

振動・騒音による障害防止の
ための作業方法に関する試験

1. 試験担当官

機械科部作業科作業第1研究室

辻 隆 道 渡 部 庄三郎 石 井 邦 彦 桑 原 正 明

2. 試験目的

機械作業の発展とともに、機械の使用頻度が多くなってきている現在、機械の発する騒音・振動が労働生理学上、人体におよぼす影響は無視できないものである。また、その影響により作業工程の低下、あるいは労働災害の発生などに関連した事項について解決するには、機械の騒音・振動の物理的な実態調査を行ない、波型・振幅・振動数を明らかにし、作業方法・作業動作と関係づけて、少しでもその影響を軽減することを計るとともに、発生源である機械に対してもその防止と緩衝装置の効果をも併せて研究する。

3. 試験の経過とえられた成果

チェーンソー使用者にチェーンソーの振動に起因するといわれるレイノー現象が発生していることは、チェーンソーがガソリンエンジンの動力を利用しているので、エンジンからの振動が人体に影響していることは確実である。特にチェーンソーは軽量小型につくられている点、その機械の整備の如何によっては振動が人体に強く影響している場合が考えられる。すなわちチェーンソーの保守整備の良否、ソーチェーンの目立の良否によって振動の影響を最小限に止めることも可能であろう。

さらにチェーンソーの保守整備を完全にしソーチェーンの目立をよくするという機械の面から幾分なりとも振動防止ができたとしても、そのチェーンソーを使用する作業員の機械取扱い如何によっては、折角の振動防止の効果も薄らぎ意味がなくなる。また使用する作業姿勢、動作によって受ける振動も異なるといわれている。

以上の観点から、われわれの研究室においては、主に使用者の面から人間工学的な手法によって防振対策の検討を行なった。

1. チェーンソーの整備状況と目立ての実態

チェーンソー伐木造材作業における上述の実態を把握するため、昭和35年4月1日に施行された「チェーンソー取扱要領」にもとづいて、チェーンソーの整備状況、目立の実態と一部作業状態における振動測定、作業方法（おもに動作分析）について全国的な実態調査を実施した。これについては「チェーンソー伐木造材作業の機械の操作整備の実態調査ならびに指導要

綱の作成についての報告書」をまとめ、昭和41年3月林野庁へ提出した。さらに「ソーチェーン目立要領」を作り、現地において作業員の講習に、また再教育に役立っている。

とりまとめた詳細については上記報告書を参照していただきたい。得られた結果を要約するとつぎのとおりである。

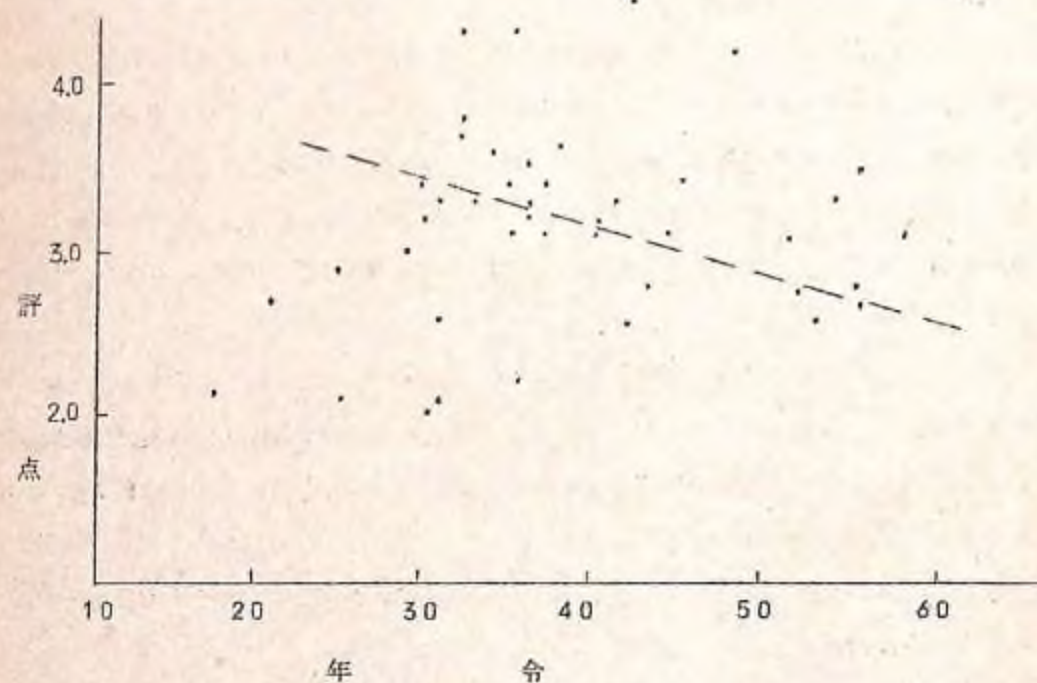
(1) 整備状況

チェーンソーの整備状況については20項目(表1参照)について5点満点による評価法により、現地の使用機械について調査し、統計処理による検討を加えた。結果は次のとおり

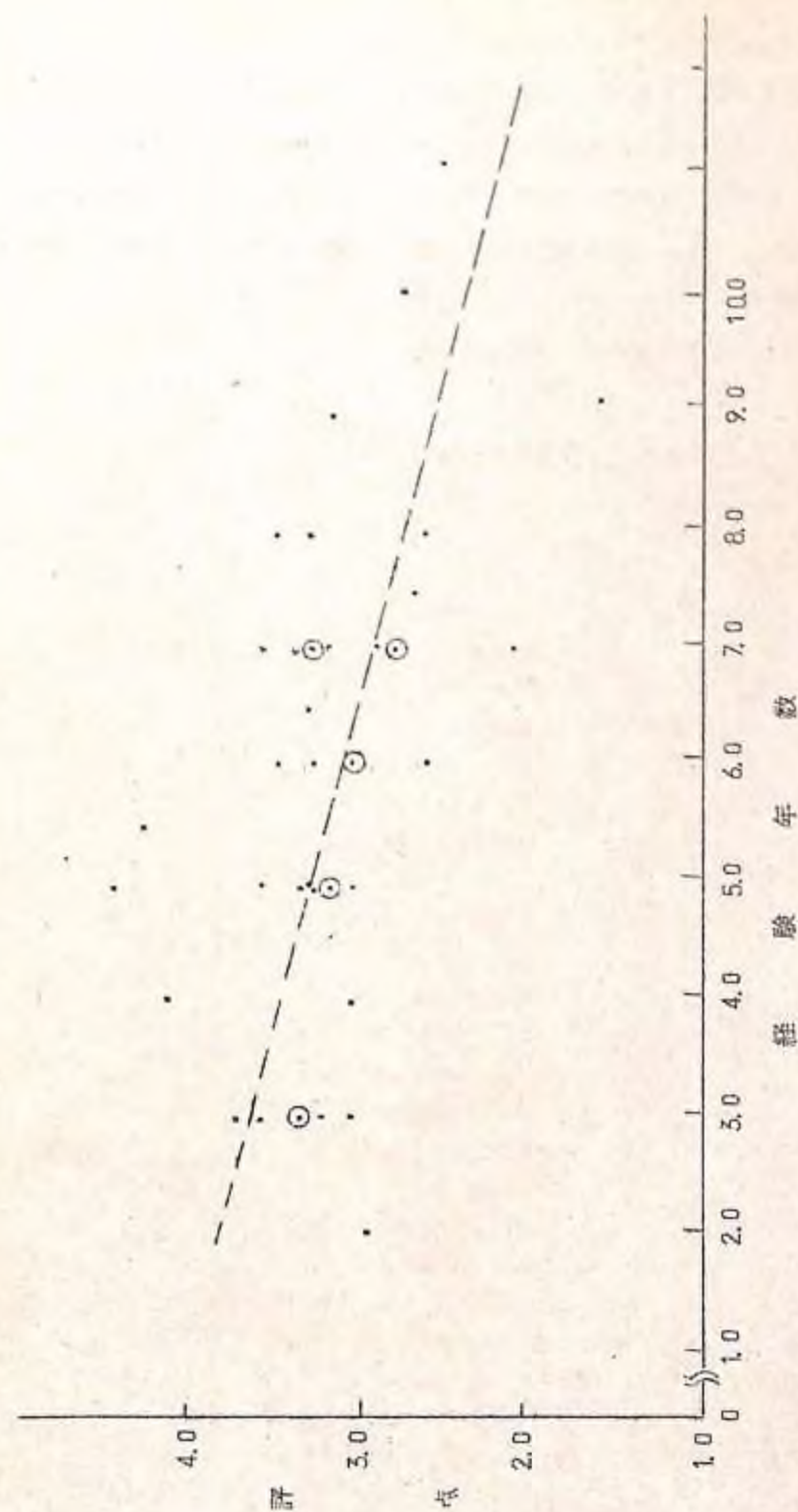
i) チェーンソーの使用あるいは作業量などの良い所とそうでない所と指定された営林署間の整備評点には差はない。

