

# 物理探査 ニュース

2018 ハイライト

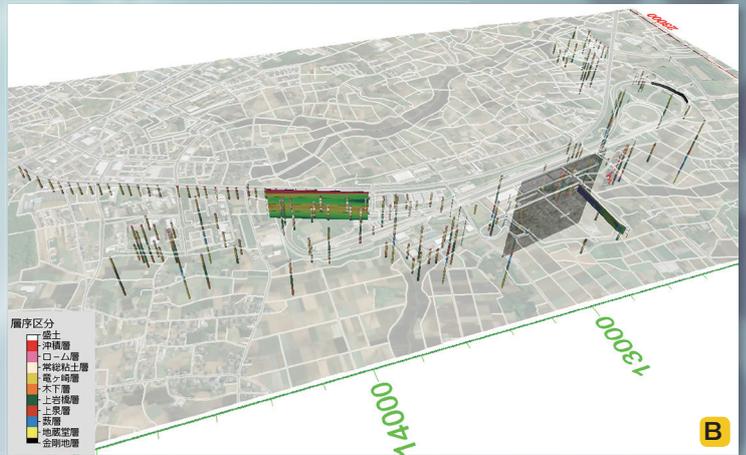


公益社団法人 物理探査学会  
The Society of Exploration Geophysicists of Japan

## 目次

研究の最前線 「地表ソースを用いる空中電磁探査法の実用化」	1
現場レポート 「活断層調査で活躍を期待:地中レーダ探査・電磁探査」	3
脱線 物探英語 その16「秋冷の候…」	6
わかりやすい物理探査 「反射法地震探査(その3:データ取得)」	7
SFの中の物理探査 15 宇宙戦艦ヤマトは海底火山下のマグマ溜まりを どのように探査したのか?	10
現場レポート「EAGE-HAGI」	11
会員の広場「SEG Honorary Lecturer Tour - A Hitchhiker's Report」	13

## Geophysical Exploration News 2018 Highlights



「物理探査ニュース2018ハイライト」は、物理探査学会が年4回発行する「物理探査ニュース」の2018年分から代表的な記事を抜粋したものです。物理探査ニュースはどなたでも学会ホームページ(<http://www.seg-j.org/letter/>)からご覧になれます。

### 表紙説明

- (A) Mini-GREATEM(ニュース38号)
- (B) 3次元地盤情報の統合表示例 国土地理院の地理院地図(全国最新写真(シームレス)画像および基盤地図情報を利用して作成)(ニュース38号)
- (C) 褶曲構造の模型(ニュース39号)
- (D) 大型パイロサイズ発振作業(要覧70周年記念表紙)

# 地表ソースを用いる空中電磁探査法の実用化

## (1) 空中電磁法の概要とGREATEMの開発—

北海道大学大学院工学研究院 茂木 透

### 1. 空中電磁法の概要

広い地域を短時間で探査を行う場合や立ち入りが困難な地域で探査を行うために、空中物理探査法が開発されてきた。空中電磁探査が最初に行われたのは1948年と言われており(Fountain, 1998)、それ以降、いろいろなタイプの探査法が開発されてきた。図1に1990年頃までに開発された空中電磁法の主なタイプを示した

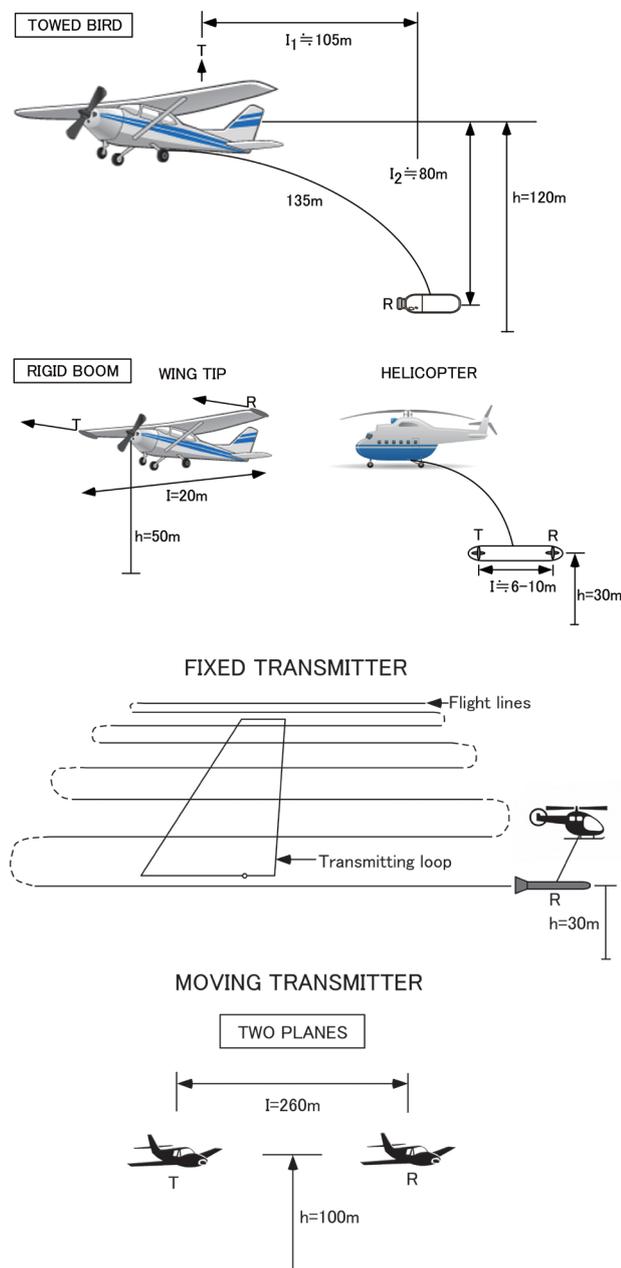


図1 いろいろなタイプの空中電磁法

(Palacky and West, 1991を参考にした)。中でもBirdという測定機を入れた容器を吊るすタイプがよく使われており、Birdに送信機と受信機を装着する方式が発展してきた。空中電磁探査は、主として、未開発地域での資源探査のために、高速の飛行機で広域を探査する目的に用いられてきたが、ヘリコプターからBirdを吊り下げ低空を低速で飛行し、地下水探査、地滑り地探査、活断層・火山構造探査などを目的に、分解能を上げて地下構造を捉えるタイプも開発されてきた。

この方法は、送受信機をBirdの中に積むのでどこでも自由に探査できるが、送受信機間距離が限られるので可探深度は100m程度と限られたものになる。また、送信磁場を発生させる送信機の大きさや出力も限られ、高空では地下情報を含むレスポンスの受信が困難になるので、地表から30m程度の高さで飛ぶ必要がある。このような低空では樹木や送電線等の施設が障害になるし、地上の人や家畜に不安を与えることもある。

可探深度を大きくする試みとして、直径10~30m程度の大きなループコイルをヘリコプターから吊るし、1000A程度の大電流を流すことにより大きなモーメントをもつ磁場を送信する方式が開発され(図2)、よい条件の下では可探深度は300~500mに達する(Bedrosian et al, 2015)。

データの取得法としては、いくつかの周波数の磁場を送受信する周波数領域法と送信磁場を切断後に生じる地下電磁場の過渡現象を測定する時間領域法とがある。それぞれ特徴があるが、一般的には、周波数領域探査は地下浅部のマッピングに適しており、時間領域は深部の探査に適している(Bedrosian et al, 2015)。

### 2. 地表ソースを用いる空中電磁法の開発

以上のようにTowed Birdタイプの空中電磁法は、可探深度が限られていることや低空で飛ばなければならないので探査の安全性に問題がある。そこで、これらの問題点を克服する一つの方法として、地上ソース型空中電磁法が提案され、1955年に当時のソビエト連邦で最初の試みが行われた(Fountain, 1998)。図1にはFixed Transmitterタイプとして示されている。この方式は地上ループソース型空中電磁法であり、1990年代には実用化され(Elliot, 1998, Smith et al, 2001)、このタイプはセミ空中電磁探査法(semi airborne electromagnetic method)と呼ばれている。

ループソースによる磁場は、ループ内では強い強度のレスポンスが得られるが、外側では急激に弱くなる。また、実際の探査現場で大きなループ(例えば、2km×6kmの長方形ループ)を設置することは容易ではない。そこで、我々は長い電線による電場ソース方式の開発を行っており、GREATEM(grounded electrical source airborne transient electromagnetics)と呼ばれるようになった(Mogi et al, 1998)。電場ソースを用いて地上に受信機を置き時間領域探査を行う方法は、LOTEM(long offset transient electromagnetics)と呼ばれ、1980年代から比較的深部を探査する目的で使われてきた(Strack, 1992)。GREATEMは、LOTEMと同様に時間領域でデータを取得するので、その空中測定方式と言える。GREATEMでは、受信波形をフルウェーブで記録することやジャイロを搭載することによりセンサーの揺れによるノイズの低減を可能にしている。

