

生理的負担による林業機械の評価法 (I)

—チェーンソーの振動の場合—

瀧本 義彦・後藤 純一・山本 誠

The Physiological Evaluation of the Forest Machinery (I)

—In the case of the vibration of Chain-Saw—

Yoshihiko TAKIMOTO, Junichi GOTOU
and Makoto YAMAMOTO

要 旨

林業で使われている機械の、作業者に与える生理的負担を把握するため、まず、チェーンソーの振動について実験を行なった。因子として姿勢、振動波形、加振時間の3つを選び、加振器を使ったシュミレーション実験を30回行なった。生理的負担の指標として、心拍数、呼吸数を測定し、測定結果は分散分析を行ない、F検定をした。被験者を年代別、体力別に分類し、それぞれのグループ別に考察した処、全グループで振動波形は影響が大きく、同じ周波数成分でオールオーバー値が同じでも、低周波成分の多い方が生理的負担の大きいことが判った。姿勢については、前屈姿勢より直立姿勢の方が、加振時間は短い方が生理的負担は小さい傾向が見られた。

ま え が き

木を育て林をつくり、森をきずくことで営まれる林業において使われる機械・道具は種々雑多である。それぞれの機械と道具は、それぞれの働き、機能をもっている。そして、時代と共に、それぞれの機械・道具の使われ方は変わってきている。しかし、最近の林業において使われる機械・道具というのは、ある程度種類が限られている。

そこで、林業に使われる機械、(ここで道具と区別したのは、それ自体で動力源をもっていないという意味で、区別したわけであるが、) について、例を挙げると次のようになる。

林業の作業から考えて、まず、苗畑で使われる処の、苗畑の土を耕耘する耕耘機、或いは、苗木の植付等で使われる床替機、除草剤、殺虫剤等農薬散布に使われる噴霧機、出来上った苗木の掘り取りに使われる機械、等が考えられる。次に、苗木が山地で植えられる場合、その植付けされる場所を予め地拵えをする時には、チェーンソー、ブッシュカッター等の機械が使われ、又、苗木をそこ迄運搬する時、トラック、トレーラー、トラクター、林内作業車、モノケーブル等がある。また、植付の際には、植穴を掘るためにアースオーガー等も使われる場合がある。植付後、下刈りには、ブッシュカッターが使われる場合がある。植付後、除伐もしくは間伐が必要になり、その際にはチェーンソーが使われる。そして、その間伐材を曳き出す為に集材機、軽便集材機が使われる。そして適令伐期になった場合、伐倒にはチェーンソーもしくは伐倒機、伐倒後には玉切りの為にチェーンソーもしくは玉切り機、そして伐採木の移動の為にトラクターもし

くは林内作業車、そして伐倒された材の積み込みには、トラッククレーン、フォークリフト、その材の搬出の為に、トラック或いはトレーラーが使用される。以上が林業で使われる機械の主なものである。

今日のように林業労働力が減少し、且つ老令化している現状では、限られた労働力を林業の場で有効に且つ適切に使用する為に、各々の機械の性能と合わせて、各々の機械が作業者にどのような生理的負担を与えるかということを調べ、かつその結果から機械を改良し、作業仕組みを改良し、作業者が知識を得ることは望ましいと考えられる。

そこで今回は、林業で立木の伐倒その他各種の分野で使用されることの多いチェーンソーについて、その問題を検討してみた。チェーンソーにおいてその作業者に与える影響は、振動、騒音、操作性、重量、排気ガス等、色々あるが、今回は特に現在問題となっている振動について、作業者に与える生理的負担を検討してみた。

実 験 内 容

生理的負担を調べる場合、労働医学の分野で使われる疲労調査の手法が適用できる。従来の実験(1)(2)を参考にして、その中でも、連続測定が可能であり、種々の機械について作業者のデータが取れることなどを重視して、心拍数、呼吸数を選んだ。

また、これまでの実験(1)(2)では被実験者の個人差が大きく、詳しい解析が難しかったので、今回の実験では、被験者を体力的に分類するために、足踏み式エルゴメータを使った。

被験者は20才代の学生13名、30才代の教官と高知県職員10名で、延べ30回行った。1回の実験は、8種類の加振条件、(振動波形2種類、姿勢2種類、加振時間2種類の組合せ)から成り、L₈直交配列を使い、実験順序はランダムに配置した。

