

物理探査 ニュース



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

目次

わかりやすい物理探査 屈折法 その3:
走時曲線でデータの品質をチェックする1

新技術紹介 クラウド環境における地球物理ワーク
フローの活用4

現地レポート
海洋底を探索する — アコースティックマッピングにおける最
高分解能データ取得の試み6

脱線 物探英語 その18 居住を実施しておりました8

令和2年度オンラインセミナー開催報告10

会員の広場 フレッシュマン紹介11

お知らせ、編集後記12

Geophysical Exploration News July 2021 No.51

物理探査 手法紹介

わかりやすい物理探査

屈折法 その3: 走時曲線でデータの品質をチェックする

応用地質株式会社 齋藤 秀樹

1. はじめに

初回は授業をサボってドライブ、2回目は数式ばかりで、困惑された方がいるかもしれません。すみませんでした。前回は、屈折法の伝わり方や水平2層構造の走時曲線について学び、地下構造(この場合は、1層目と2層目の速度、そして1層目の厚さ)を走時曲線から解明できることを説明しましたが、おわかりいただけでしょうか。今回は、屈折法の解析にとって重要な走時曲線について、もう少し詳しく説明したいと思います。屈折法探査では、まず測定記録から走時曲線を作成し、これが解析の入力データとなります。ですから、走時曲線の段階でデータの品質を確認しておくことが重要です。今回はその方法を示します。これは探査を行う技術者にとってはもちろんですが、探査結果を利用する技術者や、探査を発注する方にとっても有益な情報になると思いますので、ちょっと書き方がくだいかもかもしれませんが、ぜひご一読ください。

まずは前回からの続きで、単純なモデルの走時曲線の話から始めましょう。

2. 一つの走時曲線からわかること・ わからないこと

水平2層構造の場合、起振点がどこにあっても走時曲線の形は同じです。つまり、1層目の走時曲線の傾き、2層目の走時曲線の傾きと切片、折れ点距離などは、起振点がどこにあっても変わりません。このことは、水平2層構造の場合、走時曲線が一つあれば、地下構造がわかるということを意味します。では、走時曲線が2層構造の走時曲線であるかどうかはどのようにして知ることができるのでしょうか。そうです、起振点がどこにあっても走時曲線が同じ形状なら、それは水平2層構造なのです。図1のように、測線の両端に起振点がある場合、走時曲線の形状は左右対称になります。一つの走時曲線で速度構造が決まるのですが、一つで良いかどうかは、二つの走時曲線がないとわからないのです。

では次に、地表は水平で、速度層境界が一樣傾斜している構造を考えてみましょう。このような構造の場合、測線両端からの走時曲線は、図2に示すように、なります。左端に起振点があって、右に伸びる走時曲線は、2層目の走時曲線の傾きが、第2層の速度 V_2 が示す傾き $1/V_2$ よりも小さく(つまり見かけ上の速度

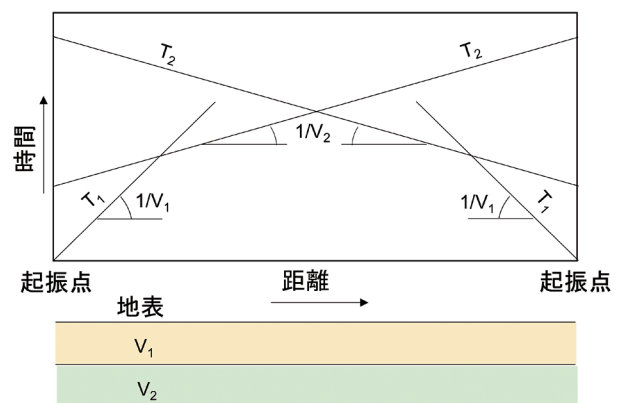


図1 水平2層構造の走時曲線 ($V_2 > V_1$)

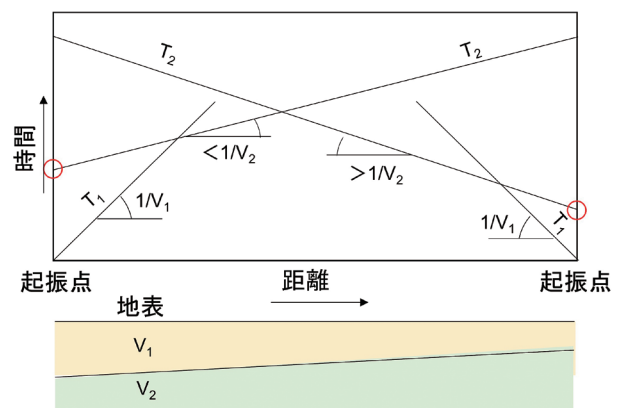


図2 一樣傾斜2層構造の走時曲線

が V_2 よりも高く)なっています。これは2層目の速度境界が右に行くほど浅くなっていくので、1層目を通過する時間が短くなっていくためです。逆に、右端に起振点があって、左に伸びる走時曲線は、2層目の走時曲線の傾きが、第2層の速度 V_2 が示す傾き $1/V_2$ よりも大きく(つまり見かけ上の速度が V_2 よりも低く)なっています。これは2層目の速度境界が左に行くほど深くなっていくので、1層目を通過する時間が長くなっていくためです。

1層目の厚さは、測線の左端で大きく、右端で小さくなっていますから、2層目の走時曲線の切片は、左端の起振点で大きく、右端の起振点で小さくなります。

以上のことからわかることは、屈折法によって地下構造を解明するには、測線の両端を含む複数の起振点によるデータが必要だということです。例えば、**図2**の片側の起振点の走時曲線のみで、水平2層構造だと判断してしまったり、正しい速度構造にはたどり着かないですよね。

3. 走時曲線の特徴

では、測線の中央にも起振点をもう一つ追加してみましょう。中央の起振点の走時曲線は、**図3**のようになります。ここからは、この走時曲線をよく見て、走時曲線の特徴を調べていきます。

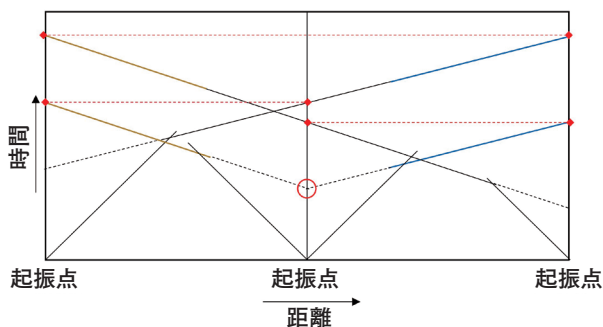


図3 走時曲線の特徴説明図

まず、中央の起振点からの2層目の走時曲線の傾きが左右で異なることがわかります。これは前に説明したように、層境界が傾斜しているため、右に向かう場合と左に向かう場合で見かけ速度が異なるためです。しかし、左端の起振点の走時曲線と中央の起振点から右側に伸びる走時曲線は、同じ傾きを示していることがわかります(青実線部)。同様に、右端の起振点の走時曲線と中央の起振点の左側に伸びる走時曲線は、同じ傾きを示しています(橙実線部)。このことは非常に重要な特徴です。異なる起振点から同じ方向に伸びる走時曲線のうち、同じ層からの屈折波による部分は平行になるという特徴です。この特徴は「走時曲線の平行性」と呼ばれます。付け加えますと、平行でない部分、つまり異なった層からの走時曲線が現れている部分では、起振点からの距離が離れるほど走時の差が小さくなっていくことも特徴です。これも含めて「走時曲線の平行性」と覚えておいてください。

