

除雪用機械の遠隔状態監視技術の検討

飯田 和彦*1 岸 寛人*1

1. はじめに

北海道は、近畿・中国・四国地方の合計面積に匹敵する広大な地域であり、札幌を中心とした広域分散型社会が形成されている。

北海道開発局では地域間を結ぶ国道など経済・社会活動の基盤としてのインフラを整備しているが、道路ネットワークは非常に重要であり、道路が有する機能を発揮させるため、年間を通じて維持管理を行っているところである。

特に冬期の交通については、安全で円滑な交通の確保を図り、通行止めが生じないように、新雪除雪や運搬排雪などの除雪作業が行われている。

北海道では、全ての国道を北海道開発局が管理しており、平成29年度の除雪延長は、約6,800kmであり、除雪事業は、出先機関である34箇所の道路事務所と114箇所の除雪ステーションに配置された1,044台の除雪用機械により除雪を実施(図-1)しており、除雪用機械には高い信頼性が求められている。

一方で、除雪用機械は近年の厳しい予算状況等から、使用年数の長期化、老朽化による故障の発生が増大、部品調達が困難になるなど除雪作業ができない日数(ダウン日数)の増加といった支障が生じている。

本稿は、重大故障を未然に防ぎ、修理費の低減を図るため、早期に異常を把握する手法として除雪用機械の遠隔状態監視技術の検討を行ったので報告するものである。

2. 遠隔状態監視技術の検討

除雪用機械は購入予算の不足による更新遅れが原因で老朽化が進行し、近年は故障の発生割合が増加するとともに、故障により作業ができない日数(ダウン日数)も増加している。

このことから、現在運転手などに任されている日々の機械の状態監視をシステム化し、早期に異常を把握することにより、重大故障を未然に防ぎ、ダウン日数及び修理費の低減を図ることを目的として平成28,29年度の2ヶ年で検討を行った。

①監視項目の検討

遠隔状態監視を行う項目については、実際に発生した故障データ、運転手などの経験に基づく故障多発箇所、機械がセンサーなどを用いた自己診断を行っている既存監視項目の3つの視点から選定した。

<故障データ調査>

過去6年間(H22~27)に行われた故障報告より、故障データの収集と抽出をし、監視項目の検討を行った。

故障データの抽出件数は、点検・調整、タイヤ交換など故障修理ではないものなどを除いた3,043件のデータとなった。

抽出された故障データから全体の傾向を確認したところ、エンジン、電気装置、除雪装置及び油圧装置の故障が多く、これらで全体の50%を占めていることが分かった。(図-2)

また、機械別の故障件数を確認したところ、故障件数の約50%は除雪トラックでの発生であることが分かった。これは、当局での除雪トラック保有台数が多いことに起因している。

