

Process-based model による間伐強度の異なるスギ人工林の成長予測

梶浦 雅子・中島 徹 (東大院農)

要旨: オーストラリアで開発された Process-based model のひとつである 3-PG が, 日本のスギ人工林の成長予測に適用可能かどうか検証するため, 東京大学大学院農学生命科学研究科附属秩父演習林内の間伐強度の異なる 7 試験区を対象として, 平均胸高直径と平均樹高の予測を行った。全試験区で共通のスギ固有パラメータ値を用いて予測した結果, 予測値が実測値と一致しない試験区があった。試験区は近接していたため, 立地環境は全試験区で同様であると仮定し, 予測結果が実測値とあうようにパラメータのみを調節した結果, NPP の根への転流率である pRx と気孔コンダクタンスが半減する林齢を表す Max Age の 2 つが, フィッティングに重要なパラメータであることがわかった。 pRx が大きいとき, Max Age が大きい傾向があった。また, pRx が大きいと平均胸高直径や平均樹高の成長速度が遅くなった。3-PG を日本の広域のスギ人工林に適用させるには, より多くの老齢林を対象地として, pRx や Max Age に加えて水分や養分などの立地環境条件の設定を行い, 予測結果から立地環境, pRx , Max Age 各因子間の関係を明らかにし, 補正プロセスとして 3-PG 組み込むことが有効であると考ええる。

キーワード: Process-based model, 3-PG, 成長予測, スギ人工林

I はじめに

森林成長の予測方法には, 収穫表を基にした経理学的手法と, Process-based model (以降 PBM) を用いた植物生理学的手法の二種類の方法がある。収穫表は各地域の実測値に基づいて作成されたものであるため, 法則性や普遍性に乏しく, 様々な土地や気候条件に対応しにくい。一方, PBM では, パラメータの設定により様々な土地や気候条件に対応できる。気候変動が注目される中, PBM の重要性がさらに高まると考える。日本の人工林の成長予測において, PBM の適用例は少ない(2)。そこで, 本研究では, 日本のスギ人工林の成長予測に対して PBM が適用可能か明らかにするため, 秩父の間伐強度の異なるスギ人工林試験地を対象として平均胸高直径, 平均樹高を予測し, 実測値と比較検証した。

本研究で使用した PBM は, 3-PG (Physiological Principles in Predicting Growth) である。オーストラリアで開発された PBM であり(7), 近年北米, 南米や北欧など各地で応用されている(1, 3, 6)。既存の PBM の中では比較的簡略化されており, 入力情報が少ない。施業履歴による成長変化の予測も可能であり, 出力情報は蓄積量, 立木密度, 胸高直径, 樹高など実践的であるため, 予測結果を実際の森林施業にフィードバックしやすいという特長がある(7)。

II 方法

1. 検証データ 東京大学大学院農学生命科学研究

科附属秩父演習林内のスギ人工林の無間伐区: 503A, 032D, 036B, 弱度間伐区: 503C, 032E, 強度間伐区: 503B, 036A の計 7 区における, 29 年生から 54 年生の約 5 年おきの立木密度, 平均胸高直径, 平均樹高の実測値を用いた(9)。503A, 503C, 503E, 032D, 032E は 29 林班い 1 小班に, 036A, 036B は 31 林班い 1 小班に位置する。

2. シミュレーション方法 (1) 入力情報 ①立地環境条件: 秩父演習林栃本の緯度は 36 度, 全試験区において土壌は埴壤土, 利用可能土壌水分量はデフォルト値として 300 mm を入力した。②初期設定: 0 年生時立木密度を 4000 (本/ha), 初期土壌水分量をデフォルト値として 300 mm を入力, 0 年から 100 年まで予測するよう設定した。③気象条件: 秩父演習林栃本における 2001 年から 2004 年の月別最高・最低気温, 降水量, 降雨日数, 零下日数の平均値を用いた。蒸散量は, 最高気温時飽和水蒸気量と最低気温時飽和水蒸気量の差の 1/2 の値とした。全天日射量は, 秩父演習林において実測されていなかったため, 対象地に近い甲府のアメダス統計値の過去 20 年の平均値を用いた。④パラメータ: スギ固有のパラメータは先行研究を参考にした(5)。全試験区に対して共通のパラメータ値を用いた「パラメータ未調節」条件と, 各試験区に対して実測値とあうようパラメータ値を調節した「パラメータ調節」条件で成長予測を行った。「パラメータ未調節」では 29 林班い 1 小班的無間伐区での平均胸高直径にあうよう調節して得られ

