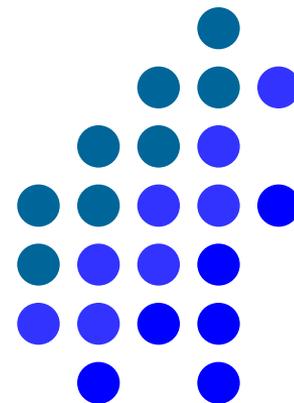


# 準天頂衛星初号機“みちびき” 利用プログラムの紹介

---

宇宙航空研究開発機構  
衛星利用推進センター  
小暮 聡・若林野花  
2010年12月18日



# Topics

---



- **みちびき/QZSSの紹介**
  - QZSSとは？(準天頂衛星システム概要)
  - QZSSの効果・利用例
  - 打ち上げと初期機能確認の状況
  - 実証実験計画
  - データ公開サブシステム(QZ-Vision)
- **利用プログラム紹介**



いつでも、「どこ」が正確に。

## 準天頂衛星システム (QZSS)

### 準天頂衛星初号機「みちびき」

QZSSとは？

GPSを補完・補強する地域衛星測位システム

衛星3機のコンステレーションで24時間サービス

東アジア・オセアニア地域をカバー

初号機「みちびき」2010年9月11日に打ち上げ成功



いつでも、「どこ」が正確に。

## 準天頂衛星システム (QZSS)

### 準天頂衛星初号機「みちびき」

安定的に高度な衛星測位サービスを我が国とアジア・オセアニア地域に提供

GPSの異常を速やかに通知

GPS新信号、マルチGNSS利用\*環境をいち早く提供

地上の基準点に依存しない高精度測位サービス

\* マルチGNSS: GPSだけでなくGlonass(ロシア)、Galileo(欧州)などの複数の測位衛星システムを組み合わせ使用すること



いつでも、「どこ」が正確に。

## 準天頂衛星システム (QZSS)

### 準天頂衛星初号機「みちびき」

安価な受信機で誰もが利用できるシステム

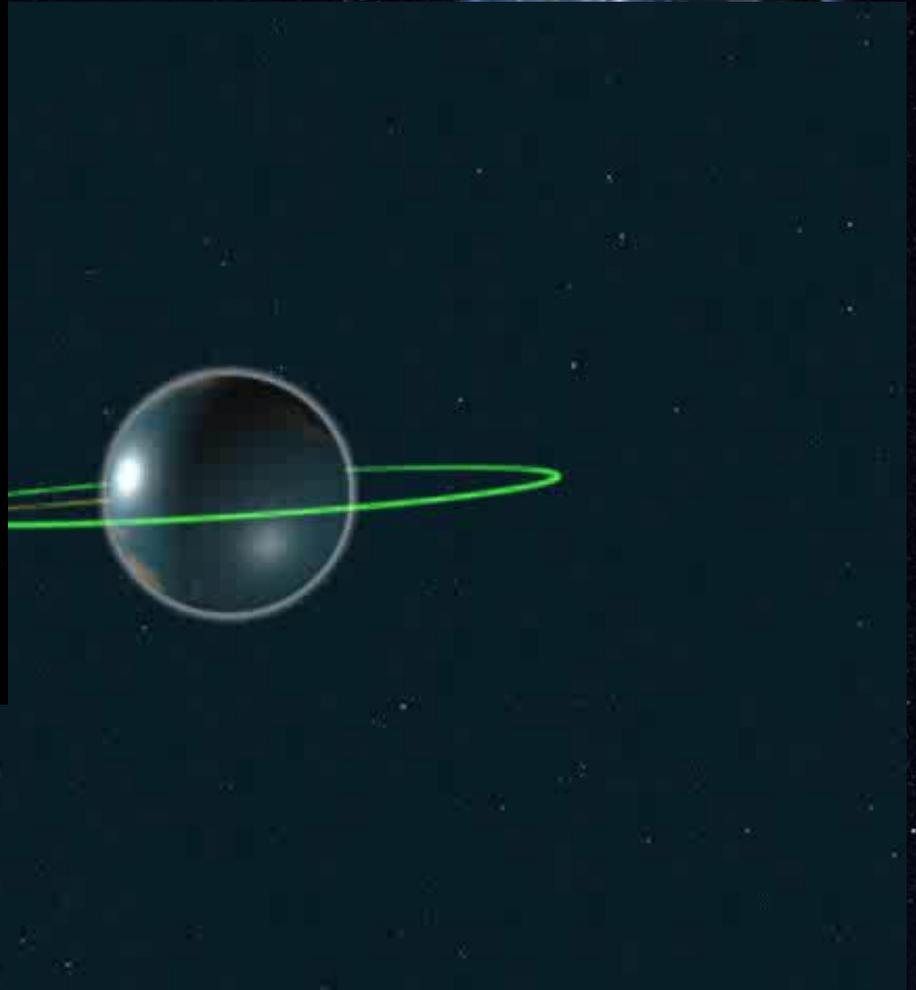
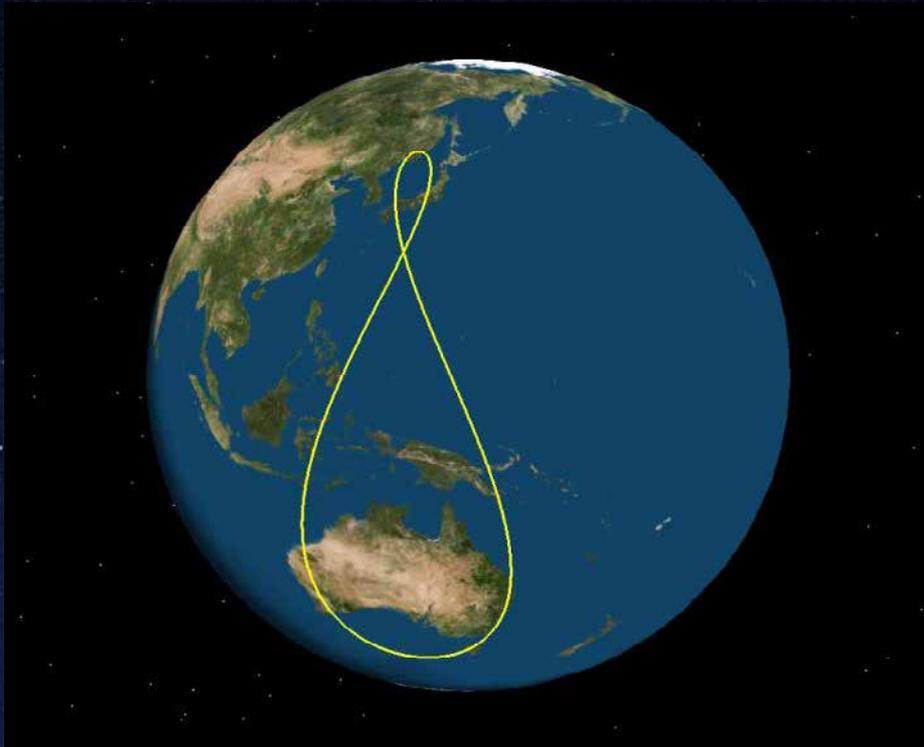
GPS信号との高い相互運用性

ソフトウェアの改修によって容易に対応可能

現時点で対応受信機の発売を公表しているメーカーはないが……

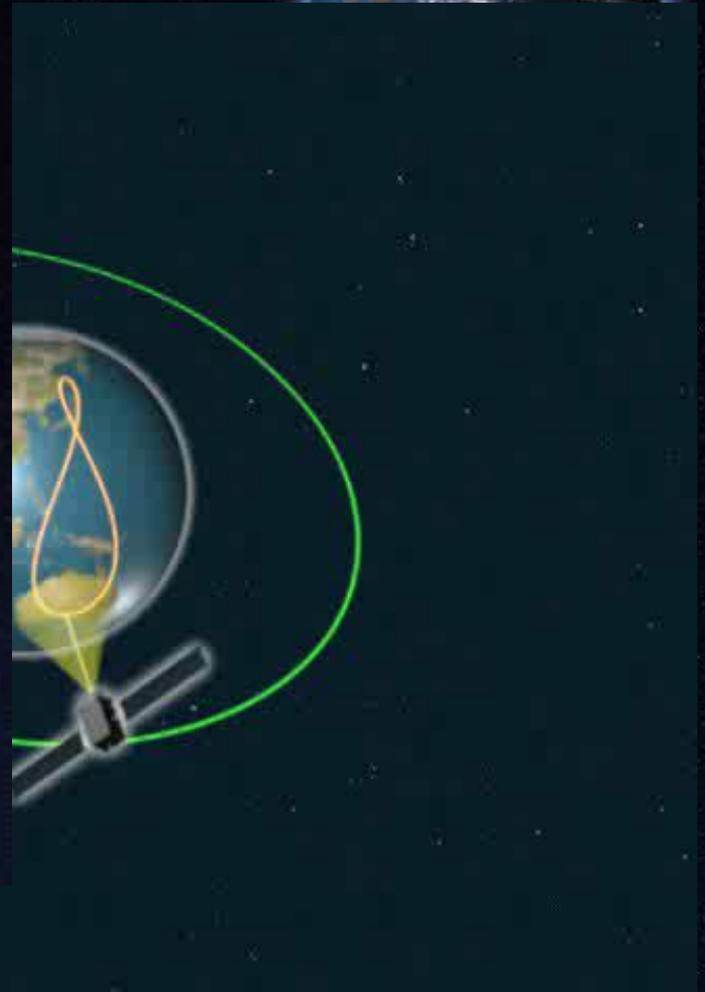
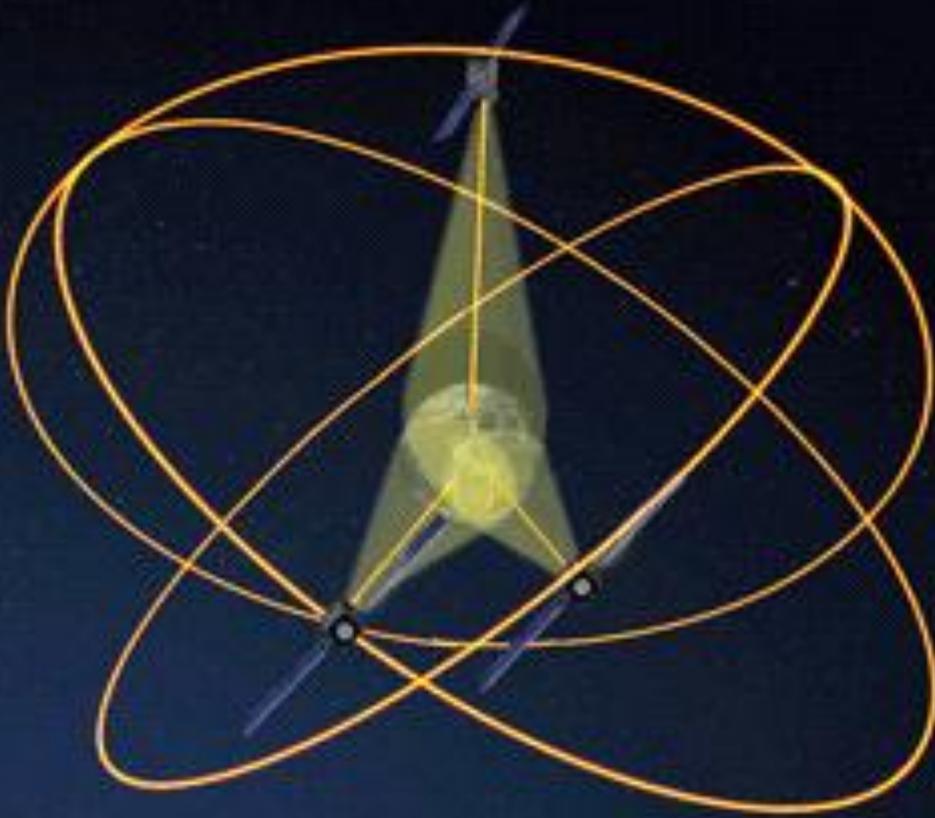


