

機関番号：12501

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2010

課題番号：20740297

研究課題名（和文） タービダイト逆解析による混濁流の水理条件の推定

研究課題名（英文） Estimation of hydraulic conditions of turbidity currents by inverse analysis

研究代表者

成瀬 元 (NARUSE HAJIME)

千葉大学・大学院理学研究科・准教授

研究者番号：40362438

研究成果の概要（和文）：タービダイトの粒度分布の空間変化を逆解析することで、混濁流の水理条件を推定する手法を開発した。フォワードモデルとして1次元混合粒径モデルを用い、タービダイト単層の粒度分布を再現するよう最適化計算を行うと、水理条件を精度よく逆解析できることが明らかになった。開発した手法を上総層群大田代層のタービダイトに適用したところ、かつて深海底を流れた混濁流の流速・濃度などを復元することに成功した。

研究成果の概要（英文）：A method to estimate hydraulic conditions of turbidity currents from grain-size distribution of turbidite sandstones was established. The one-dimensional mixed grain-size model of turbidity currents was used as a forward model for the analysis, and the optimizing calculation of the model for reproducing grain-size distribution measured in the sandstone bed enabled to estimate paleo-hydraulic conditions of turbidity currents with high accuracy. The method developed in this study was applied to a turbidite bed in the Pleistocene Otadai Formation, and the velocity and sediment concentration of the turbidity current was successfully reconstructed.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
2010年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：堆積学

科研費の分科・細目：層位・古生物学

キーワード：シーケンス層序学・地質学・堆積学・海洋探査

1. 研究開始当初の背景

水深1000mを越えるような深海底には、しばしば陸上地形ときわめて良く似た河川・扇状地地形が観測される。これらは、混濁流（Turbidity Current）と呼ばれる密度流が作り出した地形と考えられている。混濁流が作り出す海底扇状地堆積物は日本列島の基盤である付加体を形作っており、また、混濁流から堆積するタービダイト砂岩は石油の貯

留岩ともなる。すなわち、混濁流の挙動を理解することは、堆積学・層序学といった地球史の解明を目指す研究だけではなく、構造地質学や資源地質学の観点からみてもきわめて重要な課題と言える。

ところが、混濁流は深海底で起こる現象であるため、その実態は謎に包まれている。海底ケーブルの破断イベントからの推定や、現世海底谷におけるわずかな観測例はあるも

の、混濁流がいったいどれほどの流速・堆積物濃度で流れているのかといったことはほとんどわかっていない。もちろん、これまでにいくつかタービダイト（混濁流堆積物）の解析から古流速を求めようと試みた研究例はある。しかしながら、これらの研究はみな **Competence-driven deposition** と呼ばれる仮定に基づいており、この仮定は実際の混濁流では成り立たないことがすでに指摘されている。つまり、タービダイトから混濁流の水力条件を求めるには、何か新しいアイデアが必要とされているのである。

2. 研究の目的

本研究は逆解析によって混濁流の水力条件の解明に取り組む。混濁流の流れ自体は観測できなくても、タービダイト（混濁流堆積物）は地層として地表に多数露出しており、それらを観測・分析することは比較的容易である。一方、混濁流のコンピューターシミュレーションはほぼ手法が確立されており、数値計算結果が水槽実験と良く一致することも明らかになっている。近年のコンピューターの高速化に伴い、数値計算は順問題（初期水力条件から地形発達を予測する問題）の解法としてますます有力な手法になりつつある。ということは、例えば、地球上のありとあらゆる水力条件で数値計算を繰り返し行い、その結果と天然のタービダイトの特徴を比較していけば、いつかは天然のタービダイトとまったく一致する結果を出す水力条件が見つかることになる。もちろん計算時間の都合上、実際にはあらゆる水力条件を試すことはできない。しかし、地層中のタービダイトと数値計算結果のタービダイトの特徴のずれを最小化させるようなパラメーターを探索する非線形計画問題を解けば、混濁流の古水力条件を求めることができるはずである。これが、本研究で試みるタービダイトの逆解析である。

