

令和2年度 土木研究所講演会

暴風雪による視程障害時の 除雪車運行支援技術について

寒地土木研究所
技術開発調整監
寒地機械技術チーム

- 1 背景と目的
- 2 車線走行支援技術
- 3 周囲探知技術
- 4 i-Snowの取組 (話題提供)

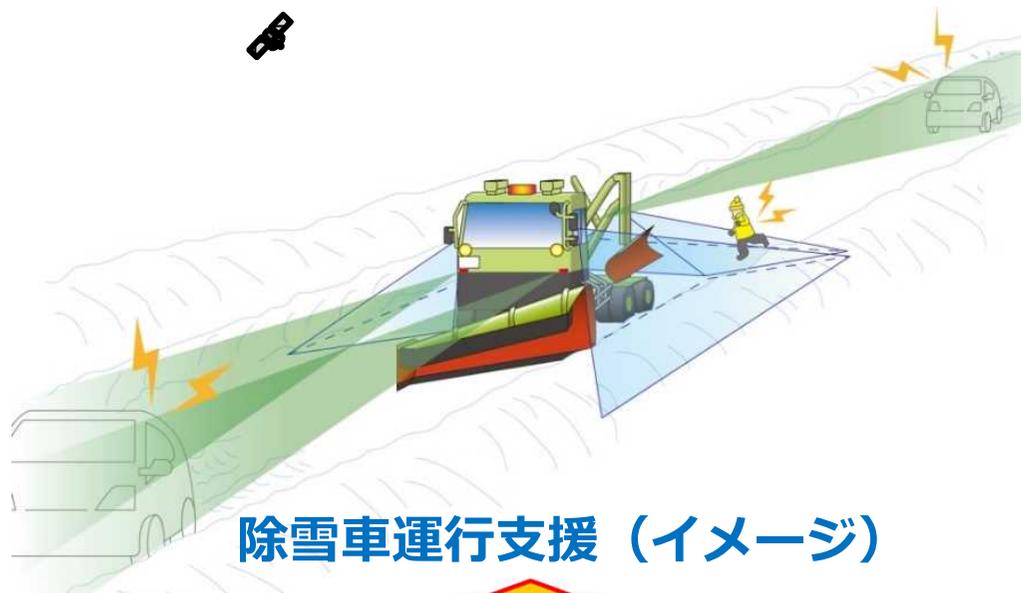


1 背景と目的

- 近年、暴風雪等の異常気象に伴い、**車両の立ち往生**や長時間にわたる**通行止め**が増加。
- 暴風雪による視程障害時でも安全に除雪作業が行える**除雪車運行支援技術**が必要。
- 自車位置を推定**し車線逸脱を防止する**車線走行支援**と除雪車周囲の**人や車両**を**探知**する**周囲探知技術**が必要。



吹き溜まりによる車両立ち往生の発生状況
(出展:北海道開発局HP 記者発表資料 H30.2.28)



除雪車運行支援 (イメージ)



車線走行支援 + 周囲探知技術
(車線逸脱防止)



吹雪による視程障害の発生状況

1 背景と目的

● 除雪機械技能講習会参加者の推移



※日本建設機械施工協会北海道支部資料により集計

- ・ オペレータの高齢化と担い手不足により、**熟練オペレータが減少**。
- ・ 若手オペレータへの**除雪技術の継承**が必要。
- ・ 除雪オペレータの減少に伴い、除雪作業の**さらなる省力化**が求められている。



出展: i-Snow (除雪現場の省力化による生産性・安全性の向上に関する取組 プラットフォーム)

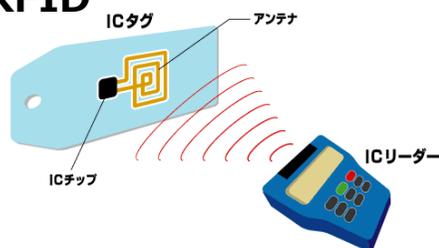
G N S Sによる衛星測位（みちびき等）
+ IMU等によるデットレコニング（自律航法）
+ 高精度地図データベース

がメイン。

衛星不感地帯には補助的な測位技術の組み合わせが必要。



RFID



LiDAR



磁気マーカシステム

■自動運転用磁気マーカシステム
Magnetic marker system for
Autonomous Driving



自車位置推定技術の種類

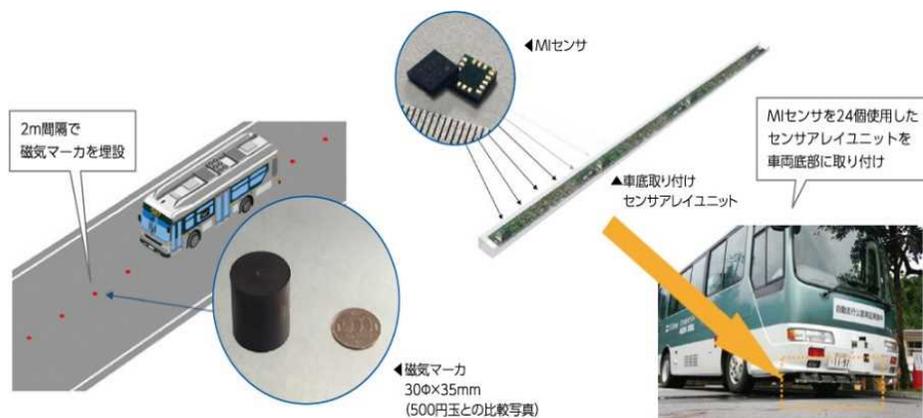
- RFID（近距離無線通信）
- LiDAR（レーザー光）
- 磁気マーカ（磁気検知）