機械1台当たりの発生件数を確認したところ、小形除雪車>ロータリ除雪車>凍結防止剤散布車>除雪トラック>除雪ドーザ>除雪グレーダの順であることが分かった。

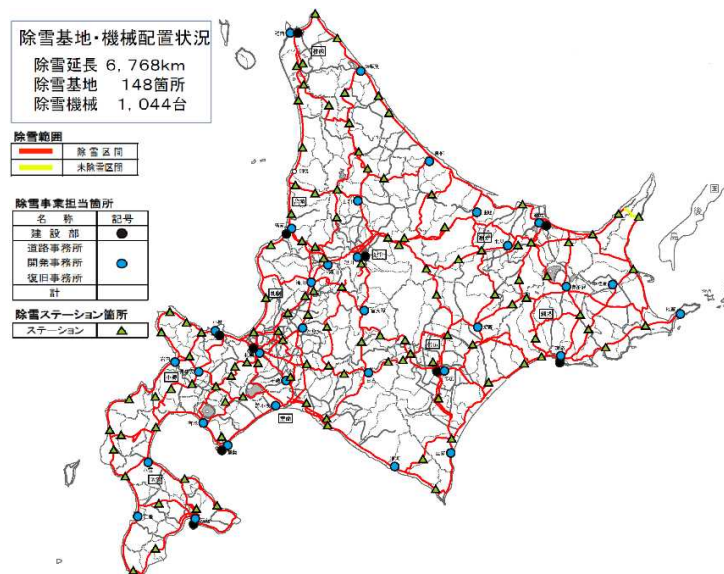


図-1 H29 除雪概要図

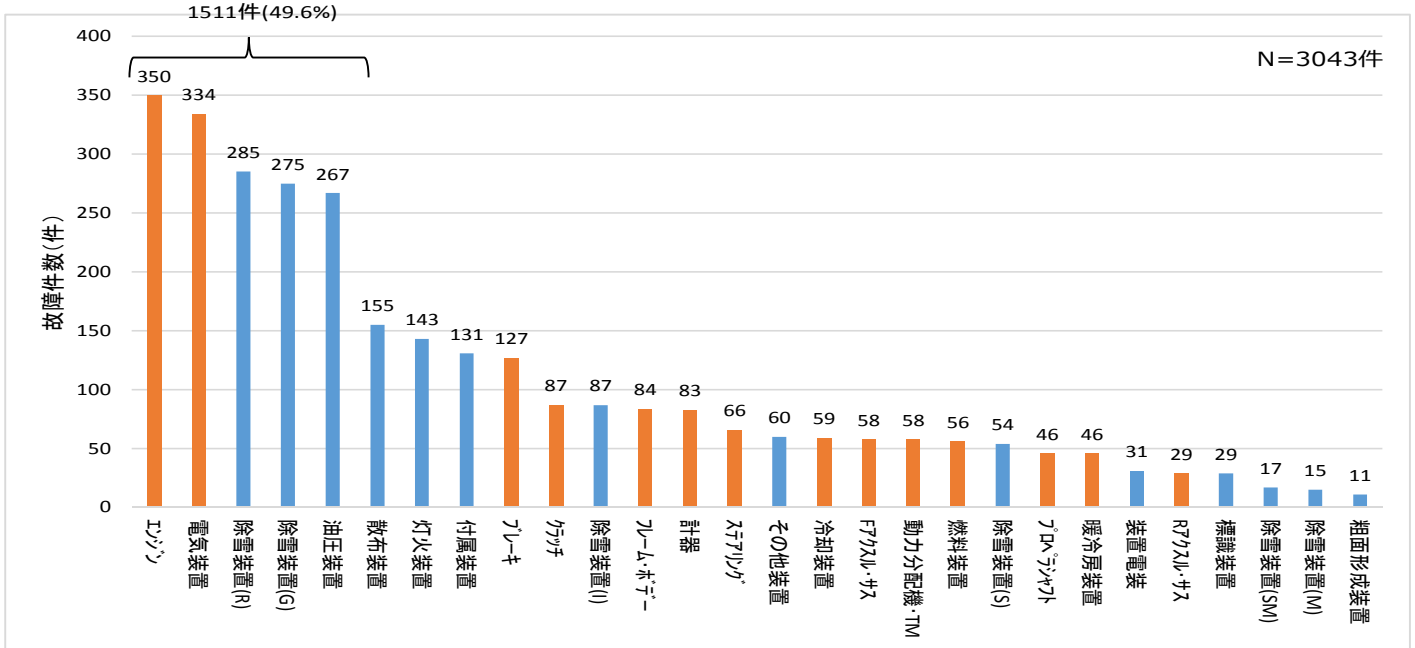


図-2 故障件数

＜運転手などに発見される故障発生箇所調査＞

運転手などの経験に基づく故障発生箇所については、点検作業を行っている者が感じる故障多発箇所（作業実感）をヒアリングなどにより抽出した。

調査した結果、ボルトの折損、緩みや油漏れなど目視点検で把握できる項目が多い状況であった。

＜既存監視項目調査＞

除雪用機械には、メーカーが設定している既存の監視項目（メータ類、ウォーニング類）がある。これらの情報を取得することができれば遠隔監視が可能となることから、機械メーカーへヒアリングを行った。

