

【基本政策部会】

準天頂衛星システムについて



Quasi-Zenith Satellite System

2019年 11月 5日

1. 準天頂衛星システムの開発

(1) 7機体制に向けた開発

(2) 将来に向けた研究開発

2. 利活用の推進

(1) 7機体制に向けた開発

- ◆ 準天頂衛星システムは、日本版GPSとも呼ばれる我が国独自の衛星測位システム。GPSの補強信号を生成し、センチメートル級の高精度衛星測位を実現。
- ◆ 2018年11月1日に4機体制でのサービス開始。自動走行、農業、物流、防災分野等への利用が期待される。
- ◆ 現在、宇宙基本計画や骨太の方針等に基づき、2023年度めどの持続測位が可能になる7機体制の確立と機能性能向上に関する開発・整備を実施中。昨年度より、5号機の開発に着手。今年度より、6、7号機及び機能・性能向上の開発に着手している。

■ 宇宙基本計画

(平成27年1月宇宙開発戦略本部決定、平成28年4月閣議決定)

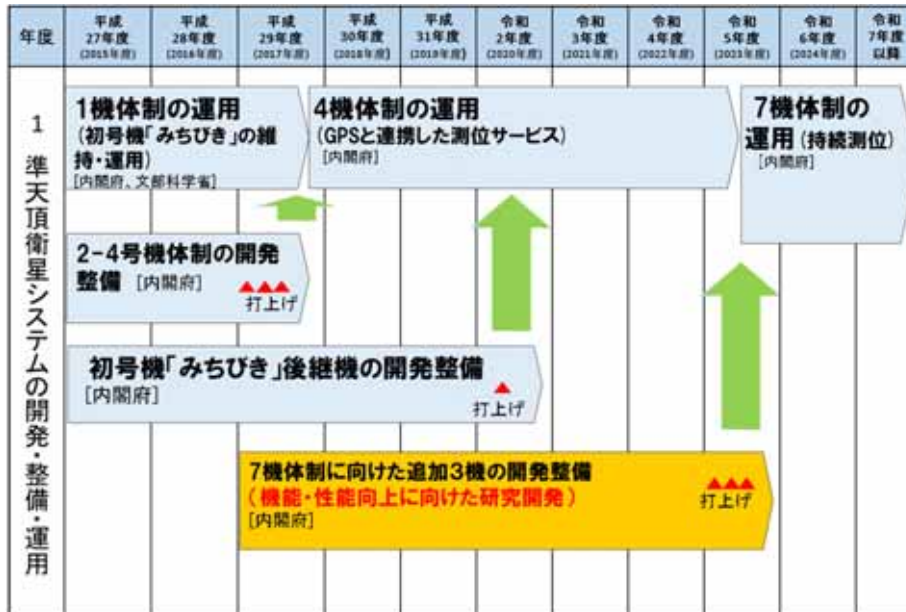
持続測位が可能となる7機体制の確立のために必要となる追加3機については、平成29年度をめどに開発に着手し、平成35年度をめどに運用を開始する。』

■ 経済財政運営と改革の基本方針2019

(令和元年6月閣議決定)

準天頂衛星システムにおける7機体制の確立及び機能・性能の向上と、これに対応した地上設備の開発・整備等について、効率化を図りつつ着実にを行うとともに、G空間プロジェクトとも連携し、国内外での利用拡大を図る。

宇宙基本計画工程表(平成30年12月改定)



