

物理探査 ニュース



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

目次

巻頭言	1
研究業務の受託	2
国際シンポジウム開催報告	4
分かり易い物理探査(電磁法2)	6
物理探査学会誌の紹介	10
会員企業紹介(株式会社ダイヤコンサルタント)	11
書評	13
お知らせ	14

Geophysical Exploration News October 2009 No.4



北海道新幹線北海道方工事状況(写真左上：渡島当別トンネル西工区坑口、写真右上：渡島当別トンネル貫通掘削(2009年8月)、写真左下：新茂辺地トンネル東工区、写真右下：函館総合車両基地路盤、本文2～3頁参照、写真提供：鉄道運輸機構北海道新幹線建設局)



社団法人 物理探査学会は8年前(平成13年12月)に法人化されました。理事会において方針が決定した後、文部科学省の認可が下りるまでの期間はおよそ1年であり、他の学協会が長い期間かけて手続きを進めているのに比べ、非常に短いものでした。いくつかの理由があると思いますが、当学会の研究分野が他の学会に見られないユニークな技術・学問体系であったことも大きいものと考えています。

その結果、本学会は法人化により社会から認知され、(独)産業技術総合研究所からは、物理探査調査研究活動データベース(EXACTS)のデータ入力作業の委託を受け、物理探査の利用動向を継続的に調査しています。また平成18年度以降、河川堤防やその下部の地盤性状を非破壊かつ連続的に把握するための統合物理探査を(独)土木研究所から受託し、鋭意研究開発に取り組んでいます。

これらの事業は、会員から構成される委員会が主体となって、最先端のテクノロジーや理念を駆使して成果や提案を行っており、発注機関から高い評価をいただいています。

今般、(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構(略称JRRTT)から弾性波探査(地震探査屈折法)の高精度化に

関する研究業務を受託するに至りました。弾性波探査は土木地質調査分野で古くから利用されていて最もポピュラーな物理探査手法です。しかし、長年研究されてきましたが、弾性波探査のすべてが解明されているわけではありません。したがって、未解明の事項やその原因を明らかにするとともに、最良の成果をあげるための対策を再考することが必要です。弾性波探査に限らず、物理探査は自然を対象にしていることもあり、一筋縄では最適な成果を上げられません。計画立案、計測、解析、解釈などそれぞれの段階において想像される以上に高度な技量や経験、ノウハウを要求され、各段階において手を抜くと成果の品質はすぐに低下してしまいます。

JRRTTからの委託研究については、トンネル研究委員会(委員長 松岡俊文 京都大学教授)を早速立ち上げ、3数年にわたって研究する体制を整えました。本学会が始まって以来大きなプロジェクトであり、改めてその責任の重さを感じています。

ところで、学会の方針や予算および決算につきましては、年度当初に開催する総会において、会員の承認を受けることが定款で定められております。平成21年度予算につきましては、5月26日の総会で承認をしていただきました。4,000万円を若干上回る予算規模です。それに対してJRRTTの本年度研究費もほぼ4,000万円です。そこで、理事会でこの研究を推進していくに際して8月4日に臨時総会を開催し、改めて修正予算案をご承認いただきました。その結果、本年度予算は7,600万円になりました。本学会のホームページ(www.segi.org)をご参照ください。さらに委託研究方針や予算執行が適切に実行されることを確認するために、研究活動に関する規程も変更し透明性や公平性を高めるように変更しました。この研究成果にご期待ください。

本学会は今後も技術開発や普及啓蒙、教育訓練など社会に役立つ物理探査を目標に活動を行っていく予定です。皆様のご理解、ご支援を宜しくお願いいたします。

北海道新幹線、物理探査解析手法の開発

(独)鉄道建設・運輸施設整備支援機構 鉄道建設本部 北海道新幹線局から、「北海道新幹線、物理探査解析手法の開発」に係る業務を受託し研究を実施しています。

業務の目的は、北海道新幹線のトンネルの支保パターン設定等、設計時の基礎資料となる物性値を求める上で必要な物理探査の解析手法について、より正確な物性値を求めることが可能な新たな解析手法を開発することであり、物理探査を始めとする地質調査の高度化により、支保パターン選定の精度を向上させることを目的としています。工期は、平成21年6月26日～平成22年3月10日です。

本研究開発業務は、今年度設立しました「トンネル探査研究委員会」の元にワーキングメンバーとして専門家を集めて実施しています。委員会のメンバーは以下の通りです。

- 委員長 松岡俊文 (京都大学)
- 委員 内田利弘 (産業技術総合研究所)
- 委員 山中浩明 (東京工業大学)
- 委員 渡辺文雄 (日本物理探査)
- 委員・幹事 相澤隆生 (サンコーコンサルタント)

実施内容としては、①既往資料調査による地質調査結果と施工実績の対比、②屈折法地震探査の調査・解析手法に関する分析、③解析ソフトウェア開発、④成果検証のための物理探査データの取得及び解析などを主な項目としています。

トンネルの支保パターン選定のための重要なパラメータを提供する屈折法地震探査(弾性波探査)は、「ブタン」と称されるほど土木物理探査の中では歴史的にも適用件数からも代表的な調査手法(図-1)である。古くは「萩原の方法」(通称:はぎとり法)、最近では「トモグラフィ法」(高密度解析、高精度解析)など、日本で開発・適用されてきたという経緯があり、物理探査学会としても今後とも技術の向上及び品質の維持に努めて行かなければならないと考えています。平成20年に取り纏めた、土木物理探査のための「物理探査適用の手引き」でも72頁を割いて解説していますが、目的をトンネル調査に絞った屈折法地震探査(弾性波探査)の手引き書を作成し、さらなる技術の平易化に努めると考えています。そのため、委員会では、本業務の実施も然ることながら、地盤探査

研究会(代表 齋藤秀樹)とも連携し、トンネル地質調査のための屈折法地震探査(弾性波探査)に関するシンポジウムを1月12日(早稲田大学)に開催する予定で準備を進めています。地盤探査シンポジウム開催につきましては、別途ご案内致します。

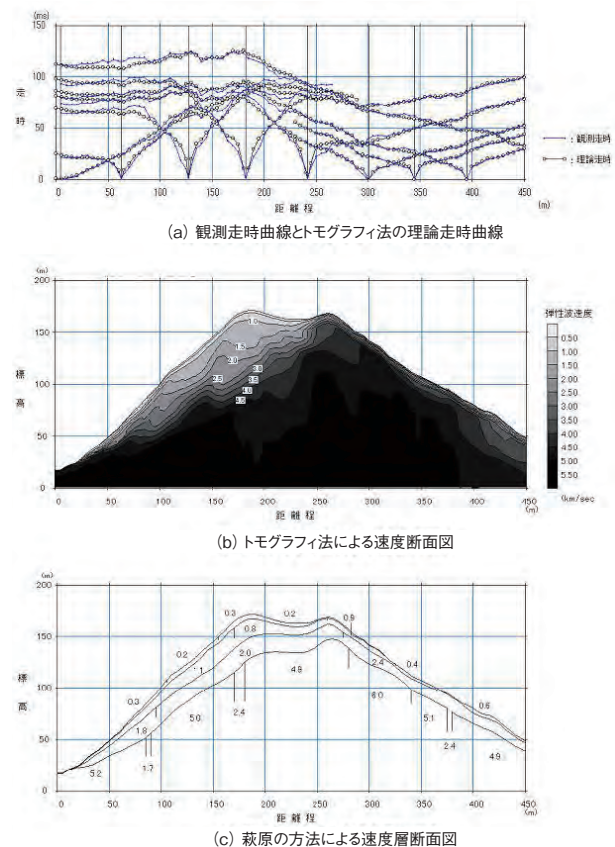


図-1 屈折法地震探査(弾性波探査)

