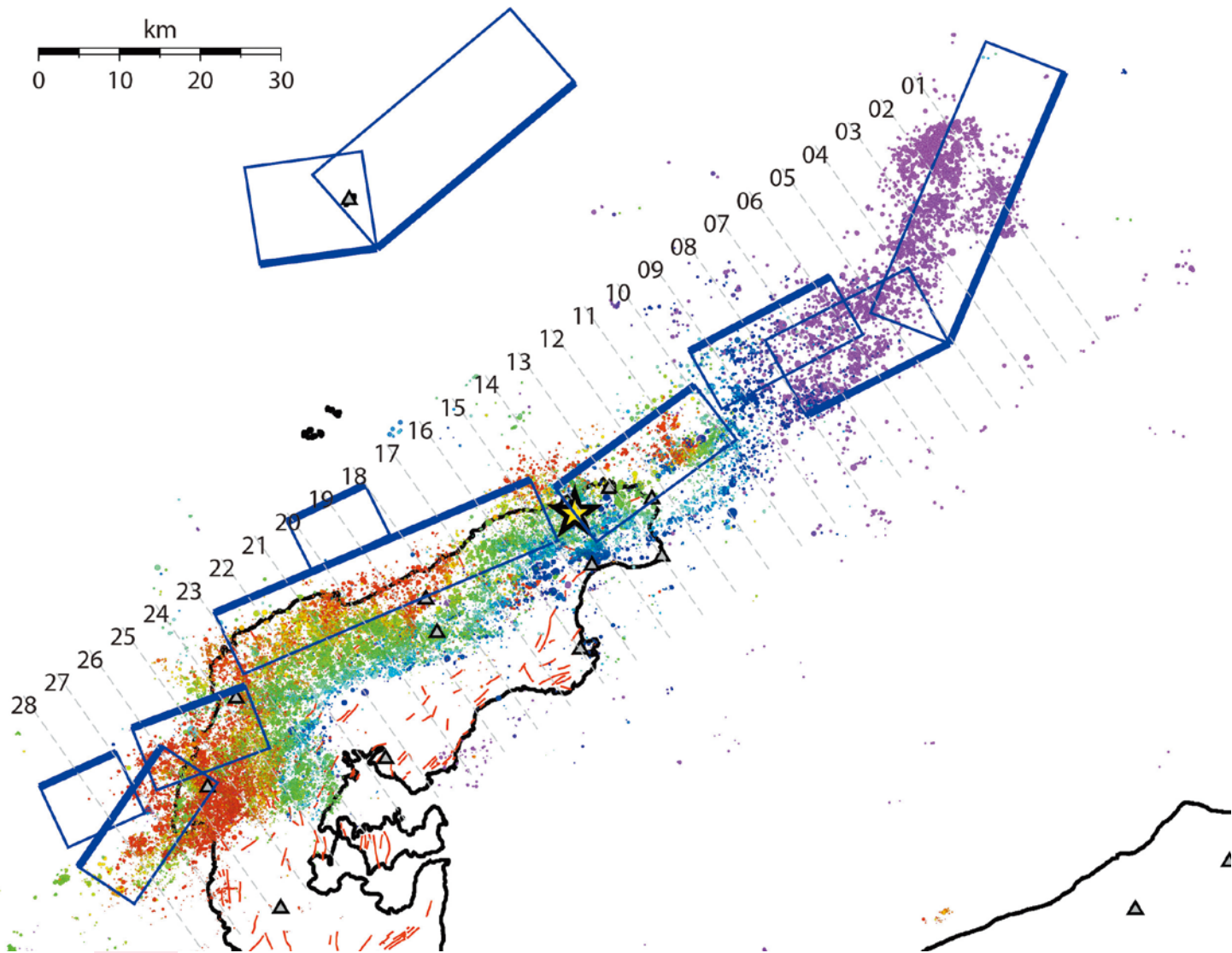


PIUS

地震研究所 ニュースレター

NEWS LETTER Plus No.42
Earthquake Research Institute,
The University of Tokyo



2 024年1月1日16時10分、石川県能登地方の深さ約15kmを震源とするマグニチュード(M)7.6の地震が発生した。能登地方では、2020年12月から群発地震が活発化していた。群発地震はなぜ起きたのか？ M7.6の地震はどういう地震だったのか？ 今後の地震活動の見通しは？ 地震予知研究センターの加藤愛太郎教授に聞いた。

