

令和元年6月20日現在

機関番号：82706

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K17824

研究課題名(和文) 南海トラフ軸における微小断層発達の理解と形成過程の解明

研究課題名(英文) Understanding of protothrust zone at trench axis around the Nankai Trough

研究代表者

山下 幹也 (YAMASHITA, Mikiya)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・地震津波海域観測研究開発センター・研究員

研究者番号：00415978

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,000,000円

研究成果の概要(和文)：南海トラフ・トラフ軸周辺で取得された高分解能マルチチャンネル反射法地震探査データを用いて、プレート境界断層よりもさらに海側に発達する微小断層群(プロトスラスト帯)に着目してその拡がりを明らかにした。既存の海底地形データを収集し、トラフ軸周辺における精度を向上するとともに赤色立体地形図法を応用することで微小な変位の抽出に成功し、プロトスラスト帯が海底面に線状に分布することが確認された。併せて沈み込むフィリピン海プレートの堆積層厚の詳細な分類を行い、層準による東西方向の不均質性の存在が明らかになった。今後、トラフ全体を調べることで巨大地震に伴う津波波源等の推定に寄与することが期待される。

研究成果の学術的意義や社会的意義

南海トラフではこれまで巨大地震が繰り返し発生しており、地震動や津波を予測するために様々な数値シミュレーションが行われてきている。しかしながら巨大な震源域の南端を規定する構造はなく、トラフ底の地形のみから決定されてきた。本研究ではプレート境界断層先端部の挙動を地下構造および高精度の海底地形から評価することで、破壊域の根拠となる地下構造を明らかにした。今後はトラフ全域について同様の研究を進めることでより正確な予測につながり、地震・津波防災に寄与することが期待できる。

研究成果の概要(英文)：The distribution of protothrust zone is imaged by using high resolution multi-channel seismic reflection data acquired around trench axis in Nankai Trough. In order to extract the micro-scale deformation of the protothrust zone at the seafloor, a new developed elaborate visualization "Red Relief Image Map" which is new three-dimensional presentation technique is applied to high-quality bathymetric data by the multi-beam echo sounder. Not only the visible deformation of accretionary prism, but also some arrangements of incipient thrust beneath the seafloor within protothrust zone corresponding to seismic reflection profiles along the trench axis are sharply recognized by the Red Relief Image Map method. Our findings can provide information about possible location of future frontal thrust within the protothrust zone.

研究分野：固体地球物理学

キーワード：プロトスラスト帯 南海トラフ 海底地形

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

2011年に発生した東北地方太平洋沖地震では、プレート間の固着がないと考えられてきた海溝軸付近まで深部での破壊が伝播したことが明らかになり、巨大津波発生の要因である可能性が指摘された (Kodaira et al., 2012)。また紀伊半島沖においても、掘削研究によってトラフ軸周辺にも大きなすべりが起きる可能性が示唆されており (Sakaguchi et al., 2011)、南海トラフにおいてこれまで巨大地震・津波を起こした地下構造の再評価を行うことが新たな課題となっている。2012年に内閣府が発表した南海トラフでの最大想定震源域の海側下限は、従来の研究に基づいているためトラフ軸までであり、津波の最大波高を予測するためにはトラフ軸周辺の地質構造の検証が不可欠である。

海洋研究開発機構では2013年より南海トラフ周辺において文部科学省からの受託研究「南海広域地震防災研究プロジェクト」の一環として高分解能反射法地震探査を10 km間隔の稠密な測線を実施し、これまで知られていなかった詳細な地下構造の特徴が得られはじめている。その一つとして地震破壊が海底面まで伝播する浅部プレート境界断層(前縁断層)よりもさらに海側において微小な断層群: プロトスラスト帯が広域分布することが明らかになった。プロトスラスト帯は微小な断層群からなりトラフ充填堆積物中に発達し、数10 kmの幅を持ってトラフに沿って変化しながら分布する。プロトスラスト帯はこれまでも知られていたが、地震発生帯との関連は解明されてこなかった。海底地形や地質情報との比較もほとんどされていない。一方、地質構造の形成過程を検討する方法としてアナログモデル実験が従来から行われている。これらの実験では岩石層の一般的な変形挙動と同様の挙動を示す乾燥砂などの粒状体実験材料を用いて、時間や長さを相似率に従って地質現象を実験室内スケールへと縮小する方法である。近年の研究により、沈み込み帯に相当する大規模なプレート境界型断層形成前に微小なせん断ひずみ帯が複数生じる様子が報告されており (Adam et al., 2005; 堂垂ほか, 2013)、観測されたプロトスラスト帯に対応すると考えられる。しかしながら室内実験だけではトラフ軸に沿ってプロトスラスト帯が変化することを説明できないため、どのような形成過程で発達するのかは明らかになっていない。プロトスラスト帯はトラフ軸で発生する津波地震を評価する上で大きな要素の一つと考えられるため、本研究では海底地形や掘削データからプロトスラスト帯の特徴を明らかにするとともに、砂箱実験で現象を再現することによって沈み込み先端部における津波地震を発生させる要因となる変形過程を解明する。