準天頂衛星システムの軌道

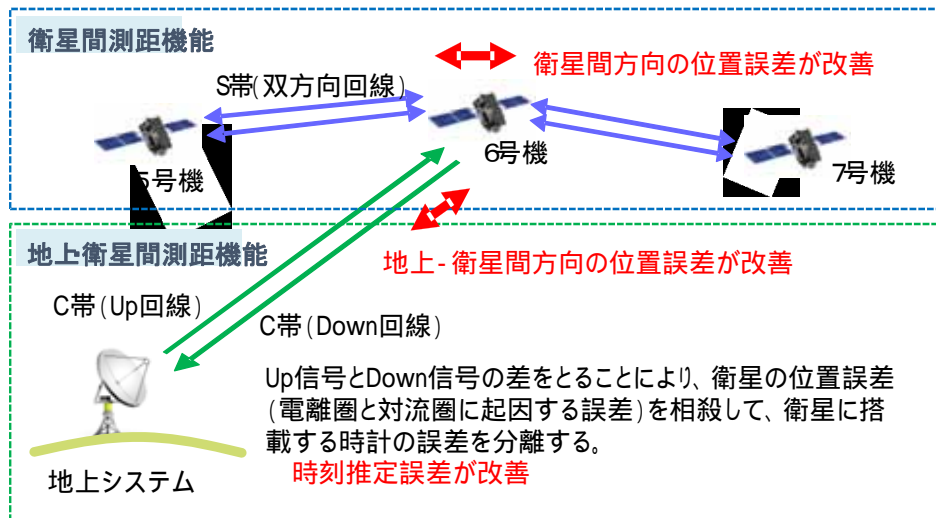
日本のほぼ真上(準天頂)に1機あたり約8時間滞在(下図は7機体制イメージ)



(1) 7機体制に向けた開発

- ◆ 機能性能向上の一環として、以下に取り組む。
 - (1) 精度向上のための「衛星間測距機能」、「地上衛星間測距機能」を搭載することにより、衛星の位置誤差を改善し、ユーザー測位精度を向上させる。
 - (2) 妨害技術から準天頂衛星を保護するため、信号が欺瞞(スプーフィング)されていないことを確認する「信号認証機能」の整備を進める予定。主管制局にて、送信するメッセージに地上システム側の秘密鍵を用いて作成した電子署名を組み込み、スプーフィング耐性の高い測位サービスを提供することが可能となる。
- ◆ また、持続測位が可能となる7機体制の確立及び機能・性能向上に対応した地上設備の開発・整備等に取り組む予定。

精度向上のための新たな機能



信号認証技術



(2) 将来に向けた研究開発

● 準天頂衛星システム開発に係る取組方針(ロードマップ)について

- 将来の実用準天頂衛星システムに有用な研究開発事項を整理した開発に係る取組方針(ロードマップ)を基本計画改定に向けた議論を踏まえつつ速やかに策定する予定
- 主要な検討課題は下記のとおり

① 継続的な性能向上

- SIS-URE(精度)
 - » 軌道クロック推定予報精度向上(モデル高精度化など)
- アベイラビリティ(サービス稼働率)
 - » 軌道クロック推定収束時間短縮、細密軌道制御など
- インテグリティ(完全(信頼)性)、コンティニュイティ(継続性)
 - » 原子時計のアンサンブルクロック化など



海外の原子時計の例
左: NASA Deep Space Atomic Clock,
右 Galileo 水素メーザ原子時計

② 機能性保証、こうたん性向上

- ジャミング・スプーフィングなどへの耐性向上
 - » デジタル信号生成器、PRNコード認証、耐ジャミング受信機(チップスケール原子時計、適応型アンテナ)など
- 地上システムへの依存度低減
 - » オンボードでの軌道クロック推定と航法メッセージ生成



適応型アレイアンテナ
・干渉波を避け、所望衛星を追尾

③ システム維持・更新・運用コスト低減

- 衛星バス、搭載機器の小型軽量化、高効率化

2. 利活用の状況

- ◆ 2018年11月、準天頂衛星システム(みちびき)は、サービスを開始。
- ◆ 関係府省6大臣申し合わせにより、宇宙政策担当大臣の下、関係省庁副大臣級及び民間団体の長から構成される「準天頂衛星システム利活用促進タスクフォース」を設置し、利活用を促進。
- ◆ これまで各府省が実証実験等を実施。現在、みちびきを活用した新たなサービス・商品が生み出されつつある状況。

「みちびき」サービス開始 記念式典



(2018年11月1日)

みちびき利活用(事例)

農業分野



自動走行トラクタの
無人協調作業実証(SIP)

海外実証(総務省)

物流分野



ドローンによる
ピンポイント配送(NEDO)

自動車分野



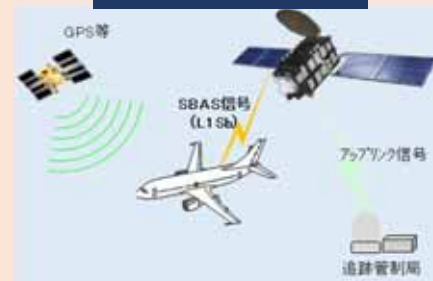
自動運転実証イメージ(SIP)

