
論 文

集材トラクタに関する人間工学的研究

ターウォンウォン ロパチヨーク*
藤井 禧雄*

Ergonomic Evaluation on Skidding Tractors

Thawornwong LOPACHOKE *
Yoshio FUJII *

Summary

In skidding operations, various types of tractors are used. Most tractors were designed for construction work and then modified for skidding operations and thus possibly suboptimal in ergonomic design and standardization of controls. Thus, an ergonomic study of skidding tractors was undertaken to identify design features that do not meet recommended ergonomic standards, and viable solution were proposed to improve the situation. A sample of 6 skidding tractors operating in Tottori prefecture were evaluated by direct measurement for the tractor dimension (ergonomic designed component for example cab entrance, cab interior, controls etc.) and questionnaire for the operator's performance evaluation (related to tractors' performance).

In this study, the recommended ergonomic standards were based on anthropometric data of the tractors' drivers. That anthropometric data were also measured in this study (see Fig.2 ~Fig.7).

Through measurement and observation of the skidding tractors' component, and completion of an ergonomic questionnaire, various features were discovered to be inadequate on most of the machines sampled, notably

- (1) Cab entrance → step height and cab entrance not wide enough.
- (2) Cab interior → inadequate seat adjustability.

* 鳥取大学農学部 農林総合科学科 森林生産講座 林業工学研究室
Forest Engineering Lab., Dep. of Forest Science, Fac. of Agri., Tottori Univ.

(3) Controls → winch controls location were inadequate. The actuating force required by controls were overforce (more than 50% of the controls).

(4) Cab climate → summer and winter climate condition were excessive.

(5) Noise → When operating noise levels exceeded the proposed regulation (i.e.,85 dB (A)). According to the tractors' performance evaluation's questionnaire cab climate, noise, vibration were the most critical features influencing the operator's performance.

To improve the working environment, further recommended included :

(1) Installation of step and grab rails.

(2) Improve seat adjustability and damper cushion.

(3) Improve and adjust winch controls location or adjustable seat rotation.

(4) Improve force requirement for controls.

(5) Place simple fans for cooling and heating air on the floor which are angled toward the operator to improve cab climate condition.

(6) Decrease the noise level by regular maintenance.

Further study is required to investigate the wheel type tractor and a new type of skidding tractor.

I はじめに

わが国の緩傾斜地での集材作業には、ホイール型及びクローラー型の各種のトラクタが使用されている。しかしそれ等が必ずしも集材作業専用として製作されたトラクタとは限らないし、また、運転手にとって十分満足すべき性能や操作性を備えているとも限らない。作業者の快適性、安全性に関しては、むしろ、改良すべき点が多々あると考えられる。そこで、集材作業に使用されている各種トラクタとその運転手に焦点を合わせ、人間工学的観点から各種の検討を加え、そこに存在する問題点を探り出し、集材用トラクタが備えているべき条件や現存のトラクタの改良すべき点などを指摘、提言しようと考えた。

なお、この研究のための各地での調査に当たり、鳥取大学農学部林業工学研究室の宮田助教授に全面的なご助力をいただいた。ここに深く謝意を表すものである。

II 調査場所及び調査内容

そこで、鳥取県やその周辺で集材作業に使用されているトラクタ及びその運転手を選び出し、以下に示す3つの調査及び計測を実施した。

調査を行ったのは、鳥取営林署、倉吉営林署、鳥取大学蒜山演習林、島根大学三瓶演習林、鳥取大学乾燥地研究センターの5ヶ所の6台のトラクタ（表5参照）及び17名の運転手であった。

ところで、調査したトラクタは、図らずも結果として、6台ともすべてクローラー型で、しかも相当の使用年数を経たものであり、当初の我々の予想に反して、この地域で保有されているトラクタの種類及び台数そのものが少なく、またホイール型はどの調査地においても使用されていなかった。

た。

つぎに、実施した調査、計測であるが、

- ① 運転手の人体計測（各部位の長さ、幅など）、
- ② 集材トラクタの各部分の計測（長さ、高さ、幅、間隔など）及び諸特性（振動、騒音のレベル、レバー操作に要する力など）、
- ③ トラクタの性能や操作性及び乗り心地についての運転手の主観的評価、

の3点で、①及び②はメジャーやポータブル計器類を用いた直接計測であり、③はアンケート票によるものであった。

なお、①の計測項目の詳細は図1及び表1を、②については図8、そして表6から表13及び表14、15を参照されたい。また、③のアンケート調査項目は、13の大項目（表18参照）、全体で106の小項目からなるものであった。

III 結果と考察

以上の様な調査、計測の結果を比較し、また総合的に解析し、現在のトラクタが各種許容（勧告）基準値(Recommended standard, Reference values)内に納まっているものかどうか、そして、トラクタ運転手にとって好ましい運転室の形状、形態や性能特性等とはどのようなものかを考察した。以下、それらを個々に述べる。

1. 運転手の人体計測

調査対象となった17名の運転手の平均年齢は48.9才で、30才以下は1名のみ、50才以上が11名で全体の64.1%を占めた（表2参照）。また、運転経験年数の平均は11.8年であり、5年以下は5名、10～15年以上が7名、15年以上が4名であった（表3参照）。つまり長年トラクタを運転している高

表1 運転手の人体寸法

人体各部	最小値 (cm)	平均値 (cm)	最大値 (cm)	標準偏差 (σ)	人数 (N)
1.身長	151.4	163.5	188.0	8.68	17
2.座高	83.0	88.9	99.1	4.60	17
3.肩幅	38.0	41.2	45.0	1.99	17
4.腰幅：立位	30.0	32.5	40.0	2.30	17
：座位	31.5	35.3	41.0	2.44	17
5.肩高：座位	53.8	58.4	66.0	2.85	17
6.上腕長	28.5	32.8	37.5	2.06	17
7.前腕長	40.0	42.9	48.5	2.27	17
8.上肢長	75.0	80.3	90.5	4.03	17
9.大腿長	50.5	55.1	65.0	3.42	17
10.座長	42.0	45.2	53.5	2.67	17
11.下腿長	42.5	48.0	54.0	3.47	17
12.座面長	35.4	40.4	46.0	2.78	17
13.足長	22.1	24.0	27.0	1.18	17
14.足幅	8.1	9.5	10.5	0.64	17

