

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

研究の最前線 電気探査による液状化地盤評価
— 都市部の住宅地における液状化調査への挑戦 —…………… 1
「奇跡の生還 タイ洞窟・救出チームの指揮官として」
参加報告…………… 3
物探よもやま話 AI技術と物理探査…………… 4
物理探査ニュース創刊10周年を迎えて…………… 6
会員紹介 株式会社ジオファイブ…………… 8
公益社団法人 物理探査学会第139回(平成30年度秋季)
学術講演会参加報告…………… 10
第139回学術講演会・見学会 参加レポート…………… 11
平成30年度農業農村工学会大会講演会・企画セッション
お知らせ、編集後記、賛助会員紹介…………… 12

Geophysical Exploration News January 2019 No.41



電気探査による液状化地盤評価 — 都市部の住宅地における液状化調査への挑戦 —

産業技術総合研究所 神宮司 元治

1. はじめに

ご存じのとおり、日本は高度成長期から急速に経済が発展し、多くの人々が都市に仕事を求めて集まり、都市化が大きく進みました。また、人々が都市に集まると共に、都市周辺の住宅地が急激に広がっていきました。便利な都市周辺の土地が不足始めると、やがて、これまで人が住んでいなかった湖沼地、田畑や海を埋め立て、さらに住宅地を広げていきました。地震災害の一つである液状化は、最近起きようになったわけではなく、過去にも地震が発生すれば起こっていた現象です。しかしながら、これまで人が住んでいなかった土地に、水道やガス管などのライフラインを敷設し、都市化・住宅地化を急速に進めていったことが、近年の液状化被害の拡大につながったと考えられます。近年の大きな地震においても、2011年の東日本大震災、2016年の熊本地震、2018年の北海道胆振東部地震で、大きな液状

化被害が発生しており、特に住宅地の被害が顕著になっています。その一方で、都市部の住宅地は舗装道路や住宅が立ち並び、ボーリング調査などの一般的な液状化調査を行うことが困難であることが多く、なかなか液状化調査ができません。物理探査技術は、掘削なしに地下の地盤構造や状態の調査ができる技術であり、今後、最新の探査技術を用いることで液状化地盤の評価を地表から行うことができる可能性があります。

2. 電気探査を用いた液状化地盤評価

電気探査は昔からある物理探査法であり、地表面から電流を流して、地表の電位を計測することで、地盤の比抵抗を計測する技術です。近年の電気探査では、地下の比抵抗の2次元比抵抗断面や3次元構造モデルを求めることが可能です。液状化は、一般的に粘土や粒径の小さいシルトでは起こりにくく、粒径のそろった砂質土で起こりやすいとされています。電気探査に

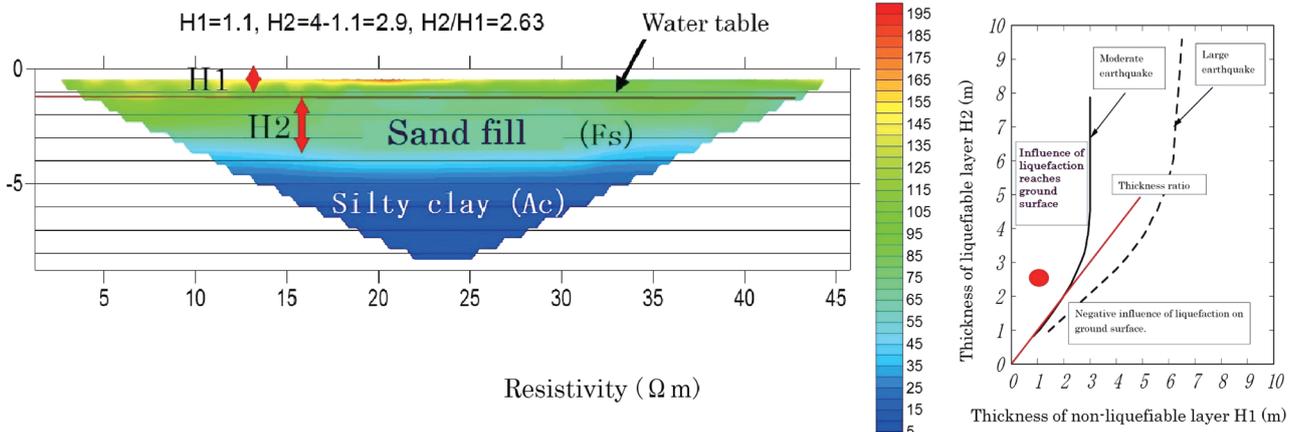


図1 電気探査を用いて液状化調査を行った例(Jinguiji, M. and Toprak, S., 2016からの引用)。

よる比抵抗探査は、このような粘土・シルトや砂層の区別に優れており、特に液状化により地表への影響を受けやすい浅い深度の地盤構造を求めることが可能です。

一般的に行われている液状化評価では、地盤のN値と言われる地盤の固さと、細粒分含有率を用いる方法が一般的です。砂の粒径を調べるためには、地中の土のサンプルをとる必要がありますが、そのためにはボーリングによる調査などが必要です。実は、液状化の評価には、それとは別の簡易な液状化評価法があります。これは、液状化が起こる砂地盤の液状化層の層厚と非液状化層の層厚を使った方法で、小規模構造物設計指針(日本建築学会、2008)に記述されています。ただし、土木的な手法で液状化層や非液状化層の層厚を求めるためには、どちらにせよ、ボーリングや貫入試験などの手法が用いられるため、直接N値や砂の細粒分含有率を用いた主流的な方法が用いられることが多く、これまで、あまり用いられてきませんでした。

