

スパイク金具による枝打作業とその工期

青木, 尊重
九州大学農学部

中島, 能道
九州大学農学部

<https://doi.org/10.15017/15850>

出版情報 : 演習林集報. 16, pp.83-106, 1962-01-30. Kyushu University Forests
バージョン :
権利関係 :

スパイク金具による枝打作業とその功程

青木 尊重・中島 能道

Takashige AOKI and Yoshinori NAKAJIMA:

Efficiency of Lopping Operation with Climbing Spikes

目 次

- I 序 言
- II 木登り用スパイク金具
- III 梯子, 枝打改良鋸及びスパイク金具の使用による
作業能率, 労働負担の比較
- IV スパイク金具による枝打作業の功程計算
- V 摘 要
Résumé

I 序 言

枝打作業は, 林木の形質を良好ならしめることを目的とし, あわせて森林保護とくに火災防止その他の森林に関する危害防止のために行われる保育作業である。この作業が, 地上数mの高さまで実施される場合, 梯子を使用して, ある一定の高さまで登り, 手鋸で枯枝や生枝の一部を切り落しているのが現状である。しかしながら梯子を使用する場合には, これの作業地までの運搬や林内の移動が容易でないばかりか, 作業中梯子の安定に注意を奪われて能率の低下を招くおそれがある。さらにまた作業地の地床条件が不良な場合, 樹幹にたてかけた梯子が不安定なために作業中にはずれたり倒れたりして, 作業者に災害を招くおそれがある。従来からこのような危険の伴う枝打作業を, 安全かつ高能率に実施できるように各種の創意工夫が加えられてきた。福岡県下でも, 数年前から, 梯子使用にかえて, 竹竿の先端に枝打鋸をつけ, 地上から枝打できるように改良されたものが使用され始めている。これは福岡県糸島郡二丈村の鎌谷兵太郎氏が考案したもので, 鋸の焼きを若干甘くして柔軟性をもたせ, 歯元の部分に工夫が施されたものである。本学附属粕屋演習林では, これを枝打改良鋸と称し, 従来の梯子による方法と比較試験した¹⁾。その結果, この枝打改良鋸を使用することによって, 作業は安全となり, その移動も梯子よりは相当容易であり, 作業能率も梯子使用の場合より良好であった。しかしながら本法は, 作業者に無理な姿勢である仰向きの形となり, またかなりの重量の竹竿(長さ5.4m, 重量2.5kg)の最下部を支えて作業しなければならないため, 腕, 首筋, 肩などに局所的な疲労を与える。さらにこのような姿勢での枝打は, 斜め切りになったり, 枝元からの鋸断が不充分となったりするおそれがあるので, 作業能率が若干上昇しても, 枝打の目的にそいえない憾みがある。加えて竹竿の長さ制限があり, 枝下高7m程度が限度とされているので, 普及され難い一面をもっている。

1) 中島外 3: 改良鋸による枝打作業の疲労に関する研究(第3報)九大演習林集報 第15号

元来枝打作業が重労働で、しかも危険性のある作業とされる最大の原因は、木登りの最中は、両手両足を常に緊張させていなければならないし、また自重を支えていなければならないので、労働量もはげしく静的労働負担も大きい。木登りの R.M.R. は 7.4 で、手懸り足懸りとなる枝はほとんど枯枝であるため弾力がなく、もろくて折れやすいので、このことにも注意をそそぐ必要があり、精神的疲労も無視できない。従って木登りが容易で、枝を鋸断する間自由に身体を支えていることができる方法があれば、竹竿の先端に枝打鋸をつけて無理な作業を実施する必要はなくなる。

上記のような不利な点を補うための用具が案出されたので、これについて少しく紹介するとともに、前者との比較試験の結果およびこれを使用した場合の作業標準功程を計算して、枝打作業の実施計画その他の参考資料に供せんとするものである。

本報告を作製するにあたり、終始御指導を賜わった塩谷教授ならびに井上教授、黒田助教授、現地での実験にあたって格別の御配慮を賜わった大野演習林長、原田粕屋演習林長はじめ演習林職員各位に対し厚く謝意を表する次第である。

II 木登り用スパイク金具

本器(写真 I)は、「木登り用スパイク金具」と名づけられた木登りに便利なように作った足につける金具である。本学附属粕屋演習林の作業員である高橋好喜氏の創意によるもので、「藤蔓が樹幹に絡みついている状態からヒントをえて考案した」もので、目下この名称で特許出願中である。もっとも U.S.A. には木登り靴があり、また電気工事で電柱に登る場合に使用している用具があるが、本器はこれらとは関係がなく、全く高橋氏の独創によるものである。

本器は、足につける部分とその基部から内側に伸びた触角のような部分からできており、さらに足につける部分の内側には 2本の爪が下に出ていて、この爪が樹幹に喰い込むようになっている。しかしながらその喰い込みは極めて浅く 2~3mm 程度であるため、木質部を傷つけることはない。爪だけだと作業者が滑り落ちるおそれがあるので、触角の部分に樹間に巻きつけ使用者の自重を支えるような構造となっている。この触角のような部分が、本器の考案にあたって、最も独創的な部分であるということができよう。

触角の部分は、釣針に反りをうたせたような恰好になっており、その先端が樹幹に浅く喰い込むとともに輪の部分が樹幹に巻きつくのである。巻きつく角度は、樹幹の大きさや作業者の姿勢によって一定しないが、地上で本器をつけた場合には 45度内外となる。この触角で巻きつけの可能な樹幹の大きさは 8~40cm (写真 III, IV) に及ぶので枝打の、対象となる立木の経級を推定すると、これでおおむね充分と考えられる。なお本器を足につける場合には、本器の基部にあけてある二個の穴に紐を通して離れないように結びつける。また作業の際には、ロープで上半身と樹幹とを結びつけるので、両手が自由に使いかつ姿勢にも無理なところがない。従って木に登って枝打作業を行っても、地上で枝打ちするのとほとんど変わらない速度で作業を進めることができ、労働負担も極めて少ないものとなる。

III 梯子、枝打改良鋸および木登り用スパイク金具使用による作業能率、労働負担の比較

1 実験地

昭和 35 年 12 月下旬, 本学附属粕屋演習林 8 林班と小班 (穴口団地) のヒノキ林 (26 年生) で比較した。本林分は, 面積 2 ha, 1 ha 当り立木本数 2,840 本, 平均胸高直径 13cm, 平均樹高 11m, 傾斜度 30 度前後で, 植栽本数は 1 ha 当り 4000 本, 数年前間伐が一回施行されているが, 枝打ちは実施されたことがない。

2 作業方法別の要素作業と R.M.R.

作業方法別の要素作業と R.M.R. は, 第 1 表に示すとおりである。

第 1 表 作業方法別の要素作業と R.M.R.

