

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

現場レポート	1
分かり易い物理探査	4
新技術紹介	8
会員の広場「若手技術者・研究者紹介」	11
会員の広場「学会への期待」	12
学会誌編集委員会からのお知らせ	13
お知らせ	14

Geophysical Exploration News April 2010 No.6



【東南アジア陸上で実施された反射法地震探査(本文1頁から3頁参照)】

(写真:左上)調査エリアはほぼ全域熱帯雨林に覆われ、地表に白い炭酸塩岩が分布している地域もある。(写真:右)測線はほぼ直線に設定されており、崖の部分では梯子あるいは橋を設置した。(写真:左下)右の写真とはまた別の場所で設置された梯子。

(石油資源開発(株)関係者提供)



東南アジアの陸上反射法について

物理探鉱の現場作業などは、目新しい調査手法や工夫などがない限り、学会や会誌などではなかなか紹介される機会がありません。しかしながら、それぞれの調査地域に応じて、それなりの工夫がされており、担当者の方々のご苦労が伺えます。特に海外陸上の調査は、国内の調査とはかなり違った環境で実施されることもあり、馴染みのない方には非常に興味深い事例であると思います。

今回弊社(石油資源開発(株))の関わる海外プロジェクトのうち、東南アジアの陸上反射法地震探査について紹介したいと思います。このプロジェクトは、熱帯雨林地域の急峻な山地での調査であり、写真を見るだけで現場の大変さが伺えます。現在進行中のプロジェクトですので、場所が特定できるような文章や写真は載せておりませんが、ご了解下さい。なお本文・写真については、関係者による報告書やスライドを基に、本ニュース用にアレンジしたものです。物理探査ニュースへの投稿をご了承頂きありがとうございました。

調査エリアは起伏に富んだ熱帯雨林であり、急峻な崖も多く、一部では地表に炭酸塩岩が露出しています。集落が点在していますが、作業に使えるような道路は少なく、測線は基本的に計画通り直線に設定されました(写真1、2)。

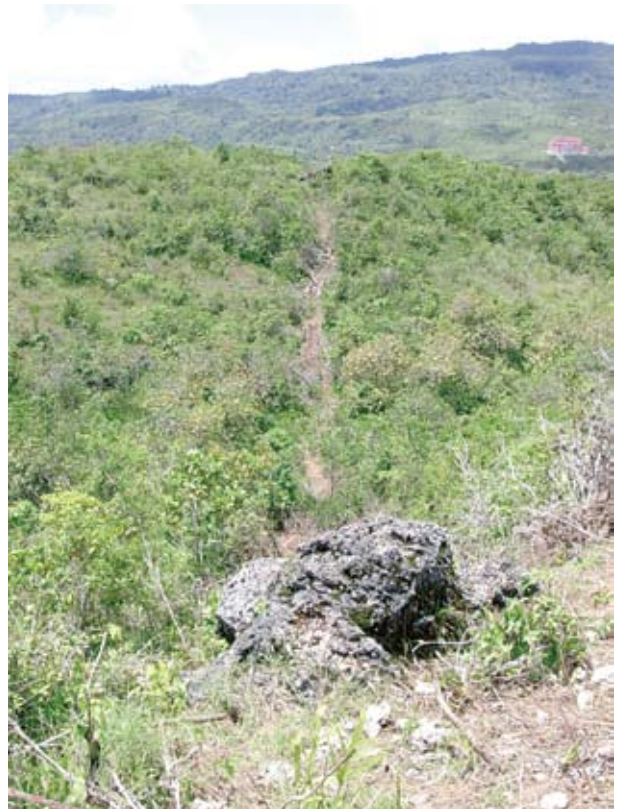


写真2 測線は計画通り真っ直ぐに設定された。



写真1 上空から見た調査エリア：地形は起伏に富んでおり、熱帯雨林に覆われている。

崖や傾斜地では、臨時に橋を設置しましたが、高温多湿なため3ヶ月程で朽ちてしまうため、作業進捗に合った設置作業が必要でした。また調査終了後は、森林地帯への不法侵入のアクセス路にならないよう、撤収する必要がありました(写真3)。

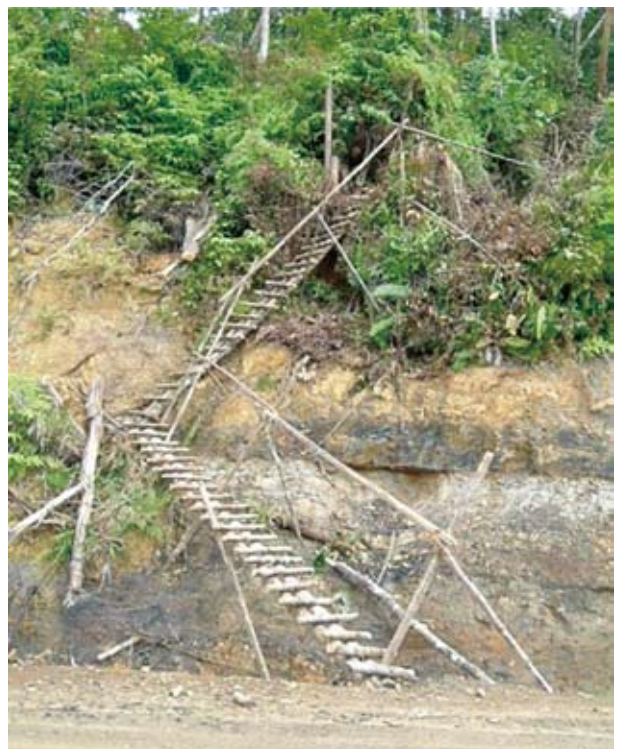


写真3 測線上に架けられた橋

震源はダイナマイト、作孔深度は標準15mでしたが、水の確保や地質状況などにより作業は大きく左右され、作孔作業が最も困難を極めました。中には1孔掘るのに1週間掛かった場所もあり、掘削用の水不足が原因の一つでありましたが、炭酸塩岩の掘削自体それほど時間は掛からないものの、掘削管を揚げると内部崩壊が起き、再度、作孔をするということが、何度となく繰返されました。



写真4 JACROによる作孔作業



写真5 Power Rigによる作孔作業

作孔作業に用いた機材はJACRO (Air掘り)、JACRO (水掘り)、Power Rig (水掘り)の3種類でした。Power Rigはその言葉とは裏腹に人力で操作する作孔機です。数名の作業員がロータリー部分を持ち上げ、ロータリー部分に直結した掘削パイプを回転させて作業を行うというもので、作孔の際はそのロータリー部分の重量そのものが加重となります(写真4、5)。



写真6 受振器設置の様子(Planterを利用)



写真7 ヘリパッド(ヘリコプターより撮影)

受振器の展開は、片側6kmの振り分け展開(Split Spread)です。受振点間隔は12.5mあるいは25m。前述のように測線はほぼ直線です。アクセス道路が乏しいことから測線移動など資機材の運搬・移動にはヘリコプターを用いました。調査地域内に70箇所程度のヘリパッドを設置しました(写真6、7)。

キャンプは、①ベースキャンプ:Base Camp(BC)、②ステーキングキャンプ:Staging Camp(SC)、③フライングキャンプ:Flying Camp(FC)の3種類が用意されました。BCは本来調査エリアの中央付近に置くのが理想ですが、今回は現場から離れた市街地に設置され、BCを補助するためにSCを現場近くに設営しました。FCは作孔班、レコーディング班などの作業班と一緒に移動していき、200人規模が宿泊可能なキャンプです。このFCには、食事、シャワー、トイレ等が備わっており、最低限、雨露は凌げ

