



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	アカイカのターゲットストレングスについて
Author(s)	梶原, 善之; KAJIWARA, Yoshiyuki; 飯田, 浩二 他
Citation	北海道大學水産學部研究彙報, 41(4), 205-212
Issue Date	1990-11
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/24065
Type	departmental bulletin paper
File Information	41(4)_P205-212.pdf



アカイカのターゲットストレンクスについて

梶原 善之*・飯田 浩二**・亀井 佳彦*

Measurement of Target Strength for the Flying
Squid (*Ommastrephes bartrami*)

Yoshiyuki KAJIWARA*, Kohji IIDA**
and Yoshihiko KAMEI*

Abstract

Several methods for measuring the target strength of the flying squid (*Ommastrephes bartrami*) are discussed including the application of hydro-acoustic survey.

A scientific echo sounder, which quantifies fish abundance by integrating fish echoes, requires information on the target strength of the fish being investigated.

Squid target strength is generally more difficult to measure than those of fish because of their flexibility as a mollusk.

Two kinds of target strength measuring methods were realized.

The first measures the echoes from five live squids suspended under the vessels while at sea.

The other measures echoes from seventy six preserved squids which were defrosted using a flat net cage at the pier.

The relationship between target strength (*TS*) and squid mantle length (*ML*) was determined to be as follows :

$$TS(\text{dB}) = 19.0 \log ML(\text{cm}) - 65.9$$

During the squid surveys conducted at two stations in the northwestern Pacific ocean, many squids were caught by jigging and many individual echoes were recorded using a time varied gain (TVG) of "40 log r".

Results from this study show that the composition of both the mantle length and the target strength were remarkably different between the two survey stations.

This fact demonstrates that squid target strength depends on its size, just as it does with fishes.

はじめに

アカイカ (*Ommastrephes bartrami*) は、北太平洋において極前線を北限として、東西に広く分布し、今日わが国漁業において重要な沖合資源となっている。

これらの資源量や生態の解明に、近年発達の著しい計量魚群探知機 (以下計量魚探) が利用できれば、資源の維持、管理に役立てることができるであろう。

現在、実用化されている計量魚探は、積分方式と言われるもので、魚群エコーを積分し、これ

* 北海道大学水産学部付属練習船北星丸
(*Training Ship Hokusei-maru, Faculty of Fisheries, Hokkaido University*)

** 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*)

を一個体当りのターゲットストレンクス (*Target strength*; *TS*) で割って密度を求めるものである。従って、アカイカの資源調査に計量魚探を使用するに際し、その *TS* を知る必要がある。

ところが、軟体動物であるイカ類は姿勢制御が難しく、また浮袋を持たないのでその超音波反射は小さく、イカ類の *TS* に関する知見は十分に得られていない。

そこで著者らは洋上において、生きたアカイカの *TS* 測定を行うとともに、ネットリングを用いて多数の保存イカの *TS* 測定を行い、アカイカの *TS* と体長の関係を明らかにした。

一方、アカイカ漁場において、計量魚探を用いて測定したエコーストレンクス (*Echo strength*; *ES*) の分布と釣獲したアカイカの体長組成の比較から、*ES* もまた体長組成を反映していることを明らかにし、*ES* 測定による体長推定の可能性を示した。

なお、*TS* 測定には海上電機 (株) 製計量魚群探知機 KFC-200 型を用い、低周波 (28.5 kHz) のみについて解析した。

洋上における活イカの *TS* 測定

1987年8月、北西太平洋上において北海道大学水産学部付属練習船「北星丸」(総トン数 892.92 トン) にて、懸垂法により5個体のアカイカの *TS* 測定を行った (図 1. st. Y)。

測定に用いたアカイカは、夜間、自動イカ釣り機で捕獲し、船内の水槽に蓄養しておいたものの中から、外套長 16 cm から 26 cm までの5個体を使用した (図 2)。

懸垂ラインには10号テグスを使用し、5尾のアカイカを約1m間隔でプラスチック製止め具で固定した。懸垂ラインの両端には *TS* が既知の較正用鉄球を取り付け、後日の解析において、懸垂ラインの指向性主軸からのずれによる指向性損失を補正する基準とした。

懸垂ラインはデッキから3本の釣竿で船底下に吊り下げ、トランスデューサの真下にくるように、計量魚探のカラーモニターで鉄球の *TS* 値を観察しながら釣竿のテグス長を調整し、最適位置で固定した。