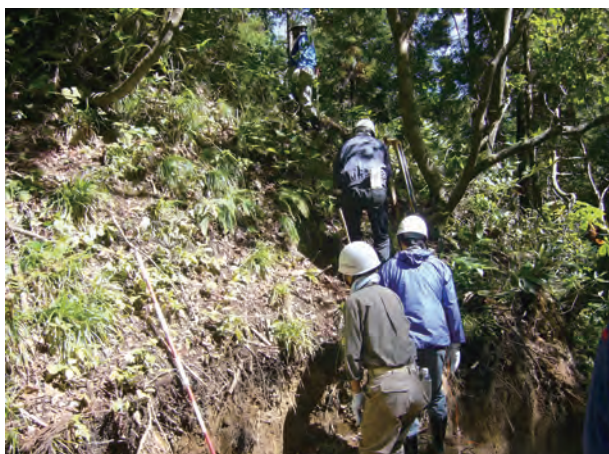
委員会では、これまで委員会2回とサブワーキングを5回実施し、本業務を実施しています。9月5日～12日にかけては、施工中のトンネルにおいて物理探査データの取得を行いました。それに合わせて委員及びワーキングで希望者による現場見学会を開催し、トンネルを対象とした屈折法地震探査(弾性波探査)の測定作業内容を見学しました。

見学会は、9月11日に北海道上磯郡木古内町で開催しました。当日は、晴れたかと思うと大粒の雨がばらばらと降る様な不安定な天気でしたが、さほど大降りもせず、また現場に出ると天候のことはさほど気にならないのか、予定通りに実施することができました。現地

は、北海道新幹線建設局の木古内鉄道建設所のご案内により、幸連トンネルの終点側坑口付近の工事及び屈折



観測本部作業見学



測線状況見学

法地震探査(弾性波探査)測定作業を見学することができました。トンネルの弾性波探査の現地状況や測線設定・測定作業状況など実作業を見学できて、とても有意義でした。また、帰路の途中にあるトラピスト修道院を見学しました。慌ただしい日常から離れて美しい静謐の空間にたたくみ、一同、心を洗われた気持ちになったのは言うまでもありません。

木古内鉄道建設所 湯沢所長ならびに職員の皆様には大変お世話になりました。改めてお礼申し上げます。

参考文献

1) 物理探査適用の手引き—土木物理探査マニュアル2009—、P51,社団法人物理探査学会、2008.10

(トンネル研究委員会 幹事：相澤隆生)



木古内建設所長による説明



北海道新幹線の建設状況

(http://www.jrnt.go.jp/business/train_const/sigoto/data/shintyoku_01.pdf)



帰りの途中でトラピスト修道院見学

シンポジウム 国際シンポジウム開催報告

第9回物理探査学会国際シンポジウム(The 9th SEGJ International Symposium)が、平成21年10月11日から10月15日に北海道大学学術交流会館において開催されました。このシンポジウムは物理探査学会が2年に1回開催しており、国内外の物理探査に係わる方が集う機会として設けられたシンポジウムです。今回は特に地域との協調を目指して、10月11日には地元の小生をはじめその父兄も含めた昭和新山へのフィールドトリップを行い、12日のシンポジウム初日の基調講演は一般の方にも公開し、参加した海外からの研究者と市民の交流会を開催するなど、これまでのシンポジウムとは異なった趣で開催されました。

青少年向け現地見学会(昭和新山登山)には44名の参加がありました(写真1参照、高見雅三現地実行委員提供)。登山は三松三朗(三松正夫記念館館長)さんと火山マイスターの横山光先生にご案内いただきました。スケジュールは、8:00 北大学術交流会館前出発、10:30 昭和新山登山開始、12:00 山頂登山、12:20 時折の強風や雨の中で昼食(噴気口で作ったゆで卵などを試食)、13:40 下山完了、14:00 三松正夫記念館見学、14:40 火山科学館見学(強風でロープウェイが運休のため変更)、15:15に帰路、17:45 学術交流会館到着という流れでした(高井伸雄現地実行委員)。

シンポジウムでは、基調講演として北海道大学副学長の本堂武夫先生から「Hokkaido University's Challenges for Realizing Sustainable Society」というタイトルでご講演を頂き、続いてオーストラリア物理探査学会の事務局長のDr. David Denhamから「The Future of People on Planet Earth:Challenges for Geophysicists」というタイトルで講演を頂き、最後に物理探査学会の六川修一会長から「Earth Science and Technology for Sustainable Human Society」というタイトルで講演を頂きました。これらの講演は、同時通訳で海外からの参加者や一般の方(26人参加)にも聴講頂きました(写真2～8)(現地実行委員、堀田潤会員情報)。

その後、10月14日の午後まで、2会場に分かれてセッションが設けられ、個別の発表が行われました。また、セッションの内一部はポスターでも発表が行われました。10月13日の午後には米国物理探査学会よりHonorary LectureとしてDr. C. H. Methaによる講演も行われま

した。

10月13日の夕方には交流会が開催されました。交流会のはじめには琴の演奏が行われ、海外からの参加者には写真を撮るだけでなく、実際に演奏を試みた方もいました。交流会は渡辺俊樹シンポジウム実行委員会副委員長による司会で、六川会長の挨拶、茂木透シンポジウム実行委員長による乾杯で宴がはじめられました。地元北海道の蟹やホタテなど豪華な料理を前に国内外の参加者の交流が図られました。宴の途中にはオーストラリア物理探査学会、韓国物理探査学会などの参加者からそれぞれ代表者に挨拶を頂き、最後に物理探査学会の内田弘副会長による一本締めで終了しました。

本シンポジウムには193人の参加があり、内訳は日本人:124名、海外:69名、参加国24カ国、講演数134でした。

(文責:ニュース委員会 海江田秀志)



