HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	デュアルビーム法による魚体長の推定について
Author(s)	飯田, 浩二; IIDA, Kohji; 向井, 徹 他
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 41(4), 200-204
Issue Date	1990-11
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/24064
Type	departmental bulletin paper
File Information	41(4)_P200-204.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

北 大 水 産 彙 報
41(4), 200-204. 1990.

デュアルビーム法による魚体長の推定について

飯田　浩二*・向井　　徹*・石井　清彦**

Acoustic Estimation of Fish Length Distribution Using a Dual Beam Method

Kohji IIDA, Tohru MUKAI and Kiyohiko ISHII

Abstract

In this paper, the design of a dual beam echo sounder and its application in fisheries research are discussed.

The dual beam method is typically used for the measurement of *in situ* target strength.

The *in situ* target strength is an important parameter, not only for identifiying the echo integrator scaling factor but also for estimating the fish length that is proportional to target strength.

A prototype of the dual beam echo sounder system was developed and used in the acoustic survey conducted at Lake Kuttara. Kokanee (*Oncorhynchus nerka*) is abundant in this lake.

Results from the acoustic survey method indicated both the distributions of target strength and body length corresponded to catch data obtained from net sampling.

は じ め に

自然状態下の魚のターゲットストレングス (*in situ TS*) の推定を可能にするデュアルビーム法は，積分方式を用いた計量魚探におけるスケールファクタとしての *TS* を求めると同時に，*TS* の体長依存性を利用した体長推定のための有力な手段である。

TS と体長の関係については数多くの測定と理論的解析が行われており[1]，*TS* と体長の相互変換は容易なことと思われがちである。

しかしながら，魚の *TS* はその姿勢や浮袋の状態等によって甚だしく変動し，デュアルビームシステムでサンプリングされた *in situ TS* も，一つの確率現象にしか過ぎない。

さらに難しいのは，我々が欲している体長の情報は通常数 cm 単位であって，この程度の正確な情報を得るためには測定精度を格段に上げなければならない。

海洋では波浪やノイズおよび多数の散乱因子が存在し，さらに体長を確認するためのサンプリング手法に多くの困難をかかえ，必要な精度を得ることが難しい。

一方，著者らが 10 年来調査を行っているクッタラ湖は，静穏な環境で生息魚種もヒメマスがほぼ単一種と考えられ，評価実験には理想的なフィールドといえる。本湖においては 1984 年からデュアルビームシステムを導入し，その資源量の変動と *TS* や体長の変動を観察してきたが[2,3]，近

* 北海道大学水産学部漁業測器学講座
(*Laboratory of Instrument Engineering for Fishing, Faculty of Fisheries, Hokkaido University*)
** 北海道大学水産学部練習船研究室
(*Laboratory of Training Ship, Faculty of Fisheries, Hokkaido University*)

年装置の改良により精度が向上してきたので，ヒメマスの体長変動をデュアルビームシステムで捉えることができるかどうか，ここ3年間のデータを詳しく解析したので報告する。

クッタラ湖におけるヒメマスの成長と体長変動

クッタラ湖は海抜257 mの高所に位置し，流入出河川を持たない典型的な冷水性カルデラ湖でその生産力は低い。ヒメマスは動物性プランクトンを主な餌料とし，そのため本湖におけるヒメマスの成長は，気象条件に大きく影響されるプランクトンの発生と密接な関係があると考えられる。

本湖では8～10年周期で成長のピークが現れるといわれており，1987年にみられた体長の増加が大型化の兆しかと期待されたが翌1988年にはすでに小型化が始まり，次年（1989年）にはさらに小型化が進行していた（図1）[4,5]。

デュアルビームシステムによる *in situ TS* の推定

使用したデュアルビームシステムのブロックダイアグラムを図2に，トランスデューサの指向特性を図3に示す。送信時は周波数50 kHz，パルス幅1 msec，発振回数60 pulse/minで狭ビームトランスデューサ（120 mm ロ）を駆動し，受信時は狭ビームおよび広ビームトランスデューサ（60 mmφ）を用い，それぞれ40 log r の特性を持つTVG回路を通して増幅•検波し，分解能12 bit，サンプリング周波数40 kHzでA/D変換した。処理部（CPU）ではデュアルビーム法の原理に基づいて，狭広2チャンネルのエコー波形 $E_n(t)$, $E_w(t)$ から TS データ $TS(t)$ を求めた。

$$TS(t)=40\log E_w(t)-20\log E_n(t)-K \qquad (1)$$

なお，定数 K の決定には TS が既知の鉄球（38 mmφ，−40.5 dB）を用いた。

次に，$TS=20\log BL+A$ のモデルを用いて TS(dB) を体長に変換し，体長データ列 $BL(t)$ (cm)

