

# 物理探査 ニュース



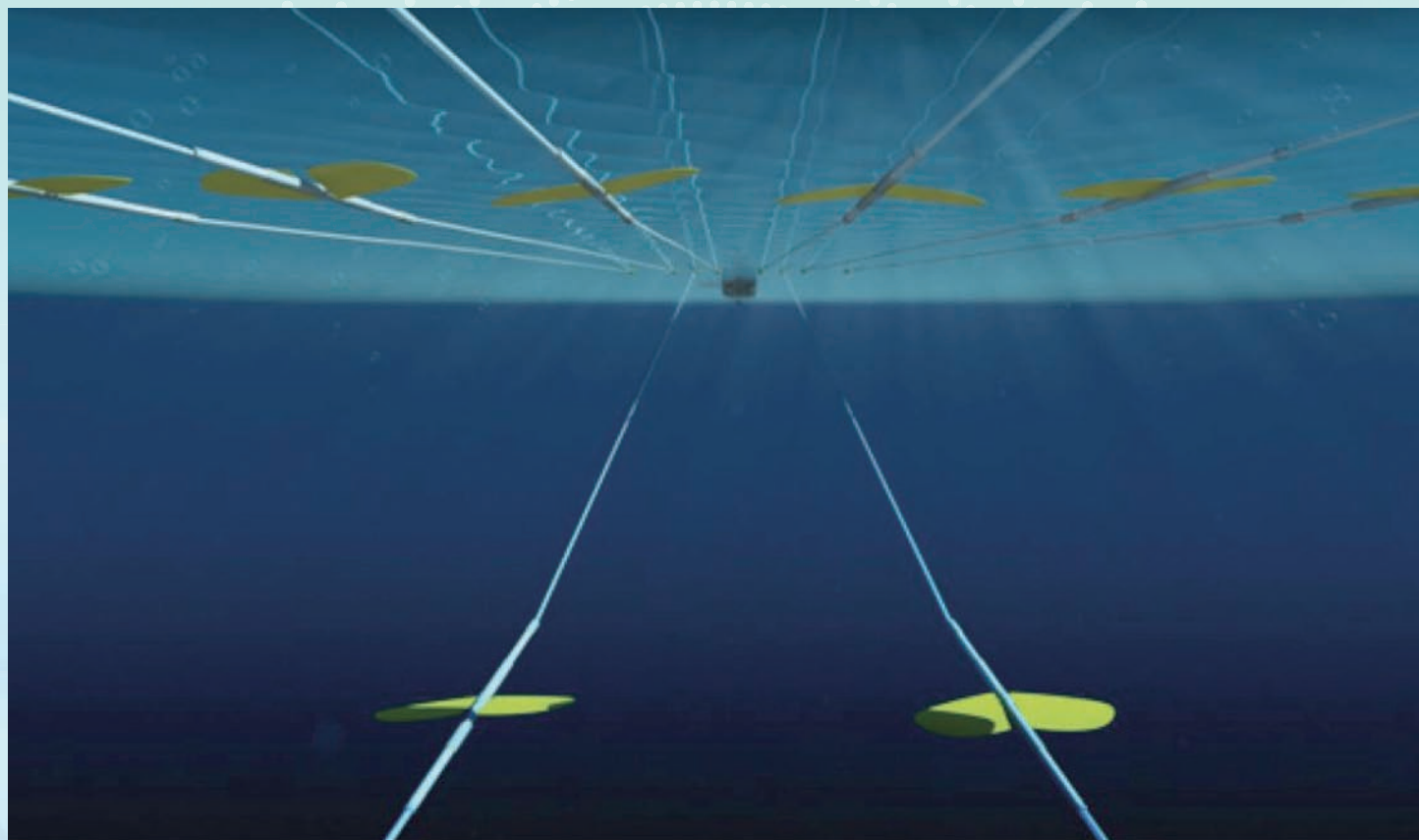
一般社団法人物理探査学会

The Society of Exploration Geophysicists of Japan

## 目次

研究の最前線 満点(万点)計画 .....	1
新技術紹介 海上地震探査(広帯域データ取得技術) .....	4
講習会開催報告 .....	8
研究室紹介 「早稲田大学齋藤章研究室」 .....	9
会員企業紹介 「基礎地盤コンサルタンツ」 .....	11
ワンデーセミナー開催報告 .....	13
お知らせ .....	14

Geophysical Exploration News April 2012 No.14



DISCover\*の基本構成 - 通常のストリーマアレーより深い位置で2本のストリーマを曳航  
(詳しくは本号の新技術紹介記事をご覧ください)

(\*Mark of Schlumberger)



## 満点(万点)計画 —一次世代型稠密地震観測計画—



京都大学防災研究所  
教授 飯尾能久

地震観測を質・量ともに飛躍的に向上させるために、多点で高精度かつ容易に地震を観測できる安価な次世代型の地震観測システムを開発しました。これにより、機材さえ揃えば、万点規模の観測網が構築可能となり、このシステムは地震観測の一つの理想像に近いので、これを「満点システム」と名付けました。そして、「満点システム」を活用して、地震観測点数を飛躍的に増やす計画、「満点計画」を始めました。「満点計画」は、具体的な研究プロジェクトに対応するものではなく、これまでとは桁違いに観測点数を増やそうとする試み全般や、その背景にある哲学や思想のことを指しています。本計画は、京都大学防災研究所が中心となって、地震や火山観測などの関係者や関西の中小企業等が共同して行っています。



小型軽量地震計 KVS-300

1970年代後半に、自然地震観測は大きく進化しました。それまでは、各観測点において、煤をかけた紙をペンでひっかいて記録していましたが、専用電話回線を用いてデータをリアルタイムで伝送し中央局で集中記録するという方式に変わりました。これにより、時刻精度や地震波形の質が向上し、地震現象の理解が大幅に進みました。この方式は、防災科学技術研究所の高感度地震観測網(Hi-net)などに引き継がれ、ポアホール型地震計を用いることや日本中に多数の観測点を配置したことで、データの質や量がさらに向上し、深部低周波微動の発見など数多くの成果へ結実しました。

しかしながら、観測システムは大規模なものになってしまいました。また、データ伝送のために、観測点は電気や電話を引くことが出来るところに限定されました。そういうところは人間活動がある場所であり、一般的には、地震観測に適さない場所です。ポアホールを掘ることで人為的なノイズの軽減が可能ですが、観測はさらに大規模なものとなります。このようなシステムでは、道路のない山の中には観測点を作ることは出来ず、観測点密度を飛躍的に上げることは難しくなります。

一方、兵庫県南部地震の発生後、内陸地震の発生過程の研究が進み、断層直下の「やわらかい」領域の変形により断層に応力集中するという有力な仮説が提案されました。地震発生前に、この「やわらかい」領域や断層周辺の応力集中を捉えることが出来れば、地震の発生予測に役立つと期待されます。しかし、地質学者が知っている深部の断層帯の厚さはせいぜい1km程度ですし、



低消費電力記録装置 EDR-X7000

その変形による応力集中も局所的なものだと考えられます。したがって、これらを捉えるためには、構造や応力場の分解能を、少なくとも1km程度まで向上させる必要があります。そして、そのためには、地震観測点の密度と数を、飛躍的に増大させる必要があります。

