



Title	青森県周辺海域におけるミズダコ漁業の改良と漁獲量予測に関する研究 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	長野, 晃輔
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(水産科学)
Dissertation Number	甲第15248号
Issue Date	2023-03-23
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/89825
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Kosuke_Nagano_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学位論文内容の要旨

博士の専攻分野の名称：博士（水産科学）

氏名：長 野 晃 輔

学 位 論 文 題 目

青森県周辺海域におけるミズダコ漁業の改良と漁獲量予測に関する研究

ミズダコ *Enteroctopus dofleini* は八腕類上目マダコ科に属し、北太平洋亜寒帯沿岸域に広く分布する。青森県津軽海峡沿岸域では冬～春季の漁閑期にタコ簗などにより漁獲され、漁業者の冬季収入を支える重要種である。青森県では漁業者によって、小型個体の再放流や禁漁期の制定などの資源管理が実施されているが、2015 年は 2002 年の 1/5 ほどの漁獲量となり、低迷している。現在の主たる漁法であるタコ簗漁は、簗内での共食いや逸失漁具によるゴーストフィッシングによって資源に悪影響を与えている可能性がある。そこで、小型個体のみが脱出できるリング装着簗の開発・検証のため、水槽実験と実証実験を実施した。水槽内に 4 個体のミズダコを収容し、タコ簗を 6 回投入してビデオ観察した（予備実験）。次に、内径 40, 50, 60 および 70mm のリングを装着した実験簗を 6 個体のべ 31 回に用いて、脱出の可否を判断した（脱出実験）。体重から求めたミズダコの外套直径 MD と脱出リング径 R の比 (R/MD ; 収縮率) を説明変数として、脱出率をロジスティック回帰により求めた。予備実験 6 回の内 3 回で入簗がみられ、簗内部でミズダコは側面に沿って底部を歩きまわったので、脱出リングは側面の底部付近に装着することとした。また、3 回の入簗のうち、外部の個体による接触行動や覆いかぶさるような行動が 2 回で確認され、うち 1 回では 3 個体が入簗し、翌日の実験終了までこれらが絡み合った状態が続いた。内側の 2 個体は衰弱していたものの咬傷はなかったことから、共食いでは攻撃行動で死亡させ、その後捕食すると考えられ、攻撃初期段階で小型個体が逃避可能であれば共食いを防ぐことが可能であることがわかった。脱出実験の結果、収縮率が 0.51 以下では全個体脱出不可で、0.52 では脱出の可否が 3:4, 0.53 以上は全個体脱出可であり、3kg の個体は 53.2mm のリングから 50% のミズダコが脱出可能と試算され、簗底面より 10 cm 以内の側面に、55 mm の脱出リングを対面になるよう 1mm 径のポリエチレン撚紐で 4 つ結束した改良簗を試作した。

この改良簗の実証実験を青森県易国間、石持、奥平部、岩手県八木北でのべ 52 回実施した。使用する簗種や誘引方法は各点における実漁業と同様の手法とした。使用したのべ簗数は丸タコ簗(195×2 簗)、角タコ簗(115×2 簗)、アイナメ簗(40×2 簗)、タコ・カニ簗(130×2 簗)の延べ 480 簗ずつ、餌を用いる手法と杉の葉を被せる手法は、それぞれ 400×2 簗、80×2 簗であった。通常簗延べ 480 簗で採捕された個体は、3kg 未満と 3kg 以上が共に 24 個体ずつ、脱出リング装着簗のべ 480 簗では 3kg 未満が 5 個体に対して 3 kg 以上が 25 個体であった。角タコ簗を除く全ての簗種や、誘引方法、底質、水深においても 3kg 未満の採捕個体が減少した。一方、3kg 以上の漁獲数の平均は同数 (1.6) で有意差はなく、リング装着による影響は認められなかった。以上より、改良簗では 3kg 未満の漁獲量は減少し、3kg 以上の漁獲量は維持されることが示された。

