

## 浅海域における航空LiDAR測深の精度評価

### Accuracy assessment of airborne LiDAR bathymetry in shallow coastal regions

\*Sakai Toru<sup>1</sup>、石黒 聡士<sup>2</sup>、松永 恒雄<sup>1</sup>、小松 輝久<sup>3</sup>、山野 博哉<sup>1</sup>、小熊 宏之<sup>1</sup>

\*Toru Sakai<sup>1</sup>, Satoshi Ishiguro<sup>2</sup>, Tsuneo Matsunaga<sup>1</sup>, Teruhisa Komatsu<sup>3</sup>, Hiroya Yamano<sup>1</sup>, Hiroyuki Oguma<sup>1</sup>

1. 国立環境研究所、2. 愛知工業大学、3. 東京大学

1. National Institute for Environmental Studies, 2. Aichi Institute of Technology, 3. University of Tokyo

Japan is susceptible to natural disasters, such as typhoons, earthquakes, tsunamis and volcanic eruptions from geographical conditions. These natural disasters not only disturb water quality, bottom sediments and aquatic organisms, but also change the seabed topography itself. Therefore, it is necessary to quickly update the land deformation after the natural disaster for ensuring the security of the national land and marine transportation. For the reasons, the demand for measurement of seabed topography is increasing. Echo sounders have been widely used to measure water depth. By using multi-beam echo sounders, a map of seabed topography can be created with a resolution of a few centimeters in the shallow water area. However, it is impossible to measure in a shallow reef area where the survey ship can not pass. Also, it takes a lot of time and labor to measure large areas by small vessels. In recent years, an airborne laser bathymetry has attracted attentions as a method of quickly observing large areas.

The airborne laser bathymetry utilizes the LiDAR (Light Detection And Ranging) system to estimate water depth from the differential time-of-flight of an optical pulse transmitted from the aircraft to the water bottom through the air-water interface. The LiDAR system in terrestrial environments is recognized as a surveying tool with high quality. However, there are few studies on the bathymetric LiDAR system. Only the Japan Coast Guard (JCG) has innovated since 2003 in Japan. It is necessary to investigate under what circumstances the bathymetric LiDAR system can be used in water environments. In this study, the bathymetric LiDAR data are evaluated through a comparison to the existing data derived from acoustic and other bathymetric LiDAR (owned by JCG) instruments.

As a result, the vertical accuracy of bathymetric LiDAR data satisfied the International Hydrographic Organization's Order 1 standards ( $\pm 0.50$  m) as compared to the reference data of water depth. Moreover, the bathymetric LiDAR data were strongly correlated with data derived from acoustic ( $R^2=0.923$ ,  $RMSE=0.243$  m) and JCG bathymetric LiDAR ( $R^2=0.983$ ,  $RMSE=0.139$  m) instruments. The wider swath width and faster acquisition speed were advantages of airborne LiDAR bathymetry. The combination of topographic-bathymetric LiDAR data also creates a seamless elevation map across the land/water boundary. These results indicate there is potential for applying airborne LiDAR bathymetry in water environments. However, the airborne LiDAR bathymetry was sensitive to turbidity and bottom material. Measurable water depth varied somewhat depending on the location. In this study areas, measurable water depth was shallower than approximately 30 m. It would be necessary to choose the bathymetric methods in consideration of the purpose of seabed mapping, required time, target area, economic cost, etc.

キーワード：航空LiDAR測深、海底地形、マルチビーム音響測深

Keywords: airborne LiDAR bathymetry, seabed topography, multi-beam echo sounder

## Development of the air-sea flux observing system

\*植木 巖<sup>1</sup>、横田 牧人<sup>1</sup>、福田 達也<sup>1</sup>、安藤 健太郎<sup>1</sup>、石原 靖久<sup>1</sup>

\*Iwao Ueki<sup>1</sup>, Makito Yokota<sup>1</sup>, Tatsuya Fukuda<sup>1</sup>, Kentaro Ando<sup>1</sup>, Yasuhisa Ishihara<sup>1</sup>

