

衛星データで見た太宰府市の山地斜面における 土地被覆の季節変動

Seasonal Changes of Landcover on Mountain Slopes
Analyzed by Satellite Data in Dazaifu City

黒木 貴一

磯 望

後藤 健介

Takahito KUROKI

Nozomi ISO

Kensuke GOTO

社会科教育講座

西南学院大学

長崎大学

(平成19年10月1日受理)

要 旨

福岡県太宰府市の山地斜面を対象に, 5時点のLANDSAT/TMの反射率データを使用し, 時点間の差分データと地形との対応を観察した。各時点の反射率データは, 2001年4月のデータ各平均値との差分を0とする補正を行なった。バンド3と4から求めたNDVI(植物活性度指数)の差分データを2月-10月(冬期), 4月-2月(春期), 5月-4月(初夏), 9月-2月(夏冬), 10月-4月(秋春)の各時期に対して求めた。

NDVI差分の3D画像では, 時期により地形(標高差, 斜面方向, 地形凹凸)に対応する差分の相違が観察できる。測線ごとに見ると, 全体的にはNDVI差分は秋と春, 春期, 夏と冬に地形の違いをよく示す。斜面方向は, 秋と春, 夏と冬の差分が最もよく示す。地形凹凸は, 秋と春, 春期, 夏と冬の差分が最もよく示す。標高差は, 春期, 夏と冬の差分が最もよく示す。3時期のNDVI差分を用いて, 重ねあわせ法と最尤法により地形の違いを示す地域区分を試みた。その結果, 比較的良好な精度の分類結果を得た。これより植被で地形が不明瞭な斜面でも, 人工衛星の反射率データの解析から地形の推定がある程度できるものと考えられる。

キーワード: 反射率データ, GIS, 重ね合わせ, NDVI, 地形

I. はじめに

今日, 平野では埋め立てによる住宅地, 商業地, 工業地などの開発, 干拓による農地拡大とその耕作放棄, 山地・丘陵地では切盛による住宅地や商業地の造成, 管理不十分による山林の荒廃など地形や土地利用などの環境変化が生じた。これらの環境変化は統計データ, 地図, 空中写真とともに衛星データを利用すると理解しやすい。既に衛星データは環境評価, 遺跡調査, 災害調査, 農作物評価など様々な目的に利用されている¹⁾。たとえばLANDSATのバンド(波長帯)別反射率データのRGB画像を地表の土地利用あるいは水分条件に読み替え, 平野に対し地形区分がなされた^{2),3)}。また反射率データから土地被覆分類を行い土地利用, 地形変化, 森林破壊, 土壌浸食などに関する

研究もなされた^{4),5)}。これらはある時期のデータから各バンドを組み合わせた画像を作成し環境を評価し, また時期の異なる画像間の変化から環境変化の評価を行うものである。

最近, 衛星の2時期の差分データを使用し, 土地被覆分類⁶⁾, 地震災害範囲認定⁷⁾, 火山災害の回復過程⁸⁾の解析が試みられた。小川ほか(2006)⁶⁾は土地被覆の変化や相違の比較的大きな平野を対象に, 差分データを用いて土地被覆分類を行った。ところで場所により土壌や水分条件が相違する斜面も土地被覆(植生)に影響を与えることは既存報告^{9),10),11)}で明らかである。しかし, 防災あるいは山林の荒廃で注目されるべき斜面地形に対しては, 差分データと地形との関係を検討したものはまだなく, また差分データを用いた土地

被覆分類の可能性を検討したものもない。そこで筆者らは、取得時点の異なるLANDSAT/TMのバンド別データを用意し、反射率の差分データを計算し、そのデータの空間分布と地形との対応関係を詳しく検討した。さらに差分データを利用した斜面の区分を試みた。

II. 研究方法

1. 研究対象地域

福岡県太宰府市を中心とする約 150km² を研究対象地域とした(図1)。図1北西部には宅地、鉄道、国道などの多い市街地があり、南東部には田が多い。北東部と南西部は山地および丘陵地である。太宰府市は、福岡市の南約 10kmにある人口約 6 万 7 千人の市で、そこに太宰府天満宮、大宰府政庁跡、大野城址などの史跡も多い。一方で、

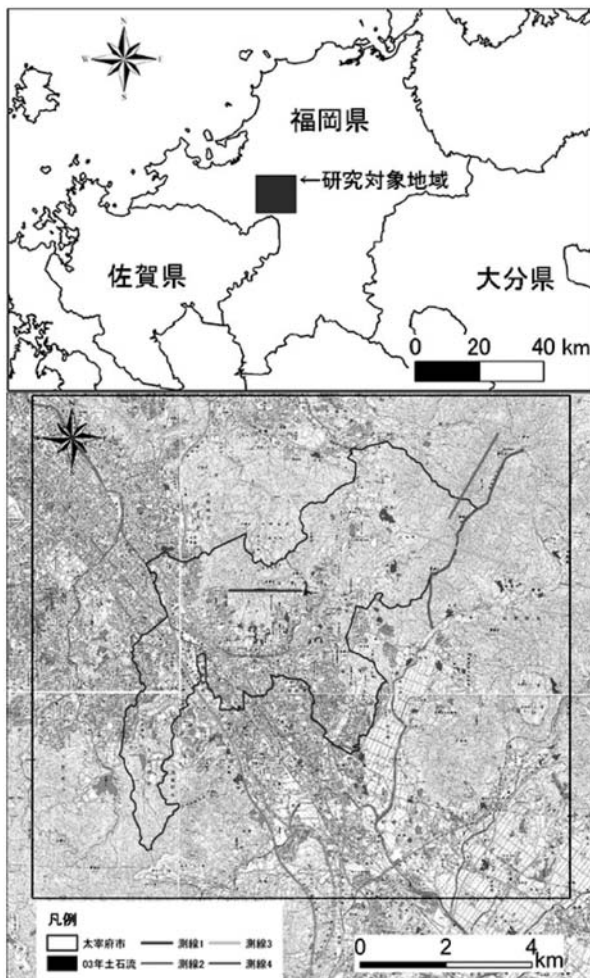


図1 研究対象地域と測線

*背景は国土地理院発行の2万5千分の1地形図(大宰府、二日市、福岡南部、不入道)を使用した。

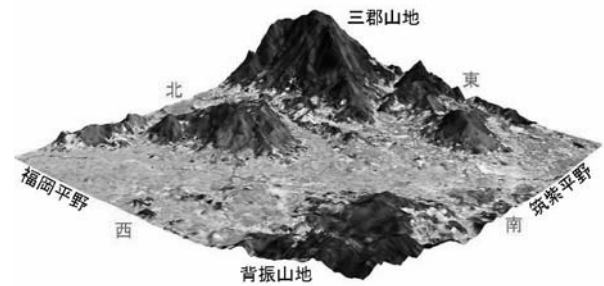


図2 研究対象地域の鳥瞰図

国道3号線や九州自動車道、JR鹿児島本線や西鉄大牟田線が通っており交通の便が極めてよいため、太宰府市は観光都市でもあり、早くに開発の進んだ福岡市のベッドタウンでもある¹²⁾。