次に、中央の起振点からの2層目の走時曲線の切片を確認してみましょう。2層目の走時曲線を起振点まで延長した時の時間軸の切片は、原点走時(またはインターセプトタイム)と呼ばれます。右側に伸びる走時曲線も左側に伸びる走時曲線も、原点走時は同じになっています(赤丸)。原点走時は、起振点直下の第1層の層厚に比例する値になりますので、起振点直下で横方向に急激な速度構造変化がない限り一致するものです。これも重要

な特徴の一つで、「原点走時の一致」と覚えておいてください。

最後に、もう一度、左端と右端の起振点の走時曲線を見てください。左右の走時曲線の形状は異なりますが、左端から右端までの走時と、右端から左端までの走時は同じ値を示していることがわかります(赤破線)。同様に、左端と中央の起振点、中央と右端の起振点の組合せでも、両方向の走時が一致しています。2点間の走時は、どちらが起振点でも受振点でも変わらないということです。相反定理として説明できますが、屈折法の場合は、「往復走時の一致」と呼ばれる特徴です。すべての起振点間の組合せで、往復走時は一致するはずで、これもとても重要な特徴ですので覚えておいてください。

以上、走時曲線の3つの特徴を説明しました。

- ・ 往復走時の一致
- ・ 走時曲線の平行性
- ・ 原点走時の一致

の3つです。ここでは、単純な2層構造モデルで説明しましたが、これらの特徴は、多層構造でも、複雑な構造でも成り立ちますので、逆に言えば、実際の現場記録から作成した走時曲線も、これらの特徴を満たしているはずだということです。

4. 実データの走時曲線

実際の測定から走時曲線を作る手順を考えます。

屈折法の測定では、地表の直線状の測線に、一定間隔に受振器(地震計)を並べます。これらが受振点ということになります。通常は、24点程度の受振点を受振器を並べて、1回の起振を同時に観測します。起振点では、爆薬の発破や重錘落下などの振源によって、弾性波を起振します。これによって得られるのは、各受振点における振動の時刻歴波形です。**図4**に示すような波形記録が取得されます。この例では、長さ115mの測線に5m間隔で受振点を配置(受振器を設置)して、左端(距離0m)から2.5mの地点で起振した時の波形記録を示しています。

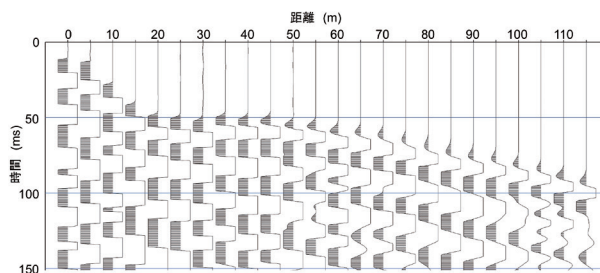


図4 屈折法探査の測定記録例

ここから初動走時を読み取ります。初動というのは、弾性波が地震計に到達して、振動として検出される瞬間ということです。波形記録の揺れ始める時間ということです。この記録例では振幅の片側を黒く塗りつぶしていますが、その始まりの点が初動です。初動の前にノイズが混入すると、初動を正確に読み取ることが難しい場合もありますが、**図4**に示した記録は、ノイズのほとんどない比較的良好な部類の記録だと思ってください。各受振点の初動走時を読み取ったら、走時曲線を作成していきます。横軸に距離を取り、各受振点の距離に、読み取った走時を縦軸にプロットします。1つの起振点からの走時は、起振点で時間ゼロの点から、順次直線で連結し、1本の折れ線グラフにします。これが、この起振点からの走時曲線となります。**図5**には、100mの測線の両端と中間の2点の起振点の走時曲線を示します。実際に

フィールドで測定したデータから作成した走時曲線です。

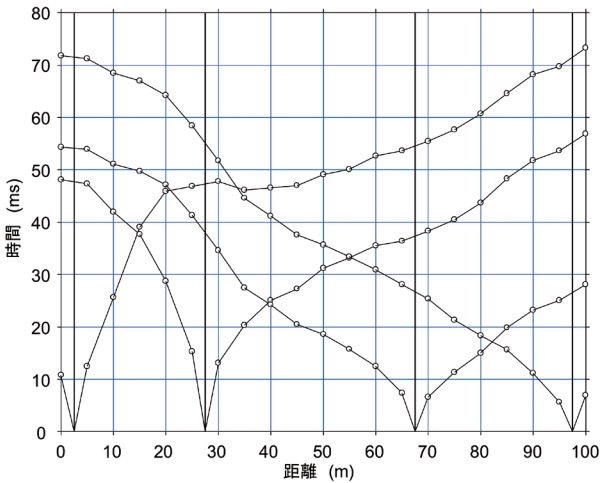


図5 屈折法探査の走時曲線の例

単純なモデルで示した理論走時曲線(直線)とは異なり、凹凸があって、簡単に速度を決められそうもないと思いませんか。地形も水平ではなく、起伏があるので、このように複雑な走時曲線となります。実際の解析方法については次回に説明するとして、ここで重要なのは、走時曲線が、前に述べた3つの特徴を有しているかということです。初動の読み間違いやプロットミスなどがあると、これらの特徴を満たさないで、修正が必要になります。走時曲線を修正するなどと言うと、なにかデータを改ざんしているのかと疑われてしまいますが、走時曲線の解析は、これら3つの特徴を有していることを前提に行われますので、走時曲線の段階で修正しておかないと解析プロセスが破綻しますし、ごまかして解析しても大きな誤差の要因となりかねないのです。そもそも、これらの特徴を有していない走時曲線には、どこかに間違いがあるのですから、それを放置してはいけません。では、さっそくチェックしていきましょう。

まず「往復走時の一致」はどうでしょうか。図6中に赤破線で示したように、2つの起振点のすべての組合せについて、往復走時がほぼ一致していることがわかります。ほぼ一致と書きましたが、往復走時の相違の許容値は、せいぜい往復走時の2~3%程度です。

次に「走時曲線の平行性」と「原点走時の一致」について、図7でチェックします。まず、距離67.5mの起振点と97.5mの起振点の左側に伸びる走時曲線に着目してください。オレンジ色の上下矢印はすべて同じ長さにしてあります。2つの走時曲線の時間差がほぼ一定で、つまり平行であることがわかります。ただし、67.5mの起振点に近づくと、走時曲線の間隔が広がっていきます。この平行でない部分の矢印の線分は破線で示してあります(長さは同じです)。この矢印を起振点まで持ってきて、97.5mの起振点の走時曲線に上矢印を合わせた時、下矢印が示す時間が原点走時となります。同様に、27.5mと67.5mの起振点から右側に伸びる走時曲線に着目すると、青の上下矢印で示すように、平行性が認められ、原点走時を求めることができます。67.5mの起振点では、左に伸びる走時曲線と右に伸びる走時曲線の原点走時が、ほぼ一致していることもわかりました(図中の赤実線)。

