

---

論文

---

## 林業における筋的作業および神経的作業の作業負担\*

藤井 禧雄\*\*

ターウオンウオン ロパチヨーク\*\*\*

## Work Load of both Muscular and Skilled Work in Forest Operations\*

Yoshio FUJII\*\*

Thawornwong LOPACHOKE\*\*\*

### Summary

The purpose of this study is to identify the difference in properties between the muscular work load and skilled work load in forest operations. For 2 years field studies were carried out following the annual program of forest works at the HIRUZEN experimental forest of Tottori University. The heart rates of two workers ( W1 and W2 ) during forest operations were continuously measured by a heart rate memory unit, which was light weight, easy to handle and able to record without interruption. The number of increase of heart rate as an index of work load was calculated from the heart rates to assess quantitatively their physiological response to each operation.

From the analysis of the content of work, kind of work and the work elements, forest work was divided into 13 kinds consisting of a total of 118 work elements. The 13 kinds of forest operations could be divided into 3 types according to their characteristics : ①muscular work such as physical forest work (A), felling and bucking (C), bush-cutter operations (K), pruning machine operations (P), moving without machines (M), and moving with

---

\* 本研究の一部は日林誌 76(2)に速報として発表した。

\*\* 鳥取大学農学部 農林総合科学科 森林生産学講座

Department of Forestry Science, Faculty of Agriculture, Tottori University

\*\*\* カセサート大学林学部

Faculty of Forestry, Kasetsart University (Thailand)

portable machines (MC); ②skilled work such as tractor operation (B), excavator operation (E), dump truck driving and operation (T), and driving of small vehicles such as jeeps (J) and wagons (W); and ③waiting time during various operations (W).

The number of increase of heart rate (5–40 beats) was divided into 9 levels each having 5 beats per level in order to easily compare and evaluate the physical and mental work load in the forest operations. The result showed that most muscular work fell within levels 3–7, most skilled work fell within levels 2–5, and most waiting time fell within levels 2–4. The most frequent heart rate levels for each type of work were levels of 2, 3 and 5 for waiting time, skilled work and muscular works respectively. It was proven that there was a difference in heart rate level between muscular work and skilled work. The above results suggest that, if the number of increase of heart rate was more than 25 beats in skilled work or 35 beats in muscular work, the work was considered to be heavy work which exceeded the level of ordinary work.

The characteristics of skilled work in forest operations were also discussed. It was shown that the work load of small vehicle driving was fairly light, the same as the work load for waiting time. For heavy machines, if the operations were undertaken by a heavy machine with a fixed cabin (i.e. where the operator's torso was often bent and twisted during operation), the heart rate level was noticeably higher than that of a heavy machine with a rotatable cabin (i.e. where there was minimum bending or twisting of the operator's body).

## I はじめに

林業では、年間を通して季節、季節に応じた様々な作業が行われており、また、そこで使用される機器類も、ポータブル手持機器から大型の車両系機械まで多種多様である。すなわち、林業作業は、現在、従来から見られた筋力を主体とした作業（筋的作業）と近年増加してきた車両系機械の運転、操作を主体とした作業（神経的作業）とが混在しているが、この両作業における作業負担には質量共に相違が認められる。筋的作業については、従来からかなりよく研究されており、その作業負担の特質を明らかにするデータも蓄積されているが、車両系機械の運転などを中心とした神経的作業負担の特質を明らかにするデータの蓄積はまだ十分ではない。

そこで、作業中の作業者の心拍数を指標として、神経的作業と筋的作業とを対比しつつ、両者の相違を定量的に明らかにしようとしたのが本研究である。近い将来、車両系機械の使用に伴う神経的作業の割合は飛躍的に増加すると予想されるが、その際、それらの作業負担の特質を、従来からの筋的作業との関連の中で、事前によく把握しておくことが必要であろう。

なお、作業負担の指標として心拍数を用いることの主たる利点は、心拍数と酸素摂取量との間には明瞭な相関があり、心拍数の大小にて筋的作業負担を推定できること<sup>11,14</sup>、また、機械類の振動や騒音の影響<sup>1,4,5</sup>および自動車運転等の神経的作業負担<sup>7,9</sup>をも評価できること、そして、作

業現場における心拍数の計測が、他の方法と比べきわめて容易であり、現場での作業に支障を来すことなく広く応用できることにある。

この筋的作業のみならず神経的作業に到るまで広く応用できるという点は、従来から用いられてきたRMRなどには見られない、心拍数の特長であろう<sup>1)</sup>。

## II 研究および分析の方法

各種の林業作業における作業者の心拍数計測等の調査は、鳥取大学蒜山演習林の年間作業計画に沿って実施し、被験者には、同演習林の2名の熟練技官(W1, W2とする)を当てた(表1)。

表1 作業者の身体特性  
Table 1 Worker's characteristics

身体特性	作業者W1	作業者W2
年齢	53	48 歳
身長	160.0	163.0 cm
体重	59.0	56.0 kgf
最大酸素摂取量	49.7	43.5 ml/kgf/min
安静時心拍数		
作業前	63.6	66.7 beats/s
作業後	59.9	64.6 beats/s

