

第Ⅶ部門

テッポウエビ類の発音数と観測範囲に関する研究

明石工業高等専門学校建築・都市システム工学専攻 学生員 ○松原 直己
 明石工業高等専門学校 正会員 渡部 守義
 NTT 株式会社 未来ねっと研究所 正会員 福本 浩之

1. はじめに

生態系への影響を評価する場合、生物量や生物活性のデータは不可欠である。しかし、海洋の生物環境は底質の不均質性、生物分布の不均一性、生物の季節性、そして分類学の未整備など多くの課題があることから陸域に比べ測定が難しく、生態系への影響を評価する場合でも水質など物理化学指標の測定が主流となっている。本研究室では測定困難な水中生物量や活性度を、特徴的なパルス音を終始発している海中発音生物テッポウエビ類のパルス数（1分間当たりの発音回数）から概測し、海域の生物生息環境の良否を簡易に評価する手法を開発してきた。観測は図1に示すように水中マイクで数分間の海中音響録音を行うだけで終了する。この手法を用いれば水質調査だけでは知ることができない海洋生物の生息環境を簡易に評価することができる。

一方で、パルス数はプログラムを用いて行い、任意音圧以上のパルス音を計数していたが、任意音圧の値が明確に定まっていなかったため、音源から水中マイクまでの測定距離（以降、観測範囲と記す）に関する考察ができていなかった。そこで本研究では、電圧が既知の信号（以降、キャリブレーション信号と記す）を用いて観測範囲を明らかにし、観測範囲とパルス数の関係について考察することを目的とする。

2. 観測範囲の推定方法

テッポウエビ類のパルス音の音源音圧レベル P_s (dB) が一定、減衰は距離によるもののみとした場合、受波音圧レベル P_m は式(1)から求める。テッポウエビ類のパルス音の音源音圧レベルは正規分布し、平均音源音圧レベルには 130~170 dB re $1\mu\text{Pa}$ の間で報告されているが、本研究では Martin ら(1974)の 150 dB re $1\mu\text{Pa}$ ¹⁾を採用し、一定であると仮定する。

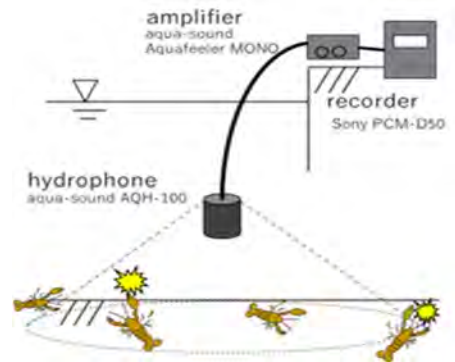


図1 水中音響録音方法

$$P_m = P_s - R = P_s - 20 \log(r) \quad \text{式(1)}$$

ここで、水中音響計測で測定した水中マイク表面の受波音圧レベル P_m 、伝搬損失 R である。式(1)の受波音圧レベル P_m 以上の音を検出することで、観測範囲内の音を計数することができる。また、水中音響録音の際、1Vの正弦波のキャリブレーション信号を収録することで、AD変換後の16bitデータ値と受波音圧との対応関係を調べる。

解析にはPythonを用い、以下の手順で観測範囲の推定を行った。まず、パルス音以外の雑音を除去するため1kHz以下の周波数成分を除去する。次に、水中音響データからキャリブレーション信号を切り出し、乱れていない50波形のデータの最大値の平均値（16bitデータ値）を求める。この値の実効値が電圧1Vに相当することになる。水中マイクの受波感度 M (-193 dB re 1V/ $1\mu\text{Pa}$)、増幅器のゲイン G (40 dB re 1V)、16bitデータ値の換算計数 (12000/V) とすると観測範囲に対する受波音圧・電圧 V_{out} の関係は表1に示す通りとなる。パルス判定パラメータとして音圧の閾値、パルス継続時間を任意に設定できるプログラムを作成し1分間当たりのパルス数を出力する。詳細なパルス数の計数アルゴリズムについては文献2)3)を参考にされたい。

表1 観測範囲と受波音圧・電圧の関係

| Ps (dB μ Pa) | r (m) | Pm (dB μ Pa) | 閾値Vout | | |
|---------------------|----------|---------------------|--------|-------|----------|
| | | | (dB V) | (V) | (16 bit) |
| 150 | 10 | 130.0 | -23.0 | 0.071 | 850 |
| | 20 | 124.0 | -29.0 | 0.035 | 425 |
| | 30 | 120.5 | -32.5 | 0.024 | 283 |
| | 40 | 118.0 | -35.0 | 0.018 | 212 |
| | 50 | 116.0 | -37.0 | 0.014 | 170 |
| | 60 | 114.4 | -38.6 | 0.012 | 142 |
| | 70 | 113.1 | -39.9 | 0.010 | 121 |
| | 80 | 111.9 | -41.1 | 0.009 | 106 |
| | 90 | 110.9 | -42.1 | 0.008 | 94 |
| | 100 | 110.0 | -43.0 | 0.007 | 85 |