木登り用スパイク金具		改良枝打鋸		梯子使用	
要素作業名	R.M.R.	要素作業名	R.M.R.	要素作業名	R.M.R.
枝打ち	3.9	枝打ち	4.5	枝打ち	5.2
木登り	3.8	足場変え	1.1	木登り	7.4
木降り	3.5				
移動上り	4.1	移動上り	4.2	移動上り	5.2
移動下り	3.9	移動下り	4.1	移動下り	5.2
縄結び	1.2			ハシゴ登り	6.5
縄解き	1.2				
疲れ余裕	0.8	疲れ余裕	0.8	疲れ余裕	0.8
作業余裕	0.8	作業余裕	0.8	作業余裕	0.8
準備後仕末	2.6	準備後仕末	3.2	準備後仕末	3.6

作業の強度を, 各要素作業別にみると, スパイク金具による枝打作業が最も有利であることが明らかである。

スパイク金具と梯子使用とは, ともに同じ手鋸を使用するのであるが, 前者はロープで身体を支えているので両手を使うことができるのに対して, 後者は身体の安定と梯子がはずれるのを防ぐために樹幹または枝を握っていなければならないので, 片手しか使用することができず, 従って無理な力の配分となり, 労働負担が大きくなる。その他の要素作業のいずれにおいても, R.M.R. は小さくなっており, 前者が作業者の負担を軽くしていることが明らかである。

3 時間研究による作業方法別の各要素作業の時間的配分

前記 3 作業方法別の各要素作業の時間的配分について, Snap Reading による測定結果を示すと, 第 2, 3, 4 表のとおりである。

主体作業は, スパイク金具で平均 63%, 梯子で平均 61%, 改良鋸で平均 58% となっている。主体作業の時間的配分を, さらに分割して純粋に枝打ちしている時間比率をみると, スパイク金具は平均 35.5%, 枝打改良鋸は 55.3%, 梯子は平均 52.0% となっている。これはスパイク金具の使用が他の用具を使用するよりも枝の鋸断能率が極めて高いことを示している。主体作業の時間的比率配分 63% の残りの 27.5% は木登りと木降りに費消されているが, これは枝打ちの能率が高くまた木登りおよび木降りが容易にできるために, 枝打処理本数が増加することに起因するものである。

金具をつけることによって, 枝打ちの姿勢を自由にすることができ, 両手が自由に使えるので, 枝の鋸断速度が大きくなり, 能率が向上する。しかしながら木登りと木降りの速

度を、飛躍的に上昇せしめることは、今後の問題となる。ただ金具をつけることによって、容易にかつ労働負担を軽くして登ることが可能になったにすぎない。

第2表 スパイク金具による枝打作業の時間的配分

要素作業名	時間比率(%)	480分換算(分)
枝打ち	40.21~30.89	193.01~148.27
木登り	20.96~13.60	100.61~65.28
木降り	12.77~6.97	61.30~33.46
移動上り	3.65~0.79	17.52~3.79
移動下り	3.04~0.52	14.59~2.50
縄結び	7.64~3.22	36.67~15.46
縄解き	3.97~0.95	19.06~4.56
疲れ余裕	23.37~15.65	112.18~75.12
作業余裕	6.64~4.22	31.87~20.25
準備後仕末	0.54~0.40	2.59~1.92

第3表 改良枝打鋸による作業の時間的配分

要素作業名	時間比率(%)	480分換算(分)
枝打ち	57.74~52.76	277.15~253.25
足場変え	4.86~1.41	23.33~6.77
移動上り	5.56~3.26	26.68~15.64
移動下り	5.34~2.38	25.63~11.42
疲れ余裕	26.43~24.76	126.86~118.85
作業余裕	5.43~2.21	26.06~10.61
準備後仕末	5.80~2.06	27.84~9.89

第4表 梯子による枝打作業の時間的配分

要素作業名	時間比率(%)	480分換算(分)
枝打ち	53.99~50.37	259.15~241.78
木登り	7.14~4.22	34.27~20.26
ハンゴ上り	4.14~2.69	19.87~12.91
移動上り	3.07~1.18	14.74~5.66
移動下り	3.21~1.55	15.41~7.44
疲れ余裕	28.07~20.54	134.74~98.59
作業余裕	5.43~2.21	26.06~10.61
準備後仕末	8.13~4.06	39.02~19.49

第5表は、3名の作業員をして、梯子、改良鋸、スパイク金具の3種類の作業方法で、それぞれ1時間あて枝打作業を実施し、その能率を比較したものである。作業条件は、各作業法とも同一で、ただ使用器具の差のみが能率に反映するように規整した。

梯子使用の場合を100とすると、改良鋸では122.5、スパイク金具では164.2となっている。スパイク金具を使用する作業が、いかに能率増進に寄与しているかを如実に示して

いるものといえよう。つぎにスパイク金具の使用によって、作業能率が高まる過程を、実験の結果から説明を加える。

第5表 枝打作業の成績（枝打本数）

作業者	梯子	改良鋸	スパイク金具
A ₁	12本	15本	22本
A ₂	13〃	16〃	20〃
A ₃	11〃	13〃	17〃
平均	12.0本	14.7本	19.7本
比率	100	122.5	164.2

第6表 枝打作業の要素作業別所要時間（1本当りに要した平均所要時間）

要素作業	梯子		改良鋸		スパイク金具	
	時間	比率	時間	比率	時間	比率
枝打ち	2.79分	55.8%	2.51分	61.4%	1.45分	47.6%
梯子、木登り降り	1.05〃	21.1〃	—	—	1.32〃	43.2〃
移動	1.00〃	20.0〃	1.41〃	34.5〃	0.19〃	6.2〃
その他	0.15〃	3.1〃	0.17〃	4.1〃	0.09〃	3.0〃
計	5.00〃	100〃	4.09〃	100〃	3.05〃	100〃

第6表は、第5表の場合と同一条件で測定した、要素作業別の所要時間である。

枝打1本当りの平均所要時間は、梯子で5.00分、改良鋸で4.09分、スパイク金具で3.05分となっている。

梯子または木登り木降りならびに移動の時間の両者合計をみると、改良鋸で1.41分、スパイク金具で1.51分、梯子で2.05分となっている。移動の時間をみると、改良鋸は1.41分で梯子の1.00分よりも長くなっている。これは5m余りの竹竿を支え持って林内を移動することに相当の労力を要していることを示すものである。スパイク金具の移動は0.19分で、梯子や改良鋸に比して、極めて短時間ですむことを明らかにしている。

従って枝打所要時間が極めて短かく、枝の鋸断能率の高いことが、本実験によって如実に示されている。前述のとおり、梯子の場合は梯子を支えていなければならないので、枝打に全力をそそぐことができず、また改良鋸の場合は仰向きの無理な姿勢で、下から長い竿を伸ばして支えているため、その方に集中力の大半を奪われる結果、枝打ちに加えられる力が弱くなる。

第6表の「その他」の項であらわしている余裕時間をみると、スパイク金具で0.09分、梯子で0.15分、改良鋸で0.17分となっている。本実験においては、各用具別の作業者は、相互に見渡せる場所で作業をしているので、いわゆる心理的な場の拘束力によって自己1人のみが勝手に休息したり、自己1人のみが作業を続けることはでき難い条件にあった。それにもかかわらず改良鋸は、スパイク金具の2倍近くも自然休息すなわち意識的には仕事を続けているという認識のもとに、無意識に休息をとっているわけであって、改良鋸は

