

# 伐木造材作業の特質について

—— 作業者の生理的变化を通しての考察 ——

藤井 禧雄・山本 俊明

The Properties of Felling and Bucking Operation

—— Consideration on the Basis of Physiological Response of Workers ——

Yoshio FUJII and Toshiaki YAMAMOTO

目	次
要 旨.....	227
研究の目的.....	227
実験の方法.....	228
実験の実施.....	229
結果と考察.....	231
1. 平坦地での玉切実験について	
1-1 L <sub>16</sub> 直交表による実験	
1-2 作業後の回復過程	
1-3 L <sub>27</sub> 直交表による実験	
2. 森林内での伐木造材作業実験について	
2-1 作業中の経過	
2-2 作業後の回復過程	
今後の問題点.....	243
おわりに.....	244
引用文献.....	244
Résumé .....	245

## 要 旨

足場が悪く、作業条件が複雑で無理な作業姿勢を強いられることの多い森林で木の伐造材作業の特質を明らかにし、森林で人間が機械を使用して作業する場合に考慮すべき要因を明らかにすることを目的とした。

そこで無線テレメーターを使用して作業中の作業者の心電図と呼吸曲線をとらえ、これ等作業者の生理的变化を通して各種伐木造材作業の負担の大きさを定量的に推察した。

実験結果は表-9等に示してあるが、それ等から次のことが結論として言えるであろう。即ち、森林内での作業や歩行移動が平坦地でのそれ等に較べて著るしく負担が大であることが定量的に明らかにされ、従って作業者が森林内で騒音が高く、重い機器を持って無理な姿勢で作業したり歩行移動したりすることは出来るだけ避けなければならないし、林業の現状にかんがみて言えば、少なくともそれ等作業を林分内で行なうことを止めて、より足場の良い林道端ないし土場に集中することが、作業者の負担を少なくする方策であると言える。

## 研 究 の 目 的

森林作業が他の一般産業における作業と異なるところは、山という傾斜地が仕事場であり、足場が悪く作業条件も複雑で無理な作業姿勢を強いられる場合が多いことである。また、現在ではほとんどの場合、作業者が固定された機械の前に立つのではなく自から機器を手に林内を移動しつつ作業しなくてはならない点である。ここには当然森林作業特有の傾向が存するものと思われる

る。我々はこの点を作業するものの立場から明らかにし、森林で人間が機械を使用して作業する場合に考慮しなくてはならない要因を導き出そうと思う。そこで先ず我々は伐木造材作業を取り上げ、当作業の実体を解析してみたい。即ち、平坦地で作業することに較べて傾斜地で作業することの、また足場が悪く無理な姿勢を取ることの負担の大きさを概略定量的に求めてみようと思う。従って我々は無線テレメーターつまり無線方式による送受信機を使用して作業中の作業者の生理的变化を計測記録し、それに基づいて伐木造材作業における様々な作業条件下での負担の大きさを推察することを試みる。テレメーターを使用することの利点は、作業中の作業者の生理的变化や、作業後の回復過程を知るに重要な作業終了直後の生理的变化が逐一連続記録出来ることである。また作業者は観測者にほとんどわずらわされることなく遠く離れて自由な姿勢で作業出来ることである。

とは言うものの、人間の生理的变化は個人差が非常に大きく且つ変化を引き起す要因は数多くそれ等要因間の関係も実に複雑であり、二三の実験で明らかにされるものではない。今回の研究も我々にとっては初めての試みであり、いわばここに述べた研究目的のための概括的な粗描に過ぎない。より普遍的な結果を導くには長い日時を掛けてデータを積みあげて行く以外にはあるまい。ではあるが、森林作業者がより快適に、より安全に、より軽度の労力で作業出来るように、つまり「森林と人間と機械との調和」を計ることを目指して<sup>1)</sup>まず第一歩を踏み出したい。

最後に、うるさい注文をつけての作業に心良く応じて下さった諸戸林産 K. K. の作業員の方々に又京大芦生演習林の職員の方々に、さらに諸戸林産 K. K. での実験は、言わば京大農学部林業工学研究室のスタッフの方々の調査研究の中へ割込んだ形になったのであるが、それを快諾し測定機器面での援助までして下さった同研究室の方々に厚く感謝する次第である。

## 実験の方法

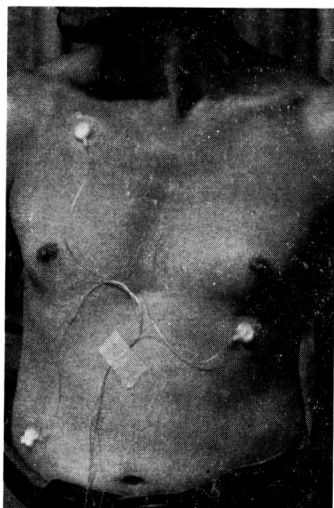


写真-1 心電図誘導のための皮膚電極

Photo-1 Electrodes for the induction of ECG

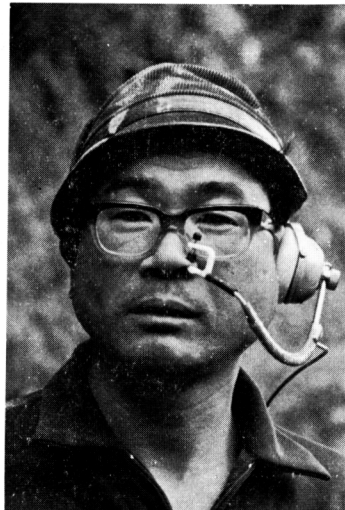


写真-2 呼吸線測定のためのサーミスタ

Photo-2 Thermistor for the measurement of respiration curves



写真-3 テレメーター用無線送信機

Photo-3 A wireless transmitter for a telemeter

無線テレメーター（福田エレクトロ製 TPE 200 型）を使用して作業中、作業前後の作業者の心電図と呼吸曲線を連続記録出来るようにした。つまり作業者の胸部に心電図誘導のための皮ふ電極を写真-1 のように固定し、一方鼻の孔に呼吸曲線を得るためのサーミスターを写真-2 のように挿入固定しそれ等をリード線で腰ベルトに取付けられている無線送信機に導いた（写真-3 参

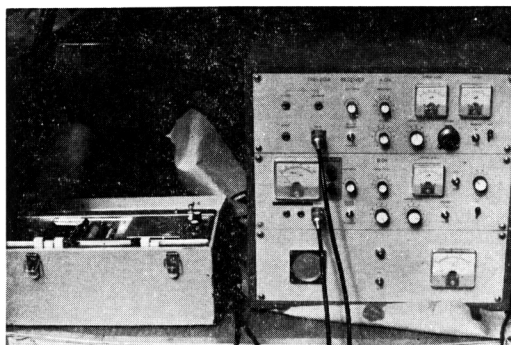


写真-4 テメレーター用無線受信機および熱ペン式記録計

Photo-4 A wireless receiver for a telemeter and its recorder

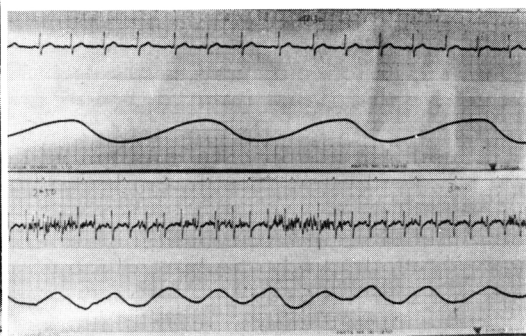


写真-5 休息中（上段）および作業中（下段）の心電図と呼吸曲線

Photo-5 ECG and respiration curve for a rest (upper) and in the working (lower)

照)。この送信機は心臓の鼓動の際に人体に生ずる電圧変化および呼吸運動の際の鼻孔内外の温度変化をサーミスターを通して電気量に変換したものを 27.12 MC の電波に乗せて発信するもので、これを離れた所に居る観測者が受信機で受信し、熱ペン式記録計にて記録しようになっている（写真-4 参照）。この電波の到達範囲は 100m 内外と言われているが、今回のように立木の密生している林内に持込んだ場合でも大むね受信良好であった。記録された心電図、呼吸曲線は写真-5 のようであるが、その R-R 波間隔（図-1 参照）を読むことにより心拍数が分かり、一方吸気呼気の形づくる曲線の山（図-1 参照）の数を読むことによって呼吸数を知ることが出来る。写真-5 の例では、上段が腰掛け安静時の心電図と呼吸曲線で、下段が伐木作業中のものであるが、作業中の心拍数、呼吸数の増加している様子が明らかである。

