



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	音響測深機による魚群量の近似的評価について
Author(s)	石田, 正巳; ISHIDA, Masami; 鈴木, 恒由 他
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 5(4), 362-367
Issue Date	1955-02
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/22889
Type	departmental bulletin paper
File Information	5(4)_P362-367.pdf



音響測深機による魚群量の近似的評価について

石田正巳・鈴木恒由・佐野典達

(北海道大学水産学部航海測器学教室)

An Experimental Study for estimating the Approximate Amount of Fish Shoals by Echo Sounding Method

Masami ISHIDA, Tsuneyoshi SUZUKI and Noritatsu SANŌ

Faculty of Fisheries, Hokkaido University

Abstract

The method of detecting and locating fish shoals by echo sounder has been widely used for the purpose of an aid to quick and reliable fishing. It is useful technically for fishing engineers to estimate quantitatively the amount of fish shoals to some extent by observing and roughly calculating the echoes on recording paper. In the present paper a method of rough estimation on the size of fish shoals by echo sounder was described, and results of experiments by this method on the mackerel shoals on the fishing ground in Ishikari Bay was also reported.

1 緒 言

音響測深機に現われた魚像より、その実際の魚群量を極く近似的にでも推定することが出来れば、漁撈技術上有益である。記録紙上に現われる魚像は、基本的には魚群の立体的分布に基いて、魚像の大きさ、形状並に記録像の濃度を以つてその構成を現出してくるが、同一魚群でも、異つた機器で記録されたものに魚像の差が認められることは屢々経験することである。又記録時の諸条件に依つても影響を受けるものである。魚群量の推定に大きい関係を持つ魚像の大きさに就いては、魚群の分布状態のみならず、魚群の移動速度に対する船の相対速度や、記録紙の送出速度等が大きい関係を持つ。記録像の濃度は魚群分布密度や魚体に音波の入射する方向等が関係してくる。魚像の形状は魚群構成に関する生態学的問題であるが、茲では、魚群量に関係する立場からのみ触れるに止める。

2 魚群量の推定に就いて

1°) 魚像の長さに就いて

今魚群が水中に於て、任意の立体的分布をしている時、記録された魚像と実際の分布との間には、どのような大凡の関係があるものかを考えて見る。今船が魚群上を航行したとして、船速を v^{knot} 、記録紙の送出速度を $u^{\text{mm/min}}$ 、魚群の移動速度を $v'^{\text{m/min}}$ とする。船は送受波器の指向角に相応するビームを以つて魚群上を走査していくのであるが (Fig. 1.) 魚群が静止しているものとする時、船が走査して行くであろう魚群の長さを L meter とすれば (Fig. 3.) 若し簡単のために船の進行方向と魚群の移動方向とが一致しているものとするれば、魚群を走査するに要する時間は

$$\Delta t = \frac{L}{\frac{1852 \times v}{60} \pm v'} \quad (\text{min}) \dots\dots\dots (1)$$

となる筈である。

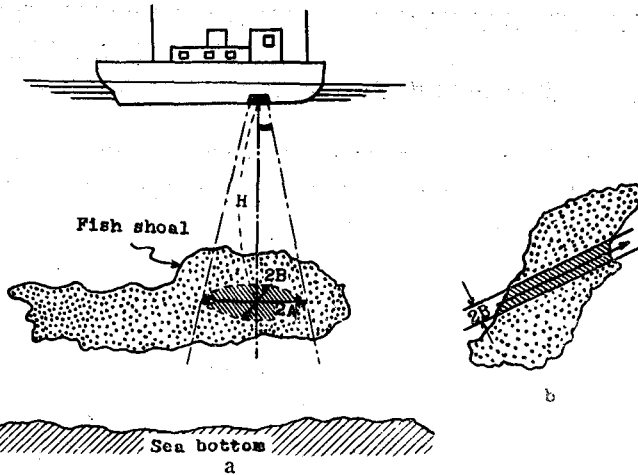


Fig. 1. Distribution of fish shoal in the sea and scanning of sound beam projected out on them
a: Vertical section b: Plan section

