

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 19 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2016

課題番号：15K13559

研究課題名(和文) 高感度重力場変動計測による巨大地震即時検知

研究課題名(英文) Instantaneous detection of mega earthquakes by precise gravity field measurement

研究代表者

綿田 辰吾 (watada, shingo)

東京大学・地震研究所・助教

研究者番号：30301112

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：木村他(2016、日本地震学会秋季大会予稿集)は、既存の地震発生時の重力変動理論に従い、2011年東北地方太平洋沖地震の震源断層モデルを利用し、国内の多種・多点の地震計・重力計で想定される地震波到着前の重力場変動を計算した。同時に、国内の重力計や広帯域地震計記録の解析も進め観測値と理論値を比較したところ、予測される重力信号が雑音信号より高いと推定された観測点で検出されるべき重力変動は観測データ中に見出せなかった。多種・多点の観測点のデータからも理論値通りの重力場変動が検出されなかった。理論予測と観測データ解析の結果は矛盾し、重力測定原理まで立ち返った測定論・観測論の見直し問題が浮上してきた。

研究成果の概要(英文)：We have not detected the coseismic gravity perturbation before the arrival of seismic waves. The signal amplitude of theoretical signal waveforms based on a 2011 Tohoku earthquake source model is expected to be larger than the noise amplitude of the observed data. Since all of multi-component array observation of gravimeters, seismometers and tiltmeters failed to detect signals, we start reconsider the observation problem of gravity measurements with the instruments on the ground.

研究分野：固体地球科学

キーワード：重力 地震即時検知 重力測定 超伝導重力計 広帯域地震計 傾斜計 重力変化 巨大地震

1. 研究開始当初の背景

2011年東北地方太平洋沖地震(M 9.0)は、観測史上最大クラスの断層運動であった。断層面破壊開始から22秒後に陸地震観測点で最初のP波が、40秒後には地震主要動(S波)が三陸沿岸到達した。断層運動は地震波を放出しながら周囲の岩盤内の密度の時間・空間変化を引き起す。地震波の伝播速度はマントル上部では約8 km/sと有限であるため、断層運動が発生してからP波到着まで、地震動は計測されない。一方、断層運動に伴う質量分布の変化は瞬時(=光速)に周囲の重力場に反映され、断層変形が完了するまで変動し続ける。地震が生み出す重力場変動は、Harms et al.(2015)が、断層運動と震源時間関数を含む形で理論予測されている。

2. 研究の目的

2011年東北沖地震発生時に、地震波到達前に到達している微弱な重力場変化を、これまでに発表された震源断層運動モデルとHarms et al.の理論式から理論予測する。同時にF-net 広帯域地震計・Hinetの高感度地震計・傾斜計・超伝導重力計・重力歪計(TOBA、Torsion Bar Antenna、捩振子型低周波重力波検出機)などの記録解析から検出を試みる。本研究の特色は地震計・傾斜計を高感度重力計とみなし、日本全国に稠密に展開している地震計・傾斜計・超伝導重力計、重力歪計記録から、地震断層運動に伴う微弱な重力変動検出を行う点にある。また、断層メカニズムに対応する重力変化ベクトルの震源からの方位依存性、重力変化距離減衰項、震源での滑り量の時間変化を表す震源時間関数を含む理論地震重力記象との比較から、地震断層運動起源の重力場変動検出を確実にする。地震学の多点多成分同時観測データ解析手法として発展・応用されてきた手法・知見を総動員し、巨大地震断層運動による重力場変化を地震波到達前に検知する。地震波到達前の重力場変化検出は、緊急地震時速報の革新的技術改善や、動的断層運動の新たな観測窓として重力場観測技術の確立につながる。

3. 研究の方法

(1) 時間変動する理論重力予測の計算

無限弾性体媒質中の震源断層運動により生じる重力変化は、地中の小断層のずれの運動時間履歴が与えられると、ずれの履歴($M_0(t)$, 震源時間関数)と時間との多重畳み込み積分に比例し、断層メカニズムに依存した方位分布をもつ重力ポテンシャル場から求められる。時間変動する重力場は全断層領域の寄与を合わせた重力ポテンシャルの空間微分として与えられる。重力歪みは重力ポテンシャルの空間微分なので、TOBAなどの重力歪計の理論記象も求められる。2011年東北地方太平洋沖地震の有限断層破壊モデルから、時間変化する重力場の各観測点での理論重値、すなわち理論記象を計算する。