表2 作業の概要  
Table 2 Summary of investigated forest operations

調査年月日	温湿度 °C, %	作業者	作業の内容	主な使用機械
1991. 9.11	25, 60	W2	林道開設	バックホー, ダンプカー
9.11	31, 45~50	W2	"	" , "
11.15	11, 60	W2	"	バックホー, ダンプカー, ブルドーザー
11.15	10, 60	W2	"	" , " , "
11.26	13.5, 30	W2	伐木, 積込	チェーンソー, ブルドーザー, ダンプカー
11.26	11.5, 30	W2	"	" , " , "
1992. 4.27	25~29, 30	W1	造材, 集材	チェーンソー, ブルドーザー
4.28	23~28, 25~35	W1	"	" , "
4.28	27~30, 20	W1	"	" , "
5.25	22~27, 40~50	W1	実習指導	自動枝打機, 刈払機
5.26	20~25, 35~50	W1	"	チェーンソー, ブルドーザー
5.26	20~25, 35~50	W2	"	バックホー, トラック, ジープ
8. 4	25~27, 40~50	W1	下刈	刈払機, ワゴン車
8. 4	25~27, 40~50	W2	"	" , "
10.12	22~25, 50~60	W1	林道開設	バックホー, ワゴン車
10.13	22~25, 50~60	W1	"	" , " , ダンプカー
10.13	22~25, 50~60	W2	"	ブルドーザー, ワゴン車
10.13	22~25, 50~60	W2	"	ブルドーザー, ワゴン車, バックホー, ダンプカー
11.17	15~18, 20~40	W1	造材, 集材	" , チェーンソー
11.18	15~23, 20~40	W2	"	" , "

すなわち、1991年度および1992年度の2年間の春期から秋期にかけて延べ8回、各種の作業を含む合計20事例のデータを得た。それ等作業の概要を表2に示した。

心拍数の計測には、心拍メモリ装置（竹井機器製、1850 a）を使用した。この装置は、作業者の胸部に貼りつけた電極を通して心拍を検出し、それを同装置の内部メモリに記録した後、インターフェース（同、1850 b）を介してパーソナルコンピュータにて結果を編集して出力するものである。心拍のサンプリング間隔は、5秒と10秒とを用いたが、それぞれ約2.8時間、約5.6時間連続して心拍数を記録することができる。本装置の重量は135gfであり、作業者が本器を携帯していても作業に支障を来すことはない。

毎回の調査は、午前および午後の作業開始前の坐位安静時から心拍の計測を開始し、作業現場への往路、作業時、休憩時、場合によっては事務所への復路、そして、作業終了後の坐位安静時まで、連続して計測を行った。これと同時に、ビデオ装置によりすべての作業（場合によっては、その主作業のみ）を撮影、記録した。

この様にして得た心拍データを、鳥取大学情報処理センターのHITAC M-680Dに転送し、統計パッケージSASにて統計処理、分析を行い、また別に、作業中の心拍の変化を時間軸に沿ってプロットした図を作製し、ビデオテープの再生分析の結果と対照させて、作業の種類や要素作業の解析に供した。

なお、この種の研究における被験者の数についてであるが、2つの考え方があろう。1つは、不特定である多数の被験者を対象にして行い、多くの現場で大量のデータを得る場合であり、もう1つは、年間を通じて常に身近にあって仕事の仕方などのよく分かった数名の被験者を対象に、最小必要数のデータを得る場合である。どちらの方法にもそれぞれの得失があろうが、本研究では、われわれの実情に適っている後者の方法によった。

本研究では、作業負担を表す指標として心拍増加数を採用した。これは、一般に広く用いられており<sup>6,8)</sup>、また、心拍増加率など他の指標と比べ、より個人差の影響が少ないとされる<sup>2,3)</sup>指標である。

今回の調査では、すべて作業前と作業後の安静時心拍数を計測しているので、指標として以下に示す2種類の心拍増加数（心拍）、を求めている。すなわち、

WK：各種作業時（各要素作業時）の平均心拍数（拍/分）

R1：作業前安静時心拍数（拍/分）

R2：作業後安静時心拍数（拍/分）

とすると、

心拍増加数1 (DIF) = WK - MIN (R1, R2)

心拍増加数2 (ADIF) = WK - (R1 + R2) / 2

として求められるもので、心拍増加数1 (DIF) は、作業前後における低い方の安静時心拍数を基準とした指標であり、作業前後の安静時心拍数の平均を取った値を基準とした心拍増加数2 (ADIF) よりも常に大きめの値を取り、作業負担がより端的に表れることになる。本研究では、この2つの心拍増加数間の差が、分析結果にどの程度の影響を与えるのかという点も併せて

検討している。

### Ⅲ 結果と考察

#### 1. 作業者の身体特性

表1に示した作業者W1, W2の身体特性の内, 最大酸素摂取量は, 別に, 自転車エルゴメーターを漕がせた際に推算した値であるが, American Heart Associationの基準に従うとW1は最も高い体力ランクに分類され, W2は2番目に高いランクの上位に分類された。両者の安静時の心拍数レベルを見ると, W1の方がW2より低いレベルにあり, 安静時心拍レベルと体力ランクレベルとが一致しているのが分かる。

#### 2. 作業の種類および要素作業の分類

表2に示した20事例における作業は, 表3に示すような13の種類に分類することができ, さらに要素別に区分した結果, 全部で118の要素作業に分類できた。これら要素作業の主なものは, 後で触れる表5, 6, 7に示されている。

表3の13種類の作業のうち, 記号で示すと, A, C, K, P, M, MCは, 手持機器による作業および歩行移動を中心とした筋的作業に分類され, B, EおよびD, J, T, Vは重機や自動車などの運転, 操作で神経的作業に分類される。そして, Wにはこれ等各種作業中に含まれるあらゆる待ち時間(手休め時間)を一括した。

表3 作業タイプおよび作業の種類ごとの平均心拍増加数  
Table 3 Number of increase of heart rate in various types of work