写真1 昭和新山登山



写真2 北海道大学副学長本堂武夫先生のご講演



写真3 オーストラリア物理探査学会の事務局長の
Dr. David Denhamのご講演

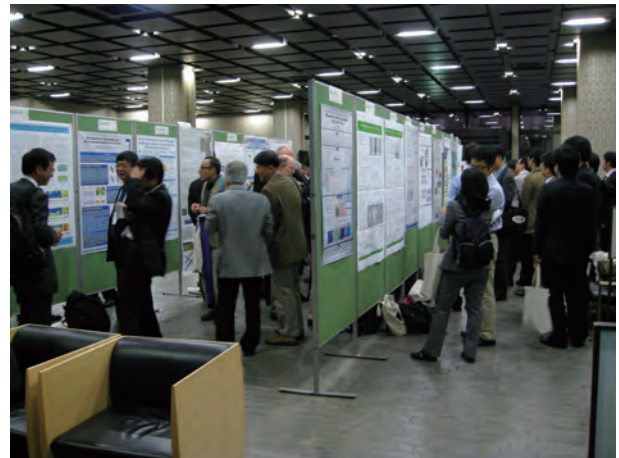


写真6 ポスターセッションの様子



写真4 六川修一会長のご講演



写真7 交流会における茂木透シンポジウム実行委員長の乾杯



写真5 米国物理探査学会よりHonorary Lectureとして
Dr. C. H. Methalによる講演



写真8 内田副会長による一本締め

今回は、電磁探査法についての2回目で、国内のこの分野の第一人者である早稲田大学の斎藤章教授に解説をお願いしました。

電磁探査入門講座



早稲田大学教授
斎藤 章

2. 電気・電磁探査の基礎

2.1 電荷、電流、オームの法則

(1) 基礎とクーロンの法則

まず、電気工学の基礎を再確認しておきます。電気・電磁探査の理論は、まず電荷の存在から始まり、電荷とは、電子やイオン、コロイドなど電気を帯びた粒子で、その移動が電流となります。例えば銅線の中を電子が流れるとき、1秒間に1クーロンの電荷が移動するのを1A(アンペア)と、また電子の移動と反対の向きを電流の方向と定義されています。断面積が1mm²の銅線に、1Aの電流が流れている場合、電子の平均的な速度(ドリフト速度)は1秒間に0.01mm以下という極めてゆっくりしたものです。100Vのコンセントにケーブルをつないで電気器具を動かす時、そのエネルギーは電線の中ではなくその外側に作られた電場・磁場によって器具に供給されます。

2つの電荷はお互いに力を及ぼします。電荷には正負の極性があり、同じ極性の電荷はお互いに反発しあい、また違う極性では引き合う力が生じます。ガラスやエボナイトなどをこすって帯電させて軽いものを引き寄せる現象は小学校などの理科実験で経験することですが、こうした力を実験的に研究した学者の名前を取ってクーロン力と呼び、(2.1)式をクーロンの法則と呼びます。

空間の q 点および a 点にある2つの電荷 $e(q)$ と $e(a)$ は、お互いに次式で示される力(クーロン力 \vec{F})が働きます。

$$\vec{F} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e(q) \cdot e(a)}{L_{qa}^2} \vec{I}_{qa} \quad (2.1)$$

ここで、 L_{qa} : q と a の距離

\vec{I}_{qa} : q から a に向かう単位ベクトル

ϵ_0 : 真空の誘電率 = $1/(36\pi) \times 10^{-9}$ [F/m]

クーロンの法則は、よく真空中や大気中のように絶縁性の媒質内に置かれた電荷で説明されるため、大地のような導電性の媒質中では成立しないかのように考えられがちですが、(2.1)式で示されるように媒質の性質に関連するパラメータは含んではいません。 ϵ_0 は真空の誘電率で、SI単位系を使用するために出てきたもので、媒質とは関係がなく、(2.1)式は導電性の媒質内でも成立します。ただ、導体中では電荷を維持するために電流を流し続ける必要があるという違いがあり、定常電場(stationary electric field)と呼ばれます。これにたいして、真空中の電荷による場を静電場(electrostatic field)といいます。

(2.1)式において、 $e(a)$ が単位電荷のとき、つまり \vec{F} を $e(a)$ で割った量を、電荷 q が作る電場(電界)と定義します。これはベクトル量で、単位は[Volt/m]が使われます。

つまり、電荷 q が a 点に作る電場 $\vec{E}(a)$ は

$$\vec{E}(a) = \frac{\vec{F}}{e(a)} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e(q) \cdot \vec{I}_{qa}}{L_{qa}^2} \quad (2.2)$$

で示されます。電場とは、単位電荷に及ぼす力の場ということです。

電気探査では、電場 \vec{E} というベクトルをあるスカラー場の勾配(gradient)と考えて、スカラーポテンシャルをよく利用します。スカラーポテンシャルを U とすると:

$$\vec{E} = -\text{grad } U = -\nabla U \quad (2.3)$$

と表されます。スカラーのほうがベクトルよりも扱いが簡単であり、通常はスカラーポテンシャルを扱い、電場が必要な場合には、上式によって求めればよいこととなります。ここで、 $\text{grad } U$ とは、その点でのポテンシャルの最大勾配の大きさを持ち、 U の増加する方向を示すベクトルであり、 ∇U とも示されます。 \vec{E} にはマイナスの符号が付いており、 U の減少する向きとなります。

本講座では、なるべく数式などは使わないようにしたいと考えています。しかし数式を導入することで返って理解

がしやすくなる場合もあり、ここではあえてベクトル演算式を示しています。このグラディエントというベクトル演算は、例えばある地域の地形で標高というスカラーポテンシャル U を考えると、 $-\text{grad}U$ は、ある地点での最大傾斜の方向で下向き、値がその傾斜の大きさを表すベクトルになるということになります。自分が山の斜面に立っていることを想像して、そこから物が転がり落ちる向きがそのベクトルの向きであり、その最大勾配がベクトルの大きさになります。

a、b2点間の電圧 V_{ab} は線積分：

$$V_{ab} = \int_a^b \vec{E} \cdot d\vec{l} = \int_a^b dU = U(a) - U(b) \quad (2.4)$$

と定義され、ポテンシャル(ここでは電位)を導入すれば単にその差で示されます。

電場 \vec{E} を作るのは、これまで説明した電荷のほか、磁場の時間変化があり、前節で説明したファラデーの法則になります。前者を示す微分演算子が div 、後者が curl (あるいは rot) となり、電磁探査における最も基本の式です。こうした演算子については、後で電磁探査の基本を説明するときに説明することにします。なにぶんにも本講座は電磁探査の分かりやすい紹介を目的としていますので、詳しく知りたい方は電磁気学の教科書などを参照していただきたいと思います。

(2) オームの法則と比抵抗

電荷が力の場(電場)を作ることを説明しましたが、電場が作用すると、導体中の電荷はその力を受けて移動します。つまり電流が流れることになり、この関係を示したのが有名なオームの法則で、式で示すと、

$$\vec{j} = \sigma \vec{E} \quad (2.5)$$

ここで \vec{E} : 電界 (V/m)

\vec{j} : 電流密度 (A/m²)

σ : 導電率 (mho/m)

電場(電界)はベクトルであり、電流密度も大きさと方向のあるベクトルです。電場と電流密度は比例関係にあり、その比例定数が導電率、その逆数が比抵抗です。**Fig.2.1**に均質の直方体の物質の比抵抗の測定方法の例を示します。金属片サンプルを挟み、電流を I (A) 流したときに両端の電圧 V (Volt) が測定されたとすると、このサンプルの比抵抗は内部に電流が均一に、電極板と直交方向に流

