

24. 準天頂衛星L1-SAIF補強信号の 測位性能



坂井 丈泰・福島 荘之介・武市 昇・伊藤 憲
通信・航法・監視領域
(高精度測位補正技術開発PT)

Introduction

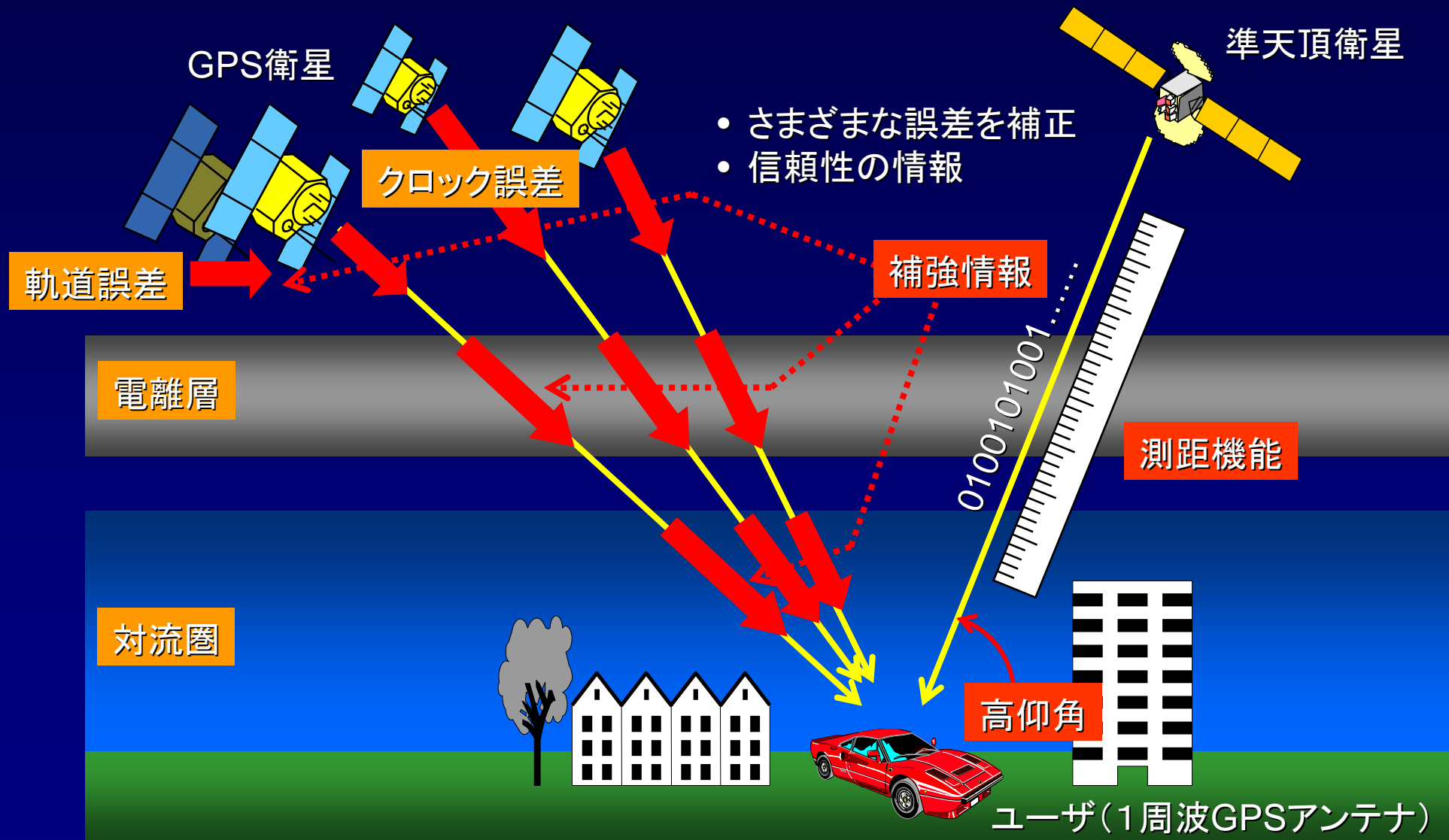
- 準天頂衛星システム(QZSS):
 - 8の字形の軌道により、3機の衛星で24時間運用。
 - 静止衛星と比べて仰角を高くできるため、山間部や都市部での測位・放送ミッションに有利。
 - L1/L2/L5の補完信号(GPS互換信号)と補強信号を計画。
 - 2009年度に測位ミッションのみの1号機を打上げ、実証試験の予定。
- L1-SAIF補強信号:
 - ICAO SBAS互換の信号形式により、サブメータ級の測位精度とインテグリティ機能を提供する。
 - 電子航法研究所が開発を担当。
 - オフラインの試験システムをすでに整備、試験。現在はメッセージ形式の検討を続けるとともに、リアルタイムシステムを開発中。

