

第 2 回 鉄道における準天頂衛星等システム活用検討会

日時 令和元年 9 月 19 日（木）13:00～14:30

場所 中央合同庁舎 3 号館（国土交通省）11 階特別会議室

< 議 事 次 第 >

- 1 . 開 会
- 2 . 挨 拶
- 3 . 議 事
 - 3 - 1 話題提供
 - ・ 内閣府（みちびきの概要と最近の動向全般について）
 - ・ 準天頂衛星システムサービス（災害・危機管理通報サービスについて）
 - ・ J R 北海道（衛星測位に関する J R 北海道の取り組みについて）
 - 3 - 2 これまでの検討状況と今後の検討の方向性について
- 4 . その他
- 5 . 閉 会

< 配 付 資 料 >

- 資料 2-01 議事次第
- 資料 2-02 委員名簿
- 資料 2-03 配席図
- 資料 2-04 内閣府からの資料
- 資料 2-05 準天頂衛星システムサービスからの資料
- 資料 2-06 J R 北海道からの資料
- 資料 2-07 これまでの検討状況と今後の検討の方向性について

**鉄道における準天頂衛星等システム活用検討会
委員名簿**

(委員)

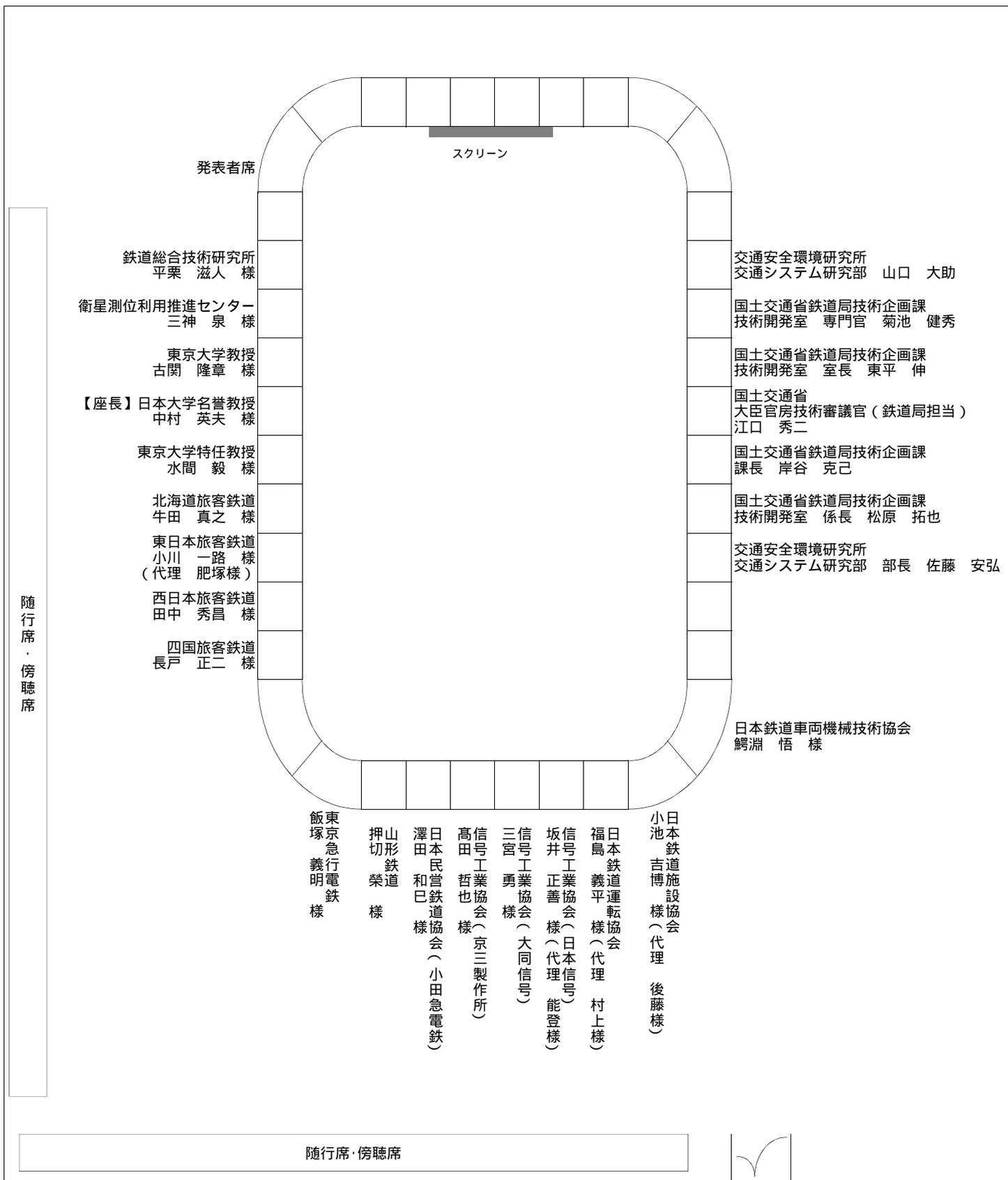
日本大学	名誉教授	中村 英夫
東京大学	大学院新領域創成科学研究科 特任教授	水間 毅
東京大学	大学院工学系研究科 教授	古関 隆章
北海道旅客鉄道株式会社	鉄道事業本部 電気部 副部長 兼 企画課長	牛田 真之
東日本旅客鉄道株式会社	技術イノベーション推進本部 技術戦略部門 部長	小川 一路
西日本旅客鉄道株式会社	鉄道本部 技術開発部 開発 I 担当部長	田中 秀昌
四国旅客鉄道株式会社	総合企画本部 副本部長	長戸 正二
東京急行電鉄株式会社	鉄道事業本部 技術戦略部 イノベーション推進課 課長	飯塚 義明
山形鉄道株式会社	専務取締役	押切 榮
公益財団法人鉄道総合技術研究所	研究開発推進部 次長	平栗 滋人
国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所	電子航法研究所 航法システム領域 上席研究員	坂井 丈泰
一般財団法人衛星測位利用推進センター	専務理事	三神 泉
一般社団法人信号工業協会	株式会社京三製作所 開発センター センター長	高田 哲也
一般社団法人信号工業協会	大同信号株式会社 技術開発本部 第二開発部長	三宮 勇
一般社団法人信号工業協会	日本信号株式会社 執行役員 技術開発本部 安全信頼創造センター センター長 兼 次世代鉄道システム開発室 室長	坂井 正善
一般社団法人日本鉄道運転協会	専務理事	福島 義平
一般社団法人日本鉄道施設協会	企画部 部長	小池 吉博
一般社団法人日本鉄道車両機械技術協会	車両部 部長	鱈淵 悟
一般社団法人日本鉄道電気技術協会	常務理事	宮原 功
一般社団法人日本民営鉄道協会	小田急電鉄株式会社 電気部 課長 (工事担当)	澤田 和巳

(事務局)

国土交通省 鉄道局	大臣官房技術審議官 (鉄道局担当)	江口 秀二
国土交通省 鉄道局	技術企画課 課長	岸谷 克己
国土交通省 鉄道局	技術企画課 技術開発室 室長	東平 伸
国土交通省 鉄道局	技術企画課 技術開発室 専門官	菊池 健秀
独立行政法人自動車技術総合機構	交通安全環境研究所 交通システム研究部 部長	佐藤 安弘

(順不同、敬称略)

第2回鉄道における準天頂衛星等システム活用検討会 配席図



みちびきの概要と 最近の動向全般について

令和元年9月19日

内閣府 宇宙開発戦略推進事務局
準天頂衛星システム戦略室

1. 準天頂衛星システム(みちびき)について

準天頂衛星システム(みちびき)の開発の道のり

2006年から、文部科学省・JAXA、総務省、経済産業省、国土交通省が連携し、世界初のセンチメートル級の測位衛星の開発に挑戦。

2010年9月、「みちびき」初号機打ち上げ。

2011年9月、2010年代後半の4機体制整備、将来的には7機体制を目指すことを閣議決定。
2012年度予算に盛り込み、国家プロジェクトとして推進。

2017年、2、3、4号機の打ち上げに成功し、4機体制整備。

2018年11月1日にサービス開始。 初号機開発から12年かけて、センチメートル級測位を実現。



初号機: Sep. 11, 2010
20:17:00(JST)



2号機: Jun. 1, 2017
09:17:46(JST)



3号機: Aug. 19, 2017
14:29:00(JST)



4号機: Oct. 10, 2017
07:01:37 (JST)

諸外国の測位衛星システムの状況

- 準天頂衛星システムは、2018年11月1日より4機体制でサービスを開始。また、2023年度を目途として7機体制を確立することで、日本上空に必ず衛星4機が存在するため、米国GPSに依存せずに持続測位が可能となる。
- 諸外国でも独自の衛星測位システムを整備しているところ。

(2019年8月時点)

測位衛星システム		信号精度	運用状況
米国 	GPS Global Positioning System	5 ~ 10 [m]	31機体制で運用中(第2世代31機、別途第3世代2機も打上げ済) 第3世代による32機体制に向け、運用中の第2世代を更新予定。
ロシア 	GLONASS	10 ~ 25 [m]	23機体制で運用中
欧州 	Galileo	15 ~ 20 [m] (補強情報を使って20cm程度を 目指している)	22機体制で運用中 2020年までの30機体制に向け、追加打上げを予定。
中国 	BeiDou	5 ~ 10 [m]	33機体制で運用中(第2世代15機、第3世代18機) (傾斜対地同期軌道*衛星7機と、静止軌道衛星5機、中軌道21機で構成。 別途実証衛星等5機も打上げ済) 2020年までの第3世代による30機体制に向け、運用中の第2世代を更新予定。
インド 	NAVIC NAVigation Indian Constellation	~ 20 [m]	7機体制で運用中 (4機の傾斜対地同期軌道*衛星と3機の静止軌道衛星で構成) 次世代では11機体制に拡大するとされている。
日本 	準天頂衛星システム QZSS Quasi-Zenith Satellite System	5 ~ 10 [m] 数 cm (cm級の補強情報活用時)	4機体制で運用中 2023年度目途に7機体制を予定

*: 準天頂軌道も傾斜対地同期軌道の一つ

準天頂衛星システム(みちびき)について

準天頂衛星システムは、GPSなどの測位信号を補完・補強することで、より高精度な測位を可能とする配信サービス等を提供。

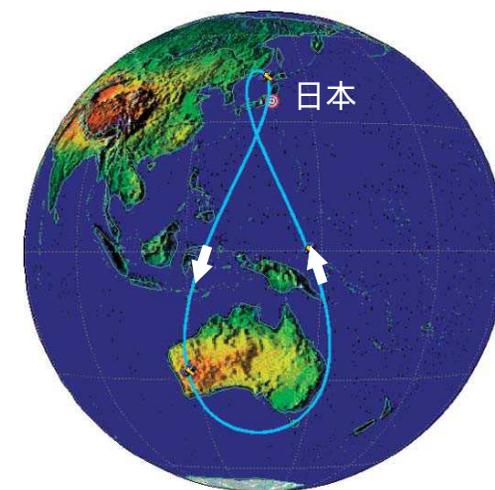
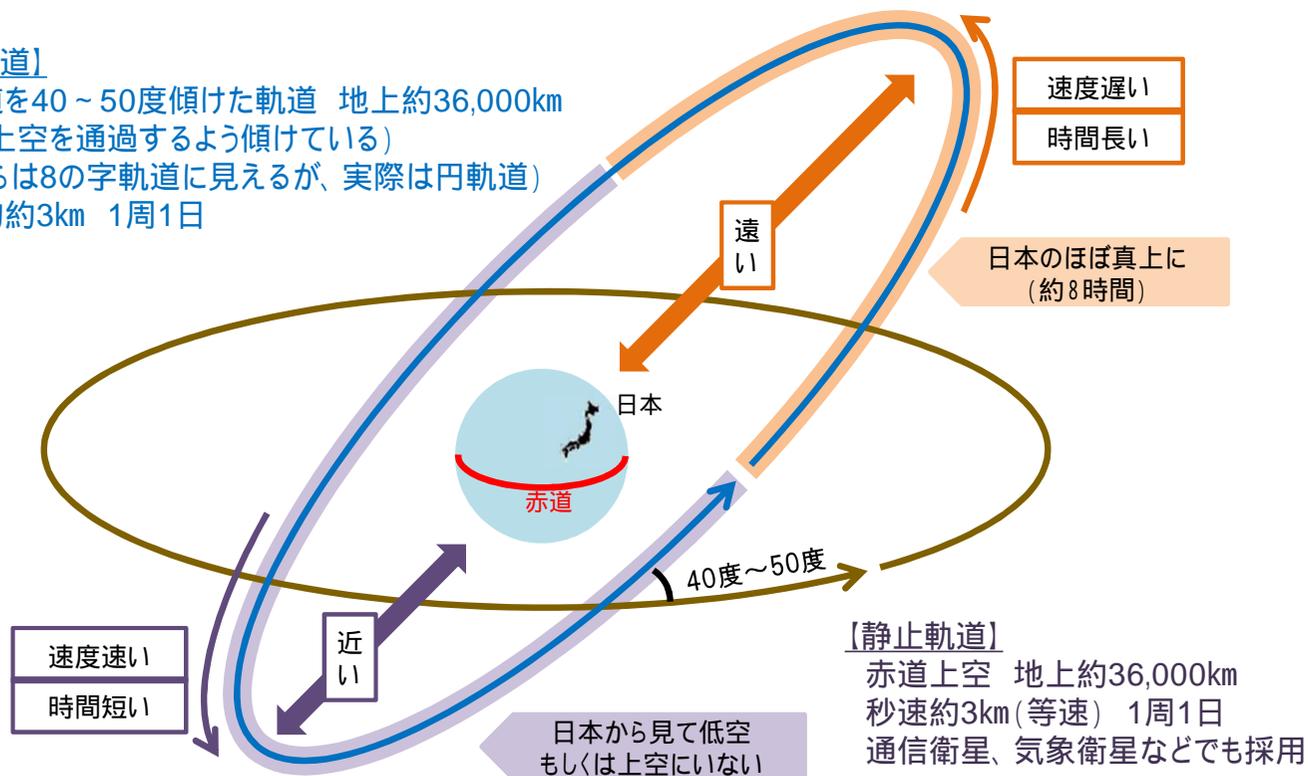
準天頂衛星システムの軌道は、「準天頂軌道(3機)」と「静止軌道(1機)」の2種類。

