

除雪グレーダ操作における 安全確認行動調査について

国立研究開発法人 土木研究所 寒地土木研究所 寒地機械技術チーム ○村上 和也
高本 敏志
三浦 豪

除雪作業の主力機械である除雪グレーダは、オフロード法第4次規制への対応に伴い、今後、2人乗りの運転室を製作しない方針がメーカーより示された。併せて、運転手の高齢化や熟練者不足が深刻な状況となってきており、経験の浅い運転手の1人乗り作業では、除雪作業における安全性や作業効率の低下が危惧される。そこで、今まで助手が担ってきた安全確認の作業を代替する技術を検討するため、除雪グレーダ操作時の安全確認行動に関する調査を行った。

キーワード：除雪、除雪車、安全確認行動

1. 背景と目的

除雪作業の主力機械である除雪グレーダは、作業の安全性確保を目的に、運転手と助手が搭乗する2人乗りの運転室が採用されてきた。しかし、特定特殊自動車排出ガスの規制等に関する法律（オフロード法）の第4次規制に向けて、転倒時保護構造を有する1人乗りROPSキャブ以外の運転室を製造しない方針が、機械メーカーより示された。

また、運転手の高齢化や熟練者不足などが深刻な状況となってきており、経験の浅い運転手の1人乗り作業では、除雪機械の操作における安全性や作業効率の低下が危惧される。

そこで、助手が担っている安全確認作業を代替する技術を検討するため、除雪グレーダ操作時に行われている安全確認行動について調査を行った。

2. ドライブレコーダによる映像分析調査

(1) 調査概要

除雪グレーダ操作時に行われている自車周囲の車両や道路構造物などに対する安全確認行動について、ドライブレコーダを用いて映像分析調査を行った。分析に当たっては、運転手及び助手の顔の動き、確認方向にある車両や構造物などをカウントし、傾向把握を行った。

(2) 調査対象車両及び調査期間

調査対象車両は、札幌開発建設部札幌道路事務所の月寒工区3台、旭川開発建設部旭川道路事務所の旭川工区2台の除雪グレーダとし、平成26年度及び平成27年度の2年間調査を実施した。なお、1人乗りについては、平成

28年度も調査を継続している。調査対象車両及び調査期間について、表-1に示す。

表-1 調査対象車両及び調査期間

配置先	対象車両	調査期間
札幌開発建設部	2人乗りA	H26～H27
札幌道路事務所 (月寒工区)	2人乗りB 1人乗りA	〃 H27～継続中
旭川開発建設部	2人乗りC	H26～H27
旭川道路事務所 (旭川工区)	2人乗りD	〃




(3) 調査機器設置方法及び機器仕様

本調査に用いたドライブレコーダの本体や各カメラの取り付け位置を図-1に示す。また、カメラ位置毎の撮影範囲を表-2、機器仕様を表-3に示す。なお、ドライブレコーダ本体及びカメラの取り付け位置は、対象車両毎に運転室の形状等が異なるため、車両により異なる。



図-1 取り付け位置

表-2 撮影範囲

カメラ位置	撮影範囲	撮影映像例
カメラ1 車内撮影用	運転手及び助手の 上半身	
カメラ2 前方撮影用	車両前方状況	
カメラ3 作業装置 撮影用	作業装置(左側)の 動作	
カメラ4 後方撮影用	車両後方状況	

運転手と助手の動きや車両前後の状況等について確認した。安全確認行動の分析用画面表示例を図-2、確認項目内容を表-4に示す。



図-2 分析用画面表示例

表-3 機器仕様

〔ドライブレコーダ本体〕	
項目	機能概要
映像入力	4チャンネル
画像圧縮方式	H.264
外形寸法	178(W)×210(D)×50(H) mm 
重量	約2.0kg
動作温度範囲	0℃～50℃

