

グラップル操縦者の労働負荷について

小澤雅之・武居正道

Workload of grapple operators

Masayuki OZAWA, Masamichi TAKEI

Summary: To examine the workload during harvest thinning, a wearable terminal was attached to worker A, who was engaged in grapple operation, and his heart rate was measured. Video was also taken, and the changes in heart rate over time were superimposed on the video images. The grapple operation was classified into five categories. The heart rate during grapple operation remained below 100, but sometimes exceeded 100. We inferred that the heart rate increases in situations where the operator is subjected to a high degree of mental tension. On the other hand, even when an increase in heart rate was observed, it could not be discerned from the video images.

Key words: grapple, harvest thinning, heart rate, workload

要旨: 収穫間伐における労働負荷を検討するため、グラップル操縦に従事する作業員にウェアラブル端末を装着し心拍数を測定した。併せてビデオ撮影し、心拍数の経時変化と映像とを重ね合わせた。グラップル作業は 5 つの項目に分類することができた。グラップル搭乗時の心拍数は概ね 100 拍/分以下で推移していたが、100 拍/分超となったときの作業は、慎重を期するような状況や狭い空間でのグラップル操縦時で、操縦者に精神的緊張の程度が強まる場面においては心拍数が上昇するものと推察した。一方、心拍数の上昇が認められてもビデオ映像からは判別出来ないこともあった。

キーワード: グラップル、収穫間伐、心拍数、労働負荷

2 調査および試験方法

1 はじめに

林業の生産性を向上させるには、現状の生産性を計算し、事業・利益・コストの目標値を設定することが必要とされ、ボトルネックとなる工程を把握する手法として作業日報の活用が挙げられる(林野庁 2024)。筆者らは作業日報から各工程の生産性を把握し、効率や流れを改善し、林業の生産性向上につなげる検討を行っているが、現行の作業日報は内容も大雑把で、特に作業員の具体的な行動まで把握することは困難であり、作業員の労働負荷についても把握することは難しい。また、高性能林業機械を用いた間伐作業の労働生産性などは、ビデオ解析により、伐倒、木寄集材、造材、集搬の各工程の調査など行われているが(宮崎ほか 2011)、操縦者の労働負荷についてはビデオ解析からでは明らかにすることはできない。そこで、操縦者に時計型のウェアラブル端末を装着してもらい、作業時にどの程度の労働負荷が生じているのかを具体的に把握し、併せて作業の様子を録画することで、労働負荷を可視化し、林業従事者の負荷低減を図ることで生産性向上へと帰着させることを検討した。

2.1 調査地

調査地は、山梨県峡南地域のスギ・ヒノキの収穫間伐地で行った。

被験者は 40 代前半の男性作業員 A(以下、作業員 A と略)で、主にグラップルに搭乗し伐倒補助、林内伐倒木の搬出、搬出した材の集積や整理等行ったほか、グラップルから下車しチェーンソーによる造材、玉切り作業等にも従事した。

2.2 調査項目

作業員の労働負荷を測定するために、ウェアラブル端末として Xiaomi 製 Redmi Watch 2 Lite を右手に装着して通常の作業に従事してもらい 10 秒ごとの心拍数を取得した。また、作業員 A の作業全般をビデオカメラで録画し、ウェアラブル端末からのデータと録画した映像とを同期させ、労働負荷の視覚化を行った。さらに、ビデオ映像から作業員 A の工程を解析した。

3 結果および考察

3.1 作業員 A の労働負荷について

作業当日の作業員 A の心拍数のヒストグラフを図 1 に示す。心拍数の最小値、最大値および平均値(標準偏差)は 51 拍/分、124 拍/分および 79.8 拍/分(11.1)であった。ヒストグラフから心拍数は 70 拍/分台が最も多く認められ、山型のような分布を示した。

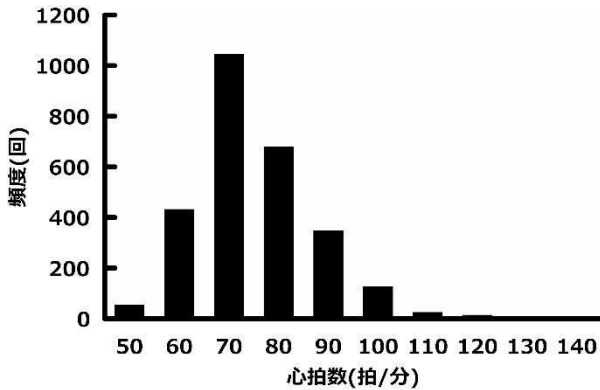


図1 作業員 A における心拍数のヒストグラフ

次に 10 秒ごとの心拍数の経時変化を図 2 に示す。作業時間全体を通じて、ところどころ高い心拍数のピークがいくつかあることが認められた。図 1 における最大頻度は心拍数 70 拍/分台だったが、これよりも高い 100 拍/分以上の数値が認められた。50 歳前後の林業従事者が全身持久力テストを受検した時の平均心拍数が 101.0～108.5 拍/分だったこと(ターウォンウォン・藤井 1994)を参考に、心拍数 100 拍/分を今回の報告では便宜的に負荷の目安とした。

