

(研 究 資 料)

人間—機械系からみた集材機の
座席の振動と構造

辻 隆 道⁽¹⁾・石 井 邦 彦⁽²⁾
奥 田 吉 春⁽³⁾・小 野 耕 平⁽⁴⁾

Takamichi TSUJI, Kunihiko ISHII, Yoshiharu OKUDA and Kohei ONO :
On the Vibration and Construction of Operator's Seats on Skidders from
the Viewpoint of Man-Machine System
(Research materials)

目 次

は じ め に	64
I 研究の考え方と問題点	64
1. 研究の考え方	64
2. 既往の調査研究の経過とその問題点	65
II 調査要領	67
1. 調査地・日時	67
2. 調査対象機種	67
3. 測定要領	67
(イ) 振動測定・分析	67
(ロ) 振動暴露時間	68
(ハ) 人体計測	68
III 調査対象機械に関する事項	68
1. 機械の履歴	68
2. 機械の据つけ状態と索張り方式	69
3. 機械の一般的構造	70
IV 機械の振動(人間—機械系)の関係	71
1. 人間—機械系の振動に関する一般事項	71
(イ) 人体における振動の伝ば	71
(ロ) 人体に影響をおよぼす振動のあらわし方	72
(ハ) 人体におよぼす振動の許容基準	73
2. 機械の振動の実態	77
(イ) 機械構造と振動	77
(ロ) 機械の振動の実態	77

1971年9月3日受理

(1)~(3) 機械化部

(4) 東京農業大学農学部

(イ) 分析のまとめ	89
3. 許容基準からみた機械の振動	92
(イ) 全身振動	92
(ロ) 局所振動	92
(ハ) 振動暴露時間	94
V 運転手と機械座席（人間—機械系）の関係	97
1. 座席と姿勢に関する一般事項	97
(イ) 人間—機械系の作業姿勢	97
(ロ) 人間—機械系の作業空間域	101
2. 機械の座席および姿勢	102
VI あ と が き	104
文 献	105

は じ め に

林業における機械力の導入は目ざましいものがあり、機械を中心とした作業方法の技術的な開発によって、林業の生産性は相当に向上してきている。特に、集材機の改良、および集材方法の改善は顕著なものがある。しかし、これらの改良、改善は機械そのもの、装置そのものを対象にしているだけで、作業にたずさわっている作業員、すなわち人間性を加味したところの改良、改善に考慮が欠けていたことはいない事実である。

70年代は人間尊重の時代であるといわれ、各産業分野においても、また一般社会においても、人間重視が強く打ちだされている。林業においても、けっしてこれらをおろそかにしておくことは許されないであろう。

当研究室はつねづね、研究の対象を林業で働く人に焦点をしばって、研究を進めてきた。最近、集材機運転手のレイノー氏現象や腰痛症が、職業性疾病として認定されるようになってきている現状に注目し、人間を対象とする総合的な研究手法である人間工学の面から、人体に及ぼす集材機の振動、振動暴露時間、運転操作レバーおよび座席などについて調査研究したので報告する。

I 研究の考え方と問題点

1. 研究の考え方

前述したとおり、この報告は人間工学の面から検討を加えようとするものであるが、ここで、人間工学の概念について一応説明しておく。

人間工学の概念については、いろいろいわれている。辻¹⁾は「生産の立場からみると人間も機械も必要な条件の1つであるが、今までの研究分野からみると、人間、機械、およびそれらを取りまくところの環境と大きく分けられている（図1）。すなわち、環境は衛生学あるいは衛生工学、その他の分野でとりあげられ、また機械そのものは工学あるいは技術の面で取り扱われていた。ただ、そのなかでも機械相互の関係ではシステム・エンジニアリング（System Engineering）やレイアウト（Layout）などの学問によって研究されていた。人間については労働生理、労働心理などで人間の特徴が研究され、人間関係については戦後ヒューマンリレーション（Human relation）など新しい研究分野が生まれてきたといえよう。

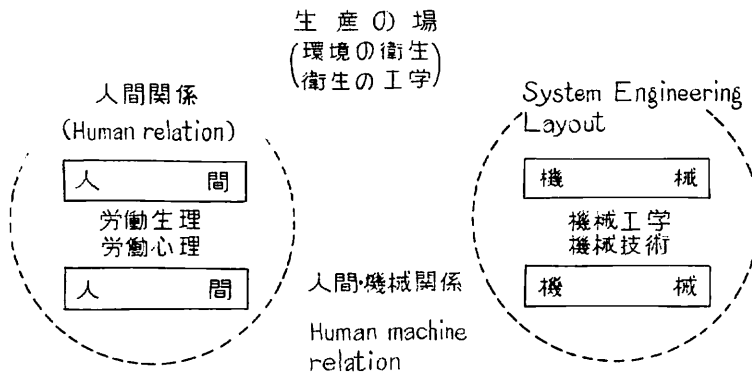


図 1. 生産の場からみた人間と機械の関係

しかし、これらの研究は工学とか医学、心理学などのそれぞれ専門分野が異なるものを取りあげて研究しているので、連携強調に欠けていた。現在の複雑な人間環境のもとでは、個々の研究で解決するに困難な面が多く生じてきたので、これらを総合的にして、1つの科学として取り扱うことが必要となり、ここで新しくできたのが、いわゆる人間工学といえよう」と述べている。すなわち、集約するというならば、人間工学とは人間、機械、およびそれらを取りまくすべての環境などを、総合的に1つの科学体系の中で取り扱い、人間—機械系の合理化をはかる学問であるといえる。

さて、林業労働の面から作業環境を中心とした、人間工学に関する具体的な問題としては、どんなことがあるだろうか。

人間—機械系の関係でとりあげられる問題は、①道具系として器官の形態的・生理的特性からくる道具側の大きさ・形の問題、②視聴覚的情報の流れに関連する表示盤の構造、騒音などの問題、③作業環境因子—温度条件、騒音、振動、有毒物質、人体の力学などの問題、④肉体的、精神的な疲労に関する生理的負担の問題、⑤形態的な面からの身体寸法、作業姿勢、作業域の問題、⑥心理的な面からのモラル、性格、安全の問題など、広範囲にわたるのである。

しかしながら、林業労働に関しては、このような立場からの調査研究は歴史も浅く、林業労働と人間工学にふれた事例として、われわれの研究室で進めてきた作業強度としての R. M. R. 測定、余裕率の算定、林業作業員のモラル、チェーンソー作業とその姿勢、林業労働の疲労、作業面からみた林業機械の振動などがみられるくらいである。最近ではチェーンソーによる振動障害の問題が多くの分野でとりあげられ、総合的に検討されたのも、その1つの例である。

われわれが問題とする集材機について考えてみよう。「集材機という機械」、「運転する人間」、「作業の環境条件」を取りあげると、これらの間には人間—機械系の関係がある。たとえば、機械の構造としての座席や操作レバー、運転する人間の運転姿勢・運転技術、作業条件としての集材機の握えつけ状態・索張り、振動騒音などの面からみた各因子の相互関係は、うまく組み合っていないと集材機作業に対する人間—機械系の適合性に欠け、その機能は十分に発揮されないことになる。したがって、これら人間—機械系の関係を最適なものにするための検討が必要となるわけである。

2. 既往の調査研究の経過とその問題点

林業で使用されている各種機械について、それを使用する人間の立場からの使用実態が昭和38年度に行

なわれた。その報告書²⁾の中で、特に機械の発する振動について、問題を取りあげていたのが注目される点であった。その後昭和40年に、チェーンソーに関するレイノー氏現象が社会問題としてクローズアップされてから、手持振動機械の振動が手腕系におよぼす影響、いわゆる局所振動障害に対する多くの研究は、チェーンソーや刈払機を対象に行なわれ、研究結果から防振ハンドルの取付、機械の軽量化、作業方法の改善、使用時間の規制などの対策がたてられ、今日に至っている。

一方、集材機についてみると、集材機運転手にレイノー氏現象の発生がみられ、かれらのなかには公務上の疾病に認定された者もあり、また運転手のなかから腰痛症の訴えがだされ、これも公務災害として認定されている。

このような現状から、当研究室は昭和43年から、2、3の集材機について、レイノー氏現象と関係のある局所振動、とくに運転操作レバーの振動測定を行ない、振動障害の問題を検討してきたが、腰痛症について集材機運転中における全身振動と、運転姿勢との関係を明らかにする必要性を痛感し、今回の調査を行なった次第である。

かつて、当研究室が集材機の局所振動調査を行なったときに、全身振動についての予備調査もあわせて実施したので、今回の調査計画の参考にするため、問題点として整理したものを例記すると次のとおりである。

- (1) 集材機の据えつけ状態（地面、丸太、ヤグラの上に据えつける方法）によって、同一機種でも各操作レバーの振動に差があった¹³⁾。そのことから、座席の振動にも当然差があるだろうと推察されたこと。
- (2) 集材機の座席は総体的に鉄製固定式が大部分であるが、製作所が違ったり、同一製作所でも機種が違うと、その構造が変わってくる。したがって、座席の振動はその構造上から差があるであろうと推察されたこと。
- (3) 当研究室でチェーンソーの振動測定を行なった当時の経験から、機械整備の良否、使用年数、馬力の大小などによって、振動には差のあることが明らかとなった¹⁴⁾。集材機においても、上記の点と振動との関係があるだろうと推察されたこと。
- (4) 人事院の指摘¹⁾にもあるように、集材機の運転座席および操作レバーの相対位置、構造などは林業作業員の体格に適合しているかの検討が必要であること。
- (5) 集材機の大型化と集材作業の普及と技術の向上にともない、架線方式が複雑になって、据えつけも架線方式から制限をうけたり、あるいは林道の発達にともない、トラックで運んできて、林道端におろしたところが据えつけ位置になってしまうことが多いため、集材機の据えつけ位置は側面、背面運転にならざるを得ないところに据えつけられることがしばしばある。このような側面、背面運転における不自然な運転姿勢は排除していく必要があること。

以上の個々の問題点は単独に、あるいは複雑に関連し合って、なんらかの形で運転手の肉体的、精神的、感覚的な労働負荷になっていることは明らかである。しかしながら、これらは必ずしもレイノー氏現象や腰痛症の発生に直接的な因果関係があるとは決めかねるけれども、日常、労働負荷として運転手に影響すること、および現実レイノー氏現象や腰痛症の障害が発生していることなどをあわせて推察するならば、間接的に、多少の度合いはあろうが、障害発生に影響しているものと考えられる。したがって、今後はこれらの因果関係について、医学をはじめとする関連分野との共同研究によって明らかにしなければ

ならない。

しかし、医学的な解明以前に、われわれ林業技術者がやらなければならない問題としては、現段階では、その前提条件として林業の複雑な作業条件を整理して、局所振動、全身振動の発生量と作業条件との関係資料をうることが必要である。

その意味において、本調査においては次の点について検討を加えた。すなわち、

(1) 集材機の座席や操作レバーから発生する振動の実態を明らかにし、その振動量を人体に対する許容限界から比較した。

(2) 集材機の座席や操作レバーの構造、とくに座席構造と運転姿勢との関連を明らかにした。

これらの検討のなかから、振動の減衰をはかるための座席や操作レバーの構造はいかにあるべきか、また、もっとも楽で、疲労の少ない運転姿勢を保持するために、座席や操作レバーはいかにあるべきかを明らかにし、将来にわたって林業分野から職業性障害の防止対策を究めようとするものである。

II 調査要領

1. 調査地・日時

場所：東京営林局千頭営林署南赤石第

1 製品事業所

日時：昭和45年9月28日～10月7日

2. 調査対象機種

名称：岩手富士 Y—33HD 6 型

4 台

森 藤 MS—70—2—

MA 型 1 台

” MS—70—5—

MAB 型 1 台

3. 測定要領

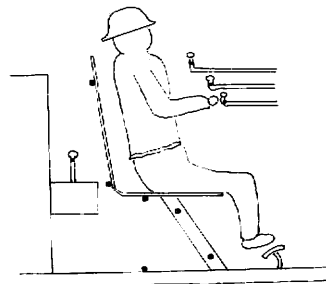
(1) 振動測定・分析

運転中における集材機の各操作レバー、座席およびベットフレームの振動を実送時、空送時について測定した。

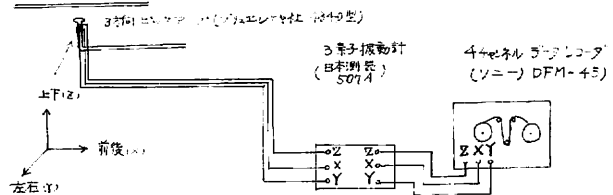
振動測定および分析要領は図2に示すとおりで、測定位置に3方向振動ピックアップをとりつけ、3素子振動計を通して4チャンネルデータレコーダに振動を記録した。分析はデータレコーダから振動を再生し、周波数分析器をとおしてレベル記録器で記録させた。

(a) 振動暴露時間

・測定位置 (a) (b)



・データ収集



・データ分析

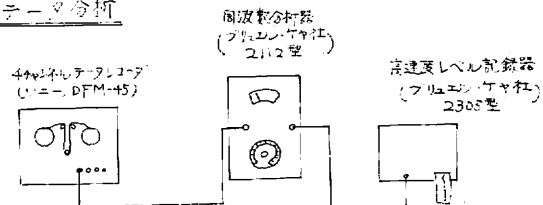


図2. 測定位置とデータ収集、分析の図

集材機運転手の運転状態を終日時間観測し、運転時間（振動暴露時間）と非運転時間（非振動暴露時間）とに分類集計するとともに、間欠時間を求めた。

イ) 人体計測

運転中における運転手の運転動作を 16 mm フィルムに撮影し、作業空間域の面から運転動作と各操作レバー、ブレーキペダル、座席との関係、あるいは据えつけ方向と運転動作の変化などをフィルムから分析する方法をとったが、撮影条件が悪く十分な解析はできなかった。撮影とあわせて、座席や操作レバーと人体機能、いわゆる人間—機械系の関連で、身体各部の計測を行なったので、特に椅座位姿勢と座席の面から検討を加えるにとどまった。

Ⅲ 調査対象機械に関する事項

1. 機械の履歴

集材機の経過年数や稼働時間の長短、および修理費の多少などによって、機械の振動に差のあることは、われわれの過去の調査事例¹²⁾からわかっているため、今回も機械の履歴を明らかにしておく。

調査対象にした集材機のおもな履歴は表 1 に、累積稼働時間は図 3 に示すとおりである。

もっとも古い集材機は① No. 313 で 5 年 4 か月、新しいのは⑥ No. 468 で 4 か月である。年間の稼働日数は 112～226 日の範囲で、平均 166 日となっている。また、稼働時間は年間 656～1,132 時間の範囲で、平均 998 時間となっている。機械別の平均年間稼働時間は③ No. 393 がもっとも多く 1,017 時間、次いで① No. 313 の 920 時間、少ないので④ No. 409 の 801 時間となっている。

修理費についてみると、稼働 1 時間あたりでは経過年数の長い① No. 313 が 234 円ともっとも多く、次いで③ No. 393 の 139 円である。次に、同じ経過年数の② No. 392、③ No. 393 でも稼働 1 時間あたり修

表 1. 調査対象集材機の履歴（昭和 45 年 7 月現在）

管 理 番 号	① No. 313	② No. 392	③ No. 393	④ No. 409	⑤ No. 382	⑥ No. 468
機 種	Y-33HD 6 いすゞ DA 120P 型 水冷 気筒ディーゼル エンジン	同	同	同	MS-70-2- MA 日野 DM 100 型ディーゼ ルエンジン	MS-70-5- MAB 同
機 関 型 式		左	左	左		左
購 入 年 月	40. 4	42. 4	42. 4	43. 4	42. 5	45. 4
経 過 年 数	5 年 4 か月	3 年 4 か月	3 年 4 か月	2 年 4 か月	3 月 3 か月	4 か月
稼 働 日 数(日)	737	556	658	408	566	67
稼 働 時 間(時間)	5, 003	3, 128	3, 356	1, 883	3, 051	417
作 業 量(m³)	15, 227	9, 641	12, 172	6, 379	15, 357	2, 553
燃 料 消 費 量(ℓ)	16, 007	9, 039	10, 921	6, 113	7, 068	1, 002
整備(修理)日数(日)	193	129	77	59	52	5
修 理 費(円)	1, 171, 873	202, 366	464, 889	47, 541	60, 223	0
稼働 1 日あたり 時間 (時間)	6. 8	5. 6	5. 1	4. 6	5. 4	6. 2
“ 作業量 m³	20. 7	17. 3	18. 5	15. 6	27. 1	38. 1
“ 燃 費(ℓ)	21. 7	16. 3	16. 6	15. 0	12. 5	15. 0
稼働 1 時間あたり 修理費 (円)	234	65	139	25	20	0

理費は65円と139円の差があり、表1から明らかなように稼働時間、作業量の多い機械ほど修理費が高くなっているようである。修理の内訳はおもに伝導装置部の修理、整備が大部分を占めていた。

2. 機械の据えつけ状態と索張り方式

調査対象集材機の据えつけ状態は図4～9に示すとおりで、直接地面に接地させたものではなく、ヤグラ組みが4台、丸太の上2台となっていた。ただ、同じヤグラ組みでも、①No. 313のように、反対側は伐根を利用したものもあった。各機械の据えつけ状態は次表のとおりである。

索張りはエンドレスタイラー方式で、集材は谷から林道まで材を引き上げる方法であった。

No.	管 理 番 号	ヤグラ組み	丸 太	No.	管 理 番 号	ヤグラ組み	丸 太
1	313	○		4	409	○	
2	392	○		5	382		○
3	393		○	6	468	○	

