

令和 5 年 5 月 18 日現在

機関番号：34419

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2018～2022

課題番号：18H01284

研究課題名（和文）風の海面摩擦係数における波浪・風速変動の影響

研究課題名（英文）Effect of wave and wind speed fluctuations on drag coefficient

研究代表者

鈴木 直弥（Suzuki, Naoya）

近畿大学・理工学部・教授

研究者番号：40422985

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,500,000円

研究成果の概要（和文）：風速に対する風の海面摩擦係数の大きな変動要因において室内実験および現場海洋で観測を行うことで波浪と風速変動の影響について検討した。その結果、風波水槽実験より風波と同一方向の成分波および表層流の混在における風の海面摩擦係数の変動に関する知見が得られた。海洋観測より平均風速・有義波高の時系列での変動や瞬間風速の変動における風の海面摩擦係数の変動に関する知見が得られた。さらに新たに風向の変動も風の海面摩擦係数の変動要因となる知見も得られた。そして小型大気乱流・波浪同時計測ブイを用い、より高精度な観測を行うためにIMUセンサを用いた手法を提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

地球環境変化やその基礎となる気候システムの変動・変化の最も基本的な要素の1つである大気・海洋間運動量フラックスを求めるための重要なパラメータである風の海面摩擦係数が風速に対して大きく変動し、その変動要因の知見が十分でないため、精度の良い風の海面摩擦係数モデルは確立されていない。本研究は、風の海面摩擦係数の変動要因として波浪の影響のみでなく海面上を吹く風速の変動に着目し、波浪の影響のみならず風速・風向変動によっても風の海面摩擦係数の変動要因となる知見が得られ、さらにブイで高精度観測を行うための新たな手法を提案したことに学術的および社会的な意義がある。

研究成果の概要（英文）：The effect of the fluctuation of waves and wind speed on the variation factor of the drag coefficient for the wind speeds was investigated in a laboratory and field. The knowledge about the variation of the drag coefficient on the presence of component wave and surface current with following wind wave and was obtained by laboratory measurements. The knowledge about the variation of the drag coefficient on the fluctuation of the time-series of mean wind speed and significant wave height and the fluctuation of the instantaneous wind speed were obtained by field measurements. In addition, new knowledge was obtained that the fluctuation of wind direction is also a factor in the variation factor of the drag coefficient. And The method using the IMU sensor for more accurate observation was proposed using the small wind stress and wave buoy.

研究分野：海洋物理

キーワード：風の海面摩擦係数 風速・風向変動 表層流 うねり 海面状態

1. 研究開始当初の背景

近年、地球温暖化による異常気象などが深刻化しており、特に巨大化した台風・ハリケーンや爆弾低気圧等による環境影響が危惧されている。これらの環境問題に対処するためには、人類の活動に関わる地球環境変化や、その基礎となる気候システムの変動・変化の最も基本的な要素の1つである大気・海洋間の乱流輸送機構(熱・運動量・物質輸送)の解明とそれらの輸送量の正確な評価が重要になる。特に大気・海洋間運動量フラックスは、海洋駆動のエネルギー源であり、風波の発生・発達の乱流によって熱・物質輸送の促進力ともなるため重要である。

一般的に大気・海洋間運動量フラックスは、経験的なバルク式で求められている。このバルク式には風の海面摩擦係数が使用されているが、純粋な風波を対象として風速のみの関数で与えられているだけであり、変動は非常に大きく風の海面摩擦係数がどのような値をとるのが、明確でない。大気・海洋相互作用の数値モデリングの近年の著しい発展の中で、海面境界過程のパラメタリゼーションの部分が残されている。この隙間を埋めることが、地球環境や気候システム変動の解析・予測のさらなる精度向上に繋がると考えられる。