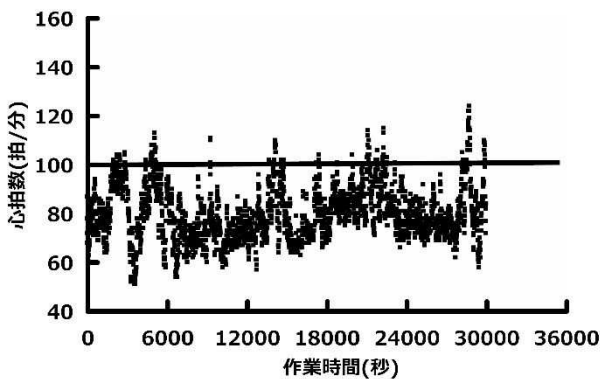


図2 作業員 A における心拍数の経時変化

3.2 作業員 A における各種作業時の心拍数について

当日の作業員 A におけるグラップル搭乗時および下車時の作業について、ビデオ解析の結果から、次の5つに大別することとした。大別した作業項目は、①グラップルに装備されたウィンチによる集材作業(以下、ウィンチ作業と略)、②林内や作業道等に残置されている伐倒木をグラッ

プルにより集積する作業(以下、材集積と略)、③ほかの作業員がチェーンソーで伐倒する際、対象木をグラップルで補助として支える作業(以下、伐倒作業と略)、④グラップルを下車し、作業員 A がチェーンソーを用いての作業全般(以下、チェーンソー作業と略)、⑤作業中の待機、作業員との打ち合わせ、グラップル修理など(以下、その他作業と略)であった。これらの作業項目について表 1 に示す。作業割合として①のウィンチ作業が全作業時間の 46.5%を占め、次いで②の材集積作業が 28.6%となり、グラップルに搭乗しての作業時間は③の伐倒作業を加算すると全作業時間の 82.9%を占めた。

表1 作業項目別の作業回数と作業時間

作業項目	作業回数	心拍数100超回数	作業時間(秒)	割合(%)
①ウィンチ作業	25	6	9100	46.5
②材集積作業	26	5	5600	28.6
③伐倒作業	11	3	1520	7.7
④チェーンソー作業	11	2	1630	8.3
⑤その他作業	16	4	1710	8.7
計	89	20	19560	99.8

次に作業項目ごとに心拍数の変動について解析した。まずウィンチ作業に従事していた作業回数は合計 25 回認められ、作業回ごとの心拍数の最大値と平均値を図 3 に示す。心拍数が 100 拍/分を超えた作業は 6 回あり、そのうち 4 回は平均値も他回のそれよりも高い値を示した。その 4 回の作業内容をビデオ映像から確認したところ、2 回目の作業では、谷上から谷下の伐倒木をウィンチで引き上げる作業を、12、16 および 17 回目の作業では、なだらかな平地部の林内で、平地部の木の間を縫うようなウィンチでの集材作業を行っていたが、その作業中に立木に引っかかるトラブルが起きていた。

材集積作業に従事していた作業回数は合計 26 回認められ、作業回ごとの心拍数の最大値と平均値を図 4 に示す。心拍数が 100 拍/分を超えた作業は 5 回あり、そのいずれの平均値も他のそれよりも高い値を示した。6 回目の作業では谷側の路肩に伐倒木を集積する様子がビデオ映像から確認された。また、9、17、22 および 26 回目の作業では、伐倒木の取り回しが思うようにできない狭い場所での集積作業がビデオ映像から確認された。

図 5 に伐倒作業に従事していた際の心拍数の最大値と平均値を示す。伐倒作業に従事していた作業回数は合計 11 回確認され、そのうち心拍数が 100 拍/分を超えたのは 3 回であった。3 および 5 回目の作業では、路肩が谷となる作業道で伐倒補助を行っていたが、8 回目はなだらかな平地部での作業であった。

