

チェーンソー運搬者の生理的負担について

On the Physiological Response of Chain-saw Carriers

藤 井 禧 雄・山 本 俊 明

Yoshio FUJII and Toshiaki YAMAMOTO

目 次

要 旨	137	結果と考察	141
まえがき	137	i) 実験Ⅰの結果と考察	
実験の方法	138	ii) 実験Ⅱの結果と考察	
実験計画	138	ま と め	150
i) 実験Ⅰ〔チェーンソー重量と 運搬者の心拍数との関係〕		引用文献	151
ii) 実験Ⅱ〔チェーンソー重量お よび他の因子と心拍数との関係〕		Résumé	151

要 旨

森林作業，とりわけ伐木造材作業において大きい部分を占め、しかも作業負担の著しいチェーンソー運搬作業を取りあげ、運搬時の作業者の負担がどの程度なのか，また主たる影響因子は何であるかについて，チェーンソー重量と作業負担の関係を中心に検討した。

そのために，無線テレメーターを用いて作業中の作業者の心電図を連続して測定し，それら心電図から作業負担の指標としての心拍数を算出した。

その結果，作業者の心拍数水準から考えて，チェーンソー重量は 7 kg 以下であることが好ましく，少なくとも 11 kg 以下でありたいこと，また運搬作業に影響を与える主たる因子は，路面の状態，運搬速度，運搬方法等であることが明らかになった。

ま え が き

先に，作業中の作業者の生理的変化を通して伐木造材作業の特質について論じた¹⁾。そしてその中で，平坦地における作業に較べ地形の複雑な森林内での作業は，作業者や作業姿勢に応じて，玉切作業では約 9～62%，立木伐倒作業では 4～16%作業中の平均心拍数が増加し，チェーンソーによる森林作業の負担の大なることを明らかにした。同時に，チェーンソーを持って林内を移動する作業，とりわけ山腹を登る場合は，森林内で立木を伐倒する作業に匹敵するか，あるいはそれを凌ぐ高い心拍数を示し，作業者の負担がまた大きいことを明らかにした。

そこで、本研究では、森林作業において大きい部分を占め、しかもかように負担の大きいチェーンソー運搬という作業に焦点を当てて、作業者におよぼす負担の程度とそれら影響因子を明らかにし、チェーンソー作業に携わる人々の負担を軽減する方向を探ろうと意図した。

実験の方法

無線テレメーターを用いて作業中の作業者の心電図を連続して計測記録し、それら心電図から心拍数を求め、心拍数の多少や増減の様子等から各種作業の負担の大きさを推定しようとするもので、装置等については前報¹⁾および文献 2) を参照されたい。

ところで、前報においても少し触れたが、従来までの方法によるフリッカー・テスト、触二点弁別閾値法、連続色名呼称法、ダグラス・バック法等によるものが、作業者の主観的な不測の要素の混入を避け得ないことや、一時作業を中断することなしには作業中の測定が出来なかった³⁾のに対し、本法は作業者の主観的要素に左右されず、また作業を中断することなしに作業中の生理的变化を連続してとらえることが出来る利点を持っている。

一方、心拍数と R.M.R. や酸素消費量との相関は大変高く、作業の強さや、作業からの回復の^{4,5,6)}度合を推定することの可能性は基礎的研究^{7,8)}や応用研究によって裏付けられているものである。そしてまた、作業中にチェーンソーのような比較的重量のある機械を手に保持するといった静的作業要素の多い森林作業やチェーンソー運搬作業においては、心拍数はかかる作業の場合でも負担に応じて敏感に反応するので、R.M.R. やエネルギー消費量よりも心拍数の方がより良くその作業の強さ、負担の大きさを示すようである。⁹⁾

作業者の生理的变化を測定するに当り、無線テレメーターにより心電図を測定する方法は、上述のような利点と理論的裏付けを持ったものであるから、従来までの R.M.R. やエネルギー消費量 (cal/分) を指標にした研究と比較しても、より客観的に、またより精緻にチェーンソー運搬作業なるものの負担を把み得ているものと思う。

実験計画

チェーンソー運搬作業に影響を与えると考えられる主要な因子としては、チェーンソーの重量、運搬方法、運搬速度、運搬路面の傾斜、運搬者の身長、体重、年齢および経験さらには運搬時の気温、湿度等が考えられるが、中でも特に、チェーンソーの重量が作業者におよぼす影響を明らかにすることを研究の重点目標としたので、最初にこの点をより詳細に明らかにし (実験 I)、ついでその結果を踏まえて、チェーンソー重量を含めその他の因子が作業者におよぼす影響を実験 II で総括的に明らかにしよう計画した。実験 I、実験 II はそれぞれつぎのような計画の下で行なわれた。

i) 実験 I [チェーンソー重量と運搬者の心拍数との関係]

実験日、場所および実験条件は以下のものである。

実験日：1972. 7. 7、曇のち晴れ、気温 25.5°C~29.5°C、湿度78%~91%

実験場所：京大芦生演習林(京都府)近傍の砂敷グラウンド (勾配≒ 0)

運搬距離：同グラウンド(1周約 141 m)を2周

運搬者：F, T (表-1を参照)

運搬方法：片手でチェーンソーを保持

運搬チェーンソー重量：5.1, 7.1, 9.0, 11.0, 13.0, 15.0, 17.3, 19.3および 0 kg (徒手)

