i-Snow

（第2回）

Smart　賢い、機敏な
nice　魅力的な、快適な
operation　操作、運転
work　除雪作業
（for snow removal work）

1．第1回プラットフォームについて

（１）設立の背景・課題
（２）具体的な取り組み（案）
（３）第1回プラットフォーム開催状況

2．知床峠除雪省力化に向けた意見交換会について

3．具体的な取組（案）

（１）自車位置把握	３Ｄマップ作成 衛星不感地帯の補完
（２）作業装置自動化	ガイダンスに向けた調査
（３）安全確認	周辺探知技術検証 運転支援に向けた画像取得

1. 第1回プラットフォーム「i-Snow」（1）設立の背景・課題

【除雪を取り巻く状況の変化】

- 除雪機械オペレータの担い手が減少、かつ高齢化が進んでおり、さらなる効率化が求められている。
- 近年、異常気象による暴風雪等の冬期災害が頻発し、長時間の通行止めが増加傾向にある。

【持続可能な道路除雪に向けた取り組みの必要性】

- 第８期北海道総合開発計画（平成２８年３月２９日閣議決定）がスタート
- 積雪寒冷地特有の地域課題の解決、地域発のイノベーションに向けて、北海道におけるi-Constructionの取組として、除雪現場の省力化に向け、プラットフォームを形成し、産学官民が幅広く連携して取り組む必要がある。

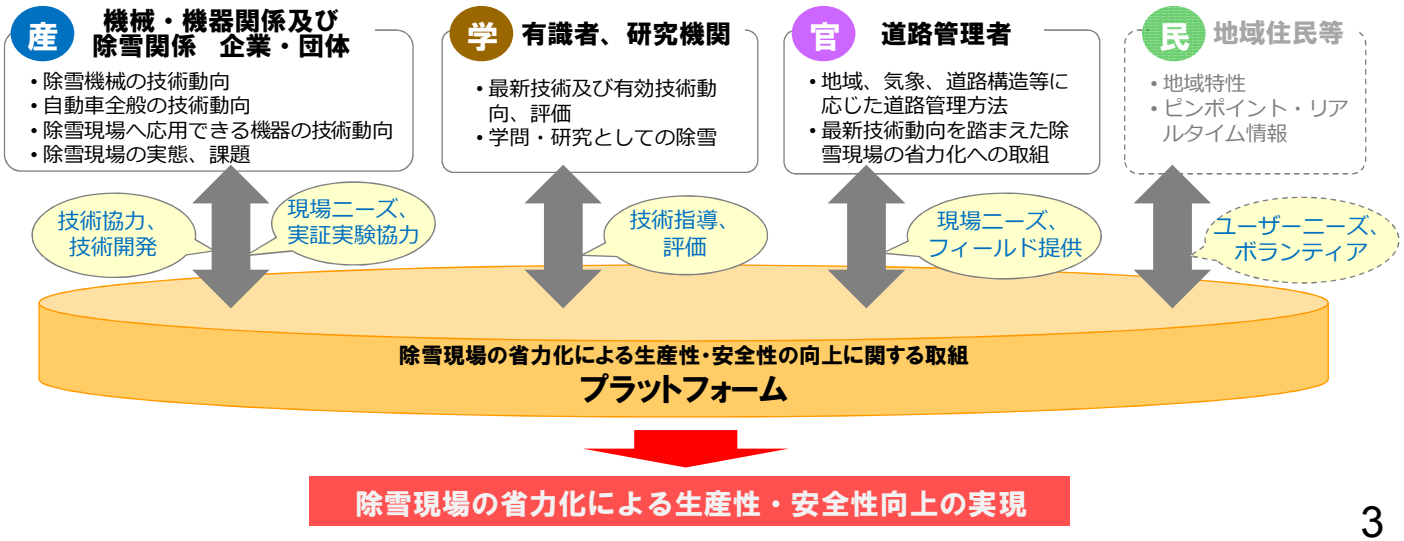
【活動の背景・目的】

- 本プラットフォームは、近年の除雪現場における課題（異常気象等に伴う冬期災害や通行止めの頻発、除雪車オペレータの高齢化に伴う人員確保など）に対応するための活動を展開し、もって生産性・安全性の向上に資する除雪現場の省力化を進める。
- 北海道における除雪関係者が除雪現場、除雪技術等に関する横断的な連携・情報共有を図ることで、除雪現場の省力化を進め、生産性・安全性を向上させると共に、人口減少下でもヒトとモノの交流・対流を活性化できる産業構造、経済活動を維持・発展させる。

【活動内容】

- 除雪現場及び除雪技術に関する情報共有
  （除雪現場の課題、研究・開発の動向、既開発技術の掘り起こし等）
- 除雪現場の改善への取組
  （除雪施工方法、除雪機械、除雪体制等）

【活動のイメージ】



1. 第1回プラットフォーム「i-Snow」（2）具体的な取組（案）

国土交通省 北海道開発局

現状の冬期通行止区間（R334知床峠）春山除雪

①除雪開始前にGPSで除雪ルート上に**人力で目印を設置**

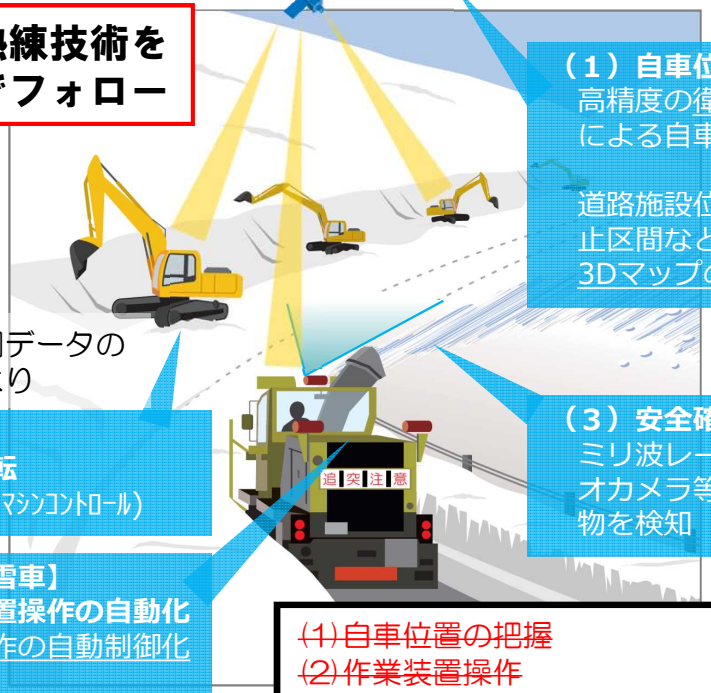
②**熟練オペレータ**がバックホウで啓開除雪を実施

③道路施設位置、沿道状況を熟知した**熟練オペレータ**による啓開除雪と路側への投雪作業

(1)自車位置の把握
(2)作業装置操作
(3)安全確認（障害物等）
(4)車両運転（操舵・加減速）

省力化のイメージ

卓越した熟練技術を最新技術でフォロー



（1）自車位置の把握
高精度の衛星測位情報による自車位置情報

道路施設位置や投雪禁止区間などを反映した3Dマップの構築

自車位置と地図データのマッチングにより

【バックホウ】
（4）車両運転
省力化(ﾏｼﾝｺﾝﾄﾛｰﾙ)

