

空間スケールの違いが地形因子と樹高の関係に与える影響<sup>\*1</sup>米森正悟<sup>\*2</sup>・加治佐剛<sup>\*3</sup>・寺岡行雄<sup>\*3</sup>

米森正悟・加治佐剛・寺岡行雄：空間スケールの違いが地形因子と樹高の関係に与える影響 九州森林研究 70：137－139, 2017 従来、樹高と地形の解析において国土地理院が発行する 50 m や 10 m メッシュの DEM が用いられてきた。一方最近では LiDAR の発展により、これまでよりも詳細な地形データと単木の情報から、単木樹高と地形因子の関係を解析することが可能になっている。そこで本研究では、空間スケールを変化させた場合の地形因子（凹凸度、傾斜角）と単木樹高の関係について、単木樹高を目的変数、地形因子を説明変数とした単回帰分析を行った。その結果、凹凸度は 0.5 m×0.5 m において統計的に有意になり、傾斜角は本研究で用いた空間スケールにおいて統計的に有意な結果を示さなかった。

キーワード：空間スケール、DEM、凹凸度、傾斜角、樹高

## I. はじめに

従来、樹高と地形の関係を解析するために国土地理院が発行する 50 m や 10 m メッシュの数値標高モデル (Digital Elevation Model, 以下 DEM) が用いられてきた。DEM は標高値が格子状に配置されたラスタ型のデータである。コンピュータの高性能化に伴い、地理情報システム (Geographic Information System, 以下 GIS) 等の地形解析ソフトの発展も著しいことから効率的に地形の解析が行えるようになってきた。

林業分野において地形データは、地位の推定に用いられてきた。過去の研究において、異なる解像度の DEM (12.5~100 m) を用いたスギの地位指数の予測 (Mitsuda *et al.*, 2007), 5000 分の 1 の地形図を用いた地形因子による樹高推定 (寺岡ほか, 1991), 地形の立地区分と小班内の林地生産力の分布 (吉田, 1985) などの研究が行われてきた。これらの研究において地形因子は、DEM の解像度 (以下 空間スケール) の違いによって捉える地形が変わってくると指摘されている。

近年、航空レーザ測距技術 (Light Detection And Ranging, 以下 LiDAR) の発展により林分内の樹高を単木レベルで把握できるようになってきた。また、地形においては 0.5 m メッシュの DEM データが得られるようになり従来よりも詳細な地形の計測が可能となった。LiDAR から得られる詳細な地形データから、単木樹高と地形因子との関係を解析することが可能となる。

そこで本研究では、空間スケールを変化させた場合の地形因子 (凹凸度、傾斜角) と単木樹高の関係について検討した。

## II. 方法

## 1. 調査地

本研究の対象地は、鹿児島県垂水市に位置する鹿児島大学農学部附属高隅演習林 117 林班 20 小班の一部である。対象林分は、

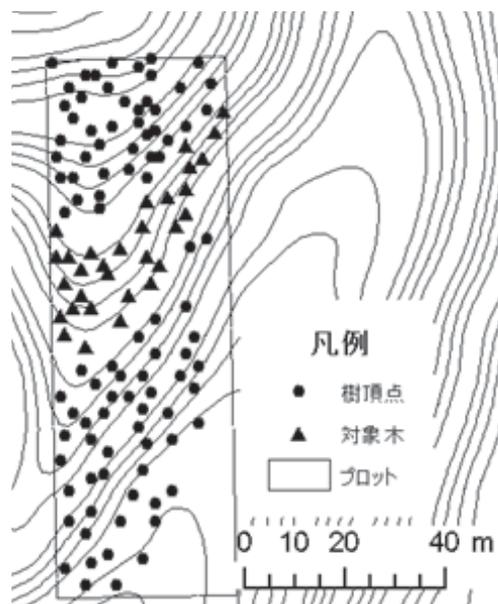


図-1. 調査地

91 年生のスギ人工林である。対象地は、谷から尾根にかけて横 20 m, 縦 80 m の 0.16 ha プロットである。現地調査にて LiDAR で抽出された立木が現地のどの立木と一致するの把握するために、プロット内に含まれる立木と LiDAR で抽出された立木の位置照合を 2016 年 8 月から 10 月にかけて行った。また樹高は、Vertex を用いて測定を行った。谷から尾根にかけての樹高変動は、標高に依存することが明らかになっている (平田, 2005)。また一般的に地形と水分条件との関係では、尾根部で悪く、谷部で良いとされている。そこで本研究では、標高による樹高の違いと水分条件が大きく異なる尾根部と谷部を除いた斜面中腹部にある立木 30 本を対象に地形因子と樹高の関係について検討した (図-1)。

\*1 Yonemori, S., Kajisa, T. and Teraoka, Y. : The effects of difference in space scales on relationship between topographical factors and tree height.

