

ドプラー情報による超音波式魚群移動検出装置について

河口真一郎*・尾崎 勝成**

New Doppler acoustic system to detect the movement of fish

Shinichiro KAWAGUCHI* and Katsunari OZAKI**

Abstract

Trap net fishing is being recognized anew as an energy-efficient and resource management-oriented method of fishing. However, pursuing higher profit through labor-saving has become an urgent task because of its problems in terms of operating efficiency. While a method for closing the net entrance after the fish that entered the fixed net reached a certain volume and a method for hauling box net are being proposed as means of saving labor, the information that is needed in using these methods is the volume of remaining fish after distinguishing and separating the fish schools that enter the trap net from those that leave the trap net.

As the conventional fish movement monitoring system using acoustics adopted a method that monitored only the intensity of reflected signal from fish schools, it was difficult to distinguish and separate the fish schools that entered the trap net from those that left the trap net. The authors developed a buoy that monitors the incoming and outgoing of fish by acoustics (50 kHz) to detect the Doppler frequency that was generated by the movement of fish and then transmits the Doppler data by radio (40 MHz) along with the intensity of reflected signal to the monitor station on land, and processing units that automatically distinguishes and separates them as incoming fish signal and outgoing fish signal according to the Doppler frequency information on land. This paper describes the system in detail and give testing results in trap net.

1. はじめに

定置網漁業は、200海里専管水域の設定後、再認識されつつあるが、計測技術の面からみると、20年前から技術的進歩がみられない。これは、定時に網持ちを行なう為、積極的に魚群を探知する必要が無かった為である。現在、操業者の高齢化と、操業人口の減少により、操業の省力化と自動化の必要性が生じている。この為には、定置網に出入りする魚群を監視する必要があるが、従来の装置は、魚群からの反射信号の強度情報のみをモニターする方式であり、入出網の判別が困難であった。筆者等は、50 kHzの超音波を使用し、魚

群の移動により発生するドプラー周波数を検出後、反射信号の強度情報と一緒に40 MHz帯の無線により陸上のモニター局へデータ伝送するブイと、データ受信後、ドプラー周波数情報により入網魚群信号と出網魚群信号に判別・分離する装置を開発し(木村ら, 1992)、標準球試験、定置網での実操業時の試験により良好な結果を得たので報告する。

2. 装置の構成

定置網に設置し、50 kHzの超音波により3ヶ所の魚群移動により発生するドプラー周波数と反射強度情報を測定し、40 MHz帯の無線によりデータ伝送するブイと、陸上に設置され、ブイからの伝送データを受信・出力する制御受信器と、制御受信器からのデータを3CH別々の信号として分離・出力する前置処理装置、前置処理装置からの信号をドプラー周波数情報により、入網魚群信号と出網魚群信号に分離・出力するコンピュータから構成される。コンピュータでは、入

1993年4月16日受理。

* 日本無線株式会社 2nd. Engineering Department, Japan Radio Co., Ltd. 1-1, Shimorenjaku 5, Mitaka, Tokyo, 181, Japan.

** 日本定置協会 Japan Trap Net Fisheries Association, 1-9-13, Akasaka, Minato-ku, Tokyo, 107, Japan.

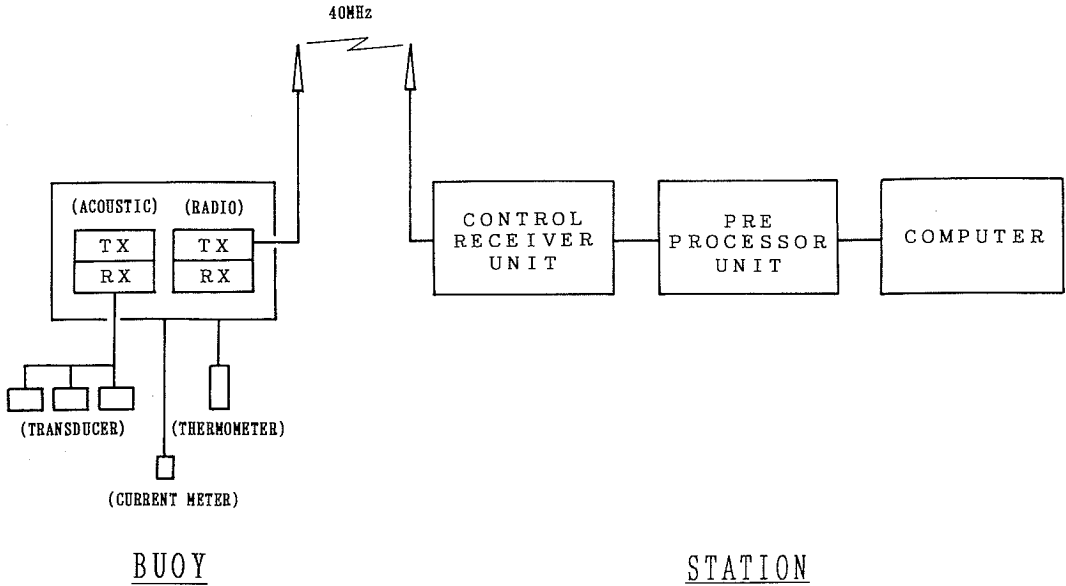


Fig. 1. Block diagram of new doppler acoustic system to measure the movement of fish.

