

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

現場レポート：能登半島地震の緊急現場レポート	1
わかりやすい物理探査	
重力探査 その3：いろいろなフィルタ	3
研究の最前線	
市街地・住宅地における不規則配置の3次元 微動アレイ探査	6
現場レポート：コロナと微動	8
第40回地盤探査研究会開催報告	10
書評：高レベル放射性廃棄物処分地の立地選定	11
EAGE Annual Meeting 2023 in Vienna参加報告 —ウィーンで観たもの— その2	12
よもやま話 オーディオと物理探査 その4	14
お知らせ	16

Geophysical Exploration News Spring 2024 No.62

現場レポート



能登半島地震の緊急現場レポート

ニュース委員 寄稿

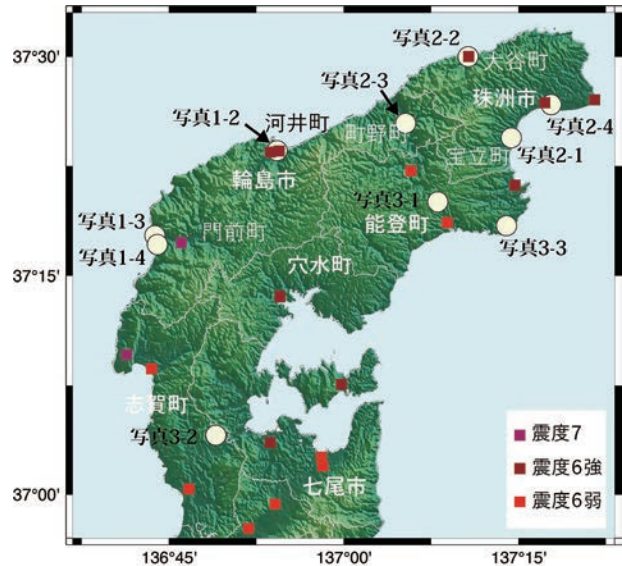
令和6年能登半島地震の発生から約3か月が経ち、現地では学術的な調査、インフラの復旧のための調査が行われています。今回は、現地に行った3名のニュース委員の現場写真にて半島の状況を紹介します。

なお、能登半島沿岸ではJAMSTECが2022年から調査を行っており、物理探査ニュースNo.57、No.59で紹介をしております。そちらもご覧ください。



吉川 猛

(基礎地盤コンサルタンツ株式会社)



1-1



1-2

写真1-1 内灘町の側方流動の頭部の様子(3/28撮影)
側方流動の頭部には数段の滑落崖が形成されている。すぐ背後に砂丘が認められる。

写真1-2 倒壊ビルとビルの基礎の様子(3/29撮影)
杭基礎とスラブの付け根部分で破断している様子が伺える。

写真1-3 倒れた鉄柱(3/29撮影)
鹿磯漁港内の鉄柱が根本から折れて、東方に向かって倒れている。地震の横揺れで倒れたものと推測される。

写真1-4 黒島漁港の様子(3/29撮影)
地盤の隆起により漁港内は干上がり、徒歩で進入可能な状態。



1-3



1-4

地元 孝輔
(香川大学)



2-1



2-2

写真2-1 珠洲市宝立町鶴飼地区の様子
珠洲市宝立町の鶴飼地区では、地震の揺れによって倒壊した建物も多いが、そこへさらに津波が押し寄せ、壊滅的な被害を受けた。

写真2-2 珠洲市大谷町の様子
能登半島の北東の海岸沿いの小さな集落で、孤立状態だった。この地区も建物の倒壊、土砂崩れ、地盤の被害が多い。上の写真に見えている249号は3ヶ月経っても通行止めである。左には大谷小中学校があり、そこに設置されている強震計では震度6強だった。

写真2-3 輪島市町野町の様子
あまり知られていないが、輪島市の町野町という地域では、多くの建物が倒壊、土砂崩れ、地盤の被害、河道閉塞などかなり被害が大きい上、孤立集落となっていた。

写真2-4 液状化によるマンホールの浮き上がり
液状化によるマンホールの浮き上がりは、奥能登のどの地域でもみられ、行く手をはばむ。



2-3



2-4

笠谷 貴史
(JAMSTEC)



3-1

写真3-1 一般道の被害の様子
被害は谷埋盛土箇所集中しているように見受けられる。



3-2

写真3-2 宙に浮いた防護柵
普段目にしない地中に埋まっている支柱がよく分かる。

写真3-3 コロナ給付金で作られたイカキングが話題となった「イカの駅つくモール」前の岸壁
地震動と液状化の影響で大きな被害を受けている。建物近くでは液状化の影響が大きい。3月下旬に立ち寄った際にはトイレが使えるようになっていた。



3-3

現在、被害状況の調査が進んでいます。今後の防災・減災に役立って貰いたいと強く思うと共に、物理探査の果たす役割も大きいと感じます。

最後に、この度の地震でお亡くなりになられた方のご冥福をお祈り申し上げますとともに、被災された皆さまに心よりお見舞い申し上げます。

京都大学大学院理学研究科附属地球熱学研究施設 楠本 成寿

1. はじめに

重力探査(その3)では、フィルタリングを取り上げます。フィルタリングは、ブーゲー異常や重力偏差データからのノイズ除去、有意な情報(例えば、堆積盆地や断層構造に起因する特徴的なブーゲー異常や重力偏差データ)の抽出によく用いられます。フィルタリングで得られた結果は、震央分布や断層分布、表層地質、地形等、他の地球科学データ等と比較検討され、地下構造についての総合的な解釈やモデル化に用いられます。また、フィルタリングで得られた結果は、構造解析領域の選定など、定量的な解析の基礎データや補助データとして用いられることもあります。

構造抽出に利用されるフィルタには、長波長成分を抽出するローパス・フィルタ、短波長成分を抽出するハイパス・フィルタ、そして特定の波長帯を抽出するバンドパス・フィルタという一般的なフィルタのほかに、重力探査ならではのフィルタもあります。重力探査ならではのフィルタは、いわゆるポテンシャルに関連して設計されているものが多いため、磁気探査へ転用できることも多いという特徴があります。反対に、磁気探査で開発されているフィルタが重力探査へ転用されることもよくあります。

今回は「いろいろなフィルタ」と題し、一般的なフィルタと重力探査ならではのフィルタを空間領域とフーリエ領域(周波数領域)の双方から解説します。

2. 空間領域でのフィルタ

空間領域のデータに対して最も簡便でよく用いられるフィルタは、おそらく移動平均法ではないでしょうか。図1に示されるように、移動平均法は、格子点上に与えられたデータにウィンド幅 W をもつデータウィンドを設定し、データウィンド内のブーゲー異常や重力偏差の平均値をデータウィンド中心部の値とします。その後、データウィンドと共にその中心を1点だけ移動させて同様の計算を行います。このような操作をデータ全体に行う

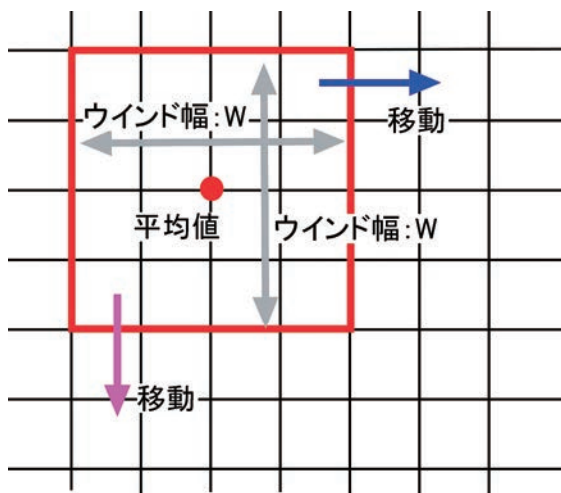


図1 移動平均法の原理

ことで、短波長の凸凹が平均化され、長波長のデータが得られます(ローパス・フィルタ)。

図2(B)はウィンド幅10kmの移動平均法を中部九州のブーゲー異常図(図2(A))に施して得られるブーゲー異常図です。大分のっぺりしたブーゲー異常図ですね。移動平均法のローパス・フィルタとしての特性はデータウィンドのサイズに依存しています。データウィンドのサイズを大きくすることにより、より長波長のシグナルが抽出されます。

ローパス・フィルタである移動平均法により得られた長波長データを、もとのデータから引き去ることにより、ローカットされたデータ、すなわちハイパス・フィルタを施したデータを得ることができます。図2(C)は、図2(A)から図2(B)を引き去ったブーゲー異常図であり、短波長成分が抽出されています。

また、ハイパス・フィルタには微分フィルタといわれるものもあります。これはブーゲー異常や重力偏差に数値微分を施し、データの変化率から構造急変位置を抽出する手法で、エッジ強調手法と呼ばれることもあります。これまで広く用いられてきている手法に、ブーゲー異常($\Delta g_B = \Delta g_z$)の水平1次勾配(HG: Horizontal Gradient)

$$HG = \sqrt{\left(\frac{\partial \Delta g_z}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial \Delta g_z}{\partial y}\right)^2} \quad (1)$$

