

| | |
|------------|---|
| 氏名 | Abu Bakar Sambah |
| 授与学位 | 博士(工学) |
| 学位記番号 | 理工博甲第642号 |
| 学位授与年月日 | 平成26年9月24日 |
| 学位授与の要件 | 学位規則第4条1項 |
| 研究科, 専攻の名称 | 理工学研究科(博士後期課程) 環境共生系専攻 |
| 学位論文題目 | Tsunami Vulnerability Assessment Using Integrative Remote Sensing and GIS Approaches |
| 論文審査委員 | 主査 山口大学 教授 三浦 房紀 山口大学 教授 清水 則一 山口大学 教授 麻生 稔彦 山口大学 教授 中村 秀明 山口大学 准教授 朝位 孝二 |

【学位論文内容の要旨】

Natural hazards are natural phenomena whose occurrence is almost impossible to reduce. We only can minimize the impact of these events by performing an initial assessment in order to map the vulnerable areas. The development of remote sensing technology and its applications including Geographical Information System (GIS) application enable the use of satellite imagery for mapping the distribution of an area damaged by a disaster and to assess vulnerable areas. Satellite images have the advantage of being able to deliver simultaneous images of large areas. Disaster mitigation and reconstruction plan due to tsunami can be implemented with various actions. An integration of spatial analysis through GIS application and multi-criteria analysis through Analytical Hierarchy Process (AHP) is one of the methods for tsunami inundation and impact assessment. Moreover, spatial data analysis via spatial multi-criteria analysis helps prioritize the decision-making process using geo-reference data to manage different spatial information and combine them for better decision making.

This research is dealing with vulnerability mapping due to tsunami hazards in which remote sensing approach was applied in order to prepare the entire data. The analysis was carried out using spatial multi-criteria analysis through AHP and GIS work. The main target of this study is vulnerability mapping, and analysis of satellite images to assess the impact of tsunami hazards. The research aimed to apply a method that is easy, user-friendly, and flexible enough to be replicable. A suitable set of parameters can be applied to obtain a result that is close enough to that of a real event. This study used a raster geo-database to solve multi-criteria data, and the AHP approach was applied to determine the order of importance of the parameters.

The research try to develop an integrative remote sensing and GIS approaches in vulnerability assessment to tsunami hazard, to develop a methods for vulnerability assessment using integration of spatial data and AHP in a concept of spatial data modeling, to recognize potentially affected area by tsunami hazard, and to develop a new concept and method for extracting the required information from satellite images for the purpose of vulnerability analysis to tsunami hazard. All study cases are in Japan, Kesenuma in Miyagi Prefecture, and Rikuzentakata and Ofunato in Iwate Prefecture. Appropriate input parameters were derived from Digital Elevation Model (DEM) data, satellite remote sensing and field data, and were analyzed through GIS to create tsunami vulnerability map. These parameters include elevation, slope, coastal proximity, water accumulation, vegetation density, and land use. The research introduced an entirely new set of attributes that are known to affect the tsunami vulnerability, those related to hydrology analysis and the use of NDVI value in image classification.

In the analysis of DEM data comparison, some DEM data from different product have been analysis. This work shows that although SRTM V.4 shown the predicted tsunami inundation area more close to the real event, but statistically the different was not significant. An interpolation of elevation point derived from Geospatial Information Authority of Japan (GSI) make the availability of the high spatial resolution of elevation data due to the other DEM data has low spatial resolution.

the research area were in the tsunami-inundated area, while the highest elevation in the inundated area was 20.5 m.

Chapter 7 describes about the application of remote sensing, GIS, and AHP for assessing tsunami vulnerability in Rikuzentakata, Iwate Prefecture. The purpose is to develop a method for vulnerability assessment using integration of spatial data and AHP in a concept of spatial data modeling. High resolution of GSI DEM was introduced and used as input parameter, Moreover, modified soil-adjusted vegetation index (MSAVI) was introduced to generate vegetation density map. The results show that inundated area was 14.35 km², in which concentrated in the range elevation of 4.43 m.

Chapter 8 describes the use of remote sensing in observing tsunami-affected area. A different time acquisitions of ALOS AVNIR-2 images, before and after tsunami event, were used. This study aims to recognize potentially affected area by tsunami, and to develop a new method for extracting the required information from satellite images for the purpose of tsunami-affected area observation in the coastal area of Miyagi and Iwate Prefecture.

A suitable set of parameters can be applied to obtain a result that is close enough to that of a real event. The parameter of elevation, slope, coastal proximity, hydrological feature, vegetation, soil, and land use as performed in this research are good enough in the tsunami vulnerability, tsunami inundation, and tsunami impact assessment. Due to the limitation of high resolution of DEM data in some area, the use of SRTM V.4 is powerful. High resolution of DEM data using particular methods of point interpolation, and the application of this study in other areas including tsunami run-up modeling and GIS approach to model evacuation time and evacuation route will be the future work.

