

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 1 日現在

機関番号：32665

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26350406

研究課題名(和文) 合成開口レーダデータを適用したアジアの自然災害発生状況の分析手法の検討

研究課題名(英文) Investigation of the analysis method of the natural disaster situation in Asia by applying the Synthetic Aperture Radar data

研究代表者

中山 裕則 (NAKAYAMA, Yasunori)

日本大学・文理学部・教授

研究者番号：90318329

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：まず、津軽平野において地盤変動の高精度検出手法の開発を行い、多時期SARデータの干渉処理により23年間で約90cmの地盤沈下の検出とその原因分析などを行った。次に、関東平野中央部で、津軽平野で開発した解析手法に既存測量データを統合した調査方法を開発し、1970年代で年間10cm以上の地盤沈下や、2000年代で年間1cm程度の微小地盤沈下、洪水被害予測分析および海外調査への適用の可能性を示した。さらに、複数時期多偏波SARデータによる土壌分布などを反映した土地被覆分析の高度化の可能性の検討や、市街地の分類における光学高分解能衛星画像データの摘要性と誤差要因の評価を行った。

研究成果の概要(英文)：After the high accuracy detection method of ground deformation was firstly developed in the Tsugaru plain, this multi-temporal interference SAR analysis was applied to the detection of about 90cm land subsidence in 23 years and investigation of the primary factor. Next, through the development of the investigation method which integrated the multi-temporal InSAR analysis result used in the Tsugaru plain, and the existing survey data, land subsidence of both more than 10 cm per year in the 1970s and the slight 1 cm per year in the 2000s was detected in the Kanto central plain, and the possibility of flood damage estimate analysis and overseas application were investigated. Furthermore, investigation of the possibility of the highly land cover analysis reflecting the soil distribution using multi-temporal and multi-polarization SAR data, and evaluation of the applicability of the optical high resolution satellite data to city area classification and the error factor was carried out.

研究分野：リモートセンシング

キーワード：自然災害 SAR 干渉処理 地盤変動 時系列解析 土地被覆 津軽平野 関東平野

1. 研究開始当初の背景

世界の大都市など人口密集地帯は、大川沿いまたはその河口の平野に分布しているが、このような地域では、大規模な洪水や津波などの自然災害のリスクが高じている。実際に、東アジアでは、2011年3月の東日本大震災の津波被害、2004年12月のスマトラ沖地震による津波被害、2011年のタイ中央平原を中心とした広域洪水被害、2008年4月のミャンマーのサイクロンによる高潮被害などが顕著な例としてあげられる。これら広域かつ大規模な自然災害に共通する背景としては、その地域が標高の低い平野であること、そこで急速な開発を伴った都市化と都市圏拡大という地理的背景、その規模が大型あるいは拡大する気象現象の自然的背景、ならびに災害の広域化を想定外とした対策の遅れという社会的背景があげられた。

規模の拡大する自然災害に対する防災・減災は、広域視点での地理的背景、自然的背景、社会的背景を把握する必要がある。このうち地理的背景と社会的背景は、その対象地域の特性を反映している場合が多く、この両者を広域的調査手法で分析することが重要である。すなわち、開発や都市化を含む土地被覆変化、平野内の微地形、地盤変動などを広域観測の衛星データで調査する必要がある。

また、災害発生時は必ずしも天候に恵まれているとは限らず、さらに昼夜を問わず高頻度で調査する必要がある。このような調査については、広域を全天候でかつ昼夜にかかわらず観測可能な合成開口(SAR)データの適用が最適である。これまで、2006年に打上げられたALOS搭載PALSARによる観測データ利用の可能性と継続利用および高性能化に対する研究事例が示され、更なる高度化への期待が高まった。その後2011年にALOSデータの観測は停止したが、2014年には改良・高精度化されたPALSAR-2がALOS-2に搭載されデータが取得され始めた。すでに、JAXAよりPALSAR-2データの利用研究の研究公募が発出され、筆者らもPI・CIに選定されて、研究に向けた準備が整いつつあった。

