

物理探査 ニュース

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

目次

活断層調査で活躍を期待: 地中レーダ探査・電磁探査	1
ホント?SFの中の探査 15	4
SEG Honorary Lecturer Tour - A Hitchhiker's Report	5
平成29年度秋季学術講演会報告	7
地表ソースを用いる空中電磁探査法の実用化.....	8
2017年4月開講! 北海道大学—九州大学 共同資源工学専攻	10
お知らせ・編集後記・賛助会員リスト.....	12

Geophysical Exploration News January 2018 No.37

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

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ひ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「地震でずれ動いてできた地形(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、

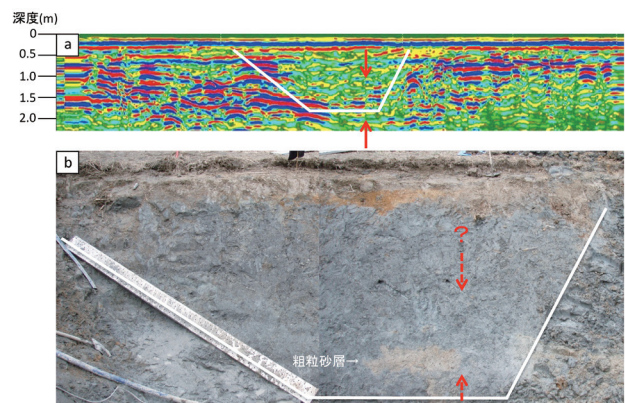


図1 山口県岩国断層帯(下松市来巻)におけるGPR探査結果(a)とピット壁面の写真(b)。

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す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、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、

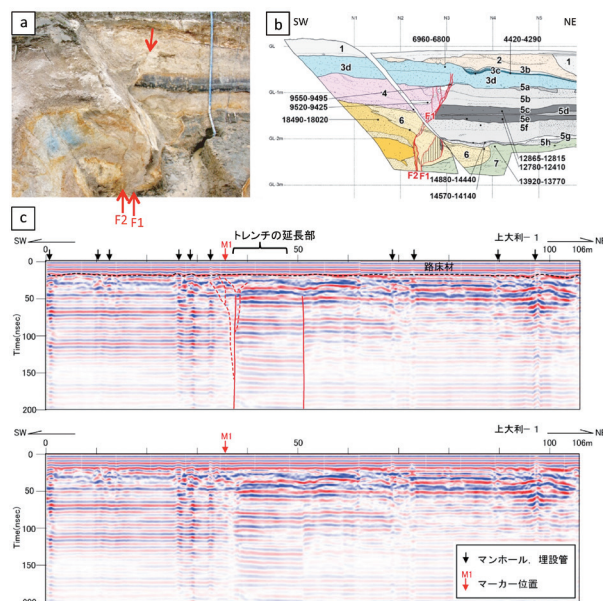


図2 福岡県警固断層帯南東部(大野城市上大利)におけるトレンチ調査結果とGPR探査断面。a:トレンチ北西壁面の写真。赤矢印の先が断層面。b:写真の箇所のスケッチ。赤線が断層面。数字は地層の放射性炭素年代(**年前)。縦、横のグリッドは各1m。c:トレンチから10m程度離れた舗装道路上でGPR探査断面。

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。

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、 $X=0\text{m}$ ~ -2m 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、す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。

