

学術研究船白鳳丸共同利用研究計画申請書

(平成25・26・27年度)

平成23年10月20日

研究船共同利用運営委員会 委員長 殿

学術研究船白鳳丸を利用して下記のとおり研究したいので申し込みます。

研究代表者	ふりがな 氏名 年齢	あし じゅいちろう 芦 寿一郎	
	所属機関 職名	東京大学 准教授	

研究課題	精密照準採泥と長期観測による南海トラフ活断層の活動度評価		
------	------------------------------	--	--

研究分担者	氏名	所属機関・職名	役割分担	計画概要
	芦 寿一郎	東京大学・准教授	研究総括、活構造研究	1. 必要観測日数: 34日間 (海域までの移動日数を除く実観測日数を記入。測点間の移動日数は含める)
	池原 研	産業技術総合研究所・副部門長	採泥・堆積構造研究	
	坂口 有人	海洋研究開発機構・技術研究主任	堆積物変形構造研究	
	金松 敏也	海洋研究開発機構・技術研究副主幹	岩石磁気・古地磁気研究	
	伊藤 喜宏	東北大学・助教	海底圧力観測	2. 観測希望時期: (順位)
	長田 幸仁	東北大学・GCOE フェロー	海底間音響測距観測・地殻変動モデリング	1. 26年 7月
	木戸 元之	東北大学・准教授	海底間音響測距観測	2. 26年 8月
	日野 亮太	東北大学・准教授	海底圧力観測	3. 26年 6月
	山野 誠	東京大学・准教授	熱流量測定・熱構造研究	3. 観測海域: 南海トラフ
	土岐 知弘	琉球大学・助教	間隙流体の地球化学	
	村山 雅史	高知大学・教授	採泥・堆積物年代研究	
	木下 正高	海洋研究開発機構・技術研究主幹	温度構造モデリング	4. 乗船研究者数(見込): 23名
	亀尾 桂	東京大学・技術職員	NSS 操作・監督	

*受付年月日		*採否		*整理番号	21
--------	--	-----	--	-------	----

*印欄は記入しないでください。

研究目的・内容

(研究の背景、研究目的・内容・重要性などをわかりやすくこの枠内で書いてください。)

研究の背景：南海トラフでは歴史地震、遺跡、地質記録から100～200年間隔で繰り返し発生する巨大地震が知られている。また、津波の波源域、地震動、地殻変動の研究から1944年の東南海地震、1946年の南海地震のように複数のセグメントに分かれているとされる。一方、1707年の宝永地震のように東海沖～足摺沖までのセグメントが連動して同時に破壊したとされる地震もある。しかし、海底のどの断層が実際に活動したのかについては全く分かっていないかった。これに対して、IODP熊野沖地震発生帯掘削において、地震動で生じた変形構造(図1)が分岐断層の上盤で発見され(Sakaguchi et al., 2011 [研究業績参照])、最も新しい変形が1944年の東南海地震時のものであることが分かった。申請者らは、この構造の水平的な広がりを把握するため、「かいれい」KR09-15、「白鳳丸」KH-10-3航海で密な表層採泥を行った。その結果、断層近傍でのみ強震動変形が発達することが明らかとなった(図2)。すなわち何時どの断層が動いたかを決める新たな探査手法が確立されたと言える。

南海トラフの地震発生領域のセグメント化については、沈み込む海洋プレートの構造・温度構造や堆積物の違いによるとする考えがあるが、未だ原因は不明である。東海～室戸沖の採泥では、前述の100～200年間隔の巨大地震の発生がタービダイト等の堆積物から判明しているが(池原ほか, 2001 [研究業績参照]など)、セグメントごとの活動履歴を推定するに至っていない。地震直後の海底の擾乱については、自航式深海底サンプル採取システム NSS を用いた調査で捉えられている(Ashi et al., 2011 [研究業績参照])。2004年紀伊半島南東沖地震の直後の海底調査で、マグニチュード7クラスの地震により震央より少なくとも70km の地点で堆積物重力流の発生を示唆する海底付近の海水の懸濁を捉えた。海底擾乱については、1993年の北海道南西沖地震、2011年の東北地方太平洋沖地震の調査の際にも認められており、地震とともに再堆積現象が広く発生していることを示している。

