

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 「微動探査 1」	1
第128回学術講演会・創立65周年 記念行事報告	5
65周年特別セッション報告	7
物理探査セミナー/光学リモートセンシング 「リモートセンシングの基礎の基礎」	9
書評「総説 岩盤の地質調査と評価」	12
海外在住会員便り	13
お知らせ	15

Geophysical Exploration News July 2013 No.19



【東南アジア陸上におけるVSP作業風景】

①掘削リグ ②ワイヤライン作業の様子。左隅にあるのがワイヤラインユニット ③リグから見た敷地風景。手前中央にワイヤラインユニット。奥にエアガンを吊るすクレーンが見える④クレーンにて吊るされたエアガンと注水中のビット ⑤エアガン発振風景 ⑥エアガン組み立て風景。手前に見えるのはエアガンコントローラ ⑦ユニット内の様子。左が筆者。若いエンジニアが多く、和気あいあいとした雰囲気。(ニュース委員会 河村知徳)

微動探査講座



電力中央研究所 地球工学研究所

佐藤 浩章

本号から、数回にわたって微動探査をテーマに本コーナーを執筆することになりました。微動探査は、ほかの物理探査手法と比較して、必要となる機材が圧倒的に少ないことが特徴です。低振幅を測定できる地震計を4台（それも上下動だけ！）とデータ収録器、PCを持っていれば可能です。つまり、初期コストが非常に小さいといえます。

なお、微動探査の詳細については、学会誌「物理探査」に理論の詳細な紹介や最先端の研究がたくさん掲載されておりますので、ぜひそちらをご覧ください。

よって、ここでは、読み物としての感じを重視して、従来の微動探査に関する文献とは異なる切り口で、紹介できればと思っています。その点、学術誌に比べて言葉足らずの部分は何卒ご容赦いただきたく、よろしくお付き合いください。では、第1回の導入編ですが、通常、理論の説明から始めることが多いところ、本シリーズでは「微動探査、まずはやってみよう」をテーマに、微動探査の実際の流れを具体的に述べることから始めたいと思います。

1. 地震計の設置位置を決める

地下数10m程度の地下構造の探査を計画するとします。従来より、探査深度と地震計の間隔は同じくらいが望ましいと云われています¹⁾ので、「地震計間隔30mくらいの正三角形アレイで地震計を設置する」という計画に

なります。なお、アレイ(array)とは、人や物を配置することで、複数台の地震計で同時に観測することを、一般にアレイ観測と呼びます。そのため、微動をアレイ観測するこの方法は、微動アレイ探査とも呼ばれています。

微動探査を始めるにあたり、まず用意するのは、地震計の設置位置を決めるための「巻き尺」です。図1には、半径 r (m) の円形アレイ構成される正三角形アレイの各地震計設置地点(ポイント)を決める手順についての概念図を示します。設置位置の決定は、図1の左側のように、まず中心を決め、そこを巻き尺の0とし、ポイント①とします。次に、①から巻き尺を r (m) だけ伸ばしたところをポイント②とします。①と②はその位置で巻き尺の目盛りを固定します。続いて、③'と④'として、巻き尺の目盛りが $r + \sqrt{3}r$ (m)、 $r + 2\sqrt{3}r$ (m) となるところをなんとなく三角形になる位置に仮決めし、さらに②へさらに巻き尺を $\sqrt{3}r$ (m) だけ伸ばし、 $r + 3\sqrt{3}r$ (m) の目盛りを②に合わせます。このとき、③'と④'は仮決め状態なので、巻き尺の $r + 3\sqrt{3}r$ (m) の目盛りが②に届かないか、巻き尺が「たるむ」という状況になりますが、図1の左のように、ここでは巻き尺が三角形を一周するようあえて「たるむ」ようにして、②に目盛りを合致させます。 $r + 3\sqrt{3}r$ (m) の目盛りを②に固定したら、①から③'に補助用にもう一つの巻き尺を長さが r (m) になるように渡し

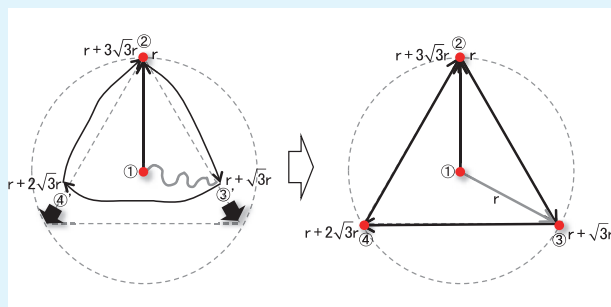


図1 微動探査における地震計位置の決め方の例

表1 巻き尺の目盛り位置

アレイ半径 r (m)	巻き尺目盛り(m)		
	$r + \sqrt{3}r$	$r + 2\sqrt{3}r$	$r + 3\sqrt{3}r$
5	13.66	22.32	30.98
10	27.32	44.64	61.96
15	40.98	66.96	92.94
20	54.64	89.28	123.92
30	81.96	133.92	185.88

ます。最後に、巻き尺の三角形の辺と補助用巻き尺が、**図1**左のようにピンと張るように③'と④'を移動させます。これで、地震計を設置する4点(ポイント①から④)は決まります。

表1には、例として、いくつかのアレイ半径 $r(m)$ における各ポイントの巻き尺の目盛り位置を示します。表から、実際のところ、アレイ半径20(m)を超えると、100(m)以上の巻き尺が必要となるので、この方法では難しくなってくることが分かります。上述の方法はほんの一例で、様々な方法があると思いますので、いろいろ挑戦してみてくださいと思います。なお、**表1**の数値は、きりのいい数字にはなりません、地震計自体の大きさが幅数十(cm)はありますので、その範囲内であれば、表の数字を丸めることは十分に許容範囲内です。

2. 観測データを整え、品質をチェックする

通常の微動のアレイ観測では、観測時間は短くて10分程度、長ければ1時間程度の観測を行います。浅い構造を対象とする場合は、短い波長の波が対象となるので観測時間は相対的に短めに、深い構造を対象とする場合は、長い時間となります。

地震計からの記録の収録では、地震計と収録器間をつなぐケーブルが足りるようであれば多チャンネルのデータ収録器で一括に、そうでない場合にはGPSで時刻同期が取れるデータ収録器をそれぞれの地震計に併設して行われます。ここで大事なことは、4台の地震計で取得したデジタルデータの先頭データの時刻が揃っていることです。同じ観測スケジュールで取得すれば揃っているはずですが、もしなんらかの理由でばらばらであれば、余分なデータを削除するなどして整えます。またデータの

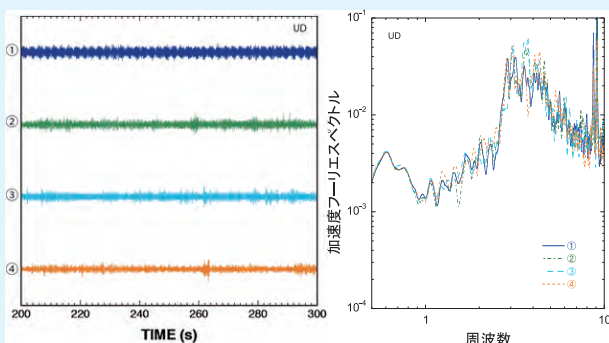


図2 アレイ半径30mでの観測記録の例

サンプリング間隔(時間刻み)や長さも同じ必要がありますので、これらも同一となるように加工して、解析のためのデータの準備をします。**図2**の左側は、先頭データが揃ったアレイ半径30mの正三角形アレイで観測された加速度記録の例です。同じ仕様の地震計で取得された記録ですが、30m程度の間隔でも波形の様相は若干異なることが分かります。