(2) 地震前後の連続重力観測データの収集
2011年東北地方太平洋沖地震発生時に稼働していた、高感度地震計(防災科研 Hinet)・ポアホール傾斜計(防災科研 Hinet)、広帯域地震計(防災科研 F-net)、超伝導重力計(水沢(NAO)、神岡(ERI/NAO)、松代(ERI/JMA))、重力歪計(東京(U. Tokyo)、京都(Kyoto U.))などの各種連続重力測定装置が取得していたデータを収集する。

(3) データ解析手法の開発

予察の見積によると、2011年東北沖地震のP波到着前の重力場の変化量は東北地方太平洋沿岸(震央距離200km)でおおよそ $4 \mu\text{gal}$ で、Hinet 傾斜計の背景ノイズの重力換算値 $10\text{-}30 \mu\text{gal}$ は重力変化信号強度に比べ2-8倍ほど大きい。確実な地震波到着前の検出のためには、多点同時観測データから重力変化信号を取り出す技術を磨く必要がある。国内に重力変化に敏感な計測器が地表に多点・面的に分布している点を利用し、単一超高感度重力センサーとは異なる検出解析法を開発・高度化させる。単純な多点の重合記録作成から始まり、波数・周波数領域フィルタ解析法を駆使した地動ノイズ(主に背景表面波)除去、多点・多成分の予測理論重力場変動を使ったMatched filterによるSN比向上など、様々な解析手法を開発し、実際のデータに適用していく。

(4) 地震波に先行する重力変化検出・検証
開発された地震観測網データ解析手法で地震波到着前に重力場変化が検出されれば、高感度・高精度な超伝導重力計や重力歪計記録中に、矛盾のない(=検出が否定されない)重力変化の有無を調査する。

4. 研究成果

木村他(2016、日本地震学会秋季大会予稿集)は、既存の地震発生時の重力変動理論に従い、2011年東北地方太平洋沖地震の震源断層モデルを利用し、国内の多種・多点の地震計・重力計で想定される地震波到着前の重力場変動を計算した。同時に、国内の重力計や広帯域地震計記録の解析も進め観測値と理論値を比較したところ、予測される重力信号が雑音信号より十分高いと推定された観測点で検出されるべき重力変動は観測データ中に見出せなかった。

多種・多点の観測点のデータからも理論値通りの重力場変動が検出されなかった。理論予測と観測データ解析の結果とは矛盾し、重力測定原理まで立ち返った測定論・観測論の見直し問題が浮上してきた。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計 18 件)

1. Yoshimoto, M., S. Watada, Y. Fujii and K. Satake, Source estimate and tsunami forecast from far-field deep-ocean tsunami waveforms – the 27 February