特集

令和6年能登半島地震



東京大学地震研究所

令和6年能登半島地震

地震予知研究センター 教授 加藤愛太郎

2024年1月1日16時10分、石川県能登地方の深さ約15kmを震源とするマグニチュード(M)7.6の地震が発生。石川県の輪島市と志賀町で最大震度7、能登地方の広い範囲で震度6強や6弱を観測するとともに、沿岸域では津波も観測され、大きな被害が生じた。その後も余震が続いている(表紙:2024年1月1日~2月6日の地震活動。点の色は震源の深さを表し、赤は浅く、紫は深い。星印はM7.6の地震の破壊開始点)。

気象庁は、1月1日に石川県能登地方で発生したM7.6の地震および2020年以降の一連の地震活動について「令和6年能登半島地震」と命名した(図1)。

3年以上続いた群発地震。 流体が関与？

能登半島では先端部を中心に、2020年12月初めごろから地震活動の活発な状態が

続いていた。加藤愛太郎教授は、3年以上続いた群発地震について「水などの流体が関与していると考えられる」と言う。群発地震の活動域の下、深さ15~30kmあたりに、地震波の伝わる速度が遅く、また電気が流れやすい領域があることが複数の研究グループの観測で分かっており、いずれも流体の存在を示唆している。また、能登半島の先端部では地震活動が活発になったころから地殻変動が観測されており、地下深部からの水の流入とスロースリップ(断層がゆっくりずれる現象)を仮定すると、その地殻変動を説明できるという報告もある。「水の存在は、地震の発生と密接に関係します」と加藤教授。

岩盤に水が加わると、岩盤が変形してひずみがたまる。ひずみが蓄積されて限界に達すると、断層が生じてずれる。地震の発生だ。しかも、水は断層をずれやすくする。断層がずれると、周囲の岩石が変形してひずみがた

まる。それが繰り返されることで、群発地震が発生したと考えられる。

能登半島の下にある水は、どこから来たのだろうか? 「日本列島を載せたプレートの下に沈み込む太平洋プレートだと考えられています」と加藤教授は答える。海底を形成していた太平洋プレートは、たくさんの水を含んでいる。その太平洋プレートが深く沈み込んでいくと、温度と圧力が上がり、プレートから水が絞り出される。能登半島の下で太平洋プレートからの脱水が起こり、その水が上昇してきていると考えられているのだ。

2023年5月M6.5の地震と 断層バルブモデル

群発地震は能登半島の先端部の南側から始まり、活動域は北へ広がっていった。そして2023年5月5日、それまで最大M6.5の地震が発生し、石川県珠洲市で最大震度6強を観測した。

加藤教授は、周辺の地震観測点が捉えた連続波形データからM6.5直後の地震を検出し、その震源を再決定した震源カタログを作成。解析すると、M6.5直後の地震のほとんどが、北西側が浅く南東側が深くなっている南東傾斜の断層面上で発生していること、時間がたつにつれて地震活動が北側へ移動して海域に達し、さらに沖合へ広がる様子が見えてきた。加藤教授は、「M6.5直後の地震活動域の拡大にも水が関与し、断層バルブというモデルで説明できるのではないかと考えています」と言う。

能登半島では、2022年6月19日にM5.4の地震が発生した。震源は深さ約12kmである。当時、そこまで水が上がってきていたと考えられる。しかし、そこから上は水が通る道がなく、いわばバルブが閉じた状態だった。深部からの水の供給が続くと、バルブの下の水圧が高まっていく。そして限界に達したとき、断層が大きくずれて地震が発生する。それが2023年5月5日M6.5の地震で、深さ約11kmで起きた。このとき、断層の周囲の岩石が壊れることで水が通れる道ができた。バルブが一気に開いた状態だ。道ができたことで水が断層面を拡散し、それに伴って地震の活動域も広がっていった。そう解釈できる。