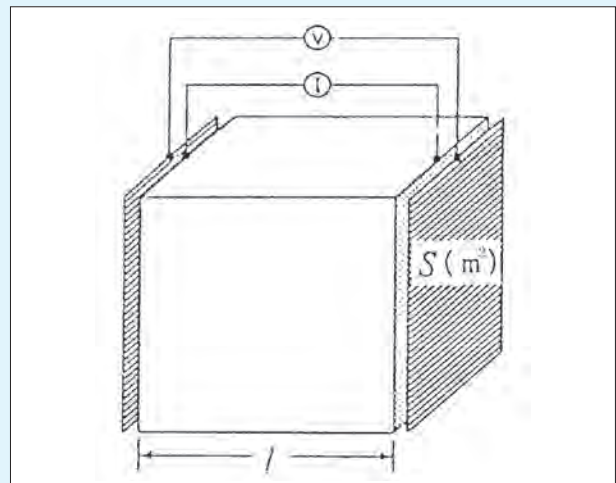


Fig.2.1 比抵抗の測定

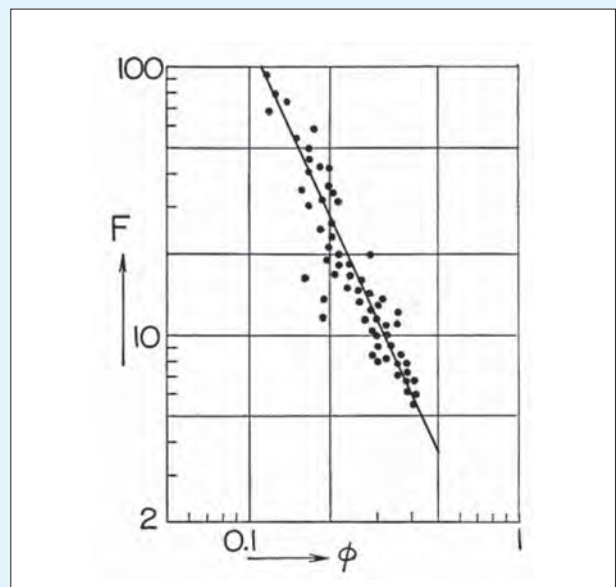


Fig.2.2 地層係数 (Archie, 1942)

れるという前提で、

$$\rho = \frac{S V}{l I} \text{ (ohm} \cdot \text{m)} \quad (2.6)$$

で示されます。電流の流れている断面積が S 、サンプルの長さを l とします。

(3) アーチーの式

大地にテスター(電気回路計)のプローブを2本さして抵抗を測ると、湿った土地であれば通常は数 $k\Omega$ から数 $100 k\Omega$ の値を示す。この値はプローブの間隔を大きく広げても大きな変化はありません。大地に雷が落ちたときに、数万アンペアという電流が大地に流れ込むことを考えると、大地は一般に導体です。しかしながら、地層や岩石を

構成する石英・長石などの造岩鉱物のほとんどは、電気的に絶縁体です。つまり電流は岩石の間隙にある水の中を流れていることになります。したがって、間隙水がイオンを多く含めば(例えば海成の堆積岩)比抵抗は低くなり、また間隙率が低く、水の通路が狭くなれば比抵抗は高くなります。岩石の比抵抗(ρ_0)をその間隙水の比抵抗(ρ_w)で割った比が一定で、間隙率の関数になることを、アメリカの油層エンジニアのアーチャーが、実験で調べ、アーチャーの式として有名です(FIG.2.2)。その比(F)は地層係数(あるいは地層比抵抗係数、formation factor)と呼ばれ、石油検層の分野ではこのアーチャーの式としてTable2.1で示すような式が与えられています。アーチャーの式は、一般形として

$$F = \frac{\rho_0}{\rho_w} = a \phi^{-m} \quad (2.7)$$

で与えられ、地層係数は一定ということになりますが、これは石油貯留層のように一般に低比抵抗の地層に対しては良く適用できますが、高比抵抗の地層では、岩石粒子の表面伝導の影響などが大きくなるために、成立しなくなることに注意を要します。

(4)岩石の比抵抗

岩石や鉱物の比抵抗は、同じ地質名称でも産地や産状

その他で大きく異なります。したがって、一般的な地質名称(例えば砂岩など)と、その比抵抗を結びつけるのは必ずしも適切ではなく、より細かい分類が必要になると考えられます。ここでは参考までにHeiland(1945)やJakosky(1940)などを参考にした堆積岩の比抵抗の簡単な表を示しておきます。

2.2 点電流源の作る電界

電磁探査の説明の前に、大地に電流源を設置して、無限遠点との間にIアンペアの電流を流したとすると、その電極周辺の電位がどうなるかという問題を考えてみます。直流比抵抗法の最も基本となる式を導きます。

FIG.2.3に示すように、地表面に電極Aを接地して電流(I)を流し込むと、大地が均質であれば、電流は電極から放射状に流出します。電極を中心とする半径rの半球を考えると、この半球表面から流れ出る全電流は、電極に流す電流と同じIアンペアであり、電流密度の大きさjは半球の表面積($2\pi r^2$)で割って、

$$j = \frac{I}{2\pi r^2} \quad (2.8)$$

となります。オームの法則(1.1式)を使って、電極からr(m)離れた点Pでの電界の大きさEは、媒質の比抵抗を ρ とすると、

Table 2.1 地層係数を計算する式(Asquith,1980の修正)計算式 地質 Lithology

計算式	地質	Lithology
$F = a\phi^{-m}$	一般式 a: 迂回率、m: 膠結指数、 ϕ : 間隙率	a: tortuosity factor m: cementation factor ϕ : porosity
$F = 1\phi^{-2}$	炭酸塩岩	carbonates
$F = 0.81\phi^{-2}$	固結砂岩	consolidated sandstones
$F = 0.62\phi^{-2.15}$	未固結砂	Humble formula for unconsolidated sands
$F = 1.45\phi^{-1.54}$	平均的な砂	average sands (Carothers, 1958)
$F = 1.65\phi^{-1.33}$	粘土質の砂	shaly sands (Carothers, 1958)
$F = 1.45\phi^{-1.70}$	石灰質の砂	calcareous sands (Carothers, 1958)
$F = 0.85\phi^{-2.14}$	炭酸塩岩	carbonates (Carothers, 1958)
$F = 2.45\phi^{-1.08}$	鮮新世の砂(南カリフォルニア)	Pliocene sands, Southern California (Carothers and Porter, 1958)
$F = 1.97\phi^{-1.29}$	中新世の砂(ガルフ)	Miocene sands, Texas-Louisiana Gulf Coast (Carothers and Porter, 1958)
$F = 1.0\phi^{-(2.05-\phi)}$	きれいな粒状の地層	Clean granular formations (Sethi, 1979)

Table 2.2 堆積岩の比抵抗

岩石	比抵抗($\Omega \cdot m$)
沖積層	$2.5 \times 10^1 - 1.5 \times 10^3$
粘土層	$5 \times 10^0 - 1.5 \times 10^3$
礫岩	$2.5 \times 10^1 - 1.5 \times 10^4$
硬砂岩	$2 \times 10^3 - 1 \times 10^4$
石灰岩	$6 \times 10^1 - 5 \times 10^5$
泥灰岩	$0.5 \times 10^0 - 7 \times 10^1$
砂	$1 \times 10^0 - 5 \times 10^3$
砂岩	$3 \times 10^1 - 1 \times 10^5$
シェール	$8 \times 10^0 - 1 \times 10^4$
洪積層	$2 \times 10^0 - 1 \times 10^4$
地下水	$1 \times 10^{-1} - 1 \times 10^3$
海水	2×10^{-1}

