

学校法人新潟工科大学 電波応用研究室

令和6年度事業成 果報告書

事業名：作業用車両のスマート化

作成者 沢田健介（新潟工科大学准教授）

2025年3月

1. 事業概要（申請内容）

申請者名（所属/代表者名）	新潟工科大学/沢田健介
申請事業名	作業用車両のスマート化に関する事業
1. 背景や必要性 新潟県では少子高齢化と人口減少の影響により、第一次産業（農業・林業・漁業）従事者の減少が著しい。加えて、冬季は積雪のため道路等の除雪も必要だが、除雪従事者も第一次産業と同様に減少が著しい。これらの地域課題を解決するには第一次産業および除雪に使用する作業用車両の従事者を増やす必要があるが、限られた人口の中からこれらの人材を育成・維持することは困難と考えられ、また、危険を伴う作業も多い。	
2. 申請事業の内容とその特徴 農機・建機（含除雪車）などの作業用車両をスマート化（人工知能やICT技術を活用しての初心操縦者の操縦・操作の支援や無人自動操縦化など）する。申請者はこれらの取り組みが地域課題を解決する一手段として有効と考え、令和5年度は農機（トラクタ）のスマート化に関する調査研究を実施してきた。本事業では、これらの取り組みを、除雪車を含む建機などの作業用車両にも拡大することで地域課題の解決に寄与する。	
3. 実施スケジュール ・ <u>2024年度:現場取材調査・基礎実験・基礎技術の研究開発</u> ・ 2025年度：基礎技術の検証実験および改良 ・ 2026年度：実証実験・実用化	
4. 期待される具体的な成果（地域等への波及効果） 熟練した作業車両従事者の認知・判断・操作技術を学習した人工知能のアシストによる作業車両の運用が可能になり、その結果、初心従事者による単独の作業車両の運用が可能になる。更に、作業車両に操縦系のマニピレータを追加実装することにより、遠隔操縦や自動操縦も可能になり、地域課題の解決に寄与することが期待される。	
5. 成果の活用および本事業の継続の方策 農機および建機などの作業車両製造ベンダに本事業の成果である技術と知的財産権の使用権を無償で提供し、商用車両に実装することで地域課題の解決に寄与する。	
6. 他の補助金等の有無（該当するものに■） ■有 □無 令和6年度文部科学省科研費基盤研究(C)において、車両の遠隔・自動操縦のための無線ネットワークの強靱化に関する研究による科研費を申請中(金額令和6年～8年度で計499万円)。本科研費が採択された場合、本補助金により実施予定の作業用車両のスマート化に関する事業の将来の遠隔・自動操縦に係る部分の研究開発に充てられる予定です。	

2. 事業成果

本事業による令和6年度の成果物は以下論文3編です。

成果物（論文）

論文 1

河合勇瑠，スマートフォンに内蔵したカメラと IMU を使用した農機のスマート化に関する研究，2025 年新潟工科大学卒業論文，2025 年 1 月

論文 2

長谷川記優，豪雪地における除雪車の GNSS 測位精度向上のための研究，豪雪地における除雪車の GNSS 測位精度向上のための研究，2025 年新潟工科大学卒業論文，2025 年 1 月

