

(1) 実施機関名：

九州大学

(2) 研究課題（または観測項目）名：

（和文）内陸地震域の比抵抗構造再調査と地震発生ポテンシャル評価の有効性検証

（英文）Resistivity structure around the zones of large inland earthquakes — revisited

(3) 関連の深い建議の項目：

1 地震・火山現象の解明のための研究

(5) 地震発生及び火山活動を支配する場の解明とモデル化

イ. 内陸地震

(4) その他関連する建議の項目：

2 地震・火山噴火の予測のための研究

(1) 地震発生の新たな長期予測（重点研究）

イ. 内陸地震の長期予測

6 観測基盤と研究推進体制の整備

(6) 次世代を担う研究者、技術者、防災業務・防災対応に携わる人材の育成

(5) 本課題の5か年の到達目標：

過去25年に日本で発生したM6.5以上の内陸地震のうち、半数以上は対応する活断層が地表に見えない地域で発生した。活断層調査のみでは内陸地震の空間ポテンシャル評価に限界があることは明らかである。本課題では比抵抗構造が内陸地震の規模も含めた空間ポテンシャル評価に真に使えるかどうか結論を得ることを目的とする。以下の作業仮説を2つ設定する。1. 大きな地震の破壊は選択的に低比抵抗体の端部付近から開始する。2. 大きな地震の破壊は別の低比抵抗体の端部で終わる。作業仮説の検証には、地震すべり分布の推定に加え震源断層の端部まで含めた広域の比抵抗構造推定が必要であるが、そのような探査が行われている例は少ない。また、規模の大きい地震の破壊が選択的に低比抵抗体の近傍から開始しているかどうか調べるためには、精度の高い震源分布に加え、空間分解能が高い比抵抗構造推定が不可欠であるが、両者がそろった研究例は少ない。日本ではHi-net, K-net, KiK-net整備以降、規模の大きな内陸地震が発生すると、すべり分布と、精度の高い余震分布が推定されるため、過去25年間の規模の大きな内陸地震は貴重な研究対象である。本課題ではそうした地域を対象に、内陸地震空間ポテンシャル評価が可能かどうかの目をもって比抵抗構造再調査を行う。

(6) 本課題の5か年計画の概要：

2024～2026年にかけて、太陽活動の11年周期は極大期を迎える。これは比抵抗構造推定のためのSN比が飛躍的に向上することを意味し、人工ノイズを懸念してこれまで探査に及び腰であった地域の再調査を行う絶好の機会である。本課題では2000年鳥取県西部地震、2004年新潟県中越地震、2018年北海道胆振地震、これらの震源域周辺で広帯域MT再調査を行う。既にMT調査が行われ論文が出版されているが、いずれも本課題の作業仮説の検証を行うには不十分である。本課題では観測が行われていなかった地域で新規に観測を行い、既存データと統合し3次元比抵抗構造を推定する。

何年度にどこでMT探査を行うかという計画の進め方は、解析担当者の学生、配分された予算等を考慮して決定する。現在はR6-7 鳥取西部、R7-8新潟県中越、R8-9北海道胆振を計画している。北海道胆振はノイズ環境が比較的良好なため5カ年の後半に設定している。いずれにせよ太陽活動が極大なR6-8年度に主たる調査を行い、R9-10年は補充調査の期間にあてる。

## (7) 令和7年度の成果の概要：

### ・今年度の成果の概要

#### 1997年鹿児島県北西部地震

昨年度報告した解析結果が、学生が筆頭著者の論文として出版され

た (Matsunaga et al. 2025 Tectonophysics)。3月の本震 (M6.3)は低比抵抗体の端部で開始し、破壊が西側に進行したが、最終的に別の低比抵抗体の存在によって停止したことが分かった (図1)。5月の地震 (M6.2)についても、すべり量は3月の地震に比べ小さいものの似た結果を示した。以上の結果は2016年熊本地震で得られた結果 (Aizawa et al. 2011 EPS)と同様であり、内陸大地震の破壊の開始と停止が、低比抵抗体に支配されている事例と判断した。

