

ALOSデータを利用した 汀線変化状況解析システムの開発

DEVELOPMENT OF SHORELINE CHANGE ANALYSIS SYSTEM USING ALOS DATA PRODUCTS

小宮山佳世¹・小玉篤²・西河琢³・見上敏文⁴・渡邊敏人⁵
Kayo KOMIYAMA, Atsushi KODAMA, Taku NISHIKAWA, Toshifumi MIKAMI
and Toshihito WATANABE

¹農修 株式会社アルファ水工コンサルタンツ 技術部 (〒063-0829 札幌市西区発寒9条14丁目)

²株式会社アルファ水工コンサルタンツ 技術部 (〒063-0829 札幌市西区発寒9条14丁目)

³農修 株式会社アクアテック 技術部 (〒063-0829 札幌市西区発寒9条14丁目)

⁴正会員 株式会社アルファ水工コンサルタンツ 技術部 (〒063-0829 札幌市西区発寒9条14丁目)

⁵北海道建設部土木局砂防災害課 災害・海岸グループ (〒060-8588 札幌市中央区北3条西6丁目)

For planning and operation of shore protection facilities against beach erosion, it is necessary to understand the shoreline change trends.

Conventionally, aerial photographs are used for detection of shoreline changes. However, the major drawback of the aerial photograph is its prohibitive high cost in terms of data acquisition and processing time.

In this study, a shoreline change analysis system using satellite images from ALOS (Advanced Land Observing Satellite) has been developed. In this system, the location of shoreline is extracted as vector data from the ALOS images and previous aerial photographs.

Finally, comparison of shorelines in the vector data is carried out automatically using a GIS (Geographical Information System) system.

Key Words : *ALOS, shoreline change analysis, geographical information system, satellite image, aerial photograph*

1. はじめに

効果的かつ効率的な海岸侵食対策事業の計画立案・実施には広域的な土砂収支を念頭においた検討が必要であり、基礎的な資料として、経年的な変化も含めた沿岸の汀線変化状況を客観的に把握することが重要である。

北海道では、これまで約10年毎に沿岸の空中写真を撮影し、侵食状況の調査・解析を行ってきたが、全沿岸約3,000kmの空中写真撮影および解析には莫大な労力と費用が必要であることから、これに代わる低コストで簡便な手法の導入が求められていた。

本研究ではこのような状況を踏まえ、ALOS(陸域観測技術衛星「だいち」)の光学センサデータを利用して最新の汀線位置をベクトルデータ化し、併せて同様に数値データ化した既往の空中写真の汀線位置をGIS(Geographical Information System)上で比較することで、沿岸の汀線変化状況を解析するシステムを開発した。本システムを使用し、北海道の一部の沿岸約800kmにおいて試行的に解析を実施した。

2. ALOS データ(陸域観測技術衛星「だいち」)

ALOS(エイロス)とは、宇宙航空研究開発機構(JAXA)が、地図作成、地域観測、災害状況把握、資源探査等への貢献を図ることを目的として打ち上げた「陸域観測技術衛星(Advanced Land Observing Satellite)」で2006年から運用されており、日本語名は「だいち」である。ALOSの主要諸元を表-1に示す。

ALOSは、地上分解能2.5m(直下視)のパンクロマチック立体視センサ(PRISM)、土地被覆の観測を高精度に行うための地上分解能10m(直下視)の高性能可視近赤外放射計2型(AVNIR-2)、および昼夜や天候によらず陸域観測が可能なフェーズドアレイ方式Lバンド合成開口レーダ(PALSAR)の3つの地球観測センサを搭載しており、約46日の回帰日数で同一地点の画像を撮影している。各センサで取得したデータは、未処理状態のものから簡易オルソ化したGeoTiff等、各種のフォーマットでデータが提供される。

ALOS データは、雲量によりデータ利用の制限は

あるが、約8回/年の撮影頻度で地上画像を取得し、原則としてすべてのデータがライブラリ化されていることから、従来の空中写真や他の商用衛星と比較しても利用価値は高いものと推察される。

本研究では、汀線変化解析に使用すると同時に、GISの背景画像としての利用も行うことから、ALOSデータのうち、オルソ化された2.5m解像度のパンクロマチック画像（PRISM、モノクロ、1シーン35km×35km範囲）およびパンシャープン画像（AVNIR-2とPRISMを合成、カラー、1シーン35km×35km範囲）を使用した。

