

35. アンケート結果から見る除雪機械開発の方向性

国土交通省 公共事業企画調整課 施工安全企画室 今野 孝親

1. はじめに

平成 21 年を境に国の総人口が減少に転じ¹⁾、高齢化が急速に進展するなか、各業界において労働力不足が叫ばれるようになってきている。担い手不足及び高齢化の問題は除雪業界においても顕在化しており、今後の冬期道路の交通を確保していくために早急な対応が求められている。

労働力不足の対策の 1 つとして、ロボットや AI を活用した省人化の試みが各業界で進められており、自動車業界においても自動運転の開発が急速に進んでいる。国土交通省では、この動きに呼応して、現在開発が進められている自動運転技術の除雪分野への適用を視野に、除雪作業の将来的な自動化に向けた検討を始めている。

自動化に向けた機械開発は、経費及び期間ともに大規模なものとならざるを得ないため、その実施にあたっては、導入効果を踏まえた優先度を整理した上で進める必要がある。この検討の一環として、直轄国道における除雪体制の現状把握、及び今後の除雪機械の高度化・自動化に向けた検討の基礎資料を得ることを目的に、除雪業者を対象としたアンケート調査を実施した。

本論文では、除雪機械の高度化・自動化に向けた機械開発の方向性について、アンケート調査から得られた機械の操作難易度や作業事故の発生頻度等を指標としたニーズ評価の結果を基に報告する。なお、今回報告する内容は、現在省内で検討中のものであり、今後検討を進めるにあたっての基本的な考え方を示したものである。従って、機械開発の優先度評価手法として確定されたものではなく、詳細な評価方法については今後変わる可能性があることに留意願いたい。

2. 調査概要

アンケート調査は、国が委託している除雪工事（作業）の契約業者を対象に実施しており、調査方法等の概要については以下のとおりである。

① 調査期間

平成 29 年 8 月～平成 29 年 9 月の 1 ヶ月間

② 調査方法

悉皆調査（平成 29 年度未契約の場合は、平成 28 年度の契約業者を対象に実施）

③ 調査数

430 社 (H29 契約業者 : 398 社, H28 契約業者 :

32 社)

④ 主な調査内容

- ・除雪作業従事者の年齢、経験年数、就業状況
- ・除雪機械別人員状況
- ・除雪機械及び作業装置別習得難易度
- ・除雪オペレータの必要能力
- ・アクシデント発生状況
- ・
- ・
- ・
- 等

3. 直轄国道の除雪体制

直轄国道の除雪業者数は 430 社であり、アンケート結果から得られた除雪作業従事者の合計数は約 6,800 人であった。この体制で直轄国道の除雪延長約 19,000km を担っている。各地方支分部局の除雪業者数及び除雪作業従事者数の集計結果を図-1 に示す。なお、除雪業者数は、複数の工区を受注している重複業者を含んだ数値であり、除雪作業従事者については、除雪機械の運転手のほか、安全確認や作業補助を担当する助手のみを担当する方も含んでいる。

