

# 数値地形情報を用いた海崖侵食の平面展開技法とその適用

桑原 祐史\* ・安原 一哉\*\* ・野北 舜介\*\*\*  
村上 哲\*\*\*\* ・金澤 浩明\*\*\*\*\* ・佐々木 康子\*\*\*\*\*

## 1. はじめに

我が国の海岸線の区分は、砂浜、崖および人工海岸に大別される。自然環境の保全と国土利用という2つの立場を考える際に、海岸線後退の特性を把握しておくことが重要である。写真-1に、茨城県日立市南部に位置する大甕海岸の現地写真を示す。この海崖は、1915年および1992年の地形図を用いた侵食速度の算定の結果、平均0.25 (m/year) の速度で後退していることが報告されている(佐々木・安原ら, 1995)。写真からも判るように、崖を守るための消波ブロックによる対策工事が行われている。道路や公園等の公共施設や人家さらにはランドマークとなりうる風致地区の保全といった観点から、侵食の現状を把握しておく必要性があると言える。

本研究では、対象領域として、茨城県、沿岸域および北部海崖海岸を設定した。使用したデータは、数値地形モデル(DTM: Digital Terrain Model)と、海崖侵食速度図である(佐々木・安原ら, 1995)。陸域を十分に含む巨視的な地形特性から、茨城県北部において海崖侵食が顕著に見受けられる微視的な局所領域へと解析を展開させることにより、海崖海岸周辺の地形特性を考察した。また、新旧の地形図上に測線を発生させ、測線毎の計測作業を通じて作成された侵食速度図を平面展開させる技術(以下、平面展開技法と呼ぶ)を適用した。侵食速度毎に濃淡または色分け表現することにより、既存の数値表現を画像として面的に可視化した。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、以下の3点である。

- ① DTMを用いて、茨城県の地形特性を把握する。具体的には、標高区分、起伏量および開析度の3つの数値地形情報を作成する。
- ② 特に海岸線に着目し、DTMから抽出できる海岸



写真-1 大甕海岸の現状

線部分の標高分布を図化するとともに、海岸線より内陸方向250 (m) 部分の地形変化特性を図化し、海岸線毎の地形変化特性を把握する。

③ 今後の研究展開で使用する数値地理情報の項目を整理する。そのうち、本論文では地形図から計測した海崖の侵食速度を図化し、現地確認を通じて今後の対応策の一助とすることを目的とした。

## 3. 使用データおよび対象領域

### 3.1 使用データ

a) 巨視的な数値地形情報 ((財) 日本地図センター, 1993)

国土地理院発行数値地図50 (m) を使用した。このデータは、国土地理院発行1/25,000地形図の図幅毎にファイル化されているため、解析作業に先立ち茨城県全県域が十分含まれる範囲のデータを接合した。その後、地形図との融合利用を考慮してユニバーサル横メルカトル図法の投影方式に補正処理を施した。結果として地上対応50 (m) ピッチのDTMを整備した。

b) 海崖侵食速度図(佐々木・安原ら, 1995)

図-1に地形図による侵食速度計測方法の模式図を引用する。本方法では、経年的に不動点として考えて良い三角点間を基準線とし、新旧の地形図上における海岸線変化を計測し侵食速度を算定している。表-1に侵食速

\* 正会員 博(工) 茨城大学助手 工学部 都市システム工学科  
\*\* フェロー 工 博 茨城大学教授 工学部 都市システム工学科  
\*\*\* 正会員 工 博 茨城大学教授 工学部 都市システム工学科  
\*\*\*\* 正会員 修(工) 茨城大学助手 工学部 都市システム工学科  
\*\*\*\*\* 正会員 茨城大学技術官 工学部 都市システム工学科  
\*\*\*\*\* 正会員 日本海洋コンサルタント(株)

