

枝打ち機械の作業工程について(3)

—異なった枝打ち機械による作業工程の比較(2)—

瀧本 義彦・藤井 禧雄・山本 俊明・竹内 典之
佐々木 功・山下 俊二*

On the operational efficiency of a pruning machine(3)

—Compare of two types of machine(2)—

Yoshihiko TAKIMOTO, Yoshio FUJII, Toshiaki YAMAMOTO,
Michiyuki TAKEUCHI, Isao SASAKI, and Syunji YAMASITA

要 旨

最近よく使われるようになってきた、枝打ち機械に付いて、昨年、1 昨年に引き続き、2 種類の機械の作業工程と、作業者に与える生理的負担に付いて調査した。

調査場所は、本学和歌山演習林11林班で、1986年11月18日から4日間、3名の作業者に交代で2種類の機械を使って枝打ち作業をして貰い、作業時の時間観測で、作業工程を、心拍数と歩行数の測定から、生理的負担を調べた。

その結果、トラブル時間を別にすると2種類の機械の間には、作業工程では殆ど差がみられなかった。また、作業時の心拍数は、重量の重い機械の方で多い傾向がみられた。作業時の歩行数は、どちらも同じであった。片方の機械は、鋸断用のチェーンソーの取り付け場所が悪く、機械の取り付け、取り外し時に多く時間が掛かり、また危険でもあった。

は じ め に

わが国の人工林の大半は戦後に造林されたもので、既に枝打ちの適期を迎えているが、材価の低迷、人件費の高騰、労働力の不足等の諸条件の悪化により十分な枝打ちが行われているとはいえない。また、従来の手作業による枝打ちは、高所で刃物を振るうなど高度の技術を必要とし、また危険を伴う作業で、労働者の高齢化に伴ってその実施を難しくしている。

そこで、わが国でも作業の安全化と、労働生産性の向上を目指して、枝打ち機械が製造、販売されるようになってきた。

我々は前々報^{1)・2)}で枝打ち機械「YA」による機械作業とナタと梯子を使った手作業による枝打ちの作業工程と生理的負担に付いて報告した。前報^{3)・4)}では2種類の枝打ち機械「YA」と「YO」の作業工程の比較と作業者の生理的負担に付いて報告した。

今回は、操作を無線で行える枝打ち機械「KI」と従来から良く調べている枝打ち機械「YA」

* 奈良県林業試験場

との作業工程と、作業者の生理的負担に付いて調査したので報告する。

I 調査方法と内容

調査地は、和歌山県有田郡清水町にある京都大学農学部付属和歌山演習林第11林班のスギの人工林でその詳細は表－3の通りである。

調査時期は、昭和61年11月18日より4日間で、2種類の枝打ち機械「K I」と「Y A」を使った枝打ち作業を、本学演習林の職員・作業員計3名に行ってもらった。これらの枝打ち機械の性能と特徴は、表－1, 2, 外観は、写真－1, 2の通りである。この2種類の機械の操作上の違

表－1 枝打ち機械 「K I」の仕様と特徴

重 量	本体 22 kgf
寸 法	本体 570×450×550 mm
エ ン ジ ン	排気量 50cc, 最高出力 2.5ps/8,000 rpm
案 内 板 長	350 mm
駆 動 装 置	クローラ形1個, 上1輪(硬質ゴムタイヤ)
遊 動 輪	4輪(硬質ゴムタイヤ)
取り付け方法	蝶番状に開いた本体と巻付きフレームで樹幹を抱え込み, 2本のコイルバネで張り止める。バネ止めを変えることにより張力を調節出来る。
操 作 方 法	木に取り付け, エンジンを始動させ, 作業開始, 上昇高さは無線制御で反転, 下降させる。適当な高さまで降りたら, 無線制御または, 手動で停止出来る。
速 度	上昇速度 2.7 m/分, 下降速度 7.1 m/分
適用樹幹径	7～20 cm
特 長	○上昇, 下降, 停止を無線で, 制御出来る。 ○チェーンのガイドバーの先端にひねりを付けて, 切口の平滑化と噛み込みを防いでいる。 ○鋸断時に, ソーチェーンが1秒位停止すると自動的に下降になり, 2～3回転下がって再び上昇することで, 枝による噛み込みを防いでいる。

(注) メーカーの取扱説明書を中心に作成

表－2 枝打ち機械 「Y A」の仕様と特徴

重 量	本体 28.5 kgf
寸 法	本体 590×540×840 mm
エ ン ジ ン	排気量 51.6 cc, 最高出力 2.3 ps/6,500 rpm
案 内 板 長	285 mm
駆 動 装 置	3輪(上2輪, 下1輪), 空気入りゴムタイヤ
遊 動 輪	1輪の空気入りゴムタイヤと4輪の硬質ゴムタイヤ
取り付け方法	蝶番状に開いた本体と巻付きフレームで樹幹を抱え込み, 2本のコイルバネで張り止める。
操 作 方 法	木に取り付け, エンジンを始動させ, 作業開始, 上昇高をあらかじめ目盛りでセットする。セット高まで上昇したら, 自動反転, 下降, 架台まで降りて停止する。
速 度	上昇速度 2.55 m/分, 下降速度5.21 m/分
適用樹幹径	6～16 cm
特 長	○上昇, 下降, 停止を目盛りとセンサーで制御出来る。 ○チェーンのガイドバーの先端に枝が当たると鋸断部が下がって噛み込みを防いでいる。 ○上昇時に鋸断部を幹から浮かせて, 幹削りを防ぐことが出来る(約4 mまで)。

