

植生指数NVIによるスギ造林地の植生状態把握

Observation of Forest Conditions in Sugi Plantation Areas by Using NVI

石井孝*、品田泰**、下垣久*

Takashi ISHII, Yasushi SHINADA, Hisashi SHIMOGAKI

ABSTRACT; We have developed a new runoff model for dam watersheds that takes into account forest conditions. However, our information on forest conditions was limited. Accordingly, we have examined applicability of Normalized Vegetation Index (NVI) by Landsat TM data to understand the forest conditions. In this report, we studied Yanase dam watershed of Kochi Prefecture, Shikoku island. The slopes in this area were very steep, and there were many Sugi plantations with various stand ages. This time we studied (1) seasonal and annual changes in cut-over areas, (2) relationships between NVI and Sugi stand age. From the above results, it was found that NVI data were useful for the observation of forest conditions.

KEYWORDS; Hydropower resources, Forest, Remote sensing, Vegetation index, Sugi

1. はじめに

わが国は陸地面積の70%弱が森林でおおわれ、水力発電用のダム流域の多くが、急峻な森林地帯にある。そのような地域では、森林植生による林冠遮断、蒸発散、さらには浸透能・透水への関与、積雪・融雪への影響など、降水から河川流出に至るいくつかの過程で、森林植生の降雨流出への影響が指摘されている¹⁾が、現在でも不明な点が多い。

このような背景から、当所では、降雨流出現象に係わる森林植生を定量化し、種々の植生条件の流域に適用できる流出モデルを開発するための調査・研究を行っている。森林植生の情報を取得する方法としては、植生図、森林調査簿、森林計画図、および航空写真が利用可能であるが、いずれも情報の更新は5年に1回程度であり、また調査範囲が必ずしも流域全体を含むとは限らない。また、林冠遮断に関係する林分葉量などの定量的な情報を直接得ることはできない。したがって、観測頻度の高いリモートセンシング・データを用いた森林植生の観測技術を開発することが重要である。

そこで本研究では、まずリモートセンシングによる森林植生の計測可能性を検討するために、森林調査簿や森林計画図から詳細な森林情報が得られるスギ造林地域を対象に、衛星データによる解析と現地調査を実施し、衛星データによる土地被覆分類の方法や植生状態把握への適用範囲について検討した²⁾。

* ; 電力中央研究所環境科学部, Environmental Science Department, Central Research Institute of Electric Power Industry

** ; 電力中央研究所生物部, Biology Department, Central Research Institute of Electric Power Industry

2. 対象地域および解析方法

2.1 対象地域

調査地域は、年や季節の異なる多時期のデータが収集可能であることを考慮して、図1に示す高知県奈半利川水系の魚梁瀬ダム流域を選定した。当域は甚吉山(1423m)を最高峰とする1000m前後の稜線で囲まれた約100.7km²の流域である。年間降水量は約3000mm、流域内植生の大半は天然生スギ林やスギ人工林である。

2.2 使用データ

本研究では、ランドサット衛星を対象とし、地上分解能やデータ分解能が高いTMセンサーのバンド3,4の2波長帯のデータを用いた。データの取得年月日は表1のとおりである。

TM3は赤色光に該当し、0.68μm付近をピークとしてクロロフィルに吸収されるため、植物の葉の活性が高いほど、葉の表面からの反射率は低くなる。TM4は近赤外線に該当し、植物にはほとんど吸収されず、植物の葉が多いほど反射率が高くなる。

この反射特性を利用したものが植生指数で、本研究では、次式の正規化植生指数(Normalized Vegetation Index;NVI)を使用した。

$$NVI = (TM4 - TM3) / (TM4 + TM3) \quad \cdots \cdots (1)$$

2.3 解析の手順

本研究で用いた解析フローを図2に示す。

3. 伐採跡地の植生状態把握

森林域で水源涵養機能が大きく変化するののは、伐採や植林に伴う植生改変が行われた時期である。とくに伐採は、樹冠の降雨遮断機能の消失、土壌の攪乱による流出経路や浸透能の変化、および林地面での蒸発散量の変化により、短期・長期の流出特性が変わることが知られている³⁾。そこで、伐採跡地に関して、現地調査とNVI値の経時変化をもとに検討した。

