが本年度実施されるとのことです。業務実績のある主任技師に調査が行くとのこと、相澤さんからのお願いは「かっこつけない」。3.5日かかるところを、「おれは」2.5日でできると回答してしまうと、2年後に単価が下がってしまうとの警鐘でした。実績に応じてきちんと書くことが大事であり、調べて回答するのが面倒なのでこれまで通りの数量で回答してしまうことも不相当とのことでした。注意点の一例として、実際の調査の人工(にんく)は割り切れる人数になるはず(おかしな平均処理をしない)。実際に使用する車両を記す(ハイエース!)。適性化のチャンスは10~15年に1回しかないとのこと、重要な注意喚起であると思います。受注単価の適正化は実勢に合わせることで大事で、ウェブで説明会もあるそうです。

多数の質疑応答もありました。6編の3章共通仮設について、海洋調査協会に参考資料があるが赤本ではしっかりしていないとの指摘に対し、外洋での地質調査はこれまでの国土交通省の範疇外ということもあって、会員企業内でも情報が乏しく現状では限界があるとの回答が示されました。赤本の整備方針としては、デジタル化の検討や陸上で地盤調査の改訂に重点をおく方針を示されました。

価格表を廃止した理由については、独占禁止法に抵触する恐れがあり業界団体が提示してはいけない事項であるとのことでした。積算の簡素化を進め、パーセントの表示などで積算の簡素化を図っているとの回答がありました。



写真1：積算の説明をする相澤氏。「My赤本!」

た。地盤調査用装置の機器損料は全体の費用に比べて安く、単価を持ち合わせていない役所が多いため、簡素化によっても実勢に合った計算が可能であるとの考えを示されました。

最後に、青本は積算項目が限られており、青本に記述の無い積算項目を掲載しているのが赤本であり、赤本は2.5年で小改訂、5年で大改訂の編集体制で、新規項目にも柔軟に対応できているという赤本の「ウリ」を最後に示されて、終会となりました。

(2) JRTTとのDXに関する 意見交換会

8月23日に全地連において、JRTT（鉄道建設・運輸施設整備支援機構；鉄道・運輸機構）とのDXに関する意見交換会が開催されました。少人数での開催となりましたが、広く会員に周知することが望ましい内容のため、概要を報告いたします。JRTTと物理探査学会は、トンネル弾性波探査のマニュアルや、近年ではPS検層マニュアルの作成の機会を頂戴する等、密接な技術協力の関係を築いてきております。この度は、JRTTの地質調査に関する課題に対し、地盤探査研究会が対応した形で意見交換の場が設けられました。

はじめに、JRTT側より、JRTTの紹介とDXへの取り組み、そして、JRTTが地質調査に求めるものについてお話がありました。続いて、相澤氏（全地連）から、意見交換会開催の経緯と趣旨および、地盤のDXに関係する現在の物理探査の全般的な説明がありました（写真2）。

その後、内藤氏（大和探査）、小西氏（応用地質）、村田氏（サンコー）、鈴木氏（川崎地質）、吉川氏（基礎地盤）から、個別技術の説明がありました。紹介技術は、3D電気探査、TEM、3Dレーダ、微動アレイ、DAS、ミュオン、InSARです。最後に、林教授（京大）より、データベース化とその活用方法についての展望がありました。

各要素技術に対して、JRTTの4名の方から積極的な質問がありました。明白な適合ニーズが見当たらなくても、純粹に探査技術の能力を精査する観点からの質問が多く、鉄道分野は技術の掘り起こしに積極的という印象を受けました。理論背景に加えて、精度、解像度、データ単価など、細かい質疑応答が続きました。

最後に、JRTT側より、「物理探査はこんなに進んでいたとは」とのコメントを頂戴しました。「チャレンジして行ければ、今後の工事にも有効活用できるのではないか」との、前向きなご意見を頂戴し、閉会となりました。会員の皆様が開発を進め、実用性を高めてきた地盤調査技術を広く活かす努力を、学会の枠組みを活用して促進させることは、学会のあり方のひとつであると思います。ご要望がありましたら、どうぞお寄せください。