東海から室戸沖に比較して、足摺・日向沖は調査が十分に行われていないため、堆積物記録に基づく地震発生履歴はよく分かっていない。一方、豊後水道付近の深部低周波微動と日向沖の浅部超低周波地震(図4)が同期して発生しているという興味深い結果が報告されている(Hirose et al., 2010 [Science])。浅部超低周波地震については、既に室戸沖や熊野沖でも報告があり(Ito and Obara, 2006 [研究業績参照]; Obana and Kodaira, 2009[EPSL])、分岐断層に沿った地震の発生によると解釈されている。

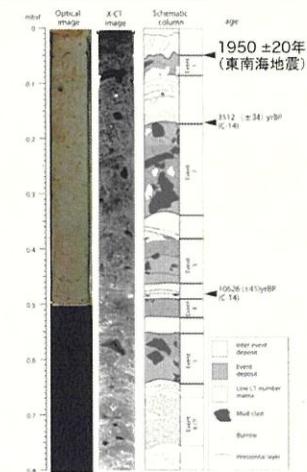


図1 CTスキャン画像に見られる強震動変形
Sakaguchi et al. (2011)

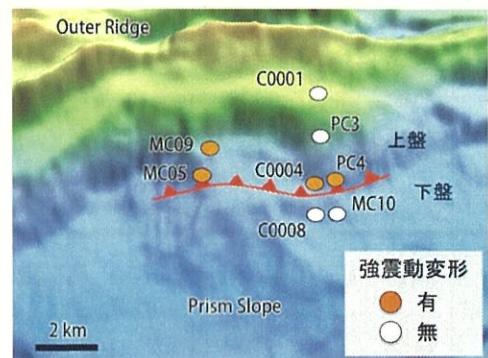


図2 強震動変形堆積物と断層の分布

研究目的・内容：東海沖は、1854年の安政地震の後、1944年の東南海地震の際に破壊していないため地震の発生が危惧されているが、想定される断層面は研究者によって大きく異なる。また、1944年の東南海地震の東縁がどこであるのかについては明確でない。同様のことは1946年の南海地震の西縁についても言える。本研究では、強震動変形や地震性タービダイトを用いて、1944年、1946年の両地震の東西の広がりを明らかにすることを目的とする。さらに、古い時代の地震発生履歴の解明も目指す。次に、日向沖で多発している超低周波地震に伴うと予想される地殻変動を長期海底圧力観測と断層を挟んだ音響測距観測によって捉えることを試みる。また、豊後水道の深部低周波微動発生との関係も調べる。

試料採取は強震動変形については断層上盤の先端、地震性の崩落堆積物は断層崖直下、地震性タービダイトは斜面堆積盆と、いずれも非常に狭い範囲からの採泥が求められる。また、地殻変動観測も断層近傍での機器設置が必須である。海底および海底下の構造を見ながらピンポイントで試料採取・機器設置の可能な自航式深海底サンプル採取システム NSS を用いた観測を行う。

重要性：東北地方太平洋沖地震では、複数のセグメントが破壊し、さらに海底測地・圧力観測、地形調査によって海溝付近が大きく変動したことが明らかになった。南海トラフにおいても、セグメントごとの断層活動像を捉えることは、地質・地球物理学的な意義を有するとともに地震災害軽減のために非常に重要である。

白鳳丸

所属機関名

東京大学大気海洋研究所

研究代表者氏名

芦寿一郎

研究計画

(前記の目的を達成するためにどのような観測を実施するのか、観測点、観測測線、観測日数の算出根拠などがわかるように書いてください。観測海域と観測点の概略がわかる簡単な地図をつけてください。他計画との関連、他研究機関との具体的連携など、審査の参考となるものがあればこの枠内で書いて下さい。)

