

## スギの枝葉の立木重心への影響

上村 巧・近藤耕次・佐々木達也・鹿島 潤・山下香菜 (森林総研)

**要旨：**36年生スギの枝葉を含む各部質量寸法と枝葉の重心を測定した。枝葉の基部の平均径と枝葉質量や全長には強い相関が見られた。また、全長と重心までの長さにも強い相関が見られ、基部より6割の位置に重心があることが明らかになった。枝葉の形状は全長によって大きく異なっていたが、全体のバランスはあまり変化がないことになる。立木の水平方向の重心位置に枝葉が与える影響について、測定した立木の枝葉が全て同一方向に生えていると仮定し重心位置を求めたが、ほとんどの場合根株の横断面内にあると考えられた。枝葉/幹の質量比率が大きいと根株の横断面内を越えると考えられるが、その比率を求めるには試験体数を増やす必要がある。

**キーワード：**スギ, 枝葉, 重心

### I はじめに

安全で正確な伐倒作業においては立木の重心位置の判断が不可欠である。特に間伐や列状伐採において方向を規制して伐倒する必要がある場合は、立木の鉛直方向の重心位置ではなく、水平方向の重心位置がどちらに偏っているかを正確に判断する必要がある。垂直方向の幹や枝葉の質量配分は、樹木の生長や物質生産量を知るために、層別刈り取りなどの手法(2)でデータの蓄積があるものの、絶乾状態にして評価されるため伐倒直後の質量でとりまとめられることは少ない。また、水平方向の重心位置に影響を与えることが予測される枝葉の各部寸法および質量と重心位置についてはほとんど明らかにされていない。今回スギの枝葉について測定を行い一定の傾向を得たので報告する。

### II 試験体および試験方法

森林総合研究所内の樹木園の同一区画内にある36年生スギ7本を伐倒し、幹は4m毎の質量と重心位置および1m毎の直径を、枝葉は1m毎の総質量を測定し、全体の重心位置を求めるとともに、内2本のスギについては、生枝葉の質量( $w$ :kg)、全長( $L$ :cm)および重心距離( $G$ :cm)についても測定した。ただし、図-1のように枝葉の全長は枝元から最も遠い葉先までの長さとし、枝葉の重心は幹からはずした後、長手方向のバランスがとれる位置(A)までの距離(A-B)と、枝元(B)でつり下げ(A)と鉛直線との水平距離(A-C)を測定して求めた(B-C)を重心距離とした。測定の際に多少枝葉がたわむこととなるがその影響については無視している。なお、伐倒時期は試

験体1のみ1月、その他は3月である。

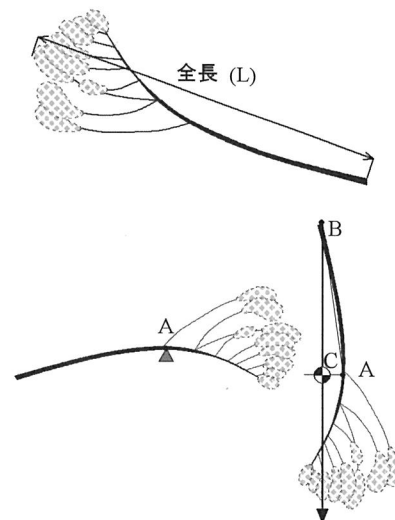


図-1 枝葉の測定方法 (全長と重心距離)

### III 結果と考察

表-1に試験体の測定結果をしめす。重心高は全木についての値で、地上からの垂直方向の高さである。樹高に対する比率は、林縁木に近い枝葉の形状を持つ試験体7で地上から35%に重心がある他は39~42%の範囲に重心があった。

表-1 試験体の測定値

試験体 番号	胸高直径 (cm)	樹高 (m)	重心高 (m)	重心/樹高 (%)	全質量 (kg)	幹質量 (kg)	幹材積 (m <sup>3</sup> )	枝葉質量 (kg)
1	22.5	18.3	7.28	39.8	281.2	248.7	0.3790	32.6
2	22.8	16.0	6.43	40.2	324.1	272.2	0.3395	52.0
3	25.8	18.8	7.34	39.1	491.0	416.2	0.5912	74.8
4	26.3	15.7	6.45	41.0	475.4	381.7	0.4297	93.7
5	10.9	8.9	3.73	41.9	64.8	44.2	0.0502	20.6
6	19.9	14.6	5.79	39.7	201.1	175.7	0.2206	25.5
7	36.8	19.7	6.94	35.2	1011.2	798.3	1.0345	212.8
平均値	23.57	15.99	6.28	39.6	406.98	333.84	0.43	73.13

また、試験体5のように林縁で被圧され生長が遅

Takumi Uemura, Koji Kondo, Tatsuya Sasaki, Jun Kashima, Kana Yamashita (For. and Forest Prod. Res. Inst., Matsunosato 1, Tsukuba, Ibaraki 305-8687) Influence on center of gravity by foliage of *Cryptomeria japonica*.