表-1 ALOS 主要諸元¹⁾

| | |
|-----------|---|
| 打上げ日 | 2006年1月24日 |
| 打上げ機 | H-IIA ロケット |
| 打上げ場所 | 種子島宇宙センター |
| 衛星質量 | 約4t |
| 発生電源 | 約7kW（寿命末期） |
| 設計寿命 | 3~5年 |
| 軌道 | 太陽同期、準回帰軌道 |
| | 回帰日数：46日 |
| | サブサイクル：2日 |
| | 高度：691.65km（赤道上空） |
| | 傾斜角：98.16° |
| 姿勢決定精度 | 2.0×10 ⁻⁴ °以内 （オフライン、GCPあり） |
| 位置決定精度 | 1m以内（オフライン） |
| データ転送度 | 240Mbps（データ中継衛星経由） |
| | 120Mbps（直接送信モード） |
| 搭載データレコーダ | 固体データレコーダ（90Gbytes） |

3. 海岸総合管理システム

(1) 海岸総合管理システムの概要

北海道では、海岸域および海岸保全施設の情報を経営的に管理することを目的として、2001年からGISデータベース「海岸総合管理システム」の構築に着手し、2007年度までに北海道の全沿岸約3,000kmのデータ整備が完了している²⁾。

本研究では、この海岸総合管理システムへの機能追加として、汀線変化状況解析システムの開発を行った。

(2) 海岸総合管理システムの構成

海岸総合管理システムでは、操作性およびデータの作成・更新を容易にするため、図-1に示すように地図的な情報を管理するGISエンジンと外部データベースおよび外部データファイルを連携させる構成となっている。

本研究では、この外部データファイルに衛星画像

および既往の空中写真画像データを追加し、これら画像データを基に作成した汀線位置のベクトルデータをGISエンジンで管理することとしている。

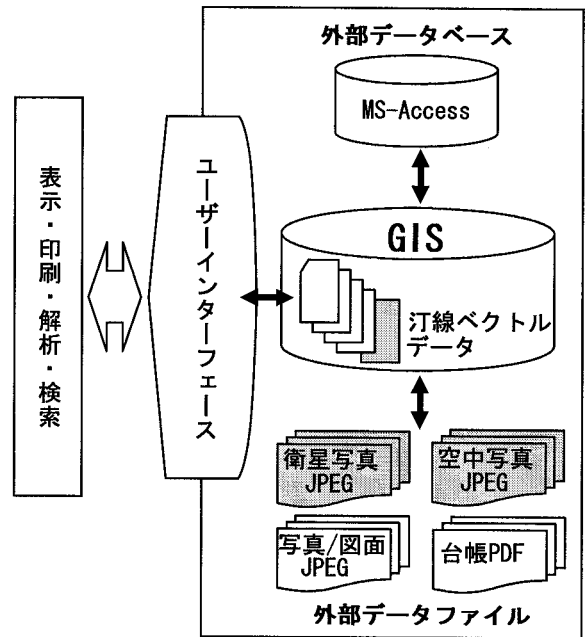


図-1 海岸総合管理システムの構成

(3) 海岸保全施設データ

海岸総合管理システムを構築するにあたっては、データベースの核となる海岸保全施設について、現地における実際の状況把握を目的に、施設の平面形状および天端高について、リアルタイムキネマティック方式のGPS（RTK-GPS）による計測を行っている。この方法ではGPS衛星からの受信電波に含まれる誤差（電離層・対流圏の遅延、衛星の軌道誤差等）を、国土地理院が全国に設置した電子基準点での観測結果に基づいて補正し、一般的に水平方向2cm、鉛直方向3cm程度の誤差精度で3次元の座標計測が可能である。

