

資源・漁獲情報ネットワーク構築事業

資源課 清水 重樹
林 芳弘
伊與田 慎右

1 背景・目的

水産資源の回復・持続的利用のためには、科学的な資源評価に基づいた資源管理計画の作成、当該計画による実効的な資源管理の推進が重要であり、資源評価に必要な各種データを迅速かつ効率的に収集し、データを資源評価に活用できる体制の構築が必須である。

しかし、そのような資源評価に必要な漁業者の操業情報等の多くが手書きで紙に記録する等の状況であり、迅速に取得・資源評価に利用することは困難な状況にある。

本事業は、これらの課題解決に向けて、必要なデータについて、ICT といった先端技術を活用し、操業位置、魚種、漁獲努力量等を直接収集するとともに、これらデータを資源評価へ活用することを可能とするためのネットワーク構築に向けた技術開発・実証等を行うことを目的とする。

2 方法

(1) 沖合底曳網漁船の操業及び環境情報の収集

沖合底曳網漁業の CPUE は、従前は 1 日あたりの漁獲量を算出していたが、1 日で複数回操業する沖合底曳網漁業では 1 曳網ごとの操業水深の違い等の漁場環境によって漁獲物組成や漁獲量が異なることから、漁場環境の違いを反映できるよう CTD 2 台 (Biologger-ACTD-D0-20L, Biologger-ACTD-D0-21L) を活用し CPUE の高度化に取り組んだ。

(2) 曳縄漁船の操業情報の収集

土佐清水市周辺で行われるメジカ (マルソウダ) 曳縄漁業では、CPUE を魚群の来遊水準の指標として用いている。現在の CPUE は 1 日 1 隻あたりの漁獲量を算出しているが、近年、不漁傾向が続いたことにより、来遊情報を得てから漁場を絞った出漁や、操業時間の延長など、1 操業あたりの努力量となる操業時間が変化している。そこでメジカの来遊水準をより正確に反映させるため、今後は操業時間あたりの漁獲量を求めることを検討した。具体的には、操業時間あたりの CPUE の把握のために、画像解析手法等を用いた漁獲情報 (釣獲尾数等) 計数システム開発に向けた基本設計 (令和 2 年度資源・漁獲情報ネットワーク構築事業で作成した物体検知プログラム) を活用し、当該システム (撮影装置及び画像から尾数を計数するためのソフト) の開発に取り組んだ。

1) 撮影機材の選定

撮影は、画像解析システムに対応可能な画質や設置位置の検討のため、4 つのカメラ (GoPro10、JVC エブリオ R、キャロットシステムズ AH520、AXISM5065) を通常のメジカ操業時に設置可能な位置に設置し、映像の取得を行った。全ての機器は設置時に電波時計を用いて、時刻合わせを行い、撮影の都度、時刻に狂いがないかを確認した。なお、撮影開始時刻は映像データの Exif データに記録されている。カメラ設置位置については、協力漁船の船

長と相談した結果、魚倉よりもブリッジ側に位置する右舷の金属製の手すり及びブリッジの天井部分とした。

なお、M5065、エブリオ R 及び GoPro10 はブリッジの天井部に設置した金属パイプ上にクランプ等を用い、AH520 は障害物が映像中に映りこまないよう出来るだけ俯瞰に近い視点にするため、2×4 の木材を用いてカメラ設置台を作成し、適切な位置にカメラを設置した。その結果、今回使用した 4 機種の中では、エブリオ R による 4K 画質の映像取得が本画像解析調査に適していると考えられた。

また、今回の調査では比較的天候も良く、海況も穏やかであったため、安定した撮影が可能であったが、今後より海況が悪い状況においても機器への影響や得られた映像に問題が無いかなど、継続した検証が必要になると考えられる。