船舶海洋分野



船舶の自動離着棧システム
技術開発(国交省)

航空分野



衛星航法補強システム
<2020年4月~>

防災分野



衛星安否確認サービス
<自治体へ端末貸出中>

- ◆ 農業分野では、高齢化の進行(210万人の6割以上が65歳以上)等により労働力不足が懸念されており、政府として圃場内での農機の自動走行システムの市販化、2020年に遠隔監視で無人システムの実現に向けた制度整備等を進めているところ。
- ◆ 内閣府SIP事業等において実証事業を行っており、農機メーカー各社も、「みちびき」のcm級測位の実証実験を継続的に実施している。
- ◆ 「みちびき」の高精度測位情報を活用した自動運転技術は、内閣府SIPの大規模実証実験等を通じて開発中。
- ◆ 自車の周辺を監視する自律型センサー技術と、「みちびき」のcm級測位及び高精度3次元地図を活用したインフラ型の技術を組み合わせることにより、濃霧や雪道など視認性が悪い環境下においても高い安全性と快適性を両立した自動運転を実現することが可能となる。



条間走行のタイヤ跡 → 確実な条間走行を確認

雪道での実証実験
(北海道旭川・道央自動車道:2018年2月)

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ても、個人宅の庭先等への配送も可能に。



画像認識用マット(3m × 3m)



ドローンポート(5m × 5m)

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。

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)

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。

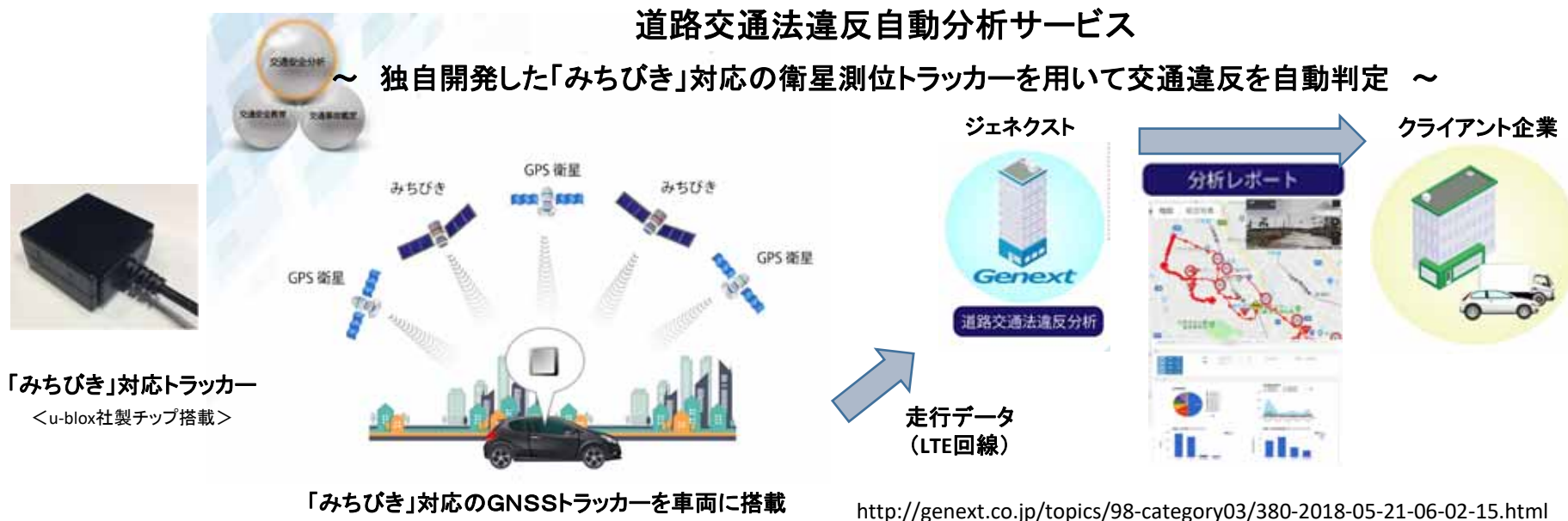
みちびきを活用することによる利点

- 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

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。

みちびきを活用した交通安全分析サービス

- ◆ ジェネクスト(株)は、「みちびき」のサブメータ級信号を活用した道路交通法違反自動判定の実用化サービスを2018年6月から提供開始。
- ◆ どの場所でどのような違反が発生したのかが具体的に示されるため、ドライバーの法令遵守向上を通じた交通事故削減に効果。自動車保険料の削減にも寄与が期待。



