

物理探査 ニュース



一般社団法人 物理探査学会
The Society of Exploration Geophysicists of Japan

目次

分かり易い物理探査 「磁気探査 4」	1
脱線・物探英語その7	6
現場レポート:オーストラリアクーパー盆地の高温岩体地熱地点における物理探査 (3)	7
研究室紹介 東京工業大学大学院総合理工学研究科 山中研究室	11
会員企業紹介「株式会社日本地下探査」	13
お知らせ	15

Geophysical Exploration News April 2013 No.18



物理探査現場作業の様子

(左)崖の弾性波探査

(右上)トンネルレーダ探査

(右下)被災地での作業

会員企業紹介「株式会社日本地下探査」より

磁気探査入門講座



日本物理探査(株) 技術顧問
産業技術総合研究所客員研究員
中塚 正

4. 探査の実際

最後に、磁気探査がどんな対象・局面で有効に活用されているかについて、見ていくことにします。とはいっても、数ある分野のすべてを網羅することは、紙面の上でも私の能力の上でもできないので、その一端を紹介するということでご理解いただきたいと思います。

物理探査では一般に、どこでデータを取得するかによって技術的な要件が異なり、また期待される成果も異なってくる場合が多いので、常識的によく分類に用いられる地上・海上・空中の区分に従いますが、土木分野のごく浅部の人工物をターゲットとする調査については、節を分けて記すことにします。

4.1 地上磁気探査

磁力計を人が持ち運んで移動しつつ多点で磁場測定を行うものですが、広域的な調査では測点間は車で移動することもあります。しかし、車は磁気ノイズのもとになるため、測定精度の点から車で移動しながらの測定は一般に困難です。測点間隔は調査対象物の深度・大きさ(すなわち取得したい磁気異常の波長)に応じて決めることとなりますが、より短波長の磁気異常や人工物のノイズ分が卓越する場合には、それを正しく除去できる手立が必要になるので、効率的な調査の妨げになります。大局的な地質構造を対象にする場合などでは、測点を人工ノイズや局所異常のない(なさそうな)所に選んで設定することが有効な場合もあるでしょう。

地上磁気探査では、持ち運びが容易で操作も簡単な携帯型プロトン磁力計がよく用いられます。プロトン磁力計の発明以前は、1成分磁力計で主に鉛直成分測定が行われました。これは、鉛直以外の方向成分を正しく測定するには測定器の方位を正しく設定する必要があり、効率的な測定が難しいのに対し、鉛直成分は錘を下げて静止させれば正しい向きを設定できたからですが、それでも静止しないと測定はでき

ません。プロトン磁力計ならセンサーの向きに注意を払う程度で、移動しながらでも測定が可能になりました。また、プロトン磁力計の測定周期は数秒程度が一般的ですが、プロトン磁力計の一変種であるオーバハウザ効果磁力計や光ポンピング磁力計では、より迅速あるいは連続的により高分解能の調査に対応できます。

調査のターゲットとしては、期待される磁気異常が測点配置にマッチするものであれば何でも良いわけですが、ここでは、プロトン磁力計を用いた考古学的調査と小規模地質構造調査の例を見てみましょう。

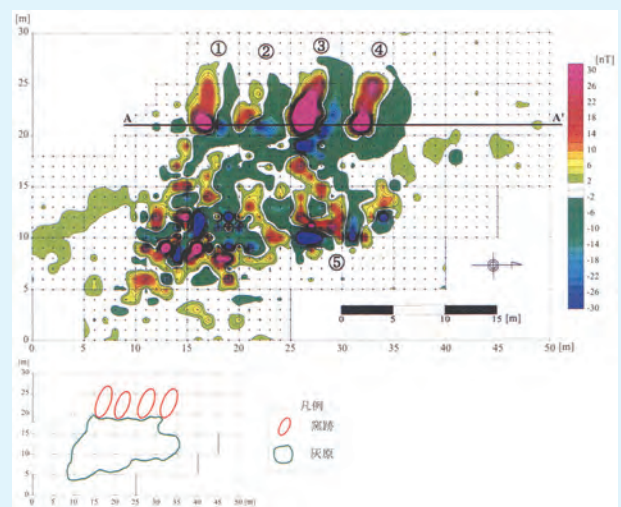


図12 窯跡の考古学磁気探査結果 (高瀬・峠,2001)

図12は、高瀬・峠(2001)による窯跡の考古学調査の結果です。土器が焼かれた窯は、焼成のために床や壁が熱残留磁気を獲得して明瞭な磁気異常を生じている場合が多く、発掘調査の前段の非破壊調査として用いられます。また、考古学調査としては、磁性を持つ埋蔵物の位置を探索する磁気探査も行われています。

Scollar *et al.*(1986)は、高密度の磁気異常データをリモセン画像データのように扱ってフィルタ技術を駆使し、現在は埋積されて平らになったクサンテン(ドイツ)の古代ローマ遺跡の発掘調査地で遺構のマッピング(図13)を行っていま



図13 クサンテン(ドイツ)の古代ローマ遺跡における遺構の磁気異常マッピング(Scollar *et al.*, 1986)

す。原著では、磁気異常のソースについてふれていませんが、遺構の造成に使われた石材の磁性によるものか、古い遺構の地層と後から埋積した地層との磁気的コントラストによるかのいずれかなのでしょう。

牧野ほか(1997)は、火山の火道にあたる火山岩頸が浸食から残されたと考えられている西宮市甲山で山頂から放射状の測線で磁気探査を行い、リング状の特徴的な磁気異常パターン(図14)を捉え、火道境界部の磁気構造の特徴を見出しています。

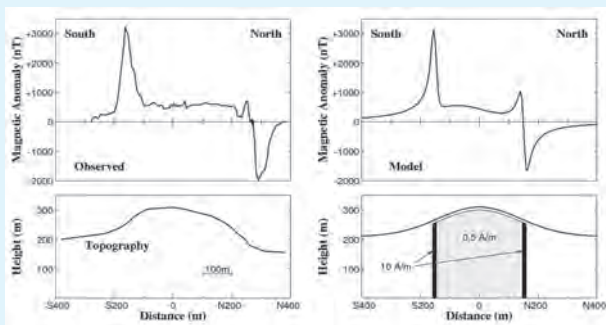


図14 西宮市甲山の磁気異常プロファイルと構造モデル(牧野ほか, 1997)

4.2 海上磁気探査

水域では、地上のようにハンマーとクリノメータを主役とする地質調査を効果的に行うのが困難なため、各種物理探査の活躍の場になってきました。中でも、単チャンネル音波探査～多チャンネル反射法さらに3次元反射法と発展した地震探査の活躍に大きなものがあります。そうした大規模な探査は、本格的な海洋調査船を用いて行う場合が多く、調査航海をフルに活用するため、重力・磁気のパターンも同時に取得するのが一般的に行われてきました。

海上では、磁力計センサーの姿勢を保持することが陸上以上に難しいため、プロトン磁力計の利用による全磁力測定が常識化し、船体の磁気ノイズを避けるためにセンサーを船尾から離して曳航する方法がとられます。しかし一方、ベクトル量である磁場の3成分を船上測定する技術(Isezaki, 1986)も開発され、測線調査では航跡に交差する方向の磁気異常変化が把握できないという弱点を克服する解析法(Seama *et al.*, 1993)が実用化されています(図15)。