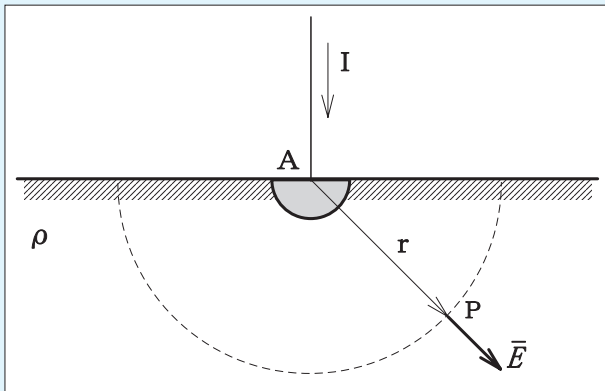


Fig.2.3 点電流源の作る電場

$$E = \frac{\rho I}{2\pi r^2} \quad (2.9)$$

となります。なお電界はベクトルであり、その方向はP点では半径方向になります。また、点Pの電位 U は、この点と無限遠点との電位差なので、

$$U = -\int_{\infty}^r E dr = -\frac{\rho I}{2\pi} \int_{\infty}^r \frac{dr}{r^2} = \frac{\rho I}{2\pi r} \quad (2.10)$$

と表されます。

この式を使って、直流電気探査の各種電極配置の見掛け比抵抗を計算する式が導かれます。例えば、Fig.2.4のウェンナー電極配置では、 P_1 点における C_1 と C_2 電極による電位は (2.10) 式から

$$U_{P_1} = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{a} - \frac{1}{2a} \right) \quad (2.11)$$

同様に P_2 電極における C_1 と C_2 電極による電位は

$$U_{P_2} = \frac{\rho I}{2\pi} \left(\frac{1}{2a} - \frac{1}{a} \right) \quad (2.12)$$

したがって、実際に測定される P_1 点と P_2 点の間の電圧 (V) は、

$$V = U_{P_1} - U_{P_2} = \frac{\rho I}{2\pi} \frac{1}{a} \quad (2.13)$$

したがって、ウェンナー電極配置における見掛け比抵抗は

$$\rho_a = 2\pi a \frac{V}{I} \quad (2.14)$$

で計算されます。

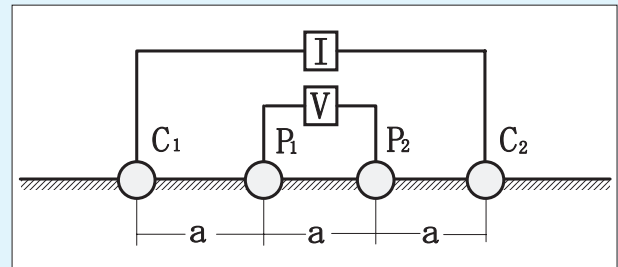


Fig.2.4 ウェンナー電極配置

3. これまでのまとめと考察

電磁探査の入門講座であるが、その基礎の説明のために、まず直流電気探査法の原理から説明を始めた。基本となるのは電荷で、これは電子やイオンなどである。

電荷がクーロンの法則によって電場を作り、導体内ではオームの法則に従って電流が流れる。導体中では、こうして電荷は放電して消失する。電源を繋ぐことでこの電荷が補充され、電流は流れ続ける。これを定常場という。これに対して、真空中で電荷が放電しない状態での電場を静電場と呼ぶ。直流比抵抗法は定常場であるが、扱いは静電場と同じになる。クーロンの法則と(2.13) 式を比較すると、

$$Q = \frac{\rho I}{2\pi} \quad (2.15)$$

が、電荷を表すことがわかる。つまり(2.15)式は、電流電極の表面に生じた電荷の量を示していることがわかる。ここでは説明が出来ないが、比抵抗の異なる境界を電流が横切ると、そこには電荷が蓄積する。この電荷によって電流経路は曲げられ、電流は屈折することになる。

本稿では電荷が作る電場について説明してきたが、電場にはもう一つの源(ソース)の磁場の変化がある。時間変化をする磁場があると、その磁場が横切る導体にはその磁場の変化を妨げるように電流(誘導電流)が流れる。これはファラデーの法則あるいは電磁誘導の法則と呼ばれている。次回は電磁探査法の基礎となるこの法則の説明と、実際に使用されている電磁探査法について説明する。

会誌「物理探査」から

会員の皆様のお手元には、すでに3号が届いているか
 と思います。次号となる4号は今年より「特集号」となりま
 した。従来は6号で企画されておりました特集号ですが、
 その次の共同出版の1号と企画号が続くため、5号に掲
 載が間に合わなかった受理済の一般論文が、次の年の2
 号まで誌面掲載できず、間が空いてしまうことがありまし
 た。特集号が4号となることで、受理済みの論文を適切
 な時期に掲載できるようになるかと思ひます。

4号の特集号は「岩石物理学」をテーマとして論文を募
 集しました。岩石物理学は、物理探査によって視覚化され
 る様々な地下構造を、より分かりやすく解釈するために重
 要な役割を果たします。近年、石油・天然ガスなどの資源
 エネルギー開発だけでなく、CO₂地中貯留技術の研究開
 発の現場や、帯水層内の挙動監視や貯留量の定量評価に
 も応用されており、非常に重要な分野となっています。こ
 の特集号では、弾性波や比抵抗などの様々な物性データ
 を用いた岩石物理学に関する論文・論説などが掲載され
 る予定です。詳しくは、下記の掲載予定論文(受理済みの
 み)をご参照ください。近いうちに会員の皆様のお手元
 にお届けできることと思ひます。

会誌「物理探査」では、様々なテーマで小特集・特集号



第62巻2号の表紙(60周年記念号)

を企画しています。企画されたテーマはメールニュースや
 学会Webサイトでお知らせしています。論文の他にも技
 術報告、解説など多くの種別がございます。通常論文、
 各特集とも会員の皆様からの多くのご投稿をお待ちして
 おります。

(文責：会誌編集委員会 笠谷貴史)

第62巻4号掲載予定論文

論説

- 粘土鉱物を含有する岩石の比抵抗-間隙水の塩分濃度と温度が及ぼす影響……………高倉伸一
- 岩石の地震波速度とその異方性：エネルギー論からのアプローチ……………西澤 修

論文

- CO₂地中貯留におけるキャップロックに対する超臨界CO₂の閾値圧力測定に関する実験的研究
 ……………西本壮志・薛 自求・木山 保・石島洋二
- ロックフィジクスをベースにした浅層物理探査データの解析技術に関する研究
 —堆積性軟岩の岩石モデル解析—……………高橋 亨・田中莊一
- 超臨界CO₂との反応によるケーシングセメント単体及びセメント-砂岩構造物の物理化学特性変化
 ……………國枝 真・田中大介・山田泰広・村田澄彦・上田 晃・松岡俊文・山田憲和

会員

企業

紹介

株式会社ダイヤコンサルタント



ダイヤコンサルタントは、土木建築、資源エネルギー、防災、環境各分野において高度な技術力を提供する総合建設コンサルタントです。1963年(昭和38年)に三菱鉱業(現在の三菱マテリアル)の資源部門から独立した地質調査会社としてスタートし、国内外の資源調査、鉄道、高速道路、空港等の公共事業、国家石油ガス備蓄基地等の国家プロジェクト、発電所等の大規模プラントといった数多くの大型事業に係わる調査・解析業務に携わってきました。現在では地質・地盤・地下水の調査・解析業務を中心に土木設計業務、各種構造物の維持管理業務まで幅広いサービスを提供しています。