走時曲線のチェック方法はわかりただけでしようか。とても簡単なチェックです。これらの特徴が満足されていない走時曲線はどこかに間違いがあります。間違ったデータを入力しては、間違った解析結果しか出てきません。解析については次回

に述べますが、最近では、コンピュータによる解析が主流で、どんなデータでも入力すれば、何かしらの答えが出てきてしまいます。ですから、解析結果の速度断面図を見ただけでは、解析が正しく行われているかどうか判断できません。ぜひ、走時曲線を見て、上記のようなチェックをしてください。そして、3つの特徴としてあげたチェックポイントをクリアしていない走時曲線であつたら…、それは突き返して、再解析を命じてください。物探屋にとっては基本中の基本であつて、ちゃんとできているはずですが、そうでなければ、それは粗悪品ですので、決して受け取ってしまわないようにお願いします。最後はちょっと過激な書き方をしましたが、粗悪品を駆逐しないと、屈折法探査自体の信頼を失ってしまいますので、ご協力のほどお願いします。

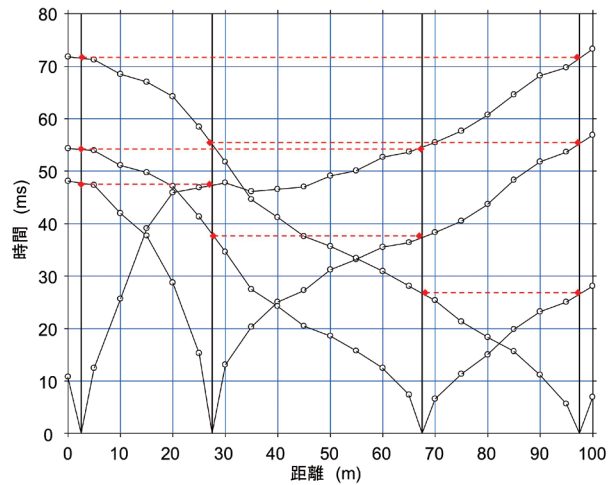


図6 往復走時の一致の確認

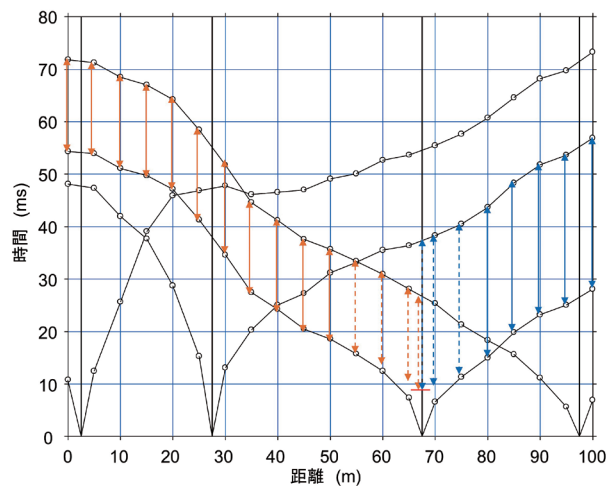


図7 走時曲線の平行性と原点走時の一致の確認

1. はじめに

近年ではクラウドベースのハイパフォーマンス・コンピューティング(HPC)インフラの出現、モバイル機器や人工知能(AI)の普及により、地球物理を行う上でもその作業手法を再考し、ローカルのコンピュータやワークステーションで行われていた従来のワークフローを強化するために、強力なデジタル機能を活用することが重要になりました。

この新しいデジタル革命に対応するために、弊社ではE&Pライフサイクルをクラウド上で統合するコグニティブE&P環境「DELFI」のサービスを開始しました。

この記事では、クラウドベース環境であるDELFIを通じて、クラウドのエコシステムがどのように地球物理関連の仕事に貢献できるか、概率的にいくつかの例をご紹介します。

2. パフォーマンスの向上

地球物理において、DELFI環境を利用する1つの利点は、最新のデータ処理技術をクラウド環境に統合することで、データの処理、加工、可視化の大幅な高速化を実現できることです。

反射法地震探査のデータファイルを例に挙げますと、取得されるデータファイルのサイズは、大規模サーベイの増加もあり、近年増大する傾向にあります。また、新規のアルゴリズムなども開発され、データを最大限活用するには強大なマシンパワーが必要とされます。そのような状況でRAMやプロセッサの能力に限られたローカルコンピュータで処理・保存・表示を行うのは、技術的に大きな負担となります。

DELFIエコシステムで最適化されたクラウドストレージを使用すれば、地震探査データのストリーミング表示と保存をより効率的に行うことができます。例えば、491 Gbyteの3D地震データに対して、DELFIデータエコシステムからの地震データ読み込みで10倍のパフォーマンス向上を実現します。

3. 地球物理の働き方改革

速度解析や地震探査データのインバージョンなど、高度な地球物理学的計算を行う地球物理学者にとって、ハードウェアの準備やアクセスは大きな課題です。先に述べたデータ量の増加に加え、特に2020年からのCOVID-19の世界的なパンデミックによりリモートワークが新たなスタンダードとなったことで、多くの人が通勤してオフィスの

強力なワークステーションにアクセスできないために、日々の仕事に支障をきたしていました。

DELFIが提供するクラウド環境での技術ソフトウェアサブスクリプションであるPetrotechnical Suiteを利用することで、物理的にワークステーションを使用しなくても、どのコンピュータやモバイルデバイスからでも自分のプロジェクトにリモートでアクセスし、仲間と協力して作業し、クラウドのHPCを活用して複雑な地球物理学的オペレーションをオンデマンドで実行できるようになりました。



図1 インターネットに接続したあらゆる機器からDELFIポータルを通じてプロジェクトにアクセス

4. 堆積盆レベルの探鉱活動における意義

マルチクライアントの地震探査データや最新の業界ニュースを用いて、今後のライセンス取得や入札の対象となる堆積盆を迅速に特定することは、限られたデータルームへのアクセスに基づいて迅速な意思決定を行う必要があるニューベンチャー部門の地球科学者にとって時間との戦いです。

DELFI環境に搭載されたGAIAプラットフォームは、いつでも、どこでも、どんなデバイスからでも、解像度やスケールを損なうことなく、該当エリアや堆積盆の範囲内で利用可能なすべてのデータにアクセスでき、有望ポテンシャル地域の発見を加速します。興味のあるエリアを特定した後、リアルタイムの2Dおよび3D地震データ、速度モデル、坑井ログを即座に読み込み、評価において重要な属性を分析し、複雑な地質をより深く理解することで、リスクと不確実性を迅速に低減します。

