

電動丸鋸による枝打ち作業に関する研究（Ⅱ） —作業工程と作業者の生理負担について—

山本 俊明・石上 公彦・沼田 邦彦・酒井 徹朗

Study on Pruning Operation with Electric Circular Saw (II)
— Time Study and Physiological Evaluation —

Toshiaki YAMAMOTO, Kimihiko ISHIGAMI, Kunihiro NUMATA, Tetsuro SAKAI

要 旨

本報告は、電動丸鋸カッターを使用した枝打ち作業の工程と作業者の作業中の生理負担について調査したものである。

調査を行った場所は、岐阜県郡上郡奥明方村にあるI林材KKの山林内10～15年生のスギ、ヒノキ人工林である。

作業者は、I林材KKの造林関係の職員1人で、電動丸鋸カッターによる枝打ち作業の作業工程と作業者の作業中の心拍数の計測を行い、心拍に関してはステップテストを行いエネルギー代謝量を求めた。

結果は、枝打ち作業時間に影響する因子として、胸高直径、枝の鋸断面積が考えられる。

また、1本当りの枝打ち時間は、2.07分/本となり、筆者が以前に調査したナタによる手作業の場合に比べて能率がよかった。

作業者の生理負担については、作業中の心拍数126～72拍/分 平均97.96拍/分、エネルギー代謝量5.079～4.436 Kcal/分 平均4.823Kcal/分でエネルギー代謝量による労働区分は、中程度～重労働の範囲にあると推定できる。

はじめに

外材の圧力による木材価格の低迷のため、近年付加価値の高い優良材生産が志向されている。枝打ち作業は、優良材生産のための重要な作業の一つである。

現在約1000万 haある、わが国の人工林面積のほぼ9割が35年生以下で、間伐等の保育作業を必要としており、その大半が枝打ちの適期を迎えている。

しかし、林業労働力の高齢化、人件費の高騰によって、高度な枝打ち技術と体力をもった作業員を確保することは難しく、作業の実行が困難になりつつある。ために、労働の安全性を図り、できるかぎり技能差を減少させ、誰でもその作業を可能とし、かつ労働生産性を高めるために枝打ち作業の機械化が必要である。

最近、自動枝打ち機（自登式枝打ち機）が多数市販され、全国各地において枝打ち機の導入普及が進められているが、現在までのところ自動枝打ち機による作業は、幹に傷をつけたり、枝に鋸齒をはさまれ機械が枝の鋸断中に停止するトラブルや、ソーチエンの鋸断による材質の低下（ボタン材や腐れの発生）などが問題視されたこともある。また、枝打ち高が5 m以下では作業能率、経済性の点で逆に手作業の方が優利になるといった状況である。

今回は、岐阜県I林材KKにおいて、その両者の中間的存在である電動丸鋸を使った、背負い式の枝打ち機械を試作、活用されているので、この機械による作業工程と作業者の生理負担について調査したので報告する。

1 調査方法

調査を行ったところは、岐阜県郡上郡奥明方村出雲I林材KK山林内10-15年生 スギ、ヒノキ人工林である。調査地の概要及び調査木については、表-1に示す通りである。

表-1 調査地の概要及び調査木のデータ

場 所	岐阜県郡上郡奥明方村日出雲 石原林材株式会社
標 高	1100-1150m
平均傾斜	38°
林 令	10-15年生
平均胸高直径	8.95cm
立木密度	5000-6000本/ha
枝打前枝下高	約2 m
樹 種	スギ（一部にヒノキが混交）
林地の状況	林内植生はほとんど無いが、枝打ち後の多量の落枝のためやや歩きにくい。
調 査 木	DBH (cm) 13.1-3.8 平均9.1 枝下高 (m) 5.00-1.70 平均3.87 枝直径 (mm) 32 - 3 平均12.6

調査時期は、1989年8月22-23日の2日間、作業者は、石原林材KKの造林関係の作業員1名について電動丸鋸カッターによる背負い式枝打ち機による作業について、工程調査と作業中の生理負担に関する測定を行った。

1) 電動丸鋸カッター

背負い式枝打ち機と呼ばれるもので、林地に発電機を置いて発電し、その電力を送電用コードで導いて背中に背負ったモータを駆動し、手にもっている丸鋸を駆動するためフレキシブルシャフトによって回転を伝え、その丸鋸で枝を鋸断するようになっている装置である。その特長を上げると、