振動の種類・2水準とは、1つはスチール 041AV のチェーンソーを手持ちで約 7500rpm で回転させた時の前ハンドルの把持部付近の上下方向の振動に相当するものであり、もう1つは先に述べた振動を周波数成分で全体を1/10低くしたものである。この振動は、最初の振動を記録したデータ・レコーダのテープを1/10の速度で再生して得たものである。何故この2種類の振動を選んだかということ、現在のチェーンソーの振動規制は、振動加速度値で規制しているが、同じ振動加速度値でも、その周波数成分の違いにより、人体に与える生理的影響は異なると思われるので、その点を確かめるためである。従って、今回は振動加速度値は一定(約1.5G)で加振した。



写真—1. エルゴメータ

Photo—1. ergo-meter
(Body guard 990)

被験者の姿勢2水準とは、1つは直立姿勢であり、もう1つは約20cmの高さの台に登って、上半身を前屈させた姿勢である。いずれの場合にも被験者は左手を真直ぐに伸ばして、床より約70cmの高さにある加振器のハンドルを握って、腕の方向へ約10kgの力で引っ張りながら加振を受けた。この2種類の姿勢を選んだ理由は、地形の急峻な山地でチェーンソーを扱う場合などに、姿勢の違いで作業者に生理的負担の違いがあるか否かを確かめるためである。