2) 教師データの作成

アノテーション作業の対象とする画像ファイルは以下の条件を満たすものとした。

1. スロープ状に魚体が存在するもの
2. 魚体が半分以上見えているもの
3. 上記の 2. の場合でも、頭部が完全に隠れている画像は対象外

条件を満たさない魚体が 1 尾でも含まれる画像は対象外とした。作業の結果、1,574 枚の教師データを作成した。これに左右反転を加えることにより、3,148 枚相当の教師データに変換した。また、令和 2 年度資源・漁獲情報ネットワーク構築事業で作成した教師データを精査し、アノテーションの精度が悪く魚体からずれているものは修正した。

3) 検証用データの作成

検証用データには、後述する魚体検出モデルの評価データと漁獲情報（釣獲尾数等）計数システムの精度検証に用いる動画データの 2 種類がある。前者については、エブリオ R で撮影した動画ファイルと資源・漁獲情報ネットワーク構築事業の検証用動画ファイルから切り出した画像ファイルを用いて、アノテーション作業を実施した。作業の結果、855 個の魚体検出モデル用の検証用データを作成できた。後者の漁獲情報（釣獲尾数等）計数システムの精度検証に用いる動画データは、令和 2 年度資源・漁獲情報ネットワーク構築事業で用いた検証用動画ファイルに加え、エブリオ R で撮影した途中でカメラの向きやズーム率が変化しない動画ファイルを選択した。

4) 魚体検出モデルの構造

魚体検出モデルは画像中から魚体を検出し、Bounding Box(矩形)で囲むモデルである(図 6)。本画像解析調査では、令和 2 年度資源・漁獲情報ネットワーク構築事業で用いた深層物体検出モデル YOLOv3 よりも精度が高い Faster R-CNN ResNet-50 FPN モデル(以下、Faster-RCNN モデル)を用いることとした。

5) 魚体検出モデルの学習

修正した令和 2 年度資源・漁獲情報ネットワーク構築事業の教師データ 3,096 枚と本年度撮影したエブリオ R の動画から作成した教師データ 1,574 枚の合計 4,670 枚を用いて魚体検出モデルの学習を行い、学習した魚体検出モデルの精度を、魚体検出モデルの検証用データ 855 個を用いて検証した。

6) トラッキングモデルによるフレーム間同一個体判別

魚体検出モデルだけでは、異なる画像(フレーム)間の個体識別はできず、多重カウントを防ぐためにフレーム間で同一個体を判別する仕組みが必要となる。そこで、魚体検出モデルで検出した魚の動きから同一個体の判別を行う SORT (Simple Online and Realtime Tracking) を用いたトラッキングにより同一個体判別を行い、多重カウントを防ぐこととした。SORT による同一個体判別結果の例を図 6 示す。判定により、同じ番号(個体 ID)が割り振られた場合は同一個体として扱われる。

7) 精度検証の方法

検証用動画を漁獲情報(釣獲尾数等)計数システムに入力し、出力されたメジカ等の漁獲尾数(以下、予測尾数)と目視で尾数計数した結果(以下、正解尾数)を比較し、精度を検証した。

精度は以下の 4 つの指標(誤差率、再現率、適合率、F 値)で評価する。

誤差率の定義式は $(\text{予測尾数} - \text{正解尾数}) / \text{正解尾数} \times 100\%$

再現率の定義式は $\text{尾数} / \text{正解尾数} \times 100\%$

適合率の定義式は $\text{正解であったものの尾数} / \text{システムで検出できた尾数} \times 100\%$

F 値の定義式は $(2 \times \text{再現率} \times \text{適合率}) / (\text{再現率} + \text{適合率})$

3 結果

(1) 沖底曳網漁船の操業及び環境情報の収集

2021 年 10 月からの漁期中に、月別の調査日数およびデータを収集し、アオメエソ、ニギス、カイワリ及びハモを対象としての水深・水温別に曳網毎の CPUE (kg/曳網)を比較した(図 1~4)。なおイボダイは漁獲がされなかった。

