

報 文

宮崎県宇納間地区における日向備長炭の持続的生産に向けたアラカシ林抽出手法の開発
—Landsat データおよび立地特性に着目した手法—*1

岡本 南*2・光田 靖*2・小田三保*3

岡本 南・光田 靖・小田三保：宮崎県宇納間地区における日向備長炭の持続的生産に向けたアラカシ林抽出手法の開発—Landsat データおよび立地特性に着目した手法— 九州森林研究 71：105－108, 2018 日向備長炭の持続的生産に向けたアラカシ林空間分布を把握するため、Landsat データによる常緑広葉樹林の抽出およびアラカシの立地特性に着目した常緑広葉樹林からのアラカシ林抽出を組み合わせたアラカシ林抽出手法の開発を試みた。春夏冬3シーンのLandsat データ、標高および傾斜を変数としたRandomForest法によって、高い精度で常緑広葉樹林抽出が可能であった。またDEMを用いて計算された谷度を説明変数とする一般化線形モデルによって高い精度でアラカシ林抽出が可能であった。この二つのモデルを組み合わせた手法によりアラカシ林抽出が可能であると考えられる。以上のことから、まずLandsat データを用いて常緑広葉樹林を抽出し、そのなかから谷度を用いてアラカシ林を抽出するという手法によって広域におけるアラカシ林抽出が可能であることが示唆された。

キーワード：アラカシ、立地特性、ランドサット、RandomForest法

I. はじめに

宮崎県北部では古くからアラカシを原料とした白炭（日向備長炭）の生産が盛んである。なかでも宇納間地区は白炭生産を通じて伝統的な里山利用を続けている全国的にも数少ない地域のひとつであり、現在でもアラカシ低木林の里山景観が持続している（環境省, 2009）。また日向備長炭は紀州備長炭（和歌山県）、土佐備長炭（高知県）と並ぶ日本三大備長炭であり、江戸時代から約400年にわたって傳承されている高度な製炭技術には後世に引き継ぐべき文化的価値が見出されている。このように地域の特産品である日向備長炭の持続的生産は、地域経済の活性化だけでなく貴重な里山景観や文化の継承にも貢献している（宮崎県山村・木材振興課, 2016；上杉, 2017）。宇納間地区を含む美郷町では日向備長炭の持続的生産に向けたIターンによる担い手の新規参入や製炭技術傳承の支援に取り組んでいる（宮崎県山林・木材振興課, 2016；上杉, 2017）。

しかし現在、アラカシ林の空間分布が生産者全体で共有されていないことが問題となっている。日向備長炭生産のほとんどは個人生産者が担っており（農林水産省, 2017）、宇納間地区の個人生産者は生産のたびに林を立木買いし原料のアラカシ材を得ている。しかし、土地勘がなくいまままで利用されてきたアラカシ林の場所を知らないIターン新規参入者や若い担い手は、立木買いする林を外観から判断せざるを得ないことも多い。その場合、実際に伐採してみるとアラカシの割合が少なく採算が合わないという事態も生じており、このことが日向備長炭の生産促進を妨げる一因となっている。今後も地域にとって重要な日向備長炭を持続的に生産していくためには原料の安定確保、つまりアラカシ林の空間分布の把握が求められている。

広域から特定樹種を探索する方法としてリモートセンシング

データを用いた樹種分類が多く試みられている。小面積あるいは単木レベルでの樹種分類には、空間分解能が高い高分解能衛星画像や特定時期にデータ取得が可能で空間分解能も高い航空機搭載機器による写真やデータを用いた方法が試みられている（Katoh, 2004；瀬戸島ほか, 2006）が、これらの方法には大きなコストがかかる。一方でLandsat データをはじめとする低コストで入手が容易なりモートセンシングデータは空間分解能が低く撮影時期の選択肢も少ないことが多いことから、主に大面積で一斉造林された針葉樹の樹種分類や森林タイプなどの土地利用分類への使用にとどまっている（加藤, 2010；Tanaka *et al.*, 2012）。

一方、植生分布には立地条件が深く関係していることは広く知られており（菊池, 2001）、特定樹種の立地特性を明らかにすることができればその分布を探索することができると考えられる。アラカシの場合、カシ類の中では乾燥や貧栄養に耐え未成熟な岩石土壌にもよく生じ、脊悪な場所において優占度が高いと報告されている（日本樹木誌編集委員会, 2009）。