3. 茨城県潮来市日の出地区における液状化地盤評価

産業技術総合研究所では、東日本大震災の後に、茨城県潮来市日の出地区において、コーン貫入試験による液状化



写真1 コーン貫入試験による液状化調査



写真2 電気探査による液状化調査

評価143点と、上記の液状化・非液状化層の層厚を電気探査によって求め液状化評価を行う簡易手法についての比較検討を行いました(Jinguuji, M. and Toprak, S., 2016)。コーン貫入試験は、油圧ジャッキによって先端に貫入抵抗・周面摩擦、間隙水圧のセンサーが配置された貫入プローブを地中に圧入していき、地盤の深度方向の各種測定値を計測することで、ボーリングと同様にN値(換算)や細粒分含有率の深度分布を求めることができます。本調査では、このコーン貫入試験と電気探査を用いた方法の比較検討を行いました(写真1、写真2)。コーン貫入試験では、液状化層の深度や層厚、地下水位を簡易に求めることができます。潮来での調査では、143点のコーン貫入試験の他に、6点の電気探査を用いた液状化調査を行いました。図1は、電気探査を用いた液状化調査を行った例です。図1の右図中の赤の点は液状化層と非液状化層の層厚比H2/H1を示しており、この数が、1を大幅に上回っていることから、この地点では、液状化による地表への影響が大きいと判断されます。潮来での調査では、電気探査による液状化評価の結果とコーン貫入試験の結果は良く一致し(図2)、実際の被害との比較でも整合性が見られました(図3)。電気探査は、近年、舗装された道路の上からでも、電極を打設せずに調査ができる技術が開発されてきており、今後、都市部の住宅地においても、歩道や車道を用いて、容易に調査ができるようになることが期待されます。

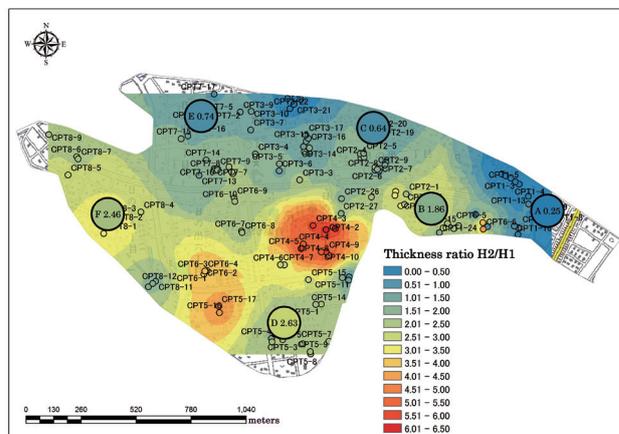


図2 コーン貫入試験と電気探査によるH2/H1 分布図

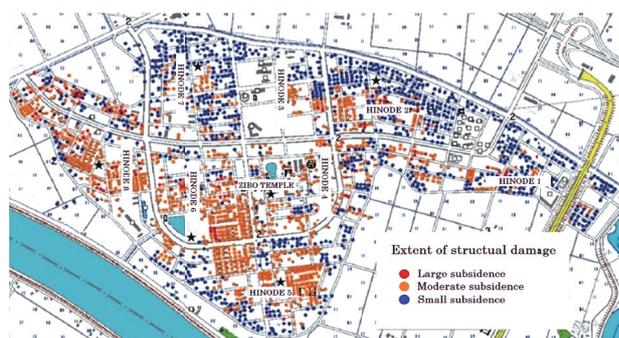


図3 日の出地区における建物被害図

<参考文献>

日本建築学会, 2008, 小規模建築物基礎設計指針, 88-92。

「奇跡の生還タイ洞窟・救出チームの指揮官として―救出劇の全貌―」参加報告

応用地質株式会社 櫻井 健

今年の夏、ちょうどFIFAワールドカップロシア大会で世界が盛り上がっていたころ、タイのチェンライの洞窟に、サッカーチームの少年・コーチの計13名が閉じ込められたことをみなさん覚えているでしょうか？11/26大阪国際交流センターで、この救出劇のシンポジウムが開催されましたので参加してきました。

実は今年の8月、ちょうどこの救出劇があった直後に京都大学大津研の実験でタイを訪問しました。大津先生が実際の指揮を執ったカセサート大学スティサック准教授と懇意であることから話が盛り上がり、また近畿建設協会などの協力もあり、本当に短い期間で先生を日本に招いてシンポジウムを開催することになりました(写真1)。



写真1 講演会の様子

講演の冒頭、救出劇のダイジェスト動画(<https://www.youtube.com/watch?v=w3ln-N9dFjo>)が流され、その後スティサック先生の講演が始まりました。救出劇というと、みなさんダイバーによる救出を思い浮かべると思いますが、実はダイバーによる救出が難航・長期化することも考慮し、秘密裏に様々なミッションが動いていました。

- ①潜水士による救出(Navy Seal)
- ②ポンプによる洞窟内の水位低下
- ③地上及びコントロールボーリングによる救出・物資補給(チリ鉱山を覚えていますか?)や洞窟内水位低下、空気孔の作成など
- ④地質学・物理探査などの調査

その調査のイメージを写真2に示します。洞窟に対して様々な角度からアプローチしているのがわかるでしょうか？



写真2 調査のイメージ

物理探査も行われていて、電気・電磁探査と微動アレイが紹介されました。石灰岩の分布と地下水の状況らしき断面が出てきました(写真3)。ほとんど説明はありませんでしたが、暖色系がおそらく石灰岩、寒色系が地下水(洞窟)を示していると思われます。

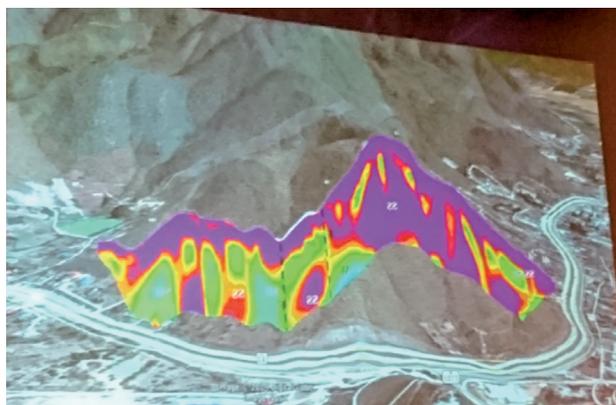


写真3 比抵抗断面

今回、非常に多くの国からボランティアが参加していましたが、その指揮・コミュニケーションをとるのに、LINEやFacebookなどのソーシャルメディアが非常に役に立ったことも紹介していました。

最後に、本当に数多くのボランティアの協力があったからこそ、この救出劇が成功したことを先生は強調して、講演は終了となりました。

1. はじめに

AI(Artificial Intelligence)は、今や大人から子供まで誰もが知っている言葉になっています。日本語では「人工知能」と訳されていますが、AIと表記する方が一般的です。さて、このAIですが、実はAIとAI技術を混同して用いていることも多いのです。ここでは、できるだけ平易な表現でAI技術と物理探査について述べてみたいと思います。この記事は石油学会の会誌ペトロテックに投稿した「AI技術と石油鉱業」という小論のエッセンスに物理探査における展開を書き加えたものです。

