

雪氷作業時の安全強化について ～セーフティラインの自動標示への取り組み～

＊1 菅 正志 ＊2 古川 和幸 ＊3 土田 清央

1. はじめに

冬期間の高速道路の雪氷路面は、雪や氷の影響から安全な道路確保をするための雪氷作業は欠かせない。雪氷作業を実施している除雪や凍結防止薬剤散布の車両は、車両性能より十分な効果を発揮するため、低い速度での作業となっているのが現状である。以上のように雪氷作業では大きな速度差が生じてしまい、お客様車両と雪氷作業車との接近時のジレンマとなる課題を少しでも解消するため、図1及び写真1のようにLEDライトを使った路面への線状光標示（セーフティライン）で安全対策を行った事例について紹介する。



写真2 雪氷作業車の作業中の後方状況

また、雪氷作業車の後方は雪煙が舞っており、見通しが悪く低速で作業していることに気づきにくく、急接近や接触の危険がある。

雪氷作業の作業幅は1車線分となることから、車載標識により追越禁止としている。しかし、上記のとおり、車両同士の接近により危険な状況となることが発生していた。これらの状況になるべく回避し安全な雪氷作業を行えるようさらなる安全対策が必要であった。

一方、雪氷作業車側から見た場合、お客様の車両が接近し追従する形態となってしまう危険を感じていた。よって、最大限の注意を払って雪氷作業を行わなければならない。これらのことは作業オペレータへの後方確認への負担が大きく、接触する危険があることから、なんらかの対策を行い安全強化を図ることの必要性を感じていた。

このような雪氷作業における安全強化を目的に、雪氷作業車後方から路面へ線状光標示する装置（セーフティライン）を開発した。

セーフティラインを利用した作業について、オペレータへのアンケート実施結果では、「急激に接近する車両が減少した」「近づきすぎる車両が減少し、安定した車間距離を保ってくれる車両が増えた」「追越しを無理にやろうとする車が減少した」「作業していて追突されないという安心感がある」と報告されている。

2.2 セーフティラインの機器仕様

セーフティラインは、株式会社ネクスコ・エンジニアリング東北と積水樹脂株式会社が共同で開発した機器である。

LEDを利用し雪氷作業車の後部に取り付けて後方へ線状光を照射することで、路面に安全空間を標示する装置

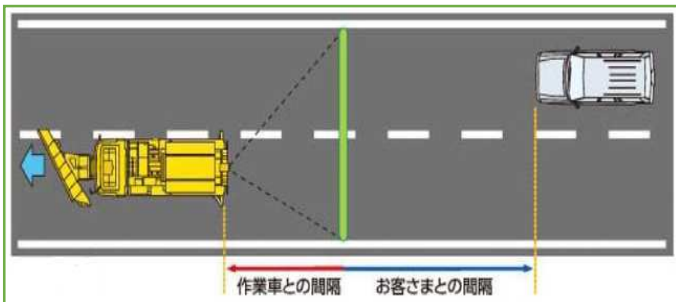


図1 セーフティライン イメージ図



写真1 セーフティライン 上空から

2. セーフティラインとは

2.1 セーフティライン開発の背景

高速道路を利用されているお客様は、写真2のような雪氷作業を実施している状況を目にされた方もいるかと思います。お客様の車両と雪氷作業車との速度差が、一般道よりも高速道路では大きくなり、お客様から見た雪氷作業車は、ずいぶん低速で作業していると感じられる。さらに追越禁止となっている。

である。（１灯式は写真３、２灯式は写真４）

セーフティラインは、除雪作業車の電源を利用しており、発光体の消費電力は３０ＶＡ以下で、車両後部からの舞い上がる雪によるガラス面への着雪を防止するためのヒータを装備している。

ＬＥＤの照射発光色は緑色を採用している。これは、車両の尾灯・制動灯の赤色や方向指示灯の黄色と同色系とならないようにしたためである。さらに人間の目で一番識別しやすい色として緑色を選定している。