オンラインでデータを伝送することを諦めてオフライン方式とすると、システムは簡単になり、消費電力もバッテリーで稼働出来る程度に小さくすることが可能です。しかし、従来の装置は、乗用車用の小型バッテリーでは1~2ヶ月しか稼働せず太陽電池が必要でしたし、データ記録容量もせいぜい数ヶ月程度でした。もう一つの問題として、日本では冬季に日本海側を中心として積雪が多いため、メンテナンスに行けないし、太陽電池も雪に埋まってしまうことが挙げられます。地震観測は、深い山中で行うことが多いので、半年くらいアクセス不可の場所も多いです。そのため、これまでは、通年のオフライン観測をすることは困難でした。

新しい観測システムの必要性を感じながらも7~8年前までは一歩踏み出せずにいたのですが、内陸地震の発生機構がおぼろげに見え始めてきたことや、携帯音楽プレーヤーや携帯電話に関連してテクノロジーが進歩していることなどにより、使い勝手の良い地震観測システムを開発したいと思い始めました。長野県西部地域においては、1995年頃からオフライン方式の10kHzサンプリングの高周波の地震観測を行っていましたが、その装置を開発した株式会社近計システムの高嶋一徳さんに上記のような話をしたところ、技術開発にとりかかろうということになりました。

当初の開発スペックは、背中に5セットくらい背負って田植えをするようにサクサクと地震観測点を設置出来る、半年くらいメンテナンスなしで連続観測出来る、1セット10万円以下というものでした。一番問題となるのは、時刻精度の確保でした。従来は費用や消費電力の面から各観測点で精度の良い時計を持つことが難しかったのですが、GPSの普及により事情が変わりました。ただし、民生用のGPSは小型軽量で安価なのですが、時刻パルス信号を出力するものは需要が少ないためか高価でした。そのため各観測点でラジオを同時に受信して相対時刻を合わせようというアイデアも出ましたが、やはり、ちゃんとしたシステムでないと使い物にならない

可能性があるし、一般的に普及しないと考え、少々高価でも良いものを使うことになりました(ただしその後、他の項目でも同様に良いものを採用した結果、性能は上がりましたがやや高価なものとなってしまいました)。

幸いにして、2006年度の京都大学の総長裁量経費から開発費を頂けることとなり、まず記録装置の設計に入りました。ポイントは、低消費電力と高い時刻精度の両立です。内部時計の時刻をGPS衛星からの信号で修正することにより高い時刻精度が達成されますが、消費電力を下げるためには、GPSの受信を出来るだけ少なくすることや、内部時計の水晶発振子のドリフトを小さくすることが必要です。幸い、開発のための時間が十分あったこともあり、これらの課題をうまく解決することが出来ました。プロジェクトの予算が認められた後に必要な機材を新たに開発する場合には、年限があるので開発を急がねばなりません。幸いにして、観測研究プロジェクトは少し先の予定だったので、十分な時間を使って記録装置(EDR-X7000)を開発することが出来ました。2008年頃に完成し岩手宮城内陸地震の余震観測で初めて現場に投入されましたが、消費電力は、現時点で最も優れたものと比較しても1/5以下であり、単1乾電池8本で2ヶ月以上の連続観測の実績もあります。過酷な条件の野外で用いることを第一に考え、コネクタも含めて防水構造としました。また、設置やメンテナンスに要する時間を短くするため、各種のパラメータ設定は記録媒体のCFカードから読み込むことなどの工夫をしました。

記録装置に良いものが出来ると、地震計の方が気になってきました。記録装置は1.2kg程度と小型軽量ですが、その頃使っていた地震計は大きく重く、また取り扱いが簡単ではありませんでした。これではせっかく記録装置を開発しても、システム全体として十分なものにはなりません。そこで、前述の高嶋さんと防災研究所技術室の三浦勉さんが中心となり、サイズモテックの古屋和男さんの協力を得て開発を開始しました。磁性体の粉末焼結の技術を活用して、小型高性能の磁石とコイルのシステムを構築することにより、小型軽量化が達成されました。また、様々な現場で実際に設置する際のことを想定して、可動式の足の形状等の細かな工夫も取り入れ、設置を簡便に行うことが出来るものが出来ました。地震計(KVS-300)と記録装置のいずれも特許を取得し

# 研究の最前線

ています。両方を同時に開発することにより、システムとして使い勝手の良いものとなりました。

開発の費用に加えて、観測プロジェクトに関しても、科研費、文部科学省の委託業務「ひずみ集中帯の重点的調査観測・研究」、地震・火山噴火予知研究、防災研究所の共同利用研究など、目的もフィールドも異なるいくつかのプロジェクトにおいて予算が処置されました。小型軽量で取り扱いが簡単であることは、海外の観測で特に威力を発揮します。例えば、2011年2月のクライストチャーチ地震に際して、現地のカンタベリー大学などと共同で余震観測点を29カ所設置し、現在も観測を継続しています。ニュージーランドでの観測風景の写真を付けましたが、路肩の岩盤の小さな窪みにも設置可能です。地震や火山に関する観測以外でも、地すべり地や河川堤防などAC電源の無い場所での観測に威力を発揮します。現時点では、国内外のおよそ300カ所(海外は51カ所)でデータを記録し続けています。観測に際しては、地元の方々の理解が欠かせません。ニュージーランドにおいて牧場主とその家族に観測の説明をしている写真を付けましたが、このような地元の方々の暖かいサポートのおかげで良いデータを取り続けることが可能となります。データ解析は始まったばかりですが、既に、これまで全く見えなかったものが見え始めており、今後の進展が期待されます。

取り扱いが容易なことから、この地震計を防災教育に活用しようという試みも始まっています。防災研究所の

巨大災害研究センター矢守研究室と共同で、京都府および鳥取県の小学校に観測点を設けました。これらの観測点では、子供たちが設置からメンテナンスまで全てを行い、それらのデータは他の点のデータと合わせて実際に研究に活用されています。子供たちが本物の地震観測に参加することで、防災に対する意識や自然への関心をはぐくんで欲しいというプロジェクトです。最後に、装置の開発に協力頂いた関係の皆さま、特に、関西の中小企業各社、日本科学冶金株式会社、株式会社エス・ジー・ケイ、電測株式会社に感謝いたします。



ニュージーランドの観測点  
(設置中)



ニュージーランドの観測点  
(設置完了)



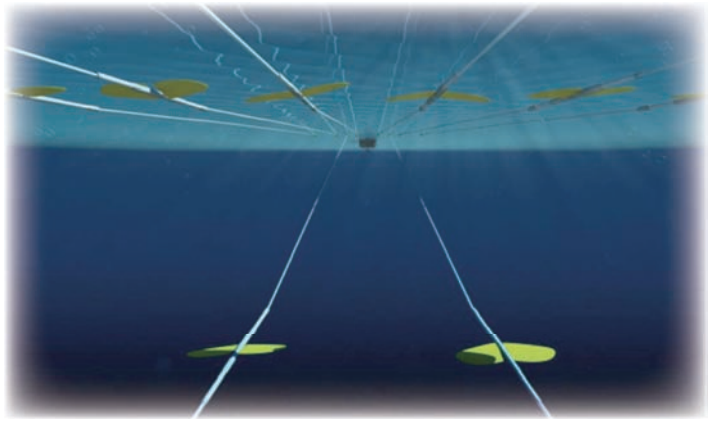
ニュージーランドの牧場での観測点設置風景  
(地主家族に説明中)