- 2010 Mw 8.8 Maule earthquake, *Geophysical Research Letters*, 43, 659-665, 2016, doi:10.1002/2015GL067181, 査読有
2. Nagorny, V. D., S. Svitlov, A. Araya, Improving absolute gravity estimates by the Lp-norm approximation of the ballistic trajectory, *Metrologia*, 53, 754-761, 2016, doi:10.1088/0026-1394/53/2/754, 査読無
3. 新谷昌人・他, 海底鉱床探査のための移動体搭載型重力偏差計の開発, *海洋調査技術*, 28, 29-32, 2016, 査読無
4. M. Ichihara, T. Kusakabe, N. Kame, H. Kumagai, On volume-source representations based on the representation theorem, *Earth Planets Space*, 68, 14, 2016, doi:10.1186/s40623-016-0387-3, 査読有
5. 日下部哲也・亀伸樹・市原美恵・熊谷博之, 表現定理とグリーン関数(2) 体積震源のモーメントテンソル表現, *地震*, 68, 169-176, 2016, doi:10.4294/zisin.68.169-176, 査読有
6. 水野尚人・亀伸樹・市原美恵, 楕円体体積震源モーメントテンソル評価のための Web 計算ツール 3 つのモデルの順計算と逆計算:(1) 膨張,(2) 流体移動,(3) 流体移動後の圧力回復一, *火山*, 61, 449-457, 2016, 査読有
7. 新谷昌人・他, 海底鉱床探査のための移動体搭載型重力偏差計の開発, *海洋調査技術*, 28, 29-32, 2016, 査読無
8. 新谷昌人, 光ファイバーネットワークを用いた地震・津波・地殻変動の計測技術に関する研究, *東北大学電気通信研究所研究活動報告*, 22, 241-243, 2016, 査読無
9. 安東正樹, 重力波望遠鏡を用いた地震速報, *日本物理学会誌*, 71, 636-639, 2016, 査読有
10. Eda K., A. Shoda, Y. Kuwahara, Y. Itoh, M. Ando, All-sky coherent search for continuous gravitational waves in 6-7 Hz band with a torsion-bar antenna, *Progress of Theoretical and Experimental Physics*, 1, 011F91, 2016, 10.1093/ptep/ptv179, 査読有
11. Nakamura T. Ando M., Kinugawa T., et al., Pre-DECIGO can get the smoking gun to decide the astrophysical or cosmological origin of GW150914-like binary black holes, *Progress of Theoretical and Experimental Physics*, 9, 930, 2016, doi:10.1093/ptep/ptv127, 査読有
12. Kuwahara Y, A. Shoda, K. Eda, M. Ando, Search for a stochastic gravitational wave background at 1-5 Hz with a torsionbar antenna, *Physical Review D*, 94, 42003, 2016, doi:10.1103/PhysRevD.94.042003, 査読有
13. Gusman. A., S. Murotani, K. Satake, M. Heidarzadeh, E. Gunawan, S. Watada, B. Schurr, Fault slip distribution of the 2014 Iquique, Chile earthquake estimated from ocean-wide tsunami waveforms and GPS data, *Geophysical Research Letters*, 42, 1053-1060, 2015, doi:10.1002/2014GL062604, 査読有
14. Heidarzadeh M., K. Satake, S. Murotani, A. R. Gusman, S. Watada, Deep-water characteristics of the trans-Pacific tsunami from the 1 April 2014 Iquique, Chile earthquake, *Pure and Applied Geophysics*, 172, 719-730, 2015, doi:10.1007/s00024-014-0983-8, 査読有
15. N. Mizuno, M. Ichihara, N. Kame, Moment tensors associated with the expansion and movement of fluid in ellipsoidal cavities, *Journal of Geophysical Research*, 120, 6058-6070, 2015, doi:10.1002/2015JB012084, 査読有
16. 今西祐一・大井拓磨, PET ボトルを用いた簡易型積雪重量計の開発, *雪氷*, 77, 191-199, 2015, 査読無
17. Araya, A., et al., Development and demonstration of a gravity gradiometer onboard an autonomous underwater vehicle for detecting massive seafloor deposits, *Ocean Engineering*, 105, 64-71, 2015, 10.1016/j.oceaneng.2015.06.008, 査読有
18. K. Okutomi, T. Akutsu, M. Ando, et al., Residual Gas Noise in the Test-mass Module for DECIGO Pathfinder, *Journal of Physics Conference Series*, 610, 12040, 2015, doi:10.1088/1742-6596/610/1/012040, 査読有
- [学会発表](計 50 件)
1. M. Ando, 重力波天文学入門, 第 23 回 ICEPP シンポジウム, 2017/2/19-2/20, 岳見山荘(長野県・白馬村)
2. 安東正樹, Observation of Gravitational Waves, *Physics in LHC and the Early Universe*, 2017/1/10, 東京大学(東京都・文京区)

