

## 車両系林業機械オペレーターの神経的作業負担

藤井 禧雄\*・有馬 頼政\*\*

### Skilled Work Load for Operators of Forestry Heavy Machine

Yoshio FUJII \* and Yorimasa ARIMA \*\*

#### 要 旨

本論文は、林業作業における神経的作業負担の特質を論じた前論文を補完するものである。4名の車両系林業機械オペレーターが、基本的な要素作業を組み合わせた一連の単純化された作業を行った際の心拍増加数を計測し、解析した。その結果、現場での実作業における前調査では不明であった基本的要素作業の各心拍レベルおよび要素作業の区分方法などを明らかにする事ができた。

キーワード：神経的作業負担，心拍増加数，重機オペレーター，要素作業

#### Summary

This paper is supplementary to the previous two papers for which data were collected during actual complex forest work. The study measured and analyzed the heart rate of four operators of heavy forestry machines as they carried out a series of simplified operations on a forest road involving a combination of basic tasks. The results of the study clarified a number of characteristics of the skilled work load related to heart rate levels of basic tasks and the division of tasks during work operations.

Keywords: Skilled work load, Increase of HR over HR at rest, Forestry heavy machine operator, Basic task

---

\* 鳥取大学農学部生物資源環境学科森林科学講座(〒680-8553 鳥取市湖山町南4-101)

E-mail: fujii@muses.tottori-u.ac.jp

Department of Forest Science, Faculty of Agriculture, Tottori University, Tottori, 680-8553, Japan

\*\* 鳥取大学大学院農学研究科農林環境科学専攻(同上)(現在, 大阪府立城山高等学校)

Environmental Science and Forestry, Graduate School of Agriculture, Tottori University, Tottori, 680-8553, Japan (Osaka Metropolitan Prefectural Shiroshima High school, at Present)

## I. はじめに

先の論文(1,2)では、心拍増加数を作業負担の指標として、筋的作業負担と比較しながら車両系林業機械オペレーターの神経的作業負担の特質を論じた。しかし、現場での実作業を取り上げての分析であったために、作業が複雑に錯綜し各要素作業を明確に区分できない場合も多く、分析に際しては不分明な点が残ることになった。そこで、これ等の点を明確にするために、区分可能な要素作業を積み重ねた一連の作業を実施し、改めて分析を行った。また、被験者である重機オペレーターも2名から4名に増員し、より普遍的な結果を得るようにした。この様に、本研究は前回の研究の補完を主な目的とするものである。

## II. 研究および分析の方法

表1 調査年月日およびオペレーター

調査年月日	温度	湿度	オペレーター	作業内容
1998. 9. 2	23℃	75%	W 2	走行系
	26	75	W 2	作業系
9. 4	25	66	W 1	走行系
	24	59	W 1	作業系
9. 7	24	70	W 3	作業系
	28	61	W 4	走行系
9. 8	27	65	W 3	作業系
	28	51	W 4	走行系

走行系：エンジン始動・停止，走行，方向転換  
作業系：走行性および定置性作業

調査は、鳥取大学蒜山演習林（岡山県真庭郡川上村）にて延べ4日間にわたって行い（表1），被験者である重機オペレーターは、蒜山演習林の熟練技官4名を当てた。被験者の身長，体重などの特性を表2に示した。この中の被験者W1，W2は、前論文(1,2)のオペレーターW1，W2と同一人物であり，他の2人が今回新たに加わった者である。

作業者の心拍数の計測には、心拍メモリー装置（竹井機器製）を使用

した。また、結果の分析には心拍増加数を指標として用いた。この指標は以下の式で求められるものである（前論文でDIFと略称した指標）。

$$\text{心拍増加数(心拍/分)} = \text{作業時心拍数} - \text{MIN(作業前, 作業後安静時心拍数)}.$$

すなわち、作業の前後に坐位状態で安静時心拍数を計測し、両者の内の低い方と作業中の平均心拍数との差を求めるものである。

表2 被験者(オペレーター)の特性

被験者	W 1	W 2	W 3	W 4
年 齢(歳)	59	54	48	47
身 長(cm)	160	162	163	170
体 重(kgf)	58	55	63	60
安静時心拍数(心拍/分)				
作業前(平均)	65.1	67.7	67.8	70.5
作業後(平均)	61.9	64.8	66.7	64.3