があります。ここで $\partial \Delta g_z / \partial x$ と $\partial \Delta g_z / \partial y$ は重力偏差 Δg_{zx} と Δg_{zy} であることから、式(1)を

$$HG = \sqrt{\Delta g_{zx}^2 + \Delta g_{zy}^2} \quad (2)$$

と重力偏差の表記を用いて表現することもできます。図2(D)は中部九州のブーゲー異常図のHG分布図です。ブーゲー異常の急変部を抽出しています。主な構造に対応するものとして、中央構造線(MTL)、大分-熊本構造線(OKTL)、阿蘇カルデラ(SC)、大崩山コールドロン(OC)等が挙げられます。

重力偏差がテンソル量であることに着目した構造境界抽出手法もあります。重力偏差テンソル全9成分を用いた解析手法もありますが、ここでは4成分を用いた解析手法を紹介します。

重力偏差テンソル9成分のうち、水平方向だけの4成分を用いて、行列 H を以下のように定義します。

$$H = \begin{pmatrix} \Delta g_{xx} & \Delta g_{xy} \\ \Delta g_{yx} & \Delta g_{yy} \end{pmatrix} \quad (3)$$

Oruç et al.(2013)は、行列 H の最小固有値が0となる位置が盆地等の凹んだ構造の境界をよく抽出できることを報告しています。

図2(E)は、中部九州の重力偏差データ(物理探査ニュースNo.61:重力探査その2を参照)の水平4成分を用いて得られる行列 H の最小固有値分布です。この図中の赤線は最小固有値が0となる場所、すなわち盆地等の凹んだ構造の境界を示唆する位置になります。赤線の位置は、別府湾(BB)や庄内盆地(SB)、猪牟田カルデラ(SC)、九重盆地(KB)、阿蘇カルデラ(AC)、大崩山コールドロン(OC)などよく一致しています。一方で、最小固有値そのものの分布をみると、HG同様、中央

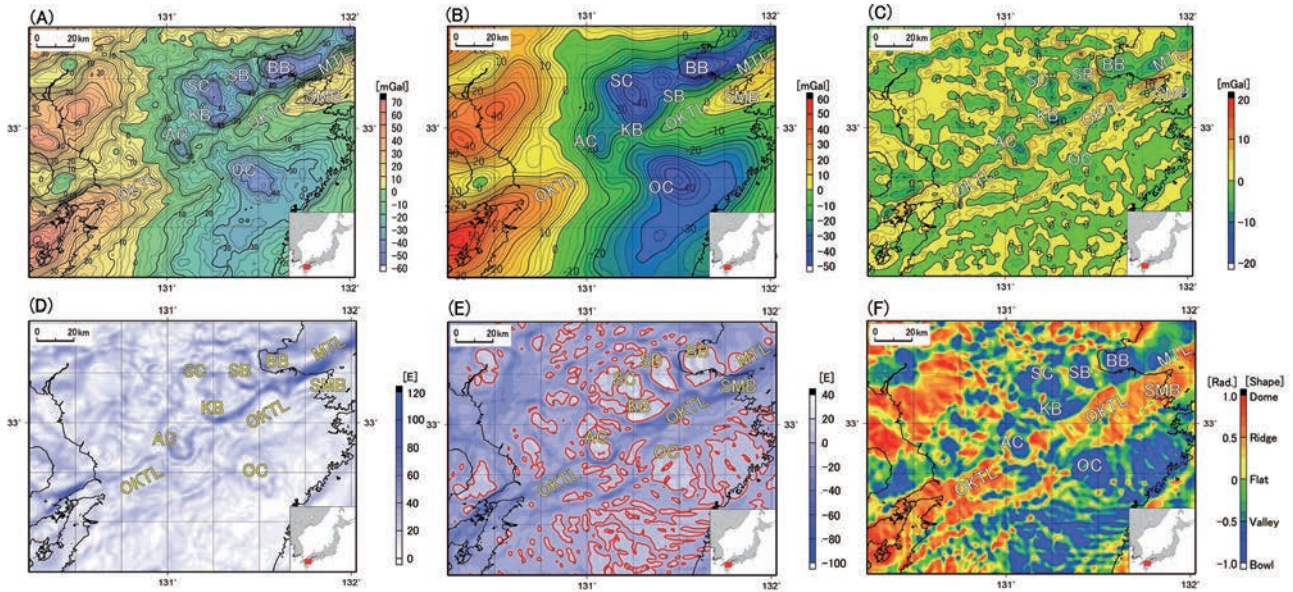


図2

- (A) 中部九州地域の一次傾向残差ブーゲー異常、地質調査総合センター(2013)のデータベースを利用して作成
- (B) 長波長ブーゲー異常図
- (C) 短波長ブーゲー異常図
- (D) ブーゲー異常の水平1次勾配図
- (E) 重力偏差の水平4成分の最小固有値分布。赤線は最小固有値が0となる部分
- (F) *SI*分布図

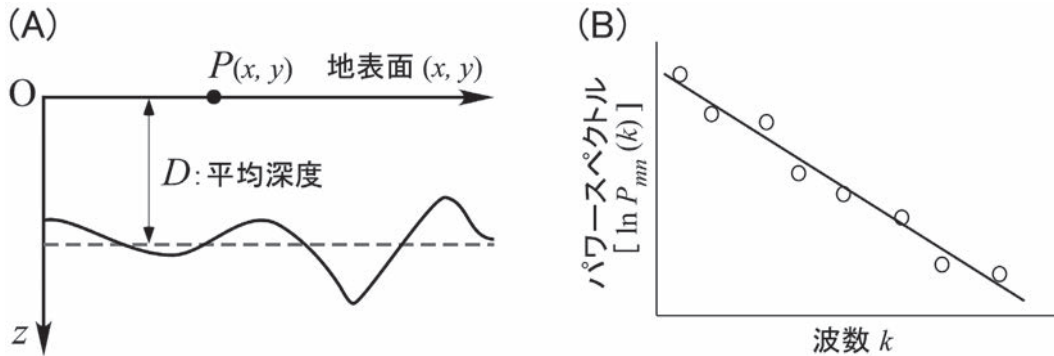


図3

- (A) 中部九州地域の一次傾向残差ブーゲー異常、地質調査総合センター(2013)のデータベースを利用して作成
- (B) 長波長ブーゲー異常図

構造線(MTL)、大分-熊本構造線(OKTL)のほか、佐賀関半島に見られる三波川変成帯(SMB)の分布境界や、大分-熊本構造線の南側を並走する臼杵-八代構造線を示唆するような領域の抽出もできているように見えます。

この節の最後に、重力異常場の曲率を地下構造の解釈に結び付けたユニークな解析手法を紹介します。これは重力異常場の最大曲率と最小曲率を用いて定義される重力異常場のポテンシャル形状指標(*SI*: Shape Index)から、地下形状についての情報を得ようとするものです。重力偏差の表記を用いると、*SI*は以下のように定義・表現されます。

$$SI = \frac{2}{\pi} \arctan \left[\frac{\Delta g_{zz}}{\sqrt{(\Delta g_{xx} - \Delta g_{yy})^2 + 4(\Delta g_{xy})^2}} \right] \quad (4)$$

*SI*は-1から1の範囲に分布します。

ポテンシャル形状は地下の密度構造を反映することから、

Cevallos(2014)は、密度分布や構造に起因するポテンシャル形状*SI*を、+1はDome、+0.5はRidge、0はFlat、-0.5はValley、-1はBowlに対応させて解釈することを提案しています。

図2(F)は、中部九州の重力偏差データを用いて得られた*SI*の分布です。この図から、別府湾(BB)、庄内盆地(SB)、九重盆地(KB)、阿蘇カルデラ(AC)、猪牟田カルデラ(SC)、大崩山コールドロン(OC)などは、ポテンシャル形状が下に凸なBowl状であることが示唆されています。一方、大分-熊本構造線(OKTL)沿いの南側や三波川変成帯(SMB)が地表に露出するところは凸なFlatからRidge状となるポテンシャル形状をもつことが示唆されています。このように*SI*は、高重力異常や低重力異常のポテンシャル形状の凹凸の程度をDomeからBowlという直感的に分かりやすい形状に置き換えることで、地下構造情報を推測する手法です。勿論、ポテンシャル場の曲率と地下構造の曲率は必ずしも一致しているとは限らないため、注意が必要です。

3. フーリエ領域でのフィルタ

フーリエ領域を経由するフィルタでは、まず、空間領域のブーゲー異常や重力偏差をフーリエ変換によりフーリエ領域のデータに変換します。その後、波数や周波数についての重みやウインド関数をフーリエ領域に変換されたデータに掛け合わせ、逆フーリエ変換を施します。これにより、解析者が得たいフィルタ効果を空間領域で得ます。

ローパス・フィルタは、ある波数より小さな波数のデータを残す重みやウインド関数を設定することで設計できます。ハイパス・フィルタは、ある波数より大きな波数のデータを残す重みやウインド関数を設定することで設計できます。特定の波数帯のデータを抽出するバンドパス・フィルタでは、残したい波数帯をローパス・フィルタとハイパス・フィルタの重みやウインド関数の組み合わせで表現した重みやウインド関数を設定することで設計できます。

