

集材機運転作業環境に関する基礎的研究 (第1報)

— 集材機運転手の労働負担と操作性に対する関心度 —

豊 川 勝 生⁽¹⁾

Katsumi TOYOKAWA : A Fundamental Study on the Work Environment
of the Yarder Operator I

— The work load of the yarder operator and their concerns about the yarder —

要 旨：本研究は、集材機と運転手の適合の問題、つまり集材機の使いやすさ、取り扱い性の良否を考察したものである。人間—機械系の最良な適合のためには、操作に必要な情報が適正に運転手に伝達され、機械が適正に運転手の指令どおり動くことが必要となる。このような系を「情報系」、「操作系」、「作業環境系」で、また、機械系は機械性能から「作業能率系」、「移動性能系」、「制動性能系」で成立していると考えた。運転手の集材機に対する改良要望調査結果をこれらの系で分類すると、集材機の取り扱いに分類される要望がかなりあった。集材機運転手の作業時の心拍数分析では、集材機運転手の労働強度は動的筋作業の評価で低い部類に入り、作業工程では「横取り」、「実搬器走行」工程で労働強度が高かった。疲労自覚症状調査では、身体各部の局所的疲れを示す項目で訴え率が高く、1日の疲労がやや大きい作業と判定したが、疲労の蓄積はみられなかった。また、人間学的チェックリスト調査を行い、その改良要望の高い具体的な項目から、主な項目として11項目に集約した。この項目に対する集材機運転手の3段階評価の関心度調査では、関心度の高い項目として振動、騒音、視野、座席、操作器具があげられた。さらにこの調査結果を6因子に集約、この6因子と集材機機能との関連分析から、運転手は使いやすさでは馬力の大きい集材機を、振動、騒音関連では空圧操作のブレーキを好むことが解明された。

目 次

I. 緒 論	96
1. 本研究の目的並びに意義	96
2. 本研究の研究手法	97
II. 我が国の集材機作業	99
1. 我が国の集材機とその作業の変遷	99
2. 我が国の集材機とその作業の現状	100
3. 集材機に対する改良要望	108
III. 集材機運転手の労働環境	111
1. 生体負担の概要	111
2. 集材機運転手の生理的負担	113

3. 集材機運転手の疲労	116
IV. 集材機運転手からみた運転作業環境	122
1. チェックリスト調査の意義とその概要	122
2. チェックリストによる調査	124
3. 運転手からみた運転作業環境の重要度	126
V. 結 論	134
謝 辞	136
引用文献	137
Summary	139

I 結 論

1. 本研究の目的並びに意義

現在、我が国における集材作業は機械化され、林業労働者に対する労働負担も軽減化の方向にある。しかし、機械の使用は人間に別の意味での疲労を生じさせる結果となっている。この問題は機械に対する人間の適合の問題であり、簡単に述べれば機械の使いやすさ、取り扱い性の良否で表現されるものである。この適合がうまくいかない場合、その結果は作業者に肉体的、精神的な負担をかけ、それが作業能率の低下、ひどい場合には人身障害、事故をも引き起こす結果となってくる。つまり、効率の良い機械でもそれを扱う人間との適合性が良くなければ総体的な効率は下がる訳である。このため、機械設計にあたっては機械の性能向上だけでなく、人間にも最適な機械設計を目指さなくてはならない。本研究は、この目的を達成する一方法として「人間工学」的に林業機械のひとつである集材機を取り上げ、その作業環境資料を収集分析し、集材機設計資料として役立てることを主な目的とした基礎的な研究である。なお、本研究で取り上げる集材機は研究の性格上、比較的馬力の大きな集材機が主となった。

我が国における集材機に関する研究は大別すると、集材機架線に関する研究、運転制動に関する研究、集材システムに関する研究、集材の作業能率に関する研究にわけられる。特に、集材機作業に用いられる架空索に関する研究は、古くは架空索理論研究より始まり、主索張力の研究、これに関連する作業索の問題、ワイヤロープ摩耗の研究と多数の研究業績があげられる。これに比べ、人間工学的に集材機作業について検討を加えた研究は我が国では少ない（上飯坂実，1971）。

ここで我が国の林業界における人間工学的研究の流れをのべる。林業において「人間工学」という言葉が使用されたのは、1926年の鎬木による「林業上人間工学の考察」である。この論文は経済面を考える上で必要な要因を人間工学を利用して考えており、人間の基本能力中心から発展していく人間工学の側面とは異なる考え方をもつものであった。その後しばらくは人間工学的研究はみられないが、1937年ごろに大沢が時間研究による作業工程の研究を、平山は労働科学論を中心とした「林業労働序論」を発表、原田らは伐木造材作業の工程と労働者の体力調査を発表、1944年には掘岡らが林業労働のエネルギー代謝率の測定をはじめている。その後国有林では、1949、1950年に労働医学心理学研究室と公衆衛

生院に研究依頼を行い、林業労働の実態調査から林業労働の問題点を指摘している。この頃から宮川、辻らにより林業の機械化には労働科学的研究も必要であるという思想がみられ、その基礎的資料として藤林、辻らは1950年から林業労働の各種作業の労働強度をエネルギー代謝率によって測定する研究を行っている。機械作業における精神的労働負担の研究は1960年大河原らがトラクタ運転手に関して、秋保がチェーンソー作業員に関してフリッカー値による測定をしている。また、辻は自覚症状調査でチェーンソー作業時の騒音、振動の人間側への影響を研究している。1955年には秋保がチェーンソー騒音の測定を、1960年には富永がチェーンソー騒音のマフラーによる防音対策を検討している。1964年には加藤、大里らが騒音による聴力損失に着目し、作業のオンタイム、オフタイムの考え方を導入している。振動問題は林業ではチェーンソーの振動対策が主であり、主な研究として藤井の1969年のソーチェーンの歯角度の検討、1970年の人体への振動伝達に関する研究、辻の1966年の整備実態調査がある。全身振動の研究は林業では数少なく、1963年の林道路面との対応で考察を進めた岩川の研究がある。

以上のように、林業界で人間工学的研究の範疇に含まれるものは、労働科学的研究、作業環境としての振動、騒音の研究であるがその数は少なく、特に林業機械の運転環境の分野については人間工学的な研究はまだ手がつけられていないといえるであろう。

諸外国における人間工学的研究は、農業用トラクタに関する振動、騒音の研究、運転手の労働負担に関する研究と数多いが、ケーブル・システムに関しては生産性向上に関する研究が多く（BINKLY, 1965）、（BROWN, 1949）、（CONWAY, 1976）、（PEARCE, 1972）、（WACKERMAN, 1952）、人間工学的側面の研究では最近チェックリストを使用した労働環境の調査がみられるようになってきたのが現状である。

2. 本研究の研究手法

本項では本研究で展開される「人間工学」の林業における適用範囲を考える。「人間工学」の定義は諸々の説があるが、本研究では「人間が関与する作業環境や諸々の作業環境内で操作される機械装置類と人間特性の適合性の追求のために必要な諸因子の研究」と定義する。林業作業における人間工学的研究としては、Fig. 1に示す人間-機械系を研究するもの、人間-作業環境系を研究するものが考えられる。人間-機械系の研究では、機械と人間とのより良い適合を求め、そのために機械の操作性、居住性（取り扱い性）を検討することになろう。人間-作業環境系の研究では、作業環境より情報を得、そのときに発生する人間特性に基づいた人間行動、動作の検討を行うこととなろう。このような人間工学的研究の対象となる林業作業の改善目標は、林業作業者の労働負担の軽減化があり、これから派生する作業の安全性、作業の快適性、作業能率の向上等があげられる。

このような考え方で林業機械の中で集材機運転作業環境を選び、基礎的な人間工学的検討を行ったのが本研究である。本研究の目的は集材機運転作業の快適性を指すものとなるが、運転作業においては機械がもたらす物理的環境の人間に対する影響はそれが害にならない程度は情報を得るために必要なものである。これを集材機運転作業の人間-機械系の情報伝達図（ZANDER, 1970）で検討する（Fig. 2）。運転手は集材機本体と環境より情報を受け取り記憶して、運転手のもつ基準値と比較検討することにより集材機運転操作の選択をする。次に、このとき出された操作量をまわりの作業環境と対比し、その差

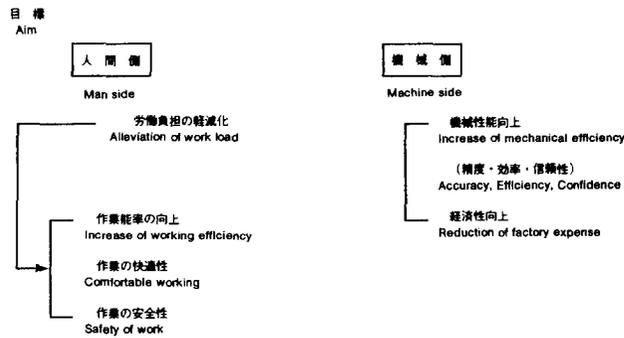
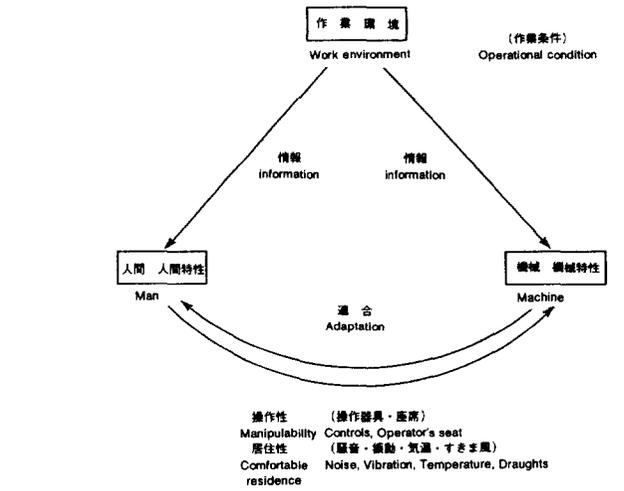


Fig. 1. 作業環境と人間工学
Relationship of ergonomics and work environment

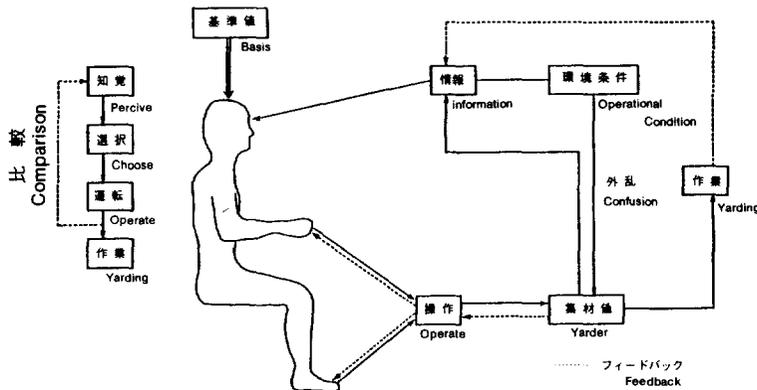


Fig. 2. 集材機運転作業モデル (ZANDER, 1970)
A model of operator in operating yarder

をフィードバックし、運転手のもつ基準値のズレの修正を行い、再度微調整の操作を行う。つまり、これは集材機運転作業においては作業索の繰り出し量を山元での荷かけ手の合図を聞きながら、あるいは土場では材と荷はずし手の動きを見ながら運転操作の情報を得て操作することであろう。この動作の精度は作業能率、作業の安全性にも大きな影響を与えることになる。人間—機械系の接点が適正であること、機械が人間にうまく適合していることが重要となる理由である。つまり、機械効率と機械に対する人間の効率の積を最大にもっていくことが総合効率も高めることにもなる。以上のことをまとめると、運転作業の快適性を目指し、機械効率を高めるためには、人間—機械系の最良な適合（人間—作業環境系も含めて）を得る必要があり、そのためには以下のことが必要となる（新井清一，1974）。

- ①人間が機械操作者として機械の空間的系に適合していること
- ②機械、環境条件からの作業情報が操作者に正確に伝わること
- ③機械まわりの環境条件が操作者に不快感を与えないこと

また、Fig. 2の運転作業モデルは次のことも示している。つまり運転作業のポイントとなるのは操作に必要な情報がいかにうまく適正に運転者に伝達されるか、機械がいかに適正に運転手の指令どおり動くかである。このような運転作業モデルを本研究では情報系、操作系、これらの系に外乱を与える作業環境系で成立していると定義した。

この観点に基づいて、この研究は実際の作業現場より得られた資料を基に、集材機運転作業を人間側より解釈することによって、現在の集材機運転作業の問題点を抽出し、改善方向を見いだすことを目的とする基礎的研究である。本研究の結果が集材機の改良、開発時の設計の基礎的資料として何らかの示唆を与えることが可能であると筆者は考えている。

Ⅱ 我が国の集材機作業

1. 我が国の集材機とその作業の変遷

我が国において集材機作業が本格的に行われるようになったのは大正中期以降である。最初の集材機導入は1913年にリジャウッド会社製の蒸気機関付き集材機を台湾の阿里山の伐採に使用したことである。1928年には我が国最初のガソリン機関付きクライド型集材機が森藤製作所で製作され、この集材機は木曾で使用された。またこのころになると、先柱まで引き戻し索を伸ばすことによりハイリード方式でまず引き寄せ、その後元柱まで集材するという2段式集材方式から曲線集材方式へと集材方式の改良もみられた。曲線方式とは、例えば、1932年王滝出張所で行われたものはアングルロープと称する中継ロープを使用し、これは屈曲点で主索をガイドブロックで横方向に引き、この屈曲点を避けて短絡するような形でアングルロープ両端を主索により込んで片持ち式の一輪搬器をもって運転するものである。索張り方式はスラックライン方式であった。1937年には王滝で巻き上げ機を用いたフォーリング・ブロック方式の曲線集材にも成功している。これ以降1946年までは戦時統制下にあり集材機作業の発展にはみるべきものはない。1947年になると富士産業株式会社でY形集材機の製作が始められた。この集材機の特徴は将来の施業奥地化を考え、軽量小型化の設計がとられたことである。このY形集材機は1950年ごろから国有林で大量に使われ、集材作業の機械化に大きな役割を果たした。1950年には塚本鉄工所による