# 新技術 紹介

## 海上地震探査における 最新の広帯域データ取得技術



シュルンベルジェ株式会社  
大澤 理



### 高品質三次元海上地震探査

高品質三次元海上地震探査(Q-Marine\*)の手法は今世紀初頭より広く用いられるようになってきている。この特徴は、1) ポイント受振器によって取得されたデータのデジタル上での処理(Digital Group Forming-DGF)、2) 校正された震源、3) 音響通信によるストリーマの正確な位置決め、及び 4) ストリーマを上下方向だけでなく横方向にも操縦する技術である。

以来、これらの技術を用いた新しいデータ取得技術が用いられるようになってきた。コイルシューティングと呼ばれる、探査船を円形に動かしながらデータ取得を行う技術は、広い方角(Wide-Azimuth-WAZ)に亘る射線方向のデータを効率よく取得する技術として以前から提唱されてはいたが、ストリーマの操縦技術が成熟して初めて可能になった。

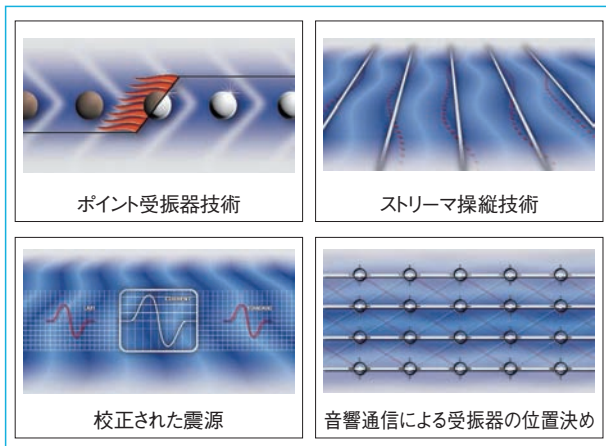


図1 Q-Marineの4つの主な技術要素

### Over/Under技術

さらにOver/Under技術といわれるデータ取得もストリーマの操縦技術が可能にしたものである。海上地震探査においてはストリーマと震源の深さによって海面のゴーストがデータの帯域の形状に影響を与えることが知られている。ストリーマを浅い深度で曳航すると高周波帯域のデータを取得することができるが、一方で低周波成分は減衰してしまう。またストリーマを深く曳航すると低周波成分は取得できても、一般的に取得される高周波成分が減衰してしまう。曳航深度のフィルターの効果的な応答フィルターをオクターブで考えると、曳航深度にかかわらず約2.7オクターブが限界である。この障壁に対する解決策が、ケーブルを浅い深度と深い深度とで同時に曳航するOver/Underといわれる技術である。

浅深2本のストリーマを用いて大深度のイメージングをする技術は、2004年スマトラ島沖地震の直後にも応用された。全長12kmのストリーマを海面下7.5mで曳

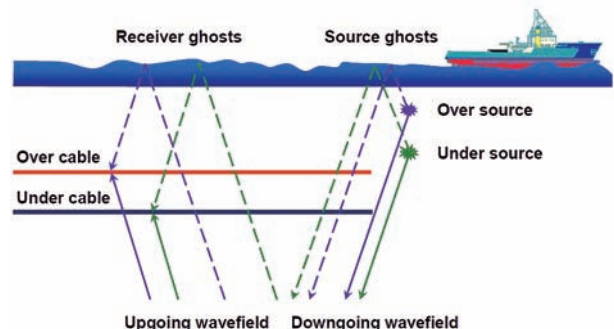


図2 Over/Under取得技術の概念図

# 新技術紹介

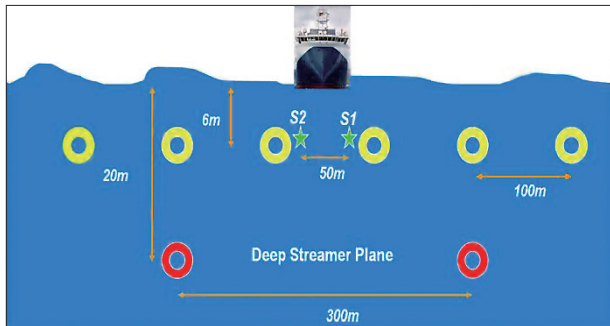


図3 DISCoverの典型的なストリーマ構成(この場合は通常の深度に6本、深い位置に2本)

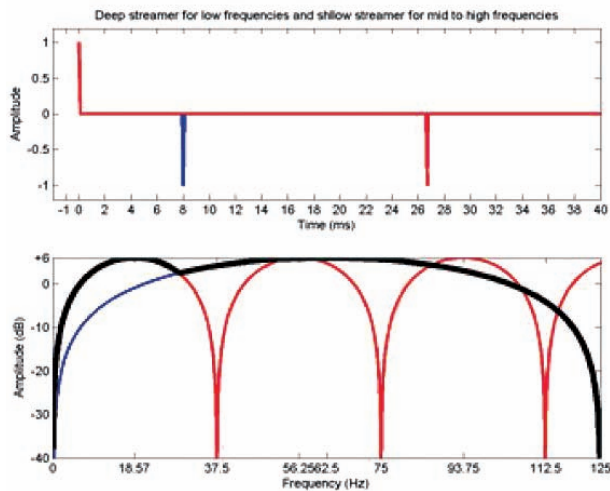


図4 垂直入射スペクトル。青が浅いケーブル、赤が深いケーブル、黒が合成したもの

航するのに加え、この際には全長5.5kmの2本目のストリーマを海面下15mで曳航し、データを取得することで、3測線の2次元データにおいて海底下10km以深の沈み

込み帯のイメージングに成功している。

多数の浅いケーブルを密に並べる一方で少数の深いケーブルを曳航する三次元データ取得技術はDISCover\*と呼ばれ、浅いストリーマで広い範囲のデータを取得する一方で、深いケーブルで低周波成分を取得することができ、広帯域のデータを効率よく取得することが可能になった。このDISCover技術により、10ヘルツ未満のきわめて低い周波数成分のデータの信号が飛躍的に改善した。これらの超低周波成分は、深く吸収性の強い媒体を透過するだけでなく、音響インピーダンスを求めるためのインバージョンに有効である。特に音響インピーダンスのインバージョンはこれまで低周波成分のモデリングに大きく依存していたのが、この技術により大きく改善されることになった。

インバージョンにおいて、地震探査データに通常記録されない低周波成分は、これまで坑井データを内挿することで求められてきた。このいわゆる「ギャップを埋める」プロセスにおいて、このギャップにあたる周波数は典型的には3から8.5ヘルツにあたる。この低周波数成分が欠損していることが坑井データへの依存を強めることになり、不確実性を高め、また特に坑井データがまばらにしかない場合にはインバージョンの結果の不確実性を高め、また坑井データがバイアスを与えることになっていた。

