高分解能衛星画像解析によるスマトラ島沖津波被災地での植生環境の復元分析

1. はじめに

2004年12月26日に発生した、スマトラ島沖地震で は津波被害で多くの犠牲者を出し、また 2011 年 3 月 11 日には東日本大震災とアジアでは甚大な被害を被って いる.このように、近年アジア周辺では自然災害が多 発している. そのなかでも, 特に開発途上国)の被害は 先進国の被害に比べて人的被害・経済的被害が大きく なっており,自然災害は開発途上国の発展を阻害 2)して いる要因の一つと言える. 被災した開発途上国の復 興・復旧を長期モニタリングし分析することは、近い 将来の新たな災害対策と経済政策のバランスのとれた 発展的な地域計画に寄与するために重要なことである. これまで、災害や復興に関する研究は数多く存在して いる^{3),4)}が、長期的な災害の復興・復旧に関する面的な モニタリングの研究事例は数少ない.継続的で時系列 な観測が続いている衛星観測によるモニタリング情報 はこのような計画策定に有効と考えられる. 本研究は 高分解能衛星画像を用いてスマトラ島沖地震の津波災 害からの復興過程にある植生分布の変化に着目し, そ の復元過程を時系列変化から分析した.

2. 研究方法

<u>2.1 対象地域</u>

開発途上国の中でも,近年GDPの上昇で都市開発が活 性化されている,インドネシアに着目し2004年12月24 日に起こったスマトラ島沖地震で,被害の大きかった バンダアチェを対象地域に選定した.

2.2 使用データ

被災前と被災直後にはQuickbirdを使用し,被災から 約5年後にはWorldview2,約10年後にはWorldview3を使 用した.詳細な観測年月日や分解能に関しては表-1の 通りである.また,全てマルチスペクトルセンサーによ って観測された高分解能衛星画像を使用している.

観測年月日	衛星名	分解能(m)
2004年 6月 23日	Quickbird	2.4 × 2.4
2004年 12月 28日	Quickbird	2.4 × 2.4
2010年 1月 17日	Worldview2	2.0 × 2.0
2015年 1月 15日	Worldview3	1.2 × 1.2

表 - 1 使用データ

2.3 調查·解析方法

数種類の5×5(km)の高分解能衛星画像を使用し, 最尤法による土地被覆分類処理を行い,得られた結果 から植生域のみを緑色で抽出し,時系列調査から植生 日本大学 学生会員 〇吉原 弘一郎 日本大学 正会員 羽柴 秀樹

域分布の変化を示した(図-1).また,被災場所によ る復元状況の違いを評価するために,5×5(km)エリア をさらに2.5×2.5(km)の広さで沿岸部,中心部,内陸 部,南西部に4分割した領域ごとで植生域の特徴と変化 を統計的に示した.加えて、被災した植生域の変化を さらに抽出するために以下の算出式(1)(2)を用いて NDVI(正規化植生指数)の算出を行い,NDVIからの 復元過程を分析した.なお,ここでは各バンド画像の DN値に対して前処理としてATCORアルゴリズム⁵⁾に基 づいた大気補正処理を行い地表面反射率に変換後, NDVIを算出した.

Quickbird衛星の場合

$$NDVI_{(QB)} = (\rho_{NIR} - \rho_R) / (\rho_{NIR} + \rho_R)$$
(1)

Worldview2,3衛星の場合

$$NDVI_{(wv2,3)} = (\rho_{NIR1} - \rho_R) / (\rho_{NIR1} + \rho_R)$$
(2)

(ρ:地表面反射率,NIR:近赤外波長帯域の観測バンド,NIR1:近赤外波長帯域の観測バンド,R:可視光赤 波長帯域の観測バンド)

3. 復興・復旧の植生による復元過程の考察

3.1 植生の土地被覆分布による時系列変化

図-1は高分解能衛星画像データ土地被覆分類から 得られた植生分布域のみを緑色で示したものである. 各画像全体の植生域の割合は、被災前の2004年6月(図 -1 (a))は47%,被災直後の2004年12月(図-1(b)) は28%, 被災から約5年後の2010年 (図-1(c)) は39%, 被災から約10年後の2015年は(図-1(d))は41%となる 結果になった. 各画像間での植生分布率による比較を 行うと、最初に被災前の2004年6月から被災直後の2004 年12月は19%減少しており、これは津波によって植生 が失われていることが画像判読からでも示される.そし て2004年12月から2010年にかけて植生は11%増加して おり、被災によって失われた植生が復元していること が示される.次に、2010年から2015年は2%と微増して いる. 2010年からの5年間で植生域の分布は大きく増加 してないことが示された. そのため, 被災によって失 われた植生は2010年頃には徐々に改善され復元してい ることが推察される.

