

沿岸の地形・地質調査から 連動型巨大地震を予測する

宍倉 正展¹⁾²⁾・藤原 治¹⁾・澤井 祐紀¹⁾・藤野 滋弘¹⁾・行谷 佑一¹⁾

1. はじめに

海溝型地震は内陸活断層から生じる地震と比べ、数十年から数百年といった短い間隔で生じている。特に南海トラフ沿いでは、日本書紀に記された西暦684年白鳳地震以来、100～150年間隔で生じていることが、豊富な歴史資料から明らかになっている。他のプレート収束帯でも一般に、歴史上M8クラスの花溝型地震のくり返し間隔はおおよそ100年程度の時間スケールである。しかし、地震の規模は常に一定ではなく、隣り合う震源域がまれに連動して巨大化することが近年明らかになってきており、これを連動型地震と呼ぶ。2004年12月にインド洋沿岸に大きな津波をもたらしたスマトラ島沖地震(Mw9.1, USGS)は、まさに連動型巨大地震の典型例と言える。

連動型地震は通常の海溝型地震と比べ、再来間隔が長いことが特徴であり、歴史記録には残りにくく、地形・地質学的な調査に基づいた数千年オーダーでの履歴解明が必要である。活断層・地震研究センター海溝型地震履歴研究チーム(以下、当チーム)では、連動型巨大地震の規則性や発生メカニズムの解明のため、地形や地層に記録された過去の津波や地殻変動を検出し、そのデータに基づいて震源モデルを構築することを目的に調査、研究を行っている。特に千島海溝、日本海溝、南海トラフについては、活断層・地震研究センターのミッションの一つである「海溝型地震の評価手法の高度化」において、切迫度評価や規模予測に貢献することが目標である。また、実際に連動型巨大地震が発生した海外の事例も研究対象とし、日本列島周辺での連動型地震の理解へフィードバックすることも当チームの重要なテーマである。以下に各地域のこれまでの成果と今後の課題、展望を紹介する。

2. 千島海溝

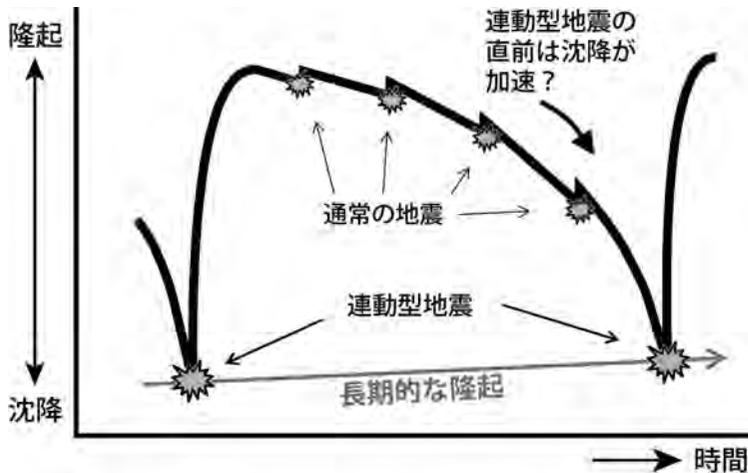
千島海溝に面する北海道東部太平洋岸では、太平洋プレートの沈み込みに伴って、年8～9mm程度の速度で沈降していることが、過去100年余りの検潮記録から明らかになっている。しかし沿岸には、最近数十万年間で長期的な隆起を示す海岸段丘が発達している(第1図)。すなわち測地学と地質学との間で検



第1図 北海道東部根室周辺の塩性湿地と海岸段丘の写真。(a)プレートの沈み込みに伴う地盤の沈降により、かつての林木が沈水し、立ち枯れた様子。(b)海岸より30～40mの高さに広がる台地面は20万年前頃に離水した海岸段丘で、長期的な隆起傾向を示す。