(注) 人体部位の番号は図1の番号と対応している。

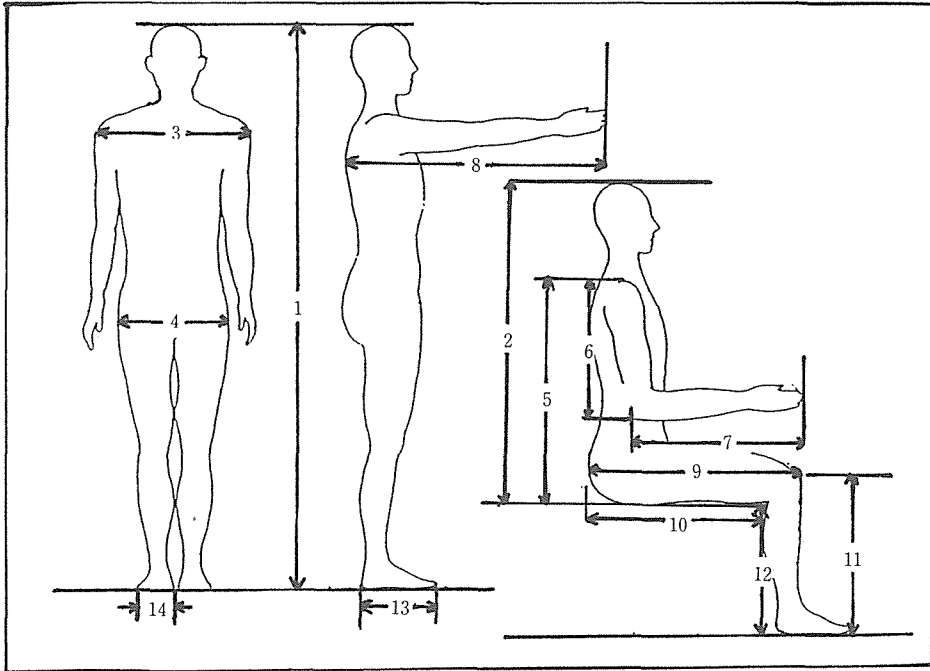


図1 人体名部の番号

表2 運転手の年齢

年齢層(才)	人数
20-29	1
30-39	0
40-49	5
50以上	11

表3 運転手の運転経験年数

経験年数(年)	該当者数
0-5	5
6-10	0
11-15	7
16以上	4

年齢が6割以上を占めているわけで、かかる現実を考えると、トラクタの設計に際しては高年齢者に対する配慮も必要であると思われた。

さて、この人体計測の結果を取りまとめたのが表1であるが、この結果から各種の設計の基準となる値を求めてみよう(本調計測例を基にして)。この基準値の求め方には様々なものが考えられるが、ここでは「90%値」を用いる。すなわち、サンプルデータの分布内の上限の5%と下限の5%を除いた残りの90%の値を評価の対象とする方法である。したがって、サンプルの計測値は、最小値(5/100の値)、平均値(50/100番目の値)、最大値(95/100番目の値)に分類される⁴⁾。ただし、今回はサンプル数が少なく上述の「最小値」が得られなかったので、最も小さい値(1/100の値)を「最小値」に当てた。その結果を表4に示す。

そして、この値を用い、また引用文献4の人間の動作域を参考にして、トラクタの各部分を設計してみたのが以下の図である。

- ① 運転手の快適作業域と運転席の位置(図2)
- ② 運転席の上肢、下肢の最大作業域と通常作業域(図3, 4)

表4 人体計測値の適合範囲 (Reference Values' Range)

人体部位	最小値 (cm)	平均値 (cm)	95%値 (cm)	適合範囲 (cm)	
				Range	Ave.
1.身長	151.4	163.5	177.8	151-178	164.5
2.座高	83.0	88.9	96.5	83-96	89.5
3.肩幅	38.0	41.2	44.5	38-44	41.0
4.腰幅：立位	30.0	32.5	36.3		
：座位	31.5	35.3	39.3	32-39	35.5
5.肩高：座位	53.8	58.4	63.0	54-63	58.5
6.上腕長	28.6	32.8	36.1	29-36	32.5
7.前腕長	40.0	42.9	46.6	40-46	43.0
8.上肢長	75.0	80.3	86.9	75-87	81.0
9.大腿長	50.5	55.1	60.7	50-60	55.0
10.座長	42.0	45.2	49.6	42-49	45.5
11.下腿長	42.5	48.0	53.7	42-54	48.0
12.座面長	35.4	40.4	45.0	35-45	40.0
13.足長	22.1	24.0	25.9	22-26	24.0
14.足幅	8.1	9.5	10.5	8-11	9.5