アオメエソは水深 250~300m で水温 10~12℃及び、水深 350m 前後で水温 8~10℃の水深・水温帯において高い CPUE を示した。

ニギスは水深 250m 前後で水温 12~13℃の水深・水温帯に集中していた。水深 300m 以深でもニギスはごくわずか(10kg 程度)漁獲されたが、ニギスの主な生息水深が 150~250m であることから、揚網時に入網した可能性が考えられた。

カイワリは水深 100m 前後で水温 15~20℃の水深・水温帯で漁獲され、CPUE (kg/曳網)は 15~30kg/曳網とニギスやアオメエソと比べると低い値であった。なお、カイワリは 150m 以浅ではキダイやチダイ、ハモと混獲されることが多かった。

ハモが漁獲された主な水深は 100~150m、CPUE (kg/曳網)は 15~30kg/曳網でニギスやアオメエソと比べ低い値であった。なお、前述したとおりハモは水深 100m 前後ではキダイ、チダイ及びカイワリと混獲された。また、水深 250m 前後でハモはニギスやアオメエソと混獲されていたが、ハモの生息水深は 100m 程度であることから、網揚げの途中に入網した可能性が考えられた。

アオメエソ及びニギスについて、時間帯・水深別の CPUE を示した(図 5)。

ニギスは夜明け前の 3~4 時台及び、日没前の 17~18 時台に多く漁獲される傾向があった。

アオメエソは夜明け後の 6 時台から日没前の 16 時台までに漁獲されていたが、6~7 時台は水深 250~300m で、日中は水深 300m 以深で漁獲される傾向が見られた。

(2) 曳縄漁船等の操業情報の収集

1) 漁獲情報（釣獲尾数等）計数システムの精度検証結果

静止した漁船上でエブリオ R で撮影した動画を用いて漁獲情報（釣獲尾数等）計数システムで求めた漁獲尾数の精度を検証した。この動画はメジカの冷凍標本を停泊中の漁船上のスロープに流して撮影したものである。解析の結果、予測尾数は正解尾数と一致した。

航行中の漁船上で撮影した動画を用いて漁獲情報（釣獲尾数等）計数システムで求めた漁獲尾数の精度を検証した。この動画はメジカ冷凍標本を航行中の魚船上のスロープに流して撮影したものである。漁船の動揺と水の流れにより標本とスロープの位置が不規則に動くため、難易度が高いと考えられる。

解析結果から同じ個体の多重検出した事例、人物など異物を誤検出した事例も見られた。標本を容器に戻すところを検出した事例もあり、実際に運用する際には起こりえない事例であるため、評価対象からは除外した。

予測尾数は正解尾数よりも多くなった。多重検出の原因は、魚体の移動速度と方向の急激な変化による同一個体判別の失敗である。この結果から魚体の運動が大きく変化すると考えられる場所は、解析対象領域から除外する必要がある。

カメラ設置場所の制約により、メジカの通過するスロープ以外の部分や人物の動画への映り込みを避けることは困難である。教師データには存在しない未知の物体が映り込んだ場合に魚体検出モデルが誤検出することがあった(図7)。また、魚体が大きく飛び跳ねて不規則な動きをしたとき、壁などの障害物に遮られたときなどに同一個体判別ができず、多重カウントが発生した。そこで、事前にスロープの一部に解析対象領域を設定し、魚体検出および同一個体判別はこの領域内でのみ行うようにした(図8)。これにより上述の問題を回避して精度よく魚体検出および個体識別が可能となった。

航行中の漁船上で撮影した動画を用いて漁獲情報（釣獲尾数等）計数システムで求めた漁獲尾数の精度を検証した。メジカの生体標本を漁獲することができなかつたため、代わりに漁獲したサバとカイワリをスロープ上に流して検証した。漁船の動揺に加え、標本が飛び跳ねるため、難易度が高いと考えられる。解析結果から、同じ個体の多重検出した事例、人物など異物を誤検出した事例も見られた。

予測尾数は正解尾数よりもかなり多くなった。原因は魚体の移動速度と方向の急激な変化による同一個体判別の失敗である。

見逃しが5件発生したことから、再現率は90.6%に低下しているが、誤検出が大幅に減少したために適合率が88.9%に改善した。F値からも修正後の方が性能がよいと判断できる。この結果から、解析対象領域の設定は、魚体の動きを基に設定する必要があると考えられた。

4 参考文献

清水重樹・漁崎盛也・山下樹徹(2021) 資源・漁獲情報ネットワーク構築事業. 令和2年度高知県水産試験場事業報告書, 118, 59-62.

