

# 物理探査 ニュース



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

## 目次

わかりやすい物理探査 反射法地震探査1	1
ホント?SFの中の探査11	4
講座紹介	
名古屋大学大学院環境学研究科 地球惑星ダイナミクス講座	6
脱線・物探英語 その13	8
英文誌「EG」—さらなる発信力の向上へ	10
平成28年度日本応用地質学会北海道支部・ 北海道応用地質研究会 (共催:物理探査学会)合同研究発表会報告	11
お知らせ・編集後記	12

Geophysical Exploration News October 2016 No.32

## 物理探査 手法紹介

### わかりやすい物理探査

### 反射法地震探査(その1:基礎事項)

石油資源開発株式会社 高橋 明久

#### 0. シリーズを始めるにあたって

今回からシリーズで反射法地震探査に関する基本をお話したいと思います。構成としては、

- 第1回 反射法地震探査の基礎事項
- 第2回 反射法地震探査の適用例と分解能
- 第3回 反射法地震探査のデータ取得
- 第4回 反射法地震探査のデータ処理
- 第5回 反射法地震探査のデータ解釈

を考えております。

物理探査全般に言えることですが、技術を正確に伝えるには微積分やベクトル・行列といった物理数学が不可欠です。ではありますが、このシリーズでは厳密な数式表現は『物理探査ハンドブック』や他の教科書を参照いただくこととして、出来るだけ感覚的に反射法地震探査が把握できるように考えました。それでも平方根や三角関数程度は不可避でしたのでご容赦ください。そして、厳密さを欠く部分もあることを予めご了承ください。

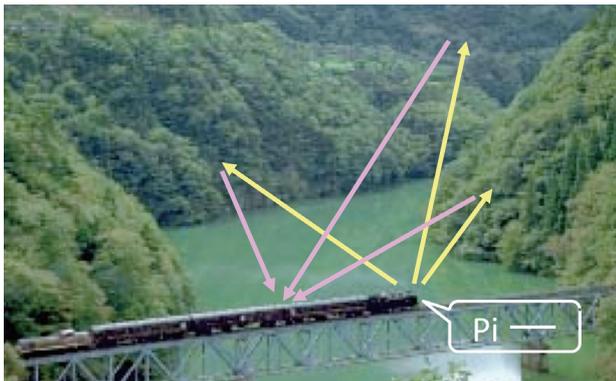


図1 反射法の原理

#### 1. 反射法の基本原理

反射法の基本原理はやまびこと一緒です。図1をご覧ください。渓谷を列車が走っています。ピーツと警笛を鳴らしますと(黄色線)、渓谷の壁面や遠くの山肌から音が反射して帰ってきて客車にいるあなたにはいくつものやまびこが聞こえます(桃色線)。ただ、それらのやまびこがそれぞれどこから返ってきたのかは俄かには知ることができません。反射法地震探査はこれと同じことを地下に対して実施し、なおかつ反射がどの地点で起こっているのかを同定する技術です。

反射法地震探査では人工的に発生させた弾性波を地下に送り込んで、その反射波を地震計(受振器)で観測し、そのデータを解析します(図2)。

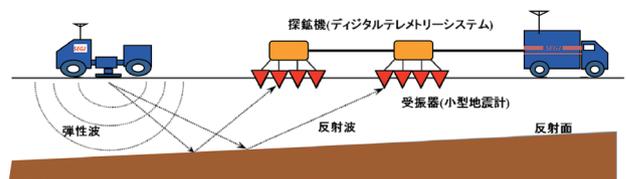


図2 反射法地震探査データ取得基本概念図(増補改訂版 物理探査ハンドブックより)

#### 2. 反射法地震探査断面図の見方

それでは反射法地震探査の断面図を見てみましょう。図3をご覧ください。反射法地震探査断面図(以下、反射法断面図)の大きな特徴は、反射波そのものを加工して表示しているという点です。従って、正しく処理された断面図は人間の解釈が入る余地が少ないものになっています。

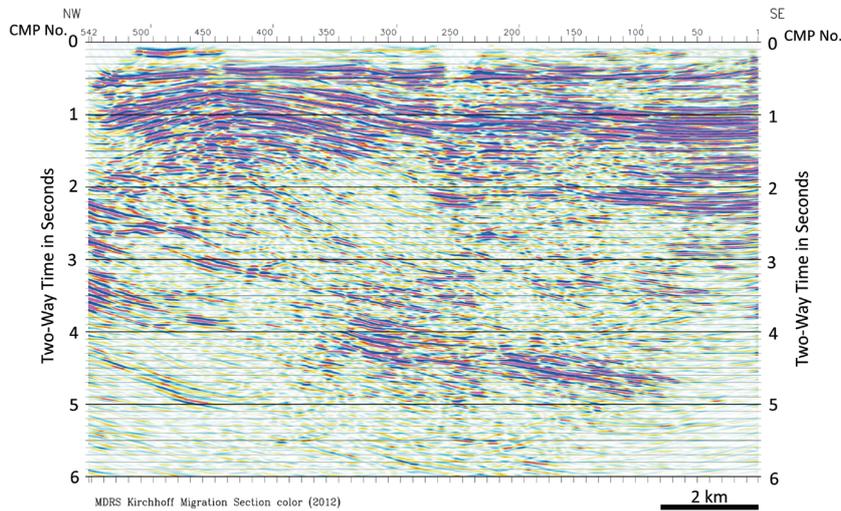


図3 北海道苫小牧における反射法地震探査断面図の例(山口ほか(2014)<sup>1)</sup>に軸・スケールを加筆)

縦軸は垂直往復走時(Two Way Travel Time:TWT)であり、これは地表から鉛直方向に波が伝播して地下で反射して地表に帰ってくるまでの時間を示しています。横軸はCMP番号(後述)であり、この反射法断面図では80ポイント分の長さが2kmに対応します。

図3は、北海道苫小牧市で1986年に実施された調査を山口ほか(2014)<sup>1)</sup>が再処理した結果です。この測線は静川背斜(図面左)をほぼ北西-南東に切るもので、測線長は約13.5kmです。測線中央の4秒から5秒にかけては南東方向に傾斜する強い反射群がみられます。

さて、地下を伝わる波にはP波(縦波)とS波(横波)があります。近年は物性値(例えばポアソン比)の把握や、構造の詳細把握のためにS波探査やPS反射波探査が行われることもあります。ここではP波探査に絞って解説することとします。

