

GNSS測位技術談話会 「準天頂衛星システムの補完・補強」

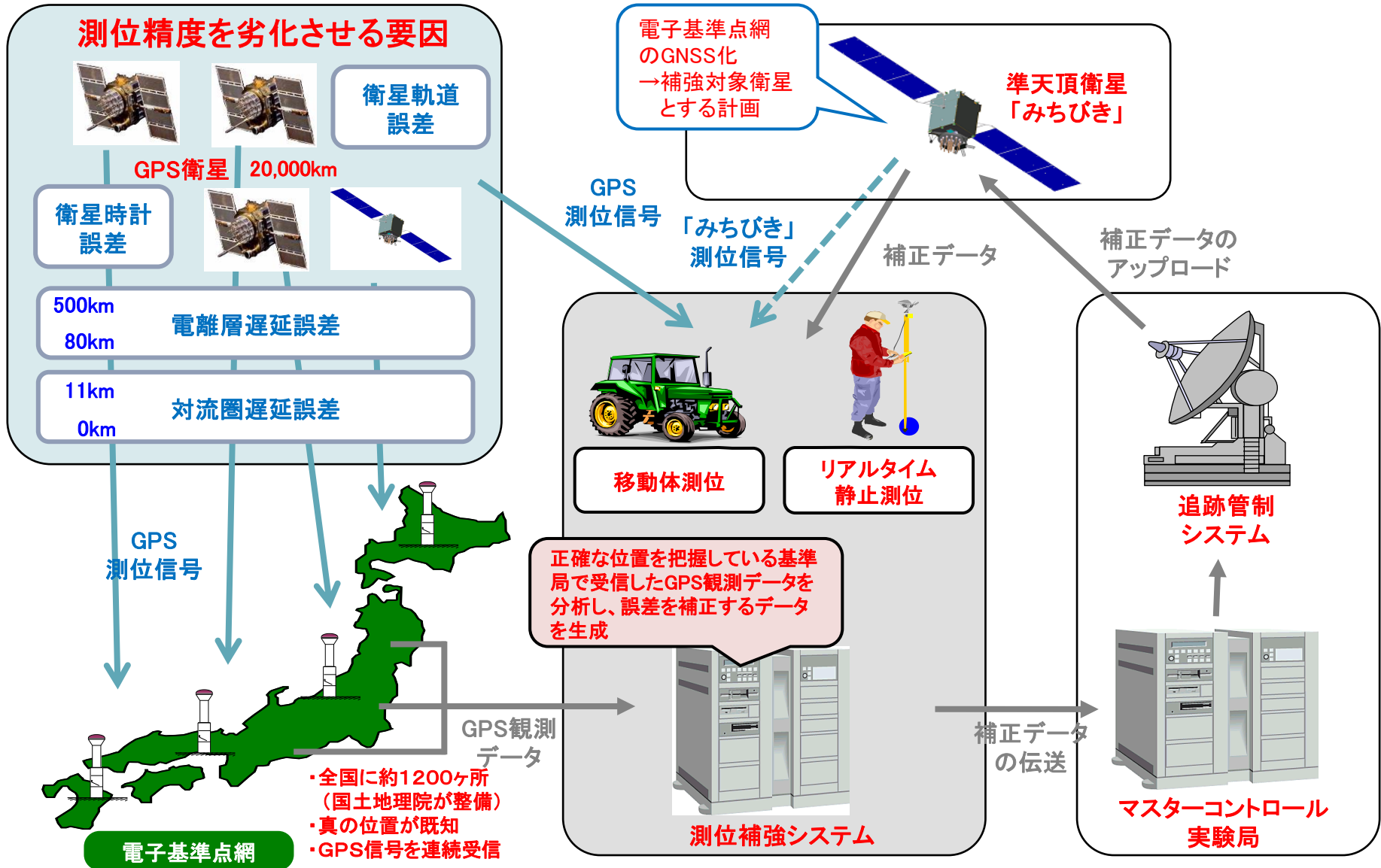
話題提供

準天頂衛星の利用に関するアイデア
日本の測位衛星に望むこと
測位技術の今後の動向に関して

三菱スペース・ソフトウェア株式会社
齋藤

2016年5月20日

準天頂衛星を用いた精密単独測位の仕組み



準天頂衛星を用いた利用実証用測位補強システム構成

出典：浅里他、「精密単独測位－準天頂衛星におけるSSRの活用」、測位航法学会全国大会、2014年4月25日

準天頂衛星の測位信号仕様

QZSから放送するGPS補完に関する測位信号は、近代化GPSとの共存性、相互運用性を確保するため、近代化GPS信号をベースとする。補完信号には、L1C/A、L1C、L2C、L5信号を用い、信号仕様は、近代化GPSからの仕様変更を最小限に抑えることとしている。測位補強に関する測位信号としては、QZSからサブメータ級測位補強情報が、L1S信号に、センチメータ級測位補強情報がL6b信号(“みちびき”では、独自の実験用信号であるLEX信号に対応)に割り当てられる。