図1 令和6年能登半島地震の地震活動

2020年12月1日~2024年2月8日08時00分、深さ0~30km、M3.0以上の地震を表示している。2020年12月から始まった群発地震の活動域は約3km四方だった。中規模地震の発生などに伴い活動域が徐々に拡大し、2024年1月1日のM7.6の地震以降の活動域は、能登半島の西南西側から東北東にかけて約150kmに及ぶ。

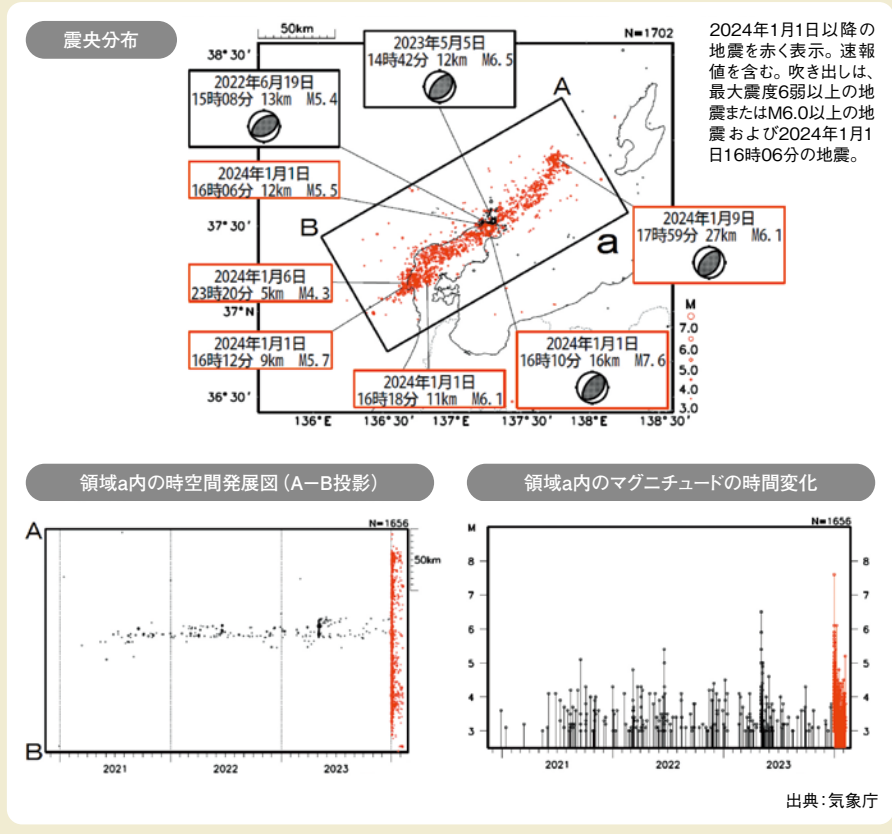
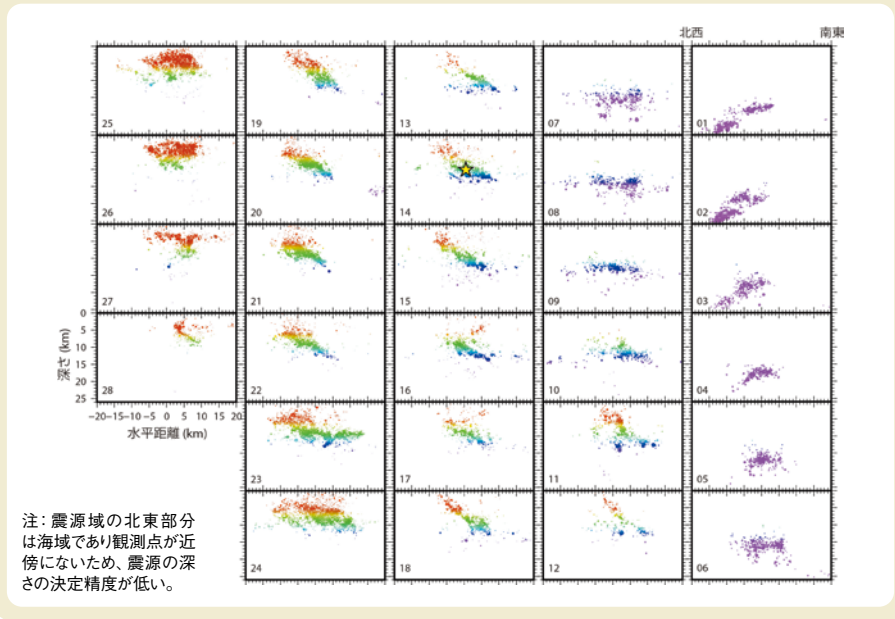