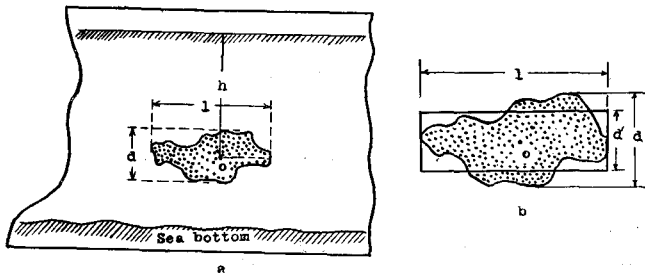


Fig. 2. Size of echo of fish shoal recorded by echo sounder
a: Vertical section
b: Rectangular dimension ($l \times d'$) equivalent to actual size of echo

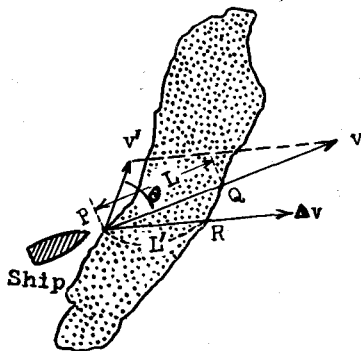


Fig. 3. Angle (θ) between ship's course and direction of movement of fish shoal on plan section

但し分母の v' の符号は、 v' が v と同方向の時は負、反対方向の時は正となるは勿論である。

この時一方、記録紙に現出する魚像の長さを l mmとすれば、記録紙の送出速度は u mm/minであるから(1)の走査時間は

$$\Delta t = \frac{l}{u} \text{ (min)} \dots \dots \dots (2)$$

でなければならない。従つて魚群の長さ L と記録紙の魚像の長さ l には次の関係がある筈である。

$$L = \frac{l}{u} \times \left(\frac{1852 \times v}{60} \pm v' \right) \text{ (meter)} \dots \dots \dots (3)$$

実測によれば魚群の移動速度は普通 $20 \sim 30$ m/min程度が多い由の報告があるが、若し船速がそれに比べてかなり大きい時は(3)は近似的に

$$L = \frac{l}{u} \times \frac{1852 \times v}{60} \text{ (meter)} \dots \dots \dots (4)$$

と考へても良いであろう。又船の進行方向と魚群の移動方向とが、ある角度 θ をなしている時は、魚群の実際の形状と、 v 、 v' 及 θ の如何によつて走査する長さや時間とが決つてくるであろうが、大凡の

関係は次の如くなる。

船速の魚群移動速度に対する相対速度は

$$\Delta v = v - v' \dots \dots \dots (5)$$

であるから Δv の大きさは

$$\Delta v = \sqrt{v^2 + v'^2 - 2vv' \cos \theta} \dots \dots \dots (6)$$

であつて、この大きさを以つて $PR = L'$ (Fig. 3.)上を走査することになり、この走査時間に対応した魚像の長さを記録紙に現出するものと考えればよいが、普通の垂直式のものでは、魚群の移動方向は確め難いから一応(3)又は(4)で魚群の長さを考へて置くことにする。

2° 魚像の厚みに就いて

魚像として現われた魚群の厚みは長さの方向に対して一般的に不均一で魚像の厚みをどこにとるかは、実際上取扱いに困難な問題である。勿論実際上の魚群の立体的分布を反映していることには間違

いないが、一般に魚像の上辺部は記録が濃く出るが、下辺部は薄くなって、厚みがはつきりせぬ傾向を生じ易く、且パルス幅に応じて像が長びく。実測的な意味をより多く持つ魚像の長さの方を重く見て、魚像面積と等しい等価矩形を考えて、その等価的な魚像厚み d' を一応魚像厚みとして考えて置くことにする(Fig. 2.)。

3°) 魚像の幅に就いて

船が魚群上を走査する場合、1回の走査に依つて cover し得る幅は船の進行方向と直角な方向に対して持つ送受波器の指向角と魚群位置の水深とで決まる幅となるべきで、魚群の幅が大きい時は魚群上をこの幅で分割して走査すればよい。普通の送受波器は音響放射面が矩形か、円形かの何れかで音響ビームが集束される程度を示す指向角は次の式で示される。

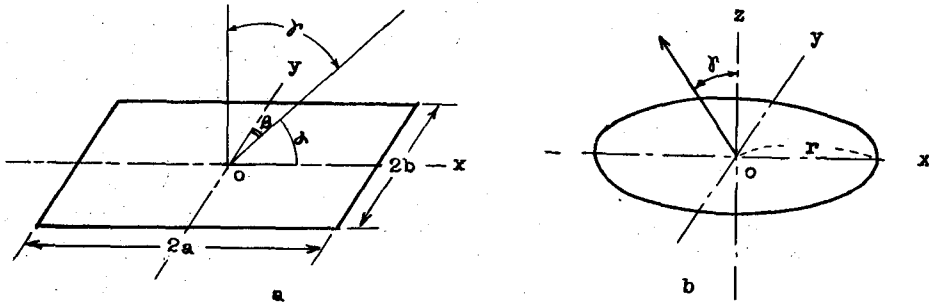


Fig. 4. a: Directive angle of rectangular projector
b: Directive angle of circular projector