### 3. 反射波の伝播経路

先ほどのやまびこの例では警笛は速度一定の空気の中を伝わっていきますから、音波は直線的に進みます。地下が図4に示すような単純な水平2層構造であれば、やまびこと同じで入射角と反射角は等しく、伝播経路は単純な直線で表されます。水平2層構造における反射波の走時Tは次式のように表されます(図4)。

$$T = \sqrt{T_0^2 + \frac{X^2}{V^2}}, \quad T_0 = 2 \frac{H}{V} \quad (1)$$

ここでVは第1層目の地震波速度(m/s)、 $T_0$ は垂直入射したときの往復走時(垂直往復走時)(sec)です。Xは発振点Sと受振点Rの水平距離(m)でオフセット距離と呼ばれます。

上記のように単純にいけばよいのですが、実際には地下

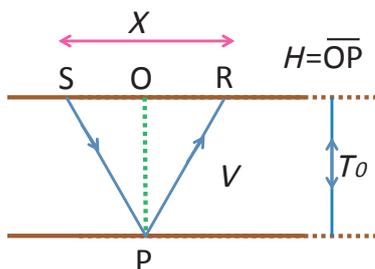


図4 水平2層構造における反射波経路

では速度が空気(0°C)の330m/sに近い値からマンツルの8,000m/s以上まで大きく変化しているために、地下を伝わる地震波はスネルの法則に従って反射・屈折していきます。

水平多層構造における地震波伝播の様子を図5に示します。図で発振点をS、受振点をRで表します。発振点S1と受振点R1が一致する場合(オフセット距離ゼロ)には地震波は地下の鉛直方向に直線に進み同じ点に戻ってきます。発振点S2と受振点R2の位置が異なる場合には波は図のように曲がって伝播します。例えば図5の境界面Cで屈折した時の入射角 $\theta_{in}$ と射出角 $\theta_{tr}$ の関係は、スネルの法則によって

$$\frac{\sin \theta_m}{V_3} = \frac{\sin \theta_r}{V_4} \quad (2)$$

と表されます。ここで $V_3$ 、 $V_4$ はそれぞれ境界面Cの上と下の速度(m/s)です。

また、反射は各層で起こりますが、入射角と反射角は常に等しくなります(例えば、境界面Cでは $\theta_{in} = \theta_r$ )。

水平多層構造の場合のオフセット距離Xと走時Tの関係は、

$$T = \sqrt{T_0^2 + \frac{X^2}{V_{RMS}^2}} \quad (3)$$

と表されます。ここで $V_{RMS}$ は、RMS速度(2乗平均速度)と呼ばれる量で、次式のように定義されます。

$$V_{RMS} = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{V_i^2 \cdot \Delta t_i}{T_0}}, \quad \Delta t_i = 2 \cdot \frac{d_i}{V_i} \quad (4)$$

ここで $V_i$ 、 $d_i$ は水平多層構造の各層の速度と厚さです。RMS速度は、反射法の技術者が良く口にする言葉なので覚えておいてください。

また、式(3)は、

$$T_0 = \sqrt{T^2 - \frac{X^2}{V_{RMS}^2}} \quad (5)$$

と書き換えることが出来ますが、式(5)を用いるとオフセット走時をゼロオフセット走時に置き換えることが出来ます。すなわち、図5で $S_2 \rightarrow P \rightarrow R_2$ と伝播する反射の走時Tを、同じ構造の中を $S_1 \rightarrow P \rightarrow R_1$ の経路で伝わった走時 $T_0$ に置き換えることが出来ます。この操作はNormal Move-Out(NMO)補正と呼ばれ、5節で述べる共通反射点重合法で重要な役割を果たすこととなります。

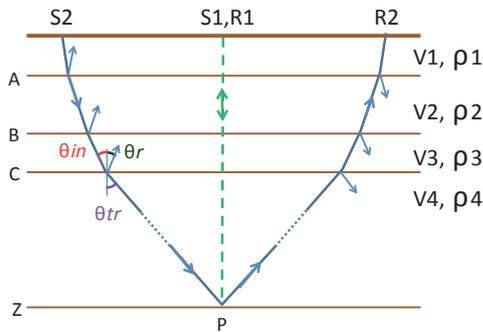


図5 水平多層構造における反射波経路

#### 4. 反射波の振幅

図5の境界面Cに振幅1の地震波が垂直入射したとき(S1, R1のケース)の反射波振幅と透過波振幅は、それぞれ

$$A_r = \frac{\rho_4 \cdot V_4 - \rho_3 \cdot V_3}{\rho_4 \cdot V_4 + \rho_3 \cdot V_3} \quad (6)$$

$$A_t = 1 - A_r = \frac{2\rho_3 \cdot V_3}{\rho_4 \cdot V_4 + \rho_3 \cdot V_3} \quad (7)$$

と表されます。ここで $\rho_3, \rho_4$ は境界面Cの上と下の密度です。密度 $\rho$ と速度 $V$ の積を音響インピーダンス $z$ と呼びます。

図5からわかるように、各層での反射によって屈折伝播する地震波のエネルギーは徐々に減衰します。反射法断面図では浅い部分に比べて深部の反射は見えにくくなるのが一般的ですが、その原因の一つがこの伝播に伴うエネルギー欠損です。

#### 5. 共通反射点重合法の原理

図6に示すように発振点から受振点に伝わる波には反射波以外に表面波や屈折波あるいは多重反射波といった種々の波が混在しています。その中から一次反射波のみを取り出して表示する必要があります。

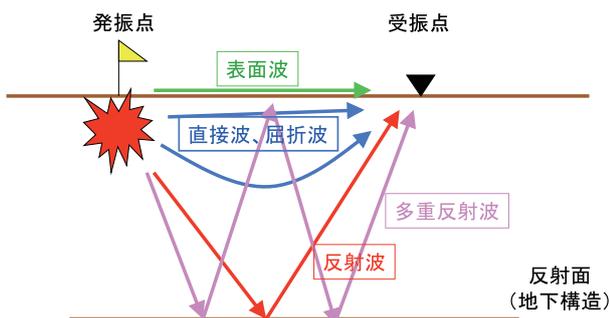


図6 観測される様々な波動

共通反射点重合法(Common Depth Point(CDP)重合法)は、この一次反射波を強調する処理手法です。近年では共通中点重合法(Common Mid-Point(CMP)重合法)と呼ばれることが多くなりましたが、歴史的にはCDP重合法という言葉の方が古く、いまだに使われることも多いので併記しておきます。以下ではCMP重合法の方を用います。

ここでCMPデータとは地下の反射点が一致するような

オフセットの異なるデータの集まりをいいます。フィールドでは、図7に示すように震源を尺取虫のように進めて複数の受振器でデータを取得し、受振器をオーバーラップさせながら測線沿いに調査を進行します(図7a)。反射点の位置は水平多層構造を仮定すれば、発振点と受振点の中心になります(図7b)。この中心が一致するデータを集めると図7cのようなCMPデータが得られます。