2. AIとAI技術

真のAIとは「自律的に自分自身より高い能力を持つAIを生み出す」ことを意味していますが、現状ではまだ実現していません。

一方で、AI技術とは「真のAIを実現するために開発されている種々の技術」のことで、例えば最近の音声認識技術や画像処理技術、翻訳技術などがこれにあたります。専門家に聞いてもGoogle翻訳はどんどん頭が良くなっているといいますが、その進化にもAI技術が大きく貢献しています。

真のAIに関連して話題に上がる言葉にシンギュラリティがあります。AIの議論の中ではシンギュラリティは「技術的特異点」を意味し、「真のAIが人間の能力を超える時点」とされています。

何を以って人間を超えていると定義するかは難しいところですが、先見性で実績のある未来学者のカーツワイル博士は、「2045年にはシンギュラリティが到来する」と予言しています。また、スティーブン・ホーキング博士も2017年11月の講演で「AIはわれわれの想像以上のスピードで進化しており、数十年後には人間の知性を超えて自らの意思を持ち始める可能性がある」と指摘しています。

3. AIブームの流れ

AIブームには第1次から第3次までの流れがあると言われています。ここではそれぞれの時代の特徴と物理探査技術との関わりについて見ていきたいと思います。

第1期AIブームが始まったのは、1956年に開催された「ダートマス会議」です。この会議は「人工知能」という学術研究分野を確立した会議とされています。この時代に研究者が取り組んだのは迷路やパズルを解くといった、推論と探索によるアルゴリズムの開発でした。この時代は1960

年代まで続きましたが、物理探査の世界ではまだこの技術は使われていなかったようです。

第2次AIブームのキーワードは「エキスパートシステム」で、1980年代から1990年代半ばまで続きました。エキスパートシステムは、人間の専門家(エキスパート)の意思決定能力を計算機に教え込んで計算機が専門家のように推論から複雑な問題を解くことができるようにするというものです。米国物理探査学会(SEG)でも、1983年頃から口頭発表でAIやエキスパートシステムがタイトルに出始めています。そして、1988年にはSEG総会でエキスパートシステムに関するワークショップが開催されました。

エキスパートシステムの完成への壁となったのは、専門家による感覚的な表現を数値化するのに膨大な手間がかかるという点でした。そしてまた、その判断結果も満足いくものではなかったため、エキスパートシステムは終息に向かいます。

ただし、この時期に盛んに研究された「ニューラルネットワーク」は現在の第3次AIブームに引き継がれることになります。

4. ニューラルネットワークとディープラーニング

従来型のニューラルネットワークの原理は図1に示す通りです。中間層(隠れ層)においては、おのおのの入力データに重みを付けた値が積算されます。さらにこの中間層のデータにさらに重み付けをしたデータを出力とします。ここでの重み付けに線形でない関係式を導入することによって複雑な関係を導くことができます。中間層を置くことの意味は入力データが必ずしも独立でないと考え、データ間の相互作用を考慮に入れることができるという点です。

ニューラルネットワークに関しては米国SEGでは1988

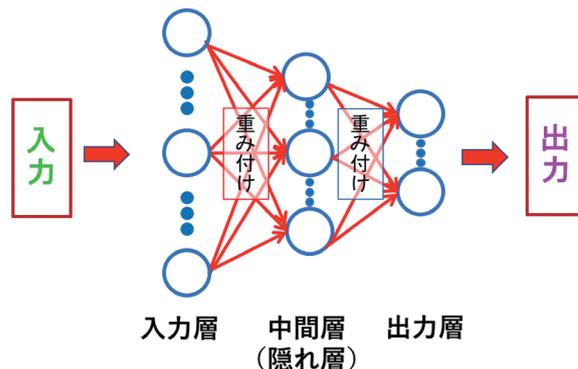


図1 従来のニューラルネットワークの原理

年以来、この言葉をタイトルに含む250件以上の論文や口頭発表があります。日本の物理探査学会でも1992年を皮切りに23タイトルの報告があります。そこでは反射法地震探査のデータ処理を中心とした研究が多く、地震波の初動検出や速度解析の自動化などがテーマになっていました。

その中で研究された「機械学習」は、人間が与えた情報（教師データ）を元に、法則や関係式を見つけ出して全体データを類型化して識別する方法です。例えばSEGのThe Leading Edge 1997年10月号に発表されたMultiattribute Seismic Analysisはその代表的なものです。図2に示すようにある地域に3次元地震探査のボリュームがあり（ということは地震探査属性値がボリュームで存在して）、そこに何本かの坑井が掘られていてその位置での物性値（岩相・速度・密度など）が分かっているとします。坑井位置では教師データとして両者を結び付ける関係式が構築できますから（Step 1）、坑井のない位置での地震探査物性値にその関係式を適用して物性値の予測をすること（Step 2）ができます。

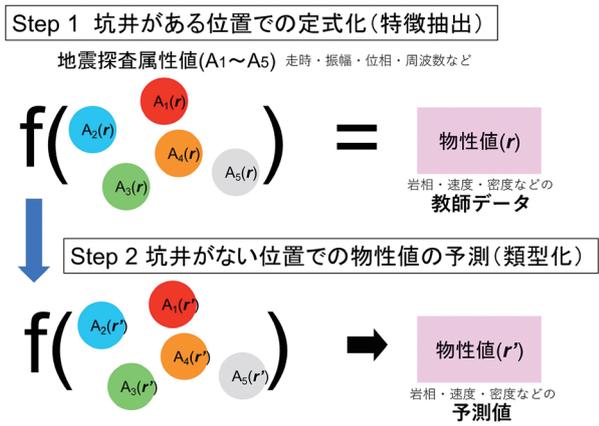


図2 Multiattribute Seismic Analysisにおける機械学習の原理

そして現在は「機械学習」を端緒として発展した第3次ブームの真ただ中と言えます。その中核となるのは「ディープラーニング(深層学習)」と呼ばれる手法です。ディープラーニングはデータに含まれる特徴を各層で自動的に学習していく機能を持つことから、従来の機械学習とは一線を画しています。それを達成するために使われているのは図3に示すような多層型のニューラルネットワークです。中間層を何ステップか置くことによって、例えばヒトの顔認識であれば中間層の最初のステップでは目や耳といった部品の輪郭を識別し、次のステップで顔や部品の輪郭をセットで認識し、最後に顔全体を認識するといった手順を踏みます。このような多層型にすることによって各ステップでの重み付けを学習によって自動的にきめ細かに最適化します。また、出力層のクラスの定義も自動的にすることができます。