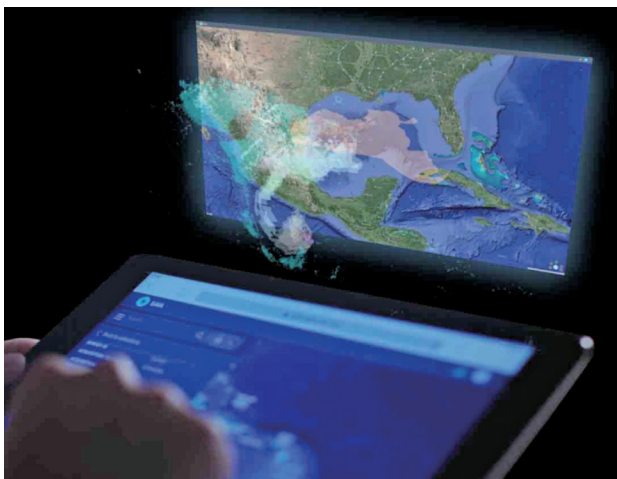


図2 GAIAプラットフォームでは、多様なソースからのコンテンツをまとめ、有望ポテンシャル地域のスクリーニングとランキングを行います。

5. AIによる地震探査データ解釈支援

地震探査データの解釈は、地下構造の理解とモデリングにおいて必須なプロセスですが、最終的な作業に数ヶ月を要する期間の長いプロセスになることがあります。

クラウドベースの新しいAIによる地震探査データ解釈支援ツールは、世界各国の公開データセットからあらかじめ訓練された機械学習モデルを用い、解釈者の経験と組み合わせることでプロセスの自動化を可能にすることで、解釈の方法を変えようとしています。

この新しい半自動的な断層抽出により、構造解釈全体で平均80%の時間短縮が可能になりました。手法の詳細については別号にてお知らせする予定です。

6. オープンなデータ環境がもたらす可能性

Open Subsurface Data Universe (OSDU)TMは石油・天然ガス業界におけるクラウド環境でのデータの標準化を目指す業界団体に、オープンなデータ環境を可能

にするプラットフォームを開発しています。弊社は業界でのデータプラットフォーム統合を加速するために、DELFI Data Ecosystemとして開発していたコードをオープンソースコードとしてOSDUに提供しました。

今後、地球物理だけではなく数多くの技術が、このようなオープンな環境で提供するベンダーに依らずシームレスに結合し、インターネットに接続されたデバイスを持つ全ての人がアクセス可能になっていきます。地震探査データでも、保存、圧縮、読み取り、書き込みといった機能が既にオープンソース化されています。

弊社のPetrelソフトウェアで地震探査データに使用するZGYフォーマットもOpenZGYとしてOSDUに提供されました。今後、Petrelだけではなく他のOSDU準拠のソフトウェアともデータのやり取りがシームレスにできるだけでなく、クラウド環境での大容量地震探査データの登録・表示・解析がより高速に行うことが可能となります。

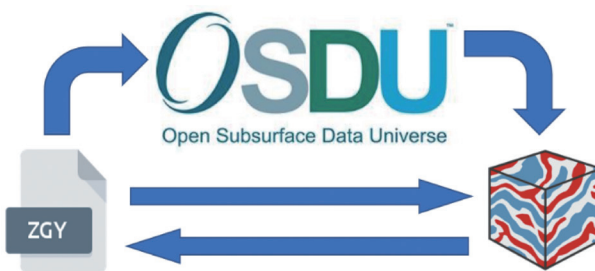


図4 Seismic conventional ZGYのソースコードおよび関連APIは、OSDUイニシアティブに無償で提供されており、近日中にGitlabの専用リポジトリで公開される予定です。

7. まとめ

COVID-19の蔓延によって急速に進んだともいえるクラウド活用技術ですが、その技術革新はCOVID-19のパンデミックが収束した後も、データの活用の増加と相乗効果を生み、益々進んでいくと考えられます。今後もそのような新技術を適宜ご紹介させていただければ幸いです。

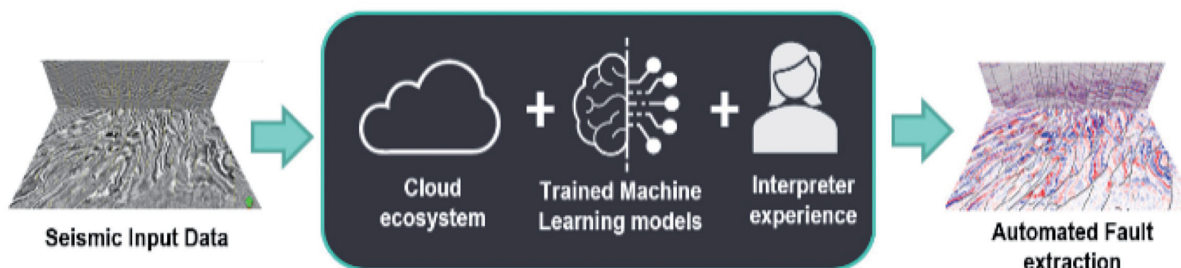


図3 エラスティックなクラウドシステムを用いた半自動化された解釈支援ツールを用いることで解釈にかかる時間を月単位から日単位に短縮します。



海洋底を探查する —アコースティックマッピングにおける 最高分解能データ取得の試み

産業技術総合研究所 浅田 美穂

厚く海水に阻まれる海底面近傍を観察するには様々な困難が付きものです。いかにしてより正確かつ高い分解能をもつ音響データを取得するか、長年にわたってアコースティックマッピングに傾倒してきた立場から、洋上の試みをご紹介します。

アコースティックマッピングは、船底に装備された音響観測機器を用いて、比較的手軽に広域に、海洋底の地形や地質を表現する物理データを収集します。高精度アコースティックマッピングは海底地形を概観するだけでなく、海域における地殻変動、火山活動、断層の分布や活動頻度と前後関係、さらには海水の流れや生物分布に関する情報など、どこに、なぜ、どのような規模の地質学的特徴が存在し、どのように変化するかなど更に踏み込んだ議論につながる情報を取得できます。海洋資源や海底付近の構造物の探査にも活用され、沿岸域から深海まで広く社会活動に資する、海底面近傍の状態に関するあらゆる事象の把握と理解に不可欠なデータを提供します。しかし海域において、揺れる船を用いて、母なる大洋底から可能な限り正確かつ分解能が高いデータを得ようとするときには、いくつかの困難があります。

【困難1】海況：いかにして船体姿勢を保持するか

船底から高い指向性をもって発振される音響信号の向きは、船体姿勢の変化にともない変化します(図1)。遠洋から押し寄せるうねりに、海面をわたる風がさざ波を起こし、船は船底に装備された音響観測機器ごと大きく揺れます。

