

# 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

現場レポート	
ウクライナ地雷除去への国産センサ供与	1
研究の最前線	
無人地上車両(UGV)を用いたマルチコイル型電磁探査システムの開発	4
わかりやすい物理探査	
GPR その4: 路面下空洞探査	6
物探よもやま話	
オーディオと物理探査(その1)	9
高校生のための物理探査入門&実践:出前講義@早稲田大学高等学院	10
研究機関紹介	
国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 防災地質チーム	12
台湾SEGJセミナー報告	14
お知らせと編集後記	16

Geophysical Exploration News Spring 2023 No.58

現場レポート



## ウクライナ地雷除去への国産センサ供与

東北大学 東北アジア研究センター 佐藤 源之



テストレーンで訓練を受けるウクライナ隊員(JICA提供)



ALIS動作原理の説明(JICA提供)



ALISのセンサ校正法の実技(JICA提供)

## 1. はじめに

ウクライナ戦争勃発から1年経過したが、ロシア軍が撤退した後に残された地雷による被害が報告されている<sup>1)</sup>。戦闘と無関係な一般市民に被害を及ぼす地雷に対する人道的地雷除去活動は1990年代からカンボジア、旧ユーゴスラビア諸国など紛争終結後の地雷被災国において、世界的に行われてきた。地雷除去には磁気探査、電磁探査、地中レーダなどの物理探査手法が活用されている。我々は人道的地雷除去用地雷検知センサ「ALIS: Advanced Landmine Imaging System」を開発し、実際の地雷除去活動に利用している。ALISの技術的な概要は物理探査ニュース(2023年3月)で紹介した<sup>2)</sup>。

我が国のウクライナ支援の一つとして、ALISを地雷除去に導入するプロジェクトがJICAによって開始された<sup>3)</sup>。2023年3月21日には岸田首相がキウを訪問し、地雷除去分野での日本の支援を改めて強調したが、本報告では日本政府がウクライナに導入を計画しているALISの技術的な説明と、地雷被災国での展開について紹介する。

## 2. 人道的地雷除去

地雷除去は軍事目的と人道的の2つに分類され、その目的は大きく異なる。軍事的な地雷検知では地雷原を特定し、車両などの通過に障害となる地雷を除去することが目的であり地雷の検知確率は100%である必要が無く、作業の迅速性が追求される。一方人道的地雷除去は紛争終結後、戦闘が行われたことにより埋設されたまま残留した地雷を取り除くことで、その土地に住む一般市民の安全を保障することにある。地雷被災国では農地や牧草地、山林などでの地雷除去活動が多く、農民に農地、耕作地を返還することで農業活動を復活させ、経済活動を活性化することが最終的な目的である。従って人道的地雷除去は100%の検知・除去が行われなければ本質的な意味が無く、そのための作業時間は軍事的地雷除去に比べて圧倒的に長い。

人道的地雷除去の国連規則では地表面から13cmまでの金属物体はすべて取り除く事が基本となっている。しかし戦闘後の地域では葉莖や爆弾の破片など多くの金属片が土中に埋もれているため金属片と地雷をすべて検知、除去する作業は困難であり効率的な検知による作業時間の短縮が望まれている。

## 3. 地雷検知に用いられる物理探査技術

いわゆる地雷除去では不発弾、クラスター弾、対戦車地雷、対人地雷を検知対象とするが対人地雷以外は鉄製容器に爆薬が詰められているため磁気探査あるいは電磁探査での検知が適している。

対戦車地雷は直径50cmほどの鉄製で0.5~1m程度に埋設されるのに対し、対人地雷(プラスチック地雷)は直径10cm以下のプラスチック容器に爆薬が詰められ、数十グラム程度の金属製雷管で起爆する。対戦車地雷は磁気探査あるいは電磁探査で検知できるのに対し、対人地雷は雷管が非鉄金属であるため磁気探査は使えず、電磁探査も極めて高精度のセンサでしか検知できない。これに対して地中レーダはプラスチック容器からの電波反射を利用するので対人地雷検知に適している。

## 4. 地雷検知用デュアルセンサ

対人地雷の検知には主として電磁誘導センサ(金属探知機)が利用されてきた。金属探知機は信頼性が高い反面、地雷に含まれる金属以外にも反応するため、掘削除去作業に膨大な時間がかかる。この問題を解決する手段として金属探知機に地中レーダ(GPR)を組み合わせた「デュアルセンサ」の開発が2000年頃より世界的に進められた。我々は2002年から、デュアルセンサALISの開発を開始した<sup>2)</sup>。ALISの最大の特長はGPR信号を合成開口レーダ処理(SAR、マイグレーション)により埋設物の画像化を行うことでクラッタの軽減を図る点にある。

ALISのGPRは800MHz-2.6GHzステップ周波数-連続波(SF-CW)レーダ方式を採用し、キャビティバックスパイラルアンテナを送受信アンテナとして円偏波を利用する。また3軸加速度計でアンテナ位置を追跡しながらGPRデータを取得し、3次元マイグレーションで地下埋設物を画像化するのが特徴である。ALISによる地雷検知ではまず金属探知機を利用して金属反応の有無を確認する。金属反応があった場合、GPRデータを取得する。1回のデータ取得はおおよ

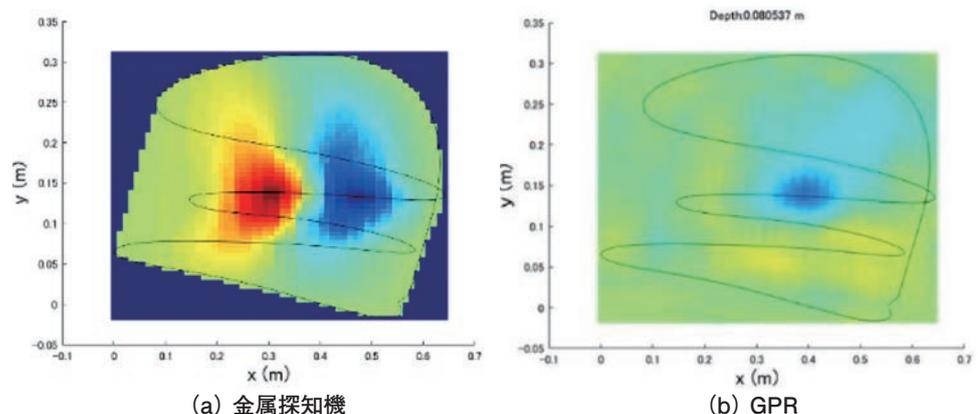


図1 ALISで取得したデータ画像  
(Data ALIS #1 1544, PMN-2 depth=10cm Lane #4 acquired on 26 October 2018)

そ50cm×50cmの範囲で行うが1分以内で終了する。データ取得が終わるとほぼ瞬時にデータは信号処理され、**図1**に示す2つの画像がタブレット端末画面に表示される。

## 5. 地雷被災国での実用化

東北大学ではALISをカンボジア地雷除去センター(CMAC)に貸与して2018年から試験を開始、2019年1月よりカンボジア国内の地雷原での利用が認められ、本格的な運用が始まった。



**図2** SESU隊員に対するALISの運用訓練  
(2023年1月 カンボジア CMAC施設)

ALISの現場運用試験の成果に基づき、2023年2月に日本政府ODAとして12台のALISがCMACに供与された。今後更に本格的な運用が開始される。

一方、ボスニア・ヘルツェゴビナにおいてはボスニア連邦地雷除去組織、東北大学、オランダ応用科学研究所(TNO)が共同で組織するNATO SPSプロジェクト[4]においてALISの有効活用方法を検討しており、4台のALISによる実地雷原における除去活動が開始されている。更に南米コロンビアでは2022年より科研費によるALISの試験運用を実施中である。

## 6. ウクライナのための活動と展望

ウクライナでは2014年3月のロシアによるクリミア半島

併合、また東部ドンバス地方でのロシア軍との紛争が10年以上前から発生し、ロシア軍による地雷問題は既に顕在化していた<sup>5)</sup>。2022年2月のロシア軍ウクライナ侵攻後、新たにロシア軍が仕掛けた地雷による問題が明らかになり、ウクライナから我国に対しても地雷対策における支援要請が行われてきた。戦争中であるウクライナの地雷問題はこれまでの地雷被災国と様相が異なる。都市部に侵入したロシア軍が撤退の際に建物内部や、破壊したガレキの中に地雷を埋設するような復興を妨げる行為が報告されている。ALISは土だけで無く鉄筋を含むコンクリートの背後にある物体を可視化する能力をもつ。従来の金属探知機は鉄筋に反応するため役に立たない状況でもALISの活用が期待できる。ウクライナに対する軍事的支援が難しい日本にとって、非軍事活動である人道的地雷除去での貢献は極めて重要である。こうした背景からJICAは外務省と協力しながら2023年1月からウクライナへALISを導入するためのパイロットプロジェクトを開始した<sup>3)</sup>。ウクライナ現地での活動が難しいためウクライナ緊急事態省(SESU)地雷除去隊員(Deminer)8名をカンボジアに招聘し、2023年1月にALISの運用訓練を行った。

