

ディジタルカウンタによるフライングノイズの解析

小池 隆・小長谷 庸 夫

三重大学水産学部

Analyze of the Frying Noise with a Digital Counter

Takashi KOIKE, Tuneo KONAGAYA,

Faculty of Fisheries, Mie University

This paper describes with the characteristics of the pulsative frying noise which is heard under the sea of coastal waters. The paper, also, describes a new method of observing the noise by the use of a digital counter.

The results obtained are summarized as follows :

1. The spectrum of the frying noise showed a typical pattern. The maximum frequency was over the audible frequency range of man. The peak of the spectrum level was seen at the frequency of 16KHz.
2. The spectrum of a snap produced by snapping shrimp was similar to that of the frying noise. The maximum frequency was about 50 KHz, showing a peak at the frequency of 16 KHz.
3. By filtering the ambient noise with a band-pass-filter which had a pass frequency of 16 KHz, the number of pulses in the unit time were able to be counted with the digital counter. It was found that the method was useful to study the diurnal variation and the local characteristics of the frying noise.

Keywords : frying noise, ambient noise, counting

フライングノイズは沿岸特有の海中騒音である。連続した鋭いパルス性の音で、煮えたぎった油の跳ねる音を連想させるからこのように呼ばれる。パルスの持続時間は短い、周波数が高いから、しばしば水中通信やテレメトリーの障害となる。近年、海中音を利用して漁業を行う試みもあり、超音波を利用した測器の設計上のみならず、漁業技術上からも研究の重要性が増してきた。

一般に、海中騒音のレベルは、沖合に比べて沿岸の方が高い。これは、波浪などと共にフライングノイズのレベルも高いからである。過去に行われた研究結果によると、フライングノイズの音源は、エビ・カニなどをはじめ、貝および岩礁の付着生物などであるとされ、生物の活動に伴い、音圧が時間的あるいは季節的にかなり変動することが明らかにされている。

しかし、これらの研究に用いられた機器の性能は、現在のそれに比べて十分でない。その上、テープレコーダーの録音結果から解析される場合、周波数特性による制約も大きい。また、パルス性の騒音の解析方法にも若干疑問が残る。パルスの繰り返し、見掛け上低い周波数として捉えられるおそれがあり、波浪やしぶきなど背景音の変化とフライングノイズの音圧との識別も容易でない。その上、発音源からの距離、したがって、減衰量もまちまちで、局所的にも差違を生ずる可能性がある。そこで、フライングノイズを高性能のスペクトルアナライザーで分析し、その結果から、発音頻度を計数するための装置を試作したので報告する。

分析方法および装置

フライングノイズのスペクトル 英虞湾南部に位置する三重大学水産実験所前面の海域は、水深約10mで、底質は岩礁および砂泥である。この海域には、ハサミで鋭い衝撃音を発生させるテッポウエビ (*Alpheus bis-incisus* DE HAAN) が多数生息し、フライングノイズが騒々しい。

Fig. 1 は、実験所前面の1mの水深において、100Hz から100KHz にわたって -103dB(1vol μ b) の感度ではほぼ平坦な特性を有するハイドロホン (57-TA型) とプリアンプ (増幅率 40dB)

を用いて直接スペクト分析した結果である。分析には、スペクトルアナライザー (TR-9305) を用いた。この装置は、0~100KHzの周波数にわたって、最大400秒間の音の分析およびこれらを最大1024回にわたって累積し、平均スペクトル分析を行うことができる。しかし、平均化により、パルス性の騒音の特徴は失われるから、ここでは、何十回となく分析を繰り返した結果のうち、パルスと同期させたものと、背景ノイズのスペクトルを示す。

Fig. 1-A-a は、フライングノイズのスペクトルを、bは周囲騒音のそれを示す。ここで、前述のハイドロホンの感度とプリアンプの増幅度から計算すると、1 μ bの音圧の時は、プリアンプの出力は約1mVとなる。図は、1V (rms) を0dBで表示してあるから、-60dBが音圧の100dB (re: 1 μ Pa) または0dB (re: 1 μ b) となる。図でみると、フライングノイズのスペクトルは、800Hz~1.5KHzにかけて高く120dB (re: 1 μ Pa)を示すが、以後1.6KHz~16KHz付近まで低下し、その後、16KHzで再びピークの128dBを示す。超音波領域における音圧は、50KHzで90dB程度である。一方、背景騒音のレベルは、同じ図のbにみられるようにかな