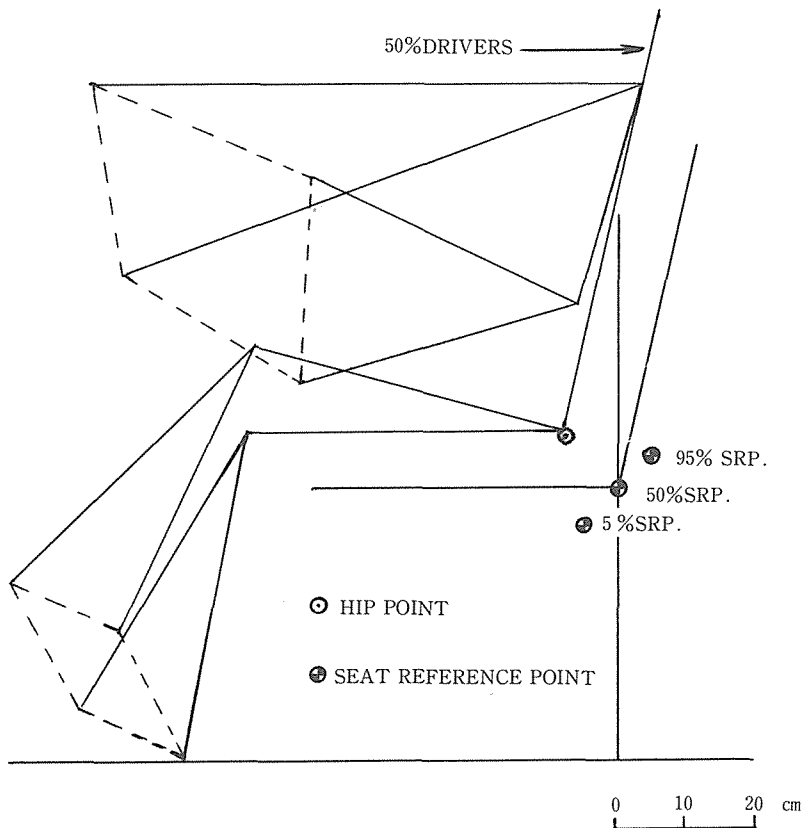


図2 運転手の快適作業域と運転席の位置

(注)①調査した運転手の人体計測値の平均値に基づく
 ②SRPについては図7を参照のこと

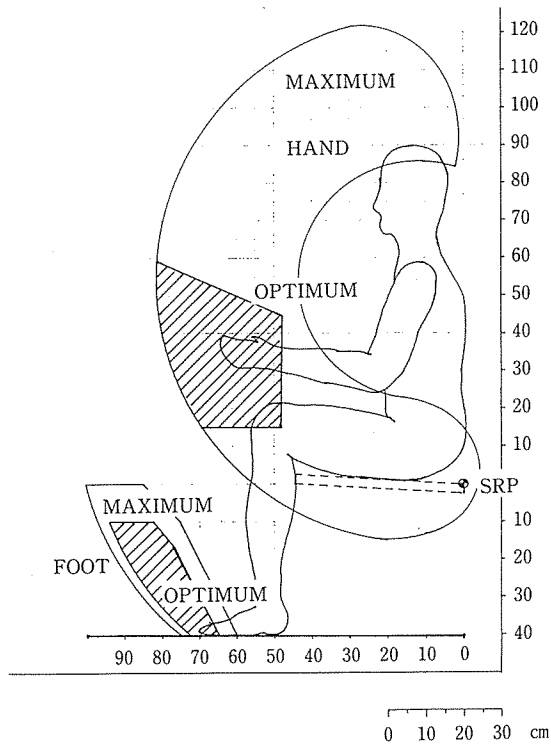


図3 上肢と下肢の最大作業域と通常作業域（垂直面）

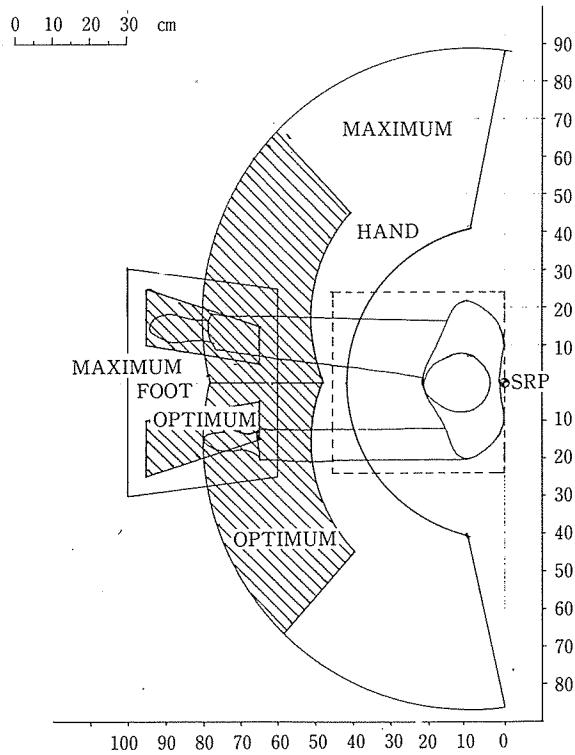


図4 上肢と下肢の最大作業域と通常作業域（水平面）

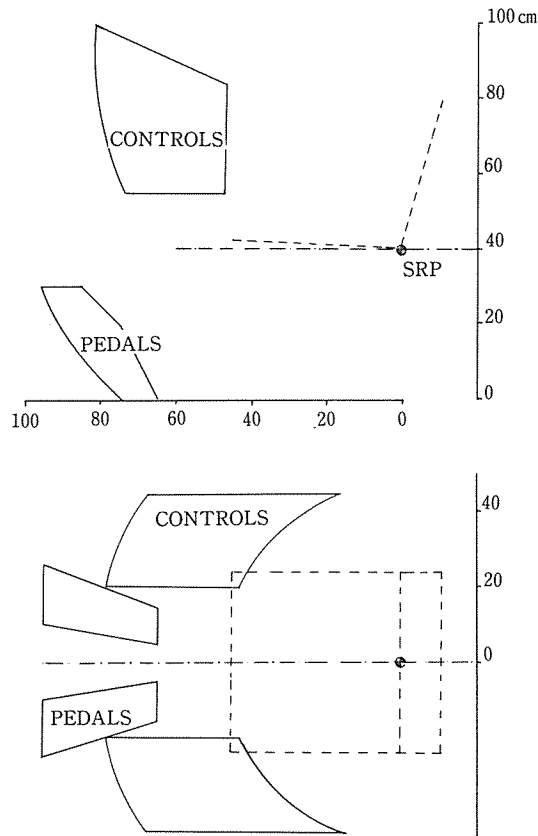


図5 運転席の側方の手動及び足踏コントロールの適切な操作位置

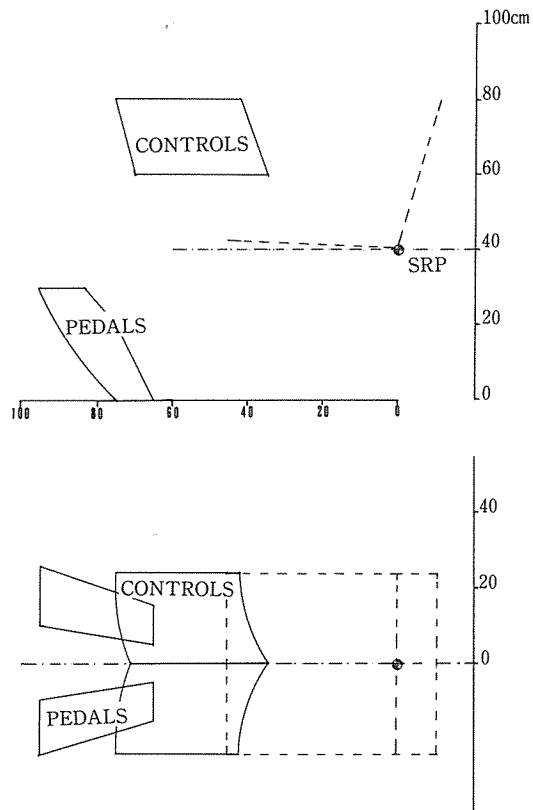


図6 運転席の前方の手動及び足踏コントロールの適切な操作位置

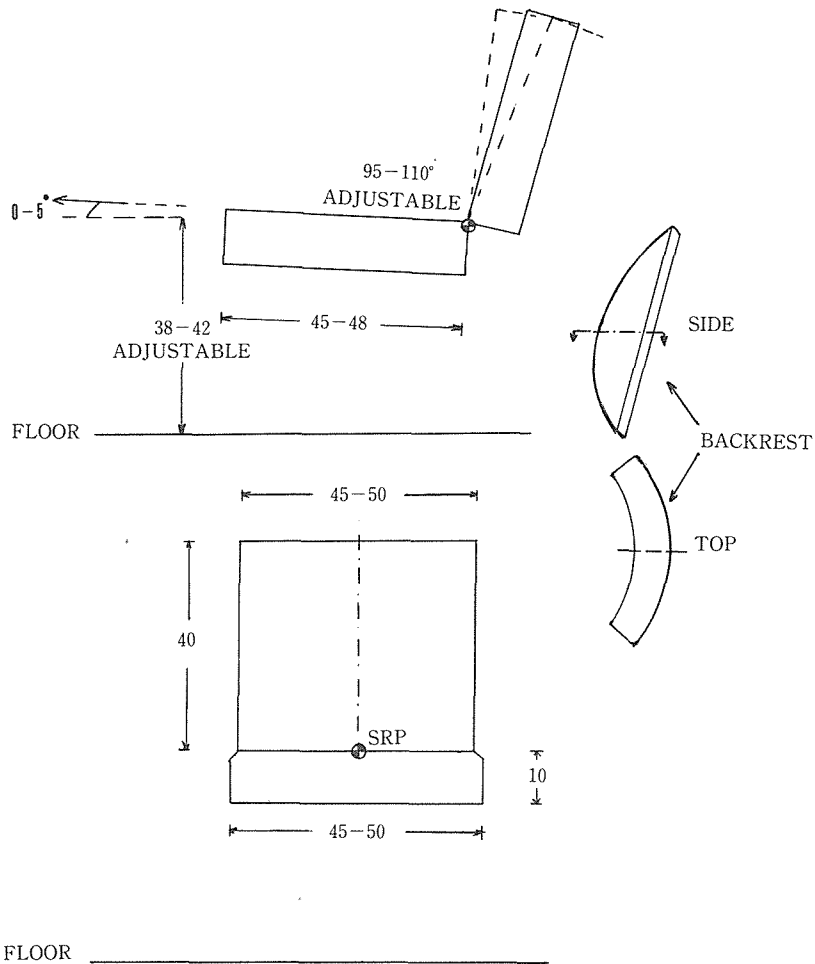


図7 運転席の適合範囲 (Reference Values)