このフィルタの設計では、「ある波数」の設定が必要になります。その選定には、スペクトル解析が有用です。これは、ブー

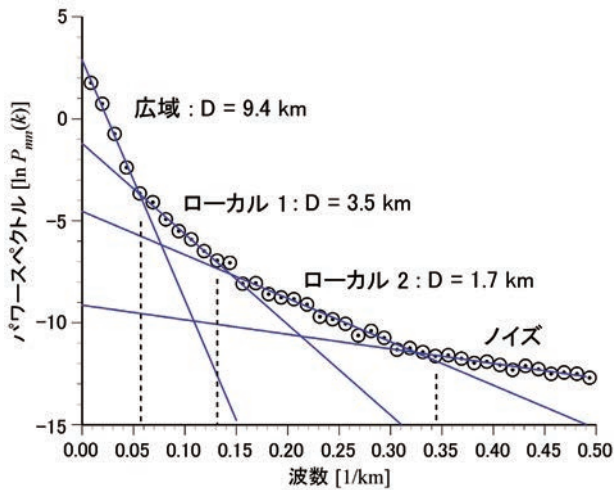


図4 中部九州地域のブーゲー異常のパワースペクトルと解析結果

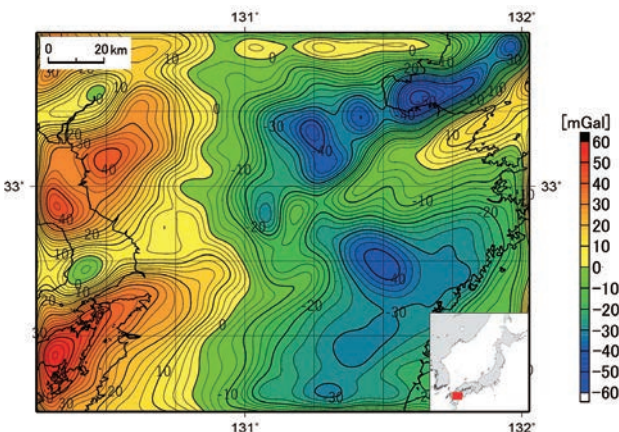


図5 広域ブーゲー異常図
スペクトル解析から推定された平均境界深度は9.4km。
実際の構造は、他のデータを参照する必要がある。

ゲー異常や重力偏差のパワースペクトルから、異常源となる層の平均境界深度 D とその影響が及び波数帯を推定できる解析手法です。そのため、「ある波数」の設定根拠になり得ます。ここではブーゲー異常についてお話しします。重力偏差についても知りたい場合は楠本・東中(2017)をご覧ください。

図3(A)に示されるような2層構造があるとき、この構造に起因するブーゲー異常のパワースペクトル $P_{mn}(k)$ と境界層の平均深度 D の間には、波数を k 、任意定数を c とおいて

$$\ln P_{mn}(k) = -4\pi Dk + c \quad (5)$$

という関係があります(図3(B))。地下に N 層構造があるとき、 $N-1$ 個の式(5)の関係が得られます。縦軸にパワースペクトル(自然対数)、横軸に波数をとって回帰直線を求めることで、それぞれの勾配から各層の平均境界深度 D を、またそれぞれの回帰直線の適用範囲(定義域)から各層がブーゲー異常に影響を及ぼしている波数帯を推定することができます。これらの情報を基に、フィルタの設計を行うことができます。なお $P_{mn}(k)$ は理論上軸対称であるため、適当な間隔で波数 k の半径方向に $P_{mn}(k)$ の平均をとり、式(5)を適用すると効率的です。

図4に中部九州地域のブーゲー異常のパワースペクトルとその解析結果を示します。これは、自由度調整済み決定係数を指標として最小二乗法により D と k の範囲を自動で推定しています(例えば、楠本・東中, 2021)。図4では、広域、ローカル、ノイズ領域がうまく推定されていますが、ローカル領域が2つに分けられています。これは細かすぎるかもしれません。

図5は、図4の結果に基づき、平均境界深度 $D=9.4$ kmの構造に対応すると考えられる広域ブーゲー異常を抽出したものです。この図はウインド幅を10kmとして得られるブーゲー異常図(図2(B))とよく似ています。

スペクトル解析を併用したフーリエ領域でのフィルタは、フィルタの設計根拠を明確にすることができるため、重宝されます。しかしながら、浅部に長波長で存在する異常源にうまく対応できない、つまり長波長ブーゲー異常は、深部構造にその原因があると錯覚させてしまうという短所もあります。図2(B)や図5のように、ローパス・フィルタが施されたブーゲー異常や重力偏差から何かを議論するときは、この辺りのことに注意する必要があります。

【引用文献】

- Cevallos, C. (2014): Automatic generation of 3D geophysical models using curvatures derived from airborne gravity gradient data. *Geophysics*, 79, G49-G58.
- 地質調査総合センター(2013): 日本重力データベースDVD版, DVD-ROM P-2.
- 楠本成寿・東中基倫(2017): 重力偏差テンソルの g_{22} 成分のパワースペクトルと平均境界層深度の関係, *物理探査*, 70, 1-11.
- 楠本成寿・東中基倫(2021): 重力異常や重力偏差(g_{22})のパワースペクトルから原因層の平均深度を与える回帰曲線の自動推定手法, *JPG2021要旨*, STT34-04.
- Oruç, B., Sertçelik, I., Kafadar, Ö., and Selim, H. H. (2013): Structural interpretation of the Erzurum Basin, eastern Turkey, using curvature gravity gradient tensor and gravity inversion of basement relief, *Jour. Appl. Geophys.*, 88, 105-113.

市街地・住宅地における 不規則配置の3次元微動アレイ探査

応用地質株式会社 小西 千里

1. はじめに

令和4年度論文業績賞(事例研究賞)を頂きました表記論文の内容についてご紹介します。

本論文では、東日本大震災の際に液状化によって大きな被害を受けた茨城県神栖市において、被害に大きな影響を及ぼしたと考えられる地下構造を3次元微動アレイ探査によって推定した結果を報告しています。特に、既往研究(たとえば橋本ほか、2015)で液状化被害との関連性が指摘されていた砂利採掘跡地の埋め戻し箇所を3次元的に把握できたことが成果のひとつになっています。また、大がかりな起振装置を必要としない微動を用いた方法で、工夫すれば都市部でも簡単に3次元探査ができる事を示した点が評価されたものと思います。そこで、ここでは計画・測定時に工夫した点を中心に書きます。

2. 不規則配置の3次元微動アレイ探査

最近我々が実施している3次元微動アレイ探査は、数m間隔の格子状に配置した多数の受振器を展開移動させながら対象範囲を計測することで、3次元的なS波速度構造を推定する方法です(Hayashi *et al.*, 2015, Hayashi *et al.*, 2021)。アレイ形状を格子状配置にしているのは、展開移動を単純かつ簡易にし、受振器の設置位置のミスが起きにくくするという実務的な理由であって、特にアレイ形状に制約があるわけではありません。

3. 測定計画の立案

市街地や住宅地で測定する場合、民地への立ち入り制限などもあって、自由に受振器を設置できるわけではありません。今回の現場も比較的格子上に道路が整備されていたものの、更地の現場のように標準的な格子状配置の測定展開計画を立てることはできませんでした。一方、幅広い周波数帯域の微動を計測し、浅部から深部までの構造を求めたいという希望もあり、事前調査を行って、最小受振器間隔は5mにすることに決めました。とはいうものの、住宅地で受振器を5m間隔で格子状に設置することは現実的ではありません。そこで、進入できる道路は全て利用し、道路に沿って様々なアレイ形状で受振器を配置し、異なる形状のアレイ測定のデータを組み合わせて解析することにしました。具体的には、浅部を対象として受振器間隔5mの直線、L字、十字配置等のアレイ測定を行い、深部を対象として受振器間隔40m程度の格子状のアレイ測定を行うことにしました。

4. 住宅地における測定

図1は、実際に設置した受振器の位置と受振器ペアを結んだ直線を表示したものです。弾性波トモグラフィのように、受振器ペアを示す直線が全範囲をカバーするように受振器を設置し測定を行いました。写真1は道路沿いに5m間隔で受振器を設置したところ。独立型の受振器(McSEIS-AT)を用いたことで、設置位置の自由度が増したほか、歩行者や道路に隣接する民家や施設に迷惑をかけることなく測定することができました。展開移動時には、写真2に示すようなカートを利用することで、事前の計画通り順番に、スムーズに受振器を設置することができたと思います。計画時には、なるべく一筆書きで移動できるような受振器配置、展開移動の計画を作成し、無駄が少なくなるように留意しました。また、受振器は後に設置するものから先にカートに載せるといった細かい配慮も現場では重要でした。この現場ではそういった細かいことに気をつけてくれる几帳面な作業員さんがいてくれたおかげで大変スムーズに測定が進んだと思います。何事も常に先を考えて準備をしておくことが大事だと思いました。