3. 安東正樹, 宇宙重力波望遠鏡 B-DECIGO, 第17回 宇宙科学シンポジウム, 2017/1/06, 宇宙科学研究所 (神奈川県・相模原市)
4. Occhipinti, G., L. Rolland, S. Watada, J. Makela, A. Bablet, P. Coisson, P. Lognonne, H. Hebert, From Sumatra 2004 to Today, through Tohoku-Oki 2011: what we learn about Tsunami detection by ionospheric sounding, American Geophysical Union Fall Meeting, 2016/12/16, San Francisco (USA)
5. Heidarzadeh, M., T. Takagawa, K. Satake, A. Gusman, S. Watada, A. Sheehan, Ocean bottom seismometer pressure gauge observations of the 15 July 2009 Mw 7.8 Dusky Sound, New Zealand tsunami and simulations, American Geophysical Union Fall Meeting, 2016/12/15, San Francisco (USA)
6. Santanbata, O., S. Watada, K. Satake, H. Sugioka, A. Ito, H. Shiobara, Santanbata, O., S. Watada, K. Satake, H. Sugioka, A. Ito, H. Shiobara, volcanic tsunami earthquake near Torishima Island: Ray tracing analysis of dispersive tsunami wave, American Geophysical Union Fall Meeting, 2016/12/15, San Francisco (USA)
7. Fukao, Y., H. Sugioka, A. Ito, H. Shiobara, O. Sandanbata, S. Watada, K. Satake, Volcanic Tsunami Earthquake near Torishima Island: Array analysis of ocean bottom pressure gauge records, American Geophysical Union Fall Meeting, 2016/12/15, San Francisco (USA)
8. Satake, K., S. Watada, Y. Fujii, T. Doyama, Slip Distribution of Great Earthquakes Estimated from Deep Ocean Tsunami Waveforms: 2006 and 2007 Kuril Earthquake, American Geophysical Union Fall Meeting, 2016/12/14, San Francisco (USA)
9. Watada, S., Re-analyssi of normal mode spectra of the 1960 Chile earthquake, 日本チリ学術フォーラム, 2016/11/10, Puerto Natales (Chile)
10. 木村将也、亀伸樹、綿田辰吾、大谷真紀子、新谷昌人、今西祐一、安東正樹, 重力で地震発生を捉える(2)-地震重力変化の理論波形を用いたデータ解析-, 日本地震学会秋季大会, 2016/10/07, 名古屋国際会議場 (愛知県・名古屋市)
11. 深尾良夫・杉岡裕子・伊藤亜紀・塩原肇・三反畑修・綿田辰吾・佐竹健治, 2015年鳥島近海における火山性津波地震: 近地海底水圧計アレーによる波源解析, 日本地震学会秋季大会, 2016/10/07, 名古屋国際会議場(愛知県・名古屋市)
12. 三反畑修・綿田辰吾・佐竹健治・深尾良夫・杉岡裕子・伊藤亜紀・塩原肇, 2015年鳥島近海における火山性津波地震: 分散性を考慮した破線追跡, 日本地震学会秋季大会, 2016/10/07, 名古屋国際会議場(愛知県・名古屋市)
13. 藤井雄士郎・堂山俊貴・佐竹健治・綿田辰吾, 弾性地球と結合した津波波形を用いたインバージョンによる2006年11月と2007年1月千島列島沖地震の滑り分布, 日本地震学会秋季大会, 2016/10/07, 名古屋国際会議場(愛知県・名古屋市)
14. 木村将也・亀伸樹, 重力で地震発生を捉える(3) -重力変化と重力勾配変化の理論記象のモーメントテンソル表現-, 日本地震学会秋季大会, 2016/10/06, 名古屋国際会議場(愛知県・名古屋市)
15. 日下部哲也・亀伸樹, 2次元動的破壊問題で必要となるXBIEM核関数の全導出, 日本地震学会秋季大会, 2016/10/06, 名古屋国際会議場(愛知県・名古屋市)
16. M. Ohtani, N. Kame, M. Nakatani, Modeling large precursory slip at the deeper extension of the seismic region along the Nankai Trough, SW Japan -Interaction between slow slip events and brittle nucleation-, ESC General Assembly. 2016/9/5, Trieste (Italy)
17. M. Ando, KAGRA: a Cryogenic Interferometric Gravitational-Wave Antenna, Gravitational Wave Astronomy with Present and Future Detectors, 2016/8/22, Yangpyeong (Korea)
18. Sandanbata, O., S. Watada, K. Satake, Y. Fukao, H. Sugioka, A. Ito, H. Shiobara, 2015 Torishima Tsunami Earthquake; Ray Tracing Analysis of Dispersive Tsunami Wave, Asia Oceania Geoscience Meeting, 2016/7/26, Beijing (China)
19. Doyama, T., S. Kusumoto, S. Watada, K. Satake, and Y. Fujii, Slip Distribution of the November 2006 and January 2007 Kuril Earthquakes from Inversion of Phase-Corrected Tsunami Waveforms, Asia Oceania Geoscience Meeting, 2016/7/26, Beijing (China)

