

平成 28 年 6 月 14 日現在

機関番号：13601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2014～2015

課題番号：26660123

研究課題名(和文) ユビキタス技術・ビッグデータを用いた林業労働の安全化・効率化に関する基礎的研究

研究課題名(英文) A basic study on safe and efficiency of forest work using microcomputing

研究代表者

三木 敦朗 (MIKI, Atsuro)

信州大学・学術研究院農学系・助教

研究者番号：60446276

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：林業の安全化・効率化のためには、高性能林業機械の導入が必要である。しかし、それらを導入できない林業事業者も少なくない。そこで、小型装置を用いて林業作業の安全化・効率化を実現することができるか調査をおこなった。具体的には、非木材林産物も含めた林業において、どのような安全化・効率化が可能かを調査した。また、小型のセンサーやマイクロコンピュータを用いた小型装置を製作し、作業者同士の接近や、作業の内容を感知する際の課題を明らかにした。丸太の直径の計測作業については、小型装置によって効率化が可能であることを実証した。

研究成果の概要(英文)：It is necessary to introduce the high-performance forestry machines for the safety and efficiency, however, many forestry companies cannot introduce them. Therefore, we studied whether it is possible to realize the safety and efficiency of forestry work using small devices. We investigated means of safety and efficiency that is required in forestry including non-timber forest products. And we produced compact mechanisms using small sensors and microcomputers, identify topics about sensing of approaching among workers and contents of the work. It is possible to efficiency of tasks to measure logs diameter by a small device.

研究分野：林業経済

キーワード：林業労働 安全化・効率化

## 1. 研究開始当初の背景

林業作業の安全化・効率化の必要性が指摘されている。この実現に有効な方法としては、大型機械（ハーベスタ・プロセッサなどの高性能林業機械）の導入がある。機械による作業効率の向上だけでなく、作業者がキャビンの中で操作することによって、チェーンソーや刈払機の刃物の作動や、伐倒木の運動から身体を遠ざけることは重要である。

しかし一方で、とくに日本林業の場合、多数の高性能林業機械が導入できる資本力のある林業事業体は必ずしも多くはない。林業事業体はしばしば小規模・零細であり、最終的に高性能林業機械を導入するとしても、当面は従来の作業体系の中で安全化・効率化をはからねばならない期間が存在することはやむを得ないと考えられる。

したがって、従来の作業体系の中で、なるべく安価かつ小型・簡便な装置を用いることによって、安全化・効率化を実現することが必要になる。取り扱いの容易なセンサー類やマイクロコンピュータも普及しつつあり、これを利用した対策がおこないうる。

## 2. 研究の目的

本研究では、上記の課題の解決に必要な基礎的な調査・研究をおこなうことを目的とした。主な事項は下記の諸点である。

(1) 林業では、刈払機を用いた下刈作業、チェーンソーを用いた間伐作業など、大きなエンジン音に曝されながら不整地で集中力の要求される肉体労働がある。作業者が自覚せず他の作業者に接近し、事故が発生することが多い。そこで、GPSセンサーによって相互の距離を測定し、安全化に用いることができるか検証する。

(2) 作業の効率化をはかるためには、基礎資料として作業日報が必要であるが、この作成は作業者の負担となる。また、作業後の作成は、正確さ（時間分解能）に欠く。加速度センサーによって作業の運動を記録し、半自動的に作業内容を判別できれば、作業者への負担なく情報を収集することができる。そこで、市販されている三軸加速度センサーを作業機械に取り付け、非侵襲的にデータを得ることによって、その可能性を検証する。

(3) その他に小規模の林業で効率化がはかれる作業としては、丸太（伐倒したあと、市場で販売できる長さに切り整えられたもの）の直径を山土場（森林内の丸太集積場所）で測る工程がある。現行では巻き尺（コンベックス）で測り、その数値を丸太の切り口にチョークで記入したのち、積まれた丸太の数値をノートに集計する。これを短縮することは可能か検証する。

(4) 林業先進国といわれるドイツ・オーストリアにおいて、小型装置などによる林業作業の安全化・効率化がおこなわれているかを

調査する。また、国内において、非木材林産物生産に関する安全化・効率化の課題を調査する。

## 3. 研究の方法

上記の目的と対応した方法は下記のとおりである。

(1) 実験に必要な装置（安価に開発・製品化できるようにするため量産品を用いる）AおよびBを製作する。A・Bを作業者のヘルメットに取り付け、両者の間隔を20・15・10・5・3mと段階的に変化させ、相互のGPSセンサーから得られる距離（計算値）と実距離とを比較する。これを、開空度の低い森林（ヒノキ）内と、開空度の低い場所（グラウンド）で実施した。前者は森林内の、後者は新植地のモデルである。