運搬者は、芦生演習林の技官で、F 作業者は壮年の林業作業のベテランであり、一方のT 作業者は演習林に勤めて約2年6カ月で、各種林業作業の外、机上で事務を取ることもある青年である。この2人を比較することにより、年齢や経験の影響を明らかにしようとしたものである。

チェーンソーは重量に応じてマッカラー、スチール、ホームライト、SDK 電動の各機種を用い、場合によってはガソリン、オイルの量で重量を調節したし、また一部おもり付けをして調節した。おもり付けの場合にはチェーンソーの重心の位置が大きく移動しないように留意した。

運搬は、各チェーンソーを片手に持ちグラウンドを2周したのであるが、その時の運搬速度はチェーンソーの重量に応じて各自が最も自然でかつ運搬し易いと思う速度とテンポにて行なった。各々の場合の実際の速度とテンポを示すと表-2のようであった。両者共チェーンソー重量が増すにつれて歩行テンポは早目になったが、速度の方は必ずしも早くなったとは言えず、全体的にはほぼ同一の速度に終始した。

なお、実験は一人の運搬者についてチェーンソー重量ごとの9回、2人で計18回行なわれたのであるが、運搬の順序はくじ引きでランダムに定めたので、9.0 kg のチェーンソー運搬に始まり、19.3 kg のチェーンソー運搬に終り、その間にそれ以外のチェーンソーが運搬されたわけである。

表-1 作業者に関するデータ

Table 1. The data about the workers

作 業 者 Worker	生 年 月 日 Birth data	身 長・体 重 Height・Weight	体 表 面 積 Surface of a body	森林作業経験年数 Years of forest working
F	1931. 1.26	156 cm, 58 kg	1.583 m ²	about 19 years
T	1949. 4.25	170 cm, 63 kg	1.746 m ²	about 2.5 years

表-2 各作業者の運搬速度とテンポ (実験 I)

Table 2. Carrying speed and pace of each worker

チェーンソー重量 Weight of chain-saw	F 作業者 F. worker		T 作業者 T. worker	
	運 搬 速 度 Carrying speed	テ ン ポ Tempo	運 搬 速 度 Carrying speed	テ ン ポ Tempo
0 kg	5.1 km/h (85 m/min.)	112~116歩/分 step/min.	5.2 km/h	108~112歩/分 step/min.
5.1	5.0 (83)	116	5.2	116
7.1	5.2 (87)	116~124	5.2	116
9.0	5.1	112~120	5.1	116~120
11.0	5.2	120~124	5.2	120
13.0	5.2	116~124	5.2	112~120
15.0	5.2	120~132	5.3	120
17.3	5.3 (88)	128~132	5.3	116~124
19.3	5.2	128~132	5.3	124

ii) 実験Ⅱ [チェーンソー重量およびその他の因子と心拍数との関係]

チェーンソー運搬の際、作業者に影響を与えると考えられる主たる因子を包括的に検討するための実験で、実験の因子と水準は表-3 のとおりである。

表-3 実験Ⅱの因子と水準
Table 3. Factors and levels in the Experiment II

因 子 Factor	水 準 Level		
路 面 の 状 態 Condition of road	登り勾配* Uphill	平 坦** Level	降り勾配* Downhill
運 搬 方 法 Method of carrying	片手持ち With a hand	肩かつぎ With a shoulder	しよいこに背負う With a SHOIKO
運 搬 速 度 Speed of carrying	早 い Faster	普 通 Ordinary	遅 い Slower
作 業 時 刻 Hour of working	昼 食 前 Pre lunch time	昼 食 後 Post lunch time	
チェンソー重量 Weight of chain-saw	5, 10, 15, 20 kg		
作 業 者 Worker	F, T (表-1 参照) See Table 1.		

* 芦生演習林, 内杉林道, 平均勾配 7.9%
Naisugi-Forest road, mean inclination of slope 7.9%

** 砂を敷いたグラウンド, 勾配=0%
The ground covered with sands, inclination of slope = 0%

表-4 各作業者の運搬速度 (実験Ⅱ)
Table 4. Carrying speed of each worker (in the Experiment II)

		運 搬 速 度 (km/h) Carrying speed						
		早 い* Faster		普 通** Ordinary				遅 い*** Slower
F 作業 者	登り勾配 Uphill	6.3,	5.7	4.9,	4.9,	4.5,	4.4	3.6, 3.5
	平 坦 Level	5.6,	4.8	4.7,	4.5,	4.3,	4.3	3.5, 3.5
	降り勾配 Downhill	6.8,	6.7	5.1,	4.9,	4.8,	4.8	3.8, 3.7
T 作業 者	登り勾配 Uphill	5.9,	5.6	5.3,	5.1,	5.1,	4.5	4.0, 3.6
	平 坦 Level	6.2,	5.9	5.4,	5.4,	5.0,	4.9	4.4, 4.2
	降り勾配 Downhill	7.0,	6.1	5.6,	5.4,	5.4,	5.3	4.4, 4.2

* 平均速度 6.0 km/h (100 m/min.)
Average speed

** // 4.9 km/h (82 m/min.)

*** // 3.9 km/h (65 m/min.)

「路面の状態」としては、実験Ⅰにおける平坦地に、実際の山仕事では運搬することの多い登り勾配、降り勾配の路面を加えた。

「運搬方法」としては、片手持ちに、さらに作業現場で良く見受けられる肩かつぎ方法と運搬補助具としてのしよいこによる方法を加えた。

「運搬速度」は、作業者が主観的に普通のペースと思う速度を中心に、それよりも主観的にみて早いペースと思う速度、および主観的にみて遅いと思うペースの3水準を採りあげた。これは、速度を指示すると運搬のリズムが作業者によっては不自然になり実情にそぐわなくなると考えたからである。

