

# 北海道沿岸域のテッポウエビ類パルス数分布

曾谷 亜美\* 渡部 守義\*\*

The Distribution of Pulse Count of Snapping Shrimp in the Hokkaido Coastal Area

Ami SOTANI, Moriyoshi WATANBE.

## ABSTRACT

Coastal environments continue to deteriorate due to development activity. Then, to measure the environmental impact of this on the ecosystem is needed. Biological monitoring is effective, but this is difficult, because expertise, time and effort are required. Snapping shrimp which make peculiar pulse sounds are able to find along coastal area. This research examines the validity of using the pulse counts of snapping shrimp as a biological index. Pulse counts can be collected by simply recording their sounds for a few minutes using a hydrophone. The purpose of this study is to investigate the distribution of snapping shrimp along the Japan costal area. In this article, we report results found in the Hokkaido area in 2012. The pulses were observable in all investigation points throughout the summer. However, as it goes high latitude point, the pulse counts (pulse counts/minute) decreased. And we found that the pulse count correlated with the water quality of sea areas. In addition, as a result of the experiment in which the observation range was changed, the range of more than 100m was appropriate.

**KEY WORDS:** snapping shrimp, pulse count, coastal environment, biological effects

## 1. はじめに

沿岸海域では、沿岸域の埋め立てや浚渫をはじめ、海上空港や人工島の建設など多くの開発工事が行われている。これらの開発行為により周辺の生態系に重大な損傷を与え、その崩壊を招く事はあってはならない。特に閉鎖的な海域では止水域を形成し、水質、底質への影響が広範囲に及ぶことで、生態系へ重大な影響をもたらす。その影響を調べるには、生物の活性度や個体数を調べる生物モニタリングが不可欠だが、個体収集に多大な時間と労力、生物分類などの専門知識が必要となり大変難しい。特に沿岸域では、河川に比べ水深が大きく個体の収集が困難なことや人為的な攪乱が起こるため、生物モニタリングより汚濁物質濃度の測定が主流となっている<sup>1)</sup>。

このような背景のもと、本研究ではテッポウエビの発音を利用した浅海域底生生物の生物量や活性度の簡易な測定方法を提案してきた<sup>2)</sup>。

本手法によるパルス数（1分間当たりのテッポウエビ類の発音回数）の観測は、特別に専門知識を必要とせず、水中マイクを用いて1分間程度の水中音響の録音を行うだけで終了する。一方で、沿岸域におけるテッポウエビ類の生息分布は未だ解明されておらず、日本沿岸域においては、長崎大学の竹村氏によって1967年に行われた調査結果があるのみである（竹村氏の結果については図8に示す）。そこで本研究では、調査の簡易性を活かし、日本沿岸域のテッポウエビ類の生息分布およびパルス数分布の解明を目的とする。

本報告は、平成24年度に実施した北海道沿岸域におけるパルス数分布を報告する。

\*建築・都市システム工学専攻 \*\*都市システム工学科

## 2. テッポウエビ類の概要

テッポウエビはテッポウエビ科に属し、50m以浅の世界中の砂泥底に分布しており、年間を通じて天ぷらノイズ（パルス音）と呼ばれる音を発している<sup>2)</sup>。そのため、分布調査に場所と時間の制限がない。また、漁業価値の低さから人為的な攪乱がないため、海域の自然な状態での現状把握が期待される。

テッポウエビ科は27属で、世界中で220種以上、日本において約60種が確認されている。広範囲の海域に分布し、砂地などに複雑なトンネルを掘り雄雌ペアで生活する。一般的には浅海域ほど個体群の密度が高く、1地点における個体群密度は、年間を通して大きく変化しないと考えられている<sup>2)</sup>。

日本沿岸域に見られる主な種は図1に示す4種である。左右の非対称の大きさの違うハサミを持っており、大きいほうのハサミを急激に閉じることで発音する。発音の目的は敵対者に対する威嚇や防御、あるいは捕食の際に相手を脅かすためであるとされている<sup>3)</sup>。テッポウエビ属の中には発音を行わないものもいるので、本研究では発音を行うものについてテッポウエビ類と称することにする。



図1 日本沿岸域に生息するテッポウエビ類

## 3. テッポウエビの生息域調査

### 3.1 調査の概要

調査は夏季と冬季の2回行った。夏季は、2012年9月3日～8日で全19調査地点である。冬季の調査はテッポウエビ類の生息に最も厳しい水温条件下での生息の可否の確認を目的とし、2013年3月11日～13日でノシャップ、稚内、宗谷岬の3地点を調査した。沿岸域にて調査を行う項目は、テッポウエビ類のパルス数、水中音響と水質の3項目である。パルス数の観測は、測定範囲20m、100m、200mの3パターンを行った。