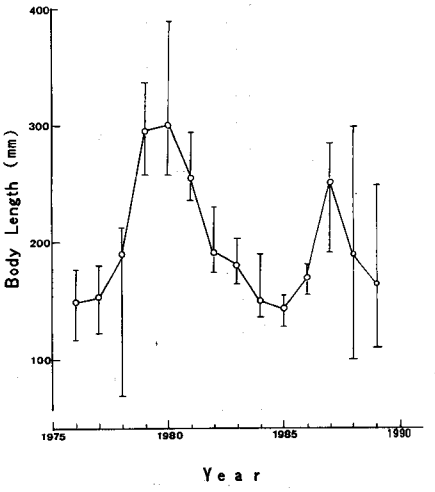

Fig. 1. Annual variation of mean body length of Kokanee in Lake Kuttara.

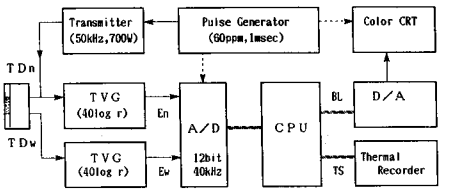

Fig. 2. Block diagram of dual beam echo sounder system.

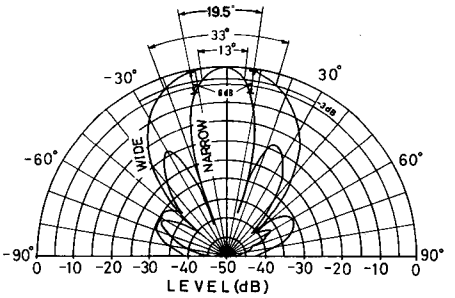

Fig. 3. Beam patterns of dual beam transducer.

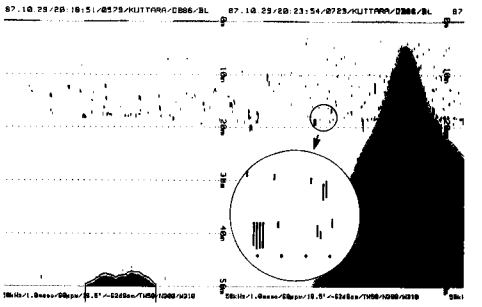

Fig. 4. Example of echogram of dual beam echo sounder.
A fish echo measuring 1 m on the recording paper, is equal to 10 cm of actual fish length.

を求めた。

$$BL(t)\mathrm{cm}=10^{\frac{TS(t)-A}{20}} \tag{2}$$

$TS(t)$ および $BL(t)$ は再び D/A 変換してカラーCRT に表示すると同時に，記録紙上で TS や BL が直読できるようにエコーの縦方向の長さで表現した。すなわち，図 4 において深度スケールで 1 m の長さの単体エコーの推定体長 BL は 10 cm に相当する。

また表示に際し，狭ビームと広ビームでのレベル差が 6 dB 以上のエコーを棄却し，スレッショ

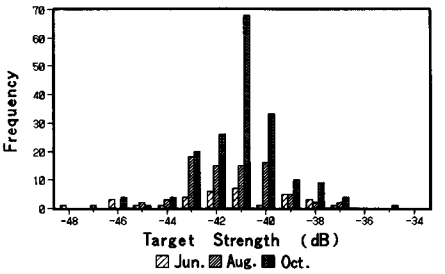

Fig. 5. Variation of target strength distribution during the year 1989.

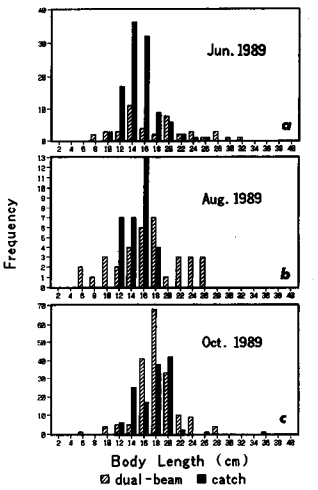

Fig. 6. Comparison of fish length composition estimated by the acoustic method and by net sampling.
Varying the A value from −60 to −70 dB/cm, the mode and the shape of both histograms corresponded to each other at A = −66 dB/cm.