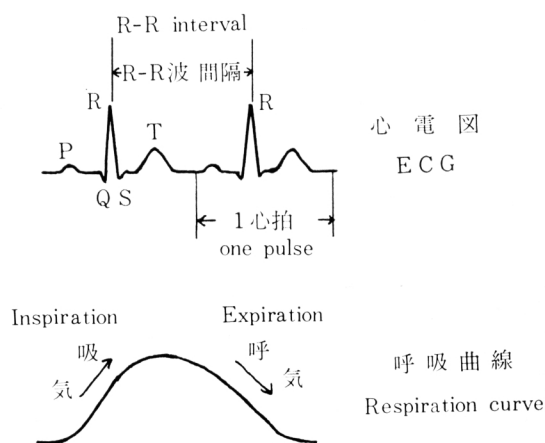


図-1 心電図と呼吸曲線  
Fig. 1. ECG and Respiration Curve

## 実験の実施

まず、伐木造材作業において特に考慮しなくてはならない要因を知っておくためと、森林にテレメーターを持込む前の予備実験として平坦地でのチェンソーによる玉切実験（ $L_{16}$ 直交表による実験）を行なった。次いで日時をたがえて数回にわたって森林内にテレメーターを持込んで林内で伐木造材等の作業について実験を行なった。その後さらに、最初の平坦地での玉切実験の際確め



写真-6 平坦地における玉切実験の状況

Photo-6 The condition of the experiment of the bucking with chain-saw on the even ground

得なかった点を明らかにするために再度平坦地での玉切実験(L<sub>27</sub>直交表による実験)を行なった。L<sub>16</sub>, L<sub>27</sub>直交表による実験は、平坦な構内土場にて、台の上に固定された角材ないし丸太を玉切ったものである。なお、L<sub>27</sub>直交表による実験では玉切回数は因子として取り上げなかったため、20 cm 直径の丸太を、連続5回玉切るのを持って一回の実験とした。玉切実験の状況を写真-6に示す。いずれの場合も作業開始から終了後約5分間に渡る心電図等を連続記録した。

以上の全実験を、行なった順に列記すれば表-1のとおりである。また実験に当たった作業者に関するデータは表-2に示してあるが、全員その道にかけては経験豊かなベテランであった。

表-1 伐木造材作業実験の種類、日、場所の一覧表  
Table-1 The tables of kinds, days and places of the experiments

作業の種類 kinds of works	作業者 worker	実験日 Day	場所 Place	備考
平坦地での玉切 (L <sub>16</sub> 実験) Bucking on the even ground	A worker B	1970. 7.10	京大芦生演習林(京都府) Kyoto-district	曇, 21.3°C, 80% cloudy, 21.3°C, humidity 80%
森林内で伐木, 玉切 Felling, bucking in the forest	A //	1970. 7.31	京大芦生演習林(京都府) //	曇時々小雨, 21°C~23°C, 100~81% cloudy, sometimes slight rain, 21°C~23°C, 100~81%
森林内で伐木, 玉切 //	B // C //	1970.10.19	京大芦生演習林(京都府) //	快晴, 12°C, 74% Very fine, 12°C, 74%
森林内で伐木, 枝払い Felling, limbing in the forest	D //	1970.11.27	諸戸林産(三重県) Mie-district	曇時々小雨, 13.5°C, 100% cloudy, some times slight rain, 13.5°C, 100%
造材土場での整理, 玉切 Bucking etc. on the wood yard	E //	1970.11.29	諸戸林産(三重県) //	快晴, 7.5°C, 85% Very fine 7.5°C, 85%
平坦地での玉切(L <sub>27</sub> 実験) Bucking on the even ground	A // B // C //	1971. 6.17	京大芦生演習林(京都府) Kyoto-district	晴, 24°C~29°C, 81%~91% Fine, 24°C~29°C, 81%~91%
平坦地歩行 walking on the even ground	A // B // C //	1971. 6.18	京大芦生演習林(京都府) //	曇り, 21.5°C, 80% cloudy, 21.5°C, 80%
平坦地で伐木, 玉切 Felling, bucking on the even ground	A // B // C //	1971. 6.18	京大芦生演習林(京都府) //	// // // //

表-2 作業者に関するデータ  
Table-2 The data with respect to the workers

作業者 Worker	生年月日 Birth data	作業経験年数 Years of working	身長, 体重 Height, Weight	体表 Surface area of a body
A Worker	1931. 1. 26	約 18 年 about 18 years	156 cm 58 kg	1.583 m <sup>2</sup>
B "	1937. 1. 2	約 15 年 about 15 years	162 cm 58 kg	1.627 m <sup>2</sup>
C "	1932. 4. 9	約 15 年 about 15 years	160 cm 64 kg	1.682 m <sup>2</sup>
D "	1932. 2. 21	約 14 年 about 14 years	159.5 cm 58 kg	1.613 m <sup>2</sup>
E "	1934. 9. 11	約 6 年 about 6 years	169.0 cm 57 kg	1.667 m <sup>2</sup>

## 結果と考察

### 1. 平坦地での玉切実験について

#### 1-1 L<sub>16</sub> 直交表による実験

各作業者の安静時水準に対する作業中の平均水準の増加分の比をデーターとして分散分析法によって処理した。つまり、

$$\text{心拍数 (呼吸数) 増加率} = \frac{\text{作業中平均心拍数 (呼吸数)} - \text{安静時心拍数 (呼吸数)}}{\text{安静時心拍数 (呼吸数)}} \times 100$$

を用いた。単に作業時と安静時との差をデーターとして用いるよりは、増加率の方が作業者間の個人差をなくせると言われている<sup>2)</sup>ので後者を用いた。

分散分析の結果は心拍数、呼吸数ごとに表-3、表-4に示されている。また、各因子ごとの平均心拍数、呼吸数増加率が表-5に示されている。心拍数の場合は、因子「チェーンソー」のみが1%の危険率で有意であり、寄与率 $\rho$ は26.7%であった。呼吸数の場合は「チェーンソー」、「作業者」、「作業姿勢」が1%の危険率で有意であった。寄与率 $\rho$ は「作業者」が63%と大半を占めた。呼吸運動というものは、心臓の鼓動と異なり随意性を持つものである<sup>2)</sup>から、その運動が作業姿勢に左右されるであろうことから因子「作業姿勢」が呼吸数では有意であって、心拍数では有意でなかったことはうなずけるが、因子「作業者」が呼吸数で有意であり、心拍数で有意でなかった理由は明らかでない。唯、現像的に言えることは、両作業者において安静時心拍数がA作業者63/分、B作業者68/分とほぼ似かよったレベルに在ったのに対し、呼吸数の方は16/分、23/分とB作業者が大変高く、従ってB作業者の作業中の呼吸数増加率が全般に低目に出たことが考えられる。

表-3 分散分析表 (心拍数)  
Table-3 The table of analysis of variance (pulse)

	s. s.	d. f.	m. s.	$\rho$
A Chain-saw	514.1	2	257.1**	26.7%
B Worker	43.9	1	43.9	—
C Working pose	39.4	1	39.4	—
D Wood species	28.9	1	28.9	—
E Time of buking	127.1	1	127.1	5.3%
F Side width of square timber	110.8	1	110.8	4.2%
A×B	321.9	2	321.9	14.7%
B×E	209.5	1	209.5	10.4%
e	213.0	5	42.6	38.7%
T	1608.6	15		100.0%

\*\* significant at the 0.01 level

因子「作業姿勢」は水準と

表-4 分散分析表 (呼吸数)  
Table-4 The table of analysis of variance (Respiration)

	s. s.	d. f.	m. s.	$\rho$
Chain-saw	38.8	2	19.4**	8%
Worker	233.3	1	233.3**	63%
Working posture	48.0	1	48.0**	12%
Wood species	4.3	1	4.3	—
Times of bucking	1.8	1	1.8	—
Side width of square timber	5.2	1	5.2	—
e	34.1	8	4.3	17%
T	365.4	15		100%

\*\* significant at the 0.01 level

して「立位」、「屈位」を選んだのであるが、後述の森林内での作業の解析の結果から明らかになったように、腕を伸ばして高くチェーンソーを支える作業の生理的変化が顕著であったことから「伸位」のような水準を加えれば心拍数においても異なった結果を示したかも知れない。

表-5 各因子ごとの平均心拍(呼吸)数増加率  
Table-5 The rate of increase of pulse and respiration for each factor