各作業者の「路面の状態」ごとの実際の速度は、測定の結果表-4のごとくであった。両者共、降り勾配の場合は他の2つの場合に比べ各水準を通じて全体的にいく分早いペースになっていることが分かる。

「作業時刻」は、1日の作業を昼食を境に2つに分け、昼食を取ったことの影響や作業開始時と途中やまた終了時との生理的変化の相違を調べようとした。

「チェンソーの重量」は、実験Ⅰの結果を考慮して5, 10, 15, 20 kgの4水準を選んだ。

「作業者」は実験Ⅰと同一の2人であった。

実験に当って、同じ場所で一度に異なる3つの路面状態を得ることは出来なかったもので、「路面の状態」の3水準ごとに、つまり登り勾配、平坦、降り勾配ごとに、1972年11月中の3日間を選んで実験を実施した。したがって、「路面の状態」以外の各因子をそれぞれ $L_{16}(4^5)$ 直交配列表に割付け、1日16回、総計16回/日×3日=48回のさまざまな条件下でのチェンソー運搬作業実験を行なったわけである。

結 果 と 考 察

i) 実験Ⅰの結果と考察

表-5に両作業者のチェンソー重量ごとの心拍数、増加率、変動係数、標準偏差等を示した。そして平均心拍数を図示したのが図-1、変動係数と標準偏差を図示したのが図-2である。

まず、平均心拍数を示した図-1をみると、年令や経験を異にしたFとT作業者であったが、それ等にかかわらずほぼ同じ傾向でチェンソーの重量の増加につれて心拍数は増加している。そして明らかにチェンソー重量7 kg~13 kgの間では、チェンソー重量の増加に対する心拍数の増加の割合が著しくなっているのが分かる。例えばF作業者の場合、0 kg から5 kgに重量が増すと心拍数は4心拍、また13 kg から19.3 kgに重量が増すと9心拍増加したのに対し、7 kg から13 kgに重量が増加すると心拍数は18心拍もの増加を見ている。

つまり、7 kgのチェンソーを5 kgに減じても、また19.3 kgのチェンソーを17 kgに減じてもさして作業量の負担軽減にはならないが、同じ2 kgの重量減少でも9 kgのチェンソーを7 kgに減じたり、13 kgを11 kgに減ずる場合は負担軽減の効果が著しいものであることをこの図-1は示している。

言い方を変えれば、今回の場合を例にすると、運搬者の年令、経験等に関係なく一般に、チェンソーの重量は7 kgくらいまでであれば心拍数からみて作業者に著しい負担を与えるものではないし、また少なくとも11 kgまでに押えることが作業者の負担を考えて好ましいと言えよう。

表-5 チェンソー重量ごとの各作業者の心拍数 (実験I)

Table 5. Heart rates of workers for each weight of chain-saw (in the Experiment I)

Weight of chain-saw	Worker	F worker				T worker				
	Heart rate	最高 — 平均 — 最低 Max. Average Min.	增 加 率 Rate of increase	標準偏差 Standard deviation	變動係數 Coefficient of variation	最高 — 平均 — 最低 Max. Average Min.	增 加 率 Rate of increase	標準偏差 Standard deviation	變動係數 Coefficient of variation	
		beats/min.			%	beats/min.			%	
0 kg		99 — 94 — 86	27.0	3.28	3.4	94 — 89 — 82	41.3	3.05	3.3	
5.1		101 — 98 — 89	32.4	3.03	3.0	103 — 95 — 80	50.8	6.78	6.9	
7.1		103 — 98 — 89	32.4	4.03	4.0	107 — 98 — 75	55.6	7.88	7.8	
9.0		107 — 102 — 91	37.8	3.84	3.6	117 — 109 — 99	73.0	4.63	4.1	
11.0		119 — 109 — 100	47.3	5.62	5.0	118 — 109 — 95	73.0	6.00	5.3	
13.0		128 — 116 — 94	56.8	9.76	8.2	127 — 116 — 100	84.1	6.90	5.8	
15.0		127 — 117 — 90	58.1	11.88	9.9	127 — 118 — 104	87.3	6.52	5.4	
17.3		133 — 119 — 93	60.8	11.13	9.1	128 — 120 — 97	90.5	7.13	5.8	
19.3		1-8 — 125 — 97	68.9	10.48	8.2	134 — 124 — 91	96.8	9.95	7.8	

ドイツ人作業者の場合について、このチェーンソー重量と心拍数との関係を例示すれば図-3のごとくである。ここでは13 kgをほぼ境にして心拍数の増加の割合が著しくなっている。

チェーンソーを設計、製造する場合、チェーンソーの鋸断性能の向上を計ることも必要であるが、このようなチェーンソー使用者の負担に対する傾向をも考慮に入れてチェーンソーの大きさ、馬力、重量を決定すべきである。

上に見てきたように平均心拍数はチェーンソー重量の増加と共に両作業員共ほぼ同じ傾向で増加していたが、変動係数、標準偏差の変化は図-2のように両者においてその傾向を異にした。つまりF作業員ではチェーンソー重量の増加と共に変動係数も標準偏差も漸次増加し、17 kg以上ではむしろ減少したのに対し、T作業員では7 kgまでは変動係数等は大きく増加し、9 kg以後では一旦低くなり、以後チェーンソー重量と共に次第に増加を示した。