たパラメタを、全試験区に用いた。実測値とあうように様々なパラメタ(4)を調節した結果、NPPの根への転流率(pRx)と気孔コンダクタンスが半減するときの林齢を表すMax Ageの2つがフィッティングに重要なパラメタであることがわかった。よって、「パラメタ調節」においては、この2つのパラメタ値を調節した。また、土壌水分に関するパラメタ値は、埴壤土の場合の数値を用いた(7)。

(2)立木密度 立木密度は成長に大きく影響するため、3-PGにおける立木密度の推移を実測の立木密度の推移に合わせた。無間伐区における立木密度の減少は、試験区ごとに立木密度減少率を設定して表した。弱度間伐区、強度間伐区においては、立木密度減少率と施業履歴を設定して表した。(図-1)

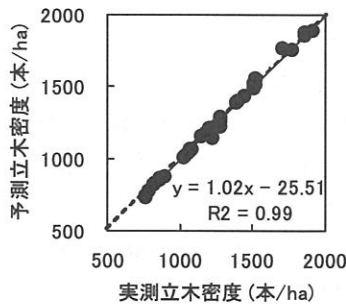


図-1. 実測立木密度と予測立木密度との関係
点線は $y = x$

III 結果と考察

1. パラメタ未調節 平均胸高直径、平均樹高ともに、予測結果の誤差は036A強度間伐区以外において約10%以内におさまっていたが、036A強度間伐区は誤差が20%近くになった。予測値の誤差の傾向は対象区画が位置する小班に依存していた。31林班い1小班にある2試験区が29林班い1小班にある5試験区と比べて成長が遅いのは、尾根斜面を含む地形上に位置していることが原因として考えられる。尾根斜面は土層厚が浅く、風衝により土壌水分量が比較的少なくなり、成長が阻害される可能性が大きいからである。また、強度間伐区で誤差が大きくなるのは、同じ小班内でも立地環境が異なることが考えられるが、原因は明らかではない。

2. パラメタ調節 2つのパラメタを調節し予測した結果、平均胸高直径と平均樹高の実測値に対する予測値の相関係数はそれぞれ無間伐区：0.97, 0.11, 弱度間伐区：0.98, 0.89, 強度間伐区：0.98, 0.84で

あった。平均胸高直径の予測値は、いずれの対象区においても実測値とよく一致した(図-2(a))。平均樹高の予測値は、弱度間伐区、強度間伐区において比較的よく一致した。無間伐区では平均樹高の短期間の実測データしかなかったため、平均樹高の実測値と予測値との間に関係が認められてなかった(図-2(b))。平均樹高の相関係数が平均胸高直径とくらべて小さかったのは、樹高測定時の誤差が影響していると考えられる。弱度間伐区、強度間伐区においては、成長の悪い木を選択的に間伐することによる間伐直後の平均胸高直径の上昇と、間伐したことによる残存木の直径成長の促進がよく表された(図-3)。

