

凍結防止剤散布作業におけるオペレータの現地状況判断支援技術に関する研究

研究予算：	運営費交付金（一般勘定）
研究期間：	平 26～平 29
担当チーム：	寒地道路研究グループ（寒地交通チーム）
研究担当者：	高橋尚人、徳永ロベルト、 佐藤賢治、藤本明宏、中島知幸

【要旨】

昨今の厳しい財政事情により、道路維持管理費が削減され、冬期路面管理についても一層の効率化が求められている。凍結防止剤等についてもより適正な散布が求められているが、作業経験が豊富な熟練オペレータ（以下、オペ）がどのような情報を基に現地での状況判断を行っているのか未解明な部分が多い。また、近年は熟練オペの高齢化や離職が進んでいる他、新たなオペの確保や育成も困難になっており、今後、経験の浅いまたは無いオペが作業を行うことになれば冬期路面管理作業の質の低下が懸念される。

本研究では、凍結防止剤散布作業においてオペの熟練度に左右されず、的確な状況判断を可能とするための支援技術を提案し、冬期路面管理作業の正確性の確保および向上に資することを目的とする。平成 27 年度は、過年度に引き続き、試験道路において人工の凍結路面等を作製して被験者実験を行い、熟練・未熟オペの路面状態の認知・判断および散布操作において車載情報端末による情報提供の有無・種別が認知・判断・操作の正確さ等にもたらす効果を調査した。

キーワード：冬期路面管理、凍結防止剤、散布作業、判断支援技術

1. はじめに

積雪寒冷地の道路管理者は、冬期においても安全・確実な交通機能を保持するため、除排雪等の冬期道路管理を恒常的に実施している。しかしながら、昨今の厳しい財政事情から冬期道路管理においてもより一層の効率化が求められている。そのため、道路管理者は冬期道路管理の一環である凍結防止剤散布においては路面の「凍結が発生しやすい区間を対象とし、路面状態に応じて散布を実施」¹⁾している。よって、現地で凍結防止剤散布作業を行っているオペの路面状態の的確な判断が非常に重要である。しかしながら、オペが現地で具体的にどのような情報を基に状況判断を行っているのかは未解明の部分が多い。

このような中、近年は新たなオペを確保・育成することが困難²⁾になっており、現在作業に従事している熟練オペに頼らざるを得ない状況にある。また、これらのオペの高齢化も進んでおり、今後後継者を確保・育成できなければ、経験の浅いまたは経験のないオペ（以下、未熟オペ）が作業を行うことになるため、作業の質の低下が懸念される。このため、未熟オペでも現地で的確に状況を判断し、正確な散布作業を可能とする支援技術（現

地状況判断支援技術）の早期開発が望まれる。しかし、これを実現させるためには熟練オペと未熟オペによる能力の違いや情報提供による判断支援技術が散布作業にどのような効果をもたらすのかを明らかにする必要がある。

本研究では、凍結防止剤散布作業においてオペの作業経験や熟練度に左右されず的確な状況判断を可能とするための支援技術を提案し、当該作業の正確性確保および向上を目指している。

2. これまでの取組みと平成 27 年度の実施内容

平成 26 年度³⁾は、被験者実験において熟練度が異なるオペの路面状態の認知・判断および散布装置の操作状況をオペのメンタルワークロード（以下、MW）⁴⁾により計測・評価した。また、凍結防止剤散布車に搭載した情報端末による情報提供がオペの路面状態の認知・判断および散布操作の正確性向上に寄与するか否かおよびその度合も調査した。その結果、現状の凍結防止剤散布作業（情報なし）では未熟オペの認知・判断・操作に遅れが生じるとともに主観的 MW も操作時に著しく上昇することが分かった。他方、熟練オペの場合は認知・判断にばらつきを示したが、操作の正確性が比較的高いこと

が分かった。また、主観的 MW は操作時に増加を示したが、未熟オペに比べて変動が少なかった。

情報提供による効果については、オペの熟練度によって違いはあるが、情報提供が凍結防止剤散布作業における認知・判断・操作の正確性向上および主観的 MW の改善に寄与していることが分かった。しかし、情報提供による効果に個人差（ばらつき）があることも分かり、情報提供方法に関する更なる検討が必要だった。

平成 27 年度は、過年度に引き続き熟練オペ・未熟オペの路面状態の認知・判断および散布装置の操作状況を調べるとともに、オペの判断を支援する情報提供方法が認知・判断・操作、主観的 MW にもたらす効果について調べた。具体的には、情報の有無・種別（情報なし・音声のみ・画像のみおよび音声+画像）によるオペの認知・判断・操作および主観的 MW の変化とその度合いから、未熟オペおよび熟練オペの作業正確性向上と主観的 MW の軽減に最も寄与する情報提供方法について調査した。