エンドレスドラムを装着した集材機が試作され、熊本エンドレス式集材法の始めとなった。1951年にはスイス製ウィッセン集材機が輸入され、それが刺激となってセミモノコック構造、自動変速、自動クラッチ、油圧ブレーキなど軽量で移動容易、操作簡便なタイプの集材機の開発に目が注がれることとなった。1956年森藤機械製作所及び谷藤機械工業がトルクコンバータ付き集材機を製作した。1959年には南星工作所、森藤機械製作所、金崎工業、岩手富士産業、秋田木材などのメーカーが以前と比べより小型の集材機を発表した。この小型の集材機は先山集材、木寄せ工程の機械化に大いに貢献するものとなった。この頃の集材方式は2段、3段という多段集材が一般的であったが、工程を単純化して集材能率を高める曲線集材法が注目されるようになった。また、使用鋼索の損耗防止と集材機操作の簡便化、作業の安全などを目指して1942年頃から係留搬器に関する考察が盛んとなった。その後、集材能率の向上、造材作業の能率向上と安全確保などを考慮して全幹集材、全木集材による集材方式が導入され、国有林では1962年から機械集材は全幹集材、全木集材が主となった。また、1961年には東京営林局大子署で線状集材から面集材に発展するものとして扇形集材法あるいはY型集材法と呼ばれるものが始められた。これは先柱を固定しないで主索と直角方向に案内主索を張り、これにサイドブロックを介して主索を支持させ、集材の進行にしたい主索の先端を移動するものである。1964年には長野営林局福島署で円形集材法が考案された。これは搬器を利用したハイリッド方式集材で前述の面集材の別法というべきものである。このような状況の中で集材機も用途別に分化し、現状では2胴集材機、3胴集材機、4胴集材機と多種の集材機が使用され、さらにはリモコン集材機の開発などが進められている（日本林業技術協会、1974）、（山脇三平、1981）。

2. 我が国の集材機とその作業の現状

1) 集材機性能の概要

我が国の集材機の保有台数の推移は Fig. 3 のようで、保有台数は民有林関係に多く、それも10馬力以下の小型集材機の多いことが分かる。しかし、国有林においては20馬力以上の中・大型集材機が主であり、この研究はこの国有林保有の集材機を中心に進められる。

Fig. 4 ~ Fig. 10は集材機の各性能の関係を示している。これらの図から我が国で現在使用されている主な集材機の特徴は以下のように要約できる。

集材機の外形寸法は Fig. 4, Fig. 5 に示すように全高、全幅と比較して全長は機種により差がみられる。このことは Fig. 6 のエンジン出力の大小にもその傾向がみられる。集材機の全長は輸送の難易に影響を与えるので短いのが望ましい。重量は3 t ~ 4 t の範囲のものが多く、重量も輸送の難易に影響を及ぼすので軽量化が望ましい。セミモノコック形のフレーム構造、ボルト止めのフレーム構造など分解が容易で重量の軽減化がはかれる構造が良い。Fig. 7 で示されるように同出力のエンジン搭載機でもまだ重量差がかなりあり、重量軽減化の努力が必要である。Fig. 8 のワイヤロープ巻き込み容量は超大型集材機で2000m、大型集材機で1000m、中形集材機で500m~700mとランク付けができる。この巻き込み容量は集材作業の荷上げ、荷おろしの際の高さ、横取り距離、集材距離の長さに関係がある。また、容量が大きければ作業索などの撤収も楽である。集材作業に大きな影響を及ぼすものなので作業の際の機種選択の重要な因子となる。巻き上げ能力と巻き上げ速度の定格出力に対する関係は Fig. 9, Fig.

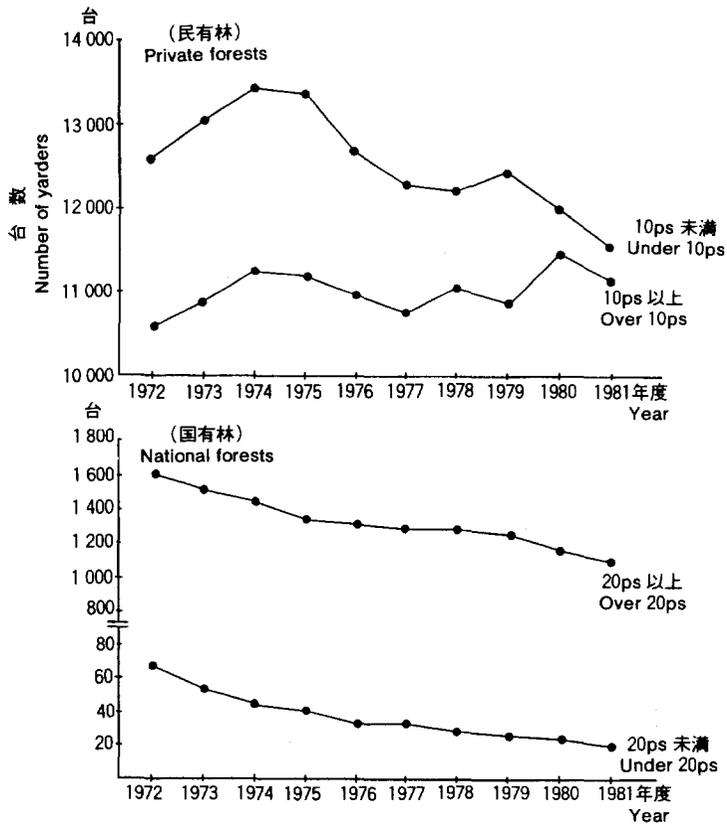


Fig. 3. 集材機保有台数の推移
Number of yarders for ten years

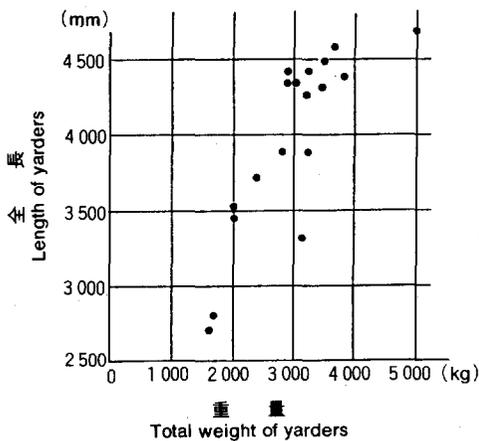


Fig. 4. 重量と全長の関係
Relation between total weight and length of yarders

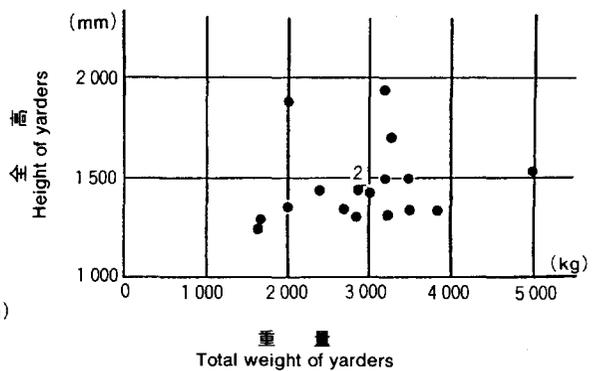


Fig. 5. 重量と全高の関係
Relation between total weight and height of yarders

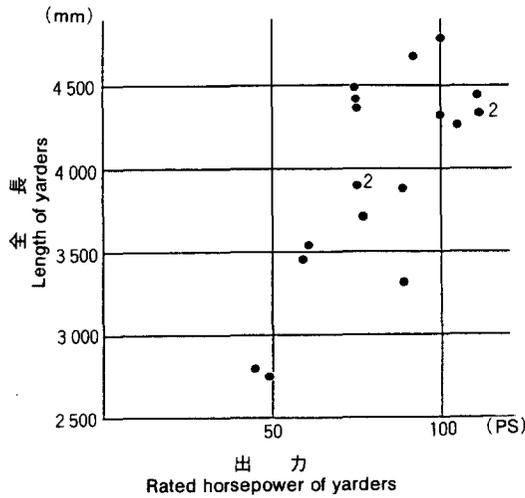


Fig. 6. 定格出力と全長の関係
Relation between rated horsepower and length of yarders

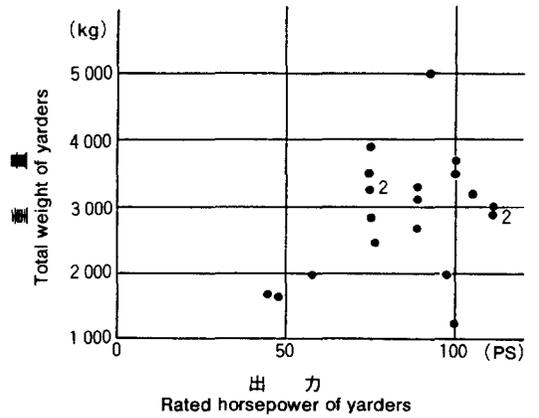


Fig. 7. 定格出力と重量の関係
Relation between rated horsepower and total weight of yarders

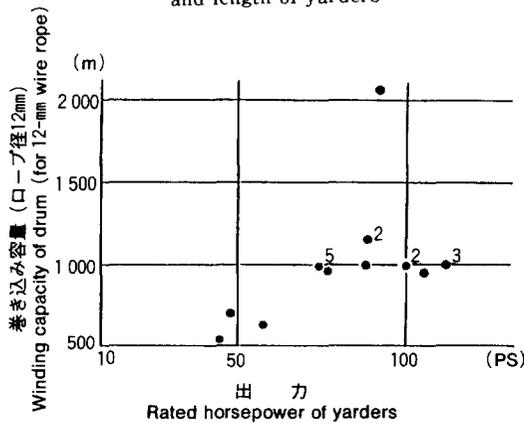


Fig. 8. 定格出力と巻き込み容量の関係
Relation between rated horsepower and capacity of drum

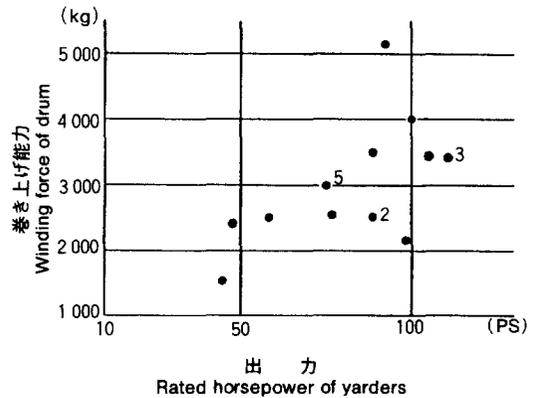


Fig. 9. 定格出力と巻き上げ能力の関係
Relation between rated horsepower and winding force of drum

10に示すとおりである。この巻き上げ能力と巻き上げ速度の値は巻き胴径とフランジ径の平均直径時における性能を示している。巻き上げ能力が特に必要ときは架設作業時の主索引き伸ばし、あるいは材の横取り荷上げ時であり、巻き上げ速度が必要ときは空搬器の戻しの場合である。巻き上げ速度は定格出力の大小よりもトランスミッションの構造上の相違が大きな影響を与えると考えられ、一般に自動変速機構を装備した機種で巻き上げ速度が速い傾向にある。このようにどちらも作業能率に影響を与える因子なので、特に集材木の大小、スパンの長さなどの作業条件を考慮して機種選定するのがよい。また、巻き上げ速度と巻き上げ能力は同一出力なら逆相関の関係となるので、この点も考慮の必要がある（林業機械化協会、1976）。

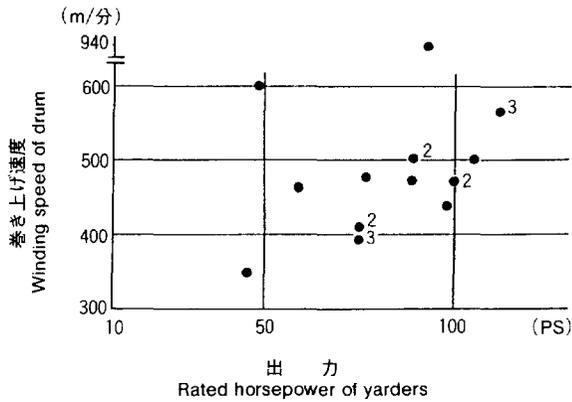


Fig. 10. 定格出力と巻き上げ速度の関係
Relation between rated horsepower and winding speed of drum

2) 集材機作業の現状

この項では国有林で1980, 1981年度に実行された集材機作業460例をとりあげ集材機作業の現状について, その概要を述べる。

(1) 索張り方式について

国有林における主な索張り方式の1966～1980年の利用頻度(各索張りを実行した製品事業所数/全対象事業所数(415事業所))を亀下はFig. 11のように示している(亀下英次郎, 1982)。これによるとエンドレス・タイラー方式は高い比率で安定状態で利用されているが, フォーリング・ブロック方式, タイラー方式は減少傾向にあり, その減少分を軽架線方式であるハイリード方式, ダンナム方式, モノケーブル方式, ランニング・スカイライン方式が増加することにより補っている。(下堂健次, 1983)

Table 1は営林局別の集材方法の相違を示す表である。集材機作業は秋田営林局と東京営林局以西で主に行われており, 北海道では函館営林局を除き集材機が使用されているが, その集材方式は小規模の軽架線方式であることが理解できる。

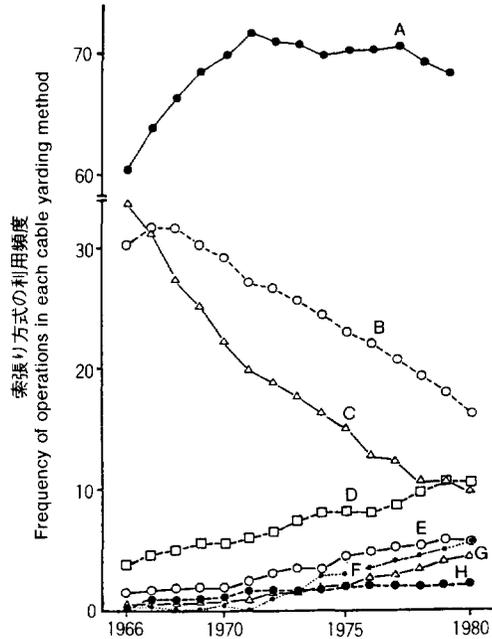


Fig. 11. 集材方式の推移 (亀下英次郎, 1982)
Change of cable yarding method

- A : エンドレスタイラー式 Endless Tyler
- B : フォーリングブロック式 Falling block
- C : タイラー式 Tyler
- D : ハイリード式 High-lead
- E : ダンナム式 Dunham
- F : モノケーブル式 Mono-cable
- G : ランニングスカイライン式 Running skyline
- H : スラックライン式 Slack-line

Table 1. 営林局別，集材方法別，作業量実績比率（1980年度）
Comparison of output by warding methods in each regional forest office in 1980

集材方法 Logging method	北海道 Hokkaido		旭川 Asahikawa		北見 Kitami		帯広 Obihiro		函館 Hakodate		青森 Aomori	
	面積 Area (%)	材積 Volume (%)										
タイラー式 Tyler	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5	0	0
エンドレスタイラー式 Endless Tyle	0	0	1	1	0	0	0	0	26	26	28	31
フォーリングブロック式 Falling block	3	2	0	0	0	0	0	0	5	8	1	1
クマモト式 Kumamoto	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
ホイスティングキャレージ式 Hoist yarding	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
スラックライン式 Slack-line	0	0	0	0	29	14	0	0	0	0	7	7
ランニングスカイライン式 Running skyline	3	0	1	1	4	5	1	1	0	0	0	0
ダンナム式 Dunham	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5
モノケーブル式 Mono-cable	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1
ハイリード式 High-lead	0	0	0	0	5	5	0	0	1	1	2	2
架線計 Total of cable yarding	6	2	2	2	38	24	1	1	36	40	44	48
トラクタ計 Total of tractor skidding	94	98	98	98	62	76	99	99	64	60	55	51
その他 Others	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(2) 索張り方式と作業条件