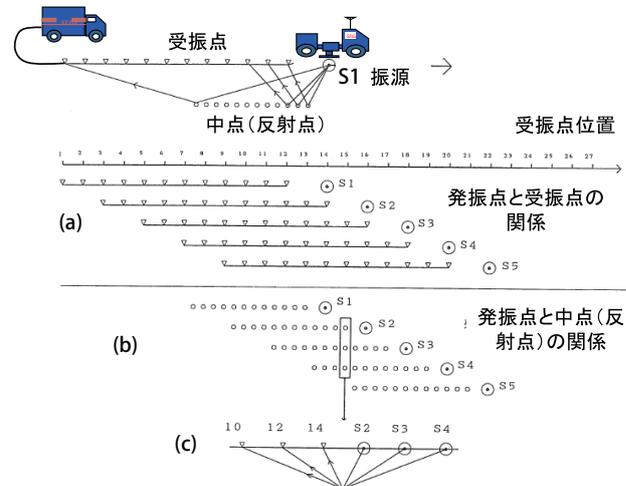


図7 CMP重合データ取得のレイアウト(増補改訂版 物理探査ハンドブックに加筆)

式(5)を利用してこれらの複数のオフセットのデータをゼロオフセットデータに直すと一次反射波の走時は同じ時間に揃うこととなります。この様子を図8に示しました。

図8ではオフセット距離が0mから1,100mまでの12本のCMPデータがあります(図8a)。CMPデータを構成するトレースの数を重合数と言います。この場合は12重合ということになります。垂直往復走時0.5秒と0.9秒に一次反射波1,2(緑・青)があり、1.0秒には反射面1からの多重反射波(赤)があります。一次反射波のRMS速度を用いてNMO補正を行うと(図8b)、一次反射波は等時間に揃うのに対して、多重反射波は時間がずれていることがわかると思います。このトレース群を水平方向に足し合わせると、時間が揃っている一次反射波が強調され、多重反射波は相対的に抑制されます(図8c)。

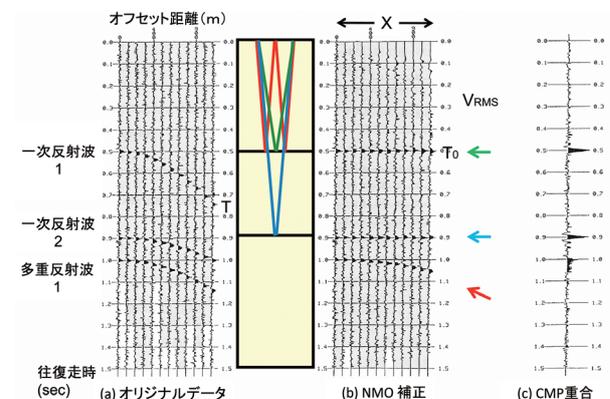


図8 CMP重合による一次反射波の強調(増補改訂版 物理探査ハンドブックに加筆)

#### 参考文献

- 山口ほか(2014): 海陸シームレス地質図S-4「勇払周辺の反射法地震探査データ再解析」産総研地質調査総合センター



## 「ゴルゴ13の中にこんな物探ネタが!」 エジプトの遺跡でもゴルゴ13(宇宙考古学編)ー

海洋研究開発機構 笠谷 貴史

前号に引き続いて、ゴルゴ13「スフィンクスの微笑」をネタに、物理探査に関連する話題について書いてみたいと思います。前号のおさらいとして、前号では誌面の都合で掲載できなかった人物相関図を作ってみました(図1)。考古学者でありつつ最新の物理探査機器を駆使できるルシアが、テロ組織に脅されて地下にある遺跡を探すストーリーでした。ここで言う最新の物理探査機器は電磁探査装置と地中レーダーです。前号ではこれらの探査機器は何だろうという話をしました。

この話が出版されたのは1998年ですが、その少し前あたりから、早稲田大学によるエジプトでの遺跡調査がテレビや雑誌などの媒体で目にするのが多かった記憶があり、中心人物であった吉村作治氏が多くの(バラエティーも含め)テレビ番組に出演していたように思います。これらの早稲田大学の調査が、この作中の遺跡調査に少なからず影響を与えたと推測しています。「吉村作治のエジプトピア(<http://www.egypt.co.jp/>)」にも、「ハイテク機器を駆使した独自の方法で精力的に調査を進めた」とあります。「吉村作治のエジプトピア」によれば、1987年頃から非破壊で遺跡の内部構造を調べるために電磁レーダー(ウェブサイト中の記載では電磁波レーダー探査機)などを使っていたようです。

本作品の台詞の中では、ジョセルから「お前らはこの広い砂漠でどうやって遺跡の場所を探り出すんだ?」とルシアは問われます。彼女は「宇宙からの衛星写真よ…実写と赤外線を組み合わせれば、透視図のように地表と地下

の構造が分かる。」と答えます。早稲田大学の調査でも東海大学と共同で1995年に衛星データの解析によって新しい遺跡を発見しているので、本作品の中に登場したのもうなずけます。今日では、様々な衛星画像やデータが、この作品が書かれた頃に比べると、一般人でもインターネットを介して目にする機会が増えています。物理探査においても、地震や噴火前後の地殻変動や鉱物資源の広域データとして、衛星データは非常に関連のある分野です。今回は、この衛星データによる概査の話の掘り下げてみます。

さて、人工衛星で得られるデータを使い、埋もれた古代遺跡に関して研究する分野を「宇宙考古学」と言います。狭い意味では、人工衛星からの様々な観測データを考古学的知見から読み解き、遺跡が作られてからの環境の変遷など、様々な要因で埋没、破壊、あるいは遺棄された未知の古代遺跡の痕跡を探すことを意味します。広い意味では、現在の人工衛星のデータによる過去から現在まで環境・気候変動の記録による地球規模の環境に関する研究、さらには今後の変動の予測のための基礎データにもなる分野と言えます。

この「宇宙考古学」ですが、日本では先に示した早稲田大学と一緒に研究をしている東海大学情報技術センターが精力的な活動を行っているようです(坂田, 1993; 坂田ほか, 1997; 恵多谷, 2003)。海外に目を向けると、米国アラバマ大学のサラ・パーキャック(Sarah Parcak)博士が有名でしょうか。最近、良く話題になること

