



報道機関 各位

東北大学災害科学国際研究所

### 「海底地すべり」現象を再現する計算力学の新手法を開発 ～2018年スラウェシ島地震・津波への応用を期待～

#### 【発表のポイント】

- ・「海底地すべり」は土塊・流体の双方が影響し合う複雑な自然現象で、従来の手法では数値シミュレーションが困難であったが、このたび計算力学手法の「粒子法」および「有限要素法」を組み合わせた新たな手法を開発し、その限界に挑戦した。
- ・開発した新手法による計算結果を、海底地すべり現象の模擬実験結果と比較したところ、新手法により海底地すべり現象を高精度に再現できることを確認した。
- ・本研究成果の応用により、2018年にインドネシア・スラウェシ島付近で発生した海底地すべり、およびそれに伴って起きた津波のメカニズム解明が進むことが期待される。

#### 【概要】

「海底地すべり」が誘発する津波は、土塊・流体が影響し合う複雑な自然現象であるため、その解明が大きな課題となってきました。東北大学災害科学国際研究所の寺田賢二郎教授ら研究チームは、最先端の計算力学手法を複数組み合わせることで新たに開発した「MPM-FEM ハイブリッド数値シミュレーション手法」により、「海底地すべり」を時空間上で精緻に再現できることを実験上で確認しました。今後、本研究成果の応用により、2018年にスラウェシ島付近で発生した海底地すべりや、それによって引き起こされた津波の解明が進展することが期待されます。

本研究成果は、2021年5月13日に Computational Mechanics 誌に掲載されました。

論文掲載ページ：<https://rdcu.be/ckAJg>

関連動画：<https://www.youtube.com/channel/UCaj3fx075SHqDuUwpstWqmQ>

#### 【問い合わせ先】

東北大学災害科学国際研究所

教授 寺田 賢二郎 准教授 森口 周二

TEL: 022-752-2132

Eメール: [tei@irides.tohoku.ac.jp](mailto:tei@irides.tohoku.ac.jp) (寺田)

[s\\_mori@irides.tohoku.ac.jp](mailto:s_mori@irides.tohoku.ac.jp) (森口)

## 【詳細】

2018年9月28日、インドネシアのスラウェシ島付近でモーメント・マグニチュード(Mw)7.5の地震が発生し、これに誘発された津波が島内の沿岸都市パルに襲来しました。先行研究により、この津波は海底の断層運動のみならず「海底地すべり」\*によって引き起こされたこと、それゆえに、発生した波の周波数が通常の津波に比べて高く、沿岸部の局所的な範囲に被害が集中したことが指摘されています<sup>1)</sup>。今後の防災のためにも、まずは海底地すべりの実態と特性を解明する必要がありますが、現地状況を海底も含めて調査を行うのは、技術面・費用面で限界がありました。

この問題意識から、東北大学災害科学国際研究所の寺田賢二郎教授、森口周二准教授、Suppasri Anawat 准教授、山口裕矢助手、潘紹元（博士課程後期1年）らからなる研究チームは、海底地すべりのメカニズムを、数値シミュレーションによって解明することに取り組みました。先行研究<sup>1)</sup>は、2018年スラウェシ島付近で発生した津波において、海底地すべりを“大型地すべり(L)”と“小型地すべり(S)”の二種類に分類した上で、複数の海底地すべりが同時に発生した可能性を指摘しています(図1)。このように異なる種類の物理現象が複数同時発生する場合、しかも時空間データの解像度に制限がある場合、従来の研究方法では現象を高精度に再現することは極めて困難でした。そこで本研究チームは、最先端の計算力学の手法を複数組み合わせることにより、海底地すべりを時空間上で精緻に再現することに挑戦しました。

具体的には、研究チームは、まず計算力学手法の「粒子法」のうち特に「MPM」(Material Point Method)と呼ばれる手法、および、「有限要素法」(Finite Element Method)を組み合わせることにより、「MPM-FEM ハイブリッド数値シミュレーション手法」を新たに開発しました。MPMは、固体・流体双方の力学挙動の表現に適しており、土砂災害研究などで頻用されてきましたが、数値の不安定性・高計算コストなどのマイナス面が指摘されています。一方で有限要素法は、流体計算に適し、計算コストおよび精度・安定性の面で優れています。MPMとFEMは互いに親和性が高く、この新手法は双方の長所を生かすものとなりました。

次に研究チームは、新たに開発したこの新手法を用いて、実際に海底地すべりを再現できるかについて実験結果<sup>2)</sup>に照らした検証を行いました。その結果、数値解析の結果は実験で得られた土塊の最終崩壊形状にほぼ合致し、本手法の有効性を確認することができました(図2～図4)。

