H5-17

時系列衛星画像によるスマトラ沖津波災害からの植生環境復元の分析

Analysis of resolution process of vegetation environment since Sumatra tsunami disaster by using the time series satellite imageries.

○吉原　弘一郎 [1]・羽柴　秀樹 [2]
Koichiro Yoshihara and Hideki Hashiba

Abstract: The recovery from the disaster was evaluated effectively by using satellite remote sensing in monitoring of the time series. The recovery process in coastal area in Banda Ache, Sumatora was analyzed by using two or more satellite imageries for ten years from the tsunami disaster in 2004. The whole of land cover change was investigated by using the middle resolution satellite observation data. Moreover, a few characteristics of detailed restoration process of vegetation area were evaluated by using the high-resolution satellite imagery.　As a result, the recovery process was evaluated more effectively.

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地震や台風といった，自然災害が多発している．そのなかでも，特に開発途上国 [1)]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．

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．自然災害によって被災した開発途上国の復興・復旧を長期モニタリングの観点から分析することは，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．

また，長期的な復興・復旧の研究において，継続的な観測が続いている衛星観測情報は復興・復旧状況を時系列にモニタリングできるため，このような計画策定に有効と考えられる．加えて，長期間におよぶ観測が継続している中分解能衛星による観測情報と，高分解能衛星による高詳細な土地被覆観測情報を融合し，よりマルチレゾリューションな観点から復興・復旧状況を評価するとより効果的であると考えられる．

本研究は中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・復旧過程にある土地被覆分布の時系列変化の全体像を分析し，定量的な評価を行った．また，高分解能衛星画像を用いて詳細な植生の復元プロセスを併せて調査し，その変化傾向から復興過程の特徴を考察した．

2.　研究方法

2．1　対象地域

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

災害前と災害後から，5年間及び現在のLandsat5号・8号により観測された，衛星画像データを使用した（Table.1）．尚，解析精度を向上させるため，雲の少ないデータを選択し，周期や季節に若干の違いが生じている．このデータはUSGS/Earthexploler[5)] から入手したLevel-1 GeoTIFFデータである．また，災害後にQuickbird，Worldview2，Worldview3，により観測された，高分解能衛星画像データを使用した．

Table.1 Multiple of Satellite Remote Sensing date

観測年月日	衛星名	分解能（m）
2004年 12月 21日	Landsat5	30×30
2004年 12月 28日	Quickbird	2.4×2.4
2005年　1月　6日	Landsat5	30×30
2006年　7月　4日	Landsat5	30×30
2007年　4月 18日	Landsat5	30×30
2008年　9月 11日	Landsat5	30×30
2009年　4月 23日	Landsat5	30×30
2010年　1月 17日	Worldview2	2.0×2.0
2011年　2月　8日	Landsat5	30×30
2012年　3月 22日	Landsat7	30×30
2013年 10月 11日	Landsat8	30×30
2014年 11月 15日	Landsat8	30×30
2015年　1月 18日	Landsat8	30×30
2015年　1月 15日	Worldview3	1.2×1.2

2．3　調査・解析方法

2．3．1　中分解能衛星画像による調査・評価方法

バンダアチェの被災地域全域を含む25×30（㎞）の領域（Fig.1の範囲）の土地被覆分布の時系列的な変化傾向をLandsat衛星画像データに対する最尤法による土地被覆分類処理から示した．ここでの分類項目はFig.1のLand cover typeに示す項目である．また、対象領域内に10×10（㎞）で評価範囲を設定（Fig.1中の白線矩形範囲）し，土地被覆分類率の時系列変化からバンダアチェ中心域の復興・復旧過程を定量評価した．

2．3．2　高分解能衛星画像による調査・評価方法

Fig.1中の白点線矩形領域に数種類の5×5（㎞）の高分解能衛星画像を使用し，Landsat衛星画像よりも

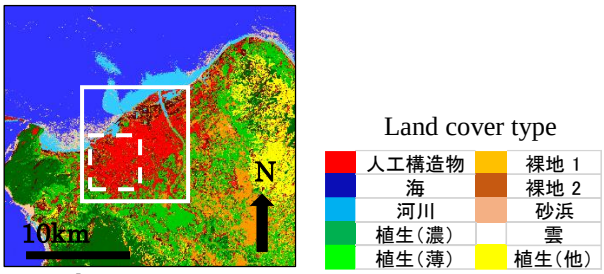
1:日大理工・院（前）・土木　2:日大理工・教員・土木

詳細に復旧過程を画像判読から分析した．また，Landsat衛星画像と同様に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示した（Fig.3）．加えて，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定量評価した．