sampling

simulation

analysis

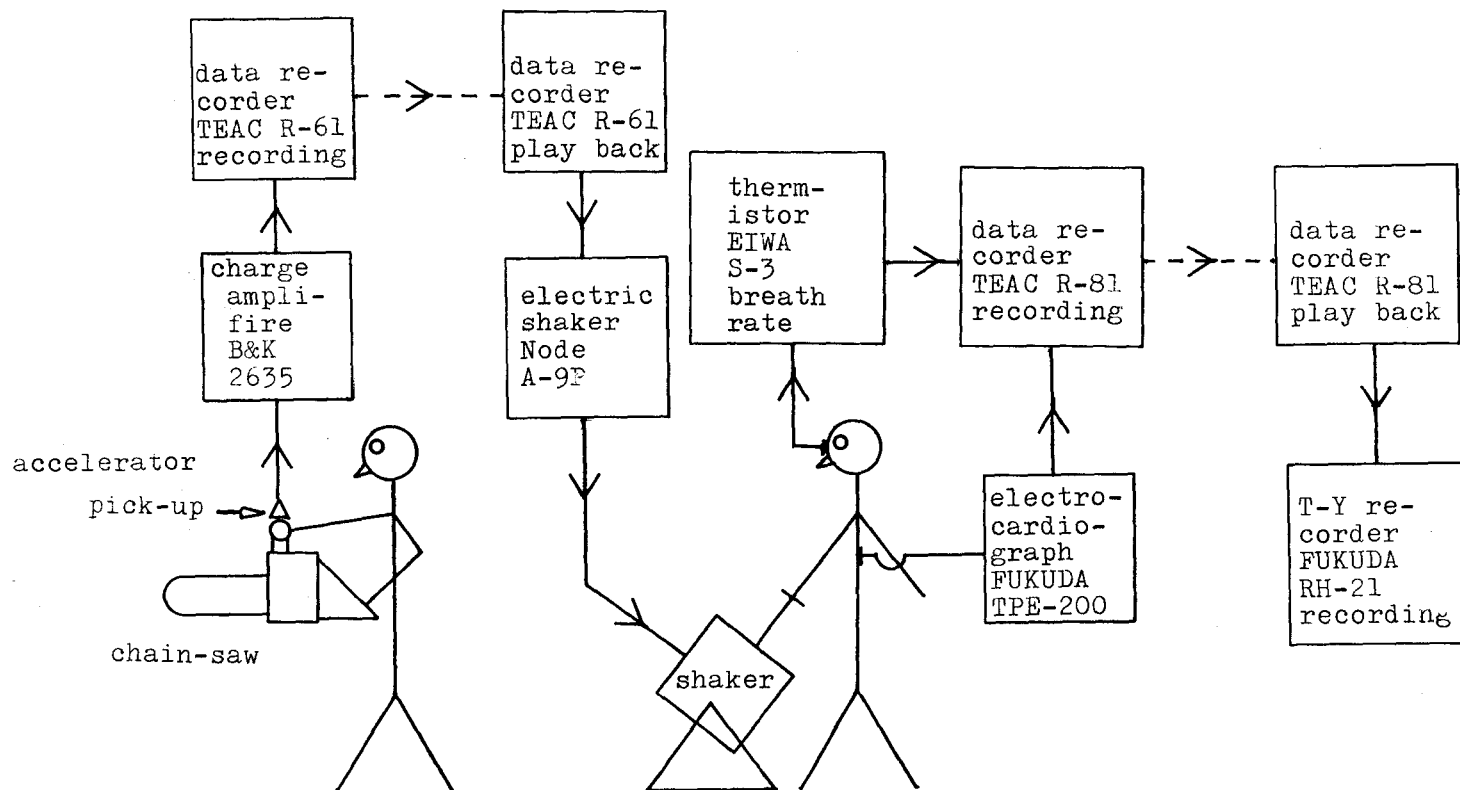


図-1. 実験の模式図

Fig. 1. experimental chart

表-1 被験者の概要
Table 1. Specification of experimental subjects

subject	age (years)	type of physical strength	height (cm)	weight (kg)
1	31	3	167	60
2	37	3	165	55
3	35	3	169	85
4	37	1	172	60
5	31	2	162	68
6	33	2	174	65
7	37	3	165	62
8	36	3	178	67
9	32	3	167	70
10	31	2	168	64
11	22	2	173	73
12	22	1	170	65
13	21	2	167	68
14	23	3	168	55
15	21	2	167	68
16	26	2	167	51
17	23	3	173	65
18	23	2	170	65
19	25	2	167	51
20	22	2	173	56
21	20	3	168	60
22	21	2	165	66
23	22	1	170	65
24	22	1	165	50
25	22	2	166	54
26	22	2	166	54
27	23	2	170	65
28	23	3	173	65
29	22	2	173	56
30	22	2	173	73

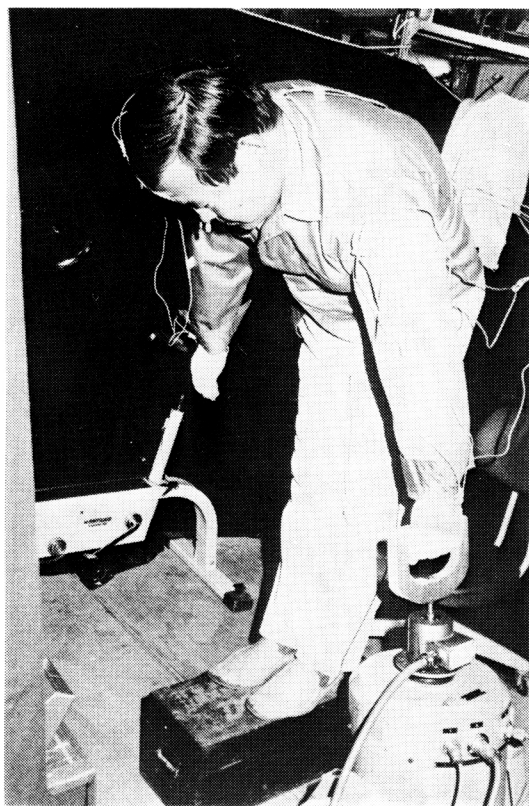
表-2 因子と水準
Table 2 Factors and Levels

No.	factor	A	B	C
		style of subjects	vibration of wave form	time of shaking
1		standing	original	3 minutes
2		〃	〃	6 〃
3		〃	modify	3 〃
4		〃	〃	6 〃
5		bending	original	3 〃
6		〃	〃	6 〃
7		〃	modify	3 〃
8		〃	〃	6 〃



写真—2. 直立の姿勢

Photo—2. Style of standing



写真—3. 前屈の姿勢

Photo—3. Style of bending

加振時間の2水準は、3分間と6分間で、これは、一連続使用5分間という作業規制を参考に設定した。

1回の実験は、実験前の安静30分間、加振後の安静10分間を含めて、のべ2時間30分を要した。被験者は実験開始1時間以上前に飲食、喫煙を止め、30分前に実験室内に入り、椅子に座り、安静を保った。また加振後の安静時も椅子に座り、両手を膝の上に置いて安静を保った。室内は約20℃に保ち、暗幕で囲んで被験者の落ち着きを保った。実験場所は高知県南国市の高知大学農学部林業工学実験室内で1979年12月19日から1980年1月14日迄の内17日間であった。

実 験 装 置

電動加振器の上部にロードセルを介して木製ハンドルを取り付け、被験者が、この木製ハンドルを約10kgの力で引っ張って、加振を受ける。この10kgという値はチェーンソーの装備重量を参考にして決めた。また被験者は、加振中、ロードセルで検出した張力をモニターで見ながら、10kgを保たせた。

測 定 内 容

心拍数は貼付け電極で検出した心電図を連続測定してデータレコーダに収録し、後でペンレコ

ーダに再生し、R波の間隔から1分間当りの心拍数を読み取り、データとした。

呼吸数は、鼻の孔に差し込んだサーミスタにより、温度変化として検出し、1分間当りの呼吸数を読み取り、データとした。

心拍数、呼吸数とも各加振時間中の全部の値の平均値をデータとした。そして、安静時心拍数呼吸数を基準として、次式により心拍（又は呼吸）変動率

$$\frac{\text{加振時心拍（又は呼吸）数}-\text{安静時心拍（又は呼吸）数}}{\text{安静時心拍（又は呼吸）数}} \times 100$$