### 3.1.1 テッポウエビ類のパルス数

テッポウエビ類のパルス数の観測には、水中マイクと本研究室で開発した図2、3に示すテッポウエビカウンターを用いる。以下に手順を示す。

- ① 調査地点にて水底より1m上部位置に水中マイクを固定し、テッポウエビカウンター背面のMIC端子に水中マイクを接続し、[INPUT SELECT]が[MIC]になっていることを確認する。
- ② 電源を入れ、機器の設定を行う。今回の諸設定は表1の通りである。設定後[RESET]を押すとパルス数の観測が開始され、60秒間のパルス数を出力する。

表1 テッポウエビカウンターの設定

| 測定範囲                  | 20 m     | 100 m | 200 m |
|-----------------------|----------|-------|-------|
| GAIN                  | -20      | -4    | 0     |
| THRES (閾値)            | -31      | -28   | -31   |
| ON TIME<br>(パルス音継続時間) | 0.4 msec |       |       |
| OFF TIME<br>(無音部継続時間) | 5 msec   |       |       |



図2 テッポウエビカウンター

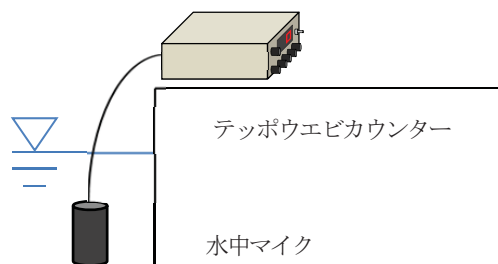


図3 パルス数観測イメージ

### 3.1.2 水中音響

テッポウエビカウンターと同時に水中音響を収録し、テッポウエビ類のパルス音の周波数特性などを調べる。録音・波形収録は、水中マイク、Aquafeelerを用いてSONY データレコーダーとNF回路ブロックの2つの録音器械に記録する。以下に手順を示す。

1) Aquafeeler (水中音モニター装置) (図4 参照)  
 背面の[INPUT]に水中マイク 20 kHz を接続し、ヘッドフォンを前面の[PHONE]に接続する。PowerONにし、ヘッドフォンで音を確認しながら、オーバーレンジにならないように GAIN を調節する。今回使用した諸設定は以下の通りである。

- ① HPF(Hz) : 200 kHz か 1 kHz
- ② LPF(Hz) : 200 kHz
- ③ GAIN(dB) : オーバーレンジしない程度

また、[OUTPUT]と SONY データレコーダーおよびNF回路ブロックを接続し、データを収集する。

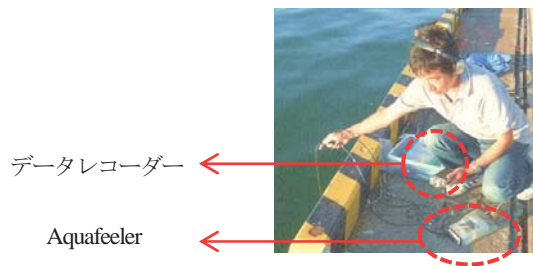
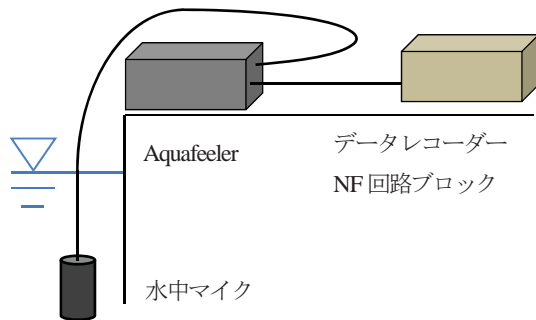


図4 水中音響録音イメージ

- 2) SONY データレコーダーによる音響録音 (WAV)
- ① Aquafeeler の背面の [OUTPUT] と SONY PCM-D50 (図5 (a)) の右側面の [LINE] 入力端子を抵抗なしケーブルで接続する。
  - ② [PowerON] にしファイル保存先を指定する。
  - ③ [REC●] で録音状態にし、LIMITER : OFF、LOW COT FILTER : OFF、REC MODE : 48 kHz/16 bit、REC LEVEL : レベルメーターが-12 dB 程度になるよう調整を行う。
  - ④ 調整完了後、約1分間の録音を行う。
- 3) NF回路ブロック EZ7510 波形データ収録(電圧)
- ① Aquafeeler 背面[OUTPUT]の BNC ボックスに専用の2又端子を接続しEZ7510 (図5 (b)) のAIN1の赤クリップ、黒クリップで挟む。
  - ② EZ7510の電源を入れる。オシロスコープモードにしRUNを実行し、SCL(縦軸)とHOR(横軸)を調節し波形を確認する。
  - ③ [RECORD]を押し、約1分間の収録を行う。



