

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 24 日現在

機関番号：32665

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2012～2013

課題番号：24760421

研究課題名(和文)衛星搭載型合成開口レーダーによる海岸浸食域の時系列変化の実態評価

研究課題名(英文)Time series evaluation for beach erosion area by satellite synthetic aperture radar analysis

研究代表者

朝香 智仁 (ASAKA, Tomohito)

日本大学・生産工学部・助教

研究者番号：60514164

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円、(間接経費) 780,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、地球資源衛星「ふよう1号」が観測した1992年から1998年、陸域観測技術衛星「だいち」が観測した2006年から2011年の合成開口レーダーを利用して、海岸汀線の時系列変化の評価手法について検討した。結果として、L-Bandの合成開口レーダーを利用する場合における入射方向に依存する海岸の地理的な位置に関する知見、および半自動的に海岸汀線をトレースする手法の開発について成果を得ることができた。さらに、InSAR解析によって地盤変動を空間情報として出力し、海岸汀線の時系列変化と合わせて表示させることで、海岸汀線の後退とその要因として地盤沈下が影響している可能性を評価することができた。

研究成果の概要(英文)：In this work, I examined the potential of shoreline change analysis and developed the shoreline tracing method by using JERS-1/SAR and ALOS/PALSAR amplitude images. I also approached focusing on Kujuukurihama beach in Chiba Prefecture, Enshunada Beach in Shizuoka prefecture, Tottori Sand Dunes in Tottori prefecture, Fukiagehama Beach in Kagoshima prefecture, Tokachi beach in Hokkaido prefecture, Mukawa beach in Hokkaido prefecture, Itoigawa beach in Niigata prefecture, Hyuuganada beach in Miyazaki prefecture and Kaminokawa beach in Kagoshima prefecture as my test site.

My proposed shoreline tracing method reproduced the temporal variation of the Kujuukurihama beach using JERS-1/SAR and ALOS/PALSAR amplitude images. Moreover, I could analysis the surface deformation by SAR Interferometry techniques using ALOS/PALSAR dataset. As a result, I could offer simultaneous display method between shoreline tracing results and surface deformation results as spatial information, respectively.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・土木計画学・交通工学

キーワード：リモートセンシング JERS-1/SAR ALOS/PALSAR GIS

1. 研究開始当初の背景

海岸浸食は社会資本、生活基盤、海岸環境ならびに歴史・文化景観等に影響を及ぼすため、日本の砂浜は、海岸環境整備事業により整備されてきた。しかしながら、依然として日本の海岸線の総延長約 35,000km のわずか 4,500km に過ぎない砂浜が、年間約 1.6km² 消失していると報告されている。汀線変動は 2 枚の空中写真を比較しただけでもある程度は把握できるが、汀線の変動には長期変動と短期変動が重合して含まれているため、実態を把握するには長期間の多くのデータから解析する必要がある。しかしながら、空中写真は撮影頻度が多くても年一回程度であることより、長期的な変動を見逃してしまう可能性がある。一方、人工衛星による地球観測は、数十日に一度は同一地点を観測する周期性に優れており、特に国産の人工衛星による観測は、日本を重点的に観測しているため、データ数も豊富にある。また、衛星搭載型の合成開口レーダーは、天候や昼夜を問わず観測ができるため光学センサの観測のように被雲による制限がない。さらに、地表面の散乱過程を含む情報を保持しているため、応用分野として地物の物理的な構造や変動を計測できる利点を有する。国産の地球資源衛星「ふよう 1 号」は 1992 年から 1998 年、陸域観測技術衛星「だいち」は 2006 年から 2011 年の間に、合成開口レーダーおよび光学センサによる全球の観測を実施しており、多量のアーカイブデータが存在している。衛星データは国土の変遷を記録したデジタルアーカイブであり、過去から現在までの実態を空間情報として示すことができる。また、世界的にも海岸浸食が著しい地域は点在するため、世界中を観測している衛星データを用いた研究成果は、日本の国土計画の一助となり得るだけでなく、国際貢献への発展性が期待できる。

2. 研究の目的

本研究の目的は、平成 24 年度に実施する「衛星搭載型合成開口レーダーによる岸浸食域の推定手法の確立」と、平成 25 年度に実施する「衛星搭載型合成開口レーダーによる海岸浸食域の時系列変化の評価：日本の海岸線への適用」である。降雨時には砂浜の誘電率が乾燥時よりも上がるため、合成開口レーダーの後方散乱強度が大きくなる。よって、この理論を応用し、同地域を異なる気象条件下で観測した合成開口レーダーのデータセットから砂浜を面的に把握する手法を検討し、さらに、合成開口レーダーのデータセットを利用した干渉処理により、海浜部を含めた陸域の地盤沈下量も面的に解析して地盤沈下が海岸浸食の原因として影響しているかも評価する。これにより、海岸浸食の時系列変化と地盤変動量を合わせた、空間情報の表現を考案する。本研究の研究対象地域は、北海道地区として北海道/十勝海岸、北海道/