機器操作部は、車両運転室内に設置し、有線で車両後部に発光部設置し接続している。

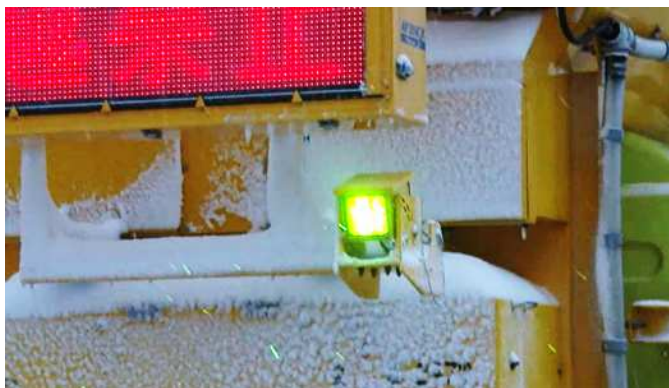


写真３ セーフティライン設置状況（１灯式）



写真４ セーフティライン設置状況（２灯式）

お客間から見ると写真５のように認識される。この線状光をお客様が認識して、自車と雪氷作業車の速度差や、雪氷作業の実施状況を明確に認識できると考えられる。



写真５ セーフティライン 路面標示状況

３．セーフティラインの運用

３.１ 完成４車線の運用

セーフティラインの実運用は、試行を含めて４シーズン運用している。当初は東北地方の縦貫道で完成４車線、つまり片側２車線の路面で運用した。

セーフティラインの照射位置は、冒頭の図１に示される作業車との間隔（赤矢印部分）を通常約７ｍ程度として運用している。これは、車両後部への設置する高さによっても違いはあるが、セーフティラインの線状光はＬＥＤ光を使っているため、レーザー光と違い照射距離が限定されるため、車両後部端から７ｍ程度を推奨している。また、夜間の路面にお客様からははっきりと線状光を認識できる距離でもある。

３.２ 暫定２車線の運用

次に運用を試行したのは、暫定２車線の高速道路であった。東北地方の縦貫道はほぼ完成４車線運用であるのに対して、東北地方の東西に山脈を貫く横断道は、暫定２車線となる区間が多い。暫定２車線道路は、ほとんどの区間が対面通行、つまり片側１車線の道路構造であり、雪氷作業車が作業する場合、物理的に追越できない状況となることで、お客様車両の追越する危険性は低くなる。しかし、写真６のように雪氷作業車の後尾へ接近する問題が発生している。また、暫定２車線区間であっても、インターチェンジ、パーキングエリア及び追越し車線などの付加区間が設置されていることから、その区間にあっては、片側２車線と同様に追越する車両による危険性も考えられる。



写真６ セーフティライン 路面標示状況

セーフティラインは、片側２車線区間では、走行車線と追越し車線の両方へ一度に線状光を標示できる設計であることから、暫定２車線の区間においては対面通行（片側１車線）となる区間において照射するラインが対向車線側へはみ出すという問題があった。これを解消するため写真７のとおり反対側の車線にセーフティラインの線状光が照射されないように１灯点灯で照射方向を調整した。



写真7 セーフティライン 対面区間1灯点灯中



写真9 2灯式の手動切替装置

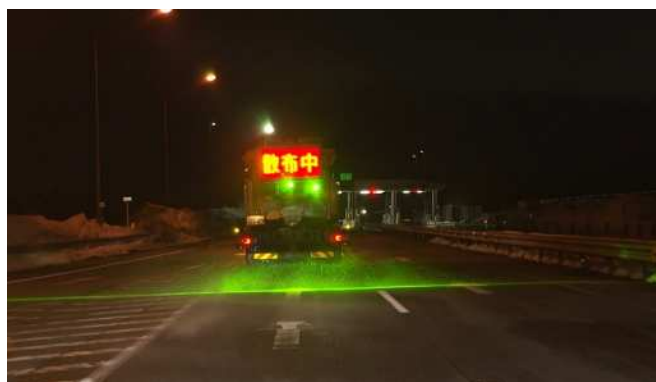


写真8 セーフティライン 分合流区間2点灯中

しかし、付加車線のある区間では、照射幅が足りなくなることから、セーフティラインを2灯式としてこの問題を解消した。

写真8は暫定2車線の分合流部であり、片側2車線+左側から合流車線のある個所で2灯点灯している状況である。

3.3 2灯式の機器構成

図2は2灯式の機器構成図である。実運用では完成4車線（片側2車）区間と暫定2車（片側1車）の切替が必要となる。照射幅の切替は、車線数（2車線/1車線）が変わる毎に点灯切替を写真9の赤枠部分の装置により、オペレータが手動で操作を行うこととなる。

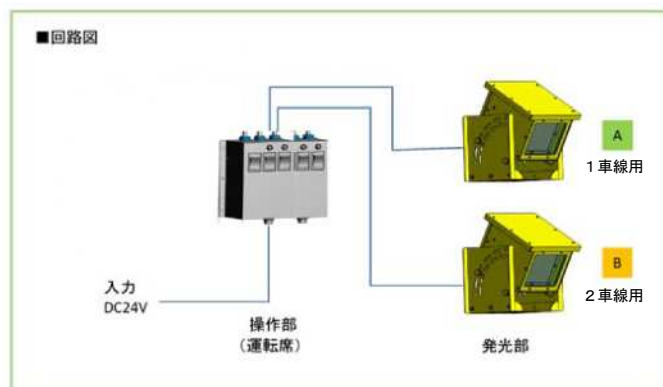


図2 2灯式セーフティライン構成図

片側1車線区間から片側2車線区間への切替地点で照射切替を忘れた場合、または誤操作により消灯させてしまった場合には、後続車が追越しを行い雪氷作業車に追突するなどの危険が想定され、操作には充分注意が必要となった。そのためオペレータには、本来の雪氷作業にセーフティラインの切替操作が加わり負担を増すこととなった。

