

1人乗り除雪グレーダの安全性向上の検討 － 近接車両検知システムの開発 －

中島 朋也*¹、大沼 玄樹*¹

1. はじめに

道路除雪作業は、積雪寒冷地の安全で安定した冬期道路交通確保において重要な役割を担っている。

除雪機械の主力である除雪グレーダは、平成24年度の建設機械排出ガス4次規制に伴い、平成27年度から新たな除雪グレーダの供給が開始されているが、オペレータに加え助手が同乗できる従来の2人乗りから、オペレータのみの1人乗り仕様となった（写真1）。



写真1 除雪グレーダの作業環境の変化

除雪作業は、一般通行車両との輻輳作業を伴うなど厳しい作業条件下にあり、除雪車のオペレータには「安全な車両運行」と「確実な作業装置の操作」が同時に求め

られる。除雪作業中、作業装置の操作が頻繁な除雪グレーダにおいては、助手が重要な役割を担っていたものと考えられる。

1人乗りになるといった作業環境の変化が、オペレータの負担を大きくすることは明らかであり、除雪作業への影響も懸念されたことから、2人乗り除雪グレーダにおける助手の役割を調査し、助手を欠いた作業環境を改善すべく、オペレータへの運転操作支援について検討したものである。

2. 助手の役割と操作支援すべき内容

運転操作支援を検討するにあたり、助手の役割を把握するため、ドライブレコーダにて撮影した除雪作業中の車内映像からオペレータと助手の行動分析を行い、併せてヒアリングを実施した。

オペレータは作業中、車両の前方や作業装置類を多く注視しているのに対し、助手は、車両周囲の確認に作業の約6割を費やしている。その中でも後方の確認を多く行っている結果であった（図1）。

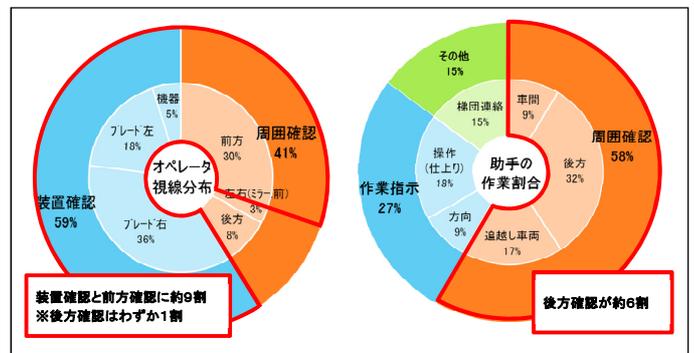


図1 オペレータの視線分布と助手の作業割合

また、行動分析と併せて実施したヒアリングからも車両後方に係わる内容が挙げられた。

[助手からの意見]

作業中は特に、後方に接近してくる車や追越しを行う車の有無に注意している。

[オペレータからの意見]

作業中、助手からの後方接近車両や追越し車両が近づいているといった報告を受け直接確認し、その状況に応じてブレード操作や待避行動する。

*1 国土交通省 東北地方整備局 東北技術事務所

上記の行動分析とヒアリング結果から、除雪作業中に確認しにくい後方からの一般車両の情報提供が、助手の大きな役割であることから、助手が行っていた「後方近接(追越)車両の確認」、「オペレータへの報告」を支援すべき内容とし、オペレータに周囲確認を促す近接車両検知システム(以下「システム」)の検討を行った(図2)。

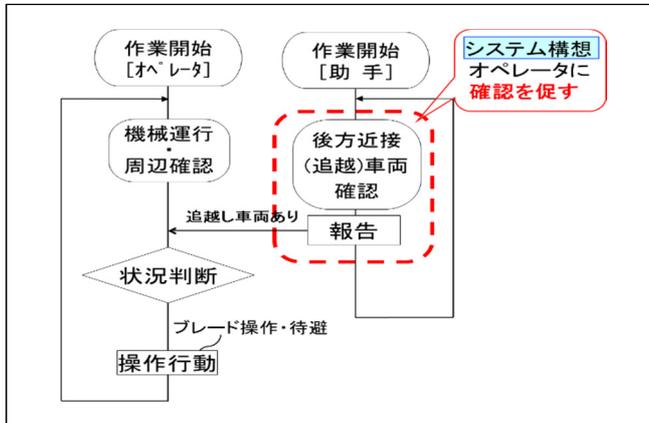


図2 2人乗り除雪グレーダ作業フロー

少量でも検知機器に着雪すると誤検知が発生する結果となった。また、機器に内蔵されているヒータ機構では、着雪を溶かすまでの能力はなかったため、利用する場合は着雪対策が必要となる。