**気象の影響を受けにくい、
磁気マーカを選択**

2 車線走行支援技術 自転車位置推定実験

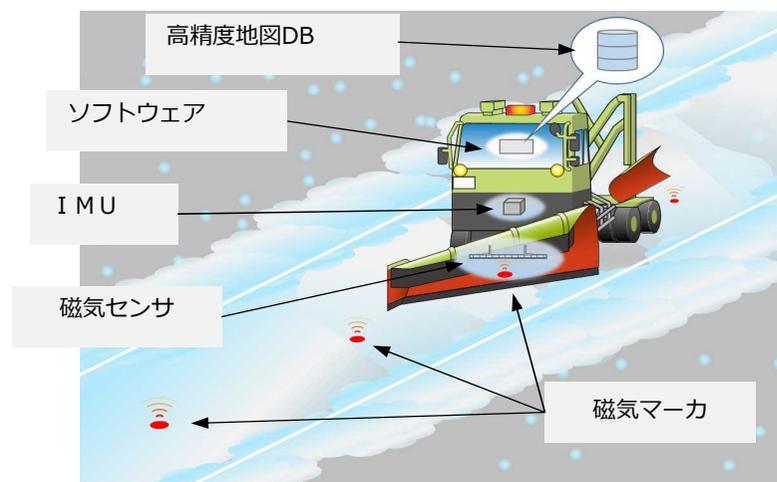
磁気マーカシステムを用いた自転車位置推定実験

- ・ 気象の影響を受けない磁気マーカを用いた自転車位置推定システムを除雪トラックに搭載し、除雪作業の有無による測位精度を検証。
- ・ 除雪作業を行いながら、路面に埋設した磁気マーカを検出し、自転車位置の測位が可能であることを確認。



▲磁気マーカシステムによる自動運転支援

出展元：愛知製鋼(株) H P



▲磁気センサを用いた自転車位置推定システム 概略図



▲磁気マーカ検出状況



▲磁気マーカ埋設状況



▲実験状況(曲線部)

運転室内からのカメラ映像



ガイダンスシステム画面 (イメージ)



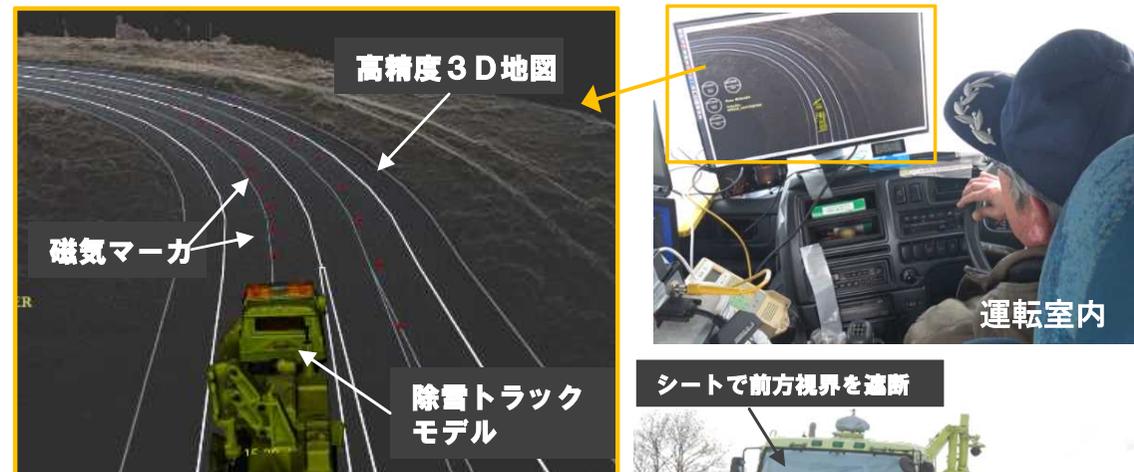
2 車線走行支援技術 車線走行支援ガイダンス

磁気センサを用いた車線走行支援ガイダンスの試作

- ・ 気象の影響を受けない磁気センサを用いた自車位置推定システムの車線走行支援ガイダンスを試作。
- ・ 試験道路において、除雪トラックの前方視界を遮断し、ガイダンス情報に従って走行する実験を実施。
- ・ 車線走行支援ガイダンスは、目標測位誤差(±50cm)以内で自車位置を表示し、オペレータが走行車線を逸脱することなく、除雪作業(路面整正)が可能であることを確認。

R2年度の実施内容

- ・ 車線走行支援(自車位置推定)のメインは、衛星測位(みちびき等)を想定しているため、衛星測位による自車位置推定の検証実験(一般国道を想定)及び課題抽出を実施。