カンボジアでは2018年以来CMACがALISを実地雷原で稼働してきた実績があり、CMAC自体にALISの操作員を訓練するシステムができあがっていた。そこで、佐藤がカンボジアにおいて、ALIS導入の意義や技術的な特長をウクライナ隊員に説明した上で、CMACの教官と共にウクライナ隊員に対してALISの操作訓練を実施した。

2023年4月現在、ウクライナへの日本人の入国は厳しく制限されているため、佐藤は現地に赴くことは今のところ計画できない。そこでウクライナで地雷検知用GPRの研究を行ってきたウクライナ科学アカデミー-G. Pochanin博士をカンボジアに招聘し、土壌水分のTDRによる計測とALISのマイグレーション処理でのパラメータ設定などについて技術情報を提供し、ウクライナ国内でのALIS運用の技術的な指導を委託した。またALISを用いた有効な地雷除去の運用方法を策定するため、オランダ応用科学研究所(TNO)のA. Schoolderman博士にも参画いただいている。

現在4台のALISをウクライナで運用しているが、その結果を踏まえて2023年夏から台数を増強して本格運用を開始予定である。

### 【参考文献】

- 1) ロイター通信 / <https://jp.reuters.com/article/ukraine-crisis-mines-idJPKBN2UA0D2>
- 2) 佐藤 源之 わかりやすい物理探査 GPRその3: 地中レーダ信号の表示 物理探査ニュース No.57, 物理探査学会2023.
- 3) JICA / 日本の技術でウクライナ地雷除去へ! カンボジアで日本製の地雷探知機の研修を実施 [https://www.jica.go.jp/topics/2022/20230303\\_01.html](https://www.jica.go.jp/topics/2022/20230303_01.html)
- 4) NATO / Science for Peace and Security (SPS) <https://www.nato.int/cps/en/natohq/78209.htm>
- 5) T. Bechtel, et. al., "A Survey of Electromagnetic Characteristics of Soils in the Donbass Region (Ukraine) for Evaluation of the Applicability of GPR and MD for Landmine Detection," Int. Conf. on GPR 2016, Hong Kong, July 2016.



# 無人地上車両(UGV)を用いたマルチコイル型電磁探査システムの開発

前・早稲田大学大学院／前・産総研リサーチアシスタント 井手 健斗

この度、令和3年度の物理探査学会 論文業績賞(事例研究賞)を頂きましたので、その内容を簡単に紹介いたします。

## 1. はじめに

近年、無人航空機(Unmanned aerial vehicle: UAV)を中心とした無人機・ドローン技術に対しての社会的な期待が高まっており、様々な分野で利用、研究開発が進められています。一方、地表からの深度が数メートルから数十メートルの浅層における問題が表面化する事例が増加しており、浅層を広範囲に非破壊調査する技術の必要性が高まっています。これらの背景から、無人機の一つである無人地上車両(Unmanned Ground Vehicle : UGV)と、浅部探査で用いられる単一周波数・マルチコイル型電磁探査装置(EM: Electromagnetic)を組み合わせた、浅部探査用の新しい電磁探査システム(UGVEMシステム)の開発を進めています。なお、本システムで使用した電磁探査装置は国内での利用実績が少なく、さらにUGVと連携した報告例はありませんでした。そのため、まずは本システムの構築が可能であるか、実験により検証をしました。また、本システムは河川堤防等の長大測線での適用を目指しており、茨城県古河市の宮戸川の堤防において野外実験を実施しました。この結果、見掛比抵抗断面図による再現性を確認しました。

## 2. 無人地上車両電磁探査(UGVEM)システム

前述の通り、UGVEMシステムは無人地上車両とマルチコイル型電磁探査装置で構成されています。まずは、それぞれの特徴を紹介し、UGVEMシステムの詳細について説明します。

### 2.1 無人地上車両(UGV)

地表を走行する小型車両であるUGVは、地表面の状態によっては運用が難しい場合があるものの、無人航空機(UAV)と比較して積載重量の制限が小さく、安定して走行することが可能です。また、大型のバッテリーの搭載が可能で、探査時間の制約が小さくなります。本研究では、株式会社エンルート社(現NTT e-Drone Technology社)製のUGV, BERG-400を使用しています。UAVで使用されているコントローラーで操縦することが可能で、UAV用のフライトシミュレーションソフトを用いた自律走行も可能です。

### 2.2 マルチコイル型電磁探査装置

本研究では、GF-Instrument社製のマルチコイル型電磁探査装置(CMD-EXPLORER、以下CMD)を使用しています。同相成分と見掛導電率を測定し、専用のソフトウェアで見掛比抵抗に変換しています。また、送信コイル1つと

受信コイル3つが内蔵されており、それぞれのコイル間の距離が異なっていることから3深度の測定が可能です。手持ち測定を想定した設計とされており、地表面と水平を保ちながら移動する必要があります。しかし、装置の形状や重量の関係で、手持ちによる長時間の測定は困難です。

### 2.3 UGVEMシステムの構築

手持ち測定を想定しているCMDをUGVEMシステムに組みこむため、CMDをポリビニル製のキャリアに乗せ、移動を容易にしています。また、UGVとCMDはロープによって接続されます(図1)。これにより、探査時間の制約が少ないUGVで重量のあるCMDを用いた測定が可能となりました。

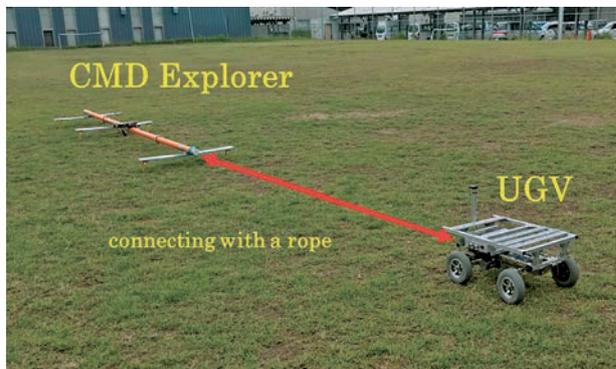


図1 UGVEMシステム全体図。UGVとCMDがロープで結ばれている。

## 3. UGVEMシステム基礎実験

UGVEMシステム開発にあたり実施した実験を紹介いたします。

### 3.1 UGVによるノイズの影響の確認

金属性の部品を使用しているUGVが導電体となり、CMD測定のノイズとなる可能性が考えられます。そこで、UGVとCMDの距離による影響を調べました。実験の結果、UGVとCMDが接しているときはノイズとなり、1m以上離す必要があると結論が出ています。また、走行中は電動モーター等によって生じた電磁場がノイズとなることも考えられます。そこで、UGVのモーターON/OFFによる影響を調べました。実験の結果、モーター駆動による影響は確認されませんでした。よって、UGVとCMDを1m以上離すことにより、UGVによるノイズの影響が無視できることがわかりました。

### 3.2 自律走行によるシステム化可能性の検討

産業技術総合研究所内のフィールドにて60mの直線の測線を設定し、UGVEMシステムを用いた基礎的な運用試験をしました。具体的には、測線上にてCMDを一定間隔毎に地面に置いて測定する「接地」測定(図2(a)、一般的なCMDによる測定を想定)と、予め測線上に経路をプログラムさせて測定

させる「自律走行」(図2(b)、UGVEMシステムによる測定を想定)の比較をしています。この比較試験の結果、両者の応答の傾向が一致したため、UGVEMシステムの構築は可能であると考えられます。しかし、自律走行の揺れが原因と推定されるノイズも見られ、特に一番浅い部分を測定するコイルの組み合わせでノイズの影響が大きくなっていました。振動によるノイズへの対策は今後の課題となっています。

