

ドイツ製枝払い装置BaumHexeの枝打ち作業への適用試験 (II)

— 枝打ち跡の仕上がり と 損傷 について —

鈴木 保志・沼田 邦彦・山本 俊明・酒井 徹朗・
 神崎 康一・瀧本 義彦*・芝 正己**・石川 知明***

An experiment applied to pruning by German delimiting unit BaumHexe (II)

— Traces and damage of pruning —

Yasushi SUZUKI, Kunihiko NUMATA, Toshiaki YAMAMOTO, Tetsuro SAKAI,
 Kouichi KANZAKI,
 Yoshihiko TAKIMOTO* Masami SHIBA** and Tomoaki ISHIKAWA***

要 旨

前報 (I) に引き続き、装置による被枝打ち木の仕上がり状態について調べた結果を報告する。枝打ち作業が行われた立木から数本の供試木を抽出し、樹幹の形状と、枝打ち跡の状況を調べた。枝打ち跡あるいは損傷は節・傷・残枝に分類した。樹幹の細りと節の発生には明確な関係が認められた。樹幹の特定部位に傷が発生しやすい傾向が認められた。樹幹中心軸の曲がりが強いと、節や傷の損傷の程度が大きくなる可能性が示唆された。

は じ め に

前報 (I) に引き続き、装置による作業後の枝打ち跡の仕上がり と 損傷 について調べた結果を報告する。

今回の試験作業の目的のひとつとして、この枝払い装置を保育あるいは材の付加価値を高めるための作業としての枝打ちへの利用を可能にすることがあげられる。すなわち、枝打ち跡の状態にはある程度きれいな仕上がり が 要求され、枝の打ち残りや装置による損傷は生じないようにする必要がある。

この試験作業による被枝打ち木の枝打ち跡と損傷の状態については、1992年の日本林学会において、調査の概要および損傷と樹幹形状との関係について考察した中間結果を報告している¹⁾。

今回の報告では、樹幹形状の計測方法とその復元結果についての詳細と、樹幹形状と枝打ち跡および損傷の状態との関係について考察をすすめた結果について述べる。

* : 鳥根大学農学部 Fac. of Agr., Univ. of Shimane

** : 三重大学生物資源学部 Fac. of Bioresources, Mie Univ.

*** : 滋賀県森林センター Shiga For. Res. Center

調査方法

被枝打ち木70本から、何らかの損傷が認められたもの7本を供試木として抽出した。伐倒後、樹幹形状と枝打ち跡の仕上がりと損傷について調べた。伐倒高は地際とし、枝打ちが行われた最高位置までの範囲を当該木の調査範囲とした。

1. 樹幹形状の計測

計測方法の概念図を図-1に示す。

供試木を高さ $I = 20\text{cm}$ の円筒の連なりとみなし、この円筒を単位セクションとして下から通し番号をつける。単位セクションの区切り毎に樹幹の周長を計り、断面を真円と仮定して径を算出する。地際切口の半径を r とし、以下第 i セクションの上部断面の半径を r_i とする。