【論文審査結果の要旨】

本研究は、津波災害に対する地域の脆弱性(Vulnerability)を、衛星リモートセンシング(Satellite Remote Sensing: SRS)と地理情報システム(Geographical Information System: GIS)を統合することによって評価する手法を提案し、東日本大震災で災害を受けた三陸の都市、気仙沼市、大船渡市、陸前高田市を対象にその手法を適用し、被害調査結果と比較することによってその妥当性を示したものである。脆弱性を評価する指標としては、①標高、②地面の傾斜、③海岸線からの距離、④土地利用形態、⑤河川・湖沼の5つを用い、それらの組み合わせの総合評価には Analytical Hierarchy Process(AHP)を用いるという新しい試みを行っている。また信頼度の高い解析を行うためにデジタル標高データセット(Digital Elevation Model: DEM)をはじめ、用いたデータの精度の検証を詳細に行っている。

論文は以下のように9章から構成されている。

第1章は本研究の背景となる東日本大震災をはじめとする世界の地震と津波による被害と課題をまとめ、本研究の目的について述べている。

第2章は津波に対する脆弱性に関する過去の研究を整理し、本研究の位置づけ、独自性を明らかにしている。

第3章は本研究で用いる地図情報、衛星データ、解析手法、そして新しい解析手法の説明を行っている。

第4章は本研究で用いる3種類の標高データ (DEM), SRTM, ASTER, GSI DEMによる精度の比較検討を行っている。最も精度がよいのは5mメッシュの日本の国土地理院作成のGSI DEMであるが、衛星データを用いて構築されているそれぞれ30mメッシュのSRTM、ASTERでも良好な結果が得られ、海外、特に発展途上国においてもこれらが有効に使えることを明らかにしている。

第5章は宮城県気仙沼市を対象に、本研究で提案する手法を用いる具体的な手法を示している。津波に対する脆弱な地域を5段階で表示し、東日本大震災時の実際の津波浸水域が本研究で示した「非常に脆弱性が高い」、「脆弱性が高い」地域とよく一致することを示している。その際、河川や湖沼が津波脆弱性に重要な影響を及ぼすことを定量的に明らかにしている。

第6章は岩手県大船渡市を対象に同様の解析を行っている。その際、5章では津波浸水域の評価の際に様々な形で最もよく使われる正規化植生指数 (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI) を用いて評価しているのに対して、ここでは土壌指数 (Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)) も用いて評価を行っている。SAVI も NDVI も本研究では土地利用形態の指標に用いているが、同程度に波浸水域の評価に有効であることを示している。

第7章は岩手県陸前高田市を対象に津波脆弱性評価を行っている。ここでは上記 NDVI、SAVI の他に SAVI の修正版である MSAVI (Modified Soil Adjusted Vegetation Index) を用いて評価を行っており、MSAVI による評価結果と実際の浸水域の整合性が最も高いことを示している。

第8章は上記の結果を総括する内容で、被災地の地表の状況を水域、陸域、植生域に分類し、NDVI、SAVI、MSAVI の累積分布をこれらの地表分類に対して求め、津波浸水前後でその形状や平均値などの統計量がどのように変化するかを詳細に調べている。これによって、できるだけ普遍性を持って津波浸水前後の変化を抽出するときに用いる NDVI、SAVI、MSAVI の閾値を提案している。

第9章は本研究で得られた成果を取りまとめている。すなわち、評価結果は実際の被災域をよく再現しており、その妥当性を明らかにすることができた。詳細な検証によって、この手法を発展途上国のように地図データが十分整備されていない地域にも適用することが可能であることを示すことができた。すなわち衛星データだけから津波に対して脆弱な地域を推定することが可能であり、本研究で提案した手法は海外の多くの国々の防災上非常に有効な手法として期待できることを示している。

公聴会には国内外、学内外から 46 名の参加があった。公聴会での主な質問は、①DEM データの精度検証結果について、②どのように本研究で提案した手法をインドネシアに適用するのか、③植生指数を用いた地表面の状況判断方法について、④ここで用いた各種指数、特に植生指数の季節変化が結果に及ぼす影響に関するものなどであった。いずれの質問に対しても発表者からは適正な回答が行われた。特に②の質問に関しては、インドネシアでの津波脆弱性を評価するための地震活動度、津波発生特性の地域性なども考慮に入れた具体的な研究方針も示された。

以上より、本研究は独創性、信頼性、有効性、実用性ともに優れ、博士 (工学) の論文に十分値するものと判断した。