因子 Factor	水準 Level	平均心拍数増加率 Rate of increase of pulse	平均呼吸数増加率 Rate of increase of respiration
チェーンソー Chain-saw	Stihl Lightning <sup>1)</sup>	37.7	84.0
	Stihl Thunder <sup>2)</sup>	24.1	51.3
	SDK Electric <sup>3)</sup>	35.8	91.5
作業 Worker	A 作業 A worker	32.2	115.9
	B 作業 B worker	35.5	39.5
作業姿勢 working posture	立位 standing	32.2	60.4
	屈位 stooping	35.4	95.0
角材樹種 wood species	スギ Japanese cedar	35.2	72.5
	ブナ Beach	32.5	82.9
玉切回数 Times of bucking	1回 1 time	31.0	81.0
	5回 5 times	36.6	74.4
角材木口巾 Side width of square timber	10 cm	36.4	72.0
	20 cm	31.2	83.4

1) 9HP, 13.6 kg

2) 6.5HP, 7.6 kg

3) 1.35HP, 17.5 kg

因子「チェーンソー」についての平均心拍数、呼吸数増加率は表-5に示してあるが、心拍数増加率に着目すると、重量も比較的大きくまた排気音の高いライトニングが増加率が最も高く、

表-6 チェンソーごとの心拍数  
Table-6 The pulse rate for each chain-saw

kind of chain-saw (weight)	Pulse rate
Mcculloch E. S. (10 kg)	-0.02
Homelite 5000 (15 kg)	0.15
Hurricane Electric (20 kg)	0.07

(原表は桜井, 田中, 高橋による)

次いで重量は大であるが排気音の無い電動が、最後に重量は最も低い排気音の高いサンダーが位置している。言うことは、チェーンソー重量の影響もさることながら、排気音が作業者に与える影響が大きいことが推察される。

この推察を裏付けるデータとして桜井, 田中, 高橋<sup>3)</sup>のデータをここに引用すると表-6の通りである。これは空転中のチェンソーを鋸断姿勢で150秒間保持した作業直後の心拍数増加率である(このPulse rateは我々の増加率と同じ算出方法を取っており, このPulse rateを100倍したものが我々の心拍数増加率と等しい)。

桜井等は我々の上述の推察の点には言及してはいないが, これを見れば重量15kgのホームライト, 重量20kgの電動ハリケン, 重量10kgのマツカラーの順にPulse rateが高く我々の実験と同じ傾向を示し, 上述の推察を裏付けている。

以上で伐木造材作業の際考慮しなくてはならない因子が大体明らかになったが, この実験条件程度の作業は作業者にとっては充分余力を残したものであり, この結果をそのまま森林での作業に持込むことは早計であろう。

この16回の玉切実験では連続的に心拍数等の変化を記録しているが, その一, 二の例を図示したのが図-2, 図-3である。図-2は5回の玉切を行なった場合であるが, 玉切中の5つの山がそれを示している。これは全実験の中では比較的長い作業の例であるが, かかる60秒くらい迄の作業では, 作業開始直後に一度ピークを示し以後は作業終

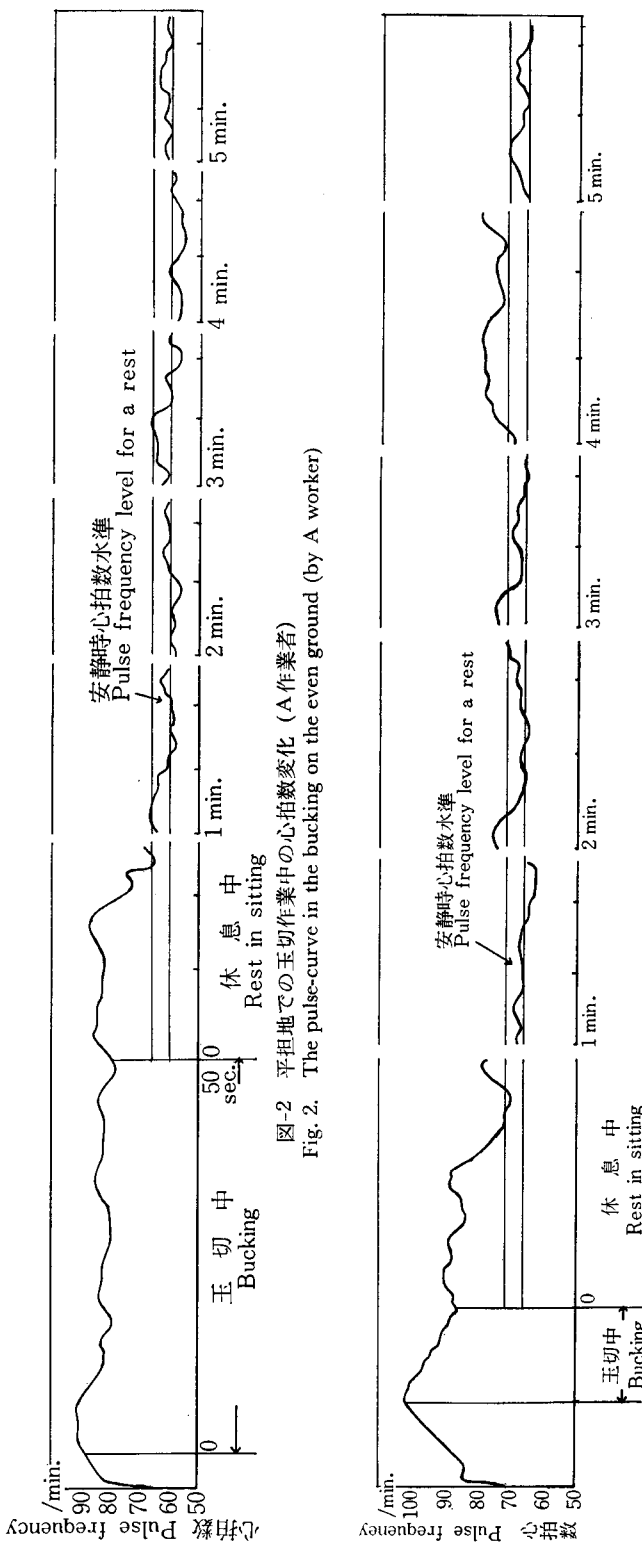


図-2 平担地での玉切作業中の心拍数変化 (A作業者)  
Fig. 2. The pulse-curve in the bucking on the even ground (by A worker)

図-3 平担地での玉切作業中の心拍数変化  
Fig. 3. The pulse-curve in the bucking on the even ground (by B worker)

了まで一段低い心拍数水準に落ち着くというパターンを示すものが多い。つまり中程度の作業であることを示している。そして作業終了時、直後に再び少し高くなる場合が多い。図-3は1回の玉切であるが、かかる10秒以下の作業の場合では切りはじめが最も高く以後作業終了まで低下の一途をたどるパターンを示すものが多い。つまり軽度の作業であることを示している。作業終了、直後時にはやはり少し高くなる。これは玉切開始、終了時にはチェンソーを腕で支えなくてはならないので心拍数が高く、作業中は材にチェンソーをあずける形になるので一段低い心拍数水準に落ち着くのであろうと推察される。もっとも作業開始、終了時には作業者に生ずる心理的な要因の影響を考慮する必要はあるが、後にも言及するようにチェンソーを腕で支えることの負担の大きさを示唆するものである。

### 1-2 作業後の回復過程

作業終了直後から安静時心拍数水準への回復の経過であるが、16回の玉切実験を通じて、終了直後から波打ちながら漸次心拍数は降下し30秒から1分30秒くらいの間に一度安静時心拍数水準に戻っている。それ以後はその水準を保って経過する場合が多いが、3分ないし4分くらいから再び心拍数が上昇する傾向もしばしば認められる。図-2は安静時水準を保っているが、図-3は再び増加しはじめの傾向を示している。従って、30秒から1分30秒で一度安静時水準に戻るのには真の回復に向う途中の一つの波にすぎないのかもしれない。さらには検討が必要である。

しかし、この程度の充分余力を残した作業では30秒から1分30秒でほとんど安静時心拍数水準にまで回復することには間違いない。

### 1-3 $L_{27}$ 直交表による実験

先に述べたように、本実験は  $L_{16}$  直交表による実験で明らかに出来なかった点を確かめるためのものであったので、因子と水準はその点を考慮して選ばれた。分散分析の結果は表-7に示してあるが、因子「作業者」と「チェンソー」が各々1%、5%の危険率で有意であった。また、各因子の水準ごとの平均心拍数増加率が表-8に示してある。

表-7 分散分析表 (心拍数)  
Table-7 The table of analysis of variance (Pulse)

	s. s.	d. f.	m. s.	$\rho$
A Stage of working	64.71	2	32.36	
$e_1$	—	0	—	
B working posture	60.85	2	30.43	
C worker	4244.67	2	2122.34**	60.0%
D chain-saw	1507.35	2	753.68*	19.9%
E wood species	14.73	1	14.73	
C×A	241.90	4	60.48	
C×B	240.74	4	60.19	
C×D	99.48	4	24.87	
$e_2$	360.30	5	72.06	20.1%
T	6834.73	26		100.0%