【ロータリ除雪車】
（2）作業装置操作の自動化
投雪操作の自動制御化

（4）車両運転
省力化(操舵・加減速)

（3）安全確認
ミリ波レーダやステレオカメラ等で前方障害物を検知

~~(1)自車位置の把握~~
~~(2)作業装置操作~~
~~(3)安全確認（障害物等）~~
(4)車両運転（操舵・加減速）

スケジュール（案）

	H28(2016)	H29(2017)	H30(2018)	H31(2019)	H32(2020)
準天頂衛星		打ち上げ	運用開始		
省力化メニュー ・除雪装置(ロータリ装置、投雪装置) ・運転支援(除雪支援ナビ) ・周辺検知	開発済技術・周辺探知技術 課題：地図データとのリンク	・3Dマップデータの作成(1)(2)(3) ・支援ナビとのリンク ・周辺探知技術の比較検討	・衛星測位情報不感地帯の把握 ・衛星測位情報補完システム設置(1) 実証実験(1)(2)	・周辺探知技術の検証(3) ・開発仕様取りまとめ	実証実験(3)
オペレータ作業	(1)自車位置の把握 (2)作業装置操作の自動化 (3)安全確認(障害物等) (4)車両運転(操舵・加減速)				

国土交通省
北海道開発局

1. 第1回プラットフォーム「i-Snow」（3）開催状況

平成２９年３月２８日（火）13:00～、札幌第１合同庁舎　会議室にて開催
本プラットフォームの通称（案）　『i-Snow』について承認

i-Snow

Smart　賢い、機敏な
nice　魅力的な、快適な
operation　操作、運転
Work　除雪作業
（for　snow　removal　work）

出された主な意見

- 具体的な取り組み、年度計画は概ね了承
- 参加した関係機関（産・学・官）で連携し、省力化に向けた取り組みを実施
- 今後、熟練オペレータが益々減少するなかICT活用は極めて重要
- 本プラットフォームでは関係機関の相互協力により仕様の統一化等についても議論が必要
- 近年乗用車等に搭載しているミリ波レーダ等は安価になってきているため、自主開発にこだわらず、極力市販機器等を利用しコスト縮減を図るべき
  ⇒ミリ波レーダは市販機器を活用・実験状況等について報告
- 様々な道路で自動運転を行うには、1:500以上の詳細なデジタルマップが必要フォーマットの標準化等国で進めるべき
  ⇒デジタルマップの作成状況について報告（1:500以上の精度を実現）

2. 知床峠除雪省力化に向けた意見交換会

開催日　平成２９年４月１３日～１４日

目　的　知床峠春山除雪作業状況視察
省力化に向けた除雪工事施工者との意見交換会

参加者　北海道大学　萩原教授（14日）
北海道大学　野口教授（13日）
北海道開発局（本局、網走開発建設部）
維持除雪工事受注者（斜里建設工業（株））

出された主な意見

- 道路の路側に6mの見出しポールを秋頃に設置。
- 除雪開始に先立ち、人力による見出し杭を設置。
- バックホウによる先行除雪は安定勾配45°にて除雪。安定勾配の確保が重要。
- ロータリ除雪車による除雪は、後方確認を行いながら、センターラインを頼りに進めている。熟練オペレータの感覚が重要であるが、本来は路肩側から行いたい。

i-Snowで推進している技術等を活用することで省力化が図れる可能性があることが確認できた。

3. 具体的な取組（1）自車位置把握【3Dマップ作成】

(a)ＭＭＳによる測量調査の実施

今年度は、平成30年度の実証実験に向けた高精度の３Ｄマップを作成

【測量調査対象区間】

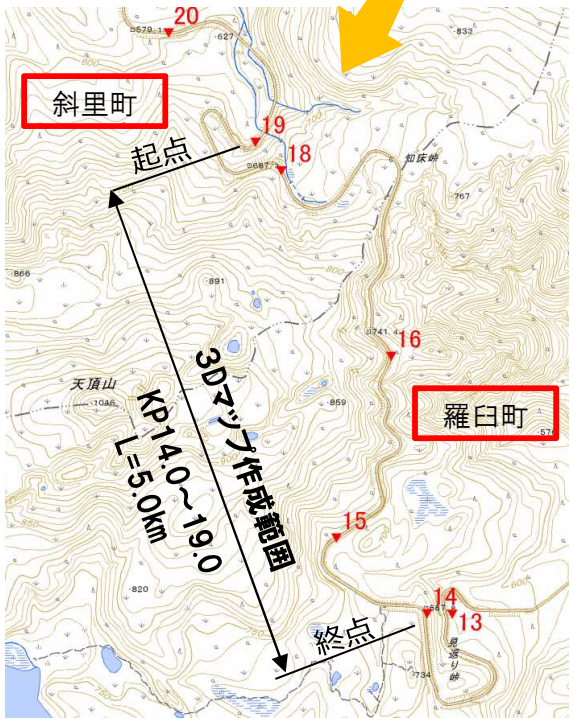
- 冬期通行止めとなる一般国道334号 kp=3.5～27.3（L=24km）を対象にMMS測量を実施

【3Dマップ作成区間】

- 上記のうち、特に気象条件が厳しく、春期啓開除雪時に、人力で切り出し位置を測量している、L=5.0km区間を先行して３Dマップを作成

●対象区間図

●3Dマップ作成範囲



【使用機材等】

- MMS（移動計測車両による測量システム）で道路形状の点群データを取得
- MMS欠測箇所は、地上LP測量を実施
- MMSで計測できない斜面上部は既存の航空LP測量結果を活用
- MMS計測結果をGPS、GLONASSで補正
- 精度確保のため、道路基準点を検証点としたGNSS測量を実施

