



2014年11月27日

報道機関 各位

国立大学法人東北大学大学院環境科学研究科

**元素含有量により津波堆積物を高精度に識別するデータ解析手法を開発  
—過去の巨大津波到達範囲推定への応用に期待—**

東北大学大学院環境科学研究科の桑谷立助教は、同研究科の駒井武教授・土屋範芳教授・渡邊隆広助教(現 日本原子力研究開発機構)、東京大学大学院新領域創成科学研究科の永田賢二助教・岡田真人教授、秋田大学の小川泰正准教授との共同研究により、2011年東北沖津波堆積物を元素含有量データから客観的に識別する数理的手法の開発に成功しました。本手法を他の様々な津波堆積物判別手法と併せて使用することで、過去の巨大津波到達範囲の正確な推定に役立つことが期待されます。

なお、本研究は、今後の津波堆積物研究に貢献する成果であると共に、地球・環境科学者と情報科学者間の密接な連携により得られたことは、異分野間の学融合研究によるイノベーション創出の好例だといえます。

この成果は、2014年11月17日に英国 Nature Publishing Group のオンライン科学雑誌『*Scientific Reports*』に掲載されました。

**【問い合わせ先】**

◆国立大学法人東北大学 大学院環境科学研究科  
太陽地球システム・エネルギー学講座 助教 桑谷 立  
Tel:022-795-4859  
e-mail:kuwatani@mail.kankyotohoku.ac.jp

## <研究背景>

2011年3月11日の東北地方太平洋沖地震に伴う大津波は東北地方沿岸に甚大な被害をもたらしました。今回及び過去に起きた津波の実態や発生メカニズム、環境に及ぼす影響などを明らかにすることは、地球科学の面した喫緊の課題です。特に、過去の巨大津波到達範囲の推定は、今後のインフラ整備や大地震の際の避難計画の策定のためにも重要です。

津波堆積物の存在は津波到達の直接証拠になるため、その客観的な認定は津波到達範囲の推定に重要な役割を果たします。従来、津波堆積物の認定は堆積学的な観点から行われることがほとんどでした。例えば、海成生物の微化石や砂層の存在は津波到達の重要な証拠として挙げられます。しかし、津波堆積物であっても常に微化石が含まれているとは限りませんし、津波は通常、砂が堆積する範囲よりもより内陸側に浸水するため、従来の判別基準だけでは不十分でした。

そこで、新たに注目されつつある方法が、元素含有量を基準とする地球化学的な判別方法です。この手法は、砂と比較してより内陸側に堆積することが多い泥についての識別にも有効であると考えられています。ただ、元素含有量は堆積物の供給源や周囲の岩石・土壌によって異なるために、それぞれの津波や地域ごとに最適な判別基準を作成する必要があります。従来は、地球科学者が経験的・直観的に選んだ比較的少数の元素だけを使っており、高精度な識別は困難でした。

## <研究内容と成果>

そこで、我々の研究グループは、多数元素の含有量データを最大限に活用するために、機械学習と呼ばれる情報科学的手法を利用することにしました。機械学習とは、人間が行っている学習能力と同様の機能をコンピュータで実現しようとする技術・手法のことで、様々な自然科学・社会科学分野広く応用されつつあるほか、Googleなどの検索エンジンやメールソフトのスパムメール検出など、我々の日常生活の様々な場面でも役立っています。

本研究では、東北大グループが2011年東北大震災直後に精力的に採集を行った2011年東北沖津波堆積物(図 a, b)と、東北地方に広く分布する新第三紀層の海成堆積物(非津波堆積物)の両者を区別するための客観的基準を設定することを目的としました。具体的には、化学分析により得られた多数元素の含有量データについて、機械学習的手法の一つである線形判別分析と呼ばれる手法を用いて、両者を最も上手く分ける超平面を多次元(元素)空間上に描きます(図 c)。

本研究では、地球上に多く含まれる主要元素と重金属類元素からなる18元素(Na, Mg, Al, Si, K, Ca, Ti, Mn, Fe, V, Cr, Ni, Sb, Cu, Zn, As, Cd, Pb)に注目して線形判別分析を行いました。客観的な判別基準とは、未知のサンプルに対し津波堆積物か否かを言い当てる確率(識別率)が高い判別基準を指します。識別率を高くするためには、18種類全ての元素データを用いればよいわけではなく、有効な元素を適切に組み合わせる必要があります。本研究では、18種類の元素を「利用する/利用しない」の組み合わせ、つまり262,144 (=2<sup>18</sup>)通りもの膨大な組み合わせに対して識別率をしらみつぶしに調べることで、99%以上の確率で津波堆積物を識別できる有効な数十の元素の組み合わせを見出しました(図 d, e)。これらの結果は、津波堆積物を高精度に識別できることを示すとともに、津波堆積物の形成メカニズムやその起源についても知見を与えてくれます。

### <今後の展開>

本研究で提案した手法は、他の様々な津波堆積物の判定手法と併せて利用することで、過去の津波堆積物の高精度な判別が可能になるものと期待されます。ただ、過去の津波堆積物は陸上での風化や続成(岩石化)作用の影響により、その識別は格段に困難になると予想されます。さらに、津波堆積物と、台風などによる高潮堆積物をどのように識別するかなども未解決の問題です。

