

# (46) 高分解能衛星リモートセンシングによるスマトラ島沖地震被災地の長期的な再開発過程の特徴分析

吉原 弘一郎<sup>1</sup>・羽柴 秀樹<sup>2</sup>

<sup>1</sup>学生会員 日本大学 理工学研究科土木工学専攻 (〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台1-8-14)  
E-mail:csko16023@g.nihon-u.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 日本大学 教授 理工学部土木工学科 (〒101-8308 東京都千代田区神田駿河台1-8-14)  
E-mail:hashiba3@civil.cst.nihon-u.ac.jp

近年アジアでは大規模な災害が多発しており、特に津波が発生したスマトラ島沖地震は甚大な被害を被っている。スマトラ島は被災から10年が経過し復元が行われた。その復元を分析することは今後の被災地の地域計画に寄与するためにも意義のあることである。これまで著者らは、様々な空間分解能の時系列衛星画像を用いてスマトラ島沖地震の津波被害後からの土地被覆率の変化過程について分析し、考察を行ってきた。しかし、被災地本来の土地被覆環境を基にした、被災後の復元状況や再開発状況について十分な評価は行われていない。ここでは、被災前と被災10年後に観測された高分解能衛星を用いて、被災から長期経過した復元結果を評価した。その結果、被災前よりも被災10年後は都市が拡大し、都市化していることが考察された。

**Key Words :** worldview-3, quickbird, disaster reconstruction, tsunami, redevelopment

## 1. はじめに

近年アジアでは自然災害が多発しており甚大な被害を被っている。特に開発途上国の被害は先進国の被害に比べ人的・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している要因の1つと言える。

これまで著者らは、スマトラ島沖地震の津波被害後からの土地被覆率の変化過程について考察を行ってきた。特に異なる分解能で複数の衛星観測データを用いて時系列に使用することにより、より効果的な災害からの復元過程評価が行える可能性をこれまで示唆してきている。

しかし、これまでの検討から被災地が有している本来の土地被覆環境を基にした、被災後の復元状況や再開発状況について、十分な評価は行われていない。開発途上国への大規模自然災害発災とその後の復元、発展経緯をより効果的に評価する上で、被災前の被災地固有の土地被覆環境を高分解能な観測情報から詳細に把握し、被災後の最新の土地被覆環境との比較から、被災の影響と復元過程を分析することは、今後の開発途上国での開発支援を行う上で重要な評価観点と考えられる。

ここでは、被災前と被災10年後に観測された高分解能衛星画像を利用し、被災前後の土地被覆をそれぞれ分類し、被災から長期間経過した復元結果を評価した。また、それぞれの時期の分類精度の定量的評価を個々に行いその調査の妥当性を検証した。

## 2. 研究方法

### (1) 対象地域

開発途上国の内、都市開発が活性化されている、インドネシアに着目し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) 使用データ

被災前の2004年6月23日は分解能が2.4×2.4 (m) のQuickbird衛星と、被災10年後の2015年1月18日は分解能が1.2×1.2 (m) のWorldview3衛星を用いた。それぞれの使用範囲は5.0×5.0 (km) である。

### (3) 調査・解析方法

2時期の高分解能衛星画像を用いて、画像判読による分類項目ごとの画素データをサンプリングし、最尤分類法によって土地被覆分類した(図-1中a,b)。そして、2時期の画像データに雲マスク処理を施し、マスクを除いた土地被覆分布率の変化から考察した。次に、カラー合成表示の目視判読を元に小規模な検証領域(300×300 (m) の矩形領域)で各土地被覆基準マップ(図-1中c,e)を作成し、Confusio Matrix<sup>4)5)</sup>による最尤法の分類精度の評価した(表-1)。