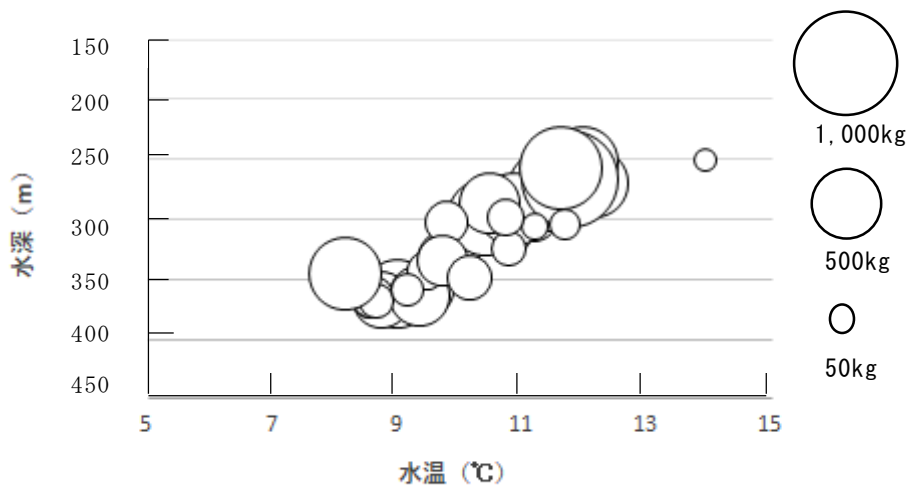


図1 水温と水深の違いによるアオメエソのCPUE (kg/曳網)

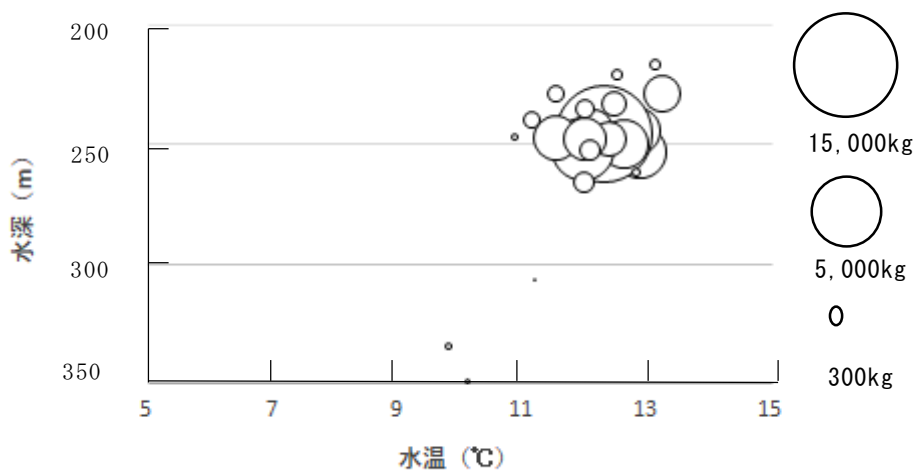


図2 水温と水深の違いによるニギスのCPUE (kg/曳網)

