

## 論 文

# チェーンソー作業者的心拍数変動に対する重量、 騒音および振動の影響について

伏見 知道\*・信高 浩二\*\*

Effect of vibration, noise and weight on increment ratio of heart-rate of operators during chain saw bucking

Tomomichi FUSHIMI\* and Kouji NOBUTAKA\*\*

**Summary :** In the previous report(4), author discussed the physiological burden of chain saw operator on the basis of heart-rate and electromyography. In this report, author measured an increase in heart-rate according to each exposure of vibration, noise and weight of a chain saw.

1. For the purpose of eliminating the individual difference among operators, we experienced on a plain in laboratory, and adopted the increment ratio ( heart-rate during work – heart-rate at rest ) / ( heart-rate at rest ). The working time was always one minute in this experiment. The heart-rate at rest, therefore, adopted average heat-rate for the third minute at rest after working.
2. The increment ratio with exposure of vibration increased following increase of engine speed in chain saw. But in idling, the increment ratio was higher than the level on 6,000 rpm in racing. The vibration in idling influenced significantly to operator. In idling the vibration of chain saw handle contained unhealthy components, that is, a fundamental wave 50 Hz and several low frequencies.
3. The increment ratio with exposure of chain saw noise increased following the increase of noise level which corresponds to engine speed.
4. The increment ratio with weight load slowly increased to 7kgf, but sharply increased over 8kgf~9kgf as same as previous report (6, 7).
5. The increment ratio with the whole load was presumed from the compound result (VR) with three elements ( $V_x$ ,  $V_y$ ,  $V_z$ ) exposed in this experiment.  $VR = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}$

\* 林業生産工学研究室 : Laboratory of forest engineering

\*\* 林業生産工学研究室 : (現 : 愛媛県森林林業課)

**要旨** 前報(4)では、チェーンソー玉切り作業における生理負担を、筋活動電位と心拍数の変化から考察した。今回まずは、チェーンソー操作における単位動作の変移に伴う心拍数の変動を観察し、エンジン停止で操作する時に比べ、エンジン空転状態で操作する場合は心拍数の増加が認められたので、チェーンソーの重量、振動及び騒音の個別単独負荷による、心拍数の変動を安静時に対する増加率として考察し、次の点を明らかにした。

1. 休止安静3分間に続き、負荷1分間の後、休止安静3分間を繰り返した。心拍数は、負荷直後20秒間はやや高めだが、以後やや低下し負荷時の定常状態で経過する。休止安静状態に入る瞬間はかなり高い値になるが、急速に減衰し、2分目から小変動を繰り返しながら定常状態を保ち安静時心拍数に回復する。

2. 振動負荷では、心拍数増加率はアイドリング時に高く、6,000rpmで低く、以後上昇し8,000rpmでピークを示す。この結果はハンドル部の振動値にはほぼ対応するのだが、アイドリング時は、人体各部の共振周波数を含む低周波数域に、優勢な基本振動波その他の成分があり、心拍数の増加をもたらしたと考えられる。

3. 騒音負荷では個人差が認められるが、騒音レベルの上昇にほぼ対応して心拍数増加率も高くなっている。

4. 重量負荷では、約7kgfまでは心拍数増加率の変動が少なく、約8kgfで増加が著しくなり、約10kgfでは明らかな増大を示す。手持ち機械の重量は7～8kgf以下が好ましく、この結果は藤井等(6)やKaminsky, G(7)の結果に類似する。

5. 総合負荷時の心拍数増加率は、単独負荷三者の合計値よりは低く、騒音や振動の単独負荷時より上昇するが、傾向は異なる。

6. 総合負荷時の心拍数増加率と、振動、騒音及び重量の個別単独負荷時の心拍数増加率のベクトル合成値の間に、比例的関係が認められた。

## I. はじめに

わが国の森林資源の恒久的利用をめざして、森林法の改正が実施された。国内の林業生産において、欧米諸国に匹敵する高い生産性を実現するために、わが国に適した高性能林業機械作業システムの早急な確立が計画されている。わが国の地形分布からみると、急傾斜が多く、小面積分散型の森林所有を主とする地域では、将来的に高性能林業機械の導入を中心に考えながらも、在来型の作業システムを発展させ、「改良在来型」作業体系を構築していくことが必要である。そこでは、手持ち機械を含む小型機械類及び作業方法の改良による合理化の推進が大切であり、チェーンソーの役割は、今後もなお重視しなければならないであろう。昭和40年代初頭における振動障害の問題は、林業生産の場だけでなく、広く産業一般における振動障害の存在や、労働安全衛生に対する関心をかき立てた。以来、小型強力エンジンの開発、防振装置の改良、作業時間規制の指導等によって、振動障害は林業生産の場においてはごく限られた事例となっている。しかし作業者は、諸種の要因の複合的影響に曝されるため、生理的・精神的影響が増大しないように、労働安全上好ましい状態を保つ努力が大切である。労働安全上好ましいチェーンソー作業条件をより明確にし、不要な生理負担を避けることができれば、作業時間規制の存在を有意義にするだけでなく、更に「きつい、危険・・・」といった「3K」問題の改善のための基礎資料にもなるであろう。