風の海面摩擦係数の大きな変動の原因の1つとして、風波に対するうねりの影響が大きいことが明らかになってきた(Donelan et al., 1997; Suzuki et al., 2002; Suzuki et al., 2010)。しかし、多様な海面状態におけるデータが少ないため、うねりの影響を考慮した場合であっても風の海面摩擦係数の高精度モデルを作成することは困難であった。また、海面境界過程においてうねり以外では海流や砕波の風の海面摩擦係数の影響の詳細な知見は得られていない。さらには、同じ平均風速であっても平均時間内で安定・上昇・下降・変動して吹いているような様々な場合が考えられるため、風の海面摩擦係数が異なる可能性が考えられる。しかし風の海面摩擦係数におよぼす風速変動の影響の詳細な知見も得られていない。研究が進展していない原因の1つとして、海洋での観測においては、測定機器の設置場所の制限があることや時々刻々と風および波が変化する非定常で複雑な海表面においては正確な風速変動と水位変動の同時計測が困難であることがあげられる。

2. 研究の目的

信頼性の高い風の海面摩擦係数モデルの確立のために風速に対して変動する風の海面摩擦係数の変動の風波やうねりなどの波浪の影響以外に残された要因として風速変動の影響が考えられる。また、海洋では様々な現象が重なり合い海面状態が複雑である。本研究では、現場海洋観測のみでなく、風波水槽を用いて風波と成分波が混在した場合や表層流が混在した場合などを生成して測定・解析を行うことで、室内実験および現場海洋観測の両方から風の海面摩擦係数における波浪・風速変動の影響の知見を得ること、また、さらには小型大気乱流・波浪同時計測ブイをさらに非定常で複雑な海表面において高精度に観測が可能な手法を開発することが目的である。

3. 研究の方法

(1) 風波水槽を用いた室内実験での風波と同一方向の成分波および表層流の混在時の解析

使用した風波水槽は、上流側から送風機、拡散胴、整流胴、縮流胴、テストセクション部で構成される全長 13.2 m のエッフェル式風波水槽(図1)である。テストセクション部は長さ 6.5 m、幅 0.3 m、高さ 0.8 m であり、水深は最大で 0.49 m まで調節が可能である。成分波混在実験では、成分波を生成するために造波装置を入口部に設置した。水深は 0.45 m、一様風速は 6.1 m/s、9.7 m/s、13.0 m/s とし、風波と同一方向の成分波で周波数および波の振幅を電圧値として 0 Hz_0 V (風波のみ)、0.5 Hz_1 V、0.5 Hz_2 V、1 Hz_1 V、1 Hz_2 V、2 Hz_1 V、2 Hz_2 V の 7 パターンとした。風速測定はピトー管、波高測定は抵抗式波高計を使用した。表層流混在実験では成分波混在実験と同様の風波水槽に表層流を生成するために設置しているポンプを使用した。水深は 0.49 m、一様風速は 6.7 m/s、11.7 m/s とし、風波と同一方向の液流で、液流速を 0.04 m/s、0.07 m/s、0.11 m/s、0.15 m/s、0.18 m/s の 5 パターンとした。風速測定、波高測定は成分波混在実験と同様である。

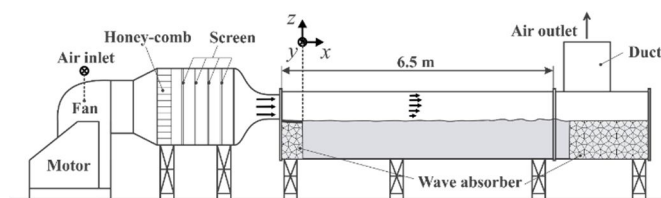


図1. 風波水槽の(左図)概略図、(右図)写真

(2) 海洋観測で得られた波浪・風速パラメータの解析

海洋観測では神奈川県相模湾平塚沖約 1 km、水深 20 m に位置する東京大学所有の平塚沖総合実験タワー（図 2）において 3 軸超音波風速計をタワー屋上部で高さ 23.75 m と 21.75 m の位置に設置して風速 3 成分（水平 2 成分、鉛直 1 成分）の測定を行った。また波高はタワー既存の超音波波高計からのデータを使用した。摩擦速度 u_* の算出は渦相関法、風速 U_{10} の算出には対数測を用いた。また、本研究では大気安定度が中立状態（リチャードソン数 $Ri_i < 0.02$ ）であり、海面が粗面（粗度レイノルズ数 $Re_c > 2.3$ ）のデータを選定した。風速・風向の安定の条件を風速 ± 5 m/s 以内、風向 $\pm 5^\circ$ 以内とし、選定したデータを基準に風速・風向変動による抵抗係数への影響を検討した。