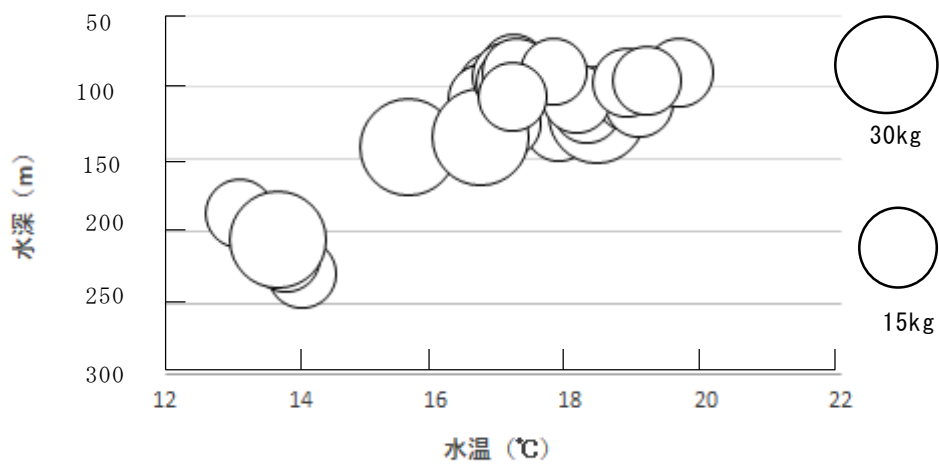


図3 水温と水深の違いによるカイワリのCPUE (kg/曳網)

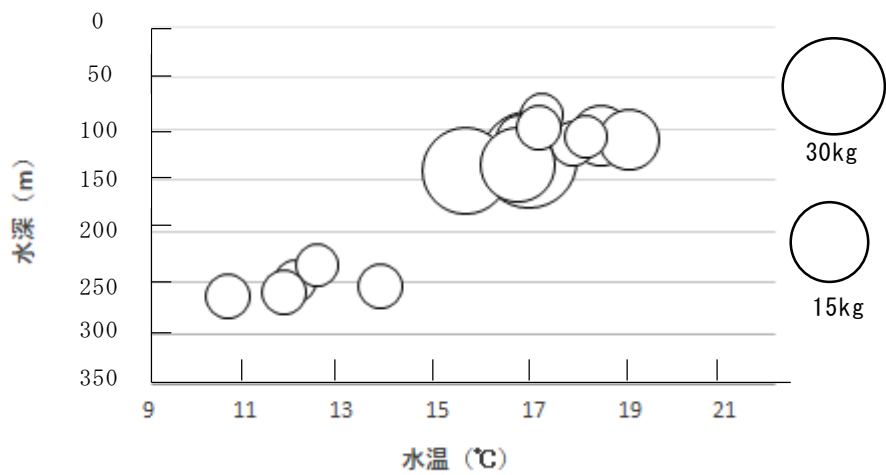


図4 水温と水深の違いによるハモのCPUE (kg/曳網)_{15kg}

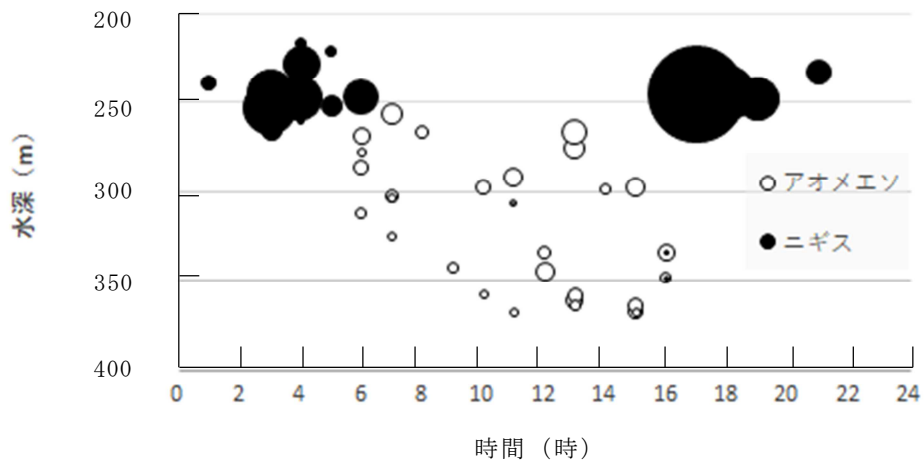


図5 アオメエソ及びニギスの時間帯・水深別のCPUE (kg/曳網)