## ケーススタディー

オーストラリア北西大陸棚においてDISCover技術を

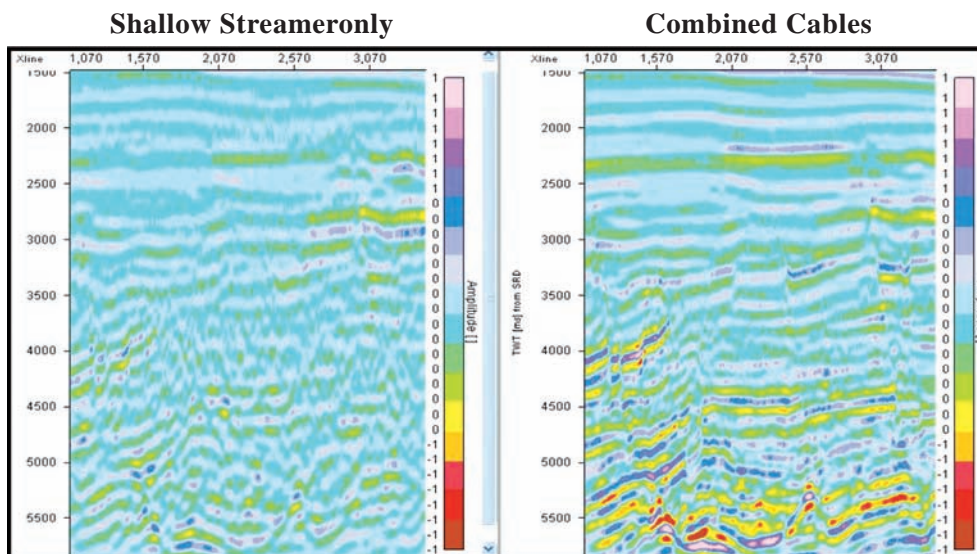


図5 超低周波(2-7Hzのみ)の相対音響インピーダンス、左が浅いケーブルのみ、右がOver/Under

用いて取得された230平方キロメートルのデータについて紹介する。6本のストリーマが海面から6メートルの深さで、また2本が20メートルの深さで曳航された。また、これらのOver/Underのケーブルに加え、震源も5メートルと10メートルの2つのレベルで設置された。3.125メートル間隔で取得されたシングルセンサーからのデータを用い十分なサンプリング及びノイズの除去が行われた。ストリーマを操縦することでケーブルの方向をコントロールした。この結果、10ヘルツ未満の低周波のデータについて、12デシベルにも及び飛躍的なS/N比の向上を達成する一方で、浅いケーブルスプレッドにより高周波成分をすべて保持することができた。

図5は、上部のアレー（浅いケーブルのみ）とOver/Underアレーのゼロフェーズのデータをそれぞれ処理し、インバージョンにより音響インピーダンスに変換し比較したものである。フェーズの確認のためにWaveletを離れた坑井のデータを用いて求めた以外、インバージョンに坑井データは使用しなかった。ここではWaveletの周波数帯域内に含まれる情報のみが用いられ、低周波成分は地震探査データそのものから求められた。7Hz未満の超低周波帯域にわたり、Over/Underの相対的音響インピーダンス(Relative Acoustic Impedance - RAI)のデータは特に深部で連続性やイベントの鮮明さが増しているのが見られる。

調査海域の外側、4.5キロ北に位置する坑井が、インバージョンの結果を確かめるのに用いられた。これらのデータを調査海域に投影し、インバージョンで求められたインピーダンスのデータと並べたものが図6である。坑井データと地震探査データからのRAIデータは全周波数（3-80ヘルツ）にわたる良好なタイを見せているところから、Waveletの仮定は正しかったものと推測できる。

低周波成分の強化の程度を確認したうえで、さらに絶対音響インピーダンス(Absolute acoustic impedance - ABSAI)をインバージョンで求

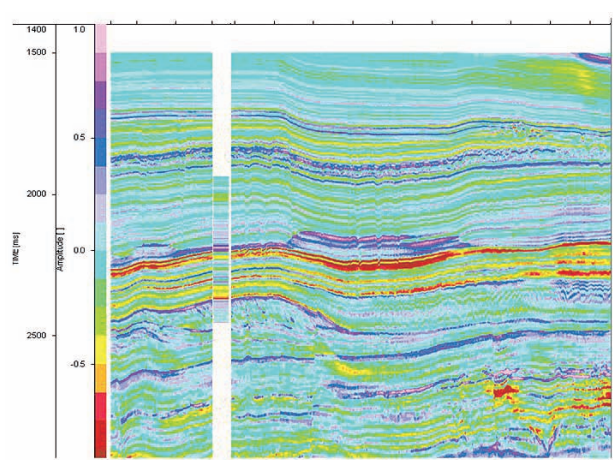


図6 相対音響インピーダンスを投影した坑井タイ

める試みを行った。

速度モデルから低周波の主な成分は求められるが、一般にナル周波数(Null frequency)もしくはギャップと呼ばれる2から10ヘルツの帯域は通常坑井データから求めたモデルを用いて内挿される。しかしOver/Underデータに対しては、ナル周波数帯域の全体が測定データから計算され、その最も低い周波数の記録のがマイグレーションデータから求められた高い周波数記録と効果的に符合していることが確認できた(図7)。これによって、地震探査データの測定のみからABSAIをインバージョンで求めることが可能になった。

低周波成分を強化することで大規模な地質学的な特徴をマップすることが可能になった。図8から、浅いアレーのデータだけではほとんど特定できない大規模なイベントがDISCoverのデータでは明瞭に見えることが

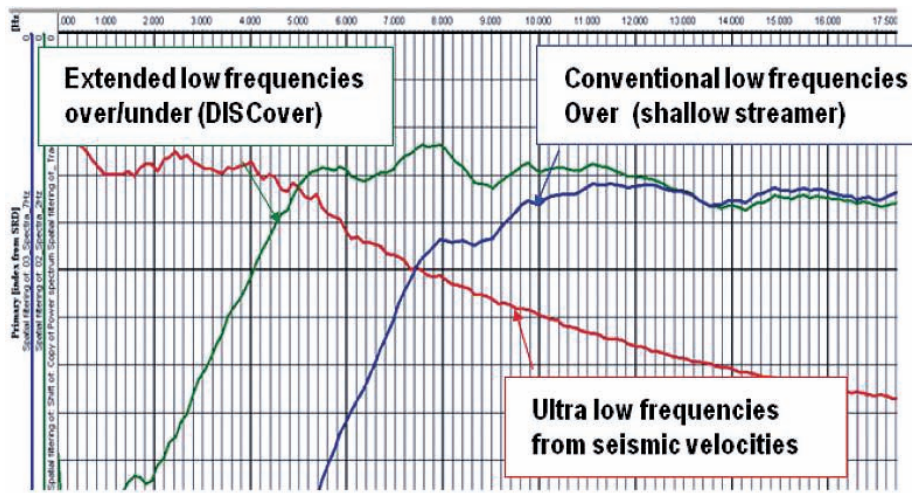


図7 浅いケーブル(青)、Over/Under(緑)、地震探査データの速度(赤)のスペクトル解析結果

# 新技術紹介

わかる。

また、低周波のこのように厚く大きな規模の地質学的特徴はしばしば存在はするものの、低周波成分を含まない従来の地震探査データからはこれまでめったにマップできなかった。

## おわりに

DISCoverと呼ばれるOver/Underのケーブル、震源及び記録システムにより、低い周波数の信号が高周波成分を損なうことなく取得できることが明らかになった。これにより高い解像度で深い部分のデータの取得が可能になり、より明瞭な地震探査断面を提供できるだけでなく、従来のデータでは出せなかったイベントのイメージングを可能にした。またDISCover技術により、信頼できる低周波モデルや良好な坑井データのコントロールがない場合においてもインバージョンを可能にした。したがって、この手法は、最先端の探査ツールとして今後広い範囲での応用が期待される。