1) 産総研 活断層・地震研究センター
2) 文部科学省 研究開発局 地震・防災研究課出向中

キーワード：海溝型地震、連動型地震、津波堆積物、地殻変動、断層モデル



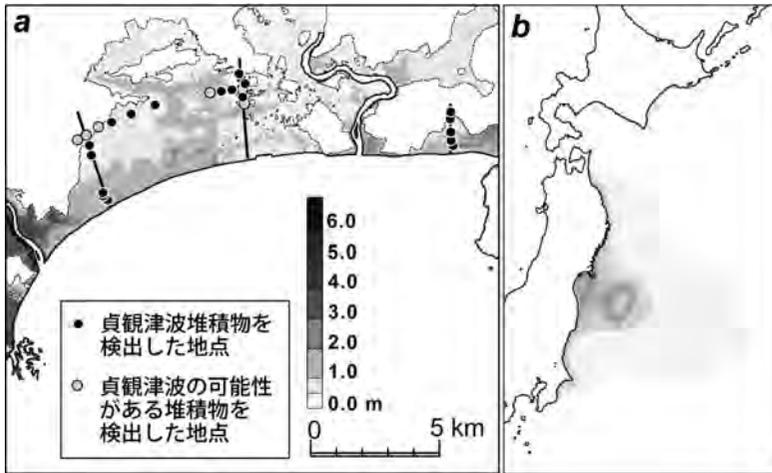
第2図
連動型地震サイクルにおける地殻変動モデルの一例。

出される地殻変動の傾向が相反する傾向を示している。この地殻変動傾向の矛盾は1970年代にすでに指摘されており、十勝沖や根室沖でくり返し発生するプレート間地震に関係して、相反する変動傾向が解消するような海岸の隆起が起きると期待されていた (Kasahara, 1975)。しかしながら、例えば1973年根室半島沖地震時の変動および余効変動は非常に小さく、期待されたような顕著な隆起は観測されていない (Kasahara and Kato, 1980/81)。このことから、歴史上には知られていない、隆起を伴った巨大地震が存在するという仮説が提案された (池田, 1996)。沿岸の湿地堆積物を調査すると、実際に過去の巨大津波や隆起を示唆する層相変化が観察され、その時期は17世紀頃であることが明らかになった (Nanayama *et al.*, 2003; Atwater *et al.*, 2004)。このイベントについて、堆積物から詳細な微化石分析を行った結果、隆起は地震時に生じたのではなく、余効変動により地震後数十年かけて生じたことが解明された (Sawai *et al.*, 2004)。そしてこれらの現象を説明する断層モデルを検討し、十勝沖と根室沖の震源が連動した地震であったことが推定された (Satake *et al.*, 2008)。また、津波堆積物の調査に基づき、17世紀のイベントと同様の連動型地震は平均500年間隔でくり返し発生していたことが推定されている (Nanayama *et al.*, 2003)。

これらの一連の成果により、一見、地殻変動の矛盾は説明できたように思える。しかし、およそ500年間隔でイベントが生じているとすれば、地震間に8~9 mm/年で累積する沈降量は4~5mとなるのに対し、微化石分析や海成層-陸成層境界から見積もられる

17世紀のイベントの隆起量は1~2m程度であった (Atwater *et al.*, 2004; Sawai *et al.*, 2004)。つまり、海岸段丘の存在を説明するには累積沈降量を上回る隆起量が必要となるのだが、現状のデータではまだ矛盾を完全に説明できていない。この残された問題を説明するため、幾つかの仮説が立てられている。例えば、海側プレートの上面が沈み込みとともに削られており、実は長期的にも北海道東部の太平洋沿岸は沈降しているという考え方である。これはSubduction erosionと呼ばれ、日本海溝沿いでも指摘されているが (Heki, 2004)、この考え方を採用する場合、地殻変動が、段丘が示す隆起から沈降へと転ずるメカニズムを考えなくてはならない。また、現在の沈降速度は検潮記録から推定されているが、地球温暖化によるユースタティックな海面上昇が考慮されていないため、沈降速度を過大評価しているという指摘もある。すなわち、実際の変動は8~9mm/年よりも小さく、1~2mの隆起で十分に地殻変動傾向の矛盾を説明できるという考え方である。このほか、巨大地震の再来間隔がイベント間によって大きく違うため (Sawai *et al.*, 2009)、一度のイベントで4~5mの隆起は必ずしも必要ないという仮説や、地震間の変動が等速度で進むのではなく次のイベントが近づくと加速するという仮説も提唱されている (Atwater *et al.*, 2004) (第2図)。