(a) SONY データレコーダー (b) NF回路ブロック

図5 音響録音機器

### 3・1・3 水質

水底より1m 上部位置の水質を水質測定機 YSI556 により測定する。測定項目は水温・pH・塩分・導電率・DO である。

### 3・2 北海道におけるパルス数分布

表2 地点別パルス数観測結果

|    | No | 地点名       | パルス数(回/分) |       |       |
|----|----|-----------|-----------|-------|-------|
|    |    |           | ※項目名:測定範囲 |       |       |
|    |    |           | 20 m      | 100 m | 200 m |
| 夏季 | 1  | 函館        | 22        | 591   | 1026  |
|    | 2  | 松前        | 195       | 541   | 262   |
|    | 3  | エサシ江差     | 38        | 695   | 999   |
|    | 4  | セタナ瀬棚     | 35        | 392   | 810   |
|    | 5  | 岩内        | 67        | 402   | 820   |
|    | 6  | 小樽        | 15        | 167   | 247   |
|    | 7  | ハママス浜益    | 20        | 51    | 327   |
|    | 8  | ハボロ羽幌     | 180       | 119   | 271   |
|    | 9  | テシオ天塩     | 145       | 22    | 97    |
|    | 10 | 宗谷岬       | 46        | 2     | 11    |
|    | 11 | 稚内        | 37        | 24    | 193   |
|    | 12 | ハマトシベツ浜頓別 | 180       | 349   | 891   |
|    | 13 | 紋別        | 67        | 1     | 44    |
|    | 14 | 網走        | 252       | 22    | 117   |
|    | 15 | ウトロ       | 3         | 48    | 802   |
|    | 16 | 羅臼        | 9         | 197   | 1120  |
|    | 17 | シベツ標津     | 144       | 14    | 116   |
|    | 18 | アッケン厚岸    | 6         | 7     |       |
|    | 19 | 釧路        | 98        | 199   | 967   |
| 冬季 | 1  | ノシャップ     | 0         | 0     | 0     |
|    | 2  | 稚内        | 0         | 0     | 0     |
|    | 3  | 宗谷岬       | 0         | 0     | 0     |

表 2 に地点別のパルス数の観測結果を示す。図 6 の(a)は夏季の観測地点と地名、(b)は測定範囲 100m における地点別観測パルス数(回/分)を数値とバーで示した。パルス音は全地点で観測できたことから、北海道沿岸域でのテッポウエビ類の生息が確認された。

図 7 に冬季の観測地点を示す。いずれの地点もパルス音を観測する事はできず、水温の低下による生物活性の低下あるいは死滅が原因であると考えられる。

図 8 は長崎大学の竹村氏による 1967 年のパルス音観測の調査結果<sup>4)</sup>と本調査で観測した夏季調査におけるパルス音の有無を重ねたものである。竹村氏の調査は、海洋の水質とは異なる琵琶湖と半閉鎖性海域の浜名湖でパルス音が観測出来なかった<sup>4)</sup>。また函館でもパルス音は観測されず、津軽海峡以北の寒冷地域でテッポウエビ類は生息不可としたが、本調査で函館にてパルス音を観測することができた。このことより 1967 年から 2012 年の間でテッポウエビ類の生息域が変化した可能性があると考えられる。