5. 3次元微動アレイ探査の結果

図1の配置で取得した全ての測定データを用い、CMP-SPAC法によって40m四方のセル毎に位相速度分散曲線を求め、逆解析を行ってS波速度モデルを推定しました。得

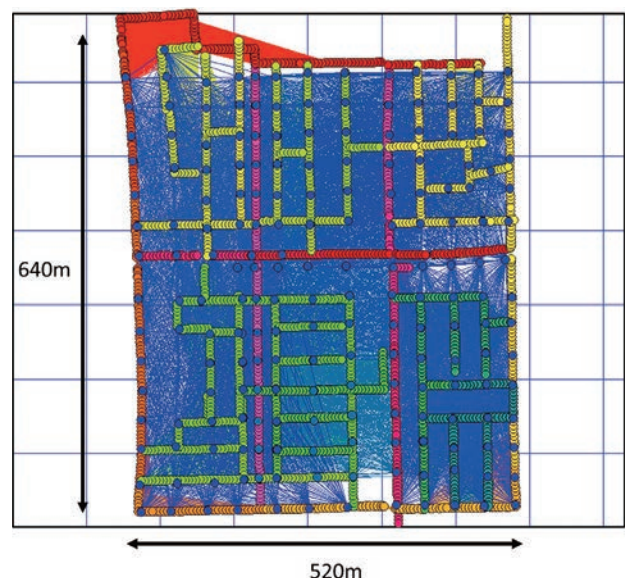


図1 設置した受振器(図中○)と受振器ペア(青線)



写真1 道路沿いでの測定状況



写真2 受振器を設置している様子

られた3次元のS波速度モデルから深度スライスを作成し、家屋と道路被害と重ねて地図に表示したのが図2です。家屋・道路被害があった場所のほぼすべてが、相対的にS波速度の低い領域あるいはその境界部にあたることがわかります。この低S波速度の領域は、過去の空中写真判読結果から判読された砂利採掘跡地の分布と非常によく対応しており、砂利採掘跡地を埋め戻して開発された住宅地域で液状化被害が大きくなったことを示しています。このように、微動アレイ探査によって事前にS波速度の低い分

布域が把握できれば、将来の被害低減に向けたハザードマップの作成に大いに役立つと期待されます。

6. 今後に向けて

3次元微動アレイ探査によって比較的簡単に3次元の地盤物性分布が得られるようになってきたと思いますが、その利活用については、まだまだ不十分です。今回の結果も含め、現状は、得られた地下構造の「形」のみを利用する機会が多く、物性値そのものが利用される場合はまだ少ないと思います。もちろん定量的な評価に利用するには不確実性が大きすぎる場合もありますが、今後はS波速度値からの液状化判定など、より工学的な評価に活用されるよう、研究と実用化を進めたいと思います。

【引用文献】

Hayashi, K., Craig, M., Kita, T., and Inazaki, T., (2015): CMP spatial autocorrelation analysis of multichannel passive surface-wave data, SEG Technical Program Expanded Abstracts 2015, pp.2200-2204.

Hayashi, K., Craig, M., Tan, S., Konishi, C., Suzuki, H., Tahara, M., Falkenstein, K., He, B., and Cheng, D. (2021): Common-midpoint spatial autocorrelation analysis of seismic ambient noise obtained from spatially unaliased sensor distribution, Geophysics, 86, EN51-EN62.

橋本隆雄・安田進・庄司学 (2015): 東日本大震災による神栖市深芝・平泉地区の採掘跡地における液状化被害の分析, 土木学会論文集A1, 71, 4, 1376-1386.

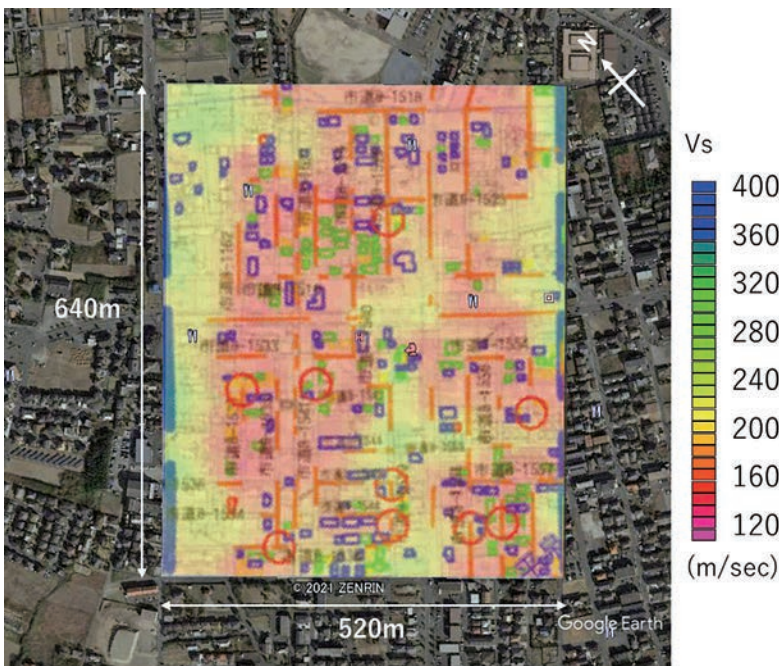


図2 家屋・道路被害とS波速度分布図



コロナと微動

建築研究所 林田 拓己

1. 執筆依頼(長 郁夫)

物理探査ニュース59号・61号で「微動の会」という有志会を紹介しましたが、その両方に、会からジャーナル論文が生まれたという話がありました。そこで今回は、同論文の筆頭著者である建築研究所 林田拓己氏に内容の紹介をご依頼しました。

2. はじめに(林田拓己)

上記の通り、微動の会の活動報告では、会での議論を基にしたジャーナル論文が出版されたことについてお二人の幹事長に触れて(振って?)いただきました^{1,2)}。筆頭著者として、ここで論文発表^{3,4)}の経緯と内容について紹介させていただきます。

3. 経緯

今更言うまでもないことですが、2019年末に始まった新型コロナウイルス感染症の世界的流行は人々の生活様式を一変させました。日本では2020年3月から全国一斉の臨時休校(小中高校)が始まり、翌月には政府が全国を対象とした緊急事態宣言を発出しました。読者の皆様の多くも、この時期に不要不急の外出を控え、テレワークやステイホームを実践されていたと思います。

さて、地盤の振動特性や地震波速度構造を調べる目的で、常時微動(以降、微動)が広く活用されています。微動は地盤の微弱な振動であり、1Hzより高い周波数帯域に限定すると、主な発生源は交通振動や機械振動などといった人間活動であると考えられています。…と言うことは、人々が社会活動をピタリと止め、街から人の姿が消えた時、都

市の微動はどうなってしまうのでしょうか? 信頼に足る物理探査を行うことは可能なのでしょうか? 2020年のパンデミックは、微動研究者にとって、日頃当たり前存在する微動の存在について再考する機会となりました。

4. 微動の会オンライン研究会

第1回緊急事態宣言が39県で解除となったタイミングを皮切りに、発起人である愛媛大学の森 伸一郎先生の呼びかけで、上の問いに関連したオンラインの有志研究会が何度か開催されました。『検証可能な都市部の微動データはあるのか?』『微動レベルを定量的に評価するための指標は?』など、出席者からの意見が次々と出され、夕方に始まった議論は(お決まりのアルコールも各自入り)、毎日夜遅くまで行われました。

その後、首都圏の多地点で連続観測が行われ、高品質な微動データが入手可能な首都圏地震観測網(MeSO-net)の記録を調べることが妥当であるという着地点を見出し、実際の解析要員から成る「サイエンスチーム(後の論文の著者)」が結成されました。

5. 世界の微動、東京の微動

微動の振幅が緊急事態宣言を境に劇的に低下することを期待して解析に着手したサイエンスチームですが、多くの観測点の記録を調べるうちに、(微動探査で対象とする周波数帯域では)そのような特徴を示す観測点が殆ど存在しないという現実に直面しました。この結果はコロナ禍が微動探査に影響を及ぼさないことの証左となるため、本来は歓迎すべきものです。しかし、時間と労力を使って分析した立場からすると、肩透かしを食らったような思いでした。

一方、ちょうどこの頃(2020年6月)から、コロナと微動の関係に着目した研究論文が世界中の研究者から相次いで発表されはじめました。多くの論文は「コロナによって微動(地震ノイズ)が低下した!」ことをセンセーショナルに謳っており、その結果はメディアでも取り上げられたようです。中には我々と同様にMeSO-netに着目し、首都圏の微動レベル低下の可能性を早々に指摘した論文もありました(仕事が早い!)。論文を

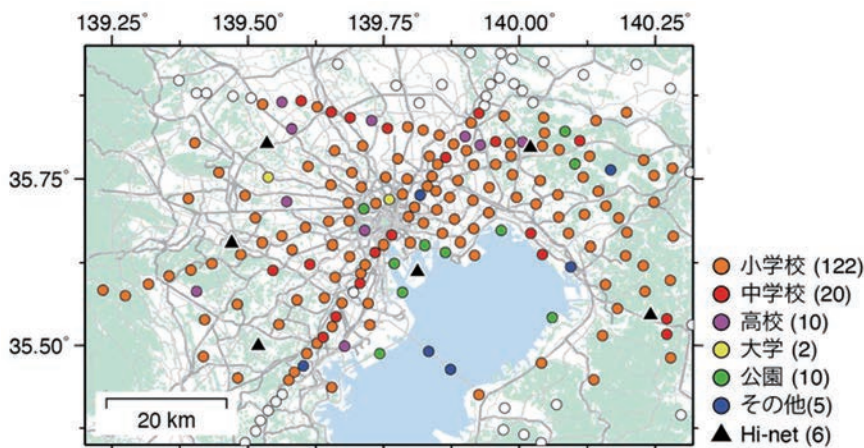


図1 対象とした観測点と設置環境の種別

書き始めることすら出来ていなかった我々は、国際競争において完全に周回遅れとなってしまう、すっかり意気消沈してしまいました。

その反面、チームメンバーからは「海外の都市では微動レベルが低下したのかも知れないが、世界有数の大都市である東京では微動の低下が明瞭に見出せなかった。むしろこの事実がフォーカスすべきだ。」との声も上がりました。これがモチベーションとなり、我々は「東京都周辺のMeSO-net観測点(図1)全ての連続波形データを4年分ダウンロードし、分析をする」という作業に着手しました。

