

# MODISデータと空中写真を利用した足尾地域の 植生判読に関する研究

戸舘 光<sup>1</sup>・池田 裕一<sup>2</sup>・田中 洋<sup>3</sup>・大田 為倫<sup>4</sup>・岡本 隆明<sup>5</sup>

<sup>1</sup>学生会員 宇都宮大学大学院 工学研究科 地球環境デザイン学専攻(〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東7-1-2)

E-mail:mt116432@cc.utsunomiya-u.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 宇都宮大学大学院 工学研究科 学際先端システム学専攻(〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東7-1-2)

E-mail:iked@cc.utsunomiya-u.ac.jp

<sup>3</sup>学生会員 宇都宮大学大学院 工学研究科 学際先端システム学専攻(〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東7-1-2)

E-mail:mt106655@cc.utsunomiya-u.ac.jp

<sup>4</sup>沖縄県土木建築部(〒904-2155 沖縄県沖縄市美原1-6-34)

E-mail:mt116432@cc.utsunomiya-u.ac.jp

<sup>5</sup>正会員 宇都宮大学大学院 工学研究科 学際先端システム学専攻(〒321-8585 栃木県宇都宮市陽東7-1-2)

E-mail:mt116432@cc.utsunomiya-u.ac.jp

栃木県の足尾地域はかつて緑豊かな土地であったが、銅山開発や山火事により周囲の山林は殆ど失われてしまった。その後約50年間緑化事業が行われ、植生が回復しつつある。その状況を簡便かつ持続的にモニタリングしていくシステムを構築することは、足尾地域の世界遺産登録を目指している現在、非常に重要である。そこで本研究では、足尾ダム流域56km<sup>2</sup>における空中写真と衛星データを用いて植生回復状況をモニタリングした。空中写真は1947年、1976年、2000年のものを使用し、立体視を行い裸地の大きさ・分布を調べた。衛星データはMODISデータ(NDVI)を使用し、空中写真判読の結果と照らし合わせ、足尾地域の植生判読に適用できるかを検討した。その結果足尾地域の植生モニタリングにはMODISデータが適用でき、データ管理等の観点からMODISデータが適していることがわかった。

**Key Words** : Ashio, vegetation, GIS, MODIS, aerial photograph, NDVI

## 1. はじめに

栃木県日光市足尾地区は森林に覆われた緑豊かな地域であった。しかし江戸時代から盛んに行われるようになった銅の生産に伴い足尾の自然は次第に荒廃していった。荒廃の主な原因は森林の乱伐、山火事、亜硫酸ガスによる植物の枯渇である。

森林の伐採面積は1881年から年を追うごとに増加していき、足尾官林では1893年までの20年足らずの間に6760haにまで及んだ。これは足尾官林の約半分の面積である。

森林の乱伐が行われたのと同時期に、足尾官林は数度

の山火事に見舞われた。山火事の原因は入会地からの野火や入山者の失火などである。特に1887年に発生した松木大火では1100haもの森林が失われた。

また、1893年から導入されたベッセマー式精錬法により大量に放出された亜硫酸ガスも、足尾の自然に大きな影響を与えた。亜硫酸ガスの排出は1956年まで約60年間続き、木々にダメージを与え足尾地域の森林の自然回復能力を奪ってしまった。森林の喪失に伴い洪水や土砂流出による災害も数多く発生した。

1956年に自溶精錬法の導入によるベッセマー式精錬法の廃止と同時に、足尾地域の地産・緑化活動が本格化した<sup>1)</sup>。この活動は現在も続けられ50年の節目を過ぎた。