図2 2024年1月1日M7.6地震後の地震活動の深さ断面図(北西-南東方向)

解析対象期間は2024年1月1日~2月6日。色は震源の深さを表す。各断面図の位置は表紙に記載されている(表紙の長方形は地震研が研究代表として実施した「日本海地震・津波調査プロジェクト」で想定した震源断層。赤線は陸域の活断層)。



「地震活動域は、自転車よりやや速い時速20kmほどで拡大しました。M6.5の破壊が断層面内を伝播する速度よりずっと遅く、実験やシミュレーションから推定される断層面周辺を拡散する水の速度とおおむね符合します。断層バルブモデルは1992年に提唱されましたが、その過程が実際の地震できれいに説明できた例は初めてかもしれません」

M6.5の地震以降、時間の経過とともに地震の回数は減少していったが、2020年12月以前の状態には戻っておらず群発地震が継続していた。そうした状況で2024年1月1日、M7.6の地震が発生した。

日本海特有の断層が複雑な地震活動を引き起こした

M7.6の地震を引き起こしたのは、能登半島の西側から北東に延びる断層で、長さはおよそ150km、最大で4~5mずれたと推定されている。北西-南東方向に圧縮軸を持つ逆断層型の地震で、能登半島側が持ち上がるように断層がずれた。この発震機構は、2023年12月以前の群発地震とほぼ同じだ。

加藤教授は、震源カタログを作成し解析することで、M7.6直後の地震活動を明らかにしようとしている。図2は、M7.6の震源断層に対して直交する方向で切った深さ断面図で、本震の破壊開始点を星印(14)、余震を点で示している。余震の多くが、南東傾斜の断層面で起きていることが分かる。ただし、能登半島の北東沖(01~04あたり)では北西傾斜の断層面で余震が起きており、

また能登半島の西側(24~28あたり)では浅い所に集中していて、向きや形状が異なる複数の断層面が存在している。

「地震活動の分布は複雑です」と加藤教授。「およそ1500万年前、ユーラシア大陸の一部が東へ引っ張られて離れ、日本列島が誕生しました。そのとき大陸と日本列島の間に形成されたのが、日本海です。日本海や沿岸の地殻には、引っ張られたときにできた断層が、古傷のようにたくさんあります。それらの複数の断層がずれたのです」

M7.6の地震にも水が関わっているのか？加藤教授は「今後の詳細な解析が必要」と断った上で、「M7.6の地震は、群発地震の活動域から始まっています。水が入って断層がずれやすくなり、スロースリップが起きて周囲にひずみがたまっていき、大きな地震の発生を促進した可能性はあります」と語る。

地震の発生確率を予測する新しい試み

政府の地震調査研究推進本部では、主要な活断層で発生する地震と海溝型地震を対象に、地震の規模や一定期間内に地震が発生する確率を予測した「地震発生可能性の長期評価」を公表している。長期評価は1995年の兵庫県南部地震を契機に行われるようになり、当初はM7クラスが想定される陸域の活断層に限っていたが、最近はM6後半、また海域の活断層にも対象を広げている。能登半島沖についても活断層の調査が行われ、M7.5程度の地震が想定される活断層の存在が指摘されていたが、まだ