(注) メーカーの取扱説明書を中心に作成

表-3 枝打ち試験地の概要

京都大学和歌山演習林11林班, スギの人工林
面積 1.8 ha
昭和40年 9350本植栽 (5194本/ha)
昭和41~45年に下刈
昭和48年にツル切りと枝打ち
昭和50年にツル切り
昭和60年に間伐
現在2500本/ha
傾斜は15度~25度
下草は少なく, 間伐木が横たわっている程度
事務所から車で5分, 林内歩道を10分歩行した所

いは, 「K I」は上昇, 下降を無線で制御でき, 任意の高さまで上昇できるが, 「Y A」は予め上昇高をダイヤルでセットするので, スリップ等が起こると上昇高が, 低くなることもある。また, 機械の重量も「K I」の方が「Y A」より6.5kgf 軽い。

作業工程は, 作業開始から, 終わりまでを秒単位で時間観測した。また枝打ち木の胸高直径と枝打ち後の枝下高も測った。なお, 作業の手順等は作業者の普段通りの方法で行ってもらい, 枝打ち木の選木も, 普段彼らが枝打ち作業をする時と同じ条件に

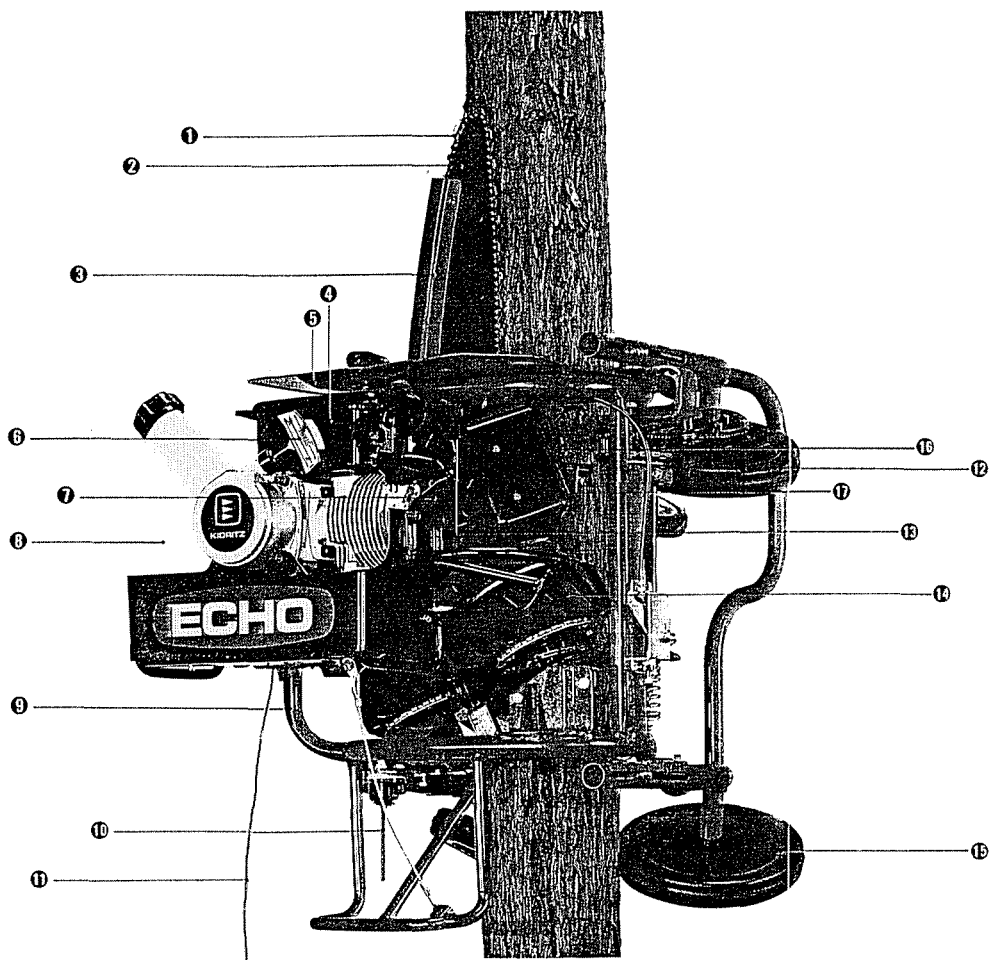


写真-1 枝打ち機械「K I」の外観 (パンフレットより)