(\* Mark of Schlumberger)

## 参考文献

- Hill, D., L. Combee, and J. Bacon (2006): Over/under acquisition and data processing: the next quantum leap in seismic technology: First Break, 24, 81-96
- Bunting, T., B. Martin, O. Osawa, S. Singh, P. Christie, H. Carton, N. Hananto, D. Hartoyo (2007); A Seismic Investigation into the earthquake that caused the Boxing day 2004 Tsunami, O135-005, 2007 JpGU Meeting
- Buia, M., P. E. Flores, D. Hill, E. Palmer, R. Ross, R. Walker, M. Houbiers, M. Thompson, S. Laura, C. Menlikli, N. Moldoveanu, E. Snyder (2008); Shooting Seismic Survey in Circles: Oilfield Review Autumn 2008, 21-31
- Özdemir, A. K., P. Caprioli, A. Özbek, E. Kragh, and J. O. A. Robertsson (2008): Optimized deghosting of over/under towed-streamer data in the presence of noise, The Leading Edge 27, 190-199
- Long, A., D. Mellors, T. Allen, and A. McIntyre (2008): A calibrated dual-sensor streamer investigation of deep target signal resolution and penetration on the NW Shelf of Australia, 78th Annual International Meeting, SEG, Expanded Abstracts, 428-432
- Posthumus, B. J. (1993): Deghosting using a twin streamer configuration, Geophysical Prospecting, 41, 267-286
- Bayly, M. L. Dominic, B. Webb, and E. Kragh (2011):

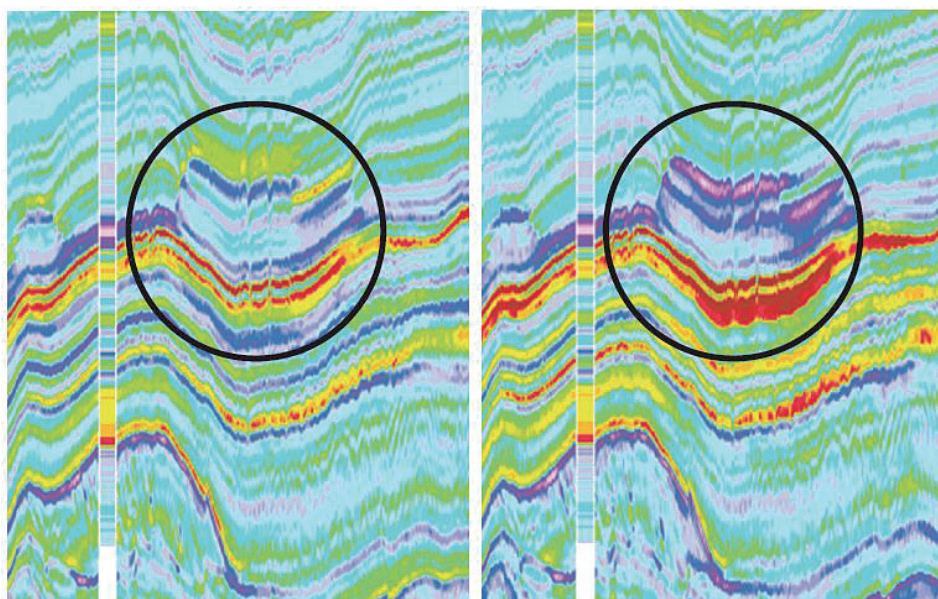


図8 相対音響インピーダンス、左が浅いケーブルのみ、右がOver/Under



Filling the inversion “gap” without well data: Multi level sources and streamers help improve inversion:, Proceeding, Indonesian Petroleum Association, Thirty-fifth Annual Convention & Exhibition, May 2011

- WesternGeco, Acoustic Inversion of DISCover Data, Case study: Enhanced low frequencies open up a new dimension in geological mapping, www.westerngeco.com/DISCover

- 大澤 理, T. Bunting, D. Sweeney (2008): 21世紀最先端の高品質海上地震探査技術, 物理探査, 61, 3, 251-272
- 大澤 理, D. Sweeney, T. Bunting, M. Bayly (2009): Qマリーナが可能にしたオーバー・アンダー技術, 物理探査学会第116回学術講演会, 83-84

## SEG DL (Distinguished Lecturer) 開催報告

物理探査学会 国際委員会

米国物理探査学会(SEG)は教育プログラムの一環として、世界各地で講習会を開催しています。当学会は、講習会の日本開催に協力しており、去る1月30日には、ブリティッシュ・コロンビア大学のDoug Oldenburg教授による講習会「Imaging the Earth's near surface: The why and how of applied geophysics for the 21st century」が開催されました。講演会の参加者は39名で、当学会内田利弘会長を始めとし、大学・研究所・企業等にお勤めの方々や大学院生にご参加頂き、大変な盛会となりました。

御講演の内容の前半は、同一地域で行われた複数の物理探査(電気・電磁探査(TEM)、重・磁力探査)による金属鉱床周辺の3次元地下構造解析の事例紹介でした。最新の地下可視化技術のお話と、異なる物理探査による断面の比較・解釈は非常に興味深いものでした。質疑応答も活発に行われ、会場からはジョイント・インバージョンに関連した質問が複数ございました(写真)。Oldenburg教授はこの適用に対しては慎重であり、「複数の地下構造間の類似点を強調するのみでなく、相違点にも注目することが金属鉱床探査では重要である」と回答されていました。「インバージョンはSafetyであるべきだ」とも答えられており、インバージョン技術の開発に長年携わられた研究者の言葉として印象的でした。御講演後半のテーマは、新たな電磁探査技術の紹介であ

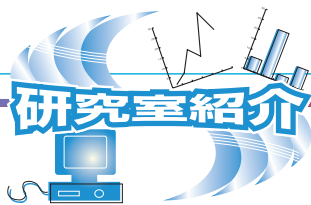
り、自然の地磁気変動観測による地下比抵抗構造の3次元マッピングでした。ヘリコプターを用いた空中観測計画が紹介されました。

これらの技術紹介を通じて、持続可能な社会のためには、次世代の物理探査とそのために必要な技術の議論が重要であるとして、Oldenburg教授は御講演を締めくくられました。参加者一同にとって今回のSEG DLは非常に印象的な価値ある講習会でした。終了後は、Oldenburgご夫妻をお招きして懇親会を行いました。こちらも盛会であったことはもちろんです。当学会では今後も同様の講習会を定期的に開催いたします。今後の開催情報に関しましては、当ニュースレターを御覧いただけますと幸いです。

(文責: 国際委員 齊藤秀樹、後藤忠徳)



産業技術総合研究所 臨海副都心センターにて、活発な質疑応答が行われました。



# 「地下という未知の領域の解明」

早稲田大学 創造理工学部  
環境資源工学科 地殻情報工学分野  
探査工学研究室

## 1. 研究室概要

当研究室は、平成21年4月に斎藤章教授が早稲田大学の特任教授に就任され、探査工学研究室として発足しました。電気・電磁探査法を中心に、特に時間領域電磁探査法(TEM法)の研究を主軸として研究開発を進めています。斎藤研究室の方針として、常に現場を意識した実用的な技術の研究および開発を掲げています。研究の進め方は多岐に渡り、数値シミュレーション、測定機器の開発、室内モデル実験、フィールド試験など複合的な視点から地下構造の解明に取り組んでいます。