3. 研究手法

本研究では、凍結防止剤散布の現地作業判断支援技術の構築に向けて、凍結防止剤散布作業におけるオペの課題処理能力を過年度と同様に MW によって定量化および評価した。特定の課題を遂行する人間の MW は、客観的および主観的に評価が可能であるが、それぞれには長所と短所があるため、両者を同時に用いて調べることが望ましいことから、平成 27 年度の研究でもその 2 つの評価手法を用いることとした。

3.1 客観的方法による MW の計測

凍結防止剤散布作業におけるオペの認知・判断・操作時の MW を客観的に計測する方法として、被験者の行動を計測した。具体的には、被験者が車内助手席に座り、予め設定した凍結防止剤散布区間に対して、前方の散布すべき区間の路面状態を従来の方法（情報なし）で認知・判断した地点（認知距離）、散布を開始した地点（散布開始距離）および散布を終了した地点（散布終了距離）の計 3 地点（距離）を計測・評価した。また、車内に設置したタブレット端末を介して路面状態等の情報を音声のみ、画像のみおよび音声+画像による 3 つの方法で被験者に提供し、これらの認知距離、散布開始距離および散布終了距離の違いとその度合いを調べた。

3.2 主観的方法による MW の計測

主観的方法による MW の計測には、被験者本人がアンケート形式で評価する方法を採用し、過年度と同様に凍結防止剤散布オペでも容易に理解できるように設問内容等を改良した NASA-Task Load Index（以下、NASA-TLX）^{5,6,7,8)} を用いた。被験者は、NASA-TLX 式アンケート用紙において情報なし、音声のみ、画像のみおよび音声+画像の 4 条件下における凍結防止剤散布作業に対して主観評価を行い、これらの結果から被験者の主観的 MW を定量化した。

4. 調査方法

4.1 実験実施場所・日時

本研究で実施した実験は、平成 28 年 2 月 1 日～4 日の 4 日間、夜間（18:00～23:00）において、寒地土木研究所が所有する苫小牧寒地試験道路で行った。実験期間中、2 月 1 日～3 日の 3 日間は冬日で概ね晴れだったが、最終日の 2 月 4 日は雪だった。当該試験道路は、延長 2,700m の長円形周回路で、アスファルト舗装された直線部 2 区間（片側 2 車線区間 1,200m、片側 1 車線の 1,200m）および R50m の曲線部 2 区間によって構成されており、各車線の幅員は 3.5m で直線部は 2% の横断勾配を有する。なお、実験コースとなった周回路には街路灯等による人工照明はない。

4.2 被験者（未熟オペ・熟練オペ）

被験者は、全員が建設作業員で未熟オペ 12 名（平均年齢 42.6 歳、全員が散布作業歴なし）、および熟練オペ 16 名（平均年齢 53.9 歳、平均散布作業歴 9.2 年）、計 28 名とした。なお、被験者全員が男性で自動車運転免許証保有者（矯正視力 0.7 以上）であった。

4.3 実験に用いた車両と装置

本実験には、試験車両として 2 トントラック（平ボディ車）を用いた（写真 1）。なお、当該試験車両は職業ドライバー 1 名が全ての走行試験で運転した。被験者の行動（認知・判断や散布操作）を計測するため、凍結防止剤散布制御装置を模した液晶タッチパネル（以下、散布操作パネル）を車内ダッシュボード前（助手席右前方）に設置し、スタンバイボタン（電源ボタン）、散布量設定ボタン（0～50g の範囲を 5g 単位で増減可能）および散布 ON・OFF ボタンを画面上に表示して被験者がこれらを画面タッチで簡単に操作できるようにした（写真 2）。

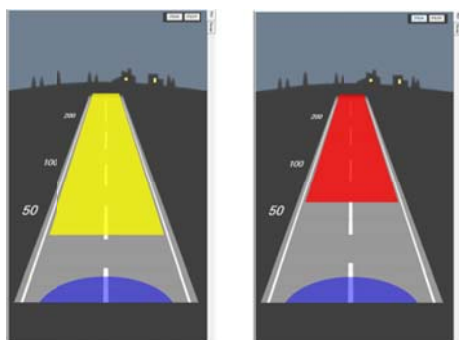


写真1 実験に用いた試験車両



写真2 試験車両の助手席付近に設置した各機器

散布操作パネルに表示された各ボタンの操作は、GPSを搭載する記録装置に10Hzで記録収集した。また、被験者に路面状態等に関する情報を提供するための情報端末(7インチタブレット)をダッシュボード上(助手席左前方)に設置し、最大200m先までの情報が提供可能なアプリケーションをインストールした(図1)。



