

標高データを用いた衛星リモートセンシングデータの輝度補正

— 九州大学宮崎演習林における事例 —

九州大学農学部 村上 拓彦・寺岡 行雄
今田 盛生

1. はじめに

急峻な地形の連なる山岳地帯の場合、地表面からの反射光を受動的にとらえる Landsat TM や SPOT HRV などの森林地帯の観測値(輝度値)は、地形の影響を強く受ける。すなわち、地形が複雑に変化する場所では、太陽光が地表面で拡散反射してセンサーへ入射するため、放射輝度が傾斜および斜面方位によって異なる²⁾。このような地形の影響を軽減する簡便な輝度補正法としてバンド間比演算法や熱バンドを用いたものがあるが⁴⁾、現状では地形モデル(標高データ等)を用いた補正法が最も効果の高い方法であると考えられる。

本研究では、森林地帯の輝度値に及ぼす地形の影響を軽減する輝度補正法として標高データを用いた方法を適用し、補正によるデータ特性の変化を明らかにすることを目的とした。具体的には、非ランベルトモデルに基づいた補正法⁵⁾を適用し、補正前後で各バンドのデータ値の変化を把握するために統計的手法を用いて補正効果の検証を行う。

2. 対象地およびデータ

解析の対象地は宮崎県椎葉村に所在する九州大学宮崎演習林(2,915ha)である。同演習林は九州山地の中に位置し、平均傾斜角24.1°、斜面方位については全方位ほぼ均等にわたって分布する急峻な地形となっている。

使用したデータはランドサットTMデータ(1992年10月28日 日本標準時10:09a.m.観測, Path-Row: 112-38, 太陽高度: 37°, 太陽方位: 146°)、標高データ、森林調査簿、航空写真(1991年10月撮影)である。TMデータは幾何補正によってUTM座標を与え、最近隣内挿法を用い再配列を行い、ピクセルサイズは28.5mとした。標高データはGISソフトにより1/5,000地形図を元に対象地内の等高線(10m間隔)を

デジタル化し、TMデータと重ね合わせができるようにUTM座標を与え、ピクセルサイズを28.5mとした。また、森林調査簿のデータより人工林の位置、林齢、スギ・ヒノキ混交率を確認し、類似した林相をもつと推測されるスギ・ヒノキ人工林分を4箇所選定し(表-1)、補正効果の検証を行った。この4林分の林冠構造については航空写真を用いて確認を行った。なお、選定した4林分全体における傾斜角、斜面方位の分布については偏りが生じないように配慮した。

なお、解析にはリモセン画像解析用ソフトERDASとGISソフトTerra softを使用した。

3. 解析方法

(1) 非ランベルトモデルによる輝度補正法

標高データを用いたリモセンデータの補正法には、非ランベルトモデルとして知られる以下の式⁶⁾を適用した。

$$BV_{nor} \lambda = (BV_{nor} \lambda \cos e) / [(\cos i)^k (\cos e)^k] \quad \text{①}$$

$BV_{nor} \lambda$: バンド λ における補正後の輝度値

$BV_{nor} \lambda$: バンド λ における観測輝度値

i : 入射角

e : 反射角=斜面の傾斜角

k : Minnaert定数

非ランベルトモデルでは、地表面における太陽光の反射様式は地形の形状に応じて変化すると仮定しており、反射体表面の形状によって固有なMinnaert定数を考慮している。

①式は両辺対数をとることで次のように変換できる。

$$\log(BV_{nor} \lambda \cos e) =$$

$$\log(BV_{nor} \lambda) + k \log i \cos e \dots \dots \dots \text{②}$$

ここで、 $\log(BV_{nor} \lambda \cos e)$ を従属変数 y 、 $\log(\cos i \cos e)$ を独立変数 x とするならば②式は $y = kx + b$ とみなすことができ、このことから k すなわちMinnaert定数は回帰直線の傾きとして算出されること

がわかる。

(2) 補正効果の検証

林相が類似した林分を複数選定し、分散分析を行うことで補正効果の検証を行うことにした¹⁾。補正により地形の影響を軽減できたとすれば、類似林分間での輝度値に有意差がみられなくなり、補正により地形の影響が除去できたことが説明される。

