

平成22年 6月 8日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2008～2009

課題番号：20710029

研究課題名（和文） 海域底生生物の生息状況を簡易に観測する計測器の開発

研究課題名（英文） Development of measuring instrument of the shallow sea benthos living condition

研究代表者

渡部 守義（WATANABE MORIYOSHI）

明石工業高等専門学校・都市システム工学科・講師

研究者番号：00390477

研究成果の概要（和文）：テッポウエビは世界中の海域に普遍的に分布し、独特のパルス音を終始発する発音生物である。海域において、何らかの環境変化によりテッポウエビ類の生息数が変化した場合、水中録音によりその発音数の変化を調査するだけで、その影響を知ることができる。本研究では、テッポウエビの発音数を誰でも簡易に計測するため観測機器を開発した。

研究成果の概要（英文）：We reported the shallow sea benthos living condition can be evaluated by measuring the pulse sounds emitted by snapping shrimps. The objective is to develop a measuring instrument with which anyone can use this method in the field. We developed the pulse measuring instrument which is equipped a hydrophone.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	2,100,000	630,000	2,730,000
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：複合新領域

科研費の分科・細目：環境学・環境影響評価・環境政策

キーワード：テッポウエビ、パルス音、浅海域、モニタリング、計測器

1. 研究開始当初の背景

(1) 現在、世界各地で沿岸域の開発が行われている。開発行為に起因する環境悪化は、生態系に多大な影響を及ぼしている。これらの生物影響を迅速に把握することは、人間に対する潜在的な危険性を評価するという意味からも強く求められている。環境の変化に伴う生態系への影響を効果的に把握するため

には、生物種や生物量を測定するモニタリングが有効である。しかし、海や湖沼といった水域において水中の生物量を推定することは容易ではない。例えば漁獲量は漁具や漁業努力に大きく左右されるし、採取を基本とした既存の底生生物の調査法では底泥採集からソーティングまで含めると多大な時間と労力、専門知識が必要となる。このため、従

来の環境調査では、汚濁物質濃度や溶存酸素濃度など物理化学指標が主流で、生物量や生物活性そのものが測定されることは極めて少なかった。さらに、平成 19 年に海洋基本法が交付施行され、海洋環境の保全に対する社会的ニーズも高まっている。

(2) 海中にはイルカをはじめ様々な発音生物が存在する。それらの発音生物の発する音を観測することで、比較的広範囲にわたる生物の生態や分布状況を調査することができる可能性がある。申請者は、発音生物の中でも 50 m 以浅の世界中の海域に普遍的に分布し、天ぷらノイズと呼ばれる独特のパルス音を終始発するテッポウエビ類に注目した(図 1)。テッポウエビ類に関しては、漁業価値の低さもあり国内外とも研究自体が少ないのが現状である。テッポウエビ類の生態学、分類学上の研究以外には、パルスを発する理由に関する研究や、ソナーとの関連で軍事的な研究が見受けられる程度である。

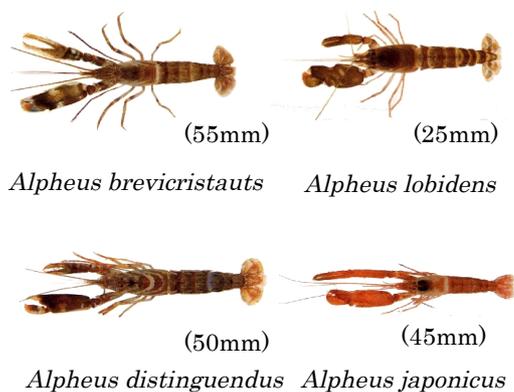


図 1 日本沿岸域の生息するテッポウエビの主要 4 種 (体長)

2. 研究の目的

本研究グループでは、海域において、何らかの環境変化によりテッポウエビ類の生息数が増減した場合、水中録音によりその発音数の変化を調査するだけで、その影響を知ることができるとの考えに基づき、テッポウエビ類の発音数の環境指標としての利用可能性を探ってきた。一方で、テッポウエビ類のパルス数の観測には、あらかじめ感度特性の明らかな水中マイク、増幅アンプ、パソコンなどの機器が必要である他、ノイズが多い場所の処理は人手に頼っている(以降:従来法)。この複雑な作業が本手法を普及させる障害となっている。