<路面状態の表示色>

■ 湿潤 ■ 凍結

<路面状態別警告音>

湿潤:プ・プ・プ・プ・プ・プ・プ・プ・プ・プ

凍結:ピ・ピ・ピ・ピ・ピ・ピ・ピ・ピ・ピ・ピ

図1 情報端末による路面状態の情報提供例

当該アプリケーションには、予め設定した実験コースのレイアウトに従って路面状態の測位等を組み込み、コース内において前方の凍結路面および湿潤路面の存在を音声のみ(画像なし)、画像のみ(音声なし)、音声+画像の3つの方法のどれかでオペに伝えた。このアプリケーションは、実際の道路で使用する場合は、路線の基本情報(交差点、橋梁、トンネル坑口等)、道路管理者がWeb-GIS上で予め設定した重点管理エリアに関する情報および既往のシステムによる道路気象予測情報等が通信サーバーを介してリアルタイムに提供されることを想定してプログラミングされている。

4.4 実験コースおよび走行方法

本実験は、前述の苫小牧寒地試験道路周回路2,700m全区間を実験コースとして使用し、被験者を助手席に乗せた試験車両は実験コースのKP0.3付近を起終点として反時計周りで走行した(図2)。

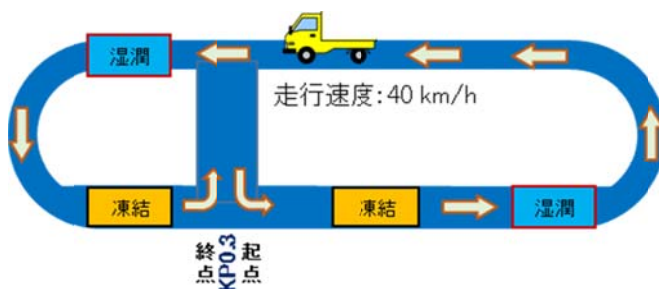


図2 実験コース概略と凍結・湿潤路面のレイアウト例

実験コースの路面状態は、乾燥路面を主とした。実験コース内には、湿潤路面(100m)を2区間および凍結路面(100m)を2区間(計4区間)敷設し、被験者はこれらの区間において散布作業を行った。なお、湿潤路面・凍結路面の配置は、毎日ランダムに変更した。

情報端末による路面状態の情報提供は、上記4区間中3区間で行われ、各々の区間において音声のみ、画像のみまたは音声+画像の3つの情報提供方法のどれかを採用した。残りの1区間は、情報なしとした。また、同4区間における情報なしおよび3つの情報提供方法の配置は試験日毎にランダムに変更した。なお、試験車両による実験コースの走行速度は、40km/hとした。

4.5 被験者に与えられた課題

被験者には、実験コース内走行時に前方の路面状態を常に観察し、前方に散布を必要とする路面状態(凍結または湿潤路面)を認知次第、速やかに散布操作パネルの

電源ボタンを押し、散布量を設定するものとした。この時の凍結防止剤散布量設定は、湿潤路面で $20\text{g}/\text{m}^2$ および凍結路面で $30\text{g}/\text{m}^2$ とした。次いで、散布作業の具体的な課題内容は、散布を必要とする区間の起点・終点で散布 ON・OFF ボタンを操作するものとした。なお、車内に設置した情報端末から前方の路面状態等に関する情報提供があった場合は、これを参考にしながら前述の課題を遂行して良いこととした。

4.6 認知距離、散布開始・終了距離の定義

過年度と同様に、前方の凍結防止剤を散布すべき区間の起点 (Kp1) に対し、被験者が散布装置の電源ボタンを操作した地点までの差を認知距離とした (図3)。また、Kp1 に対し、散布 ON ボタンを操作した地点との差を散布開始距離とした。更に、凍結防止剤を散布すべき区間の終点 (Kp2) に対し、散布 OFF ボタンを操作した地点の差を散布終了距離とした。