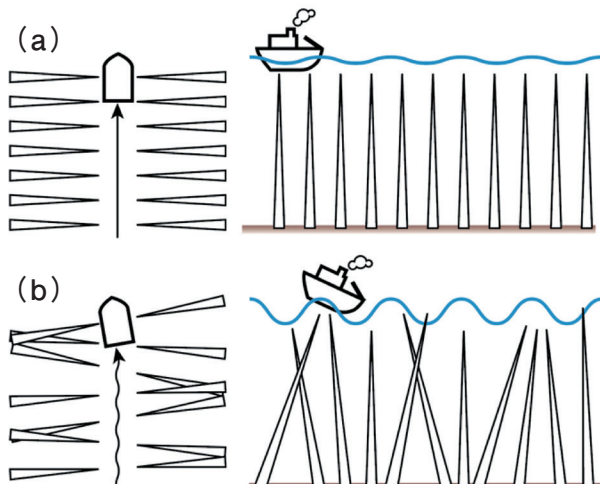


図1 安定した航行姿勢(a)と不安定な航行姿勢(b)がデータ品質に影響するイメージ

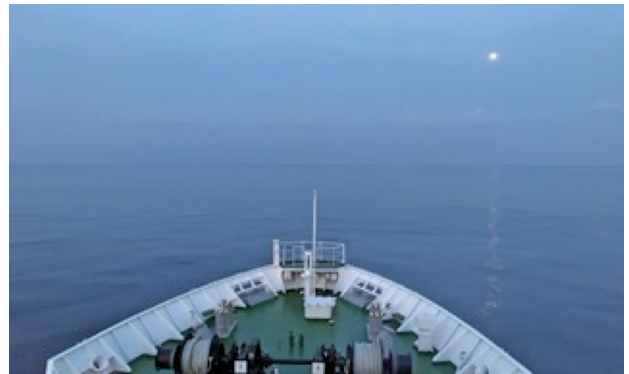


写真1 2018年熊野灘 夜間航行観測中(YK18-05)

さらに、荒れた海を進む船が海面を叩いて発生させる泡が、船底の観測機器を覆う事態となると、泡に阻まれて取得データ数そのものが減少し、データ品質が著しく低下してしまいます。より正しい位置から、正しいデータをより多く得ることが、品質の高いデータ取得につながります。理想的には、「揺れない船から」音響信号を送受信したいものです(写真1)。

音響信号を受け取る方法にはおおまかに2通りがあります：観測対象にあたって跳ね返ってきた信号を、決めた角度ごとに受け取るのか、あるいは受振器に届いた順に受け取るのか(図2)。前者は地形などを観測するマルチビーム測深器の考え方で、多くの測深機には船体動揺を補正して確からしいデータを導出する機能がありますが、処理が複雑な分取得できるデータの数に限りがあります。後者は音響的性質の差異を表現するサイドスキャンソナーの考え方で、音響シグナルを受振する順に並べるだけなので、機械的処理が少ない分、前者よりも桁違いに高密度のデータを取得しますが、動揺補正機能をもたず船体の揺れが全てノイズとなります。高密度データは条件が良ければ、観測対象の周辺に音響特性が大きく異なる物質の境界など、地形データでは表現されない微細な特徴(細粒堆積物に周辺を覆われる岩体や、水中に浮いているケーブルなど)を、

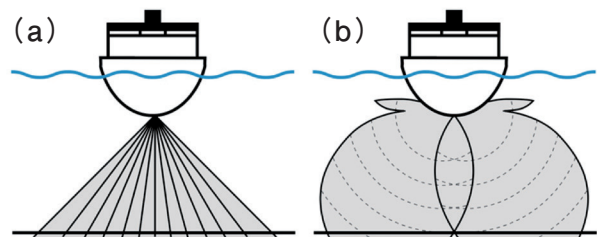


図2 音響シグナル送受信の概念図。
(a)マルチビーム測深器、(b)サイドスキャンソナー

実に高い分解能で描き出すことができます。船体姿勢の安定を最優先とするために、船速を対水一定とする航行をお願いすることがあります(海底面を観測対象とするアコースティックマッピングでは、データ取得間隔を一定とするために、通常は対地速度を一定とします)。音響信号の出力を変化させないよう、観測モードを固定し、できるだけ等深線に沿う測線を計画します。工夫をもって取得する、最高分解能をもつ音響データによって描き出される、かつて目にしたことのない海底の様子が(写真2)、新しい科学を、新しい資源を、新しい概念を開く素材を提供します。

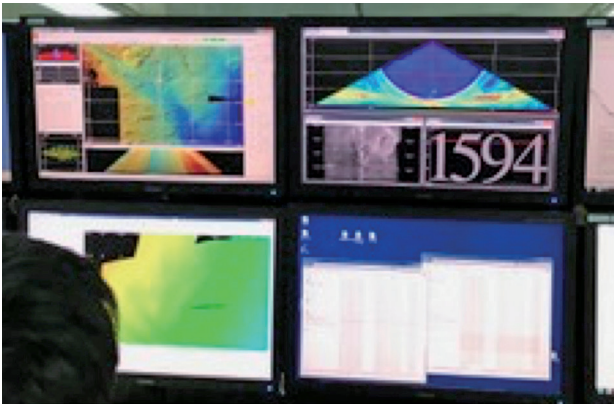


写真2 音響データ収集中(YK18-05、泥火山をあらわす地形と海水中に噴き出す水塊が映っています)

【困難2】位置精度：音響信号の性質に従い利用する

海域の観測は、位置精度との戦いでもあります。複数期間にわたって広い海域を網羅する場合にも、同じ場所で繰り返し観測をしたい場合にも、再現性の高さが重要です。再現性が高ければこそ、アコースティックマッピングで得られる時空間変化が初めて意味を持ち、地殻変動などさらなる議論へとつなげることが出来ます。

アコースティックマッピングを海上の船舶から実施する場合には、GNSS(Global Navigation Satellite System)測位によって求められる船舶の絶対位置が用いられます。絶対位置精度は時代によって変遷しますが、現在では様々な取り組みがなされており、繰り返し観測に十分に耐える位置精度があると言えます。問題は、AUV(自律型無人探査機)やROV(遠隔操作型無人探査機)など、海中に潜航してデータを取得する場合です。海中の位置決定には、現状では、音響測位技術が使われています。音響測位は、海面上にある船舶の絶対位置に、海中の対象の相対的位置を加えることで、海中にある対象の絶対位置を導く技術です。音響測位で用いる音波は海中を伝搬する間に、海水の温度や塩分等による音速の変化や屈折などの影響を受け、さらに海流や海底地形による反射、屈折、干渉等の影響も受けます。こうして得られる観測対象の位置情報には誤差が含まれます。さらにアコースティックマッピングの場合には、使用する音響信号の周波数等に依存する、感度

や減衰の相違により、同域同時帯に取得した複数のデータであっても、一見ただけでは相互比較さえ難しい場合もしばしばあります。これが位置誤差とあいまって、正しく高い分解能で取得する観測対象の絶対位置を、データ分解能に見合う精度で決めることが難しい場合があります。

このような場合には、複数回の観測を統計処理し、位置精度の限界と、音響信号の性質を勘案して、確からしい位置を導出します。また、使用する周波数により異なる観測対象の特徴をよく読み取ることで、実際には見渡すことが出来ない海洋底の情報を、可能な限り多く汲み取ることを目指します。