作業タイプ	記号	作業の種類	要素作業		平均心拍増加数(心拍)	
			種類数	総数	DIF	ADIF
手持機器作業 及び 歩行移動	A	人力による作業	20	43	29.2	27.1
	C	チェーンソー作業	7	21	30.8	28.9
	K	刈払機による作業	7	15	17.5	15.0
	P	自動枝打機による作業	12	12	19.6	16.7
	M	歩行移動(林外, 機器不携帯)	3	37	21.8	19.3
	MC	歩行移動(林内, 機器携帯)	8	21	27.7	25.5
重機運転操作	B	トラクタ系機械運転, 操作	17	54	18.8	16.7
	E	バックホー運転, 操作	12	28	14.4	11.9
自動車運転	D	ダンプカー運転, 操作	10	29	15.5	11.9
	J	ジープ運転	2	2	10.8	10.3
	T	トラック運転	1	1	9.3	9.3
	V	ワゴン車運転	4	20	9.1	6.3
待ち時間	W	各種作業中の待ち時間	15	50	12.6	10.4
		合計	118	333		

### 3. 各種林業作業における作業者心拍数の時系的变化

この20事例のすべての作業を、要素別に区分すると333の要素作業に分けることができた(表3, 要素作業総数)。これ等を118の要素作業ごとに集計して各要素作業の心拍増加数(DIF, ADIF)を算出し、これを最小単位のデータとして後の分析に供した。

今回調査した作業を大別すると、林道開設, 集材, 伐木造材, 下刈, 自動枝打機による枝打(実習指導)の各作業に分かれるが(表2), その中の神経的作業と筋的作業の代表的事例における作業者心拍数の時系的变化について、まず述べる<sup>12)</sup>。

#### (1) 林道開設作業の事例

すでに粗道ができている路面をバックホーで均し、そこへダンプカーで砂利を運び込み、砂利をブルドーザーとバックホーで締め固め路面を仕上げるという一連の作業であるが、その作業中の作業者W2の心拍数変化を図1に示した。この事例は、車両系機械の運転, 操作を中心とした約2時間の神経的作業であるが、図は各要素作業に区分して示してある。図中の記号は、表3の「作業の種類」の記号に対応しており、その添え数字は要素作業の区分である。