3.　土地被覆分布変化からの復旧・復元過程の考察

3．1　中分解能衛星画像による復興過程の定量評価

Fig.1は最尤法による土地被覆分類処理を行った結果である．そこから，バンダアチェの中心域付近に設定された10×10（km）の矩形エリア内における土地被覆率の経年変化をFig.2に示す．災害のあった，2005年は2004年に比べ津波の影響から水域が大幅に増加し，その他の項目は全て減少している．その後，人工構造物は復旧のため2009年まで急激に増加しているが，2009年から2015年までは緩やかに増加している．そして，植生は2009年頃まで減少しているが，それ以降微量ではあるが上昇傾向であることが示された．このことから，項目ごとに2009年から大きな増減の変化がないため，2009年頃に復旧が完了したと推察された．



Land cover in 2015

Fig.1 Land cover distribution in Banda Aceh wide area.

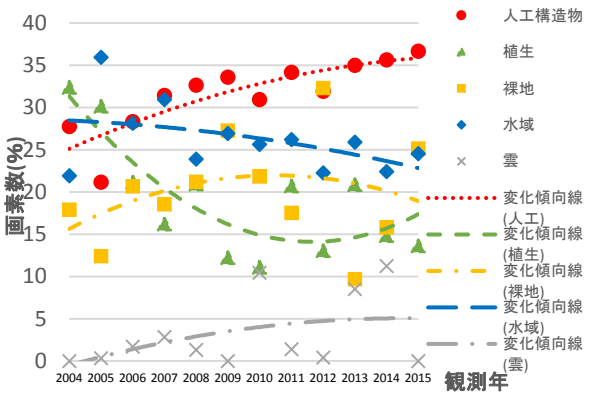


Fig.2 The change of land cover from the disaster in each areas.

3．2　高分解能衛星画像による植生復元の特徴

2.5×2.5（km）の広さで沿岸部・中心部・内陸部・南西部ごとに分割された各エリアの植生の面積を百分率で示した（Fig.3）．2004年から2015年までの増加量は沿岸部が36.86%，中心部が22.08%，南西部が14.04%，内陸部が-20.42%となる結果になった．図に示されるように，沿岸部、中心部、南西部の植生域の面積は2004年から2010年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では，植生域の面積は2004年から2015年にかけて減少傾向であることが示された．特に，2004年から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特徴が考察された．

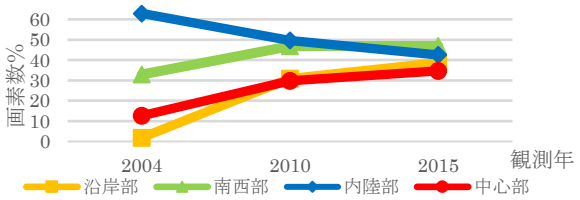


Fig.3 Distribution of vegetation region divided in the detailed 4-areas.

4.　おわりに

ここでは，衛星観測データを用いてスマトラ津波災害の復旧過程をモニタリングした．広域観測の特性を有する中分解能衛星画像と局所的な詳細観測の特性を有する高分解能衛星画像を併せて複数使用し，よりマルチレゾリューションな観点から復旧・復元過程を評価することができた．また，詳細な植生の復元状況を把握することができた．今後は植生活性度変化を解析に加え復元過程を分析する予定である．

ACKNOWLEDGEMENTS: WorldView-3, -2, and Quickbird images used in this study include copyrighted material of Digital Globe, Inc., All Rights Reserved. LANDSAT8/TIRS data courtesy of the U.S. Geological Survey.

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.
5)　USGS : EarthExploler, <http://earthexplorer.usgs.gov/>, (入手 2015.10.10).