一般に、心拍のリズムを変化させる要因は非常に多く複雑であるが、心拍数は作業者の仕事量に比例して増加する。また、多くの科学者によって酸素摂取量と相関関係を示すとされている心拍数の変化に注目して、チェーンソー作業者の生理負担に対する振動、騒音及び重量の個

別負荷の影響について考察し、三種の負荷条件の総合効果について合成値による推定も試みたので報告する。

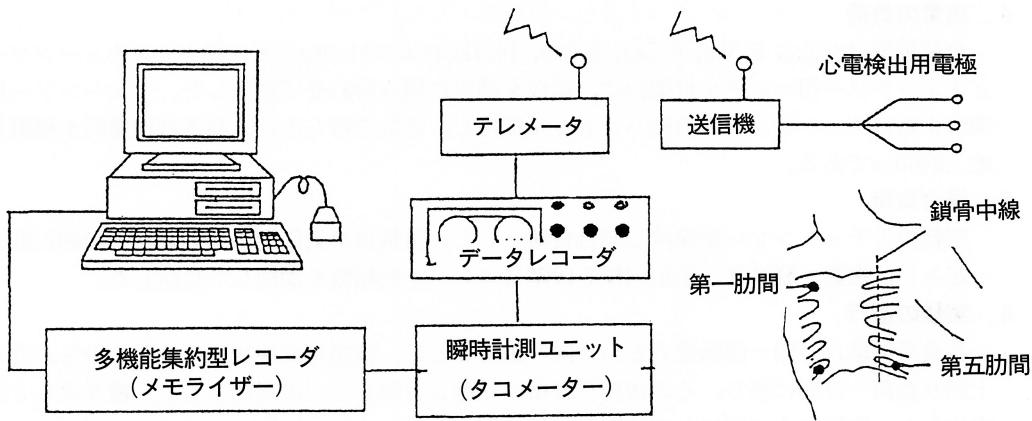


図-1 心拍数の計測システム

## II. 実験方法

作業者の生理負担に対応する心拍数の変動を連続測定し、単位となる動作ごとに、定常状態を抽出観察し、各種の要因の影響を解析することにした。

### 1. 心拍数測定

被験者の胸部に心電検出用電極3個を貼付し、携帯形送信器(1429形、重さ約250gm)に接続し、発信した。信号は多用途テレメータ(511形)の受信機(1988形)で受信し、カセットデータレコーダー(MR-10)に連続記録した。この記録を再生し瞬時計測ユニット(1321形)により一秒間毎に換算心拍数(Beats/Min.)を示し、メモライザ(7G01)のフロッピディスクに記録し、更にパソコンで処理し、一連続動作毎の平均心拍数を求めた。計測システムは図-1の通りである。

### 2. 被験者

被験者は22歳の男性3名で、各々の身長と体重はA(159cm, 52kg), B(150cm, 54kg), C(170cm, 54kg)である。

### 3. 振動・騒音の負荷

振動及び騒音源はチェーンソーとし、作業者が立位で無理なく前後ハンドルを把握できる位置(地上約90cm)にかぎ掛けで設置した。負荷する振動及び騒音の値は、チェーンソー空転時のアイドリング(約2,500rpm), 6,000rpm, 7,000rpm, 8,000rpm, 9,000rpmにおけるハンドル部振動値と暴露騒音の値とし、回転数はデジタル回転計(DET-302)で確かめた。供試チェーンソーの振動は、前後ハンドルの上部に固定した3方向型の小型ピックアップ(PV92)で検出し、チャージ増幅器(VM27)で測定し、騒音は、作業者の右耳の位置にコンデンサーマイクロホンを設置し指示騒音計(NA-09)のAレベル及びCレベルで計測した。振動及び騒音(Cレベル)は、それぞれ周波数分析した。

振動負荷には、単気筒型機(排気量64.2ml)と二気筒型機(排気量65.0ml)を使用した。被験者は耳栓と耳覆いの両方を装着して前後ハンドルを持った。エンジンの始動は被験者

以外の者が行い、回転数の調節は被験者自身が行った。

騒音負荷には単気筒型機を使用した。被験者は玉切り作業時の位置に立ち、騒音だけを負荷した。エンジンの始動と回転数の調節は被験者以外の者が行った。

#### 4. 重量の負荷

負荷重量は3.5kg, 5.3kg, 6.7kg, 8.3kg, 10.1kgおよび11.9kgの6段階とし、チェーンソーとチェーンソー用ハンドル付架台に、鉛板を適宜に組み合わせて調整した。チェーンソー用架台またはチェーンソーの前後ハンドルを持ち、立位で持ち上げ、高さは作業時を模擬し地上約60cmである。

