

令和 2 年 7 月 6 日現在

機関番号：26402
 研究種目：基盤研究(B) (一般)
 研究期間：2017～2019
 課題番号：17H02062
 研究課題名(和文) 陸上からの超低周波音観測に基づく津波規模予測システムの開発とモデル地域での検証

研究課題名(英文) Development of a tsunami scale expectation system based on infrasound observation on land and its verification in a model region

研究代表者
 山本 真行 (Yamamoto, Masa-yuki)
 高知工科大学・システム工学群・教授

研究者番号：30368857
 交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,700,000円

研究成果の概要(和文)：津波防災において重要となる津波規模の予測について、地震規模のエネルギー的指標であるマグニチュードと同様の値を陸上からの遠隔観測のみから準リアルタイムに与えることは既存の手法では困難であった。本研究では、インフラサウンド(超低周波音、微気圧波)の観測網をモデル地域とした高知県内に構築し、観測波形データの特性周期および最大振幅から、共鳴波長となる特性長および特性高を得ることで、津波の要因となる地震直後の海面上昇の領域およびその際の位置エネルギーの変化に相当する情報を陸上のセンサー群によって遠隔把握し、インフラサウンド津波マグニチュードを算出できることを示した。

研究成果の学術的意義や社会的意義
 津波に対する規模の指標として「津波マグニチュード」を与えることは、従来の手法では地震に対するマグニチュード推定のように実現できず、事後の津波遡上高の分布を広大な領域で調査し総合的に判断する必要があり、準リアルタイムでこれを与えることは極めて困難であった。本研究手法では、陸上設置のインフラサウンド(超低周波音、微気圧波)観測網による観測波形から「インフラサウンド津波マグニチュード」を準リアルタイムで算出できることが示された。これは津波防災への情報提供手段として画期的であり、防災ならびに安全安心な社会の実現に対する貢献可能性を示す学術的・社会的に大きな意義のある研究成果である。

研究成果の概要(英文)：As for the prediction of tsunami scale, which is significant in tsunami disaster prevention, it has been difficult and never been established to give a value of magnitude of a tsunami, like that of an earthquake as an energy index of the earthquake scale, in quasi-real-time only by remote-sensing observation on land. In this study, we established an infrasound (inaudible low-frequency sound, or microbaric waves) observation network in Kochi Prefecture, as a model region. Based on characteristic period and maximum amplitude of the observed infrasonic waveform data, obtaining characteristic length and height of the area of sea-surface rise immediately after an event of earthquake, variation of the potential energy at the event of a tsunami can be obtained, that is, the information corresponding to energy changes is remotely monitored by a group of sensors distributed on land. It has been shown that the Infrasound Tsunami Magnitude can be calculated by the infrasound observation network.

研究分野：地球物理学・宇宙理工学

キーワード：インフラサウンド 津波 防災 遠隔観測 規模推定 マグニチュード シミュレーション 陸上観測網

様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

津波監視用に従来配備されてきた DONET (海底水圧津波計) や GPS 波浪計は、海からの監視として水圧・波浪変動を直接測定するためメンテナンスや大量配備が難しく破壊されやすい。本研究は、インフラサウンド (超低周波音、微気圧波) 観測センサーを陸上の多地点に設置することで、津波を陸上の観測網で遠隔計測でき、陸域からの監視が実現可能という将来性を有す点に特徴がある。

2. 研究の目的

本研究は、地球物理学分野において発達してきた超低周波音の観測技術 (インフラサウンドセンサー、微気圧計) によって津波発生源の海面上昇を遠隔探知し、その定量情報から津波の規模を把握するための「インフラサウンド津波マグニチュード」を算定し、その後、即座に既存の津波シミュレーションへ入力することで、既存津波警報に準リアルタイムで規模情報を付加し高精度化する手法の探究が目的である。

3. 研究の方法

本研究では、研究代表者らが開発・整備してきた国産の複合型インフラサウンドセンサーを多地点に設置して観測網を構築する。南海トラフを震源とする大地震とそれに伴う大津波による甚大な被害が予測されている高知県の全域をモデル地域とし、複合型インフラサウンドセンサーを面的展開し、観測データならびに数値シミュレーションによる実地研究を同地域において行った。