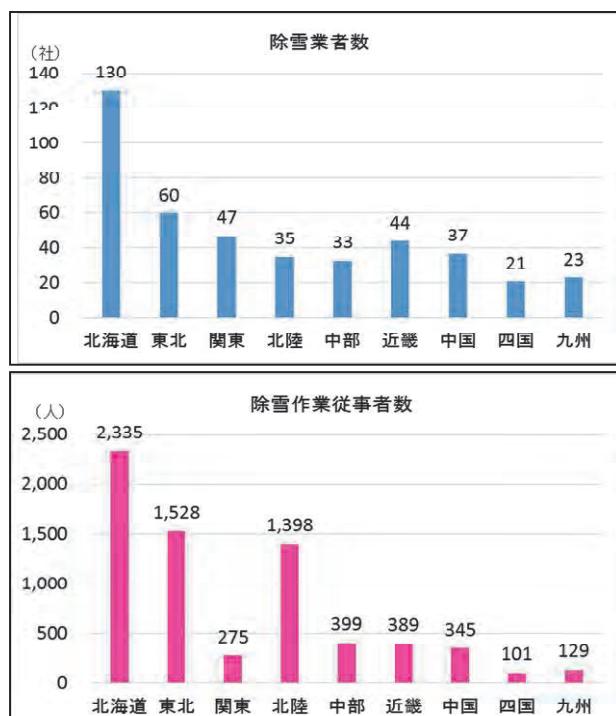


図-1 除雪業者及び除雪作業従事者数

4. 除雪作業従事者の状況

4.1 年齢構成

除雪作業従事者の年齢構成としては、40代が31%で最も多く、次いで50代、60代と続いている。20代以下の若手は6%と非常に少ない一方で、50代以上は45%と除雪作業従事者の半数近くが50歳を超えており、将来的な除雪体制の維持が危惧される状況となっている（図-2）。

年齢構成を他産業と比較すると、20代以下の比率が全産業と比較して圧倒的に少なく、若手の比率が低いと言われている建設業と比較してもさら低い状況である。若手の比率が低い分、逆に40歳以上の高齢層の比率が高くなっている、除雪業界の高齢化が他産業よりも深刻な状況であることがわかる（図-3）。²⁾

除雪作業従事者の年齢層が他産業よりも高いという調査結果の中で、唯一65歳以上の人員比率は全産業を下回っている。これは、除雪作業に必要不可欠な各種能力（視力、体力、判断力等）の維持が難しくなってくる年齢であることが起因していると推察できる。



図-2 除雪作業従事者の年齢構成

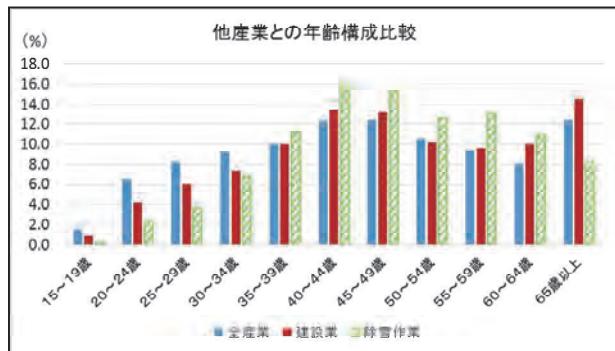


図-3 他産業との年齢構成比較

4.2 経験年数

経験年数については10年以上の経験を有する方が55%となっており、ベテランの除雪作業従事者は少なくない（図-4）。ただし、年齢構成において30代以下の方が24%であるのに対して、経験年数10年未満の方が45%であることから、就職と同時に除雪作業に従事するのではなく、1度他の職業等を経てから除雪作業に従事している傾向があると判断できる。

この観点から、経験年数が5年未満及び10年未満の方の年齢分布を整理すると、いずれの場合も

50代以上の方が3割近くを占めており（図-5）、経験が浅くかつ高齢の従事者も少なくないことがわかる。また、年齢と経験年数のマトリックス表（図-6）からも、経験の浅い従事者が比較的年齢の高い層まで広く分布していることが確認できる。