# 準天頂衛星システムの概要 (軌道)





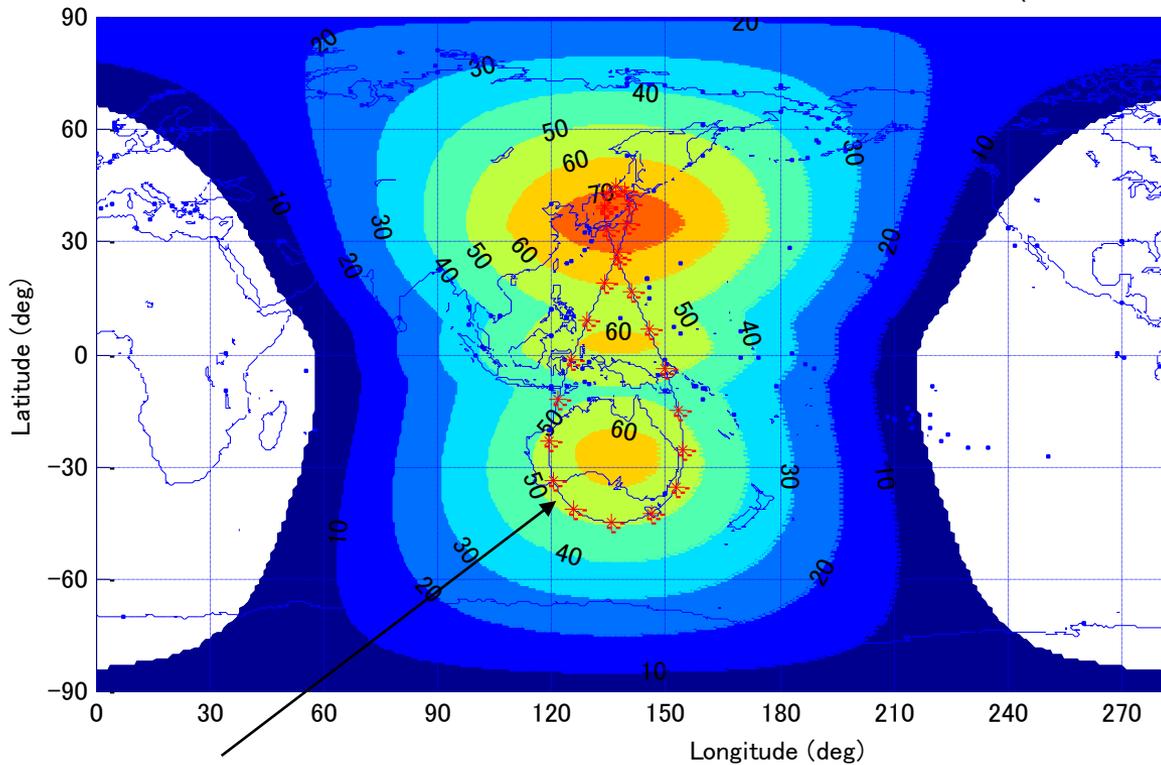
# 準天頂衛星システムの概要 (軌道)



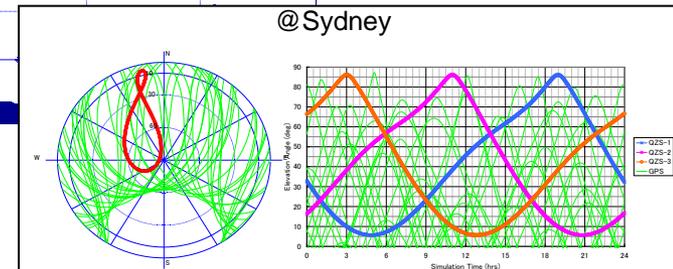
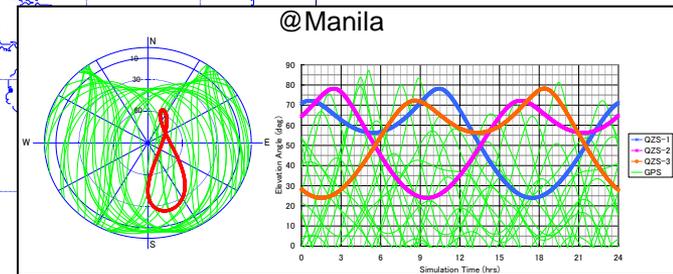
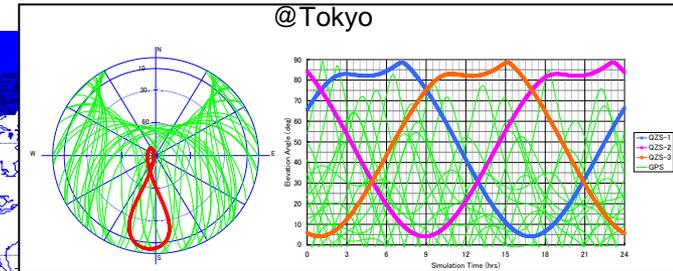
# 準天頂衛星システムのカバレッジ



## QZSS coverage and Visibility in Asia & Oceania

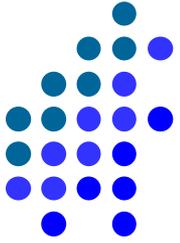


準天頂衛星の地上軌跡



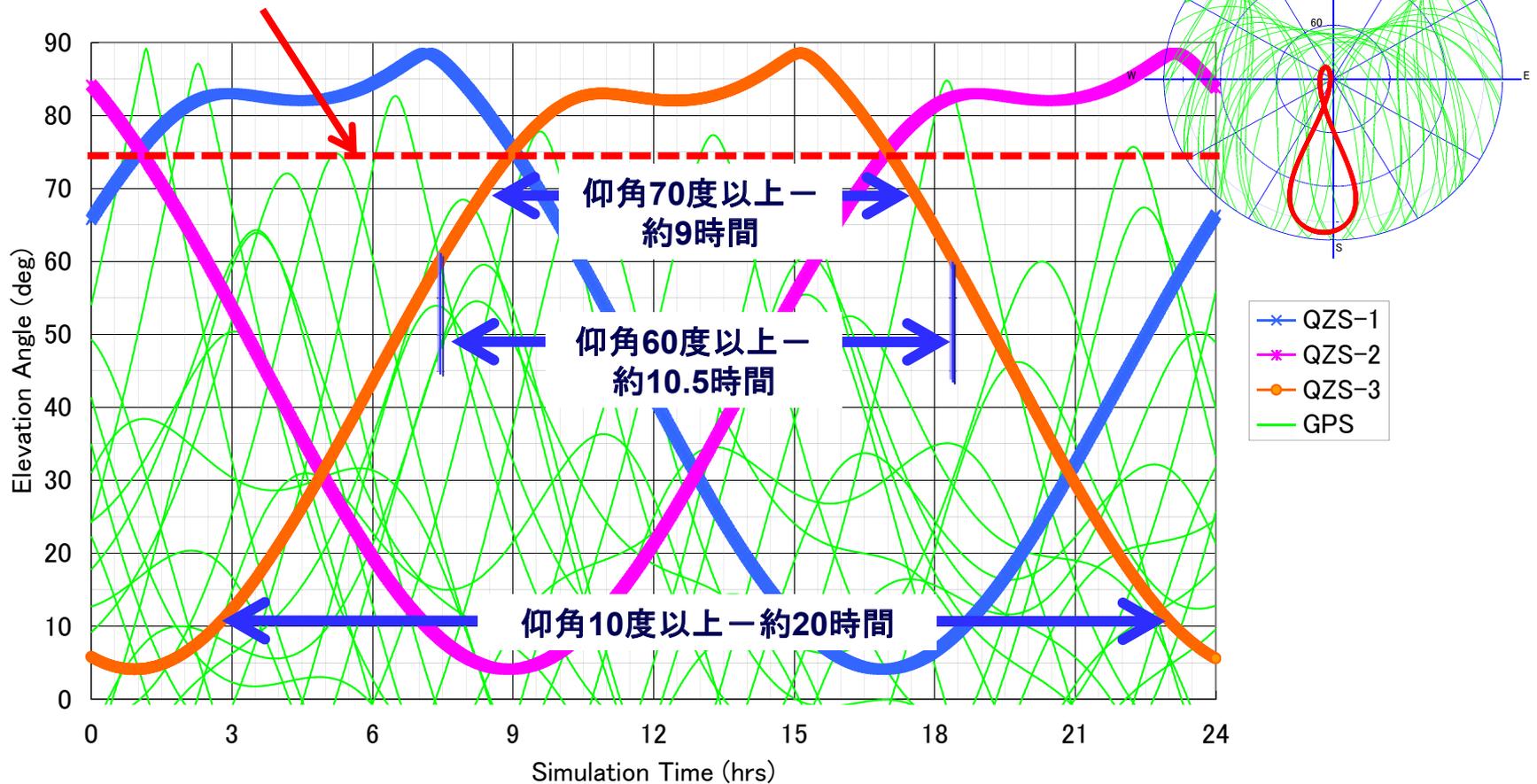
準天頂衛星システム3機のうち最も仰角が高い衛星の最低仰角の等高線図

=少なくとも1機の衛星がある仰角以上で見えるエリア



# 東京での見え方(仰角・方位角)

常時約75度以上に1機(3機体制完成時)