=心拍（又は呼吸）変動率（%）

を求めて被験者間で異なる心拍（又は呼吸）数の補正を行なった。

体力区分の方法

エルゴメータを使って、3段階の負荷を与えた時の心拍数、呼吸数から被験者を体力で3グループに分けた。

エルゴメータは運動負荷を与えながら、心電図等によって、心臓機能の検査をする装置で、最大酸素摂取量の推定等も可能である。今回は被験者に一定の仕事量を与えるために使った。

装置（写真1参照）は、自転車の車輪をはずしたようなもので、被験者はサドルに座ってペダルをこぎ、フライホイールを回し、運動負荷はこのフライホイールの外周に摩擦ベルトを巻きつけて与える。

今回は運動負荷1kp、2kp、3kpの3段階について毎分50回転で5分間ペダルをこいだ。この場合の仕事量は各々300kpm/min→3500cal、600kpm/min→7000cal、900kpm/min→10500calに相当する。

そして、この運動中の心拍数、呼吸数から体力による被験者の区分を行った。

分類方法は、1kp、2kp、3kpの負荷時の心拍数、呼吸数をグラフ上にプロットし、1kpの点と3kpの点を直線で結び、2kpの点はその直線の上側、下側、直線上のいずれに存在するかでC、A、Bの3タイプに分類した。更に、心拍数による分類と呼吸数による分類からA・Aのものを3型、C・Cのものを1型、他のものを2型とした。2型は体力が普通であり、3型はそれより弱く、1型はそれより強いと思われる。今回の被験者の場合は表1の通りである。又、表1には被験者の他のデータも載せている。

測定結果と考察

心拍数、呼吸数のデータを基に、それぞれ分散分析を行なった処、表1・3・4の結果を得た。L_sの割付けは、表1の通りである。表3、4から分るように、心拍数の場合、姿勢の要因で有意（危険率5%水準）となったのは13人、振動波形の場合7人、加振時間の場合6人である。呼吸数では、姿勢の場合11人、振動波形の場合8人、加振時間の場合2人、である。これから考えると、姿勢は心拍、呼吸の両方に影響が大きく、又、心拍、呼吸の両方で姿勢が有意（危険率5%水準）となっている例が6人あることから判る。振動波形については、心拍数、呼吸数とも影響があると思える。加振時間については、心拍数には影響があるが、呼吸数にはあまり影響はないと思える。

次に表1を参考にして、年代別、体力別の考察をしてみる。

年代別では、姿勢の要因で有意（危険率5%水準）なのは、心拍数の場合20代で20人中8人、30代で10人中5人。呼吸数の場合、20代で20人中7人、30代で10人中4人といずれの場合も年代

表-3 分散分析によるF値 (心拍数)

Table 3 F-ratio of contribution of variance (heart rate)

factor	No.	1	2	3	4	5	6	7
A	—	—	8.67 *	1125.98 *	6.03	192.03 **	21.16	
B	—	184.69 **	—	723.01 *	—	88.22 **	22.09	
AB	—	3.77	—	4.94	—	—	7.65	
C	—	83.77 *	—	77.05	14.59 *	7.50	44.00	
AC	—	64.69 *	—	34.68	—	—	15.73	
BC	—	753.92 **	—	102.23	5.67	49.48 **	4.84	

8	9	10	11	12	13	14	15
32.92 **	7140.25 **	5.25	11.17	112.17 **	—	72.67 **	27.82 *
—	42.25	—	—	86.06 **	2.68	7.26	5.38
2.08	600.25 **	—	6.63	16.79 *	2.13	3.54	2.50
—	4.00	—	—	130.90 **	—	—	7.31
—	16.00	—	42.70	—	—	—	—
8.83 *	25.00	—	—	—	—	9.38	15.10

16	17	18	19	20	21	22	23
172.83	34.88 *	8.91	108.36	2.20	—	9.53 *	16.37 *
4.68	9.41	33.31 *	3.49	—	7.95	—	104.56 **
28.95	6.02	8.33	—	—	5.84	—	2.32
—	2.12	—	4.95	2.69	21.45 *	—	—
9.31	12.99	11.45	—	—	—	—	—
114.61	—	1.43	12.04	—	21.45 *	—	12.66 *