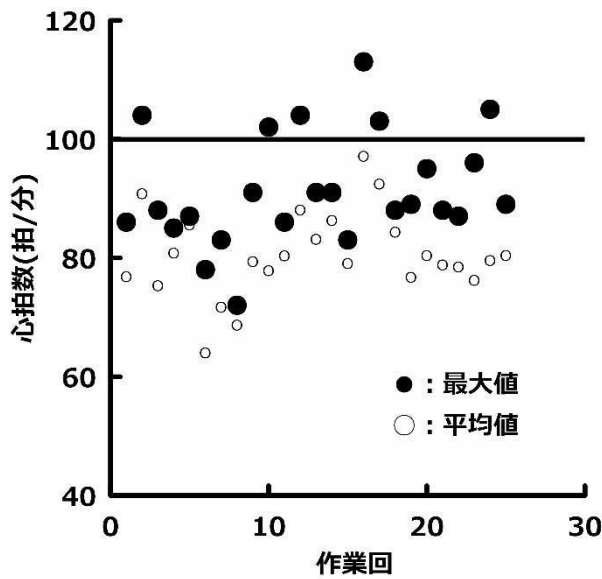


図3 ウインチ作業における作業回ごとの心拍数の最大値と平均値

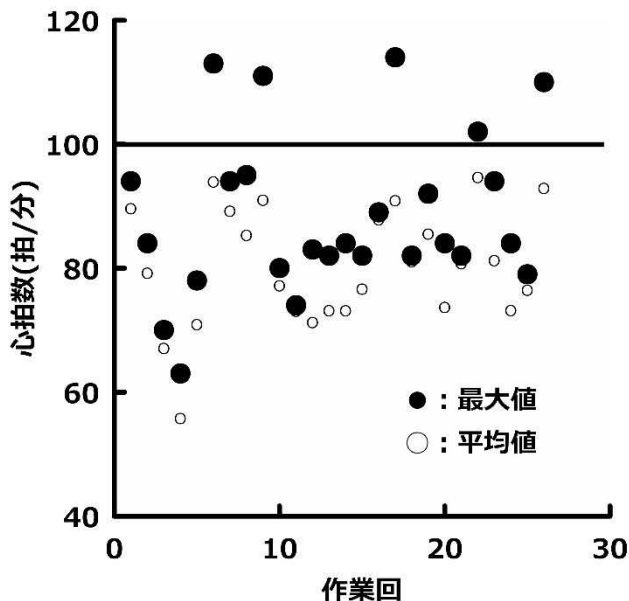


図4 材集積作業における作業回ごとの心拍数の最大値と平均値

チェンソー作業とその他作業については、作業員 A がグラップルを下車して作業員 A 自身による作業である。まずチェンソー作業に従事していた作業回数は合計 11 回認められた。その際の心拍数の最大値と平均値を図 6 に示す。心拍数 100 拍/分を超えた作業は 2 回あり、そのうちの 9 回目では全体を通じて最も高い心拍数を示した。9 回目の作業について、ビデオ映像からは対象木がやや不安定な状況下であったことが認められたが、もう一方については特筆すべき状況は確認できなかった。また図 6 か