観測網は、高知県内の計 15 地点に整備する計画で進めてきたが、高額な予算が必要であるため別予算により平成 28 年度から整備してきた既存設備もフル活用して整備した。各観測地点のメンテナンス・フリー化や自動中継システムの構築も並行して実施した (図1)。これにより、平成 29 年度には高知



図1 高知県内へのセンサー設置状況

県内の足摺岬周辺と室戸岬周辺の2箇所に1辺約 25 km の三角形アレイ配置を実現するとともに、それらを東西に繋ぐ観測網を構築した。

津波発生時に励起されるインフラサウンドの波形を、津波シミュレーションならびに大気中の音波伝搬シミュレーション技術を活用し、数値シミュレーションによって再現した。具体的には、南海トラフ地震にて想定される地震規模にて励起される津波の波源域における海面上昇領域と上昇高を推定、その海面上昇により励起されるインフラサウンドの波形を精密推定し、津波規模の推定に役立てることができる。

4. 研究成果

霧島・新燃岳の噴火の際に励起されたインフラサウンド波形を、高知県内の多地点で遠隔計測することに成功した。これを既存のインフラサウンド伝搬シミュレーションを適用して伝搬経路を検証した結果の1例を図2に示す (Batubara and Yamamoto, 2020)。

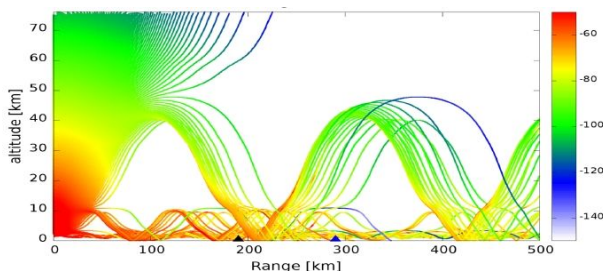


図2 霧島新燃岳から高知県内への音波伝搬経路

地震規模の指標の1つである地震マグニチュードは、エネルギーに相当する考え方であり、マグニチュードが+1となればエネルギーは約 32 倍、+2ではエネルギーが約 1000 倍となる対数的指標である。津波マグニチュードにも同様の考えを適用するならば、津波のメカニズムを簡潔なモデルとして表し、波源域でのエネルギーを算出する必要がある。津波のエネルギーは、海底地震により海底地形に急激な隆起変動が生じ、それにより海面が突然上昇し

て生じると仮定すると、海水面の上昇する領域の広さとその高さの積 (位置エネルギー) となるであろう。

津波規模について補足すると、従来は高さ (メートル) を前提とした津波警報であったが、到達地域の地形 (海底を含む)、複数津波の位相の重なり、遡上のしやすさなどにより、実際の津波の高さと遡上高は大きな誤差が生じてしまう。平成 23 年 (2011 年) 3 月 11 日の東日本大震災時にも宮城・福島両県沿岸の津波高の偏差は宮城県松島町の 2.9 m に対して、福島県富岡町では 21.1 m と 7 倍以上に達する。さらに遡上高で言えば宮城県女川で 43.3 m に達し、これは当初の気象庁発表の津波警報の 3~4 m (後に 6 m、10 m と訂正された) に対し大きな乖離がある。

そこで本研究のインフラサウンド津波規模推定でも津波警報に相当する情報を高さで現すことは適切ではないと考えており、インフラサウンド計測に基づく津波規模 (地震でいうところのマグニチュード) を定義してアウトプットしたい。これを「インフラサウンド津波マグニチュード」と呼称することとした。

本研究のモデル地域とした高知県内において平成 29 年度中に実現したインフラサウンドセンサー計 15 台の面的展開により、多地点で津波起因インフラサウンドの卓越周期が安定的に計測できる体制と

なり、それら周期データの統合解析によって海水面の隆起・沈降領域に比例した「共鳴波長」の最適値が決定される。この結果、津波の要因となる海面上昇の体積の類推が可能となるが、これはインフラサウンドが「津波マグニチュード」の決定に際し有効性が非常に高いと期待できることを意味し、本研究の画期的な部分である。