そこで本研究では、Landsat データによる常緑広葉樹林の抽出およびアラカシの立地特性に着目した常緑広葉樹林からのアラカシ林抽出を組み合わせた広域におけるアラカシ林抽出手法の開発を目的とした。

II. 対象地および方法

1. 対象地および使用データ

対象地は宮崎県東臼杵郡美郷町宇納間地区周辺の15 km四方の範囲である。対象地にはスギ・ヒノキの人工林、日向備長炭生産に利用されてきたアラカシ林を含む常緑広葉樹林、落葉広葉樹林が分布している。Landsat データにはLandsat 8 OLIの地表面反射率（SR）を使用し、Tanaka *et al.* (2012) を参考に対象地

*1 Okamoto, M. and Mitsuda, Y. and Oda, M. : Developing a method detecting arakashi (*Quercus glauca*) forest by Landsat image and terrain factors for sustainable charcoal production in Unama region, Miyazaki Prefecture.

*2 宮崎大学農学部 Fac. Agr., Univ. Miyazaki, Miyazaki 889-2192, Japan

*3 宮崎県林業技術センター Miyazaki Pref. Forestry Tech. Ctr., Miyazaki 883-1101, Japan

の大部分が雲で覆われていない3シーンを選択した(表-1)。

Landsat データによる常緑広葉樹林抽出モデル開発の際の教師データとするために、航空写真オルソ画像から対象地内の森林タイプの判別を行った。15 km 四方の対象地を Landsat データの解像度に合わせた 30 m 四方のセルに分割し、一定間隔で機械的に 1250 セルを選択した。1250 セルから解析に不適切なセル(地形による影となるセル、雲および雲の影が重なるセル、森林タイプが判別できないセル、森林タイプが Landsat データ取得時と航空写真撮影時で変化しているセル)を除き 846 セルを判別対象とした。判別対象セルに対してオルソ画像から目視で森林タイプ(非森林、人工林、常緑広葉樹林、落葉広葉樹林)を判別し、極端にセル数の少なかった落葉広葉樹林のセルを除いた3つの森林タイプ(非森林、人工林、常緑広葉樹林)からなる 822 セルを解析対象とした(表-2)。

また、立地特性に着目したアラカシ林抽出モデルを開発するために、対象地内の常緑広葉樹林に現地の個人生産者からの情報および航空写真をもとにしてアラカシ林 14 点および非アラカシ林 14 点のサンプル点を設置した。航空写真には宮崎県撮影の 2013 年航空写真のオルソ画像を使用し、各サンプル点における地形因子の算出には国土地理院 10 m 解像度の数値標高モデル (DEM) を使用した。

2. 常緑広葉樹林の抽出

Landsat データ、標高および傾斜を変数とした RandomForest 法を用いて森林タイプ分類モデルの開発を試みた。RandomForest 法は CART 型樹木の集団学習法であり分類問題における使用性能が相対的により良いことが知られている(下川ほか, 2013)。解析対象セルに対して Landsat 各シーンにおける地表面反射率から NDVI, GNDVI, R 比, G 比, B 比, シーン間における NDVI および G 比の差分を算出した。各指標の算出方法を以下に示す。

$$NDVI = \frac{band\ 5 - band\ 4}{band\ 5 + band\ 4}$$

$$GNDVI = \frac{band\ 5 - band\ 3}{band\ 5 + band\ 3}$$

表-1 Landsat データ

観測日	
春	2014年5月2日
夏	2015年8月9日
冬	2016年12月17日

表-2 森林タイプ

森林タイプ	セル数
非森林	172
人工林(スギ・ヒノキ)	295
常緑広葉樹林	366
落葉広葉樹林	24
総計	846

$$R\ 比 = \frac{band\ 4}{band\ 4 + band\ 3 + band\ 2}$$

$$G\ 比 = \frac{band\ 3}{band\ 4 + band\ 3 + band\ 2}$$

$$B\ 比 = \frac{band\ 2}{band\ 4 + band\ 3 + band\ 2}$$

ここで band 2~ band 5 はそれぞれの波長帯の地表面反射率を示す。これらの指標に Landsat 各シーンにおける band 1~ band 7 の地表面反射率, 10 mDEM から算出した標高 (ELV) および傾斜角 (SLP) を加えた 44 種類のデータを各セルに与え, RandomForest 法に使用する変数とした(表-3)。解析対象 822 セルを学習用 722 セルおよび検証用 100 セルにランダムに振り分け, 学習用 722 セルに RandomForest 法を用いて森林タイプ分類モデルを開発した。また開発したモデルを検証用 100 セルに適用することでモデルの精度を検証した。

