水産海洋研究　第57巻 第3号　207-212, 1993

超音波による定置網漁獲高予測について-I

河口真一郎*・尾崎　勝成**

Prediction of fish catch for set-net by acoustics-I

Shinichiro KAWAGUCHI* and Katsunari OZAKI**

Abstract

The fishery industry in Japan is placed under a difficult condition due to fishing restrictions at coastal countries since the establishment of 200 mile exclusive fishery zone. A situation of this sort has increased the need for promotion of fishery within 200 mile exclusive fishery zone, resulting in revaluation of set-net fishing as an energy-efficient, resource-conservation oriented method of fishing. The common method of a fish monitoring system in set-net fishing installs transducers on set-net and display either the reflection signal from fish school on color display in color or on recording paper by gradation. While this method is effective in judging the existance of fish school, it has a problem of not being able to grasp the volume of fish. As drawing up the net properly according to the volume of fish that has entered the net is particularly necessary in overcoming the efficiency problem of set-net fishing, prediction of fish volume in the net is a prerequisite in making the judgment on when to draw up the net. The authors developed the buoy that measures the intensity from fish school by acoustics (50 kHz) and then transmits data by radio (41 MHz) to the monitor station on land, and integrator that calculate the volume scattering strength of fish school. The favorable results that were obtained after analyzing the correlation between the actual catch of set-net and volume scattering strength of fish school by acoustics will be reported.

1. はじめに

我が国の漁業は，200海里専管水域の設定後，沿岸国における漁業規制等のため厳しい環境下におかれている。この様な情勢により，200海里水域内での漁業振興の必要性が強くなり，定置網漁業が省エネルギー，資源保存型の漁業として再評価されつつある。定置網漁業における魚群監視装置としては，定置網に振動子を設置し，魚群からの反射信号を，カラーモニター上にカラー表示，又は記録紙上に濃淡表示する方式が一般的である。この方式の場合，魚群の有無の判断には有効であるが，数量的把握の面で難点がある。特に，定置網漁業の問題点である操業の効率化の為には，入網した魚群量に応じた適切な網持ちが必要であり，その判断材料として入網魚群量の予測が必須の条件である。筆者等は，50 kHz の超音波を使用し，魚群からの反射信号を41 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，入網魚群の体積散乱強度を算出するインテグレーターを開発し((社)日本定置漁業協会，1993)，定置網の実操業時の漁獲高と，超音波による魚群の体積散乱強度の相関度を解析した結果，良好な結果を得たので報告する。

2. 装置の構成

定置網に設置した，50 kHz 用の超音波振動子により3ヶ所で魚群からの反射信号の強度を測定し，41 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3 CH 別々の信号として分離後，各 CH の体積散乱強度を算出するインテ

1993年4月16日受理.