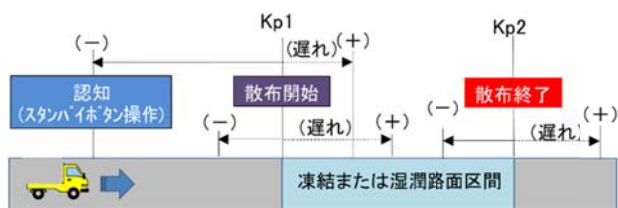


図3 認知距離、散布開始・終了距離の概略図

4.7 実験手順

被験者は、試験道路観測室（被験者待合室）にて、実験担当者から配布された質問用紙に氏名、運転歴、年間走行距離、散布オペ経験の有無（有の場合は年数）等を記入した後、本実験の目的、実験内容、実験手順、個人情報保護に関する事項および安全確保に関する留意点について文章および口頭で説明を受け、実験協力承諾書用紙に同意の署名をした。

被験者待合室にて、被験者は実験コース内で使用する散布操作パネルの操作方法について書面および口頭で説明を受けるとともに、実験全体の流れについて実験担当者とともに確認した。また、本実験では熟練度による差を明確にするために、熟練オペには試験実施前に予め用意した周回路のビデオ画像を数回見せ、走行経路等を熟知してもらった。

次に、被験者は試験車両の助手席に乗り、散布装置の位置・操作方法等を確認した後、実験コースの起点から

終点に向けて与えられた課題を遂行しながら試験車両で一周した。

走行終了後、被験者は待合室に戻り、本実験で課せられた課題に対する主観的 MW 評価方法について説明を受けた後、散布作業によって被験者自身が感じた主観的 MW を所定の質問用紙に記入した。この時、実験内容の漏えいを避けるため、実験前と実験後の被験者が交わらないように工夫した。

5. 結果

5.1 認知距離、散布開始・終了距離について

本研究において行われた4日間の実験から、19人分の距離データを得ることができた。残りの被験者による距離データは、最終日の天候不良（降雪）によって試験条件が変化したことや計測記録装置の一時不具合により除外した。表1~3は、熟練度別および情報有無・種別（情報なし・音声のみ・画像のみ・音声+画像）による認知距離、散布開始距離および散布終了距離の標本数、平均値、標準偏差（以下、 σ ）等を示している。また、図4~6は認知距離、散布開始距離および散布終了距離の全データの百分位数（以下、パーセンタイル）を箱ひげ図で表したものである。箱の左端は、全データの25パーセンタイル、右端は75パーセンタイルおよび箱の中の線は50パーセンタイルを示す。箱から伸びるひげの端は箱の幅の1.5倍以内にある最小値・最大値までの距離を示す。最小値以下・最大値以上の値は、はずれ値を「○」で表し、異常値は「*」で示す。

5.1.1 認知距離

表1および図4は、熟練度別および情報有無・種別による未熟オペおよび熟練オペの認知距離を示す。

未熟オペの情報なしの平均認知距離は、 -30m ($\sigma=9\text{m}$) と Kp1 までの距離が熟練度および情報提供方法の中で最も短い距離を示した。他方、熟練オペの情報なしによる平均認知距離は -44m ($\sigma=31\text{m}$) で、未熟オペより手前で散布すべき区間を認知した。

未熟オペの音声のみの平均認知距離は、 -91m ($\sigma=46\text{m}$) と情報なしの時より著しく認知距離が伸び、より手前で散布すべき区間を認知した。熟練オペの場合も、未熟オペと同様に音声のみの平均認知距離が -91m ($\sigma=53\text{m}$) と情報なしの時より認知距離が伸びた。

未熟オペの画像のみの平均認知距離は、 -91m ($\sigma=49\text{m}$) となり、音声のみとほぼ同様の結果を示した。また、熟練オペの場合も、画像のみの平均認知距離が -87m ($\sigma=54\text{m}$) となり、音声のみとほぼ同様であった。

表 1 熟練度別および情報有無・種別認知距離

被験者	情報有無・種別	認知距離			
		標本数	平均値 (m)	中央値 (m)	標準偏差 (m)
未熟オペ (7人)	情報無し	7	-30	-32	9
	音声のみ	7	-91	-82	46
	画像のみ	7	-91	-90	49
	音声+画像	7	-140	-171	70
熟練オペ (12人)	情報無し	12	-44	-43	31
	音声のみ	12	-91	-86	53
	画像のみ	11	-87	-75	54
	音声+画像	12	-121	-137	60