6. 結果(一例)

図2aは、2019年に対する2020年の1~7月各月の平日10時台の上下動成分の微動のフーリエスペクトル比(観測点グループの平均)を示します。MeSO-net観測点全体を見ると、2020年3月以降に20Hz以上の微動の振幅がわずかに低下し、4~5月にかけて更に低下、6月以降に回復する様子を観察することができます。この傾向は他の昼間の時間帯でも共通しています。確かに、MeSO-net観測点で観測された微動はコロナ禍とシンクロして低下しているようです。

ところが、MeSO-net観測点の多くが小中学校に設置されている(図1a)ことを考慮し、「学校」と「それ以外」の観測点にグループ分けをして同様の検証をすると、低下する傾向は学校グループのみで顕著であることが分かりました(図2b、c)。また、学校の観測点であっても、地震計の設置位置が校舎から離れている観測点(図2d)では微動レベルの低下を確認することができませんでした。校舎と地震計

との距離が近い場合、在籍する児童・生徒数が多い学校ほど振幅の低下量が大きくなることも分かりました。緊急事態宣言は2021年にも発出されましたが、休校要請がない場合には微動レベルの低下が見られないことも特徴的でした。

校舎の近くで微動の低下をもたらした「正体」は今のところ不明ですが、学校の観測点では、センサーの位置と空調の室外機の位置が近いケースも多々あるようです。そもそもMeSO-netでは、パンデミックの有無に関わらず常に20Hz以上の微動振幅が増加する特徴があります。室外機等の振動(低周波音?)が微動に寄与していると解釈すると、2020年の休校期間だけ微動が低下した理由も説明することができそうです(この点については要検証)。

これらの結果は、1) 緊急事態宣言を受けても首都圏の微動は全体的に低下していない、2) MeSO-netに見られる微動の低下は、学校の校舎付近だけで同時多発的に生じたローカルな現象を見ているだけである、ことを裏付けています。論文では、人流や交通量データと微動との関係や、特徴的な日(台風、積雪、東京オリンピック開催期間)の微動の特徴についても議論しています。首都圏全体で微動が低下するのは、結局のところ、広範囲な自然災害が発生し、公共交通機関や車両の交通量が著しく低下する場合のみのようです。

7. おわりに

短周期の微動が人間活動に由来することは自明ですが、具体的に何が発生源となりどの周波数帯域・どの程度の範囲に影響を及ぼすのか、について特定することは難しいと言われています。海外ではロックダウンによる強制的な人間活動の抑制もありましたので、コロナ禍で観測された微動は、今後、人間活動と微動の関係性を議論する上で有用な手掛かりとなるのかも知れません。私にとって、世の中の動きを微動というレンズを通して観察し、微動を脊にしながら皆さんと検証を進めていくプロセスは楽しく、結果として思い出深い研究となりました。

なお、この研究は、一切の測定をせず、共著者全員が一度も対面で顔を合わせることなく実施したことも1つの特徴です。毎回、画面越しに多くの有益なアイデアをいただいた微動の会諸先輩方の皆様、貴重な微動データをご提供いただいた防災科学技術研究所をはじめとする関係機関の皆様、議論に参加していただいた皆様にご場をお借りしてお礼申し上げます。

【参考文献】

- 1) 森伸一郎(2023): 物理探査学会ニュース, Vol. 59, 7-8.
- 2) 小田義也(2024): 物理探査学会ニュース, Vol. 61, 8-9.
- 3) 林田拓己ほか(2022): 土木学会論文集A1(構造・地震工学), Vol. 78, 1_624-1_635.
- 4) Hayashida et al. (2023): Seismological Research Letters, Vol. 94, 2750-2764.

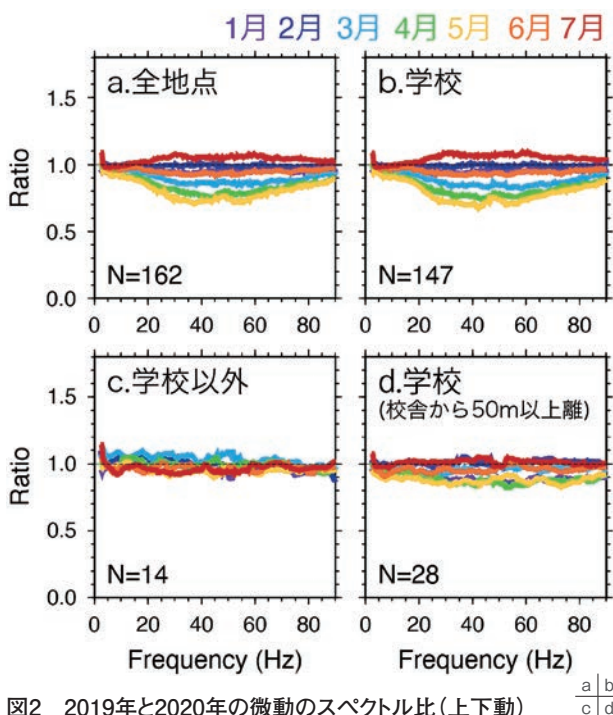


図2 2019年と2020年の微動のスペクトル比(上下動)

a|b
c|d

第40回地盤探査研究会開催報告

地盤探査研究会 幹事 村田 和則(サンコーコンサルタント株式会社)

第40回(令和5年度第1回)地盤探査研究会が2023年12月20日に早稲田大学西早稲田キャンパスにおいて開催されました。今回も前回同様、対面とオンラインのハイブリッド形式となりました。会場へは16名の方が来場され、オンライン参加(29名)を合わせて計45名の方々にご参加いただきました。

今回の研究会では「地層処分」をテーマに設け、日本における地層処分の現状と物理探査の役割を知っていただく機会としました。原子力発電環境整備機構(NUMO)技術部から2名の講演者をお招きして以下のご発表をいただきました。

- 1) 高レベル放射性廃棄物等の地層処分の概要
講演者：小池彩華氏
- 2) 地層処分事業から物理探査に求める期待
講演者：吉村公孝氏
- 3) サイト調査が進んでいる国の調査の現状の紹介
講演者：吉村公孝氏

まず始めに、小池彩華氏より「高レベル放射性廃棄物等の地層処分の概要」についてご講演いただきました。地層処分の方法や必要性をご説明いただき、世界共通の課題である、とお話いただきました。人々の生活環境に影響を与えないよう、安全に地下深くの安定した岩盤に埋設するために、数万年以上を見据えた火山や活断層、地下水などのあらゆるリスクを検討しており、それらに対する対応策を具体的に解説いただきました。また、地域の方々との対話を重視しており、反対意見があればそこから先には進ま

ず、対話を続けるとのお話も印象的でした。

次に吉村公孝氏より、「地層処分事業から物理探査に求める期待」についてお話しいただきました。科学的特性マップで示されているように、火山や活断層の分布に加えて地層処分場を建設する岩体の広がりや強さ、地下での亀裂分布、地下水の性質や流動特性の調査が重要となってくるため、物理探査を含めた地質調査によりこれらを詳細に把握することが求められているとのことでした。地質環境モデル構築に、物理探査が有効であることは疑う余地なしとのことでしたが、モデル化の中で、例えば地下水移行モデルに物理探査がどこまで寄与できるか等、探査精度の面から物理探査技術者にも踏み込んだ検討も求められているとのこと意見をいただきました。

最後に「サイト調査が進んでいる国の調査の現状の紹介」をお話しいただきました。地層により物理探査が寄与できる範囲が制限されることは周知のことですが、北欧の結晶質岩の地質では、反射法の適用が困難であった例も示されました。様々な国が長い時間をかけて処分事業に取り組んでおり、一度は住民の反対で頓挫しかけた場所が、丁寧な調査と説明によって住民の理解を得ることができ、概要調査まで終了したという国があるとのこと、理解を深めることが重要であることを再認識いたしました。現在日本において実施されている文献調査の一部についても、物理探査に関わることができそうな課題として紹介されました。文献調査の実施状況は、NUMOホームページの「文献調査中の地域」から内容を閲覧できますので、是非ご覧ください(https://www.numo.or.jp/chisoushobun/survey_status/)。

