# 河口干潟生態系における環境評価手法の研究

- ラジコンヘリによる干潟底生動物分布把握手法 -

奥田哲也\*(応用技術(株)) 高比良光治((財)九州環境管理協会) 町田実((株)日立製作所) 馬場崎正博(福岡市保健環境研究所) 小野勇一(北九州市立自然史・歴史博物館)

1.はじめに

干潟の様に水没と干出を繰り返すといった生息環境が激変する場所で生物量を定量的に把握するため には,短時間かつ広域的に多くの地点で調査することが精度の向上につながるものと考えられる。しか し,干潟は船舶等の移動手段は使用できず人力のみに頼る調査となる。特に泥質干潟の場合,徒歩によ る移動も困難であり局所的な調査になり,全体を把握するには,労力面,費用面で多大なものとなって しまう。

そこで,これまでは,定性的な判断材料として使用していた干潟の表面性状の写真から,定量的な 情報の抽出を試みた。撮影に関しては,以下の理由からラジコンヘリコプター(以下,RC ヘリと言う) を用いて撮影した。

> 干潟干出時をねらって撮影できる。 局所的な任意の位置での撮影が可能である。 真上からの撮影となるため写真に歪みが少ない。 対象とする生物・表面性状を直接的に撮影できる。

本研究では,以下の理由からヤマトオサガニの巣穴(以下カニ穴という)を撮影対象し,ヤマトオサ ガニの分布状況を捉える手法を検討した。

> 研究フィールドの曽根干潟における代表種であること。 ヤマトオサガニ・オサガニはカニ穴が明確であること。(蓋をしない) 上位種である鳥類の主要な餌であること

2.実施項目と方法



図1 研究フロー

(1) 事前調査

調査日時:平成12年9月26日(ヤマトオサガニの活動期である秋季の大潮) 調査地点:北九州市曽根干潟(貫川河口)8地点

- (2)現地調査1(カニ穴と個体数の関係把握)
  - 調査日時:平成13年6月11日及び13年9月29日
  - 調查地点:北九州市曽根干潟250m×250m格子:73地点
  - 写真撮影:各調査地点周辺の5カ所に50cm×50cmの枠と5,10,15,20mm大の円を描いた白色塩ビ板 を置き,真上から干潟表面を撮影し,後日,写真から大きさ別巣穴数を計数した。
  - 生物調査:各地点1カ所で,50cm×50cm×30cmの範囲をスコップで堀上げ採取した。
- (3)現地調査2(カニ穴と個体数の関係把握)

調查日時:平成14年9月26日

- 調査地点:北九州市曽根干潟:6地点(ヤマトオサガニの主な生息域)
- 写真撮影:各調査地点周辺の10カ所に50cm×50cmの方形枠を設置し,枠内の穴大(約1.5cm)以上の ものを目視計数した。
- 生物調査:計数した穴数の多い方から2カ所および少ない方から2カ所を除く6カ所で,(2)の生物 調査と同様な方法で調査した。

#### (4)撮影

調査日時:平成15年1月31日

調查地点: 福岡市今津干潟100m × 100m格子: 69地点

(5)画像解析(カニ穴数のカウント)

撮影された写真の1m×1mを抽出し,数サンプルを輝度により二値化処理を行い,目視との比較を行 ない閾値を決定したのち,全写真の画像処理を行った。カニ穴の抽出にあたっては,あらかじめ撮影 したスケールマーカと比較して,1画素あたりのスケールを求め,サイズ別に集計を行った。

3. 結果

(1)事前調查

撮影にあたっては写真のスケールを統一するためRCヘリに1m×1mのスケール枠をつり下げ,ホバリング後に高度を下げ,枠が干潟上に着地すると同時に撮影した。それによると, 真上からの撮影のため 歪みが少なく,鮮明に撮影できる。 写真ではカニの活動個体,巻貝類も確認できた。 撮影の範囲 は約5.0m×5.0mで,これはコドラート調査を0.5m×0.5mとした場合の100倍に相当し,多くのサンプル が一度に得られた。等の利点が確認できた。しかし,一方で, 遠い場所では操作が困難であること。

