

高精度測位補強サービスへの期待 ～MADOCAによる海外展開～



グローバル測位サービス株式会社

五百竹 義勝

October 19, 2018

1. 高精度測位への期待

- 1) はじめに
- 2) マルチGNSS環境
- 3) 準天頂衛星
- 4) 高精度測位技術/MADOCA

2. 高精度測位補強サービス

- 1) GPASのご紹介
- 2) 期待される利用分野
- 3) 実証事例のご紹介
- 4) さいごに

1. 高精度測位への期待

1) はじめに

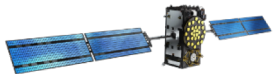
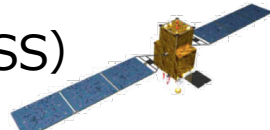
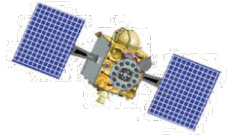
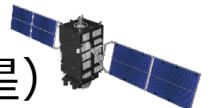
◆ 高精度測位の重要性

- エネルギー・食料、高齢化等の社会的課題解決と安全・安心な社会創造に向け、高精度な位置情報の活用に広がり。
 - ・エネルギー : 渋滞緩和、自動走行・航行、シェアリング、海洋資源
 - ・食料 : 精密農業、物流管理
 - ・高齢化 : 身障者ナビ、見守り、各種自動化・効率化
 - ・安全・安心 : 自動走行、自然災害、位置認証
- 自動化・効率化の実現に向け「人 から 機械」の制御へ、その利用形態も「モノ から サービス」の利用へと変革。
- これら革新的なサービスを実現するためには、以下の要求を満たす高精度位置情報が重要。
 - ・グローバル利用 : 国や地域を選ばず地球上どこでも利用
 - ・高精度である : 緯度・経度・高さの絶対値を高精度に把握
 - ・汎用性がある : オープンな環境で実現。他センサーとの連携
 - ・導入が容易 : 低価格にサービスを立ち上げ

1. 高精度測位への期待

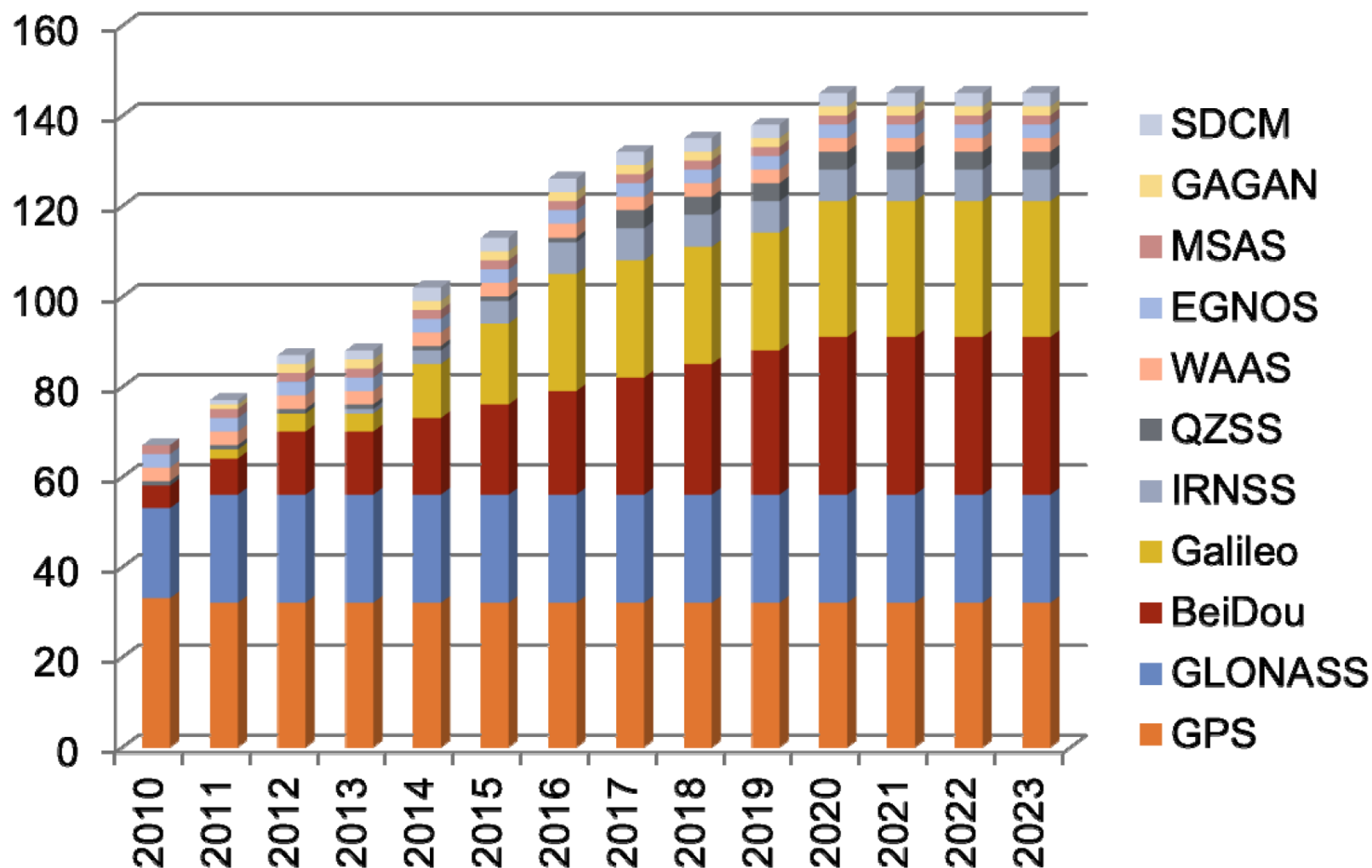
2) マルチGNSS環境 ①

◆ 世界の測位衛星

測位衛星	国名	運用	軌道	計画	
GPS 	米国	3 1	3 1	2 4	近代化 2018年Block-III打上
GLONASS 	ロシア	2 4	2 5	2 4	近代化 (CDMA化)
Galileo 	欧州	1 4	2 2	3 0	2020年運用開始
BeiDou (COMPASS) 	中国	2 0	2 2	3 5	2020年運用開始
NAVIC (IRNSS) 	インド	7	7	7	2018年運用開始
QZSS (準天頂衛星) 	日本	4	4	7	2018年4機で運用開始 2023年7機に拡張予定

2) マルチGNSS環境 ②

◆ 測位衛星の整備状況（推移）



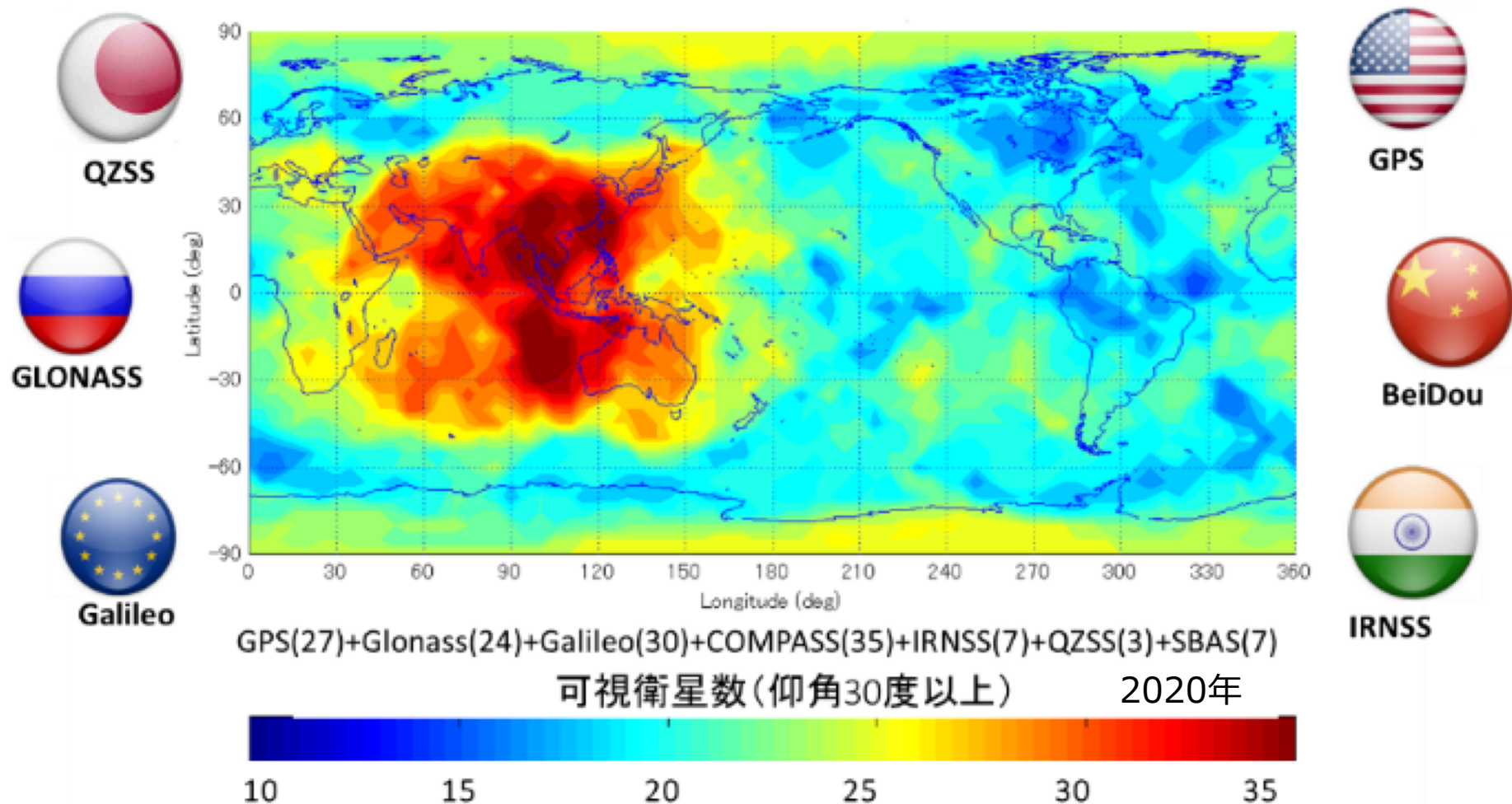
Note: The prediction here was carried out as of late 2012.