なお、実験時、海上の波高は 2.2 m、風は 4 m/s で本船は波浪を右舷に受けながら漂流していた。

計量魚探にはライン両端の鉄球とともに5個体の活イカのエコーが記録されたが、船体のローリングと潮流等の影響を受け、エコー振幅の周期的な変動と、「吹かれ」による減衰が認められた (図 3)。

そこで、懸垂ライン両端の鉄球のエコー振幅を基に、指向性損失を補正し測定 *TS* の修正を試みた。

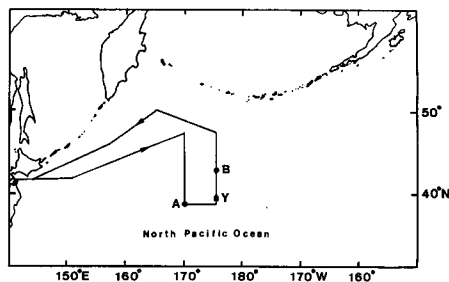


Fig. 1. Track of Hokusei-maru's research cruise and experimental stations. Y is the 1987 station experiments, A and B are the stations in 1989.

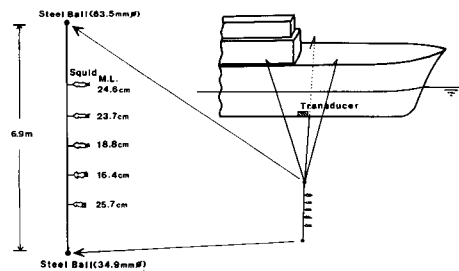


Fig. 2. Arrangement of measuring the target strength of live squid.

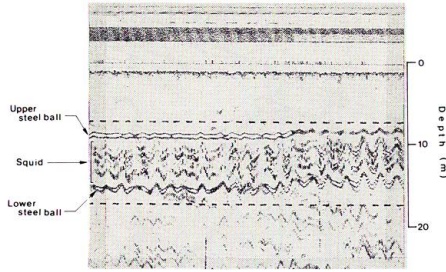


Fig. 3. Echogram of live squid suspended under the vessel.

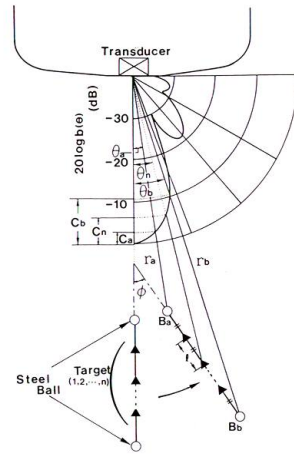


Fig. 4. Principle of measuring the target strength of live squid by correcting the beam pattern factor.

すなわち、図4に示すように、各測定個体は両端の鉄球を結ぶ直線上に存在し、これに船体動揺と「吹かれ」が加わって、指向性主軸からずれたものと考えた。

まず、 $40 \log r$ の TVG を使用して魚探記録から2個の鉄球 B_a , B_b のエコー強度 TS'_a , TS'_b とトランスデューサからの距離 r_a , r_b を読み取る。次に、鉄球の真の TS である TS_a , TS_b と測定値 TS'_a , TS'_b のそれぞれの差 C_a , C_b を求め、トランスデューサの強度指向性関数 $b(\theta)$ を用いて、これを満足する鉄球 B_a , B_b の指向性主軸からの角度 θ_a , θ_b を求める。そうすると、上端の鉄球から n 番目の個体の真の TS である TS_n は測定値 TS'_n に送受の指向性損失 C_n を補正することによって求められる。

$$\begin{aligned} TS_n &= TS'_n + C_n \\ &= TS'_n - 20 \log b(\theta_n) \end{aligned} \quad (1)$$

$(n=1, 2, \dots, 5)$

但し、測定個体の方位 θ_n は、個体間距離を l とすると、次式で与えられる。

$$\theta_n = \tan^{-1} \frac{r_a \sin \theta_a + nl \sin \phi}{r_a \cos \theta_a + nl \cos \phi} \quad (2)$$

ここで ϕ は指向性主軸と測定ラインとの交角で

$$\phi = \tan^{-1} \frac{r_b \sin \theta_b - r_a \sin \theta_a}{r_b \cos \theta_b - r_a \cos \theta_a} \quad (3)$$

図5は約100ピング分の各個体の TS 分布を補正前後で比較したものである。補正によって TS 分布のばらつきを小さくできること、および TS の体長依存の傾向を示している。

ネットリングを用いた保存イカの TS 測定

活イカの測定では姿勢制御が著しく困難で測定個体数を増やせなかったため、より安定な条件

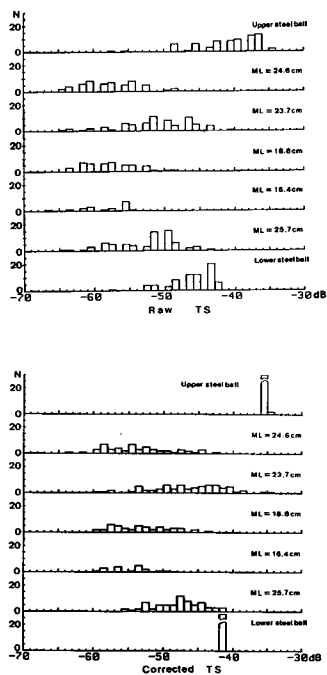


Fig. 5. Distribution of the target strength of live flying squid.
The upper figure is the raw *TS* and the lower figure is the *TS* after correcting.

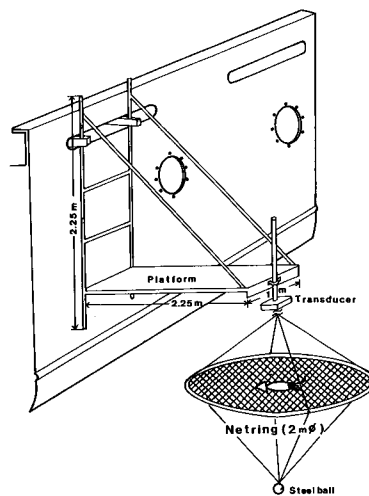


Fig. 6. Arrangement of measuring the target strength of the preserved squid located on the flat net cage.

下で、広い体長範囲で多くの個体を測定し、*TS* と体長の関係を明らかにするため、保存個体の *TS* 測定を行った。

実験は函館港西浜埠頭に係留中の北星丸の舷側に仮設したプラットフォーム上で行った。プラットフォームの先端には外付けのトランスデューサを設置し、その真下に目合 72 mm のナイロン製網地を張った直径 2 m のプラスチック製リングを吊り下げ、その中央にアカイカを固定して背方向の最大 *TS* を測定した (図 6)。リングからのエコーの影響を最小にするため、トランスデューサの指向特性の最小感度点にリングがくるように、その大きさと測定距離を決め、同時にリング中央のアカイカがトランスデューサの指向軸上にくるように調整した。また、ネットリングを海中にセットする際、ダイバーを配置してイカの外套内の空気を完全に抜いてから測定を開始した。

測定に用いたアカイカは図 1 中 st. A および st. B において自動イカ釣り機で捕獲された冷凍標本で、測定直前に解凍し、体長 (外套長) 範囲 15~44 cm までの計 67 個体を用いた (図 7)。

測定に用いたアカイカの体長組成と測定した各個体の最大 *TS* のヒストグラムを図 8 に示す。図 9 はアカイカの体長と *TS* の関係をプロットしたものである。回帰分析の結果、両者の間に次の回帰式を得た。

$$TS(\text{dB}) = 19.0 \log ML(\text{cm}) - 65.9 \quad (r = 0.64) \quad (4)$$

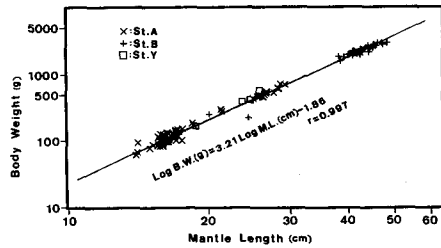


Fig. 7. Relationship between mantle length and body weight of squid which were measured using *TS*.

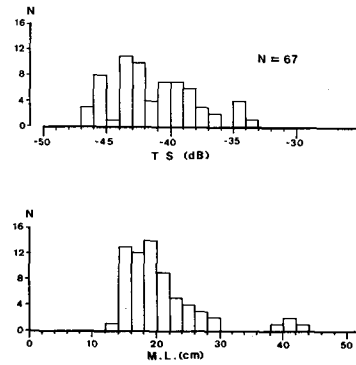


Fig. 8. Composition of target strength and mantle length of squid used in the flat net cage.

アカイカ漁場におけるエコーストレンジスの測定

次にアカイカ漁場で取得される魚探記録に、現場のアカイカの体長組成の違いが現れるかどうか、現場で測定した *ES* 分布と捕獲魚の体長組成を比較して検討を行った。

測定は、1989年7月、北西太平洋上(図1. st. A および st. B)において、流し網投網後の夜間、3台の自動イカ釣り機でアカイカが釣獲されている間、計量魚探に現れる単体エコーの *ES* を測定した。釣獲水深が50 m以浅であったため、*ES* の読み取りは50 m以浅のエコーに限定した。釣獲されたアカイカは直ちに船上にて体長(外套長)の測定を行った。

体長ヒストグラムをつくったところ、st. A と st. B では体長組成に大きな違いが認められた(図10)。そこで、これらの体長組成を基に、先に求めた回帰式((4)式)を用いて両地点の *TS* 分布を推定したところ、図11に示すように、その平均値はst. A で-42.0 dB, st. B で-35.1 dBとなり、st. Bの方がst. Aより6.9 dB大きかった。

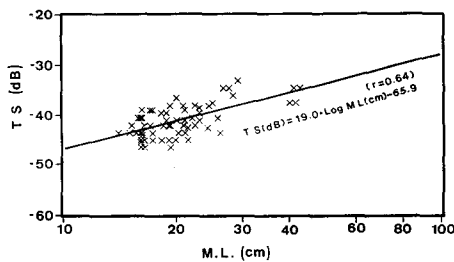


Fig. 9. Relationship between target strength and mantle length of squid used in the flat net cage.

The regression formula indicated as
 $TS \text{ (dB)} = 19.0 \log ML \text{ (cm)} - 65.9.$

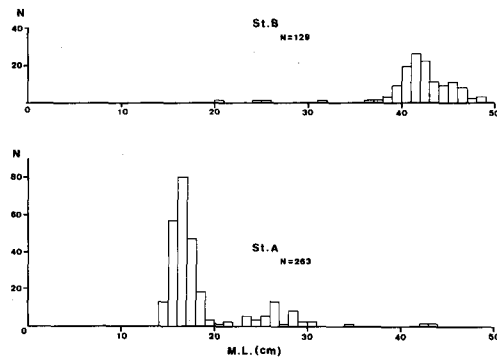


Fig. 10. Compositions of mantle length of squid caught by jigging at station A and B.

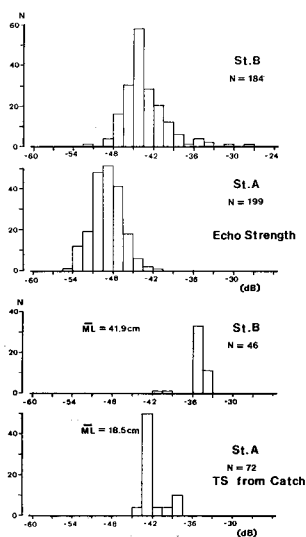


Fig. 11. Comparison between the observed *TS* and the estimated *TS* at two stations. The upper two histograms were observed with a TVG of "40 log r ", but includes the beam pattern effects. The lower two histograms were estimated from the composition of mantle length using the regression formula.

一方、測定した *ES* 分布においても、その平均値は st. A で -48.2 dB, st. B で -43.2 dB であり、st. B が st. A より 5 dB 大きく、これらの差は明らかに両漁場のアカイカの体長組成の違いに起因するものと考えられた。

考 察

懸垂法による活イカの測定では、測定 *TS* が時間的に大きく変動し、これを船体動揺と「吹かれ」の影響によるものと考え、直線モデルを用いてトランスデューサーの指向性を補正したところ、*TS* の変動は補正前に比べて小さくなった。従って、本測定におけるトランスデューサーの指向性の補正は有効だったと思われる。

しかしながら、補正後の各個体の *TS* には、依然として 10~15 dB の変動が認められた。

活魚を用いた *TS* の測定¹⁾では、魚が静止状態から興奮状態に移行するにつれて、その変動が大きくなっていることから、本測定においても被測定個体が活発な状態にあったことが予想される。

さらに、船の動揺による被測定個体の姿勢変動も加わり、測定 *TS* が変動したものと推察され

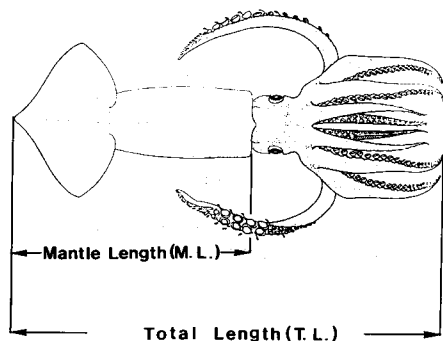


Fig. 12. Mantle length and total length in the flying squid. The total length (T.L.) was observed to be 1.66 times as long as the mantle length (M.L.).

