

# 水圏環境 GIS を用いた重富干潟における環境特性の解析

鶴成 悦久<sup>1</sup>, 西 隆一郎<sup>2</sup>, 加茂 崇<sup>3</sup>

鹿児島大学大学院水産学研究科<sup>1</sup>, 鹿児島大学水産学部<sup>2</sup>, 鹿児島大学大学院連合農学研究科<sup>3</sup>

## Analysis on Environmental Characteristics in Shigetomi Tidal Flat by a Hydrospheric Environmental GIS Yoshihisa TSURUNARI, Ryuichiro NISHI, Takashi KAMO

**Abstract:** Environmental characteristics of Shigetomi tidal flat in Kagoshima bay, Kagoshima Prefecture are analyzed by a Hydrospheric GIS. Dry beach survey, underwater sounding and sediment sampling have been conducted since 2009. A set of these data as well as water quality and biological data are compiled and integrated in the GIS, then applied for further analysis. It is shown that the hydrospheric GIS would be applicable to consider a comprehensive environmental processes consist from profile change, spatial distribution of sediment, tidal flow and nutrients, diversity of an ecosystem and human factors in tidal flats. It is concluded that a volume of Shigetomi tidal flat over a D.L Datum in 2011 is decreased as much as 11.1% compared of that in 2009.

**Key Words :**水圏環境 GIS (Hydrospheric Environmental GIS), 沿岸 (Coast), 干潟 (Tidal Flats), 海岸測量 (Sub-aerial Survey)

### 1. はじめに

鹿児島湾は、長さ約 80km, 最大幅約 20km, 湾の表面積は約 1,130k m<sup>2</sup>の南北に細長い湾である。(岩切,1978)。2012 年 3 月 16 日には(旧)屋久霧島国立公園を二分割し、湾奥部に広がる始良カルデラに桜島と霧島を加え「霧島錦江湾国立公園」に指定された(環境省,2012)。同日、国立公園内に海域公園地区として新たに指定された鹿児島県始良市の重富干潟(図 1)は、二級河川である思川を挟んで南北に約 2.0km の河口・前浜干潟である。鹿児島湾奥部最大の干潟と言われ、鹿児島湾の浄化に欠かせない干潟である(佐藤,1955)。

第 4 回自然環境保全基礎調査(環境省,1992)によると、鹿児島県の干潟合計面積は 730ha で 1978 年以降 1994 年までに消滅した干潟面積は 0ha であった。一方で、山本・児玉(2009)が行った航空写真の判読による干潟面積調査によると、鹿児島湾奥部全体の干潟総面積は 1977 年時に約 193.8ha であったが、2003 年時には 56.8ha とおよそ 70%の干潟が消滅したとされ、特に 1992 年以降の干潟消滅が著しいと指摘されている。干潟の消滅に伴い、干潟に生息する底生動物への影響や、水産資源の不漁などを引き起こす可能性がある。これら底生動物などの生息環境は、干潟地形の特性や変化に大きく影響される。だが一方で、重富干潟は、干潟の面積を特定するための詳細な測量調査をはじめ、地形特性を明らかにした研究は行われていない。

そこで、本研究では重富干潟の地形特性を把握するため、詳細な測量と底質調査(粒度、硬度、水質、

底生動物)を 3 年間にわたって実施した。それらの結果は、水圏環境 GIS により解析可能なデータベース構築を図った。その結果、重富干潟の面積や体積、そして海浜縦断形状を定量的に求めることができ、近年の重富干潟の地形特性を検討することとした。