る設備となっています(写真8、9、10)。

BCとSCは、空き地にベニヤ板と、ネット(虫よけ、風通し良好)、及び透明のビニール(窓代わり)で作られており、雨さえ凌げれば大丈夫という構造です。敷地自体は、個人の所有物ですので1年単位で借り上げて、建物を作りますが、現場作業が終わったあとは、敷地の所有者に無料で明け渡すことになっています。一方FCは、青いビニー



写真8 Base Campの様子



写真9 Staging Campの様子



写真10 Flying Campの様子



写真11 レコーディングテント

ました(写真11)。ダイナマイトは作孔後、装填して放置しておくことが可能であるため、平均60ショット/日、最大1日120ショットの進捗でした。交通ノイズなど皆無ですが、降雨によるノイズが最大のノイズ源となりますので、降雨中は作業を中断しました。なお探鉱器はCGG社のSercel408が使用されていました。

(文責：石油資源開発(株) 西木 司)

ルシートと木材のみで作られており、総てを回収して次の場所へ移動します。BCにはCompany側のRep.及びQC Consultantが常駐し、データ取得コントラクターの主要スタッフも滞在していました。

車両が入れない場所がほとんどであるため、観測車は利用できず、レコーディング等の観測機器、発電機などは雨避けのビニールシートを被せたテントでの作業となり

電磁探査入門講座

このコーナーでは、よく利用されている物理探査の手法について、国内でその分野の第一人者による解説をお願いしており、今回は早稲田大学齋藤章教授による電磁探査法の分かり易い解説の第3回目です。



早稲田大学教授
齋藤 章

3. 電磁探査の各手法について

3.1 電磁探査の手法

すでに本稿の最初に、電磁探査の各手法の分類を説明しています (Fig.1.1)。ここでは入門講座ということでもあり、多くの電磁探査技術の中から日本でよく使われる手法を選び、それらの基本的な原理の紹介と、測定や解析の注意点などを説明します。

まず電磁探査の基本として、スキンドープスについて説明します。光や音でよく経験することですが、波長の長い(周波数の低い)波ほど減衰しにくくて、遠くまで届きます。夕焼けが赤いのは、波長の短い青い光が先に散乱して失われているから

で、反対に空は青くなります。われわれが電磁探査で使う電磁場も同じで、低い周波数ほど地下深部に侵入できます。また、電気の流れやすい地層ほど減衰が激しくなります。送信源が非常に遠くにある場合の電磁場(平面波と呼びます)が、地表から地下に入って振幅が約3分の1まで減衰する深度を表皮深度(スキンドープス)と呼び、以下の式で示されます。

$$\delta = 503 \sqrt{\frac{\rho}{f}} \quad (m) \quad (3.1)$$

ここで ρ は媒質の比抵抗(単位は $\Omega \cdot m$)であり、 f は周波数(Hz)です。この式を計算した結果をグラフにしたものを Fig.3.1に示します。電磁探査を実施する際に、概略の比抵抗とターゲットの深度が分かれば、その深度までの探査に必要な周波数が推定されます。

3.2 地球を取り巻く電磁場

これから説明するMT法やVLF法の理解のために、まず地球を取り巻く電磁場について説明します。周知のように、地球には大きな磁場があります。北極と南極の下にそれぞれS極、N極のある巨大な棒磁石が作るのと同じような磁場が地球を取り巻いています。しかしながら、地下深部の高温の状態では永久磁石は磁性を失ってしまうので、地球磁場は電流による以外は考えられません。地球の外核という地表から深さ2900kmから5100kmにある溶融した鉄で構成されている部分に流れている巨大な電流によって、地球磁場ができていとされています(ダイナモ理論)。

地球を取り巻く磁場は、太陽からくる太陽風という荷電粒子から生命を守っています。荷電粒子が磁場の中を進むと、進行方向と直交方向の力を受け、進路が曲がります。こうした荷電粒子の流れ(電流)は、ビオ・サバールの法則にしたがって磁場を作ります。この磁場は太陽活動などで変動するので、地球磁

場の変動を生じさせます。大きな変動は磁気嵐と呼ばれ、磁針を狂わせ電波の伝搬にも大きく影響するのでGPSや衛星通信が発達するまでは重大な問題でした。Fig.3.2に地球を取り巻く磁場の周波数スペクトルを示します。横軸が周波数で縦軸が磁場強度ですが、1Hz以下

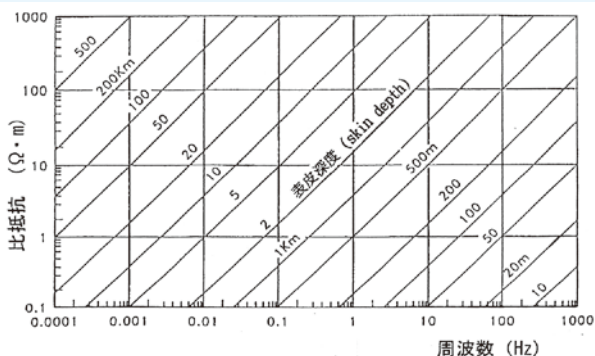


Fig.3.1 表皮深度(スキンドープス)

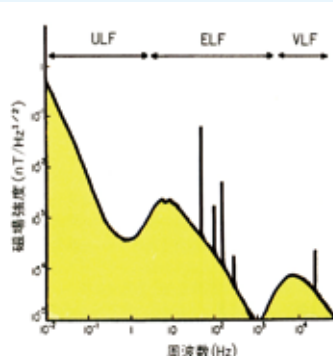


Fig.3.2 地球を取り巻く磁場のスペクトル

の磁場は周波数が下がるほど大きくなります。これがマイクロパルセーションと呼ばれる太陽風が作る磁場です。また、10Hz 付近で極大値が見られますが、これはシューマン共振と呼ばれ、おもに雷による強い電磁波が地球を1周して共振する(電磁波の山と山が重なる)現象によるもので、7.8Hz、14Hz、20Hzなどがその周波数で、図で10Hz付近が滑らかでないのはこれを表わしています。

その次の極大が10kHz付近に見られますが、これは潜水艦との通信に使われている人工の電磁場で、世界中に強力な送信所が配置されており、日本では宮崎県えびの送信所から22.2kHzの電磁波(VLF波)が500Wの出力で送信されています。この電磁場は地表付近に良導体があると変化するので、VLF法として地下の断層や埋設物などの調査に利用されています。先に述べたシューマン共振の周波数帯を利用する電磁探査は、AFMAGと呼ばれてよく用いられていましたが、現在ではほとんどこのVLF法に置き換わっています。

50/60Hzとその高調波も、日本中を取り巻いて普通はノイズとして扱われますが、図ではシャープなピークとして示されPLMT法として探査に利用されます。

余談ですが、地球以外の惑星では、水星、金星、火星と地球の月には磁場が見つかっていません。こうした惑星の構造を知る上でも磁場は非常に大切です。また地球の磁場は地球ができた45億年前から今のような強度であったわけではなく、27億年前に急に大きくなったと考えられています。太陽風が地球表面に直接降りそそぐ状態では、生命は深い海の中でしか生存できず、地球磁場によるシールドができてから浅い部分に進出することが可能になり、太陽光を使って光合成をおこなう生物が発生し、それによる酸素の生産とさらにオゾン層の生成による紫外線のシールドによって、生物は陸に上がることができるようになったと考えられています。地球磁場は地球の生命にも大きな影響を与えています。