「静止軌道」は、赤道上にあり高度約36,000kmの円軌道で、地球の自転と同期して約24時間で1周する。そのため、衛星は地上からは静止しているように見える。

「準天頂軌道」は、静止軌道に対して軌道面を40～50度傾けた楕円軌道で、静止軌道と同様に約24時間で1周する。東経135度近傍を中心とした8の字を描き、日本の真上に長く滞在するという特徴を有し、4機体制の確立により365日、24時間の測位を実現。

【準天頂軌道】

静止軌道を40～50度傾けた軌道 地上約36,000km
(日本の上空を通過するよう傾けている)
(地上からは8の字軌道に見えるが、実際は円軌道)
秒速平均約3km 1周1日



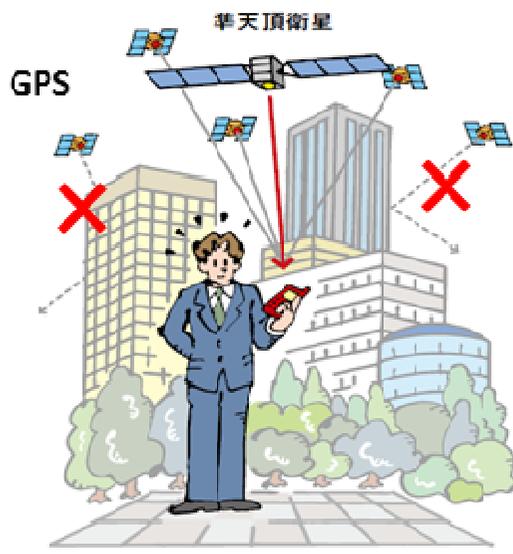
準天頂軌道衛星の直下軌跡
(4機体制)

準天頂衛星システム(みちびき)の機能

衛星測位サービス (GPSの補完)

- 衛星数増加による測位精度の向上

上空視界の限られた都市部を中心に改善が図られる



測位補強サービス (GPSの補強)

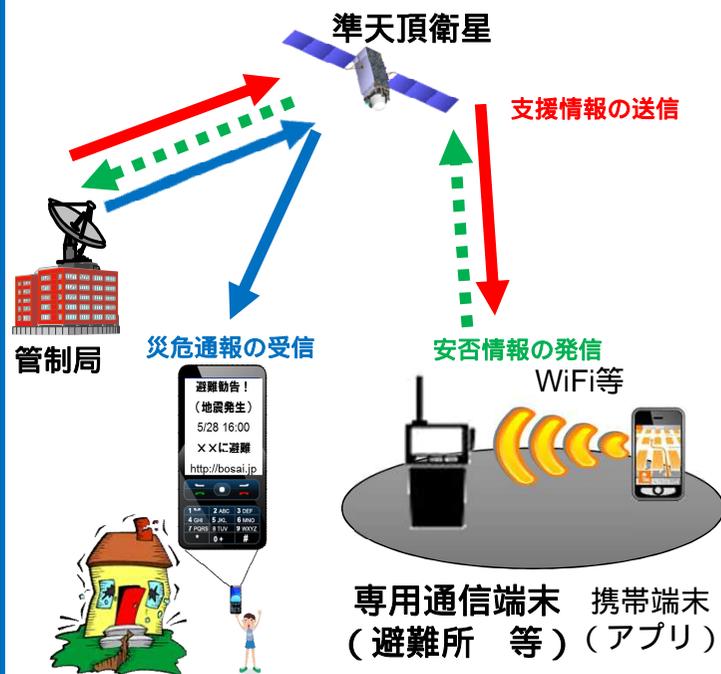
- 補強情報による測位精度の向上

センチメートル級・サブメートル級精度を実現



メッセージサービス

- 災害・危機管理通報
- 衛星安否確認サービス



GPSの補強(サブメータ級測位補強サービス)

SLAS方式

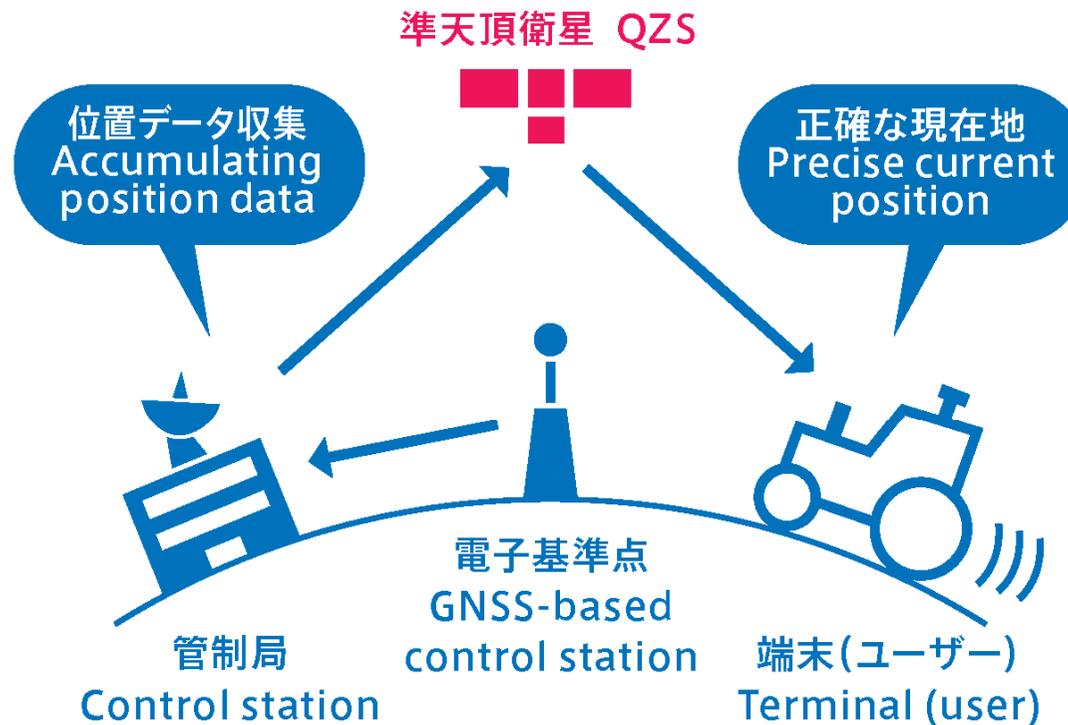
電離層などの誤差補正情報(サブメータ級測位補強情報:L1S信号)を送信することにより、水平誤差1メートルを実現する。



GPSの補強(センチメートル級測位補強サービス)

CLAS方式

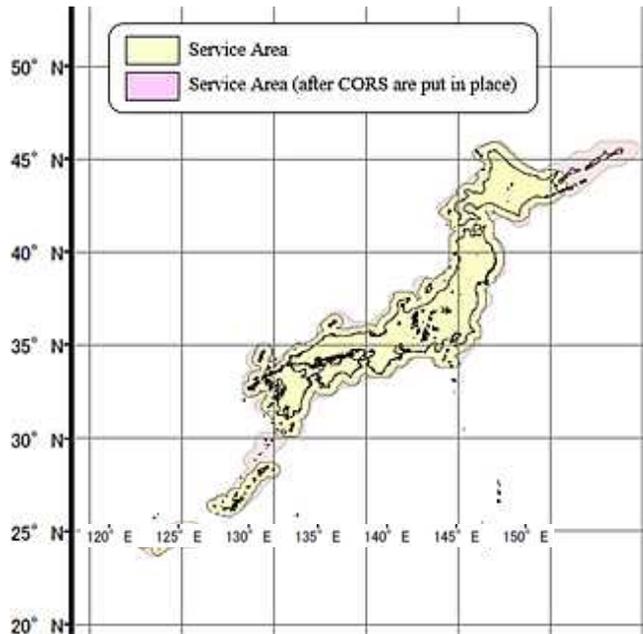
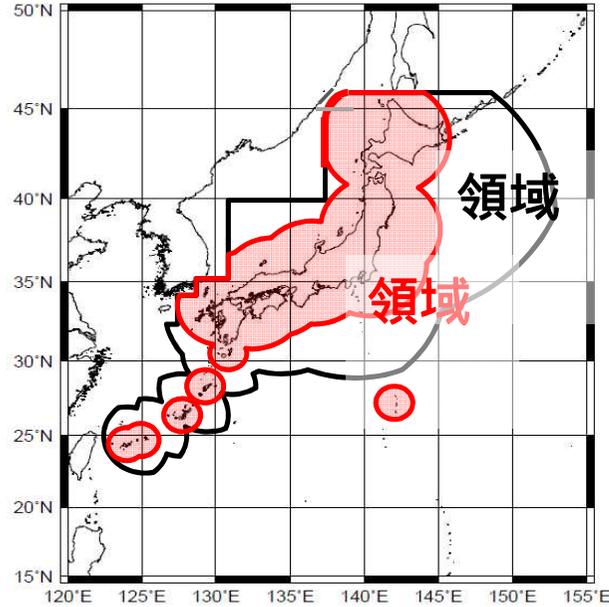
電子基準点から計算した高精度測位情報(日本向け:L6信号)を送信することにより、センチメートル級の測位精度を実現する。



センチメートル級測位補強サービス

測位補強サービス (CLAS・SLAS)

◆ サービス範囲と測位精度

	センチメートル級測位補強サービス (CLAS)	サブメートル級測位補強サービス (SLAS)																		
サービス範囲																				
測位精度	<table border="1"> <thead> <tr> <th>区分</th> <th>水平方向</th> <th>高さ方向</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>静止</td> <td>6cm</td> <td>12cm</td> </tr> <tr> <td>移動体</td> <td>12cm</td> <td>24cm</td> </tr> </tbody> </table>	区分	水平方向	高さ方向	静止	6cm	12cm	移動体	12cm	24cm	<table border="1"> <thead> <tr> <th>区分</th> <th>水平方向</th> <th>高さ方向</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>領域</td> <td>1.0m</td> <td>2.0m</td> </tr> <tr> <td>領域</td> <td>2.0m</td> <td>3.0m</td> </tr> </tbody> </table>	区分	水平方向	高さ方向	領域	1.0m	2.0m	領域	2.0m	3.0m
区分	水平方向	高さ方向																		
静止	6cm	12cm																		
移動体	12cm	24cm																		
区分	水平方向	高さ方向																		
領域	1.0m	2.0m																		
領域	2.0m	3.0m																		

災害危機管理通報サービス

気象庁の防災気象情報(地震・津波等)などの防災関連情報を「みちびき」から送信するサービス。

「みちびき」のサブメータ級測位補強信号(L1S)の「隙間」を活用して情報を送信するため、サブメータ対応受信機であれば受信可能。

安否確認サービスと併せて実証実験を実施。



2. 利活用の状況について

主要産業分野における利活用促進

準天頂衛星(みちびき)を活用した高精度3次元位置情報を用いることで、“スマート社会”実現に向けた革新的なサービス、新たな産業を生み出す可能性が示唆されている。主要産業分野において、みちびきの各種サービスを活用した実証実験、実証事業が実施されている。

みちびき活用の主要事業分野



農業分野
内閣府SIPや総務省、
経産省の実証



船舶海洋分野
無線航法システムの認
証を取得し利用を促進



自動車分野
高速道や雪道での
自動運転実証



物流分野
物流無人航空機や
ドローンでの利用拡大



建機・工機分野
除雪支援システムや
i-Constructionでの実証



防災分野
メッセージサービス
を使った避難訓練など



みちびきを活用したピンポイント配送

NEDO(新エネルギー・産業技術総合開発機構)と楽天(株)は、「みちびき」のセンチメートル級信号をドローンの自律飛行制御に活用した実証実験を実施(2019年3月)。

- 「みちびき」を活用することで、高価な部機材や専用マットがなくとも、個人宅の庭先等への配送も可能に。
- 将来的には、高精度位置情報を活用することによって、高性能で効率の良いドローンが、さまざまなシーンでの物流・配送を担うことを期待。



画像認識用マット(3m × 3m)



ドローンポート(5m × 5m)