〔カメラ〕	
項目	機能概要
有効画素数	カメラ1 : 約41万画素 カメラ2-4 : 約38万画素
最低被写体 照度	カメラ1 : 0.1 Lux カメラ2-4 : 0.3 Lux
外形寸法	カメラ1 : 67(W)×59(H)×39(D) mm  カメラ2-4 : 32(W)×25(H)×49(D) mm 
動作温度範囲	カメラ1 : -30℃～70℃ カメラ2-4 : -40℃～70℃

(4) 映像分析方法

各車両で撮影した映像を、ビューアソフトを用いて4画面（車内・前方・作業装置・後方）を同時に表示し、

表-4 確認項目内容

項目	内容
確認者	運転手、助手
確認方向	前、後、左、右
進行方向	前進、後進、停止
作業種別	作業中、回送中
作業区間	交差点部、単路部
天候	晴、曇、雨、雪、吹雪 (夜間は晴・曇の判別無し)
確認対象	歩行者、追い越し車両(右、左)、 停止車両、後続車両、道路附属物、 ブレード、その他
梯団内位置	先頭車両、後続車両

図-2に示す例では、運転手は後、助手は左斜め後を確認している。進行方向は後進、作業種別は作業中、作業区間は単路部、確認対象は運転手及び助手共に左路側帯に停車している車両であることが確認出来る。

この様に、映像分析から確認出来る安全確認行動を分類、集計した。なお、確認方向の前は、明確に前を確認する行動があった時のみとし、他の方向から前を向いた場合などはカウントしていない。

(5) 映像分析結果

前項で示す映像分析方法により、運転手及び助手が行った安全確認行動について、確認方向や回数、確認方向にある対象物などを分類・集計し、傾向把握を行った。分析結果の詳細について、以下に示す。

a) 映像分析対象時間

映像分析対象時間は、平成26年度が19回・約87時間、平成27年度が33回・約182時間、合計で52回・約269時間となっている。分析対象時間の内訳について、表-6に示す。

表-6 映像分析対象時間

対象車両	回数及び分析時間			
	平成26年度		平成27年度	
札幌	平成26年度		平成27年度	
2人乗りA	3回	22:18	6回	35:22
2人乗りB	3回	22:23	6回	34:53
1人乗りA	—	—	7回	37:08
札幌小計	6回	44:41	19回	107:23
札幌合計	25回 152:04 (内、1人乗り1台、7回分・37:08含む)			
旭川	平成26年度		平成27年度	
2人乗りC	8回	28:33	7回	37:42
2人乗りD	5回	14:12	7回	36:44
旭川小計	13回	42:45	14回	74:26
旭川合計	27回 117:11			
年度合計	19回	87:26	33回	181:49
総計	52回 269:15			

b) 確認動作方向別の割合 (全体)

運転手及び助手が行った安全確認行動の確認動作方向別の割合を、作業中及び回送中に分類した結果を図-3、図-4に示す。

運転手については、左右方向の確認割合が高い傾向となっており、常に自車周囲に注意を払っていることが確認出来る。また、助手については、左方向の確認割合が非常に高い傾向となっており、これは運転室内の構造及び乗車位置が要因と考えられる。