24	25	26	27	28	29	30
—	51.76 **	5.93	76.56 *	—	—	13.48
58.19 *	—	—	—	5.90	4.20	34.39
—	—	—	20.25 *	184.18 **	4.39	1.10
4.20	5.35	—	85.56 *	81.00 *	—	10.50
4.94	2.38	—	5.06	108.76 **	—	1.74
2.60	32.93 *	—	12.25	114.80 **	—	6.27

* は危険率5%で有意

* means significant at the 5% level

** は危険率1%で有意

** means significant at the 1% level

による違いは見られない。振動波形の要因で有意（危険率5%水準）なのは、心拍数の場合、20代で20人中4人、30代で10人中3人、呼吸数の場合、20代で20人中4人、30代で10人中4人と、いずれも30代の方に影響が大きい。加振時間の要因で有意（危険率5%水準）なのは、心拍数の場合、20代で20人中4人、30代で10人中2人、呼吸数の場合、20代で20人中1人、30代で10人中1人であるが、全体として影響が少なく、年代の違いはわからない。

次に体力別では、姿勢の要因で有意（危険率5%水準）なのは、心拍数の場合、1グループで4人中2人、2グループで16人中5人、3グループで10人中6人、呼吸数の場合、1グループで4人中1人、2グループで16人中6人、3グループで10人中4人である。1グループは呼吸には

表-4 分散分析によるF値（呼吸数）

Table 4 F-ratio of contribution of variance (breath rate)

factor	No.	1	2	3	4	5	6	7
A	12.92 **	14.44	52.12 **	196.00 *	7.32	3.71	28.33	
B	—	88.36	90.24 **	492.84 **	—	4.63	8.62	
A B	—	139.24	7.07	14.44	—	—	2.92	
C	—	179.56 *	—	23.04	7.08	—	6.17	
A C	—	213.16 *	—	46.24	12.59 **	—	4.13	
B C	—	73.96	15.42 *	29.16	—	13.42 *	3.38	

8	9	10	11	12	13	14	15
—	40.50 *	—	4.07	12.90	5.90	—	8.90 *
—	98.00 *	10.15 *	—	10.76	4.59	—	11.16 *
—	40.50 *	—	—	—	14.88	—	—
—	4.50	—	—	8.80	71.04	—	—
—	8.00	—	—	37.10 *	3.44	—	1.72
—	—	8.18 *	—	10.76	53.08	—	—

16	17	18	19	20	21	22	23
13.14	27.20 *	1681.00 *	—	8.82	139.24	6.10	9.00
61.66	28.82 *	33.64	—	12.56	104.04	—	100.00
—	—	67.24	—	—	73.96	3.96	27.04
27.41	6.02	25.00	8.01	8.82	60.84	—	7.84
—	6.80	81.00	—	3.31	148.84	4.82	5.76
29.55	7.62	11.56	—	2.56	38.44	—	21.16

24	25	26	27	28	29	30
—	5.85	34.94 **	336.11 *	1640.25 *	—	10.38 *
—	4.37	—	81.00	992.25 *	25.06 *	4.24
13.10 *	—	—	2.78	132.25	2.93	—
6.34	4.72	7.61	69.44	256.00 *	4.37	5.65
2.01	—	—	9.00	36.00	—	3.42
2.01	—	—	13.44	36.00	4.37	—

* は危険率5%で有意

* means significant at the 5% level

** は危険率1%で有意

** means significant at the 1% level

あまり影響を受けていないと云える。振動波形の要因で有意（危険率5%水準）なのは、心拍数の場合、1グループで4人中3人、2グループで16人中3人、3グループで10人中6人、呼吸数の場合、1グループで4人中1人、2グループで16人中6人、3グループで10人中4人である。このことから1グループの場合、心拍数の方に、より影響を受けていると思える。加振時間の要因で有意（危険率5%水準）なのは、心拍数の場合、1グループで4人中1人、2グループで16人中3人、3グループで10人中2人、呼吸数の場合、1グループは0人、2グループで16人中1人、3グループで10人中1人である。全体に影響は少なく、特に呼吸数の方があまり影響を受けていないと思える。

年代別、グループ別の考察を更に深める為、夫々の分類別に、L_sの反復として分散分析とF検定を行った。表一5～8はその結果である。

表一5 分散分析 (心拍変動率・年齢別)

Table 5 Contribution of variance (heart rate, an age group)