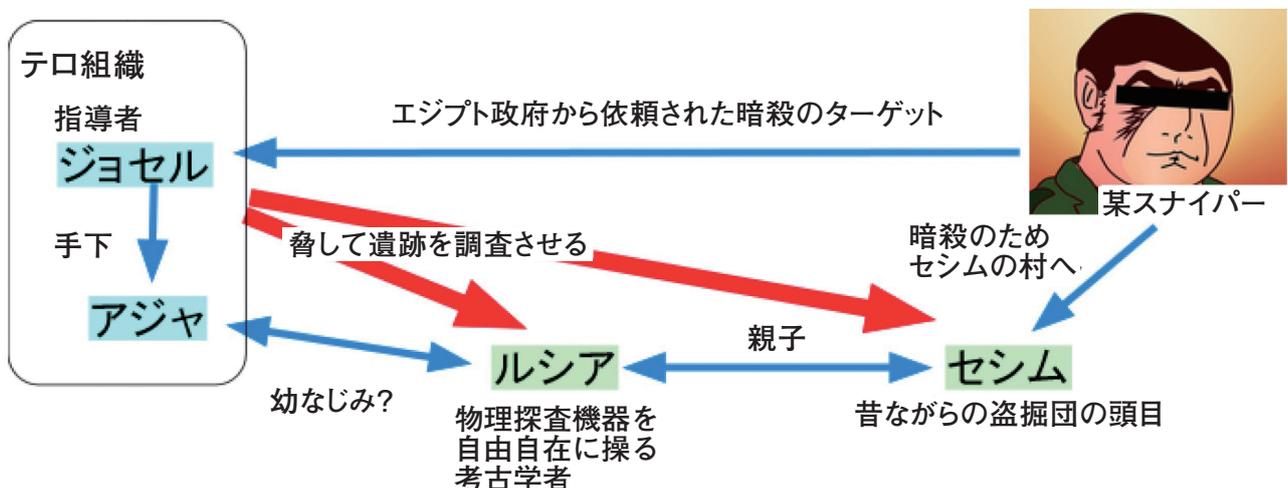


図1 ゴルゴ13「スフィンクスの微笑」 主要人物相関図

の多い“TED”でも、まさに「Archaeology from space」という演題で話をしている映像を見ることが出来ます([http://www.ted.com/talks/sarah\\_parcak\\_archeology\\_from\\_space](http://www.ted.com/talks/sarah_parcak_archeology_from_space))。2015年3月には、NHKが「コズミックフロント」で「宇宙からの目で遺跡を探る」と題した番組を放送しており、そのなかにサラ・パーキック博士が出ています。(コズミックフロント：[http://www.nhk.or.jp/cosmic/program/cosmic\\_150312.html](http://www.nhk.or.jp/cosmic/program/cosmic_150312.html))。NHKオンデマンドの会員ですと、いまでも見ることが出来るようです。

さて、この人工衛星からの観測が遺跡調査とどのように結びつくのでしょうか。まずは人工衛星からの観測について考えてみましょう。人工衛星からの観測データですぐに頭に浮かぶのは可視光、つまりは衛星写真ではないでしょうか。衛星写真と聞くとランドサットを思い浮かべる人もいるかもしれません。ランドサット1号機は1972年(筆者の生まれ年と同じ)で、現在は7、8号が運用中の状況にあります。ランドサットでは、可視光から近赤外の波長域を複数のバンドで計測するOperational Land Imager(OLI)と、熱に関する情報を取得するThermal InfraRed Sensor(TIRS)を搭載しているようです。いわゆる「リモートセンシング」と言う言葉も、ランドサットと共に一般的になったような気がします。

宇宙から地球を観測する人工衛星で取得されるリモートセンシングのデータは、それぞれの衛星のミッションで異なるものの、基本的には観測対象とする物体が反射、散乱もしくは放射する電磁波を、様々な波長で観測するに他なりません。データ取得の仕方も可視光の反射(いわゆる光学画像)や熱などの放射を観測する受動的(Passive)なものと、人工的に何らかの信号を地球に対して送信し、その反応を見る能動的(Active)なものに大別されます。可視光も電磁波の中に包含されますが、波長(周波数)によって物体(今の場合は地球)の反応の仕方が異なることを利用してイメージングすることになります。これは我々が生業とする物理探査と同じですね。

作中のロシアの台詞にあるように、可視光と赤外画像を用いて彼らは詳細な遺跡調査(物理探査)をする場所を絞り込んでいるようです。可視光による調査は、陸上踏破や航空機では対応しきれない広範囲を視覚的に分かりやすい情報として与えてくれます。未知のピラミッドや遺跡は、崩壊や建造途中での遺棄、砂などに埋もれたなどの要因で見つからないものと推測されます。そのため、既発見のピラミッドや遺跡の作られた年代による形状や構造的な特徴の違いといった考古学的な知見を元に、衛星画像を解析して現地調査場所の絞り込みが行われます。一方で、赤外線領域の画像からは地下の埋蔵物や礎石跡のような可視光では分からない情報が得られるようで

す(坂田, 1993)。しかしながら、このような短波長の電磁波が表層の土壌を突き抜けるほど浸透するのは難しい気がします。

サラ・パーキック博士に関する記事を検索してみましたが、日本語では「周囲の土壌よりも密度が高く、家や神殿、墓の形を判別できる」と書かれていました。物理探査の常識としては、密度は重力異常で探査するのが一般的で、赤外線では判別できるとは思えません。英語の記事も検索してみましたが、BBCに残っている記事でも「Ancient Egyptians built their houses and structures out of mud brick, which is much denser than the soil that surrounds it.」と書かれています。レンガと周囲の土壌の保水性の差を見ているようですが、“much denser”と言うのが引っかかります。水を含むレンガが土壌よりやや密度が高い可能性はあるかもしれませんが、やはり密度というのは釈然としません。より検索してみると、Science誌の2011年5月27日のNewsの記事を見つけることが出来ました(<http://www.sciencemag.org/news/2011/05/satellite-imagery-uncovers-17-lost-egyptian-pyramids>)。どうも冬の終わり頃のやや湿った時期に、遺跡を構成するレンガが水を含み、それが周囲の土壌に対して長く湿度を保持するのが重要なようで、近赤外線が湿っているレンガに対しては吸収されやすいことから埋蔵物がイメージングされるのでしょうか。この点から言えば、作中のロシアの言葉は正しいことが分かりますね。

なぜこの記述が“dense”となったのか明らかではありませんが、「濃集する」という意味があるので、BBCの記事のように意味を取り違えた可能性があります。その意味を取り違えた英文の記事を、日本のメディアの日本語記事として報道されてしまったのでしょうか。なかなか難しいものです。

#### 参考文献

1. さいとう・たかを, ゴルゴ13第126巻「スフィンクスの微笑」, リイド社, p.5-122, 1998.
2. 坂田俊文, 宇宙からの考古学, 写真測量とリモートセンシング, 32, 36-42, 1993.
3. 坂田俊文ほか, 衛星によるピラミッド探査と古代エジプトの遺跡発見について, 写真測量とリモートセンシング, 36, 41-53, 1997.
4. 恵多谷 雅弘, 衛星リモートセンシングデータを用いた古環境・遺跡調査に関する研究, 写真測量とリモートセンシング, 46, 45-49, 2007.