2. 研究の目的

- (1)高精度海底地形データベースを作成しプロトスラスト帯の微小変位を検出
- (2)沈み込むフィリピン海プレートのトラフ軸における構造変化
- (3)アナログ実験との比較によるプロトスラスト帯形成過程の解明

3. 研究の方法

(1)高精度海底地形データベースを作成しプロトスラスト帯の微小変位を検出
南海トラフ・トラフ軸では数多くの研究船によって海底地形が副次的な例も含めて膨大に取得されているが統合されておらず、ほとんど着目されてこなかった。前縁断層よりも海側で確認されているプロトスラスト帯は数10~数mスケールの変位が海底面に見られることが高分解能地下構造探査から明らかになっており、海底面における変位量を評価するために高精度(数mオーダー)のデータを収集・編集し、既存海底地形データの統合データベースを作成することによって海底面に見られる微小なせん断変形による変形域を明らかにすることによってプロトスラスト帯の分布域を観測データから明らかにする。

(2)沈み込むフィリピン海プレートのトラフ軸における構造変化
プロトスラスト帯の幅がトラフに沿って異なることから、その原因が沈み込むフィリピン海プレートの構造不均質によるものと仮定し、高分解能反射法地震探査データを用いることで、上部地殻、四国海盆堆積層(上部・下部)、トラフ充填堆積層の各層に分類・解釈し、データベースソフトに登録することで空間的にマッピングを行う。

(3)砂箱によるアナログ実験との比較によるプロトスラスト帯形成過程の解明
本研究で得られたトラフ軸のプレート境界先端部における詳細な3次元的断層形状からモデルを検討し、これまでに行われた砂箱実験の結果と対比することによって、プレート境界断層先端部のトラフ軸周辺での挙動を明らかにし、プロトスラスト帯の形成過程を解明する。

4. 研究成果

南海トラフ軸における微小断層の現象解明に向けたより詳細な分布を調べるため、各種公開されている既存海底地形データおよび新規に取得したデータの収集・統合による高精度マッピングおよび地形立体表現手法「赤色立体地形図」を用いたプロトスラスト帯の抽出を行った(図1)。作業時間も考慮し年度前半までに得られたトラフ軸を横断するデータを収集し編集を行った。特に2013・2014年に取得したKY13-11およびKY14-07航海で取得したトラフ軸を横断する測線について、最も細かい50mメッシュデータを収集しデータ統合を行った。その結果トラフ軸にみられる前縁断層よりもさらに海側のプロトスラスト帯の海底面にも線状の地形的特徴が

抽出され、反射法地震探査断面で見られる微小断層と一致していることが確認された(図2)。従来の海底地形図では付加体の地形変化率のほうが大きいため、微小な変形を広域的に知ることは困難であったが、赤色立体地形図を用いることで特徴が明らかになった。このことから前縁断層だけでなく、プロトスラスト帯内部の変形についても、あるせん断弱面に沿って発達することが観測事実として初めて明らかになった。また付加体の変形様式についても赤色立体地形図で強調することによってより明瞭にイメージングされた。