#### 5. 総合負荷

空転中のチェーンソーを保持し総合負荷とした。重量は単気筒型チェーンソーの約7.0kg、一定とし、振動・騒音は、前項同様5段階にエンジン回転数を調節して負荷した。

#### 6. 実験の進行

各負荷実験は、同一回転数あるいは同一重量ごとに、腰掛け安静状態3分間のうち、立ち上がり負荷一分間に移り、その後再び腰掛け安静3分間を一つの周期として、繰り返し3回実施した。実験は全て平坦な実験室内で行った。

### III. 結果と考察

#### 1. 心拍数変化の基準について

心拍数は、筋活動開始と同時に急増するが、活動の程度が大きくなかった時は、心拍数は低い水準でその状態を維持し、定常状態になる。筋活動が激しくなると、心拍数の定常状態は破壊され、徐々に増加し、毎分当たり180～200拍となり、一般人では心臓機能の限界に達する。筋活動時の酸素の摂取の増加は、毎分拍出量の増加となり、それは主として心拍数の増加をもたらす。定常状態成立内では、酸素摂取量の増加と心拍数の増加との間には直線的比例関係があることについて国内外の報告があり、また個人差が無視できないことも明らかで、個人差については図-2に示す筆者等の結果(1)でも認められる。しかし沼尻(2)によれ

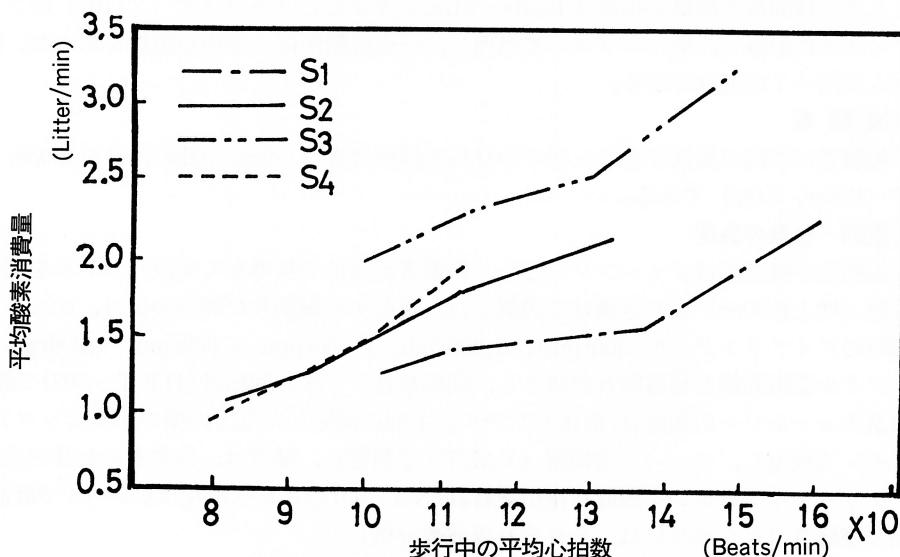


図-2 4被験者の歩行中の平均心拍数と平均酸素消費量との関係(1)

ば、平均的日本人の体格・体力の保有者であれば近似した結果がえられ、さらに心拍数の絶対値を安静時に対する増加率として酸素消費量（あるいはRMR）との関係をみると個人差が捨象され、心拍数（または増加率）から酸素摂取量の推測が可能になるという。以上のように心拍数の変化と酸素摂取量とは比例し、労働に伴う生理負担の程度を示す指標の一つとして、心拍数を使用することができる。

単気筒型チェーンソーのハンドル保持による振動負荷中（1分間）および休止安静中（3分間）の心拍数の連続変化の一例を図-3（A, B）に示す。Aの図に示されるようにハンドル保持中の心拍数は、負荷のはじめの20秒間程は幾分高めで、以後はやや低下し75～80拍／分の間で多少の増減を繰り返しながら定常状態で経過している。次に、Bの図で負荷終了後の安静時を見ると、休止安静にはいる瞬間に立位から腰掛けに移ることもあり、心拍数はかなり高い値を示すものの、その後は急速に減衰しながら一分間経過し、2分目からは小さい増減を繰り返しながらも定常状態を示し、安静状態に回復している。この結果はチェーンソー造材作業において切削時間が10～60秒ぐらいまでは、作業後の休止30秒～90秒でほとんど安静状態の心拍数に回復するという報告（3）と同様である。そこで本報では、休止安静3分間のうち3分目の1分間の心拍数平均を安静時心拍数として、負荷時心拍数の増加率を次式で求め、比較考察することにした。

$$\text{負荷時心拍数増加率} = 100 \times (\text{負荷時心拍数} - \text{安静時心拍数}) / \text{安静時心拍数}$$

表-1 チェーンソー操作実験における単位動作時間（秒）

被験者 \ 動作	エンジン始動	本体持ち上げ	保持し静止	本体丸太にのせる
F.	6.0 (1.9)	3.9 (0.7)	14.3 (1.3)	14.6 (1.4)
Y,	6.7 (1.7)	4.2 (0.8)	15.0 (0.8)	15.2 (1.5)