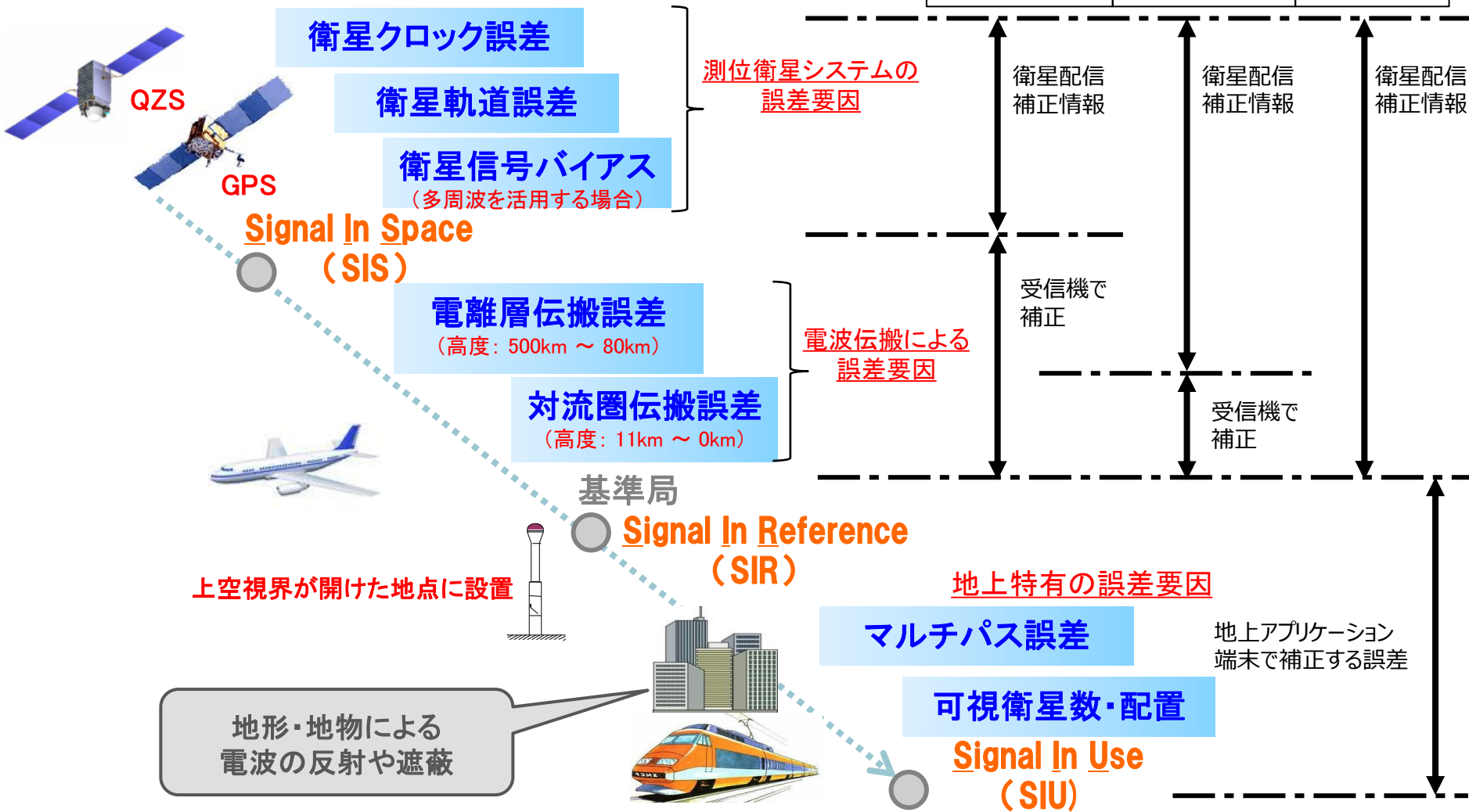
準天頂衛星の測位信号仕様

信号名称	搬送波	チャンネル	PRNコードと拡散方式	信号の内容
L1C/A信号	L1: 1575.42MHz	-	GPSのL1C/A信号と同一の符号系列、BPSK(1)	GPSのL1C/A信号と同一の測位信号、50bps/50sps
L1C信号		L1CD	GPSのL1C信号と同一の符号系列、BOC/MBOC	GPSのL1C信号と同一の測位信号、50bps/100sps
		L1CP		データレス
L1S信号		L1Sa	GPSのL1C/A信号と同一の符号系列、BPSK(1)	サブメータ級測位補強情報、250bps/500sps
		L1Sb	未定	測位技術実証プラットフォーム(GEO衛星)
L2C信号	L2: 1226.60MHz	-	GPSのL2C信号と同一の符号系列、BPSK(1)	GPSのL2C信号と同一の測位信号、25bps/50sps
L5信号	L5: 1176.45MHz	Iチャンネル	GPSのL5C信号と同一の符号系列、BPSK(10)	GPSのL5C信号と同一の測位信号、50bps/100sps
		Qチャンネル	GPSのL5C信号と同一の符号系列、BPSK(10)	データレス
L5S信号		Iチャンネル	未定	測位技術実証プラットフォーム(QZO衛星)
		Qチャンネル	未定	測位技術実証プラットフォーム(GEO衛星)
L6信号	L6: 1278.75MHz	D1/D2チャンネル	Kasami系列、BPSK(5)	センチメータ級測位補強情報、2000bpsk/250sps

出典：三菱電機技報、“準天頂衛星による測位システムの構築”、2014年2月

精密単独測位の種類

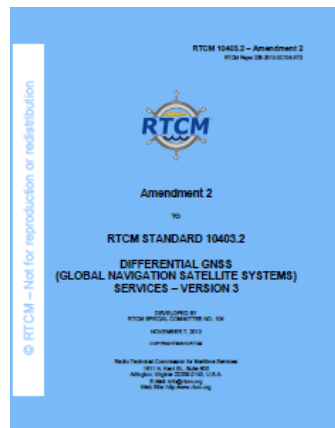
標準規格では3種類のPPPによる測位演算方法が規定されており、衛星配信が分担する補正と、測位受信機が分担する補正の範囲に違いがある。



