

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 21 日現在

機関番号：56401

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2009～2013

課題番号：21221007

研究課題名(和文)GPS海洋ブイを用いた革新的海洋・海底総合防災観測システムの開発

研究課題名(英文)A Development of Innovative Disaster Prevention System using GPS Buoy with Sea and Submarine Observation Equipment

研究代表者

寺田 幸博(TERADA, Yukihiro)

高知工業高等専門学校・環境都市デザイン工学科・その他

研究者番号：30442479

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 165,200,000円、(間接経費) 49,560,000円

研究成果の概要(和文)：津波を沖合で検知するGPS津波計の開発を進めている。これまでに実用された計測システムをより沖合に展開するには、GPS測位法の改良と陸上へのデータ伝送方法の改良が必要であった。まず、GPS海洋ブイ上で取得できるGPSデータだけで精密に単独測位出来る測位法を明らかにした。次に、準天頂衛星初号機「みちびき」と技術試験衛星 型「きく8号」を用いて、ブイ上で津波データを求めて、その結果を伝送出来ることを示した。これらの技術開発に基づいて、世界の大洋のどこにでも設置出来るGPS津波計測システムを室戸岬沖の実験機で実証的に提示した。

研究成果の概要(英文)：A new tsunami observation system has been developed, which employs the GPS technology to detect a tsunami before it reaches the coast. After a series of preliminary experimental studies, the GPS buoy system is employed along the Pacific coast and Japan sea coast. Currently, the GPS buoy system uses RTK (Real Time Kinematic) method which requires land base for precise positioning of the buoy. This limits the distance of the buoy from the coast at most 20km. There are two problems to be conquered, one is the precise GPS positioning and the other is the data transmission methods. The algorithm of PVD (Point precise Variance Detection) method and PPP-AR (Precise Point Positioning with Ambiguity Resolution) method are successfully under examination in the Muroto GPS buoy. Also, the satellite communication system using QZSS (Quasi-Zenith Satellite System) and ETS-VIII (Engineering Test Satellite VIII) were introduced for this GPS tsunami observation system experimentally.

研究分野：総合・新領域, 複合新領域

科研費の分科・細目：社会・安全システム科学, 社会システム工学・安全システム

キーワード：都市・社会防災 津波 波浪 GPS津波計 海底地殻変動

1. 研究開始当初の背景

津波の被害から住民と国土を守ることの重要さは多言を要しない。一方で、従来の津波警報、注意報が地震の情報に基づいた津波伝播シミュレーション計算だけで予報されていることの問題があった。実際の計測値を反映させた確実な情報を発信するには、沖合での津波計測システムの開発が強く望まれていた。この課題の抜本的解決に向け、それまでにあった計測方法とは全く異なった方式の GPS 津波計を開発してきた。

岩手県大船渡市沖に設置した実験用 GPS 津波計測システムで 2003 年 6 月のペルー沖地震に伴う波高 10cm 程度の津波の検知に初めて成功したほか、2003 年 9 月の十勝沖地震に伴う津波の観測にも成功し、GPS 津波計によって cm オーダーの精度で津波を検知出来ることを示した。高知県室戸岬南方沖 13 km に設置した GPS 津波計では、2004 年に捉えた紀伊半島沖地震津波が、その振幅、位相共に伝播シミュレーションの結果と長時間にわたって良い相関を示し、GPS 津波計による観測データが学術的にも高い価値を持つことを示した。

これらの成果によって、「GPS 津波計」は国土交通省が運用している全国波浪観測網の一部として取り入れられ、「GPS 波浪計」として全国展開が開始されて実用に至った。この GPS 津波計に対して、さらなる機能アップを求める多くの要望が寄せられていた。

2. 研究の目的

GPS による津波の計測は、RTK (Real Time Kinematic) 法による精密測位をその基盤技術としていた。一方で、RTK 測位方式には、緯度経度標高が明らかな基準局の GPS データを必要とし、基準局と GPS 海洋ブイとの離岸距離は 20 km 程度が限界であった。海溝型巨大地震による津波の計測には、離岸距離 100 km 以上を目指す必要があり、GPS 測位法とデータ伝送方法の改良が要請されていた。また、GPS 津波計の役割は、沿岸住民にいち早く正確な観測結果を伝えると共に、より付加価値の高い津波情報として伝えることが望まれている。