(a) 矩形の場合 (Fig. 4. (a))

矩形を $2a \times 2b$ とし 放射面に垂直な軸を z とする。今 x, y, z 軸と α, β, γ なる方向の音圧と、 z 軸方向の音圧の比を $R(\alpha, \beta, \gamma)$ とすれば

$$R(\alpha, \beta, \gamma) = \left| \frac{\sin u}{u} \cdot \frac{\sin v}{v} \right| \dots\dots\dots (7)$$

$$\text{但 } \begin{cases} u = \frac{2\pi a}{\lambda} \cos \alpha \\ v = \frac{2\pi b}{\lambda} \cos \beta \end{cases}$$

$$\left. \begin{array}{l} \text{特に } x-z \text{ 面内のみの指向性は } R(u) = \left| \frac{\sin u}{u} \right| \\ \text{又 } y-z \text{ " " " } R(v) = \left| \frac{\sin v}{v} \right| \end{array} \right\} \dots\dots\dots (7')$$

となる。 $R(u)$ 又は $R(v)$ を $\frac{1}{2}$ にする様な γ を半減角といふ、ビームの集束度を示す実測的な尺度となっている。

(b) 円形の場合 (Fig. 4. (b))

放射面に垂直な z 軸となす角を γ とすれば、指向角は次式で求められる。

$$R(\gamma) = \left| \frac{J_1(x)}{x} \right| \dots\dots\dots (8)$$

$$\text{但 } x = \frac{2\pi r}{\lambda} \quad J_1 \text{ は第一次ベッセル函数}$$

この $R(\gamma)$ を $\frac{1}{2}$ とする様な γ を以つて半減角²⁾という。

何れの場合もこの半減角がビームの集束度を表わすもので、このビーム内に含まれているものは反射映像を示すものと考えて間違いない。つまり半減角を γ とする時、幅 $2B = 2H \tan \gamma$ で走査することになる。実測的な魚群幅は水平音探を用いて実測するよりないであろう。

4°) 魚像の走査容積について

以上 1°), 2°), 3°) で述べた如く、一回の走査によつて得られた魚像は、少くとも、魚像の長さ l 、魚像厚み d' 、及走査幅 $2B$ で作る容積の中に入っていることは略間違いないであろう。それ故 n 回の走査で、魚群を走査し得たとすれば、全走査容積は

$$V = \sum_1^n V_n = \sum_1^n L_n \times d_n' \times 2B_n \dots\dots\dots (9)$$

となる。従つて理論的には、魚体の平均密度を ρ 、魚群の分布密度(単位容積内で占める容積比)を K とすれば魚群の全重量は

$$W = V \times \rho \times K \dots\dots\dots (10)$$

となる筈である。

5°) 魚像の濃度に就いて

魚群よりの反射強度は、普通反射損失なる量によつて表示されるが³⁾ 既知の分布密度の反射損失を予め測定しておき、実測せる反射損失より逆に大凡の分布密度を推定出来よう。

魚像記録の各部分の濃度は異なるから平均の濃度(反射損失で表わした)は次の如くなる。

$$\Sigma = \frac{1}{A} \int_A \sigma dA \dots\dots\dots (11)$$

但 σ : 反射損失が均一と見られる微小面積毎の濃度

実際は 3ヶ所位の濃度の平均をとつて十分であろう。つまり、この平均濃度より大凡の分布密度を逆算する訳である。

3 実験について

魚群量の確認は、最後に捕獲したものを実測しなければならぬから旋網による鯖群について、実験を行った。小樽の青山漁業 K.K. の好意により、音響測深機を装備せる小伝馬船を旋網で魚群を囲つてしまつた後から最後に網を上げて行つて、伝馬船が網中に居れなくなるまで、網中で魚像の記録をとつた。