海上磁気探査のデータは色々な場で活用されていますが、中でも最大の注目を集めたのは、プレートテクトニクスの証拠となったVine and Matthews(1963)による海洋底の地磁気縞状異常の発見でしょう。その一端は図15にも見えています。海上磁気探査から少しそれますが、地表から人工衛星に至る磁場測定データを総集して作った世界の全磁力異常分布EMAG2をGoogleマップ上で表示できるWebサイトが、

http://ngdc.noaa.gov/geomag/data/Google_Maps/EMAG2/

にあります。地磁気縞状異常の状況その他が如実に表現さ

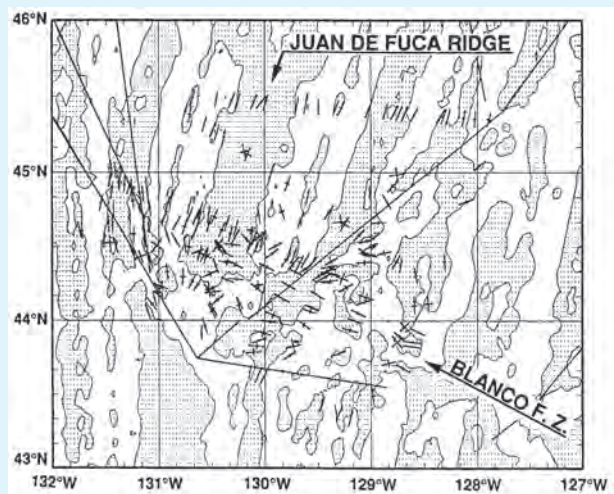


図15 ファンデフカ海嶺の全磁力異常分布と3成分磁気異常から求めた磁気境界の走向(Seama *et al.*, 1993)

れています。興味ある方は是非ご覧下さい。

最近の海上磁気探査では、より高分解能の調査が課題となる中で、水深が深いところでの海面からの調査には限界があり、よりソースに近づいた探査、すなわち深海曳航式の磁力測定(Sayanagi *et al.*, 1994)や自律航行海中ロボットAUVによる深海底磁気探査(Honsho *et al.*, 2010; 図16)も実用化されています。

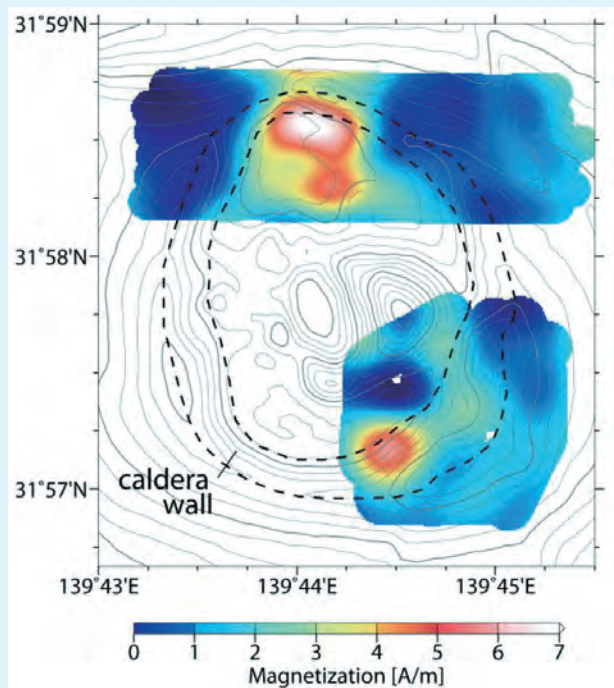


図16 AUVによる深海磁気探査から求められたベヨネーズ海丘カルデラの磁化強度(Honsho *et al.*, 2010)

4.3 空中磁気探査

空中磁気探査では、広大な地域の調査が、陸上・水上の別なく、人跡未踏のジャングルであっても、迅速に行える特

長があります。同時に、地表付近の局所的な人工あるいは表層地質のノイズソースから適度に離れて探査を行うことができます。水域や地形の穏やかな平野・準平原の地域では固定翼の飛行機で調査可能ですが、山岳地で希望の飛行高度が凹凸に富む場合は、ヘリコプターが用いられます。

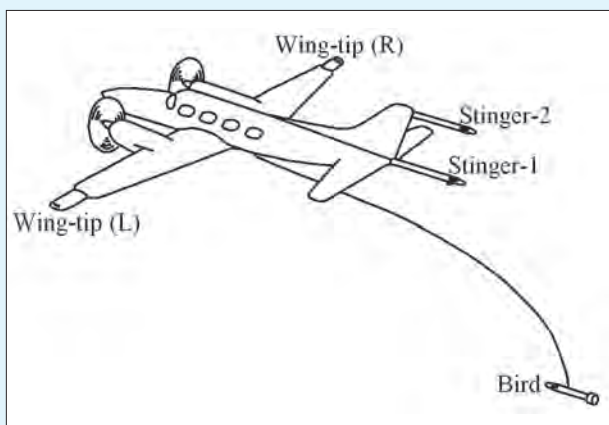


図17 飛行機への磁力センサーの各種装備方式

飛行機への磁力計センサーの設置方法(図17)としては、バードと呼ぶ非磁性の容器に収納して曳航する方法もありますが、バード曳航時の速度の制約や安全性の危惧のため、今日では機体の尾部または翼端に設けられた突起部(スティンガー)にセンサーを収納する方式が一般的です。ヘリコプター利用の場合では、大きなバード形式の装置を利用する空中電磁探査と同時に測定するシステムが実用化されてきたこともあり、バード方式の測定が多く行われていますが、ヘリコプターのスキッド(そり)部分から伸ばしたスティンガーにセ

ンサーを設置する方法(図18)も実用化され、飛行区域の制約などの面でより自由な飛行が可能となっています。なお、スティンガー方式の測定では、機体が発する磁気の影響を避けきれないので、取得データへの影響を除去するための機体磁気補償の仕組みが用意されます。



図18 磁力計用スティンガーを装備したヘリコプター

過去の調査事例としては、極めて多くが知られていますが、一般的には金属資源や石油・天然ガスの基礎調査の位置づけで行われたものが大半を占めます。日本でも、この連載の第1回の「表紙の図」に示したように、石油・天然ガスと地熱資源の基礎調査で国土を覆う規模のデータが取得されています。それらは、広域調査の範疇に属するものが主体ですが、ほかに旧金属鉱業事業団MMAJ(現JOGMEC)などで金属資源探査の目的でより精密な探査が行われました。その後は技術の発展とともに、火山の構造や活動状況把握の目