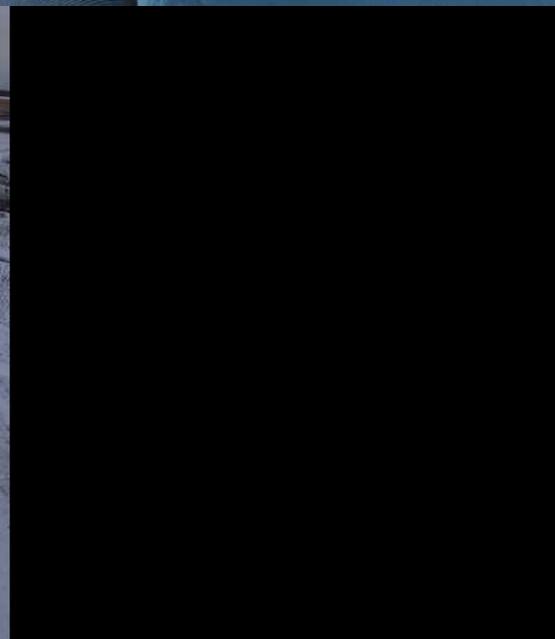
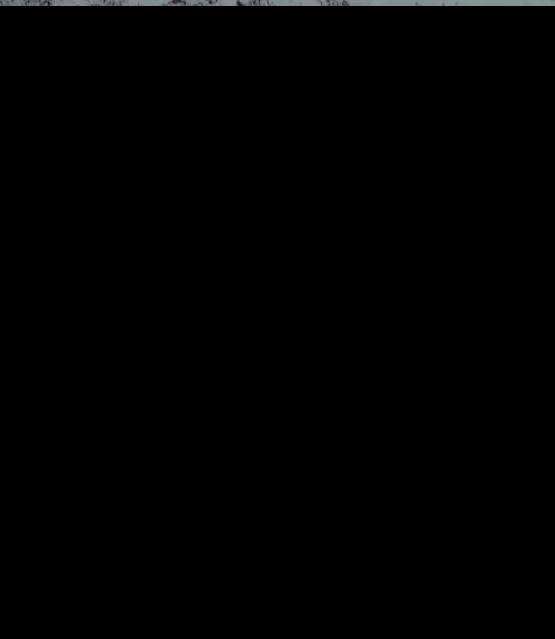
▲車線走行支援ガイダンスによる走行実験状況



運転室内の状況

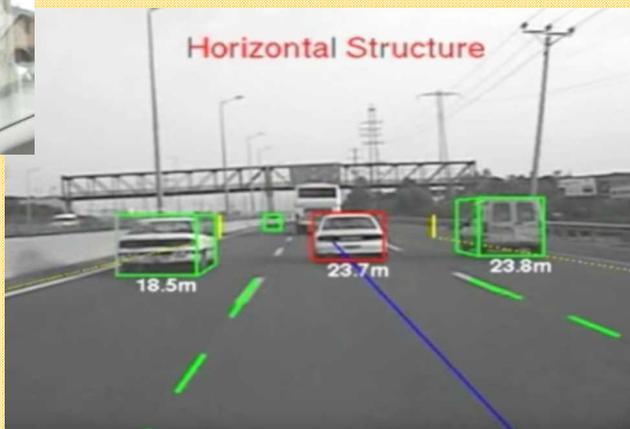
ガイダンス画面

2 車線走行支援技術 ガイダンス検証実験(積雪期)(動画)