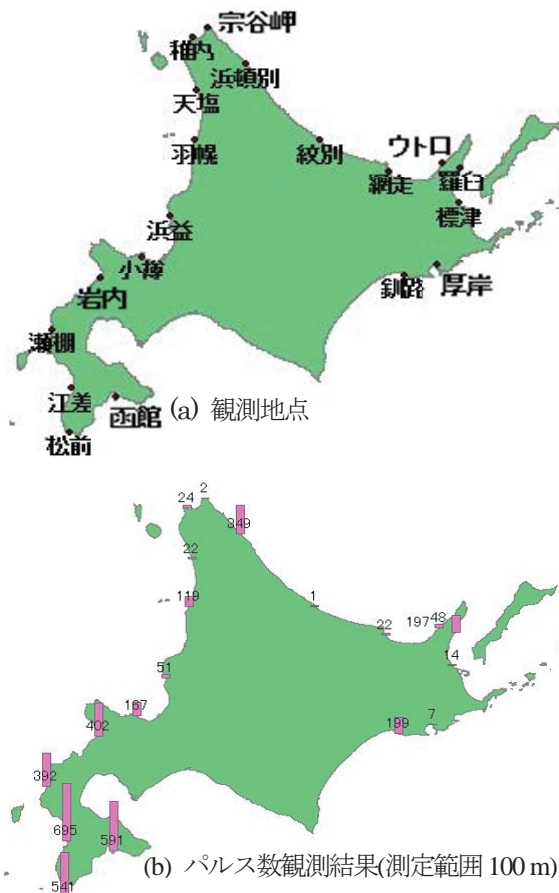


図 6 夏季調査におけるパルス数観測結果

#### 4. 夏のパルス数と沿岸域環境との関係

##### 4.1 沿岸域環境とパルス数の関係

##### 4.1.1 水温とパルス数の関係

夏季に行われた調査地点の沿岸域環境の結果から、測定範囲 100 m 時のパルス数と各観測地点が位置する緯度との関係を示したものが図 9 である。緯度が高くなるほどパルス数が減少する傾向が見られ、測定範囲 200 m 時も同様の結果が得られた。これは、竹村氏<sup>4)</sup>が示した“南方へ進むほどパルス音が増加する”ことにも当てはまる結果となった。これは、低緯度では水温が高く、高緯度で低いという分布に因る。その水温とパルス数の関係を示す図 10 から、水温が高くなるにつれパルス数も多くなる傾向が得られた。ただし、測定範囲 20 m 時には緯度とパルス数の間に明確な関連は見出せなかった。一般的に、水温と生物活性の関係には正の相関があり、パルス数についても同様の傾向を得ることが出来た。

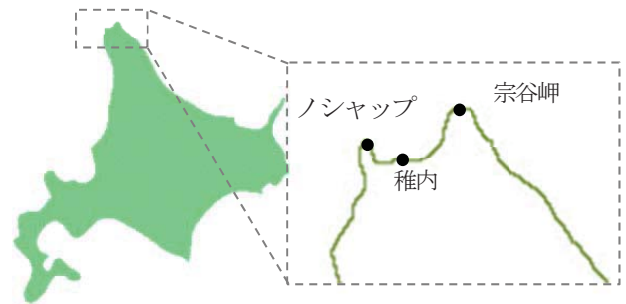


図 7 2013 年 3 月の観測地点

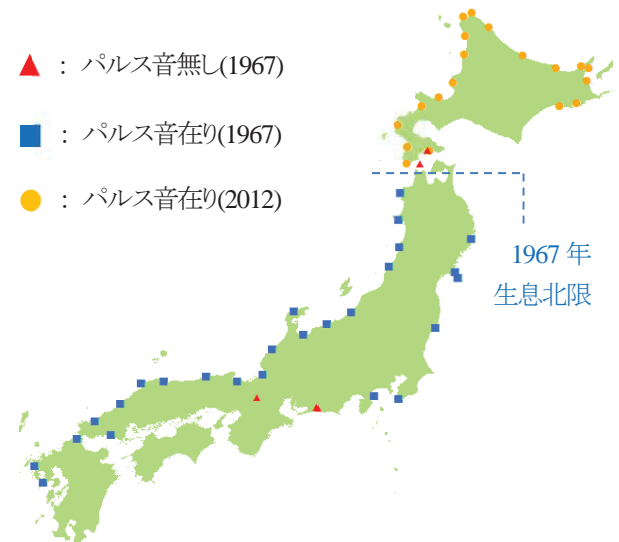


図 8 パルス数分布変化

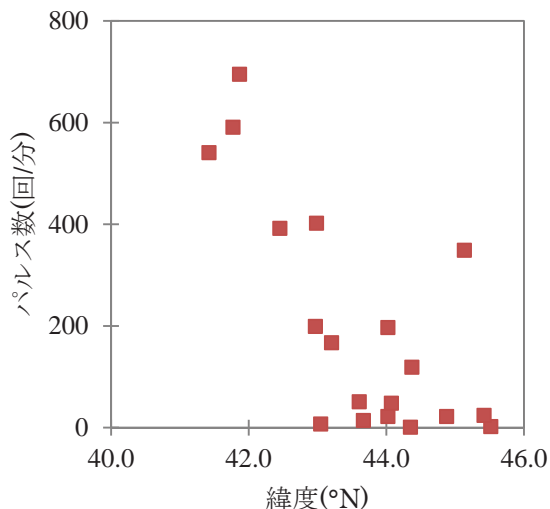


図 9 緯度とパルス数の関係

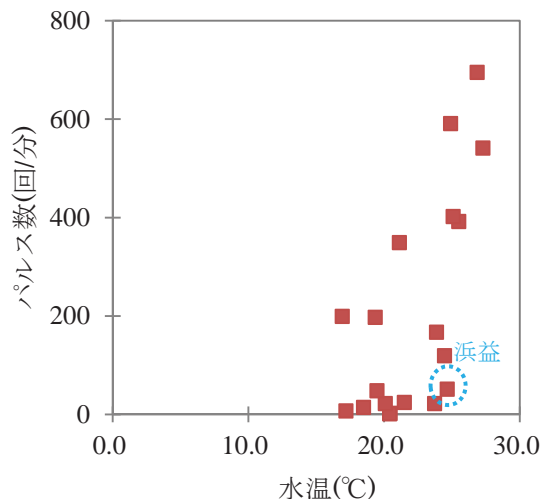


図 10 水温とパルス数の関係

4・1・2 その他の沿岸環境とパルス数の関係

図 11～図 15、表 3 より、夏季に全 19 調査地点で得られた種々の沿岸環境（水深、導電率・塩分、pH、DO）と測定範囲 100 m 時のパルス数の関係について考察する。