(1) L1-SAIF信号の概要

サブメータ級補強信号(L1-SAIF)

- 広域ディファレンシャル補正情報：
 - 我が国全域を対象とした広域ディファレンシャルGPS(WADGPS)。
 - 補強対象:GPS、準天頂衛星、(ガリレオ)。目標精度=1m。
 - すでに実用化されているSBAS規格をベースとして開発。
- GPS L1周波数で放送：
 - GPSと同一のアンテナおよびフロントエンドで受信可能。
 - 測距信号として利用可能。
 - L1-SAIF信号(Submeter-class Augmentation with Integrity Function)。
- インテグリティ情報あり：
 - 信頼性の高い位置情報を提供(移動体用途で重要)。

サブメータ級補強



補強メッセージの設計

- 目的: 日本全域に対して有効な広域補強情報を送ること。
 - 制約: データレートは250bps以内。受信感度を下げないため。
- すでに実用化されているSBASメッセージをベースとする:
 - 上位互換とする: メッセージの変更はしない。追加により対応。
 - 電離層・対流圏伝搬遅延については、高精度化が可能な拡張メッセージを検討する。
 - 実現可能な測位精度について予備検討を実施。
 - プロトタイプによる検討の結果、**大幅な変更は必要ない**との結論。
- 信号仕様はIS-QZSSとして公表:
 - 補完信号(L1/L2/L5)と同一の文書として、1月にドラフト版を公表した。
 - URL <http://qzss.jaxa.jp/is-qzss/>

SBAS互換メッセージ

| | | | |
|----------------|------------------|-----------------|-----------------|
| プリアンブル 8ビット | メッセージタイプ 6ビット | データ領域 212ビット | CRCコード 24ビット |
|----------------|------------------|-----------------|-----------------|

250ビット

| メッセージ タイプ | 内 容 | 更新間隔 (秒) |
|--------------|-----------------|-------------|
| 0 | テストモード(使用不可) | 6 |
| 1 | PRNマスク情報 | 120 |
| 2~5 | 高速補正(FC+UDRE) | 60 |
| 6 | インテグリティ情報(UDRE) | 6 |
| 7 | 高速補正の劣化係数 | 120 |
| 9 | GEO航法メッセージ | 120 |
| 10 | 劣化係数 | 120 |
| 12 | SBAS時刻情報 | 300 |

| メッセージ タイプ | 内 容 | 更新間隔 (秒) |
|--------------|----------------|-------------|
| 17 | GEOアルマナック | 300 |
| 18 | IGPマスク情報 | 300 |
| 24 | 高速補正・長期補正 | 6 |
| 25 | 長期補正 | 120 |
| 26 | 電離層遅延補正(+GIVE) | 300 |
| 27 | SBASサービスマッセージ | 300 |
| 28 | クロック・軌道情報共分散 | 120 |
| 63 | NULLメッセージ | — |

拡張メッセージ(案)

| メッセージ タイプ | メッセージ内容 | 検討状況 |
|--------------|---------------------|----------------------|
| 52 | 電離層伝搬遅延補正(グリッド情報) | (検討中) |
| 53 | 電離層伝搬遅延補正情報(遅延量) | |
| 54 | 対流圏伝搬遅延補正情報(グリッド情報) | (検討中) |
| 55 | 対流圏伝搬遅延補正情報(遅延量) | |
| 56 | 信号間バイアス補正情報(ISC) | L1C/L2C/L5/L1Pの遅れを放送 |
| 57 | 軌道情報に使用 | (検討中) |
| 58 | QZSエフェメリス | 直交座標表現を採用する方向 |
| 59 | QZSアルマナック | (検討中) |
| 60 | 広域情報 | (検討中) |
| 61 | (空き) | |