#### 1995年兵庫県南部地震

対象地域は都市に近く直流電車等による電磁気ノイズの懸念から、これまでMT調査は全く行われてこなかった。本課題では、昨年度に予備MT調査を3点で実施し、磁気嵐を捉えれば比抵抗構造推定に耐えうる応答関数が推定できることを確認し、本課題の対象とした。今年度の本観測では1観測点あたり約1か月という長期にわたりデータを取得することで磁気嵐を捉えるという方針で観測を行った。6月末～7月にかけて用地交渉と申請作業、9月末～1月初旬に本観測を実施した。約24台の機材を3回転させることで、宝塚から南あわじにかけての70点で地磁気地電流データを取得した (図2)。太陽活動極大期の恩恵を強く受け3期間とも磁気嵐を捉えることができた。九州の九重火山の地磁気データを磁場参照点としたりモトリファランス処理を深夜の時系列データに適用し推定した応答関数は、多くの観測点で良質であることを確認できた。神戸市や西宮市などの都市部においても地磁気嵐を捉えればMT調査による比抵抗構造推定が可能であると分かったことは、今後、都市部においてもMT調査にチャレンジするきっかけとなり得る。

#### 2000年鳥取県西部地震

昨年度に35点で取得したデータの解析をすすめた。深夜においても電場に矩形のノイズが見られたためこれを自動除去するプログラムの開発を行い、応答関数を改善した。しかしながら観測では磁気嵐を捉えることができなかったため長周期帯で応答関数の推定誤差が大きい結果となった。これらの応答関数と、先行研究であるUmeda et al. 2011 JGRで使用された52点の広帯域MTデータと、国際誌に未発表であった12点の広帯域MTデータ (<https://www.dpri.kyoto-u.ac.jp/hapyo/04/p56.pdf>)、をコンパイルして3次元比抵抗構造解析を行った。その結果、先行研究では本震の震源の南西深部に低比抵抗体がイメージングされたが、本解析では低比抵抗体が本震震源直下にイメージングされるという大きく異なる結果を得た。しかしながら先行研究のデータの質が長周期帯で想像以上に悪く、南側の破壊停止点付近、さらに2026年1月6日に発生した島根県東部地震 (M6.4) 付近では、比抵抗構造が拘束できていないことが分かった (図3, 図4)。先行研究のデータは観測期間が短く地磁気活動も低調でありノイズ処理の適用効果が薄いことが分かったため、破壊停止点や島根県東部地震 (M6.2) との関連を議論するには追加観測が必要であることが分かった。

#### 2004年中越地震

先行研究の MT データ (Uyeshima et al., 2004, EPS) について再解析を行った。先行研究では、2004年中越地震の震源域南部(A-A'測線)および北部(B-B'測線)の2測線において観測が実施されており (図5)、そのうち南部測線のみを対象として二次元比抵抗構造解析が行われていた。本年度は、これらすべての観測データを用い、最新の三次元インバージョン手法 (Usui, 2015; Usui et al., 2024) を適用して再解析を実施した。その結果、2004年中越地震の余震は、先第三系の基盤岩と解釈される中～高比抵抗域に主として分布し、その上位に位置する新第三紀堆積岩と解釈される浅部低比抵抗領域内では、ほとんど発生していないことが明らかとなった (図6)。先行研究では、余震が低比抵抗領域内でも発生している結果となっていたが、より現実的な比抵抗構造モデルへと修正され新たな視点が得られた。また、既存点の観測点は偏在しているため深部に対しての拘束は弱い、震源域下部には比較的低い比抵抗を示す領域の存在が示唆された (図6)。この深部領域のイメージングの可能性を調べるため、2025年10月から11月にかけて、追加配分予算を用いて予察MT観測 (3地点, 図5の紫色シンボル) と次年度以降の観測点下見調査を実施した。予察MT観測の結果、直流電車や上越新幹線の線路近傍に位置する観測点においても、比抵抗構造推定に使用できる質の応答関数算出が可能であることが確認された。以上の結果を総合し、新たな観測により広域で長周期MTデータを取得すれば、