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構

1. JAMSTEC Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Although there are many global air-sea flux products in these days, evaluation and improvement of global air-sea flux products are still crucial for atmospheric, oceanographic and climate research and weather and climate prediction. For that purpose, in situ observations by research vessels and mooring buoys are essential. As a part of the TAO (Tropical Atmosphere and Ocean)/TRITON (Triangle trans-ocean buoy network) array, we are conducting the air-sea flux observation in the western Pacific and eastern Indian Ocean. Basically, sensors for ocean surface wind, air temperature, humidity, barometric pressure, shortwave radiation, and precipitation are installed on the surface buoy of the TRITON mooring. The mooring observation has the advantage to acquire detailed direct measurement record at a fixed point, however it takes relatively high cost to keep many sites. Because of progress of the development of unmanned ocean surface vehicles, such as the Wave Glider and the Saildrone, we can use these vehicles as a platform for air-sea flux observation. Using the Wave Glider, we are conducting development of air-sea flux observing system. As payloads, we install three types of meteorological sensor units; the Weather Station (Airmar), Weather Transmitter (Vaisala), and JAMMET (JAMSTEC). The observed parameters are air temperature, relative humidity, barometric pressure longwave radiation, shortwave radiation, and wind. Underwater sensors for temperature, conductivity and pressure and thermistor chain for temperature profile within 10 m depth are also installed. The acquired data are recorded on logger system and transmitted to land station via iridium satellite communication system. We have conducted a series of field experiments mainly in the western tropical Pacific in the last year. Results of the experiments will be introduced in the presentation.

キーワード：大気-海洋フラックス、ウェーブグライダー、現場観測

Keywords: Air-sea flux, Wave Glider, in situ measurements

## 絶対塩分測定技術の開発

### Development of Absolute Salinity measuring technique

\*Uchida Hiroshi<sup>1</sup>

\*Hiroshi Uchida<sup>1</sup>

1. 海洋研究開発機構

1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

海水の塩分の測定には電気伝導度計が広く用いられている。電気伝導度による塩分の測定は、海水の組成比が世界中どこでも一定という仮定に基づく。しかし、ケイ酸塩など非イオン溶存物や河川の影響などにより、電気伝導度計で求めた塩分（実用塩分）と実際の塩分（絶対塩分）は異なる場合がある（例えば、太平洋深層で0.02 g/kg程度）。2009年に30年ぶりに改訂された新しい海水の状態方程式（TEOS-10）では、絶対塩分と実用塩分（正確には標準組成塩分）の差である絶対塩分偏差を求める簡便な推定式が採用された。絶対塩分偏差に関わる主な溶存物としては、ケイ酸塩、硝酸塩、アルカリ度、全炭酸がある。外洋域ではこれらの溶存物は相関を持って変化することが多いので、データが豊富なケイ酸塩の関数として絶対塩分偏差を推定している。しかし、北極海表層など河川水の影響を強く受ける海域では、推定式の誤差が大きい。また、ケイ酸塩の気候学的平均分布を用いた推定式では、人為起源二酸化炭素の増加に伴う全炭酸濃度の増加などの時間変化を評価できない。これらの問題を解決するために、音速計を用いて、絶対塩分を海洋の現場で高精度に直接測定する手法を開発した。通常電気伝導度・水温・圧力の関数として塩分を求める代わりに、音速・水温・圧力の関数として0.001 g/kgの分解能で絶対塩分を求めることが可能になる。ただし、音速計や音速方程式の誤差が大きく、そのままでは実用的な精度で絶対塩分を求めることができない（絶対塩分の誤差は表層で0.04 g/kg、6000 mで0.4 g/kg程度）。そのため、採水試料に対して振動式密度計で求めた絶対塩分（分解能は0.0013 g/kg）を基に、音速計で求めた絶対塩分を現場校正が必要になる。振動式密度計は、通常、純水の測定値を基に、状態方程式で計算される密度に一致するように校正される。しかし、振動式密度計の非線形性により海水の測定値には誤差が含まれる。そこで、密度の絶対測定法である液中ひょう量法を基に、標準海水の密度を国際単位系SIにトレーサブルに求め、標準海水を用いて振動式密度計を校正する。これらにより、現場での絶対塩分測定システムを実現した。

キーワード：絶対塩分、音速、密度

Keywords: Absolute Salinity, Sound speed, Density

# Pulsed & Gated FMCW Waveform for Simultaneous Observables with Coastal HF Radar

\*Chad Whelan<sup>1</sup>

## 1. CODAR Ocean Sensors

The use of commercial High Frequency Surface Wave Radar (HFSWR) for mapping coastal ocean surface currents introduced in 1982 and has since proliferated into extensive coastal HFR networks around the world. Surface current maps reveal spatially robust and temporally refined features of ocean circulation that, when used in conjunction with other tools and data layers, are a key component in numerous applications, including emergency search and rescue operations, oil spill response, hurricane tracking and analysis, oceanographic research, and numerical model assimilation. Other coastal HFSWR observables include wave parameters, tsunami detection, and vessel tracking, each of which has different temporal and spatial resolution requirements.