3. アラカシ林の抽出

地形因子を変数とし常緑広葉樹林からアラカシ林を抽出する一般化線形モデル (GLM) の開発を試みた。まず各サンプル点の地形因子(傾斜角 SLP, 広域的凹凸度 TI, 谷度 NOP, 尾根度 POP, 上部集水面積 UCA, 年間日射指数 SRIA)を 10 mDEM から算出した(Mitsuda *et al.*, 2007)。広域的凹凸度 (TI) は 8 方位について, 任意の検索範囲内において絶対値が最大となる山体に対する見上げ角度もしくは見下げ角度を積算したものである。谷度 (NOP) および尾根度 (POP) は広域的凹凸度を計算する際に, それぞれ見上げ角度および見下げ角度のみを積算したものである。今回, 検索範囲は事前の解析に基づき半径 1000 m とした。また, 水分環境に関する地形因子として, 土壌水分の豊富さに関連する上部集水面積 (UCA) および日射による水分不足に関連する年間日射指数 (SRIA) を算出した。次に, 常緑広葉樹林がアラカシ林か非アラカシ林かを目的変数とし, 地形因子の組み合わせを説明変数とした複数の一般化線形モデルを作成した。そのなかから回帰係数の符号がアラカシの生態的特徴と矛盾しないモデルを選び, そのなかで AIC が最も低いモデルを最適なモデルとした。

表-3 Random Forest 法の変数に使用したデータ

	春	夏	冬	春-夏	夏-冬	冬-春
地表面反射率 (SR)	band 1_M	band 1_A	band 1_D			
	band 2_M	band 2_A	band 2_D			
	band 3_M	band 3_A	band 3_D			
	band 4_M	band 4_A	band 4_D			
	band 5_M	band 5_A	band 5_D			
	band 6_M	band 6_A	band 6_D			
	band 7_M	band 7_A	band 7_D			
指標	NDVI_M	NDVI_A	NDVI_D	NDVI_MA	NDVI_AD	NDVI_DM
	GNDVI_M	GNDVI_A	GNDVI_D			
	R 比_M	R 比_A	R 比_D			
標高	G 比_M	G 比_A	G 比_D	G 比_MA	G 比_AD	G 比_DM
	B 比_M	B 比_A	B 比_D			
傾斜角			ELV			
			SLP			

Ⅲ. 結果

1. 常緑広葉樹林の抽出

Landsat データ、標高および傾斜を変数とした RandomForest 法を用いて開発した森林タイプ分類モデルによる分類結果を表-4 に示す。分類の全体精度は 79 %、Kappa 係数は 0.67 であり、どの森林タイプの分類精度も全体精度と同程度であった。モデルの検証では全体精度が 85 %、Kappa 係数は 0.77 であり、同様にどの森林タイプの分類精度も全体精度と同程度であった (表-5)。また、モデルの相対的な変数重要度 (下川ほか, 2013) によると、NDVI_M, GNDVI_M, band 5_M, G 比_M の変数重要度が高かった。

2. アラカシ林の抽出

アラカシ林および非アラカシ林のサンプル点における各地形因子 (SLP, TI, NOP, POP, UCA, SRIA) の分布を図-1 に示す。TI はアラカシ林で低い傾向があり、非アラカシ林の中央値が正の値だったのに対しアラカシ林の中央値は負の値であった。NOP はアラカシ林で高い傾向にあった。非アラカシ林と比べてアラカシ林で SLP が大きく、POP が低く、UCA が大きい傾向がみられた。SRIA では中央値が非アラカシ林に比べアラカシ林で低かったが分布の違いはほとんどみられなかった。アラカシ林を抽出する最良モデルには NOP のみが説明変数として採用され、その係数は正であった。このモデルを用いてサンプル点のアラカシ林である確率を推定したところ、28 点中 24 点が正しく推定された (図-2)。