(注)SRP.=Seat Reference Point. この点は背もたれの接線面の中央線とクッションの水平面との交点である。

表5 調査対象となったトラクター

製造会社名	型	使用場所	利用年数	仕事内容
MITSUBISHI (Angle dozer)	BD 2F	鳥取大学 蒜山演習林	10	造林, 集材, 林道開設
MITSUBISHI (Shovel)	BS 3D	鳥取大学 蒜山演習林	17	造林, 集材, 積み込み
IWAFUJI	CT-35	鳥取営林署	8	集材, 林道開設
IWAFUJI	CT-35	倉吉営業署	9	集材, 林道開設
KOMATSU (Shovel)	D20S	島根大学 三瓶山演習林	14	造林, 林道開設
KOMATSU (Shovel)	D50S	乾燥地研究センター の圃場	23	砂丘地農業

- ③ 手及び足操作コントロールの適切な操作位置 (図5, 6)
- ④ 運転席シート適合範囲 (図7)

なお、調査したトラクタの運転室の幅は平均値が80.4cm (表7参照)なので、図3に示した上肢と下肢の最大操作域より少し狭く、現状ではゆとりが少ないことが分かる。

2. トラクタ各部分の計測結果

前章で述べたように調査したトラクタは6台 (表5)で、すべてクローラー型であったが、以下、調査項目ごとにその計測結果を示し、考察する。

(1) 乗降入口

クローラートラクタへの乗り降りは、図8の略図を見れば分かるように、Cフレームやキャタピラを伝って行すが、それ等各部分の寸法の計測結果が表6である。一般に運転手は作業中に何度も乗り降りするわけで、それが安全でスムーズにできるようにでなければならない。特に、年輩の運転

表6 乗降入口部分の寸法

各部分	基準値 (cm)	測定値 (cm) $\bar{X} \pm S.D.$	基準値内であった台数 (%)
乗降入口			
: 高さ	≥ 160	140.8 ± 10.1	0
: 幅	≥ 65	59.2 ± 16.4	16.7
階段			
: 1 段間	≤ 35	30.9 ± 5.7	66.7
: 2 段間	20-30	44.2 ± 8.0	0
: 3 段間	20-30	26.0 ± 8.4	50.0

(注) Recommendation は今回の研究の人体計測値調査と SWEDEN 標準を参考にした。

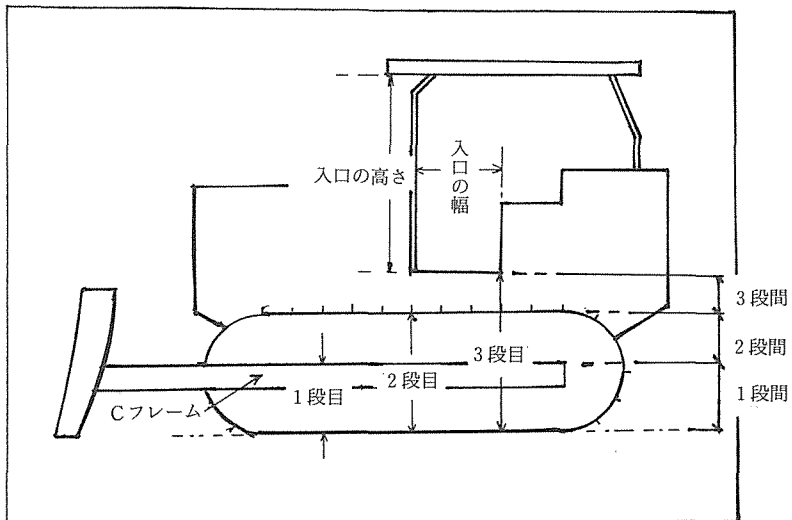


図8 乗降する順序

手にとって各段の間隔が適切なことが重要で、できればスリップ止め付き踏み板がある方が好ましく、さらに運転室入口はつかみ易い形状の取っ手が必要である。また、運転室内のコントロールバー類が足に引っかかり乗降を妨げるのも好ましくなく、レバー類の適切な配置が望まれる。

スエーデンにおける基準値³⁾などを参考に各部分の基準値が表6の第2欄に示してあるが、測定値と較べてみると、1段目は6台の内の4台(66.7%)が基準値内であった。しかし、2段間(1段目と2段目の間隔)は6台とも基準値より長く、3段間(2段目と3段目の間隔)では3台(50%)のみが基準値内であった。しかし、クローラー型では、構造上専用の乗降階段はなくキャタピラなどを利用するわけで、これ等の点の根本的改善は困難であり、運転手自身が安全面によく気を付けざるを得ないであろう。

つぎに、運転室入口部分の高さは、6台とも基準値の160cmより低く、その幅も基準値以上であったのは1台のみであった。なお、ショベル型のトラクタでは駆動アームが入口を塞ぎ運転室への出入りを困難なものにしていた。

運転手が乗降する様を観察すると、油圧パイプ、レバー類など何でも手で掴めるものは利用して身体を上へ押し上げようとしているのが分かるが、これは好ましいことではなく要所要所に取っ手が必要だと思われる。調査したトラクタの内取っ手が付いていたのは1台のみであった。

以上の事からつぎの様な改善点が指摘できる。

- ① 1段目と2段目の間隔が長すぎるので、補助ステップが必要である。
- ② 運転室への入口部分にゴムなどの何かスリップよけ及び取っ手を設けた方がよい。トラクタが大型になればなるほどその必要性が高いと思われる。

表7 運転室の寸法

各部分	基準値 (cm)	測定値(cm) $\bar{X} \pm S. D.$	基準値内であつた台数(%)
運転室(CAB)			
：長さ	≥ 130	120.8 ± 17.0	33.3
：幅	≥ 90	80.4 ± 19.1	50.0
：高さ	≥ 160	148.9 ± 9.2	20.0

(2) 運転室

運転室は6台とも、Closed cab ではなく Opemd cab であり、1台は運転室の屋根やそれを支える四方のフレームも取り外してあった。運転室各部分の計測結果を表7に示した。運転室の前後方向の長さは2台のみが、高さは1台のみが適正範囲以上であった。幅は半分のトラクタが適正であったが、最も狭かったのはショベル型トラクタで60cmしかなく、運転操作が困難であろうと思われた。運転室が最も広がったのは、車体自体も大きい中型のD50Sであって、その他の小型トラクタでは狭いスペースの中でレバー類を配置し、なおかつ操作性がよく、また、広い視野も確保しなくてはならない困難さがある様に思われた。なお、運転室上部に日除けや雨除けがあった方がよく、さらに運転席後部には外部の危険物から運転手を守るためのバックガード、それも視野が確保できるスクリーン型バックガードの設置が好ましい。CT-35トラクタにはバックガードがすでに設置

