

衛星画像 (ASTER) に基づく汀線位置判定と その誤差についての考察

DETECTION OF SHORELINE BY ASTER IMAGE AND THE DIFFERENCE BETWEEN DETECTED AND SURVEYED SHORELINE

出口一郎¹・荒木進歩¹・中上貴裕²・清水昭洋³・服部芳一⁴

Ichiro DEGUCHI, Susumu ARAKI, Takahiro NAKAUE, Akihiro SHIMIZU, Yoshikazu HATTORI

¹正会員 工博 大阪大学大学院工学研究科 (〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2番1号)

²正会員 大阪市建設局

³学生会員 大阪大学大学院工学研究科

⁴株式会社ジャステック (〒108-0074 東京都港区高輪3-5-23 日本生命高輪台ビル)

Recently, satellite images are often used to get various information about coastal regions. Especially, they are expected to detect the location of the shoreline in the area where there is no field data.

In this study, we utilized ASTER ARO Research System of ERSDAC to get the satellite ASTER image of Uradome coast in the time when we carried out field survey of the shoreline location by GPS. To detect the location of the shoreline by the ASTER image, we used the newly proposed value(AS_{4-1}) calculated from BAND1 and BAND4 images. We compared the shoreline by the ASTER image to the shoreline by field survey and estimated the difference. The results show that most of the difference is less than the pixel size (about 34m) and more than 90% of the differences between these shorelines are less than 17m which is half of the pixel size.

Key Words : ASTER, detection of shoreline, GPS, satellite image

1. はじめに

最近衛星画像を用いて海岸、沿岸域の様々な情報を取得する試みが行われている。広範な領域での同時刻の情報が得られることから、時々刻々変化する汀線形状を捉える際に有効な手段となることが期待される。特に、汀線測量など行われたことがないような沿岸域で、汀線位置を決定する場合には有効である。また、汀線測量結果を用いて、季節変動を含む海岸侵食など変動特性を把握するためには一年に数多くもの測量をしなければならず、時間と労力を伴うことから、一定周期で年に何回も同じ地域が撮影される衛星画像を用いて汀線抽出を行うことは有用である。

しかし、通常安価で入手できる衛星画像は解像度が低く、高解像度の画像(QuickBird, IKONOS 等)は非常に高価であり、さらに解析したい時間のデータを取得することも容易ではない。すでに衛星画像から汀線を抽出するいくつかの方法が提案されているが、そこで用いられた衛星画像はアーカイブされた画像で、抽出された汀線位置は過去のものであ

り、通常はそれを検証できるデータを入手することはできない。

本研究では、資源・環境観測解析センター(ERSDAC)のASTER 共同研究システムを利用し、こちらから要求した時間に撮影されたASTER 画像から得られる汀線位置と、同時刻にGPS で測定した汀線位置を比較することにより、衛星画像解析から得られる汀線位置の誤差評価を行うことを目的としている。

2. 汀線位置測量

(1)実測海岸(鳥取県浦富海岸)

鳥取県岩美町浦富海岸は鳥取県の東端、陸上岬から駈馳(しち)山までの東西約15kmのリアス式海岸である。本研究で汀線位置の実測を行った地域は、浦富海岸東側に位置する長さ約1.5kmの砂浜海岸である(図-1)。

(2)実測方法と結果

汀線位置の測量は、緯度経度が既知の基準点に基地局をおき、移動局を背負って汀線上を歩くこと

によるGPS 相対測位によって行った。この測定による水平方向位置の精度は1cm/10km、鉛直位置の精度は、最大1cm 程度である。汀線は波の最高遡上点と最低遡上点のほぼ中間を歩くことにより決定した。延長約1.5km の汀線位置の決定に要する時間は、ほぼ30 分であった。