本研究は、これまでの研究を受け、本手法を実用化するための課題を解決し、テッポウエビの発音計数による浅海域生物環境評価

法が誰にでも利用可能できるものにするものである。本事業内で取り組む具体的な課題は以下の 3 つである。

(1) 携帯型パルス数計測器のための計測アルゴリズムの確立と最適設計

パルス数計数処理における雑音除去のプロセスを自動化し、誰でも簡単に、現地でリアルタイムにパルス数を計測できるシステムを開発することを目的とする。

(2) 携帯型テッポウエビ類パルス数の計測器(テッポウエビカウンター)の製作

携帯型テッポウエビ類パルス数の計測器を製作する。これにより水中マイクと携帯型計測器という簡単な構成の観測装置で誰でも簡単にテッポウエビ類のパルス数を観測できるようになる(図 2)。

(3) 測定条件明確化のための海域調査と既存の環境指標生物との関係の明確化

本手法を普及させるに当たり、これまで実施してきたパルス数と水質や他の生物との関係を調べる研究を継続して実施し情報を蓄積していかなければならない。また、テッポウエビ類という限られた生物種で生物環境が論じられるのかという指摘を受け、テッポウエビの多寡が生物環境全体にとってどのような指標となり得ているかを明確にする。



図 2 パルス数観測のイメージ

3. 研究の方法

(1) 携帯型パルス数計測器のための計測アルゴリズムの確立と最適設計

海中に存在する雑音の中でもテッポウエビ類のパルス音に類似すると考えられるナルトビエイやカニによる二枚貝の摂食音との周波数や音の継続時間、波形の特徴について解析を行い、これを基にテッポウエビ類のパルス音の計数方法を確立する。

(2) 携帯型テッポウエビ類パルス数の計測器（テッポウエビカウンター）の製作

テッポウエビカウンターは、基本的に従来方法で用いられた雑音除去フィルタ機能と本研究で確立させたパルス計数アルゴリズムを適用させる。また、試作段階ではパルス数判定のパラメータを調整する機能を持たせ、最適なパルス数が計数できるように現地でもチューニングできるようにする。

(3) 測定条件明確化のための海域調査と既存の環境指標生物との関係の明確化

テッポウエビカウンターを用い日本各地の沿岸部を広く観測しデータの蓄積と解析に努める。テッポウエビ類の生息北限について調べるため北海道沿岸部において調査を実施する。また、文献調査や関連する学会に参加しテッポウエビ類と既存の環境指標生物との関係についての情報収集を行う。

4. 研究成果

(1) 携帯型パルス数計測器のための計測アルゴリズムの確立と最適設計

① テッポウエビ類のパルス音と他の生物の発する音の特徴について

海中には様々な騒音が存在しており、テッポウエビ類のパルス音は高周波で、この個体群が発する高いレベルの音は自然界で相当するものはないとされている。本研究では、これまで注目していなかった、ナルトビエイやカニなどによる二枚貝の摂食時に生じる破砕音について検討を行った。

ナルトビエイとカニによる二枚貝の破砕音のデータは、山口大学工学部の関根教授の研究グループから提供を受けた。テッポウエビ類のパルス音は本研究室で収録したものを用いた。サンプリング条件は、ナルトビエイとカニはサンプリング周波数 48kHz、MONO、16bit で、テッポウエビ類は 44.1kHz、MONO、16bit である。解析にはオーディオ編集ソフトウェア Adobe Audition 3.0J を用いた。解析にあたり波の破砕音やうねり、船のエンジン音など雑音除去後、各データから対象となる 30 波形の切り出しを行った。前処理したデータについてスペクトル解析、周波数や音の継続時間、波形の特徴について解析を行った。その結果、ナルトビエイとカニの二枚貝破砕音は主パルス部分と副パルス部分から構成され、テッポウエビ類のパルス音は主パルス単独であることが確認できた。主パルスの継続時間はナルトビエイとカニで 1msec 程度、テッポウエビは 1msec 以下であった。ナルトビエイ、カニの主パルスと副パルスの継続時間の和はともに 4msec を超えている。周波数のピークはナルトビエイで 3kHz から 14kHz、カニで 1.4kHz から 4.2kHz、テッポウエビは 3kHz から 14kHz であった。上記により、それ

