

1.4 乾燥ナマコ輸出のための計画的生産技術の開発(外部資金活用研究費)

1.4.1 3次元画像解析と音響調査を用いた資源量推定技術の開発

担当者 調査研究部 栗原康裕

(1) 目的

乾燥ナマコの計画的な生産を担保するため必要なナマコの資源管理を考える上で、最大の制限要因となっている資源量推定の困難さを克服する必要がある。そのため、最新の画像解析技術であり陸上における測量調査でその有効性が実証されている3次元画像解析技術の海中への適用と、得られた画像の自動処理化によって、迅速かつ正確に漁場におけるナマコの分布やサイズを測定する技術を開発する(網走水産試験場担当)。さらに音響測深技術とGIS技術を融合した海底地形図作成技術(μ CUBE)(はこだて未来大学、東京農業大学担当)を応用し、従来手法では限界のあった複雑な地形や大水深帯までを広くカバーする迅速で高精度なナマコ資源量推定技術を開発する。

(2) 経過の概要

ア 画像からのマナマコ判別および計数法開発

ビデオ画像から作成するムーフィックス画像およびデジタル写真から、パソコンモニター上で判別、計数を行い、潜水調査によるナマコ計数値と比較し、海底画像からマナマコ検出率(体長70mm以上)を検討した。

イ マナマコ資源量推定法開発

2009年8月に雄武町枝枝幸(えだえさし)沖(図1)の800,000 m^2 (1,000m \times 800m)を調査区として設定し、60,000 m^2 (200m \times 300m)の5小海区および50,000 m^2 (200m \times 250m)の10小海区の合計15小海区に分割し、小海区ごとに100mライン(100 m^2)の潜水計数とビデオ撮影を実施し、層別抽出による資源量推定を実施し、小海區別と、水深別の2通りに関して比較を行った。密度推定は100 m^2 区密度(100mライン内のマナマコ密度:個体100 m^2)と、100mラインを10等分し、10 m^2 区密度(個体10 m^2)を求め、精度(D=95%信頼区間 平均密度⁻¹)比較を行った。

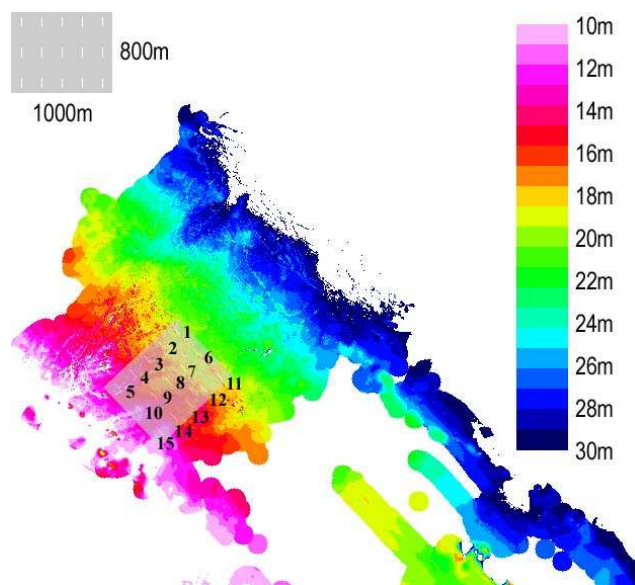


図1 雄武町枝枝幸沖調査海域のマイクロキューブデータによる海底地形図と2009年8月の調査区画(1,000m \times 800m)

(3) 得られた結果

本課題の成果全体は「乾燥ナマコ輸出のための計画的生産技術の開発精製21年度報告書(最終年度)」(新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業)に報告済みであり、今後の論文発表に関係した内容もあり、本稿では詳細は割愛し、概略を報告する。

ア 画像からのマナマコ判別および計数法開発

2007年から2009年度の3年間、雄武町沖マナマコ漁場内で実際の漁場内でビデオ撮影を実施し、100mライン40本と、その中から選んだ1ラインを往復撮影し、4,100m分のムーフィックス処理画像を得た。さらに同ライン上のデジタル写真撮影を1,900m分実施した。