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

** 日本定置漁業協会 Japan Set-Net Fisheries Association, 1-9-13, Akasaka, Minato-ku, Tokyo 107, Japan.

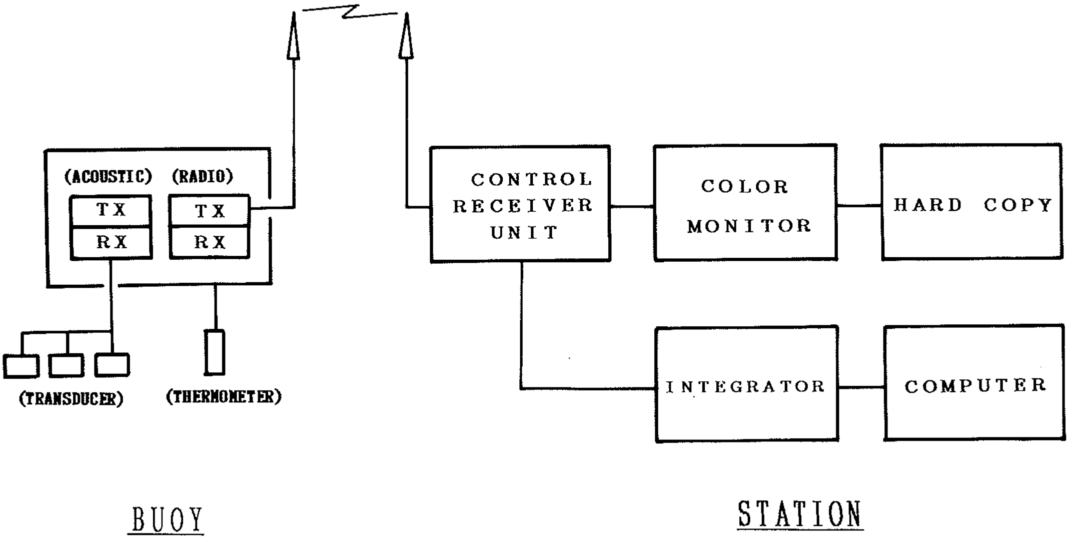


Fig. 1. Block diagram of acoustic system to measure volume scattering strength of fish school in set-net.

Table 1. Performance specification

Item	Value
Radio	
Frequency	41.48 MHz
Transmitting power	100 mw
Range of modulation frequency	3 KHz
Acoustic	
Frequency	50 KHz
Transmitting power	20 w/ch
Pulse width	1 ms
Constant gain	0 dB-40 dB

グレーター，インテグレーターからのデータにより漁獲量予測を行うコンピューターから構成される。魚群の反射強度情報は，カラーモニターによりカラー表示されると同時に，ハードコピーにより記録紙上に濃淡表示される。Fig. 1 に装置の構成図を示し，Table 1 に装置の主要諸元を示す。

3.　計測方法

魚群からの反射信号強度は，超音波の送波レベル，受波感度，受信器の固定利得を変化させると大幅に変化する。魚群の有無の確認の為には，前記のパラメーターを任意に設定しても良いが，客観的な定量化の為には，ソナー方程式による数量化が必要である。本研究においては，魚群の体積散乱強度（Volume Scattering Strength）により魚群量の数量化を行なった。魚群の体積散乱強度（以下，*SV* 値）は，次式で与えられる。（沖野・河口・水洗・早坂・山下，1986；伊藤・木村・河口，1988；古澤・高尾・宮野鼻，河口，1992）

$$SV = 20 \log V - (SL + ER + G_0 + 10 \log \frac{C\tau}{2} + 10 \log \psi) \qquad (1)$$

但し，
- SV：魚群の体積散乱強度 [dB]
- V：魚群からの反射電圧 [V]
- SL：送波レベル [dB/μPa]
- ER：受波感度 [dB/μpa]
- G_0：固定利得 [dB]
- C：水中音速 [m/s]
- τ：送信パルス幅 [s]
- ψ：等価指向角 [dB]

Table 2 に (1) 式の算出時の主要諸元を示す。Fig. 2 と Fig. 3 は，魚群からの反射信号の数量化を評価する為，5,000 尾と 10,000 尾のマダイ（*Pagrus major*）が養殖されている生簀内での実験結果である。Fig. 2 の上図は 10,000 尾の魚群反射エコー記録例であり，下図は 5,000 尾の反射エコー記録例である。記録像から両者の差を量的に識別することは困難である。Fig. 3 は，

5,000尾と10,000尾のマダイからの反射信号強度に対して，(1)式により1分毎のSV値を求めたものである。図中横軸は計測時間［分］であり，縦軸はSV値[dB]である。5,000尾のSV値と10,000尾のSV値の時系列を比較すると，短時間での値は大きく変動し，5,000尾の値が10,000尾の値より大きくなることも発生しているが，20分程度の平均処理により5,000尾の平均SV値が−42.2 dB，10,000尾の平均SV値が−34.8 dBとなり，7.4 dBの有意差が認められた。従来の記録像では，両者の量的な判別が困難であるが，SV値では量的な判別が可能であり，超音波による魚群の数量化の有効性が確認できた。

1990年10月19日から25日の7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，島根県江津市の嘉久志定置漁場において実験を行った。振動子Iは端ロ付近に，IIは登り網に設置して運動場の魚群量を計測すると同時に，振動子IIIを内登りに設置し，箱網の魚群量を計測した。ブイは，振動子ケーブルの関係上，定置網の内部に設置した。Fig. 4に定置網内の振動子とブイの配置図を示す。操業データは，台風の為に測定が不可能な日を除き，10月19日，20日，24日，25日の4日間のデータを使用した。Fig. 5は，箱網と運動場で計測された魚群のSV値と実際の漁獲高（総重量）を比較したものであり，横軸は日付，左側の縦軸はSV値[dB]，右側の縦軸は漁獲高（総重量の対数値で［$\log W$］）である。Table 3に漁獲された魚種構成と重量を示す。箱網における魚群のSV値と漁獲高とは相関が認められるが，運動場では相関が認