3.3 MT法(地磁気・地電流法)

前節で説明した、非常に低周波のマイクロパルセーションから、数kHzくらいまでの周波数範囲の自然電磁場の変動を利用する探査法がMT法です。地球という導体の中で磁場が変動すれば、その変動を妨げるように電流が発生します。地表でお互いに直交する電場と磁場を測定することで、大地の比抵抗を知ることができるということが、1950年代初めに、旧ソ連のTikhonov、フランスのCagniard(カンヤール)、日本の

力武常次先生、アメリカのWaitなどの著名な研究者によって発見され、物理探査手法として確立されてゆきました。現在はカンヤールの式と呼ばれる次の式でMT法を説明しています。

$$\rho_a = \frac{1}{\omega \mu} \left| \frac{E_x}{H_y} \right|^2 \quad (3.2)$$

$$\phi = \phi_E - \phi_H \text{ (電場と磁場の位相差)} \quad (3.3)$$

まず実際の測定から説明します。地磁気変動して、それに応じて大地に誘導電流が流れます。それをFig.3.3のように設置した磁気センサや電極で測定します。大地が均質や1次元構造であれば、ある方向の磁場と、それと直交する電場の2つの測定でいいのですが、実際の大地の構造は複雑で、普通はこのように5成分の測定(電場2成分、磁場3成分)を行います。測定は時間と共に変化する電場や磁場を測定しますので、いわゆる時系列データがこれら5成分それぞれに得られます。さらにこの時系列データがどのような周波数成分を持っているかをフーリエ変換で求めます。例えば10HzのときのExとHyの振幅をそれぞれフーリエ変換から得て、これを(3.2)式に代入すれば、10Hzのときの大地の見掛け比抵抗が計算できます。この操作をいろいろな周波数で繰り返して、周波数と見掛け比抵抗の関係を求めることが出来ます。周波数が高いときの見掛け比抵抗は浅い部分の比抵抗を反映しているし、周波数が低くなるにつれて地下深部の比抵抗が反映されるようになります。実際には5成分を測定し、かなり複雑な数値処理を行います。原理的にはここに説明したことと変わりません。また、MT法の送信源は無限の遠くにあり、測定範囲を含む非常に広い範囲で平面波として扱えるということが前提です。ちょうど太陽からの光が大地にどこでも同じに照

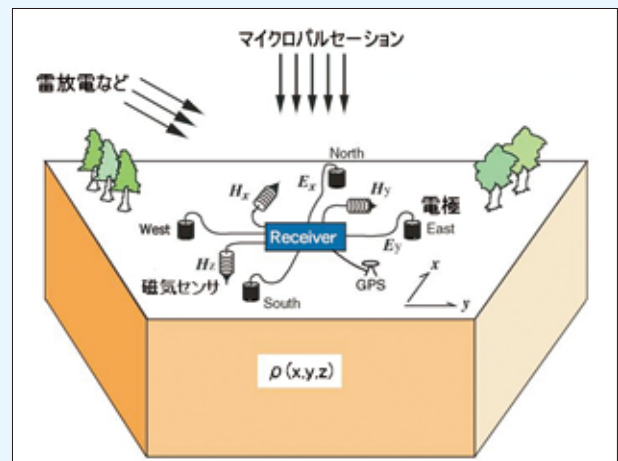


Fig.3.3 MT法の測定

らしていると同様の状態を前提としています。もし近くの電球の光であれば、遠くに行くほど弱くなり、場所で角度も変わります。近くに測定周波数範囲に含まれる磁場の発生源(送電線、電化した鉄道、調査範囲に近い部分の比抵抗異常など)があれば、想定外の電流を大地に流すことになって、(3.2)式を前提とするMT法は成立しません。MT法は送信機を必要とせず、比較的簡単な原理で大地の比抵抗を求められるので、急速に広く普及しましたが、初期には大地の2・3次元性や近くに磁場のノイズ源がある場合などが多く、実際の測定・解析は困難な面も多くありました。現在は遠くに離れたもう一つの受信器(リモートリファレンス点)を用いてお互いの相関を見ることで、近くからのノイズを分離できるようになり、非常に高い精度の測定が可能になっています。とくに送信機を使わずに極めて深い部分までの調査が可能であるという優れた特徴で、地熱や石油などの深い部分の調査を中心に利用されています。

MT法では自然に変動する磁場を利用するため、磁場が安定している(変動しない)ときには実施が難しくなるという問題点もあります。また、大地に電極を接地して電場を測定するために、地表付近の構造や地形によって、測定値全体がシフトしてしまうスタティックシフトという問題もあります。これは、例えば大地がガラスでできていて太陽光が侵入している場合、浅い部分の構造からの反射光が、地下の深いところからの実際に測定したい反射光と重なって見えにくくなることに相当します。ノイズ構造が浅い部分にあるために、広い範囲の周波数の光を同じように反射してしまうため、測定値全体がシフトしてしまいます。実際のMT法の調査では比抵抗の絶対値が分からないと困るので、アレイ式測定や他の手法(特にTEM法のように電極を必要としない電磁探査法)と組み合わせてシフトを補正するような技術も提案されています。

3.4 CSAMT法

MT法の送信源が不要であるという大きな特徴は、逆に自然電磁場を使うことによる不安定さ、測定時間の長期化などの問題も含みました。鉱山や土木・建設・防災などの分野では、それ程深い探査深度は必要ではなく、人工送信源を利用して調査をより簡便に行うCSAMT法と呼ばれる技術が

広く普及しています。特に鉱山調査の技術として日本では積極的に導入され、アメリカ・ソング社などの測定装置が輸入され、また日本独自の装置も開発されて広く使われています。

地面に数km離して2つの電流電極を設置し、交流電流を流します。その電流源が作る磁場は、電流源の長さの数倍以上離れたところでは平面波と近似できるので、MT法と同様の測定ができます。測定配置の説明として、Fig.3.4に「図解物理探査」の図面を引用しますが、このように送信源から離れたところで、電場を送信電線と平行で、磁場をそれと直交する方向で測定します。送信する周波数を切り替えて、なるべく広い周波数範囲で電場と磁場を測定し、(3.2)式によって見掛け比抵抗を計算します。MT法のような時系列データの処理ではなく、既知の送信周波数に合わせたバンドパスフィルターによって、直接その周波数の電場・磁場の振幅やお互いの位相差を求めます。

測定できる範囲をFig.3.5に網かけで示します。日本では通常図の横方向と示した部分で測定されていますが、電線方向でも可能です。送信源に近いほうが信号は大きくなりますが、平面波近似の問題から、普通は送信源の長さの3倍以上離れたところで測定します。厳密にはFig.3.5のように、横方向ではスキンドープスの3倍以上離す必要がありますが、一般には大地の比抵抗が分かかっていないところで測定するので、概略値を推定します。送信源からあまり離れると信号が弱くなるので、なるべく大きな電流を流して、広い範囲の測定を1つの送信源でカバーします。しかしながら電磁探査では、一般に送信電流を大きくすると、それが装置の定格内であっても故障の原因となることがあります。大地の比抵抗は極めて広