網魚群信号と出網魚群信号により、定置網内の残存魚群量も算出する。Fig. 1 に装置の構成図を示す。

3. 計測方法

水中の移動物体が振動子に対向して移動している場合、移動物体からの反射信号は(1)式で与えられるドブラーシフトを生ずる(松沢ら, 1985)。魚群の移動速度は魚種により異なるが、本研究の場合、10 cm/s 以上の魚群移動の検知を目標とする。従って $f_0 = 50 \text{ kHz}$ 、 $V_f = 10 \text{ cm/s}$ 、 $\theta = 45^\circ$ の場合、ドブラー周波数の必要分解能は 4.7 Hz となる。

$$f_d = \frac{2 \cdot f_0 \cdot V_f \cdot \cos\theta}{C} \quad (1)$$

- f_0 : 送信周波数 [Hz]
- V_f : 魚群移動速度 [cm/s]
- θ : 振動子の俯角 [度]
- C : 水中の音速 [m/s]
- f_d : ドブラー周波数 [Hz]

次に、分布状態が均一でない魚群に対するドブラー検出方法について述べる。魚群からの反射信号は、単体魚からの反射と異なり、反射信号における位相の不連続な点が必ず存在し、ドブラー周波数の異常値を発生させる原因となっている。その結果、単にドブラー

周波数を検出するのみでは、魚群の移動方向と速度を決定することは不可能であり、ドブラー周波数検出の精度向上の為の信号処理が不可欠である。本研究においては、Fig. 2 の処理フローに示す様に、検出されたドブラー周波数に対して、1) 異常値の除去、2) 平均処理、3) 平均値による置換、4) α -フィルター処理、を施すことにより、ドブラー周波数の精度向上を実現させた。 α -フィルターは、新旧2種類のデータのみでフィルター処理が可能であり、過去のデータに対する重み付けも可変な為、広く利用されている。

$$D_0 = \frac{D_T}{K} + \frac{D_{T-1} \cdot (k-1)}{K^2} \quad (2)$$

但し、

- D_T : T 時点でのフィルターの入力値
- D_{T-1} : $(T-1)$ 時点でのフィルターの状態値
- D_0 : T 時点でのフィルターの出力値
- K : α -フィルターの時定数

4. 結 果

Fig. 3 は標準球 ($TS = -36\text{dB}$ のアルミ球) を用い、振動子の真下を上下動させた場合の評価結果である。図中の左図は通常の魚群探知機としての魚群反射表示例、図中の中央図はドブラー情報により分離・出力さ

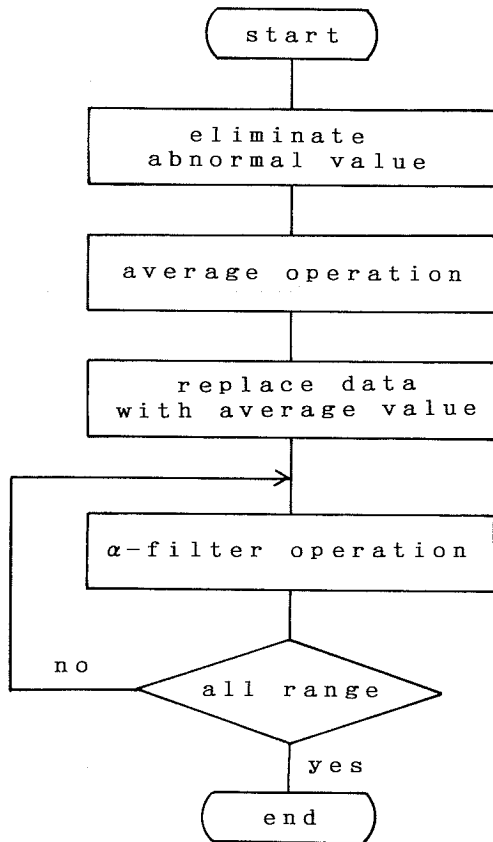


Fig. 2. Signal processing flow of doppler information to detect the movement of fish.