写真2：意見交換会の様子

EVENT

EMIW2024参加報告

海洋研究開発機構 大田 優介

1. 概要

EMIW2024 (Electromagnetic Induction in the Earth Workshop 2024) は、2024年9月7日から13日にかけて大分県別府市の別府国際コンベンションセンター（ビーコンプラザ）で開催され、IAGA (International Association of Geomagnetism and Aeronomy) の主催により、国内外の研究者や技術者が集い、地球電磁気学における最新の研究成果やその応用方法についての議論と学術交流が活発に行われました。

EMIWは地球内部構造の解明と地球電磁気学技術の発展を目指す国際会議として1972年から2年ごとに開催されており、地球電磁気学分野における最新の研究や革新的なアイデア、実用的な応用を広め、共有するための重要な場として発展してきました。開催地は立候補をして選ばれますが、EMIW2024は東京大学地震研究所の馬場さん、小山さんを軸に比較的若い研究者がLOC (Local Organizing Committee) の中心となり、企画や資金集めなどの活動をして開催にこぎ着けたものです。本来は2年前に開催の予定でしたが、コロナ禍で前の開催地であったトルコの開催が遅れたため、別府での開催も2年遅れとなり、会場の手配などLOCの皆さんは多くの苦勞をされたようです。EMIW2024では、特に環境保護、エネルギー探査、地域安全管理などの現代社会の課題に対するアプローチが議論され、学術的知見の交換と技術応用の可能性が共有されました。

2. シンポジウムとプログラム内容

今回のEMIW2024では、観測機器の進展、データプロセッシング、電磁理論、モデリング、探査手法、GIC (地磁気誘導電流) モニタリング、海洋や空中のEM (電磁誘導) 技術、岩石の電気物性、広域・惑星とソースフィールドに関する研究など、多様な発表・議論が行われました。特にディスカッションセッションでは、セッションテーマごとに重要な成果が議論され、新たな学術領域の開拓に向けたアイデアが共有されました。たとえば、AI技術を地球電磁気学分野に応用するための具体的な方法や是非、さらに学習データ収集の一貫性を図るためのデータベース共有の必要性についても議論が深まりました。技術と知識の共有は、今後の地球電磁気学分野の発展における基盤を築くための重要な位置づけであり、各分野の専門家が熱心に討論する場面が多く見られました。

個人的なモチベーションとして、私にとっては海底物理探査の最新成果に触れることが大きな目的でした。特にポスターセッションでは、Marine MT法、CSEM (Controlled Source Electro-magnetic) 法、SP (自己電位法)、IP (誘導分極法) など、さまざまな電磁気学的手法の最前線で活躍する研究者の方々と意見交換を行い、最新の成果と課題について充実した議論を重ねることができました。これにより、最新技術の知見を深め、今後の研究に向けた新たな方向性を得ることができた点は

非常に有意義でした。

3. エクスカーションと体験学習

EMIW2024のエクスカーションでは、別府市の地熱資源と地質学的特徴に関するフィールドワークが行われ、参加者は温泉地やジオサイトを訪問しました。地熱資源の豊富な地域での実地観察により、地球物理学の理論と現実の地質現象がどのように結びつくかについての理解が深められました。このエクスカーションは、参加者にとって単なる観光を超えた学術的体験となり、別府の地熱環境と最新の電磁探査技術がどのように結びついているかを具体的に把握する貴重な機会を提供しました。また、他の参加者と交流を深めることで、異分野の視点から学び合う場としても有意義なものとなりました。

4. 参加者と協賛

今回のEMIW2024には、国内外の大学、研究機関、産業界から多くの専門家が集まり、最新技術の共有と実用的な技術発展に向けた交流が行われました。物理探査学会をはじめとした国内外の様々な学会・大学による後援に加え、日本政府観光局、セコム科学技術振興財団、京都大学教育研究振興財団、東京倶楽部、東京地学協会、独立行政法人 エネルギー・金属鉱物資源機構、INPEX、Metronix Messgeraete und Elektronik GmbHなど、協賛いただいた企業・団体からの多大なるご支援の下で、円滑な運営と充実したプログラムが実現しました。