事業所は東京都千代田区の本社をはじめ、各主要都市8ヶ所に支社、各地に支店、事務所を展開しています。また、さいたま市には特定の分野を専門とするジオエンジニアリング事業本部、砂防・防災事業部、設計事業部を置いています。ジオエンジニアリング事業本部には物理探査・解析センター、地質解析センター、地盤・地下水解析センター、技術開発センターがあり、当社の物理

探査業務は主にこの物理探査・解析センターで行っています。建設コンサルタント会社で物理探査専門の組織を持つ会社は数社しかなく、当社もその数少ない会社のひとつです。

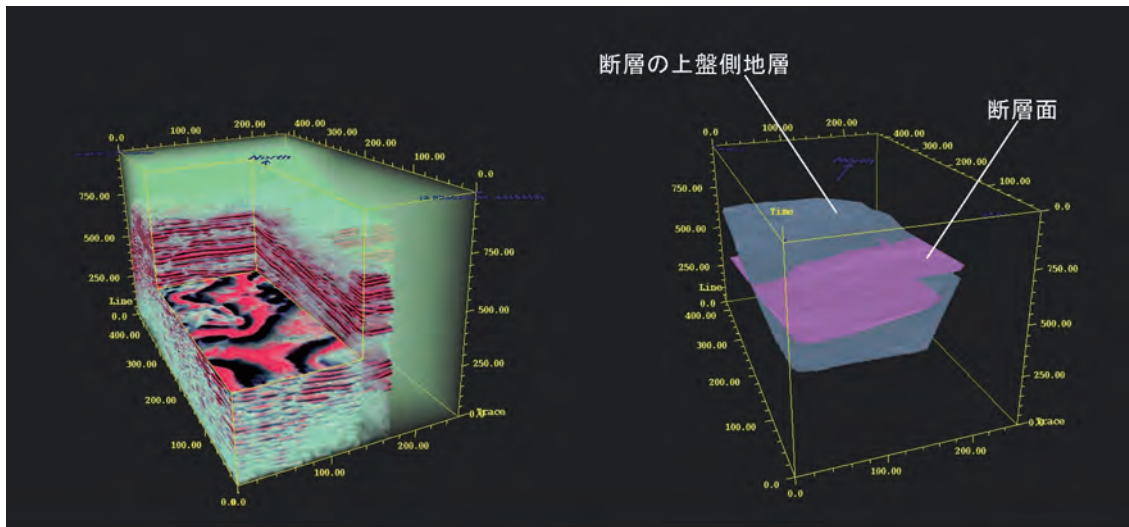
当社では、主に反射法地震探査、高密度電気探査、検層、トモグラフィー探査、微動探査といった、土木分野、資源分野の調査で必要とされる各種物理探査を実施しています。また、データ取得、データ処理・解析を行うだけでなく、これらの業務の精度向上や能率向上をはかり、所有するシステムを最大限に活用するための探査手法の開発、自社独自のプログラム開発も行っています。

特に反射法地震探査においては、長年にわたり国内、海外の石炭資源探査業務に携わってきた経験と技術をいかし、資源探査の分野では通常の探査方法として実施されている三次元反射法地震探査を土木調査の分野に導入しました。これにより、土木構造物を対象とした地質構造解析に求められる、複雑な地質構造や断層を三次元でかつ連続してとらえることが可能になりました。このような土木分野での三次元反射法地震探査では、ボーリング調査などによる原位置の地質情報を併用することにより効果的な地質構造評価が可能となります。当社では同じ事業所内に物理探査の専門組織と地質解析の専門組織をもつため、組織の連携による総合的な評価を行うこと



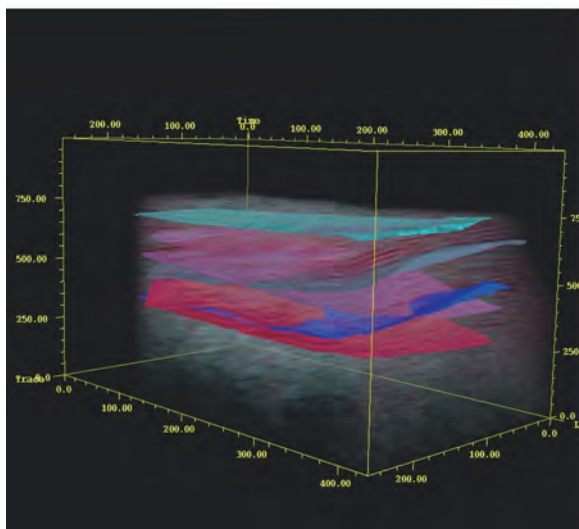
電磁式バイブレータ

キャタピラ式なので小回りがきき、狭い道や不整地といった条件の悪い測線でも震動できます。



半透過表示の三次元データ

解釈面の三次表示例



半透過表示の断面と解釈面のオーバーラップ表示

ができます。これは当社の最も得意とするところです。

また、ハード部分においても反射法地震探査の震源として、電磁制御式バイブレータを2台保有しています。震源というと油圧制御式のバイブレータの方が一般的ですが、電磁制御式バイブレータは現場状況に応じた周波数制御を電気的に行えるため分解能が高く、精度よい波形を送信できることが特長です。また発震時の騒音が比較的小さいにもかかわらず、深度1,000m程度までの探査が可能です。当社の電磁制御式バイブレータは2台同期発震させることもできるので、波の伝わりにくい地質構造での探査や、対象深度が深い探査などに有効です。一方、データ収録装置は最新機種を導入し三次元

反射法地震探査が可能な多チャンネルに対応しています。

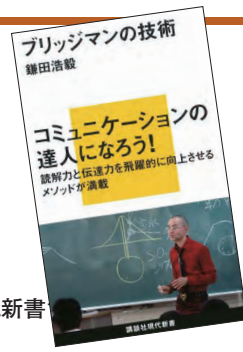
当社では様々な分野の技術者をもつ総合建設コンサルタント会社の強みを生かし、地質、地盤・地下水の調査・解析部門と連携し、より精度の高い地下情報を提供する一方、新たな試みとして反射法地震探査、微動探査などの物理探査手法により得られた結果と、ボーリング情報、重力データなどの既存の地盤情報を組み合わせて準三次元解析(ジョイント解析)により三次元構造モデルを求める総合解析法にも取り組んでいます。

(文責 川島裕貴・坂下尚樹)

鎌田浩毅著

「ブリッジマンの技術」

(2008年12月講談社発行; 講談社現代新書
ISBN 978-4-06-287972-9)



三ヶ田 均

2006年に「成功術 時間の戦略」を著した鎌田浩毅氏による新しい啓蒙書が出版された。「ブリッジマンの技術」と付けられたタイトルに加え、帯には「コミュニケーションの達人になろう」、「読解力と伝達力い飛躍的に向上させるメソッドが満載」、「人間関係も広がるブリッジマンへの道」という言葉が踊っている。新書判の書籍の高さ3/4にも及ぶ帯には、他にも目次の抜粋から著者である鎌田氏の、赤いジーンズに赤いシャツとネクタイをした講義時の姿の写真が印刷されており、本書の出版に対する、出版社講談社の入れ込む力の大きさを示唆している。