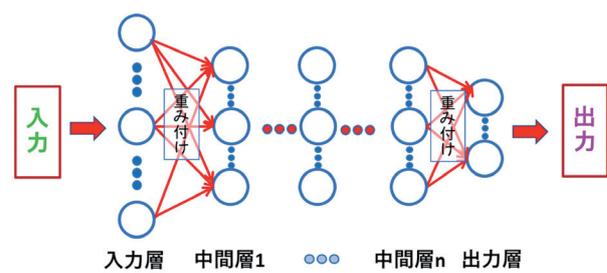


図3 ディープラーニングに用いられる多層型ニューラルネットワーク

2012年にGoogleの研究グループが発表した「キャットペーパー」は、多量の画像を準備して多層型ニューラルネットワークにかけ、出力のクラスも自動的に決めさせて「ネコ」というクラスを自動的に生成して識別したことで注目を集めました。すなわち教師なしデータから類型化を実現したのです。それは画期的なことなのですが、物理探査の世界では出力クラスまで自動生成してもらう必要は必ずしもありません。例えば、三次元地震探査データからその場所での物性値を推定する図2のような場合であれば、出力が岩相であればクラス1:砂岩、クラス2:泥岩、クラス3:礫岩、クラス4:その他といったような定義しておくことが可能です。また、教師データとしては坑井位置で実際の岩相が分かっているのですからこれを使わない手はありません。すなわち、巷で言われている画像処理でのディープラーニングと物理探査で使っていくディープラーニングには若干違いがありそうです。重要なのは図2に示したような解析を機械学習で行う場合には解析者が地震探査属性値を選んで与えてやる必要があるのに対して、ディープラーニングを使えば多数の属性値を与えておけば自動的にそれらの重み付けを最適化してくれるという点にあります。そうすることによって正解率も向上することが期待されます。

5. 物理探査への適用の動向

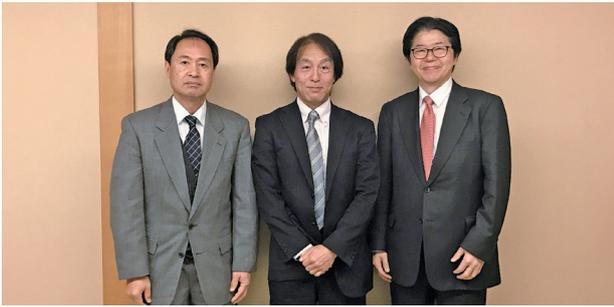
物理探査へのディープラーニングの適用は、ここ数年で始まったばかりです。SEGの論文や発表を見るとディープラーニングをタイトルに含む論文・口頭発表は2016年の2件に始まり2017年には6件となり2018年には29件に急増しています。その多くは反射法地震探査データを対象としています。多いのは地震探査データ解釈への適用であり、ホライズン解釈・断層解釈や岩相解釈を含めて全体の60%程度になります。次がデータ処理で30%、その他がリモートセンシングや自然地震などです。

2018年にはディープラーニングの一手法であるConvolutional Neural Network(畳み込みニューラルネットワーク:CNN)の適用事例が増えています。

ディープラーニングの適用の可能性は物理探査のデータ取得からデータ処理、解釈に至るまで幅広く、しばらくは関連研究のブームが続くのではないのでしょうか。

物理探査ニュース 創刊10周年を迎えて

物理探査ニュースは、今回の41号でちょうど10周年を迎えることになりました。これまで創刊に貢献して下さいました歴代委員長、印刷業者、そして就任10年となる委員からの熱き想いをとりまとめました。



歴代委員長(海江田氏、鈴木氏、高橋氏)



就任10年委員(井上氏、吉川氏、笠谷氏)

ニュースのさらなる発展を

海江田 秀志(初代委員長)

物理探査ニュースは学会の公益事業の一つとして、以下を主な目的として発刊作業を開始しました。①物理探査の概要と学会の活動を会員および一般の人々に判りやすく伝える。②物理探査業務の発注者や学生などに理解を得て業務や会員の拡大を図る。③会誌が電子化され会員への配布がなくなった時に、会員とのコミュニケーション媒体となる。

学会として初めての試みだったので、委員の皆さんや事務局と印刷の紙質、ページ数、発刊の頻度、掲載内容などの検討から始めました。委員には女性をはじめ年齢も業種もバラエティに富んだ方に参加頂き、各委員は少なくとも年に1回は記事を提案し、自ら記者になって執筆あるいは原稿を集めるということで進めました。カラー印刷なので現場の写真や図のほか人の紹介も重視し、著者や担当者の写真も多く載せるようにしました。創刊号は学会創立60周年記念シンポジウムの特集で、多くの物理探査関係者が登場されています。また、アンケート調査で会員からの意見や要望も伺い記事の参考にしました。

委員会は午後3時から行い、その後の懇親会でも真面目な話からくだけた話まで議論は尽きませんでした。そば湯割りの焼酎を飲みながらの議論が新たな記事の提案に繋がったケースも多かったように思います。ご協力頂いた委員の皆さんには楽しく委員会が運営でき感謝しています。

物理探査ニュースをおもしろく

高橋 明久(二代目委員長)

物理探査ニュース10周年おめでとうございます。H24.6からH30.6までニュース委員長を務めさせていただきました。海江田前委員長から引き継いだのは紙面もさることながら、何と言っても委員会後の懇親会の盛り上がりです。とにかく楽しい委員会を目指しました。また、せっかく参加したのだから、必ず1回は発言ということにして、記事のアイデア等を出し合いました。定番となっている「SFの中の探査」などは、そんな話し合いの中から生まれた企画ですが、これにも人知れぬ(当時の委員だけは知っている)生みの苦しみがありました。物探屋ゴルゴ13などは最初から話題になったのですが、これを記事にすると、例えば絵が使えない。やがて自分のオリジナルでイラスト化すればOKというのがわかり、ドラえもんからサンダーバード、宇宙戦艦ヤマトに至るまで著者自身のイラストによって構成されました。いろんな方に物理探査ニュースは面白いとほめてもらうと調子に乗ってどんどん記事で遊びました。これも一緒に楽しんで下さった委員の皆さんのおかげです。ありがとうございました。

物理探査ニュース “Hop Step Jump!”