Surface current maps are measured and averaged over time scales of 20 –60 minutes for most applications. However, tsunamis with periods of 20 –40 minutes requires much more rapid updates, on the order of 2 –4 minutes. Vessel tracking also requires similar timed updates to properly track changes in position and heading. Wave parameters such as significant wave height, wave period and direction require longer averaging. While the SeaSonde® HFSWR is best known for its compact cross-loop antenna design, it is its waveform that is uniquely adaptable to a wide variety of spatial characteristics and timescales. By employing a pulsed and gated Frequency Modulated Continuous Wave (FMCW) transmission with nanosecond sweep timing accuracy, a single coastal station can simultaneously process all the above observables at their optimum time scales.

The precise sweep timing allows for multiple systems in the same region to transmit on the same frequency, reducing the amount of bandwidth required for a network and allowing all systems to operate simultaneously and continuously, which is critical for tsunamis and vessels. Each sweep is processed for range and stored locally, allowing for multiple processing threads to read variable numbers of sweeps over time scales that depend on the observable. In addition to the precise, continuous sweeping, the shaped pulsing is also a critical component of the waveform. It allows for closer spacing of transmit and receive antennas at a single site for systems below 11 MHz and combined transmit and receive antenna above 11 MHz. In addition, it allows for close spacing of multiple stations in confined areas of high resolution by timing stations to maximize bistatic sea echo and minimize the direct bistatic transmissions. The most recent benefit of pulsing is allowing for ITU-mandated call sign capability that can be broadcast without interruption of data collection and heard as Morse code on a simple AM receiver.

Keywords: HF Radar, Surface Currents, Waves, Tsunami

## 研究船「みらい」搭載機器による海洋上の雨滴粒径分布の現場観測 In-situ observation of the rain drop size distribution over the ocean by the instruments onboard R/V Mirai

\*勝俣 昌己<sup>1</sup>、中川 勝広<sup>2</sup>、森 修一<sup>1</sup>、耿 驃<sup>1</sup>、谷口 京子<sup>1</sup>

\*Masaki Katsumata<sup>1</sup>, Katsuhiko Nakagawa<sup>2</sup>, Shuichi Mori<sup>1</sup>, Biao Geng<sup>1</sup>, Kyoko Taniguchi<sup>1</sup>

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. 国立研究開発法人情報通信研究機構

1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. National Institute of Information and Communications Technology

雨滴粒径分布 (DSD)、すなわちサイズ別の雨滴数のデータは、レーダーを用いた淡水フラックス(雨量)測定や雨滴衝突による海洋表層混合を考える上で重要である。しかし過去の観測の殆どは陸上で行われたものである。大陸性と海洋性で異なる降水メカニズムが指摘されている中、海洋上での観測データの欠落は問題である。そこで筆者らは、光学式雨滴粒径分布計を研究船「みらい」に設置し、その熱帯から北極に渡る広い行動範囲においてデータの取得を続けている。今回は熱帯での雨滴粒径分布に絞り、R-Dm関係(R:降水強度、Dm:平均粒径)に落とし込んだ解析を行った。結果、Kozu et al. (2009)で提案された全球平均としてのR-Dm関係と比較し、幾つかのケースで大粒径粒子が多いという結果が得られた。この傾向は、以下の場合により顕著であった：(1) 陸上よりも海上、(2) 特に海洋大陸域スマトラ島沿岸での "Pre-YMC" 観測期間のデータにおいて、(3) 層状性降水域において、及び、(4) Parsivel よりもLPMで測定したデータにおいて、である。最後に指摘した機材による差異については、他の機材と比較してその是非を検討した。

キーワード：雨滴粒径分布、海洋性降雨、研究船「みらい」

Keywords: drop size distribution, oceanic rainfall, research vessel Mirai

## Automatic Detection of Spurious Differential Phase

\*耿 驃<sup>1</sup>、勝俣 昌己<sup>1</sup>

\*Biao Geng<sup>1</sup>, Masaki Katsumata<sup>1</sup>

1. 海洋研究開発機構

1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology

Differential phase is one of the important parameters measured by a polarimetric radar. It has been widely used in attenuation correction and quantitative precipitation estimation (QPE). Unfortunately, however, the differential phase is often contaminated by noises and the QPE may be significantly spoiled by spurious differential phases. Therefore, a quality control of data of the differential phase is mandatory.