本研究は、柱状試料を用いた1) 強震動変形、2) 地震性崩落堆積物、の研究と、機器の設置による3) 海底音響測距、4) 海底圧力、5) 地殻熱流量、の観測からなる。以下でそれぞれの観測内容を述べる。なお、本研究は深海底において断層の位置を特定し、その近傍で採泥、機器設置を行う必要がある。断層のおおよその位置は、反射法地震探査より推定されるものの、海底のどの部分に断層が達しているのかを捉える高解像度の地下断面の取得とピンポイントでの試料採取・機器設置はこれまで困難であった。「白鳳丸」KH-10-3では NSS にサブボトムプロファイラー (SBP) を搭載することで浅部地下構造・ビデオ映像を確認しながらピンポイントで採泥、機器設置の行えるシステムを完成させた(図3)。なお、公募研究で NSS を搭載可能な船舶は「白鳳丸」のみである。

1) 強震動変形：強震動変形構造は断層上盤のごく狭い範囲にのみ発達することから、特定の断層の活動時期を知ることができる。南海トラフのプレート境界断層から派生し、活動度が最も高いと推定される断層(断層崖の比高が大きい断層)の上盤において自航式深海底サンプル採取システム(以下、NSS)を用いた採泥を行ない、強震動変形層の挟在年代を求める。採泥点は、南海トラフの複数のセグメントのうち、東海沖、遠州沖、足摺沖、日向沖で日中の潜航調査を各3点で行う(表1)。

2) 地震性崩落堆積物：断層崖の直下では、断層運動や地震動で崩落した堆積物が溜まっており、年代の特定から地震履歴の復元に用いることができる。また、地震によって誘発された断層崖の崩落や斜面の地すべりは堆積物重力流を発生させ、地震性タービダイトとして地層中に記録として残る。上記の強震動変形堆積物の対象とする各々の断層の断層崖直下を NSS により採泥し地震発生履歴を調べる(表1)。採泥地点は断層が海底面に達する所に位置することが多く、断層を通して湧出する流体の化学組成・同位体組成の研究にも有用である。地震性のイベント堆積層の研究に並行して採取試料の間隙水の化学分析を行い、流体の供給源深度を推定する。

3) 海底音響測距：東北大学の研究グループによる断層を挟んだ音響的な距離計測は、精度の向上により断層変位を解明する非常に有効な手法となりつつある(0sada et al., 2008[研究業績参照])。超低周波地震の頻発している日向沖において、この手法により断層変位を観測し超低周波地震との関係を明らかにする。音響測距装置の設置には断層の位置の特定とピンポイントでの機器の設置が必要であるため NSS を用いる。1年程度の観測の後に音響切り離しにより回収する。顕著な断層崖の発達する2地点で(図4、丸に星印)、NSS のサブボトムプロファイラーを用いた事前調査を日中の各1日行なう。これにより断層の位置の特定を行った後に、それぞれの地点に3台ずつの機器を設置する(設置のため日中半日の潜航を6回)。