※JAXA様資料より

1. 高精度測位への期待

2) マルチGNSS環境 ③

➤ 今後、アジア・オセアニア地域では特に多くのGNSSが利用可能となる。



※JAXA様資料より

3) 準天頂衛星 ①

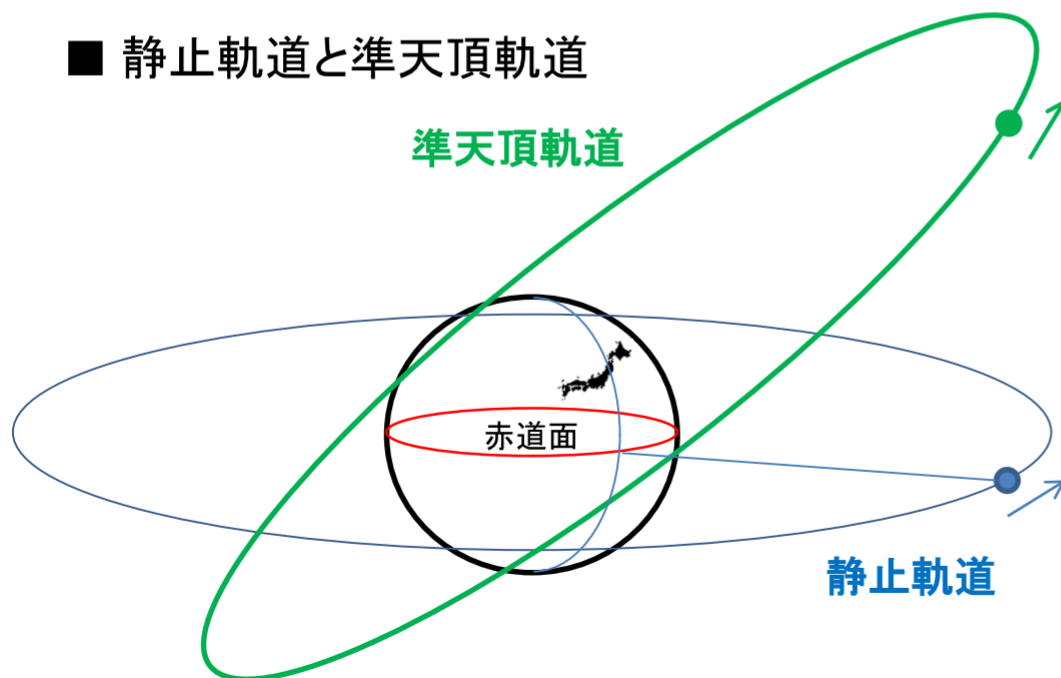
○静止軌道

赤道面上にあり、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周する軌道。そのため、衛星は地上からは静止したように見える。

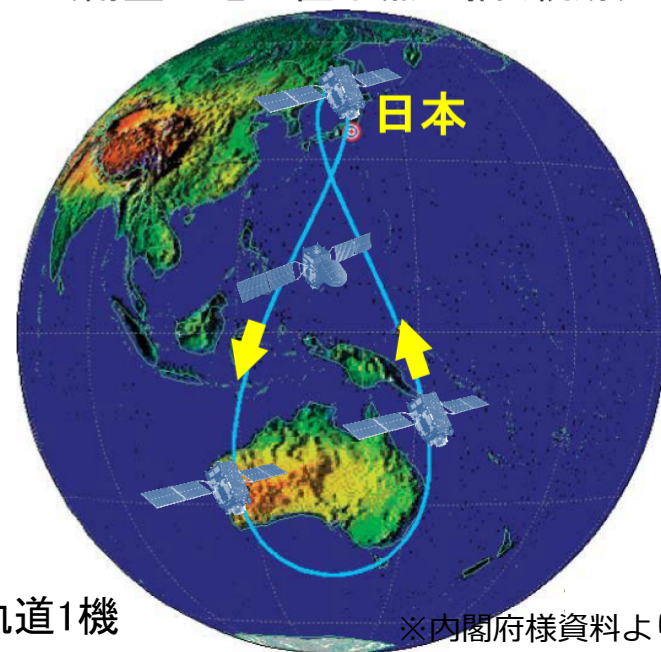
○準天頂軌道

静止軌道に対して軌道面を40～50度傾けた楕円軌道で、地球の自転と同期して約24時間で1周する軌道。子午線(日本の場合は東経135度(明石市))の近傍上空を南北に往復する。

■ 静止軌道と準天頂軌道



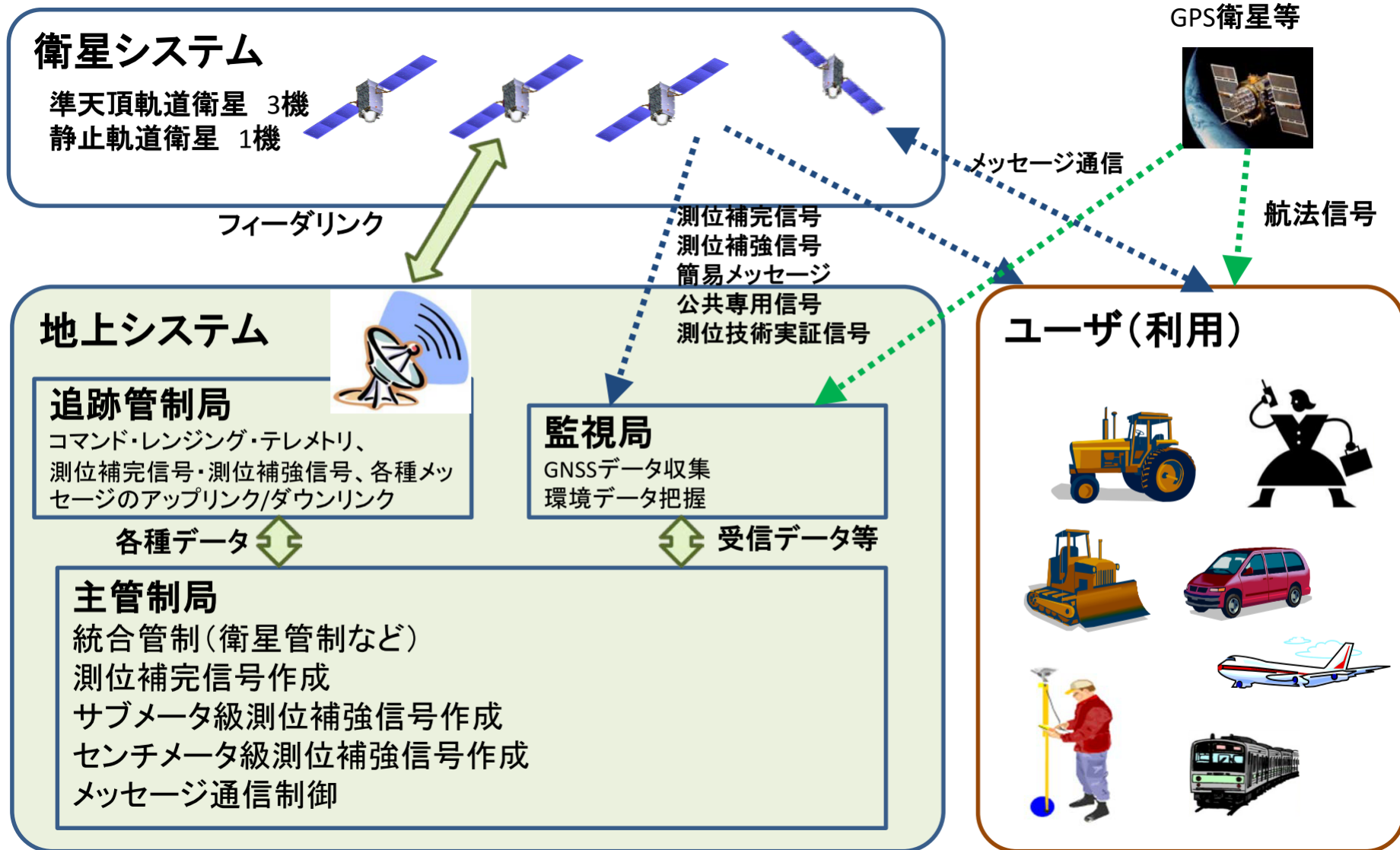
■ 準天頂軌道衛星の地上軌跡 (衛星の地上直下点が描く軌跡)



8の字軌道3機(日本の準天頂を常に1機が周回) + 静止軌道1機

※内閣府様資料より

3) 準天頂衛星 ②



※内閣府様資料より

3) 準天頂衛星 ③

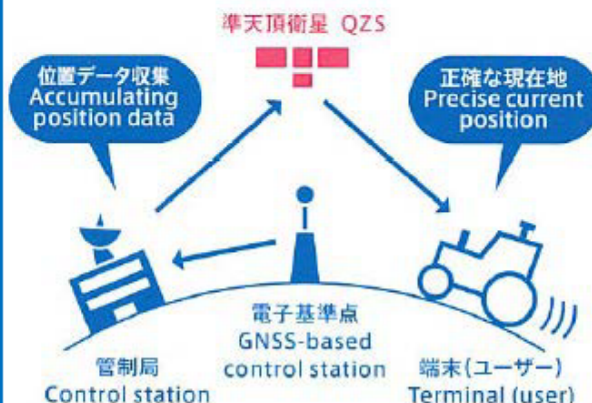
①GPSの補完

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)



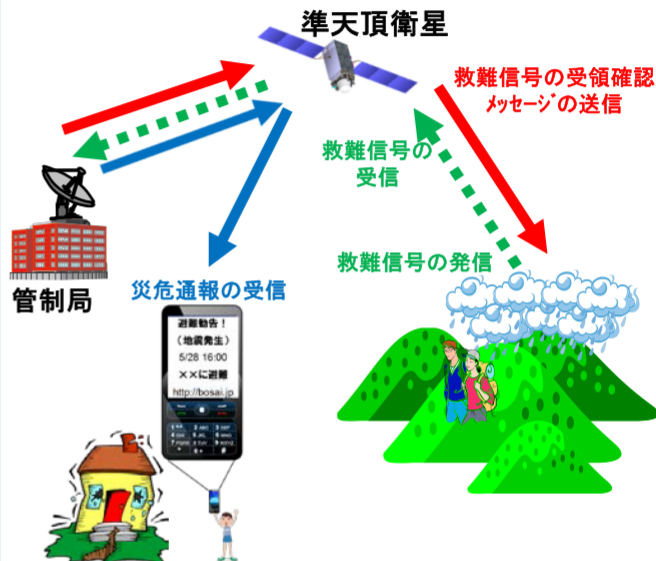
②GPSの補強

衛星測位の精度向上(電子基準点を活用してcm級精度を実現)