- ① 切れ味をよくするため刈払い機用のモータで高速回転（10000 rpm）のエルタの250 Wのモータを使用している。
- ② 丸鋸の鋸歯は、一般のカッターと異なり、丸棒ヤスリによる目立てをした歯を使用している。刃先角（研ぎ角）が大きい。歯端角が鋭い鋸歯となっている。作業者は手でヤスリによって容易に目立てができる。
- ③ 刃先に特殊な歯チップドソーを付けた加工をしていないので、枝打ち作業時に、刃先が摩耗して切れ味が悪くなると目立てを繰り返すことにより丸鋸歯を長く使用できる。

2) 工期調査について

枝打ち作業を梯子移動、梯子据え付け、木上り、枝打ち、木下り、コード引き寄せ、休息、その他（目立て、作業準備、跡片ずけ）の要素作業に分け、各要素作業の時間をストップウォッチにより10秒単位で記録し、各作業が全作業時間の内どの程度を占めているかを計算した。また、同時に1本当りの枝打ち時間についても求めた。

各要素作業の内容については、以下に示す通りである。

- ① 梯子移動：1本の木の枝打ち終了後、次の枝打ち木まで梯子を持って移動する作業。
- ② 梯子据え付け：枝打ち木にしっかり梯子を固定する作業。
- ③ 木登り：枝打ち木の枝を打つ位置まで梯子を上る作業。
- ④ 枝打ち：枝打ち木に掛けられた梯子の上で上り下りしながら枝を打つ作業。
- ⑤ 木降り：枝打ち終了後、梯子を下りる作業。
- ⑦ コード引き寄せ：枝打ち作業に使用する電動丸鋸カッターの電源を林地内に置いた発電機からコードを引き回しているために、作業の途中時々コード引き寄せを行う作業。
- ⑧ 休息：汗拭き、立ち休み。
- ⑨ その他：作業後の片付け、作業準備、目立て等。

3) 作業者の生理負担の推定

作業者の生理負担としては、今まで¹⁾と同様心拍数を指標とした。作業者にハートメモリーを装着し、作業開始から作業終了まで全作業時間の心拍数を10秒単位で記録し、しかる後、作業者の作業中の心拍数を踏台昇降運動（ステップテスト）の物理的仕事量に換算してから、平川の推定式²⁾により枝打ち作業全体及び要素作業別のエネルギー代謝量 Kcal / 分を推定した。

作業者の詳細とステップテストの結果は、表-2に示す通りである。

2 結果及び考察

1) 枝打ち作業の工期について

作業工期の結果は、表-3、図-1に示す通りである。各要素作業の占める割合は、枝打ち動作が39.95%と全作業中最も大きなウエイトを占め、枝打ち上がり、枝打ち下がりを含めると65.26%、梯子をもって移動、据え付け10.16%、木登り、降り10.97%、その他休息、目立て、コード引き寄せ13.64%と休息コード引き寄せその他をのぞいた主体作業の占める割合は、86.37%と

表-2 作業者の諸データ

作業者	O. T
年齢	60才
身長	153 cm
体重	53 kg
枝打ち機装備 体重	60 kg
枝打ち作業 経 験	9 年

ステップ回数 (X) と心拍数 (Y)
との回帰式及び相関係数 (r)
 $Y = 73.2 + 2.14 X$ (r = 0.976)

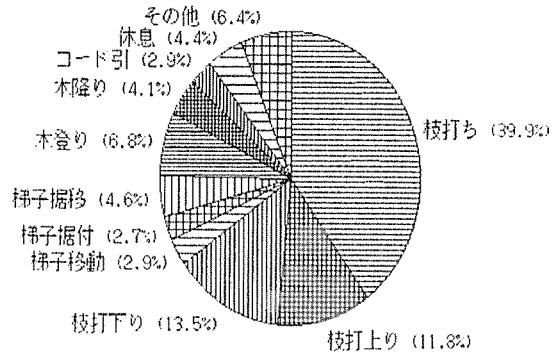


図-1 要素作業の頻度

表-3 枝打作業の要素作業別作業時間とその構成比

要素作業	時間(分)	構成比 (%)
枝打ち	72.17	39.91
枝打ち上がり	21.33	11.80
枝打ち下がり	24.50	13.55
小計	118.00	65.26
梯子移動	5.17	2.86
梯子掘付	4.83	2.67
梯子掘付移動	8.33	4.61
小計	18.33	10.14
木登り	12.33	6.82
木降り	7.50	4.15
小計	19.83	10.97
コード引寄	5.17	2.86
休息	8.00	4.42
その他	11.50	6.36
合計	180.83	100.00

