

除雪作業の遠隔操作に関する性能確認試験

東日本高速道路株式会社 北海道支社 技術部 技術企画課 ○高橋 亮介
阿部 勝義

北海道の高速道路では、除雪等作業の効率化や省力化を目指して通信回線を利用した遠隔操作による除雪作業に関する研究と開発を行っている。遠隔操作は、除雪車に設置されたロボットと遠隔地に設置した。コックピットを携帯回線で接続し、作業員がコックピットから除雪車を操縦するしくみである。このような技術を除雪作業へ適用できるか確認するために、令和3年2月にヘリポート、4月に雪捨場内において性能確認試験を行った。

キーワード：遠隔操作、防雪・除雪、ICT、基礎技術

1. 概要

東日本高速道路（株）北海道支社では、将来の労働者不足等に備えた雪氷対策作業の効率化や省力化を目指し、通信回線を利用した遠隔操作による除雪作業に関する研究と開発を行っている(図-1)。この研究開発の中で、すでに実用化されている建設重機を対象とした遠隔操作技術を除雪作業へ適用するために、令和3年に2回の性能確認試験を行った。第1回試験は2月に実施し、高速道路の休憩施設に併設されたヘリポートにおいて基本的な走行と操作を試験した。第2回試験は4月に実施し、第1回試験の結果を踏まえて、雪捨場の敷地内で実作業に近い試験を実施した。本論文では遠隔操作のしくみや試験の概要と結果および課題や被験者からの意見等について説明する。

2. 遠隔操作のしくみ

遠隔操作のしくみを図-2に示す。除雪車に設置された人型ロボットとコックピット型コントローラを携帯回線で接続し、コントローラよりオペレータが遠隔地から除雪車を操縦する仕組みである。コックピットからはコントローラを操作することで、携帯回線によってロボットを介して除雪車の走行とバケットや排土板の操作制御に連動させた。除雪車とロボットからみた映像については、除雪車に設置したカメラの映像をコックピットのディスプレイへ伝送した。除雪車側全体の映像については、俯瞰カメラを高台等に架設して、プレハブ内のパソコンへ携帯回線を通して伝送し、作業員が見ながら操作できるようにした。なお、携帯回線を使った操作制御や映像の



図-1 北海道の高速道路での雪氷対策高度化の取組み事例

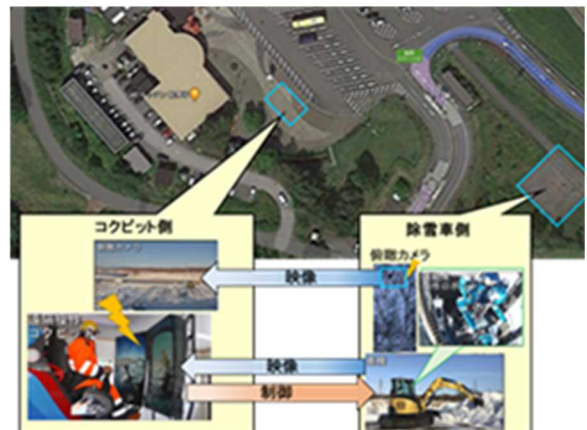


図-2 遠隔操作のしくみ

伝送はwi-fiルータを通して行った。

3. 第1回遠隔操作試験（ヘリポート）

(1) 概要

第1回遠隔操作試験は、道央自動車道（下り）輪厚PA内のヘリポートで1週間、昼間と夜間で実施した。試験内容を旗揚げした平面図を図-3に示す。ヘリポート(20m×20m)に小型バックホウを待機させ、休憩施設の横のプレハブにコックピットを配置し、実際に除雪をする作業員が遠隔操作を実践した。映像については除雪車の正面と左右の3か所にカメラを設置し、撮影した映像をコックピットのディスプレイに伝送したほか、ヘリポート横の高台に俯瞰カメラを架設してヘリポート上空の映像を映すことで走行位置を見られるようにした。試験は「ヘリポート内の外周走行と排土板で雪塊を押し出す操作を中心とした試験」と「ヘリポート内の対角線走行とバケットで雪をすくう操作を中心とした試験」の2種類を行い、昼夜ならびに通信環境（4G・5G）の違いによる操作性の違いを確認した。

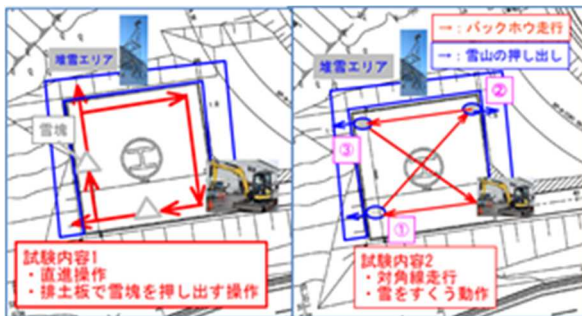


図-3 遠隔操作試験内容

(2) 試験結果

第1回遠隔操作試験において、コックピット型コントローラの操作が操作ロボットに連動して除雪車が走行するイメージを図-4に示す。試験期間を通して、遠隔操作による除雪車の制御と運転は問題なく行うことができたが、気づいた点や意見を記す。