されていた。

(3) 運転席シート

安全で快適で疲れずに運転操作するためには、運転席シートの形や寸法が適正で、しかも位置が簡単に調整できること、かつ、運転席が床にしっかりと固定され安定していて、しかも振動を効率よく減衰できるダンパー装置が付いている必要がある。また、シートのクッションや背もたれは熱を遮断し、空気がよく流通することが必要で、できれば肘掛けがある方がよい。肘掛けは運転操作に支障をきたさない様に位置が調整できる必要がある。

今回の運転席シート各部分の計測結果を表8に示した。運転席の寸法は全てのトラクタでほぼ適正範囲内であった。特にクッションの長さ、奥行き、厚さは100%適正であった。背もたれについて

表8 運転席の寸法

各部分	基準値 (cm)	測定値(cm.) $\bar{X} \pm S.D.$	基準値内であっ た台数(%)
SRP.一床	40-50	41.8±1.2	100
運転席の調整			
-背もたれの角度	required 15°	IWAFUJI(2台)=15°	33.3
-Cushionの角度	required 15°	6台ともなし	0
背もたれ			
-高さ	40-50	46.6±4.4	100
-奥行	40-50	51.7±4.1	33.3
Angle of cushion	95°-105°	(Range=90°-105°)	66.7
クッション			
-長さ	45-48	47.6±0.7	100
-奥行	≥44	53.2±1.3	100
-高さ	≥10	15.3±4.0	100
肘かけ		ある4台 なし2台	

は、奥行きの適正率は33%であったが、この基準値50cmと言うのはいささか小さすぎ、55cmくらいが適切かと思われた。

しかし、運転席の前後方向の位置や背もたれの角度が調整できたのは2台のみであり、上下方向の高さの調整が可能なものは見当たらなかった。これ等の点の改善が必要であろう。先の運転手の身体計測結果に基づいて、運転席シートの適正範囲を示してみたのが図7である。この際、腰椎を支持する部分をよりうまくデザインすれば、それだけ長時間運転時の運転手の苦痛を和らげることができる。

なお、運転席の床への固定状態やクッションの傷み及びダンパーの作動状態などは、ともすれば怠り勝ちであるが、定期的に点検する必要がある。

(4) コントロール装置

コントロール装置には、レバー、ペダル、ボタン、スイッチ等があり、クローラートラクタでは

手動レバーと足踏ペダルが主なものであるが、一般的に、

- ① 装置のタイプとそれが持つ機能の関係
- ② 作動の方向
- ③ 位置
- ④ 操作に要する力
- ⑤ 形（デザイン）と大きさ

等を考慮して設計されている。すなわち、①については、ボタンは機械のスタート/ストップまたはオン/オフに、手動レバーは微妙な調節の出来る非常可変的連続操作に、足踏みペダルはおおまかでよいが強力な力が必要な連続操作に、それぞれ適している。また、電気式、油圧式、機械式コントロール装置があり、油圧式では機械式よりも軽い操作で大きな力を確実に伝達できるので運転手の疲労も少なく、排土板やウインチドラムの操作に適している。

②については、例えば、レバーを前方に倒せばバケットの腕も前へ伸びるなど、その作動方向が人間の持つ感性にとって納得できるものでなければならない等の考慮が必要である。

③については、頻繁に使用するコントロール類は必ず運転手が自然に手足を伸ばせる範囲内——「Preferred control location」あるいは「Control comfort zone」——に位置するか、あるいはその位置を調整でき、運転手の体格の大小を問わず楽に操作できることが望ましい。人体計測値について言えば、その90%がこの範囲内であることが望ましい（図5、6も参照）。

表9 コントロールと機械の機能

コントロール タイプ	機械の機能					
	エンジン コントロール	操縦装置	計器類、 照明及び 警報	ウインチ装置 コントロール (3台)	ドーザ コントロール (3台)	バケット コントロール (3台)
レバー	○	○	—	○	○	○
ペダル	○	○	—	—	—	—
スイッチまたは ボタン	○	—	○	—	—	—

(注) ①採用されているタイプに○印が付けてある。

②IWAFUJI CT35 (2台) のエンジンコントロールはアクセルペダルも併用している

表10 運転席前方のコントロール(手動コントロール)位置の評価

コントロール 名称	測定値(cm.) Range : Ave.	適合範囲 (cm)	評価
操向レバー : 左 : 右	81-72/66-38 : 75/47 82-72/63-38 : 77/46	≤81*/≥43**	満足=83.3% 不満足=16.7%
ウインチコントロールレバー (BD 2 F 1台だけ)	85/72		—
変速レバー (IWAFUJI 2台)	75-72/59 : 73.5/59		満足=100%

(注) * = 最大操作位置, ** = 最小操作位置

表11 運転席側方のコントロール(手動コントロール)位置の評価

コントロール名称	データ数	測定値(cm) Range : Ave.	適合範囲 (cm)	評価
変速レバー：左	3	87-75/48-55 : 79/51	≤81 / ≥43	満足=87.5% 不満足=12.5%
：右	1	74/55		
アクセルレバー：左	4	90-44/82-42 : 74/66		満足=33.3% 不満足=67.7%
：右	2	98-92/84-82 : 95/82		
ブレード操作レバー				
：左	—	—		
：右	3	78-62/54-49 : 67/51		満足=100%
前後進切換レバー (BD 2 F)：左	1	60/16		満足=50%
：右	—	—		不満足=50%
フォークコントロールレバー (またショベル)：左	—	—		
：右	3	72-64/51-44 : 68/48		満足=100%
ウインチコントロールレバー				
：左	—	—		満足=67.7%
：右	3	65-59/53-52 : 62/53		不満足=33.3%
ウインチ操作レバー				
：左	—	—		満足=33.3%
：右	3	92-86/55-52 : 89/54		不満足=67.7%
合計すると左手操作レバーが8本、右手操作レバーが15本となる				

表12 足踏コントロール位置の評価

コントロール名称	測定値(cm) Range : Ave.	適合範囲 (cm)	評価
クラッチペダル	98-87/78-71 : 92/75	≤95 / ≥65	満足=83.3% 不満足=16.7%
ブレーキペダル	92-82/77-70 : 88/74		満足=100%
アクセルペダル (IWAFUJI 2台)	78-77/74 : 77.5/74		満足=100%

さて、①についての今回の調査結果を表9に、③については表10, 11, 12に示した。これ等を見ると、運転席前方の手動レバーの位置は、ウインチレバーが少し遠かったのを除き、他はほぼ適正範囲内にあることが分かる。

つぎに、運転席測方の手動レバーについて、表11には種類別に示してあるが、全部をまとめると、左手で操作するレバーが8本(35%)、右手が15本(65%)になり、それぞれ左手レバーの56.3%、右手レバーの66.7%が適正範囲内で、両方を合わせると63%のみが適正範囲内であり、運転席前方のレバーと較べて位置が余り良くないことが分かる。とりわけ、アクセルレバーとウインチ操作レバーは共に満足率が33.3%と適正範囲内に位置していなかった。これは、D50Sトラクタに見られる様により運転席に近い位置にアクセルレバーを置くか、あるいはCT35トラクタの様手が使えない場合は足でも操作可能な足踏みペダルと連動する方式か、どちらかにすべきであろう。また、ウインチ操作レバーはすべて右手側の端にあるのだが、大きく身体をひねって操作しなければならず不適切で、より操作しやすい位置に変えるか、運転席が回転できる様にする等の改善が必要である。