●使用機材等

MMS計測

地上LP

GNSS測量
（準天頂衛星対応機）

道路基準点
（検証点として利用）

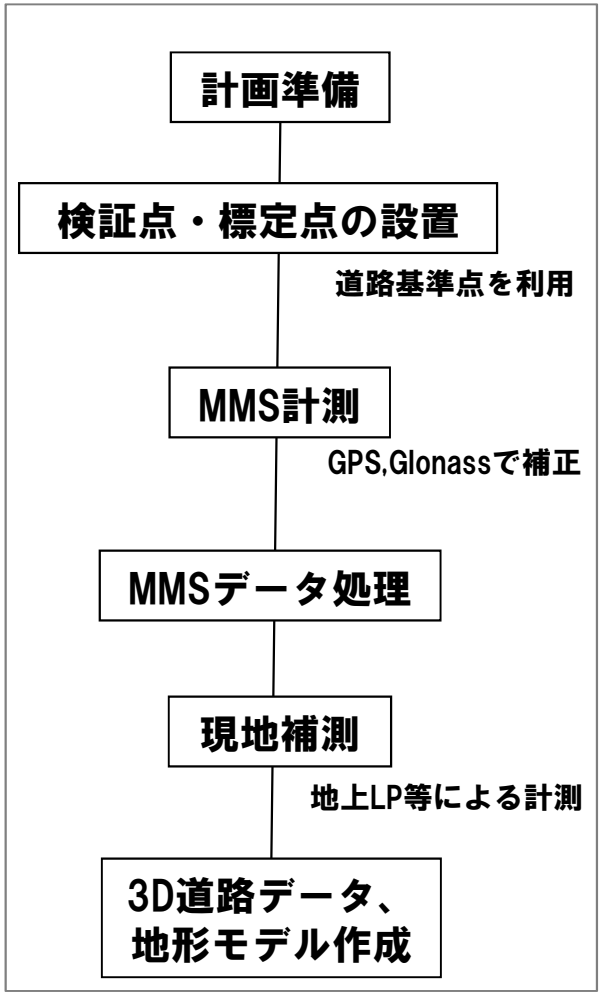
3. 具体的な取組（1）自車位置把握【3Dマップ作成】

(b)データ処理と３Dマップの作成

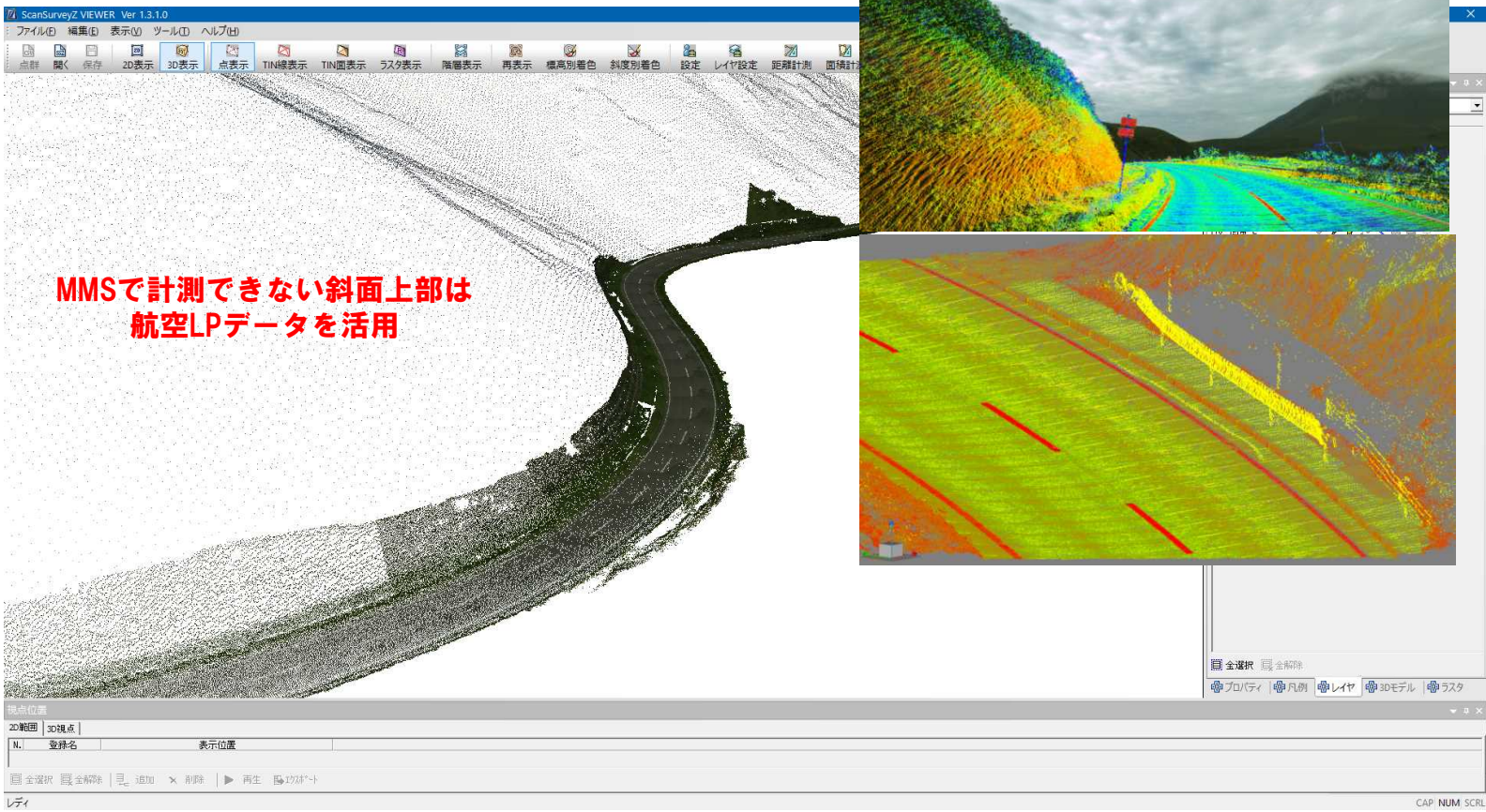
【データ処理の流れ】

- 専用のソフトウエアを活用し、MMS計測結果（点群データ）を処理
- 運転操作省力化や将来的な自動運転に活用可能な**①３D道路データ**（ダイナミックマップ基盤データに準拠）と、ICT施工等に活用可能な**②TINモデル**（地形データ）を作成