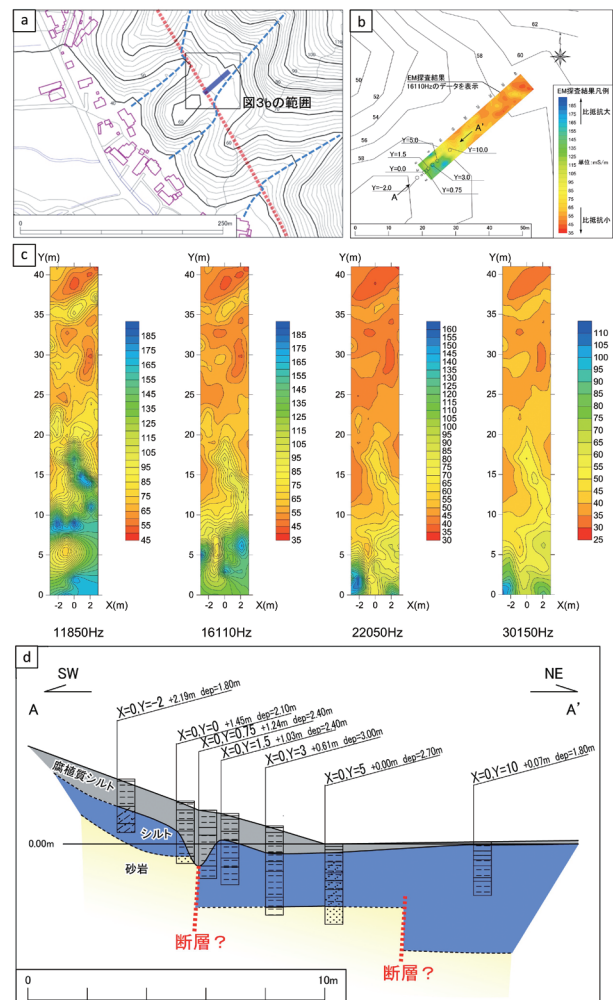


図3 福岡県西山断層帯(宗像市用山)におけるEM探査結果。
 a: 用山周辺の地形。青破線で示した小さな谷が左横ずれしている。赤破線が地形から推定した断層通過位置。b: 探査範囲の測量平面図。EM探査は、断層の走向に直行するように、幅6m、長さ41mの範囲で行った。c: EM探査結果。探査範囲を示す矩形の縦軸、横軸の数字はm。凡例の単位は mS/m (S:シーメンス)。いずれの周波数帯においても、 $Y=7.5\text{m}$ 付近を境に谷地形がずれている。d: ボーリング柱状図とEM探査結果から推定した地質断面図。

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、これく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。

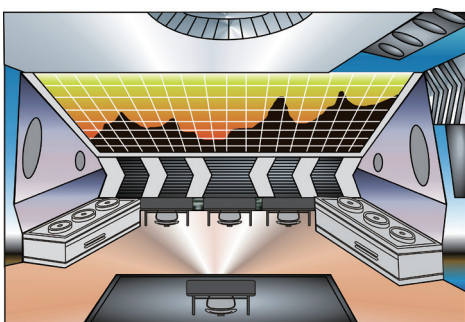


図1 司令室の大スクリーン

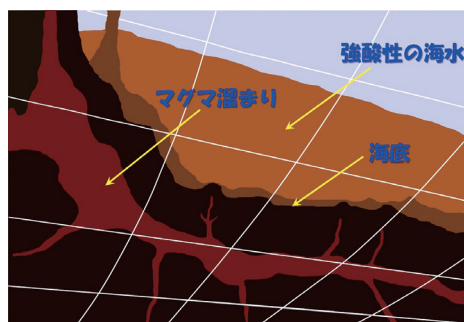


図2 海底下のマグマ溜まり

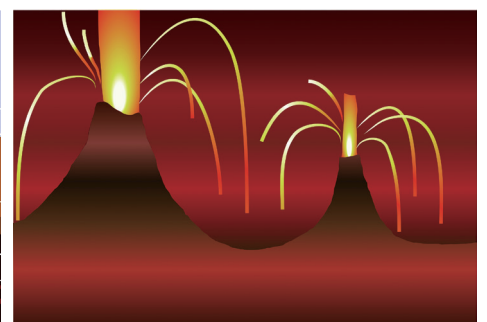


図3 誘発された火山活動



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べばいいし、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けないので、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方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1m³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、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。