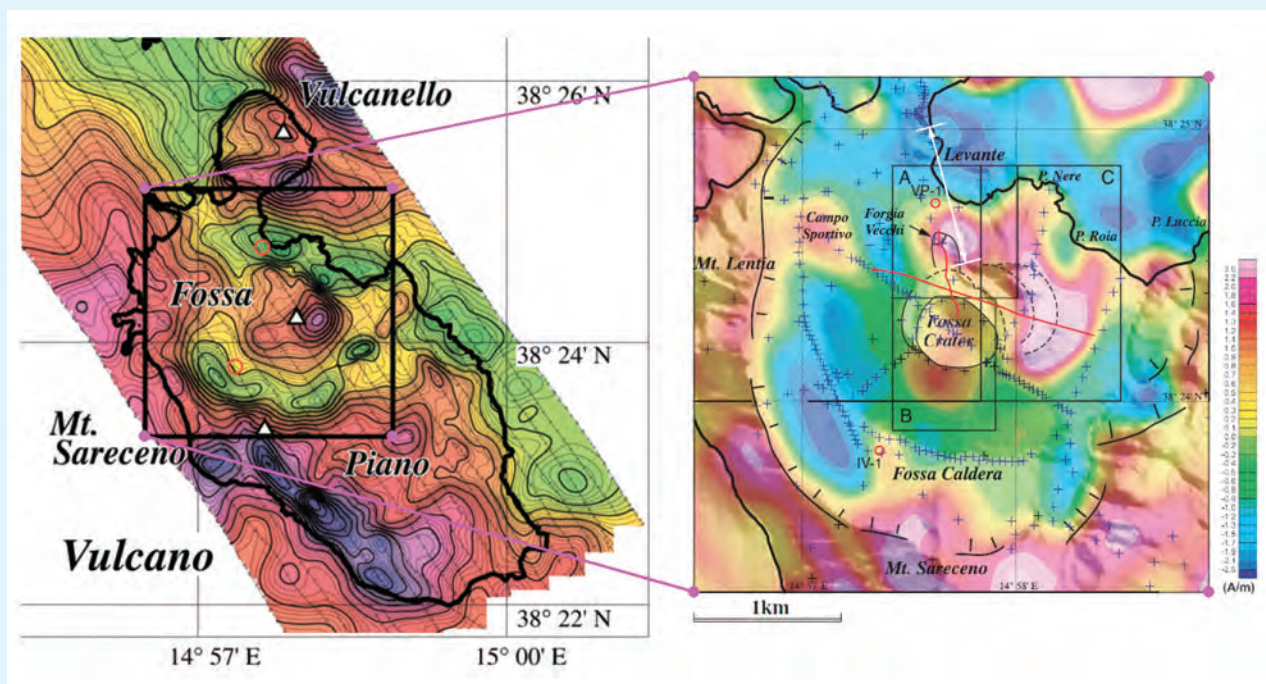


図19 イタリアVulcano火山の高分解能探査結果(全磁力異常)とその磁化強度マッピング解析結果(Okuma et al., 2006)

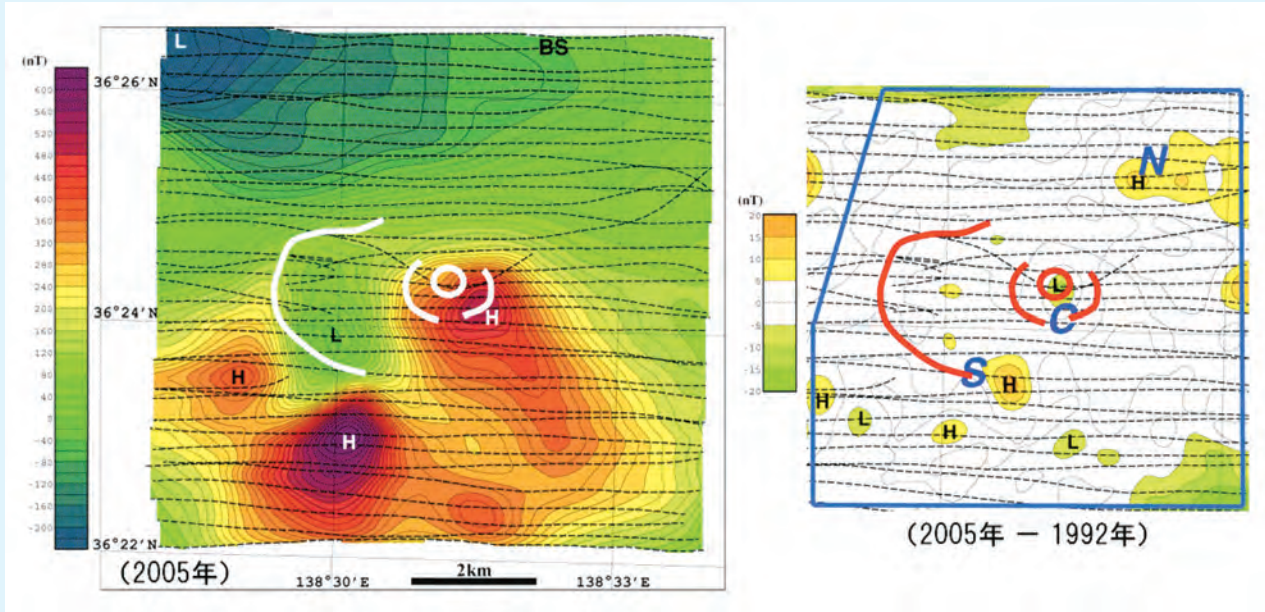


図20 浅間火山2004年噴火後の全磁力異常分布(2005年)と1992年調査データとの対比による磁気異常変化抽出結果(Nakatsuka et al., 2009)

的で限られた地域を対象に、高分解能探査が行われています。現状では、地震や活断層関連では、特徴的な磁気異常が期待できない場合が多いため、事例が少ないのが実情です。

実例を二つだけ示します。図19は、イタリアVulcano火山の高分解能探査とその磁気構造解析の結果(Okuma et al., 2006)を示しており、過去の噴火口のマグマ活動状況を特徴づける地下構造を得ています。図20は、浅間火山2004年噴火に関連して、その翌2005年に行った調査データと、既存の1992年データと対比してその間の僅かな磁気異常変化を、調査飛行の測線位置・高度の差を考慮に入れた拡張交点コントロール手法によって抽出した結果(Nakatsuka et al., 2009)を示しており、活動中火口での熱消磁と古い溶岩の磁化の進行を示唆する結果を得ています。

4.4 埋没鉄類磁気探査

埋没鉄類磁気探査の技術は、戦後復興の危険物探査すなわち埋没不発爆弾・機雷・砲弾等を発見するために、開発されてきました。近年は、都市部の地下工事の増加を背景にして、探査対象物が危険物だけでなく、埋設管や鋼矢板・各種基礎杭などの埋設物にも適用されるようになってきました。

それらの探査の対象となるのは概ね市街地であり、鉄道からの漏洩電流・既存の構造物や大小の廃棄物など人工ノイズの卓越する場合が多くそれらとの正しい弁別が必須である点と、安全の確保が第一であるため正確な個別ソースの評価が欠かせない点が、技術的要件になります。

その対象である鉄類は強磁性体であり、地層・岩石の磁性とは違った特性を持っています。強磁性体では磁性体の形状に応じた消磁力が働き、多くの場合磁性体の長手方向に磁化

が生じます。その長手方向の両端付近に磁極ができるわけです。一方、人工ノイズに対抗するためにはソースに近づいて測定することが、最大の武器となりますが、ソース磁性体の大きさに対する測定距離が大きくない状況の測定となり、正負の磁極のうちより近い側の影響を大きく受けます。そのような環境の下で、実際の探査では、探査深度(距離)を高々2~3mに設定して、誘導コイル型磁気傾度計や一軸差動フラックスゲート磁力計による連続測定が行われます。



図21 埋没鉄類探査の地上水平探査

典型的な探査スタイルとしては、陸上水平探査(図21)と表土除去してそれを繰返す経層探査、削孔垂直探査(図22)、海上水平探査(図23)などがあります。データ解析では、異常点について各測線データからソース距離が求まるので複数測線からの距離が与えられると深度が求まります(図24)。ま

