

航空レーザ計測による単木樹高データを用いた

最大積雪深と樹高成長の関係

大矢信次郎（長野県林業総合センター）

I はじめに

現在、拡大造林期に造成された人工林の多くが 12 齢級以上に達し、主伐可能な径級に成長している。これらの人工林のうち、主伐・再造林を全ての林分で行うことは現実的ではない。今後は、効率的かつ安全に林業を行える林分を選択し、集中的に投資することが望ましい。特に、多雪地・豪雪地においては冠雪害や雪圧害等のリスクがあり、現在の林分における林木の成長と積雪深との関係性を評価する必要がある。一方、近年航空レーザ計測技術の進展により、広域的な単木樹高データを容易に取得することが可能となった。そこで本稿では、長野県の民有林域で行われた航空レーザ計測から得られた単木樹高データと積雪深との関係性を評価した結果を報告する。

II 方法と対象地域

樹高データは、長野県林務部森林づくり推進課が平成 25～26 年度に実施した長野県民有林域の航空レーザ計測のデータを基に行った森林情報解析委託事業の電子成果品を用いた。これらのうち、少雪～多雪地帯（最大積雪深 250 cm 以下）の例として須坂市、多雪～豪雪地帯（最大積雪深 250 cm 超）の例として飯山市を対象地域とした。まず、対象地域の単木樹高データと国土数値情報の平年値メッシュデータ 2020（国土交通省 2022）と結合した。次に、次の 5 条件：①林相解析による樹種が森林簿の樹種と一致、②森林簿の林種が人工林、③森林簿上の面積が 0.5ha 以上の施業班、④森林簿上の混交率が 100% のカラマツ林及びスギ林、⑤林齢が 46～80 年生、を満たす林分を抽出し、各林分内の単木樹高データの中央値を林分樹高とした。

これらの林分樹高データから、応答変数を樹高 (H)、説明変数を林齢 (Age)・年最大積雪深 (SD、図-1)・年平均気温 (AveT)・傾斜 (S1)・森林簿の地位 (SQ) とし、一般化線形モデル (GLM) により樹種ごとに関係性を評価した。解析は統計パッケージ R_4.3.2 を使用し、glm 関数により行った（確率分布：GUMMA、リンク関数：log）。なお、多重共線性を VIF で評価した結果、降水量と標高は説明変数から除外した。

III 結果

一般化線形モデルの結果、最適モデルで樹高に影響を及ぼすとして選択された説明変数を表-1～2（スギ）、表-3～4（カラマツ）に示した。まずスギについては、多雪～豪雪地帯である飯山市において樹高に影響を及ぼす因子として、一般化線形モデル最適モデルで選択されたのは林齢と地位で