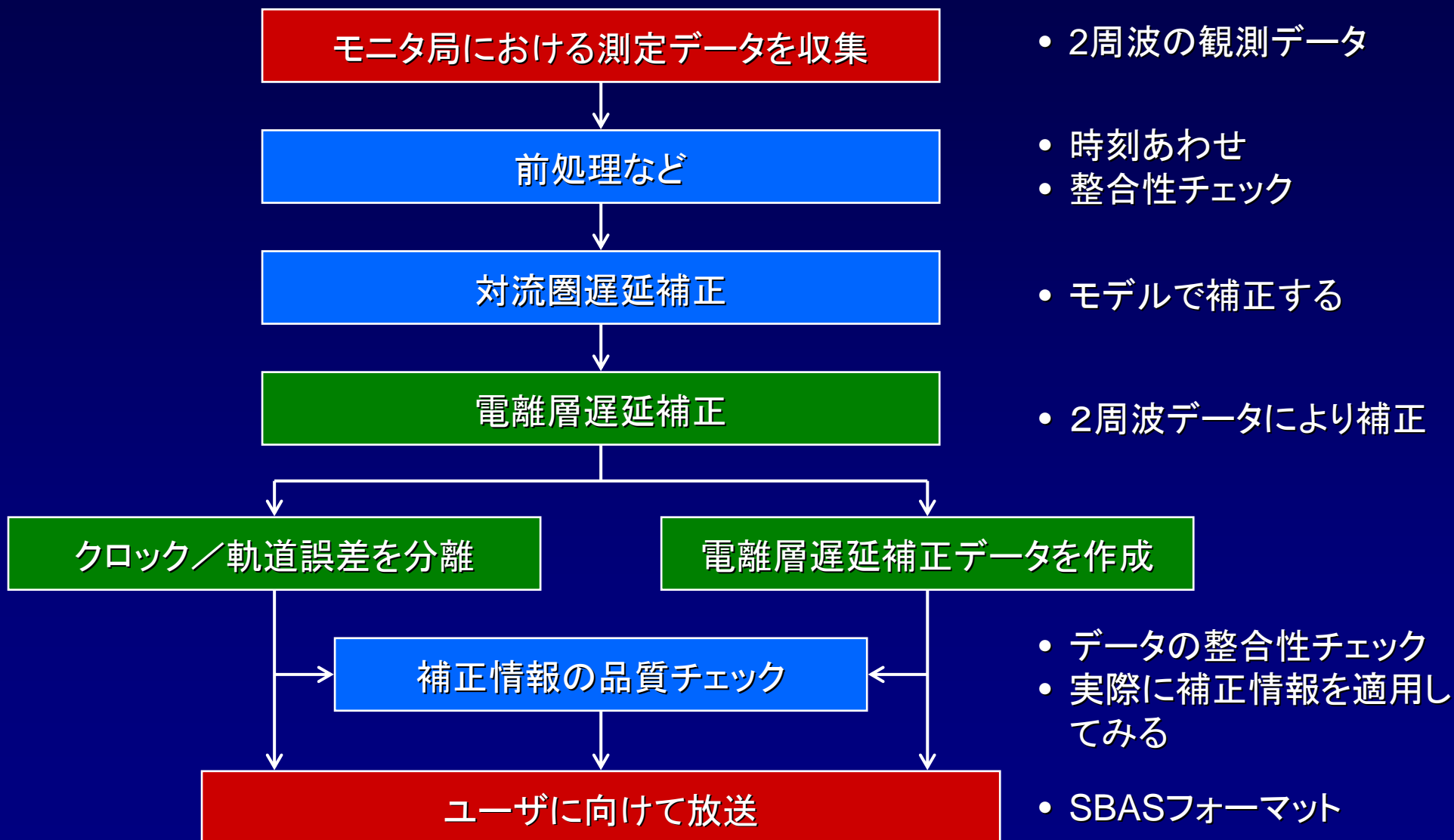
※メッセージタイプ番号・メッセージ内容は変更する可能性がある

(2) プロトタイプシステムによる 性能評価