これにより、すべての海岸保全施設が、実用上、問題の無い精度でGISデータ化されている（図-2）。

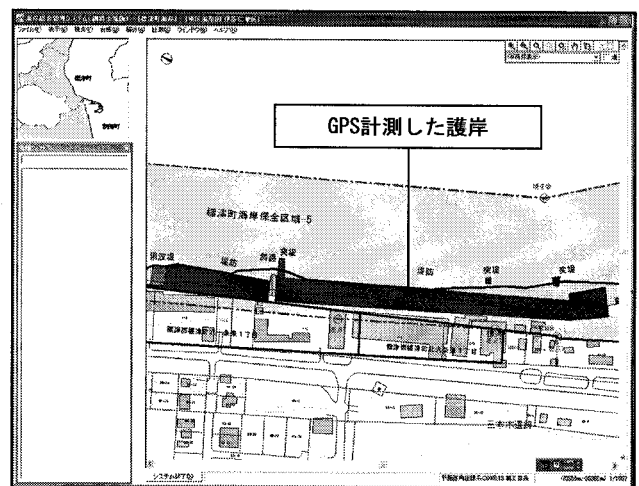


図-2 GIS上に入力された海岸保全施設

4. 衛星画像及び空中写真の位置補正

(1) 衛星画像

本研究にて使用した ALOS データは、位置情報が付加された GeoTiff 形式のファイルで、GIS ソフトや CAD ソフト等に直接取り込むことが可能である。しかし実際には、数メートル～数十メートルの座標的な誤差（ズレ）があり、他の空中写真と比較のためには空間的な補正を行う必要がある。

このため、前述の海岸総合管理システムに入力されている海岸保全施設データを活用し、誤差数センチメートルで GIS データ化された海岸保全施設を地上基準点 (GCP) として利用することで、衛星画像の位置補正を実施した (図-3)。



図-3 ALOS データの位置補正

(2) 空中写真

北海道では、海岸の侵食状況の調査を行うため、約 10 年毎に全沿岸の空中写真撮影を実施し、過去の空中写真との比較によって侵食実態を明らかにしていた。

これまでは、これらの空中写真と 1947 年に米軍により撮影された空中写真を比較するため、道路の交差点等を地上固定点とした簡易的な正規化により

位置補正を行って汀線比較を行ってきたが、空中写真についても、衛星画像と同様の方法で、GIS 上の海岸保全施設や漁港港湾施設の形状を地上基準点 (GCP) として位置補正を実施した。

ただし、過去の空中写真で撮影年次が古いものには、当時と現地状況が大きく異なる場合があり、地上基準点を設定するのが困難な場合があった (図-4)。その様な場合は、海岸保全施設、漁港港湾の形状に加え、道路や周囲の地形等の状況を総合的に判断して位置補正を行うこととした。

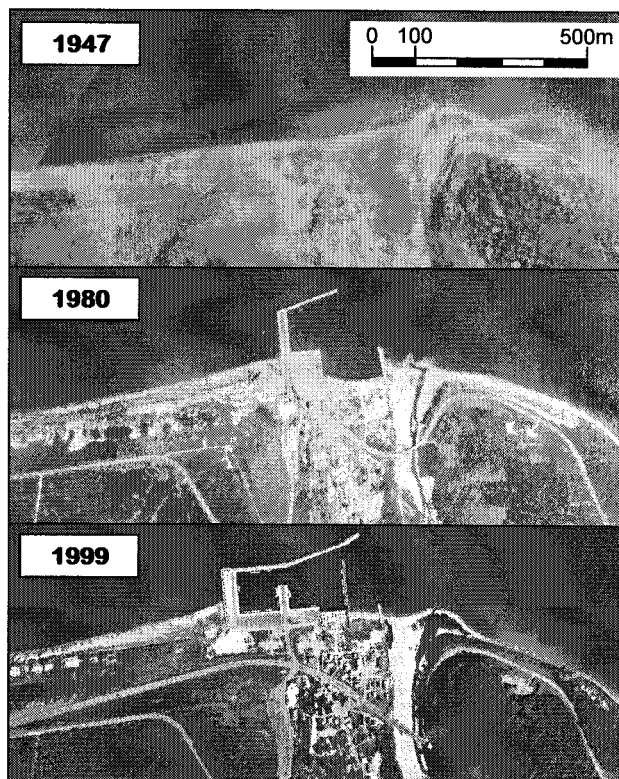


図-4 地上基準点設定が困難な例

5. 汀線のベクトルデータ化と潮位による汀線位置補正

既往の研究³⁾では、画像解析により汀線位置を特定する方法も提案されているが、分解能の高い 2.5m 解像度の衛星画像および高解像度でスキャンした空中写真画像から汀線位置を特定する場合、現時点においては、人間が GIS 上で画像を判読しながらトレースする方法が精度および作業効率の面で優位であると判断し、本研究では画像データを基に PC 上で汀線ベクトルデータの作成を行った。

さらに、潮位差の大きい沿岸では、潮位による汀線位置の変化を補正するため、各画像の撮影日時における潮高を算出し、これと現地における前浜勾配を用いて、T.P. ±0m 時の汀線位置補正量を算出した。この値に基づき汀線のベクトルデータを移動させ、汀線ベクトルデータをライブラリ化した (図-5)。