1. ソーチェーン, 2. ガイドバー, 3. チェーンカバー, 4. エアークリーナ, 5. 防塵カバー,
6. リコイルハンドル, 7. 点火栓, 8. 燃料タンク, 9. フレーム, 10. 停止スイッチ, 11. リー
ドアンテナ, 12. 補助駆動輪, 13. スロットル, 14. 駆動ベルト, 15. 従動輪

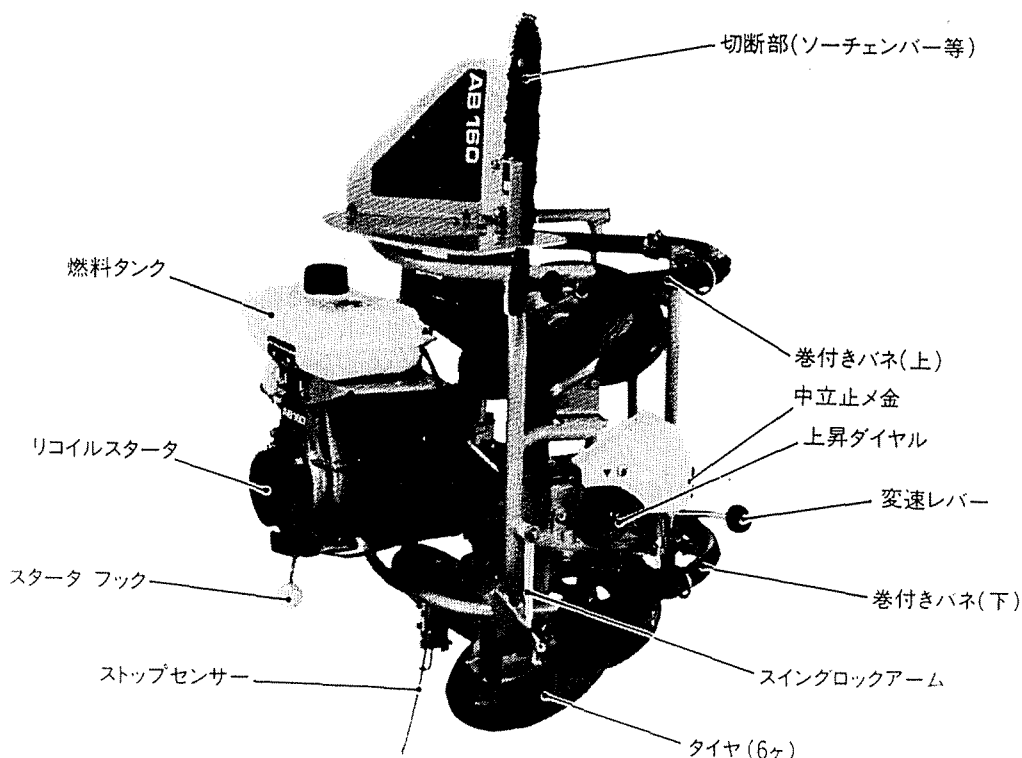


写真-2 枝打ち機械「YA」の外観

するために、作業者に任せた。作業者の生理的負担は昨年と同様にハートメモリーによる心拍数測定と、新たに、歩行数を計るステップメモリーを使って測った。ステップメモリーは、重力センサーが歩行に伴う上下動を感知してパルスが発生しその数をメモリーに記録する。記録できる容量はハートメモリーと同じ2048個である。データはハートメモリーと同様に作業終了後事務所で、インターフェースを介してコンピュータに記録する。また、心拍数から、エネルギー消費量を推測する換算式を得るために、前回と同じく調査の初日に踏台昇降テストを行った。また、補足資料としてビデオカメラで作業を録画した。

II 結果と考察

作業工程の結果は表-4, 5の通りで、1サイクルは1本の木を枝打ちする時間を表す。1サイクルの始まりは枝打ち機械を木に取付ける時で、終りは次の枝打ち木に取付ける時である。表中の要素作業項目は図-1の1サイクルに対応しており、第4ブロックはトラブルに関連した作業である。

この表から判るように、1サイクル当り「KI」の方が「YA」より3人平均では約80秒多く掛かっているが、第4ブロックを除外すると「KI」の方が「YA」より2.5秒多いだけで、ほとんど差がないといえる。第4ブロックは機械に対する慣れや、機械の調子に左右されることが多く、除外して比較して差し支えない。今後第4ブロックを除外して考察する。

