

### 3. 「新たな観測・実験技術の開発」研究計画

「新たな観測・実験技術の開発」研究とは、これまでとらえることが困難ないし不可能であった現象を見るための「道具」の開発である。

この研究計画は、観測対象あるいは観測手段の観点から、次の四つの項目に分類されている。

- (1) 海底諸観測技術の開発と高度化
- (2) ボアホールによる地下深部計測技術の開発と高度化
- (3) 地下構造と状態変化をモニターするための技術の開発と高度化
- (4) 宇宙技術等の利用の高度化

本研究課題で実施された開発研究の最終目標は、他研究課題で実用化され成果を上げることにある。したがって、観測・実験技術開発研究は、他の研究課題と共同で実施されることが多いだけでなく、この研究計画課題には含まれていないが、他の研究計画の中で実施されている観測技術開発も存在しており、それらについては当該研究項目で報告されている。

#### (1) 海底諸観測技術の開発と高度化

陸域の観測だけでは海域で発生する地震に対する観測の空間分解能が不足するため、十分な精度の海底諸観測技術の開発と高度化が必要であり、次のような研究開発を実施している。

#### (GPS - 音響測距結合方式による海底測位計測システムの高度化)

複数の研究機関が互いに連携しながら、宮城県沖、駿河湾、熊野灘等において GPS 音響結合方式の精密海底測位の繰り返し観測を実施するとともに、海水温分布や数値解析等を組み合わせた比較研究や解析手法の高度化研究が実施されてきた(図 48)(名古屋大学[課題番号:1706]、東北大学[課題番号:1207]、海上保安庁[課題番号:8003]、Ikuta et al., 2008、Tadokoro et al., 2007、Watanabe et al., 2007、田所ほか, 2007、[Matsumoto et al., 2008](#))。

GPS 音響結合方式の精密海底測位の精度は水中音速構造の空間変化の影響を受けるため、数日間の観測結果の平均をとることで精度を向上させてきたが、水中音速構造の空間変化の影響はランダムではなく系統的な誤差をもたらすことが数値試験により示された(名古屋大学[課題番号:1706]、杉本ほか, 2007)。一方で、5 台の音響測位海底局を用いて、海中の音速構造の勾配も未知数として解くことにより対処する手法を提案した。また、長期連続観測を目指して係留ブイを用いた観測システムを開発し、試験観測を実施した(東北大学[課題番号:1207]、Kido, 2007、Kido et al., 2008、Fujimoto et al., 2007)。

コメント [m1]: 18 .

削除: 海上保安庁, 2007

#### (海底における圧力・傾斜変動観測の高度化)

三陸沖で長期間の海底圧力観測を実施し、潮汐成分や非潮汐成分の解析を実施してきた。平成 19 年度は、宮城県沖の陸側および海側のアスベリティ近傍に設置された GPS 音響結合方式の海底精密測位観測点において、長期海底圧力観測を開始した。(東北大学[課題番号:1207])。

#### (海底ケーブル利用システムの開発)

これまで光ケーブルを用いた海底観測システムを伊豆東方沖や三陸釜石沖に構築してきたが、海底通信技術を転用しているため大きさや費用の点で問題があった。そこで、先端的ネットワーク技術を利用した光ケーブル式海底地震計を開発した(図 49)。2 リットルペットボトルサイズと小型で

あるため、巨大な敷設専用船が必要なく低コストで設置でき、複数の伝送経路や機器を組み込むことにより故障に対する信頼性を高めている(東京大学地震研究所[課題番号 1418]、Kanazawa et al., 2007、金沢ほか, 2007)。

また、多項目観測を目的とした海底ネットワークによるリアルタイム長期総合海底観測システムの開発を実施している。平成 19 年度には、地震計、水圧計、電位差磁力計などのセンサーを接続したネットワークシステムを豊橋沖に設置するとともに、水中での増設や交換を可能とする着脱コネクタ、高精度時刻分配を可能とする同期システムなどの要素技術開発研究も実施している(海洋研究開発機構[課題番号:4004]、Iwase et al., 2007、岩瀬ほか, 2007、Gamo et al., 2007、Fujikura et al., 2007、Yokobiki et al., 2007)。

(海底ボアホール利用を目標とした歪・傾斜変動観測の高精度化)

レーザー干渉計測を利用した孔井設置型の傾斜計の検定を行い、長基線の水管傾斜計と同等の精度が得られることを確かめた。また海底での使用を想定して小型省電力半導体レーザー光源の開発を継続している。高精度観測を目指すために、半導体レーザーの絶対波長をセシウムの吸収スペクトルを基準に安定化する実験を実施し、安定度の向上と全体のシステムの簡素化を図った。その結果、実際の観測の時間スケール(周期 10 秒以上)では  $10^{-10} \sim 10^{-11}$  の安定度が得られた(東京大学地震研究所[課題番号: 1418]、Araya et al., 2007、Hori et al., 2007)。

(海底における長期地震観測の高度化)

