



岐阜大学機関リポジトリ

Gifu University Institutional Repository

改良した樹木直径測定用の遠隔輪尺の精度

メタデータ	言語: Japanese 出版者: 公開日: 2022-06-08 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 松下, 敏則, 加藤, 正吾, 小見山, 章 メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12099/5652

改良した樹木直径測定用の遠隔輪尺の精度

松下敏則・加藤正吾・小見山章

森林・緑地管理学講座

(2000年7月19日受理)

Accuracy of an Improved Device for Remote Measuring of Tree-trunk Diameters

Toshinori MATSUSHITA, Shogo KATO and Akira KOMIYAMA

Department of Forest and Land Management

(Received July 19, 2000)

SUMMARY

For measuring the diameters of tree trunks from a distant position, a recent device using a laser beam was developed by Kanto¹⁾. We improved this device to serve our own practical purposes. The improved device consists of a 1-m-long metal caliper and a small telescope sliding smoothly onto it. Using the cross hairs in the scope, one can measure both edges of an object on the caliper and calculate its length. The laser beam is used just for guiding the telescopic sights to the correct positions on the object. In this study, the accuracy of this new device was examined by measuring objects of differing lengths, the distance from the object, and the angle of elevation to the object. Since each result of the experiment predicted absolute errors of measurement of less than 3 mm, this new device will be suitable for the measurement of trunk diameters in the field.

Res. Bull. Fac. Agr. Gifu Univ. (65):1-4, 2000

要 約

樹木各部の幹直径を離れた位置から計測するために、最近、菅藤¹⁾により“樹幹直径を遠隔的に測定する装置”が提案された。この装置を、より簡便に樹木の幹直径が測定できるように改良した。改良した遠隔輪尺は、金属製の大型ノギスの目盛尺上にあるスライド部に、視野に十字線が入った測量用の望遠鏡を一個だけ装着したものである。堅固な三脚の上に遠隔輪尺を固定し、まず幹の一方の端を視準しながらスライド部を移動し、十字線の中心を幹の端に合わせる。つぎに幹の反対側の端の位置を視準し、目盛尺上の二つの差から幹の直径がわかる仕組みである。測定位置が容易に視認できるように、赤色レーザー光を望遠鏡のガイドに使用した。実際に長さがわかっている物を離れた位置から、遠隔輪尺により測定し、対象物の大きさ・距離・仰角による測定誤差について検討した。いずれの場合も、測定誤差は絶対値にして3 mmの範囲であったので、改良した遠隔輪尺は野外での実用に耐えらる。

緒 言

森林のバイオマスを測定する方法に、相対成長法がある。任意の場所で行われた毎木調査のデータに、既存の相対成長関係を適用することで、非破壊的にそのバイオマスを推定することができる。しかし、樹木の相対成長関係には、林分分離や樹種分離が生じることがある。その林分分離を防ぐために、小見山²⁾は、樹木の枝と葉バイオマスの推定には、パイプモデルが示す枝下直径に基づく相対成長関係を使用すべきであるとした。枝下直径とは主幹の最下部にある枝の位置の幹直径である。この部位を測定するためには、多くの場合は樹木に登る必要が生じ、測定に大きな労力と時間が必要であった。このように現場での

測定が困難であったために、枝下直径を用いた森林バイオマスの測定はほとんど行われることがなかった。

最近、森林の炭素固定機能を評価する目的で、様々なタイプの森林でバイオマスの測定を行う必要性が増している。また、できるだけ既存の相対成長関係を利用するためには、毎木調査時に前述の枝下直径のような、樹木の新しい測定項目を現場で計測することが必要となってきた。樹形の詳細な計測にはレーザー測距器付きセオドライトを使用することも可能である（北海道大学低温科学研究所，隅田明洋私信）が、機器自体が非常に高価である。菅藤¹⁾は、枝下直径のように高い位置での直径測定を行うために「任意直径の遠隔的測定装置（以下、この装置を遠隔輪尺と呼ぶ）」を考案した。菅藤が自作した遠隔輪尺は、2本のレーザー光を樹木の幹の両端に照射し、その間隔から幹直径を測定するものである。これを試作したところ、2本のレーザー光を目盛尺と直角方向に、すなわち厳密な平行状態になるよう設定しなければならないこと、および、対象物との距離が遠いほどレーザー光が拡散し、幹に当たった部分での位置確定に問題が生じやすいことがわかった。

これらの問題を解決するために、改良した遠隔輪尺では、レーザー光のかわりに、視野に十字線の入ったコンパス測量用の望遠鏡を使用した。1本の望遠鏡内の視準線が対象物の両端の位置を目盛尺上で移動した距離として長さを測定した。ただし、望遠鏡のみでは対象物の迅速な位置確認が困難であったために、レーザー光をガイドとして使用した。この遠隔輪尺で、実際に長さがわかっている物を離れた位置から条件を変えて測定し、対象物の長さ・距離・仰角による測定誤差について検討した。