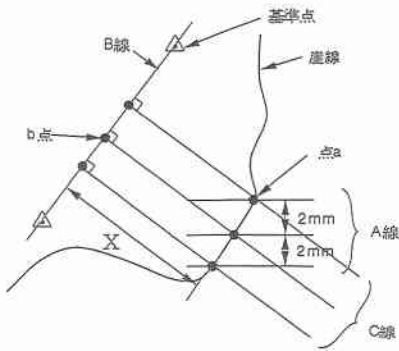


図-1 地形図による侵食速度計測の模式図

表-1 使用した地形図の年代

	地形図年代		時間 間隔
	最旧版	最新版	
五浦海岸	1967年(昭和42年)	1991年(平成3年)	24年
高戸海岸	1971年(昭和46年)	1991年(平成3年)	20年
小貝ヶ浜海岸	1967年(昭和42年)	1992年(平成4年)	25年
大みか海岸	1915年(大正4年)	1992年(平成4年)	77年



図-2 図化対象とした崖海岸の分布

既に図面化された侵食速度を平面展開する手順を工夫し、現地調査によって海崖の現況との対応について考察した。

#### 4. 調査・解析結果および考察

##### 4.1 海崖侵食の現況 (佐々木：1996)

我が国の海岸線総延長は、約 35,000 (km) にも及び、諸外国と比較しても国土の大きさに対してかなり長い海岸線総延長である。平成 4 年度海岸統計によると、茨城県の海岸総延長は約 182 (km) となっている。県南部の海岸の多くは砂浜海岸であり、本研究が対象とする海崖海岸の多くは久慈川以北の海岸に点在している。

写真-2 に茨城県北茨城市に位置する五浦海岸の現地写真を示す。本海岸は外洋に面した海崖海岸となっている。我々が現地を訪れた平成 11 年 4 月 3 日の時点でも大規模な保護対策工事が行われていた。同様に、写真-3 に、茨城県高萩市に位置する高戸海岸の現地写真を示す。写真の右側に見える丘陵地が海崖海岸の後背である。写真左手に見える小河川は、この丘陵地に平行する形で流下している。

##### 4.2 茨城県を対象とした地形解析

###### a) 標高区分図

DTM を計算対象として、標高に応じてランクを設定し、そのランク毎に色分けした図面である。対象領域のの大きな標高分布を把握することができる。表-2(1) に、本研究で作成した標高区分範囲とランク値を示す。作成した図面から海岸線付近の詳細な標高分布を把握するため、標高 57 (m) 未満を 2 (m) 毎に区分する設定とした。



写真-2 五浦海岸の現状



写真-3 高戸海岸の現状

度算定時に使用した地形図の作成年次を記す。本論文では、図-1の方法に従い作成された海崖侵食速度図を使用し広域地形情報や他の数値地形情報との融合利用を考慮した数値化作業を進めた。具体的には地形図と本研究で数値化したデータとの地図上での対応点を明確にした。

#### 3.2 対象領域

本研究では、広域を対象とした地形情報作成時には茨城県を解析対象とした。また、海岸線近傍の地形変化特性の解析時には、茨城県沿岸域を対象とした。さらに、海崖侵食速度図の図化作業に際しては、図-2に示す茨城県北部の代表的な崖海岸を対象とした。本研究では、

図-3に標高区分図の出力結果を示す。縮尺の都合上、久慈川より北部の領域を掲載した。茨城県北部は、南部と比較して標高が高い。また、日立市以北の沿岸域では、中小河川下流の沖積地に挟まれる形で高標高の地形が分布している。地形図と照合したところ、このような地点に崖海岸が分布している。

b) 起伏量図

DTMを計算対象として、任意の矩形エリア内の最大標高と最小標高の差をランク分けした図面である。矩形エリア毎の標高差が図化されることにより地形の「けわしさ」が表現された図面となる。本研究では、地上対応として150×150(m)を計算単位として起伏量を計算した。表-2(2)に起伏量区分範囲とランク値を示す。

図-4に起伏量図の出力結果を示す。茨城県北部は南部と比較して起伏に富んだ地形を示している。

c) 開析度図

地表面が降雨や風等、各種の侵食要因によって開析していく状態をDTMを用いて表現した図である。任意の矩形エリアの最大標高を基準面と仮定し、矩形エリアの平均標高との比を式(1)に従い計算することで、地形が「幼年期→壮年期→老年期」へと変化していく様子を表現するものである。表-2(3)に開析度区分範囲とランク値を示す。

