

研究課題名	林業重機「フォワーダ」の無人運転化に関する研究 －整地における無人自動運転化技術の確立－		
研究者名 (所属名)	小澤雅之・大地純平(森林総合研究所) 保坂響・浅川拓也・布施嘉裕・中村卓 (産業技術センター) 古屋五嗣・小幡俊郎(古屋製材株式会社)		
研究期間	令和5年度～令和7年度	報告年度	令和6年度

【背景・目的】

我が国の林業従事者は全国で4万5千人、そのうち65歳以上が25%を占め、人材不足と高齢化が深刻化し、労働災害も全産業の11倍を示す等の諸問題が存在している。しかし、林業は他の産業と明確に異なり、典型的な地域産業であり、森林が気候変動緩和に極めて重要な役割を果たすことから、欠くことができない産業である。これらの諸問題を解決するには、一人当たりの生産性向上と、危険作業からの根本的回避が必要となる。そこで、さらなる生産性向上と労働災害低減のために林業ICTを用いたDX（デジタルトランスフォーメーション）を導入し、林業用重機の自動運転化に取り組む。林業用重機を自動運転化することで、運転に必要な人員を、他の作業に従事させることができ、かつ運転中の滑落による労働災害をゼロにすることが可能となる。

本研究では、伐木運搬重機であるフォワーダ(以後、FD)の無人運転化を目標とし、「FDの電子制御」、「森林作業道における自律移動システムの評価・改良」、「自律移動システムの電子制御化FDへの搭載、及び、整地における挙動解析」等に取り組み、整地環境での走行が可能となるまでを目指す。

【研究・成果等】

実験方法

これまでに、市販の有人FDであるMST-700VDL(株式会社諸岡製)の電子制御化、及び、遠隔操縦を実現した。さらに、自動運転開発に先立ち、事前検証用クローラロボットを製作した(図1)。森林内ではGNSS測位が困難となり、自動運転時の位置推定精度が低下することが予想される。目標精度を森林作業道の幅員とFDの全幅から $\pm 0.38\text{m}$ 以内とし、GNSS測位以外の方法で自己位置を高精度に求める手法を導入、評価した。FD実車走行時には大きな振動の発生が想定されることから、本システム搭載時の振動による影響を調査した。整地環境下でのFDの自動運転実現に向け、クローラロボットによる自動運転に必要な経路の自動生成に関する検討を行った。

1) クローラロボット及びFD実車による自律移動システムの評価・改良

GNSSを用いず自律移動を行うためには、ロボット自身に搭載したセンサを用いて専用の地図を作成する必要がある。このクローラロボットに、3D-LiDAR、IMU等のセンサを搭載し、3次元点群地図作成及び自己位置推定手法の一つであるLIO-SAMを実行した。舗装された産業技術センター駐車場を整地環境、比較的なだらかな地形・路面である森林総合研究所構内実習林を不整地環境と見なし、クローラロボットによるGNSS測位とLIO-SAMによる自己位置推定の比較を行った。さらに、振動評価のため、クローラロボットに搭載したセンサをFD実車に換装(図2)し、森林作業道の環境に類似した森林総合研究所和泉山実習林で走行実験を行った(図3)。