こうした高齢の新人従事者に対応するためにも除雪作業の省力化の必要性が高まっていると言える。



図-4 経験年数構成

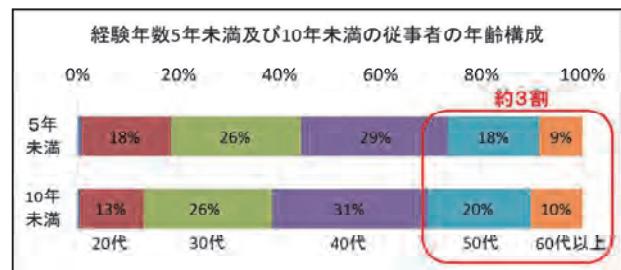


図-5 経験年数が浅い従事者の年齢構成

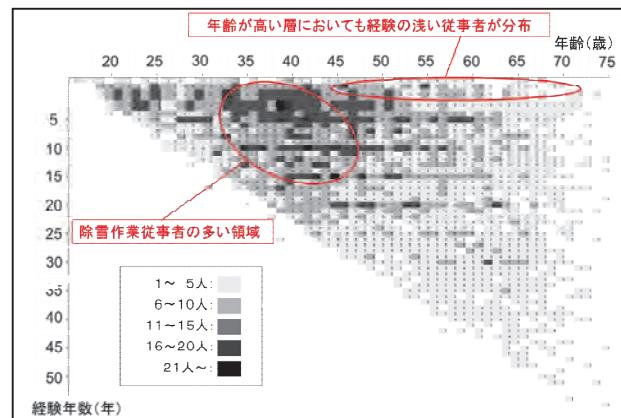


図-6 年齢と経験年数の分布図

5. 除雪機械オペレータの確保状況と必要能力

5.1 機種別人員状況及び習得難易度

除雪機械を運転するためには、機種により異なるが、大型免許や大型特殊免許が必要である。さらに、除雪作業の技能を習得するためには、免許取得後も実作業の中である程度の経験を積む必要がある。各機種別の運転人員状況及び難易度（習得年数）について調査した結果を図-7に示す。

機種別の人員状況としては、大型特殊免許を必要とする機種（除雪グレーダ、ロータリ除雪車、除雪ドーザ）の人員が比較的少ない状況である。また、必要習得年数においても、同じく大型特殊免許を必要とする機種を難しいとする回答が多く、

特に操作レバーが多く細かな操作が求められる除雪グレーダについては、技能習得に必要な年数を5年以上とする回答が5割を超えており、特に操作の簡略化ニーズが高い機種であることがうかがえる。

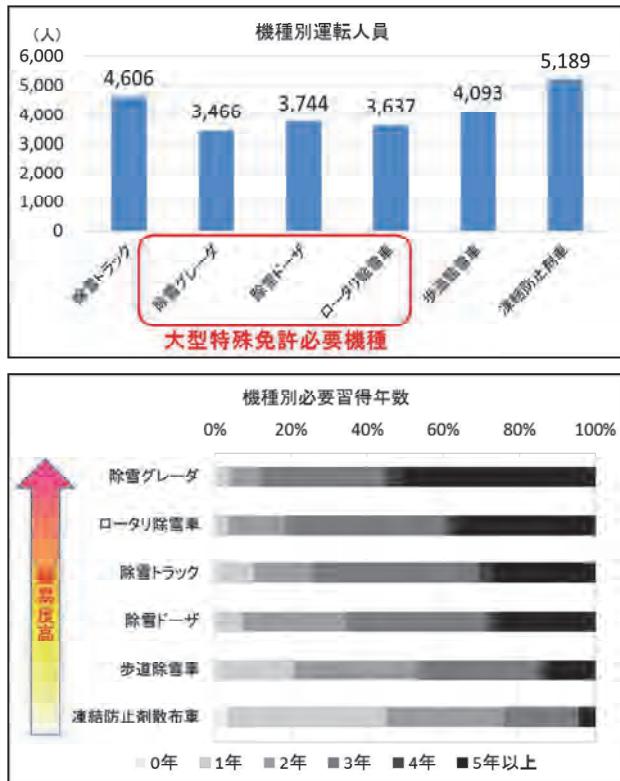


図-7 機種別運転人員及び必要習得年数

5.2 必要とされる能力

除雪作業従事者のうち、除雪機械オペレータについては、除雪作業を安全かつ的確に行うための高度な運転操作能力が求められる。この除雪機械オペレータとして求められる能力は、特に事故等のアクシデントを引き起こさないために必要な能力と言えるが、各能力の重要性と、それら能力の有無に直結するアクシデントの発生状況の関連性を確認するための調査を実施した。