論文 3

河合勇瑠，スマートフォンを用いた農機のスマート化，電子情報通信学会 2025 年総合大会，A-18-11，東京都市大学，2025 年 3 月 27 日発表予定

上記いずれの論文も，新潟県建設技術センターによる助成事業で実施されていることを論文および発表資料中に明記してあります。

次頁以降に各論文の概要を記します。

論文 1

河合勇瑠, スマートフォンに内蔵したカメラと IMU を使用した農機のスマート化に関する研究, 2025 年
新潟工科大学卒業論文, 2025 年 1 月

概要

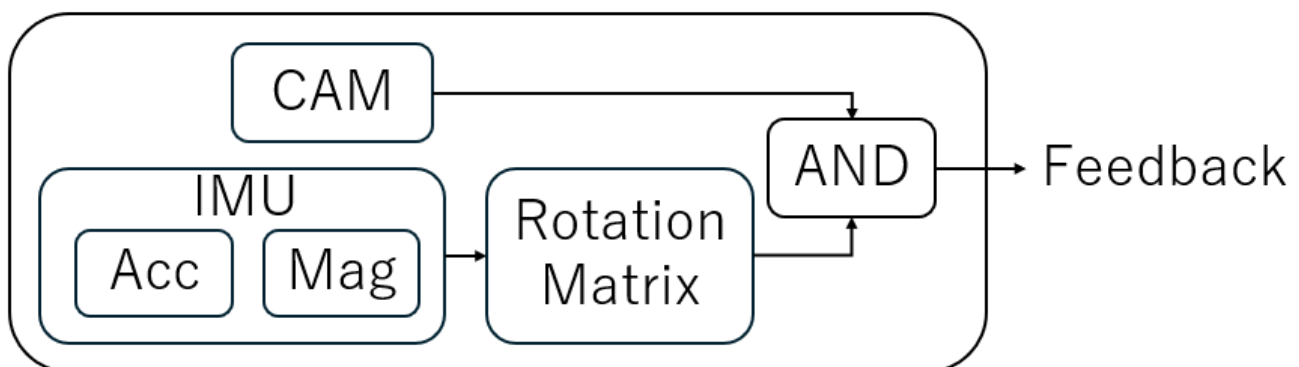
農業は日本の基幹産業だが, 年々農業従事者が減少している. 昨年から 1 年間で約 5 万人減少し, その約半数が高齢者である. また, 耕地面積規模別に農業従事者の増減率を比較すると, 10ha 未満の規模では約 5%減少している一方, 10ha 以上では約 6%増加している. このことから, 小規模農家が減少する一方で, 大規模農家が増加していることが明らかである.

小規模農家が減少する理由として, 高齢化, 資材の高騰, 経済的負担などが挙げられる. 近年, 自動運転が可能な農機が登場し, 高齢者でも身体的・精神的な負担を軽減できるようになったが, これらの農機は非常に高価であり, 小規模農家では導入が現実的ではないという課題がある. そのため, より安価に導入可能な方法を模索する必要がある.

本研究は, スマートフォンを利用して農機の自動運転を可能にすることを目的としている. 従来方式では, 単眼カメラを用いて圃場の遠方にある目標地点に向かって直進走行する手法, GNSS と IMU センサを使用した自動操舵補助装置が示されていたが, 高価なカメラ, IMU センサ, GNSS 受信機を使用するため導入コストが高いという問題があった. 本研究では, スマートフォンに内蔵されたカメラと IMU センサを利用して姿勢を推定し, 目標進路を設定して農機の直進走行を支援する方式を提案する.

提案方式の有効性を評価するために, 農機にスマートフォンを固定し, 農機の進行方向の映像と 6 軸 IMU データを取得した. 得られたデータからトラクターの姿勢を推定し, 目標針路を決定した上で進行方向を計算する手法を採用する. 提案方式の有効性を実証するために, 実機のトラクターを用いた実験を行った.

評価実験の結果, アプリケーションに表示される目標針路に従った場合では $\pm 0.11 \sim \pm 0.18$ [m], アプリケーションを使用しない場合では約 $\pm 0.32 \sim \pm 1.35$ [m]となり, アプリケーションを使用した場合のほうが目標針路からの変位が少なく, 今回の提案方式の有効性を示すことができた.



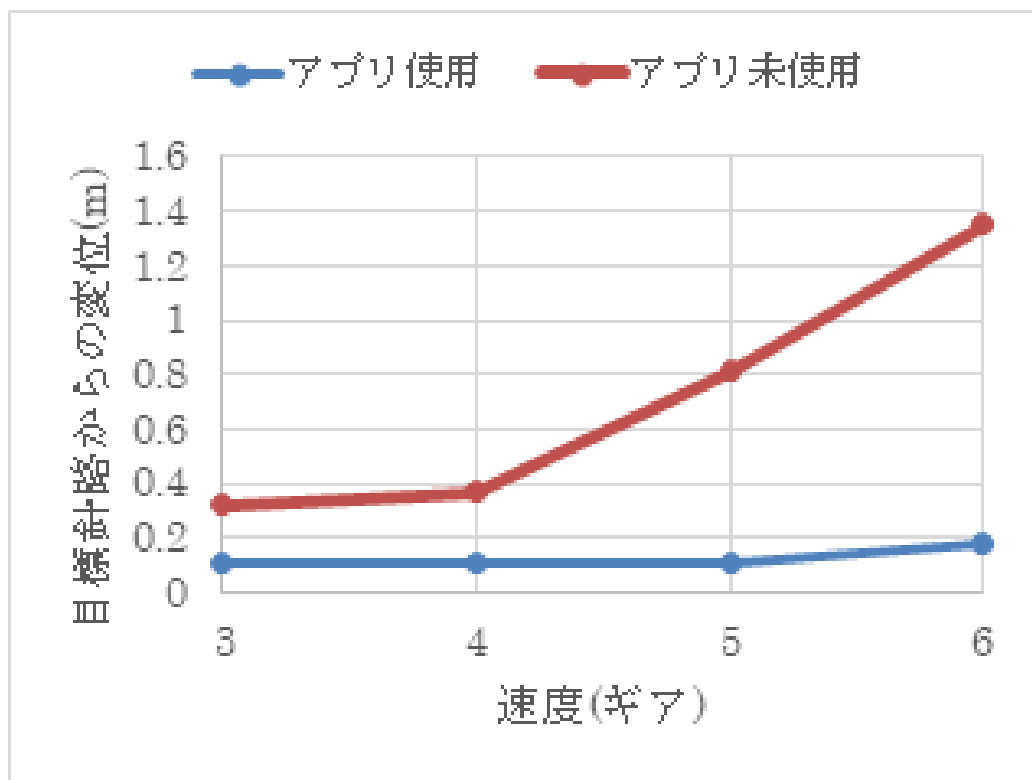
提案方式の構成

(CAM はカメラ, IMU は加速度・地磁気センサユニット)