## 地球科学の中の物理探査

名古屋大学大学院環境学研究科地球環境科学専攻地球惑星ダイナミクス講座

渡辺 俊樹

## 1. 講座の概要と背景

名古屋大学で地球科学を学ぶ学生の所属は、学部では理学部地球惑星科学科ですが、大学院では理学研究科ではなく環境学研究科の地球環境科学専攻です(理学研究科は別にある)。私は環境学研究科附属センターである地震火山研究センターに所属していますが、このセンターにおおむね対応する教育組織として、専攻の協力講座である地球惑星ダイナミクス講座があります。我々センター所属の教員は学部の講義や卒業論文の指導も担当しますが、学部には講座がないため、隣の地球惑星物理学講座に所属する学生を指導します。大学院重点化以来、研究組織と教育組織の関係は複雑になり、教室と附属センターとでの立場の違いもややこしさを増やす一因です。

地震火山研究センターは、1965年に名古屋大学に最初の地震観測所が設立されたのを端緒に、地震と地殻変動の観測センターとして発足しました。全国の大学や研究機関と連携し、地震と火山噴火の現象の解明、それらの科学的予測を目指した研究を行っています。先の熊本地震などのように、緊急時には他機関と共同して余震観測、地殻変動観測を行います。場所柄、中部地方や南海トラフを対象とした地震や地殻変動の観測、モデル化とシミュレーション、御嶽山の観測には特に力を入れています。



学生と臨時地震観測点の設置(右端が著者)



学部学生実験での屈折法探査の風景

す。また、伝統的に観測技術開発に強みを持っています。

地球惑星ダイナミクス講座は現在教員9名、昔の小講座で数えて2.5~3個分くらいの規模の大講座ですが、この講座が教員組織として最小単位です。教員は私を除く全員が理学系の出身で、地球物理学、地震学、測地学、火山学などを専門としています。講座に所属する大学院生は博士課程6名、修士課程6名で、うち留学生5名(ベネズエラ、コスタリカ、インドネシア、中国、台湾)です。固体地球科学分野ではどの大学でも大学院生の確保に苦労しているのが現状ですが、その分、他大学や他分野から広く学生を受け入れており、バラエティ豊かな学生が集っています。

研究テーマは地震や地殻変動、火山の観測とデータ解析をベースとするものが多く、学生も山に登ったり船に乗ったりと野外での観測に出かける機会が多いのが特徴です(が、発災直後の観測には学生を帯同しないことにしています)。一方で、理論や計算機のみで一切野外に出ない研究テーマもあります。

大講座は研究分野が広いので、私がすべてを紹介することはできません。地震火山研究センター、および、地球惑星ダイナミクス講座について、詳しくはWebサイト<sup>1,2)</sup>を参照してください。

## 2. 物理探査の教育研究

研究指導は指導教員制で行われているため、研究室と呼ばれるものではありません。私が2年間名古屋大学を離れていたこともあって、今年度から学部4年生1名と一緒に新たなスタートを切っています。実際には、テーマの近い教員や学生が緩やかにグループを構成して日常の教育研究を行っています。私は、山岡耕春教授(名古屋大学所属の3名の物理探査学会会員のうちの1人)と共同でセミナーを行うことが多く、正式な呼び名はありませんが、学生はアクロスグループ、地殻構造グループなどと呼んでいるようです。

最近、私と学生とで行っている研究は、

- 自然地震記録を用いた地下構造の解析
- 反射法探査などの波形データの解析法
- 精密制御定常信号システム(ACROSS)による地下状態モニタリング

といった地球科学寄りの研究です。最近の修士論文、卒業論文のテーマを以下に列挙します(地球科学科の卒業論文、地球環境学専攻の修士論文は原則として英文です)。

- 稠密アレイ自然地震観測による南アルプス南端部地域のフィリピン海プレートの構造
- 自然地震を用いた東海地域のフィリピン海プレート及び地殻構造の地震波干渉法イメージング
- 地震波干渉法を用いた地殻構造イメージングに関するシミュレーションスタディ
- 自己相関解析を用いた濃尾平野の地震基盤構造の推定
- 反射法地震探査データへのフルウェーブ・インバージョンの適用
- 反射法地震探査で観測された地震記録の自己相関解析を用いた地下構造イメージング
- アクロス震源近傍の環境変化による伝達関数の時間変化への影響
- ACROSSを用いた野島断層構造モニタリング
- 東海スロースリップの監視を目指した豊橋ACROSS信号の評価

昨今、理学系といえども博士課程に進学する学生は少なく、修士課程で就職する学生が多くなりました。学生にはできるだけ勉学の成果を生かせる石油会社や地質コンサルタント会社等への就職を勧めています。そのほかの進路には、教員、公務員、SE等があります。卒業生の数は多くありませんが、活躍の様子が少しずつ各方面から伝わってきて喜ばしく思っています。

手がけてみたい研究テーマや解析したいデータはまだありますし、地球科学の他に資源や土木関係のテーマにも興味があります。大学院では広く学生を受け入れていますので、興味をお持ちの学生さんはぜひコンタクトしてください。

### 参考文献

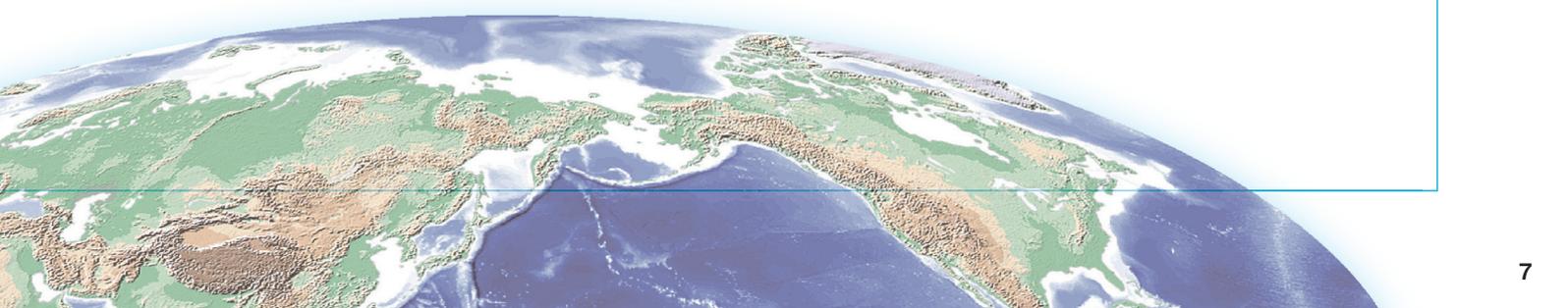
1. <http://www.seis.nagoya-u.ac.jp/>
2. <http://www.seis.nagoya-u.ac.jp/official/dynamics/>