図2は数値地図50mメッシュ(標高)による研究対象地域を南西方向から見た鳥瞰図である。北東は三郡山地、南西は背振山地、北西は福岡平野、南東は筑紫平野である。

2. 使用データと調整

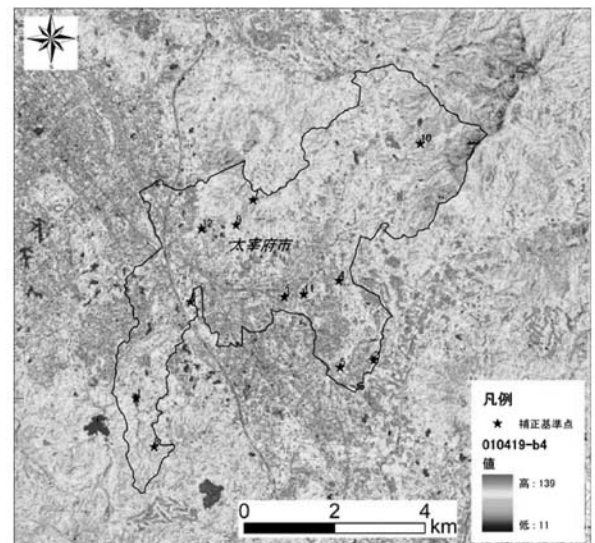


図3 補正基準点

*★印に添えた数字は補正基準点番号を示す。

2001年(4/19, 5/13, 9/18, 10/20)と2002年(2/25)のLANDSAT/TMデータを使用した。各バンドの反射率データを基準時点(4/19)に合わせた。バンド4画像と地形図を参照し水域(Loc.1と2)、建物(Loc.3と4)、水田(Loc.5と6)、広葉樹(Loc.7と8)、針葉樹(Loc.9と10)、校庭(Loc.11と12)の12箇所の補正基準点を選定した(図3)。時点毎にバンド毎に各箇所の反射率を求め、それぞれの平均値を計算し基準時点の平均値との差分

を求めた。各時点の反射率データは、基準時点の平均値との差分を0とする加減算を行った。例えばGCP12点における9/18のバンド4データ(平均値67)を4/19のバンド4データ(平均値61)にあわせるために、前者から6を減じヒストグラム全体を左にずらした(図4)。反射率差分はバンド

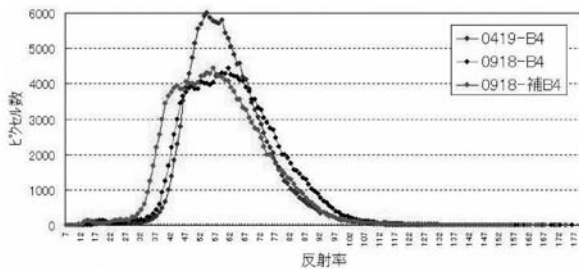


図4 9月18日のバンド4の補正イメージ

1, 3, 4, 6, NDVI(植物活性度指数)の10月-4月(秋と春), 2月-10月(冬期), 4月-2月(春期), 5月-4月(初夏), 9月-2月(夏と冬)の5時期に関し求めた。以後時期に関して括弧内の名称を用いる。

これらの解析にはArcView8.3および同9.1を使用した。本報告では地形と土地被覆との関連が見やすいと予想される以下の式で計算したNDVI差分を事例とする。

式1 $NDVI = ((\text{バンド4 反射率} - \text{バンド3 反射率}) / (\text{バンド4 反射率} + \text{バンド3 反射率})) \times 100$

式2 $NDVI\text{差分} = A\text{時点の}NDVI - B\text{時点の}NDVI$

3. 観察方法

NDVI差分は図2と同一視点による3D画像で表し、主に山地斜面との関係を観察した。

4本の測線上に設定した25m間隔の測点におけるNDVI差分と標高値をArcViewにカスタマイズしたフリーのスクリプト「Easy Profiler V9.0」で取得した。両者をグラフ上で重ねあわせ、測線上のNDVI差分と地形(標高)との関係を観察した。測線1は三郡山の西にある四王寺山の南山麓に東西に伸びる約1600mの直線である(写真1)。測線2は三郡山の北西山麓に北東から南西に伸びる約2200mの直線である(写真2)。測線3は三郡山の南西麓にあり、その北西から南東に伸びる約2200mの直線である(写真3)。測線4は、三郡山山頂から南西に続く尾根に設定した約5000mのものである(写真3)。



写真1 測線1の景観



写真2 測線2の景観



写真3 測線3と4の景観

Ⅲ. 3D画像からの観察結果

図5にNDVI差分の3D画像を示す。赤いほど値が高く、青いほど値は低い。図5(1)は秋と春の差分である。値は山地で高く平野で低い。三郡山地の高標高域で最も値が高い。第2~5回植生調査(図6)によると、三郡山地では低標高部はスギ・ヒノキ・サワラ植林とシイ・カシ萌芽林が占め、高標高部はアカシデ・イヌシデ群落、モミ・シキミ群落、アカガシ・ミヤマシキミ群落が占め、標高による植生の違いが明瞭である。一方、背振山地を含む他の山地はスギ・ヒノキ・サワラ植林とシイ・カシ萌芽林で占められている。筑紫平野の東部で南北に連続する谷底平野内では最も値が低い。この理由として4月は小麦の栽培のため緑を呈し、10月は刈り取り間近の稲により黄色を呈することが考えられる。山地の全体的傾向とし

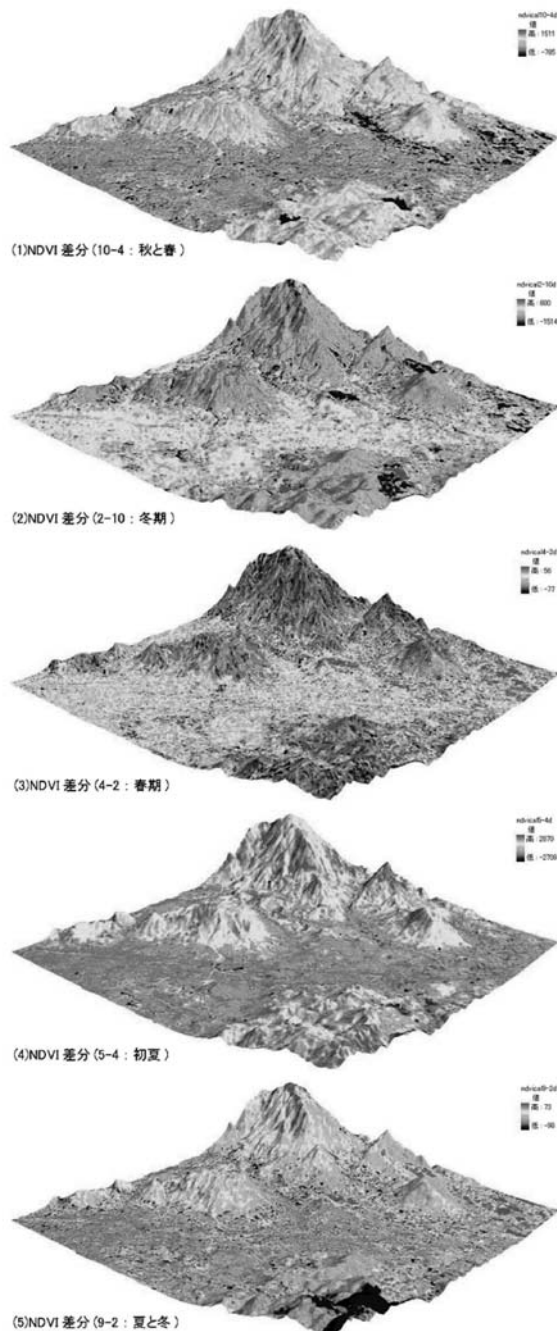
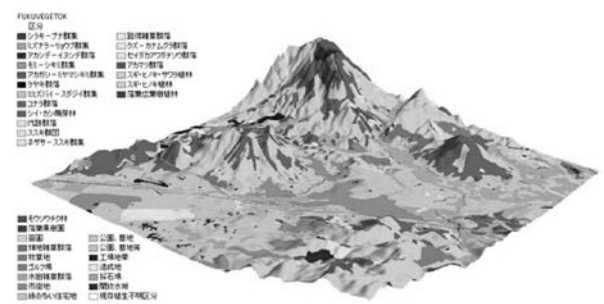


