

実証実験結果の報告について

航空局 航空ネットワーク部 空港技術課
令和4年3月

自転車位置測定技術を用いた 運転支援ガイダンスシステムについて

【A】

アイサンテクノロジー株式会社

株式会社建設技術研究所

株式会社マップフォー

実施概要

実施期間：2月14日（月）～2月18日（金）

		2/14	2/15	2/16	2/17	2/18
天気概況※		曇時々雪	曇後時々晴	曇時々雪	曇一時雪 のち時々晴	曇時々雪
気温[°C]	平均	-4.0	-7.2	-6.2	-4.4	-4.0
	最低	-7.4	-12.6	-8.5	-6.2	-8.7
降雪[cm]		2	0	9	0	1

参照元：気象庁HP（声問アメダスの観測データ） ※稚内地方気象台の観測データ

車内表示端末設置場所



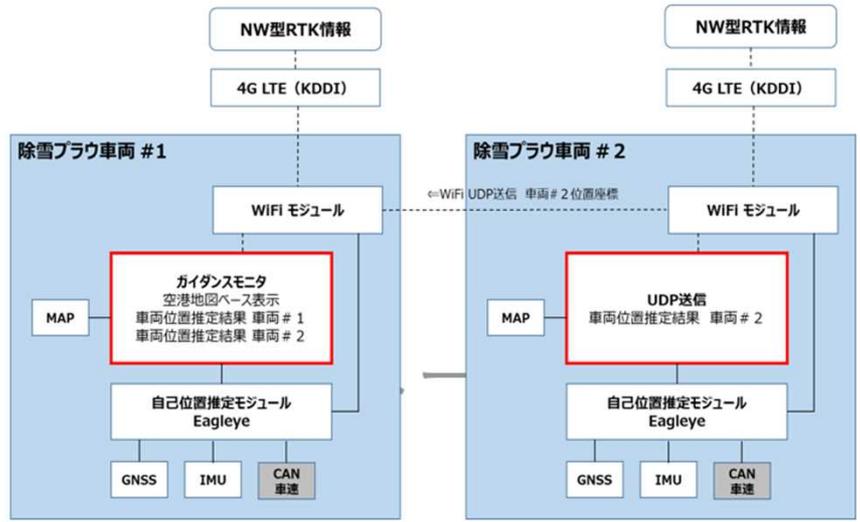
運転支援ガイダンスシステム概要

【自車位置測定技術の概要】

GNSS + IMU複合航法システム
GNSS受信機、IMU（慣性計測装置）、及び車両から得られる車速を複合し、車両の走行軌跡及び絶対座標値を算出する手法

【その他技術の提案】

同システムを搭載した他車両の位置データをwifi経由で受信し、同じ地図上に表示



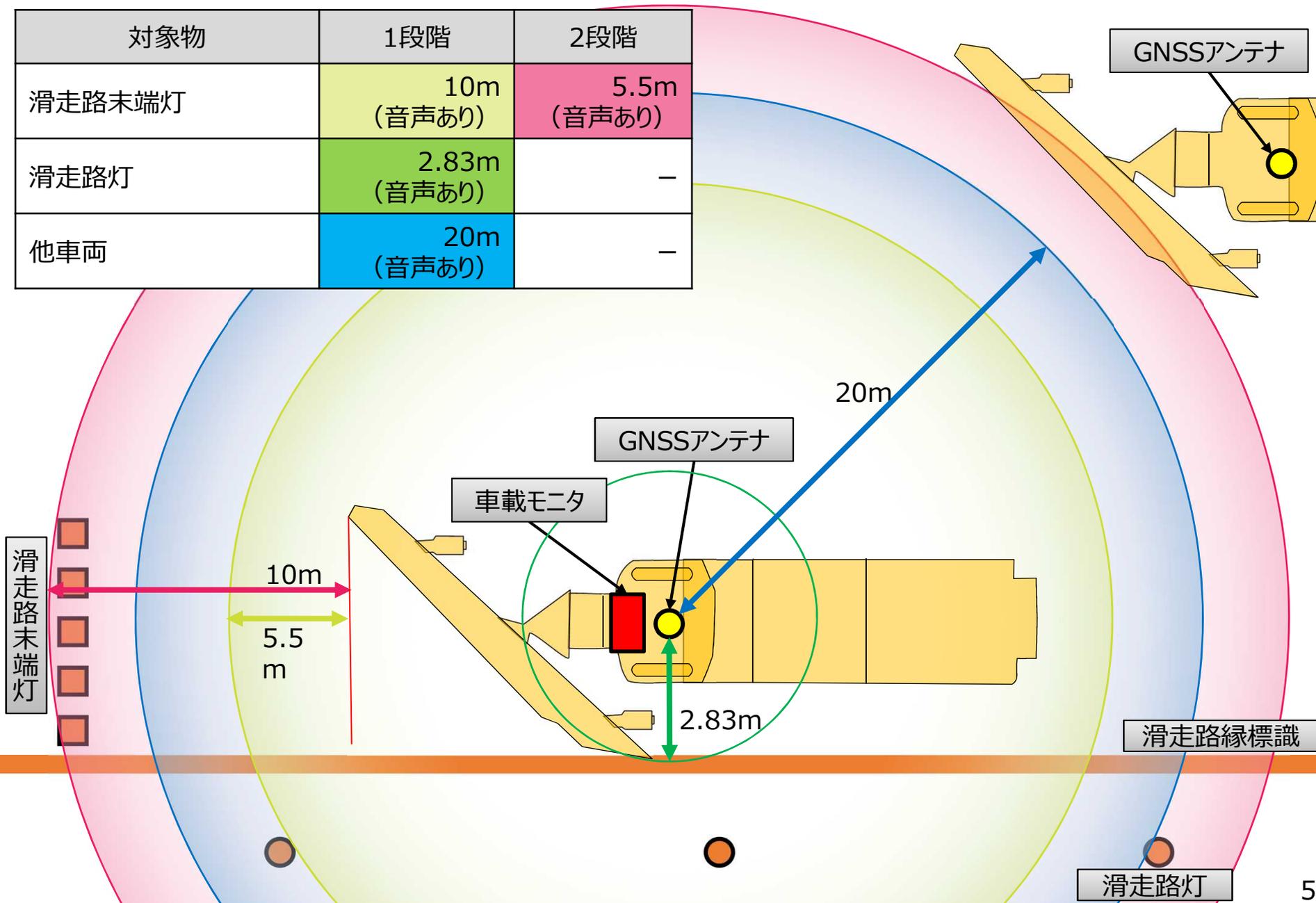
ガイダンスモニター写真



車両上部アンテナ写真

危険通知機能の設定

対象物	1段階	2段階
滑走路末端灯	10m (音声あり)	5.5m (音声あり)
滑走路灯	2.83m (音声あり)	—
他車両	20m (音声あり)	—



表示内容

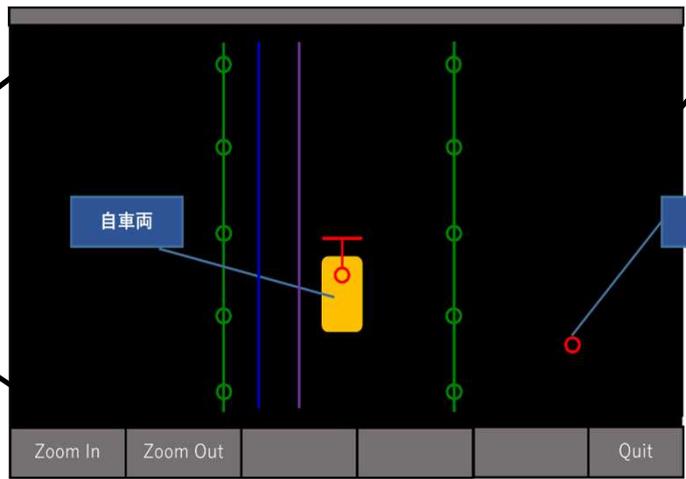
【車載モニター概要】

接近通知

- ・灰色の背景
- ・2次元表示
- ・車両を中心とする俯瞰映像

画面デザイン

- ・黒色の背景
- ・2次元表示



表示内容

- ・滑走路縁
- ・滑走路中心線
- ・滑走路灯
- ・滑走路末端灯
- ・滑走路中心線灯
- ・各種滑走路標識
- ・自車両
- ・他車両

【通知方法】

1段階目の接近通知		2段階目の接近通知	
音声	ポーン	音声	ピピピ
画面	黄色のポップアップ	画面	赤色のポップアップ
通知エリア進入時		他車両接近時のイメージ	
音声	ピピピ	音声	ピピピ
画面	赤色のポップアップ	画面	赤色のポップアップ