上記のビデオ画像から作成したムーフィックス画像およびデジタル写真から、パソコンモニター上で判別、計数を行い、潜水調査によるナマコ計

数値と比較し、海底画像からのナマコ検出率を検討した。

調査期間の月ごとの平均検出率比較を行った結果(図2), 8月の平均検出率0.13を外れ値として除いた場合, ムーフックス画像は0.51~0.53, デジタル写真は0.78~0.80の狭いレンジにあり, オホーツク海域での6月~9月の検出率は安定していた。潜水計数値と比較したムーフックス画像の平均ナマコ検出率は0.45, デジタル写真の場合は0.78で, 平均検出率はデジタル写真>ムーフックス画像であった。

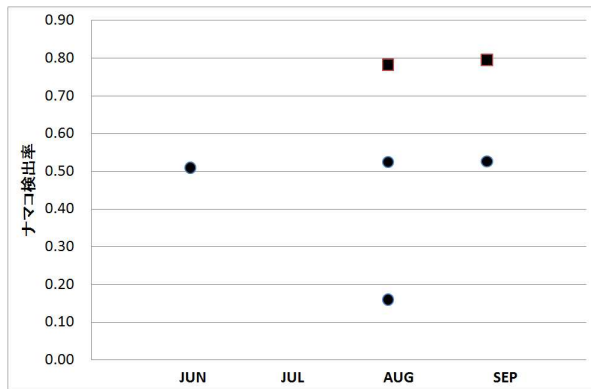


図2 画像からの月別ナマコ検出率 ●: ムーフックス ■: 写真

画像からのナマコ検出率と密度, 平均水深, 分散および共起行列からの海底地形指標(エネルギー, 運動量, エントロピー)との関係を検討したところ, ムーフックスおよび写真法のナマコ検出率はいずれの指標とも有意な相関が無かった。このことから, 本調査の条件下では, どちらの方法も海底地形の影響を受けず, 画像上のナマコ検出率は安定していると考えられる。

3年間の潜水計数, ムーフックス画像計数, デジタル写真画像計数データから, 平均密度は画像上のナマコ検出率を介在して, 「潜水計数分布の期待値=画像計数分布の密度の期待値×画像上のナマコ検出率の逆数」という極めて単純な関係が得られた。このことから, ナマコ検出率は桁網調査の桁効率と同様な係数として密度推定に使用できる。

イ マナマコ資源量推定法開発

潜水計数(SCUBA)の100 m²区密度および, 100 mラインを10等分した10 m²区密度の2通りに関してランダム抽出法を適用した場合, 100 m²区密度では精度0.155, 10 m²区密度では0.111の精度が達成されている。平均密度はいずれも0.81個体

10 m²であった。

100 m²区密度の場合, ラインが2本以上割り当てられるように水深別に小海区をグループ分けした結果, A~Dの4分割となった(図3)。この場合, 精度0.131となり, 平均密度は0.81個体10 m²であった。

このA:B:C:D=4:4:4:3の分割に対してランダムに15ラインを割り当てたシミュレーションを行った結果(置換組み合わせ1,000,000回), この分割の平均精度は0.132であった。水深区分による密度推定は平均精度をわずかに上回り, ほぼ上位40%点に位置した。このことから, 水深区分は有効な漁場区分基準と考えられる。

10 m²区密度の場合, 15小海区分割では精度0.105, 図3の水深分割に関しては精度0.107と, 15小海区分割がわずかに高いが, 水深分割もほぼ同程度の精度を実現した。100 m²区密度についても同様のシミュレーションを行ったところ, 小海区分割では精度0.108であった。水深分割での精度0.107は上位24%点に位置し, 水深分割は100 m²区密度でも有効な漁場区分と考えられる。

11.6m (0.8) A	12.8m (1.2)	15.2m (1.0) B	16.1m (0.7) C	19.1m (0.2)
10.7m (0.7)	14.5m (1.0)	16.6m (0.5) C	18.3m (0.6) D	19.2m (0.2) D
10.3m (2.1)	14.3m (1.3) B	15.0m (0.5)	17.7m (1.0) C	17.4m (0.4)