③メッセージ機能

- ・災害・危機管理通報(災危通報)
- ・衛星安否確認サービス



年度	H24 (2012)	H25 (2013)	H26 (2014)	H27 (2015)	H28 (2016)	H29 (2017)	H30 (2018)	H31 (2019)	H32~H44 (2020~2032)
準天頂衛星 (2~4号機) 初号機(みちびき)後継機	基本/詳細設計			整備			3機打上げ	★サービス開始: 2018年11月	
	初号機: 2010年9月打上 2号機: 2017年6月打上 3号機: 2017年8月打上 4号機: 2017年10月打上			予備設計	基本/詳細設計	整備			2023年度めど7機体制確立

※内閣府様資料より

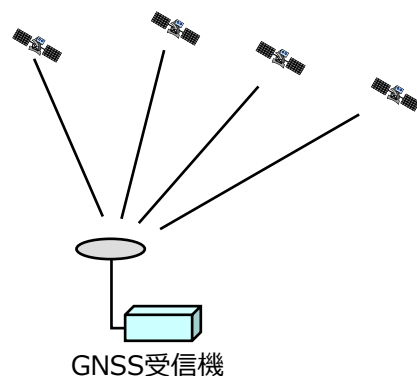
4) 高精度測位技術/MADOCA ①

◆ 測位精度の向上

単独測位 等

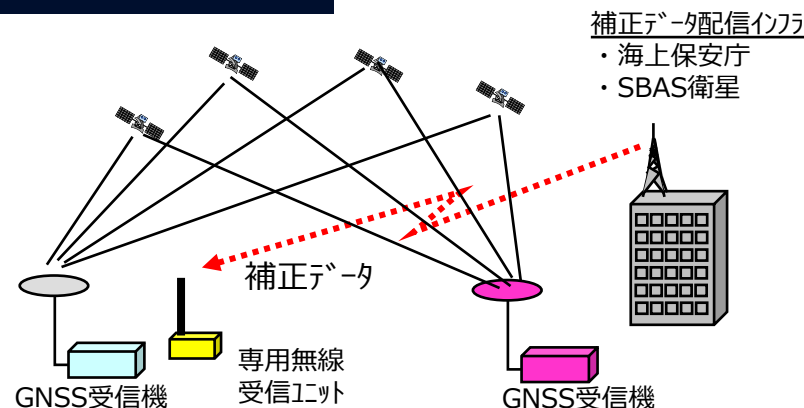
精度：数十m

コード測位



DGPS 等

精度：数m

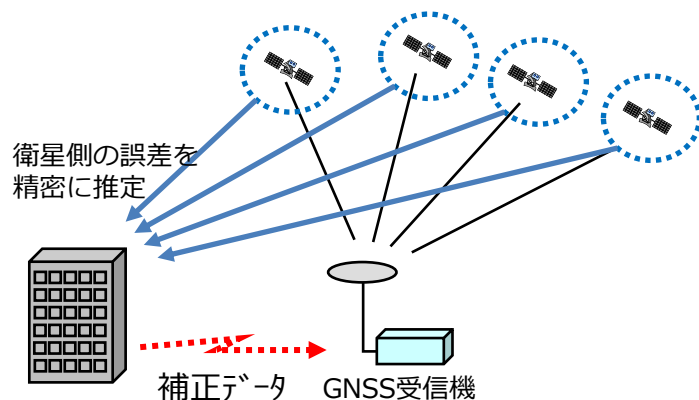


単独測位

相対測位

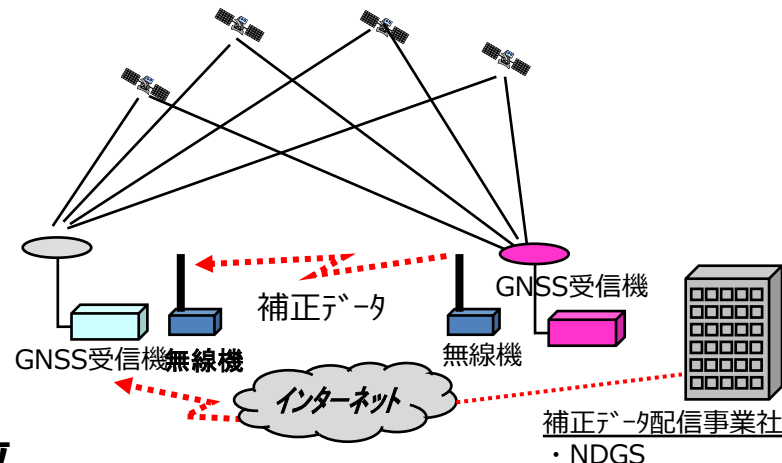
PPP 等

精度：数cm



RTK 等

精度：数cm



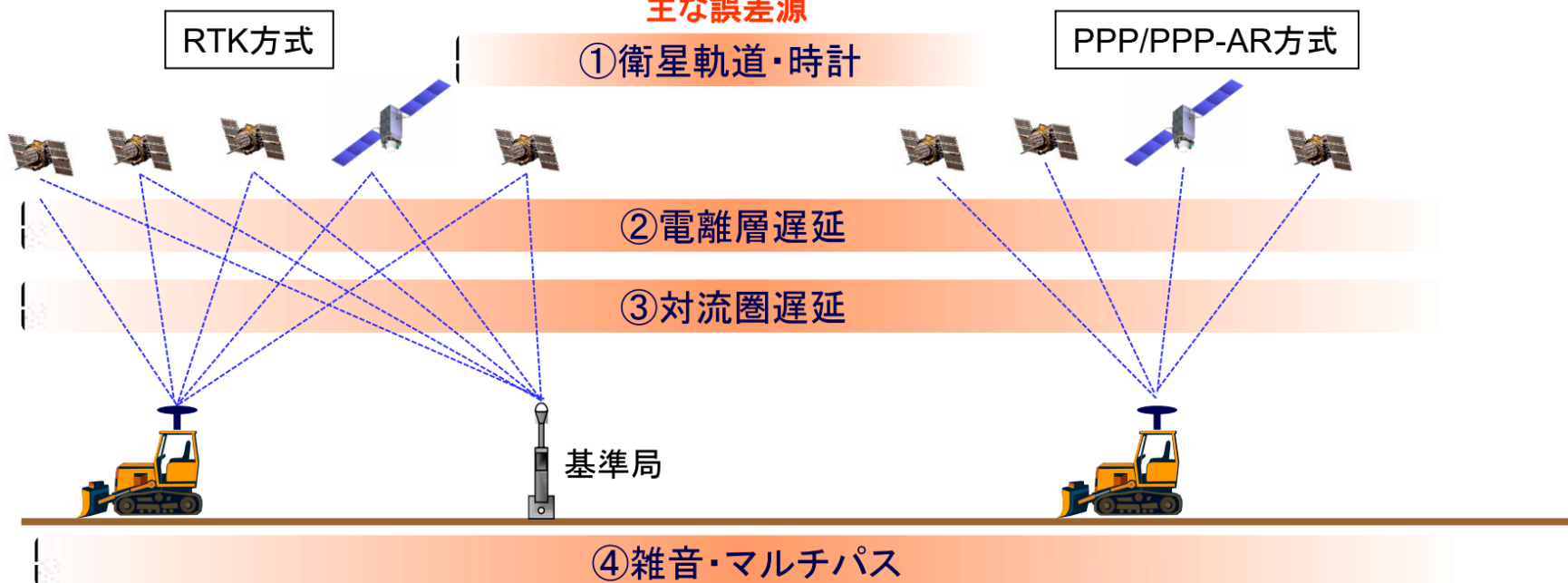
搬送波位相測位

4) 高精度測位技術/MADOCA ②

◆ PPP測位方式の概要 (RTK方式との比較)

- cm級の測位精度が可能な精密測位方式
- 従来から使用されているRTK方式等とは異なる測位手法
- 搬送波のアンビギュイティを整数解まで求める方式はPPP-ARと呼ばれる

主な誤差源



- 基準局との相対位置を推定
- 基準局間・衛星間との二重位相差により誤差①②③を低減(5衛星以上の可視が必要)
- 一周波もしくは二周波観測
- cm級測位精度

- 絶対位置を推定
- 精密な軌道・クロックを利用
- 二周波観測で②をキャンセル
- 推定・モデル等により誤差③を低減
- cm級(PPP-AR)～dm級(PPP)測位精度

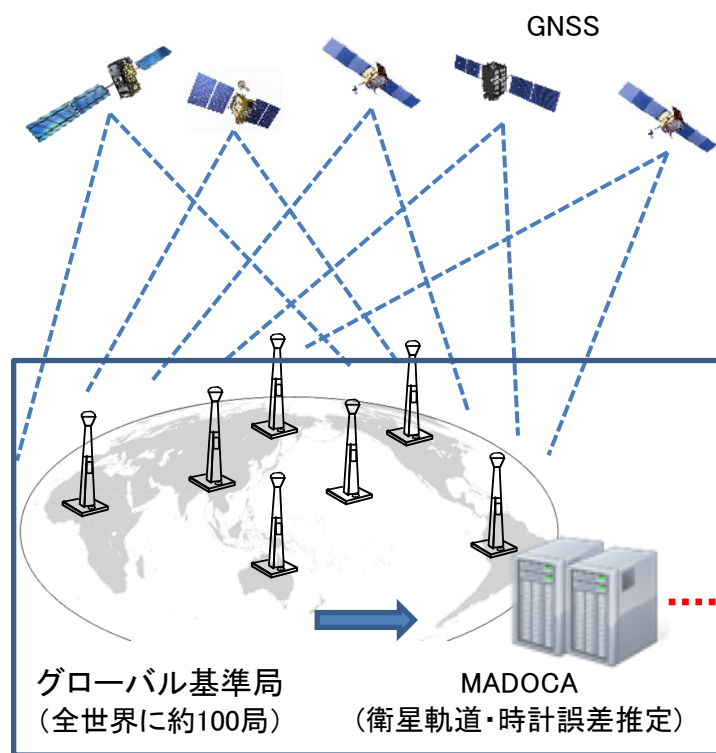
※JAXA様提供資料

4) 高精度測位技術/MADOCA ③

◆ MADOCAとは

Multi-GNSS Advanced Demonstration tool for Orbit and Clock Analysis

- JAXAが開発したPPP方式を実現するための精密軌道・クロック推定ソフトウェア。
- 約100局の観測局があれば、世界中で高精度(センチメートル級)測位が可能。
- 自動車、農機、海洋などアプリケーションの実証試験によって技術の有効性を確認。
- 2017年12月から準天頂衛星の利用実証信号を用いたMADOCA情報配信試験を開始。



