

令和 5 年 6 月 19 日現在

機関番号：12601

研究種目：挑戦的研究(開拓)

研究期間：2019～2022

課題番号：19H05512・20K20437

研究課題名(和文) Wave-Argo-Typhoonの開発と国際的な展開

研究課題名(英文) Development of Wave-Argo-Typhoon and worldwide deployment

研究代表者

早稲田 卓爾 (Waseda, Takuji)

東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授

研究者番号：30376488

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 19,800,000円

研究成果の概要(和文)：台風経路と強度の予測精度向上のため、台風等の強風下における波浪と海水温の同時計測を行う機器開発に取り組んだ。当初は自律昇降型海洋観測フロートArgoに波浪計測機能を追加し、海面下の一定範囲にフロートを停留させ、海面下からの波浪計測と同時に海洋構造を計測することを構想した。しかしながら、既存のシステムは完成度が高いほど付随する計測を追加することは難しく、一方で、急速にマイコンとセンサーの低価格化と性能向上が進展した。そこで研究方針を変更し、海洋観測フロートと表層浮体を組み合わせ、浮体に波浪計測機器を設置する方式に取り組んだ。複数の観測機会を活用して主に波浪計測機器の改善を重ね、一定の成果を得た。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、温暖化に伴うと考えられる極端現象が頻発しており、防災の観点から、台風の進路に加え、より不確実性の高い強度の推定と予報が求められている。台風の発達(強度の推定)には海表面温度と海洋上層の貯熱量、そして、大気海洋間の運動量・熱の輸送が重要である。海表面温度は衛星観測による高頻度観測が可能な一方で、海洋上層の貯熱量については、水温の鉛直分布を計測する必要がある。また、大気海洋間の運動量・熱フラックスには風速に加えて海面の幾何形状すなわち波浪場が重要と考えられる。そこで、本研究では台風等の強風下における波浪と海水温の同時計測を行う機器の開発に取り組んだ。

研究成果の概要(英文)：To improve the typhoon tracks and intensities prediction, we have initiated a project to develop an instrument that simultaneously observes ocean surface waves and vertical temperature profiles of seawater. Our initial plan was to add a wave gauge to an established ocean profiling float Argo. However, it turned out that adding functionality to the system was difficult. Meanwhile, the microcontrollers and sensor technologies rapidly advanced, which allowed us to lower the cost and improve the performance of a wave gauge. Consequently, we abandoned our original research plan of utilizing Argo and developed the wave gauge and float. Through multiple opportunities for field observations, we have successfully improved the wave gauge and achieved our original goal.

研究分野：Ocean Information

キーワード：自律昇降型海洋観測 波浪・海洋結合観測 IoT観測機器 防災 Argo expendable Wave Gauge

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

台風の発達には海表面温度と海洋上層の貯熱量が重要である。海表面温度は衛星観測による高頻度観測が可能一方で、海洋上層の貯熱量については、Argo フロートと呼ばれる自律昇降型海洋観測機器による 10 日に 1 度の観測に限定されている。一方、海面での摩擦は台風経路に影響し、大気海洋間の運動量・熱フラックスには風速に加えて海面の幾何形状、すなわち波浪の方向スペクトルが重要だと考えられるが、現場観測例は殆ど無い。特に台風等荒天化の風速 35m/s を超える状況では、抵抗係数の飽和、砕波の変化、大気への飛沫・海洋へのバブルの混入といった海面における波浪を介しての大気海洋間の物理過程の変化を示唆する観測、実験が報告されている。台風予報の精緻化に向けて波浪と海洋表層の構造双方の観測の拡充が望まれる。

また、台風、ハリケーン等による激甚な災害は世界各国共通の自然災害であり、共有された課題である。沿岸域を除く海域での現場波浪観測が圧倒的に不足していること、強風時の衛星波浪観測・数値予報精度の検証が無いことから、世界的にも強風下の現場波浪観測への期待は大きい。我々は台風頻発域であるアジアでの研究をリードすると共に、荒天下における波浪・海洋同時観測の国際標準モデルケースとなる観測実施を念頭においた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、極域や強風下で使用可能な波浪と海水温の同時計測を行う機器の開発とその国際的な展開である。当初は、荒天下の波浪と海洋内部の温度構造を同時に測定し、台風の経路と強度の予測精度向上に資する計測を実現するため、自律昇降型海洋観測フロート Argo に波浪計測機能を追加し、表層観測だけでなく、海面下からの波浪計測と同時に海洋構造を計測することを構想した。しかしながら、既存のシステムは完成度が高いほど付随する計測機器を追加することは難しく、一方で、急速にマイコンとセンサーの低価格化と性能向上が進展した。また、自律昇降型海洋観測フロート Argo と波浪観測ブイを同時に展開し物理的に拘束できれば波浪と海水温の同時計測という目的は達成できる。そのため、Argo に組み込む形式の波浪計測ではなく、研究の主たる目的を頑健な波浪センサーの開発に集約した。波浪と海水温の同時計測の国際的な展開を念頭におきながら、台風等の荒天条件に加え、他研究プロジェクトでの観測機会を有する北極や南極といった地球気候において重要な観測対象であり、かつ過酷な環境下で使用できる波浪計測機器と浮体の開発に取り組んだ。

