戦略課題
3－イ

林木育種技術の高度化・拡張と特定母樹等の普及強化

成長に優れたスギは光を効率的に利用する樹冠構造を持つ

林木育種センター育種部：亀井 啓明、松下 通也、武津 英太郎
林木育種センター関西育種場：高島 有哉
京都大学：小野田 雄介、日下 真桜　　鹿児島大学：安田 悠子
バンガバンドゥ・シェイク・ムジブル・ラーマン農業大学：Md. Farhadur Rahman

スギの成長には受けた光をどれだけ効率よくバイオマスに変換できるかが重要であることと、成長に優れたスギは先端がとがり、上部の葉が込みすぎず、光が樹冠全体に行き渡るような特徴を持つことがわかりました。

スギの成長速度と樹冠構造について

樹木の成長の違いは、受けた光の量と、その光をバイオマスに転換する効率によって決まると言えます。スギは日本全国に多くの系統が存在し、成長速度には大きな差がみられますが、その要因となるメカニズムは十分に解明されていません。一方、系統間で樹冠の大きさや形状、葉の量や分布などが異なることが知られています。これらの樹冠構造の違いは、どれだけ樹冠を広げて光を占有するか、また、受けた光をどれだけ効率よくバイオマスに転換できるかに影響し、それぞれの側面から成長速度を左右すると考えられます。これらを定量的に評価することは、成長の違いを理解する上で重要です。

ドローンで樹冠を測る

本研究ではLiDAR*搭載ドローンを用いて上空からスギ2000個体以上の樹冠構造を測定しました（図1）。樹冠構造の調査は従来大変な労力を要する作業でしたが、新技術を活用することで、短時間で詳細な測定が可能となり、精度の高い大規模なデータセットを得ることができました。

光を生かす樹冠の特徴

解析の結果、スギの成長速度の差には、光の占有面積の違いよりも、受けた光をどれだけ効率よく成長に生かせるかの違いのほうが大きく関与していることが分かりました（図2a）。また、成長の速いスギの系統は、樹冠の先端がとがり、上部の葉が込みすぎない形をしており、樹冠内部まで光が届きやすい構造をもっていました（図2b）。このような樹冠構造は、樹冠上部での強すぎる光を分散し、樹冠全体に光を分配することにより、多くの葉で光合成を行うことにつながり、結果として個体の成長速度が向上すると考えられます。

品種改良のヒント

これらの結果は、スギの樹冠構造を指標とすることで、成長の良い系統を効率的に選抜できる可能性を示しています。育種には通常数10年の長い年月を要しますが、成長に有利な樹冠構造を早期に評価できれば、成長の品種改良の効率化につながると期待されます。

専門用語

LiDAR: Light Detection And Ranging（光による検出と距離の測定）の略。レーザーを用いて立体的に形を測定する技術。ドローンに搭載し、上空から高密度でレーザーを照射することで、樹冠の外形だけでなく内部の葉の量や分布まで推定することができます。

樹冠面積と空間利用効率：樹木が吸収した光の量を直接推定することは困難なため、本研究では樹冠の占有面積を個体の光獲得量の簡便な指標としました。また、樹冠の占有面積当たりの成長速度（空間利用効率）を、獲得した光をバイオマスに転換する効率の指標としました。

研究資金

・農林水産省委託プロジェクト研究「炭素貯留能力に優れた造林樹種の効率的育種」（JPJ009841）

参照文献・サイト

Hirose, T. (2004) Development of the Monsi-Saeki theory on canopy structure and function. Annals of Botany, 95 (3), 483–494. https://doi.org/10.1093/aob/mci047

Kamei, H., Matsushita, M., Yasuda, Y., Takashima, Y., Fukatsu, E., Kusaka, M., Rahman, Md. F. and Onoda, Y. (2025) Analyzing growth variation in 401 genotypes of mature ***Cryptomeria japonica***: The role of crown structure and space use efficiency. Forest Ecology and Management, 595, 122986. https://doi.org/10.1016/j.foreco.2025.122986



図1　LiDAR搭載ドローンによる樹冠構造のスキャン
上空からレーザーを照射し、樹冠を数千点の点群データに変換します。

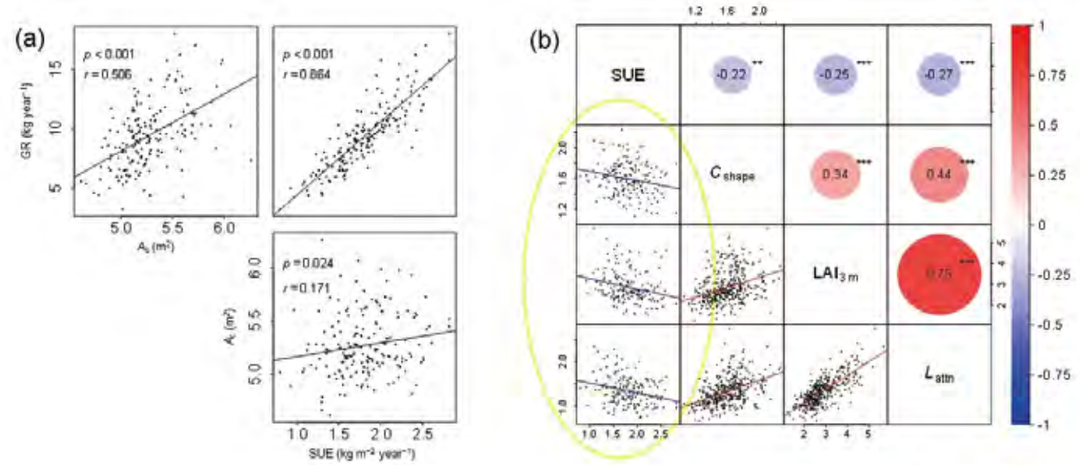


図2　(a) 成長速度 (GR) と樹冠面積 (A_c)、空間利用効率（SUE; space use efficiency、樹冠面積当たりの成長速度）*の遺伝型相関（Kamei et al. 2025の図を改変）。GR：幹バイオマスの年間成長速度。A_c：光獲得量の指標。この値が高いほど、多くの光を吸収します。SUE：効率的な成長の指標。この指標が高いほど、吸収した光を効率よくバイオマスに転換します。

(b) SUEと樹冠形質の遺伝型相関（Kamei et al. 2025の図を改変）。C_{shape}: 樹冠先端の形状。この値が高いほど扁平（へんぺい）な樹冠を持ち、低いほどとがった樹冠を持ちます。LAI_{3m}: 樹冠上部3 mにおける、樹冠面積当たりの葉面積。この値が高いほど、樹冠上部の葉が込み合っています。L_{attn}: 樹冠内の光減衰率。この値が高いほど、樹冠上部で多くの光が吸収され、下部まで光が浸透しません。