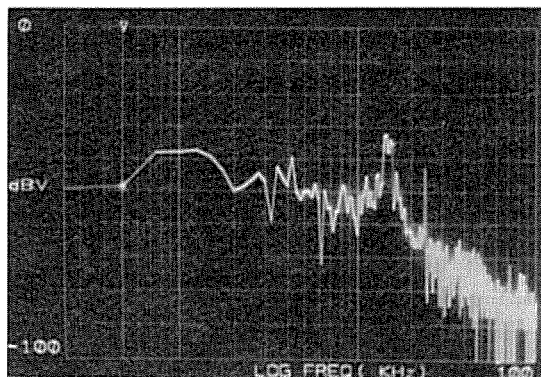


Fig. 1—A—a Frying noise spectra produced by snapping shrimp at Zagashima.

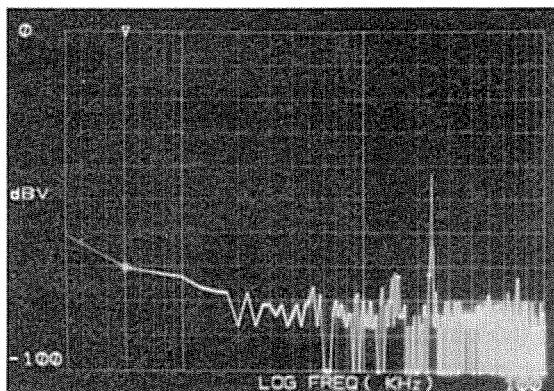


Fig. 1—A—b Ambient-noise spectra at Zagashima.

り低く、75dB 以下である。

フライングノイズの発生源の一つにテッポウエビがあげられているから、前述の海域で干潮時にこのエビを採捕し、その発生音を分析した。まず、縦と横および高さがそれぞれ 28cm, 48cm および 12cm のプラスチック製の容器に海水を満たし、テッポウエビ(体長 4~5 cm)を 10尾入れた。ハイドロホンは容器内に横向きに寝かせて沈めた。テッポウエビとハイドロホンとの距離が短く、音圧も高かったからプリアンプを介することなくハイドロホンの出力を直接アナライザーに入力することができた。テッポウエビは、ハサミを閉じる時、発音するから、ハサミの動きを目視しながらアナライザーの起動スイッチを押した。Fig. 1-B-a は、数十回の繰り返しによって同期でき

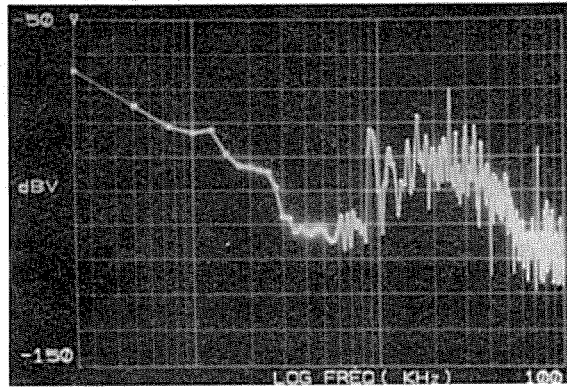


Fig. 1—B—a Single snap spectra produced by the snapping shrimp in the tank.

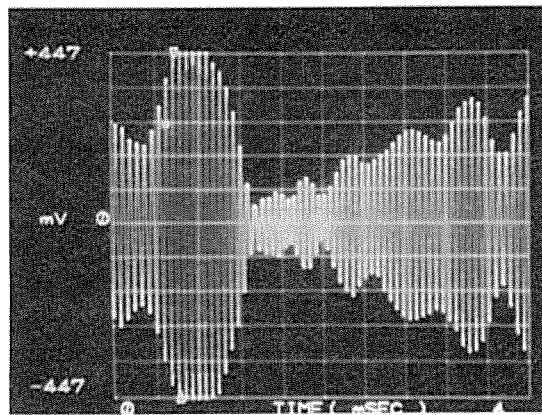


Fig. 1—B—b Single snap produced by the snapping shrimp in the tank.