材 料 と 方 法

1. 遠隔輪尺の構造と測定方法

改良した遠隔輪尺は(1)から(4)の部分で構成されている（図1）。

(1)水平目盛尺部：上段の目盛尺（測定単位0.5mm）とスライド部，それを三脚に固定するための下段の接続部からなる。目盛尺は、1mの長さの金属製ノギス（森田製作所社製，並型）を加工して使用した。この接続部と三脚の接続には、カメラ三脚用のマウント（ハクバ社製，H-QS-L型クイックシュー）を使った。

(2)微調節部：赤道儀付き雲台（中央精機社製，HP-1型プリズムホルダ）が目盛尺のスライド部に固定されており，目盛尺上で望遠鏡が任意の方向にむけられる。この微調節部により，望遠鏡を目盛尺から90°の方向に向くよう固定できる。

(3)視準部：コンパス測量用の望遠鏡（測器社製，10倍）と，レーザーポインター（プラス社製，LP-310型）からなる。レーザー光が，望遠鏡の視野内に入る向きに取り付けられている。

(4)三脚部：任意の方向に水平目盛尺を向けられる測量用三脚（マイゾックス社製，ELT-33L型）を使用した。ただし，今回使用した雲台の最大仰角は15°であった。

対象物の長さは，1本の望遠鏡内の視準線がその両端の位置を目盛尺上で移動した距離として測定する。まず幹の一方の端を視準しながらスライド部の移動し，十字線の中心を幹の端に合わせ目盛尺上の値を読みとる。つぎに幹の反対側の端の位置を視準し，目盛尺上の値を読みとる。これらの値の差が対象物の長さである。赤色レーザー光は，測定位置が容易に視認できるように望遠鏡のガイドとしてのみ使用した。

2. 改良した遠隔輪尺の精度を調べる実験

2000年4月に岐阜大学の校舎内で実験を行った。まず，測定前に目盛尺を水準器を使って水平状態になるよう設置した。そして，目盛尺と望遠鏡の視準線が直交するように，目盛尺の両端に5mのワイヤーを

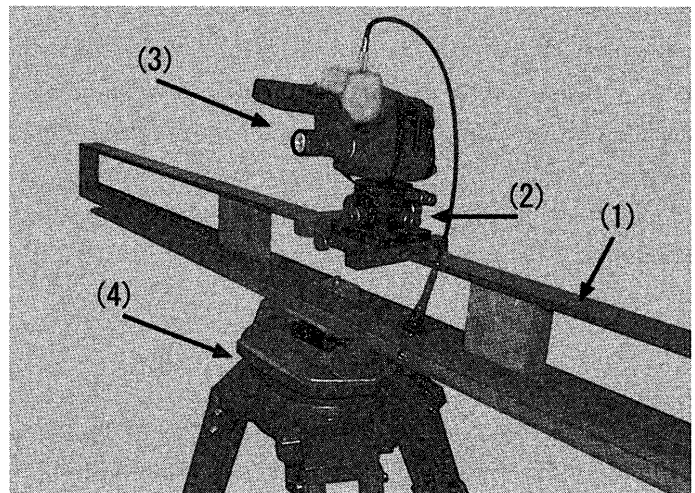


図1 遠隔輪尺の構造
(1)水平目盛部，(2)微調節部，(3)視準部，(4)三脚部

取り付け、目盛尺を底辺とする二等辺三角形を作った。つぎに、目盛尺の中心から望遠鏡の十字縦線が三角形の頂点と一致するように、微調節台で望遠鏡の向きを調節した。

対象物の長さが測定誤差に及ぼす効果を調べるため、遠隔輪尺から距離5mの位置に定規を平行に置き、長さ70cmまで10cm毎に定規上で線分長を測定した。つぎに、対象物との距離が測定誤差に及ぼす効果を調べるために、遠隔輪尺を距離30mまで5m毎に離して、長さ20cmの定規を測定した。さらに、遠隔輪尺の仰角が測定誤差に及ぼす効果を調べるため、遠隔輪尺の目盛尺を仰角40°まで10°毎に傾けて、長さ20cmの定規を測定した。いずれの実験においても測定を5回反復した。

参考のために、同様の実験を輪尺（マイゾックス社製、TC-75型）と市販の双眼型測量機（イエナーオプティクス社製、LEDHA-GEO型）について行った。ただし、輪尺については対象物の長さに関する測定誤差のみを調べた。