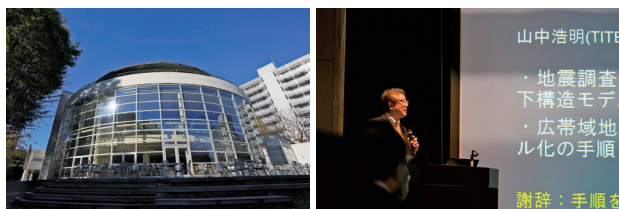


EVENT

物理探査学会 第137回(平成29年度秋季)学術講演会報告

学術講演委員会

第137回(平成29年度秋季)学術講演会が平成29年11月8日(水)~10日(金)の3日間にわたり、東京工業大学すずかけ台キャンパス(神奈川県)で開催されました。講演会参加者は148名(うち学生20名)で、交流会は102名(うち学生5名)でした。一般講演は67件、ポスターセッションが9件あり、9社の企業展示がありました。



会場の東京工業大すずかけ台キャンパスと特別セッションの様子

2日目午後に行われた特別セッションは、講演会の活性化を目的として昨年度から新たに設けられた取組みで、第137回は「地震災害軽減に貢献する物理探査」と題して、地震防災を目的とした地下構造調査や地震動予測のための地下構造モデルについて6件の講演がありました。講演では、表面波探査や電気・電磁法探査、反射法・屈折法探査、微動アレー探査などの浅部から深部までの地震防災に関わる様々な物理探査手法を用いた調査事例について講演いただきました。そして、それらの物理

探査結果が反映される地下構造モデルについて、政府・地震調査研究推進本部(以降、推本と表記)で作成されているモデルの考え方や手順などの実際のモデル構築に関わる取り組みについて講演いただきました。推本で作成されている地下構造モデルでは専門家の方々により作成されたレシピ(強震動予測手法)を用いて様々な物理探査データが使用され、全国地震動予測地図として随時公表されているとのことで、物理探査の地震防災への役割の大きさを改めて感じ入る機会となりました。

特別セッション後に開催された特別講演では、松岡昌志氏(東京工業大学)から「リモートセンシング画像から観た2016年熊本地震の地盤変位と建物被害」と題して、合成開口レーダの干渉処理(InSAR)による熊本地震前後の地表変動や建物被害について講演いただきました。次いで小野功氏(東京工業大学)から「進化計算によるブラックボックス最適化」と題して、計算機自ら試行錯誤して優れた設計解やモデルを発見できる進化計算について講演いただきました。いずれのご講演も最先端分野の内容で、処理や計算手法について詳しくご説明いただき、非常に興味深く拝聴させていただきました。

来年春の第138回学術講演会は70周年記念大会となります。より多くの方のご参加、活発な発表・議論を期待しております。

(学術講演委員会 程塚 保行 記)