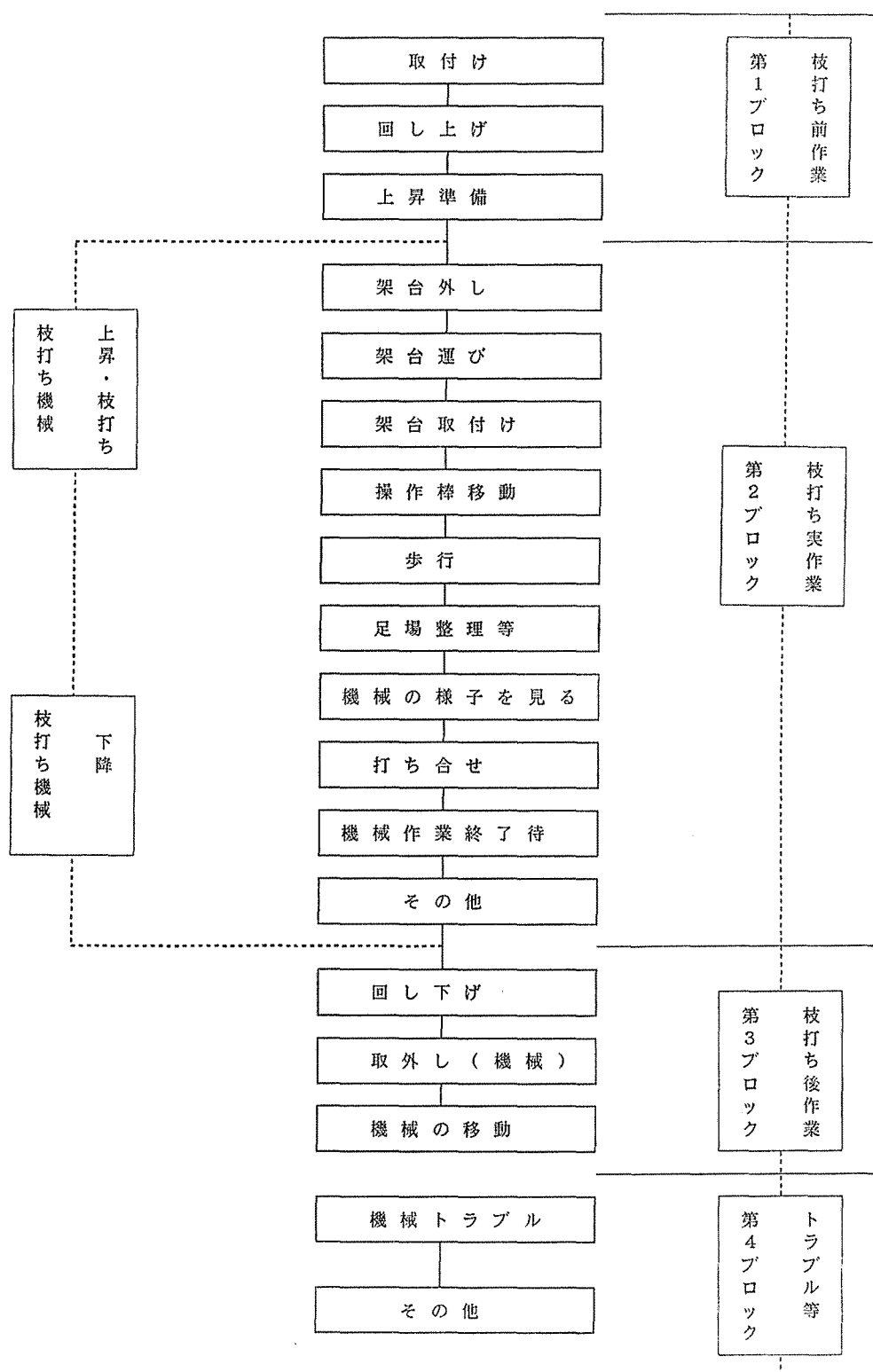
3人の平均値で比較してみると、第1ブロックでは「KI」が約30秒多く掛かっている。これ

は、第1ブロックの中の、「取付け」に時間が掛かっているためである。「K I」は、枝打ち木の太さによってバネの長さを調節する必要があることと、もう1つには、鋸断用のチェーンソーの取り付け場所が悪く、枝打ち機械の取り付け時に顔に当たりそうになるためである。このことは第3ブロックの比較で「K I」が「Y A」より約20秒多く掛かっており、第3ブロックの中でも「K I」の方が「取外し」に、約23秒多く掛かっていることと共通している。第2ブロックは、「K I」の方が「Y A」より約45秒多く掛かっている。これは、表一1、2から判るように、「K I」の方が上昇、下降共に速度が早いのである。また、第2ブロックの中でも「歩行」、「機械の様子」は「K I」の方が多く掛かっており、このことは、「K I」は枝打ち上昇高を作業者が、機械の動きに合わせて制御する必要があるためと思われる。

次に、各々の枝打ち機械別に結果を見ると、「K I」では作業者による差はみられず、1サイクル約360秒である。また1サイクルの内第2ブロックが66%を占めている。そして第2ブロッ