長い電場ソース(例えば3kmの長さ)は、道路沿いなどで比較的容易に設置でき、LOTEMと同様にソースから離れた測点では地下深部までの比抵抗構造が得られる。しかし、探査範囲はソースから一定の範囲に限られること、また、受信点付近だけでなくソースと受信点間の構造にも感度があるという問題点もある(Mitsuhata et al, 2002)。

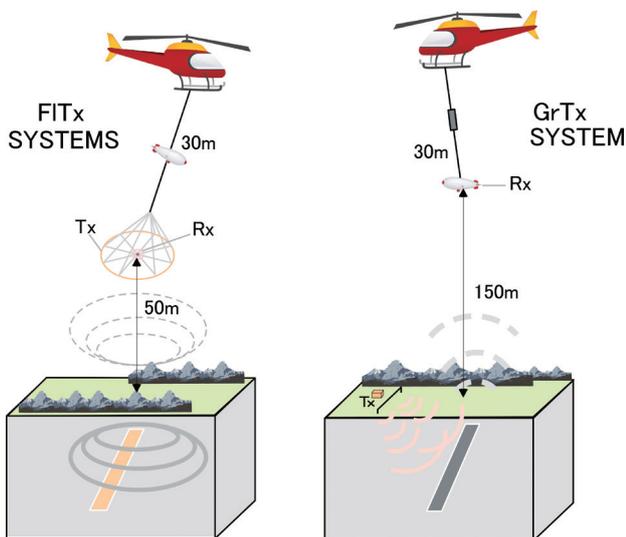


図2 空中電磁探査法の模式図

(左) 大型ループをソースとした空中電磁法、Tx、Rxはそれぞれ送信コイル、受信コイルを示す。

(右) GREATEM方式空中電磁法、Txは受信コイルの入ったBirdを示す。

Mogi et al.(1998)では、水平層構造に対して、可探深度や測定高度の影響をモデル計算により検討している。その結果、GREATEM方式では、条件がよければ地下数kmまでの探査も可能であり、実際、これまでの探査において深度1km位までの比抵抗構造が得られている(Mogi et al, 2009)。また、測定高度は100m以上でも探査可能であり、ソースから離れたところでは、測定高度の影響も少ないことが示されている。

前述したように、この探査法のデータは受信点付近だけでなくソースと受信点間の比抵抗構造にも影響する。従って、ソース付近から探査範囲全域でデータを取得し、全範囲の3次元比抵抗構造を求めることが望ましい。GREATEMデータに対する3次元インバージョンのプログラムはすでに開発されているので(Sasaki et al, 2015、Abd Allah et al, 2017)、このような方式で探査が実施されることが望まれる。

空中電磁法は、これまで広い地域を迅速に探査する方法として、主として概査に用いられてきた。しかし、どこでも探査できるという利点を生かし、探査対象地域を規則的かつ密な測点配置でデータを取得できる方法として、今後、理想的な3次元電磁探査手法として発展していくことが期待される。

#### 参考文献

- Abdallah, S. et al (2017) IEEE J. of Appl. Earth Obs. and R. S., 10, p.4321-4327
- Bedrosian, P. A. et al (2015) Geophys. Prosp., 63, p.192-215.
- Elliott, P. (1998) Expl. Geophys., 29, p.58-60.
- Fountain, D. (1998) Expl. Geophys., 29, p.1-11.
- Mitsuhata, Y. et al. (2002) Geophys., 67, p.1753-1768.
- Mogi, T. et al (1998) Expl. Geophys., 29, p.61-64.
- Mogi, T. et al (2009) Expl. Geophys., 40, p.1-7.
- Palacky, G. J. and G. F. West (1991) in Methods in Applied Geophysics 2, Soc. Expl. Geophys., p.811-879.
- Sasaki, Y. et al (2015) J. Appl. Geophys, 112, p.106-114.
- Smith, R. S. et al (2001) Geophys., 66, p.1379-1385.
- Strack, K. M. (1992) Exploration with Deep Transient Electromagnetics, Elsevier, p. 373



## 活断層調査で活躍を期待: 地中レーダ探査・電磁探査

産業技術総合研究所 宮下 由香里

### はじめに(長 郁夫)

昨年、熊本地震が発生して大きな被害が生じたのは記憶に新しいところです。熊本地震は陸域に分布する活断層が引き起こしました。地震像を予測し、その被害を軽減するためには、活断層の調査が欠かせません。陸域の活断層調査では、トレンチ調査と呼ばれる掘削調査が一般的ですが、その準備過程で物理探査が活躍する場がありそうです。現在、そのアプローチ法を模索中とのこと。どのような状況なのでしょう? 今日はそのような視点で、標記の物理探査手法に着目している産業技術総合研究所 宮下由香里氏(活断層・火山研究部門活断層評価研究グループ長)にお話を聞いてみました。

### 地震と活断層(宮下由香里)

日本列島はプレート境界の真上に位置しており、地震から逃れることはできません。私たちが経験する地震は、大きくふたつのタイプに分けられます。ひとつはプレート境界で起こる地震で、海溝型地震と呼ばれています。もうひとつは陸や沿岸海域の浅いところにある活断層が引き起こす内陸地震です。

産業技術総合研究所の活断層・火山研究部門活断層評価研究グループでは、国からの委託調査として、全国の活断層の調査研究を行っています。あわせて、研究者が重要と思った活断層についても、調査研究を進めています。平均すると、1年間に5~10断層帯くらいの調査ペースです。

### 活断層の調査方法

「活断層の調査方法」と聞いて、トレンチ調査を思い起こす方も多いと思います。これは、活断層を横断するように「トレンチ」と呼ばれる調査溝を掘削して、壁面に現れた地層と断層の切断・被覆関係と地層の年代から、過去のいつ地震が起こったのかを推定する方法です。トレンチ調査を行うためには、まず、活断層を探し、その正確な位置を特定しなければなりません。空中写真やDEMを用いた地形解析を行い、活断層を探します。このときには「地震でずれ動いてきた地形(変動地形)」を探していきます。おおまかな活断層の位置を特定した後、現地調査を行い、ボーリング調査等で断層の通過位置を絞り込むことができるか、実際にトレンチが掘削可能か等を検討します。

と、文字で見ると簡単そうに思われるかも知れません。し

かし、想像してみてください。実際に現場に行ってみると、

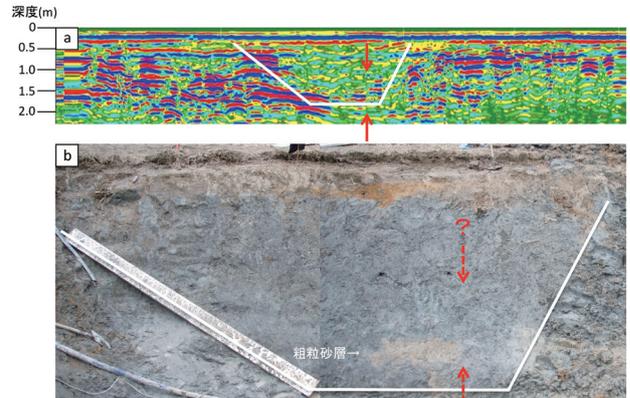


図1 山口県岩国断層帯(下松市来巻)におけるGPR探査結果(a)とピット壁面の写真(b)。

空中写真で見えた崖の他に、田んぼや畑の境界(畦)となっている微小な段差の多いこと多いこと!一体どの段差が断層崖なのでしょう? あるいは、「崖」と思った地形は、実はなだらかな斜面となっていて、斜面のどの位置に断層があるのか分からないということもあります。また、都市化が進み、住宅地となってしまっている箇所では、そもそも崖地形が切り盛り改変されて、平坦な地形となってしまっています。一体、どのあたりに昔の空中写真で見えていた崖や小河川のずれがあるのでしょうか? さらに、断層が地震を起こした(地表がずれた)後に洪水や海水準の変動があり、すっかり埋もれてしまった活断層もあります。これらの問題を解決するためには、断層の両側でボーリング調査を行い、地質断面図から断層位置を推定するのが一般的です。しかし、この方法は、お金も時間もかかるため、断層通過位置を特定するのに十分な成果が得られないこともあります。もっと簡単に、手早く、安く地下の様子を知ることができる方法はないのでしょうか?