比抵抗構造と大地震の破壊の關係にせまることができ本課題の目的を達成できると結論した。

## 2018年北海道胆振東部地震

2025年8月～9月にかけて、追加配分予算にて胆振東部地震周辺域のMT観測（2地点）と次年度以降の観測点選定のための下見（5地点）を行った。

・「関連の深い建議の項目」の目的達成への貢献の状況と、「災害の軽減に貢献する」という目標に対する当該研究成果の位置づけと今後の展望

### 1－（5）－イ 内陸地震

比抵抗構造と、すべり分布や震源分布等との比較により、1997年3月の鹿児島県北西部地震は低比抵抗体の西端部で開始し、破壊が西側に進行したが、最終的に別の低比抵抗体の存在によって止まったことが分かった。これは2016年熊本地震で得られた結果と同様であった。鳥取県西部ではノイズ処理や比抵抗構造解析が進み、破壊停止域、2026年1月6日の島根県東部地震域においては比抵抗構造が拘束できていないことが分かった。神戸淡路は都市部であり人工ノイズが大変懸念されたが、地磁気嵐を捉えることで良好な応答関数が得られ、今後比抵抗構造解析を進める。2004年中越地震震源域では、既存データ再解析と予察観測により、広域で新たに観測を行えば、深部構造の推定が可能であり、破壊と比抵抗構造の関係を調べられることが分かった。R8年度は予算が限られているが、太陽活動が極大期である恩恵を活かし追加観測を行いたい。追加予算の機会があれば応募を検討したい。

### 6－（6）次世代を担う研究者、技術者、防災業務・防災対応に携わる人材の育成

2000年鳥取県西部地震震源域、1995年兵庫県南部地震震源域での広帯域MT調査について、解析担当者の大学院生を選定し、観測のための用地交渉、観測準備、観測の実行や連絡、さらに得られたデータの整理、解析まで、一連の作業全てに携わってもらった。全て主体的に責任を持って実行したため、ただ作業に参加するだけでなく、全体をマネジメントしながら調査を行う貴重な経験となった。

## (8) 令和7年度の成果に関連の深いもので、令和7年度に公表された主な成果物（論文・報告書等）：

・論文・報告書等

Matsunaga K., Aizawa K., Asamori K., Ogawa H., Utsugi M., Yoshimura R., Yamazaki K., Uchida K., Matsushima T., Inoue T., Yonemori K., Shigematsu H. (2025), Three-dimensional resistivity structure and its relationship to the rupture of the 1997 Kagoshima earthquake doublet (Mw. 6.1 and 6.0), Japan, Tectonophysics, 915, 230880, <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2025.230880>, 査読有, 謝辞有

・学会・シンポジウム等での発表

本田貴之・相澤広記・山口雅弘・中村謙佑・重松弘道・三島瀬里香・今井憲一郎・大川航平・馬場朱莉・吉川怜樹・山下孟土・上嶋誠・白井嘉哉・渡部熙・畑真紀・宮町凜太郎・吉村令慧・井上智裕・畑岡寛・市原寛・黒田真奈加, 1995年兵庫県南部地震震源域におけるMT応答関数の導出, Conductivity Anomaly 研究集会, 郡山, ポスター, 2026.3.

中村謙佑, 相澤広記, 浅森浩一, 大志万直人, 井上智裕, 白井嘉哉, 市原寛, 山口雅弘, 宇都智史, 畑岡寛, 重松弘道, 永山勇志, 本田貴之, 山田朋輝, Three-dimensional resistivity structure in the focal region of 2000 Western Tottori Earthquake, 日本地球惑星科学連合2025年大会, 千葉幕張, 口頭, 2025.5.

中村謙佑・相澤広記・浅森浩一・大志万直人・塩崎一郎・井上智裕・白井嘉哉・市原寛・山口雅弘・宇都智史・畑岡寛・重松弘道・永山勇志・本田貴之・山田朋輝, 2000年鳥取県西部地震震源域における3次元比抵抗構造, Conductivity Anomaly 研究集会, 郡山, ポスター, 2026.3.