鶴川海岸、日本海側地区として新潟県/糸魚川海岸、鳥取県/鳥取砂丘、太平洋側地区として千葉県/九十九里浜、静岡県/遠州灘海岸、九州地区として鹿児島県/神之川海岸、鹿児島県/吹上浜、宮崎県/日向灘海岸の 9 箇所の砂浜海岸を選定した。いずれの海岸も海岸浸食が進行しており、また地震や台風による短期変動を含む地域でもある。

3. 研究の方法

本研究は、以下の 4 つのフェーズに分けて遂行することとした。

(1) 「衛星画像の前処理」では、衛星データを解析に用いられる型式のデータに変換する処理であり、画像を可視化して地理座標系へ投影するまでの画像処理とする。研究対象地域に対して、地球資源衛星「ふよう 1 号」(JERS-1) が 1992 年から 1998 年の間に観測した合成開口レーダー (SAR) データと光学センサ (VNIR) データ、および陸域観測技術衛星「だいち」(ALOS) が 2006 年から 2011 年の間に観測した合成開口レーダー (PALSAR) データと光学センサ (AVNIR-2) データの合計 112 シーンを処理することとした。なお、合成開口レーダーのデータは、本研究のメインの解析用データであり、光学センサデータは、解析結果の検証用としての用途として用いる。ただし、光学センサは同期観測しておらず、また、観測時の被雲により研究対象地域全体が確認できない場合があるため、その際は観測日が日付のデータを利用することとした。

(2) 「衛星画像の解析と検証」では、前処理をした衛星画像を利用して、降雨時と晴天時に観測された観測時期の近い合成開口レーダー画像から、海浜を抽出する手法を確立する。理論的には、合成開口レーダーの後方散乱強度の大きさの違いから海浜部分を画像から抽出できるが、電離層等の影響により画像にノイズが発見され、正しく解析できない場合も想定されるため、同対象地域に対して複数のデータセットから得られる結果を合成し、解析結果と定める。解析結果は、別途用意した観測時期の近い光学センサ画像と比較し、精度を検証する。

(3) 「解析結果の時系列化方法」では、解析結果を時系列の空間情報として扱い、海浜部の変化量を画像上で表現する手法を確立し、海岸浸食の程度を可視化する。なお、各研究対象地域に対して JERS-1 および ALOS の多時期の解析結果を統合して時系列変化を評価する。

(4) 「時系列変化の評価と検証」では、可視化した海岸浸食の評価結果を、研究対象地域を観測した国土地理院の空中写真画像データ (18 シーン) と比較し、詳細部の精度を検証する。さらに、多時期の干渉処理により得られた地盤沈下量と合わせて、海岸浸食に対する原因について考察できる空間情報を作成する。

4. 研究成果

本研究の成果は、以下の3つにまとめることができる。

(1) JERS-1/SAR および ALOS/PALSAR は合成開口レーダーの中でも L-band の波長帯で観測しており、諸外国の衛星で主に利用されている X-band や C-band に比べて波長が長いため、海岸汀線の判読が難しいとされている。よって、まずは JERS-1/SAR および ALOS/PALSAR の照射ビームの入射方向と海岸の位置に関する知見を深めるため、研究対象地域の中から、海岸線が東側向きの千葉県/九十九里浜、西側向きの鹿児島県/吹上浜、北側向きの鳥取県/鳥取砂丘、南側向きの静岡県/遠州灘海岸に絞り込み、L-band 合成開口レーダーの強度画像に映り込む海岸汀線の特徴について解析した。結果として、合成開口レーダーの入射方向に依存する傾向として、照射ビームに対して直交する方向に位置する海岸線である、東向きの千葉県/九十九里浜および西側向きの鹿児島県/吹上浜において海岸汀線が判読しやすいことがわかった。解析に使用した JERS-1/SAR および ALOS/PALSAR の入射角は約 34 度であり、地表面粗度の理論として $\ll \lambda / (8 \cos \theta)$ を計算すると、凡そ 3.5cm 以下の地物は滑らかなものになってしまうが、東向きの千葉県/九十九里浜および西側向きの鹿児島県/吹上浜の場合には海岸汀線付近で破碎する波の形状が照射ビームに対して直交する方向に分布していることが要因であると考えられる。なお、これらの研究成果については、「学会発表」として公表している。