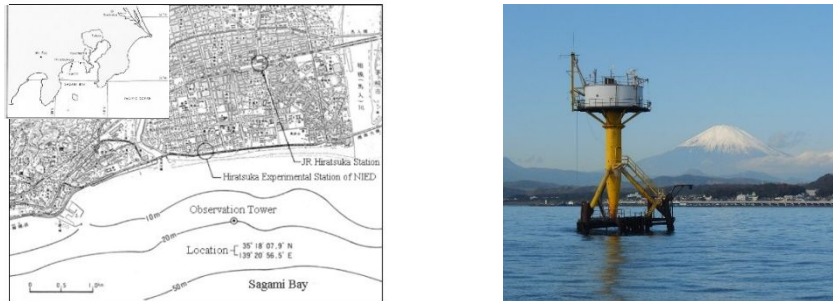


図 2．東京大学所有の平塚沖総合実験タワーの位置（左）と外観写真（右）

(3) 小型大気乱流・波浪同時計測ブイの高精度観測手法の開発

洋上で高精度な風速を計測する方法としてブイの動揺を計測し、風速に含まれる動揺を補正するために、洋上での風速計の瞬間的な運動を任意球面上の運動であると仮定し、複数の IMU センサを用いた動揺補正アルゴリズムを開発した。また洋上での風速計測では風速計の動揺による風速の誤差が不明である。そこで風速の動揺補正実験は図 3 のように無風状態の室内でロボットアームの先端に 3 軸超音波風速計と 2 つの IMU センサを設置して実験を行い検証した。ロボットアームを静止させた状態で風速を測定し、その測定結果を風速の真値とした。

さらに高精度に海面状態を観測するためにさらの小型のブイを製作した（図 4）。ドーナツ形状の浮体で外径 200 mm、中心円筒部 80 mm である。に 2 台の IMU センサを搭載し、小型ブイの運動幾何拘束を利用したセンサデータの統合によってセンサの機械誤差と計算による積分誤差を低減のために風波水槽実験によって検証した。使用した風波水槽は上記で使用したものと同一である。小型ブイには 2 台の IMU センサとセンサ駆動用のバッテリーを搭載した。精度検証に用いるため、小型ブイの上部に反射マーカを 5 個設置し、光学式モーションキャプチャを用いて小型ブイの運動の真値として同時に計測した。波は、造波機による規則波と風を吹かせての風波を生成した。



図 3．ロボットアームを用いた実験の様子



図 4．作成した小型ブイの外観

4．研究成果

(1) 風波水槽を用いた室内実験での風波と同一方向の成分波および表層流の混在時の解析

風波と成分波が混在する海面状態での実験では、風波と同一方向の成分波が混在することで風波のみの周波数スペクトルの形状が変化することから風波に影響をおよぼしていることが示された。また、風速鉛直分布から傾度法を用いて摩擦速度 u_* を算出し風の海面摩擦係数 C_D を求めた。図 5 の風速 U_{10} と風の海面摩擦係数 C_D の関係より、成分波が混在することで風の海面摩擦係数が大きい値を取ることが示された。

風波と表層流が混在する海面状態での実験では、風波と同一方向の表層流が混在することで風波の周期が短く、エネルギーが小さくなることから、表層流によって風波の発達が抑制されていることが示された。また成分波実験と同様に風速鉛直分布から傾度法を用いて摩擦速度 u_* を算出し風の海面摩擦係数 C_D を求めた。図 6 の風速 U_{10} と風の海面摩擦係数 C_D の関係より、表層流が混在することで風の海面摩擦係数が小さい値を取ることが示された。また高風速で風の海面摩擦係数の相違が小さくなることも示された。今後、複雑な海面状態である現場海洋データと比較