たスペクトルの一例である。ここで、ハイドロホンの感度を $-103\text{dB} \approx -100\text{dB}$ とおくと、1 V を基準にした dBV の表示の -100dB が音圧の 100dB (re : $1 \mu\text{Pa}$), 0dB (re : $1 \mu\text{b}$) と換算される。図からみると、発音体付近の音圧は、 100Hz の 135dB (re : $1 \mu\text{Pa}$) から次第に低下し、 8KHz では、 90dB であるが、 $9 \text{KHz} \sim 40\text{KHz}$ までの周波数範囲で約 120dB , 50KHz で 105dB を示し、海中のフライングノイズ同様、超音波領域のかなり高い周波数にわたることがわかる。 Fig.

1-B-b は、同じパルスの時間領域を示すもので、パルス幅は約 2 m·sec である。Fig. 1-C は、

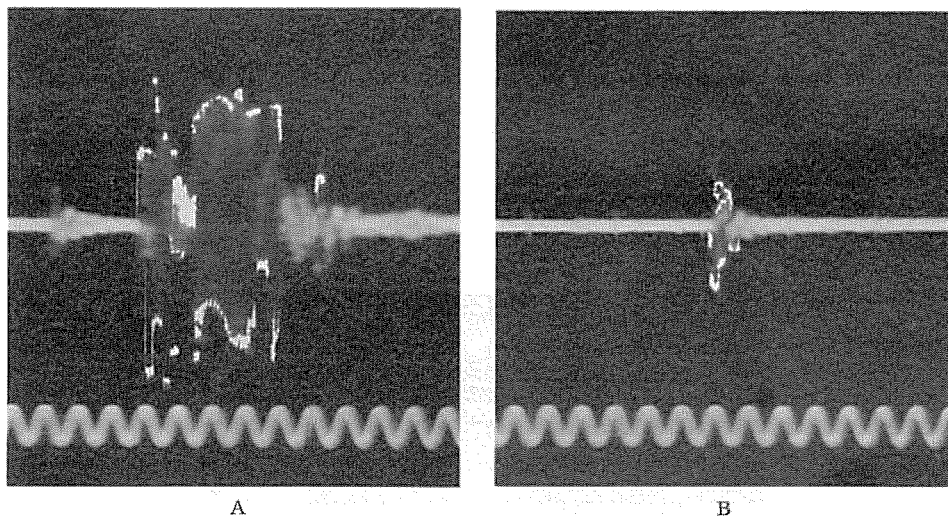


Fig. 1—C Signal and noise received with ultrasonic receiver (50KHz)
 A is the ultrasonic signal from acoustic transmitter.
 B is the ultrasonic noise.
 This marker : 1 KHz

同じ海域で、ソノブイによって超音波標識魚からの信号を中継実験中、フライングノイズが、50 KHz に同調した超音波受信機の妨害雑音となった例を示す。

計数装置の設計 熊野灘沿岸域において収録した水中音のスペクトルを取りまとめた結果、Fig. 2 が得られた。一般に、低周波領域では、船舶音が顕著で 90dB (re: 1 μ Pa) に達する。しかし、フライングノイズスペクトルに見られる 16KHz 付近の音圧は、約 60dB で比較的低い。したがって、テープレコーダーの録音特性を併せ考え、録音結果から 16KHz のピークを帯域濾波器 (BAND PASS FILTER) で濾波して、フライングノイズのパルスの発生頻度を計数することにし