① No. 313 岩手富士 Y-33HD 6

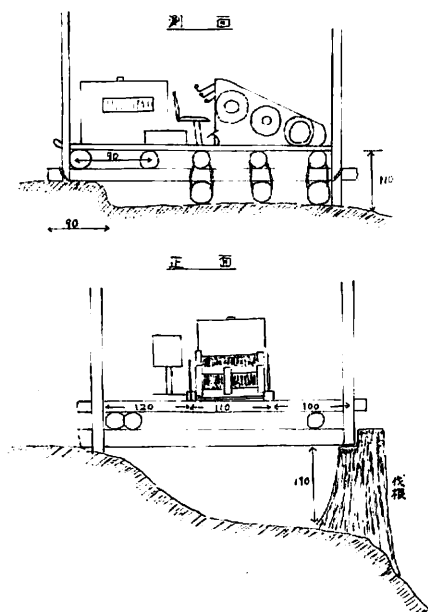


図 4. 集材機の据付状態（ヤグラ組み）

② No. 392 岩手富士 Y-33HD 6

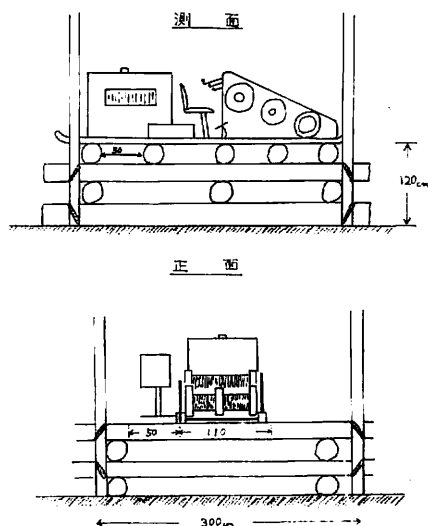


図 5. 集材機の据付状態（ヤグラ組み）

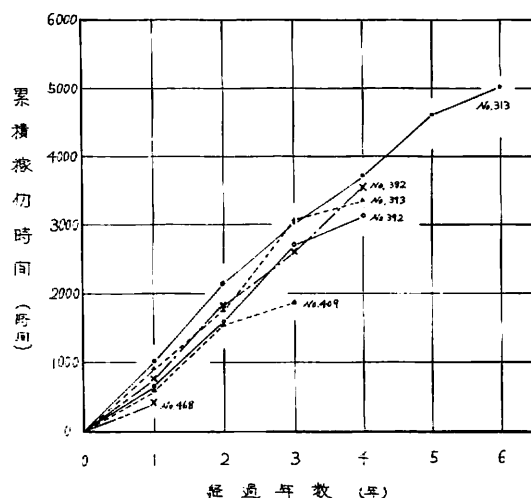


図 3. 経過年数別にみた累積稼働時間
(各機種とも最終年は0.4か月分の数値)

③ No. 393 岩手富士 Y-33 HD 6

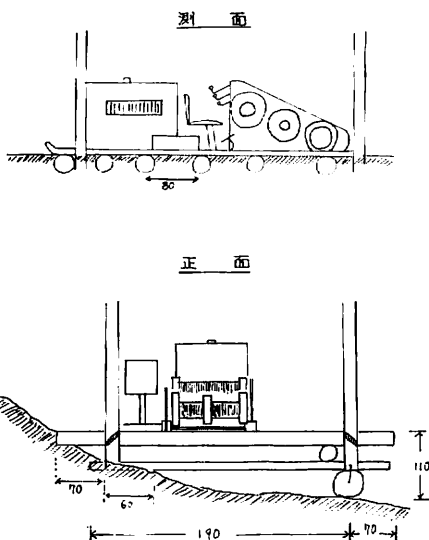


図 6. 集材機の据付状態 (丸太の上)

④ No. 409 岩手富士 Y-33 HD 6

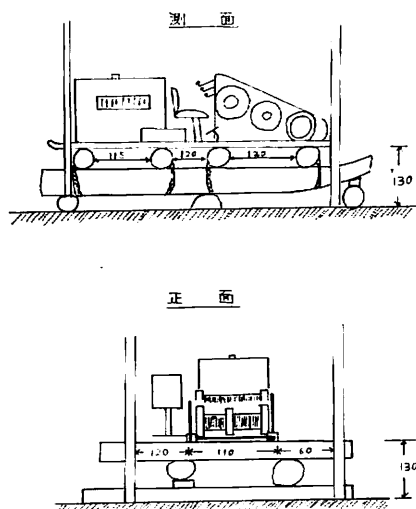


図 7. 集材機の据付状態 (ヤグラ組み)

⑤ No. 382 岩手MS-70-2-MA

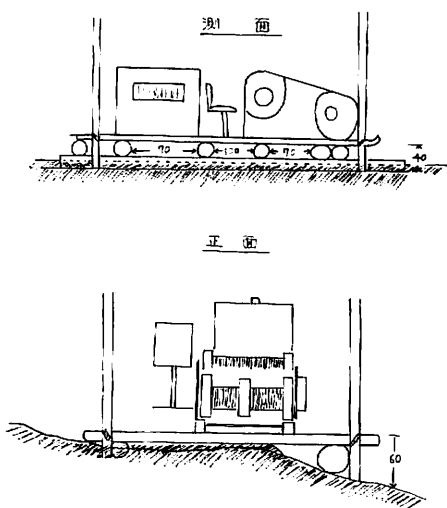


図 8. 集材機の据付状態 (丸太の上)

⑥ No. 468 岩手MS-70-5-MAB

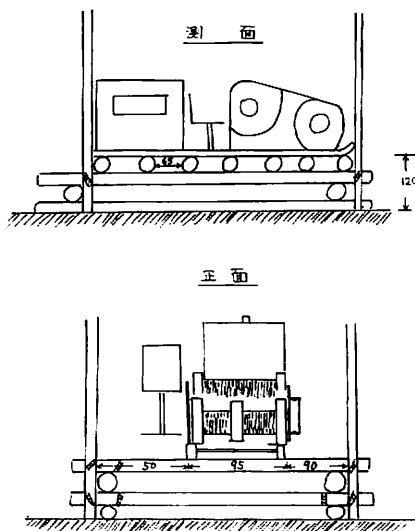


図 9. 集材機の据付状態 (ヤグラ組み)

3. 機械の一般的構造

集材機は一般にエンジン、伝動機構、ドラムなどが組み合わされてできている。その駆動はエンジンの出力がトランスミッションで変速され、ドラムを駆動するようになっている。実際の伝動は、エンジン動力の出口に動力を緩急自在に断続させたりするクラッチ、任意の巻取り速度やけん引力を選んだりする変速機（トランスミッション、トルクコンバータ等）、ウインチドラムを正逆転させる歯車装置、伝動過程で適宜減速する終段減速機構など、複雑な伝導機構で行なわれる。この中で、エンジンクラッチとトラン

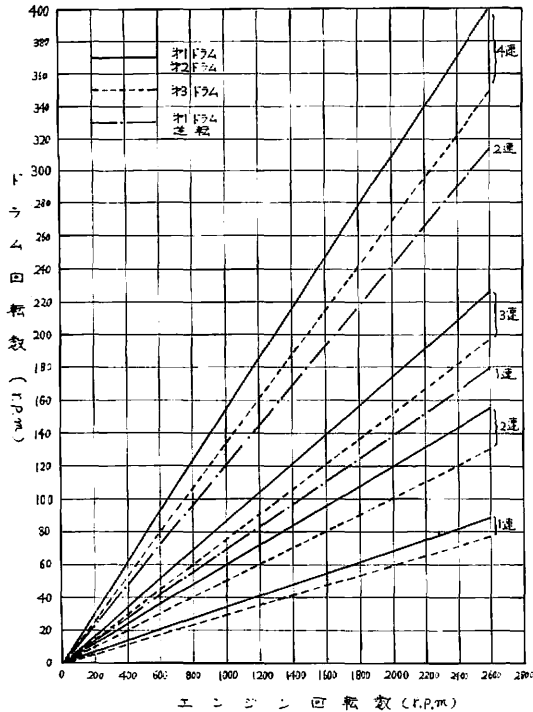


図 10. 自動変速曲線（Y-33
HD 6, いすゞ DA120P,
125 P S / 2600rpm）

スミッションはコンビになって伝導機構の主役をつとめている。

このような機構のなかで、実際の運転はエンジンの回転をミッションで減速し、さらに終段減速装置でドラムの回転を減速するようになっているから、エンジン回転数とドラム回転数は同じものでなく、図10に示すような関係で、それぞれ回転するようになっている。

IV 機械の振動（人間—機械系）の関係

1. 人間—機械系の振動に関する一般事項

(イ) 人体における振動の伝ば

われわれは、乗物に乗ったとき、あるいは作業現場にある集材機やトラクタのような機械を運転するとき、全身的に振動を感じる。人体が振動体と接している場合、なぜ振動を感じるのかといえば、その振動体の振動が人体の振動を引き起こしてくるからである。人体と振動が接する関係はいろいろあり、また、そのとき振動はどのように人体に伝わるのであろうかが問題である。

これについて、大島⁹⁾は図11に示す振動の伝ば経路の模型図によって、次のように説明している。

「図は人体と振動体が接する関係の一例であるが、この場合、振動体と人体とが接している点は2つある。1つは臀部と、もう1つは足部である。したがって、振動の伝播は図に示すように伝

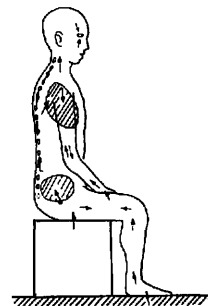


図 11. 振動の伝播経路の模型図（大島）

わっていくことになる。一般に、人体の一部が振動する場合には、その振動は関節部を経て他の身体の一部に伝播していくことになるし、また身体の中で軟部に組みこまれている臓器にも軟部を経て伝播されていくことになる。しかも、2点から振動が伝播する場合、その2つの振動の干渉が生ずることにもなるわけである。

人体と振動体との接触の方法については、このほかに立位の場合には足部のみからの伝播もあるし、また背もたれをもっている椅子に腰かけている場合には、図に示すほかに背部からの振動の伝播がさらに加わることになる。したがって、これらの種々の接触法と人体への振動との関係を説明することが必要な場合も生じてくる。」

上に述べた人体への振動の伝播の関係を林業労働の面からみた場合、林業労働が手工具使用から機械使用へと変化してくるにともない、たとえばチェーンソー、刈払機の作業、今回の調査対象とした集材機運転手、さらにはトラクタ、ブルドーザ運転手など、振動体に接触する労働は多くなってきている。このような振動体に接触する労働でも、それぞれ接触の状態が異なっているから、人体への振動の影響もまた違ってくる。

これらの振動が人体に作用する、逆にいえば、人体が振動に暴露される形としては、さく岩機、鉋締機、あるいはチェーンソーなどの手持ち振動工具を使用するときのように、手腕系を経て振動に暴露される場合と、鉄道車両、交通車両、あるいは集材機、トラクタなどのように足、でん部、背部を経て振動に暴露される場合とがある。前者、すなわち手持ち振動工具のように限局部位が集中的に暴露される振動のことを局所振動と称し、後者、すなわち全身的に暴露される振動のことを全身振動と称し、振動暴露のしかたは2つに分けられている。

(4) 人体に影響を及ぼす振動のあらわし方

人体が振動に暴露される形は2つある。それでは、その振動の人体に対する影響をみるのに、振動の大きさはどのような数値であらわしたらよいのか、という問題が生じてくる。このことを述べる前に、振動について若干ふれておこう。

振動とは、時間の経過とともに、ある量の大きさが基準値より大きくなったり、小さくなったりする現象のことをいう。繰りかえし増減する量を振動量といい、振動量には力学量として変位、速度、加速度などがある。

一般的にいう、振動量としての振動数、振幅、振動速度、振動加速度の間には次の関係が成立する。

振幅を d (cm)、振動数を f (cycle per second) とすれば

$$\text{振動速度} \quad V = 2\pi f d \text{ (cm/sec)}$$

$$\text{振動加速度} \quad a = (2\pi f)^2 d \text{ (cm/sec}^2\text{)}$$

さらに、この加速度 a は重力の加速度 g ($1g = 9.81\text{m/sec}^2$) 単位であらわすには次式のように $980(\text{cm/sec}^2)$ で割ればよい。すなわち、

$$g = a/980 = (2\pi f)^2 d/980$$

この g は人体が加速や減速を受けるときにかかってくる力の総称である。

さて、振動の人体への影響をみる場合は、人体の共振現象（共振現象とは振動体が固有の振動数に等しい振動数の外力をうけて、大きな振幅の振動をすることをいう）が問題となってくる。人体の共振現象については、人体も振動体であって固有の振動数をもっており、外から加わる振動の振動数がそれに等しけ

れば、人体は大きな振幅でゆれ動く。すなわち人体の共振振動数に関する多くの研究からみると、座位の人体の共振振動数は4～8%程度、頭や目のそれは20%前後、手のそれは30～40%と発表されている。

そして、これらの振動量は、振動が負荷される状態、すなわち全身振動は振動数と加速度、局所振動は振動数と振幅の関連から検討されているのが一般的な実状である。特に振幅を問題とする局所振動の場合、振動の大きさをあらわす上記の式で明らかなように、ある機械の加速度は○gであったというときには、その振動が測定された時の振動数を明示しないと、振動の大きさの判断はできない。たとえば、ある機械の振動が3gで、振動数はそれぞれ100, 1000%であったとすると、振幅 d_1 , d_2 は上述の振動加速度 a をg単位であらわす式から

$$d_1 = \frac{980 \times 3}{(2 \times 3.13 \times 100)^2} = 0.074 \text{ mm}$$

$$d_2 = \frac{980 \times 3}{(2 \times 3.14 \times 1000)^2} = 0.00074 \text{ mm}$$

となり、同じ加速度でも、振動数が増すと振幅は小さいことになる。したがって、振動量の大きさの表示は、振動数と振幅、動振数と加速度を併記し、当然のことながら測定条件、分析条件、振動の伝達経路などもあわせて示すことが必要である。

イ) 人体におよぼす振動の許容基準

上述のように、人体が振動体に接した場合、その振動体の振動の大きさによって、人体はいろいろな影響を受けることになる。この振動の影響を人体に対する許容度からとらえて評価しようとするのが、いわゆる振動の許容限界である。

この振動の許容限界については、1947年に、振動の標準化のために国際機関として設立された国際標準化機構（International Organization for Standardization, 通称ISO）のISO機構振動・衝撃専門委員会（ISO/TC, 108—Mechanical Vibration and Shock）のなかの第7活動委員会（WG7, Thresholds of Mechanical Vibration and Shock Acceptable to Man）で、人体に対する振動・衝撃の許容限界について審議されてきている。なお、このISO/TC, 108の日本（1952年加入）の窓口は日本工業標準調査会（JISC）で、実質討議は日本機械学会のISO/TC, 108調査班（主査 國枝正春、鉄道技術研究所）で行なわれている。

ISO/TC, 108が発足以来、4回の総会が開かれていますが、審議の中心は全身振動が主体となっている。

No. 1	1964, 6	Aix les Bains	(仏)
No. 2	1966, 4	Prague	(チェコ)
No. 3	1968, 6	Tel Aviv	(イスラエル)
No. 4	1970, 7	Geneva	(スイス)

1966年ブラハで開催された会議で幹事国（西独）提案がなされて以来、いろいろ改訂されてきた“Guide for evaluation of human exposure to whole body vibration” ISO/TC 108/WG 7, No. 36 が、1970年の会議で小修正されて、ISO Recommendation として書記局に回付されている。

この推薦案は、全身振動について「暴露時間の関係としての振動暴露基準」と「各振動数域と暴露時間との関係」で基準となる振動レベルを内容とし、その基準として図12, 13を示している。図12は縦軸が振動加速度値（rms 値）、横軸が1/3 オクターブバンド中心周波数、各曲線は暴露時間のパラメーターになっている。図13は縦軸が振動加速度値、横軸が時間の関係で、振動数がパラメーターになっている。実

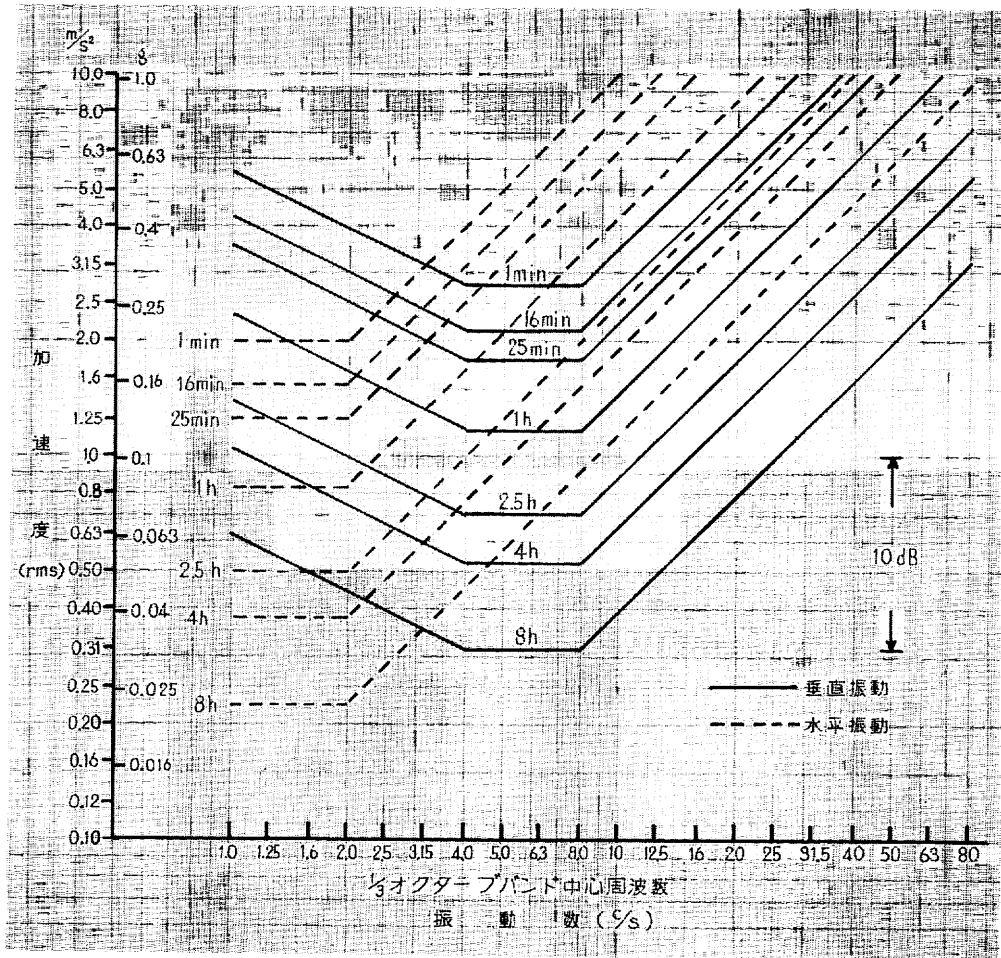


図 12. 全身振動暴露基準 (ISO/TC108/WG 7, N36)