高感度あるいは広帯域の海底地震計を用いるこれまでの余震観測のダイナミックレンジを拡大するため、加速度計を追加した多項目海底地震計の開発を進め、海底強震・高感度地震計を実用化した。さらなる長期観測を可能とするため、鋸山地殻変動観測所壕内において各種の加速度計の比較試験を行った。この加速度計により、高感度地震計と併設しても 1 年間以上の長期海底観測が可能となった。観測期間中に過去約 20 年間隔で発生してきた M7 クラスの茨城沖地震が発生すれば、前震・本震・余震という一連の地震活動を広ダイナミックレンジで記録することが可能になる。(東京大学地震研究所[課題番号: 1418])

(2) ボアホールによる地下深部計測技術の開発と高度化

ボアホール利用による地下深部計測技術とは、雑音の多い地表から離れることによって高分解能のデータを得るだけでなく、震源核に近づいて地殻応力状態や断層物質を直接測定するための重要な技術の一つである。この研究項目では次のような研究が実施されている。

(地殻応力測定の高度化)

ボアホールジャッキ式応力測定法の開発研究を引き続き実施した。水圧破碎法の問題点から逃れることができるボアホールジャッキ式応力測定は、感度が接触状態によって変化するという欠点があった。そこで、接触領域を小さくすると感度係数が変化しないため、信頼性の高い測定が可能であることを岩石の薄板を用いた実測試験と数値解析に基づいて明らかにした(図 50)。まず、破碎時にはパワフルな設定で行い、再開口圧計測時には信頼性の高い設定とすることが有効であることが示された(東京大学地震研究所[課題番号: 1419]、佐野ほか, 2007)。

ボアホール型観測機器の正確な設置に適用できる高耐久性 FRP ロッド(棒状の強化プラスチックの中に電線を通したもの)の実証実験を行うとともに、深さ 0.5km 程度の水中で充電式歪計と FRP

ロッドを接続するなど、付帯技術の開発を実施した。さらにインテリジェント型ボアホール歪計を用いた応力解放法に関する研究も実施している(名古屋大学[課題番号:1707]、山内ほか,2007)。相対的に硬いモルタルで歪計を固定するために生じる残留応力の問題を解析的に解いた(東京大学地震研究所[課題番号:1419]、佐野および平田,2007)。

岐阜県神岡鉱山跡津川坑内の深さ0.6km、跡津川断層より1.1kmの地点にて、従来型水圧破碎法、高剛性水圧破碎法、埋設型応力解放法及びボアホールジャッキ式による比較試験を実施した。水圧破碎法の二つの問題点に対する明確な回答を示していると同時に、測定地点近傍の跡津川断層が大きなせん断応力を支えていないことを示唆している(東京大学地震研究所[課題番号:1419]、佐野ほか,2007)。

#### (ボアホール間隙水圧測定)

神岡鉱山坑道内の極めて近接した二つのボアホール井戸や野島断層のボアホール井戸で間隙水圧の連続観測を続行し、その大気圧応答、理論地球潮汐、地震波応答(千島地震)に対する応答を解析した。周波数応答の違いは、それぞれのボアホール井戸が接続する帯水層の透水性の違いによって説明でき、ボアホール歪計などによる地殻歪測定データに内在する間隙弾性論的な影響を解析する際に用いられる(京都大学防災研究所[課題番号:1810] Kano et al., 2007)。

#### (光干渉計測技術等先端技術の導入)

地殻歪を高精度で計測するためのレーザー変位計の基礎的研究を実施した。地下構造を連続長期モニターするために神岡のレーザー伸縮計は高分解能の伸縮計とそれよりは低分解能であるが基線長の絶対値を測定できる絶対歪計の2種の干渉計が稼働している。実際の観測では絶対歪計で使われている100mの光共振器が周囲の振動や温度変化などに影響され、光軸が変動して系統誤差の一因となる。そこで長期安定動作をさせるために光軸制御システムを組み込んだ。デジタル制御方式により低周波で安定した制御特性が得られ、光共振器の安定性が向上した。また2007年に発生した能登半島地震、新潟県中越沖地震、日本海の深さ約370kmで起きた地震(M6.7)などによる歪ステップが絶対歪計でとらえることができた(図51)(東京大学地震研究所[課題番号:1419,1420])。

#### (3) 地下構造と状態変化をモニターするための技術の開発と高度化

地殻内の散乱体や地殻内流体の分布の変動、プレート境界での反射強度の時間変動、地殻深部の物質移動地殻比抵抗の時空間変化、地殻内の水の状態変化などをモニターするため、以下のような技術開発研究が実施されている。

#### (精密制御震源技術の高度化)

東海地域では、土岐市(JAEA)および森町(JMA)に加え、新たに名古屋大学三河地殻変動観測観測所のアクロス震源が加わった。三河観測所にある30m離れた二台のアクロス震源装置の位相と振幅を独立に制御し、振動の伝播方向を制御する発信技術開発を開始した。地震観測網によって同定された各波群の時間変化について検討するために、Hi-net 鳳来(N.H0UH)観測点のデータの解析を行った。3ヶ月間データを重ねた伝達関数を求め、平成17年1月から伝達関数の時間変化を調べた(図52)。P波初動では、相互相関値は常に高く、走時変化も1(ms)以下で安定していた。一方、プレート境界からの反射波と考えられる相では大きな変動が見られ、走時は春に遅れ秋に進む年周変化を示し、相互相関値も同様に年周変化が見られた(名古屋大学[課題番号:1708]、古川ほか、