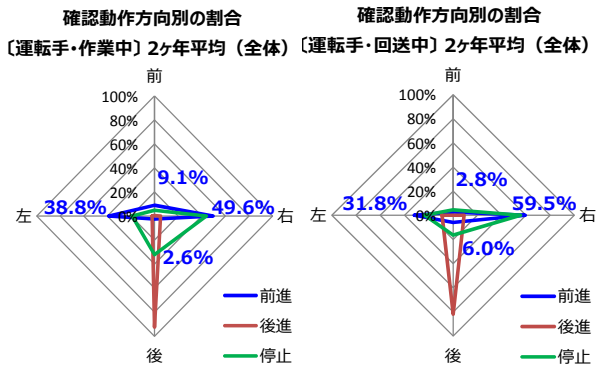


図-3 運転手：作業中及び回送中の2ヶ年平均

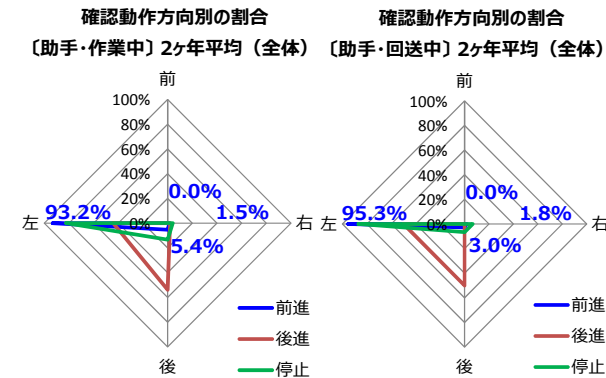


図-4 助手：作業中及び回送中の2ヶ年平均

c) 確認動作方向別の割合 (乗員数別)

確認動作方向別の割合を1人乗りと2人乗りに分類した結果を図-5に示す。

1人乗りについては、分析対象データがまだ1年・1台分しかないことから、参考的な扱いとなるが、右方向の確認割合が、2ヶ年平均全体より若干高い。これは、調査対象車両が、除雪梯団の2番車として使用されたことにより、対向車両よりも後続からの追い越しや並走車両を確認していたものと考えられる。

確認動作方向別の時間当たり平均回数 (前進時) を図-6に示す。

左右方向においては、1人乗りと2人乗りの確認回数に約2倍程度の違いが生じた。助手が不在となることで、左右方向の確認回数が増えたものと考えられる。

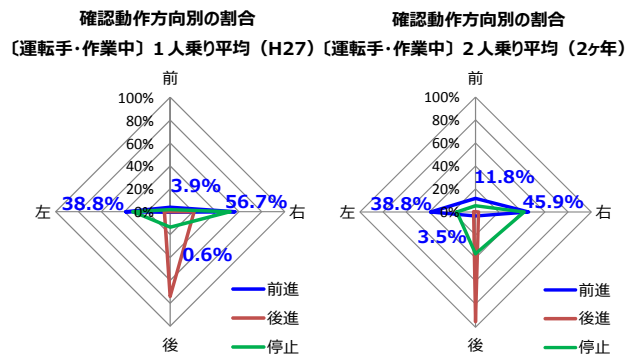


図-5 乗員数別：作業中の平均

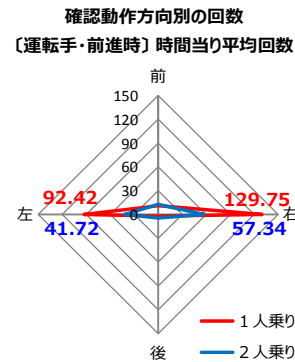


図-6 乗員数別：時間当たり平均回数

d) 確認動作対象物別の割合 (全体)

運転手及び助手が確認動作を行った際の対象物別割合について、図-7、図-8に示す。

運転手については、ブレードの確認割合が高く、続いてその他 (判別不能) となった (図-7左)。割合の高いブレード及びその他の2項目を除外した再分析では、後続車・左右追い越し車両に対して注意を払っている傾向が確認された (図-7右)。また、助手についても運転手と同様の結果 (図-8左) となったが、上記と同様に2項目を除外した再分析では、左追い越し車両に対する割合が非常に高いことが確認出来た (図-8右)。