\* 平均値と（ ）値は標準偏差

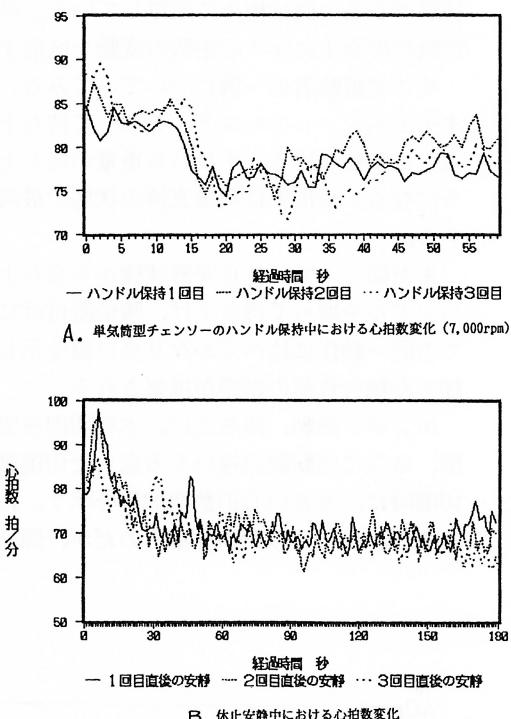


図-3 振動負荷実験における心拍数変化の一例

## 2. 平坦地における単位動作と心拍数変動

平坦地におけるチェーンソー玉切り作業中の心拍数の変化について藤井・山本(3)はさまざまな角度から考察報告している。筆者等も(4)切削条件の違いに伴う作業速度と同時に筋活動電位と心拍数の変動を考察した。そこでは、異なる単位動作の組み合わせと、それらの繰り返しが行われるのだが、単位動作の持続時間の平均値と標準偏差を表-1に示す。被験者2名の値は極めて類似している。単位動作の持続時間はごく短いにもかかわらず、単位動作の発生に伴う心拍数の変動を区別することができる。

そこで被験者の一例についてみてみる。休止安静状態から立ち上がり、エンジン停止のままチェーンソーのハンドルを握って持ち上げ、腰位置付近に支持し静止したのち、機体を丸太上に乗せかける、すなわち重量の持ち上げ移動の動作に伴う心拍数増加率は、図-4のようになる。増加率は重量支持の状態で最高値になり、丸太乗せで重量負荷から解放され低下する。

また図-4で、休止安静状態から立ち上がり、エンジンを始動したのち、チェーンソーのハンドルを握って持ち上げ、腰位置付近に支持し静止する場合をみると、エンジン停止状態での同一動作に比べてかなり高い値を示し、単に重量負荷の影響だけでなく、振動や騒音を加えた総合負荷の影響が推察される。

エンジン始動、持ち上げ、木材切削を実施する場合を図-4でみると、自重切削、圧着切削、さらに回転数の違いを考慮した切削動作に伴い、心拍数が変動し、自重切削時より圧着切削時に、大きい心拍数増加率を示す。自重切削時は、負担が少ない状態から圧着時に近い値まで、かなりの変動を示すのだが、図-4では、その平均値を示している。