ス

スマートフォンの固定方法と実験に使用したトラクター



評価実験結果

論文 2

長谷川記優, 豪雪地における除雪車の GNSS 測位精度向上のための研究, 豪雪地における除雪車の GNSS 測位精度向上のための研究, 2025 年新潟工科大学卒業論文, 2025 年 1 月

概要

近年, 雪が多い地域では除雪オペレータの高齢化が進んでおり, 高齢オペレータの人口比率が増加している. 加えて, オペレータの担い手不足問題もあり, 将来的な除雪オペレータ不足が懸念されている.

また, 熟練のオペレータから若年のオペレータに操作技術を引き継ぐ機会が減少している. そして, 年度にもよるが除雪費用が大きいことも問題である.

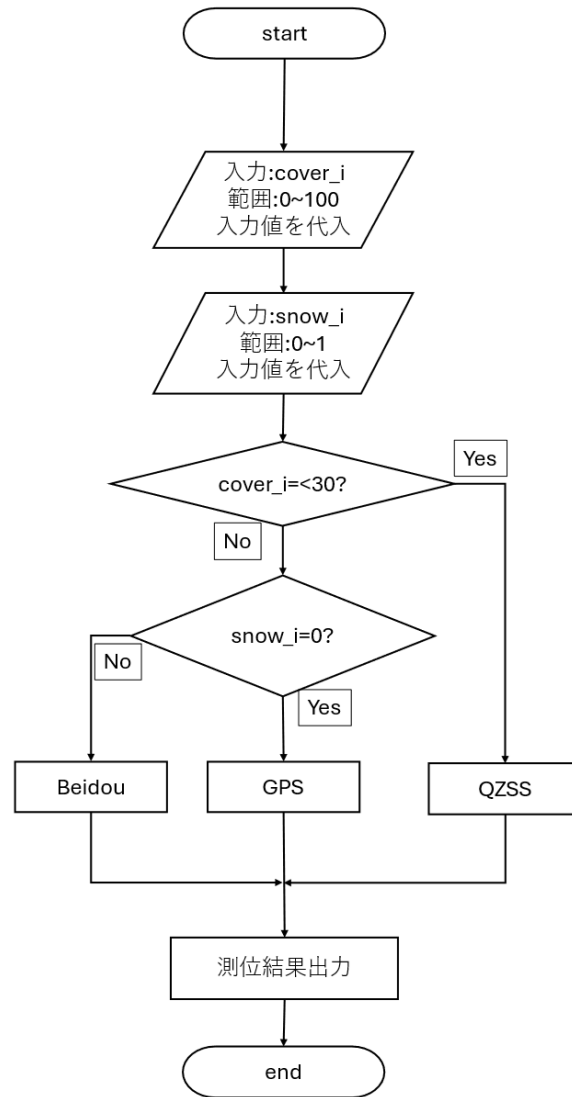
本研究では障害物や積雪といった周囲の環境の影響を受けにくく, 高精度な測位が可能な衛星を特定することを目的とする.

従来は, 周囲の環境と道路設備の位置を写した画像が入ったデータベースを用意し, GPS とジャイロスコープによって周辺環境と道路設備の画像を選定・表示することで周知・回避する手法を提案していた. しかし, GPS の測位精度の低下によって適切な道路設備や周辺環境の画像が表示されなくなるおそれがあり, この問題を解決しようと高精度な GPS システムを導入しようとすると, 導入コストが高くなる問題点があった.