前項、b) 確認動作方向別の割合（全体）で示したものと同様、運転手は左右方向、助手は左方向が高い傾向となっている。

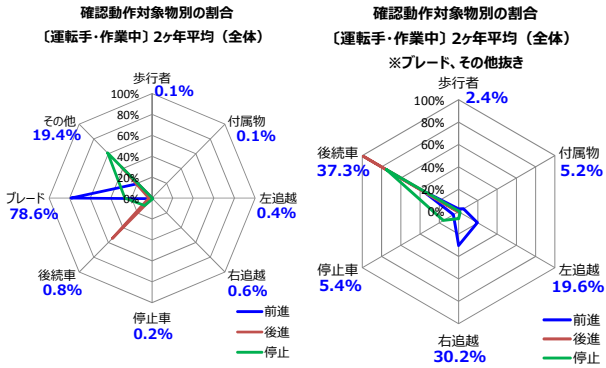


図-7 運転手：作業中の2ヶ年平均及び再分析

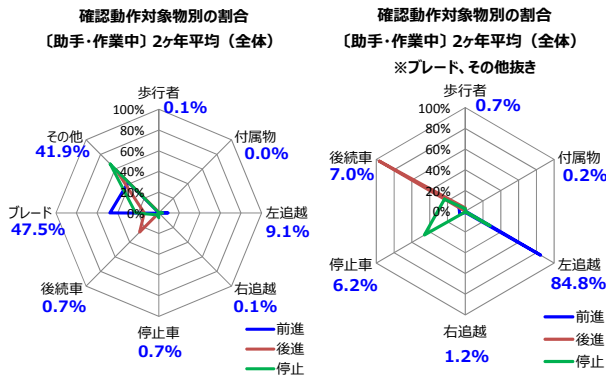


図-8 助手：作業中の2ヶ年平均全体及び再分析

e) 確認動作対象物別の割合（乗員数別）

確認動作対象物別の割合を1人乗りと2人乗りに分類した結果を図-9に示す。

1人乗り、2人乗りともにブレードの確認割合が高く、続いてその他（判別不能）の割合が高い傾向となっている。

対象物別の時間当たり平均回数（前進時）を図-10に示す。

1人乗りではブレードの確認回数が2人乗りに比べて2倍以上となっており、助手不在により作業確認の頻度が増えたものと考えられる（図-10左）。

また、割合の高いブレード及びその他の2項目を除外し、再分析した結果、前項同様、後続車・左右追い越し車両に対して注意を払っている傾向が確認された。しかし、1人乗りにおける確認回数は、2人乗りに比べ全体的に少ない結果となり、特に後続車や左追い越しの項目においては、2人乗りの約3分の1となった（図-10右）。1人乗り作業では、ブレードの確認に時間を要し、周囲車両への確認回数が低下したと考えられる。