最後に、尾西代表幹事より「今回の地層処分事業に物理探査技術がどのように貢献できるのか、学会としても考えましょう」との言葉で締めくくられました。



講演者：小池彩華氏

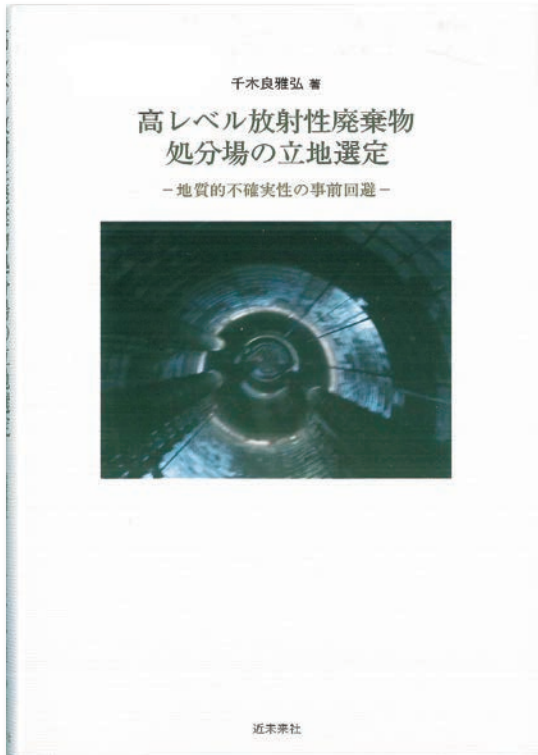


講演者：吉村公孝氏

高レベル放射性廃棄物処分地の立地選定 —地質的不確実性の事前回避—

千木良 雅弘 (著)

川崎地質株式会社 鈴木 敬一



近未来社 2023/6/8 168ページ

本書はタイトルの通り、高レベル放射性廃棄物(以下HLW)の処分場の立地における地質的不確実性について書かれている。

表紙は既に閉鎖された瑞浪張深地層研究所の立坑を上から見下ろした写真である。筆者も何度か入場した経験があり、当時のことが懐かしく思い出される。

最初に7ページに及ぶ、長い「まえがき」が置かれている。わざわざ「個人の責任で書いた」とことわり書きがあるが、このことから著者の覚悟が感じられる。普通、論文などは個人の責任で書くものであるが、このように書かざるを得ないのは、本書で扱う問題が学術的なことだけではなく、社会的・政治的な問題とも絡みあっているためであろう。この「まえがき」だけでも多岐にわたる内容を含み、本文への期待感が高まる。

第1章は日本のHLWの研究の流れが淡々と記されている。第2章はHLWの処分の考え方と処分地の選定方法、第3章ではそれらの問題点が列挙されている。

第4章「隠れた地質的問題」では、第3章までに示された問題を具体的に掘り下げ、断層や地下水の問題が含まれている。「4.2 非破壊調査の必要性」ではボーリング孔間

を補完する物理探査への期待が込められている。ただし、どのような手法をどのように適用するかといった具体的な提案などはされていない。ボーリング調査は確実であるが、孔をあけること自体、地下水へ影響を及ぼすため、できるだけ非破壊的な調査、すなわち物理探査の役割が重要であると指摘している。HLW地層処分の初期の研究段階では物理探査の適用が強く意識されていたが、最近は聞かなくなったとのことである。物理探査学会として、積極的に具体的な物理探査の提案をしていかなければならない。

第5章では新第三紀火山岩類、新第三紀堆積岩類、付加体、花崗岩類について、その地質構造と性質について解説されている。地層処分研究のための施設として、幌延と瑞浪に研究所がある(後者は既に閉鎖)。前者は堆積岩類、後者は花崗岩類が主な地質であるが、これらに物理探査を適用する場合、それらの特徴をよく理解する必要がある。例えば幌延の堆積岩類の場合、弾性波速度は小さく比抵抗は低い。瑞浪のような花崗岩類では弾性波速度は大きく、比抵抗は高い。両者は物理探査の観点からは全く正反対の性質がある。これらの地質の違いをよく認識したうえで、適切な手法を選択し、適切な探査計画を立案する必要がある。

第6章は不確実性の事前回避について、第5章で示された4種類の地質ごとに解説されている。さらに立地選定の現状について具体的に報告されている。現在、北海道の寿都町と神恵内村で文献調査が実施されているが、両者の地質的不確実性についても触れられている。

最後に「まえがき」に劣らない長さの「あとがき」が置かれている。ここではHLW地層処分に関わる法律や研究開発文書の難解さと「どこまで調べてもわからないことがある」という嘆きともとれることが書かれている。さらに研究が進んでレベルの高い論文が出て処分の実実に近づくわけではない、といった指摘も辛らつであるが、現実でもある。著者はHLW処分の委員会などで、物理探査の適用性を明らかにすることが必要と主張してきた。例えば、どの程度の断層破碎帯なら見逃さないのか、といったことである。これについての回答はなされていないということである。物理探査に関わるものとしては少々耳の痛い話ではあるが、今後真剣に検討しなければならない。

本書は地質研究者により著されているため、筆者のような地質に不案内な者には、かなりの歯ごたえがある内容であるが、今後は否が応でも取り組まなければならないこの問題についてよく整理され、物理探査を適用する際の多くのヒントや助けを与えてくれる内容となっている。

EAGE Annual Meeting 2023 in Vienna参加報告

— ウィーンで観たもの —

番外編
その2

川崎地質株式会社 鈴木 敬一

EAGEの番外編の続きです。もう少しお付き合い下さい。

12. 懇親会

懇親会に参加しました。クアサロン・ウィーンというコンサートや宴会ができる場所で、ヨハン・シュトラウス2世の像のすぐ近くにあります。

まず驚いたのはオーストリア大公夫妻のお出迎えです。いまは大公という肩書ですが、最後の皇帝の孫だそうです。カイゼル髭と呼ばれる、上に巻き上げてある髭です。本当にこういう人が今でも実在するのかと驚きです。

国際会議の宴会は三三五五集まり、なんとなく始まります。日本のように偉い人の挨拶もありません。

最初に小さい編成の楽団の演奏がありました。ヴァイオリン2挺、チェロ、コントラバスという弦楽合奏に、フルート、クラリネット、パーカッション、キーボードという編成で、奏者は全て女性です。ヴィオラがないのがウィーン流で、かつてはヴァイオリン2挺、チェロ、コントラバスの編成でヨハン・シュトラウス一家の音楽などが家庭でも演奏されたそうです。弦の音色に特徴があり、クラシックとは違う、ロマ音楽のような音がしていました。

ワルツやレントラーといった3拍子の音楽が次々と演奏されます。エーデルワイスや美しく青きドナウといった有名曲もありましたが、ほとんど知らない民謡のような音楽で、とても新鮮に聴くことができました。若い男女の踊りもあり、目も楽しませてくれました。ポルカやギャロップといった2拍子系の音楽はひとつもなかったですね。

そのあとはエレクトリック・ヴァイオリンのパフォーマンスがありました。曲はアース・ウィンド・アンド・ファイアの「宇宙のファンタジー」やマイケル・ジャクソンの「ビリー・ジーン」、マイケル・センベロの「マニアック」などダンス・ナンバーが多く、会場では踊りだす人も出てきます。

そのあとはロックバンドが出てきました。男女ツイン・ボーカルに、ギター、ベース、キーボード、ドラムスといった編成です。ウィルソン・ピケットの「ダンス天国」、デビッド・ボウイの「レッツ・ダンス」などが演奏されると会場は完全にディスコ状態となっていました。

これで午後10時。まだまだ続きそうですが、私はこの辺で退散しました。ウィーンはクラシックだけでなく、他の音楽も受け入れてくれるようです。街を歩いていても、いろいろな肌の色の人が出て、女性はヒジャブを被っている人も多く見かけます。古都というイメージがありましたが、多様性も認める街でもあるように思われます。

13. ベートーヴェン像

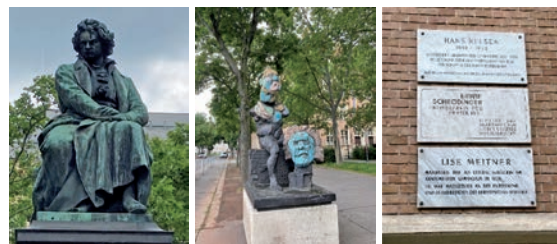
映像などで有名なベートーヴェン像は学友協会の近くにありますが、このときは逆光で写真がうまく撮れませんでした。ちょっとした公園のようになっています。入り口に「ベートーヴェンへ



(左上) オーストリア大公によるお出迎え、(右上) 小編成楽団による演奏と踊り、(左下) エレクトリック・ヴァイオリンのパフォーマンス、(右中) ロックバンドのパフォーマンス、(右下) ディスコ状態の会場

のオマーージュ」と題された作品がありました。ちょっとふざけた感じで、私は感心しませんでした。しかし、これも多様性の現れなのかもしれません。

この隣にAcademic High Schoolと書かれた学校があります。壁にプレートが掲げられ、そこに有名な卒業生が書かれているようです。シュレディンガーという量子力学の基礎方程式を提唱したノーベル賞物理学者の名前が刻まれているのが印象的でした。