数値的にあらわされる労働負担が、梯子使用の場合よりも小さいにもかかわらず、無理な姿勢からくる局所的疲労の影響の大きいことを示している。

4 労作量の比較

使用器具別の各要素作業強度については、2項において述べたが、本項では全体としての労働量について検討する。

第7,8,9表は、スパイク金具, 改良鋸, 梯子別の480分中の労作量を示したものである。

第7表 スパイク金具による作業の480分中の労作量

要素作業	R. M. R.	労作量
枝打ち	3.9	752.7 ~ 578.2
木登り	3.8	382.3 ~ 248.0
木降り	3.5	214.5 ~ 117.1
移動上り	4.1	71.8 ~ 15.5
移動下り	3.9	56.9 ~ 9.7
縄結び	1.2	44.0 ~ 18.5
縄解き	1.2	22.8 ~ 5.4
疲れ余裕	0.8	93.1 ~ 62.3
作業余裕	0.8	26.4 ~ 16.8
準備後仕末	2.6	6.6 ~ 4.9

平均労作量 1374.25 平均 R. M. R. 2.86

第8表 改良鋸による作業の480分中の労作量

要素作業	R. M. R.	労作量
枝打ち	4.5	1252.7 ~ 1144.6
足場変え	1.1	26.3 ~ 7.6
移動上り	4.2	112.8 ~ 66.1
移動下り	4.1	105.0 ~ 46.8
疲れ余裕	0.8	105.2 ~ 98.6
作業余裕	0.8	21.6 ~ 8.8
準備後仕末	3.2	89.3 ~ 31.7

平均労作量 1558.91 平均 R. M. R. 3.25

第9表 梯子使用による作業の480分の労作量

要素作業	R. M. R.	労作量
枝打ち	5.2	1339.8 ~ 1250.0
木登り	7.4	253.9 ~ 150.1
移動上り	5.2	76.6 ~ 29.4
移動下り	5.2	79.9 ~ 38.6
ハシゴ上り	6.5	128.9 ~ 83.7
疲れ余裕	0.8	111.8 ~ 81.8
作業余裕	0.8	21.6 ~ 8.8
準備後始末	3.5	138.5 ~ 69.1

平均労作量 1931.54 平均 R. M. R. 4.02

これより一応標準的な作業状態，すなわち労働の経済速度による作業の労働負担は，スパイク金具の場合が最も軽く，ついで改良鋸，梯子の順序となる。

平均 R. M. R. は，スパイク金具の場合 2.86 で，オートメーションや装置工業を除いた一般産業の作業の場合とさほど大差がない。また改良鋸の場合 3.25 で，従来の枝打作業の重筋性からすれば，かなり緩和されているように判断される。しかしながらさきに述べたとおり，無理な姿勢と静的労働の因子が大きいことから，局所疲労が大きいことに注意すべきである。梯子使用の場合は 4.02 で，筋労作の上からいっても重労働の部類に入る。

5 スパイク金具の利点

枝打作業において，スパイク金具の使用が有利なことは，上記の実験結果が如実に示しているように，

(i) 作業能率が良好なこと。

(ii) 労作負担の軽いこと。

に要約されるが，その他にもつぎのような利点が指摘できる。

(iii) 持ち運びが簡便であること。

従来の梯子は，本演習林の場合を例示すると，長さ約 3.6m，重量 10kg 内外で，作業地までの運搬が容易ではないので，現場近くの作業小屋などに保管しておく場合が多い。改良鋸も，竹竿ともの重量が 2kg 内外で，長さが 5m 以上もあるので，その運搬に不便を生じている。これに対してスパイク金具は鉄鋳物製ではあるが，重量 1.5kg 内外で，長さも触角様の部分を含めて 30cm 程度であるから，手に提げて運べる特色をもつ。(写真 II)

(iv) 高所まで枝打ができること。

改良鋸は，竹竿に制約があるので，おおむね 7m 内外までの枝打が可能な程度である。また梯子の場合は，枝を握って樹幹を登ることができるけれども，そのためには相当の労力の消費を要し，かつ危険であり，衣服をも損傷するおそれがある。しかるにスパイク金具の場合には，このような影響は全く受けない特色をもつものである。

(v) 林内の移動が容易であること。

梯子や改良鋸の場合には，足場の悪い林内では，樹木から樹木への移動に困難性を伴なう。ことに改良鋸は，竹竿の先端の鋸を枝に掛けて鋸に損傷を与えることがある。その点，身体に着けておけるスパイク金具は，軽便で移動に好都合である。

(vi) 作業の安全性が高いこと。

さきに述べたとおりスパイク金具は，木に登って作業をしても，梯子よりはるかに安定性がある。改良鋸は，地上から枝を鋸断するので安全性が高いと考えられやすいが，これも足場が不良な個所では作業に注意を奪われて転倒する危険性を含むので，絶対に安全であるとは断言し難い。むしろこの点では，あらかじめ足場と身体の安定をはかりうるスパイク金具の方が，より安全性が高いといえよう。

(vii) 器具費が安価であること。

各用具の価格は，梯子使用の場合で 2,330 円（梯子 2,000 円，鋸 330 円），改良鋸使用の場合も 2,330 円（改良鋸 2,300 円，竹竿 30 円），スパイク金具使用の場合で 1,165 円（スパイク金具 800 円，鋸 330 円，特許料 65 円の見込み）である。

後者は前二者の 1/2 である。しかも木製梯子や竹竿よりも鉄製の金具の方が耐用年数も

長いはずであるから、価格の面においても有利と判断される。

以上は、スパイク金具の利点について述べたが、欠点が全く存在しないわけではない。

(i) 樹幹に傷をつけるおそれがあること。

樹幹に傷をつけるといっても、2~3mm程度で木質部に喰い込むほどの深さではないので、材の商品価値を損うようなことはない。

(ii) 用具使用上練習を要すること。

練習時間については、実験の結果から2~3時間程度の練習で習熟しうるほどの簡単な器具であるから、とくに取りあげるほどの欠点とは考えられない。

以上のような種々の利点をもったスパイク金具は、枝打作業や種子ならびに穂木採取作業・樹高測定作業などの木登り作業に広く採用される可能性をもつものである。

IV スパイク金具による枝打作業の工期計算

一般に森林での作業は、その性格上環境の複雑性や管理方法の不規則性、困難性のため、実験的手法だけではその因子の比重の大小を明確には把握し難いものである。しかしながら、スパイク金具による枝打作業の場合は、その他の林内作業の場合と異なって、比較的構成因子が少ない。たとえば作業条件としての傾斜角度は、移動の際には問題となるが、樹上での枝打作業そのものにはほとんど影響はない。従って構成因子として考えられるものは、胸高直径、枝下高、枝の本数および移動の距離と所要時間とになる。