樹幹の曲がり具合は、隣接するセクションの中心軸ベクトル間のなす角として以下のように

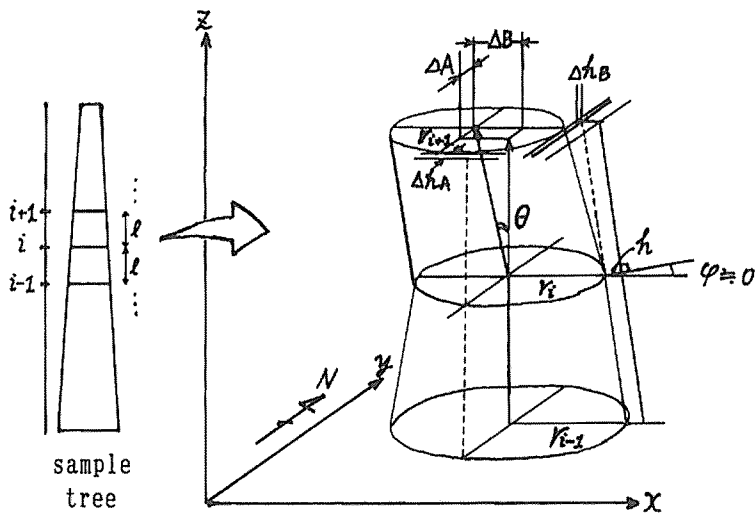


図-1 測定方法

Fig. 1 Measuring method

- | | |
|--|-----------------------------|
| i : セクション番号 | r : 半径 |
| Section number | Radius |
| l : セクションの長さ (20cm) | h : 添木の高さ |
| Length of unit section | Height of gauge guide |
| $\Delta h A, B$: 樹幹表面の変位 A~南北方向 B~東西方向 | |
| Deviation of trunk surface | A, North-South B, West-East |
| $\Delta A, B$: 樹幹中心軸ベクトルの変位 | |
| Deviation of stem-axis vector | |
| θ : 樹幹中心軸ベクトルの変位角 (度) | |
| Deviation angle of stem-axis vector, degree | |
| ϕ : 添木を当てた角度と仮定セクション断面の角度。0と見なす。 | |
| Angle between guide and section area, regarded as zero | |

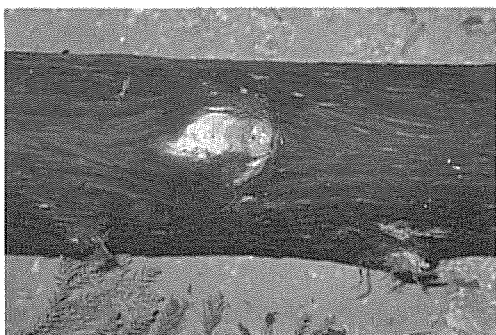


写真-1 損傷の例～節

Photo 1 Example of damage - Node

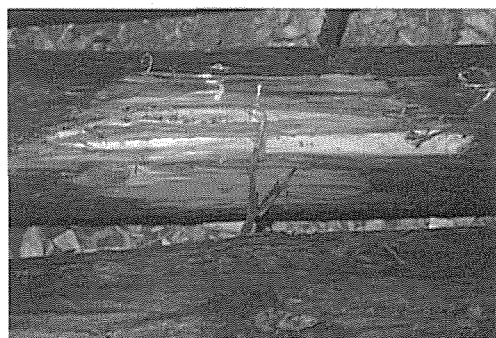


写真-2 損傷の例～傷

Photo 2 Example of damage - Slash

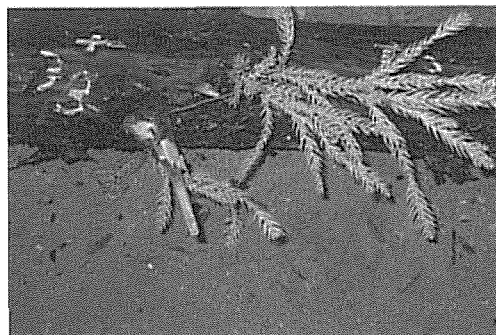


写真-3 損傷の例～残枝

Photo 3 Example of damage - Twig

して計測する。まっすぐに伸ばしたコンベックスをつけた高さ $h = 3$ cm の添木を第 i セクションの東（あるいは西）側の樹幹面に沿わせ、第 i セクションの上部から $I (=20)$ cm 上に伸びたところと樹幹表面との距離から h を引いた値を、第 $i+1$ セクションの第 i セクションからの東西方向の樹幹表面の偏差 Δh_B とする。このとき、異なるセクションの樹幹断面も互いに平行と考え、樹幹に沿わせたコンベックスから樹幹表面におろした垂線と樹幹断面のなす微小角 ψ については 0° と見なす。樹幹中心軸の東西方向の偏差を ΔB とすると、

$$\Delta B = (r_i - r_{i+1}) + \Delta h_B$$

南北方向の偏差 ΔA についても同様にして計測し、第 i セクションの中心軸ベクトルと第 $i+1$ セクションの中心軸ベクトルとのなす角 θ (度) を求め、これを第 i セクションの樹幹中心ベクトルの変位角とする。