Table 2. Parameters of Sonar equation

Item	Value	Symbol
Frequency	50 KHz	F
Transmitting level	215.6 dB/μPa	SL
Receiving sensitivity	−203.3 dB/μPa	ER
Constant hain	0 dB-40 dB	G_0
Equ. beam width	−18.1 dB	ψ
Puqne width	1 ms	τ

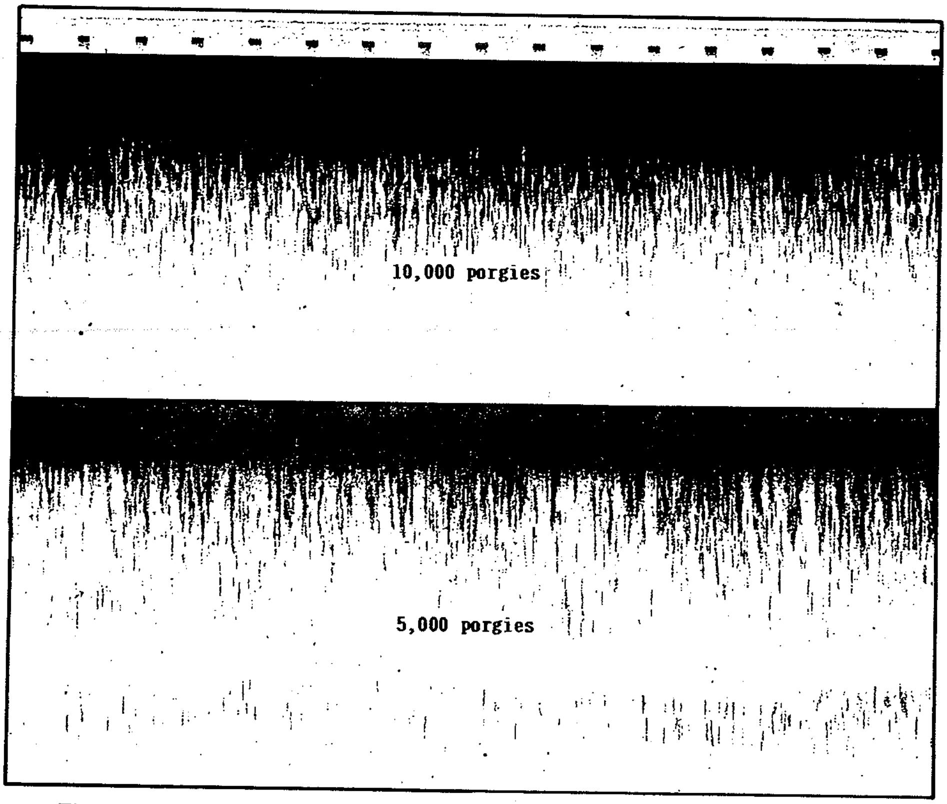


Fig. 2. Echogram from 10,000 porgies (upper) and 5,000 porgies (lower) in a corf.