測位誤差要因と補強情報配信システムとの対応

出典：浅里他、「精密単独測位－準天頂衛星におけるSSRの活用」、測位航法学会全国大会、2014年4月25日

RTCM 10403.2 状態空間表現メッセージ



衛星測位配信情報の標準規格を作成している国際機関海事用無線技術委員会 (RTCM:ワシントン近郊) が制定されている。

RTCM標準10403.2 3.5.12節

精密単独測位 (PPP) で用いるSSRメッセージを規定している。

PPP = Precise Point Positioning 精密単独測位

SSR = State Space Representation 状態空間表現

補強情報配信システムの分類

測位技術	分類	略語	補強情報
精密単独測位 (PPP)	DF-RT-PPP 二周波リアルタイム 精密単独測位	<ul style="list-style-type: none"> • Dual Frequency (DF) • Real-Time (RT) 	<ul style="list-style-type: none"> • 衛星クロック補正 (高速補正) • 衛星軌道補正 (衛星長期補正) • コードバイアス/位相バイアス
	SF-RT-PPP 一周波リアルタイム 精密単独測位	<ul style="list-style-type: none"> • Single Frequency (SF) • Real-Time 	次を追加: <ul style="list-style-type: none"> • 電離層伝搬遅延補正 (VTEC)
	RTK-PPP RTK単独測位	<ul style="list-style-type: none"> • Real-Time Kinematic (RTK) 	更に次を追加: <ul style="list-style-type: none"> • 電離層伝搬遅延補正 (STEC) • 対流圏伝搬遅延補正