### 地中レーダ探査との出会い

2009年度に山口県の岩国断層帯を調査した際に、はじめて地中レーダ探査(以下ではGPR探査と表記します)を実施しました。それまでの空中写真判読やボーリング調査の結果に基づいて選定した地点(下松市来巻(くるまき))でトレンチを掘り始めたのですが、壁面の地層が軟らかすぎて、掘削したその日に崩れてしまいました。「選んだ地点周辺に断層が通過するとは思っただけけれど、正確な位置が分からない。どうしたものか。。」と悩んでいたところ、広島工業大学(当時)の中田高さんにGPR探査を勧められました。

探査は、広島大学の後藤秀昭さんと中田高さんにお願しました。図1に探査結果とピット(=小さいトレンチ)壁面の写真を示します。この地点では、はじめにGPR探査を行い、図1aの赤矢印の位置に断層があるのではないかと推定しました。その後、ピットを掘削しました。ピット壁面では、明瞭な断層は認められませんでした。周囲より粗粒な砂層(図1b中央下部の肌色の地層)の分布域が明瞭にイメージされていることが分かりました。このピットでも、壁面がすぐに崩れてしまうような軟らかい地層が分布していたため、ピットを拡張して断層を確認することはできませんでしたが、「地下の地層がGPR探査で明瞭に見える」ことが強く印象に残りました。

そこで、2010年度には岩国断層帯の別の場所(岩国市下長野)で、GPR探査、稠密重力探査、ボーリング調査、トレンチ調査を組み合わせ実施しました。その結果からも、GPR探査が地下地質構造を反映している可能性が示唆されました(宮下ほか、2011)。

## 福岡県警固(けご)断層帯での地中レーダ探査

2011年度からは、福岡市部を縦断する警固断層帯南東部の調査研究に携わりました。警固断層帯南東部は福岡市街地から南東方向にのびる活断層ですが、分布域の市町村は200万人以上の人口を有し、都市化が進んでいること、また、埋蔵文化財包蔵地が広く分布していることから、トレンチ調査はもとより、ボーリングを掘削することすらままならない状況でした。このような悪条件下でこそ、GPR探査が有効と考え、三ヶ年のプロジェクトの中で、合計48測線(のべ7,550m)のGPR探査を実施しました。

GPR探査は、まず、過去のトレンチ調査で断層の存在と形状が分かっている大野城市上大利(かみおおり)地点で実施しました。その結果、トレンチ壁面で断層が観察された箇所の延長にあたるGPR探査断面において、明瞭な断層構造が認められました(図2)。警固断層帯南東部は、ほぼ垂直で南西側隆起成分を伴う左横ずれ断層です。上大利トレンチ壁面では、ほぼ垂直～南西に傾斜する複数条の断層が確認されていました(図2a、図2b;宮下ほか、2007)が、GPR探査断面でも、高角で上方に分岐していく断層形状が鮮明に捉えられています(図2c)。ここから、断層を走向方向に追跡していけるように測線を設定しました。比較的近い測線で得られた断面を比較することで、地下の地層の分布の連続性や、断層が推定される箇所の連続性を検討することができました。これらの探査結果から、断層の通過位置が精度良く推定され、トレンチ調査に適していると考えられる複数の地点を選定することができました。しかし、用地交渉で断られたり、埋蔵文化財包蔵地で掘削調査不可能であったりと、残念ながら、希望した地点ではひとつも

トレンチ調査を実施することができませんでした。将来、機会があったら、是非再挑戦してみたい断層のひとつです。

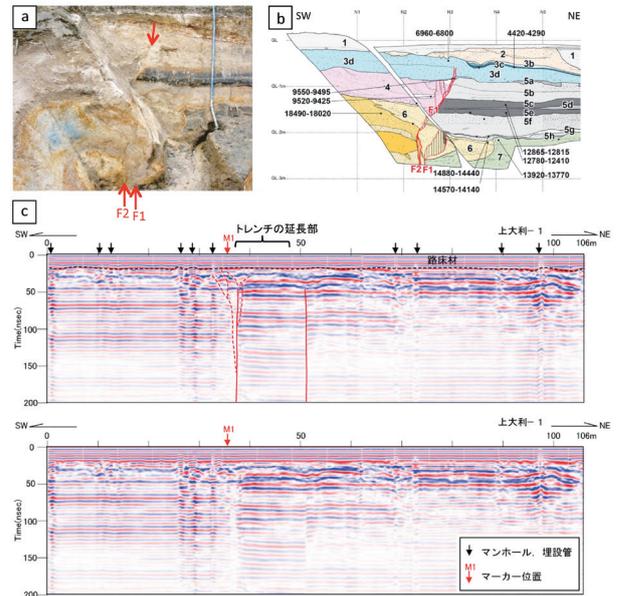


図2 福岡県警固断層帯南東部(大野城市上大利)におけるトレンチ調査結果とGPR探査断面。a:トレンチ北西壁面の写真。赤矢印の先が断層面。b:写真の箇所のスケッチ。赤線が断層面。数字は地層の放射性炭素年代(\*\*年前)。縦、横のグリッドは各1m。c:トレンチから10m程度離れた舗装道路上でのGPR探査断面。

## 福岡県西山断層帯での電磁探査

2011年度には、同じ福岡県内に分布する西山断層帯の調査を実施しました。西山断層帯は、宗像市沖ノ島南方の玄界灘から、福津市、東峰村を経て、朝倉市に至る総延長が110kmに及ぶ活断層帯です。西山断層帯は、警固断層帯と同じ北西—南東走向を示す左横ずれ断層ですが、その分布域は平野が少なく山がちです。山間部や山地・丘陵と平野の境界部では、地表面に起伏が多かったり、そもそも道がついていない場所であったりと、牽引あるいは車輪で移動するGPR探査には不利な地形状況です。

そこで、極浅所の地下地質構造を把握するために、ハンドヘルド型の装置を用いた電磁探査(以下ではEM探査と表記します)を試みました。探査地点は、空中写真判読で谷と尾根の系統的な左屈曲が認められた場所(宗像市用山(もちやま);図3a)で、杉林の中です。探査結果の一部を図3bと図3cに示します。いずれの周波数帯においても、 $X=0\text{m}$ ～ $-2\text{m}$ 付近に比抵抗の明瞭な谷地形が見られ、それらが $Y=7.5\text{m}$ 付近でとぎれている様子が分かります(図の範囲では探査幅が6mと狭いため、ずれた先の谷地形のつづきが分かりませんが、より広い範囲を探査したら、埋没した左横ずれの谷として認識できたと思っています)。さらに、この測線沿いのボーリング(ハンドオーガー)調査結果とあわせて考えることで、断層の通過位置を高精度で推定

することができました(図3d)。このときは、他にもっと良い地点が見つかったため、この地点でトレンチ調査は行いませんでした。しかし、EM探査を面的に展開して、埋没している谷の分布を知ることができれば、断層による横ずれ量が分かるのではないかと希望が湧きました。

## おわりに

活断層調査でトレンチ調査位置を決めるにあたり、断層通過位置を高精度で推定するために実施したGPR探査とEM探査の事例をご紹介します。これらの探査から得られた断面とボーリング調査を組み合わせることで、簡単で、手早く、安く地下の様子を知ることができました。いずれの手法も、面的に展開することで、断層の位置を知るだけでなく、地下に埋もれている谷地形等を検出することによって、断層沿いの横ずれ量を見積もることが可能になります(3D探査)。2016年熊本地震の例を挙げるまでもなく、横ずれ成分を持つ活断層の横ずれ量を見積もる手法の開発は、活断層が将来起こす地震像を予測するための喫緊の課題となっています。

一方で、これまで触れてきませんでしたが、地下の地質構造が全く見えない測線があるのも事実です。原因としては、盛り土、路床材、探査の諸元、そもそもの地質構造等が考えられますが、よく分かりません。「見えるときは見えるが、見えないときは見えない。」のが現状です。このあたりの問題解決も含め、GPR探査、EM探査プロフェッショナルの方、一緒に研究しませんか? また、他にもっと良い方法があれば、ご教示いただければ幸いです。

## 参考文献

- 宮下ほか(2007):月刊地球, 29, p.133-138.
- 宮下ほか(2011):活断層・古地震研究報告、産業技術総合研究所地質調査総合センター、No.11, p.249-258.
- 宮下ほか(2013):活断層・古地震研究報告、産業技術総合研究所地質調査総合センター、No.13, p.233-271.