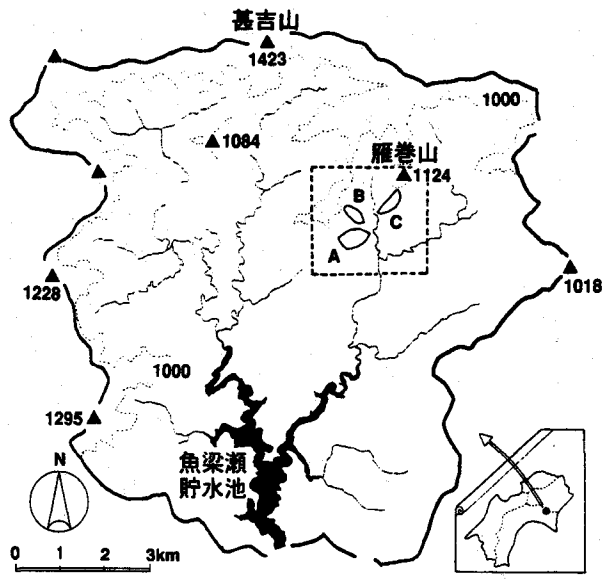


図1 魚梁瀬流域の位置図

表1 解析に使用した衛星データ

年	1987	1988	1989	1990	1991	1992
月	4/24	4/26	5/31	4/16	4/19	4/21
日				6/10 10/9	7/24	

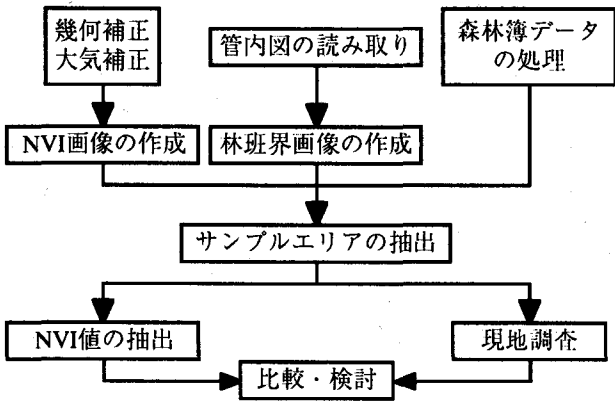


図2 TM画像データの解析フロー

3.1 解析対象地点の設定

NVI値の経時変化を把握するための伐採跡地については、図1のA,BおよびCの3地点を選定した。また、NVI画像および森林計画図を参考にして、対照地点として約200年生のスギ天然林をA地点近傍に選定した。

3.2 伐採跡地の植生状況

表2は各伐採跡地において実施した現地調査の結果である。当地域周辺の伐採跡地の植生遷移については、1年生草本群落→有刺植物群落→低木マント群落→夏緑低木林といった過程が知られている⁴⁾。また、造林地の伐採跡地では、伐採後5年程度まで多年生草本のススキが優占していくことが知られている⁵⁾。現地調査の結果では、C地点は有刺植物群落、A地点は低木群落の状態にあった。B地点については、ススキが優占する多年生草本群落の外観が観察された。

表2 伐採跡地の現地調査結果

	伐採年	植栽年	植被率	群落タイプ (群落高)	主な出現植物
A	88	89	95	低木林 (2-3m)	カスサ・ンショウ、クサギ、ウツギ、アカマカシ他
B	89	90	85	多年生草本群落 (2m)	ススキ他
C	90	92	60	有刺植物群落 (1.5m)	ヘビハ・ナホ・ロキク、タケノサ、クサイチゴ、ナガバ・モシ・イチゴ、カスサ・ンショウ、キイチゴ

3.3 伐採跡地におけるNVI値の経年変化

伐採跡地とその周辺地域について、夏・秋のデータも含めてA,B,Cの伐採跡地と対照スギ林についてNVI値の変化を示したのが図3である。図より、対照のスギ林については、NVI値は0.72から0.85の範囲にあって、顕著な経時変化は観察されない。一方、A地点では1987年と'88年の間で伐採に伴うNVI値の顕著な低下が観察され、'88年から'92年までの間では4月に低く7月や10月にNVI値が上がる季節変化、および年々NVI値が漸増する経年変化が観察された。Aと同様な経時変化は、伐採年度の異なるB、Cでも観察された。

