

# 局外ベースラインの考え方をを用いた成長解析

加茂憲一

札幌医科大学医療人育成センター 教養教育研究部門 数学・情報科学講座

本報告は Kamo et al. (2017) 「Growth analysis using nuisance baseline」の内容紹介である。回帰モデルは複数の変数の関連性を取り扱う統計手法であり、主目的となる応答変数が、複数の説明変数により表現される構造を仮定する。このとき、説明変数は次の2種類に分類される：①解析において主たる考察対象である変数、②モデル構築に必須だが考察対象ではない変数。このような状況では、②を局外ベースラインと設定することにより、②の部分に特別な制約や仮定をおくことなく①の評価が可能になる。例えば、生存時間解析において多用される Cox 比例ハザードモデルでは、生存関数の部分を局外ベースラインと設定することにより、具体的な生存曲線の形状を規定せずリスク要因に関する議論を可能にしている。

本論文では、局外ベースラインの成長解析への適用可能性を、立木成長データを基に議論した。立木の成長は様々な環境要因の影響を受けるが、時間依存の成長を無視することはできない。時間依存の成長傾向は図1に示されるシグモイドと呼ばれる複雑な曲線形となることが知られており、それを表現する様々な成長関数が提案されてきた。しかし、最適な成長関数を選択する手法は確立されておらず、経験則など科学的根拠に欠ける関数選択は、恣意性や解析者のバイアスが混入する危険性が拭えない。更に、不適切な成長関数選択は、結果や解釈のミスリードに繋がる危険性も有する。このような問題点に対し、時間依存の成長部分を局外ベースラインと設定することにより、時系列成

長の形状を具体的に特定することなく、成長に影響を与える外的要因に対象を絞った議論が可能となる。

2002-2003年に福岡県星野村において採取された30本のスギ (*Cryptomeria Japonica*) 成長データに対し、上記の手法を適用した。成長量としては、森林分野で多用される胸高直径 (DBH : Diameter at Breast Height) を用い、外的要因としては標高を説明変数とした。時系列成長の部分を局外ベースラインと設定し、この部分に特別な制約や仮定をおくことなくパラメータを推定した。数理的には、パラメータの推定量は不偏推定量となる。図1は横軸を林齢、縦軸をDBHとし、破線が立木30本毎のDBH成長を、実線は局外ベー

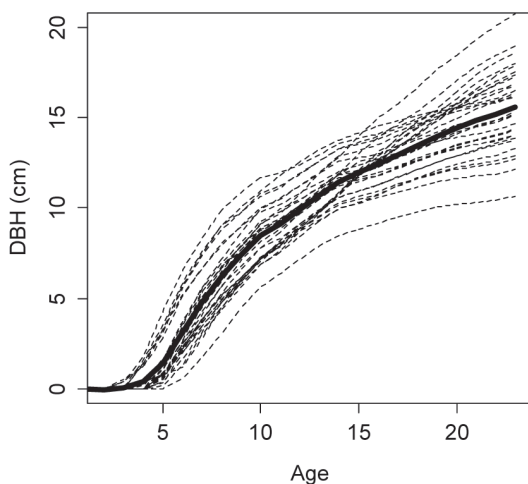


図1 DBH成長と局外ベースライン推定

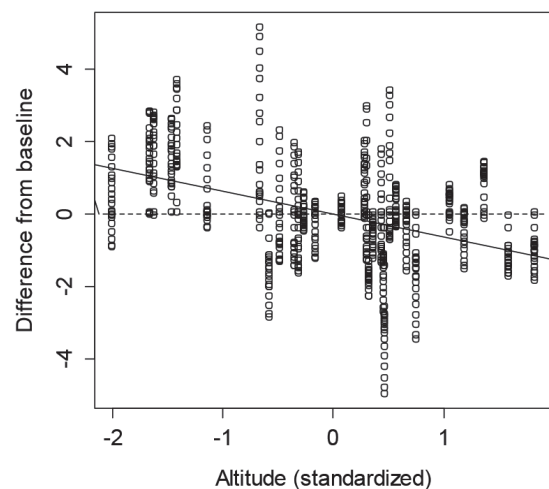


図2 実測値とベースラインの乖離

スラインの部分をノンパラメトリックに事後推定した結果を表しており、実測値の再現に成功しているといえる。パラメータは $-0.63$ と推定されたため、標高が高くなるに従ってDBH成長は遅くなる傾向であった。図2は横軸を標準化された標高、縦軸をDBH成長の実測値とベースライン成長の差としたものであり、負の相関が観察された。標高が高いほどDBH成長が悪くなる点は多くの先行研究で指摘されており(Sands and Mulligan (1990))、その原因としては以下の2つが考えられる。一つは水や栄養の流れが、標高の高い場所から低い場所に流れるため、高所では水や栄養が不足状態に陥りDBH成長に悪影響を与えている点である。もう一つは被圧であり、高所は風雪等の影響が遮られないため、DBH成長が阻害される点である。今回の推定結果は、これら先行研究の解釈と合致するものであった。

最後に、局外ベースラインを用いた手法の性能を評価するために、他モデルとの比較検討を行った。対抗モデルとしては、時系列成長の設定について、定数、線形、Chapman-Richards型関数(Richards, 1958)の3つを用意した。表1に、パラメータの推定量、標準誤差、残差分散に関する比較結果を示す。係数の推定量は、定数以外でほぼ同じ結果( $-0.62$ から $-0.63$ )が得られた

一方で、モデルの性能(安定性)を標準誤差および残差分散により評価したところ、局外ベースラインを用いたモデルが最も優れていた。このことから、局外ベースラインを用いたモデルが時系列の成長解析においても十分に機能していることが分かる。

表1 モデルの比較

時系列成長の設定	標高の効果		
	推定量	標準誤差	残差分散
定数	-0.548	0.211	28.584
線形	-0.626	0.068	2.948
Richards関数	-0.628	0.053	1.831
局外ベースライン	-0.630	0.052	1.730

### 参考文献

- Kamo, K., Tonda, T., Satoh, K. (2017) Growth analysis using nuisance baseline, *FORMATH* 16, 1-10.
- Richards, F.J. (1958) A flexible growth function to empirical use, *Journal of experimental botany* 10, 290-300.
- Sands, R. and Mulligan, R.S. (1990) Water and nutrient dynamics and tree growth, *Forest Ecology and Management* 30, 91-111.