また、解析に先駆けて、データの品質のチェックも重要です。これは、各地震計データのスペクトル特性を比較するのが、最も簡単な方法です。微動探査では、上述のように10分から1時間程度のデータを取得するため、いくつかの区間にデータを分割して解析を行います。そこで、同時刻帯の各地震計データのスペクトル特性がほぼ重なることを確認することで、チェックを行います。もし、ある区間において、スペクトル特性が異なる地点がみられた場合、その時刻帯のデータ区間は用いないようにします。**図2**の右側には、左側の波形に対するフーリエスペクトルの比較を示します。波形の様相は若干異なっていましたが、10Hz以下において、各地震計のスペクトルはこの程度は合致します。

3. 空間自己相関係数を計算する

位相速度の計算として、高速フーリエ変換(FFT)のサブルーチン²⁾だけで行う方法を考えます³⁾。

ここでは最初に、スペクトル特性が重なっていたデータ区間の中心点①と三角形の頂点の一つ②のデータを対象とします。まず「①の複素フーリエスペクトル」と「②の複素フーリエスペクトルの複素共役」の積から、クロススペクトル S_{12} を求めます。次に、「①の複素フーリエスペクトル」と「①の複素フーリエスペクトルの複素共役」の積から、①のパワースペクトル S_{11} を求めます。同様に、②のパワースペクトル S_{22} も求めます。なお、 S_{12} 、 S_{11} 、 S_{22} の値はフーリエ変換して得られた値のため、実部と虚部の両方の値をもちます。そこで、①と②の空間自己相関係数 ρ_{12} は、これらの実部のみを用いて、

$$\rho_{12}(f) = \text{Real}[S_{12} / (\sqrt{S_{11}}\sqrt{S_{22}})]$$

から、周波数 f の関数、すなわち横軸を周波数 f として得られます。ここで、 $\text{Real}[\cdot]$ は、実部のみを利用することを意味しています。なお、この計算は、データの品質がよい複数のデータ区間について行うこととし、最終的に各データ区間で得られた ρ_{12} を平均して、 $\bar{\rho}_{12}$ を

求めます。 $\overline{\rho_{12}}$ の例が、**図3**に示されています。以上の手順を、同様の地震計間隔の①と③、①と④についても同じく行くと、**図3**のように $\overline{\rho_{13}}$ と $\overline{\rho_{14}}$ が得られます。

最終的に位相速度を求めるために用いる空間自己相関係数は、地震計間隔 r (m) の等しい地震計ペアから得られた各 f についての $\overline{\rho_{12}}$ と $\overline{\rho_{13}}$ と $\overline{\rho_{14}}$ を算術平均することにより、 $\rho_r(f)$ として求めます。この平均操作は方位平均と呼ばれます。**図3**には、方位平均して求めた空間自己相関係数が併せて示されています。

4. 位相速度を求める

上で計算された空間自己相関関数 ρ_r と位相速度 c とは、第一種 0 次のベッセル関数 $J_0(\cdot)$ を介して、

$$\rho_r(f) = J_0\left(\frac{2\pi f}{c}r\right)$$

の関係にあります。よって、ある周波数 f の位相速度 c を空間自己相関係数 ρ_r から求める作業は、 $\rho_r(f)$ に等しい $J_0(\cdot)$ を与える $2\pi fr/c$ を決めるということになります。ここで、 $()$ の中については、0 から π までという制約があるので、その範囲内で探すこととなります。**図3** の例では、低周波数側は空間自己相関係数が鋭く落ち始めるところ(図中の矢印)の約 1.7Hz 付近から、高周波数側は $J_0(\pi) = -0.304$ すなわち $\rho_r(f)$ が -0.304 になる周波数約 3Hz までの範囲が対象となります。最終的な位相速度の分散曲線は、各 f について位相速度を求めることによって得られます。

図4に、**図3**の空間自己相関係数から求められた位相速度を○で示します(なお、図中の●はアレイ半径の異なる観測で得られた位相速度を参考として示しています)

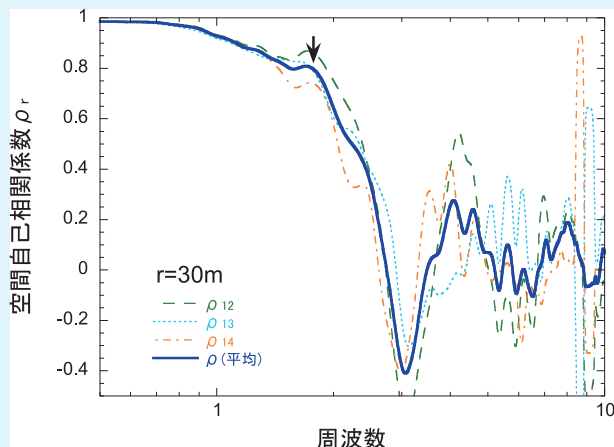


図3 アレイ半径30(m)の観測記録から得られた空間自己相関係数の例

なる観測で得られた位相速度を参考として示しています)。このように上下成分の微動記録から得られた分散曲線は、レイリー波の位相速度の分散曲線と考えられています。以上の方法が、Aki(1957)⁴⁾による空間自己相関法(Spatial Auto-correlation method; 通称SPAC法)による位相速度の推定方法に該当します。

5. 位相速度から地下構造へ

微動探査による地下構造の推定は、位相速度のインバージョンによって、各地層のS波速度と厚さを決定することにより行われます。レイリー波の位相速度の計算には、各地層のP波速度、S波速度、密度、厚さが必要となりますが⁵⁾、微動探査では非線形となるインバージョンの安定化のため、P波速度はS波速度との関係式で関連付けたり、密度は仮定して与えるなどして、相対的に感度の高いS波速度構造にモデルパラメータの絞り込みが行われます⁶⁾。それでも最適な地下構造モデルパラメータの推定には、できるだけ信頼性のある先験情報いわゆる初期モデルが必要となります。この点から、微動探査の実施では、調査地点の近傍に参照可能な地下構造の情報が存在することが大事な条件となります。

ところが、近年、遺伝的アルゴリズムや焼きなまし法といった広域探索法による位相速度のインバージョン法が開発され⁷⁾、非線形インバージョンでも必ずしも精度の高い初期モデルが必要ということはなくなりつつあります。これらのインバージョン法の詳細については、物理探査ニュース(No.9、10、12、13)に大変分かり易い説明がありますので、ぜひご一読ください。

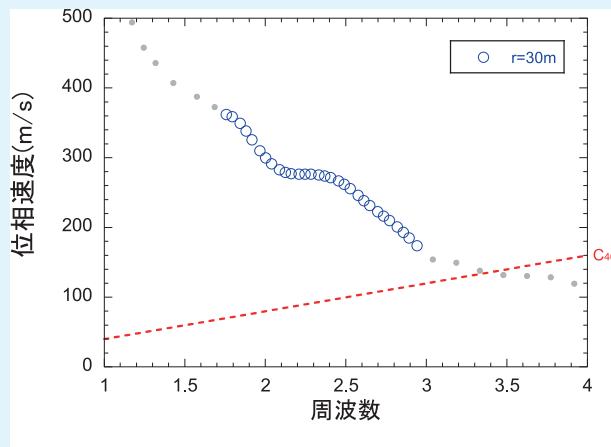


図4 アレイ半径30(m)の空間自己相関係数(図3)から得られる位相速度(○でプロット)