架空線を利用した集材方式には種々の索張り方式があるが、この項では前述の調査データを利用して索張り方式とそれが使用された作業条件の関係を考察する。作業条件は Table 2 がその集材作業条件を示し、Table 3 がその地形作業条件を示す。

各集材方式で集材作業条件を区分すると、伐倒方法は皆伐型と非皆伐型とに区分でき、非皆伐型はスラックライン方式、モノケーブル方式が多い。林道までの距離は近距離型と遠距離型とに区分でき、タイラー方式、エンドレス・タイラー方式、フォーリング・ブロック方式が遠距離型といえる。集材面積は大面積型と小面積型とに区分でき、タイラー方式、エンドレス・タイラー方式、フォーリング・ブ

秋 田 Akita		前 橋 Maebasi		東 京 Tokyo		長 野 Nagano		名 古 屋 Nagoya		大 阪 Osaka		高 知 Koti		熊 本 Kumamoto	
面積 Area (%)	材積 Volume (%)														
6	5	6	3	0	0	12	13	12	15	0	0	0	0	1	1
45	43	35	27	71	73	36	42	61	61	81	79	100	100	89	87
12	15	3	3	0	0	19	13	14	18	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
1	0	0	0	0	0	1	1	3	1	0	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0
2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
8	3	0	0	2	1	1	0	6	1	1	0	0	0	0	0
3	5	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
78	74	44	34	73	74	72	71	97	96	82	80	100	100	91	89
20	25	55	65	22	21	27	28	1	2	17	19	0	0	9	11
1	1	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ロック方式、モノケーブル方式が大面積型である。平均集材距離は長距離集材型と短距離集材型があり、タイラー方式、エンドレス・タイラー方式、フォーリング・ブロック方式、モノケーブル方式が長距離集材型となる。平均横取距離は長距離可能型と不可能型があり、タイラー方式、エンドレス・タイラー方式、フォーリング・ブロック方式が可能型に区分できる。

地形作業条件は、

○架線方向への傾斜を示すものとして支間傾斜角

○林地条件として林地傾斜、架設場所

○地形の複雑さを示すものとして主架線をよぎる沢の数（沢と架線の交点上に沢と直角の線をひき、

Table 2. 作業条件と集材方式
Relationship between yarding condition and method of cable yarding

作業条件 Yarding condition	伐採方法 Method of cutting (%)					林道までの距離* Distance between forest road and the center of cutting area (%)			集材面積 Yarding area (%)			平均集材距離 Average yarding distance (%)			平均横取距離 Average lateral yarding distance (%)			件数 Number	
	皆伐 Clear cutting	択伐 Selection cutting	漸伐 Advance reproduction	間伐 Thinning	その他 Others	150 m 未満 under	300 m 未満 under	300 m 以上 over	2.5 ha 未満 under	5.0 ha 未満 under	5.0 ha 以上 over	150 m 未満 under	300 m 未満 under	300 m 以上 over	35 m 未満 under	60 m 未満 under	60 m 以上 over	%	件 Number
タイラー Tyler	97	3				9	36	55	12	55	33	12	24	64	15	55	30	7	33
エンドレス・タイラー Endless Tyler	91	1	2	6		18	43	39	10	30	60	13	40	47	10	52	38	52	256
フォーリング・ブロック Falling block	92	4	2	2		25	53	22	40	40	20	20	51	29	35	45	20	11	55
スラックライン Slack-line	3	94	3			62	21	17	97		3	76	24		59	41		6	29
ランニング・スカイライン Running skyline	63	19	9		9	67	26	7	96	2	2	75	23	2	82	16	2	9	43
ダンハム Dunham	92	4			4	77	19	4	89	7	4	59	41		66	30	4	5	27
モノケーブル Mono-cable	12	38		50		41	50	9	64	18	18	26	59	15	100			7	34
ハイリード High-lead	88	12				65	29	6	100			71	29		88	12		3	7

* 伐区中心より林道までの距離

Table 3. 地形条件と集材方式

Relationship between terrain condition and method of cable yarding

地形条件 Terrain condition	支間傾斜角 Slope of span (%)			林地傾斜 Slope of terrain (%)			架設場所 Setting area (%)			沢数* Number of valley crossing skyline (%)			形状係数 Shape Index of cutting area (%)			標高差 面積 Relative height per cutting area (%)		
	10° 未 under	15° 満 under	15° 以上 over	25° 未 under	30° 満 under	30° 以上 over	山 腹 mountain- side	尾根から尾根 from ridge to ridge	谷 筋 alongside a valley	0	1	2 以上 over	0.25 未 under	0.50 満 under	0.50 以上 over	25m/ha 未 under	40m/ha 満 under	40m/ha 以上 over
タイラー Tyler	21	36	43	36	12	52	33	30	37	27	52	21	21	64	15	24	30	46
エンドレス・タイラ Endless Tyler	52	29	19	23	20	57	23	48	29	17	40	43	18	60	22	48	32	20
フォーリング・ブロック Falling block	43	35	22	34	31	35	36	35	29	36	46	8	31	51	18	20	31	49
スラックライン Slack-line	10	90		10	49	41	87	10	3	87	10	3	56	41	3	3	10	87
ランニング・スカイライン Running skyline	14	16	70	53	35	12	79	14	7	75	23	2	14	49	37	33	30	37
ダンハム Dunham	67	11	22	37	26	37	37	30	33	45	44	11	7	78	15	33	11	56
モノケーブル Mono-cable	35	15	50	39	26	35	76	3	21	94	3	3	32	42	26	47	18	35
ハイリード High-lead	18	18	64	35	41	24	65	6	29	82	18		18	58	24	12	29	59

* 架線を横切る主な沢数

この線上の同一標高点間距離をAとする。また、沢上の前記と同等の標高点より前述の交点までの距離をBとすると、 $B \geq A$ の時、これを沢と定義した。なお、同一標高点は交点に最も近い等高線を使用した)

○伐区形状を示すものとして形状係数（形状係数Sは、 $S = 4A / \pi L^2$ で示される。A:伐区面積 (m^2) L:伐区最長径 (m))

○伐区の起伏量を示すものとして標高差 (m) / 集材面積 (ha) をとりあげた。

各集材方式をこの地形条件で分類すると支間傾斜角では低勾配型と急勾配型に分かれ、低勾配型にはエンドレス・タイラー方式、フォーリング・ブロック方式、ダンナム方式が含まれた。林地傾斜では急勾配型に属するものはタイラー方式、エンドレス・タイラー方式、スラックライン方式であろう。架設場所は山腹型と架設場所を選ばない広適合型とに分かれ、スラックライン方式、ランニング・スカイライン方式、モノケーブル方式、ハイリード方式が山腹型といえる。沢数は前述の山腹型が沢数は少なく、広適合型は沢数が多い傾向にある。形状係数はスラックライン方式で帯状の形が多いが、他のものは主たる傾向がみられない。同様に起伏量もその傾向はつかみがない。

以上の検討で集材方式が分離できた作業条件を一括してTable 4に示した。この表より各索張り方式は作業条件により大規模型（タイラー方式、エンドレス・タイラー方式、フォーリング・ブロック方式）、小規模型（スラックライン方式、ランニング・スカイライン方式、ダンナム方式、ハイリード方式）、循環型（モノケーブル方式）の3区分で利用されていることが理解できた。

(3) 集材方式と集材機

Table 5は集材方式と使用されていた集材機性能の関連を示す表である。70馬力程度の集材機がよく使われ、エンドレス・タイラー方式では100馬力以上の集材機もよく使用されている。しかし、集材方式の「その他」（小規模型）で100馬力以上の集材機が使用されているが、これは検討の余地がある。ドラム数は、「2胴+1エンドレス」、「3胴+1エンドレス」が中心である。ほとんどの集材方式は「2胴+1エンドレス」が中心であるが、エンドレス・タイラー方式では「3胴+1エンドレス」が中心となっている。

3. 集材機に対する改良要望

1) 調査結果の概要

本研究の問題点抽出のために、現在使用されている集材機に対する改良要望に関する意見聴取を実施した。意見聴取は集材機17機種、国有林で働く集材機運転手37名で行い、全体で112件の改良要望が出された。その内訳は以下のようなものである。

- レバー関係では17件あり、操作力とその位置に関するものが多い
- ペダル関係では11件あり、操作力に関するものが多い
- レバーとペダルの併用を望むものが4件
- 座席関係では15件あり、その大きさ、調節幅に関するものが多い
- 視界関係では13件
- 運転室の広さで2件、出入り口関係で5件

Table 5. 集材方式と集材機性能
Relationship between function of yarder and method of cable yarding

集材機性能 Function of yarder	馬 力 (P S) Horse power of engine							ドラム数 Number of drum				合 計 Total
	60 未 満 under	60 以 上 Over	70 以 上 over	80 以 上 over	90 以 上 over	100 以 上 over	110 以 上 over	2 胴 2drums E	3 胴 3drums	3 胴 3drums E	4 胴 4drums	
タイラー Tyler			20	1		3	6	10	15	3	2	30
エンドレス・タイラー Endless Tyler	9	3	97	9	1	76	56	68	39	104	40	251
フォーリング・ブロック Falling block		2	30			5	15	25	17	4	6	52
モノケーブル Mono-cable	3	6	19			5	1	25	3	1	5	34
その他 Others	15	2	51			12	13	64	4	20	5	93
合 計 Total	27	13	217	10	1	101	91	192	78	132	58	460

E：エンドレス Endless drum

- 室内環境では暑さで6件、寒さで6件、窓の開閉関係で5件、排気ガス関係で2件
- 振動関係で2件、騒音関係で6件
- ドラム関係では6件で、ドラム数の不足に関するものが多い
- ブレーキ関係では5件
- クラッチ関係では2件
- エンジン関係では3件
- 移動の際の重量の関係で2件

以上の要望を分類すると純機械的に対処できる要望（機械系に対する要望）と、人間の特性を考慮しながら改良した方がよい要望（人間機械系に対する要望）とに分かれる。

2) 調査結果の分類

人間機械系（集材機運転作業系）は本研究では第Ⅰ章で考察したように情報系と操作系、これらを取りまく環境系の3系で考えている。情報系は集材機視界に関するものであり、操作系は操作器具、座席、計器、運転室の広さ、出入り口に関するものを考える。また、環境系は室内環境、振動、騒音に関するものである。

機械系の分類については、①ドラム数・②変速段数 ③定格馬力 ④全装備重量 ⑤全長 ⑥巻き込み容量（ワイヤー径12mm時） ⑦最大巻き上げ能力 ⑧最大巻き取り速度 ⑨ブレーキ操作方式（空圧操作か否か）の9要因を、集材機39機種を集材機性能を決定する要因として因子分析法（奥野忠一，1971）にかけ、その分類を試みた。

Fig. 12はその結果解析された因子荷量を示す。この結果では9要因が4グループ化できることを示している。①定格馬力、最大巻き上げ能力、最大巻き込み容量、最大巻き取り速度の「作業能率」を代表するグループ、②ドラム数、重量、全長の「集材機の大きさ」を示すグループ、それ以外の③「変速段数」、④「ブレーキ操作方式」の4グループである。よって、集材機性能はこれら4グループを代表する定格馬力、重量、変速段数、ブレーキ操作方式で表現できることになる。これを前述の機械系の改良要望項目と対比させて、ブレーキ→「制動性能系」；定格馬力、変速段数→「作業能率系」；重量→「移動性能系」の3系で分類した。

Fig. 13は以上の分類基準で集材機に対する改良要望を分類したものである。集材機に対する集材機運転手の改良要望なので取り扱いに関する項目で件数が多いのも当然であるが、かなりの改良要望が人間機械系であることが理解できる。このような要望に答えていくには機械特性のみでなく人間特性も考えた機械の改良が必要になるとと思われる。

Ⅲ. 集材機運転手の労働環境

1. 生体負担の概要

林業作業の生体負担に関する研究は、エネルギー代謝率を評価基準とした藤林の研究（藤林誠，1956）、フリッカー値を評価基準とした大河原の研究（大河原昭二，1960）、振動、騒音からその疲労を取り扱った辻らの研究（辻 隆道，1961）、疲労自覚症状を取り扱った石井の研究（石井邦彦，1975）

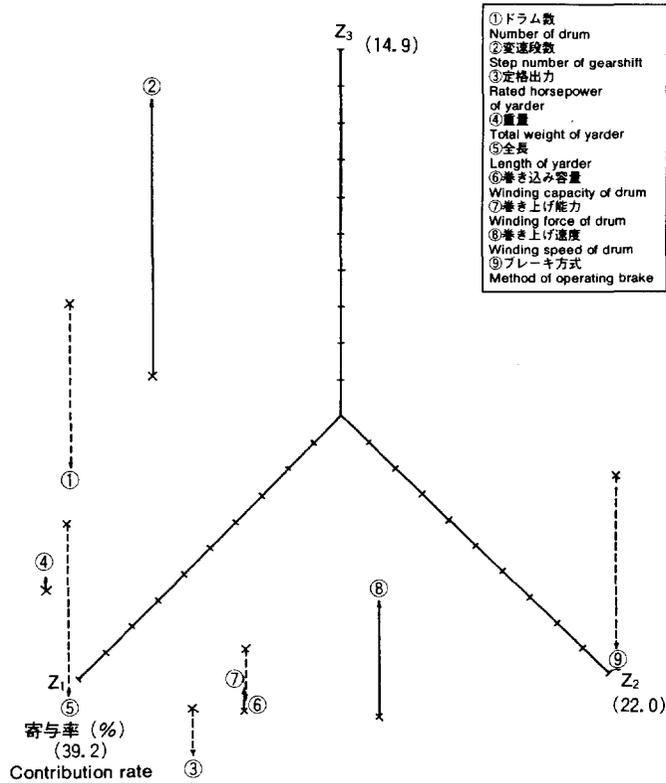


Fig. 12. 集材機性能の分類
Classification of function of yarder

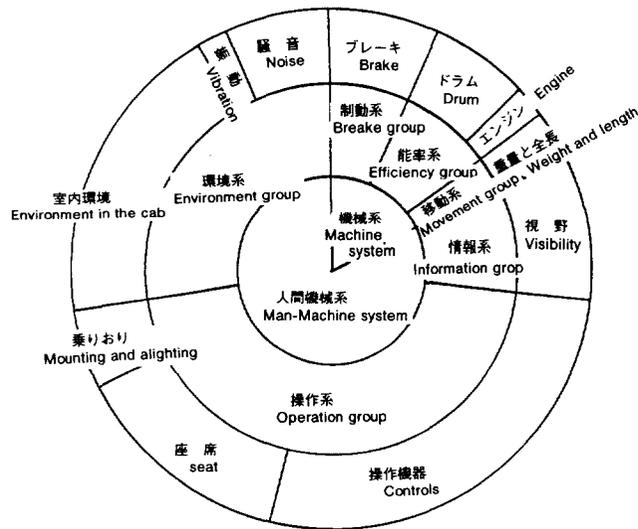


Fig. 13. 集材機に対する改良要望
Operator's demand for improvement to yarder

がある。しかし、集材機運転作業の疲労を取り扱った研究はまだまだ少なく、本章では集材機運転手の運転作業における生体反応を通じて集材機運転作業を人間工学的に評価し、その基礎的資料提供と集材機運転作業の問題点を抽出することを目的とする。