実験結果(運転支援ガイダンスシステム)

1. 基本性能

分類	No.	種別	メーカー	型式	搭載位置
PC	①	ガイダンスモニター	Panasonic	ToughPad	運転席
	②	計測用PC	Intel	NUC	座席背後
センサー	③	GNSS	Septentrio	Mosaic-X5	座席背後
	④	アンテナ	Septentrio	TW7972	車両上部
	⑤	IMU	多摩川精機	TAG300	座席背後

検証項目	機器仕様	検証結果	考察
耐気温性能	①-10℃～50℃ ②-20℃～40℃ ③-40℃～85℃ ④-40℃～85℃ ⑤-40℃～85℃	耐気温 : ○ 防塵防水 : ○ 耐振動 : ○	<p>(1) ロギングデータの取得状況 ①～④ : ロギングデータにデータ落ち、ノイズ等無し ⑤ : 一部ロギングデータが無い事象があったが、寒冷地環境依存ではなく、ハード初期不良が原因と推測 (調査中)</p> <p>(2) 耐気温性能 ①②③⑤ : 寒冷環境だったが、運転席であったため動作温度範囲内だったと推測。</p> <p>(3) 防塵防水性能 ②③⑤ : 専用ケース格納のため、規格以上の防水性能あり。</p>
防水性能 防じん性能	①IP65 ②無し ③無し ④IP67 ⑤IP65		
耐振動性能	①MIL-STD-810G ②無し ③MIL-STD-810G ④MIL-STD-810G ⑤無し		

実験結果(運転支援ガイダンスシステム)

2. 自転車位置測定性能 (※ 1 平均誤差は滑走路中心線とアンテナの距離であり、走行のブレを含む参考値である。)

車両番号	計測項目	測定日			結果
		2/15	2/16	2/17	
50号	Fix率	100%	—	100%	GNSSは常にRTK FIXしており、位置推定精度は目標となる50[cm]以下で位置推定が出来ていると判断できる。 ➤ 誤差最大値が0.49[m] ➤ 誤差平均値が0.15[m] ➤ 誤差標準偏差が0.08[m] ➤ 2DRMSが0.16[m]
	平均誤差 [cm] ※ 1	14	※ 2	12	
49号	Fix率	100%	100%	100%	
	平均誤差 [cm] ※ 1	11	20	16	

【考察】

(1) 測位環境が良好

GNSSの誤差要因であるマルチパスが発生しにくい環境であったためと考えられる。マルチパスは、ビル街等の遮蔽物の多い都市部環境下で発生しやすいが、駐機場区域ではそのような遮蔽物がないためGNSSの精度が劣化することなくRTK FIXで位置推定できたと判断される。

(2) 運転誤差

誤差の最大値(0.49[m])は一般的なRTK FIXに比べて誤差が大きい。直線である参照経路を計測車両が完全には追従していない(蛇行運転してしまった)ことによる影響が大きいと考えられる。

(3) GNSS/IMU複合航法

マルチパスが発生しにくい環境であるため、GNSS単体とGNSS/IMU複合での位置推定精度は概ね同精度であった。これは評価経路上では周囲にGNSS信号を妨害する遮蔽物が無く、RTK FIXしていない区間を補間するというIMUの恩恵を得られない環境であるためと考えられる。

実験結果(運転支援ガイダンスシステム)

3. 危険通知の正確性

【通知結果】

日付	評価		内容
2/15	×	エラーあり、シナリオ通りの通知なし	基準点を通過した際の距離表示がおかしい(*1)
2/16	×	エラーあり、シナリオ通りの通知なし	滑走路端灯、滑走路縁の警告タイミングがおかしい(*2)
2/17	△	音声エラーのみあり、シナリオ通りの表示はできた	滑走路縁の音声警告が出なかった(*3)
	○	他車両接近シナリオ通り、問題無く他車両を表示し、接近時には警告を確認した	他車両と自車両距離が5m範囲内に入った段階で危険通知を出す

【エラー分析】

*1 : 基準点を通過した際の距離表示がおかしい

[原因]HMIソフトウェアにて、基準点と測位位置(点)との距離からプラウ先端のオフセット分をマイナスしていたため、基準点を通過した後、危険範囲が広がっていた。

[対処]測位位置と進行方向からプラウ先端のオフセット位置の座標を算出。基準点とプラウ先端の座標とで距離を求めるよう変更した。

*2 : 滑走路端灯、滑走路縁の警告タイミングがおかしい

[原因]HMIソフトウェアにて、200Hzで位置測位するごとに接近判定を行っており、PCスペック上処理しきれず蓄積されてしまっていた。PC負荷が軽減された際に逐次処理され、検知と異なったタイミングで警告表示する結果となっていた。

[対処]位置測位と接近判定の処理を分離して非同期とし、一定周期(10Hz)で接近判定を行うよう変更した。

*3 : 滑走路縁の音声警告が出なかった

[原因]画面での警告表示は出ていたことから、検知自体はできている。連続検知時に余剰に音声再生されないようガードをかけていること、音声再生が行われる前に検知解除となり停止となってしまった可能性がある。

[対処]音声再生のタイミングの見直し

実験結果(運転支援ガイダンスシステム)

4. オペレータアンケート結果 (○ : 「そう思う」、△ : 「どちらでもない」、× : 「そう思わない」)

アンケート項目		集計結果
画面表示の視認性	モニターの大きさや明るさは適切であった	△
	灯火までの距離や通知内容は見やすかった	△
モニター更新速度	遅延なく表示されていた	×
地図表示の正確性	滑走路中心線・滑走路末端灯・滑走路灯・他車両の位置は実際の位置と一致していた	○
危険通知の正確性	接触を回避できる位置で画面に表示されていた	△
	接触を回避できる位置で音声通知されていた	△
	通知方法は不快に感じなかった	△

【×判定に関する見解】

モニター更新速度

・機器スペック上は30Hzまで画面更新周期を上げることはできますが、3Hz以上は描画処理が追い付かない事を懸念したため2.5Hzの設定にしました。今後の開発課題として、下記を対策として考えています。

- ソフト側は表示部品を減らす (地図データを分割する、等)
- ハード側は処理速度の速いPCにスペックを上げる

5. 有用性

(1) 導入可能性

- ・ プラウ車以外への適用も可能。
- ・ 地図変更により、稚内空港以外での適用も可能かつ、滑走路以外の表現も可能。

(2) 複数車両での使用

- ・ 他車両と自車両の距離に危険範囲を設けて、接近時に通知を行う設定をした。これにより移動体の危険通知も可能になり、衝突防止につながる。と考える。
- ・ 3台以上の表示は別途開発が必要だが、現状スペックで10台くらいの表示は問題なくできる見通し。

(3) 装置のガイダンスへの活用

通知機能と同じ構成で、場所によって必要な作業内容を通知することも可能。

6. 課題

自動化実現のため、車両側制御信号の送受信可能な環境構築が必要。

7. 拡張性(省力化・自動化に向けて今後検討すべき事項)

(1) 走行データを作業報告書に自動出力する機能(追加検討中)

オペレータの方に負担がかからないよう、保存先はUSB接続のSSD等にしておき、作業完了後、SSDを管理者に渡せるようにしておく。内容としては、走行経路、速度、走行開始時刻・終了時刻、実質の走行時間、アラートの回数などを記録できるようにしておき、SSDの情報が作業レポートになるイメージです。