なお、各海岸の前浜勾配については、海岸総合管

理システムに入力されている横断測量結果から設定を行っている。

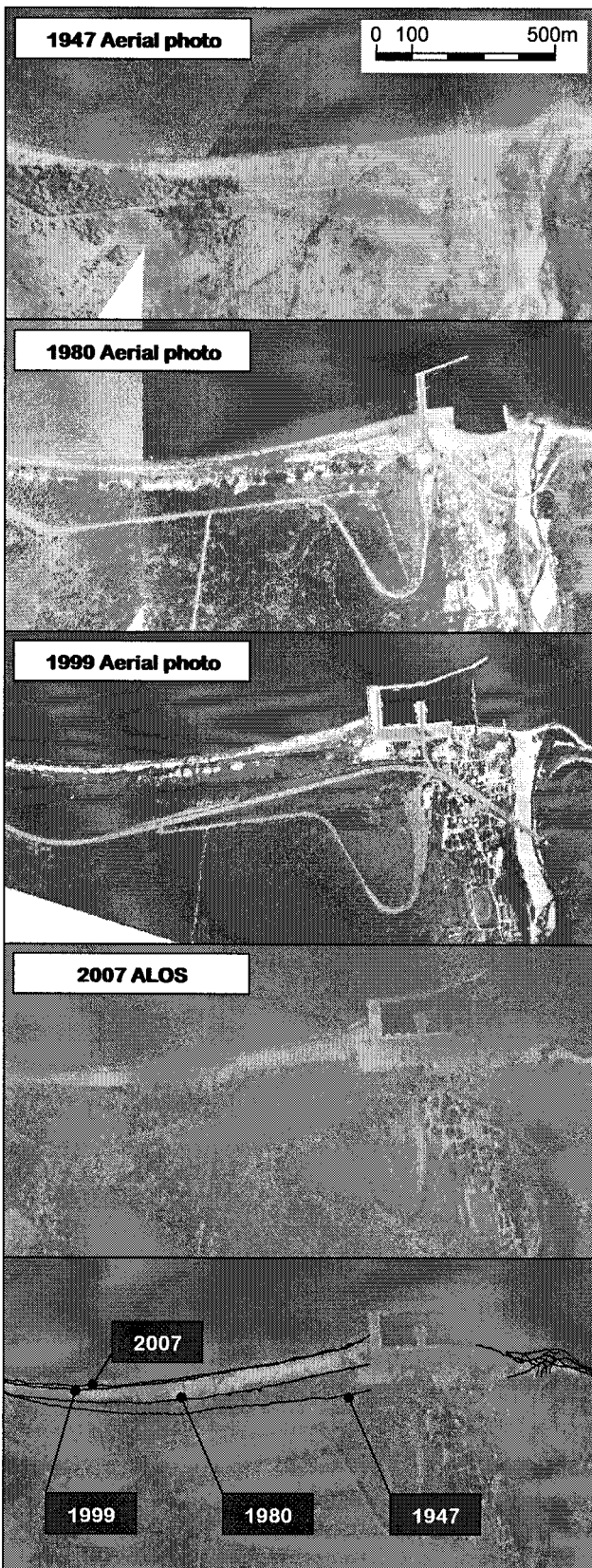


図-5 汀線ベクトルデータ作成結果例

6. 汀線変化解析手法

(1) 算定基準線の設定

汀線変化状況解析システムでは、GIS上でライブラリ化されている汀線のベクトルデータから、地区海岸を最小単位として汀線変化量の算定を自動的に行うこととした。

この際、地区海岸毎に計算のための仮想的な基準線を設定し、この基準線からの垂線と各汀線の交差する点を空間的に検索し、その座標から汀線変化量を算定すると同時に、各々の変化量を積分して得られる海浜面積変化量の算定を行っている(図-6)。

この方法により、使用する汀線ベクトルデータの選択に対応した期間別の汀線変化量、海浜面積変化量が自動計算され、システムの画面上に表示されるとともに、印刷およびCSV形式でのデータ出力を行うことが可能である。