結果と考察

1. 改良した遠隔輪尺の精度

図2に、遠隔輪尺の測定値が対象物の長さによってどの程度の測定誤差を持つかを示した。遠隔輪尺の測定誤差は、いずれの場合も-1.0mm~2.0mmの範囲にあり、長さ50cm以上の対象物でいくぶん測定誤差が大きくなる傾向が認められた。参考のために同図に示した輪尺および双眼型測量機の測定誤差は、遠隔輪尺のそれよりも大きかった。ただし、木製の輪尺を使ったために、読みとり部のぐらつきが大きな測定誤差をもたらしたものと考えられる。また、今回使用した双眼型測量機の測定単位は1cmであった。

図3に、遠隔輪尺の測定値が、対象物との測定距離によってどの程度の測定誤差を持つかを示した。遠隔輪尺の測定誤差は-5.0mm~3.5mmの範囲にあり、対象物と距離が離れるほど測定誤差も点のばらつき

も大きくなる傾向が認められる。とくに30mの長距離では、測定誤差が大きくなった。一方、双眼型測量機の測定誤差が生じる場合には10mmであった。

図4に、遠隔輪尺の測定値が、対象物との仰角によってどの程度の測定誤差を持つかを示した。遠隔輪尺の測定誤差は-4.0mm~0.5mmの範囲にあり、仰角40°で測定誤差がいくぶん大きかった。一方、双眼型測量機の測定誤差は、仰角が高いほど大きくなった。