●データ処理の流れ



●MMSで計測した点群データ



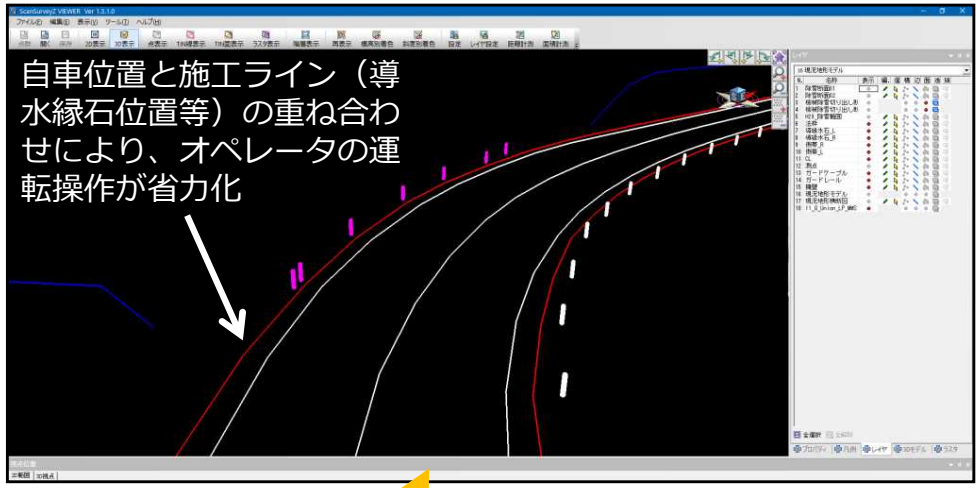
3. 具体的な取組（1）自車位置把握【3Dマップ作成】

(b)データ処理と３Dマップの作成

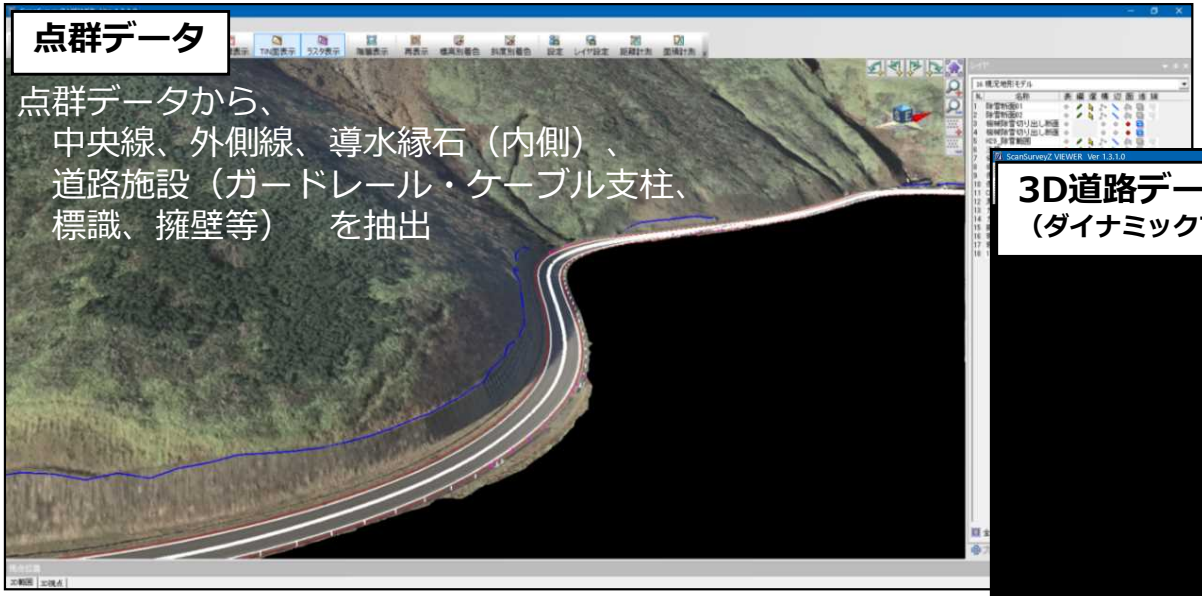
① ロータリ除雪車の運転操作省力化に向けた3D道路データ（ダイナミックマップ基盤データに準拠※）を作成

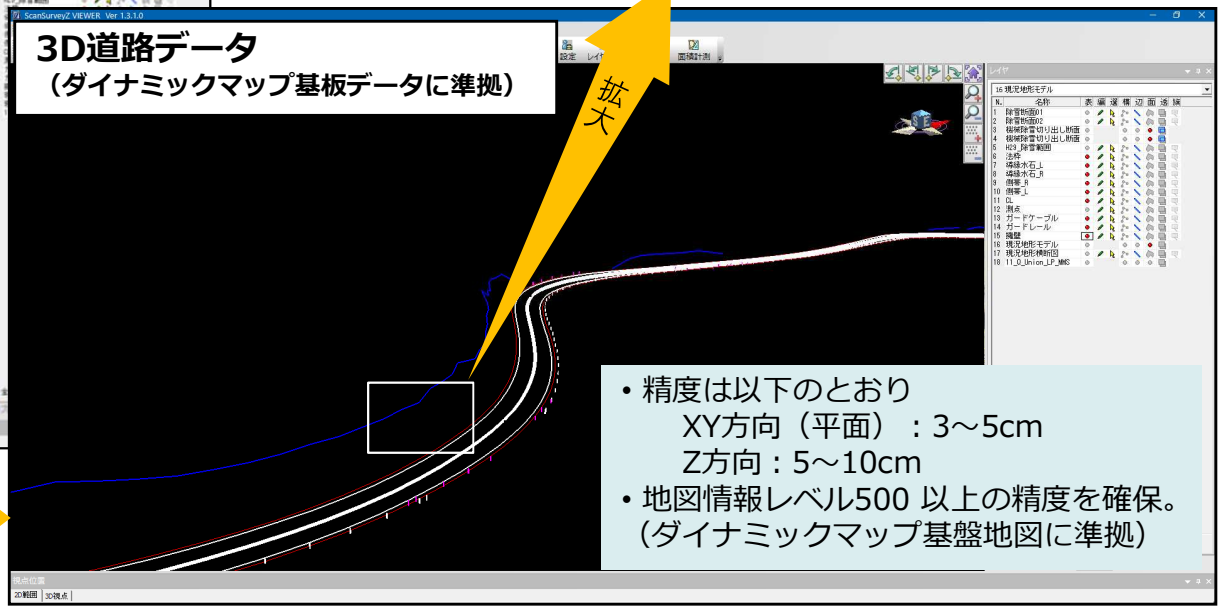
【道路データの作成、活用イメージ】

- MMS計測結果（点群データ）から、道路形状を表す中央線、外側線、導水縁石（内側）を抽出
- 上記の他、ガードケーブル、ガードレール、標識、擁壁等も抽出。
- ロータリ除雪車による投雪作業時に、「準天頂衛星」による自車位置の把握と、３D道路データによる作業位置の明確化が図られ、運転操作の省力化を実現。



●3D道路データの作成





※ダイナミックマップとは高精度の基板地図に、交通規制情報、渋滞情報、車両位置などのようにダイナミックに変化する情報を紐付けた地図データ。現在作成中の3D道路データはダイナミックマップの基盤となる高精度の地図データ(静的情報)

