

## 論文

九州大学福岡演習林における林分構造因子と衛星リモートセンシングデータの関係<sup>\*1</sup>川上貴久<sup>\*2</sup>・村上拓彦<sup>\*3</sup>・吉田茂二郎<sup>\*3</sup>・今田盛生<sup>\*3</sup>

川上貴久・村上拓彦・吉田茂二郎・今田盛生：九州大学福岡演習林における林分構造因子と衛星リモートセンシングデータの関係 九州森林研究 56：56-59, 2003 林分構造因子の一つである材積と複数時期の SPOT/HRV データとの関連性を森林タイプ別（スギ人工林、ヒノキ人工林）に検討した。対象地は九州大学福岡演習林内の36点の固定プロットである。SPOT/HRV データから得られる各バンドのデジタルナンバー、正規化植生指数（NDVI）と材積との関係を調べた結果、スギ人工林、ヒノキ人工林ともにバンド3（近赤外域）、NDVIと材積の対数変換値との間に有意な負の直線関係が認められた。また、複数時期の SPOT/HRV データを用いて季節変動について調べたところ春～初夏にかけて高い相関が見られた。

キーワード：衛星リモートセンシング、林分構造因子、材積、SPOT/HRV、NDVI

Kawakami, T., Murakami, T., Yoshida, S. and Imada, M.: The relationship between forest stand parameters and remotely sensed data in The Kyushu University Forest in Fukuoka Kyushu J. For. Res. 56: 56-59, 2003 The relationship between the SPOT/HRV data and the forest stand volume which is one of the forest stand parameters was examined according to the forest type (Sugi and Hinoki plantations). The study area is the permanent plot of 36 points in the Kyushu University Forest in Fukuoka. Significant negative relationships were found between log stand volume and the SPOT/HRV Band3 (near infrared), Normalize Difference Vegetation Index (NDVI), which were obtained from SPOT/HRV data. Furthermore, when the relationships were examined about the seasonal variation using a number of the SPOT/HRV data, they showed high correlation from spring to early summer.

Keyword: remote sensing, forest stand parameter, stand volume, SPOT/HRV, NDVI

## I. はじめに

材積や胸高断面積といった林分構造因子は量的要素として個々の林分の情報とともに、地域全体の蓄積量推定の基となる（日林協技術開発部，1989）。広域的な資源量把握に有効な手法である衛星リモートセンシングを用いて、衛星データと林分構造因子との関連性を導くことができれば、効率的な資源量推定の可能性が見出せるといえる。実際に、Landsat/TM バンド4、SPOT/HRV バンド3と針葉樹の材積の対数変換値とは負の相関がある（Ripple *et al.*, 1991）ことや SPOT/HRV バンド3と密度、DBH、樹高、樹齢には相関がある（Danson *et al.*, 1987）といった近赤外域の衛星データと林分構造因子との関連性についての報告例がある。しかし、国内における報告例、特に九州地方でのこのような報告例はほとんどない。そこで、本研究では九州大学福岡演習林を対象として地上測定で得られた材積と衛星リモートセンシングデータとの関連性を森林タイプ別（スギ人工林、ヒノキ人工林）に明らかにすることを目的とした。また、本研究では複数時期の衛星データを用いることによりデータ観測時期との関連性についても検討した。

## II. 方法

## 1. 対象地及び使用データ

本研究では、福岡市東部の福岡県粕屋郡篠栗町と久山町にまたがる地域に所在する九州大学福岡演習林を対象地とした。九州大学福岡演習林では森林資源量の動態把握を目的とした継続的な森林調査（CFI, Continuous Forest Inventory）が実施されており、50近くの固定プロットが設置されている。本研究では、材積のデータとして1997年CFIで測定された36点の固定プロットのデータを用いた。プロットの森林タイプの内訳は、スギ人工林25点、ヒノキ人工林11点である。解析に用いた衛星データは1997年に観測された4時期の SPOT/HRV データである。表-1に SPOT/HRV データの観測日と観測角を示す。今回用いた SPOT/HRV

表-1. 使用した SPOT/HRV データ

観測日	観測角
1997/04/26	R 14.1
1997/05/27	R 14.1
1997/07/23	R 0.8
1997/10/25	R 15.2

<sup>\*1</sup> Kawakami, T., Murakami, T., Yoshida, S. and Imada, M.: The relationship between forest stand parameters and remotely sensed data in The Kyushu University Forest in Fukuoka

<sup>\*2</sup> 九州大学大学院生物資源環境科学府 Grad. Sch. Biores. and Environ. Sci., Kyushu Univ., Fukuoka 812-8581