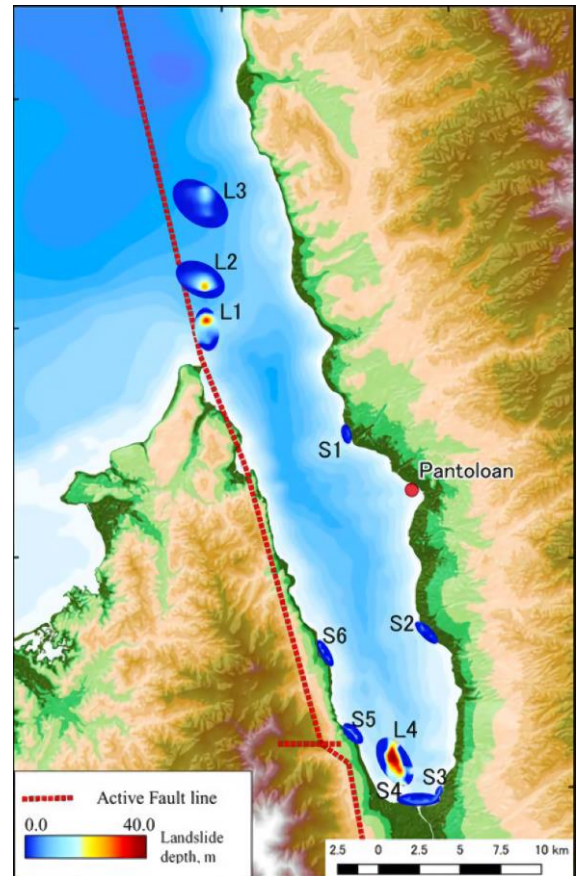


図1：Pakoksungらが想定した海底地すべりの発生源位置図<sup>1)</sup>

従来の方法では、海底地すべりのモデル実験の結果を再現・説明することは困難でした。しかし本研究で開発した「MPM-FEM ハイブリッド数値ミューレーション手法」はそれを可能にし、さらに、実地の海底地すべりを高精度に再現できる可能性を示しました。今後、研究チームは同手法を用いて2018年にスラウェシ島付近で発生した実際の津波の完全再現に取り組む予定です。本研究成果の応用により、海底地すべりによって引き起こされる津波の発生のメカニズムの解明が進み、国際的な防災・減災への貢献も期待されます。

#### 用語解説

\*「海底地すべり」：海底斜面上の土砂などの堆積物が、地震や波浪などの外的作用が引き金となって、自重により滑り落ちる自然現象のこと。

#### 参考文献

- 1) K.Pakoksung, A. Suppasri, F. Imamura, C. Athanasius, A. Omang & A. Muhari: Simulation of the Submarine Landslide Tsunami on 28 September 2018 in Palu Bay, Sulawesi Island, Indonesia, Using a Two-Layer Model, *Pure and Applied Geophysics*, 176, 3323-3350, 2019.
- 2) Rondon, L., Pouliquen, O., Aussillous, P.: Granular collapse in a fluid: Role of the initial volume fraction. *Physics of Fluids* 23(7), 31073301 (2011)

#### 【掲載論文】

S. Pan, Y. Yamaguchi, A. Suppasri, S. Moriguchi, K. Terada, “MPM-FEM hybrid method for granular mass-water interaction problems”, *Computational Mechanics*, Published Online (DOI: 10.1007/s00466-021-02024-2)

著者： 潘紹元<sup>1</sup>、山口裕矢<sup>2</sup>、Suppasri Anawat<sup>2</sup>、森口周二<sup>2</sup>、寺田賢二郎<sup>2</sup>