線は垂直振動、点線は水平振動で、座位と立位に適用できるとしている。

なお、ISO の振動暴露基準は一定の限界のなかでの許容度であって、適用範囲として、振動数は 1～82% の間、振動暴露の時間は 1 分～8 時間あるいは 24 時間の間をそれぞれ問題とし、振動測定の際は振動が人体へ伝えられる部位に近いところで測定することに決められている。また振動方向の座標系としては水平 (背腹)、左右 (側)、垂直 (頭足) 方向を x , y , z とし、それぞれの振動加速度を a_x , a_y , a_z と命名している (図 14)。特に注目すべき点は図 12 に示してある曲線の重みづけである。垂直方向の場合、重みづけ曲線は 1～4 % の振動数範囲では $\sqrt{1/f}$ (f は振動数) の割合で低下し、4～8 % の範囲では平坦、8～82 % の範囲では振動数に比例して上昇するように決められていることである。

林業の場において、上記の基準に該当する機械は集材機、トラクタ、ブルドーザ、トラックなどがあげられる。

次に局所振動の許容基準についてふれておこう。第 4 回総会 (1970) に出席した三輪⁹⁾ は「総会では、局所振動よりも全身振動の方に興味を示す人が多いなかで、局所振動 (手腕系に影響をおよぼす振動) の評価法について、具体的な案として提案されている ISO/TC 108/WG 7, N-26 (Dr. LOUDA 案, チェ

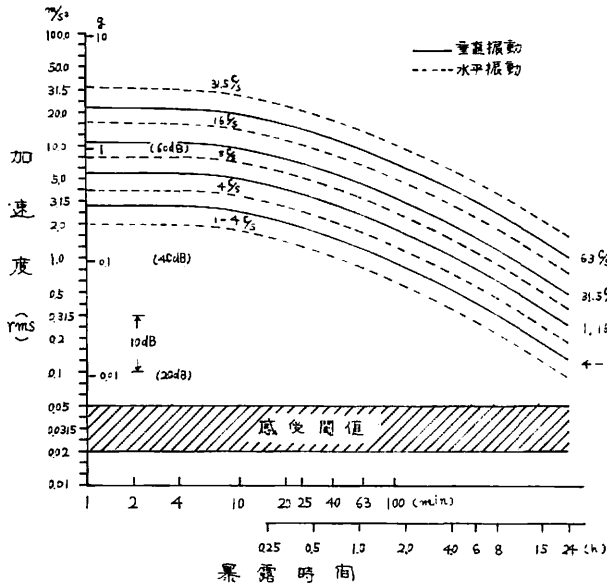


図 13. 全身振動暴露基準 (ISO/TC 108/WC 7, N36)

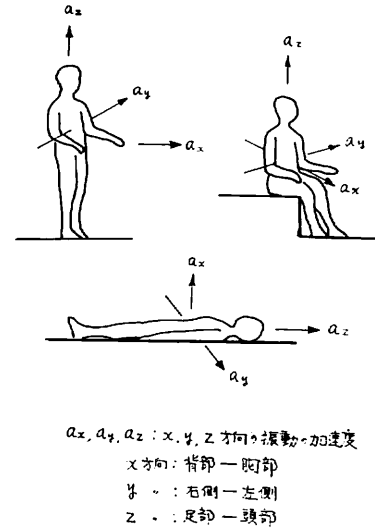


図 14. 人体に影響する振動の座標系

コスロバキア), N-35 (日本機械学会を通して ISO に提案した三輪案⁴⁾) が論議されたが, 両案とも手のレイノー症候の直接の振動許容値を決めるには, まだデータ不足であるとし, 今後, この両案を基礎にして試案をつくるように決まった」と報告している。

その主要な内要は, 現在の機械的測定法が, 人体におよぼす振動の実態を表現しているかどうか非常に疑問を持っていることである。この点については, われわれの研究室では人体への振動測定を無接触で行なうために, 高速度カメラの活用を考え, ある程度の成果をおさめつつある¹³⁾。

なお, 国内ではこの三輪案をもとにして, 日本産業衛生協会, 局所振動障害研究会が主査 (委員長 三浦豊彦, 労働科学研究所) となって, 「手持振動工具の振動測定法, およびその評価法について」を産業医学 (12 巻 2 号) に公表し, 一般会員の意見をきいて, 近く決定される段階となっている。

この三輪案は, 騒音と同じく振動についても, 人間の感覚との対比によって許容水準を決めるよう提唱しているもので, 手の振動の閾値 (振動を感じる最小のレベル) と等感度曲線 (基準振動を 20% に選び, この 20% のある一定のレベルを感覚的に等価となる他の振動数の振動レベル) を, 正弦振動とオクターブバンドランダム振動について求めたものである。

以上のような基準案のほか, ソ連, スエーデン, アメリカなどでも, それぞれ独自の基準が発表されている。図 15 はおもな局所振動の許容限界を示したものである。これらはいずれも振動数と振幅との関係から基準を示しているが, 振動数の上限がまちまちで, 最高は 1000 % となっている。これまでの研究によれば, 人間の振動感覚は 300 % 程度までが限度といわれており, それ以上は人体の組織構造の特性によって減衰がはなはだしく, 振動の伝達性が衰えるものであるから, したがって, 測定する振動数の範囲は 10~500 % の間にとどめることがよいといわれている。また, 振幅においても, ミクロン (1/1000mm) 単位では, 皮膚に吸収されてしまうと考えられているので, ミクロン単位の振幅である振動は, 局所障害にとって大部分影響がないといわれている。

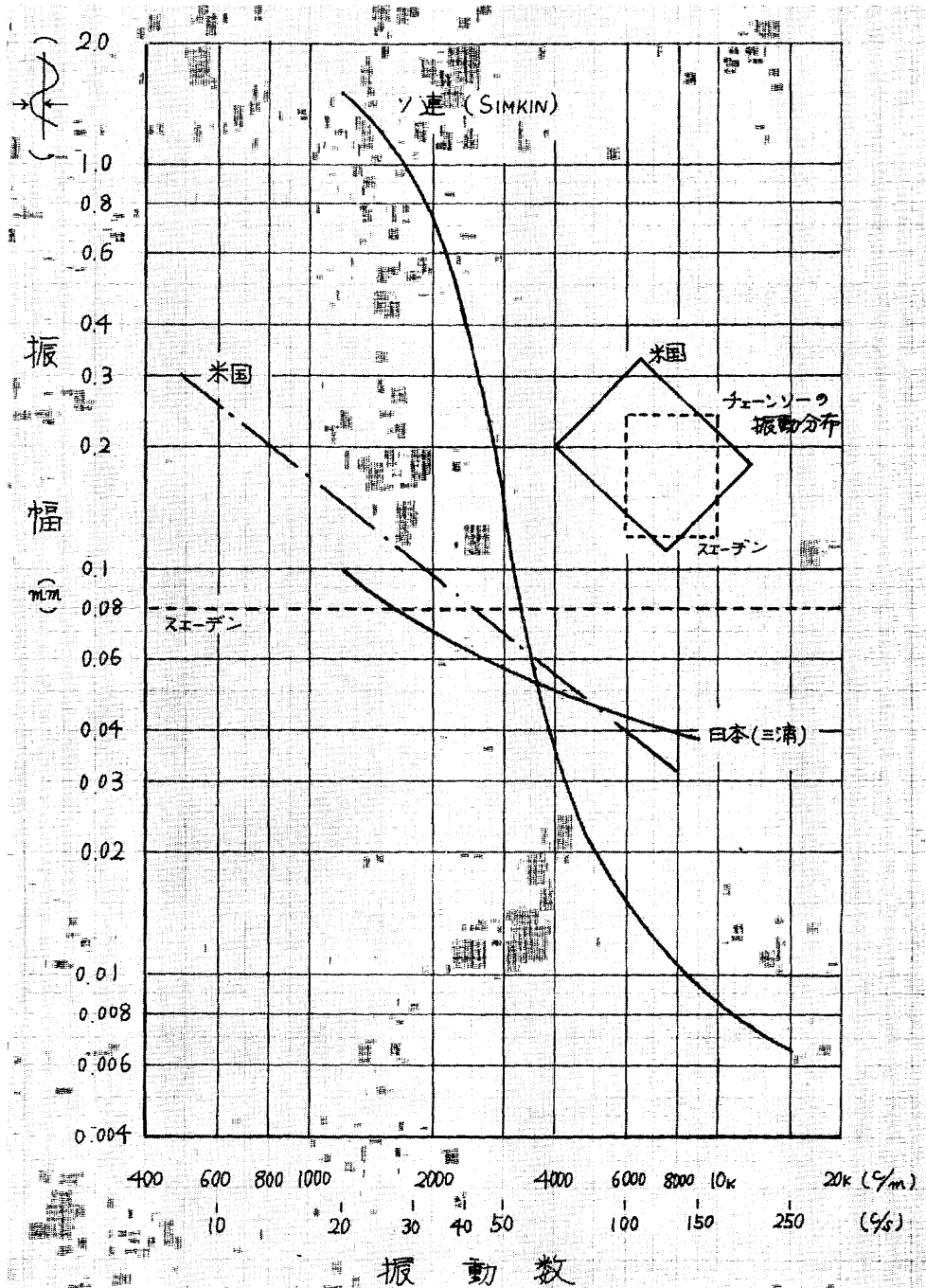


図 15. 局所振動の許容基準

2. 機械の振動の実態

(イ) 機械の振動伝播

前述（3—(3)）したように、集材機は複雑な伝導機構をもっている機械であるから、集材機の振動は単純なものではないことがわかる。しかしながら、おもな振動源はエンジンの回転とドラムの回転によるものであることはいうまでもない。図10で明らかなように、エンジンが4速で2,000 rpmの回転をするとき、各ドラムは減速機構によって減速され、最終段階で第1・2ドラムは310 rpm前後、第3ドラムは270 rpm前後で回転することになる。したがって、これらのちがった回転数をもつエンジン部とドラム部をとう載しているベツフレーム部には、エンジン部や各ドラム部の回転によって生ずる、ちがった振動成分の振動があらわれるであろう。さらに、ベツフレーム部に取りつけられている椅子支え脚や座席の各部振動は、振動が各部に伝わるまでその構造から減衰や共振によって、フレーム部とちがった振動成分を示すだろうと考えられる。

つぎに、各操作レバーの振動は座席部の振動と若干異なる。各操作レバーの構造は、取付箇所から長さを異にした操作桿が長くでているため、運転操作中に操作レバーを握る位置はそれぞれそのレバーの先端のところになる。したがって、先端部の握り部分にあらわれる振動は、レバーの長さ、太さ、形状、材質のちがいがくくる共振によって、振幅は大きくなる傾向にある。

以上のように、集材機の振動はベツフレーム部を通して椅子支え脚、座席へ伝わるものと、ミッションを通して各操作桿へ伝わるものとに分類できる。したがって、これらの振動が人体に作用する面から考えて、前者を全身振動、後者を局所振動として取り扱うことにした。

(ロ) 機械の振動の実態

われわれの振動測定の間図は、一般的に行なわれている、いわゆる機械系を中心とした機械工学的な振動、すなわち、機械構造からくる機械そのものの振動、構造面からみた機械各部への振動の伝達分布、あるいは機械性能にまつわる振動などを対象にするのではなく、実際に、運転手が集材機運転中の振動に暴露された場合、その振動が人体に及ぼす影響の程度について、人間—機械系の立場、すなわち、人体に対する振動の許容度の観点から測定を行なうものである。その意味において、これから述べる振動の実態は、すべて実際に集材機を運転しているときを対象とするため、人体が直接機械に接触している集材機の座席や操作レバーを中心に測定したものである。

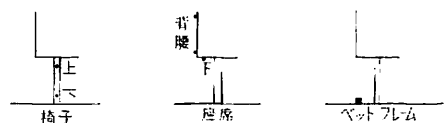
各測定部は表2のとおりで、実送時と空送時について測定した。なお、測定日時や測定対象機械のつごうによって、各機械については計画したとおりの測定数が得られず、欠測値もある。

さらに、集材機各部の振動は運転中のあらゆる因子がからみあって、1つのエネルギーとしてあらわれるものと考えられるから、運転条件（エンジン回転数、ドラム回転数、索の張力など）や、作業条件（集材材積、積荷重量、集材距離、索張方式など）を記録すべきであったが、これらもまた調査員、調査時間の不足などのため測定できなかった。

測定した振動の振動数の分析範囲は局所振動、全身振動の人体におよぼす影響の許容基準にしたがい、局所振動の対象となる各操作レバーの振動については10～250％、全身振動の対象となる座席の振動については3.15～80％の範囲で、それぞれ1/3オクターブバンドで分析した。振動測定方向は垂直、水平、軸の3方向について測定したが、3方向のうちで垂直方向がいずれの測定部位でも大きい値を示していた。したがって、これから述べる振動はすべて垂直方向の振動である。なお、局所振動分析図には、局所

表 2. 各集材機の振動測定部位

測定部位		①		②		③		④		⑤		⑥	
		No. 313 Y-33HD 6		No. 392 "		No. 393 "		No. 409 "		No. 382 MS-70-2- MA		No. 468 MS-70-5- MAB	
		空	実	空	実	空	実	空	実	空	実	空	実
操作桿	第1 ドラムクラッチレバー	○	○		○	○	○	○	○		○	○	○
	第2 " "	○	○		○	○	○	○	○		○	○	○
	第3 " "	○	○		○	○	○	○	○				
	スロットルレバー	○	○		○	○		○	○		○		
	第2 ドラムブレーキレバー	○	○										
	第2 ドラムブレーキペダル	○	○										
座席	椅子 下部	○	○	○	○	○	○	○	○		○		○
	" 上部	○	○	○	○	○	○	○	○				○
	座席 下部	○	○			○	○	○	○		○		
	" 腰部	○	○			○	○	○	○		○		
	" 背部	○	○			○	○	○	○		○		
	ベットフレーム	○	○				○		○		○		



振動の許容限界の例として日本（三浦³⁰⁾）とアメリカの線を参考として図示しておいた。

それでは、調査対象にした各集材機の振動実態を以下に述べる。

① No. 313…岩手富士 Y-33 HD 6

この集材機は調査時点までの経過年数が5年4か月で、調査した6台のなかでもっとも古く、稼働1日あたり運転時間、作業量、燃料消費量、あるいは稼働1時間あたり修理費などはもっとも多い機械であった。なお、集材機の据えつけ状態は図4に示したヤグラ組みの据えつけであるが、反対側は伐根を利用して、中央部は地面との間が床下になっていた。

a) 全身振動

○ 椅子脚の振動

空送時（図16）：フレーム部と支え脚上部の振動はピークのあらわれかたが若干ちがっている。すなわち、フレーム部は12.5%をさかいに低い方で4と10%、高い方で、31.5～40、63%のところにピークがでているのに対し、支え脚上部は10%をさかいに低い方で4と8%、高い方で12.5、25、50%のところにピークがでている。

実送時（図17）：フレーム部は12.5%をさかいに低い方で6.3%、高い方で20と80%のところにピークがでている。支え脚上部は空送時とまったく同じであるが、その理由は解明できなかった。

