

調査未経験者による樹木周囲長測定の実験誤差

岩本宏二郎・伊東宏樹・井上真理子・大石康彦 (森林総研多摩)

要旨： 小学5年生の森林体験学習の一環として行われた樹木周囲長測定結果と研究者による測定結果の比較から、調査未経験者による測定の実験誤差について検討した。林内に方形調査区を設定し調査区内のさまざまなサイズの樹木 12 本について複数のグループにより周囲長測定を行った。2009 年と 2010 年に行った計 2 回の測定では、測定グループの構成や指導法を変えた。各グループの測定値と研究者一名が測定した基準測定値との差に対して、調査年度の固定効果、および調査グループと各年における測定木の交差したランダム効果を含む線形混合モデルを当てはめて解析したところ、測定値は調査経験者の測定値と比べて大きい傾向があったが、1 調査グループの人数を増やし、測定前に実習を行った 2 回目ではその差が小さくなり、適切な指導を行えば測定誤差は小さくできるものと考えられた。

キーワード：周囲長、調査未経験者、線形混合モデル

I はじめに

環境教育プログラムのひとつとして、森林樹木のサイズ測定などのモニタリングを行うことは、森林の構造や動態を理解する上で有効である。樹木の周囲長測定は、特殊な用具が必要なく、樹高測定などと比較して簡便に行うことができる。しかしながら、樹木のサイズ測定においては、成長の遅い樹木では、測定値の変化の幅に対する誤差の影響が大きく (3)、測定値の実験誤差について検討する必要がある。研究者間では、測定位置周囲に印をつけるなど経験的に誤差を小さくする方法が示され (3)、実践されているが、環境教育対象である調査未経験者による測定値の実験誤差に関しては検討されていない。

そこで、本研究では、小学5年生の森林体験学習の一環として行われた樹木周囲長の測定結果と研究者による測定結果の差について検討した。

II 調査方法

森林総合研究所連光寺実験林 (東京都多摩市) のコナラが優占する二次林にて行った。東京都多摩市立連光寺小学校の総合的な学習の時間における森林体験学習の一環として樹木の周囲長測定を行った。測定は 2009 年 7 月および 2010 年 7 月の 2 回、各年度の 5 年生により行われた。林内に方形調査区を設定し調査区内のさまざま

なサイズの樹木 12 本について周囲長測定を行った。幹周囲長の測定位置は高さ 1.3m とし、幹につけた番号タグの下端を基準として測定した。

2009 年度と 2010 年度の測定では、測定グループの構成や指導法を変えた。2009 年度は一学年を 9 グループ、2010 年度は 5 グループ (計 14 グループ) に分けた。その結果各グループの構成人数は 2009 年度が 2 または 3 人に対して、2010 年度は 3 から 5 人と増加した。2010 年度は、測定者以外の調査者は幹の周囲に立たせ、巻尺のたるみがないようチェックしながら測定を行った。両年度とも測定に先立って測定法の説明を行ったが、2010 年度は説明に加えて全員に測定の実験をさせた。

各グループの測定値と各年に研究者一名が測定した基準測定値との差 ($dGBH_{ijk}$) に対して、調査年度 (year) の固定効果、および調査グループと各年における測定木の交差したランダム効果 (それぞれ $group_j$, $tree_{ik}$) を含む線形混合モデル (表-1) を当てはめた。解析には R (2) の lme4 パッケージ lmer() 関数を用いた (1)。

III 結果と考察

調査グループのランダム効果について各年度で見ると中央値より大きく外れた値を一部含んでいた (図-1a)。これは、一部の測定グループの測定値が他より大きくず

IWAMOTO Kojiro, ITO Hiroki, INOUE Mariko and OHISHI Yasuhiko, Tama Forest Science Garden, Forestry and Forest Products Research Institute, 1833-81 Tadori, Hachioji, Tokyo 193-0843,

Errors in girth measurements by the beginners

表-1. 解析に用いたモデル

a. モデル 1:

$$dGBH_{ijk} = (\beta_1 + tree_{ik}) year1_i + (\beta_2 + tree_{2k}) year2_i + group_j + \varepsilon_{ijk}$$