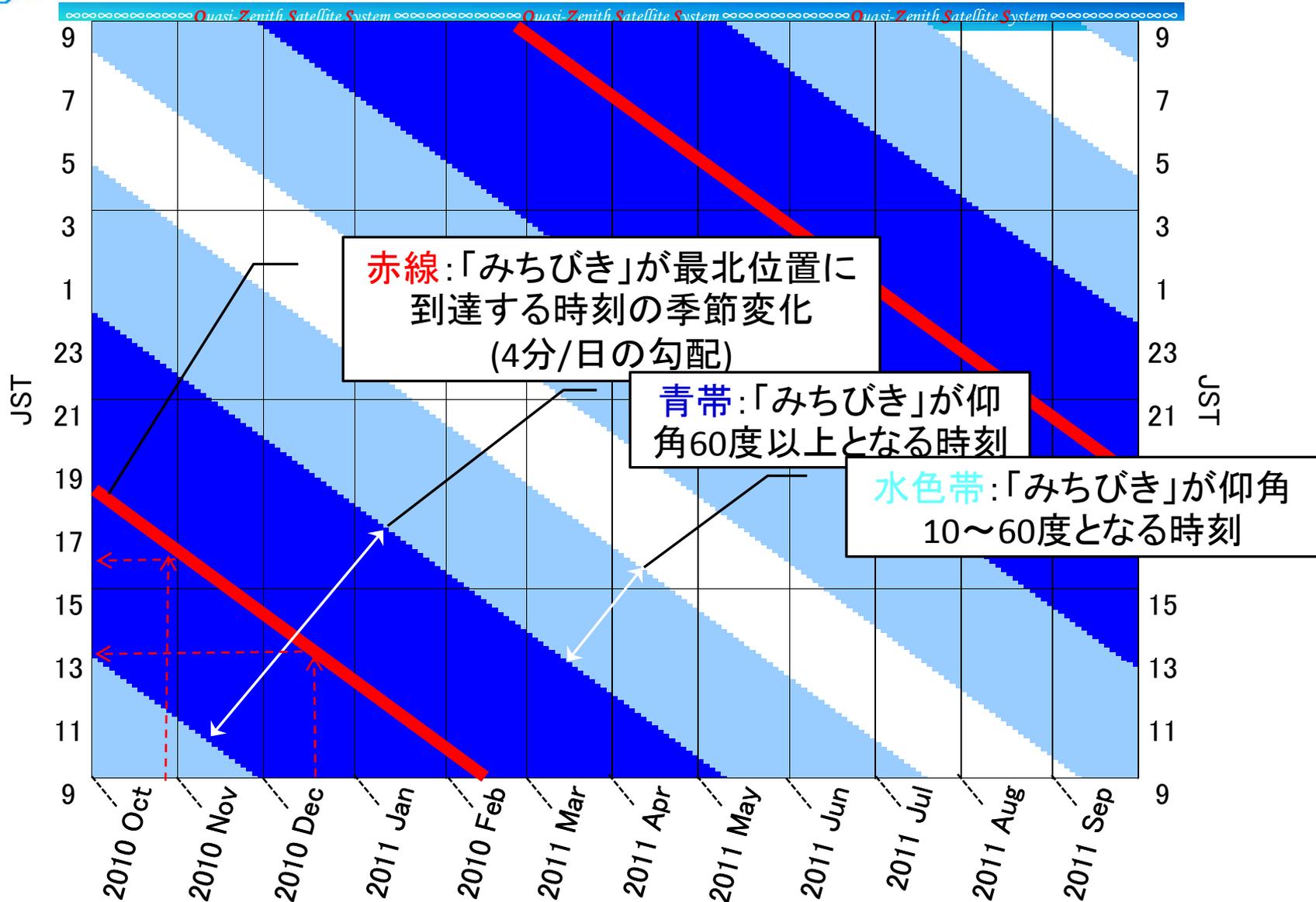
東京における仰角変動



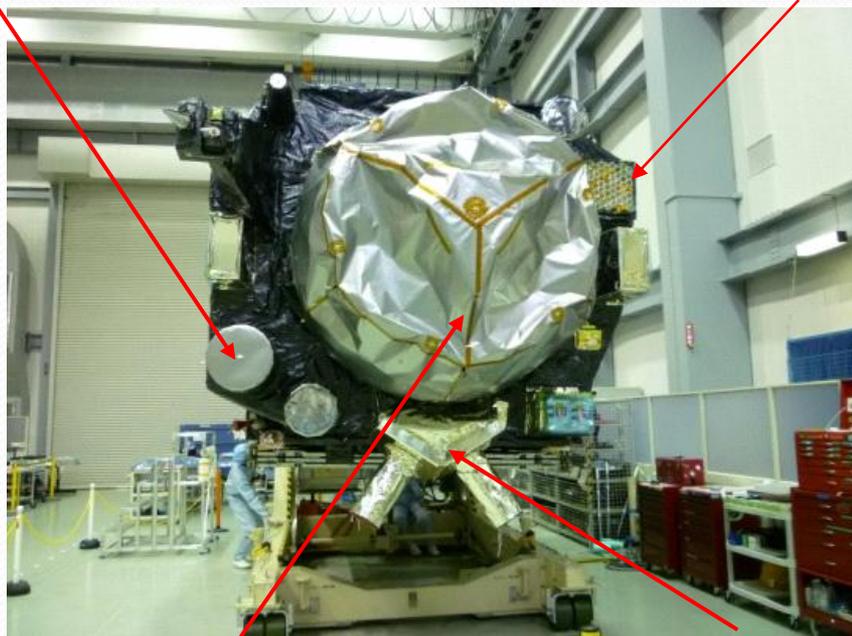
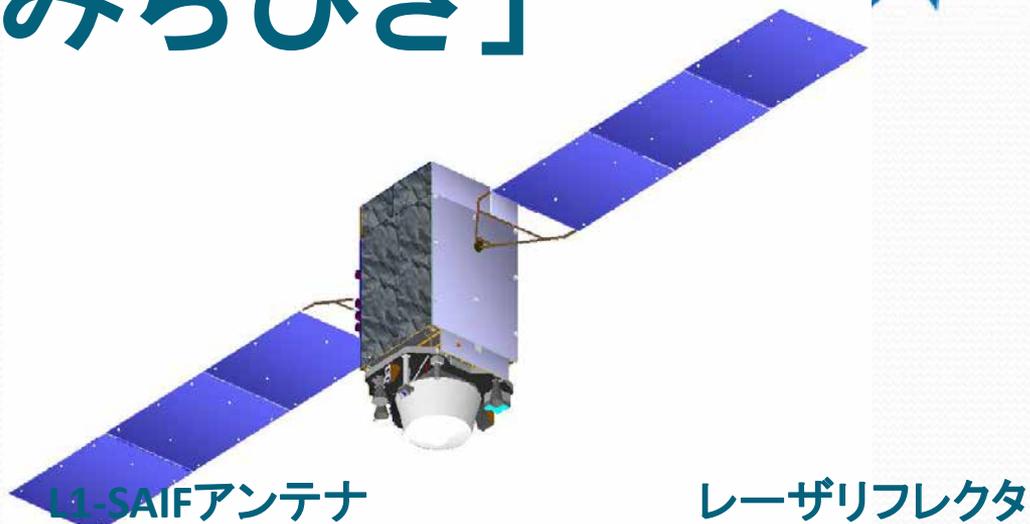
# 「みちびき」仰角の季節変化(東京)



東京(北緯35.689度、東経139.692度)