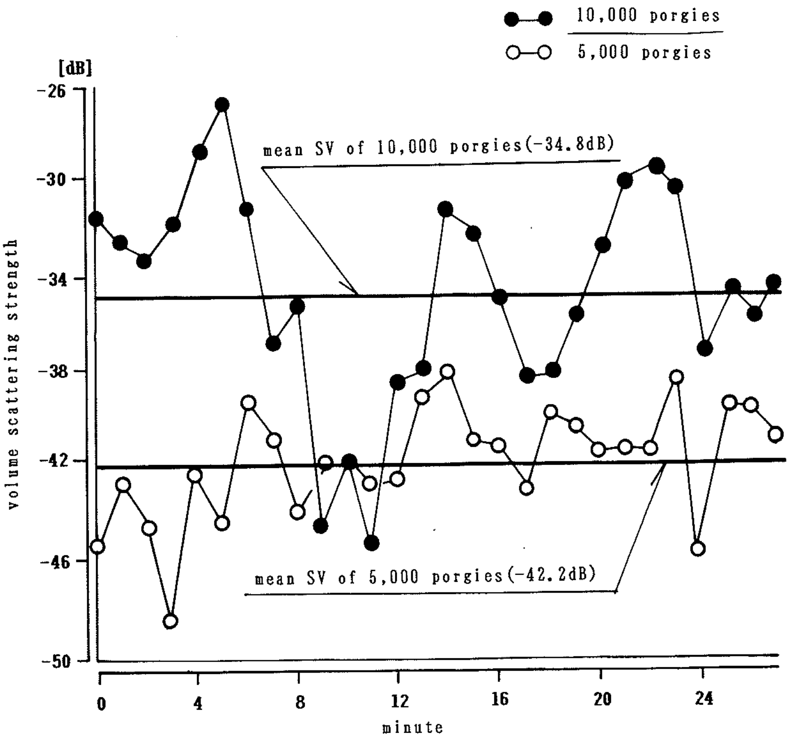


Fig. 3. Time series of volume scattering strength (SV) for 5,000 porgies and 10,000 porgies. SV value is obtained from every 1 minute.

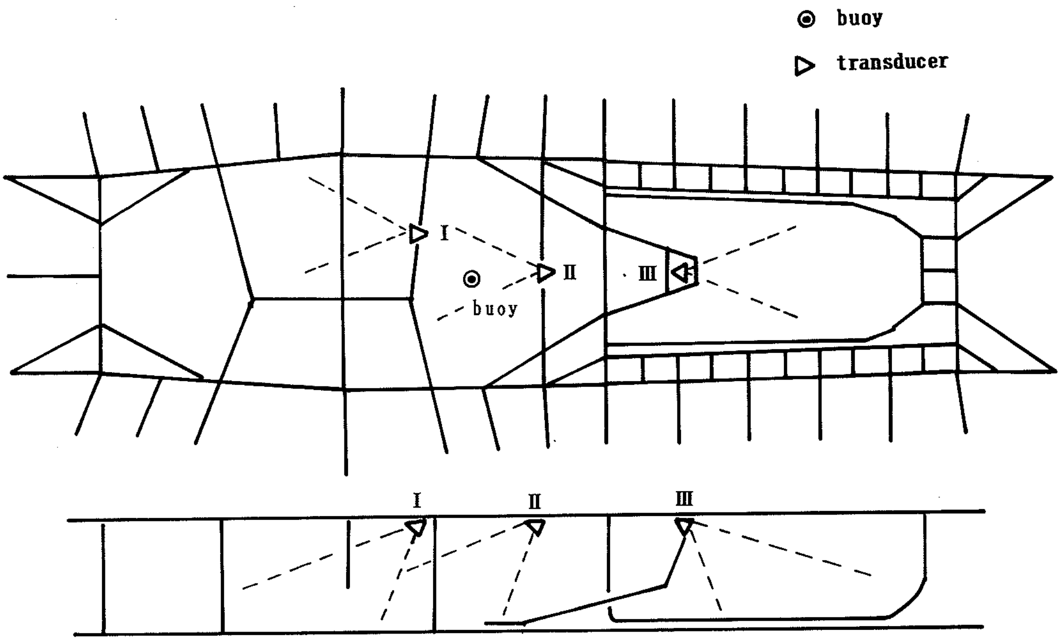
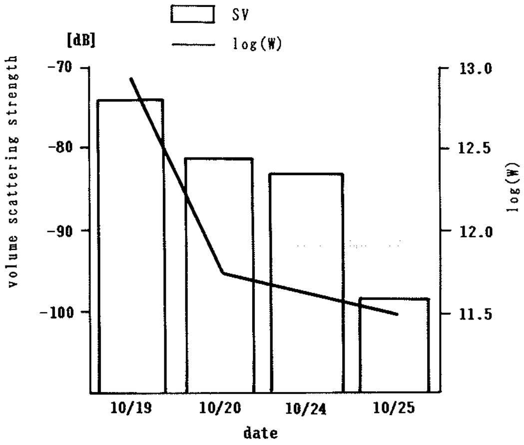


Fig. 4. Experimental set up for sensors, buoy and transducers in set-net.