不要に



小型化

【熊谷ドームでの実証実験の結果】



1m × 1mの枠内をターゲット
(幅数cmの白線上にピンポイントで着陸)

みちびきを活用することによる利点

- 他の高精度測位用の地上設備等の高価な部機材が不要
- 画像認識用マットの設置が不要
- ドローンポートの小型化が可能

風等の影響を受けないドーム環境で行うことで、みちびきの高精度測位情報を活用したドローン本来の実力値を検証した。

本実証実験は、NEDO「ロボット・ドローンが活躍する省エネルギー社会の実現プロジェクト」の一環として実施。

動画：<https://www.youtube.com/watch?v=jD3liFkyH0A>

いずれも設置の際、安全距離として、10m × 10mのスペース確保が必要。

みちびきを活用したポスティング管理システム

商業化済

SLAS

広告チラシなどを各戸に配布するポスティング会社の(株)リッドは、「みちびき」の高精度測位情報(サブメータ級測位補強サービス)を活用した新たなポスティング管理システムを導入。

「みちびき」の高精度測位情報の活用により、配布状況を正確かつリアルタイムに可視化・一元管理を行い、配達エリアの間違いや、配達漏れを防止し、各戸単位で訪問実績を把握。

- 650人の配達スタッフに「みちびき」対応端末を持たせ、800のエリアで広告チラシなどを配布。配達スタッフの移動軌跡を地図上に正確に記録することにより、配達依頼主への配達証明の信頼性も向上。

個々の家庭への訪問も確認できるため、今後は独り暮らしの高齢者の見守りサービスへの展開も検討。



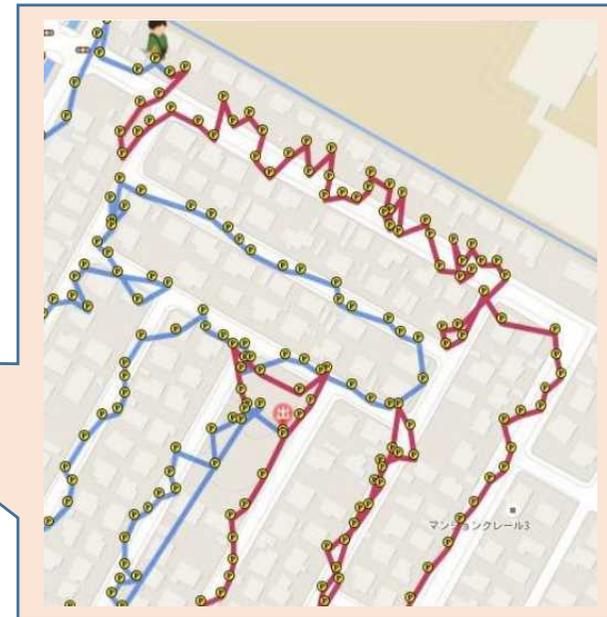
フォルテ製端末
FB2003
(75 x 46 x 17mm, 63.5g)



配達スタッフが受信端末を携帯し作業を実施



リアルタイムかつ一元的に配達状況を管理



各戸単位での移動履歴・訪問実績を正確に確認可能



配達履歴

案件名: ○○	配達エリア①		配達エリア②	
	NN枚	開始時刻	終了時刻	
	NN枚	開始時刻	終了時刻	

移動履歴

顧客に対し正確な訪問実績の提供が可能となり信頼性も向上

3.7 機体制について

7機体制に向けた開発について

(1) 衛星配置

7機の衛星による持続測位が可能となり、かつ、ユーザ測位精度の向上を図るため、3つの評価指標(*1)を定めて、複数の配置案から最適な配置を選定

1機以上が常に高仰角(60度以上)であること

持続測位が可能な状態(4機以上の衛星が見える時間)が長く継続すること

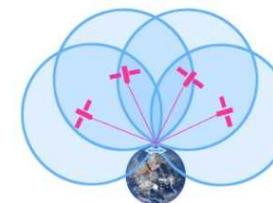
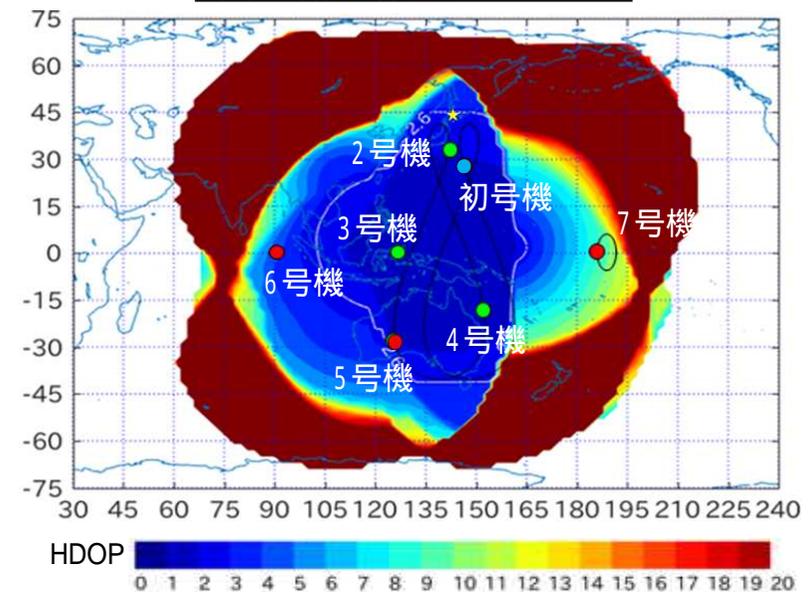
精度劣化指標(DOP)が小さいこと

衛星軌道	衛星	軌道位置 (東経)
準天頂軌道 (4機)	初号機(及び後継機)	148 deg
	2号機	139 deg
	4号機	139 deg
	5号機	139 deg
静止軌道 (2機)	3号機	127 deg
	6号機	90.5 deg
準静止軌道 ¹ (1機)	7号機	190 deg

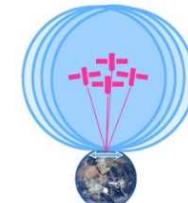
1 静止軌道ではゼロ(0)である軌道傾斜角と離心率を僅かにずらした軌道のこと。

2 DOP (Dilution of Precision)
ユーザから見た測位衛星の位置により決定される測位精度の劣化度合い

7機の衛星配置とHDOP²



衛星が分散している状態
= 測位精度が高い



衛星が偏った状態
= 測位精度が低い

7機体制が提供するサービス

(2) 精度向上

新たに開発する精度向上機能により、補強信号を必要としない衛星測位サービスのユーザ測位精度を向上する。

衛星測位サービス

日本とその周辺エリアに対して、準天頂衛星システム単独で、他国のGNSSの開発動向を踏まえた測位サービスを提供

- 水平ユーザ測位精度: 1.6m (RMS) RMS (Root Mean Square): 二乗平方根。測位精度の誤差を統計処理した値

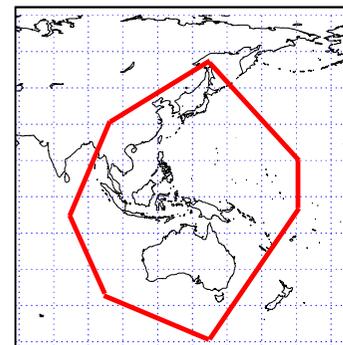
将来、7機すべてに精度向上機能が搭載することにより、水平ユーザ測位精度1.0m (RMS) の実現を目指す。

アジア・オセアニア地域に対して、準天頂衛星システム単独で、現行のGPSと同等の測位サービスを提供

- 水平ユーザ測位精度: 9.0m (RMS)



日本とその周辺のサービス範囲



アジア・オセアニア地域のサービス範囲



準天頂衛星システム 【災害・危機管理通報サービス】

2019年 9月 19日

準天頂衛星システムサービス株式会社

日本電気株式会社

1. 災害・危機管理通報サービスの概要



■ 気象庁の防災気象情報(地震・津波等)などの情報を送信するサービスです。



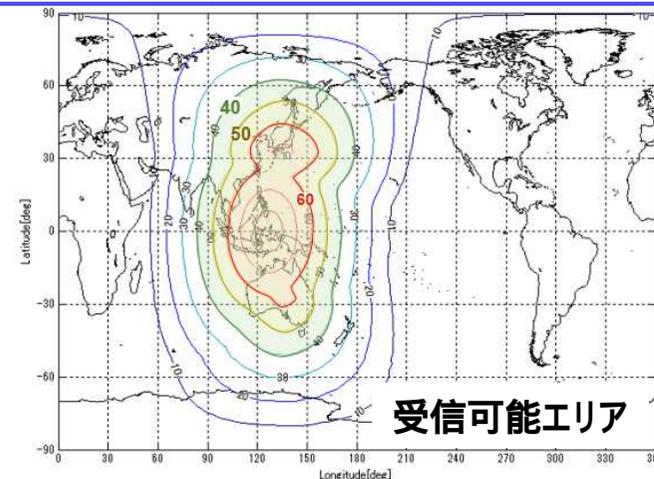
■ 配信間隔：4秒に1回

■ 配信内容：外部機関の情報を元に生成
災害通報(防災気象情報)：気象庁からの情報
災害通報(任意書式)：それ以外の外部機関からの情報

■ 防災気象情報の災害種別一覧：

- ・緊急地震速報
- ・南海トラフ地震
- ・火山
- ・洪水
- ・震源
- ・津波
- ・降灰
- ・台風
- ・震度
- ・北西太平洋津波
- ・気象
- ・海上

電源のある屋外施設(街灯、サイネージ)や移動体(カーナビ等の車載機器)の利用を想定。
L1S信号を受信できる端末で利用でる。



1.1 利用イメージ (1)



受信機の出力行
\$QZQSM,55,53C7E80000080020800000000003E6A8800000110500003000000000AC2494*77



災害通報による津波情報配信実験の実施 (LED表示板等への出力事例)

1.1 利用イメージ（2）





1.2 サービス内容

信号名 : L1S

配信間隔 : 4秒に1回 (配信情報が無い場合は、NULLデータを配信)
(4秒に2回は、サブメータ級測位補強サービスの情報を配信)

配信内容 : 気象庁の防災気象情報をもとに生成する**災危通報(防災気象情報)**とそれ以外の外部機関からの情報をもとに生成する**災危通報(任意情報)**を配信。

項目	メッセージタイプ43	メッセージタイプ44
概要	気象庁 防災気象情報 (地震、津波、火山等)	任意情報
内容	気象業務支援センターから受信した、防災気象情報XML及びA/N形式の電文をもとに生成した情報	各組織と協議した上、決定した外部機関から送信された情報



メッセージタイプ44として配信する情報はまだ決まっておらず、現時点ではメッセージタイプ43のみが配信されます。

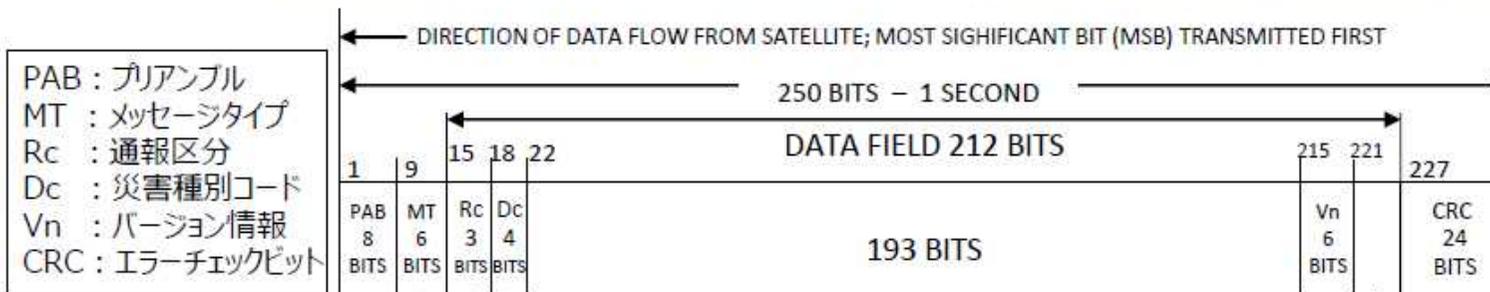
災危通報 (防災気象情報) の一覧

災害種別コード	内容	災害種別コード	内容
1	防災気象情報 (緊急地震速報)	8	防災気象情報 (火山)
2	防災気象情報 (震源)	9	防災気象情報 (降灰)
3	防災気象情報 (震度)	10	防災気象情報 (気象)
4	防災気象情報 (南海トラフ地震)	11	防災気象情報 (洪水)
5	防災気象情報 (津波)	12	防災気象情報 (台風)
6	防災気象情報 (北西太平洋津波)	13	未使用
7	未使用	14	防災気象情報 (海上)

1.3 配信データフォーマット



信号名称	配信サービス	中心周波数	変調方式	Bit Rate
L1S	サブメータ級測位補強サービス	1575.42MHz	BPSK	250bps
	災害・危機管理通報サービス			