### 2. 干潟環境調査

#### 2.1 調査時期

重富干潟全域約 220ha を対象に 2009 年から

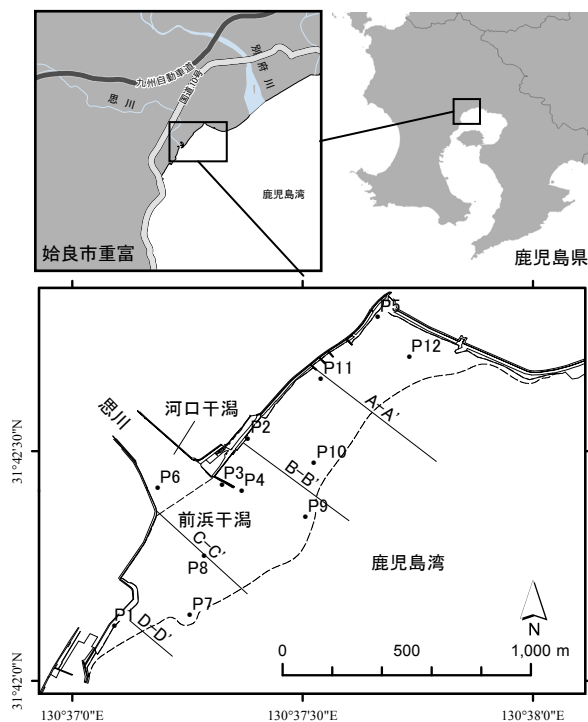


図 1. 重富干潟 (鹿児島県始良市)

鶴成悦久 〒892-0065 鹿児島市下荒田 4 丁目 50-20

鹿児島大学大学院水産学研究科水産生物海洋学分野

Phone: 099-286-4101 E-mail: k8596349@kadai.jp

2011 年の 3 年にわたって測量をはじめ底質調査を実施した。測量は 11 月の 1 か月間を中心に実施し、底質採取は 12 月の大潮干潮時に 12 地点実施した(2009 年については天候の影響で 6 地点のみ)。これは台風や集中豪雨など、降水による河川からの土砂の供給や、波浪による土砂の侵食が比較的影響しにくい渇水時期であること。また、筆者が勤務する専門学校の学生らに対する教育の一環として実施したため、教育時期との関係も考慮し調査時期を定めた。

## 2.2 海浜測量

面積および体積など、重富干潟の経年変化や気象条件における特異な変動を、より詳細に測定するため、現地測量による海浜測量を実施した。測量に用いる基準点測量については GPS 測量によるステイック測位によって 1 級基準点を 9 点新設し、ネットワーク型 RTK-GPS およびトータルステーション(TS)によって 3 級基準点を 32 点新設した。解析で求めるための干潟の範囲(定義)については、国土交通省公共測量作業規程第 386 条海浜測量および汀線測量の要領にしたがって前浜と後浜の範囲として定めた(図 2)。なお、基本水準面(最低水面 D.L.)については、海上保安庁海洋情報部公示「平均水面、最高水面及び最低水面一覧表」より「加治木港：国土地理院 BM(2480 号)頂」において TP 下 1.51m(2009 年 10 月 14 日情報)を採用し、3 級水準測量によって 1 等水準点(2477 号)より求め、各基準点に水準点を設置した。沖浜については、始良カルデラの急深な地形により 100m 以上の水深があるため、マルチビーム測深機(SEABAT8125 型)により深浅測量を実施した。なお、深浅測量については 2011 年 6 月に調査したのみである。

## 2.3 底質調査

干潟に生息する生物動物の種類や生活環境は、その底質粒度に大きく依存する。また、干潟地形における海浜縦断形状についても底質粒度は重要な数値パラメータとなるため、12 地点(図 1)の定点を定め、底質試料を採取し、粒度試験(JISA1204)により粒度組成を求めた。ただし、2009 年 12 月については、天候の影響で 6 地点のみの調査結果となった。分析では前処理として塩分濃度を下げるため脱塩処理を行い、絶対乾燥状態後にゴミやベントスを取り除いた。分析は、粒径にシルト分が比較的少なかったため、沈降分析は行わず、ふるい分け分析のみで粒度組成を求めた(表 1)。

## 3. 水圏環境 GIS の構築

基盤地図は、海浜測量結果による数値地形図データ(等深線間隔 0.1m)を PCMappingHT7 と ArcGIS9.3 によって編集し、地図データを構築した。また、等深線より TIN および標高ラスタ(1m 解像度)を作