以上のような背景から、改良されたPALSARデータを適用し、自然災害の発生状況把握、要因分析のための手法の高度化と、その減災へ向けた適用事例の基礎研究が必要と考えられた。

2. 研究の目的

(1) 日本を含む東アジアを対象地域として、ALOS-2/PALSAR-2にALOS/PALSAR、JERS-1/SARなどの各データとこれらと統合する高分解能衛星光学センサデータを収集して、統合データセットの編集・構築の高度化を継続的に行う。

(2) 対象地域において、近年の広域・大規模な自然災害のうち主に洪水の発生と被害状

況を、構築された衛星データセットに関連する数値地理情報や現地情報を統合させて、より高精度に抽出する方法の検討を行う。

(3) 都市化を含む土地被覆状況とその変化、地盤変動、地形変化などについて、SARおよび光学センサのデータセットに数値地理情報を統合した解析を行う

(4) 土地被覆変化、都市化、地盤変動、微地形分布と洪水などの災害発生状況との間の関係の分析手法の検討を行う。

(5) 上記の各種変化と洪水浸水域分布との関係の解析により洪水発生リスクの分析方法や減災へ向けた適用の可能性の検討を試みる。

3. 研究の方法

(1) 初(平成26)年度は、まず、衛星観測の合成開口レーダ(SAR)データであるALOS/PALSARデータと、平成25年度後半よりアーカイブが開始されたALOS-2/PALSAR-2データ、およびこれらと統合する高分解能衛星観測光学センサデータを収集して、それらの統合データセットの編集・構築を行った。また、衛星データセットを解析するためのハードウェアとソフトウェアの整備を行った。特に、時期の異なる合成開口レーダデータを解析して、地盤変動を抽出、調査するための専用ソフトウェアの購入・整備を行い、洪水発生に影響を及ぼすと考えられる沖積平野の地盤変動の基礎的解析を実施した。

また、日本および東アジアの対象地域のうち、具体的に解析、調査を実施する地域として、日本の関東平野、タイの中央平原、中国の長江河口域の平野などについて、これまでの洪水の発生状況やその要因の基礎的解析を行うと共に、災害規模把握に係る土地被覆分析あるいは現地協力機関からの情報収集を行った。特に、タイ中央平原では光学センサデータを中心として、SARデータも参照しながら2011年の大規模洪水発生状況とその流下水量推定を行った。また、関東平野の元荒川や古利根川沿い沖積平野とその周辺域における、過去の洪水発生推定や、SARデータと高分解能光学センサデータの融合による都市化開発域と軟弱地盤の沖積低地の土地被覆の関係分析を試みた。

(2) 2年目(平成27年度)は、まず、前年に引き続き、衛星観測合成開口レーダデータのALOS/PALSARデータ、新しいALOS-2/PALSAR-2データ、1990年代のJERS-1/SARデータおよびこれらと統合する光学センサデータを追加収集して、それらの統合データセットの編集・構築の高度化を図った。

対象地域を前年度から継続している国内の津軽平野および関東平野、国外ではタイの中央平原および中国の長江河口域とし、このデータセットに基づいて、前年からの継続である津軽平野の地盤変動とその洪水災害への影響の解析手法の確認のための現地調査

を実施し、地盤変動抽出手法の有効性ならびに地盤変動要因と洪水発生リスクの分析の可能性を検討した。

また、関東平野の中央部における近年とや長期の地盤変動の有無の基礎的解析、2011年大洪水発生地であるタイ中央平原における地盤変動抽出のための初期的解析、中国の長江河口における災害発生リスクに関連すると想定されるデルタの拡大や開発状況の解析などを行った。

さらに、同じく関東平野において、前年と同様に岩槻周辺と綾瀬川と元荒川沿いの軟弱地盤地域の沖積低地において、SAR データと光学式高分解能リモートセンシングによる情報の融合方法についての検討を進捗させた。具体的には、光学式高分解能衛星画像による土地被覆分類処理の系統的な比較検討をさらに進捗させ、土地被覆分類の誤差要因についての検討について重点的に検討を進めた。