必要能力に関するアンケートについては、除雪オペレータに求められる代表的な能力についての必要性を、アクシデントに関するアンケートについては、その発生頻度について、それぞれ選択式で回答を得たものを集計している。集計結果を図-8, 9にそれぞれ示す。

必要能力に関しては、どの能力についても必要不可欠とする回答が多かったが、特に「周囲の交通・歩行者状況の危険性判断に基づく車両及び作業装置の運転操作能力」を必要不可欠とする回答が最も多い結果であった。

一方で、アクシデントの発生頻度では、最も重視されている上記能力の有無に直結するアクシ

デントである「通行・駐車車両、歩行者等との衝突・接触」は、相対的な発生頻度としては低い結果となっている。

この結果から、必要能力としては、頻発するアクシデントを抑えるための能力より、影響度の大きいアクシデント（重大事故）を防ぐための能力を重視していると考えられる。除雪機械の開発にあたっては、各作業装置の省力化（簡易化）のほか、一般交通（追越し車両、歩行者等）の動態把握等安全性向上に資する運転操作支援機能の検討が必要不可欠である。

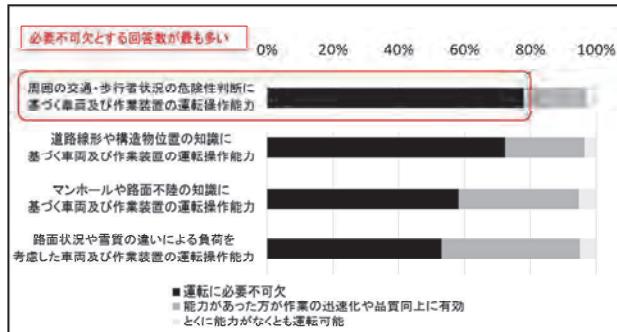


図-8 除雪オペレータに求められる能力

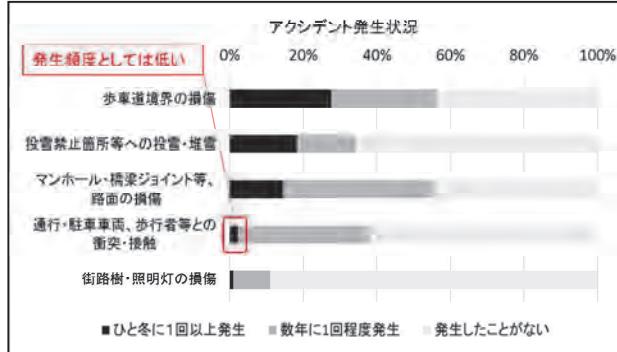


図-9 アクシデント発生状況

6. 作業装置別ニーズ評価

6.1 作業装置別操作難易度

自動化のニーズは、一般的に操作難易度の高い装置に対するニーズが高いと判断できることから、アンケート調査において、各作業装置別の操作難易度の確認を行った。調査方法は、各オペレータに操作が難しいと感じている作業装置を選択（複数回答可）してもらい、その回答数の多い装置を操作難易度の高い装置として整理した。

集計結果は図-10のとおりであり、除雪グレーダ及び除雪トラックの路面整正装置が突出して高い評価結果となっている。路面整正装置は、押付圧、切削角、進行角等の制御すべき内容が多く、積雪及の状況等に応じた細かな操作が必要であることから、この様な結果になったと考えられる。

なお、ここでの操作難易度は、絶対的な装置の操作難易度を表しているものではなく、「普段操作し

ている装置の中で難しいと感じている装置」の回答数の多寡を評価しているものである。従って、保有する機械数が少ないものについては回答数も少なくなるため、難易度評価が低く抑えられるが、機械開発のニーズ評価としては有効と考えている。