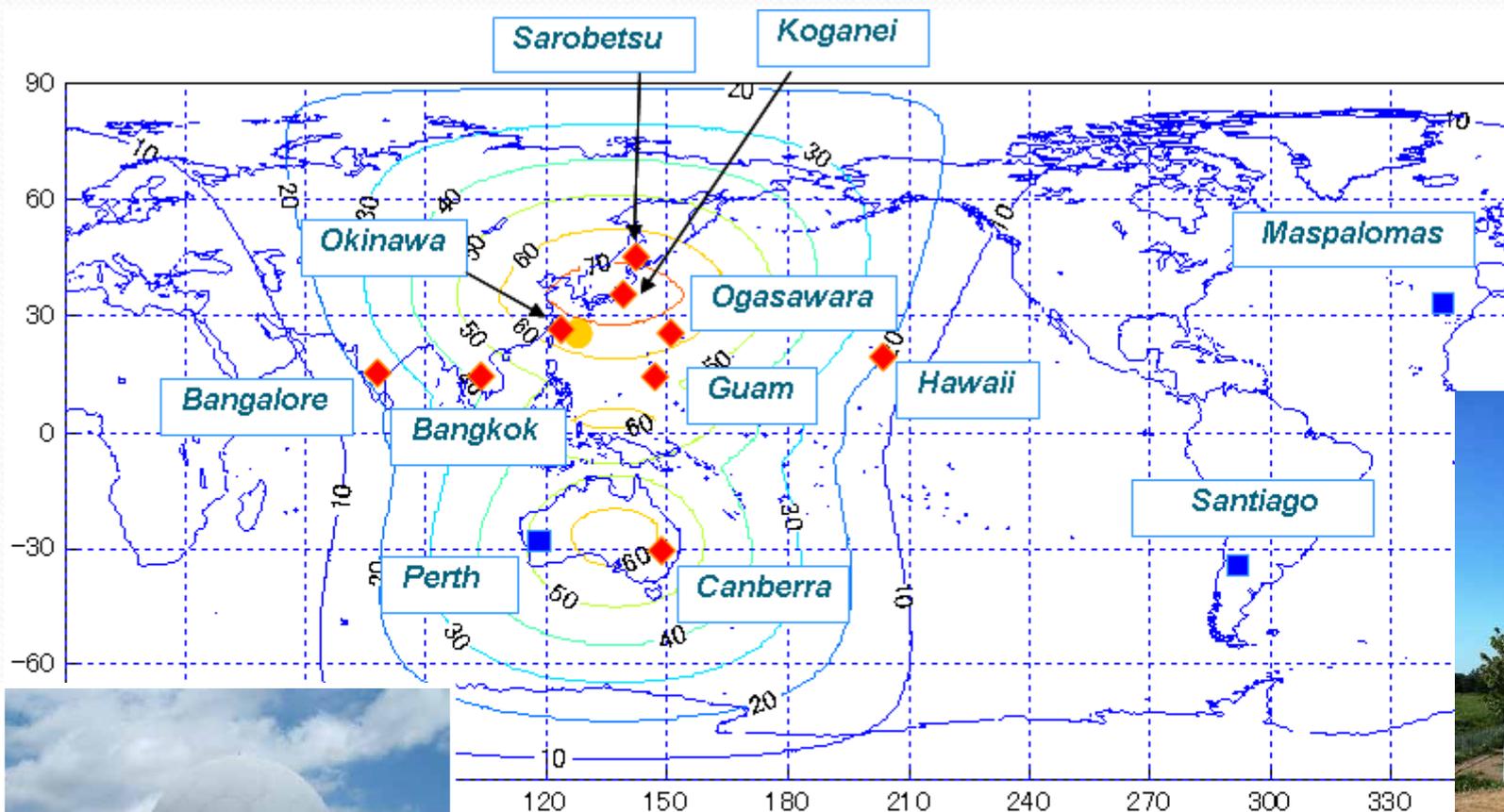


# QZSS初号機「みちびき」



質量	約1.8ton (ドライ) うち航法ペイロード320kg
発生電力	約 5.3 kW (EOL)
設計寿命	10年、燃料は12年分搭載

# QZSS地上システム



沖縄追跡管制・航法メッセージ  
アップロード局



- GPS MS site
- ◆ QZSS & GPS MS site
- TT&C-NAV Message Uplink Station



# 準天頂衛星システム測位信号

信号名称	中心周波数	概要
L1C, L1-C/A	1575.42MHz	<ul style="list-style-type: none"><li>● GPS補完信号</li><li>● 既存のGPS、近代化GPSとの完全な相互運用性、共存性を確保</li><li>● 日本近傍域向けのクロバチャモデル補正など、拡張性も有す</li></ul>
L2C	1227.6MHz	
L5	1176.45MHz	
L1-SAIF*	1575.42MHz	<ul style="list-style-type: none"><li>● GPS-SBASとの上位互換</li><li>● WDGPS 補強信号</li></ul>
LEX	1278.75MHz	<ul style="list-style-type: none"><li>● 2Kbpsの高データレートメッセージによる測位補正実験</li><li>● GalileoのE6信号とスペクトラム共通化</li></ul>

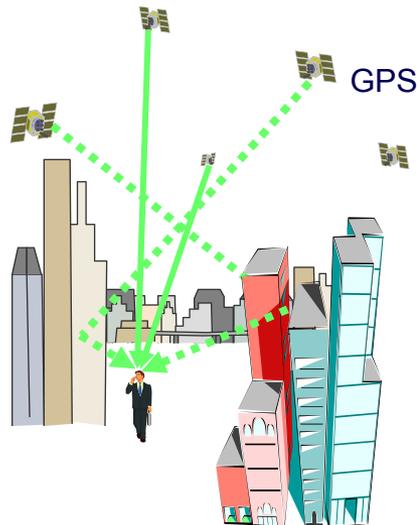
\* L1-SAIF: L1-Submeter-class Augmentation with Integrity Function

信号及びメッセージ仕様詳細は準天頂衛星システムユーザインタフェース仕様書 (IS-QZSS)に定義、広く公開 (<http://qzss.jaxa.jp/is-qzss/>)

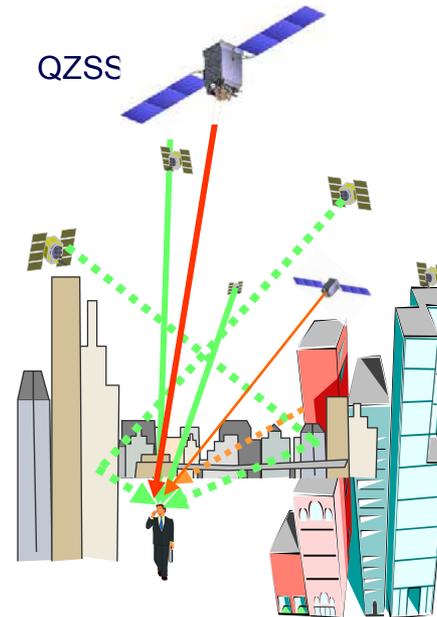
# 準天頂衛星システムの効果



- 衛星測位システムの利用(位置、速度、時刻の算出)には4衛星以上からの信号を受信し、衛星-受信機間の測距データを取得することが必要
- 都市部や山間地では4衛星以上の受信が困難な場合が多い



現在: 4衛星以上からの信号が受信できない



QZSS実用化後: 4衛星以上受信可能な場所と時間が増加

# 準天頂衛星システムの効果



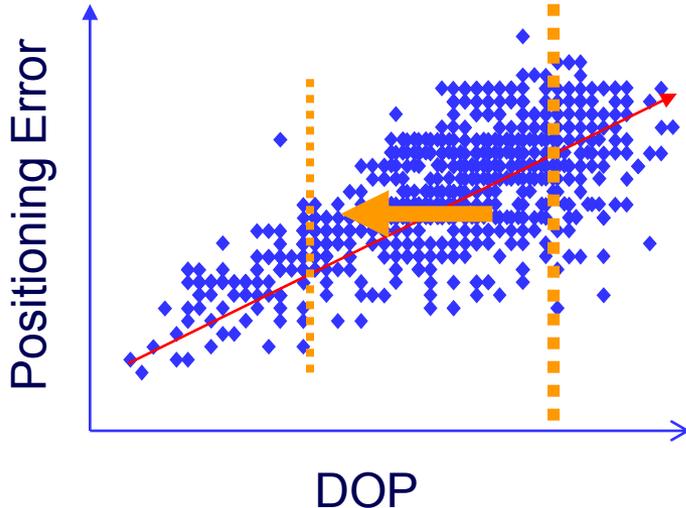
- GPSの精度

ユーザ測位精度

= **DOP (Dilution of Precision)** X URE (ユーザ測距誤差)

- DOP: 衛星とユーザの幾何学的配置によって決まる値

小さい方が精度が良い



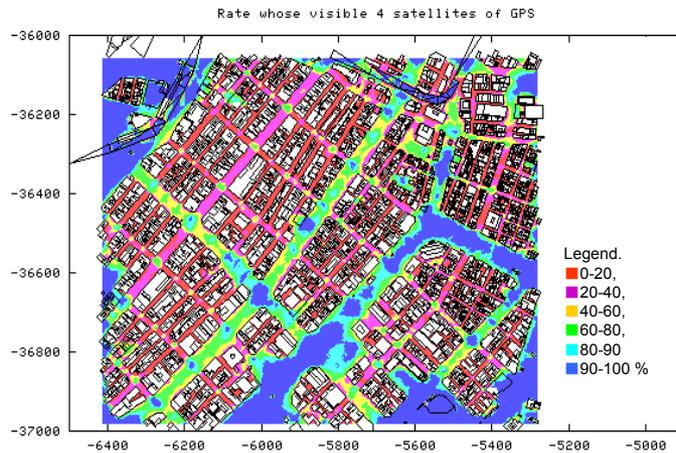
同じ仰角に衛星が偏っている  
→ 垂直方向DOP 大

同じ方位角方向に衛星が偏っている  
→ 水平方向DOP 大

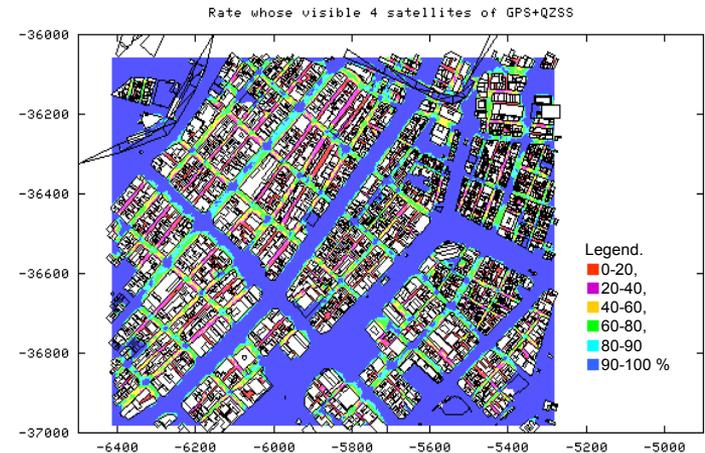
DOPが大きいと測位演算結果のはらつきが大きい → **準天頂衛星の追加によるDOP改善** → **ユーザ測位精度改善** → **大きな測位誤差**