(2) 安全面での物体検出機能の開発

降雪環境でも物体検出(人・障害物)を行うため、赤外線カメラやミリ波レーダーなどの活用。

【B】

株式会社エルムデータ

ソフトバンク株式会社

株式会社クリエイティブネクストデザイン

アドバリーシステム株式会社

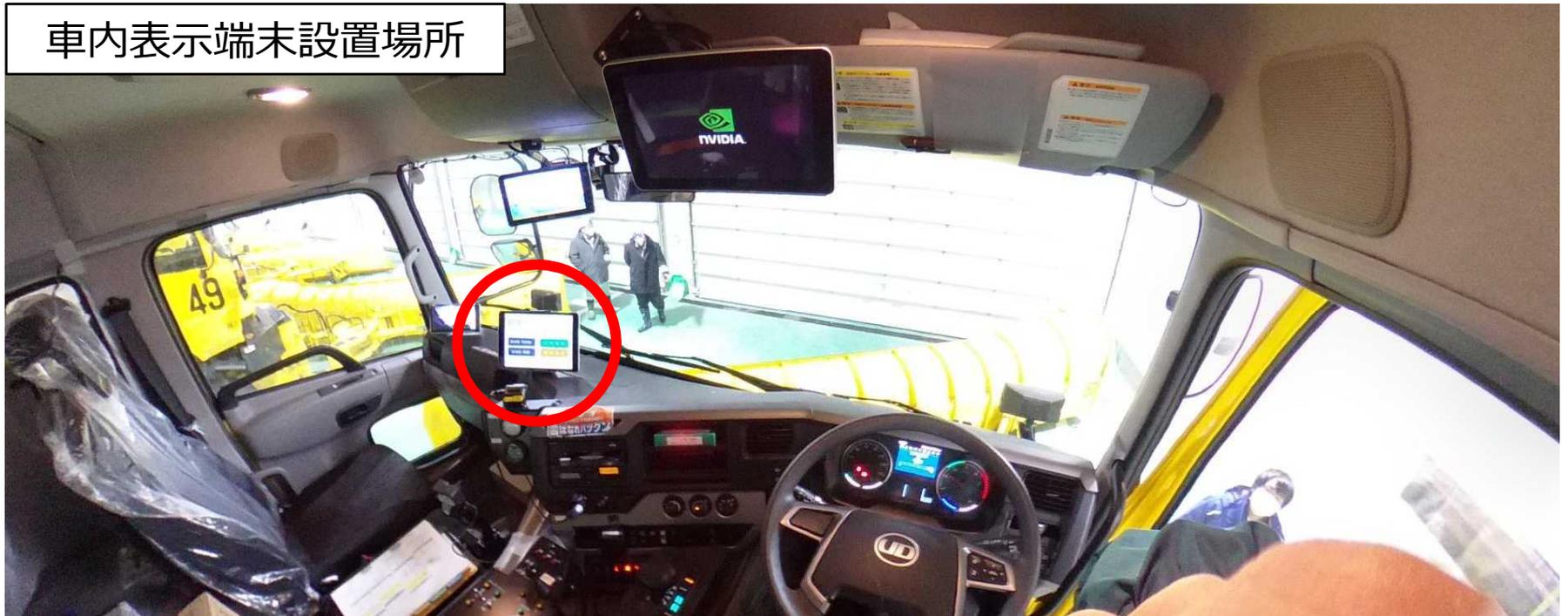
実施概要

実施期間：2月7日（月）～2月10日（木）

		2/7	2/8	2/9	2/10
天気概況※		曇時々雪 霧を伴う	曇時々雪	曇時々雪一時晴	曇一時雪 のち晴
気温[℃]	平均	-4.4	-6.2	-5.5	-8.7
	最低	-10.6	-10.4	-10.6	-14.5
降雪[cm]		5	3	0	0

参照元：気象庁HP（声問アメダスの観測データ） ※稚内地方気象台の観測データ

車内表示端末設置場所

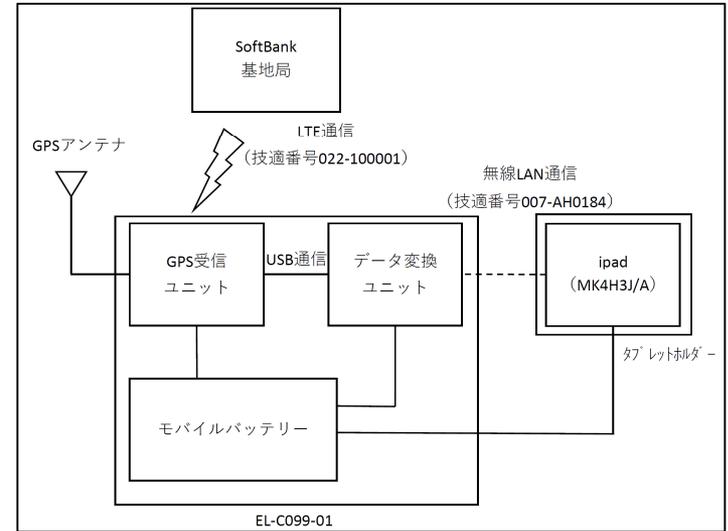


運転支援ガイダンスシステム概要

【自転車位置測定技術の概要】

ネットワーク型 RTK-GNSS

RTK-GNSSシステムを搭載した機器で衛星データより位置情報を取得



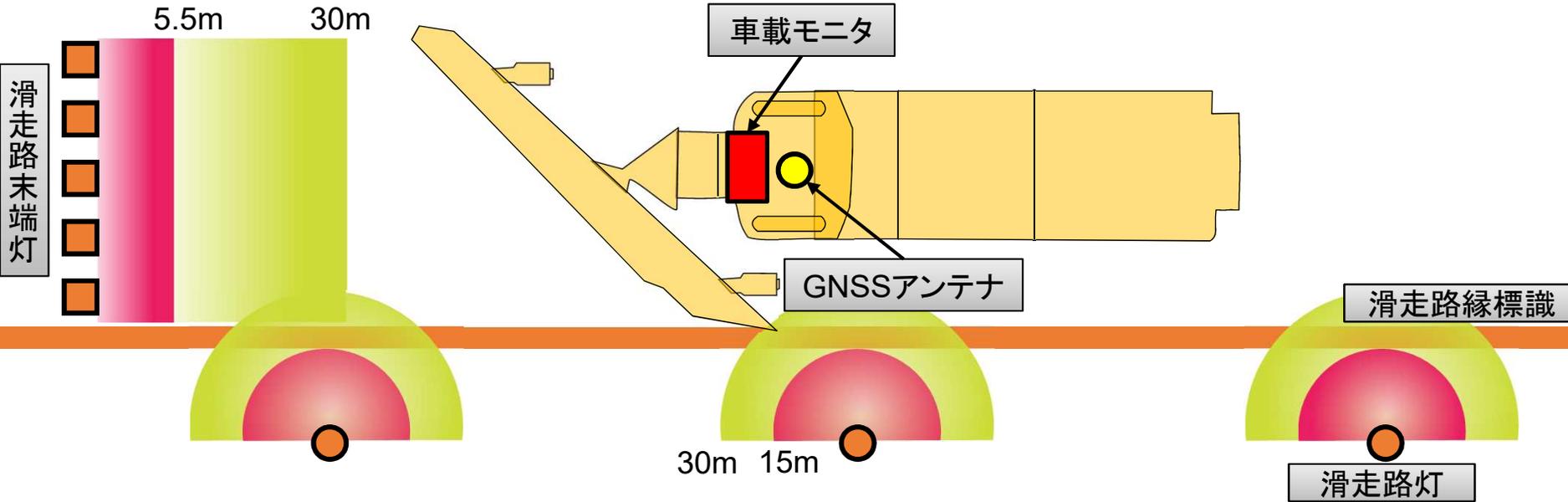
車両上部アンテナ写真



表示端末写真

危険通知機能の設定

対象物	1段階	2段階
滑走路末端灯	30m (音声なし)	5.5m (音声あり)
滑走路灯	30m (音声なし)	15m (音声あり)



表示内容

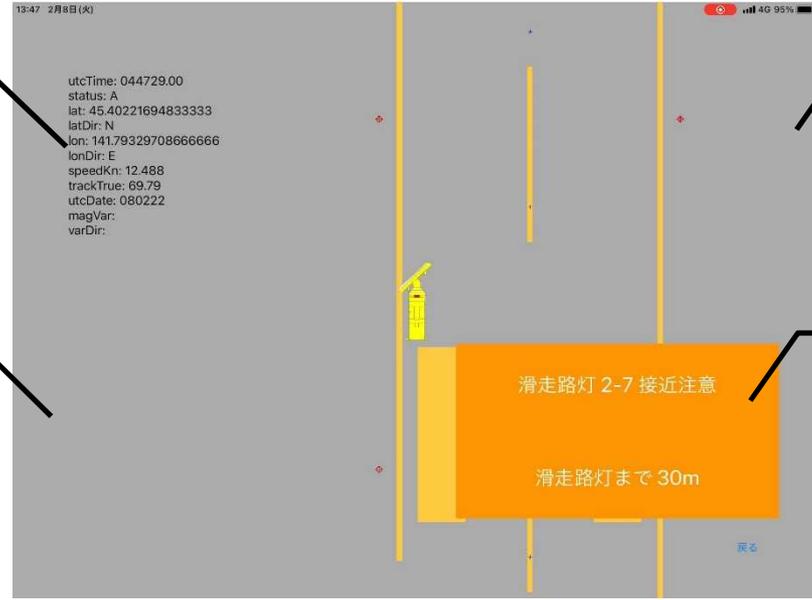
【車載モニター概要】

アンテナ情報

- ・時間
- ・緯度経度
- ・方角 etc.