こうして求めた各セクションの半径と変位角とから、供試木の形状を再現することができる。

2. 枝打ち跡の仕上がりあるいは損傷の計測

枝打ち作業後に認められる痕跡として、節・傷・残枝の3つを以下のように定義し、その位置と大きさを計測した。以下これらすべてを損傷とする。

- ・節：枝が落とされた後の節残り。死に節は数にいない。大きさとして、断面の樹幹方向と周方向の長さ、残り高をミリ単位で計測した。残り高が0ミリのものも数に入れる。

- ・傷：樹皮のはがれ。はがれが形成層にまで達して白く見えているものを傷とする。大きさとして、樹幹方向と周方向の長さをmm単位で計測した。

- ・残枝：長さ5 cm以上の打ち残された枝。大きさとして、根元直径をmm単位で計測した。節、傷、残枝の例を写真-1～3に示す。

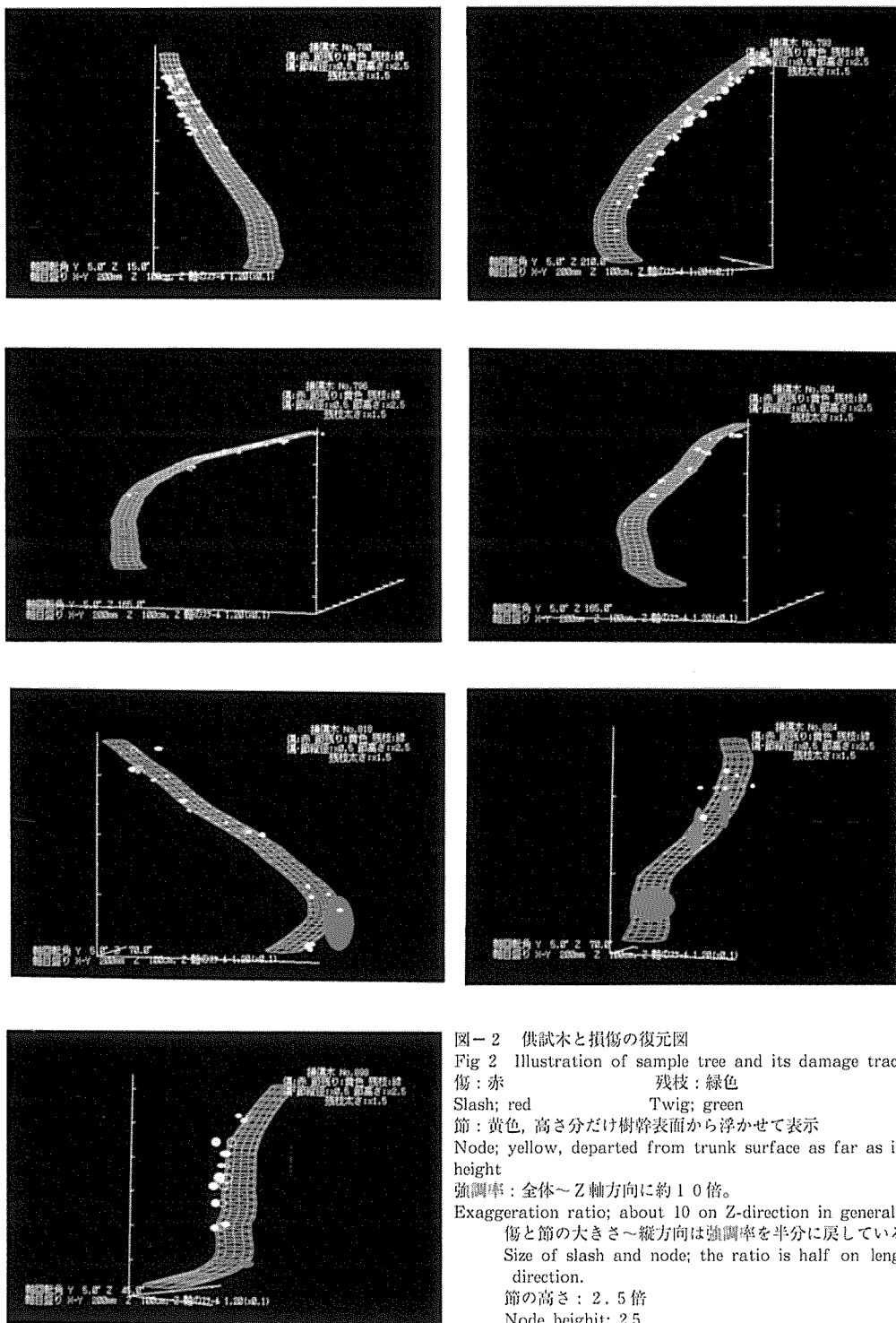


図-2 供試木と損傷の復元図

Fig 2 Illustration of sample tree and its damage traces

傷：赤 残枝：緑色
 Slash; red Twig; green
 節：黄色，高さ分だけ樹幹表面から浮かせて表示
 Node; yellow, departed from trunk surface as far as its height
 強調率：全体～Z軸方向に約10倍。
 Exaggeration ratio; about 10 on Z-direction in general
 傷と節の大きさ～縦方向は強調率を半分に戻している
 Size of slash and node; the ratio is half on length direction.
 節の高さ：2.5倍
 Node height; 2.5
 残枝の太さ：1.5倍
 Twig diameter; 1.5

調 査 結 果