# 準天頂衛星システムの効果

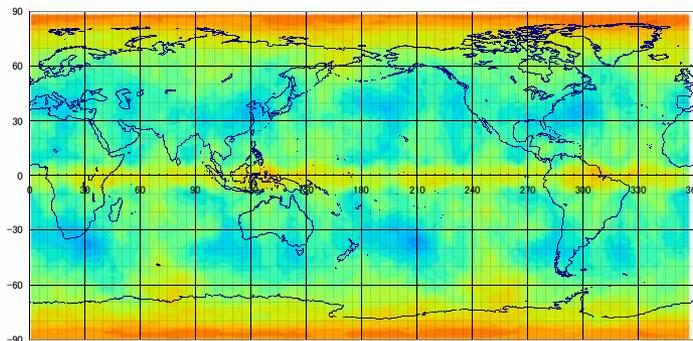
— GPS測位可能な時間率、場所の改善 —



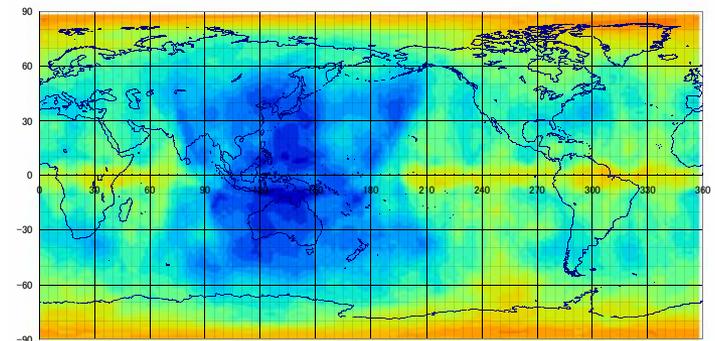
+QZSS  
→



**3D Simulation Result at Tokyo Downtown Area:  
Positioning Availability (Time percentage of more than four satellites are visible)**



+QZSS  
→



**Global Distribution of PDOP Availability  
(Time percentage that PDOP is less than six with mask angle 30 degrees)**

# 準天頂衛星システムの効果



## ● GPSの精度

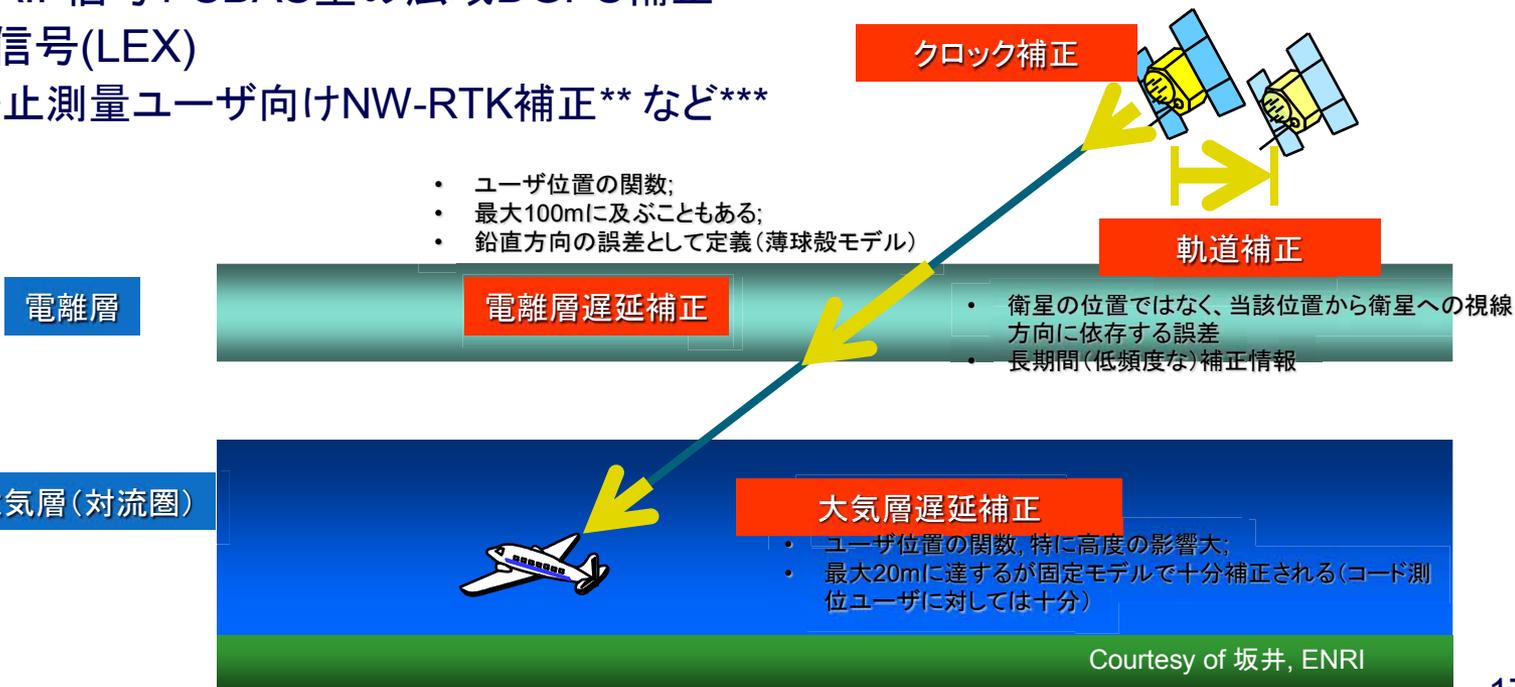
ユーザ測位精度

= DOP (Dilution of Precision) X **URE (ユーザ測距誤差)**

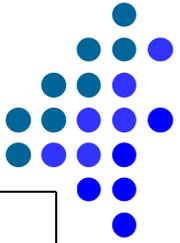
- ユーザ測距誤差の補正による精度改善
- 準天頂衛星からは以下の補正情報を送信

- L1-SAIF信号: SBAS型の広域DGPS補正\*
- 実験信号(LEX)
  - 静止測量ユーザ向けNW-RTK補正\*\* など\*\*\*

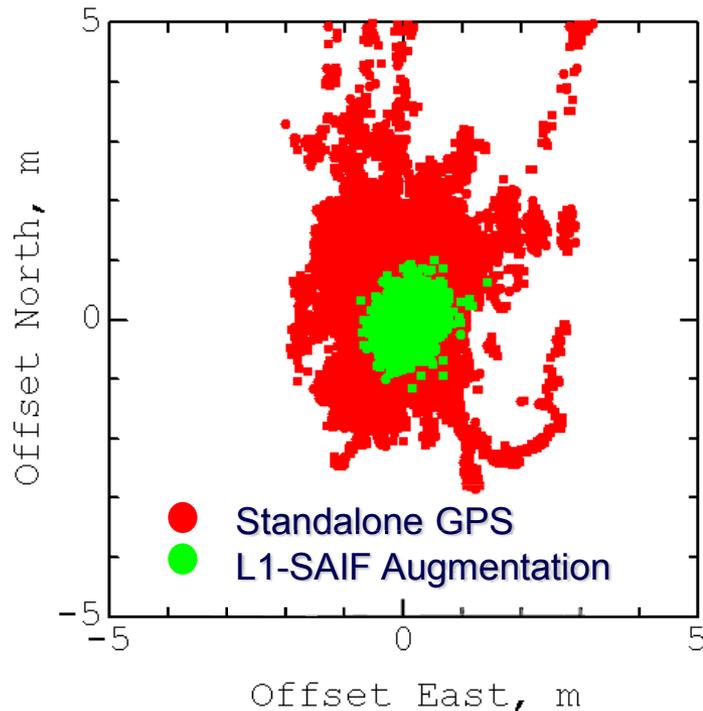
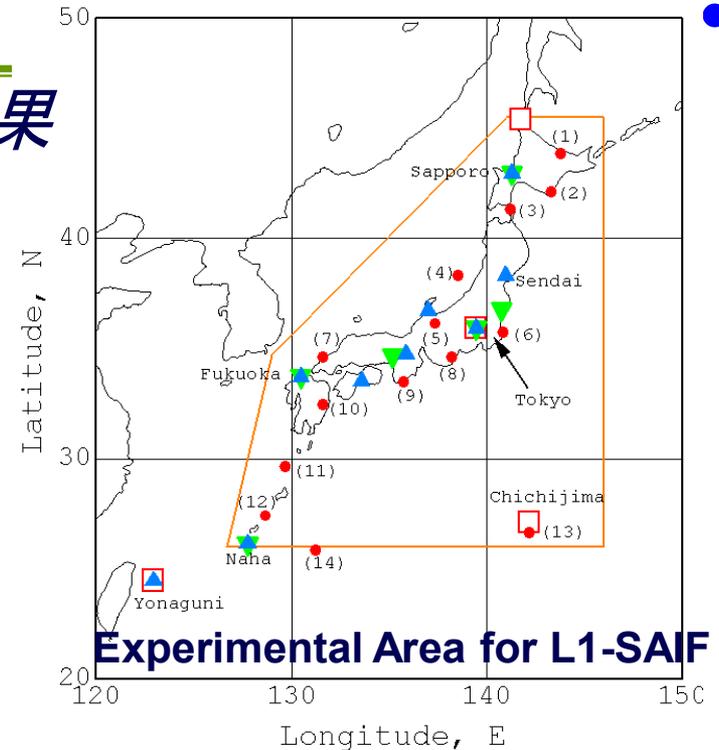
- ユーザの位置に依存しない誤差源;
- 高頻度な補正が必要



# 準天頂衛星システムの効果



- **L1-SAIF 補強による精度改善効果**
  - 電子航法研シミュレーション結果の例
    - 日本国内 6局のモニター局
    - *Period: 19-23 Jan. 2008 (5 days).*



System		Horizontal Error	Vertical Error
Standalone GPS	RMS	1.45 m	2.92 m
	Max	6.02 m	8.45 m
L1-SAIF	RMS	0.29 m	0.39 m
	Max	1.56 m	2.57 m