鈴木 浩一(三代目委員長)

“Hop Step Jump”と言えば何を連想しますか? 年配者は陸上競技の「三段跳」、若い世代は日本女性ボーカルグループLittle Glee Monsterのヒット曲でしょうか。ここでは歴代委員長の連携プレー「三段跳」で使わせてもらいます。Hop Stepの二段を順調に飛んで繋いでいただきましたので、三代目の私は精魂こめて最後のJumpをしたいと思います。

高橋委員長時代の6年間、私も委員として活動してきましたが、私が主著の記事が10件ほどありました。毎回記事が思うように集まるわけではないので、緊急時は委員自ら記事を書く風潮が育っているように感じています。それは委員会後の懇親会が鍵を握っていると思います。委員会には遅れても懇親会には必ず出席していました。そして、リラックスできる空気の中で意見交換をした方が、交流が深まるだけでなく、脳がデフォルトモードネットワーク状態になりますので、記事の良いアイデアがひらめくのでしょうか(正月のNHKで再放送した”人体—神秘の巨大ネットワーク5 脳 ひらめきと記憶の正体—”で解説していました)。前委員長からのこの良き流れをぜひとも引き継いで、委員会活動を盛り上げていきたいと思っています。



その他のニュース委員(左上より羽佐田氏、立花氏、渡邊氏、地元氏、川島氏、小林氏、長氏、櫻井氏、江元氏、林氏)

気が付けば10年

吉川 猛 副委員長(基礎地盤コンサルタント)

早いもので、物理探査ニュースは創刊から10年が経ちました。当初は、記事集めに四苦八苦し、かなりの綱渡りをしてきた記憶があります。いつしかシリーズ物が複数定着し、最近では、自主的に記事を寄稿していただけるようになり、編集作業がずいぶん楽になりました(笑)。ニュースの内容については、当初は厳しい意見がありましたが、最近では「あれが面白い」、「これが楽しみ」と、好意的な意見を伺う機会が多くなりました。創刊当初から編集に携わった者として、この状況を素直に喜びたいと思います。物理探査ニュースは、読者の皆様にとって「わかりやすく」「おもしろく」をモットーに続けてきました。これは今後も変わることはないと思います。読者の皆様におかれましては、今後もお意見・ご支援をいただければと思います。そして、たまに記事を投稿していただくと幸いです。

物探やわらか記事

笠谷 貴史 委員(JAMSTEC)

「10周年にあたって一言」との依頼があつてハツとしました。もう10年経ったのかと。海江田委員長のもと、始まった当初は出すことで精一杯でしたが、号を重ねるごとにペースがつかめ、内容も充実してきたように思います。当初から「やわらかい記事」をとの考えはありましたが、これがなかなか難しい。高橋委員長になって始まった「SFの中の探査」は、その一つの解かと思えます。私は、ニュースNo. 22に書いた「真夏の方程式」ネタを皮切りに、「ゴルゴ13」「ドラえもん」と書き続け、改めて数えると「SFのなかの探査」全16記事中8記事を執筆していました。執筆には意外と下調べが必要だったり、絵を自作したりと結構時間はかかりますが、論文とは違う楽しみをもって書くことができます。私は、会誌の編集委員でもありますが、会誌へは投稿者から原稿が「投稿」されて来るのに対し、ニュースは自分たちで記事を作る、執筆依頼をするなどして、紙面に落とし込む作業が求められます。大変ではありますが、楽しさも感じます。物理探査ニュースは、物探学会唯一の紙媒体としての重要な役割を担っています。より充実させなければならぬと思います。興味のある方、一緒に楽しい紙面を作りませんか？

意見交換がメイン

井上 敬資 委員(農研機構)

はじめは、竹内さんのサポートでということですが、委員会に参加させて頂いていたかと思うのですが、気が付いたら10年が経っていました。学生のころに所属していた学会ではなかったため、記事を集めたり原稿を依頼したり出来る心配だったのですが、17時以降からの意見交換会をメインの担当とさせて頂き、徐々に多くの方と知り合うことができるようになりました。ニュース記事には多くのシリーズがあり、現在、シリーズ別に読めるように整理しておりますが、10年の足跡は物凄いものになっていました。今まで記事を投稿していただいた方や、入れ替わりで活動していただいた委員の皆さんのおかげだと思います。今後、多くの方に記事を投稿していただくだけでなく、委員としてもご参加いただけたらと思います。

レイアウト編集担当 (ホワイト企画 掛塚)

物理探査ニュース創刊10周年、おめでとうございます。このような場に寄稿させていただき、大変光栄に思います。物理探査の世界に携わる方々の地道な研究の世界にふれる機会をいただき、ありがとうございます。無知な私にとって、とても好奇心をくすぐられるものでした。専門的なことはわかるはずもなく、ただ、色々な画像を見させていただくだけでも、大変な分野だと、回を追うごとに新鮮でした。中でも世界各地のいろいろなところで、いろいろな苦勞をされているコーナーは素人の私にとってとても興味深いものでした。専門的な用語、数式の表記など、校正にお手数をおかけし、申し訳なく思っております。これからもご指導・ご鞭撻をよろしくお願い致します。最後に、物理探査ニュースが発展できますよう、微力ながら参加させていただければ幸いです。

印刷製本担当 (小宮山印刷工業 木村)

この度は、物理探査ニュース創刊10周年誠にありがとうございます。創刊より印刷を担当させていただき、学会担当委員の皆様には、感謝申しあげます。小宮山印刷工業にて色々な学会誌等発行して来ておりますが、近年予算の関係で、冊子印刷作成をやめる学会が、徐々に増えてきているのが現状です。その中で、幅広い方々に読んでいただき、継続して発行を続けるのは容易ではない中、委員の方々の努力は大変なものと感じます。今後とも、物理探査ニュースが継続して発行していけるよう、小宮山印刷工業一同努力していきますので、今後とも宜しくお願い申しあげます。