枝打ち本数 87本 一本当り枝打ち時間 2.07分/本

高い結果であった。

また、枝打ち本数についてみると、その本数は、180.83分で87本、1本当りの時間に換算すると2.07分/本という結果であった。

次に、枝打ち作業においてどのような因子が影響を与えるかを見るために、サンプル21本を選び胸高直径、打ち上げ高、枝打ち木の枝の鋸断面積を測定し、それらの間の関係を求めた。その結果、枝打ち時間と胸高直径との間の回帰式は、 $Y = -20.417 + 11.553 X$ ($r = 0.678$)、一方枝の鋸断面積合計との間では、 $Y = 5.4766 + 0.682 X$ ($r = 0.743$)と少し強い相関があることがわかった。しかし、枝打ち高については同一林分内で樹高に大きな変動がなかったため枝打ち時間との間には、はっきりした相関は得られなかった。

次に、1本当りの枝打ち時間について他の作業と比較してみると、表-4の通り電動丸鋸カッターによる枝打ち作業の方が、他の手作業、機械作業に比べてその所要時間は、比較的短いという結果であった。しかし、これらの事は、各作業種間での作業条件が異なるためはっきりと断定することはできない。

表-4 枝打ち作業の手段別作業能率 分/本

作業手段	一本当りの枝打ち時間 (分)
電動丸鋸カッター	2.07
自登式枝打ち機 (やまびこ)	6.00
手作業 (ナタ)	4.40

2) 作業者の生理負担について

作業者の要素作業別平均心拍数、毎分当りのステップ回数及びエネルギー代謝量を示したのが表-5である。

(1) 心拍数の変動

要素作業別の心拍数の変動は、枝打ち作業(枝打ち、枝打ち上り、枝打ち下り)で126~72拍/分の範囲で平均99.03拍/分、梯子をもつての移動、据付け動作114~78拍/分 平均99.23拍/分、木上り、木下りの動作120~78拍/分 平均98.8拍/分 コード引寄せ108~90拍/分 平均100.8拍/分、休息114~84拍/分 平均97.5拍/分、その他(作業準備、目立て、跡片づけ等)102~90拍/分 平均95.33拍/分と各要素作業間では、はっきりした差はみられなかった。その中でも、コード引寄せ動作が幾分高い値を示している。枝打ち作業全体としては、126~72拍/分 平均97.96拍/分という結果であった。

そこで、我々が過去に調査したナタによる手作業¹⁾、自登式枝打ち機による作業^{3,4)}の場合と比較する。各枝打ち作業の結果は表-6に示す通りである。作業地の立地条件、作業条件が異なるためはっきりとした事は言えないが、その心拍数の水準は、自登式枝打ち機とナタによる手作業との中間に位置している。

図-2は、電動丸鋸カッターによる枝打ち作業中の心拍数の経時変化を示したものである。図が示すように、梯子をもつて木から木へ移動するときと、木に登るとき心拍数のピークが表れ、

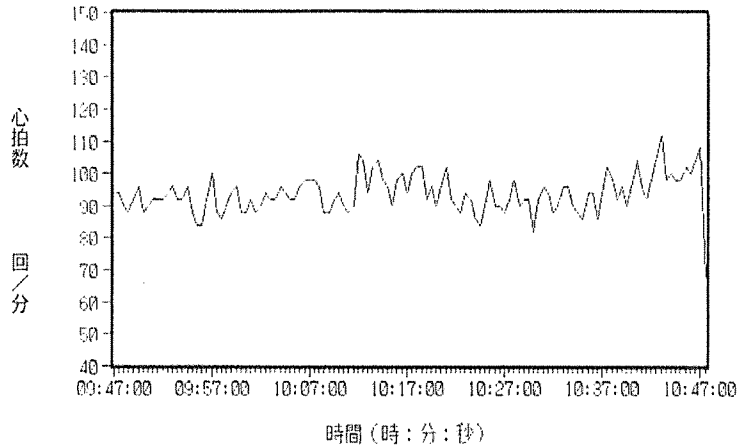


図-2 作業時の心拍数の推移(電動丸鋸)