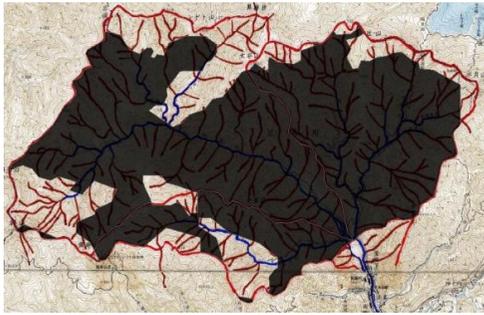


図-4 1947年裸地分布



図-5 1976年裸地分布

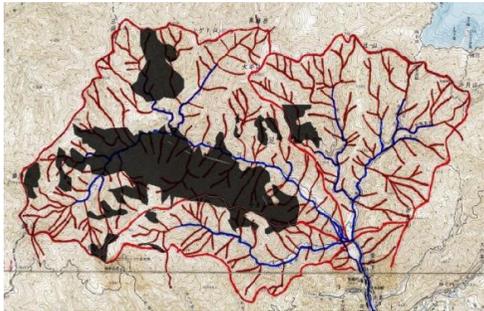


図-6 2000年裸地分布

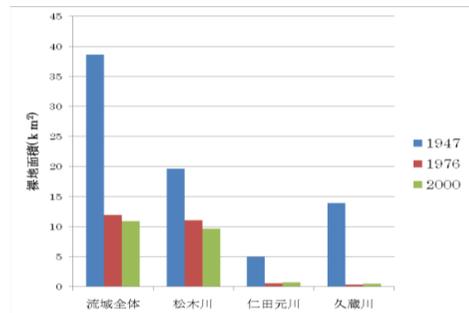


図-7 裸地面積変化

松木川・仁田元川・久蔵川の3つの小流域から成る。

表1に使用したデータを示す。空中写真は国土地理院より購入した。図2に空中写真の例として1976年の松木川の写真を示す。図3にはMODISデータ(NDVI)の値に応じて色分けしたカラーコンターの例を示す。MODISデータは国土環境モニタリング<sup>3)</sup>からダウンロードした。これは正規化植生指標NDVIを空間分解能250mで収録したもので、本研究では2004年4月から2010年12月までの1月毎の平均値を使用した。NDVIは植生の分布状況や活性度を示す指標であり、次の式(1)により算出される。

$$NDVI = (IR - R) / (IR + R) \quad (1)$$

ここでRは衛星データ(可視域赤)の反射率で、IRは衛星データ(近赤外線)の反射率である。式(1)によればNDVIは本来-1~1の実数であるがデータファイルに記録する便宜上

$$VI = (NDVI + 1) \times 100 \quad (2)$$

を用いて0~200の整数値として記録されている。本研究ではこの値のままで使用することにした。

### (2)空中写真による植生判読

空中写真の判読の際には、地被状態を判別しやすいように実体鏡で立体視し、裸地領域の周縁をペンでトレースした。これをスキャナーで画像としてデジタル化し、それをGISソフト(SuperMap Deskpro<sup>4)</sup>)に読み込んだ。

GIS上ではペンでトレースした裸地周縁のライン(ラスターデータ)をポリゴン(ベクタデータ)としてトレースし直した。GISには予め足尾ダム流域全体を示すポリゴン、3つの小流域を示すポリゴンそれぞれのデータを準備している<sup>5)</sup>。これらと裸地領域のポリゴンとをGIS上で組み合わせて解析することにより流域全体、あるいは小流域毎の裸地面積を算出した。

### (3)MODISデータの解析

ダウンロードしたMODISデータはバイナリ形式なので、フリーソフトのRSP<sup>6)</sup>を用いてcsv形式のファイルに変換してExcelやGISで読み込んで解析した。

まず、対象領域のNDVIの年平均を年代毎に比較し植生回復の様子をモニタリングした。

また、NDVIによる判読の適用性を判断するため、空中写真の判読結果との比較を行った。NDVIのデータをGISへ取り込み、対象領域に500mメッシュ(図-1右側の太い枠線)を被せ、メッシュ毎に裸地面積の大きさと

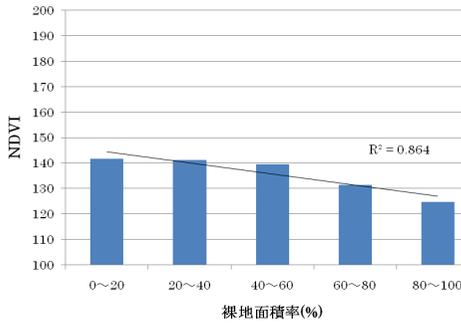


図-8 NDVIと裸地面積率の対応(2004年4月)

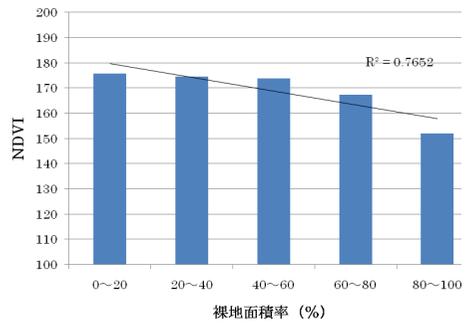


図-9 NDVIと裸地面積率の対応(2004年7月)

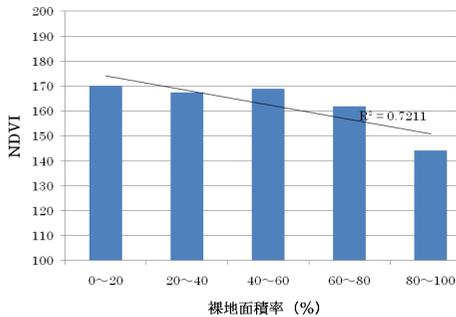


図-10 NDVIと裸地面積率の対応(2004年10月)