ii) 技能上と技能下の作業員間の評点平均値間には差がない。

iii) 経験年数の増加、年齢の増加にともない整備状態は悪くなっている。(図1, 2)



第1図 年齢と評点との関係



第2図 経験年数と評点との関係

このことに対する推測としては、チェーンソーの使用当初は機械に対する知識も少なく故障をおそれて整備をよく行なうが、知識がふえ経験も長くなると整備よりも作業量の増加に時間が集中されるとともに故障修理も簡単にできるようになり、日常の整備がおろそかになるということ、さらに年令との関係では機械使用の研修教育において、機械用語や理論に対する知識および吸収する能力の低下が年令と関係していることなどが考えられる。

IV) 全国の地域間には整備において差があり、良い地域からみると東北→四国・九州→中部→北海道の順に悪くなっている。

V) 測定項目について優劣を求めると表1となる。

表1. 整備項目の優劣

層 別	整 備 項 目
優	チェーンオイル クラッチ ファンハウジング 配線のいたみ スターター ファンの汚れ ネジのゆるみ
劣	外部の汚れ エアクリーナー プラグ間隙 チェーンの汚れ、いたみ チェーンの目立 プラグの汚れ
中	ガバナー フィンの汚れ 部品のいたみ ポイント ブレードの汚れ ギヤオイル スプロケット

この表から、エンジンの作動に関係する項目は一般によいが、ソーチェーンに対する項目の悪いのが目立っている。

(2) 目立の実態

整備項目においてソーチェーンに関するものの評点は低位にあるが、実際に材を切断する直接のものはソーチェーンであり、この目立の良否が作業能率に影響するところが多い。良い目立のチェーンを使用することによって伐倒や玉切では正確に切断が出来、なおかつ切断中のコントロールが可能となり、良い製品ができると共にバーの狭まれるのが予防できるであろう。さらに目立の悪いカッターからくる振動はオペレーターに不快であり、チェーンに過度の負担をかける結果をもたらすといわれている。われわれは現場で出来る防振対策としては先づ、目立によるものが一番可能性があり、また重要な項目であるといえよう。この観点から、作業として関心をもつであろうし、また作業上、大切な目立の状況について、実際使用しているソーチェーンの切刃1枚1枚接写し、写真上から刃角度、刃の長さ、デブス量、刃の傾斜角を測定した。整備状況の中で述べたとおり、目立てとくに左右両刃の不揃いが非常にひどいことが明らかとなった。

測刃すくい角：左右両刃の平均値で最大が4.6°、最小は1.2°となっていて、目立する作業員によって3.4°の差がある。55例中左右両刃の揃っているのは2例にすぎず、悪い方では1.7°～1.9°も違っている例もあり、いずれも目立基準には程遠く、左右両刃の揃っていないことはなほだし。

デブス量：デブス量の基準は一応0.72mmといわれているが、これに一致するものがなく、0.6～0.8の範囲にあるものは55例中14例にすぎない。一般にデブスの削りすぎの感が強く、不揃いもはなほだし最大0.83mmと最小0.41mmで差0.42mmと倍以上のものもあった。

刃の長さ：いずれも左右の不揃いが目立ち、揃っているのでも最大最小の差は0.6mm、揃っていないものは1.52の差があった。

側刃傾斜角：角度の基準は90°であるが、基準通りのものが55例中2例だけで、極端に悪いものでは36°の差をもつものもあり、不揃いが目立った。

切刃諸元の4因子について測定結果の概略を述べたが、すくい角、デブス量、傾斜角の基準値に程遠いのは勿論のこと、それ以上に左右両刃の不揃いが特にひどい。揃い、不揃いをあらかずものとして標準偏差を求めたところ、これらの間では相関が高く、すくい角、デブス量、刃の長さの3因子はいずれかが揃っていれば、他のものも揃っている傾向を示した。

以上のように切刃の各測定項目についてみてチェーンの目立の実態は満足するものがなく、特に左右の刃の不揃いが目立つ。また刃角度、デブス量、側刃傾斜角などの関連もなく、考慮もされていない感じの目立であることは、これらの刃各部のそれぞれの目的と効果が徹底していない点があるかもしれない。そして目立そのものの技術が未熟とも云える。

われわれの測定した4項目について不揃いの面をとりあげ、一応各項目に対する標準偏差の少ないものを切刃のそろっているグループとして、大きいものを不揃いのグループとし、いろいろな条件因子と比較してみたのが表2である。目立の揃っているグループの特長というか、不揃いのグループと異なる点は、まづ広葉樹を対象としている所、チェーン伸び率が+の方、すなわち作業中にチェーンが伸びるような張り方をしている所である。これはチェーンのみならずブロケットホイールとの関係があるが、そうかといって整備評点において両グループの差は見られない。次いで事業所において判定した技能上の者が揃っているグループに特に多い。また過去の災害歴のない人がこのグループに多くみられる。これらの目立の良否の両グループ比較において感じられることは、作業員の個人的な性格、たとえば災害を起さないような勤の良い人で、人格的にも総合技術においても技能上と評価される人の目立がわりかた揃っているとした考えられないのである。

2. 能率と整備評点の関係

チェーンの目立技術および機械の整備状態が能率に影響する、一勿論作業員の技能の優劣にも当然影響するであろうが、一ことは考えられる一面である。

実態調査の被験者を技能上下に分けたときの100cm当り鋸断時間の平均値には差が見られなかった。そこで角度をかえて、目立技術の優劣と能率の関係がチェーンソーの整備評点と関連がないかどうかを検討してみた。

目立技術の優劣と能率の関係については、新しいチェーンを使った場合の能率と常用チェーンを使った場合の能率の比を求め、その比の大小によって目立技術の差をみることができると考えた。さらにこの求められた比と機械の整備評点との関連を見いだすことによつて機械の整備状態が能率におよぼす影響が理解できる。なおこの関係の中でスパイクの有無別についても検討した。

鋸断径を40cmとしたときの100cm当り修正鋸断時間を回帰式から求め、能率と整備評点の関係をみたのが第3表である。

この表から新しいチェーンを使った時より常用のチェーンを使った時の方が、整備評点の高いほどその比が小さい。すなわち機械の整備状態がよければ鋸断能率がよくなっていること