出典 : RTCM 10403.2、Differential GNSS Services Ver3、Amendment 2、2013年11月

状態空間表現を用いた精密単独測位

国際規格RTCM標準10403.2では、状態空間表現（SSR: State Space Representation）の補強情報が規定され、多種類の精密単独測位が可能となる。

測位誤差要因と補強情報配信システムとの対応

測位条件		実現する測位	RTK-PPP Real-Time Kinematic PPP	DF-RT-PPP Dual Frequency Real-Time PPP	SF-RT-PPP Single Frequency Real-Time PPP
補正する誤差要因	衛星軌道		○	○	○
	衛星クロック		○	○	○
	コードバイアス		○	○	—
	位相バイアス		○	○	○
	電離層擾乱		○	—	○
	対流圏擾乱		○	—	○
受信機	周波数		1周波 / 2周波	2周波	1周波
	測距信号		搬送波	コード	コード

出典：RTCM 10403.2、Differential GNSS Services Ver3、Amendment 2、2013年11月

ISO 18197 センチメートル測位の国際標準

日本の開発したセンチメートル級衛星測位補強技術が、ISO規格に制定された。



INTERNATIONAL
STANDARD

ISO
18197

First edition
2015-05-01

センチメートル級測位に関する衛星利用サービス要求事項

**Space systems — Space based
services requirements for centimetre