藤雄介・市原寛・江尻智香(名大)、上嶋誠(東大地震研)、小川康雄(東北大)、中越地震震源域電気伝導度構造研究グループ, 3次元インバージョンコードを用いた2004年新潟県中越地震震源域の地下比抵抗構造の再解析, Conductivity Anomaly 研究集会, 郡山, ポスター, 2026.3.

(9) 令和7年度に実施した調査・観測や開発したソフトウェア等のメタ情報：

(10) 令和8年度実施計画の概要：

MTデータの解析 (鳥取西部、神戸淡路)。2004年中越地震震源域での広帯域MT観測。  
予算状況を見て鳥取県西部地震での追加MT観測。

(11) 実施機関の参加者氏名または部署等名：

相澤広記 (九州大学)

他機関との共同研究の有無：有

上嶋誠 (東京大学)，臼井嘉哉 (東京大学)，吉村令慧 (京都大学)，市原寛 (名古屋大学)，橋本武志 (北海道大学)，塩崎一郎 (鳥取大学)

(12) 公開時にホームページに掲載する問い合わせ先

部署名等：九州大学地震火山観測研究センター

電話：

e-mail：

URL：

(13) この研究課題（または観測項目）の連絡担当者

氏名：相澤広記

所属：九州大学地震火山観測研究センター

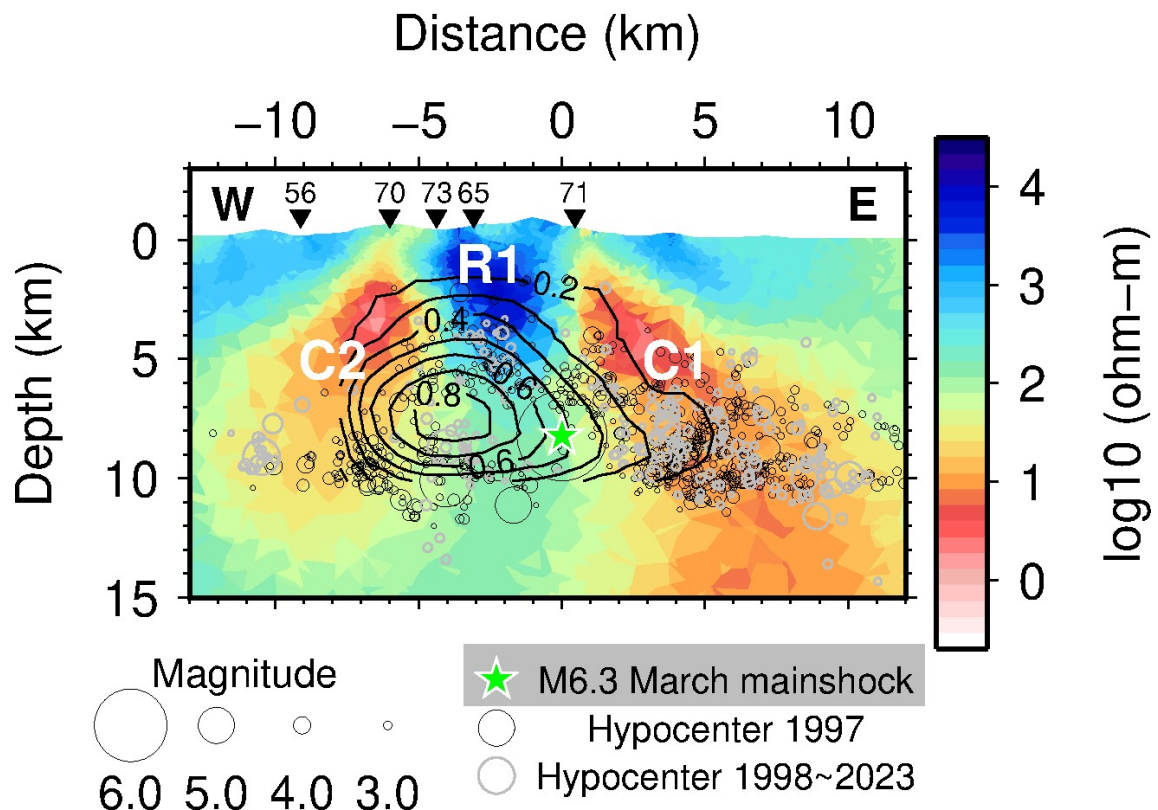


図1

1997年3月の鹿児島県北西部地震の破壊面に沿った比抵抗断面 (Matsunaga et al. 2025)。Horikawa 2001 BSSAによるすべり分布 (単位はm)を併せて示す。地表の逆三角は断面近傍の観測点の位置を示す。