位置の測定が難しい。等の問題点も抽出された。

(2)カニ穴と個体数の関係把握

調査(3)の現地調査結果から,直径1.5cm以上の穴数とヤマトオサガニの数との相関を図2に示す。これにると,全データでは相関が低いが,各採集地点の平均値間ではR<sup>2</sup>=0.77と高い相関が得られた。

この相関式 y = 0.320 × +0.756を用いて,調査(2)の写真撮影による穴数により干潟全域における ヤマトオサガニの生息数を推定すると,約3,600 ± 660万個体となり,同時に実施した採集調査による推 定値3,500 ± 1,200万個体とほぼ一致した。



図2 穴数とヤマトオサガニ個体数との相関

[左:6カ所/地点×6地点=36カ所の各データ(単位面積0.25m<sup>2</sup>), 右:同データの地点あたりの平均値による散布図(単位面積1.5m<sup>2</sup>)]

(3)撮影

上記の結果を元に,曽根干潟より底質が柔らかく,歩行が困難である福岡市今津干潟での適用を試み た。なお,今回撮影に使用した機材は先の問題点を解決するため以下の通りの仕様で実施した。

カメラ位置特定センサーとして, G P S 方式に R T K (リアルタイム・キネマチティック)測位方 式を採用し高精度(2~3 cm範囲)位置特定を行う。

あらかじめ指定したルート(緯度経度)から自動操縦が可能である。

RCへりの飛行軌跡を操作者近くに設置するモニターに表示することにより操作者の支援を行うと 同時に,実撮影範囲を表示することにより,現場での撮影計画を支援することが可能となる。

撮影はRCヘリの滞空時間に制限(燃料搭載量)があるため全ポイントを一回で撮影することはできず, 数回に分けて撮影したが,要した時間は撮影に要した時間は約2時間で程度であった。



図3 撮影ポイント

#### (4) 個体数の計算

画像解析による穴密度では図5に示す直径別の穴密度の通り,直径2cm未満穴が全体の9割を占めてい る。これらの穴は,対象とするヤマトオサガニの巣穴と異なり,ゴカイその他の穴と判断されるため, 直径2cm以上の穴密度から今津干潟におけるヤマトオサガニ総数を推定した。これによると、今津干潟 でのヤマトオサガニの総数は12,270千個体と計算された。



表1 今津十潟調査範囲全域におけ	「るカニの生息数試算値
サンプル数	67
直径2cm以上の平均穴数	19.4 個/m <sup>²</sup>
穴数(X)とヤマトオサガニ(Y)の関係式	Y=0.921*X+0.4078
カニの平均密度	18.3 個体/㎡
調査範囲面積	670,000 m <sup>2</sup>
カニの生息個体数	1,227万個体

表1	今津王潟調杏範囲全域におけるカーの生息数試算値	
LX I	フキー府明旦牝四土物にのけるカーの土芯奴叫弁胆	

4.おわりに

画像処理においては,貝(カキなど),石,ゴミ,又はその影など,穴以外をフィルタリング処理す ることによって生物の痕跡である穴を現在よりさらに精度を上げて抽出することが必要である。

また,RCへリの現状の位置決めシステムはRTK-GPSである。このシステムの経緯度の測定位置誤差(± 20 c m以下)は今回の手法において十分であるが,高度位置誤差(±30 c m以下)は撮影範囲への影響 から不十分である。

「RCへリによる巣穴のサンプリング技術」の有効性は確認できたが、今後、画像上での測長精度向上 のため、RCへリに高度センサー搭載し撮影時の干潟面からの距離データ(高さ)の獲得、そして干潟画 像からの巣穴の抽出する画像処理のアルゴリズムの開発が今後の課題である。