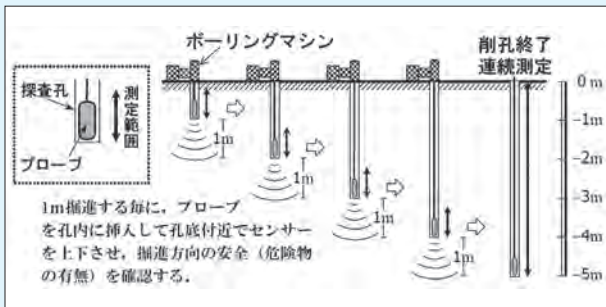


図22 不発弾探査の削孔と安全確認手順

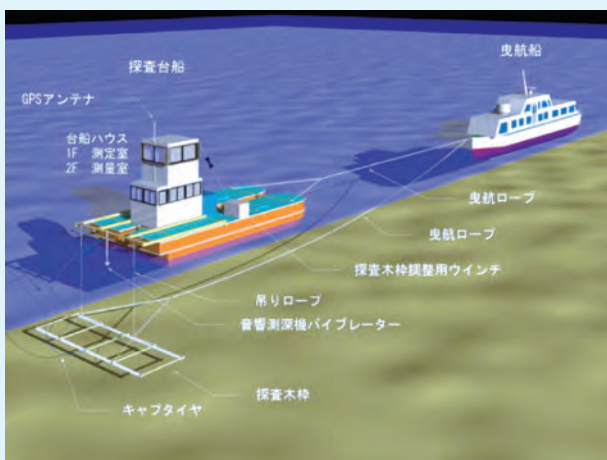


図23 曳航方式による海上水平磁気探査(日本物理探査(株) Webページより)

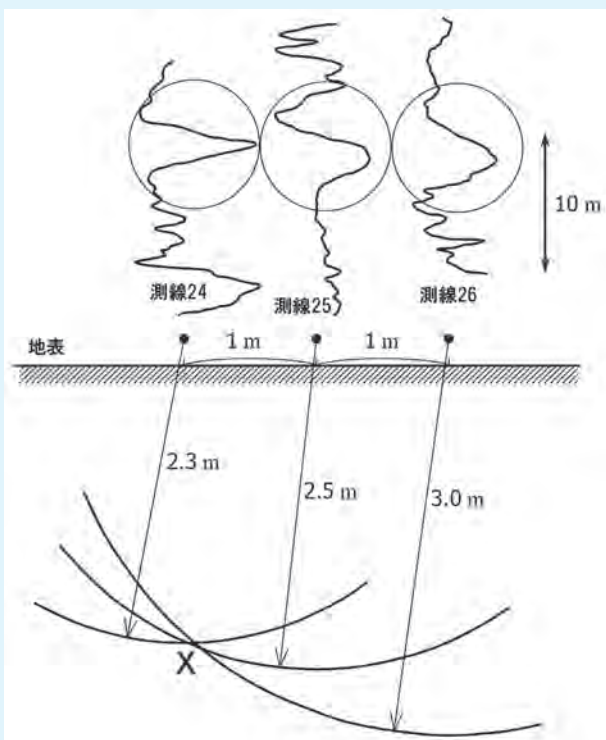


図24 不発弾磁気探査データの例

た、統合したデータに逆解析手法を適用することも可能です。ソース深度(位置)が求めれば、測定データからソースの磁気量(またはモーメント)が求められ、過去の実例研究や模擬ソースの測定実験のデータと合わせて、ソース(例えば不発爆弾)の種別が一定の精度で判定できることとなります。

5. おわりに

以上でこの「磁気探査入門講座」の解説を終わります。入門講座と言いながら、磁気探査のなるべく全体像を知ってもらう方向で書き進めたため、概念的な説明で終りにした点ばかりが目立ってしまいました。また、原稿を書き進める中では、短いスペースの中で本質点を要領よく伝えることが如何に大変かということ、改めて感じた次第です。拙い解説の記事に目を通して頂いた読者の皆さんに、深くお礼申し上げます。

参考文献

- Honsho, C., T. Ura, K. Tamaki, K. Nagahashi, H. Shibazaki, and Y. Hosoi (2010) Deep-sea magnetic survey using autonomous underwater vehicle r2D4 on Bayonnaise knoll caldera. *Butsuri-Tansa*, 63, 427-435.
- Isezaki, N. (1986) A new shipboard three-component magnetometer. *Geophysics*, 51, 1992-1998.
- 牧野雅彦・大熊茂雄・森尻理恵・中塚 正 (1997) 西宮市甲山の磁気構造. *火山*, 42, 213-222.
- Nakatsuka, T., M. Utsugi, S. Okuma, Y. Tanaka, and T. Hashimoto (2009) Detection of aeromagnetic anomaly change associated with volcanic activity: An application of the generalized mis-tie control method. *Tectonophysics*, 478, 3-18.
- Okuma, S., T. Nakatsuka, M. Komazawa, M. Sugihara, S. Nakano, R. Furukawa, and R. Supper (2006) Shallow subsurface structure of the Vulcano-Lipari volcanic complex, Italy, constrained by helicopter-borne aeromagnetic surveys. *Explor. Geophys.*, 37, 129-138. *Butsuri-Tansa*, 59, 129-138; *Mulli-Tansa*, 9, 129-138.
- Sayanagi, K., A. Oshida, M. Watanabe, and K. Tamaki (1994) New self-contained deep-towed proton magnetometer system. *J. Geomag. Geoelectr.*, 46, 631-642.
- Scollar, I, B. Weidner, and K. Segeth (1986) Display of archaeological magnetic data. *Geophysics*, 51, 623-633.
- Seama, N., Y. Nogi, and N. Isezaki (1993) A new method for precise determination of the position and strike of magnetic boundaries using vector data of the geomagnetic anomaly field. *Geophys. J. Int.*, 113, 155-164.
- 高瀬尚人・峠美穂 (2001) 磁気探査の震跡調査への適用性について. *応用地質技術年報*, no.21, 115-122.
- Vine, F. J., and D. H. Matthews (1963) Magnetic anomalies over oceanic ridges. *Nature*, 199, 947-949.

次の「わかりやすい物理探査」のテーマは、微動探査(4回シリーズ)です。

脱線・物探英語 その7

セルビアで虎狩り(?)