(左) ベートーヴェン像、(中)「ベートーヴェンへのオマーージュ」と題された作品、(右)シュレディンガーの名前の刻まれたプレート

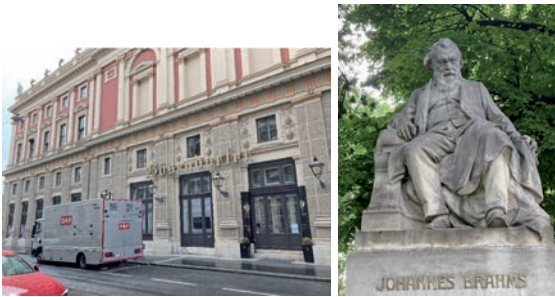
14. コンツェルトハウスと学友協会

ベートーヴェン像の道路を挟んだ向かいにはコンツェルトハウス、そこから少し西に行くと、ニューイヤーコンサートが行われる学友協会があります。看板がたくさんありますが、中でも目を引くのがポリーニのリサイタルと、今飛ぶ鳥を落とす勢いのフランソワ・グザヴィエ＝ロトの看板です。ロトのコンサートは次の日に予定されていました。裏へ廻ってみるとオーストリア放送協会ORFの中継車が来ていたので、収録があるのかもしれませんが、NHKで放映してくれるといいのですけれど。

学友協会の道路の向かいにはブラームス像があります。非常に立派で、眼力を感じる像です。学友協会や国立歌劇場の周囲の歩道には、作曲家や有名な指揮者のサインが刻まれたタイルがはめ込まれています。作曲家ではリヒャルト・シュトラウスやアルバン・ベルク、指揮者ではヴィルヘルム・フルトヴェングラー、ハンス・クナッパーツブッシュ、カール・ベームなどがありました。



(左)コンツェルトハウスの外観、(右)学友協会の外観



(左)学友協会裏に停車中のORF中継車、(右)ブラームス像

15. シェーンブルン宮殿

ウィーンに行ったら必ず寄るよにといろいろな人から言われたので、これも夕方17時過ぎに訪れました。この時間だと建物の内部は見学ができませんが、庭園などを含めて外部からの見学は可能です。建物などはウィーンの町並みなどで慣れてきたせい、あまり感動はしませんでした。それより庭園では、ステージを組み立てているのか、解体しているのかわかりませんが、なにか作業をしています。調べてみると前日の夜にウィーン・フィルの野外コンサートがあったようです。ちょうど私がオペラを見ていた日です。この野外コンサートの模様はNHKで放映され、ブルーレイやDVDも発売されました。

帰り際に、宮殿の敷地を出ようとするともーツァルトの魔笛の音楽が聴こえてきました。操り人形による上演でした。実際の上演は後日行われるようで、係の人がチラシをくれました。リハーサルを公開しているような感じでした。写真撮影はだめだったので写真はありません。



(左)シェーンブルン宮殿のステージ解体作業、(右)ウィーン分離派会館 ベートーヴェン・フリーズの一部 Seid umschlungen, Millionen! Diesen Kuß der ganzen Welt!

16. ウィーン分離派会館

分離派は19世紀末に伝統的な芸術家らの分離を目指し、ク

リムトを中心としたアーティストらの集団です。ここにはベートーヴェンの交響曲第9番をモチーフにした「ベートーヴェン・フリーズ」という壁画が地下室に展示されています。何年か前に東京でクリムト展が開催されたときは、レプリカが展示されていました。壁画なので移動ができないのでレプリカなのは当然のことだったのですが、今回は実物を見ることができました。クリムトの特徴である金色がレプリカとは全く違います。

ワイヤレスのヘッドホンを渡されたので、耳に当ててみると第9の第4楽章が繰り返し流れています。演奏はフィリップ・ジョルダン指揮のウィーン交響楽団でした。

17. ベートーヴェンの墓

ウィーンの町はずれに中央墓地があります。この32区画という場所には音楽家の墓が集中しています。私は尊敬するベートーヴェンの墓参りをしたいと常々思っていましたので、念願がかないました。

ここにはベートーヴェンの他にグルック、モーツァルト、シューベルト、ブラームスをはじめ、シュトラウス一家、ヨーゼフ・ランナー、ヴォルフ、スッペといった作曲家、あるいはコムザーク、ヘルベックといった指揮者の墓もあります。シューベルトの墓は遺言通りベートーヴェンの隣です。モーツァルトの実際に埋葬された場所は中央墓地ではないのでこの墓は後から建てられたものと思われます。

ベートーヴェンの墓はメトロノームを模ったといわれています。メトロノームは1816年にメルツェルという人が発明しました。ベートーヴェンはこれをいたく気に入り、積極的にテンポの表記に使用しました。テンポを視覚的にとらえることができるため、耳が不自由だったベートーヴェンには重宝なものだったでしょう。



(左)ベートーヴェンの墓、(右)モーツァルトの墓



(左)シューベルトの墓、(右)ブラームスの墓

交響曲第8番の第2楽章には、メトロノームの考案者メルツェルに贈ったカノン「親愛なるメルツェル」WoO 162の旋律を転用したといわれています。しかし、最近の解釈では、カノンは弟子のシンドラーによる偽作とする説が有力となっているようです。

18. ハイリゲンシュタットの家

ベートーヴェンの死後発見されたハイリゲンシュタットの家は現在「ベートーヴェン博物館」として公開されています。引越した魔だったベートーヴェンがピアノをどうやって運んだか、実際にその様子が展示されています。耳が聴こえにくくなったため、ピアノの鍵盤のすぐ上にカバーのようなものを取り付け、そこへ頭を突っ込んで音を聴いたピアノも展示されています。

問題の遺書はレプリカですが、それも展示されています。遺書



(左) ベートーヴェン博物館、(右) 美術館内部の様子

といわれていますが、内容をよく読んでみると、耳が聴こえない音楽家として生きていくという決意表明ともとれます。筆跡があまりにも力強いからです。これが本当に遺書のつもりで書かれているとしたら、このあと傑作の森といわれる数々の名曲は生まれなかったに違いありません。私はそのように信じています。

19. ウィーン美術史美術館

ウィーンには美術館や博物館もたくさんあります。なかでも美術史美術館は有名で、名画や彫刻など有名な作品が所蔵されています。建物はネオ・ルネッサンス様式と呼ばれるようで、内部の様子は写真のとおり、圧倒される美しさです。名品を所蔵するのにふさわしい建造物です。

ブリューゲルやルーベンスといった有名画家の絵画や古代エジプトやギリシャの彫刻が展示されています。特に印象に残った作品はブリューゲルの「バベルの塔」、フェルメールの「絵画芸術」、アルチンボルトの四季部作などです。日本に来たらその中の1点だけでも展覧会が開けそうな銘品ばかりで、じっくり鑑賞しているといくら時間があっても足りません。

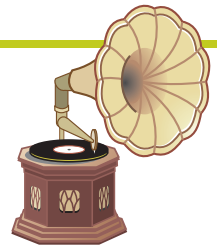
20. 終わりに

ここまで読んでくださってありがとうございました。できるだけウラをとるようにしましたが、全く個人的な解釈で書いていることをお断りしておきます。ご容赦ください。



オーディオと物理探査(その4)

川崎地質株式会社 鈴木 敬一



1. はじめに

アナログレコードがひそかなブームだそうである。1982年10月にCDが発売されて以来、アナログレコードは減少の一途をたどったが、2010年に最も売上げが減った。しかし、2011年以降、徐々に売上げを回復し、2020年にコロナ禍による落ち込みがあったものの、現在は2010年の1.2倍ともいえる売上げとなっている。CD(Compact Disk)はアナログレコードの直径30cmに比べて、1.2cmとその名の通りコンパクトで、取り扱いも手軽で、収録時間も長く、いいことづくしに見える。しかし、アナログレコードは生き残り、いまは復権ともいえるブームだそうである。アナログレコードの良さはどこにあるのだろう。そもそもアナログレコードはどのような仕組みで、黒い円盤から音を取り出しているのか。それは我々の良く知っている地震計の仕組みと関係が深いのである。まずは地震計の仕組みを簡単におさらいする。

2. 地震計の原理

地震計は地面の微小な動き(主に振動)を記録するための装

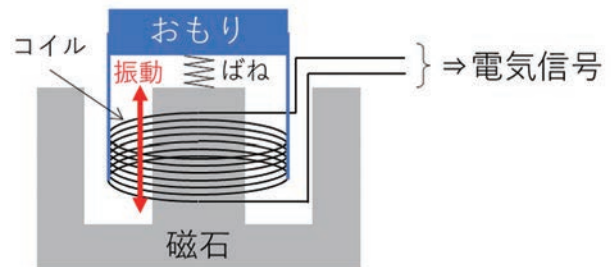


図1 動コイル型地震計の原理

置である。地震計には様々な方法があり、古くは機械式と呼ばれる振り子の原理を応用したものが使われていた。その後、磁石とコイルを利用した地震計が使われるようになり、何も断らずに地震計と呼ぶ場合は、このタイプのものを指すことが多い。屈折法地震探査、いわゆる弾性波探査で使用される地震計も同様のものが使われている。なお、地震計は記録器なども含めて、その全体を指す方が正確かもしれないが、ここでは通称の地震計、すなわち磁石とコイルを利用したものを指すこ

とにする。なお、物理探査用語辞典などでは受振器(ジオフォン)という呼称も用いられており、かつては喚振器という呼び方もあった。

図1は地震計の原理を示したものである。おもりの載ったコイルが、磁石の中に置かれ、このおもりが地面の振動で振動すると、磁界中に置かれたコイルに電磁誘導による起電力が生じて電圧を発生する。これを増幅器で増幅したのちに、記録器で波形として格納する。コイルが動くことで電圧を発生させるため、動コイル型、あるいはムービングコイル型などと呼ばれる。