みちびきを活用した腕時計型ウェアラブル端末

- ◆ (株)MASAは、「みちびき」のサブメータ級信号を活用したゴルフナビゲーション用の腕時計型ウェアラブル端末を開発し、販売中。
- ◆ あらかじめ端末に保持されているコース情報と組み合わせてグリーンまでの正確な距離を表示し、ゴルフプレイヤーをサポート。

- ✓ スマートフォン連携でコース情報の更新やスコア管理が可能



<https://www.greenon.jp/content/view/1722/548/>

- ✓ 高精度測位情報と組み合わせてグリーンまでの距離を表示



みちびきとセンサーフュージョンによる鉄道沿線の安全な位置検知の検討

(提案企業: 西日本旅客鉄道株)

- ◆ 従来の列車の位置検知では、線路上に大量に設置した地上子を利用しているが、保守作業のコスト縮減が課題。
- ◆ 保守用車や保守作業員の位置検知手法はこれまで導入されておらず、目視等による安全確保がなされている状況。
- ◆ 保守用車・保守作業員の位置を簡易かつ正確に検知する技術の導入により、列車と保守用車・保守作業員の衝突事故を防ぎ、安全性を向上させることが目的。
- ◆ 保守用車をケーススタディとし、みちびき(サブメータ級測位補強サービス)を軸に、各種センサと組み合わせ、システム全体として安定的な位置検知のために有効な手法を検討。

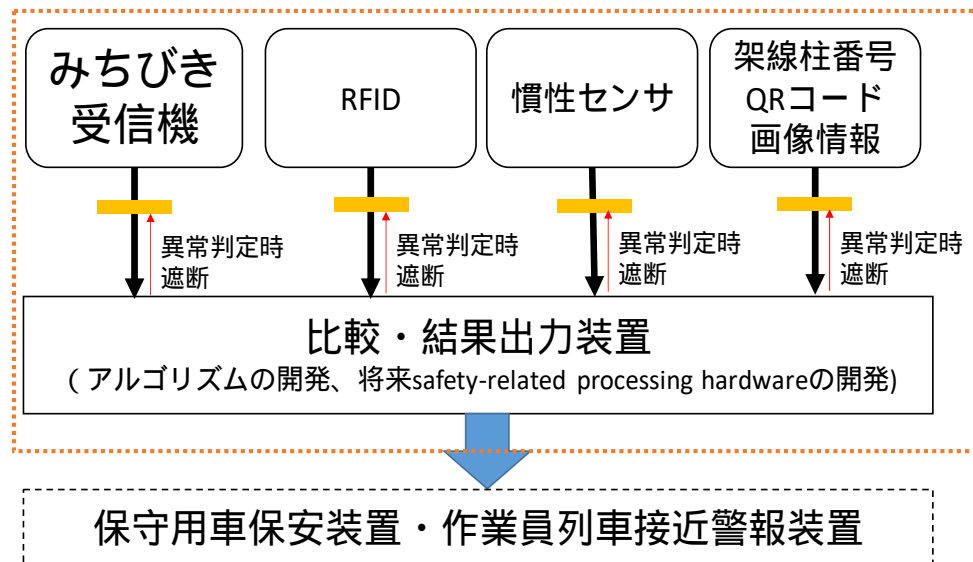
< 内容 >

- (1) 試験フィールドで保守車両を走行させ、測定結果を基準点の座標と比較・評価。
- (2) 保守車両が走行中、センサに不具合が発生した状況を模擬し、他のセンサによる検知状況を検証。

< 実証場所 >

JR西日本管内

開発対象 みちびき以外のセンサは当面の試験で採用。



プレジャーボートの「ピタット自動着岸」「入れ食い自動操舵」実証実験

(提案企業: ニュージャパンマリン九州(株))