構造探査の合間にバイブレータの見学



構造探査の合間に地質巡検



## 「物理探査」とは何か — その3 —



Terra Australis Geophysica Pty Ltd

須藤公也

むかし会社勤めしていたころは休暇をとることがままならず、長い間日本に行くことがない時期があった。日本行きを計画すると時期を同じくして家を買ったり子供が生まれたりして、行きそびれてしまった。19年ぶりに訪ねた日本は高度成長を経て様変わりしていた。このごろは機会あって、年に1回くらいのペースで日本を訪ねる。日本に行くとき暇を見つけて本屋に行きおもしろそうな本を買ってくる。時間がないときは、帰り際に空港の本屋に立ち寄る。最近読んだ本では「語感トレーニング」(中村明著=岩波新書)がおもしろかった。その前文では、意味は同じでも与える語感の異なる数語に言及している。「教員」「教師」「教官」「教諭」「教授」「先生」「師匠」などなど。日本語でこうして見ると、われわれは状況に応じてどの語を使うか、深く考えなくてもわかる。そして、それを読むと、その一語だけで書き手と書かれている人物との関係のような付帯状況まで理解してしまう。英語の諸単語についてそういう説明をしてくれる本があってほしいと思うのだが、いまだ見つからない。

Exploration、Prospecting、Survey、Inquiry、Investigation、Probeなどの語の違いを、言語学者に説明してほしいのだが、それにいちばん近いのが前回ちょっと触れた小学生向けの辞書である。Collins Junior Dictionaryで「探査」にあたる3語を引いてみると、

**explore** - (VERB) 1. If you explore a place, you travel in it to find out what it is like. 2. If you explore an idea, you think about it carefully. exploration (NOUN)

**prospect** - (NOUN) 1. If there is a prospect of something happening, there is a possibility that it will happen. 2. Someone's prospects are their chance

of being successful in the future. (VERB) 3. If someone prospects for gold or oil, they look for it.

**survey** - (VERB) 1. To survey something means to look carefully at the whole of it. 2. To survey a building or piece of land means to examine it carefully in order to make a report or plan of its structure and features. (NOUN) 3. A survey of something is a detailed examination of it, often in the form of a report.

説明が簡明でよくわかる。

さて、承前(ニュース30号参照)。

## 4. 「私は土木建築会社で物理探査の仕事をしています」

ここでは、物理探査の目的が「あるかないかわからない何かを見つける」というのでなしに「そこに実際にあるものの性状を調べる」というほうに重点が移る。これは先に述べた世論調査(Opinion Survey)や市場調査(Market Survey)と同じ行為だからSurveyを使うのが適切のように思われる。

(訳文案4a)

I work in geophysical surveying for a geotechnical and construction company.

(訳文案4b)

I am a geophysical consultant in geotechnical and construction applications.

## 5. 「私は来週物理探査の仕事で出張します」

出張するからにはその場所や対象が具体的に決まっていて、それを調べに行くのである。だから上の4.と同じような理由で使う言葉はSurveyだろう。

(訳文案5a)

I will go out for a geophysical survey next week.

(訳文案5b)

I have a geophysical fieldwork next week.

実際の現場の作業にはSurveyが適切だが、その作業が何かを探しに行くのならProspectingが使える。

## 6. 「私は物理探査で金鉱を探しています」

前回の3.で述べたようにExplorationとProspectingの間の語感の違いが問題になるのだが、石油の場合、Oil ExplorationやPetroleum Explorationが普通に言われるのに対し、金属探査の場合Minerals ExplorationもMinerals Prospectingも使われるようだ。

なんとなく違うのは石油探査ではあらかじめ決められた鉱区(Tenement)の中をくまなく探しているように見えるのに対して、伝統的な金の探査ではありそうなところを掘ったり砂を洗ったりして、いわば行き当たりばったりに見つけるような感じがある。現在の物理探査がそうだと言っているのではなく、語感が醸成された時期にそうだったという話である。

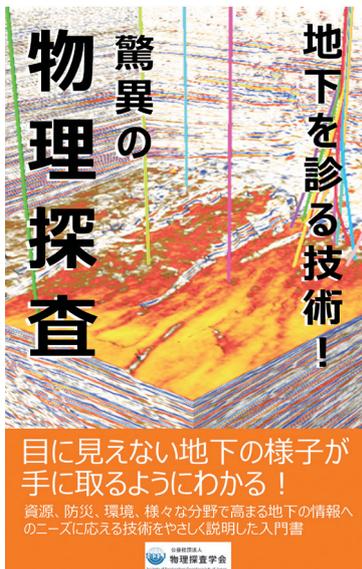
(訳文案6)

I am prospecting for gold using geophysical techniques.

さて、前に出した「教員」「教師」「教官」「教諭」「教授」「先生」「師匠」などは英語に訳し分けることができるだろうか。簡単に思いつくのはTeacherだろうが、ほかにどんな言葉があるだろう。普通職業としての「教員」「教師」「教諭」「先生」ならTeacher。大学の「教授」ならProfessor、直接習った「指導教官」ならSupervisor、心服して師と仰ぐ「師匠」ならMentorという語がある。しかし、TeacherやProfessorではその職場での職能や地位を言うだけで「先生」と呼んで敬う語感はない。Supervisorというと指導するされるの関係がわかる。ちなみに会社の上司のこともSupervisorという。Mentorというと個人的にあるいは心情的に「慕う」語感が加わる。芸事の大家を呼ぶときの敬称として「師匠」ということがあるが、これはMentorとは訳せない。いちばん近いのは音楽家への敬称として使うイタリア語からきたMaestro(純粋な英語ならMaster)だろうが、落語家の金馬師匠をMaestro Kinbaと呼んだのでは、どうもしっくりこないような気がする。