ところで、微動探査をもう少し容易に利用するため、位相速度をインバージョンを行わなくても、地下構造が簡便に分からないものだろうか? といった気持ちにはならないでしょうか。実は、そうしたニーズは案外に多く、いくつかの試みが行われています。図5に、図4の○でプロットされた位相速度からBallardの方法⁸⁾によって換算されたS波速度構造を示します。この方法は、位相速度を周波数で除して得られる波長に1/3を乗じたものを深さ、位相速度の1.1倍をS波速度と解釈して、S波速度構造を求めます。図5には、図4の位相速度をインバージョンして得られたS波速度構造と比較されていますが、換算したS波速度構造はそれと一致するといった性質ではないものの、インバージョン結果の傾向をよく模擬できているようにみえます。ただし、この方法によるS波速度構造を直接的に速度構造として用いるのは、やや簡便化しすぎとも考えられますので、現在では、インバージョンにおける初期モデルとして用いるのが一般的です。

最後に、位相速度から直接的に地下構造を求める最近の展開として、波長40mの位相速度(c_{40})を用いて、 V_{S30} を求める方法⁹⁾を紹介します。 V_{S30} とは表層30mの平均S波速度で、地震動評価における地盤分類の指標として、国内外で多く用いられている大事な指標です。図4の位相速度を例にとれば、波長40mの位相速度 C_{40} (図4の C_{40} の直線と交差する位相速度の値)は、約140m/sとなります。一方、図5に示すインバージョン結果の V_{S30} を求めると144m/sが得られ、両者はほぼ等しい結果を与え、大変有効な方法である

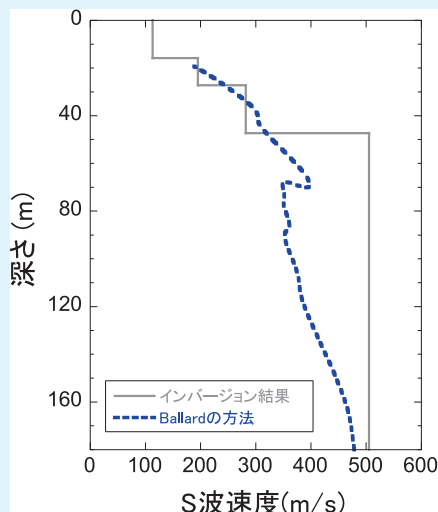


図5 位相速度から換算したS波速度構造とインバージョン結果の比較

ことが分かります。これは微動探査の新しい活用方法の一つと考えられます。一般的な微動探査は、位相速度を求め、そのインバージョンによって地下構造を推定することが、最終ゴールとなっています。その一方で、位相速度から直接的に地下構造を対応づけるような方法も、微動探査の導入編としては親しみやすいと考えられます。そのような意味で、今回、紹介させていただきました。

参考文献

- 岡田 廣・松島 健・森谷武男・笹谷 努(1990): 広域・深層地盤探査のための長周期微動探査法, 物理探査, 43, 402-417.
- 例えば, 大崎順彦(1994): 新・地震動のスペクトル解析入門, 鹿島出版会, 227-230.
- 松岡達郎・梅沢夏実・巻島秀男(1996): 地下構造の推定のための空間自己相関法の適用性に関する検討, 物理探査, 49, 26-415
- Aki, K.(1957): Space and time spectra of stationary stochastic waves, with special reference to microtremors, Bull. Earthq. Res. Inst., 35, 415-456.
- Saito, M.(1988): DISPERS80: A Subroutine Package for the Calculation of Seismic Normal-Mode Solutions. in Doornbos, D. J., editor, Seismological Algorithms, 293-319. Academic Press, San Diego.
- 岡田 廣・坂尻直巳(1983): やや長周期微動による地下構造の推定, 北海道大学地球物理学研究報告, 42, 112-143.
- 山中浩明(2001): 焼きなまし法による位相速度の逆解析—遺伝的アルゴリズムとの性能比較—, 物理探査, 54, 197-206.
- Ballard, R. F., Jr.(1964): Determination of Soil Shear Moduli at Depth by In- Situ Vibratory Techniques, U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss., Misc. Paper No. 4-691.
- 紺野克昭・片岡俊一(2000): レイリー波の位相速度から地盤の平均S波速度を直接推定する方法の提案, 土木学会論文集, 647, I-51, 415-423

第128回(平成25年度春季)学術講演会および 創立65周年記念行事

第128回(平成25年度春季)学術講演会が、平成25年6月3日から5日の3日間、早稲田大学国際会議場で開催されました。一般講演は70件(口頭61件とポスター9件)、機器展示は9社、参加者は講演会213名(うち学生18名)、記念祝賀会110名(同8名)でした。

今回は創立65周年記念行事(テーマ:新しい社会を切り拓く物理探査)も合わせての開催となりましたので、記念行事ならびに総会の様子を主に伝えさせていただきます。

1. 特別セッション

早稲田大学国際会議場第2会議室にて、鈴木敬一氏(川崎地質)をモデレータとして、「物理探査の10年後を考える」をテーマとしたパネルディスカッションを開催しました。

パネリストは、井上敬資氏(農業・食品産業技術総合研究機構)、河村知徳氏(石油資源開発)、鳥居健太郎氏(シュルンベルジェ)、吉川 猛氏(基礎地盤コンサルタンツ)の4名でした。パネリストには、新規技術・技術革新、物理探査ユーザーの視点、人材育成・教育、持続可能社会のテーマについて話をしていただいたあと、会場との活発なディスカッションが行われました。

なお、特別セッションの裏話は、モデレータである鈴木さんより項をあらためて紹介させていただきます。

2. 通常総会

通常総会は、平成24年度事業報告と決算報告が承認され、平成25年度事業計画と予算、平成25、26年度代議員、平成25年5月1日付で公益法人に認定されたこと等の報告がありました。

表彰は、物理探査学会論文賞が白石和也氏、阿部 進氏、斎藤秀雄氏、川中卓氏、物理探査学会奨励賞が湊 翔平氏、辻 健氏、優秀発表賞が植田隆太氏、加藤正史氏、白石和也氏、永田光氏、Jang Hangilro氏、アムルーチュ モハammad氏、Hondori Ehsan Jamali氏、石田勇介氏、学会運営功績賞が「トンネル弾性波探査」の相澤隆生氏、赤澤正彦氏、北原秀介氏、「河川堤防の統合物理探査の書籍出版」の稲崎富士氏、西澤修氏、林宏一氏、渡辺文雄氏、にそれぞれ授与されました。

永年在籍会員表彰は、在籍30年以上満70歳以上で岩城弓雄氏、大屋峻氏、小林信章氏、佐竹昭弘氏、鈴木民夫氏、竹内治男氏、田中莊一氏、広島俊男氏の8名、30年在籍賛助会員は、一般財団法人宇宙システム開発利用推進機構、関西電力株式会社、九州電力株式会社、株式会社建設基礎コンサルタント、中国電力株式会社、中部電力株式会社、北海道電力株式会社、がそれぞれ表彰されました。

3. 記念式典

早稲田大学国際会議場 井深記念ホールにて、斎藤秀樹副会長(応用地質)の司会により記念式典が開催されました。

茂木 透会長(北海道大)の挨拶の後、来賓の末岡 徹様(公益社団法人地盤工学会会長)、山本一雄様(石油技術協会会長)、須藤公也様(豪州物理探査学会ASEG会長)から祝辞をいただきました。



茂木 透
物理探査学会会長



末岡 徹
地盤工学会会長



山本一雄
石油技術協会会長



須藤公也
豪州物理探査学会会長

次に高橋明久理事(石油資源開発)の司会で、功労者表彰が行われました。功労者表彰の対象者は、本学会の運営発展に特段の功績があり、役員またはこれに準ずる役職を通算10年以上務め、表彰時の年度末までに満55歳に達する正会員とされており、5年ごとの創立記念式典の際に表彰することとなっています(表彰規程より)。