写真2 風洞実験

マイクロ波式は、降雪の影響や低温による機能低下も見受けられず、機器性能を発揮する結果となった。

以上から、検知機器はマイクロ波式検知機を採用した。

3. システムの概要

3.1 機能

検知開始距離を除雪グレーダの後方約30m程度から検知を開始し、検知範囲を複数とすることで、車両の「後ろ」への接近、「左後方」「右後方」からの追い越し車両を検知し、オペレータに情報提供する(図3)。

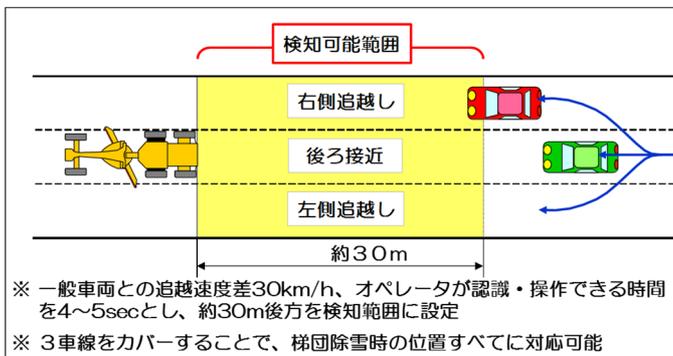


図3 機能

3.2 検知機器

検知機器は、低温、降雪環境での使用になるため、(国研)防災科学技術研究所雪氷防災研究センターの風洞装置による検証実験(共同研究)により、検知機器の選定をした。なお、検証実験は、赤外線方式とマイクロ波方式の検知機器を用いて行っている。(写真2)

共通する結果として、全ての機器が雪の空間密度に関係なく対象物を検知可能であり、風向による影響もない。ただし、検知の方式原理が違うことにより、次のような違い確認された。

赤外線式は、僅かではあるが降雪も検知してしまうこと、

3.3 システムの構成

システムの構成を写真3、取付状況を写真4に示す。

車両接近情報の通知については、運行装置の上に配置した機器により、ブザー音と赤色ランプ点灯で通知する。赤色ランプは、車両を検知した車線で点灯位置が変わり、一目で車両が接近してくる方向を知ることができるものとした。