これまでも津波マグニチュードの定義および事後計算が歴史地震の遡上高などの記録(古文献等による調査を含む)に対して行われてきたが、本研究手法の探求は、準リアルタイムでの津波マグニチュード提供へと道を拓くための現時点でほぼ唯一の手法と考えている。既に平成 29 年度内にシミュレーション結果からの考察も進み、この方向性に確信を持って理論・実測・数値実験を組み合わせた研究を進めてきた。

海面上昇域の広さは、プレート境界面(トラフ域)における海底地形の跳ね上がり域に概ね相当すると考えられるが、断層の破壊方向や破壊時間と全長の関係等を考えると大変複雑である。これにもかかわらず、インフラサウンドでその推定を行えると考える根拠は、インフラサウンド波形が海水ならびに大気という流体のフィルターを介した「平均場」を伝えると看做することができることに拠る。海底地形の隆起は海水を介して平均場としての海水面変動となり、海水面変動が大きな膜面となることで、その直上の大気塊も上昇させ、その場に突如発生した局所高気圧を生む。気圧変化は大気の流れを生むため、大気中の粗密の伝達速度(=音速)によって、海面上昇域の周辺の四方八方へと、この気圧変化が流れ出ることとなる。その際に海水面-大気カップリング過程で生じる大気波動のスケールは、元の海水面変動域のサイズを半波長とするような共鳴関係にあると考えるのが科学的に妥当である。これは大太鼓の表面とその発する重低音の関係を想像することと同じである。

したがって、ここでは、この共鳴波を基底波長としその高調波を含むような波動が生じ、これが音速で(上空ほど指数関数的に希薄になる惑星大気中を伝搬する波長が大きい波動のためラム波モード)大気中を伝搬し始める。インフラサウンド(または可聴音)の大気粘性による減衰は、その周波数の 2 乗に反比例するため、重低音ほど遠方まで減衰せずに伝わる特性を有す。このため、津波規模(基底半波長)として 100 km スケールを想定すれば、この共鳴波は(音速を約 333 m/s、つまり 3 s で 1 km 進むと仮定すれば)周期 600 s、周波数 0.0017 Hz であり、地球を半周~1 周するほど遠方まで情報を伝達できる波動になると推察される。

実際に、平成 23 年(2011 年)3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震(M9.0)後の大津波による大気波動は、アラスカ、ヨーロッパ、南極等でも観測されている。さらに、インフラサウンド計測結果の詳細を報告した Arai et al. (2011)では、断層破壊の領域に対し長軸方向に位置する観測点では長波長(長周期=低周波数)側の波動が、それと直交する短軸方向の観測点では短波長(短周期=高周波数)側の波動がそれぞれ捉えられており、両者の最大振幅には大差がなかったことが判明している。このとき短軸側に位置した岩手県内陸の奥州市水沢において周期 1200 s、最大振幅 64 Pa という巨大な波動が、同県沿岸の大船渡市への実際の津波到達前に観測されている。この実測例は、M9.0 クラスの地震に起因する巨大津波の際に、海面上昇域のサイズ及び形状と共鳴した波動が発生することを如実に示唆しており、本研究を踏まえて、今後の国内インフラサウンド観測点が稠密な面的観測をなす程度まで拡充できれば、この様相をより正確に捉えることに繋がり、結果的に遠隔観測によって津波の規模予測を正確にできると期待される。

以上より、各観測点において緊急地震速報の情報を受信し、その後に複合型センサー搭載の 3 軸加速度計による実測値を複合させて地震発生を確認した後、音波(ラム波)の到来を待つ。その期間に、センサー搭載のソフトウェアは、津波の元となる海水面変動域を波源として到来するであろうインフラサウンド波形について、過去 1 時間程度の蓄積データ(背景ノイズ成分を含む)をウィンドウとした逐次解析によって情報更新しつつ、その卓越最大周期を解析する。同時に短時間データファイルをサーバー PC へ逐次送信し、その時点でインターネット接続が維持されていれば、サーバー上での統合解析へ導く。現地では、1 周期分のデータ実測を待っている津波警報への情報提供に遅延が出るため、極大値をとった後に確実に減少傾向を示した時点で警報レベルの伝達を開始し、算出された周期と最大振幅の概算値を緊急パケットとしてデータセンターに伝達する手はずである。