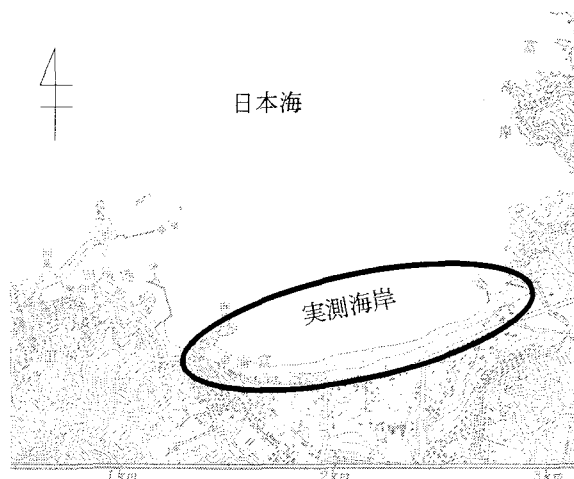


図-1 鳥取県浦富海岸

2004 年 8 月 30 日、12 月 1 日、12 月 10 日の汀線位置の実測結果を図-2 に示す。測量時の潮位は 8 月 31 日が+30cm、12 月 1 日が+10cm、12 月 10 日が+20cm であり、前浜勾配は 1/40 である。横軸及び縦軸は UTM 座標表示した東西及び南北方向座標である。図に示す階段護岸（東西方向 439.6km-439.8km 間）以外は砂浜海岸で、東西方向距離 438.7km 付近には石積の短突堤状の構造物が存在する。結果を見ると、砂浜海岸では月日によって汀線変動があることが確認できる。特に、8 月と 12 月では最大で約 20m 変動

している地域も見られる。12 月 1 日と 10 日を比較しても最大で約 10m 変動している地域があることが分かる。

2. ASTER 画像を用いた汀線抽出

(1) 用いる衛星画像

ASTER 画像は幅広い波長帯の情報を持ち、入手しやすいという特徴を持つ。本研究では、資源・環境観測解析センター(ERSDAC) の ASTER 共同研究システムを利用し、浦富海岸の撮影依頼を行った。撮影画像は 2004 年 12 月 10 日 1 時 50 分 57 秒(GMT)のものである。

(2) 使用バンドの検討

陸域と海域を分ける際によく用いられるのが近赤外域(band3N)と中間赤外域(band6 等)の画像である。図-3 に band3N の画像を示す。円内で見られるように、多くの気泡を含む砕波列が 2 列抽出されている