生物を生物たらしめる活動には、自己を増殖しようとする活動に加え、エネルギーの確保や自らを維持する活動が含まれる。こうした生物活動は、自然環境との共存を目的に発展していることが知られている。ところが、この生物の中でも人類は、大きく発達した前頭葉により考える力を増幅させることに成功し、自然環境同様に抗うことの困難な環境である人間社会を形成することに成功した。社会の基礎には、生まれや育ちの大きく異なる人間同士のコミュニケーションがあり、個々の人類生命体の間での情報伝達を担うだけでなく、社会全体を維持するシステムの高度化に寄与している。他の生物との相違点として、個人の生命維持活動だけでなく、人類を取り巻く環境となった社会の維持という活動が備わったこととなる。本書が扱う内容は、この人間の基本的な活動となったコミュニケーションにおいて、どのように自分の意志を上手に伝えるかにある。物理探査に関わる研究者・技術者の場合、探査の必要性を訴えるところから、探査結果の説明まで、いかにクライアントに対し、クライアントの理解できる言葉で平易に解説するかは最も腐心するところであり、本書の扱う内容の重要性を容易に把握できるに違いない。本書は5章構成で、このコミュニケーションを成功させる秘訣を伝達しようとする。フレームワークという重要な概念、そして相手のフレームワークを知ること、自分のフレームワークを知ること、フレームワーク間の橋渡しの重要性、など著者の経験を交えながら徐々に説得されて行くことができる。

先ず第一章で、個人対個人あるいは個人対集団などで情報が伝達される際、情報を発信する側、受信する側という両者の接点の位置・広がり、すなわち「フレームワーク」と呼ばれる両者の「考え方の枠組み」あるいは「思考パターン」を考えることが最も重要なのだということを書き述べている。著者によれば、本書を著すに到った動機が、2000年の有珠山噴火の際、著者のテレビ出演にある。画面の中で専門家としてコメントを求められた際に、早口で説明した内容が、実は視聴者に全く伝わっていなかったのだ。人間のコミュニケーションの道具として発達したのは言語である。この言葉が、人間の五感の中の聴覚を使って情報を伝達する手段であることは間違いないが、実は、情報を伝える側の表現力、情報を伝達される側の判断力・理解力に加え、他の五感(視覚、嗅覚、味覚、触覚)の影響を考えることが必要なのである。人間関係の基本には、このフレームワークの橋渡しがあり、相手のフレームワークを知ることによって効率的な情報伝達が行なえることを解説し、第二章に入る。

第二章では相手のフレームワークを知るために使われる手段が説明される。例えば、テレビ等でも拝見する著者の装束は、一般の社会人には少々突飛に映るが、相手のフレームワー

クを掴むための手段であることにも本章で気付かされる。「突飛に思う」時点で、既に鎌田氏の術中に嵌まっているのである。鎌田氏が持てる五感を総動員し、言葉に表れる・表れないは別として、話し相手の考え方そしてフレームワークを、どのように把握しようとしているかが詳細に記載されている。またこうした情報を引き出すために、相手が話をし易い環境をつくるのが重要であることも理解させられる。こうして相手のフレームワークを知ることがコミュニケーションの第一歩となる。夜遅く迄本書の著者と痛飲したことのある筆者としては、おそらく著者にフレームワークをほぼ100%把握されているのではないかと不安に感じた章でもあった。

次に第三章では、自分自身のフレームワークを知る術が記載される。何と、自分自身のフレームワークは、自分自身には見え難いのである。この自分自身を知るためには、やはり持てる五感を用いて、感情面を含め自分自身を点検することが必要なのである。相手のフレームワークとの橋渡しに必要な部分をコミュニケーション目的に絞って変化させることが重要であることも、本章で理解することができる。自分を変えられるのは、実は自分自身だけである。自分の全てを変えることは不可能だとしても、コミュニケーションに関する部分のみを変えれば良い。例えば相手との会話で、「一点譲歩法」、「負けカード出し」、「笑顔」、「水入り法」、「逐次翻訳法」などを駆使し、自分自身の一部を瞬間的に変えればコミュニケーションの達人になれるとする本章の記載には、説得力がある。

相手そして自分のフレームワークを把握すれば、第四章を精読することでブリッジマンになる道が拓ける。個人を相手にする時は、会話の中にたとえ話、自分の過去のエピソード、視覚効果のある資料、相手に合わせる会話、そして込んだ調整であれば複数の代替案を準備することなど、フレームワークの橋渡しにプラスの効果のある補助的手段を導入することが可能であるということがわかる。他にも「虎の威を借る」方法、「先手必勝法」、「天の邪鬼法」、など著者の経験が示されており、相当な参考資料ともなる。更に相手が集団であれば空気を読むこと、集団のノリを誘う方法、話し方、服装などを味方に付けることなど示唆に富んだ解説が続く。

そして最後に、自分の専門外の分野の専門家の記事を、ブリッジマンの技術を駆使し、その専門家および自分自身のフレームワークを使って読解する方法についての第五章となる。身近ではない文章を、「ラベル読解法」「関心法」、そして理科系の人間であれば「棚上げ法」や「要素分解法」を用いて理解することが出来るとする内容である。

古来、「敵を知り、己を知らずんば、百戦危うからず」と言われた孫子の兵法は、戦における心得を示した言葉であったが、鎌田氏の「ブリッジマンの技術」はコミュニケーションの世界にも同様な心得が必要であることを示している。筆者は数年前に、一般公開講座などで大学の教員とご一緒される機会の多いある津波研究家に「大学の先生は、小学生に教えるのがへたくそ」と言われたことがある。この研究家によれば、筆者の教え方はそれほど悪くはなかったとのことであるが、このコメントなど、正にフレームワークを把握することを怠っている大学教員の多さを物語っているかもしれない。概念図などの視覚的な内容が省略されており、少々残念ではあるが、本書を読み、著者がいかに苦労してコミュニケーションの効率化に気を配っているかを知ってしまうと、情報がうまく伝わらないコミュニケーションは時間の無駄と考へても良いという気までしてくる。クライアントや一般市民との情報伝達の機会の多い、物理探査の研究者・技術者に是非お進めしたい一冊である。本書に記載されたような情報伝達術等を用いて、ぜひ物理探査の重要性を世に伝えて戴きたい。



講演会・セミナー開催のお知らせ

第5回地盤探査研究会シンポジウム

屈折地震探査(弾性波探査)は、土木地質調査において「ブッタン」と称されるぐらい物理探査法の中では一般的で広く適用されている代表的な手法です。日本で生まれ広く適用されてきた解析手法「ハギトリ法」は、近頃ではトモグラフィ解析と併用することが多くなりましたが、今後もその重要性は変わりません。屈折地震探査が最も多く適用された頃から活躍されてきた財津さん、吉田さんを講師にお迎えして、ハギトリ法による高度な解析方法および解釈方法のノウハウについて話しをお伺いしたいと思います。また、ハギトリトモグラフィ世代の齋藤さんに適用方法に関する話しをしていただき、ハギトリ法とトモグラフィ法の併用に関する留意点など、学会として共通の認識を深めたいと考えています。皆様、奮ってご参加ください。