人間があるシステムの中で作業する場合、作業の性質や単位時間当たりの仕事量に応じていろいろな心身の活動が要求される。作業を人間工学的に評価するというのはこの作業負担に応じて人間側に引き起こされる心身状態の変化、つまり、生体負担を測定、分析、評価することである。この生体負担は仕事をなすことにより直接引き起こされる生体反応（生理的負担）と仕事によって生じる疲労とに分けられる。そこで人間工学的に機械の使いにくさとか扱いにくさを生体反応で検討する場合、その一手法として機械使用時の生理的負担を計測、負担がより小さくなる方向を改良目的とする方法があげられ、また、他の一手法として機械使用後の疲労を測定して問題点を抽出する方法が考えられる。従って、本研究では前述の集材機運転作業の生理的負担面に関する検討は集材機運転手の作業中の心拍数を評価指標とする方法を、後述の疲労面に関する検討は集材機運転手の疲労自覚症状調査による方法をそれぞれ採用した。

2. 集材機運転手の生理的負担

1) 集材機運転作業の特徴

集材機運転作業が運転手に及ぼす生体負担の特徴を考えてみる。第1は運転手が外部環境（情報）と集材搬器の動きを合致させる作業であるため情報処理負担がある点である。第2は外部環境からの情報が少ないため、運転手が過少負担の状態になり、この過少負担からくる単調感は運転操作のミスにつながるため、運転手は単調感に打ち勝つべく精神的緊張を続け、この結果精神的ストレスを受ける点である。第3は運転作業環境が狭いキャビン空間内での作業であるため運転手はその振動、騒音、暑熱や寒さの影響を受け、また、前方注視を阻害する日照や反射光線、気象の変化による作業状況の変化に応じながら運転操作をする点である。第4に運転操作が座位姿勢のため、これが身体に楽な作業姿勢とはいえ、姿勢転換が長時間不可能なため、身体の圧迫部位の血液の流れが阻害され、しびれ、だるさ、苦痛感を伴う作業である点である。第5は運転操作が手足で操作器具類を操作するという局所の筋肉のみを使用する動的筋作業である点である（野沢 浩，1980）。

2) 心拍数測定の意義

本節では集材機運転作業の生理的負担面を心拍数を使用して考察する。心拍数の変動は以下に示すような作業でそれぞれの過程をへておくと考えられる。筋作業の場合は、筋紡錘の活動が神経系を介して心拍数の拍動を速めるよう作用することと、筋肉で発生した代謝産物が血液を介して促進神経を刺激するため心拍数の変動がおこると考えられる。また、精神的作業では、この作業が大脳皮質のレベルのものであるためその下部にある間脳に刺激を与え、この間脳の支配下にある心拍数が変動すると考えられ、情動的な緊張度を示す精神的作業にも、心拍数の変動は現れやすいと考えられる（ASTRAND, 1958）。

従って、前項で検討したように集材機運転作業が精神的緊張の高い要素を含む作業と操作器具類を操作するという動的筋作業、長時間の座位姿勢という静的筋作業をも含む作業と考えられるため、これら

作業の反応を表示すると考えられる心拍数を指標として選定した。

3) 集材機運転手の心拍数

(1) 心拍数の測定、分析方法

心拍数計測で注意する点は、個人差、日周期変動、生活条件の影響、時間変動の各変動要因を取り除くことである。従って計測の際は、被験者となる運転手はその作業に熟練していて普段とかわりない状態で作業を行い、測定時には休憩をはさむことにより疲労がかさならないように測定を行った。また、このようなデータを数多く収集することにより上記の変動要因が少なくなるよう配慮した。なお、本研究で取り扱ったデータ数は国有林で働く集材機運転手の心拍数40例である。

心拍数計測は、三栄測器株式会社製のテレメータを使用し、得られた信号を共和電業株式会社製の7ch データレコーダに記録させた。この信号を研究室で再生、三栄測器株式会社製のペン書きオシログラフで波形を描かせた。この心電図のR波間隔をオートプロセス株式会社製のカーブリーダーで1拍ごとに読み、1分当たりの心拍数に換算してデータとした。

(2) 心拍数の評価方法

心拍数評価は、安静時心拍数に対する作業時心拍数の増加量を当該作業による負担の程度とみて評価する。しかし、この増加量は同一の作業を行った場合でも、体格、年齢、日頃の運動量の程度などの影響を受け個人差の大きなものとなる。従って、一般的には変化率（心拍数増加率）をとることより個人差の影響を少なくしている（沼尻幸吉, 1974）。本研究でも作業負担の評価の指数として心拍数増加率をとりあげる。この心拍数増加率は以下で示されるものである。

$$\text{心拍数増加率} = \frac{\text{作業時心拍数} - \text{安静時心拍数}}{\text{安静時心拍数}} \times 100$$

なお、安静時心拍数の計測は、集材機運転室内に被験者をすわらせ、エンジンをかけた状態で計測した。

その他、心拍数評価の方法として心拍数の変動をあげる例もある（石橋富和, 1968）、（室野英幸, 1982）。そこで、本研究ではその例として標準偏差をとりあげ指標とした。

(3) 集材機運転作業の労働強度

調査40例の1集材サイクル中の心拍数増加率は平均で27.1%であった。この値は、Table 6の他産業における運転作業（橋本邦衛, 1966）の平均心拍数増加率と比べると高い部類に入る。

しかし、心拍数の労働強度の評価例としてドイツにおける分類（労働科学研究所, 1956）（Table 7）があり、この分類では集材機運転作業は低い労働強度のランクとなった。この分類は動的筋作業の場合に当てはまるものであるが、後述の自覚症状結果（本章第3節）で集材機運転作業が、他産業との比較で肉体作業者に近い一般作業型の疲労に類似した結果を示していたことから、この分類も一つの基準となると思われる。

また、石井は集材機運転手16名のエネルギー消費量とエネルギー代謝率の調査結果（石井邦彦, 1980）で文献（橋本邦衛, 1973）による記述「8時間労働の好ましい限界は勤務平均エネルギー代謝率

Table 6. 運転作業中の心拍数増加率測定例（橋本邦衛，1966）
Example of increasing rate of operator's heart-rate at operating

作業種 Object	心拍数増加率(%) Increasing rate of heart-rate	摘 要 Remarks
林業用車両 Forestry machine	22-32	トラック 林道上走行 20-30km/h Truck Driving on forest road
	38-51	トラクタ 林道土工作業 Tractor Constructing forest road
電 車 Train	12.5	特 急 Express train
	10-20	普通列車 Local train
バ ス Bus	14.7	ワンマンバス One-man bus
	6-9	ハイウェイバス Super-express bus
	15-18	一般的なバス 30-50km/h Local bus
飛 行 機 Airplane	80	離着時 Flying from and at airport
	50	水平飛行時 Flying in the air

Table 7. 心拍数による労働階級の分類
(労働科学研究所，1956)
Classification of work intensity by heart-rate

心拍数増加率(%) Increasing rate of heart-rate	労働分類 Classification of work intensity
33-	低い Light work
- 67	適当である Moderate work
-100	高い Heavy work
-133	たいへん高い Very heavy work
133-	極度に高い Extremely heavy work

で3（集材機運転手0.63），1800 Kcal（集材機運転手833-1419 Kcal）」と比較して「疲労の蓄積がない」と結論づけている。本研究の心拍数評価結果とこの調査結果を考え、集材機運転作業は労働強度でそれほど問題にならない範囲内にあるといえる。

(4) 1集材サイクル中における心拍数の変化

Fig. 14は1集材サイクル中の心拍数増加率の変化を作業内容の異なる8作業工程ごとに示したものである。心拍数増加率は安静状態に近い「荷かけ待ち」,「荷はずし待ち」工程で最も低く,「搬器おろし」,「搬器走行」,「搬器上げ」工程の順に高くなる形となっている。全体的には材を搬器につけた状態の作業工程で心拍数増加率は高い。

Fig. 15は1集材サイクル中の各作業工程の心拍数の変動を各作業工程の心拍数の標準偏差で代表させた40例の平均を示している。心拍数の変動は「荷かけ待ち」工程が高く,次いで「実搬器走行」,「横取り」工程で高い。上述の結果と考え合わせ「荷かけ待ち」工程では心拍数は低いレベルにあるが,その変動は著しく,「実搬器走行」,「横取り」工程では,心拍数が高いレベルにあり,しかもその変動も著しいことになる。

心拍数増加率とあわせて心拍数の変動も考慮すると「横取り」,「実搬器走行」工程が特に作業負担の高い作業工程であるといえる。

3. 集材機運転手の疲労

1) 自覚症状調査の意義と概要

作業者の「疲労」を解明する手法として作業者の疲労感を自覚症状として記載させる方法がある。疲労感は疲労の「感情」なので作業者が体全体で感じた全体的な疲労感となるが調査は疲労感の個々のもの,例えば「頭がおもい」とか「ねむい」とかの個々の疲労感の自覚症状を作業者に評定してもらい,その総合として疲労感を評定するステップを踏む。この調査の利点は個々の自覚症状内容を分解して回答を求めるため,より確かな答えが得られることと,この回答を手掛かりとして疲労感の構造を分析で

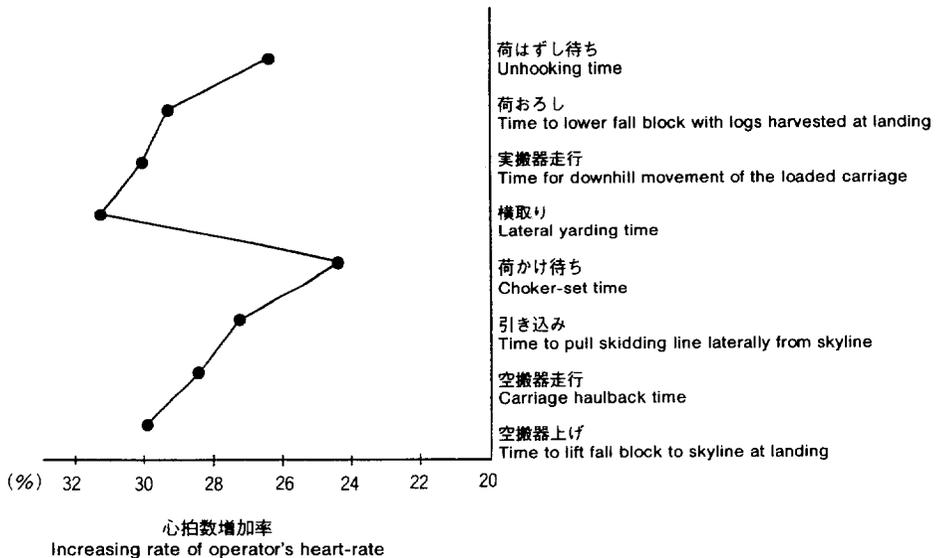


Fig. 14. 心拍数の増加率
Increasing rate of operator's heart-rate of yarder

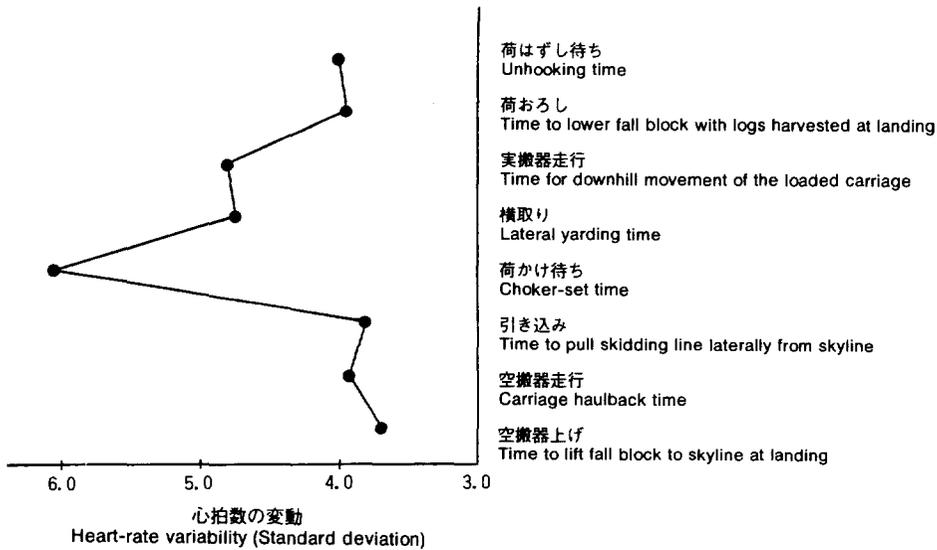


Fig. 15. 心拍数の変動（標準偏差）
Heart-rate variability (Standard deviation)

きることにある。

疲労自覚症状調査は1950年に桐原によって始められた（桐原葆見，1949）。その後検討改訂され（柏木繁男，1965），斎藤らの因子分析法による各項目の妥当性検討の結果（斎藤良夫，1970）をへて，成分を3成分（ねむけとだるさ，注意集中の困難，局在した身体違和感）として30項目からなる新しい自覚症状調査表が作成された。また，この自覚症状の項目分類の妥当性は小木らにより確かめられている（小木和孝，1970）。本研究ではこの自覚症状調査表を使用した（Table 8）。

2) 集材機運転手の自覚症状調査

自覚症状調査実施例数は，国有林で働く集材機運転手48名，のべ件数作業前後，各217例である。調査対象の集材機運転手の平均年齢は47.2才（標準偏差8.4）で，運転経験年数は平均で16.8年（標準偏差6.2）であった。

(1) 自覚症状調査各症状群の検討

自覚症状調査結果は Fig. 16, Fig. 17 のようである。各群の作業後平均訴え率はⅠ群12.8%，Ⅱ群6.3%，Ⅲ群12.1%，全体10.4%であった。酒井，狩野はフリッカー値の日内低下率限度（5%以下）から類推して，人間にとって好ましい作業後の自覚症状訴え率の限界は，10%内外であると述べている（吉竹 博，1973）。集材機運転手の場合10.4%であり，それほど問題にならない範囲内にあると考えてよい。

次に，各群の訴え率順序から集材機運転作業の作業型を考察する。文献（吉竹 博，1973）では各群の順序が「Ⅰ>Ⅲ>Ⅱ」のとき「一般作業型」，「Ⅰ>Ⅱ>Ⅲ」のとき「精神作業型」，「Ⅲ>Ⅰ>Ⅱ」のとき「肉体作業型」と区分できることを示している。この区分によれば集材機運転作業は一般作業型となる。