表一4 要素作業別作業時間（枝打ち機械「K I」を使った場合、秒/本）

		作業者Y	作業者K	作業者M	3人の平均	3人平均(%)
枝打ち木の本数 (本)		24.0	25.0	23.0	24.0	
平均胸高直径 (cm)		17.6	17.1	17.7	17.4	
胸高直径の範囲 (cm)		12.5—22	14.2—21.2	13.3—20	12.5—22	
第1ブロック	取 付 け	46.7	38.1	34.3	39.7	
	回 し 上 げ	19.7	17.1	22.9	19.9	
	上 昇 準 備	9.9	15.2	9.3	11.5	
	小 計	76.2	70.4	66.5	71.0	14.8
第2ブロック	架 台 外 し	0.0	0.0	0.0	0.0	
	架 台 運 び	0.0	0.0	0.0	0.0	
	架台取付け	0.0	0.0	0.0	0.0	
	操作棒移動	4.2	0.4	7.3	4.0	
	歩 行	16.1	40.1	47.8	34.7	
	足場整理等	4.9	2.3	6.8	8.0	
	機械の様子	85.5	70.0	50.1	68.5	
	打 ち 合 せ	12.3	3.5	11.0	8.9	
	機械終了待	105.8	109.8	131.9	115.8	
	そ の 他	0.0	0.0	0.0	0.0	
小 計		228.8	236.3	254.8	239.9	49.8
第3ブロック	回 し 下 げ	4.7	1.5	3.3	3.1	
	取 外 し	27.4	31.5	27.9	29.6	
	機械の移動	13.0	27.1	17.9	19.3	
	小 計	47.1	60.0	49.0	52.0	10.8
合 計(1—3)		352.2	366.7	370.3	363.0	
第4ブロック	機械トラブル	30.8	92.9	114.5	79.4	
	そ の 他	8.1	71.3	37.3	38.9	
	小 計	38.9	164.2	151.7	118.3	24.6
合 計(1—4)		139.0	530.8	522.0	481.3	100.0



図一 1 枝打ち機械使用時の 1 サイクルの要素作業

表一 要素作業別作業時間 (枝打ち機械「YA」を使った場合, 秒/本)

		作業者Y	作業者K	作業者M	3人の平均	3人平均(%)
枝打ち木の本数 (本)		18.0	36.0	34.0	29.3	
平均胸高直径 (cm)		20.4	20.0	19.7	20.0	
胸高直径の範囲 (cm)		15.5—24.3	13.8—23.8	15—25.5	13.8—25.5	
第1ブロック	取付け	14.3	9.3	12.0	11.9	
	回し上げ	13.7	12.1	14.1	13.3	
	上昇準備	26.1	13.6	16.8	18.8	
	小計	54.1	35.0	42.9	44.0	10.9
第2ブロック	架台外し	0.0	0.0	0.0	0.0	
	架台運び	0.0	0.0	0.0	0.0	
	架台取付け	0.0	0.0	0.0	0.0	
	操作棒移動	10.9	11.6	9.2	10.6	
	歩行	20.8	22.3	14.5	19.2	
	足場整理等	15.4	25.4	12.0	17.6	
	機械の様子	89.7	1.3	2.2	31.1	
	打ち合せ	44.7	5.8	13.5	21.3	
	機械終了待	131.5	183.7	236.9	184.0	
	その他	0.0	0.0	0.0	0.0	
小計		312.9	250.1	288.3	283.8	70.7
第3ブロック	回し下げ	18.2	10.9	10.9	13.3	
	取外し	6.7	5.6	6.9	6.4	
	機械の移動	13.7	14.3	11.2	13.0	
	小計	38.5	30.8	28.9	32.8	8.2
合計(1—3)		405.5	315.9	360.1	360.5	
第4ブロック	機械トラブル	43.2	17.2	58.7	39.7	
	その他	0.0	3.2	70.0	1.1	
	小計	43.2	20.4	58.7	40.8	10.2
合計(1—4)		448.8	336.3	418.8	401.3	100.0

表一 作業者の諸データとステップテストの結果

作業者	Y	K	M
年齢	46才	47才	40才
身長	166cm	167cm	162cm
体重	52kg	60kg	52kg
森林作業の経験	29年	22年	14年
枝打ち作業の経験	17年	11年	14年

各作業者のステップ回数 (X) と心拍数 (Y) との回帰式と相関係数 (R)

$$Y: Y=59+2.6X \quad (R=0.990)$$

$$K: Y=41.9+3.52X \quad (R=0.991)$$

$$M: Y=28.5+4.3X \quad (R=0.973)$$

クの中では「機械終了待」が一番多くその約50%を縮めている。

「YA」では作業者による差が約50秒ある。この機械はここ数年間使用しており、機械に対する不慣れとは思えない。逆に、作業者に因って機械の扱い方が違うのかも知れない。また1サイクル中に占める第2ブロックの割合は78%と多く、そして第2ブロックの中では「機械終了待」が一番多くこの65%を占めている。