らは、チェンソー作業における心拍数の最大値は前述したグラップル搭乗時における 3 つの作業項目と同程度の値で推移していることが認められた。

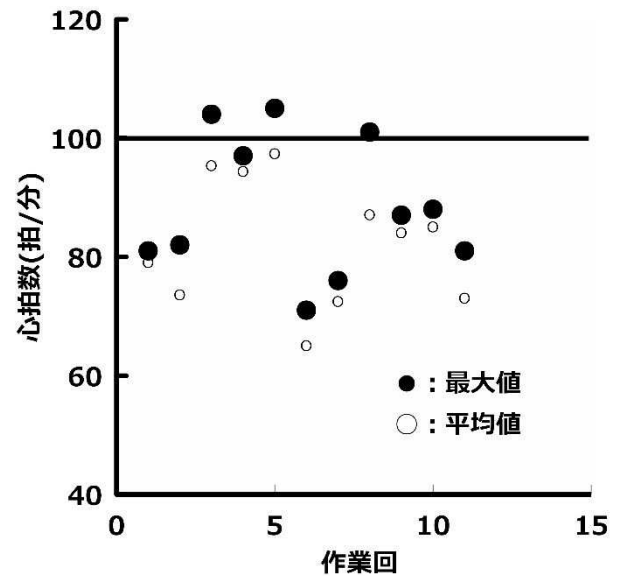


図5 伐倒作業における作業回ごとの心拍数の最大値と平均値

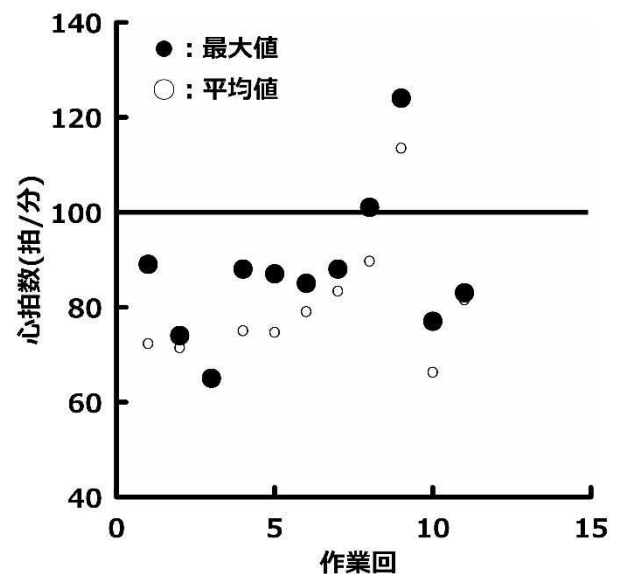


図6 チェンソー作業における作業回ごとの心拍数の最大値と平均値

一方、その他作業として合計 16 回認められ、その際の心拍数の最大値と平均値を図 7 に示す。そのうち心拍数が 100 拍/分を超えたのは 4 回であった。1 回目の作業について、ビデオ映像からは別の作業員へのウインチワイヤの受け渡し、2 回目では作業員との打ち合わせとウインチワイヤの運搬、12 回目と 13 回目ではグラップルのウイン

チ装置のトラブル対応などが確認できた。

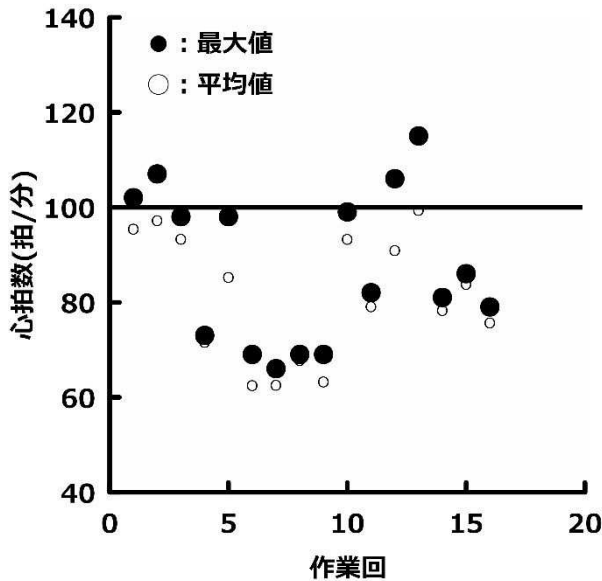


図 7 その他作業における作業回ごとの心拍数の最大値と平均値

高校体操競技における競技直前の心拍数については、安静時心拍数よりも高く、精神的緊張の程度が強いと思われる場面で心拍数が高まることが報告(橋口 1991)されている。今回のグラップル搭乗時の作業員は操縦席に着座し運動状態にはないが、そのような平静な姿勢で同じ作業項目に従事していたとしても、心拍数が 100 拍/分超となる場合が生じることが認められた。そのような場面についてビデオ映像を基に判断するならば、慎重を期するような状況や狭い空間でのグラップル操縦など、操縦者に精神的緊張の程度が強まる場面においては着座姿勢であったとしても心拍数は上昇すると推察した。

一方、グラップルを下車した場合の 2 つの作業項目においても心拍数が 100 拍/分超となる場面が複数回認められた。しかし、チェーンソー作業では不安定な場面での作業時に心拍数が高くなったが、それ以外での心拍数の変動範囲はグラップル搭乗時と同程度の範囲内で推移しており、チェーンソー使用直前あるいは使用時に心拍数が上昇するような傾向は認められなかった。また、ウィンチワイヤの運搬などは運動状態にあるため、それに伴い心拍数が増加したと判断できるが、それ以外についてはビデオ映像から判読することができなかった。

今回のグラップル操縦者の心拍数の変動は、主に精神的緊張が影響していると推察された。しかし、高性能林業機械においては、作業員の経験年数や熟練度によって労働生産性に差が生じること(宮崎ほか、2011)が報告さ

れており、心拍数の変動にも同様に影響を及ぼすと考えられるが、今回は検討できず、今後の課題となった。

以上のことからウェアラブル端末とビデオ映像を同期させることでグラップル操縦者の心拍数変化を可視化することができた。当該作業に従事する作業員を選抜する際の一つの目安となれば、作業を科学的根拠と林業従事者の特性に応じて配分することができるようになり、その結果労働負荷が低減され全体の生産性向上へと結実するものと思われる。

引用文献

- 林野庁(2024) 生産性向上ガイドブック概要版.
https://www.rinya.maff.go.jp/kinki/hanbai/attach/pdf/170306_1-25.pdf (2024.10.16 参照)
- 宮崎隆幸・今井 信・白石 立 (2011) 高性能林業機械による作業システムの開発. 長野県林総セ研報 25: 1-7
- ターウオンウオン ロパチョーク・藤井禧雄 (1994) 林業作業における作業負担指標としての心拍数について—安静時、負荷時および回復時の心拍数—. 鳥大演研報 22: 39-48
- 橋口泰武 (1991) 緊張時における心拍数の分析—高校体操競技選手の技術水準と競技直前の心拍数との関係—. 千葉体育学研究 14: 49-54