1998.12.1現在

なお、上記の心拍メモリー装置および指標である心拍増加数の詳細については、前論文(1)に詳しく論じてあるので参照されたい。

車両系林業機械は表3に示すようなタイプの異なる3台を使用した。これ等重機を4名の被験者が等しく使用し、各種要素作業が組み合わされた一連の単純化された作業（実作業のように複雑でない）を行った。

表3 使用した車両系林業機械

機種	形式	車体重量	備考
ブルドーザー	MITSUBISHI BD2F	3.65tf	
トラクタショベル	MITSUBISHI BS3D	4.05tf	フォーク着装
パワーショベル	KOMATSU PC-120-1	11.50tf	バケット容量0.45m <sup>3</sup>

表4 要素作業の一覧

要素作業	機種	作業の内容
・エンジン入切		
1. エンジン始動	T, P	運転席に座った状態でエンジンを始動
2. エンジン停止	T, P	運転席に座った状態でエンジンを停止
・前進走行		
3. 前進走行(平坦)	T, P	平坦林道を, 前進走行
4. 前進走行(上り)	T, P	急勾配林道を, 上り前進走行
5. 前進走行(下り)	T, P	急勾配林道を, 下り前進走行
・後進走行		
6. 後進走行(平坦)	T, P	平坦林道を, 後進走行
7. 後進走行(上り)	T, P	急勾配林道を, 上り後進走行
8. 後進走行(下り)	T, P	急勾配林道を, 下り後進走行
・方向転換		
9. 切り返し	T, P	林道幅にゆとりのある箇所にて, 機械を後退させ, 走行方向を逆向きにする
10. 旋回	T, P	トラクタショベルは, その場でキャタピラを中心に車体を一回転させる。パワーショベルは, キャタピラを固定したままでキャabinを旋回する
・走行性作業(走行を伴う作業)		
11. 土石押し	B	前進しながらブレードで土石を押し
12. 路面整地	B	前進しながら土石を押しつつ路面を平らに整地する
13. 丸太運搬	T	フォークで丸太をすくい, 丸太置場まで運搬する
14. 枝条材処理	T	フォークに枝条材を載せ, 道端や谷側へ押してゆく
・定置性作業(走行を伴わない作業)		
15. ウインチ操作	T	ウインチにて丸太を引き寄せる。運転席にて身体を後方にひねってウインチを操作
16. 路面均し	P	アームを小刻みに操作し, ショベルにて路面を平らにする
17. 路面掘削	P	ショベルにて路面を掘削する
18. 旋回運土	P	ショベルで土をすくい, 旋回する
19. 切株起し	P	ショベルで切り株を掘り起こす

T:トラクタショベル, P:パワーショベル B:ブルドーザー

作業の内容は表4に示してあるが、重機の走行を中心としたもの(要素作業3~10)と、単純作業を行うもの(要素作業11~19)に大別される基本的な作業を取り上げた。なお、表4には、さらに「エンジン始動/停止」の2要素作業(要素作業1~2)が加わっているが、先の研究では、この両要素作業の場合、特異的に心拍増加数が高まる場合が認められた(1)ので、この点を改めて検証するためである。従って、今回は、これ等19種類の要素作業を組み合わせ、一連の単純化された作業とした。