次に、生理的負担で2種類の機械を比較

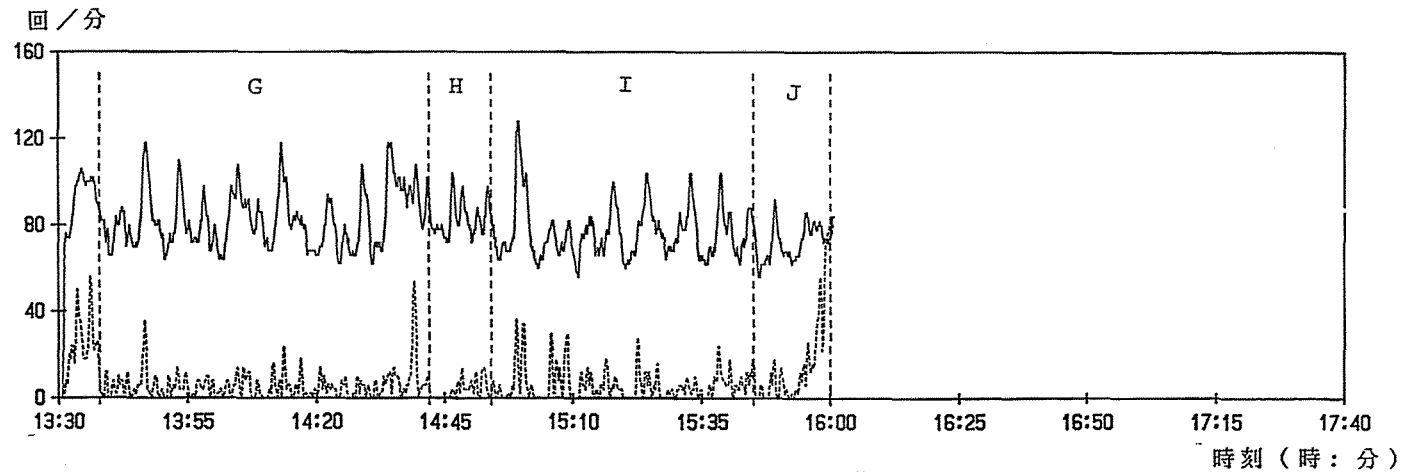
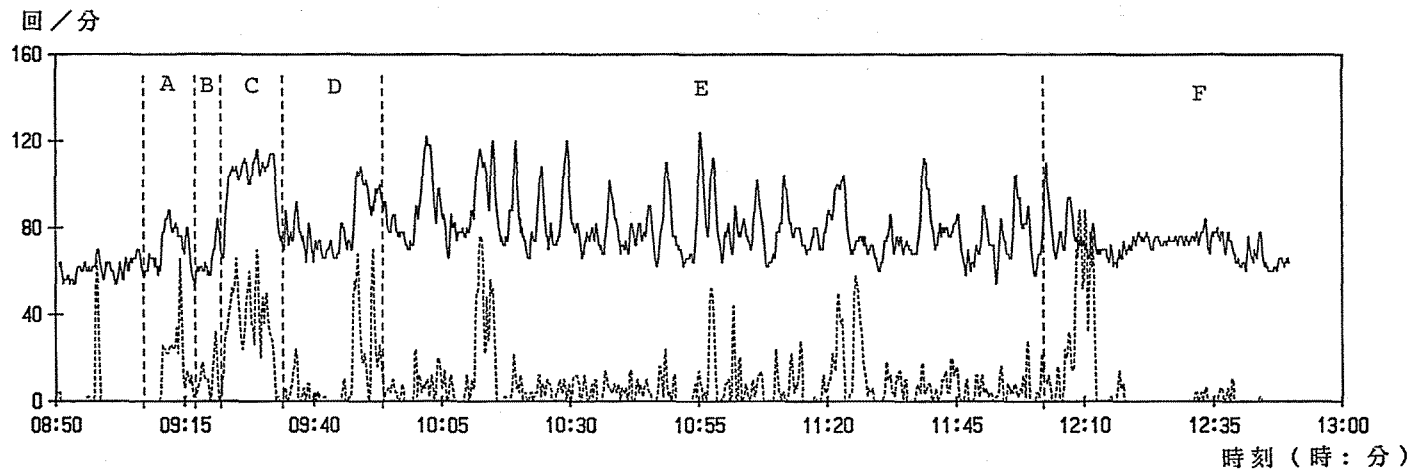


図-2 作業員Mの枝打ち機械「K I」使用時の心拍数と歩行数の推移

(作業員M, 11月19日, 枝打ち機械「K I」使用)

(実線は心拍数, 点線は歩行数を表す.)