工期計算の前段として、1ha 当り 1,000 本の立木を母集団として胸高直径および鋸断すべき枝の本数がそれぞれ一定の条件で正規分布するとの仮定を立てた。もし 1ha 当りの本数が異なる場合は、本数に対する移動時間の補正と本数/1000 という係数を乗じて、現実の林分に対する工期の近似値とする手法を用いた。本法は、理論的には種々疑問の点もあるが、実践上からはかなり便利な方法と考えられる。たとえばある林分に対して枝打作業を実施させるにあたって、5日間で作業を完了させるには 1ha 当り何人の作業者を投入すれば、合理的な作業を施行しうるかという問いにたいしても、きわめて簡単でしかも比較的有効な解答を示すことができると判断されるからである。

1 移動距離と時間

立木間の距離は、林分の植栽が正方形に施行されたと仮定すれば、おおむね次のようになる。

第 10 表 正方形植栽の立木間距離と 1ha 当り立木本数

立木間距離(m)	1.6	1.8	2.0	2.2	2.4	2.6	2.8	3.0
ha当り本数(本)	3,900	3,100	2,500	2,100	1,700	1,500	1,300	1,100
立木間距離(m)	3.2	3.5	3.8	4.0	4.2	4.5	5.0	6.0
ha当り本数(本)	1,000	820	700	620	550	500	400	280

つぎに、スパイク金具を足につけて移動する速度は、実測の結果平均傾斜角 30 度、礫が多くて比較的足場の悪い個所で、18m/分 内外である。

移動時間を T_t とし、移動速度を $T_v=18\text{m/分}$ とおくと、たとえば 1ha 当り 1,000 本が生立する場合の移動時間は

$$\sum T_t = (L_s/T_v) \times N = \frac{3.2}{18} \times 1,000 = 177.78 \text{ 分}$$

となる。

ただし L_s : 立木間距離, N : 総本数

以下同様にして, 立木間距離別の 1ha 当り移動時間を求めると, 第11表のとおりとなる。

第11表 立木間距離別移動時間

立木間距離 (m)	ha 当り本数 (本)	移動時間 (分)	立木間距離 (m)	ha 当り本数 (本)	移動時間 (分)
1.6	3,900	346.67	3.2	1,000	177.78
1.8	3,100	310.00	3.5	820	159.44
2.0	2,500	277.78	3.8	700	147.78
2.2	2,100	256.67	4.0	620	137.78
2.4	1,700	226.67	4.2	550	128.33
2.6	1,500	216.67	4.5	500	125.00
2.8	1,300	202.22	5.0	400	111.11
3.0	1,100	183.33	6.0	280	93.33

2 胸高直径別の立木本数分布

さきにも述べたように, 標準行程は, 1ha 当り 1,000本を単位として計算することとした。

昭和 34 年, 35 年と行なった枝打作業研究の資料を取纏めてみると, 本演習林のヒノキ林では, それが人工一斉林であるかぎり, 最も斉一なものは, 胸高直径の標準偏差が 2 前後, 最も普通な林分で標準偏差が 3 前後, 最も不斉一なもので 4~5 と判断される。従って最も斉一な林分としては標準偏差 2 記号 I であらわし, 中位のもは標準偏差 3 記号 II, そして最も不斉一な林分を標準偏差 5 記号 III と想定した。

対象林分の全立木について胸高直径を測り, 平均した値が $12.99\text{cm} \doteq 13\text{cm}$ で, $12 \sim 14\text{cm} = 13\text{cm}$ の立木が支配的な林分である点を確認しておいて, つぎのような正規分布をあてはめた。

(1) 最も斉一な林分 (標準偏差 2 記号 I) における立木の胸高直径別正規分布。

平均 13cm , $\sigma=2$ であるから, 1,000 本当り本数は

$$\int_{13}^{14} \frac{1}{\sqrt{2\pi} \times 2} e^{-\frac{(x-13)^2}{2 \times 4}} dx = \int_0^{0.5} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{t^2}{2}} dt = 0.191462 \times 1000 = 191.462 \text{ 本}$$

となる。従っておよそ 191 本となる。

以下同様の手法で, かつ若干の補正を行なって, つぎのような分布をあてはめた。

第12表 I の場合の 1,000 本当り胸高直径別立木の正規分布

胸高直径範囲 (cm)	代表値 (cm)	1000本当り本数 (本)
7~9	8	21.46
9~11	10	136.26
11~13	12	342.18
13~15	14	342.18
15~17	16	136.26
17~19	18	21.46

(2) 最も普通の林分(標準偏差3記号Ⅱ)における立木の胸高直径別の正規分布
平均13cm $\sigma = 3$ 1,000本当りの胸高直径別正規分布。

第13表 Ⅱの場合の1,000本当り胸高直径別立木の正規分布

胸高直径範囲(cm)	代表値(cm)	1000本当り本数(本)
7~9	8	72.76
9~11	10	169.78
11~13	12	257.46
13~15	14	257.46
15~17	16	169.78
17~19	18	72.76

(3) 最も不斉一な林分(標準偏差5記号Ⅲ)における立木の胸高直径別の正規分布
平均13cm $\sigma = 5$ 1,000本当りの胸高直径別正規分布。

第14表 Ⅲの場合の1,000本当り胸高直径別立木の正規分布

胸高直径範囲(cm)	代表値(cm)	1000本当り本数(本)
7~9	8	124.74
9~11	10	171.08
11~13	12	204.18
13~15	14	204.18
15~17	16	171.08
17~19	18	124.78

3 林分の胸高直径別立木群の枝打所要時間と、枝下高および枝本数に関する取纏め
さきに、この林分の平均胸高直径を13cmとして、胸高直径別の立木本数を、Ⅰ,Ⅱ,Ⅲ
に分けて正規分布させ、1,000本当りの立木本数を求めたが、これと全く同じ考え方で、
各胸高直径における枝下高、さらに各枝下高別の枝の本数を求め、また径級ごとの枝打所
要時間と枝下高及び枝の本数との関係などを、取纏めてみるとつぎのとおりとなる。

(1) 胸高直径 8cm

(i) 胸高直径 8cm の立木の1,000本当りⅠ,Ⅱ,Ⅲ別本数

- (a) Ⅰの場合 21.46 本
- (b) Ⅱの場合 72.76 本
- (c) Ⅲの場合 124.74 本

(ii) 胸高直径 8cm の立木群における枝下高別立木のⅠ,Ⅱ,Ⅲ別本数

(a) Ⅰの場合(枝下高平均 6~7m $\sigma=1$)

枝下高(m)	5以下	5	6	7	8	8以上	計
本数(本)	0.46	2.92	7.35	7.35	2.92	0.46	21.46

(b) Ⅱの場合(枝下高平均 6~7m $\sigma=1$)

枝下高(m)	5以下	5	6	7	8	8以上	計
本数(本)	1.56	9.89	24.93	24.93	9.89	1.56	72.76

(c) IIIの場合 (枝下高平均 6~7m $\sigma=1$)