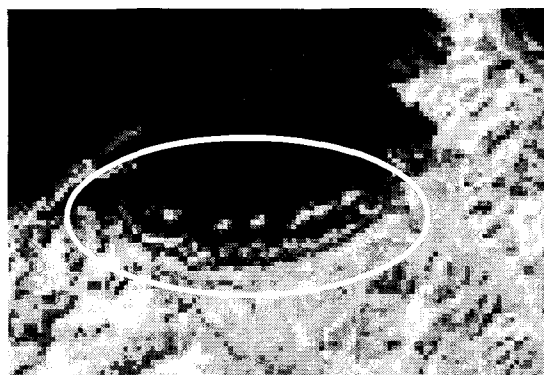


図-3 近赤外域(band3N)の画像

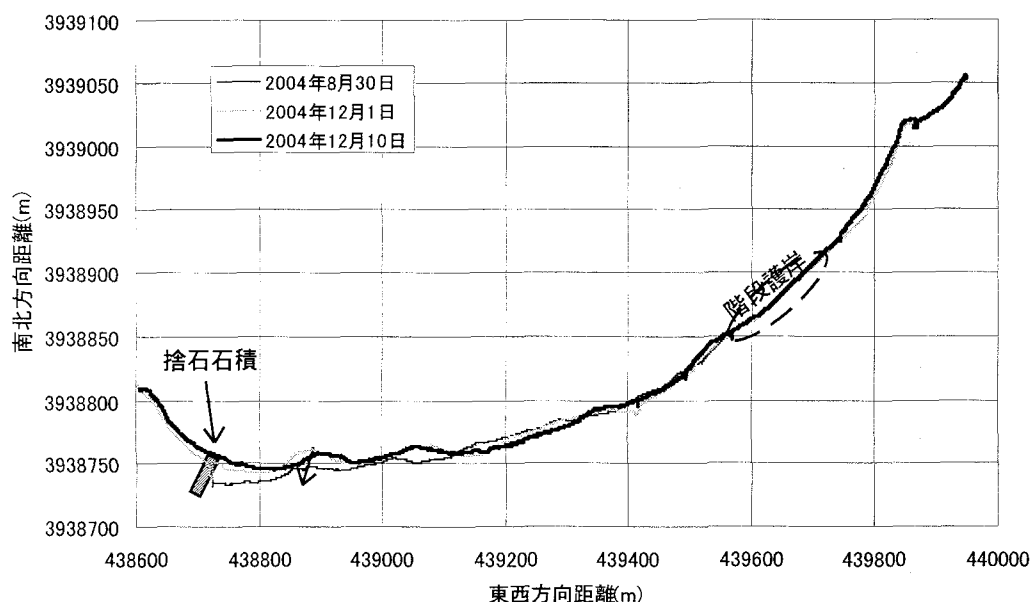


図-2 汀線測量結果

ため汀線位置の判定が難しいことがわかる。なお、当日の目視観測結果でも2段砕波が確認されている。

図-4にband6の画像を示す。砂浜海岸部は陸域と海域がはっきり分かれており、汀線位置が判定しやすいと思われる。しかし、円内は植生地域であるが、植生と海域を区別することは困難であると思われる。すなわち、海岸線沿いに植生がある場合や植生と砂浜が交じり合ったような海岸地域ではband6は不適切である。

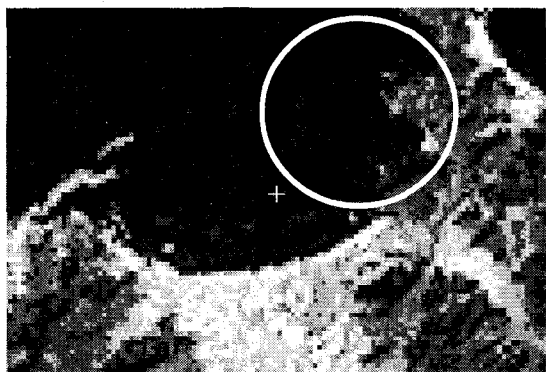


図-4 中間赤外域 (band6) の画像

つぎに、植生指標としてよく用いられるNDVIの画像を図-5に示す。植生地域が明るくなり、植生のある海岸線を抽出することには適していると思われるが、一方で砂浜海岸が比較的暗くなっているため、砂浜海岸での汀線抽出には不適切と考えられる。



図-5 NDVI の画像

そこで、本研究では可視域緑領域 (band1) と band4 に注目した。水域ではband1は反射するが、band4はほとんど反射しない。土や植物に対しては、band1もband4も反射するが、band4の反射率の方がband1の反射率よりも高くなっている。以上より、band4 - band1のバンド間演算を(1)とすると、水域ではマイナス、陸域ではプラスになると思われるため、汀線抽出のための次のようなバンド間演算式(1)を提案する。なお、ASTER画像の一画素の長さは、band4が30m、band1が15mであるため、バンド間演算するために、band1

の画像は30mに変換した。さらに30mの画像を幾何補正し、約34mの画像にしたものを用いてバンド間演算を行っている。

$$AS_{4-1} = \left(\frac{\text{band 4} - \text{band 1}}{\text{band 4} + \text{band 1}} + 1 \right) \times 127 \quad (1)$$

(1)式でバンド間演算して得られた画像を図-6に示す。図-6を見ると砂浜地域と植生地域のどちらも明るくなっており、一方で海域が暗くなっているため、汀線位置が判定しやすいと考えられる。本研究では AS_{4-1} の画像を用いて汀線抽出を行う。