オペレータへの作業負担を増さないことと、的確に間違のない切替操作が行える方法について検討した。

そこで操作負担低減、誤操作防止を達成するため、株式会社ネクスコ・エンジニアリング新潟の開発製品である「GPS車載端末装置」との連携を考案した。

3.4 GPS車載端末装置を活用した点灯切替の自動化

東北管内の高速道路では雪氷作業車にGPS車載端末装置がすでに設置されていることから、図2に対して図3の赤線の結線のとおり、既設GPS車載端末装置とセーフティラインの操作部を接続する構成とした。

この装置はGPS車載端末装置からの緯度経度情報を利用して高速道路上での位置情報（K P値：管理用に100m毎に道路上、東京を起点とした道路標）をリアルタイムで表示（図4の数字：202.82 及び 208.54）している。

この位置情報を利用してGPS車載端末装置からセーフティラインの制御を行うシステムとなっている。

運転室内にあるGPS車載端末装置とセーフティライン

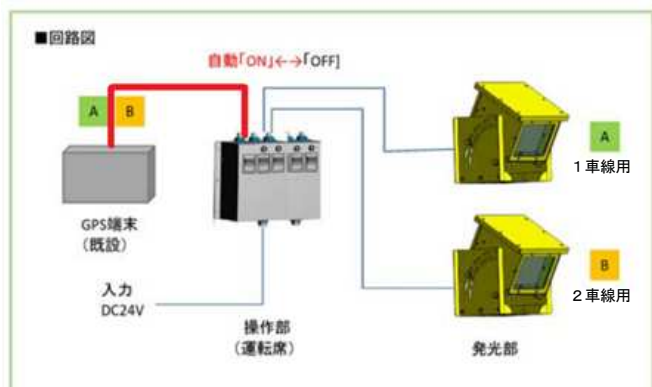


図3 GPS端末を利用した構成図

操作部を接続し、セーフティラインの照射幅切替地点（K P 値）をあらかじめGPS車載端末装置に登録し、作業車両が当該地点に到達したらGPS車載端末装置からセーフティラインの操作部へ切替信号を送り自動制御する仕組みを構築した（図4）。



図4 GPS車載端末装置を利用した運用図

写真10は、実際に雪氷作業車へ搭載した状況である。これにより除雪作業車のオペレータの作業負担低減となることに加え、ヒューマンエラーによる誤操作をなくし高速道路を利用するお客様への安全性向上への寄与ができるものとする。照射幅切替地点（K P 値）の登録データはユーザー側で編集できるように、簡単なエクセルファイルにK P 値を入力し、そのデータをGPS車載端末装置に上書きすることにより容易に変更を行える仕様としている。



写真10 GPS端末での運用（車内状況）

事前に登録した照射幅切替地点（K P 値）において自動制御にて照射幅（2車線/1車線）が正常に切り替わることを確認した。

4. まとめと今後の課題

確実に点灯の切替が行えているかを確認するにはオペレータが車両後方を確認しなければならなくなる。これを行わなくてよいように、GPS車載端末装置の画面にて確認を可能としている（GPS車載端末装置のアンサーバック機能）。しかし、GPS車載端末装置を他用途で使用する場合もある。この場合、操作器側でも切替が行われたことを確認する必要があるため、操作器の盤面においても点灯状態の確認が可能となるよう機能追加を行っていく予定である（操作器のアンサーバック機能）。これにより作業効率化とヒューマンエラーによる誤操作防止が図れるものとする。併せてセーフティラインとGPS車載端末装置のシステム連携によって、オペレータの作業負担低減に寄与することができるものとする。

今後も、安全安心の高速道路での冬期道路の確保の一助となるようなシステムの開発及び改良に努力していきたい。

3.5 試行試験

暫定2車線における手動での運用は令和元年の冬期、東日本高速道路株式会社 東北支社 横手管理事務所管内（現秋田管理事務所管内）にて実施した。その後、オペレータからの要望を踏まえ改良を加え同管理事務所管内にて令和3年5月に試験走行を実施した。

*1 菅 正志 株式会社ネクスコ・エンジニアリング東北

*2 古川和幸 東日本高速道路株式会社 東北支社 管理事業部

*3 土田 清央 株式会社ネクスコ・エンジニアリング新潟