この時点までの研究開発の中で、GPS 津波計による観測値と津波伝播シミュレーションが一致することを示してきた。これは、観測した津波波形から波源を推定することが可能であることを示唆している。すなわち、より正確な津波予報発信への可能性を提示したことになる。これらの課題と機能拡大を実現し、世界の津波予報への貢献を目指すことが技術開発の目標である。

GPS 津波計の沖合展開の技術開発を達成した後、これを維持管理するための方策を示すこともその適用上の重要な課題である。深刻な被害をもたらす数十年に一回程度の津波を待ち受けるには、GPS 津波計が日常的に使われている中で非常時に備えるコンセプト

が不可欠である。開発した GPS 津波計では、数秒から十数秒の周期をもつ波浪、数分から数時間の周期をもつ津波、日単位の周期をもつ潮汐の何れに対してもこの一つの測器で同じ精度で計測出来る。この優れた機能が、沿岸堤防や港湾の設計に必要なとする近海の波浪計測における実用化での大きいアドバンテージとなった。これにならって、さらに沖合いに展開する場合の日常的活用の方向性を示すことが必要である。

また、災害科学の観点からは開発された技術がどのように防災に活用できるのか、という視点が重要である。すなわち、津波観測ネットワークの監視データを取り込んだ津波予測数値解析の高度化などにも取り組む必要がある。また、当初は無線伝送技術とインターネットを組み合わせたリアルタイム監視システムを開発しただけであったが、地方自治体との連携によって災害弱者に対してもよりフレンドリーな公助情報の発信を考えて行かなければならない。

これらの課題を克服し、世界でも初めての総合的な海洋海底の地震・津波防災に資する防災システムを構築することを最終目的としている。

3. 研究の方法

本研究は、二つのステージを設定して進めてきた。第 1 のステージは、科研費基盤研究 (A) 17201038 から引き継いだ室戸岬西方沖 13km の GPS 津波計 (2008 年 4 月～2011 年 11 月) による継続的観測とそれをういた要素技術開発である。これに供した計測システムでは、全ての GPS 搬送波位相データを高知高専に集め、GPS 測位法の改良に取り組める環境を整えた。第 2 のステージは、開発した要素技術を組み込んで、さらに沖合のブイで観測システムを構築し、その有効性を実証することである。これには、室戸岬南方沖 35km に設置されている黒潮牧場 16 号ブイと陸上データ中継局として室戸青少年自然の家の上を借用して観測システムを構築し、GPS 波浪計・津波計・潮位計 (2012 年 4 月～) として機能させることとした。

4. 研究成果

室戸岬沖の実験サイトで得られるデータを用いて行った研究開発の成果を、要素技術ごとに示す。

(1) GPS 測位法

本開発の一連の研究の学術的効果に GPS 測位技術への貢献がある。GPS 津波計の測位方法に RTK 法を使っている限り、精度確保のための基準局の頸木から逃れることは出来ない。これへの対応として、基準局を用いない単独での測位を精度良く解析できる測位法を開発することが、研究目標達成への必然的な方向性であった。これまでに、PVD (Point precise Variance Detection) 法と名付けた測位法を開発し、日米加の特許として成立さ

せている。欧米を中心に発展してきた GPS 測位法の中での知的財産権を有する国産測位法である。室戸岬沖の実験機の波浪計測において、この測位法は RTK 法と同等の精度を有するとともに、長距離 RTK 法よりはるかに信頼度の高い計測法であることを実証した。ただ、この PVD 法には、長周期の海面変位には対流圏の水蒸気量や電離層の時間的変化との弁別に困難性があった。これについては原点に戻り、RTK 法の長距離化や従来からある PPP (Point Precise Positioning) 法の精度向上に取り組んだ。