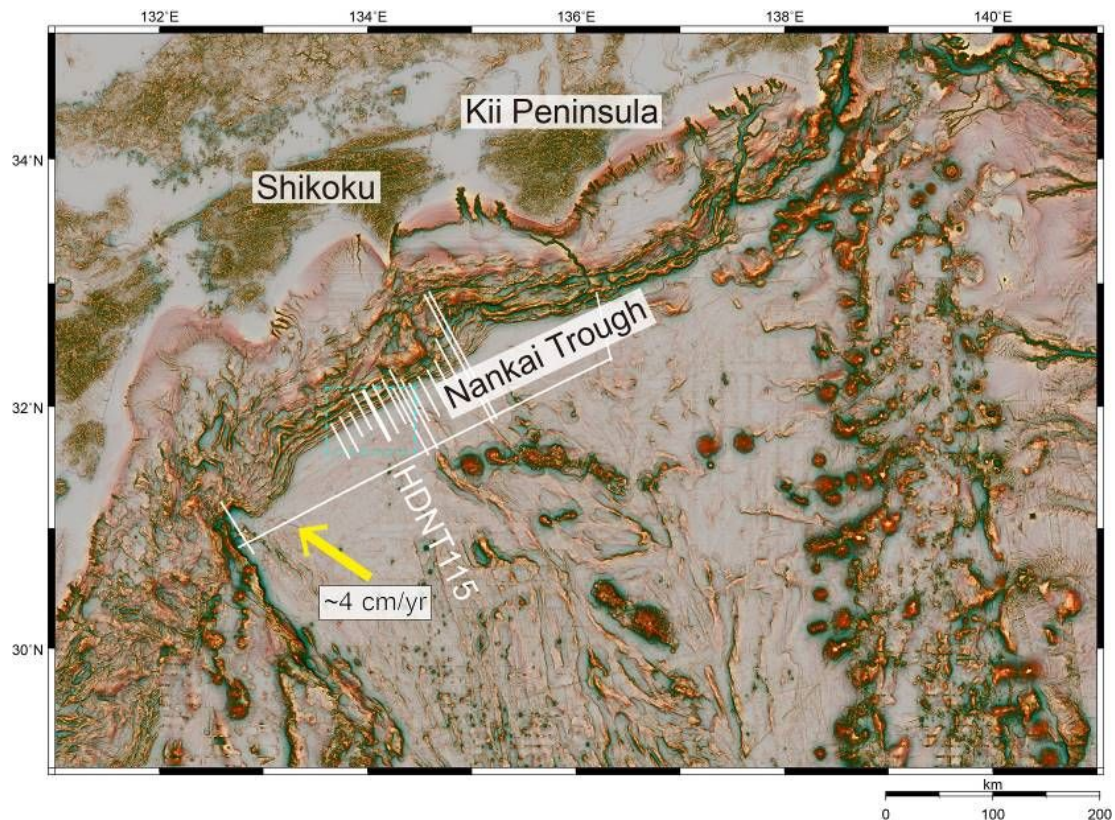


図1 南海トラフ全域の赤色立体地形図

特に日向灘周辺で2016年のYK16-13航海で取得されたデータを取り入れることにより九州パラオ海嶺周辺の海底地形の分解能が向上した。赤色立体地形図の手法を取り入れて海底地形マッピングを行ったところ、反射断面から得られた南海トラフ軸におけるプロトスラスト帯のうちいくつかを線状の海底地形として確認することができた。次に数千kmにも及ぶ既存の反射法地震探査データについて時間断面のSEGYデータを海洋研究開発機構が所有するデータベースソフトに登録した。データベース上では基準となる反射面(海底、海洋地殻上面、沈み込む四国海盆堆積層上面など)の走時の読み取りを実施した。得られた走時を元に南海トラフ軸に沿った各堆積物の層厚を算出した(図3)。また四国沖に限定してマッピングしていたプロトスラスト帯についても、2008年以降に取得された南海トラフ東部における反射法地震探査測線のトラフ軸周辺を中心に高密度速度解析を実施し、イメージングの向上を行った。その結果、南海トラフ東部に関しても前縁断層とプロトスラスト帯の分布が解釈可能となったため、南海トラフ全域におけるプロトスラスト帯マッピングを行った(図4)。一方、日向灘においては九州パラオ海嶺近傍においてプロトスラスト帯は分布せず、前縁断層も未発達であったことから、九州パラオ海嶺の衝突に伴う影響が考えられる。また東部の銭洲海嶺周辺においても海嶺の沈み込みに伴う影響のため、前縁断層とプロトスラスト帯の発達は見られなかった。