\*本研究は(財)河川環境管理財団の河川整備基金助成事業として実施しました。

河口干潟生態系における環境評価手法の研究

- 航空写真による干潟底生動物分布把握手法 -

山内鋭司\* (アジア航測(株))

高比良光治((財)九州環境管理協会)

馬場崎正博(福岡市保健環境研究所)

小野勇一(北九州市立自然史・歴史博物館)

1.はじめに

リモートセンシングは対象物の全体像を面的かつ即時に把握できる点で優れている。このような利点 をもつリモートセンシング手法を,干潟底生動物の分布状況把握に利用できないだろうかというのが, 本研究のねらいである。

リモートセンシングには人工衛星画像がよく用いられるが,本研究では対象範囲の面積を考慮し以下 の理由から航空写真を利用することにした。

干潟干出時をねらって撮影できる。

人工衛星画像よりも空間解像度の点で優れる。

人工衛星画像よりも大気の影響が少なく、色の再現性に優れる。

本研究では,曽根干潟の代表種のひとつであるヤマトオサガニを研究対象としたが,ヤマトオサガニ に限らず底生動物を小縮尺の航空写真で直接捉えることはむずかしい。しかし,ヤマトオサガニの生息 密度は底質の泥分率と高い相関関係を示すことから,底質の泥分率の分布がわかればそれをヤマトオサ ガニの分布に置き換えることが可能である。そのため本研究では,航空写真に写る干潟表面の色から泥 分率の分布を捉え,その泥分率の分布から間接的にヤマトオサガニの分布状況を捉える手法を検討した。



\*ヤマトオサガニの現存量は本画像より約3千万個体と算定される 図1 本研究の成果(航空写真による曽根干潟のヤマトオサガニ分布推定画像)

### 2.実施項目と方法



図2 研究フロー

#### (1) 航空写真撮影

撮影日時:平成12年9月27日14時 (大潮の最干潮時) 写真種別:垂直・カラー写真,縮尺1/10,000 撮影数量:2コース,14枚(干潟範囲約3km×1.5km)

## (2) デジタルモザイク画像の作成

航空写真カラーポジフィルムをスキャナーで読みとり3バンド(BLUE, GREEN, RED)のデジタル画像 に変換後,1枚の画像となるように接合した。1画素の読みとりサイズは0.1mm×0.1mm(空間解像度: 地上サイズで1m×1m相当)とした。

(3) スペクトル測定

干潟面のスペクトル特性を把握し,泥分を表すデジタルモザイク画像の演算式を検討する目的で,現 地で干潟面のスペクトルを測定すると同時に,同地点の採泥・粒度分析を実施した。

調查日時:平成15年1月25日 9時~12時

調査項目:スペクトル(波長毎の反射率)・粒度組成

測定機器:米国ASD社製 FieldSpec Pro Jr (計測波長範囲: 350~2,500nm)

調査地点:4地点(1地点につき3回の測定値を平均)

(4) 泥分調査

デジタルモザイク画像の演算画像濃度と泥分との相関関係を検証するために必要な泥分データとし て,下記に実施した採泥・粒度分析結果を使用した。

調 査 日:平成12年6月11日・9月29日 調査地点:70地点(干潟全域を250mメッシュで採泥)

(5) 画像解析

スペクトル測定で得られた干潟面のスペクトル特性にもとづき,泥分を反映すると考えられるデジタ ルモザイク画像の演算式を検討した。

次に、この演算式にもとづく泥分調査地点の画像演算値と泥分データとの相関関係を確認し、有意な相関関係が得られた演算式を用いて泥分分布推定画像を作成した。

さらに, 泥分とヤマトオサガニ密度との関係式により泥分率をヤマトオサガニ密度に換算し, 泥分分 布推定画像をヤマトオサガニ分布推定画像とした。 3.結果

(1) 干潟面のスペクトル特性

泥分率の異なる4地点におけるスペクトル(可視域における波長毎の反射率)の測定結果を図3に示した。おおよそ,400~500nm波長帯の平均値がデジタルモザイク画像のBLUEバンド濃度値,500~600nmがGREENバンド,600~700nmがREDバンドに対応している。