3. 研究の方法

研究を進めるにあたり、機器開発・改善と沿岸域あるいは外洋での試験を繰り返し行うことで波浪計測デバイスの開発速度を加速させることとした。沿岸域での試験では、これまで観測経験を多く有し、東京大学 平塚総合海洋実験場を有する相模湾にて実施した。実海域試験は関連する研究プロジェクトでの展開機会としてオホーツク海、太平洋、北極海、南極といった場所での開発した波浪計測デバイスによる波浪計測を実施した。また、観測手法の国際的な展開も本研究課題の重要な要素である。そこで、機器開発、試験展開を進める段階から国際交流を行いながら開発を実施した。

4. 研究成果

以下、開発した波浪センサーに関連する、

- 1) 沿岸域試験
- 2) 実海域試験
- 3) 荒天下の波浪(飛沫含む)の特性
- 4) 国際的な展開

について研究成果を報告する

1) 沿岸域試験

自律昇降型海洋観測フロート Argo は水深 1000m を基本停留位置、2000m から表層を計測水深として運用されており、海表面に位置するのは 10 日に 1 度 1 日程度である。そのため、通常の運用では波浪計測機会が限定される。一方、自律昇降型海洋観測フロートを常時海面に位置する浮体から吊り下げる形式を取り、波浪計測デバイスを表層の吊り下げ用浮体に取り付けられ、波浪を連続計測することが可能となる。そこで、オフショアテクノロジーズ社が製作した吊り下げ型の自律昇降型海洋観測フロートに付与した表層浮体に、本研究で開発した波浪計測を搭載させ、波浪・海洋結合観測を行う試験を行った(2022 年 5 月、相模湾)。開発した波浪計測デバイスならびに自律昇降型海洋観測フロート双方のデータ取得に成功したが、海象条件は非常に穏やかなものであった(Fig.1)。今後、荒天条件下における実証が望まれる。

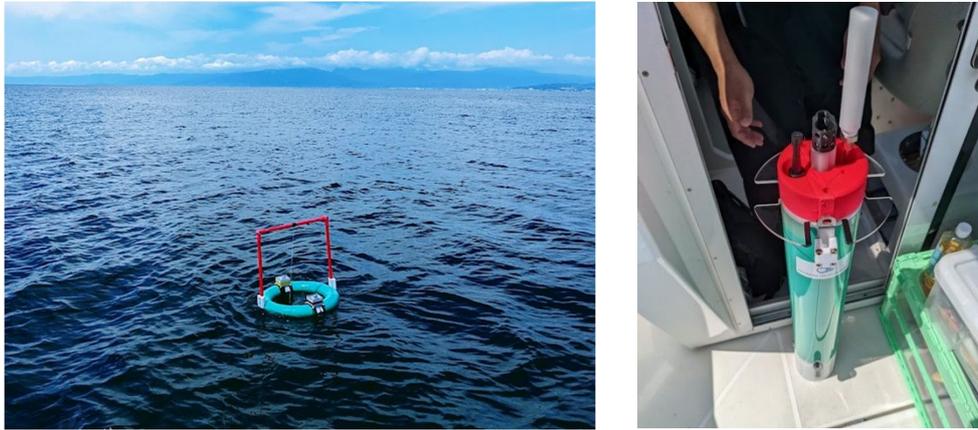


Fig. 1 相模湾における吊り下げ式自律昇降型海洋観測フロートによる海洋観測と波浪計測デバイスによる、海洋-波浪の同時計測試験の状況。(左)波浪計測デバイスを設置した吊り下げ用浮体、(右)自律昇降型海洋観測フロート