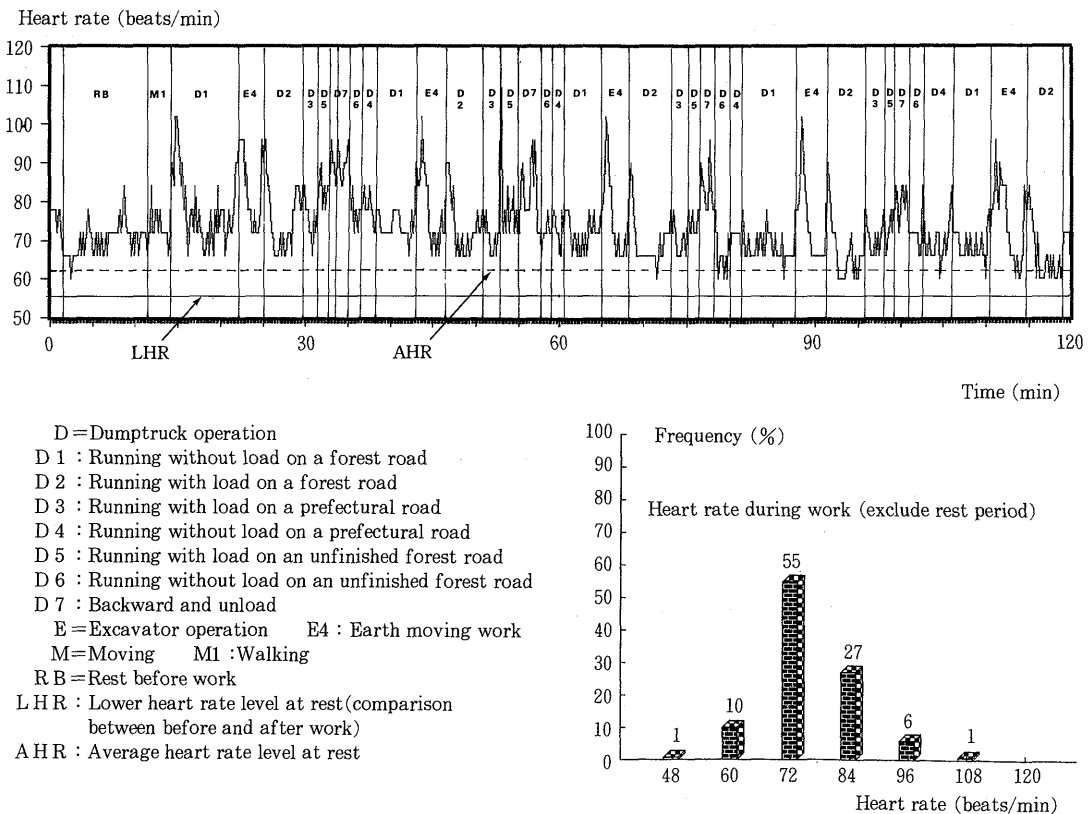


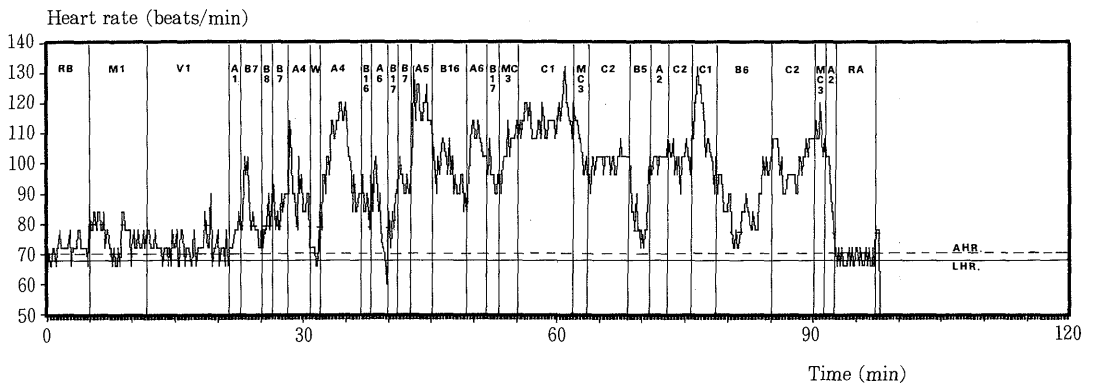
図1 林道開設作業中の心拍数経時変化および度数分布  
 Fig. 1 Operator's heart rate during forest road construction (Worker W2)

図1を見ると、要素作業によっては時々、心拍数が一時的に急増し100心拍/分近くに達している場合が認められるが、全体的に見れば80心拍/分以下で、安静時心拍数の水準から著しくかけ離れた心拍水準を示す要素作業は少ない。これは、次に示す筋的作業である伐木造材作業における心拍数変化と大きく様相を異にする点である。なお、図中の実線LHRが、作業前、後の安静時心拍水準の内の低い方の水準を、点線AHRが両安静時を平均した心拍水準を示している。

心拍数が急増している要素作業は、バックホーでの掘削 (E 4)、ダンプカーを後退させつつ砂利をダンプする (D 7)、ダンプカーでこの建設中の林道を走行する (D 1, D 2, D 5) などである。また、図1にはこの作業中の心拍数の度数分布も示してあるが、72-84心拍/分が82%と大部分を占め、60心拍/分以下は11%、96心拍/分以上は7%であり、108心拍/分以上は認められなかった。

(2) 伐木造材作業の事例

図2は、筋的作業、すなわち、チェーンソーによる立木伐倒、枝払い、玉切りおよび機器を持つての歩行移動などの人力作業中の作業者の心拍数変化を示したものである。この事例は、作業者W2による約90分の作業であるが、最初の5分間は坐位安静中 (RB) で、次いで、演習林構内



- A = Physical works    A 1 : Preparing safety clothing,
- A 2 : Removing tree branches,    A 4 : Fixing of battery,
- A 5 : Carrying logs to a tractor,
- A 6 : Loading logs to dumptruck
- B = Crawler tractor operations
- B 5 : Operating winch,    B 6 : Skidding,    B 7 : Pushing logs,
- B 8 : Pulling a dumptruck,    B 16 : Loading logs to a tractor,
- B 17 : Unloading logs from a tractor
- C = Cain saw operations
- C 1 : Felling,    C 2 : Bucking and trimming
- M = Moving    M 1 : Walking
- MC = Carrying machine    MC 3 : Carrying a chain saw
- RA : Rest after work    RB = Rest before work
- W = Waiting time
- V = Wagon car driving    V 1 : Driving to work place

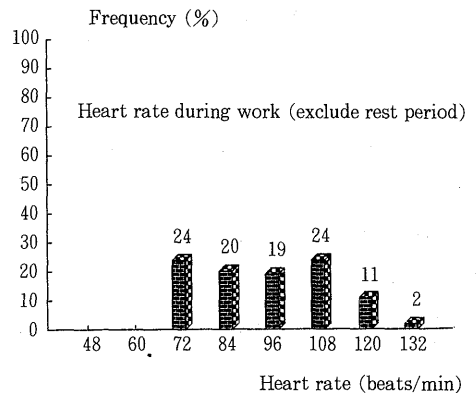


図2 伐木造材作業中の心拍数経時変化および度数分布  
 Fig. 2 Operator's heart rate during felling and bucking

を歩行移動しつつ諸準備 (M1), ワゴン車を運転して作業現場へ到着 (V1), それ以降, 各種の人力作業ならびに伐木造材作業を行っている。これを, さきの神経的作業である図1と比較すると, 筋的作業での心拍数変化は, 全般的にかなり高め的心拍数水準で推移していることが分かる。

そして, 伐木 (C1), 造材 (C2), 人力による丸太運搬 (A5), トラクタへのバッテリーの取り付け (A4) などにおける心拍数が著しく高い。一方, ワゴン車の運転 (V1) では, 安静時なみの低い心拍数水準であることが分かる。

また, 本作業中の心拍数の度数分布を見ると, さきの車両系機械による作業と比べて, 高い心拍数での分布が多く, 96-108心拍/分で43%, 120心拍/分以上も13%認められた。72心拍/分での分布はワゴン車運転 (V1) および諸準備作業 (M1) によるものである。

以上, 神経的作業および筋的作業の代表的事例における心拍数変化について述べたが, さきに大別した5種類の作業における心拍数の分布割合を一括して累積度数で示したのが図3である。