株式会社ジオファイブ

(株)ジオファイブ 永井 延史

株式会社ジオファイブは、2001年8月に当時、応用地質(株)機器事業部に勤務していた5名の有志によって、応用地質(株)が取扱う製品の総合代理店として設立しました。「お客様の多様なご要望に、迅速に、的確に応える専門家集団」をモットーに、今日では総勢17名で応用地質(株)取扱製品の販売に注力する一方、応用地質(株)で取扱っていない製品の自社開発・特注品対応や輸入販売を手掛けています。

弊社の最大の特長は、単に商社機能のみならず、お客様の多様なご要望(回路、機構、ファームウェア、ソフトウェア開発等)を「かたち」にできることに加え、現場計測業務やレンタル等を含めた「Total Solution Provider」を日々、追求している点にあります。



2018年6月 黒部ダムにて

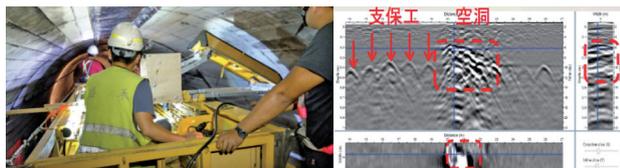
次に弊社の特徴的な取扱商品による現場への適用例をいくつかご紹介いたします。

【高密度高分解能3次元地中レーダの適用】

多素子の超広帯域アンテナを200~3,000MHzの正弦波ステップ周波数で高速に切り替えながら測定する3D-RADARは、車に搭載して主に路面下空洞調査や橋梁床版の劣化調査に使用されていますが、高密度高分解能探査が可能であることから最近では様々な分野で適用され始めました。

1) トンネル背面空洞調査への適用

地面から25cm程度離して使用できるエアークップル型DXシリーズアンテナをトンネル背面調査に適用した例を示します。トンネル背面に幅1m×60cmの空洞を捉えています。

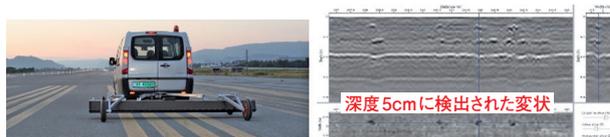


トンネル調査への適用

2) 滑走路・高速道路への適用

近年、滑走路や高速道路で問題視されているポットホールやプリスタリングのほか、コンクリート内部に発生した亀裂の検出にも有用性が認められています。以下のデータは、深度5cmに検出された変状例です。

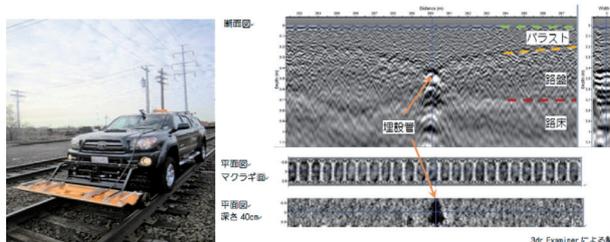
また、複数の測線データを1枚に集約し、かつ同一深度の水平断面(深度スライス)として表現することで、各種変状の大きさや方向性を容易に把握できます。



滑走路・高速道路への適用

3) 鉄道軌道下調査への適用

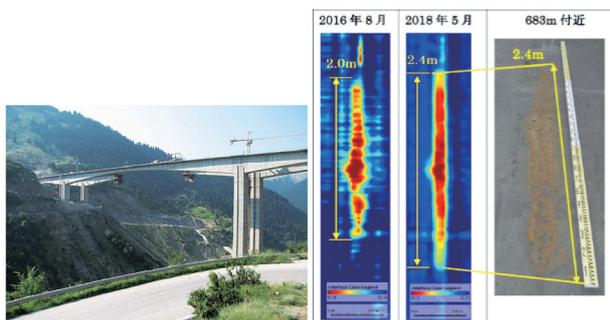
鉄道軌道下において、バラスト厚や路盤の変状を捉えた例を示します。2つの水平断面のデータは、枕木からの反射とその下部の埋設管を捉えた例です。



鉄道軌道への適用

4) 橋梁鋼床版への適用

アスファルト厚8cmの橋梁鋼床版の劣化変状を調べるために鋼床版境界面からの反射波振幅に着目して解析した結果を示します。青に近いほど正常で、赤が濃くなるほど反射波振幅は小さく、異常を示します。測定は2016年8月と2018年5月の2回実施し、変状が経時的に生長している様子を捉えています。その変状は、目地の沿って規則正しく検出され、アスファルトを剥いだ後、腐食(錆)であることが判明しました。



橋梁鋼床版への適用

5) 堤防法面への適用

海外での事例ですが、アンテナを重機に搭載し、堤防法面の調査例も報告されていますので、弊社でも機会があれば試みたいと考えています。

3D-RADARは、アンテナの送受信を任意に設定できますので、CMP法による電磁波速度(水分状況)の研究も取り組んでいます。これについては、別の機会にご紹介できればと思います。



堤防法面への適用

以下、その他の適用分野について紹介します。

【地下水流動の把握】

温度プローブの温度センサには長期安定性に優れた4線式白金測温抵抗体を用い、誤差要因となる熱電対効果や温度ドリフトを除去するとともに独自のアルゴリズムにより測定分解能1/10,000℃を実現しました。地下水流動層の把握や地震・地下水研究分野等に使用しています。

CTプローブは、理想的な7電極方式(中心電極から両端電極に通電)により、1 μ S/cmの高分解能を実現、また、温度センサにはサーミスターを用い、1/1,000℃を実現しています。地下水流動層の把握や沿岸域における塩淡境界の調査研究に用います。

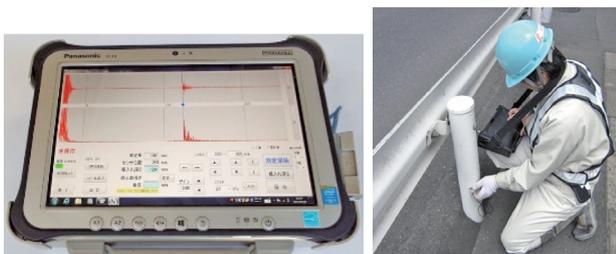


高分解能温度プローブ

高分解能CTプローブ

【鋼製防護柵根入れ深さの測定】

旧来は、防護柵の施工状況をビデオに撮り、これを提出していましたが、今日ではほとんど超音波技術により根入れ深さを測定しています。測定には500kHz前後の斜角振動子(屈折角70度以上)を用い、防護柵底面からの反射波を捉えることで、根入れ深さを求めます。また、同技術は地山補強鉄筋(ロックボルト等)の根入れ測定にも適用されています。この場合の測定対象は、細い棒状鉄筋になりますので、5MHz前後のP波振動子を用い、同様に先端からの反射波を捉える1探触子法による測定です。(この種の装置が開発されたことで、今日では防護柵の不正工事がほとんどなくなったそうです。抑止効果に寄与…?)