写真3 システムの構成

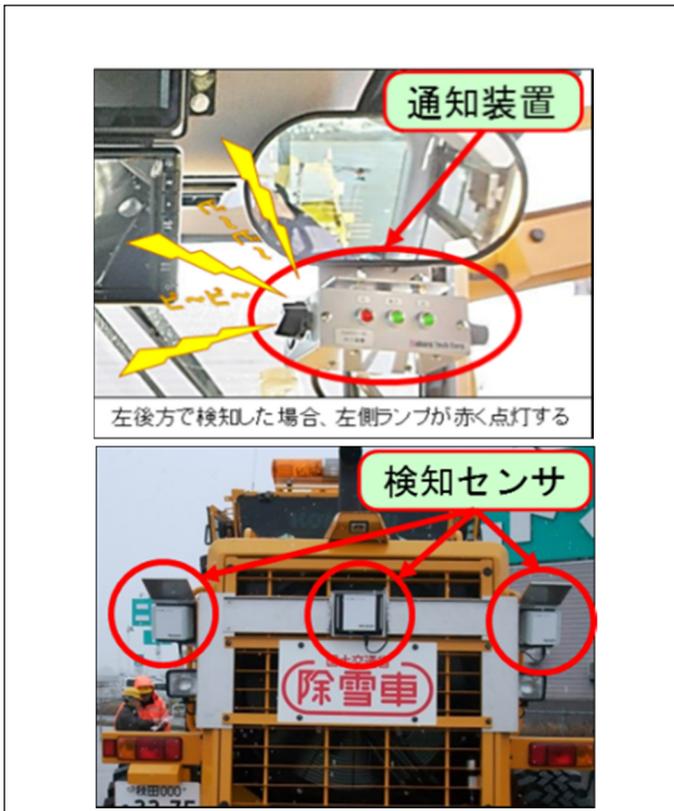


写真4 取付状況

4. 実機による現地試験

4.1 試験目的

後続車両に対するシステムの検知精度の確認と、システム有無による支援効果の比較評価を、1人乗り除雪グレーダを用いた現地試験により実施した(写真5)。

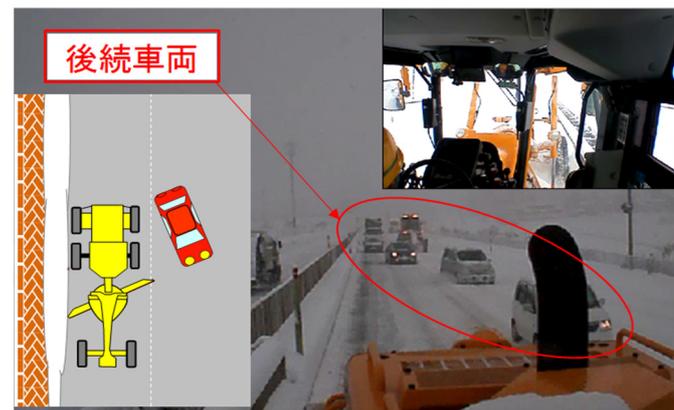


写真5 現地試験状況

4.2 試験現場

現場試験は、次の現場条件から国道13号(湯沢河川国道事務所管内 大曲工区)にて行った。

- ・ 1人乗り仕様の除雪グレーダが配備されている
- ・ 多車線区間を含む市街地である
- ・ 過去5年の平均積雪深60cm以上の豪雪地区であり、降雪、除雪回数が多い

4.3 検知精度の確認

システムの検知精度を確認するため、後方への接近車両台数と車内に設置した通知装置の連動性をカメラによる映像から確認した。なお、試験実施は、センサの検知条件として悪い条件となる降雪の日とした。

接近車両393台のうち363台を検知し、92%の検知率となっており、助手が行っていた後方からの接近車両確認の補完が十分可能であると考えられる(表1)。

表1 システムの検知精度

項目	1回目	2回目	3回目	4回目	計
日時	H29.2.1 2:00~6:00	H29.2.16 2:00~6:00	H29.2.16 9:00~11:00	H29.2.17 2:00~7:00	
天候	雪	雪	雪	雪	
①後続車両台数	63	119	69	142	393
②正常検知台数	57	110	60	136	363
③非検知台数	6	9	9	6	30
検知率 (②/①)	90%	92%	87%	96%	92%
非検知率 (③/①)	10%	8%	13%	4%	8%

非検知車両については、後方車両が複数台連なって接近した場合、最後尾等の車両が検出できなかったものであり、「後方車両が接近している」という事象を検出できなかったものではない(図4)。