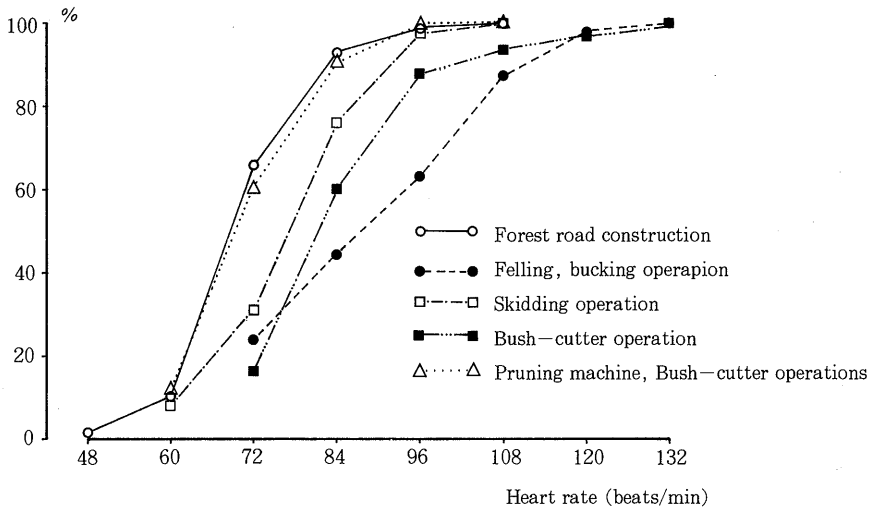


図3 各種作業における作業時心拍数の累積度数分布  
Fig. 3 Distribution of cumulative frequencies for heart rate during various kinds of work

この図では, 右側へ傾斜している作業ほど高い心拍数の割合が多いことを示しているが, 筋的作業がより右側 (●と■) に, また, 神経的作業がより左側 (○と□) にあることが分かる。なお, 自動枝打機による枝打作業ならびに下刈作業 (△) は, 実習指導中の作業であったので, 作業中W1が手を休めて, 機械の説明や指導をする場合が多かったために, 全体を平均すると低い心拍数分布の割合が多くなり, より左側の位置を占めたと思われる。このことは, 下刈機による下刈作業の場合 (■) と比べれば理解されよう。

#### 4. 作業の種類および作業タイプごとの作業負担

さて, 作業の種類ごとの平均心拍増加数 (DI FおよびADIF) が表3に示してある。それを大きさの順に並べて示したのが図4である。また, 作業員別に示したのが図5である。



すなわち、平均心拍増加数は、D I F, A D I F 共に、手持機器作業および歩行移動、重機の運転と操作、待ち時間、自動車運転の順に大きいことが分かる。これを、作業負担がより端的に表れるD I F で示すと、平均心拍増加数の範囲は、それぞれこの順に30.8~17.5, 18.8~14.4, 12.6, 15.5~9.1心拍となり、筋的作業と神経的作業とにほぼ2分され、また、待ち時間は神経的作業の平均的な水準に匹敵していることが分かる。

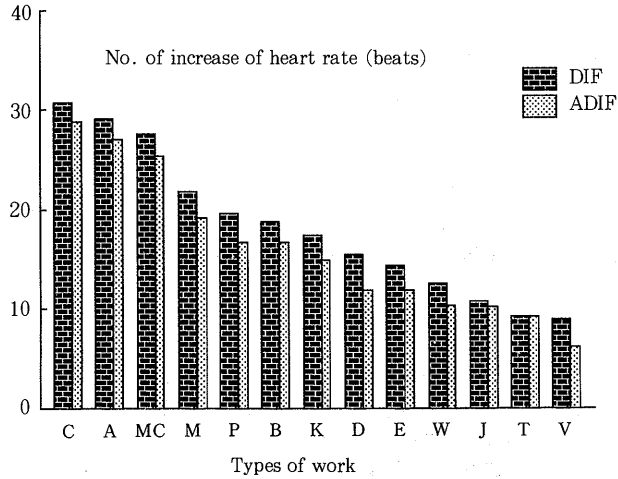


図4 作業の種類ごとの心拍増加数

Fig. 4 Number of increase of heart rate in various kinds of work

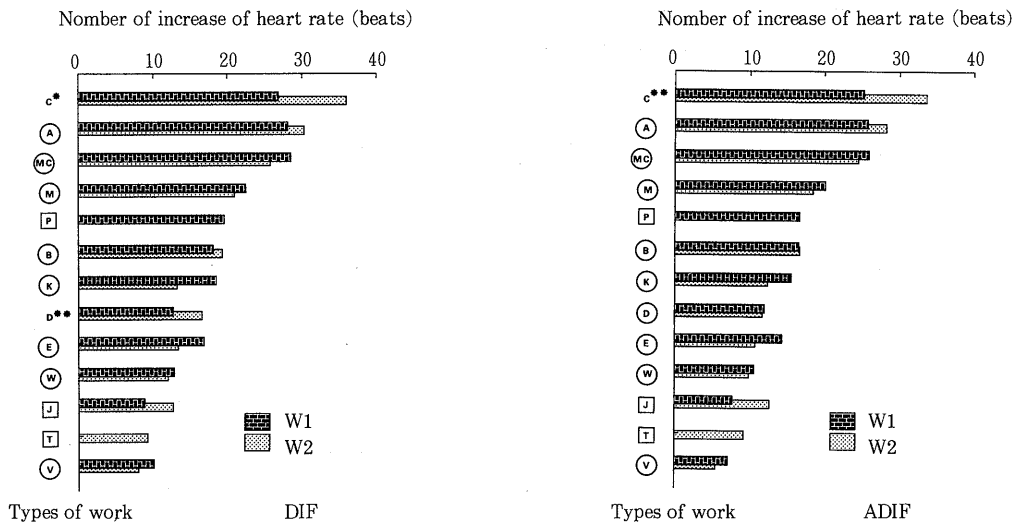


図5 作業の種類ごとの心拍増加数 (作業者W1とW2の比較)  
Fig. 5 Number of increase of heart rate in various kinds of work (comparison between worker W1 and W2)

The difference between W1 and W2 are;  
\* significance at 95% level  
\*\* significance at 99% level  
○ Non-significance  
□ Non-comparison due to operations by only one worker, or insufficient data (less than 3).