本地域の沿岸には、過去の連動型地震とその間の地殻変動のサイクルを記録した堆積物が何層もくり返している様子が観察される (Kelsey *et al.*, 2006)。これらについて詳細な検討を行い、1サイクル分の地殻変動を定量的に議論することができれば、上記の仮



第3図

869年貞観地震における津波の浸水域と断層モデルの検討。(a) 石巻平野の貞観地震における津波堆積物の分布と計算遡上域との比較。(b) 貞観波源モデルによる計算最大波高分布。

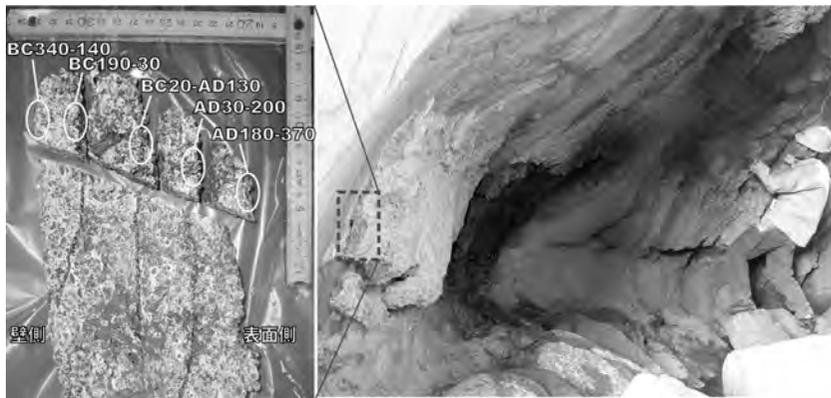
説のうちどれが適切なモデルかを検証することが可能かもしれない。さらに、地質記録から数十年スケールの分解能で地殻変動を検出できれば、測地で観測される地殻変動との比較から、連動型地震のサイクルの中で現在がどのフェーズにあるのかが推定でき、地震の切迫性評価に大きく貢献することになる。このような手法による検証は、Paleogeodesy (古測地学) という分野として提案されており (Sieh *et al.*, 2008), 従来のPaleoseismology (古地震学) からさらに進んだ地震の評価につながるデータを提供できるものと期待される。

3. 日本海溝

日本海溝沿いでは、くり返し性がよくわかっている地震として、宮城県沖地震が知られている。1800年代以降の記録では、数十年おきにM7~7.5程度の地震が発生しているが、大規模な津波被害の記録はない。しかし仙台周辺では、過去に内陸奥まで津波が浸水した歴史地震の記録がある。『日本三代実録』に残る西暦869年貞観地震は、東北地方太平洋岸の広い地域で津波の伝承があり、宮城県沖地震よりもはるかに大きい規模であったことが窺える。貞観津波の地質学的証拠は東北大学の研究グループによってすでに報告されていたが (Minoura and Nakaya, 1991 など), 当チームでは、2004年からさらに詳細な調査を行い、仙台平野および石巻平野において貞観地震における津波浸水域を解明した (澤井ほか, 2007, 2008; Sawai *et al.*, 2008; 宍倉ほか, 2007)。津波堆

積物の調査では、一地点でより多くの枚数の地層の重なりを発見し、津波のくり返し性を評価することも重要であるが、一方で、平野内の多数の地点で広域に津波堆積物を検出し、各地点間で対比することで、津波襲来時の汀線の位置とそこからの浸水範囲を特定することも非常に重要である。平野での浸水域の解明は波源域を推定する上で大きな拘束条件になる。貞観地震では、津波は当時の汀線から内陸約1~3kmまで浸水したことが明らかになり、津波伝搬、遡上計算に基づいて断層モデルを推定した (第3図; 佐竹ほか, 2008)。その結果、想定宮城県沖地震よりもはるかに広くすべり量が大きい断層が推定された。しかし断層の南北の延長に関しては仙台、石巻平野の津波堆積物データだけでは拘束できず、断層の北端の決定には三陸海岸、南端の決定には常磐海岸における浸水域のデータが必要となる。今後これらの地域での調査、研究が重要な課題となっている。