走行する際には、ハンドルの遊びがないので左右のブレを直そうとすると反対側に行き過ぎてしまうことや、曲がるときに角の場所がわかりづらいため行き過ぎるか手前になりすぎるという意見があった。また、排土板で雪を押し出すときやバケットで雪をすくうときの圧力が分かるセンサーがあるとよいという意見があった。排土板で雪を押し出すときやバケットで雪をすくうときの圧力が分かるセンサーがあるとよいという意見があった。視認性や視野については、昼間を中心に雪と空の色の差異が出にくいという意見があったほか、ディスプレイの映像

だけでは方向感覚や距離間隔が分かりにくいいため、俯瞰カメラからの映像を頼りに操作を進めていた。また、下のほうが見えにくいという意見があったため、第2回試験では足元の方にカメラをつけることとした。通信環境では、5G回線と比較して4G回線の方が画面解像度や操作が若干遅れるが、慣れればどちらも問題ないという意見が多かった。



図-4 第1回試験での除雪車の走行・操作イメージ

4. 第2回遠隔操作試験（雪捨場）

(1) 概要

第2回遠隔操作試験は、道央自動車道 江別西ICの近く（高速道路外）にある雪捨場で4月中・下旬の昼間に2週間実施した。試験状況を図-5に示す。2月の第1回試験と同様に、除雪作業員がプレハブの中に設置したコックピットの中から操作を行った。具体的な作業としては冬期期間中に積み上げられた雪山の上に、遠隔操作によってバックホウを上がらせながら溝切りを行って日光や雨による雪溶けを促進させる作業を行った。除雪車に設置するカメラは、第1回試験での意見を受けて正面と



図-5 第2回遠隔操作試験状況

左右のほか足元にも設置できるようにしたほか、角度を作業者自身で調整可能とした。また、周囲を俯瞰撮影するカメラはスマートフォンを用い、作業箇所に合わせて持ち運んで設置できるようにした。カメラの配置箇所とコックピットへの映像伝送イメージを図-6に示す。なお、通信環境はすべて4Gにて行うこととした。



図-6 除雪車に設置したカメラ（上）の配置箇所とコックピット（下）への映像伝送イメージ

(2) 試験結果

第2回遠隔操作試験において、コックピット型コントローラの操作が操作ロボットに連動して除雪車が走行するイメージを図-7に示す。試験期間を通して溝を1日1本ずつ切削し、切削長が最長となった日は65mを記録したほか、試験期間の最終日には溝と溝を連結させた。また、雪山の崖の手前まで寄ることも成功した。溝を切削した後の状況を図-8に示す。

試験を通しての意見として、操作卓では、除雪車の動きと連動してコックピットの座席が傾くとよいという意見があった。カメラの設置箇所と視野では、視点付近と足元の視野がつながっていたほうが、また、左右のカメラが下を向いていたほうが作業しやすいという意見があったため、手動にて調整した。通信環境については、雪山の高くなった箇所に近づく通信環境が不良となるほか、除雪車の「人検知システム」をONにしていると雪山の影を人と誤認することがわかった。



図-7 第2回試験での除雪車の走行・操作イメージ



図-8 溝の切削後の状況

5.おわりに

(1) 性能試験のまとめ

2回の遠隔操作試験を通して、コックピットの動きやカメラの角度や昼夜等の環境による視認性の良否および通信環境などの課題を抽出することができた。特に第2回試験では実際の除雪作業に近い作業ができたほか、遠隔操作に関する装置の起動と終了の一連の作業を説明しておくことで、開発者がいなくても作業を行うことができ、遠隔操作作業を運用させるための道筋を考えることができた。装置の使用方法的説明例として、実際にプレハブの壁に掲示していたコックピットの安全装置の使用



図-9 遠隔操作装置の使用方法的説明例

方法を図-9に示す。

(2) 今年度の試験予定内容

東日本高速道路（株）北海道支社では、実際の運用を見据えた開発を継続的に進めている。これまでは除雪車が稼働する敷地内で近距離の操作を行ってきたが、今冬は操作卓から20km程度離れた雪捨場での操作を計画している。これは将来的に、除雪作業員が普段待機している事務所から現場に出動せずに作業ができるようにすることを想定している。今年度の試験予定内容と作業予定箇所である札幌自動車道 金山PA敷地内にある雪捨場のイメージについてそれぞれ図-10、図-11に示す。今後も雪氷対策作業の効率化や省力化を目指して機器開発や実際に運用することを想定した調整を進めていきたい。



図-10 今年度の試験予定内容



図-11 金山PA 雪捨場イメージ