<sup>\*3</sup> 九州大学大学院農学研究院 Fac. Agric., Grad. Sch. Kyushu Univ., Fukuoka 812-8581

データはSPOT グリッド・リファレンス・システムで313-283 (K-J) に位置する。

## 2. 衛星画像の前処理

本研究では衛星画像の解析にERDAS Imagine Ver.8.5 (ERDAS社, 米国) を用いた。衛星画像の前処理として幾何補正 (地形歪み補正), 地形効果補正を行った。これらの処理には国土地理院発行の数値地図50mメッシュをDEM (Digital Elevation Model) として使用した。まず, DEMを用いて衛星データの幾何補正 (正射投影変換を伴う) を行い, 次にMinnaert関数 (Smith *et al.*, 1988) を利用した非ランベルトモデル補正法により地形効果補正を行った (村上, 2002)。幾何補正の処理には国土地理院発行の数値地図25000 (地図画像) も同時に利用した。

## 3. 解析方法

SPOT/HRV データの3つのバンド (バンド1: 可視緑色域, バンド2: 可視赤色域, バンド3: 近赤外域) の地形効果補正済みのデジタルナンバー (以下, DN と称す) と材積の対数変換値 (以下, 対数材積と称す) との関係性をSPOT/HRV データ観測時期ごとに調べた。また, 正規化植生指数 (NDVI, Normalize Difference Vegetation Index) と対数材積との関係をSPOT/HRV データ観測時期ごとに調べた。NDVIはバンド間の比演算処理であり植物の活性度, バイオマス評価や植物の識別をするスペクトル指標である。緑葉は可視域で多くの光を吸収するため反射率が小さく, 近赤外域では多くの光を反射, 透過するので反射率が高い。NDVIはこのような特徴を生かして可視赤色域のバンド2と近赤外域のバンド3の正規化された差によっており, (1) 式のように定義される。

$$NDVI = \frac{\text{Band 3} - \text{Band 2}}{\text{Band 3} + \text{Band 2}} \quad (1)$$

## III. 結果及び考察

図-1, 図-2はスギ人工林とヒノキ人工林におけるバンド3の地形効果補正済みDNと対数材積の関係を示したものである。図-1のスギ人工林では(a) 04/26, (b) 05/27で有意な負の直線関係を示した。図-2のヒノキ人工林では(b) 05/27で有意な負の直線関係を示し, (a) 04/26では有意水準には達しなかったものの緩やかな負の直線関係を示した。バンド3のDNと対数材積に有意な負の直線関係が認められることは既存の研究 (Ripple *et al.*, 1991) でも報告されており, 負の直線関係をとる理由として(1) 樹齢が高くなる (材積が大となる) につれ樹葉が硬化し, 樹冠からの反射が低下する (日林協技術開発部, 1989) (2) 樹齢が高くなるにつれ樹冠の影が増加する (3) 針葉樹の樹冠が閉鎖されるにつれ下層植物の輝度が低下する (Spanner *et al.*, 1990) が挙げられる。以上のことから, 本研究では(a) 04/26と(b) 05/27にあたる春~初夏で負の直線関係を示す傾向が見られたが, これは妥当な結果であるといえる。ここで, 本研究と既存の研究の決定係数 ( $R^2$ ) とを比較してバンド3の地形効果補正済みのDNと対数材積との回帰直線の精度について検討する。本研究では回帰直線の  $R^2$  は最も高く図-2

(b) 05/27の0.3857であった。一方, 既存の研究ではSPOT/HRV バンド3のDNと対数材積との回帰直線の  $R^2$  は0.799 (Ripple *et al.*, 1991) という報告があり, 本研究結果より高い値を示している。両者のサンプル数, 地域性などの条件の違いが影響したと考えられるが, 本研究の回帰直線は材積推定という点からは十分な精度ではなかった。

図-3, 図-4はスギ人工林とヒノキ人工林におけるNDVIと対数材積の関係を示したものである。図-3のスギ人工林では(a) 04/26, (b) 05/27で有意な負の直線関係を示した。図-4のヒノキ人工林では(a) 04/26で有意な負の直線関係を示し, (b) 05/27では有意水準には達しなかったものの緩やかな負の直線関係を示した。NDVIと対数材積の関係をバンド3の地形効果補正済みDNと対数材積との関係を比較すると, 両者とも極めて似た傾向を示すことがわかる。NDVIは土地被覆が植生の場合, 近赤外域のバンド3の反射率が可視赤色域のバンド2より圧倒的に大きいためバンド3のDNと似た傾向を示すものと考えられる。また, バンド3の地形効果補正済みDNの  $R^2$  と同様, NDVIの  $R^2$  も材積推定という点からは十分な精度ではなかった。