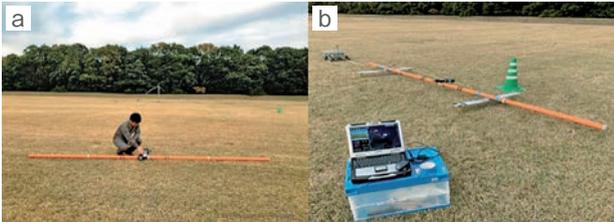
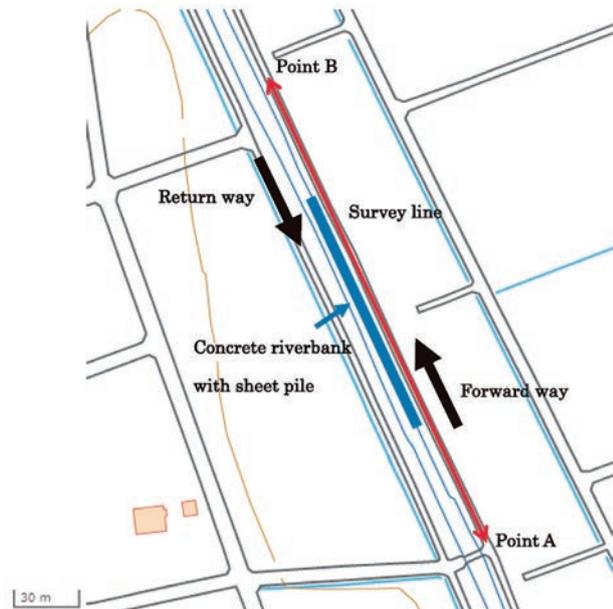


図2 (a) 接地測定、(b) 自律走行による測定。

### 3.3 野外適用実験

以上の試験により、UGVEMシステムの構築は可能であるとわかりました。この実効性と有効性を確認するため、茨城県古河市の宮戸川の河川堤防で適用実験をしました。図3に今回の測線を示しています。測線中には、平成27年9月の関東・東北豪雨により破堤・決壊し、鋼鉄製矢板を含むコンクリート護岸による補強をした部分が含まれています。

測線を往復測定した際の見掛け比抵抗を図4に示します。往路と復路で再現性の高い見掛け比抵抗断面を得ることができました。また、往復路共にコンクリート護岸部分では低比抵抗となり、鋼鉄製矢板による影響を確認することができました。なお、本来は破堤・決壊した部分を調査の対象としていましたが、矢板による影響が大きく、堤防自体の比抵抗構造の解釈は困難でした。



出典：地理院地図・電子国土基本図(一部加工して作成)

図3 茨城県古河市の宮戸川堤防での実験の測線。測線中央(青色)には鋼鉄製矢板を含む補強がされていた。

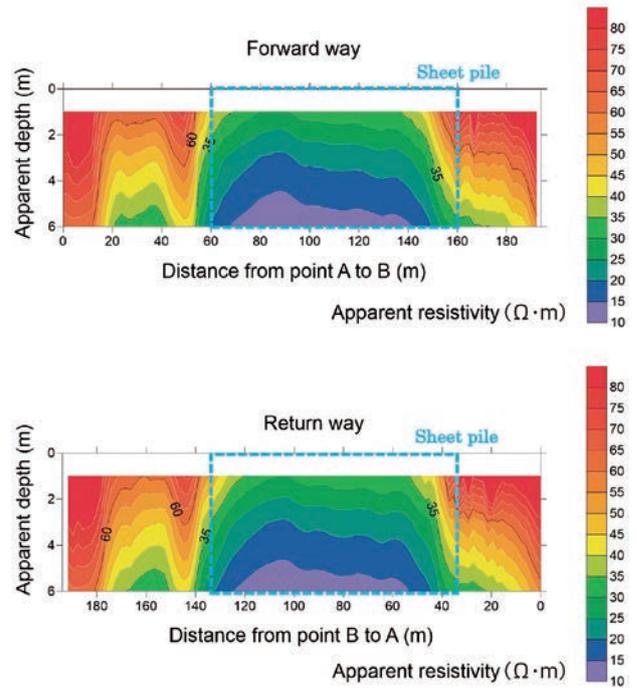


図4 測線往路の見掛け比抵抗断面(上)と復路の見掛け比抵抗断面(下)。往路と復路で見掛け比抵抗の再現性が確認されたほか、矢板部分は低比抵抗となっている。

## 4. おわりに

今回、無人地上車両と単一周波数・マルチコイル型電磁探査装置を組み合わせたUGVEMシステムについて説明いたしました。実験の結果、UGVとCMDは1m以上離すこと、「接地」と「自律走行」の応答傾向が一致し、システム構築が可能であると想定されること、また、本システムを河川堤防で適用し、再現性の高い見掛け比抵抗断面の取得が可能であるとわかりました。

今回、本システムの研究に学生として携わりましたが、共著者の皆様にご指導いただき、研究を進めていくことができました。また、研究を通し、多角的な視点や検証が重要であることを学びました。特に、ノイズの主因は電動モーターの駆動ではなくUGVや装置の金属であったことに驚くとともに、基礎研究の重要性を実感しました。今後、研究を含む様々な課題において、本研究を通して学んだ様々な知見、論理的な考え方や地道な作業を積み重ねることの大切さ、などを活かしていきたいと考えています。

## 5. 謝辞

宮戸川での野外適用実験では、茨城県境工事事務所河川整備課の皆さまには大変お世話になりました。また、共著者の皆様には、本稿執筆を始め、実験や解析、研究への取り組み方など様々なご指導を頂きましたこと、誠にありがとうございました。

### 【参考文献】

佐竹 海・井手健斗・万沢かりん・上田匠・神宮司元治・横田俊之・小森省吾 (2021) 無人地上車両を用いたマルチコイル型電磁探査システムの開発、物理探査, 74, pp151-161.

川崎地質株式会社 鈴木 敬一

#### 1. はじめに

わかりやすい物理探査「GPR」は、第3回まで基礎的な事項として原理や周波数、データの表示の仕方、さらに適用対象（遺跡、埋設管、地雷）について解説されました。今回は、最近特に利用の拡大が著しい、路面下空洞探査について解説します。

#### 2. 路面下空洞探査の背景

路面下空洞探査は、文字通り道路の下に存在する空洞を探査することです。そもそも道路の下の空洞をなぜ調べる必要があるのか、それは空洞が浅いところにあると、いずれ陥没して、事故になる可能性があるからです。

道路陥没が問題となり始めたのは、平成のはじめからです。当時、東京のど真ん中で道路が陥没し、穴があき、走っている車がその穴にはまったことが報道されました。

このような道路陥没の原因となる空洞は、主に社会インフラ、特に下水道管の老朽化によるものと考えられています。図1は、下水道管の老朽化によって陥没に至る過程を模式的に示したものです。下水道管にひびが入り、周囲の土のうち細かい粒子が吸い込まれ、そこに空洞ができます。時間の経過に伴って、空洞部分は大きくなります。このような地盤は、基本的に柔らかいため、空洞の上部が徐々に崩れて行きます。空洞はいずれ地表近くに達し、耐えきれなく

なった地盤は陥没に至ります。

もちろん下水道管の老朽化だけでなく、地下鉄や共同溝といった地下インフラの場合もあります。さらに地下水の流動によって細かい土粒子が移動する場合に生じる空洞があります。道路工事に伴う空洞による陥没事故もあり、その原因は道路開削後の埋め戻し土の転圧不足や、トンネル工事に伴うものがあります。後者には博多駅近くや調布市の陥没事故はかなり大きく報道され、記憶されている読者の方も多いと思います。

図2によると、令和2年度末における、全国の下水道管渠の総延長は約49万kmであり、標準耐用年数50年を経過した管渠の延長は約2.5万km（総延長の5%）、10年後には8.2万km（17%）、20年後には19万km（39%）と今後は急速に増加することが想定されています。