く枝葉の質量が全体の質量に占める割合が高い個体についても、重心高には影響が少ない結果となった。枝葉の重心位置を測定したのは、試験体1と7である。試験体1は自然落枝によって高い位置にのみ枝のある個体で、試験体7は太い枝が低い位置から生えている個体であった。これらの枝葉の各測定値間の関係を図-2~4にしめす。いずれの図も◆は試験体1、■は試験体7のデータである。また、平均枝径( $d$ :mm)とは枝基部の長径と短径の平均値である。

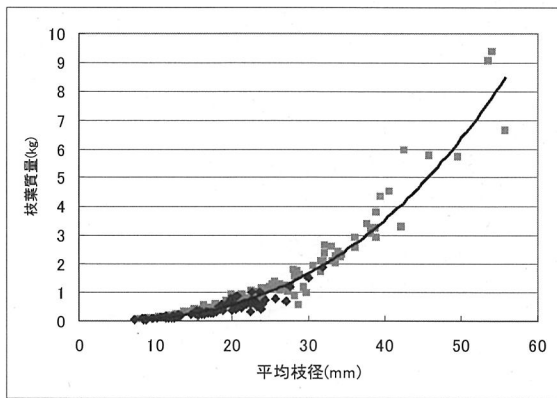


図-2 平均枝径と枝質量

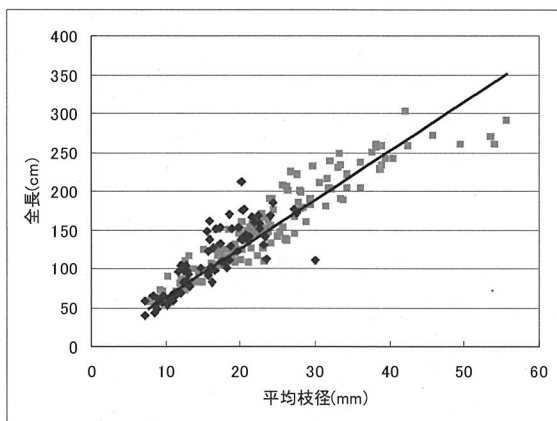


図-3 平均枝径と全長

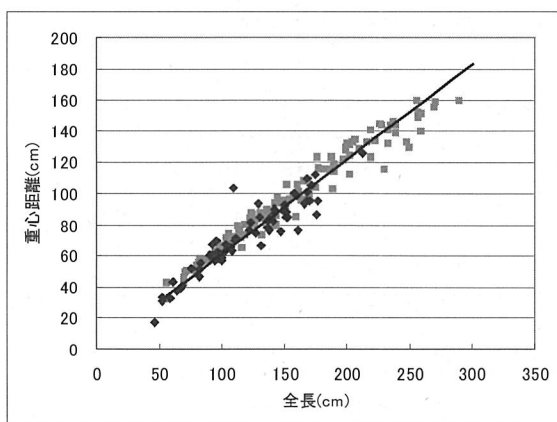


図-4 全長と重心距離

これらの測定値の関係より、平均枝径と枝葉の質量、並びに全長、全長と重心距離には高い相関が見られることが明らかである。試験体による違いはほとんど見られなかったため、それらの測定値を合わせて求めた近似式は以下のとおりである。

$$w=0.0002d^{2.6371} \quad R^2=0.9503 \quad (\text{式1})$$

$$L=6.4002d \quad R^2=0.818 \quad (\text{式2})$$

$$G=0.6052L \quad R^2=0.9385 \quad (\text{式3})$$

以上よりスギの生枝葉の重心は、根元から葉先までの距離のおよそ6割にあることが明らかとなった。特に今回測定した2つの試験体から得られた枝葉は全長約40cmから300cmと大きな違いがあるにもかかわらず得られた結果である。このことは、枝葉の全長が長くなるに従い、枝は年数を経て太くなり質量も大きくなるが、全体のバランスは変化しないことをしめす結果である。しかし、形状に着目してみると、図-5のように年数が経った樹冠の下層では枝の分枝が進んで形状が明らかに異なっている。また、幹から枝の生える角度も、年数の経過したものほど大きくなっているように見える。形状や角度の違いが、重心に影響をあまり与えていないことについて興味深いのが、品種や仕立て方が変わっても同様の傾向があるのかについては今後検証する必要がある。

