

# 除雪オペレータの操縦動作センシングに基づく 除雪困難箇所検知システムの検討

玉川 大暁† 丸山 翔†† 若林 康央†† 山本 寛†  
† 立命館大学情報理工学部 †† (株)KDDI 総合研究所

## 1. はじめに

現在の除雪作業には、適切な位置への雪捨て場が設置されていない、除雪作業の給与形態に除雪オペレータの能力/負担が反映されていないといった問題がある。しかし、除雪作業の支援を目的とした既存研究/技術は、除雪車の運転支援にのみ着目している[1]。そこで本研究では、除雪区間の各地点における除雪作業の負担を定量的/客観的に算出するために、除雪車の位置情報に加えて、除雪オペレータのハンドルや操縦レバーの操作に関するデータを収集して機械学習や画像解析の手法を用いて解析することで、除雪車の複雑な操作が必要となる、除雪困難箇所を可視化するシステムを提案する。

## 2. 提案システム

提案システムの全体像を図 1 に示す。ハンドル観測装置は 6 軸加速度/ジャイロセンサを用いてハンドルの操作を計測し、BLE 通信を用いて組込みシステムに計測したデータを送信する。組込みシステムは、GPS 受信機により位置情報を計測し、深度カメラにより操縦レバーの様子を撮影する。組込みシステムに集約された除雪車の位置情報やハンドルのセンサデータは、管理サーバに HTTP 通信を用いて送信される。操縦レバーの様子を撮影したデータから、画像解析により操縦レバーの操作の種類を推定し、その結果のみを管理サーバに送ることでデータ量を削減する。管理サーバは、データの一元管理や可視化を行う。また、機械学習手法を用いてハンドルのセンサデータを解析し、ハンドルの操作内容を推定する。

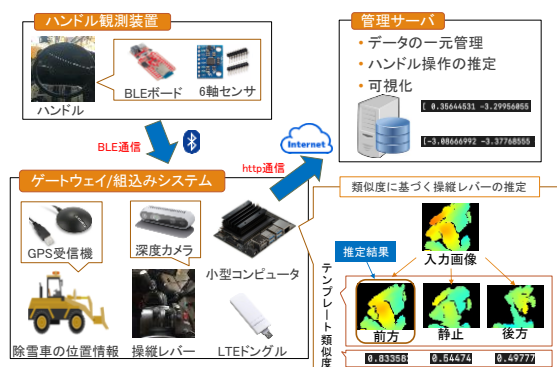


図1. 提案システムの全体像

## 3. 除雪オペレータの運転操作の推定手法

本提案システムでは、除雪車のハンドルと操縦レバーの操作内容を推定し、除雪車の位置情報と対応づけることで、除雪区画の各地点における除雪オペレータによる操縦の複雑さを定量化する。

ハンドルの操作内容の推定では、ハンドル観測装置

に搭載された 6 軸加速度/ジャイロセンサにて 30ms ごとに計測したデータの特徴量とする。また、ハンドルの「静止」「左回転」「右回転」の状態に対して、ハンドルの 1 周を 45 度ずつに分割した 8 個の位置にそれぞれラベルを設定する。前述の特徴量にラベルを設定した訓練データを用意し、入力された特徴量からハンドルの回転方向と位置を推定する学習モデルを構築する。ここで、機械学習手法として、ランダムフォレストを用いる。

また、操縦レバーの操作内容を撮影した深度画像を入力画像とし、事前に操縦レバーの操作内容ごとに作成したテンプレート画像との間で類似度を計算する。最も類似性の高い操作内容を求めることで、操縦レバーの状態を推定する。画像間の類似度の計算には、AKAZE(ACCELERATED KAZE)を用いる。

## 4. 実証実験

提案システムの有効性を評価するために、長野県白馬村の除雪車を対象とした実証実験を行う。ハンドルの操作内容については、予め研究室内のハンドルコントローラーで計測した特徴量を訓練データ(各ラベル 15 個)とし、除雪車のハンドルにて計測した特徴量を評価データ(各ラベル 5 個)とする。操縦レバーの操作については、画像解析のための入力画像を操縦レバーの操作ごとに 20 個ずつ用意し、評価データとする。

表 1 に評価結果を示す。ハンドルの操作内容は 72%、操縦レバーの操作内容は 85%と、高い推定精度を実現している。この結果から、提案システムにより除雪車の操縦を特定でき、その内容から操縦の複雑さを定量化できている可能性があることを示している。

表1. 運転操作の推定の性能評価

評価対象	正解率
ハンドル	72%
操縦レバー	85%

## 5. まとめ

本研究では、除雪車の位置情報に加え、ハンドルや排土板等の操作量を推定し、除雪オペレータに対する操縦の負担を定量的に評価するシステムを提案/実装した。今後は、ハンドルや操縦レバーの推定精度の向上を図るとともに、操縦の複雑さを可視化する手法を検討する。本試験にご協力頂いた長野県白馬村除雪オペレータの佐藤岳志様並びに関係者各位に感謝します。

## 参考文献

[1] 久保田祐介, 他, “除雪車運行支援のためのタブレットシステムの開発と実証実験・評価”, 電子情報通信学会論文誌, Vol.98, No.10, 2015.