図16、17から各部における振動数の高低別最大加速度（以下最大加速度という）は次のとおりである。

		低 い 方		高 い 方	
		%	g	%	g
フレーム部	空送時	10	0.16	31.5	0.064

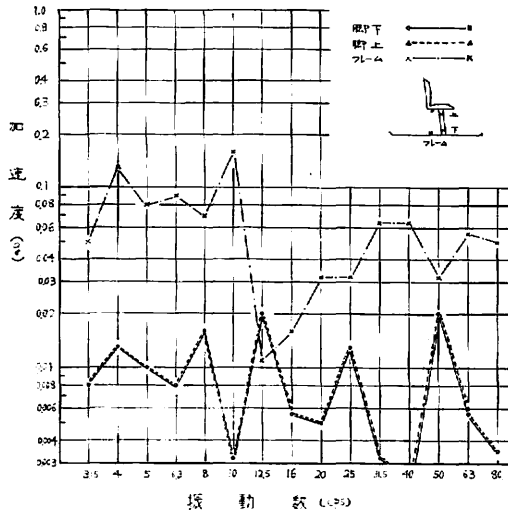


図 16. 集材機の座席脚の振動……空送時
{Y-33 HD6, No. 313 垂直方向}
 $\frac{1}{8}$ オクターブバンドレベル

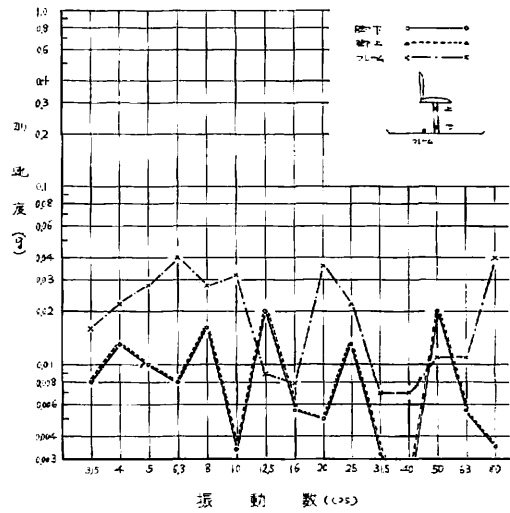


図 17. 集材機の座席脚の振動……実送時
{Y-33 HD6, No. 313 垂直方向}
 $\frac{1}{8}$ オクターブバンドレベル

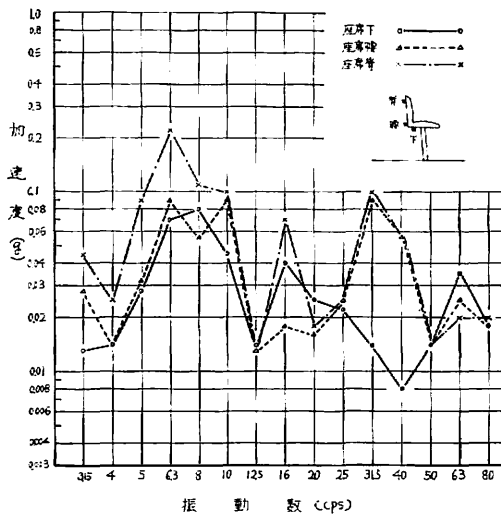


図 18. 集材機の座席の振動……空送時
{Y-33 HD6, No. 313 垂直方向}
 $\frac{1}{8}$ オクターブバンドレベル

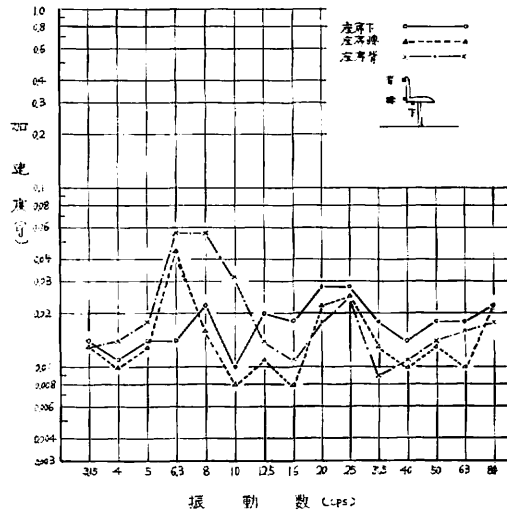


図 19. 集材機の座席の振動……実送時
{Y-33 HD6, No. 313 垂直方向}
 $\frac{1}{8}$ オクターブバンドレベル

	実送時	6.3	0.04	20	0.036
支え脚上部	空送時	8	0.016	50	0.02
	実送時	8	0.016	50	0.02

空送時と実送時では、支え脚上部は同じであるが、フレーム部は空送時の加速度が大きい。このことは、空、実送時におけるエンジン回転数、ドラム回転数がちがうこと、あるいは索張力のちがいによって、振動成分のあらわれかたが変化したためと考えられる。

○ 座席の振動

空送時（図18）：各部とも 12.5 %を境いに 2つの振動成分がでている。下部は低い方で 8 %, 高い方で 16と 63%のところ、腰部は低い方で 6.3 %と 10 %, 高い方で 31.5 %のところ、背部は低い方で 6.3 %, 高い方で 16と 31.5 %のところに、それぞれ大きな成分をもつピークがでている。変わっているところは下部の 40 %の振動が腰、背部に比べて小さいことである。

実送時（図19）：下部は 10 %を境いに低い方で 8 %, 高い方で 20～31.5 %のところ、腰部は同じく 10 %を境いに低い方で 6.3 %, 高い方で 25% のところ、背部は 16% を境いに低い方で 6.3～8%, 高い方で 25%のところにそれぞれ大きなピークがでている。

図18, 19から各部における最大加速度は次のとおりである。

		低 い 方		高 い 方	
		%	g	%	g
座席下部	空送時	8	0.08	63	0.035
	実送時	8	0.022	20	0.028
座席腰部	空送時	6.3	0.09	31.5	0.09
	実送時	6.3	0.044	25	0.025
座席背部	空送時	6.3	0.22	31.5	0.1
	実送時	6.3	0.056	25	0.025

空送時と実送時では空送時の加速度が大きく、特に背部におけるそれが大きくなっている。

b) 局所振動

空送時（図20）：各レバーの振幅は許容限界内におさまっている。各レバーの振動はほとんど同じ傾向を示し 12.5, 25, 50, 100 %の整数倍のところにピークがでている。最大振幅は 12.5 %のところで 0.032 mm（加速度で 0.02 g）ある。実送時は空送時とほとんど同じであった。

② No. 392…岩手富士 Y-33H D 6

この集材機は調査時点までの経過年数が 3 年 4 か月である。稼働 1 時間あたり運転時間、作業量、燃料消費量、および稼働 1 時間あたり修理費などは、同じ経過年数の他の機械（③, ⑤）と比べて中位であった。なお、据えつけ状態は図 5 に示したとおりで、丸太を 4 段にしたヤグラ組みの据えつけであった。

a) 全身振動

○ 椅子脚の振動

空送時（図21）：支え脚下部は低い方で 5 %, 高い方で 12.5, 25, 50 %のところ、上部は 10 %をさかいに低い方で 6.3 %, 高い方で 16, 63%のところにそれぞれピークがでていて、下部と上部の振動成分は若干ちがっている。

実送時（図22）：下部は低い方で 8～10%, 高い方で 16, 63%のところ、上部は低い方で 6.3 %, 高い方で 20, 63%のところにそれぞれピークがでていて、下部、上部で振動成分は若干ちがっている。

図21, 22から各部における最大加速度は次のとおりである。

		低 い 方		高 い 方	
		%	g	%	g
支え脚下部	空送時	5	0.018	25	0.032
	実送時	8	0.16	63	0.11
支え脚上部	空送時	6.3	0.2	63	0.5
	実送時	6.3	0.32	80	0.25

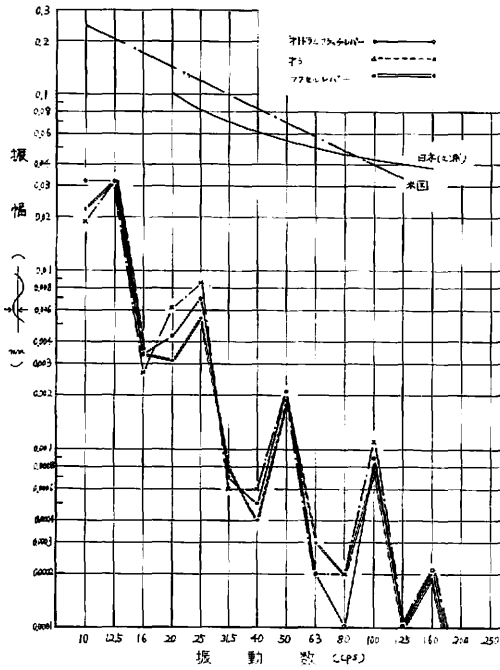


図 20. 操作レバーの振動……空送時
{Y-33 HD6, No. 313 垂直方向}
 $\frac{1}{8}$ オクターブバンドレベル

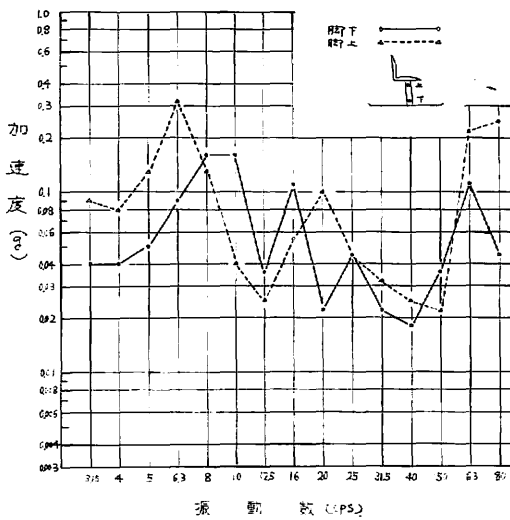


図 22. 集材機の椅子足の振動……実送時
{Y-33 HD6, No. 392 垂直方向}
 $\frac{1}{8}$ オクターブバンドレベル

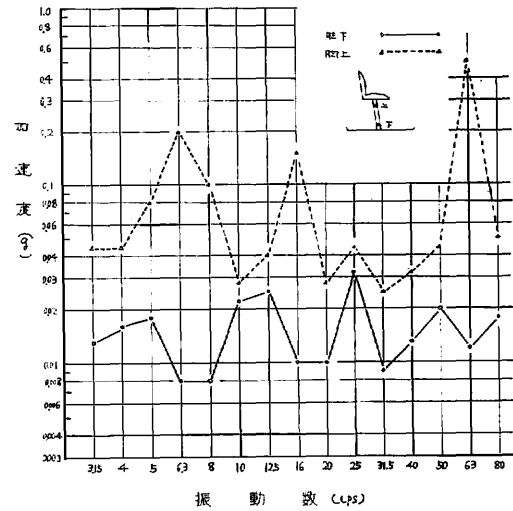


図 21. 集材機の椅子足の振動……空送時
{Y-33 HD6, No. 392 垂直方向}
 $\frac{1}{8}$ オクターブバンドレベル

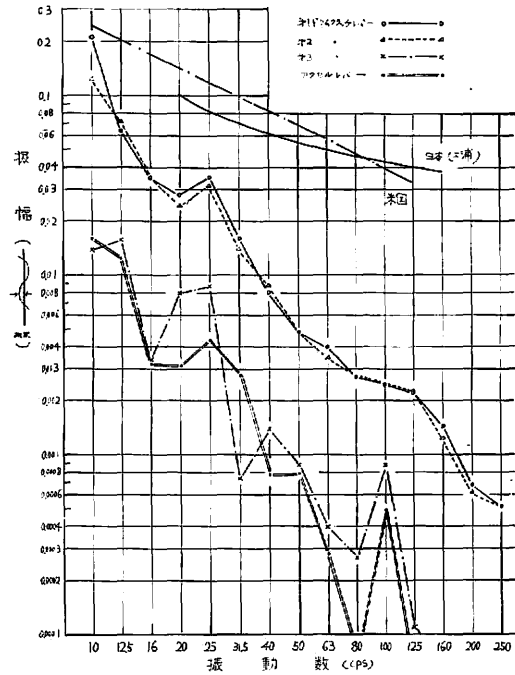


図 23. 操作レバーの振動……実送時
{Y-33 HD6, No. 392 垂直方向}
 $\frac{1}{8}$ オクターブバンドレベル

支え脚下部は空送時よりも実送時の加速度が大きく、上部は低い方で実送時、高い方で空送時の加速度が大きい。

b) 局所振動

実送時(図23)：第1, 2ドラムレバーの振動と, 第3ドラム, アクセルレバーの振動はそれぞれ同じ傾向を示しているが, 第1, 2レバーの振動が大きい。各操作レバーの最大振幅は次のとおりである。

第1ドラムレバー	10%	0.22 mm (0.09 g)
第2 "	10%	0.13 mm (0.05 g)
第3 "	12.5%	0.016 mm (0.01 g)
アクセルレバー	10%	0.016 mm (0.0064 g)

③ No. 393……岩手富士 Y-33HD6

この集材機は経過年数が3年4か月で, ②と同じである。同一経過年数3台(②, ③, ⑤)の集材機と比べて, 稼働1日あたりの作業量と燃料消費量は若干多いが, 稼働1時間あたり修理費は特に多くなっている。据えつけ状態は図6に示したとおりで, 左側は丸太の上, 右側はヤグラ組みで, 他のヤグラ組みとちがった方法であった。

a) 全身振動

○ 椅子脚の振動

空送時(図24)：支え脚上, 下部の振動成分は20%以上は同じような傾向を示しているが, それ以下のサイクルは若干違っている。

支え脚下部は10%をさかいに, 低い方で4と8%, 高い方で12.5, 25, 50%のところ, また支え脚上部は3.15, 10, 16, 25, 50%のところにそれぞれピークがでている。

実送時(図25)：フレーム部は低い方で3.15%, 高い方で12.5, 25, 50%のところにピークが出ている。支え脚下部は4, 8, 16%と25, 50%のところに, 支え脚上部は4, 16, 25, 50%のところにそれぞれピークが出ている。

図24, 25から各部の最大加速度は次のとおりである。

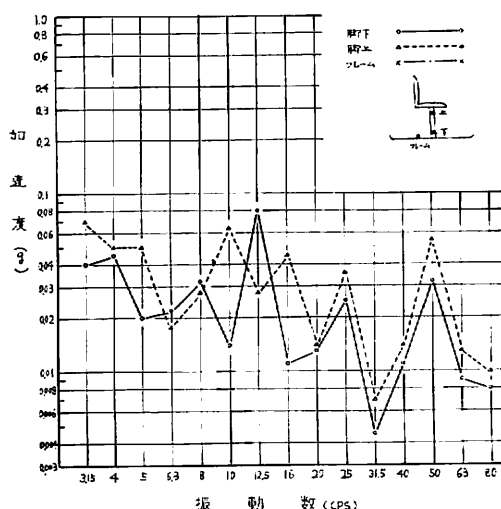


図 24. 集材機の椅子脚の振動……空送時
 {Y-33 HD6, No.393 垂直方向}
 { $1/3$ オクターブバンドレベル}

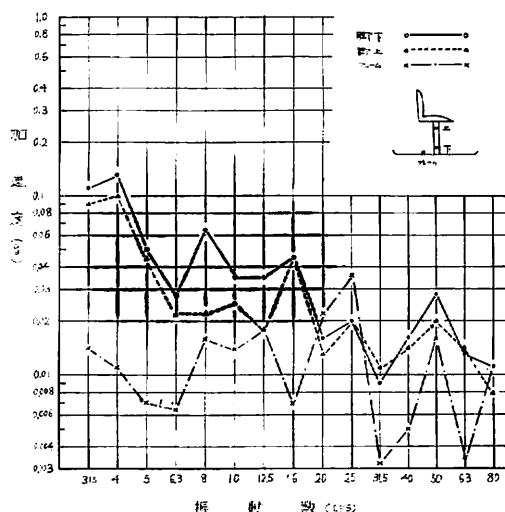


図 25. 集材機の椅子脚の振動……実送時
 {Y-33 HD6, No.393 垂直方向}
 { $1/3$ オクターブバンドレベル}

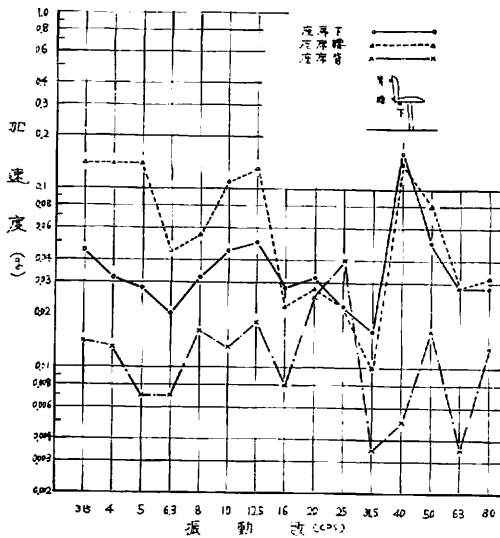


図 26. 集材機の座席の振動……空送時
 {Y-33 HD6, No.393 垂直方向}
 $\frac{1}{3}$ オクターブバンドレベル

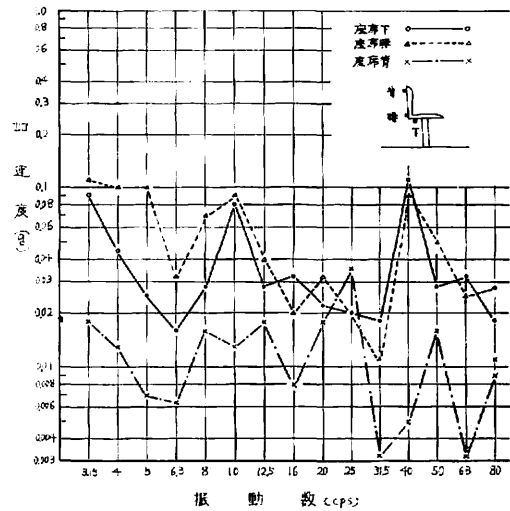


図 27. 集材機の座席の振動……実送時
 {Y-33 HD6, No.393 垂直方向}
 $\frac{1}{3}$ オクターブバンドレベル

		低 い 方		高 い 方	
		%	g	%	g
フレーム部	空送時	—	—	—	—
	実送時	8	0.016	25	0.036
支え脚下部	空送時	4	0.045	12.5	0.08
	実送時	4	0.13	50	0.028
支え脚上部	空送時	3.15	0.07	50	0.054
	実送時	4	0.1	50	0.02

10%以下で、フレーム部の加速度は支え脚上、下部より小さくなっている。

○ 座席の振動

空送時（図26）：座席下部と腰部は16～31.5%を境いに2つの振動成分が出ているが、背部は違っている。下部は低い方で3.15, 12.5%, 高い方で40%, 腰部は低い方で3.15～5, 12.5%, 高い方で40%にそれぞれピークが出ているが、背部は3.15と8%, 12.5, 25, 50%にピークが出ている。

実送時（図27）：下部、腰部は空送時の12.5%のピークが10%に移動しているのが違うだけで、ほかのサイクルは同じである。また、背部は空送時とはほぼ同じである。

図26, 27から各部の最大加速度は次のとおりである。

		低 い 方		高 い 方	
		%	g	%	g
座 席 下 部	空送時	3.15	0.005	40	0.16
	実送時	3.15	0.09	40	0.11
座 席 腰 部	空送時	3.15	0.14	40	0.14

	実送時	3.15	0.11	40	0.09
座 席 背 部	空送時	8	0.016	25	0.04
	実送時	3.15	0.018	25	0.036

空送時, 実送時ともほぼ同じ傾向にある。

b) 局所振動

空送時 (図28) : 各操作レバーの振動は 10, 31.5, 40% のところで振幅に差がでている。10 % のところで, 第3 ドラムレバーの振幅は第1, 2 レバーより約10倍以上の振幅となっている。40%になるとその差はより大きくなっている。