2007、Watanabe et al., 2007、Hasada et al., 2007、Ikuta et al., 2007)。

精密に制御されたパルスおよび計測系を用いて岩盤内を伝わる弾性波特性を計測することにより、岩盤内部の状態変化、特に応力変化を求めることが目的である。長期安定性の高い時計の採用により、長期間にわたる微小な変化量を求めることができる。平成 19 年度も岩手県釜石鉾山や名古屋大学瑞浪観測点などにおいて開発機器による検証試験を実施した。その結果、応力増加率が方向により異なること、および平成 16 年から平成 17 年前半にかけて応力増加率が高かったが、その後、N50E で 50hPa / 年程度となっていることが分かった。この増加率は歪速度換算で 0.1ppm 以下程度であり、GPS による歪速度と調和的である(東京大学地震研究所[課題番号:1420])。

(平坦な周波数特性をもち高感度な地震計の開発)

レーザー伸縮計、超伝導重力計(SG)、レーザー地震計が地下構造モニター用の高感度・平坦位相センサーとしてどの程度安定した特性を有しているかを比較するために同一観測点での並行観測を実施した。観測された波形は地震動に換算し、広帯域地震計(CMG-3T)の周波数特性に合わせて比較を行った。その結果、レーザー地震計と CMG-3T は 3.6%の精度で振幅が一致した(図 53)。一方、SG とは振幅が大きく異なり、その原因は SG の高周波側の周波数特性が平坦ではないことによると推測された。今回解析した周波数帯域は通常 SG で使用される周波数帯よりも高周波である。(東京大学地震研究所[課題番号:1419、1420])

(マントル起源のヘリウム放出量計測技術開発)

地下深部の状態変化をモニターするために地下深部からしみ出してくる揮発性物質、すなわちマントルヘリウム浸出量の観測技術開発を実施している(東京大学理学系研究科[課題番号:1505]、Dogan et al., 2007a、b)。平成 19 年度はトルコアナトリア断層におけるマントルヘリウムの放出特性を調査した。

(4) 宇宙技術等の利用の高度化

GPS や SAR に代表される宇宙技術の利用は地殻変動観測に革命をもたらした。ここでは次のような研究が実施されている。

(GPS 測位技術の高度化研究)

GEONET 観測点による GPS データから解析された地殻変動は、地震予知研究に多くの情報を提供している(国土地理院, 2007、2008)。能登半島地震後の緊急観測において、1~10 秒サンプリングによる観測を行い、キネマティック解析による高度な解析も実施した(京都大学防災研究所[課題番号:1811])。

また GEONET 観測点の座標時系列の上下成分に対し、電離層遅延高次効果、非潮汐海洋質量による荷重変形の補正を行ったうえで、年周変動を抽出した。一方で、数値気象モデルを用いたシミュレーションにより作成した GPS 擬似観測データについて抽出した年周変動と実測結果を比較した結果、よい一致が見られ、GEONET 観測点の座標時系列の上下成分の年周変動のほとんどが GPS 解析時の大気遅延の誤推定に起因することが明らかになった。(国土地理院[課題番号:6027])。また、GPS 解析データの大気伝播遅延補正による GPS 解析精度の向上に関する研究を実施した(防災科学技術研究所[課題番号:3014]、島田および風神, 2007a、b)。

(干渉 SAR による地殻変動観測手法の高度化研究)

干渉 SAR は地殻変動の高分解能な面的把握が可能という優れた特性を持っている。平成 18 年 1 月に打ち上げられた地球観測衛星「だいち」の SAR データを使用した干渉解析が実施され、2007 年能登半島地震や 2007 年新潟県中越沖地震に伴う地殻変動が検出された(図 4、図 54)。断層モデルに基づく地殻変動成分を差し引いた干渉画像には地滑りや液状化現象までみてとることができる。また、国外においては 2007 年 9 月 12 日スマトラ南部沖の地震 (M 8.4) に伴う地殻変動が検出された (国土地理院[課題番号: 6022、6030]、雨貝ほか, 2008、鈴木ほか, 2008、Ozawa et al., 2008)。

コメント [m2]: 19 .

コメント [m3]: 20 .