(2) 製作した装置Cによって、加速度と音の強さのデータをマイクロコンピュータによって記録媒体に納め、同時に撮影したビデオ映像とあわせて検証した。作業は、チェーンソーによる丸太の切断（玉切り）作業、ハーベスタによる伐倒作業を記録した（装置全体を作業機械の振動部分に取り付けると誤作動することがあるため、加速度センサーを振動部分に貼り付け、その他のセンサーとマイコン部は、そこからやや離して設置する）。

(3) 定規の目盛り部分に取り付けたスイッチから直径データをデータファイルに直接入力できる装置を製作し、これを用いて作業した場合と、従来の作業との作業効率の比較をおこなう。

(4) ドイツおよびオーストリア、および国内において、事例の調査をおこなう。

## 4. 研究成果

それぞれの結果は下記の通りである。

(1) 開空度の高い場所では、10m以下の精度に問題があるものの、10mまでであれば比較の実態を反映した（図1）。開空度の低い場所（林内）においては、計算値は実距離の約2倍を示し、接近を警告するためのセンサーとしては精度が不十分であった（図2）。なお、データ送信用のZigBeeユニットは、林内の水平距離50m以上でも良好な通信状況であった。

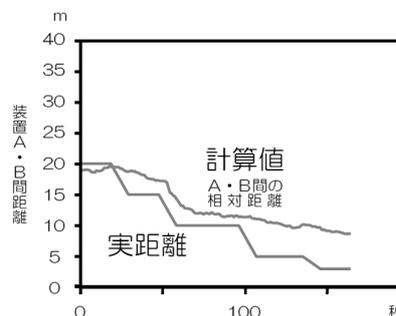


図1 高开空度地での距離の乖離の例

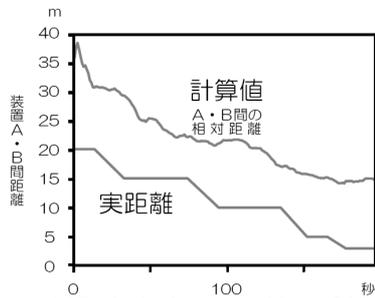


図2 低開空度地での距離の乖離の例

以上の結果から、新植地など開空度の高い場所であれば、安価なGPSセンサーからの情報のみで接近を感知しうることが明らかとなった。これを応用すれば、下刈作業時に他の作業者と15m(確保することが推奨される距離)以内に接近した場合に、強制的にエンジンを止める安全装置も比較的lowコストで実現可能であると推測された。一方、林内においては近接センサーとして運用しうる精度は得られなかった。準天頂衛星の信号を用いるセンサーを利用すれば、精度をやや向上させることは可能であろうが、根本的な解決のためには別の方法(例えば、ZigBeeユニットの発する電波強度を変動させ、それを受信することによって距離情報を補正するなどの方法)が必要であると考えられた。

(2) チェンソーによる玉切作業では、加速度センサーからは、丸太切断時にチェンソーの上下方向のデータに変化がみられた(図3)。他の方向のデータは、エンジンのアイドリング時と大きな変化がみとめられない。しかし加速度センサーのデータから作業内容が判別できるのは、各作業手順を丁寧におこなった場合(丁寧作業)であり、通常のおこなった場合は、チェンソーのバーの振り下ろし動作と切断による振動との判別ができないことが明らかになった。ハーベスタによる伐倒・造材作業では、赤速度センサーからの情報のみでは作業内容が明瞭には判別できないことが明らかになった(図4)。

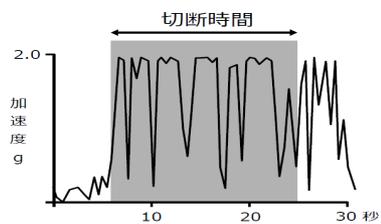


図3 チェンソー作業内容の分解例 (ヒノキ 20cm 丸太切断 (丁寧作業))

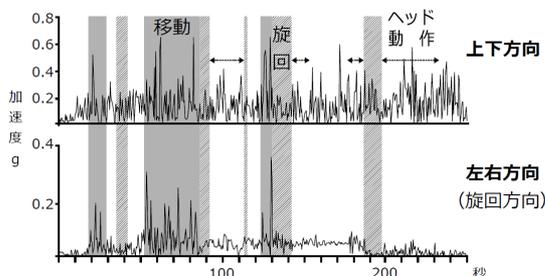


図4 ハーベスタ作業内容の分解例

(3) 1人工で作業する場合、装置Kを用いた方法は従来方法よりも作業時間を短縮できることが示された(図5)。2人工での従来方法(計測と転記を同時におこなう)と比較すると、作業時間は増えるが人工は削減しうる。ただし、装置Kでは直径(径級)を一つ下のクラスに読みとってしまう誤計測事例が生じた。スイッチ部の素材にコンベックスほどの柔軟性がなく、奥まった丸太など押し当てるのが困難な場合に発生するものである。これは、スイッチ部の柔軟性の向上や、マイコンや電源を納めた本体部の小型化といった工業的改良で改善可能な性質のものである。またこうした装置を用いることによって、林業における近代的機械制小経営論(興梠(2014))を拡張することができると考えられた。