\*\* significant at the 0.01 level

\* significant at the 0.05 level

当初の計画では呼吸数も測定する積りであったが、実験の途中で呼吸測定のための受信機の回路が故障しデータを集めることが出来なくなったので、以下心拍数についてのみ論ずる（以下表-8を参照）。

因子「作業時期」は、実験が早朝から昼食をはさんで夕方近くに来ておよぶので、その時間的な変化を明らかにしようとしたのであったが、表-8に示すように初期（午前中

の作業）の増加率がやや低目であった中で中期（昼食後の作業）、後期（作業終了前の作業）にはほとんど差が生じなかった。

因子「作業姿勢」は、腕を高く伸ばしてチェンソーを支え玉切る姿勢「伸位」を加えたが、立位、屈位に較べわずかに増加率が高かった丈であり、足場の良いかかる平坦地での作業では姿勢の影響は少なかった。



因子「作業者」は、A、B作業者に加えてC作業者を選んだが、C作業者の増加率はとりわけ低く、この因子は有意となった。作業者の数が増せば自ずと様々な性格の作業者が選ばれることになり、この因子が有意になるのは確かなことであろう。

因子「チェーンソー」は、L<sub>16</sub>直交表による実験で重量と排気音の影響が明らかになったが、ここでは排気音の影響を確めるため、防振ハンドルの効果を明らかにするために防振ハンドルのニューライトニング・チェーンソーを加えた。

本実験においても、重量が最も大きい電動に較べても他の二つのガソリンチェーンソーの方が増加率が明らかに高く排気音が作業者の生理的变化に与える影響の大なることが確められた。一方、防振ハンドルチェーンソーの方が無防振チェーンソーよりもむしろ増加率が大きであった。

これは防振ハンドルチェーンソーの方が重量が大でありその影響がむしろ現われた結果であると考えられ、従って防振ハンドルチェーンソーは作業者の生理的負担を軽減するといった効果を持つに足るものではないと言えるのではなかろうか。この点さらに検討してみる必要がある。

最後に、作業後の回復過程についてであるが、本実験での玉切時間は2分10秒くらいまでの作業であったが、40秒から1分30秒までで安静時心拍数水準にまで回復している。

## 2. 森林内での伐木造材作業実験について

### 2-1 作業中の経過

森林内にテレメーターを持込んだ実験のデーターを主に、それに平坦地での玉切や歩行実験のデーターを一部加えて一括表示したのが表-9である。表には作業者ごとに各作業における心拍数、呼吸数及びそれ等増加率が示してある。各欄の上段の数字は左から最低値、平均値、最高値を示し、下段の数字(太字)は増加率を示している。心拍数の算出には各作業を10秒ごとに分割し、その間の毎分心拍数を順次求め、それ等を平均したものを平均心拍数、その間の最高(最低)のものを最高(最低)心拍数とした。呼吸数の場合は各作業を30秒ごとに分割して算出した。また増加率は、朝作業前に作業者を腰掛けさせ安静にし安静時心拍数(呼吸数)を求め、それを基にして計算した。

増加率については先に説明してあるが、例えば増加率50と言え、その作業者の安静時心拍(呼吸)数の50%に当る心拍(呼吸)数とその作業のために増加したことを示している。

表-8 各因子ごとの平均心拍数増加率  
Table-8 The rate of increase of pulse for each factor

因子 Factor	水準 Level	平均作業中心拍数増加率 Rate of increase of pulse
作業時期 Stage of working	初期 First stage	38.2
	中期 Middle stage	41.7
	後期 Last stage	41.1
作業姿勢 Working posture	伸位 Stretching	42.4
	立位 Standing	39.2
	屈位 Stooping	39.3
作業者 Worker	A作業者 A Worker	43.1
	B "	54.1
	C "	23.8
チェーンソー Chain-Saw	Stihl New Lightning <sup>1)</sup>	48.6
	Stihl Lightning <sup>2)</sup>	41.8
	SDK Electric <sup>3)</sup>	30.5
樹種 Wood Species	ブナ Beech	39.8
	スギ Japanese cedar	41.4

1) 防振, 10HP, 14.3kg

2) 無防振, 9HP, 13.6kg

3) 電動, 1.35HP, 17.5kg

表-9 伐木造材作業中の心拍数 (呼吸数)  
 Table-9 The pulse (respiration) and the rate

		作業中心拍数 Pulse (/min.)				
		A 作業者 A Worker	B 作業者 B Worker	C 作業者 C Worker	D 作業者 D Worker	E 作業者 E Worker
アイドリング中のチェーンソー保持 Holding a chain-saw in idling		74- 78- 83 <b>18</b>	75- 79- 81 <b>10</b>			
横倒木の玉切り Bucking of fallen trees	平担地で On the even ground	立位, 胸辺りで Standing, holding a chain-saw at height of breast	95- 99-101 <b>48</b>	86- 95-99 <b>56</b>	95- 99-104 <b>32</b>	
		立位, 腰辺りで Standing, holding a chain-saw at height of waist	88- 92- 98 <b>37</b>	90- 94- 98 <b>54</b>	85- 87- 88 <b>16</b>	
		屈位, 足下で Stooping, holding a chain-saw at his feet	98-102-109 <b>52</b>	98- 99-101 <b>62</b>	86- 89- 94 <b>19</b>	
	森林内の In the forest	立位, 胸辺りで Standing, at height of breast	120-126-132 <b>100</b>	132-154-174 <b>144</b>		
		立位, 腰辺りで Standing, at height of waist		108-118-137 <b>87</b>	114-132-168 <b>63</b>	
		屈位, 足下で Stooping, at his feet	102-111-120 <b>76</b>			
	林道上で On the forest road		90- 99-114 <b>57</b>		96-107-120 <b>35</b>	
林道脇の棧積丸太の上で On the logs piled by the side of forest road					96-104-114 <b>39</b>	
平担地で玉切と枝払い Bucking and ilmbing on the even ground			87- 93- 96 <b>55</b>			
森林内で横倒木を斧で枝払い Limbing with an axe in the forest					114-140-156 <b>122</b>	
立木の伐倒 Felling of standing trees	森林内で In the forest	96-114-135 <b>81</b>	114-134-150 <b>113</b>	132-145-163 <b>79</b>	120-129-138 <b>105</b>	
	平担地で On the even ground	108-110-111 <b>75</b>	116-122-127 <b>103</b>	114-125-132 <b>58</b>		
歩行 Walking	平担地を On the even ground	素手で with no lord	74- 82- 86 <b>30</b>	70- 78- 82 <b>30</b>	93- 99-103 <b>25</b>	
		小型チェーンソーを持って with a light chain-saw	80- 90- 95 <b>43</b>	85- 98-105 <b>63</b>	98-111-116 <b>41</b>	
		大型チェーンソーを持って with a heavy chain-saw	87-105-114 <b>67</b>	97-108-115 <b>80</b>	114-122-128 <b>54</b>	
	山腹を降りる Going down along the slope of mountain	素手で with no lord	93- 95- 96 <b>51</b>	90-100-108 <b>59</b>	126-135-150 <b>67</b>	102 <b>62</b>
		チェーンソーを持って with a chain-saw	96-102-108 <b>62</b>	114-122-138 <b>94</b>	126-133-144 <b>64</b>	102-104-105 <b>65</b>
	山腹を登る Going up along the slope of mountain	素手で with no lord	108-115-126 <b>83</b>	96-126-138 <b>100</b>	96-125-150 <b>54</b>	126-127-132 <b>102</b>
チェーンソーを持って with a chain-saw		126-129-138 <b>105</b>	90-126-138 <b>100</b>	102-140-162 <b>73</b>	138-146-150 <b>132</b>	
検尺及び玉切付帯作業 Timber scaling and the attendant works of bucking	林道上で on the forest road	84- 89 -97 <b>41</b>				
	森林内で In the forest	84- 95-102 <b>51</b>				
土場作業 Working in the timber yard	ツル口による丸太並べ Piling with logging tool					97-112-132 <b>49</b>
	付帯作業 Attendant works					78-102-126 <b>36</b>
	立位, 仕事待ち Waiting for works with standing					78- 88-108 <b>17</b>