鋼製防護柵根入れ深さ測定装置

【道路附帯物腐食の診断】

近年、道路標識柱や照明柱・交通信号柱等の地際部での腐食に起因した倒壊事故を防ぐために道路附帯物点検調査業務が急増しています。弊社は超音波技術により、これまでの削削・目視点検に代わる安価で簡便な1次スクリーニング技術の確立を目指して数多くの施設で試験を行い、その結果を踏まえて腐食診断装置を開発しました。測定は1探触子法で、先端からの反射波の振幅と腐食部からの振幅比およびその面積を考慮するもので、通常700kHzの斜角振動子を用いて90度ごとに4ヶ所測定を行い、「健全/腐食あり」を判定します。また、診断結果を地図上にデータベース化しています。



道路附帯物・鋼製柱腐食診断装置

【山岳地での屈折法地震探査】

山岳地での使用を重視した「オールインワン」構造の24/48成分型サイズモグラフです。24ビット20 μ secの高速サンプリングに加え、小型・軽量・低消費、リアルタイム感覚のノイズモニター、直射日光下でも見やすいカラーLCD等、最新技術により構築しています。



GeoSEIS-24/48

【切羽トンネル前方探査】

切羽前方探査は、掘削発破を用いることで施工を中断せずに観測を行うことができます。弊社ではそれに加えてケーブルレス化を行い、作業性・信頼性が飛躍的に向上させたとともに、専用の解析処理プログラムにより容易に解析可能となるよう改良を加えました。これまで数多くの現場で試用してきており、その有用性が実証されています。



切羽トンネル前方監視装置

その他、発火器や孔壁固着型PS検層装置など、国内の物探業界から消えつつある製品開発にも取り組んでおりますので、お問い合わせいただければ幸いです。

物理探査学会第139回(平成30年度秋季) 学術講演会開催報告

物理探査学会第139回(平成30年度秋季)学術講演会は平成30年10月22日～24日の3日間、富山国際会議場(富山県富山市)で開催されました。講演数54件(うち特別講演2件、特別セッション3件)、ポスターセッション10件、機器展示は3社の申し込みがありました。今回の参加者は講演会110名(うち学生8名)、交流会は68名(うち学生5名)、見学会は25名(うち学生4名)でした。

1日目は「地震・防災1～3」、「土木・廃棄物」、「土木1」、「CO2・地熱」、およびポスターセッションの各セッションが行われました。ポスターセッションの優秀発表者は審査の結果、山崎 聡司朗氏(早大・理工)が受賞されました。

2日目は「土木・検層・坑内測定」、「資源探査1」が設定され、午後には「特別講演」および「特別セッション」が行われました。

○特別講演

特別講演1件目は宮島 宏氏より、「国石になった翡翠について」を発表していただきました。約100年前に決められた水晶に替わり、2016年、翡翠が国石になるまでの過程の話です。知名度・美しさ、鉱物学や地球科学の分野はもちろん、他の分野でも重要性を持つこと等、いくつかの国石としての条件をクリアした石として選ばれました。特に翡翠は沈み込み帯の指標鉱物であり、糸魚川の翡翠は約5億2000万年前に出来た世界最古の翡翠となっています。

次いで、原 隆史氏より、「工学的リスクマネジメントの実務への適用に関する研究」を発表していただきました。限られた防災投資の中で、調査を含め、合理的かつ効率的な耐震対策をどのように行えばいいのかという話でした。

両講演とも普段聞くことのできない内容であり、時折冗談を交えた発表で丁寧に説明していただきました。



宮島 宏氏



原 隆史氏

○特別セッション

今回の特別セッションは「様々な時間スケールでみる火山」のテーマで3件の発表が行われました。1～2件目は火山観測についての話で、小林知勝氏からはSAR衛星による地殻変動観測について、宇津木 充氏からは電磁気観測

についてのお話を聞くことができました。

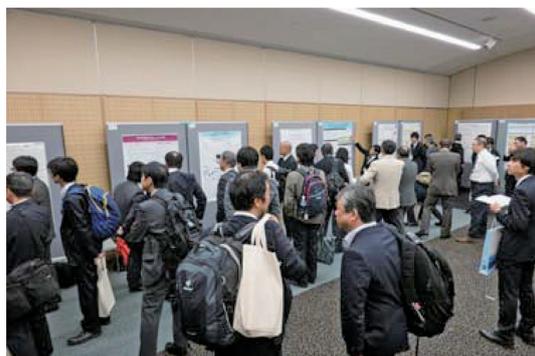
3件目は下司信夫氏よりマグマ供給系のお話を聞くことができました。最新の火山観測の現状や展望、火山の地下構造への理解の重要性など、興味深いお話を聞くことができました。

3日目は「土木2」、「資源探査2」が設定され、午後には見学会が行われました。

見学会では本宮砂防堰堤を臨みながら昼食を取った後、立山カルデラ博物館へ向かいました。立山や立山カルデラの自然や歴史、立山カルデラの砂防についての紹介が行われました。常願寺川流域での度重なる土砂災害への砂防の歴史や苦勞などが良く理解できました。そして見学会の締めとして富山市婦中町内の酒蔵「吉乃友」に行きました。酒蔵内を一通り見学した後、試飲会が行われ、各種日本酒を堪能しました。また吉乃友さんは常願寺川水系の伏流水を使用して日本酒を造っており、常願寺川は恵みも与えていることがよく分かりました。

今回の学術講演会では富山大学関係者、発表者、座長をお引き受け頂いた方など、多くの方たちのご尽力によって、盛会のうちに無事に終わることができました。ここに記して厚くお礼を申し上げます。

(日本地下探査 矢島 徹)