れた入網魚群表示例(上昇時の反射信号), 図中の右図はドプラー情報により分離・出力された出網魚群表示例(下降時の反射信号)である。図中右端に水深(単位はm)を示す。標準球が上昇中の場合, 標準球からの反射信号は正のドプラー周波数を発生し入網魚群信号として表示され, 下降中の場合, 負のドプラー周波数を発生し出網魚群信号として表示されている。標準球が停止している場合や, 海底からの反射信号の場合, ドプラー周波数は発生せず, 入網魚群としても出網魚群としても表示されていない。この結果から明らかな様に, 移動しているターゲットのみを検出・表示することが可能である。

1992年11月20日から12月4日の15日間, 定置網の実操業でのデータ収集及び解析を目的として, 石川県岸端定置漁業の1号網にブイを設置し, 実験を行なった。Fig. 4に実験海域と実験に使用した1号網の配置を示す。振動子は, 定置網の端口を出入する魚群を監視することを目的として, 端口に対向させ, Fig. 5のTX1, TX2に示す位置に設置し, 更に昇り網の魚群の監視を目的としてTX3に示す位置にも設置した。ブイは, BY1に示す位置に設置し, 水温データ, 流速データと一緒に, 3CHの魚群反射信号, ドプラー周波数信号を陸上にデータ伝送した。Fig. 6に, 定置網に入出網する魚群表示の1例として, 1992年11月26日午前10時24分から26分までの計測結果を示した。図中のCH1は, TX1に示す振動子による端口方向の入出網魚群表示例であり, CH2は, TX2に示す振動子によ

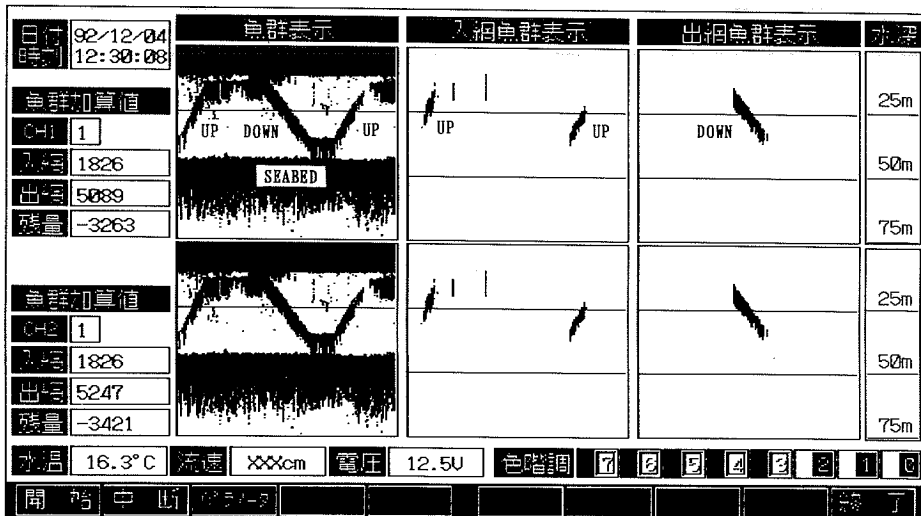


Fig. 3. Result of evaluate measurement by standard ball (TS=-36dB).