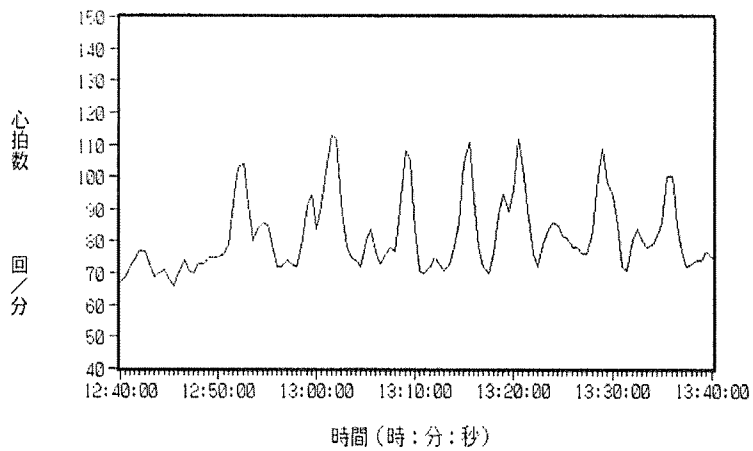


図-3 作業時の心拍数の推移(機械作業)

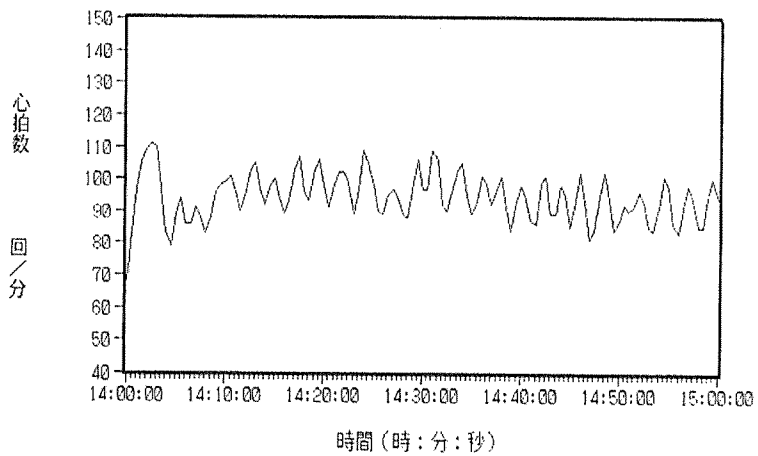


図-4 作業時の心拍数の推移(手作業)

作業中は木の上での作業が多く、心拍数の値は大きく、最大値と最小値の差が小さくなっている。

次に、図-3、4^{3,4)}は、自登式枝打ち機の場合とナタによる手作業の場合を示したものである。自登式枝打ち機の場合（図-3）は、機械を木から木へ運ぶとき、足場処理、トラブルの処理等の時に心拍数のピークが表れ、機械が順調に枝打ちしている時には作業者は待の状態心拍数は低い値を示している。ナタによる手作業（図-4）の場合、電動丸鋸カッターとはほぼ同じ様な傾向の波形を示し、最高値と最低値の差が電動丸鋸カッターに比べて幾分大きいという結果であった。

(2) エネルギー代謝量について

要素作業別のエネルギー代謝量については、表-5、図-5に示すように、枝打ち作業（枝打

表-5 作業者の要素作業別心拍数とエネルギー代謝量

要素作業	平均心拍数	最大心拍数	最低心拍数	ステップ回数	エネルギー代謝量	全エネルギー代謝量
枝打ち	99.50	126	72	12.27	5.041	363.7890
枝打ち上り	98.90	120	84	12.01	4.959	105.7997
枝打ち下り	98.70	114	84	11.89	4.922	120.5971
平均	99.03	126	72	12.07	4.977	587.3332
梯子移動	99.50	114	90	12.28	5.044	26.0598
梯子据付け	99.70	108	78	13.39	5.079	24.5484
梯子据付移動	98.50	114	84	11.38	4.903	40.8573
平均	99.23	114	78	12.16	5.006	91.7526
木登り	99.60	120	78	12.32	5.056	62.3582
木降り	98.00	114	84	11.59	4.827	36.2012
平均	98.80	120	78	11.96	4.943	98.0197
コード引寄	100.80	108	90	12.92	5.242	27.0835
休息	97.50	114	84	11.36	4.755	38.0416
その他	95.33	102	90	10.34	4.436	51.0140
全体	97.96	126	72	11.57	4.822	871.9064