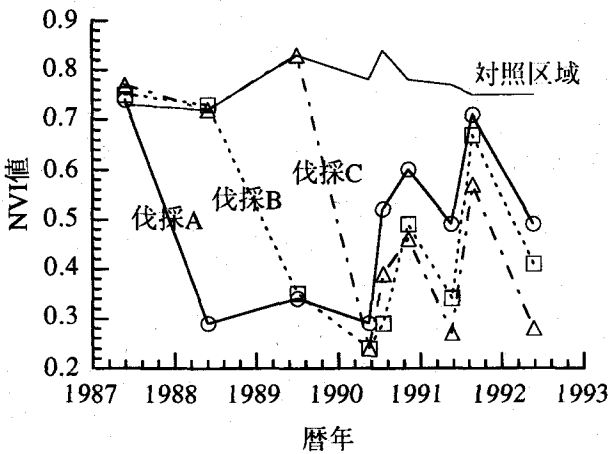


図3 伐採跡地におけるNVI値の経時変化

以上のことから、伐採跡地のNVI値の経時変化については、伐採に伴うNVI値の顕著な低下の後、春から夏・秋に向けて上昇する季節変化を伴いながら、年々増加していく変化パターンを持つことが明らかになった。

3.4 植生回復とNVI値の関係

伐採跡地の植生回復は、伐採の方法・時期・面積、方位・傾斜、前生林の種類構成、隣接群落の種類などによって異なるが、量的には植被率の増加、群落高の増加として捉えることができる⁵⁾。

今回調査した伐採跡地は、1992年時点でAが植林後3年、Bが2年、Cが植林直後の状態である。春か

ら夏・秋に向けて上昇するNVI値の季節変化については、伐採跡地に侵入した1年草、多年生草本植物、および切株から萌芽した落葉樹が、春から夏にかけて葉の現存量を増加させ冬になくなる季節変化をとることで生じていると考えられる。一方、経年変化については、植えられたスギの葉の増加の他に、伐採跡地に侵入した植物の個体数の増加や生長に伴う植被率の増加が反映されていると推定される。

以上のように伐採跡地のNVI値の経時変化については、草本植物などの季節的消長や侵入した植物の個体数や植被率の経年的な増加からなる、伐採跡地の動的な植生回復過程を反映したものと考えられる。

4. 林齢を尺度とする植生状態把握

スギ造林地のような幼齢林では、林齢と林冠の開鎖度合いの間に相関関係がある⁶⁾。衛星データで得られる情報は主として林冠の情報であるが、NVI値によって林冠の開鎖度合いが把握できれば、植林地の大まかな林齢区分が可能になるものと予想される。ただし、林冠が開鎖していない幼齢林地では、林冠の隙間から林床植生の反射スペクトルが同時にTMデータに反映されるため、この影響を取り除くことが必要である。この林床植生の反射スペクトルについては、前章で明らかになった季節変化が存在するものと予想され、その影響は冬および初春に最も弱まるものと考えられる。

本節では植栽年が明確なスギ造林地について、NVI値と林齢との関係を調査し、林齢を尺度とする植生状態把握への適用性を検討した。

4.1 サンプル地点の設定

解析対象地域の魚梁瀬ダム流域では、2,3年生のスギ造林地から、200年を越す天然老齢林まで、幅広い林齢が見られる。具体的な地点の選定については、当地域の森林計画図を参考にして図4に示す110地点を選定した。この110地点の林齢の内訳は表3に示すとおりである。各サンプル地点においては、中心座標の周り7×7ピクセルを抽出して、その平均値をもってNVI値とした。

表3 林齢ごとのサンプル数 (1987時点)