5. おわりに

EMIW2024は、地球電磁気学における学術交流と技術革新の推進を目的として成功裏に終了しました。特に、別府市の豊富な地熱資源を活用したエクスカーションは、参加者が現地での実地観察を通じて知見を深める絶好の機会となりました。また、ディスカッションセッションを通じて新たなアイデアや技術の方向性が共有され、今後の研究の基盤がさらに強化されることが期待されます。協賛いただいた各企業や関係機関に深く感謝申し上げますとともに、今後もEMIWが地球科学分野の発展と技術革新をリードする場として成長していくことを願っています。



会場写真

公益財団法人深田地質研究所 鈴木 敬一

筆者の卒業した高校では毎年、同窓会の総会が開かれています。いわゆる同期の卒業生が集まる同窓会ではなく、全ての世代の卒業生が対象で行われます。筆者の親世代から、自分たちの子供の世代まで幅広い卒業生が集まります。毎年、ホテルの宴会場を借りて、卒業生による講演が行われます。当時は物理探査学会の会長をやらせていただいていたこともあり、講演の依頼が来ました。一般の、地質や物理探査のことを全く知らない方の前で話しをすることは、我々の業界や学会活動のことを知っていただく良い機会になると考えました。

講演の内容は、幻冬舎ルネッサンス新書から発刊した「見えない地下を診る～驚異の物理探査」の内容をできるだけ数式などを使わないようにして説明しました。ただ、主催者からは「物理探査という言葉はどうも…」と言われました。能登半島地震の記憶も新しかったため、地震に関連した副題にできないか、という要望がありました。そのため本書の章タイトルのひとつである「地震の巣を探る」を拝借して「見えない地下を診る～地震の巣を探る」としました。このタイトルのおかげもあって、例年50名程度の参加者が、今回は70名を少し超える人数となり、主催者からも喜ばれました。

最初にいきなり物理探査といってもとっつきにくいと思い、医療の診断技術とのかかわりを説明しました。以前、物理探査ニュースに書かせていただいた眼底検査と路面下空洞探査の比較の話を導入としました。

耳の不自由な方がいらしたので、手話通訳の方が付かれています。私の話を手話で通訳してもらうのは初めてのことでした。講演終了後、耳の不自由な方に私の話が理解できたかどうか尋ねてみました。するとほとんどの内容が

理解出ていることに驚愕しました。手話通訳の方にも訊いてみたところ、「宮城県出身で東日本大震災のときのことを思い出して、一所懸命通訳しました」とのことで私も大変感銘を受けました。

専門家でない方の前で、物理探査の話をするのは、当たり前のことではありますが、大変難しいです。我々が普段当たり前前とと思っていることも一般の方には必ずしも当たり前とは言えません。雑誌の解説記事などの別刷りも配布しましたが、そこには多少の数式も掲載されていました。これらの数式は中学生くらいでもわかるかと思うのですが、それは一般の方にはなじみのないことです。わかりにくいところは、たとえ話をするとわかってもらえますが、これが外れるととても怖いです。それでも講演終了後「単純に面白かった」「地下のことをもっと知りたいと思った」といった感想がありました。

地震や豪雨災害はもちろんのこと、今後は火山の噴火なども懸念されます。これらの予想は決して絵空事ではなく、歴史的に繰り返されてきたことで、それは歴史には古文書などに記載されているのですが、歴史には刻まれていない地震や火山の履歴は地下に刻まれていることも強調しました。

社会が複雑になり、想定外の災害も頻発するようになりました。私の話が少しでもそういったことへの心構えの助けになればよいかと思いました。

【参考文献】

- 鈴木敬一(2019)：眼底検査と路面下空洞探査、物理探査ニュース、No.42、pp.1～2。
物理探査学会(2022)：見えない地下を診る～驚異の物理探査、幻冬舎ルネッサンス新書