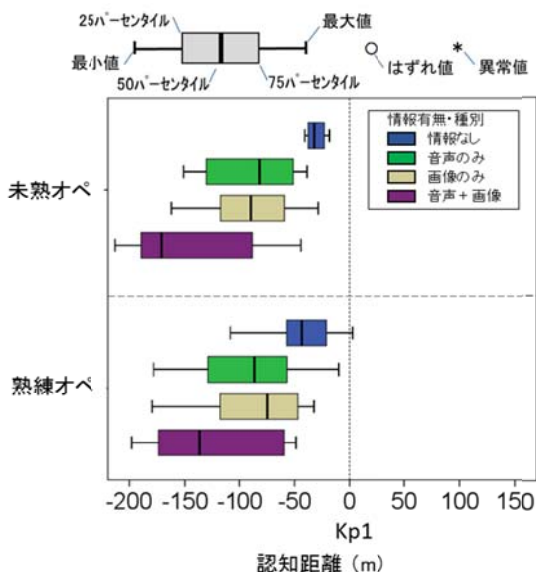


図 4 熟練度別および情報有無・種別認知距離

未熟オペの音声+画像の平均認知距離は、-140m ($\sigma=70m$) となり、熟練度および情報提供方法の中で最も手前で散布すべき区間を認知した距離となった。また、熟練オペの場合も、音声+画像の平均認知距離が-121m ($\sigma=60m$) となり、他の情報提供方法より長い距離となった。しかし、未熟オペの認知距離には及ばなかった。

熟練度および情報の有無・種別による認知距離の有意差について分散分析 (両側検定) を行った。その結果、熟練度による統計的な有意差は認められなかったが、情報の有無・種別では有意差 ($F(3, 75) = 10.443, p < 0.05$) が認められた。また、Tukey の正確有意差 (HSD) 検定による認知距離の多重比較では、未熟オペ・熟練オペともに情報なし・音声+画像間で有意に認知距離が伸びることを示した ($\alpha = 0.05$)。

以上の結果から、情報提供によって過年度と同様に未熟・熟練オペ両者がより手前で散布すべき区間を認知できるようになり、熟練度に関わらず散布判断・操作のための時間的余裕ができたと言える。また、情報提供方法

としては音声と画像を組み合わせることで前方の路面状態をより長い距離 (より手前) から認知可能になり、散布作業の正確性向上に寄与すると考える。

5.1.2 散布開始距離

表 2 および図 5 は、熟練度別および情報有無・種別による未熟オペおよび熟練オペの散布開始距離を示す。

未熟オペによる情報なしの平均散布開始距離は、3m ($\sigma=3m$) となり、熟練度および情報の有無・種別の中で Kp1 に最も近い距離で散布開始操作を行ったことが分かった。他方、熟練オペによる情報なしの平均散布開始距離は 12m ($\sigma=10m$) となり、散布開始操作に 10m 以上の遅れが認められた。

表 2 熟練度別および情報有無・種別散布開始距離

被験者	情報有無・種別	散布開始距離			
		標本数	平均値 (m)	中央値 (m)	標準偏差 (m)
未熟オペ (7人)	情報無し	6	3	2	3
	音声のみ	7	5	4	5
	画像のみ	7	4	2	3
	音声+画像	7	10	9	7
熟練オペ (12人)	情報無し	11	12	9	10
	音声のみ	11	24	13	30
	画像のみ	10	6	7	4
	音声+画像	10	7	4	7

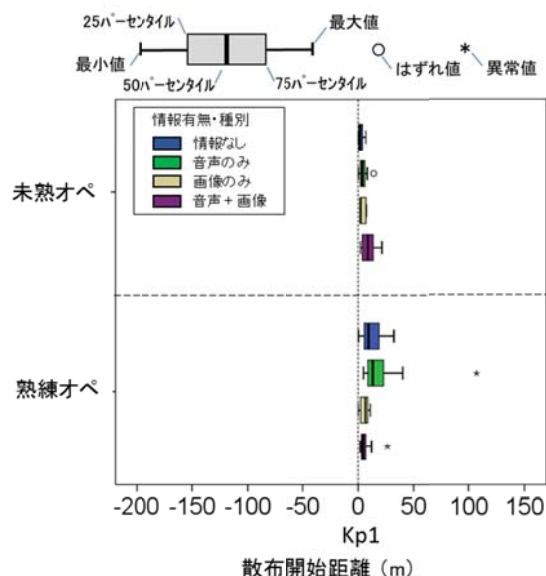


図 5 熟練度別および情報有無・種別散布開始距離

未熟オペの音声のみの平均散布開始距離は、5m ($\sigma=5m$) となり、情報なしと同程度の距離となった。一方、熟練オペの場合は、音声のみの平均散布開始距離が 24m ($\sigma=30m$) と情報なしの時より散布開始操作が更に遅れた。熟練オペの散布開始操作の遅れの理由については、