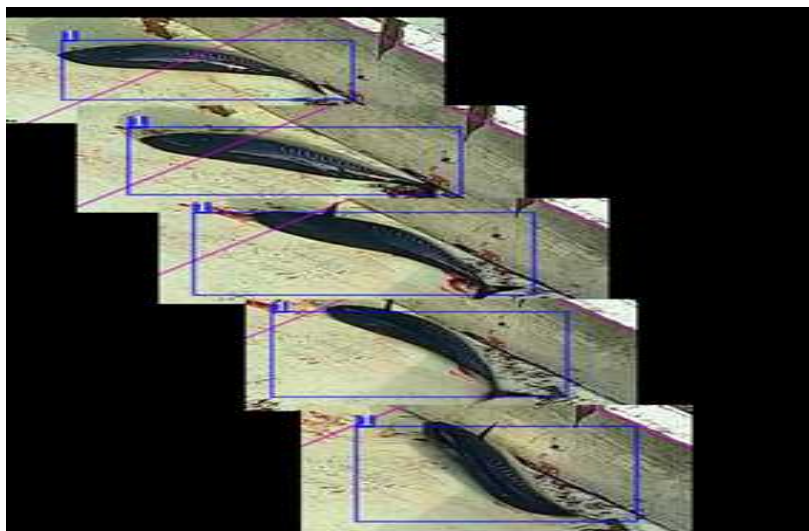


図6 SORTによる同一個体判別結果の例



図 7 誤検出の例

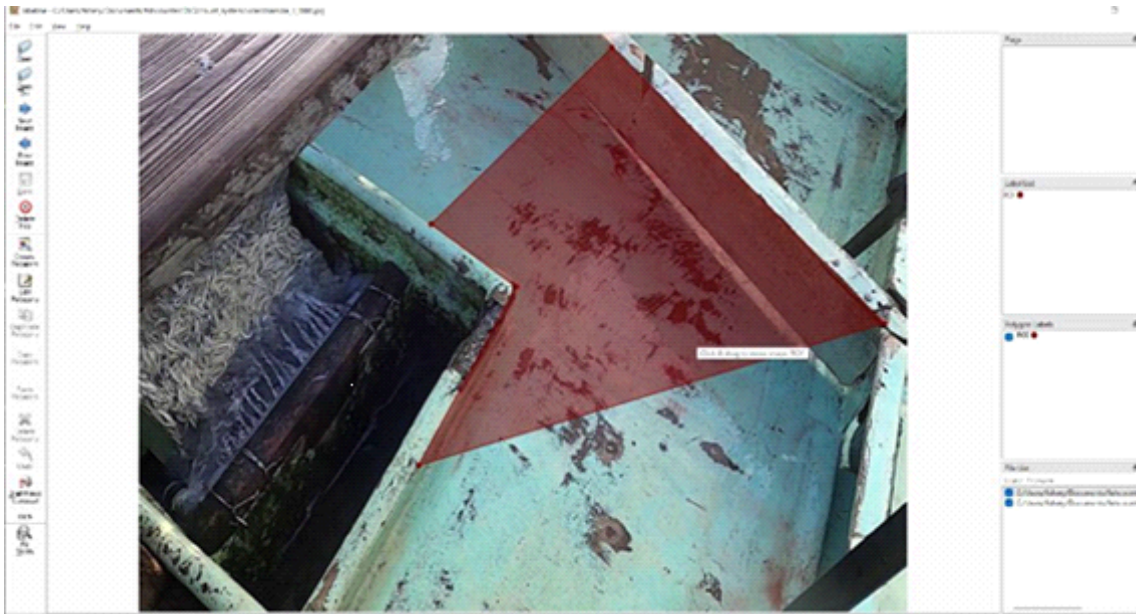


図 8 解析対象領域の設定