今回は、以下の21名が受賞されました。(50音順、敬称略)相澤隆生、秋山伊佐雄、今里武彦、内田利弘、内田真人、大久保邦泰、大熊茂雄、太田陽一、大塚俊道、海江田秀志、斎藤章、斎藤秀樹、佐藤源之、高橋 亨、千葉昭彦、中塚 正、牧野雅彦、松尾公一、三ヶ田 均、六川修一、和田一成。

4. 記念講演

早稲田大学国際会議場井深記念ホールにて、三ヶ田 均副会長(京都大)の司会により記念講演(一般公開)が開催されました。

京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻の松岡俊文教授には「社会システムマネージメントへの物理探査の貢献」と題してご講演いただきました。

石油天然ガス・金属鉱物資源機構石油調査部の伊原 賢 上席研究員には「シェールガス革命とは何か:石油開発技術者の視点」と題してご講演いただきました。この記念講演は



功労者表彰を受賞された皆様

一般公開され、一般の参加者も見受けられました。

なお、お二人の記念講演の内容は、あらためて会誌「物理探査」の65周年特集号にご投稿いただく予定です。

5. 記念祝賀会

リーガロイヤルホテル東京にて、相澤隆生理事(サンコーコンサルタント)の司会により、65周年記念祝賀会を開催しました。茂木 透会長の開会挨拶に引き続き、吉田壽壽名誉会員の乾杯のご発声で、祝賀会が始まりました。110名の参加者が、65周年を祝い、懇親を深める楽しいひと時となりました。

歓談の中、本年度の学会賞および学会運営功績賞の受賞者の皆様からスピーチをいただき、最後に千葉昭彦常務理事(住鉱資源開発)の一本締めでお開きとなりました。



松岡俊文教授の記念講演



記念祝賀会の様子



伊原賢上席研究員の記念講演

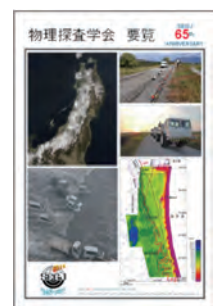
今回は65周年記念と重なり参加者多数の盛会となりました。いずれのセッションでも発表者・参加者・座長の間で活発な質疑が交わされました。早稲田大学の会場関係者、会員各位から多大なご協力をいただきました。以上の皆様に御礼申し上げます。

(文責：学術講演委員 山口和雄、
65周年記念事業委員会 斎藤秀樹)

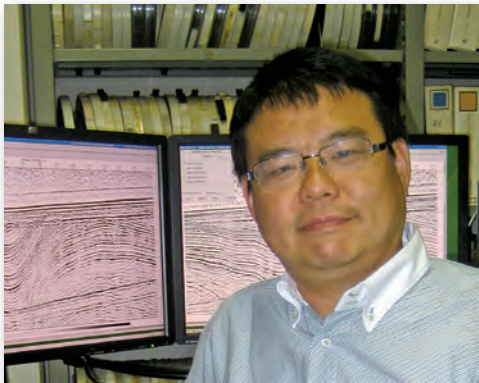
◆記念出版について

創立60周年記念に出版された「新版物理探査適用の手引き」の英文化を進めてまいりましたが、今年度中には65周年記念出版物として発刊できる見込みとなりました。あらためてご案内させていただきますので、もう少々お待ちください。

また、5年ごとに改訂している学会要覧が完成し、記念行事会場で配布を開始しました。



65周年特別セッション 「物理探査の10年後を考える」



川崎地質株式会社 技術本部 技術企画
鈴木 敬一

第128回学術講演会の会期中に、物理探査学会65周年記念事業の一環として特別セッションが行われました。タイトルは「物理探査の10年後を考える」です。ここで発表された内容や議論されたことについては、別途学会誌に掲載します。ここではこのセッションの準備や裏話的なことを正直に綴ってみたいと思います。

65周年記念事業委員会の会合で何か企画はできないか? という話が持ち上がりました。平成24年度土木学会全国大会の百周年記念討論会で「土木界・土木学会は、これまで何をしてきたか、これから何をすべきか」というテーマでパネルディスカッションが行われていました。これが意外に面白く(?)ためになりました。そこでこれをヒントにパネルディスカッションをしたらどうかと考えました。わが物理探査学会は、今年65周年ですから、10年後は75周年ということで、節目の年を迎えます。また、65周年記念事業のテーマも「新しい社会を切り拓く物理探査」に決まりました。そこでタイトルを「物理探査の10年後を考える」としました。いつものように言い出しっぺが、率先してやるという当学会おきまりのパターンで、私が企画をすることとなってしまいました。

はじめの課題は人選です。広く募集することも考えましたが、何分時間がありませんでした。そこで学会の委員をやっていることを第一条件にしました。第二の条件としては、元気の良い、若い方としました。10年後を考えるわけですから、10年後に最前線で活躍されるであろう40歳前後の年齢の方を選びました。また、分野も偏らないように、資源系2名、土木系2名とし、それぞれの分野でも専門が異なるように考えました。学術講演委員会にも若い方はいらっしゃいますが、当日は講演会の仕事が忙しいだろうということで、ここからは選ばせんで

した。結局、事業委員会とニュース委員会に比較的若手が多いということで、1本吊りのように決めうちで話をさせていただいたところ、いずれの方からも快諾をいただくことができました。その方々のお名前を改めて掲載させていただきます(当日の発表順で、敬称略です)。

①シュルンベルジェ株式会社 鳥居健太郎

②基礎地盤コンサルタンツ株式会社 吉川猛

③石油資源開発株式会社 河村知徳

④(独)農業・食品産業技術総合研究機構 井上敬資

当初は、それぞれの専門の話と、その将来展望について話題提供をしていただこうかと考えました。2週間前には、記念講演のタイトルとその内容が検討されました。そこで65周年記念事業委員の皆様から、記念講演ともリンクするような内容が良いのではないかとということで、急遽パネリストの皆さんにお集まり頂くこととなりました。井上さんは業務の都合で、参加できませんでしたが、3名のパネリストの皆さんと話をさせていただきました。

そのときの議論は大変白熱したものでした。我々の置かれている状況について皆さんが熱く語って頂き、ときには脱線することもありました。しかし、議論が進むにつれ、パネリストの皆さんがそれぞれ問題意識をお持ちのようだということに気づき、専門の話はやめて、パネリストの問題意識に沿った話題提供にすることになりました。鳥居さんは「新規技術・技術革新」、吉川さんは「物理探査ユーザーの視点」、河村さんには「人材育成・教育」というキーワードで語っていただくことになりました。井上さんは後日、メールにて「持続可能社会」をお題にと、お伝えしたところ快く引き受けて下さいました。

事前の打ち合わせでは、本音の話を聞くことができませんでした。当日の様子は、できれば具体的にお伝えしたいところですが、なかなかそうもいきません。というのも将来の話をすると、どうしても現状の不満に触れざるを得ません。活字にできないようなお話も出ました。セッション当日は、そのような話をする状況になるかもしれません。そこで、当日のセッションの最初に「一学会員の発言である」ことを私から会場の皆様にお伝えしました。

65周年記念事業委員会では、会場をどこにするかといったことも検討されました。時間が9時15分からと、朝早いことや、テーマも漠然としたものですから、参加者も少ないのではないかと想定されました。下手をすると65周年記念事業委員に若干の参加者が加わり、20~30名も集まれば良い方ではないかということで、狭

い方の第二会場としました。しかし、これは大きな誤算で、当日はざっと数えたところ、80名以上の方にお集まりいただきました。これは嬉しい誤算でした。

初めはゆっくりとしたペースに感じられましたが、会場からも意見が出てくると、会場も徐々に熱を帯びてくるのがわかりました。しかし、議論が発散することもなく、自然に結論に近い意見が出てくるようになり、モデレータとしてもほっとしました(こう見えてもそれなりに緊張していたのです)。