2) 実海域試験

実海域試験は波浪計測デバイスによる波浪計測を行った。

2021年8月には海洋地球研究船「みらい」にて太平洋において有義波高 0.5m-3.5m の状況において、既存の波浪ブイ Spotter (SOFAR 社) の内部に波浪計測ユニットを同梱し、観測船から 400m ロープにて Spotter を海面に漂流させることで波浪計測試験を行った。同試験では衛星通信は行わず、データを SD カードに記録する方式で実施している。

2022年2月にオホーツク海の氷縁域において4基の波浪ブイを展開し、うち1基は精度評価のため市販の Spotter 波浪ブイ1基と同時に展開し漂流観測を行った。低温環境、海水の存在の影響が衛星データ通信の成功率に課題は見られたが、2週間弱の計測を行うことができた。結果についても非常に穏やかな海象に限定されたが、市販の波浪ブイによる結果と整合性ある結果が確認できた(Fig.2)。

2022年8月には海洋地球研究船「みらい」北極航海の往路にて開発した2基の波浪ブイの展開を2022年8月に行い、台風8号によって引き起こされた波浪場の計測に成功した。2基のうち1基は高波高中の計測が途切れていたが、その後通信を再開したため、浸水等のトラブルではなく、別の原因と考えられる。原因のひとつとして、衛星データ通信の不具合が挙げられ、課題として認識された。その後9月にポーフォート海で開発した小型波浪ブイの計12基の展開を行った(Fig.3)。また、2022年12月、2月には南極リュツォ・ホルム湾およびトッテン氷河沖で氷上設置型、波浪ブイ型としての観測を実施した。

その後、波浪計測デバイスの製作方法に改善を施し、機器の品質の均一化に努めた上で2023年2月にオホーツク海の海氷上に4基、氷上設置型として展開し、データ計測成功率が改善したことを確認した。

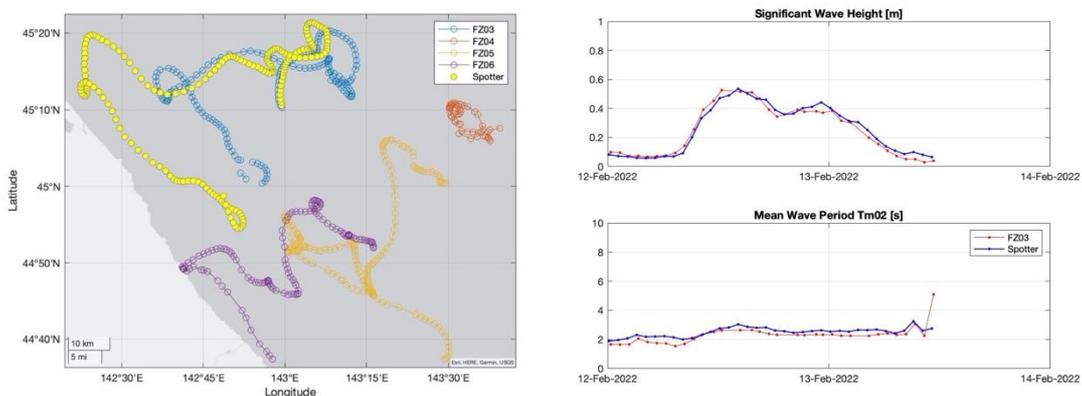


Fig. 2 (左)オホーツク海の氷縁域において2022年2月に展開した波浪ブイの軌跡。(右)同時に展開した開発した波浪ブイと Spotter 波浪ブイによる有義波高および平均波周期の比較