表示内容

- ・滑走路縁
- ・滑走路中心線
- ・滑走路灯
- ・滑走路末端灯
- ・滑走路中心線灯
- ・各種滑走路標識



画面デザイン

- ・灰色の背景
- ・2次元表示
- ・車両を中心とする俯瞰映像

接近通知

- ・黄色の背景（1段階目）
- ・赤色の背景（2段階目）
- ・表示内容：灯火の名称
灯火までの距離

【通知方法】

1段階目の接近通知		2段階目の接近通知	
音声	なし	音声	あり
画面	黄色のポップアップ	画面	赤色のポップアップ

実験結果(運転支援ガイダンスシステム)

1. 基本性能

【機器】

①Multiband Active Antenna、②車載端末、③表示端末

検証項目	機器仕様	検証結果	考察
耐気温性能	①：-40～85℃ ②：-20～50℃	実証実験時は問題なく稼働することを確認。 また、社内の恒温槽でも-20～50℃環境で試験を行ったが停止する等の問題はないことを確認	温度性能に関しては問題なし
防水性能	①：IPx7 ②：IPx5	実証実験時は問題なく稼働することを確認。	車外設置となるアンテナ部は必要な性能と考えるが、車載端末側は車内設置のため防水性の必要はないと考えられる。
防じん性能	①：IP6x ②：IP6x	実証実験時は問題なく稼働することを確認。	車外設置となるアンテナ部は必要な性能と考える。また車載端末側においても砂埃等の侵入を考慮すると必要と考えられる。
耐振動性能	②：JIS D1601 3種C種相当	実証実験時は問題なく稼働することを確認。	今回のプラウ車は振動が少なかったがロータリー除雪車等には必要と考えられる。

2. 自車位置測定性能 (※平均誤差は滑走路中心線とアンテナの距離であり、走行のブレを含む参考値である。)

車両番号	計測項目	測定日				考察
		2/7	2/8	2/9	2/10	
50号	Fix率	100%	87.5%	100%	100%	<ul style="list-style-type: none"> ・2/8の受信状況を確認したところFloatになっていた時にはLTE通信の電波強度が東側のみ低くなっていた。考察として端末の設置位置、受信装置の収納方法に要因があったと考えられるため、設置場所の検討については今後の課題となる。 (ただしFloat状態でも高精度な位置は算出できていた。) ・プラウの中心を中心線に沿って運転して頂いていたが運転席から若干右側走行になっていたため右側に30cm程度のズレが見えた。ただし精度による大きなブレはなく見えた (補正による左右のブレ等)
	平均誤差 [cm] ※	37cm	33cm	19cm	37cm	

実験結果(運転支援ガイダンスシステム)

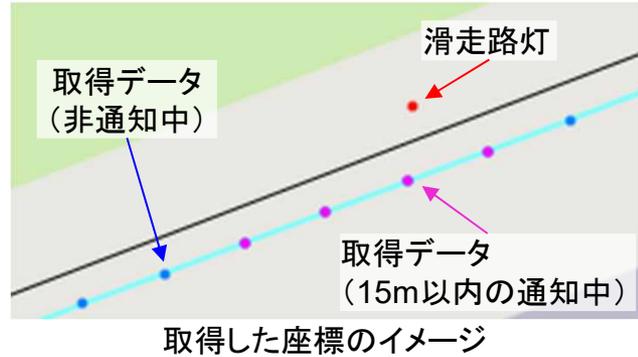
3. 危険通知の正確性

【結果】

- ログデータから、滑走路灯に720回（10回走行）接近し、720回全て危険通知が動作したことを確認した
- 想定より危険通知の表示が遅い場合があった

【課題】

- 座標の取得間隔が1秒ごとであるため、時速20kmで走行していたとしても一秒で約5.5m進んでしまう
- 末端灯への接近通知（5.5m）は低速で接近しなければ、停止しきれず超過する危険性がある



4. オペレータアンケート結果 (○ : 「そう思う」、△ : 「どちらでもない」、× : 「そう思わない」)

アンケート項目		集計結果
画面表示の視認性	モニターの大きさや明るさは適切であった	○
	灯火までの距離や通知内容は見やすかった	△
モニター更新速度	遅延なく表示されていた	×
地図表示の正確性	滑走路中心線・滑走路末端灯・滑走路灯・他車両の位置は実際の位置と一致していた	○
危険通知の正確性	接触を回避できる位置で画面に表示されていた	○
	接触を回避できる位置で音声通知されていた	△
	通知方法は不快に感じなかった	△

5. 有用性

(1) 目に見えない検知物の通知

降雪時に埋め込みタイプの照明灯はどこにあるかわかりづらく、ガイダンスシステム上で通知することにより事前に速度を落として作業を行えるため有用と考えられる。

(2) 設置性の容易さ

タブレット端末と車載端末間が無線通信のため、配線等の手間が省力できる。

6. 課題

(1) ガイダンスシステムの画面更新速度の遅延

低速走行(20km/h)でも毎秒5.5m程度進むため画面の更新が遅く感じられた。GPSの測位間隔をより早く(1Hzから5Hz等)して画面の更新も早くするのが有用である。

(2) 位置検知の遅延

測位間隔が1秒周期のため測位が遅れ、検知エリアに入っても通知が遅れていた。

(3) 単一画面による自車位置の確認のしにくさ

今回のシステムは単一画面の固定縮尺だったため、操作の必要性は減らせたが全体の把握または詳細時の動きが確認しづらい結果となった。方位の表示や広域図と拡大図を表示した2画面制または、対象検知物が近づいた際のみ拡大表示するなどの工夫が必要である。

7. 拡張性(省力化・自動化に向けて今後検討すべき事項)

(1) タブレット端末によるアプリケーションを生かした展開

タブレット端末を用いたシステムのため、アプリケーション内に日報作成機能を持たせることにより作業終了後の省力化につながる。

(2) 複数車両で除雪時の近接制御

今回は1台での実験となったが、プラウ車は複数による除雪となることがあるため互いの位置の検知および走行指示等が必要と考えられる。

(3) 除雪車両メーカーとの連携

操作等の自動化をおこなうためには欠かせない車両メーカーおよび除雪機器メーカーとの連携をおこない、どのように自動化を進めていくか検討が必要である。

【C】

パナソニックシステムソリューションズジャパン

株式会社

株式会社三英技研

株式会社NTTドコモ北海道支社

実施概要

実施期間：1月31日（月）～2月4日（金）

		1/31	2/1	2/2	2/3	2/4
天気概況※		曇一時晴 のち一時雪	曇時々晴 のち雪	曇一時晴 のち雪	雪時々曇	曇一時晴 のち一時雪
気温 [°C]	平均	-8.8	-4.3	-3.8	-6.1	-4.9
	最低	-20.9	-5.0	-5.3	-11.8	-5.7
降雪 [cm]		6	1	3	4	0