漁業は、資源量・年齢構造・加入プロセスに基づいた厳密な資源評価による管理が理想であるが、漁業管理の実務においては資源量が未推定の場合でも漁獲量や漁獲努力量を用いた管理が求められている。本種は現存資源量の推定が難しく、努力量データも得られていないため、今後漁業管理を行うにあたり漁獲量だけにに基づく予測が有効であろう。そこで、時間と漁獲量から構成される時系列データの予測に適した、SARIMA, GBDT (LightGBM), LSTM (RNN), GRU (RNN)の4種のアルゴリズムを用いた。ミズダコ漁獲量には強い季節性があり、7~10月にかけて禁漁期で、漁獲量は1986年の1,780トンから2015年の327トンの範囲で変動してきた。2001~19年までの19年間で1年毎にモデルを更新して月別漁獲量を予測し、長期運用における性能を検証した。SARIMAモデルは過去のデータから影響を大きく受ける点が弱点とされるため、過去5年、過去20年から学習するモデルを比較対象とした。LightGBMでは環境要素を追加したモデルも比較対象とした。環境要素として、今別と大間の気温、平均最高気温、平均風速、津軽暖流の流量、佐井村の定地水温、ミズダコ深層移動時期（夏季）のアブラツノザメCPUEの9種のうち、漁獲量と最も相関が高かった今別の平均気温を使用した。モデルの精度検証に平均絶対誤差(MAE)、平均二乗誤差(MSE)、二乗平均平方根誤差(RMSE)、平均絶対誤差率(MAPE)、相関係数、決定係数(R²)を指標として使用したところ、いずれのモデルも、基準値となるNIモデルよりも高精度であった。RMSE値は5年学習SARIMAとNIを除く6モデルで狭い範囲に収まり、最もRMSEが低いモデルは、環境要素を加味しない場合はLSTMであった。SARIMAの学習期間には、安定した予測性能には長い方が、トレンドの柔軟な表現には短い方が、それぞれ有利であるというトレードオフの関係が存在した。長期間の運用性能の観点から、実用化には、入手可能な全漁獲量データに基づくモデルが合理的であると考えられた。最良SARIMAモデルとして選択されたSARIMA(2, 0, 0)(0, 1, 2)[12]は、過去2年間の同月の漁獲量増減と負の相関があり、本種の寿命や成長速度、小型個体の再放流施策による漁獲量変動を表現していると考えられた。環境要素を加味したLightGBMでは、夏季の深層への移動による不在時の予測精度、即ち禁漁期の予測精度が高くなったが、漁期予測性能に大きな違いはなかった。一方、LSTMやGRUは、漁獲状況の不連続かつ大幅な変化である「レジームの切り替え」が起こった場合にそれを考慮しない場合でも、1~2年以内に予測性能の向上が期待される。気候変動や対象種の分布の急変など、未知のレジームの変化が発生した場合、RNNはSARIMAやGBDTよりも迅速に適応可能であった。しかしながら、SARIMAは予測対象の変動要因の検討を目的とした場合、適切な選択となり得る。本研究で評価したすべてのモデルは、将来のミズダコ漁獲量の推定に実用上十分な精度を有していた。各モデルには一長一短があるため、目的に応じて最適なモデルを選択する必要がある。

LSTMによる漁獲シナリオでは、共食い率を5%、20%と仮定した場合、改良籠を運用によって5年後の漁獲量が上昇すると試算された。さらに、SARIMA(2, 0, 0)(0, 1, 2)[12]の周期成分の係数では、1年後よりも2年後への影響が小さいことから、漁獲量増減による1, 2年後の漁獲量への影響は若齢時の成長率の高さに起因していると考えられる。以上のよう、成長率の高い小型個体の保護は有効であり、両モデルから判断しても、小型個体の再放流は短時間で効果が表れ、合理的な手法であると言える。また、2年後への影響の強さを示すMAS-2の係数が、2006~2015年にかけて急減(26.5%)しており、本種の寿命が減少している可能性がある。これはタコ籠漁業への転換時期や東日本大震災による漁具逸失時期と一致し、共食いやゴーストフィッシングによる死亡率が増加している懸念がある。これらの問題を解決するには、現状の資源管理を徹底しつつ、現行漁法の問題点を解決することが、現状で取り得る最も有効な手段であろう。すなわち、タコ籠漁業において、55mm脱出リングを縛着した改良タコ籠を普及していくことが重要である。本研究は、検証した

改良タコ簗の普及及び機械学習モデルによる経年的な漁況予測による効率化を，漁家経営の安定化を図る上でのミズダコの新しい資源管理手法として提言する。