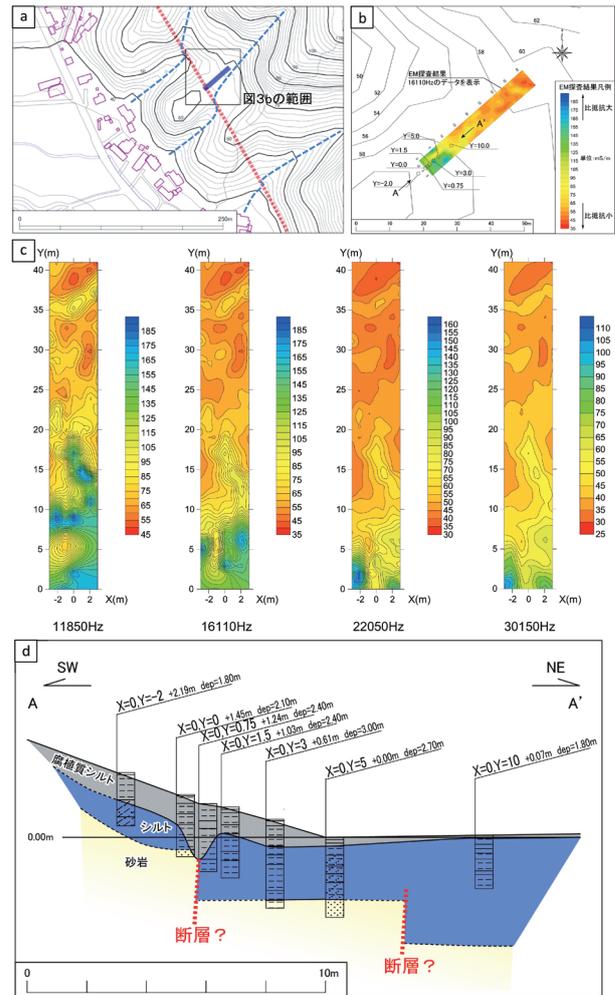


図3 福岡県西山断層帯(宗像市用山)におけるEM探査結果。  
a: 用山周辺の地形。青破線で示した小さな谷が左横ずれしている。赤破線が地形から推定した断層通過位置。b: 探査範囲の測量平面図。EM探査は、断層の走向に直行するように、幅6m、長さ41mの範囲で行った。c: EM探査結果。探査範囲を示す矩形の縦軸、横軸の数字はm。凡例の単位はmS/m(S:シーメンス)。いずれの周波数帯においても、Y=7.5m付近を境に谷地形がずれている。d: ボーリング柱状図とEM探査結果から推定した地質断面図。

## 書籍案内

### 『河川堤防の統合物理探査』 —安全性評価への適用の手引き—



編著:独立行政法人 土木研究所  
一般社団法人 物理探査学会  
体裁:B5版、120頁、総カラー印刷  
発売:2013年3月30日  
価格:2,800円(税別)  
出版:愛智出版

#### ◎内容と特色

河川堤防の特徴と被災の実態を紹介し、地盤性状の異なる河川事例も紹介しながら、河川堤防の安全性評価に適した統合物理探査の目的・測定・データ処理を数多くのカラーの図版・写真も使って解説した。新しく研究・開発されてきた統合物理探査の手法を適用することによって、河川堤防の要改良区間を効率的かつ経済的に抽出することが可能となった。山と河川が極めて多い我が国においては、河川堤防決壊による被災を防ぐために全国の河川堤防を常に点検・整備することは国家的課題である。本書に記された知識と技術が関係方面において活用され、河川堤防の質的整備が一層推進されるよう期待される。

#### ◎販売対象者

国・自治体において河川堤防の建設・保守・管理に携わる土木部門の専門家、河川堤防の保守・管理に携わる土木事業者・コンサルタントの技術者、大学工学部の土木工学・社会基盤工学・環境工学の研究者

## 秋冷の候…

Terra Australis Geophysical Pty Ltd 須藤 公也



須藤公也(右) ルーブル博物館にて撮影

「秋冷の候、皆様益々ご清栄のこととお喜び申し上げます。弊社はお蔭様で創業10年の節目の時を迎え、日々社運の向上に励んでおります。これもお客さまの皆様のご愛顧の賜物と感謝の念に尽きません。つきましては日頃のご愛顧のお礼に下記の日程でささやかなお祝いの催しをいたしますので、万障お繰り合わせの上ご出席いただければ光栄の至りでございます。なお、準備の都合上ご出席の有無を10月31日までにお知らせいただけますよう、お願い申し上げます。」これを英語にどう訳すだろう。

訳案: We cordially invite you to a celebration of our tenth anniversary as below. RSVP by 31 October.

何のことはない、英語文化では天気も、清栄も、お蔭様も、感謝も、光栄も何も言わない。「気遣い」、「奥床しさ」といった日本文化はビジネスの通信にも入ってきているが、実務英語には無縁なのだ。翻訳では言語の違いばかりでなく、文化の違いを越えて訳さなくてはならない。この日本語をいちいち訳した英語の招待状を受け取ったりしたら、バカ丁寧さに鳥肌が立つ。そうでなければ、「いったい何が言いたいのだ」と苛立ち、読み返してやっとパーティがあるのか、と合点がいく。

逆にこういう英文の招待状を日本語に訳してくれと言われたら、翻訳家は「秋冷の候、云々」と長々と作文してくれるだろうか。これは難しいところである。外資系の会社の秘書さんの仕事とはこういうものだろうか。余計なことを翻訳中に省くのはできるとしても、原文に書いてないことを補うとなれば、翻訳を越えて創作に近くなる。「秋冷の候」にするか「紅葉の美しい今日この頃」にするか「秋晴れのさわやかな季節」にするか、原文にないのだから訳すどころではなく創作になる。

日本語で困るのはこうして「気遣い」で情報以外のことを言う反面、言いたいことを文脈や環境に任せて「言外ににおわす」こともある点である。われわれの技術的な文章でも知らぬうちにこんなことをやっていないだろうか。そうすると、翻訳者はそれを補う「創作」を余儀なくされる。

例1:「測定に当たってはキャリブレーションを行うなど探査装置の機能を十分発揮できる状況で測定を行うよう心がける必要がある。」(「手引き」265ページ)

訳例1a (日本から来た原稿。原文に対して無批判な翻訳の例)

It is necessary to keep it in mind that we implement something such as calibration in order to make the situation as best as possible by maximizing ability of the equipment. (31語)

原文を訳せばそのとおりなのだけれど、これだと何をやっていいのかははっきりしない。「as best as possible」という不思議な言い回しはご愛嬌として、黙って“as good as possible”直せばそれでいい。) Somethingとは何のことかはっきりしないが calibration という言葉があるから calibration みたいなことをやるんだな、くらいはわかる。ところが、この文ではそれを「やれ」とは言っていない。「心に留めておくことが必要だ」と言っているだけだ。

訳例1b 「手引き」英語版最終稿)

To ensure the best performance of the equipment, it must be calibrated correctly. (13語)

翻訳するときは原文を書いた人と一緒に座って、「心がけるだけでいいのですか」、「『など』という語でほかの何を表しているのですか」、と訊きながら共同作業でやるといい結果が得られる。書いた原稿を丸投げされると、残念ながら、この共同作業ができないから、翻訳の段階で意味や事項を補ってやらないといふ英文にならない。翻訳家としてならば越権行為なのだが、そこはそこ、専門の物探屋が翻訳するのならそこまでやった方がいい、と、これは私の考えである。「手引き」の翻訳・添削ではいつもそこまでできなかったのが惜しまれる。

例2: 爆薬の最大受振距離は、その薬量に応じて長くなる。(手引き29ページ)

訳例2a: (日本から来た翻訳第一稿)

The maximum propagation distance depends upon the size of explosives charge.

日本語の原文では文脈にまかせて「爆薬の最大受振距離」が主語になっているが、英訳する場合これは「爆薬」が受振される距離でなくて「爆薬によって起こされる地震波の到達する距離」のことであることを見通さなくてはならない。翻訳第一稿ではそれに気づいて「propagation distance」とまでは言ったものの、それが地震波のことだということまでは補いきれていない。

訳例2b 「手引き」英語版最終稿)

The maximum propagation distance of seismic waves generated by explosives depends upon the size of charge.

長い主語のいわゆる「頭でっかちな文」は普通嫌われるから、主語を入れ替えて文を逆転させるという選択肢もある。

訳例2c: The size of the explosive charge controls (または dictates) the maximum propagation distance of seismic waves generated.