このように解決すべき課題は沢山ありますが、本手法で提案したようなデータ駆動型の解析により、将来的には過去の巨大津波到達範囲の正確な推定にもつながるものと期待されます。また、重要な元素組み合わせを適切に選択するという本手法の応用範囲は広く、津波堆積物のみならず様々な対象の地球化学データ解析に応用可能です。

本手法は、地球科学・環境科学・情報科学・物理学など様々な背景を持つ研究者同士の密接な連携によって初めて得られた成果です。このように、異分野学融合からなる共同研究は独創的なイノベーション創出のきっかけになります。これは科学発展の大きな原動力になり、今後ますますその重要性を増していくと考えられます。

なお、この研究は文部科学省科学研究費補助金・新学術領域研究(平成 25 年度～平成 29 年度、領域代表・岡田真人)「スパースモデリングの深化と高次元データ駆動科学の創成」(#25120005, #25120009)からの助成を受けました。

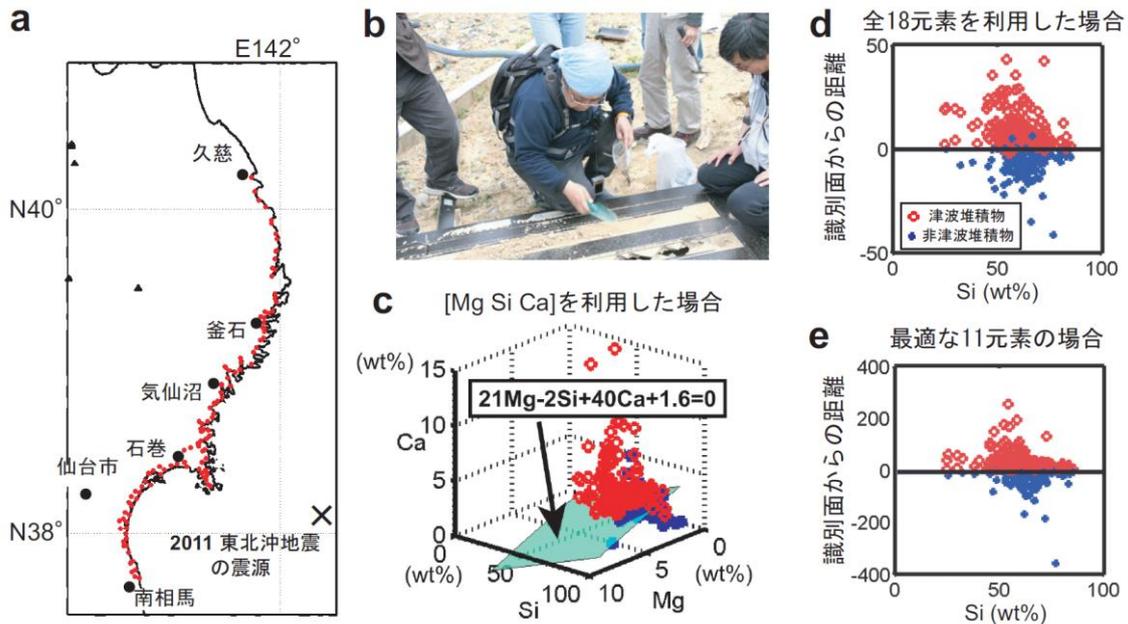
### <用語説明>

データ駆動型解析: データを最大限に利用し、対象とするシステムに関する物理モデルや潜在構造など、未知の科学的知見を抽出するための方法論。

スパースモデリング: 高次元データから本質的な低次元空間を抽出する数的手法の総称。様々な自然科学データから未知の科学的知見を抽出する革新的なデータ解析技術として、様々な自然科学分野で注目されつつある。

### <発表論文>

Kuwatani, T., Nagata, K., Okada, M., Watanabe, T., Ogawa, Y. Komai, T. and Tsuchiya, N.: Machine-learning techniques for geochemical discrimination of 2011 Tohoku tsunami deposits, *Scientific Reports*, vol. 4, 7077. DOI:10.1038/srep07077, 2014.



(a) 2011 東北沖津波堆積物の試料採集地点。岩手県久慈市から福島県南相馬市に至る 129 地点において津波堆積物試料を採集した。赤点が試料採集地を示す。

(b) 気仙沼市での試料採集風景。復旧工事などで汚染されていない津波堆積物を選択して採集した(2011/6/1 撮影)。

(c) Mg, Si, Ca の 3 元素を利用した場合の識別面。赤丸は津波堆積物、青点は非津波(海成)堆積物を示す。wt%は元素含有量の単位で酸化物重量パーセントを示す。この場合の識別率は 91.2%である。

(d) 全 18 元素を利用した場合。縦軸は識別面からの距離を示す。識別率は 95.6%である。

(e) 最適な 11 元素の場合 (Al, Ca, Ti, Mn, Cr, Sb, Cu, Zn, As, Cd, Pb)。全てのサンプルを分別する識別面が描けている。つまり識別率は 100%である。この他にも、99%以上の高い識別率を示す元素の組み合わせが数十種類得られている。