	S	df	V	F	p(%)		S	df	V	F	p(%)
A	62.00	1	62.00	3.57	0.3	A	173.11	1	173.11	5.42 *	0.8
B	574.33	1	574.33	33.08**	3.2	B	573.31	1	573.31	17.94**	3.1
A B	14.39	1	(14.39)	—	—	A B	1.94	1	(1.94)	—	—
C	46.78	1	46.78	2.69	0.2	C	312.29	1	312.29	9.77**	1.6
A C	37.03	1	37.03	2.13	0.1	A C	25.56	1	(25.56)	—	—
B C	3.63	1	(3.63)	—	—	B C	33.93	1	33.93	1.06	0.01
R	11723.75	19	617.04	35.54**	65.7	R	12076.69	9	1341.85	41.99**	66.6
A R	1418.53	19	74.66	4.30**	6.3	A R	2126.34	9	236.26	7.39**	10.4
B R	1446.22	19	76.12	4.38**	6.4	B R	717.96	9	79.77	2.50 *	2.4
C R	657.00	19	34.58	1.99 *	1.9	C R	439.80	9	48.87	1.53	0.9
e	1353.27	77	15.57	—	—	e	1219.07	37	32.95	—	—
e'	1371.29	79	17.36	—	15.9	e'	1246.57	39	31.96	—	14.19
T	17336.93	159	—	—	100.0	T	17700.00	79	—	—	100.00

20es

- 表一5～8において
○ in the Tab 5～8

- * は危険率5%で有意
* means significant at the 5% level
** は危険率1%で有意
** means significant at the 1% level

30es

表一6 分散分析 (呼吸変動率・年齢別)

Table 6 Contribution of variance (breath rate, an age group)

	S	df	V	F	p(%)		S	df	V	F	p(%)
A	928.34	1	928.34	3.93 *	0.8	A	1083.47	1	1083.47	9.50**	2.4
B	1741.61	1	1741.61	7.37**	1.8	B	2668.86	1	2668.86	23.40**	6.3
A B	53.67	1	(53.67)	—	—	A B	105.04	1	(105.04)	—	—
C	36.91	1	(36.91)	—	—	C	509.80	1	509.80	4.47 *	1.0
A C	14.65	1	(14.65)	—	—	A C	186.14	1	186.14	1.63	0.2
B C	4.47	1	(4.47)	—	—	B C	1.76	1	(1.76)	—	—
R	50446.69	19	2655.09	11.24**	53.6	R	25222.89	9	2802.54	24.57**	59.2
A R	3514.00	19	(184.95)	—	—	A R	4073.75	9	452.64	3.97**	7.5
B R	1273.94	19	(67.05)	—	—	B R	1632.70	9	181.41	1.59	1.5
C R	2449.07	19	(128.90)	—	—	C R	1014.66	9	(112.74)	—	—
e	25255.49	77	327.99	—	—	e	4353.54	37	117.66	—	—
e'	32602.20	138	236.25	—	43.8	e'	5475.00	48	114.06	—	21.9
T	85718.84	159	—	—	100.0	T	40852.61	79	—	—	100.0

20es

30es

表-7 分散分析 (心拍変動率・体力別)

Table 7 Contribution of variance (heart rate, type of physical strength)

	S	df	V	F	p(%)
A	34.57	1	34.57	1.90	0.3
B	1396.03	1	1396.03	76.83**	26.1
A B	0.05	1	(0.05)	—	—
C	78.88	1	78.88	4.34	1.2
A C	0.10	1	(0.10)	—	—
B C	1.90	1	(1.90)	—	—
R	1746.82	3	582.27	32.05**	32.1
A R	1330.15	3	443.38	24.40**	24.2
B R	179.03	3	59.68	3.28 *	2.4
C R	221.57	3	73.86	4.06 *	3.2
e	288.72	13	22.21	—	—
e'	290.77	16	18.17	—	10.5
T	5277.82	31	—	—	100.0

group 1

	S	df	V	F	p(%)
A	152.99	1	152.99	6.01 *	1.9
B	143.95	1	143.95	5.66 *	1.7
A B	3.56	1	(3.56)	—	—
C	35.16	1	35.16	1.38	0.1
A C	13.76	1	(13.76)	—	—
B C	29.08	1	29.08	1.14	0.1
R	4068.18	9	452.02	17.76**	55.8
A R	698.21	9	77.58	3.05**	6.8
B R	293.61	9	32.62	1.28	0.9
C R	470.81	9	52.31	2.06 *	3.5
e	975.14	37	26.36	—	—
e'	992.46	39	25.45	—	29.2
T	6884.45	79	—	—	100.0

group 3

	S	df	V	F	p(%)
A	152.93	1	152.93	7.16**	0.6
B	308.23	1	308.23	14.43**	1.4
A B	13.96	1	(13.96)	—	—
C	156.00	1	156.00	7.30**	0.6
A C	31.15	1	31.15	1.46	0.1
B C	10.00	1	(10.00)	—	—
R	16180.79	15	1078.72	50.50**	75.3
A R	1411.13	15	94.08	4.40**	5.2
B R	990.96	15	66.06	3.09**	3.2
C R	493.45	15	32.90	1.54	0.8
e	1321.41	61	21.66	—	—
e'	1345.37	63	21.36	—	12.8
T	21070.01	127	—	—	100.0

group 2

〈年代別〉

心拍数では20代が、振動波形と個人差で有意（危険率1%水準）なのに比べて、30代は、それに加えて加振時間も有意であり、姿勢についても有意（危険率5%水準）となっている。