出典：坂井, ENRI

# 単独搬送波位相測位 (PPP)

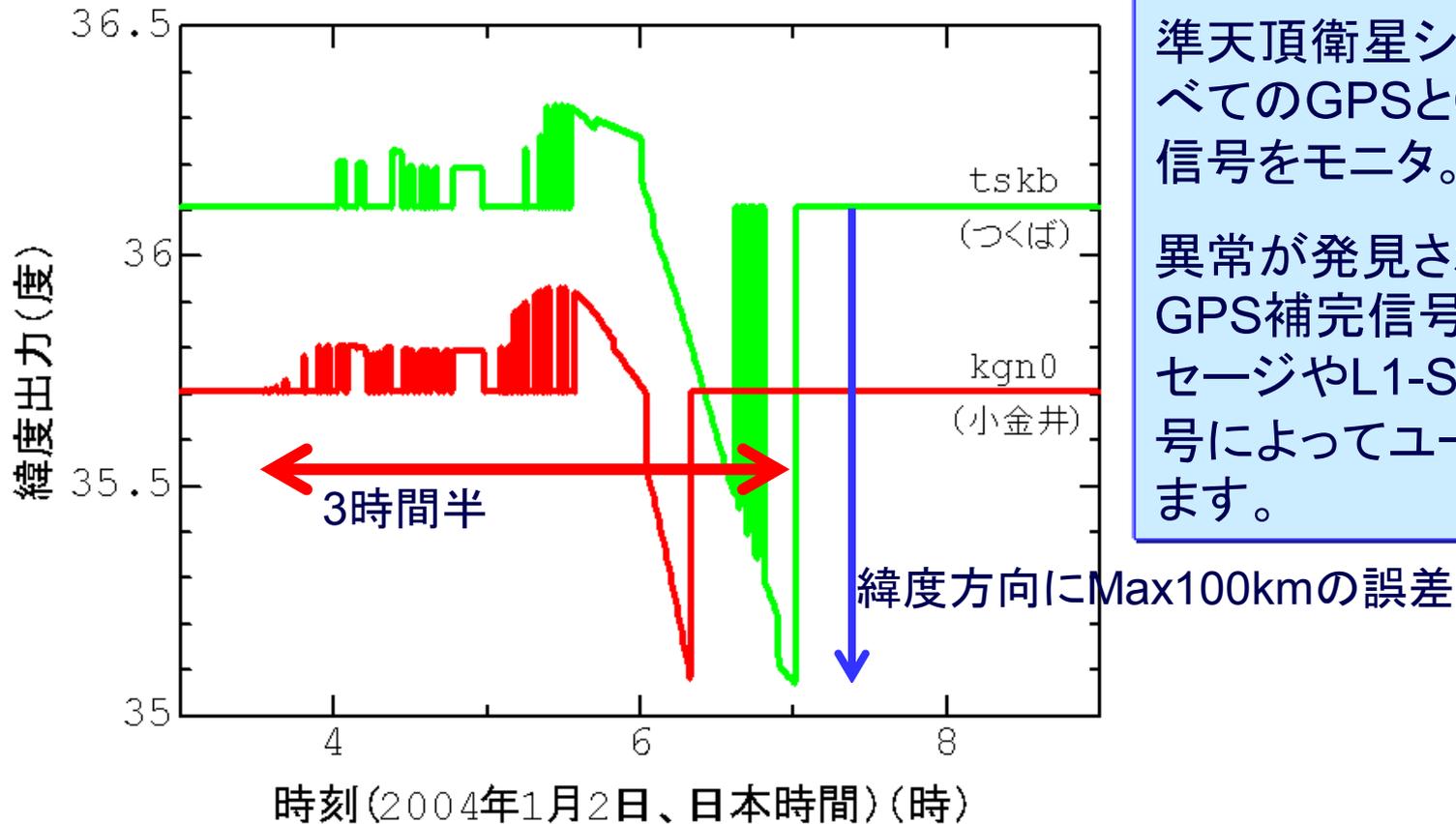


- 搬送波を用いると・・・
  - オフライン解析 → mm 精度 地殻変動監視など科学利用
  - リアルタイム → cm 精度 精密測位 (機械制御など) 利用
- 相対測位から単独測位へ
  - RTK (リアルタイムキネマティクス)
    - 相対測位 = 位置が予め分かっている基準点との相対位置を測定
    - 基準点から約10km程度まで
    - 2つの受信機と受信機関のデータ伝送手段が必要
  - NW-RTK (ネットワーク型RTK)
    - 基準点をネットワーク化 (複数の基準点利用 = 日本では電子基準点網)
    - 基準点で囲まれたエリアで基準点から数10km ~ 100km
    - ユーザ側は受信機1台と通信回線 (放送型と通信型の2種のサービスあり)
  - 単独搬送波測位PPP (Precise Point Positioning)
    - 基準点に依存しない絶対測位
    - 受信機と衛星間を搬送波で直接測定 = 精密な軌道・クロック情報必須
    - 世界的規模のモニタ局網によるGPS/QZSSの精密軌道・クロック推定が鍵
    - 初期化時間がかかる ← 複数GNSS利用による短縮に期待
    - ユーザは受信機1台でOK

みちびきではLEX信号を用いて  
NW-RTK、PPPなどの搬送波位  
相測位実験を実施

# 準天頂衛星システムの効果

## —異常測位の実例—

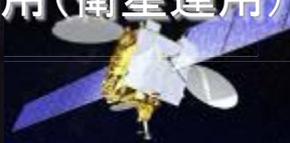


準天頂衛星システムは、すべてのGPSとQZSS衛星の信号をモニタ。

異常が発見された場合は、GPS補完信号の航法メッセージやL1-SAIF、LEX信号によってユーザに通知します。

- 2004年1月2日(JST)明け方にPRN23衛星が故障。位置出力で100kmの誤差。
- 3時間半後にようやくPRN23衛星が使用不可とされ、復旧した。

出典:坂井、電子航法研資料



# さまざまなGNSS利用



測量・地図作成  
効率化



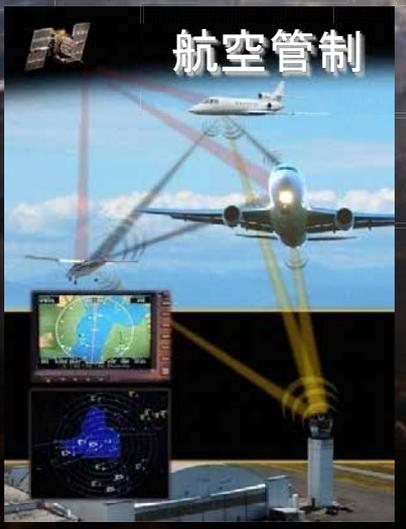
送電網制御



精密農業



交通網管制



航空管制



貨物追跡・輸送効率化



次世代ITS



通信事業  
(時刻同期)



感染症拡大防止



歩行者ナビ  
LBS



石油採掘・海底資源探査



漁業・レジャーボート



貨物追跡・輸送効率化



# QZSS利用例

---

- 都市部、山間地での利用効率改善、シームレス測位環境が有用なアプリ
  - 歩行者ナビ・LBS ⇒ 防災情報収集システム
  - 山間地での利用(林野環境保全、地籍調査)
- 補強情報利用による高精度測位利用
  - 波高・津波監視システム
  - 精密農業(農業ロボット制御)、自動化施工(建機制御)
  - 車線判別、衝突防止など安全運転支援(次世代ITS)
- 長時間観測できるメリットの活用
  - 固定点への時刻配信
  - 水蒸気量推定の高精度化→ゲリラ豪雨予測への貢献

# 「みちびき」の打上げ

- 平成22年9月11日 20時17分00秒(日本標準時)に、種子島宇宙センターから準天頂衛星初号機「みちびき」を搭載したH-IIAロケット18号機(H-IIA・F18)を打ち上げた。



ド・エリート男爵さんの投稿写真  
@鹿児島県始良市

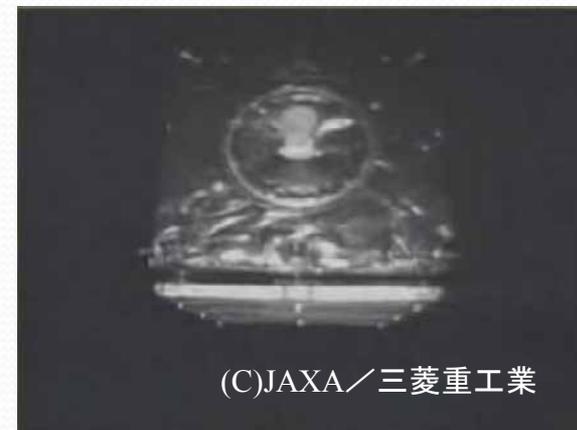


Hatapy@Miyazakiさんの投稿写真  
@宮崎県都井岬



(C)JAXA/三菱重工業

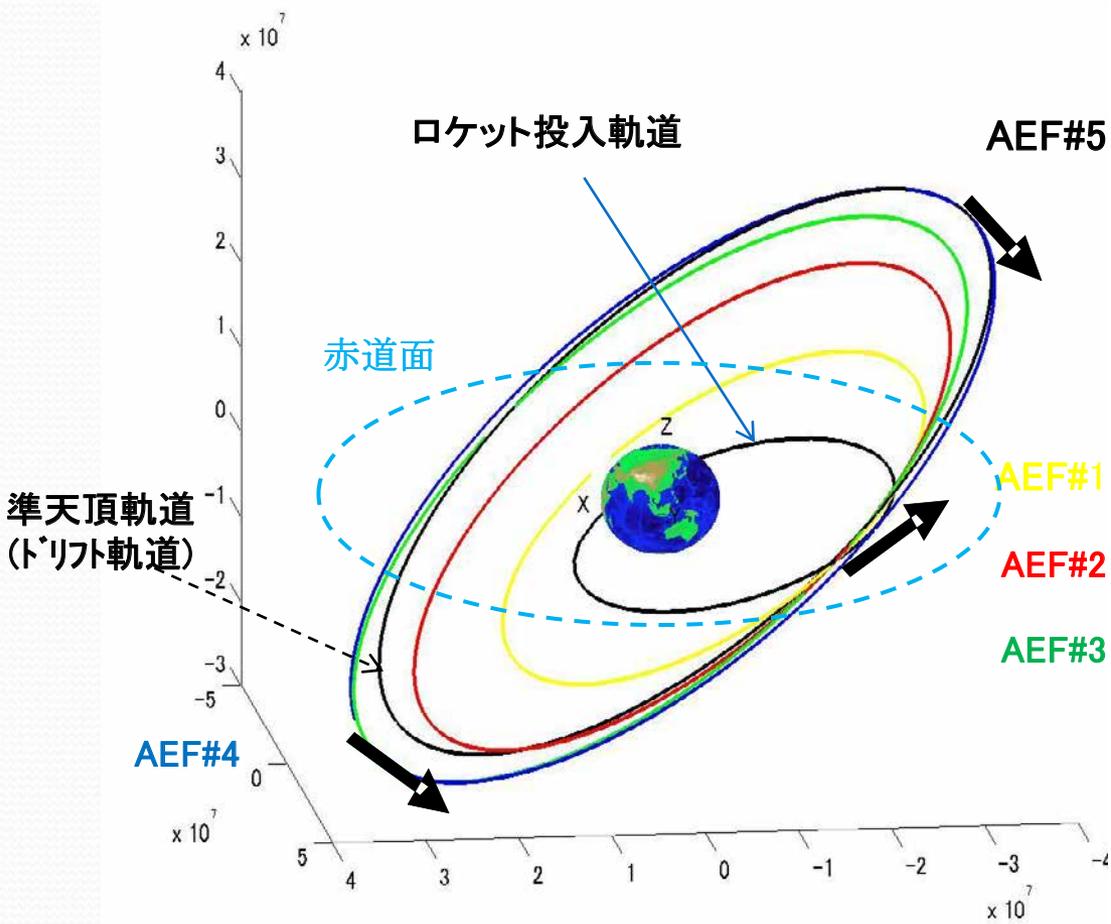
- ロケットは正常に飛行し、打上げ後約28分27秒に「みちびき」を分離した事を確認