実験結果から見出すことはできなかった。

未熟オペの画像のみの平均散布開始距離は、4m ($\sigma=3m$) となり音声のみとほぼ同様の結果を示した。また、熟練オペの場合も、画像のみの平均散布開始距離が 6m ($\sigma=4m$) となり、情報なし・音声のみの時のような遅れ (10m 以上) は認められなかった。

未熟オペの音声+画像の平均散布開始距離は、10m ($\sigma=7m$) となり熟練度および情報提供方法の中で最も長い距離となった。また、熟練オペの場合も、音声+画像の平均散布開始距離が 7m ($\sigma=7m$) であった。

熟練度および情報の有無・種別による散布開始距離の有意差について分散分析 (両側検定) を行った。その結果、情報の有無・種別による統計的な有意差は認められなかった。他方、熟練度では有意差 ($F(1, 69) = 4.349, p < 0.05$) が認められた。なお、Tukey の HSD 検定による散布開始距離の多重比較では、未熟オペ・熟練オペともに情報なし、音声のみ、画像のみおよび音声+画像間で有意な差は無かった。

以上の結果から、熟練度および情報有無・種別に関係なく全ての平均散布開始距離に遅れが認められたが、Kp1 からの距離が 25m 以内に留まり、未熟・熟練オペともに散布開始操作の正確性が比較的高いと言えた。

5.1.3 散布終了距離

表 3 および図 6 は、熟練度別および情報有無・種別による未熟オペおよび熟練オペの散布終了距離を示す。

未熟オペによる情報なしの平均散布終了距離は、7m ($\sigma=5m$) だった。また、熟練オペによる情報なしの平均散布終了距離も 7m ($\sigma=9m$) となり、未熟オペの結果と同様の値を示した。

未熟オペの音声のみの平均散布終了距離は、7m ($\sigma=3m$) となり、情報なしと同じ距離となった。また、熟練オペの場合も音声のみの平均散布終了距離が 8m ($\sigma=7m$) だった。

未熟オペの画像のみの平均散布終了距離は、7m ($\sigma=5m$) だった。熟練オペの場合、画像のみの平均散布終了距離が 9m ($\sigma=8m$) であった。

未熟オペの音声+画像の平均散布終了距離は、7m ($\sigma=1m$) だった。他方、熟練オペの場合は、音声+画像の平均散布終了距離が 15m ($\sigma=29m$) となり、全散布終了距離の中で最も大きい値を示した。

熟練度および情報の有無・種別による散布終了距離の有意差について分散分析 (両側検定) および Tukey の HSD 検定による散布終了距離の多重比較を行ったが、何れも統計的な有意差は認められなかった。

表 3 熟練度別および情報有無・種別散布終了距離

被験者	情報有無・種別	散布終了距離			
		標本数	平均値 (m)	中央値 (m)	標準偏差 (m)
未熟オペ (7人)	情報無し	7	7	7	5
	音声のみ	7	7	7	3
	画像のみ	7	7	6	5
	音声+画像	7	7	7	1
熟練オペ (12人)	情報無し	12	7	4	9
	音声のみ	12	8	6	7
	画像のみ	12	9	7	8
	音声+画像	12	15	5	29

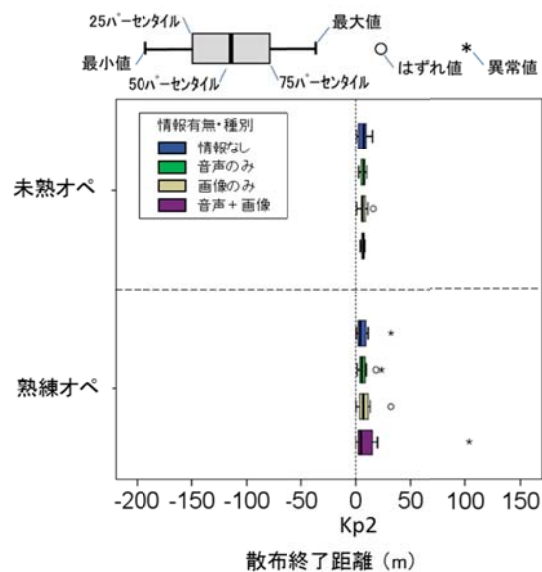


図 6 熟練度別および情報有無・種別散布終了距離

以上の結果から、散布開始距離と同様に熟練度および情報有無・種別に関係なく全ての平均散布終了距離に遅れが認められたが、Kp2 からの距離が 15m 以内に留まり、ここでも未熟・熟練オペともに散布終了操作の正確性が比較的高いと考える。