これを日本語に逆に翻訳しても原文と同じにはならない。でも、この場合はこの英語を訳した日本語の方が正確な文になるのではあるまいか。

# 物理探査 手法紹介

## わかりやすい物理探査

### 反射法地震探査(その3:データ取得)

石油資源開発株式会社 高橋 明久

#### 1. はじめに

シリーズその3は、反射法地震探査(以下、反射法)のデータ取得についてです。既に本シリーズその1、その2で反射法の基本原理や断面図の読み方を解説しました。今回は、最初に陸上と海上での反射法の特徴について説明し、データ取得のパラメータをどのようにして決定していくのかを見ていきます。

#### 2. 陸上データ取得の方法

陸上データ取得は本シリーズその1の図2に示したように、発振部・受振部・記録部に分かれます。

振源には火薬を用いた爆薬振源とバイブレータに代表される非爆薬振源があります。国内では反射法に使用していたダイナマイト爆薬の製造が中止となり、現在は土木工事等に用いられる「含水爆薬」が用いられています。そして、都市化が進むなかで、バイブレータなどの非爆薬振源を用いることが多くなっています。

代表的な非爆薬振源であるバイブレータには数kmまでの深部反射法に用いられる大型の油圧式バイブレータ(図17a)や500m程度までの浅層反射法に用いられる小型の電磁式バイブレータ(図17b)があります。

バイブレータは図18に示すように周波数を連続的に変化したスイープ信号(図18のa<sub>i</sub>)と呼ばれる振動を地面に押し付けられたベースプレートを介して地下に送り込みます。地下で反射して戻ってきたそれぞれの反射面からのスイープ型波形は次々と一つの受振器で記録されて図18のb<sub>i</sub>の様な観測波形が得られます。このa<sub>i</sub>とb<sub>i</sub>の相互相関をとると、a<sub>i</sub>のスイープ波形は圧縮されて反射係数の位置にピークが立つ対称な波形(図18のc<sub>i</sub>)が得られ

るのです。相互相関処理後の観測波形はダイナマイトのようなインパルス型振源と同等な波形となり、ほぼ同様な手順で処理を進めることが出来ます。

非爆薬振源の利点として、ある瞬間での振動エネルギーは小さいこと、必要な周波数帯域に制御できること、同時発振する台数を増やしたりスイープ長を長くしたり1発振点でのスイープ回数を増やすことによって地下に伝えるエネルギーを大きくすることができること、などが挙げられます。このような特徴から人家に近い場所での調査には欠かせないものとなっています。

図17(a)の大型バイブレータの重量は約19tonで、発振可能周波数は6-200Hzであり、図17(b)の電磁式バイ

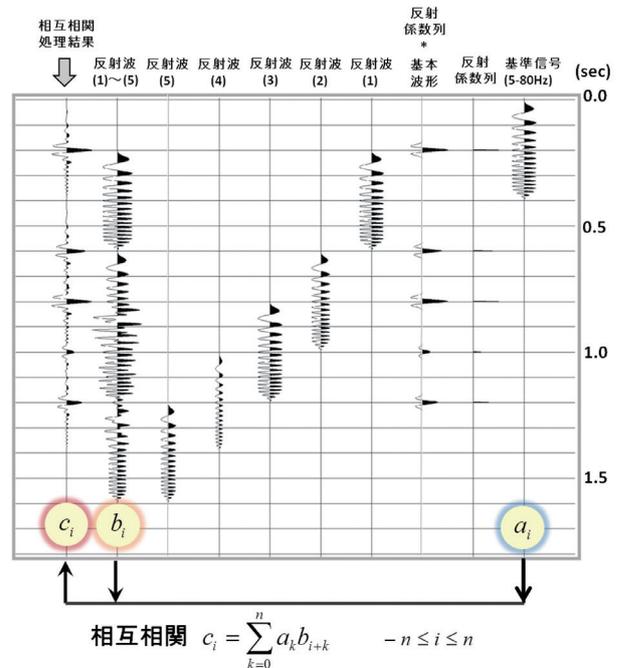


図18 バイブレータを用いた調査の原理 (物理探査ハンドブックより)



(a)



(b)

図17 バイブレータ  
(a) 油圧式バイブレータ(物理探査ニュース17号)  
(b) 電磁式バイブレータ(物理探査ニュース4号)

ブレータは、重量は約7ton、発振可能周波数は5-500Hzです。電磁式バイブレータはエネルギーは小さいものの、電磁石を用いた細かい制御を行うため、より高い周波数までの発振を行うことが出来ます。

陸上調査における受振器には一般にはジオフォン (geophone)と呼ばれる速度型電磁式地震計が用いられます。ジオフォンは図19に示すように板バネで吊られたコイルが不動点となり、地動と連動して動くケースに磁石が固定されており、地面が上下に動くことによってコイルの相対位置が変化して誘導電位が発生し、振動を電圧に変換して記録することが出来ます。深部反射法の場合には固有周波数が10Hz程度の受振器を用いますが、浅層反射法では固有周波数が28Hzから40Hz程度のものが用いられています。

ジオフォンは通常1受振点につき複数個を直列につないで、受振感度を上げるとともに、測線に沿って等間隔に広げて設置して下方向からの信号を強調するようにします。

記録システムはフィールドでA/D変換したデータを伝送して観測車で集中観測する方式が主流です。図20には Sercel 428XLを用いたフィールドの様子を示します。ジオフォンからのアナログ信号はチャンネルごとのA/D変換

器を介してデジタル信号に変換され、ライン中継器を介して観測車に送られます。記録機自体は今やパソコンそのもので、いったんハードディスクにデータを収録してテープに出力する形式をとっています。また、観測車には現場の振源と同期をとる装置やライン上のノイズを監視するモニターなどが付いています。

### 3. 海上データ取得の方法

海上データ取得も陸上の場合と同様の構成ですが、陸上ではそれぞれの要素が独立しているのに対して、海上では地震探査船1隻の中に発振部・受振部・記録部がオールインワンになっています(図21)。

振源は数km以深を探索する場合にはエアガンが主流ですが、浅層の高分解能記録を得る際には電磁誘導を利用するブーマーや電気放電を使用するスパーカーといった振源を使うこともあります。

エアガンは、チャンバーに貯めた圧縮空気を一気に水中へ放出することによって音波を発生させる振源で、小容量の浅層探査から大容量の深部探査まで広く用いられて

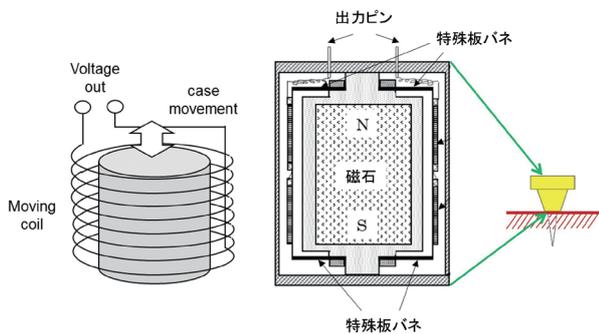


図19 電磁式地震計の原理(物理探査ハンドブックに加筆)

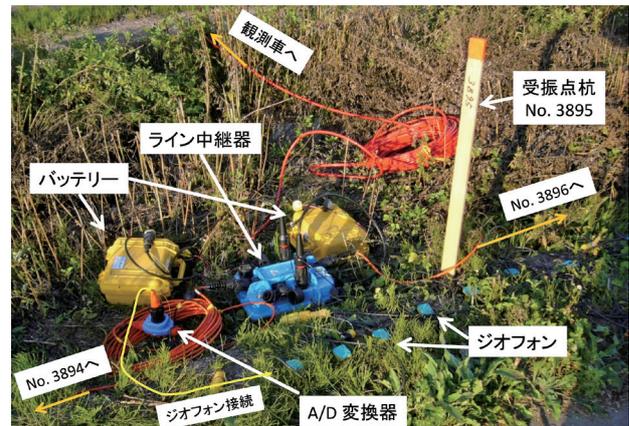


図20 データ記録装置 Sercel 428XLのフィールド風景

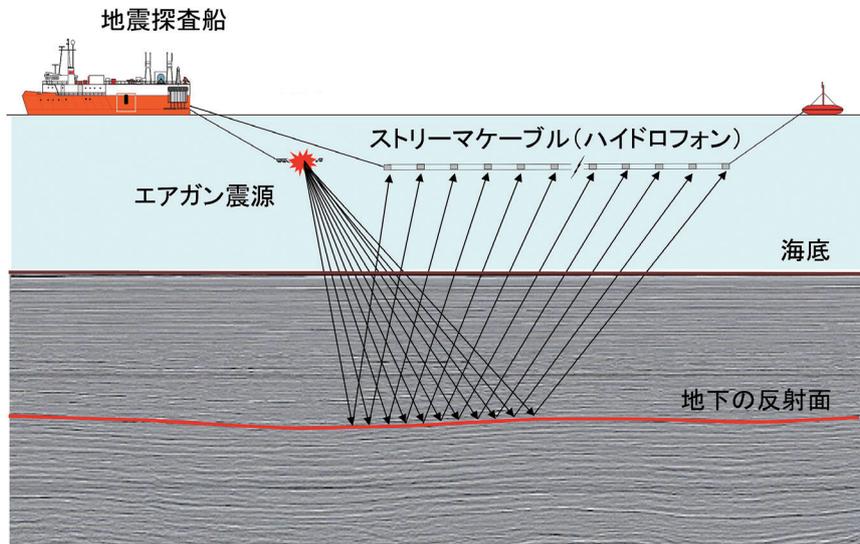


図21 海上反射法地震探査の概念図

います。大容量を用いる調査では、空気容量の異なるエアガンを組み合わせることでチューンド・アレイ (tuned array) を構成することにより、ピーク音圧を高めるとともに、ノイズとなるバブル振動の周期が容量によって異なることを利用して後続波を打ち消してインパルスに近い振源波形を得るように調整しています (図22)。エアガンは海面に浮かぶフロートの下に一定の深さになるように調整されます。