参照元：気象庁HP（声問アメダスの観測データ） ※稚内地方気象台の観測データ

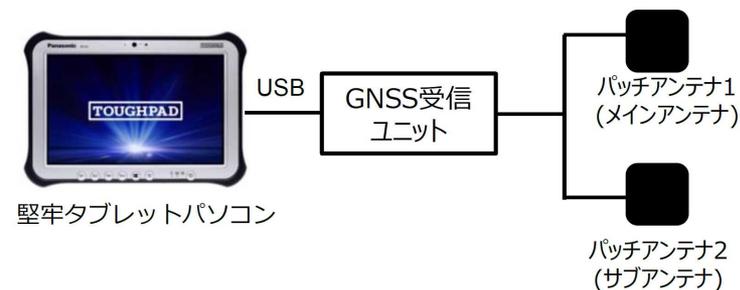
車内表示端末設置場所



【自車位置測定技術の概要】

ネットワーク型 1周波RTK-GNSS

- 準天頂衛星「みちびき」を含むGNSS航法衛星から送信される信号のうちL1周波数帯（1575.42MHz）で送信される衛星信号情報のみを利用したネットワーク型RTK測位方式
- 2つのアンテナで受信した衛星信号を利用し、停止時でも車両の前方方位を高精度に算出可能



車両上部GNSSアンテナ写真



タブレット写真

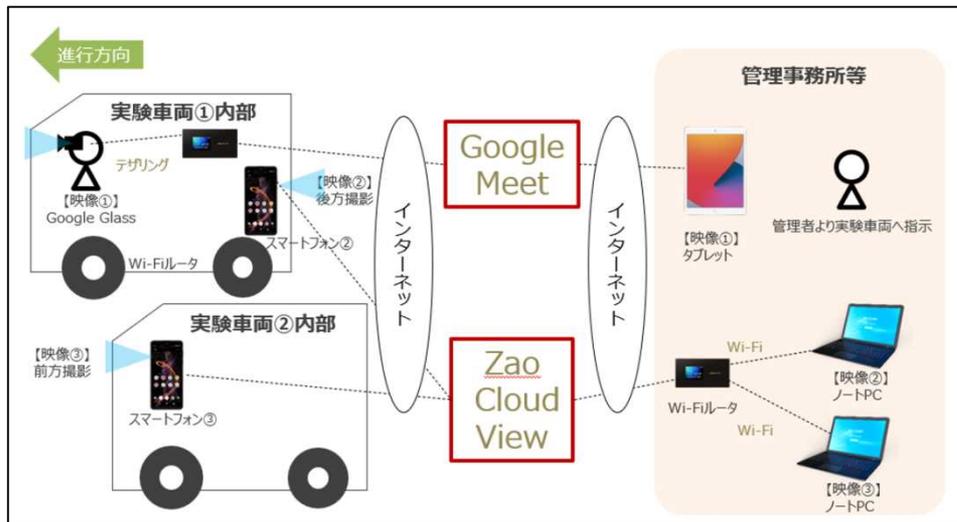
【提案内容】

【提案事項①】

- ・ ガイダンスシステムを隊列走行する2台の除雪車に搭載し、LTE（4G）のデータ通信回線経由でお互いの現在地を送受信することで、自車位置と滑走路上の地物に加え、もう一方の除雪車の位置も画面上に同時に表示

【提案事項②】

- ・ 車両に取り付けたカメラの映像を、LTE通信を用い、管理事務所等にリアルタイム伝送
- ・ 運転者はスマートグラスを装着し、管理事務所等から「運転者の視界映像確認」及び「運転者との遠隔コミュニケーション」を実施



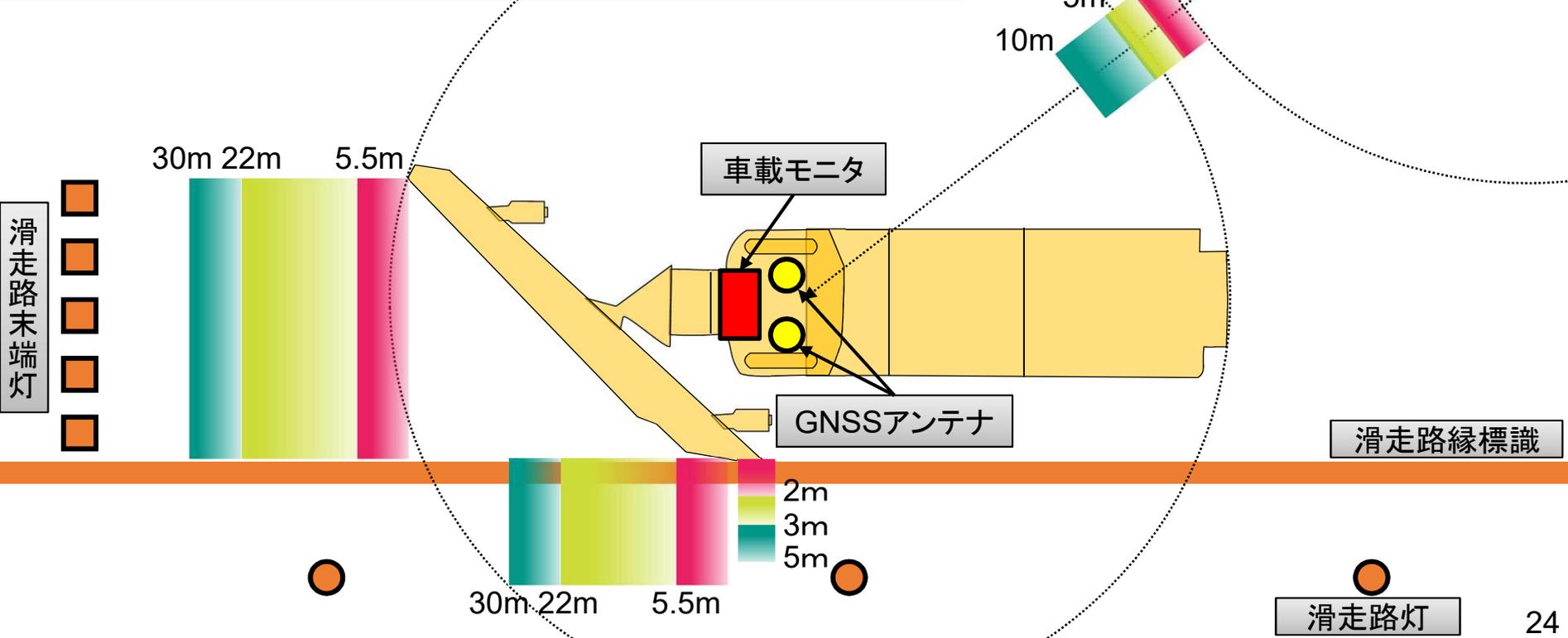
提案②の機器構成



提案②の機器設置状況

危険通知機能の設定

対象物	1段階	2段階	3段階
滑走路末端灯	30m (音声あり)	22m (音声あり)	5.5m (音声あり)
滑走路灯 (車両前方)	30m (音声なし)	22m (音声なし)	5.5m (音声あり)
滑走路灯 (車両側方)	5m (音声なし)	3m (音声なし)	2m (音声あり)
他車両	10m (音声なし)	5m (音声なし)	3m (音声あり)



表示内容

【車載モニター概要】

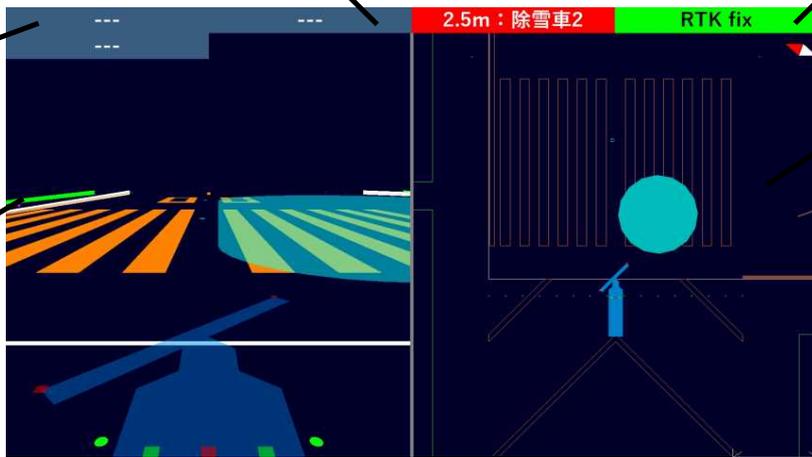
接近通知（距離）

- ・滑走路末端灯
- ・滑走路灯（前方）
- ・滑走路灯（側方）

画面デザイン

- ・3次元表示（左画面）
- ・2次元表示（右画面）
- ・背景色：黒色（通常、1段階目）
黄色（2段階目）
赤色（3段階目）

他車両との接近警報



測位情報

- ・RTK fix
- ・RTK float

表示内容

- ・滑走路縁
- ・滑走路中心線
- ・滑走路灯
- ・滑走路末端灯
- ・滑走路中心線灯
- ・各種滑走路標識
- ・他車両（円形）

【通知方法】

1段階目の接近通知		2段階目の接近通知	
音声	末端灯：低音で長間隔 滑走路灯・他車：なし	音声	末端灯：高音で中間隔 滑走路灯・他車：なし
画面	テキスト背景色：緑 画面背景：緑	画面	テキスト背景色：黄 画面背景：黄
3段階目の接近通知		他車両接近時のイメージ	
音声	全て：高音で短間隔	音声	高音で短間隔 （3mから警告音）
画面	テキスト背景色：赤 画面背景：赤	画面	テキスト背景色：赤