調べた供試木の番号とそれぞれに認められた損傷の数を表-1に示す。前報(I)でも言及しているが、枝打ち作業中雨が強くなってきたため作業を中止した場合があった。No.804の供試木はそのような悪条件下で枝打された旨を表-1に注記した。

計測した損傷の大きさについての基本的統計値を表-2に示す。傷については、後出の図-2や図-5でも確認できるが、特に大きなものが2つあった。

供試木の樹幹形状と損傷の位置、大きさについて概観するために、図-2-1~7のようにその様子を復元してみた。胸高部にあたる第5セクションの中心軸が鉛直になるようにしている。水色で示した樹幹表面のひとつの格子は単位セクションの12分の1方位、すなわち中心軸に対し30度の幅をもつ面を表している。白線はx, y, z軸で、図-1と同様に右手系をなしている。すなわち、右手の親指、人差し指、中指をそれぞれx, y, z軸に見立てたとき、xy平面が水平面をなし、y軸の+方向が北方向となっている。

この図では陰線処理、遠近効果は考慮していない。視線方向に対するy軸とz軸の回転角は、当該供試木の様子を最もよく概観できると思われる角度を選んだ。

図の注釈に記したように、縦横の縮尺と傷の大きさには強調が加えられている。節について付記すると、樹幹表面上の位置に中抜き黄丸を、節残りの先端位置には塗りつぶした黄丸を描いてある。また、絶対的な縮尺はそれぞれの図で異なるが、水色の樹幹格子の縦幅20cmと各軸の目盛りからスケールを知ることができ

表-1 損傷数

Table 1 Number of damage tree

	節 Node	残枝 Twig	傷 Slash
No.780	22	10	4
No.793	40	12	6
No.796	21	3	1
No.804※	10	1	4
No.818	16	6	2
No.824	6	0	6
No.898	10	7	1
合計 Sum	125	39	24