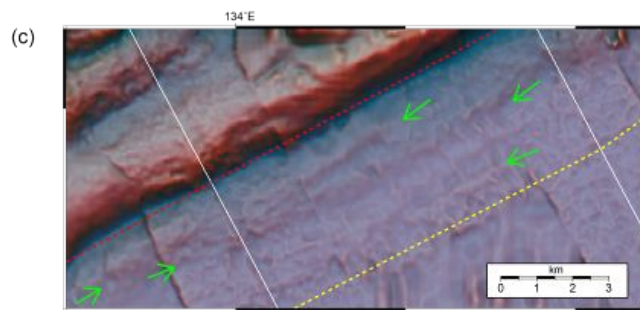
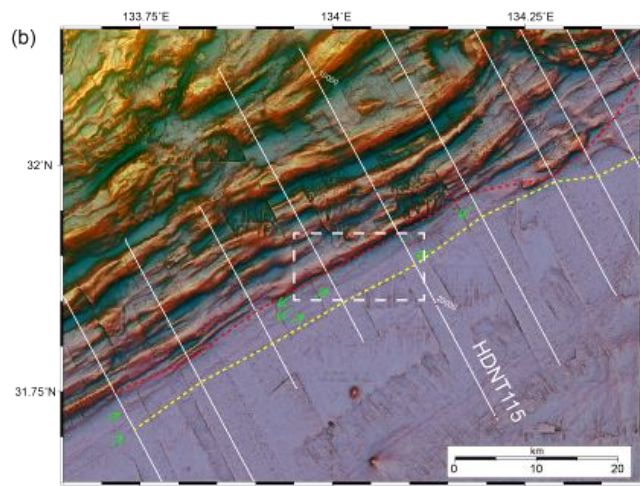
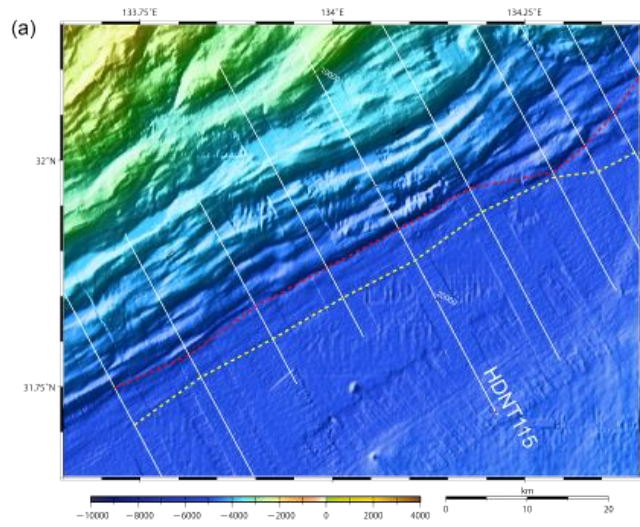