class positioning**

*Systèmes spatiaux — Exigences de services fondés sur l'espace pour le
positionnement de la classe centimètre*

出典：ISO 18187、2015年5月1日

ISO 18197 規定内容

測位補強システムの概要、要求事項、試験・評価の条件や方法が規定されている。

ISO 18197 規定内容

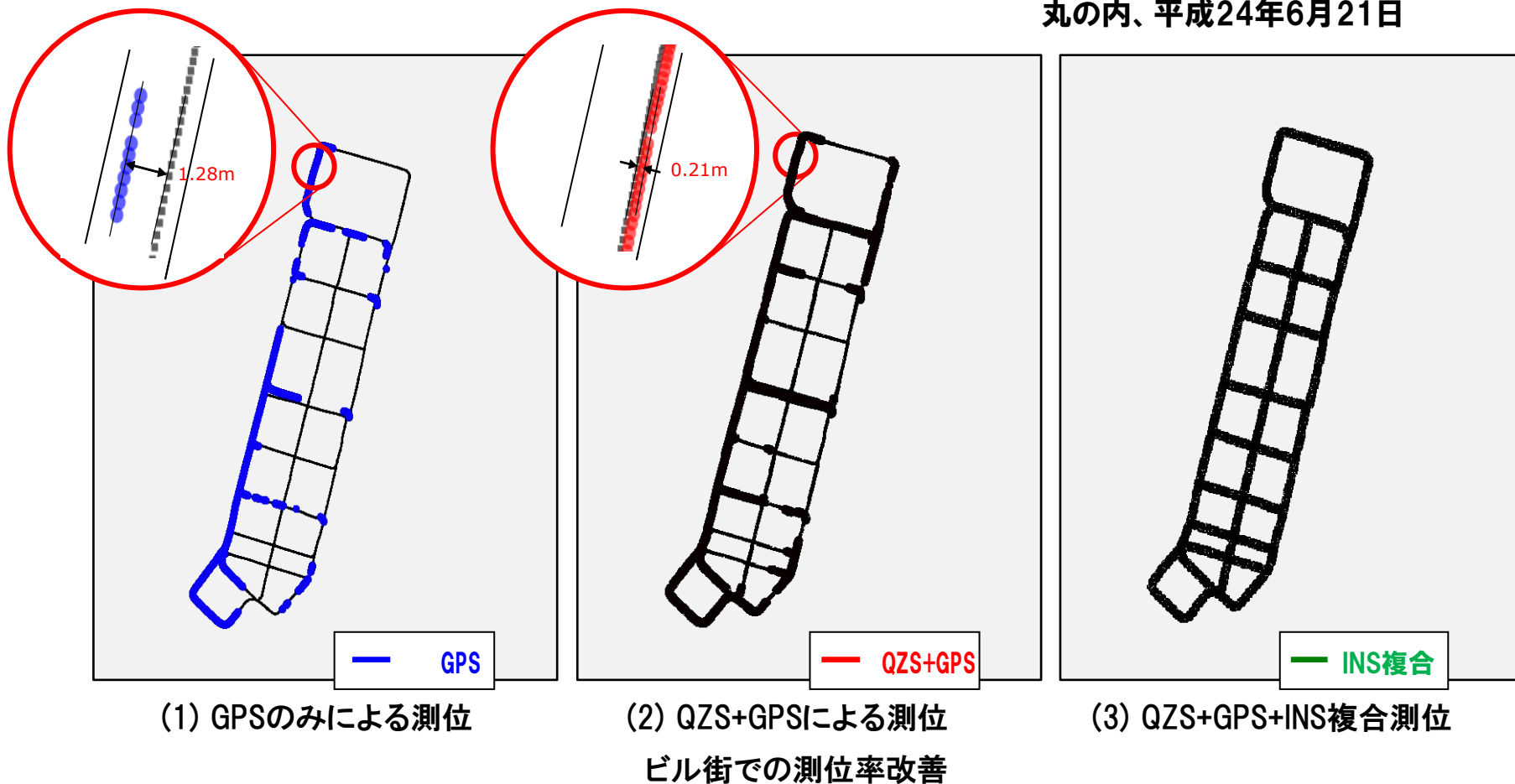
区分	項目	内容
測位補強システムの概要	システム構成	衛星、管制局、基準点、測位補強局、ユーザ端末
	補強衛星の種類	静止、準天頂、中軌道、低軌道
	測位補強センター	センター構成、メッセージ構造、ユーザ支援
	運用	メータ級の同時運用、多様な分野への応用
測位補強システムへの要求	補強衛星	衛星系、衛星数、配信範囲、送信信号特性
	補強衛星管制局	許容遅延、衛星切替え、軌道上異常時対応
	地上基準点	出力信号、基準点配置、セカンダリ基準点
	測位補強センター	送信レート、データ様式、許容遅延、補強情報
	ユーザ端末	入力データ、前処理、端末出力
	演算処理	座標系、物理定数、衛星位置、ジオイド、潮汐効果等
試験および評価	評価計画	手順、データ、評価事項、試験工程
	試験条件	期間、場所、衛星、基準点、補強情報、測位対象
	評価基準	補強情報および測位結果の正確度と収束時間
	試験方法	統計計算、試験手法、劣化原因調査
付録	参考(Informative)	統計計算法、補強衛星、配信範囲、配信間隔