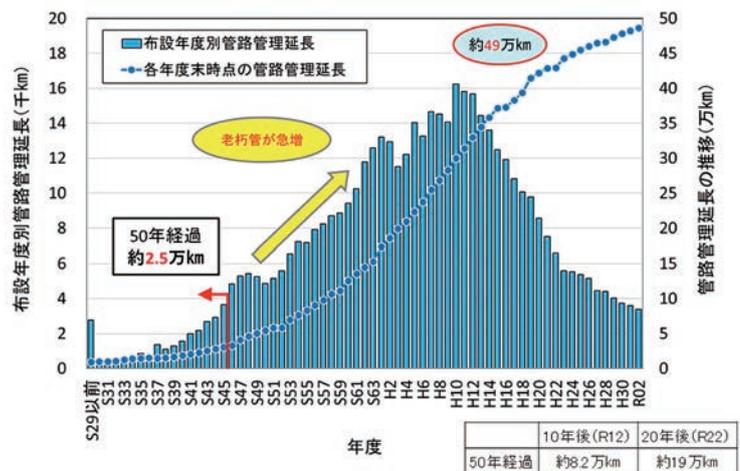


図2 管路施設の年度別管理延長(R2年度末現在)<sup>1)</sup>

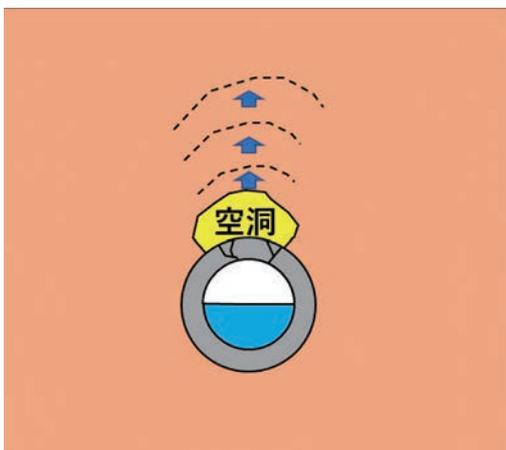


図1 老朽化した下水管による空洞発生メカニズムの模式図

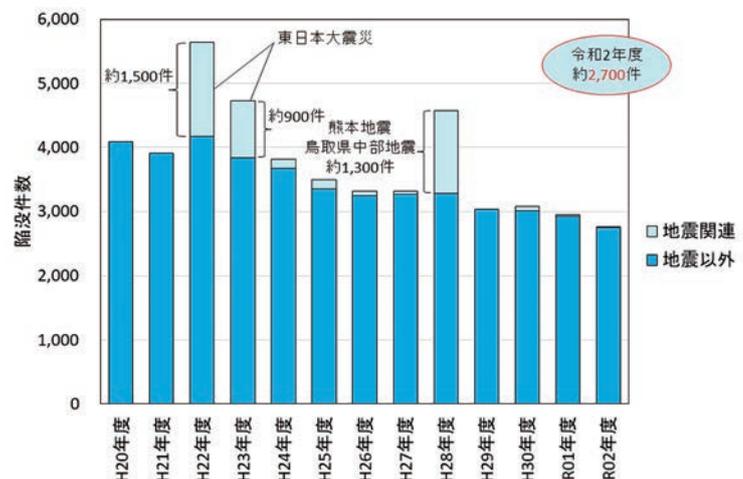


図3 管路施設に起因した道路陥没件数の推移<sup>1)</sup>

図3は下水道をはじめとした管路施設に起因すると考えられる道路陥没件数の推移です。一時期より減ってはいますが、今でも年間約3,000件の陥没が発生しています。一日あたり約8件の陥没が起きていることとなります。幸いにして人身事故等に至ることはあまりないようで、大きな騒ぎにはなっていないようですが、道路管理者としては日ごろから不安を抱えることとなります。

空洞を調べるには掘って調べることが必要ですが、どこを掘るかを決めることは難しいので、そこでGPRが適用されます。

### 3. 路面下空洞探査の方法

初期の路面下空洞探査は、車線規制を行って、通常の手押し式のGPR装置を用いて行われていました。しかし、車線規制は昼間に行えば渋滞の原因となり、夜間に行えばコストが増大するなどの課題がありました。それを克服するために自動車にGPRを搭載して、データを取得する方法が開発されました。現在では路面下空洞探査とは、自動車に搭載したGPR装置を用いた探査を指すことが多いようです。



図4 車載型地中レーダ装置(探査車)の例

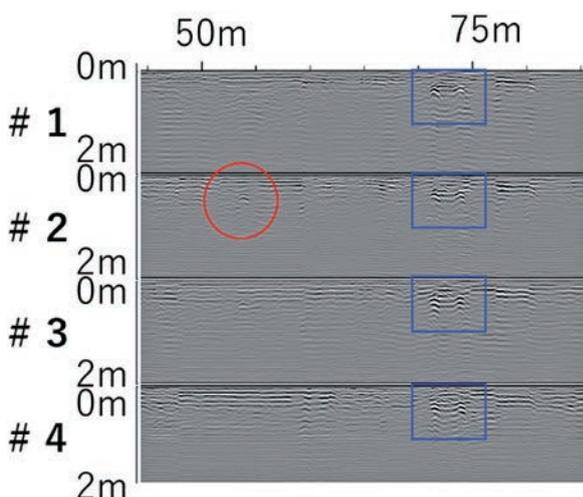


図5 埋設管と空洞の検出事例

自動車に搭載する方法としては、自動車の本体の前か後ろ、あるいは車体の下部にアンテナを搭載する方法があります。もうひとつはアンテナ部を車体とは別の車に搭載し、それを牽引する方法です。前者を車載型、後者を牽引型と呼ぶ場合もあります。これに対し、従来型の手押し式はカート型、鉄筋探査などで使われる高周波の小型の装置はハンディ型と呼ばれます。

車載型の地中レーダ装置の例を図4に示します。探査用の車なので、探査車などと呼ばれることもあり、以降は探査車と呼ぶことにします。

探査車による路面下空洞探査では、基本的に探査車本体の幅しかデータが取得できません。そのため、路面全体のデータを得るには、車線の左側ぎりぎり右側ぎりぎりを2回走行して、路面全体のデータを取得する必要があります。

探査車に搭載したアンテナは数が多いほど、水平方向の分解能は向上します。アンテナの数を増やすには、各アンテナを小さくしなければなりません。周波数帯域も高いところを使うこととなります。そうすると今度は探査深度を犠牲にしなければならないというジレンマに陥ります。アンテナの数、すなわち水平分解能と、探査可能深度とのトレードオフをどのように考えるかも、探査を行う上での重要なカギとなります。

図5に探査車による探査事例を示します。ここではデータの一部として、4台のアンテナによる結果を示します。データの深度軸はそれぞれ2mまで表示しています。横軸は40m程度です。青い矩形で示したところは、埋設管と想定されます。全てのアンテナの同じ位置に、埋設管による反射波が見えているので、道路に直行方向に横断していると考えられます。赤丸は空洞と推定される反射波です。他のアンテナには明瞭に検出されていないので、孤立して存在するものと考えられ、このようなものは空洞の可能性が高いのです。

探査車による結果から空洞を確認する必要があります。この場合は、狭い範囲で車線規制を行って、カート型のGPR装置を用いて、詳細なデータを取得し、掘削位置を決めます。直径30~40mm程度の細い孔をあけ、カメラを挿入して内部を確認します。空洞がなくて、単に緩んでいるだけの場合もあります。そのようなことを想定して簡易動的コーン貫入試験(JGS1433-2012)を行う場合もあります。

以上のような手順は、いくつかのマニュアルにまとめられています<sup>2,3)</sup>。

### 4. 路面下空洞探査の課題

GPRによる路面下空洞探査では、これまで探査深度が1m程度と浅いものでしたが、最近では3m程度とされている装置も出てきました。陥没を引き起こすリスクが高いのは浅い空洞ですが、空洞発生から早期のうちにそれを発見で

できれば、対策工事のコストも縮小できる可能性があります。

探査車による路面下空洞探査により、膨大なデータが短時間で取得できるようになりました。しかし、このことは新たな課題を生み出しています。ひとつは路面下空洞探査で得られたGPRのデータの読み取り、すなわち空洞の推定です。空洞の推定は、波形記録を可視画像化した記録を、経験のある技術者が目視により読み取ります。しかし、この作業には膨大な時間を必要とし、これがコストに反映されます。さらに、読み取りの基準が、技術者の経験やスキルによるという問題もあります。

人体と同じで、空洞に対しても早期発見早期治療(対策)を行う方が、時間的にもコスト的にも有利です。しかし、毎年新規に延長する地下インフラに対して、老朽化の速度が圧倒的に早く、対策の予算も限られています。そのため路面下空洞探査によって空洞と認定されても、すぐには対策を打つことができず、優先順位をつける必要があります。