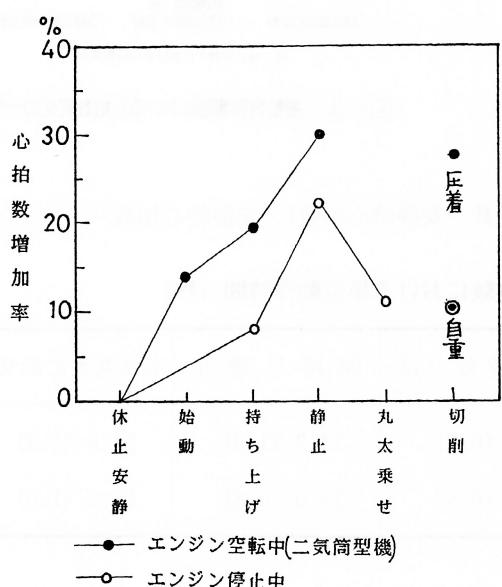


図-4 玉切り時単位動作に伴う心拍数の変化

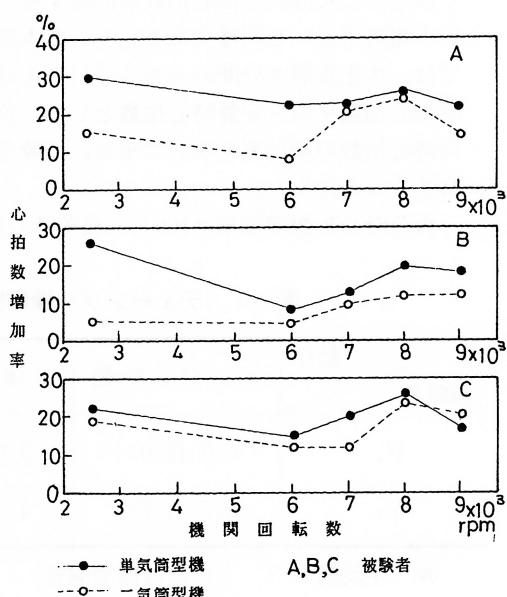


図-5 チェーンソーハンドル部振動負荷に伴う心拍数の変化

### 3. 振動負荷が心拍数変化に及ぼす影響

#### 1) 単気筒型チェーンソーの場合

単気筒チェーンソーの同一回転数ごとの繰り返し3回の、振動負荷時心拍数増加率を、被験者別にみると、繰り返し3回の増加率はかなり変動し、回転数別にみた一様性は明確でない。同一回転数における平均値を図-5に示す。被験者Aはアイドリング時に平均26.3%で最も高く、6,000rpmで最も低く、7,000rpmから8,000rpmで徐々に上昇して高い値を示したのち、9,000rpmで低下し6,000rpmとほぼ同様の値になっている。この傾向は、被験者BおよびCにも同じように認められる。

以上のようなアイドリング時に高く、6,000rpmで最も低くなり、また上昇して8,000rpmでピークを示す現象を説明するために、供試チェーンソーハンドル部の振動の測定分析結果をみてみる。空転時のハンドル上部における3直角方向振動加速度の合成値を図-6に示す。前ハンドルではアイドリングから8,000rpmまで増加し、9,000rpmで減衰している。これに対し後ハンドルでは全回転域でほぼ直線的に増加し、前ハンドルの値を越えている。これらと心拍数増加率の変化を対比すると、アイドリング時は対応しないが、前ハンドルの振動の6,000rpm以上の変化と類似の傾向を示している。本実験ではチェーンソーの重量の影響はないが、後ハンドルを被験者自身が握りスロッ

トル操作をするので、アイドリング時に比べ、前ハンドルを握る左手とは接触面積や握りの強さ、ひいては振動伝播に、いくぶん違いが現れたのかもしれない。それでもなお、アイドリング時の異常な心拍数増加率を説明できないので、次に振動の3分の1オクターブ分析結果により振動加速度の周波数別成分の構成についてみてみる。各周波数帯域別の3直角方向合成値を算出した結果を図-7に示す。これによると、前後ハンドルとともに、それぞれの回転数に対応した基本振動波のレベルは、前ハンドルでは6,000rpmの基本振動波が突出しているが、50Hz付近に存在するアイドリング時の基本振動波のレベルに近く、後ハンドルでは6,000rpmの基本振動波のレベルを越え7,000～8,000rpmのレベルに近い。80Hz付近以下の低周波数帯域の優勢な振動成分は、アイドリング時以外の回転数においては認められない。これらの低周波数域には、人体各部の共振周波数が存在し、その意味では人体に有害な振動成分が、アイドリング時に顕在していることになる。振動負荷のアイドリング時に、心拍数増加率が異常に高かったのは、このような低周波数域の優勢な振動成分が影響したものと思われる。

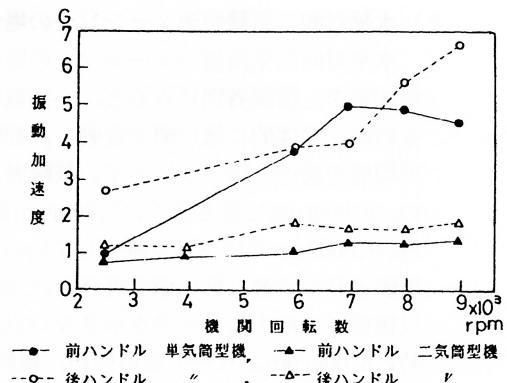


図-6 チェーンソーハンドル部振動加速度の三直角方向合成値

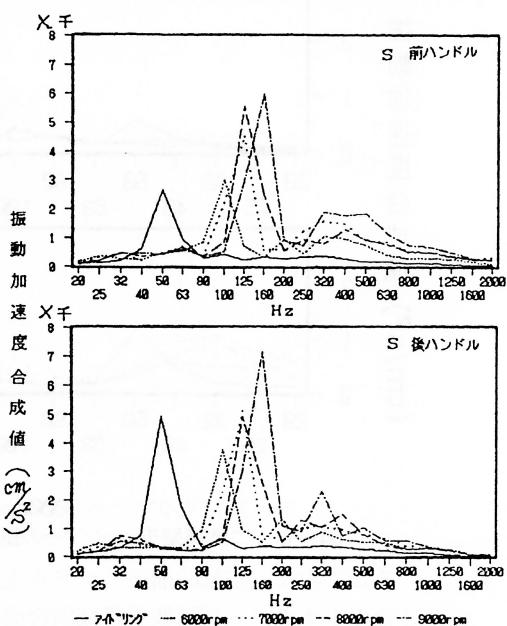


図-7 単気筒型チェーンソーの振動加速度の3分の1オクターブ帯分析値(合成値)