【困難3】不測の事態：想定して、備える

どれだけ周到に準備をして観測に臨んでも、海況の変化に抗うことは出来ないし、観測機器の故障、破損、亡失!?さらには乗員の怪我や発熱などという不測の事態も発生します。限られた観測時間内に理想とする観測を全うできないのは、悔しいけれどももはや当然のことと思うようになりました。取得できたデータセットからどのような情報を抽出するか、結論を導出するかが、腕の見せ所というところでしょうか。などとえらそうに…、私などは長いキャリアを積んでもなお半人前にも及びませんが、海域で情報を取得される全ての方々は、常に不測の事態に備え、相当の覚悟をもって観測を遂行されていることと確信いたします。

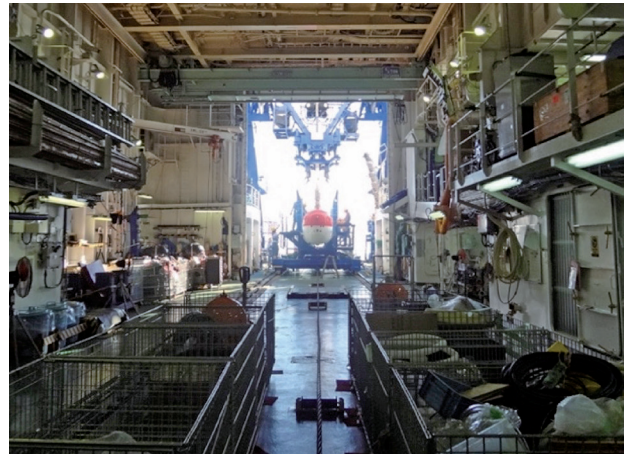


写真3 データを取得して調査船「よこすか」格納庫に揚収されるAUV「うらしま」(JAMSTEC)

海洋科学の分野で用いられる観測技術も、日々研究され、進化しています。これらを使い、海底面近傍の状態把握を必要とする科学と産業に資する情報が網羅されるまで、広く沿岸域から深海まで、最高分解能をもつ音響データセット取得の試みを続けたいと思います(写真3)。これまでに誰も知り得なかった海底面近傍の様子を明らかにすることで、あまりに大きな地球の活動のごく一端を理解することを目指します。

居住を実施しておりました

Terra Australis Geophysical Pty Ltd 須藤 公也



須藤公也(右) ハノイの文廟にて撮影

「昔日、某所に後期高齢者の男性とその配偶者の、これも後期高齢者の女性が居住を実施しておりました。当該男性は近傍の山林に薪炭収集事業の遂行に、当該女性は近傍の河川敷に洗濯行為の行使に外出を挙行了しました。」すると、「あ、せんせい、そしたらきよだいなとうかが、井国庫とりゅうかをおこなってきたのでしょうか？」と言ったのは霞が関幼稚園初等部の子供。「そう、ヨシヒデちゃん。巨大な桃果が流下を行ってきたのです。よくできました。」

文中の主な意味を漢語の名詞で表し、動詞は付け足し程度で文を終えるのは霞が関方言の特徴的な言い方だろう。これは永田町にも広がり、徐々に日本中に蔓延しているようだ。最近の例では「緊急事態宣言を発出した」という言い方がそれである。「緊急事態を宣言した」とは言わなかった。これを解除するときは「緊急事態宣言を解除する」のだろう。ひょっとしてその後もまだ感染が広がっていたら、「解除したのは『宣言』であって、情勢はまだ緊急事態なのだ。『緊急事態を解除する』とは言っていない」と言い逃れできるように布石を打っておいたのだろうか、と勘繰りたくなった。(この稿が出版される頃には既にそういうことが起きているかもしれない(2021年6月21日記)。)

これらを英訳してみる。「緊急事態宣言を発出した」→ issued a declaration of state of emergency。「緊急事態を宣言した」→ declared state of emergency。後者の方が意味が直接に伝わることは言うまでもない。もっとも「緊急事態宣言の発出を実施した」→ performed issuing a declaration of state of emergency といわなかっただけ、ましかもしれない。考えてみれば issue や perform

なんていう単語はなんにでも使える言葉で、意味の重きはその後の名詞にある。そういう語を使わずに簡潔に言う方が英語では好まれる。

われわれの報告書でも似たようなことをやっていないだろうか。「調査を実施した」は典型的な例で、それを直訳すると conducted a survey となるだろうが、単に surveyed としても意味に違いはなく、より簡潔・直截だ。「工程調整を行った」というより「工程を調整した」と言った方がすっきりする。訳にしても performed a procedure adjustment より adjusted the procedure の方がわかりやすい。「する」にあたる語には conduct、perform のほかにも carry out、run、do、execute もある。そういう語を使わずに動詞で意味を伝えるのがよい。これは日本語では動詞が文の最後に来るのでそれを待たなくても意味が通じる言い方が好まれるのに対し、英語の構文では動詞が先に来るからそこに意味の重点を置きたいからだと思ふ。

上に見たように、「挙行」「実行」「実施」「行う」「遂行」「適用」、少くだけでも「した」「やった」といった語が大した意味のない語だ。こういう動詞が出てきても本当に何をしたのか前後をよく見ないとわからない。それでも、前後を見てわかればいいがわからない場合もある。イアン・アーシー氏はその著書「政・官・財の国語塾」(中央公論社、1996)の中で「整備する」がその典型だと述べている。たとえば、「交通環境を整備する」と言ったところで、道路を拓げるのか、橋をかけるのか、信号の点灯する時間を変えるのか、新しい自動車を設計するのか、具体的には何のことかちっともわからない。あたかも、わかり難いように書くことが偉いことだともいうようだ、と。

「物理探査」誌の論文や論説には冒頭の要旨のほかに英語の Abstract が最後についている。英語版の方は新たに書かれる場合もあるが、たいていは日本語版からの訳である。そこから例を引いてみることにする。学会誌で見つけたある論説(相澤・内田、2016)では11ページの中に「実施」が49回(うち、「実施した」で終わる文が10回。「実施する」は11回あって「実施すること」のように連体修飾語として使われている。さらに「実施される」「実施された」という用法もある)、「行う」「行い」「行った」が合わせて33回あった。これらは、学会とし

での行為に対する論説であるので仕方のない一面もあると理解できるが、動詞で表現した方が簡潔な場合もある。その要旨から3例を引く。例1:「緊急現地調査を実施する」、例2:「緊急災害対応を行う」、例3:「事業評価を行う」。以上の3例ではどれも助詞の「を」を伴う連用修飾語に意味の重点がある。

そこで、意味の重心を動詞に移すと、次のように書き替えられ、翻訳も楽になる。

例1a:「緊急に現地を調査する」“survey the site in emergency”

例2a:「災害の緊急事態に対応する」“respond to the emergency of the disaster”

例3a:「事業を評価する」“evaluate the operation”

原論説の末尾にあるこれらの英文版を見てみよう。

例1b:「緊急現地調査を実施する」“carry out emergency geophysical surveys”

例2b:「緊急災害対応を行う」“conduct emergency geophysical surveys”

例3b:「事業評価を行う」“conduct such evaluation”