する際の指標となることが期待される。

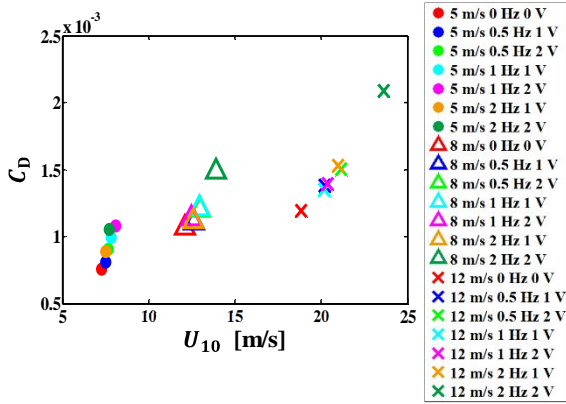


図5．成分波の影響における風速 U_{10} と風の海面摩擦係数 C_D の関係

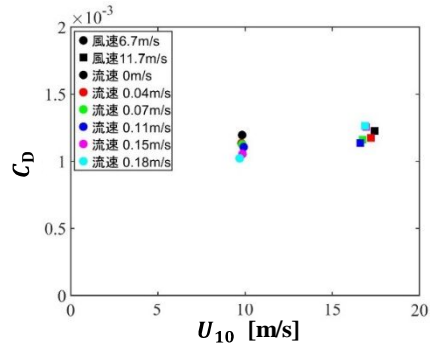


図6．表層流の影響における風速 U_{10} と風の海面摩擦係数 C_D の関係

(2) 海洋観測で得られた波浪・風速パラメータの解析

10分平均の風速データの時系列での変動を解析した結果、風速が50分間 ± 0.5 m/s以内で安定している場合、高風速域での風の海面摩擦係数の変動が減少した(図7(a))。また10分平均風速を計算する際に用いられる10分間内の風速の瞬間値の時系列の変動を解析した結果、大きく風速が変動している場合や増加・減少傾向の場合、全風速域で風の海面摩擦係数の変動が減少した。これにより風速の変動が風の海面摩擦係数の変動に影響していると考えられる。さらに10分平均の風向データの時系列での変動を解析した結果、風向が50分間 $\pm 5^\circ$ 以内で安定している場合、低風速域での風の海面摩擦係数の変動が減少した(図7(b))。また風速と同様に10分間内の風向の瞬間値の時系列の変動を解析した結果、風向が大きく変動している場合や、風向が徐々に変化している場合においても低風速域での風の海面摩擦係数の変動が減少した。なお風速・風向両方が50分間安定している場合、全風速域で風の海面摩擦係数の変動が減少した(図7(c))。有義波高の変動も解析した結果、高風速域での風の海面摩擦係数の変動が減少した。よって風の海面摩擦係数の変動において高風速域では風速・有義波高が変動している場合、低風速域では風向が変動している場合であることが示された。さらに異なる時間間隔の全球規模海上風速再解析データERA-5を用いて大気・海洋間運動量フラックスを算出した結果、局所において高風速時に異なる時間間隔による風速変動の影響が示された。今後、時々刻々と変化する現場海洋において波浪および風速の変動を考慮、さらには当初予定しておらず今回新たに得られた風向変動の知見を考慮したうえでの風の海面摩擦係数モデルの構築が期待される。