図5 各時期の NDVI 差分の 3D 画像

て、不明瞭ながら北西向き斜面よりも南東向き斜面の値が高い。特に三郡山地の高標高域では西側の谷部に値の低い場所が見えるため、その傾向は明瞭である。また全体的に尾根部は谷部に比べて値が高い。平野内には島状に値の高い場所がある。中でも四王寺山から南西に伸びる値の高い線状の場所として水城が識別できる。水城は広葉樹林で覆われている。なお、背振山地内の値の低い場所はダム湖である。

図5(2)は冬期の差分である。値は山地で低く



*図2と同一視点

平野で高い。三郡山地の高標高域、三郡山地南麓の丘陵地、背振山地の南麓で最も値が低い。前者は図5(1)で示した植生の相違に起因すると思われる。後2者はゴルフ場の芝が2月に枯れることが原因と思われる。筑紫平野の東部の谷底平野には所々値の高い場所がある。この理由として2月は水田の雑草のため黄緑を呈し、10月は刈り取り間近の稲により黄色を呈することが考えられる。また平野部では、水城が値の低い線状の場所として識別できる。三郡山地の高標高域では西側の谷部に値の高い場所がある。全体的に尾根部は谷部に比べて値が低い傾向にある。なお、ダム湖は高い値を示す。

図5(3)は春期の差分である。値は山地で低く平野で高い。その相違は図5(2)よりも著しい。筑紫平野の東部、三郡山地裾野の丘陵地、背振山地の南麓では値が最も高い。前者は2月に水田の雑草のため黄緑を呈し、4月は小麦の栽培のため緑を呈することが原因と思われる。後2者は2月に枯れていたゴルフ場の芝が4月に緑になることが原因と思われる。各山地の高標高部は低標高部に比べて値がより低い。これはこの時期に、NDVIが低標高部から高標高部に向かって徐々に上昇することを示す。三郡山地の高標高域において、西側の谷部では値がより低い。全体的に尾根部は谷部に比べて値が若干高い傾向がある。なお、ダム湖は中間的な値のため識別しにくい。

図5(4)は初夏の差分である。値は山地で高く平野で低い。その相違は図5(1)より明瞭である。背振山地内にあるダム湖の値は最も低い。また平野のため池や河川でも値が低いことが多い。各山地の高標高部が低標高部に比べて値が少し高い。これは春期の後、低標高部の上昇に比べ、より高標高部の上昇が大きかったことを示す。また山地の全体的傾向として、北西向き斜面が南東向き斜面より値の高い傾向がある。ここでも全体的に尾根部は谷部に比べて値が高い傾向にある。なお、

ゴルフ場は中間的な値のため識別しにくい。

図5(5)は夏と冬の差分である。値は山地で高く平野で低い。その相違は図5(4)ほど大きくない。植生が異なる三郡山地の高標高域、ゴルフ場のある三郡山地南麓の丘陵地と背振山地の南麓、筑紫平野の東部の谷底平野では値が最も高い。それぞれ9月には緑の濃い場所である。値の低い場所が山麓に島状に点在する。地図と対比すると、そのような場所の多くは水田である。この時期は水田の値は全般に高いことから、耕作放棄地あるいは刈り取り直前の稲の影響が考えられる。また図5(3)同様、全体的に尾根部は谷部に比べて値が高い傾向、NDVIが低標高部から高標高部に向かって高まる傾向も見られる。さらに山地では全体的傾向として、南東向き斜面よりも北西向き斜面の値が高い傾向がある。なお、南西部の値の低い場所は雲の影響である。

3D画像で確認できた各時期のNDVI分布に地形的な特徴が現れている点は、まず春期の差分、初夏の差分、夏と冬の差分に見られる標高差によるNDVI差分の相違である。特に三郡山では顕著である。次に秋と春の差分、初夏の差分、夏と冬の差分に見られる斜面方向によるNDVI差分の相違である。さらに全ての時期に見られる谷と尾根の地形凹凸の違いによるNDVI差分の相違である。これらの特徴に、植生の細かな違い、水田やゴルフ場などの人為的土地利用の違い、水域の存在が影響を与えている。

IV. 測線による詳細観察

図7は測線1の標高とNDVI差分の関係を示す。測線1は標高約100mに始まり約90mに終わる。距離800m付近で最高約200mに達する。距離約200mと約450mには谷がある。秋と春の差分(図7(1))は、距離0mから600m付近において尾根で低く谷で高い。冬期の差分(図7(2))は、距離約800mの尾根で低い。距離約800mから1300mまでは高標高ほど差分が若干高い。春期の差分(図7(3))は、距離約100mから600mにおいて尾根で高く谷で低い。距離約600mから1300mまでは高標高ほど差分が低い。初夏の差分(図7(4))は、全区間で高標高ほど高い。距離約0mから800mの西側は東側に比べて若干高い。この区間にある尾根の西側斜面も東側斜面に比べ高い。夏と冬の差分(図7(5))は、距離約200mから600mにおいて尾根で低く谷で高い。距離約600mから1300mまでは高標高ほど若干差分が低い。