なお、湾地形等で海岸線が極端に湾曲している海岸では、必要に応じて基準線を分割することとしている。

また、変化量を計算する際の垂線の間隔は、5m～100mの範囲で任意に設定することが可能である。

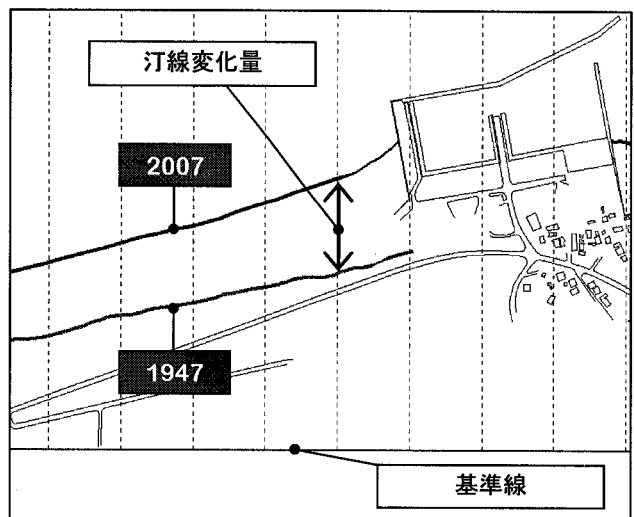


図-6 汀線変化量算定箇所

(2) 解析結果

本研究では開発した汀線変化状況解析システムを利用して、海岸総合管理システムへ入力した1947年の米軍による空中写真から2007年のALOS画像までの汀線データライブラリを基に、任意期間の汀線変化量および海浜面積変化量について地区海岸毎に解析を行った(図-7)。表-2は、1947年～2007年までの地区海岸毎の最大汀線変化量、平均汀線変化量、海浜面積変化量であるが、使用する汀線データを変更することにより、期間別の汀線変化状況についても把握することが可能である。