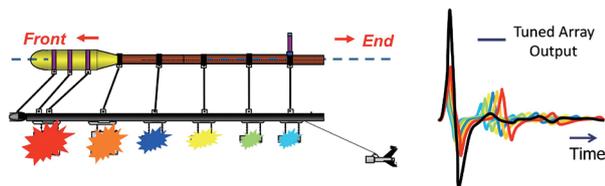


図22 エアガンのチューンド・アレイ

海上での受振器はハイドロフォンと呼ばれる圧電素子で、圧力変化を電圧に変換します。ストリーマケーブルは、このハイドロフォンをチューブの中に入れて、等間隔の複数受振点を1本に繋いだものです。こうすることにより、多チャンネルの受振点を容易に繰り出したり、回収したりすることが出来ます。各受振点は陸上の場合と同様に複数のハイドロフォンからなるアレイになっています。

記録系は基本的に陸上と一緒にです。

#### 4. 調査仕様の設計

反射法には二次元探査と三次元探査がありますが、ここでは二次元探査に関して解説をします。二次元データ取得の調査仕様の設計に必要な最低限のパラメータは以下になります。

- (a) 受振点間隔  $R_d$
- (b) 発振点間隔  $S_d$
- (c) チャンネル数  $N_{ch}$
- (d) 最大オフセット距離  $D_{max}$
- (e) 記録長  $R_L$
- (f) サンプル間隔  $\Delta S_R$

反射法においては一般的にCMP重合トレースの数が多ければS/N比は向上します。標準重合数は

$$N_{fold} = \frac{N_{ch} \times R_d}{2 \times S_d} \dots\dots\dots (14)$$

で表されます。

また、重合数の増大によるS/N比の向上は、 $\sqrt{N_{fold}}$  に比例します。従って、CMP重合数やバイブレータの1発振点でのスイープ回数を増やすことでS/N比が向上するのですが、例えば4重合データによるS/N比の改善は2倍ですが、これを4倍に増やすには16重合のデータが必要になります。

通常、発振点間隔は受振点間隔と等しいかそれより大きく

とるため、反射点の間隔は受振点間隔の1/2になります (本シリーズその1 図7参照)。すなわち受振点間隔が水平方向の分解能を決定するパラメータとなります。受振点間隔は、陸上深部反射法では25mが一般的ですが陸上浅層反射法では対象深度によって0.5mから10mと大きく変化します。海上反射法では受振点間隔はストリーマケーブルの仕様で制約されます。そのため、海上反射法の受振点間隔は深部探査の場合にも6.25mから12.5m程度となっているケースが多いものの、最近のデジタルケーブルでは自由にアレイフォーミングと受振点間隔を調整できるものもあります。

最大オフセット距離は、NMO補正による水平重合効果を上げるため、探査深度以上にすることが望ましいです。

記録長は、調査地域の概略的な速度構造に基づいて、対象となる深度からの反射波が十分に補足出来る時間を設定します。この場合に最深部の反射波から発する回折波パターンも適切に記録することを考慮する必要があります。

サンプリング間隔は垂直方向の分解能を規定します。サンプリング定理によれば、デジタル化によって表現できる最大周波数(ナイキスト周波数)は  $1/(2 \times \Delta S_R)$  と表現されます。例えば2msサンプリングであればナイキスト周波数は250Hzであり、深部反射法には十分ですが、浅層反射法の場合にはより高い分解能を求めて0.5ms、1msといったサンプリング間隔を用いることもあります。

最後にアレイ設置について触れておきます。陸上受振器の説明で複数の受振器を測線に沿って等間隔に広げて設置することや、海上探査においても各受振点は複数のハイドロフォンから構成されていることを述べました。例えば受振点間隔25mであれば、ジオフォングループを受振点杭から±12.5mの範囲に広げて設置するのが一般的です。これは受振点杭のまわり±12.5mの範囲の平均的なレスポンスを取得しており、トータルとして測線全体をくまなくカバーしていると考えることが出来ます。

また、バイブレータの場合にはエネルギーを増大させるため1発振点で複数回のスイープを繰り返すことが多いですが、その場合にも1回ごとに前進してアレイ設置にすることが行われています(ムーブアップという)。バイプロサイズの場合にはムーブアップすることで地面へのダメージを少なくすることもでき、一挙両得です。

また、詳しくは物理探査ハンドブックに譲りますが、スタックアレイという考え方があり、発振点間隔と受振点間隔を等しくし、発振と受振のアレイ長を等しくし、発振点中心を受振点中心の1/2の位置に置くことで真下から来る信号のみを選択的に受振することが出来ます。

こうした一連のデータ取得パラメータの設定は最終断面図に大きな影響を与えますので、ユーザーの皆さんも大枠を理解しておかれると良いと思います。そして調査会社の保有する機器によってパラメータがある程度制約を受けることもご理解いただければと思います。

# 宇宙戦艦ヤマトは海底火山下の マグマ溜まりをどのように探査したのか?

電力中央研究所 鈴木 浩一

皆様は「ワープ航法」「波動砲」「放射能除去装置」と言ったら何を連想されますか? 50才代の方なら即答できる方が多いと思います。そうです! “宇宙戦艦ヤマト”ですね。ヤマトシリーズの元祖版は、44年前の1974年に全26話がTV放送されました。その後映画化され、続編版も大ヒットしています。

太平洋戦争終戦間際の1945年4月、片道分の燃料だけ積んで沖縄決戦のため、決死の覚悟で出撃した大日本帝国の戦艦大和は、当時世界最大の戦艦でしたが、九州坊ノ岬沖の海戦において、約1000機もの米軍空母艦載機の猛攻撃により撃沈されました。

このSFマンガは2199年の未来の設定で、大マゼラン星雲にある惑星ガミラス(ガミラス星人)からの攻撃で地球全体が高濃度の放射能に汚染され、人類滅亡まであと1年にせまった状況から物語が始まります。宇宙戦艦として甦ったヤマトは、放射能除去装置を手に入れるため、地球から14万8千光年先にあるイスカンダル星を目指して出発します。実はガミラス星とイスカンダル星は、2重惑星(大きさの近い2つの惑星が共通重心の周りを互いに公転)となっています。

ガミラス星での決戦は第24話です。この惑星の海と雨は強酸性で、そうとは知らず海に着水したヤマトは、艦底の司令塔が溶け落ちてしまうなど万事休すとなります。今回の突っ込み所は、海に潜航したヤマトが、海底下のマグマ溜まりを司令室の大スクリーン(図1)にリアルタイムに映し出すシーンです。分析万能ロボット“アナライザー”が「12時から6時の方向に巨大な火山鉱脈(マグマ溜まりのこと?)がのびている。岩盤の厚さは推定16km!」と分析結果を報告します。大スクリーンに映し出されたマグマ溜まりは、まるでレントゲンで撮影した心臓から身体全体にのびる大動脈のような形状をしています(図2)。探査方法や装置などの説明が詳しいのは残念ですが、SF

マンガなので仕方がないですね。

海に潜航する前に、艦長が「おそらく過去の火山活動により強酸性の海に変わってしまったと考えられる。海に潜航して巨大火山鉱脈を探し、そこを波動砲で撃て! ガミラス星に大火山活動を誘発させるのだ。それしか逆転のチャンスはない!」と的確な指示を出します。火山の知識も豊富で何と博学な艦長なのだろうと感心します。いったいどうやって潜航しながら海底下のマグマ溜まりを探査したのでしょうか? まず地中レーダは海水中では電磁波はすぐ減衰するので無理ですね。地震探査反射法によりマグマ溜まりからの反射波を捉えたのか、海底電磁探査法で比抵抗異常部として捉えたのか、あるいは熱赤外線を使って海底面に生じたわずかな温度差を検出したのか、これぐらいしか思い浮かびません。しかも、なぜ海面上を飛行しながら探査せずに、強酸性の海に潜航して探査したのでしょうか? もし原作者の松本零士さんに質問をしたら「胎児の様子を映し出せる現在の超音波診断装置を発展させた物理探査技術でマグマ溜まりを可視化したのだ。探査精度を上げるために海に潜航する必要があった」のように回答するかもしれません。

物語では、発見したマグマ溜まりを波動砲で打ち抜き、ガミラス星に超大規模な火山活動を誘発させることに成功します(図3)。ワープ航法や厚さ16kmもの岩盤を破壊できる戦艦なら、こんな魔法のような探査技術が搭載されていても不思議はないのかもしれないね。

もし今の人類の技術で探査をするとしたら、最大30~40kmのオフセット距離を確保した大規模な3次元音波探査を行えば、海底下16kmにあるマグマ溜まりを可視化できるかもしれません。でも戦闘中にそんな事をしていたら、すぐに撃沈されてしまいますね。さて、180年先の未来では、宇宙戦艦ヤマトの探査技術にどこまで近づいているのでしょうか。