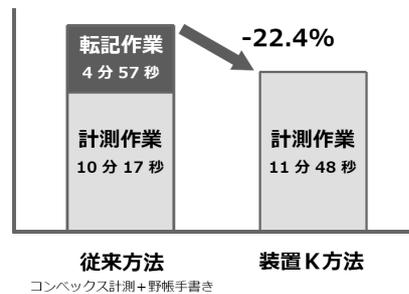


図5 作業時間の比較

(4) ドイツ・オーストリアにおいては、林業に関する森林調査の際に携帯型コンピュータが用いられるほかは、特殊な小型装置は用いられていない。これは、林業事業者の生産規模が大きく、基本的には高性能林業機械の導入によって安全化・効率化が解決されること、生態系や施業方法の差異から下刈作業が日本ほどは必要ないことが主な要因であると考えられた。ただし、欧州において重要な風倒被害木の処理については、圧力がかかった樹木を伐倒するときの危険性を体感できるシミュレーターが用いられているなど(図6)、作業者の安全教育面では配慮がなされていることが明らかとなった。



図6 安全教育のためシミュレーター

日本の非木材林産物の生産現場における作業の安全化・効率化に関しては、自給率の向上が政策的にも目指されている漆につい

て、岩手県二戸市および茨城県奥久慈地域の漆掻き生産者を調査した結果、農家が育林したウルシ木を立木買いする従来の形態から、漆生産者が育林まで実施する形態に移行しつつあること、そのため漆生産と育林(下刈)作業が時期的に重なり、生産性の向上や若年生産者の定着に課題が見られることが明らかになった。したがって、下刈作業の機械化には効果があり、とくに比較的平坦な遊休農地を用いるさいはこの実現可能性があると考えられた。また、国産品の生産が再上昇している備長炭生産について、高知県内の生産者を調査した結果、生産低迷期を通じて原料木(ウバメガシ)が大径化しており、これを製炭原料サイズまで割る工程の比重が高まっていることが明らかになった。この工程の安全化・効率化が必要であると考えられた。

以上の結果から、林業(木材・非木材)生産現場において、小型装置の運用による作業の安全化・効率化についての可能性と、課題が明確になった。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 2件)

三木敦朗、林業政策に関する議論と小規模林野所有、農業法研究、50号、2015年、124~138ページ、査読有、NAID 40020516474  
三木敦朗、源流域小規模自治体の林野行政、森林技術、871号、2014年、16~19ページ、査読無、NAID 40020234600

[学会発表](計 4件)

三木敦朗・斉藤仁志・大地純平、小型センサーを用いた林業作業内容の半自動的記録に関する予備的考察、第127回日本森林学会大会、2016年3月28日、日本大学生物資源科学部  
大地純平、野生動物による竹林の利用状況について、第127回日本森林学会大会、2016年3月28日、日本大学生物資源科学部  
三木敦朗・斉藤仁志・大地純平、林業労働の安全化を目指した小型機械の製作と運用、第126回日本森林学会大会、2015年3月27日、北海道大学農学部  
松村哲也・三木敦朗・斉藤仁志ほか、検尺作業の効率化を目指した小型機械の製作と運用、第126回日本森林学会大会、2015年3月27日、北海道大学農学部

[図書](計 1件)

三木敦朗、多雪地域における素材生産へのシフト、興杓克久編、「緑の雇用」のすべて、日本林業調査会、2015年、62~74ページ

ージ(全322ページ)

#### 6. 研究組織

##### (1) 研究代表者

三木 敦朗 (MIKI, Atsuro)  
信州大学・学術研究院農学系・助教  
研究者番号：60446276

##### (2) 研究分担者

斉藤 仁志 (SAITO, Masashi)  
信州大学・学術研究院農学系・助教  
研究者番号：60637130

大地 純平 (OHCHI, Junpei)

山梨県森林総合研究所・経営機械科・研究員  
研究者番号：00536279

福永 良浩 (FUKUNAGA, Yoshihiro)

九州産業大学・経営学部・准教授  
研究者番号：10360299

(平成27年8月より連携研究者)

##### (3) 連携研究者

なし