まず図 11 より水深とパルス数の関係である。小樽と稚内の 2 地点が 10 m 以上と深く、その他の地点では 3～5 m 付近が湾内外問わず多かった。同じ水深でもパルス数の値がばらついたことから、水深とパルス数に相関は得られなかった。

次に、図 12 の塩分と図 13 の導電率とパルス数の関係について述べる。パルス数と導電率には正の相関関係が見られた。これは、導電率がイオン濃度を反映するため塩分濃度とも比例するためである。また、パルス音は塩分濃度が低い地域では少ない<sup>4)</sup>と報告されている。最も導電率・塩分濃度が低く、相対的にパルス音も少なかった厚岸は、調査地点の付近に厚岸湖という汽水湖があるため、パルス数も少なかったのではないかと考えられる。

次に、図 14 の pH とパルス数の関係についてである。殆どの地点で海水の pH が弱アルカリ性を示す性質からくる pH8.00～8.30 の値を示したが、パルス音についての相関は得られず、特に宗谷岬では、pH7.41 と他の地点よりも低い値を観測した。これは、宗谷岬の観測地点が河口の近くであったため、海水と淡水との混合により pH が比較的低くなったことから、パルス数も減少したと考えられる。

最後に図 15 の DO とパルス数の関係についてである。No.16～19 地点は機器故障によりデータが無いため、全 15 地点で考察を行う。まず宗谷岬では、2.14 mg/L

という極めて低い値を観測した。DO が 3.0 mg/l 以下の場合魚介類の生存に影響を及ぼす<sup>5)</sup>。そのため、宗谷岬でのパルス音が低いものとなったと考えられる。残り 14 地点の DO は約 6.00～13.00 mg/L 程度の範囲に収まったが、DO が増大し続けてもパルス数は増加の傾向を見られなかった。

一般に DO は水温が低くなるにつれて大きくなり、また水温が低いとパルス音は増加しないことが分かっている。よって、DO がある程度大きくなると水温の低さがテッポウエビ類に影響し、パルス数は増加しなかったと考えられる。特に、浜益は DO が 12.02 mg/L と大きい中で、唯一水温が 24.66 °C と比較的大きかったが、パルス数は少なかった。この浜益では、ホタテ養殖の作業場であった<sup>6)</sup>。よって、海水面で水質汚濁が進み、パルス音が低下するに至ったと考えられる。