表2 切刃の揃っているグループと劣るグループの別による目立の良否の測定項目

切刃の揃い方の良否	測定因子	切刃の揃っているグループ				劣るグループ				切刃の不揃いのグループ			
		良い	中	間	悪	良い	中	間	悪	良い	中	間	悪い
作業員	平均値	3.2	1.8	2.5	2.8	5	3.5	2.24	2.74	3.4	7	2	4.0
	標準偏差	2.453	1.171	3.000	2.431	4.569	2.924	2.74	4.22	2.889	3.035	2.510	2.278
	平均値	3.46	3.60	1.77	1.77	4.49	1.00	0.17	0.16	4.50	1.60	1.03	0.98
	標準偏差	1.01	1.30	0.93	0.66	0.91	0.12	0.17	0.16	1.60	0.16	0.14	0.27
チェーン	平均値	1.148	2.48	1.100	1.027	1.106	10.66	10.66	7.61	11.68	11.68	11.05	8.32
	標準偏差	0.20	0.20	0.25	0.38	0.28	0.39	0.39	0.41	0.75	0.75	0.23	0.48
	平均値	9.000	9.276	9.636	8.854	9.028	9.013	9.013	9.680	10.312	8.397	8.397	8.397
	標準偏差	0	2.35	4.80	2.57	1.91	0.88	0.88	3.89	2.87	2.87	8.11	4.28
対象林分	平均値	2.6	2.4	4.0	3.4	4.7	3.9	3.9	3.7	4.8	2.4	4.5	2.3
	標準偏差	6.0	6.7	5.6	4.4	6.4	6.8	6.8	6.8	7.0	4.6	6.7	6.4
	平均値	1.9	1.9	1.7	1.4	1.9	2.2	2.2	2.2	1.5	1.6	1.6	1.6
	標準偏差	0	-1	+1	+1	+6	+1	+1	?	+2	-1	-2	+1
チェーンの伸び	平均値	3.1	3.3	3.0	4.4	2.8	3.4	3.4	2.8	2.5	4.1	2.6	4.3
	標準偏差	6.350	5.980	6.080	6.000	5.050	6.670	6.670	7.500	7.240	5.900	6.540	6.050
	平均値	7.1	9.4	1.17	7.5	6.3	7.6	7.6	14.6	9.2	7.0	6.2	6.6
	標準偏差	6.8	9.2	8.1	6.5	5.1	8.8	8.8	8.1	11.5	7.2	6.3	6.0
ハンデル部	平均値	3.2	3.2	3.3	3.5	2.7	3.4	3.4	3.1	2.6	3.5	3.6	2.7
	標準偏差	3.4	3.2	3.5	3.4	2.7	3.5	3.5	3.2	3.2	3.5	3.6	3.3
	平均値	上	上	上	上	上	下	下	上	下	下	下	下
	標準偏差	上	下	上	下	上	上	上	上	下	下	下	上
ハンデル部	平均値	9.0	7.0	8.0	8.0	0.5	5.0	5.0	6.0	8.0	7.0	5.0	7.5
	標準偏差	15.0	1.00	3.40	2.20	5.0	1.30	1.30	1.90	2.60	2.00	1.80	1.70
	平均値	3.9	3.0	5.4	3.6	2.1	3.0	3.0	5.8	5.3	3.7	3.8	5.6
	標準偏差	1	0	0	0	0	4	4	3	2	1	0	0

1) チェーンの伸び：有効バー長の $\frac{1}{2}$ を10kgの強さで引張り、その時のバー根とサイドドリフト底部との間隔(mm)

2) 振動：明石製作所製ACV型手持振動計により測定

表 3 整備評点と能率

ーチェーンの新, 常の比からみたー

スパイク 有無別	整備評点 グループ	100㎡当り修正鋸断時間		比 B/A
		新しいチェーン(A)	常用のチェーン(B)	
有	2.6~2.9	3.07秒	3.20秒	1.04
	3.0~3.3	3.53	3.26	0.32
	3.4~3.9	5.30	3.23	0.61
無	3.0~3.3	2.84	2.80	0.98
	3.4~3.6	3.38	3.23	0.95
	4.5	4.96	3.38	0.68

を示している。(ここでは時間値よりも比を問題にしているため整備状況が良ければ能率がよいと云う結果になる。)この事に関連して目立状況をみたのが表4である。整備評点の高いグループほど側刃すくい角を除いてデブス量, 刃の長さ, 側刃傾斜角の標準偏差すなわち不揃いの傾向が小さくなっている。特にデブス量において平均値, 標準偏差ともその差が顕著である。また整備評点の高いグループから, 切刃のよく揃っている作業員の例を表の下欄に載せてあるが, この例をみてもこの種の関係が明らかである。

表 4 「整備評点と能率」と切刃の状況(スパイク有の例)

整備評点 グループ	B/A		側 刃 すくい角	刃の長さ	デブス量	側 刃 傾 斜 角
2.6~2.9	1.04	平均値	31.7度	9.72mm	1.30mm	9.47度
		標準偏差	7.97	2.04	0.54	6.93
3.0~3.3	0.92	平均値	25.5	8.29	1.04	9.38
		標準偏差	7.39	3.61	0.29	4.66
3.4~3.9	0.61	平均値	31.6	9.25	0.87	8.76
		標準偏差	9.69	0.92	0.24	4.17
* 3.6	0.32	平均値	38.8	10.02	0.77	9.07
		標準偏差	5.74	0.26	0.19	1.95

* 切刃が揃っている例

* A, Bは表3から移記

能率と整備評点, 目立の良否の関係をみてきたが, 常用のチェーンを使っている中で, 目立がよく揃っているものは整備評点も高く, また能率もよいといえるようだ。能率は種々の因子によって左右されるが, ここにとりあげた点から, 整備状況と目立の良否などは能率に影響することが大きいといえる。

3. 振動について

(1) 実態調査の例

全国実態調査時の振動測定は明石製作所製AC-V型手持振動計によって, チェーンソーハンドル部の上下, 水平方向の振動を測定した。チェーンソーの玉切鋸断中の振動は機械の馬力, 回転数, 重量, ソーチェーンの目立良否, バー長, 作業方法などによって変わってくるので, これらの1つ1つの因子だけでの傾向から振動を判断することは困難である。反面においては, これらの因子が振動とどのような関係にあるかを知ること, 振動解析の上で必要なことでもあろう。この意味においてこれらの因子と振動加速度 a との関係をみてみた。

切刃諸元の内, 刃の長さが9mm以上と9mm以下とでは振動発生傾向に差がある。刃の長さ9mm以上について, すくい角 35° , デブス量0.72mm, 傾斜角 90° と一定にして切刃の長さを変化させた場合と, 刃の長さを11mm, デブス量0.72mm, 傾斜角 90° と一定にしてすくい角を変化させた場合に, これらが振動加速度 a に対する影響をみると次のようになった。この場合すくい角よりも刃の長さの影響が多く左右される傾向にある。

測定方向	刃の長さ		すくい角	
	大	小	大	小
上下方向	小	大	小	大
水平方向	大	小	大	小

振動加速度 a と他の因子間の関係については, 刃の長さ9mm以上の場合上下方向でバー率排気量, チェーン張り率, 能率の間に相関が高くなる傾向を示した。

振動と各因子の関係を述べると

- ・チェーンをゆるく張ると振動は大きい。
- ・排気量が大きくなると振動は大きい。
- ・切刃が不揃いだと振動は大きい。
- ・回転数が多いと振動は大きい。

(2) 実験調査の例

実態調査で得られた切刃条件と振動に関する問題点の裏付けと目立方法の確立を究明する

ため実験調査を行なった。

振動分析系はBrüel & Kjær 社製加速度型振動計の出力をNAGRA III型テープレコーダーで記録し、Brüel & Kjær 社製周波数分析器、同社製高速度レベルレコーダ等により分析した。

ソーチェーンの種類はすくい角9種類、デブス量を3種類に設定し、玉切鋸断中のハンドル部の水平、上下方向とグリップ部の水平方向について各5回ずつ測定した。

第1次のブナ材を対象にした場合、刃の長さによって振動の性質が変化していること、刃角度・デブス量の変化によって顕著な差はみられないが、刃角度を45°に揃えた方がハンドル上下・水平方向とも振動が小さい傾向を示すこと、などがわかったが、切刃の変化による差よりも作業員間の作業方法による差が大きくて、切刃の変化による問題の解析までにいたらなかった。

