

衛星リモートセンシングによる浅海域の海況計測

— 常磐海岸の場合 —

野北舜介*、 桑原祐史*、 永森之子**

* 茨城大学工学部都市システム工学科

日立市中成沢町4-12-1

** (株)アーキ

大阪市中央区本町2-1-6

概要

太平洋に面している常磐海岸について、衛星リモートセンシング技術を適用し水深と海底面の状況を調べた。その結果、この海岸は比較的透明度の高い海水に洗われており、衛星データからの水深推定の可能性が高いこと、また、海底地質の検出を試みる余地があることが明らかになった。

キーワード

リモートセンシング、浅海域、海底地形、ランドサット

1. はじめに

沿岸防護や漁業資源調査、さらに海難防止の立場から浅海域の海況に関する情報が求められている。必要とされるものは、特定地点に関するものでなく、広がりを持った面的な情報である。一方、衛星リモートセンシングによる画像は、面的な広がりを持った情報として提供される。そこで、太平洋に面している常磐海岸を対象として、海況情報を衛星画像から取り出すことを検討した。

常磐海岸は太平洋に面しているため、沖を低気圧が通過することにより大きな波浪にさらされる。岸辺における波浪の高さは、海浜地形、とくに海底地形の影響をつよく受けるため、きめ細かい浅海域の地形情報が求められている。また、浅海域に発達する藻場の状況も漁業にとって重要であり季節ごとの藻場情報が求められている。そこで、浅海域の海底地形および海底表面の状況を衛星画像から抽出することを研究目標とした。

2. 衛星画像データの特徴

この研究では、衛星画像データとしてランドサットTMデータを使用する。ランドサットTMデータは、地表面からの太陽光反射波を7種類の光センサーにより Table 1 に示す7波長域について計測したもので、地表面積 30m×30m が1画素に相当する。原画面の大きさは、南北方向に400画素、東西方向に512画素、すなわち、南北方向に12km、東西方向に15.36kmである。1波長の輝度は8bit (= 256段階) で表示されて提供される。日本では、(財)リモート・センシング技術センターから購入することができる。

Table 1. ランドサットTMデータの特性

バンド名	波長帯 (μm)	分解能 (m)
1	0.45-0.52	30
2	0.52-0.60	30
3	0.63-0.69	30
4	0.76-0.90	30
5	1.55-1.75	30
6	10.40-12.50	120
7	2.08-2.35	30

3. 常磐海岸の概要

茨城県は南北に約180kmにわたる長い海岸線をもっている。海岸は一級河川的那珂川により二分され、北部約90kmの海岸は常磐海岸、南部約90kmの海岸は鹿島灘海岸と呼ばれている。常磐海岸には遠浅な地域が多く、海面下は砂層、または岩礁で覆われている。また、陸側に海蝕崖が発達している地域が多い。近年、河川からの土砂供給が減ったため、砂浜の減少・後退が進み崖の侵蝕が激しくなっている。そのため、海岸線に沿って砕波ブロックが設けられている場所が多い。

4. 衛星上の光センサーに届く情報の内容

太陽光が水面に降り注いだのち反射して衛星に搭載した光センサーに到達するまでの経路における現象を分析するとき、つぎの要素を考えることが重要であろう。

① 大気成分による反射と吸収(粉塵や雲などの反射と吸収を含む)、② 水面における反射、③ 水成分による反射と吸収(水中懸濁粒子による反射と吸収を含む)、④ 海底からの反射と吸収(底砂・底泥、岩礁、海藻による反射と吸収を含む)

これらの要素を考慮すると、解析に使用する衛星画像の必要条件として、① 撮影時に雲がないこと、② 撮影時に波浪が小さいこと、などが挙げられる。そこで、この研究では、(財)沿岸開発技術センター発行の「全国港湾海洋波浪観測資料」¹⁾によって波浪の小さかった日を選び、かつ、ランドサット画像の中から雲の少ないものを抽出し、両者が一致した画像について、解析を行うこととした。

5. 海域画像情報の処理結果

海上に雲がなく、かつ、波の静かな日として、1994. 4. 15を選び、ランドサットから得られた可視域画像(バンド1、バンド2、バンド3)を解析した。原データを未修正で画像表示すると、8連センサーのセンサー間感度にバラツキがあるため、海面上にFig. 1のような横縞が現われた。そこで、原画像にセンサー間感度補正操作²⁾を施して、平滑化した。補正した画像をFig. 2(1)と(2)に示す。なお、Fig. 1とFig. 2の画面左側の空白部分は陸域である。水域では近赤外(バンド4)の反射に特徴があることから陸域と水域を明確に区別することができる。また、Fig. 1とFig. 2ともに画面左側の陸域を省略し、沿岸部の東西142画素、南北400画素分を表示してある。

5. 1 海底地形との比較

Fig. 2を見ると、水域では、東(画面の右方向)に向かって輝度が低くなっている。ただし、輝度の低下にバラツキが見られる。一般に、水深が深いところからの光反射は小さいと考えられることから、輝度と海底地形との関連が予想された。そこで、海底地形との比較を行なった。