Table 8. 自覚症状調査項目 (吉竹 博, 1973)
Items of Subjective symptoms of Fatigue

I 群 group ねむけとだるさ (Drowsiness and dullness)	II 群 group 注意集中の困難 (Difficulty in concentration)	III 群 group 局在した身体違和感 (Projection of physical disintegration)
1 頭がおもい Feel heavy in the head	11 考えがまとまらない Feel difficult in thinking	21 頭がいたい Have a headache
2 全身がだるい Get tired of the whole body	12 話をするのがいやになる Became weary of talking	22 肩がこる Feel stiff in the shoulders
3 足がだるい Get tired of the legs	13 いらいらする Became nervous	23 腰がいたい Feel a pain in the waist
4 あくびがでる Give a yawn	14 気がちる Unable to concentrate attention	24 いき苦しい Feel oppressed in breathing
5 頭がぼんやりする Feel the brain hot or muddled	15 物事に熱心になれない Unable to have interest in things	25 口がかわく Feel thirsty
6 ねむい Became drowsy	16 ちょっとしたことが思いだ せない Became apt to forget things	26 声がかすれる Have a husky voice
7 目がつかれる Feel strained in the eyes	17 することに間違いが多くなる Lack of self-confidence	28 めまいがする Have a dizziness
8 動作がぎこちなくなる Became rigid or clumsy in motion	18 物事が気にかかる Anxious about things	28 まぶたや筋肉がピクピクす る Have a spasm on the eyelids
9 足もとがたよりない Feel unsteady in standing	19 きちんとしていられない Unable to straighten up in a posture	29 手足がふるえる Have a tremor in the limbs
10 横になりたい Want to lie down	20 根気がなくなる Lack patience	30 気分がわるい Feel ill

また、「疲労感」が大であるのは自覚症状調査のII群の訴え率と全体の訴え率の比が0.7以上である場合が多い(吉竹 博, 1973)。この面からの検討では集材機運転手の場合は0.6であり、「疲労感」の少ない職種といえる。

以上のように各群、全体の訴え率からみた集材機運転作業は疲労感の少ない一般的作業であると考えられる。

(2) 自覚症状各項目の特徴

Fig. 17によると作業後の自覚症状訴え率で高い項目は、25%以上の訴え率がある ⑦目がつかれる ②肩がこる ③腰がいたいという身体各部の局所的疲れを示す訴えであり、また、③足がだるい ⑩横

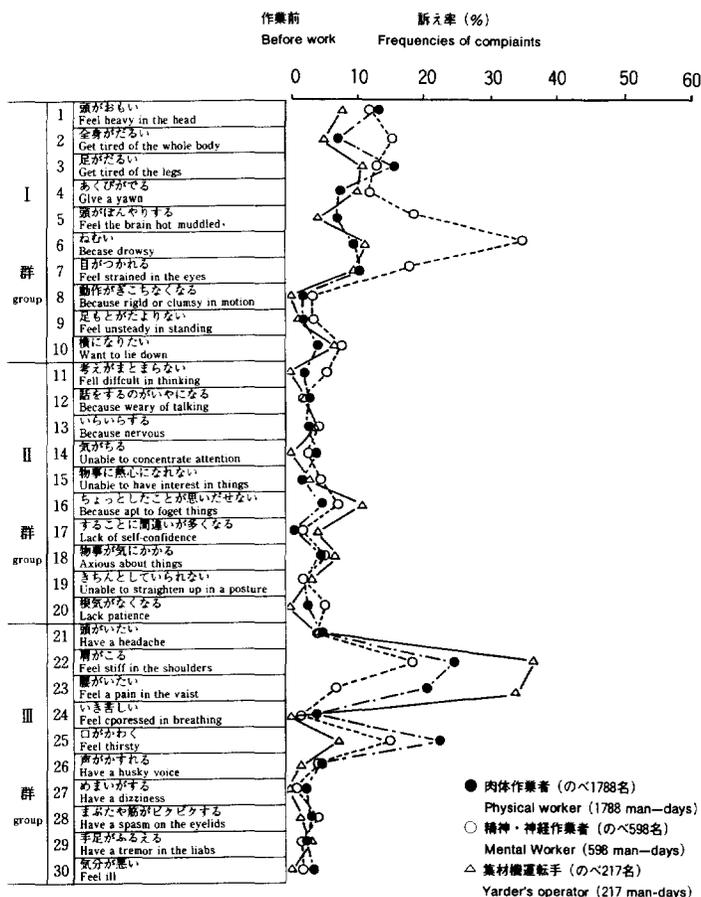


Fig. 16. 集材機運転手の自覚症状訴え率 (作業前)
Frequencies of complaints by Subjective Symptoms of Fatigue in the case of yarder operator (Before work)

になりたい の項目は20%以上の訴え率となっていた。25%以上の訴え率の項目は作業条件との関連で考えることが可能である (吉竹 博, 1973) とあるが、「目がつかれる」、「肩がこる」の症状はどの自覚症状調査結果でも訴え率が25%を超える項目なので、集材機運転作業で特に問題となる項目は「腰がいたい」であろう。この項目の原因と考えられるものは集材機運転作業の特徴で述べた項目のうち、長時間運転による腰部、臀部への負担などであろう。また、20%台の訴え率で「足がだるい」、「横になりたい」がでてるのは集材機運転が手足の操作のみで作業する動的筋作業であることが原因であろう。

Fig. 17の**印は作業前と作業後の訴え率の平均値の差の検定で1%有意差のあった項目である。前述の項目と、①考えがまとまらない ②根気がなくなる のII群の「注意集中の困難」を示す項目が有意である。これは前述の身体各部の局所的疲れから生じる疲労、あるいは「単調感」から生じる疲労と考えられ、このII群の項目の疲労は重大災害に結び付きやすい疲労であるため問題のあるところであらう。

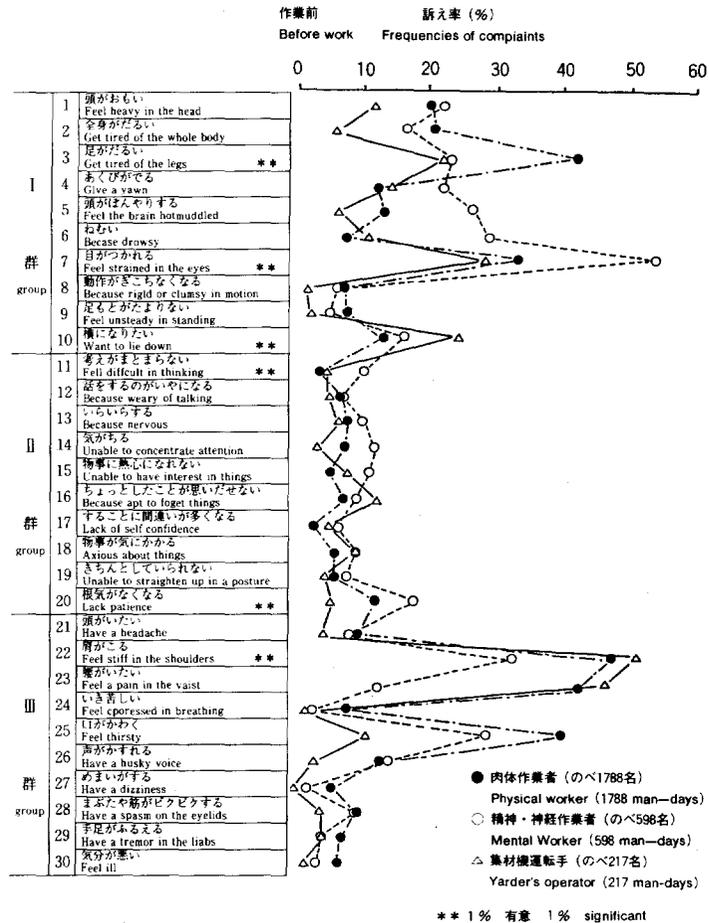


Fig. 17. 集材機運転手の自覚症状訴え率 (作業後)
Frequencies of complaints by Subjective Symptoms of Fatigue in the case of yarder operator (After work)

う。

作業前値で訴え率の高い項目に、②肩がこる ③腰がいたい がある。これらの項目は慢性的な疲労となっていることが考えられ、その対応策が必要となろう。

(3) 他産業との比較

Fig. 16, Fig. 17は、他産業の肉体作業者と精神、神経作業者の平均訴え率と集材機運転手の訴え率の比較を示すものであるが、集材機運転手の疲労が肉体作業者の疲労に類似していることが分かる。

(4) 自覚症状の訴え率の変動

Fig. 18は自覚症状訴え率各群の作業日ごとの変化を示したものである。日付は休日より何日目に当たるかを示している。各日とも作業後訴え率が作業前訴え率より高くなっている。また、各群とも作業後

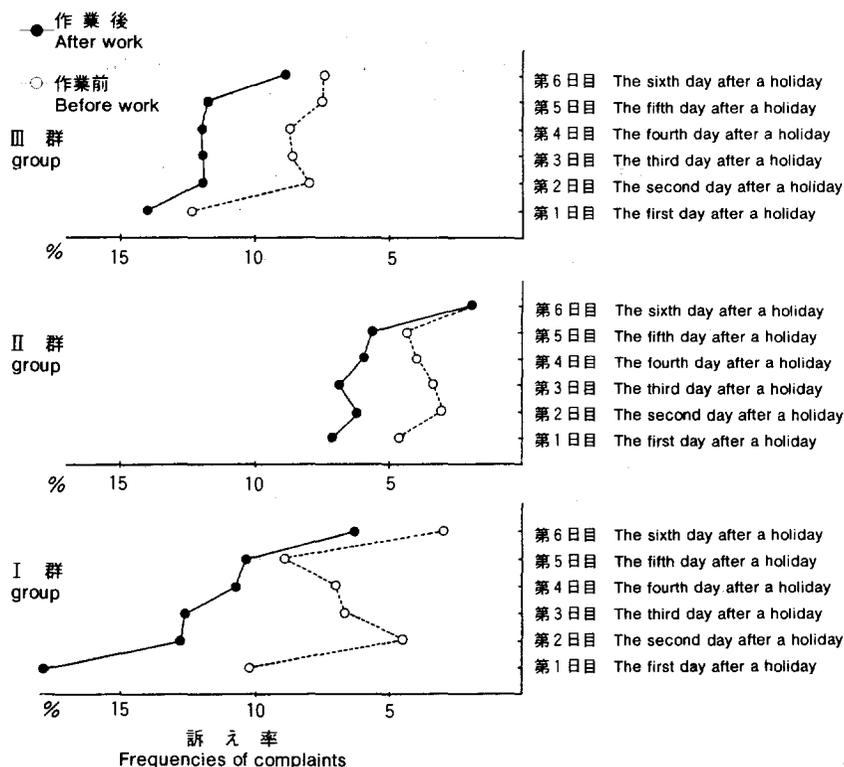


Fig. 18. 自覚症状訴え率の日による変動
Daily frequencies of complaints by Subjective Symptoms of Fatigue

訴え率が日がたつにつれ減少傾向にあり、作業日ごとの作業疲労が日がたつにつれ減少していることを示している。

この訴え率の変化をフリッカー値による疲労判定の方法と対比させて考察する。大島はフリッカー値について次の二つの指標を提案している（大島正光，1960）。

$$\text{日間低下率} = \frac{\text{作業後値} \times 100}{\text{休日の翌日の作業前値}} - 100$$

$$\text{週間低下率} = \frac{\text{週の最終日の作業前値} \times 100}{\text{休日の翌日の作業前値}} - 100$$

フリッカー値で作業前値を休日の翌日のものを使用したのは、労働が厳しかったり回復が充分でない場合疲労が翌日に持ち越されて翌日の作業前値が当日より低下し、これが繰り返されることにより、その日の作業前値を使用すると日間低下率、週間低下率が小さくなる可能性があるからである。

このフリッカー値の考え方を自覚症状訴え率に対応させて考えると、「日間低下率」は「第1日目の作業後の訴え率」－「第1日目の作業前の訴え率」（日内変化度と定義する）、「週間低下率」は「第6日目の作業前の訴え率」－「第1日目の作業前の訴え率」（週内変化度と定義する）となる。各群の訴

Table 9. 日内変化度, 週内変化度の分散分析
 Analysis of variance about the frequencies of operator's complaints
 by Subjective Symptoms of Fatigue in a day (A) and in a week (B)

(A) 日内変化度 (n=858)			(B) 週内変化度 (n=698)		
I	II	III	I	II	III
1.775	0.898	0.388	-2.005*	1.107	1.123

F 値 F-value

* : 5 % 有意 5 % Significant

S.S.F : 疲労自覚症状

S.S.F : Subjective Symptoms of Fatigue

(A) = (第1日目の作業後の訴え率) - (第1日目の作業前の訴え率)

(A) = (The rate of complaint's frequencies by S.S.F. after work at the first day in a week) - (The rate of complaint's frequencies by S.S.F. before work at the first day in a week)

(B) = (第6日目の作業前の訴え率) - (第1日目の作業前の訴え率)

(B) = (The rate of complaint's frequencies by S.S.F. work at the sixth day in a week) - (The rate of complaint's frequencies by S.S.F. before work at the first day in a week)

え率の平均値の差の検定は Table 9 のようである。「ねむけ」と「だるさ」を示す I 群において日内変化度がやや大きい(1日当たりの疲労がやや大である), 週内変化度も大きい(疲労の蓄積はない)ことが分かる。

(5) 作業条件別の訴え率

訴え率を変動させる要因を考察する。分析は数量化 I 類を使用した。その結果は Fig. 19 に示すとおりで、目的変数は自覚症状訴え数の合計値をとっている。この結果から訴え数に影響を与えている要因は集材機の種類, 馬力, 古さ, 年間運転日数と休曜日より数えた運転日数の各要因であり, いわゆる運転手の質(体格, 経験年数, 年齢)は要因として影響が低いことが分かる。