ポスター発表



吉乃友 各種日本酒

第139回学術講演会・見学会 参加レポート

平成30年10月22～24日に富山市にて第139回物理探査学会学術講演会・見学会が開催されました。参加された学生の方からレポートを寄稿いただきましたので、ご紹介いたします。

富山大学理学部4年 丹羽 里奈



私は土砂災害予測のための情報を物理探査によって増やすことが貢献につながると考えました。土砂災害とは、土砂や水が流れ出ることによって被害を与える自然災害の一種です。

土砂災害を予測するために計算モデルを用いるのは非常に便利ですが、

実際にはいくつかの要因が複雑に作用するので、各地点で正確に予測するのは困難です。例えば、気象庁が用いている土砂災害の危険度を把握するための指標である土壌雨量指数です。これはタンクモデルを利用して算出されており、『全国一律のパラメータを用いており、個々の傾斜地における植生、地質、風化等を考慮していません。』（気象庁/土壌雨量指数

<https://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/bosai/dojoshisu.html>から引用)

とあるようにその土地ごとの土砂災害の要因になりうるデータの全ては含まれていません。このような計算モデルと実際の状態の差を調べるためには、比較的短い時間でできる物理探査が有効だと思います。しかし、全ての傾斜で日々、物理探査を行い続けることは困難です。より簡易的にデータを得られる物理探査機やその場に行かなくても探査できる仕組みを増やし、探査にかかる労力を減らすことにより多く各地で行うことが可能になれば、地下構造の異常をより早い段階で見つけることができるようになり、土砂災害予測への貢献につながると思います。

土砂災害は国土の大半が山である日本では非常に身近な自然災害であり、短い期間に各地で起きるものなので、土砂災害の予測の精度がより良くなれば、被害をより抑えることが可能になります。今回の見学した堰堤・立山カルデラ砂防博物館から地すべり、山崩れのために物理探査がどのように役立っていくのか興味がわきました。更なる進展に期待しております。

東京大学工学部4年 児玉 匡史



日本は崩れる国である。プレート境界に位置し火山や地震が多く、海に面しており台風や津波など災害のリスクがかなり高い国だと言える。今回見学した立山砂防ダムもカルデラの土砂が大雨や地震などのきっかけによって引き起こす土砂災害のリスクを軽減するために作ら

れた。しかしリスクはなくなったわけではない。例えば大規模な地震が起こり砂防ダムの決壊及び土石流を止められなくなるリスク、火山活動が始まり火山灰が大量に堆積することで砂防ダムが流れを抑えるという役目を果たせなくなるリスクなどいろいろとリスクが考えられる。

その中で物理探査が貢献できるものとして砂防ダムの経年劣化の監視が挙げられる。それを可能にする物理探査の手法はいろいろあると思われるがここでは宇宙線ミュオンを利用した手法について考えたい。宇宙線ミュオンは地上に数多く降り注いでいる素粒子であり、高い透過力そして直進性を持つ。そのため対象物体の透過率の差を利用して密度を推定することができる。これを利用することで砂防ダムに生じたクラックなどわずかな変化も検知することが可能であると考えられる。劣化の早期発見によりピンポイントで補強などを行うことができた起こりうるシナリオの考察にも役立つはずである。もちろん物理探査の手法は相補的なものでありミュオンによる密度分布推定だけでは十分ではない。音響調査や電気探査など様々な手法を複合的に利用することで砂防ダムの内部状況をより明確に探り、起こりうるリスクに対して常々検討をしていく必要がある。



本宮砂防堰堤

平成30年度農業農村工学会大会講演会・企画セッション 「物理探査技術の最新動向と農業農村工学分野への展開」参加報告

電力中央研究所 鈴木 浩一

農業農村工学会大会講演会が9/4から9/7まで京都大学吉田キャンパスで開催されました。本大会はかなり規模が大きく、9/4午後から9/6夜まで9会場で講演会が行われ、一般講演のほか、学会員からの提案による15件の企画セッションがあります。農研機構の黒田清一郎氏が、標記セッションのオーガナイザー、著者が座長を務め、100分の時間帯で4件の講演がありました。

物理探査学会からは、京都大学の後藤忠徳准教授に「地下の水の動きは物理探査で可視化できるか?」、深田地質研究所の高橋亨氏に「物理探査を利用した土質地盤の透水係数の推定」の演題で講演してもらいました。農業農村工学会からは2名の講師に講演してもらいました。参加者は約30名、延べ40名ほどでした。

以下の真摯な質疑応答が行われました。

Q1：砂とローム土で流電電位の応答が大きく変わるといふ実験結果が出ているが、理論的に説明できるか?(岡山大学教授)

Q2：タイの塩類化土壌で調査をしている。有効な物理探査手法は何か?(茨城大学准教授)

最後の総合討論では、物理探査と従来の方法に関する比較と共存のあり方という本質的な議論が行われました。後藤先生の講演が特にわかりやすく、物理探査のことをよく知らない一般の聴講者にも好評のようでした。最後に、参加した物理探査学会の関係者、及び農業農村工学会の参加者の一部からは本企画の継続を推奨する声もありました。

以上好評でしたので、双方の学会にとって異分野との交流を持つ貴重な機会として、継続的な企画として来年度以降も実施する価値のある企画と思われる。展示企業のセッションもあり、プレゼン発表もできるようなので、企業にもメリットがあると思います。来年度の大会会場は東京農工大学の予定です。



お知らせ

第140回(2019年春季)学術講演会

1. 会 期：2019年6月3日(月)~5日(水)
2. 会 場：早稲田大学国際会議場
3. 講演申込締切：2019年3月20日(水)
論文集原稿・講演要旨締切：2019年4月22日(月)
4. 参加登録：事前登録締切 2019年5月20日(月)
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

編集後記

この度ニュース委員に加わりました林です。「物理探査ニュース創刊10周年を迎えて」の歴代の委員長の一言から、創刊後10年間のご苦勞・ご尽力が窺われました。先輩委員方の意志を引継ぎ、学会の最新のイベントや物理探査技術を分かりやすく紹介して参りますので、今後ともご愛読の程、よろしく願い致します。次号以降、徐々に海外在住の会員レポートや海外出張報告を紹介する予定です。ご期待下さい。(ニュース委員 林 努)

賛助会員リスト

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

物理探査ニュース 第41号 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

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。