室戸岬西方沖 13km 沖 GPS 津波計から約 50km 離れた高知高専屋上に基準局を設置して改良を進めた。これらの検討の結果、対流圏の水蒸気量を分布関数として与えることが測位の安定性の確保に効果的であることが明らかとなった。第 2 ステージの黒牧ブイ GPS 津波計において、この改良 RTK 法 (RTNet) を適用することによって、約 80km 離れた高知高専屋上の基準局との間で安定した測位結果を得ることが出来た。

PPP 法に関しては、研究協力者の Dr. Rocken らが、精密暦 (時計と軌道) を国土地理院の電子基準点から求め、これを用いて整数値不定性を解いた PPP-AR (Precise Point Positioning with Ambiguity Resolution) 法で RTK 法に迫る測位精度が得られることを明らかにした。第 2 ステージの黒牧ブイ GPS 津波計では、この PPP-AR 法も導入した。観測結果は、リアルタイムに図 1 に示す画面をホームページ上で公開し防災の 3 助 (自助, 互助, 公助) に貢献できるシステムであることを実証した。

(2) データ伝送

1) 400MHz 帯無線

沖合展開における長距離通信方式として気象援助局無線 (400MHz 帯, 1W) を適用するため、八木アンテナの多素子化、スタック、空間・周波数ダイバーシティ、フィルタ・アンプの使用などを検討し、室戸岬西方沖 GPS 津波計と約 50km 離れた三宝山 (高知県香南市, 標高 240m) との長期間の通信実験で良好な結

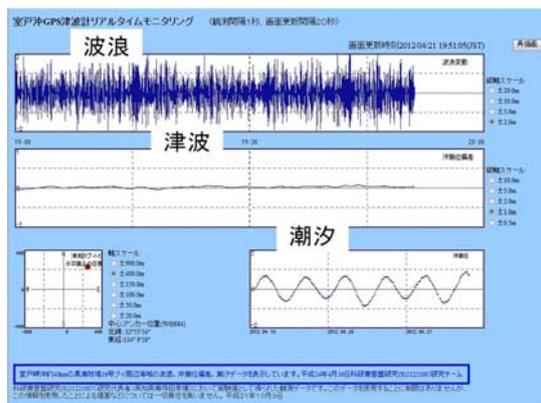


図 1 リアルタイムデータ公開
(<http://www.tsunamigps.com/>)

果を得た。この無線通信は、第 2 ステージの黒牧ブイ GPS 津波計において、海上からの無線通信の中継局 (標高 280m, 黒牧ブイとの距離約 40km) として借用した室戸青少年自然の家の上との間で長期間安定して機能した。

2) 衛星通信

本研究期間中に発生した東日本大震災で浮かび上がった GPS 津波計の課題は、沖合の津波の全波形を記録しながらも、停電による陸上通信網の寸断によって最大波であった第 1 波をリアルタイム配信した後にデータの配信が停止したことにあった。また、100km 超の海域ではその伝送手段が無いのが現実である。これらに対して、衛星通信が唯一の実現可能な方式と考えられる。

ブイ上でのリアルタイム精密単独測位 (PVD 法, PPP-AR 法) が実現していることから、測位結果としての海面変位データだけの伝送を考えれば、50bps 程度の伝送速度でも海面変位の情報伝送が可能である。このときの通信技術上の課題は、絶え間なく動き続ける GPS ブイに対応できる無指向性のアンテナの利得の不足である。これには、技術試験衛星「きく 8 号」が持つ外形 19m x 17m の大型展開アンテナ 2 面を活用し、これによって微弱電波の送受信を確保することができる。

ここでは、図 2 に示すように PPP-AR 法で必要とする精密暦を準天頂衛星初号機「みちびき」の LEX (L-band EXperiment) 信号に載せて放送的に発信し、「きく 8 号」によって、被害の無い遠隔地域に津波データを送る機能確認実験を行い、良好な結果を得た。将来、これらの研究成果を活用できる防災用通信衛星が打ち上げられることを切望している。