$$\text{(開析度)} = 1 - (\text{矩形エリアの平均標高} / \text{矩形エリアの最大標高}) \dots\dots (1)$$

図-5に開析度図の出力結果を示す。日立市以北の中小河川下流において、河川流下方向に直交する形で開析の度合いが高い地域が見受けられる。沖積地特有の地形

表-2 各図面の区分範囲とランク値

表-2(1) 標高区分図		表-2(2) 起伏量図		表-2(3) 開析度図	
ランク値	範囲 以上～未満	ランク値	範囲 以上～未満	ランク値	範囲 以上～未満
1	1～3	1	1～3	1	0.00～0.05
2	3～5	2	3～5	2	0.05～0.10
3	5～7	3	5～7	3	0.10～0.15
4	7～9	4	7～9	4	0.15～0.20
5	9～11	5	9～11	5	0.20～0.25
6	11～13	6	11～13	6	0.25～0.30
7	13～15	7	13～15	7	0.30～0.35
8	15～17	8	15～17	8	0.35～0.40
9	17～19	9	17～19	9	0.40～0.45
10	19～21	10	19～21	10	0.45～0.50
11	21～23	11	21～23	11	0.50～0.55
12	23～25	12	23～25	12	0.55～0.60
13	25～27	13	25～27	13	0.60～0.65
14	27～29	14	27～29	14	0.65～0.70
15	29～31	15	29～31	15	0.70～0.75
16	31～33	16	31～33	16	0.75～0.80
17	33～35	17	33～35	17	0.80～0.85
18	35～37	18	35～37	18	0.85～0.90
19	37～39	19	37～39	19	0.90～0.95
20	39～41	20	39～	20	0.95～1.00
21	41～43				
22	43～45				
23	45～47				
24	47～49				
25	49～51				
26	51～53				
27	53～55				
28	55～57				
29	57～				

注) 単位  
 標高区分: (m)  
 起伏量: (m)  
 開析度: 無次元

解析結果が表現されている。国土庁が整備した国土数値情報で確認したところ、この地域は沖積地と区分されている。

d) まとめ

茨城県北部崖海岸は、一様に連続している地形構造ではなく、中小河川の沖積地間に点在していることが

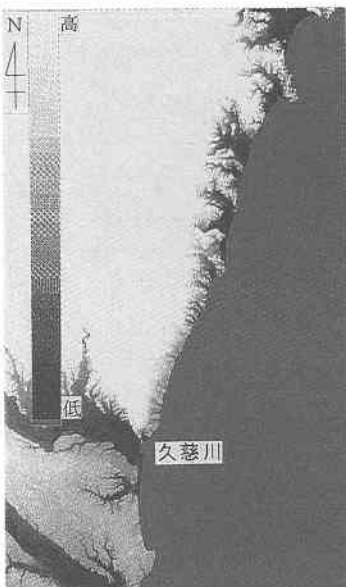


図-3 標高区分図 (県北のみ掲載)



図-4 起伏量図 (県北のみ掲載)

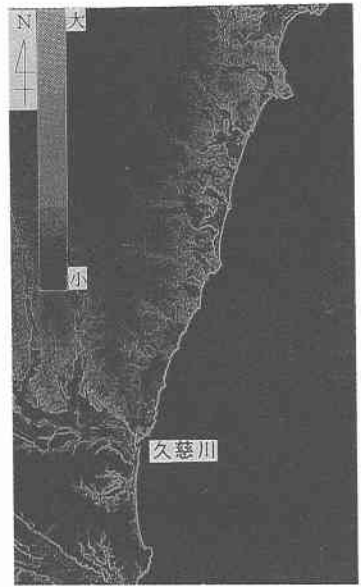


図-5 開析度図 (県北のみ掲載)

DTMの解析を通じて確認できた。

### 4.3 海岸線近傍を対象とした地形解析

#### a) 海岸線標高図

図面作成の概念は、標高区分図と同様である。海岸線標高図の作成にあたっては、特にDTM上での水陸境界部の陸側のデータのみを区分対象とした。表-3に標高区分範囲とランク値を示す。図-6に海岸線標高図を示す。茨城県北部に標高が高い海岸が分布しており、対象とした5つの海崖海岸の標高が他の海岸線と比較して高いことが示されている。