最初に記したとおり、当日の話題提供や議論の内容については学会誌に譲ります。

セッション終了後、様々な方から多くの声を頂きました。否定的な意見がなかったことは、とても良かったと思います。中には「来年もやるのか」と言って下さった方もいらっしゃいます。また、「秋の学会でもできないか」といった無茶な? 要望もありました。しかし、機会をみてこのような企画をすることは、有意義なことかもしれません。パネリストの鳥居さんからは「もっと時間があっても良かったのではないか」という指摘をいただきました。パネリストの皆さんにとっても有意義な時間であったと思わ

れます。もしかしたらこのセッションに参加されなかった方は多大な損をしたかもしれません。

最も恐れていたことは、モデレータも含め「若造が何を言っている」といったような厳しい言葉が出るのではないかということです。しかし、会場の皆様の暖かいお言葉と前向きな発言で、中身の濃いセッションになりました。茂木透会長を初め、須藤公也ASEG会長、三ヶ田均副会長、東北大学佐藤源之先生、石油資源開発(株)高橋明久ニュース委員長、防災科研長谷川信介氏には特に有益なご意見を頂きました。朝早くからお集まりいただいた参加者の皆様にも厚く御礼を申し上げたいと思います。

最後にパネリストの皆様、本当にありがとうございました。心より御礼申し上げます。このセッションを通じて、物理探査の未来は決して暗くはないということを強く感じると同時に、とても幸せな気分になりました。

物理探査学会75周年の節目を迎えるときには、きっと今以上の発展があるものと確信して、この報告を終わりたいと思います。最後まで読んで下さってありがとうございました。



特別セッション 会場の様子



鳥居 健太郎氏



河村 知徳氏



吉川 猛氏



井上 敬賢氏

物理探査セミナー/ 光学リモートセンシング

岡田 欣也(前 株式会社地球科学総合研究所)

リモートセンシングの基礎の基礎

昨年まで物理探査セミナーで行っていたリモートセンシングの講義の中から光学リモートセンシングを中心に概論的なお話をしたいと思います。

リモートセンシングは、遠隔探知や遠隔探査という訳語もありますが、今では英語をそのままカタカナで記述されるのが普通です。その名の通り、対象物に物理的に触れることなく探査する技術という意味ですが、実際的には人工衛星や航空機などを使い、電磁波を介して、地表面や大気などの観測を行う技術です。リモートセンシングで使われる主な電磁波は、波長の短い順に可視光の領域から赤外、さらにマイクロ波の領域まで非常に幅広いものです。どの領域を用いて観測するかによって、対象物の異なった性質を調べることができます。また、その領域によって、観測するための計測機器、通常、センサと呼ばれますが、その仕組みも大きく異なります。可視光から赤外域では、望遠鏡などの光学的な計測機器により観測が行われます。光学リモートセンシングと呼ばれる領域です。デジタルカメラや人間の目も、この領域の観測システムの一つです。一方、マイクロ波は電波の領域となり、アンテナで電波を受信して観測を行うようになります。

今日では、衛星画像はインターネット上でごく普通に目にするものとなりました。ご存知のようにGoogle Earthでズームしていくと、車や街路樹の一つ一つがわかるくらい解像度の高い衛星画像が現れてきます。インターネットが普及する前でもごく日常的に目にする衛星画像があります。それは、気象衛星の画像です。天気予報などでご存知と思いますが、日本の気象衛星は“ひまわり”と名付けられています。ひまわりは赤道上空約35、800kmからいつも同じ場所を観測できる静止軌道にいます。例えば、ひまわり6号は東経140度に位置しています。GoogleEarthの画像を撮っている衛星には、“ひまわり”とは異なっていて少し傾いて南北両極を結び極軌道が使われています。多くの衛星は、100分ほどで地球を一回りしながら世界各地の画像を撮っています。

気象衛星の画像を見ながら、光学リモートセンシングでは何を見ているのかというお話をします。図1は、ひまわり6号がある日の正午、午後3時、夕方6時に撮っ

た3つの画像です。経緯線と海岸線はオーバーレイされたものです。画像中央に日本列島があるのがわかります。午後3時から夕方6時にかけて東側が暗くなってきます。ご想像のとおり、日本列島は次第に夜に向かいつつあるところ です。

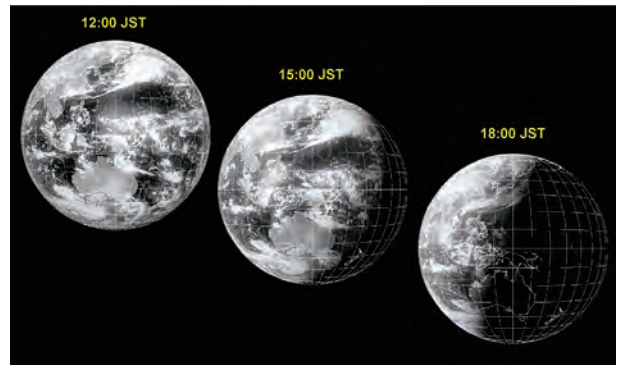


図1 ひまわり6号の画像(2006年5月3日)

ここで、もう一組の画像を見てみます(図2)。先ほどの夕方6時に撮られたものです。左側は先ほどと同じものです。右側はというと、東半分は暗くなっておらず、夜の部分でも雲の様子が良くわかります。物理探査セミナーでは、「この東半分の違いは何よるものでしょうか?」という問いかけをきっかけに原理的なお話を始めます。その答えはといいますと、「観測している波長帯が異なる」ということが一つです。左側は、可視光を主体として撮られている画像ですが、右側は赤外域の電磁波を観測して撮られた画像です。では、観測する波長帯が違うとなぜ夜の領域に違いが生じるのかといいますと、そこには、もう一つ違うことが隠れています。それは、観測している電磁波の源は何かということです。左側の画像は、太陽からきた電磁波、即ち太陽放射が主体となっています。したがって、太陽光が届かない夜の部分からは観測される光(電磁波)は無く暗くなってしまいます。ところが、赤外域で観測された画像では、太陽光の有無に関係なく雲の様子がわかります。これは、雲も含めた地球表面が源となる電磁波を観測していることによります。この地球自身からの電磁波を地球放射と呼びます。

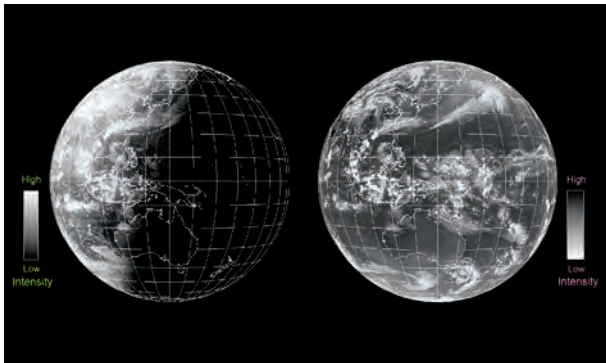


図2 ひまわり6号の画像(2006年5月3日18時)

太陽放射は可視光の領域にピークを持つ波長分布を示します。一方、地球放射は熱赤外と呼ばれる10ミクロン付近の波長帯にピークを持つ分布を示します。図3は、この太陽放射と地球放射の電磁波の分布を示したものです。お椀を伏せたような格好がその分布パターンを示しています。電磁波の波長分布は、プランクの輻射の法則から導かれます。プランクの法則からは、黒体と呼ばれる理想的な物体から放射される電磁波が分光放射輝度という物理量の波長分布で示されます。その分布は、同じ波長では温度が高くなるにつれて分光放射輝度が大きくなり、ピークの位置がより短い波長に移ります。図3の太陽放射は、太陽から地球までの距離が考慮されたものですが、太陽の表面温度では、ピークが可視光付近になることが示されています。したがって、両者の波長帯が大きく異なることになります。