A simple algorithm has been developed to automatically detect spurious differential phases. The algorithm utilizes the relationship between radar reflectivity and specific differential phase. The ability of the algorithm is tested by using the data from the measurements of the polarimetric radar on board the research vessel Mirai. It is found that the algorithm can effectively ascertain the data quality of differential phases. The possible application of the algorithm for the quality control of polarimetric radar measurements is discussed.

キーワード：みらい、偏波レーダー、品質向上

Keywords: Mirai, polarimetric radar, quality control

# 日本周辺海域における自律型海洋観測装置（AOV）による海洋観測 Ocean observations using Wave Gliders -called AOV in JCG- around Japan coasts

\*西村 一星<sup>1</sup>、松坂 真衣<sup>1</sup>、土屋 主税<sup>1</sup>、増田 貴仁<sup>1</sup>、糸井 洋人<sup>1</sup>、加藤 弘紀<sup>1</sup>、山尾 理<sup>1</sup>

\*Issei Nishimura<sup>1</sup>, Mai Matsusaka<sup>1</sup>, Chikara Tsuchiya<sup>1</sup>, Takahito Masuda<sup>1</sup>, Hiroto Itoi<sup>1</sup>, Hiroki Katou<sup>1</sup>, Satoshi Yamao<sup>1</sup>

1. 海上保安庁海洋情報部

1. Japan Coast Guard Hydrographic and Oceanographic Department

海上保安庁は2016年より、WaveGlider（海上保安庁では、AOVと呼んでいる、以下、A O V）の本格運用を始めた。AOVは燃料がいらず、無人で長期のリアルタイムデータ取得が可能な自律型海洋観測プラットフォームである。本発表では、AOVの機器概要を紹介しながら、黒潮域等でAOVに設置されているADCPで観測されたデータの結果や、今年の夏、台風時に観測した波浪や風のデータの結果について紹介する。

キーワード：Wave Glider、海洋観測、プラットフォーム

Keywords: Wave Glider, Ocean observation, Platform



## Argoフロートに搭載されているCTDセンサーの簡易的事前検定手法の開発

### Development of simple CTD calibration method for Argo float.

\*平野 瑞恵<sup>1</sup>、細田 滋毅<sup>1</sup>、橋向 高幸<sup>2</sup>、廣田 聡子<sup>2</sup>、増田 周平<sup>1</sup>

\*Mizue Hirano<sup>1</sup>, Shigeki Hosoda<sup>1</sup>, Takayuki Hashimukai<sup>2</sup>, Satoko Hirota<sup>2</sup>, Shuhei Masuda<sup>1</sup>

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. (株) マリン・ワーク・ジャパン

1. Japan Agency for Marine-Earth Science and Technology, 2. Marine Works Japan Ltd.

Argoフロート（以下フロート）に搭載されているCTD（電気伝導度（塩分）、水温、圧力）センサーの殆どが長期間、安定して計測できる米国製Sea Bird Electronics（以下SBE）社製SBE41である。長期にわたる海中での観測において、CTDセンサーが国際Argo計画で決められた精度を満たして安定的に計測を行い続けることができるよう、JAMSTECでは、フロート投入前にセンサーを取り外さずに簡易かつ効率的にCTDセンサー精度確認を行う手法を開発した。

国際Argo計画では、JAMSTECをはじめ世界各国の研究機関などが協力し、全球に3000台以上のフロートによる全球Argo観測網を構築し、海洋内部変動をリアルタイムでくまなくモニタリングしている。フロートは10日周期で水深2000mから海面付近までの水温と塩分を3～4年間自動で観測を行うが、気候変動シグナルを出来るだけ正確に検出できるよう、計測されたデータは国際Argo計画で定められた目標精度（水温 $\pm 0.005^{\circ}\text{C}$ 、塩分 $\pm 0.01\text{PSU}$ ）を満たす必要がある。