Terra Australis Geophysica Pty Ltd
ASEG会長 須藤公也
(ベオグラードのSaint Sava Cathedralの前で)

トラは東南アジアのインドネシアから、中国、シベリア、中央アジアに分布するがその西限はどの辺りだろう。かつてはトルコ、さらにはバルカンのあたりまで広がっていたのだろうか。最近、セルビアのベオグラードで講演する機会があった。出発前にそのことを母に話したら「ああ、床屋で有名なところでしょ」という答えがあった。いまだオーストリアとオーストラリアを混同する人はまずないと思うが、セルビアとセビリアは確かに紛らわしい。女学生時代に英語は敵性語でそれを勉強できなかった世代にとって、これらを混同するのは無理からぬことである。あの世代でもドイツ語やイタリア語を学ぶ機会があったら、**B**と**V**、**R**と**L**の区別くらいはできたであろうが。滞在中、カナダの人に「今セルビアにいます」とメールを送ったら、「シベリアは寒いでしょう」という返事が来た。国語が違えば、読み間違え方も違う。

紛らわしいことは言わないに限る。では、次の文をどう英訳するか。「探査は次のような手順に従って計画する。」「反射波の振幅は反射面上下のアコースティック・インピーダンスの相違を反映する。」日本語ではまったく直截なこれらの文の、何が紛らわしいのか検討してみる。

「探査は次のような手順に従って計画する」。探査→**Survey**、次のような手順→**Following procedure**、従って→**Follow (ing)**、計画する→**Plan**。何も難しいことはない。言うにも及ばないと思うが、「探査」は「計画する」のではなく「計画される」のであることには注意したい。これで文を組み立てると：

A survey is planned following the following procedure：紛らわしいことがおわかりかと思う。このような同語反復は避けたいところだ。語呂合わせとしてはおもしろいだけけれど読む方はアレっと思って読み返してしまう。「次のような」というところを「下記のような」と言いかえれば、書き換えも難しくない。

A survey is planned following the procedure

below：続くリストをひきだすだけなら、

Planning procedure of a survey follows：でいい。もっと簡潔にしようと思えば、

Planning of a survey follows：または、

A survey is planned as follows：で十分。

「反射波の振幅は反射面上下のアコースティック・インピーダンスの相違を反映する。」反復に頓着しないで、直訳すると：

Amplitude of the reflected wave reflects the acoustic impedance contrast across the reflective surface.

反射波→**Reflected wave**、反射面→**Reflective surface**は仕方ないとしても、反射法の話をする時は「反映する」という意味で**Reflect**を使ってほしくない。ではどう書き換えようか。この紛らわしい動詞を変えるだけでもいい。

「を反映する」というところを「に反応する」と読み替えれば、

Amplitude of the reflected wave responds to the acoustic impedance contrast across the reflective surface. と書ける。もう一つ突っ込んで、

Amplitude of the reflected wave corresponds to the acoustic impedance contrast across the reflective surface. というと「アコースティック・インピーダンスの相違の強いところでは振幅が大きくなる」という相関の意味が加わる。物探屋ならこう踏み込みたいところである。さらに、ただ相関があるだけでなく、ちゃんとした比例関係があることがわかっているから、

Amplitude of the reflected wave is proportional to the acoustic impedance contrast across the boundary. と訳しても減点されまい。町の翻訳屋さんにごこまでやってくれるのを期待するのは無理だろう。

日本語では紛らわしくないのに英訳すると紛らわしくなる例はいくらもあるだろうが、物探関係で思いつく語をあげてみる。

電磁誘導の **Induction** と帰納の意味の **Induction**。垂直の **Normal** と正常の **Normal**。「通常の」という形容詞の **Standard** と、「規格」という名詞の **Standard**。重力補正のときの **Reduction** と減らす(引き算)の意味の **Reduction** や **Reduce**。さらに酸化・還元の還元も **Reduction** で、SP法の話で「精度が減少してしまう」などという文で紛らわしくなりそう。 **Structure** という語は「構造」の意味だが、われわれの分野では建造物(構造物)のこともあるし地質構造のこともある。日本語の原文にこういう語が並存する時は、うまく訳し分ける工夫が必要である。「現行のやり方」というのは **Current practice** でいいのだが、これを電気探査の文脈で使うと電流の **Current** と語呂合わせしているみたいで紛らわしい。

ベオグラードでは最終日に「有名」という床屋をさがしたが、あいにく土曜日の午前で混んでいて、散髪はできなかった。これ幸い、虎刈りはまぬがれた。

紛らわしい表題で失礼。



オーストラリアクーパー盆地の高温岩体地熱地点における物理探査 (3)

—番外編(クーパー・クリークの歴史・文化)—

鈴木 浩一・海江田 秀志・窪田 健二(電力中央研究所)、城森 明(ネオサイエンス)

1. はじめに

前回まで2回レポートではクーパー盆地(Cooper basin: 図1)の高温岩体地熱開発地点で行った電磁探査やAE観測について報告しました。今回は現地にまつわる歴史、文化、環境について紹介します。

実験場から約10km離れたところに人口20人弱の小さな村Innaminckaがあり、その近くにはクーパー・クリーク(Cooper creek)という川があります(写真1)。村にはホテル、ロードハウス、そして小型機が発着できる滑走路もあります(写真2)。ロードハウスにはガソリンに食料や雑貨品も売っ

ています(写真3)。ツーリストには十分な量の水・食料とガソリンが手に入ります。その隣にある小さな資料館には、19世紀の内陸探検隊の悲劇や、本クリーク周辺で生活していた先住民“アボリジニ”の文化を紹介した資料が展示されています。

2. Cooper creekでの悲劇

1850年代後半ヴィクトリア州政府から財政援助を受け、内陸縦断ルートを探査する探検隊が結成されました。1860年8月、科学者・医者・測量技師を含む探検隊は15,000人ほどの観衆が見守る中、メルボルンを出発しました。このCooper creekを中継基地にして、1861年2月に目的地である2800km離れた大陸北部のカーベントリア湾に到達したそうです。

往路は成功したようですが、復路は惨憺たる状況のようでした。馬やラクダといった動物に頼るしかない時代に、荒れ果てた未開の大地を歩き続ける道中には想定外の苦難がたくさんあったのでしょう。前回のレポートでも紹介したように、夏場の日中気温は50℃を超え、蝿や蚊などの大量の昆虫に群がられ、いったん雨が降ると地面は泥沼化します。1861年7月までに19名の隊員のうち7名が命を失ったようです。Cooper creekには3名の隊員が取り残され、2名は衰弱死したそうです。残り1名は、アボリジニ人に助けられ生き延びているところを救助隊に発見され、メルボルンに生還したそうです。村の近辺にはこの3人のメモリアルがあります。

3. アボリジニの歴史・文化

アボリジニ人が使用していた漁具も展示されており、巧妙に作られた何種類もの網がありました。クリーク周辺の厳しい



図1 Cooper creekと電磁探査測点位置
上: 調査地点、下: HDRサイト拡大図



写真1 Innamincka近くのCooper creek

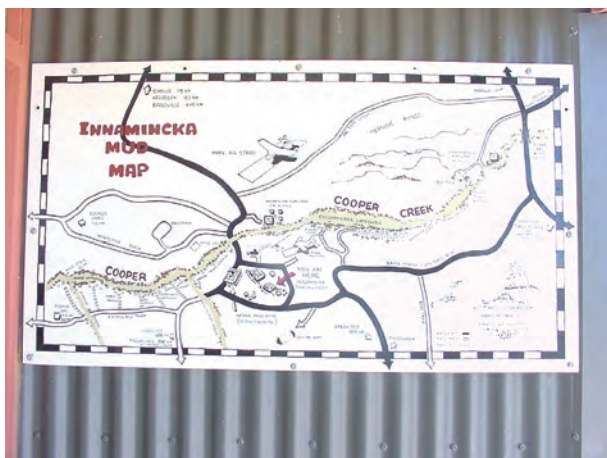


写真2 Innamincka周辺の観光地図



写真3 Innaminckaのロードハウス

環境で生き抜いていくための高度な知恵を感じました。しかし、悲劇の結末に終わった探検隊を捜索する救助隊により内陸部の実情が明らかにされると、白人による内陸部への入植が活発になったようです。探検隊の命を助けたCooper creekの先住人は、白人の開拓により移住してしまったそうです。Jolokia地点近傍の測点で測定作業に同行してくれたGeodynamics社のDr. Wybornが、近くの丘を指差し「あそこにはかつてアボリジニが住んでいた集落があり、この辺りの地面には彼等が使っていた小道具が落ちている」とどこかで拾ってきた釣り針のような石器を見せてくれました。