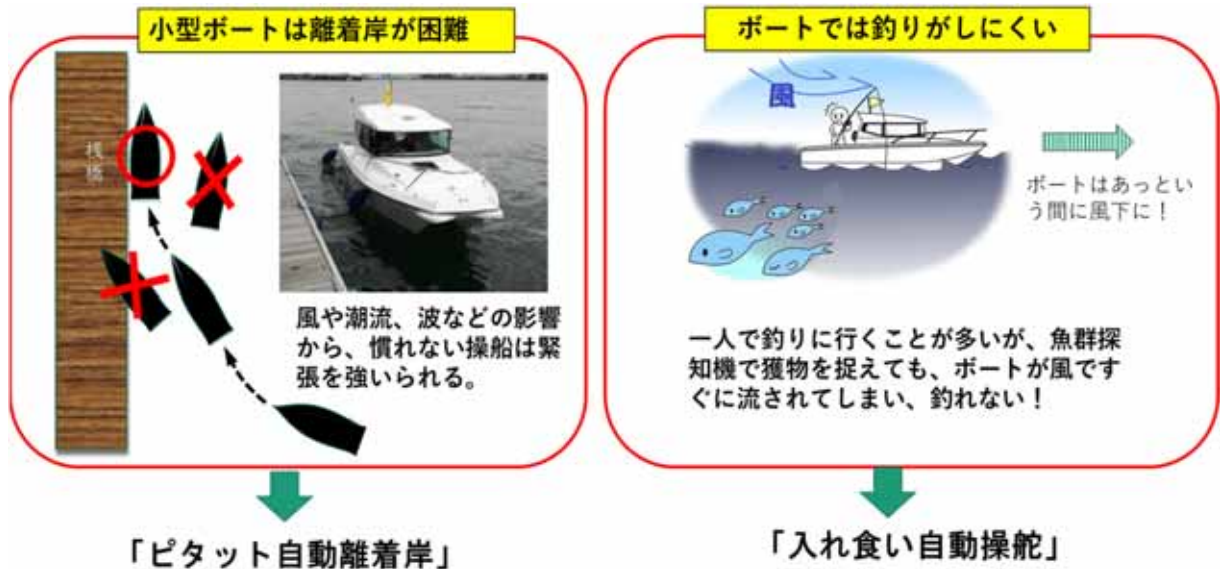
- ◆ 小型プレジャーボートは風や潮流の影響を大きく受けるため、着岸時の操舵やフィッシング時の艇体の船位保持が困難。
- ◆ 自動着岸・自動操舵装置の製品化にあたっては、高精度な位置情報の取得が不可欠。
- ◆ みちびきのセンチメートル級測位補強情報を活用し、安全な離着岸とポイントフィッシング(魚群の真上でのフィッシング)ができるプレジャーボートを実現。