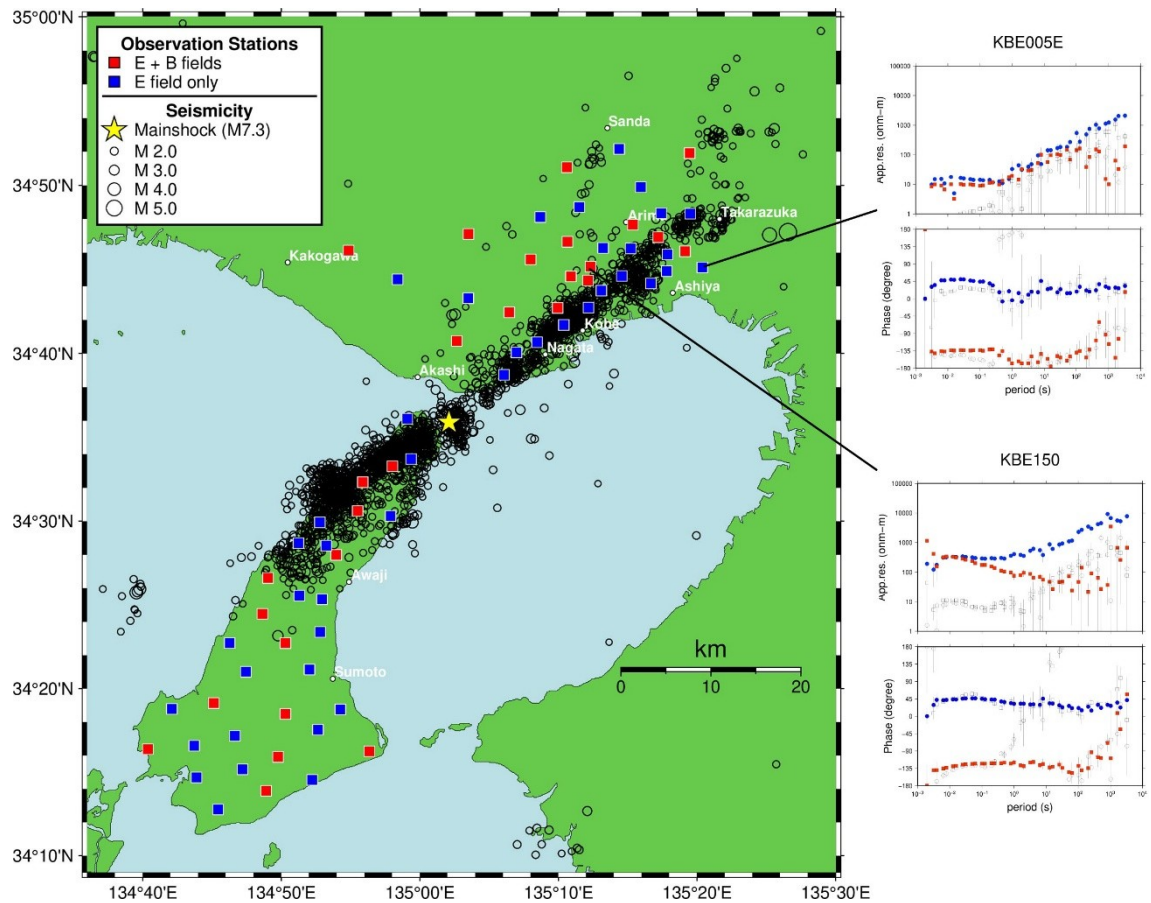


図2

1995年兵庫県南部地震震源域周辺での広帯域MT観測点と応答関数 (青Zxy, 赤Zyx)の例。磁気嵐を捉えることにより、都市部においても比抵抗構造推定に利用可能な質の応答関数が推定できた。