アボリジニ人は4万年以上も前からオーストラリア大陸に住んでいたとされ、ヨーロッパ人が入植するまで、様々な言語・信仰・習俗から成る多様な文化の中で、自然と調和して生きてきました。彼等は洞窟等を住居とし、一定範囲を巡回しながら食料を得る採取狩猟型で、ブーメランや毒物を利用した狩猟を行っていたようです。オーストラリア固有の植物の実をとり、乾燥した地面を掘って木の根等を食べる大型のイモムシの一種を焼いて食べていたようです。当時75～100万人いた人口は移民の影響で7万人程度まで激減したそうですが、現在は保護政策のおかげで45万人ほどに回復している

ようです。

4. Innaminckaのホームステイ.....

筆者らが2002年度に宿泊したInnamincka(図1下参照)にある民宿(Cooper Creek Home Stay)は、10代の娘(当



写真4 Cooper creek home stayにて
上:概観,中:バーベキュー時,下:Matthewsさん
(<http://www.coopercreekhomestay.com/>)

時)2人がいる白人の夫婦 Matthewsさんが経営していました。ご主人は普通のサラリーマン、奥さんは学校の先生を辞めて、メルボルンからわざわざこの辺境の地に家族全員で引っ越してきたということで非常に驚きました。水道・ガス・電気などのインフラはもちろんないですが、電話通信用の鉄塔があるためインターネットは使用できます。電気は自家発電でまかなっていますが、夜11時に発電機は停止するので、それ以降は寝るしかありません。地下水の塩分は濃いため、年に1回程度やってくる豪雨時の降水を貯めて飲料水として確保しています。夏季の日中気温は50℃を超えますが、冬季は温暖な気候となり観光客が訪れるようです。朝晩は我々がこの家族が同じテーブルを囲んで食事をしました。庭には石で囲ったバーベキュー用の暖炉があり、夜は焼肉パーティーを何回かしてもらいました(写真4)。ホームステイならではの家庭的な待遇でした。肉や野菜など生の食材は、月に数回1000kmほど離れたオーストラリア沿岸部の都市から車でやってくる”移動式マーケット”で仕入れるようです。

5. Cooper creekの動物

クreek周辺には人間を襲う猛獣はいないようですが、毒蛇やサソリがいるとのことでした。Cooper basinに入る前は、Moombaにあるサントス社の事務所で全員がオリエンテーションを受ける必要があります。一人5リッターの水は必ず持っていくこと、Black snakeという蛇に噛まれると90分で死に至るためすぐに血清を注射しないとイケないなど、砂漠で生き抜くための教育を受けました。しかし、Cooper creekから血清のあるMoombaまで車で90分以上の距離なので、噛まれたら最後だと思いました。

調査中に出会った動物は、牛・ラクダ・馬・カンガルーなどの大型動物の他に、とかげやオウムなどもよく見かけました。兎・リス・鼠などの小動物もいるそうです。背丈10mほどのクーリバー樹(ユーカリの一種)はあちこちに見られ、地表には白色のユリに似た植物がたくさん咲いていました(写真5)。クreekにはCatfishやCallopという種類の魚がいるよう

写真5 Cooper creek近傍で見つけた生物



体長1mほどの大トカゲ



体長10cmほどのトカゲ



オウム



ユリ

で、釣り人も訪れるとのことでした。しかし、次世代に魚資源を残すために、魚の種類ごとに体長制限を設けて、それ以下の小さい魚は捕獲禁止にしているようです。

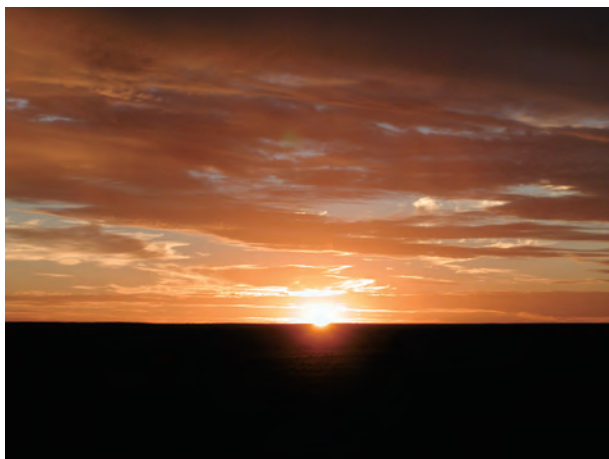
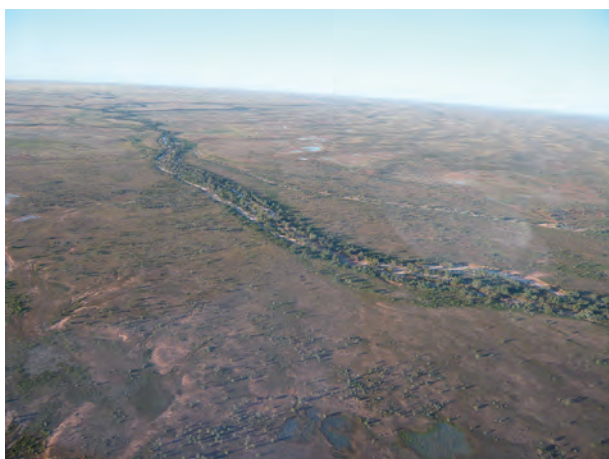


写真6 荒涼とした大地
上：Innaminckaから続く幹線道路、
中：クリーク沿いのオアシス(ヘリコプターより撮影)、
下：夕日

6. 最後に

この辺境の地に訪れた日本人は我々のような地熱関係者以外何人いるのか、おそらく観光で訪れた方は数えるほどしかないでしょう。私の知る範囲では、悲劇の探検隊の足跡を追い、一人の日本人がオートバイでこの地に4回ほど訪れたようです(Wave site「旅とバイクと写真機と」より)。

クリークを少し離れると、そこは人間を寄せ付けない無味乾燥とした原野が果てしなく続いています。しかし、夕暮れ時は大自然の美しさと雄大さ、そして畏敬を感じました(写真6)。かつての探検隊もこのような風景を見ながら2800kmを歩いたのでしょう。彼等もきっとこの美しい夕日に探検の疲れが少しは癒されたのだと思います。

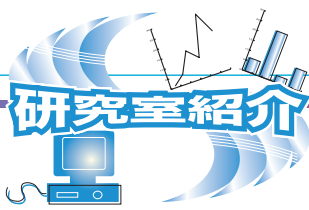
地元の方々は高温岩体地熱発電による安定した電気の供給に大いに期待しています(写真7)。



写真7 Habanero基地内のビジターセンター
(Geodynamics社の高温岩体地熱発電所構内)