このグラフ(図3)で注目されるのは,地点毎の 反射率の違いと スペクトルの傾きの違いである。 反射率については,泥分の多い地点で全体的に反射率が低く,泥分を含まない砂の地点では反射率が 高い。また, 傾きについては泥分の多い地点では右下がり,泥分を含まない砂の地点では右上がり, 泥分が中位の地点ではその中間である(図4参照)。



(波長450nmの反射率で正規化)

(2) 画像演算式

干潟面のスペクトル特性には上記のように泥分との関係が認められたので,この関係を反映すると考 えられる次の3つの画像演算式を泥分率分布推定画像の候補とした。

(B+G+R)/3 : 3バンド平均濃度	反射率の指標
R/B : BLUEバンド濃度に対するREDバンド濃度の比	傾きの指標
(R-B)/(R+B) : 植物活力度判定に用いられる式の応用型	傾きの指標

(3) 画像演算値と泥分率との相関関係

画像演算値と泥分率の関係は図5に示すとおりであり, には有意な相関関係が認められた。した がって, の演算画像は泥分率の分布傾向を表現しているものといえる。

今回は2者のうち,決定係数(r<sup>2</sup>)=0.268とより相関の高いの演算画像を,泥分分布推定画像とした。回帰式は 泥分率 = -466・(R-B)/(R+B) + 51.7 である。

\* 今後,泥分率を示す画像演算値をSI値(Silt Index)と呼ぶ。曽根干潟のSI値はの演算値(R-B)/(R+B)である。

なお,この図5 のばらつきは以下のようなノイズ成分を完全に除去できていないことによるものと 考えられ,現時点では本手法の精度上の限界となっている。

- 航空写真で得られる泥分情報は干潟表面の色であるため、たとえば砂の表面に薄く泥がつもっているような場所では、実際の粒度組成に比べて泥分が過大評価される。
- ・ 水はREDバンドの波長を吸収するため,完全に水がひききっていない場所ではSI値が小さくなり実際よりも泥分が過大評価される。



(4) 泥分率とヤマトオサガニ密度との関係

曽根干潟においては別途調査で,泥分率とヤマトオサガニ 密度との間に図6のような相関関係がみとめられたので,泥 分分布推定画像の泥分率をヤマトオサガニ密度に換算し,本 要旨のはじめに示した図1の画像を得た。

画素毎のヤマトオサガニ密度を干潟全体について合計した 値,すなわち9月調査時点における干潟全体のヤマトオサガ ニ現存量は3,067万個体と算定され,現地サンプリング結果か らの推定された3,500万±1,200万個体と同等の値が得られた。



r=0.872 有意確率 =0.002 ヤマトオサガニ密度 = 0.0916・泥分率 - 1.473

### 図6 泥分率とヤマトオサガニ密度との関係

4.おわりに

本研究で対象とした曽根干潟のヤマトオサガニについては, 図7に示した調査手順によって今後継続的なモニタリングが可 能である。

他の干潟ないし他の指標種については,事前の調査等で以下 を明らかにすれば本手法の適用が可能である。

- ・ 泥分率とスペクトル特性との対応関係
- SI値と泥分率との相関関係(SI値の汎用性)
- 泥分率と指標種密度との相関関係

他干潟での現地情報の蓄積が今後の課題である。



図7 本手法による干潟底生動物 指標種の分布状況調査手順

謝

辞

本研究は(財)河川環境管理財団の河川整備基金助成事業として実施しました。

スペクトル測定および画像処理に際して多大なご協力と適切なご助言をいただいた,九州大学大学院 工学研究院付属環境システム科学研究センターの中山裕文氏に厚くお礼申しあげます。