A : ステップテスト B : 車で現場へ C : 歩いて現場へ D : 準備 E : 枝打ち作業, スギ17本

F : 昼休み G : 枝打ち作業, スギ15本 H : 休憩 I : 枝打ち作業, スギ8本 J : 跡片付け

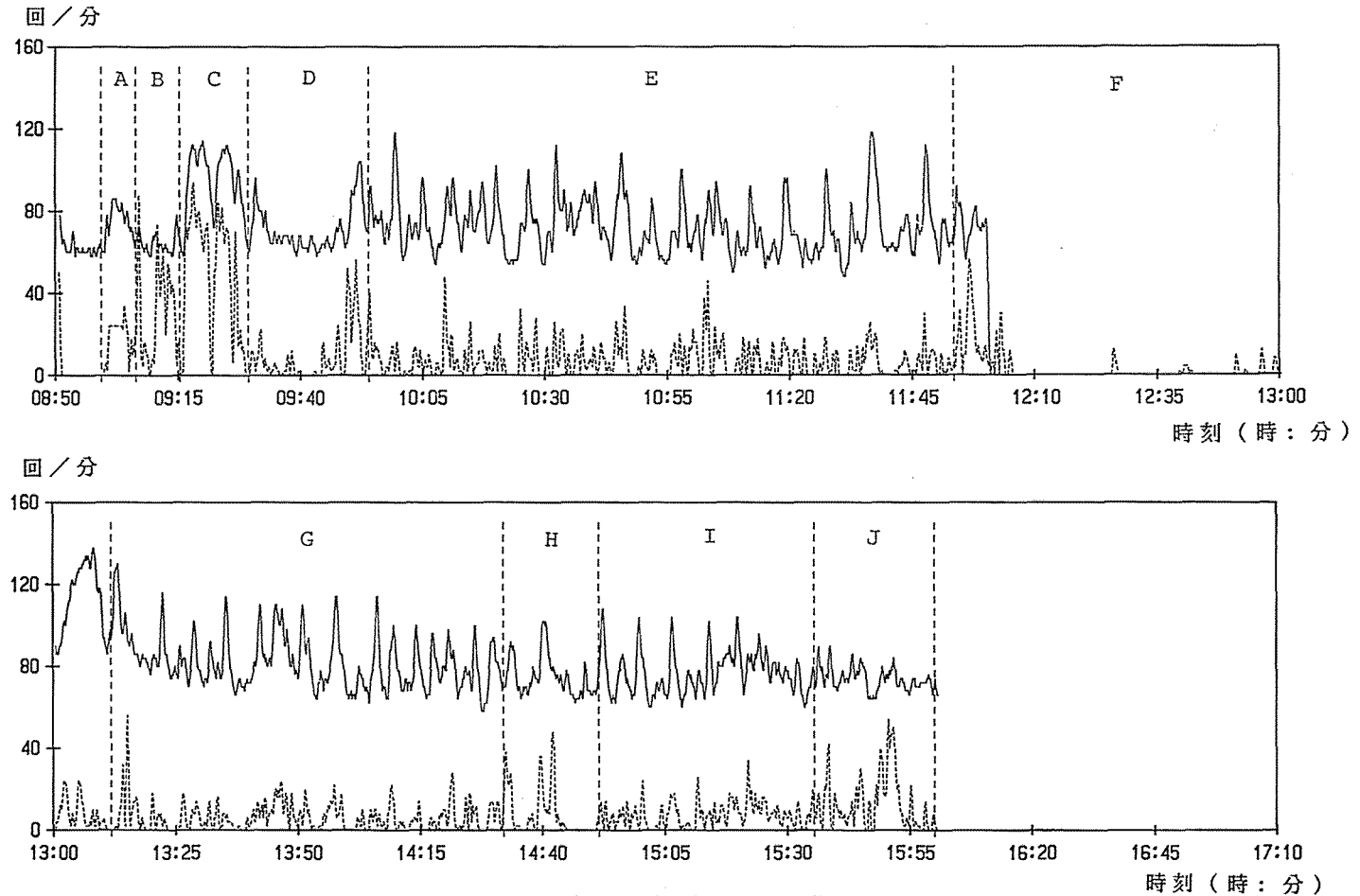


図-3 作業者Mの枝打ち機械「YA」使用時の心拍数と歩行数の推移

(作業者M, 11月20日, 枝打ち機械「YA」使用)

(実線は心拍数, 点線は歩行数を表す.)

A: ステップテスト B: 車で現場へ C: 歩いて現場へ D: 準備 E: 枝打ち作業, スギ13本

F: 昼休み G: 枝打ち作業, スギ10本 H: 休憩 I: 枝打ち作業, スギ9本 J: 跡片付け)

表一7 1 サイクル当りの平均心拍数とエネルギー代謝量

(枝打ち機械「K I」の場合)					
作 業 者		Y	K	M	平均
作 業 能 率	(分/本)	6.5	8.8	8.7	8.0
平 均 心 拍 数	(拍/分)	90.8	81.0	79.3	83.7
平 均 歩 行 数	(歩/分)	22.0	37.4	21.6	27.0
ス テ ッ プ 回 数	(回/分)	12.2	11.1	11.8	11.7
エ ネ ル ギ ー 代 謝 量	(Kcal/分)	5.3	5.5	5.2	5.3

(枝打ち機械「Y A」の場合)					
作 業 者		Y	K	M	平均
作 業 能 率	(分/本)	7.5	5.6	7.0	6.7
平 均 心 拍 数	(拍/分)	96.7	92.2	76.4	88.4
平 均 歩 行 数	(歩/分)	29.2	29.9	17.6	25.6
ス テ ッ プ 回 数	(回/分)	14.5	14.3	11.1	13.3
エ ネ ル ギ ー 代 謝 量	(kcal/分)	6.11	6.8	5.0	6.0