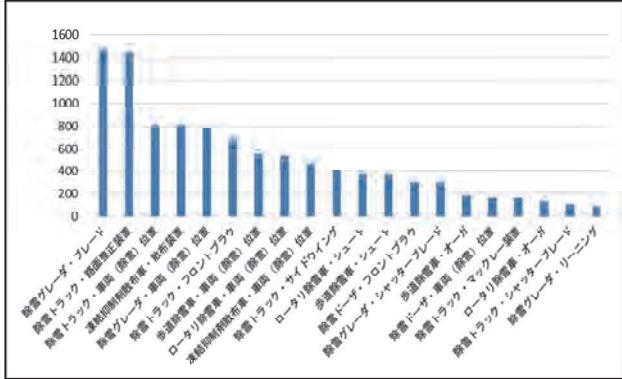


図-10 作業装置別難易度

6.2 作業装置別操作頻度

作業装置の自動化検討にあたっては、操作難易度のほかに、操作頻度の高い装置を自動化することで大きな効果が得られることから、作業装置別の操作頻度も合わせて集計している。本調査では、機械位置制御以外の各作業装置を対象としており、操作頻度として「高」「中」「低」の中から選択した回答を集計している。結果は図-11のとおりであり、操作難易度の評価と同様に路面整正装置が最上位となっている。このことからも、自動化ニーズとして路面整正装置の評価が突出して高いことがわかる。

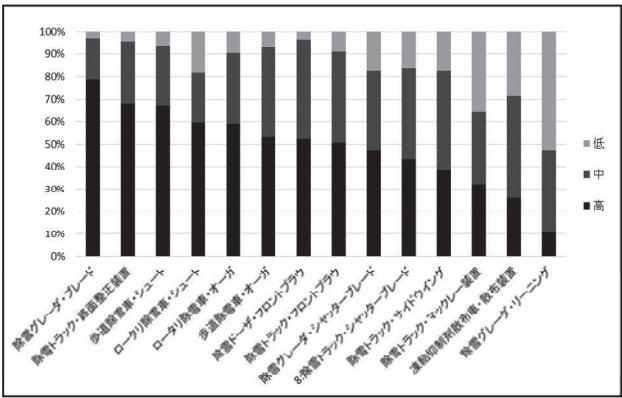


図-11 作業装置別操作頻度

6.3 総合的ニーズ評価

(1) 評価項目

前述の操作難易度及び操作頻度は、作業装置そのものに着目した評価であるが、これに加え第5章で示した、除雪機械オペレータの確保状況及び必要能力に関する観点も加味した形での評価を行った。総合評価は、各作業装置の操作に関する評価のほかに、本体車両を含めた機種全体としての

習得難易度や人員確保困難度、各作業装置に関連するアクシデントの発生状況等を評価項目として加え、様々な観点での幅広いニーズ評価を試みたものである。

評価項目は全部で7つ設定しており、各項目の内容は以下のとおりである。

① 機械種別習得年数

各除雪機械の運転操作の習得に要する年数について、「5年以上」と回答した回答数を集計したもの。各作業装置が装備されている本体機種の操作習得難易度をニーズ評価に反映している。

② 機種別確保困難度

各除雪機械のオペレータ確保の困難度について「難」と回答した回答数を集計したもの。各作業装置が装備されている本体機種のオペレータ確保困難度（各機種の免許種別及び操作機会の多寡等に起因する人員確保の難しさ）をニーズ評価に反映している。

③ 必要能力

除雪機械オペレータに求められる能力として設定した4項目について、「運転に必要不可欠」と回答した回答数を集計したもの。各作業装置の的確な操作の実施に最も関連性が深いと思われる能力の必要度を自動化（能力補完）ニーズとして評価に反映している。なお、各能力と作業装置の分類は以下のとおり。

a) 周囲の交通・歩行者状況の危険性判断に基づく車両及び作業装置の運転操作能力

- ・除雪グレーダ-車両（除雪）位置
- ・除雪トラック-車両（除雪）位置
- ・除雪ドーザ-車両（除雪）位置
- ・ロータリ除雪車-車両（除雪）位置
- ・歩道除雪車-車両（除雪）位置
- ・凍結抑制剤散布車-車両（除雪）位置
- ・除雪トラック-サイドウイング
- ・除雪トラック-マックレー装置