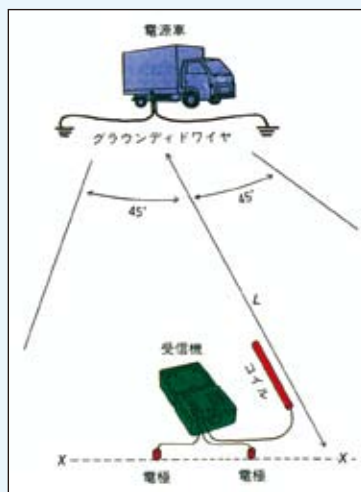


Fig.3.4 CSAMT法の測定

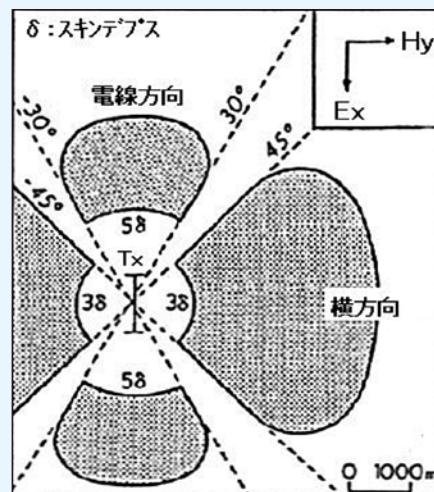


Fig.3.5 CSAMT法の調査範囲

い範囲をとり、特に高比抵抗のところでは接地抵抗も高くなるので、送信電流を確保するために高い電圧をかけてしまい、電線のインダクタンスによるスイッチング時の過電圧も高くなり、トランジスタ・IGBTなどの電力素子を破壊することがあります。特に海外では測定機器の故障は重大な調査の遅れを引き起こすので、定格内であっても必要以上の電圧をかけないことが大切です。

(ニアフィールド現象)

MT法では、送信源が非常に遠くにあることを前提としていますが、CSAMT法の場合には人工送信源の近くで測定することも可能になります。しかしながら、送信源の近くでは、地下からの情報よりも送信源からの電磁場(プライマリー場)のほうが相対的に大きくなるために、地下の測定が困難になり、ニアフィールド現象と呼ばれています。**Fig.3.6**に数値計算例を示します。10Ωmの大地の上に100Ωmの地層が覆った2層構造に対して、送信源から10kmのところではCSAMT法の測定を行った場合です。周波数が高い場合には3.2式による見掛け比抵抗は、浅い部分で100Ωm(ある)になり、周波数を下げれば見掛け比抵抗も下がって真の値である10Ωmに近づきます。しかしながら周波数をさらに下げて1Hz以下になると、電場と磁場の比(E_x/H_y)から計算した見掛け比抵抗は急激に上昇します。つまり周波数を下げると、実際は10Ωmの層が連続しているのに、測定上は深部に高比抵抗の地層があるように見えます。**Fig.3.1**から、100Ωmの大地のスキンプスは1 E_z で5kmであり、この例のように10km(スキンプスの2倍しか離れていない)の送受信器間隔ではニアフィールド現象が起こってしまいます。送受信器間隔10kmとはかなり離れていると思われるのですが、このように低い周波数まで測定する場合にはニアフィールド現象が起こることに注意を要します。また、ニアフィールド現象を、送信機までの距離も考慮して計算するなど軽減する方法もいろいろ提案されていますが、基本的には送受信器間隔を十分大きくとる事で解決すべき問題です。**Fig.3.6**では、 H_z/H_y による見掛け比抵抗も計算していますが、これは電場の水平成分と磁場の垂直成分が理論的に近い傾向にあるのでそれで代用することで、磁場だけの測定によってスタティックシフトを起こしにくくしたCSAMT法を示し

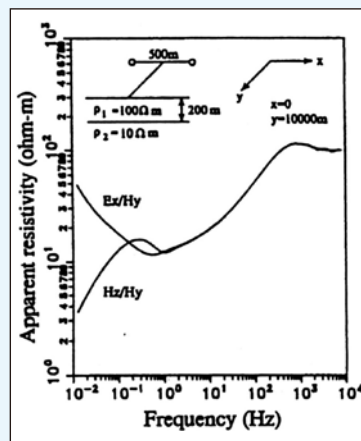


Fig.3.6 CSAMT法のニアフィールド現象

たものです。

3.5 VLF法

VLF法は、3.2節で説明した潜水艦の交信用のVLF帯の電磁波を利用する電磁探査法です。非常に遠くの送信源の作る電磁場は、大地が均質な場合には**Fig.3.7**に示すように垂直方向(E_z)と半径方向(E_x)の電場と、それらと直交する水平方向の磁場(H_y)になります。送信局から遠くでは E_z は先に減衰するので、大地が均質であれば電場と磁場の水平成分だけになります。この電場と同じ方向に低比抵抗の断層などがあれば電流が集中し、周囲に新しい磁場を作ります。測定される電場や磁場は地下の比抵抗構造によって大きさや向きが変わるので、地下の情報を得ることが出来ます。特にVLF法は地下水調査などで地表付近の断層を探す場合によく用いられますが、磁場の傾きなどを調べる場合には、断層の延長方向に送信所があることが測定に有利になります。またMT法と同様に、水平方向の電場と磁場の比から見掛け比抵抗を測定することもできます。ただ、使える周波数がそこで受信できるVLF波だけなので、深さ方向の情報は限定されます。海外での利用に際しては、そこで受信できる送信所の方向や周波数などを事前に調べておく必要があります。VLF送信所は軍事施設であり、各国の送信所は殆どそれらの情報を公開していません。現場でVLFが受信できない場合、装置が問題なのか、送信所が点検などで送信停止中なのか混乱することもあります。

次回は最終回で、送信機を積極的に使うTEM法やスリングラム法、さらに近年実施されている海底の電磁探査法などを紹介する予定です。

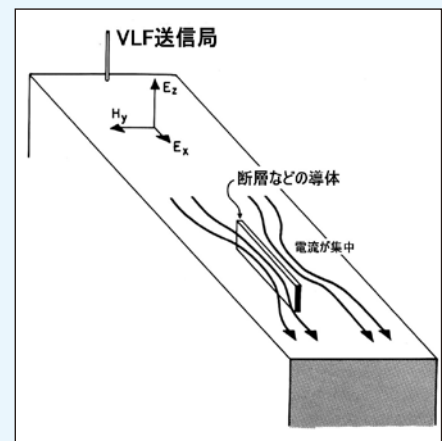


Fig.3.7 VLF法の原理

新技術 紹介

宇宙線ミュオン粒子を利用した 地盤探査システムの開発



川崎地質株式会社 事業本部 探査技術部 技術開発グループ
鈴木 敬一

物理探査は、地質構造の調査や埋設物あるいは地下の空洞、遺跡など様々な分野に応用されています。道路の下などに空洞が発生すると地表面に陥没を引き起こし、甚大な事故につながります。そのような空洞を事前に発見できれば、物理探査も安全・安心な社会に貢献することができます。しかし、このような陥没事故は往々にして人口の密集した都市部において発生することが多く、万一発生した場合には、その被害は計り知れないものになります。図-1は、都市部における下水道管の老朽化によってできた空洞が原因の陥没事故です。

そこで、物理探査の出番なのですが、都市部では交通振動や工場の振動、あるいは送電線からの電磁波ノイズなどがあるため、理屈どおりの探査結果が得られない場合もあります。そこで、これらのノイズに影響されない信号源として宇宙線ミュオン粒子を用いることにしました。