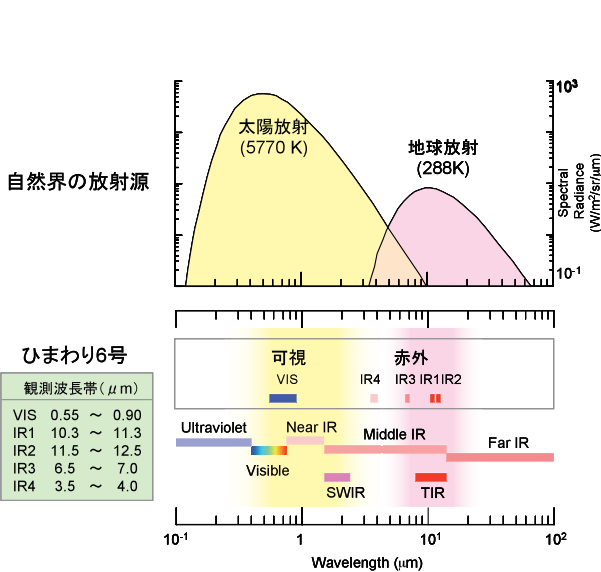


図3 ひまわり6号の観測波長帯と太陽放射・地球放射

図2の左側の画像では、太陽光の反射という現象を見ていることになります。同じように太陽に照らされているところでは、地表(海も含め)に比べ反射率が高い雲からの光は画像上で明るく現れます。GoogleEarthで見られる衛星画像は、この太陽放射の領域で観測されたものです。対象物の反射率の違いを見ていることになります。一方、右側の画像で、雲と地表の違いは何からきているのかと言いますと、電磁波を放射するものの温度の違いが現れています。低温の物体からの放射量は小さくなります。図2の2つの画像スケールを注意してみると、Intensityで示される観測値の大小と画像の明暗が逆になっています。右側の図では、観測値の小さいもの、つまり放射量の小さいものが明るく表示されるように表現されています。明るく現れている雲は、通常地表に比べて温度が低いことと符合します。右側の画像は、放射という現象を観測しており、雲の動きを温度の目を持って見ていることになります。気象予報で昼夜を問わず示される雲の動きは、このような目で捉えられているものなのです。このように、リモートセンシングは、異なった波長帯を用いることで、物事の異なった現象や異なった性質を調べることができます。

ここでもう一つ、このように異なった波長帯を使って同時観測された例をみて見ましょう。図4は、米国の衛星Terraに搭載された通称ASTER(アスター)と呼ばれる日本のセンサで観測された画像です。インドネシアにあるメラピ火山です。メラピは、活火山で何度も噴火

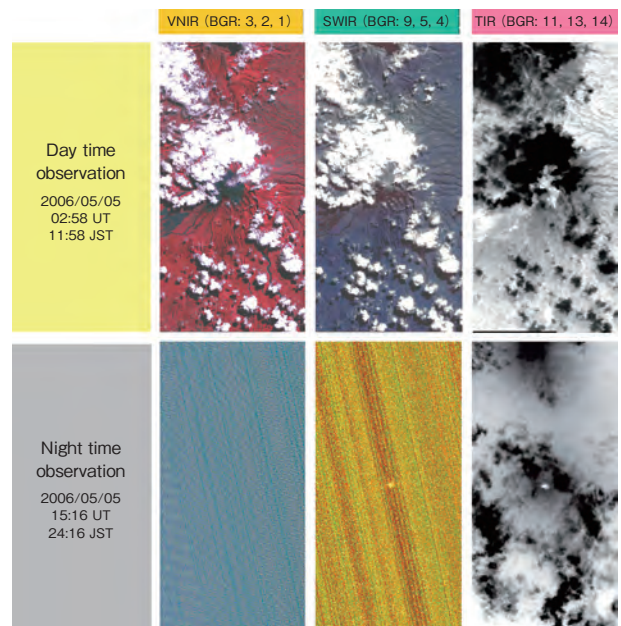


図4 Terra ASTERによるインドネシア メラピ火山

セミナー

を繰り返しています。この画像は、2006年5月5日の昼と夜に観測された画像です。いずれも画像中央にメラピ山の山頂があります。昼間の画像では、山頂の北東側を雲が覆っているのが分かります。ASTERは、大きく3つの波長帯で観測ができるセンサです。短い波長帯から順に、VNIR、SWIR、TIRと呼ばれています。それぞれ、可視近赤外、短波長赤外、熱赤外という意味です。

図5にあるようにVNIRとSWIRは太陽放射の分布が卓越する波長帯です。したがって、両者で山頂付近の雲が高反射率のものとして、白く写っています。熱赤外は、観測値の大小と明暗の大小はひまわりの画像のように逆にはなっていません。そこで、雲は温度が低く暗く写ることになります。その日の夜の画像をしてみると、VNIRはノイズ以外何も写っていませんが、TIRには昼間と同様、雲や地表の様子を伺うことができます。さらに、山頂には輝点(中央)が見えます。これはメラピ山の火口で、SWIRにもノイズの中に輝点が認められることから、かなり温度が高いことが予想されます。電磁波の波長分布を見てみますと、SWIRのように太陽放射を主に観測する波長帯でも、火口のように高温の物体が存在していると地表放射も観測されることがわかります。

リモートセンシングの温度を見る目は、地球規模での環境を調べるため、海表面の温度分布や世界各地で発生している森林火災のモニタリングに利用されています。

す。また、太陽放射を観測する可視から短波長赤外域では、我々が可視光で物を見ているのと同様に、対象物の反射率の違いを捉えることにより地表にある物の分布や変化の様子を観測しています。

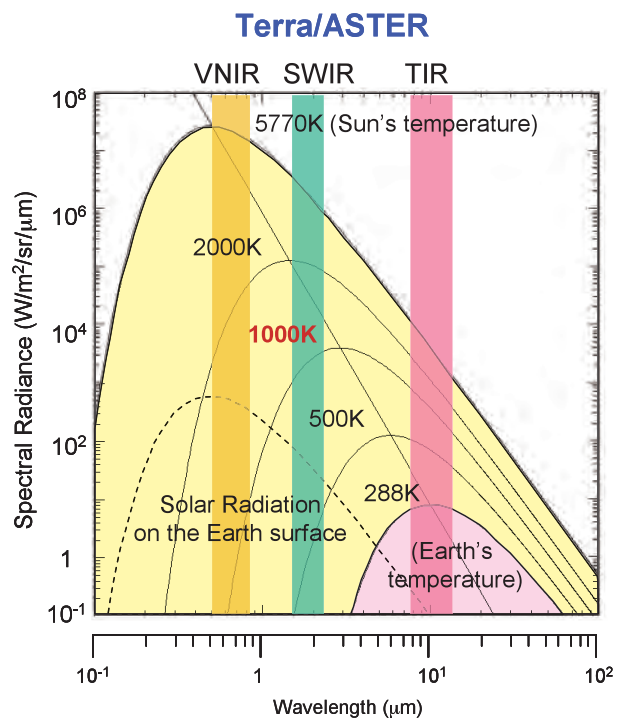


図5 Terra ASTERの観測波長



60年の歴史が1枚のDVDに!