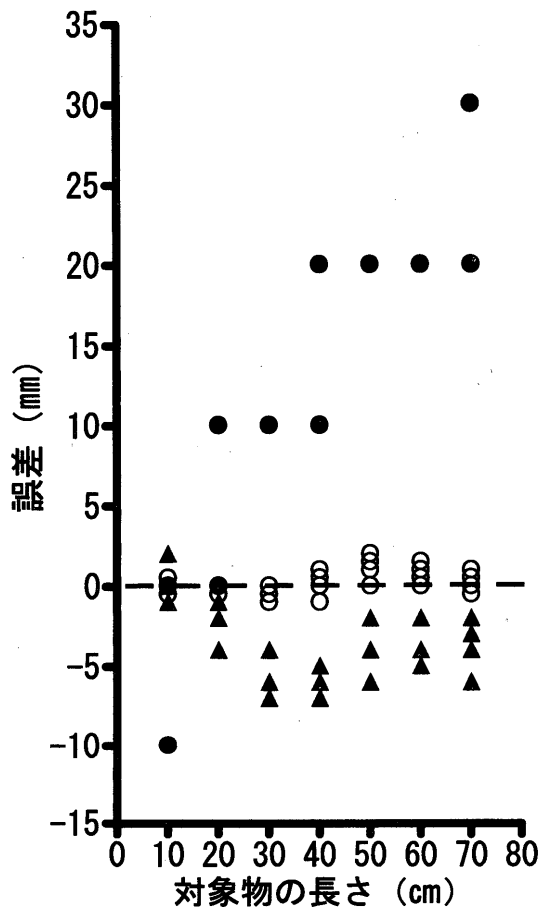


図2 対象物の長さとの関係
○遠隔輪尺, ●双眼型測量機, ▲輪尺

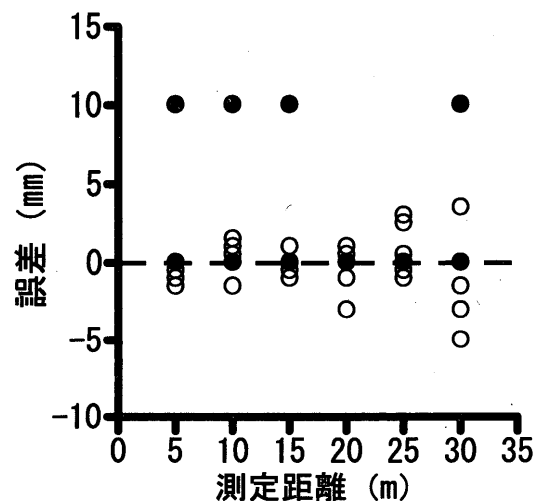


図3 測定距離との関係
○遠隔輪尺, ●双眼型測量機

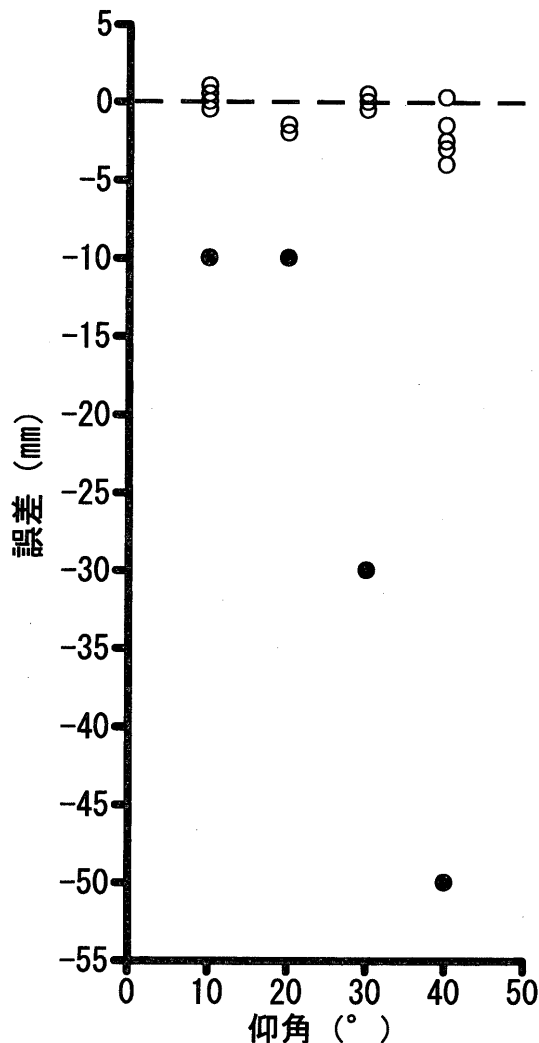


図4 仰角と誤差の関係
○遠隔輪尺, ●双眼型測量機

れが生じた場合の測定誤差は、正しい視準方向とずれた視準方向とのなす角を β とし、対象物までの距離を D とすると、 $E=D \tan \beta$ となる。この場合は、 $D=5\text{m}$ の場合に望遠鏡の視準方向が 1° ずれても絶対値にして 8.7cm もの測定誤差が生じてしまう。測定前の機器調整の段階でこのような 1° という大きな誤差は生じ得ないから、最も注意を要すべきは野外で測定中に起こる視準方向のずれであろう。この視準方向のずれを防ぐためには、堅牢な三脚を使用して遠隔輪尺をしっかりと固定する必要がある、測定者はスライド部を目盛尺上でスムーズに動かさなければならない。

なお、今回の実験に使用した三脚の雲台で、 15° 以上の仰角で測定する時は三脚の脚を伸縮して角度を調節した。実験結果でとくに仰角 40° で測定誤差が大きい理由は、三脚を傾けすぎて遠隔輪尺が不安定になったことにあると考えられる。基本的に三脚部がしっかりと固定されていれば、この遠隔林尺はどのような地形の場所でも使用できるはずである。また、目盛尺をより大型にすれば、大きな樹木直径を測定することが可能になる。

以上のことから、改良した遠隔輪尺の精度は測定木の直径の大きさにほとんど影響されず、測定対象が 25m 以内の距離にある場合に幹直径の測定誤差が絶対値にして、 3mm 以下であると考えられる。

引用文献

- 1) 菅藤 武: 赤色レーザーポインターを利用した樹幹の任意高指示・測定装置および任意直径の遠隔的測定装置の考案. 日林誌81: 85-88, 1999.
- 2) 小見山章: 広葉樹二次林. 森林科学(27): 41-43, 1999.

2. 改良した遠隔輪尺の測定誤差の評価

菅藤の遠隔輪尺と本論文で改良した遠隔輪尺での構造上の最も大きな違いは、測定位置を視認するのに前者はレーザー光を使用しているのに対して、後者は測量用の十字線入りの望遠鏡を使っている点にある。前者の方法では、厳密な点光源になっているレーザー器具を選ぶ必要があるが、一般のレーザー光はいくぶんの拡散を生じるため、対象物の位置決定が困難となる。しかし、後者の方法では、望遠鏡視野内の十字線によって対象位置が良好に識別できた。また、改良した遠隔輪尺は一本の望遠鏡を目盛尺上でスライドさせ、幹の両端2箇所の測定を行う点も、菅藤のものとは異なっている。菅藤の遠隔輪尺では、2本のレーザー光を目盛尺に対して直角になるように、綿密に調整しなければならないと比べて、この方法は機器の設定が簡便に行えるという利点を持っている。

遠隔輪尺による測定時に、測定誤差が生じる原因として考えられるものに、目盛尺が対象物と完全に平行になっていないことが挙げられる。目盛尺と対象物が平行の状態から α ずれたときの測定誤差 E は、対象物の長さを L とすると、 $E=L \cos \alpha - L$ となる。この場合の測定誤差は常にマイナスの値となり、対象物の長さが大きくなるほど測定誤差も大きくなる。しかし、円柱状の樹幹を測定する場合、幹の両端を結ぶ測定対象の線分と目盛尺は必ず平行となるため、この測定誤差は円柱状の対象物では無視できる。一方、測定中に視準する望遠鏡の視準線が、目盛尺となす角が 90° からず