第2次のスギ材を対象にした場合はソーチェーンの切刃の長さも10mm以上とし、ソーチェーン以外の条件をできるだけ一定にし測定した。ソーチェーンの刃角度、デブス量を変えた場合の振動の変化の一例を図3に示す。100、400、1,000、2,000サイクルなどが優勢な成分で、いずれもデブス量による差がでている。(図の測定値は5回ずつの玉切鋸断中の振動の平均をとったもので、図中の↑印はその巾を示す。)すなわちデブス量0.7、1.2mmの方が振動が小さくなっている。

この傾向を各刃角度、デブス量について細かくみたのが図4である。1K以下では第1次成分である100サイクルについて、1K以上では1,000、2,000サイクルについて示している。この図は普通ハンドルの例で、図中調査毎の○印は刃角度の揃っているグループをあらわす。

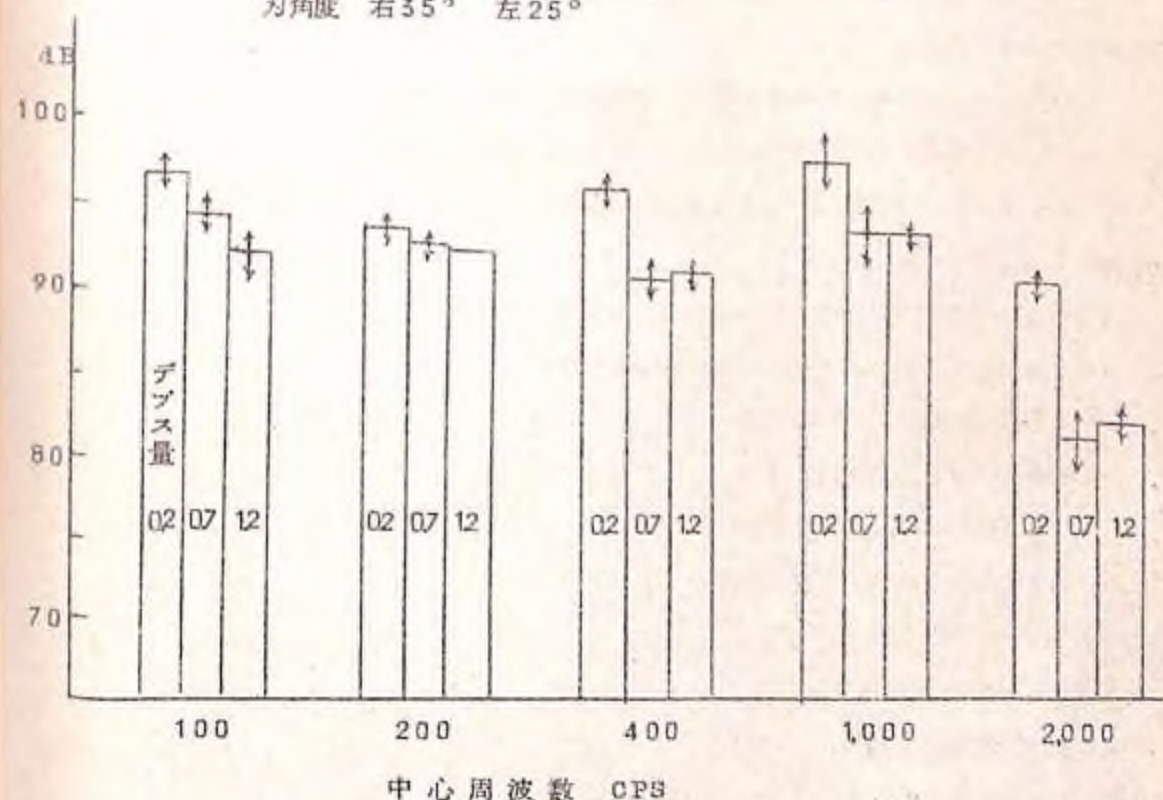
ハンドル上下方向：デブス量0.2mmのグループでは、各サイクルとも刃角度の揃っているグループの振動が小さい。0.7mmでは刃角度によって振動にはあまり差がないが、45°は揃っているグループでは比較的振動が大きい。1.2mmでは100、1,000サイクルで揃っている方の振動が小さくなっているが、2,000サイクルでは逆に大きくなっている。相対的にみた場合刃角度が揃っているグループの方が振動が小さい。

ハンドル水平方向：この方向の振動はチェーンソーエンジンの駆動方向と同じ方向をもつ振動である。そのため振動の影響をみるには有効であろう。各サイクルともデブス量によって明らかに振動に差がでている。0.7mmのデブス量を持つソーチェーンの振動は他の2者よりかなり低い。とくに1,000サイクルにおいてその差が大きい。また刃角度においては

図3 デブス量の変化による玉切時の振動

普通ハンドル 上下方向

刃角度 右35° 左25°



揃っているグループの方の振動が全般的に小さくなっている。

グリップ水平方向：100サイクルでは各デブス量ともあまり変化はないが、1.2mmのデブス量で若干低い傾向を示す。1,000、2,000サイクルではデブス量による差よりも刃角度による差が大きく、とくに1.2mmのデブス量による差が激しい。

各成分について総合的にみた場合でもデブス量により振動に差があり、とくにハンドル水平方向における振動にそれが顕著である。全般的にデブス量0.7mmの場合が小さく、刃角度の揃っているグループの振動が小さい。

目立の良否により振動に及ぼす影響が違ってくるというわれわれの考え方が、これらの実験調査からはっきりと理解できた。これらによって目立方法の確立について「ソーチェーン

目立要領」を作成し、現地において作業員に対する講習に、また再教育に役立たせた。

4. 作業方法

前述したように、機械の改良、保守整備の徹底、目立方法の指導強化などによって振動防止が幾分でも可能になったとしても、そのチェーンソーを使用して作業を行なう作業員の作業姿勢、動作によって、振動の受ける影響も異なってくるので、折角の振動防止の効果も薄らぎ、意味のないものになる。

この観点から、われわれの研究室では、現場における作業員の玉切鋸断中における動作を16mmフィルムで撮影し、動作分析を行ない、この点に関して検討を加えた。

チェーンソーによる作業は、ほとんど立位か歩行を伴う作業であり、なおかつチェーンソーを保持する作業といえる。

このような作業についての人間工学的な注意事項があるが、とくにチェーンソー作業と関係があると考えられるものについて記すと次のようである。

- ・できるだけ体軸に近く持つこと
- ・左右ほぼ同じ重量に配分して持つこと
- ・もっと負担の少ない運搬方法を採用すること
- ・履物と地面との摩擦係数が関係する
- ・平均の一日運搬回数
- ・一日の平均歩行距離
- ・生体の平衡からくる条件

無理な姿勢からくる筋肉の負担をなくするためには

- ・作業点と生体との関係

筋力を必要とする場合は距離を調節すること（高さおよび身体の作業点との距離について）

- ・必要最小限度の筋肉にとどめること

（筋力は生理学的横断面積に比例する）大きな筋肉を必要としない作業方法を考えること

- ・静的な持続的筋肉収縮ないし緊張の起きる部分のないようにすること。

以上のようなことを考慮しなければならないが、実際に玉切鋸断中の作業員の動作を撮影したフィルムから動作分析した結果をこれらの注意事項と関連させ述べてみる。

チェーンソーを使用して玉切作業中の腕握りの支え角度と身体各部の角度を測定し、その類

度をみると表5となる。測定部位は表の下に示してある。

右腕の角度は125～160度が多く、グリップの握りでは110～130度となっている。これらの構えから左腕は真直ぐに伸ばした状態が多く、フレームとの握り角度は135度前後である。

体位としては175度前後で、上半身は直立か40度前屈が多くなっている。なお左上腕は体軸から40、60～70、90度前後のところが多くみられる。上膊の体軸からの角度、上半身の角度などにおいて、その幅が広がっていることは、対象となる作業位置すなわち切断箇所の高さがまちまちであるという、野外でなおかつ傾斜がある林業現場における自然条件の複雑さを物語っているといえる。この作業箇所の高さを足元、膝、腰の位置に分類して身体各部の角度をみてみると次のとおりである。（表6）