これはつぎのように解釈出来よう。F作業員は壮年の山仕事のベテランであり、その身体についた経験に基づいてチェーンソー運搬に際しても、必要にして最少程度の力の配分を行っており、チェーンソーが比較的軽い場合は余力を残し必要なだけの力にて運搬しているので、ほぼチェーンソー重量と共に変動係数等もゆるやかに増加している。そしてチェーンソーが大変重くなった場合(17, 19.3 kg)には、余力を出し切って疲れてしまわないように配慮して力をセーブしている。したがって変動係数等もむしろ15 kgまでより少な目である。

一方、若くて力のありあまっている青年にして、山仕事の経験も浅いT作業員は、軽いチェーンソーの場合には力まかせ気ままに運び、余力があるので運び方にむらが出来変動係数、標準偏差が著しく大きくなっている。そして19.3 kgと重量が大きい場合にあっても、疲労することなどは考慮に入れず強引に運搬してしまうので変動係数等も再び大きく増加したと考えられる。つまりここに経験と年齢の相違による差が現われていると解釈出来よう。

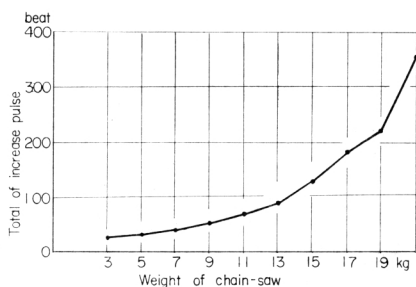


図-3 チェンソー重量と総増加脈拍数との関係¹⁰⁾

Fig. 3. The relationship of weight of chain-saw to total of increase pulse¹⁰⁾

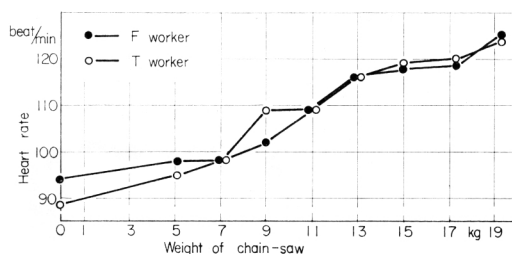


図-1 チェンソー重量と心拍数との関係

Fig. 1. The relationship of weight of chain-saw to heart rate.

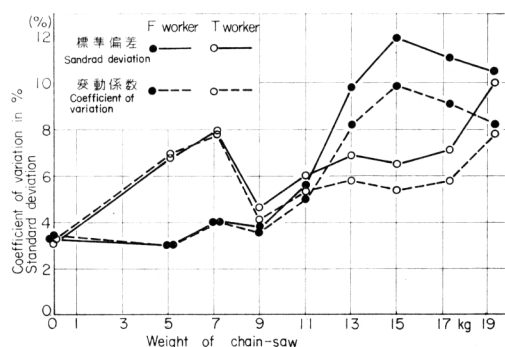


図-2 チェンソー重量と心拍数の標準偏差および変動係数との関係

Fig. 2. The relationship of weight of chain-saw to standard deviation and coefficient of variation of heart rate.

最後に、例としてF作業員の0 kg (素手)、5 kg, 9 kg, 19.3 kg 重量のチェーンソー運搬の場

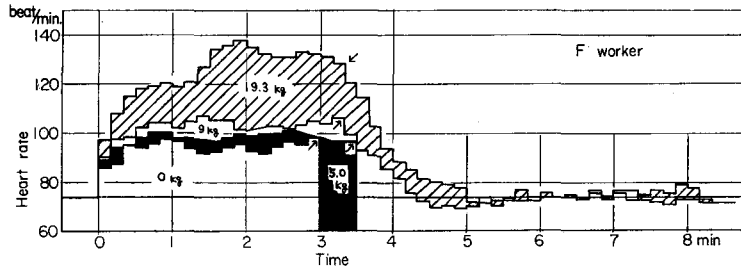


図-4 チェンソー運搬中の心拍数の変化

Fig. 4. Chang of heart rate in the carrying of chain-saws

- 注 1) 0 kg, 5 kg の場合は作業終了後の休息中の変化は示されていない。
Changes after the carrying of 0 kg and 5 kg are not shown.
- 2) ✓は運搬終了を示す。
Signal ✓ shows the end of carrying.

合の心拍数変化を一括図示すると図-4のとおりである。この図をみても素手(0 kg)で歩行する場合と5 kg チェンソー運搬の場合とは心拍数水準の差が大変少ないものであることが分ろう。これは R.M.R. を指標にした実験においても認められているところである (図-5 参照)。¹¹⁾

ii) 実験Ⅱの結果と考察

「実験計画」の項で述べたように、「路面の状態」の3水準ごとに16回づつの実験を行なったのであるが、それ等3つの実験で得たデータをいわゆる直和法に基いて総合的に分散分析を行なった。その結果は表-6に示してある。また、「路面の状態」の水準ごとに行なった分散分析結果は、それぞれ表-7、表-8、表-9のごとくであった。

一方、「路面の状態」の3水準をパラメーターとして各因子とそれ等水準ごとの平均心拍数を示せば表-10のとおりであり、それ等を因子ごとに図示したのが図-6および図-9～図-13である。