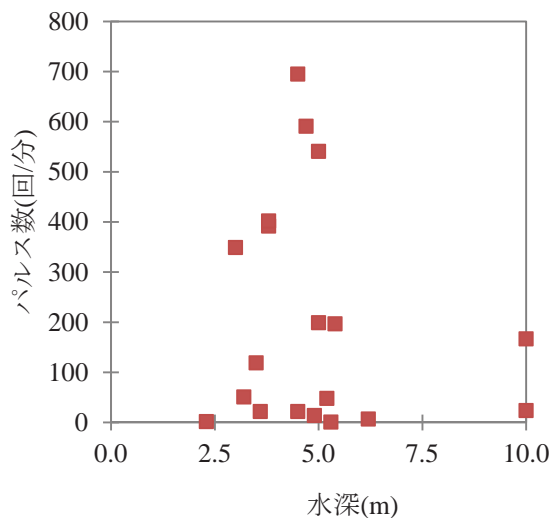


図 11 水深とパルス数の関係

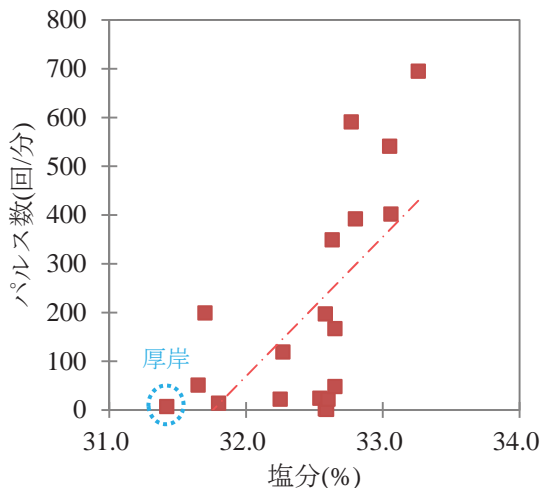


図 12 塩分とパルス数の関係

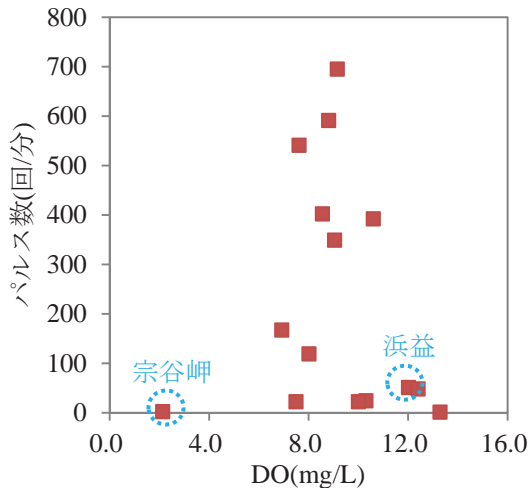


図 15 DO とパルス数の関係

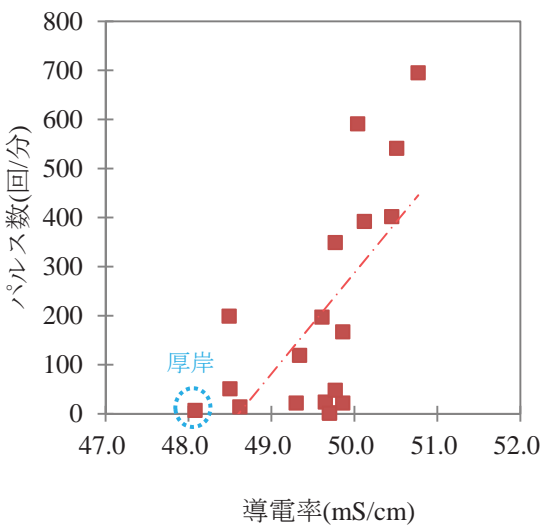


図 13 導電率とパルス数の関係

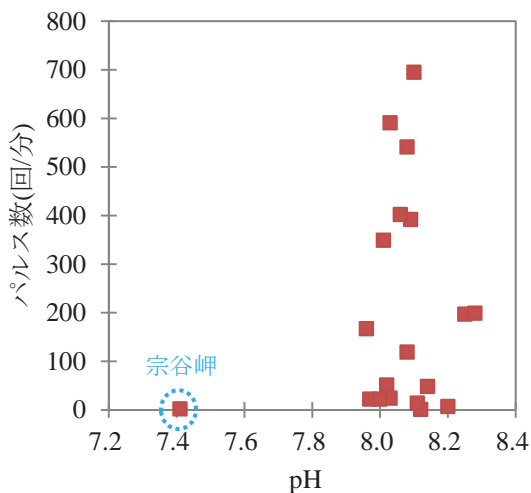


図 14 pH とパルス数の関係

表 3 地点別パルス数および水質項目観測結果

| No | 地点名 | パルス数<br>(回/分) | 水温<br>(°C) | 水深<br>(m) | 導電率<br>(mS/cm) | 塩分<br>(%) | DO<br>(mg/L) | pH   |
|----|-----|---------------|------------|-----------|----------------|-----------|--------------|------|
| 1  | 函館  | 591           | 24.91      | 4.7       | 50.04          | 32.77     | 8.81         | 8.03 |
| 2  | 松前  | 541           | 27.29      | 5.0       | 50.51          | 33.05     | 7.62         | 8.08 |
| 3  | 江差  | 695           | 26.87      | 4.5       | 50.77          | 33.26     | 9.16         | 8.10 |
| 4  | 瀬棚  | 392           | 25.51      | 3.8       | 50.12          | 32.80     | 10.61        | 8.09 |
| 5  | 岩内  | 402           | 25.10      | 3.8       | 50.45          | 33.06     | 8.56         | 8.06 |
| 6  | 小樽  | 167           | 23.87      | 10.0      | 49.86          | 32.65     | 6.93         | 7.96 |
| 7  | 浜益  | 51            | 24.66      | 3.2       | 48.50          | 31.65     | 12.02        | 8.02 |
| 8  | 羽幌  | 119           | 24.46      | 3.5       | 49.34          | 32.27     | 8.02         | 8.08 |
| 9  | 天塩  | 22            | 23.73      | 3.6       | 49.30          | 32.25     | 7.50         | 7.97 |
| 10 | 宗谷岬 | 2             | 20.45      | 2.3       | 49.70          | 32.58     | 2.14         | 7.41 |
| 11 | 稚内  | 24            | 21.50      | 10.0      | 49.65          | 32.54     | 10.31        | 8.03 |
| 12 | 浜頓別 | 349           | 21.13      | 3.0       | 49.77          | 32.63     | 9.05         | 8.01 |
| 13 | 紋別  | 1             | 20.42      | 5.3       | 49.70          | 32.59     | 13.29        | 8.12 |
| 14 | 網走  | 22            | 20.10      | 4.5       | 49.86          | 32.60     | 10.01        | 8.00 |
| 15 | ウトロ | 48            | 19.49      | 5.2       | 49.77          | 32.65     | 12.41        | 8.14 |
| 16 | 羅臼  | 197           | 19.35      | 5.4       | 49.61          | 32.58     |              | 8.25 |
| 17 | 標津  | 14            | 18.49      | 4.9       | 48.62          | 31.80     |              | 8.11 |
| 18 | 厚岸  | 7             | 17.20      | 6.2       | 48.08          | 31.42     |              | 8.20 |
| 19 | 釧路  | 199           | 16.92      | 5.0       | 48.49          | 31.70     |              | 8.28 |