3. 研究の方法

申請者は、タービダイト逆解析手法の開発・検証・適用という3つのステップで研究課題に取り組んだ。まず、本研究では、任意の水力条件から堆積するタービダイトを計算するフォワードモデルを決めた。今回のタービダイト逆解析には、浅水式を基本とした既存の混濁流1次元水力モデルを混合粒径を扱えるよう拡充した。次に、モデル計算結果を評価する目的関数を設定した。これまでではタービダイト層厚だけを評価する関数でタービダイト逆解析を試みていたが、本研究では、層厚だけではなくタービダイトの粒度分布の違いも表現するモデル評価関数を設定している。そして、最適化計算手法についても検討し、遺伝的アルゴリズムと共役勾配法を

組み合わせる手法を採用した。

4. 研究成果

まず、上記の通り開発された手法を検証するため、数値計算によって堆積させた仮想的タービダイトに対して逆解析を行った。結果として、本研究の逆解析手法は、わずか3か所の測定地点の粒度分布を再現する逆解析であっても、極めて正確に初期条件（流速・流れの厚さ・堆積物濃度・流れの持続時間）を復元できることが明らかになった。次に、開発した手法を房総半島に分布する上総層群大田代層のタービダイト単層に対して適用した。結果として、混濁流の流速が1m/s程度、濃度が3.6%程度であったことが復元された。今後、この復元の妥当性については検証していく必要があるが、混濁流の流速・濃度に関してこのような定量的復元が行われたのは初めてのことであり、堆積学的意義は大きいと言える。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計12件）

- ① Hajime Naruse and Makoto Otsubo, Heterogeneity of Internal Structures in a Mass-transport Deposit, Upper Cretaceous to Paleocene Akkeshi Formation, Hokkaido Island, Northern Japan, SEPM Special Publication, 査読有, in press
- ② 成瀬 元, 混濁流のオートサスペンション: その意義と課題, 地質学雑誌, 査読有, 印刷中
- ③ Hajime Naruse, Shigehiro Fujino, Apichart Suphawajruksakul and Thanawat Jarupongsakul, 2010, Features and formation processes of multiple deposition layers from the 2004 Indian Ocean Tsunami at Ban Nam Kem, southern Thailand. Island Arc, 査読有, v. 19, p. 399-411.
- ④ Shigehiro Fujino, Hajime Naruse, Dan Matsumoto, Norihiko Sakakura, Apichart Suphawajruksakul and Thanawat Jarupongsakul, Detailed measurements of thickness and grain size of a widespread onshore tsunami deposit in Phang-nga Province, southwestern Thailand. Island Arc, 査読有, 2010, v. 19, p. 389-398.
- ⑤ Octavio Sequeiros, Hajime Naruse, Noritaka Endo, Marcelo Garcia, and Gary Parker, Experimental study on self-accelerating turbidity currents.