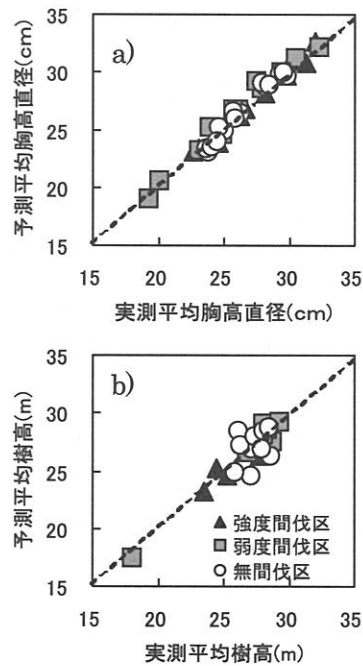


図-2. 平均胸高直径と平均樹高の実測値と予測値との関係

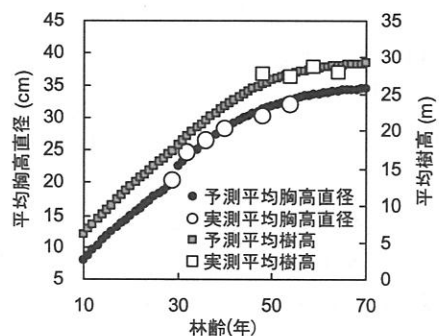


図-3. 503B強度間伐区の実測と予測の平均胸高直径と平均樹高

2つのパラメタを調節した際、pRxが大きいとき

Max Age が大きいという傾向が認められた。pRx が大きい、即ち NPP の根への転流率が大きいと、地上部バイオマスの成長が遅れるため、樹高成長に伴う気孔コンダクタンスの低下が遅くなり Max Age が大きくなると解釈できる。水分や養分に乏しい立地環境においては根のバイオマス量が増えることから(8)、pRx が大きい試験区は立地環境が悪く地位が低いと考えられる。このような環境では、NPP 自体が小さいため、樹高成長が遅く Max Age が大きくなるとも解釈できる。立地環境と地下部バイオマス量との関係(8)や、pRx が大きいとき地上部の成長速度は遅くなり樹高成長も遅くなるという予測結果から、pRx が立地環境や地位と対応するパラメタであることが考えられる。平均胸高直径や平均樹高の成長量には、本研究で NPP の根への転流率 pRx が影響することが明らかとなったが、NPP 自体も大きく影響を及ぼすと考えられる。本研究では、NPP の制限要因の一つである立地環境条件を全対象区で同様したが、立地環境、pRx 個々が予測結果に対して寄与する度合いや立地環境が pRx に及ぼす影響は、個々の対象区別に立地環境の設定を行うことで明らかになると考える。また、Max Age と pRx や立地環境との関係を明確にするには、より老齢林の実測データによる更なる検証が必要である。広域予測を行う際は、地域ごとに調節する入力情報やパラメタ数が少ないことが好ましい。3-PG によって広域のスギ人工林の成長予測を行う場合には、上記のような立地環境、pRx、Max Age 各因子の予測結果に対する寄与率や各因子間に成立する関係を明らかにし、補正プロセスとして 3-PG に組み込むことが有効であると考え

引用文献

- (1) ALMEDIA, A.C., LANDSBERG, J.J., and SANDS, P.J. (2004) Parameterisation of 3-PG model for fast-growing *Eucalyptus grandis* plantations, For. Ecol. Manage. 193:179-195
- (2) CHIBA, Y. (1998) Simulation of CO₂ budget and ecological implications of sugi (*Cryptomeria japonica*) man-made forests in Japan, Ecol. Modelling 111:269-281
- (3) COOPS, N.C., WARING, R.H., and LOW, B.E. (2005) Assessing the past and future distribution and productivity of ponderosa pine in the Pacific Northwest using a process model, 3-PG, Ecol. Modelling 183: 107-124
- (4) ESPERY, L.J., SANDS, P.J., and SMITH, C.W. (2004) Understanding 3-PG using a sensitivity analysis, For. Ecol. Manage. 193: 235-250
- (5) 梶浦雅子・伊藤勤・中島徹・柴田彩子・蔵打大輔(2006) 山梨県早川町における Process-based model を用いたスギ林の蓄積量と胸高直径の予測 日林関支論 57: 133-134
- (6) LANDSBERG, J.J., MAKELA, A., SIEVANEN, R., and KUKKOLA, M. (2005) Analysis of biomass accumulation and stem size distributions over long periods in managed stands of *Pinus sylvestris* in Finland using the 3-PG model, Tree Physiol. 25: 781-792
- (7) LANDSBERG, J.J. and WARING, R.H. (1997) A generalized model of forest productivity using simplified concepts of radiation-use efficiency, carbon balance and partitioning, For. Ecol. Manage. 95: 209-228
- (8) 齋藤秀樹 (1989) 根の現存量 (森林生態学 堤利夫編, 55pp., 朝倉書店, 東京
- (9) 山本博一・伊藤幸也・大畑茂・佐々木和男・大村拓也 (1988) 秩父演習林における間伐試験地直径成長資料, 演習林 26: 1-156