(2) 研究着手前は、異なる気象条件下で観測した合成開口レーダーのデータセットから砂浜を面的に把握する手法を検討したが、実際に研究を実施すると予想された成果を得ることができなかった。また、強度画像による解析だけでなく、コヒーレンス解析や ALOS/PALSAR の HH 偏波と HV 偏波を利用した解析も試行したが良好な結果が得られなかった。そこで、合成開口レーダーの後方散乱係数を詳細に分析し、海岸汀線の候補と成り得る画素を抽出し、それらの画素をトレースすることで海岸汀線をベクターデータとして表現する手法に着手した。研究対象地域に千葉県/九十九里浜を選定し、ALOS/PALSAR の後方散乱係数について分析すると、海岸汀線付近に設定したトレーニングエリア内におけるニアレンジ側とファーレンジ側の正規分布が海域や陸域に設定したトレーニングエリア内におけるそれとは異なる事がわかった。この傾向に着目して、まず ALOS/PALSAR の強度画像内のエッジ部分を抽出し、エッジ部分を中心とする微小領域のニアレンジ側とファーレンジ側の平均値と標準偏差に閾値を設けて海岸汀線の候補となる画素を絞り込んだ。次に海岸汀線の候補となった画素に対して、任意の地点をスタート地点とし、範囲を放射状に広げなら

探査するアルゴリズムを考案した。結果として、光学センサ画像と比較しても良好な海岸汀線を半自動的にトレースできる一連のソフトウェアを開発することができた。なお、これらの研究成果については、「学会発表」として公表している。

(3) これまでの研究成果を総合し、JERS-1/SAR および ALOS/PALSAR の強度画像を利用して海岸汀線を抽出するための手法を確立するために、全研究対象地域の合成開口レーダーの強度画像を可視化し、観測日時の気象情報を参照しながら本研究に最適な合成開口レーダーのデータについて考察した。結果として、JERS-1/SAR および ALOS/PALSAR を利用する場合においては東向きもしくは西側向きの海岸であること、また、観測時の天候は降雨や低気圧の影響により海洋の気象が若干荒れている状態の方が、海岸汀線を判読しやすいことがわかった。また、千葉県/九十九里浜を研究対象地域に選定し、8 時期の ALOS/PALSAR データを利用したインターフェロメトリー解析により地盤変動を面的に推定した結果、当該地域は定期的に地盤沈下が起こっていることがわかった。これまで行ってきた海岸汀線の抽出結果や地盤変動量の解析結果を空間情報として GIS に展開した結果、海岸汀線が後退している地域は、地盤沈下によって侵食が進んでいる可能性をあることを視覚的に示すことができた。これは千葉県が毎年実施している水準測量成果や千葉県が報告している海岸浸食状況にも整合している結果となり、国産の衛星搭載型合成開口レーダーによって海岸汀線の時系列変化と地盤変動量を同時に評価できる可能性を見出すことができた。ただし、空中写真を用いた海岸汀線の詳細な分析から、詳細な部分については、高い精度で海岸汀線をトレースできているとは言い難い結果となった。よって、今後の課題として、次世代衛星が利用できる状況になったら、未解明部分について研究を進める必要があると思われる。なお、これらの研究成果については、「学会発表」として公表している。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 0 件)

[学会発表](計 4 件)

ASAKA Tomohito, IWASHITA Keishi, KUDOU Katsuteru, AOYAMA Sadayoshi, SUGIMURA Toshiro, "Shoreline change analysis using JERS-1/SAR and ALOS/PALSAR amplitude images", Japan Geoscience Union Meeting 2014, Pacifico Yokohama Conference Center Japan, S-TT5 9-03, 2014/4/29.

Tomohito Asaka, Yoshiyuki Yamamoto, Sadayoshi Aoyama, Keishi Iwashita, Katsuteru Kudou, "Automated Method for Tracing Shorelines in L-band SAR Images", The 2013 Asia-Pacific Conference on Synthetic Aperture Radar, Tsukuba International Congress Center EPOCHAL TSUKUBA, Jpan, INSPEC Accession Number:14026541, pp.325-328, 2013/9/25. (Peer reviewed)

Tomohito Asaka, Keshi Iwashita, Katsuteru Kudou, Sadayoshi Aoyama, Yoshiyuki Yamamoto, "An Analytical Approach of L-band SAR to Detect Shoreline Edge", International Symposium on Remote Sensing 2013, Makuhari Seminar House, Japan Japan, PID1457, pp.716-719, 2013/5/16.

朝香智仁・工藤勝輝・岩下圭之・青山定敬・山本義幸, "海浜変形を評価するための L-band SAR 解析手法の一考察", 日本リモートセンシング学会第 53 回学術講演会論文集, 広島大学東広島キャンパス, pp.247-248, 2012/11/20.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕(計 0 件)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

朝香 智仁 (ASAHA, Tomohito)

日本大学・生産工学部・助教

研究者番号: 60514164