(3) 最終(平成 28)年度は、まず、3年間継続して調査を行ってきた津軽平野を対象とし、その地盤変動の高精度検出手法の開発と適用および変動要因の分析、洪水発生への影響について検討した。

次に、過去(1947年)に大規模広域洪水が発生した関東平野中央部を対象とした地盤変動の調査として、津軽平野で開発・高精度化した時系列干渉 SAR 解析手法による成果に、既存の水準測量による地盤沈下等量線図を GIS 化したデータを統合する手法を開発した。

さらに、土地被覆分類解析の高度化に関し、同じく関東平野中央部において、多偏波 SAR データと光学センサデータによる土地被覆分類の比較を通して、複数時期の多偏波 SAR データの解析で微地形や土壌の分布を反映し高度化した土地被覆分析の可能性を検討した。

また、同じく関東平野において、高分解能かつ多バンド要素を持つ光学高分解能衛星画像によるマルチスペクトル画像を用いて、その土地被覆分類手法の摘要性について系統的に検討した。

4. 研究成果

(1) 初(平成 26)年度における、SAR データおよび高分解能衛星観測光学センサデータも合わせたデータセットの編集・構築では、日本の関東平野や中国の長江河口域およびタイの中央平原を対象とした ALOS/PALSAR データを中心に衛星観測光学センサデータも合わせたデータセットの編集・構築が行えた。

また、大規模災害のうち洪水の発生状況の高精度抽出手法の基礎的検討結果では、タイ中央平原の 2011 年大洪水と関東平野の過去の洪水を事例として、光学センサデータを中心に、数値地理情報や現地情報を合わせて解析し、災害抽出手法の基礎的検討を行った。

さらに、土地被覆状況とその変化、都市化、

地盤変動、地形分布などの解析と、これらと災害発生状況との関係の分析手法の検討としては、関東平野の元荒川沿いを中心として、都市化を中心とした土地被覆状況とそこに分布する微地形との関係の分析、津軽平野における地盤変動の解析とその洪水災害への影響の検討を行った。土地被覆変化と都市化および地盤変動と災害発生状況との関係の分析手法の検討も始めることができた。

(2) 2 年目(平成 27 年度)における、SAR データと光学センサデータによる統合データセットの編集・構築の高度化では、国内の津軽平野と関東平野、海外のタイ中央平原と中国の長江河口域において、長期間のモニタリング用の衛星データセットを拡大構築した。

また、津軽平野の 1990 年代から現在までの地盤変動の傾向を解析し、2000 年代に一定割合での沈下状況が把握され、それが土地の人工改変に伴う圧密と推察される局所的な地盤沈下で、現地調査結果も合わせた地盤沈下解析手法の有効性と洪水発生リスク分析の可能性を示すことができた。この結果は、洪水発生リスクに関係する基礎的な情報であることを確かめることができた(図 1)。

次に、関東平野中央部の長期地盤変動傾向の解析のための 1990 年代以前の地盤変動計測成果の編集を行った。

また、中国の長江河口のデルタについて 1960 年代からの光学センサデータの解析により、2003 年までのデルタの急速な拡大とそれ以後の拡大傾向変化を把握することができた(図 2)。