ここで, 衛星データと対数材積の相関の季節変動について検討したい。晩秋~冬において衛星データと対数材積に有意な相関が認められなかったのは地形効果による影響が現れたためだと考えられる。山岳地に位置する森林では陰影の発生による地形効果が衛星データを解析する上で最も大きな障壁となり, 太陽位置に応じて陰影の影響の程度は変動するため山岳林が示す分光反射特性の季節変動を捉える上で地形効果は無視できない (村上, 2002)。本研究では地形効果の補正法として地形効果補正法で代表的な非ランベルトモデルであるMinnaert法を行った。しかし, 太陽天頂角が大きい晩秋~冬ではMinnaert法により過補正を行う傾向があり, 地形効果補正後の衛星データに非常に大きな値をとるデータが存在した。ただし, Minnaert法による過補正だけでは説明がつかないデータも存在し, 他の要因も影響していると考えられる。それについては今後詳細に検討する必要があるだろう。

## VI. 引用文献

- Danson, F. M. *et al.* (1987) Int. J. Remote Sensing, 8: 1571-1575.  
 村上拓彦 (2002) 写真測量とリモートセンシング 41(1): 47-55.  
 日林協技術開発部 (1989) 森林航測 156: 9-13.  
 Ripple, W. J. *et al.* (1991) Int. J. Remote Sensing 12(9): 1971-1977.  
 Smith, J. A. *et al.* (1988) PE&RS 59: 247-254.  
 Spanner, M. A. *et al.* (1990) Int. J. Remote Sensing, 11: 95-111.

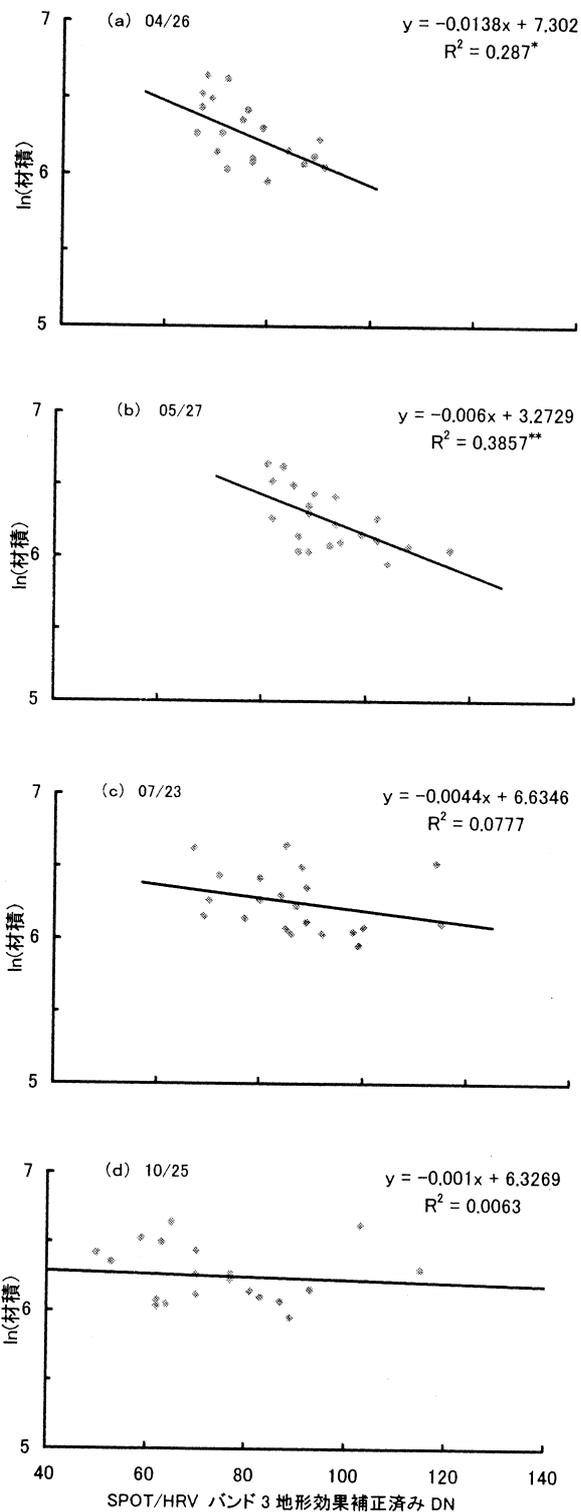


図-1. スギ人工林における SPOT/HRV バンド3 地形効果補正済み DN と対数材積の関係  
(\* 1%水準で有意; \*\* 5%水準で有意)