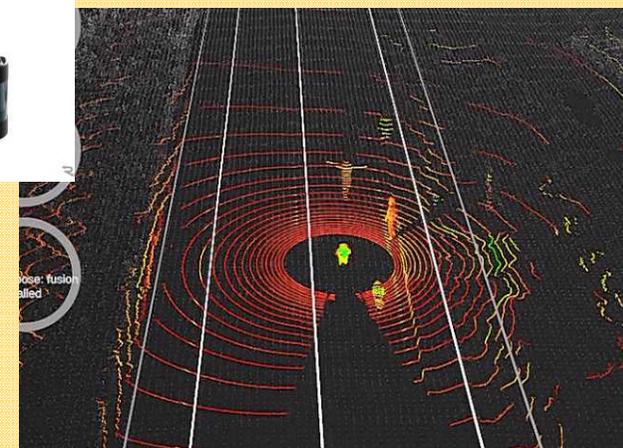




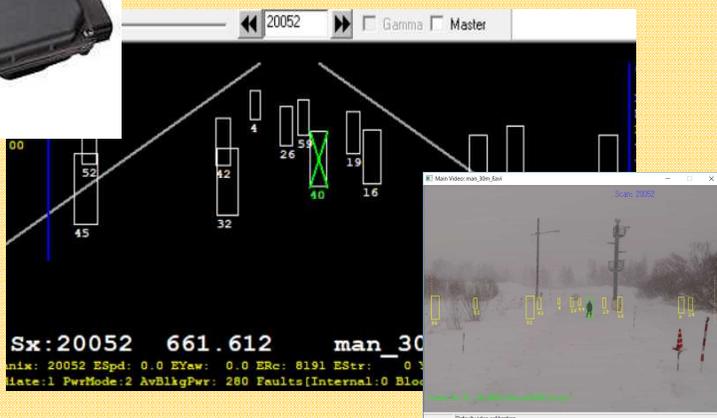
光学カメラ



LiDAR



ミリ波レーダ



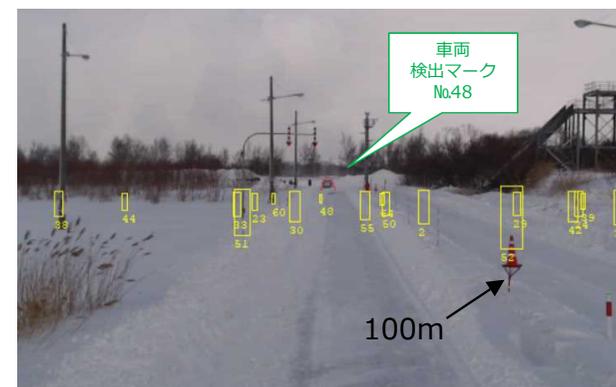
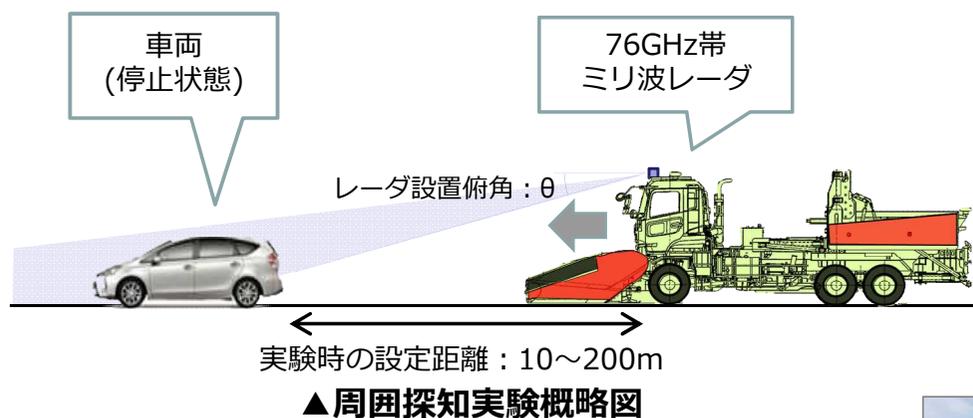
周囲探知技術の種類

- ・ 画像センサ系（光学カメラ）
- ・ レーザ系（LiDAR）
- ・ レーダ系（ミリ波）

**気象の影響を受けにくい、
ミリ波レーダを選択**

ミリ波レーダを用いた視程障害（吹雪）時の周囲探知実験

- 市販車に使用されているミリ波レーダ（76GHz）を除雪トラックに搭載し、視程障害時の除雪作業を想定した条件において、レーダの取付位置、取付角度、除雪作業による振動の影響などを検証。



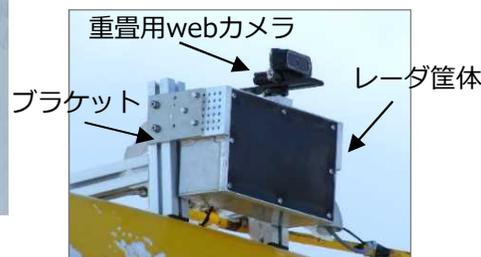
▲探知状況（晴天時）



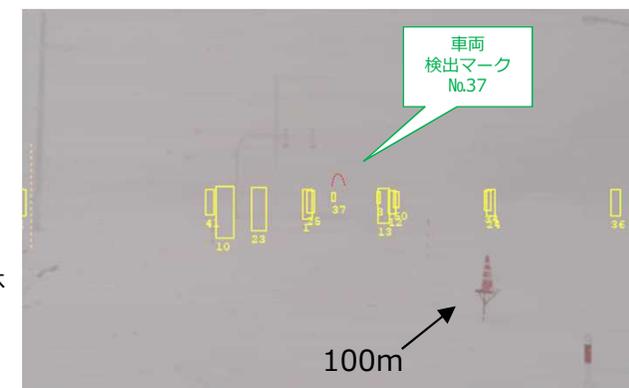
▲周囲探知実験状況（全景）



▲ミリ波レーダ設置箇所



▲ミリ波レーダ



▲探知状況（吹雪時）

3 周囲探知技術 周囲探知実験 (晴天時)





File View Settings Metadata GroundTruth Help

ESR-DV ACC_CIP123 Edges Persist Bridges TrkFmt ItsTgt Hex TSR tavi

Receive Log Trig carlog_%Date% CANTrigger Autonomous 1 2 3 4 5 Video ESR XCP

38300 Gamma Master

LAST Update: MR/LR
ESR SCAN: 38300
Vel (m/s): 0.00
Vel (kph): 0.00
Vel (mph): 0.00
Yaw (d/s): 0.00

01/21/19
ESR PV FLR
DISPLAY TRKS
ESR TRK MODE: MR-LR
vHW: 11
vCAN: 06
vHost: 101.04.15
vDSP: 09.21.05
vPLD: 196
S/N: 34.2.48