及び増加率  
of increase in the felling and bucking

作業中呼吸数 Respiration (/min.)					備 考
A 作業者 A Worker	B 作業者 B Worker	C 作業者 C Worker	D 作業者 D Worker	E 作業者 E Worker	
26- 27- 29 <b>69</b>	25- 27- 29 <b>35</b>				Weight of chain-saw 13.6 kg
35 <b>119</b>	35 <b>75</b>				スギ Japanese cedar, 20 cmφ ブナ Beech       " weight of chain-saw 13.6 kg
40- 46- 48 <b>171</b>	42- 43- 45 <b>187</b>	(39) (70)			ブナ Beech, 50~90 cmφ weight of chain-saw 13.6 kg and 11.5 kg
37- 44- 50 <b>159</b>	35- 37- 38 <b>147</b>				
35- 37- 39 <b>118</b>					ブナ Beech, 44~65 cmφ weight of chain-saw 13.6~11.5 kg
				23- 30- 33 <b>100</b>	ヒノキ Japanese cypress weight of chain-saw 7 kg
					メタセコイア Metasequoia 43~ 60 cmφ, weight of chain-saw 7 kg
			28- 32- 34 <b>78</b>		ヒノキ Jap. cypress weight of chain-saw 7.8 kg
43- 46- 52 <b>171</b>	41- 43- 47 <b>143</b>	(38) (65)	30- 35- 40 <b>94</b>		Beech 52~84 cmφ, Jap. cypress 35~ 45 cmφ, weight of chain-saw 7~13.6 kg Metasequoia 43~60 cm, weight of chain-saw 7.8 kg
		28 <b>22</b>			weight of chain-saw 7.8 kg
		30 <b>30</b>			weight of chain-saw 14.3kg
35 <b>106</b>	31- 33- 37 <b>120</b>	25- 27- 30 <b>17</b>	26 <b>44</b>		weight of chain-saw 11.5kg
37- 41- 47 <b>141</b>	36- 37- 39 <b>147</b>	29- 31- 35 <b>35</b>	29 <b>61</b>		
41- 42- 42 <b>147</b>	35- 39- 41 <b>160</b>	28- 30- 31 <b>30</b>	30 <b>67</b>		weight of chain-saw 11.5kg
39- 49- 51 <b>188</b>	32- 36- 39 <b>140</b>	25- 33- 37 <b>43</b>	32 <b>78</b>		
34 <b>100</b>					
41 <b>141</b>					
				26- 33- 36 <b>120</b> 25- 30- 34 <b>100</b> 20- 24- 30 <b>60</b>	

表-9を見渡してみると、玉切、伐木及び歩行等において、平坦地や林道上における作業に比べ、足場の悪い森林内で増加率が高く負担の大きいことを示している。例えばA作業者を例にとってこのことを考察してみよう。

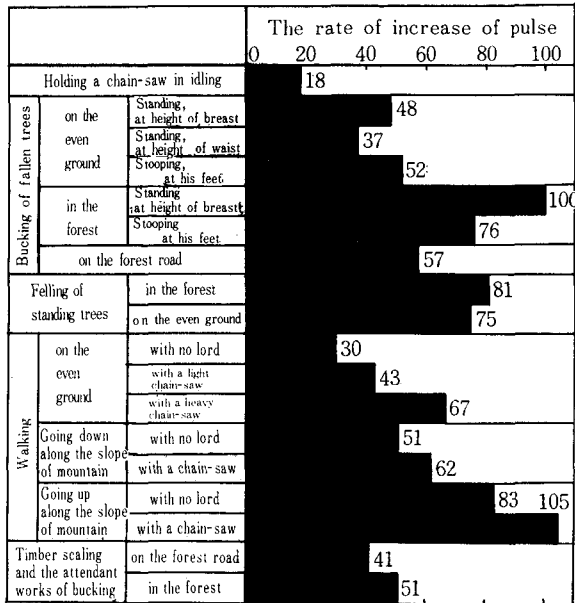


図-4 A作業者による各作業中の心拍数増加率  
Fig. 4. The rate of increase of pulse for each working by A worker

と平坦地での場合の75に対し、傾斜や下草を考慮しなくてはならない森林内では81とより高い増加率を示している。A作業者のこの朝の安静時心拍数は63/分であったから、この81%に当る51心拍がこの作業で増加し、63+51=114/分の平均心拍数に達したものである。

H. H. HILF, G. KAMINSKY, D. REHSCHUE の研究<sup>4)</sup>でも、伐木造材作業における傾斜の影響を考察しているが、60年生カシワ林分（胸高直径15~20cm）における伐木（斧による）、枝払い、剥皮作業中の6人の平均心拍数を表示すれば次のとおりである（表-10参照）が、傾斜が作業者におよぼす影響が良く現われている。

表-10 傾斜が心拍数に及ぼす影響  
Table-10 The influence of the slope on pulse

作業者 Worker	心拍数 pulse (/min.)	
	平坦地 even	傾斜地 slope*
S <sub>1</sub> (スエーデン人)	125	139
S <sub>2</sub> (スエーデン人)	135	147
Ö <sub>1</sub> (オーストリア人)	129	132
Ö <sub>2</sub> (オーストリア人)	97	113
D <sub>1</sub> (ドイツ人)	117	130
D <sub>2</sub> (ドイツ人)	106	120

\* 勾配50%の傾斜地 (H.HILF et. all, 1961)  
Inclination of 50%

表-9に基づいてA作業者の心拍数増加率をそれぞれの作業について図示したのが図-4であるが、以下表-9と併せて参照されたい。

まず、横倒木を玉切すべく空転中のチェーンソーを保持して立っている時の増加率が18、平坦地における玉切の場合、その姿勢により37~52、林道上での玉切で57である。これに対し森林内での玉切は、腰をかがめて足下近くにチェーンソーを支えての玉切が76、立位でチェーンソーを胸部付近にかかげての場合が100となっている。つまり森林内での作業の増加率ははるかに高くなっている。また同じ作業でもチェーンソーを高くかかげる姿勢の場合の増加率が高く、玉切時の作業姿勢が生理的負担を大きく左右していることが分かる。一方、立木の伐倒の場合についてみる

同じくG. M. STREEFらによるドイツにおける22年生ニホンカラマツ（平均胸高直径13cm）の伐木、枝払い、剥皮作業における例<sup>5)</sup>では、平均心拍数は127で、その増加率は87であった。なお、この実験は二日間に渡って行なわれたものであるが、第一日目のデータは二日目のデータに較べて少し高目であり、初日のデータは作業者の精神的要因に左右され易いことを指適しているが、この種の実験では考慮

すべき事柄であろう。

次に、再び図-4、表-9に戻って、作業者が手にチェーンソー等機器を持って歩行移動する場合であるが、先ず平坦地を素手で歩行する場合の増加率が30、重量7.8kgの小型チェーンソーを持っての歩行で43、重量14.3kgの大型チェーンソー保持で67となっている。この際の歩行速度はそれぞれ4.8km/h、5.1km/h、5.8km/hであった。これに対し森林内で傾斜地を降る場合、素手で51、チェーンソー保持で62、山腹を登る場合、素手で83、チェーンソーを保持した時105となった。つまり傾斜山腹を登る場合は、チェーンソーを持った時は勿論のこと、素手の時であっても立木の伐倒を凌ぐ増加率を示し、機器を手にして傾斜地を歩行する際の作業者の負担が著しいことを示唆している。これはドイツ作業者についての例であるが、G. KAMINSKY<sup>6)</sup>によると重量3kgから21kgまでのチェーンソーを持って歩行(4.5 km/h)した場合、チェーンソー重量が大きくなる程歩行者の心拍数は増加するが、重量が9kgから11kgに増加した場合は13心拍しか増加しないのに対して、15kgから17kgに増加した場合は53心拍も増加したことで分かるように、重量が大なる程負担の度合は加速度的に増すことが報告されている。そして心拍数が著るしく増加し始める境界のチェーンソー重量を11kgとしており、それ以上の重量のチェーンソーでは少しの重量増加でも作業者に与える影響が大きくなるとしている。