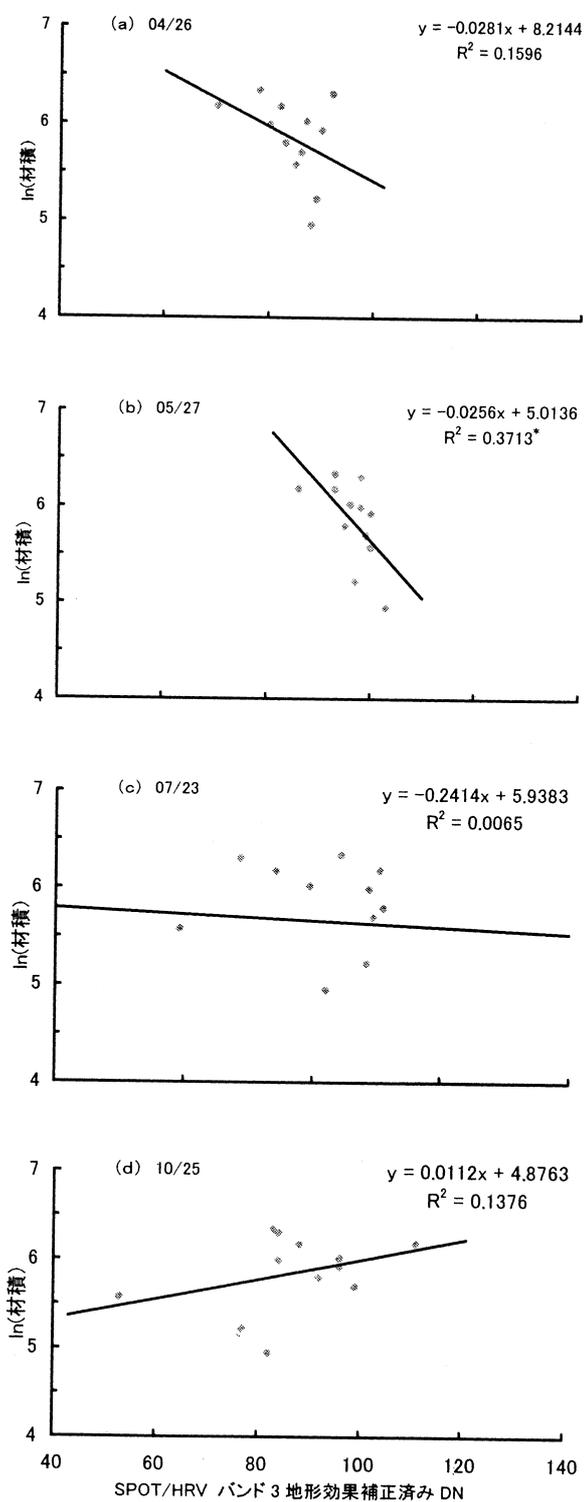


図-2. ヒノキ人工林における SPOT/HRV バンド3 地形効果補正済み DN と対数材積の関係  
(\* 5%水準で有意)