呼吸数では20代が、振動波形と個人差で有意（危険率1%水準）、姿勢は危険率5%水準で有意なのに比べて、30代は姿勢、振動波形と個人差で有意であり、加振時間も危険率5%水準で有意となっている。

これらの点から考えて云えることは、次の通りである。個人差が大きく影響しているが、振動波形の違いについては、年代に關係なく、心拍数、呼吸数に与える影響は

大である。又、30代の方が20代よりも加振時間の長短による影響が大きい。姿勢の違いは、心拍数よりも呼吸数に影響を与えている。

〈体力別〉

心拍数の場合、1グループでは、振動波形と個人差が有意（危険率1%水準）であり、2グループでは、それに加えて姿勢と加振時間も有意（危険率1%水準）である。3グループでは、個人差が有意（危険率1%水準）であるが、姿勢と振動波形は危険率5%水準で有意となっている。

呼吸数の場合、1グループでは、振動波形と個人差が有意（危険率1%水準）であり、姿勢は危険率5%水準で有意である。2グループでは、姿勢、振動波形と個人差が有意（危険率1%水準）であり、加振時間は危険率5%水準で有意である。3グループは、姿勢、振動波形と個人差

表—8 分散分析（呼吸変動率・体力別）

Table 8 Contribution of variance (breath rate, type of pysical strength)

	S	df	V	F	p(%)
A	588.42	1	588.42	7.94 *	3.5
B	1915.19	1	1915.19	25.86**	12.6
A B	179.65	1	179.65	2.43	0.7
C	9.61	1	(9.61)	—	—
A C	383.51	1	383.51	5.18 *	2.1
B C	8.76	1	(8.76)	—	—
R	8041.66	3	2680.55	36.19**	53.3
A R	574.95	3	191.65	2.59	2.4
B R	1438.65	3	479.55	6.47**	8.3
C R	434.65	3	144.88	1.96	1.4
e	1092.71	13	84.05	—	—
e'	1111.08	15	74.07	—	15.7
T	14667.76	31	—	—	100.0

group 1

	S	df	V	F	p(%)
A	1230.21	1	1230.21	16.77**	2.2
B	1002.40	1	1002.40	13.67**	1.8
A B	4.76	1	(4.76)	—	—
C	395.86	1	395.86	5.40 *	0.6
A C	108.86	1	108.86	1.48	0.1
B C	14.57	1	(14.57)	—	—
R	38003.72	15	2533.58	34.55**	71.5
A R	2776.47	15	185.10	2.52**	3.2
B R	705.85	15	(47.06)	—	—
C R	2360.52	15	157.37	2.15 *	2.4
e	4995.59	61	81.89	—	—
e'	5720.77	78	73.34	—	18.2
T	51598.80	127	—	—	100.0

group 2

が有意（危険率1%水準）である。

これから云えることは、全体として個人差が大きく影響しているが、振動波形は全グループに於て、心拍数、呼吸数に影響を与えており、姿勢は前述の如く呼吸数に影響を与えている。1グループは他のグループより姿勢による影響を受けにくい。これは1グループは体力の勝っているグループということと一致すると思える。2グループは、加振時間、姿勢ともに心拍数、呼吸数に影響が大きい。このグループは、標準的体力のグループなので、この点は重要である。

各因子について次の点が明らかになった。

①姿勢（写真—2・3参照）

心拍数より呼吸数に与える影響が大きく、1グループ以外の場合、心拍数も影響を受けている。そしてその影響は直立姿勢より前屈姿勢の方が大きい。又、写真—3からも判るように、前屈姿勢の場合、胸部を圧迫し、呼吸動作を妨げることによって考えられる。

②振動波形の違い（図—2参照）

図—2は今回の実験に使ったチェーンソーの振動を周波数分析したものである。原波形は125 Hz（7500rpm）附近にピークがあり、その高調波が主成分である。1/10波形（時間軸を1/10に変えた波形）は12.5Hz（750rpm）附近にピークがあり、その高調波が主成分である。今回の実験では、年代別、体力別に関係なく、心拍、呼吸の両方で有意となった。そして、分散分析の因子変動で調べてみると、表—5～8のいずれの場合にも原波形より1/10波形の方が、心拍数、呼