海面上昇高は、基本的にはインフラサウンドの振幅として現れるべき値である。したがって、インフラサウンド振幅が大きくなれば海面上昇高も大きいと推察されるが、この関係性が直線的であるかどうかの指標を得ることは、本計測における最大の課題である。このため、本研究ではこの理学的検証に向けた取り組みを進めてきた。

平成 29 年 11 月 23 日に開催した「インフラサウンド研究会」では、中島よりその初期報告があり、従来の理論と比較しても防災目的に使いやすい理論式を得てシミュレーションを行った結果について紹介があった。これによれば、波源域での上昇高 1 m に対して振幅で 3~4 Pa の圧力変動を励起する結果となり、東日本大震災の際に岩手県奥州市水沢にて観測された 64 Pa p-p (± 32 Pa)の値に対しては最大 ± 8 m の上昇高と算出される。この時、波源域から約 150 km 先の釜石沖において波浪計(津波センサー)2 基がそれぞれ捉えた海水面変動は最大値で +5 m であり(Maeda et al., 2011)、これは当時の報道でも良く知られた値であるが、波源域ではさらに大きい上昇高であったと推察される。

先に紹介した Arai et al. (2011)の報告でも、古くはアラスカ地震(M9.2, 1964 年)で得られた知見(Mikumo, 1968)に基づいて当時までに考えられた理論(e.g. Watada et al., 2006)を活用した計算結果が示されており、観測を説明する妥当な数値を出しているが、このときの考え方は、海底での断層の進行速度や海水面の隆起速度に拠るモデルであったため、この速度が大きな議論となってきた。しかし、より大きな枠組みで考えれば、海面上昇域全体が大気中においては高気圧となるという中島提案のモデルは位置エネルギーがそのまま反映されたような解釈ができるため考えやすく、防災活用に適して

いると言える。実際には、これに距離減衰の計算を加味して適用するが、幸いにも距離減衰は大きくない。

上述のような波動は概略として音波とされ、建物内の音響伝搬理論などと同じく音速と音波モードのみで総括されることが多い。しかしながら、高層ほど指数関数的に希薄になっていく実際の地球大気鉛直構造と、いま考えている大気波動のスケール(例えば波長 100 km)を考えた場合には、例えば前述したレイ・トレーシングの理論は適用できず、単に音波というモードのみで考えることはできない。

音波ならびに大気重力波の理論は、1960年代にその基本が確立されている(e.g. Hines, 1960)が、それによれば波動の伝搬は分散関係を有すこととなる。物理的な音波の下限となる音波遮断周波数より低い周波数の波動は大気重力波と呼ばれるモードとなり、鉛直と水平で異なる様相となる(分散が生じる)。これは周期 1000 s を超えるような長周期(低周波数)の場合には、地球の重力がその振動に影響を与えるからである。

音波遮断周波数以上の音波モードに入るのが、インフラサウンド、可聴音、および超音波となる。これらは音速で進行する粗密波であるが、音速の高度分布がその伝搬に影響を与える。音速は大気温度に依存するため、高温ほど速くなる。このため地表付近で水平に伝搬する音波は、そのまま減衰しなければ徐々に上方に屈折していき、上空で温度分布が上昇から減少傾向に転ずる成層圏界面(高度 50 km 付近)および熱圏下部(高度 100 ~ 120 km 付近)にて緩く反射して地表側に戻ってくるような伝搬モードが知られている。

音波モードの伝搬シミュレーション結果の一例については、図2に示したが、これを見ると、音波モードの伝搬にはシャドーゾーンがあり、うまく伝達されない地域が生じるようにも見えるが、実際には、地表付近を伝搬するモードと、上空を経由してやや遅れて到達した2種類の波群が生じる。