出典：ISO 18187、2015年5月1日

準天頂衛星による精度・測位率改善

- GPSのみの測位に対して、QZSを付加することにより、測位率と精度が改善された。
- GPS+QZS測位結果にINSを複合することにより、高精度を維持したまま100%の測位率を実現できた。

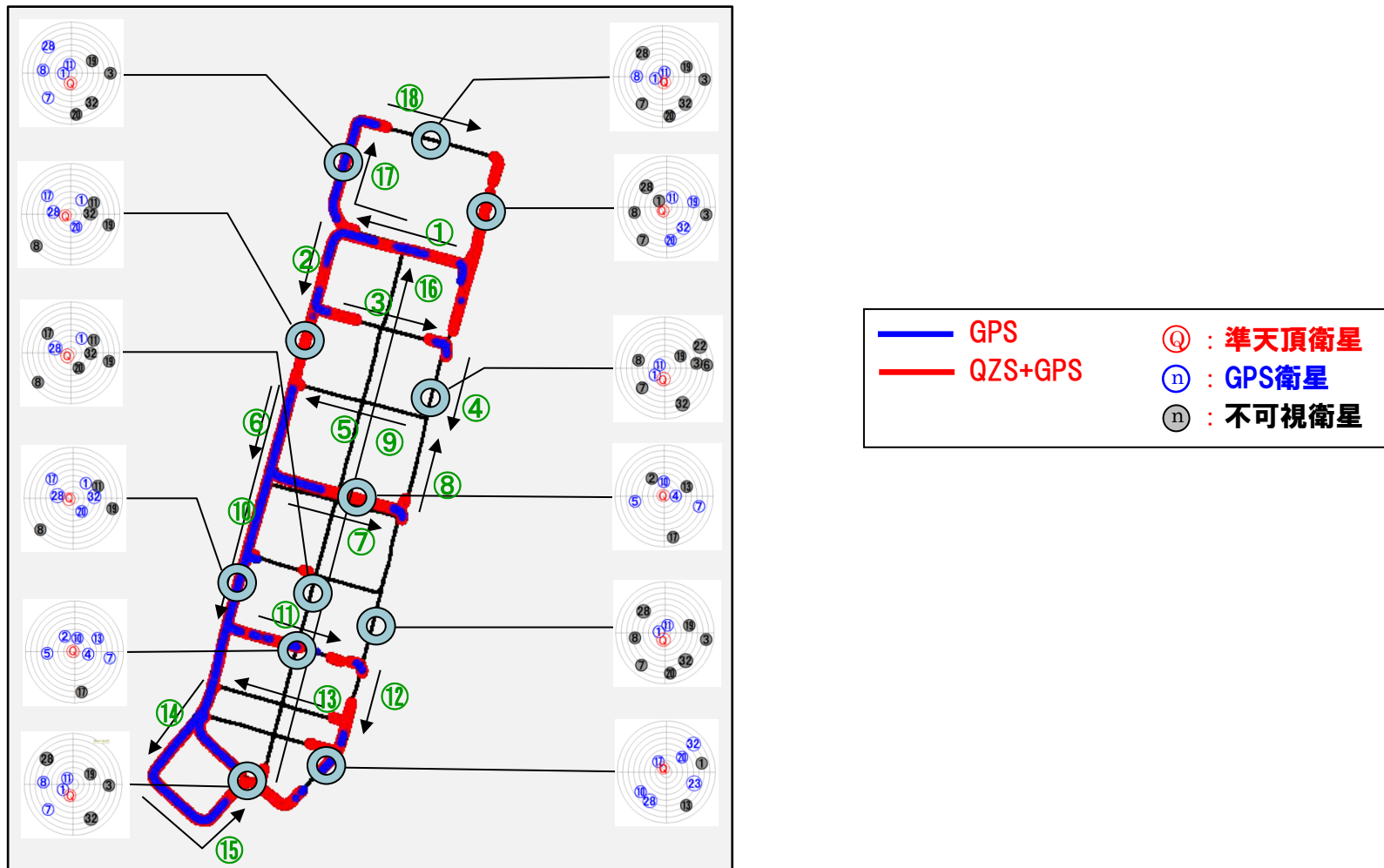
丸の内、平成24年6月21日



出典：齋藤、他、“準天頂衛星による測位システムの構築”、三菱電機技報、2014年2月号

準天頂衛星による測位率改善

測位地点における準天頂衛星とGPS衛星のスカイプロットを示す。準天頂衛星とGPS衛星の測位の場合、合わせて5機以上で測位可能となる。GPS衛星のみの場合は、GPS衛星のみで5機以上ないと測位解が得られず、測位率が減少した。