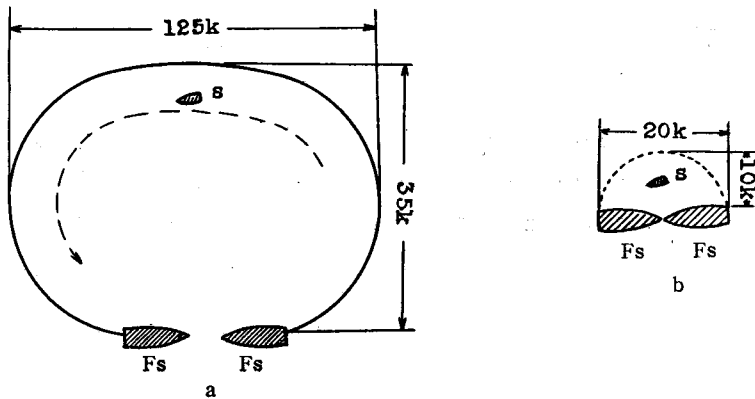


Fig. 5. "Aguri" net (Ring net) for mackerel fishing

- a: Net surrounds the fish shoal.
- b: Fish shoal is concentrated near the fishing boat.
- FS: Fishing boat. S: Position of observation boat.

漁業学教室の御教示によれば鯖群は、網に入らぬ前は帯状群が普通で、網へ入つてから網を締めて行くに従い、次第に環状群となり、Fig. 6(b) 網の略周囲に沿つて環状的に移動するものゝ如く、網が極度に締められてくると、水面近くに群がる様になる(Fig. 7)。Fig. 6(a)は網でまいて後、網をかなりしぼつてからの像で、Fig. 5 の s の位置でとつた記録で、代表的な鯖群の魚像である。Fig. 6(b)は環状群になつてからそ

れが約規則的に游泳しているもの、代表的魚像形状である。Fig.7は魚群を船に取り入れようとする少し前で魚群は殆ど表層近くに集り、且つ一定した群形はない。尚 Fig.6 (a) 及 Fig.7 は反射損失の測定のために、反響を消す操作を行つたので、魚像の一部が消えている。Fig. 6(b) の魚像について大凡の計算を行つてみる。

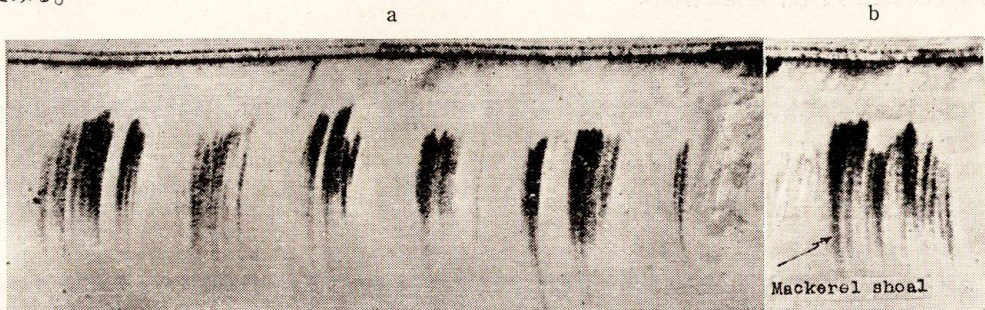


Fig. 6. Figures of echo reflecting shoals of mackerel in the middle depth in the beginning of net cast at time corresponding to (a) in Fig. 5

- a: Six groups of figures show that a fish shoal altered position six times under the echo sounder.
- b: A figure of fish shoal used in the calculation of amount of shoal.

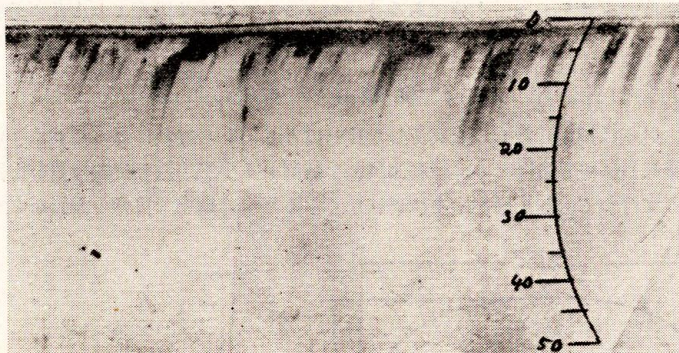


Fig. 7. Figures of fish shoal near the sea surface at time corresponding to (b) in Fig. 5