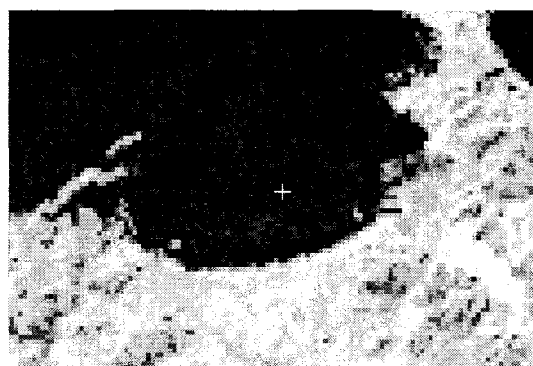


図-6 AS_{4-1} の画像

(3) 汀線を含む画素の抽出

まず、陸域と海域の交じり合っている画素(ミクセル)を抽出する。 AS_{4-1} の画像では陸域と海域が比較的是っきりと分かれているため、輝度値が急変する画素がミクセルであると考えられる。今回の対象海岸(実測を行った海岸)は、南西から北東方向に延びているため、次のようにミクセルを抽出した。まず、それぞれの画素の輝度値から一つ上の画素の輝度値を引いた値に閾値を設け、画像の上下方向の急変画素を抽出し、この画素をミクセルとした。同様にして、一つ左の画素の輝度値を引いた値を用いて、左右方向の急変を考慮したミクセルを抽出した。ミクセルとされた画素に AS_{4-1} の輝度値を代入した画像を図-7



図-7 ミクセルと判断された画素のみ抽出した画像

に示す。

(4) ミクセル内での汀線抽出

1画素の一辺の長さが約34mであるため、誤差を減らすためには画素内の汀線位置の抽出も重要である。本研究では、ミクセルの輝度値を3段階に分け、それぞれの段階で汀線位置を定めた。まず、汀線を含むと考えられるミクセルのみを200個抽出した。汀線ミクセルの輝度値のヒストグラムを図-8に示す。

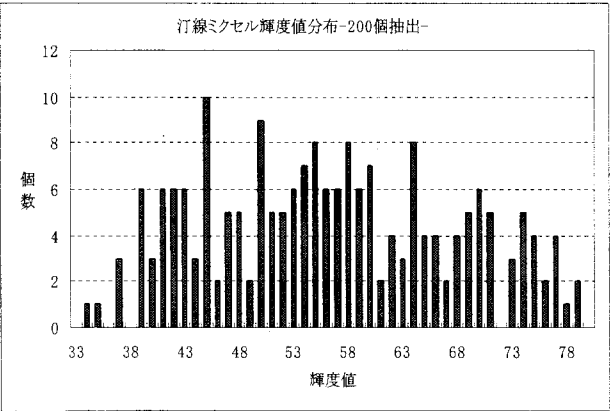


図-8 汀線ミクセルの輝度値分布ヒストグラ

このようにサンプリングしたミクセルを輝度値の大きい順に並べ、1/3番目、2/3番目の輝度値を閾値とし、輝度値の大きさにより3つのグループ(大, 中, 小)に分けた。本研究ではミクセルを200個抽出したが、300個抽出した場合も結果がほとんど変わらなかったため、200個程度で十分であると考えられる。

つぎにミクセル内の汀線の位置を抽出する。先程分けた3つのグループごとに図-9のように汀線位置を定める。つまりミクセルを3等分し、それぞれのグループ(大, 中, 小)において領域の中点を汀線位置とする。