表6 作業位置の高さ別における腕握り支え角と身体各部の角度

作業位置 の高さ	腕 握 り 支 え 角				体 位 の 角 度		
	ハンドル	左 肘	グリップ	右 肘	体 位	上 半 身	左 上 腕
足 下	140～ 145	175～ 180	110～ 115	140～ 145	140～ 145	40～ 35	95/ 90～100
膝 高	140～ 145	175～ 180	110～ 115	130～ 135	140～ 135	40～ 45	65/ 60～70
腰 高	130～ 135	170～ 175	120～ 125	130	180	0～ 5	35/ 30～40

このような作業姿勢から、実際に切断している動作について頭頂、左右の肩（肩峰点）、左右の肘および左右の握り点について5秒間隔でそれぞれの位置の動きをみた例を図5a～bに示す。図中の切初位置は作業姿勢を構えてチェーンソーで材を切るときに一番最初に接した位置を示し、各部の・印はその時の位置をあらわす。なお図中に切初位置と切初めの左握り位置を破線で結んでいるが、図a）は左握りの真下に、図b）は左握りより前方に切初位置がある。a）、b）の違いは、切初位置が真下にあれば切初における左右の握り位置が同じ高さであり、前方にあれば右握りの位置は左握りの位置より低いところにあるといえる。a）の場合は左肘が直線的に伸び、右肘はほぼ直角になっているが、b）の場合は左右の肘が同じような角度になっている。動作軌跡からみると、a）は頭頂の動きが大きく、各位置の動きはこまかく動いているのに、b）は全体が同じような軌跡で動いている。

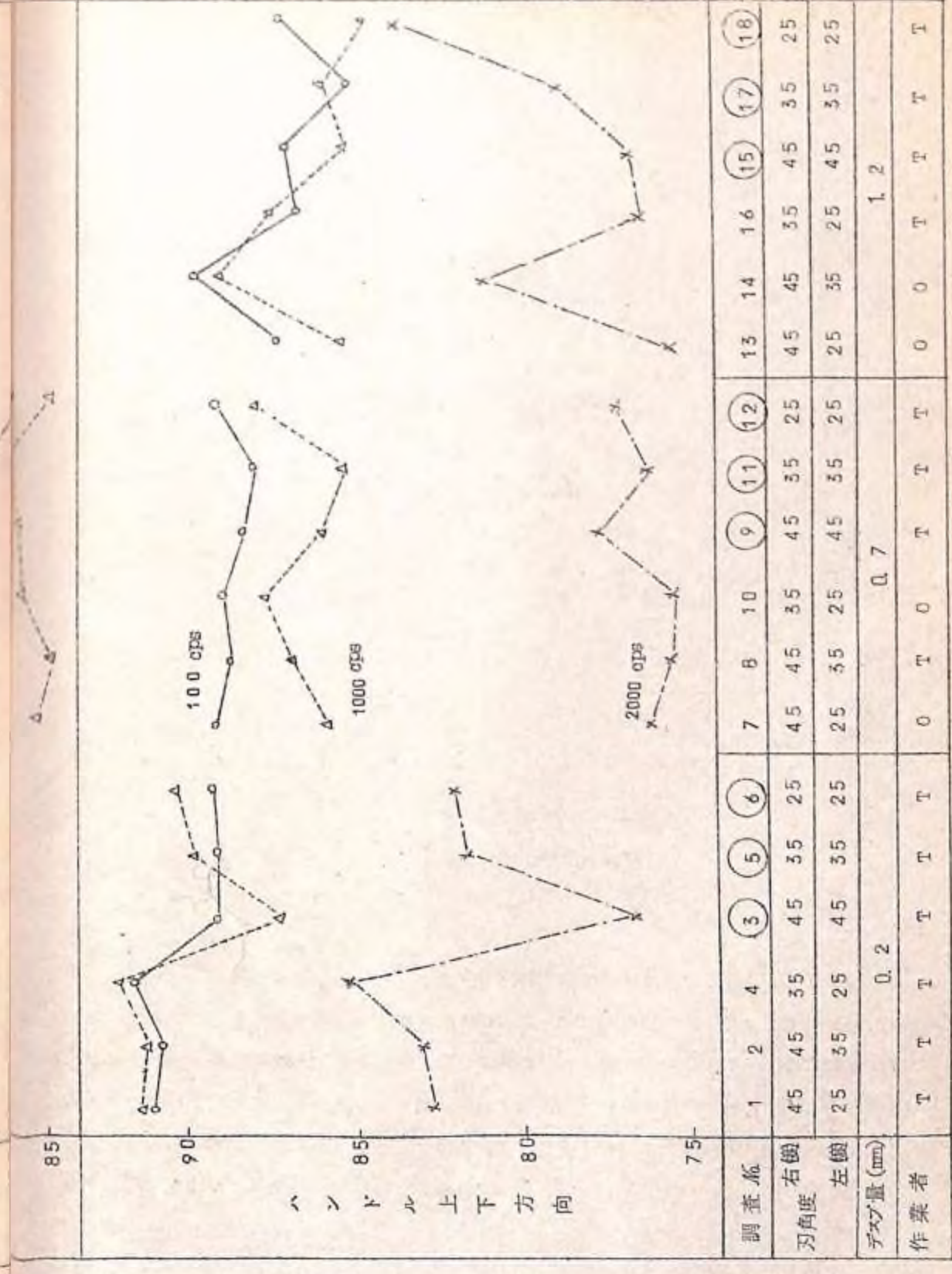
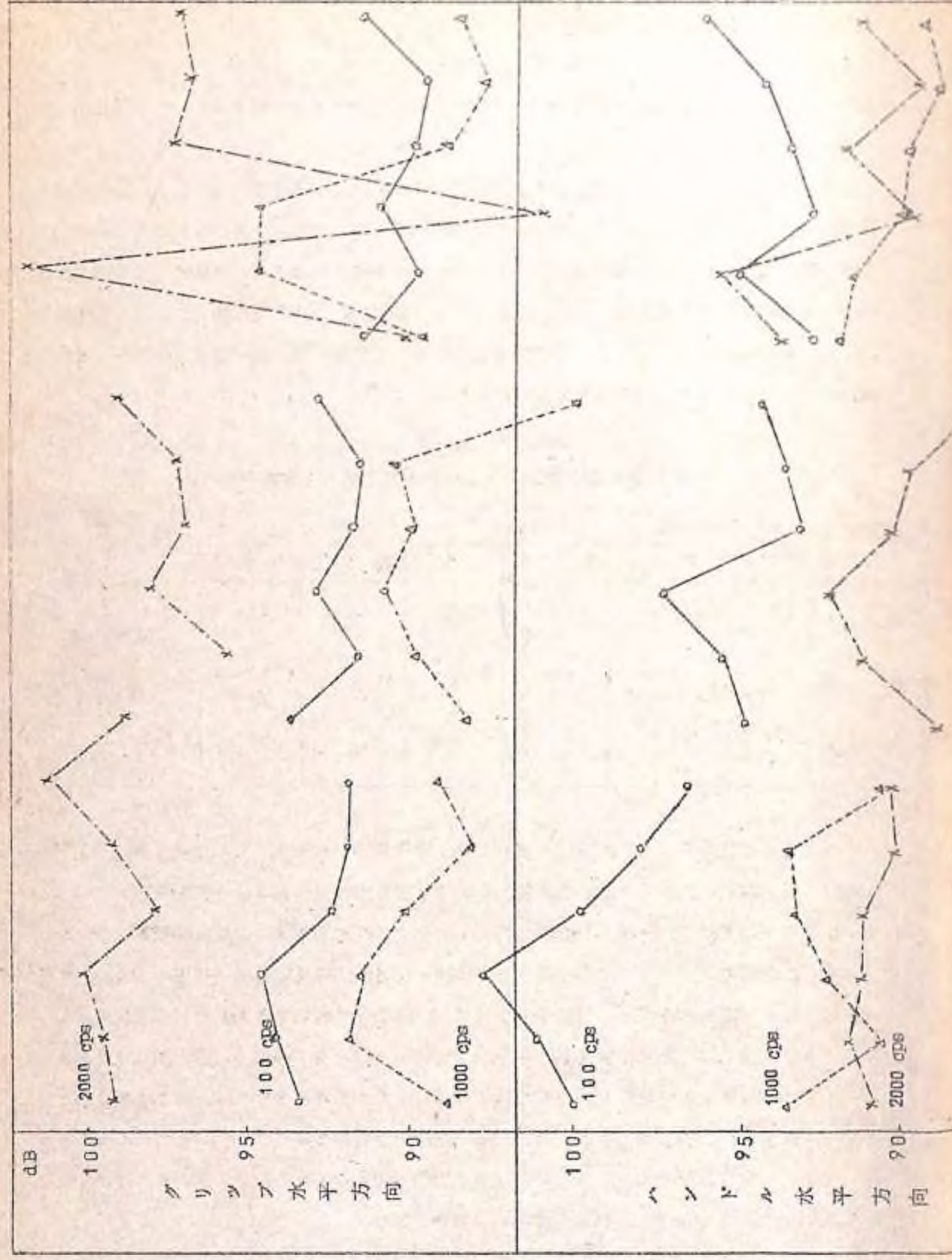