足踏みペタルの位置は、表12に示した様に一台でペタルの位置が少し遠かった以外は、ほぼ満足すべき位置にあった。

最後に、運転席前方のパネルに取り付けられているコントロールスイッチ類の位置については、適正範囲が、運転手から75-85cmの距離であるに対し、計測値は80-89cm、平均が85cmで、適正範囲にあったのは50%のみであり、改善が必要であることが分かる。

④のコントロール類の操作に要する力については、その測定結果が表13にまとめてある（但し、

表13 コントロール操作に要する力の評価

コントロールタイプ	データ数	測定値 $\bar{X} \pm S.D. (kg)$	評価
1. 手動コントロールレバー			
操向レバー	12	11.1±4.0	83.3% overforce
変速レバー	25	6.8±2.0	76% overforce
アクセルレバー	6	11.4±3.8	100% overforce
ウインチコントロールレバー	10	6.6±4.0	20% overforce
ブレードコントロールレバー	3	4.5±1.1	0% overforce
バケット(またはフォーク)コントロールレバー	11	3.8±1.2	0% overforce
平均値		7.3±3.9	55% overforce
2. 足踏コントロールペダル			
ブレーキペダル	6	3台計測範囲以上	66.7% overforce
クラッチペダル	6	3台計測範囲以上	66.7% overforce
アクセルペダル	2	4.0	0% overforce
平均値			57% overforce

スイッチ、ボタン類については計測しなかった)。

その適正基準値は、

手動レバー類 0.5-5.0kg,

足踏ペダル類 4.5-9.0kg,

スイッチ、ボタン類 0.3-1.0kg,

であるが、これ等と比較すると、手動レバー類の操作に必要とした力は平均値が7.3kgで、調査したレバー類の55%が基準値以上の力を必要としたこと、また、足踏ペダル類では使用した計器の測定範囲20kgを越えたものもあり、その57%が基準値以上の力を要したことが分かる。

⑤の形(デザイン)については、今回特に調査しなかったのであるが、一般的に言えることは、運転手の手足で容易にしかも確実に保持できる大きさや形であること、また、各種計器及びスイッチ、ボタン類は、運転手がつかうっかり不注意に触れてしまう位置であったり、無用のミスや勘違いを引き起こしたりしない配列、色及び目盛数字類である必要がある。

(5) 運転室の温度条件

前述のように調査したトラクタはすべて運転室が密閉されていない Opened cab であり、運転手は外部の温度条件によって直接影響を受けるので、特に真夏や真冬の温度条件は悪くなる。C T-

35トラクタには暖房用ファンが床前方に取り付けられているので、布製の簡易覆いで運転室を囲めば、冬期の作業も幾分は快適に行えようが、冷房装置類はどのトラクタにも取り付けられていず、夏期には外からの熱に加えて排気ガスやエンジンの熱なども運転室に流れ込み快適な作業が行えない現状にある。

(6) 運転席の騒音

運転席に座っている運転手の耳元における騒音を、トラクタ走行時と停止時に計測した結果を表14に示す。安全な騒音レベルは80dB (A) 以下であり、最大許容レベルが85dB (A) であるとされているが¹⁾、表15に示した様に、Idling 時の平均騒音レベルは大体83dB (A) で最大許容レベル以下

表14 トラクターの機種別騒音レベル

機種	騒音レベル (dB(A))				
	Idling	Half throttle		Full throttle	
		停止	走行	停止	走行
MITSUBISHI BS 3D	78	90	95	100	95
MITSUBISHI BD 2F	85-87	90-92	87-89	93	87-89
IWAFUJI CT 35 (鳥取営林署用)	85	87-88	90-95	97	95-98
IWAFUJI CT 35 (倉吉営林署用)	83-84	86	80-82	94-95	90-94
KOMATSU D 20S	77	70-72	80-85	75	80-85
KOMATSU D 50S	90	85	88	95	103

表15 作動状態別の騒音レベル

作動状態	Rang of dB(A)	平均値 dB(A)	% over 90 dB(A)	% over 85 dB(A)	% over 80 dB(A)
Idling	77-90	83.3	—	40.0	80.0
Half throttle					
-停止	70-92	85.0	18.2	63.6	72.7
-走行	80-95	87.8	30.0	55.0	90.0
Full throttle					
-停止	75-100	92.4	85.7	85.7	85.7
-走行	80-103	92.8	50.0	70.0	95.0

であったが、Full throttle 時では、走行時及び停止時共に92-93dB (A) で許容レベルを越えていた。Half throttle 時では、停止時で調査したトラクタの63.6%が、走行時では55.0%が許容基準を越えており、Full throttle 時ではこの割合がさらに高くなり、それぞれ85.7%、70.0%であった。

調査したトラクタの使用年数は8年~23年に及び、いずれも古いタイプのものが多く、また、整備、点検や部品の交換も十分とは言えない状態であると思われる、この点の改善が望まれる。

(7) 運転席の振動

表16 トラクターの機種別の振動値

機種	クローラトラクター走行中の振動 (m/s ²)					
	Half throttle			Full throttle		
	X	Y	Z	X	Y	Z
MITSUBISHI BD 2F	0.03	0.78	0.25	0.03	0.78	0.25
MITSUBISHI BS 3D		0.29	0.44		0.29	0.44
IWAFUJI CT35,鳥取署用	0.12	0.16	0.36	0.78	0.78	0.78
IWAFUJI CT35,倉吉署用	0.18	0.27	0.45	0.16	0.33	0.36
KOMATSU D 20S				0.25	0.20	0.30
KOMATSU D 50S	0.44	0.38	0.68	0.78	0.78	>1.0

(注) ① X (前後), Y (左右) = 水平振動, Z (上下) = 垂直振動

② 今回の調査ではトラクター停止時も計測したのだが, ここには走行時の場合のみを示した。

表17 全身振動の許容基準値²⁾

作業時間	振動 (m/s ²)	
	水平 (X, Y)	垂直 (Z)
8	0.6	0.9
6	0.7	1.0
4	0.9	1.2
2	1.2	1.7

運転席シート直下のフレームに振動ピックアップを取り付け, 停止中及び走行中のトラクタの3方向ごとの振動を測定したが, その結果 (走行中のみ) を表16に示した。また, 表17には作業時間 (振動暴露時間) ごとの許容振動値が示してある²⁾。両表を比較すると, 一日の実作業時間が6時間の場合では3台のトラクタで許容値を越えるが, 実作業時間が4時間であれば全てのトラクタで許容値以下に納まっている。トラクタ作業の実作業時間は, 普通3時間程度であることを考えると, この振動値であれば問題はないと言えよう。