平成24年度の研究室構成は斎藤教授、研究員1名、博士1名、修士2年7名、修士1年5名、学部4年7名、計21名です。本年度で4年目となり、昨年に第1期の修士学生2名が修了しました。まだまだ歴史の浅い研究室ではありますが、自分たちが歴史を作っていくのだという気概を持って日々邁進しています。



研究室メンバー

## 2. 研究内容

当研究室では主に以下の5つの研究テーマに分類されます。

「海底熱水鉱床の探査手法の開発」

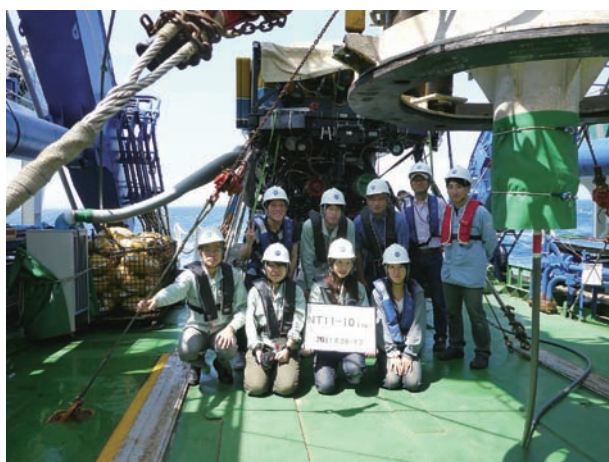
「MI素子を使った新しい物理探査技術の研究」

「二酸化炭素地中貯留の電磁モニタリング法の研究」

「地下水調査技術の研究」

「電磁探査による石油調査技術の研究」

ここでは、「海底熱水鉱床の探査手法の開発」について簡単に紹介したいと思います。当研究室では海底熱水鉱床探査に、陸上の金属資源探査に用いられている電気・電磁探査法の適用を目指しています。具体的には、3次元の数値シミュレーションや水槽モデル実験、測定機器の開発、海域試験により研究を進めています。また、熱水鉱床サンプルの化学組成や電気的特性の分析を行っています。その結果、鉱石は高い充電率を持つことが判明し、海底でのIP調査技術の研究を進めています。平成23年6月にはベヨネーズ海丘の白嶺鉱床にて、ROVにMI-海底磁力計などのTEM法測定機器を搭載し、実海域での試験を実施しました。平成24年8月には再度ベヨネーズ海丘にて海域試験を実施予定です。現在、測定機器を改良し、次の航海に向けて更なる研究開発を進めています。



平成23年6月なつしま航海



実験風景(大学内)

卒業論文や修士論文では、電気・電磁探査法に関する研究のほか、地震探査法に関する研究も行っています。平成23年度の卒業論文・修士論文のテーマは以下の通りです。

#### 【卒業論文テーマ】

- 海底電気探査におけるIP法 2次元モデル計算
- 海底熱水鉱床探査に用いられる電磁探査法に関する研究
- 二酸化炭素の地中貯留におけるMT法・TEM法によるモニタリングに関する研究
- 海底油ガス田に対する電磁探査法の研究
- フィードバック回路を用いたMI 磁力計の開発
- TEM法による地下水調査技術

#### 【修士論文テーマ】

- MI素子磁力計の海底電磁探査法への適用に関する研究
- 海底熱水鉱床の電気的特性とその探査手法に関する基礎研究

### 3. 研究室行事 ～ゼミ合宿～

研究室行事の一つとして、夏季休業を利用し、大学敷地内にて2泊3日のゼミ合宿を実施しています。この合宿では、地震探査、電気・電磁探査、地中レーダー等の物理探査現場実習を行います。学生主導の下、事前準備から



平成22年度ゼミ合宿 電気探査の実習

データ解析まで行い、物理探査に関する一連の作業を体験することができます。また、企業や研究室OBの方々にもご参加いただいております。お借りした測定機器のご指導を賜っています。最新の技術や物理探査技術者としてのスキル・ノウハウに触れられるこの合宿は、現場感覚を養える貴重な学習の場です。

夜は懇親会(飲み会)も開催しており、参加者同士の交流を深めています。朝から晩(深夜)まで、メリハリのある大変充実した内容の合宿となっています。

もし合宿にご協力いただける方がいらっしゃれば研究室までご連絡いただくと幸いです。

#### おわりに

当研究室では、学部4年生から正式に研究室に配属され、研究生活のスタートとなります。通常のゼミ(研究成果報告)は毎週月曜日にあり、昨年度からそれに加えて、前期に2週間に1回のペースで土曜日ゼミ(実習)を実施しています。

また、昨年末に研究室ホームページを開設しました。下記URLよりアクセス可能ですので、興味のある方は是非ご覧下さい。

研究室HP：<http://www.geophysics.env.waseda.ac.jp/index.html>

(文責:木佐貫寛、佐野成哉、相部翔、市川大)



平成23年度ゼミ合宿 集合写真

## 基礎地盤コンサルタンツ株式会社

基礎地盤コンサルタンツ株式会社は地盤工学のパイオニアコンサルタントとして、長く土木建設分野で社会資本の充実に寄与してきました。当社は1953年(昭和28年)に土質基礎調査所として創業した老舗のコンサルタント会社です。これまで土質、地質調査を中心に、鉄道、高速道路、空港、ダムなどの多くの公共事業、国家プロジェクトに携わってきました。



Fig1 明石海峡大橋海底地質調査

現在では、土質、地質調査分野はもとより、設計、施工管理、環境、防災、保全にいたるまで、幅広い分野においてコンサルティングサービスを提供しています。

事業所は東京都江東区の本社をはじめ、主要都市8ヶ所に支社、全国55ヶ所に支店、事務所を展開しています。また、シンガポール、クアラルンプールに支社、ハノイ、ジャカルタに事務所を設立しており、海外においても積極的な事業展開を行なっています。

さて、当社は前述の通り、地盤調査を主として発展した会社であります。そのため、古くから当社を知る方の中には、「基礎地盤は軟弱地盤調査専門の会社」と思われる方がいるのではないのでしょうか。そんな物理探査とは縁遠いイメージの当社ですが、物理探査の専門部署を組織してから約20年が経っています。現在、高密度弾性波探査、高密度電気探査は当社における物理探査の中心的役割を果たしています。この他にも、2次元表面波探査、微動探査などの各種探査を行なっていま

す。また、これらの物理探査を実施・解析する実務のほか、社内外からの要望に応じて探査計画の立案から結果の解釈までの支援を行い、その知見の共有化を図ることにより更なる探査業務の普及にも務めています。

当社は探査の3次元化にも取り組んでいます。これは、土木設計の3次元化を睨んでの取り組みです。建築分野ですでに設計の3次元化が進んでいるようですが、あいにく、土木分野ではまだそのような動きはありません。その意味では、まだ日の目をみない技術です。ただし、3次元探査によって、従来の2次元探査では分からない、地盤の3次元構造が把握できます。例えば、Fig2の例は、3次元高密度弾性波探査の解析例です。馬蹄形の崩壊跡(赤点線囲み)を精度よく捉えることができています。