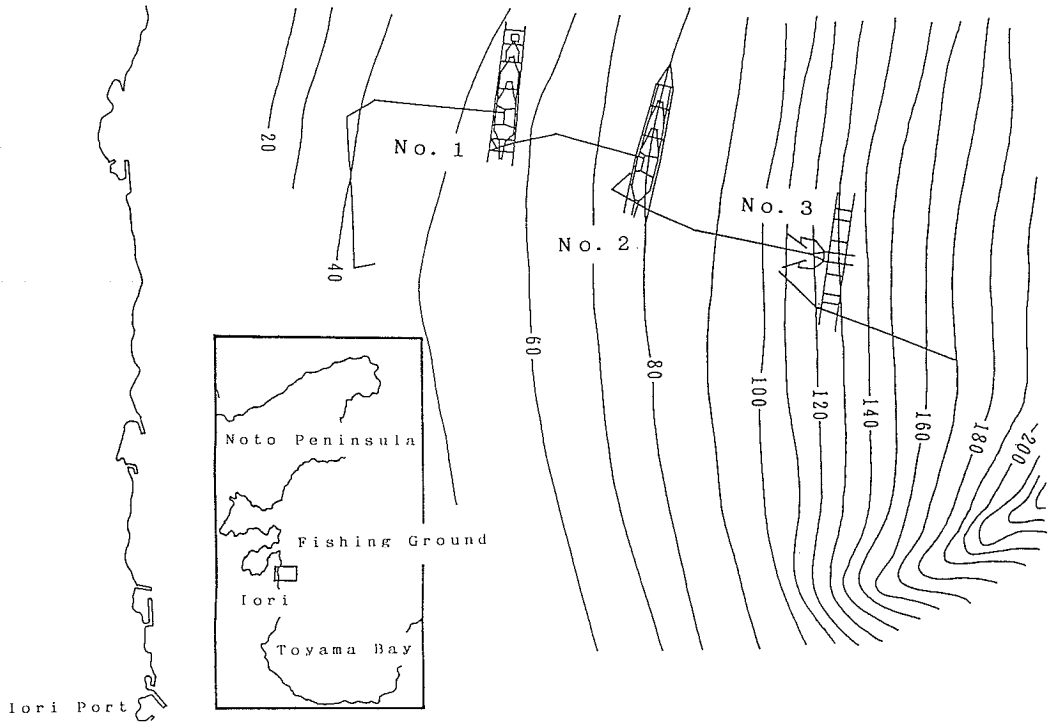


Fig. 4. Geographical area of measurement at Kishihata trap net.

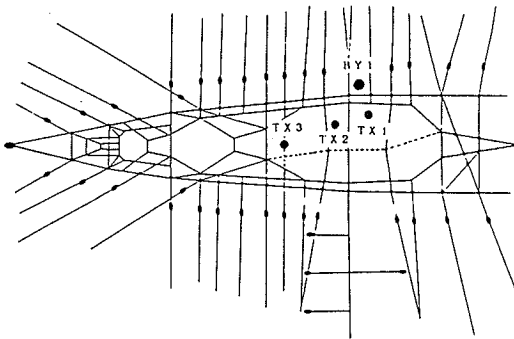


Fig. 5. Experimental set up for sensors in trap net.
(BY1: buoy, TX1, TX2, TX3, : transducer)

る端口方向の入出網魚群表示例である。CH1, CH2 共に、発振線や海底からの反射信号（ドプラー周波数が零）は完全に除去され、魚群からの反射信号のみが CH1 に入網魚群信号として表示されている。CH1 で示されている信号が実際に入網魚群であることは、併設して動作中のスキャニング・ソナーにより確認された。

5. 要 約

標準球の上下動による評価試験と、定置網による実操業での評価試験の結果、本装置が定置網に入出網する魚群の移動方向の判別に有効であることが立証でき、実操業での魚群移動の監視が可能となった。今後は、本研究を進展させ、残存魚群量の量的評価、魚群の移動速度を利用した移動魚種の判別の可能性について検討する予定である。

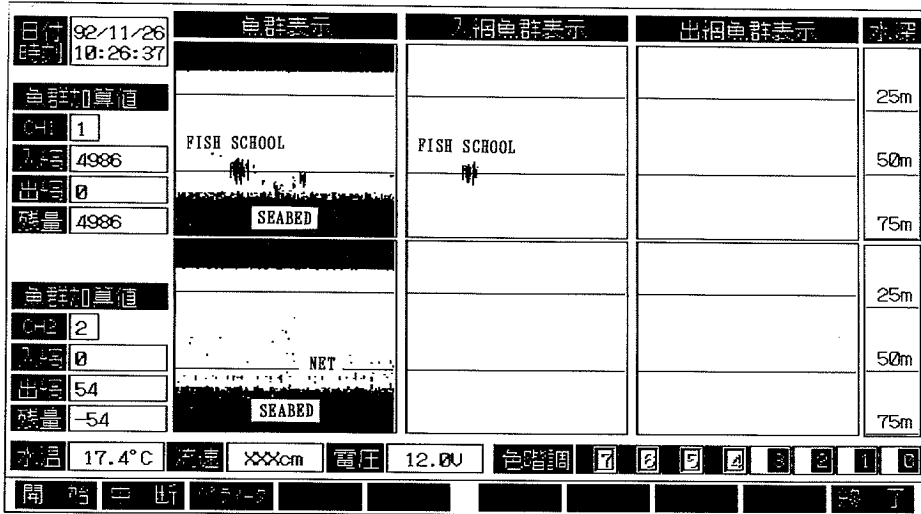


Fig. 6. Result of evaluate measurement by actual trap net.

文 献

木村良一・河口真一郎・杉谷秀一郎 (1992) 魚群移動監視システムによる入出網魚群の解析について-I. 海洋音響学会平成4年度講演論文集, 83-86.

松澤誠二・甲斐源太郎・神崎 正 (1985) 小型超音波ドブラー式流況精査装置の開発. JAMSTECTR, 15, 111-122.