実送時 (図29) : 第1 ドラムレバーの振動が比較的大きくなっている。空送時と同様に, 各操作レバーの振幅は 10, 31.5, 40 % のところに差がでている。

図 28, 29 から各操作レバーの最大振幅は次のとおりである。

	空 送 時	実 送 時
第 1 レ バ ー	12.5% 0.08mm	12.5% 0.25mm
第 2 レ バ ー	12.5% 0.028mm	12.5% 0.028mm
第 3 レ バ ー	10 % 0.39mm	10 % 0.32mm
アクセルレバー	10 % 0.88mm	10 % 0.39mm

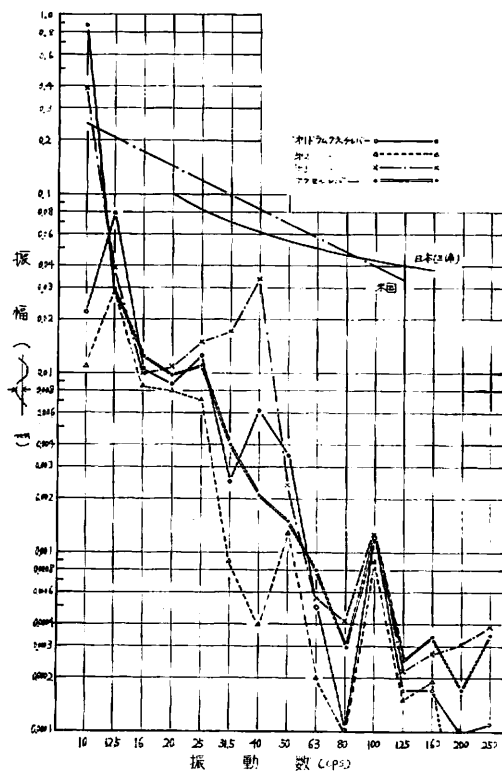


図 28. 操作レバーの振動……空送時

{ Y-33 HD6, No.393 垂直方向 }
{ $1/8$ オクターブバンド }

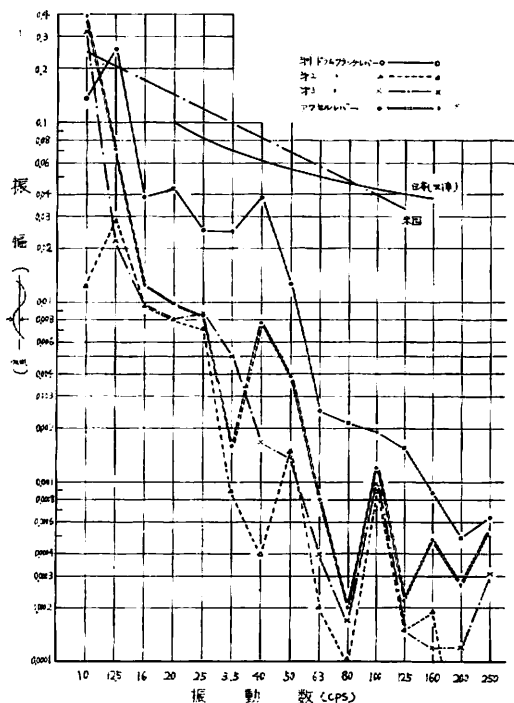


図 29. 操作レバーの振動……実送時

{ Y-33 HD6, No.393 垂直方向 }
{ $1/8$ オクターブバンド }

④ No. 409…岩手富士 Y-33HD 6

この集材機は調査時点までの経過年数が2年4か月で、調査したY-33型4台のうちではもっとも新しい機械で、稼働1時間あたり運転1時間、作業量、燃料消費量は同機種4台のうちでもっとも少なく、また稼働時間あたり修理費も少ない。集材機の据えつけ状態は図7に示したとおりで、丸太を3段にしたヤグラの上に据えつけていた。

a) 全身振動

○ 椅子脚の振動

空送時（図30）：16%を境いに2つの振動成分がでている。フレーム部は低い方で3.15～4と10%，高い方で20，31.5，80%のところに、支え脚下部は低い方で5，10%，高い方で25%のところに、また支え脚上部は低い方で10%，高い方で25，40%のところに、それぞれピークがでている。

実送時（図31）：12.5%以上で各部の振動は同じ傾向を示しているが、それ以下では差が出ている。すなわち、フレーム部は8%，支え脚下部は5%，支え脚上部は8～10%のところにそれぞれピークがでている。高い方は各部とも20，80%にピークが出ている。

図30，31から各部の最大加速度は次のとおりである。

		低 い 方		高 い 方	
		%	g	%	g
フレーム部	空送時	4	0.04	31.5	0.054
	実送時	8	0.13	80	0.07
支え脚下部	空送時	5	0.05	25	0.018
	実送時	5	0.16	80	0.08
支え脚上部	空送時	10	0.044	25	0.02
	実送時	8	0.09	80	0.11

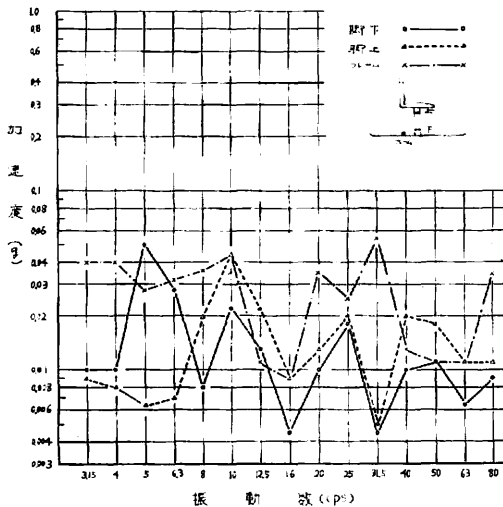


図 30. 集材機の椅子脚の振動……空送時

{ Y-33 HD6, No.409 垂直方向 }
{ 1/8 オクターブバンドレベル }

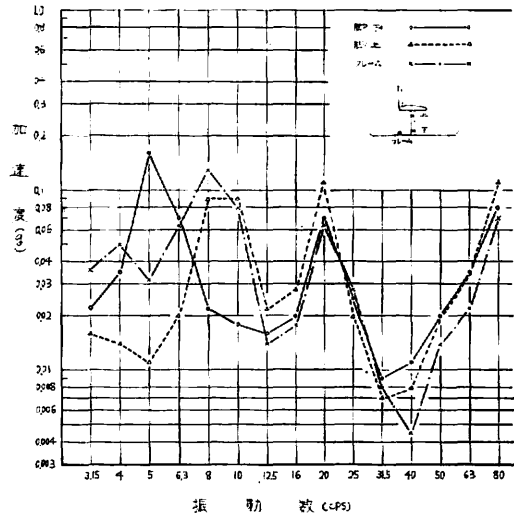


図 31. 集材機の椅子脚の振動……実送時

{ Y-33 HD6, No.409 垂直方向 }
{ 1/8 オクターブバンドレベル }

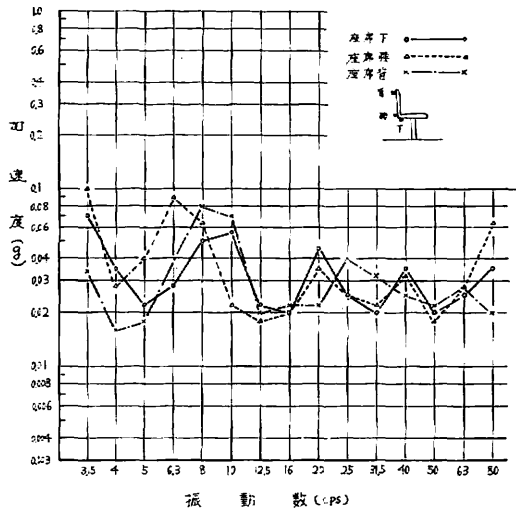


図 32. 集材機の座席の振動……空送時
 { Y-33 H D 6, No. 409 垂直方向 }
 { $1/8$ オクターブバンドレベル }

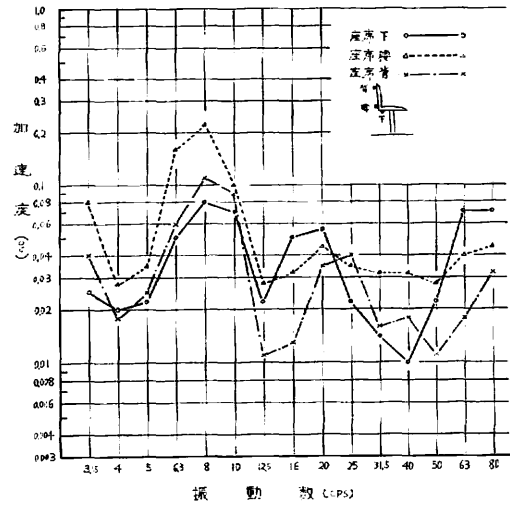


図 33. 集材機の座席の振動……実送時
 { Y-33 H D 6, No. 409 垂直方向 }
 { $1/3$ オクターブバンドレベル }

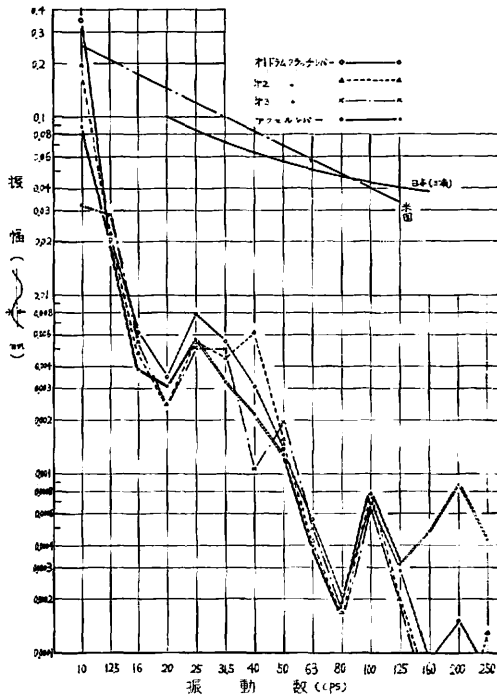


図 34. 操作レバーの振動……空送時
 { Y-33 H D 6 No. 409 垂直方向 }
 { $1/8$ オクターブバンドレベル }

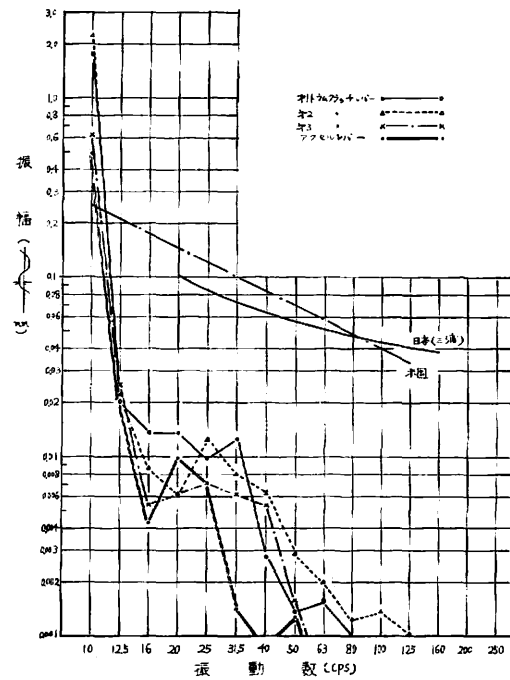


図 35. 操作レバーの振動……実送時
 { Y-33 H D 6, No. 409 垂直方向 }
 { $1/3$ オクターブバンドレベル }

総体的に実送時の振動が大きい。

○ 座席の振動

空送時（図32）：各部の振動は12.5%をさかいに、低い方の振動が大きくなっている。下部は低い方で3.15, 10%, 高い方で20, 40, 80%に、腰部は低い方で3.15と6.3%, 高い方で20, 40, 80%に、背部は低い方で3.15%と8%, 高い方で25, 63%のところにそれぞれピークがでている。

実送時（図33）：12.5%をさかいに低い方は同じような傾向を示し、各部のピークは3.15と8%にでているが、高い方では下部が20と63%, 腰部は20と80%, 背部は25と80%にそれぞれピークがでている。

図32, 33から各部の最大加速度は次のとおりである。

		低 い 方		高 い 方	
		%	g	%	g
座 席 下 部	空送時	3.15	0.07	20	0.045
	実送時	8	0.08	63	0.07
座 席 腰 部	空送時	3.15	0.1	80	0.063
	実送時	8	0.22	80	0.045
座 席 背 部	空送時	8	0.08	25	0.04
	実送時	8	0.11	25	0.04

b) 局所振動

空送時（図34）、実送時（図35）とも10%の振動が大きく、また、空送時より実送時の振幅はとくに大きくなっている。各操作レバーの最大振幅は次のとおりである。

空 送 時			実 送 時	
	%	mm	%	mm
第1 ドラムレバー	10	0.35	10	1.7
第2 " "	10	0.19	10	2.2
第3 " "	10	0.032	10	0.62
ア ク セ ル レバー	10	0.09	10	0.49

⑤ No.382…森藤MS-70-2-MA

この集材機は調査時点までの経過年数が3年3か月で、対称6台のうちでは4番目の古さである。稼働1時間あたり作業量は特に多いが、これは集材のほか、トラクタ積込みをやっているためである。稼働1時間あたり修理費は少ないが、観察から得られた感じでは修理、整備がもっとも悪い機械であった。据えつけ状態は図8に示したとおりで、丸太の上にのせた据えつけであった。

a) 全身振動

○ 椅子脚の振動

実送時（図36）：フレーム部、支え脚上部とも25%のところで最大のピークがでている。低い方ではフレーム部で3.15と10%, 支え脚上部で3.15と12.5%にピークがでている。各部の最大加速度は次のとおりである。

		低 い 方		高 い 方	
		%	g	%	g
フ レ ー ム 部	実送時	10	0.022	25	0.16
支 え 脚 上 部	"	3.15	0.02	25	0.14

○ 座席の振動

実送時 (図37) : 各部の振動は10%以下の振動が大きく変わっていて、それぞれピークの出かたが違っている。高い方は各部とも25%に共通してピークが出ている。

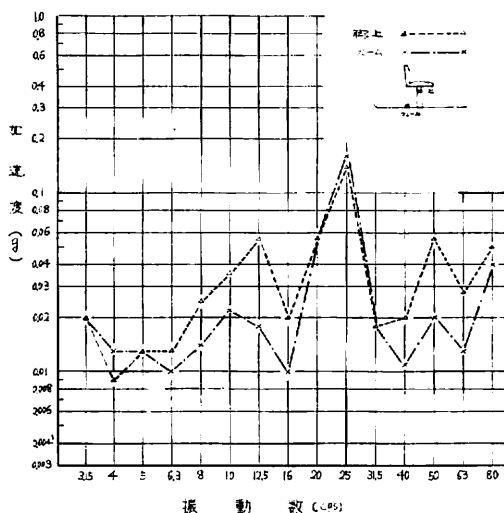


図 36. 集材機の椅子脚の振動……実送時
{MS-70-2-MA No.382 垂直方向}
{ $1/3$ オクターブバンドレベル}

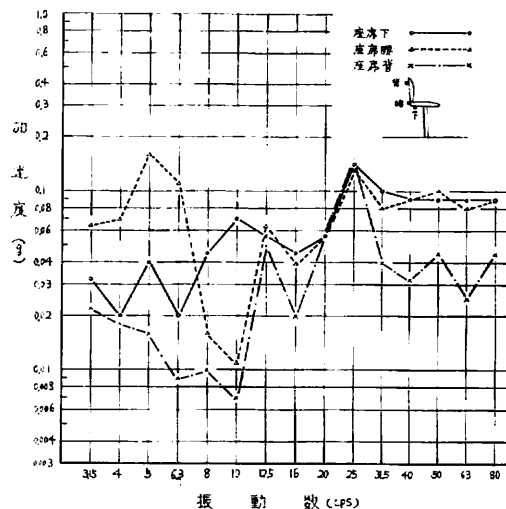


図 37. 集材機の座席の振動……実送時
{MS-70-2-MA No.382 垂直方向}
{ $1/3$ オクターブバンドレベル}

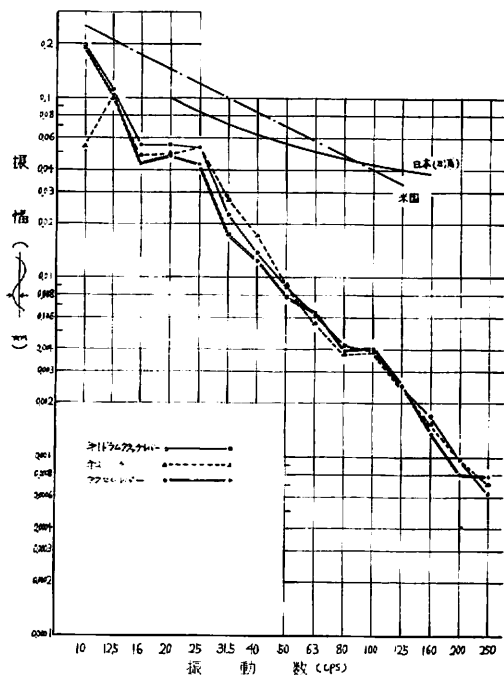


図 38. 操作レバーの振動……実送時
{MS-70-2-MA No.382 垂直方向}
{ $1/3$ オクターブバンドレベル}

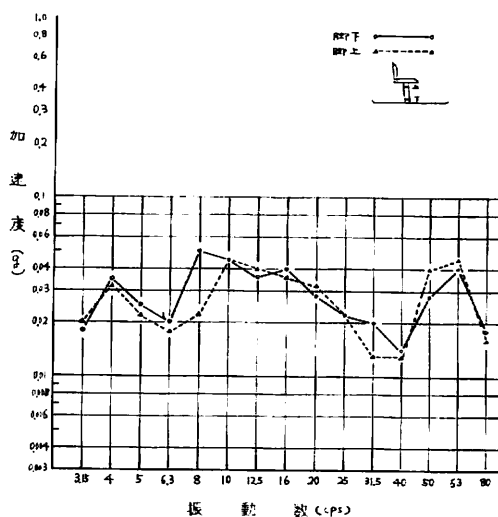


図 39. 集材機の座席脚の振動……実送時
{MS-70-5 MAB No.468 垂直方向}
{ $1/3$ オクターブバンドレベル}

各部の最大加速度は次のとおりである。

		低 い 方		高 い 方	
		％	g	％	g
座 席 下 部	実送時	10	0.07	25	0.14
座 席 腰 部	〃	5	0.16	25	0.13
座 席 背 部	〃	3.15	0.022	25	0.14

b) 局所振動

実送時（図38）：各レバーの振動はほとんど同じ振幅を示し、10％で、第2ドラムレバーだけが小さくなっている。最大振幅を示すと次のとおりである。

		実 送 時	
		％	mm
第1ドラムレバー		10	0.19
第2	〃	12.5	0.1
アクセルレバー		10	0.18

⑥ No.468…森藤MS-70-5-MAB

この集材機は経過年数が4か月でもっとも新しい機械である。据えつけ状態は図9に示したとおりで、丸太を4段にしたヤグラ上に据えつけていた。

a) 全身振動

○ 椅子脚の振動

実送時（図39）：支え脚下部は4, 8, 16, 63％の整数倍のところに、支え脚上部は4, 10, 63％のところにピークが出ている。各部の最大加速度は次のとおりである。