た。

ネットリングを用いた保存イカの測定では、相関係数はあまり高くないが ($r=0.64$)、その回帰直線式の傾きは 19.0 を示した。したがって、アカイカについても、その TS が体長の 2 乗に比例するという一般則 ($TS(\text{dB})=20 \log BL(\text{cm})+A$) に当てはまるものと考えられた。

一方、体長 1 cm 当りの TS を意味する定数項 A は $-65.9(\text{dB})$ を示しており、この値は有鰐魚の平均 TS における $A(-64 \sim -66(\text{dB}))^2$ と同程度に大きく不自然に思われた。

そこで、イカの頭部および腕部も胴体と同様にその音響散乱に寄与すると考え、測定個体について、外套長 ML と全長 TL を測定し (図 12)、その関係を調べたところ、

$$TL/ML=1.660 \text{ (標準偏差: } 0.055) \quad (5)$$

となった。すなわち、全長 TL を用いて表現すれば (4) 式は次式に変換される。

$$TS(\text{dB})=19.0 \log TL(\text{cm})-70.1 \quad (6)$$

定数項の 70.1 (dB) は有鰐魚の A より 4~6 dB 小さく、これは浮袋が音響散乱の主要因であるという最近の議論³⁾を裏付けるものと考えられた。

操業中に測定した ES の平均値を A, B 両ステーションで比べると st. B が st. A より約 5 dB 大きく、また両漁場の体長組成にも大きな違いがあることから、 ES の分布においても、漁場の体長組成が反映されるものと考えられた。

しかしながら、 ES にはトランスデューサーの指向性の影響も含まれているので、これは正確には TS に一致しない。

すなわち、 ES の分布は指向性の空間分布 B と漁場の TS の分布のたたみ込みの結果⁴⁾であるから、両者の間には次の関係がある。

$$TS_{\text{PDF}}=B^{-1}_{\text{PDF}} \cdot ES_{\text{PDF}} \quad (7)$$

ただし、添字_{PDF} は各パラメーターの確率密度関数を表す。

指向性の確率密度関数 B_{PDF} を求めるためには、三次元の指向特性を知る必要があり、これらの解析は今後の課題としたい。

要 約

洋上において、懸垂法を用いて活アカイカのエコーを測定し、トランスデューサーの指向性を補正して TS やその変動を観測した。

さらに、アカイカの TS と体長の関係を調べるため、停泊中の船舶の舷側において、独自に考案したネットリングを用いて、67 個体の保存イカの TS を測定し、アカイカの外套長 $ML(\text{cm})$ と $TS(\text{dB})$ の間に次の回帰式を得た。

$$TS(\text{dB})=19.0 \log ML(\text{cm})-65.9 \text{ (} r=0.64 \text{)}$$

一方、二つの漁場において捕獲したアカイカには明らかな体長組成の差があり、これと現場で測定した ES 分布を比較したところ、 ES の分布においても両漁場間に有意な差違が認められた。

したがって、アカイカ漁場において計量魚探を用い、 $40 \log r$ の TVG で ES を観測することにより、おおよその体長推定が可能と考えられた。

謝 辞

本報告をまとめるに当たり、ご指導頂いた北海道大学水産学部佐野典達教授ならびに同大学練習船北星丸元船長山本昭一氏に深謝する。また、調査および実験にご協力頂いた北海道大学練習船北星丸小林源司船長はじめ士官、乗組員各位、ならびに同大学北洋水産研究施設桜井泰憲助手に感謝する。

文 献

- 1) Huang K. and Clay C.S. (1980). Backscattering cross sections of live fish: PDF and aspect. *J. Acoust. Soc. Am.* 67(3), 795-802.
- 2) Furusawa M. (1988). Prolate spheroidal models for predicting general trends of fish target strength. *J. Acoust. Soc. Jpn.* (E) 9, 1, 13-24.
- 3) Foote K.G. (1985). Rather-high-frequency sound scattering by swimbladder fish. *J. Acoust. Soc. Am.*, 78(2), 688-700.
- 4) Craig R.E. and Forbes S.T. (1969). Design of a Sonar for Fish Counting. *Fish Dir, Ser. HavUnders.*, 15, 210-219.