※No.824は雨の中で枝打された

※No.824 was pruned in rain

表-2 損傷の大きさ

Table Index of damage size

	大きさ 幹方向 Length mm	Size 周方向 Width mm	(縦×横) Height mm ²	残り高 Height mm	太さ Diameter mm
	節 Node				
Number	125	125	125	125	
Mean	28.7	25.0	787.4	5.5	
Max	75	55	4125	40	
Min	10	10	100	0	
std.	11.00	7.76	557.31	7.03	
	傷 Slash		残枝 Twig		
Number	24	24	24	39	
Mean	110.0	33.2	5141.1	3.5	
Max	350	140	42000	10	
Min	21	3	141	1	
std.	79.56	32.86		1.89	

考 察

どのような場合、どのような部位に問題となるような損傷が生じるのかについて、考察する。

1. 打ち残り

前報（I）で説明したように、この枝打ち装置は樹幹に沿わせて刃で枝を打つため、刃の当り方が問題となる。装置の仕様としては直径7 cmまで枝打ち可能となっているが、樹幹直径が小さいほど刃の当りに対する条件は悪くなることが考えられる。節について、供試木の直径と節残り高さの関係を図-3に示す。直径が小さいほど節残り高も高いものが生じる傾向が伺える。ただし、統計的には有意な結果は導き出せなかった。

節残りの発生率について言及するには、枝の存在率も考慮しなければならない。そこで、直径階区分別の枝の存在率と節残りの発生率とは独立であるという帰無仮説を、図-3のデータについて検定してみる。直径階を12cmで区分し、節残り高2 mm以上を損傷としての節残りとして定義して分類すると、度数区分は表-3のようになる。前述した2要因の独立性は、 χ^2 値による検定では5%有意であった。残枝についてはこのような明らかな傾向は認められなかった。

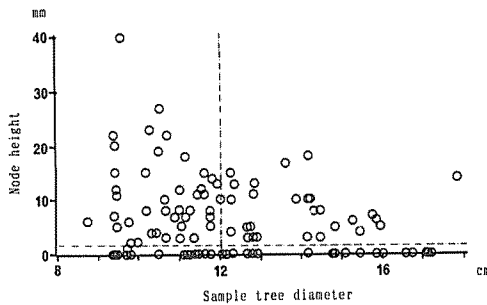


図-3 供試木の直径と節残り高さの関係

Fig. 3 Relation of sample tree diameter and node height

縦軸：節残り高さ（mm） 横軸：供試木の直径（cm）

Y-axis; Node height in mm X-axis; Sample tree diameter in cm

表-3 直径と節残りの相関お検定

Table 3 Test of coefficient between diameter and node height

2×2分割表 Contingency table	直径階 ~12cm	Diameter ~18cm	合計 Sum
節残り高 2mm~	30	27	57
Node Height 0~1mm	22	46	68
合計 Sum	52	73	125
χ^2 値 χ^2 Value			5.248
自由度 Degree of freedom			1
危険率 Critical rate			0.023

は5%有意であった。残枝についてはこのような明らかな傾向は認められなかった。

曲がった樹幹軸に沿って装置が登行すると、樹幹軸の曲がりの外側では刃が浮き気味になることが考えられる。残り高2 mm以上の節についてこの関係を図-4にプロットしてみた。横軸は節のあるセクションの中心軸ベクトル変位の反対方向で、縦軸は残り高2 mm以上の節が位置する方位である。この2要因についての独立性については、90°毎の4×4分割表による χ^2 検定によれば全く有意でなかった。残枝についても同様であった。

2. 傷

傷については、装置のキャタピラの擦れによるものと観察されることから、装置の登行が妨げられるような状況が発生を招くという可能性が考えられる。具体的には、樹幹軸の曲がりが強いときや、枝打ちに大きな力が必要となる太い枝を打つときなどである。そこで、図-5に、傷の大きさの指標として傷跡の縦方向と横方向の長さの積をとり、傷が発生したセクションの樹幹軸中心ベクトルの変位角と、傷位置の樹幹軸方向の高さの関係をプロットしてみた。ベ