Fig. 3は、海上保安庁が1971. 9に刊行した日上市沖の海底地形図³⁾の一部である。大よその傾向として、画像と海底地形は一致しているが、いくつかの特徴が見られた。

- ① 河原子海岸と会瀬漁港との中間地点では、陸から東に急速に輝度が減っている。さらに東1000m付近に輝度の大きい区域がある。
- ② 会瀬漁港の周辺に輝度の大きい区域が広がっている。
- ③ 会瀬漁港の北2000m付近で陸から東に急に輝度が減っている。
- ④ 清水浜には、陸から東に急に輝度が減る個所がある。

そこで、画像上で特徴をもっている海域の実状を調べるため波浪目視調査を行なった。ここで採用した方法は、陸地の比較的高い場所に立って波の高い海面の位置を目視観測し、水深の浅い場所の波は高く、水深の深い場所の

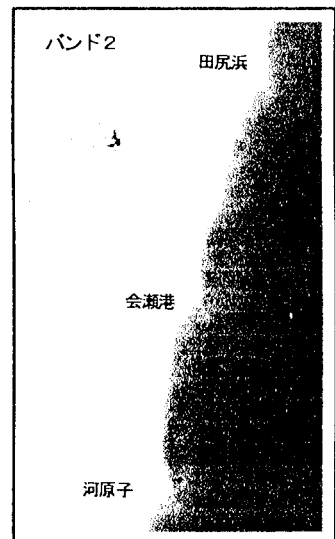


Fig. 1 原画像

波は低い、という常識的原則を判断の基準として、その水深を推定するものである。

目視観測の結果、画像上で輝度の大きい場所は波が高く、輝度の低い場所は波が低いことが認められた。

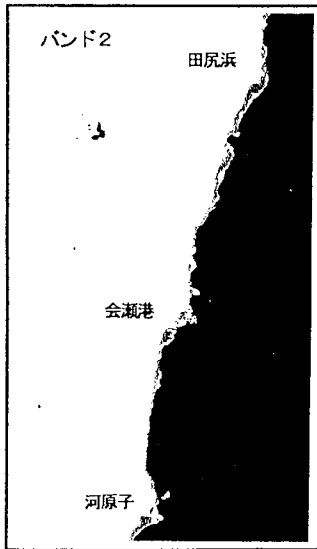


Fig. 2 デストライピング修正画像

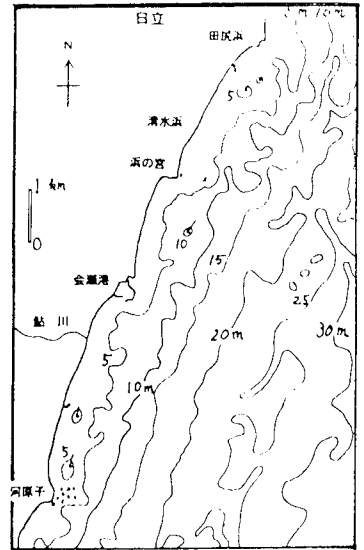
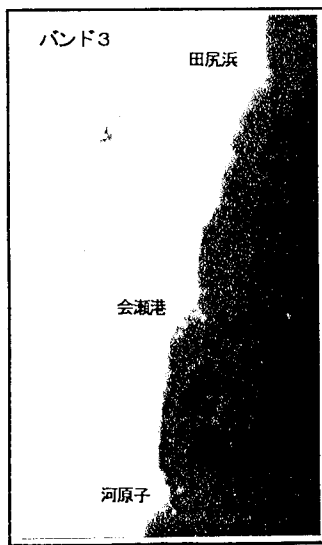


Fig. 3 海底地形図

また、急激に輝度が変わっている場所では、東から来た低い波が岸近くで急に高い波になることが確認された。この目視観察により、衛星画像に現われている輝度分布はかなり信頼できる水深情報を含んでいると推定された。

5. 2 海底面構成物質の検出

太陽光は海底に達したのち反射して水中から大気層に入り、衛星に搭載された光センサーに到達する。もし、水中に懸濁粒子が少なく透明度が高ければ、海底面構成物質の情報は反射光に含まれて光センサーに届くと考えられる。

まず、海底面に吸収がなく入射光はすべて反射されるとすれば、海底からセンサーに戻る光は、海水による光吸収率が波長ごとに異なることから、水深に応じて定比率で減衰するであろう。したがって、バンド i の輝度を横軸に、バンド j の輝度を縦軸にとって、同一画素のそれぞれの輝度を点綴すると一本の直線 A 上に並ぶ筈である。一方、海底面での光吸収が無視できないときには、(1) バンド j よりバンド i の吸収が大きい物質が海底にあれば、その画素の輝度座標 p は直線 A より下に位置し、(2) バンド j よりバンド i の吸収が小さい物質で海底が覆われていれば、その画素の輝度座標 q は直線 A より上に位置することになる。(Fig. 4 に概念図を示す。)