ESR PV Sx: 38300 298.743 30kph I.dv1

<ESR-SENS> Scanix: 38300 ESpd: 0.0 EYaw: 0.0 ERc: 8191 EStr: 0 YawBias: 0.000 SpdCompFactor: 1.000 RollCht: 0
Radiate: 1 PwrMode: 2 AvBlkgPwr: 280 Faults[Internal: 0 Blocked: 0 PartBlkg: 0 SdBlkg: 0 Temp: 0 CommErr: 1]
SideSlip: 0.000 AlignAngles[Auto: 0.00 Vert: 0.00 Fact: 0.00] ReqUnconverge: 0 NumSrvcAlign: 0 Temp: 34

<ESR-VEH> EScan: 0 Spd: 0.0 Yaw: 0.0 Rc: 0 Str: 0 StrRate: 0 LongAccel: 0.0000 LatAccel: 0.0000
VALID[Yaw: 0 Str: 0 LongAccel: 0 LatAccel: 0] Rev: 0 TrnSign: 0 Wipr: 0 WheelSlip: [OFF] OvrUndrSteer: 0
SteerGearRatio: 0.000 DistRearAxle: 0.0 WheelBase: 0.0 YawBiasShiftDet: 0

<ESR-CHCS> Radiate: 0 ClearFaults: 0 Sens[Flip: 0 LatMntOff: 0.00 LngMntOff: 0.00 AngMntOff: 0.00 AngMisalign: 0.00 Height: 0.0
Blockage[Disable: 0] AAlign[TimeConst: 0 Disable: 0 Converged: 0] SrvcAlign[Enable: 0 Type: 0 ReqUpdates: 0]
BlkgThreshold: [DEFAULT] UseAngleMisalign: 0 VertBeamWid: 0.0 HFOV[LR: 0 MR: 0] [NTrks: 0 Grp: 0]
OuterFunlAdj[Left: 0.0 Right: 0.0] InnerFunlAdj[Left: 0.0 Right: 0.0 RngMin: 0 RngMax: 0]
LR_only Xmit: 0 MR_only Xmit: 0 AngMntMisalignHighYaw: 0

<ESR> CIP ACC[CIPV1: 0 CIPV2: 0 CIPV3: 0] ACC[CIPS: 0] OuterFunlAdj[L: 0.0 R: 0.0]