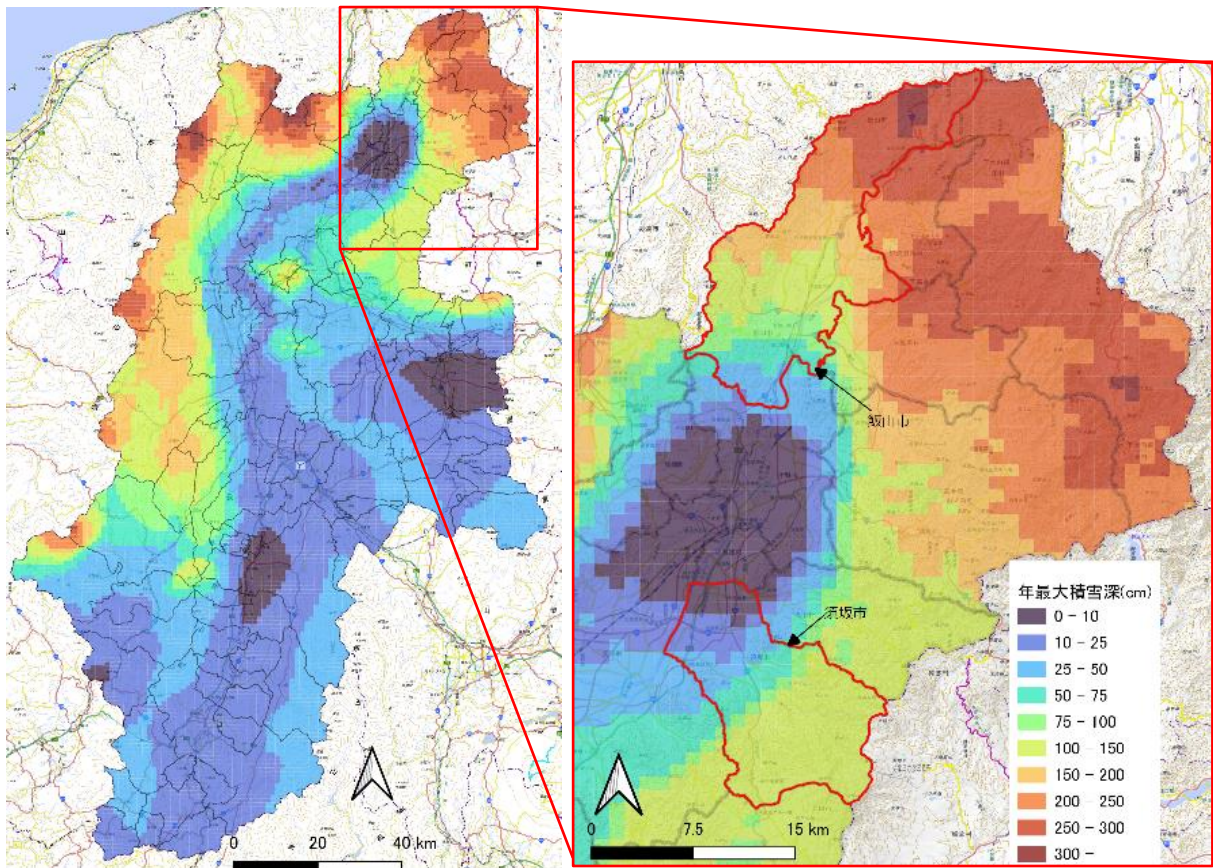


図-1. 長野県及び飯山市・須坂市における年最大積雪深の分布

あり、積雪深は選択されなかった（表-1）。地位は1～3の数値で示され、数値が大きいほど地位が低いことからマイナス因子として選択されている。少雪～多雪地帯である須坂市では、林齢と地位に加えて傾斜（負の因子）と年平均気温が選択され、飯山市と同様に積雪深は選択されなかった（表-2）。

次にカラマツについては、多雪～豪雪地帯である飯山市では林齢、年平均気温がプラス因子、積雪深と地位がマイナス因子として選択された（表-3）。また少雪～多雪地帯である須坂市では、積雪深がプラス因子であった以外は飯山市と同様であった（表-4）。

表-1. スギの樹高に影響を及ぼすとして一般化線形モデルで選択された説明変数（飯山市）

| 説明変数 | 推定値 | 標準誤差 | P値 | 自由度 | 逸脱度 | AIC |
|-------------|----------|---------|------------|-------|--------|--------|
| (切片) | 2.91764 | 0.07446 | <2e-16 *** | | 5.5031 | 1662.1 |
| 林齢 (Age) | 0.00692 | 0.00080 | <2e-16 *** | SD 1 | 5.5530 | 1663.1 |
| 年最大積雪深 (SD) | -0.00018 | 0.00010 | 0.0843 . | SQ 1 | 5.6076 | 1666.4 |
| 地位 (SQ) | -0.07073 | 0.02808 | 0.0123 * | Age 1 | 6.7285 | 1734.3 |

多雪～豪雪（積雪深25～300cm）、N=328

※ ***: P<0.001, **: P<0.01, *: P<0.05, .: P<0.1（以下同様）

表一 2. スギの樹高に影響を及ぼすとして一般化線形モデルで選択された説明変数（須坂市）

| 説明変数 | 推定値 | 標準誤差 | P値 | 自由度 | 逸脱度 | AIC |
|-------------|----------|---------|--------------|--------|--------|--------|
| (切片) | 2.88691 | 0.06893 | <2e-16 *** | | 5.9061 | 2261.8 |
| Age(林齢) | 0.00606 | 0.00058 | <2e-16 *** | AveT 1 | 5.9729 | 2265.3 |
| SI(傾斜) | -0.00510 | 0.00075 | 4.00e-11 *** | SQ 1 | 6.1104 | 2276.7 |
| AveT(年平均気温) | 0.00108 | 0.00046 | 0.0194 * | SI 1 | 6.4494 | 2304.7 |
| SQ(森林簿の地位) | -0.03924 | 0.00953 | 4.48e-05 *** | Age 1 | 7.2370 | 2369.7 |