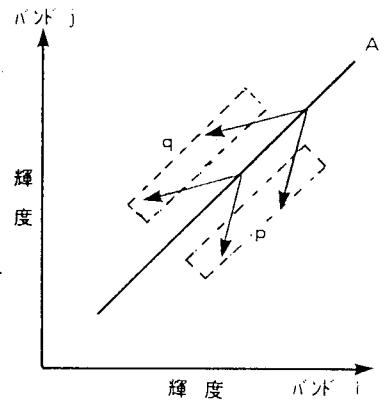


Fig. 4 海底面の吸収効果

以上の予測に基づいて、ストライピングノイズ低減前の原データから輝度散布図を作成した。結果を Fig. 5 (1) と (2) に示す。(縦軸 $B1$ - 横軸 $B3$, 縦軸 $B2$ - 横軸 $B3$)

これらの図を見る限り、概念図で予測したような明確に区別出来る二つ以上の輝度グループは存在しなかった。そこで、海底面の反射特性の相違を際立たせるために、座標の原点と散布点群を通る直線の上側にある点群 U と下側にある点群 D に分けて、それぞれの点群に属する画素を色分けして海域図に図示したところ、Fig. 6 に示すように U 群の画素と D 群の画素は均一に分布していないことが分かった。すなわち、海底面の反射特性の異なる区域が分かれて存在する可能性が示された。

5. 3 考察

衛星に戻る光の中には水深に関する情報と海底面の反射特性に関する情報が混在している。これらの二つの情報を分離してそれらの割合を明らかにすることが今後の課題であるが、前節で求めた輝度散布図から、水深に関し

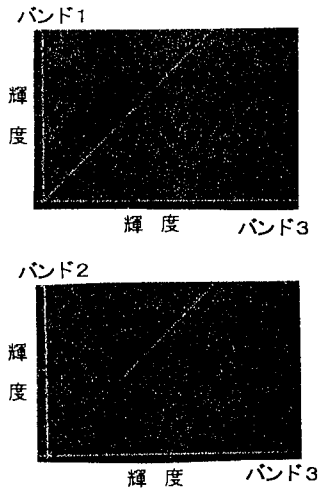


Fig. 5 輝度散布図

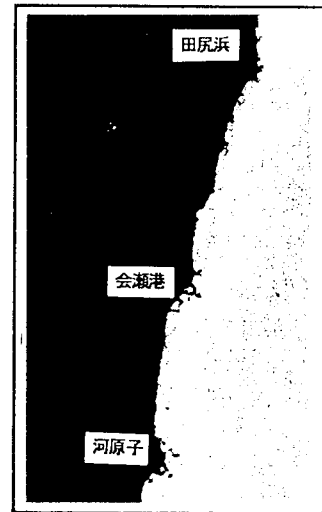


Fig. 6 高・低輝度画素の分布

て相当量の情報が含まれていると推定される。異なる波長の輝度がほぼ一律に変化している事実は、水深の影響がそれぞれの波長の光にほぼ同じ比率で作用すると考えると理解しやすい。

衛星データを用いる、海底地質の影響を考慮した水深推測に関しては、沖縄県の金武湾を対象とした全および後藤による報告⁴⁾がある。海底地質がサンゴ礁と非サンゴ礁の場合に分けて水深推測式を作り推測精度を高めた。これに対して、本研究での水深推測は定性的な段階に止まっていて更なる検証が必要である。

一方、衛星データからの海底地質の検出・分類について、本研究で採用した手法は今後検討に値すると思われる。

6. おわりに

黒潮と親潮の混合域に位置する常磐海岸は海水交換が十分に行なわれ、比較的きれいな海水に洗われている。そのため、水深 30m 付近までの海底の状況が衛星データに取り込まれていて、衛星データから水深の概略値を知ることが出来そうである。

衛星リモートセンシングによれば、海底面のきめ細かい凹凸を面として捉えることができるので、衛星データに頼ることで、広く用いられている海底地形図 (5m ごとの水深線) を補完する作業を経済的に進めることができよう。とくに、5m 以浅の沿岸域の海底地形は波浪の成長に大きな影響をもっており、護岸工事や海水浴場の運営にとって重要な情報である。衛星データの積極的な利用を期待したい。

7. 参考文献

- 1) 運輸省港湾局 : 全国港湾海洋波浪観測資料、1994年版、(財)沿岸開発技術センター
- 2) 桑原、野北、永森 : 水域を対象としたストライピングノイズの低減処理に関する一工夫、土木学会第53回年次学術講演会、VI-360、1998
- 3) 海上保安庁 : 海底地形図 第6567号、本州東岸・日立、(刊行1971. 9. 3)
- 4) 全、後藤 : 水深推測のためのリモートセンシング手法の比較と提案、日本リモートセンシング学会誌、Vol.13, No.4, pp41-50 (1993)