図8は測線2の標高とNDVI差分の関係を示す。

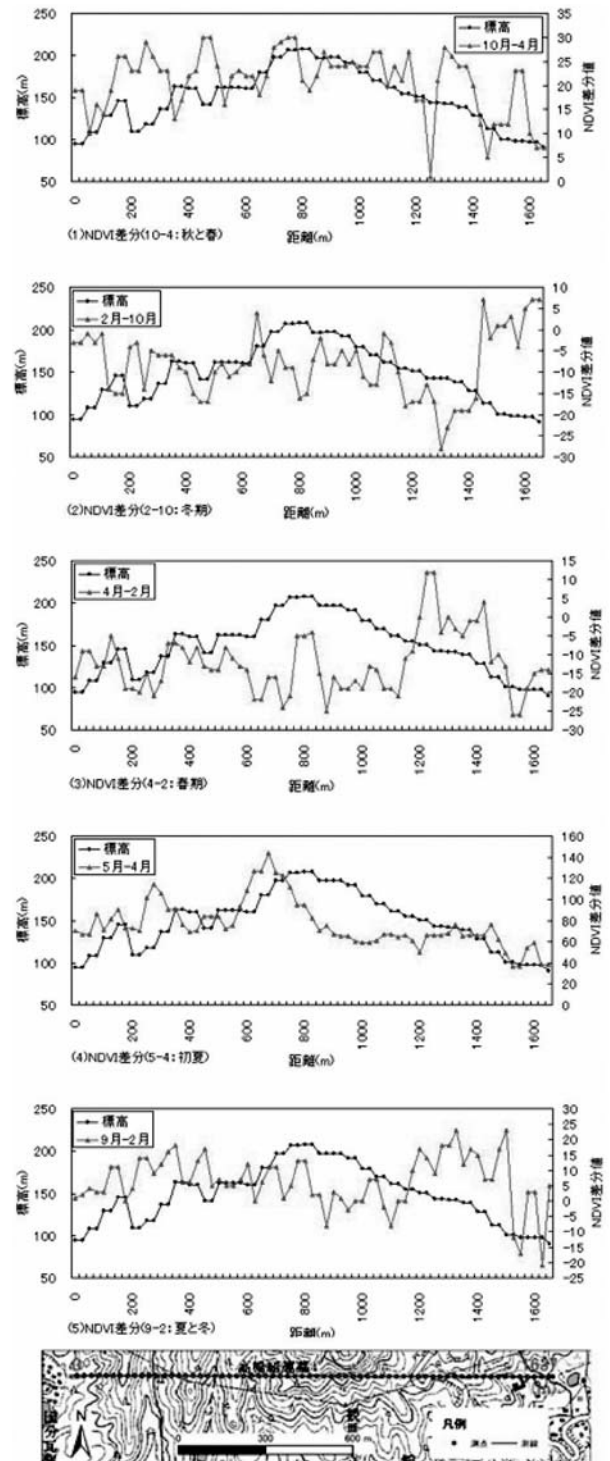


図7 測線1のNDVI差分と標高

測線2は標高約570mに始まり約680mに終わる。距離約1800mで標高は最高約800mに達する。距離約800m, 約1400m, 約2100mには深い谷があり起伏が大きく、尾根が明瞭である。秋と春の差分(図8(1))は、距離約400m, 約1000m, 約1600mで高い。それらは南向き斜面に位置し、逆に北向き斜面は差分が低い。冬期の差分(図8(2))は、

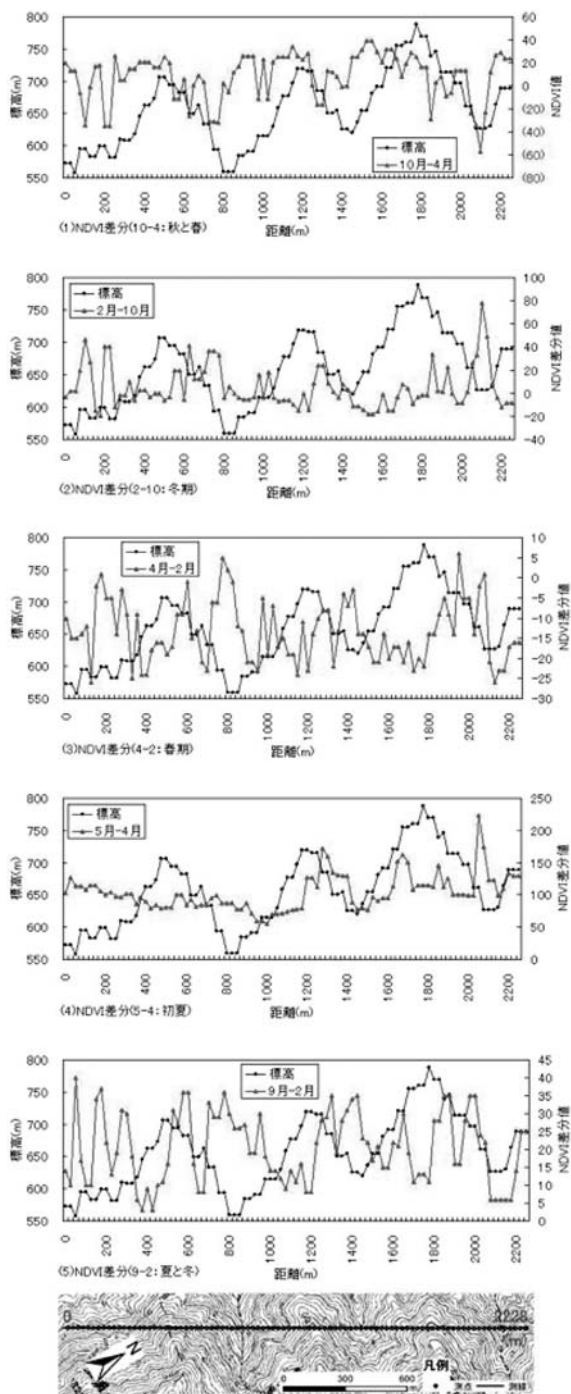


図8 測線2のNDVI差分と標高

距離約500m, 約1200m, 約1600mで低い。そこは南向き斜面に位置し、逆に北向き斜面は差分が高い。春期の差分(図8(3))は、距離約200m, 約800m, 約1400mの谷で高い。逆に尾根では差分が低い。初夏の差分(図8(4))は、全体的に地形との対応関係が見えにくい。夏と冬の差分(図8(5))は、距離約400m, 約1100m, 約1700mで低