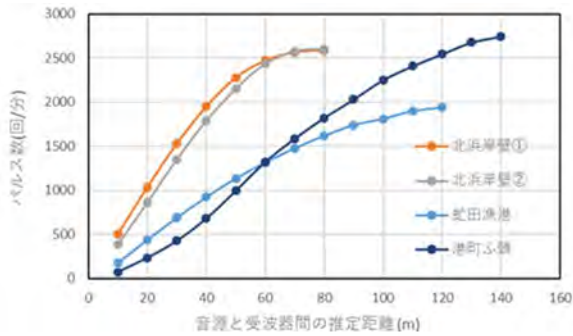


図4 北海道沿岸部における観測範囲とパルス数の関係

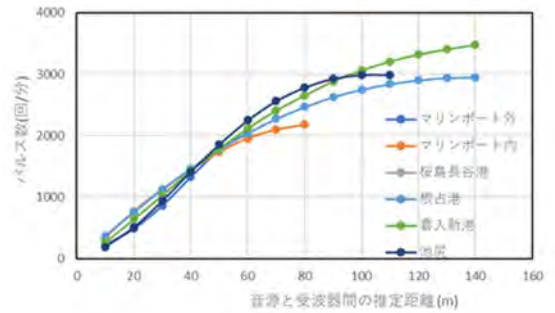


図3 鹿児島県沿岸部における観測範囲とパルス数の関係

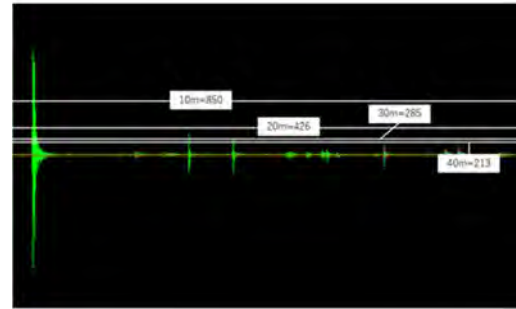


図5 観測範囲と閾値との関係のイメージ

水中音響録音調査は、様々な環境条件下でのデータを収集するため2024年度の夏季と冬季に兵庫県沿岸部、北海道沿岸部、鹿児島沿岸部でキャリブレーション信号を含む約10分間の海中音響を録音した。

3. 結果と考察

図3と図4に夏季の鹿児島県沿岸部と北海道沿岸部における観測範囲とパルス数の関係を示す。

鹿児島県沿岸では全ての地点で同程度のパルス数が観測された。北海道沿岸部では、北浜岸壁は日本海側の小樽市に位置し、虻田漁港、港町埠頭は太平洋側に位置しており、大きく環境が異なっていたためパルス数のレベルに違いが見られた。

テッポウエビ類の音源音圧が一定かつ海底に均一に分布していると仮定すると観測範囲の増加に伴い指数関数的にパルス数が増加するはずである。しかし、観測範囲の増加に伴うパルス数の増加は見られるものの、いずれの点でも指数関数的なパルス数の増加はなかった。これは観測範囲内の地形により、距離増加に応じた面積増加がないこと、テッポウエビ類が海底に均一に分布していないことを示唆している。

また、観測範囲が50mあたりまでは距離の増加に伴うパルス数の増加も見られるが、それ以降は増加

が鈍り一定の値になる傾向が見られた。これは表1の閾値 V_{out} の制限を受けたためである。図5は表1の閾値 V_{out} (16bit 値) を波形に重ねたイメージであるが、観測範囲が大きくなると閾値の差が小さくなるため、観測範囲が50mを超えるとパルス数がほとんど一定の値に収束することが分かった。

4. おわりに

テッポウエビ類のパルス音の音源音圧レベルを一定と仮定した条件下で、キャリブレーション信号を用いて音源から水中マイクまでの距離の推定を行った。その結果、現在の計測機器を用いた条件下では、観測範囲を50m以下とすることが望ましいことが分かった。今後、パルス計数アルゴリズムを改善することで観測範囲をより長くできるか検討していきたい。

【参考文献】

- 1) Martin, W. J., Everest, F. A., and Robert, W.: The Role of Snapping Shrimp (CRANGON AND SYNALPHEUS) in the Production of Underwater Noise in the Sea, Biol. Bull, Vol.93, No.2, pp.122-138, 1947
- 2) 渡部守義, 関根雅彦, 濱田悦之, 浮田正夫: テッポウエビを用いた海域環境のモニタリング, 土木学会論文集, Vol.2000, No.643, pp.49-60, 2000
- 3) Watanabe.M, Sekine.M, Hamada.E, Ukita.M and Imai.T : Monitoring of shallow sea environment by using snapping shrimps, Asian Waterqual 2001, 133-138(2001).