L1S信号 MT43のデータフォーマット

災害種別コード

通報区分: 1 最優先、2 優先、3 通常、7 訓練・試験

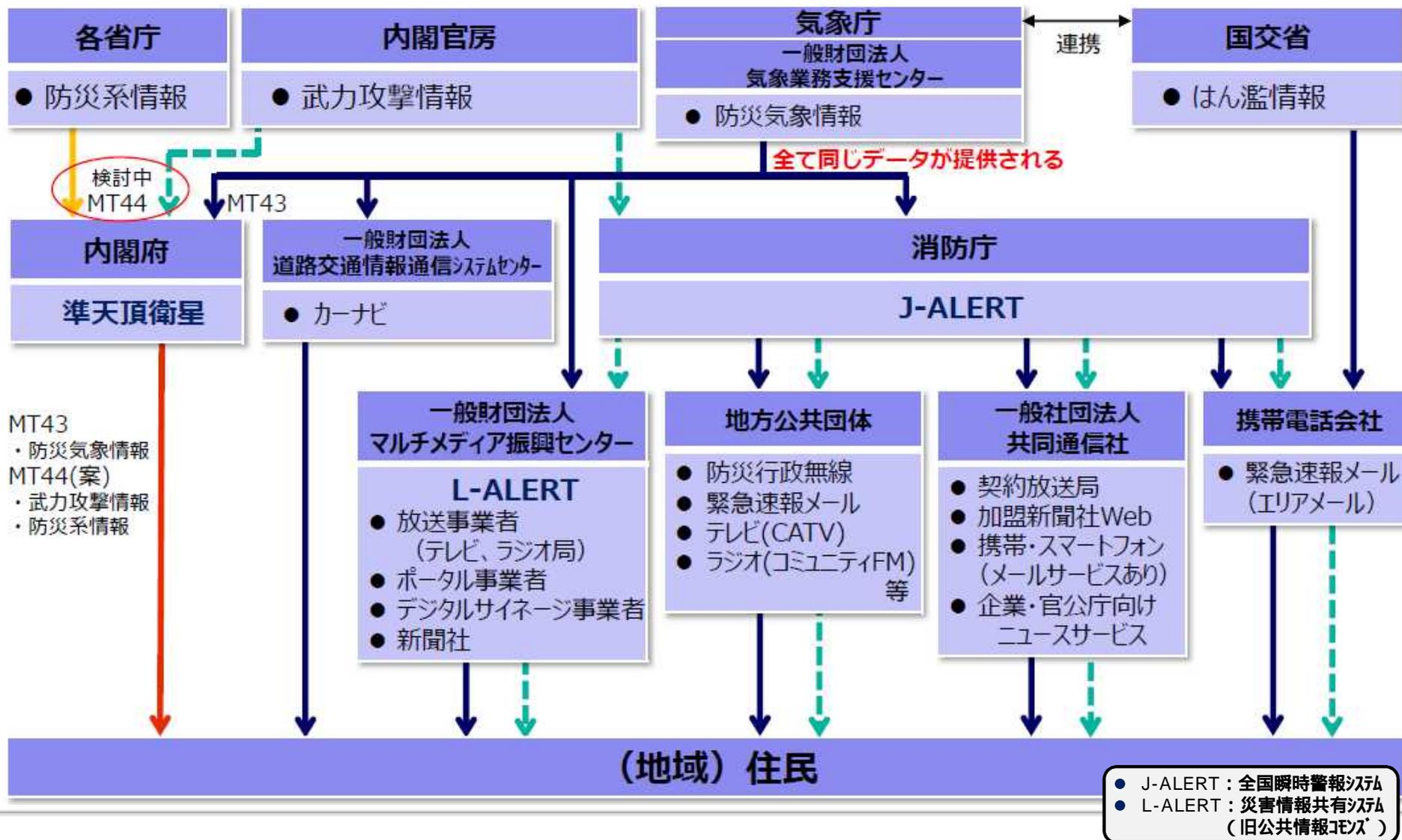
サブメータ測位補強サービス

項目	メッセージタイプ(MT)	最大送信間隔[sec]
試験モード	0	(N/A)試験を行う場合にのみ、最大送信間隔6秒で送信
予約済	40, 41	約4
災危通報	43(防災気象情報) 44(任意情報)	4 (配信データが無い場合はヌルメッセージ(63)を配信)
監視局情報	47	30
PRNマスク情報	48	30
IOD情報	49	60
DGPS補正	50	30
衛星ヘルス情報	51	(N/A)受信漏れを防ぐため、奇数秒で3回連続して配信
ヌルメッセージ	63	(N/A)

<参考> 災害・危機管理通報サービス

防災 気象 情報	武力 攻撃 情報	防災系 情報	準天頂 衛星
↓	↓	↓	↓

防災情報ネットワークの全体像



<参考> 災害・危機管理通報サービスのメリット



災害通報を利用するメリット

- 山間部など携帯電話やVICSのサービスエリア外となりやすいエリアをカバー
- 発災により地上設備の故障や地上回線が輻輳している状況でも受信が可能
- サービス利用料は不要

災害通報を利用することで災害情報の伝達手段が多重化され、より確実に情報を伝達することが可能となる。

	準天頂衛星システム 災害通報	携帯電話
配信間隔	4秒に1回	リアルタイム
データサイズ (1メッセージ)	250bit	-
サービスエリア (日本国内)	全域 (トンネル、屋内など衛星 が見えない環境を除く)	山間部を中心に サービスエリア外
通信インフラ	人工衛星	基地局
通信料	不要	必要(毎月)
備考	・カーナビ用アンテナで受信可能 ・最大送信遅延時間 14.25秒 (配信間隔4秒を含む)	最大送信遅延時間 不明

衛星測位に関するJR北海道の取り組み

■これまでの取り組みのご紹介

(1)除雪車両用操作支援GPS装置

(2)保守用車用在線位置システム

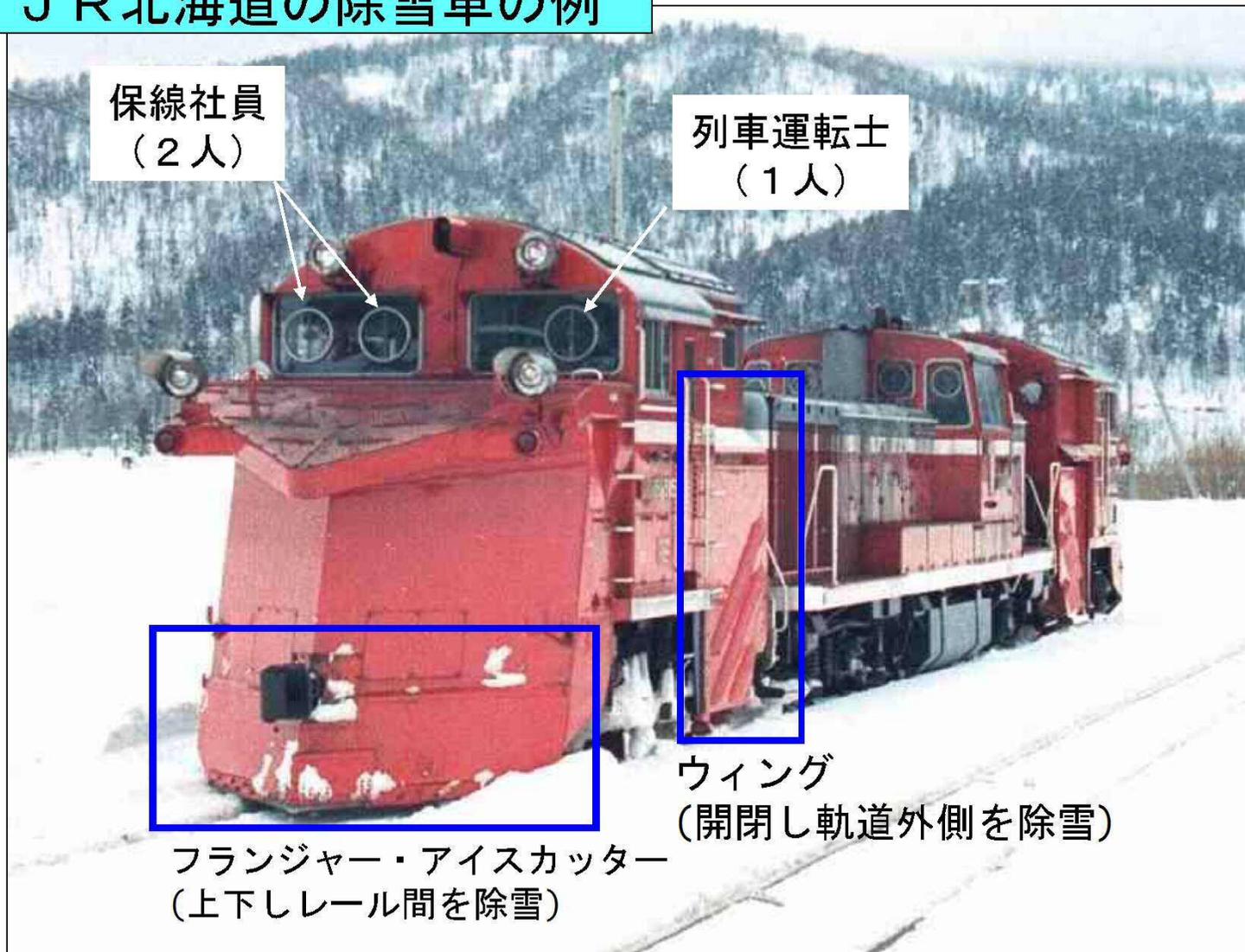
(3)GPSアプリによる音声ガイド

■衛星測位技術の今後の活用に向けて

■これまでの取り組みのご紹介

(1)除雪車両用操作支援GPS装置

J R 北海道の除雪車の例



■これまでの取り組みのご紹介

(1)除雪車両用操作支援GPS装置

除雪列車による除雪作業

保線社員が線路脇の標識に従って除雪車を操作
除雪作業は主に夜間（営業列車終了後）



視界不良（吹雪等）の場合、標識を確認するのが非常に困難

- ・ 標識確認のため減速
- ・ 作業員の極度の緊張



標識情報を車内のモニタに表示できる
ナビゲーションシステムで支援

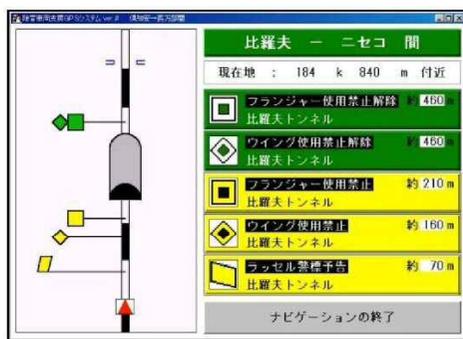


GPS+GIS（地理情報システム）による
除雪車運転操作支援システムを開発



■これまでの取り組みのご紹介

(1)除雪車両用操作支援GPS装置



500m先の標識を
車内に表示する

標識50m手前で
アラーム鳴動によ
りオペレータに注
意喚起

標識の見落とし、見過ご
しが減少
線路除雪の安全性が向上

■これまでの取り組みのご紹介

(2)保守用車在線位置システム

- 除排雪保守用車の電話連絡による現地社員の負担軽減を目的
- 平成24年から、GPSにより在線位置を把握するシステムの試行を開始
- 平成27年度から本格稼働し、専用のスマートフォンの端末を利用
- 除排雪保守用車の在線状況が気象庁レーダー画面上に重ね合わせて表示され、除排雪保守用車の位置、速度等を表示
- 作業軌跡をリアルタイムに表示させることが可能
- スマートフォンのカメラを活用し、現地で撮影した画像をリアルタイムで本社・支社・保線所等において確認することも可能
- 荒天時においては、お客様案内のために駅掲示等に活用するなど重要な情報伝達ツール

