# LED ライダーによる水面観測に関する検討

## Water surface observation by LED mini-lidar

椎名 達雄 中川和也 Tatsuo Shiina and Kazuya Nakagawa

千葉大学大学院融合科学研究科
Graduate School of Advanced Integration Science, Chiba Universiy
古野電気
Furuno Electric Co., LTD

#### Abstract

LED mini-lidar was optimized for ocean wave observation. To observe the wave motion, the low observation angle should be set on the ground or the ship. The wave motion is rapid, and the repetition frequencies of LED beam and echo-wave detection should be high. This time, the concrete LED mini-lidar was fabricated and observed on the several wave conditions. The wave echo of LED mini-lidar has a peculier form on the high-speed oscilloscope. The frame rate to catch the wave motion is modified by the sampling frequency and memory length of the oscilloscope.

#### 1. はじめに

波浪の観測は目視やカメラによって容易に為されるものの、定量的な観測となるとその手法は限られてくる。人工衛星や波浪観測用ブイによる方法は地球規模の波浪観測になり、大型タンカーや客船には有益な情報となるものの、漁船やプレジャーボートの近海航行の目的には情報が欠ける。船舶に搭載する波浪センサは音波やレーダーを使ったものがあるが、やはり小型船舶には搭載が難しい。レーザー波浪計も報告はあるが、実用には至っていない。[1]

波浪は風による影響が大きく、船舶の進行方向の波高や波速といった情報が航行の安全性、燃料の消費効率の観点から有益である。それらの情報は本来操舵を行う者の目視によって行っているが、うねりによって船舶が大きく傾いた状況や夜間、もしくは視界不良時には観測できない。そこで、定量的な観測機器が必要となる。

本研究では、LED を光源とした近距離計測用ミニライダー(LED ミニライダー)を提案し、これまで開発を行ってきた。[2] 現場で使用できるライダーを開発する目的で、簡単に移動でき、バッテリー動作も可能、特に光源は素人が交換やメンテナンスできることを想定している。今回、波浪観測に向けた LED ライダーを構築し、実際の波浪を観測した。LED ライダーの波浪データは離散的なフォトンからのパルス列となり、高繰り返しな LED パルス光の特徴を活かした積算による観測で波浪を捉える。本報告では観測波形の特徴と波形解析に関して述べる。

#### 2. 波浪の観測と解析

波浪用 LED ライダーの構成を Table 1 にまとめる。パワーLED を利用しており、送信出力は 750mW@450kHz である。素子サイズが大きく、送信ビーム径を 50mmφと大きくし、広がり角は 10mrad.とした。計測距離は 300m までを想定している。受光にはカセグレン望遠鏡を使い、双頭型ライダーの構成を採用している。

LED ライダーの波浪データは離散的なフォトンからのパルス列となり、しかも波浪の動きを反映する。そこで、高繰り返しな LED パルス光の特徴を活かした積算による観測で、波浪を捉える。本研究では LED ライダー用にパルス繰り返しに追従した高繰り返しなホトンカウンターを開発しているが、波浪は動きが速いため、積算をしながら動きを追うことができない。現在は高い波形更新レート、ロングメモリのオシロスコープ (Rode&Schwarz RTO1004 600MHz) を用いた波浪データの取得を行っている。Fig.1 にその様子を示す。実際の波浪の波形は動画のように時間とともに変化している。また、波形は多くのパルス列の重ね書きによって波浪エコーとしての形を成している。従って、積算時間と繰り返しレートとの最適化が必要となる。

上記オシロスコープの history 機能を使った計測例を Fig.2 および Fig.3 に示す。Fig.2 は東京湾の千葉港で内海を観測した 24s の観測例である。波は穏やかで、波高も低い状況であった。(a)Observation data では波浪エコーがテールを引いたように現れているが、(b)Count data では各 BIN におけるエコーを一定の時間間隔で積算し、カウント値に変換して表している。波浪の形がはっきりを現れている様子が分かる。グラフでは時間とともに波高やエコー位置が変化する様子をカラースケールで表している。Fig.3 は銚子の外川港で観測した 40s の観測例で、観測角が浅いために、(a)Observation Data では、0-60m に波浪による水しぶきが、また、60-150m にかけては波浪の動く様子が捉えられている。(b)Count data に変換すると、変化や位置がはっきりする様子が分かる。特に、70m の波浪エコーの後ろにある 90m 付近のエコーは立ち上がった波の後ろからのエコーが捉えられている。

Table 1 LED mini-lidar for wave motion observation.

Tuble I EED min near for wave motion observation:	
Transmitter	
LED Pulse Power	750mW
Wavelength	385nm
Beam Diameter	50mmφ
Beam Divergence	10mrad.
Repetition Frequency	>450kHz
Receiver	
Telescoe	Cassegrain
Diameter	127mmф
Field of View	<5mrad.
Interferene Filter	$\lambda_0 = 385 \text{nm}, \Delta \lambda = 10 \text{nm}$
Detector	Photomultiplier

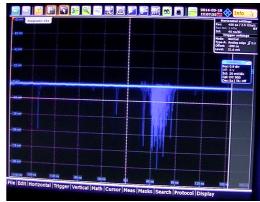
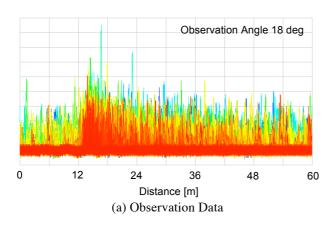


Fig.1 Capture of wave motion ovservation.



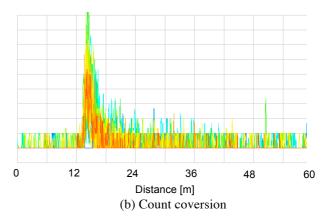
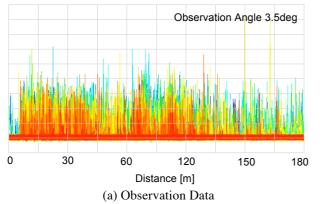


Fig.2 Wave observation (2014.06.23. Chiba port on Tokyo bay).



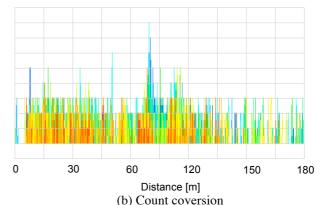


Fig.3 Wave observation (2014.08.04. Sotokawa port at Chishi-shi).

#### 4. まとめ

高繰り返しのLED光源を利用した波浪ライダーを構築した。波浪の動きに追従できる観測を目指し、複数回の実観測を試みている。現行のオシロスコープによる観測ではサンプリング速度ならびにメモリ長の制限、波形更新レートの制約があり、かつ、ライダーデータには数値が殆ど入らないブランクデータが多く含まれてしまっている。今後、専用の波浪エコー取得ボードを開発し、リアルタイムでの波浪の動態解析を実現させる。

### 参考文献

- [1]日本造船研究協会「実船搭載用波浪計に関する研究報告書」1975
- [2] 椎名、中川、「LED ライダーによる水面観測に関する検討」、レーザセンシングシンポジウム予稿集、pp.44-45 (2013)