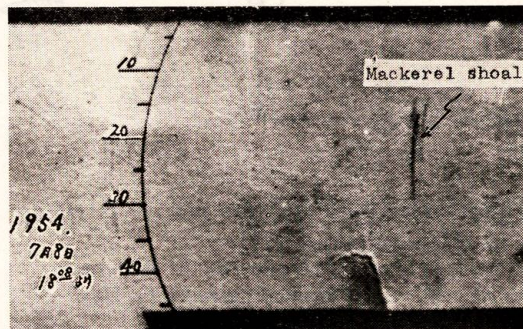


Fig. 8. Figure of small shoal of mackerel in the middle depth

使用した音響測深機は海上電機製のフィシユカメラで、周波数 50kc (波長約 3cm)、記録紙の送出速度は 12mm/min、送受波器は矩形で指向角は $16^\circ \times 28^\circ$ のものである。

鯖群は中鯖で体重 200~270g のものであり、反射損失は平均 -20db 程度で之は 1 立方メートルに約 30 尾程度のものである。尚魚像観測用の小伝馬船は殆ど静止して、魚群移動速度によつて魚像の長さが決まる例である。

$$\left. \begin{array}{l} \text{魚像の長さ } l = 21.5 \text{ mm} \\ \text{記録紙送出速度 } u = 12 \text{ mm/min} \\ \text{魚群移動速度 } v' = 40 \text{ m/min} \\ \text{魚像の厚み } d' = 7.7 \text{ (m)} \end{array} \right\} \text{より 魚群の長さ } L = 1.95 \times 40 = 78 \text{ (m)}$$

尚漁業家の種々の経験や、垂直音探を水平音探にして実測した経験などを総合して、鯖群の幅を平均 7m とつた。然る時は魚群は略 $78 \text{ m} \times 7.7 \text{ m} \times 7 \text{ m}$ の容積内に収まることになり、魚群分布密度係数 K は、平均体重 240g (比重 1.08) のものが約 30 尾として、 $K = \frac{1}{34}$ $\rho = 1.08 \text{ gr/cm}^3$ として

魚群の全重量は

$$W = 78 \times 7.7 \times 7 \times 1.08 \times \frac{1}{34} = 3.3 \times 10^4 \text{ 貫}$$

捕獲物の実際重量は略 1 万 6 千貫程度であつた。

又比較的小群の場合 (Fig. 8) も同様に計算してみると大凡 5400 貫となるが実際に捕獲したものは 2300 貫程度であつた。

4 考 察

一例として鯖魚の場合に就いて実験で確かめてみたが、極く大雑把な考え方ではあるが、この例では桁違いに推定が異つているという結果にはならなかつた。然し考え方自身に近似がかなり含まれているし、又実測値にも不備な点が多いので、この例だけでは、未だはつきりしたことは分らない。即ち魚群幅が相当信頼出来る測定が出来るように、水平魚探の装置で測定すること、並に魚像の濃度については、各魚種並に個体の大きさ、及分布等に対しても、統計的に色々な場合を実測し、比較すべき標準を作つておくことなどが漁撈技術上どうしても必要であらう。

尚不規則な而も平面的に分布の広い魚群を走査する場合の考え方は、魚群は移動しているから實際上無理があるが、底棲魚などには応用出来るかも知れない。

尚魚像の濃度についても反射損失と分布密度の関係を推定する場合、反射強度に有効な有効面積の考え方⁴⁾を入れねばならない。之等は尚推定を精確にして行く上に考えねばならない因子である。

5 結 言

以上述べた如くに、音響測深機に現われた魚像より魚群量を推定する大凡の考え方について述べ、鯖魚に対して行つた実験に就いて比較してみた。まだ少数例なので、不十分な点が多く、且、今後明かにして行かねばならぬ点も多々あるが、取敢えず報告して御教示をいたゞくことにした。本実験には、小樽の青山漁業 K.K. から非常に好意的な御協力をいたゞいた。尚鯖魚の実際については、本学部漁業学教室から種々の御教示をいたゞいた。共に厚く謝意を表する。尚本研究に就て筆者の一人は文部省の科学研究助成金を受けた。附記して謝意を表する次第である。

文 献

- 1) 橋本 (1951). 漁船資料 (2). 水産庁.
- 2) 実吉 (1954). 電子工業 3 (6). 工業資料社.
- 3) 橋本 (1951). 漁船研究技報 (4). 水産庁.
- 4) 菊地 (1950). 日本音響学会研究発表会要旨. (東京).