宇宙線ミュオン粒子は、宇宙空間に飛んでいる高エネルギーの放射線(主に陽子)が、大気中に突入すると、大気中の原子や分子と衝突して、様々な粒子を発生させます。シャワーのように見えるので宇宙線シャワーなどとも呼ばれます(図-2)。様々

な粒子のうちミュオン粒子は地表まで到達し、地下にまで透過して行きます。ミュオン粒子は、電子の約200倍という重さがあり、電子と同じ大きさの正または負の電荷を持っています。乱暴な言い方をすれば、200倍重い電子(または陽電子)ということができます。

このミュオン粒子は、物質中での相互作用が少なく、透過能力に優れています。例えば電子や陽子といった粒子は、水の中を1mくらいしか進むことができません。しかし、ミュオン粒子は数千mも進むことができます。

ミュオン粒子が物質中を透過するときには、原子核の周りを回っている電子をたたいたり、原子核にぶつかったりしながら、少しずつエネルギーを失います。密度が小さい場合には、ミュオン粒子が電子や原子核に衝突する確率は小さくなります。その場合、ミュオン粒子が進む間に失う単位長さ当たりのエネルギーは小さく、ミュオン粒子の減り方は少なくなります。密度が大きい場合には逆にミュオン粒子の減り方も多くなります。密度が同じであれば、透過距離が大きくなるほどミュオン粒子の数は少なくなります。真上をゼロ度としたときの仰角(これを天頂角といいます)が大きくなる(すなわち、水平に近づく)と数



図-1 下水道の老朽化による陥没事故事例
(国土交通省ホームページより)

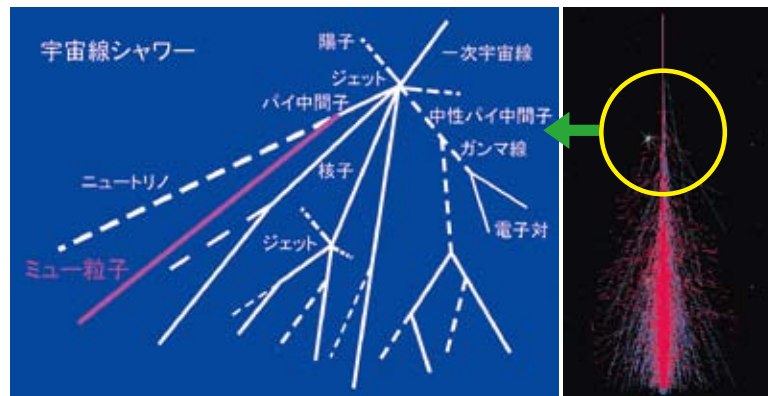


図-2 宇宙線シャワー

宇宙線ミュオン粒子を利用した 地盤探査システムの開発

も少なくなります。空気中での海面レベルのミュオン粒子の天頂角分布は良くわかっています。ミュオン粒子を地下で天頂角ごとに測定し、測定した場所までの地盤の厚さから、地盤の密度を計算することができます。

このような発想は、既に40年以上前にありました。ノーベル賞物理学者 Alvarez の研究グループは、1970年にピラミッドの中でミュオン粒子を測定し、未発見の部屋を見つけようとしていました。しかし、このときは新しい発見はなかったようです (Alvarez et al., 1970)。

1979年には Malmqvist の研究グループが鉱床探査に利用するための数値計算を行っています (Malmqvist et al., 1979)。

我が国でも、ミュオン粒子を非破壊検査に利用した人がいます。1980年代に当時の名古屋工業技術試験所の湊博士が、「宇宙線透視像」と題した論文を発表しています (湊, 1992)。ここでは様々な対象物の下でミュオン粒子を測定し、興味深い成果をあげています。特に名古屋市営地下鉄全駅での測定結果は圧巻です。

私も1990年ごろ湊博士の指導の下、地下でミュオン粒子を測定したことがあります (秋山ほか, 1991)。

最近では火山を透視する技術としても注目されています (田中, 2008)。

どのようにして地下でミュオン粒子を測るのでしょか? 冒頭で、地下に空洞ができると書きました。都市部において発生する空洞は、多くの場合地下に埋設管やトンネル状のものがあるために発生します。最近非常に多い事例として、老朽化により下水管にひびが入りその中に土砂が流入

して下水管上部に空洞を生じる、というものです。これらの空洞は必ず埋設管などの上部にできるため、埋設管の中から探査すれば空洞を捉えることができます。

図-3にその原理を示します。色を塗ったところは地盤で、その中に白抜きで示した空洞ができています。その下にトンネルがあり、そこで測定を行います。左側の地点Aにおいて天頂角を0度から60度まで、5度刻みで測定を行ったときのミュオン粒子の単位時間当たりの数(計数率という)を示しています。空洞がない、均質な地盤の場合、下のグラフの点線のように角度に応じて単調に計数率が減少します。しかし、空洞がある場合には、実線で示すように天頂角25度から55度の範囲で計数率が大きくなっています。特に空洞の中心を通過したとき(天頂角35度)の計数率は均質な場合の計数率との差が大きくなっています。同様に右側の地点Bでも天頂角35度付近(ただし、方位は逆)で最も計数率の差が大きくなっています。

これらのデータから、地点Aから見たときに天頂角35度方向、地点Bから見たときは逆の方位での天頂角35度方向に空洞の中心があることがわかります。これだけでも概略の空洞の位置はわかりますが、これを多くの地点で行うことで、より精密に空洞の位置を把握することができます。さらに、多数の点でのデータを収集し、ジオトモグラフィと呼ばれる解析方法を応用することで、地盤の密度分布を推定することができます。それを目指して現在研究を進めています。

図-3に示すような測定方法は角度分布測定と呼ばれています。その原理について次に説明します。図-4に製作した試作機の写真を示します。ふたつのミュオン粒子の検出器が搭載されています。このふたつの検出器を同時に通過したミュオン粒子だけを測定します。図-4は実際に地下で測定を行っているところです。ふたつの検出器の中心に対して回転させることができます。

このようにふたつの検出器を同時に通過したミュオン粒子を測定する方法を、同時計数法といいます。また、このような測定器をミュオン粒子望遠鏡といいます。望遠鏡が光を集めるように、ふたつの検出器でミュオン粒子を集めるように見えるからです。もちろん、肉眼で見える望遠鏡ではありませんが、英語でもミュオン粒子望遠鏡を muon telescope といいます。