長期評価に反映されていなかった。

長期評価への反映を急ぐことに加え、加藤教授はこう指摘する。「活断層は、過去に活動し、地表に顔を出している断層です。地表に顔を出していない断層は、長期評価の対象になりません。能登半島と周辺海域には、日本海形成時にできた断層がたくさんあり、その多くは活断層として確認されていません。そうした断層による地震についても発生確率を予測する必要があります」

人工衛星によって地表のひずみの分布を観測し、それを長期評価に活かそうという取り組みが動き出している。加藤教授は、その取り組みを進めている。ひずみが速くたまるところほど地震が起きやすい傾向があることを利用して、M6以上の地震の発生確率を評価しようとしているのだが、加藤教授は「簡単ではない」と言う。「ひずみが多くたまっても、その断層が強ければ、ずれません。逆に、ひずみがあまり多くたまっていなくても、断層が弱ければ、ずれます。また、観測を始める以前にひずみをどのくらいためていたかは分かりません。過去のデータを使い、どのくらいの精度で発生確率を予測できるか、検証を進めているところです」

不確実性の高い情報をどう伝え、地震の備えにつなげるか

加藤教授は「能登地方ではしばらく地震活動が活発な状態が続くため、注意が必要」と警鐘を鳴らす。「特に、能登半島北東沖の北西傾斜の断層面(図2、01~06あたり)は浅い所で地震活動が起きていないため、今後ずれる可能性があります。震源が浅いと津波の発生も危惧されます。ただし、注意すべきなのは能登地方だけではなく、4枚のプレートが押し合う日本列島では地震活動が活発で、どこでも大きなゆれに襲われる可能性があるため、地震に対する備えを十分にしておいていただきたいと思います」

そして最後に、表情を引き締めてこう語った。「地震は、規模がさまざまで、時間的にも空間的にも幅広く、しかも相互作用するため非常に複雑で、理解するのはとても難しい現象です。現在の地震学の実力では、いつ、どこで、どの規模の地震が起きると、事前には断定できません。不確実性の高い情報をどのように伝え、地震の備えにどのようにつなげていくのか。それが地震学の長年にわたる難しい課題なのですが、災害や防災に関連する工学や人文科学・社会科学分野の研究者との連携を通して、少しでも前に進めるように取り組んでいきます」

(取材・執筆:鈴木志乃/フオンクリエイト)

TOPICS

広報アウトリーチ室活動報告

●「サイエンスカフェ」開催報告

●第22回「大正関東地震の震源過程と地震動」
2023年12月19日にハイブリッドで開催。頼巖一 名誉教授（東京大学、現・慶應義塾大学）および武村雅之 特任教授（名古屋大学減災連携研究センター）による、1923年の大正関東地震の地震現象についての紹介でした。

●「懇談の場」開催報告

2023年12月26日にハイブリッドで開催されました。「関東大震災から100年—過去の発生履歴を理解し未来の発生を予測する—」について、地震火山情報センターの佐竹健治 教授によるお話でした。



最近の研究

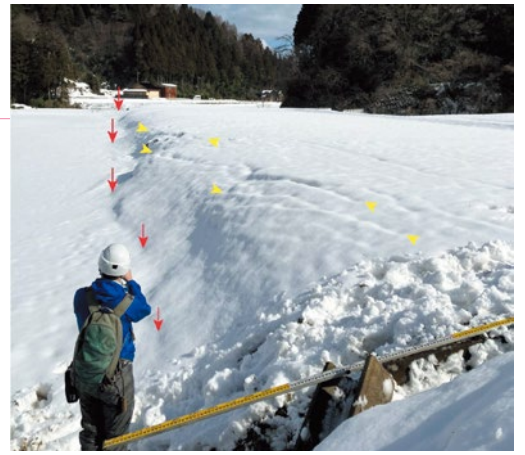
最近の研究を紹介するコンテンツ「最近の研究」に、新たな論文が追加されています。ぜひご覧ください。