少雪～多雪（積雪深31～130cm）、N=463

表一 3. カラマツの樹高に影響を及ぼすとして一般化線形モデルで選択された説明変数（飯山市）

| 説明変数 | 推定値 | 標準誤差 | P値 | 自由度 | 逸脱度 | AIC |
|-------------|----------|---------|--------------|--------|--------|--------|
| (切片) | 2.65362 | 0.23083 | <2e-16 *** | | 1.4173 | 601.91 |
| Age(林齢) | 0.00689 | 0.00161 | 3.88e-05 *** | SQ 1 | 1.4717 | 604.60 |
| AveT(年平均気温) | 0.00505 | 0.00118 | 3.71e-05 *** | SD 1 | 1.4982 | 606.89 |
| SD(年最大積雪深) | -0.00044 | 0.00017 | 0.0101 * | AveT 1 | 1.6229 | 617.65 |
| SQ(森林簿の地位) | -0.17349 | 0.07800 | 0.0280 * | Age 1 | 1.6296 | 618.22 |

多雪～豪雪（積雪深25～277cm）、N=127

表一 4. カラマツの樹高に影響を及ぼすとして一般化線形モデルで選択された説明変数（須坂市）

| 説明変数 | 推定値 | 標準誤差 | P値 | 自由度 | 逸脱度 | AIC |
|-------------|----------|---------|--------------|--------|---------|--------|
| (切片) | 2.45511 | 0.07436 | < 2e-16 *** | | 9.0743 | 3267.2 |
| Age(林齢) | 0.00499 | 0.00064 | 2.35e-14 *** | SQ 1 | 9.2714 | 3280.4 |
| AveT(年平均気温) | 0.00461 | 0.00040 | < 2e-16 *** | SD 1 | 9.2839 | 3281.4 |
| SD(年最大積雪深) | 0.00087 | 0.00022 | 6.24e-05 *** | Age 1 | 9.8355 | 3324.1 |
| 地位(森林簿) | -0.05459 | 0.01384 | 8.78e-05 *** | AveT 1 | 10.7295 | 3393.4 |

少雪～多雪（積雪深16～130cm）、N=689

IV 考察

樹高に及ぼす説明変数として、年最大積雪深は、スギでは飯山、須坂とも選択されなかった。このことは、年最大積雪深がスギの樹高成長に影響を及ぼしにくく、雪に比較的強い樹種であることが改めて支持される結果であった。一方、カラマツの樹高に及ぼす年最大積雪深の影響は、飯山でマイナスの効果、須坂でプラスの効果として選択された。このことは、少雪～多雪地帯であれば春季の水分条件の改善という意味で樹高成長にプラスに働くことが示唆されたが、多雪～豪雪地帯ではマイナス要因になると考えられ、スギに比べて冠雪害や雪圧害等を受けやすく耐雪性に劣ることが示唆された。また、両樹種とも林齢と樹高の相関が強く出ており、10 齢級以上においても旺盛な樹高成長を示していることがうかがえる。年平均気温は特にカラマツの樹高に正の効果を及ぼすことが示され、寒冷地に適応した樹種であっても温暖である方が成長促進されることが示唆された。なお、森林簿に記載されている地位が樹高に及ぼす影響については、スギ、カラマツとも地位の値（1～3）が大きいほど樹高が低くなることを示しており、ほぼ妥当であることが確認された。ただし、森林簿の地位は数十 ha 以上の小班単位の設定であり大雑把であることから、今後はより詳細に地位を評価するため、航空レーザ計測データを活用して各樹種の地位指数曲線を調製し、単木樹高データと樹種、林齢の関係か

ら林分単位以下で地位指数を算出することによって、より生産力の高い林分を抽出することが求められる。

V おわりに

航空レーザ計測データの利用は近年始まったばかりであり、精度に関して様々な意見もあるが、これまで知りえなかった奥山も含めた広域的な樹高情報を取得できるため、森林資源量を広域に把握するためのツールとして大きな可能性がある。既に複数回のレーザ計測が行われた地域も出てきており、林分樹高の成長量評価等にも活用することが可能となってきたことから、今後のさらなる活用に期待したい。

謝辞

本研究を行うにあたっては、長野県林務部森林づくり推進課の皆様に多大なるご協力をいただきました。ここに感謝申し上げます。なお、本研究は農林水産省委託プロジェクト研究「日本全国の林地の林業採算性マトリクス評価技術の開発」JPJ012043の補助を受けて行いました。

引用文献

国土交通省（2022）平年値メッシュ 2020. オンライン（URL : <https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-G02-2022.html>） 2024年3月28日参照.