物理探査 1948-2007 DVD版

物理探査学会誌「物理探査」を1948年度(vol.1)から2007年度(vol.60)までDVD1枚に収録

定価 12,600円(税込み)

お申し込みは、学会事務局 03-6804-7500まで

「総説 岩盤の地質調査と評価」

一般社団法人 ダム工学会編 単行本:529ページ 古今書院(2012/12)



京都大学大学院工学研究科都市社会工学専攻
松岡 俊文

チグリス・ユーフラテス流域に栄えた古代メソポタミア文明まで遡るまでもなく、農工の発展および人々の生活の中で水は「資源」と称されて、生活そのものを支える原材料として活用されて来ましたが、目の前を流れる川の水を一時的に溜め置いて恒常的に利用したいということが、おそらくはダム建設の発端であると考えられますが、目的は上水道、灌漑などの利水に留まらず、洪水被害を軽減するための治水、あるときは水の位置エネルギーを利用した発電を行うなど、社会インフラとしての大きな役割を果たして来ました。さらに近代に至っては、ダム建設によって培われた大規模構造物の調査、設計、施工技術は、我が国の土木技術の発展に大きく寄与して来たのは周知の通りです。

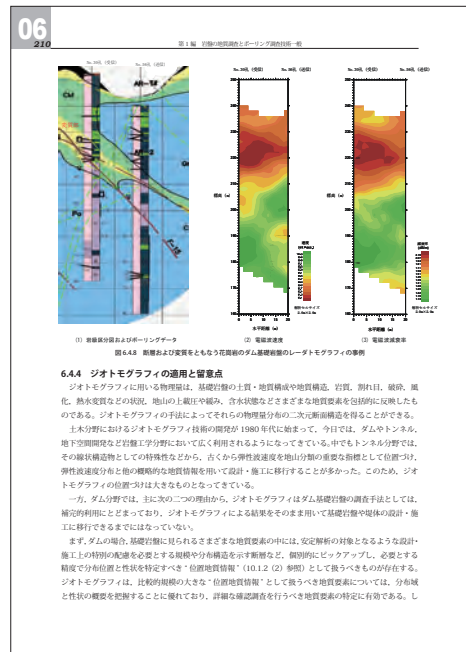
ダムの堤体とそれを載せる基礎岩盤は一体となって、巨大な水圧荷重に耐える支持機能、漏水を防ぐ遮水機能が要求されており、貯水池を構成する地山と斜面は、貯水に対する遮水機能と力学的安定性を有していなければなりません。これらを評価するための地質調査技術は大変重要であるばかりでなく、多種多様にわたっています。そのため、本書は平野勇博士を部会長としたダム工学会調査研究委員会の地質・基礎研究部会が、発刊まで実に10年の歳月を費やして推敲を繰り返した成果であり、これまでの日本のダム地質調査技術の全てが結集された解説書と称しても過言ではありません。

本書の内容は、土木工学と共にダム建設技術を作り上げてきた「ダム建設に伴う地質調査」について、地質調査の理念、調査目的や調査段階、地質特性に応じた調査手法の選択や組合せ、調査結果の取りまとめと評価、設計、施工への利用方法など、ダム建設プロジェ

クトにおける技術的プロセスや技術体系を踏まえて総合的に解説した解説書です。ボーリング調査および試験・計測技術の進展と、ダム建設場所の地質条件の多様化を背景に発展してきた、掘進技術、コア採取技術はもちろんのこと、孔壁撮影、透水試験、地下位観測、孔内載荷試験、物理検層、岩石の物理・力学試験などボーリング孔やコアを利用したさまざまな調査および試験・計測技術について、懇切丁寧に解説すると共に、これら技術の標準化の為に教材となることを念頭に書かれたものです。そのため、事例を多く取り上げてそれに基づいた解説がなされていることも、本書の特徴の一つであり、このような本書のまとめ方が成功していることは、本書を一読されれば明らかです。

本書は、岩盤ボーリング調査技術とダムの地質調査を中心に書かれたものでありますが、それ以外の多くの土木工学の場面で出会う地盤、岩盤、斜面、環境など多彩な分野の若手技術者、現場技術者とともに、その体系を理解するために土木物理探査を専門とする技術者にも繰り返し読んでいただきたい一冊です。また本書は5編15章の構成となっており、読者のために以下に各編のタイトルを示します。

- 第1編：岩盤の地質調査とボーリング調査技術一般
- 第2編：ダムサイトの地質調査
- 第3編：堤体材料の地質調査
- 第4編：斜面の地質調査
- 第5編：ボーリング調査技術と管理・保管



AIR MAIL

海外在住
会員便り

「パース駐在生活」

INPEXパース事務所 斎藤 伸、古屋 敬一

私は国際石油開発帝石(株)の前身であるインドネシア石油(株)に物探屋として入社し、2007年まで主にインドネシアのオペレータ・プロジェクトに関わってきました。その間、ジャカルタに単身で3度程駐在しました。その後、東京本社でオーストラリア北西大陸棚にある当社オペレータ・プロジェクトに関わり、昨年6月に西オーストラリア州のパースへ赴任し、オーストラリア探鉱案件の物探業務を担当しています。現在、パースの生活も一年が過ぎたところです。ここでは、私のジャカルタとパースにおける駐在生活(仕事以外)の思い出について少しご紹介したいと思います。

私のジャカルタ駐在は1993年から2007年までの間に合計で7年程になります。その頃は独身だったため、週末はもっぱらジャカルタ市内にあるゴルフ練習所で打ちっぱなしをした後、近郊のゴルフ場へ出かけ、練習の成果を試すのが習慣でした。毎週末、練習場に通っていたので、スタッフやインストラクターと顔見知

りになり、ジャカルタを離れる際には、その練習場のスタッフ全員に御礼としてケーキを配ったりしました。また、ジャカルタ駐在7年間のうち6年間は寮生活でした。寮ではインドネシア人のお手伝いさんが基本的に毎日食事を用意してくれました。同僚も私も毎週火曜日の夕飯に決まって出されるカレーが好物で、皆が何杯もお代わりをするので大量に作ってくれたカレーもすぐに無くなりました。中にはそれでも飽き足らず、レトルトカレーを温めて食べている者もありました。

一方、パース駐在はまだ1年程度ですが、前半は単身、後半は家族帯同です。私のパース赴任直後は物件が少なく、住居探しに約1か月半も掛りました。住居が決まってもその後の毎週末を家具購入や組立、中古車購入、電話等の設置などに費やし、ようやく必要な物が揃ったのは昨年12月になってからです。年が明けてから日本にいる妻子をパースへ連れてきた後、2月からは子供を幼稚園に通わせています。環境がガラリと変わり、幼稚園にもなかなか馴染めず「行きたくない!」を隣の家族に聞こえるような大きな声で毎朝叫んでおりましたが、それも最近はなくなり、少しずつ落ち着いた生活ができるようになってきました。これからの週末は、パース周辺の名所やワイナリー巡りなどを楽しみたいと思っています。

正直なところ、私は学生時代に一度も海外へ行ったことがなく、まさか自分が将来海外生活を経験するなどは思ってもいませんでした。入社後、このような海外赴任の機会に恵まれ、学生時代には想像できなかった海外生活を今楽しんでいます。最後に、ジャカルタとは大きく違うパースでの生活ですが、一つでも多くの思い出を作っていきたいと思っています。

(斎藤 伸)



キングスパークからの眺め



斎藤伸氏:パースから西南西へ約10kmのスワンボルンビーチにて

.....