このほか津波堆積物調査からは、貞観地震と同様の巨大津波の痕跡が3~4層発見されている。各層の堆積年代を推定した結果、仙台平野では600-1,300年間隔 (澤井ほか, 2007)、石巻平野では500-1,000年間隔 (宍倉ほか, 2007) で貞観地震のように平野の奥まで浸水するタイプの津波が発生していたことが推定された。さらに本地域では、北海道東部沿岸と同様に、測地学と地質学との間で地殻変動の矛盾が存在する。例えば鮎川や相馬における検潮 (験潮) データは、年間5~6mmの速度で沈降を示しているが、この沈降を解消する隆起イベントは知られていない。現在、貞観地震やその他のイベントにおいて隆起



第4図
紀伊半島南部の隆起海食洞内に固着した生物遺骸群集(右)とその断面(左)。断面で示される層構造は100～150年毎の地震サイクルで形成されており、400～600年に1度の連動型地震で全体が離水したと解釈できる。

を伴ったかどうか、地質学的に検証するため、堆積物の各種分析や地中レーダーを用いた旧汀線高度の変化を検出する試みを行っており、これらの結果も断層モデルを拘束する重要なデータとなる。これらの成果は今後の長期発生予測に貢献する重要なデータとなっている。貞観タイプの地震は、前回は869年に発生しているの、次の地震が非常に切迫した状況である可能性があり、早急な対応が必要であろう。当チームでは防災対策に役立てるため、現在、これまでの研究成果に基づいた津波浸水履歴図の公表を計画している。

4. 南海トラフ

南海トラフ沿いは前述のとおり、豊富な歴史資料から地震の履歴が明らかになっている。震源は東海、東南海、南海のセグメントに分かれ、それぞれが100年オーダーの間隔でプレート間地震を生じてきた。その中で1707年宝永地震は、3つのセグメントがほぼ同時に破壊した連動型地震と考えられており、津波や地殻変動も通常より大きかったとされている。また、東海と東南海のセグメントは1854年安政東海地震では連動したものの、1944年昭和東南海地震では、東海セグメントは未破壊のまま残っている。このように連動する場合としない場合について、宝永、安政、昭和の最近の3つの地震についてはある程度わかってきているが、それ以前の地震についてはほとんど明らかになっておらず、規模とその規則性の解明が急務となっている。また、宝永や安政の地震は、比較的記録が多く残っているとはいえ、震源断層モデルに関する研究は30年余りの間、大きな進展がないままであ

り、津波、地殻変動やプレートの構造といった最新の知見に基づいた新たなモデルの構築が求められている。

当チームでは南海トラフに面する沿岸各地で、連動型、非連動型の履歴調査を行ってきた。駿河湾奥の浮島が原では、急激な沈水現象のくり返しを示す地層の重なりを見だし、東海地震や富士川河口断層帯の活動との関連について検討している(藤原ほか, 2007; 小松原ほか, 2007)。また、駿河湾から遠州灘にかけての沿岸では、歴史地震に対応する津波堆積物を発見し(Komatsubara *et al.*, 2008)、歴史地震に伴う隆起現象を地質学的に検出する試みも行っている(藤原ほか, 2009)。志摩半島ではさらに過去数千年間における津波堆積物を検出しており(小松原・岡村, 2007; 藤野ほか, 2008)、地殻変動についても検討中である。

最近、紀伊半島南部において、沿岸に分布する隆起生物遺骸群集の調査を行い、南海トラフ沿いの連動型地震サイクルについて検討を行っている(穴倉ほか, 2008)。岩礁で海面付近に固着したヤッコカンザシ(*Pomatoleios kraussii*)と呼ばれる石灰質の殻を持つ環形動物は、海面の指標となり、隆起、離水した化石の高度、年代、構造を分析することで過去の地殻変動に伴う海面変化の歴史を復元できる。この手法は茅根ほか(1987)によって有効性が検討され、前杵(2001)などによってすでに室戸半島で成果を上げている。穴倉ほか(2008)による分析の結果、100～150年間隔の通常地震と400～600年に1度大きく隆起する連動型(宝永型)地震の2つのタイプの地震の痕跡を検出することに成功した(第4図)。今後これらの成果に基づき、宝永地震の断層モデルについて、東