b) 道路線形や構造物位置の知識に基づく車両及び作業装置の運転操作能力

- ・除雪グレーダ-シャッターブレード
- ・除雪トラック-シャッターブレード
- ・ロータリ除雪車-シュー
- ・歩道除雪車-シュー

c) マンホールや路面不陸の知識に基づく車両及び作業装置の運転操作能力

- ・除雪トラック-フロントプラウ
- ・除雪ドーザ-フロントプラウ
- ・ロータリ除雪車-オーガ
- ・歩道除雪車-オーガ

d) 路面状況や雪質の違いによる負荷を考慮した車両及び作業装置の運転操作能力

- ・除雪グレーダ-路面整正装置
- ・除雪トラック-路面整正装置

- ・除雪グレーダ・リーニング
- ・凍結抑制剤散布車・散布装置

④ 必要能力別習得年数

上記必要能力を習得するために要する年数について、「複数年以上」とした回答数を集計したもの。各作業装置の的確な操作の実施に最も関連性が深いと思われる能力の習得困難度を自動化（能力補完）ニーズとして評価に反映している。

⑤ 操作難易度

6.1 節の回答数を集計したもの。各作業装置の操作難易度をニーズ評価として反映している。

⑥ 操作頻度

6.2 節における「高」の回答数を集計したもの。各作業装置の操作頻度の高さをニーズ評価として反映している。

(2) 評価方法

評価は、各評価項目において最も回答数が多かったものを 1 とした場合の回答数比率を評価値として整理し、最終的に各評価項目の評価値（回答数比率）を全項目（7 項目）分足し合わせた合計値でニーズ評価を実施している。作業装置別の評価例を図-12 に、作業装置全体のニーズ評価結果を図-13 に示す。

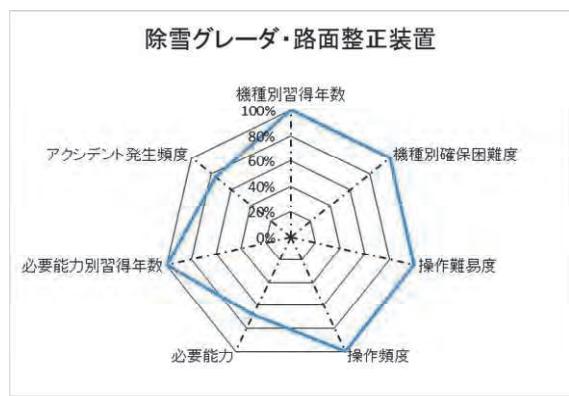


図-12 ニーズ評価例

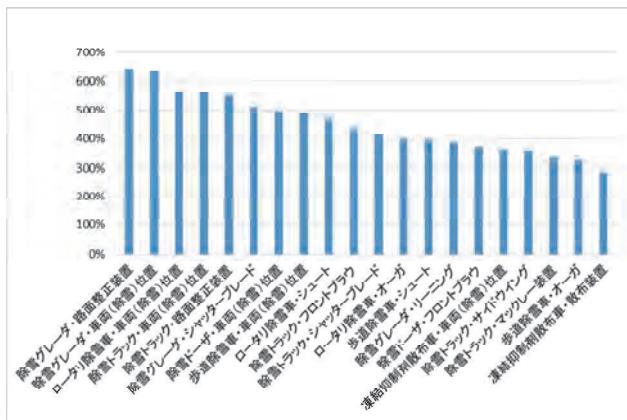


図-13 ニーズ評価結果

評価結果としては、操作難易度において突出して高い評価であった「路面整正装置」が総合的ニ

ーズ評価においても評価が高く、また、道路線形や周囲の交通状況等を考慮した制御を常に求められる「車両（除雪）位置」についても高い評価となっている。なお、総合評価の特徴としては、各作業装置が装備されている本体機種の評価値の影響が反映されることから、作業装置単体としての難易度としては中間位以下であった「除雪グレーダ・シャッターブレード」が総合評価においては、上位評価となっている。