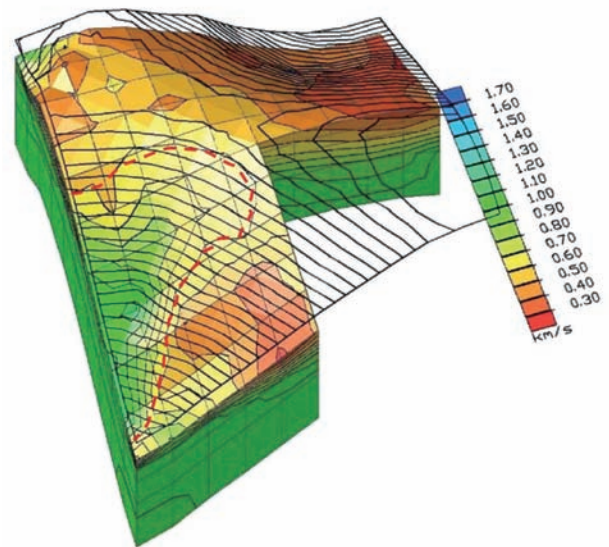


Fig2 3次元高密度弾性波探査の解析例

Fig3の例は3次元高密度電気探査の解析例です。これは河川堤防の解析例です。図を見ると、天端付近は低比抵抗の土質で構成されていることが分かります。また、堤防法面および基盤内部に高比抵抗部が存在することが分かります。

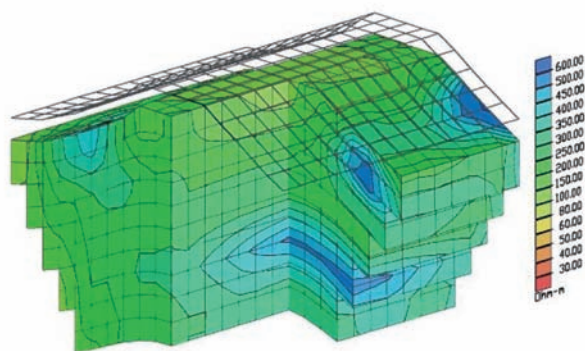


Fig3 3次元高密度電気探査の解析例

これら3次元探査は、その性質上、測定と解析に時間がかかり、経済性の面で問題があります。しかし、調査精度は2次元探査を上回るものであり、如何に経済性を高めることができるかが今後の課題です。

Fig4は浅瀬で行った2次元表面波探査の様子です。2次元表面波探査は、基本的に陸上での適用を想定し、河川堤防調査などで多く利用されてきた技術ですが、これを浅瀬に適用しました。図では水面に白いフロートが列を成して浮いている様子が分かります。フロートには地震計と信号ケーブルの接続部が乗っており、地震計はランドストリーマーケーブルで水底を牽引しています。通常システムでは、信号ケーブルはランドストリーマーケーブルに固定されており、また、地震計と信号ケーブルの接続部がむき出しの状態であるため、そのまま水中に沈めると、信号がリークしてしまい、さらには信号ケーブル故障の原因にもなりかねません。そこで、ランドストリーマーケーブルと信号ケーブルを切り離し、地震計と信号ケーブルの接続部には防水処理を施し、さらにフロートの上に固定して水面に浮かべることで、できるだけ水に触れないようにしました。また、地震計はもともと防水仕様ですが、念のためコーキング剤で目地

を埋めてあります。このシステムの利点は、ランドストリーマーケーブルを引けば、フロートが水面を滑って付いてくるので、水への耐性を高めつつ、陸上と同じ感覚で作業が行える点です。起振は、水底にゴム板を置き、ゴム板の上に水面から頭を出す程度の高さの角柱を置き、角柱の頭をカケヤで叩きました。あまり深くなりますと、大きな角柱を用意する必要があり、携帯性が悪くなります。今のところ、水深15cm程度までであれば作業効率や記録品質に問題は出ていません。



Fig4 浅瀬における2次元表面波探査

最後になりますが、当社は、社是を3つ掲げており、そのうちの一つに、「高い評価と報酬を受けるに値する技術を開発し人材を育成し、高度の技術力と適切な判断力を発揮して、施主に心のこもったサービスを提供する」という言葉があります。今後も、高い評価をいただけるよう業務に励みたいと思います。

(文責：吉川 猛)



## ワンデーセミナー「宇宙線・ミュオン粒子の世界と物理探査」開催報告

物理探査学会が毎年話題のテーマを選び、専門家の方に講演をお願いしておりますワンデーセミナーが平成24年2月3日(金)に開催されました。会場は独立行政法人海洋研究開発機構東京事務所の会議室をお借りしました。

今年は「宇宙線・ミュオン粒子の世界と物理探査」をテーマとして、4名の先生方に講演して頂きました。

宇宙空間に降り注ぐ宇宙線やミュオン粒子を用いた探査技術につきまして、それぞれ異なる利用分野ですが、「宇宙線」を共通項として、それを用いた研究・探査のお話しは、受講された方々を魅了する非常に関心の高い内容でした。質疑の場においても活発な意見交換がされました。特に各講演の最後でお話しして頂きました今後の展望は非常に明るく夢のある話題でした。セミナーは盛況のうちに終わりました。

下の写真は当日の会場の様子です。

会場の熱気が伝わりますでしょうか？

ここからは講師を務めて頂きました4名の先生方の講演概要を紹介させていただきます。



### 【第一部】:基調講演

**演題:**「ミュオングラフィの現状と未来」

**講師:**田中宏幸(東京大学 大学院理学研究科)

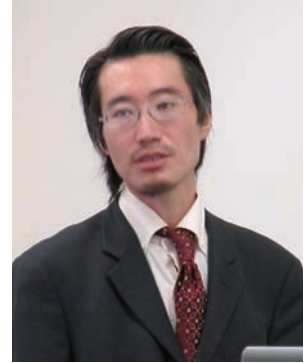
ラジオグラフィの1つとしてのミュオングラフィについての定義、ミュオングラフィで用いられるミュオン(ミュオン粒子)の生成までの過程、物質に対する透過性、その同定方法について解説された。さらに過去の海外におけるミュオングラフィの実例が紹介された。

ミュオングラフィを用いてレントゲン写真の様に火山内部を映し出す観測技術について、有珠山における実例を中心とする探査結果が紹介された。屋外観測による制約、水平方向のミュオンを利用することの問題点等、今後の解決方法につ

いて解説された。

また空間変動による密度決定精度向上の方策、自然観測故に短時間の観測では限られるミュオンフラックス(単位時間・単位面積・単位立体角あたりのミュオンの数)の時間変動を観測する例が解説された。

現状のミュオングラフィの課題として外形が変化する場合の対象には適用できない事はある。将来は新しい解析方法(Penrose transformation)を導入してこの課題の解決への展望が示された。



### 【第二部】:ケーススタディー

**演題:**「銀河宇宙線強度の汎世界的ネット・ワーク観測」

**講師:**宗像一起(信州大学 理学部)

銀河宇宙線と大気中の輸送過程についての概説と、宇宙線強度を常時観測する世界的ネットワーク(GMDN)を利用した中性子計及びミュオン計を用いた宇宙天気観測の原理が解説された。磁気嵐は変電所などに障害を与えることもあるため、磁気嵐の予報が重要となる事が指摘された。