また、SAR および GPS により観測された新潟県中越沖地震にともなう地殻変動を同時に説明するためには、断層が余震分布よりも浅い領域まで達していなければならないことが判明した。また SAR は火山噴火予知研究においても重要な役割を演じると期待されている。その他、複数機関で SAR の利用に関する研究が実施されているが、水蒸気遅延等、大気補正手法の開発が主要なテーマである (東京大学地震研究所[課題番号: 1421]、国土地理院[課題番号: 6022]、防災科学技術研究所[課題番号: 3015]、情報通信研究機構[課題番号: 0101]、Furuya, 2007、古屋, 2007、Furuya et al., 2007)。

(次世代テレメータ衛星通信システムの開発)

次世代衛星テレメータシステムの開発を行った。低消費電力・高周波数利用効率の地震観測用衛星システム (VSAT) を跡津川断層周辺地域及び浅間山周辺地域の集中観測における実運用を通じて評価した。その結果、強度・特性・取り扱いの面で 0.75m 径のアンテナが最適であること、ヒーター貼り付け式の融雪装置が有効であること等が分かった (東京大学地震研究所[課題番号: 1421])。

課題と展望

新たな観測・実験技術の各開発課題については、当初掲げた到達目標達成に向けて進展している。GPS と音響測距を利用した海底測位では、水温構造の影響が精度を悪化させていることが分かり、それを積極的に解析することにより精度向上を図る研究が進んだ。今後は連続測定に向けた開発が望まれる。光ケーブルを用いた海底地震計の開発では、小型化に成功し低コストな設置が可能になり、これまでと同じ費用で数倍の観測点密度が実現できる。精密制御震源技術開発に関しては、複数台のアクロス震源の位相を制御し、地下構造の状態をより詳細にモニターできるようになることが期待される。パルス波による精密制御震源の高度化研究が進展した。GPS 解析手法も進展したが、更に精度を向上させるために補正プログラムの開発、評価が必要である。SAR 干渉解析については、水蒸気遅延等、大気補正手法の高度化を図る必要がある。

コメント [m4]: 1 .

削除: 干渉

参考文献

雨貝知美・和田弘人・藤原みどり・鈴木啓・飛田幹男・矢来博司 (2008) : 衛星合成開口レーダーを用いた平成 19 年 (2007 年) 能登半島地震に伴う地殻・地盤変動の検出, 国土地理院時報, 113, 3-12, 2007 .

コメント [m5]: 21 .

Araya, A., K. Sekiya, and Y. Shindo, Laser-Interferometric Broadband Seismometer for Ocean Borehole Observations, International Symposium on Underwater Technology 2007, Tokyo, Japan, 17-20 April, 2007, IEEE, 245-248, 2007.

Dogan T., Mori T., Tsunomori F. and Notsu K. (2007) Soil H<sub>2</sub> and CO<sub>2</sub> surveys at several active

- faults in Japan. *Pure Appl. Geophys.*, 164, 2449-2463.
- Dogan, T., H.Sumino, K.Nagao, K.Notsu, M.K.Tuncer and C.Celik , Comparative study of mantle helium release through active faults , JGU Annual Meeting C104-002 (2007)
- Fujikura, K., K. Amaki, J. P. Barry, Y. Fujiwara, Y. Furushima, R. Iwase, H. Yamamoto and T. Maruyama, "Long-term in situ monitoring of spawning behavior and fecundity in *Calyptogena* spp.", *MARINE ECOLOGY PROGRESS SERIES*, 333, pp.185-193, 2007.
- Fujimoto, H., Kido, M., Osada, Y., and Kaneda, Y., Toward semi-real-time GPS/A seafloor positioning with a moored Buoy, Proc. Symposium on Underwater Technology 2007 and International Workshop on Scientific Use of Submarine Cables and Related Technologies 2007, Tokyo, 211-216, IEEE Catalog Number: 07EX1770C, April 2007.
- 古川俊之, 渡辺俊樹, 羽佐田葉子, 山岡耕春, 生田領野, Hi-net 鳳来におけるアクロス連続データに見られる波群の時間変化, 日本地震学会 2007 年秋季大会, P1-003.
- Furuya, M., K. Mueller, and J. Wahr, Active Salt Tectonics in the Needles District, Canyonlands (Utah) as Detected by Interferometric SAR and Point Target Analysis: 1992-2002, *J. Geophys. Res.*, 112, doi: 10.10, 2007.
- Furuya, M, Application of Interferometric Point Target Analysis to Izu-Oshima Volcano, Japan, Envisat Symposium 2007, Montreux, Switzerland, 2007.4.23-27, European Space Agency, 2007.
- Gamo, T., K. Okamura, K. Mitsuzawa and K. Asakawa, "Tectonic pumping: earthquake-induced chemical flux detected in situ by a submarine cable experiment in Sagami Bay, Japan", *Proc. Japan Academy, Ser. B*, 83(7), pp.199-204, 2007.
- 古屋正人, 伊豆大島の JERS-IPTA の結果と ALOS による検証, 京都大学防災研究所研究集会 18K-07 「宇宙測地・リモートセンシング技術による地殻変動研究の発展」CDROM, 2007.
- Hasada, Y., Watanabe, T., Yamaoka, K., Itoh, H., Fujii, N., Kumazawa, M., Interpretation of frequency dependence in transfer functions acquired by seismic ACROSS, *Eos Trans. AGU*, 88(52), Fall Meet. Suppl., Abstract NG41A-0148, 2007.
- Hori, T., A. Araya, S. Moriwaki and N. Mio, Development of a wavelength-stabilized distributed Bragg reflector laser diode to the Cs-D2 line for field use in accurate geophysical measurements, *Rev. Sci. Instrum.*, 78, 2, 026105, 2007.
- Ikuta, R., K. Tadokoro, M. Ando, T. Okuda, S. Sugimoto, K. Takatani, K. Yada, and G. M. Besana (2008), A new GPSacoustic method for measuring ocean floor crustal deformation: Application to the Nankai Trough, *J. Geophys. Res.*, 113, B02401, doi:10.1029/2006JB004875.
- Ikuta, R., Yamaoka, K., Watanabe, T., Temporal changes in emission characteristic of elastic wave by vibrator source and its correction, *Eos Trans. AGU*, 88(52), Fall Meet. Suppl., Abstract NG41A-0149, 2007.
- Iwase, R., T. Goto, T. Kikuchi and K. Mizutani, " Earthquake Accompanied by Mudflow Observed by a Cabled Observatory off Hatsushima Island in Sagami Bay in April 2006 ", Proc. 2007 Symposium on Underwater Technology and Workshop on Scientific Use of Submarine Cables and Related Technologies, pp.472-475, 2007.
- 岩瀬良一, 直井純, 菊池年晃, 水谷孝一, " 相模湾における低周波雑音計測 ", 海洋音響学会誌, 34(2), pp.87-96, 2007.
- 金沢敏彦, 篠原雅尚, 酒井慎一, 佐野修, 歌田久司, 塩原肇, 望月公廣, 森田裕一, 山田知朗, 山