さらに、タイ中央平原では、InSAR の初期解析により都市部での僅かな地盤上昇を確認した。

分類手法の適用性の検討では、対象地域独特の土地被覆状況の抽出精度の向上と誤差要因の分析に向けての検討に重点を置きつつ研究を進捗させた。

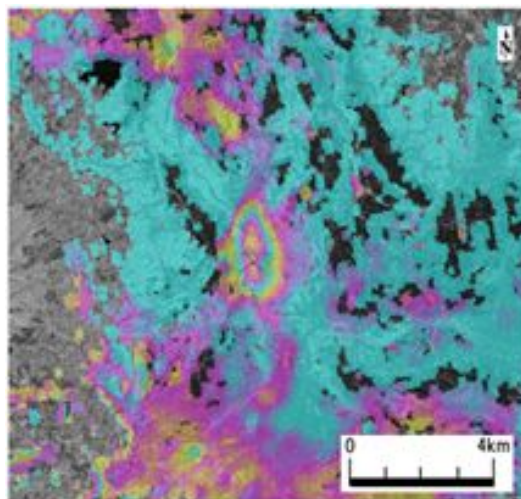


図 1 SAR データ干渉処理による津軽平野の 2007 年から 2011 年までの地盤沈下

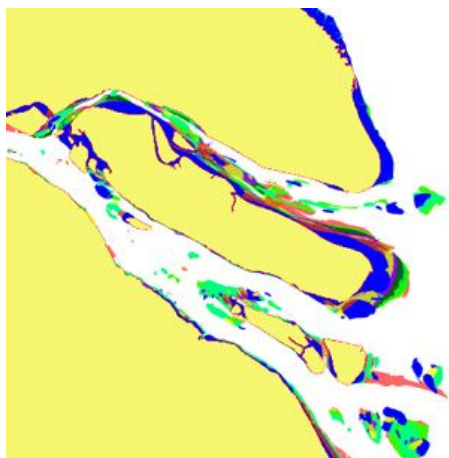


図2 衛星データによる1960年から2014年までの長江デルタの拡大

(3) 最終(平成28)年度においては、総合的な解析や分析を行った。

まず、大規模災害への影響要因として、地盤変動や土地被覆変化が大きいことから、著しい地盤沈下が確認されている津軽平野で、継続構築された統合データセットの多時期SARデータの干渉処理に基づく約20~30年間の地盤変動検出とその要因分析の手法の高度化を行い、実際に約23年間で約90cmの地盤沈下を検出して、その原因が盛土地域での圧密によることを示し、さらに洪水発生への影響について論じることができた。

次に、過去(1947年)に大規模広域洪水が発生した関東平野中央部を対象とした地盤変動の調査として、津軽平野で開発・高精度化した時系列干渉SAR解析手法による成果に、既存の水準測量による地盤沈下等量線図をGIS化したデータを統合する手法を開発した。その実際の分析の結果、1970年代に年間10cm以上の速度の地盤沈下と、2000年代での沈静化傾向だが一部地域で年間1cm程度の微小な地盤沈下を検出することができ、過去の大洪水域との比較から被害拡大の予測結果を示した(図3)。本研究で開発、高度化した手法は、洪水発生が多発化するタイ中央平原などの海外の調査への適用の可能性を有すると考えられた。

さらに、土地被覆分類解析の高度化に関し、同じく関東平野中央部において、多偏波SARデータと光学センサデータによる土地被覆分類の比較により、複数時期の多偏波SARデータの解析で微地形や土壌の分布を反映し高度化した土地被覆分析が可能であることを示した。

また、光学高分解能衛星画像として高分解能かつ多バンド要素を持つWorldview-3衛星によるマルチスペクトル画像を用いて、その土地被覆分類手法の摘要性について系統的に検討した結果、人工構造物が密集する市街地において従来のピクセルベースでの分類手法の光学高分解能衛星画像データ解析への摘要性および誤差要因が評価された。

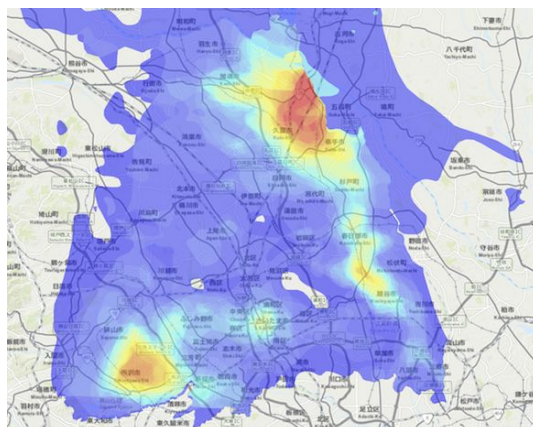


図3 関東平野中央部における1973年から2008年までの間の地盤沈下

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 3件)

宮下智一、中山裕則、時系列複数SARデータの干渉解析による地盤沈下モニタリング 青森県・津軽平野の解析を例として、日本大学文理学部自然科学研究所「研究紀要」、査読有、第52号、2017、183-194