		低 い 方		高 い 方	
		％	g	％	g
支え脚下部	実送時	8	0.05	63	0.04
支え脚上部	〃	10	0.044	63	0.045

b) 局所振動

空送時（図40）：最大振幅は第1ドラムレバーの10％で、0.24mm、第2ドラムレバーは12.5％で、0.07mmとなっている。

実送時（図41）：第2ドラムレバーの振動が31.5％のところで許容限界を越えているのが特徴的である。各操作レバーの最大振幅は次のとおりである。

		空 送 時		実 送 時	
		％	mm	％	mm
第1ドラムレバー		10	0.25	10	1.1
第2ドラムレバー		12.5	0.072	31.5	0.2
アクセルレバー		—	—	10	0.49

い) 分析のまとめ

いままで述べてきたことからわかるように、集材機の振動は、各機械によって、また各測定部位によ

表 3. 集材機座席の振動

振 動 数 高 低 別		振 動 数 の 低 い 方									
機 械 No.	測定部位	①		②		③		④		⑤	
		サイクル・ 加速度	% g	% g	% g	% g	% g	% g	% g	% g	% g
空 送 時	椅子脚下部			5 0.018		4 0.045		5 0.05			
	椅子脚上部		8 0.016	6.3 0.2		3.15 0.07		10 0.044			
	座席下部		8 0.08			3.15 0.045		3.15 0.07			
	座席腰部		6.3 0.09			3.15 0.14		3.15 0.1			
	座席背部		6.3 0.22			8 0.016		8 0.08			
	フレーム		10 0.16					4 0.04			
実 送 時	椅子脚下部			8 0.16		4 0.13		5 0.16			
	椅子脚上部		8 0.016	6.3 0.32		4 0.1		8 0.09		3.15 0.02	
	座席下部		8 0.022			3.15 0.09		8 0.08		10 0.07	
	座席腰部		6.3 0.044			3.15 0.11		8 0.22		5 0.16	
	座席背部		6.3 0.056			3.15 0.018		8 0.11		3.15 0.022	
	フレーム		6.3 0.04			8 0.016		8 0.13		10 0.022	

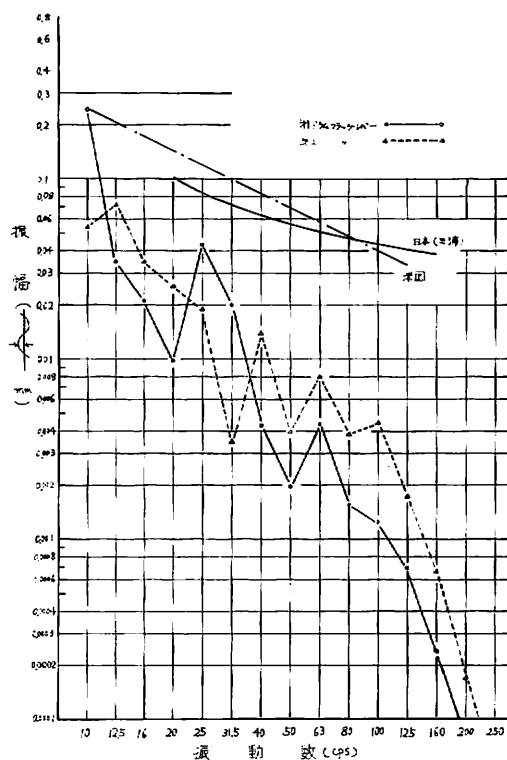


図 40. 操作レバーの振動……空送時

{ MS-70-5-MAB No. 468 垂直方向 }
{ 1/8 オクターブバンドレベル }

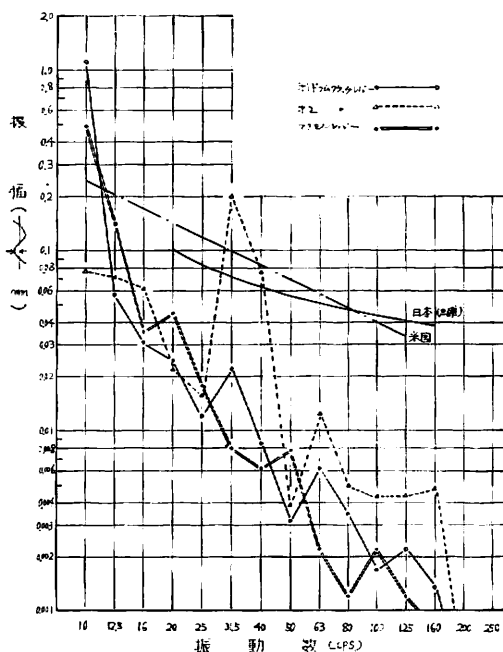


図 41. 操作レバーの振動……実送時

{ MS-70-5-MAB No. 468 垂直方向 }
{ 1/8 オクターブバンドレベル }

（振動数の高低別にみた）

⑥	振 動 数 の 高 い 方					
	①	②	③	④	⑤	⑥
% g	% g	% g	% g	% g	% g	% g
	50 0.02	25 0.032 63 0.5	12.5 0.08 50 0.054	25 0.018 25 0.02		
	63 0.035 31.5 0.09 31.5 0.1		40 0.16 40 0.14 25 0.04	20 0.045 80 0.063 25 0.04		
	31.5 0.064			31.5 0.054		
8 0.05 10 0.044	50 0.02	50 0.11 80 0.25	50 0.028 50 0.02	80 0.08 80 0.11	25 0.14	63 0.04 63 0.045
	20 0.028 25 0.025 25 0.025		40 0.11 40 0.09 25 0.036	63 0.07 80 0.045 25 0.04	25 0.14 25 0.13 25 0.14	
	20 0.036		25 0.036	80 0.07	25 0.16	

表 4. 集材機の操作レバーの振動（最大振幅）

機 械 No.		①	②	③	④	⑤	⑥
測定部位	サイクル・ 振幅	% mm	% mm	% mm	% mm	% mm	% mm
空 送 時	第1ドラムレバー	12.5 0.032		12.5 0.028	10 0.35		10 0.25
	第2ドラムレバー			12.5 0.028	10 0.19		12.5 0.072
	第3ドラムレバー	12.5 0.032		10 0.39	10 0.032		
	アクセルレバー	12.5 0.032		10 0.88	10 0.09		
実 送 時	第1ドラムレバー	12.5 0.032	10 0.02	12.5 0.25	10 1.7	10 0.19	10 1.1
	第2ドラムレバー	12.5 0.032	10 0.13	12.5 0.028	10 2.2	10 0.1	31.5 0.2
	第3ドラムレバー		12.5 0.016	10 0.32	10 0.62		
	アクセルレバー	12.5 0.032	10 0.016	10 0.39	10 0.49	10 0.18	10 0.49

っても、振動成分が違ったかたちででていた。たとえば、座席についてみれば、その振動成分は、12.5～20%の振動数を境いに、振動数の低い方と高い方に2つのピークが出ていたが、特に高い方のピークの出かたがまちまちである。各測定部の振動を、振動数の高低別に、最大加速度とそのときの振動数についてまとめたのが表3である。低い方の振動は、大部分3.15～10%のあいだに最大を示す振動がでている。これは座位姿勢における人体の共振振動数とほぼ一致している（IV-1-(p)参照）という点で特徴的である。

次に、操作レバーの振動についてまとめたのが表4である。最大振幅は10～12.5%のところに決まっていたが、⑥の第2ドラムレバーの振動だけは31.5%に最大振幅がみられ、この理由は明らかにできなかった。

今回の振動分析は、振動と許容基準の面から検討することを中心においたので、機種間や測定部位間、

および据えつけ状態などによる振動の比較は行なわないことにした。

3. 許容基準からみた機械の振動

(イ) 全身振動

集材機の振動実態はすでに述べたとおりで、総体的にみて、全身振動に関係する座席の振動は上述(IV-1—(ロ))した人体の共振振動数の範囲内で大きくなっていた。したがって、各機械の座席の振動を人体の共振振動数、4～8%の範囲のなかで、いちばん大きい値を示したものをとりだすと表5のとおりである。

a) 垂直方向(頭足方向)

垂直方向の加速度は図14の a_z で、座席下部から負荷される振動に当たる。座席下部の振動をプロットしたのが図42で、実送時と空送時を示したが、調査対象6台全部を測定していないけれども、総体的に空送時の振動は大きいようである。振動の暴露時間からみれば、①空送時、④実送時の最大を示す集材機でも負荷時間の限界は約1.5時間となる(図13参照)。これらの2点以外の①実送時、③空送時、実送時、④空送時、⑤実送時の負荷時間の限界は4時間となる。

b) 水平方向(背腹方向)

水平方向の加速度は図14の a_x で、座席背部から負荷される振動にあたる。

座席背部の振動が人体におよぼす影響として岡田⁷⁾は「背もたれが傾いた場合、背もたれの角度が変ることによってどの程度に振動が伝達するかを、背もたれの傾斜角ごと(90°, 95°, 100°, 105°, 110°, 120°, 130°, 140°)にクッションのない場合で、座位について観察した。肩への振動の伝達は顕著な共振の山が5～6%になっていて、背もたれの傾斜が異なるとその共振ピークの高さも変ってきている。100°または105°までは90°における値とほとんど差はないが、それ以上に背もたれが傾くと振動の伝達率は低下していく」と述べている。そして、振動数と伝達率の関係の図を示している。その図によれば、背もたれの角度が90～105°までの伝達率はほぼ2.6に対し、110°は2.2、120°は1.9、130°は1.6、140°は1.3ぐらいとなっていて、90°と140°とでは伝達率が約1/2に低下することを示している。

集材機の座席の背もたれ角度は、岩手富士Y-33型が105°で、スプリングがきいて角度は変化するようにになっているのに対し、森藤MS-70型は90°で固定式となっていた。上述のことからみれば、振動の伝達率は高い部類にはいるが、運転姿勢からすれば、背もたれ角度は大きければよいというものではない。実際に、運転中は背もたれに人体の背部を密着させているわけではなく、ブレーキをかける時などに背もたれに強く接する程度であり、1日の運転時間内でそんなに長い時間接しているとは考えられない。

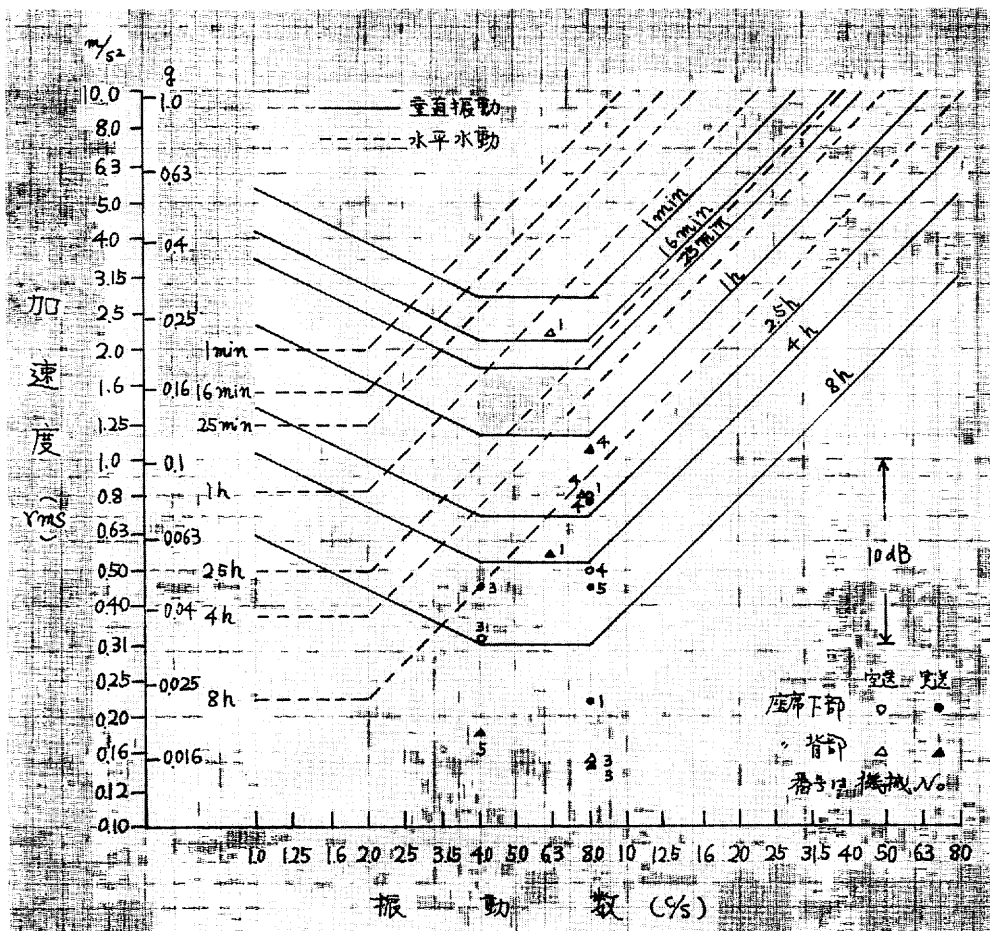
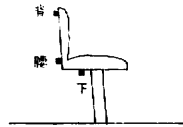
背もたれによって生ずる水平方向の振動は図13に示したように(点線)、その振動の許容は垂直方向の振動よりも $\sqrt{2}$ だけ低くおかれることに決められている。調査した機械の背もたれ部の振動をプロットしたのが図42で、①空送時の0.22gがもっとも大きいのが、負荷時間の限界は1時間となっていて、その他は振動も小さく、負荷時間の限界は4時間以上となっている。

(ロ) 局所振動

手の共振振動数は多くの研究から30～40%と発表されている。局所振動の許容限界については図15に示したとおりであるが、この局所振動の許容基準は局所振動障害の発生を目安にとって、振動数と振幅との関係から示されたもので、手腕系とくに手にとって危険な区域は振動数でいうと2,000～3,000%あたりがことに問題であるとされている。各集材機の操作レバーの振動は、手の共振振動数30～40%でみると、各

表 5. 座席の振動（4～8 %での最大値）

空・実 送 別	調査No. 機械No.	下 部		腰 部		背 部		空・実 送 別	調査No. 機械No.	下 部		腰 部		背 部	
		%	g	%	g	%	g			%	g	%	g	%	g
空 送 時	① 313	8	0.08	6.3	0.09	6.3	0.22	実 送 時	① 313	8	0.022	6.3	0.044	6.3	0.056
	② 392								② 392						
	③ 393	4	0.032	4	0.14	8	0.016		③ 393	4	0.045	4	0.1	8	0.016
	④ 409	8	0.05	6.3	0.09	8	0.08		④ 409	8	0.08	8	0.22	8	0.11
	⑤ 382								⑤ 382	8	0.045	5	0.16	4	0.018
	⑥ 468								⑥ 468						



全身振動暴露基準（ISO/TC108/WG 7, No. 36）

図 42. 集材機の座席の振動

図中に示した許容限界線より、ほとんど小さい値となっている。ただ、この許容限界を超えるものは⑥ No. 468 の第 2 ドラムレバー（図 41 参照、振動数 31.5 Hz で振幅 0.2 mm）の振動だけである。10 Hz 以下の振幅は 1 mm をこすものもあったが、これはレバーの取り付け位置から、長くのびているレバーの構造から生ずるものであると考えられる。

(イ) 振動暴露時間

人間—機械系を考えると、みのがせないのは、人間が機械系に対応したときに生ずる精神的、肉体的な労働負担の問題がある。この問題について、われわれは、従来からも振動暴露の間歇時間からとらえて検討してきている。集材機についても、この間歇時間から肉体的な労働負担を検討してみる。

前述（IV—1—イ）で述べたように、全身振動の許容度は振動数と振動加速度および振動暴露時間との関係から評価されるのであるが、集材機の座席の振動からみた場合、許容限界は最小で 1.5 時間、それ以外は 4 時間以上となっていた。すなわち、このような振動であれば、この時間まで振動暴露は許容されるということである。

そこで、実際の集材機運転手の振動暴露時間およびその時間の繰返しは、どのようになっているのかを知る必要がでてくる。この実態についてはわれわれの調査例があるので示してみよう。

集材機運転手の 1 日あたり勤務時間の内訳を、単位作業ごとにとりまとめたのが表 6 である。この時間は運転手の要素作業について、終日時間観測したものからとりまとめた数値である。表から実働率、余裕率、運転時間内訳、振動暴露時間の実態は次のとおりである。