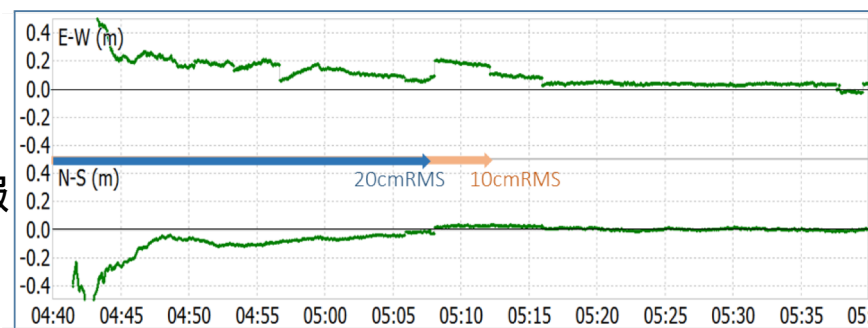
JAXA

PPP

PPP	AVE	STD	RMS
E	1.6 cm	2.6 cm	3.1 cm
N	1.3 cm	1.7 cm	2.1 cm
U	5.1 cm	4.8 cm	7.0 cm

PPP-AR

PPPAR	AVE	STD	RMS
E	1.1 cm	1.0 cm	1.5 cm
N	1.4 cm	1.0 cm	1.7 cm
U	4.7 cm	3.2 cm	5.7 cm



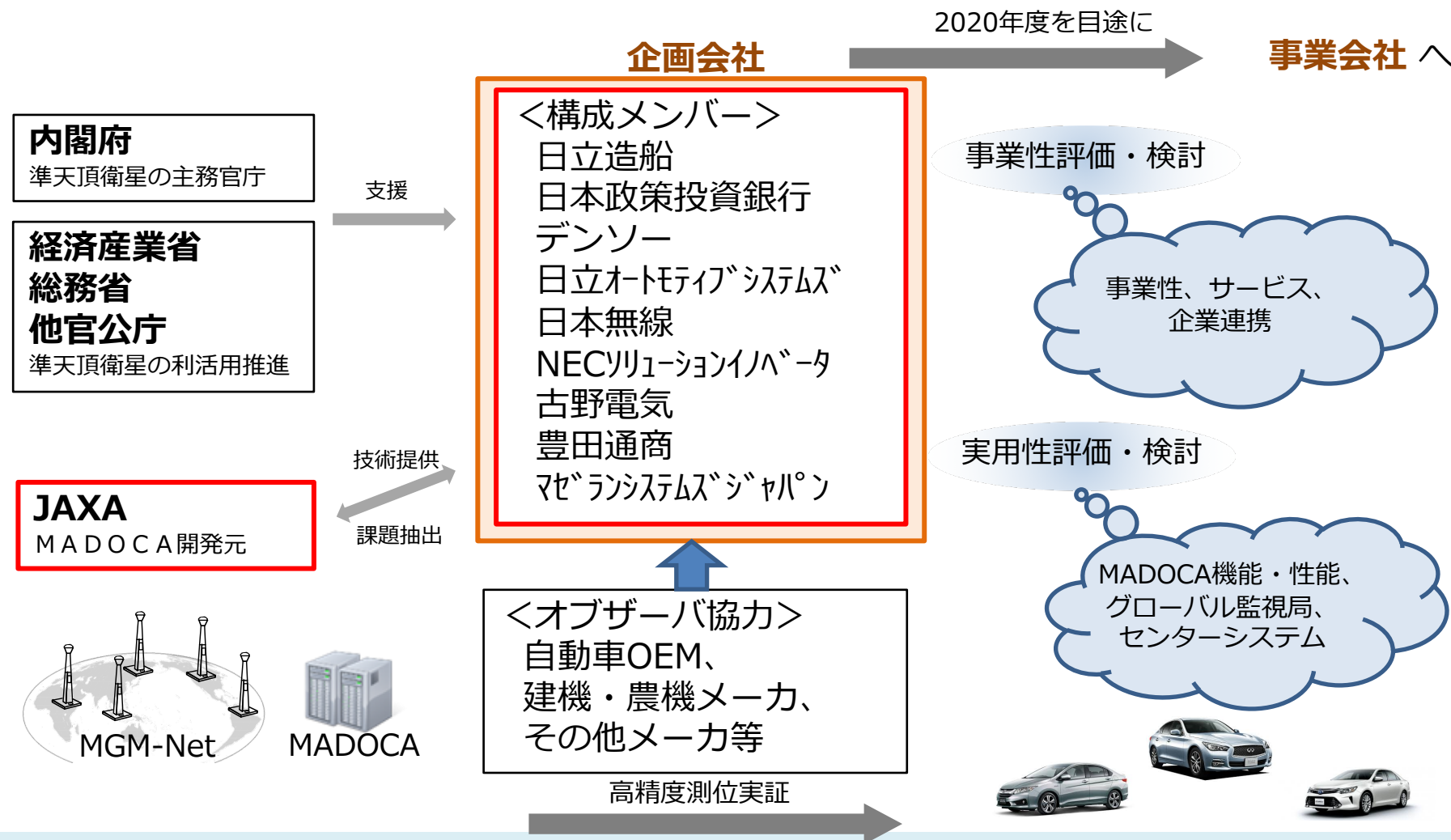
MADOCA技術による測位精度実証結果例
(約30分間の初期収束後にセンチメートル級精度を達成)
※初期収束時間の短縮は今後の開発課題

2. 高精度測位補強サービス

1) GPASのご紹介 ①

◆ 会社設立にあたって

- グローバルな高精度測位サービスの事業化をめざし企画会社として設立。
- 事業化に向け、国・機関の支援を頂きながら、事業性・実用性を評価中。



1) GPASのご紹介 ②

◆ 会社概要

- 会社名 **グローバル測位サービス株式会社 (GPAS)**
Global Positioning Augmentation Service Corporation
- 設立 2017年6月15日
- 所在地 東京都中央区銀座8丁目17番5号
- 代表取締役 小澤 秀司 (元JAXA理事)
- 出資会社 日立造船株式会社
株式会社日本政策投資銀行
株式会社デンソー
日立オートモティブシステムズ株式会社
日本無線株式会社
NECソリューションイノベータ株式会社
古野電気株式会社
豊田通商株式会社
マゼランシステムジャパン株式会社

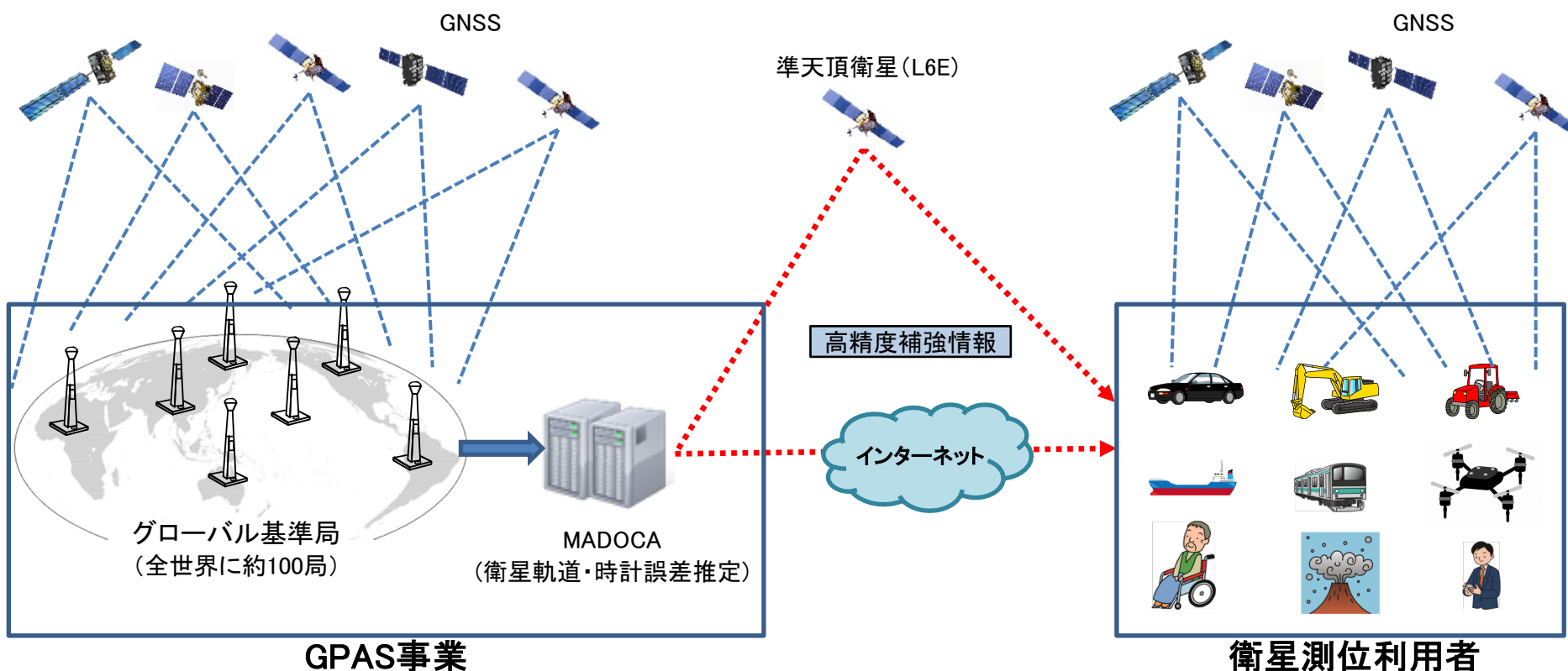
2. 高精度測位補強サービス

1) GPASのご紹介 ③

◆ サービス概要

- 衛星測位の利用者に測位衛星の軌道や時計等の誤差を補正する情報を提供することにより測位精度を数センチメートルに高める事が出来る。
- 世界中の観測局（約100局）で受信した衛星測位信号からJAXAで開発されたMADOCAを利用して高精度測位情報（衛星軌道・時計誤差等）を生成し準天頂衛星経由およびインターネット経由で利用者に配信する。