Ⅳ. 考察

本研究では、二つの手法を組み合わせた広域におけるアラカシ林抽出手法の開発を試みた。まず常緑広葉樹林抽出手法に関しては、Landsat データ、標高および傾斜を変数とし RandomForest 法で開発したモデルによって森林タイプを分類できる可能性が高いことがわかった。モデルでは NDVI_M, GNDVI_M, band 5_M, G 比_M の変数重要度が高く、春のデータが重要であることが示唆された。このことは、常緑広葉樹が春に一斉に新葉を展開し明確な色調変化を示すのに対して、スギ・ヒノキは通年で明確な色調変化を示さない (瀬戸島ほか, 2002) というフェノロジーの違いが分類に重要であることを示している。また band 5_A, band 6_A, G 比_D の変数重要度も相対値で 60 % を超えており、季節の異なる 3 シーンの Landsat データを使用したことは森林タイプ分類に有効だったと考えられる。この森林タイプ分類モデルによる常緑広葉樹林の分類精度は学習用で 82 %、検証用で 97 % であり (表-4, 表-5)、この手法を適用することで高い精度の常緑広葉樹林抽出が可能であると考えられる。

次に、常緑広葉樹林からのアラカシ林抽出手法に関しては、NOP を説明変数とする一般化線形モデルが最良モデルとなった。各サンプル点の NOP や TI の値からも、谷地形の常緑広葉樹林でアラカシ林である可能性が高いことが示唆された (図-1 bc)。一方、土壌水分の豊富さに関連する UCA、日射による水分不足に関連する SRIA の値は NOP, TI に比べアラカシ林と非アラカ

シ林の間で大きな違いはみられなかった (図-1 ef)。これはアラカシがカシ類の中で乾燥や貧栄養に耐え、未成熟な岩石土壌にもよく生じ脊悪な場所において優占度が高い (日本樹木誌編集委員会, 2009) という生態的特徴と合致しており、地形による土壤安定性の違いによってアラカシ林であるかどうか左右されると考えられた。今回の最良モデルでは、斜面崩壊による切削が生じ、他の常緑広葉樹種が生育しにくいような地形 (下部谷壁斜面) を地形因子 NOP によって表現できたと考えられる。

結論として、広域におけるアラカシ林抽出手法には、① Landsat データを変数とした RandomForest 法で開発したモデルを用いて常緑広葉樹林を抽出し、②抽出した常緑広葉樹林から NOP が高い林を抽出するという二段階の手法が有効だと考えられる。今後この手法を適用して対象地内のアラカシ林である可能性が高い常緑広葉樹林をマッピングし、現地でアラカシの優占度を確認することで手法の有効性が検証できると考えられる。

表-4 分類精度分析表 (学習用 722 セル)

	分類クラス				総数	Producer's accuracy
	Class	非森林	人工林	常緑広葉樹林		
参照クラス	非森林	117	8	18	143	82 %
	人工林	11	195	54	260	75 %
	常緑広葉樹林	13	46	260	319	82 %
	総数	141	249	332	722	
User's accuracy	83 %	78 %	78 %			
Overall accuracy	79 %		Kappa 係数	0.67		

表-5 分類精度分析表 (検証用 100 セル)

	分類クラス				総数	Producer's accuracy
	Class	非森林	人工林	常緑広葉樹林		
参照クラス	非森林	21	3	5	29	72 %
	人工林	0	29	6	35	83 %
	常緑広葉樹林	0	1	35	36	97 %
	総数	21	33	46	100	
User's accuracy	100 %	88 %	76 %			
Overall accuracy	85 %		Kappa 係数	0.77		

謝辞

本研究を進めるにあたり、奥井製炭所の奥井氏夫妻、日向農業協同組合に情報提供をしていただきました。厚く御礼申し上げます。

引用文献

環境省 (2009) URL: <http://www.env.go.jp/nature/satoyama/satonavi/initiative/kokunai/pdf/623.pdf> (2017 年 11 月 2

日利用)

Katoh M (2004) J For Res 9:7-14

加藤正人 (2010) 森林リモートセンシング第3版—基礎から応用まで—, 206-207, 日本林業調査会, 東京

菊池多賀夫 (2001) 地形植生誌, 220 pp, 東京大学出版会, 東京

Mitsuda Y *et al.* (2007) J For Res 12: 177-186

宮崎県山村・木材振興課 (2016) 林業みやざき 544: 10-11

日本樹木誌編集委員会 (2009) 日本樹木誌 1, 61-72, 日本林業調査会, 東京

農林水産省 (2017) URL: <http://www.e-stat.go.jp/SG1/estat/List.do?lid=000001172683> (2017年11月2日利用)