20. 堂山俊貴・楠本聡・綿田辰吾・佐竹健治・藤井雄士郎, 位相補正した津波波形インバージョンによる 2006 年・2007 年千島列島沖地震のすべり分布, 日本地球惑星連合大会, 2016/5/25, 幕張メッセ (千葉県・千葉市)
21. 村山貴彦・新井伸夫・岩國真紀子・今西祐二・綿田辰吾, 津波早期検知に向けた精密気圧観測網の整備状況, 日本地球惑星連合大会, 2016/5/25, 幕張メッセ (千葉県・千葉市)
22. 深尾良夫・杉岡裕子・伊藤亜紀・塩原肇・三反畑修・綿田辰吾・佐竹健治, 2015 年鳥島津波地震: 海底水圧計アレーによる近距離での津波観測, 日本地球惑星連合大会, 2016/5/25, 幕張メッセ (千葉県・千葉市)
23. 三反畑修・綿田辰吾・佐竹健治・深尾良夫・杉岡裕子・伊藤亜紀・塩原肇, 2015 年鳥島津波地震: 分散性を考慮した津波波線追跡, 日本地球惑星連合大会, 2016/5/25, 幕張メッセ (千葉県・千葉市)
24. 大谷真紀子・亀伸樹・中谷正生, 南海トラフ巨大地震発生領域深部で発生する大きな前兆すべりのモデル化, 日本地球惑星科学連合大会, 2016/5/25, 幕張メッセ (千葉県・千葉市)
25. 安東正樹, 重力波天文学の幕開けと将来 The First Direct Detection of Gravitational Wave, Space Science Colloquium, 2016/4/27, 宇宙航空研究開発機構 (神奈川県・相模原市)
26. Masaki Ando, KAGRA : a Gravitational-Wave Antenna in Japan, Korean Physical Society Spring Meeting, 2016/4/21, Daejeon (Korea)
27. N. Kame, N. Mizuno, M. Ichihara, Moment tensors associated with the expansion and movement of fluid in ellipsoidal cavities, European Geophysical Union Annual Meeting, 2016/4/20, Vienna (Austria)
28. M. Ohtani, N. Kame, M. Nakatani, Simulated precursory large aseismic slip at the deeper extension of the seismic region along the Nankai Trough, European Geophysical Union Annual Meeting, 2016/4/20, Vienna (Austria)
29. 下田智文, 有富尚紀, 桑原祐也, 道村唯太, 正田亜八香, 麻生洋一, 高橋竜太郎, 山元一広, 安東正樹, 下田智文, 有富尚紀, 桑原祐也, 道村唯太, 正田亜八香, 麻生洋一, 高橋竜太郎, 山元一広, 安東正樹, ねじれ振り子型重力波検出器 TOBA の開発(1), 日本物理学会 第 71 回年次大会, 2016/3/21, 東北学院大学泉キャンパス(宮城県・仙台市)
30. 有富尚紀, 下田智文, 桑原祐也, 道村唯太, 正田亜八香, 麻生洋一, 高橋竜太郎, 山元一広, 安東正樹, ねじれ振り子型重力波検出器 TOBA の開発 (2), 日本物理学会 第 71 回年次大会, 2016/3/21, 東北学院大学泉キャンパス (宮城県・仙台市)
31. T. Shimoda, M. Ando, Design of New TOBA - Vibration Isolation Systems, Low Frequency Gravitational Wave Antenna Workshop, 2016/3/03, Canberra (Australia)
32. M. Ando, Torsion Bar Antenna Experiments, Low-Frequency Gravitational Wave Antenna Workshop, 2016/3/02, Canberra (Australia)
33. Yoshimoto, M., Y. Yamanaka, S. Watada, Y. Fujii, K. Satake, Toward rapid and precise source analysis using teleseismic body waves: In case of the 2010 Chile earthquake, 米国地球物理学連合秋季大会, 2015/12/18, San Francisco (USA)
34. T. KUSAKABE, N. KAME, Derivation of XBIEM kernels for anti-plane/in-plane problems and implementation in anti-plane rupture simulation crossing bimaterial interface, 米国地球物理学連合秋季大会, 2015/12/18, San Francisco (USA)
35. Occhipinti, G, L. Rolland, S. Watada, P. Coisson, F. Aden-Antoniow, A. Bablet, P. Lognonne, J. J. Makela, From Sumatra 2004 to Tuhoku-Oki 2011: what we learn about Tsunami detection by ionospheric sounding, 米国地球物理学連合秋季大会, 2015/12/15, San Francisco (USA)
36. S. Watada, Re-analysis of the normal mode spectra of the 1960 Chile earthquake, 米国地球物理学連合秋季大会, 2015/12/14, San Francisco (USA)
37. 木村将也, 亀伸樹, 綿田辰吾, 大谷真紀子, 新谷昌人, 今西祐二, 安東正樹, 重力で地震発生を捉える一断層の動的破壊に伴う重力変化検出の理論的検討一, 日本地震学会秋季大会, 2015/10/27, 神戸国際会議場 (兵庫県・神戸市)
38. 日下部哲也・亀伸樹, 表現定理とグリーン関数(1)一全無限グリーン関数による有限領域の弾性変形場の表現一, 日本地震学会秋季大会, 2015/10/27, 神戸国際会議場 (兵庫県・神戸市)