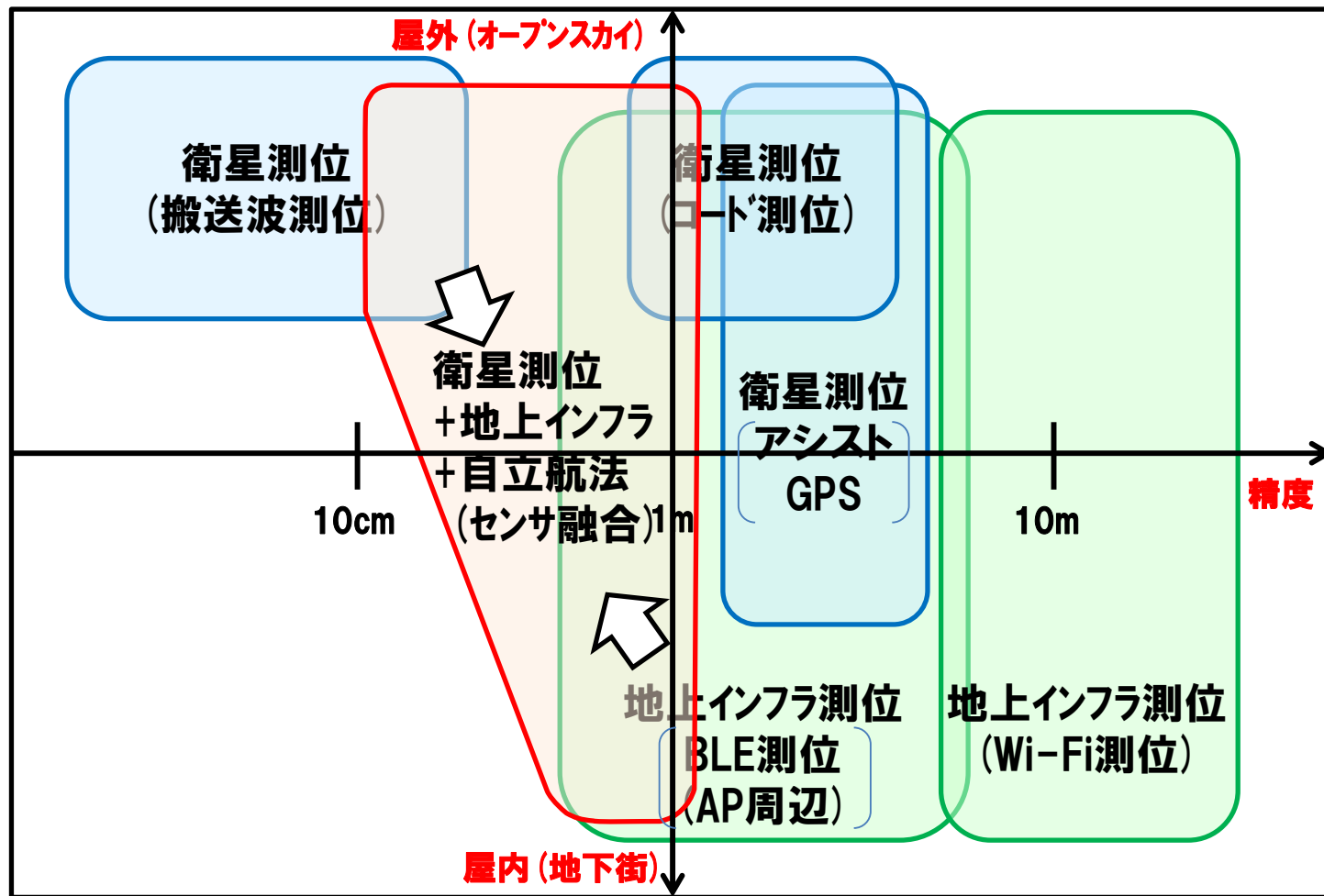


衛星配置と測率の関係

出典：齋藤、他、“準天頂衛星による測位システムの構築”、三菱電機技報、2014年2月号

測位アプリケーション

高精度測位社会の基盤インフラの実現により、さまざまな測位アプリケーションの創出が期待される。サービスとしては、1) ナビゲーション、2) マーケティング、3) 業務管理の効率化、4) 防災・災害対応、5) 移動体の自動運転、等に応用可能となる。



測位技術マップ

出典：齋藤、他、「準天頂衛星による高精度測位システムの紹介」、MSS技報 Vol26、2015年3月

AP	Access Point: アクセスポイント BLE等の基地局が設置されているポイント。電波に位置情報を入れて、電波を受信できた端末に位置を知らせる
BLE	Bluetooth Low Energy: Bluetoothを用いた近距離無線通信仕様
GNSS	Global Navigation Satellite System: 全地球測位衛星システム
GPS	Global Positioning System: 全地球測位システム
PPP	Precise Point Positioning: 高精度単独測位
QZS	Quasi Zenith Satellite: 準天頂衛星
RTCM	Radio Technical Commission for Maritime Services: 海事関連の無線技術委員会 GPS関連のデータフォーマットはこの機関で標準化されている
RTK	Real Time Kinematic: リアルタイム干渉測位 位置座標が既知の基準点からの搬送波位相レベルの観測補正情報と測定点での搬送波レベルの観測情報から、基準点と測定点間の基線ベクトルを求め、測定点の位置座標を高精度に求める測位方法
SSR	State Space Representation: 状態空間表現
Wi-Fi	Wireless Fidelity: 無線LAN規格 無線LAN規格である国際標準規格IEEE 802.11および本規格を利用したインターネット接続サービス