GMDNを応用する事によりCME(太陽フレアのプラズマ放出)による磁気嵐の地球到達予報に利用されている事例が紹介された。

今年から来年にかけて予想される太陽活動サイクルの極大期についてGMDNによる観測が期待されている。

**演題:**「ミュオン粒子による土木物理探査の可能性」

**講師:**鈴木敬一(川崎地質株式会社)

土木物理探査分野における、ミュオン粒子を用いた空洞探査技術の可能性について新規に開発された探査システムが紹介された。

黎明期の大型建造物・遺跡等を対象としたミュオン粒子探査



の実例が挙げられた。

ミュオン粒子を用いた空洞探査の原理が解説され、探査に用いるために開発された検出器と探査事例が紹介された。

最新の計測器としてミュオン粒子マルチチャンネル計測器の開発と、それを用いた埋設管を対象とした三次元トモグラフィ結果が紹介された。

今後は検出器を小型化・更なるマルチチャンネル化等の改良を施す事により現在の試験器から実用機へ完成させ土木物理探査のひとつの技術としての展望が示された。



分光計を中心に月面での元素分布調査の実例が紹介された。

世界初のGe検出器を採用した分光計の性能・運用方法・シミュレーションについて解説され、実際に観測された結果から判明した事例などが紹介された。

最後に将来の月探査について、月面天文台を含めた計画・展望が示された。



**演題:「宇宙線を利用した惑星探査:ガンマ線分光による惑星表面の化学組成観測」**

**講師:小林正規(千葉工業大学 惑星探査研究センター)**

宇宙線(ガンマ線)を用いた惑星探査、特に月面探査が中心に解説された。

アメリカ、旧ソ連を中心とした月探査の流れと歴史の解説の後、日本が近年打ち上げた月探査機「かぐや」搭載のガンマ線



(文責:ニュース委員 田澤 教)



## 講演会・セミナー開催のお知らせ

### 第127回(平成24年度秋季)学術講演会

1. 会期:平成24年11月29日(木)~12月1日(土)
2. 会場:とりぎん文化会館(鳥取市)
3. 問い合わせ先:一般社団法人 物理探査学会 事務局  
電話:03-6804-7500、FAX:03-5829-8050  
E-mail:office@segi.org、HP:http://www.segi.org/

### 平成24年度「物理探査セミナー」開催のご案内

開催日時:平成24年7月3日(火)~7月5日(木)  
会場:産業技術総合研究所 臨海副都心センター 本館  
申込方法:<http://www.segi.org/committee/jigyoindex.html>を参照ください。

締切り日:平成24年6月18日(月)

#### プログラム概要(予定):

物理探査概論	内田真人(地球科学総合研究所)
リモートセンシング	岡田欣也(地球科学総合研究所)
位置測量	金田智久(地球科学総合研究所)
物理検層(石油編)	日下浩二(シュルンベルジェ)
物理検層(土木編)	赤津正敏(中央開発)
重力探査・磁気探査	森尻理恵(産業技術総合研究所)
屈折法地震探査	斎藤秀樹(応用地質)
反射法地震探査	阿部 進(地球科学総合研究所)
微動探査	凌 甦群(ジオアナリシス研究所)
地中レーダ	佐藤源之(東北大学)
電磁探査	城森 明(ネオサイエンス)
電気探査	井上 誠(地球情報・技術研究所)

### SEG-DISC(Distinguished Instructor's Short Course)のご案内

日時:2012年6月25日(月) 9:30~17:00  
場所:産総研臨海副都心センター  
(URL:<http://unit.aist.go.jp/waterfront/>)  
講義タイトル:Elements of Seismic Dispersion: A somewhat practical guide to frequency-dependent phenomena  
受講料:10,000円

### 韓国物理探査学会(KSEG)国際シンポジウム

KSEG International Symposium on "Geophysics for Discovery and Exploration"  
会期:2012年9月19日~21日  
会場:韓国 済州島 国際コンベンションセンター(ICC)  
要旨投稿:2012年4月1日~6月30日  
シンポジウムURL:<http://2012symp.seg.or.kr/>

### 第16回 Reent Advances in Exploration Geophysics 国際シンポジウムのご案内

日時:2012年11月19日~20日  
場所:京都大学芝蘭会館・楽友会館  
参加費:無料  
講演申込受付中です。詳細は次のホームページ  
<http://tansa.kumst.kyoto-u.ac.jp/raeg/index.html>  
および京都大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻応用地球物理学分野武川順一助教 (takekawa@tansa.kumst.kyoto-u.ac.jp)までお願いします。

## 編集後記

「物理探査」という言葉を知っている一般の方はどのくらいいるのだろうと、ふと考えることがあります。

東日本大震災から1年2ヶ月が過ぎ、テレビやニュースの特番などで大地震がどのように発生したのかを解説している番組を見聞きする機会が増えました。そして、地震や防災関係の研究機関や研究者の方々の成果や取り組みなどが紹介されています。

今年はオリンピック開催の年です。オリンピックイヤーには、ご存知の方もいらっしゃると思いますが、「国際地学オリンピック」の開催の年でもあります。今回は10月にアルゼンチンで開催されます。日本からは高校生4名の代表が出場されます。活躍を期待しています。

また、2009年に小学生と中学生の二人が発見した小惑星に命名権が与えられたというニュースが先日ありました。世界でも例がないということで、こどもの理科離れが叫ばれて久しいです

が、まだまだ日本の子供たちも捨てたものではないな、と思いました。

これらのニュースを見聞きするたびに「物理探査」という言葉はどれだけの方々が知っているのだろうか? と。「はやぶさ」や「かぐや」、「ちきゅう」など日本が世界へ誇れる技術が凝縮されている中には、物理探査と同じ技術が利用されていることも多いでしょう。それらの技術の基礎となる情報の取得には物理探査が活躍していることを。

物理探査ニュースは、広く一般の方にも見て頂けるよう無料の配布を行なっています。まずは家庭から、と思い中学生のこどもの目に付くところに置いていますが…。書いてある内容が難しいから説明してはみませんが、なかなか興味を示してくれません。根気良く続けていこうと思います。

読者の皆様にも、是非一般の方々へこの物理探査ニュースをご覧いただけるよう広報して頂けたらと、お願い致します。

(ニュース委員会委員：山中義彰)

## 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。「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、原則として一般社団法人物理探査学会にあります。本ニュースに掲載された記事を複製したい方は、学会事務局にお問い合わせ下さい。なお、記事の著者が転載する場合は、事前に学会事務局に通知頂ければ自由にご利用頂けます。

## アンケート調査について

ニュース発行の参考にさせて頂くために、下記Web siteにてアンケート調査を実施することにしました。この調査結果は毎年2回程度の頻度でニュース委員会が集計して、適宜物理探査ニュースで紹介します。ご協力をお願いいたします。

[http://www.segj.org/committee/news/ques/news\\_ques.html](http://www.segj.org/committee/news/ques/news_ques.html)

物理探査ニュース 第14号 2012年(平成24年)4月発行

編集・発行 一般社団法人物理探査学会

〒101-0031

東京都千代田区東神田1-5-6 東神田MK第5ビル2F

TEL : 03-6804-7500 FAX : 03-5829-8050

E-mail : office@segj.org

ホームページ : <http://www.segj.org>