図1は原理を説明するための単純化した図であり、実際の地震計の構造は、もう少し複雑なようである。例えば、一度揺れ始めたおもりがなかなか止まらないため、それを抑えるダンピング用のコイルを入れるなど、正確な地震動を記録するための工夫などが施されている。また、使用するおもりやばねの硬さにより、周波数特性が異なる。

図1は上下の振動を観測することを示しているが、地震の振動は三次元であり、三次元の地震動をとらえようと思えば、図1を横に寝かせることで、水平の振動を感知することができる。さらにそれを直交させた二つの地震計と上下動の三つを組み合わせれば三次元の地震動を記録することができる。地震計のそれぞれを成分と呼ぶため、上下と水平2成分を組み合わせると3成分地震計と呼ぶ場合もある。

くどくどと地震計の原理を書いてきたが、物理探査の教科書的な書籍、例えば物理探査ハンドブックや物理探査適用の手引き、物理探査用語辞典などを参照しても、電磁誘導を利用すること

や、コイルと磁石を利用することなどは書かれているが、図がないので少々わかりにくい感じがするので、改めてここに記した。

3. レコードのカートリッジ

レコードの溝は何本あるか? と訊かれると、ついレコードの外側から内側に向かって、溝の数を数えそうになる。しかし、レコードの溝は片面当たり1本であり、音のはじめから終わりまで1本の溝が、外側から内側に向かって、徐々に半径を小さくしながら刻まれているのである。この溝の一部を拡大したのが、図2である。レコードの溝はV字型の谷になっており、波線は谷底、左右の曲線が波形を示している。図2はモノラルレコードの溝の模式図である。両矢印が振動の方向を示し、その直行方向がレコード盤の動く方向である。谷底の曲線の動きが狭いときは波長が短く、広いときは波長が長い。谷底の振幅の大小で、音量も決まる。

古い地震計に煤書き方式というものがあることは既に紹介したが、レコードの溝は煤書き地震計の記録に似ている。煤に刻まれた溝と、塩化ビニールに刻まれた溝という違いはあるが、本質的には同じである。V字谷のような左右対称の溝を、先が細くなったものでトレースすれば波形を再現することができる。図3は、レコードの針先の動きを示したものである。

このあたりで地震計のことを思い出していただけるとお分かりになると思うが、この針先に地震計の水平動と同じ原理のものを取り付ければ、溝に刻まれた波形を取り出せそうに思われる。

図4は、モノラルのカートリッジの原理を示したものである。溝の動きを地震計と同様に電気信号に変換する部分を、オーディオの世界ではカートリッジと呼んでいる。

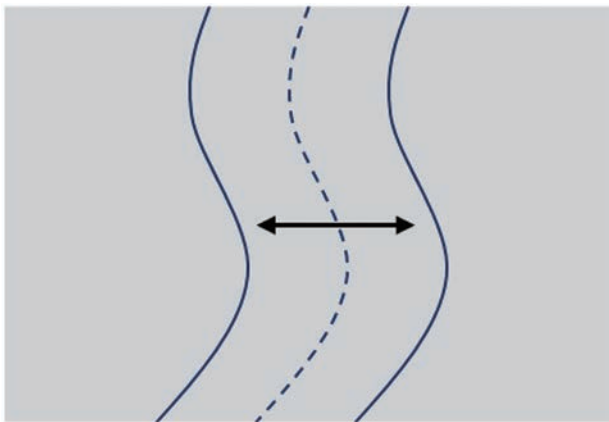


図2 レコードの溝の拡大(モノラル)

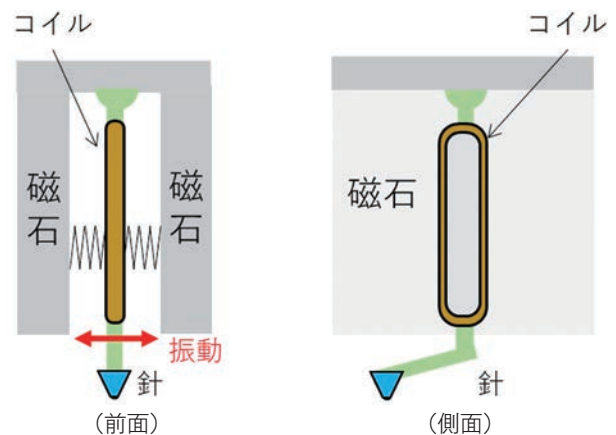


図4 モノラルカートリッジの原理

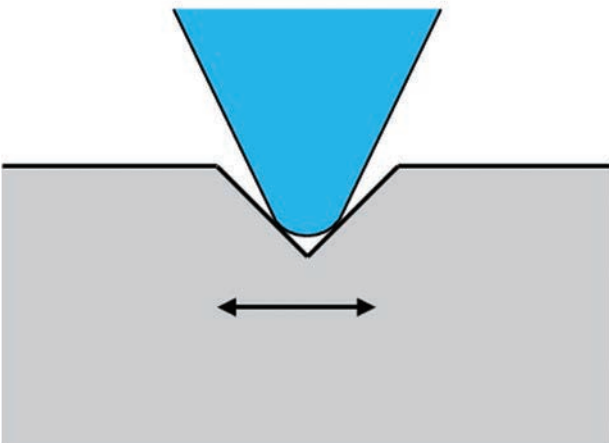


図3 モノラルレコードの針先と動き

レコードの盤面を地表に見立てれば、そこに刻まれた溝はまさに地表の動きを、盤面の回転に従って、時間を追ってトレースしている。すなわちレコードの溝から振動としての音を取り出しているという点で、地震計とレコードのカートリッジはよく似ているのである。

レコードの溝は1本であり、モノラルレコードであれば、ひとつの溝に、ひとつの動コイル型カートリッジがあれば目的を達成する。しかし、人間の耳は二つあることで、音源の位置を特定し、立体感のある音を聴いている。したがって、音楽を聴くにも二つの時間差を設けた信号源が必要である。しかし、レコードの溝はモノラルであれ、ステレオであれ、たった1本である。さて、たった1本の溝でステレオを再現するにはどのようにするのであろうか。

今回はこのあたりで紙面も尽きたので、この話は次号に譲りたい。



お知らせ

第150回(2024年度春季)学術講演会のお知らせ

第150回学術講演会を下記により開催します。
現地とオンラインによるハイブリッド開催で準備を進めております。

会期：2024年6月4日(火)～6月6日(木)

会場：早稲田大学国際会議場

参加費：事前登録(5月10日締め切り)

一般：7,700円(税込)

学生会員：0円、非会員学生：3,850円(税込)

会場登録：一般：8,800円(税込)

学生会員：0円、非会員学生：4,400円(税込)

講演論文集：

事前登録の方には会場で配布します。会場登録の方は希望者に有料頒布(税込1,650円)します。

送付を希望される方はいずれの方も送料550円をご負担いただけます。

交流会：2024年6月5日(水) 17:30～19:30

会場：大熊ガーデンハウス

参加費：

事前登録の方

一般：5,500円(税込)、学生：3,300円(税込)

会場登録の方

一般：6,600円(税込)、学生：3,300円(税込)

詳しくは物理探査学会HPをご覧ください。

<https://segj.or.jp/event/lecture/2024/01/150.html>

令和6年度 通常総会のお知らせ

会期：2024年6月5日(水) 12:50～14:30

会場：早稲田大学国際会議場

現地とオンラインによるハイブリッド開催で準備を進めております。

令和6年度「物理探査セミナー」開催のお知らせ

会期：2024年7月24日(水)～7月26日(金)

会場：測量地質健保会館大会議室

<http://www.st-kenpo.or.jp/member/info/access.html>

開催方式：会場およびオンライン配信(Google Meet)とのハイブリッド形式

募集定員：会場 40名、オンライン 80名(各日、先着順)

申込み締切日：2024年7月16日(火)

詳しくは<https://segj.or.jp/event/seminar01.html>

編集後記

本号の巻頭では能登半島地震の緊急現場レポートと称して現地の写真を複数紹介していますが、私も紹介者の一人です。報道等で現地の状況は聞いてはいたものの、実際に自分の目で現地を見ると、改めてその被害の大きさに言葉を失いました。その一方で、自然科学的視点で見ればあらゆる現象が興味深く、例えば鹿磯漁港周辺のような新しい海岸段丘が生まれた瞬間に立ち会えたことは自然科学に関わる専門家として冥利に尽きます。私たちはここで得られた知見を今後の防災・減災に役立てなければならぬと強く思う限りです。

さて、私事ですが、この度、ニュース委員長を退任することとなりました。2020年に委員長を拝命して以来、4年間務めさせていただきました。その間、委員のみなさまには大変お世話になりました。この場を借りてお礼申し上げます。読者の皆様におかれましては、引き続き、ご意見・ご感想をお寄せいただき、物理探査ニュースを盛り上げていただきたく、お願いいたします。ありがとうございました。

(ニュース委員長・吉川 猛)



物理探査ニュース 第62号 2024年(令和6年)春号

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.or.jp

ホームページ：https://www.seg.or.jp/

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いただければ自由にご利用いただけます。