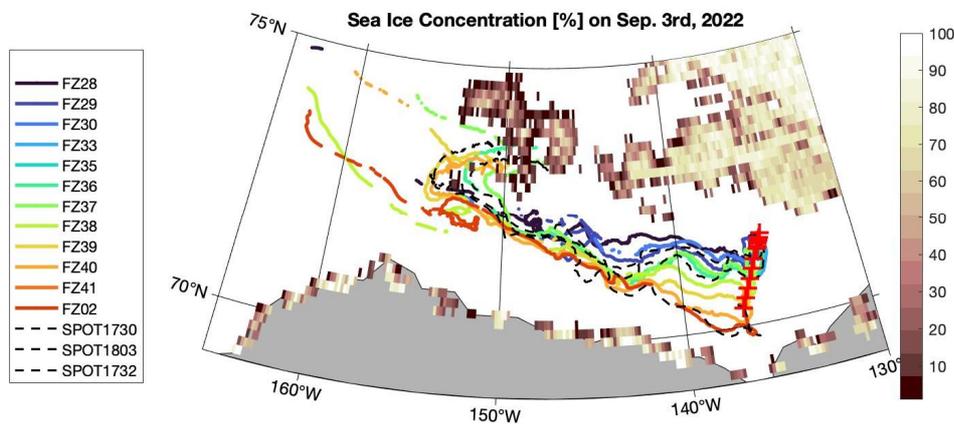


Fig. 3 ポーフォート海において 2022 年 9 月に展開した波浪ブイの軌跡

3) 荒天下の波浪(飛沫含む)の特性

計測対象として考えている荒天下の波浪(飛沫含む)の特性についても別途検討を行った。荒天条件が比較的多い北大西洋を対象として 4 つの波浪ハインドキャストについて比較検証を行った。検証には北大西洋上の複数地点における係留ブイによる 25 年間の観測を使用し、有義波高に加えて、平均波周期を評価した。その結果、各モデルの際は荒天条件の再現において顕著となること、また、TodaiWW3-NK および IOWAGA (CFRS) モデルは、極端な波条件の再現において最も優れた性能を示すことを確認した。

また、台風下の大気海洋波浪相互作用について、シミュレーションにより飛沫による熱輸送が重要な役割を果たすことも示され、波浪が台風そのものの成長に寄与することが分かってきた。

4) 国際的な展開

台風、ハリケーン等による激甚な災害は世界各国共通の自然災害であるため、本研究の目的である海洋・波浪同時観測は、各国の共有された課題であると考えられる。将来的な国際的な展開を視野に、研究遂行は国際的な研究交流を通じて進めた。当初は全球に 20 年以上継続して自励式プロファイラーを展開している Argo プロジェクトで波浪同時計測を検討した。しかしながら、確立されたシステムの改造は難しく、また、Argo プロジェクトの関心が生物化学計測や深海へと移っていく中で表層の波浪観測は親和性が低いと考えられた。その一方、波浪計測で大きなブレークスルーが起こる。かつては直径 10m 近い大型浮体を係留して波浪計測が行われていたが(例 NDBC ブイ) IoT 技術やイリジウム通信の普及により小型の波浪ブイの広域展開が民間企業の努力により実現した(SOFAR 社 Spotter、<https://weather.sofaroccean.com/>)。10 年に一度行われる海洋観測に関する国際会合である OceanObs'19 でも、広域多点での波浪観測の重要性は認識されており、例えば南半球における強いうねりの観測の重要性が、我々のグループや、先述した SOFAR 社も参画するコミュニティーホワイトペーパーとして提案されている(Babanin et al. 2019)。

そして、波浪ブイの小型化・多点展開は研究面でも主流となりつつあり、価格は商品(Spotter)の 1/10 程度まで下がってきている。個別に開発が進んでいるが、緩やかな協力も進展していて、やがて標準化につながることを期待される。本研究でも、機器開発においては、氷上を対象とした波浪計測デバイスの開発を行っている Norway Met Office の Jean Rabault 博士と研究交流を行いながら開発を行った。また、開発した機器は Alfred-Wegener-Institute の Mario Hoppmann 博士に砕氷船を用いてグリーンランド沖に展開し、オホーツク海では台湾 National Central University の Hwa Chien 教授が開発を進める波浪ブイと本課題で開発した氷上設置型の波浪計測デバイスの展開を行った。

まとめ

本研究の当初の目的は、強風下での波浪と海水温の同時計測であり、全球を網羅する既存の観測網を使った広域展開であった。しかしながら、既存のシステムは完成度が高いほど付随する計測を追加することは難しい。その一方で、急速にマイコンとセンサーの低価格化と性能向上が進展した。そこで、大きく研究の方針を変え、低消費電力の波浪センサーおよびブイの開発を行った。それらは強風下だけでなく氷海での使用を念頭に頑健なシステムの構築を目指した。一定の成果があり、関連するプロジェクトの観測航海機会を利用したケースを含めると、合計 40 基程度展開することができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計15件（うち査読付論文 15件 / うち国際共著 9件 / うちオープンアクセス 13件）