<ESR-XCP> Offline

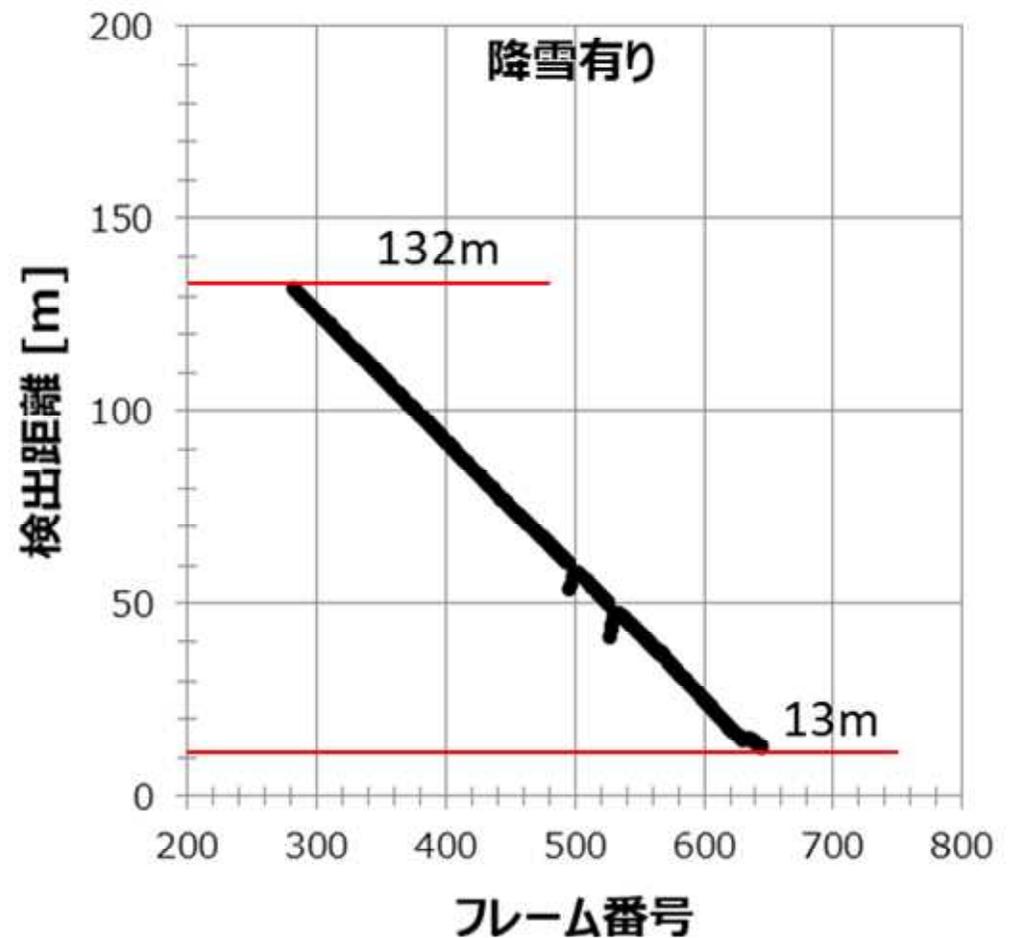
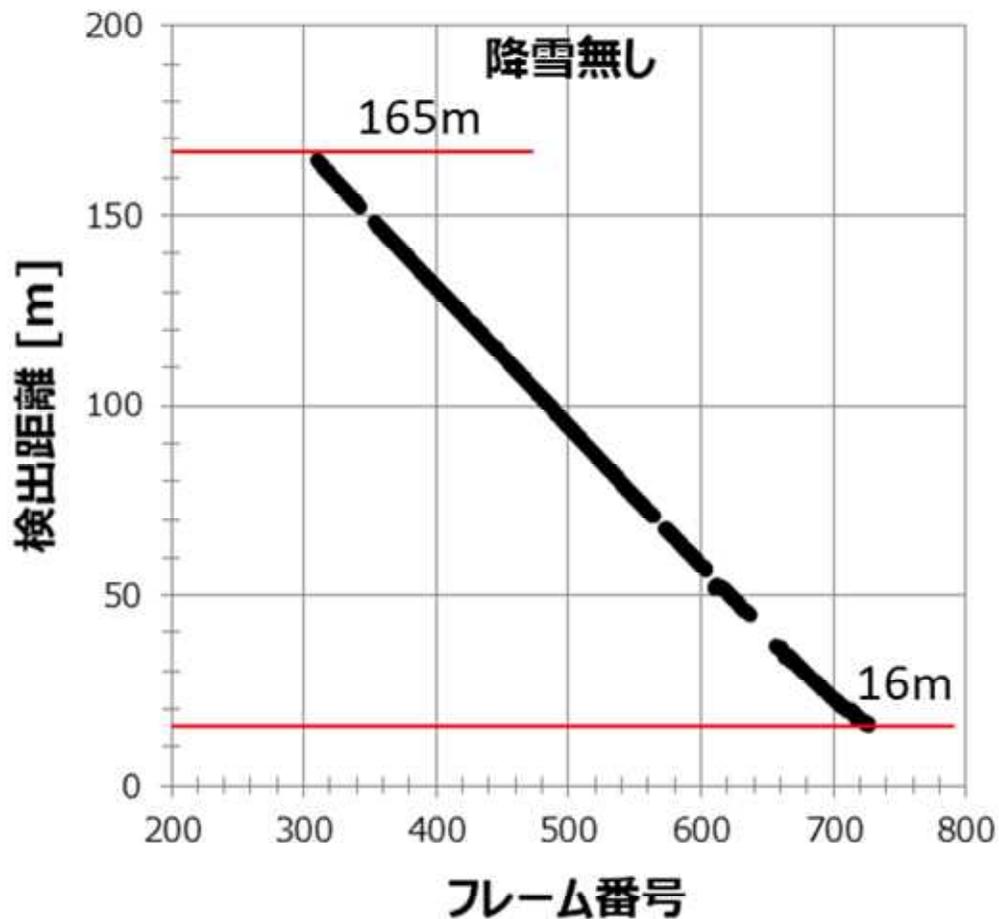
id	h	t	ml	u7	sv	Range	RRate	RAccel	XRate	Koent	XWid	Ang
33	mr	3	o	v	15.6	-3.41	-0.55	0.0	15.3	0.0	-5	
2	ml	3	o	v	36.0	-3.64	-0.40	0.0	6.7	0.0	-2	
5	mr	3	o	v	34.1	-3.45	-0.05	0.0	12.1	0.0	-7	
8	mr	3	o	v	27.9	-3.48	-0.30	0.0	3.7	0.0	-8	
10	ml	3	o	v	67.3	-3.67	-0.35	0.0	-3.9	0.0	6	
15	--	4	o	v	35.2	-3.63	-0.50	0.0	0.5	0.0	-10	
24	ml	3	o	v	42.1	-3.65	-0.45	0.0	-5.1	0.0	-7	
57	mr	3	o	v	54.5	-3.66	-0.35	0.0	2.9	0.0	-	
58	mr	3	o	v	24.2	-2.83	-0.30	0.0	14.5	0.0	-1	



24	ml	3	o	v	42.1	-3.65	-0.45	0.0	-5.1	0.0	-7
----	----	---	---	---	------	-------	-------	-----	------	-----	----