なお、本実験では $L_{16}(4^5)$ 直交表の全ての列に因子を割付けたので、因子間の交互作用は検出出来なかった。

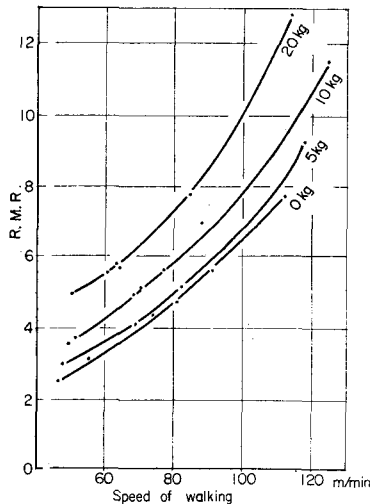


図-5 歩行速度と R.M.R. との関係 (パラメーター; 荷重の重さ)¹¹⁾

Fig. 5. The relationship of speed of walking to R.M.R. (Parameter; weight of load).¹¹⁾

さて、表-6のように、因子「作業者」が5%の危険率であった以外はいずれの因子も1%の危険率で有意であった。寄与率 ρ をみると「路面の状態」が最も大きく全変動の約1/3を占めた。ついで「運搬速度」、「運搬方法」が大きく、この3因子で全変動の72%を占めた。「チェンソーの重量」は他の因子と較べると影響は小さかった。

以下、表-10および図-6、図-9～図-13を参照しつつ因子ごとにその影響を考察してみよう。

「路面の状態」; 最も寄与率 ρ が大きく影響の著しい因子である。登り勾配 (約8%) での運搬時の平均心拍数は他の状態に比して大変高く、平坦に較べると18心拍高く、約20%の増加を示した。一方、降り勾配 (約8%) と平坦との差は非常に小さいものであった。一般に、重量物を運搬する場合の路面の勾配と R.M.R. との関係は図-7、

表-6 直和法により総合した分散分析表
Table 6. The table of analysis of variance (integrated)

因子 Factor	S. S.	d. f.	m. s.	F	ρ
作業時刻 Hour of working	895.75	1	895.75	37.38**	8.2
e ₁	—	0	—	—	—
路面の状態 Condition of road	3849.78	2	1924.89	80.33**	35.8
チェーンソーの重量 Weight of chain-saw	974.65	3	324.88	13.55**	8.5
作業者 Worker	106.42	1	106.42	4.44*	0.8
運搬方法 Method of carrying	1462.22	2	731.11	30.51**	13.3
運搬速度 Speed of carrying	2464.50	2	1232.25	51.42**	22.8
e ₂	862.79	36	23.96		10.6
T	10616.11	47			100.0%

** Significant at the 0.01 level

* Significant at the 0.05 level

表-7 分散分析表（登り勾配）
Table 7. The table of analysis of variance (Uphill)

因子 Factor	S. S.	d. f.	m. s.	F	ρ
作業時刻 Hour of working	299.20	1	299.20	11.63*	10.7
e ₁	—	0	—	—	—
チェーンソーの重量 Weight of chain-saw	627.75	3	209.25	8.14*	21.6
作業者 Worker	99.65	1	99.65	3.87	—
運搬方法 Method of carrying	470.74	2	235.37	9.15*	16.5
運搬速度 Speed of carrying	894.91	2	447.46	17.40**	33.2
e ₂	154.32	6	25.72		18.0
T	2546.57	15			100.0%

表-8 分散分析表 (平坦)
Table 8. The table of analysis of variance (Level)

因子 Factor	S. S.	d. f.	m. s.	F	ρ
作業時刻 Hour of working	220.74	1	220.74	19.36**	11.4
e ₁	—	0	—	—	—
チェーンソーの重量 Weight of chain-saw	394.46	3	131.49	11.53**	19.7
作業者 Worker	0.12	1	0.12	—	—
運搬方法 Method of carrying	553.53	2	276.77	24.28**	29.1
運搬速度 Speed of carrying	584.15	2	292.08	25.62**	30.8
e ₂	68.39	6	11.40		9.0
T	1821.39	15			100.0%

表-9 分散分析表 (降り勾配)
Table 9. The table of analysis of variance (Downhill)

因子 Factor	S. S.	d. f.	m. s.	F	ρ
作業時刻 Hour of working	387.21	1	387.21	13.63*	15.0
e ₁	—	0	—	—	—
チェーンソーの重量 Weight of chain-saw	306.94	3	102.31	3.60	—
作業者 Worker	56.44	1	56.44	1.99	—
運搬方法 Method of carrying	455.52	2	227.76	8.02*	16.6
運搬速度 Speed of carrying	1022.02	2	511.01	18.00**	40.2
e ₂	170.39	6	28.40		28.2
T	2398.52	15			100.0%

表-10 各因子の平均心拍数（路面の状態をパラメーターとして）
Table 10. Average heart rates for each factor (Parameter; Condition of road)

Condition of road		登り勾配 Uphill	平 坦 Level	降り勾配 Downhill	平 均 Average
Factor	Level				
路 面 の 状 態 Condition of road		beats/min. 110.8 回/分	beats/min. 92.4 回/分	beats/min. 91.2 回/分	
作 業 時 刻 Hour of working	昼 食 前 Pre lunch time	106.5	88.8	86.3	93.9
	昼 食 後 Post lunch time	115.1	96.2	96.1	102.5
チェーンソーの重量 Weight of chain-saw	5 kg	100.0	84.4	88.3	90.9
	10	114.3	93.1	87.0	98.2
	15	114.3	97.6	91.1	101.0
	20	114.7	95.0	98.3	102.7
作 業 者 Worker	F	113.3	92.6	93.1	99.7
	T	108.3	92.4	89.3	96.7
運 搬 方 法 Method of carrying	片 手 持 ち With a hand	116.2	98.3	96.2	103.6
	肩 か つ ぎ With a shoulder	106.4	88.2	88.9	94.5
	し よ い こ SHOIKO	104.5	85.3	83.5	91.1
運 搬 速 度 Speed of carrying	早 い Faster	123.7	103.0	105.0	110.5
	普 通 Ordinary	107.3	89.4	86.8	94.5
	遅 い Slower	104.9	88.4	86.1	93.1