また、ミクセルに隣接する上下左右4つのピクセルのうち、2つまたは3つのピクセルがミクセルと

して抽出されない場合には、ミクセルを9等分し、それぞれ図-10に示すように汀線位置を定めた。

黒い画素は海域であり、それ以外の画素がミクセルである。このようにプロットしたポイントを曲線でつなぐことにより抽出汀線とする。

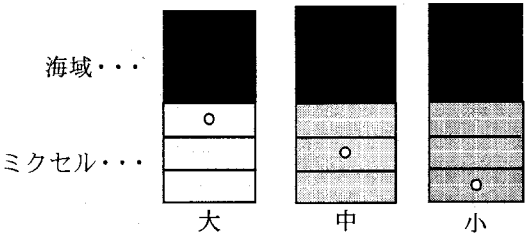


図-9 ミクセル内での汀線抽出位置

3. 抽出汀線と実測汀線との誤差評価

汀線の抽出結果を表すため、図-11のように2つの領域A, Bに分けた。領域Aの汀線はほぼ東西方向に位置し、領域Bでの汀線は、これに対してほぼ30度傾斜している。

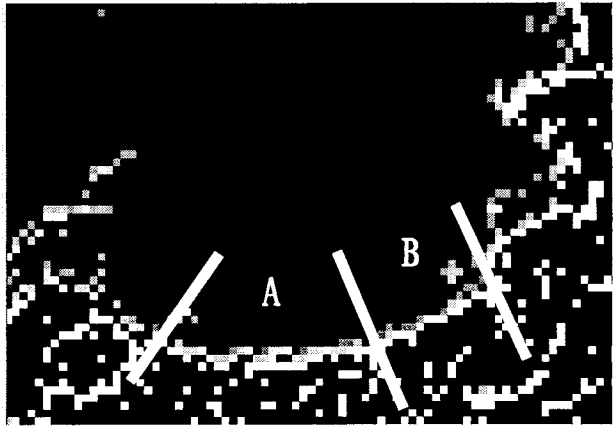


図-11 領域A及び領域Bの地域

図-12に領域A、図-13に領域Bの抽出汀線及び実測汀線の結果を示す。東西方向をx軸、南北方向をy

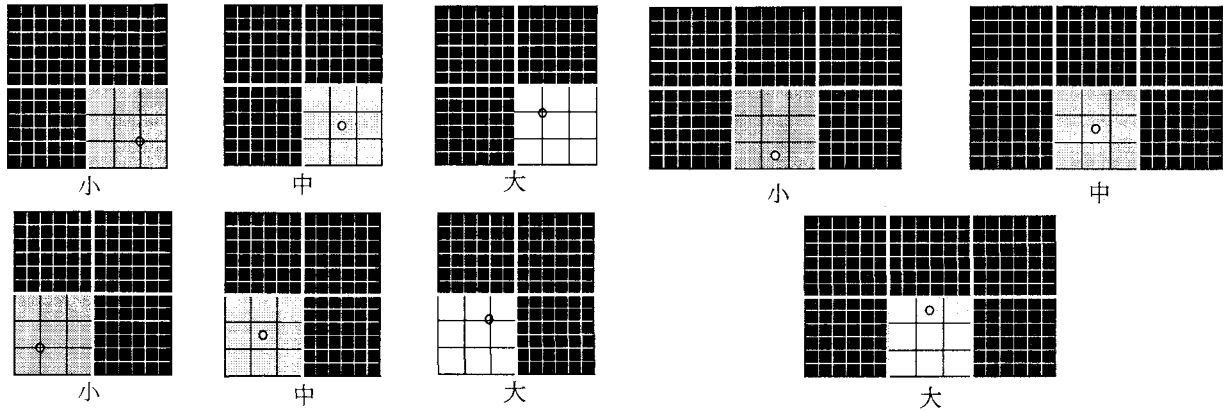


図-10 2面以上海域に接したミクセル内での汀線位置

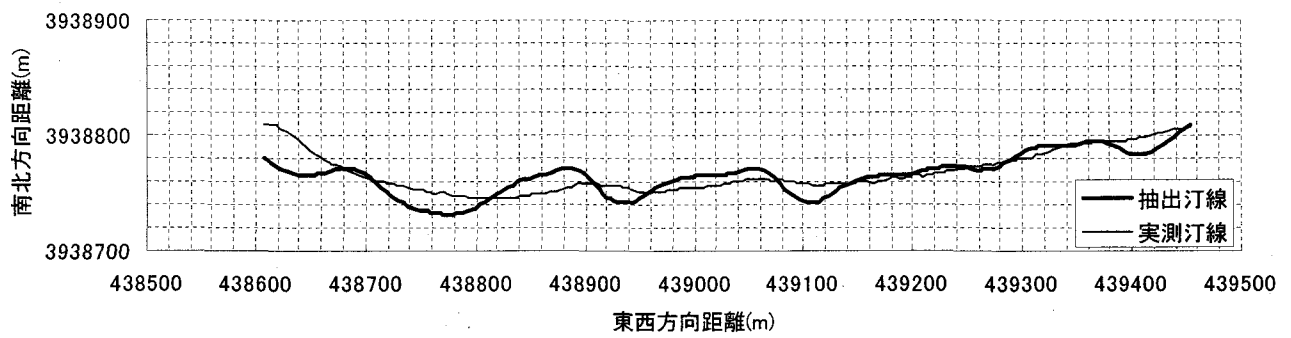


図-12 抽出汀線と実測汀線との比較(領域A)