現在パースに駐在しておりますINPEXの古屋と申します。今回は会員の海外駐在生活を紹介するということで、恥ずかしながらこちらでの生活についてお話ししたいと思います。当地パースには2012年の1月から住んでいますが、一言で言えば自然豊かなとても住み良いところです。気候も1年を通して過ごしやすい夏はそれなりに暑くなりますが乾燥していて、冬はそれほど厳しい寒さではないです。時に雲ひとつない透き通った青空が広がり空気がきれいなんだなあ実感します。パースはかなり田舎町(夕方5時になると店が閉まる!)なんですけど、慣れてしまえば問題ないです。ただ

物価が高い。昼食は大抵外へ出ますが、日本円で1,000円以上はかかります。

さて、当地に来てまず印象的だったのは皆さん本当に運動、スポーツが大好きだということです。通勤での自転車、ランニングは当たり前。早朝暗い中から自転車の集団が車道を走っており、朝のカフェはサイクリストで賑わっています。お昼休みも多くの人がジムに行ったりして汗を流します。従って何も運動をしていないと、そりゃあいかんなあと色々勧められます。

そのような環境にあることもあり、私の朝も通勤ランから始まります。自宅からオフィスまで3.5km程度しかありませんが、眠気覚ましにちょうどいい感じです。朝日に照らされたきれいなスワンリバーとパースの市街地を見ながらの朝の通勤ランはなかなかです。公園の脇などは普通にペリカンや黒鳥や鴨たちがうろろしているの、彼らに挨拶しながら通勤です。実際のところ、平日運動をするのは難しいのでこの朝のランニングがいい運動になっています。本当は帰りも走りたいのですが、あまりに真っ暗なので安全上やめています。週末ですが、自宅がスワンリバーのすぐそばのため川沿いをジョギングすることが多いです。これまで1人でやっていて家族から苦情が出ていたので、それを逆手に取り8歳の娘を巻き込み一緒に走っています。また、こちらはほぼ毎週末どこかでレースをやっているの、そちらにも一緒に参加しています。目標は帰任までに家族一緒に大会に出場することです。



古屋 敬一氏：スワンリバー沿いで開催された地元のレース

走る話ばかりになってしまい申し訳ありませんが、パースは屋外でスポーツをするのに理想の場所だと思っています。また世界で最も住みやすいところとも言われているようですので、機会がありましたらぜひ皆さん一度は足を運んでみてください。最後になりますが、仕事はさまざまな国籍の運動好き体育会系の方々とがんばって取り組んでいます。世の中体力勝負です。
(古屋 敬一)

新 刊 案 内

『河川堤防の統合物理探査』 —安全性評価への適用の手引き—



編著:独立行政法人 土木研究所
公益社団法人 物理探査学会
体裁:B5版, 120頁, 総カラー印刷
発売:2013年3月30日
価格:2,800円(税別)
出版:愛智出版

◎内容と特色

河川堤防の特徴と被災の実態を紹介し、地盤性状の異なる河川事例も紹介しながら、河川堤防の安全性評価に適した統合物理探査の目的・測定・データ処理を数多くのカラーの図版・写真も使って解説した。新しく研究・開発されてきた統合物理探査の手法を適用することによって、河川堤防の要改良区間を効率的かつ経済的に抽出することが可能となった。山と河川が極めて多い我が国においては、河川堤防決壊による被災を防ぐために全国の河川堤防を常に点検・整備することは国家的課題である。本書に記された知識と技術が関係方面において活用され、河川堤防の質的整備が一層推進されるよう期待される。

◎販売対象者

国・自治体において河川堤防の建設・保守・管理に携わる土木部門の専門家、河川堤防の保守・管理に携わる土木事業者・コンサルタントの技術者、大学工学部の土木工学・社会基盤工学・環境工学の研究者



講演会・セミナー開催のお知らせ

第129回秋季学術講演会

1. 会期：平成25年10月22日(火)～10月24日(木)
2. 会場：高知会館(高知県高知市)
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. 交流会参加費
一般：5,000円(事前登録)、6,000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：高知大学海洋コア研究センターなど
一般：3,000円 学生：無料
6. 事前登録締め切り：平成25年10月11日(金)

第11回SEGJ国際シンポジウム

1. 会期：平成25年11月18日(月)～11月20日(水)
11月21日(木)にテクニカルツアーを予定
2. 会場：新横浜プリンスホテル
3. 登録・問い合わせ
<http://www.segj.org/is/11th/>
E-mail: segj11th@segj.org
Twitter: segj11th
4. 参加費
会員：38,000円(10/15まで)、45,000円(10/16以降)
学生：16,000円(10/15まで)、20,000円(10/16以降)
5. 企業展示の申し込み
http://www.segj.org/is/11th/?page_id=14

第54回(平成25年度)物理探査学会賞候補推薦について

平成25年度物理探査学会賞(業績賞, 論文賞, 奨励賞)の公募が始まります。詳しくは10月発行予定の物理探査第66巻第4号の学会記事・会告をご覧ください。

(表彰委員会)

東北大学環境科学研究科公開講座・地球計測工学特論

「電磁波による地下計測技術—GPRの基礎から応用まで—」

(物理探査学会 協賛)

1. 日時：平成25年9月3日(火)～9月5日(水)
2. 会場：東北大学大学院環境科学研究科(エコラボ第4講義室)
3. 参加費：5,000円(講義ノート A4約250ページ含む)

〈公開講座の詳細〉

<http://cobalt.cneas.tohoku.ac.jp/users/sato/GPR2013.html>

〈公開講座の申込み〉

<http://www.kankyo.tohoku.ac.jp/openlec/index.html>

〈公開講座の内容〉

<http://cobalt.cneas.tohoku.ac.jp/users/sato/newpage9.htm>

第12回地下電磁計測ワークショップ「復興・遺跡調査」

(物理探査学会 協賛)

1. 会期：平成25年11月22日(金)～11月23日(土)

2. 会場：東北大学 萩ホール

3. 参加費：無料(講演予稿集は実費販売)

4. 発表申込み期限：平成25年9月13日(金)

題目・著者・アブストラクト

<http://www.ieice.org/cs/sane/jpn/program.html>

5. 原稿送付期限：平成25年10月下旬(予定)

電子情報通信学会技術研究報告 様式

<http://www.ieice.org/ken/program/index.php?tgid=IEICE-SANE>

6. 詳細

<http://cobalt.cneas.tohoku.ac.jp/users/sato/index-j.html>

7. 問い合わせ、申込み先

〒980-8576 仙台市青葉区川内4-1

東北大学東北アジア研究センター 佐藤源之

(Tel&Fax: 022-795-6074, sato@cneas.tohoku.ac.jp)

公益社団法人化について

一般社団法人 物理探査学会は、2013年5月1日より公益社団法人 物理探査学会となりました。

編集後記

今回、紹介されています65周年特別セッション「10年後の物理探査を考える」には、ニュース委員から3名がパネラーとして参加し、私も参加させて頂きました。会場の多くの方々にもセッションへ参加していただき、活発な議論が行われました。当日の詳細内容は学会誌で報告があるようですが、本号では特別セッションへの準備や裏話について書かれています。学会誌とともに是非ともご覧いただけましたら幸いです。セッション当日は「新規技術・技術革新」、「物理探査ユーザーの視点」、「人材育成・教育」、「持続可能社会」というキーワードのもと議論が行われ、本ニュースで紹介している内容に大きく関わるものでした。色々な

面から皆さんは物理探査に関わっており、ニーズやシーズの連携の必要さを感じました。本ニュースでは会員の皆さんからの記事やご要望をお待ちしています。皆さんとの情報交換の場ともなればと思っています。また、学会員でない方にも物理探査を利用している方がいらっしゃるかと思います。本ニュースはHPで閲覧できるほか、希望される方へ無償で配布をしておりますので、お近くに興味を持っている方がいらっしゃいましたらお知らせ頂ければ幸いです。

(ニュース委員会委員：井上敬資)

著作権について

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

物理探査ニュース 第19号 2013年(平成25年)7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>