

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 ー整地における無人自動運転化技術の確立ー		
研究者名 (所属名)	小澤雅之・大地純平(山梨県森林総合研究所) 保坂響・布施嘉裕・中村卓(山梨県産業技術センター) 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5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倍を示すなど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、フォワーダ(以後、FD)の無人運転化を目標に、「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】

#### (1) 無線操縦による電子制御システム

##### 実験方法

市販されている有人機FDMST-700VDL(株式会社諸岡製)を用いて、搭乗者が乗車しなくても走行できる無線操縦による電子制御システムの開発を行った。

このシステム(後述)はドローン用制御システムを応用し、送信機としてHERELINK Controller Unit HX4-06211(CubePilot製)を、受信機としてThe Cube Orange+(CubePilot製)を用いた。FDの前後と左右の動作を制御する油圧部の操舵軸2本にそれぞれハイトルクサーボモータSSPS-105(有限会社利根川精工製)を取付け(図1参照)、前述の受信機に送られてきた信号により操舵軸を動かせるようにした。また、共同研究者である株式会社古屋製材社有地内において、本システムによるFDの走行試験を行った。

##### 結果

#### 1) 無線操縦による電子制御システムの開発

- 送信機から半径350m前後内であれば、無線によりFDは遅延無く応答し正常に作動し、最遠部からでもFDの動作には遅延が認められなかった。
- 送受信範囲から外れると送信部は機体を見失い、FDは反応しなくなったが、再び範囲内に戻れば機体の操縦を確保できた。

#### 2) 無線操縦によるFDの走行試験

- 手元の送信機を用いることで、FD乗車時と同じ操縦ができた。
- 直線および曲線/回転走行について(図2参照)、前進・後進とも問題なく操縦できたが、送信機側ではFDからの視界を得ることができず、遠距離での安全確認が困難になった。
- 例えばFDを南進させ(往路運転)、180度回頭し北進させるような場合(復路運転)では、送信機での左右操作が往路と復路とでは逆転/反転するため、注意と慣れが必要であった。

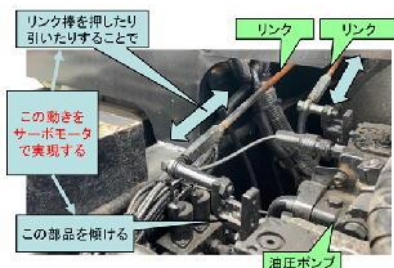


図1 サーボモータの取付け



図2 無人機による旋回走行試験

#### (2) クローラロボットによる自動運転

##### 実験方法

FDに搭載したシステムと同様の構成の制御システムを使用したクローラロボット(図3)を製作、自動運転実験を実施した。一辺約6mの矩形経路を計画し、搭載したGNSS(Global Navigation Satellite System)モジュール、IMU(Inertial Measurement Unit)、コンパスの情報を基に自動運転させた。

結果

1) クローラロボットによる自動運転

- ・ 指令経路とRTK (Real Time Kinematic) 測位で計測した走行軌跡を図4に示す。その結果指令経路と走行軌跡の差は最大0.5mであった。
- ・ 旋回時に指定した経路の逸脱や直線走行時の安定性が現段階では課題となった。これらについては、ロボットのパラメータの調整、RTKアンテナの固定方法や設置位置の見直しなどで対応し、改善していくこととする。



図3 クローラロボット全景

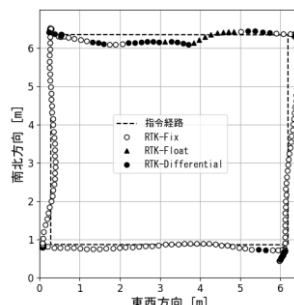


図4 クローラロボットによる自動運転軌跡

(3) 走行コースの地形計測

実験方法

FDの無人走行には、GNSS計測と無人機によるレーザ計測での機体位置情報が必要になるが、無人機でのレーザ計測の真偽を検証するため、予め基準値データとの比較が求められる。そこでFD無人走行コースとして設定した山梨県森林総合研究所構内実習林及び和泉山実習林の基準値データ取得を行った。コース上の道(舗装路、砂利敷、森林作業道等)や周辺の植生、人口設置物等について、それらに座標を付与した点群データ(LASデータ)を得るため、レーザ計測機としてHovermap (Emesent社製)を、GCP取得にはDG-PRO1RWS(ビズステーション株式会社製)を用いて計測した。

結果

1) 構内試験走路での計測

- ・ 構内実習林は、舗装道路、砂利道、森林作業道、平地土場等を含む路上の状況変化の多い試験走路として設定し、周長743mを対象に計測を行い、図5のような計測結果を得た。

2) 和泉山実習林での計測

- ・ 和泉山実習林には既に森林作業道及び林業専用道が作設されており、合計1040.2mを対象に高低差のある森林内作業道を想定して計測を行い、図6のような計測結果を得た。



図5 構内試験走路のレーザ計測結果

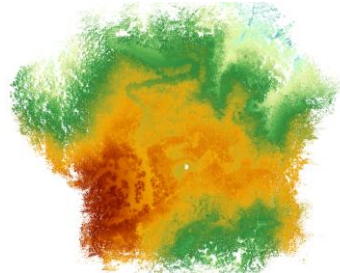


図6 和泉山実習林のレーザ計測結果

【成果の応用範囲・留意点】

これらの成果を踏まえ、FDに自動運転制御システムを実装させ、走行試験などを検討していく必要がある。

【問い合わせ先】

所 属	山梨県森林総合研究所	
代表者	小澤 雅之	E-mail: ozawa-ykt@pref.yamanashi.lg.jp