近年の除雪用機械は多くのセンサを取り付け、車載コンピュータで処理しており、必要に応じインストゥルメントパネルの警告灯に表示している状況であった。

＜監視項目の選定＞

これら3つの視点による検討を踏まえ、監視対象とする項目を選定し「点検により対応する項目」と「センサ等により監視する項目」に区分した。

「点検により対応する項目」はセンサ等による監視が困難なもの、経年劣化に伴う破損や発錆といった外観目視での状態把握が可能な項目とし日常点検で行うこととした。

「センサ等により監視する項目」は既存監視項目や新たなセンサ等の設置により状態把握が可能な項目とし遠隔監視を行うこととした。

それぞれの監視項目の一例は表-1のとおりである。

表-1 監視項目例（除雪トラック）

箇所	構成部品	監視項目抽出			監視項目案		
		故障履歴	ヒアリング	警告	点検対応	遠隔監視	遠隔監視の方法
エンジン	エキゾーストパイプ・マフラー	●			●		点検時における外観確認、音による確認
	Vベルト（アイドルプリー、ベアリング）	●			●		点検時におけるベルトの磨耗、ゆるみ、ベアリングのガガ等の点検
	インジェクタ	●		●		●	エンジン異常警告情報の収集
	オイルパン	●			●		点検時における油漏れの確認
	アドブルー	●	●	●		●	尿素水の残量警告情報の収集 ※一部車両は噴射異常警告あり
	ピストン			●		●	エンジン回転数異常警告情報の収集
	エンジンオイル			●		●	エンジンオイルの油圧、残量警告情報の収集
	冷却水			●		●	冷却水位警告情報の収集
	燃料フィルター			●		●	燃料フィルター水溜り警告情報の収集
	全般			●		●	エンジン異常、CAN通信異常警告情報の収集
除雪装置(G)	ボテンショメータ	●	●	●		●	センサ-異常警告情報の収集
	ブレード	●			●		点検時における外観確認
	油圧シリンダ	●	●			●	油圧計、油温計設置、情報収集
	エッジ簡易脱着	●		●		●	簡易脱着警告情報の収集
	シャ-ピンレス			●			シャ-ピン稼働回数収集 （一定回数以上監視）
油圧装置	油圧機器			●		●	油圧、センサ-異常警告情報の収集
車体フレーム	シャ-シボルト破損		●		●		定期点検時における検査
電気装置	充電（チャージ）			●		●	充電回路異常警告情報の収集
ブレーキ	ABS			●		●	ABS異常警告情報の収集
アスカル・サス	バブボルト破損		●		●		点検時における外観確認

②システム構成の検討

①監視項目の検討結果を踏まえ、状態監視システムに求められる機能の検討を行った。

「点検により対応する項目」は「点検支援システム」とし、現在、運転手などにより紙へ記入している運行前、運行後点検記録をタブレット端末等で入力、点検結果のデータを収集する装置へ送信することができる機能を有するシステムとした。

システム化することにより、点検結果が電子化され管理

が容易になるとともに情報の共有が図られ、異常の早期把握や見落としの予防を図ることができ、重大な故障が発生する前に整備などの対策を行うことが可能となる。

また、点検結果の入力方法にあたっては、運転手などの負担とならないよう入力作業を必要最小限とすることとした。

「センサ等により監視する項目」は「状態監視システム」とし、既存監視項目の有効活用と故障に繋がる予兆を判断するうえで必要となる箇所へセンサを設置することで機械の状態把握を行うこととした。

また、車両に設ける車載端末によりセンサなどから取得した稼働データを既存の除雪機械等情報管理システムへ送信することができる機能を有するものとした。

「データ収集装置」は点検支援システムと状態監視システムより送信されるデータを蓄積、管理するもので、蓄積したデータをインターネット等を通じて職員が閲覧することが可能となる機能を有するものとした。

検討による除雪用機械を遠隔で状態監視するシステムの全体構成イメージを図-3に示す。

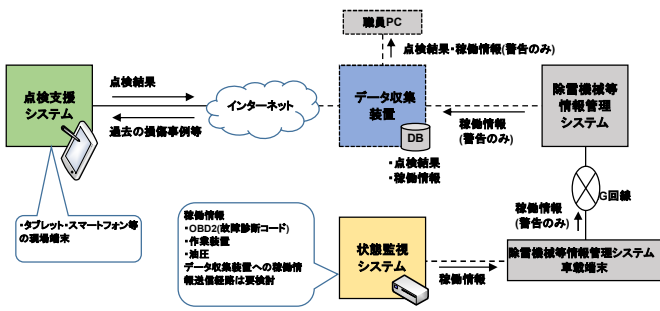


図-3 遠隔状態監視システム構成イメージ

③システム検討の試行と評価

②システム構成の検討結果を踏まえ、それぞれのシステムを構築し実機への実装を行い試行を行った。

<点検支援システム>

点検支援システムは、除雪機械毎に用意されている記録表の点検箇所・点検項目を網羅する必要がある。(表-2)

また、点検作業は屋外で行われることから端末に求められる性能を「低温環境下でも利用可能」「作業用手袋装着時でも操作可能」な端末(スマートフォン、タブレット)により試行した。