南海、南海のセグメント境界の挙動など、プレート形状の影響を考慮しながら検討していく予定である。

また現在、足摺岬での歴史記録や隆起生物遺骸群集の調査を進めているが、宝永、安政、昭和の南海地震時には、同じセグメントでありながら、それぞれ異なる地殻変動を生じていたことが明らかになってきた。これは南海トラフ西端での破壊域の拡がりにも多様性があることを示しており、その評価も今後の検討課題の一つである。

5. 海外での調査

海外での調査、研究も当チームの重要なテーマであり、これまでインドネシア、タイ、ミャンマー、インド、チリ、アメリカといった国々で、その国の研究機関と共同研究を行ってきた(Cisternas *et al.*, 2005 ; Kayanne *et al.*, 2007 ; Nelson *et al.*, 2007 ; Jankaew *et al.*, 2008 ; Aung *et al.*, 2008)。特に1960年チリ地震(Mw 9.5, USGS)や2004年スマトラ島沖地震といった、実際に連動型巨大地震が発生した海溝沿いでの調査は、地震時やその後の諸現象を詳細に解明できるだけでなく、地形や地質の痕跡がどのようにして形成され、保存されていくのかを知る上で重要である。これらの調査、研究で得られる知見は、日本列島で観察される古地震の痕跡を解釈していく上でも大きな助けとなる。例えば2章で説明した連動型地震サイクルの仮説に関して、2004年スマトラ島沖地震では地震以降数年の、1960年チリ地震では地震以降約50年の地殻変動を、それぞれ現在進行形で観察できることから、地震時の変動から余効変動、そして地震間の定常的な変動へ移行する過程におけるプレートの挙動の解明やそのモデル化など様々な検証が可能と考えられる。

また、各国との共同研究を通じ、古地震研究の未発展な国々での技術指導と研究者の育成といった支援も海外での調査、研究における重要な任務の一つとなっている。

6. おわりに

当チームはこれまでプレート沈み込み帯で発生する連動型地震の長期予測に貢献するデータを取得することに主眼を置き、おもに過去の地震の履歴の解

明を行ってきたが、過去の現象を解明する上では、現在起こっている現象の理解が不可欠である。今後は履歴の調査、研究に加え、短期予測と長期予測とを融合した新たな予測手法について検討していくことも活断層・地震研究センターにおける重要な課題の一つとなっている。その取り組みの一つとして、Paleogeodesyの手法の高精度化が挙げられる。長期的視点の地質学的アプローチと短期的視点の測地学的アプローチとの間で生じる時間スケールのギャップを埋め、中期的時間スケールのモニタリングを行うことで、より高度化した地震の切迫性評価につながると期待される。また、津波浸水域の評価とその断層モデルの推定など防災に資する情報の発信も引き続き行っていかなければならないだろう。