\*2 鹿児島大学大学院農学研究科 Grad. Agric., Kagoshima Univ., Kagoshima 890-0065, Japan.

\*3 鹿児島大学農学部 Fac. Agric., Kagoshima Univ., Kagoshima 890-0065, Japan.

## 2. LiDAR データ

LiDAR 計測は、2012年5月27～29日にアジア航測株式会社の Leica 製 ALS 50-II および ALS 60 を用いて行われた。計測範囲は、鹿児島大学農学部付属高隅演習林全域 3000 ha である。計測時の対地高度は、1700～3000 m で行われた。レーザ光の広がり角は 0.22 m rad であり、レーザの照射密度は 1 m<sup>2</sup>あたり 4 点となっている。LiDAR データと地形の解析には、ArcGIS (ESRI 社製) を用いた。メッシュサイズ 0.5 m×0.5 m の DEM と数値表層モデル (Digital Surface Model, 以下 DSM) から、林冠高モデル (Digital Canopy Model, 以下 DCM) を作成した。さらに樹頂点の抽出には、樹冠形状指数 (大野ほか, 2008) を用いて抽出した。

## 3. 空間スケールと地形因子

本研究では、0.5 m×0.5 m, 1.5 m×1.5 m, 2.5 m×2.5 m, 5.0 m×5.0 m, 10.0 m×10.0 m の 5 つの空間スケールを用いて解析を行った。地形因子には、水分の供給量を表す土層の堆積様式 (竹下・高木, 1977) を決定する斜面の形状を表現した凹凸度と傾斜角を用いた。

$h_1$	$h_2$	$h_3$
$h_4$	$h_5$	$h_6$
$h_7$	$h_8$	$h_9$

図-2. 凹凸度計算のためのラスタ型 DEM

## 4. 凹凸度, 傾斜角の算出

凹凸度, 傾斜角の計算にはラスタ型の DEM, 3×3 の 9 つの標高値を用いた (図-2)。凹凸度は、中央標高値から四隅の平均標高値の差をとった値 (式-1) とした。なお凹凸度の値が正の場合は凸型, 0 の場合は直型, 負の場合は凹型とした。

$$\text{凹凸度} = h_5 - (h_1 + h_3 + h_7 + h_9) / 4 \quad (\text{式-1})$$

ただし,  $h$  は図-2 の値である。

傾斜角は、中央標高値から水平方向および垂直方向の標高差を ArcGIS で計算した値を傾斜角として用いた。

## 5. データの解析

各空間スケールにおいて単木樹高と各地形因子の関係性を調べるために、樹高を目的変数, 凹凸度と傾斜角それぞれを説明変数とした単回帰分析を行い、回帰式の決定係数 ( $R^2$ ) と回帰係数を求めた。

## Ⅲ. 結果

### 1. 凹凸度と単木樹高

単回帰分析を行った結果, 0.5 m×0.5 m の空間スケールにおいて回帰式は統計的に有意であった ( $R^2=0.1605$ ,  $p < 0.05$ ) が,

その他の空間スケールにおいては有意ではなかった。回帰式の回帰係数は, 0.5 m×0.5 m で正の値を示し, 凸地形において樹高が高いことが示された (表-1)。

### 2. 傾斜角と単木樹高

単回帰分析を行った結果, どの空間スケールにおいても回帰式は統計的に有意でなかった。1.5 m×1.5 m の空間スケールにおいて, 決定係数が最大値となった (表-1)。