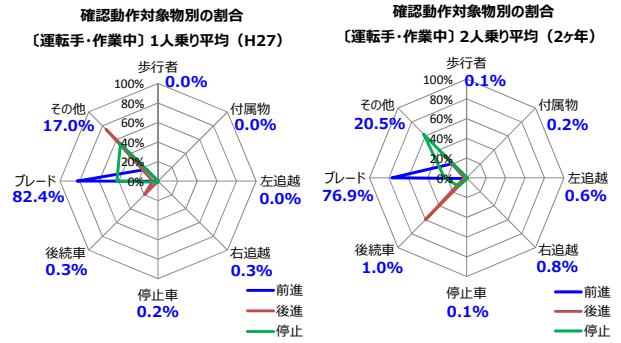


図-9 乗員数別：作業中の平均

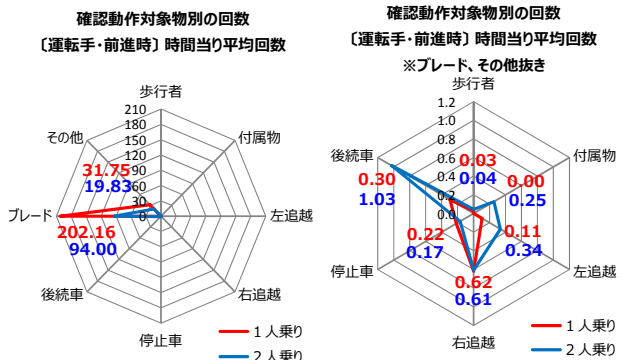


図-10 乗員数別：時間当たりの平均及び再分析

3. アンケート調査

(1) 調査概要

全道の国道の除雪工事を担当している除雪グレーダの運転手と助手を対象に、平成27年度にアンケート調査を実施した。

(2) 調査内容

経験年数などの基礎情報のほか、作業中の注意点、助手不在により運転手の負担が増えると思われる点などについて調査した。アンケート調査内容について、表-5に示す。

表-5 アンケート調査内容

項目	内容
基礎情報	年齢、性別、職種、従事歴
除雪作業中の注意点	車両・附属物との離隔、接触確認、車両周囲確認、その他
技術継承 (自由記述)	技術継承への方策案
助手不在による運転手の負担増	車両・附属物との離隔、接触確認、車両周囲確認、操作関係、その他
各種意見 (自由記述)	代替装備の希望、1人乗りグレーダへの搭乗有無、導入への抵抗感、その他

(3) 調査結果

a) 回答者の基礎情報

除雪グレーダに乗務している運転手と助手、169人から回答を得た。回答者の基礎情報について、図-11、図-12に示す。

回答者における年齢構成は40代と50代で約60%以上を占めており、次いで30代と60代が各15%以上となっている。また、除雪グレーダの従事歴については、運転手は10年以上の割合が65%と高いが、助手については10年未満が66%となっている。

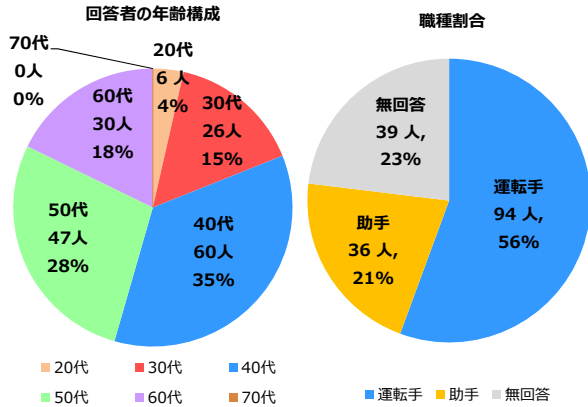


図-11 年齢構成及び職種割合

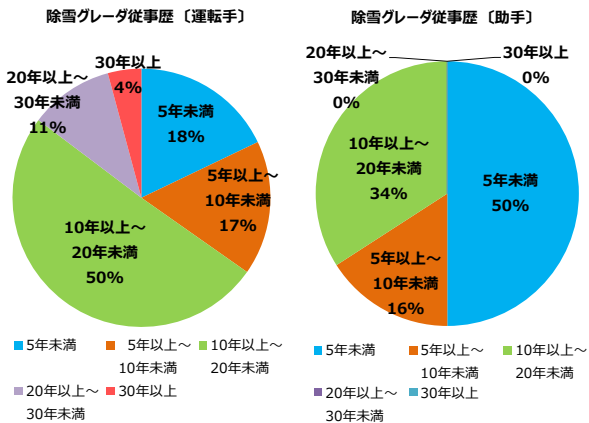


図-12 従事歴 (運転手・助手)

b) 除雪作業中に注意している点

除雪作業中に注意している点として、「車両・附属物との離隔、接触確認」、「車両周囲確認」、「その他」について、質問した結果を図-13に示す。

注意している点として回答割合が高かったのは、後続・対向車両及び歩行者などの自車周囲状況、橋梁ジョイントやマンホール蓋、縁石 (中央分離帯含) 等の道路附属物、後進・方向転換時の安全確認であった。