## 2) 水平対向二気筒型チェーンソーの場合

水平対向二気筒型チェーンソーの同一回転数ごとの繰り返し3回の、振動負荷時心拍数増加率を、被験者別にみると、心拍数増加率は部分的に単気筒型の場合より高い例があるものの、全体的に低い値で変動し、回転数別にみた一様性は乏しい。同一回転数における平均値を前述の図-5に示す。被験者Aは、アイドリング時に平均14.7%と若干高いものの、6,000rpmで最も低く、7,000rpmから8,000rpmで上昇して24.0%と高い値を示したのち、9,000rpmで16.8%に減少している。この傾向は、被験者Cにも同じように認められる。被験者Bでは最も低い値で推移し、しかもアイドリング時と6,000rpmでほぼ同じ値を示し、以後徐々に増大しピークを示さない点でやや趣を異にしている。三被験者はアイドリング時に6,000rpmよりやや高い値か、類似の値を示す。

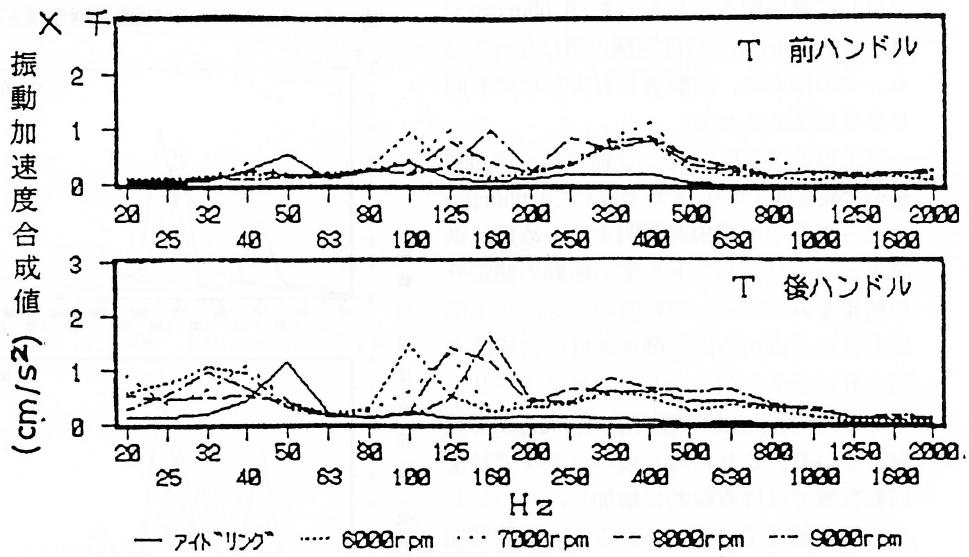


図-8 二気筒型チェーンソーの振動加速度の3分の1オクターブ帯分析値（合成値）

そこで次に、空転時前後ハンドル上部の3方向振動加速度の合成値を前述の図-6に、3分の1オクターブ周波数帯域別合成値を図-8に示す。図-6の合成値は前後ハンドルとも回転数の増加とともにごく僅かづつ増加しているが、回転数間の差は少なく、全体に単気筒型機の例よりかなり低い値である。心拍数増加率が単気筒型機の場合より低かったのも、このような振動値の変化に対応するものと思われる。図-8の周波数分析結果では、全体に基本振動波が単気筒型機に比べかなり低いことがわかる。アイドリング時には50Hz付近の基本振動が支配的であるが、その他の回転数では、基本振動波より高い周波数域と低い周波数域に、相対的に優勢な成分が認められる。前ハンドルではアイドリング時に50Hz付近の基本振動波とその高調波である100Hz付近の値が高く、被験者によっては6,000rpm時と類似の心拍数増加率を示したのではなかろうか。

単気筒型機と水平対向二気筒型機による心拍数増加率の違いについて見てみる。心拍数増加率は、水平対向二気筒型機では、被験者Cの9,000rpmを除き、三被験者とも各回転数で、単気筒型機の場合に比べて低い値で変化している。なかでも被験者Aはアイドリングと6,000rpmで、また被験者Bのアイドリングで、単気筒型機の場合2分の1～5分の1の著しく低い値になっている。以上のなかで両機種に共通にみられるのは、アイドリングという低回転数において、6,000rpmにおけると同様またはそれ以上の高い心拍数増加率を示すことである。振動の総合値は合成値から分かるように、水平対向二気筒型機が極めて低

い値であるにもかかわらず、心拍数増加率はそれほど低くなつてはいない。

なお、気筒数にかかわりなく、アイドリング時の心拍数増加率が、6,000rpm時に類似するかむしろかなり高い場合が多いので、人体に影響しやすい振動成分の暴露をできるだけ軽減するため、アイドリングでの保持時間をできるだけ短縮する努力が望まれる。これは、後藤（5）の指摘によると、伐木造材作業時にアイドリング状態でチェーンソーを保持している時間が、チェーンソー全使用時間中の18.8～21.4%と高い割合を占めているからである。