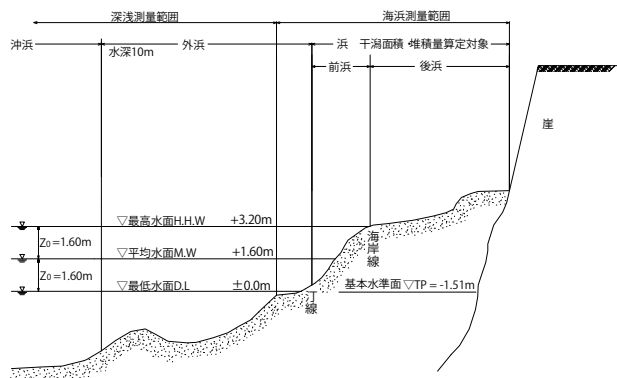


図 2. 重富干潟における基本水準面の定義

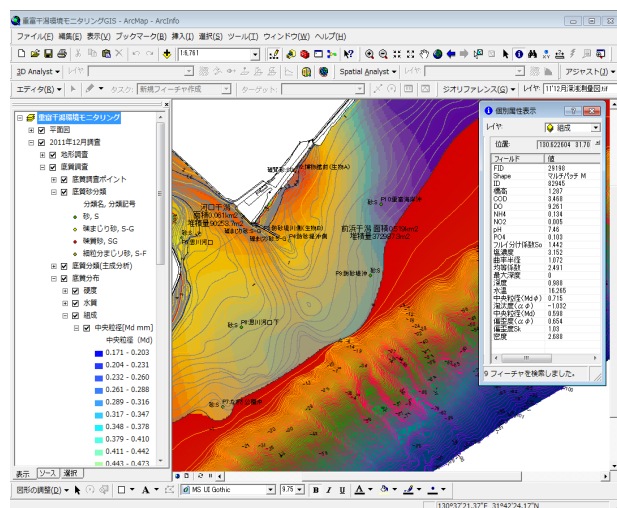


図 3. 水圏環境 GIS (ArcGIS9.3 で構築)

成した。同時に、研究対象領域の海域部を 5m×5m の格子間隔で約 70,000 個のメッシュポリゴンを作成し、標高の代表値を属性値に収めた。これは、環境情報や統計量を単位ごとのメッシュポリゴンの属性値に収め、空間条件を単純化し分析する目的で作成した。底質調査の結果は、視覚的に分布や広がりを表すため、空間分析によるクリギング内挿法により分布図を作成し、その代表値をメッシュポリゴンの属性値に収めた(図 3)。

## 4. データ解析

### 4.1 海浜縦断形状の変化

海象条件のサイクルに対応して、海浜の縦断形状も変化する。そこで、重富干潟における縦断形状の経年変化を把握するため、2009 年から 2011 年における A-A' B-B' C-C' D-D' (図 1)の測線より海浜縦断面を GIS より求めた(図 4)。それによると、汀線位置の変動では A-A' B-B' C-C' では大きな変動はなかったが、D-D' では 100m 程、岸方向に

表 1. 底質調査地点と底質粒度組成（中央粒径(Md)，土質分類)

定 点	緯度(N) 31° 42'	経度(E) 130° 37'	2009年12月15日		2010年12月4日		2011年12月13日	
			Md(mm)	分類記号	Md(mm)	分類記号	Md(mm)	分類記号
P1 なぎさ公園前	7" .1	5" .6	1.00	S-G	0.91	SG	0.81	SG
P2 博物館前	31" .9	22" .8	0.90	SG	0.41	S-G	0.79	SG
P3 防砂堤川側	25" .6	19" .3	0.77	SG	0.70	S-G	0.66	S-G
P4 防砂堤沖側	24" .8	22" .1	0.63	SG	0.72	SG	0.60	S-G
P5 思川用水水門前	47" .6	39" .8	0.38	S-F	0.76	S-G	0.66	S-G
P6 思川河口	23" .9	13" .3	0.55	S-G	0.69	S-G	0.59	S
P7 なぎさ公園沖	8" .6	15" .3	-	-	0.43	S	0.50	S
P8 思川河口下	16" .4	17" .2	-	-	0.29	S	0.45	S
P9 防砂堤沖	21" .0	31" .5	-	-	0.47	S-G	0.41	S
P10 重富海岸沖	28" .5	32" .2	-	-	0.30	S	0.28	S
P11 御門神社沖	38" .2	35" .1	-	-	0.58	S-G	0.17	S-F
P12 養殖場側	41" .4	45" .6	-	-	0.54	S-G	0.25	S