図4 切刃のちがいによる測定部位別の振動

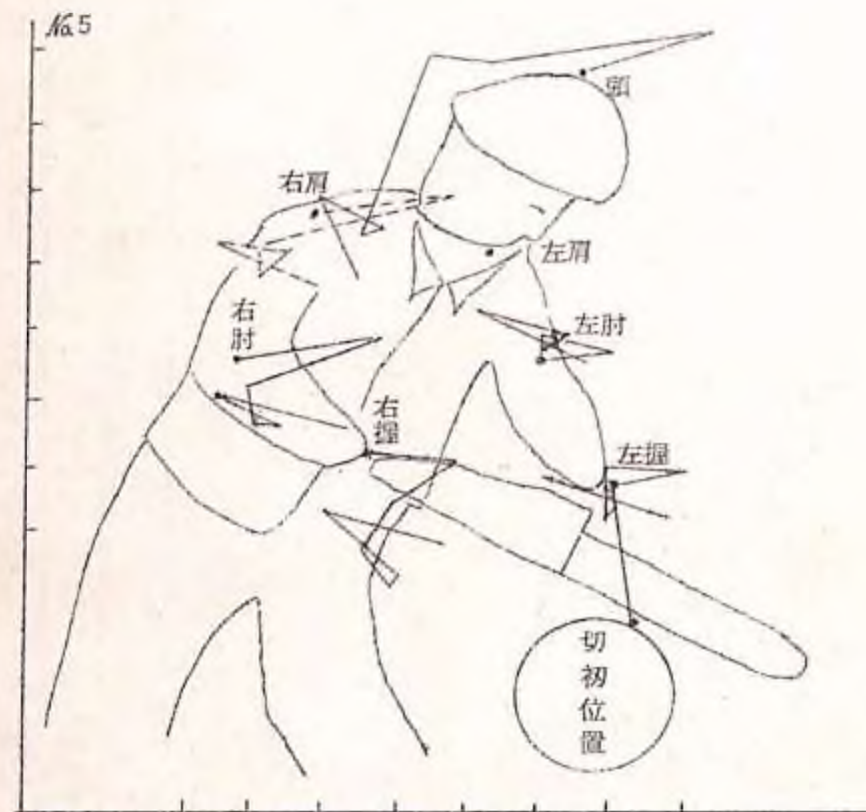


図5-a) 玉切中の体各部の動き
(作業面の高さ膝の位置)

切断位置によって異なり、また作業員の技能如何によってもその動きが変っている。同一の材を技能上、下の作業員に玉切りさせたときの体の動きを5秒間隔で示すと図6になり、単純な玉切動作においてもその動作には上・下の差がある。技能上・下の比較において、上の者はその動きからも俗にいう「腰を入れる」という感じの動きがみられる。これは先に述べた「重量物をできるかぎり体軸に近く持つこと」の注意事項を自然のうちに会得しているといえよう。それに比べて技能下の者は腰が切断箇所から遠ざかるようになって、それだけ体位も深くなり、いわゆる不自然な姿勢となる。またそれだけ体各部の動きがたがいに乱れを生じていることが

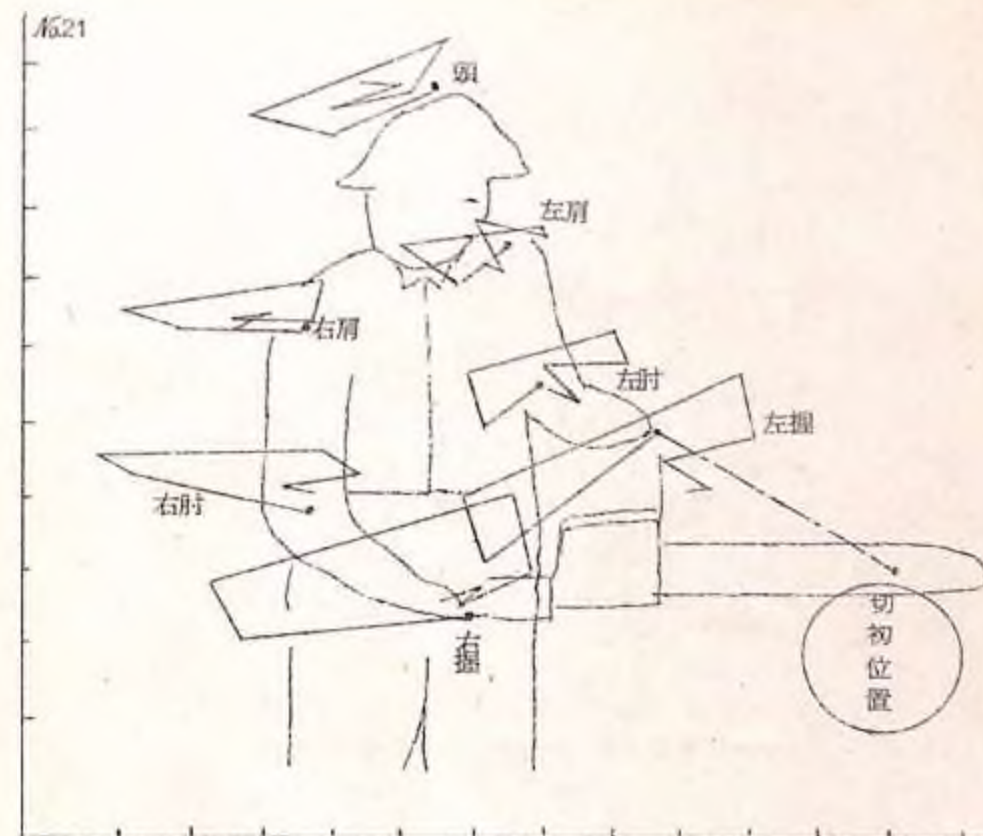


図5-b) 玉切中の体各部の動き
(作業面の高さ腰の位置)

知れる。さらに、これらの差は玉切技術のみならず、チェーンソーの取扱技術、あるいは機械的知識によるかもしれないが、これらについての総合的なものが動作および能率（鋸断速度）であり、表7にあらわれているといえよう。なお体各部の動きの量を示すと図7となり、技能差によって体の動きに差があり、技能下の者は無駄な動きをしていることが知れる。