探査車のGPRのアンテナ面は、道路より10cm以上浮かせなければなりません。道路交通法の制約があるからです。アンテナ面を密着することができないことは、2つの問題を生じます。一つは地表面の反射が非常に強く、地中からの反射波が相対的に弱く、SNが悪くなることです。もう一つは、アンテナが浮いていることで地表に漏洩電波が出ていることです。現状の電波法などの規則では明確に取り締まることができないようです。また実害もないので、今のところ黙認されているのではないかと思います。今後、法改正などが行われれば問題となる可能性もあります。

## 5. 最近の動向

本シリーズの第3回では地中レーダのデータは画像ではないと書かれています。しかし、地中レーダのデータをあえて画像ととらえて、AI技術により空洞や埋設管を自動で検知することが試みられています。機械学習や深層学習を応用することで、顔認証と同じように空洞や埋設管を自動検

出するというものです。これまでに様々な試みがなされていますが、完全な実用化には至っていないように見えます。例えば深層学習を適用する際には数万以上の教師データが必要ですが、なかなかそれを揃えられないといった問題があります。これに対して、スパースモデリングを適用することで、解決しようという研究もされています。スパースモデリングは少ない情報から全体像を構成する技術で、近年様々な方面で応用が盛んになっています。AI技術により空洞や埋設管の精度が向上すれば、人件費の削減によるコスト縮小や、技術者の経験やスキルの差による探査結果の評価のばらつきもなくなる可能性があります。

GPR以外の技術を組み合わせることにより、空洞の対策の優先順位を判断することも試みられています。例えば人工衛星による干渉型合成開口レーダ(In-SAR)のデータを用いることが考案されています。In-SARのデータで、沈下があるところとGPRにより空洞と推定された場所の両方が合致したところを空洞の可能性が高いと判断します。

空洞が得意やすい地盤は、細粒の砂地盤であることが多いので、GPRの結果が、そのような地盤条件と合致した場合に詳細な調査や対策工事を行うなどの方法もあります。

医療分野の診断も同じですが、例えばレントゲン写真だけで病名を特定しないのと同じように、地盤に対して複数の条件から空洞を推定していくことで、効率よく判定ができるものと思います。

### 【参考文献】

- 1) 国土交通省HP:下水道の維持管理、  
[https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewage/crd\\_sewage\\_tk\\_000135.html](https://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewage/crd_sewage_tk_000135.html)
- 2) 一般社団法人日本非開削技術協会地下探査技術委員会(2021): 非開削地下探査技術適用の手引き
- 3) 路面下空洞探査車の探査技術・解析の品質確保コンソーシアム(2017): 路面下空洞探査技術マニュアル(案)

はじめに

物理探査の仕事に従事していると、音響インピーダンス、ピックアップ(地震計)、サンプリング周波数などの用語をよく目にする。筆者がこれらの用語を知ったのは、この業界に入るよりかなり前の高校生のときのことである。筆者は実は無類の音楽好きで、音楽を聴くための装置としてオーディオに関心がある。高校生のとき「文部省認定通信教育オーディオ講座」なるものを受講していたこともある。学生時代に地震計を初めて見て、その原理を知ったとき、これはオーディオ機器のレコードのピックアップと同じ原理だということにすぐに気がついた。信号を記録するために微弱な電圧を増幅し、磁気テープに記録するなどの方法は、地震の波動を記録するのと同じである。記録したものを再生することは、可視記録とするか、可聴音波とするかの違いはあるが、よく似ている。

そこで我々に身近な音楽を聴くための装置としてのオーディオの分野と、我々の物理探査の分野との比較をしてみると、違った見方ができるのではないかと考え、本稿を執筆することとした。

現時点で考えている内容は、以下の通りである。

蓄音機、レコード、CDとメディアの発達の時代順に並べてみた。

1. はじめに
2. 蓄音機と音響インピーダンス
  - (1)蓄音機の原理
  - (2)音響インピーダンスとホーン
3. レコードと地震計
  - (1)レコードの原理
  - (2)ピックアップと地震計
4. CDとスペクトル解析
  - (1)デジタルデータとしての音源
  - (2)サンプリングの原理と周波数特性
  - (3)最近の傾向
5. おわりに

エジソンが音を記録する装置を発明した1877年には、スズを塗った筒に、直接音響振動を刻んでいた。初めて記録させた音はエジソン自身が歌った「メリーさんの羊」であることは有名な話であるが「蚊の鳴くような」と評されることもあり、なんととも貧弱な音であったようだ。この記録方式は、筒に煤を塗って、それをひっかくことで地震波形を記録した、いわゆる煤書き地震計と非常によく似ている。その後、円筒から円盤に代わったが、音響波形を直接刻むことには変わりがない。

次に登場したのは、音響波形を電氣的に増幅し、円盤に波形を刻む方式である。その後、一度電気信号に変換し、磁気テープに記録してから円盤に刻む方式が登場する。1930年くらいに始まったSPといわれるレコードから、LPまで基本的な原理は変わらない。ちなみにSPはStandard Playing、LPはLong Playingの略である。

1980年代になるとデジタル録音が全盛となり、CDが普及した。その後ハイレゾといわれる記録方式が開発され、現在に至っている。デジタル化の趨勢は、瞬間にアナログからデジタルへととってかわられたが、最近ではアナログのレコードも見直されているようである。

アナログからデジタルへ、さらに高分解能のデジタル記録へという過程は、物理探査のデータの記録方式の進化過程とよく似ている。

本シリーズは、あまり細かいところまで考えずに書き進める予定であり、脱線や余計な内容が含まれる可能性もある。さらに筆者の経験に基づく偏見もあると思われるが、ご容赦いただきたい。

物理探査学会の会員の中には、音楽好きが多いという話もよくきく。私自身もいわゆるオタクといわれてもおかしくない人種であり、音楽好きの方にも、そうでない方にもそれなりに参考になれば幸いである。なお、本稿の執筆にあたって、技術的な内容は主に参考文献に示す書籍に基づいている。



【参考文献】

早坂寿雄(1989):音の歴史、電子情報通信学会、p.242  
 フレッチャー・ロッキング(岸 憲史ほか訳)(2012):楽器の物理学、丸善出版、p.760

# 高校生のための物理探査入門&実践：出前講義@早稲田大学高等学院

(国研) 産業技術総合研究所 小森 省吾

## 1. はじめに

今回のご報告は、当学会でもあまり開催例のない、高校3年生を対象とした物理探査の出前講義です。この講義は、2022年7月に早稲田大学高等学院 地学教員の井上貞行先生から頂いたご相談からスタートしました。

井上先生は、「高校教育と社会が接点を持つことに気づかせ、自身の職業選択・将来設計といったキャリアとの繋がりを生徒に実感させることで、学習意欲を向上させたい」とのお考えのもと、地学と社会を繋ぐキーワードとして「物理探査による地下の可視化」を着想されました。地下の可視化は、探鉱、インフラ建設・維持・管理、防災といった産業の基盤や社会の安全のために必要不可欠なものであり、地下可視化のための物理探査技術には、物理・数学・地学を軸とする中等～高等教育が密接にリンクします。

他方、物理探査そのものが高校教育で触られることは殆どなく、地震探査が地学の資料集にほんの少し出てくる(地球内部の地震波速度構造)程度の取り扱いです。そのため、高校教育で物理探査を詳しく学ぶことは大変難しいのが現状です。このような背景から、物理探査を専門に取り扱う当学会が、出前講義をお引き受けすることといたしました。

## 2. 高校生のための物理探査入門&実践

井上先生からは、物理探査装置を自作しそれを使った実験を行いたいとのご要望がありました。高校生にも比較的簡単・短時間に組める物理探査装置として、後藤ほか(2022)による、DC-ACコンバータ、デジタルマルチメータからなる交流電気探査装置が最適と考えました。また、社会とのリンクを実感してもらうには、得られたデータの有用性が視覚的に伝わる必要と考えました。そのため、単にデータを取り特徴を抽出するだけでなくインバージョンも行い、実際の構造解析を体験してもらうこととしました。

さらに、職業選択・将来設計の観点では、高校3年生の皆さんにとって、今は大学進学を間近に控えると同時に就職の事も考え始める重要な時期です。講義中に進路の参考になる情報が盛り込めればと考え、同学院の卒業生である篠原純弥さん(早稲田大学理工学術院 物理探査工学研究室 修士1年)にもご協力頂き、物理探査の道に進んだ背景や今後の事、生徒の皆さんに伝えたい事をお話し頂くこととしました。

## 3. 出前講義(全3回)

今回はかなり内容が多いため、1日2コマ、全3回の講義

形式としました。また、出前講義は、井上先生の担当講義「自由選択科目 応用地球科学」内にて行いました(図1)。同講義は、文系・理系志望を問わず地球科学を幅広く学ぶ場となっています。