- Journal of Geophysical Research, 査読有, 2009, 114, C05025, doi:10.1029/2008JC005149.
- ⑥ Shigehiro Fujino, Hajime Naruse, Dan Matsumoto, Thanawat Jarupongsakul, Apichart Sphawajruksakul, Norihiko Sakakura, Stratigraphic evidence for pre-2004 tsunamis in southwestern Thailand. Marine Geology, 査読有, 2009, v. 262, p. 25-28.
- ⑦ Shota Yamashita, Takeshi Nakajo, Hajime Naruse, Tomoyuki Sato, The three-dimensional distribution of sedimentary facies and characteristics of sediment grain-size distribution in a sandy tidal flat along the Kushida River estuary, Ise Bay, central Japan. Sedimentary Geology, 査読有, 2009, v. 215, 70-82.
- ⑧ Ko Nifuku, Kazuto Kodama, Yasunari Shigeta and Hajime Naruse, Faunal turnover at the end of the Cretaceous in the North Pacific region: Implications from combined magnetostratigraphy and biostratigraphy of the Maastrichtian Senpohshi Formation in the eastern Hokkaido Island, northern Japan. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 査読有, 2009, v. 271, p. 84-95.
- ⑨ Dan Matsumoto, Hajime Naruse, Shigehiro Fujino, Apichart Sphawajruksakul, Thanawat Jarupongsakul, and Norihiko Sakakura, Truncated flame structures within deposit of the Indian Ocean Tsunami: evidence of syn-sedimentary deformation. Sedimentology, 査読有, 2008, v. 55, p. 1559 - 1570.
- ⑩ Toshifumi Komatsu, Maiko Ono, Hajime Naruse, Taro Kumagae, Upper Cretaceous depositional environments and bivalve assemblages of far-east Asia: the Himenoura Group Kyushu, Japan. Cretaceous Research, 査読有, 2008, v. 29, 489-508.
- ⑪ Fujino S., and Naruse H., Sphawajruksakul A., Jarupongsakul T., Murayama M. and Ichihara T., Thickness and grain size distribution of Indian Ocean tsunami deposits at Khao Lak and Phra Thong Island, southwestern Thailand. In In Shiki, T. ed., Tsunamiites - Features and Implications, Series title: Developments in Sedimentology, Elsevier Science BV, 査読有, 2008, p. 123-131.
- ⑫ Naruse, H. and Nifuku, K., Three-dimensional morphology of the ichnofossil *Phycosiphon incertum* and its implication for paleoslope inclination. Palaios, 査読有, 2008, v. 23, p. 270-279.
- [学会発表] (計13件)
- ① 成瀬 元・Pickering Kevin T.・Scudder Rachel・Kutterolf Steffen・Labanieh Shasa・Wu Huaichun・小田啓邦・Zhao Xixi・千代延 俊・Govil Pawan・中嶋 健・Underwood Michael B.・斎藤 実篤・久保雄介・IODP Exp. 322 Shipboard Scientific Party, 2010, 中新世における四国海盆の半遠洋性泥堆積速度の急変と西南日本島弧テクトニクス, 日本地質学会第117年学術大会(富山大会).
- ② 成瀬 元・Pickering Kevin T.・Scudder Rachel・Kutterolf Steffen・Labanieh Shasa・Wu Huaichun・小田啓邦・Zhao Xixi・千代延 俊・Govil Pawan・中嶋 健・Underwood Michael B.・斎藤 実篤・久保雄介・IODP Exp. 322 Shipboard Scientific Party, 2010, 後期中新世(～11Ma)における四国海盆(IODP サイトC0011 & C0012)の半遠洋性堆積速度の急変, 日本地球惑星科学連合2010年大会.
- ③ 成瀬 元, 2010, 米粒子実験に基づく粒子配列形成の数値モデル. 日本堆積学会2010年年会(茨城)
- ④ Hajime Naruse, 2009, Influence of flow shear-stress and bed aggradation rate on grain-fabric formation. AGU 2009 Fall Meeting (San Francisco).
- ⑤ 成瀬 元, 2009, 海底谷の理論平衡形状と逆解析, 2009年日本地球惑星科学連合大会.
- ⑥ 成瀬 元, 2009, 流れの強さと堆積速度が粒子配列に与える影響. 日本堆積学会2009年年会(京都・枚方)
- ⑦ 成瀬 元・Gary Parker (イリノイ大), 2009, 海底谷の理論平衡形状と逆解析. 日本堆積学会2009年年会(京都・枚方)
- ⑧ Hajime Naruse and Gary Parker, 2008, Equilibrium Profile of Submarine Canyons: Theory and Inverse Analysis. AGU 2008 Fall Meeting (San Francisco).
- ⑨ Hajime Naruse and Cornel Olariu, 2008, Hydraulic conditions of turbidity currents estimated by inverse analysis. Fourth International Conference on

Scour and Erosion 2008 (Tokyo).

- ⑩ 成瀬 元, 秋山美奈子, 増田富士雄 (同志社大), 2008, サスペンション流の粒度選別の流速変化に対する敏感度. 日本流体力学会年会 2008 (神戸大学).
- ⑪ 成瀬 元・Cornel Olariu, 2008, 逆解析による乱泥流の水理条件の推定. 第 57 回理論応用力学講演会 (東京).
- ⑫ 成瀬 元・Cornel Olariu, 2008, 逆解析からわかる混濁流の流速と濃度: ユタ州白亜系 Panther Tongue Sandstone の解析例. 日本堆積学会 2008 年年会 (弘前)
- ⑬ Naruse, H. and Olariu, C., 2008, Estimation of Hydraulic Conditions of Turbidity Currents by Inverse Analysis - Application on Cretaceous Panther Tongue Deposits, Utah, USA. AAPG Hedberg Research Conference "Sediment Transfer from Shelf to Deepwater - Revisiting the Delivery Mechanisms", March 3-7, 2008, Ushuaia-Patagonia, Argentina

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

○取得状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等

<http://turbidite.secret.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

成瀬 元 (NARUSE HAJIME)

研究者番号: 40362438

(2) 研究分担者 ()

研究者番号:

(3) 連携研究者 ()

研究者番号: