

東シナ海で漁獲された活ガザミの背方向ターゲットストレングスの測定

誌名	日本水産學會誌
ISSN	00215392
著者	向井, 徹 佐野, 典達 飯田, 浩二 佐々木, 成二
巻/号	60巻2号
掲載ページ	p. 223-227
発行年月	1994年3月

東シナ海で漁獲された活ガザミの 背方向ターゲットストレングスの測定*1

向井 徹, 佐野典達, 飯田浩二, 佐々木成二

(1993年10月7日受付)

Measurement of Dorsal Aspect Target Strength of Live Swimming Crab *Portunus trituberculatus* Caught in the East China Sea

Tohru Mukai,*2 Noritatsu Sano,*2 Kohji Iida,*2 and Seiji Sasaki*3

The dorsal aspect target strength (TS) of four live swimming crab *Portunus trituberculatus* were measured at 25 kHz and 100 kHz in Cheju port (Korea). Probability density functions (PDF), i.e., Rayleigh PDF and Rice PDF, were fitted to the distribution of backscattering amplitude from the live swimming crab. The following results were obtained:

- (1) TS was more dispersed at 100 kHz than at 25 kHz.
- (2) The PDFs of the backscattering amplitude agree approximately with Rice PDF at 25 kHz and with Rayleigh PDF at 100 kHz.
- (3) The Rice parameter γ tends to decrease with increasing carapace length, carapace width and acoustic frequency.
- (4) The averaged TS $\langle TS \rangle$, estimated from PDFs, is about 2 dB higher at 25 kHz than at 100 kHz.
- (5) Mean values of averaged target strength B , which is normalized with respect to body weight, are -52.5 dB at 25 kHz, -54.9 dB at 100 kHz. These values agree approximately with those of bladder fish.

キーワード: 魚群探知機, ターゲットストレングス, ガザミ, 東シナ海

東シナ海で漁獲される魚種は数百種にも及ぶ。事実1989年から4年間にわたり行われた北海道大学水産学部と韓国釜山水産大学校との共同研究における、延べ71回の着底トロールでは約250種が漁獲された。このように多数の魚種が混在分布する海域において、計量用魚群探知機を用いて水産資源の現存量を推定する場合、対象魚種の確認およびターゲットストレングス (TS) の把握は不可欠である。

1992年の東シナ海における調査ではガザミ *Portunus trituberculatus* の漁獲量が、1回の曳網における漁獲量の50~80%にも及ぶことが数回あった。しかし、ガザミのようなカニ類に関するターゲットストレングスの測定例は非常に乏しい。^{1,2)}

本研究は、現場において活きたガザミのTSを懸垂法を用いて測定し、その統計的分布やそれから算出される平均TSに関して検討した。

測定方法

ガザミは、甲が横に広い菱形でその両端が著しく突出し、歩脚の第4対が完全な泳脚となり、わたりがにとも呼ばれる。測定に用いたガザミは1992年11月14日、Fig. 1に示す地点において、北海道大学水産学部練習船おしよろ丸 (G.T. 1383 t) による着底トロールでサンプリングしたものをを用いた。これらのガザミは、捕獲後ただちに船上の活魚水槽に入れ蓄養しておいた。TS測定は、おしよろ丸が韓国済州島の済州港に接岸中、舷側装備した送受波器を用いて行った。TS測定に用いたガザミの大きさは甲長CL (Carapace Length) で6.7~9.7 cm、全甲幅CW (Carapace Width) で14.5~19.2 cm、体重BWが145~455 gの4個体で、小さい順に1~4の番号を付した (Table 1)。測定に用いた魚群探知機は(株)カイジョー製のKFC-200型で、低周波 (25 kHz) および高周波 (100 kHz) の2周波をパルス幅 0.5 ms として使用

*1 東シナ海で漁獲された魚のターゲットストレングスに関する研究—III.

*2 北海道大学水産学部 (Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Hakodate, Hokkaido 041, Japan).

*3 北海道大学水産学部練習船おしよろ丸 (Training Ship "Oshoro Maru", Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Hakodate, Hokkaido 041, Japan).

した。ガザミは甲幅方向, 甲長方向にナイロンテグスでしばり, 海中では脚が自由に動きかつ常に送受波器に甲が向くようにして, 1本の釣竿で送受波器の音軸上に直径34.9 mmの較正球 (TS=-41.2 dB) とともに懸垂した (Fig. 2)。船上より水面直下のガザミを観察したところ, 活発に泳ぎ, 姿勢の変動が見られたが, ナイロンテグスでしばられているため自然状態の姿勢とは異なると思われる。1個体当たり 300~600 ping のガザミおよび較正球の TVG 処理後の信号を, データレコーダで記録し, 後日そのデータを再生し置換法を用いて TS に換算した。

結果および考察

測定した4個体のガザミのTSのヒストグラムをFig. 3

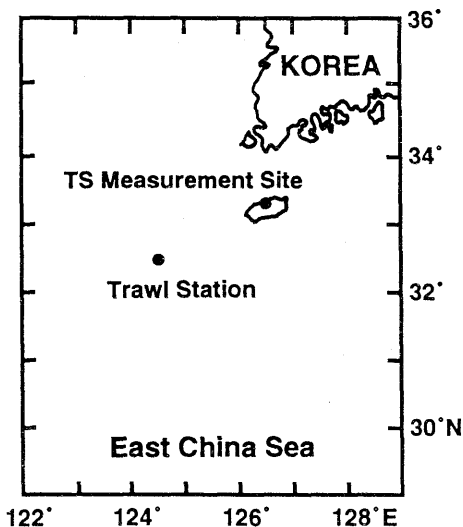


Fig. 1. Sampling station of swimming crab in the East China Sea and TS measurement site.

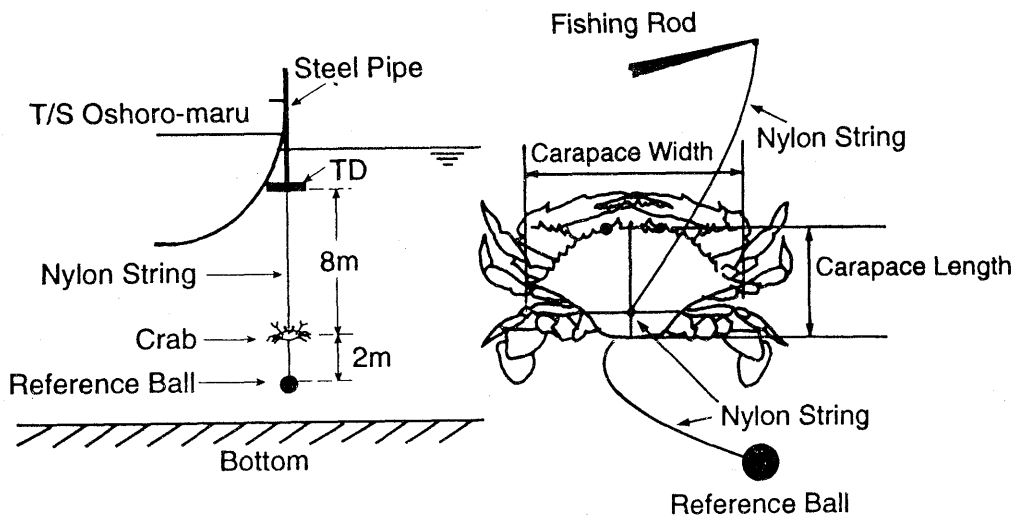


Fig. 2. Configuration of target strength measurement.

に示す。図中横軸は TS (dB), 縦軸は頻度 (%) であり, N は解析に用いたパルス数である。また左側が 25 kHz, 右側が 100 kHz で, それぞれ上から順にガザミ 1~4 である。これらの図より, 1, 2 の例外を除き, ガザミが大きくなるに従って両周波とも TS のモードが大きくなり, また, すべての個体で 100 kHz における TS のばらつきが 25 kHz に比べて大きいことがわかる。これは, 一般に高周波ほど姿勢に対する TS の指向性が鋭く,³⁾ ガザミについても少しの姿勢変化で TS の値が大きく変化するためである。

これらの TS 分布から平均 TS ($\langle TS \rangle$) を算出するに当たり二つの分布の当てはめを行った。一般に単体魚における散乱振幅の分布は Rayleigh 分布あるいは Rice 分布になると言われている。^{4~6)} Rayleigh 分布は次式で示される。

$$p(s) = \frac{2s}{\langle \sigma_{bs} \rangle} \exp\left(-\frac{s^2}{\langle \sigma_{bs} \rangle}\right) \quad (1)$$

ここで s は後方散乱振幅であり, s^2 の集合平均が平均後方散乱断面積 $\langle \sigma_{bs} \rangle$ となり, $\langle TS \rangle$ は $10 \log \langle \sigma_{bs} \rangle$ で表される。この分布の利点は, パラメーターが $\langle \sigma_{bs} \rangle$ ただ一つということである。一方, Rice 分布は次式で示され

Table 1. Carapace length, carapace width, and body weight of swimming crab used in TS measurements

No.	Carapace length (cm)	Carapace width (cm)	Body weight (g)
1	6.7	14.5	145
2	7.6	16.0	240
3	8.2	17.3	260
4	9.7	19.2	455

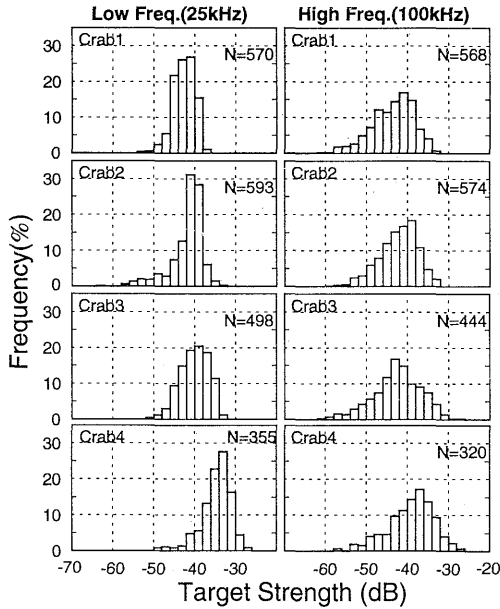


Fig. 3. Distribution of target strength of live swimming crab at 25 kHz (left) and 100 kHz (right).

Table 2. The parameters of the Rayleigh and Rice PDFs derived by the least-squares fit

No.	Low freq. (25 kHz)		High freq. (100 kHz)	
	Rayleigh $\langle TS \rangle$	Rice $\langle TS \rangle$ γ	Rayleigh $\langle TS \rangle$	
1	-39.6	-41.7 5.2	-40.9	
2	-38.5	-39.7 3.0	-39.4	
3	-37.1	-38.6 2.1	-40.2	
4	-31.5	-33.0 2.8	-36.4	

る。

$$p(s) = (1+\gamma) \frac{2s}{\langle \sigma_{bs} \rangle} \exp\left\{-\left(1+\gamma\right) \frac{s^2}{\langle \sigma_{bs} \rangle} - \gamma\right\} I_1(x) \quad (2)$$

$$x = 2\sqrt{\gamma(1+\gamma) \frac{s^2}{\langle \sigma_{bs} \rangle}} \quad (3)$$

ここで s , $\langle \sigma_{bs} \rangle$ は Rayleigh 分布と同様にそれぞれ後方散乱振幅, 平均後方散乱断面積で, $I_1(x)$ は第 1 種 0 次の変形ベッセル関数である。 γ は Rice 分布の型を決めるパラメーターであり, $\gamma=0$ で Rice 分布は Rayleigh 分布となり, γ が大きくなるにつれ分布のピークに鋭さが増す。後方散乱振幅 s の値のばらつきが小さければ γ が大きくなる。つまり, これを魚の動きで考えると, 測定している魚が活発に動くほど s があばれて γ が小さくなる。したがって, γ の値により魚の動き具合がわかると報告さ

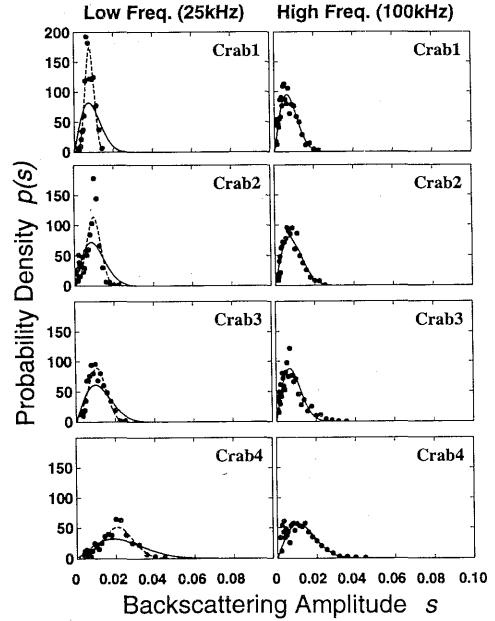


Fig. 4. Probability density function of backscattering amplitude of live swimming crabs.

Symbol \bullet denotes experimental data, the solid lines are the Rayleigh PDF fits and the dotted lines are the Rice PDF fits. The fitted parameters are shown in Table 2.

れている。^{5,6)} また, 魚体長 L が音波長 λ に比べて十分大きくなると後方散乱振幅 s の分布は Rayleigh 分布に近づく。⁶⁾

これらの分布を最小二乗法を用いてガザミのデータに当てはめたのが Fig. 4 であり, その時の両分布の $\langle TS \rangle$ および γ の値を Table 2 に示す。図中横軸は後方散乱振幅 s , 縦軸は確率密度で, 左側が 25 kHz, 右側が 100 kHz である。また, 記号 (\bullet) が測定データ, 実線が Rayleigh 分布, 破線が Rice 分布を表している。25 kHz ではいずれの個体も Rice 分布の方が Rayleigh 分布より当てはまりが良かった。一方, 100 kHz では Rice 分布の γ が 0 となり Rayleigh 分布に一致した。Kieser and Ehrenberg⁶⁾ は, 体長 L と音波長 λ の比 L/λ が 20 以上で Rayleigh 分布の適合性が良いと述べているが, 今回のガザミのデータに関する限り, 甲幅 CW あるいは甲長 CL と音波長 λ の比すなわち CW/λ , CL/λ が 4 以上の時 Rayleigh 分布の適合が良いと言える。一方, 25 kHz における γ の値は, ガザミが大きくなるに従って小さくなっている。これはガザミが大きくなるほど TS の指向性が鋭くなり, TS がちらばるためである。また, 100 kHz においては 4 個体とも $\gamma=0$ の Rayleigh 分布であったが, これは同一個体において音波長 λ が短くなると, TS の指向性が鋭くなり γ が小さくなったと考える。

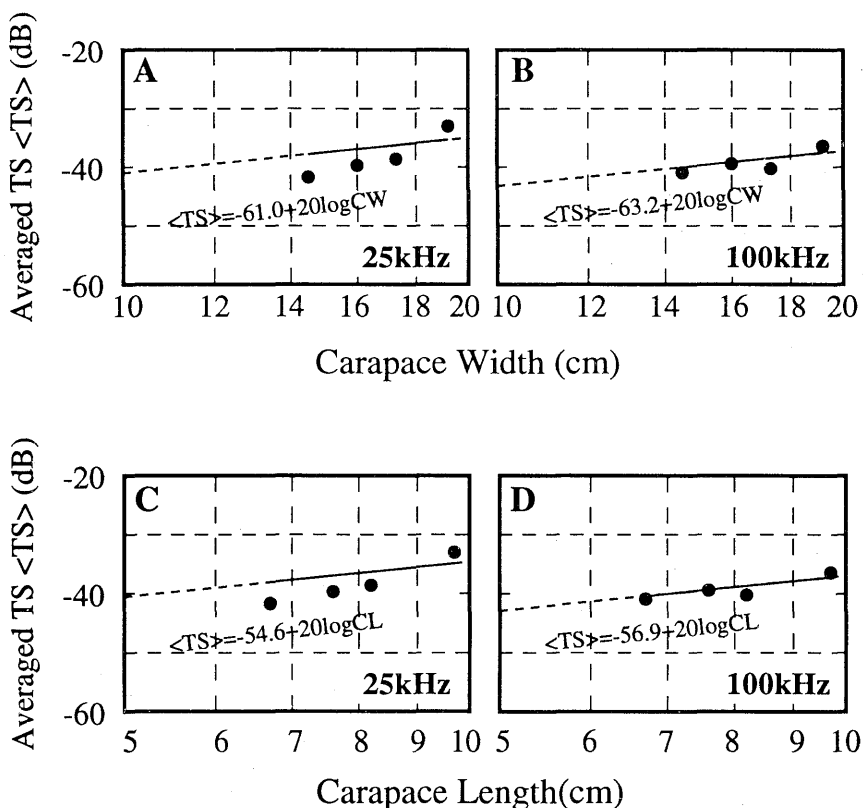


Fig. 5. Relationship between averaged target strength $\langle TS \rangle$ and carapace width CW (A, B), carapace length CL (C, D) of swimming crab at 25 kHz (left) and 100 kHz (right).

The regression lines and their formulae are also shown.

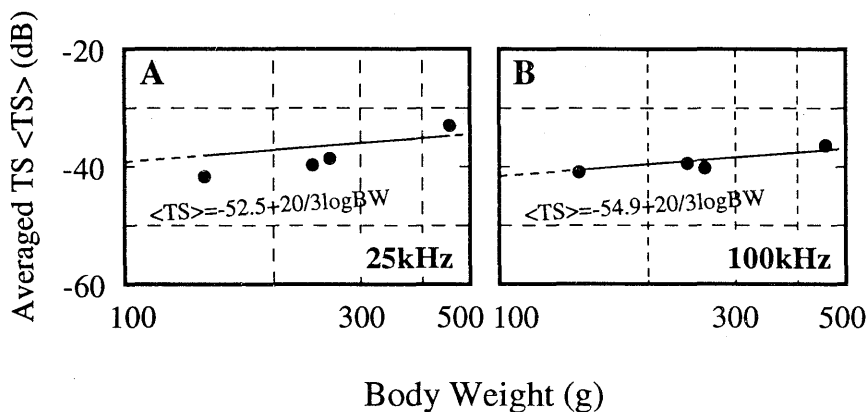


Fig. 6. Relationship between averaged target strength $\langle TS \rangle$ and body weight BW of swimming crab at 25 kHz (A) and 100 kHz (B).

The regression lines and their formulae are also shown.

次に各々のガザミの TS 分布に関して当てはめた分布 (Rayleigh 分布あるいは Rice 分布) から算出した $\langle TS \rangle$ (Table 2) とガザミの大きさとの関係を考える。全甲幅 CW と $\langle TS \rangle$, 甲長 CL と $\langle TS \rangle$ との関係プロットしたのが Fig. 5 である。A, B は全甲幅 CW と $\langle TS \rangle$, C, D は甲長 CL と $\langle TS \rangle$ の関係で左側が 25 kHz, 右側が 100

kHz を表し, 横軸は全甲幅 CW (cm) あるいは甲長 CL (cm), 縦軸は $\langle TS \rangle$ (dB) である。また, 4 個体のガザミのデータに関して, $\langle TS \rangle = A + 20 \log CW$, $\langle TS \rangle = A' + 20 \log CL$ で回帰した時の回帰直線および回帰式も付した。A の値は, 25 kHz で -61.0 dB, 100 kHz で -63.2 dB で, A' については 25 kHz で -54.6 dB, 100 kHz で

-56.9 dB となり、 A, A' 共に 25 kHz の方が 100 kHz に比べ約 2 dB 大きく、周波数特性が認められた。また、ガザミの体型は甲の両端が著しく突出しているため (Fig. 2), 甲幅を測定する場合、誤差を多分に含む可能性が示唆される。したがって、ガザミに関して、甲の大きさと TS との関係は甲長で表現する方が良いと考える。

体重と $\langle TS \rangle$ との関係を Fig. 6 に示す。横軸は体重 BW (g), 縦軸は $\langle TS \rangle$ (dB) を表し、 $\langle TS \rangle = B + (20/3) \log BW$ で回帰した時の回帰直線および回帰式を付した。 B の値は 25 kHz で -52.5 dB, 100 kHz で -54.9 dB となり、前報³⁾で報告した有鰈魚に関する B の値、すなわち 25 kHz で -57~-50 dB, 100 kHz で -60~-52 dB の範囲に含まれ、鰈を持たないにも関わらずその TS は有鰈魚とほぼ同じ結果となった。この理由は、ガザミの体表が甲で被われ、また、甲幅と甲長の比が一般の魚類に比べて大きいためと考える。

結 論

4 個体の活きたガザミのターゲットストレングス TS を 25 kHz と 100 kHz で測定し、以下の知見を得た。

- (1) 4 個体すべてにおいて 100 kHz での TS のばらつきは 25 kHz より大きかった。
- (2) 後方散乱振幅の確率密度関数は、25 kHz では Rice 分布に、100 kHz では Rayleigh 分布に適合した。
- (3) Rice 分布のパラメーター γ は、ガザミの甲長、甲幅が大きくなるほど、また周波数が高くなるほど小さくなった。

(4) 各々のガザミについてあてはめた Rayleigh 分布あるいは Rice 分布から平均 TS $\langle TS \rangle$ を算出したところ、25 kHz の方が 100 kHz に比べて約 2 dB 大きかった。

(5) 体重 BW と $\langle TS \rangle$ の関係を $\langle TS \rangle = B + (20/3) \log BW$ で回帰したところ 25 kHz では $B = -52.5$ dB, 100 kHz では $B = -54.9$ dB であった。これは前報³⁾で報告した有鰈魚の値とほぼ同じであった。

謝 辞

本研究を行うに当たり、おしよる丸の増田紀義前船長はじめ乗組員諸氏には魚のサンプリングなど多くのご協力を頂き深謝する。また、TS 測定にご協力を頂いた特設専攻科学生 (当時) 柳 俊輝氏に感謝する。

文 献

- 1) 橋本富寿, 間庭愛信, 西村 実: 底魚用魚群探知機に関する研究. 漁船技報, **9**, 175-208 (1956).
- 2) 橋本富寿, 西村 実: 魚群探知機によるタラバガニの探知について. 漁船研究技報, **12**, 137-148 (1958).
- 3) 向井 徹, 佐野典達, 飯田浩二, 佐々木成二: 東シナ海で漁獲された主要 10 魚種のターゲットストレングスの測定. 日水誌, **59**, 1515-1525 (1993).
- 4) K. Huang and C. S. Clay: Backscattering cross section of live fish: PDF and aspect. *J. acoust. Soc. Am.*, **67**, 795-802 (1980).
- 5) C. S. Clay and B. G. Heist: Acoustic scattering by fish-Acoustic models and a two parameter fit. *J. acoust. Soc. Am.*, **75**, 1077-1083 (1984).
- 6) R. Kieser and J. E. Ehrenberg: An unbiased, stochastic echo-counting model. *Rapp. P.-v. Réun. Cons. perm int. Explor. Mer*, **189**, 65-72 (1990).