また、多くの端末機種での利用ができるよう、スマートフォンやタブレットのOSやバージョンに依存しないWebアプリケーションによるシステム方式を採用し試行を行った。

試行の結果、「端末を片手で持った状況での点検

作業は目視に限定されてしまい、両手を利用するような点検作業ができず非効率」、「作業用手袋を装着しての点検結果入力は違う箇所をタップすることがある」など、スマートフォンやタブレットを利用した点検作業の実施は利用しにくいとの評価であった。

表-2 運行前点検記録表例(除雪トラック)

運行前点検記録表(除雪トラック)

管理番号		00-0000		20XX 年			
[]の点検は、当該機械の走行距離、運転時間、運行時の状態等から判断した適切な時期に行うこと。 運行後に各部の摩擦・損傷やボルト等の欠損の確認は最低限行うとともに、運行中に異常を感じた場合も点検を行うこと。							
No	点検箇所	点検項目	点検結果を「レ」×で記入				
			レ	×	△	/	
車 両 本 体	1	エンジン	[油量]、[異常]、[わかり具合]、[低速及び加速の状態]				
	2	ラジエーター	[水量]				
	3	ファンベルト	[緩み]、[損傷]				
	4	燃料系統、アドブルー	[ドレイン排出]				
	5	クラッチ系統	[機能]、[踏み心地]				
	6	リフスアング	[駆動部の状態]、[シン・樹脂(高圧洗浄後)]				
	7	タイヤ	[空気圧(外観)、損傷、亀裂、異常摩耗]、[ディスクホイール取付状態]、[溝の深さ]				
	8	エア系統	[エアタンク残量]				
	9	主ブレーキ	[踏み心地、空圧力、液量、空気圧力上がり具合]、[ブレーキバルブ漏れ音]				
	10	駐車ブレーキ	[引込代]				
	11	ステアリング	[油漏れ]				
	12	バッテリー	[液量]、[比重]				
	13	灯火器類、反射鏡	[機能]、[損傷]、[汚れ]				
	14	ワイパー	[機能]、[ウォッシュ液量]、[拭拭状態]				
	15	クラッチペダル、バックブザー	[機能]、[音の確認]				
	16	油タンク、油圧ユニット	[作動油量]、[油漏れ]				
	全 車 装 置	17	油圧ポンプ、駆動軸	[油漏れ]、[異音]、[振動]、[ぶら]			
18		油圧配管、ホース、カップリング、シリンダ 로드	[油漏れ]、[損傷]				
19		センサ類	[損傷]、[変形]				
20		サブフレーム連結ボルト	[緩み]、[脱着]				
21		ブラク	[損傷]、[変形]、[亀裂]				
22		エッジ、ボルト、シユウ(その他)	[摩耗]、[緩み]、[損傷]、[高さ調整(シユウ)]				
23		懸架フレームボルト	[緩み]、[脱着]				
24		ブレード、シャッターブレード	[損傷]、[変形]、[亀裂]				
25		エッジ、ボルト、エンドピット	[摩耗]、[緩み]、[損傷]、[機能(エッジワンタッチ)]				
26		シャードレス装置	[緩み]、[損傷]				
27		クワッド、センサー	[損傷]、[変形]、[亀裂]				
組 成 部 品	28	エッジ、ボルト	[摩耗]、[緩み]、[損傷]				
	29	バルトワイヤ	[損傷]、[変化]				
	30	調整管	[損傷]、[変形]、[亀裂]、[シャードピン]				
	31	ワイピングロック	[損傷]、[変形]、[亀裂]				
	32	装置外観、サイン	[摩耗]、[損傷]、[緩み]				
	33	スクラム、センサー	[異常]				
	34	水タンク、配管系統	[損傷]、[変形]、[亀裂]、[水漏れ]				
	35	散雪ヘッド	[円盤]、[軸の折れ]、[損傷]、[安全ピン]				
	36	電動シリンダ	[損傷]				
	37	後部フラップ	[取付状態]、[損傷]、[変形]				
車 両 ・ 装 置 全 般			各主要動作確認 [損傷]、[ボルトの緩み]、[脱着]、[その他]、[異常]				
前日の点検による異常箇所は修復されているが(修復済「レ」、未修復「×」) 洗濯実施(運行後に実施した場合は「レ」を記入してください) クワッドアップ実施(洗濯後に実施した場合は「レ」を記入してください)							
点検者サイン							
整備担当者サイン							