39. 日下部哲也・亀伸樹・市原美恵・熊谷博之, 表現定理とグリーン関数(2) - 体積震源のモーメントテンソル表現 -, 日本地震学会秋季大会, 2015/10/27, 神戸国際会議場(兵庫県・神戸市)

40. 今西祐一・名和一成・杉原光彦・宮川歩夢・田村良明・池田博, 神岡における絶対重力測定と長期的重力変化, 日本測地学会講演会, 2015/10/14-10/16, 九州大学西新プラザ(福岡県・福岡市)

41. N. KAME, M. ICHIHARA, T. KUSAKABE, H. KUMAGAI, Volume Source Representations: A Unified Explanation Based on the Representation Theorem, Asia Oceania Geoscience Society Annual Meeting, 2015/8/07, Singapore (Singapore)

42. Gusman, A. R., S. Murotani, K. Satake, M. Heidarzadeh, and S. Watada, Rupture process of the 2014 Iquique, Chile earthquake estimated from tsunami waveforms, teleseismic body waves, International Union of Geodesy and Geophysics, General Assembly, 2015/6/22-2015/7/02, Prague (Czech)

43. Heidarzadeh, M., K. Satake, S. Watada, A. Gusman, Characteristics of far-field propagation of recent trans-Pacific tsunamis, International Union of Geodesy and Geophysics, General Assembly, 2015/6/28, Prague (Czech)

44. Occhipinti, G., L. Rolland, S. Watada, P. Coisson, P. Lognonne, H. Hebert, J. Makela, From Sumatra 2004 to Tuhoku-Oki 2011: what we learn about Tsunami detection by ionospheric sounding, International Union of Geodesy and Geophysics, General Assembly, 2015/6/28, Prague (Czech)

45. N. KAME, M. ICHIHARA, T. KUSAKABE, H. KUMAGAI, Volume source representations: a unified explanation based on the representation theorem, International Union of Geodesy and Geophysics, General Assembly, 2015/6/28, Prague (Czech)

46. Y. Kuwahara, A. Shoda, K. Eda, M. Ando, Search for stochastic gravitational wave background at 1-3 Hz with Torsion-bar Antenna, Gravitational Wave Physics and Astronomy Workshop 2015, 2015/6/17-6/20, インテックス大阪国際会議場(大阪府・大阪市)

47. 今西祐一・名和一成・田村良明・池田博・

宮地竹史, 石垣島における水平加速度の超伝導重力計への影響, 日本地球惑星科学連合年大会, 2015/5/24-5/30, 幕張メッセ(千葉県・千葉市)

48. 今西祐一・大井拓磨, PET ボトルを用いた簡易型積雪重量計の開発, 日本地球惑星科学連合年大会, 2015/5/24-5/30, 幕張メッセ(千葉県・千葉市)

49. Gusman, A. R., Murotani, S., Satake, K., Heidarzadeh, M., Gunawan, E., Watada, S., and Schurr, B, Fault slip distribution of the 2014 Iquique, Chile, earthquake estimated from ocean-wide tsunami waveforms and GPS data. 2015/5/25, 幕張メッセ(千葉県・千葉市)

50. M. Ando, A. Shoda, K. Yamamoto, Y. Aso, R. Takahashi, Lessons learned and the next steps of Torsion-Bar Antenna experiments, Gravitational Wave Advanced Detector Workshop 2015, 2015/5/19, Girdwood (USA)

〔図書〕(計 2 件)

1. 安東正樹, 講談社, 重力波とはなにか, 317, 2017

2. 安東正樹(共著), 丸善出版, 理科年表重力波の初観測と重力波天文学の幕開け, 1104(175-176), 2017

6. 研究組織

(1) 研究代表者

綿田 辰吾(WATADA, Shingo)

東京大学・地震研究所・助教

研究者番号: 30301112

(2) 研究分担者

亀伸樹(KAME, Nobuki)

東京大学・地震研究所・准教授

研究者番号: 90304724

新谷 昌人(ARAYA, Akito)

東京大学・地震研究所・教授

研究者番号: 30272503

今西 祐一(IMANISHI, Yuichi)

東京大学・地震研究所・准教授

研究者番号: 30260516

安東 正樹(ANDO, Masaki)

東京大学・大学院理学系研究科・准教授

研究者番号: 90313197