## 関 連 書 籍 紹 介

PCでも読める!  
地下を診る技術!  
『驚異の物理探査』



地下を診る技術! 「驚異の物理探査」 [Kindle版]

◎内容と特色

物理探査学会では創立60周年を機に、一般の方に物理探査を知っていただくと考え、上記の啓蒙書を2014年度に発刊いたしました。

当初はKindle版だけでしたが、Windows、Macintoshにおいてもアプリをインストールすれば読めるようになりました。Googleなどの検索サイトで、「Kindle for PC」または「Kindle for Mac」と打ち込んでいただければダウンロード可能です。電子書籍の購入は、「驚異の物理探査 Amazon」と入力すれば購入ページにたどり着くことができます。

物理探査がどのように社会に役立っているのかという視点を重視して、物理探査技術を紹介しています。一般の方だけでなく、物理探査学会会員の皆様や、社内研修などの教材としてもお使い頂けるものと思います。お求めやすい価格(250円)になっていますので、是非お買い求めくださるようお願いいたします。また、興味のある方にご紹介頂けると幸いです(事業委員会)。



# 英文誌「EG」—さらなる発信力の向上へ

物理探査学会 会誌編集委員会

## EG発刊の経緯

日豪韓三国の物理探査学会では、2004年3月よりそれぞれの会誌、「物理探査」、「Exploration Geophysics」、「Multi-Tamsa」の第一号を合同特別号として発刊し、2011年3月までに8回の特別号を発刊しました。その後、三学会執行部および相互の話し合いを経てインパクトファクターを有する英文誌として、アジア・オセアニア地域から世界に発信することを目標に、2012年3月から豪州物理探査学会の「Exploration Geophysics」(EG)を継承する形で、その第43巻1号より三学会共同での英文誌発行を開始することとなりました。その際の日豪韓三国の物理探査学会の覚書(Heads of agreement: HOA)により、EGの過去の資産も三学会で共有されることとなり、物理探査学会員はEGの過去の資産(第1~42巻)にも無料でアクセスすることが可能になっています。学会のWEBページよりダウンロード可能です。

<<http://www.segj.org/committee/jyouhou/egsite.html>>

## EG誌への投稿方法

EG誌への投稿をお考えの方は、学会のWEBページ<<http://www.segj.org/report/EG/index.html>>にアクセスしてください。EG投稿に関するご説明とともに、EG執筆要領、EG投稿用のひな型、EG投稿用のフォームなどが準備されています。

## EG誌の特徴

### 1. インパクトファクターを持つ国際誌

EG誌は国際的に認知された、インパクトファクター(1.197)を持つ国際誌であり、論文を国際的に発信することが可能です。

### 2. 和文での投稿が可能

学術的な内容は和文で査読を受けることができます。受理後著者の責任において英訳し投稿することが可能です。

### 3. 論文査読を日本語で受けることが可能

技術的内容を詳細に議論可能です。著者、査読者ともに負担が軽減されます。

### 4. 物理探査専門家の英文校閲を受けることが可能

元EG編集長のLindsay Thomas博士による英文校閲により英語表現が向上します。

### 5. 翻訳論文を掲載可能

会誌「物理探査」に掲載された論文を英訳して掲載し、英語で発信することが可能です。

### 6. カラーページが無料

日本の物理探査学会員からの投稿は、カラーページチャージが免除されます。カラー図面をふんだんに使用して、美しくわかりやすい論文を作成可能です。

### 7. 著者の要望に細やかに対応可能

会誌編集委員会と学会事務局が密接に連携し、著者の論文投稿の手助けをするなど、様々な要望に細やかに対応します。

## 最近のトピックス

### インパクトファクターが1を超えました

2011年の覚書の調印に先立ち、EGは2009年よりインパクトファクターを有する学術誌となりました(図1はその変遷)。その値は2015年に1を超え、名実ともに国際誌の地位を得ることとなりました。

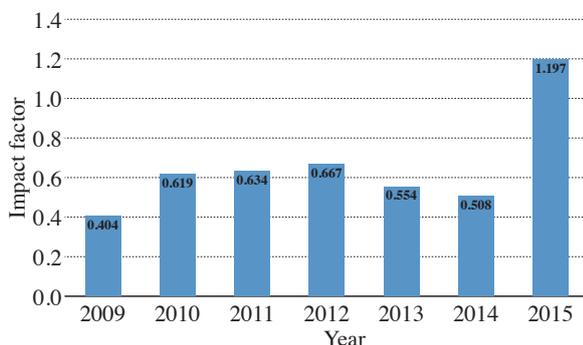


図1 EGのインパクトファクターの変遷

### SEGのDigital Libraryに収録されました

EGがSEGのDigital Libraryに掲載されることとなりました<<http://library.seg.org/journal/exgeef>>。これまで以上にEG掲載論文が多くの人に読んでいただくチャンスが増えました。



図2 EGが掲載されたSEGのDigital LibraryのWEBページ

(会誌編集委員会 横田俊之)

## 平成28年度日本応用地質学会北海道支部・北海道応用地質研究会

### (共催:物理探査学会)合同研究発表会報告

川崎地質(株) 鈴木敬一

平成28年6月17日の午後、札幌市の寒地土木研究所において表記の研究会が行われた。今年も物理探査学会との共催である。参加者は55名、そのうち物理探査学会会員は7名(両学会重複を含む)であった。発表は全部で12編である。昨年は8編であったので、50%増ということになる。セッションは3つあり、各セッション4編ずつの発表があった。

セッション1は、応用地質学的内容である。最初は札幌市のボーリングコアを用いた地質層序の検討である。門外漢の私には細かいところは理解できないところもあったが、ごく浅い場所でもまだまだ分からないところ、議論の分かれるところがあることが理解できた。

2番目はトンネルの変状に関する岩石学的解析の発表である。物理探査屋としては、トンネル変状の予測などは、できそうできない微妙な話題なので、少しドキドキしてしまった。発表は、門外漢の私にもよくわかる内容で、地山の変状の分類などが良く整理させていて大変勉強になった。

3番目は弾性波探査による供用トンネルの評価・点検についてである。供用後に弾性波速度が16~25%程度低下すると補修が必要とのことである。施工前や施工時だけでなく、継続的な物理探査も必要であることが良く理解できた。

4番目は土木工事で発生するズリに含まれる自然由来の有害重金属の吸着についての発表であった。

セッション2では、最初に蛇紋岩地帯の土石流の発表である。物理探査による不安定土塊の推定やレーザプロファイラによる堆積土量の推定などが今後の課題であることが示された。