■これまでの取り組みのご紹介

(2)保守用車在線位置システム

(参考) 指令での作業状況 (位置情報) の見え方

ZUCAI上で「保守用車運行計画」を選択すると、在線位置システムが起動します。

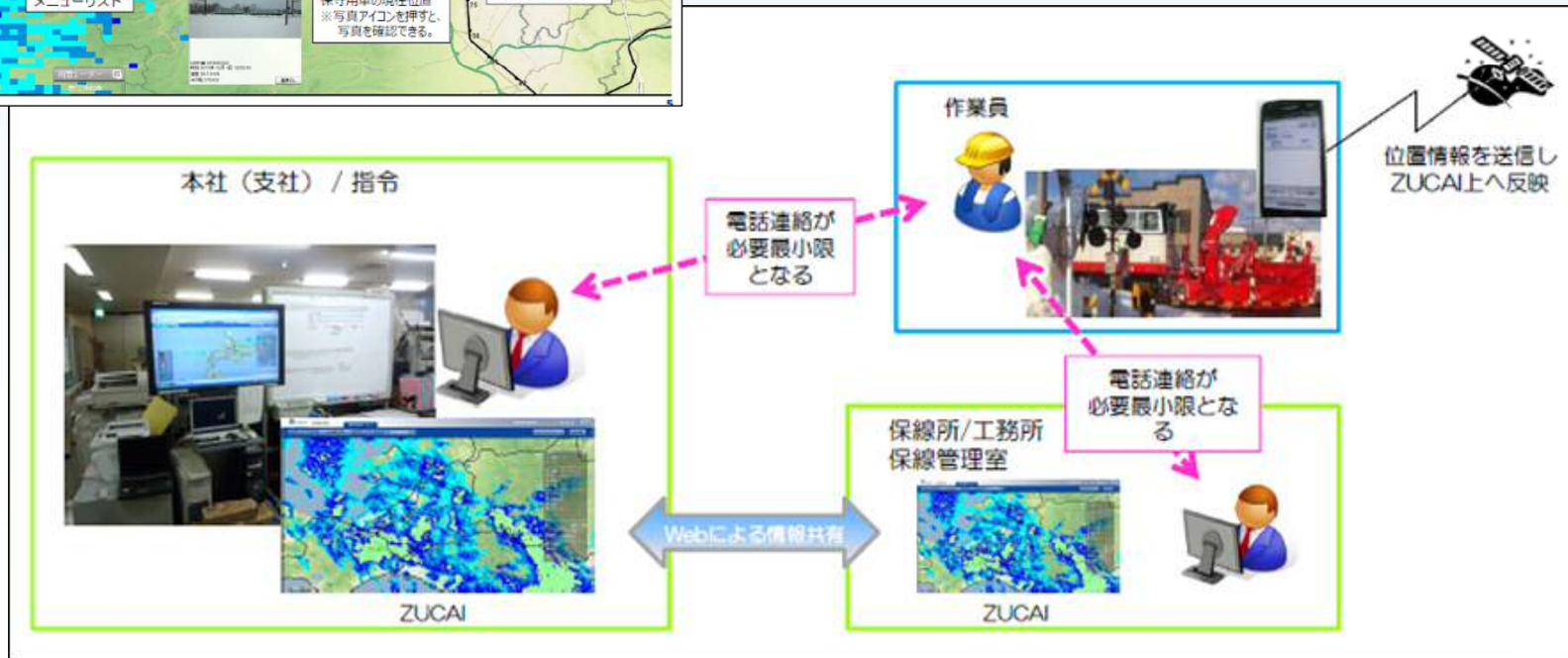
2.現場でのスマートフォンの操作 (位置送信)

1) 基本操作

作業終了時は、「作業中」を再度押す

2) 作業内容の変更

ZUCAI上に表示される保守用車アイコンの進行方向が変わります。



■これまでの取り組みのご紹介

(3)GPSアプリによる音声ガイド

- 実施区間の列車において、GPSを使用して位置を認識し、見どころの概要や列車の利用案内を音声で自動的に案内
- 旅客はスマートフォンやタブレットに無料のアプリを事前にダウンロード・インストールし、スマートフォンやタブレットに内蔵されたGPS機能により位置を認識
- 導入・実施区間
 - ・花咲線(釧路～根室間):2018年6月1日～
 - ・富良野線(旭川～富良野間):2018年8月1日～
 - ・釧網線(東釧路～網走間):2019年4月26日～
- 対象言語
 - ・4カ国語の音声(日本語、英語、中国語、韓国語)で自動的に案内

■これまでの取り組みのご紹介

(3)GPSアプリによる音声ガイド

<利用イメージ>



<実施区間の例:花咲線>

下り実施区間 (釧路→根室)	東釧路駅付近	厚岸～糸魚沢間	別当賀～落石間	東根室駅付近
ガイド内容	花咲線の紹介	別寒辺牛湿原	落石海岸	東根室駅
上り実施区間 (根室→釧路)	東根室駅付近	落石～別当賀間	糸魚沢～厚岸間	別保駅付近
ガイド内容	東根室駅	落石海岸	別寒辺牛湿原	釧路市等 周辺案内



これまでの検討状況と今後の検討の方向性について

国土交通省鉄道局 独立行政法人自動車技術総合機構
交通安全環境研究所

令和元年9月19日

目次

本検討会の目的	1
検討体制とこれまでの検討状況	2
列車制御・保安分野 (準天頂衛星等の活用方策、活用のための課題、今後の検討の方向性)	3
保守分野 (準天頂衛星等の活用方策、活用のための課題、今後の検討の方向性)	6
➤ フィールド試験の概要 (列車制御・保安分野、保守分野)	10
防災分野 (準天頂衛星等の活用方策)	11
サービス分野 (準天頂衛星等の活用方策)	13
今後の検討の方向性 (まとめ)	15

本検討会の目的

目的

- 宇宙基本計画(平成28年4月1日閣議決定)等を受けて、我が国の測位、通信等のための宇宙システムが強化されてきており、特に、昨年11月に運用が開始された準天頂衛星(みちびき)については、官民からなる大臣会合が設置され、様々な分野で同衛星による高精度測位等の利活用の促進に向けた検討がなされているところ。
- 鉄道分野では、本技術の活用により、走行する列車の位置を精度高く検知することが可能となることから、
 - ・ これまで用いてきた列車位置を検知するための地上設備の省力化・効率化
 - ・ 接近する走行列車の位置を踏まえた保守作業の安全性の向上などが期待でき、将来的には鉄道の運行管理への活用など、鉄道分野での生産性革命にも資するものとする。
- このため、有識者や業界団体等からなる「鉄道における準天頂衛星等システム活用検討会」を立ち上げ、準天頂衛星を含む衛星測位システムの活用方策やその課題等の抽出、フィールド試験による測位データの信頼性の検証等を行い、鉄道分野における本技術の実用化に向けた方向性等をとりまとめるものである。

検討会の構成

メンバーは必要に応じ追加

- 委員 中村 英夫 日本大学 名誉教授
水間 毅 東京大学 大学院 新領域創成科学研究科 特任教授
古関 隆章 東京大学 大学院 工学系研究科 教授
鉄道事業者、関連団体(衛星測位利用推進センター、信号工業協会、日本鉄道施設協会、日本鉄道車両機械技術協会、日本鉄道運転協会、日本鉄道電気技術協会、日本民営鉄道協会)、研究機関(鉄道総合技術研究所、電子航法研究所)
- 事務局 国土交通省鉄道局、交通安全環境研究所

検討スケジュール

- 第1回検討会:2019年2月19日開催、第2回検討会:2019年9月19日開催
- 2019年中にとりまとめを行う予定

検討体制とこれまでの検討状況

鉄道における準天頂衛星等システム活用検討会

座長：中村英夫 日本大学名誉教授

委員：水間毅 東京大学大学院特任教授

古関隆章 東京大学大学院教授

鉄道事業者、関連団体、研究機関

開催概要：衛星測位全般の概況、鉄道分野における衛星測位の検討状況や課題、活用の可能性について議論

列車制御・保安分野検討WG

[主査]水間毅 東京大学大学院特任教授

[委員]鉄道事業者、関連団体、研究機関

[検討状況]

現状と課題

- 本分野での準天頂衛星等を活用した列車の位置検知技術の実用化にあたっては、高い安全性の確保が必要
- 以下の場合に測位不可能となる可能性があり、対策が必要(トンネル等で電波が遮断される場合 外部からの電波干渉・妨害を受ける場合 ビル街、山間地等において大きな測位誤差が生じる場合)
- 高い安全性の確保のためには、準天頂衛星だけでなく、他の位置検知技術との組合せが必要

今後の方向性

- 準天頂衛星等を活用した列車の位置検知技術の実用化のため、他技術の活用による安全性の確保に関する検討等を実施し、実現に向けた課題を整理。その際、フィールド試験を実施し、測位データの検証を実施

保守・防災・サービス分野検討WG

[主査]古関隆章 東京大学大学院教授

[委員]鉄道事業者、関連団体、研究機関

[検討状況]

現状と課題

- サービス分野をはじめ同分野は、既にGPS等の活用事例もあり、列車制御分野に比べ実用化が比較的容易
- 防災分野では、準天頂衛星独自サービス(災害・危機管理通報サービス)の紹介。その活用方策やその課題についての検討
- 保守分野では、GPSを活用した実績も踏まえ、準天頂衛星等の活用により、高精度な列車位置の検知が可能となるため、さらなる安全性の向上、保守作業時間の増加、見張員の削減等の効果が期待

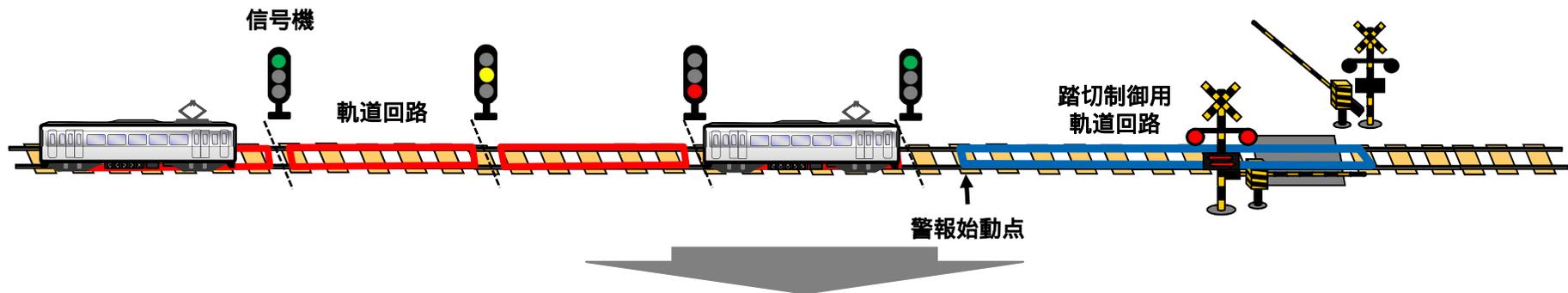
今後の方向性:

- 保守分野への活用効果、特に、準天頂衛星は高精度な位置検知可能となるため、複線・複々線での活用効果を検証し、実現に向けた課題を整理。フィールド試験も実施。

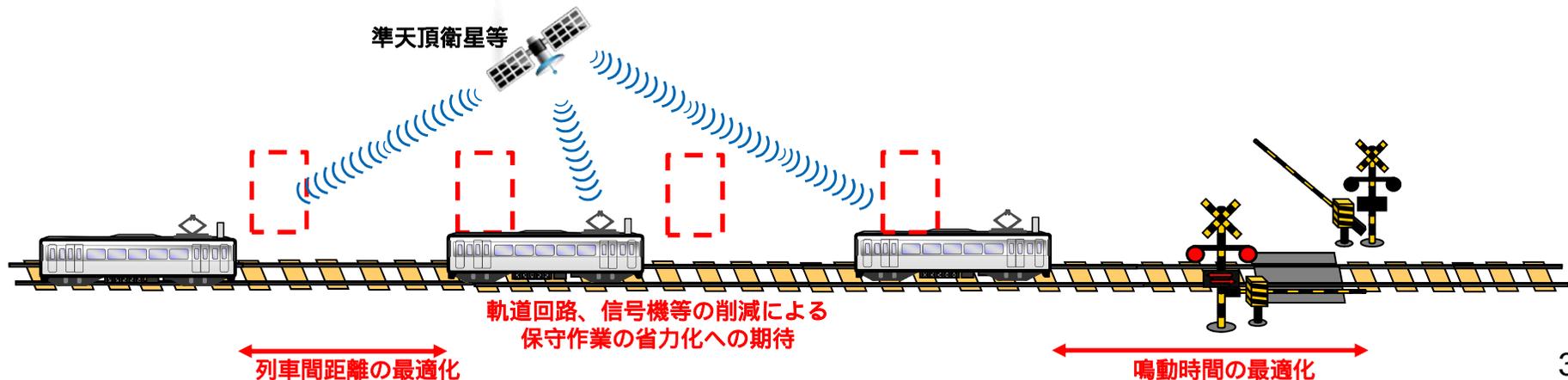
【列車制御・保安分野】準天頂衛星等の活用方策

- 現行の軌道回路を用いた運転保安システムでは、列車制御においては、列車間で一定距離（閉そく区間）を確保、踏切制御においては、警報始動点の列車通過後に鳴動開始することとなっている。
- 準天頂衛星等の活用により、高精度な列車位置の検知が可能となり、列車速度に応じ、列車間距離や鳴動時間を最適化できる可能性がある。なお、既存の列車制御システムに係る軌道回路や信号機等の地上設備を削減でき、保守作業の省力化についても期待される。