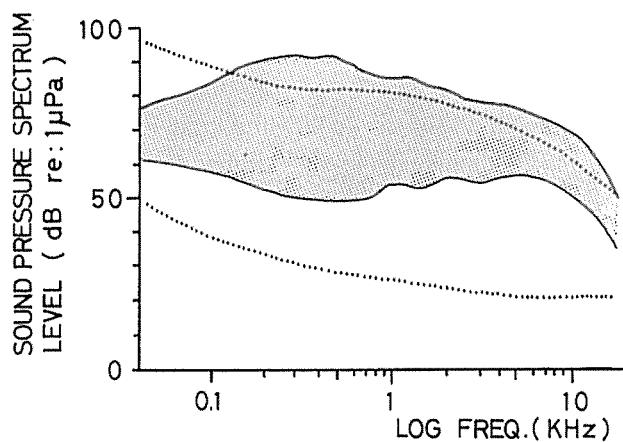


Fig. 2 Observed ambient noise spectra
 : at Kumano-nada
 : Wenz(1962)

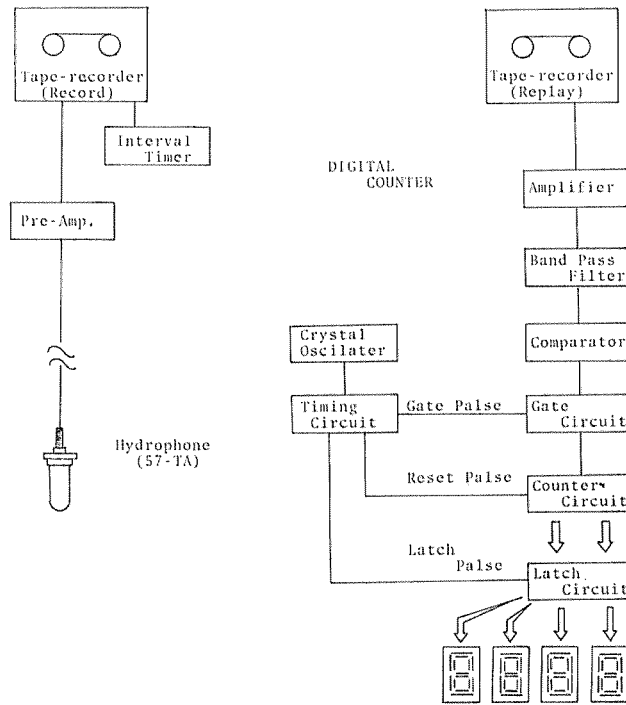


Fig. 3—A Block diagram of equipment used to count the number of frying noise.

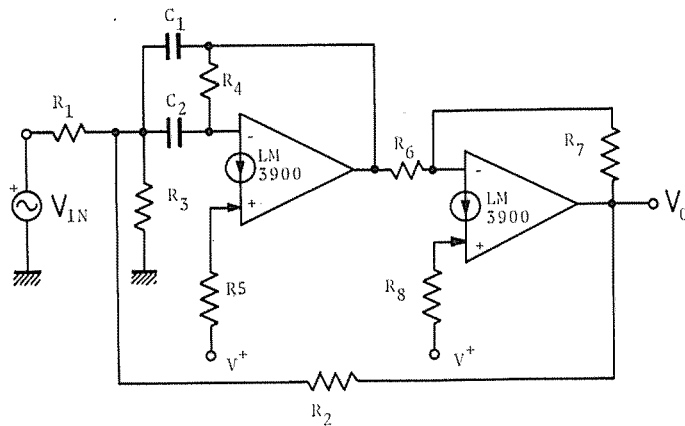


Fig. 3—B Band-Pass-Filter circuit diagram.

た。Fig. 3 に、このカウンタのブロックダイアグラムと B. P. F. の回路図を示す。B. P. F. は、ノートンアンプ (LM3900) を用いたアクティブフィルタで選択性を示す Q と、周波数 f_0 を与えると、各パラメーターは次式で計算される。すなわち、

$$R_1 = R_4 = R_6 = Q/\omega_0 c$$

$$R_2 = R_1 (KQ/(2Q - 1))$$

$$R_3 = R_1 / (Q^2 - 1 - 2/K + 1/KQ)$$

$$R_1 = KR_1$$

$$H_0 = \sqrt{QK}$$

ここで、 $Q=25$, $f_0=16\text{KHz}$ 従って、 $\omega=C_1=C_2=0.001\mu\text{F}$, $K=3$ として抵抗値を計算した。