※点検時において、高所作業(高さ2m以上の箇所での作業)や、滑溜のおそれがある場合には必ず転落防止措置を行うこと。

チェック凡例	備 考 (点検結果で異常があった場合、詳細を記入してください)
レ	異常なし
×	異常あり
△	該当なし

<状態監視システム>

既存監視項目については、CAN通信からのデータ取得を試みた。併せて、除雪装置を動かす作動油の油圧と油温の情報を取得するため、新たにセンサを設置してデータの取得を行った。

試行の結果、CANデータについては、メーカーで行われている既存監視項目の診断コード取得用コマンドなどの情報がなければ監視できない状況である。

新たにセンサを設置した作業装置の油圧及び油温については、データの取得は、基準上限を超える異常は値としての検出や異常の把握が可能であるが、上限を超えることがない正常な範囲内の値の急な

上下動は異常如何の把握が困難であり、故障判断ができない状況である。

<データ収集装置>

機器の設置方法・仕様及びソフトウェアについて検討を行った。

データ収集装置は、点検支援システムに関する入力処理や表示に必要な画面表示処理をWebサーバで行い、状態監視システムから送信されるデータ収集をDBサーバで行う構成とした。

本装置により点検や故障情報データを収集し遠隔監視による状態把握は可能となるが、点検支援システム及び状態監視システムとの連携が必須であり、前述のとおり各システムには実用化に向けて解決すべき課題がある。

また、状態把握が可能となっても本システムにより重大故障全てを未然に防ぐことができるものではない。

3. まとめ

点検支援システム及び状態監視システムを試行し、各システムの仕様書を作成したところであるが、実用化に向けて以下のことが明らかとなった。

- 1) 点検支援システムには、点検作業に支障を与えない新たな支援ツールの開発が必要である。
- 2) 状態監視システムには、故障データの解析に必要なコード情報の取得と作業装置の油圧、油温などの閾値についての検討が必要である。

これらに対する技術動向を継続的に確認し、課題解決が確認された後に本検討内容を含め再検討する必要がある。

謝辞：本稿をとりまとめるに当たり調査にご協力いただいた北海道開発局各開発建設部、維持除雪工事受注社及び除雪機械メーカーの皆様がこの場を借りて深謝申し上げます。

それぞれのシステムの試行（検討）及び評価結果は表-3のとおりである。

表-3 試行及び評価結果

	点検支援システム	状態監視システム	データ収集装置
成果	要件定義書 画面仕様書 帳票仕様書	車載端末仕様書	機器仕様書 データベース仕様書 画面仕様書
試行(検討)結果	<ul style="list-style-type: none"> ・ 整備用手袋等をつけての作業は操作しにくい ・ 端末を保持した状態での入力は片手が塞がり不便 ・ 出勤は一斉であるので、除雪機械全数分の端末が必要 	<ul style="list-style-type: none"> ・ トラック系の故障情報の取得は出来なかった ・ 建設機械系も同様に故障情報の取得が出来ない ・ 作業装置の油圧系は油圧及び油温の異常値を検出することは可能だが、異常に至らない値は検出不可 	<ul style="list-style-type: none"> ・ サーバ設置方法の検討 ・ サーバ仕様の検討 ・ ソフトウェア仕様の検討
課題	点検作業に支障を与えない新たな支援ツールが必要	メーカーからの故障診断の解析に必要な情報の提供が必要	点検や故障情報データを収集し遠隔監視による状態把握はできるが、重大故障全てを未然に防ぐことはできない

④実用化に向けて

③システム検討・試行と評価結果を踏まえ、それぞれのシステム仕様書の作成を行った。

作成した仕様書と実用化に向けた整理、解決すべき事項は次のとおりである。

<点検支援システム>

点検支援に必要な各仕様書などの作成を行ったが、試行で使用した端末（スマートフォン、タブレット）では点検作業に支障を与えることが判明したため、実用化にあたっては両手を塞がずに点検作業に従事できる新たな支援ツールの開発が必要となる。

<状態監視システム>

車両からの故障データや作業装置からの油圧データなどを取得し、データ収集装置へ送信する「車載端末仕様書」の作成を行ったが、取得できるデータが限定的であり、実用化にあたっては故障データの解析に必要なコード情報の取得と作業装置の油圧、油温などの閾値についての検討が必要である。

<データ収集装置>

点検支援システム及び状態監視システムから送信されたデータを収集するのに必要な機器について「機器仕様書」などの作成を行った。