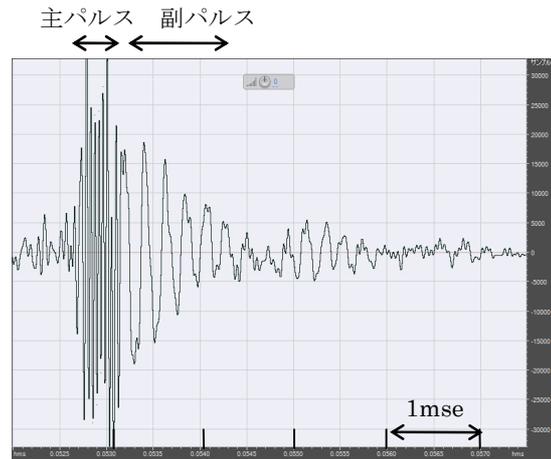


図3 ナルトビエイの二枚貝破砕音波形

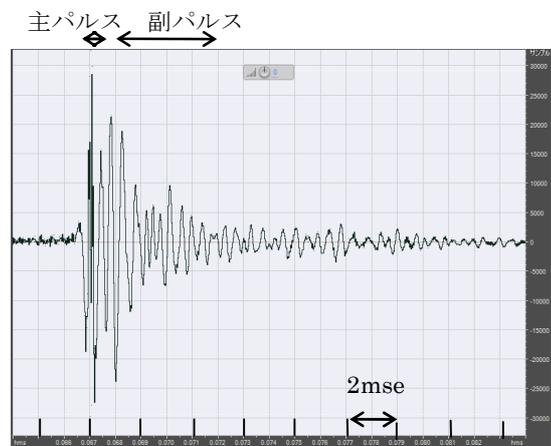


図4 アオガニの二枚貝破砕音波形

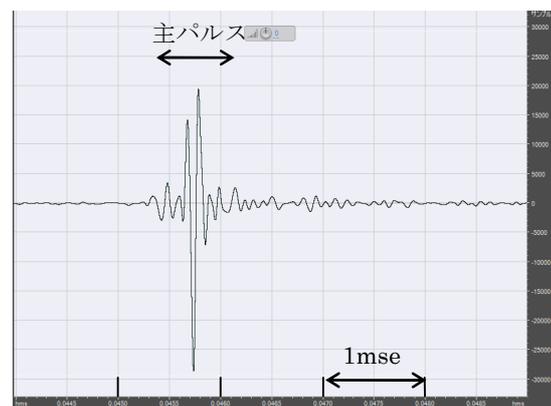


図5 テッポウエビ類のパルス波形

ぞれの音の特徴を捕えることができ、テッポウエビ類のパルス音を判別する場合は主パルスの継続時間に注目すると判断しやすいことが明らかとなった。

② テッポウエビ類のパルス音の計数アルゴリズム

水中マイクにより収録した水中音響は、先ず、3 から 9kHz の帯域通過フィルタにより雑音除去を行う。雑音除去されたデータにたして以下のアルゴリズムでパルス音を計数する。図 6 にパルス判定の原理を示す。図中の縦軸 16bit 波形データ値とは、音圧あるいは電圧に相当するパラメータである。パルスの判定には音圧に関する閾値 Threshold と無音部の継続時間 Off time の 3 つのパラメータを用いた。パルス音の音圧が Threshold を超えるとパルス開始と見なし、音圧が Threshold を超える時間が On time 以上継続し、その後、音圧が Threshold を下回る時間が Off time 以上続けばパルス終了とする。

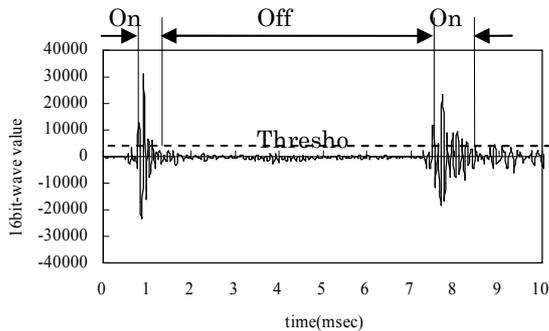


図 6 パルス判定の原理

(2) 携帯型テッポウエビ類パルス数の計測器 (テッポウエビカウンター) の製作

前述(1)で得られた計数原理を搭載した携帯型の計測器 (テッポウエビカウンター) を製作した。計測システムとしては水中マイクとテッポウエビカウンターから構成されている。