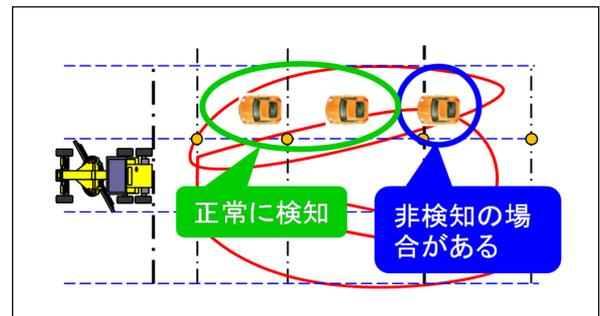


図4 非検知の事象

4.4 システムの効果

システムの効果を検証するため、アイカメラを用いて除雪作業中におけるオペレータの視線の動きを調査した。

図5は、オペレータの周囲確認割合を示したものである。

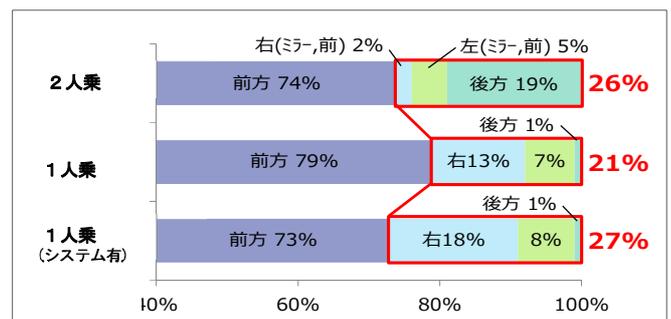


図5 オペレータの周囲確認割合

2人乗りでは、オペレータの周囲確認割合が26%であったのに対し、1人乗りでは21%に下がる結果となった。オペレータからのヒアリングでは、作業に集中することから周囲の確認ができなく、ヒヤリ・ハットの回数が増えたとの結果であり、安全性が低下している。

1人乗りシステムを導入したところ、2人乗りと同等の27%に増加した。これは、システムにより周囲確認を促すことから、助手不在により懸念される接近車両の見落としなど、作業中のヒヤリハットを減らす効果を期待できる。

また、周囲確認回数と接近車両を認識するための視認時間についても調査した(図6)。

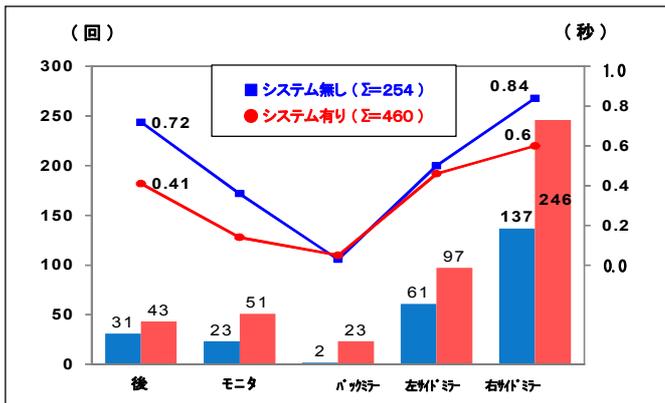


図6 周囲確認時間と視認時間

システム無しの場合、オペレータ周囲確認回数が254回であったが、システム有りの場合460回と増加している。これは、システムが光と音によりオペレータに接近車両の確認を促す効果が現れたものであり、接近する一般車両を確実に把握できることから、安全性が向上しているものと考えられる。

オペレータからのヒアリング結果では、「システムにより接近車両を事前に掌握でき、気がついたら隣に一般車両がいたということがなくなった。」との意見もある。

視認時間の調査からは、1回の接近車両の視認にかかる時間が減少しているのがわかる。これは、システムを使用していない場合、接近車両の存在を「探す」必要があるため1回の視認する時間が長いのに対し、システム使用時は車両が接近していることはわかっており、その存在を「確認」する時間のみであることの差と推定される。

「探す」から「確認する」に変化したことにより、作業に集中でき安全な除雪作業ができるものと考えられる。

4.5 オペレータ等の意見

システム搭載車を使用したオペレータ等の意見は、以下のとおりである。

- ・ 接近する車両の気づきになり見落としが無くなることから、助手の補完として役立つ

- ・ 追越し車両が大型車両の場合、車幅が大きく接近しての追越しとなり、作業装置の操作や待避行動をとる必要があるため、後方車両の挙動に早く気づくことができ有効である
- ・ 新人の安全面の補完として検知システムがあると良い

4.6 試験導入結果の考察

本システムの動作は従来の助手の役割と同じ接近物をオペレータに通知することで認識(確認)を促すものである。

試験結果からシステム導入により2人乗り(助手同乗)に近い作業環境となり、安全性が確保できると判断される。

5. おわりに

従来は、助手がオペレータへ危険察知・警告の役割を補うことで安全かつ円滑な除雪作業がなされていたが、1人乗り仕様となったことで安全性が低下することは否めない。

今回の検討により開発したシステムを導入することで、今後配備される除雪グレーダの安全性に寄与できることを期待する。