瀬戸島政博ほか (2002) ランドスケープ研究 65 (5): 679-684

瀬戸島政博ほか (2006) ランドスケープ研究 69 (5): 677-682

下川敏雄ほか (2013) 樹木構造接近法, 149-164, 共立出版, 東京

Tanaka S *et al.* (2012) J For Plann 18 (1): 77-85

上杉貴敬 (2017) 山林 1596: 11-15

(2017年11月10日受付; 2017年12月29日受理)

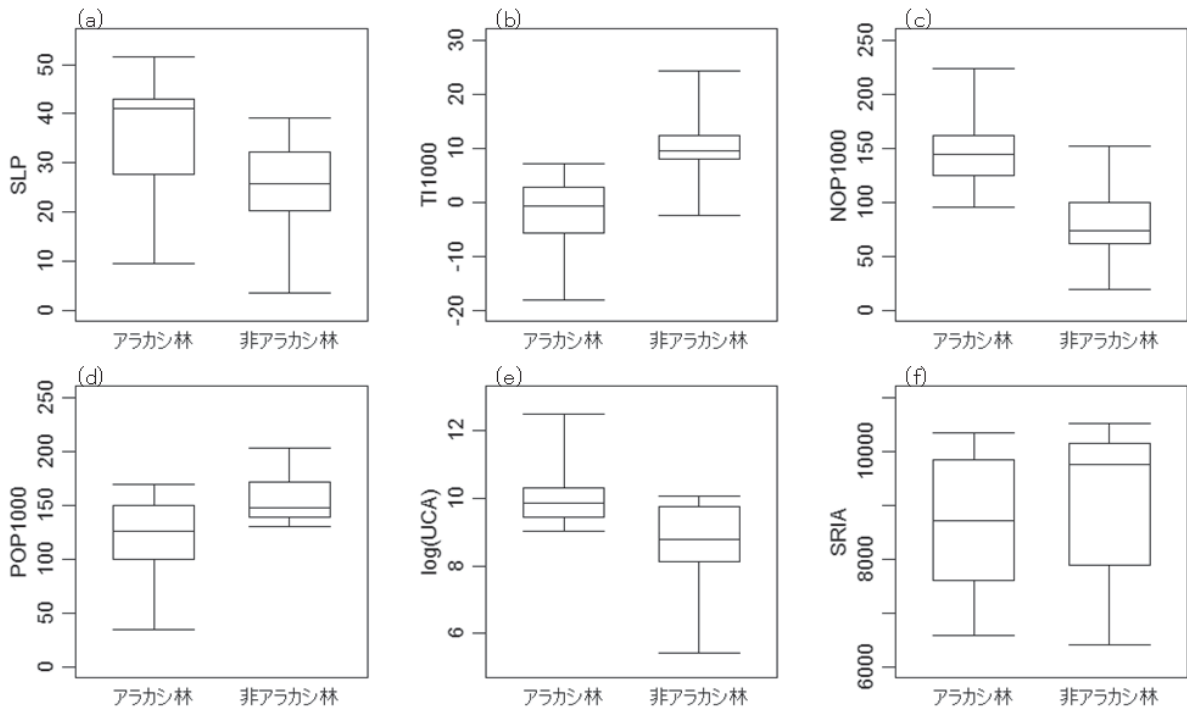


図-1. アラカシ林および非アラカシ林のサンプル点における地形因子

中央線が中央値, 矩形が50%区間, 上下の横線が95%区間を表す。(a)傾斜角 (b)半径1000mにおける広域的凹凸度 (c)半径1000mにおける谷度 (d)半径1000mにおける尾根度 (e)上部集水面積 (f)年間日射指数

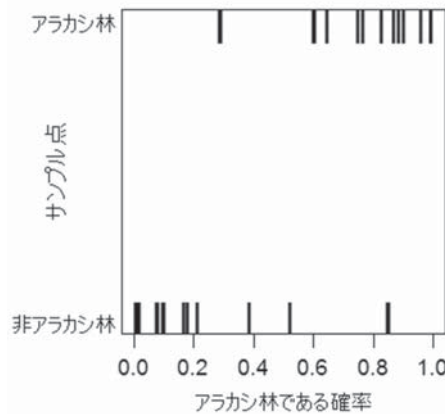


図-2. モデルによるアラカシ林である確率の推定