実は、大気波動の分散関係を示す理論には、上の2つに加えてさらに、地表面や海水面に沿って選択的に進行する「ラム波」と呼ばれる表面波が存在し、これも音速で伝搬する。津波防災をはじめとする利活用を考えた場合、このラム波による伝搬モードこそが早期伝達という意味からも非常に重要であり、中島の理論は主にラム波についての検討結果である。なかなか理解の難しい波動であるが、海水面の突然の隆起とともに、その直上に高気圧が突如現れそれが周辺大気との平衡に至るまでの間に生じる過渡現象的な波動が一瞬にして現れ、その波長が大きい(周波数が非常に低い)場合に減衰せずに広範囲に伝搬し、岬や沿岸域に設置したインフラサウンドセンサー群で順次検出され始めることになるのである。

中島(2019)による津波マグニチュード M_t の算出式は、

$$M_t = \log P_m + 0.5 \log T_m + 0.5 \log T_m + 5.7$$

であり、ここで

： 距離(単位は m ではなく km とする)

T_m ： ラム波気圧変動の代表的継続時間(単位 s)

P_m ： ラム波気圧変動の代表的振幅(単位 Pa)

である。距離はとりえず緊急地震速報の震央経緯度から求めることにすれば、ラム波気圧変動(インフラサウンド波形)の代表的継続時間(周期) T_m (単位 s) と代表的振幅(過剰圧) P_m (単位 Pa) が求めれば、インフラサウンド津波マグニチュード M_t -infrasound が算出できる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Murayama Takahiko, Kanao Masaki, Yamamoto Masa-Yuki	4. 巻 1
2. 論文標題 Characteristic Infrasound Events Associated with Sea-Ice Discharges in the L?tzow-Holm Bay of Antarctica: April 2016	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 InTechOpen	6. 最初と最後の頁 93-102
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5772/intechopen.83023	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計28件（うち招待講演 4件/うち国際学会 8件）