この英語でも意味の重点が動詞より名詞にある。

この例1、2の訳文で「現地調査」と「災害対応」が「geophysical surveys」になったのは、原文の「現地」「災害対応」が犠牲になったが、何をやったかをより具体的に書き替えたと評価できる。

では、これらは動詞中心の文に書き替えられるだろうか？ 原則は例1a、2aのように名詞に隠れている動詞を本

動詞にしてその名詞についていた形容詞を副詞(句)にする。

それで「geophysically」と最初につけたいところだが、「to geophysically survey(物理探査的に調査する)」、「to geophysically respond(物理探査的に対応する)」とは言えない。geophysical surveys は1語として密接につながっていて、そう分けられない。苦し紛れに、最後に「by (または using) the geophysical techniques」か単に「by (または with) geophysics」を補ってみる。

例1c:「緊急に現地を物理探査の手法で調査する」

“survey the site in emergency by the geophysical techniques”

例2c:「緊急に災害に物理探査で対応する」“respond to the emergency by geophysics”

どちらにしても元の文(例1b、2b)の方が簡潔で要を得ている。公式通りにはいかない。やっぱり geophysical survey は conduct や carry out するものようだ。ここで carry out はやや口語的だと注意したい。

本稿の執筆にあたり、例文引用の快諾を行ってくださった相澤・内田両氏、および適切な助言をいただいた翻訳家の遠田和子氏に、謝意の表出を実施いたします。

文献：相澤隆生・内田利弘 (2016): 大規模自然災害時の物理探査学会の緊急対応とその評価 -東日本大震災時のいわき市における緊急調査を例に-, 物理探査, 69, 161-171. 頁

委員会紹介 物理探査学会の各委員会を紹介するコーナーです。

ニュース委員会

我々ニュース委員会は、本誌「物理探査ニュース」の年4回発行を主な活動としております。会員の皆様からご提供頂いたり、自分たちで用意した原稿を集め、構成決めや印刷内容の確認などを行っています。

毎回大いに盛り上がる委員会後の飲み会は我々委員の楽しみでしたが、ここしばらく完全リモートでの委員会開催を続けています。最近はずいぶん新しい形式に慣れ、これを機にチャットアプリやGoogleのアプリを駆使した効率的な委員会活動へとシフトしていております。

最新の技術動向からちょっと一息つける小ネタまで、読

ニュース委員会メンバー(2021年7月現在)

吉川 猛(基礎地盤コンサルタンツ)、小林 雅実(地球科学総合研究所)、長 郁夫(産業技術総合研究所)、櫻井 健(応用地質)、江元 智子(サンコーコンサルタント)、笠谷 貴史(海洋研究開発機構)、川島 裕貴(ダイヤコンサルタント)、鈴木 浩一(北海道大学)、地元 孝輔(香川大学)、林 努(石油資源開発)、立花 冬威(川崎地質)、渡邊 貴大(INPEX)、羽佐田 葉子(大和探査技術)

みやすく親しみやすい物理探査ニュースをお届けできるよう、これからも励んで参ります。



2019年10月撮影 委員会後の懇親会にて

2021年2月12日(金)に、令和2年度オンラインセミナー「海中と空中の物理探査」を開催致しました(参加申込44名)。物理探査学会では、毎年この時期にワンデーセミナーを会場を借りて開催しておりますが、今回はコロナウィルスの世界的感染拡大により半日のオンラインセミナーとして開催いたしました。

講演は、海中と空中の無人探査機による物理探査に関するご講演それぞれ1件ずつで、各講演の概要は以下の通りです。

1. 演題：「物理探査における水中ロボットの利活用」、講師：笠谷貴史(国立研究開発法人 海洋研究開発機構)

講演では、海に焦点をあてて、その活躍の場が海水に満たされた場所であることをメリットとして捉えた水中ロボットの利活用に関して論じられました。まず、海で使用されるロボットを含む航走体の概説を行い、水中ロボットはROV(Remotely Operated Vehicle)とAUV(Autonomous Underwater Vehicle)に大きく分けられること、その特徴と種類に関して紹介がありました。次に、海中での物理探査の大きな目的のひとつである海底熱水鉱床探査とそこで使用される物理探査手法に関して説明があり、これらの探査へ利用される海中ロボットの紹介がありました。自律型ロボットであるAUVは発展がめざましいこと、物理探査への将来的な利用に関する展望と課題も示されました。最後に、万能のロボットは存在しないため、それぞれのロボットの利点を活かした物理探査への適応が重要だというメッセージで講演が締めくくられました。

2. 演題：「無人航空機(UAV)を利用した物理探査の事例紹介」、講師：上田 匠(早稲田大学)

最初にUAVの概要として、その歴史と分類、法規制や最新の動向についての紹介がありました。近年のセンサの小型化、無線通信技術の普及等によりUAVが急速に進化しつつあり、関連の法整備も進められています。UAVの中でも、いわゆる電動マルチコプターなどは「ドローン」とも呼ばれ、社会の様々な分野での利用が広がっており、小型UAVの地球科学分野での利用は物理探査分野にも進められていることが紹介され、UAVの物理探査への適用事例として、特に磁気探査5件と電磁探査8件の研究事例について説明がありました。UAVに関して、その機体タイプ・ペイロード・航続距離で様々なものが開発されているが、対地高度・飛行速度を上げると飛

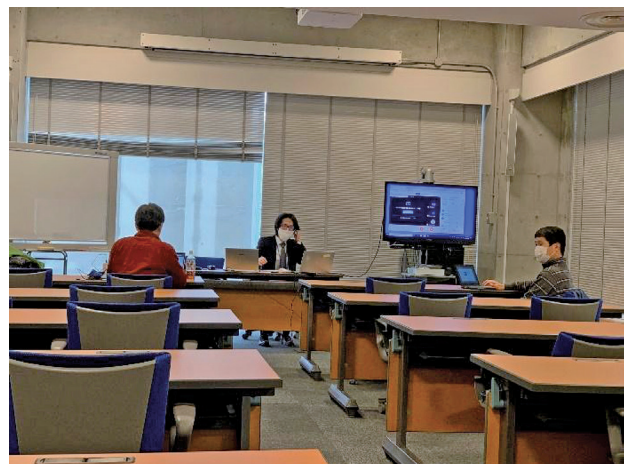
行が安定し探査効率が上がる一方、データの精度が下がり、装置サイズ・重量やUAV-センサ距離に制約がかかるなどのトレードオフがあり、水中ロボットと同様に、目的に応じた選択が必要であることが示されました。

参加者のアンケート結果では、今回のセミナーの内容、講演時間や参加費の設定に好意的な意見が大勢を占めました。オンライン講習会として、通信状況による音声の聞き取りにくさ等の問題も若干指摘がありましたが、むしろどこからでもアクセスできる利便性が好評で、コロナ禍が過ぎ去った後のセミナー開催に関しても、今後会場での講演と講義のオンライン配信を同時に行うハイブリッドなセミナー開催への発展につながるイベントとなりました。