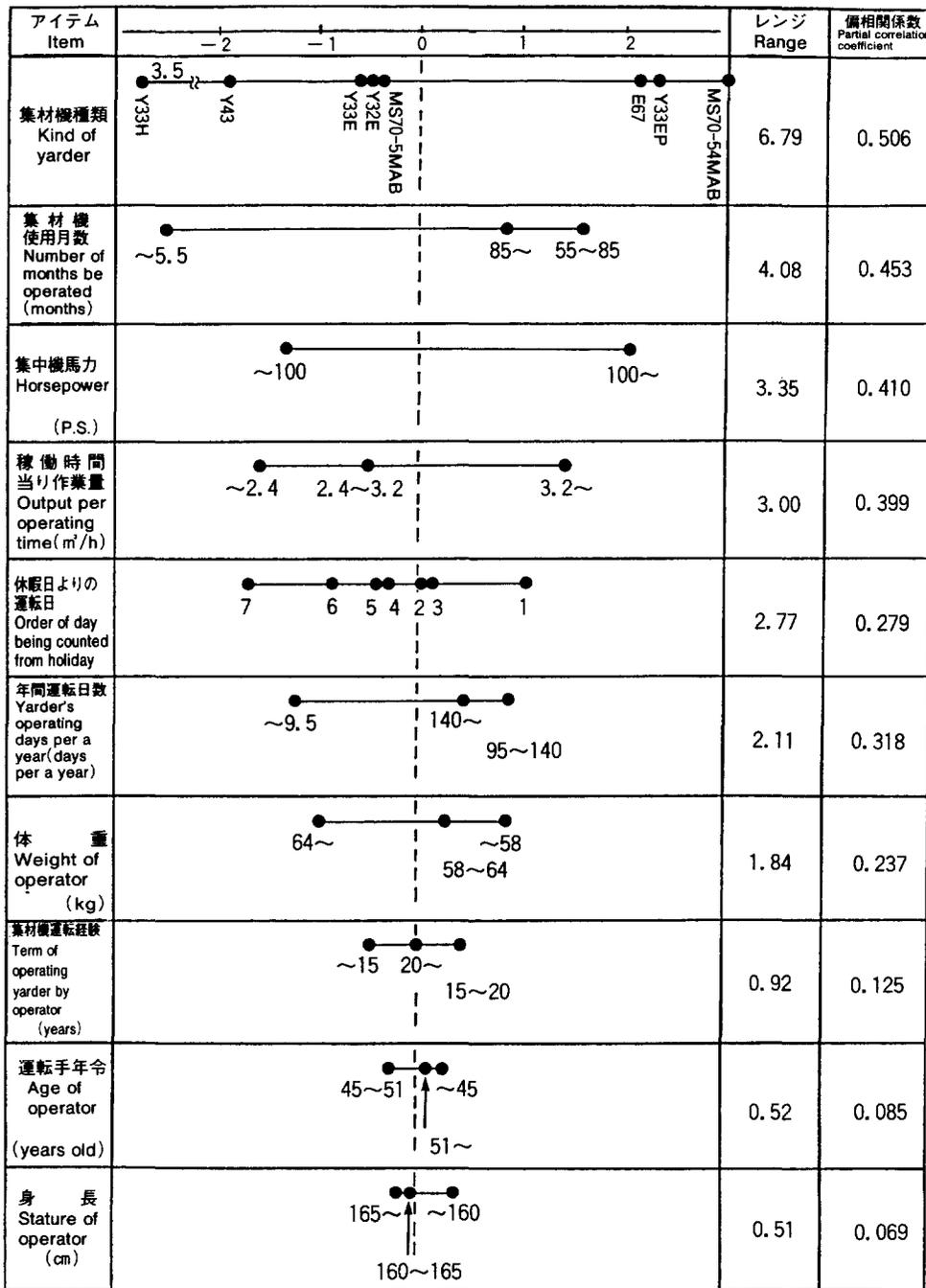
次に影響の大きかった集材機の種類をメーカー, ドラム数に分け, さらに馬力, 集材機使用月数の合計4要因について自覚症状各群の訴え数合計値で分散分析を行った結果が Table 10 である。ドラム数, 集材機使用月数, 馬力の各要因で有意差のみられるものが多い。

IV 集材機運転手からみた運転作業環境

1. チェックリスト調査の意義とその概要

これまでに農林業の運転機械の取り扱い性や操縦性について考察した研究は, 例えば農業用トラクタでは酒井らが行った研究(酒井 学, 1970) などがあるが, 林業用機械に対するものは少なく, 特に集材機に関するものは少ない(ZERBE, 1976)。この章では人間工学的チェックリストを使用して集材機取り扱い性に関する問題点を抽出, 具体的な問題点を探る。

本章で使用する林業機械運転手に対するチェックリスト調査の意義とそのデータの特徴は以下のように考えられる(飯山雄次, 1966)。



重相関係数 0.669
Multiple correlation coefficient

Fig. 19. 自覚症状訴え率に対する各要因の影響
An effect of factor upon frequencies of complaints by Subjective Symptoms of Fatigue

Table 10. 自覚症状各群の訴え数と要因の分析
Factors having an effect upon frequencies of operator's complaints by
Subjective Symptoms of Fatigue

	I 群 group	II 群 group	III 群 group	全 体 Total
ド ラ ム 数 Number of drum	**	**	**	**
メ ー カ ー Kind of maker	—	—	—	—
集材機使用月数 Number of month be operated yarder	—	*	**	**
馬 力 Horsepower	*	**	—	*

— : 有意差なし No significant * : 5% 有意 5% significant ** : 1% 有意 1% significant

① 長い経験をもつ者の意見は測定器と同様の役割をなし総合的な評価ができる。ただし、感覚に訴えるため正確な数値で表現するのは困難でこまかな計測には不向きである。

② 機械の取り扱い上のマイナス面、「不便さ」、「取り扱にくさ」、「操作上の不愉快さ」、「操作による疲労、事故、傷害、疾病」などは、機械使用後はじめて理解できるものなので、その意見を聞く以外に資料を得る最適な方法がない。

③ 使用者も機械を長時間使用するとその慣れから操作上の不便さが意見としてでにくくなる。このため、被験者の個人的特性（経験、年齢、体格、性格など）を吟味した調査が必要になる。

チェックリストを使用した調査は以上のことを踏まえた調査が必要であろう。

本研究で使用したチェックリストは、「運搬、操縦用の機械類のための人間工学的チェックリスト(1969) (HANSSON, 1969) の改訂版である。これは National Board of Occupational Safety and Health とスウェーデンにおける Royal College of Forestry の検討により作成、主に木材、建設関係の機械の人間工学的研究に使用され、この検討後完成したチェックリストである。

2. チェックリストによる調査

1) 調査結果

調査対象運転手は国有林の集材機運転手57名で、平均年齢 48.7才（標準偏差5.1）、平均運転経験年数17.8年（標準偏差6.2）であった。チェックリスト質問数は40であり、これらの質問に対して運転手に Yes, No の答えを記載させる方法で行った。この調査の結果は Table 11に示すとおりで、この表では訴え率の高い32項目を示している。振動、騒音、視野、室内環境に関連する項目で訴え率が高い。

2) 調査項目のパターン分類

上記で訴え率の高かった32項目を分類整理するために因子分析法を試みた。データは57データである。この分析結果から12因子が抽出され、累積寄与率は77.4%であった (Table 12)。表では各因子と

Table 11. 人間工学的チェックリスト調査による訴え率
Frequencies of operator's complaints to yarder by an ergonomic checklist

チェックリスト項目 Item of an ergonomic checklist	訴え率 (%) Frequencies of complaints
夏の暑さからうまく保護されていますか Is the operator protected from the heat in summer?	62
機械は振動から守られるような設計になっていますか Is the design of the machine satisfactory from the point of view of vibration?	54
すきま風が入ってくるようなことはありませんか Is the operator protected from draughts?	52
窓から外を見るとき、反射で困ることがありますか Are the cab windows free from distracting reflections?	44
運転中、上の方はよく見えますか Does the operator have sufficient upward visibility?	38
耳栓をしないで騒音で作業中いらいらすることはありますか Is the cab free from irritating noise if the operator does not put on ear muff?	33
乗り降りに不自由は感じますか Is the access to and from the cab convenient?	27
座席のスプリングはショックに対して十分対応できますか Is the seat well spring and does it have good shock absorbing properties?	27
乗り降りの際スリップの危険はありませんか Can the operator mount and alight with no danger of slipping?	25
座席は簡単に調節できますか Is the seat easy to adjust?	25
冬の寒さからうまく保護されていますか Is the operator protected from the cold in winter?	25
座席の位置や背もたれの傾斜は良好ですか Are the position of the seat in the cab and the angle of the backrest satisfactory?	23
計器類は見やすくなっていますか Can the instruments be monitored at a glance?	23
運転室は排気ガスの臭いがしませんか Is the cab free from any smell of fumes?	23
レバーを操作するのに無理な力をいれなくてすみますか Is the actuating force of lever lower than the specified maximum?	19
運転室は油やガソリンの臭いがしませんか Is the cab free from any smell of oil or gasoline?	19
乗り降りの際に、事故を起こしやすい危険なものがでていませんか Can the operator mount and alight with no risk of injury from other causes?	17
座席、背もたれの張り具合(摩擦、通気具合)は良好ですか Is the upholstery on the cushion and backrest satisfactory?	17
座席の高さ、長さの調節範囲は十分ですか Is the adjustment range of the height and depth of the seat adequate?	17
必要だと思われる計器類はすべてそろっていますか Are all essential instruments and signals provided?	17
機械に視野のじゃまになるものがついていませんか Are machine components located such that they do not obstruct the view of the operator?	17
レバーの本数は適当になっていますか Is the number of lever adequate for the functions?	15
騒音で難聴の危険がありませんか Is the noise level in the cab below that which could cause hearing damage?	15

Tablb 11. (つづき) (continued)

チェックリスト項目 Item of an ergonomic checklist	訴え率 (%) Frequencies of complaints
体をねじったり無理な姿勢をしないで操作できますか Can the operator work without having to twist his body or having to adopt uncomfortable postures?	13
作業位置はおおむね快適ですか Is the working position generally comfortable?	13
運転室の広さは十分ですか Is the size of the cab satisfactory?	13
ペダルを操作するのに無理な力をいれなくてすみますか Is the actuating force of pedal lower than the specified maximum?	12
ペダルの本数は適当になっていますか Is the number of pedal adequate for the functions?	12
運転中、まわりの状況がよく見えますか Does the operator have a clear view of all that he needs to see to do his job properly?	12
機械の振動が作業を妨げませんか Is the machine free from vibration that the operator could work satisfactorily?	12
作業中の振動は快適性からいって、がまんできるくらいのものでしょうか Is the machine free from vibration that could adversely affect the general comfort and well-being of the operator?	6
座席の安全性は保たれていますか Is the seat securely anchored?	4

も因子負荷量0.300以上の項目をあげている。各因子は第1因子「乗り降り」、第2因子「操作器具」、第3因子「座席」、第4因子「排気」、第5因子「視野」、第6因子「作業位置」、第7因子「振動」、第8因子「室内環境」、第9因子「操作性」、第10因子「計器」、第11因子「運転室」、第12因子「騒音」と解釈できた。

3. 運転手からみた運転作業環境の重要度

1) 調査方法

前節の結果を参考に項目を11項目にしぼり集材機運転手の各項目に対する関心度の強さを調査した。11項目とは、①乗り降り ②作業位置 ③座席 ④運転室 ⑤操作器具 ⑥計器 ⑦視野 ⑧室内環境 ⑨排気 ⑩騒音 ⑪振動 である。また、関心度とは各項目に対する運転手の集材機運転の際の各項目に対する関心の程度を示すものである。本研究では、調査は各項目について「あまり重要でない」、「重要」、「かなり重要」の3段階評価で集材機運転手に各自運転の集材機を評価させ、この段階評価に順に1点、2点、3点の重み付けをして集計した。調査例は73例で、調査対象運転手の平均年齢47.9才(標準偏差7.9)、平均経験年数16.8年(標準偏差5.9)であった。この結果はTable 13に示すとおりであり、⑪振動 ⑩騒音 ⑦視野 の各項目で関心度が高く、①乗り降り ⑥計器 ⑨排気 ④運転室 の各項目で関心度が低い。表の*印、**印は各項目についての総合的評価の評価値の母平均が2でないこと確かからしさ、すなわち評定値が良い、悪いに偏っていることの強さで各項目の評価を検定したものである。以上の結果から、関心度の高いものを重要度が高い、関心度の低いものを重要度が低いと解

Table 12. 人間工学的チェックリスト調査より抽出された因子
Factors being picked out by factor analysis about the results of an ergonomic checklist

チェックリスト項目 Item of an ergonomic checklist	寄与率 Contribution rate	因子負荷量 Factor loading	解 釈 Explanation
<p>F 1</p> <p>乗り降りの際に、事故を起こしやすい危険なものがでていませんか Can the operator mount and alight with no risk of injury from other causes ?</p> <p>乗り降りの際のスリッパの危険はありませんか Can the operator mount and alight with no danger of slipping ?</p> <p>乗り降りに不自由は感じますか Is the access to and from the cab convenient ?</p> <p>体をねじったり無理な姿勢をしないで操作できますか Can the operator work without having to twist his body or having to adopt uncomfortable postures ?</p> <p>必要だと思われる計器類はすべてそろっていますか Are all essential instruments and signals provided ?</p>	13.8%	<p>-0.813</p> <p>-0.794</p> <p>-0.442</p> <p>-0.374</p> <p>-0.371</p>	乗り降り Mounting and alighting
<p>F 2</p> <p>ペダルの本数は適当になっていますか Is the number of pedal adequate for the functions ?</p> <p>レバーの本数は適当になっていますか Is the number of lever adequate for the functions ?</p> <p>機械に視野のじゃまになるものがついていませんか Are machine components located such that they do not obstruct the view of the operator ?</p> <p>ペダルを操作するのに無理な力をいれなくてすみ ますか Is the actuating force of pedal lower than the specified maximum ?</p> <p>作業中の振動は快適性からいって、がまんできる くらいのものでしょうか Is the machine free from vibration that could adversely affect the general comfort and well-being of the operator ?</p> <p>冬の寒さからうまく保護されていますか Is the operator protected from the cold in winter ?</p>	10.2%	<p>0.941</p> <p>0.905</p> <p>0.48</p> <p>0.466</p> <p>0.458</p> <p>0.323</p>	操作器具 Controls
<p>F 3</p> <p>座席の安全性は保たれていますか Is the seat securely anchored ?</p> <p>座席の位置や背もたれの傾斜は良好ですか Are the position of the seat in the cab and the angle of the backrest satisfactory ?</p> <p>座席、背もたれの張り具合(摩擦、通気具合)は 良好ですか Is the upholstery on the cushion and backrest satisfactory ?</p>	9.9%	<p>0.733</p> <p>0.687</p> <p>0.678</p>	座 席 Operator's seat

Table 12. (つづき) (continued)

チェックリスト項目 Item of an ergonomic checklist	寄与率 Contribution rate	因子負荷量 Factor loading	解釈 Explanation
<p>F 4</p> <p>運転室は排気ガスの臭いがしませんか Is the cab free from any smell of fumes ?</p> <p>運転室は油やガソリンの臭いがしませんか Is the cab free from any smell of oil or gasoline ?</p> <p>レバーを操作するのに無理な力をいれなくてすみますか Is the actuating force of lever lower than the specified maximum ?</p> <p>ペダルを操作するのに無理な力をいれなくてすみますか Is the actuating force of pedal lower than the specified maximum ?</p>	7.6%	0.815 0.812 0.518 0.447	排 気 Exhaust fumes
<p>F 5</p> <p>運転中、まわりの状況がよく見えますか Does the operator have a clear view of all that he needs to see to do his job properly ?</p> <p>運転中、上の方はよく見えますか Does the operator have sufficient upward visibility ?</p> <p>作業中の振動は快適性からいって、がまんできるくらいのものですか Is the machine free from vibration that could adversely affect the general comfort and well-being of the operator ?</p> <p>座席、背もたれの張り具合（摩擦、通気具合）は良好ですか Is the upholstery on the cushion and backrest satisfactory ?</p> <p>機械の振動が作業を妨げませんか Is the machine free from vibration that the operator could work satisfactorily ?</p>	6.4%	-0.771 -0.749 -0.628 -0.352 -0.326	視 野 Visibility from the cab
<p>F 6</p> <p>座席は簡単に調節できますか Is the seat easy to adjust ?</p> <p>座席の高さ、長さの調節範囲は十分ですか Is the adjustment range of the height and depth of the seat adequate ?</p> <p>機械の振動が作業を妨げませんか Is the machine free from vibration that the operator could work satisfactorily ?</p> <p>座席の位置や背もたれの傾斜は良好ですか Are the position of the seat in the cab and the angle of the backrest satisfactory ?</p> <p>乗り降りに不自由は感じますか Is the access to and from the cab convenient ?</p>	5.5%	0.822 0.735 0.432 0.421 -0.341	作業位置 Operator's working position