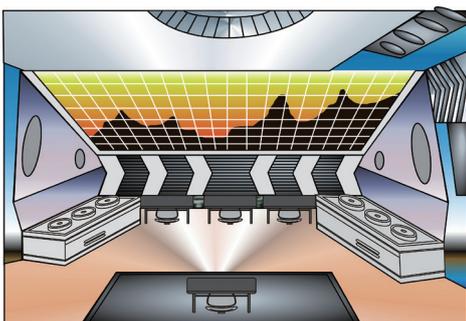


図1 司令室の大スクリーン

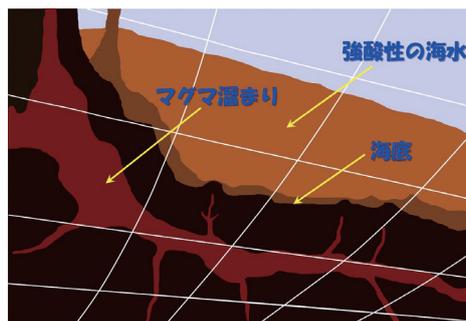


図2 海底下のマグマ溜まり

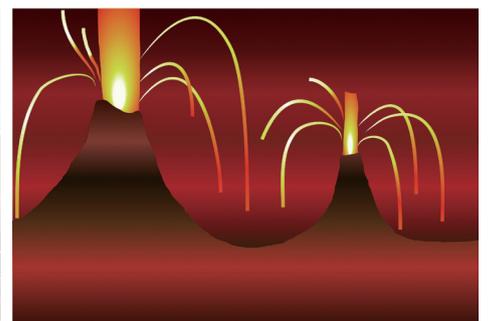


図3 誘発された火山活動



## EAGE-HAGI

— First Asia Pacific Meeting on Near Surface Geoscience & Engineering — 参加報告@インドネシア・ジョグジャカルタ

サンコーコンサルタント(株) 江元 智子

4月10日から13日にかけて、HAGI(インドネシアの物理探査学会)とEAGEが共催した浅層物理探査をテーマにしたシンポジウムに参加しました。会場はジョグジャカルタのガジャマダ大学でした。

ジョグジャカルタ、あまり聞かない地名ですが、インドネシア通の知人によると、「ジョグジャカルタは今でも王族が存続しているところで、大学が多く文化的な都市。遺跡などの観光地も近いし、治安も良い方なので初めてでも楽しめるところだそうで、聞いたとおりの場所でした。

シンポジウムは4月11日～12日でしたが、前日の10日にはEAGEから出版した英語版「物理探査適用の手引き—土木物理探査マニュアル—」のセミナーが行われました。講師は日本の物理探査学会のメンバーです。日本が抱える自然災害に始まり、微動探査、反射法地震探査、屈折法地震探査、表面波探査、電気探査、地中レーダ探査の各手法や複数の手法を併せた統合物理探査と幅広い探査について取り上げられていました。英語版は、「将来、日本の土木物理探査が海外に出ていくときのために、日本の基準が適用されるような下地をつくる」との考えで出版されたものだそうで、講師の話にも熱が入っていました。参加者は、インドネシアやマレーシアの学生、コンサルタントの方が中心で、質問や議論も活発に交わされていました。インドネシアは資源に関する探査が活発なイメージがありましたが、土木物理探査も関心を集めている分野であると感じました。

シンポジウムでは、英語での発表も経験しました。参加

したセッションでは空洞の検出がテーマでした。久々の学会発表で、質問やコメントを受け、英語も内容も自分の勉強不足なところを実感しました。他の発表は電気探査の事例が中心でしたが、探査をするだけでなく、実際に洞窟の中を歩いて延長方向を調べた上で、比抵抗断面と比較しているものなど、空洞のモデルを作り電気探査のシミュレーションを行っているもの、様々な視点の内容で興味深かったです。ほかのセッションも顔を出しましたが、電気探査・地中レーダ探査の事例が多い印象がありました。

余談ですが、他の方の発表を見て自分の発表でも真似してみたことがあります。それは、発表は英語でも、最初と最後の挨拶は現地の言葉をいれること。皆さんが挨拶を返してくれますし、ちょっと雰囲気や和やかになって話しやすくなります。

さて、シンポジウム後の13日はお楽しみのフィールドトリップ。ムラピ火山と仏教寺院ポルブドゥール遺跡を訪れました。ガジャマダ大学のBarianto先生、Nukman先生が案内をして下さいました。

ムラピ山の麓へは市街地からバスで1時間ほどです。一旦バスからジープに乗り換えて、車2台分ほどの幅で未舗装、段差ばかりの道を走り、より山に近づきます。ジープはシートベルトなし、屋根なし!車内でみんな上下左右にバウンドしている状態です。これは、日本では絶対にできない体験です。時折、ドライバーが急加速をして他のジープを追い越す演出(?)もあり、エキサイティング!としか言えませんでした。



写真1 講義をする山中前会長(皆さん熱心に聴いています)



写真2 参加者には座長から賞状と記念品の盾が贈られます(左は座長の相澤氏、右は著者)



写真3 (上)ジープに乗って準備OK!これで山へ向かいます。  
(下)ここには、2つの時期の地層を観察できる露頭があります。遠方に見える山がムラピ山です。

到着した先では、ムラピ火山の溶岩の露頭があります。ムラピ火山は4つの活動期があり、そのうちの2時期の地層を観察できる場所だそうです。また、麓へ降りる途中には、ミニミュージアムがあります。ここには2010年に発生した噴火のときの写真や火砕流に覆われた村から見つかった生活用品などを展示しており、噴火の被害の様子を伝えています。入口には、火砕流に飲み込まれて骨だけになってしまった牛の標本が展示してあり、とてもインパクトがあります。

同じように火山を抱える日本でも起きたらと考えると…。火山がもつエネルギーの大きさにぞっとしました。日本もインドネシアも自然災害のリスクには共通点が多いと思います。お互いの経験・技術を共有し、活かしていくことで、より進んだ防災・減災を目指せるのではないのでしょうか。

次に向かった先はボルブドゥール遺跡。世界最大級の仏教寺院で世界遺産にもなっています。この寺院は8～9世紀ごろまでは記録に残っているものの、その後19世紀に発掘されるまでは土に埋まっていた、歴史の表舞台から姿を消していました。火山噴火のときに埋まってしまった説、他宗教の信者に破壊されないように埋めた説

などがあり、はっきりしておらず、まさに歴史ミステリーです。現在は、寺院を中心とした公園として整備されており、整備の際には、日本の技術支援もあったそうです。当日は晴天で4月の日本では考えられない暑さと日差しでしたが、最上階まで登り、眼下に広がる森や山々を見ると、爽やかな気分になりました。実は、この寺院は早朝のツアーが人気です。最上階からみる日の出は幻想的だそうです。

まだまだ、書きたりないくらい印象的なことがあったのですが、今回はここまでにします。シンポジウムの主催者であるHAGIとEAGEの皆様、SEGJの国際委員会の皆様のご尽力に感謝を申し上げます。また、初海外出張で分からない事ばかりのなか、学会に参加されていた日本の方々には、出国から現地そして帰国まで沢山助けて頂きました。ありがとうございました。



写真4 (上)ミニミュージアムでは牛の骨がお出迎え。写真右側が展示室となっています。  
(下)ボルブドゥール遺跡で記念撮影。

## SEG Honorary Lecturer Tour - A Hitchhiker's Report



Terra Australis Geophysica Pty Ltd  
須藤 公也

2017年のSEG Honorary Lecturer (HL) に任命されて9カ国で22回の講演を行った。日本人のSEG HLはアメリカ在住の林宏一博士が2014年にやっているの、二人目ということになる。

今回の私の講演旅行のタイトルは“Hitchhiker's Guide to Geophysics”。たいていHLは物理探査技術の最先端の話で、大学の先生や企業の研究室の人がやっていたのだが、今回は学生や素人向けの話にしようということで、零細個人コンサルタントの私に回ってきた。事の起りは、SEGのある会合で、「HLは最前線の話をするけれど、学生には難しすぎる。学生や一般向けに物理探査を啓蒙・普及するHLがいてもいいのではないかと」発言したことだった。その場に知り合いのイギリスの人がいて「それならお前がやれ」と言って、ごていねいに推薦状を書いてくれた。とくれば、言い出しっぺとして引っ込みがつかない。幸い、私のHitchhiker's Guide to Geophysicsはかなり前にInternational Students' Conference on Earth and Environmental Sciencesのために作ったもので、その後あちこちで20回ほど講演していたので準備はだいたいできていた。



今回の講演で回った都市

講演の内容についてはニュース第35号で草茅氏が記載しておられるのでそちらもご一読願いたい。大体この話は物理探査とはどんなものかという紹介なので、磁力探査、電磁探査、地震探査はどんな原理に基づいてやられて、どうやってデータを集めて、それから何がわかるか、何に应用するか、というようなことにも触れているのだが、私はそれに重点を置かなかった。そういうものなら大学の授業で詳しく学ばばいいし、土台それらを1時間でカバーするのは無理な話である。しかし、それを全くヌキにするわけにはいかないので、前半の多くを費やしてしまった。