1. 発表者名 Masa-yuki Yamamoto, Akihiro Yokota
2. 発表標題 Prefecture-level dense infrasound observation network in Kochi for preventing tsunami disasters
3. 学会等名 EGU 2018（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masa-yuki Yamamoto
2. 発表標題 Investigation of sound source detection with dense infrasound observation network in Kochi
3. 学会等名 JpGU 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Masa-yuki Yamamoto
2. 発表標題 Infrasound multi-site observation of thunders 2: test results for SATREPS
3. 学会等名 JpGU 2018（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本 真行
2. 発表標題 観測ロケット・気球を用いた高層大気中の低周波音波伝搬計測と津波防災～宇宙の渚で音はどこまで聞こえるのか？～
3. 学会等名 第7回 小型衛星の科学教育利用を考える会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本 真行
2. 発表標題 複合型インフラサウンドセンサーによる地域防災情報取得のための面的観測網の設置とその初期成果
3. 学会等名 日本音響学会 2018年秋季研究発表会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本 真行
2. 発表標題 高知工科大学インフラサウンド研究室における研究開発の報告
3. 学会等名 「国内インフラサウンド稠密観測網の確立」にかかる研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本 真行
2. 発表標題 インフラサウンドデータのリアルタイム・アーカイブシステムの構築
3. 学会等名 極域のオープンデータ・オープンサイエンスに関する研究集会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山本 真行
2. 発表標題 都道府県規模インフラサウンド観測網の紹介
3. 学会等名 第144回 地球電磁気・地球惑星圏学会 講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yoshihiro Kakinami、Takehiko Murayama、Masa-yuki Yamamoto、Masaki Kanao
2. 発表標題 Detection of infrasound wave on icebreaker SHIRASE during JARE-54 and -55
3. 学会等名 JpGU 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 柿並 義宏、齊藤 大晶、山本 哲生、山本 真行
2. 発表標題 下部熱圏領域での異常に速い音速の検出
3. 学会等名 可聴下波動伝播特性による極域の多圏融合物理現象解明に関する研究集会-IV
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中島 健介
2. 発表標題 津波起源ラム波の振幅の理論的見積もり
3. 学会等名 日本気象学会春季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中島 健介
2. 発表標題 津波による大気ラム波の励起についての理論的考察
3. 学会等名 JpGU 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中島 健介
2. 発表標題 津波が励起する大気ラム波の振幅の理論的見積もり
3. 学会等名 JpGU 2018 (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 齊藤 大晶、山本 哲生、中島 健介、山本 真行
2. 発表標題 新燃岳の爆発的噴火によるインフラサウンド伝播観測結果とシミュレーションの比較
3. 学会等名 インフラサウンド研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 齊藤 大晶、反町 玲聖、山本 真行
2. 発表標題 Grid search method estimating wave source positions for widely distributed infrasound sensors
3. 学会等名 JpGU 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 齊藤 大晶、山本 哲生、中島 健介、岩國 真紀子、山本 真行
2. 発表標題 Propagation of infrasound emitted by volcanic eruptions of Mount Aso and Moto-Shirane
3. 学会等名 JpGU 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mario Batubara, Masa-yuki Yamamoto, Hiroaki Saito
2. 発表標題 An Infrasound network in Kochi Prefecture, Japan: System Description and Initial Results
3. 学会等名 15th International Symposium on Equatorial Aeronomy (ISEA-15) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 藤本 将司、山本 真行、齊藤 大晶、齋藤 耕
2. 発表標題 マイクアレイ型インフラサウンドセンサの改良と評価
3. 学会等名 JpGU 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 中島健介、城内響
2. 発表標題 地震が励起するラム波、内部重力波、音波についての考察
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2017 (招待講演)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山本真行
2. 発表標題 高知県におけるインフラサウンド面的観測計画
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masa-yuki Yamamoto
2. 発表標題 Infrasound multi-site observation of thunders: a preparation for SATREPS
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 藤本将司、山本真行
2. 発表標題 インフラサウンドの計測に向けたマイクアレイによる低周波検出実験
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 藤津裕亮、山本真行
2. 発表標題 火星地表面模擬環境下における音波特性の実験的検証
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 齋藤耕、水本聡、反町玲聖、山本真行
2. 発表標題 インフラサウンドの多地点観測によるリモートセンシング
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2017
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Yoshihiro Kakinami
2. 発表標題 Detection of natural hazards with very low frequency acoustic wave, infrasound
3. 学会等名 JpGU-AGU Joint Meeting 2017 (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Ryosei Sorimachi, Masa-yuki Yamamoto
2. 発表標題 Suggestion of using a position estimation method for infrasound source findings in Antarctica
3. 学会等名 The Eighth Symposium of Polar Science (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 山本真行
2. 発表標題 インフラサウンド研究について
3. 学会等名 インフラサウンド研究会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Masa-yuki Yamamoto, Takamasa Hiratsuka, Hiroaki Fujitsu
2. 発表標題 A trial of developing unique payload system for small student balloons
3. 学会等名 31st ISTS (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>高知工科大学インフラサウンド観測ネットワークシステム *1 http://infrasound.kochi-tech.ac.jp/infrasound/graph.php 高知工科大学インフラサウンド観測ネットワークシステム *2 http://infrasound.kochi-tech.ac.jp/infrasound/graph_c.php 「地球の声」を聞き漏らさないために。～インフラサウンド・センサー、その可能性（表面） *3 http://infrasound.kochi-tech.ac.jp/infrasound/images/panph1.png 「地球の声」を聞き漏らさないために。～インフラサウンド・センサー、その可能性（裏面） *4 http://infrasound.kochi-tech.ac.jp/infrasound/images/panph2.png 高知工科大学総合研究所インフラサウンド研究室 https://www.kochi-tech.ac.jp/research/research_center/infrasound.html 高知工科大学インフラサウンド観測ネットワークシステム</p>
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	柿並 義宏 (Kakinami Yoshihiro) (00437758)	北海道情報大学・情報メディア学部・准教授 (30115)	
研究分担者	齊藤 大晶 (Saito Hiroaki) (00798382)	高知工科大学・システム工学群・助教 (PD) (26402)	
研究分担者	中島 健介 (Nakajima Kensuke) (10192668)	九州大学・理学研究院・助教 (17102)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	甲斐 芳郎 (Kai Yoshiro) (80529959)	高知工科大学・システム工学群・客員教授 (26402)	