なお、D I F が常に A D I F よりも大きい値を示すと先に述べたが、作業の種類ごとにこの差を表3にて求めてみると、最大で3.6心拍、平均すると2.2心拍となっている。

作業者別にみると、両者の平均心拍増加数は、作業によってはその大小の順序を異にするが、これは同じ要素作業でも作業条件などが異なること、また、得手不得手や体力差などの表れだと思われるが、筋的作業、神経的作業、待ち時間の順序などの全体的傾向には変わりがなかった。データ数が少なかったり、また、片方の作業者のデータが欠けていた場合があり、明確な結論は示し得なかったが、図5には両作業者の平均心拍数間の t 検定結果が示してある。

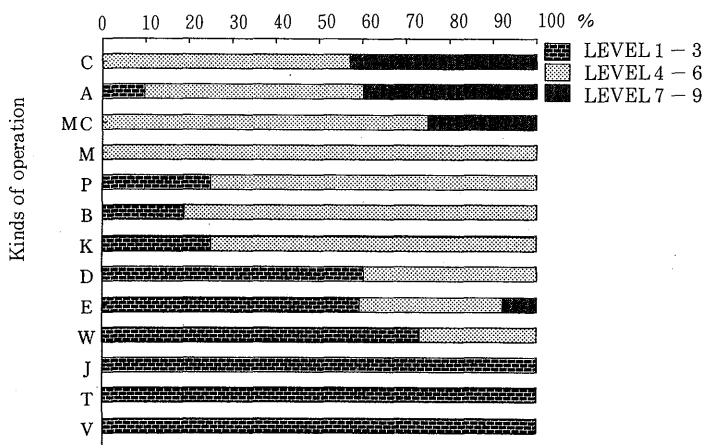


図6 作業の種類ごとの心拍レベルの構造比 (DIF値)  
 Fig. 6 Distribution of heart rate levels in various types of operation (DIF value)

表4 心拍レベルにおける要素作業の分布割合 (作業タイプ別)  
 Table 4 Distribution of heart rate levels in various types of work

心拍レベル	心拍増加数 (心拍)	D I F の割合 (%)			A D I F の割合 (%)		
		待ち時間	神経的作業	筋的作業	待ち時間	神経的作業	筋的作業
レベル 1	— 5.0	6.7			20.0		
レベル 2	5.1 — 10.0	46.6	17.8		33.3	35.6	5.2
レベル 3	10.1 — 15.0	20.0	33.4	12.1	26.7	22.2	17.2
レベル 4	15.1 — 20.0	26.7	20.0	22.4	20.0	26.7	24.1
レベル 5	20.1 — 25.0		22.2	25.9		11.1	15.5
レベル 6	25.1 — 30.0		4.4	17.2		4.4	19.0
レベル 7	30.1 — 35.0		2.2	6.9			5.2
レベル 8	35.1 — 40.0			3.4			6.9
レベル 9	40.1 —			12.1			6.9

表4に示したように、心拍増加数を5心拍ごとに9つの心拍レベルに区分し、作業の種類ごとに、この心拍レベルの分布割合を示したのが図6である。ここではD I Fについてのみ示したが、AD I Fでもほとんど同じ傾向を示した。チェーンソー作業などの筋的作業において高い心拍レベルの要素作業の占める割合が多く、逆に、車両系機械の運転操作などの神経的作業においては低い心拍レベルの要素作業の占める割合が多くなっていることが分かる。

表4には、また、神経的作業、筋的作業および待ち時間の3つの作業のタイプ別に、この分布割合が示してある。作業負担がより端的に表れるD I Fでみると、待ち時間の要素作業はレベル1～4の範囲に、神経的作業ではレベル2～7の範囲に、筋的作業ではレベル3～9の範囲に分布しており、待ち時間ではレベル2～4に93.3%、神経的作業ではレベル2～5に93.4%、筋的作業ではレベル3～7に84.5%が集中している。また、分布の頻度が最も高い心拍レベルは、待ち時間ではレベル2、神経的作業ではレベル3、筋的作業ではレベル5であった。

このように、3つの作業タイプごとの心拍レベルの分布範囲やその割合は異なっており、神経的作業ではレベル6～7（心拍増加数25～35心拍）の、また、筋的作業ではレベル8～9（同35心拍以上）の作業は、特に作業負担の大きい作業であることが分かる。これ等負担の大きい作業などについては、この後で言及する。ちなみに、ドイツにおいても、作業負担の指標として心拍増加数が広く用いられており、例えば、林業における筋的作業では、心拍増加数33心拍<sup>9</sup>あるいは35心拍<sup>10</sup>が、平均的体力の作業者が持続的な作業を行える限度だとしている。

## 5. 要素作業ごとの作業負担

これまで、2つの指標D I F、AD I Fを用いて考察してきたが、結果的には、両指標はほぼ同様の傾向を示し、また、両指標間の値には、当初、予測していたほどの差のないことが明らかになったので、以下は指標D I Fのみを用いて考察を進める。

表5 主な要素作業の心拍レベル（待ち時間）  
Table 5 Heart rate level of some element works during waiting time