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

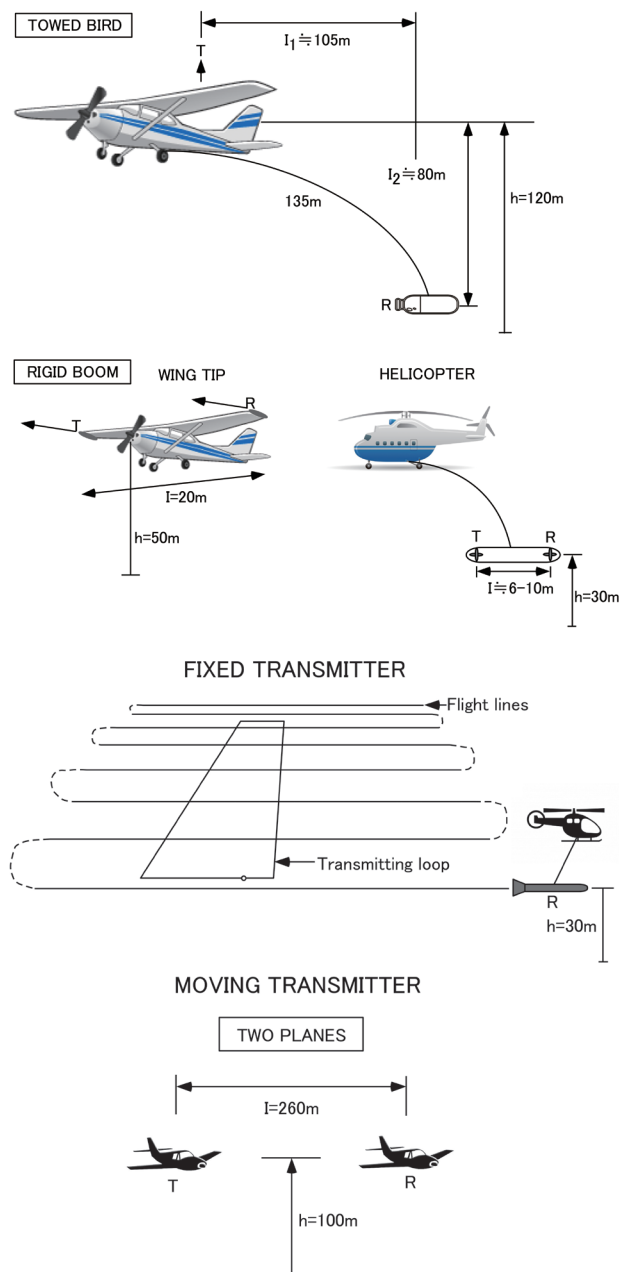


図1 いろいろなタイプの空中電磁法

(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)。

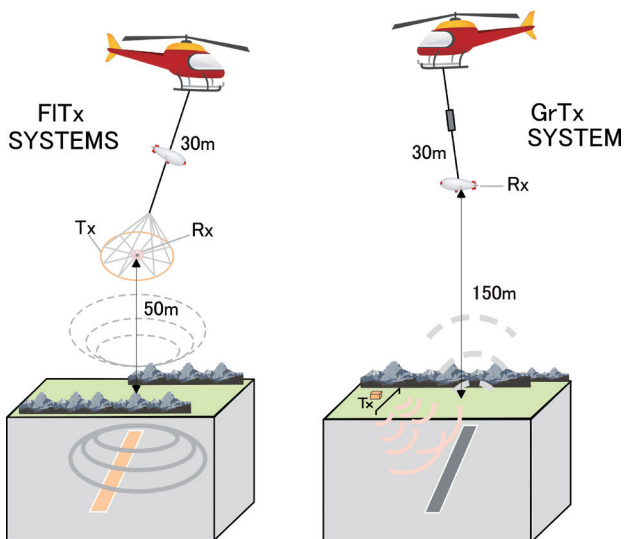


図2 空中電磁探査法の模式図
(左)大型ループをソースとした空中電磁法、Tx、Rxはそれぞれ送信コイル、受信コイルを示す。
(右)GREATEM方式空中電磁法、Txは受信コイルの入ったBirdを示す。

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

2017年4月開講! 北海道大学-九州大学 共同資源工学専攻

北海道大学 石塚 師也 九州大学 辻 健

エネルギー・鉱物資源を取り巻く世界情勢は21世紀に入ってから急激に変化しています(図1)。その原因に資源価格の高騰や環境破壊の大規模化、資源ナショナリズムの台頭などがあります。このような中、将来にわたって資源を安定に供給・確保するためには、資源のエキスパートを育成することが重要と考えられます。特に、我が国で資源に関する総合的な教育プログラムを持つ大学や大学院は数校しかありません。これらの数校から社会に巣立っていく限られた人材で、今後の日本の資源確保を一手に担っていくことを考えると、資源分野の人材育成は我が国にとって喫緊の課題と言えます。