JAMSTECでは2000年からこれまで約1100台のSBE41が搭載されたフロートを投入した。全てのフロートに搭載されているCTDセンサーの精度は、SBE社出荷時に確認済みであるが、種々の要因で出荷後に精度を満たさなくなる場合がある。このため、JAMSTECではこれまでSBE社と同様のセンサー検定システムを導入し、500台以上のCTDセンサーの精度確認を行ってきた。そしてそのうち、目標精度を満たさない30台のセンサーを検出し、精度を満たさないCTDセンサーを搭載したフロートの海洋への投入を未然に防ぐことができた。しかし、この検定システムの運用は複雑で、フロート本体を開封し、センサーを本体から取り外して検定を行う必要があるため、特殊な技術が必要なうえ、時間もかかり全てのフロートに対して精度確認は不可能であった。そこで、フロートを開封することなく、効率よく全数のCTDセンサーに対し精度確認できる手法と検定システム（簡易検定システム）の開発を行った。

簡易検定システムは、予め水温と塩分を調整した人工海水を、精度が担保されている水温センサーおよび塩分センサー、精度確認を行うフロートのCTDセンサーへ一定量排出可能なポンプを用いて同時に送液し、自動的に計測した各センサーの残差を検出するものである。本システムでは、実験の室温やセンサー類の温度管理を厳密に行うことが出来るかどうかで検定精度に大きな影響が出ることが分かった。そこで、空調の配置やセンサー部の保温などの対処を行い、人工海水の温度変化を $\pm 0.3^{\circ}\text{C}$ 内に保つことに成功した。これにより、簡易検定システムにおいても、フロートのCTDセンサーが国際Argo計画で定められている目標精度内かどうかを確認することが可能となり、投入前に精度に疑いのあるセンサーを効率よく検出できる目途がたつたと考えられる。