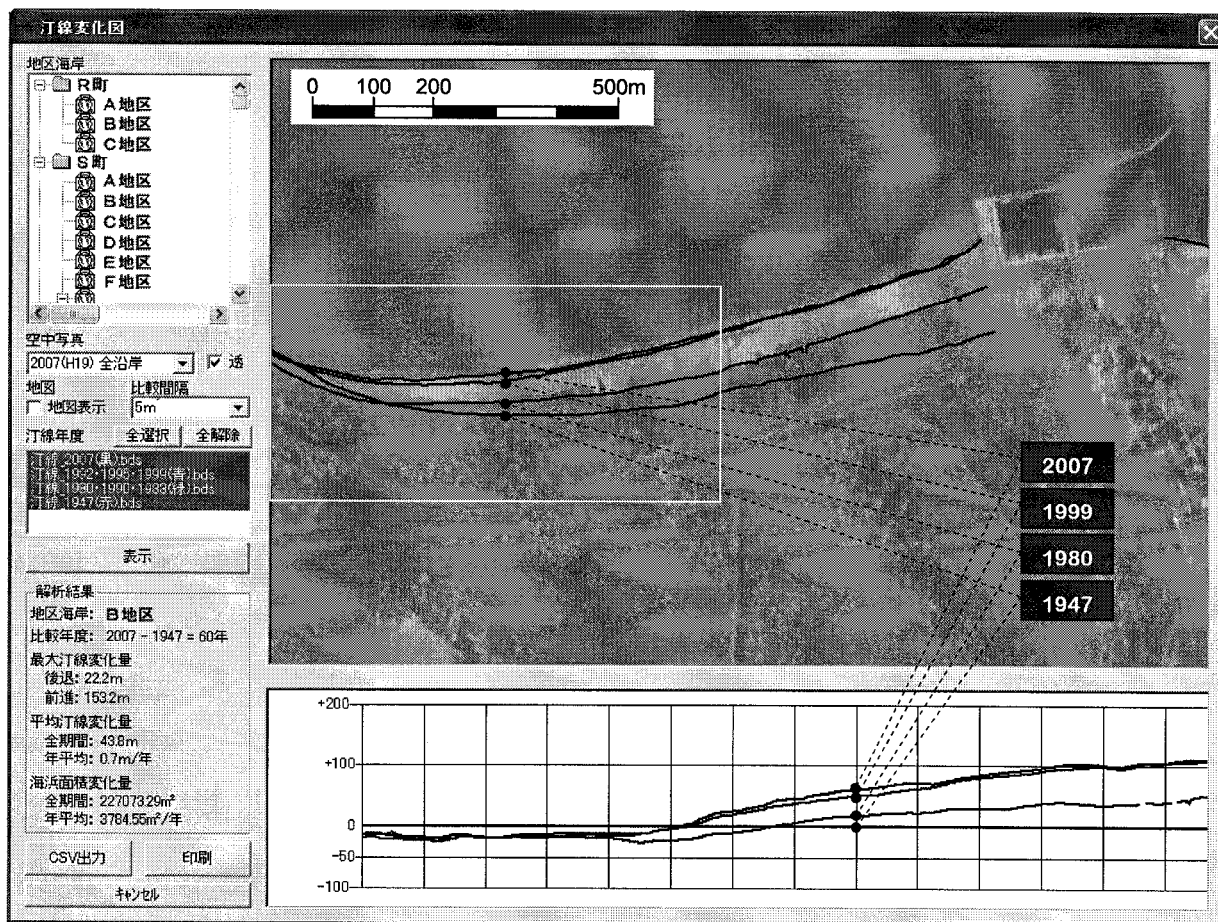


図-7 汀線変化解析結果出力画面

表-2 解析結果一覧

| 市町村名 | 地区海岸 | 比較年度 | 侵食状況概要 | | 最大汀線変化量 | | 平均汀線変化量 | | 海浜面積変化量 | |
|------|-------------|-------------|-------------|-----|-----------|-----------|------------|-----------------|--------------------------|-------------------------------|
| | | | (m) | | 後退 (m) | 前進 (m) | 全期間 (m) | 年平均 (m/year) | 全期間 (m ²) | 年平均 (m ² /year) |
| R町 | A地区 | 1947~2007 | [Bar chart] | | 17 | 13 | △ 0.24 | △ 0.00 | △ 428 | △ 7 |
| | B地区 | | [Bar chart] | | 23 | 17 | 1.74 | 0.03 | 3,149 | 52 |
| | C地区 | | [Bar chart] | | 19 | 5 | △ 10.83 | △ 0.18 | △ 11,484 | △ 191 |
| S町 | A地区 | | [Bar chart] | | 26 | 16 | △ 1.58 | △ 0.03 | △ 9,704 | △ 162 |
| | B地区 | | [Bar chart] | | 22 | 153 | 44.11 | 0.74 | 228,492 | 3,808 |
| | C地区 | | [Bar chart] | | 33 | 30 | △ 12.27 | △ 0.20 | △ 61,204 | △ 1,020 |
| | D地区 | | [Bar chart] | | 48 | 81 | 1.55 | 0.03 | 6,673 | 111 |
| | E地区 | | [Bar chart] | | 34 | 23 | △ 6.21 | △ 0.10 | △ 11,676 | △ 195 |
| | F地区 | | [Bar chart] | | 35 | 194 | 48.80 | 0.81 | 195,188 | 3,253 |
| | G地区 | | [Bar chart] | | 245 | 104 | △ 76.23 | △ 1.27 | △ 660,440 | △ 11,007 |
| B町 | A地区 | | [Bar chart] | | 133 | 153 | △ 9.30 | △ 0.16 | △ 139,253 | △ 2,321 |
| | B地区 | | [Bar chart] | | 385 | 141 | △ 36.14 | △ 0.60 | △ 432,946 | △ 7,216 |
| | C地区 | | [Bar chart] | | 23 | 80 | 7.08 | 0.12 | 67,112 | 1,119 |
| | D地区 | | [Bar chart] | | 183 | 41 | △ 34.44 | △ 0.57 | △ 142,594 | △ 2,377 |
| | E地区 | | [Bar chart] | | 316 | 1 | △ 53.61 | △ 0.89 | △ 528,084 | △ 8,801 |
| N市 | A地区 | | [Bar chart] | | 324 | 145 | △ 21.26 | △ 0.35 | △ 149,914 | △ 2,499 |
| | B地区 | | [Bar chart] | | 292 | 76 | △ 101.89 | △ 1.70 | △ 180,076 | △ 3,001 |
| | C地区 | | [Bar chart] | | 34 | 36 | △ 8.73 | △ 0.15 | △ 23,219 | △ 387 |
| | D地区 | | [Bar chart] | | 31 | 9 | △ 8.12 | △ 0.14 | △ 27,761 | △ 463 |
| | E地区 | | [Bar chart] | | 46 | 115 | △ 3.67 | △ 0.06 | △ 3,891 | △ 65 |
| | F地区 | [Bar chart] | | 107 | 20 | △ 9.96 | △ 0.17 | △ 41,494 | △ 692 | |
| | G地区 | [Bar chart] | | 110 | 39 | △ 7.83 | △ 0.13 | △ 55,238 | △ 921 | |
| | H地区 | [Bar chart] | | 91 | 42 | △ 19.64 | △ 0.33 | △ 61,679 | △ 1,028 | |
| | I地区 | [Bar chart] | | 87 | 31 | △ 31.05 | △ 0.52 | △ 143,256 | △ 2,388 | |
| | J地区 | [Bar chart] | | 73 | 0 | △ 52.42 | △ 0.87 | △ 139,447 | △ 2,324 | |
| | K地区 | [Bar chart] | | 98 | 80 | △ 20.44 | △ 0.34 | △ 64,807 | △ 1,080 | |
| | L地区 | [Bar chart] | | 95 | 227 | △ 4.30 | △ 0.07 | 177,631 | 2,961 | |
| | M地区 | [Bar chart] | | 86 | 62 | △ 9.01 | △ 0.15 | △ 43,981 | △ 733 | |
| | N地区 | [Bar chart] | | 21 | 85 | 19.67 | 0.33 | 59,203 | 987 | |
| | O地区 | [Bar chart] | | 85 | 132 | 6.07 | 0.10 | 23,318 | 389 | |
| P地区 | [Bar chart] | | 22 | 49 | 3.98 | 0.07 | 9,875 | 165 | | |
| Q地区 | [Bar chart] | | 66 | 94 | 0.01 | 0.00 | 17,111 | 285 | | |
| R地区 | [Bar chart] | | 66 | 38 | △ 27.62 | △ 0.46 | △ 182,595 | △ 3,043 | | |
| S地区 | [Bar chart] | | 195 | 116 | 0.34 | 0.01 | 1,387 | 23 | | |