### Ⅲ. 結果と考察

#### 1. 被験者ごとの作業負担

4名の被験者は、ほぼ同様の作業条件の下で、3種類の重機を用いて同様の作業を等しく行ったわけであるが、全作業を通じた各作業者の平均心拍増加数を表5に示した。同表にはTukey法を用いて平均値間を比較検定した結果も示してあるが、平均心拍増加数が最も高かった被験者W2と、被験者W1およびW3とは明らかに水準を異にし、また、被験者W4はその中間の水準にあることが分かる。今回の作業では、経験豊かなオペレータ間にも平均心拍増加数水準に異差が、つまり、作業負担に異差が認められる結果となった。先の論文における被験者であったW1とW2にも、今回は異差が認められた。この点に関しては後節で言及する。

表5 被験者ごとの平均心拍増加数

被験者	全平均心拍増加数	検定結果(Tukey法)
W2	9.87(心拍/分)	グループA
W4	9.09	グループA, B
W1	7.21	グループ B
W3	6.72	グループ B

有意水準5%, 最小有意差 2.48

表6 作業の種類ごとの心拍増加数

作業の種類	被験者				平均 (心拍/分)
	W1	W2	W3	W4	
エンジン入切	8.3	7.8	4.2	7.4	6.9
前進走行	4.4	6.4	3.0	5.3	4.8
後進走行	7.8	8.5	7.0	7.7	7.7
方向転換	7.6	10.7	7.5	8.3	8.5
走行性作業	8.8	14.8	12.7	19.2	13.9
定置性作業	7.4	12.8	7.5	9.2	9.2

#### 2. 作業の種類ごとの作業負担

表4に示した19種類の要素作業を、作業内容に応じて次の6種類に区分した。すなわち、「エンジン入切」、「前進走行」、「後進走行」、「方向転換」および「走行性作業」と「定置性作業」の6種類に区分して心拍増加数水準を検討した。これ等の作業はすべて基本的な要素作業を組み合わせたものであり、特に困難な作業は含まれていない。作業の種類ごとの平均心拍増加数を表6に示した。また、同表中の全被験者の平均値を図示したのが図1であり、また、被験者ごとに示したのが図2(a~d)である。

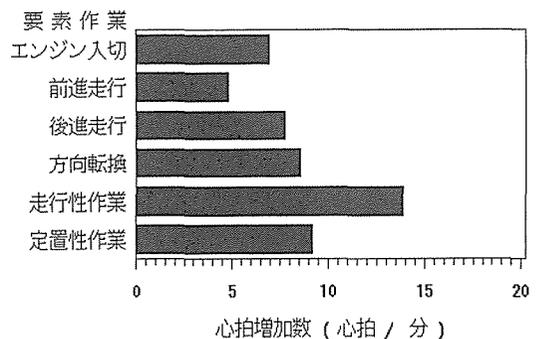


図1: 作業の種類ごとの心拍増加数(被験者W1~W4の平均値)

表7 心拍レベルにおける要素作業の分布割合

心拍レベル	心拍増加数 (心拍/分)	分布割合(%)		
		待ち時間	神経的作業	筋的作業
レベル1	-5.0	6.7		
レベル2	5.1-10.0	46.6	17.8	
レベル3	10.1-15.0	20.0	33.4	12.1
レベル4	15.1-20.0	26.7	20.0	22.4
レベル5	20.1-25.0		22.2	25.9
レベル6	25.1-30.0		4.4	17.2
レベル7	30.1-35.0		2.2	6.9
レベル8	35.1-40.0			3.4
レベル9	40.1-			12.1

文献1から転載，同10頁

まず，図1を見ると，「走行性/定置性作業」の心拍増加数が他の作業より高いが，特に「走行性作業」の心拍増加数ずば抜けて高く，また，「前進走行」が最も低いことが分かる。先の論文では，比較を容易にするために心拍増加数を5心拍ごとの9段階のレベルに区分して作業負担を論じたが，これに当てはめるとこの「走行性作業」はレベル3（心拍増加数13.9），「前進走行」は最も低いレベル1（同4.8）に相当する。