図2 (a)トラフ周辺の拡大地形図．
 (b)トラフ周辺の拡大赤色立体地形図．
 (c)プロトスラスト帯の赤色立体地形図．矢印はプロトスラスト帯を示す．

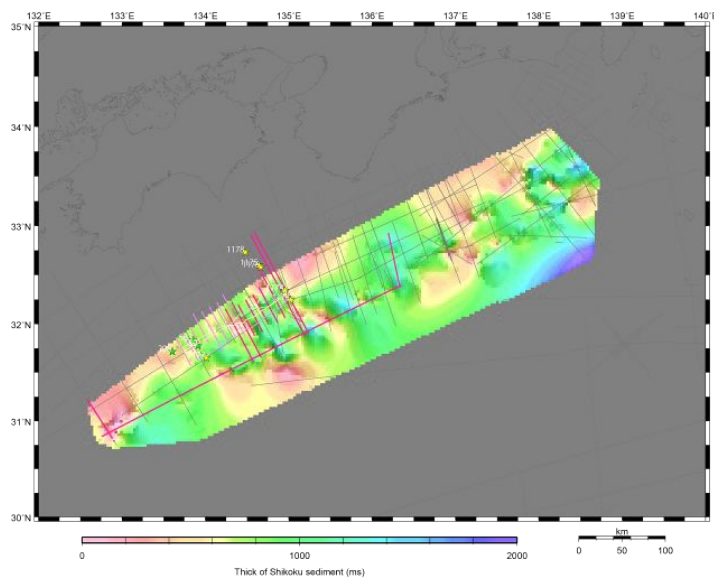


図3 四国海盆堆積層厚の分布

得られた構造や地形的特徴からこれまで研究してきた四国沖に比べて日向灘ではトラフ軸に沿った強い構造不均質の存在が明らかになった．そのため断層を再現するアナログ実験についてはモデルが想定していたより複雑なため，本研究でモデルの単純化を行う代わりに，既存のアナログ実験のデータから沈み込むプレート形状が異なるものを用いて断層形成過程について比較検討を行った．その結果，プレート境界断層先端部に段差のある基盤構造がある場合，実際の構造とアナログ実験の両方で基盤上の堆積物の層厚が厚いことが明らかになり，トラフ軸における堆積物の供給量が断層形成に大きく影響していることが示唆された．また将来的な前縁断層の拡がりについては四国沖では海側に発達する可能性があるものの，豊後水道より西側にかけては新たな微小断層の発達は見られず，津波波源ポテンシャルを持つ連続する断層面は認められなかった．