図-8のごとくであるが、登り勾配では勾配の増加と共に R.M.R. も上昇してゆくが、降り勾配では R.M.R. との関係は凹曲線を示し、運搬歩行するに適正な勾配（5～7度）があるようである。

登り、平坦、降りごとの分散分析表である表-7、表-8、表-9をみると、登り勾配では、「運搬速度」、「チェーンソー重量」、「運搬方法」の順に影響が大きく、平坦においてもまた主たる影響因子は登り勾配と同じであるが、順序が異なり「運搬速度」、「運搬方法」、「チェーンソー重量」の順に影響が大きかった。降り勾配では「運搬速度」の影響が特に著しく、ついで「運搬方法」であり、「チェーンソー重量」はさして影響をおよぼしていないことが示されている。つまり、路面の状態の如何を問わず全般的に影響をおよぼすものは「運搬速度」、「運搬方法」であり、これに対し「チェーンソー重量」は登り勾配の時にはその影響が特に著しくなるものであることが明らかになった。

降り勾配で「運搬速度」の影響が目立ったのは、表-4のように降りでは歩行速度が全体的に早目になったためであろう。

因子「運搬速度」；「路面の状態」について ρ が高く、これも影響の大きかった因子である。先

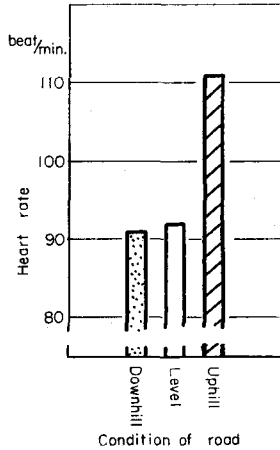


図-6 路面の状態と心拍数の関係

Fig. 6. The relationship of condition of road to heart rate.

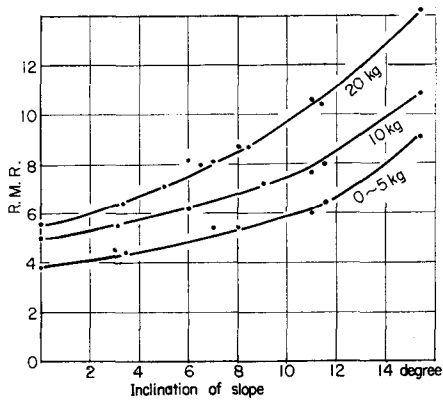


図-7 登り勾配における路面勾配と R.M.R. との関係¹¹⁾

Fig. 7. The relationship of increnation of slope to R.M.R. (Uphill).¹¹⁾ (Parameter; weight of load).

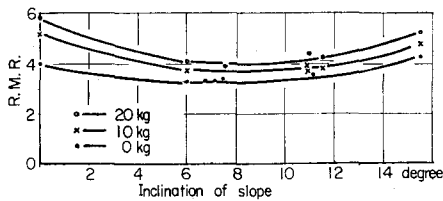


図-8 降り勾配における路面勾配と R.M.R. との関係¹¹⁾

Fig. 8. The relationship of inclination of slope to R.M.R. (Downhill)¹¹⁾ (Parameter; weight of load)

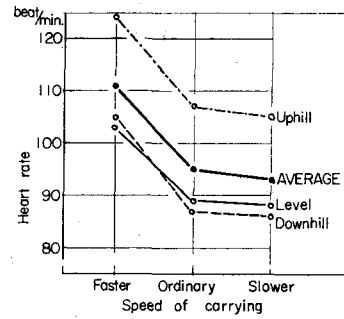


図-9 運搬速度と心拍数との関係

Fig. 9. The relationship of speed of carrying to heart rate.

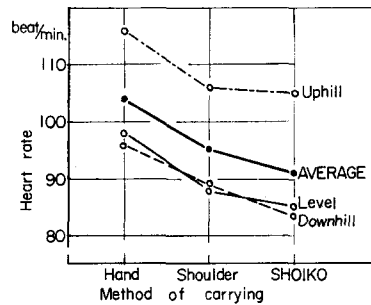


図-10 運搬方法と心拍数との関係

Fig. 10. The relationship of method of carrying to heart rate.

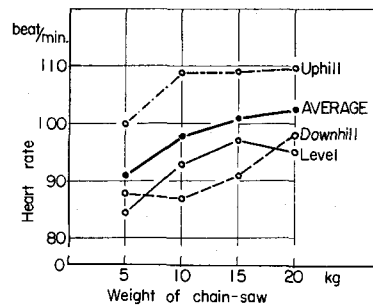


図-11 チェンソー重量と心拍数との関係

Fig. 11. The relationship of weight of chain-saw to heart rate.