められない。これは，超音波による有効測定範囲と，魚群の移動範囲に起因する。箱網の場合，魚群は狭い範囲におし込められた形となり，超音波ビームの有効範囲を遊泳する為に実際の魚群量を反映した SV 値が産出されるが，運動場の場合，遊泳範囲が広い為，実際の魚群量を SV 値に反映するのが困難な為である。Fig. 6 は，箱網における魚群の SV 値と実際の漁獲高（総重量の対数値）の相関図であり，横軸は SV 値 [dB]，縦軸は漁獲高の対数値 [$\log W$] である。両者は正の相関が認められ，下記の回帰式が得られた。

$$\log W = 0.075 \cdot SV + 18.1 \qquad (2)$$

相関係数は 0.96 と高く，箱網における魚群の SV 値を用いて，(2) 式により漁獲高の予測が可能なことが



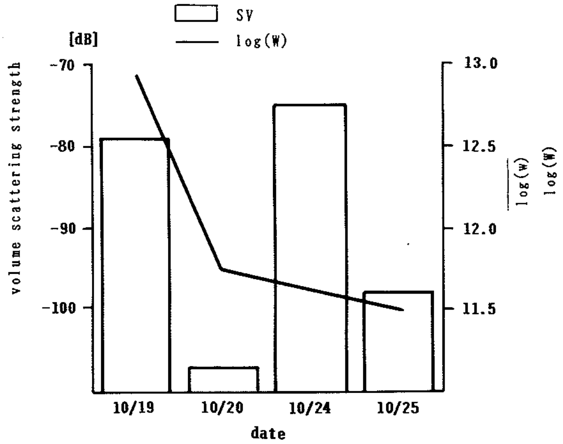


Fig. 5. Comparison between actual fish catch (weight) and volume scattering strength from fish school. Upper figure shows the result in box net and lower shows the result in playground of set-net.

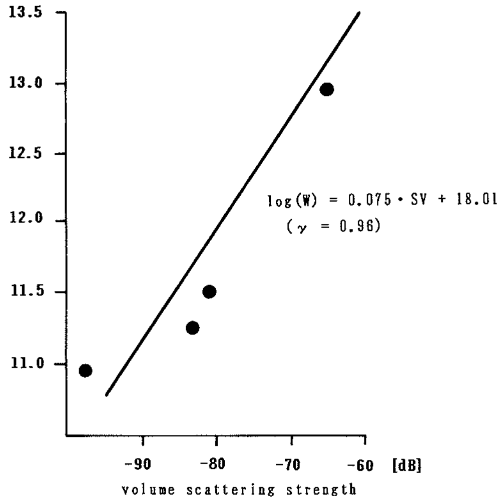


Fig. 6. Correlation between actual fish catch (weight) and volume scattering strength of fish school in box net of set-net.

Table 3. Actual fish catch at Kakushi set-net fishery

Species of fish		10/19	10/20	10/24	10/25
Seriola quinqueradiata	ブリ	10 kg	50 kg	50 kg	75 kg
Trachurus japonicus	マアジ	10 kg	30 kg	30 kg	15 kg
Auxis tapeinosoma	アルソーダ	150 kg	50 kg	0 kg	5 kg
Sphyraena pinguis	アカカマス	5 mg	5 kg	25 kg	15 kg
Ablennes anastomella	ダツ	200 kg	50 kg	20 kg	0 kg
Navodon modestus	ウマズラハ	10 kg	5 kg	40 kg	0 kg
the others		20 kg	10 kg	16 kg	51 kg

判明した。

4. 要　　約

生簀における評価試験と，定置網による実操業での評価試験の結果，本装置による魚群の定量化が定置網の漁獲高予測に有効であることが判明した。今後は複数の定置網でデータ収集を行い，超音波による漁場別漁獲高予測式を算出する予定である。

文　　献

平成元年度漁業新技術開発事業報告書（1993）　日本定置漁業協会，1-50.

平成２年度漁業新技術開発事業報告書（1993）　日本定置漁業協会，**55**-108.

沖野睦郎・河口真一郎・水洗能治・早坂　稔・山下敏美（1986）大分海洋牧場魚量計測システム．日本無線技報，**24**，3-9.

伊藤宗治・木村良一・河口真一郎（1988）　高精度計量魚探システム．日本無線技報，**27**，12-18.

古澤昌彦・高尾芳三・宮野鼻洋一・河口真一郎（1992）　魚量推定確度向上のための２段階エコー積分方式．日水誌，**58**，469-475.