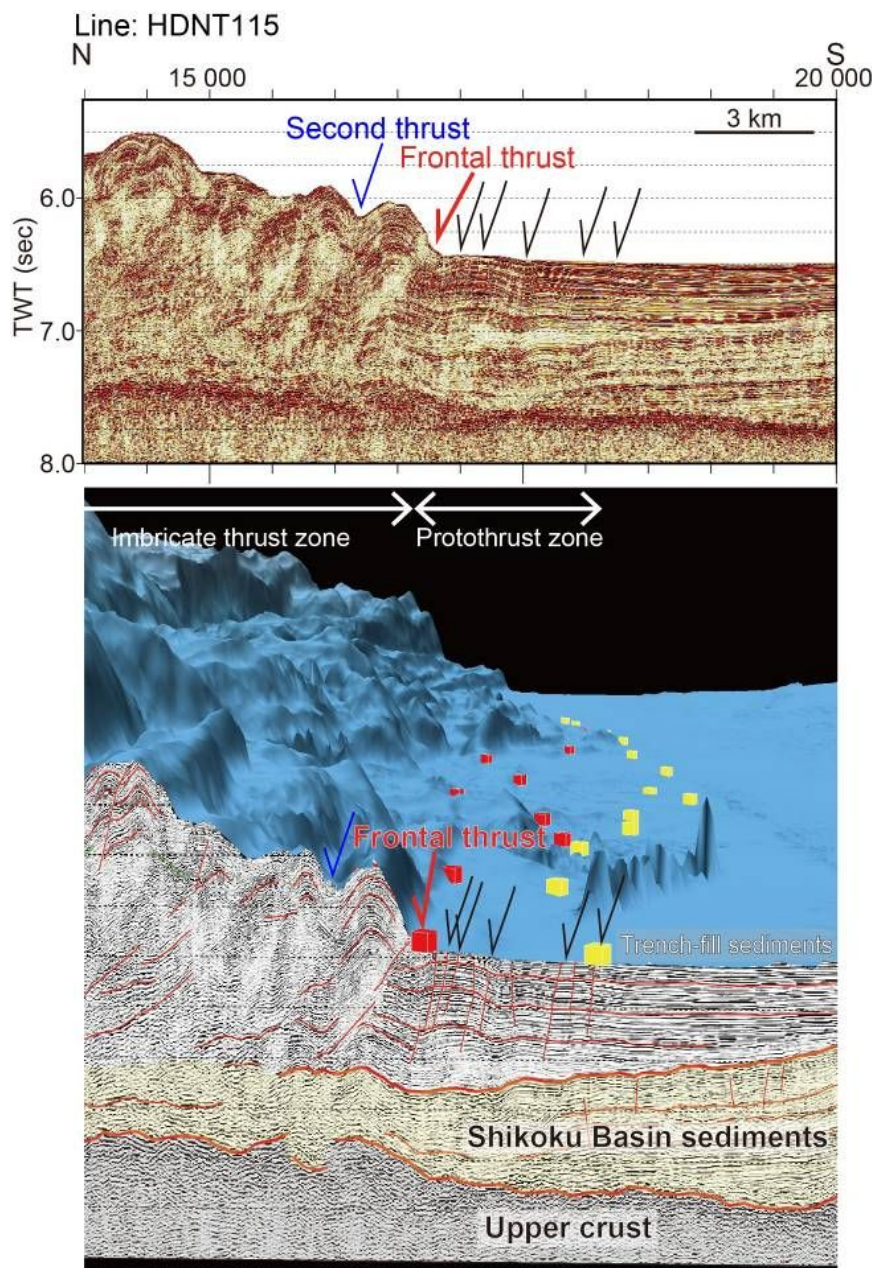


図4 高分解能反射法地震探査断面と海底地形におけるプロトスラスト帯の分布

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計4件)

Mikiya Yamashita, Seiichi Miura, Jin-Oh Park, Ayako Nakanishi and Shuichi Kodaira, The seismic attributes properties of incoming oceanic crust along Nankai Trough using two multi-channel seismic reflection survey data, Proceedings of the 13th SEGJ International Symposium, 2018. 査読有.

Mikiya Yamashita, Seiichi Miura, Ayako Nakanishi, Shuichi Kodaira and Yoshiyuki Kaneda, Multi-scale bathymetric imaging around the Nankai Trough using red relief image map and sub-bottom profiling, Proceedings of Oceans2018, 2018. 査読有.

Mikiya Yamashita, Shuichi Miura, Gregory F. Moore, Ayako Nakanishi, Shuichi Kodaira and Yoshiyuki Kaneda, Bathymetric imaging of protothrust zone along the Nankai Trough, Island Arc, 査読有, 2018;27:e12233.

山下幹也, 南海トラフ赤色立体地形図, 写真測量とリモートセンシング, 査読無, 57, 1, 2018.

[学会発表](計6件)

Tilley Hannah, Gregory F. Moore, Mikiya Yamashita, Shuichi Kodaira, High Resolution Seismic Imaging of Protothrusts at the Nankai Trough Subduction Zone, American Geophysical Union Fall Meeting 2018, Washington DC, Dec., 2018.

Mikiya Yamashita, Kodaira Shuichi, Nakamura Yasuyuki, Nakanishi Ayako, Nakano, Masaru, Miura Seiichi, Gregory F. Moore, Physical properties of subducting oceanic crust from spatial mapping using dense seismic reflection data off Kumano in Eastern Nankai Trough, American Geophysical Union Fall Meeting 2018, Washington DC, Dec., 2018.

山下幹也, 仲西理子, 新井隆太, Gregory F. Moore, 小平秀一, 三浦誠一, 金田義行, 反射法地震探査から得られた日向灘周辺における九州 パラオ海嶺の沈み込みに伴う構造的特徴, 日本地球惑星科学連合 2018 年大会, 千葉市, 5月

Mikiya Yamashita, Ayako Nakanishi, Ryuta Arai, Shuichi Kodaira, Yasuyuki Nakamura, Seiichi Miura, Yoshiyuki Kaneda, Geometry of the frontal thrust at the trench axis around the Hyuga-nada region revealed by high-resolution seismic reflection imaging, IAG- IASPEI 2017, Kobe, Aug., 2017.

Mikiya Yamashita, Ayako Nakanishi, Gregory F. Moore, Shuichi Kodaira, Yasuyuki Nakamura, Seiichi Miura and Yoshiyuki Kaneda, Structural characteristics around the frontal thrust along the Nankai Trough revealed by red relief image mapping and seismic reflection survey, The Geological Society of America Cordilleran Section 113th Annual Meeting 2017, Honolulu, May, 2017.

Mikiya Yamashita, Nakanishi Ayako, Gregory F. Moore, Kodaira Shuichi, Nakamura Yasuyuki, Miura Seiichi, Kaneda Yoshiyuki, Structural characteristics around the frontal thrust along the Nankai Trough revealed by bathymetric and seismic reflection survey, American Geophysical Union Fall Meeting 2016, San Francisco, Dec, 2016.

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。