コメント [m6]: 2 2 .

削除: 海上保安庁, 東海沖における海底地殻変動観測 (地震予知連絡会会報、第 7 9 号), 2007 .

崎克之、八木健夫、海底ケーブル式稠密地震観測システムの開発(2)、日本地震学会 2007 秋季大会

Kanazawa, T., M. Shinohara, S. Sakai, O. Sano, H. Utada, H. Shiobara, Y. Morita, T. Yamada, K. Yamazaki, A New Low Cost Ocean Bottom Cabled Seismometers, UT 07/SSC 07.

Kano, Y. T. Yanagidani, Y. Kitagawa and F. Yamashita, Monitoring of pore pressure changes using closed borehole wells: Interpretations based on poroelasticity, Geodynamics of the Atotsugawa Fault System, Edited by M. Ando, Terrapub, 2007

Kido, M., Osada, Y., and Fujimoto, H., Temporal variation of sound speed in ocean: a comparison between GPS/acoustic and *in situ* measurements, Earth Planet Space, Vol. 60 (No. 3), pp. 229-234, 2008.

Kido, Motoyuki, Detecting horizontal gradient of sound speed in ocean, Earth Planet. Space, 59, e33-e36, 2007.

国土地理院, 地震予知連絡会会報 Vol.78 巻(171-173)2007.8, 7-19, 11-3.

国土地理院, 地震予知連絡会会報 Vol.79 巻(171-173)2008.2, 7-13, 11-3.

Matsumoto, Y., M. Sato, M. Fujita, T. Ishikawa, H. Saito, M. Mochizuki, T. Yabuki, and A. Asada, Undersea crustal movement off the Tokai District, central Japan, detected by GPS/acoustic seafloor geodetic observation, Report of Hydrogr. and Oceanogr. Researches, 44, 1-7, 2008.

コメント [m7]: 2 2 .

Ozawa, S., H. Yurai, M. Tobita, H. Une, and T. Nishimura, Crustal deformation associated with the Noto Hanto Earthquake in 2007 in Japan, Earth Planets and Space, 60, 95-98, 2008.

コメント [m8]: 2 0 .

佐野修・平田篤夫, 応力計測にまつわる問題点と今後の可能性, 測地学会誌, 53, 4, 335-348, 2007

佐野修, 中山芳樹, 横山幸也, 平田篤夫, 神岡鉱山跡津川坑内における地殻応力測定結果について, 東濃地震科学研究所報告, 印刷中, 2007

佐野修, 横山幸也, 小川浩司, 折田隆三, 中山芳樹, 板本昌二, 桑原和造, 陳渠, 平田篤夫, 水田義明, ポアホールジャッキ式応力測定法の妥当性の検討, 第 28 回西日本岩盤工学シンポジウム論文集, 65-70, 2007

島田誠一・風神朋枝, 2007, 伊豆半島・駿河湾西岸域の国土地理院と防災科研のGPS観測網による地殻変動の観測(2005年2月~2006年11月), 地震予知連絡会報, 77, 184-189.

島田誠一・風神朋枝, 2007, 伊豆半島・駿河湾西岸域の国土地理院と防災科研のGPS観測網による地殻変動の観測(2005年8月~2007年5月), 地震予知連絡会報, 78, 217-223.

杉本慎吾・田所敬一・奥田 隆・渡部 豪・武藤大介・木元章典・佐柳敬造・長尾年恭・生田領野, 海底地殻変動観測における海中の温度・圧力連続計測, 日本地震学会秋季大会, 仙台, 2007 年 10 月.

鈴木啓・雨貝知美・藤原みどり・和田弘人・飛田幹男・矢来博司(2008):衛星合成開口レーダーを用いた平成 19 年(2007 年)中越沖地震に伴う地殻変動の検出, 国土地理院時報

Tadokoro, K., M. Ando, T. Okuda, S. Sugimoto, T. Watanabe, Y. Aizawa, J. Yasuda, and M. Kuno, Observation of Seafloor Crustal Deformation at the Nankai Margin, Japan, Proceedings of Underwater Technology, 2007.