枝下高(m)	5以下	5	6	7	8	8以上	計
本数(本)	2.84	16.95	42.58	42.58	16.95	2.84	124.74

(iii) 胸高直径 8cm の立木群における枝下高別の枝本数

当初想定したところでは、枝打所要時間に関係のある因子は、立木の胸高直径と、各径級別の枝下高および枝の本数であるとした。しかしこの径級に関する限り、単木当りの枝打所要時間は、回帰係数の有意差検定の結果、枝下高とのみ有意であった。

(iv) 枝打ち所要時間と枝下高との回帰式

$$Y = 1.8789 + 0.288446 X_1$$

ただし、 Y : 単木当り枝打所要時間、 X_1 : 枝下高

(2) 胸高直径 10cm

(i) 胸高直径 10cm の立木の 1,000 本当り、I, II, III 別本数

(a) I の場合 136.26 本

(b) II の場合 169.78 ♪

(c) III の場合 171.08 ♪

(ii) 胸高直径 10cm の立木群における枝下高別立木の I, II, III 別本数

(a) I の場合 (枝下高平均 6~7m $\sigma=1$)

枝下高(m)	5以下	5	6	7	8	8以上	計
本数(本)	2.93	18.55	46.66	46.66	18.55	2.93	136.28

(b) II の場合 (枝下高平均 6~7m $\sigma=1$)

枝下高(m)	5以下	5	6	7	8	8以上	計
本数(本)	3.67	23.27	57.95	57.95	23.27	3.67	169.78

(c) III の場合 (枝下高平均 6~7m $\sigma=1$)

枝下高(m)	5以下	5	6	7	8	8以上	計
本数(本)	3.73	23.47	58.34	58.34	23.47	3.73	171.08

(iii) 胸高直径 10cm の立木群における枝下高別の枝本数

(a) I の場合 (枝の本数平均 15~16 $s=8$)

(イ) 枝下高 5m 以下および 8m 以上

枝の本数(本)	6~10	11~15	16~20	21~25	計
立木本数(本)	0.5609	0.9041	0.9041	0.5609	2.93

(ロ) 枝下高 5m および 8m

枝の本数(本)	6~10	11~15	16~20	21~25	計
立木本数(本)	3.5516	5.7234	5.7234	3.5516	18.55

(ハ) 枝下高 6m および 7m

枝の本数(本)	6~10	11~15	16~20	21~25	計
立木本数(本)	8.9347	14.3953	14.3953	8.9347	46.66

(b) IIの場合 (枝の本数平均 15~16 $s=8$)

(イ) 枝下高 5m 以下および 8m 以上

枝の本数(本)	6~10	11~15	16~20	21~25	計
立木本数(本)	0.7026	1.1324	1.1324	0.7026	3.67

(ロ) 枝下高 5m および 8m

枝の本数(本)	6~10	11~15	16~20	21~25	計
立木本数(本)	4.4553	7.1797	7.1797	4.4553	23.27

(ハ) 枝下高 6m および 7m

枝の本数(本)	6~10	11~15	16~20	21~25	計
立木本数(本)	11.0952	17.8798	17.8798	11.0952	57.95

(c) IIIの場合 (枝の本数平均 15~16 $s=8$)

(イ) 枝下高 5m 以下 および 8m以上

枝の本数(本)	6~10	11~15	16~20	21~25	計
立木本数(本)	0.7142	1.6508	1.6508	0.7142	3.73

(ロ) 枝下高 5m および 8m

枝の本数(本)	6~10	11~15	16~20	21~25	計
立木本数(本)	4.4936	7.2414	7.2414	4.4936	23.47

(ハ) 枝下高 6m および 7m

枝の本数(本)	6~10	11~15	16~20	21~25	計
立木本数(本)	11.1698	18.0002	18.0002	11.1698	58.34

(iv) 単木当り枝打所要時間と枝下高および枝本数との回帰式

$$Y = 0.2078 + 0.476689 X_1 + 0.043302 X_2$$

Y: 単木当り所要時間

 X_1 : 枝下高 X_2 : 枝本数

(3) 胸高直径 12cm

(i) 胸高直径の立木の 1,000 本当り I, II, III 別本数

(a) Iの場合 342.18 本

(b) IIの場合 257.46 "

(c) IIIの場合 204.18 "

(ii) 胸高直径 12cm の立木群における枝下高別立木の I, II, III 別本数

(a) I の場合 (枝下高平均 6~7m $\sigma=1$)

枝下高(m)	5 以下	5	6	7	8	8 以上	計
本数(本)	7.72	46.50	116.87	116.87	46.50	7.72	342.18

(b) II の場合 (枝下高平均 6~7m $\sigma=1$)

枝下高(m)	5 以下	5	6	7	8	8 以上	計
本数(本)	5.51	34.99	88.23	88.23	34.99	5.51	257.46

(c) III の場合 (枝下高平均 6m $\sigma=1$)

枝下高(m)	5 以下	5	6	7	8	8 以上	計
本数(本)	4.37	27.75	69.97	69.97	27.75	4.37	204.18

(iii) 胸高直径 12cm の立木群における枝下高別の枝本数

(a) I の場合 (枝の本数平均 15~16 $s=5$)

(イ) 枝下高 5m 以下および 8m 以上

枝の本数(本)	6~10	11~15	16~20	21~25	計
立木本数(本)	1.2248	2.6352	2.6352	1.2248	7.72

(ロ) 枝下高 5m および 8m

枝の本数(本)	6~10	11~15	16~20	21~25	計
立木本数(本)	7.3775	15.8725	15.8725	7.3775	46.50

(ハ) 枝下高 6m および 7m

枝の本数(本)	6~10	11~15	16~20	21~25	計
立木本数(本)	18.5420	39.8930	39.8930	18.5420	116.87

(b) II の場合 (枝の本数平均 15~16 $s=5$)

(イ) 枝下高 5m 以下および 8m 以上

枝の本数(本)	6~10	11~15	16~20	21~25	計
立木本数(本)	0.8742	1.8808	1.8808	0.8742	5.51

(ロ) 枝下高 5m および 8m

枝の本数(本)	6~10	11~15	16~20	21~25	計
立木本数(本)	5.5513	11.9437	11.9437	5.5513	34.99

(ハ) 枝下高 6m および 7m

枝の本数(本)	6~10	11~15	16~20	21~25	計
立木本数(本)	13.9981	30.1169	30.1169	13.9981	88.23

(c) IIIの場合 (枝の本数平均 15~16 $s=5$)

(イ) 枝下高 5m 以下および 8m 以上

枝の本数(本)	6~10	11~15	16~20	21~25	計
立木本数(本)	0.6933	1.4917	1.4917	0.6933	4.37

(ロ) 枝下高 5m および 8m

枝の本数(本)	6~10	11~15	16~20	21~25	計
立木本数(本)	4.4027	9.4723	9.4723	4.4027	27.75

(ハ) 枝下高 6m および 7m

枝の本数(本)	6~10	11~15	16~20	21~25	計
立木本数(本)	11.1011	23.8839	23.8839	11.1011	69.97

(iv) 単木当り枝打所要時間と枝下高および枝の本数との回帰式

$$Y = 0.2014 + 0.508988 X_1 + 0.038880 X_2$$

ただし

Y: 単木当り枝打所要時間

 X_1 : 枝下高 X_2 : 枝の本数

(4) 胸高直径 14cm

(i) 胸高直径 14cm の立木の 1,000 本当り I, II, III 別本数

(a) I の場合 342.18 本

(b) II の場合 257.46 "