さて、最後に、検尺や玉切付帯作業においても林道上での作業に較べ森林内では増加率が大きいことが図-4や表-9から分かる。

以上はA作業者一人についての心拍数増加率に着目して考察して来たが、以上の考察は他の作業者についてもまた呼吸数についても当てはまるものであることは表-9を見れば明らかであろう。ところで、図-5、図-6はそれぞれA作業者による森林内での立木伐倒作業、玉切作業及びそれ等作業後の回復過程における心拍(呼吸)数の変化を例示したものである。図-7、図-8はB作業者による作業の例を示したものである。縦軸に心拍(呼吸)数(回/分)を、横軸には作業中、休息中ごとに時間(分)が取ってある。心拍数は10秒ごとの、呼吸数は30秒ごとの平均値を示している。この四つの図によって、いままで説明して来た森林作業の傾向が一層明瞭になると思う。例えば図-8によってB作業者による森林内での玉切作業について見てみると、素手で山腹斜面を登りはじめると漸次心拍数は増し、1分くらいで或る心拍数水準に達する。この歩行移動で既に作業中の水準にまで心拍数は達していることが分かる。そして横倒木に至り、足場固めをしてから玉切開始。一つ目の玉切り(一番玉)の場合は足場のぐあい腰付近やそれ以下にチェーンソーを支えて玉切った。一つ目を鋸断し終り再び足場を固めてから、こんどは胸近くの高さまでチェーンソーをかかげて二つ目の玉切(二番玉)をはじめ。この時の心拍数は無理な作業姿勢のために一番玉の玉切時より一段と高い水準になっている。一番玉の場合でも二番玉の場合でも切り終る時より高い心拍数を示しているが、これは悪い足場に足をふんばりチェーンソーを腕で確保しつつ同時に玉切られた材が地面に落ちる際安全に身を引かねばならないという肉体的、精神的両者の影響が現われるためと推察される。とりわけ二番玉の玉切終了時ではこの影響が大きく170回/分にも達している。玉切を終ってチェーンソーを持って斜面を降って来る。30秒くらいで一定の心拍数水準に達する。そして林道端で腰掛けて休息に入る。この休息時の回復過程については後述する。以上図-8に従って説明したが、これ等の傾向は他の三つの図(図-5~7)についても認めることが出来る。それぞれの説明はここでは省略するが、各図とも適時作業内容が記入してあるので、それ等を追って参照されたい。

さて、以上の結果から明らかにされたことは、作業者が森林内で騒音が高くかつ重い機器を持って無理な姿勢で作業したりまた歩行移動したりする作業は出来るだけ避け、作業者は機械を運転することにより移動しつつ間接的にボタンやレバー操作で作業を進行させるといった方向が望

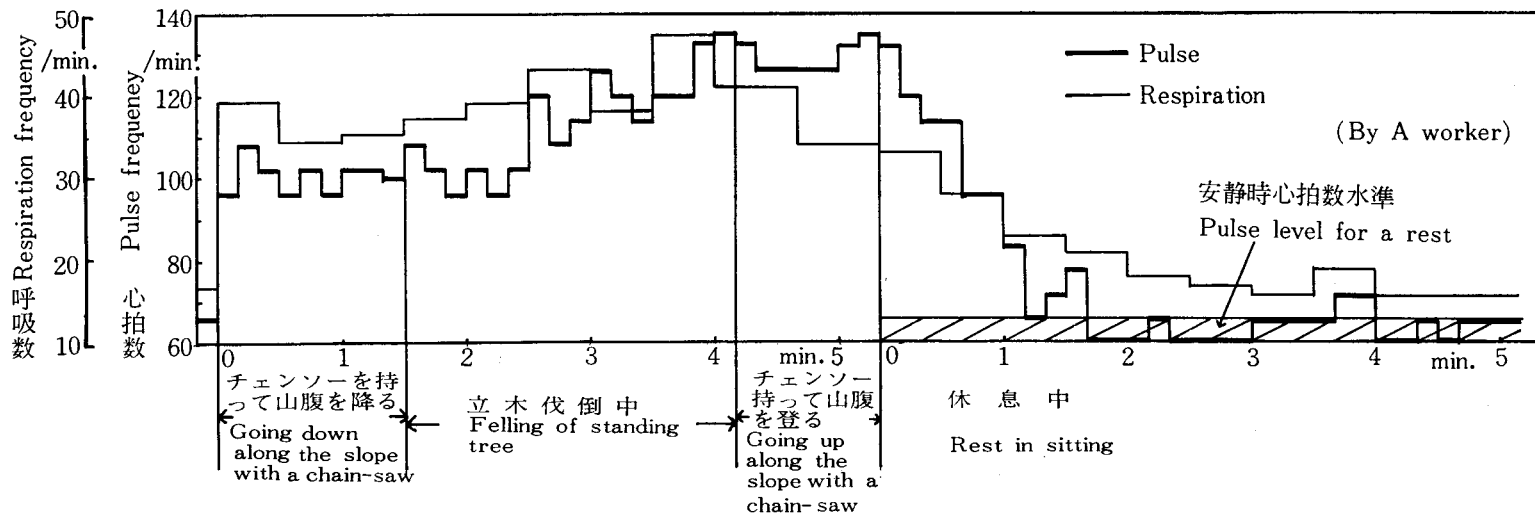


図-5 森林内での立木伐倒作業中の心拍（呼吸）数変化  
 Fig. 5. The pulse and the respiration curve in the felling of standing tree in the forest

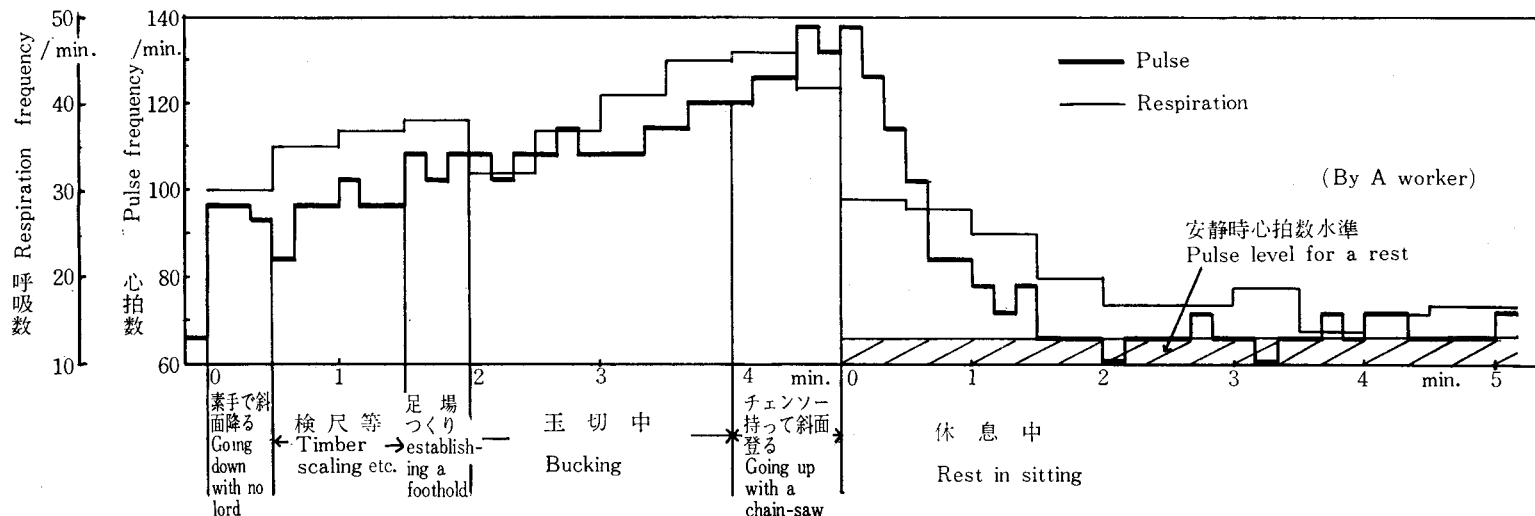


図-6 森林内での玉切作業中の心拍（呼吸）数変化  
 Fig. 6. The pulse and the respiration curve in the forest

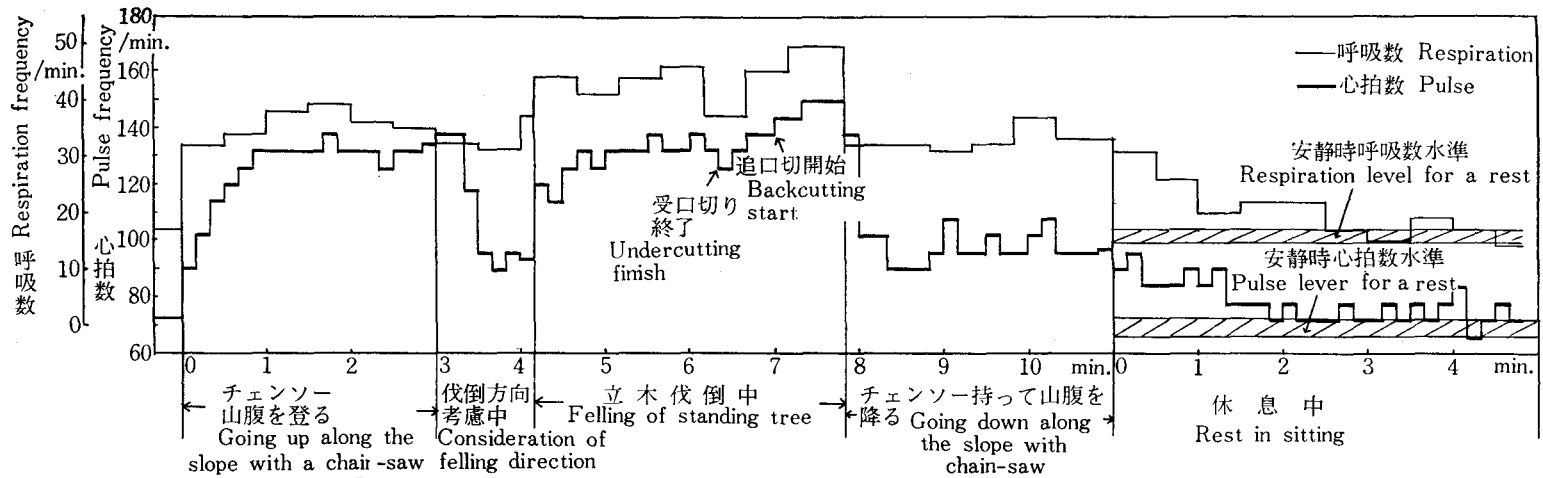


図-7 森林内の立木伐倒作業中の心拍(呼吸)数変化(B作業者)  
 Fig. 7. The pulse and the respiration curve in the felling of standing tree in the forest by B worker