クトル変位角, すなわち樹幹軸の曲がりの強さと傷の大きさの指標とは必ずしも常に対応しているわけではないが, 大きな傷は曲がりが比較的強いところに生じていると言うことはできるだろう。発生位置との関係を見ると, 太いものも含めて枝の多い樹幹上部でとくに多く発生しているとは認められない。図-2を概観してみるとわかるが, 胸高の部位にはどの供試木にも大小いずれにしろなんらかの傷があり, 特に大きなものはこの高さに発生している。樹幹軸の曲がりが比較的きついのもちょうどこの高さ付近である。発生の原因としては, 装置の登行開始時にキャタピラに縦方向の比較的強い力がかかるためではないかと考えられる。また, 図-2-6にみられるように, No.804雨などで樹幹が滑りやすくなっていることも傷の発生を助長すると言えるであろう。

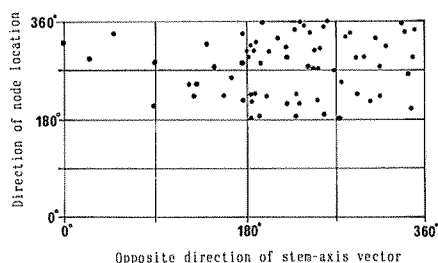


図-4 節位置の方位と樹幹軸中心ベクトルの逆方位との関係

Fig. 4 Relation between direction of node location and opposite direction of stem-axis vector

縦軸: 節位置の方位 (度)

Y-axis; Direction of node location in degree

横軸: 樹幹中心ベクトルの逆方位 (度)

X-axis; Opposite direction of stem-axis vector in degree

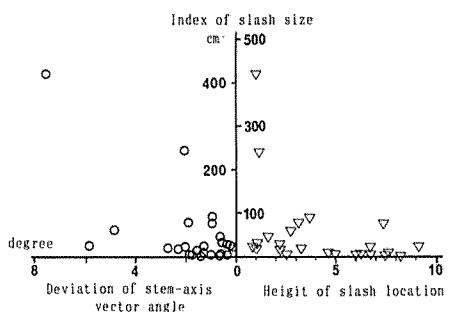


図-5 樹幹軸中心ベクトルの変位角, 傷位置の高さと傷の大きさの指標との関係

Fig. 5 Relation between deviation of stem-axis vector angle, slash location height and slash size index

縦軸: 傷の大きさの指標 (cm²)

Y-axis; Index of slash size in cm²

横軸: 左~樹幹中心ベクトルの変位角 (度), 右~傷位置の高さ (m)

X-axis: Left - Deviation of stem-axis vector angle in degree, Right - Height of slash location in m

注) 傷の大きさの指標は傷の樹幹方向の長さと同方向の長さをかけたもの

Rem: Index of slash size is multiplied figure of its length and its width.

お わ り に

損傷の発生を防ぐ対策について考えられることを述べる。節残りなど打ち残りを防ぐためには、必要以上に高い部位すなわち直径の低い部位までの枝打ちは控える。胸高部に発生しやすい傾向がある傷の発生を防ぐには、登行開始部位になんらかの保護材をあてがう。雨などで樹幹の摩擦係数が低下しているような悪条件下での作業は控える。

本調査において京都大学和歌山演習林竹内典之林長並びに職員の方々、そして新宮商行機械部の方々に準備から機械操作にわたりご協力・ご指導いただきましたことを感謝します。

引 用 文 献

- 1) 鈴木保志・沼田邦彦・山本俊明・酒井徹朗・神崎康一・瀧本義彦・芝 正巳・石川知明 (1992発行予定) 枝打機BAUMHEXEの試験作業(Ⅱ)－枝打跡の仕上がりと枝打木の損傷について－.日林論103. (印刷中)

Résumé

This report is of the investigation of traces of pruned trees which were mentioned in the former report (I) of this series.

We selected some sample trees from pruned trees, measured shape of them and checked traces of pruning. We classified damages of pruning as Node, Slash and Twig. Clear relation between stem's narrowing shape and node occurrence is observed. It seems that slash tends to be made on certain stem position. It is implied that the greater the winding of stem axis, the harder the damage of node and slash.