林齢	-5	6-10	11-20	21-40	41-	合計
標本数	12	19	24	27	27	110

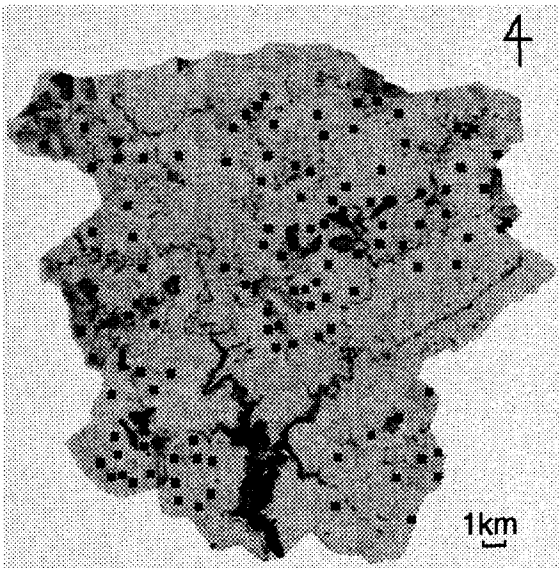


図4 流域内に設定したサンプル地点 (■で示す110地点)

4.2 季節によるNVI値の分散

林齢解析に適する時期を明らかにするために、1990年の4月、6月、10月についてスギ造林地の林齢とNVI値の分布の関係を見たのが図5である。林床植生が生長する6月のNVI値については、3例を除いて0.70～0.85の高い範囲にあり、林齢による変化は最も小さくなっていた。林床植生の繁茂が終りに近づく10月のNVI値についても同様の傾向を示した。これに対し、林床植生が繁茂を始める前の4月のNVI値は、0.25～0.85の広い範囲に分布し、林齢による変化が最も大きくなっていた。さらに、林齢の

低い領域においては、林齢の増加に伴いNVI値が増加する傾向にあった。

以上の季節によるNVI値の分布の違いについては、NVI値の最大値がどの季節でも高い値を示す(0.82~0.85)ことから判断して、主に林床植生の影響の違いを反映しているものと推定された。つまり、林床植生からの反射スペクトルが弱まり林冠面の反射スペクトル情報のみが抽出できる時期として、4月が適していることがわかった。

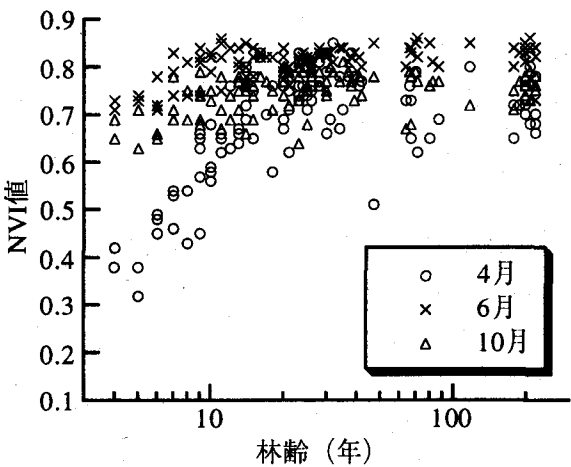


図5 林齢とNVI値の関係 (3時期の比較)

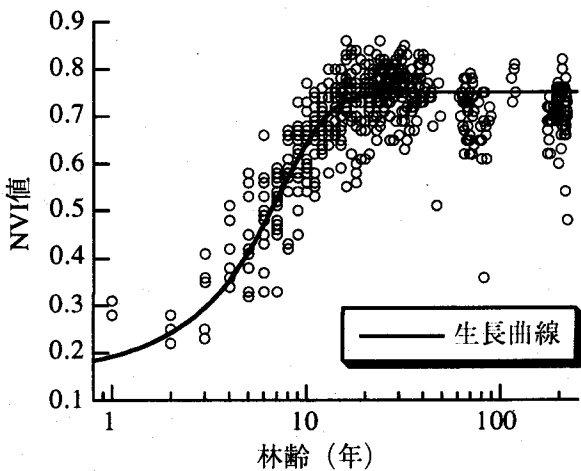


図6 林齢とNVI値の関係 (4月)