この9段階の心拍レベルに含まれる，筋的および神経的作業の分布割合を，先の論文（実作業の場合）から抜き出し再掲したのが表7であるが，実作業での神経的作業はレベル2～レベル7の間に分布しており，レベル3の割合が最も高い。従って，この「走行性作業」は，神経的作業の中では平均的な作業負担であることが分かる。また，林道上を重機で前進走行するのは，作業者にとって取り立てて問題にすることもない，「（各種作業の合間の）待ち時間」レベル並の容易な作業であることも分かる。「後進走行」は，身体をひねった後ろ向きでの走行なので，その分負担が大きく「方向転換」と共にレベル2に分類された。

「エンジン入切」（運転席に座った状態でエンジンを始動・停止，表4参照）の心拍増加数は，被験者に応じて4.2～8.3，平均6.9で，レベル2に分類された。先の研究では，心拍増加数21.9，レベル5に分類されたが，「重機への乗り降り」と，その直後行う「エンジン入切」

とが連続して行われる作業であったため，両者が明確に区分できず，上記心拍レベルは不確かな値に留まった。「重機への乗り降り」の影響を排除した今回の結果を勘案すると「エンジン入切」自体はレベル2程度の要素作業であると判別された。しかし，いずれの作業者においても「前進走行」よりも心拍増加数が高いのは注目しておくべきであろう。

各要素作業間の平均心拍増加数を多重比較した結果を表8に示したが，「走行性作業」のみが，他のすべての要素作業に対して有意な差を

表8 作業の種類間の検定

	1	2	3	4	5	6
1. エンジン入切	—					
2. 前進走行		—				
3. 後進走行			—			
4. 方向転換		*		—		
5. 走行性作業	*	*	*	*	—	
6. 定置性作業		*			*	—