(3) 情報伝達

1) 津波シミュレーションと観測値の融合による精度・信頼性の高い津波予測

室戸岬沖に設置した GPS 津波計の津波の観測結果は、観測値を用いてシミュレーションの補正を行い、より正確な津波の到達高さや時刻を提供することに道を拓いた。南海トラ

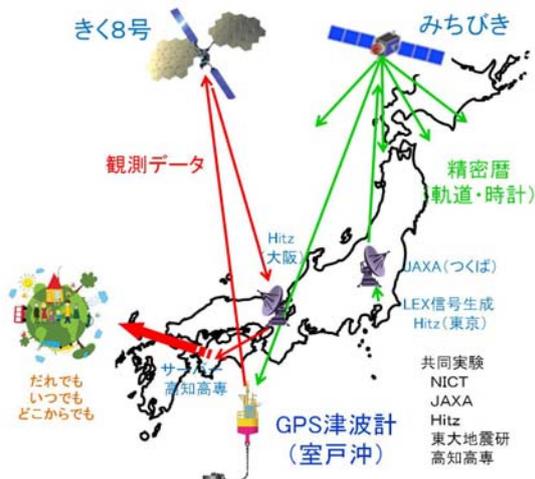


図 2 衛星通信を活用した GPS 津波計実験

フ沿いの地震津波は、東海から四国沖に設置される GPS 津波計により観測される。地震発生から 15 分間のこれらの観測データを使うことにより、津波第 1 波の到達時間や津波高さを予測可能であることを数値実験により明らかにした。

2) 住民にフレンドリーな情報発信

これまでの開発における津波情報の発信は、公的機関や地域住民へも一様にインターネットの利用を中心に実施してきた。加えて、災害弱者の情報受信に視点を移し、これまでの試行でその可能性の大きさを確認できたミニ FM 局の活用を図った。これを実証するために、実験に供している GPS 津波計の設置地域自治体である室戸市と協力して、避難場所として想定される同市内の小中学校 3 校にミニ FM 発信局を設置し、室戸岬西方沖の海象情報の伝達実験を行った。また、漁業、海岸工事の安全確保などに必要な海象・気象情報を日常的に発信しながら、非常時に備える機器の運用が理想的である。このことから、同市内の漁業関係機関にも海水温・流向流速・波浪などの日常的気象海象情報を発信できるミニ FM 局を設置してその利用状況調査を行い、携帯電話の QR コード利用による情報発信を含めて地域住民によりフレンドリーな伝達手段であることを確認し、それを支える技術を確認した。

(4) ブイシステム

水深 300m~2500m までの 5 ケースの水深に設置出来る GPS 海洋ブイの試設計を行った。室戸岬沖 100km 沖合の水深は約 2500m であり、その試設計結果から、高知県水産振興部がこの海域に展開している黒潮牧場 16 号ブイがその機能を有していることが明らかになった。そこで、沖合実験機としての利用を申し込み、ブイの安定計算を経て、第 2 ステージでの実験機として GPS 波浪計・津波計・潮位計として機能させることの許可を得た。

ブイの設置と揚収には、GPS 津波計の係留



図 3 揚収実験中の GPS 海洋ブイ

索を海底に展開してブイの海面変動への追従性を確保するなどの目的を達成できる施工計画と安全な海上作業の確保が重要な課題である。図 3 に示すように室戸岬西方沖 GPS 津波計を用いて揚収実験を実施し、係留系の耐久性設計に必要とする諸データを採取した。その結果、これまでの係留設計の妥当性を確認することが出来、今後の係留索摩耗設計に活用出来るデータを得ることが出来た。

(5) 海中音響システム

本研究開発の目指すところは革新的海洋・海底防災システムである。GPS 海洋ブイのもつ波浪計・津波計・潮位計の基本機能に加えて、多様な海洋観測機能を装備することが実用機の展開において重要である。ここでは、GPS 海洋ブイに容易に搭載出来る海中音響システムを用いて二つの技術課題に取り組んだ。第 1 に、海底地殻変動観測機として機能させることである。これまでの観測のために船舶で出動する方式ではなく、ブイでの常時観測と陸上へのデータ常時伝送による連続観測システムとすることを実験によって確認した。第 2 に、GPS の不備を補完する形で海中音響技術を組み合わせた海面変動観測機を指向した。これの計測アルゴリズムを内外 6 カ国に特許出願を行った。