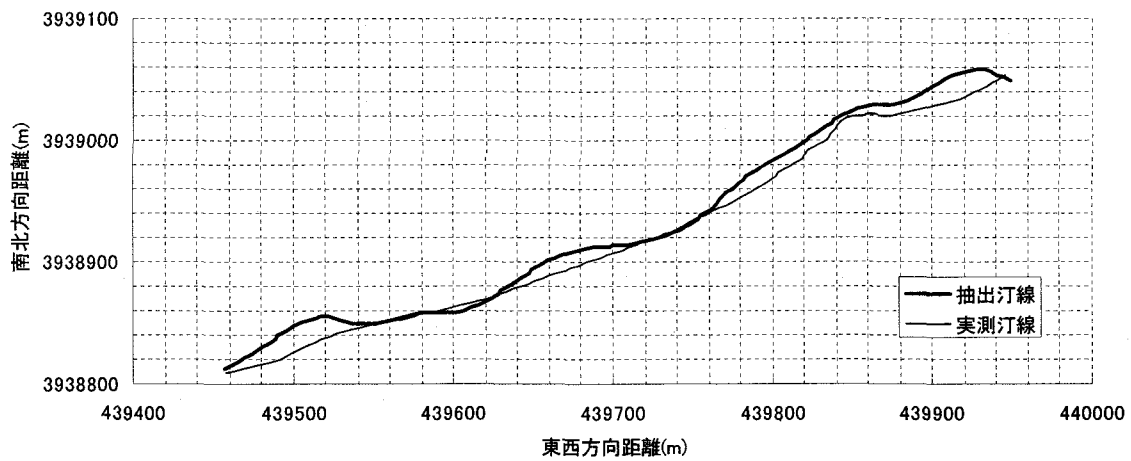


図-13 抽出汀線と実測汀線との比較(領域B)

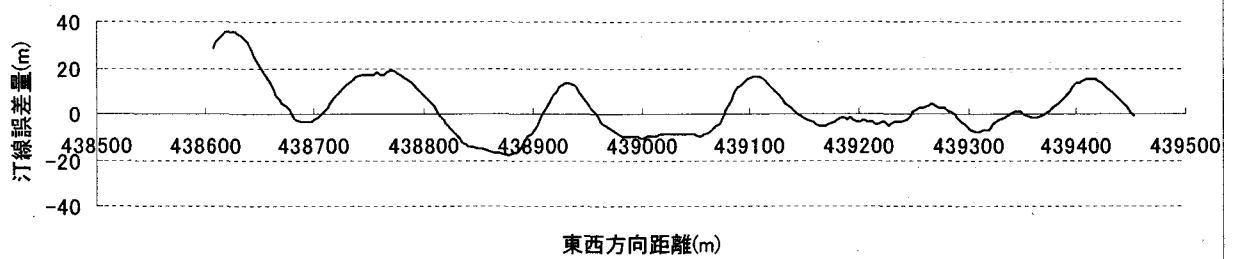


図-14 領域Aの汀線誤差量(実測汀線 - 抽出汀線)

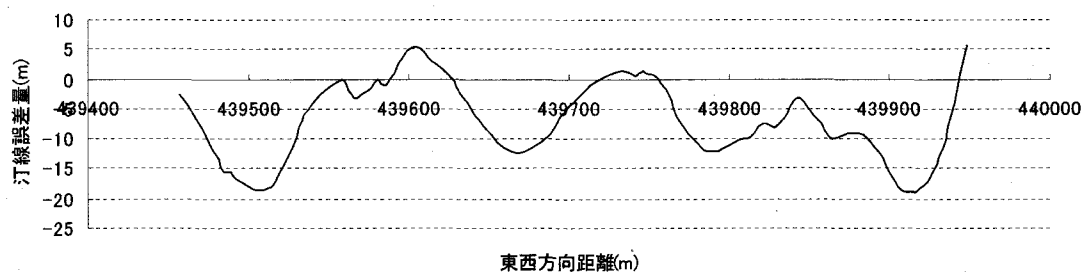


図-15 領域Bの汀線誤差量(実測汀線 - 抽出汀線)