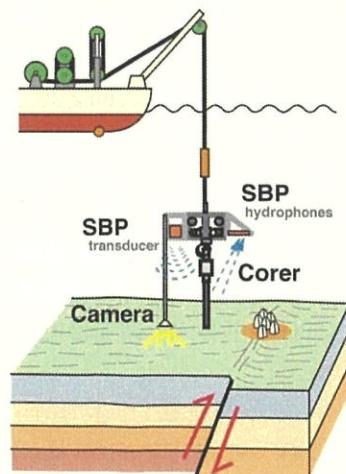


図3 NSS の調査模式図。浅部地下構造を探査し、海底を観察しながら採泥ができる。

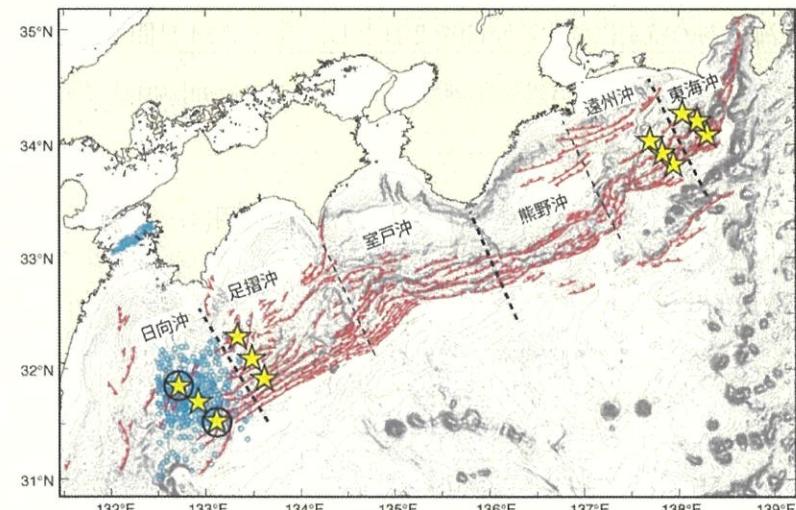


図4 南海トラフの活断層の分布と調査予定点(星印)。日向沖と豊後水道の青丸は、それぞれ浅部超低周波地震と深部低周波微動の分布(Hirose et al., 2010)を示す。破線はセグメント境界。

白鳳丸

所属機関名

東京大学大気海洋研究所

研究代表者氏名

芦寿一郎

研究計画 (つづき)

4) 海底圧力：東北地方太平洋沖地震の際に、海底面の大規模な隆起現象が生じたことを東北大大学の研究グループ（多くが本研究に参加）が明らかにしている。観測は海底面の圧力（水圧）測定による。同グループは現在測器の改良を行っており、5年間の長期観測と音響装置による一部のデータ取得が可能な装置を開発中である。本研究では、上記3の海底音響測距実施点と同じ日向灘沖の断層の上盤2箇所に NSS で同装置を設置し長期観測を行う（日中半日の潜航を2回）。

5) 地殻熱流量：中米海溝コスタリカ沖では、超低周波微動の発生に同期して湧水量に変動が生じたことが報告されている（Brown et al., 2005 [EPSL]）。また、室戸沖では超低周波地震の発生の後に付加体先端部の掘削孔の水圧の上昇下降が捉えられており、付加体内の応力状態を反映していると解釈された（Davis et al., 2006 [EPSL]）。本研究では湧水変動を地層温度の計測により捉えることを目的とし NSS を用いて断層に熱流量計を設置する。設置位置は日向沖の海底音響測距、海底圧力観測と同じ断層とする。回収は1年後に音響切り離し、自己浮上により行う。設置は日中の潜航を2箇所で行う。

航海日数：表1に観測所要時間のうち NSS の調査分（日中のみ）を示す。夜間は白鳳丸によるマルチプルコアラ採泥（NSS による採泥の補足的使用）スワス地形調査・サブボトムプロファイラー調査を実施する。調査海域内の航走に要する時間を2日とし、合計で34日間となる。

観測希望時期等（観測希望時期、寄港地など、航海計画作成に関連する要望事項があれば理由とともに書いてください。）

自航式深海底サンプル採取システム NSS の運用は、複雑な投入手順とパイロットビークルが1トンを越えるため、良好な海況での実施が望ましい。また、日中のみの運用であるため、昼の時間の長い季節が望ましい。調査対象海域の南海トラフは黒潮流軸付近に位置するため、少しの風によっても波高が高くなり運用が難しくなる。このため、気候が安定し日照時間の長い6月から8月を希望する。

NSS の運搬・搭載は高額であるため、短い日数の航海を複数回実施するのは経済的でない。このため長期の航海を希望した。平成26年度で申請しているが、第2希望として平成25年度、第3希望として平成27年度とする。平成27年度が第3希望なのは NSS の長期の不使用が整備上好ましくないためである。

その他の特記事項

（先進性・学際性・裏付けとなる研究費・国際性など、審査の参考となるものがあれば記入してください。）

南海トラフは、地震の痕跡を含む遺跡や地震に関する古文書などの地震履歴情報、測地、海底下構造、地形、温度構造、深海掘削等、いずれをとってもプレート沈み込み帯の中で最も研究が進んだ海域と言え、断層の活動度評価の調査フィールドとして最適である。現在、本申請の研究代表者、および分担者の一部によって科学研究費補助金の新学術領域研究、研究項目「高精度変動地形・地質調査による巨大地震断層の活動履歴の解明」（研究代表者：芦）を進めており、熊野沖南海トラフで活断層運動履歴の復元を行っている。この科研費は平成25年度で終了となり、別途、活断層研究の研究費獲得を目指しているが、本申請の実施希望時期の平成26年度における研究費の見込は現在のところない。