図1 出前講義の一風景

### 3.1. 第1回(10月28日)

初回は、物理探査とは何かについてお話ししました。今の生活で使用する様々な製品の源である資源を探し当てる方法の1つとして物理探査があること、資源の探査に、今高校で学んでいる物理を応用していることを認識してもらいました。その上で、オームの法則を利用した電気探査について教科書で学ぶ回路図と比較しながら概説した後、簡易電気探査装置を自作して頂きました。計測テストを通し、装置開発にもノウハウが必要であることを実感して頂きました。

### 3.2. 第2回(11月4日)

第2回目では、自作装置を使い電気探査を実施しました。水道水の入った水槽に直方体の構造体(アクリル製・高比抵抗体を模擬)を沈め、電極間隔2cm、24極のステンレス電極を水面上に設置し、ウェンナー法による計測を行いました(図2)。電極は電線により手元のスイッチボックスと繋がっており、スイッチボックス上で効率的に電極組み合わせを変えることができる本格仕様。33通りの電極組み合わせで、浅部から深部までの見掛比抵抗データを満遍なく取得しました。生徒の皆さんは、最初こそ電極切り替えや電流・電圧値の読み取り・記録に手間取っていましたが、すぐに慣れて手際よく作業をこなしていききました。

### 3.3. 第3回(11月11日)

第3回目では、前回得られたデータを用い、地理で習った

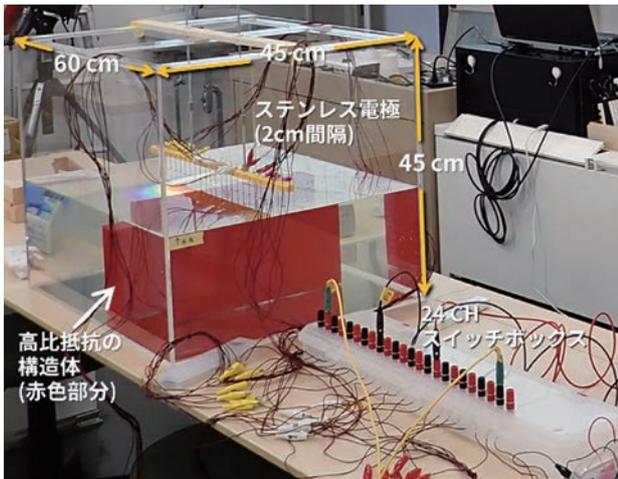


図2 電気探査実験の様子

等高線の引き方の要領で見掛比抵抗分布(コンター)を描いてもらいました。直方体の構造があった部分に見掛比抵抗の高い領域がぼつと現れますが、これだけでは直方体を想起させるような形状にはなりません。インバージョンによって見掛比抵抗を真の比抵抗に「戻す」作業を行うこと、反復計算により徐々に直方体の形状が浮かび上がってくることを、講師側のPCで事前に行った解析内容を見せて追体験してもらいました(図3)。

その後、電気探査が探鉱現場で利用されている実例を解説した他、電気探査以外の物理探手法としてMT法を含む電磁探査を紹介しました。電磁探査では、オームの法則に加えファラデーの電磁誘導の法則を応用していること、手法によっては数10km、100kmといった大深度の構造を推定し、例えば火山噴火メカニズムの解明に利用されている等、産業及び社会の役に立つ情報を提供し続けていることを解説しました。

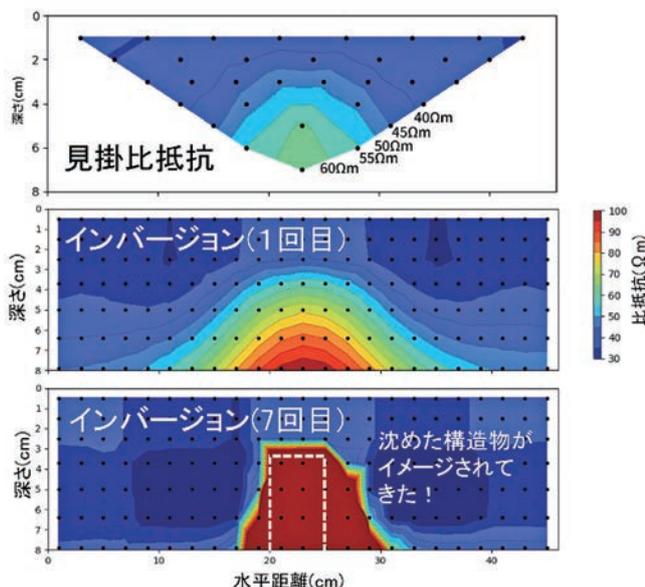


図3. インバージョン追体験

最後に、卒業生の声として篠原さんより、地球科学には高校在学時に興味を持ったこと、徐々に資源確保の重要性を意識し始める中で物理探査を知り、大学で物理探査を専門とする研究室を選んだこと、大学で理系の研究室に配属するには今から微分積分をしっかりと勉強しておくこと等、篠原さんの実体験に基づきお話し頂きました。生徒の皆さんも、篠原さんのお話にしっかり耳を傾けているようでした。

#### 4. 出前講義の感想

出前講義後、生徒の皆さんにアンケートにご回答頂きました(図4)。「物理が苦手だったが、今回の授業を面白く感じた」「これまでの勉強が現実の社会でどう活かされるか、プロセスも含め理解できた」「研究の進め方を体系的に学

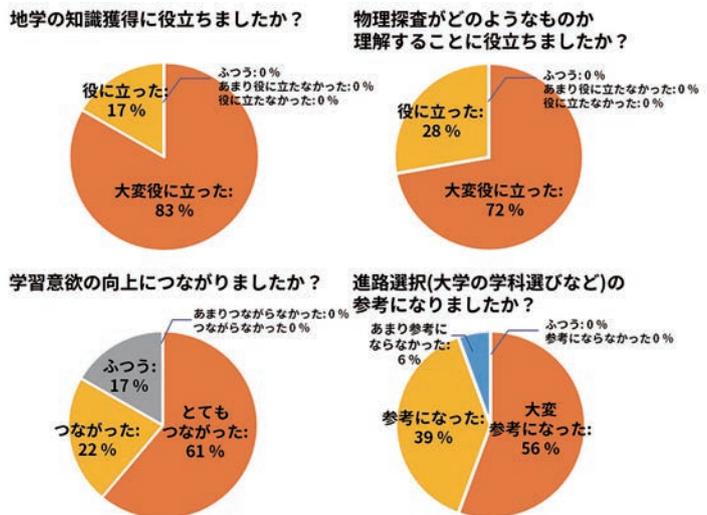


図4 出前講義のアンケート結果

べた」等のご意見も頂きました。また、9割の方に今後の進路選択の参考になったとご回答頂き、この出前講義が、少なからず生徒の皆さんのためになっていれればと願うばかりです。講義担当者としては、今回の出前講義で得た経験を糧に、物理探査を志す若者が1人でも増えてくれるような情報を今後もお伝えできればと思います。

#### 5. 謝辞

辻本崇史氏(元JOGMEC)、内田利弘氏(元産総研)には井上貞行先生からの当初の相談に対応して頂きました。梅澤良介氏・横田俊之氏・長郁夫氏・高倉伸一氏(産総研)からは、講義に際し貴重なコメントを頂きました。感謝申し上げます。

#### 【参考文献】

後藤忠徳、黒田真奈加、山本壮馬、天野玲、藤本静菜、大島由有希、山下風、山本睦徳 (2022): 簡易型電気探査装置の開発と活断層調査への適用, 物理探査学会第146回学術講演会論文集, 90-93.