勤 務 時 間	462分35秒	表 A
実 働 時 間	340. 10	〃 B～F
余 裕 時 間	122. 25	〃 G
実 績 実 働 率	73.5%	〃 (B～F)/A
実 績 余 裕 率	26.5	〃 G/A
集材機運転時間	288分26秒	〃 B～D
実 運 転 時 間	151. 27	〃 B
運転付帯時間	7. 28	〃 C
待 機 時 間	129. 31	〃 D

〔注〕 実 運 転 時 間：集材機による実搬器走行、空搬器走行にともなう一連の運転時間。この時間内はいずれかの操作レバーを断続的に操作する。

運転付帯時間：運転中の合図、連絡、エンジン始動停止の時間。

待 機 時 間：荷掛け、荷外し中に集材機上で待機している時間。この場合は大部分エンジンを停止していることが多い。

1 日の実働時間は約 5.7 時間で、実際に運転している時間の合計は 2.5 時間である。それでは、その内訳はどうなっているだろうか。くわしく求めてみたのが次の数値である。

実 運 転 時 間	空 搬 器 走 行	73分29秒
	実 搬 器 走 行	75. 27
	スタンプ移動	2. 31

計 151. 27 表 B

表 6. 集材機運転手の単位作業別の時間観測の例

調査地：長野営林局三殿営林署与川製品事業所

調査年：昭和42年 8月19～20日

作業類：ヒノキ・サワラ全幹集材，タイラー方式

機 械：岩手富士 Y-25-FDTB，スパン長 770 m

ま と ま り 作 業	単 位 作 業	1 日 平 均 時 間 (A)	実 運 転 [B]	運 転 付 帯 [C]	待 機 [D]	朝 夕 の 準 備 [E]	移 動 [F]	余 裕 [G]
実	準 備	分 秒 0.07 3.37 1.25 43.13 48.22				0.07 3.32 1.25 43.13 48.22		
	移 動	3.22 3.22					3.22 3.22	
働 時 間	運 転 (引戻し)	荷 掛 滑 車 吊 上 げ 空 搬 器 走 行 荷 掛 滑 車 引 込 み 荷 掛 待 機 引 戻 し な お し 計	13.41 21.43 40.48 102.42 0.27 179.21	12.52 21.14 38.56 0.27 73.29	0.49 0.29 1.52 0.44 3.54	101.58 101.58		
	運 転 (引寄せ)	引 寄 せ 荷 吊 上 げ 実 搬 器 走 行 荷 お ろ し 荷 外 待 機 引 よ せ お ろ し 直 し 位 置 替 計	37.31 2.21 20.45 16.39 12.16 0.54 0.48 91.14	34.38 2.12 20.45 16.31 0.11 0.54 0.27 75.27	2.53 0.09 0.08 0.11 0.03 3.24	12.05 0.18 12.23		
	スタンプ 移 動	運 待 転 機 計	2.41 15.10 17.51	2.31 2.31	0.10 0.10	15.10 15.10		
	実 働 時 間 合 計		340.10	151.27	7.28	129.31	48.22	3.22
	余 裕	職 疲 場 用 達 作 業	101.21 17.33 2.29 1.03					101.20 17.33 2.29 1.03
	余 裕 時 間 合 計		122.25					122.25
	勤 務 時 間 総 計		462.35	151.27	7.28	129.31	48.22	3.22
	比 率 (%)		100	32.7	1.6	28.0	10.5	0.7
	比 率 (%)		100	32.7	1.6	28.0	10.5	0.7

運 転 付 帯 時 間 空 搬 器 走 行 3 分 54 秒

実 搬 器 走 行 3. 24

スタンプ移動 0. 10

計 7. 28 表 C

待	機	荷 掛 け 中	101分58秒	
		荷 外 し 中	12. 23	
		スタンプ移動	15. 10	
計			129. 31	表D

上の数値でもわかるように、実際にエンジンをかけている時間、すなわち振動に暴露されている時間は151分、約2.5時間である。しかし、この時間は連続的な時間でない。1回の集材は空搬器走行→荷掛け待機→実搬器走行→荷外し待機というサイクルで運転が行なわれるが、振動面からみたサイクルは振動暴露→非暴露という仕組みにおきかえられる。

1日の集材回数は20.5回/日であったから、1回あたり所要時間を求めると次のようになる。この場合、スタンプ移動はときどきしか発生しない不規則な作業であるから、除外して考える。

実 運 転 時 間 (含運転付帯時間)	実搬器走行	78分51秒	1回	3分51秒
	空搬器走行	77分23秒	1回	3分46秒
待 機 時 間	荷 掛 中	101分58秒	1回	4分58秒
	荷 外 中	12分23秒	1回	36秒

したがって、運転サイクルは次のような経過になる。

空搬器走行 3分46秒	荷 掛 待 機 4分58秒	実搬器走行 3分51秒	荷外待機 36秒
振 動 暴 露	非 暴 露	暴 露	非 暴 露

振動の暴露、非暴露の間歇時間の状態を、実際の運転時間を用いて算出した。集材機運転はいろいろ変化した状態、すなわち集材方式、集材距離によって所要時間が変化してくるし、また運転時間中の待機のほかに、午前午後の休憩時間、朝夕の整備時間、その他の余裕時間が挿入してくるから、振動の暴露、非暴露時間は当然変わってくる。したがって、上述のような単純な平均値ではその実態をよく表わしていないが、要するに、上で求めた数値はフル運転すると、このような間歇時間になるであろうという、一例としての参考数値である。

労働負担を振動暴露の間歇時間からみてきたのであるが、もし、集材機の運転がこのような時間で運転される場合、振動暴露が連続的なものでなく、1日の運転時間が2.5時間（午前、午後とに分割すれば平均しても1.3時間となる）ということから考えて、前述（IV-3-(4)）した振動暴露の許容基準と対比して、分析された座席の振動は最大の加速度で1.5時間、それ以外は4時間まで暴露が許容されるという結果になっている点から、振動面からみる労働負担は、この程度の振動であるならば許される範囲であるといえる。

次に、操作レバーの操作時間を考えてみる。各操作レバーは、運転中ずっとレバーを握っているのではなく、運転速度を変化させるときにレバーを握るだけで、運転中は操作レバーから手を離したり、あるいは軽く押えている状態である。したがって、局所振動の対象となっているチェーンソーなどの手持振動工具の場合とは趣きがこととなり、振動暴露といっても、時間も短く、振動も小さい（前述IV-3-(ロ)）。したがって、測定された振動は、全身振動の座席振動と同じく、許される範囲の振動であるといえる。

V 運転手と機械座席（人間—機械系）との関係

1. 座席と姿勢に関する一般事項

(4) 人間—機械系の作業姿勢

林業労働における作業姿勢の研究はあまりみられず、われわれの研究室で進めてきた、チェーンソー作業とその作業姿勢がみられるくらいである。したがって、現在問題となっている集材機の座席、運転時の立体作業域と作業姿勢を検討するにあたって、資料も乏しいので、既往の研究事例を文献(8)を参考にしながら進めていくことにする。

a) 身体計測について

上述の文献によれば「人間—機械系の形態を考えると、まず、第1に問題になるのは人体寸法から出発したディメンションの問題である。人間—機械系のディメンションは、人体側の寸法と、それにもとづいて設計された機械側の寸法という両面があり、この2つは同時に考えられてこそ意味のあるものであるが、人間—機械系の構成にあたっては、なんといっても、人体のそなえている形態や寸法がまず基本となる」と述べている。そして、人体の部分、または部位の大きさについては「身長、座高、体重などの測定は主として体位や体格の検定のために行なわれてきたもので、人間工学においては、これらもちろん必要であるが、それよりもむしろ、人体の部分または部位の大きさがより重要である。従来の測定は人類学的な測定であって、人間工学の立場からは不十分である。したがって、これからは人間工学研究の目的に応じて、とくに日本人について、必要な集団（たとえば特殊な労働集団）の人体部分または部位の測定を行なう必要があり、ただそれも人体寸法のみならず、種々の着装条件のもとにおける寸法測定も必要とな

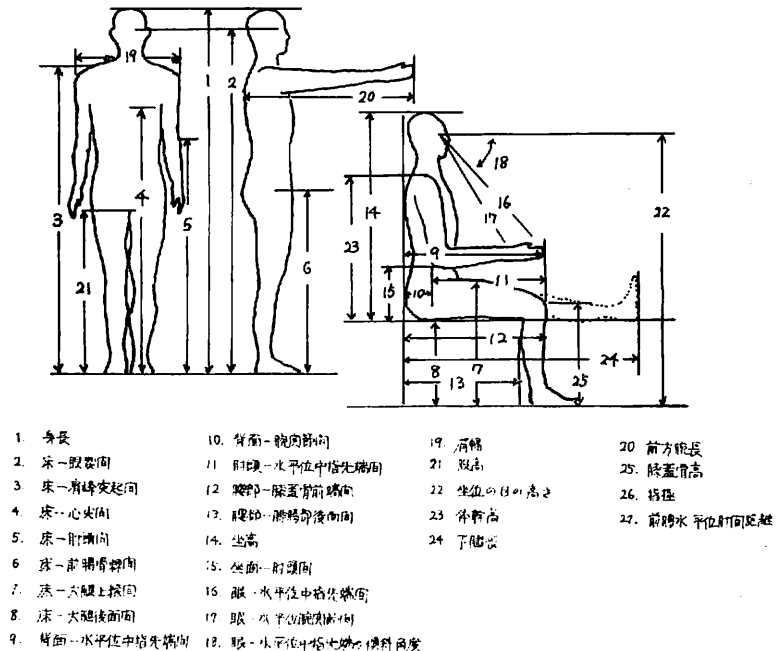


図 43. 身体計測部位（大島・倉田より 1959）

ってくる」といっている。そして、上記の目的にそのような人体計測については「作業姿勢を考える場合には、人体諸機能との関係を見ることがまず第 1 に重要であるが、そのためには作業の中心となる人体部位の位置を正確に把握する必要がある。これらの計測値を基準にして、作業姿勢のみならず、それにとりまなう作業台、椅子、計器盤、機械の大きさ、角度などが求められなければならない」と述べ、一般的に考えて、次のような部位の計測が必要だとしている。図43がそれで、1～18は一般的な計測部位、19～27は作業姿勢の決定上必要な計測値であるとしている。

b) 作業姿勢の種類

それでは、林業で問題としている集材機運転手の作業姿勢を考える場合、どんなことがらを考慮しなければならないかについて、関係のあることがらを前述文献から要約すると次のようになる。

「作業姿勢とは意志をもった人間が、機械に相対するときの適応の状態といえよう。機械の方は人間が作業しやすいように形や位置を変えないから、もっぱら人間の側で機械に合わせて姿勢を変える必要が生じてくる。したがって、ときにはきわめて不自然な姿勢をとらねばならない場合もおこってくる。作業の種類はきわめて多種多様であるから、その姿勢も人体のとりうるあらゆる形態が含まれる。これらの姿勢を大きく分類すると次の4つになる。

- ① 立位姿勢…直立、中腰、爪先立ち、よりかかり、うずくまりなどの姿勢
- ② 椅座姿勢…椅座、半椅座などの姿勢
- ③ 座位姿勢…あぐら、ひざまづきなどの姿勢
- ④ 臥位姿勢…仰臥位、伏臥位、側臥位などの姿勢

これらの分類の基準は人体のどの部分が主として水平面に接しているかということできる」と述べ、作業姿勢としては、やはり活動的要素の大きな立位または椅座位がとられるのは当然であるが、できれば立位より、椅座位を基本とするのが望ましいとしている。

c) 作業姿勢を決定するうえの要点

それぞれの作業のなかでは、もっともむりのない、疲労の少ない、能率的な姿勢が考えられなければならない。作業姿勢を決定するうえに必要なことは、まず姿勢と人体機能との関係を見ることができ、とくに次のような点の考慮が必要であるとしている。すなわち、

- 「① 視覚との関係…作業をすすめるうえにもっとも見やすい目の高さ、目からの距離、視界などを考えること
- ② 循環との関係…手の作業点の位置の高すぎる姿勢、血液の循環を妨げる姿勢、前屈姿勢をさけること
- ③ 手、上肢、下肢、上半身などの運動との関係…各部が自由に動かせるような姿勢、身体各部の運動の中心点の高さと運動部分の可動範囲を考えること
- ④ 身体の重心との関係…平衡のとれた安定した姿勢を保てるような重心の位置を決定すること」

などをあげている。これらの点から考えてみると、集材機作業中によく見られる運転手の背面運転姿勢は、人体機能を十分に発揮できない、もっとも無理で、疲労の多い姿勢であることは明白で、ぜひ避けなければならない姿勢であろう。

d) 椅座位姿勢と疲労

集材機運転手の作業姿勢は、機械の構造上、椅座位姿勢のみであり、また作業の性質上、長時間椅座位をつづける必要があるため、椅子の形や寸法の適否が疲労や能率に大きく影響してくることは明らかであ

る。したがって、椅座位姿勢を考えると、人体寸法と直接関係の深い椅子の寸法を検討する必要がある。

椅子の寸法を検討する時は、椅子と作業面高が問題となる。椅子の形態は一般的に、座面、背もたれ、ひじかけの3部分に分けられるが、座面の高さが適当であるための必要条件として次の4点をあげている（参考文献8）。

- 「① 深く腰をかけたとき、足趾部はむりなく床面につくこと
- ② 大腿後面はどの部分でも、局所的圧迫をうけないこと
- ③ 足部は前方、後方、側方にある程度自由に傾斜あるいはのばすことが可能であること
- ④ 大腿後面のかなり広い部分は椅子の座面に接し、体の安定が維持されること」

日本人の成人男子の平均座面高（椅子の高さ）は42.7 cm となっているが（建築設計資料 1960）、「座面の奥行は腰部後面から腓腸部までの長さ（図43の（13））より少々短い寸法であるという大島氏の研究（69名の男子労働者についての結果は40～47.9 cm が85.6 %で、最頻値は42～43.9 cm）、倉田氏の研究（バス、トラックの運転者206名について43.8 cmという平均値を得た）から、男子労働者においては5 %の不適合限界をみて約40 cmということになる」とし、また座面の傾斜としては「作業時に上半身はむしろ前屈するので、座面の後方への大きい傾斜はない方がよく、一般に水平から5°前後までの傾斜が適当である」といっている。

次に背もたれについては「背もたれは座面に対する上体の圧迫を分散させ、椅座姿勢を長時間保持させることを容易にさせるもので、その長さや傾斜角度の大きいものほど効果は大きくなる。しかし、作業用椅子の背もたれの丈が大きいと上体や腕の活動が阻害されやすくなるから、作業椅子の背もたれとしては骨盤部から第1～第3腰椎骨辺を支持するものが効果的である」とし、さらに「背もたれの傾斜は大きすぎると休息姿勢をとりやすく、作業椅子としては不適当である。モランは110°、レイらは250人の被験者中、座面から105.3°、水平面から111.7°を快適と答えたものが多い」といっている。そして、日本人の体格に適した椅子の標準寸法を表7のように示している（集材機などの椅子の標準は若干異なると考えられるが）。

次に、座位の姿勢から生ずる精神的な疲労の問題がある。これについて作業姿勢とフリッカー値(注)の関係から、文献8)は次のように述べている。

（注）フリッカー値：光を断続させて、それが連続光と見えるか、断続光として見えるかのさかいめの閾値を、そのときの断続回数で示したのがフリッカー値である。生理的な条件下では、ある個人のフリッカー値の高値は、大脳皮質の活動水準に対応していると考えられているから、一般に、大脳の中枢機能のひとつの指標として扱われ、このフリッカー値の変動量を中枢性疲労の判定に用いられる。

「人間—機械系の中で、人間が機械系と対応する場合は、その対応関係に適した一定の姿勢がとられる。この姿勢が脳の活動に持続的に影響を与えることはいうまでもない。したがって、姿勢保持筋の一部だけに負担をかたよらせることなく、またときどき姿勢を変えうる自由を与えて、姿勢から生ずる疲労を緩和する必要がある」と述べ、実験例として、「実験は背もたれの傾斜を任意に変えることのできる椅子で、図44に書いたような姿勢変化を与え、座面に対する腰椎部の傾斜が意識水準にどんな影響を与えるかをフリッカー値テストによって検討したもので、同じ傾斜角をもつ座位姿勢をそれぞれ30分間保持させたとき、フリッカー値に現われる時間変動を5名の平均値として示したのが図45である。

表 7. 椅子類の標準寸法 (剣持, 1944)

各メンバー スケール	品 種	ス ツ ール			仕事用小椅子		肘付仕事用椅子		休 息
		仕事用	普通用	休息用	男	女	男	女	男
座 の 高 さ		43~48	39~43	34~39	41 ~ 43	39 ~ 41	41 ~ 43	39 ~ 41	36 ~ 38
座 の 奥 行		35~38	38~42	42~45	40 ~ 42	38 ~ 40	40 ~ 42	38 ~ 40	43 ~ 45
座 の 幅 (前)		35~39	39~41	43~45	40 ~ 42	40 ~ 42	44 ~ 46	44 ~ 46	45 ~ 47
座 の 後 幅					38 ~ 40	38 ~ 40	42 ~ 44	42 ~ 44	
背もたれの 高 さ					41 ~ 42	39 ~ 40	41 ~ 42	39 ~ 40	46 ~ 48
背もたれの 幅					40° ~ 42°	40 ~ 42	44 ~ 46	44 ~ 46	
背もたれの 傾 斜 度					98° ~ 102°	98 ~ 102°	98° ~ 104°	98° ~ 104°	
背もたれと座面の傾斜度									106° ~ 112°
座 面 の 傾 斜 度									7° ~ 6°