簡易検定システムの検定時の温度管理については、さらに効率的に行うべく、改良の余地が残されている。今

後、簡易検定システムを運用しつつ、これまでの検定システムを並行して使用することで検定数を増やし、簡易検定システムの機能向上と効率化を行う予定である。

キーワード：アルゴフロート、CTDセンサー、センサー検定

Keywords: Argo float, CTD sensor, Sensor calibration

## 分散型海洋レーダの実験

### An Experimental Study on Distributed Ocean Surface Radar

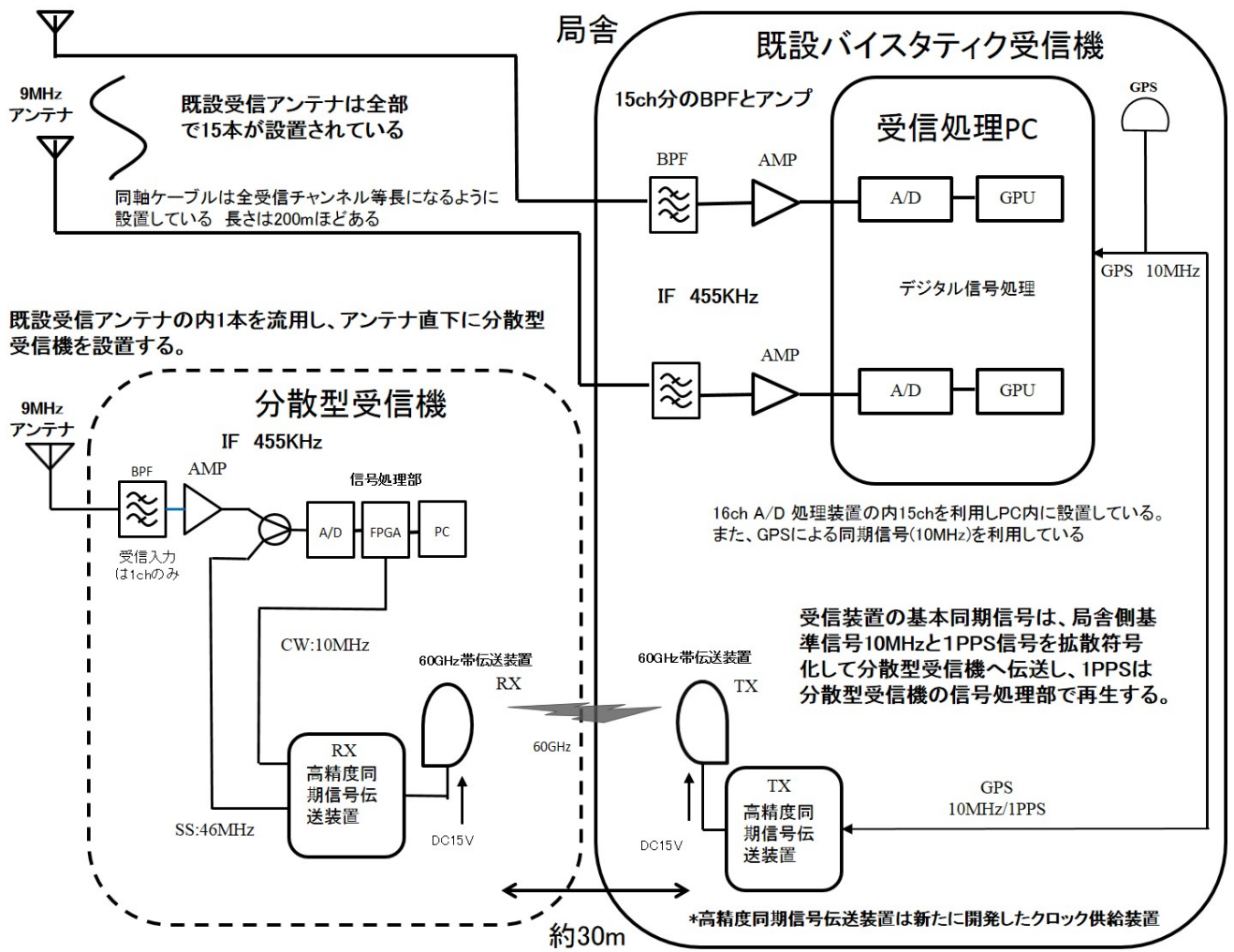
\*杉谷 茂夫<sup>1</sup>、雨谷 純<sup>1</sup>、岩井 宏徳<sup>1</sup>、森本 昭彦<sup>2</sup>、久島 萌人<sup>3</sup>、藤井 智史<sup>4</sup>、滝川 哲太郎<sup>5</sup>、市川 香<sup>6</sup>  
\*Shigeo Sugitani<sup>1</sup>, Jyun Amagai<sup>1</sup>, Hironori Iwai<sup>1</sup>, Akihiko Morimoto<sup>2</sup>, Meoto Kyushima<sup>3</sup>, Satoshi Fujii<sup>4</sup>, Tetutarou Takigawa<sup>5</sup>, Kaoru Ichikawa<sup>6</sup>

1. 国立研究開発法人 情報通信研究機構、2. 愛媛大学、3. 名古屋大学、4. 琉球大学、5. 長崎大学、6. 九州大学  
1. National Institute of Information and Communication Technology, 2. Ehime University, 3. Nagoya University, 4. University of the Ryukyus, 5. Nagasaki University, 6. Kyushu University

海洋レーダは沿岸部に設置し、数十kmから200km程度の沖合の海域を流れる表層流を観測可能なレーダである。この海洋レーダはHF帯の周波数を利用するが、レーダにフェーズドアレイアンテナを構成する場合は、特に低い周波数において、波長の長さからアンテナ群の規模は数百メートルに及ぶ。海洋レーダの設置の制限の多い海岸部においてこれらのアレイアンテナの設置の自由度を向上させるためわれわれは先に分散型海洋レーダの提案を行った。分散型海洋レーダではアレイアンテナを構成するアンテナ1本1本に無線機を設置し、これらの無線機が同軸ケーブルで接続されることなくお互いに同期を取ることでフェーズドアレイアンテナを構成する。本研究では最初の試みとして、既設の9MHz帯受信フェーズドアレイ方式の海洋レーダのアンテナ群の内1本に他のアンテナと同期可能な分散型受信機を設置し、受信実験を行ったので報告する。