林業におけるこのような動作分析の研究はあまりみあたらないが、得られた文献から今までの考察と関連させてみると、

①北村氏は下圧力は身体の周辺、とくに肩峰点直下附近およびその前方の部分が大きいとし、

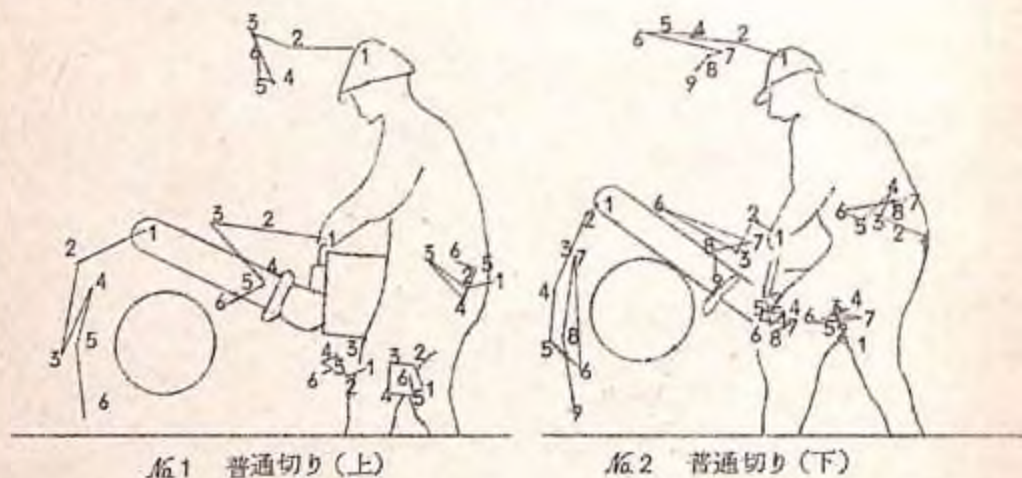


図6 チェンソーによる玉切・普通切りの身体各部の動き

表7 鋸断速度からみた動作分析の資料

		普通切り	合切り	廻し切り
技能上の者	材 径 (cm)	37.0	35.2	35.7
	鋸断時間 (秒)	21.0	29.0	28.0
	鋸断速度 (cm/秒)	51.2	34.1	35.8
技能下の者	材 径 (cm)	38.2	38.0	34.6
	鋸断時間 (秒)	36.0	39.0	31.0
	鋸断速度 (cm/秒)	31.8	29.1	30.3

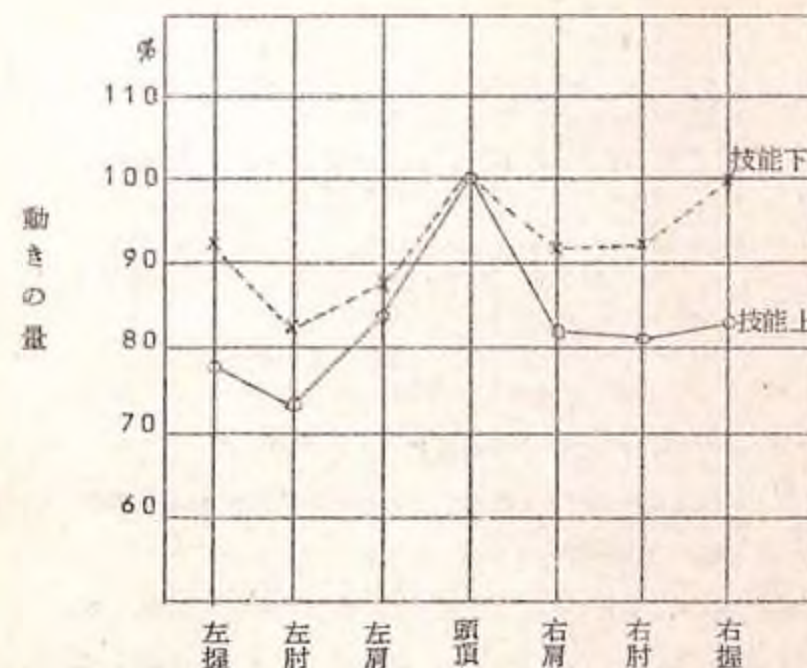


図7 体各部の動き(辻原図)
(頭頂の動きを100%とした)

この関係はことに作業面高が低い場合に著明であるとしている。このことは体軸に近くチェーンソーをかまえることにもなり、また表6でみる左上腕の角度が小さいほどよいことになる。

②大島氏は立位時の肘関節高は88~100cmの間に分布しているので、作業高もこの高さを中心にするのが望ましいとしている。また田中氏は両手で押下げる静的作業は、手が腰骨の上端にある場合、力が最大であると報告している。いずれの報告をみても、作業面の高さはほぼ同じであり、およそ90cm位となるわけで、われわれのところではチェーンソーを使用しているので、その高さだけ低いところが最適な作業位置といえよう。

③北村氏は作業面の高い場の場合は肘関節を強く曲げた場合、下圧力は大きいとし、直立し肘関節を90~130度の範囲に曲げた姿勢は腰の動揺振幅および振幅較差が小さく、長時間作業が可能であるが、股関節を曲げ(130~150度)、腕をのばした150~170度の姿勢は腰痛を伴い動揺振幅、振幅較差も大きく、この姿勢を要求する作業面は不適当であるとしている。

④岡田氏によれば、振動の伝播が振動方向との角度によって非常に異なると発表しているが、

これからみるとグリップと手の握りおよび下膊との角度、またフレームとの関係も大切であろう。

肘部の振動伝播と振動方向

	手背	肘部の振動方向となす角			
		0	30	60	90
伝達率	0.91	1.07	0.43	0.17	0.001

上のように、その角度によって伝播の状況が $1/1,000$ にもなるが、チェーンソーの振動についてみると、エンジンが水平についているものは水平方向の振動が上下方向の振動よりも大きくなっており、またこれが防振ハンドルを使用すると水平方向の振動は非常に良く吸収されるが、上下方向については時によって普通ハンドルより多くでることもある。このような状況から見ると、それぞれ $90 \sim 130$ 度位の角度で握ることが振動の面からみて良い角度といえよう。そして振動は肘をもって減衰されると考えられるが、これなども腕を 180 度、すなわち真直ぐに保つよりは幾分でも曲げた方がその効果はあると思われる。このようなことを考えると北村氏のいう腕の角度などはチェーンソー作業では大いに振動の面からも、圧着力の面からも、体位の面からも推奨できるのではないかと考える。

以上のように動作分析を具体的に進めることによって、観察ポイントとしての8項目、および林業に係る動作経済の原則としての3項目に対して、それぞれ改善点が明らかとなるであろう。すなわち

①不必要な動作を省く(数)

②もっとも短い距離の動作をする(長さ)

③動作の方向はもっとも円滑にする(方向)

④もっとも疲れの少ない動作をする(疲れ)

以上の4項であるが、これらの原則に対する着眼点を列記すれば次のようである。

①不必要な動作を省く

- 1) 動作の数をできるだけ少なくする
- 2) 2つ以上の動作を1つに組合わせる
- 3) 動作の配列順序を入れかえて、よぶんな動作を省く
- 4) 両手あるいは足を同時に使う

- 5) 両腕を同時に反対に動かす
 - 6) タメライや手待ちによる遅れを分解し、その原因を調べ、できればそれをなくす
 - 7) 仕事に対する準備を十分ににする
 - 8) 適当な用具、材料を使用して動作の数を少なくする
 - 9) 自動送り時間、加熱時間を有利に利用する。
 - 10) 仕事と技術がつり合っているかを調べてその改善をする
 - 11) 連合作業における1人の手待ちは相手の数人を遊ばせる
- ②もっとも短い距離の動作をする
- 1) 動作の距離および経路はもっとも短かくする
- ③動作の方向はもっとも円滑にする
- 1) 動作の方向を円滑にする
 - 2) 動作の方向と作業の進行方向とを円滑にする
- ④もっとも疲れの少ない動作をする
- 1) 動作の速さを適度にする
 - 2) 動作を習慣づけてよい調子とする
 - 3) 作業は正しい作業面とする
 - 4) 疲れの少ない動作をする
 - 5) 目をできるだけ動かさない
 - 6) 視力に害のある光をさける
 - 7) 重力を利用する
 - 8) 工具、道具類の形や重さを改善する
 - 9) 製品、材料、半製品などの運搬移動には、できるだけ抵抗を減らすような方法を選ぶ
 - 10) 使用に対して特に注意を要する器具、道具を改善する
 - 11) 不自然な姿勢をさける
 - 12) 体の重心を上下に移動するような動作をさける
 - 13) 立作業で腰掛作業できるものは腰掛作業に直す
 - 14) 激しい作業では作業者を交替させる