ルドビーム角を 19.5° にして密度計算を容易にした。

解析時は記録紙上に表示された各々の単体エコーを倍率 10 倍のルーペで体長 *BL*(cm) または *TS*(dB) および出現深度 (m) を読み取り，LOTUS-123 で図表化した。

結果および考察

記録紙上には矩形状の多くの単体エコーが記録され，それぞれの最大の長さを読み取りヒストグラムを作成した。各年とも *TS* のモードおよびその分布型に変化が見られたが，特に 1989 年のデータでは春から秋にかけてのヒメマスの体長増加に応じた TS 分布の変化がわずかながら認められ (図 5), *TS* による体長変動追尾の可能性を示した。

そこで，調査時に捕獲したヒメマスの体長ヒストグラムを作成し，これに *TS* から計算された推定体長 *BL* のヒストグラムを併記して比較した (図 6a～c)。なお，ヒメマスの捕獲には定置網および 8 種類の刺網 (目合：19, 25, 33, 38, 42, 48, 56, 60 mm) を使用し，網目の体長選択性はないものとした。体長変換係数 *A* dB/cm の値を－60 dB/cm から－70 dB/cm の間で変化させたところ，*A*＝－66 dB/cm で体長のモードと *BL* のモードがほぼ一致したほか，体長組成の変化が *BL* 分布の変化となって現れた。

FURUSAWA[6] の中空回転楕円体モデルの姿勢 N (－5, 15) における有鰾魚の平均 *TS* では *A*＝－64～－66 dB/cm を示していることから，デュアルビームシステムでサンプリングされた *in situ TS* 分布のモードは，1 個体の魚の *TS* を姿勢平均した平均 *TS* に近いことを示唆している。

また，デュアルビームによるサンプル数が 200 以上になれば *BL* 分布も単峰型の安定したものとなり (図 6c)，体長分布とのマッチングがとりやすくなることが分った。

なお，今回の解析では 2 ピング以上の連続した単体エコーを読み取りの対象としたため，表層のエコーが計測されず推定 *TS* 分布にバイアスが生じている可能性もあり，体長による遊泳層の違いや調査船速に工夫が必要と思われた。

ま と め

1987 年から 1989 年までのクッタラ湖でのヒメマスの調査においてデュアルビームシステムを用いた *in situ TS* の測定を行い体長推定の可能性を検討した。結果をまとめると次のようになる。

1) 推定した *TS*(dB) および *BL*(cm) 分布のモードは捕獲魚の体長分布のモードにほぼ一致しており，体長変換係数 *A* の値は－66 dB が最良だった。

2) サンプル数が多くなるにつれて *TS* や *BL* の分布が安定し，体長分布との適合度が良くなる傾向が認められた。

3) デュアルビームシステムでは表層の探知範囲が狭く，水深によるサンプリングの偏りに注意が必要である。これを避けるため，船速や発振周期，体長による遊泳層の変化等を十分考慮する必要がある。

最後に，20 cm と 25 cm の体長差も *TS* では僅か 2 dB にしかすぎず，*in situ TS* 推定法への過大な期待は禁物である。しかしながら，現在の技術はますます高精度測定を可能にしており，体長推定には極めて有力な手段と言えよう。

謝　　辞

本稿をまとめるにあたり，ご指導頂いた北海道大学水産学部佐野典達教授，並びに実験に参加された同学部漁業測器学講座院生，学生諸氏に感謝の意を表する。また，実験装置の製作にご協力頂いた海上電機㈱山谷恭三氏，およびクッタラ湖での実験にご協力頂いた虎杖浜漁業協同組合の各位に深謝する。

文　　献

1) Love R.H. (1971). Dorsal-aspect Target Strength of an Individual Fish. *J. Acoust. Soc. Am.* **46**(3), 746-752.
2) 飯田浩二 (1987). 魚群探知機を用いた倶多楽湖ヒメマスの資源と生態に関する研究. 昭和61年度倶多楽湖ヒメマス資源調査報告書. 31 p.
3) 飯田浩二・向井　徹・石井清彦 (1988). 魚群探知機を用いた倶多楽湖ヒメマスの資源と生態に関する研究. 昭和62年度倶多楽湖ヒメマス資源調査報告書. 36 p.
4) 石井清彦・飯田浩二 (1988). 北海道倶多楽湖におけるヒメマス *Oncorhynchus nerka* (Walbaum) について. 北大水産彙報. **39**(4), 210-215.
5) 石井清彦・飯田浩二・向井　徹 (1989). 北海道倶多楽湖のヒメマス *Oncorhynchus nerka* (Walbaum) の体長と鱗相について. 北大水産彙報. **40**(4), 307-312.
6) Furusawa M. (1988). Prolate spheroidal models for predicting general trends of fish target strength. *J. Acoust. Soc. Jpn.* (E) **9**, 1, 13-24.