話の後半は「DonaldとHilaryが飲みに行って\$36使ったが、それぞれ何杯飲んだか」、という問いから始まる。これは不確定性の

例え。物理探査では既知の方程式の数よりも未知数の数がずっと多いから外部からの情報を集めることが必要だ、という話だった。ここは実はDonaldとHilaryでなくてもよくて、一番初めにベオグラードでやったときのいわゆる「原典版」ではDusanとDanaだった。イギリスの王子さまが婚約された直後にはBillとKatyでやった。困ったのは今回の講演旅行にはモスリムの多いインドネシアやマレーシアが入っていたこと。これを、モハメッドとシェラザードに変えるくらいは簡単な話だが、モスリムは酒を飲まない(ということになっている)。それよりモハメッドを毀損したとかで問題にされたら無事に帰られるかも保証の限りではない。酒を飲む話をしてわかってもらえるだろうかと考えてみたが、代わりが思いつかなかった。話の中で、「ビールを12杯も飲んだら正体なく酔っばらってしまうだろう、だからこれは生理学的にありそうもない」と言うのだが、ジュースやコーヒーではこれは言えない。仕方ないからモスリムの人にも同じ話をした。まじめな信者は飲まないだろうが、町にはビールの看板もあり、酔っ払いがどんなものかくらいは知っていた。

この問題では、まずそのバーに行ってメニューを見て値段を確認することから始める。次に、バーで買える飲み物の数だから答えは正の整数だろう、二人で飲みに行って一人だけが飲んでもう一人は傍らで見ていたなんてありそうでない、生理学的に飲める量には限界があるだろう、などと「常識的な理屈」をこねて解けるはずのない方程式の「それらしい解」を見つける。

それと並行して、例えば重力探査の解析で3mの地下に1m<sup>3</sup>の大きさで密度50g/ccの物体が埋まっていれば1mgalの異常が観測されるはずだという計算結果が出た

ら信用できるか、と問う。元素の周期表を見れば、密度50g/ccなんて物質は地表近くには存在できないことがわかる。これはメニューを見て飲み物の値段を調べると同じ行為だ。それから付近の地質図を見れば、この辺りは圧縮か伸長の力に支配されているか、または貫入岩がありそうな所かどうかが推定できるから解釈の幅が狭められる。こうした地質学的な「常識」を持たずにただデータをコンピューターに入れて出てきた答えを持ってきただけでは、正解は期待できない。

数学や物理学のように理想化された世界を扱うのではなく、物理探査は現実の世界を見ているのだ、と言ったのはこういうことなのである。地すべり調査の現場の仕事で測線に沿って仕事をするとき、上から下に向かってやった方が器材の運搬が楽だとか、長いケーブルをもつれないように撤収するにはロッククライミングをやる人がロープを扱うようにするのがいいとかは大学の教室では教えない「物理探査の知恵」である。講演の結論では、物理探査屋である以前にいろんなことを学んで幅広い知識を持った人間になってほしいという願いを込めた。



SEG HLはSEGのAssociated SocietiesとStudent Sectionsをいくつか訪問する。今回の講演旅行では、空港や駅での出迎えからホテルや食事まで私の面倒を見てくれたのは、インドネシア、マレーシアではStudent Sectionsの学生たち、ニュー・ジーランドとタイではStudent Sectionsの顧問の先生、またオーストラリア、韓国、台湾では各国の学会(SEGのAssociated Societies)の担当者だった。日本では物理探査学会が東京で、福岡と秋田ではStudent Sectionsが主催したほか、講演者の希望を容れてもらって札幌と名古屋でも講演したが、どこでも運営の主体には学生は参加していなかったと思う。これはパプア・ニュー・ギニーでも同様だった。



面白いと思ったのは、日本、オーストラリア、ニュー・ジーランドでは外国からの客人に慣れっこになっていて、普通にもてなしてくれたのだが、東南アジア諸国では「アメリカの学会がオーストラリアから派遣する日本人の講師」がめずらしいらしく、ケタ違いの歓迎をしてくれた。講演には立派な講堂が用意されて、講堂の外と演台の上には私の顔写真と講演のタイトルの入った横断幕。最前列には私と大学のVIPのためにソファが用意されていた。講演に先立って、まず学部長が挨拶、それから物理探査の教授がひとこと、Student Sectionの会長の話があって、それからみんなでコーランの一部らし

い何かを唱和。そのあとでまた会長が私を紹介しやっとな私の出番となる。ある大学では国歌斉唱までであった。イン



ドネシア・マカッサルの大学では、講演後、物理探査の女子学生有志による民族舞踊を披露してくれた。こうなるとこちらが畏れ多くなって恐縮してしまう。

講演前日、学生たちと夕飯を食べた後の別れ際、明日の朝までにこれにサインしておいてください、と紙袋を渡された。中身は「受講証明書」。260枚にサインするのは苦労した。



学生や顧問の先生が組織に加わったところでは、講演の前後に院生を紹介されて彼らの研究を垣間見ることもできた。SEGが物理探査と言えば石油探査がほとんどで、ほかの分野はほんの少しなのであるが、物理探査への期待は場所によって異なることがわかった。ニュー・ジーランドではプレートや断層の挙動に興味の中心があり、インドネシアでは石油探査のほか土木物探や地熱、またパプア・ニュー・ギニーでは地熱と地震防災、といった具合である。インドネシア・ジャンビの大学では物理探査学科はまだできたばかりで、若い先生が「サイズグラフとジオフォン一式はあるが、この使い方に自信がない」と言っていたので、講演後スーツをジーンズに着替えて、学生と一緒にキャンパスでデータ取得の実習をやった。これも楽しい思い出である。



学生たちにわかりやすい話を面白おかしくしたので、どこの講演でも終演後に学生に囲まれて記念写真におさまった。パプア・ニュー・ギニーを例外として、学生たちの間にスマートフォンが行きわたっているのには驚いた。いや、こんなことに驚くのは時代遅れかも知れないが。

この講演旅行で私の話を聞いた学生が後日パリのEAGEやヒューストンのSEGの学会で話しかけてきて、

「あなたの講演を聞いたよ、ありがとう」と言ってくれたのは、とてもうれしかった。この講演を今回のHLを含めて16カ国で42回もやったので、おそらく3000人くらいの人が聞いたと思う。世界中に6000の目が私を見ていると思うと、迂闊なことはもうできない。



SEGのHLは最新技術を伝えるということのほかにもSEGと物理探査を広めるという側面もあり、私の講演旅行は後者に重点を置いたものだった。SEGは会員サービスの向上と新会員の獲得に努力しており、世界中で物理探査屋が何を望んでいるのかを知りたがっている。私も講演旅行中に会員や先生や学生がSEGに何を期待するか、何をしてほしいかを尋ね、逐一報告した。そこから

SEGの新しい方向性や活動が開けるものと信じる。私の講演旅行がSEGにただ乗り(ヒッチハイク)した海外旅行でなかったことを確信している。

SEGの担当者および訪問各国、各大学や各学会でお世話になった皆さんに、この楽しい思い出をいただけたことを感謝いたします。



## 物理探査ハンドブック増補改定版増刷のお知らせ



1998年以来18年の長きにわたってご好評をいただいております物理探査ハンドブックですが、この度物理探査技術の発展がめざましい分野については手を加え、改訂版を出版しました。章立ては以下に示すとおり現行版と同様ですが、反射法地震探査やリモートセンシング、位置測量、あるいはこれまでなかった表面波探査を新たに追加するなど、手法によっては大幅な改定がなされています。第Ⅱ編のケーススタディを割愛し、各章中に入れることといたしました。

冊子版にはCDはついておりません。電子版からCopy & Pastelはできません。

**ご高評につき、増刷、再販しました**  
**販売価格(税込)**  
**冊子版¥32,400 電子版¥21,600**

- 第一分冊
  - 第1章 反射法地震探査
  - 第2章 屈折法地震探査
  - 第3章 微小地震・AE
  - 第4章 微動・振動・表面波探査
  - 第5章 電気探査
  - 第6章 電磁探査
- 第二分冊
  - 第7章 地中レーダ
  - 第8章 重力探査
  - 第9章 磁気探査
  - 第10章 リモートセンシング
  - 第11章 熱・温度探査
  - 第12章 放射能探査
- 第三分冊
  - 第13章 物理検層
  - 第14章 VSP
  - 第15章 ジオトモグラフィ
  - 第16章 シミュレーション
  - 第17章 モデル実験
  - 第18章 位置測量

別途送料がかかります  
事務局へお問い合わせください

### 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。

物理探査ニュース 2018 ハイライト 2019年(平成31年)1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@segj.org

ホームページ : http://www.segj.org