#### 4. 騒音負荷が心拍数変化に及ぼす影響

単気筒チェーンソーの騒音負荷時心拍数増加率を、被験者別にみてみると、同一回転数ごとの繰り返し3回の値にはかなりのバラツキがみられる。心拍数増加率の平均値を図-9でみると、被験者Aはアイドリングおよび6,000rpmの35%強に対し、7,000rpm以上で40%を越えわずかに増加しており、他の被験者に比べ全体にかなり高い値で、騒音に対し敏感のようである。被験者Bはアイドリングから7,000rpmで増加率10%前後と低いのに対し、8,000rpm以上では20%を越え約2倍の増加率になつていている。被験者Cは被験者Bと近似した増加率であるが、全体にはほぼ直線的推移を示している。各被験者とも、アイドリング時と6,000rpm時の増加率が、比較的近い値になつていている。

次に、供試チェーンソーの空転時騒音レベルの変化を図-10に示す。アイドリング時の93.2dB (A) から108.0dB (A) にはほぼ直線的に増大していき、騒音負荷による心拍数増加率の変化と比較的類似している。アイドリング時の心拍数増加率は騒音レベルに対して高く、二気筒型チェーンソーの振動負荷時の変化に似ている。

#### 5. 重量負荷が心拍数変化に及ぼす影響

同一負荷重量ごとの繰り返し3回の心拍数増加率は、図-11に示すように、被験者Aで21.7～65.5%，被験者Bで18.8～40.5%，また被験者Cで12.3～43.8%で、振動や騒音負荷時に比べ、かなり高い水準にまで増大し、重量負荷の影響が明らかである。そのなかで被験者AおよびBでは8.3kgfまでほぼ近似して経過し、10.1kgfで急増している。被験者Cでは8.3kgfから増加している。三被験者を総合

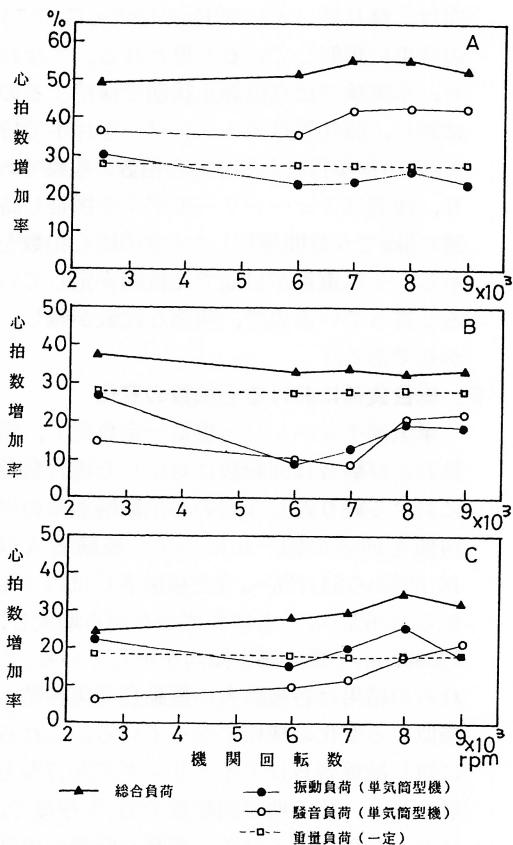


図-9 総合負荷による心拍数増加率の変化

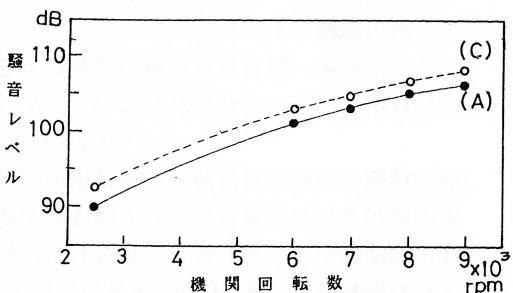


図-10 作業者の耳位置におけるチェーンソー騒音レベル  
(単気筒型機の空転中)

すると、約7kgfまでは心拍数増加率の変動は少なく、約8kgfでやや変動を示す被験者があり、更に約10kgfでは明かな増大変動を示している。したがって7kgf程度までの重量負荷であれば心拍数増加率はほぼ一定し、9kgfから増大の兆しが現れているので、手持ち機械の重量としても7～8kgf以下が好ましい目安になるであろう。このような傾向は、藤井等(6)やKaminsky,G(7)の結果に類似していると思われる。すなわち、本実験では立位静止状態で保持するのに対し、藤井等はチェーンソーを片手で持ち280m程歩行したときの心拍数の観察であり、後者はチェーンソーモデルを携帯し時速4.5kmで5分間歩行したときの総心拍数を示し、その重量が11kgで比較的安定していると言っているので、明確な比較が難しいからである。