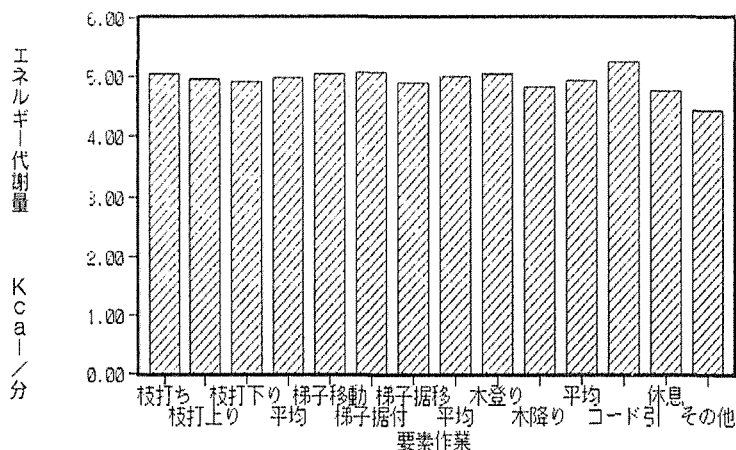


図-5 要素作業別エネルギー代謝量

ち、枝打上り、枝打下り)の場合 5.041~4.959 Kcal /分の範囲で平均 4.977 Kcal /分、梯子据付移動の場合 5.056~4.903 Kcal /分、平均 5.006 Kcal /分、木登り木降りの場合 5.056~4.827 Kcal /分平均 4.943 Kcal /分、コード引寄せ 5.242 Kcal /分、休息 4.755 /分、その他 4.436 Kcal /分と心拍数の場合と同様要素作業間では、はっきりとした傾向はみられなかった。そして全体的には、5.079~4.436 Kcal /分で平均 4.823 Kcal /分程度であると推定する。

次に、心拍数の場合と同じように他の作業方法と比較する。その結果は、表-6に示す通り他の作業方法に比べて低い値を示している。作業地の立地条件、作業条件が異なるため断言はできないが、手作業の場合、ナタを電動丸鋸カッターに替えることにより作業者に対する生理負担は、かなり軽減されると推察する。

また、全体的に電動丸鋸カッターによる枝打ち作業の労働強度をエネルギー代謝量の労働区分から推定すると、中程度~重労働の範囲に属している。

表-6 枝打ち作業の作業手段別心拍数及びエネルギー代謝量

作業手段	平均心拍数と範囲 (回/分)	エネルギー代謝 (Kcal /分)
電動丸鋸カッター	97.96 (72-126)	4.822
自登式枝打ち機 (やまびこ)	92.70 (70-136)	6.028
手作業(ナタ)	99.80 (72-144)	7.536

ま と め

以上、電動丸鋸カッターを使用しての枝打ち作業における作業工程、作業者の作業中の生理負担について述べてきた。その結果作業工程については、胸高直径、枝の鋸断面積が、枝打ち時間にかかなり影響を与える因子であると考えられる。また、1本当りの枝打ち時間についてみると、2.07分/本という結果で、ナタによる手作業の場合と比較するとかなり能率は向上することが予想される。

作業中の作業者の生理負担については、作業中の心拍数、126~72拍/分 平均 97.96拍/分、エネルギー代謝量、5.079~4.436 Kcal /分 平均 4.823 Kcal /分程度であり、手作業の場合と比較すると低い値を示し、ナタを電動丸鋸カッターに替えることによりかなり作業者の負担は、軽減されると考えられる。また、エネルギー代謝量による労働区分から労働強度を推察すると、中程度~重労働の範囲に属している。

最後に本調査を行うに当たり、被験者として協力戴いた石原林材 KK 大坪静夫氏、また、調査に便宜を図って下さった石原林材 KK 石原猛志社長に対し深く感謝の意を表します。

引用文献

- 1) 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—枝打ち作業について—。京大演報. 57. 247～257, 1986
- 2) 平川和文：踏み台昇降運動時エネルギー代謝量の推定。体力科学. 32. 285～292, 1983
- 3) 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)—2種類の枝打ち機械の比較—。京大演報. 58. 182～188, 1986
- 4) 山本俊明他：枝打ち作業工程と生理負担(4)—異なった枝打ち機械での生理負担について—。日林論. 97. 701～702, 1986

Résumé

We studied the operational efficiency and the physiological load of the worker during pruning with an electric circular saw. They pruned SUGI and HINOKI in Ishihara Forestry company of Gifu.

We estimated the physiological load from heart rate which was recorded in H.R. Memory unit during work. First, we checked the heart rate of the worker during stepping exercise, and next we converted the physiological load during work into the Energy metabolism (Kcal/min) on the Hirakawa's equation.

Result:

Physiological load is as follows: average heart rate is 97.96 beats/min, and average Energy metabolism is 4.823 Kcal/min.

Operational efficiency is as follows: it need 2.07 minute to prune a tree.