➡ **世界中 どこでも・いつでも 高精度に測位できる環境を提供**



2. 高精度測位補強サービス

1) GPASのご紹介 ④

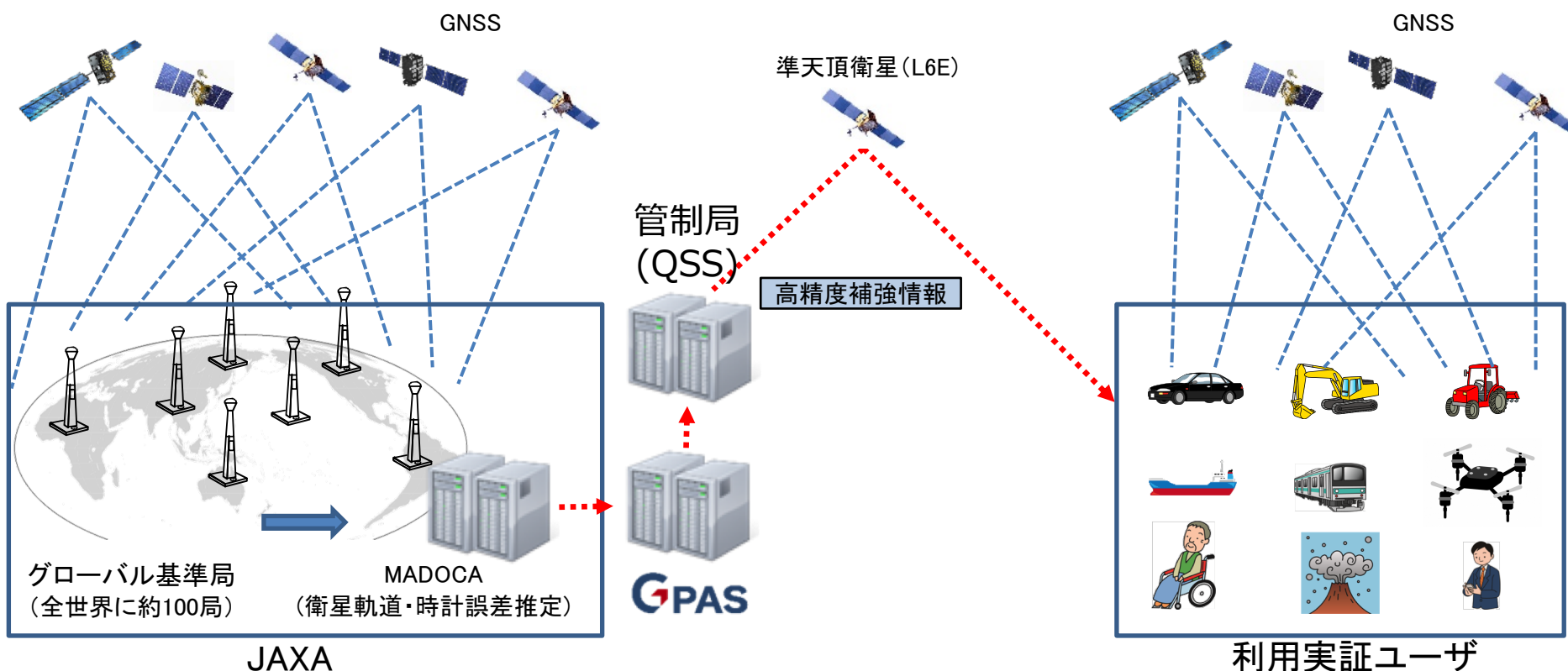
◆ 準天頂衛星からのMADOCA配信 (技術実証)

- 内閣府、QSSと共同で、準天頂衛星システムのアジアオセアニア地域でのセンチメートル級測位補強実証の位置づけでMADOCA技術実証(※)を開始。

※準天頂衛星L6E信号での技術実証用補正情報の配信。

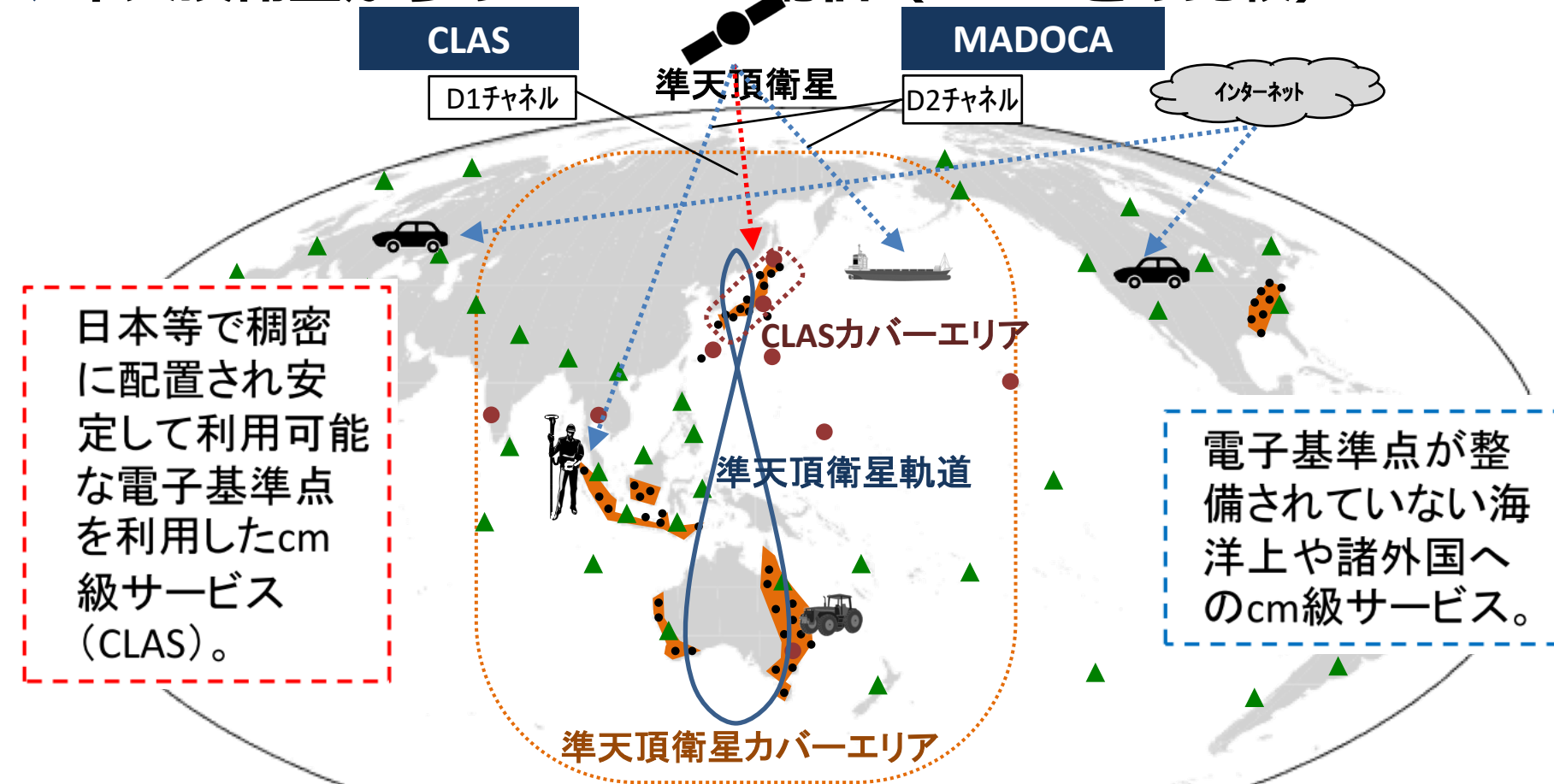
2017.12.06より、準天頂衛星からのMADOCA配信を開始

- 経産省、総務省の実証事業として、海外(オーストラリア、タイ)での準天頂衛星を活用した高精度測位実証に協力(2017年度実績)。



1) GPASのご紹介 ⑤

◆ 準天頂衛星からのMADOCA配信 (CLASとの比較)



補正方式	サービスエリア	精度	初期化	基準点構成	データサイズ
CLAS	日本とその近海	cm級	1分	20-30km間隔の基準点	日本周辺で2kbps
MADOCA	準天頂衛星カバーエリア ※インターネットで全世界対応	cm級	30分 ※高速化取組	全世界で約100点の基準点	全世界で2kbps