(C)JAXA/三菱重工業

# 衛星分離から準天頂軌道へ

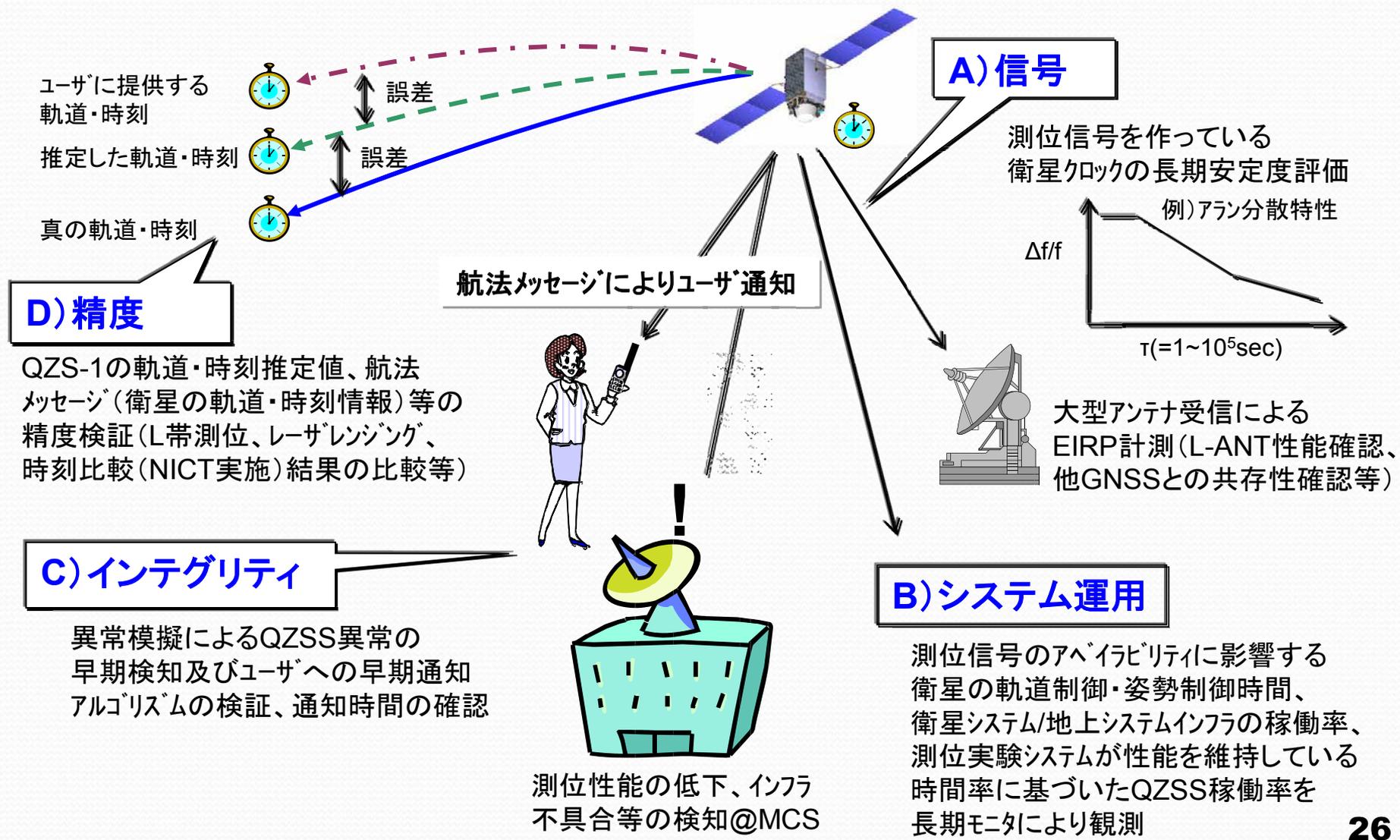
- 第1～3回AEFにより、目標軌道面内(軌道傾斜角41度)の円軌道に投入
- 第4回AEFで遠地点高度(日本上空高度)を上げ、第5回で近地点高度(オーストラリア上空高度)を下げ、楕円軌道であるドリフト軌道に投入
- 1週間程度かけて、小型エンジンを1日1回噴射させ、東経135度付近を中心とし日本上空で8の時を描く「準天頂軌道」に投入



# 初期機能確認の実施状況

- 準天頂軌道投入後、衛星バス機器ならびにミッション機器（地上システムと合わせたシステム試験を含む）の初期機能確認を実施、衛星および地上システムの機能が健全であることを確認。
  - 衛星バスの機能、性能確認
  - アベイラビリティ確保のための軌道制御データの取得
  - 測位ペイロードの初期機能確認
  - 高精度測位実験システム（測位ペイロードと地上システムの組み合わせ）の初期機能確認
  - 高精度測位実験システムの軌道・時刻推定機能等の確認
  - 関係研究機関の初期機能確認
- 12月13日に定常段階移行審査を実施、15日から定常段階（実証実験フェーズ）に移行

# JAXA技術実証実験の概要



# 測位補完技術実証

## GPS補完効果の多地点・多利用形態での検証



都市における観測



協力機関に依頼し、準天頂衛星対応受信機を使ってもらい、結果のデータを収集

山林の観測



PDA型



移動体観測



結果を収集、統計的分析  
データベース整備、成果共有

QZvision

観測点イメージ



複数周波数対応型

ロガー型

キーホルダータイプ  
など小型受信機。  
測位結果を蓄積、  
オフラインでの利用。



精密測位

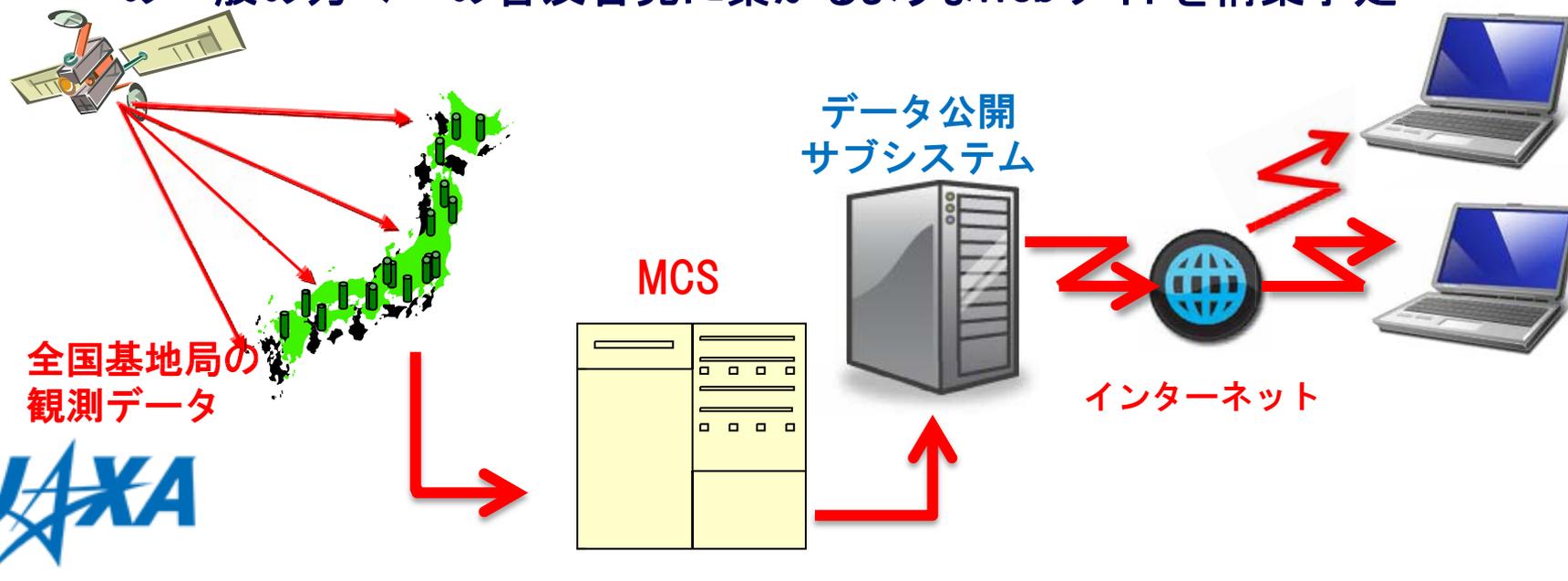


定点観測



# データ公開サブシステムの紹介

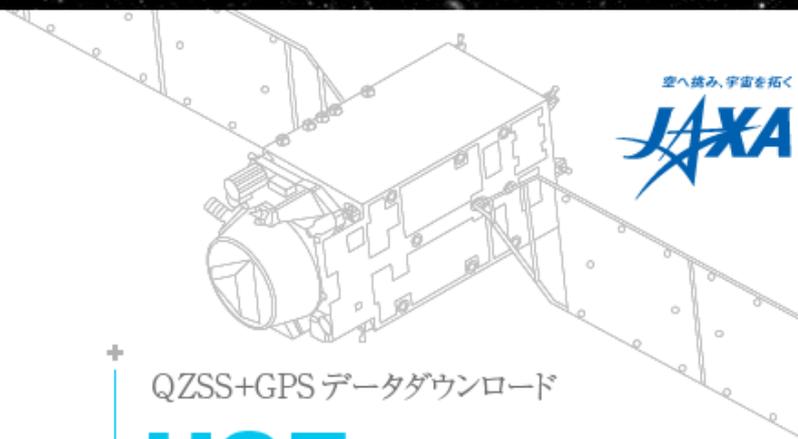
- 2010年夏に打ち上げ予定のQZSSの利用促進、普及、広報を主目的とし、QZSS地上系マスターコントロール局の一機能として、QZSSで収集・生成した情報を公開する。
- QZSSのデータを利用する研究者、企業など専門家だけでなく幅広い年代層の一般の方々への普及啓発に繋がるようなWebサイトを構築予定