①テッポウエビカウンター試作器

テッポウエビカウンターの外観図と正面写真を図 7、図 8 に示す。今回製作したテッポウエビカウンターは、パルス計数のチューニング機能として Threshold 以外のパラメータを段階的に変化させることが出来る。GAIN は入力する音響レベルを調整する機能である。GAIN=0dB を基準として、音響レベルが小さければ GAIN をプラスして音響レベルを増幅させる。水中音響レベルが大きい場合は GAIN をマイナスにして信号を小さくする。GAIN を変化させた場合、Threshold は固定されているので測定範囲が変化し、得られたパルス数の比較が難しくなるため、GAIN は 0dB に固定した。このためチューニングでは、On Time、Off Time の値を変化させ最適な測定パラメータを求めることにした。計数パラメータは、OnTime0.4~0.7msec、Off Time3~6msec の間で調整できる。チューニング作業は実海域におけるリアルタイムでおこなうものと、

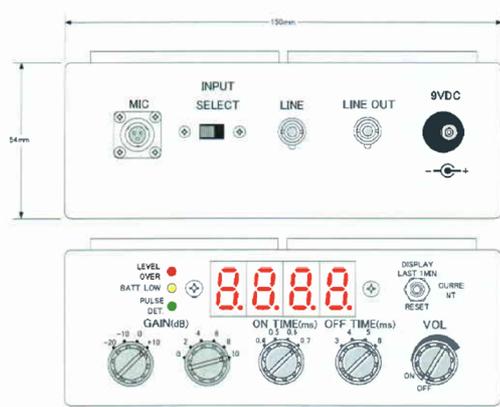


図 7 テッポウエビカウンターの外観図



図 8 テッポウエビカウンターの写真

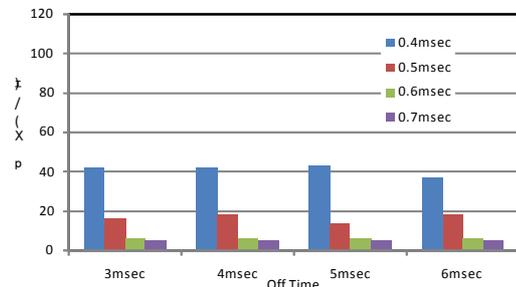


図 9 過去に収録された音響データを用いた場合の計数パラメータによる計数パルス数の違い

室内でテッポウエビカウンターの外部入力から過去に収録された音響データを入力する方法の 2 通りで行った。

実海域のパルス数は、時々刻々と変化するため計数パラメータを変化させたことによる結果の違いについての現象を捕えることができるが、最適なパラメータを設定するにはなじまないと考えられる。図 9 は過去の音響データを用いてパラメータを変化させた結果である。これによると On Time が 0.4msec 以下において最大数のパルス数を計測していることが分かる。しかし、従来法ではパル

ス数の数百単位あるいは数千単位での変化からテッポウエビ類の活性状態を論じるものなので、より多くのパルス数が計数されることが望ましい。今回開発したテッポウエビカウンターでは Threshold を高い値に設定したため、当初予想したほど沢山のパルス数を計数できなかった。すなわち、数百、数千単位のパルス数を得るためには Threshold を適切に設定することが必要である。

現段階では On Time=0.4msec、Off Time=3msec の時もっとも多くのパルス数を測定することが分かった。上記のように改善すべき点も多いが、今回開発したテッポウエビカウンターを使用する上では、GAIN=0、On Time=0.4msec、Off Time=3msec の設定で行うこととする。

②テッポウエビカウンター試作2号器

前章で製作したテッポウエビカウンター（以降テッポウエビカウンター試作器）では Threshold が固定されているためチューニングが精度良く実施できなかった。このため Threshold を段階的に変更でき、On Time の継続時間を 0.1msec まで 0.1msec 間隔で変更できるよう改善した2号機の製作を行った。

試作2号器については現在チューニング作業中である。

(3) 測定条件明確化のための海域調査と既存の環境指標生物との関係の明確化

①定点観測

申請者の過去の研究において、定点においてパルス数は季節変化することが確かめられている。本装置を用いても同様の現象を捕えることができるか確かめるため申請者の所属する明石工業高等専門学校の近隣の海域において月1回の定点観測を行った。

結果を図10に示す。パルス数は、過去の研究成果と同様に変化することが確かめられた。なお、パルス数が変化した場合でもテッポウエビ類の発するパルス音の音圧レベルには大きな変化が見られなかった。