写真8 著者一同(左から窪田、海江田、鈴木、城森)
遠方(写真中央部)のリグはJolokia#1孔井



研究室紹介

東京工業大学 大学院総合理工学研究科 環境理工学創造専攻
自然環境講座 地盤環境探査分野 山中研究室

「地震工学における物理探査の活用」

研究室概要

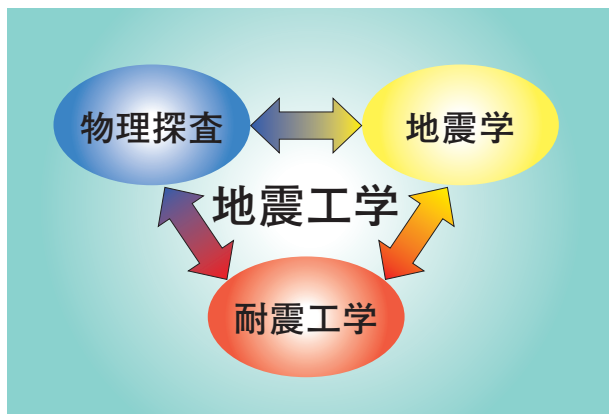
東京工業大学大学院総合理工学研究科は日本で初の学部を持たない独立大学院として創設されました。総合理工学研究科は、それまでの縦割りの分野別専門領域を学際的に結び付けて先駆的な学際専門領域を開拓することを理念としています。そのなかの環境理工学創造専攻は、環境問題にまつわる幅広い分野をあつかう研究室で構成されているため、専門分野にとらわれることなく、それぞれの分野の境界をこえた研究を行うことが特色です。そのなかで、自然環境講座地盤環境探査分野の山中研究室は地盤環境を大きなテーマとし、物理探査学、地震学、耐震工学を結びつけ、地震工学と呼ばれる学際領域の研究に取り組んでいます。地震工学は都市の近代化にともなって多様性を増したため、近年盛んに研究されるようになってきましたが、その発展にはさまざまな学問分野の知見を取り入れることが望めます。そのため、研究室にも地球物理、建築、土木、物理などを学んだ学生が集まっています。また、海外との共同研究も行っており、いろいろな国からの留学生が在籍しています。



インドネシアでの微動アレイ探査



富士山での微動観測



研究分野

研究内容

山中研究室では特に地震被害の軽減を目的とし、耐震や防災にむけた地震工学の研究を行っています。地震の多いわが国では、土木・建築学にいち早く地震学の知見が取り入れられ、地震工学として発展してきました。地震動は、地盤のちがいによって大きく異なることが古くから知られていて、特に地表付近の軟弱地盤によって地震動が大きくなる地盤増幅とよばれる現象が起こります。そこで、山中研究室では、主に物理探査を用いて地盤の特性を調べ、地盤増幅効果を評価することで、強震動とよばれる、地震に伴う強い揺れの解明および予測を行っています。

物理探査のなかでも微動を用いた手法は、比較的容易に、いつでもどこでも行えることから、関東平野をはじめ、



2011年東北地方太平洋沖地震の余震観測

国内、国外をとわず、多くの地域で微動アレイ探査によって地下構造の推定を行っています。また、近年物理探査の分野で発展してきた地震波干渉法を用いた研究も行っており、

長期間の連続微動観測を実施しています。さらに、微動を使えば地盤や構造物の固有振動特性がわかるので、富士山で微動観測を行い、山体の固有振動に関する研究もすすめています。

また、地下構造が実際の地震動特性に及ぼす影響を調べるために、大地震が発生すれば被災地域で余震観測を行い、余震記録に基づき、地震動と地下構造の関係について研究したりしています。

このように山中研究室では地震という自然現象の解明に向けて現地調査を重視し、観測記録を大切にしている一方で、その解明には現代地震学の理論研究の成果を踏まえて、数値シミュレーションや波動理論の研究にも力を入れています。物理探査によって推定された地下構造モデルを利用して、東京工業大学が保有しているスーパーコンピュータTSUBAME2.0により、震源から地表に至るまでの大規模な数値シミュレーションを行うことで、強震動評価へ応用しています。

最近の研究テーマ

- 地震波干渉法による長期微動記録を用いた地下構造モデルの推定
- 波形逆解析による表層地盤の不均質性の同定
- 微動アレイ探査による地下構造モデルの推定
- 被害地震の余震記録による地震動特性の評価
- 数値シミュレーションによる地震動評価

研究室の日常

研究室では 黙々とデスクワークに励むこともさることながら、緑豊かなキャンパスでバーベキューをしたり、大学祭に出店したり和気あいあいとしています。

また、山中研究室では観測記録に基づく研究が多いため、年に数回あるいは数十回と現地におもむき、国内外を問わず観測を行っています。国外ではこれまで、フィリピンやインドネシア、トルコなどにおいて微動探査を行ってきました。観測後には労をねぎらうことも欠かせません。

毎週行われるゼミでは、各自の研究成果を発表します。留学生も多いため、英語も交えて議論が行われます。また、地震工学の基礎的な勉強会や、地震波動論の輪講をとおり、基礎知識の習得も図っています。

研究室HP：<http://www.yama.depe.titech.ac.jp/>

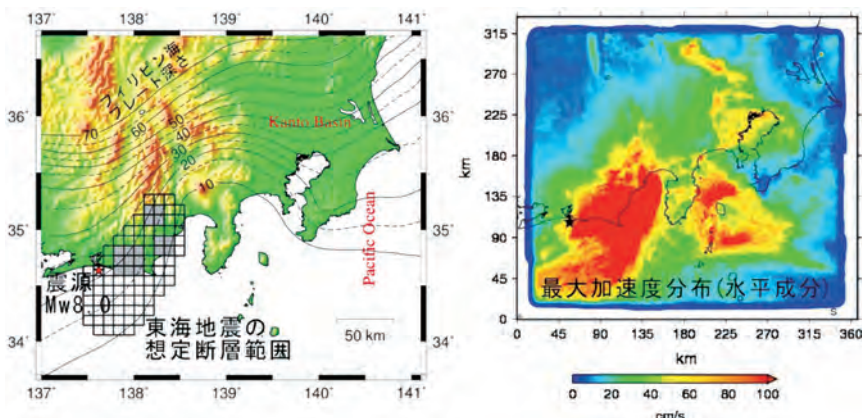
(文：地元孝輔)



キャンパスでバーベキュー



すずかけ祭ではたい焼き屋さんを出店



東海地震のシミュレーション

株式会社 日本地下探査(NC)

日本地下探査は1973年(昭和48年)に社員僅か5名で立ち上げた物理探査専門の会社です。

設立当初は社長も社員も分け隔てなく共に重い荷物を背負って弾性波探査や電気探査の作業のため日本各地の山中を駆け巡っていたと聞きます。

その後40年を経て、現在では従業員50名、北海道から九



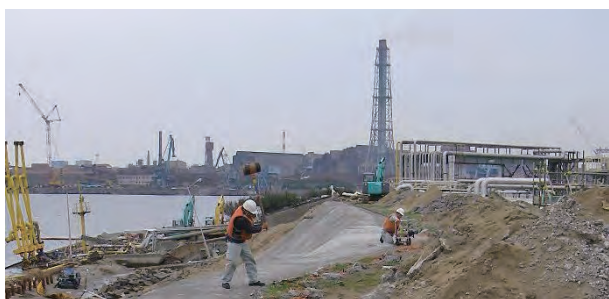
崖の弾性波探査(展開作業)