3. トラクタの運転や操作性能についての運転手の主観的評価

先きに述べたように, 17名のトラクタ運転手に対し13の大項目, 全体では106の小項目からなるアンケート票による調査を行った結果, 16名から回答を得た。

(1) 全体としての総合評価

まず, 各大項目についての「全体としての総合評価」の集計結果から述べ始めよう。

評価項目ごとに, 「優れている」, 「良い」, 「普通」, 「やや悪い」, 「悪い」の5段階評価を求め, それぞれ2, 1, 0, -1, -2の評価点を与え, それを16名について集計し, トラクタごとの平均点を算出したのが表18である。また, 同表の最右欄にはトラクタ全体の平均評価点を示した。

これによると, 運転室の温度, 振動, 騒音, 運転席, 乗降とコントロールレバー等及び計器類の

表18 大項目ごとの評価点

評価項目	機種						評価点 の 平均値
	MITSUBISHI		IWAFUJI CT 35		KOMATSU		
	BD 2F	BS 3D	鳥取署	倉吉署	D 20S	D 50S	
(運転人数)	(3)	(3)	(3)	(2)	(2)	(3)	
乗降	0	-1	0.33	0	0	0	-0.13
運転操作位置	0	0	0	0	0	0	0
運転室	0	0	0.33	0.5	-1	-0.33	-0.06
運転席	-0.33	0	0.33	-0.5	-0.5	-0.67	-0.25
コントロールレバー等	-0.33	-0.67	0.33	0	0	0	-0.13
計器類	-0.33	-0.33	0.67	0.5	-1.5	0	-0.13
運転室の温度	-0.67	-0.67	-1.33	-1	-1	-0.33	-0.81
運転手の視野	0.67	-0.33	0.33	0.5	0	0	0.19
騒音	-0.33	-0.33	0	-1	-0.5	-0.67	-0.44
排気ガス	0	0.33	-0.67	-0.5	0.5	0	-0.06
振動	-0.67	-0.67	-0.33	-1.5	0	-1	-0.69
維持、点検	-0.33	0.33	0.33	0	-0.5	0	0

順にマイナス点が高い、すなわち運転手からみて良くない作業条件の項目であることが分かる。以下、これ等の項目について、個々に考察する。

(2) 運転室の温度について

悪い評価がなされた点を、アンケート票の質問項目(小項目)に沿って順に具体的に述べると、

- ① 冬期の運転室の暖房は十分でない(「はい」と回答した者が81.3%)、
- ② 夏、冬とも運転室の温度を快適な範囲に調節できない(同75.0%)、
- ③ 冷房装置が付いていない(同75.0%)、
- ④ 強い日射を避けるサンバイザーがない(同62.5%)、
- ⑤ 夏、冬の運転室の温度は快適な範囲ではない(同62.5%)、

であった。

この点を改善するには Closed cab にする以外に方法はないが、運転中の視野が狭まること等の問題が生じてこよう。

(3) 振動について

全体としての総合評価はかなりマイナス点が高かったのであるが、個々の項目についてみると、

- ① 主観的には機械の振動は大きいと思う(「はい」と回答が56.3%)、
- ② 振動によって作業に支障を来すことが多い(43.8%)、
- ③ この位の振動には我慢できる(62.5%)、

であった。

総合評価では何故マイナス点が高くなったのか、その理由は判然としないのだが、個々の具体的小項目ごとに見る限り、振動に関してはさほど問題が無いと判断された先の振動計測結果と運転手のこの主観的評価とはほぼ一致していることが分かる。

(4) 騒音について

主観的にみて騒音のレベルは、低い12.5%、普通37.5%、やや高い25.0%、高い6.3%、無回答18.8%であり、50%の者には余り問題がない様で、31.3%の者のみが些か気にしていると言う結果であった。

一方、トラクタ類の騒音レベルは、先の計測結果から分かる様に現在かなり高いレベルにあり、運転手の主観的評価と一致していない。トラクタ類とは元々騒音が大きいものであるとの思い込みが運転手側にあることを、これは示唆しているのであろうか。

(5) 運転席について

主観的にみた運転席シートに対する評価は、普通が68.8%、やや悪いが25.0%であったが、個々の問題では、

- ① 運転席の位置がよくない (56.3%)、
- ② 振動が気になる (56.3%)、
- ③ 振動防止装置ダンパー等が無い (50.0%)、
- ④ 背もたれの形と角度は十分満足 (50.0%)、
- ⑤ クッションは十分満足 (56.3%)、

という結果であり、シートやクッションの位置や角度の調節及び振動防止装置の必要なことが示唆されており、さきの運転席シート等の計測結果から見てもうなづけるところである。

(6) 運転室への乗り降りについて

さきの計測結果では、乗降入口は基準値よりもかなり狭く、とりわけショベルタイプのトラクタは入口が狭かったのであるが、主観的に見た全体的評価は、普通が87.5%であり、やや悪いと悪いは12.5%に留まっていた。

ちなみに、乗降時につまずいたりスリップしたことがあるかとの間に4名があると回答しているが、その内の2名はショベルを持ったトラクタの運転手であった。また、個々の問題では

- ① 危険時、運転室からすぐに出られない (50.0%)、
- ② 運転室への出入りは容易でない (43.8%)、

との回答が得られている。

(7) コントロールレバー類について

主観的にみた全体的な評価は、普通が56.3%、やや悪いと悪いが25.1%、良いが18.8%であった。また、具体的な点では、

- ① レバー類は十分手足の届く範囲にあるか (手足とも「はい」が68.8%),
- ② レバー類の位置や配列は適切か
手動レバー (68.8%), 足踏みペダル (62.5%),
- ③ 作動の方向や深さ (範囲) に問題はないか
手動レバー (68.8%), 足踏みペダル (81.3%),
- ④ 操作に必要以上の力を要するか
手動レバー (68.8%), 足踏ペダル (81.3%),

であった。

④については、さきの計測結果でも基準値以上の操作力を必要とするレバー類が多々見られたが、主観的評価にもこの点が明瞭に表れている。

IV 結論と提言

鳥取県下とその周辺で集材作業などに使用されていたクローラー型トラクタ 6 台とその運転手 17 名に関する各種データを得た。そして、例えば表 4 に示した様な運転手の平均的な身体各部の寸法及び機械設計時の指標となる身体各部位の基準範囲を示すことが出来た。また、それ等基準範囲を基に、図 2～図 7 に示した様に運転手の手足の適正操作範囲や運転席シートの適正位置や大きさなどを設計してみた。

さて、今回の調査を通じて、現存の集材用トラクタについて人間工学的な観点から問題点を指摘するとつぎの様になる。

- (1) 運転室の乗降用入口の幅が狭すぎる。特に、ショベル装置を持つトラクタでは問題がある。また、乗降時のステップとなる、C フレームとキャタピラ上部の間 (2 段間) が長すぎる。
- (2) 運転室の幅は、運転操作の点からみて小型トラクタ (特に、ショベル型) では狭すぎる。
- (3) 運転席シートは、前後や上下の位置を調整できないものが多い。
- (4) 運転手前方のコントロールレバー類は適正位置にあったが、側方のは余り適当ではなかった。とりわけ、アクセルレバーは遠すぎるし、ウインチレバーはその位置が良くなかった。また、操作に要する力も基準値を越えているものが多かった。
- (5) 運転室がすべて Opened cab なので、夏冬の運転室の温度を快適範囲に保てない。
- (6) 運転席における騒音は、調査したトラクタの半数以上で最大許容レベルである 85dB (A) を越えていた。
- (7) 一方、運転手側からの主観的評価をみると、劣っていると判断された項目は、運転室の温度条件、振動、騒音、運転席シート、乗降及びコントロールレバー類の順であって、運転手の主観的評価と計測結果とが、騒音項目以外では、ほぼ一致していた。