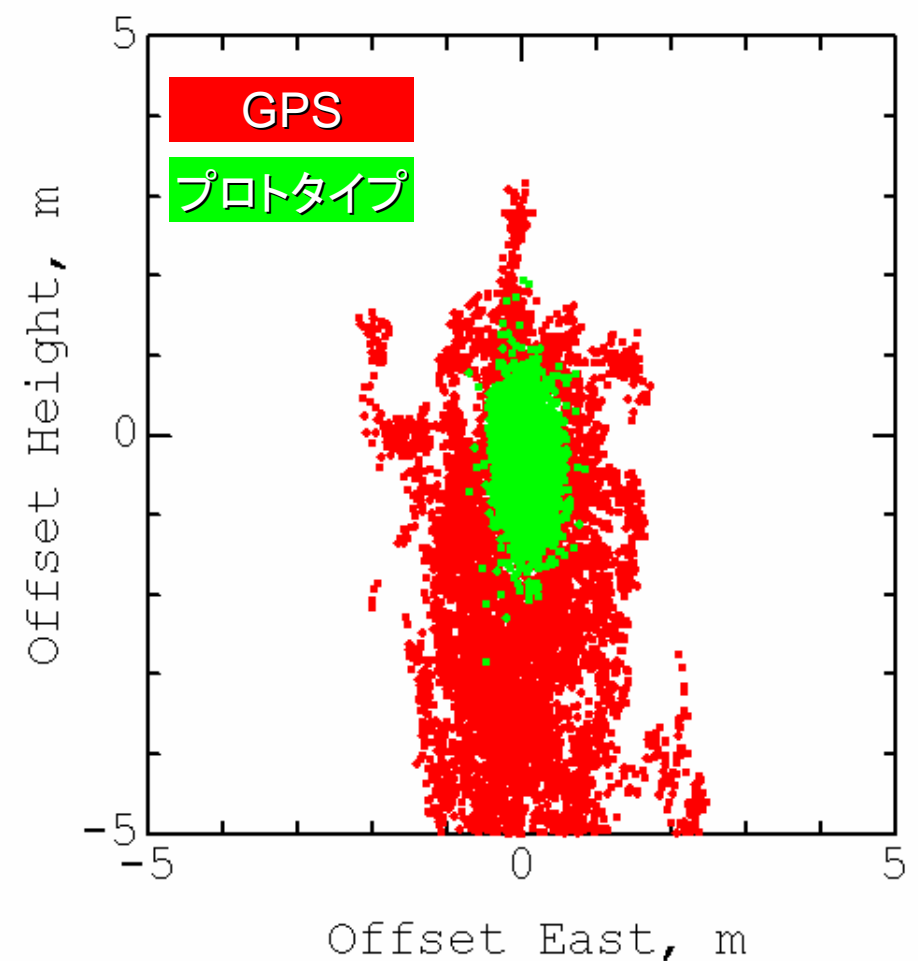
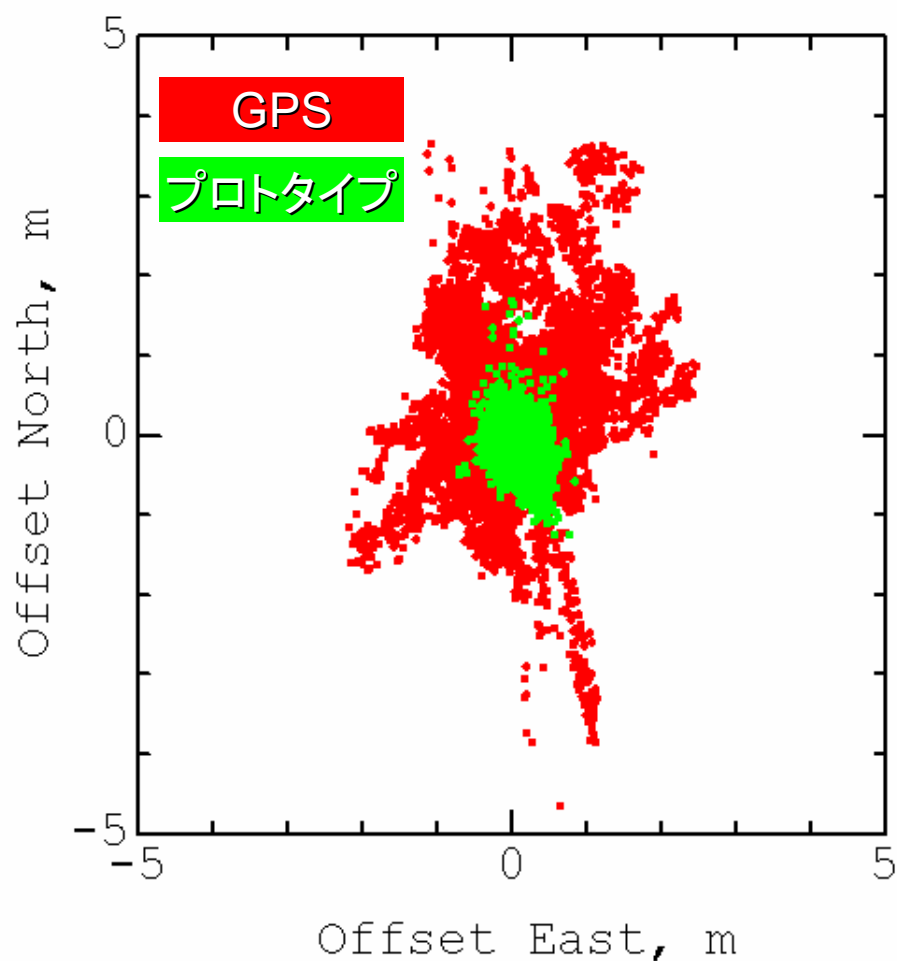
プロトタイプシステムの開発