写真：左)講演する筆者、右)講演会場の様子



お知らせ

第151回(2024年度秋季)学術講演会のお知らせ

第151回学術講演会を下記により開催します。現地開催のみ(オンライン配信無し)で準備を進めております。また、従来通りに適用分野ごとのセッション分けでプログラム編成を行います。新たな試みとして、講演論文集を冊子版から電子版(PDFファイルのダウンロード)へと移行いたします。

会期：2024年12月4日(水)～12月6日(金)

会場：宮崎市民プラザ

詳しくは物理探査学会HPをご覧ください。

講演会プログラム

<https://segi.or.jp/event/lecture/2024/10/151-program.html>

第151回(2024年度秋季)学術講演会特別講演のお知らせ

特別講演

座長：山根 照真 副会長(株式会社物理計測コンサルタント)

(1)宮崎県立西都原考古博物館における地中レーダー探査の取り組み

東 憲章 氏(宮崎県立西都原考古博物館 副館長)

(2)宮崎の強み:本格焼酎の魅力

～製造からおいしい飲み方そして機能性・アルコール体質まで～

水光 正仁 氏(宮崎大学名誉教授/一般社団法人 食の安全分析センター 代表理事)

日時：12月5日(木) 15:00～17:00

参加費：無料

会場：宮崎市民プラザ 4階ギャラリー1

(宮崎市橋通西1丁目1番2号 電話:0985-24-1008)

定員：先着50名程度

参加方法：直接会場にお越しください。

https://segi.or.jp/event/lecture/2024/10/151_tokubetsu.html

SEG 2024 DISC開催のお知らせ

Society of Exploration Geophysicists (SEG)の教育プログラムDistinguished Instructor Short Course (DISC)がオンラインで開催されます。

テーマ：Storage of Carbon Dioxide in Saline Aquifers - Building confidence by forecasting and monitoring

講師：Phil Ringrose (Equinor & NTNU)

日時：令和6年12月12日(木)～13日(金)

両日とも 14:00～17:00(日本時間)

場所：オンライン

参加費：SEG 会員 US\$300、SEG 非会員 US\$450、

学生 US\$100

詳しくは物理探査学会HPをご覧ください。

<https://segi.or.jp/news/2024/10/seg-2024-disc.html>

学生イベント

日時：令和7年1月

場所：兵庫県立大学

内容：比抵抗トモグラフィの実施と解析体験



現場での一枚：朝焼けの九十九湾
関連記事は P.8 からの現場レポートへ

編集後記

大学教員である私は日頃、講義や一般講演などで物理探査の普及活動をしています。そこでは「非破壊の物理探査技術は、社会のアチコチで役立っています」と言っていますが… それなら、そもそも普及活動は不要では? 物理探査がもっともっと、社会に認知され、役立っていくため、物理探査ニュースの役割は大事です。担当者のひとりとして頑張ります。ところで私は、この春までは会員・広報委員を担当しておりました。そこでも普及活動は重要課題でして、今年度から当学会初の試みがはじまります。大学生・大学院生が野外調査などに参加できる「学生イベント」です。まずは学生達自らの企画・運営で、姫路市郊外にて地下探査(電気探査)を行って、データ解析を体験する予定です(詳細は後日発表)。読者の皆様には、このニュース誌や諸イベントを通じまして、物理探査の技術や情報をお楽しみいただけましたら幸いです。

(ニュース委員会担当理事 後藤 忠徳)

物理探査ニュース 第64号 2024年(令和6年)秋号

編集・発行 公益社団法人物理探査学会

〒101-0031 東京都千代田区東神田1-5-6 東神田MK第5ビル2F

TEL : 03-6804-7500 FAX : 03-5829-8050

E-mail : office@segi.or.jp

ホームページ : <https://www.segi.or.jp/>

著作権について

本ニュースの著作権は、原則として公益社団法人物理探査学会にあります。本ニュースに掲載された記事を複製したい方は、学会事務局にお問い合わせ下さい。なお、記事の著者が転載する場合は、事前に学会事務局に通知いただければ自由にご利用いただけます。