3D道路データは今年度中に完成予定。次年度の実証実験の基礎データとして活用

3. 具体的な取組（1）自車位置把握【3Dマップ作成】

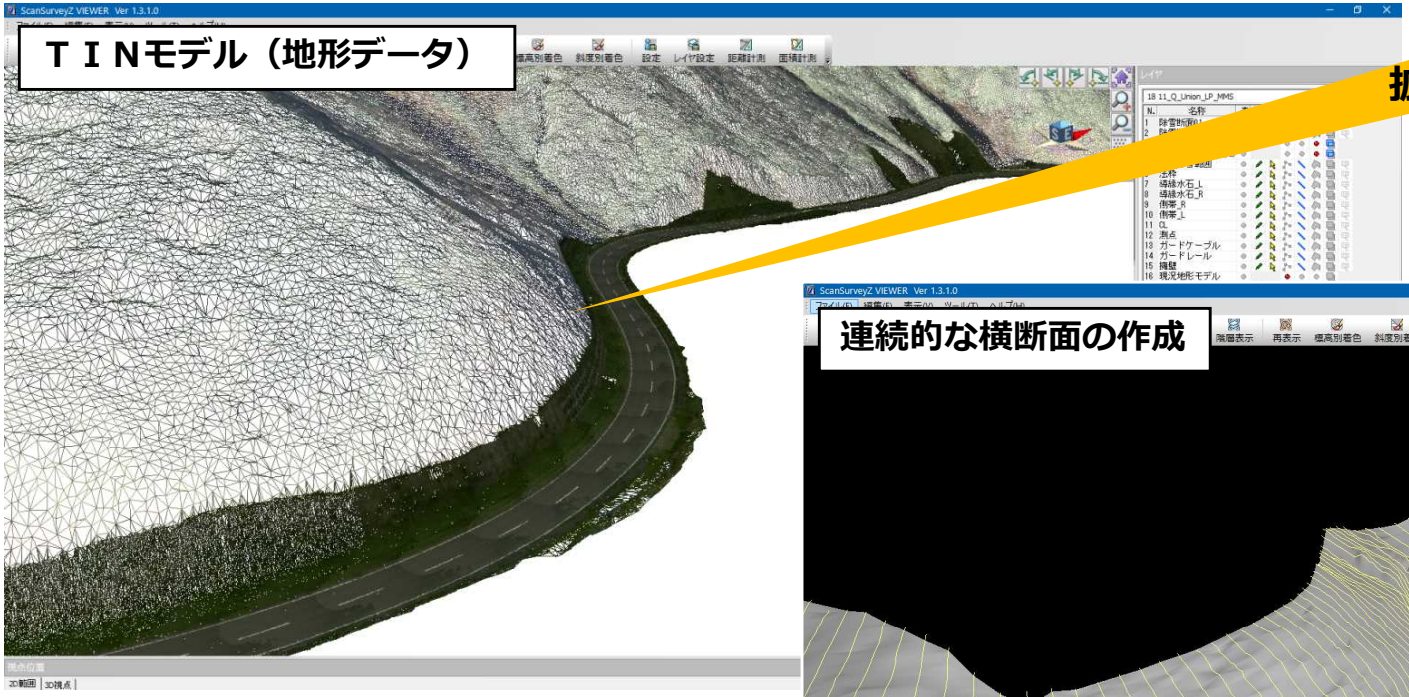
(b)データ処理と３Dマップの作成

②－１　バックホウの運転操作省力化を見据えたＴＩＮモデル（地形データ）を作成

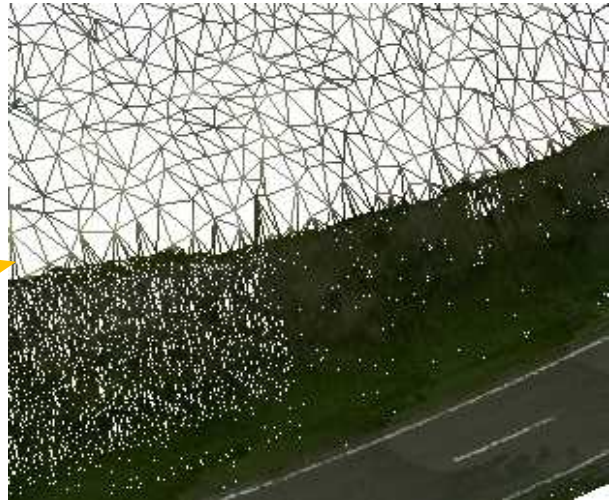
【地形（TIN）モデルの作成】

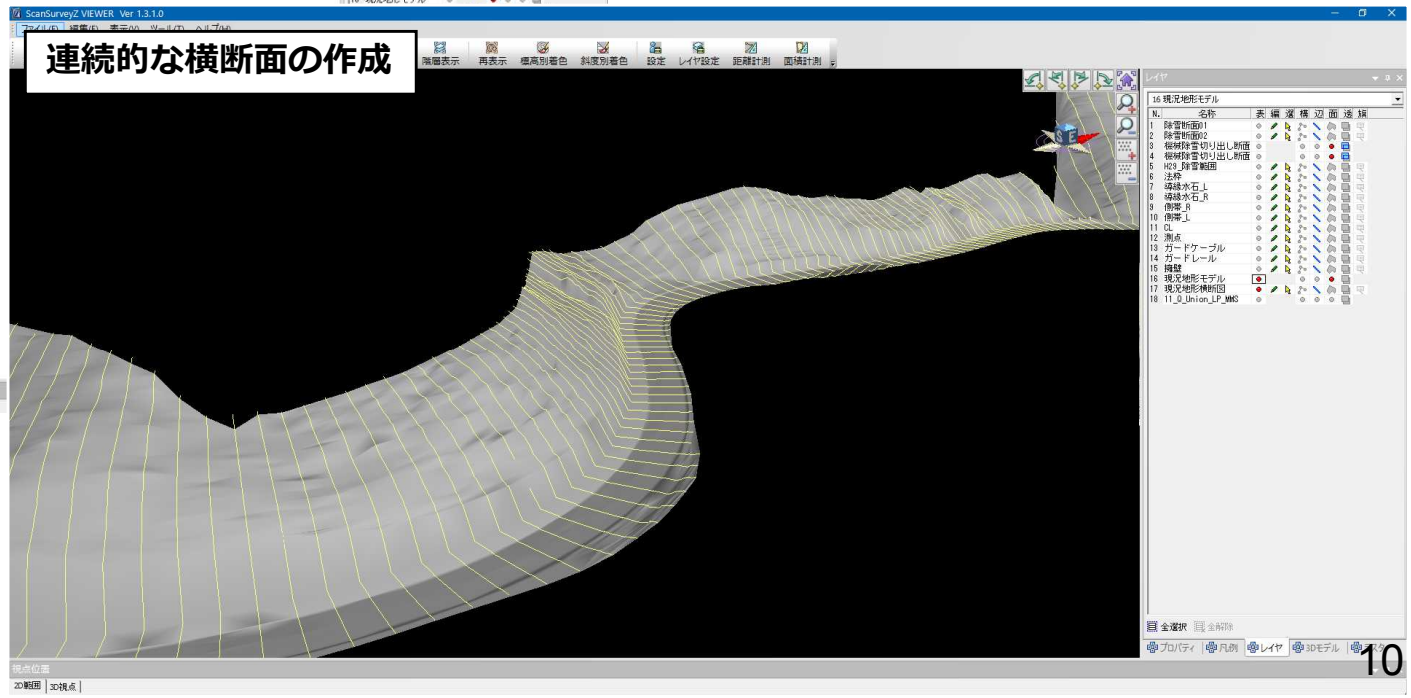
- 点群データをもとに、地表面を三角形の集合体で表現するTIN（triangulated irregular network）データを作成。
- これにより、連続的な横断図も作成可能。

