

松島 政貴 Matsushima Masaki

東京科学大学 理学院 地球惑星科学系 講師
2024年 J-RAPID 研究代表者

地震のメカニズムを解き明かす鍵の1つは震源域の地下構造を可視化することである。電磁場の観測からそれを実現する手法の1つが、マグネトテルリック(MT)法だ。23年度まで代表者を務めていた東京科学大学科学技術創成研究院の小川康雄名誉教授と24年から研究代表者を務めた同大学理学院地球惑星科学系の松島政貴講師はこの手法を駆使し、地下構造の可視化に挑む。今後、MT法による観測結果を基に2次元・3次元の解析を加え、大地震を起こしたトリガーの存在をつきとめる。

特集
OVERVIEW

電磁場で震源域の地下構造を可視化

活断層のズレを誘発する流体比抵抗把握し、存在を解明へ

地球の表面に働く力がため込まれて限界を超えると、地殻を構成するプレートの境界や活断層のズレを引き起こし、大地を揺るがす。これが地震のメカニズムである。現在、地震を引き起こすものとして、地下に潜む「流体」の存在が脚光を浴びている。流体が活断層のズレを誘発しているのではないかと考えられているからだ。最近では、今年起きた令和6年能登半島地震でもその可能性が指摘されている。

この流体と地震の関係を解明するのが、東京科学大学科学技術創成研究院の小川康雄名誉教授と同大学理学院地球惑星科学系の松島政貴講師を代表とする共同研究チームで

ある。トルコ側からは、協定に基づくパートナー関係を20年以上結んできたボアジチ大学が参画した(図1)。J-RAPIDの公募に応じた動機を、松島さんはこう話す。「震源断層である東アナトリア断層系でも1999年イズミット地震の時のように流体が関与して大地震が起きたのか、解明したいと考えました」。

解明のための具体的な手法は、地球上の電磁場を観測して地下構造を可視化するマグネトテルリック(MT)法である。地球は電気を通す導体なので、太陽の活動などに伴って地球磁場が変化し、その変化が地球内部に地電流を誘導する。この磁場と電場の変化を観測することができれば、地下の構造を可視化するための手掛かりは、電気の流れやすさ・流れにくさを

示す「比抵抗」だ。

比抵抗は、地下に水などの流体が少ないと電気が流れにくく高い値を示す一方、流体が多いと電気が流れやすく低い値を示す。地点ごとの比抵抗の値を把握することを通じて、地下の構造を可視化する。MT法で解明を目指すのは、この流体の存在である。松島さんは「流体が活断層の近くに入り込むと、そこが滑りやすくなります。つまり、大地震のトリガーになり得ると見られています」と解説する。

共同研究は四半世紀前から前震・本震・余震の応答観測

実は四半世紀前、同じトルコでの観測を通じて流体と地震の関係解明に迫ったことがある。折しも北アナトリア断層系を震源断層とするイズミット地震が起きた1999年のことだった。当時の共同研究では、偶然にも観測機器を震央近くに置いていた。東西に走る北アナトリア断層系の西側は地震空白域だったが、断層は南北に分岐し、北側で微小な地震が多発していた。「南北の違いを地下構造から見いだそうと、電磁場の観測を始めたのです」と松島さんは当時を振り返る。

イズミット地震の前震・本震・余震の地震動に伴う電磁場の応答を観測し、データを解析すると、本震の前に比抵抗が下がった部分があることがわかった。松島さんは「地震に対する流体の関与が濃厚になりました。流

図1 現地での活動の様子



共同研究チームは、1998年に大学間学術交流協定を交わした東京科学大学・ボアジチ大学と京都大学とで構成されている。

図2 MT法による観測地点



東アナトリア断層系に直交する測線上に観測機器を設置。震源域に近い中央部分は3次元解析を念頭に観測機器を面的に置いた。

体が地下で上部に移動し、断層が滑りやすくなり、流体の動きが地震のトリガーになったと考えられます」と現象を読み解く。J-RAPIDでは、東アナトリア断層系を横切る測線上に観測機器を置いた。先の共同研究とは異なり、測線に沿うだけでなく、本震の震源域地殻では面的にもデータ観測し、3次元解析にも乗り出そうとした(図2)。