田所敬一・安藤雅孝・奥田 隆・杉本慎吾・相澤義高・渡部 豪・生田領野・久野正博, 熊野灘・駿河湾における海底地殻変動繰り返し観測, 地球惑星科学連合大会, 千葉, 2007 年 5 月.



- Watanabe, T., K. Tadokoro, S. Sugimoto, T. Okuda, D. Muto, A. Kimoto, and M. Kuno, Estimation of interplate coupling at the Nankai Trough based on observation of ocean bottom crustal deformation at the Kumano Basin, AGU Fall Meeting, San Francisco, California, 2007.
- Watanabe, T., Furukawa, T., Hasada, Y., Ikuta, R., Yamaoka, K., Time-evolution of later phases in the transfer functions obtained by a permanent seismic source and receivers (ACROSS), Eos Trans. AGU, 88(52), Fall Meet. Suppl., Abstract NG41A-0147, 2007.
- 山内常生・清水茂治郎・黒柳正恵・大西正臣, 充電式歪計の開発と深さ200m前後の水平ボーリング孔における歪み観測, 東濃地震科学研究所報告, 地殻活動研究委員会報告書(平成19年度), 21, 99-109, 2007.
- Yokobiki, T., E. Araki, T. Goto and K. Asakawa, "Time-synchronization System for Cabled Observation Systems", Proc. International Offshore and Polar Engineering Conference 2007, pp1121-1125, 2007.



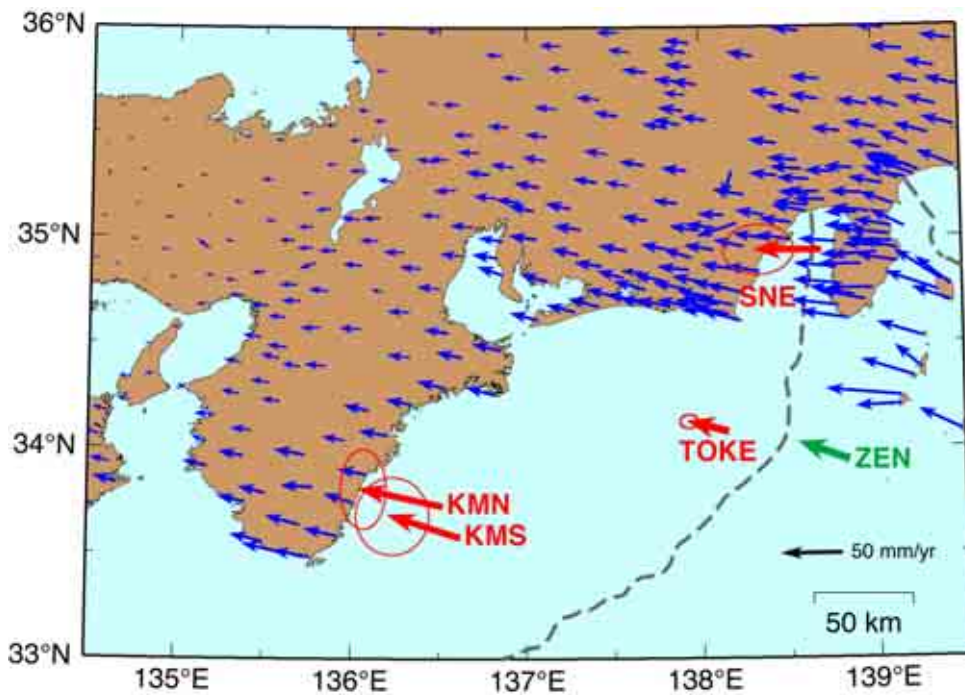


図 48：複数機関による海底地殻変動観測結果の一例。南海トラフ周辺における変位速度ベクトル。アムールプレートに対する変動が示されている。SNE（および KMN, KMS）が名古屋大学・東海大学（・三重県）の観測による結果。TOKE は、海上保安庁 [ 2007 ] による同様の観測システムによる結果。ZEN は、田部井ほか [ 2006 ] による銭洲岩礁での GPS 観測結果。陸上の矢印は、国土地理院 GEONET による観測結果（畑中ほか [ 2003 ] による）（名古屋大学 [ 課題番号 1706 ] ）。



図 49：新しく開発した光ケーブル式海底地震計。A/D 変換部、CPU 等の主要回路部（左図）および地震計の断面模式図（右図）（東京大学地震研究所 [ 課題番号 1418 ] ）。