5.2 主観的 MW について

表 4 および図 7 は、熟練度別および情報有無・種別による未熟オペおよび熟練オペの主観的 MW を示す。

情報なしの平均主観的 MW は、未熟オペが 6.3 点 ($\sigma=1.7$ 点) および熟練オペが 5.5 点 ($\sigma=1.6$ 点) となり、未熟オペ・熟練オペともに主観的 MW が最も高かった。特に、未熟オペの主観的 MW は、熟練度および情報有無・種別の中で最も高い値となり、これは慣れない散布作業が未熟オペの主観的 MW 増に大きく影響したと考えられる。

音声のみの平均主観的 MW は、未熟オペが 4.0 点 ($\sigma=1.2$ 点) および熟練オペが 3.5 点 ($\sigma=1.1$ 点) となり、過年度の試験結果と同様に情報提供によって未熟オペ・熟練オ

表4 熟練度別および情報有無・種別主観的 MW

被験者	情報有無・種別	主観的MW			
		標本数	平均値(点)	中央値(点)	標準偏差(点)
未熟オペ (7人)	情報無し	7	6.3	6.7	1.7
	音声のみ	7	4.0	4.6	1.2
	映像のみ	7	3.2	3.2	1.2
	音声+映像	7	1.3	1.3	0.8
熟練オペ (12人)	情報無し	12	5.5	6.0	1.6
	音声のみ	12	3.5	3.7	1.1
	映像のみ	12	1.9	1.8	1.1
	音声+映像	12	1.2	1.2	1.2

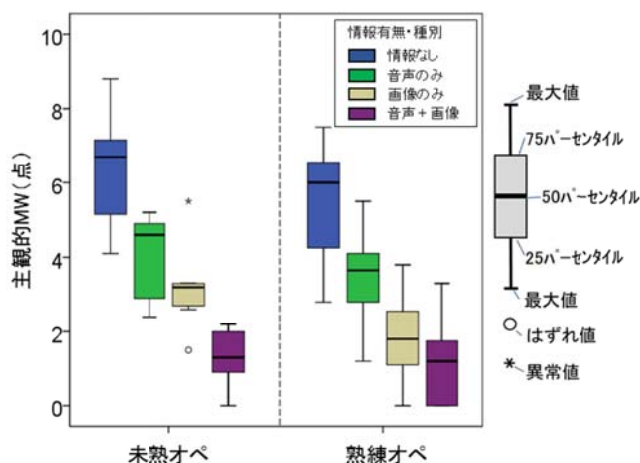


図7 熟練度別および情報有無・種別主観的 MW

オペ両者の主観的 MW が低下した。

映像のみの平均主観的 MW は、未熟オペが 3.2 点 ($\sigma=1.2$ 点) および熟練オペが 1.9 点 ($\sigma=1.1$ 点) となり、両者の主観的 MW が音声のみの時より更に低下した。

音声+映像の平均主観的 MW は、未熟オペが 1.3 点 ($\sigma=0.8$ 点) および熟練オペが 1.2 点 ($\sigma=1.2$ 点) となり、未熟オペ・熟練オペともに主観的 MW が情報有無・種別の中で最も低下した。特に、未熟オペの主観的 MW は、情報なしからの減少幅が 5.0 点と熟練オペの減少幅 4.3 点に比べて大きいことから、情報提供が未熟オペの主観的 MW 軽減に大きく寄与したと考えられる。

熟練度および情報有無・種別の有意差について分散分析(両側検定)を行った。その結果、熟練度間で有意差 ($F(1, 76) = 4.875, p < 0.05$) が認められ、また情報有無・種別でも有意差 ($F(3, 76) = 42.971, p < 0.05$) が認められた。また、Tukey の HSD 検定による主観的 MW の多重比較でも、未熟オペ・熟練オペともに情報なし対 3 つの情報提供方法間で有意に主観的 MW が減少することを示した ($\alpha = 0.05$)。

以上の結果から、熟練度による変動やばらつきに差は

あるが、情報提供による主観的 MW 低減効果は未熟オペ・熟練オペともに著しく、この中で音声+映像による主観的 MW 軽減が最も大きいことを主観的側面からも定量的に示すことができた。

5. まとめと今後の課題

平成 27 年度は、凍結防止剤散布作業においてオペの熟練度に左右されずに的確な状況判断を可能とするための支援技術提案に向け、過年度に引き続き試験道路において被験者実験を行い、熟練・未熟オペの認知・判断・操作において情報提供の有無・種別が認知・判断・操作の正確さおよび主観的 MW にもたらす効果を調査した。その結果、以下の知見を得ることができた。