< 内容 >

実証実験で得られた基礎データをもとに、ボートの制御アルゴリズム開発及びソフトウェアのプロトタイプ作成を実施。

< 実証場所 >

横浜

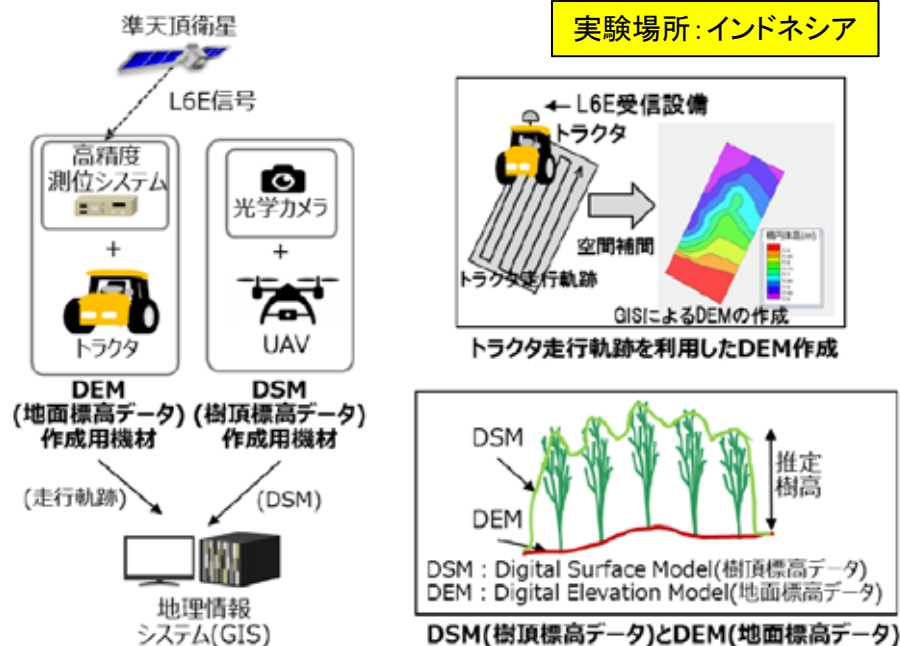


みちびきを活用した営林管理

- ◆ インドネシアの植林地において「みちびき」を活用した植林管理の実証実験を総務省が実施注。(2019年9月～)
- ◆ MADOGA信号を活用して、樹木の伐採前後の高さ情報を取得し、差分より樹高を推定。
- ◆ 従来多くの人手を費やしていた樹高測定作業を迅速に行うことができ、また精度が向上することで伐採計画立案の効率化とオペレーションの最適化を目指す。

実証実験の流れ

- ① UAVによる空撮によりDSM(樹頂標高データ)を作成
- ② 対象となる樹木を伐採
- ③ 「みちびき」を受信したトラクタの走行によりDEM(地面標高データ)を作成
- ④ DSMとDEMの差から、樹高を推定
- ⑤ 実際に伐採した樹高と推定値を比較



<https://www.hitachi.co.jp/New/cnews/month/2019/09/0913.html>

注: 総務省「低緯度地域における高精度測位技術を活用した効率的営林システムの実証にかかわる請負」を(株)日立ソリューションズが受託し、丸紅(株)と(株)日立製作所が協力。

MADDOCAを活用したアフォーダブルなドローン観測サービス構築実証実験

(提案企業: (株)サウマネジメント)

- ◆ インドネシア、マレーシアにおける主要農産物のパーム椰子や、タイによる生産が主なパラゴムノキ(天然ゴム)では、病害による被害が深刻であり、病害を早期に検知できるサービスのニーズが高い。
- ◆ 現在のドローン観測システムでは、位置情報補正のため基準局の設置が一般的だが、コスト増要因である基準局設置は、アジア諸国の農村・森林地域で困難な場合がある。
- ◆ みちびきのcm級補正情報(MADDOCA)を活用により、基準局の設置が不要となる。また、観測対象の植物の個体それぞれの時系列データを取得・比較することが可能となり、病害の早期検知等の植物の生育状況の管理が可能となる。

< 内容 >

国内外で実環境における性能確認を実施し、農業分野での実用化に向けた課題を整理。

< 実証場所 >

静岡県(国内)

マレーシア(海外)

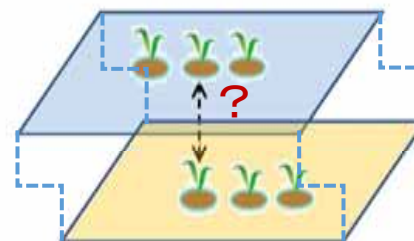
通常のGNSS
受信機搭載



観測データの位置ずれが
数mオーダの場合

観測データ(時刻1)

観測データ(時刻2)

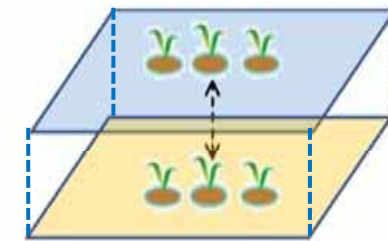


数mずれると間違っ
て異なる対象を比較
してしまう可能性が
ある。個体差の影響
が入ってしまうため
、時間変化の把握が
困難。

MADDOCA
受信機搭載



観測データの位置ずれが
10cmオーダの場合



10~20cmずれても
同一対象を捉えるこ
とができる。両者の
スペクトルを比較す
ることで、時間変化
が分かる