

衛星データを用いたインドネシア・メラピ火山周辺地域の土地被覆状況の解析

筑波大学大学院生命環境科学研究科 ○松吉晴可, 宮本邦明
Gadjah Mada University Muhammad Sulaiman, Rike Olfad
Ermy Agustiningrum

1 はじめに

インドネシア・ジャワ島中部に位置するメラピ火山は世界でもっとも噴火活動の活発な火山の一つであり、メラピ型火砕流が頻発する火山として知られている。メラピ火山山ろくはインドネシア有数の穀倉地帯であり、その中心にはジャワ島の中心都市の一つであるジョグジャカルタ市がある。また1970年代以降人口増加や経済発展が急速に進み (BPS-Statistics Indonesia, 1990, 1999), 社会環境が著しく変化している。この社会環境の変化は、これまでとは異なる新たな災害を生む可能性があり社会環境、特に住民の活動と関係のある土地利用状況の変化を把握することが重要である。そこで、本研究では土地利用状況の時系列的な変化を知ることが目的に衛星データを用いて土地被覆状況とその変化の解析をおこなった。

2 研究手法

解析に用いた衛星データは2001/02/16, 2003/06/30, 2006/06/06, 2007/01/16, 2009/07/07にASTERセンサ(空間分解能15m)によって観測されたもので、大気補正はされていない。解析領域は図1に示す2441km²の範囲である。後述するような方法で土地被覆分類をおこなったのち代表的な代表的なピクセルについて現地調査をおこなった。多時期の土地被覆分類図をもとに裸地化プロセスをパターン分けし、変化パターンと土地利用変化との関係について考察した。

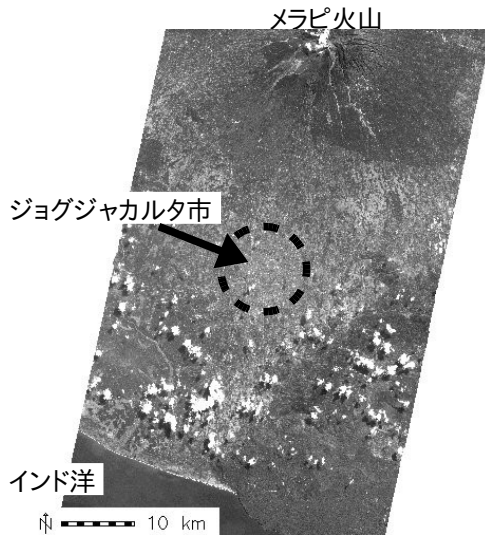


図1: 解析領域 (ASTER, 2009/07/07)

2.1 土地被覆分類法

土地被覆分類の指標として二種類の植生指数, NDVI (Normalized Difference Vegetation Index, (1); Myneni *et al.*, 1995) と GRVI (Green-Red ratio Vegetation Index, (2); Falkowski, 2005)を用いた。

$$NDVI = (\rho_{nir} - \rho_{red}) / (\rho_{nir} + \rho_{red}) \quad (1)$$

$$GRVI = (\rho_{green} - \rho_{red}) / (\rho_{green} + \rho_{red}) \quad (2)$$

ここで、 ρ_{nir} , ρ_{red} , ρ_{green} はそれぞれ近赤外光 (ASTERの場合、波長帯 0.76 - 0.86 μm), 赤色光 (波長帯 0.63 - 0.69 μm), 緑色光 (波長帯 0.52 - 0.60 μm) の反射率である。NDVIとGRVIは植物や地表面状態に対し異なる応答を示す (本岡, 2009)。

衛星データには雲によるノイズが含まれる。雲は高い分光放射輝度を示す。輝度の指標として、8ビットに量子化した近赤外光、赤色光、緑色光の各波長帯の分光放射輝度 (DN値) の和 (DNs) を用いた。DNsがあるしきい値より大きいピクセルを雲のノイズとして取り除いた。残りの各ピクセルごとにNDVI, GRVIを求めた。教師なし分類によりGRVI・NDVI平面上で各ピクセルを15クラスに分類した。影の領域は土地被覆状況の判別が難しい。影と水域は低い分光放射輝度を示す。そこで雲と同様にDNsを用いて、あるしきい値より小さいピクセルを水域と影の領域として取り除いた。水域と影を取り除いた分類結果を衛星画像と比較し、15クラスから4クラスの土地被覆タイプ、裸地 (クラス1), 疎な植生 (クラス2), 植生 (クラス3), 密な植生 (クラス4) に統合した。