| | |
|--|----------------------|
| 1. 著者名 Kodaira, T., Waseda, T., Nose, T., K. Sato, Inoue, J., Voermans, J., Babanin, A. | 4. 巻 27 |
| 2. 論文標題 Observation of on-ice wind waves under grease ice in the western Arctic Ocean | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Polar Science | 6. 最初と最後の頁 100567 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.polar.2020.100567 | 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 該当する |
| 1. 著者名 Nose, T., Waseda, T., Kodaira, T., Inoue, J. | 4. 巻 27 |
| 2. 論文標題 On the coagulated pancake ice formation: Observation in the refreezing Chukchi Sea and comparison to the Antarctic consolidated pancake ice | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Polar Science | 6. 最初と最後の頁 100622 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.polar.2020.100622 | 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 - |
| 1. 著者名 Waseda, T., Nose, T., Kodaira, T., Sasmal, K., Webb, A. | 4. 巻 27 |
| 2. 論文標題 Climatic trends of extreme wave events caused by Arctic Cyclones in the western Arctic Ocean | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Polar Science | 6. 最初と最後の頁 100625 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.polar.2020.100625 | 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 - |
| 1. 著者名 Waseda, T., S Watanabe, W Fujimoto, T Nose, T Kodaira, A Chabchoub | 4. 巻 127 |
| 2. 論文標題 Directional Coherent Wave Group From an Assimilated Non-linear Wavefield | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Frontiers in Physics | 6. 最初と最後の頁 - |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fphy.2021.622303 | 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 該当する |

| | |
|---|-------------------------|
| 1. 著者名 Voermans, J., Q. Liu, A. Marchenko, J. Rabault, K. Filchuk, I. Ryzhov, P. Heil, T. Waseda, T. Nose, T. Kodaira, J. Li, A. V Babanin | 4. 巻 15 |
| 2. 論文標題 Wave dispersion and dissipation in landfast ice: comparison of observations against models | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 The Cryosphere | 6. 最初と最後の頁 5557-5575 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/tc-15-5557-2021 | 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 該当する |

| | |
|--|-----------------|
| 1. 著者名 Rabault, J., T. Nose, G. Hope, M. Muller, O. Breivik, J. Voermans, L. R. Hole, P. Bohlinger, T. Waseda, T. Kodaira, T. Katsuno, M. Johnson, G. Sutherland, M. Johanson, K. H. Christensen, A. Garbo, A. Jensen, O. Gundersen, A. Marchenko, A. Babanin | 4. 巻 12 |
| 2. 論文標題 OpenMetBuoy-V2021: an easy-to-build, affordable, customizable, open source instrument for oceanographic measurements of drift and waves in sea ice and the open ocean | 5. 発行年 2022年 |
| 3. 雑誌名 Geosciences | 6. 最初と最後の頁 - |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/geosciences12030110 | 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 該当する |

| | |
|--|-------------------|
| 1. 著者名 Kodaira Tsubasa, Waseda Takuji, Nose Takehiko, Inoue Jun | 4. 巻 10 |
| 2. 論文標題 Record high Pacific Arctic seawater temperatures and delayed sea ice advance in response to episodic atmospheric blocking | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Scientific Reports | 6. 最初と最後の頁 0-0 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-77488-y | 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 - |

| | |
|--|-------------------------------|
| 1. 著者名 Kodaira Tsubasa, Waseda Takuji, Nose Takehiko, Sato Kazutoshi, Inoue Jun, Voermans Joey, Babanin Alexander | 4. 巻 27 |
| 2. 論文標題 Observation of on-ice wind waves under grease ice in the western Arctic Ocean | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Polar Science | 6. 最初と最後の頁 100567 ~ 100567 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.polar.2020.100567 | 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 該当する |

| | |
|--|-------------------|
| 1. 著者名 Waseda Takuji, Watanabe Shogo, Fujimoto Wataru, Nose Takehiko, Kodaira Tsubasa, Chabchoub Amin | 4. 巻 9 |
| 2. 論文標題 Directional Coherent Wave Group From an Assimilated Non-linear Wavefield | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Frontiers in Physics | 6. 最初と最後の頁 0-0 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fphy.2021.622303 | 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 該当する |

| | |
|--|-----------------|
| 1. 著者名 Kodaira Tsubasa, Waseda Takuji, Nose Takehiko, Inoue Jun | 4. 巻 10 |
| 2. 論文標題 Record high Pacific Arctic seawater temperatures and delayed sea ice advance in response to episodic atmospheric blocking | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Scientific Reports | 6. 最初と最後の頁 - |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-77488-y | 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 - |

| | |
|--|-------------------------------|
| 1. 著者名 Kodaira Tsubasa, Waseda Takuji, Nose Takehiko, Sato Kazutoshi, Inoue Jun, Voermans Joey, Babanin Alexander | 4. 巻 27 |
| 2. 論文標題 Observation of on-ice wind waves under grease ice in the western Arctic Ocean | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Polar Science | 6. 最初と最後の頁 100567 ~ 100567 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.polar.2020.100567 | 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 該当する |