次は、法面の工事中に発生した地すべりの事例報告である。初めは想定していなかったが切土工事中にいち早く変状を発見し、対策を講じたことが大事に至らなかったものであり、技術者の力量がこのようなところにも表れるものだと感じた。

その次は、差分干渉SARによる地すべりの解析事例である。差分処理により10~20cmの微小な変位を捉えることができた。ここでも繰り返し測定の重要性が示されたと感じた。

このセッションの最後は、斜面崩壊予知のための計測事例で

ある。自治体による長期モニタリングシステムの構築により、崩壊深度が推定され、崩壊の予測に役立てられることが示された。

セッション3は物理探査が中心となった。座長は、寒地土木研究所の岡崎健治氏である。最初は相澤隆生氏のトンネルにおける弾性波探査に関する発表、二つ目は北海道地質研究所の高見雅三氏による電気探査による凍土の凍結・融解過程の研究である。両者ともに春に行われた物理探査学会総会において、学会賞などの表彰を受けた内容である。

三つ目は道総研林業試験場の岩崎健太氏による地中レーダの発表である。植栽の基盤を土壤水分計のついた貫入試験器と合わせて地中レーダの結果を解釈しようとした試みであり、電磁波速度と土壤水分との関係を定量的に把握しようという試みである。物理探査学会ではこのような試みは比較的良くやられているが、応用地質学分野ではこれから様々な分野に適用されていくものと期待される。この意味で応用地質学会と物理探査学会の交流が重要であると感じた。

最後に、私が原子核乾板による宇宙線ミュー粒子の探査技術の開発について話をさせて頂いた。

発表会終了後、懇親会が行われた。初めに応用地質学会北海道支部の新しい副支部長に就任された倉橋稔幸氏の挨拶があった。倉橋氏は、物理探査学会の会員でもあり、統合物理探査調査研究委員会でも活躍されている。ここでは毎年優秀発表賞が授与される。今年は、応用地質学会側からの受賞であった。昨年は応用地質の小西千里さんが受賞され、既に物理探査ニュースNo.28で紹介したとおりである。受賞者はトンネル変状の岩石学的解析を発表した山崎秀策氏である。物理探査学会の2年連続の受賞は逃したが、相澤・高見両氏の発表はそれに劣らず素晴らしかったと思う。さすがに物理探査学会賞を受賞した内容であると改めて感じた。

応用地質学会北海道支部との技術交流も、今年で4年目を迎える。これらの取り組みが双方の学会員にとってメリットとなり、土木物理探査を実施する機会が増えれば望外の喜びである。



座長を務める岡崎健治氏



質疑に応じる相澤隆生氏



高見雅三氏の講演



## お知らせ

詳しくは物理探査学会HPにて

<http://www.segj.org/committee/jigyoku/index.html>

### 平成28年度ワンデーセミナー

#### 「地下情報可視化技術の最前線」

1. 会期 平成29年2月6日(月)
2. 会場 東京大学 山上会館  
セミナーの詳細内容と申込み方法は11月頃ご案内します。

### 会誌「物理探査」への投稿募集中

既にお知らせしておりますが、物理探査学会賞に新たに事例研究賞が創設されました。会誌に掲載された「技術報告」と「ケーススタディ」が対象となりますので、奮ってご投稿下さい。  
(会誌編集委員会)

### 編集後記

秋も深まり、日が暮れるのが本当に早くなってまいりました。昔なら「読書の秋」と言って物事にじっくり取り組める季節。しかし、今は「サクサク」がもてはやされるスピード化の時代です。スマホを片手に、読書の秋の風情は過去になりつつあります。

そのような昨今、大至急必要ではない教養に時間をかけるなんて難しくなりがちです。学生時代にもっと勉強しておけば良かったと思うことはありませんか。編者の場合、反射法がまさにそれでした。今回から始まったシリーズ「わかりやすい物理探査」は、基本的な専門用語から丁寧に解説してくれています。「あ、私も」という方は必見です、ぜひ読み返して見て下さい。ゼロからのスタートでも十分理解できます。第5回まで予定していて、最後は断面の解釈まで進む予定です。どうぞご期待下さい。

一方、分かったつもりになっていたのに実は全然だったなんてこともあるかもしれません。「ホント? SFの中の探査」のゴルフネタ、いかがでしたか。編者は30年来のゴルフファンですが、

「ズギューンン…」という狙撃コマを見ただけで状況設定はバラ見。しかし、笠谷氏はそこがこだわり所と言わなければ、前回はストーリーに登場する探査法に1つ1つ細やかなツッコミを入れてくれました。今回は反対に、探査に関するルシア(考古学者)の言葉の真実性を丹念に解説してくれています。ツッコミと共感。ニヒルなハードボイルド感を味わうのとは真逆の味わい方がここにありました。同じモノをいろいろな角度から味わい尽くす。物理探査の真髄かもしれません。

今回で13回目となる「脱線物理探査」もいよいよ好調ですので目を通して下さいね。スコープで深く掘るためには広く掘る必要があります。「脱線」は幅広い知識を得るための「推進力」です。本号を読んで興味を持っていただけたなら、ぜひ学会HPからバックナンバーをダウンロードして、通して読んで見て下さい。

(ニュース委員会委員：長 郁夫)

### 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32号 2016年(平成28年)10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>

## 物理探査ハンドブック増補改訂版出版のお知らせ



1998年以来18年の長きにわたってご好評をいただいております物理探査ハンドブックですが、この度物理探査技術の発展がめざましい分野については手を加え、改訂版を出版しました。章立ては以下に示すとおり現行版と同様ですが、反射法地震探査やリモートセンシング、位置測量、あるいはこれまでなかった表面波探査を新たに追加するなど、手法によっては大幅な改定がなされています。第Ⅱ編のケーススタディを割愛し、各章中に入れることといたしました。

冊子版にはCDはついておりません。電子版からCopy & Pastelはできません。

### 販売価格(税込)

冊子版¥32,400 電子版¥21,600

#### 第一分冊

- 第1章 反射法地震探査
- 第2章 屈折法地震探査
- 第3章 微小地震・AE
- 第4章 微動・振動・表面波探査
- 第5章 電気探査
- 第6章 電磁探査

#### 第二分冊

- 第7章 地中レーダ
- 第8章 重力探査
- 第9章 磁気探査
- 第10章 リモートセンシング
- 第11章 熱・温度探査
- 第12章 放射能探査

#### 第三分冊

- 第13章 物理検層
- 第14章 VSP
- 第15章 ジオトモグラフィ
- 第16章 シミュレーション
- 第17章 モデル実験
- 第18章 位置測量

別途送料がかかります  
事務局へお問い合わせください