今回のセミナーでは、開催1カ月前に非常事態宣言が発令され、当初予定していた配信会場が使えなくなるハプニングがあり、講演者のうち1名の方が代替の配信会場に来られずに自宅から配信することになりましたが、こうしたスケジュール変更に対しても比較的柔軟に対応できました。一方、講演会場のライブ感や会場での参加者同士あるいは講師とのコミュニケーションに乏しく、そこをうまく埋めてゆく工夫に関しては今後の課題として残りました。

なお、セミナーで紹介された2つの講演内容に関しては、会誌「物理探査」の特集号に掲載される予定です。

(文責：事業委員会 志賀 信彦)



配信会場の様子

Q. 普段どんなお仕事をされていますか？

入社して早々に弾性波トモグラフィの現場や大深度の検層業務に参画しましたが、最近は3次元常時微動トモグラフィの現場がほとんどです。3次元常時微動トモグラフィは自社製の独立型地震探査装置を用いて、3次元地盤S波速度構造を推定し、新設のインフラや建築物の事前調査に利用されています。3月には担当者として地震計の配置計画から、測定、解析まで一通り携わり、たいへん貴重な体験となっています。物理探査結果の解釈、ボーリング結果との対比など、検討することが多くたいへんですが、信頼性の高い良い探査結果を提出できるように頑張ります。

Q. 最近はまっていることについて教えてください。

学生時代はヨット部に所属しており、比較的アウトドアな人間でしたが、入社して早々に緊急事態宣言が発令され、行動が大きく制限された年となりました。最近はサブスクリプションの動画配信サービスで映画を視聴することが多くなりました。始めは洋画ばかりを見ていましたが、邦画にも名作が多いことを実感しました。特に好んでいる俳優はいませんが、サスペンス物から高揚感を頂いております。また家にもっていても健康上良くはないので、最近は人通りが少ないところをウォーキングしています。河川敷や夜の商店街など、良いリフレッシュとなっています。



応用地質株式会社
おのおぬき りょうすけ
大貫 隆輔さん

- ①東京都 ②屈折法地震探査/微動アレイ探査 ③自分のルーツ探し(おそらく東北地方)/株式投資 ④胆力

Q. 普段どんなお仕事をされていますか？

地圏資源環境研究部門の物理探査研究グループに所属しており、電気探査や電磁探査により、鉱物資源や浅層地質環境についての研究を行っています。学生時代は室内実験を主に行ってきたため探査の経験がなく、入所してから初めてフィールドに出るようになりました。現地調査に行くことで学ぶことは多く、データ取得はもちろんトラブルの対処など、調査に行くたびに新しいことを経験しています。さらに、データ処理や解析を行うようになり、物理探査に携わっていると実感できるようになりました。これからいろいろな現場で経験を積むことで、成長していきたいと思っております。

Q. 最近はまっていることについて教えてください。

ここ1年ほどですが、狂言とプロレスにはまりました(能とプロレスのドラマがありました、能にはまだはまっていません)。学生時代から好きだったので、コロナウィルスの流行により舞台や興行がなくなりネット配信が増えたため、見る機会が増えてより深くはまりました。狂言は基本的にお笑いなので見ていて楽しいですし、プロレスは見るだけでも熱くなるので、ずっと家にいる生活の中にいい刺激を与えてくれました。いまは舞台や興行も行われているので、落ち着いたらまた見に行きたいと思っております。



産業技術総合研究所
うめざわ りょうすけ
梅澤 良介さん

- ①兵庫県姫路市 ②電気探査/電磁探査/電気物性計測 ③団体対抗戦の頃の女子プロレス/いかなご漁獲量 ④代謝のよさ

①出身 ②よく使う物理探査手法 ③物理探査以外で最近興味があること ④誰にも負けたい! と思うこと



お知らせ

第61回(令和2年度)物理探査学会賞

(1) 論文業績賞

論文賞

- ・受賞者：城森 明、結城 洋一
- ・対象論文：

ドローンを用いた過渡応答空中電磁探査装置の開発
- D-GREATER, D-TEM[GLS], D-TEM[ALS]

事例研究賞

- ・受賞者：押田 淳、立花 冬威、久保田 隆二
- ・対象論文：海底重力計の開発と海底熱水鉱床探査への適用

奨励賞

- ・受賞者：岡本 京祐
- ・対象論文：Accuracy improvement in the estimation of epicentral distance inferred from initial P-waves by considering local heterogeneity

第61回(令和2年度)永年貢献表彰

永年在籍会員表彰

①在籍30年以上、満70歳以上(13名・50音順)

大井 豊樹、太田 賢治、大坪 章、大橋 武一郎、川辺 義見、高杉 真司、徳丸 哲義、中野 修、南雲 政博、西谷 忠師、松岡 清幸、松林 修、渡辺 文雄

②50年在籍 賛助会員

独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構、復建調査設計株式会社

③30年在籍 賛助会員

九州日商興業株式会社

第145回(2021年度秋季)学術講演会

現地とオンラインによるハイブリッド開催

開催日：令和3年11月24日(水)～11月26日(金)

開催場所：サンポートホール高松

特別講演：

- (1) 長谷川 修一 氏(香川大学 特任教授)
「応用地質研究者としての物理探査活用術」
- (2) 香川 政明 氏(さぬき麺業株式会社 社長)
「寝ても覚めても、うどん」

詳しくは <http://www.segj.org/event/lecture/2021/07/145.html>

第14回国際シンポジウム

開催日：令和3年10月18日(月)～10月21日(木)

オンライン開催

詳しくは <https://sites.google.com/segj.org/is-14th/>

編集後記

私が前回編集後記を執筆したのが2018年の38号でした。あれから3年、東京オリンピックが1年延期のうえに大半が無観客、このような世の中になっているとは夢にも思っていませんでした。現在は、ワクチン接種が進んでいるものの、変異株とのイタチごっこで世界的な収束はなかなか見えてきません。

このような事態に伴い、在宅勤務を経験した方が大半と思いますが、考えてみれば、出張前提の仕事が多い私たちの業界は、元々出張先でテレワークしていた方がほとんどでしたので、違和感なく移行できた方が多いのではないのでしょうか。私は週に1～2回在宅勤務をしており、夕食を家族と取れるメリットとともに、10秒で仕事へ戻れることをいいことに夕食後も仕事を継続してしまい、気がつけば長時間勤務となっていることがあり、一長一短を感じています。

先日、在宅勤務時の不都合な点を同僚・部下に聞いてみましたが、集中できない、場所がない・狭い、ネットが遅い、家で長時間座っていると腰が痛くなるなどいろいろな意見がありました。個々の環境・会社の事情・情報セキュリティの観点などすぐに解決できない問題も多いのですが、会社が推奨するからにはルールを決めて、改善していく必要を感じました。

私が次回、この後記を執筆する頃はどうなっているのでしょうか？ 早くコロナ禍が落ち着いて、懇親会などを気軽に開けるような世の中に戻ってほしいと思いつつ、日々の業務に取り組む今日このごろです。

(ニュース委員・川島 裕貴)



物理探査ニュース 第51号 2021年(令和3年)7月発行

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@sejg.org

ホームページ：http://www.sejg.org

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頂ければ自由にご利用頂けます。