(c) III の場合 204.18 "

(ii) 胸高直径 14cm の立木群における枝下高別立木の I, II, III 別本数

(a) I の場合 (枝下高平均 7~8m $\sigma=1$)

枝下高(m)	5	6	7	8	9	10	計
本数(本)	7.78	46.51	116.80	116.80	46.51	7.78	342.18

(b) II の場合 (枝下高平均 7~8m $\sigma=1$)

枝下高(m)	5	6	7	8	9	10	計
本数(本)	5.86	34.99	87.88	87.88	34.99	5.86	257.46

(c) III の場合 (枝下高平均 7~8m $\sigma=1$)

枝下高(m)	5	6	7	8	9	10	計
本数(本)	4.47	27.84	69.78	69.78	27.84	4.47	204.18

(iii) 胸高直径 14cm の立木群における枝下高別の枝の本数

(a) I の場合 (枝の本数平均 21~22 $s=7$)

(イ) 枝下高 5m および 10m

枝の本数(本)	7~11	12~16	17~21	22~26	27~31	32~36	計
立木本数(本)	0.6053	1.2683	2.0164	2.0164	1.2683	0.6053	7.78

(ロ) 枝下高 6m および 9m

枝の本数(本)	7~11	12~16	17~21	22~26	27~31	32~36	計
立木本数(本)	3.6187	7.5811	12.0552	12.0552	7.5811	3.6187	46.51

(ハ) 枝下高 7m および 8m

枝の本数(本)	7~11	12~16	17~21	22~26	27~31	32~36	計
立木本数(本)	9.0876	19.0384	30.2740	30.2740	19.0384	9.0876	116.80

(b) II の場合 (枝の本数平均 21~22 $s=7$)

(イ) 枝下高 5m および 10m

枝の本数(本)	7~11	12~16	17~21	22~26	27~31	32~36	計
立木本数(本)	0.4559	0.9552	1.5189	1.5189	0.9552	0.4559	5.86

(ロ) 枝下高 6m および 9m

枝の本数(本)	7~11	12~16	17~21	22~26	27~31	32~36	計
立木本数(本)	2.7224	5.7034	9.0692	9.0692	5.7034	2.7224	34.99

(ハ) 枝下高 7m および 8m

枝の本数(本)	7~11	12~16	17~21	22~26	27~31	32~36	計
立木本数(本)	6.8375	14.3244	22.7781	22.7781	14.3244	6.8375	87.88

(c) III の場合 (枝の本数平均 21~22 $s=7$)

(イ) 枝下高 5m および 10m

枝の本数(本)	7~11	12~16	17~21	22~26	27~31	32~36	計
立木本数(本)	0.3478	0.7286	1.1586	1.1586	0.7286	0.3478	4.47

(ロ) 枝下高 6m および 9m

枝の本数(本)	7~11	12~16	17~21	22~26	27~31	32~36	計
立木本数(本)	2.1660	4.5379	7.2161	7.2161	4.5379	2.1660	27.84

(ハ) 枝下高 7m および 8m

枝の本数(本)	7~11	12~16	17~21	22~26	27~31	32~36	計
立木本数(本)	5.4288	11.3742	18.0870	18.0870	11.3742	5.4288	69.78

(iv) 単木当り枝打所要時間と枝下高および枝の本数との回帰式

$$Y = -0.0598 + 0.515986X_1 + 0.042772X_2$$

Y : 単木当り枝打所要時間

X_1 : 枝下高

X_2 : 枝本数

(5) 胸高直径 16cm

(i) 胸高直径 16cm の立木の 1,000 本当り I, II, III 別本数

(a) I の場合 136.26 本

(b) II の場合 169.78 ♪

(c) III の場合 171.08 ♪

(ii) 胸高直径 16cm の立木群における枝下高別立木の I, II, III 別本数

(a) I の場合 (枝下高平均 7~8m $\sigma=1$)

枝下高(m)	5	6	7	8	9	10	計
本数(本)	3.10	18.52	46.51	46.51	18.52	3.10	136.26

(b) II の場合 (枝下高平均 7~8m $\sigma=1$)

枝下高(m)	5	6	7	8	9	10	計
本数(本)	3.86	23.07	57.96	57.96	23.07	3.86	169.78

(c) III の場合 (枝下高平均 7~8m $\sigma=1$)

枝下高(m)	5	6	7	8	9	10	計
本数(本)	3.89	23.25	58.40	58.40	23.25	3.89	171.08

(iii) 胸高直径 16cm の立木群における枝下高別の枝の本数

(a) I の場合 (枝の本数平均 20~21 $s=6$)

(イ) 枝下高 5m および 10m

枝の本数(本)	6~10	11~15	16~20	21~25	26~30	31~35	計
立木本数(本)	0.4236	0.4647	0.6617	0.6617	0.4647	0.4236	3.10

(ロ) 枝下高 6m および 9m

枝の本数(本)	6~10	11~15	16~20	21~25	26~30	31~35	計
立木本数(本)	2.5307	2.7760	3.9533	3.9533	2.7760	2.5307	18.52

(ハ) 枝下高 7m および 8m

枝の本数(本)	6~10	11~15	16~20	21~25	26~30	31~35	計
立木本数(本)	6.3556	6.9714	9.9280	9.9280	6.9714	6.3556	46.51

(b) II の場合 (枝の本数平均 20~21 $s=6$)

(イ) 枝下高 5m および 10m

枝の本数(本)	6~10	11~15	16~20	21~25	26~30	31~35	計
立木本数(本)	0.5274	0.5786	0.8240	0.8240	0.5786	0.5274	3.86

(ロ) 枝下高 6m および 9m

枝の本数(本)	6~10	11~15	16~20	21~25	26~30	31~35	計
立木本数(本)	3.1523	3.4580	4.9245	4.9245	3.4580	3.1523	23.07

(ハ) 枝下高 7m および 8m

枝の本数(本)	6~10	11~15	16~20	21~25	26~30	31~35	計
立木本数(本)	7.9203	8.6876	12.3721	12.3721	8.6876	7.9203	57.96

(c) IIIの場合 (枝の本数平均 20~21 $s=6$)

(イ) 枝下高 5m および 10m

枝の本数(本)	6~10	11~15	16~20	21~25	26~30	31~35	計
立木本数(本)	0.5315	0.5831	0.8304	0.8304	0.5831	0.5315	3.89

(ロ) 枝下高 6m および 9m

枝の本数(本)	6~10	11~15	16~20	21~25	26~30	31~35	計
立木本数(本)	3.1772	3.4849	4.9629	4.9629	3.4849	3.1772	23.25

(ハ) 枝下高 7m および 8m

枝の本数(本)	6~10	11~15	16~20	21~25	26~30	31~35	計
立木本数(本)	8.4803	8.7536	12.4661	12.4661	8.7536	8.4803	58.40