## 1. はじめに

寒地土木研究所は、北海道札幌市にあります(図1)。平成18年4月に茨城県つくば市にある独立行政法人土木研究所と統合後、平成27年4月に国立研究開発法人土木研究所寒地土木研究所となり、令和4年に創立85周年を迎えました。

北海道は冬期に特に厳しい気象条件下にあり、諸外国の積雪寒冷地域と比較しても積雪量が多い状況にあります。このような北海道の特殊性に対する要請と最近の土木技術からの要求に応えるため、現在、5つの研究グループ、15の研究チームで積雪寒冷地での土木技術に関する研究開発、技術指導、成果の普及等を行うことによって、土木技術の向上を図り、良質な社会資本の効率的な整備及び北海道開発の推進に務めています。

その中で防災地質チームは、道路斜面災害に関する研究、自然由来の有害物質の評価に関する研究、トンネル地質評価に関する研究など、積雪寒冷地の斜面災害や、重金属による環境汚染などの地質に起因するリスクから人々の暮らしを守るための技術や、積雪寒冷地の厳しい自然環境の中での社会資本の整備や維持管理を効率良く行うための技術に関する研究を行っています。

特にトンネル地質評価に関する研究については、土木試験所五十年史(1988)によると、昭和30年代から地震探査やS波探査法の適用と検討、岩石岩盤の試験方法の開発など、トンネルの調査・設計・施工における地山の地質性状を定量化するための調査方法として物理探査を利用した研究に取り組んできました。また、近年では、既設のトンネルにおいて路面の変形等を生じる地山の変状が顕在化する事例も増えており、道路の維持管理の上で課題となっています。そこで、防災地質チームでは、トンネル断面が変形するなどの変状を生じた既設トンネルの路床の地質性状を調査する研究に取り組んでいます。その調査事例を次節で紹介します。

## 2. 弾性波速度と比抵抗による既設トンネルの路床の調査事例

### 2.1 調査概要

トンネルの地質は、軟質な変質安山岩、凝灰角礫岩及び安山岩溶岩から構成されていました。このうち、①～⑤の区間でトンネル断面の変形や路面の隆起などの変状が発生し、④の地点で路面隆起が最も大きく、最も路面の隆起が大きい状況で、トンネル断面も変形しました(図2)。

トンネル内の路面で油圧インパクトを振源とした屈折法



図1 寒地土木研究所と構内の千島桜並木

弾性波探査(図3)を行うとともに、ボーリングと速度検層の結果をあわせて分析し、路床の弾性波速度の分布から、地質性状の違いや、トンネル掘削による弾性波速度の変化が把握できることを確認しました。一方、同トンネルにて、キャパシタ電極カップル型比抵抗探査(図4)とランドストリーマ方式表面波探査を行い、比抵抗値と表面波速度のコントラストが、地山浅部の地質の違いや、変状の対策と未対策の区間で異なることを確認し、これらの統合物理探査によって、トンネル路床の物性構造把握が可能であることを示しました(稲崎ほか、2016)。

以上の調査結果から、屈折法弾性波探査によるP波速度( $V_p$ )、キャパシタ電極カップル型比抵抗探査による比抵抗値( $\rho$ )及びボーリングコアの岩石試験の結果をもとに、トンネルの路床における地質性状を評価しました。

### 2.2 調査結果

図2に調査結果を示します。図のa)は推定地質断面図、b)はP波速度断面図、c)は比抵抗断面図、d)は代表的な発振記録です。

まず、 $V_{pl}$ は相対的に浅部で低く、深部で高い傾向を示しました。地質と比べると変質安山岩及び凝灰角礫岩の区間で低い傾向を示すことが発振記録からも分かります。そのため、P波速度は、地質の違いに支配され、岩相のバラツキやもとの劣化によって影響を受けた部分では低く、路盤面に近い浅部ではトンネル掘削に伴う応力解放や緩みによって低い値を示すと考えられます。

次に、 $\rho$ は浅部2m程度までが高く、2~4mで低い傾向です。測線230~320、420~500、850~1,400mの深部では相対的に高い区間があり、これらの区間は、深部に $V_p$ が高い値を示す区間に対応し、地質の違いに対応すると考えられます。

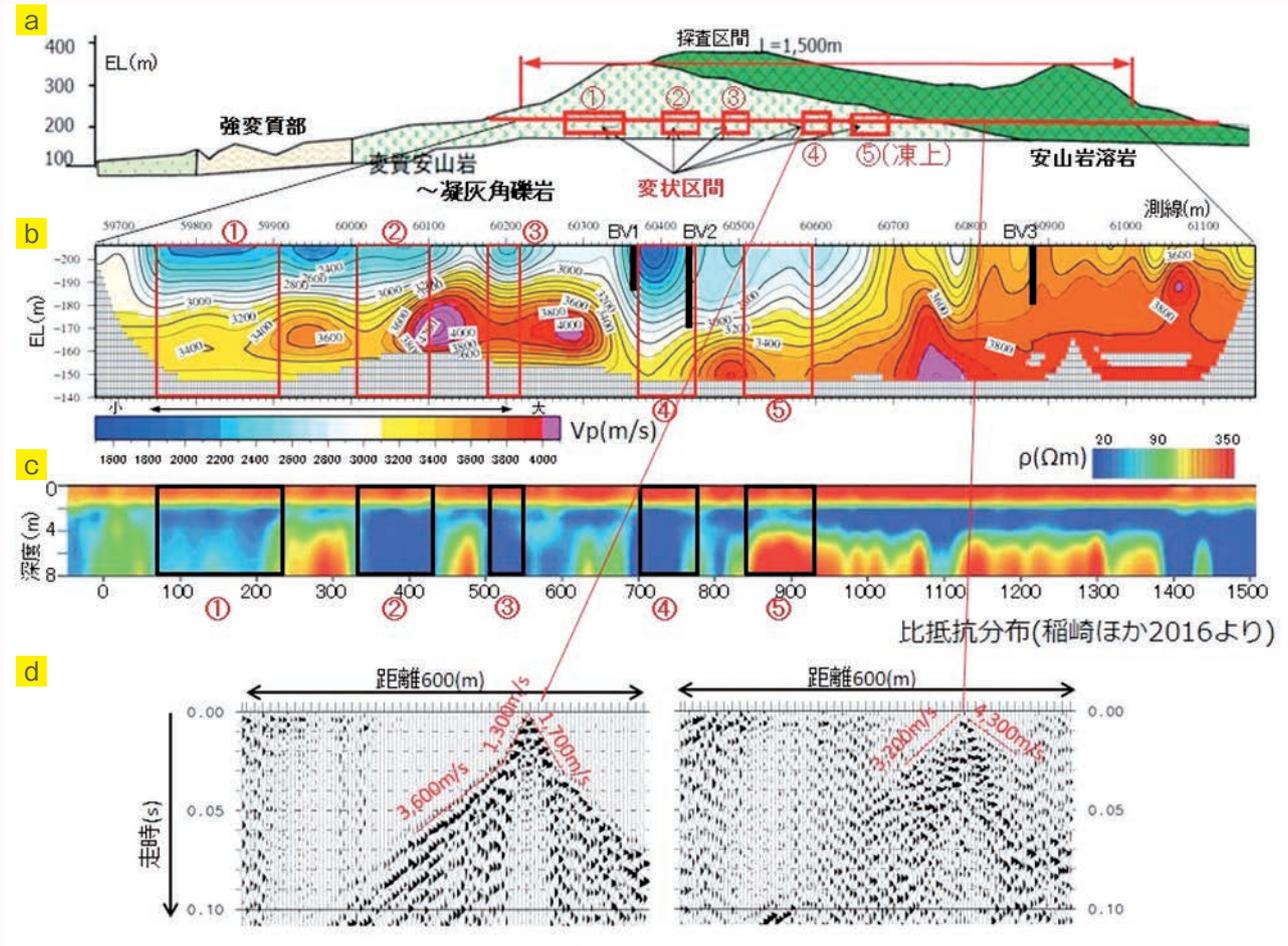


図2 調査結果 ((b)のBV1~3は鉛直ボーリング孔を示す)



図3 トンネル坑内での屈折法弾性波探査



図4 トンネル坑内での比抵抗探査

以上の結果より、既設トンネルにおいて舗装面から路床の地質性状を非破壊かつ片側交互通行の状況で調査可能なことを事例で示すことができました。

### 3. おわりに

今後も防災地質チームでは、トンネルの調査・設計・施工・維持管理の各段階に応じたトンネルの地山の地質性状を定

量化または可視化するための研究を進めていきたいと考えています。

【参考文献】  
 稲崎富士・木佐貫 寛・岡崎健治・山崎秀策・倉橋稔幸(2016): 道路トンネル坑内での統合物理探査例, 物理探査学会第135回学術講演会論文集, pp.109-112.  
 北海道開発局土木試験所(1988): 土木試験所五十年史, pp.174-181.