Fig. 1-A のフライングノイズと背景騒音のスペクトルをみると、16KHz 帯での上限音圧は、128dB であり、背景騒音と約45dB の差がある。そこで、この差を検出するためのコンパレーターを作った。

集積回路 LM3900 には、4 個の演算増幅器 (Operational amplifire) が封入されているから、一個をコンパレーターとして用い、背景騒音より若干高い音圧のパルスのみ検出できるようにした。(フライングノイズと背景騒音の音圧出力差の 1/2 に設定) 一定時間内のパルス数は、C-MOS-IC の BCD up-Counter によって計数し、スタティック表示させた。

フライングノイズは、24時間以上にわたって一定時間毎に30秒ずつ自動録音した。その方法は、Fig. 4 に示すように、水中に吊した hidroホンコードを防水したブイの内部に導びき、プリア

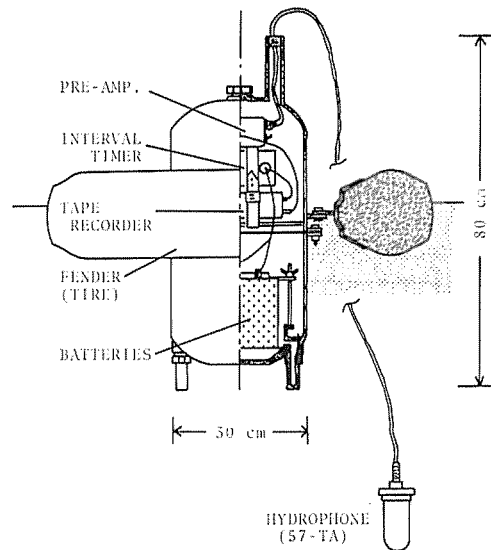


Fig. 4 Sectional diagram of the buoy for recording the ambient noise.

ンプを経て録音機 (ソニー TC-D 5 M, メタルテープ, ソニー METALLIC90 使用) を用い、電源をインタバルタイマー (基準発振 4.19MHz, C-MOS-IC MN6091 使用) のリレーにより制御して行った。

観測は、座賀島水産実験所棧橋前において1981年8月27日と28日の両日、および、1982年1月24日と25日の両日行った。天候は、何れも晴天で、風力1, 静穏であった。

結 果

録音記録から、フライングノイズの発生頻度と、16KHz 帯の平均音圧を取りまとめると、Fig. 5 が得られる。図にみられるように、夏季と冬季で音圧レベルと発生頻度、および、それらの日周変

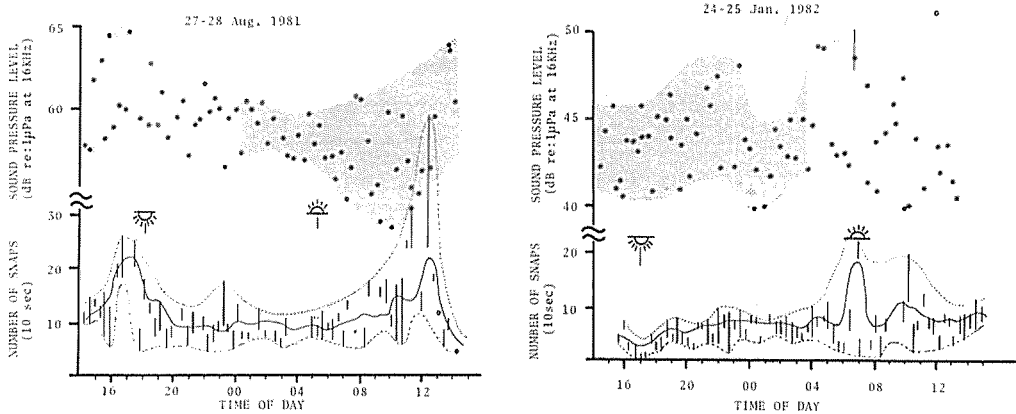


Fig. 5 Relation between sound pressure level, number of snaps and time of day.