$i=1,2, \quad j=1,\dots,14, \quad k=1,\dots,12$
 $dGBH_{ijk}$: 各測定値と基準測定値の差
 $year1_i = 1 (i=1); \quad 0 (i=2)$
 $year2_i = 0 (i=1); \quad 1 (i=2)$
 $tree_{ik}$: i 年度の k 番測定木のランダム効果
 $group_j$: j 調査グループのランダム効果
 ε_{ijk} : 残差

結果:

AIC	対数尤度	デビアン
637.6	-311.8	623.6

ランダム効果:

グループ	分散	標準偏差	
$group_j$	0.26	0.51	
$tree_{ik}$	$i=1$	0.73	0.85
	$i=2$	0.04	0.21
ε_{ijk}	2.00	1.41	

データ数: 168, 調査グループ, 14; 測定木, 12

固定効果:

	推定値	標準誤差
β_1	1.29	0.33
β_2	0.86	0.30

b. モデル 2:

$$dGBH_{ijk} = \beta_1 year1_i + \beta_2 year2_i + tree_{ik} + \varepsilon_{ijk}$$

$i=1,2, \quad j=1,\dots,12, \quad k=1,\dots,12$

結果:

AIC	対数尤度	デビアン
533.7	-260.8	521.7

ランダム効果:

グループ	分散	標準偏差	
$tree_{ik}$	$i=1$	0.71	0.84
	$i=2$	0.05	0.22
ε_{ijk}	1.95	1.39	

データ数: 144, 測定木, 12

固定効果:

	推定値	標準誤差
β_1	1.51	0.28
β_2	0.58	0.21

れていたことを示しており、調査方法の誤解などにより生じたと考えられる。各測定木によるランダム効果は、2009年度に対して2010年度は明らかに分散が小さくなっていた(表-1 a)。各測定木の基準測定値との関係を図-1 bに示した。2009年度では、サイズの大きな個体と小さな個体の両端で値が大きくなっていた。

調査年の固定効果は、両年度とも係数が標準誤差範囲を超えて正の値を示しており、小学生による各測定値は基準測定値よりも平均値が大きいと考えられた(表-1)。2010年度では、2009年度に比べて係数がやや小さく、測定値は基準測定値に近づいたと考えられた(表-1)。

図-1 a においてランダム効果が大きく外れた2調査

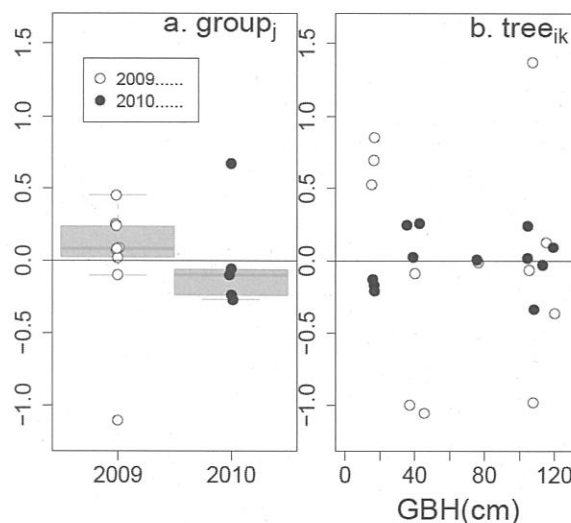


図-1. 調査グループおよび測定木のランダム効果

グループの測定値を除いてあてはめを行ったところ、調査グループによるランダム効果の分散はほぼ0となった。さらにグループの効果を除いて解析したところ(表-1 b), 各年の固定効果はそれぞれ $1.51 \pm 0.28, 0.58 \pm 0.21$ (推定値 \pm 標準誤差)となり、年度による差が大きくなり、標準誤差は小さくなった(表-1)。

年度の固定効果や樹木のランダム効果が2010年度に小さくなっていたことから、測定前の説明や実習法を変え、グループの人数を増やしたことにより、測定ミスが減らすことができたのではないかと推察される。しかし2010年度の測定値でも固定効果は正の値を示しており、研究者よりも測定値が大きくなっていた。これについては、樹木の測定高が小学生には高すぎたことや測定位置周囲に印をつけなかったことなどが影響したものと推察され、今後さらに検討を要する。

引用文献

- BATES, D and MAECHLER, M (2010). lme4: Linear mixed-effects models using S4 classes. <http://CRAN.R-project.org/package=lme4>
- R DEVELOPMENT CORE TEAM(2010). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org>.
- 森林立地調査法編集委員会編 (1999) 森林立地調査法 博友社