してみる。表一6は作業者の諸データで、その下の式は調査の初日に行ったステップテストの結果から得た回帰式であり、3名とも相関は0.9以上と高い。この式を使って表一7のステップ回数を計算した。また、表一7のエネルギー代謝量は前報¹⁾と同じく平川の式²⁾を使って計算した。なお、表一7の作業能率は第4ブロックの時間を含んで居る。

図一2, 3は作業者Nの11月19日と20日の1日の心拍数と歩行数の推移をグラフにしてある。心拍数・歩行数は測定時のデータを30秒毎に1分間当りの数値に換算してある。作業時の1サイクルの心拍数の推移のパターンは機械の移動時に心拍数が上がり、機械が作業を始めると心拍数は下がり始める。トラブルがなければそのまま下がり続け、立位安静時まで下がる。そして機械が作業を終えて降りてくると、機械の所に作業者が歩いて行き、機械を取外し、次の木に運ぶときに心拍数は最高になる。この傾向は、他の2名とも同じであった。また、2種類の機械でも同じであった。次に、これらの結果を比較してみると、心拍数の増加と歩行数の増加は作業内容A-D, F, H, Jでは関連がみられるが、枝打ち作業時にはその傾向がみられない。これは枝打ち作業時には枝打ち機械を運ぶ時に心拍数が最大になることが判っており、またその時には歩行数が少ないためと思われる。この点については更に検討を加える必要がある。

次に、表一7で2台の機械での生理的負担について、心拍数で比較してみると、作業者Nでは「K I」の方が「Y A」より僅かに心拍数が多い。しかし、3人の平均値で比較すると、「Y A」の方が1分間当たり5拍多い。これは「Y A」の方が重量が6 kgf 大きい影響かも知れないが、この程度の差では負担が多いとは言いきれない。また、歩行数で比較してみると、3人平均では「K I」の方が50歩多いが、これは「K I」の第4ブロックを含めた1サイクル当りの歩行数であり、1分間当りに換算すれば「K I」は27.4歩/分、「Y A」は25.4歩/分となり、その差も僅かである。

Ⅲ ま と め

枝打ち機械「K I」, 「Y A」の作業工程と生理的負担を調査した結果、作業工程ではトラブル時を除けば「K I」の方が363秒で数秒多く、生理的負担ではトラブルが少なかったにも関わらず、「Y A」の方が作業者の心拍数が僅かに大きく、逆に歩行数は、僅かに少なかった。2種類

の機械について、はっきりした差は見られなかったが、「KI」は鋸断部の取付け場所の改良が望まれる。「YA」は重量の低減と上昇速度の改良が望まれる。また、どちらの機械も、幹に対する損傷がかなり見られたので、この点の改良も是非必要である。

本研究を行うに当たり全面的にご協力頂いた、本学和歌山演習林職員と一緒に、この場でお礼を申し上げます。また、ステップメモリーを快くお貸し頂いた京都府立大学助教授松原周信氏に感謝の意を表します。

なお、本研究の1部は第98回日本林学会大会で、発表したものである。

引用文献

- 1) 竹内典之他：枝打ち機械の作業工程に付いて。京大演報. 57. 230—246, 1986
- 2) 山本俊明他：林業機械作業における作業者の生理負担に関する研究(1)。京大演報. 57. 247—257, 1986
- 3) 瀧本義彦他：枝打ち機械の作業工程に付いて(2)。京大演報. 58. 175—181, 1986
- 4) 山本俊明他：林業機械作業における作業者の生理負担に関する研究(2)。京大演報. 58. 182—193, 1986
- 5) 平川和文：踏台昇降運動時エネルギー代謝量の推定。体力科学. 32. 285—292, 198

Résumé

In recent years, some kinds of pruning machine have been developed in Japan.

We studied the operational efficiency and physiological load of worker during pruning with two different types of machine (e. i. one type is 「KI」, another is 「YA」). 「KI」 is controlled by wireless. 「YA」 is not. This is the main different of two machines. 3 workers pruned about 150stands of SUGI at Kyoto University Forest in Wakayama for four days.

We estimated the physiological load from heart rate and step rate by using H.R. Memory and S.R. Memory during work. First, we checked the heart rate of each worker during stepping exercise, and next we calculated the physiological load during work in the Energy metabolism (Kcal/min) using the Hirakawa's equation.

Result :

Physiological load was follows : in the case of 「KI」, average heart rate is 83.7 beats/min, average step rate is 27steps/min and Energy metabolism is 5.3Kcal/min. In the case of 「YA」, average heart rate is 88.4beats/min, average step rate is 25.6 steps and average Energy metabolism is 6.0Kcal/min.

Operational efficiency was follows : 「KI」 needs 360.5sec (except truble time) to prune a tree. 「YA」 needs 363sec (except truble time) to prune a tree. When worker attach or dettach the pruning machine to the tree, 「KI」 needs more time than 「YA」. This must be improved.