表 2. 海浜地形形状の変化（2009-2011）

断面	ポリゴンID	2009年12月			2010年12月			2011年12月		
		$\tan\beta(h/L)$	Md(m)	C	$\tan\beta(h/L)$	Md(m)	C	$\tan\beta(h/L)$	Md(m)	C
A-A'	50222	0.006	-	-	0.006	$0.510 \times 10^{-3}$	3.6	0.006	$0.186 \times 10^{-3}$	7.7
B-B'	75779	0.009	-	-	0.008	$0.440 \times 10^{-3}$	4.3	0.008	$0.465 \times 10^{-3}$	4.2
C-C'	101322	0.008	-	-	0.008	$0.319 \times 10^{-3}$	5.4	0.008	$0.461 \times 10^{-3}$	4.2
D-D'	125278	0.016	-	-	0.017	$0.763 \times 10^{-3}$	3.7	0.018	$0.715 \times 10^{-3}$	3.9

※中央粒径値（Md）は、断面の中央部における5mメッシュポリゴン（ID）の属性値に含まれる値を採用した。

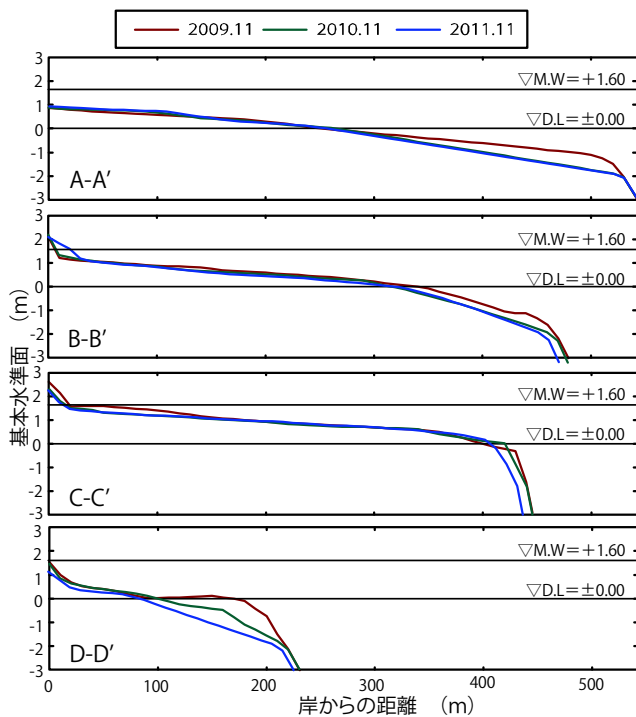


図 4. 海浜縦断面形状の経年変化

汀線が大きく後進していることがわかる。体積については、A-A' B-B' C-C' では沖浜で多少の侵食が確認できるが、D-D'においては他の断面にくらべ、侵食の傾向が著しいことが確認できた。

## 4.2 海浜縦断形状の分析

重富干潟の海浜縦断形状の経年変化を定量的に求

表 3. 重富干潟前浜面積 ha（表上）とその体積 m<sup>3</sup>（表下）

調査日	単位(ha)			合計
	1.6m以下	1.6～3.2m	3.2m以上	
2009年11月	50.62	1.35	0.92	52.90
2010年11月	51.07	1.06	0.87	53.00
2011年11月	50.02	1.16	0.76	51.94

調査日	単位(m <sup>3</sup> )			合計
	1.6m以下	1.6～3.2m	3.2m以上	
2009年11月	352,613	28,108	39,998	420,718
2010年11月	334,020	23,760	35,219	392,999
2011年11月	316,011	25,945	31,944	373,900