Table 12. (つづき) (continued)

チェックリスト項目 Item of an ergonomic checklist	寄与率 Contribution rate	因子負荷量 Factor loading	解 釈 Explanation
F 7 機械は振動から守られるような設計になっていますか Is the design of the machine satisfactory from the point of view of vibration? 耳栓をしないで作業中騒音でいらいらすることは ありませんか Is the cab free from irritating noise if the operator does not put on ear muff? 機械の振動が作業を妨げませんか Is the machine free from vibration that the operator could work satisfactorily?	5.0%	0.781 0.392 0.356	振 動 Vibration
F 8 窓から外を見るとき、反射で困ることがあります か Are the cab windows free from distracting reflections? 夏の暑さからうまく保護されていますか Is the operator protected from the heat in summer? 機械に視野のじゃまになるものがついていません か Are machine components located such that they do not obstruct the view of the operator?	4.4%	0.890 0.346 0.302	室内環境 Climatic conditions inside the cab
F 9 座席のスプリングはショックに対して十分対応 できますか Is the seat well spring and does it have good shock absorbing properties? 必要だと思われる計器類はすべてそろっています か Are all essential instruments and signals provided? レバーを操作するのに無理な力をいれなくてす みますか Is the actuating force of lever lower than the specified maximum? 体をねじったり無理な姿勢をしないで操作でき ますか Can the operator work without having to twist his body or having to adopt uncomfortable postures?	4.2%	-0.769 -0.702 -0.452 -0.300	操 作 性 Manupulability
F10 計器類は見やすくなっていますか Can the instruments be monitored at a glance? 運転室の広さは十分ですか Is the size of the cab satisfactory?	3.7%	-0.911 -0.302	計 器 Instruments

Table 12. (つづき) (continued)

チェックリスト項目 Item of an ergonomic checklist	寄与率 Contribution rate	因子負荷量 Factor loading	解釈 Explanation
F11	3.5%		
すきま風がはいてくるようなことはありませんか Is the operator protected from draughts ?		0.748	運転室 Operator's cab
運転室の広さは十分ですか Is the size of the cab satisfactory ?		0.556	
作業位置はおおむね快適ですか Is the working position generally comfortable ?		0.349	
ペダルを操作するのに無理な力をいれなくてすみ ますか Is the actuating force of pedal lower than the specified maximum ?		0.324	
機械の振動が作業を妨げませんか Is the machine free from vibration that the operator could work satisfactorily ?		-0.301	
F12	3.2%		
騒音で難聴の危険がありませんか Is the noise level in the cab below that which could cause hearing damage ?		0.855	騒音 Noise
耳栓をしないで作業中騒音でいらいらすることは ありませんか Is the cab free from irritating noise if the operator does not put on ear muff ?		0.544	
機械に視野のじゃまになるものがついていません か Are machine components located such that they do not obstruct the view of the operator ?		0.548	
夏の暑さからうまく保護されていますか Is the operator protected from the heat in summer ?		0.533	
運転室の広さは十分ですか Is the size of the cab satisfactory ?		-0.317	

積すると集材機運転手は、振動、騒音、視野の項目を重くみており、座席、操作器具にも関心のあることが理解できた。

2) 調査結果のパターン分類

前項の関心度調査より得られた11評価項目の各重要度から、そのパターン分類を試みた。分析は因子分析法を使用し、項目間にある潜在的因子を抽出、抽出できた因子から各項目をパターン分類した。その結果は Fig. 20に因子負荷量で示したとおりであり、累積寄与率80%で6因子抽出された。以下、各因子の解釈を進める。

第1因子は「操作器具」、「計器」、「運転室」、「排気」の項目で因子負荷量が高い。「操作性」を示している因子と解釈した。第2因子は「騒音」、「振動」の因子負荷量が高い。「機械的雑音」を示す因子といえる。第3因子は「乗り降り」の因子負荷量が高い。「室内外の出入り」を示す因子である。第4因子は「作業位置」、「座席」の因子負荷量が高い。作業位置を座席の調節で行うと考え、「座席」を示

Table 13. 集材機運転手の関心度
Operator's concerns to yarder

評価項目 Assessment point	平均 Average	標準偏差 Standard deviation
1. 乗りおり Mounting and alighting	1.493**	0.783
2. 作業位置 Operator's working position	1.904	0.710
3. 座席 Operator's seat	2.027	0.706
4. 運転室 Operator's cab	1.794*	0.725
5. 操作器具 Controls	2.013	0.735
6. 計器 Instruments	1.726**	0.731
7. 視野 Visibility from the cab	2.219*	0.731
8. 室内環境 Climatic conditions inside the cab	1.945	0.779
9. 排気 Exhaust fumes	1.794*	0.744
10. 騒音 Noise	2.287**	0.611
11. 振動 Vibration	2.342**	0.650

** : 1%有意 1% significant

* : 5%有意 5% significant

す因子と考えた。同様に第5因子は「室内環境」、第6因子は「視野」を示す因子といえる。11評価項目はその重要度より6項目にしばれることが理解できた。

3) 調査結果による集材機の分類

集材機の運転手取り扱い性からみた集材機の分類を考察する。前項の結果から集材機各機種の因子得点平均値を示すと Table 14 のようになる。ここで各機種の特徴が、すべての調査機種の平均値と差異がないか、つまり各機種のグループの第1因子～第6因子の各因子得点の平均値が全調査対象機種の母集団から特徴的な標本平均とみなせるかどうかを検定した。これによると、機械的雑音、室内の出入り、座席、視野の項目で有意差のあるものがみられた。これらの因子の中で機械的雑音、座席、視野は関心度調査で特に関心の高かった項目であり、運転手が関心度の高い項目で集材機分類を行っていると考えられることができる。

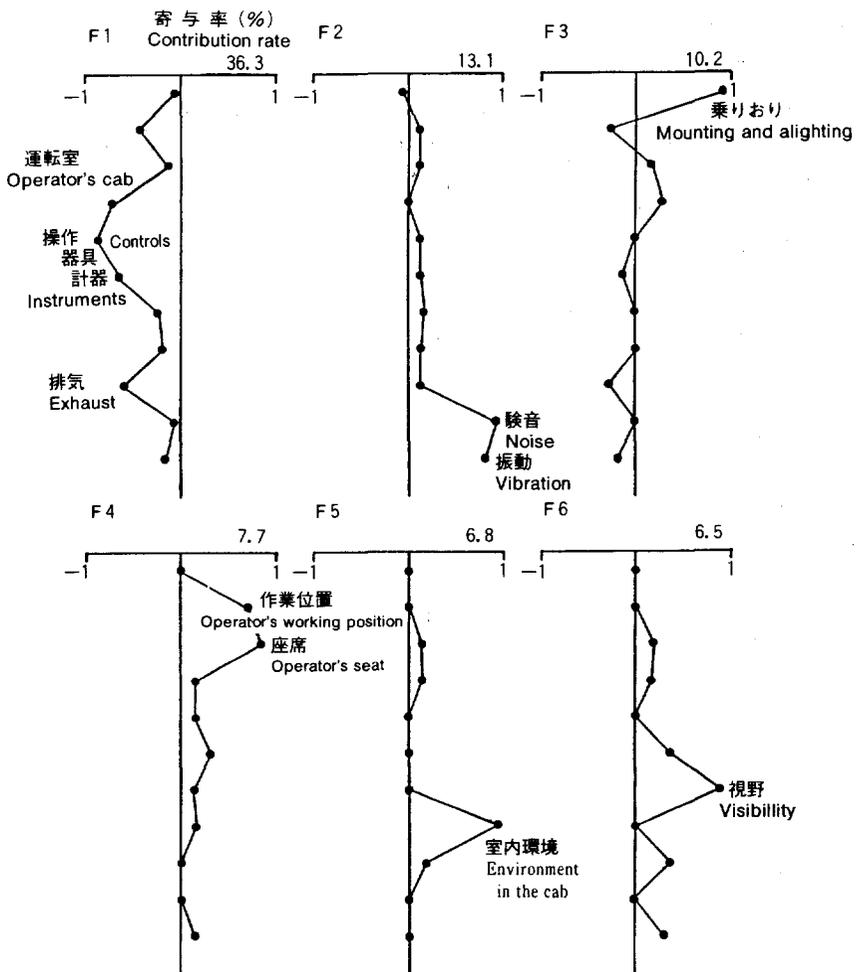


Fig. 20. 関心度のパターン分類
Classification of operator's concerns to yarder

次に集材機運転手の関心度よりみた集材機各機種間の類似性を検討する。これは抽出された第1因子～第6因子までの各機種の因子得点の平均値を算出し、これをクラスタ分析にかけることにより各機種間の類似性をみるものである。クラスタ分析にはさまざまな距離の定義があるが、この分析では要素と要素の間をユークリッド距離の平均で定義していく群平均法を使用した。この類似性の検討結果は Fig. 21のとおりである。同一メーカーは近い距離にあること、ブレーキ操作方式（空圧操作方式かその他の方式）が同一なものは近い距離にあることを示していた。

次に前述の集材機性能分類（Ⅱ章3-2参照）の代表要因であるブレーキ操作方式、定格馬力、ドラム数別に、また、前述のクラスタ分析より抽出されたメーカー別に各集材機の因子得点の平均値を算出し、第1因子～第6因子の中でその特徴が調査対象集材機の中で特徴的であるかどうかを分析した

Table 14. 集材機機種別の平均因子得点
Average values of factor loading in each kind of yarders

集材機機種 kind of yarder	F 1	F 2	F 3	F 4	F 5	F 6
MS 70— 5 MAB	0.210	-1.052**	-0.161	-0.217	-0.085	0.299
MS 70—54 MAB	0.469	-0.148	0.222	-0.338	-0.350	-0.276
Y 32 E	-1.298	-0.058	-0.267	0.907	-0.035	-0.066
Y 33 E	-1.408	0.883	0.735	0.324	0.451	0.512
Y 33 EPA	0.272	-0.193	-0.224	0.189	0.412	0.180
Y 33 H	-0.602	1.424**	-0.181	0.757	0.318	0.644
Y 43	-0.555	0.289	-1.056**	0.651	0.143	0.267
Y 42	1.824	-2.145**	1.277	-2.190**	0.569	-2.804**
E 67	1.106	-1.011	-0.456	-1.267	-0.306	-0.248
	操 作 性 Manupulability	機 械 的 雑 音 Noise and vibration	室 内 の 出 入 Mounting and alighting	座 席 Operator's seat	室 内 環 境 Environment in the cab	視 野 Visibility

* : 5%有意 5% significant

** : 1%有意 1% significant

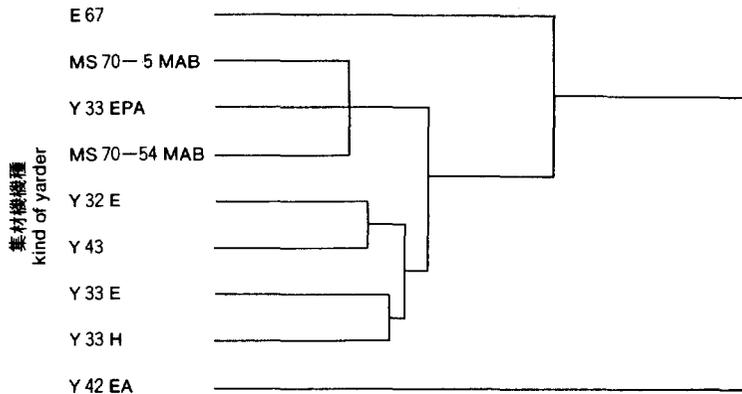


Fig. 21. 集材機の運転手関心度よりみた類似性
Similarity degree of kinds of yarders in view of operator's concerns to yarder

(Table 15)。この結果有意差のみられたものは、第1因子(操作性)の「定格馬力76馬力以上」と第2因子(機械的雑音)の「ブレーキ操作方式」であった。集材機運転手は馬力の大きい集材機が使いやすく、また、振動、騒音に関することでは、空圧操作のブレーキ操作方式をもつ集材機をよく解釈しているといえそうである(豊川勝生, 1982)。

Table 15. 集材機機能別関心度 (因子得点の平均)
Average values of factor loading in each function of yarders

集材機機能 function		F 1 操 作 性 Manupulability	F 2 機 械 的 雑 音 Noise and Vibration	F 3 室内の出入り Mounting and alighting	F 4 座 席 operator's seat	F 5 室内環境 Environment in the cab	F 6 視 野 Visibility
(制動性能系)							
ブレーキ操作 Method of operating brake	空 圧 Air pressure	0.462	-0.401	0.116	-0.329	-0.133	-0.230
	そ の 他 Others	-0.702	0.609*	-0.176	0.499	0.202	0.349
(作業能率系)							
定格馬力 Rated horsepower	76以上 over	-1.191**	0.472	-0.110	0.266	0.380	0.179
	75以下 under	0.126	-0.311	0.072	-0.176	-0.250	-0.188
(移動性能系)							
ドラム数 Number of drums	3 胴 3 drums	-0.147	-0.015	-0.119	0.097	0.111	0.094
	4 胴 4 drums	0.091	0.009	0.074	-0.060	-0.069	-0.059
メーカー Kind of makers	M	0.424	-0.403	0.107	-0.321	-0.283	-0.177
	Y	-0.499	0.472	-0.084	0.403	0.308	0.197
	T	1.106	-1.011	-0.456	-1.267	-0.306	-0.248

* : 5%有意 5% significant

** : 1%有意 1% significant

V 結 論

本研究は、機械に対する人間の適合の問題、簡単に述べれば機械の使いやすさ、取り扱い性の良否を考察したものである。効率のよい機械でもそれを扱う人間との適合性がよくなければ総体的な効率は下がる。機械とそれを扱う人間との適合がうまくいかない場合、その結果は作業者に肉体的、精神的な負担をかけ、それが作業能率の低下、ひどい場合には人身障害、事故をも引き起こす結果となってくる。このため、機械設計にあたっては機械の性能向上だけでなく、人間にも最適な機械設計を目指さなくてはならない。本研究はこの目的を達成する一方法として「人間工学」的に林業機械のひとつである集材機を取り上げ、その作業環境資料を収集分析し、集材機設計資料として役立てることを主な目的とした基礎的な研究である。なお、本研究の対象となる集材機は研究の性格上、比較的馬力の大きな集材機が主となった。

本研究で考察した結果は第Ⅰ章から第Ⅳ章に示すとおりであるが、最後にあらためて総括して結論に

かえたい。

第Ⅰ章緒論では「人間工学」の定義を「人間が関与する作業環境や諸々の作業環境内で操作される機械装置類と人間特性の適合性の追及のために必要な諸因子の研究」と定義し、林業作業を人間—機械—作業環境で成立しているものと解釈した。