に述べたように、速度の早い、普通、遅いは各作業者が主観的に決めた水準に従ったもので、実際の運搬速度は表-4に示してあった。そして結果的には、降り勾配では水準のいかんを問わず全体により早目に、登り勾配では逆に遅い目に運搬歩行したことになる。

図-5でみたように速度の増加につれて R.M.R. は指数関数的に増加するものであるから、心拍数もほぼ同様の傾向を持つと考えられるが、図-9、表-10のごとく、運搬者がより早いペースであると主観的に感ずる速度（平均100 m/分）での運搬は、普通と感ずる速度（平均82 m/分）の場合より約17%心拍数が増加した。これに対し遅いと感ずる速度（平均65m/分）の場合は普通と感ずる場合とはほとんど差がなく、わずかに1.5%心拍数が低かったのみであった。

因子「運搬方法」;表-10、図-10に示すように、手で運搬する場合に比べ、肩にかつぐ方法では平均心拍数が約9心拍、しよいこでは約13心拍減少した。すなわち、それぞれ8.7%、12.0%減少したことになり、同時に変動係数や標準偏差も非常に小さく、無駄のない運搬方法であることが分かる。

ドイツにおいては、作業者の負担を軽減するために負い紐 Tragegurt を使用するようであるが、14 kg 重量のチェーンソーの運搬の場合を例にとると、負い紐使用によって酸素消費量で約20%、脈拍上昇が約10%減少したし、また 18 kg 重量のチェーンソーを背中に負うような負い紐で運搬した場合では、脈拍の上昇が約50%減少したとしている。図-10のように登り勾配では心拍数水準が非常に高くなるから、しよいこのような補助手段は負担軽減に有効であろう。とくに長距離を運ぶ場合は用いるべきである。

因子「チェーンソー重量」;図-11のように、5 kg から 20 kg へとチェーンソーの重量が増加するにつれて心拍数も増加するが、10 kg~20 kg の範囲に比べ 5 kg~10 kg 間の増加の方が著しい。これは実験Ⅰの結果と同じであって、運搬速度、運搬方法、路面の状態等を考慮しても実験Ⅰの結果と考察が当てはまることが確かめられた。

ところで、「路面の状態」の水準ごとにその傾向を見るとやや様子が異なっている。図-11において平坦の場合をみると 20 kg の時の方が 15 kg の時より心拍数が低くなったし、降り勾配の場合では 5 kg の時が 10 kg の時より心拍数が高くなったりしている。これは運搬速度との関連によるものである。実測した運搬速度を示した表-4を表-11のようにチェーンソー重量別書きかえて、これと図-11を対照してみよう。まず、降り勾配の場合、5 kg チェーンソー運搬時の速度が最も早いのにに対し、10 kg チェーンソー運搬時の速度は最も遅く、結果としてこの運搬速度の影響がチェーンソー重量の影響を凌いであらわれ、10 kg より 5 kg の時の心拍数が高くなったと考えられる。同様に平坦の場合も 20 kg 時の運搬速度が最も遅くこのため 15 kg の時よりも心拍数が低目になったと考えられるし、登り勾配においても、10 kg の時の速度が最も早く、その影響で 10 kg での心拍数が高目に出たと考えられる。

表-11 チェーンソー重量別にみた運搬速度
Table 11. Speed of carrying for each weight of chain-saw

Condition of road Weight of chain-saw	降 り 勾 配 Downhill	平 坦 Level	登 り 勾 配 Uphill
	km/h	km/h	km/h
5 kg	5.35	4.90	4.80
10 kg	5.08	4.88	4.85
15 kg	5.30	4.80	4.80
20 kg	5.30	4.58	4.73

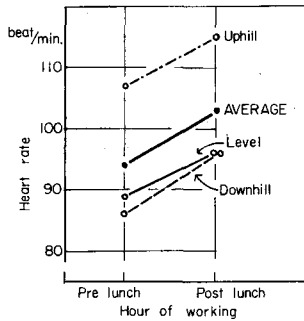


図-12 作業時刻と心拍数との関係

Fig. 12. The relationship of stage of working to heart rate.

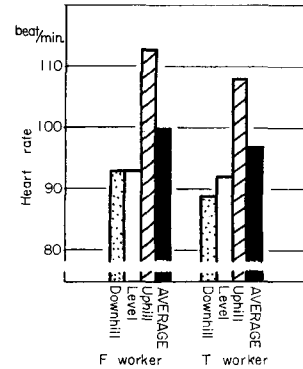


図-13 作業者ごとの心拍数 (パラメーター; 路面の状態)

Fig. 13. Heart rates for each worker (parameter: condition of road).

このように、歩行速度が実質早くなった場合には心拍数も高い目に、実質遅かった場合には低い目になったと推察され、図-11の「路面の状態」ごとのチェンソー重量に対する心拍数の傾向はこれ等のあらわれであろう。本実験では因子間の交互作用は検出出来るよう計画されなかったが、上に見たように「チェンソー重量」、「運搬速度」、「路面の状態」の間には密接な関係があるようである。

因子「作業時刻」; 実験は3日間共、9時30分頃に始まり、昼食と昼の休みをはさんで15時頃に終わったが、常に、後半、すなわち昼食、休憩後から作業終了までの間の方が、前半、すなわち朝の仕事始めから昼食までの間より心拍数が高く、平均して9%の上昇を示した(表-10, 図-12参照)。後半の方が心拍数が高かった原因としては、昼食を取った影響で作業者自体の心拍数水準が総体として高まったこと、日が登るにつれて作業に油が乗り、また気温の上昇もあって、身体の機能が活発になって来たこと等も考えられるので、一概に疲労が高まったとは解釈出来ない。しかし3日間共同じ傾向を示し、寄与率も10%以上あり、今後の検討を必要としよう。