〔現行の軌道回路を用いた運転保安システム〕



〔準天頂衛星等を活用した運転保安システム〕

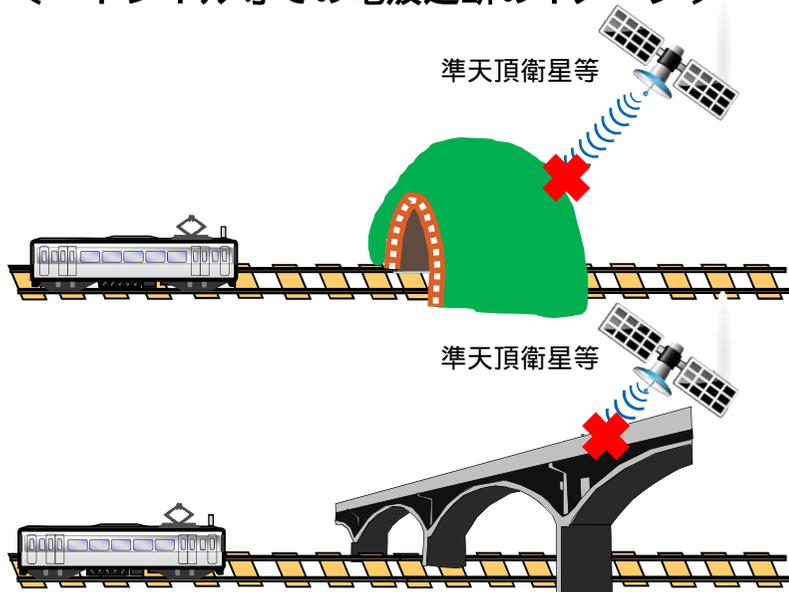


【列車制御・保安分野】準天頂衛星等の活用のための課題

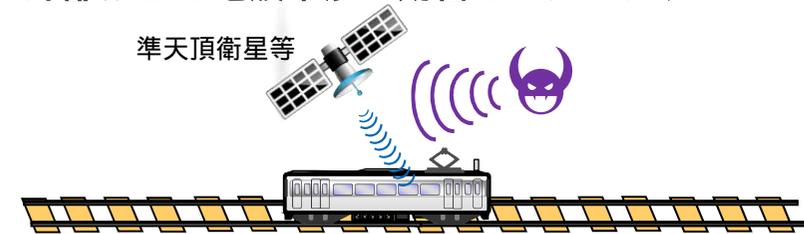
- 列車制御・保安分野における準天頂衛星等の活用には、以下の場合には測位不可能となるため、その対策が必要。
 - トンネル等で準天頂衛星等からの電波が遮断される場合
 - 準天頂衛星等からの電波が、外部から電波干渉・妨害を受ける場合
 - 劣悪な測位環境(ビル街、山間地等)において、準天頂衛星等からの電波が反射し、大きな測位誤差が生じる場合
- 鉄道分野では高い安全性が求められており、～の課題を解決するためには、他の位置検知システムとの組み合わせが不可欠である。

IEC(国際電気標準会議)が定める国際規格IEC62278によれば、鉄道の安全に係る装置の危険側故障率(1時間あたりに危険側故障が発生する回数)は10億分の1回以下であるべきとされている。
- 鉄道の実路線において準天頂衛星による位置検知の精度を検証した例は少なく、データの蓄積・検証が必要。

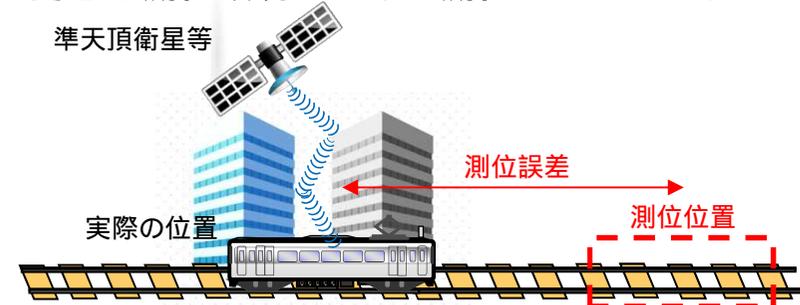
〔トンネル等での電波遮断のイメージ〕



〔外部からの電波干渉・妨害のイメージ〕



〔劣悪な測位環境における測位のイメージ〕



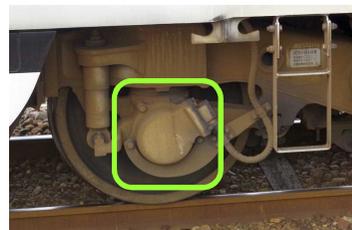
【列車制御・保安分野】今後の検討の方向性

- 鉄道の列車制御・保安分野では高い安全性が求められており、衛星測位技術は速度発電機等の他の位置検知システムの支援手段として検討されていた。
- 今後、準天頂衛星等を活用した位置検知技術を主として活用していくためには、他の位置検知システムを組み合わせ、準天頂衛星等のデメリットを補完する必要がある。
- 補完可能な他システムとしては、通常車両に搭載されている「速度発電機」、カーナビ等で用いられている「ジャイロセンサー」や「加速度センサー」が考えられるが、準天頂衛星と組み合わせても、「フェールセーフ性」をいかに担保できるかが課題。障害が発生した場合、常に安全側に動作させること。
- 安全面の観点から考えると、多くの線区で敷設されている「地上子」や「軌道回路」との組み合わせが当然可能であるが、地上設備の削減がどこまでできるか、線区や周辺環境によって異なってくることから、準天頂衛星等の活用そのもののメリットについて今後検証していく必要がある。
- また、この検証を行うためには、鉄道の実路線において、準天頂衛星等を活用した列車の位置を高精度に検知したデータがないため、そのデータを取得するフィールド試験を行った上で検証するものとする。

準天頂衛星等と組み合わせの可能性がある他の位置検知システム

【速度発電機】

- 車軸の回転数に応じた電圧を発生させ、列車速度を計測し、当該速度データを運転台速度計への表示やブレーキ制御に利用している。
- 車輪径と車軸の回転数から、基準点からの距離を推算し、当該列車の位置を検知するもの。



(参考) 現在使われている位置検知システム
【地上子】

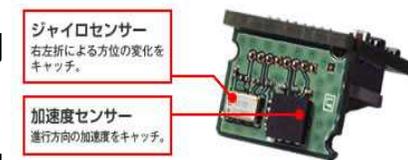
- 地上 - 車上間の伝送を行うために地上側に設ける装置で、ATSなどの運転制御装置において、列車に搭載された車上子と情報の送受信を行う。



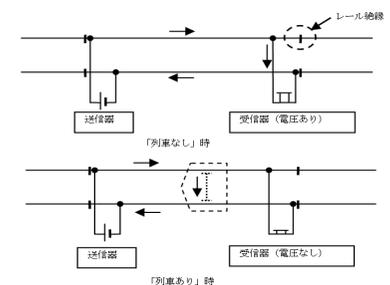
株式会社三工社ホームページ

【ジャイロセンサー及び加速度センサー】

- ジャイロセンサー
物体が角度を変える速さ(角速度)を測定するセンサー。
- 加速度センサー
物体が速度を変える速さ(加速度)を測定するセンサー。
- 各センサーにより測定された速度の値から、基準点からの距離を推算し、当該列車の位置を検知するもの。



パイオニア株式会社ホームページ



【軌道回路】

- 列車が特定の区間に在線しているかどうかを検知する装置。
- レールに電流を流し、列車の輪軸の有無によって電流の流れ方が変わることを利用する。

鉄道建設・運輸施設
整備支援機構ホームページ

【保守分野】現在の保守作業の実態

(既にGPSも活用して見張員が列車接近状況を確認)

- 現在、多くの鉄道事業者では、線路周辺の保守作業を実施する際、列車見張員(以下、見張員。曲線等の見通し不良箇所では先方見張員を配置)は、目視または列車ダイヤを参照することで、列車接近状況を確認している。その際、見張員が列車が接近したと判断した場合には、作業員に対し退避指示し、列車の通過を確認後に作業再開する方法をとっている。
- しかしながら、過去に作業員等の触車事故が発生したため、作業員等の事故を防止し、保守作業の安全性を向上させるために、一部の鉄道事業者では「GPSを活用した列車接近警報装置」(以下「GPS列近」という)が導入されている。
- GPS列近は、GPSにより列車及び見張員の位置情報を取得し、両者の離隔を推算し、列車接近状況を見張員に通知することで、見張員の確認作業を支援している(詳細は次頁参照)。
- GPS列近は、GPSを活用しない方法(見張員による目視または運転ダイヤの参照)により、列車接近状況を確認した方法に比べ、過小目測による作業員等の触車事故防止、保守作業の安全性向上、過大目測・列車遅延による退避の長時間化の解消、保守作業時間の増加等の効果が確認されている。

〔GPSを活用しない保守作業時の列車接近状況の確認イメージ〕

監視方法 : **目視**

目測により列車接近を判断

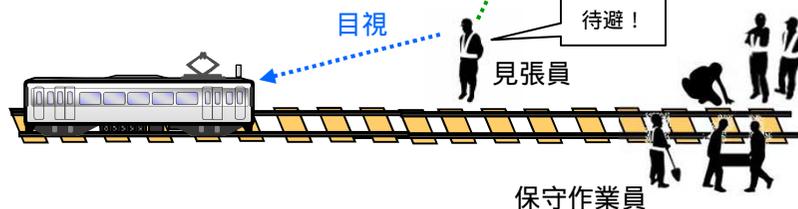
- 目測が過小 触車事故発生の可能性が高くなり危険
- 目測が過大 列車通過までの時間が長くなり、作業時間のロス

監視方法 : **列車ダイヤの参照**

運転ダイヤから列車の走行位置及び接近を判断

- 列車遅延時: 列車通過までの時間が長くなり、作業時間のロス

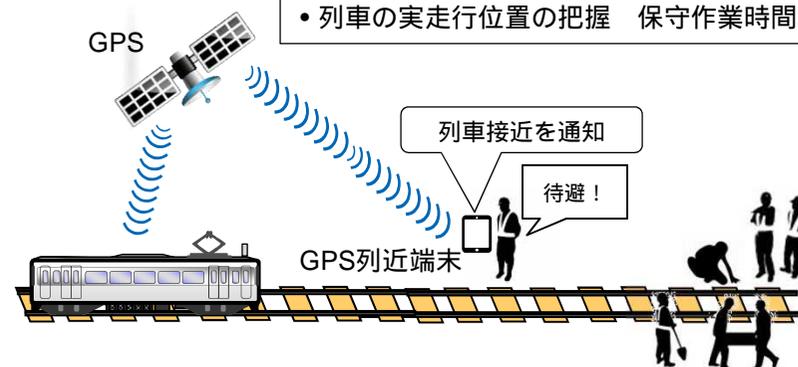
列車ダイヤの参照



〔GPSを活用した保守作業時の列車接近状況の確認イメージ〕

GPSを活用した列車接近警報装置の使用により、

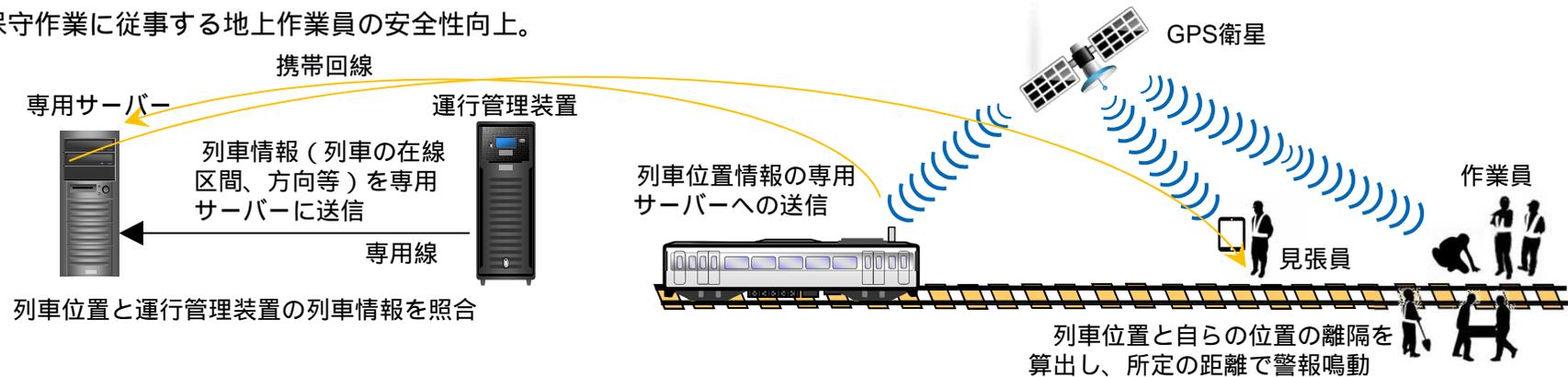
- 目測の誤りをカバー 保守作業の安全性向上、保守作業時間増加
- 列車の実走行位置の把握 保守作業時間増加



(参考) GPSを活用した列車接近警報装置

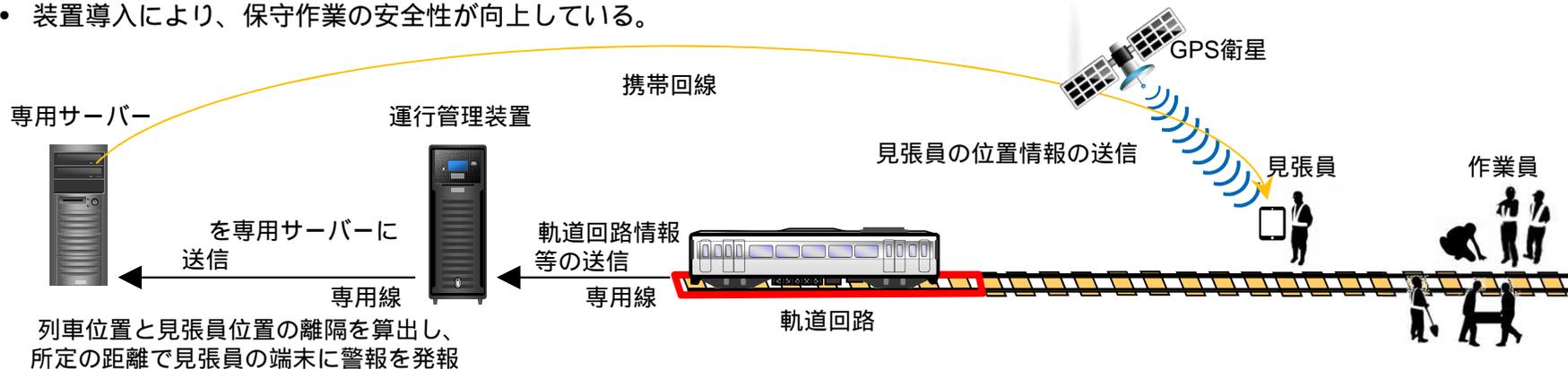
■ JR東日本

- 地上作業員や見張員が持つ作業員用端末と、車両に搭載したGPS車載装置でそれぞれの位置を測位し、作業員用端末に列車の接近を知らせる。
- 軌道回路がない線区かつ列車在線情報が取得可能な線区が対象。
- 2016年度に八高線、飯山線にて運用開始。2019年3月時点で25線区に導入済み。
- 保守作業に従事する地上作業員の安全性向上。