謝辞：本稿をまとめるにあたり、活断層・地震研究センター長の岡村行信氏から非常に有益な助言をいただきました。記して謝意を表します。

参考文献

- Atwater, B.F., Furukawa, R., Hemphill-Haley, E., Ikeda, Y., Kashima, K., Kawase, K., Kelsey, H.M., Moore, A.L., Nanayama, F., Nishimura, Y., Odagiri, S., Ota, Y., Park, S., Satake, K., Sawai, Y. and Shimokawa, K. (2004) : Seventeenth-century uplift in eastern Hokkaido, Japan. *The Holocene*, 14, 489–501.
- Aung, T. T., Satake, K., Okamura, Y., Shshikura, M., Swe, W., Saw, H., Swe, T. L., Tun, S. T. and Aung, T. (2008) : Geologic evidence for three great earthquakes in past 3400 years off Myanmar. *Journal Earthquake Tsunami*, 2 (4), 259–265.
- Cisternas, M., Atwater, B. F., Torrejon, F., Sawai, Y., Machuca, G., Lagos, M., Eipert, A., Youlton, C., Salgado, I., Kamataki, T., Shshikura, M., Rajendran, C.P., Malik, J., Rizal, Y. and Husni, M. (2005) : Predecessors of the giant 1960 Chile earthquake. *Nature*, 437, 404–407.
- 藤野滋弘・小松原純子・穴倉正展・木村治夫・行谷佑一 (2008) : 志摩半島におけるハンドコアラを用いた古津波堆積物調査報告。活断層・古地震研究報告, No.8 (2008年), 255–265頁, 産業技術総合研究所地質調査総合センター。
- 藤原 治・澤井祐紀・守田益宗・小松原純子・阿部恒平 (2007) : 静岡県中部浮島ヶ原の完新統に記録された環境変動と地震沈降。活断層・古地震研究報告, No.7 (2007年), 91–118頁, 産業技術総合研究所地質調査総合センター。
- 藤原 治・小野映介・矢田俊文・海津正倫・岡村行信・佐竹健治・佐藤善輝・澤井祐紀・Than Tin Aung (2009) : 歴史と地層記録から確認された1707年宝永地震による遠州灘沿岸の隆起。月刊地球, 31, 203–210.
- Heki, K. (2004) : Space geodetic observation of deep basal subduction erosion in northeastern Japan. *Earth and Planetary Science Letters*, 219, 13–20.
- 池田安隆 (1996) : 活断層と日本列島の現在のテクトニクス。活断層研究, No.15, 93–99.