因子「作業者」; 年令、作業経験を異にする2人であったが、分散分析表をみても寄与率も低く、実験Iの結果と同様、さしたる相違は認められなかった(表-10, 図-13参照)。

ま と め

以上2つの実験を通して明らかにされたことはつぎのようにまとめられよう。

チェンソー運搬作業に影響を与える最たる因子は、路面が平坦であるか、登り勾配であるか、降り勾配であるかといった路面の状態であり、登り勾配(平均勾配7.9%)では平坦路面上の運搬に較べ約20%平均心拍数が増加した。一方、降り勾配(平均勾配7.9%)での運搬は平坦路面の場合とほとんど変わりがなかった。ついで、運搬速度、運搬方法が大きな影響を持ち、運搬者が主観的により早いと感ずるペースでの運搬の場合には普通と感ずるペースに較べ約17%平均心拍数が増加した。また、運搬方法については、手持ちに較べ肩にかつぐ場合に約9%、しよいこで背負う場合は12%平均心拍数が減少し、運搬の際補助具を用いるのは効果的であると思われた。チェンソー重量は、全体からみれば上記因子ほどの影響力は持たなかったが、登り勾配で重いチェンソーを運搬する場合には114回/分前後の平均心拍数を示し負担が大きいものであるこ

とが示された。いままでみて来たようなさまざまな条件下で運搬した場合の平均心拍数は84～124回/分の範囲におよんだ。そして、チェーンソー重量と心拍数の関係から作業者の負担を推察し考えると、チェーンソーの重量は出来れば7 kg 以下が好ましく、また少くとも11 kg 以下に押えるべきであると思われるので、チェーンソーの設計、製作に当っては、かかる点をも配慮して行ない、使用者の負担がより軽くなるように努めるべきである。

引用文献

- 1) 藤井禧雄・山本俊明；伐木造材作業の特質について，京大演報，**43**，227～245，(1972)
- 2) 山本俊明・佐々木功；森林作業における作業者の労働科学的研究，京大演報，**43**，246～262，(1972)
- 3) 近藤 武；交通諸条件と自動車操縦者の心身反応に関する研究，労働科学，**37**(5)，195～210，(1961)
- 4) 沼尻幸吉；筋疲労に関する研究，労働科学，**40**(4)，153～161，(1964)
- 5) 沼尻幸吉；筋作業の疲労余裕率に関する研究，労働科学，**44**(10)，567～576，(1968)
- 6) 酒井 学・阿見艶子；心拍数とエネルギー代謝率との関係，農業機械学会誌 **29**(1)，39～41，(1967)
- 7) 酒井 学・阿見艶子；心拍数とエネルギー代謝率との関係(統報)，農業機械学会誌 **30**(3)，180～183，(1968)
- 8) PIEST, K. H.: Untersuchungen über die Umlaufgeschwindigkeit von Motorsägenketten, Dissertation der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen, Hann.-Münden (1962)
- 9) KAMINSKY, G.: Der Energieverbrauch bei der Arbeit mit Hand- und Motorsägen. FORSTARCHIV, Heft 9, 202-205, (1956)
- 10) KAMINSKY, G.: Zur Beurteilung körperlicher Belastung bei Motorsägearbeit. Allgemeine Forstzeitschrift Nr.5, (1956)
- 11) 沼尻幸吉・安藤清・梶田 忠；歩行，運搬のエネルギー代謝に関する研究(第2報 積雪期)，労働科学，**38**(6)，327～333，(1962)

Résumé

The carriage of the chain-saw occupies considerable weight in the felling and bucking operations, and the operation load of this is remarkable. Accordingly, in this paper we have dealt with this carrying operation, and investigated the level of the operation load and the major factors influencing the operation, in order to look for clues as to the possible reduction of the operation load of chain-saw operators.

Using a wireless telemeter, the electrocardiograms of carriers were recorded throughout the operation. From these electrocardiograms, heart-rate was calculated as the index of the operation load for each operation (for further details, see Literature 1), 2)).

A summary of the results is shown below.

1) If possible, it is desirable to keep the weight of the chain-saw under 7 kg and, at least, under about 11 kg judging by the levels of heart-rate of the carriers (see Fig. 1).

2) As the results of the analysis of variance, the major factors influencing the operation were, in order, "Condition of road", "Speed of carriage" and "Method of carriage" (see Table 6). "Weight of chain-saw" generally had little influence compared with these three factors, but had great influence on carriage uphill (see Table 7).

"Difference in age and working experience of workers" had little influence on heart-rate, but had remarkable influence on the standard deviation and the coefficient of variation of heart-rate (see Fig. 13 and Fig. 2).

i) Average heart-rate increased by about 20% when carrying uphill (average inclination 7.9%) as compared with level ground, though there is little difference between downhill (average inclination 7.9%) and level ground (see Fig. 6 and Table 10).

ii) Average heart-rate increased by about 17% when carrying at a fast pace (average speed 100 m/min.) as compared with an ordinary pace (82 m/min.), but decreased by only about 1.5% at a slow pace (65 m/min.) as compared with an ordinary pace (see Fig. 9).

iii) Average heart-rate decreased by about 8.7% when carrying on the shoulder and about 12% with a SHOIKO, as compared with hand carriage. Therefore, when carrying a chain-saw over long distance such aids as the SHOIKO would be useful (see Fig. 10).

iv) The range of heart-rate under 48 different types of conditions was 84–124 beats/min. and 98 beats/min. on average.