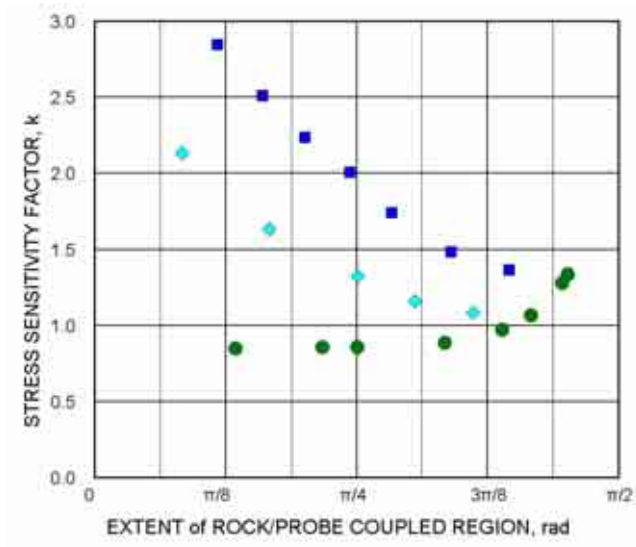


図 50：岩盤と応力測定棒の密着範囲と感度係数の関係。 □：载荷軸方向を基点に密着範囲が拡大した場合、◇：密着位置が 80 度に固定したまま载荷軸方向に非接触領域を作った場合、●：密着位置が 75 度の場合。(東京大学地震研究所[課題番号：1419])

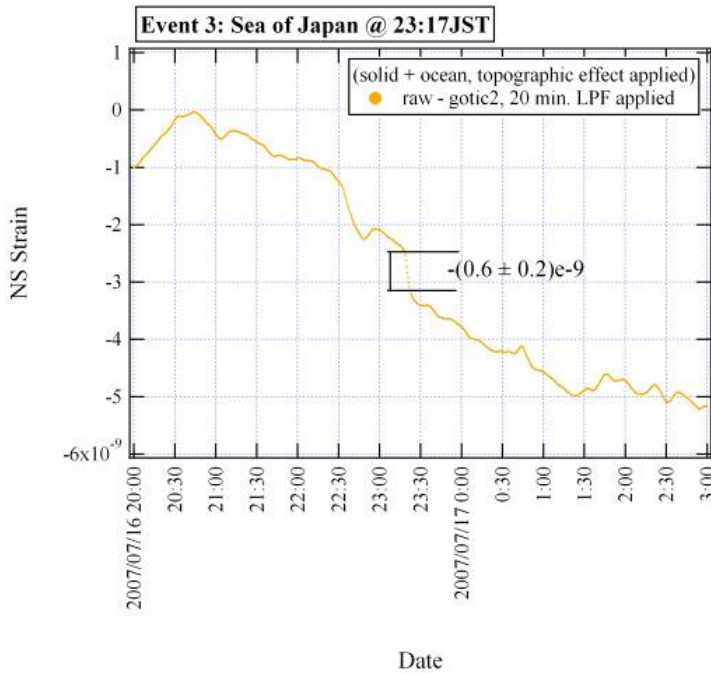


図 51：日本海地震(2007年7月16日。深さ約370km。M6.7)にともなう歪ステップ。絶対歪計で観測された長さ変化を歪に換算して表示されている(東京大学地震研究所[課題番号：1419])

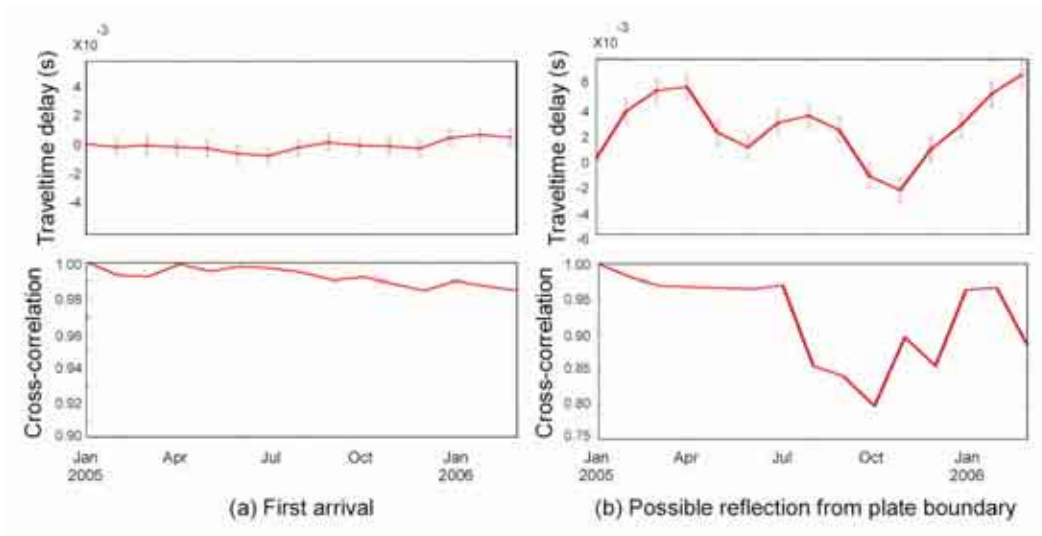


図 52 : Hi-net 鳳来観測点で記録された各波群の時間変化、(a)初動部分、(b)プレート境界反射波と解釈された波群 (名古屋大学[課題番号 : 1708] )、