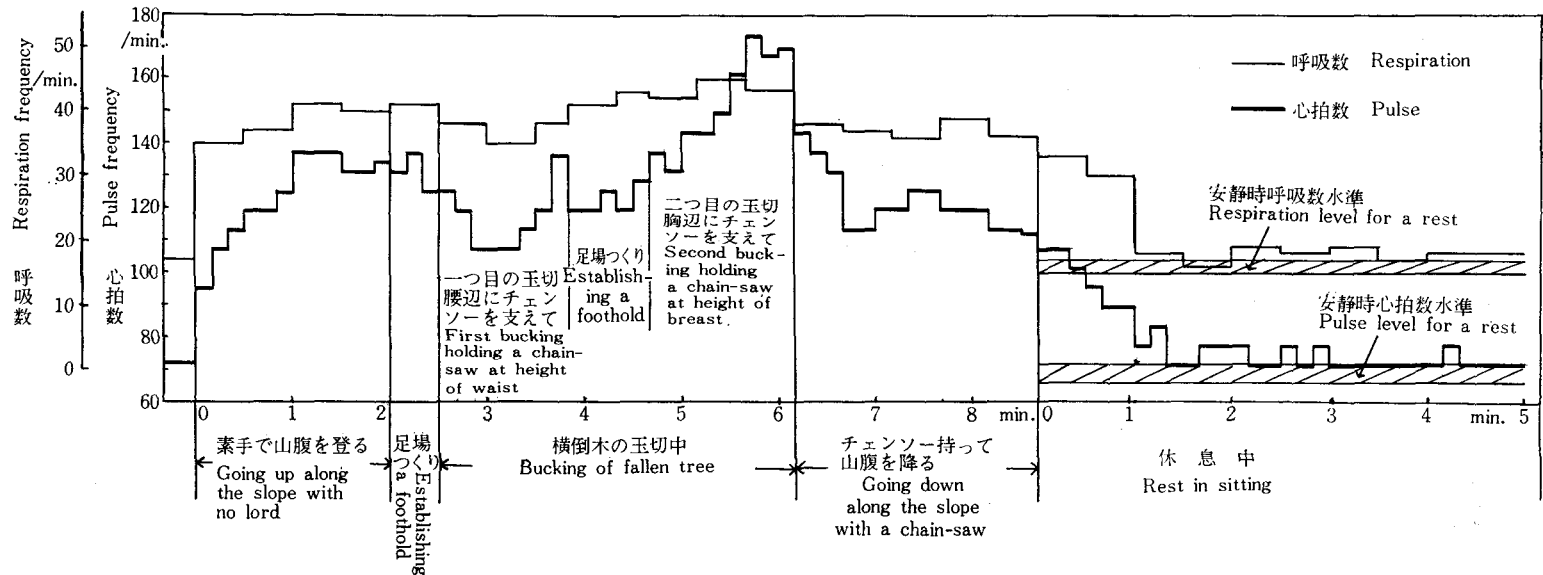


図-8 森林内で横倒木玉切作業中の心拍(呼吸)数変化(B作業者)  
 Fig. 8. The pulse and the respiration curve in the bucking of fallen tree in the forest by B worker

表-11 植付け作業における心拍数\*  
Table-11 Pulses in the planting

作業者 Worker	データー数 Numbers of data	作業中心拍数 Pulse in the working			増加率 The rate of increase
		Max.	Mean	Min.	
A	6	116	112	108	
B	5	104	100	90	
C	5	139	122	102	
D	5	106	101	97	
E	15	117	108	100	
F	7	82	79	75	
G	8	99	94	87	
				102	50

\* 引用文献9)による

表-12 下刈作業における心拍数\*  
Table-12 Pulses in the brush cutting

作業者 Worker	データー数 Numbers of data	作業中心拍数 Pulses in the working			増加率 The rate of increase
		Max.	Mean	Min.	
A	5	107	103	98	
B	11	148	125	114	
C	16	148	132	110	
D	2	103	94	84	
E	4	151	145	141	
F	2	93	88	82	
G	6	84	80	74	
H	2	87	87	86	
				107	79

\* 引用文献9)による

表-13 電気機関車運転手の心拍数  
Table-13 Pulses of electric locomotive drivers

	運転手 Driver	心拍数 Pulses		
		Max.	Mean	Min.
貨物列車 (米原機関区) Goods train	A	91	84	78
	B	73	64	60
	C	86	77	71
	D	90	82	75
		77		
旅客列車 (名古屋機関区) Passenger train	A	96	86	78
	B	82	73	66
	C	68	62	59
	D	78	71	67
		73		

(橋本, 白井, 深野, 1964)

ましい。本来はかくあるべきであるが、林業の現状にかんがみても、少なくとも林分内における作業は出来るだけ少なくしより足場の良い林道端や土場に造材等の作業を集中すべきであろう。そうすることにより作業者はより快適、安全、軽度の労力で作業しうることになる。ここにこのことを、作業者の生理的变化を通じて大まかではあるが定量的に裏付けてみたわけである。

ところで、この取り上げた伐木造材作業と他の林業作業および他産業での作業やスポーツとの関連をつける意味で、他産業の作業、スポーツ、他の林業作業における心拍数を表-11から表-14に例示しておく(表-9を同時参照のこと)。

表-13の電気機関車の運転手は林業における作業と違って、運転という精神的、神経的な労働に携る作業の例であるが、信号の確認、警報器への反応、踏切、線路上の注視、ブレーキ扱い等の時点に心拍数等の心身反応が高いとされている。<sup>7),8)</sup>

## 2-2 作業後の回復過程

さて、森林内での伐木造材作業の回復の経過について論ずる。A作業者の場合、作業時間は短いもので3分18秒(歩行移動等を含めて)、長いもので5分21秒であったが、いずれも1分20秒か



ら1分50秒ぐらいで安静時心拍数水準に回復している。先の図-5、図-6はその二例である。但、3分ないし4分頃から再び水準が増加気味の場合が見受けられた。B作業者の場合は、作業時間は8分40秒から11分くらいで、やはり1分30秒から2分10秒くらいで安静時水準に復している。その2例が先の図-7、図-8である。C作業者の

場合、玉切り作業は16分であったが3分以内には回復しなかったし（この場合3分までしか記録出来なかったので）、伐木作業は13分50秒であったが5分以内には回復しなかった。D作業者の場合2分20秒から7分40秒の作業で1分20秒～30秒で回復している。最後にE作業者は土場での玉切作業3分25秒から10分18秒で約1分で安静時水準に戻っている。

従ってC作業者の場合を除いては全員作業時間の長短、作業の種類にかかわらず約2分以内で一応安静時水準に回復したことになる。先に述べた平坦地での玉切の1分前後の作業においても30秒～1分30秒で回復していることと考え併せると、全員豊かな経験を持った作業者であったこともあって、作業の長短、作業の軽重にかかわらずかなり早く安静時水準に回復することが、少なくともほとんど回復することが分かる。これはスポーツ医学で明らかにされている「同一の運動強度、すなわちトレッドミル走行で疲労困ぱい (all-out) に至るまで走った時、弱い被験者では2分、強い人で5分で all-out に達するが——この時の心拍数は大体190～200回/分である——、運動後の回復傾向はほとんど差異がない。これに対し心拍数の運動中の上昇経過は個人によって相当異なる<sup>10)</sup>。」という結果とも良く符合するものである。

## 今後の問題点

表-9で各増加率を見渡してみると同じ作業であってもかなりの差があることが分かる。これには本来の作業者間の個人差に基づく分もあろうがそれ以上の原因が考えられ、ここでその二、三について述べ今後検討すべき点を明らかにしておきたい。