以上の着眼点は4つの原則に対する大項目を示したものである点、分析のときは、さらに細別した着眼点をたてることが望ましい。そして分析によって得られたことがらを徹底して作業にとり入れていくことが大切である。

5. 重量について

わが国の伐木造材手が体格、機能、栄養などの面で外国人と異なっている。(表8, 9参照)
この差異が毎日の作業において、一番影響するのはチェーンソーの持歩行、あるいはチェーン

表8 山林労働者の体格、機能の比較

	日 本 人	スウェーデン人	スウェーデン/日本
身長 cm	157.3	175.0	1.10
体重 kg	54.7	65.3	1.19
胸囲 cm	87.9	106.8	1.22
上膊囲 cm	22.6	27.8	1.23
背筋力 kg	149.8	200.0	1.33
握力 kg	49.0	50.0	1.02
ベルベック指数	0.895	0.986	1.10

表9 1人1日当カロリー摂取量
(Statistical year book 1952)

	1934 1938	1946 1947	1947 1948	1948 1949	1949 1950	1950 1951	1960 計画
日 本	2,180	1,600	1,680	2,050	2,097	2,098	2,210
西ドイツ	3,070	—	—	2,540	2,700	2,810	2,690
スウェーデン	3,120	3,190	3,000	3,030	3,210	3,240	3,120
アメリカ	3,150	3,340	3,340	3,140	3,170	3,210	3,110

ソーを保持して作業するに当たっての重量であろう。対象林分に対して現在使用されているチェーンソーはバー長も長くかつ高馬力すぎるという感じが、われわれの多くの調査からうかがえる。高馬力でかつバー長の長いチェーンソーを使用することは、機械のバランスを悪くし、重量も重くなる点、作業能率や疲労の面からみてかんばしいことではない。また人体への障害の原因についても機械の重量が重くなるとその影響も大きいといわれている。外国の文献によれば、「重いチェーンソーを手で運搬することは活動的な見地から不経済であるのみならず、指

や腕や手背の筋肉を緊張させることになり非常に過労の結果となる」と述べている。そしてチェーンソー移動用として、肩から吊るす簡単な帯をつくり、それを使用しての歩行では酸素消費量が約20%少なくなったと報告している。またチェーンソーの重量が9kgから11kgに増すと脈膊数で13の増がみられるが、これが15kgから17kgと同じ2kgの増加であるが脈膊数で53の増加となり、1日の作業からみるとチェーンソーの運搬エネルギーの占める比率が非常にちがってくるので、チェーンソーの重量を軽減する必要性を述べている。

ドイツ人、スウェーデン人の体格、機能からしても11kgのチェーンソーが調査対象となっていることから考え、とくに最近では人工林の伐倒造材が多くなりつつあり、なおかつ全幹集材によって盤台上での玉切り、枝払いが多くなりつつある現状では、外国人より体格、機能で劣る日本人では使用するチェーンソーが小型で軽いのが望ましいと考える。

チェーンソーの重量によって労働負担がどのように変化するかを、藤林は実験式を求めている。

$$Y = 0.01112V + 0.03173G + 0.52237W - 55.4857$$

ここで $Y = R.M.R$ (エネルギー代謝率)

V = 切削速度 (cm/分)

G = 傾斜

W = チェーンソーの重量 (kg)

そして「この重回帰方程式は $R.M.R$ の推定のみならず、 $R.M.R$ を1つの指数と考えれば、上式より推定された数値は作業者のチェーンソーを使用する場合の効率とチェーンソー自体の効率が一緒になってあらわれた効率を示す数値として、チェーンソーの機械的、人為的に総合された優劣を見当づける指数ともなる。よって Y 値の少ないほど機械的、人為的に優れていることを示す」と述べ、さらに「切削速度の速いものよりも、チェーンソーの重量の軽い方が総合的な効果としてはよく、重量の軽いほど Y の推定値が低い結果となり、切削速度にはあまり影響されておらないようである」と述べている。

以上のことから、現実利用しているチェーンソーについて Y 値を求め、同一の排気量でバーの長さによって Y 値がどのように変化するかをみたのが表10である。

同じ排気量のチェーンソーでバーが長く重量が重くなると Y 値が増加する傾向にあり、13kgを超えるとその増加も顕著である。また同じ排気量で同一切断径を切断するときの能率は変わらないと仮定し、重量別に Y 値を求め、これを実際の伐木造材に消費されるカロリーの計算をしてみると表11となる。(Y 値は作業地の状態、また伐倒玉切りのように材に支えて切る場

必要がある。

[公 刊 文 献]

- ・辻 隆道：チェーンソー伐木造材作業の機械の操作整備の実態調査ならびに指導要綱の作成についての報告書，昭4 1.3，林野庁へ提出
- ・米田 幸武他3：チェーンソー作業の振動障害に対する作業基準に関する研究，昭4 1.5，機械化部研究資料
- ・辻 隆道：チェーンソーの機械整備の実態と振動防止，(1)~(3)，昭4 1.6~8，機械化林業
- ・辻 隆道他1：チェーンソーのバーの長さについて，昭4 1.9，機械化林業
- ・辻 隆道：チェーンソーの整備状況と防振対策，昭4 1.11，第13回全国労働衛生大会研究発表集
- ・辻 隆道：チェーンソーの振動とその対策（前・後），昭4 1.12，昭4 2.1，機械化林業
- ・辻 隆道：伐木造材作業基準，チェーンソー取扱要領，ソー・チェーンの取扱要領，昭4 2，林野庁提出

[参 考 文 献]

- ・J.R.Bailey: Noise Vibration in Chain Saws, Society of Automotive Engineers, 1963
- ・K.H.Piest: Untersuchungen über die Umlaufgeschwindigkeit von Motorsagenketten
[抄訳，チェーンソーのチェーン回転速度に関する研究，昭4 0.2，機械化林業]
- ・G.Kaminsky: Zur Beurteilung Körperlicher Belastung bei Motorsagenarbeit, №5, 1956
- ・U.Sunderg, N.Lundgren: A study of the heaviness of work in using power saws in timber cutting, 1945
- ・J.Hansson: The Relationship between individual characteristics of the worker and output of work in logging operations, 1965
- ・石井 雄二：労働者の体格，体力に関する研究（第4報—山林労働者における作業能力と体力）

昭3 0.8，労働科学Vol 31，№8

- ・北村 君：把手を下に押す作業について，昭3 5.3，産業医学Vol 2，№3
- ・大島 正光：運搬関係の人間工学，1956
- ・田中作次郎：労働能率の力学的研究，鳥取高農学術報告，1934
- ・岡田 晃：振動工具の振動伝播について，北方産業衛生，№28，昭3 7
- ・藤林 誠外2：林業労働の作業強度に関する研究，林業試験場研究報告№86，1956
- ・石崎 幹：ソーチェーンの取扱，機械化情報，№75~76，1960.2~3
- ・渡部庄三郎：造材作業におけるチェーンソー性能の検討，機械化林業，№140~141，1965.7~8
- ・石井 邦彦：チェーンソーによる伐木造材作業の標準化のために，機械化林業，№143，1965.10
- ・杉原 彦一他：単一チェーンソー歯の木材切削性能試験，日本林学会誌，Vol 47，№8，1965.8