## 4・2 測定範囲とパルス数の関係

### 4・2・1 GIS を用いた測定範囲面積の算出

観測地点はそれぞれ開放的な海岸や湾口、閉鎖的な内湾であるなど様々な地形特徴を持つ。そのため、水中マイクの測定範囲は各観測地点によって異なる。一般的に、測定範囲の面積が大きくなるとパルス数の値も大きくなると考えられる。

この水中マイクの測定範囲面積とパルス数の関係を確かめるため、Arc GIS を用いて測定範囲面積を算出した。表 4 に解析に用いた地図データを示す。

- ① 観測地点の緯度経度データを、テキストファイルや Excel データにまとめる。(図 17 参照)
- ② [XY データ追加]ダイアログから緯度経度データを指定し、マップにポイントを追加する。このポイントはイベントレイヤであるため、データをエクスポートし改めてマップに追加する。
- ③ 図 17 に示すように、観測地点から水中マイク測定範囲を示す円を作成する。観測地点のポイントを選択ツールで選択し、[ジオプロセンシング]メニューの[バッファ]から、[バッファの距離]で[距離単位]をクリック後、距離を入力し単位をドロップダウンリストから選択する。例として距離を「200」、単位を「m」として確定すると、観測

地点を中心とした半径 200 m のバッファがマップに追加される。

- ④ バッファポリゴンのうち、北海道のポリゴンが重複する部分を消去する。[エディタ]の[編集ツール]を用いて北海道のポリゴンの重複部をクリックする。[エディタ]の[クリップ]から、[バッファ距離]を「0」、[バッファと重なる領域を削除]を選択し確定すると、重複部が削除される。

- ⑤ 図 18 のように、測定範囲にバッファポリゴンを適宜修正していく。

テッポウエビのパルス音は、3kHz 以上と高周波なため減衰が大きいことから、回折や反射などを考慮しなかったことによる。

[エディタ]より[編集ツール]を選択し、測定範囲を示すバッファポリゴンをダブルクリックする。[頂点削除]を選択し、削除したい頂点をクリックする。形状の変更が終了したら、[頂点の編集]ツールバーの[スケッチ終了]をクリックする。

- ⑥ 属性テーブルを開き、面積を格納する新規フィールドを Double 型で作成する。面積を格納するフィールドのフィールド名を右クリックし、[ジオメトリ演算]を選択後、[面積]と [単位]を確定するとフィールド内に面積が演算される。

表 4 GIS で用いた外部データ情報

|      | 取得先                          | 座標系          |
|------|------------------------------|--------------|
| 行政区  | 国土交通省<br>国土政策局 GIS<br>ホームページ | GCS_JGD_2000 |
| 海岸線  | 国土交通省<br>国土政策局 GIS<br>ホームページ | GCS_JGD_2000 |
| 航空写真 | Google Map                   |              |

| No | 地点名 | x     | y    | 調査日      | 時刻    | 天候 | G, TH (20m) |
|----|-----|-------|------|----------|-------|----|-------------|
| 1  | 函館  | 140.7 | 41.8 | 2012/9/3 | 15:50 | 晴  | -20, -31    |
| 2  | 松前  | 140.1 | 41.4 | 2012/9/4 | 8:12  | 晴  | 0, -10      |
| 3  | 江差  | 140.1 | 41.9 | 2012/9/4 | 9:12  | 晴  | 0, -10      |
| 4  | 瀬棚  | 139.8 | 42.5 | 2012/9/4 | 11:45 | 晴  | 0, -10      |
| 5  | 岩内  | 140.5 | 43.0 | 2012/9/4 | 14:45 | 晴  | 0, -10      |
| 6  | 小樽  | 141.0 | 43.2 | 2012/9/4 | 16:30 | 晴  | 0, -10      |
| 7  | 浜益  | 141.4 | 43.6 | 2012/9/5 | 9:50  | 晴  | 0, -10      |