- Jankaew, K., Atwater, B. F., Sawai, Y., Choowong, M., Charoentitirat, T., Martin, E. and Prendergast, A. (2008) : Medieval forewarning of the 2004 Indian Ocean tsunami in Thailand. *Nature*, 455, 1228-1231.
- Kasahara, K. (1975) : Aseismic faulting following the 1973 Nemuro-oki earthquake, Hokkaido, Japan (a possibility). *PAGEOPH*, 113, 127-139.
- Kasahara, K. and Kato, T. (1980/81) : Seismic faulting following the 1973 Nemuro-oki earthquake, Hokkaido, Japan (a retrospective study). *PAGEOPH*, 119, 392-403.
- 茅根 剣・山室真澄・松本英二 (1987) : 房総半島南東岸における旧汀線の指標としてのヤッコカンザシ. *第四紀研究*, 26, 47-57.
- Kayanne, H., Ikeda, Y., Echigo, T., Shishikura, M., Kamataki, T., Satake, K., Malik, J.N., Basir, S.R., Chakraborty, G.K. and Ghosh Roy, A.K. (2007) : Coseismic and postseismic creep in the Andaman Islands associated with the 2004 Sumatra-Andaman Earthquake. *Geophys. Res. Lett.* Vol.34, L01310, 10.1029/2006GL028200.
- Kelsey, H., Satake, K., Sawai, Y., Sherrod, B., Shimokawa, K. and Shishikura, M. (2006) : Recurrence of postseismic coastal uplift, Kuril subduction zone, Japan. *Geophys. Res. Lett.*, Vol.33, No.13, L13315, 10.1029/2006GL026052.
- 小松原純子・岡村行信 (2007) : 三重県志島低地における津波堆積物調査(予察). *活断層・古地震研究報告*, No.7 (2007年), 209-217頁, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 小松原純子・穴倉正展・岡村行信 (2007) : 静岡県浮島ヶ原低地の水位上昇履歴と富士川河口断層帯の活動. *活断層・古地震研究報告*, No.7 (2007年), 119-128頁, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- Komatsubara, J., Fujiwara, O., Takada, K., Sawai, Y., Aung, T.T. and Kamataki, T. (2008) : Historical tsunamis and storms recorded in coastal lowland deposits along the Nankai Trough southwestern Japan. *Sedimentology*, 55, 1703-1716.
- 前李英明 (2001) : 隆起付着生物のAMS-14C年代からみた室戸岬の地震性隆起に関する再検討. *地学雑誌*, 110, 479-490.
- Minoura, K. and Nakaya, S. (1991) : Traces of tsunami preserved in inter-tidal lacustrine and marsh deposits: some examples from northeast Japan. *Journal of Geology*, 99, 265-287.
- Nanayama, F., Satake, K., Furukawa, R., Shimokawa, K., Shigeno, K. and Atwater, B.F. (2003) : Unusually large earthquakes inferred from tsunami deposits along the Kuril Trench. *Nature*, 424, 660-663.
- Nelson, A.R., Sawai, Y., Jennings, A., Bradley, L., Sherrod, B., Sabean, J. and Horton, B.P. (2007) : Great-earthquake paleogeodesy and tsunamis of the past 2000 years at Alsea Bay, central Oregon coast, USA. *Quaternary Science Reviews*, 27, 747-768.
- Satake, K., Nanayama, F. and Yamaki, S. (2008) : Fault models of unusual tsunami in the 17th century along the Kuril trench. *Earth Planets Space*, 60, 925-935.
- 佐竹健治・行谷佑一・山木 滋 (2008) : 石巻・仙台平野における869年貞観津波の数値シミュレーション. *活断層・古地震研究報告*, No.8 (2008年), 71-89頁, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- Sawai, Y., Satake, K., Kamataki, T., Nasu, H., Shishikura, M., Atwater, B., Horton, B., Kelsey, H., Nagumo, T. and Yamaguchi, M. (2004) : Transient uplift after a 17th-century earthquake along the Kuril subduction zone. *Science*, 306, 1918-1920.
- 澤井祐紀・穴倉正展・岡村行信・高田圭太・松浦旅人・Than Tin Aung・小松原純子・藤井雄士郎・藤原 治・佐竹健治・鎌滝孝信・佐藤伸枝 (2007) : ハンディジオスライサーを用いた宮城県仙台平野(仙台市・名取市・岩沼市・亘理町・山元町)における古津波痕跡調査. *活断層・古地震研究報告*, No.7 (2007年), 47-80頁, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 澤井祐紀・穴倉正展・小松原純子 (2008) : ハンドコアラを用いた宮城県仙台平野(仙台市・名取市・岩沼市・亘理町・山元町)における古津波痕跡調査. *活断層・古地震研究報告*, No.8 (2008年), 17-70頁, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- Sawai, Y., Fujii, Y., Fujiwara, O., Kamataki, T., Komatsubara, J., Okamura, Y., Satake, K. and Shishikura, M. (2008) : Marine incursions of the past 1500 years and evidence of tsunamis at Suijin-numa, a coastal lake facing the Japan Trench. *The Holocene*, 18, 517-528.
- Sawai, Y., Kamataki, T., Shishikura, M., Nasu, H., Okamura, Y., Satake, K., Thomson, K.H., Matsumoto, D., Fujii, Y., Komatsubara, J. and Aung, T.T. (2009) : Aperiodic recurrence of geologically recorded tsunamis during the past 5500 years in eastern Hokkaido, Japan. *Journal of Geophysical Research*, 114, B01319, doi: 10.1029/2007JB005503.
- 穴倉正展・澤井祐紀・岡村行信・小松原純子・Than Tin Aung・石山達也・藤原 治・藤野滋弘 (2007) : 石巻平野における津波堆積物の分布と年代. *活断層・古地震研究報告*, No.7 (2007年), 31-46頁, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- 穴倉正展・越後智雄・前李英明・石山達也 (2008) : 紀伊半島南部沿岸に分布する隆起生物遺骸群集の高度と年代-南海トラフ沿いの連動型地震の履歴復元-. *活断層古地震研究報告*, No.8 (2008年), 267-280頁, 産業技術総合研究所地質調査総合センター.
- Sieh, K., Natawidjaja, D.H., Meltzner, A.J., Shen, C., Cheng, H., Li, K., Suwargadi, B.W., Galetzka, J., Philibosian, B. and Edwards, R.L. (2008) : Earthquake Supercycles Inferred from Sea-Level Changes Recorded in the Corals of West Sumatra. *Science*, 322, 1674-1678.

SHISHIKURA Masanobu, FUJIWARA Osamu, SAWAI Yuki, FUJINO Shigehiro and NAMEGAYA Yuichi (2009) : Forecasting multi-segment mega earthquakes by coastal paleoseismological survey.

<受付: 2009年9月1日>