## 6. 総合負荷における心拍数の変化

単気筒チェーンソー重量一定負荷で、振動および騒音は回転数に対応した総合負荷における繰り返し3回の心拍数増加率の平均値を前述の図-9に示す。被験者Aは48.6%から54.7%へ、また被験者Cは23.9%から34.6%へ、ともにわずかながら増大し、9,000rpmで幾分減少傾向を示している。これらの結果は各被験者の振動負荷実験時と類似する変化の様相になっている。これらに対し被験者Bはアイドリングで36.7%最も高く、他の回転数で33.%程度で、ほとんど類似していて、振動や騒音の単独負荷実験時の傾向とやや異なる。いずれにしろ総合負荷時には、単独負荷時の心拍数増加率をかなり上回っている。しかし三種の単純合計よりは低い値で、三つの負荷要因がどのように関係して総合的生理負担を生ずるかについては、また別の課題であろう。

そこで振動、騒音及び重量の負荷による心拍数増加の関係を考察してみよう。各負荷時の心拍数増加率を、それぞれ $V_x$ 、 $V_y$ 、 $V_z$ とし、ベクトル合成値 $VR$ を次式で求め、

$$VR = \sqrt{V_x^2 + V_y^2 + V_z^2}$$

静止状態での総合負荷時の測定結果の平均値 $V_p$ と比較すると、図-12のようになる。三被験者の値がそれぞれ集合していて個人差が認められるけれども、総体的には $VR$ と $V_p$ との間にほぼ比例関係がうかがわれる。すなわち、総合負荷による心拍数増加率の変化は、個別に測定された振動負荷、騒音負荷、重量負荷による心拍数増加率の合成値として推定が可能である。更には、チェーンソーを保持した静止状態における心拍数の変動は、チェーンソーの重量・振動および騒音により影響される結果であることが明らかである。

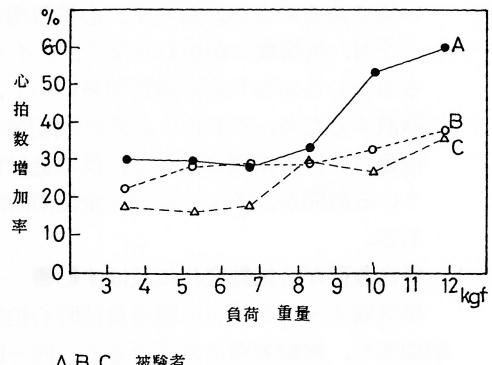


図-11 重量負荷による心拍数増加率の変化

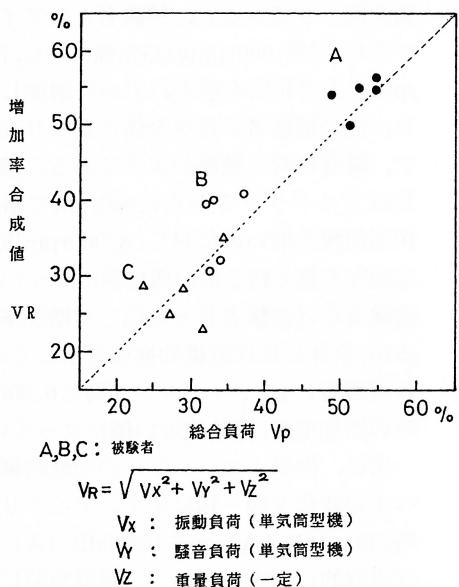


図-12 総合負荷の心拍数増加率と算出合成値の関係

#### IV. おわりに

平坦地の玉切り作業における、チェーンソー操作の単位動作の推移に伴う心拍数の変動を観察し、心拍数増加率の変化は、重量・振動及び騒音の個別の負荷要因が複合的に作用する結果であること、したがって総合負荷による心拍数増加率は、個別負荷要因による算出合成値として推定が可能であることを明らかにした。

#### 参考文献

- (1) 李 文彬・伏見知道・井上章二：急傾斜地の下刈り作業における作業者的心拍数の変化と作業時間について、日本林学会誌, 72 (3), 216~222, 1990
- (2) 沼尻幸吉：エネルギー代謝率と心拍数との関係について、労働科学, 50, 2, 80~88, 1974
- (3) 藤井喜雄・山本俊明：伐木造材作業の特質について 一作業者の生理的変化を通しての考察一、京都大学演習林報告, 43: 223~235, 1972
- (4) 伏見知道・井上章二・山田正美・李 文彬：筋活動電位と心拍数からみたチェーンソー玉切り作業条件について、愛媛大学演習林報告, 28: 19~34, 1990
- (5) 後藤純一：伐木造材作業時におけるチェーンソーの使用回転数頻度について、92回日林論, 461~462, 1981
- (6) 藤井喜雄・山本俊明：チェーンソー運搬者の生理的負担について、京都大学演習林報告, 45, 137~152, 1973
- (7) KAMINSKY, G.: Zur Beurteilung der körperlichen Belastung bei Motorſagenarbeit. Allgemeine Forstzeitschrift Nr. 5, 1956

(1992年7月31日受理)