1) GPASのご紹介 ⑥

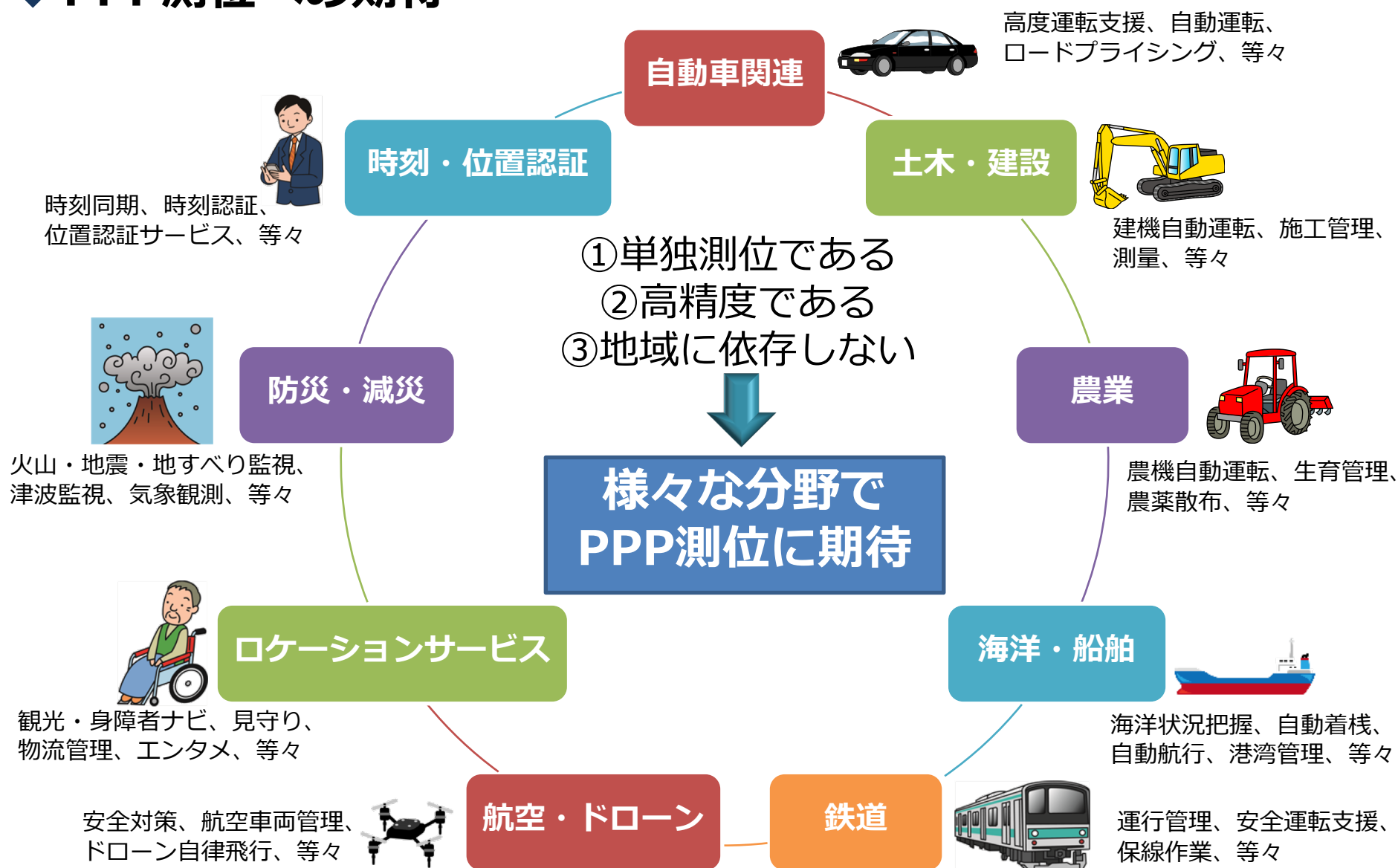
◆ GPAS/MADOCAの優位性

- インターネット経由でMADOCA情報を受け取ることで、全世界でセンチメートル級の測位が実現できる。
- サブメートル級からセンチメートル級まで、同じMADOCA情報を利用できる。
- データフォーマットの公開により、数多くの受信機で対応が可能となる。端末価格の低廉化が期待できる。
- JAXAが開発した技術（純国産技術、すでに実証された技術、今後も継続開発される技術）。安定した技術を低価格で提供することが可能。
- 準天頂衛星からの配信により、アジア太平洋地域には無償で提供が可能。

 世界中 どこでも・いつでも 高精度に測位できる環境を提供

2) 期待される利用分野

◆ PPP測位への期待

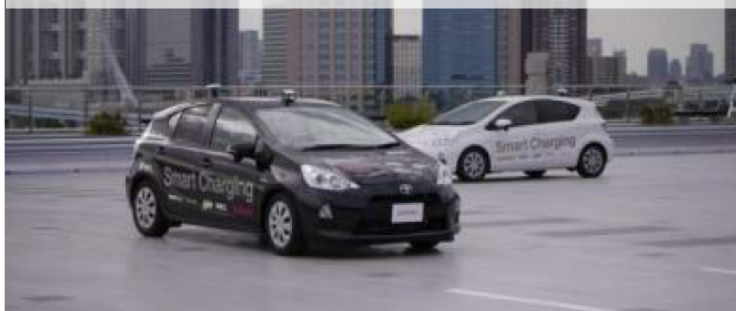


2. 高精度測位サービス

3) 実証事例のご紹介 ①

◆ JAXAによるこれまでの取り組み

自動走行による『スマートチャージング』デモ



DENSO/NEC/JAXA共同実験

農機自動走行



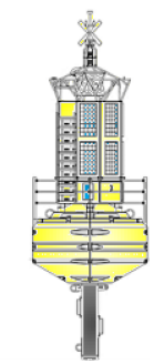
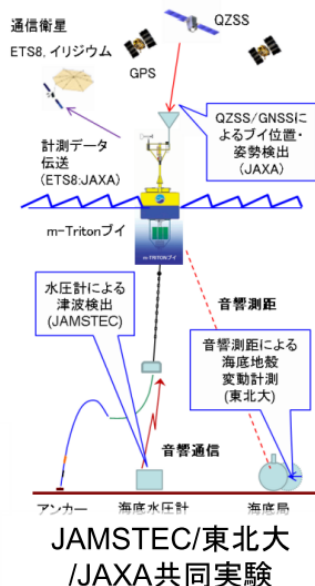
北海道大学/JAXA共同実験

津波計測用ブイの精密測位

- NEDOバンク実験事業(ホンダ技研、ゼンリンほか)

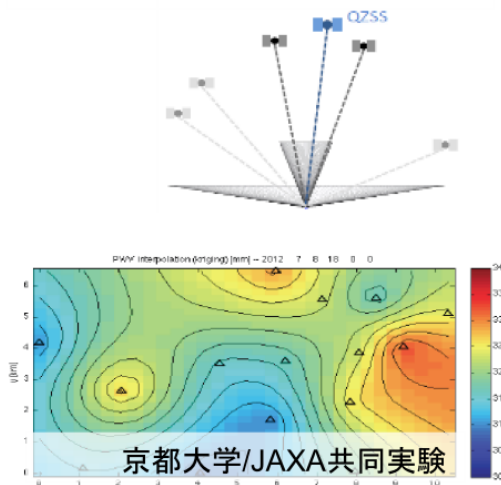
- 田植機自動制御に関する共同実験(農研機構/中央農研センター)
- 総務省G空間×ICT実証:豪州における共同実験(日立造船、ヤンマー、日立製作所ほか)

実験システム概要



日立造船/JAXA共同実験

測位信号による可降水量推定



- 気象研との共同研究

都市環境下での低速移動体測位



日本大学/JAXA共同実験

青字:海外

※JAXA様提供資料

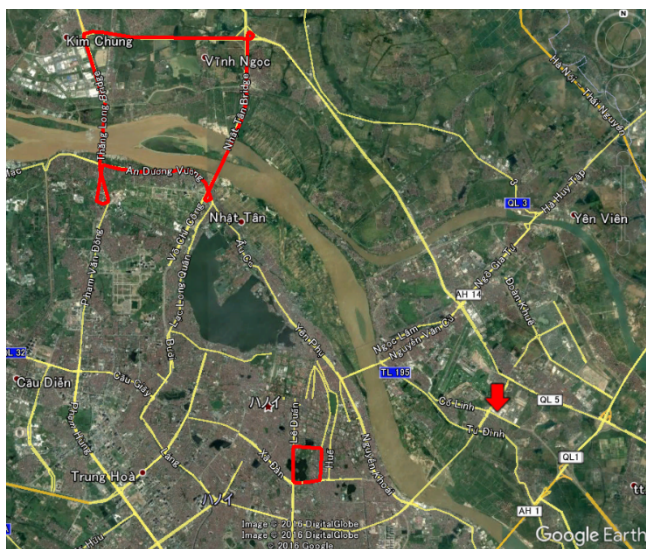
3) 実証事例のご紹介 ②

■ ベトナムにおける準天頂衛星システムを活用した高精度測位サービス実証事業(平成28年度 経産省)



委託： 本田技研工業

- ✓ 準天頂衛星システムによるセンチメートル級測位を用いた新たなサービスの実現・拡大に向けた技術的課題の解決に向けた技術実証をベトナム国内で実施。



ベトナム・ハノイ

実験車両

精度評価
1) 静止

単位：cm

	RMS 全データ	RMS FIX時のみ
東方向	3.6	3.6
北方向	3.5	3.1
高さ方向	8.8	6.9

2) 走行
(市街)

単位：cm

	RMS 全データ	RMS FIX時のみ
横方向	24.1	16.9
進行方向	18.2	16.2
高さ方向	63.2	40.2

3) 走行
(郊外)

単位：cm

	RMS 全データ	RMS FIX時のみ
横方向	9.8	6.7
進行方向	10.3	5.8
高さ方向	32.0	23.3

3) 実証事例のご紹介 ③

■ 豪州農業における準天頂衛星の補強信号を活用した高効率な営農作業システムの調査(平成28年度 総務省)



総務省

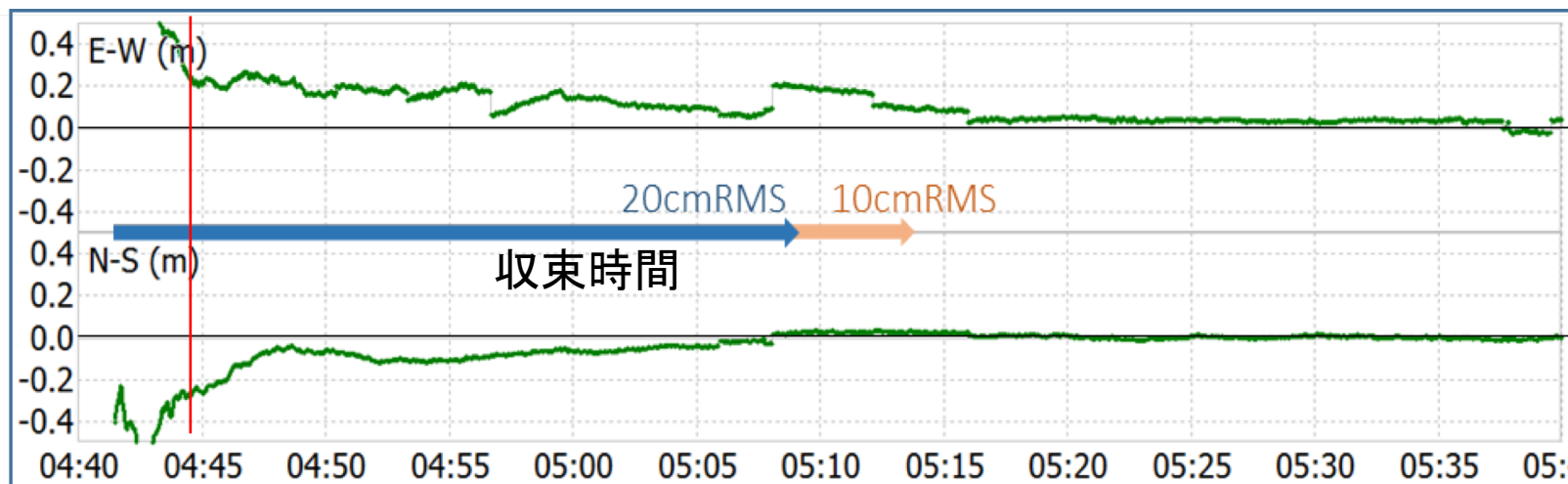
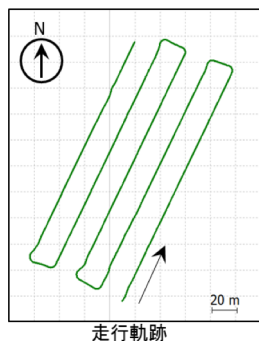
Ministry of Internal Affairs
and Communications