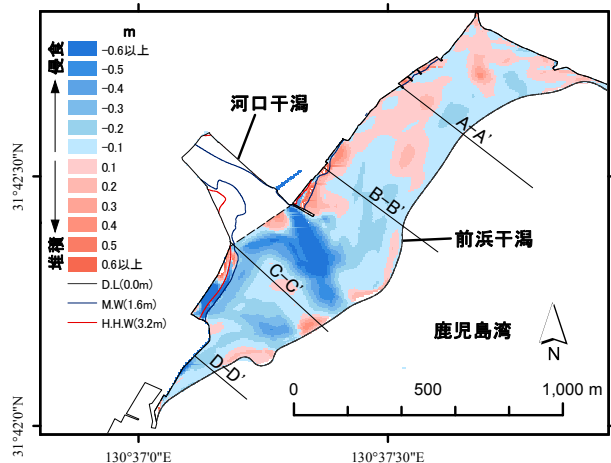


図 5. 2009 年と 2011 年 前浜干潟体積の増減

めるため、汀線の前進と後進および岸沖漂砂の移動方向を判定する式（堀川ほか,1974）を採用して無次元係数  $C$  の値を算出する(表 2)。ここに、計算に用いる各パラメータは 2009 年から 2011 年における A-A' B-B' C-C' D-D' (図 1) の地形断面を GIS より断面を算出し海底勾配 ( $\tan\beta$ : 平均勾配  $h/L$ ) ,



底質粒径 ( $d$ : 中央粒径  $Md$ ) を求めた (表 2) . 鹿児島湾における波浪の推算 (長山ほか, 2009) 有義波  $H_{1/3}$  より, 沖波波高  $H_0=0.3\text{m}$  とし, 沖波波長  $L_0$  は有義周期  $T_{1/3}=5.0\text{s}$  より求め  $39.0\text{m}$  とした. なお, 2009 年についてはデータ ( $Md$ ) の欠損 (2.3 章 参照) があるため, 計算対象から除外した.

#### 4.3 干潟面積および体積の算定

重富干潟の面積は思川河川標 0/0 を基準として, 河口部より上流側を河口干潟とし, 沖側を前浜干潟として区分した (図 1) . 標高は, 加治木港を基準とした DL (基本水準面) を  $0\text{m}$  とし, D.L から  $+1.60\text{m}$  を M.W (平均水面),  $+3.20\text{m}$  を H.H.W (最高水面) として標高を決定した. なお,  $+3.20$  以上の後浜は, 一部地域が養浜であるが, 干潟を構成する重要な海岸であることから, その面積および体積についても算出の対象とした.

一方, 解析に用いる地図は, 数値地形測量による現地測量から得られた地図レベル 1,000 以下の品質を保持している. これは水平位置の標準偏差では  $0.70\text{m}$  以内, 等高線の標準偏差  $0.5\text{m}$  以内の精度で実測しており, 写真測量などから得られる地図レベル 2,500 の地図表現精度に比べ, 2 倍以上の品質精度を保っている. その結果, これらの高精度な測量データにより面積・標高区分によって, 前浜干潟における 3 年間の面積と体積を GIS によって算出することで, 微地形の変動量を求めた (表 3) .

#### 5. 重富干潟の地形変動と特性

重富干潟における前浜干潟が占める面積の変動は, 2009 年  $52.9\text{ha}$  から 2010 年  $53.0\text{ha}$  と前年比で  $0.2\%$  の微増, 2011 年は  $51.94\text{ha}$  と前年比で  $2.0\%$  の減少となった. 3 年間の面積の変動は 2009 年比で  $1.8\%$  減少となった. 一方で, 対象面積における体積の変動は, 2009 年から 2010 年にかけ  $420,718\text{m}^3$  から  $392,999\text{m}^3$  と前年比で  $6.6\%$  の減少, 2011 年は  $373,900\text{m}^3$  となり前年比で  $4.9\%$  の減少となった (図 6) . 3 年間の体積の変動は 2009 年比で  $11.1\%$  減少し, その多くの減少領域を D.L から  $+1.60\text{m}$  までの M.W (平均水面) を占めた. その結果, 前浜干潟においては面積の減少よりも侵食傾向であることがわかった. 加えて, 干潟全域の体積の変動を空間的に把握するため, 図 4 に  $5\text{m}$  メッシュポリゴンの標高を 2009 年と 2011 年を差分により求め, 干潟体積の増減量を表した. 思川河口部付近および南西側では侵食傾向を示しており, 北東部は堆積傾向であることがわかった.