このような中、2017年4月に北海道大学と九州大学において共同資源工学専攻が立ち上がりました。この新しい専攻は、北海道大学工学院と九州大学工学府が共同して構成する大学院共同教育課程であり、現在北海道大学から14名(内留学生3名)、九州大学から11名(内留学生5名)の計25名が所属しています。学生は、主指導教員が在籍する大学に本籍を置くが、本籍を置く大学以外の構成大学の副指導教員からも研究指導を受けることができます。学位は、北海道大学と九州大学の連名により、修士(工学)の学位記が授与されます。本稿では、この新しい専攻の概要と、これまで行われた活動の様子について報告します。

このような共同教育課程は、近年世界中で注目されていますが、資源分野の大学間の共同教育課程は国内初です。共同教育課程のメリットは多くありますが、特に本専攻では、単独校では補えない分野をカバーし、さらに新しい教育プログラムを加えることで、資源分野の未来を担う

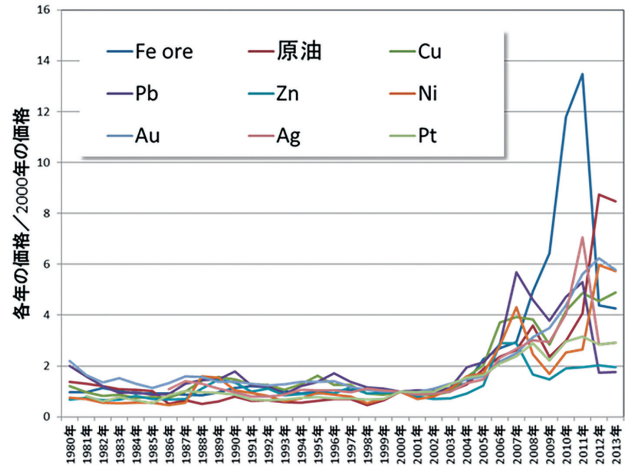


図1 1980年から2013年までの資源価格の推移 (2000年の価格を1とする)

人材を育成することを目指しています。物理探査分野では、九州大学の物理探査学研究室や、北海道大学の国際資源環境システム研究室で物理探査を学んでいる学生が本専攻に関わっています。

本専攻は、具体的に、主に以下の4つの特徴があります。(1)両大学の資源分野の教育を連携することにより、単独校ではカバーできない資源に関わる多様な分野を学び、資源分野を俯瞰する力を身に着ける、(2)国際フィールド調査等の海外経験により、国際性に磨きをかける、(3)政治・経済等の制約を考慮できるデザイン・マネジメント能力を養う、(4)日本人学生と資源国からの留学生の絆を深める素養を身に着ける、という特徴です。なお、当専攻では「資源の絆プログラム」と呼ばれる資源国の行



図2 (左) 北大生、九大生と資源国の学生で行ったディスカッション結果の発表の様子、(右) チェコでの国際フィールド調査(鉱山見学)の様子



図3 北大-九大が合同で実施した共同資源工学専攻中間報告会の様子

政官や技術者、学生に日本で学ぶ機会を提供するプログラムとも連携し、資源国の学生も日本人学生と同じプログラムで学んでおり、講義は全て英語で行われています。

当専攻では、連携した教育を行うため、学生は両校に滞在して講義を受講します。まず6月、7月の2ヶ月間は、九州大学の学生が北海道大学に滞在し、北海道大学で開講される講義を受講します。また、10月、11月の2ヶ月間は、北海道大学の学生が九州大学に滞在し、九州大学で開講される講義を受講する。両大学で講義を受講することに加え、地域性の異なる場所に滞在する経験は、貴重な経験となったようです。

「資源工学は、国際化しないと生き残れない分野」と言われてきました。これまでも他分野に先駆けて海外に関する取り組みが進められてきましたが、当専攻では、国際性の更なる強化に取り組んでいます。必修科目である国際フィールド調査では、一定期間、資源に関わる海外の現場や大学に滞在し、研修や研究を行うことを義務付けており、これまでに全ての学生が1週間から2ヶ月程度の海外経験を積んでいます。