#### b) 後背地標高テクスチャ図

データの「きめ、あらさ」といった特徴を表現する言葉として「テクスチャ」が用いられている。本研究では、海崖後背地の標高の凹凸といった形状を表す言葉として「テクスチャ」を用いた。

まず、DTMについて水陸境界部分を探した。次に、この境界部から陸域方向に5点、つまり地上対応250(m)内陸部までのデータの標準偏差を計算した。計算した標準偏差の値を表-4に示す区分範囲に従いランク値化したものが図-7である。本図を後背地テクスチャ図と呼ぶ。後背地テクスチャ図から、崖海岸の後背地は、標高データの標準偏差の値が大きく、起伏に富んだ地形であることが判る。現地を訪れた所、高戸海岸および小貝ヶ浜海岸では、海崖の後背に河川が蛇行分布していた。また、他の3海岸後背地は起伏に富んだ丘陵地帯となっていることを確認した。

### 4.4 海崖侵食の把握と評価における情報項目の整理

海崖の崩落危険度を提示することや後背地の土地利用を含めた脆弱性を評価する際には、侵食状況を的確に把握しておく必要がある。その際に必要となる情報項目を

取りまとめたものが図-8である。海崖侵食の把握と諸評価を進める際には、物理的諸量の実験・解析、モデル実験さらに各種構造物や地形の計測が重要である。本研究では、図に示した各項目のうち、特に「隔測(数値地理情報)」の項目に着目した。なお、本研究における隔測とは、諸実験や計測作業を通じて既に作成されている図面、数値データおよび画像データの処理と解析を含めた広義の測定として捉えている。隔測により収集・解析し

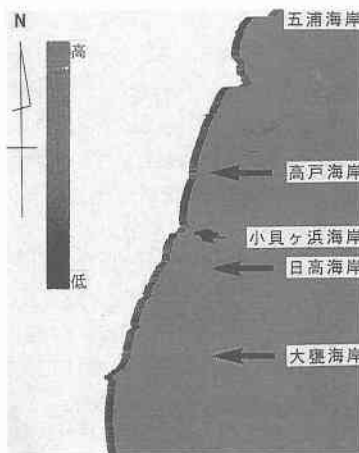


図-6 海岸線標高図

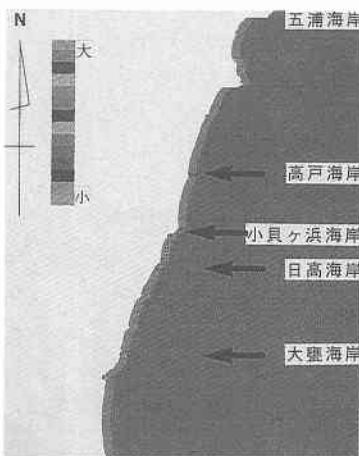


図-7 後背地テクスチャ図

表-3 標高区分範囲とランク値

ランク値	範囲 以上~未満
1	0~3
2	3~6
3	6~9
4	9~12
5	12~15
6	15~18
7	18~21
8	21~24
9	24~27
10	27~30
11	30~33
12	33~36
13	36~39
14	39~42
15	42~45
16	45~48
17	48~51
18	51~54
19	54~57
20	57~60
21	60~

表-4 標準偏差区分範囲とランク値

ランク値	範囲 以上~未満
1	0.0~3.0
2	3.0~6.0
3	6.0~9.0
4	9.0~12.0
5	12.0~15.0
6	15.0~18.0
7	18.0~21.0
8	21.0~24.0
9	24.0~27.0
10	27.0~30.0
11	30.0~33.0
12	33.0~36.0
13	36.0~39.0
14	39.0~42.0
15	42.0~45.0

注) 単位  
標高区分: (m)



図-8 情報項目の整理

た各種のデータは、海崖を対象とした現状把握、評価さらには予測に活用することができる。

#### 4.5 海崖侵食速度の図化（平面展開技法）

##### a) メッシュ作成時の工夫

海崖侵食速度図の数値化に際して工夫した点は、前述した各種地形情報を含めた他の数値情報との融合利用を念頭に置いたメッシュ作成にある。具体的には、まず図面化された海崖侵食速度図上で明確に判読することができる幾何形状点（国道の交差点や大規模工場等）を侵食速度図と地形図との対応点として選定した。次に、対象とする崖海岸を十分に含みかつ対応点が格子の交点になるように地上対応50（m）のメッシュを発生させた。図-9に小貝ヶ浜を例に取ったメッシュ発生概念を示す。対応点を明確しておくことにより、数値化後の局所的な侵食速度図を、他の数値情報上にオーバーレイ表現させることが容易になる。