(iv) 単木当り枝打所要時間と枝下高および枝本数との回帰式

$$Y = -0.1498 + 0.597918 X_1 + 0.040677 X_2$$

Y: 単木当り枝打所要時間

 X_1 : 枝下高 X_2 : 枝の本数

(6) 胸高直径 18cm

(i) 胸高直径 18cm の立木の 1,000 本当り I, II, III 別本数

(a) I の場合 21.46 本

(b) II の場合 72.76 本

(c) III の場合 124.72 本

(ii) 胸高直径 18cm の立木群における枝下高別立木の I, II, III 別本数

(a) I の場合 (枝下高平均 7~8m $\sigma=1$)

枝下高(m)	5	6	7	8	9	10	計
本数(本)	0.48	2.92	7.33	7.33	2.92	0.48	21.46

(b) II の場合 (枝下高平均 7~8m $\sigma=1$)

枝下高(m)	5	6	7	8	9	10	計
本数(本)	1.66	9.89	24.83	24.83	9.89	1.66	72.76

(c) IIIの場合 (枝下高平均 7~8m $\sigma=1$)

枝下高(m)	5	6	7	8	9	10	計
本数(本)	2.84	16.95	42.58	42.58	16.95	2.84	124.74

(iii) 胸高直径 18cm の立木群における枝下高別の枝本数

(a) Iの場合 (枝の本数平均 22~23 $s=6$)

(イ) 枝下高 5m および 10m

枝の本数(本)	8~12	13~17	18~22	23~27	28~32	33~37	計
立木本数(本)	0.0373	0.0783	0.1244	0.1244	0.0783	0.0373	0.48

(ロ) 枝下高 6m および 9m

枝の本数(本)	8~12	13~17	18~22	23~27	28~32	33~37	計
立木本数(本)	0.2273	0.4759	0.7568	0.7568	0.4759	0.2273	2.92

(ハ) 枝下高 7m および 8m

枝の本数(本)	8~12	13~17	18~22	23~27	28~32	33~37	計
立木本数(本)	0.5703	1.6948	1.8999	1.8999	1.6948	0.5703	7.33

(b) IIの場合 (枝の本数平均 22~23 $s=6$)

(イ) 枝下高 5m および 10m

枝の本数(本)	8~12	13~17	18~22	23~27	28~32	33~37	計
立木本数(本)	0.2583	0.5412	0.8605	0.8605	0.5412	0.2583	1.66

(ロ) 枝下高 6m および 9m

枝の本数(本)	8~12	13~17	18~22	23~27	28~32	33~37	計
立木本数(本)	1.5390	3.2241	5.1269	5.1269	3.2241	1.5390	9.89

(ハ) 枝下高 7m および 8m

枝の本数(本)	8~12	13~17	18~22	23~27	28~32	33~37	計
立木本数(本)	3.8638	8.0946	12.8716	12.8716	8.0946	3.8638	24.83

(c) IIIの場合 (枝の本数平均 22~23 $s=6$)

(イ) 枝下高 5m および 10m

枝の本数(本)	8~12	13~17	18~22	23~27	28~32	33~37	計
立木本数(本)	0.2210	0.4629	0.7361	0.7361	0.4629	0.2210	2.84

(ロ) 枝下高 6m および 9m

枝の本数(本)	8~12	13~17	18~22	23~27	28~32	33~37	計
立木本数(本)	1.3189	2.7628	4.3933	4.3933	2.7628	1.3189	16.95

(ハ) 枝下高 7m および 8m

枝の本数(本)	8~12	13~17	18~22	23~27	28~32	33~37	計
立木本数(本)	3. 3130	6. 9405	11. 0365	11. 0365	6. 9405	3. 3130	42, 58

(iv) 単木当り枝打所要時間と枝下高および枝の本数との回帰式

$$Y = -1.3104 + 0.73879 X_1 + 0.048946 X_2$$

Y: 単木当り枝打所要時間

X₁: 枝下高X₂: 枝の本数

V 摘 要

この工期計算は、立木 1,000 本が I, II, III 別に胸高直径が正規分布し、それぞれの胸高直径別に枝下高が正規分布し、さらに各枝下高についても枝の本数が正規分布するものとして計算している。各径級に対する枝下高および枝本数については、平均値、標準偏差は、悉皆調査（立木全部について）からの実測値である。

立木群の径級、枝下高および枝本数に対するこのような想定は、急速な発展をとげつつある林木測定法の見地からすれば、余りにも単純な構成であろう。しかしたとえば、伐木造材作業に関する工期表のほとんどが取扱っているように、事業現場において任意の胸高直径、樹高、歩止りの林木が、1本1本、伐木造材されるのを時間観測しておいて、その後で正確な収穫調査の結果から調整できるものと異なり、枝打ちすべき林分は、収穫を数年または数10年の後にするものであるから、いかに人工林といえども、同一直径、同一樹高（同一枝下高）、同一枝数という林木集団を望めない現実林を対象とする場合、収穫工期表と同一の取扱いをすることは困難である。また枝打作業を実施するに先立ち、正確な林分調査を行なったのち、供用人員数を決定するのも、枝打工期を把握するという本来の目的に対しては若干歪んだものとなるであろう。そこでやむをえず想定した処理法が、前述の正規分布の想定である。

そこで、ここでは一応、平均胸高直径 12~14cm=13cm の林分で、1ha 当り 1,000本、胸高直径の標準偏差をそれぞれ 2, 3 および 5 と 3 の段階を想定し、そのおのおの場合における径級別の立木本数、枝下高および枝本数の正規分布として所要時間を計算している。

その結果は、第 15 表、第 16 表および第 17 表に示すとおりである。

第 15 表 生長成績 I, 立木 1000 本, 平均胸高直径 12~14cm の林分における
径級別枝下高別の枝打所要時間(分)

枝下高 (m) \ 胸高直径 (cm)	8	10	12	14	16	18	総 計
5 (5以下)	(1.46)	(8.86)	(23.90)	26.78	11.43	1.67	
6 (5)	(9.69)	(60.61)	(155.78)	183.37	79.42	12.22	
7 (6)	(26.53)	(174.41)	(451.30)	512.68	227.34	41.44	
8 (7)	(28.67)	(196.67)	(510.72)	581.08	255.50	47.61	
9 (8)	(12.24)	(87.04)	(226.62)	255.57	112.70	18.84	
10 (8以上)	(2.03)	(14.46)	(41.57)	46.80	20.67	3.45	
計	80.62	542.05	1409.89	1606.28	707.06	125.23	4471.13

第 16 表 生長成績Ⅱ，立木 1000 本，平均胸高直径 12~14cm の林分における
径級別枝下高別の枝打所要時間(分)

枝下高 (m) \ 胸高直径 (cm)	8	10	12	14	16	18	総 計
5 (5以下)	(4.96)	(11.10)	(17.05)	20.17	14.22	11.57	
6 (5)	(32.83)	(75.91)	(117.23)	137.95	98.91	82.79	
7 (6)	(90.00)	(216.63)	(360.70)	385.73	283.30	247.08	
8 (7)	(97.23)	(244.26)	(385.56)	437.21	318.41	283.82	
9 (8)	(41.44)	(109.16)	(170.52)	192.27	140.38	127.58	
10 (8以上)	(6.75)	(18.11)	(29.68)	35.25	25.73	23.89	
計	273.21	675.17	1080.74	1208.58	880.95	776.73	4895.38