キーワード:開発途上国 津波 植生 復興 高分解能衛星 連絡先:〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台 1-8-14 日本大学大学院・吉原 Tel:03-3259-0669 E-mail:hashiba3@civil.cst.nihon-u.ac.jp



3.2 4分割による各エリアの植生復元の特徴

2.5×2.5 (km)の広さで沿岸部・中心部・内陸部・南 西部ごとに4分割された各エリアの植生の面積を百分 率で示した(図-2).沿岸部、中心部、南西部のエリ アでは被災前の2004年12月から被災後2004年6月で大 きく植生が減少していることが図-1の画像判読同様 に示された.そして、2004年12月から2010年では植生 域の面積は大幅な増加をしているのに対し、2010年か ら2015年では微増である.これは,2004年12月から2010 年にかけては、被災した植生の復元が起因していると 考察される.また、2010年から2015年では復元がある 程度完了したことから植生面積に変化が少ないことが 考察される.一方で、津波によって直接的に被災して いない内陸部のエリアでは、2004年6月から2004年12月 で植生が増加しており被災を受ける前では増加傾向で あったことが考えられる.しかし、2004年12月から2015 年にかけて植生域の面積は減少傾向であることが示さ れた. 特に, 2004年12月から2010年には大きく減少し ている.これは、被災の受けていない安全な内陸部に 新規の人工構造物等の開発に伴って植生域が減少して いることが考察された.加えて、2010年から2015年に かけても微減しており,継続的な開発が行われている ことが考えられる.このように,2004年12月から2010 年で各エリアにおいて大幅な増減の特徴が示された. また、2010年から2015年では微増減の傾向が各エリア において示されており, 被災したエリアと直接被災し ていないエリアの植生域面積の時系列変化について考 察された.

3.3 NDVIによる統計的な時系列的変化の特徴

図-3は4分割された中の沿岸部にNDVIを算出し百 分率で統計的に示したものである.ここでは,NDVIが 0.4以上を健全な植生状態だと仮定した場合,0.4以上の 植生の割合は,被災前の2004年6月は41%であるのに対



し,被災後の2004年12月は2%と健全な植生が殆ど失わ れていることが示された.そこから,2010年には40% まで回復しており,2015年には51%となっている.こ のことから,2010年には被災前と同様な健全な植生の 状態であることが考えられる.そして,被災前よりも 2015年は10%増加しており,NDVI値の構成数比率も 高い値が示されている.これらのことから,沿岸部の 植生は被災前よりも更に良好な状態だと考察された. また,被災前と2015年は植生以外の部分に関しても類 似した変化傾向を示しており,このことからも沿岸部 の植生環境は復元されていることが考えられる.

4. おわりに

ここでは、スマトラ島沖津波災害によって被災した 植生の復元過程を時系列変化から分析した.特に沿岸 域では、被災前よりも被災後から10年でNDVI値が向上 していることが考察された.今後はこの植生の復元過 程と併せて全体の復興を分析していく予定である.

ACKNOWLEDGEMENTS: WorldView-3, -2, and Quickbird images used in this study include copyrighted material of Digital Globe, Inc., All Rights Reserved.

- 参考文献
- 1) JICA研究所:国際協力便覧2007·第9章, p540-541.
- 2) 高原明生研究会:発展途上国における防災対応能力の強化, ISFJ政策フォーラム2012発表論文, 2012.
- 3) 中島秀敏:2004年スマトラ島沖地震及びインド洋津波被 害におけるスマトラ島・アチェ州被害状況現地調査,国 土地理院時報,2006, No109.
- 4) 石塚英弘他:インドネシアのアチェ州の津波復興工程で 生成された地理情報を有する統合情報システムとその適応,情報知識学会誌,2013, Vol23.
- Richter R, Schläpfer D and Müller A (2006):An automatic atmospheric correction algorithm for visible/NIR imagery, International Journal of Remote Sensing, Vol.27, 10, pp.2077-2085