Tukey 法による。\*は5%水準で有意差

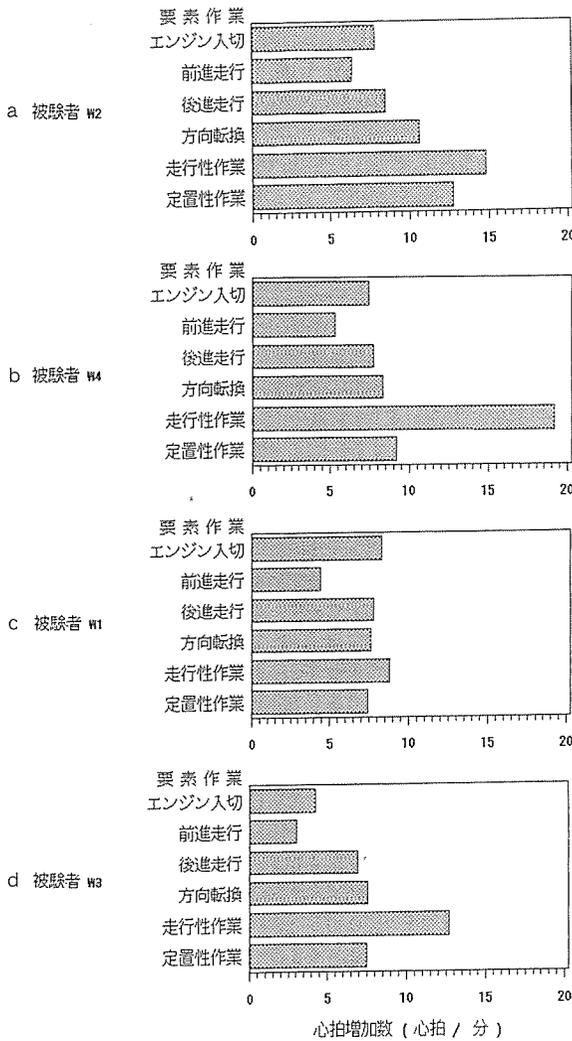


図2-a, b, c, d: 被験者ごとの心拍増加数

論する意味で、“洞察的考察”を試みしてみる。筆者と被験者W1, W2とは、研究面で10年以上の付き合いがある。従って、かかる調査・研究のための作業を実施しても、精神的動揺や緊張は少ないと考えてよい。そして、過去約10年間の調査実績を振り返ると、W2は毎回のすべての調査研究において、いわば、ほぼ予測(期待)通りの心拍レベルを示すのが常であった。これに対し、W1は、どの様な作業を行っても余り心拍レベルが高まらない場合が今までに数度認められている。従って、本調査においても、これに類する事態がW1に生じたと考えれば、今回、W1とW2の心拍増加数の間に有意差が認められた説明が付く。人間を対象とした研究では常に不測の要素の影響に配慮する必要があるが、上述の考察はあくまで推察であり、今後、改めて検討すべき課題である。

示した。つまり、走行を伴った要素作業は、心拍レベルが一段高目になることが分かる。

次に、被験者ごとに考察してみる。前述のように、各被験者の平均心拍増加数間には有意差が認められたが、図2(a~d)は、表5のグループ分けの順に配列してある。すなわち、被験者W2と被験者W1およびW3の間には有意差が認められたが、図2を見るとこのグループ分けが肯けるところである。しかし、各要素作業ごとの心拍増加数の大小は、どの被験者においてもほぼ同様の傾向を示しており、「走行性作業」が最も高く、「前進走行」が最も低かった。また、「エンジン入切」の心拍増加数が、いずれの被験者においても「前進走行」と比べ1.2~3.9(心拍/分)高い点を、改めて指摘しておきたい。

ただ、被験者W1は他とは異なる傾向を示した。全体的に心拍増加数が低く、「走行性作業」も低いレベルに留まっていた。この理由は明確ではないが、一つの理由を推

### 3. 要素作業ごとの作業負担（被験者W1, W2の場合）

次に、要素作業ごとの作業負担を検討する。調査は被験者4名について行ったが、本研究は、前研究(1)における考察(被験者はW1, W2のみ)を補完する意味合いが強いため、前研究との関連性を重視して、以下、被験者W1, W2に絞って考察する。

被験者W1, W2が行ったすべての要素作業を、心拍増加数(心拍レベル)の順に示したのが表9である。また、それを棒グラフにしたのが図3である。同図表から分かるように、本研究における各種作業は、単純化された基本的要素作業の組み合わせであったため、心拍レベル1~3の間に留まっている。

表9 要素作業ごとの心拍増加数(被験者W1, W2の平均値)

心拍レベル	心拍増加数	作業者	記号	要素作業
レベル1	2.9	W1, W2	T4	前進走行(上り)
	3.1	W1, W2	P4	前進走行(上り)
	4.2	W1, W2	P10	旋回
レベル2	5.2	W1, W2	P1	エンジン始動
	5.2	W1, W2	T2	エンジン停止
	5.3	W1, W2	B15	ウインチ操作
	6.0	W1, W2	P5	前進走行(下り)
	6.1	W1, W2	T3	前進走行(平坦)
	6.2	W1, W2	P8	後進走行(下り)
	7.1	W1, W2	P6	後進走行(平坦)
	7.1	W1, W2	P3	前進走行(平坦)
	7.2	W1, W2	T5	前進走行(下り)
	7.8	W1, W2	T8	後進走行(下り)
	8.8	W1, W2	T7	後進走行(上り)
	9.1	W1, W2	P7	後進走行(上り)
	9.4	W1, W2	P9	切り返し
	9.6	W1, W2	T10	旋回
	9.7	W1, W2	B11	土石押し
9.7	W1, W2	T13	丸太運搬	
9.9	W1, W2	P17	路面掘削	
レベル3	10.0	W1, W2	P18	旋回運土
	10.1	W1, W2	T6	後進走行(平坦)
	10.6	W1, W2	T1	エンジン始動
	11.2	W1, W2	P2	エンジン停止
	12.2	W1, W2	P19	切り株起し
	13.0	W1, W2	B12	路面整地
	13.3	W1, W2	P16	路面均し
	13.5	W1, W2	T9	切り返し
15.0	W1, W2	T14	枝条材処理	