キーワード：海洋レーダ

Keywords: Ocean surface radar



# Ocean wave motion detection with Hu-moments invariants using CCD images

\*DongSeob Song<sup>1</sup>, JongChul Yoon<sup>1</sup>

1. Kangwon National University

Computer vision (CV) is a research field in computer science for acquiring, processing, analyzing, and understating image and video to produce numerical or symbolic information. Among the various CV techniques, we used image moment to analyze the movements of ocean wave. Image moment is weighted average of image pixel intensities and we find that varying of moment between costal monitoring video frames can be associated with wave movement, such as period and height. Using the varying of image moment we analyze the numeric information of wave movement and tested our algorithm to the Gyoam beach in Gangwon province, Republic of Korea. To prove the algorithm we compared with the wave information collected by an acoustic wave gage (AWAC) and determine the usability of our system. We first extract a list of sample patches in the videos of coastal region that have immunity from external environments such as human or ship. Since general CCD camera is fixed, variance in the time domain of inlier video patch can caused by wave movement. To calculate the variance between the video patch, simple measure by difference the colors or intensity at each pixel can be used. But that is ineffective for a CCD video, because CCD video contains unwanted changes due to light variance or noise which make crucial miscalculation. Instead, we extract seven hu-moments that invariant a translation, scale, rotation and apply these for contour shape matching, which is a well-known technique for measuring the similarities between two shapes, between each sample in the different video frames. To comparing with ground-truth data, we also capture the wave movement by acoustic wave gage. After comparison, we found that the period of real wave were almost identical to the CCD image processing results. And amplitude of EV(i) and height of wave showed similar value changes relatively although absolute values are different. Length of higher amplitude region also has a similar pattern with wave length. Therefore our system can be used as a beach process monitoring system with low cost equipment.

Keywords: CCD, Hu-moments, Wave Period

## 観測塔周りの風の流れの数値シミュレーション

### —数値シミュレーションの適用について—

## Numerical Simulation of Wind Flow around an Ocean Observation Tower

### -First Assessment of the Applicability of Numerical Simulation-

\*井内 洋登<sup>1</sup>、竹本 剛志<sup>1</sup>、鈴木 直弥<sup>2</sup>、道岡 武信<sup>2</sup>、早稲田 卓爾<sup>3</sup>、田村 仁<sup>4</sup>、市川 香<sup>5</sup>

\*hiroto iuchi<sup>1</sup>, Takeshi Takemoto<sup>1</sup>, Naoya Suzuki<sup>2</sup>, Takenobu Michioka<sup>2</sup>, Takuji Waseda<sup>3</sup>, Hitoshi Tamura<sup>4</sup>, Kaoru Ichikawa<sup>5</sup>

1. 近畿大学大学院総合理工学研究科、2. 近畿大学理工学部、3. 東京大学大学院新領域創成科学研究科、4. 海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所、5. 九州大学応用力学研究所

1. Department of Mechanical Engineering, Graduate School of Science and Engineering Research, Kindai University, 2. Department of Mechanical Engineering, Faculty of Science and Engineering, Kindai University, 3. Department of Ocean Technology, Policy and Environment, Graduate School of Frontier Science, The University of Tokyo, 4. Marine Information Group, Port and Airport Research Institute, 5. Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University

大気・海洋間の運動量、すなわち海面応力を定量化する際に用いられる抵抗係数 $C_D$ （あるいは摩擦速度 $u_*$ ）は一般的に海上高度10 mでの風速 $U_{10}$ のみの関数で表されている。しかし、詳細な知見が十分でないため $C_D$ の測定値は大きくばらついており、多くの式が提案されているが、まだ確立されていない。現場海洋における海上風速（水平および鉛直成分）の観測は観測装置の設置場所（観測塔、ブイ、船舶）の影響により高精度で多様な状況のデータを得ることは困難である。特に海面応力の観測は沿岸域の観測塔で行われることが多く、観測塔が周りの海上風へ及ぼす影響の検討をすることは重要である。そこで、物体周りの影響を検討する有効な手法の一つとして、近年、工学・建築の分野においてCFD（Computational Fluid Dynamics）による数値シミュレーションが良く用いられているが、海洋観測の分野での活用例はほとんどない。本研究では、観測塔を対象としてCFDによる数値シミュレーションにより、観測塔周りの風の流れの可視化を行った。そして、数値シミュレーションが理想的な風速設置位置の検討及び観測塔による影響の補正指標として適用可能か検討した。対象とした観測塔は、相模湾の平塚沖約1 kmに位置する平塚沖総合実験タワー（高さ約20 m）である。観測塔のモデリングにはSolidWorksの3次元CAD、数値シミュレーションソフトにはSolidWorks Flow Simulationを用いた。風向は、観測塔を中心に水平方向に10°間隔の36方向、風速は、鉛直方向に風速分布を与えているため基準としてポール上部での高さ（海面から25.35 m）で5 m/s、10 m/s、15 m/sの3通りである。また、この観測塔では2015年7月29日より観測塔屋上のポール上部（観測塔屋上から3.75 m）と手すり上部（観測塔屋上から1.75 m）の2か所に公称測定精度1.5%の超音波風速計を設置し海上風観測を行っているため、その2か所における観測塔による影響をみた。その結果、風速5 m/sの手すり上部ではスカラー風速と流れ方向風速の風下側、風向60°と70°で公称測定精度以内となった。それ以外の風速成分・風向では公称測定精度に収まらなかった。また、ポール上部においては、公称測定精度に収まる風速成分・風向はなかった。また、比較的観測塔による影響が小さい手すり上部風向70°、ポール上部風向250°において観測塔周りの可視化を行った結果、観測塔前面で上方に流れが剥離しているため、観測塔に近いほど観測塔の影響が大きい結果となった。また、風速10 m/s、15 m/sにおいても同様の傾向となった。次に、数値シミュレーションがどの程度現場風速を表すことができているのかを見るために、現場風速と比較を行った結果、数値シミュレーションはほとんどの現場データに対して10%以内の誤差を示し近い値となった。したがって、まだ厳密な数値シミュレーションではないが、数値シミュレーションは観測塔の影響を検討する上で適応可能であると考えられる。そこで、観測塔における理想的な風速計設置場所の検討を行った。その結果、観測塔屋上中心から高さ8.9 m以上、風上側に18 m以上の距離が必要であり、現実的に強度の観点から設置は困難であると考えられる。そこで、どの風向からも同様に塔の影響を受けると考えられる観測塔中心