化もかなり相違する。例えば、夏季に、日出時の音圧レベルは 57dB~60dB の範囲であるが、正午頃は音圧の変動範囲が若干広がり、55dB~60dB である。正午過ぎから日没時まで次第に高まり、16時頃は60dB~65dB である。その後、夜間は静かになり、日出直前には音圧と変動範囲は一日の最低を示し 57dB~58dB の範囲である。一方、冬季は夏季に比べて音圧の最高値、最低値共に約15 dB 低い。また、日周変化も全く異なるパターンを示し、日没4時間後および日出前後、最高、最低値共に高く、42dB~50dB の値を示すが、日没時と深夜0時頃は最高値が 44dB で、約5 dB 以上低い。

パルスの発生頻度の日周変化は、音圧のそれと比べて極めて顕著で、夏季は正午頃、冬季は薄明時に鋭いピークを示し、この時間帯に発音活動が活発化することが推測できる。10秒間あたりの発音頻度は、夏季の夜間は5~10回であるがピーク時には最低20、最高値は50に達する。また冬季のそれは、15時頃最低値1~2回を示し、以後夜間は5~10の範囲であるが、5時頃ピークを示し、54~61に達する。

音圧と、パルスの日周変動を比較すると、両者共夏季は夜間低く正午頃より高まる。一方、冬季は日没後および日出時高い傾向が認められ、両者には関連性が強い。これは、パルスの発生頻度が多いほど平均音圧は高まるはずであるから当然の結果である。

考 察

竹村らは、フライングノイズの音圧は、日没時に変化するが、昼夜の差が認められなかったことから、水中照度と生物活動の関連を示唆した。また、フライングノイズの音圧レベルには底質によって差があり、砂泥質の海底の騒音が顕著であると報告し、EVERESTらと同様、この原因として生物の餌採り活動をあげている。しかし、テッポウエビの発音のうち、ハサミを閉じる時発音する Snapping が最も高く、海底で活動する時や触角を動かす時の音圧は無視できる。16KHz 帯における音圧と背景騒音の音圧差は約 45dB であるが、Fig. 6 に示すように、累積時間の増加につれて