4. 結果

(1) Minnaert定数の算出

幾何補正後のデータと標高データを元に前述の②式から回帰直線の傾きkを各バンドごとに求めた。kを求める画像範囲としては対象地内の全ピクセルを対象とした。なお、求められたkの粗すなわちMinnaert定数は表-2に示すとおりである。

(2) 分散分析の結果

選定した4林分間での分散分析の結果を表-3に示す。補正前の全バンドではいずれも有意差がみられた。一方、補正後のバンド4, 5, 7において95%有意水準で有意差はみられず、林分間における輝度値の違いはみられなかった。しかし、補正後のバンド1, 2, 3においては有意差がみられ、さらにF値を補正前のものとそれぞれ比較してみるといずれも高い値を示していることが分かる。このことは林分間における輝度値のばらつきが補正前と比べて大きくなったことを意味しており、バンド1, 2, 3では補正効果は認められなかった。

5. 考察

輝度補正の検証を、森林調査簿上から選定した複数のスギ・ヒノキ人工林林分間において行ったが、バンド4, 5, 7のいわゆる近赤外域、中間赤外域の波長帯で有意な補正効果がみられた。一方、バンド1, 2, 3のいわゆる可視域の波長帯では有意な補正効果がみられなかった。スギ・ヒノキ人工林における輝度値で、赤外域と可視域において補正効果に相違がみられたことは、両者で反射様式に違いがあるという齋藤ら(1994)の報告を確認するものであり、可視域ではその反射様式を考慮した上で、異なる輝度補正法の検討を行う必要がある。本研究ではスギ・ヒノキ人工林のみを対象としたが、今後は広葉樹林など他の地上被覆物における補正効果の検証を行うとともに、観測時期の異なるデータにおける補正効果についても明らかにしていく必要がある。

引用文献

- (1) COLBY, J. D.: PE & RS, 57, 531 - 537, 1991
- (2) 日本リモートセンシング研究会: 図解リモートセンシング, pp. 308, 日本測量協会, 1992
- (3) 齋藤英樹ほか: 日林論 105, 167 - 170, 1994
- (4) 妹尾俊夫(日本リモセン学会編): 林業分野におけるリモートセンシングの利用, 42 - 46, 1990
- (5) SMITH, J. A. et al: PE&RS, 46, 1183 - 1189, 1980

表-1 分散分析に用いた林分の林分構成

林分	面積 (ha)	林齢	混交率*
Site 1	5.3	20	40:60
Site 2	5.5	19	50:50
Site 3	3.5	18	35:65
Site 4	5.2	22	55:45

*スギ:ヒノキ

表-2 Minnaert定数

バンド1	0.069
バンド2	0.127
バンド3	0.173
バンド4	0.425
バンド5	0.481
バンド7	0.461

表-3 選定した4つの林分間における補正前および後の分散分析表

バンド		補 正 前				補 正 後					
		自由度	平方和	平均平方	F 値	F 値	自由度	平方和	平均平方	F 値	F 値
1	林分間	3	98.693	32.893	12.962	<.0001*	3	2944.423	981.474	45.841	<.0001*
	誤差	294	746.166	2.534			299	6401.762	21.411		
2	林分間	3	110.271	36.757	16.976	<.0001*	3	387.643	129.214	30.892	<.0001*
	誤差	294	636.575	2.165			299	1250.660	4.183		
3	林分間	3	91.068	31.023	9.241	<.0001*	3	416.035	138.678	30.347	<.0001*
	誤差	294	987.013	3.357			299	1366.361	4.570		
4	林分間	3	4436.114	1478.705	8.739	<.0001*	3	1488.525	496.175	2.324	.0750
	誤差	294	4974.175	169.208			299	63826.551	213.467		
5	林分間	3	2016.371	672.124	8.207	<.0001*	3	230.308	76.769	.675	.5679
	誤差	294	24078.770	81.901			299	34004.709	113.728		
7	林分間	3	106.018	35.339	5.232	<.0016*	3	10.992	3.664	.368	.7759
	誤差	294	1985.825	6.755			299	2974.441	9.948		

* 95%有意水準で有意差のみられたもの