図 16 緯度経度データ

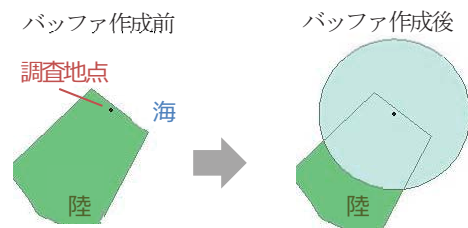


図 17 バッファ作成後

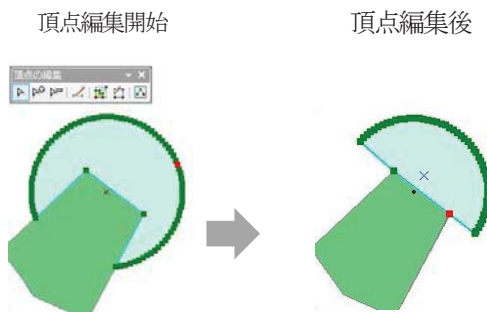


図 18 頂点の編集

#### 4・2・2 測定範囲とパルス数の関係結果

水中マイクの測定範囲 20 m、100 m、200 m と変化させて得られた、パルス数と測定範囲面積の関係を図 19 に測定範囲別に示す。

測定範囲 100 m、200 m では測定範囲面積が増加するにつれパルス数も大きくなり、正の相関があることを確認出来たが、測定範囲 20 m ではパルス数と測定範囲の関係性を確認できなかった。

測定範囲が 100 m、200 m と広い場合、範囲内でパルス数の多い所と少ない所が存在していたとしても、広い面積であるためにパルス数は数値的に平均化され、パルス数と面積は正の相関関係になると考えられる。一方、測定範囲 20 m では面積が多く地点で約 0.06 ha と算出された。100 m や 200 m と比べて測定範囲面積が大きく小さいため、パルス数が平均化されずに局所的なものになってしまう。そのため、底質など他の沿岸域環境の影響を強く受けることで、パルス数と測定範囲との間に相関を得られなかったと考えられる。

以上より湾全体の環境を把握しなければならない際は、測定範囲は 100 m や 200 m といった広範囲なものを選択すべきであると判断する。

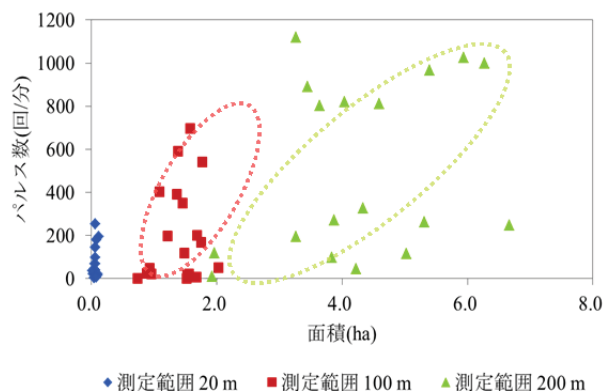


図 19 パルス数と測定範囲の関係

#### 5. おわりに

本研究では、テッポウエビ類の生息分布を調査するため、北海道沿岸域を対象とし観測を行った。その結果、全地点でパルス音が観測され、1967 年の竹村氏の調査結果と比較すると、テッポウエビ類の生息域が変化していた。安易に断定できないが、地球温暖化による影響も考えられる。更に、水温とパルス数には正の相関が存在し、夏季と冬季の水温差によってパルス数が季節変化する事を確認出来た。また、水域環境を反映するようなパルス数を測定するには、水中マイクの測定範囲は 100 m 以上にする必要があると分かった。

#### 6. 参考文献

- 1) 渡部守義;テッポウエビ類の発音計数による浅海域生物環境モニタリング法に関する研究,山口大学大学院理工学研究科,pp.73,104,116~117(2002)
- 2) 坂下千晶,村地恵里奈;兵庫県沿岸部におけるテッポウエビ音の分布調査,明石工業高等専門学校都市システム工学科,pp.1~3,19(2008)
- 3) 渡部守義;沿岸域環境モニタリングのためのテッポウエビ類の発音数分布観測調査および水域類型との相互関係,J.Marine Acoust.Jpn.Vol.34 No.4,p.33(2007)
- 4) Akira Takemura;The Distribution of Biological Underwater Noise at the Coastal Waters of Japan,Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries Vol.38 No.3,pp201-210,1972
- 5) 社団法人近畿建設協会水質研究所;水コラム DO 試験, [http://www.kyokai-kinki.or.jp/suishitsu/column/do\\_02.html#do02](http://www.kyokai-kinki.or.jp/suishitsu/column/do_02.html#do02),2013/9/18 取得
- 6) 国土交通省北海道開発局ホームページ ;「北海道開発局事業審議委員会」議事要旨資料 7-5 浜益漁港修築事業, [http://www.hkd.mlit.go.jp/topics/singi/pdf/070226\\_7\\_5.pdf](http://www.hkd.mlit.go.jp/topics/singi/pdf/070226_7_5.pdf),2013/9/18 取得