(6) まとめ

GPS 津波計を核にした防災システムは、津波の襲来から沿岸住民の生命と財産を守ることにある。東北地方太平洋沖地震の際に、釜石沖に設置していた GPS 津波計のデータが気象庁の予報値の変更にも寄与できたことから、その活用に社会的な関心が高まった。これらのことから、気象庁は平成 25 年 3 月の津波警報内容変更にあたって、図 4 に示すように GPS 津波計による観測データを予測に活かして行くことにした。これによって、本研究の目指した公助情報への取り込みの目標を果たすことが出来た。

本研究の提案時点で提示した研究課題は全てに対応出来た。目標とした 100km 超えの離岸距離も制限が無いところまで進展し、大きく目標を上回ることができた。これらの成

- 沖合の観測データを監視し、沿岸の観測よりも早く、沖合における津波の観測値と沿岸での推定値を発表します。
- 予想よりも高い津波が推定されるときには、ただちに津波警報を更新します。

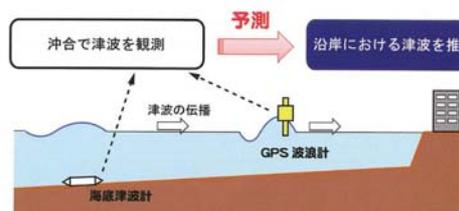


図 4 気象庁の新しい津波警報 (気象庁パンフレットより)

果を基礎にして実証試験にのぞんだ室戸岬沖の第2ステージ実験では、リアルタイムデータ公開 <http://www.tsunamigps.com/> を続けた。これにはGPS測位法として、波浪計測に精密単独変位計測法のPVD法を用い、津波と潮汐の計測には長距離対応RTK(RTNet)法と精密単独測位法のPPP-AR法をハイブリッド的に使用したことによって、安定した観測値を2年間にわたって継続して提供することができた。本研究の実験サイトである室戸岬周辺を中心に四国の太平洋沿岸の住民の方々が、室戸岬沖の波浪と津波のリアルタイムデータに期待を寄せていた。「いつでも、だれでも、どこからでも」このデータにアクセスできるようにしてきたことで、自助・互助に役立たせることへの要請にも応えることができた。

技術開発に加えて、津波防災にとって重要なことは沿岸住民の防災意識の充実である。これには、津波発生時の正確な予報が出されることが最も効果的である。また、津波に対する正しい知識をもつことも必要である。この視点で、「津波について考える」とのタイトルの出前授業を、高知県内10校の小中学生を対象にして実施した。これらは、研究成果の地域への還元の一環としても位置付けることができる。

GPS津波計は、開発当初にその基本機能を確認したところで国内特許の出願をし、特許第3803177号として成立している。この特許に対して2010年7月30日に常陸宮殿下妃殿下のご臨席のもと、全国発明賞を受賞したことはまことに光栄である。また、研究開発の節目節目でマスコミによって多くの報道(新聞報道:63件)がなされた。このように大所高所からの社会的認知の支援を受けていることは、次世代のGPS海洋ブイの展開が期待されていることの証と考えることができる。これを実現していくことによって、西太平洋全域で津波の広域情報をリアルタイムに得られることに加えて、本研究で明らかにした海底地殻変動の連続広域観測、陸上のGPS電子基準点を用いて実現されている可降水量推定のGPS気象学、電離層の消長を観測する宇宙天気予報などへGPS海洋ブイが利用されることになり、地球観測機としての重要な役割を果たすことになるであろう。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(抽出件数計10件/全31件)

- ①寺田幸博, 永井紀彦, 加藤照之, 越村俊一, 川口浩二, 松下泰弘; GPS海洋ブイ係留系の長期耐久特性に関する実証調査, 土木学会論文集B3(海洋開発), 印刷中(2014/6/20公開)
- ②寺田幸博; GPS津波計・波浪計を用いた防災システム, 計測と制御, Vol. 53, No. 6, 印刷中(2014/6発行)
- ③林里美, 越村俊一; 映像解析による2011