「2次元解析でわかることには限度があります。3次元解析なら、地下構造を立体的に可視化できます」と松島さんは語る。コンピューターの性能が格段に上がり、3次元モデルの計算も現実的になったからだという。磁場の変動周期は短周期から長周期までさまざま。地表から浅い箇所の構造を探るには周期の短い変動を、

地表から深い箇所の構造を探るには周期の長い変動を用いる。深さ方向の違いは、この周期の違いによって見分けることになる。

ノイズ除去し、3次元解析へ 並行して余震原因にも焦点

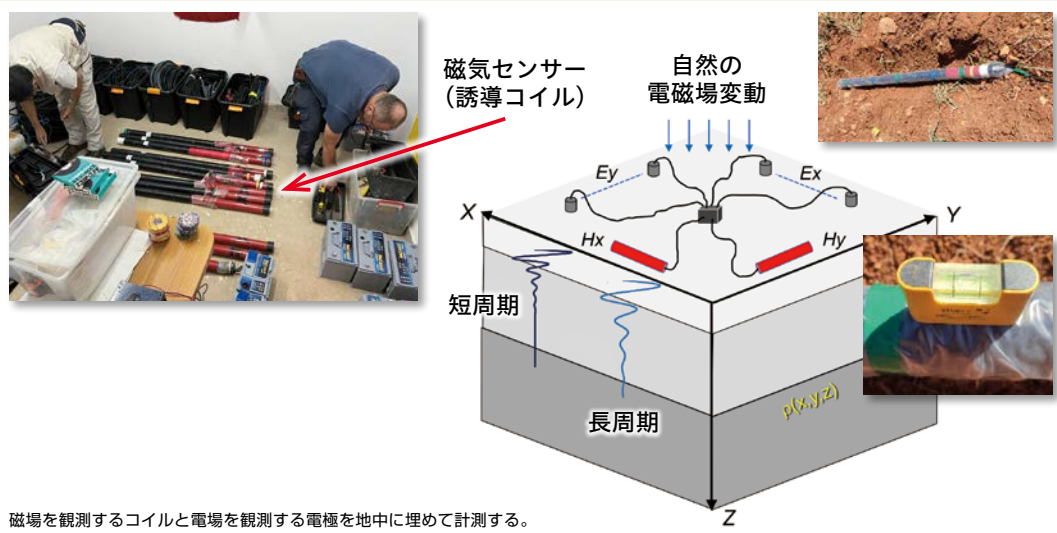
MT法を用いた観測装置の原理は、1999年の共同研究時と大きくは変わらない。電磁誘導で電流を生じるコイルを磁場観測に、電位測定用の電極を電場観測に用いる。いずれも地中に埋設し、計測する(図3)。解析の段階では、ノイズが少ない期間のデータを選別することが重要である。観測地点の近くで工場が稼働していたり電車が運行していたりすれば、そこから電流が漏れる。埋設した

電極がそれを拾ってしまうと、計測値は乱れる。

共同研究の成果は地中の比抵抗分布を割り出すため、計測データを基に2次元的な暫定解析を加えたまでで、道半ばだ。松島さんは「ノイズが少ないデータを選別する必要もあるため、この解析結果から何か言える段階ではまだありません」と、結論を今後に持ち越す。この先、より高度な2次元解析を進め、さらに3次元解析にも取り組む予定だ。それと並行して、J-RAPIDでの共同研究を補完するような共同研究へ新たに乗り出す。

この共同研究では、余震に焦点を当て、その震源域でなぜ余震が起きたのか、それを引き起こした断層破壊の長さは何によって決まるのか、という点を解き明かすことが狙い

図3 地下構造の比抵抗分布を割り出すためのMT法に基づく電磁場観測装置



磁場を観測するコイルと電場を観測する電極を地中に埋めて計測する。

だ。観測すべきは、応力のかかり方と断層の滑りやすさである。松島さんは「応力のかかり方はGPSデータの観測からわかるはずで、そこに電磁場の計測データを重ね合わせれば研究目的を達成できるのではないかと考えています」と異なる計測データを重ね合わせる可能性を強調する。