7. ALOS データの活用

図-8 の画像は、同一地点の 2007 年 8 月 7 日と同年 12 月 26 日の ALOS 画像である。

両者の画像には顕著な相違はないが、流入河川の河口付近で河道の変化などを見ることができる。

衛星の飛来タイミングによるが、今後、台風等の擾乱直後の画像や災害発生後の画像が取得出来た場合には、これら現象の解明にも活用されることが期待される。



図-8 同一地点での撮影時期の異なる ALOS データ比較

8. おわりに

ALOS データおよび既往空中写真を、GPS 計測された海岸保全施設データを用いて位置補正し、汀線位置を GIS 上でベクトルデータ化することにより、簡便に汀線変化および海岸の侵食状況について解析を行うことが可能となった。

ALOS データは従来の空中写真画像に比べると解像度的には若干劣るものの、汀線の変化状況を把握する目的には必要十分な精度であるものと推察される。具体的な精度としては、読みとり時の誤差は 5m (2.5m 分解能 ALOS データ 2 ピクセル分) 程度であるものと考えられるが、読みとり誤差以外にも、潮位補正で生じる誤差等があり、精度及び解析結果の妥当性を検証するためには、現地計測を基にした比較検討が必要であると言える。

また、ALOS データは、コスト的にも空中写真撮影と比べて数十分の一で画像データが得られることと、定期的に撮影されることを考えると、沿岸域のリモートセンシングデータとして非常に有益な情報になり得るものと思われる。

なお、運用上問題となるのが ALOS データの画像取得率であるが、可視光センサを利用している性質上、雲量が多い画像は使用することが困難である。本研究で使用可能であった画像は取得データのうち約 5 割であったが、季節や地域によっても晴天率は異なることから必ずしも定期的な画像が得られるとは限らない。また、流氷観測や災害の発生等の理由からセンサが違う方向に向けられることがあり、データの利用にあたっては、衛星の運用計画にも留意する必要がある。

謝辞：本システムの開発においては、北海道釧路土木現業所の林和男氏、林雅則氏、帯広土木現業所（当時）の笠原良孝氏に貴重なご助言をいただいた。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- 1) 財団法人リモート・センシング技術センター：ALOS データパンフレット，2007。
- 2) 見上敏文，小宮山佳世，小玉篤，加藤隆，渡邊敏人：GIS を利用した海岸保全施設データベースの開発，海洋開発論文集，第 23 巻，pp. 51-56，2007。
- 3) 例えば，出口一郎，荒木進歩，中上貴裕，清水昭洋，服部芳一：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，海洋開発論文集，第 21 巻，pp. 439-450，2005。