心拍レベル	心拍増加数 DIF (心拍)	作業者	記号	要素作業
レベル1～2	4.6	W2	W	トラック運転席に座っている
	6.0	W1	W	ワゴン車運転席に座っている
	6.7	W1, W2	W	林道端で休憩（坐位）
	8.8	W1, W2	W	トラクタ運転席に座っている
	9.1	W1	W	バックホー運転席に座っている
レベル3～4	12.8	W1	W	集材作業中の仕事待ち（立位）
	16.6	W2	W	燃料補給を見守っている（立位）
	17.2	W1, W2	W	作業手順を考慮中（立位）
	19.3	W1, W2	W	立位で会話を交わしている

表6 主要素作業の心拍レベル (神経的作業)  
Table 6 Heart rate level of some element works in the skilled work

心拍レベル	心拍増加数 DIF (心拍)	作業者	記号	要素作業
レベル 2	8.5	W 1, W 2	V	ワゴン車で林道を登り走行
	9.3	W 2	T	トラックで林道を降り走行
	9.3	W 2	E	バックホーで林道の路面仕上げ
	9.5	W 1, W 2	V	ワゴン車で県道を登り走行
	9.7	W 1	E	バックホーで材を引き寄せる
レベル 3	11.4	W 1	D	ダンプカーで林道を後進走行
	11.8	W 1, W 2	E	バックホーの旋回作業
	12.4	W 1, W 2	E	バックホーの後進走行
	12.6	W 2	D	ダンプカーで林道を降り走行
	12.7	W 2	J	ジープで林道を降り走行
	13.6	W 1, W 2	E	バックホーで掘削作業
	14.0	W 1, W 2	E	バックホーで前進走行
	14.2	W 1, W 2	B	トラクタで林道を前進走行
	14.9	W 1, W 2	B	林道上, トラクタで材を牽引走行
	16.1	W 1, W 2	B	トラクタウインチを操作
レベル 4	16.6	W 1, W 2	B	トラクタで林道上を後進走行
	18.9	W 2	B	トラクタで林内を走行する
	19.8	W 1, W 2	D	ダンプカーで後退, 砂利をダンプ
	20.2	W 1, W 2	D	林道上, ダンプカーの方向転換
レベル 5	20.4	W 2	B	トラクタ排土板で土石を押し
	21.9	W 1, W 2	B	トラクタエンジンの始動, 停止
	22.1	W 2	B	トラクタ前後進し, 林道路面仕上げ
レベル 6 ~ 7	26.0	W 1, W 2	B	トラクタに乗り込む
	27.6	W 2	B	林内, トラクタフォークで材の積込
	32.5	W 1	E	バックホーへの乗り降り

表7 主要素作業の心拍レベル (筋的作業)  
Table 7 Heart rate level of some element works in the muscular work

心拍レベル	心拍増加数 DIF (心拍)	作業者	記号	要素作業
レベル 3	15.0	W 2	A	トラックから荷物を下ろす
レベル 4	16.2	W 2	MC	山腹を下りおろる
	16.9	W 1, W 2	A	ワゴン車から機械を下ろす
	20.0	W 1	C	チェーンソー作業の諸準備
レベル 5	21.7	W 1, W 2	MC	ワイヤーロープを持って移動
	22.6	W 1	P	自動枝打機の取り外し
	22.8	W 1, W 2	K	緩斜地での刈払い
	24.0	W 1	A	ワゴン車に機械を乗せる
レベル 6	28.1	W 1	P	自動枝打機の立木への取付
	28.9	W 1, W 2	MC	チェーンソーを持って移動
	29.2	W 1, W 2	A	トラクタウインチのロープを引出す
	29.4	W 1	A	スリングロープの掛け外し
	29.9	W 1, W 2	C	チェーンソーによる造材
レベル 7	31.8	W 1, W 2	A	枝条材を除去する
	31.8	W 1, W 2	C	チェーンソーエンジンの始動
	33.4	W 1	MC	山腹を登る
レベル 8 ~ 9	37.7	W 1	A	林内で検尺
	40.7	W 1, W 2	A	人力で材を引き寄せる
	41.0	W 1	A	土場で巻立て
	49.0	W 1, W 2	C	チェーンソーによる伐倒
	52.0	W 1	MC	チェーンソーを持って山腹を登る

さて、待ち時間、神経的作業、筋的作業における各要素作業の心拍レベルおよび心拍増加数を、それぞれ表5、表6、表7に示した。林内での歩行移動や各種人力作業の心拍レベルは高く、待ち時間や自動車の運転などでは低く、最も大きかった心拍増加数と最も小さかったそれとの間には、D I Fで47.4心拍という差が認められた。

以下、作業タイプごとにその特徴的な点を述べる。まず、表5の待ち時間における要素作業をみると、重機や自動車の座席などに座って仕事を待つ場合の心拍レベルは低く、立位で仕事の手を休めたり、他人と会話を交わしたり、作業手順の考慮中などの場合の心拍レベルは高くなっていった。すなわち、待ち時間におけるレベル1～2とレベル3～4との相違はこの坐位と立位との違いであろうと推察された。

つぎに、表6に示した神経的作業において、最も心拍レベルが低かったのは、ワゴン車やトラックなどの運転であり、レベル2～3の範囲にとどまっていた。つまり、県道や林道での自動車類の運転作業は、作業者にとって日常特に取り立てて問題にする点のない、待ち時間なみに負担の軽い作業であることが明らかになった。

ダンプカーの運転作業では、単なる走行時においてはこの自動車類運転なみの心拍レベルを示すが、土石のダンプ作業などの操作が加わる場合にはレベルが1、2段高くなるのが分かる。