# WEBサイトコンセプト

準天頂衛星システム(QZSS) みちびき データ公開ウェブサイト

# QZ-vision



+ みちびき3D

**PLAY** 

## 遊ぶ、みちびき。

準天頂衛星 初号機「みちびき」をもっと身近に感じよう！  
うわさのスクリーンセーバ、もうダウンロードした？

+ Webマガジン

**READ**

## 知る、みちびき。

Webマガジン「READ」にVol.02が追加！  
独占インタビュー・Webマンガにプレゼント。さらにiPhoneアプリまで！  
全8回。隔週月曜日は要チェック！

+ QZSS+GPS データダウンロード

**USE**

## 使う、みちびき。

専門家用！？  
いいえ。どなたでも大歓迎です。  
まずは、IS-QZSSから。

▶ [宇宙利用ミッション本部 みちびき\(準天頂衛星初号機\)](#)

▶ [みちびき特設サイト](#)

[ [サイトポリシー](#)・[利用規約](#) | [ヘルプ](#) ]  
COPYRIGHT JAPAN AEROSPACE EXPLORATION AGENCY

FOLLOW ME 

# USE

QZSS+GPS データダウンロード  
 使う、みちびき。

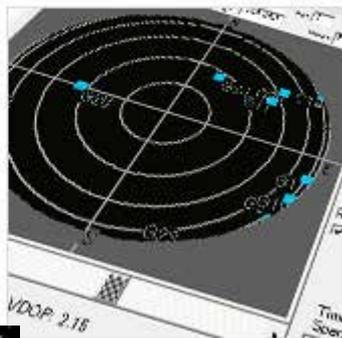
日本語 English

- QZSS+GPS SkyPlot  
**QZ-radar**
- IS-QZSS  
**準天頂衛星システム  
 ユーザーインターフェース**
- Pattern Table  
**放送パターンテーブル**
- NAQU Messages  
**NAQU情報**
- ✉ メール配信登録

準天頂衛星対応スカイプロット / Sky Plot

## QZSS+GPS SkyPlot QZレーダー

QZSS対応予定のQZSS+GPS  
 SkyPlotです。  
 障害物シミュレータつき！



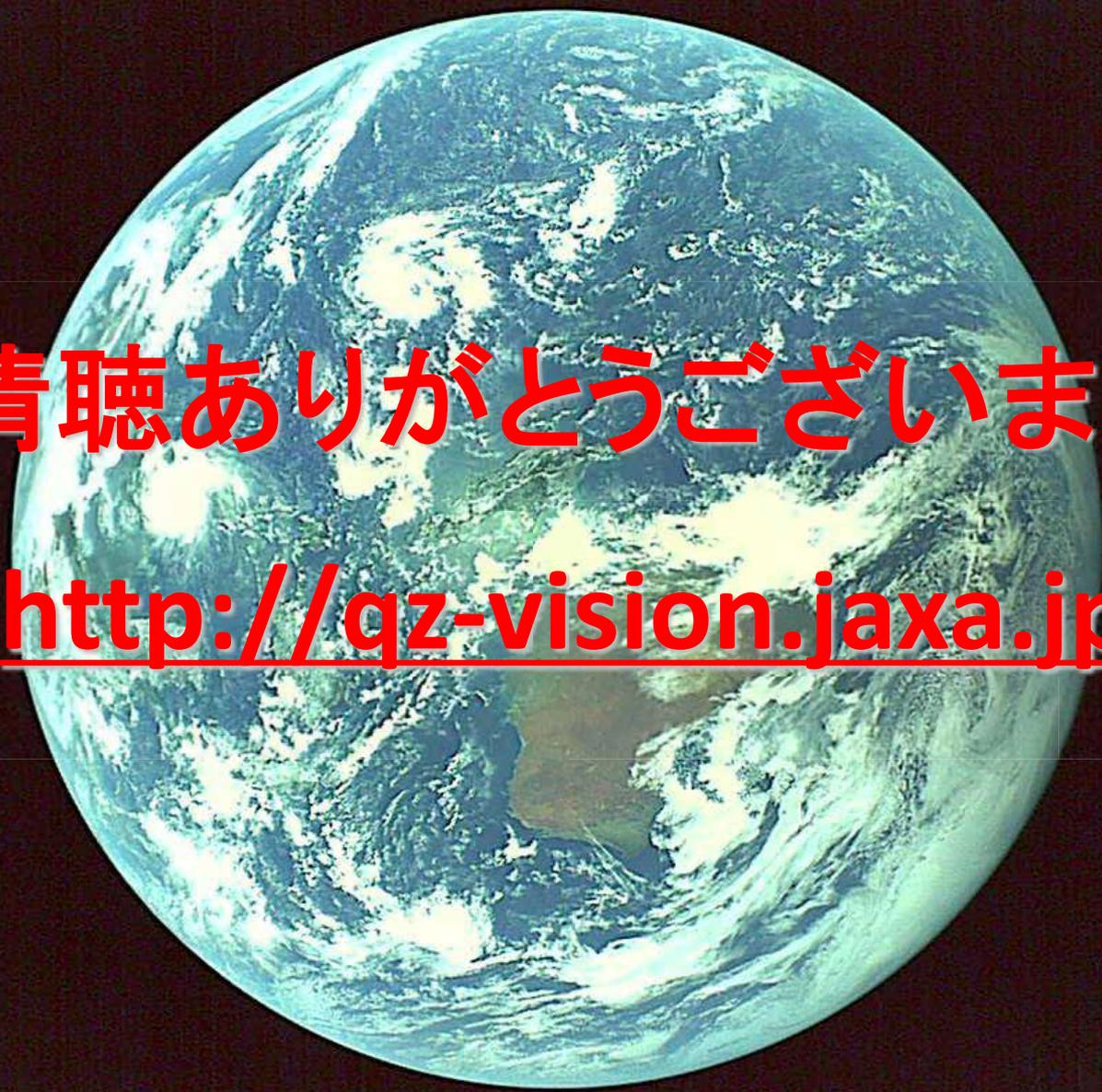
準天頂、GPSの運用情報、放送される軌道情報や、それらに基づくQZSSの見え方、GPSと組み合わせたときのDOPを計算するツールの提供など

- Custom Downloads  
**カスタムダウンロード**
- Archive
- API
- Experiment Schedule  
**実験スケジュール**
- Experiment Results  
**実験結果報告**
- Almanac  
**アルマナック**
- Ephemeris  
**エフェメリス**
- Ultra Rapid Products  
**超速報暦**
- Final Products  
**最終暦**
- Contact Concerning  
 Precise Ephemeris  
**精密軌道暦に関する  
 お問い合わせ**

## QZSS+GPS Data Download QZSS+GPSデータダウンロード

準天頂衛星システムとGPSのデータダウンロードサイトです。

- ・NAQU情報
- ・アルマナック
- ・超速報暦
- ・精密軌道暦に関するお問い合わせ
- ・エフェメリス
- ・最終暦



**ご清聴ありがとうございました**

**<http://qz-vision.jaxa.jp>**

※赤道上空付近を通過中のみちびきより撮影(9/20 12時頃)

# 【参考】受信機・アンテナ

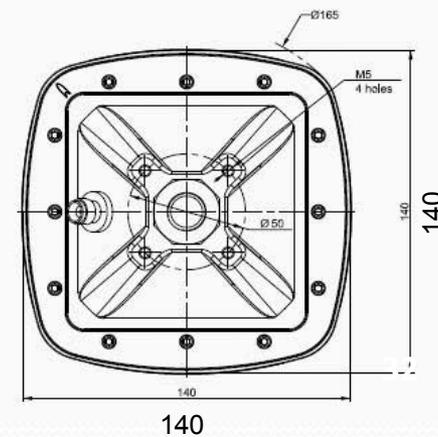
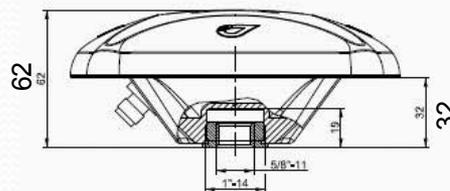
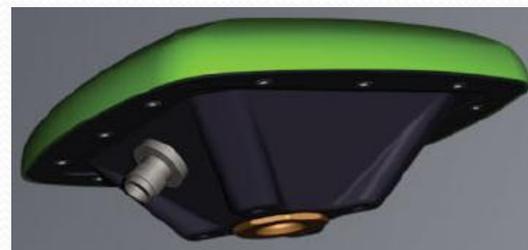
## ■ JAVAD Delta-G3T

- 216チャンネル
- 0.4kg(外付け電源除く)



## ■ JAVAD GrANT-G3T

- 0.5kg



# 【参考】対応可能信号



GNSS	Signal	Reception
GPS	L1-C/A, L2C, L5	○
	L1P, L2P(Y)	○
	L1C	○
GLONASS	L1-C/A, L1P, L2-C/A, L2P	○
GALILEO	E1, E5a	○
QZSS	L1-C/A, L1-SAIF, L2C, L5	○
	L1C	○

## ■ Interface

- TNC (~Antenna)
- BNC (~Reference Frequency input)
- Ethernet、USB、RS232C(~PC)

## ■ Output data format

- NMEA0183 v2.3, v3.0~
- RINEXv2.11, v3.0
- RTCMv2.3, v3.0~
- BINEX

上記フォーマットのQZSS対応については、IGS等関係機関、組織との調整中です

# データロガー(案)

- データロガーは現在、開発仕様を検討中のため以下は現時点の案となります