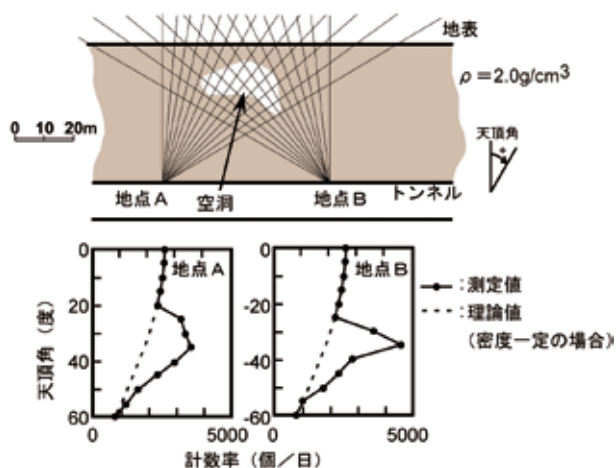


図-3 ミュオン粒子による空洞探査の原理

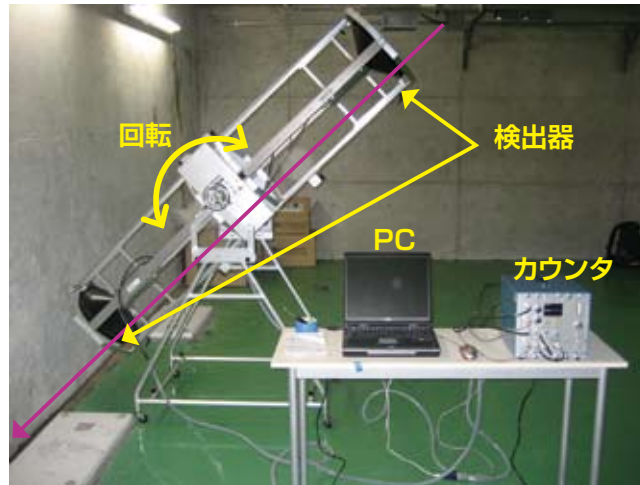


図-4 ミュー粒子望遠鏡の試作機

図-4に示した試作機はふたつの検出器の間の距離が2m、検出器の直径は35cm、重さは約70kgです。分解して簡単に持ち運ぶことができます。

同時計数回路は、図-4の右側にあるカウンターにより計数され、パソコンにデータが収録されます。単に数を数えているだけで、難しいことをしているわけではありません。ただし、ミュー粒子を単に数えれば良いというものではありません。ある程度の数揃わないといけません。ミュー粒子は統計的にポアソン分布に従うと考えられています。そのため、計数の誤差(標準偏差)は、計数の平方根になります。例えば、100個のミュー粒子を測った場合、標準偏差は10です。従って、誤差は10%となります。計数が1000の場合、標準偏差は32ですから誤差は3.2%となります。従って、時間をかけてたくさんのミュー粒子を計数することにより、誤差は小さくなります。大まかな目安として、天頂角ゼロに対しては土被り10mで一点あたり半日、土被り20mで1日といったところです。

同時計数法では、偶然別の粒子がふたつの検出器を透過することがあります。それが誤差になります。しかし、ふたつの検出器を同時に別のミュー粒子が透過する確率は非常に低く、時間をかけて大きい計数にすることにより無視することができます。

ミュー望遠鏡による測定においては、ふたつの検出器によってできるミュー粒子の入射範囲の広がりやを考慮しなくてはなりません。この広がりやの影響を考慮したジオトモグラフィ解析技術についても研究を行っています。

本稿で紹介した内容については、第121回物理探査

学会学術講演会において口頭発表を行っています(大沼ほか, 2009; 鈴木ほか, 2009)。興味のある方は読んでみてください。

地中レーダなどのように、ほぼリアルタイムで結果が得られる探査方法とは違い、ミュー粒子測定には時間が必要です。しかし、測定器さえセットしてしまえば、あとは待っているだけなので、その間に他の仕事もできます。寝ている間にも、食事の間にもデータは取得できます。測定位置を移動する、測定器の角度を変えるなどの作業を自動化し、携帯電話などを通じてデータを伝送することにより、現地に行かなくてもデータを取得することが可能になります。現在の試作機ではそのようにはなっていませんが、いずれは完全自動化を目指したいと考えています。

なお、この研究は(財)JKAの競輪補助金の交付を受け、(財)機械システム振興協会がその財源をもとに受託した事業です。

参考文献

- Alvarez, et al. (1970): Science, 167, pp.832-839.
 Malmqvist, et al (1979): Geophysics, 44, 9, pp.1549-1569.
 湊(1992): 放射線, 19, 1, pp.49-56.
 秋山ほか(1991): Radioisotope, 40, 2, pp.71-74.
 田中(2008): 検査技術, 13, 8, pp.1-7.
 大沼ほか(2009): 物理探査学会第121回学術講演会論文集, pp.231-234.
 鈴木ほか(2009): 物理探査学会第121回学術講演会論文集, pp.235-238.

★ ★ ★
若手直撃インタビュー!!
 ★ ★ ★

現在業界で活躍されている若手の方々に簡単な質問に答えていただきました

徳永 裕之

(とくなが ひろゆき)

国際石油開発帝石株式会社(INPEX) 2006年4月入社

どのような仕事をされていますか? 2009年度から国内(主に新潟地域)の物理探査プロジェクトを担当しております。国内の物理探査に関わるプロジェクトを、収録から処理、解釈まですべて担当させていただいております。充実した日々を過ごしながらも、なかなか責任が重く大変な毎日です。オペレータとして色々提案ができる半面、経験・知識不足を痛感させられることも多々あり、非常にやりがいのある環境ですね。

物理探査(学会)との出会いor関わりは? 大学4回生の時、研究室配属先の某担当教授に「あんたら、物探学会には入ったか? わしはその会長やねん…」みたいな事を言われ、良く分からないまま入会しました(笑)でも一昨年には学生の頃の研究の題目で論文も掲載していただきましたし、様々な場面で学会員の方々と知り合え、入会して良かったなと思います。

最近ハマっていることは? ストレス発散にゴルフ(打ちっぱなし専門ですが)を始めました。まだ中古でドライバーとアイアンを1本ずつしか持っていませんが、いつか一式そろえて実際にコースを回りたいですね。



手島 稔

(てしま みのる)

日鉄鉱コンサルタント株式会社(NMCC) 2003年4月入社

どのような仕事をされていますか? 物理探査、電気・電磁探査法の仕事をしています。特に、電磁探査(MT・AMT)が仕事の約9割を占めている状態です。ご存知のとおり、MT・AMT法は、信号源として自然信号を利用するため、ノイズ多い都市部での現場は少なく、地方が多く、1年のうち1/3は地方巡りをしております(正確には、7年間の平均出張日数は、計算してみると136日)。全県制覇に向けて、日々精進しております。



物理探査(学会)との出会いor関わりは? 出会いは、学生時代です。微動の研究をしていた関係で、秋の学会で2度発表してとりあえず学生時代を切り抜けることができました。現在、あまり協力ができていないですが、会員広報委員会の委員をしています。

今、一番ほしいものは? デジタル放送対応のデジタルテレビとビデオがほしいと思っています。インターネット等で調べていると、新製品のテレビに目移りして、決断することができずに、新製品が出る頻度を減らしてほしいと思いながら日々過ごしております。

窪田 健二

(くぼた けんじ)

(財)電力中央研究所 2005年4月入所

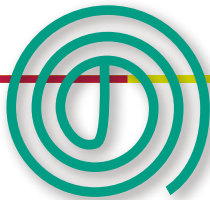
どのような仕事をされていますか? CCSにおけるCO2移行挙動モニタリングや、高レベル放射性廃棄物地層処分に関連する物理探査技術の研究などを行っています。主に電気探査法を用いた研究業務が多いです。入所して5年が過ぎ、少しずつですが研究者としての経験・知識をつめているかな、と感じていますが、まだまだ分からないことも多く、勉強中です。

物理探査(学会)との出会いor関わりは? 現在、物理探査学会学術講演委員を担当させていただいております。学術講演会の際には、会場係として会場の設営や、採点結果の集計などを行っています。自分の採点結果も分かってしまうので、分かりづらい発表で低い点になっていないか毎回ドキドキしながらチェックしています。

