

課題名：林業機械のテレコントロールシステムの開発
主査氏名（所属）：井上源基（林業機械研究領域長）
担当部署：林業機械研究領域
研究期間：平成13～17年度

1. 目的

林業機械の無線遠隔操作を実現するために作業情報等を画像によってオペレータへ伝達するコントロール装置の開発、遠隔操作では実現困難な作業の自動制御化、および、効率的な作業を実行するための作業支援システムの開発を行い、林業機械のテレコントロールシステムを開発する。

2. 当年度研究成果の概要

開発したビジュアルコントロール装置を実験用車両に搭載し、目標対象物の位置計測およびグラップルローダ先端部の軌跡制御精度の検証を行った。その結果、ビジュアルコントロール装置およびナックルブームの計測誤差をあわせると、目標対象物までの距離には最大約0.1mの計測誤差が存在することが明らかとなった。この問題を解決するため、目標対象物の位置情報に加え、対象物を把持した時の先端部荷重を計測することにより補正する方法を検討した。ポテンシオメータおよび各油圧シリンダ圧力から、ブーム先端部荷重を推測した結果、計測精度は約5kN程度の誤差が存在する。これにより、遠隔操作でも車体が安定した状態で作業を行うためには、位置制御と同時に荷重も制御する必要があることが確認できた。

GPSを利用できない森林内で遠隔操作車両の位置を把握するために、レーザー距離計と慣性計測装置を用いた車両位置特定手法を考案した。森林内に設置した既知座標点をレーザー距離計により視準し車両の絶対位置を特定するとともに、視準を行わない推定区間では慣性計測装置による車両の姿勢角、方向角、車両の走行速度から位置を推定する。試験の結果、既知座標点の設置間隔は25mであること、推定区間では路面の傾斜や状況に影響を受けることが明らかとなった。これらの車両位置情報と立木位置情報を利用して、森林内における車両の位置や姿勢、作業対象の位置などを3次元グラフィックス表示するプログラムを開発した。

あらかじめ立案した作業計画を作業中にリアルタイムに修正するため、立木位置情報から間伐木を選定するアルゴリズムを検討した。検討したアルゴリズムは、ランダム法、経路法、距離法、面積法の4つであり、それぞれの立木分布状態を最近隣測度、ボロノイ領域を用いて定量的に評価した。その結果、距離法や面積法はランダム法と比べた場合に平面分布を均一に保つ性質があることが分かった。これらのアルゴリズムに基づいて計画された間伐作業計画をDP（ダイナミックプログラミング）手法を用いてリアルタイムに修正する手法を開発した。

3. 当年度の発表業績

- 1) 毛綱昌弘：森林作業用ナックルブームの軌跡および荷重制御に関する研究、北海道大学大学院農学研究科邦文紀要 26(2)、155-217、2004.12
- 2) 山口浩和、毛綱昌弘、田中良明、陣川雅樹、井上源基：森林内における遠隔操作車両の位置把握手法、森林利用学会誌19(4)、??～??、2005.3（投稿中）

4. 評価委員の氏名（所属）

山田容三（名古屋大学大学院生命農学研究科助教授）

5. 評価結果の概要

遠隔操作に対応した自動制御技術の開発では、パワーショベルの油圧制御による位置制御の粗さを克服するために、グラップルの反力を測定して制御にフィードバックする簡便な手法が開発され、より現実の作業条件への適応力が高められている。できれば伐採木が倒れる方向の制御、伐倒時の衝撃力の回避の対策なども検討すべきである。

リアルタイム作業支援システムの開発では、GPSが利用できない森林内での正確な車両位置の把

握のため、レーザー距離計と慣性計測装置による手法が開発された。ビジュアルコントロール装置との組み合わせにより、遠隔操作による運転が容易に行えるようになっている。森林内に設定する既知座標点は25m間隔であることが明らかにされたが、予め立木位置図を作る必要があり、立木位置の計測を簡易に行える手法の開発が望まれる。また、車体が立木間を通れるかどうか自動判断し、地形も考えて目的の立木までナビゲーションをする支援機能が付加されればなお実用的である。

間伐木を選定するアルゴリズムとして最近隣測度とボロノイ領域を用いた距離法と面積法の有効性を明らかにし、特に初回間伐が必要な針葉樹人工林において役立つものであると評価できる。ディスプレイ上の3次元立木位置図上に間伐候補木を表示することも考えられており、また、リアルタイムに修正が可能なシステムであるため現場での操作性に優れている。これに間伐候補木の形状を自動認識し表示する機能を加えられれば、遠隔操作による選木がより効率的に行えるものと期待できる。

最終年度では、これら3つの実施課題の成果が1台の機械に統合されて、ハーベスタの円滑なテレコントロールが行えるようなシステムとして完成されることを期待する。

6. 評価において改善を指摘された事項への対応

伐倒時の制御手法に関しては、試験機に伐倒機能がないため実証することは不可能であるが、制御手法を付加し、模擬試験の中で対応する。立木位置計測に関しては、他の実行課題（カウ1 d）において計測手法を開発しており、これを組み込む。また、間伐候補木の形状自動認識については、これまでに開発した輝点位置計測装置などを搭載し対応する。