白鳳丸	所属機関名	東京大学大気海洋研究所	研究代表者氏名	芦寿一郎
-----	-------	-------------	---------	------

研究業績 (本研究計画に関連する業績について、別紙を使用せず枠内で書いてください。)

- Ashi, J., Ikehara, K., Kinoshita, M., KY04-11 and KH-10-3 shipboard scientists, Settling of earthquake-induced turbidity on the accretionary prism slope of the central Nankai subduction zone, In *Submarine Mass Movements and Their Consequences*, Springer, in press, 2011.
- Ashi, J., Lallement, S., and Masago, H. and Exp 315 Scientists (2008) NanTroSEIZE megasplay riser pilot. *IODP Preliminary Report 315*, doi:10.2204/iodp.pr.315.2008.
- Ashi, J., Tokuyama, H. and Taira, A., Distribution of methane hydrate BSRs and its implication for the prism growth in the Nankai Trough, *Marine Geology* 187, 117-191, 2002.
- Gulick, S., Bangs, N., Moore, G.F., Ashi, J., Martin, K.M., Sawyer, D.S., Tobin, H.J., Kuramoto, S. and Taira, A., Rapid forearc basin uplift and megasplay fault development from 3D seismic images of Nankai Margin off Kii Peninsula, Japan, *Earth and Planet. Sci. Lett.*, 300, 55-62, doi:10.1016/j.epsl.2010.09.034, 2010.
- Hino, R., Y. Yamamoto, A. Kuwano, M. Nishino, T. Kanazawa, T. Yamada, K. Nakahigashi, K. Mochizuki, M. Shinohara, K. Minato, G. Aoki, N. Okawara, M. Tanaka, M. Abe, E. Araki, S. Kodaira, G. Fujie, and Y. Kaneda, Hypocenter distribution of the main- and aftershocks of the 2005 Off Miyagi Prefecture Earthquake located by ocean bottom seismographic data, *Earth Planets Space* 58, 1543-1548, 2007.
- 池原 研, 深海底タービダイトを用いた南海トラフ東部における地震発生間隔の推定. 地学雑誌, 110, 471-478, 2001.
- Ikehara, K., Ashi, J., 2 others, Submarine slope response to earthquake shaking within western Sagami Bay, Central Japan, In *Submarine Mass Movements and Their Consequences* Springer, 2011.
- Ito, Y., Y. Asano, and K. Obara, Very-low-frequency earthquakes indicate a transpressional stress regime in the Nankai accretionary prism, *Geophys. Res. Lett.*, L20309, doi:10.1029/2009GL039332, 2009.
- Ito, Y. and K. Obara, Very low frequency earthquakes within a accretionary prisms are very low stress-drop earthquakes, *Geophys. Res. Lett.*, 33, L09302, doi:10.1029/2006GL025883, 2006.
- Ito, Y., K. Obara, K. Shiomi, S. Sekine, and H. Hirose (2007) Slow Earthquakes Coincident with Episodic Tremors and Slow slip events, *Science*, 315, 503-506 (Published online 30 November, 2006).
- Ito, Y., T. Tsuji, Y. Osada, M. Kido, D. Inazu, Y. Hayashi, H. Tsushima, R. Hino, and H. Fujimoto, Frontal wedge deformation near the source region of the 2011 Tohoku-Oki earthquake, *Geophys. Res. Lett.*, doi:10.1029/2011GL048355, 2011.
- Kanamatsu, T., and Herrero-Bervera, Anisotropy of magnetic susceptibility and Paleomagnetic Studies in relation to the Tectonic Evolution of the Miocene-Pleistocene Accretionary Sequence in the Boso and Miura Peninsulas, Central Japan, *Tectonophysics*, 418, 131-144, 2006.
- Martin K. M., Gulick, S. P. S., Bangs, N. L. B., Moore, G. F., Ashi, J., Park, J.-O., Kuramoto, S., Taira, A., Possible strain partitioning structure between the Kumano fore-arc basin and the slope of the Nankai Trough accretionary prism, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 11, Q0AD02, doi:10.1029/2009GC002668, 2010.