最近ハマっていることは? 買物するための「ポイント」集めです。ポイントのたまる店に行くなど、できるだけポイントがたまるような方法で買物をするようにしています。どうしたらたくさんのポイントをためられるかを考えながら生きています。けちけちしてます。



物理探査ニュースでは、「若手直撃インタビュー」の記事を募集しています。自分を紹介して気軽に知名度を上げてみませんか? 特に年齢等の制限はありません。自分をアピールしたい方、業界に知り合いの少ない方、どなたでも結構です。ご投稿お待ちしております! (投稿方法、お問い合わせは学会事務局まで)



学会への期待

監事 河野 雄平



物理探査ニュースは、発刊から1年を経過して第5号まで皆様のお手元に配布されていることとなります。ニュース委員会や記事を投稿していただいた会員の皆様のご努力に感謝いたします。物理探査ニュースは、数年前に一般社会への広報も兼ねて軟らかい読み物として、学会誌とは別に発刊することを検討しておりましたが、財政的な理由で先送りして、60周年記念事業として昨年4回分の予定で発刊されることになりました。当初ニュースレターとして、ケーススタディやトピックスなど会員や関係者に読んで喜ばれるような内容にしようとして検討していましたが、まだそこまで達していませんが、ニュース委員会の皆様のご活躍で継続的に発刊されています。

さて当学会も60周年の還暦を越えたわけですが、ご多分にもれず会員の構成は、新たな入会者が減少し、高齢の会員層が増えております。これから団塊の世代の退職時期にもあたり、会員の減少問題に立ち向かっていかなければなりません。一部の会員は正直ベースで、会誌の論文は数式が多く大変難しいとともに業務に直接関係しないことも多く、会誌がよく読まれているとは思えないものです。民間会社の会員やそのOBなどが手元に届くのが待ちどおしい物理探査ニュースが期待されます。

民間会社等を定年退職した物理探査技術に携わってきた学会員が、継続して会員で居続けるには、相当の技術に関する探究心というか興味を持ち続けていなければならないと思います。多くの会社を退職した会員、つまり物理探査技術を社会で役立たせる役目を終えた会員は、どのように学会員で居続けるためのモチベーションを持ち続けるのかなど、その立場になって初めて考えさせられました。たまたま学会の役員を経験し、現在監事を拝命しており、会社退職後も理事会等学会活動に参加する機会があり、なんとか会員を継続しているのが現状です。

ただ、当学会の会員は、退職してその立場になっても、一般人よりはるかに物理探査技術を理解していることから、社会でそのような技術を見たり聞いたりすることは大変うれしいものであります。

最近(2010年2月1日)、ある新聞で「トルコ2遺跡発掘許可 同国政府 東京の研究所を評価」という見出しが興味を引きました。トルコが、一つの調査隊に複数の遺跡の調査許可を出すのは、近年では極めて異例とあり、記事の中には、同研究所が過去に大学と協力して地中レーダー探査を行ったとの記載があり、物理探査技術が活用されていることが今回の評価につながった一つの事柄ではなかったかと思えます。

物理探査ニュースは、会社を退職したそのようなレベルの会員を含めた一般社会に、物理探査技術にまつわる情報を提供することがPRにつながり、意義があるだろうと当初考えたものであります。物理探査ニュースは、発刊後2年目に入りますが、読みたいと思う記事が少なく、現在の掲載されている内容は、紙というよりは、WEBに掲載したほうがよいと思うものが多く見受けられます。紙に印刷して関係者に配布する目的からは、やはり、物理探査技術がどんなところに利用

され活用されているかを広く伝えることが大切であり、ケーススタディの掲載は大変重要な事項だと思います。物理探査ニュースの掲載内容については、もっともっと一般社会とのつながりを重視して掲載内容を検討すべきであろうと思います。たとえば、60周年記念事業の一環で発刊した「最近の物理探査適用事例集」は、手法別ではなく目的別にケーススタディが選ばれ詳細が紹介されており、このような適用事例を毎号2テーマ程、分かりやすく概要を紹介していくと面白いのではないのでしょうか。そうにしても会員が積極的に読みたい掲載内容についてご意見を寄せられることを期待します。

今日まで物理探査学会は、研究者の集団として大変真面目に活動を展開してきています。財政的な困難を乗り越え、60周年記念事業も成功裡に終わらせ、新公益法人法の下で新しい社団法人に生まれ変わるべく申請をしているところであります。

この点から考えると、社会に大変役立っている物理探査技術について、もっと広く社会にPRをしていく必要があり、いままでも、声を大にして、PRのためにWEBをもっと見やすく、専門的すぎる情報を、より分かりやすく、一般社会で興味を持たれるように改革すべきであると言ってきましたが、最近、WEBはかなり見やすく改善されてきています。これからは内容の改善が必要でありますので、会員の方々がWEBをもっともっとよく見て意見を言って欲しいと思います。

大学や独法など研究機関に所属していた研究者である会員は、それらの職を辞した後も、技術に関しての研究を継続され論文や研究発表を継続されている例が大変多く見受けられます。その努力に頭が下がりますが、民間会社OBの会員とはまったく異なるように思います。殆どの民間会社OBは、退職後は研究発表会等にも足を運ばないし、総会にも出てこないの、彼らが何を考えているかは、よくわかりません。本来的な研究者を除けば、会社OBは、年会費を支払うだけの会員となっているのではないのでしょうか。彼らは、ある時期に、会員を辞めていくことになるでしょう。物理探査技術を持ったOBの力を学会として社会に役立たせるようなことは出来ないだろうか考える必要があります。

会社を卒業し年金生活に入ったOBは、みなさん、それまでとは全く異なった生活をしておられると思います。そして、恐らく在職中には大変関心をもった物理探査技術は、遠くに置かれていると思います。そのようなOB会員を学会につなぎとめる工夫が、今後の学会の大きな目標でもあろうと思います。種々考えなければなりません。また、このことが、物理探査学会を広く社会にPRすることにもなり、新たな入会者の増加にもつながるのではないのでしょうか。



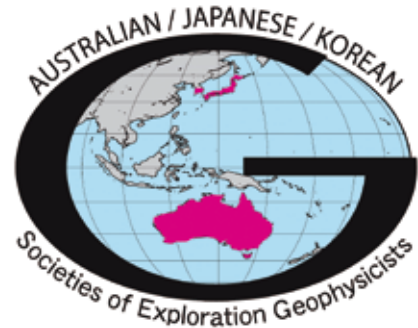
学会誌編集委員会からのお知らせ

「共同出版号の論文募集について」

会誌『物理探査』57巻1号から始めました日豪韓三ヶ国物理探査学会による共同出版は、2010年2月出版の63巻1号で7度目を数える事となりました。2011年2月出版予定の会誌『物理探査』64巻1号でも、日豪韓三ヶ国物理探査学会による共同出版を実施することとなりました。共同出版に関する会告が皆様のお手元に送付されているかと思えます。会員の皆様には、これまで同様、積極的な投稿をお願いしたいと思います。

共同出版号に論文投稿を希望される方は、会誌編集委員会共同出版事務局(jp2011@segj.org)までご連絡下さい。論文執筆の手引きなどをWEB site上に置きますので参照下さい(<http://www.segj.org/report/joint/>)。各論文とも、英文で刷り上がり6~10ページ程度を予定しております。

投稿規程は会誌『物理探査』の通常号と異なりますが、基本的に査読は日本側で行われます。また、すべての過程のほとんどがオンラインで行われるため、本文、図面ともデジタル・ファイルのみでの文書受付となります。