- ・ 未熟オペは、情報なし時の散布区間を認知した地点が短かった。散布を開始・終了した地点については、遅れが認められたが、散布操作の正確性が比較的高かったことを示した。また、未熟オペは情報なし時の主観的 MW が熟練オペに比べて高く、慣れない散布作業の影響が現れた。
- ・ 熟練オペは、情報なし時の散布区間を認知した地点が未熟オペより長かった。なお、散布を開始・終了した地点については未熟オペより更なる遅れが認められたが大きな遅れではなかった。また、熟練オペの主観的 MW は、情報なしの時に高くなったが未熟オペほどではなく、熟練度の違いが伺えた。
- ・ 情報提供による効果は、オペの熟練度によって一部違いはあるが、情報の有無・種別において音声+映像による情報提供が凍結防止剤散布作業において認知・判断、操作の正確性向上および主観的 MW の改善に寄与していることを確認した。

今後は、これまでの研究結果を基に ICT 等を活用した情報提供技術の具現化に向けた更なる検討を進める予定である。また、将来的に更なる人材難とコスト縮減が進めば、未熟オペが作業を行うに留まらず、運転手がオペレータを兼ねる作業形態が想定され、散布作業の正確性に限らず安全性への影響も懸念される。そのため、オペの熟練度に左右されず、かつ一人乗車体制でも安全で正確な凍結防止剤散布作業を可能にするための作業支援技術構築に取り組む所存である。

参考文献

- 1) 国土交通省北海道開発局：平成 27 年度・今冬の除雪体制等について、

- http://www.hkd.mlit.go.jp/zyyoka/z_doro/jyosetsu/pdf/jyosetsutaisei.pdf、平成27年11月
- 2) 国土交通省、冬期道路交通の確保のあり方に関する検討委員会提言、持続的な冬期道路交通確保をめざして～連携と協働～、pp. 25-26、平成25年5月、<http://www.mlit.go.jp/common/000997537.pdf>
 - 3) Tokunaga Roberto et al.: Study on the Development of Technology for Supporting Onsite Decision Making in Antifreeze Agent Spreading, Paper No. 16-3168, Proceedings of TRB 95th Annual Meeting, Washington D.C., January 2016.
 - 4) 青木和夫: ISO/TC159 におけるメンタルワークロードの概念と定義および設計の指針、人間工学、Vol. 29、No. 6 ('93)、pp. 339-342、平成5年9月
 - 5) Hart Sandra et al.: Development of NASA-TLX: Results and Theoretical Research, Human Mental Workload, Pp. 139-183, North-Holland, 1988.
 - 6) 三宅、神代: メンタルワークロードの主観的評価法、人間工学、Vol.29、No.6、平成5年
 - 7) 芳賀繁: NASA タスクロードインデックス日本語版の作成と試行、鉄道総研報告、特集: 人間科学、Vol.18、No.1、Pp.15-20、平成6年
 - 8) Tokunaga Roberto et al.: Effects of Conversation Through a Cellular Telephone while Driving on Driver's Reaction Time and Subjective Mental Workload; Transportation Research Record No. 1724, Paper No. 00-1480, pp. 1-6, April 2000.

A STUDY ON ON-SITE DECISION SUPPORT TECHNOLOGY FOR ANTIFREEZING AGENT SPREADING ACTIVITY

Budged: Grants for operating expenses
General account

Research Period: FY2014-2017

Research Team: Cold Region Road Engineering Research Group (Traffic Engineering Research Team)

Authors: TAKAHASHI Naoto, TOKUNAGA Roberto, SATO Kenji, FUJIMOTO Akihiro and NAKAJIMA Tomoyuki

Abstract:

In order to keep safe road traffic even in wintertime, the Japanese road authorities perform winter road maintenance activities permanently. However, due recent financial circumstances, road maintenance budgets are reduced. Therefore more efficient and also effective winter maintenance activities are demanded including more appropriate anti-freezing agent spreading. On the other hand, it is not enough clear what kind of information and/or judgment resource is used by the expert operator for spreading activity. Also in recent years, aging and turnover of expert operator is occurring and it is also becoming difficult to recruit and train new operators. If non-expert operator performs the spreading activity in the future, the deterioration of winter road surface maintenance activities is concerned.

In this study, in order to contribute to the improvement and ensure the accuracy of winter road surface activities, the authors intend to develop and propose a support technology where the operator can decide correctly the spreading of anti-freezing agent regardless of experience. To this end a series of test were conducted to measure the experienced and non-experienced operator's mental workload performing road surface condition recognition and spreading operation. Furthermore, the effects of on-site information providing on operator's road surface recognition and spreading operation performance were examined.

Key words: winter roadway, decision support, information, operator, mental workload