2) クローラロボットによる整地環境下での自動運転の実現

整地環境下である産業技術センター駐車場で作成した地図を用い、クローラロボットの現在地から、指定した目的地までの自動運転用経路の自動生成について検討した。

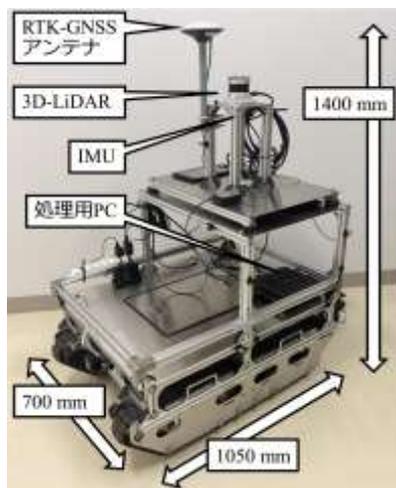


図1 事前検証用クローラロボット

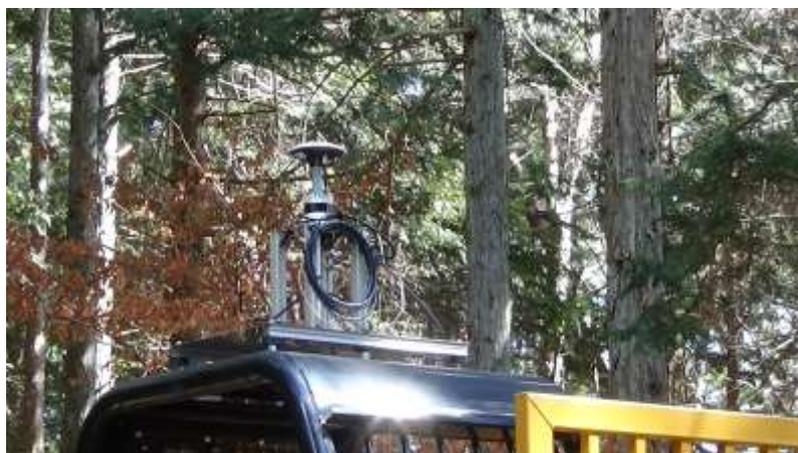


図2 FD実車の屋根に搭載したセンサ



図3 FD実車による森林作業道の走行

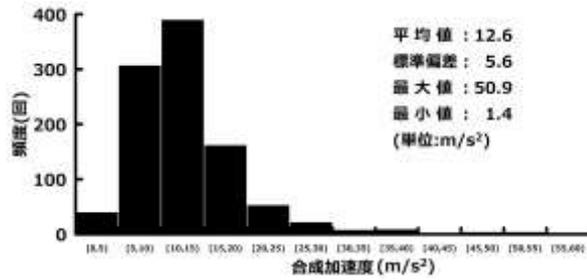


図4 FD実車における合成加速度の頻度

結果

1) クローラロボット及びFD実車による自律移動システムの評価・改良

・クローラロボットによる自律移動システムの評価・改良

整地環境下では、GNSS測位に関してcm級精度であるRTK-fixed状態となり、LIO-SAMによる自己位置推定と比較した結果、目標精度内に収まった。これにより、GNSS測位が困難な場合でもLIO-SAMを使用することで、RTK-GNSSと同等以上の位置推定が可能であることが示された。さらに、不整地環境下でGNSS測位が困難な状況においても、LIO-SAMによる3次元点群地図が作成され、自己位置の推定が可能であることが確認された。[1]

・FD実車による自律移動システムの評価・改良

FD実車の屋根の上にクローラロボットのセンサを搭載し、FD操縦経験者により森林作業道を走行させた。このときの3軸による合成加速度の頻度を図4に示す。LIO-SAMによる3次元点群地図と併せて評価した結果、現段階では本システムのデータ取得に支障がないことが確認された。無限軌道が大径で車体も大型であること、路面が土や落ち葉でありアスファルトと比較して柔らかいこと等から、振動の影響が少なかったと考えられる。

2) クローラロボットによる整地舗装路環境下での自動運転の実現

産業技術センター駐車場で、FD自動運転の前段階となるクローラロボットを用いた走行実験を行った。自動運転に必要な地図をLIO-SAMの3次元点群地図から変換し、目的地座標及びロボットの方向を指定した。その結果、障害物を検出(図5参照)し、図6のような現在地から目的地までの240mの経路を自動生成させることに成功した。

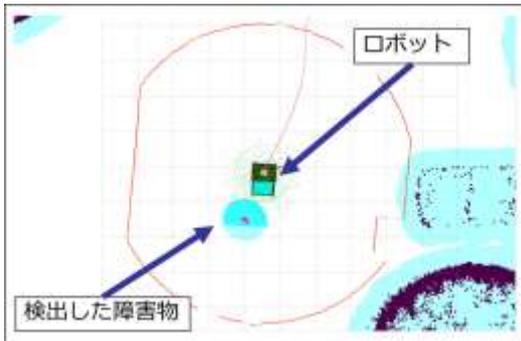


図5 ロボットによる障害物の検出



図6 自動運転用地図上に自動生成した経路

【成果の応用範囲・留意点】

これらの成果を踏まえ、FDに本システムを実装し、整地での自動走行実現を目指す。

[1] 保坂響, 浅川拓也, 布施嘉裕, 中村卓, 小澤雅之, 大地純平, 古屋五嗣, 小幡俊郎: 林業用重機フォワーダの自動運転に向けた3次元点群地図作成と自己位置推定手法の適用と評価 -クローラロボットを用いた検証-, ビジョン技術の実利用ワークショップ ViEW2024, pp. 54-59, 2024.

【問い合わせ先】

所属	森林総合研究所	
代表者	小澤 雅之	E-mail: ozawa-ykt@pref.yamanashi.lg.jp