■ JR西日本

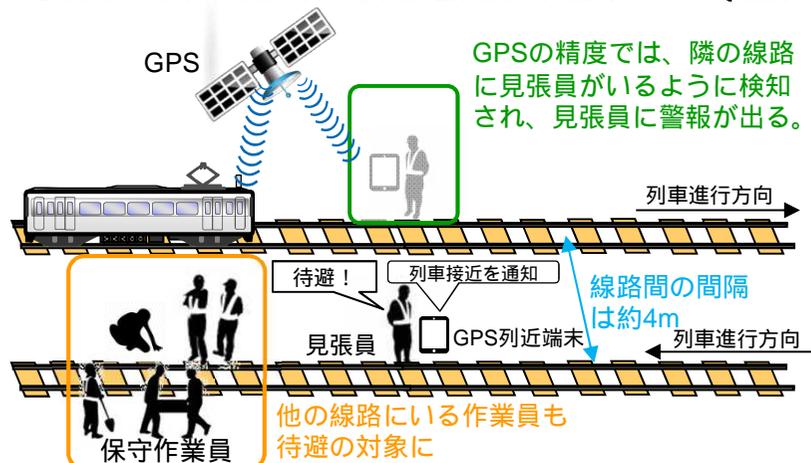
- 見張員が持つ見張員用端末の位置情報と、軌道回路と運行管理装置から取得した列車位置情報等から、見張員用端末に列車の接近を知らせる。
- 軌道回路がある線区かつ列車在線情報が取得可能な線区が対象。
- 2008年に奈良線、伯備線等で運用を開始。その後、過密ダイヤの大阪環状線等にも拡大し、約2,800kmで運用中。
- 装置導入により、保守作業の安全性が向上している。



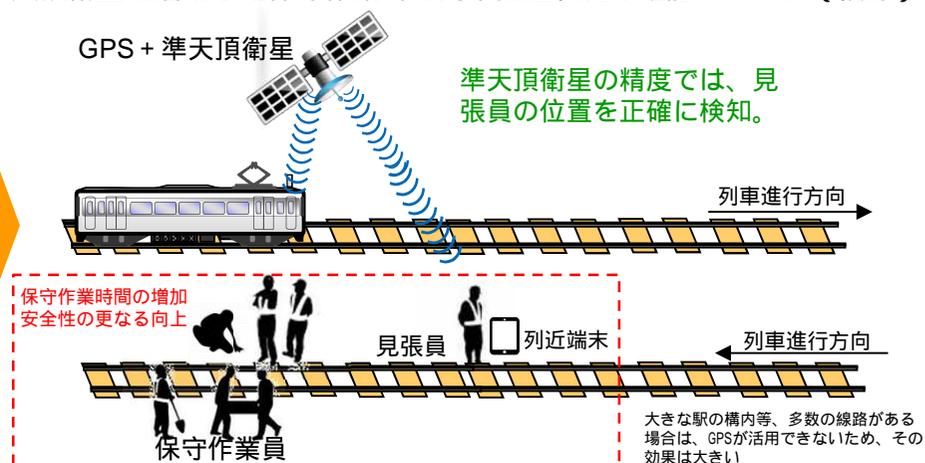
【保守分野】準天頂衛星等を活用した保守作業とその効果、今後の検討の方向性 (準天頂衛星を活用して保守作業時間の増加と更なる安全性の向上)

- 一部の鉄道事業者で導入されている「GPSを活用した列車接近警報装置」(GPS列近)は保守作業の安全性向上、保守作業時間の増加等の効果が確認されている。
- GPSに加え、準天頂衛星を活用することにより、高精度な列車及び見張員の位置検知が可能となることから、見張員から保守作業員への警告タイミングがより最適化され、更なる保守作業時間の増加と更なる安全性の向上が見込まれている。特に複線、複々線区間の場合、GPSの測位精度では列車や見張員の位置を正確に把握できず、列車が接近する線路以外の保守作業員も作業中断を強いられる場合があったため、準天頂衛星を活用することで、より大きな効果が期待される。
- 今後は、準天頂衛星の活用により、どの程度保守作業時間が増加するか、代表的なモデルケースを設定した上で検証する。
- また、この検証を行うためには、鉄道の実路線において、準天頂衛星等を活用した列車の位置を高精度に検知したデータがないため、そのデータを取得するフィールド試験を行った上で検証するものとする(「列車制御・保安分野」と同様の試験)。特に、複線、複々線区間等において、列車の位置把握が可能かどうか(上り、下り線の判別には高い精度が必要)確認する。

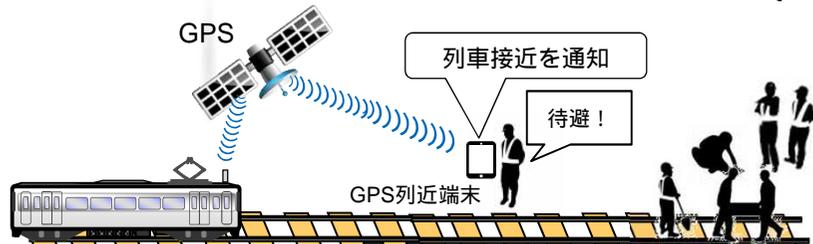
〔GPSを活用した保守作業時の列車接近状況の確認イメージ(複線)〕 〔準天頂衛星を活用した保守作業時の列車接近状況の確認イメージ(複線)〕



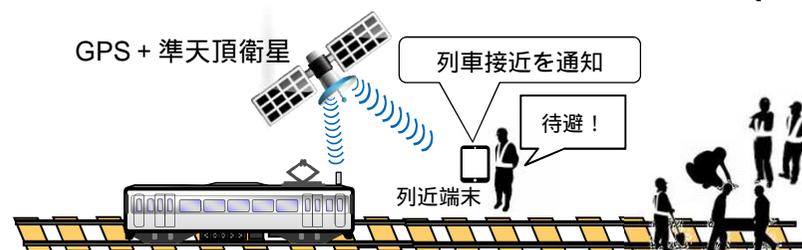
効果大



〔GPSを活用した保守作業時の列車接近状況の確認イメージ(単線)〕 〔準天頂衛星を活用した保守作業時の列車接近状況の確認イメージ(単線)〕



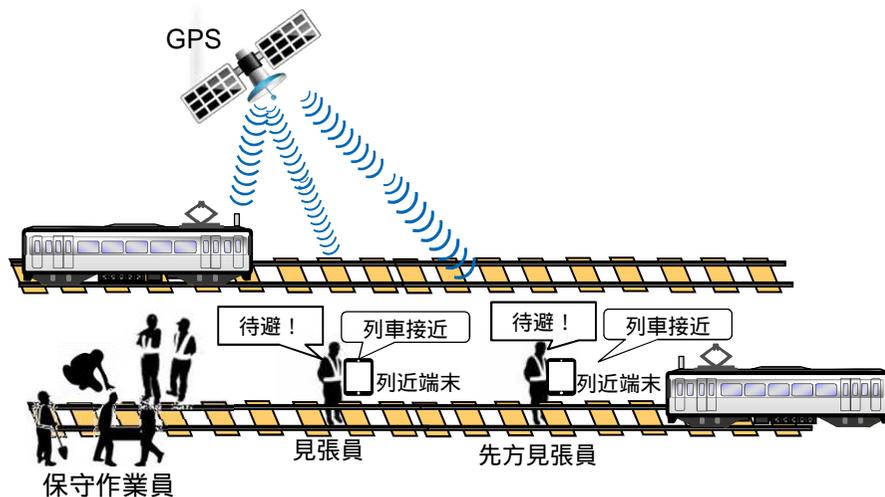
効果少



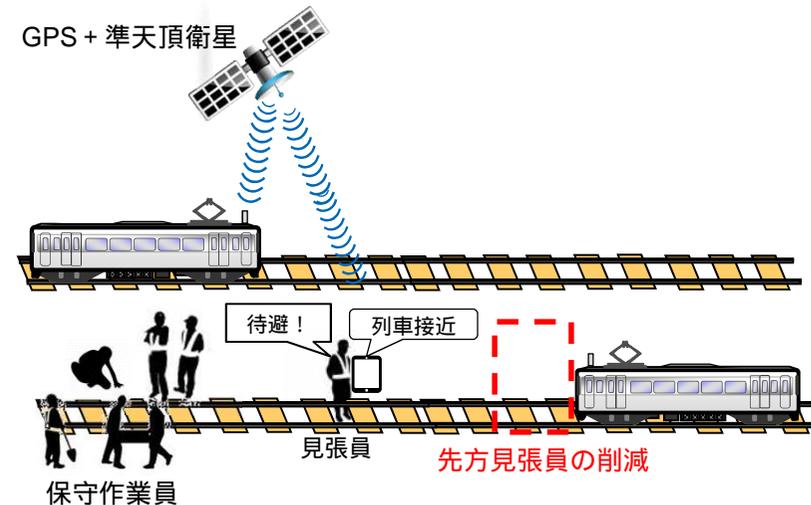
【保守分野】準天頂衛星等を活用した保守作業とその効果、今後の検討の方向性 (準天頂衛星を活用して見張員を削減)

- GPSに加え、準天頂衛星を活用することにより、高精度な列車及び見張員の位置検知が可能となることから、見張員から保守作業員への警告タイミングがより最適化され、更なる保守作業時間の増加と更なる安全性の向上が見込まれており、見張員(先方見張員含む)の削減についても期待されているところ。
- 鉄道分野では高い安全性が求められており、列車制御・保安分野の場合、活用先の線区全体において、以下の測位不可能となる箇所について、その対策が求められていることから、他の位置検知システムを組み合わせ、準天頂衛星等のデメリットを補完する必要がある。
 - トンネル等で準天頂衛星等からの電波が遮断される場合
 - 準天頂衛星等からの電波が、外部から電波干渉・妨害を受ける場合
 - 劣悪な測位環境(ビル街、山間地等)において、準天頂衛星等からの電波が反射し、大きな測位誤差が生じる場合
- 一方、保守分野では、活用先の線区全体において、上記 ~ のような測位不可能となる箇所における対策が必ずしも求められる訳ではなく、測位環境が良好な箇所等では優先的に見張員を削減できる可能性がある。
- 今後は、測位環境が良好な箇所において、見張員を削減できる可能性とその効果について検証する。
- また、この検証を行うためには、鉄道の実路線において、準天頂衛星等を活用した列車の位置を高精度に検知したデータがないため、そのデータを取得するフィールド試験(「列車制御・保安分野」と同様の試験)を行った上で検証するものとする。

〔GPSを活用した保守作業イメージ(複線)〕



〔準天頂衛星を活用し、先方見張員を削減した保守作業イメージ(複線)〕



フィールド試験の概要

目的

- 準天頂衛星等を活用することにより、鉄道の実路線において高精度な列車の位置把握が可能であるか確認する。

測定環境

- 下記の環境を含む鉄道の実路線にて測定予定
 - 上空に遮るものがないオープンスカイ(平野部)
 - 森林地帯、立体交差(衛星の電波を受信しにくい)
 - 都市部・住宅地(建物等での電波が反射しやすい)
 - 複線 / 単線 等



オープンスカイ



森林地帯



都市部・住宅地



車両屋根上への
アンテナの設置イメージ

車内への受信機等の設置イメージ

測定条件

- 以下の3つを設定
 - GPSのみ
 - GPS + 準天頂衛星のサブメータ級測位補強サービス (SLAS)
 - GPS + 準天頂衛星のセンチメータ級測位補強サービス (CLAS)