1. パナソニックシステムソリューションズジャパン(株)

1. 基本性能

検証項目	機器仕様	検証結果	考察
耐気温性能	<ul style="list-style-type: none"> ・タブレット、GNSS受信ユニット 0°C~50°C ・GNSSアンテナ -40°C~85°C 	実験期間中に動作に支障なし	<p>期間中の動作に支障ないことが確認できたため、大きく問題ないと言える。</p> <p>耐振動性能は懸念していたが、こちら問題は見られなかった。</p>
防水/防塵性能/	<ul style="list-style-type: none"> ・タブレット、GNSSアンテナ IP65 ・GNSS受信ユニット 試作機のため規定なし (設計としてはIP54相当) 	実験期間中に動作に支障なく、終了後も故障なきことを確認	
耐振動性能	<ul style="list-style-type: none"> ・試作機のため規定なし 		

2. 自転車位置測定性能

車両番号	計測項目	測定日				考察
		1/31	2/1	2/2	2/3	
49号	Fix率	100%	100%	100%	100%	<p>*1)直進走行の始点と終点を結ぶ線分からの距離の統計を取ったものである。車両の運転のブレが支配的であるため、誤差ではなく走行ブレ量として見るのが正しい。</p> <p>なお静止時のデータならば精度を正確に求めることができ、2/2 11:00-13:00の静止状態での実測データより算出すると精度は2.3cm(2DRMS)であった。</p> <p>※2DRMSとは統計的に95%の確率でこの誤差範囲内に収まることを表す。</p>
	平均誤差(cm)	12.0cm *1)	28.2cm *1)	31.3cm *1)	20.9cm *1)	
50号	Fix率	100%	100%	97.4%	99.6%	
	平均誤差(cm)	29.0cm *1)	23.5cm *1)	12.6cm *1)	21.6cm *1)	

実験結果(運転支援ガイダンスシステム)

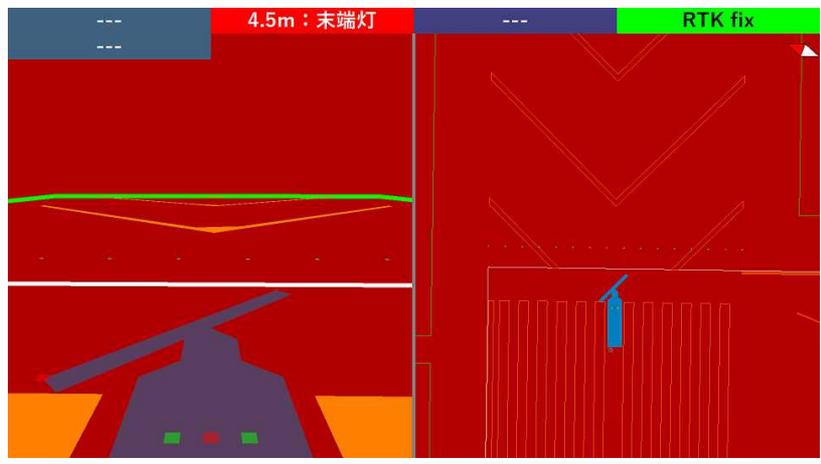
3. 危険通知の正確性

VRソフトによる走行ナビゲーション、および 各種警報機能の仕様どおりの動作を確認

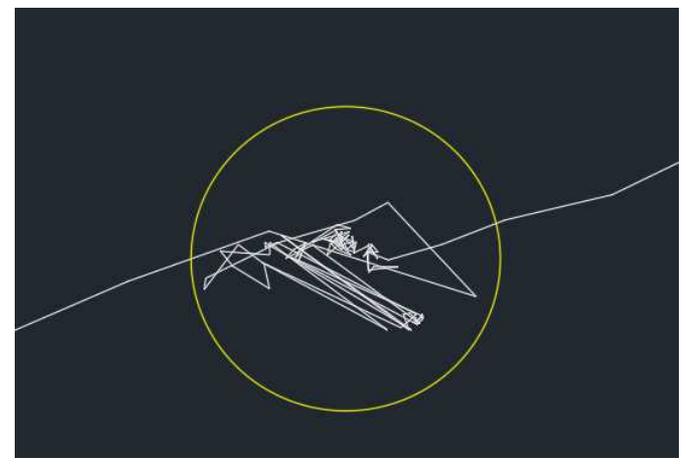
(1) 灯火近接警報

滑走路末端灯における車両停止位置の先端から滑走路末端灯までの距離とガイダンスの警告表示距離

車両番号	計測項目	測定日								考察
		1/31		2/1		2/2		2/3		
49号	停止位置	4.84m	4.74m	4.91m	4.72m	4.50m	4.49m	4.72m	4.66m	走行logから全ての走行で接近距離を正しく表示するとともに、警告表示・警告音も出力されていることが確認できた
	警告表示	4.5m	4.5m	4.5m	4.5m	4.5m	4.0m	4.5m	4.5m	
50号	停止位置	4.56m	3.23m	3.26m	3.69m	5.14m	4.55m	4.96m	5.09m	
	警告表示	4.5m	3.0m	3.0m	3.5m	5.0m	4.5m	4.5m	5.0m	
備考：警告表示は0.5m単位で表示（「4.5m」の表示は「4.5mから5.0m」までの範囲を示す）										



図：停止した状態(タブレット画面)



図：logから停止位置の確認(黄色円は直径5cm)

実験結果(運転支援ガイダンスシステム)

(2)滑走路逸脱警報

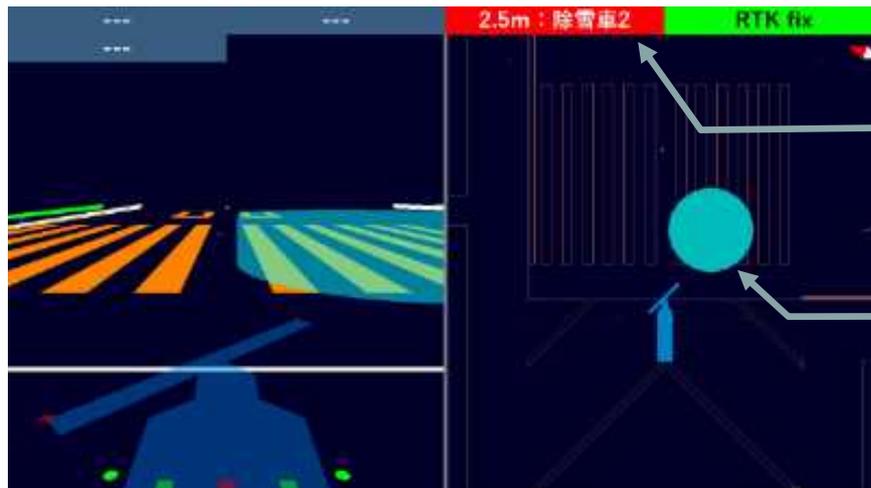
滑走路の逸脱について2回実施し、それぞれ適切なタイミングで警告表示と警告音が出力された

このまま26.5m直進すれば
滑走路灯の横0.5mの位置を通過する



(3)除雪車間近接警報

滑走路の走行中をはじめ、誘導路への移動や制限区域の出入り等において、お互いの車両位置が確認できるとともに、接近時は適切なタイミングでの警告表示及び警告音が出力された



他車両との距離は2.5m

アンテナから車両最長部までの長さが約7mのため、
アンテナを中心に半径7mの円で表示

実験結果(運転支援ガイダンスシステム)