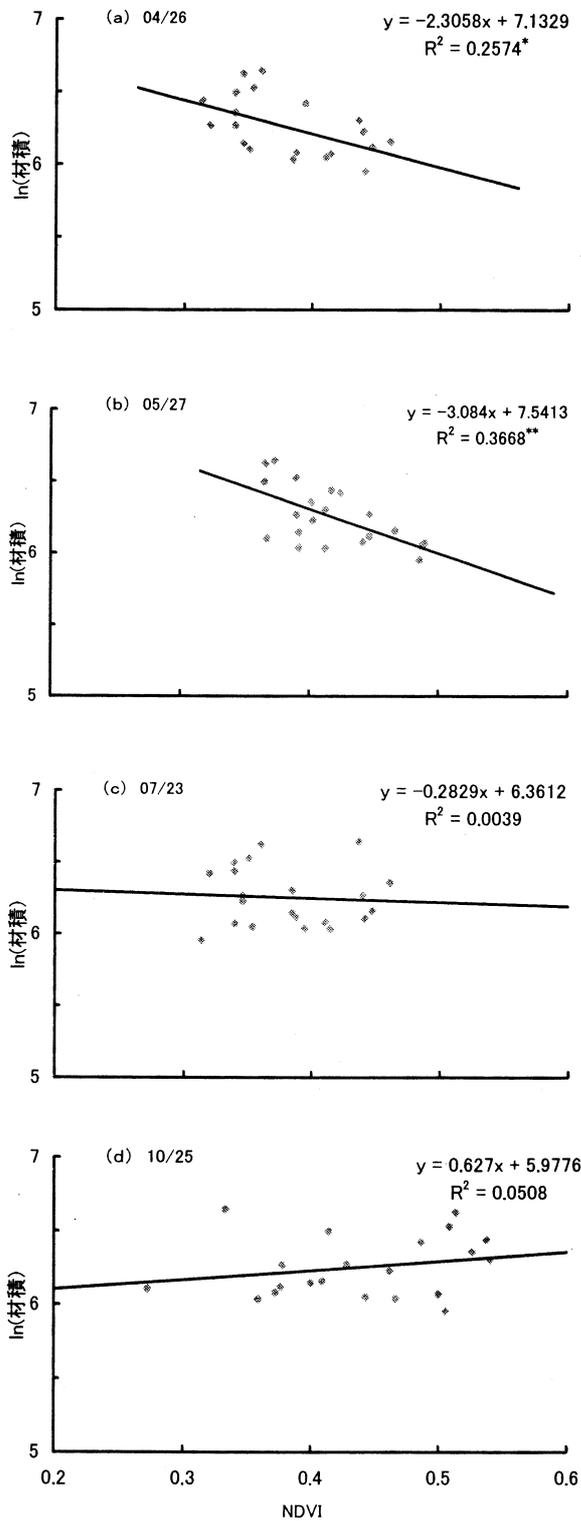


図-3. スギ人工林におけるNDVIと対数材積の関係  
(\*\*1%水準で有意; \*5%水準で有意)

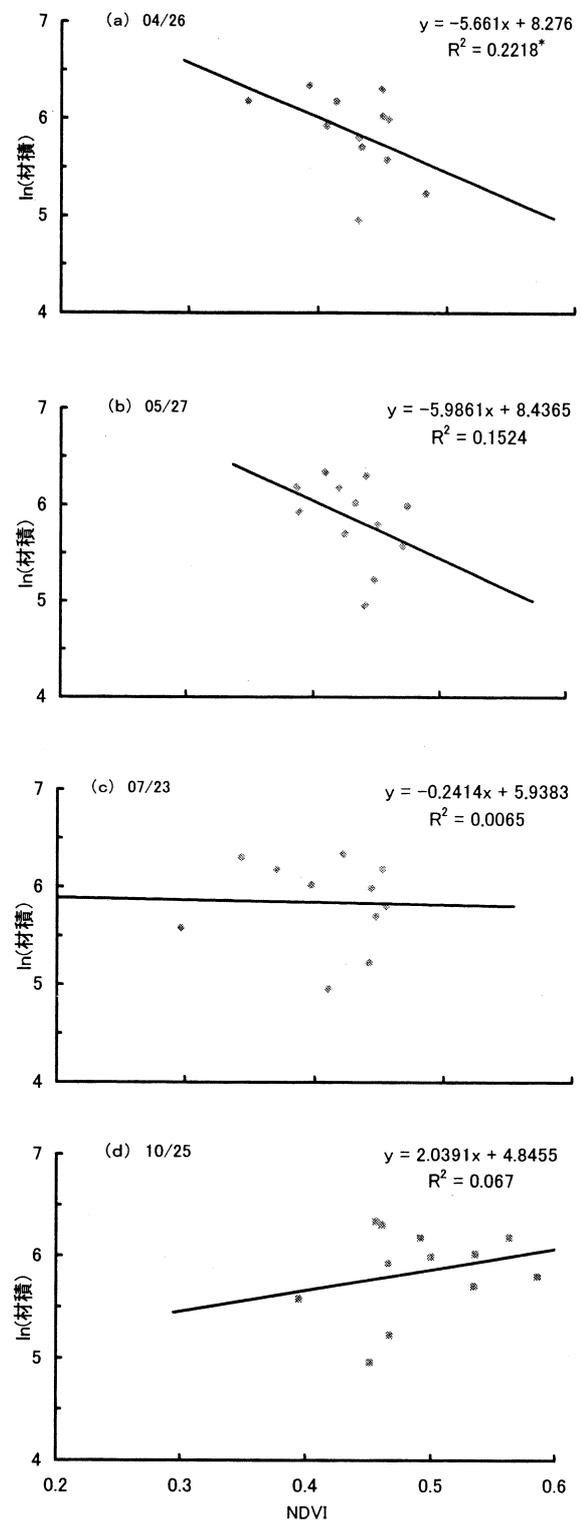


図-4. ヒノキ人工林におけるNDVIと対数材積の関係  
(\*5%水準で有意)

(2003年1月9日 受理)