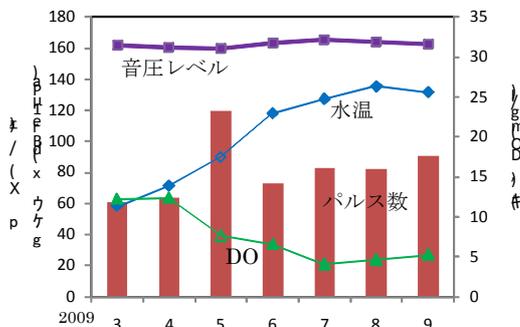


図10 パルス数の定点観測結果

②北海道沿岸部におけるテッポウエビ類のパルス数分布

竹村陽長崎大学水産学部名誉教授らは1967年に日本沿岸部23地点におけるテッポウエビの発音数観測を実施している(図12)。これによると高緯度の函館の2地点(水深1mと10m)でテッポウエビ音は観測することができず、それ以外の場所全てでテッポウエビ音を観測した報告している。テッポウエビの発音数を計数する方法が異なるためパルス数を比較することは出来ないが、テッポウエビ音が聞こえてくるか否かは判断しやすい。

本研究は、平成21年10月18日から10月21日の4日間にかけて、北海道稚内市宗谷岬から西側沿岸部沿いに函館市の函館湾まで、漁港や港湾を中心にパルス数の観測を行った。パルス数の観測は、先ず測定地点で水深測定した後、ホエールフォン2の受波部を海底から約1m上部に保ち、テッポウエビカウンター試作機をGAIN=10dB、On time=0.4msec、



図11 長崎水産大学竹村先生の観測地点

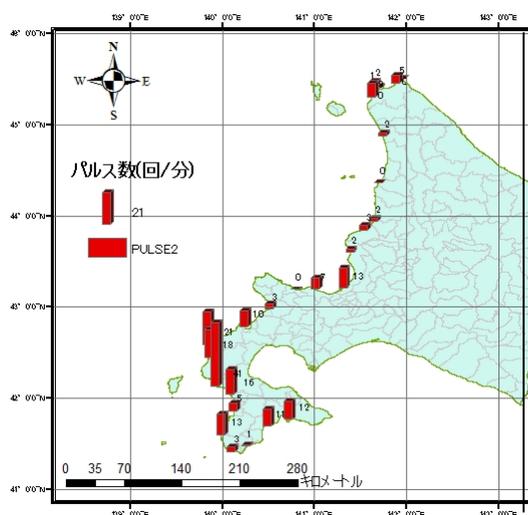


図12 北海道沿岸部におけるテッポウエビ類のパルス数分布

Off time=3msec に設定し、1 分間の観測を行った。結果を図 13 に示す。本調査では竹村教授が観測できなかった、より高緯度の稚内市でもテッポウエビ音を観測している。安易に地球温暖化による影響と関連づけるのは問題であるが、およそ 42 年前には観測できなかった高緯度地点でテッポウエビ音が観測されたことは大変興味深い。日本国内においてもテッポウエビ音の分布域を調べるだけでも貴重な情報になり得ると考えられる。

③日本沿岸域のテッポウエビ類の生息状況-文献、HP からの情報のデータベース化-

テッポウエビ類に生態やパルス音に関連する文献は多数存在するが、他の生物との関連を述べた論文や書籍が少ない。本研究ではテッポウエビ類の生態的な研究に関する文献とホームページ上に公開された情報を種類別あるいは都道府県別に整理しデータベース化を行った。テッポウエビ類の種類や生態に関する文献は生物研究社の発刊する「海洋と生物-日本産エビ類の分類と生態-」にほぼ集約されている。また、テッポウエビをキーワードに Web 検索した結果では、水深が 20m 以浅で観測されたものがほとんどである。これらの情報を整理すると、生息する種類数は低緯度ほど多く、高緯度になるほど少なくなることが分かった。特に鹿児島県と沖縄県では多くの種類のテッポウエビが生息していることなどが分かった。

今後も同様の調査を継続し、GIS を利用して生息場所情報をデータベース化していく計画である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 2 件)

- ① 渡部守義；テッポウエビ類のパルス音を利用した海域環境管理, 水環境フォーラム山口講演概要集 33rd, 20-22, 2009.9.
- ② 渡部守義, 坂下千晶, 村地恵里奈；兵庫県沿岸部のテッポウエビ音の分布観測, 土木学会第 63 回年次学術講演会, 2008.9.

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]

ホームページ等

<http://www.akashi.ac.jp/contents/Civil/staff/watanabe/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

渡部 守義 (WATANABE MORIYOSHI)
明石工業高等専門学校・都市システム工学
科・准教授
研究者番号：00390477

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

新家 富雄 (SHINKE TOMIO)
(株) システムインテック研究センター・
所長
研究者番号：
服部 真人 (HASTUTORI MASATO)
(有) ベースアドレステクノロジーズ
ジャパン・代表取締役社長