請負： 株式会社 日立製作所

- ✓ 準天頂衛星によるセンチメートル級測位(PPP方式)を用いて豪州の農場における営農作業の実証と初期収束時間・測位精度の評価を実施。



測位使用衛星	GPS+QZSS+GLO	初期値補正	なし
収束時間(20cmRMS)	1651 秒	測位精度(収束前)	水平 28.2 cm
収束時間(10cmRMS)	1903 秒	測位精度(収束後)	水平 4.5 cm



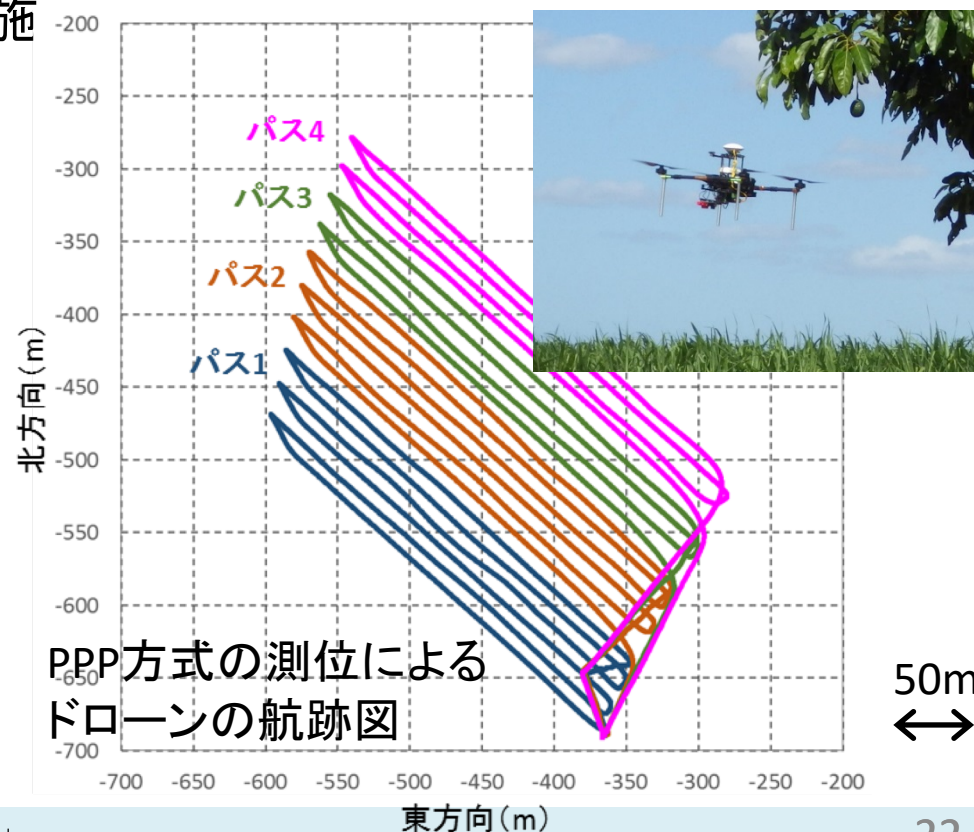
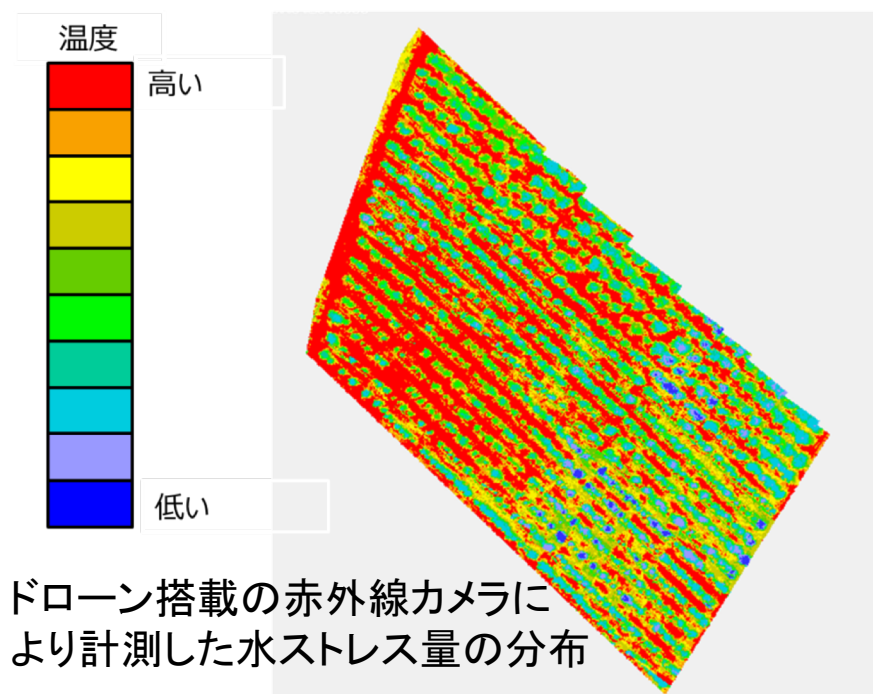
3) 実証事例のご紹介 ④

■ 豪州における準天頂衛星の高精度測位機能を利用したセンシングデータの活用に関する調査(平成28年度 総務省)

請負: 株式会社 日立製作所



- ✓ 農場センシングを行うドローンの位置管理に準天頂衛星のセンチメートル級測位(PPP方式)を用いた実証試験を実施



3) 実証事例のご紹介 ⑤

■ 豪州農業における準天頂衛星を活用した高精度・高効率分析システムの調査(平成29年度 総務省)