- 南海トラフ沿いの超低周波地震の検知下限マップの作成
- 2014年チリ・イキケ地震(M8.1)とその最大余震(M7.6)の発生過程に非地震性ゆっくりすべりが及ぼした影響
- 北硫黄島カルデラにおけるトラップドア断層破壊：津波記録と力学的地震モデルを用いたカルデラ直下のマグマ過剰圧の定量化への試み

プレスリリース

- 2024年2月16日 令和6年能登半島地震に伴う学術研究船「白鳳丸」緊急調査航海（第二次）の実施について*
- 2024年1月25日 2023年10月鳥島近海津波の謎—1時間半の間に14回の津波が発生—（右図）
- 2024年1月12日 令和6年能登半島地震に伴う学術研究船「白鳳丸」緊急調査航海の実施について*
- 2023年11月24日 宇宙線測位の世界記録を大幅に更新 *共同プレスリリース



珠州市の若山川沿いに生じた地表地震断層と推定される崖地形の現地調査の様子。赤矢印は低断層崖の基部を示す。やや不明瞭ながら右雁行配列を呈する開口亀裂（黄矢印）が認められた。

地震・火山情報

- 【研究速報】令和6年能登半島地震（2024/02/01更新）

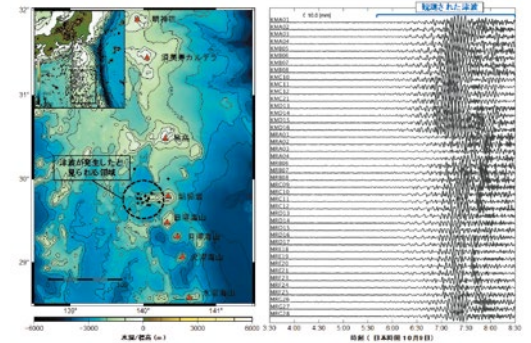
受賞

●令和5年度「地震火山災害予防賞」を渡邊篤志 技術専門職員が受賞

地震研究所では、地震・火山の観測または研究およびその災害の予防軽減において、技術的側面で顕著な功績のあった方を、地震火山災害予防賞として表彰することとしています。これは、財団法人震災予防協会の解散に当たって、同協会が行ってきた表彰を引き継ぐものとして2010年度より始めたものです。地震研究所構成員の受賞は2019年度以来になります。



2024年2月1日、東京大学地震研究所職員研修会における表彰式。古村孝志 所長（左）と渡邊篤志 技術専門職員。写真提供：研修運営委員会



INFORMATION

お知らせ

- 「懇談の場」を2024年4月3日（水）16時から地震研セミナー室とオンラインのハイブリッド形式で開催予定です。今号の特集「令和6年能登半島地震」について、加藤愛太郎 教授によるお話です。会場と接続の情報をお送りしますので、orhp@eri.u-tokyo.ac.jp宛てに件名を「懇談の場参加希望」としてEメールをお送りください。お気軽にご参加ください。

人事異動

- 2024年2月1日 任命 徳田智磯 計算地球科学研究センター 特任助教



本所永遠の使命とする所は
地震に関する諸現象の科学的研究と
直接又は間接に地震に起因する災害の予防並に
軽減方策の探究とである（寺田寅彦）

東京大学地震研究所
ニュースレターPlus
第42号

発行日 2024年3月25日

発行者
東京大学 地震研究所

編集者
地震研究所 広報アウトリーチ室

制作協力
フォトンクリエイト
（デザイン：酒井デザイン室）

問い合わせ先
〒113-0032
東京都文京区弥生1-1-1
東京大学 地震研究所
広報アウトリーチ室
Eメール
orhp@eri.u-tokyo.ac.jp
ホームページ
https://www.eri.u-tokyo.ac.jp/