トンネルレーダ探査



試料採取



表面波探査



被災地での作業



本本社屋



温泉開発

州まで全国主要都市に事業所を展開するに至りました。

この間、関係の皆様には多大なご支援を頂き日本全国、時には海外にまで私たちの活躍する場を提供していただきました。

当社では多種多様な物理探査業務に対応できるよう人材や機材を整え、皆様からのあらゆるニーズに対し最大限かつ誠実にお応えすることを目指しております。

また、このたびの震災におきましては被災地の復興に少しでもお役に立ちたいと復興対策室をいち早く立ち上げ業務が円滑に遂行できるよう体制を整えてまいりました。

その甲斐あって皆様から数多くお声をかけていただき、三陸国道整備や宅地の高台移転のための地質調査(弾性波探査)、仙台市内における宅地の復旧対策(高密度表面波探査)など復興の足がかりとして微力ながらもお役に立てたのではないかと感じております。

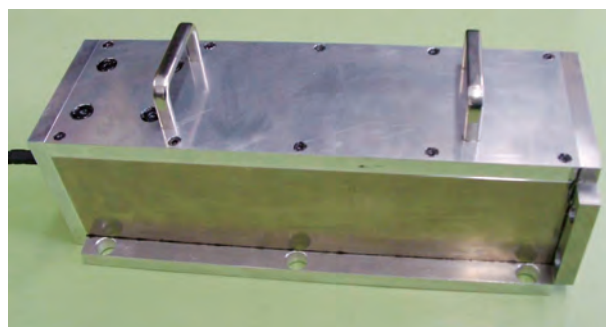
これらの業務では短い工期、実施数量の多さゆえ、まとまった人員を一度に投入する必要も生じましたが、全国の事業所が協力し合って対応したため、このような困難な状況も克服することが出来ました。

私どもが調査を行う場合、顧客の皆様と十分に打ち合わせをした上で数ある物理探査手法の中から最適なものを選び出

し、また複数の手法を組み合わせることによって適切かつ合理的な調査を行い、満足していただける成果を出せるよう常に心がけております。

「答えは現場にあり!」と申します。私たちは現場で「如何に良質なデータを取得するか」を常に意識し日々研鑽を重ねております。

とりわけ弾性波を用いた探査は物理探査の中でも最も一般的なものの一つとして数多く行われていますが、最近高密度な測定や高精度な解析を行うためボーリング孔を利用したトモグラフィやVSPなどの調査が増加傾向にあります。また、地震動解析に必要な深層部までのS波速度測定への要望も高



超磁歪震源



自走式震源を使った反射法探査



社内研修会



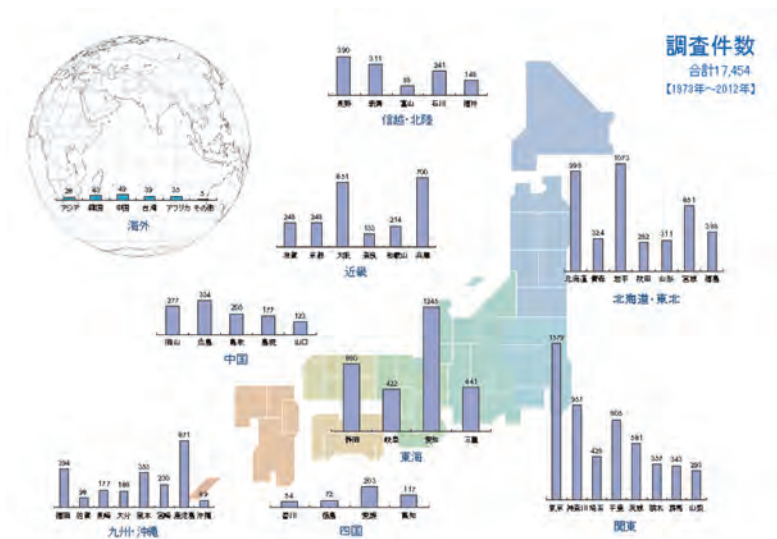
白井実験場

まっています。それらの要望にお応えするため様々な震源(特に孔内震源)を自社で開発していることも「現場第一主義」を貫く日本地下探査の姿勢を示すものであります。

また当社では千葉県白井市に狭いながらも実験場を所有しております。ボーリング孔はもちろんのこと、最近ニーズの多い埋設物探査の実験施設なども整っており各種実験、機材のチェックあるいは社員研修などに利用しております。

このように私たちは物理探査技術の積極的な適用と向上を図り、地球環境保全・防災・社会資本の充実のため今後もなお一層努力していく所存であります。さらに社員一人ひとりが技術的・人間的価値を身に付け、皆様から信頼され豊かな人生を築いていくことも我々日本地下探査に課せられた使命と受け止めております。

(文責：中原純一)





第128回春季学術講演会

1. 会期：平成25年6月3日(月)～6月5日(水)
2. 会場：早稲田大学国際会議場
3. 講演会参加費
一般：4,000円(事前登録)、5,000円(会場登録)、
学生：2,000円(事前登録)、3,000円(会場登録)
4. 講演会参加事前登録の受付について
平成25年5月24日(金)まで

物理探査学会65周年記念行事

1. 会期：平成25年6月4日(火)
2. 式典会場：早稲田大学国際会議場 井深記念ホール
祝賀会会場：リーガロイヤルホテル東京
3. 記念講演
[講演題目]
社会システムマネジメントへの物理探査の貢献
講演者：松岡 俊文 氏
京都大学大学院 工学研究科 都市社会工学専攻 教授
[講演題目]
シェールガス革命とは何か：石油開発技術者の視点
講演者：伊原 賢 氏
独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構
石油調査部 上席研究員
4. 祝賀会参加費
一般：10,000円(事前登録)、11,000円(会場登録)、
学生：5,000円(事前登録)、5,000円(会場登録)

平成25年度物理探査セミナー

1. 会期：平成25年7月2日(火)～7月4日(木)
2. 会場：東京大学山上会館
3. 内容：未定

以上の問い合わせ先

〒101-0031 東京都千代田区東神田1-5-6 MK第5ビル 2F
一般社団法人 物理探査学会 事務局
電話：03-6804-7500 FAX:03-5829-8050
E-mail：office@segj.org
HP：http://www.segj.org/

第11回SEGJ国際シンポジウム

1. 会期：平成25年11月18日(月)～11月20日(水)
2. 会場：新横浜プリンスホテル
3. 登録・問合せ先：
http://segj.org/is/11th/
E-mail:segj11@segj.org
Twitter:segj11th
※講演申込みは終了しました

公益社団法人化について

一般社団法人 物理探査学会は、5月より公益社団法人 物理探査学会となります。

編集後記

「分かり易い物理探査」は、磁気探査シリーズ4回目として最終号となりますが、今回も興味深い内容がぎっしり詰まっております。「現場レポート」では、オーストラリアでの地熱資源開発状況を前々号より連載してきましたが、本号では番外編として、日本では想定外の地元の生活様式や、現地の歴史・文化・生物などが紹介されています。「研究室紹介」では、国内外の現場で地震観測を精力的に行っているだけでなく、キャンパスライフも楽しく過ごしている雰囲気伝わってきます。自分もこんな有意

義な学生時代を過ごせれば良かったと感じてしまいます。「会員企業紹介」では、3.11被災地の復興に向けて社員一団となって過酷な作業に立ち向かっている姿には、まさに土木の世界で生き抜く「男のロマン」を感じさせられます。

その他の記事も含め本号も読み応え充分ですのでぜひ一読下さい。

(ニュース委員会委員：鈴木 浩一)

著作権について

本ニュースの著作権は、原則として一般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 第18号 2013年(平成25年)4月発行

編集・発行 一般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