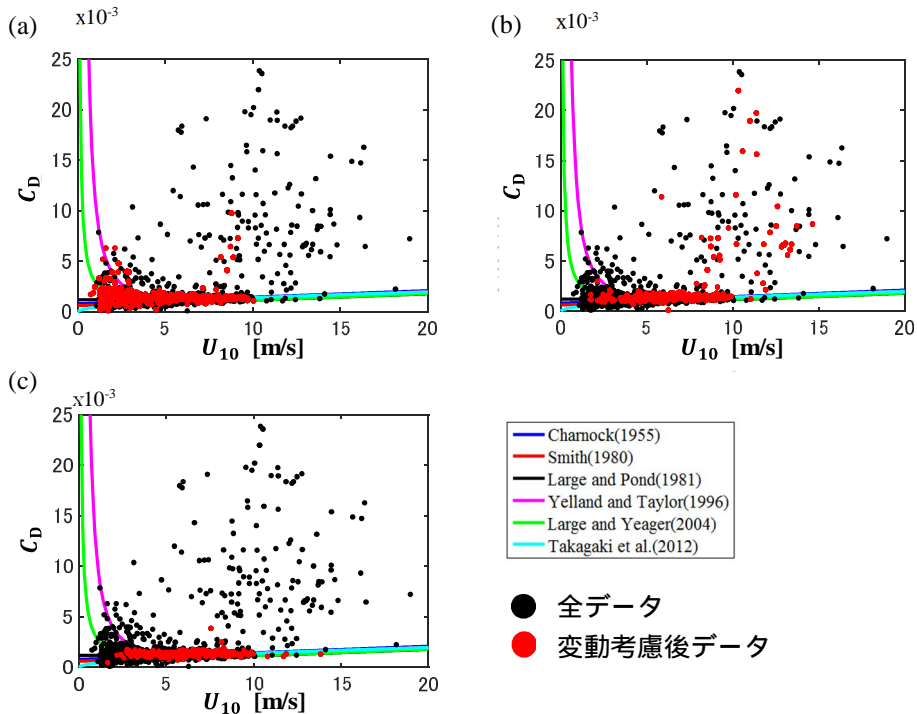


図7．風速・風向変動を考慮した風速 U_{10} と風の海面摩擦係数 C_D の関係
(a)風速変動のみ考慮、(b)風向変動のみ考慮、(c)風速・風向変動の両方考慮

(3) 小型大気乱流・波浪同時計測ブイの高精度観測手法の開発

瞬間的な運動を任意球面上の運動であると仮定した動揺補正手法、さらに2つのIMUセンサを用いて計測値を統合することで計測誤差の影響を減少させるためにロボットアームで実験を行った結果、X, Y, Z軸方向の並進運動でX, Y, Z軸風速誤差はそれぞれ34.0%、77.4%、36.8%減少した。Y軸周りの回転運動においてX, Z軸の風速誤差は、それぞれ57.1%、28.1%減少した。また風速計の公称測定精度以内であることが示され、提案手法の有効性が示された。

小型ブイの開発においては上記の動揺補正手法により運動を推定し、小型ブイの位置を求めゼロアップクロス法で波高を算出した。また小型ブイの運動平面を静止水面と平行となる風波水槽座標系のX-Z平面に投影し、X-Z平面上の単位ベクトルとすることで小型ブイの運動データを直接用いて波向きを算出した。小型ブイの固有周期1.0 sよりも周期が長い波においては波高は10%以下の精度で推定できることが示された。一方、波周期が小型ブイの固有周期よりも短い条件においては推定精度が10 - 20%低下した。波向きの推定は、規則波においては推定精度が1°以下と安定した結果が得られた。しかし不規則波である風波においては推定精度が下がった。全ての条件において提案手法と光学式モーションキャプチャの推定結果は誤差8%以下の精度で一致しているため、提案手法により小型ブイの運動を高精度に推定できていると考えられる。これにより今後より短い周期の波に同期できるブイを製作することで高精度に風波の情報を得ることが可能になることが期待される。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 5件）