ポールにおいて、どの風速でも設置高さ約0~1.5 mで影響が約5.35~8.78 %となる補正の係数化を提案した。以上より、海上風の高精度観測に向けた数値シミュレーションの適用の可能性も示された。さらに、観測塔中心のポールにおける補正指標の可能性も示された。

キーワード：風速測定、流れの可視化、数値シミュレーション、数値流体力学、風応力

Keywords: Wind speed measurement, Flow visualization, Numerical simulation, Computational Fluid Dynamics (CFD), Wind stress

## 観測船「みらい」搭載ライダーによる水蒸気、雲、エアロゾルの海上観測 The Mirai lidar for observation of atmospheric water vapor, clouds and aerosols over the ocean

\*谷口 京子<sup>1</sup>、松井 一郎<sup>2</sup>、西澤 智明<sup>3</sup>、清水 厚<sup>3</sup>、勝俣 昌己<sup>1</sup>

\*Taniguchi Kyoko<sup>1</sup>, Ichiro Matsui<sup>2</sup>, Tomoaki Nishizawa<sup>3</sup>, Atsushi Shimizu<sup>3</sup>, Masaki Katsumata<sup>1</sup>

1. 国立研究開発法人海洋研究開発機構、2. mss、3. 国立研究開発法人国立環境研究所

1. JAMSTEC, 2. mss, 3. NIES

ライダーは、観測対象へ光線を発振し、その後方散乱とそれにかかった時間を計測するアクティブリモートセンシング技術である。発振光線の波長選定により分子大の粒子をも観測対象とすることが可能であり、空間的高分解能かつ連続性に優れた観測データは、対象物の複雑な分布を捉えることができる。このようなライダーの特徴は、大気中で変動する水蒸気、雲、そしてエアロゾル観測に最適である。

一方、ライダーに限らず海上の大気観測の拠点は限定的であり、沿岸・諸島での観測点を除くと極めて稀である。しかしながら、地球表面の多くが海に覆われていることから、海洋と大気の相互作用は大きいと考えられる。この相互作用の本質を捉えるには海上観測の拠点が不可欠であり、船上観測はその一例である。そこで、我々は観測船「みらい」へ大気観測用ライダーを設置した。

船用に改良した「みらい」ライダーは、現在までに大気中の水蒸気、雲とエアロゾルの鉛直分布観測に広い海域において成功し、連続したデータから大気の時変動を詳細に見ることができる。また、これらの観測データを水蒸気混合比などの物理変数へ変換することで、観測船「みらい」で実施されたほかの観測等との比較が可能になり、ライダー観測精度も評価することができる。

キーワード：ライダー、海上大気観測、水蒸気、雲、エアロゾル、船上観測

Keywords: lidar, atmospheric observation over ocean, water vapor, cloud, aerosols, ship-borne observation