| | |
|---|-----------------|
| 1. 著者名 Babanin, Rogers, de Camargo, Doble, Durrant, Filchuk, Ewans, Hemer, Janssen, Kelly-Gerreyn, Machutchon, McComb, Qiao, Schulz, Skvortsov, Thomson, Vichi, Violante-Carvalho, Wang, Waseda, Williams, Young | 4. 巻 6 |
| 2. 論文標題 Waves and Swells in High Wind and Extreme Fetches, Measurements in the Southern Ocean | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Frontiers in Marine Science | 6. 最初と最後の頁 - |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fmars.2019.00361 | 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 該当する |

| | |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名 Kodaira Tsubasa, Wada Ryota, Wada Daimon, Watanabe Shogo, Kita Yuki, Waseda Takuji | 4. 巻 29 |
| 2. 論文標題 Development and Demonstration of a Low-Cost Coastal Wind Observation System | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Journal of the Japan Society of Naval Architects and Ocean Engineers | 6. 最初と最後の頁 163 ~ 169 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2534/jjasnaoe.29.163 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|---------------------------|
| 1. 著者名 Kodaira Tsubasa, Waseda Takuji | 4. 巻 69 |
| 2. 論文標題 Tidally generated island wakes and surface water cooling over Izu Ridge | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Ocean Dynamics | 6. 最初と最後の頁 1373 ~ 1385 |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10236-019-01302-1 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------|
| 1. 著者名 Waseda Takuji, Watanabe Shogo, Fujimoto Wataru, Nose Takehiko, Kodaira Tsubasa, Chabchoub Amin | 4. 巻 9 |
| 2. 論文標題 Directional Coherent Wave Group From an Assimilated Non-linear Wavefield | 5. 発行年 2021年 |
| 3. 雑誌名 Frontiers in Physics | 6. 最初と最後の頁 - |
| 掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3389/fphy.2021.622303 | 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 該当する |

〔学会発表〕 計39件 (うち招待講演 2件 / うち国際学会 27件)

| |
|--|
| 1. 発表者名 藤原泰、勝野智嵩、早稲田卓爾、野瀬毅彦、小平翼 |
| 2. 発表標題 氷海造波水槽における波浪・海水相互作用の実験 |
| 3. 学会等名 名古屋大学宇宙地球環境研究所共同利用研究集会「海洋波および大気海洋相互作用に関するワークショップ」 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Takehiko Nose, Takuji Waseda, Tsubasa Kodaira, and Yasushi Fujiwara |
| 2. 発表標題 Analysing trend of MIZ fraction and largest waves in the Arctic Ocean and the Antarctic |
| 3. 学会等名 Joint Seminar on Mombetsu Sea Ice Symposium (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Nose, T., J. Rabault, T. Waseda, T. Kodaira, T. Katsuno, N. Kanna, K. Tateyama, J. Voermans |
| 2. 発表標題 Ocean wave observation in the Arctic Ocean north of the Laptev Sea |
| 3. 学会等名 The 12th Symposium on Polar Science (国際学会) |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 小平翼、麻崎和大、勝野智嵩、野瀬毅彦、藤原泰、内山亮介、Jean Rabault、Joey Voermans、早稲田卓爾 |
| 2. 発表標題 小型海洋ドリフター及び小型波浪観測ブイ開発の試み |
| 3. 学会等名 海洋調査技術学会第33 回研究成果発表会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 小平翼、麻崎和大、勝野智嵩、野瀬毅彦、藤原泰、内山亮介、Jean Rabault、Joey Voermans、早稲田卓爾 |
| 2. 発表標題 MEMSセンサを用いた波浪計測機器開発の試み |
| 3. 学会等名 令和3年日本船舶海洋工学会 秋季講演会 |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Alekseeva, T., Sokolova, J., Afanasyeva, E., Tikhonov, V., Raev, M., Waseda, T., Nose, T., Sharkov, E. |
| 2. 発表標題 Peculiarities of using the data of sea ice concentration derived from satellite microwave radiometry for navigational tasks |
| 3. 学会等名 The 36th International Symposium on the Okhotsk Sea & Polar Oceans |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Fujiwara, Y., Kodaira, T., Waseda, T., Nose, T., Nishizawa, K., Uchiyama R. |
| 2. 発表標題 Lagrangian observation of sea ice drift |
| 3. 学会等名 The 36th International Symposium on the Okhotsk Sea & Polar Oceans |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 藤原泰、小平翼、早稲田卓爾、野瀬毅彦、西澤啓太、内山亮介 |
| 2. 発表標題 海水漂流のラグランジュ的観測 |
| 3. 学会等名 J-ARCNet共同研究集会 |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Fujiwara, Y., Katsuno, T., Waseda, T., Nose, T., Kodaira, T |
| 2. 発表標題 Laboratory experiments of ice floe formation under wave motions |
| 3. 学会等名 Japan Geoscience Union (JpGU) Meeting |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Katsuno, T., Fujiwara, Y., Waseda, T., Nose, T., Kodaira, T. |
| 2. 発表標題 Experimental research on wave attenuation in the Marginal Ice Zone |
| 3. 学会等名 Japan Geoscience Union (JpGU) Meeting |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kodaira, T., Waseda, T., Nose, T., Inoue, J. |
| 2. 発表標題 Record high Pacific Arctic seawater temperatures and delayed sea ice advance in response to episodic atmospheric blocking |
| 3. 学会等名 Japan Geoscience Union (JpGU) Meeting |
| 4. 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kodaira, T., Waseda, T., Nose, T., Fujiwara, Y. |
| 2. 発表標題 Interannual variation of sea ice concentration over the Canada Basin |
| 3. 学会等名 The 36th International Symposium on the Okhotsk Sea & Polar Oceans (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kodaira, T., Waseda, T., Nose, T., Inoue, J. |
| 2. 発表標題 Record high Pacific Arctic seawater temperatures and delayed sea ice advance in response to episodic atmospheric blocking |
| 3. 学会等名 Ocean Sciences Meeting (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1 . 発表者名 Nose, T., Rebault, J., Waseda, T., Kodaira., T., Katsuno, T., Kanna, N., Tateyama, K., Voremans, J., Alekseeva, T. |
| 2 . 発表標題 Observation and model comparison of surface ocean waves in the Laptev Sea |
| 3 . 学会等名 The 36th International Symposium on the Okhotsk Sea & Polar Oceans (国際学会) |
| 4 . 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1 . 発表者名 Nose, T., Rabault, J., Waseda, T., Kodaira., T., Katsuno, T., Kanna, N., Tateyama, K., Voremans, J. |
| 2 . 発表標題 Ocean wave observation in the Arctic Ocean north of the Laptev Sea |
| 3 . 学会等名 the 12th Symposium on Polar Science (国際学会) |
| 4 . 発表年 2021年 |