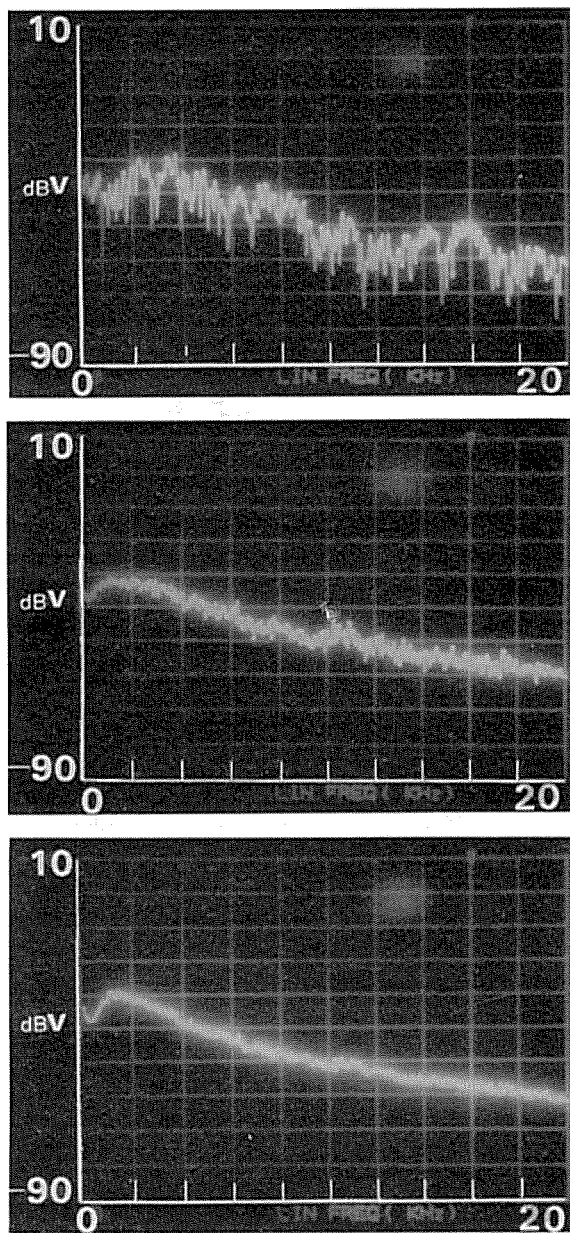


Fig. 6 Ambient noise spectra comparing the various averaging times
0.19sec (top) 1.5sec (middle) and 12.1sec (bottom).

背景音とフライングノイズの音圧は平均化される。したがって、発音生物の多い海域や、発音活動の盛んな時刻には、当然音圧も若干高まるが、パルス数の計数による解析方法の方がより直接的と言える。

さらに、海洋の騒音スペクトルからみると、1 KHz で 25dB~75dB、16KHz で 20dB~50dB である。しかし、これらの値は、風による飛沫や波浪、あるいは船舶音などによって絶えず変化する

から音圧差の有意性を短期間の測定結果から判断することはかなり困難である。したがって、このことから発音頻度の計数による方法は、原因生物の分布や発音活動を知るための一つの重要な手段であることがわかる。もっとも、沿岸の底質や水深は一様でなく、水中音の伝搬や減衰は複雑である。また、発音生物の違いによってパルスの周波数や持続時間の差違もありうる。これらの点については、さらに各種発音生物について研究を進める必要がある。

研究にあたって、有益な御助言を賜った三重大学水産学部教授坂本市太郎博士、研究の遂行に協力された三重大学学生古河崎正博氏に厚く謝意を述べる。

この研究は一部文部省科学研究費（1981年度一般研究B 課題番号 00546187 研究代表者坂本市太郎）によった。

References

- DOBRIN, M. B., 1947. Measurement of underwater noise produced by marine life. *Science*, 105 : 19—23
- EVEREST, F. A., YOUNG, R. W. and JONSON, M. W., 1948. Acoustical characteristics of noise produced by snapping shrimp. *Jour. Acoust. Amer.*, 20 : 137—142
- FISH, M. P., 1963. Biological sources of sustained ambient sea noise. TAVOLGA, W. N. (Ed) *Marine Bio-Acoustics*, Pergamon Press, 175—194
- HASHIMOTO, T. and MANIWA, Y., 1966. Research on the luring of fish shoals by utilizing underwater acoustical equipment. TAVOLGA, W. N. (Ed) *Marine Bio-Acoustics*, 2 Pergamon Press, 93—104
- 橋本富寿・間庭愛信, 1958, 海中生物の発する超音波騒音について. 漁船研究技報, 99—114
- KONAGAYA, T., 1982. A new telemetric method of determining the position of swimming fish. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 48 (in press)
- 最新オペアンプ活用技術, 1973. 誠文堂新光社, 166—196
- 久保大次郎・一杉 勝, 1971. デジタル回路設計スタディ, CQ 出版 1—209
- TAKEMURA, A., 1968. On the underwater sound of *Genus Alphenus FABRICUS* in the coastal waters of Japan. *Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ.*, 26 : 37—48
- , 1969. Studies on the underwater sound- II On the diurnal variation of TEMPURA NOISE in the coastal water of Nagasaki Prefecture. *Ibid.*, 28 : 31—41
- , 1972. The distribution of biological underwater noise at the coastal waters of Japan. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.*, 38 : 201—210
- TAVOLGA, W. N., 1972. Underwater sound in marine biology. ALBERS, V. M. (Ed) *Underwater Acoustics*, Plenum Press, 2 : 35—41
- WENZ, G. M., 1963. Curious noises and sonic environment in the ocean. TAVOLGA, W. N. (Ed) *Marine Bio-Acoustics*, Pergamon Press, 101—119
- 超音波技術便覧, 1966. 実吉純一, 他監修. 日刊工業新聞社, 1566—1570