7. 機械開発の方向性

7.1 技術的難易度

今後の機械開発の方向性としては、前述のニーズ評価の結果をベースとして、開発優先度を検討していく。ただし、機械開発は、同じ作業装置の開発であっても、操作の一部をサポートするものから完全自動化まで開発のレベルが幅広いため、どの段階を目指すかによって、その技術的難易度も大きく異なる。従って、開発優先度の検討にあたっては、ニーズ評価と技術的難易度を複合的に捉えて開発対象と開発レベルを決定する必要がある。

開発レベルについては、「官民 ITS 構想・ロードマップ 2018」³⁾で示されている自動車の自動運転レベル表に倣い、除雪車の自動化レベルとして設定した。各開発レベルの技術的分類は以下のとおりである。

① レベル 1 (ガイダンス機能)

除雪作業を効率的かつ的確に実施するために必要な情報（作業位置、操作開始タイミング、ハザード情報等）をオペレータに付与することで、除雪作業をサポートするもの。

② レベル 2 (部分的自動化)

各作業装置の動作の一部を自動化して操作の省力化を図るもの。

③ レベル 3 (条件付自動化)

各作業装置の動作全てを自動化し、オペレータは機械運転及び緊急回避操作のみを実施するもの。

④ レベル 4 (高度作業自動化)

作業装置のほか、車両本体の運転も自動化し、車両本体と作業装置の同時制御による無人施工を実施。ただし、春山除雪や自動車専用道路の除雪等作業域が限定されたもの。

⑤ レベル 5 (完全作業自動化)

作業域無限定での完全自動化を実現したもの。

7.2 機械開発の方向性

機械開発の基本的な考え方としては、ニーズが高く、技術的難易度の低いものから優先的に実施していくことになると考えられる。図-14 はニーズ評価と技術的難易度をマトリックス表として表したものであるが、表の左上の領域がそれに該当す