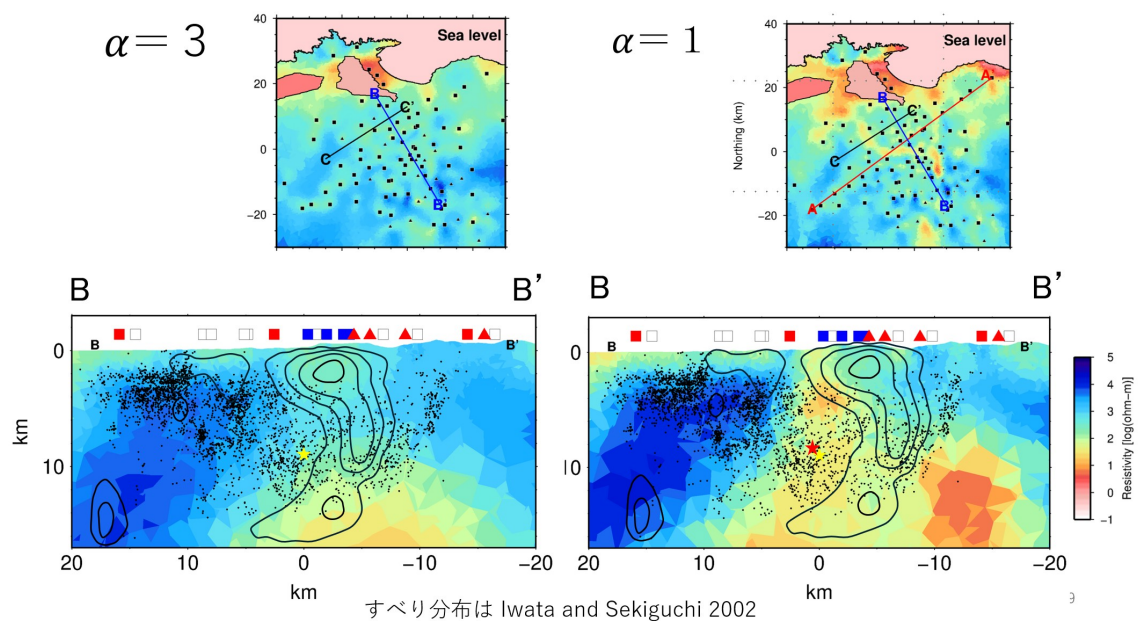


図3

2000年鳥取県西部地震の震源断層に沿った鉛直断面。残差とラフネスのバランスをとるハイパーパラメータ $\alpha$ を変えた結果を示す。両者とも震源の深部に低比抵抗体が推定されているが、特に南側(B'側)の破壊停止位置付近では構造が大きく異なる。白口は先行研究(Umeda et al.2014 JGR)、赤は本課題のR6年度観