- 名称**：屈折地震探査における解析技術の継承シンポジウム
- 開催日時**：平成22年1月12日(火) 13:00~17:00
- 会場**：早稲田大学国際会議場 3階第一会議室
- 会費**：3,000円(テキストを含む)、60歳以上、30歳以下の方は無料
- 講師及びタイトル**：
 - 財津敏郎(元、サンコーコンサルタント(株))「ハギトリ法による解析のプロセスと留意点(仮題)」
 - 齋藤秀樹(応用地質(株))「ハギトリ法とトモグラフィ解析(仮題)」
 - 吉田壽壽(日本物理探査(株)社友)「トンネル地質調査への弾性波探査の適用(仮題)」
- 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
社団法人物理探査学会 事務局
電話・FAX：03-6804-7500
E-mail：office@segi.org
- 技術士の継続教育(CPD)時間認証について**
本学術講演会参加者には、会員・非会員に拘わらず参加認定証を交付致します。

地震波干渉法による仮想震源記録合成の理論を述べるとともに、地下構造イメージング技術の利用と課題についてシミュレーションスタディとフィールドケーススタディを交えて紹介する。

- 3) 14:10~15:40(1時間30分) 講師：相澤 隆生(サンコーコンサルタント(株))
演題：「地震波干渉法の適用フィールドと事例」
人工震源を使用することのできない場所で仮想震源を用いた探査を行うことができれば、これまでよりも広範な地震探査手法適用の可能性が生まれるかもしれない。地震波干渉法のメリットを生かせる探査フィールドについて、その実例を挙げて解説する。
- 4) 15:50~17:20(1時間30分) 講師：横井 俊明((独)建築研究所)
演題：「微動アレイ探査と地震波干渉法」
地震波干渉法では、2点で観測された微動記録の相互相関がデータ解析の核となっているが、数十年前から実施されてきた微動アレイ観測による地下構造探査では、まさにこの相互相関を計算することがデータ解析の中心となっている。本セミナーでは、これら2つの理論的な比較により見えてくる現象やその利用法について考察する。
5. **技術士の継続教育(CPD)時間認証について**
本学術講演会参加者には、会員・非会員に拘わらず参加認定証を交付致します。

SEG教育プログラム 2010 Spring Distinguished Lecture (DL)開催のお知らせ

日時：2010年1月18日(月) 15:00~17:00
場所：産総研臨海副都心センター会議室
講師：Patrick Connolly (BP Corporation, London)
題目：“Robust Workflows for Seismic Reservoir Characterization”
 ※当学会の会員・非会員に関わらず、どなたにも無料でご参加いただけます。

平成21年度ワンデーセミナー

今回で13回目を迎えるワンデーセミナーのお知らせです。毎年テーマを1つ決めて、そのテーマに関する専門家に講演をお願いしています。今年のテーマは「地震波干渉法」です。従来ノイズとして扱われていた振動から地震記録を合成することのできる新しい画期的な方法です。しかし、その起源は意外に古く1960年代まで遡ることができます。この古くて新しい地震波干渉法について、概念・基礎理論から実施事例まで、講師の先生方が分かりやすく話しをしてください。

- テーマ**：「地震波干渉法」
- 開催日時**：平成22年1月29日(金) 10:00~17:20
- 会場**：(独)産業技術総合研究所 臨海副都心センター 4階 会議室
- 講義内容および講師**：

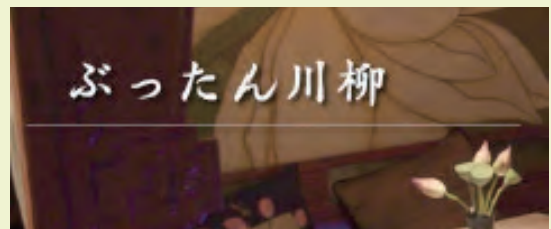
【第一部】：基調講演

 - 10:00~11:30(1時間30分) 講師：松岡 俊文(京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻)
演題：「地震波干渉法概論」
物理探査では、重力探査の様にパッシブな手法と、人工震源が必要なアクティブな手法が知られている。パッシブな性格を有する地震波干渉法について、その理論を概説し、利用方法や課題、将来展望などについて考える。

【第二部】：ケーススタディ

 - 12:30~14:00(1時間30分) 講師：白石 和也((株)地球科学総合研究所)
演題：「地震波干渉法による地下構造イメージング」

「ぶったん川柳」募集のお知らせ



物理探査ニュースでは、「ぶったん川柳」コーナーの設置を検討しています。川柳という窓を通して、物理探査の世界と魅力をアピールしたいと考えています。少ない言葉にこそ、想いが凝縮されることがあります。日頃の物理探査業務での一コマを、五・七・五の句にのせて表現してみませんか。

- ・投句資格：原則として会員の方に限らせていただきます。
- ・投句方法：以下のサイトにて随時投稿を受け付けています。
<http://www.segi.org/committee/news/senryu/index.html>
- ・投句例：(作品)調べてね 穴蔵住まい どんなかな (ペンネーム)もぐら君 (文責：ニュース委員 松島 潤)

編集後記

「物理探査ニュース」も、はや第4号を発刊するに至りました。昨年の委員会発足から様々な記事のアイデアが出され、それらが少しずつ形になってきています。

発刊前の記事のすり合わせにはまだ時間と労力がかかりますが、自分の関わった記事やアイデアが最終的に「物理探査ニュース」として自分の手元に届く喜びと物理探査という少々複雑なものをおいかにみなさんに読みやすくお届けするか、というところにやりがいを感じながら編集をさせていただいています。正直なところ、我が身可愛さにまず自分の関連した記事を読んで

しまいますが、..これからもわかりやすいニュースをお届けされるよう励んでいきたいと思っています。

記事の内容に目をやりますと、学会関連、またはそれ以外にも物理探査に関する様々なイベントが開催されているのがわかります。また、分かり易い物理探査や新技術紹介などの技術的な記事も増えてきています。ぜひ、この物理探査ニュースを新しい知識と出会いの種にしたいだけと幸いです。また、新規の記事もどしどしご相談ください。お待ちしております!!

(ニュース委員会委員：伊豆原 渉)

ニュースの配布について.....

本ニュースの内容は物理探査学会のWeb siteでもご覧になれます。また、広く一般の方にも見て頂けるよう配布をご希望の方は下記学会事務局までご連絡下さい。無料でお届けいたします。

なお、配信をご希望なされない方は、ご面倒でも学会事務局へご連絡頂きたくお願いいたします。

ニュース原稿の投稿等について.....

本ニュースには会員のほか一般の方からも投稿や表紙の写真を受け付けます。また、物理探査学会および物理探査の技術に関するお問い合わせは、学会事務局に所属機関、住所、氏名など連絡先を記入の上、E-mailもしくは文書でご連絡下さい。

著作権について.....

本ニュースの著作権は、原則として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写したい方は、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3号 2009年(平成21年)10月発行

編集・発行 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/FAX : 03-6804-7500
 E-mail : office@segi.org
 ホームページ http://www.segi.org