4. オペレータアンケート結果 (○ : 「そう思う」、△ : 「どちらでもない」、× : 「そう思わない」)

アンケート項目		集計結果
画面表示の視認性	モニターの大きさや明るさは適切であった	○
	灯火までの距離や通知内容は見やすかった	○
表示の更新速度	遅延なく表示されていた	○
地図表示の正確性	滑走路中心線・滑走路末端灯・滑走路灯・他車両の位置は実際の位置と一致していた	○
危険通知の正確性	接触を回避できる位置で画面に表示されていた	○
	接触を回避できる位置で音声通知されていた	○
	通知方法は不快に感じなかった	○

5. 有用性

- モニターの表示内容、警報通知に関しては正確性と含めオペレータに伝達できており、実運用へ活用できると考察致します。
- モニター設置位置は検討を重ねる必要があり、実運用時はケーブルの取り回しも含めて最適化し、提案をしたい。

6. 課題

- 実運用時の設置時、除雪車メーカーと協力の必要があります(ボルトでの固定など)。
- 地図データ(元データ)と実際の灯火等の設置場所の差異があり、正確なデータ収集が必要です。

7. 拡張性(省力化・自動化に向けて今後検討すべき事項)

(1) 3台以上のガイダンス

- 複数台(3台以上)の場合は情報集約の必要があります。

(2) 自動化への展開

- 測位データと車両駆動系を連動させれば自動化へ展開可能と考えます。
- ただし、万一の人/障害物への衝突を避けるため、センサ(ミリ波レーダやカメラ)による衝突防止機構は別途に設けるのが望ましいと考えられます。

※除雪車メーカー側の命題の可能性も高く、協力が不可欠。製造責任などの課題も有。

また精密解が得られなかった場合「走行し続けることが望ましい」のであれば、加速度/角速度センサを用いた測位補完の機能開発が必要と考えます。

実験結果(映像伝送)

項目	詳細
提案の特徴	<ul style="list-style-type: none">◆LTE通信を用いて複数の端末から映像伝送の検証を行い、状況に応じた機材組み合わせ・調整等の構成最適化と、今後の利用シーンに応じた機材選定・運用のアドバイスを実施。◆遠隔コミュニケーションツールの検討。
本提案のゴール	<ul style="list-style-type: none">◆LTE通信による映像伝送ソリューションが、空港除雪機の作業に有益な技術、サービスとなり得るかの検証の実施。◆遠隔コミュニケーションツールによる作業指示の可能性の検証。

●映像伝送

実験を通してスムーズに映像伝送が実施できていることを確認した。
一部でピントがずれる事象が発生したが、スマートフォンの位置を調整し改善。
必要最低限の機材のみで高画質な映像をリアルタイム伝送できる事を確認した。

●スマートグラス

運転者の邪魔にならず視界映像を伝送できることを確認した。
また、実験中に運転者とコミュニケーションを行ったが、
運転中の雑音等に邪魔されずに指示伝達できることを確認した。

●有用性について

モバイル回線を活用したリアルタイム映像伝送については遠隔からの安全監視に有用であり、将来的なAI等による映像の分析への活用も期待できる。
また、取得した映像の人材育成への活用にも期待できる。



実験結果(映像伝送)

【参考資料】



先頭車両に取り付けた後方確認映像のキャプチャ画像



スマートグラスを装着した運転者



後方車両に取り付けた前方確認映像のキャプチャ画像



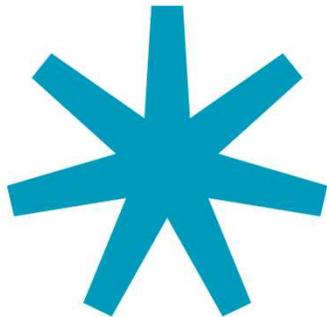
スマートグラスで撮影した映像のキャプチャ画像

モニターシステムについて

北海道エアポート株式会社

稚内空港 除雪省人化・自動化実証実験
モニターシステム実証実験について

R4.3.22



**Hokkaido
Airports**

実施概要

- ・実施期間 : 2022年 1月15日 ~ 3月下旬(予定)
※2022年1月31日~2月18日は航空局の実証実験につき、除雪作業対応車両からは除外。
- ・実施内容 : モニターシステムの実証
 - ①車両後方及び左側(助手席側)側面を確認できる「カメラ・モニター機能」の実証
【協力会社:株式会社協和機械製作所】
 - ②視界不良時でも除雪作業を可能にする「映像鮮明化AIシステム機能」の実証
【協力会社:株式会社岩崎】
- ・実施方法 : ・オペレーターによる除雪作業時のモニターチェック及びヒアリング
・各モニターシステムの機能確認