測点、青は大学連合による未発表データ。

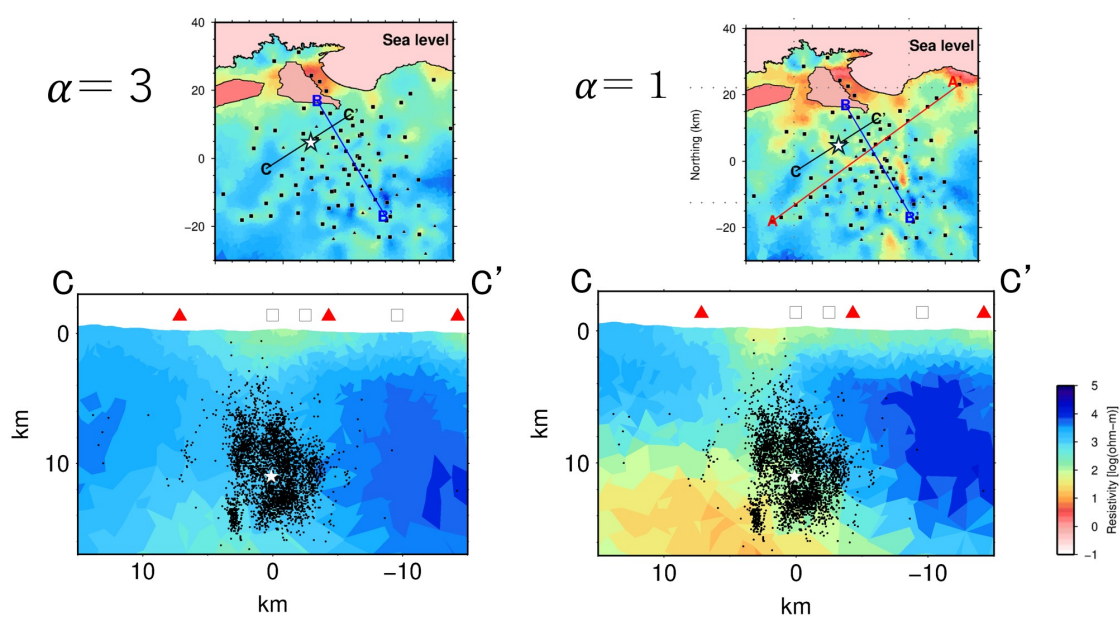


図4

2026年島根県東部地震 (M6.2) の震源を横切る鉛直断面。ハイパーパラメータ  $\alpha$  を変えた結果を示す。両者とも震源直下に低比抵抗領域が推定されるが、形状や値が大きく異なる。