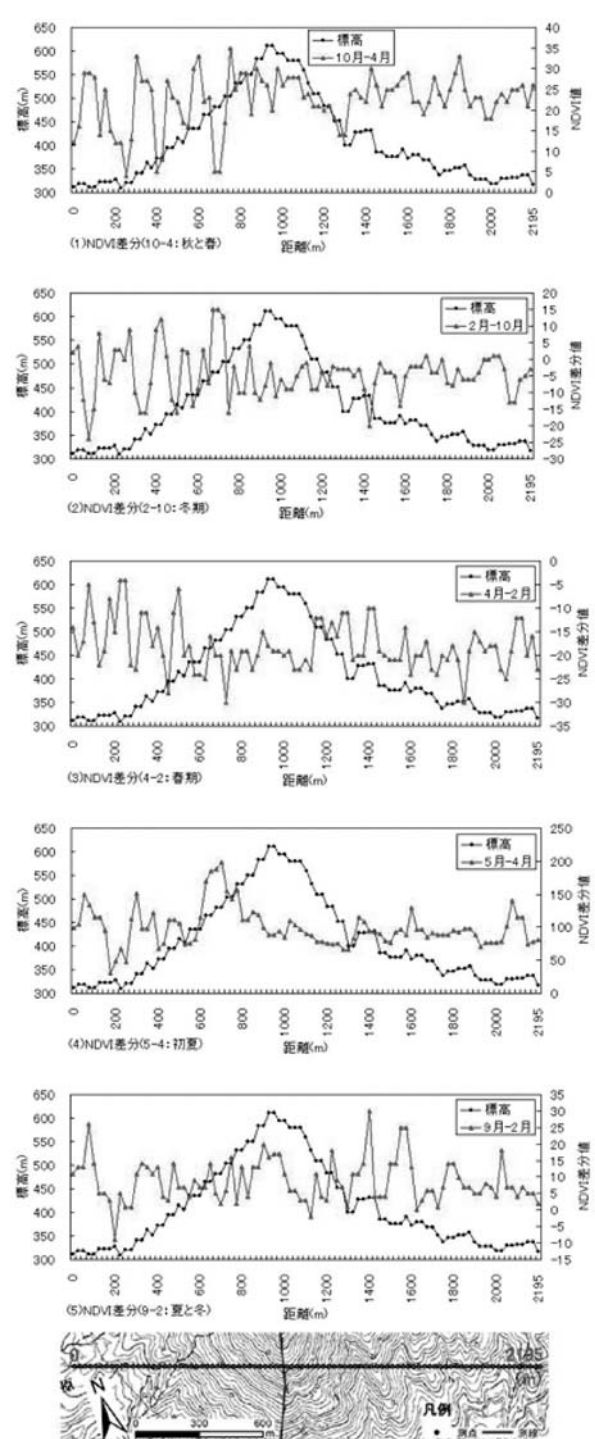


図9 測線3のNDVI差分と標高

い。そこは南向き斜面にあり、北向き斜面は相対的に差分が高い。

図9は測線3の標高とNDVI差分の関係を示す。測線3は標高約310mに始まり約310mに終わる。距離約1000mで最高約620mに達する。距離約1300mに浅い谷はあるが、測線3は単調に標高が上がり、単調に低下する測線である。秋と春の差

分(図9(1)), 冬期の差分(図9(2)), 初夏の差分(図9(4))は, とともに距離約0mから800mでは振幅は大きい, 全区間の値はほぼ一定であり, 地形と関わる差分の特徴を読み取りにくい。春期の差分(図9(3))は, 標高約500m以上にあたる距離約600mから1100mで低い。夏と冬の差分(図9(5))は, 距離約900m, 約1400m, 約1800mの尾根で若干高い。

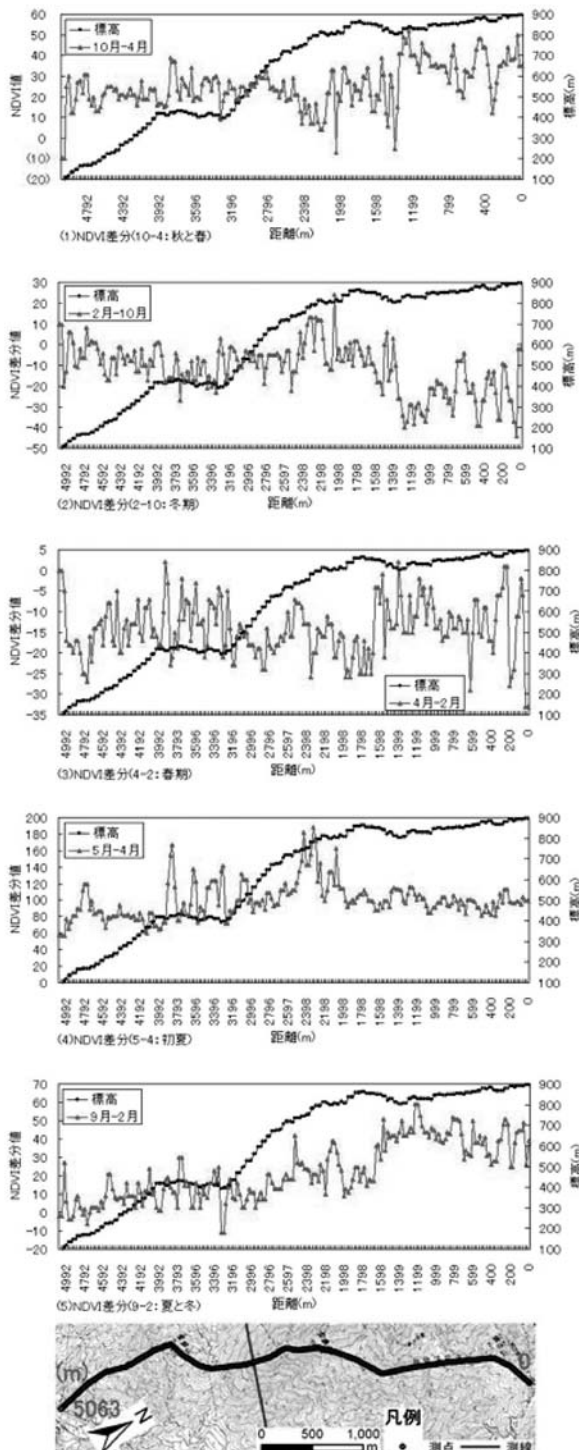


図10 測線4のNDVI差分と標高

図10は測線4の標高とNDVI差分の関係を示す。測線4は標高約900mに始まり約100mに終わる。測線は山頂から始まり, 距離とともに標高が次第に低下する。距離約3200mには浅い谷がある。距離約0mから2000mは標高850m前後, 距離約3400mから4000mは標高400m前後で一定である。秋と春の差分(図10(1))は, 標高約800m以上にあたる距離約0mから2400mが, それ以下の約2400mから4900mよりも若干高い。冬期の差分(図10(2))は, 標高約850m以上の距離約0mから1300mが, それ以下の約1300mから4900mよりも低い。春期の差分(図10(3))は, 標高約800m以上の距離約0mから1700mが, それ以下の約1700mから4900mよりも若干高い。初夏の差分(図10(4))と夏と冬の差分(図10(5))は, 標高約500m以上の距離約0mから3000mが, それ以下の約3000mから4900mよりも高い。夏と冬より初夏は標高による差分の相違が大きい。

以上をまとめると, 前章で概観できた斜面方向, 地形凹凸, 標高差の相違によるNDVI差分の特徴は, 各測線上でも確認できた。ただその差分は時期ごとに, 測線ごとに, 大きさが異なることも分かった(表1)。全体的にはNDVI差分は秋と春, 春期, 夏と冬に地形の違いをよく反映する。斜面方向を最もよく示すNDVI差分の季節は, 秋と春,

表1 地形を反映するNDVI差分と測線

季節	秋と春	冬期	春期	初夏	夏と冬
期間	10-4	2-10	4-2	5-4	9-2
斜面方向	②	2		1	②
地形凹凸	①		①, ②		1, ③
標高差	4	1, 4	1, ③, ④	1, 4	1, ④