| |
|--|
| 1 . 発表者名 Tateyama, K., Timofeeva, A., Kanna, N., Waseda, T., Enomoto, H. |
| 2 . 発表標題 Sea ice observation using a portable and satelliteborne passive microwave radiometers in 2021 NABOS expedition |
| 3 . 学会等名 The 36th International Symposium on the Okhotsk Sea & Polar Oceans (国際学会) |
| 4 . 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1 . 発表者名 Uchiyama R., Waseda, T., Ozeki, T., Kodaira, T., Fujiwara,Y., Yamaguchi, H. |
| 2 . 発表標題 Analysis on long-term trend of vessel icing predictor in the Arctic Ocean and measurement of sea spray and waves on R/V Mirai |
| 3 . 学会等名 The 36th International Symposium on the Okhotsk Sea & Polar Oceans (国際学会) |
| 4 . 発表年 2022年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Waseda, T., Matsuzawa T., Tateyama K., Kodaira, T., Fujiwara, Y., Katsuo T., Nose, T., Nishizawa, K., Sato K., Uchiyama, R |
| 2. 発表標題 Radar observation of sea-ice and waves in a controlled laboratory environment |
| 3. 学会等名 The 36th International Symposium on the Okhotsk Sea & Polar Oceans (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Jin, Z., Waseda, T., Fujiwara, Y., Katsuo T. |
| 2. 発表標題 Coupled model for simulating the interaction of wave and ice particles |
| 3. 学会等名 The 36th International Symposium on the Okhotsk Sea & Polar Oceans (国際学会) |
| 4. 発表年 2022年 |