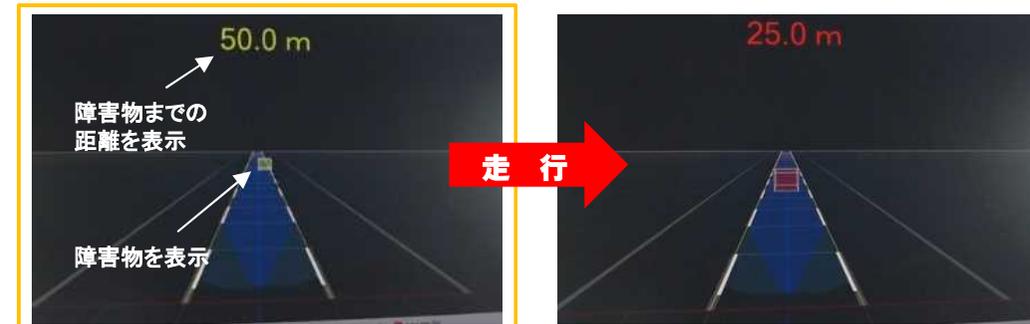
視程障害時の周囲探知実験結果

- 吹雪時（視程約50m以下）において、除雪作業中でも、100m以上手前から車両を探知可能であることを確認。



ミリ波レーダを用いた周囲探知ガイダンスの試作

- ミリ波レーダを用いた前方障害物探知ガイダンスを試作し、試験道路において除雪トラックの前方視界を遮断しながら走行し、ガイダンス情報に従って除雪車を停止させる実験を実施。
- ガイダンス情報に未探知・誤探知がなく、オペレータはガイダンス情報に従いながら、障害物の10m以上手前で安全に停止可能であることを確認。
- 実験オペレータへのヒアリングにより、本システムが視程障害時に有効であることを確認。但し画面（視覚）情報のみによるガイダンスや警告情報の範囲・閾値については十分な検証が必要。



▲障害物探知ガイダンス情報

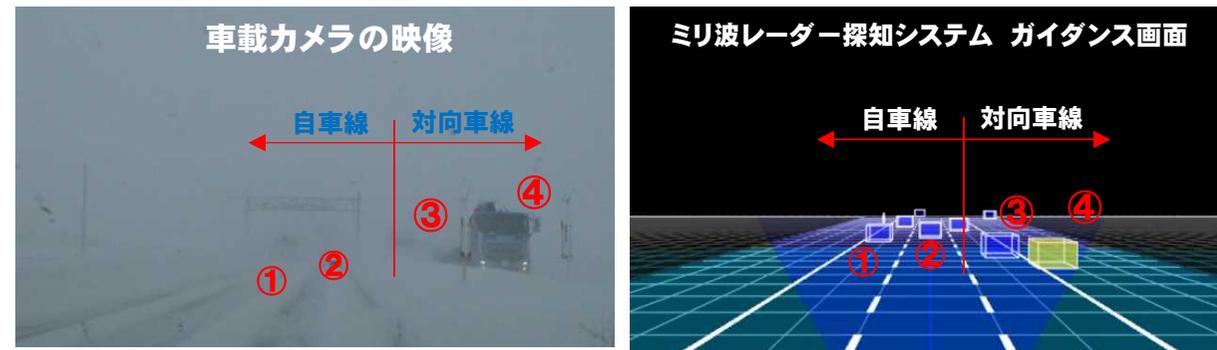
(オペレータは、障害物・距離表示が赤くなったら、除雪車を停止させる)



▲前方障害物探知ガイダンスによる停止実験状況

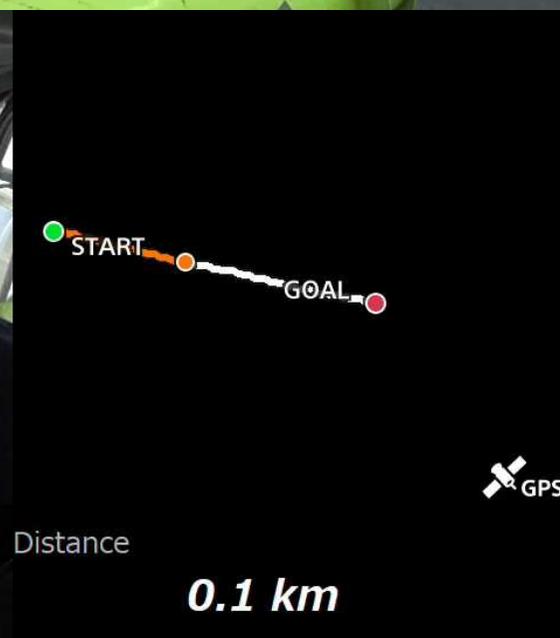
R 2年度の実施内容

- 現道実験に向けたガイダンスの改良
警告方法については、画面情報以外にも音や光（ライト）も検討。
- 一般国道の除雪機械に本システムを搭載し、実際の除雪現場にて効果の検証及び課題の抽出を実施予定。