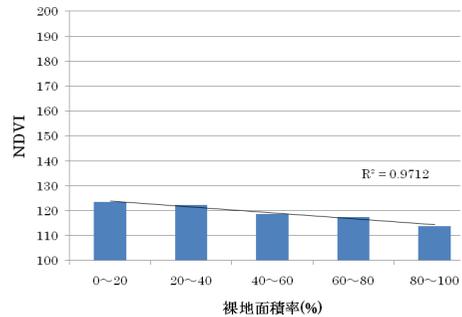


図-11 NDVIと裸地面積率の対応(2005年1月)

NDVIの値に相関がみられるか解析した。具体的にはメッシュ内の裸地面積率で6段階に分け、それに対応するメッシュのNDVI値の平均をとった。

ど裸地が残っていないのに対し、松木川流域は1947年から1976年の間に裸地の減少が見られるが未だ10km<sup>2</sup>程が荒廃したままである。

### 3. 空中写真による判読結果

図4, 5, 6に1947年, 1976年, 2000年の空中写真判読の結果を示す。図の線で囲まれているのが対象とする流域で、黒い部分が裸地である。図-7には流域全体と小流域毎の年代別裸地面積の大きさをグラフにしたものを示す。

図-7のグラフから裸地面積は順調に減っている、つまり植生が回復しつつあることがわかる。1947年から1976年の間に裸地が半分以下にまで減少しているが、これは1956年から本格化した緑化事業の効果であると考えられる。その間に人の手の入りやすい場所、植生へのダメージが少なかった場所などの緑化がかなり進められた。そのため、1976年から2000年の間では裸地面積に大きな変化がなかったのだと考えられる。

小流域毎の裸地面積について見てみると、図-5, 6, 7から松木川の流域に裸地が大きく分布していることがわかる。仁田元川, 久蔵川の流域では2000年時点でほとん

### 4. MODISデータの解析結果

#### (1)NDVIと裸地面積の関係

図-8から図-12にNDVIの値と空中写真判読による裸地面積との関係について解析したものを示す。

図-8～11はそれぞれ2004年の4月, 7月, 10月, 2005年の1月と2000年のメッシュ内の裸地面積率との関係である。各グラフを見てみると、NDVIは季節によって変化している事がわかる。夏は植生の活動が活発になり、NDVIの値が高くなる。逆に冬は植生が枯れるなど不活発になるためNDVIの値は低くなる。また、どのグラフも右下がりになっており、メッシュ内の裸地面積率が大きければNDVIの値が小さくなることを示している。しかし、それは直線的な関係ではなく、裸地面積率40-60%からNDVIが下がり始める傾向が見られるので、実際には曲線的な変化をしていると考えられる。全体として、裸地面積率が高くなればNDVIが低くなるという傾向は一貫しているので、NDVIと裸地面積すなわち植生量との間

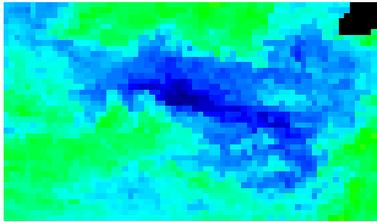


図-12 NDVI カラーコンター(2004年4月)

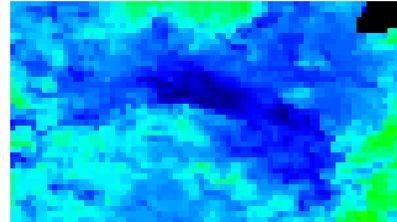


図-13 NDVI カラーコンター(2006年4月)

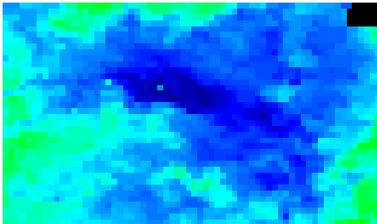


図-14 NDVI カラーコンター(2008年4月)

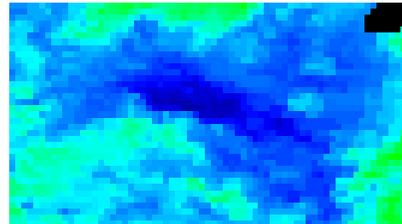


図-15 NDVI カラーコンター(2010年4月)