| |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名 Waseda T. |
| 2. 発表標題 Wave groups in the ocean |
| 3. 学会等名 35rd IWWWFB (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kodaira T. Waseda T. Nose T. Inoue J. |
| 2. 発表標題 Record high Pacific Arctic seawater temperatures and delayed sea ice advance in response to episodic atmospheric blocking |
| 3. 学会等名 ASSW2021 (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Waseda T. T. Nose T. Kodaira A. Alberello T. Toyota |
| 2. 発表標題 Wave observation in the 2020 winter Okhotsk Sea |
| 3. 学会等名 Joint Seminar on Mombetsu Sea Ice Symposium (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 早稲田卓爾、野瀬毅彦、小平翼、Kaushik Sasmal、Adrean Webb |
| 2. 発表標題 北極低気圧起因波高の経年的変化 |
| 3. 学会等名 日本船舶海洋工学会 秋季講演会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|------------------------------------|
| 1. 発表者名 小平他 |
| 2. 発表標題 2019年結氷期の北極海水縁域における波浪観測 |
| 3. 学会等名 日本船舶海洋工学会 秋季講演会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Nose T. T. Waseda T. Kodaira K. Sato J. Inoue J. Voermans and A. Babanin |
| 2. 発表標題 Observation and modelling of marginal ice zone waves in the refreezing Beaufort Sea |
| 3. 学会等名 Joint Seminar on Mombetsu Sea Ice Symposium (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Waseda T. T. Nose T. Kodaira K. Nakano J. Inoue and K. Sato |
| 2. 発表標題 Uncertainty in ocean wave estimate in the Arctic Ocean |
| 3. 学会等名 25th IAHR International Symposium on Ice (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Waseda T Kodaira T. Masaki T. Hosoda S. Watari K. and Sugimoto F. |
| 2. 発表標題 Development of the Wave-Argo |
| 3. 学会等名 Ocean Obs'19 (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kodaira T. Nose T. Waseda T. Inoue T. |
| 2. 発表標題 Delayed Chukchi Sea Ice Advance by the Anomalous Warm SST in November 2018 |
| 3. 学会等名 Ocean Science Meeting 2020 (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Watanabe, S., W. Fujimoto, T. Nose, T. Kodaira, G. Davies, D. Lechner, T. Waseda |
| 2. 発表標題 Data Assimilation of the Stereo Reconstructed Wave Fields to a Nonlinear Phase Resolved Wave Model |
| 3. 学会等名 OMAE (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名 Waseda, T. |
| 2. 発表標題 Wave groups in the ocean |
| 3. 学会等名 35rd IWWWFB (招待講演) (国際学会) |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Babanin, A. and 21 authors, T. Waseda |
| 2. 発表標題 Waves and Swells in High Wind and Extreme Fetches, Measurements in the Southern Ocean |
| 3. 学会等名 Ocean Obs'19 (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kodaira T, T. Nose, T. Waseda, J. Inoue |
| 2. 発表標題 Waves and Ocean Currents Observed in the Refreezing Warm Chukchi Sea during 2018 Mira |
| 3. 学会等名 WISE2019 (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kodaira T, T. Nose, T. Waseda, J. Inoue |
| 2. 発表標題 Oceanographic Observation in the Refreezing Warm Chukchi Sea during 2018 Mirai Cruise |
| 3. 学会等名 JpGU2019 (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 麻崎 和太、早稲田 卓爾、小平 翼 |
| 2. 発表標題 全球規模を想定した漂流型波浪観測ブイの開発に関する研究 |
| 3. 学会等名 日本船舶海洋工学会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Kita, Y., T. Waseda |
| 2. 発表標題 Ocean Surface Wave Effects on Explosive Cyclone with Atmosphere-Ocean-Wave Coupled Model |
| 3. 学会等名 Ocean Science Meeting (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kita, Y., T. Waseda |
| 2. 発表標題 Investigation of the Impact of Ocean Waves on Development of Explosive Cyclone with a Coupled Model |
| 3. 学会等名 2nd IWSSCH (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kita, Y., T. Waseda |
| 2. 発表標題 The Effect of Ocean Waves on an Explosive Cyclone Development: Investigation with a Coupled Model |
| 3. 学会等名 AOGS16th (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kita, Y., T. Waseda |
| 2. 発表標題 The Effect of Ocean Waves on an Explosive Cyclone Development: Investigation with a Coupled Model |
| 3. 学会等名 JPGU2019 (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Kita, Y., T. Waseda |
| 2. 発表標題 Atmospheric Turbulence Structures Shifted by Wave Directional Diversity |
| 3. 学会等名 WISE2019 (国際学会) |
| 4. 発表年 2019年 |

〔図書〕 計1件

| | |
|--|-----------------|
| 1. 著者名 Waseda, T. | 4. 発行年 2019年 |
| 2. 出版社 World Scientific Pub Co In. | 5. 総ページ数 363 |
| 3. 書名 Chapter 4, in Ocean Wave Dynamics | |

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

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 | 小平 翼 (KODAIRA Tsubasa) (60795459) | 東京大学・大学院新領域創成科学研究科・講師 (12601) | |

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 | | | |
|---------|---------------------------------------|--|--|--|
| オーストラリア | University of Melbourne | | | |
| ノルウェー | Norwegian Meteorological Institute | | | |