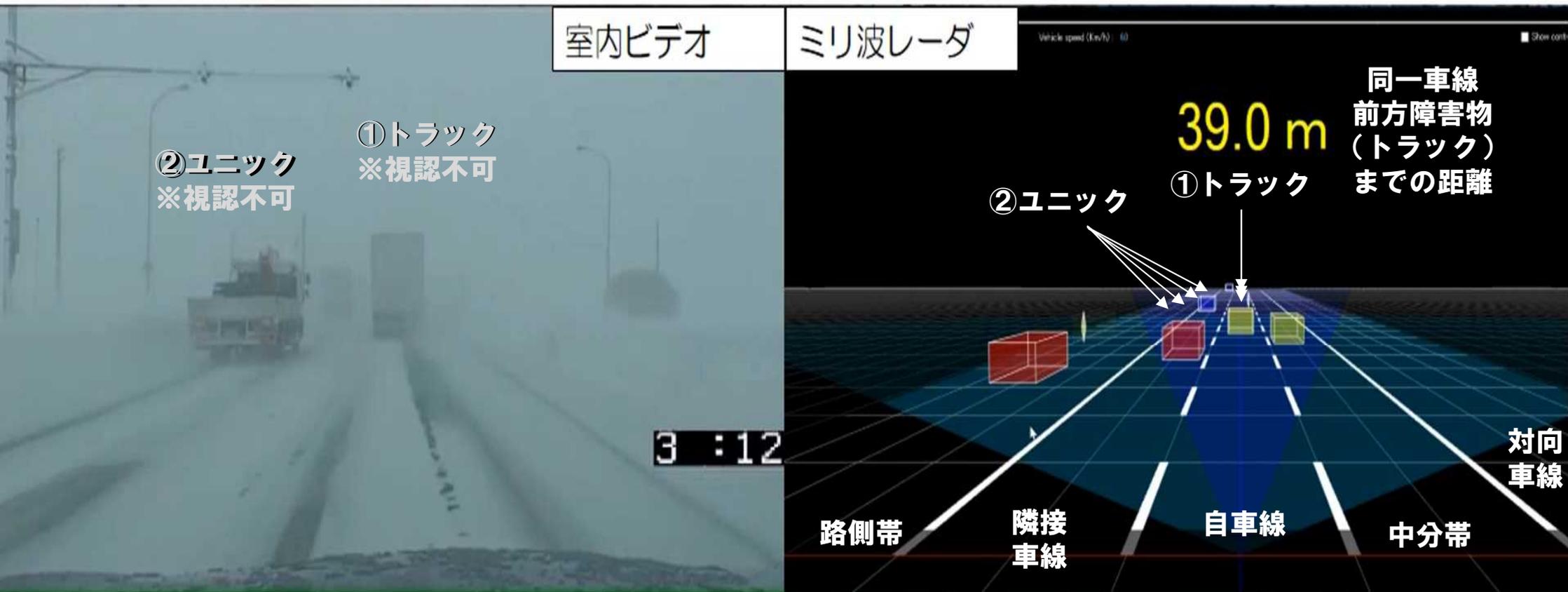


▲視程障害時における警告情報の範囲・閾値の検討イメージ

3 周囲探知技術 ガイダンス検証実験 (動画)



3 周囲探知技術 ガイダンス検証実験(吹雪時)(動画)



～除雪現場の省力化による生産性・安全性の向上に関する取組プラットフォーム～

- 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。

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

準天頂衛星

卓越した熟練技術を最新技術でフォロー

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)

(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

(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)

ブロワ投雪 (H30実証実験)



ブロワ投雪は、投雪位置が限定されない山間部の積雪地域における除雪工法。ブロワの回転速度で投雪距離を調整できる。



R02.03.11 (知床峠実験風景)

(実験内容)

- ・ 制御システムの状態把握 (運転支援とブロワ投雪自動化)
- ・ みちびきの受信状況調査
- ・ 作業装置の状態把握 (センサ情報)
- ・ 各種機器によるデータ収集
 - ☞ ドライブレコーダ
 - ☞ 車載カメラ
 - ☞ 風向風速計
 - ☞ データロガー 等

制御システム改良

シュート投雪 (R01実証実験)

(実験内容)

- ・ H30実験内容に加え、**シュート投雪自動化**を追加実験
- ・ **一般道向けに画像鮮明化技術の実験、安全対策技術検討**



シュート投雪は、投雪方向を案内する装置。投雪角度や方向を調整し、より正確に投雪位置を調整できる。



4 i-Snowの取組 吹雪時の映像鮮明化実験

【目的】画像鮮明化の鮮明度を検証。

【結果】4機種の違いは大きい。ホワイトアウト時に100m先の車両・道路付属物を視認可能。

【今後】同地区で1シーズンの長期実験を実施し、全道展開仕様を作成。

③B社



①A社



スル-映像



(1) 車線走行支援技術

- ・ 磁気マーカシステムを用いた自車位置推定システムの**車線走行支援ガイダンスを試作**し、ガイダンス情報に従って車線内を走行する実験を行った。
- ・ 車線走行支援ガイダンスは、**目標測位誤差（±50cm以内）で自車位置を表示**し、車線逸脱することなく除雪作業が可能だった。

(2) 周囲探知技術

- ・ ミリ波レーダを用いた**前方障害物探知ガイダンスを試作**し、ガイダンス情報に従って除雪車を停止させる実験を行った。
- ・ ガイダンス情報に**障害物の未探知・誤探知はなく**、オペレータはガイダンス情報に従いながら、**障害物の10m以上手前で安全に停止可能**だった。

(3) i-Snowの取組

- ・ 4月に知床峠で実験を行い、シュート制御の安定性や設定高さ検知、周辺探知技術の実証結果を行った。
- ・ 今冬は、**北海道内の主要峠にてシュート制御や前方車両検知の実験**を行う。
- ・ **鮮明化技術は仕様書を作成**し、1シーズンの長期実験で耐久性を検証する。