1. 著者名 UETANI Hiroaki, SUZUKI Naoya, IKEDA Astutoshi	4. 巻 78
2. 論文標題 DEVELOPMENT OF SMALL BUOY WITH MULTI-IMU SENSORS FOR ESTIMATION OF OCEAN WAVE CONDITIONS	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B2 (Coastal Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_121 ~ I_126
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.78.2_I_121	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 Naoya Suzuki, Yohei Ueda, Naohisa Takagaki, Iwao Ueki, Atsutoshi Ikeda	4. 巻 27
2. 論文標題 Effects of wind fluctuations and various drag coefficient models on air-sea momentum flux estimation at high wind speeds	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Marine Science and Technology Society	6. 最初と最後の頁 73-79
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14928/amstec.27.1_73	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 Takagaki Naohisa, Suzuki Naoya, Takahata Shunsaku, Kumamaru Hiroshige	4. 巻 61
2. 論文標題 Effects of air-side freestream turbulence on the development of air-liquid surface waves	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Experiments in Fluids	6. 最初と最後の頁 136.1-20
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s00348-020-02977-9	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 Takagaki Naohisa, Suzuki Naoya, Troitskaya Yuliya, Tanaka Chiaki, Kandaurov Alexander, Vdovin Maxim	4. 巻 16
2. 論文標題 Effects of current on wind waves in strong winds	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ocean Science	6. 最初と最後の頁 1033 ~ 1045
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5194/os-16-1033-2020	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 UEMURA Yusuke, TAKAGAKI Naohisa, SUZUKI Naoya	4. 巻 76
2. 論文標題 DEVELOPMENT OF THE LOOP METHOD ON LONG-FETCH CONDITIONS IN WIND WAVE TANK - CONSTRUCTION OF LOOP-TYPE WIND AND WAVE HYBRID METHOD -	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B2 (Coastal Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_1399 ~ I_1404
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.76.2_I_1399	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 TANIGUCHI Hiroto, SUZUKI Naoya, GARCIA Gustavo, IKEDA Atsutoshi	4. 巻 75
2. 論文標題 QUANTITATIVE EVALUATION OF ANEMOMETER MOTION COMPENSATION METHOD USING MULTIPLE IMU SENSORS	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B2 (Coastal Engineering)	6. 最初と最後の頁 I_1303 ~ I_1308
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.75.I_1303	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 Naoya Suzuki, Takenobu Michioka, Masanori Konda, Kunio Kutsuwada, Yuji Masuda	4. 巻 25
2. 論文標題 Effect of ships on wind flow in ocean wind measurements using a numerical simulation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Marine Science and Technology Society	6. 最初と最後の頁 1 ~ 14
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14928/amstec.25.1_1	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 Naoya Suzuki, Masanori Konda, Kunio Kutsuwada, Kyota Utsunomiya	4. 巻 24
2. 論文標題 Comparison of the accuracy of various global wind speed datasets obtained from satellites and reanalyses	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of Advanced Marine Science and Technology Society	6. 最初と最後の頁 31 ~ 37
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.14928/amstec.24.2_31	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23件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 9件）