第 17 表 生長成績Ⅲ，立木 1000 本，平均胸高直径 12~14cm の林分における
径級別枝下高別の枝打所要時間(分)

枝下高 (m) \ 胸高直径 (cm)	8	10	12	14	16	18	総 計
5 (5以下)	(9.03)	(14.31)	(13.53)	15.38	14.33	9.90	
6 (5)	(56.27)	(76.55)	(92.97)	109.75	99.69	70.94	
7 (6)	(153.71)	(218.09)	(270.19)	306.28	290.34	221.84	
8 (7)	(166.06)	(245.75)	(305.76)	346.69	326.31	243.34	
9 (8)	(71.02)	(110.13)	(135.24)	152.99	141.49	109.33	
10 (8以上)	(12.30)	(23.33)	(23.53)	26.88	25.93	20.44	
計	468.39	688.16	841.22	957.97	898.09	675.79	4529.62

スパイク金具による枝打作業の余裕率および準備後仕末が，第 2 表に示すとおり平均 25.41% であるから，実働時間は，48 分中，約 357 分となる。このような速度で作業が施行されたとして，1ha 当り 1,000 本，胸高直径平均 12~14 cm，生長成績Ⅰの林分を 1 人の作業員で枝打ちしたとすれば，下記の式に示すとおり，約 13 日が費されることになる。

$$[4471.13 \text{ 分} + 177.78 \text{ 分} : \text{移動時間}] \div 357 \text{ 分} = 13.0 \text{ 日}$$

同様に，Ⅱ，Ⅲの成長成績の林分では，それぞれ 17.1 日，13.2 日となる。これがたとえば 2,500 本/ha であるとすれば，

$$\text{Ⅰの場合} \quad (2.5 \times 4471.13 + 277.78) \div 357 \doteq 32 \text{ 日}$$

となる。

おおむね枝打作業の対象となるヒノキ林は，15~25 年生位と大雑把に仮定しても，その胸高直径の平均は 8~18cm 程度であろうから，いままでに述べたような正規分布の考え方を適用して，各胸高直径平均別の立木正規分布 (1,000 本/ha, 2,000 本/ha, 2,500 本/ha および 3,000/ha) を想定し，立木分布表および工期表を作製することができるのではあるまいか。

つぎに，枝下高および枝本数と枝打所要時間との関係は，かなり安定した相関関係があり，本調査でえた結果についていえば，径級 10cm, 12cm および 14cm における枝打所要時間，枝下高および枝本数との回帰式間には有意差が認められなかったし，また作業員の個人差 (技能，年齢，経験年数) も認められなかったので，このスパイク金具の使用は，工期計算という点からも，きわめて好都合であると判断される。

Résumé

I. Introduction of Climbing Spikes

- (1) Comparison of R.M.R. as operators' physical burden among the work with the spikes, the work with an improved saw and the work with a ladder (Table 1)
- (2) The actual allocation of the working hours among these three working systems (Tables 2, 3 and 4)
- (3) Comparison of efficiency among these working systems (Tables 5 and 6)
- (4) Comparison of volume of labour per 480 minutes among these working systems (Tables 7, 8 and 9)

II. Merits and Demerits of the Use of the Spikes

(a) Merits

1. Efficiency of lopping operation with the spikes is 1.3—1.6 times as high as the other working systems.
2. Operators' physical burden is light by the use of the spikes.
3. Operators can easily carry around the spikes in a forest.
4. Operators can cut branches wherever they like.
5. Operators wearing the spikes can move easily to wherever they like in a forest.
6. Operators are safe in lopping by using the spikes.
7. The spikes are less expensive than the other tools.

(b) Demerits

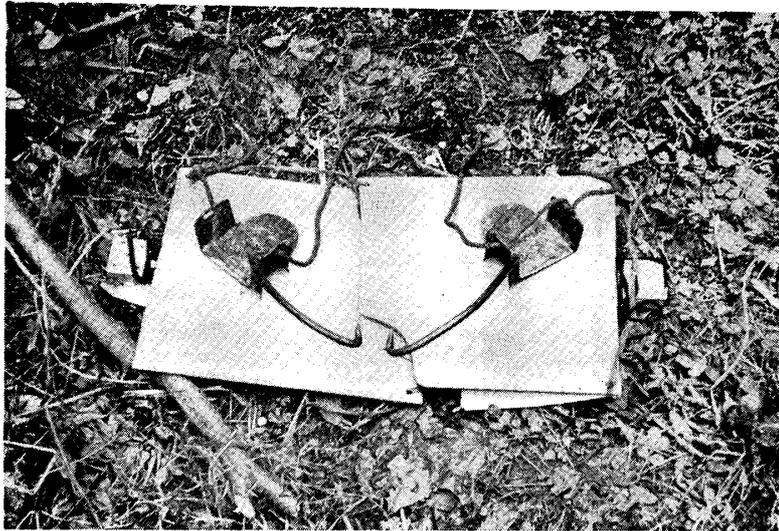
The spikes have practically no demerit.

III. Efficiency Table of Lopping with the Climbing Spikes

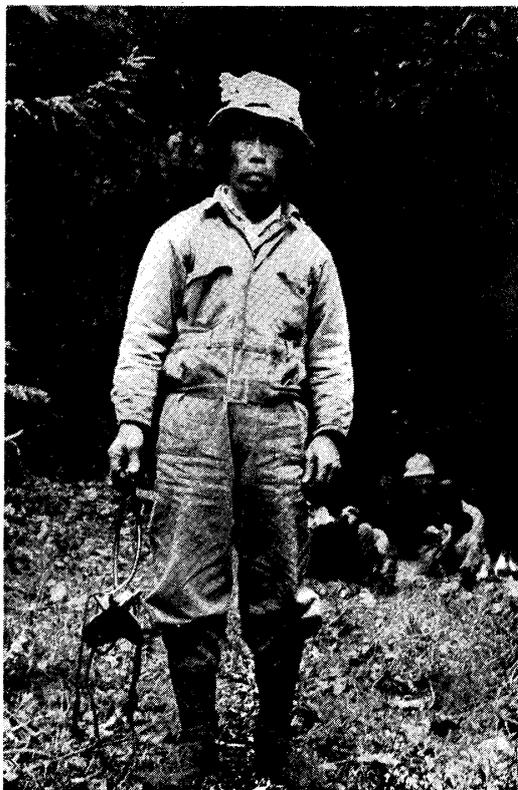
(It is assumed that the trees in a stand take the normal distribution.)

(Tables 15, 16 and 17)

I 木登り用スパイク金具



II スパイク金具は持運びが軽便である



Ⅲ こんな細い木でも登れるスパイク金具



Ⅳ 楽な姿勢で枝打ちができる