●TINに変換処理



拡大





3. 具体的な取組（1）自車位置把握【3Dマップ作成】

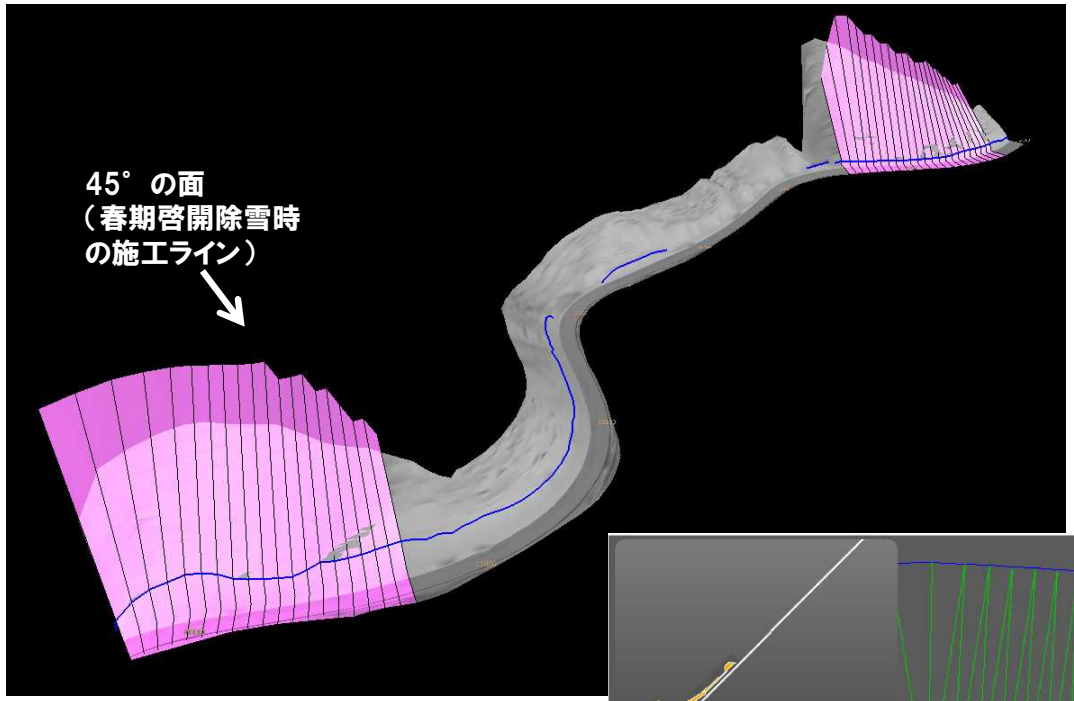
(b)データ処理と３Dマップの作成

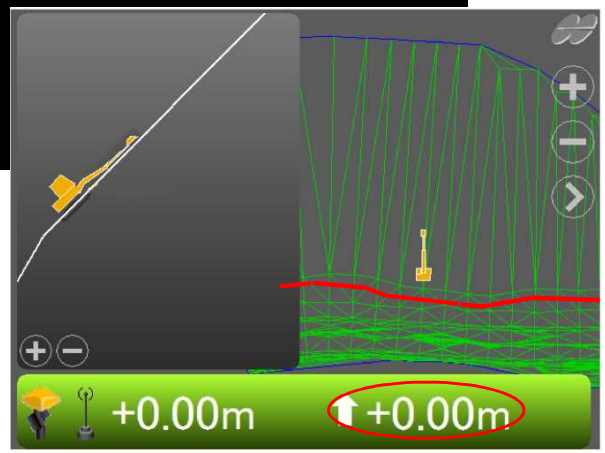
②－２　ＴＩＮモデル（地形データ）をMCバックホウ（ＩＣＴ施工）に活用検討

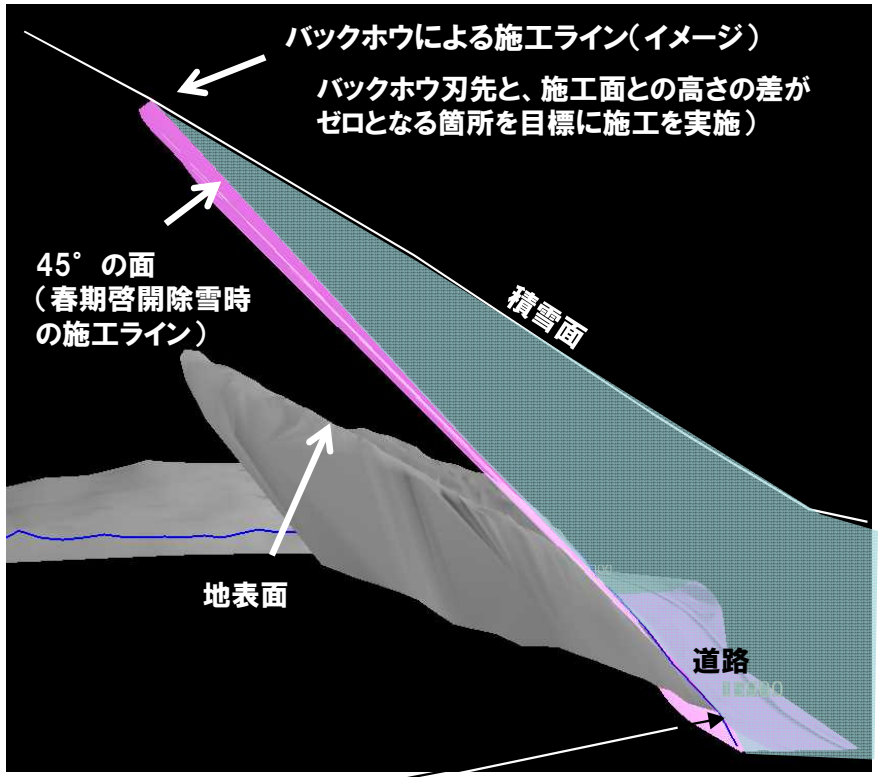
【地形モデルの活用（ICT施工）】

- 地形モデルと春期啓開除雪における安定勾配を重ね合わせたデータ、およびバックホウ刃先の位置データを、車載器等で明示することにより、掻き出し開始位置が明確化。
- 従来、事前に実施していた作業目印の設置作業等が不要となる可能性。