*丸文字は差分が顕著な測線を示す。

夏と冬である。地形凹凸を最もよく示すNDVI差分の季節は, 秋と春, 春期, 夏と冬である。標高差を最もよく示すNDVI差分の季節は, 春期, 夏と冬である。

V. 季節変動情報を用いた地形区分の試みと評価

1. NDVI値区分図の作成

NDVI差分からNDVI値区分図を作成した。IV章の検討結果を考慮し, 斜面方向を表すNDVI差分として秋と春の差分を, 地形凹凸を表すNDVI差分として春期の差分を, 標高差を表すNDVI差分として夏と冬の差分を使用する。つまり各差分データを南向き斜面と北向き斜面, 谷と尾根, 500m未満と500m以上とそれぞれ2値化する。

a. NDVI値18以上未満: 図8(1)から北向き斜面

と南向き斜面を分かちNDVI差分を18と読んだ。次に秋と春のNDVI差分に対し、NDVI差分18以上(南向き斜面)と18未満(北向き斜面)を0点と1点に区分した。

b. NDVI値凹凸：春期のNDVI差分に対し、各30m四方の5×5メッシュ(150m範囲)中の平均値を求め、150m範囲中央のメッシュにその値を与えた。元のNDVI差分から差分平均を減じ、NDVI差分の凸域を正值で、凹域は負値で表した。次に正值(凸地形)を0点、負値(凹地形)を2点に区分した。

c. NDVI値25以上未満：図10(5)から標高約500mを示すNDVI差分を25と読んだ。次に夏と冬の差分に対し、NDVI差分25以上(500m以上)と25未満(500m未満)を5点と1点に区分した。

d. NDVI値区分：1)のa, b, cの区分画像を重ね合わせ1点から8点で示すNDVI値区分図とし

た(図11)。

2. 地形区分図の作成

数値地図50mメッシュ(標高)から地形区分図を作成した。

a. 斜面方向：斜面方向を解析し、南向き斜面を0点、北向き斜面を1点と区分した。

b. 地形凹凸：各50m四方の3×3メッシュ(150m範囲)中の標高の平均値を求め、150m範囲中央の50mメッシュにその値を与えた。元の標高から標高の平均値を減じ、凸地形域を正值で、凹地形域を負値で表した。次に凸地形域を0点、凹地形域を2点に区分した。

c. 標高500m以上未満：標高500m未満の地域を1点、500m以上の地域を5点に区分した。

d. 地形区分：2)のa, b, cの区分画像を加算し1点から8点で示す地形区分図とした(図12)。

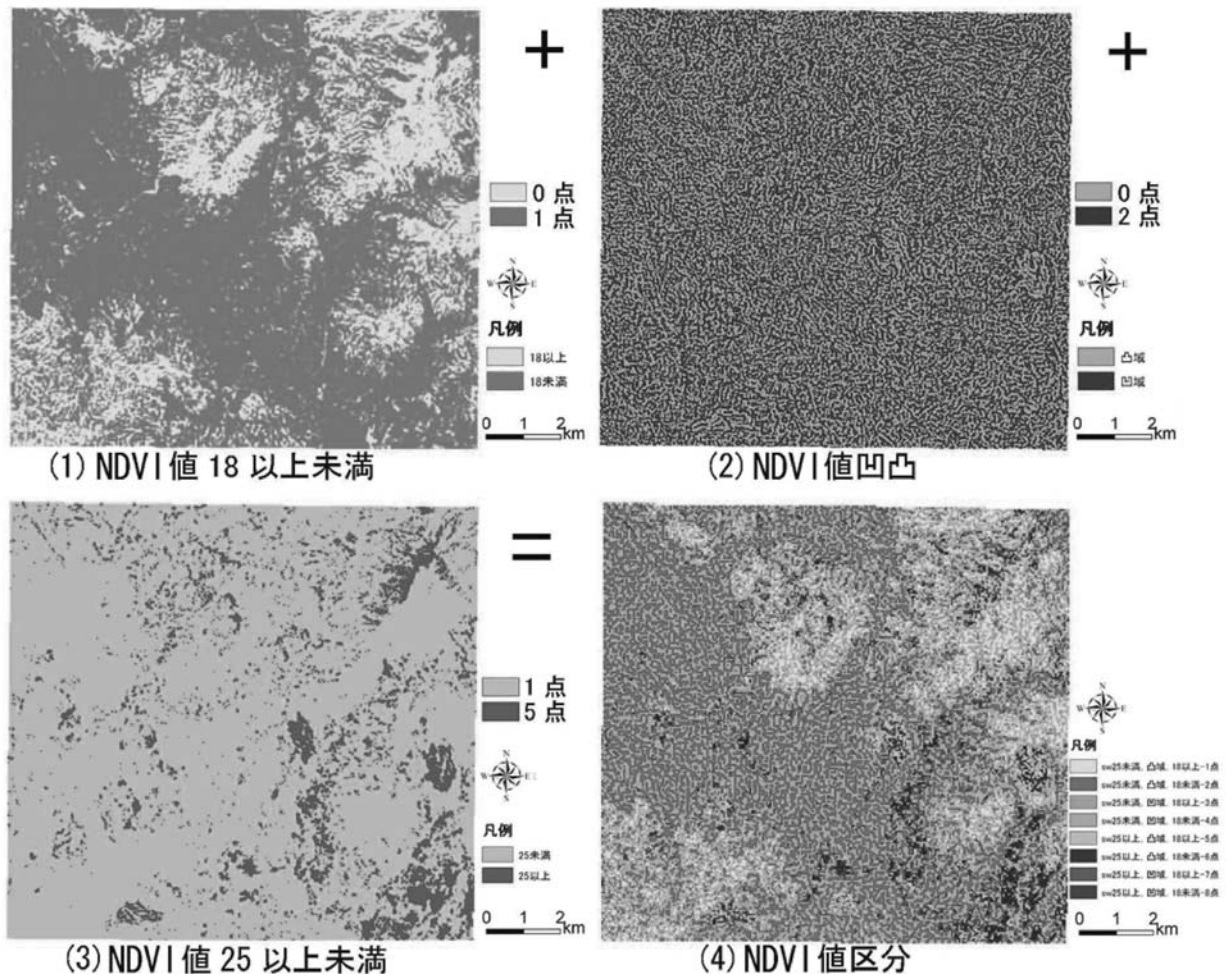


図11 NDVI 値区分図の作成過程

3. NDVI値区分図と地形区分図の比較

南東部を除き図 11(4)と図 12(4)は似た画像に見える。両者の近似度を確認するために、両図を重ね合わせ、図 11 に対する図 12 の分類精度を計算した(表 2)。全体を見ると、1 点から 4 点での

表 2 NDVI 値区分図と地形区分図との関係

		地形区分図							
		1点	2点	3点	4点	5点	6点	7点	8点
NDVI 値 区 分 図	1点	28.8	19.2	24.2	17.2	4.3	2.0	3.4	1.0
	2点	17.3	22.5	26.9	30.8	0.5	0.6	0.6	0.7
	3点	28.3	21.0	24.2	16.3	4.5	1.6	3.3	0.8
	4点	19.7	23.2	26.2	28.3	0.6	0.8	0.5	0.8
	5点	20.0	13.8	29.8	18.5	6.6	5.6	3.4	2.4
	6点	19.2	11.6	36.9	24.5	0.4	2.7	0.3	4.4
	7点	21.8	21.7	24.7	16.9	5.2	6.4	2.1	1.2
	8点	23.7	13.1	39.6	18.0	0.3	2.5	0.7	2.2