軸とした時の汀線位置であり、1目盛は20mである。

衛星画像から抽出された汀線位置とGPS計測で得られた汀線位置の差異を評価するため、汀線に垂直方向の汀線位置の差異を算出した。ここではこの差異を誤差とする。図-14に領域Aの汀線誤差量、図-15に領域Bの汀線誤差量の結果を示す。対象地域全域において、ほとんどの地域が20m以下の誤差に収まっていることがわかる。図-16は、対象地域全域の汀線誤差量の出現確率を表す。

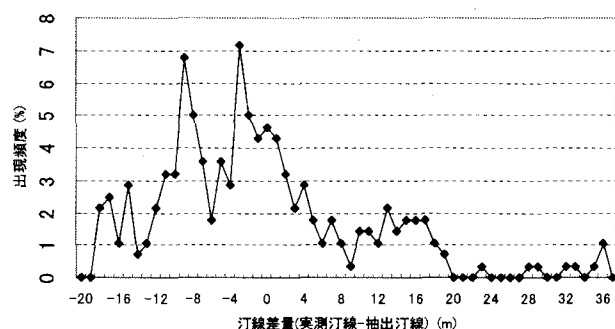


図-16 抽出汀線の誤差量の出現確率

今回用いた画像の1画素の一边の長さが約34mであるため、ほとんどが1ピクセル以内の誤差となっていることがわかる。これを確率分布として表したものが図-17であるが、これを見ても90%以上の確率で誤差が1ピクセル以内に収まっていることがわかる。

従って、ASTER画像の解析によって、汀線が存在するピクセルは90%以上の確率で決定することができる。さらに、図-17を見ると、半ピクセル(17m)以内の誤差になる確率も約90%であることがわかる。ほとんどの場合1ピクセル以内の誤差となっているため、発生する誤差は汀線を含むピクセル内での汀線位置の決定方法に起因することがわかる。また、衛星画像によって抽出される汀線位置は、いわゆるswash oscillationの影響も含まれており、今後これらの点についてより詳細な検討を加えていく

必要がある。

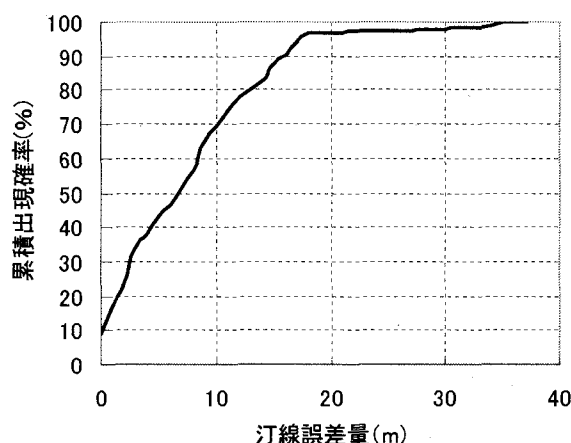


図-17 汀線誤差量の確率分布図

4. 結語

本研究では、ASTER画像を用いた汀線抽出方法の提案を行った。さらに、抽出された汀線とASTER画像の撮影時刻と同時刻に実測した汀線を比較することにより、誤差評価を行った。ASTER画像によって抽出された汀線位置は、ほぼ1ピクセル以内の誤差で実測汀線と一致し、さらに半ピクセル以内の誤差になる確率が約90%という結果が得られたため、抽出方法の有用性が確認された。また、このような誤差が、汀線を含むピクセル内での汀線位置の決定方法に起因するものか、swash oscillationに起因するものかなどを含めて今後さらに検討する必要がある。

謝辞：本研究を行うにあたり、衛星画像の提供をして下さった資源・環境観測解析センター(ERSDAC)に深く謝意を表する。

参考文献

- 1) 大林成行, 小島尚人: 実務者のためのリモートセンシング, 2002