【実証実験中の除雪車両】



①カメラ・モニター機能の実証

機器取付状況



左側後方モニター

後方モニター



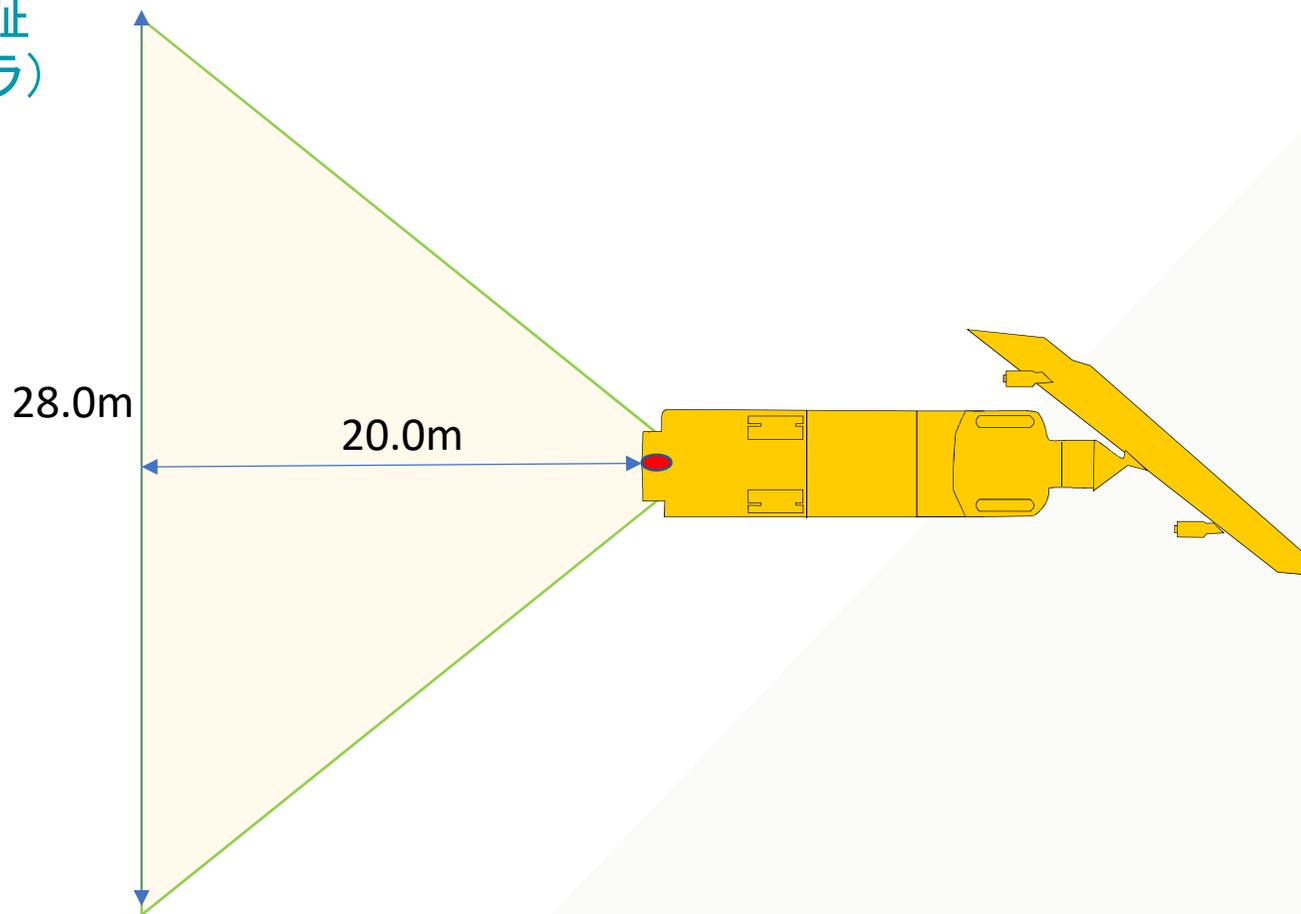
左側後方向カメラ



後方向カメラ

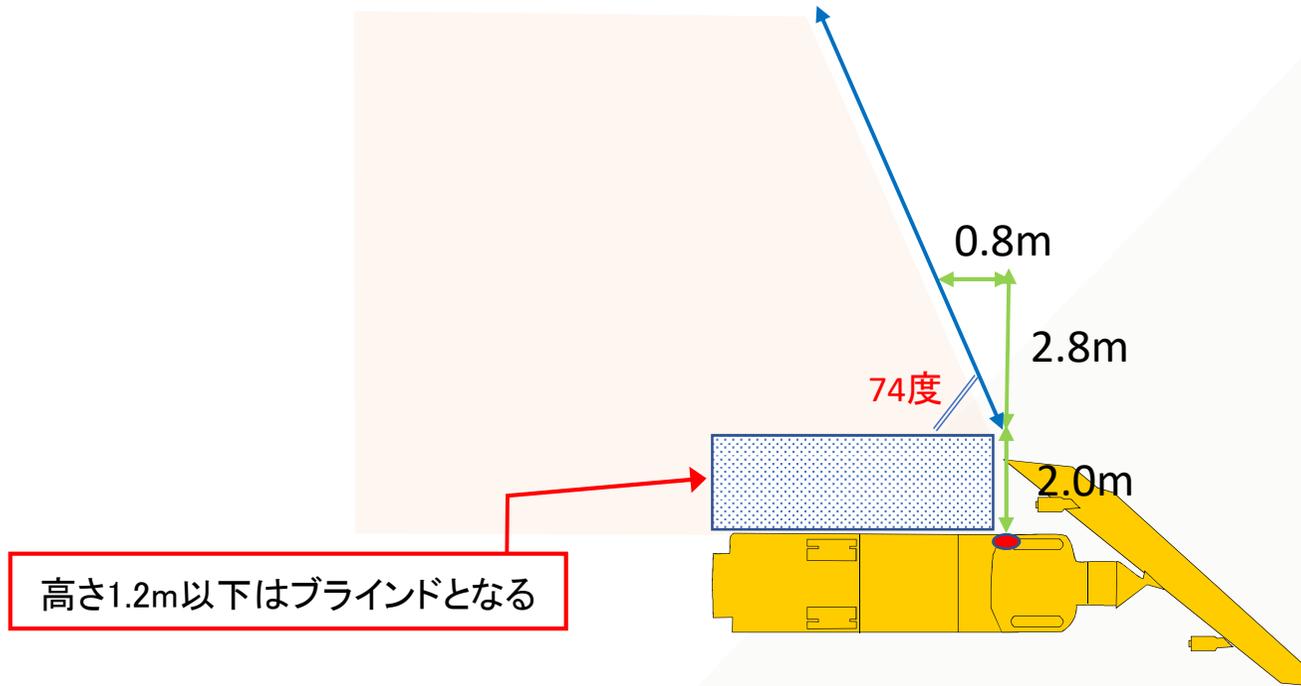


視認距離の検証
(車両後方カメラ)



車両後部から20m地点で左右28mが視認可能。
作業、操作において十分な視認距離、幅が確保できている。

視認距離の検証
(左側(助手席側)側面カメラ)



カメラ横の車両側面から2.0m及びそれより後方は角度74度で視認可能。
なお車両左側面から約2.0m程度までは高さ1.2m以上でないと視認できない。

■車両後方カメラ

【オペレーターからの意見ならび考察】

アンケート評価結果：良(4段階評価〔優・良・普・不可〕)

- ・除雪具合を通過時に見れるのが良い。
- ・車庫格納時など、バック時の操作が安全にできるようになった。
- ・常時、車両後方が映っている方が良い。(バック時のみ映るのはNG)
- ・熱線ガラスケースは極寒時、降雪時でも画面に綺麗に映るので大変良い。
- ・モニター位置はバックミラー左側で問題ない。操作、作業にも影響しない。



バック時の画面



モニター位置



熱線ガラスケース

【検証結果】

- ・モニター位置はバックミラー左側を最適位置とする。
- ・常時、後方映像を映すため、当該モニターを専用モニターとする。
- ・降雪等の天候不良時に安定した映像を映すためには熱線ガラスケースは効果的である。

①カメラ・モニター機能の実証

■左側(助手席側)側面カメラ

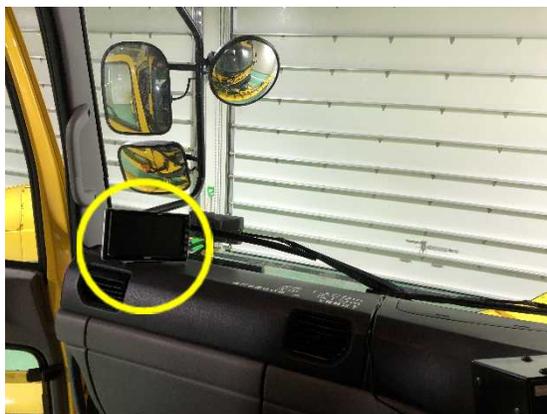
【オペレーターからの意見ならび考察】

アンケート評価結果： 普(4段階評価[優・良・普・不可])

- ・後輪側方部は車体で隠れていて、見たいところが見えない(カメラの設置位置の問題)。
- ・左側サイドアンダーミラーで車体左側側方部は見えるので、カメラで映す必要性は低い。
- ・夜間、早朝はミラーでの確認は難しいので、ライトで照らしてほしい。
- ・モニター位置はダッシュボード左端で問題は無い。操作、作業にも影響しない。



左側方部の画面
(車両後部が大きく映る)



モニター位置



オペレーターが確認
したい部分

【検証結果】

- ・オペレーターが安全確認で見たい部分は前輪から後輪にかけての側方部であり、サイドアンダーミラーで確認可能。しかし夜間、早朝は見難いため路肩灯(LED)の設置(両側)が安全確保には必要。路肩灯は黄色灯が望ましい。
- ・左側プラウの先端部から後輪側方部をオペレーターはもっとも確認したいとの要望があり、当該部分を映す場所にカメラが設置されると効果あり。

②映像鮮明化AIシステム機能の実証

機器取付状況

(50号車)



モニター



前方モニター映像



AIシステム機器

②映像鮮明化AIシステム機能の実証

【オペレーターからの意見ならび考察】

アンケート評価結果：良(4段階評価[優・良・普・不可])

- ・モニター位置は後方モニター左側だと首を大きく振らないと見えないため見れない。
→モニター位置をオペレーター監修のもと是正(以下写真を参照)。
- ・モニターの映写角度、視認幅は見易いので、操作に影響は無い。
- ・AI機能による障害物検知のアラーム画像は分かりやすい。
- ・風雪時の雪の吹き上げによる一瞬の視界不良、早朝の暗い時間帯での作業において、当該システムのモニター画面は十分作業できる視認感度であった。
※実験期間においては作業に影響する視界不良が発生せず、実証は困難であった。
- ・立灯器にAI障害物検知機能が反応すると非常に良い(偶然の反応で検知するケースあり)。



当初モニター位置
(後方モニター左側)



是正後のモニター位置
(運転席上部)



障害物検知時のモニター

【検証結果】

- ・前方視認のモニター位置は運転席上部が適性(ダッシュボード上は作業操作に影響するためNG)である。
- ・視界不良時の視認確保については、作業支援にもつながり一定の効果が期待できる。ただし吹雪等の視界不良時の効果については、今後の継続検証が必要。
- ・AI障害物検知機能は安全確保の面で効果があるものの、立灯器等の障害物の検知が可能なのか検討、検証が必要。

②映像鮮明化AIシステム機能の実証

AI支障物検知のモニター状況



②映像鮮明化AIシステム機能の実証

除雪作業時のモニター状況(運転席から)



②映像鮮明化AIシステム機能の実証

除雪作業時のモニター状況(画像鮮明化)



映像鮮明化比較



カメラ撮影映像



鮮明化AI映像