分類精度は 20%以上あり良く、逆に 5 点から 8 点の分類精度は 7%以下で極端に小さい。これは測

線以外の場所に、標高 500m以上に対応するとしたNDVI値 25 以上の場所が広がったことが主因と思われる。例えば低標高部のゴルフ場や小麦畑の存在がそれに対応する(図 5(5))。500m未満の得点に限定してみると、NDVI値区分図では南向き斜面・凸地形の 1 点と、北向き斜面・凹地形の 4 点は最も分類精度が良い。値は小さいが 500m 以上の得点範囲では、南向き斜面・凸地形の 6 点も分類精度が良い。500m未満・北向き斜面・凸地形を目指した 2 点は、地形区分図の北向き斜面・凹地形の 4 点の範囲に多く分類された。500m未満・南向き斜面・凹地形を目指した 3 点は、地形区分図の南向き斜面・凸地形の 1 点の範囲に多く分類された。このことから、NDVI値差分に及ぶ地形凹凸の効果が強いと考えられる。

両者の近似度をさらに確認するために、地形区分図をもとにした教師データを用意し、NDVI差

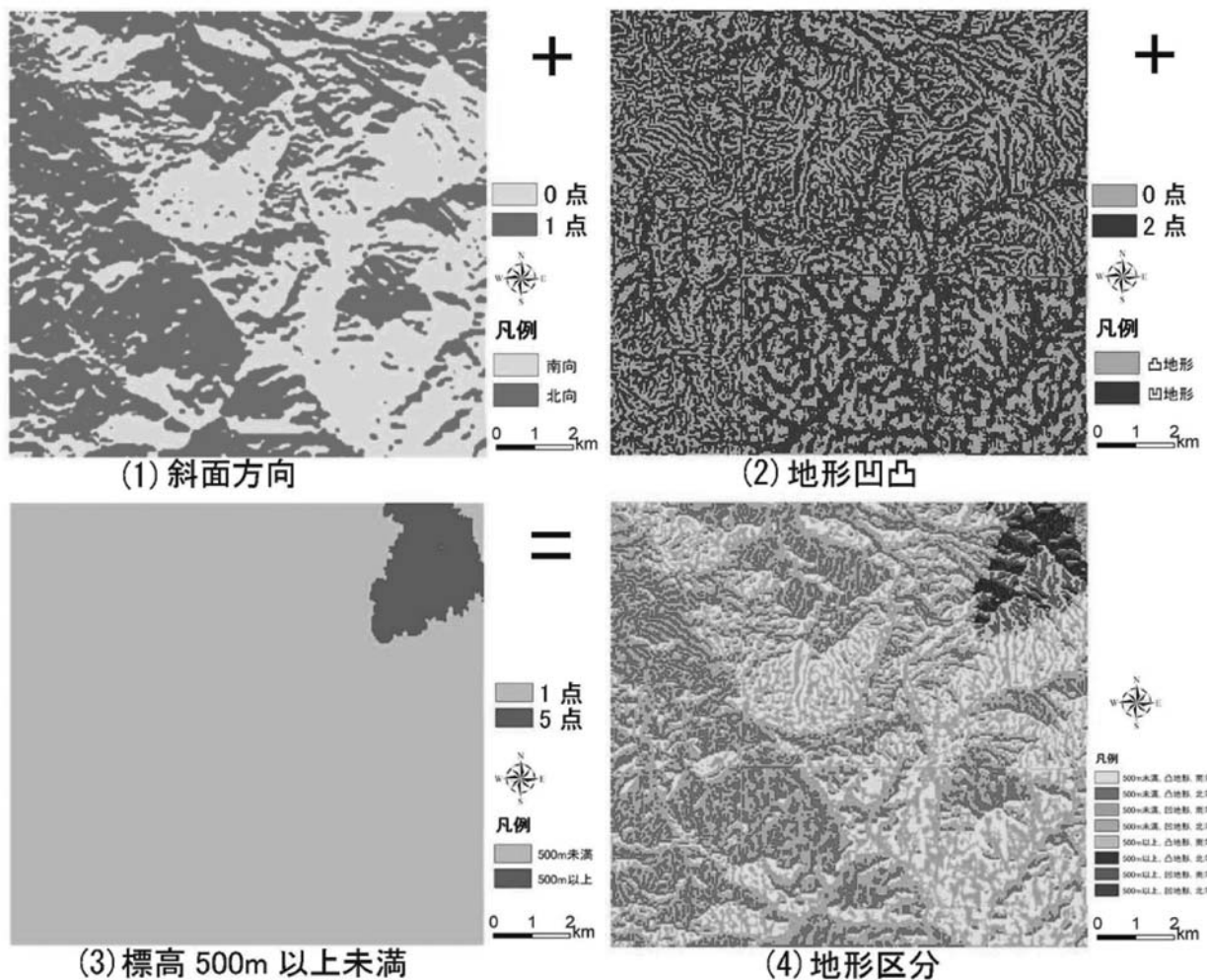


図12 地形区分図の作成過程

分に対する教師付の最尤法区分を実施した(図13)。この時、NDVI値区分図を作成する際に使用した秋と春、春期、夏と冬の差分データはコンポジット化し利用した。教師データに対する分類精度(表3)で見ると、教師データの2点以外の分類精度

表3 教師データと最尤法分類結果の関係

		最尤法分類結果							
		1点	2点	3点	4点	5点	6点	7点	8点
教師データ	1点	92.9	0.0	7.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	2点	35.7	7.1	21.4	21.4	0.0	0.0	7.1	7.1
	3点	47.4	0.0	26.3	5.3	0.0	0.0	15.8	5.3
	4点	5.6	11.1	5.6	72.2	0.0	0.0	5.6	0.0
	5点	8.7	0.0	13.0	4.3	21.7	13.0	34.8	4.3
	6点	0.0	0.0	0.0	4.2	4.2	58.3	20.8	12.5
	7点	37.5	0.0	0.0	4.2	8.3	0.0	50.0	0.0
	8点	0.0	0.0	0.0	5.6	5.6	0.0	33.3	55.6

は全て20%を超えた。1, 4, 6, 7, 8点では50%も越えた。教師データの500m未満・北向き斜面・凸地形を目指した2点は1点に、500m未満・南向き斜面・凹地形を目指した3点は1点に、500m以上・北向き斜面・凸地形を目指した5点は7

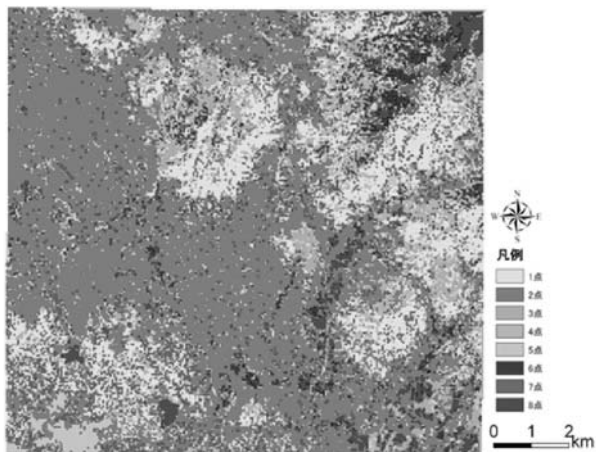


図13 教師付最尤法分類の結果

点に多く誤分類された。1点は地形区分図の500m未満・南向き斜面・凸地形に該当し、7点は地形区分図の500m以上・南向き斜面・凹地形に該当する。このことから、場所によって南向き斜面と地形凹凸の効果がNDVI差分に強く及ぶため誤分類が生じているといえる。この原因については今後の検討課題とする。なお、両者が無関係ならば、分類精度は12.5%前後になることが予想され、分類精度は総じて高い。