海浜縦断形状の分析結果では, 4 断面 (A-A' B-B' C-C' D-D') における海浜形成過程は, 無次元係数  $C$  が全て 9 以下であることにより, 現地海浜タイプ III 型 (堆積形) であることがわかった. これは, 海岸においては砂が堆積し, 同時に汀線は前進し, 沖において砂が堆積しないことを意味している. ただ

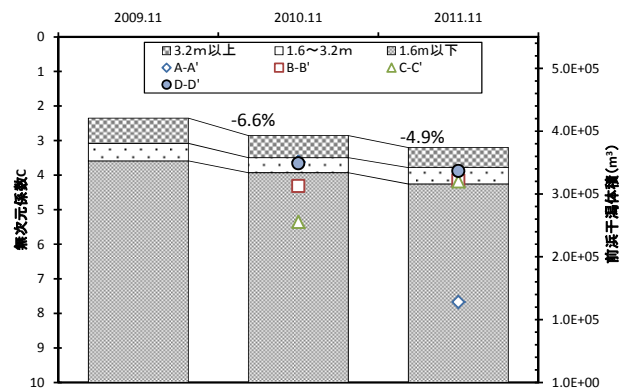


図 6. 無次元係数  $C$  と体積との関係

し, A-A' においては  $C$  の値が 2010 年 3.6 から 2011 年 7.7 と 2.1 倍となりその変動量大きい. 理由として, 底質粒度の細粒化が進み, 底質の安定力が小さくなったことが要因と考えられる. 一方で, これら  $C$  値が増加することは, 海浜形成過程において中間形から侵食形へ, 海岸の侵食と汀線が後退することを意味するため, これら  $C$  値の傾向は, 重富干潟の地形特性の変動を示す重要なパラメータとなる.

#### 6. 今後の課題

一般に海岸や干潟地形の変動は, 極めて徐々に起きるもので, 数年間の地形変化では, 明確な判定を下すことは難しい. そのためにも, 長期的な地形変動の観測の他, 水質や底生動物のデータを加え, 水圏環境 GIS により分析することで, 環境特性の趨勢を明らかとしていく予定である.

#### 参考文献

- 岩切成朗 (編) (1978) : 錦江湾-自然と社会-南日本新聞開発センター, pp.267.
- 環境庁自然保護局 (編) (1994) : 第 4 回自然環境保全基礎調査海域生物環境調査報告書 (干潟, 藻場, サンゴ礁調査), 環境庁自然保護局・財団法人海中公園センター, pp.291.
- 佐藤正典 (1995) : 生命が消える海. 「滅びゆく鹿児島」, 南方新社, pp.54-80.
- 山本智子・小玉敬興 (2009) : 過去 60 年間ににおける鹿児島湾奥の海岸線の変化, Nature of Kagoshima Vol.35, pp.55-57.
- 国土交通省 (2009) : 「公共測量作業規定の準則」解説と運用, 社団法人日本測量協会.
- 長山照夫・山口裕之・茶屋彰仁・田中龍児・中村和夫・浅野敏之 (2009) : 「指宿知林ヶ島陸繋砂州の形成・消滅過程に関する基礎研究」, 土木学会論文集 Vol.1.B2-65, No.1, 2009, pp.586-589.
- 堀川清司, 砂村継夫, 近藤浩右 (1974) : 波による二次元海浜変形に関する実験的研究, 土木学会第 21 回海岸工学講演会論文集, pp.193-199.