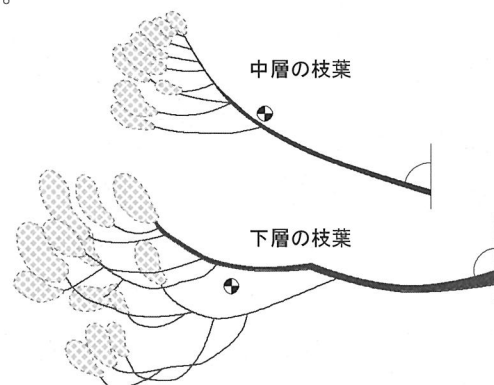


図-5 枝葉の形状模式図

次に平均枝径と生えている場所の幹径の関係を図-6にしめす。同じ幹径の場所から生える枝は、最大径と最小径で20mm~30mm程度の差を持っている。また、幹径( $D$ :cm)が大きくなるほど平均枝径の大きい枝が生えている可能性が大きくなるが、スギ人工林の中では幹径に対しむやみに太い枝に成長するわけではない。後述の重心試算値の計算に用いるため、図-6の幹径を3cm毎の階級に区分し、各階級の最大値を基に求めたのが、枝径の予想最大値( $d_{max}$ :mm) (式4) である。

$$d_{max}=9.0455\sqrt{D} \quad (式4)$$

このように、測定した試験地では立木に生える枝径は一定の限界値をしめしている。ただし、幹径の大きな場所に生える枝径は、樹齢や光環境にも大きく影響を受けると考えられるので、他のスギ個体でも調査を行う必要がある。

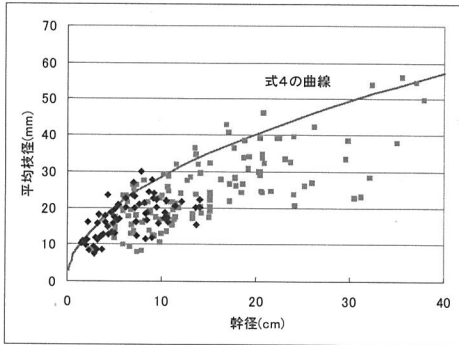


図-6 幹径と平均枝径

幹の重心に偏りが無いとし、枝葉の質量を ( $w$ )、幹中心から枝葉の重心までの距離を ( $l$ )、幹の質量を ( $W$ ) とし、枝葉が同一方向に生えていると仮定すると立木の水平方向の重心位置 ( $G_H$ ) は次式で求められる。

$$G_H = \frac{\sum_i w l_i}{W + \sum_i w_i} \quad (式5)$$

この式から明らかなように水平方向の重心位置は分子である枝葉質量と重心までの距離の積の合計が大きいと移動量も大きい。ただし、幹の質量が重くなるほど重心位置の移動は少ない。また、枝葉の重心までの距離は枝葉の全長と平均枝径に相関があり、幹径に影響を受ける。つまり、枝葉が低い位置から生え、長く成長している場合に重心位置に影響を強く与える。

樹高別の枝葉質量が明らかな試験体について、枝葉が全て同一方向に向き、式4で計算される最も長い枝の質量を式1から求め、測定された各層の枝葉質量分生えているとして式3、5を用いて重心位置を試算した。その結果得られた、幹中心からの水平方向の重心と根株半径を表-2にしめす。

表-2 水平方向の重心試算値

試験体番号	水平方向の重心(cm)	根株半径(cm)
2	12.5	15.5
5	15.4	9.1
6	9.1	13.0
7	22.9	28.5

その結果、試験体5は水平方向の重心位置が根株の横断面内より外れるが、その他は横断面内にあると試算される。また、試算では全ての枝が同一方向に生えるとしたが、陽樹冠の長さや樹高の関係を調べた文献(1)によると比較的短い皆伐地のデータでも陽樹冠は5 m程度の長さを有し、その上部は枝葉の偏りが少ないと考えられる。そのため、試算値よりも実際の水平方向の重心位置は短くなると予想される。そこで、試験体5について梢端2.5mの偏りが無いとして試算を行ったが、重心位置は根株の横断面内より外れる結果となった。

以上のように、通常の生長をしめす人工林の立木では、枝葉の偏りが見られても重心位置は根株の横断面内にあると考えて良いと思われる。しかし、林縁の被圧木のように、枝葉の幹に対する質量比率が大きい場合は根株の横断面を外れて重心位置があると考えられる。試験体の質量比率は試験体5で46.6%、次に大きい試験体7では26.7%であり、重心位置が根株の横断面内を外れて現れる境界の質量比率がこの数値間に存在すると考えられる。しかし、その比率は試験体の数が少なく、明確な数値を求めるには至らなかった。

#### IV おわりに

今回の考察には幹の曲がりや傾きは一切考慮していない。実際の作業では幹の重心がどこにあるかを最初に判断した上で、枝葉の偏りを観察する必要がある。水平方向の重心位置は枝葉の偏りにも影響を受けるが、林縁木を除く人工林では大半の場合枝葉に比べ幹の質量が大きく、偏りがあっても根株の横断面内にあると考えられる。また、著しく重心が偏っている場合は根株の形状が次第に変化していくのが自然であり(3)、根の張り方にも注意を向けることが必要である。

#### 引用文献

- (1) 梶原幹弘 (2000) 樹冠からみた林木の成長と形質 - 密度管理と林型による異同. 139pp, 森林計画学会出版局, 東京.
- (2) 真柴孝司 (1998) 林業技術ハンドブック. 1969pp, (社) 全国林業改良普及協会, 東京.
- (3) MATTHECK, C. (1997) Design in Nature-Leaning from Trees. 276pp, Springer, New York.