次に重ねあわせ法によるNDVI値区分図(図11(4))と最尤法によるNDVI値区分図(図13)の区分精度の比較を行う。最尤法分類結果と地形区分図を重ね合わせ、後者に対する前者の分類精度を計

表4 最尤法分類結果と地形区分図との関係

		地形区分図							
		1点	2点	3点	4点	5点	6点	7点	8点
最尤法分類結果	1点	32.4	20.5	24.6	14.9	3.9	0.8	2.5	0.3
	2点	19.2	23.1	27.8	29.8	0.0	0.1	0.0	0.0
	3点	22.5	22.8	27.1	23.6	1.6	0.7	1.1	0.6
	4点	16.9	21.7	23.8	31.5	1.6	1.3	2.1	1.1
	5点	22.6	19.3	27.7	20.3	2.8	3.9	1.7	1.7
	6点	10.6	11.1	25.7	23.4	1.9	10.9	3.5	12.9
	7点	19.9	20.0	22.6	22.0	7.1	3.2	4.1	1.2
	8点	16.3	12.1	32.1	20.1	1.9	6.2	3.5	7.8

算した(表4)。表2と表4を比較すると、各項目の分類精度は近似し、図11(4)と図13は似通った結果を示すことが示された。細かく見ると2点と5点を除いて最尤法分類結果は重ね合わせ分類結果に比べて若干精度がよい。

NDVI値差分の分布は地形に強く影響を受けており、NDVI差分を適宜用いて地形の影響を反映した地域区分のできることが分かった。その場合、重ね合わせ法でも最尤法でも近似した分類結果を得られ、結果が既知の最尤法では若干精度が良かった。これは地形が未知の場合、重ね合わせ法が有効な地域区分法になることを示す。ただNDVI差分から標高差を示す地域区分をする際に、平野部の土地利用が誤分類の原因になった。また実際の斜面方向や地形凹凸を示さないNDVI差分の傾向を持つそれ以外の場所も存在した。

同じ地形区分の斜面内でもNDVI値区分は一樣ではない。これはNDVI値区分単位に比べ地形区分単位が大きすぎることを意味し、逆に微地形を反映した環境情報を人工衛星データから抽出できる可能性も示している。今後、各区分スケールを近似させ、より詳細な地形情報と植生情報の調査および検討を進めながら、斜面崩壊予測のための環境情報抽出を模索したい。

VI. まとめ

福岡県太宰府市の山地斜面を対象に、LANDSAT/TMの反射率データから作成したNDVI差分と地形との関係を観察した結果、以下のことが分かった。

1. 各時期の3D画像から、NDVI差分と3つの地形条件との対応関係が見出された。1)春期の差分、初夏の差分、夏と冬の差分に標高差によるNDVI差分の相違が認められる。特に三郡山では顕著である。2)秋と春の差分、初夏の差分、夏と冬の差分に斜面方向によるNDVI差分の相違が認められる。3)秋と春の差分、冬期の差分、春期の差分、初夏の差分、夏と冬の差分に地形凹凸によるNDVI差分の相違が認められる。植生の細かな違

い、水田やゴルフ場などの人為的土地利用の違い、水域の存在は、各対応関係を見えにくくする。

2. 各測線での詳細観察から、NDVI差分は斜面方向、地形凹凸、標高差の相違により、測線ごとに、時期ごとに、大きさが異なる。全体的にはNDVI差分は秋と春、春期、夏と冬に地形の違いをよく反映する。斜面方向は秋と春、夏と冬の差分が、地形凹凸は秋と春、春期、夏と冬の差分が、標高差は春期、夏と冬の差分が最もよく示す。

3. 地形とよく対応する時期のNDVI差分を用いて、重ね合わせ法でも最尤法でも地形を示す地域区分が比較的精度よくできた。したがって、未知の場所の地形推定に、NDVI差分の重ね合わせ法による地域区分は有効と考えられる。しかし斜面方向と地形凹凸あるいは人為的土地利用は誤分類の要因にもなる。

謝辞

本研究で扱った植生区分図は環境省自然環境局生物多様性センターの自然環境情報GISデータ(第2~5回植生調査)を使用した。また測線のデータ解析ではMin-Lang Huang氏作成のフリーのスクリプト(Easy Profiler V9.0)を使用した。以上の方々にここに記して謝意を表します。本研究は平成18年度科学研究費補助金(基盤研究(C))；課題番号18500780「人工衛星データによる斜面特性の評価の詳細研究」(研究代表者 黒木貴一)の一部を利用した。本稿は、日本第四紀学会2006年創立50周年記念大会と日本地理学会2006年秋季学術大会で発表した内容を加筆修正した。

参考文献

- 1) 長谷川均(1998)：リモートセンシングデータ解析の基礎。古今書院, 140p.
- 2) 大倉博・春山成子・大矢雅彦・スーウィット・ウイブーンセート・ランブン シムキン・ラサミー スワウィラカムトン(1989)：衛星リモートセンシングによるタイ中央平原の水害地形分類。国立防災科学技術センター研究速報, 83, 1-25.
- 3) 黒木貴一・赤桐毅一(1996)：「原単位法」を用いた海面上昇の社会経済的影響予測ーバンコク地域の事例ー。季刊地理学, 48-3, 161-178.
- 4) 長澤良太(2002)：リモートセンシングによる土地資源評価-東南アジアの土地利用。古今書院, 130p.
- 5) 後藤健介・磯 望・黒木貴一・宗建郎(2003)：

LANDSATデータを用いた詳細な土地被覆変遷調査の課題ー福岡県太宰府市域における事例ー。西南学院大学教育・福祉論集, 3-1, 99-119.

- 6) 小川茂男・力丸厚・中西芳彦(2006)：リモートセンシングによるメコン川・チャオプラヤデルタの土地被覆解析。地形, 27-2, 221-233.
- 7) 細川直史・座間信作(1998)：地震被害地域抽出のための衛星データ分類手法の比較。消防研究所報告, 85, 10-21.
- 8) 黒木貴一・磯 望・後藤健介・宗達郎(2005)：衛星データとGISによる雲仙火砕流被災地およびその周辺の環境変化解析。地形, 26, 298-299.
- 9) 小泉武栄(1998)：山の自然学。岩波新書, 232 p.
- 10) 菊池多賀夫(2001)：地形植生誌。東京大学出版会, 220p.
- 11) 横山秀司(2002)：景観の分析と保護のための地生態学入門。古今書院, 277p.
- 12) 太宰府市文化ふれあい館(2002)：太宰府-人と自然の風景。79p.