マネジメントの授業では、プロジェクト管理や品質管理の基礎理論について講義がなされた。また、資源の特性や各国の資源の特性について学生自ら調査を行う機会も設けられました。さらに講義を受けるだけでなく、学生同士議論する機会も多く設けています。例えば、マネジメントの授業では発注者と受注者に分かれてケーススタディが行われ、国際人材交流セミナーの授業では、様々なバックグラウンドを持つ両校の学生が一堂に集まり、資源分野に関する課題について議論を行いました(図2)。

外部講師による講義も積極的に取り入れています。物

理探査に関わるものの例としては、日本重化学工業株式会社の花野峰行氏、JOGMECの荒井英一氏、石油資源開発株式会社の高橋明久氏に講義をして頂きました。物理探査を専門とする学生だけでなく、専門外の学生も受講し、物理探査について理解を深める貴重な機会となりました。また、マネジメントに関する授業はJICAや海外の大学からも講師として来て頂き、開講されました。上記以外にも外部講師として様々な方に講義を行って頂きました。この場を借りて、これらの講師の方々や関係各位に御礼を申し上げます。

このように、学生は本専攻の開講以来、幅広い専門科目とマネジメント科目を受講し、国際フィールド調査も行ってきました。また、並行して自分の研究も行っており、多忙な1年だったのではないかと思います。これら初年度の成果を報告するために、12月22日にJICAオフィスにて「共同資源工学専攻 中間報告会」が開催されました(図3)。産業界からも多くの参加を頂き、33社から計61名もの出席を頂きました。中間報告会では、本専攻の取り組みに加え、学生の研究の1分間プレゼンテーションおよびポスター発表が行われました。参加企業の方からも有意義な会だったとの意見を頂きました。

上記のように、共同資源工学専攻では、北海道大学と九州大学が連携して教育を行うことで、資源分野の将来を担う人材の育成を目指しています。この取り組みはまだ途に就いたばかりであります。本専攻で学んだ学生が、今後社会に出て活躍することを心より期待したいと思います。さらに、この取り組みを通して、物理探査を理解する学生が多く巣立っていくことを期待しています。



お知らせ

第138回(2018年春季)学術講演会

- 1.会期: 2018年30年5月27日(日)~29日(火)
- 2.会場: 早稲田大学国際会議場
- 3.講演申込締切: 2018年3月15日(木)
論文集原稿・講演要旨締切 2018年4月16日(月)
- 4.参加登録: 事前登録締切: 2018年5月13日(日)
- 5.参加費(税込): 事前登録 一般 7,560円 学生 3,780円
会場登録 一般 8,640円 学生 4,320円

物理探査学会70周年記念式典

- 1.会期: 2018年5月28日(月)午後
- 2.記念式典会場: 早稲田大学国際会議場井深記念ホール
- 3.祝賀会: リーガロイヤルホテル東京
参加費(税込): 事前登録 一般 10,800円 学生 3,240円
会場登録 一般 11,880円 学生 3,240円

平成30年度物理探査セミナー

- 日程: 平成30(2018)年7月3日(火)~5日(木)
場所: 全水道会館 4階 大会議室 (東京都文京区本郷)

第13回SEGJ国際シンポジウム
The 13th SEGJ International Symposium

- 1.会期: 2018年11月12日(月)~14日(水)
- 2.会場: 国立オリンピック記念青少年総合センター
(〒151-0052 東京都渋谷区代々木神園町3-1)
講演の申し込みを開始しています。
締切: 2018年3月30日
展示(野外デモも可能です)・広告の受け付けも行っています。
詳しくは下記シンポジウムサイトを閲覧下さい。
<http://www.segj.org/is/13th/>

地盤探査研究会のお知らせ

「PS検層研究委員会」での検討内容に関する発表を行います。
5月29日(物理探査学会春季講演会の最終日)に開催する予定です。
参加費無料、興味のある方は誰でも参加することができます。

訃報

当学会名誉会員の南雲昭三郎氏におかれましては、平成29年12月24日にご逝去されましたので、お知らせ致します。謹んでご冥福をお祈り申し上げます。

(会誌編集委員会)