年東北地方太平洋沖地震津波の流速測定, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol. 68, No. 2, pp. 366-370, 2012

- ④白石悟, 永井紀彦, 川口浩二; 実測値に基づく洋上係留ブイの鉛直方向波浪応答特性の評価, 土木学会論文集B3(海洋開発), Vol. 68, No. 4, pp. 372-377, 2012
- ⑤Kato, T., Y. Terada, H. Nishimura, T. Nagai, and S. Koshimura; Tsunami records due to the 2010 Chile Earthquake observed by GPS buoys established along the Pacific coast of Japan, Earth Planets Space, Vol. 63, 2011, pp. e5-e8
- ⑥Terada, Y., T. Kato, T. Nagai, S. Koshimura, T. Miyake, H. Nishimura, S. Kunihiro; Development of a tsunami monitoring system using a GPS buoy, Proceedings of International Global Navigation Satellite Systems Society IGSS Symposium 2011, Peer Reviewed Paper 14, pp. 1-14
- ⑦Tatsumi, D., T. Tomita; Real-time Tsunami Inundation Prediction Using Offshore Tsunami Observation, Proceedings of 32nd International Conference on Coastal Engineering, 2010, currents. 3, 1-10
- ⑧Kato, T., Y. Terada, T. Nagai, S. Koshimura; Tsunami Monitoring System using GPS Buoy - Present Status and Outlook -, Proc. of the 2010 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, 978-1-4244-9566-5, 2010, pp. 3043-3046
- ⑨辰巳大介, 富田孝史; インバージョン手法を応用した即時的な津波浸水予測, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol. B2-65, No. 1, 2009, pp. 351-355
- ⑩宗本金吾, 越村俊一, 今村文彦; 海山列に着目した遠地津波の最大波遅延要因の分析と予報精度向上に向けての課題, 土木学会論文集B2(海岸工学), Vol. B2-65, No. 1, 2009, pp. 286-290

〔学会発表〕(抽出件数計10件/全55件)

- ①寺田幸博, 橋本剛正, 本橋修, 山本伸一, 和田晃, 加藤照之; 「みちびき」と「きく8号」を用いたGPS津波計の沖合展開, 日本地球惑星科学連合講演大会, 2014, パシフィコ横浜
- ②今田成之, 寺田幸博, 坂上啓, 田所敬一, 加藤照之; GPS津波計を活用したGPS-音響システムによる海底地殻変動の連続観測, 日本地球惑星科学連合講演大会, 2014, パシフィコ横浜
- ③舘畑秀衛, 寺田幸博, 加藤照之; 2004年紀伊半島沖地震津波-GPS津波計の水平変位に注目した解析, 地震学会2013秋季大会, 神奈川県民ホール
- ④寺田幸博, 山本伸一, 加藤照之, 中尾正博,

林稔, 永井紀彦; 沖合展開距離制限のない GPS 津波計の開発, 第 57 回宇宙科学技術連合講演会, 2013, 米子

- ⑤ Terada, Y., T. Kato, T. Nagai, K. Kawaguchi, S. Koshimura, and Y. Matsushita; An improvement of the GPS buoy system for detecting tsunami at far offshore, IAG, 2013, Potsdam
- ⑥ 寺田幸博, 加藤照之, 永井紀彦, 川口浩二, 越村俊一, 松下泰弘; 沖合 100km を目指した GPS 津波計の実証実験, 日本地球惑星科学連合講演大会, 2012, 幕張メッセ
- ⑦ 永井紀彦, 寺田幸博, 松下泰弘, 加藤照之, 川口浩二; GPS 海洋ブイの回収による長期摩耗損傷状況の確認結果, 海洋調査技術学会, 第 24 回研究成果発表会講演要旨集, pp. 46-47, 2012
- ⑧ Kato, T., Y. Terada, T. Nagai, S. Koshimura; Tsunami records due to the 2010 Chile Earthquake observed by GPS buoys established along the Pacific coast of Japan, American Geophysical Union (AGU), 2010, San Francisco
- ⑨ Kato, T., Y. Terada, T. Nagai, S. Koshimura; Development of a GPS buoy system for monitoring tsunami, sea waves, ocean bottom crustal deformation and atmospheric water vapor, European Geophysical Union (EGU), 2010, Vienna
- ⑩ Terada, Y., T. Kato, S. Koshimura, H. Yoshida; A development of tsunami monitoring system using GPS buoy, 3rd International Tsunami Field Symposium, 2010, Tohoku University