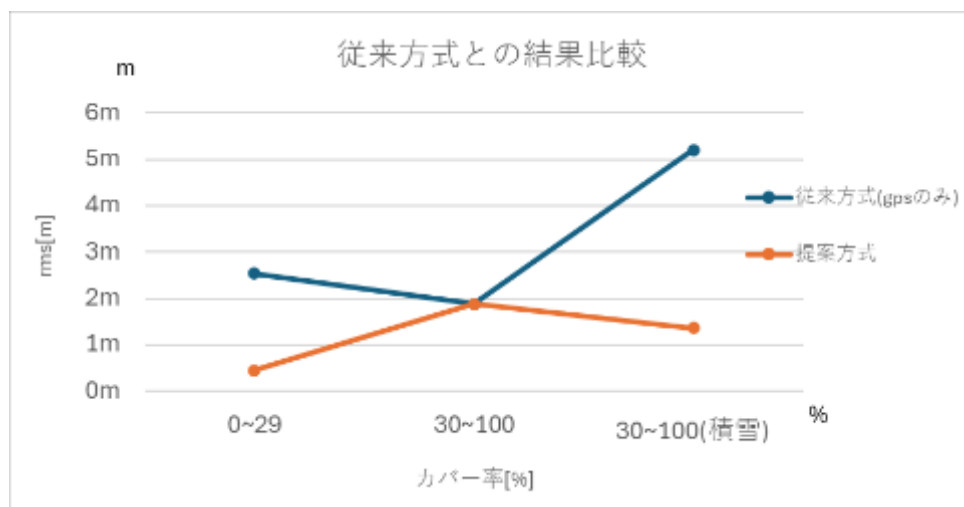
本研究では, 除雪作業における測位精度の課題を解決するため, GNSS を活用した高精度測位のための衛星特定を提案する. この手法では, 除雪車にスマートフォンを取り付け, 現在地の環境情報(カバー率, 積雪の有無)を入力することで, 最適な衛星を選定するといった手法である.

提案手法の有効性を確認するため, 対応する GNSS 衛星ごとに測位データを収集して誤差を評価した. その後各衛星の誤差を RMS (二乗平均平方根) で算出し, 最も測位精度が高い衛星を選定する実験を行った.

ポールに固定した GNSS アンテナを用いて, 様々な環境下で計測を行ったところ, カバー率が 0% の場合は QZSS が, 90% の場合は GPS が, 積雪した場合は Beidou の計測誤差が最も小さいことが判明した. これにより, 環境ごとに誤差が小さい衛星を特定することができたため, 提案方式の有効性を示すことができた.



提案方式のフローチャート



評価結果

論文 3

河合勇瑠, スマートフォンを用いた農機のスマート化, 電子情報通信学会 2025 年総合大会, A-18-11, 東京都市大学, 2025 年 3 月 27 日発表予定

概要

本論文の概要は論文 1 と同等のため割愛.

3. 本事業成果の概説

1. 論文1および論文3の研究による成果

論文1および論文3で示した研究では、作業用車両のうち、農機（トラクター）の省力化に着眼して実施いたしました。両論文のタイトルでは農機が前面に出ておりますが、両論文とも、スマートフォンに内蔵したセンサとカメラを使い作業用車両のオペレータが何等かの作業機の操作をしながら車両を正確に直進させることをアシストするアプリケーションに関する技術を扱った内容となっていますため、同様の大型作業用車両であります除雪車への適用も可能です。

両論文では、高価な後付け機器を使用することなく、オペレータが所有しているスマートフォンに専用アプリケーションをインストールし、作業用車両に装着することにより、安価に作業用車両のスマート化（機能の高度化）を図ることを実現しています。ここで言うスマート化とは、1名で作業をしながら作業用車両を直進させる機能をスマートフォンに持たせることで、オペレータが正確な作業を行うことをICT技術により支援することを指します。そして、スマート化に必要な車両の運動情報と前方の映像情報をスマートフォンに内蔵されているIMUセンサとカメラでそれぞれ取得することで非常に安価なシステムを実現できることを示唆することができました。

2. 論文2の研究による成果

論文2で示した研究では、作業用車両のうち、除雪車として使用される建機（セーフティローダ）の自動操縦あるいは操縦の省力化を目的として、降雪・積雪がある地域で除雪車に搭載する測位装置の測位精度を向上させる技術に関する内容です。

本研究では、世の中に多くのGNSS（衛星測位システム）が存在することに着目し、除雪車上空に降雪がある場合、あるいは除雪車上方の樹木や建築物等に積もった雪がある場合などに、測位衛星からの電波がそれらの影響を受けて測位精度が劣化する性質を改善するために、測位時に最適な衛星コンスタレーション（衛星配置）を持つ測位衛星を自動選択し、測位精度を向上させるアイデアをもとに研究が行われました。

実際に降雪環境で取得したデータをもとに上記提案アルゴリズムを適用することで測位精度の最適化が図られることを期待し評価実験を実施しました。評価実験の結果、従来の単衛星による測位よりは測位精度が向上することを認めましたが、目標とするセンチメートル級の測位精度には至らない結果となりました。

従い、来年度以降は、測位精度を向上させるための手段として衛星測位の精度を上げるのではなく、非降雪時の車両前方の映像を予め学習し、降雪時にこの映像と降雪後の映像から識別する技術を使い、センチメートル級の高精度測位と同等の性能を得る方向に方針を変換する予定です。

以上