村本準、羽柴秀樹、高分解能衛星画像とLANDSAT8/TIRS画像による都心域の詳細土地被覆と熱環境の分析、公益社団法人土木学会土木学会論文集F3(土木情報学)、査読有、Vol.72、2017、11_23-11_30
DOI:http://doi.org/10.2208/jscejcei.72.11_23

田島朋樹、中山裕則、時系列衛星データによるタイ2011年の洪水氾濫分析、日本大学文理学部自然科学研究所「研究紀要」、査読有、第51号、2016、91-100

〔学会発表〕(計11件)

丸山栄一、中山裕則、水準測量成果と干渉SARによる長期地盤変動モニタリング、日本写真測量学会平成29年度年次学術講演会、2017年5月25日、「東京大学生産技術研究所(東京都・目黒区)」

中山裕則、Pi-SAR-L2データによる土地被覆分類の試み、JAXA第3回Pi-SAR-L2ワークショップ、2017年2月28日、「御茶ノ水ソラノシティ(東京都・千代田区)」

村本準、羽柴秀樹、種々の衛星観測リモートセンシングと現地調査による都心域の土地被覆と熱環境の分析、第60回日本大学理工学部学術講演会、2016年12月3日、「日本大学理工学部(東京都・千代田区)」

宮下智一、中山裕則、タイ・バンコク平野を対象とした地盤変動の時系列モニタリ

ング、(一社)日本リモートセンシング学会第 61 回(平成 28 年度秋季)学術講演会、2016 年 11 月 1 日、「新潟テルサ(新潟県・新潟市)」

研究者番号： 20267016

村本準、羽柴秀樹、Worldview-3 と LANDSAT-8/TIRS による東京中心域の熱環境の分析、(一社)日本リモートセンシング学会第 61 回(平成 28 年度秋季)学術講演会、2016 年 11 月 1 日、「新潟テルサ(新潟県・新潟市)」

村本準、羽柴秀樹、Worldview-3 衛星画像のピクセルベース画像分類処理による都市土地被覆の分離特性の検討、(公益社団法人)土木学会第 71 回年次学術講演会全国大会、2016 年 9 月 8 日、「東北大学(宮城県・仙台市)」

宮下智一、中山裕則、複数干渉 SAR による地盤沈下の長期モニタリング - 青森・津軽平野の解析を例として -、(一社)日本リモートセンシング学会第 60 回(平成 28 年度春季)学術講演会、2016 年 5 月 13 日、「日本大学生産工学部(千葉県・習志野市)」

中山裕則、張星蕊、鄭祥民、立旻周、高柳乃愛、遠藤邦彦、古橋健一、時系列衛星データによる長江デルタの变化解析、(一社)日本リモートセンシング学会第 59 回(平成 27 年度秋季)学術講演会、2015 年 11 月 27 日、「長崎大学(長崎県・長崎市)」

宮下智一、中山裕則：多時期干渉 SAR による津軽平野の地盤沈下の経年变化解析、(一社)日本リモートセンシング学会第 59 回(平成 27 年度秋季)学術講演会、2015 年 11 月 26 日、「長崎大学(長崎県・長崎市)」

田島朋樹、中山裕則、多時期 MODIS データと DEM データを用いた洪水氾濫水量の推定の試み、計測自動制御学会第 40 回リモートセンシングシンポジウム、2015 年 3 月 2 日、「リモート・センシング技術センター(東京都・港区)」

田島朋樹、中山裕則、多時期衛星データと DEM データを用いた 2011 年タイ洪水浸水域の氾濫量推定の試み、(一社)日本リモートセンシング学会第 57 回(平成 26 年度秋季)学術講演会、2014 年 11 月 7 日、「京都大学(京都府・宇治市)」

6. 研究組織

(1) 研究代表者

中山 裕則 (NAKAYAMA, Yasunori)

日本大学・文理学部・教授

研究者番号： 90318329

(2) 研究分担者

羽柴 秀樹 (HASHIBA, Hideki)

日本大学・理工学部・教授