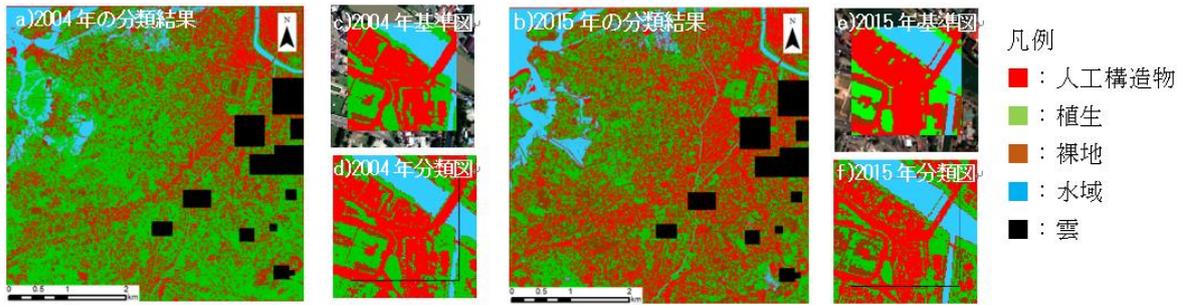


図-1 各年代の最尤分類法による分類結果と分類精度の検証マップ

表-1 最尤分類法の分類効率表による分類精度の評価

a) 2004年による分類精度の評価

基準マップ	分類結果				Total (画素数)	プロデューサー 精度(%)
	人工構造物	植生	裸地	水域		
人工構造物	6647	1260	290	58	8275	80.3
植生	282	2666	357	16	3321	80.3
裸地	137	335	586	0	1058	55.4
水域	112	31	0	2965	3108	95.4
Total(画素数)	7178	4312	1233	3039	15762	
ユーザー精度(%)	92.6	61.8	47.5	97.6	総合精度(%)= 81.6	

b) 2015年による分類精度の評価

基準マップ	分類結果				Total (画素数)	プロデューサー 精度(%)
	人工構造物	植生	裸地	水域		
人工構造物	28081	1955	610	113	30759	91.3
植生	1936	16955	653	193	19737	86.0
裸地	543	112	1034	0	1689	61.2
水域	301	953	24	9760	10638	91.7
Total(画素数)	30861	19575	2321	10066	62823	
ユーザー精度(%)	91.0	86.6	44.5	97.0	総合精度(%)=88.9	

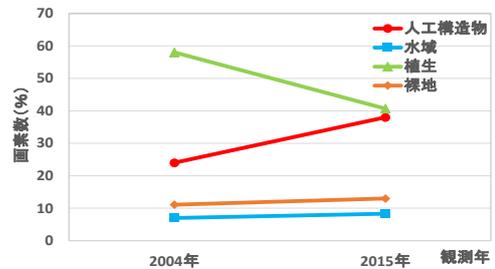


図-2 被災前と被災10年後の土地被覆率変化

### 3. 研究結果及び考察

#### (1) 被災前と被災10年後の土地被覆率の比較

図-1は教師付き分類の最尤分類法によって土地被覆分類し、雲領域以外を表示した結果である。そして図-2は図-1の面積率を百分率で示した結果である。図-2より2004年は人工構造物は24.0%、植生は58.0%、裸地は11.1%、水域は7.0%を示した。また、2015年は人工構造物は38.0%、植生は40.7%、裸地は13.0%、水域は8.3%を示した。このことから、2004年から2015年の土地被覆率の増減量を比較すると、人工構造物は14.0%増加しており、被災前よりも都市化していることが考察された。一方で、植生は17.3%減少しており、裸地の変化量が1.9%と微量であることから、都市化によって植生が失われていることが考えられる。また、水域は1.3%増加と大きく変わらない値を示した。

#### (2) 精度検証について

図-1中(c)(d)(e)(f)の土地被覆基準マップを元に、それぞれの分類結果の分類精度を検討したものを表-1に示す。表-1中において、プロデューサー精度は基準マップに対する網羅率、ユーザー精度は分類結果の的中率を示し、総合精度は画像全体の分類精度を示す。表-1中(a)(b)の結果から、共に総合精度は80%以上を示した。その中でも、水域はプロデューサー精度及びユーザー精度で高い値を

示す。一方で、裸地はプロデューサー精度とユーザー精度が他の分類項目に比べてばらつきがあり、低い値を示す。特に、植生の短くなった芝生部分(近赤外線の低い値を示す部分)と裸地の分光特性が類似している場合が多く、相互に誤分類される傾向があると考えられる。このことより、植生と裸地の分類精度を改善することにより、さらに総合精度の向上が期待できると考えられる。

### 4. おわりに

ここでの検討の結果、人工構造物が被災前よりも増加し、植生が減少していることが示された。本来の土地被覆環境がさらに都市化していることも示され、被災を受け復元を機に発展していることが評価された。このような質的な変化をより詳細にするために、土地被覆変化の差分解析等から分析を行っていく予定である。

ACKNOWLEDGEMENTS: WorldView-3, 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，pp540-541，2007.
- 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) 吉原弘一郎，羽柴秀樹：異分解能時系列衛星観測データを用いたスマトラ島沖地震による復興・復旧過程モニタリング評価，土木情報学シンポジウム，Vol41，2016.
- 4) 萱場真太郎，越村俊一：高分解能衛星画像のオブジェクトベース解析による津波被災地マップの作成と建物被害評価，土木学会論文集B2(海岸工学)Vol.66, No. 1, pp. 1421-1425, 2010.
- 5) 高木幹雄，下田陽久(編)：新編画像解析ハンドブック(第3刷)，東京大学出版会，pp. 1638-1642, 2011.