4.3 NVI値と林齢の関係

4月のNVI値が林齢解析に適することが判明したので、1987年、'88年、'90年、'91年、'92年の4月のNVI値を使って、NVI値と林齢の関係を検討したのが図6である。図中の実線は生長曲線を表している。生長曲線としては、次式で示されるロジスティック曲線を用いた⁷⁾。

$$NVI = NVI_{max} / (1 + k \exp(-\lambda t)) \cdots \cdots (2)$$

ここで、NVI：林齢 t 年におけるNVI値、 NVI_{max} ：NVIの上限値、 λ ：生長係数、 k ：初期条件によって決まる定数である。 $t=0$ のとき(2)式から、 $k = NVI_{max} / (NVI)_{t=0} - 1$ である。ここでは、裸地域の値から $(NVI)_{t=0}=0.15$ 、20年から50年生の平均値から $NVI_{max}=0.75$ とした。

図より、NVI値は林齢1,2年では0.20~0.30の低い値をとり、林齢20年付近までは加齢に伴って急増し、ピーク到達後は漸減していた。つまり、スギの林冠面の反射スペクトルを示すと考えられる4月のNVI値については、林齢に対して傾向変化をもつことが明らかになった。

またNVI生長曲線は、林齢20~50年で若干小さめの値を示し、林齢50年以上では逆に大きめの値を示しているが、全体としてはスギ林齢とNVI値との関係をよく表現できている。

この林齢とNVI値に見られた関係については、NVI値がスギ林のどのような性質を反映した結果であるのかを明らかにする必要がある。そこで、スギ林に関する既往の研究事例を調べたところ、図で観察されたNVI値の経年変化は、ピーク到達時期、その後の変化傾向など、安藤ら⁸⁾によるスギ林分葉量の経年変化図と類似していることがわかった。林分葉量は、特に若い林分では林冠の開鎖度合いに比例するため、スギ造林地の4月のNVI値は、林冠の開鎖度合いを反映しているものと理解される。

5. おわりに

本研究では、リモートセンシングによる森林植生の計測可能性を検討する観点から、衛星データによる植生状態把握への適用性について検討した。魚梁瀬という国内有数のスギ造林地域における結果であるので、今後、他地域での適用性や他の樹種での適用性について検討を行いたいと考えている。伐採跡地や幼齢林でみられたNVI値の季節変化は、常緑樹林と落葉樹林の混交率が推定できる可能性を示唆している。また、林齢とNVI値の間に見られた関係が、葉量変化と類似したパターンを示していたことは、疎密度や葉面積指数といった森林の葉量に関する情報が取得できる可能性を示唆している。森林の葉量については、広範囲で実測することは困難であるので、リモートセンシングによる計測可能性を評価する意義は大きいと考えられる。

謝辞

本研究は、社団法人国土緑化推進機構からの委託研究の一環で行ったものであり、森林計画図を魚梁瀬営林署より提供頂いた。また、解析においては森林総合研究所沢田治雄室長にご指導いただいた。さらに、衛星データの解析においては、(株)電力計算センターの山口智子氏にご協力頂きました。ここに記して、謝意を表します。

参考文献

- 1)中野秀章：森林水文学，共立出版，水文学講座13，1976
- 2)石井孝，品田泰，下垣久：衛星データによる森林植生計測手法の開発-その1 植生指数NVIによるスギ造林地の土地被覆分類-，電力中央研究所研究報告:U93042，p.30，1994
- 3)中野秀章：森林と水－流出の平準化と総量－，水利科学，pp.1-34，1985
- 4)宮脇昭編著：日本植生誌・四国，至文堂，p.539，1984
- 5)佐倉詔夫，沼田真：ヒノキ幼齢造林地の群落とその遷移－伐採後5年間の経過－，日林誌 58 (7)，pp.246-257，1976
- 6)谷本丈夫：スギ幼齢造林地におけるスギと雑草木の生長，林業試験場研究報告320，pp.53-121，1982
- 7)依田恭二：森林の生態学，筑地書館，p.331，1971
- 8)安藤貴，蜂屋欣二，土井恭次，片岡寛純，加藤善忠，坂口勝美：スギ林の保育形成に関する研究，林業試験場研究報告 209，pp.1-76，1968