図-9 メッシュ発生概念（小貝ヶ浜の例）

##### b) 数値化結果

数値化作業に際しては、侵食速度図上に記載されている測線と海岸線との交点に該当するメッシュに対してデータを与えた。コンピュータ処理を通じて画像表現を行う都合上、以下の4点の作業基準を与えた。

- ①侵食速度を整数表現する都合上、速度の単位を10倍（m/year）とし、少数点以下は四捨五入した。
- ②同一格子に2本以上の測線が交錯する際には、平均値をもって侵食速度を代表させた。
- ③海岸線であっても測線がかからない場合には、陸域としてデータを取り扱った。従って、測線がメッシュにかからない場合には、海崖であっても陸域表示となる。
- ④陸域には数値の「30」を、水域には数値の「0」を付与した。

以上の基準に基づき対象とした5つの海崖海岸の侵食速度図を数値化し平面図上に白黒の濃度階調で表現した。図-10に五浦海岸、図-11に小貝ヶ浜海岸の数値化例を示す。図面上で色が薄く表現されている地点の侵食速度は早く黒い部分は相対的に遅いことを示している。

##### c) 侵食速度図の数値化結果と現地との対応

数値化した侵食速度図と現地との対応を確認するため、平成11年4月3日に現地調査を行った。対象とした5海岸全てを訪れ、海崖の状態と数値化した図面との対応に問題がないことを確認した。特に、図-11における矢印部分に着目する。侵食速度図では比較的速度が早い領域に該当する。外洋に面していることから波の外力を直接受けている地点であることが確認できた。また、擬岩を配置した対応策も施されており侵食に関する現状を十分に把握しておく必要がある領域と判断した。隣接した陸域には歴史上重要な建造物も存在しており、侵食

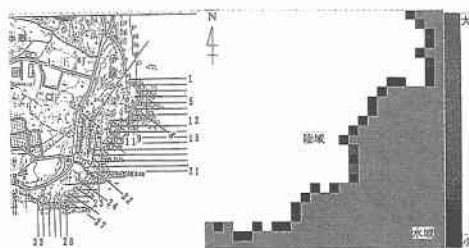


図-10 侵食速度図の数値化結果（五浦海岸）

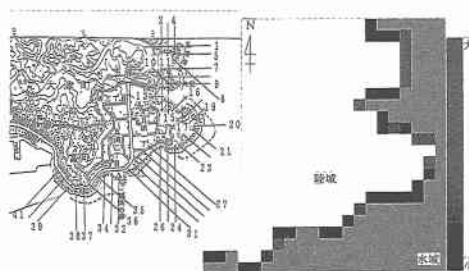


図-11 侵食速度図の数値化結果（小貝ヶ浜海岸）

から後背地を含めて保護する必要がある。

## 5. まとめ

本研究の成果は、以下の3点である。

- ① 茨城県の数値地形情報から海崖周辺部の地形特性を把握した。その結果、茨城県北部海岸では、中小規模の河川下流に広がる沖積地に挟まれる形で海崖が分布している状態を確認した。
- ② 後背地テクスチャ図を作成した。海崖の後背地における地形変化が激しいことを確認した。
- ③ 海崖侵食速度図に対して地上対応50（m）の格子メッシュを発生させ、侵食速度図を平面展開させた。数値化された侵食速度図は、今後の海崖侵食予測モデルの妥当性等を検討する際の基準データとして有力な情報となりうるものと考えられる。

## 参考文献

佐々木康子・安原一哉・宮崎数礼・村上 哲（1995）：茨城県北部海岸における海崖侵食特性，海岸工学論文集，第42巻，pp. 541-545.  
 佐々木康子（1996）：茨城大学理工学研究科修士学位論文，150 p.  
 (財)日本地図センター（1993）：数値地図ユーザーズガイド，(財)日本地図センター，pp. 1-48.