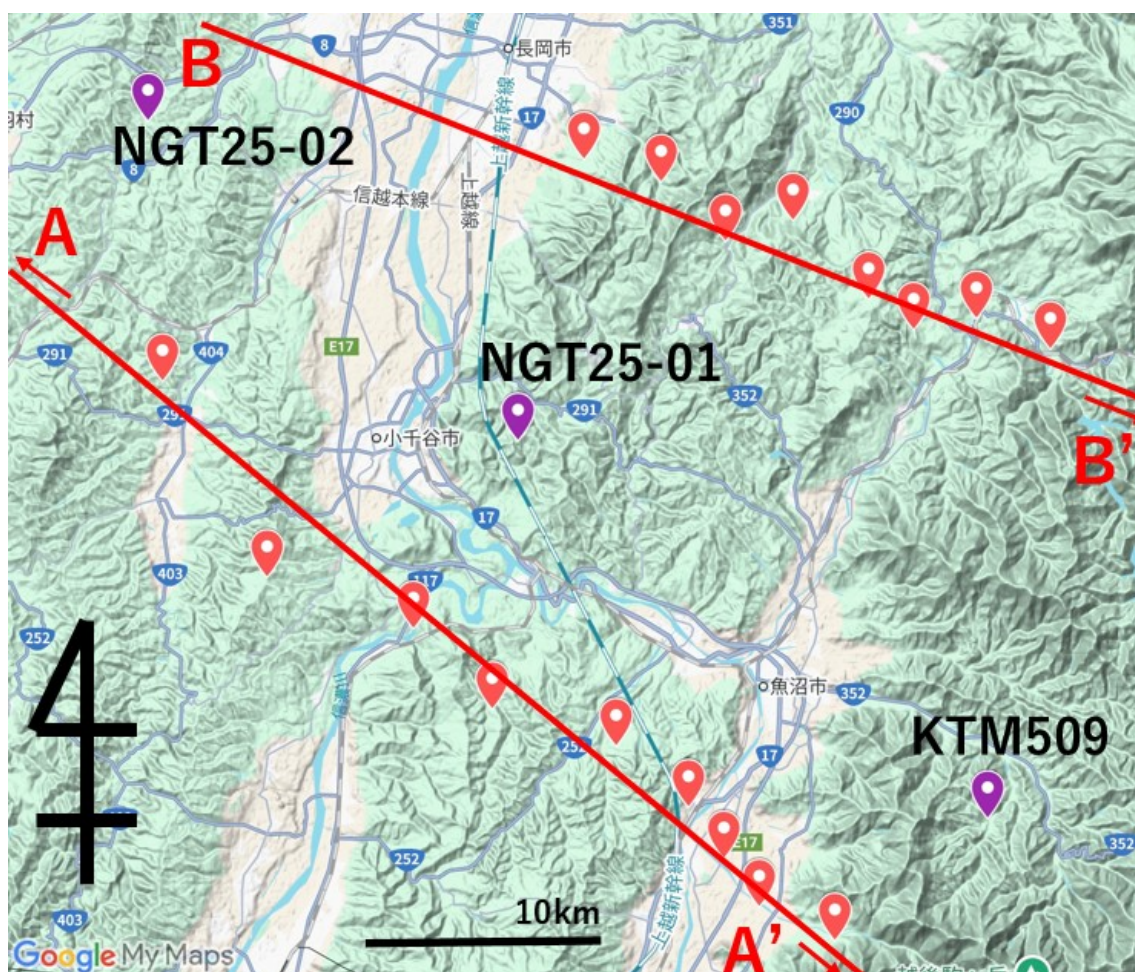


図5

2004年中越地震震源域で行われた広帯域MT観測 (赤シンボル, Uyeshima et al. 2004) と、2025年度に実施した予察観測 (紫シンボル)

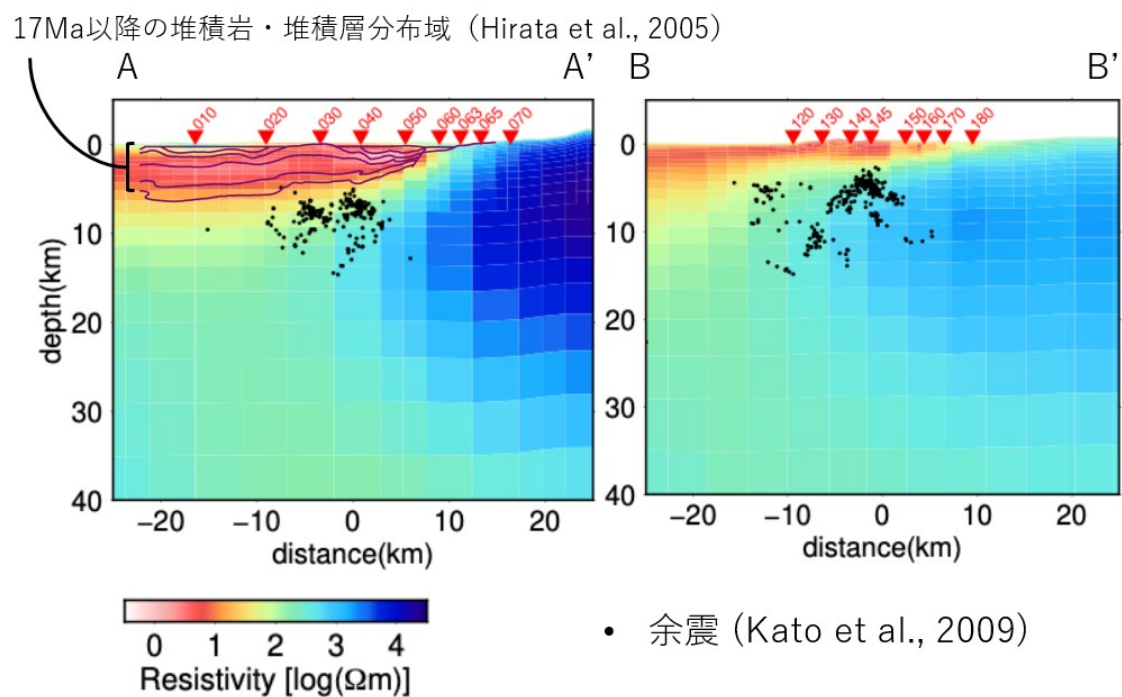


図6

2004年中越地震震源域における既存広帯域MT観測データ (Uyeshima et al. 2004) の3次元解析 (再解析) 結果。次年度以降の本観測のターゲットは10 km以深である。