## Ⅳ. 考察

### 1. 凹凸度と単木樹高

単回帰分析の結果から, 凹凸度は 0.5 m×0.5 m の空間スケールにおいて有意であった。他の空間スケールにおいて有意でなかった理由として, 空間スケールを大きくしていくことで実際の地形と DEM を用いて表現される地形が乖離していたためではないかと考えられる。凹凸度と樹高の関係においては, 一般的に水分条件の良いとされている凹地形で樹高が高いとされている (江原ほか, 2009)。本研究においても仮説として, 同じ斜面位置にある樹木は凹地形で樹高が高く, 凸地形で樹高が低くなると予想していた。しかし, 本研究で得られた単回帰分析の結果では, 0.5 m×0.5 m の空間スケールにおいて有意な正の相関を示し, 凸地形で樹高が高くなると考えられた。本研究で用いた空間スケールは, 従来用いられてきた空間スケールよりも小さい空間スケールで地形解析を行っているため, 本研究で用いた空間スケールにおける樹高の差は, 水分条件以外の別な要因であると考えられる。

### 2. 傾斜角と単木樹高

単回帰分析の結果から, 傾斜角は今回用いた空間スケールにおいて有意ではなかった。仮説として水分の移動を考えた時に, 傾斜角が大きくなるほど水分がその場所に貯留する期間が短くなるので, 傾斜角が小さい方が樹高成長に有利であると考えていた。しかし, 単回帰分析の結果から傾斜角は単木樹高に影響は無いと考えられた。

## Ⅴ. おわりに

本研究では, 0.5 m×0.5 m ~ 10.0 m×10.0 m の 5 つの空間スケールから算出した凹凸度, 傾斜角と単木樹高の関係について検討した。単木樹高と各地形因子の単回帰分析を行った結果から, 凹凸度は 0.5 m×0.5 m で統計的に有意になり, 傾斜角は今回用いた空間スケールで統計的に有意でなかった。

LiDAR の発展によって, 従来得られていた地形データよりも細かい地形データの計測が可能になった。詳細な地形データから, 今まで地形図上での判読が難しかった微地形の表現, 地形区分が可能になることで, 地形に適した森林調査や施業プランの提案が行えるのではないかと考えられる。

表- 1. 樹高と地形因子（凹凸度, 傾斜角）の単回帰分析

樹高 (y) と凹凸度 (x)			
解像度	回帰式	決定係数	P 値
0.5m × 0.5m	$y = 1.923x + 19.070$	0.1605	$P < 0.05$
1.5m × 1.5m	$y = 0.457x + 19.126$	0.0280	$P > 0.05$
2.5m × 2.5m	$y = 0.013x + 19.166$	0.0003	$P > 0.05$
5.0m × 5.0m	$y = -0.107x + 19.225$	0.0068	$P > 0.05$
10.0m × 10.0m	$y = -0.004x + 19.175$	0.0001	$P > 0.05$
樹高 (y) と傾斜角 (x)			
解像度	回帰式	決定係数	P 値
0.5m × 0.5m	$y = -0.010x + 19.403$	0.0257	$P > 0.05$
1.5m × 1.5m	$y = -0.039x + 20.393$	0.0906	$P > 0.05$
2.5m × 2.5m	$y = -0.029x + 20.076$	0.0323	$P > 0.05$
5.0m × 5.0m	$y = -0.032x + 20.157$	0.0310	$P > 0.05$
10.0m × 10.0m	$y = 0.020x + 18.561$	0.0071	$P > 0.05$

## VI. 謝辞

本研究で使用した LiDAR データは、アジア航測株式会社の協力の下に取得された。本研究は、「革新的技術開発・緊急展開事業」(うち地域戦略プロジェクト)「ICT を活用した木材 SCM システムの構築」(研究代表者: 仁多見俊夫 (東京大学)) の支援を受けて行った。

また、鹿児島大学農学部附属高隅演習林関係者の方々には、調査に際して種々の便宜を図っていただいた。心より感謝を申し上げます。

## 引用文献

- 江原秀宗ほか (2009) 宇大演報 45: 9-16.  
 大野勝正ほか (2008) 日本写真測量学会学術講演会発表論文集 秋季: 59-62.  
 平田泰雅 (2005) 日林誌 87 (6): 497-503.  
 Mitsuda *et al.* (2007) J. For. Res. 12: 177-186.  
 竹下敬司・高木潤治 (1977) 福岡県林業試験場時報 26: 1-51.  
 寺岡行雄ほか (1991) 九大農学芸誌 45: 125-133.  
 吉田茂二郎 (1985) 鹿大農演報 13: 1-63.  
 (2016 年 11 月 18 日受付; 2017 年 1 月 24 日受理)