以上の結果と考察を踏まえて、まず、直ぐにでも改善できる点を一つ指摘するとすれば、何も目新しい事ではなくよく分かっているが、しかし怠り勝ちである、トラクタ各部分の日頃の整備、点検作業を充実させると言うことであろう。すなわち、エンジンの状態、レバーやペダル類の滑らか

さ、各部分のゆるみ、運転席シートの状態、計器類の作動状態等を常時点検していれば、振動や騒音が低減し、また運転操作もよりスムーズに行えよう。

つぎに、将来、集材用トラクタを設計する時に取り上げたい点について、以下に列挙する。

- (1) 運転手が乗り降りする時、1 段目と 2 段目の間隔が長すぎるので補助ステップ等を取り付ける。
- (2) 運転室入口に取っ手を設け、乗降時の身体の持ち上げ、持ち下げを容易にする。
- (3) 運転室の Closed cab 化を検討し、冷暖房設備を備える。
- (4) ショベルタイプの小型トラクタについては、乗降がよりスムーズになる様に運転室入口付近を改善し、また運転室内のレバー類の配置を再検討する。
- (5) 運転席ダンパー装置及び運転席シートの位置を調整する機構を充実する。
- (6) ウィンチドラムの操作等の際には、運転席が後方へ回転出来るようにする。
- (7) アクセルレバーの位置の改善とその操作に要する力を軽減する。
- (8) 騒音レベルをさらに低減する。

V おわりに

鳥取県下とその周辺に限った調査とはいえ、冒頭でも述べたように、我々の当初の予想に反して調査対象となり得たトラクタの台数は少なく、調査し得たトラクタも古いタイプのもののみに終わり、新しいタイプのトラクタやホイール型の集材専用トラクタについては調査することが出来なかった。したがって、当初の目的が十分に達成できず、また、ここに示した問題点や改善点は些かの外れになる嫌いなきにもあらずだが、逆に鳥取県下とその周辺における集材トラクタ使用の現状を改めて示し得たとも言えよう。今回調査できなかった機種等については、現状認識を新たにしてい、また別の機会に調査したいものである。

引用文献

- 1) Hope, P. A. : Ergonomic Evaluation of Stroke Delimiters. Technical Report No. TR-72. pp. 1-2 (1986)
- 2) Jan-Erik Hansson : An Ergonomic Checklist for Industrial Trucks. National Swedish Board of Occupation Safety and Health Research Department. pp. 10-11 (1983)
- 3) National Board of Occupational Safety and Health : An Ergonomic Checklist for Transport and Materials Handling Machinery. Skogsarbeten ((The Logging Research Foundation, Sweden.). pp. 10-11 (1980)
- 4) 日本規格協会：図説エルゴノミクス (Illustrated Ergonomics). 日本規格協会，東京，pp. 262-263 (1990)

参考文献

- 1) Abeysekera, J. D. A. : A Comparative study of body size variability between people in industrialised countries and industrially developing countries, its impact on the use of

- imported goods. Proceeding of the International Symposium on Ergonomics in Developing Countries. pp. 65-91 (1985)
- 2) Apud, E ; Bostrand, L ; Mobbs, I. D ; Strehlke, B. : Guide-line on Ergonomics study in Forestry. Prepared for research workers in developing countries. pp. 79-170 (1989)
 - 3) Corvanich, A. : Forest Ergonomics. The Forestry Association of Thailand. pp. 64-142 (1983)
 - 4) Courtney, A. J. and W. A. Evans. : A Preliminary investigation of bus cab design for Cantonese drivers. Journal of Human Ergology Vol. 16. pp. 163-171 (1987)
 - 5) Grandjean, E. : Fitting the Task to the Man. Taylor & Francis LTD. London. pp. 33-39 (1982)
 - 6) Hansson, J. E. : An Ergonomics Checklist for Industrial Trucks. National Swedish Board of Occupation Safety and Health Research Department. pp. 4-24 (1983)
 - 7) Hope, P. A. : Ergonomics Evaluation of Stroke Delimbers. Technical Report No. TR-72. pp. 1-27 (1986)
 - 8) 倉田 正一：人間工学，技報堂，東京，pp. 163-171 (1959)
 - 9) 真辺 春蔵，長町 三生：人間工学概論，朝倉書店，pp. 47-52 (1968)
 - 10) Maring, J : Tractor Noise. Institute of Agricultural Engineering. Wageningen, Natherlands. pp. 1-15 (1979)
 - 11) Mc. Cormick, E. J. : Human Factors Engineering. Mc. Grow-Hill book company Newyork. pp. 349-387 (1964)
 - 12) National Board of Occupational Safety and Health : An Ergonomics Checklist for Transport and Materials Handling Machinery. Skogsarbeten (The Logging Research Foundation, Sweden.). pp. 5-24 (1980)
 - 13) 日本音響材料協会：騒音対策ハンドブック，日本音響材料協会，東京，pp. 1-51 (1966)
 - 14) 日本規格協会：図説エルゴノミクス (Illustrated Ergonomics)，日本規格協会，東京，pp. 71-72, 76-77, 94-96, 150-153, 254-287 (1990)
 - 15) 大里 正一・立川 次郎：造材作業における騒音暴露について，第93回日林論. pp. 487-489(1982)
 - 16) 大島 正光：アーゴノミクス (人間工学)，朝倉書店，東京，pp. 138-179 (1965)
 - 17) 大島 正光：人間工学，コロナ社，東京，pp. 29-30, 47-71 (1970)
 - 18) 林業機械化協会：林業用トラクタとその作業 (機械編)，林業機械化協会. pp. 157-167 (1973)
 - 19) 林業機械化協会：林業用トラクタとその作業 (作業編)，林業機械化協会. pp. 1-21 (1973)
 - 20) Singleton, W. T. : Introduction to Ergonomics. Switzerland, pp. 9-11 (1972)
 - 21) Staudt, F. J. : Noise and Hearing. Department of Forestry Techniques Agricultural University. Wageningen. pp. 1-29 (1984)
 - 22) Wenci, J. : Basic Principles of Ergonomics. Logging of Mountain Forest, FAO Forestry Paper, pp. 239-252 (1982)
 - 23) Woodson, E. E. and W. O. Conover : Human Engineering Guide for Equipment Design.

second edition. University of California. USA. Body measurement section pp. 5(1)-5(37)
(1973)

- 24) 豊川 勝生：集材機レバー配置についての一考察，第91回日林論，pp. 483-484 (1980)
- 25) 豊川 勝生：人体計測値よりみた操縦席回り設計の一考察，第90回日林論，pp. 507-508(1979)
- 26) 豊川 勝生：林業作業者からみた林業機械の事例分析，第93回日林論，pp. 501-502 (1982)