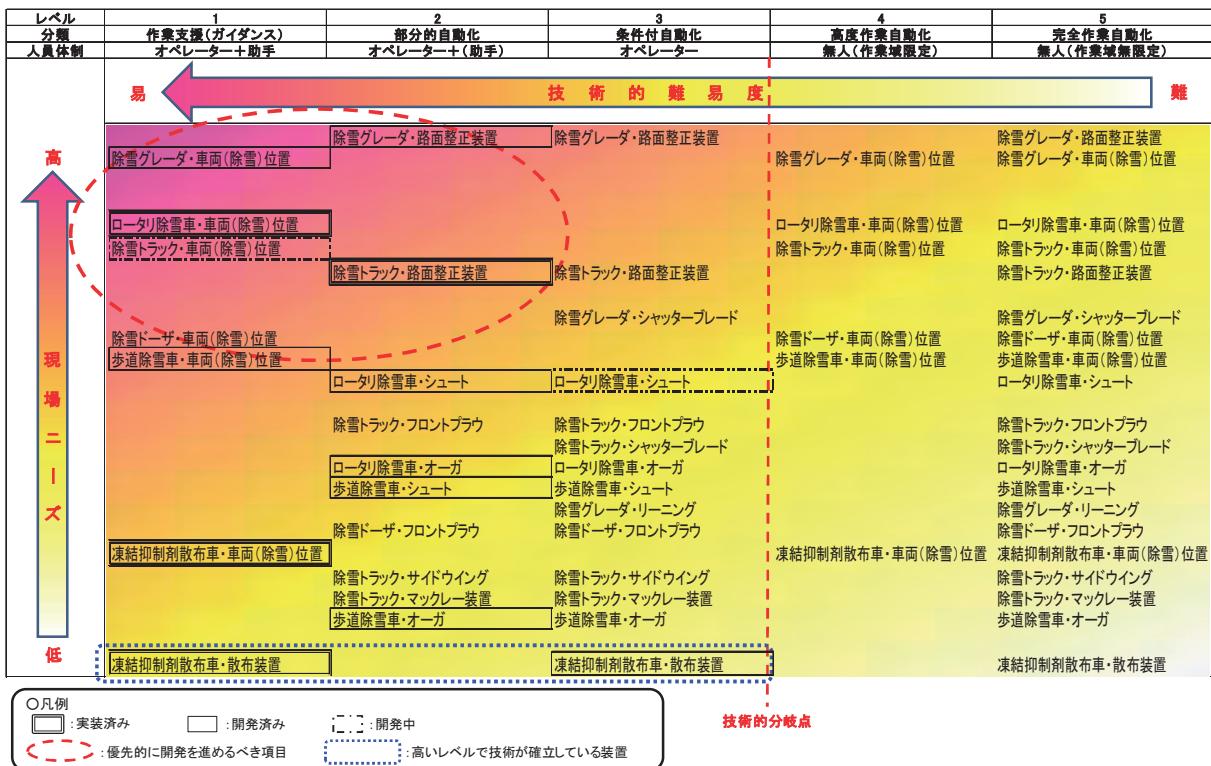


図-14 開発優先度マトリックス表 (案)

る。ニーズ評価が高いものであっても、技術的難易度が高いもの、特にレベル4以上については、車両本体の自動運転技術の確立が必要であり、実現までしばらく待たなければならないと考えている。これらの技術については、一般の自動車や運用車両の技術動向に依存せざるを得ない状況であり、それらの開発を待って除雪機械への転用を検討する流れになるとを考えている。

7.3 実装に向けた検討

除雪機械の省力化を目的とした開発はこれまで取り組まれてきており、図-14に示す通りレベル2までの多くが開発済みである。技術としては開発済みであっても、精度や特に経済的な問題が大きな壁となって、これまで現場への導入が進んで来なかつた経緯がある。

近年、IT分野の技術開発が急速に進展しており、同時に建設施工現場への導入も加速している状況である。また、準天頂衛星の運用開始や直轄国道における3次元地図データ作成の推進等、除雪作業の自動化に向けた環境は徐々に整備されつつあり、現場導入への難易度は下がっている状況ではあるが、新機能追加に伴う機械単価の上昇は想定される。

この課題を解決する方策の一つとしては、導入により省力化・効率化が見込めるものを実装段階に移すことが考えられる。例えば、図-14で示した凍結防止剤散布車の散布装置については、高いレベルで技術が確立していることから、この装置を導入することで、省力化・効率化による除雪費の

削減が実現できれば、実装が進むことも考えられる。

8. おわりに

除雪機械の自動化・省力化を目的とした開発は過去から進められてきたが、これまででは開発テーマの抽出を肌感覚で行い、抽出後に個々の開発テーマに関するニーズ調査を実施する形で進められてきた。除雪機械の自動化に向けた開発を今後本格的に進めていくにあたっては、機械の開発ニーズや現時点の開発状況等を俯瞰的に捉えたうえで、開発の方向性を判断することが必要であり、本調査では、その判断の基となる各作業装置の開発優先度を網羅的に整理したところである。

今後は、本論文で示した機械開発の優先度評価をベースに、各指標の採否や重み付け等の評価方法の詳細について議論を深め、また、開発の目標年次や実装に向けた環境整備及び予算的措置を含めた計画について検討していく予定である。

参考文献

- 1) 「人口推計」(総務省統計局)
- 2) 労働力調査年報 2017 (総務省統計局)
- 3) 「官民 ITS 構想・ロードマップ 2018」(高度情報通信ネットワーク社会推進戦略本部・官民データ活用推進戦略会議)