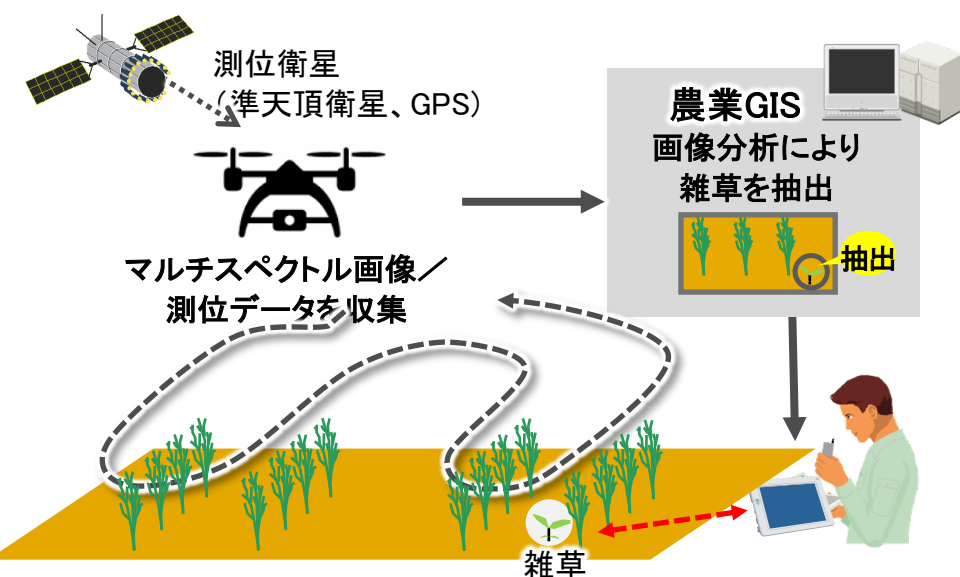
請負: 株式会社 日立製作所



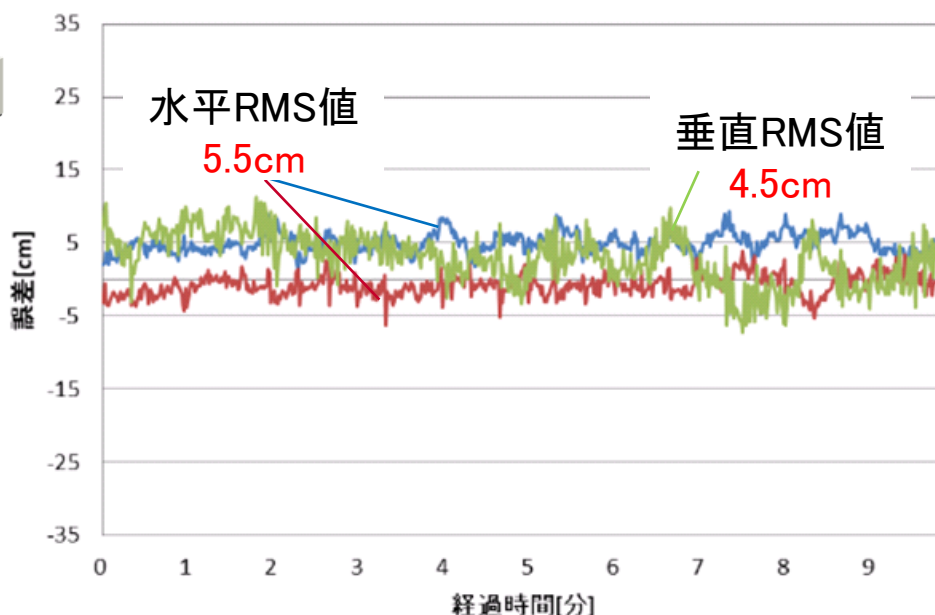
総務省

Ministry of Internal Affairs
and Communications

- ✓ 準天頂衛星のセンチメートル級測位(PPP方式)による高精度・高効率分析の実証試験を実施



【高精度・高効率分析システムの概要図】



【ドローン飛行時の測位精度(PPP方式)】

本実証は、総務省の『豪州における準天頂衛星の高精度測位機能を利用したセンシングデータの活用に関する調査に係る請負』（平成29年度）による委託を受けて実施

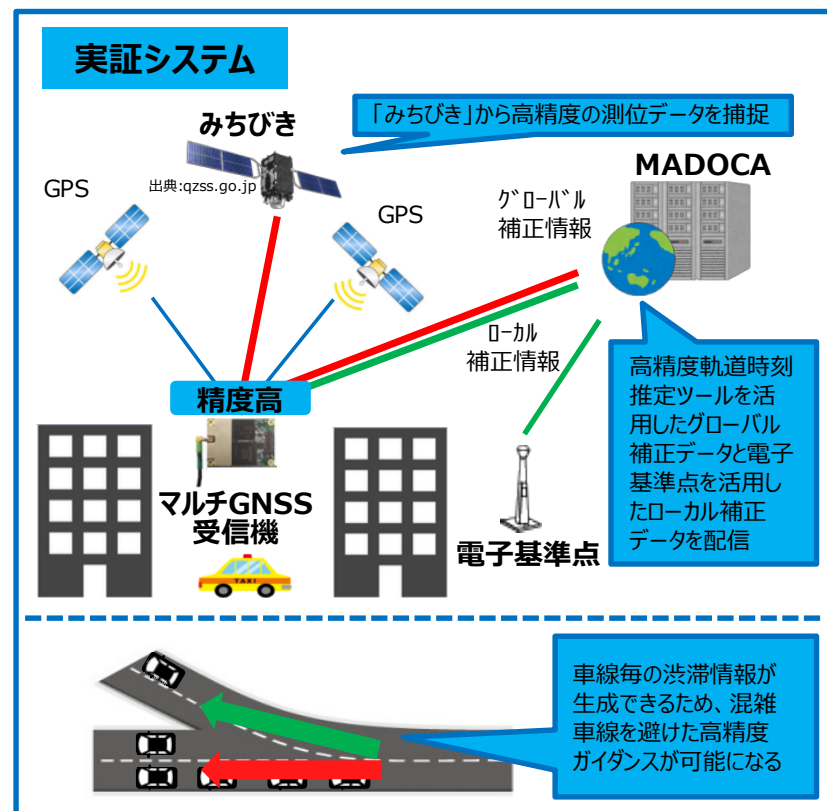
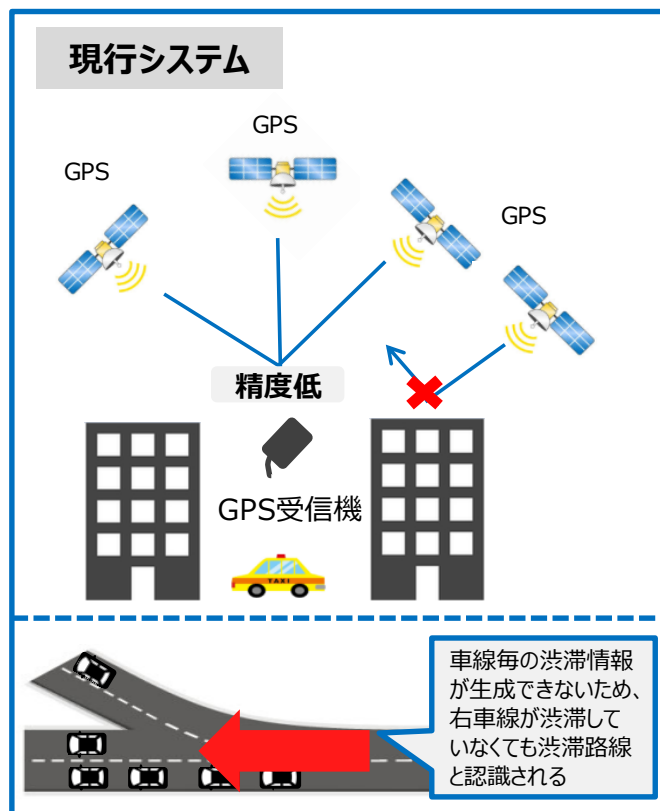
2. 高精度測位サービス

3) 実証事例のご紹介 ⑥

■ 日ASEAN新作業創出実証事業/高精度測位技術を活用した高精度ルートガイダンスシステムの検討(平成29年度 JETRO)

委託: 豊田通商株式会社

- ✓ 準天頂衛星システムを活用した車線単位の高精度ルートガイダンスシステムの実証事業をタイ・バンコクで実施。



2. 高精度測位サービス

3) 実証事例のご紹介（今年度案件）

実証事業名 豪州における準天頂衛星システムを活用した自動運転車実証

実証プロジェクト分野

高精度測位技術を活用した自動走行

サービス提供事業者

豊田通商(株)、三菱電機(株)、ダイナミックマップ基盤(株)、グローバル測位(株)、マゼランシステムズジャパン(株)、(株)日本総合研究所、慶應義塾大学

サービス利用ユーザ

TT Logistics (Australasia) Pty.Ltd. (豪州物流企業)

実証事業概要(200文字程度)

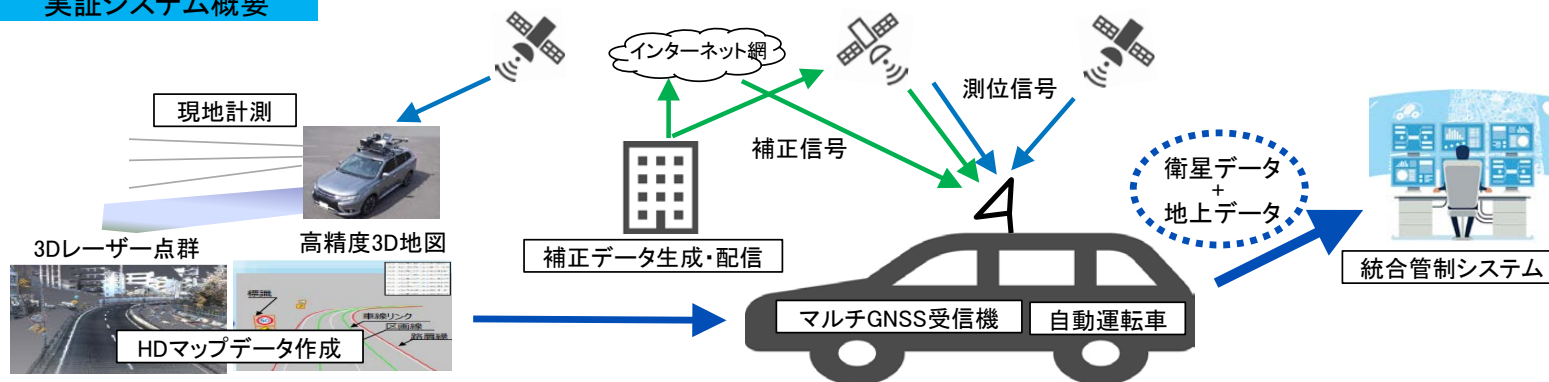
我が国の衛星インフラ「準天頂衛星システム」、宇宙航空研究開発機構(JAXA)が開発した高精度測位補正技術「MADOCA」などの衛星データと地上データである「高精度3D地図」などをAll-Japan体制にて活用することで、準天頂衛星システムの軌道エリアに含まれるアジア・オセアニア地域が抱える課題を現地企業と協力して解決を目指す。

実証事業詳細(図表等を用いて説明)

実証事業概要

- 貨物輸送の大半が陸路輸送に依存する豪州において、人件費の継続的な上昇による物流コストの増加が消費者に転嫁されており、安価な物流の実現が求められている。
- 本実証では、衛星データ「準天頂衛星システム」、「MADOCA」の高精度測位技術と地上データである「高精度3D地図」を利用した自動運転車の物流への適用ならびに走行車両のデータの収集・解析等を行う管制システムの検証を行う。
- 本実証を通じて、高精度測位技術を活用した自動運転車の新たなビジネスモデル構築の検討を行う。
- 実証期間: 18年7月～19年2月(予定) 現地フィールドテスト: 18年11月～12月(予定)

実証システム概要



実証後のビジネス展開

- 短期/中期/長期に分けてビジネス展開の検討を進め、長期的には、受信機・補正データ・高精度3D地図・管制システムなどの各技術（ハード・ソフト）を組み合わせたトータルパッケージの提供を目指す。

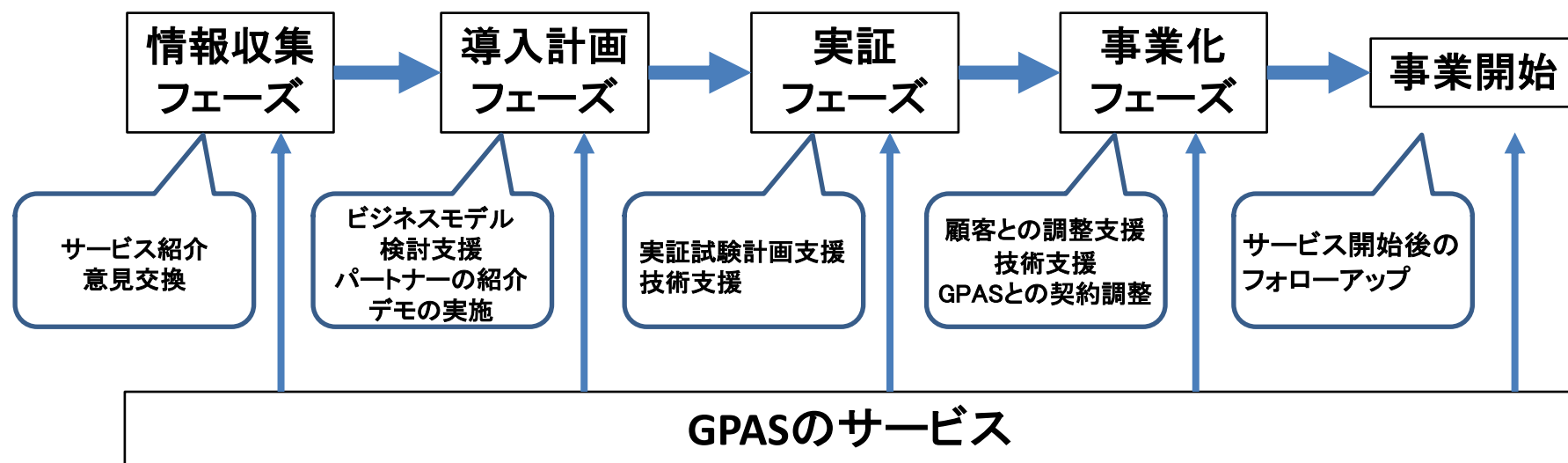
経済産業省平成30年度「衛星データ統合活用実証事業」より

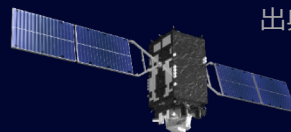
2. 高精度測位サービス

4) さいごに

◆ 利用を検討の皆様へ

- GPASでは、すでに準天頂衛星を利用してMADOCA情報を試験配信中。
 - ※2019年度 インターネットでの試験配信を開始予定。
 - ※2020年度 インターネットでの商用配信を開始予定。
- GPASでは、導入に関心をお持ちの企業様にビジネスモデル検討支援、実証試験計画支援等を実施可能。（下図参照）
- GPASでは、試験用受信機の貸与、試験システムの準備、運用等のスタッフ支援まで実施可能。





出典：qzss.go.jp

MADOCA技術を活用した高精度測位補正サービスを実現することにより、世界中どこでも・いつでも高精度に測位できる環境を提供していきます。

ご清聴ありがとうございました。