記号の英字は、B：ブルドーザー、T：トラクタシヨベル、  
P：パワーシヨベル

数字は、表4の要素作業の数字に対応する。

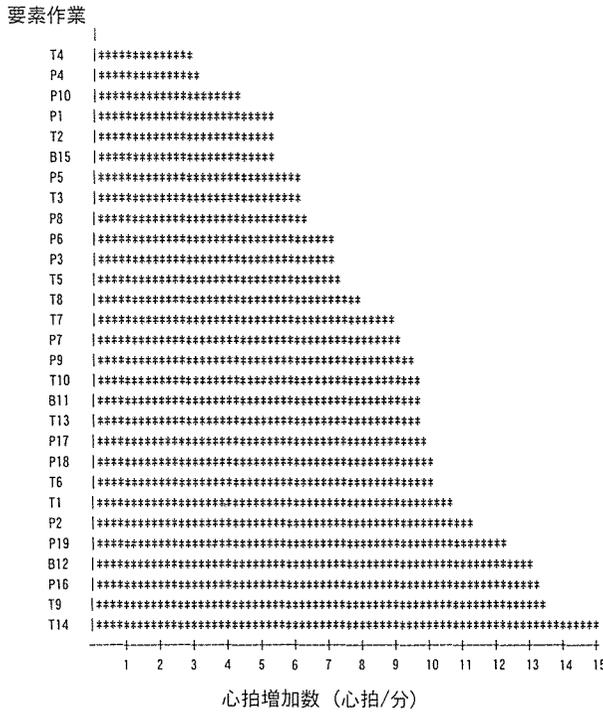


図3 要素作業ごとの心拍増加数 (被験者W1, W2の平均値)  
 林業機械にあつてはキャビンが旋回する方式の機械が好ましいと言える。

要素作業別に見ると、「前進走行」の心拍レベルが最も低く、「後進走行」がそれに続いている。「エンジンの始動・停止」は、レベル2 (心拍増加数5.2) とレベル3 (同10.6~11.2) の場合が認められた。その原因を今回も明確にできなかったが、このごく短時間の要素作業は、やはり場合によってかなり高い心拍増加数を示すことが分かる。何らかの心理的要因により、数秒間の間に心拍数が急上昇するのだと考えられる。また、「旋回」は、運転室が旋回できるパワーショベル (P10) の方が、キャピラごと車体を旋回しなくてはならないトラクタショベル (T10) よりも心拍レベルが低く、心拍増加数で5.4心拍/分の差が認められた。従って、

#### IV. まとめ

実作業を対象とした前研究では明らかにできなかった要素作業に関する問題点について、単純化した作業を基に再度考察してみた。その結果、ごく短い作業であるが心拍数が急激に増加する要素作業「エンジン入切」の心拍レベルや、重機の走行および基本的作業の心拍レベルなどを明らかにすることができた。また、前研究で得た実作業における心拍レベルデータと本研究で得た基本的作業におけるデータは、重機による神経的作業負担を考察する上での基礎的データとなろう。また、要素作業の区分け方法などについても、示唆を与えられたと考えている。

最後に、この10余年間にわたり、被験者として我々の研究にご協力いただいた森山演習林の技官諸氏には、衷心より感謝の念を捧げるものである。

#### 引用文献

- (1) 藤井禎雄・ターウオンウオン ロパチョーク (1996) 林業における筋的作業および神経的作業の作業負担. 鳥大演報 24 : 1-15.
- (2) ターウオンウオン ロパチョーク・藤井禎雄 (1994) 林業作業における作業負担の特質—筋的作業と神経的作業の比較—. 日林誌 76 : 172-174.

(2002年2月13日受理)