まず、例えば同じ森林内での立木の伐倒といっても、立木の直径や種類、チェーンソー重量の違い、足場条件や作業時節の相違が様々であることである（表-1表-9参照）。勿論このことを十分承知しているのであるが、我々にとってテレメーターを山へ持込むことは初めての試みであったので、木を見て森を見ずということにならないように敢えてこの相違を無視して大枠で仕切ったのである。作業をさらにこまかく分けて論ずるために、テレメーターとビデオコーダーの連動下で作業を追う試みも少し行なったのであるが未だ調整すべき点が残っており、さらに研究して行く積りである。

次に、増加率は安静時心拍(呼吸)数を基準にして算出するのであるが、この安静時心拍(呼吸)数を押えることがなかなかむづかしいことである。原則としては、その日の朝、作業開始前に、山作業では最も自然で、楽である腰掛け姿勢状態で安静時数を測定したのであるが、心拍数等は身体のあたたまり具合、食事の有無、気温、心理的要因等により影響を受け易く、この影響を避け得なかった。朝、作業前の値は朝食の影響、それに作業前の緊張等の影響に左右されていると思われるに反し、1日の作業が終る夕刻での値の方がかかる影響を受けることが少なく、作業者

表-14 スポーツ種目における心拍数\*

Table-14 Pulses in the sports

スポーツの種類 Kinds of sports	人数 numbers of player	平均値 mean	範囲 min. max.
Badminton	10	150	132~ 175
Handball	10	166	147~ 186
Tennis	10	159	146~ 177
Volleyball	7	136	121~ 148
Bowling	10	99	82~ 132

\* 文献10)による (A.J. Kozar and P. Hunsicker, 1963)

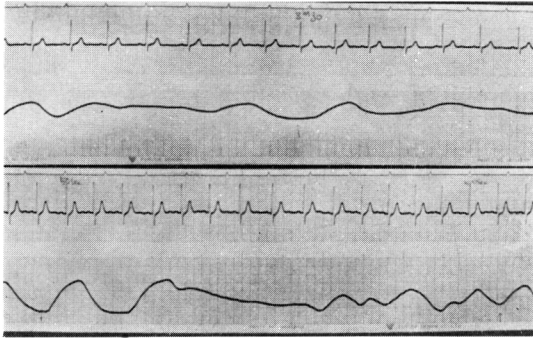


写真-7 呼吸曲線の乱れ  
Photo-7 Disorder of respiration curve

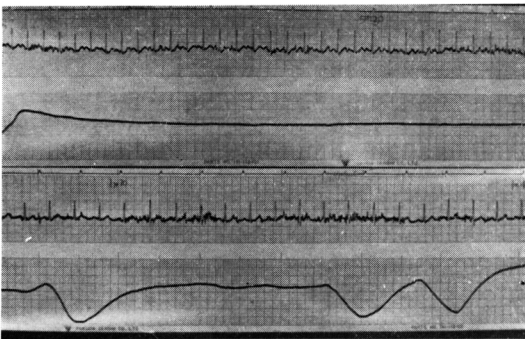


写真-8 作業のリズムに影響された呼吸曲線  
Photo-8 The respiration curve influenced by the rhythms of operations

もリラックスしていてより正常な値が得られるのかもしれない。これも今後の問題点である。

最後に、呼吸数についてであるが、呼吸運動は写真-7にも示すように作業中、休息中を問わず呼吸の乱れ（呼吸の引き伸ばし）が生ずることが多く正確な呼吸数を定め難い場合が多いことである。作業によっては鋸断のリズムに合わせて呼吸運動が数秒から十数秒に1回の割合しか行なわれないということも生じ（写真-8参照）、作業中の呼吸数を知ることが出来ない場合もあった。

「呼吸リズムは動作のリズムと密接な関係を持ち随意性にも不随意性にも変化しうるので作業の種類によってはこの影響を受けて適正な呼吸数が定め難く負担指数として一般化して論ずるのはむつかしい場合が多くある<sup>2)</sup>」と言われているが、本実験結果にもこれが当てはまり呼吸数を負担指数とするには不適切である場合がままあるように思われる。従って呼吸数はあくまで参考値程度に止めた方がいいようである。

## おわりに

以上、森林内での作業や移動が平坦地での作業や移動に較べて負担が大きいということを伐木造材作業について、作業者の生理的变化を通じて定量的に裏付けた。また作業後の回復の経過についても論じた。はじめにも述べたように、より普遍的な結果を得るにはさらに詳細なる研究を通じて様々な場所での数多くの作業者についてのデータを集めて行く以外にはあるまいと信ずるので、さらにその方向への努力を続けて行きたい。大方の御批判をあおげれば幸いである。

## 引用文献

- 1) E. G. STREHLKE: Im Umbruch zur Mechanisierung der deutschen Waidarbeit, All. Forst u. Jagdzeitung, 135 Jahrgang, H. 2, 29-34, (1964)
- 2) 人間工学ハンドブック編集委員会編: 人間工学ハンドブック, 東京, 金原出版, (1966)
- 3) 桜井敏夫, 田中千秋, 高橋 徹: Chain-sawの機械的振動について(第3報), 島根大学農学部研究報告 3, 40~45, (1969)
- 4) H. H. HILF, G. KAMINSKY, and D. REHSCHUH: Einmannarbeit im Hauungsbetrieb, Ein internationaler Areits- und Leistungsvergleich, FORSTARCHIV, 32 JAHRG., H. 8, 149-165, (1961)
- 5) G. M. STREEF, A. G. GERRITSEN, and M. M. G. R. BOL: Arbeits-physiologische Untersuchungen beim Holzeinschlag in den Niederlanden, FORSTARCHIV, 33 JAHRG., H. 11, 223-224, (1962)

- 6) G. KAMINSKY: Zur Beurteilung körperlicher Belastung bei Motorsägenarbeit, Allgemeine Forstzeitschrift, Sonderdruck Nr. 5 (1956)
- 7) 橋本邦衛, 白井 薫, 深野重次郎: 電気機関車乗務の生理的負担に関する研究 (第2報), 鉄道労働科学, **16**, 75-99, (1964)
- 8) 橋本邦衛, 白井 薫, 深野重次郎: 電気機関車乗務の生理的負担に関する研究 (第3報), 鉄道労働科学, **16**, 101-123, (1964)
- 9) 山本俊明: (未発表)
- 10) 児玉俊夫, 猪飼道夫, 石河利寛, 黒田善雄: スポーツ医学入門, 東京, 南山堂, (1965)

## Résumé

It is the purpose of this paper to point out that the properties of felling and bucking operation in the forest which conditions of the operations are severe and complicated, and that factors which will give the influence on the forest workers when with machines (a chain-saw etc.) the workers operate in the forest.

For this purpose, using a wireless telemeter (Photo.-1~Photo.-4), the electrocardiogram and the respiration curve of workers in the operating were recorded (Photo.-5, Photo.-6). From these, the pulse and respiration frequency were calculated and the physiological responses for each operation were treated quantitatively.

First, in order to clear up the factors which will strongly affect the bucking operation, the two experiments of bucking of square timbers or logs with chain-saws (using the orthogonal arrey  $L_{16}$  and  $L_{27}$ ) has performed on the even ground. The experimental results obtained are shown in Table 3~5 (for the arrey  $L_{16}$ ) and Table-7~8 (for the arrey  $L_{27}$ ) individually. Factor "Worker" and "Kinds of chain-saw" were significant. And it was clear up that of course the influence of weight of a chain-saw on the worker was remarkable but the influence of exhaust noise could not neglect.

Next, in Table-9 the pules and respiration frequencies and their rate of increase of five workers for each condition of the operation in the felling, bucking, limbing and walking are summerized. As for  $A$  worker, in Fig.-4 the rate of increase of pulse for each poeration are shown in graphic form on the basis of the Table. And the examples of physiological response of workers during each operaiton are shown in Fig.-5~6 (by  $A$  worker) and in Fig.-7~8 (by  $B$  worker).

The recovery time to the level of the pulse for before the operations was only about two minute regardless of times and kinds of the operations.

We concluded from the experiment decribed above that in the forest the operations and walking with machines gave remarkable physiological load on the workers in comparison with these on the even ground, and accordingly such the operations and the walking so that the workers operated in the strained working posture with the heavy weight and high noise machine in the forest should avoid as much as possible. Properly speaking it is admirable that the workers move with driving a car from here to there in the forest and the felling or the bucking are performed through the button- or lever-operating of the machines indirectly, but speaking in view of the present situation of the forestry at least the operations should be concentrately performed on the side of the forest roads or on the wood yard of which the footholding are more favorable. If so, the workers will be able to perform their works more comfortably, safely and easily.

We intend to perform the experiments with more various conditions of the operations by more various workers in order to obtain more universal results.