図から、120°以上の腰椎傾斜があるときは、フリッカー値は時間とともに低下するが、115°以下の場合はその低下度が小さく、とくに105°の傾斜位ではフリッカー値がほぼ一定なレベルを保って30分間続いている。この点から、大脳の緊張はこの姿勢条件(105°の傾斜位)によってもっとも高く、かつ安定に保持されることがわかった。

傾斜位95°の場合、フリッカー値は初め高いが、10分をすぎるところから低下しはじめている。これは腰部の圧迫が強すぎて、筋紡錘の疲労をうながしたためと考えられる。また125°の場合には5分もたたないうちにフリッカー値が急に低下し、20分以後には10%レベルを割っている。この低下は意識活動の正常範囲をこえるもので、被験者の大部分ははげしい厭気を訴えている。また120°の傾斜位は、フリッカー値の低下率からみると、安楽な休息状態をつくるのに適した姿勢だといえる。

以上のことから、105°の傾斜位は、大脳を適度な緊張レベルに保持する効果を有し、高速運転のような持続作業にはもっとも適した姿勢だと結論づけることができる」といっている。

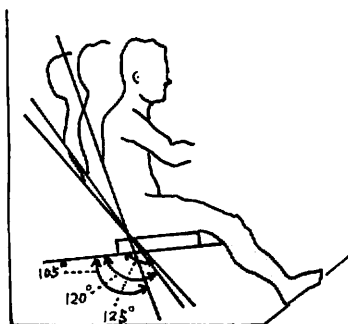


図 44. 座位姿勢の変化に対応する
腰椎の傾斜角 (橋本)

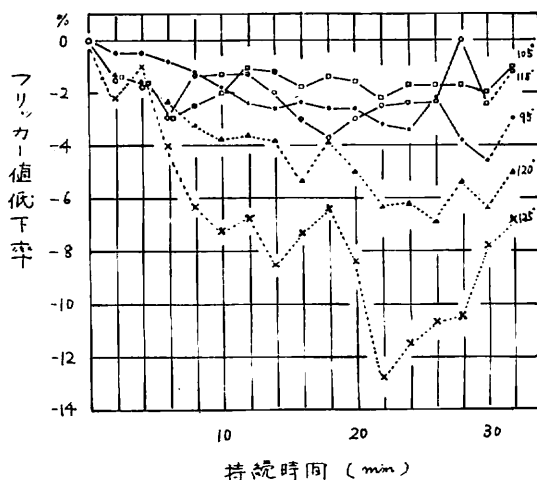


図 45. 座位姿勢がフリッカー値におよぼ
す影響 (橋本)

（単位 cm）

椅子 (A)	休 息 椅 子 (B)	
女	男	女
34 ~ 36	34 ~ 36	32 ~ 41
42 ~ 44	45 ~ 50	44 ~ 48
45 ~ 47	45 ~ 50	45 ~ 50
45 ~ 47	48 ~	47 ~
106° ~ 112° 7° ~ 6°	112° ~ 120°	112° ~ 120°

今回の調査対象機種種の座席傾斜角は、岩手富士 Y-33 型は 105°, 森藤 MS-70 型は 90° であった。集材機の運転は高速運転のような持続作業でないけれども、Y-33 型の座席傾斜角は、大脳を適度な緊張レベルに保つのに適したものといえるようだ。

(u) 人間—機械系の作業空間域

集材機運転手の運転動作は座位のまま、ただ 1 点にとどまって身体各部を動かすようなものでない。したがって、椅子に腰かけたり、機械を操作するときは、身体の占めるスペース、すなわち必要空間の問題が大切である。

垂直作業域とその各点における水平作業域とを組み合わせた立体作業域 (Working area in three dimensions) について、集材機運転手と類似した作業の例として、クレーン運転手の調査¹⁰⁾がある (図 46, 77)。

この調査例によると「背もたれの傾斜角 0° の椅子に椅座した時の右手先の到達範囲を、座位時の正面に対する正申線を 0° とし、左へ 15°, 右へ 30°, 50°, 90° の各点、および座面からの高さ 20, 40, 60, 100cm の各点におけるそれぞれの位置で測定したもので、最大到達域はいずれの場合も肩の高さ (60cm) の付近で最大 (図 47)、同一水平面高では 30~50° の範囲が最大 (図 46) となった」と述べている。また、水平作業域 (操作レバーの操作面がこの例) について、文献 8) は「水平作業域は通常作業域と最大作業域の 2 つに分けられる。前者は上腕をかるく体側につけ、肘を曲げた状態で自由に手のとどく領域をいい、後者は思いきり上肢をのばした場合に達する領域をいう。人間が作業する場合に、もっともよく使用する機械部分は、かならず通常作業域に配置し、その作業の従となるものは最大作業域の線にそって配置

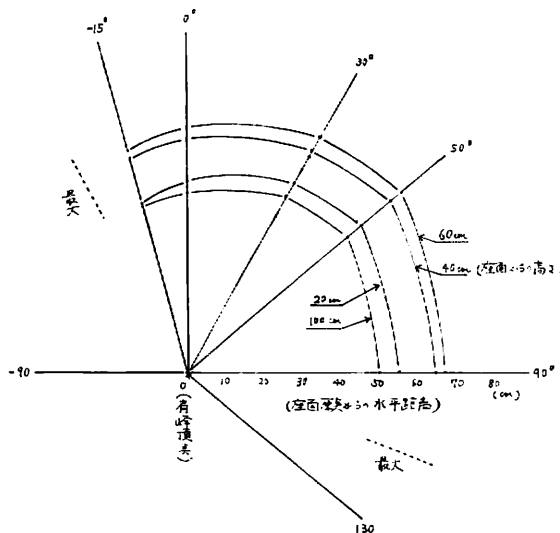


図 46. 最大動作域 (水面) (斉藤ほか)
— クレーン運転手 —

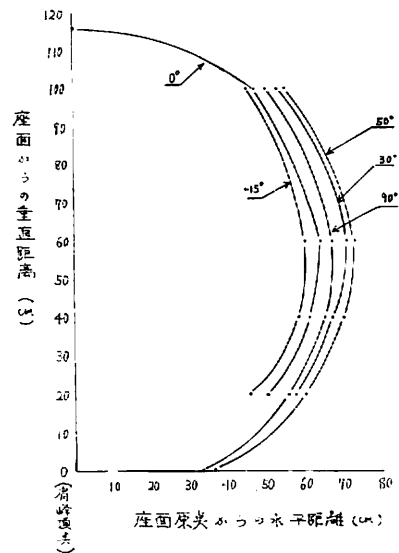


図 47. 最大動作域 (垂直面) (斉藤ほか)
— クレーン運転手 —

してもよいが、それより外方におくことは作業能率の点からも不合理であるので、注意しなければならない」と述べている。

以上のようなことからみると、各操作レバーの位置は通常作業域の範囲内におさまっていないようで、大部分は最大作業域のところにあるように観察された。この問題については今回分析できなかったが、今後に残された問題の 1 つである。

2. 機械の座席および姿勢

運転中における運転手の作業姿勢および運転動作をフィルム上から分析しようと試みたが、撮影条件が悪く、分析しようとした作業姿勢の変化、運転動作、作業空間域の実態はつかみえなかった。したがって、ここでは身体の一部の計測値をもとに、前述した研究事例を参考にして、集材機運転手の人間-機械系の関連を、座席と姿勢の面から若干の検討を加えるだけにとどめる。

測定した各部位の計測値は表 8 のとおりであるが、表に集材機運転手と類似した作業であるクレーン運転手の数値と、自動車運転手の数値を示した⁶⁾。

表から、特に顕著なことは集材機運転手の④肘-中指先端間と⑧座面高の測定値が、他の例より短いことである。日本人の成人の座面高は 43cm となっているが、集材機のそれは約 10cm も短い。膝高と膝窩高（床面と大腿膝窩部間距離）の差は約 7cm が平均のようであるから、膝高から 7cm 引いた値と座面高を示すと図 48 となり、この図によって座り方がどのようになっているかが理解できる。すなわち、①、②、④は座面の高さが低すぎる例、⑤、⑥は座面の高さが高すぎる例である。

座面の高さが適当であるための必要条件として、4 点を前述（V-1-(f)-d）したが、その条件がみられていない上記の例は、そのことによってどのような人体への影響があるかを述べてみる（参考文献 8）から）。

○ 座面の高さが低すぎる場合

- i) 背もたれのない場合は、体の平衡を保つために前屈姿勢となって腹部が圧迫される。背もたれを用いると上体は後方へ倒れるようになり、休息形の姿勢となって作業は不可能になる。
- ii) 座面に接する体面積が小さくなり、自然に体圧は座骨結節を中心とする小部分に集中してくるから、この部分に疼痛やしびれをきたすことになる。
- iii) 大腿下部から下腿部にかけての支持が不安定となり、その重みはすべて足趾部にかかってくる結果、とくに踵の部分の圧迫感やしびれをきたす。これをさけるためには下腿部を前方に投げ出すか、後方へ引くかしなければならないが、座が低いと後方へは引けないから自然足は前方へ投げ出すことになる。そうすると足をふんばることができず、上半身の固定はもっぱら股関節で行なわれ不安定な姿勢となる。

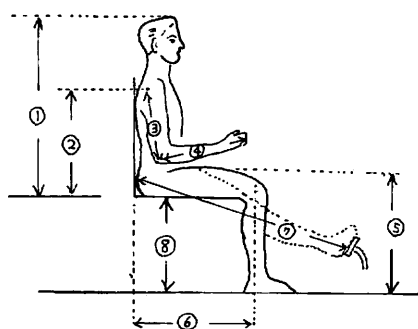
○ 座面の高が高すぎる場合

- i) 座の前縁によって大腿後部が局所的な圧迫を受け、下肢の血行障害、しびれ疼痛などがあらわれる。
- ii) これらの障害をさけるために、体を前方へずらせて浅く腰をかけると体圧を受ける面積が小さくなり、他方、足の方へ力が加わるようになる。これはいわゆる半椅座姿勢ともいうべきで、不安定な疲労しやすい姿勢である。
- iii) 深く腰をかけると踵が床から浮き、または足先だけがつくことになり体は不安定となる。

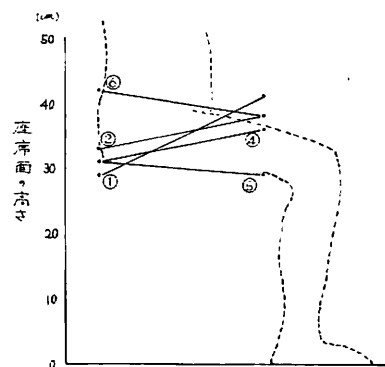
表 8. 集材機運転手の身体計測値

	A クレーン	B 自動車	C 自動車	集 材 機				
				①	②	④	⑤	⑥
① 座 高（座 面～頭 頂 点）	89.5	90.0	90.3	95	83	80	98	90
② 肩 高（座 面～肩 峰 点）	60.3	59.2	58.5	63	54	55	70	60
③ 肩—肘間（肩峰点～肘関節下縁）	34.7		33.6	32	30	28	30	
④ 肘—中 指 先 端 間	44.0	43.5		40	33	35	30	
⑤ 膝 高（床 面～膝関節上縁）	48.1	47.8	47.6	48	45	43	36	45
⑥ 股—膝 蓋 前 縁 間	53.2	54.6	55.7	54	50	45	42	45
⑦ 股—足 趾 間		94.2		96	90	85	80	80
⑧ 座面高（床 面～座面上面間）		(43.0)		29	33	31	31	42

(注) A：クレーン運転手の身体計測………齊藤次郎ほか（1965）
 B：日産自動車従業員 “ ……………松野正徳ほか（1964）
 C：プリンス自動車従業員 “ ……………三村明敏ほか（1964）
 座面高43.0は小原ほかの設計のための人体計測 （1965）



測定位置間と No.

図 48. 座面高と膝高の関係
(集材機運転手)

このような影響があることを知ると、今回調査した運転座席の座面高は、それぞれ適切なものでなく、とくに①は極端に座面高が低すぎ、運転手の姿勢にとって、もっとも悪い例といえよう。

このような悪い姿勢を排除するための方法としては、人間を機械に適合させるか、あるいは機械を人間に適合させるかの2つが考えられる。すなわち、前者は機械に適した人間を採用する、後者は機械を人間にあわせて改良する、ということになる。しかしながら、機械に適した作業者を採用することは、不可能に近い現状であるから、したがって、当面必要なことは、人間にあわせた機械の改良ということになる。

ここで機械の改良について考えてみよう。集材機運転手の体格は、それぞれ違っているわけであるから、ここで問題としてとりあげた座席について、その構造は運転手の体格にあわせてつくるのが望ましいことである。しかし、そうだからといって、すべての運転手に適合する座席をつくることは、現実的でなく、無理なことである。そこで次の方策をとるべきであろう。林業労働に従事している人間の人体計測値を知り、その計測値の範囲を3段階ぐらいに区分し、運転しやすい作業域が十分とれて、座席の高さを調整したり、座席を前後に移動できるような構造、すなわち、固定式でなく移動式の座席に改良すること

である。そのほかに、当然のことながら、測定された座席の振動は小さかったが、振動の伝達性がより少ない座席構造もあわせて検討する必要もあることはいうまでもない。なおまた、各操作レバーやブレーキペタルの構造も、座席の改良にあわせて行なうことが大切である。

以上のような対策によって、運転手はもっともふさわしい作業姿勢を保持することができて、操作レバーやブレーキペタルの操作なども楽にできるようになるだろう。そのことは、最終的に、運転手におこっている職業性障害を防止できる 1 つの解決策になるのである。

VI あ と が き

集材機運転手の職業性障害の防止という観点から、運転中によって生ずる振動を座席部と操作レバーのところで測定し、その振動については、振動の人体への許容基準から検討を加えた。また椅座位姿勢で運転する作業姿勢に影響がある座席については、人間—機械系の立場から、座席の構造と人体計測値について若干の検討を加えた。

運転中に人体へ負荷される全身振動としての座席振動は図42に示した。振動加速度と振動暴露時間から判断して、今回測定した集材機の座席振動は、許容基準からみて小さく、許容される範囲の振動であることがわかった。また、手腕系に負荷される局所振動としての操作レバーの振動は、振動の実態を示した各図のとおり、いずれも小さく、許容される範囲の振動であった。

座席と椅座位姿勢、とくに座面高と膝窩高との関係は図に示したとおり、5人の運転手の間に差がみられた。すなわち、2例は座面高が高すぎるもの、3例は低すぎるものに分けられた。このことから、椅座位姿勢をとる運転姿勢にとって、現在の座席は好ましいものでないことがわかった。

以上のような結果から、現在問題となってきた集材機運転手の職業性障害は、振動による影響もさることながら、とくに座席の構造からくる影響が大きいように考えられた。したがって、集材機運転手の体格に応じて、座席が上下、前後に移動できるように、現在の固定式座席を移動式に改良する必要性を強調したい。

さらに大切なこととして、作業現地でよくみられる背面運転姿勢は、作業姿勢としてもっとも悪い姿勢であるから、これによって受ける影響は特に大きい。この点から、集材機の据えつけ場所は細心の注意で選定する必要がある。

職業性障害の防止のためには、この報告で述べたことだけでなく、より多方面からの分析を行ない、次に述べるような問題点を、林業技術者の立場から明らかにしながら、正しい防止対策をつくる必要がある。

- i) 人間—機械系からみた操作レバー、ブレーキペタルの位置と構造
- ii) 運転動作の分析
- iii) 集材作業条件の変化による振動への影響
- iv) 雑音に影響する騒音の実態とその防止対策
- v) 振動・騒音の影響による肉体的、精神的な労働負担、疲労
- iv) 軟物体としての座席表面と人体接触点における加圧力の時間的、位置的変化
- vii) 非接触法による人体への振動伝ばの実態

おわりに、この調査にあたって、いろいろご協力をいただいた林野庁福利厚生課安全保償班、東京営林局作業課、千頭営林署の関係係官、とくに南赤石第1事業所の方々に、また、この稿を草するにあたり、いろいろ助言をたまわり、かつ原稿の懇切な校閲をいただいた四国支場長（前機械化部作業科長）奈良英二氏に対して深く謝意を表する。

文 献

- 1) 人事院事務総長：判定書の送付について，公平—860，（昭和43年12月4日）
- 2) 三浦豊彦・富永洋志夫：作業機械を使用する人についての調査報告—作業機械の健康への影響について—，労働科学研究所，255pp.，（昭39. 3，1964）
- 3) 三浦豊彦：労働の衛生学，大修館書店，310pp.，（昭44，1969）
- 4) 三輪俊輔：手持ち振動工具の振動測定とその評価法，労働の科学，**24**，8，54～58，（昭44，1969）
- 5) ———：ISO/TC 108 総会に出席して，労働の科学，**26**，1，52～56，（昭46，1971）
- 6) 人間工学人体計測編集委員会編：人体計測値図表，医歯薬出版，38pp.，（昭43，1968）
- 7) 岡田 晃・中村円生：騒音，振動・衝撃の影響と対策，医歯薬出版，386pp.，（昭45，1970）
- 8) 大島正光編：アーゴノミクス（人間工学），朝倉書店，374pp.，（昭40，1965）
- 9) 大島正光：生体振動論，東京大学出版会，219pp.，（昭44，1969）
- 10) 齊藤次郎・近藤太二・大川雅司：特殊作業条件（危険作業等）に関する研究，科学技術庁，人間科学に関する総合研究 I，427～471（昭39. 12，1964）
- 11) 辻 隆道：林業の安全と人間工学，宏林タイムス社，280pp.，（昭44，1969）
- 12) 辻 隆道・石井邦彦・桑原正明：集材機の操作レバー および座席の振動測定報告書，林野庁福利厚生課，（昭45，1970）
- 13) 辻 隆道・石井邦彦：高速カメラによる振動測定，農作業研究 No.10，29～32，（昭45. 9. 1979）
- 14) 米田幸武・辻 隆道・渡部庄三郎・石井邦彦：チェーンソー 作業の振動障害に対する作業基準に関する研究，機械化部作業科研究資料，113pp.，（昭41，1966）