なお、2011年2月の出版を実現するために、下記のスケジュールを厳守することが必要となりますので、投稿を希望される方はこの点についてもご留意下さいようお願いいたします。

【スケジュール】

2010年8月16日 論文投稿締め切り

2010年9月17日 査読締め切り

2010年10月29日 最終原稿確認、受理の最終判断

(文責：会誌編集委員会編集委員 笠谷貴史)

「会誌の種別追加(ケーススタディ)に伴う投稿規定の変更について」

会誌「物理探査」に新しく「ケーススタディ」が加わる事になりました。「ケーススタディ」は、調査事例報告などについて投稿する適切な場がないとの声にお応えするもので、「物理探査技術および関連する諸学問分野に関して行われた調査事例やサンプルを用いた実験例などを紹介する」と定義されています。それに伴い「技術報告」は「技術経験あるいは提案など会員の参考になると思われるもの」を掲載するものと変更になりました。「ケーススタディ」の刷り上がり頁は論文などと同じ最大12ページとなっており、査読の体制は技術報告などと同じ1名です。これにより、短報ではカバーできない図表の多い速報や、解釈が十分でないが調査事例として非常に興味深いので学会発表だけでなく誌面発表したい、と言った事例に対応することが出来るようになります。

種別の増加に伴い、どの種別に投稿すべきか投稿前に

迷われる場合もあるかと思いますが、まずは投稿規定をご覧いただきますようお願いいたします。それでも不明な点、不安な点などありましたら、学会事務局もしくは編集委員会へお問い合わせいただきたいと思います。適切な種別への投稿となるようアドバイスさせていただきます。

また、これまで原則として投稿者が会員、もしくは2名以上の連名の場合はそのうち1名が会員であれば投稿可能となっておりましたが、このたび非会員のみによる投稿も可能となりました。ただし、非会員のみでの投稿の場合は投稿料を徴収することとなっております。これらの投稿規定、投稿細則の改正の詳細につきましては、追って皆様へメールやWebでお知らせいたしますので、是非ご覧いただくとともに、会誌へのご投稿をお待ちしております。

(文責：会誌編集委員会編集委員 笠谷貴史)



講演会・セミナー開催のお知らせ

第122回(平成22年度春季) 学術講演会のお知らせ

1. 会 期：平成22年5月31日(月)～6月2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：
 - 締切 平成22年5月21日(金)
5. 交流会参加事前登録：
 - 締切 平成22年5月21日(金)
 - 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)
6. 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、毎日の参加時間に応じて物理探査学会の参加認定証を交付致します。

SEG/EAGE教育プログラム 2010DISC(Distinguished Instructor Short Course)開催のお知らせ

- 日 時：2010年6月3日(木)
- 場 所：独立行政法人産業技術総合研究所
臨海副都心センター本館会議室
- 講 師：Colin Sayers, Schlumberger
- 題 目：Geophysics under stress: Geomechanical applications of seismic and borehole acoustic waves
- 詳しくは、<http://www.segj.org/committee/kokusai/discpage.html> にてご案内します。

平成22年度「物理探査セミナー」参加者を募集中です

1. 開催日：平成22(2010)年
6月22日(火)、23日(水)、24日(木)
2. 会 場：独立行政法人石油天然ガス・金属鉱物資源機構 東京カンファレンスルーム(新橋内幸町)
3. 講義および講師
 - 第一日目：6/22(火) 計6時間30分
 - 位置測量：金田智久((株)地球科学総合研究所)
 - リモートセンシング：岡田欣也((株)地球科学総合研究所)
 - 物理検層(土木編)：赤津正敏(中央開発(株))
 - 物理検層(石油編)：日下浩二(シュルンベルジェ(株))
 - 第二日目：6/23(水) 計6時間30分
 - 重力探査・磁気探査：森尻理恵(産業技術総合研究所)
 - 反射法地震探査：阿部進((株)地球科学総合研究所)
 - 屈折法地震探査・弾性波トモグラフィ：斎藤秀樹(応用地質(株))
 - 第三日目：6/24(木) 計6時間30分
 - 電磁探査：城森明(ネオサイエンス)
 - 地中レーダ：渡辺学(東北大学)
 - 微動探査：凌群(シオアナリシス研究所)
 - 電気探査・比抵抗トモグラフィ：井上誠(地球情報・技術研究所)
4. 受講料
 - 1日単位で選択できるよう設定しております。
 - 【一般】：会員6,000円/日、非会員8,000円/日
 - 【学生】：3,000円/日
5. 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 学術講演委員会
 - 電話・FAX：03-6804-7500
 - E-mail：office@segj.org
 - ホームページ：http://www.segj.org/
7. 技術士の継続教育(CPD)時間認証を交付します

「ぶったん川柳」 募集・スタートのお知らせ



- 「ぶったん川柳」コーナーは、いよいよ次号(7号)から掲載をスタートいたします。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。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.segj.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
(担当：松島 潤)

第123回(平成22年度秋季)学術講演会のお知らせ

1. 会 期：平成22年9月29日(水)～10月1日(金)
2. 会 場：東北大学百周年記念会館 川内萩ホール
3. 講演会参加事前登録
 - 締切 平成22年9月17日(金)
4. 交流会参加事前登録
 - 締切 平成22年9月17日(金)
 - 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)
5. 見学会参加事前登録
 - 見学場所：鬼首地熱発電所、2008岩手・宮城内陸地震震源域
 - 締切 平成22年9月17日(金)
6. 展示・広告掲載企業募集
 - 展示企業を募集いたします。展示を希望される場合、学会事務局にお問い合わせ下さい。

編集後記

ニュースレター6号はいかがでしたでしょうか。本号の編集作業に関わりながら、小説家池澤夏樹の作品をふと思い出しました。本号では、弾性波探査(東南アジアの森林地帯での反射法)と宇宙線(を使った探査)の話題が登場しますが、池澤氏の初期代表作である「真昼のプリニウス」では、弾性波探査による火山の地下構造調査を計画する主人公の若い女性研究者と、熱帯雨林を旅する恋人からの手紙を軸に、現代社会における科学と知的好奇心について興味深い物語が展開されます(物理探査が小説で取り上げられた数少ない例?)。また、芥川賞作「スティル・ライフ」では、水の入ったグラスを眺めながら、グラスの中で宇宙線と水原子核の衝突で発生するチェレンコフ光の発光を待つ場面が描かれます。「グラスには微粒子が毎秒一兆くらい

降ってきているのだけれど、原子核は小さいから、なかなかヒットがでない」と語る主人公達。科学技術をわかりやすく伝えることが求められる今、「文学の中の物理探査」というのも一つのヒントかもしれません。

さて話を記事に戻しますと、今号から若手技術者・研究者をご紹介する記事が始まり、早速3名の皆様に登場頂きました。また、連載中の「わかりやすい物理探査」、「会員の広場」など読み応え十分な記事が盛りだくさんです。

今後とも、物理探査ニュースがより皆様のお役に立ち、また物理探査の魅力を紹介するものになるよう、記事へのご意見、ご感想、要望などお気軽にニュース委員までお伝えください。

(ニュース委員会委員：上田 匠)

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。新しくスタートしました「若手直撃インタビュー」の記事では自称若手の方のコメントを募集しています。「新技術紹介」「研究の最前線」、「会員企業紹介」及び「会員の広場」についても記事を募集しています。記事の投稿または、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6号 2010年(平成22年)4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>