●ICT施工への活用イメージ







擁壁天端

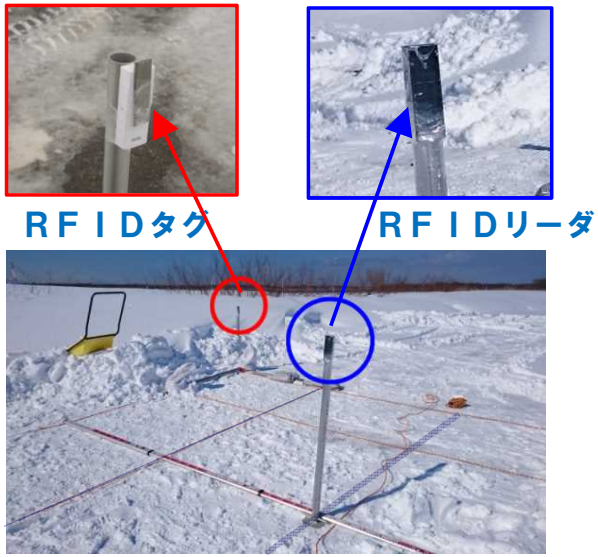
3. 具体的な取組（1）自車位置把握【衛星不感地帯の補完技術】

(c)RFID計測精度検証

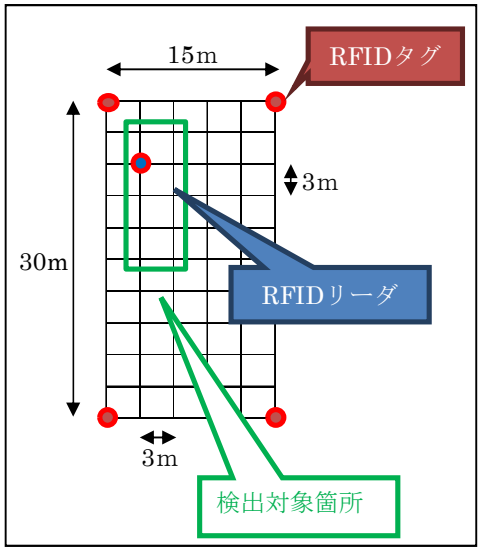
トンネル出口など、衛星測位精度低下への対策として、RFID（ICチップ近距離無線通信技術）の計測精度を検証。

【平成２８年度】

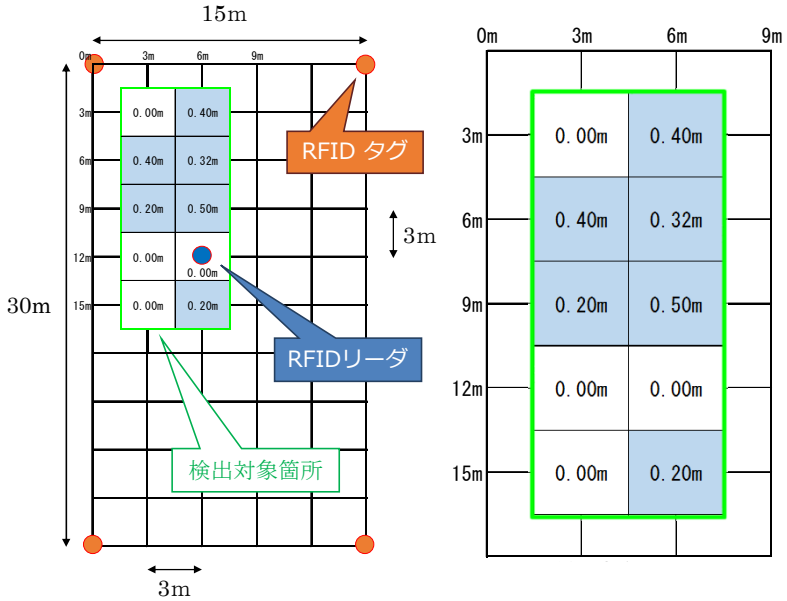
RFIDリーダー・タグを用いて、位置測位実験を行い、**適用可能な精度**を有している事を確認した。