編集後記

このたびニュース委員会の一員となりました。よろしくお願ひいたします。さて、今回の物理探査ニュースも、内容は硬めから軟らかくまでバラエティに富んでいます。「専攻紹介」では遠く離れた北大と九大が登場し、「会員の広場」では世界9カ国での興味深いお話があり、「SFの中の探査」では宇宙の彼方まで、空間規模も様々です。手法・対象・規模など多面的な物理探査の面白さを象徴しているようですね。(ニュース委員:羽佐田葉子)

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 第37号 2018年(平成30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>

◆賛助会員リスト◆

アジア航測(株)	三菱マテリアルテクノ(株)	応用地質(株)	鹿島建設(株)技術研究所
川崎地質(株)	関東天然瓦斯開発(株)	基礎地盤コンサルタンツ(株)	極東貿易(株)
(独)石油天然ガス・金属鉱物資源機構	興亜開発(株)	国土防災技術(株)	サンコーコンサルタント(株)
住鉱資源開発(株)	住友金属鉱山(株)	石油資源開発(株)	伊藤忠テクノソリューションズ(株)
総合地質調査(株)	(株)ダイヤコンサルタント	(株)竹中工務店技術研究所	中央開発(株)
地質計測(株)	国際石油開発帝石(株)	電源開発(株)	(一財)電力中央研究所 我孫子研究所
DOWAメタルマイン(株)	JX金属探開(株)	日鉄鉱業(株)	日鉄鉱コンサルタント(株)
日本海上工事(株)	JX石油開発(株)	日本物理探査(株)	復建調査設計(株)
三井金属鉱業(株)	三井石油開発(株)	(株)阪神コンサルタンツ	ドリコ(株)
三菱商事石油開発(株)	ニタコンサルタント(株)	三井金属資源開発(株)	(株)興和
ジオテクノス(株)	ベトロサミット石油開発(株)	(株)物理計測コンサルタント	(株)日本地下探査
中日本航空(株)	(株)エイト日本技術開発	地熱技術開発(株)	大和探査技術(株)
(株)ジオシス	中部電力(株)	北海道電力(株)	九州電力(株)
関西電力(株)	(株)建設基礎コンサルタント	(一財)宇宙システム開発利用推進機構	(株)ドリリング計測
西日本技術開発(株)	(株)地球科学総合研究所	(一財)地域地盤環境研究所	第一実業(株)
シュルンベルジェ(株)	(株)日さく 東日本支社	(株)NTTデータCCS	モニター物探(株)
(株)大林組技術研究所	北光ジオリサーチ(株)	中央復建コンサルタンツ(株)	九州日商興業(株)
(株)ジオテック	大日本コンサルタント(株)	JX金属(株)	(有)アスクシステム
(一社)全国地質調査業協会連合会	(株)日本メジャーサーヴェイ	東邦地水(株)	(株)長内水源工業
応用地震計測(株)	(株)四国総合研究所	北陸電力(株)	(株)萩原ボーリング
(公財)地震予知総合研究振興会	太平洋セメント(株)	(株)ジオファイブ	(株)テラ
(株)環境総合テクノス	スリーエス・オーシャンネットワーク(有)	(有)地圏探査技術研究所	(株)ジオフィール
(株)尾花組	洞海マリンシステムズ(株)	海洋電子(株)	協和設計(株)
(株)ジオプローブ	白山工業(株)	曙ブレーキ工業(株)	(一社)省力型3次元地中可視化協会
日本信号(株)	(株)地盤探査	サン地質(株)	日本工営(株)
(株)地圏総合コンサルタント	越前屋鉄工業(株)	(株)昌新	(株)クリムゾン インタラクティブ ジャパン
(株)トムロ・テクノプロ	(株)フクロジャパン	深田サルベージ建設(株)	
(株)フジタ	(株)日水コン	日本マグマ発電(株)	

平成30年1月25日現在