- Miyazaki, J., Toki, T., Ashi, J., Tsunogai, U., 4 others, Molecular characterization of potential nitrogen fixation by anaerobic methane oxidizing archaea in the methane-seep sediments at the No. 8 Kumano Knoll in the Kumano Basin, off shore of Japan, *Applied and Environmental Microbiology*, 75, 7153-7162, 2009.
- Nakayama, N., Ashi, J., Tsunogai, U., 2 others, Sources of pore water in a Tanegashima mud volcano inferred from chemical and stable isotopic studies, *Geochemical Journal*, 44, 561-569, 2010.
- Omura, A. and Ikehara, K., Deep-sea sedimentation controlled by sea-level rise during the last deglaciation, an example from the Kumano Trough, *Japan Marine Geology* 274, 177-186, 2010.
- Osada, Y., M. Kido, H. Fujimoto, and Y. Kaneda, Development of a seafloor acoustic ranging system toward the seafloor cable network system, *Ocean Eng.*, 35, doi:10.1016/j.oceaneng.2008.07.007, 2008.
- Sakaguchi, A., Kimura, G., Tsutsumi, A., Ujiie, K., Yamaguchi, A., 7 others, Seismic slip propagation to the up-dip end of plate boundary subduction interface faults: Vitrinite reflectance geothermometry on Integrated Ocean Drilling Program NanTroSEIZE cores, *Geology*, 39, 395-399, 2011.
- Sakaguchi, A., Kimura, G., Murayama, M. and 3 others, Episodic seafloor mud brecciation due to great subduction zone earthquakes, *Geology*, 39, 919-922, 2011.
- Toki, T., Maegawa, K., Tsunogai, U., Kawagucci, S., Takahata, N., Sano, Y., Ashi, J., Kinoshita, M. and Gamo, T., Gas chemistry of pore fluids from Oomine Ridge on the Nankai accretionary prism, In: Accretionary Prisms and Convergent Margin Tectonics in the Northwest Pacific Basin, *Modern Approaches in Solid Earth Sciences*, Springer, v. 8, 247-262, 2011.
- Toki, T., Tsunogai, U., Ashi, J., Kinoshita, M., 5 others, Gas chemistry of pore fluids from Oomine Ridge on the Nankai accretionary prism, In *Accretionary Prisms and Convergent Margin Tectonics in the Northwest Pacific Basin* Springer, 247-262, 2011.
- Toki, T., Tsunogai, U., Gamo, T., Kuramoto, S. and Ashi, J., Detection of low-chloride fluids beneath a cold seep field on the Nankai accretionary wedge off Kumano, south of Japan, *Earth Planet. Sci. Lett.*, 228, 37-47, 2004.
- Tsuji, T., Y. Ito, M. Kido, Y. Osada, H. Fujimoto, J. Ashi, M. Kinoshita and T. Matsuoka, Potential tsunamigenic faults of the 2011 Tohoku Earthquake, *Earth, Plants and Space* 63, 831-834, 2011.
- Yamano, M., M. Kinoshita and S. Goto, High heat flow anomalies on an old oceanic plate observed seaward of the Japan Trench, *Int. J. Earth Sci.*, 97, 345-352, 2008.

白鳳丸

所属機関名

東京大学大気海洋研究所

研究代表者氏名

芦寿一郎

使用観測機器

乗船研究者が持込む観測機器（名称・数量・重量）

グラビティーコアラー・1式・110kg

アシュラ採泥器・1式・100kg

海底音響測距装置・6台・40kg

海底長期圧力測定装置・2台・120kg

自己浮上式熱流量計・2台・200kg

搭載を希望する共同利用観測機器

自航式深海底サンプル採取システム NSS 1式

ピストンコアラー（ステンレス管用・アルミ管用・ヒートフロー用）各1式

マルチプルコアラー 1式

白鳳丸

所属機関名

東京大学大気海洋研究所

研究代表者氏名

芦寿一郎