RFIDを用いた位置測位実験の状況



RFIDを用いた位置測位実験



RFIDを用いた位置測位実験結果

上記実験は静止状態での計測のため、**今冬はRFIDリーダを車両に取り付け**て実験を行い、**走行時の精度を確認**する予定。

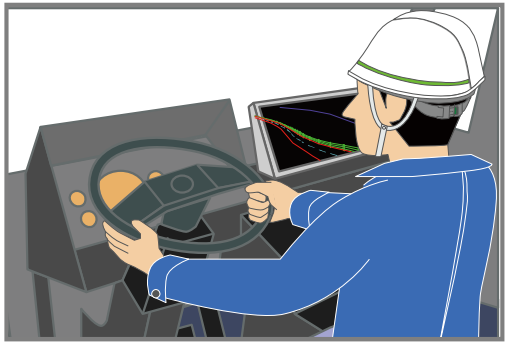
3. 具体的な取組（2）作業装置自動化【ガイダンスに向けた調査】

ガイダンスに向けたロータリ除雪車の投雪軌跡調査

春山除雪に使用しているロータリ除雪車にセンサーを設置して投雪軌跡を調査

《目的》
ガイダンスシステムに向けた投雪方向の確認

- ➢省力化
- ➢作業の正確性
- ➢熟練技術の継承



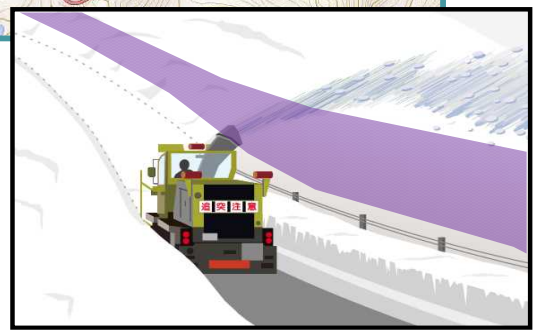
ロータリ除雪車の投雪軌跡調査
釧路・網走境界（知床峠）KP16.9

網走開建施工区間
「KP15.9～27.3(L=11.4)」

※ 越境除雪延長＝1.0km含む

対象車両（網走開建）
ロータリ除雪車２台
①2.6m級、294kW級
網走道路事務所（斜里ＳＴ）

②2.2m級
網走道路事務所（宇登呂ＳＴ）



今冬は投雪軌跡の調査を実施。ガイダンスシステム構築は、次年度の実証実験までに行う予定。

3. 具体的な取組（３)安全確認【周辺探知技術検証】

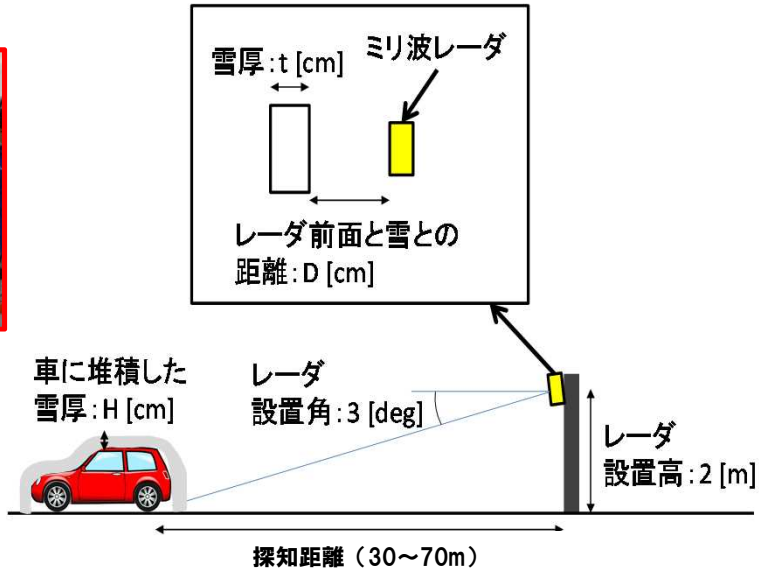
ミリ波レーダ探知性能検証

暴風雪時における除雪車周囲探知技術として、**ミリ波レーダ**による探知性能を検証。

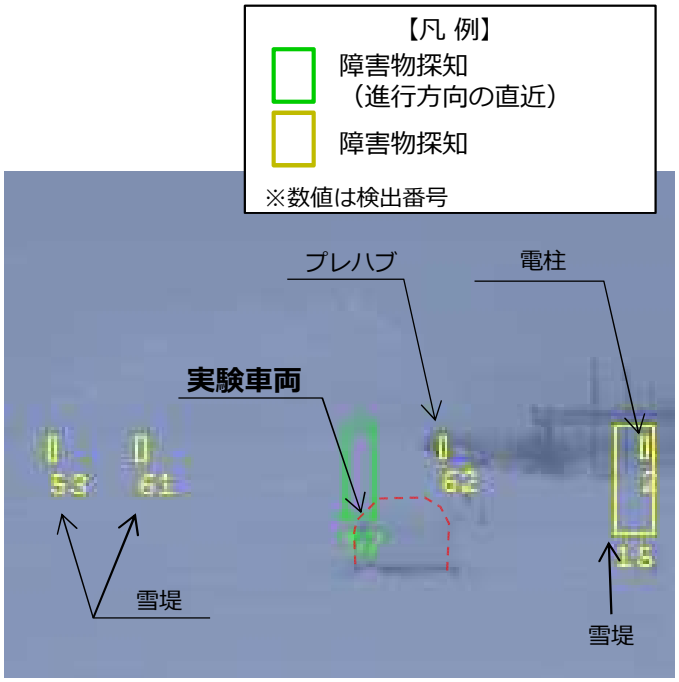
【平成２８年度】

普通乗用車に使用されている**ミリ波レーダ（76GHz）及びソフトウェア**を用いて、**吹雪時を模擬**した状況（レーダへの雪付着、車への雪堆積、レーダ・車間の降雪）で探知実験を行い、受信強度に変動がみられるが**物体の探知が可能であることを確認**した。

ミリ波レーダによる探知実験の状況



ミリ波レーダによる探知実験概略図



探知状況（レーダ・車間の降雪）

上記実験は吹雪時を模擬した状況のため、
今冬は実際の吹雪下で実験を行い、物体の探知が可能であるかを確認する予定。

3. 具体的な取組（3）安全確認【映像鮮明化に向けた画像取得】

視界不良時における安全確認に向けた吹雪映像取得調査

映像鮮明化技術が安全確認に活用できるかを検証するため、今冬は映像を取得

《目的》
視界不良時における安全施工に向けた映像取得

- ➢鮮明化技術検証
- ➢リアルタイム情報提供

《取組》
取得する映像は、ハイビジョン画質とし、吹雪映像を取得予定

- ☞一般道、高規格幹線道路　等
- ☞北海道、札幌市、NEXCO、北海道開発局

イメージ（映像鮮明化技術）

資料提供：寒地土木研究所HPより
（東芝デジタルソリューションズ(株)）

イメージ（映像鮮明化技術）

資料提供：東芝デジタルソリューションズ(株)

今冬は視界不良時（吹雪）の映像を取得。映像鮮明化技術の検証は次年度に実施予定

国土交通省 北海道開発局

まとめ

【除雪現場の改善】

（１）自車位置把握	３Ｄマップ作成	⇒ 完成予定
	衛星不感地帯の補完技術	⇒ 実験予定
（２）作業装置自動化	ガイダンスに向けた調査	⇒ 調査予定
（３）安全確認	周辺探知技術検証	⇒ 実験予定
	運転支援に向けた画像取得	⇒ 取得予定

《今後の予定》

⇒ 今年度の実験状況等は次回PFで報告予定

⇒ 平成30年度に、上記を活用した実証実験を知床峠で実施予定

（参考）i-Snow

【MMS測量】

- Mobil　Mapping　System：モービルマッピングシステム
- 車載写真レーザ測量とは、車両に自車位置姿勢データ取得装置及び数値図化用データ取得装置を搭載した計測・解析システムを用いて道路及びその周辺の地形、地物等を測定し、取得したデータから数値図化機及び図形編集装置により数値地形図データを作成する作業のこと。

【GPS、GLONASS、準天頂衛星システム】

- 「GPS」は米国が運用している衛星測位システム
- 「GLONASS」はロシアが運用している衛星測位システム
- 「準天頂衛星システム」は、日本で受信可能な特定地域上にのみ留まる3機の衛星によって米国のGPSを補完及び補強するもの。

【GNSS】

- Global Navigation Satellite System：全地球航法衛星システム
- GNSSは、多数の衛星測位システムの総称
- GNSS測量は、人工衛星から送信される電波を利用する測位方式

各国の衛星測位システム

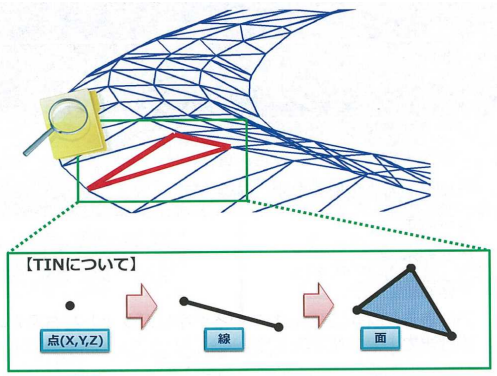
衛星測位システム	運営国	衛星の軌道	基本となる衛星数
GPS	米 国	高度：20,200km	24衛星
GLONASS	ロシア	高度：19,100 km	24衛星
準天頂衛星	日 本	33,000km～39,000km	3衛星
ガリレオ	欧州連合	高度：23,200 km	27衛星
コンパス	中 国	高度：21,500 km	35衛星

【LP測量】

- LP：LP(Laser Profiler) は、レーザーにより地形、地物のまでの距離を計測する機器。
- 航空LP測量は、航空機に搭載したLP、GNSS、IMU(Inertial Measurement、航空機の傾き等を計測する装置) により、広域な範囲を均一な精度で計測が可能。
- 地上LP測量は、据え付け型（三脚を使用）のスキャナで、構造物等で高密度・高精度が必要な場合に適している。360°（フルドーム）で計測できる。

【TINモデル】

- Triangulated Irregular Network：不規則三角形網
- 地表面等のまたは海底面の物理的形状を表現する手法で、X,Y,Zの3次元情報を持った点と線が、重複のない三角形の集まりとして配列されたもの



【RFID】

- Radio Frequency Identifier
- 電波を用いた無線通信により、RFタグのID情報を非接触で読み書きするシステム

【ダイナミックマップ】

- 高精度（相対精度25㎝、500分の1）の基盤地図に、交通規制情報、渋滞情報、車両位置などのようにダイナミックに変化する情報を紐付けた地図データ。
- 基盤地図はMMS計測データより作成。
- 実物地物２６地物と仮想地物８地物を整理
- データ仕様は「先進運転支援のための新高度DRM検討用試作データの仕様書（素案）」を採用し、追加・変更を検討