図3 調査区内を水深別に区分したA~D層の位置関係。図の左が岸, 右が沖側, A:~13.0m, B:13.1~16.0, C:16.1~18.0, D:18.1~, 数字は水深, ()内はマナマコ(体長≥70 mm)密度(個体10 m²)。

ムーフックスおよび写真画像計数法からの個体数推定では, 画像からの検出率が介在する。3年間での検出率(ムーフックスでは0.45, 写真では0.78)を使用して密度推定時の精度比較を行った結果, 100 m²区密度の場合, ランダム抽出法と比較して水深別の層別抽出法で精度向上がみられた。10 m²区密度の場合, 小海区別, 水深別の両

層別抽出法で精度向上がみられた。精度を比較した場合、10 m²区密度での層別抽出法による個体数推定が優れており、抽出基準間（小海区別、水深別）の差は僅かであった。

最終年度の結果から、10 m²区密度と層別抽出法を組み合わせた推定法の成績が良いことが示された。抽出法は精度の面では小海区別と水深別の差は少ないが、より広い海域調査を前提とするならば、海底地形図の水深データから漁場面積の把握が可能な水深別基準による層別抽出法の利便性が

高いと考えられる。

画像計数換算と潜水計数による個体数推定値には有意差が認められず、画像計数換算値は潜水計数値の推定値として有効である。

図4は、本研究成果に基づいて提案された画像解析によるナマコ資源量調査スキームである。この方法は桁網漁獲調査に代わる非破壊的資源量推定法として漁業現場に応用可能であり、精度的に実用レベルに達したと考えられる。

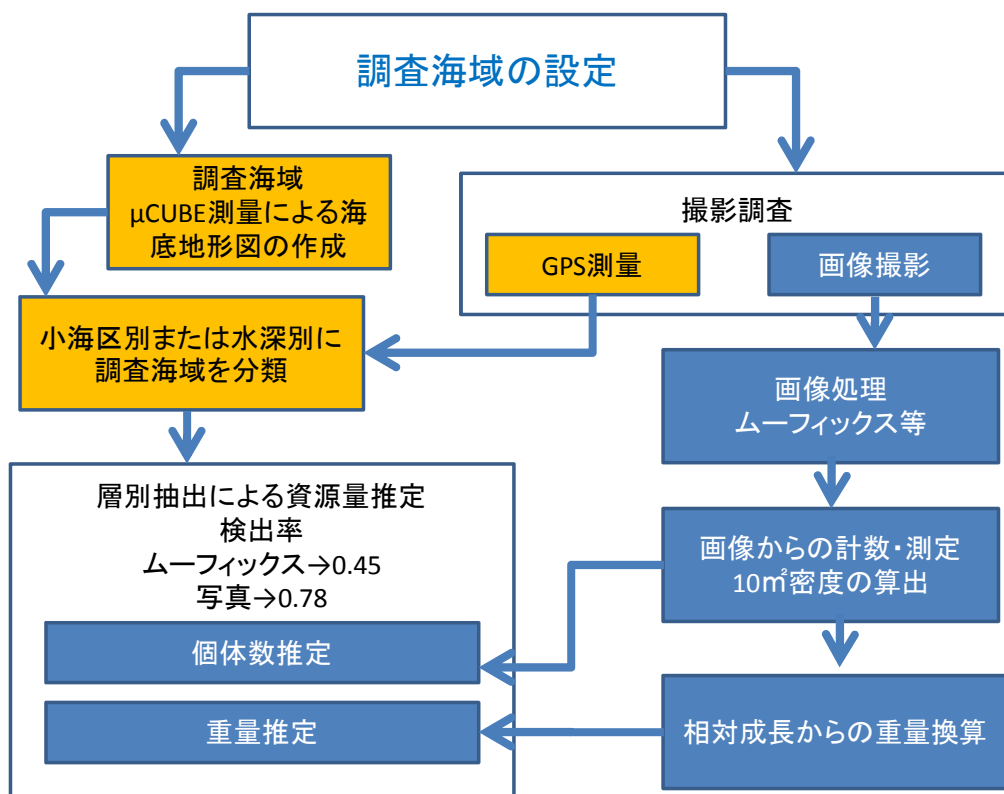


図4 海底画像を利用したナマコ資源量調査スキーム