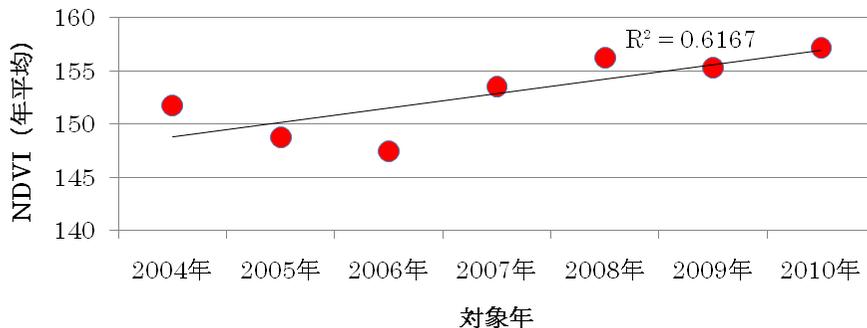


図-16 NDVI年変化

には何らかの関係式を構築できる。

## (2)NDVIによる植生判読

図-12～15に2004年から2010年までの4月のNDVIのカラーコンターを2年おきに示した。この図は色が濃いほどNDVIの値が低いことを示している。ただし、図の右上の黒い部分は中禅寺湖である。カラーコンターを見ると図の中央付近に色が濃くなっている部分が見える。これは2004年～2010年のどの月にも見られる。図の黒い部分は松木川周辺であり、空中写真判読による松木川流域には大きな裸地が残っているという結果と一致する。このことからNDVIを画像化することによって、足尾地域の裸地分布の大まかな様子を知ることが出来るとわかる。

また、図-12～15を見るとNDVIに変化が見られるが、植生の増減を断定できるほどではない。図-16は対象地

域全体のNDVIの1年間の平均値を年毎に示したグラフである。図-16からNDVIの値が年を追うごとに増えている事がわかる。つまり、植生が増えていることを示している。このように1年ごとの微妙な変化をカラーコンターのような画像だけでは捉えることができないが、数値を取り出して解析することによって変化を知ることができる。

以上のことからNDVIの値を調べることによって足尾地域の植生の大きな分布、増減を知ることができると言える。

## 5. おわりに

以上の結果から1947年から2000年の間に足尾地域の植生は増加していることがわかった。これは現在まで続い

ている緑化事業の効果であると考えられる。ただ、全体として植生は回復しているが、未だ松木川周辺には裸地が多く今後も緑化事業を行う余地がある。

また、MODISデータ(NDVI)と空中写真の判読により得られた裸地面積とをメッシュ解析すると、メッシュ内の裸地が大きいほどNDVIの値が低くなる傾向があるとわかった。このことから、NDVIの値が高い場所では植生が多く存在するということが言える。さらに、NDVIの年平均が増加傾向にあること、擬似カラー画像においてNDVIの値が低い場所と裸地が多く分布する場所が一致していることから、NDVIを用いて足尾地域の植生状況をモニタリングすることは十分可能であると言える。

空中写真に関して、判読を行うにはある程度の技術と手間が必要で、限られた年度の写真しか存在しないといった問題点がある。それに比べると、MODISデータは一定の期間(1ヶ月毎)でデータが供給され、解析やデータの管理もデジタルなので簡単である。そういった点から、今後の足尾地域の植生モニタリングにはMODISデータが適していると言える。

謝辞：本研究は、(財)河川環境管理財団の平成22年度河川整備基金事業によって実施しました。ここに記して謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 秋山 智英：森よ、よみがえれ 足尾銅山の教訓と緑化作戦，農文協，1990.
- 2) 本多 潔：足尾銅山における植生回復シミュレーションと治山事業の評価，写真測量とリモートセンシング，Vol.34, No.5, pp.25-35, 1995.
- 3) 国土環境モニタリング，国土地理院  
<http://www1.gsi.go.jp/geowww/EODAS/ndvi-download.html>
- 4) 日本スーパーマップ株式会社 <http://supermap.jp/>
- 5) 藤井 美帆：MODIS衛星データによる足尾地域の植生モニタリングに関する基礎的研究，第36回土木学会関東支部技術研究発表会講演概要集，2009.
- 6) 株式会社建設技術研究所  
<http://www.ctie.co.jp/renewal/index3.html>

(2011.8.8受付)

## ESTIMATION OF VEGETATION RECOVERY USING MODIS DATA AND AERIAL PHOTOGRAPHS IN ASHIO BASIN.

Hikaru TODATE, Hirokazu IKEDA, Hiroshi TANAKA, Tametomo Ota, Takaaki OKAMOTO

Ashio Basin was once lushly green until 1800's. However, the forest had been almost lost by copper mine developed and forest fire by 1956's. From that time on, afforestation has been carried out for over 50years, therefore, the vegetation is being recovered. Now, Ashio Basin is focused as a candidate of World Heritage Site in Japan, which integrates industrial heritage of the copper mine land restoration of forest environment. Form such a view point, it is very important to configure sustainable a system for monitoring the forest situation in Ashio area. The present study examines the feasibly of aerial photographs and satellite data. Aerial photographs, snapped in 1947, 1976 and 2000 were used to trace the distribution of devastated land by stereoscopic observation. Satellite data, free MODIS data, were analysed in the form of NDVI, which showed moderate compatibility with the aerial photographs.