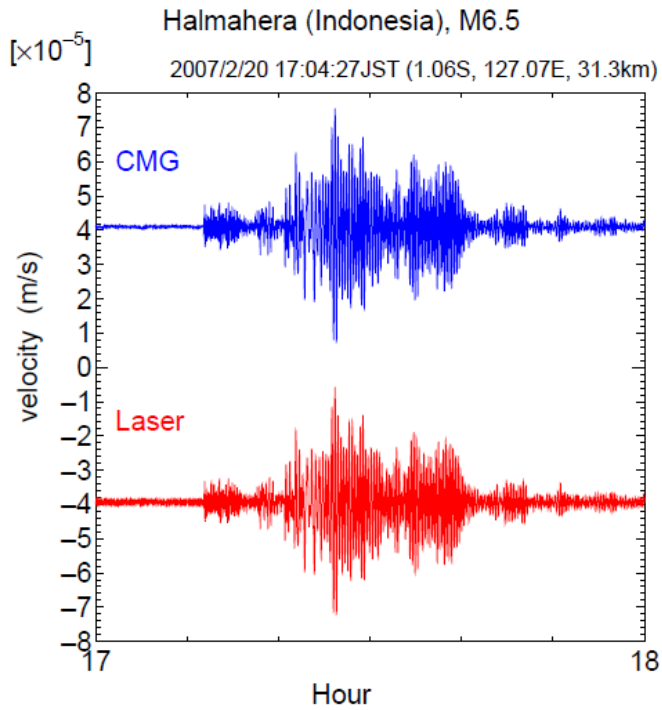


図 53 : レーザー地震計と広帯域地震計(CMG)の同一地震に対する振幅の比較。3.6%の精度で一致している (東京大学地震研究所[課題番号 : 1420] )

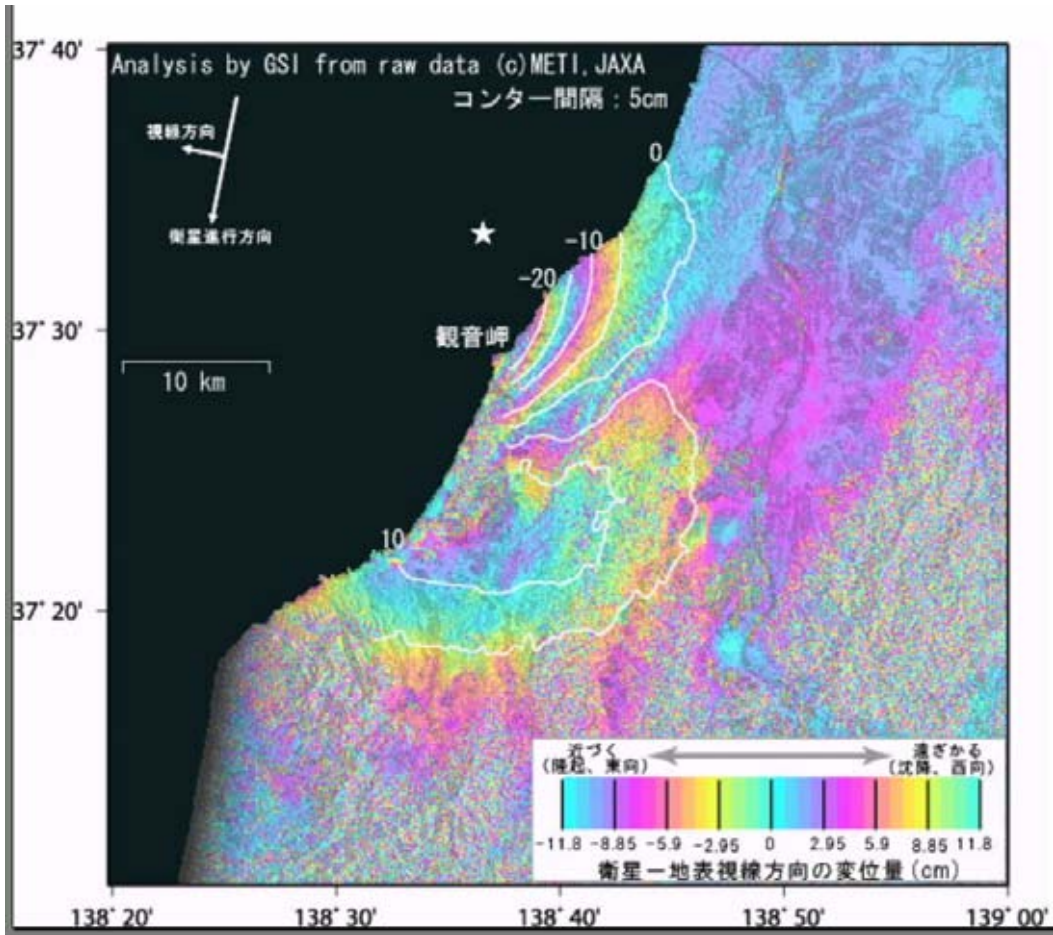


図 54：平成 19 年新潟県中越沖地震の干渉 SAR による地殻変動分布。[国産の地球観測衛星「だいち」に登載された SAR による干渉画像。東南東上空の衛星と地表の間の距離の変化](#) (国土地理院[課題番号：6022])

コメント [m9]: 2 3 .