バックホーによる作業の心拍レベルは予想外に低かった。これは、本機の運転席が旋回できるので、作業者は常に前向きに自然な姿勢で作業し得ること、また、掘削などの作業中は走行を伴うことが少ないことによると思われる。この事は、固定式座席で無理な姿勢を要求されるトラクタによる後進走行やウインチ操作、そして本体の前後進走行と、レバー操作に強い力を要する排土板による作業時の心拍レベルが、逆に高いことから推察できよう。

立川<sup>13)</sup>は、トラクタ運転中の運転手の目視角度が90度（真横を向く）を越えると心拍増加率が上昇を始め、以後、目視角度の増加と共に心拍増加率も増大するという結果を室内実験にて得ているが、今回のわれわれのデータはこの点を現場での作業において実証したことになり、重機の運転席のあり方に、一つの示唆を与えたことになろう。最も心拍レベルが高かったのは、レベル6～7を示したトラクタによる林内での材の積込み作業および重機への乗り降りであった。

ところで、バックホーへの乗降やトラクタへの乗り込み時の心拍レベルが非常に高かったのは、運転手が勢いよく重機へかけ登り、また、かけ降りるためであると思われるが、機械の運転や操作ではないこの様な、いわば短時間の付帯的作業（含む、トラクタエンジンの始動、停止）における心拍レベルの高さが、神経的作業では目立っていた。これら要素作業をすぐ後に続く重機の運転操作に含めて平均化してしまうと、この要素作業の持つ特性を見失うことになるのでこれを区分したのだが、神経的作業の心拍レベルを、要素作業の段階で論ずる際、これら付帯的作業に対する配慮が必要になる。

しかし、いずれにしても、神経的作業においては心拍レベル5（心拍増加数25心拍以内）までの作業が93.4～95.6%を占めており、心拍レベル6を越えるものはごくまれであった。

表7に見られるように、筋的作業において心拍レベルが最も高かったのはすでに明らかにされている事だが<sup>1)</sup>、チェーンソーによる伐木作業およびチェーンソーを持っての林内移動（登り）

であった。そして、人力による材の巻立て、引き寄せ、検尺などがこれに次いだ。逆に、心拍レベルが最も低かったのは、歩行移動(降り)や各種作業における諸々の準備的作業などであった。

筋的作業では、神経的作業ではまれな心拍レベル6（心拍増加数25心拍）以上の作業がほぼ40%を占め、また、神経的作業では見られなかった心拍レベル8、9（同35心拍以上）に達する作業が認められた。

#### IV おわりに

林業作業における作業負担やその特質を論ずる際、心拍数のみを指標にした評価だけで十分とは考えられず、様々な生理的指標を用い総合的に判断して初めて、より満足できる結果が得られるのであろう。しかし、測定操作が複雑すぎたり、また、作業に支障を来す方法であっては、いくら正確に測定、評価できても林業の現場には応用できない。この点、心拍数の測定は、冒頭でも述べたように非常に簡便であり、現場での適用を重視した場合、かなり有効な判定の手段であると考えたので、心拍数を指標として、作業タイプごとの作業負担の特質を論じた次第である。そして、筋的作業、神経的作業および待ち時間の心拍レベルや分布頻度が異なることを定量的に明らかにした。

しかし、今回の事例における作業の種類は限られており、また、被験者も限られた範囲内にとどまっていた。今後、データのさらなる積み重ねを通じて、さらに多くの作業を取入れ、より普遍性のある結果を得たいと考えている。

最後に、鳥取大学農学部附属蒜山演習林の皆様には、この数年間の研究、調査の間、非常にお世話になった。ここに深謝致します。

#### 引用文献

- 1) 藤井禧雄・山本俊明：伐木造材手段の相違が作業負担におよぼす影響について、京大演報，45, pp.153～162 (1973)
- 2) 藤井禧雄・古谷士郎：作業負担指標としての心拍数に関する基礎的考察，静岡大農研報，26, pp.13～21 (1976)
- 3) 藤井禧雄・長田浩一：安静時心拍数と負荷時心拍数との相関関係について，静岡大演報，4, pp.19～23 (1978)
- 4) 藤井禧雄・古谷士郎：集材作業中のトラクタ振動とオペレータ心拍数に関するスペクトル解析，日林誌，61 (4), pp.111～118 (1979)
- 5) 藤井禧雄・武田宣也：トラクタ騒音と心拍数との相関について，90回日林論，pp.503～505 (1979)
- 6) Glammel, R. : Forstliche arbeitslehre, Paul Parey, Hamburg & Berlin, 176pp. (1978)
- 7) 橋本邦衛・白井 薫・深野重次郎：大型バス運転の生理的負担度に関する研究，鉄道労働科学，15, pp.39～61 (1962)
- 8) 橋本邦衛・遠藤敏夫：生体機能の見かた，日本出版サービス，東京，168pp. (1973)

- 9) 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)，pp.195～210 (1961)
- 10) Lai,N.van：Kriterien zur Festsetzung von erholzeiten bei der Holzernte nach den EST-Standard-arbeitsverfahren, Mitteilung der forstlichen versuch- und forschung-anstalt, Barden-Wurttenberg, H. 100, pp.1～121 (1981)
- 11) 永田 晟：からだ・運動の科学，朝倉書店，東京，231pp. (1983)
- 12) ターウオンウオン ロパチョーク：林業における作業負担の特質に関する研究－筋的作業と神経的作業との比較－，鳥取大学学位論文，鳥取，96pp. (1994)
- 13) 立川史郎：林業労働における作業姿勢の評価に関する研究，岩手大演報，23，pp.1～65 (1992)
- 14) 山地啓司：運動処方のための心拍数の科学，大修館書店，東京，306pp. (1981)