[図書] (計 2 件)

- ① 高山知司監修 (永井紀彦, 寺田幸博, 川口浩二他 (共著)); 波を観るー波浪・高潮・津波・GPS 海洋ブイ・沿岸波浪計ー, 沿岸技術研究センター, 2013
- ② 寺田幸博他 (共著); 知識ベース 11 群 社会情報システム, 2 編 電子航法ナビゲーションシステム, 2 章 海洋システム 2-4-1, 電子情報通信学会, 2011

[産業財産権]

○出願状況 (計 6 件)

名称: Method for Measuring Sea Waves by means of Ultrasonic Waves, as Well as sea Wave Measuring System

発明者: Teruyuki KATO, Yukihiro TERADA, Toshihide MIYAKE, Haruhiko YOSHIDA

権利者: The Tokyo Univ. Institute of National College of Technology, Hitachi Zosen Corp.

種類: Patent

番号: 13/390696(米), 112010003352. 8(独), W00201200598(インドネシア), 154-2012(チリ), 2012-7003459(韓), 特願 2011-044567(日)

出願年月日: 2012/2/16(米), 2012/2/6(独), 2012/2/14(インドネシア), 2012/1/19(チリ), 2012/2/9(韓), 2011/3/2(日)

国内外の別: 国内&国外

○取得状況 (計 1 件)

名称: 超音波による波浪計測方法および波浪計測システム

発明者: 加藤照之, 寺田幸博, 三宅寿英, 吉田晴彦

権利者: 東京大学, 国立高等専門学校機構, 日立造船(株)

種類: 特許

番号: 特許第 5229500 号

取得年月日: 平成 25 年 3 月 29 日

国内外の別: 国内

[その他]

ホームページ等

<http://www.tsunamigps.com/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

寺田幸博 (TERADA, Yukihiro)

高知工業高等専門学校・教授

研究者番号: 3 0 4 4 2 4 7 9

(2) 研究分担者

・加藤照之 (KATO Teruyuki)

東京大学・地震研究所・教授

研究者番号: 8 0 1 3 4 6 3 3

・越村俊一 (KOSHIMURA Shunichi)

東北大学・災害科学国際研究所・教授

研究者番号: 5 0 3 6 0 8 4 7

・永井紀彦 (NAGAI Toshihiko, H21, H22)

港湾空港技術研究所・研究主監

研究者番号: 0 0 3 5 9 2 3 3

・川口浩二 (KAWAGUCHI Koji, H23~H25)

港湾空港技術研究所・チームリーダー

研究者番号: 5 0 3 7 1 7 5 3

(3) 連携研究者

・富田孝史 (TOMITA Takashi)

港湾空港技術研究所・副センター長

研究者番号: 2 0 2 4 2 8 3 6

・河合弘泰 (KAWAI Hiroyasu, H21~H23)

港湾空港技術研究所・海洋情報研究領域長

・永井紀彦 (NAGAI Toshihiko, H23, H24)

港湾空港技術研究所・研究主監

研究者番号: 0 0 3 5 9 2 3 3

・高川智博 (TAKAGAWA Tomohiro, H24, H25)

港湾空港技術研究所・研究官

研究者番号: 3 0 4 5 1 7 8 5

・辰巳大介 (TATSUMI Daisuke, H21~H23)

港湾空港技術研究所・研究官

・西村史睦 (NISHIMURA Hitoyosi, H21, H22)

高知工業高等専門学校・准教授

・今田成之 (IMADA Naruyuki, H23, H24)

高知工業高等専門学校・准教授