3 結果

3.1 土地被覆分類

2009年のデータを15クラスに分類した結果を図2に示す。

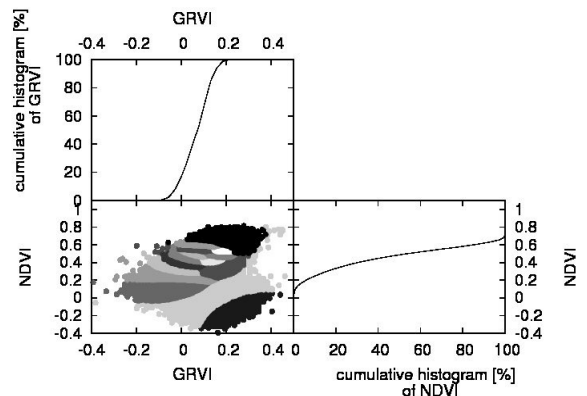


図2: 土地被覆分類 (15タイプ) とNDVIとGRVIの累加曲線

4タイプ (クラス) に統合した結果を図3に示す。現地調査の結果、各クラスに分類されたピクセルは主に表1のような土地被覆と対応していた。また、現地調査をおこなったピクセルのGRVI, NDVIを図3に示す。

表1: 4クラスの土地被覆分類と現地調査結果

クラス	現地調査結果
1 裸地	①裸地, ② 建築物, アスファルト, コンクリート
2 疎な植生	③地面が見える程度の草地 ④植生と裸地の混在
3 植生	⑤疎な植生と密な植生の混在
4 密な植生	⑥森林, ⑦ 地面が見えない程度の草地

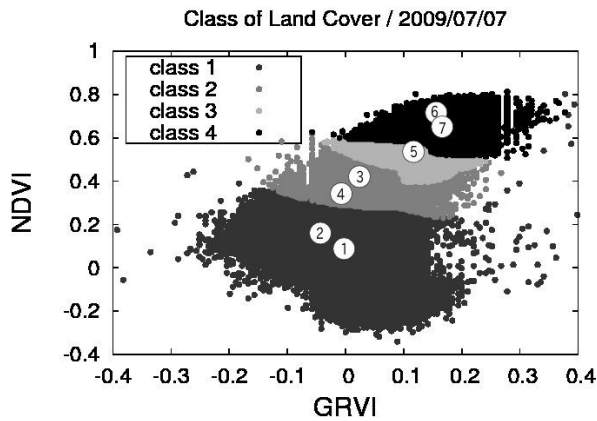


図 3: 4クラスの土地被覆分類と現地調査をおこなったピクセルのGRVI, NDVI (○: 番号は表1の現地調査結果と対応)

3.2 土地被覆の時系列的変化と土地利用状況

表1より、裸地(クラス1)にはいわゆる裸地の他にコンクリートなどの人工的な土地被覆が含まれることが分かる。そこでクラス1に注目し、2009年にクラス1であったピクセルを対象にその土地被覆の変化について調べた。この面積は156km²で解析範囲の6.40%にあたる。なおいずれかの年に雲、水域、影として取り除かれたピクセル(1194km², 解析範囲のうち48.90%)は解析対象から除外した。

対象ピクセルのうち全ての時期で裸地であったピクセルは9.76%だった。これらのピクセルを図4aに示す。図4aから、メラピ火山山頂付近、河床(K. Gendol, K. Woro)、ジョグジャカルタ市市街地や海岸に多く分布していることがわかる。

土地被覆の変化を示したピクセルについては、裸地化(都市化を含む)に着目し、土地被覆の変化を2つのパターンに分けた。一つはある年を境に植生から裸地に変化するパターンで、このパターンのピクセルは対象ピクセルの56.45%を占めた。このピクセルを図4bに示す。もう一つは植生と裸地が交互に変化するパターンで、このパターンを示すピクセルは対象ピクセルの33.79%を占めていた。このピクセルを図4cに示す。図4bより、2007年以前に裸地化したピクセルはジョグジャカルタ市市街地周辺に集中していることがわかる。現地調

査の結果、これらのピクセルは主に新興住宅地や公共施設などであった。また、メラピ火山中腹部に点在するピクセルは2006年の火砕流の流下跡地、森林を開墾した大規模家畜小屋や土砂採掘場であった。2009年に裸地化したピクセルはジョグジャカルタ市街地周辺からメラピ火山山ろくに広く分布している。現地調査によると市街地周辺の新興住宅地などのほか耕作地として利用されていた。図4cから植生と裸地が交互に変化したピクセルはメラピ火山山ろくから海岸にかけて広く分布していることがわかる。現地調査からこれらのピクセルは耕作地であることがわかった。