集材機運転手は集材機本体や環境より情報を受け取り記憶して、運転手のもつ基準値と比較検討し、ある量の運転操作を選択をする。運転手はさらにこのとき出された操作量をまわりの作業環境と対比し、その差をフィードバックし、運転手のもつ基準値からのズレの修正を行う。このようなフィードバックを繰り返して運転手は、集材機を運転し続ける。この動作の精度は作業能率、作業の安全性にも大きな影響を与える。人間—機械系の接点の適正さ、機械が人間に適合しているかどうかが重要となることである。以上のことをまとめると、人間—機械系の最良な適合（作業環境系も含めて）のためには

- ①人間が機械操作者として機械の空間的系に適合していること
- ②機械、環境条件からの作業情報が操作者に正確に伝わること
- ③機械まわりの環境条件が操作者に不快感を与えないこと

が必要となる。

つまり運転作業のポイントとなるのは操作に必要な情報がいかにうまく適正に運転手に伝達されるか、機械がいかに適正に運転手の指令どおり動くかである。このような運転作業モデルを緒論で情報系、操作系、これらの系に外乱を与える作業環境系で成立していると定義した。

第Ⅱ章では我が国の集材機作業の概要を述べた。集材機作業で、現在よく使用されている集材方式はエンドレス・タイラー方式であり、その割合は70%（実行件数）近く実行されている。次に多いフォーリング・ブロック方式、タイラー方式は減少傾向にあり、現在では10%にも満たなく、この減少分を軽架線方式であるハイリード方式、ダンハム方式、モノケーブル方式、ランニング・スカイライン方式の増加で満たしている。集材方式の地域別相違では集材機作業は秋田営林局、東京営林局以西で主に行われている。また、索張り方式と作業条件の関連からはその利用状況から大規模型（タイラー、エンドレス・タイラー、フォーリング・ブロックの各方式）、小規模型（スラックライン、ランニング・スカイライン、ダンハム、ハイリードの各方式）、循環型（モノケーブル方式）の3区分ができた。現在よく使用されている19機種の集材機各性能の検討では、全長の差異が機種間で大きいので短くすること、移動の容易性を考え重量軽減化をはかること、集材作業の際の荷上げ、荷おろしの高さ、横取り距離、集材距離の長さに影響を与えるワイヤロープ巻き込み容量を増すこと、作業能率に影響を与える巻き上げ能力、巻き上げ速度の選択幅を増やすことがあげられた。また、巻き上げ速度は一般的に自動変速機構を装備した機種が巻き上げ速度が高い傾向となっていた。

また、集材機性能を因子分析した結果、9要因が4グループ化できることを示した。すなわち、①定格馬力、最大巻き上げ能力、最大巻き込み容量、最大巻き取り速度の「作業能率」を代表するグループ；②ドラム数、重量、全長の「集材機の大きさ」を示すグループ；それ以外の③「変速段数」；④「ブレーキ操作方式」の4グループである。従って、機械系はその機械性能により定格馬力、変速段数→「作業能率系」；重量→「移動性能系」；ブレーキ操作方式→「制動性能系」の3系で成立していると定

義した。これに対し人間機械系を前述のように「情報系」と「操作系」、これをとりまく「環境系」に分類して運転手の集材機に対する改良要望を分類すると、集材機の取り扱いの項目に分類される改良要望がかなりあることが判明した。

第Ⅲ章では集材機運転手の労働負担を評価した。機械の使いにくさとか扱いにくさは人間の心身の反応結果（生体負担）として表現されるので、これらを計測分析することにより、集材機運転作業環境を評価しようとするものである。この生体負担は作業により直接的に引き起こされる生体反応（生理的負担）と仕事によって生じる疲労とに分けられるが、前者の生理的負担は心拍数による考察、後者の疲労面は自覚症状調査による考察で進めた。集材機運転手の心拍数40例による考察では、調査した集材機運転手の作業時の平均心拍数増加率は27.1%であった。これはドイツにおける動的筋作業の評価で低い部類に入る。作業工程では「横取り」、「実搬器走行」工程の増加率が高かった。次に疲労面の考察である集材機運転手48名の疲労自覚症状調査では、自覚症状各群の作業後の訴え率はⅠ群で12.8%、Ⅱ群で6.3%、Ⅲ群で12.1%、全体で10.4%であった。この各群の訴え率の構成割合から集材機運転作業は一般型作業に分類できた。作業前後の訴え率でその差が有意である項目には、身体各部の局所的疲れを示す項目があげられた。自覚症状各群の訴え率の日による変化の検討から、一日の疲労がやや大きいのが、この疲労の蓄積はみられないことが判明した。自覚症状訴え率に影響を与える要因としては、数量化Ⅰ類の分析から集材機の大きさを示す馬力、ドラム数、古さを示す使用月数が抽出できた。

第Ⅳ章では人間工学的チェックリストを使用して集材機取り扱い性に関する問題点（評価項目）の抽出を行った。40項目で構成される人間工学的チェックリストによる集材機運転手への聞き取り調査では振動、騒音、視野、室内環境にあたる項目で訴え率が高かった。この調査で訴え率の高かった32項目を因子分析法で分析した結果、11因子（1 乗り降り 2 作業位置 3 座席 4 運転室 5 操作器具 6 計器 7 視野 8 室内環境 9 排気ガス 10 騒音 11 振動）が抽出された。また、この各項目の集材機運転手による3段階評価による関心度の聞き取り調査結果では、関心度の高い項目として振動、騒音、視野、座席、操作器具があげられた。次にこの関心度調査結果を因子分析法にかけ6因子（1 操作性 2 機械的雑音 3 室内外の出入り 4 座席 5 室内環境 6 視野）に集約、この6因子と集材機機能との関連を考察した結果、集材機運転手は機械的雑音、室内の出入り、座席、視野の項目で集材機を分類していることが解明された。

以上のように本研究は集材機運転作業環境の現状とその問題点を抽出したものである。これらの問題点を整理分析することにより、集材機の改良、開発時での設計の基礎データとなるものと筆者は考えている。

謝 辞

この研究をまとめるにあたり、終始懇篤なるご指導と暖かい励ましを賜り、さらに校閲の労をとられた東京大学農学部上飯坂実名誉教授、東京大学農学部南方康教授に対して心からの謝意を捧げます。

また、懇篤なるご指導と校閲の労をとられた農林水産省森林総合研究所生産技術部林寛部長と、長年にわたって有益な助言とご激励を賜った生産技術部奥田吉春作業技術科長、辻井辰雄林業機械科長、企

画調整部石井邦彦連絡室長, また, 本研究の調査に多大なご協力をいただいた生産技術部作業技術科の皆様にお礼を申し上げます。

引用文献

- 1) 新井清一, 西崎邦夫: 乗用トラクタに関する人間工学的研究, 農機誌, **36**(2), 202~212, (1974)
- 2) ASTRAND, I.: The physical work capacity of workers -50~60 years old, Acta Physiol. Scand., **42**, 73~86, (1958)
- 3) BINKLY, V.W.: Economics and design of a radio-controlled skyline yarding system, U.S. Forest service Res. Paper PNW-25, (1965)
- 4) BROWN, N.C.: Logging, The principles and methods of harvesting timber in the United States and Canada, 418pp., (1949)
- 5) CONWAY, S.: Logging Practices - Principles of timber harvesting systems, Miller Freeman Publications, Inc., 411pp., (1976)
- 6) 藤林 誠: 林業労働強度に関する研究, 林試研報, **86**, 182pp., (1956)
- 7) HANSSON, J-E., PETTERSSON, B.: An ergonomic checklist for transport and materials - handling machinery, The National Board of Occupational Safety and Health, the Building Industry Labour Research Foundation et al., 23pp., (1969)
- 8) 橋本邦衛: 労働負担の指標(人間工学ハンドブック), 金原書店, 447~448, (1966)
- 9) 橋本邦衛, 遠藤敏夫: 生体機能の見かた—人間工学への応用, 人間と技術社, 158pp., (1973)
- 10) 飯山雄次, 池田敏久, 伊南盛治: 動力車運転台の機器配置に関する意見調査(第2報), 鉄道労働科学, **18**, 207~237, (1966)
- 11) 石橋富和, 大谷 璋, 三浦武夫: 精神負担の指標としての心拍, 産業医学, **10**(7), 377~379, (1968)
- 12) 石井邦彦: トラクタ運転手にみられる疲労症状, 農作業研究, **24**, 73~80, (1975)
- 13) 石井邦彦: 機械運転手の労働負担, 日林関東支講, **31**, 52, (1980)
- 14) 亀下英次郎: 国有林事業における機械作業管理のあり方について, 昭和56年度林野庁長期委託研修報告書, 133pp., (1982)
- 15) 上飯坂実: 森林利用学序説, 地球出版, 180pp., (1971)
- 16) 柏木繁男: 疲労感の類型化について, 日本産業衛生協会・産業疲労研究会「疲労自覚症状に関するシンポジウム」, (1965)
- 17) 桐原葆見: 産業疲労の実態, 労働科学, **25**(6), 209~219, (1949)
- 18) 室野英幸, 池田守利, 深野重次郎, 杉山一郎, 大島昌明, 谷沢平八郎: 心拍数の変動からみた鉄道輸送業務における精神的影響について, 鉄道労働科学, **36**, 1~14, (1982)
- 19) 野沢 浩, 小木和孝: 自動車運転労働—労働科学からみた現状と課題, 労働科学研究所, 490pp., (1980)
- 20) 沼尻幸吉: エネルギー代謝と心拍数の相関について, 労働科学, **50**(2), 79~86, (1974)
- 21) 小木和孝: 疲労自覚症状の3成分の妥当性について, 労働科学, **46**(5), 251~270, (1970)
- 22) 奥野忠一, 久米 均, 芳賀敏郎, 吉沢 正: 多変量解析法, 日科技連, 430pp., (1971)
- 23) 大河原昭二: フリッカー値によるトラクタ運転手の疲労について, 日林講, **71**, 69, (1960)
- 24) 大島正光: 疲労の研究, 同文書院, 249pp., (1960)

- 25) PEARCE, J. K., STENZEL, G.: Logging and Pulpwood Production, The Ronald Press Company, 453., (1972)
- 26) 林業技術史第4巻, 日本林業技術協会, 267~269, (1974)
- 27) 労働科学研究所: 労働の生理的負担(労働科学集成第1巻), 94, 402pp., (1956)
- 28) 斎藤良夫: 疲労自覚症状の類型化について, 労働科学, 46(4), 205~224, (1970)
- 29) 酒井 学, 谷恵之助: 稲作協業集団におけるトラクタオペレータの作業負担と意見, 農作業研究, 10, 14~20, (1970)
- 30) 下堂健次: 国有林事業における最適集材技術のあり方について, 昭和57年度林野庁長期委託研修報告書, 133pp., (1983)
- 31) 集材機の安全化に関する調査, 林業機械化協会, 101pp., (1976)
- 32) 豊川勝生: 林業作業者からみた林業機械の事例分析, 日林論, 93, 501~502, (1982)
- 33) 辻隆道: 林業労働の余裕に関する研究, 林試研報, 122, 64pp., (1961)
- 34) WACKERMAN, A. E., HAGENSTEIN, W.D., and MICHELL, A.S.: Harvesting Timber Crops, Mcgraw Hill Book Company, 526pp., (1952)
- 35) 山脇三平: 林業機械ハンドブック, スリーエム研究会, 603pp., (1981)
- 36) 吉竹 博: 産業疲労—自覚症状からのアプローチ, 労働科学研究所, 155pp., (1973)
- 37) ZANDER, J.: Studies of Combine Harvester Operation, Jour. Pro. Ins. Agr. Eng., 30~35, (April 1970)
- 38) ZERBE, W. J.: Preliminary FERIC Guide to ergonomic evaluation of logging equipment. FERIC, No. TN-30, 46pp., (1979)

A Fundamental Study on the Work Environment of the Yarder Operator I

—The work load of the yarder operator and their concerns about the yarder—

Katsumi TOYOKAWA⁽¹⁾

Summary

In recent years, timber transportation in Japan has come to be mechanized, and the work load of the forest worker has been alleviated. The primary objectives to improve these machine are to maximize the efficiency, safety and comfort of machine operation. It is the purpose of this study to evaluate the yarder from the point of human engineering and to obtain some profitable informations on the design of the yarder, as a representative forestry logging machine.

This thesis is composed of 5 main chapters; namely, 1.Introduction 2.Outline of logging operation using yarder in Japan 3.Work load of the yarder operator 4.Investigation of the operator's concerns about the yarder and 5.Conclusion.

The problems of the operation of the yarder, discussed in chapters 1 to 4, are summarized as follows;

The "Endless" Tyler system form about 70 % of the operation of yarder in Japan, but the rate of small area clear cutting to yarding operation is increasing. According to the level of complication of the yarding operation main improvements to the yarder would be considered the convenience of transportation, the increase of capacity of each drum, and the increase in the selective range of line pull of each drum.

The "Man-Machine" system consists of 3 component systems, that is, "Information", "Operation" and "Environment". The "Machine" system consists of 3 component systems, that is, "Efficiency", "Movement" and "Brake", from the point of the functions of the yarders. The operator requires the optimization of the man-machine interface as mainly improvement to the yarder.

As a study of work load based on the investigation of the "Heart Rate" and the "Subjective Fatigue Symptoms" of the yarder operator, their present level of work intensity was allowable, the average heart rate increasing to 127.1 % of the average resting level, and the average values of frequencies of fatigue symptoms after work for each day being 10.4 %. The physiological reactions were activated when the yarder turns logs laterally to the skyline, and moves the loaded carriage to the landing. There were many complaints of pain in some part of the body, the most frequent symptoms being "Feel strained in the eyes", "Feel stiff in the shoulders", "Feel a pain in the waist", "Get tired of the legs" and "Want to lie down", because of the length of time working in a sitting posture.

The operators' concerns about the various aspects of their yarders, using a human engineering checklist, were investigated. As a result of "Factor Analysis", the following items were picked out as being the most important: 1.Mounting and alighting 2.Accommodation of the operator's to the working position 3.The operators' seat 4.The operator's cab 5.Controls 6.Instruments 7.Visibility 8.The environment in the operator's cab 9.Exhaust

Received March 30, 1989

(1) Forestry Technology Division

emission 10.Noise 11.Vibration.

Moreover, the degree of concern of the operator's for each part of the yarder was investigated by their categorizing the above under the followings headings ; "Less important", "Important" and "Very important". It was shown that the operator's had the greatest concern about the following aspects of the yarder, given here in decreasing order of importance; 1 .Vibration 2 .Noise 3 .Visibility 4 .The operator's seat 5 .Controls.

The degrees of operators' concerns were picked out the 6 items (1.Manipulability 2.Noise and Vibration 3.Mounting and Alighting 4.The operator's seat 5.The environment in the operator's cab 6.Visibility) by "Factor Analysis".

And then, the yarders' operator's were fond of the powerful yarder from the point of the manipulability of yarder and brake of air pressure from the point of the protection against noise and vibration of yarder.