## 台湾SEGJセミナー報告

応用地質株式会社 小西 千里

## 1. はじめに

2023年3月7日～9日に台湾の台北市において実施されたEAGE主催の5th Asia Pacific Meeting on Near Surface Geoscience & Engineeringの前日イベントとして実施したSEGJセミナーおよび、台湾南端の高雄市の国立中山大学にて実施したSEGJセミナーについて報告します。

## 2. SEGJセミナー

本セミナーは、「物理探査適用の手引き—土木物理探査マニュアル—」を英訳した「Application Manual of Geophysical Methods to Engineering and Environmental Problems」の発行を機に、日本の物理探査の標準をアジア各国に普及させることと、現地の学会との交流を深めることを目的として、第1回のインドネシアでの会議の際に始まったものです。オンライン講義では現地との交流を十分に深める事ができないことから、これまでオンラインでの開催は行わず、現地開催時のみ実施するというのが物探学会の方針でした。したがって、今回が3回目のSEGJセミナーということになります。昨年、国際

委員会および、山中先生(東工大)、相澤さん(全地連)、小澤さん(地科研)、須藤さん、小西をメンバーとする実行委員会で講演者や内容を計画し、最終的には、次のようなプログラムとなりました。

## 【プログラム】

- 9:00-9:10 開会セレモニー挨拶 Remco Bax(EAGE CFOO)以下敬称略
- 9:10-9:25 キーノートレクチャー 鈴木 敬一(物探学会 会長)
- 9:25-10:15 反射法地震探査、小澤 岳史(地科研)
- 10:15-10:35 写真撮影・休憩
- 10:35-11:25 屈折法地震探査、相澤 隆生(全地連)
- 11:25-12:25 表面波・微動探査、林 宏一(応用地質)
- 12:25-13:25 昼食
- 13:25-14:25 電気・電磁法探査、鈴木 浩一(川崎地質)
- 14:25-15:05 地中レーダ、尾西 恭亮(土研)
- 15:05-15:35 休憩
- 15:35-16:15 ケーススタディ、小西 千里(応用地質)
- 16:15-16:30 総合討論

EAGEによると、参加者からは好評であったとのことで、



上段左：参加者 上段右：小澤さん講義中  
下段左：参加者質問中 下段中：相澤さん講義中 下段右：林さん講義中



中央の写真：左から尾西恭亮さん、小西(著者)、小澤岳史さん、鈴木浩一さん、呂彦龍さん(中華民國台地工程技師公會副理事長)、林俊宏助教(国立中山大学)、陳浩維教授(国立中央大学)

一安心しました。講義資料としてApplication Manualの電子版が事前に配布されていましたが、講師の皆さんは、新しい知見や実例などを追加した講義資料を作成し講義をしてくださいました。講義資料はPDFにして後日参加者に配布しています。Application Manualの基になっている物理探査適用の手引きは2008年発行のものであり、そろそろ見直す時期に来ています。鈴木会長のキーノートレクチャーの中では、2025年の改訂を目指すという話もありました。これからの学会の大きな仕事だと思います。

### 3. 国立中山大学(高雄)でのセミナー

須藤さんを通じ、国立中山大学の林俊宏助教(Assistant Professor)からの依頼を受け、高雄でもSEGJセミナーを開催しました。当初は台北と同じ内容を想定していましたが、移動時間の都合もあり、半日程度のセミナーとして計画しました。高雄に向かったのは、小澤さん、鈴木浩一さん、尾西さん、小西の4名の講師とオブザーバー(カメラ係)として参加した垂澤さん(応用地質)です。

#### 【プログラム】

9:00-9:15 開会セレモニー挨拶、学科長&小澤 岳史(地科研) 以下敬称略  
 9:15-9:45 地震探査、小澤 岳史(地科研)  
 9:45-10:45 電気・電磁探査、鈴木 浩一(川崎地質)  
 10:45-11:00 休憩  
 11:00-11:45 地中レーダ、尾西 恭亮(土研)  
 11:45-13:00 昼食  
 13:00-14:00 表面波・微動探査、小西 千里(応用地質)  
 14:00-14:30 総合討論

高雄でのセミナーは、社団法人中華民國台地工程技師公会(台湾の土木関連技術士の協会)が協賛となっていたこともあり、参加登録者数は90名を超える盛況ぶりでした。参加者の多くが物理探査の専門家というよりはユーザーでした。前日の歓迎夕食会でその事実を知って、講師の方々には、急遽ケーススタディのスライドを増やすなどの対応をしていただきました(どうもありがとうございました)。質疑応答の時間があまり取れなかったですが、地滑りの事例に関する質問をいくつか受けました。台湾では土木分野で物理探査が利用される例はそれほど多くないようですが、物理探査の適用できる可能性は非常に高く、環境分野も含めて今後発展することに期待しているという話を聞きました。地盤工学における問題は日本ともよく似ており、今後協力していけるのではないかと思います。

今回の行程は、4日の朝に羽田を出発、台北に到着後、高速鉄道で高雄まで移動し歓迎会に参加、翌日は朝からセミナーを行い、終了後はすぐに高速鉄道で台北に移動するという全く余裕のないものでした。観光地として有名な高雄市を見物する時間も無く、中山大学キャンパス内に出現するという野生のサルに会うことも無く、全くもったいない事をしたと思います。是非また、観光メインで行きたいと思います。

高雄組がセミナーを行っているころ、台北では、まさかのEAGEによるホテルの予約ミスがあり、宿無しとなる危機でした。しかし、別行動だった相澤さんのおかげで事なきを得、我々が台北に到着する頃には代替のホテルも確保されていました(相澤さん、どうもありがとうございました)。

#### 4. おわりに

次回、第6回 Asia Pacific Meeting on Near Surface Geoscience & Engineeringは日本(つくば市)でSEGJ 国際シンポジウムの冠をつけて開催するということで、EAGEとMOUを結びました。閉会時にはつくば国際会議



EAGEとのMOU調印式

場のコマーシャル動画を放映し、参加を呼び掛けて全ての行事が終了しました。参加者のほぼ全員が日本には行くよ、と言ってくれていました。今回の台湾と同レベルのホスピタリティを示すとなるとハードルが高い気もしますが、多くの国からたくさんの参加者を集められるよう、ホスト側として頑張らないといけないなと思いました。



SEGJセミナー後の慰労会



### お知らせ

#### 第148回(2023年度春季)学術講演会のお知らせ

会期：5月30日(火)～6月1日(木)  
会場：早稲田大学西早稲田キャンパス

〈総会〉

会期：5月31日(水)、13:00～14:40  
会場：第一会場

〈特別講演〉

会期：5月31日(水)、15:00～17:00

会場：第一会場

座長：松島 潤 副会長(東京大学大学院・新領域)

(1) 日本のCCS政策について

佐伯 徳彦 氏(資源エネルギー庁)

(2) 小惑星探査機「はやぶさ2」

～挑戦、帰還、そして挑戦～

中澤 暁 氏(JAXA宇宙科学研究所)

参加費：無料

参加方法：会場参加またはオンライン参加

定員：会場参加は先着30名、オンライン参加は先着150名

申し込みフォーム(締め切り5月19日)

<https://forms.gle/hoLuhnDz1ssn1Tc89>

#### 公益社団法人物理探査学会創立75周年記念事業について

～持続可能な社会と物理探査～

〈シンポジウム〉

会期：2023年10月11日(水)～10月13日(金)

〈記念式典〉

会期：2023年10月12日(木)

会場：早稲田大学国際会議場

〈記念出版〉

物理探査ハンドブック第三版を出版

学会要覧を改訂

記念論文集の出版

詳しくはこちら

[http://www.seg-j.org/event/75/75th\\_announcement.html](http://www.seg-j.org/event/75/75th_announcement.html)

#### 編集後記

今年6月にSEG2023DISCでDASのセミナーが開催されるなど、最近の地震探査分野でのDASの発展には目覚ましいものがあります。当社もDASに関わり始めましたが、数万チャンネル、数100Hzサンプリングの測定で、数日で数TBというデータ量になるためそのデータのバックアップも大変です。

振り返ると、少し前まで物探データの記録媒体はフロッピーディスクや磁気テープが主流で、データのバックアップに苦労しました。特に地中レーダのバックアップは時間かかりましたよね？私は電探メインだったのであまり苦労しなかったですがw。それでも、近年の技術発展により、ほとんどの物理探査で苦労することなくバックアップできるようになったと思います。DACが普及していくためにも、革命的な記録媒体の出現に期待したいですね。

(ニュース委員会委員・櫻井(応用地質))

#### 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。

物理探査ニュース 第58号 2023年(令和5年)春号

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@seg-j.or.jp](mailto:office@seg-j.or.jp)

ホームページ: <http://www.seg-j.org>