測定データを用いた検証

- 周辺環境等により変化する測位誤差を基に、列車制御・保安分野及び保守分野への活用可能性を検証する。

実施場所

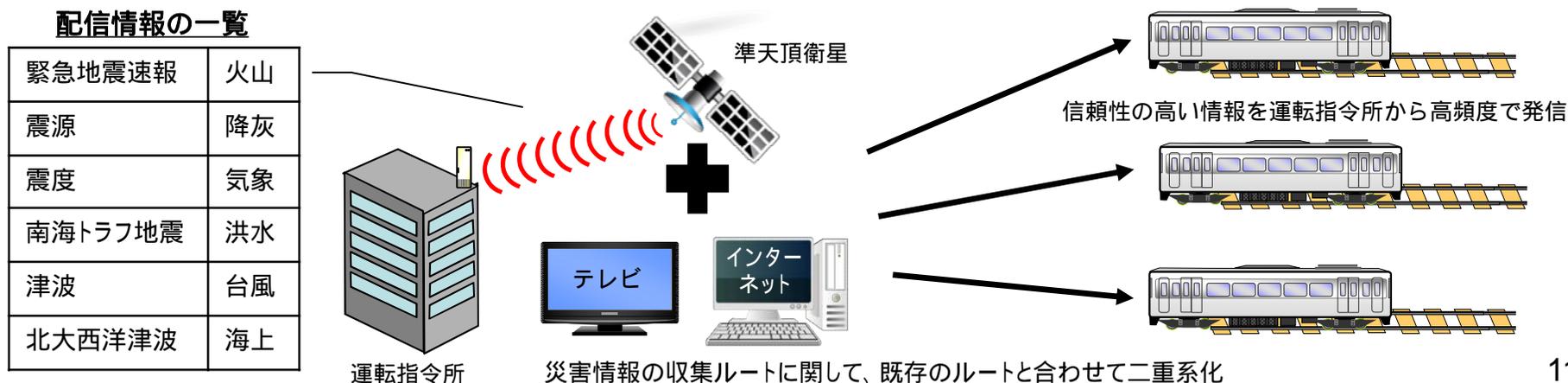
- 複数の事業者に協力を依頼し、調整中。2019年10月～11月実施予定。

【防災分野】準天頂衛星(災害・危機管理通報サービス)の活用方策

- 現在、鉄道事業者においては、災害等発生時は、運転指令所にて、テレビ、ラジオ、インターネット等により災害情報入手し、走行する列車に対し指示や注意喚起等を行っている。
- 準天頂衛星独自のサービスである「災害・危機管理通報サービス」の活用により、気象庁が提供する信頼性の高い災害情報(地震・津波等)や避難勧告の発令状況を高頻度に入手可能となり、発災状況に応じた臨機応変な対応を取れる可能性がある。
- 災害情報の収集ルートに関して、既存のルートと合わせて二重系化することが可能となり、リダンダ
ンシーの向上につながる。
- 今後、本サービスの体験が可能な試作機を用い、配信される情報及びその提供の様子を確認し、活用可能性等について議論を行う予定。
本サービスを利用するためには、対応した受信機が必要。

「災害・危機管理通報サービス」の活用イメージ

- 下記の情報を4秒に1回の間隔で配信しており、無償でサービスを受けることが可能。
- 山間部等の携帯電話のサービスエリア外となりやすい環境でも受信可能。
- 発災により、携帯電話基地局や電力設備等の地上設備が故障している状況や回線が輻輳している状況でも受信可能。



(参考)「災害・危機管理通報サービス」について

準天頂衛星システムサービス株式会社資料から抜粋

- 防災機関から、地震、津波等の災害情報、避難勧告等の発令状況について、準天頂衛星(みちびき)から送信するサービスであり、様々な分野で利活用が考えられる。
- 例えば屋外においては、電源と接続している街灯、信号機、自動販売機等に受信機を設置することで、災害時には屋外に設置されたスピーカーから避難状況をアナウンスすることも可能となり、携帯電話を所持していない又は災害時で不通となっている人に対しても情報を迅速に伝えることが可能となる。
- 更に、学校、病院等の携帯電話を切ることが求められる環境においては、衛星からの電波を受信できる窓際やバルコニーに受信機を設置することで、災害情報等を迅速に知らせることが可能となる。

災危通報サービスと携帯電話の比較

	災害・危機管理 通報サービス	携帯電話 (緊急速報メール)
配信間隔	4秒に1回	リアルタイム
サービス エリア	日本全域	山間部を中心に サービス対象外地 域が存在
通信インフラ	人工衛星	基地局
通信料	不要	要 (通信回線の維持に 必要)

災危通報サービスの利用イメージ



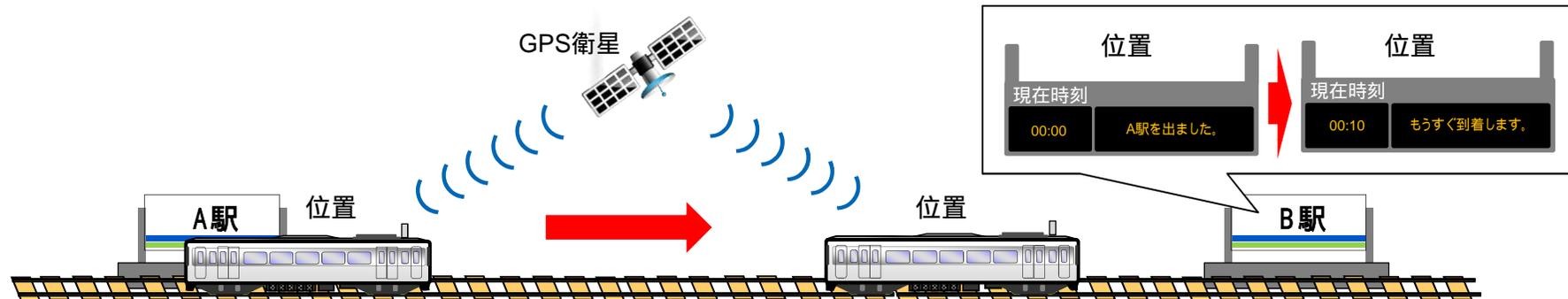
【サービス分野(旅客への情報提供)】準天頂衛星の活用方策

- 現在でも、GPSを活用することによる旅客への情報提供の実績はあり、準天頂衛星についても活用可能。
- 準天頂衛星の活用により列車の位置情報を高精度に把握することが可能となり、旅客に対し、GPSと比べより正確な、駅構内での列車運行情報の提供、及び車内での観光情報の提供を行える可能性がある。

現在のGPSを活用した旅客への情報提供のイメージ

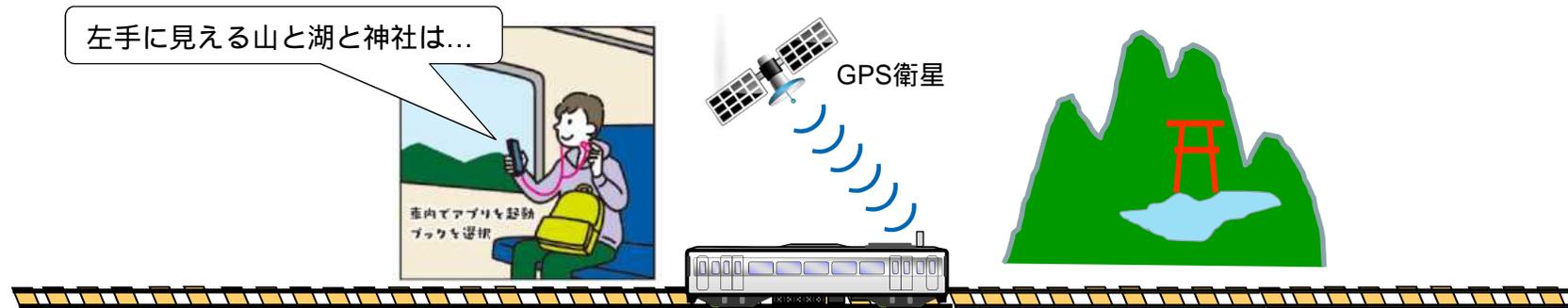
駅構内での列車運行情報の提供

- GPSによる列車の位置情報と速度情報を基に、駅構内の列車接近表示を切り替え。



車内での観光情報の提供

- スマートフォンのGPS機能を活用した専用アプリにより、現在地周辺の観光案内を音声にて自動配信。



【サービス分野(乗務員等への支援)】準天頂衛星の活用方策

- 現行でも、GPSの活用実績はあり、準天頂衛星についても活用可能。
- 準天頂衛星の活用により列車の位置情報を高精度に把握することが可能となり、乗務員等が、GPSと比べより正確に、列車情報(運転時刻、停車駅等)の把握、及び 運賃收受を行える可能性がある。

現行のGPSを活用した乗務員等への支援システムのイメージ

列車情報(運転時刻、停車駅等)の把握

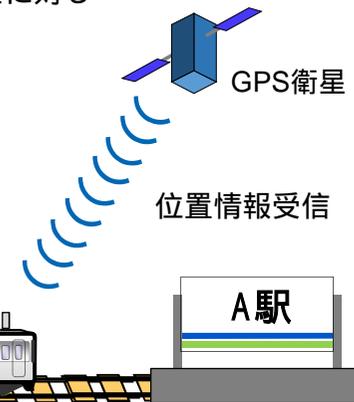
- GPS技術を利用して列車の位置特定を行い、その位置情報により、音声や発光表示等の方法で運転士に対し運転支援(列車種別確認、編成両数確認、停止位置確認等の注意喚起)を行うシステム。
- 近鉄で最初に導入され、後にJR西日本、東武等でも導入。

乗務員携行端末

(近鉄グループホールディングス株式会社HPより)

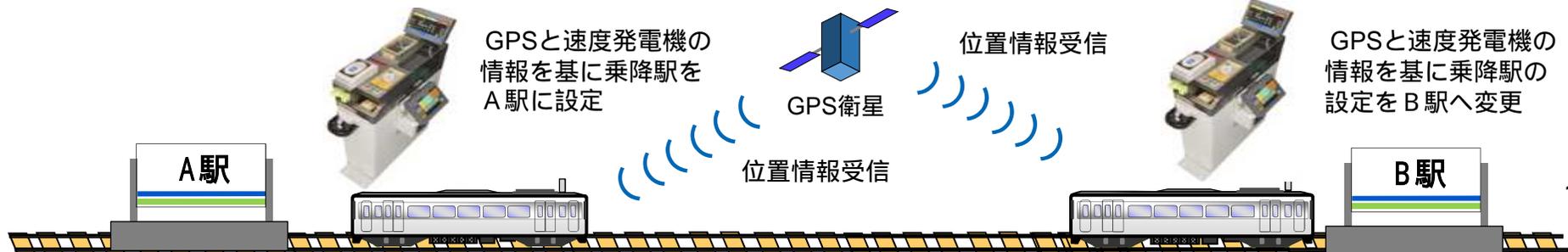


乗務員の携行端末に予め登録された列車情報(運転時刻、停車駅等)と現在位置を照合し、停車駅に接近しているときは停車駅である旨を乗務員に注意喚起する



運賃收受

- 列車に搭載したIC改札機。
- GPSによる列車の位置情報と速度発電機からの走行距離情報を基に、乗降駅の設定を切り替え。



今後の検討の方向性(まとめ)

〔列車制御・保安分野〕

- 列車制御・保安分野における準天頂衛星等の活用には、トンネル等により測位不可能となる箇所について対策が必要である。
- 同分野では高い安全性が求められていることから、準天頂衛星等のデメリットを補完する他の位置検知システムとの組み合わせが不可欠であり、その有効性について今後検証を進める。
- また、この検証を行うためには、鉄道の実路線において、準天頂衛星等を活用した列車の位置を高精度に検知したデータがないため、そのデータを取得するフィールド試験を行った上で検証するものとする。

〔保守分野〕

- 準天頂衛星を活用することにより、高精度な列車及び見張員の位置検知が可能となることから、見張員から保守作業員への警告タイミングがより最適化され、更なる保守作業時間の増加と更なる安全性の向上が見込まれている。
- 今後は、準天頂衛星の活用により、どの程度保守作業時間が増加するか、代表的なモデルケースを設定した上で検証する。
- また、この検証を行うためには、鉄道の実路線において、準天頂衛星等を活用した列車の位置を高精度に検知したデータがないため、そのデータを取得するフィールド試験を行った上で検証するものとする(「列車制御・保安分野」と同様の試験)。特に、複線、複々線区間等において、列車の位置把握が可能かどうか確認する。
- また、測位環境が良好な箇所等では見張員を削減できる可能性があるため、その可能性と効果について検証する。

〔防災・サービス分野〕

- 災害・危機管理通報サービスの体験が可能な試作機を用い、配信される情報及びその提供の様子を確認し、活用可能性等について議論を行う。
- 防災分野・サービス分野ともに、更なる活用方策について検討を進める。

今後のスケジュール(案)

2019				
	9月	10月	11月	12月
鉄道における 準天頂衛星等 システム活用 検討会	第2回 (9/19) ● ● 各WGの検討状況 ● 今後の検討の方向性			第3回 (年末) ○ ● フィールド試験の結果報告 ● とりまとめ(案)の検討
列車制御・ 保安分野検討 WG		○ ● フィールド試験の概要説明、結果報告(速報) ● 安全性(フェールセーフ性)確保の検討		○ ● フィールド試験の結果報告 ● フィールド試験結果に基づく列車制御・保安分野への活用可能性及び補完方法の検討(総括) ● WGとりまとめ(案)の検討
保守・防災・ サービス 分野検討WG		○ ● フィールド試験の概要説明、結果報告(速報) ● 保守作業時間の増加程度の検証 ● 見張員削減の可能性の検証 ● 災危通報サービスの活用可能性の検討		○ ● フィールド試験の結果報告 ● フィールド試験の測位精度の結果に基づく保守作業時間の増加程度の検証(総括) ● 見張員削減の可能性の検証(総括) ● WGとりまとめ(案)の検討
フィールド 試験等	調整、準備 →	フィールド試験の実施 ○ ○ ○		