4 おわりに

衛星データをもとに4つのクラス(裸地、疎な植生、植生、密な植生)に土地被覆分類をおこなった。多時期の分類結果をもとに、裸地化の時系列的変化を3つにパターン分けした。全期間を通して裸地であるピクセルは市街地やメラピ火山山頂、海岸であった。また、ある年を境に植生から裸地への変化のパターンを示すピクセルは都市化や開発などの土地利用状況の変化や火砕流などの土砂災害、土砂採掘の現場であった。しかし、そのうち2009年に裸地化したピクセルに関してはこれらの他に耕作地を含んでいた。植生と裸地が交互に変化するパターンのピクセルは耕作地であった。

土地被覆の時系列的変化を追跡することにより、土地利用とその変化を知ることが示唆されたが、この場合、時間分解能の高い衛星データを用いる必要がある。現状では、複数の衛星センサ(ASTER, MODIS, AVNIR2など)によって観測されたデータを用いて時間分解能を高め、詳細な土地被覆の変化を知ることが必要である。

参考文献

- BPS-Statistics Indonesia, 1990, Statistical year book of Indonesia
- BPS-Statistics Indonesia, 1999, Statistical year book of Indonesia
- Falkowski J. M. *et al.*, Forest Ecology and Management, 217, 129-146, 2005
- Myneni B. R. *et al.*, IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 33, 481-486, 1995
- 本岡毅, 筑波大学大学院生命環境科学研究科博士学位論文, 2009

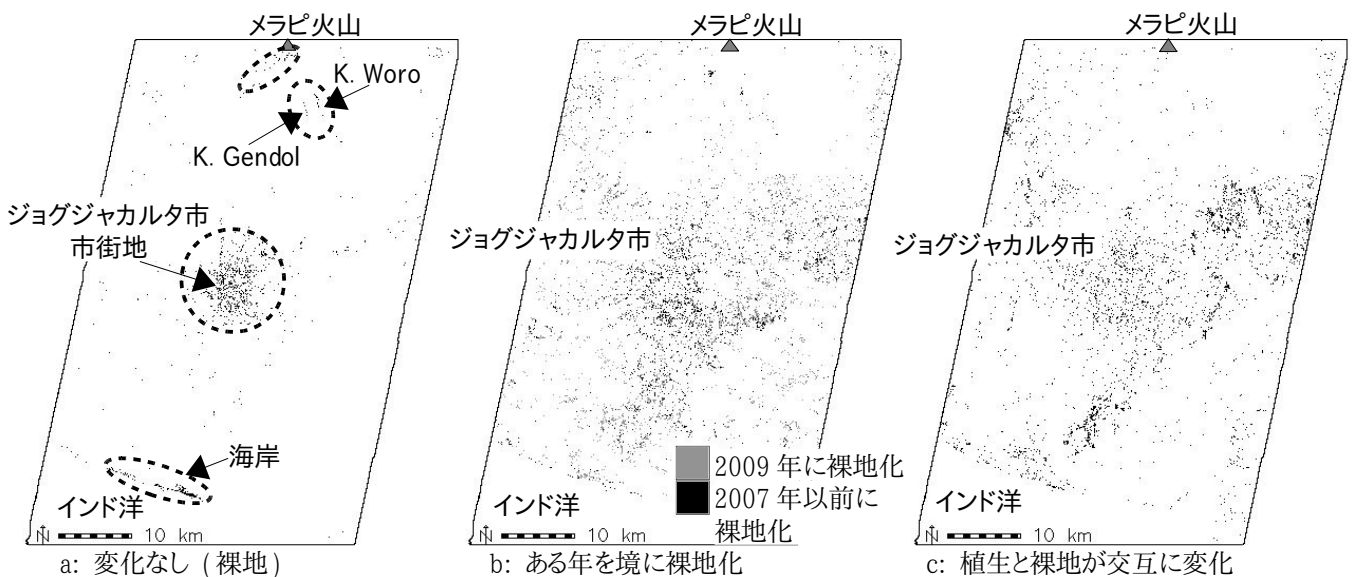


図 4: 土地被覆変化のパターン

a (左): 変化なし(裸地), b (中): ある年を境に裸地化, c (右): 植生と裸地が交互に変化(2009年裸地)