除雪グレーダが配置されている路線はほとんどが市街地・多車線区間であり、かつ後進作業も行うことから、周囲車両及び歩行者への注意の割合が高くなったと考えられる。

また、道路附属物への注意の割合が高いのは、ブレー

ドとの接触による附属物及び車両の損傷を懸念したことによると考えられる。

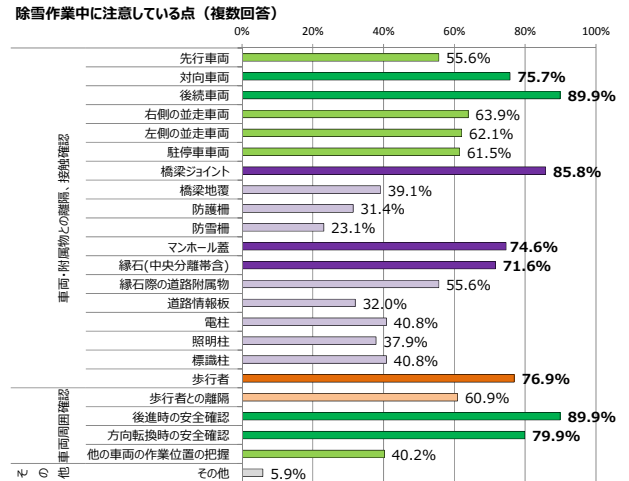


図-13 除雪作業中に注意している点

c) 助手不在による運転手の負担増

次に、助手が不在になることで運転手の負担が増加すると思われる点として、「車両・附属物との離隔、接触確認」、「車両周囲確認」、「操作関係」、「その他」について、質問した結果を図-14に示す。

後続車両及び歩行者等の自車周囲状況、及び後進・方向転換時の安全確認については前項と同様、高い割合となった。しかし、橋梁ジョイントやマンホール蓋、縁石 (中央分離帯含) 等の附属物に関しては、全体的に選択割合が低下した。附属物等の位置や状況確認に関する助手への依存度は低いと考えられる。

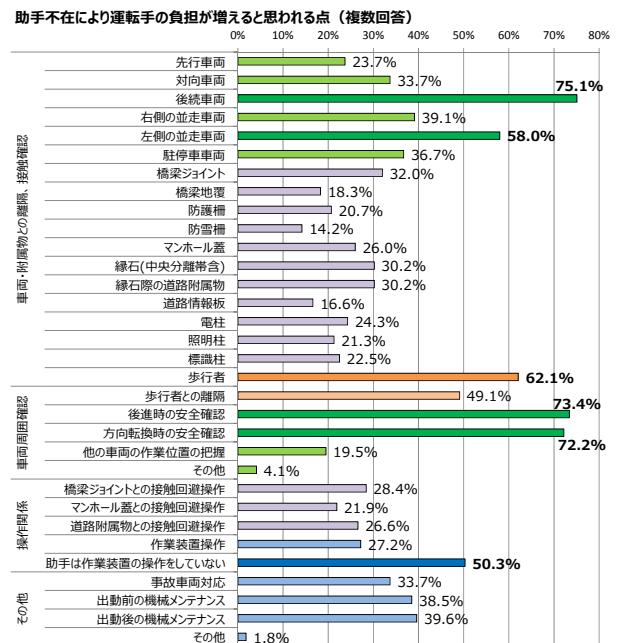


図-14 助手不在により運転手の負担が増えると思われる点

4. まとめ

映像分析及びアンケートの結果より、安全確認行動として、運転手は乗員数に関わらず左右方向の確認割合が高く、助手は左方向の確認割合が高かった。助手については、運転室内の構造及び乗車位置が要因と考えられる。

対象物別では、運転手、助手共にブレードの確認割合が高い傾向が確認された。その他では、後続車・左右追い越し車両などの周囲車両、橋梁ジョイントやマンホール蓋などの道路附属物に対する注意割合も高いことが確認された。道路附属物については、ブレードとの接触による附属物及び車両の損傷を懸念していると考えられる。

1人乗りの映像分析については、データが少ないことから参考的ではあるが、時間当たりのブレード確認回数は、1人乗りの方が2人乗りに比べ2倍程度多い結果となり、助手不在による影響が現れたと考える。

5. おわりに

今後、1人乗りの映像分析調査を継続するとともに、助手が担っている安全確認作業を代替する技術として、道路附属物や周囲車両などの情報を効果的に運転手へガイドランスする手法を検討していきたい。

謝辞：ドライブレコーダーでの映像取得、並びにアンケート調査にあたり、ご協力をいただいた札幌開発建設部、旭川開発建設部、及び全道の維持除雪工事施工業者の関係各位に心から感謝の意を表します。