著者所属：<sup>1</sup>東北大学工学研究科土木工学専攻、<sup>2</sup>東北大学災害科学国際研究所

【実験の数値解析結果】

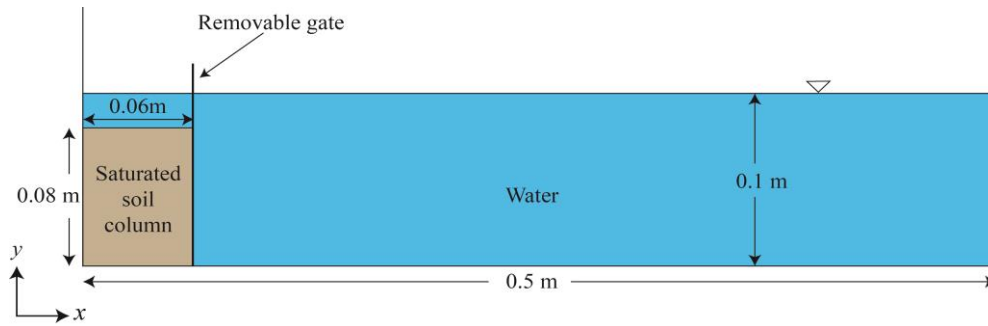
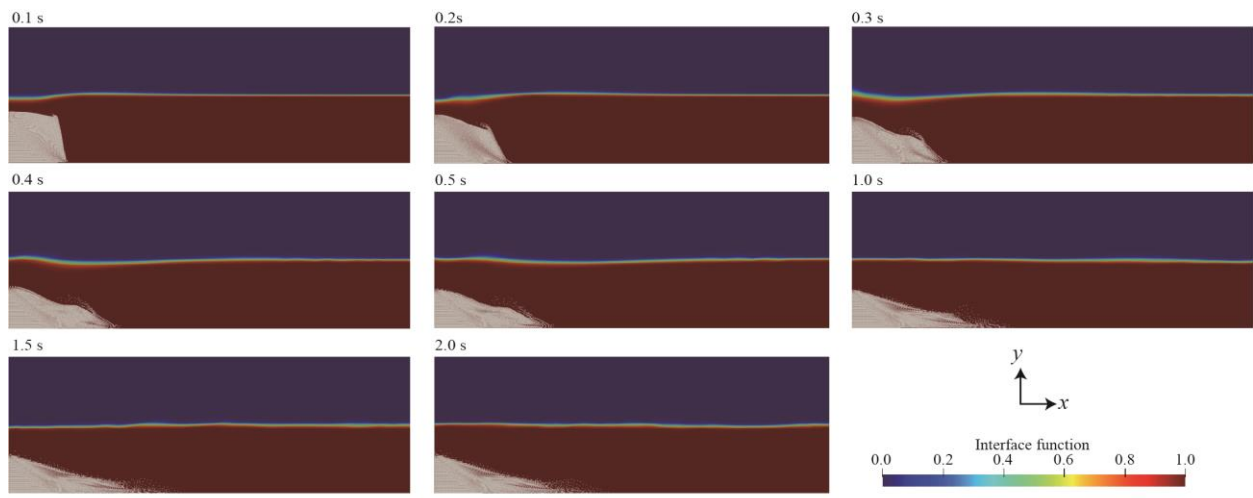
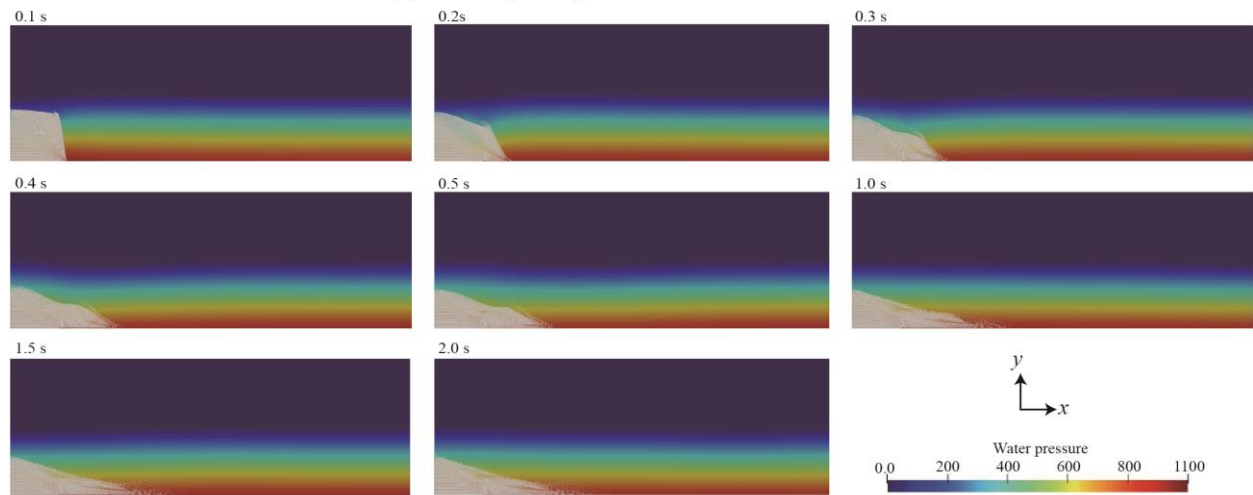


図 2：海底地滑りを模擬した実験の概念図



(a) Profiles deposited granular mass and water surface



(b) Water pressure

図 3：海底地滑りを模擬した実験の数値解析結果

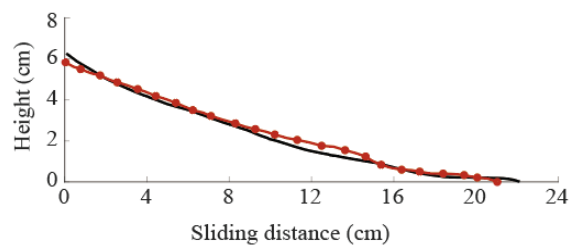


図 4：数値解析と実験結果<sup>2)</sup>の最終崩壊形状の比較