	S	df	V	F	p(%)
A	2204.19	1	2204.19	33.81**	5.6
B	1845.12	1	1845.12	28.30**	4.6
A B	124.75	1	124.75	1.91	0.2
C	16.18	1	(16.18)	—	—
A C	55.05	1	(55.05)	—	—
B C	22.96	1	(22.96)	—	—
R	27619.76	9	3068.86	47.08**	70.5
A R	2230.02	9	247.78	3.80**	4.3
B R	405.58	9	(45.06)	—	—
C R	790.87	9	87.87	1.35	0.5
e	3054.91	37	82.57	—	—
e'	3194.16	49	65.19	—	14.3
T	38369.39	79	—	—	100.0

group 3

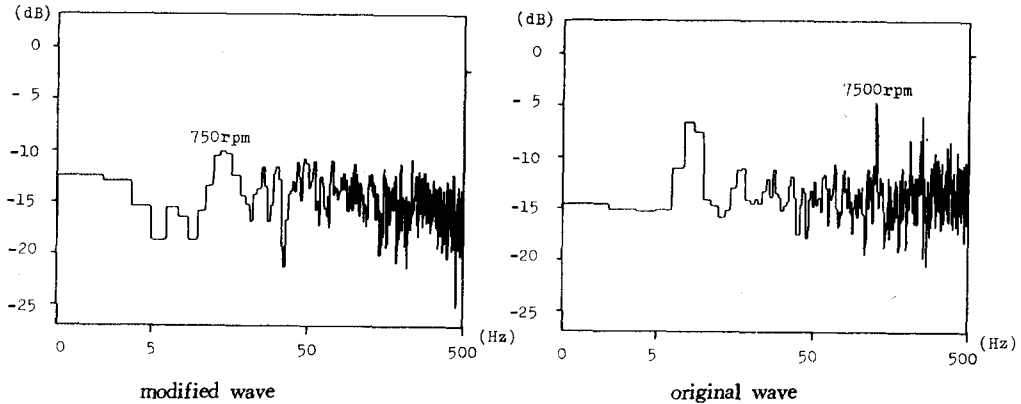


図-2. チェーンソー振動の周波数分析

Fig. 2. frequency analysis of chain-saw vibration

吸数の変動率が大きいことから考えて、同じ波形分布で、オールオーバー値が同じでも、低周波成分の多い方が生理的負担が大きくなることが判った。

③加振時間

20代より30代の方が影響が大きく、又、どちらの年代でも、6分間の場合の方が3分間の場合より因子変動も大きい。

従って、加振時間は短い方が望ましい。

④年代別

20代、30代とも、姿勢は直立、振動波形は原波形、加振時間は短い場合に、心拍数、呼吸数の変動率が少ない。

⑤体力別

1グループの姿勢を除けば、年代別と同じであるが、1グループの姿勢の場合、前屈姿勢の方が心拍数、呼吸数の変動率が少ない。これが体力と関連があるか否かは、今日の実験の範囲では判らない。

ま と め

- 1) 同じ周波数分布、同じオールオーバー値の振動でも、低周波成分域の多い振動の方が生理的負担は大きい。
- 2) 胸部を圧迫する前屈姿勢は、体力の優れた人の場合を除いて、生理的負担（特に呼吸数）が大きい。
- 3) 同じ振動でも、加振時間が短い方が生理的負担は小さい。

以上の結論が得られた。今後は、これらの結論がチェーンソーの防振構造の改良、作業時の姿勢の指導、作業仕組の改善に生かされるように調査、研究を進めたい。

最後に、今回の実験に御協力いただいた高知県林業課、森林土木課の諸氏、高知大学農学部林学科の教官、学生各位に感謝の意を表します。

なお、本研究の一部は第91回日本林学会大会で口頭発表したものです。

引用文献

- 1) 瀧本義彦他：チェンソーの評価法(I)，京大演報，49巻，1977
- 2) 瀧本義彦他：チェンソーの防振性能の評価法(III)，第89回日林論，1978

Résumé

To examine the physiological load of the worker by forestry machinery, we experimented how the vibration by chain-saw influenced to the heart and breath rate. We experimented it for the persons (20es, 13 and 30es, 10) by electric shaker about following factors; style (standing or bending) , vibration-waveform (original-wave or modified-wave) , shaking time (three minutes or six minutes) . We classified subjects three groups (strong, average and weak) in physical strength.

The results are that: the more the component of low frequency has, the larger the physiological load becomes, even though overall value is same. The shaking time is the shorter, the physiological load is the smaller. To the style, the physiological load of standing is smaller than bending except the strong group.