1. 発表者名 上谷太陽、鈴木直弥、池田篤俊
2. 発表標題 IMUセンサを複数搭載した小型ブイによる波のパラメータ推定
3. 学会等名 ロボティクス・メカトロニクス講演会2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 上谷太陽、鈴木直弥、池田篤俊
2. 発表標題 海洋での波情報計測に向けたIMUセンサ搭載小型ブイの開発
3. 学会等名 第69回海岸工学講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Hiroaki Uetani, Naoya Suzuki, Atsutoshi Ikeda
2. 発表標題 Development Consecutive Sensing Buoy System for Measurement of Ocean Waves
3. 学会等名 American Geophysical Union Fall Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Atsutoshi Ikeda, Naoya Suzuki, Hiroaki Uetani, Hiroto Taniguchi
2. 発表標題 Development of small buoy with built-in multiple IMU for sea surface condition measurement
3. 学会等名 American Geophysical Union, Ocean Sciences Meeting 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 合田総一郎, 高垣直尚, 鈴木直弥, 松田景吾, 小森悟, Yuliya Troitskaya
2. 発表標題 強烈な砕波を伴う気液界面における運動量輸送量の測定手法の構築
3. 学会等名 2020年度日本機械学会年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 合田 総一郎, 高垣 直尚, 鈴木 直弥, 松田 景吾, 小森 悟, Yuliya Troitskaya
2. 発表標題 風波水槽での高風速時の砕波を伴う大気・海洋間運動量輸送の評価
3. 学会等名 海洋理工学会令和2年度秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上田 陽平, 鈴木 直弥, 高垣 直尚, 植木 巖
2. 発表標題 全球規模での大気・海洋運動量フラックス積算における海上風速データの時間解像度および抵抗係数モデルの相違による影響評価
3. 学会等名 海洋理工学会令和2年度秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 佐々木 燦汰, 高垣 直尚, 鈴木 直弥
2. 発表標題 強風時の大気・海洋間運動量輸送に及ぼす浅瀬の影響
3. 学会等名 海洋理工学会令和2年度秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hiroto Taniguchi, Naoya Suzuki, Gustavo Garcia, Astutoshi Ikeda
2. 発表標題 Motion Compensation of an Anemometer Using Multiple IMU Sensors in a World Coordinate System
3. 学会等名 American Meteorological Society 101st Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 上村友祐、高垣直尚、鈴木直弥
2. 発表標題 風波水槽での吹送距離延長のための気流ループ法の確立 - 気流・波ハイブリッドループ法に向けて -
3. 学会等名 海洋理工学会2019年度春季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 道岡武信、鈴木直弥
2. 発表標題 観測塔周りの気流を対象としたLarge-eddy simulation
3. 学会等名 日本流体力学会 年会2019
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 田中千晶、鈴木直弥、高垣直尚、根田昌典
2. 発表標題 風波水槽での大気・海洋間運動量輸送における表層流の影響の検討に向けた初期実験
3. 学会等名 海洋理工学会2019年度秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naoya Suzuki, Takuji Waseda
2. 発表標題 Effect of the fluctuation of the wind speed and direction on the drag coefficient investigated using tower-based measurements
3. 学会等名 American Geophysical Union, Ocean Sciences Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hirotu Taniguchi, Naoya Suzuki, Gustavo Garcia, Atsutoshi Ikeda
2. 発表標題 Rotational motion compensation towards precise wind speed measurement on the sea
3. 学会等名 American Geophysical Union, Ocean Sciences Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Chiaki Tanaka, Naoya Suzuki, Naohisa Takagaki, Yuliya Troitskaya, Satoru Komori, Alexander Kandaurov, Maxim Vdovin, Masanori Konda
2. 発表標題 Sea surface effects on the growth of wind wave in laboratory experiment
3. 学会等名 American Geophysical Union, Ocean Sciences Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Temma Onishi, Naohisa Takagaki, Naoya Suzuki
2. 発表標題 Measurement method of the wind stress at high wind speeds in laboratory experiment
3. 学会等名 American Geophysical Union, Ocean Sciences Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Rikuya Maekawa, Naoya Suzuki, Naohisa Takagaki
2. 発表標題 Effect of component waves on drag coefficient in laboratory experiment
3. 学会等名 American Geophysical Union, Ocean Sciences Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Yusuke Uemura, Naohisa Takagaki, Naoya Suzuki
2. 発表標題 Development of the loop method on long-fetch conditions in wind wave tank
3. 学会等名 American Geophysical Union, Ocean Sciences Meeting (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 上村友祐、高垣直尚、鈴木直弥、小森悟
2. 発表標題 風波水槽での気側ループ法の確立および風速鉛直分布の相違による風波への影響の検討
3. 学会等名 平成30年度海洋理工学会春季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 白石涼、道岡武信、鈴木直弥
2. 発表標題 平塚観測塔が周辺の気流に及ぼす影響
3. 学会等名 第59回大気環境学会年会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大西天真、高垣直尚、鈴木直弥、小森悟、井上海地
2. 発表標題 風波水槽を使用した風波の発達における気側乱流の影響
3. 学会等名 平成30年度海洋理工学会秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 前川莉玖弥、高垣直尚、鈴木直弥、小森悟
2. 発表標題 風波水槽実験による抵抗係数の変動における成分波の影響
3. 学会等名 平成30年度海洋理工学会秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 谷口 寛人、鈴木 直弥、池田 篤俊
2. 発表標題 高精度な海面風応力計測に向けた超音波風速計の動揺補正実験
3. 学会等名 第19回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計0件

〔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	高垣 直尚 (Takagaki Naohisa) (00554221)	兵庫県立大学・工学研究科・准教授 (24506)	

6. 研究組織（つづき）

	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	早稲田 卓爾 (Waseda Takuji) (30376488)	東京大学・大学院新領域創成科学研究科・教授 (12601)	

	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
連 携 研 究 者	池田 篤俊 (Ikeda Atsutoshi) (20609903)	近畿大学・理工学部・准教授 (34419)	

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		
ロシア連邦	IAP, the Russian Academy of Sciences		