- PCまたはUNIX上で動作するプロトタイプシステム：
 - GPS受信機の観測データ(RINEX形式他)を利用して、実際にSBAS形式の補強メッセージを生成する。
 - 研究開発用テストベッド: 補強情報生成アルゴリズムやパラメータをさまざまに変えて、補強性能を調べることができる。
- 利用するのは2周波の擬似距離のみ。
 - 国土地理院GEONET(電子基準点)のデータを使用(30秒サンプル)。
 - 搬送波位相は使わない。
 - 当面は補強対象はGPSのみ: 準天頂衛星の観測データが無いから。
- SBASメッセージを出力：
 - 完全なSBASメッセージ(250ビット長)を毎秒生成、ファイルに記録。
 - 毎秒250ビットのデータレート。

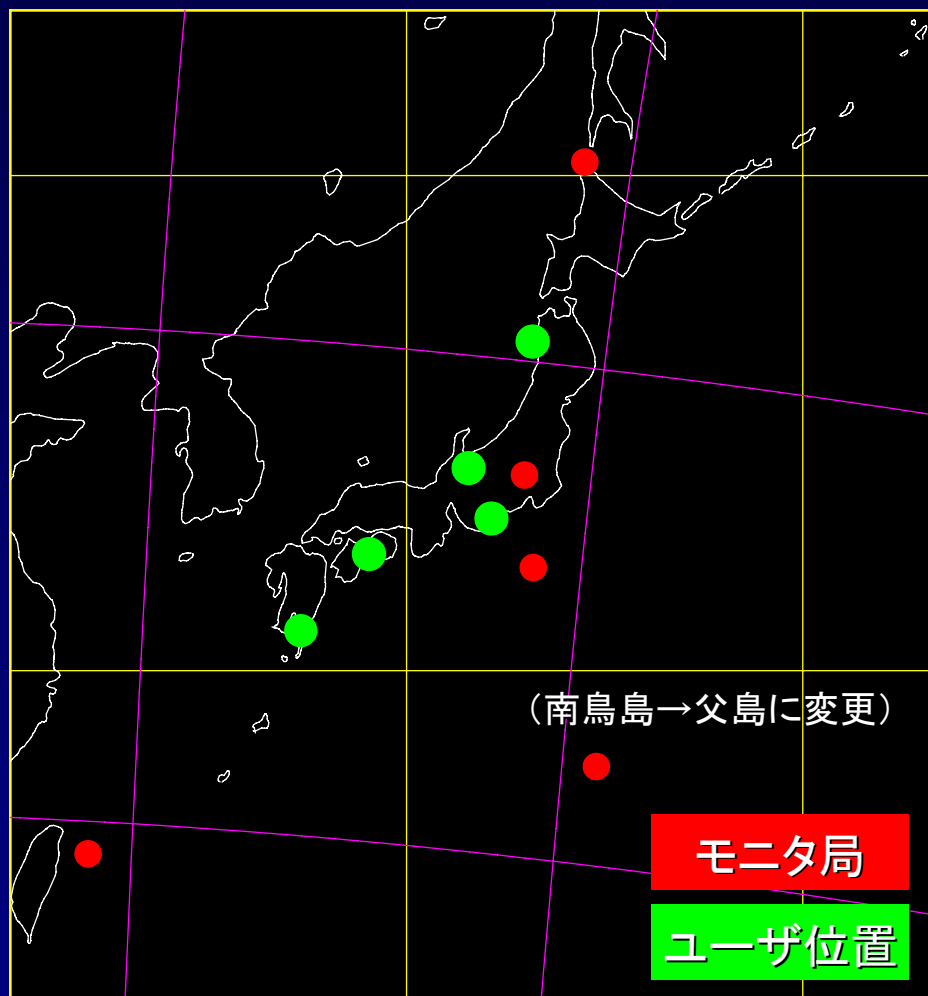
補強情報生成処理フロー



ユーザ測位誤差の例

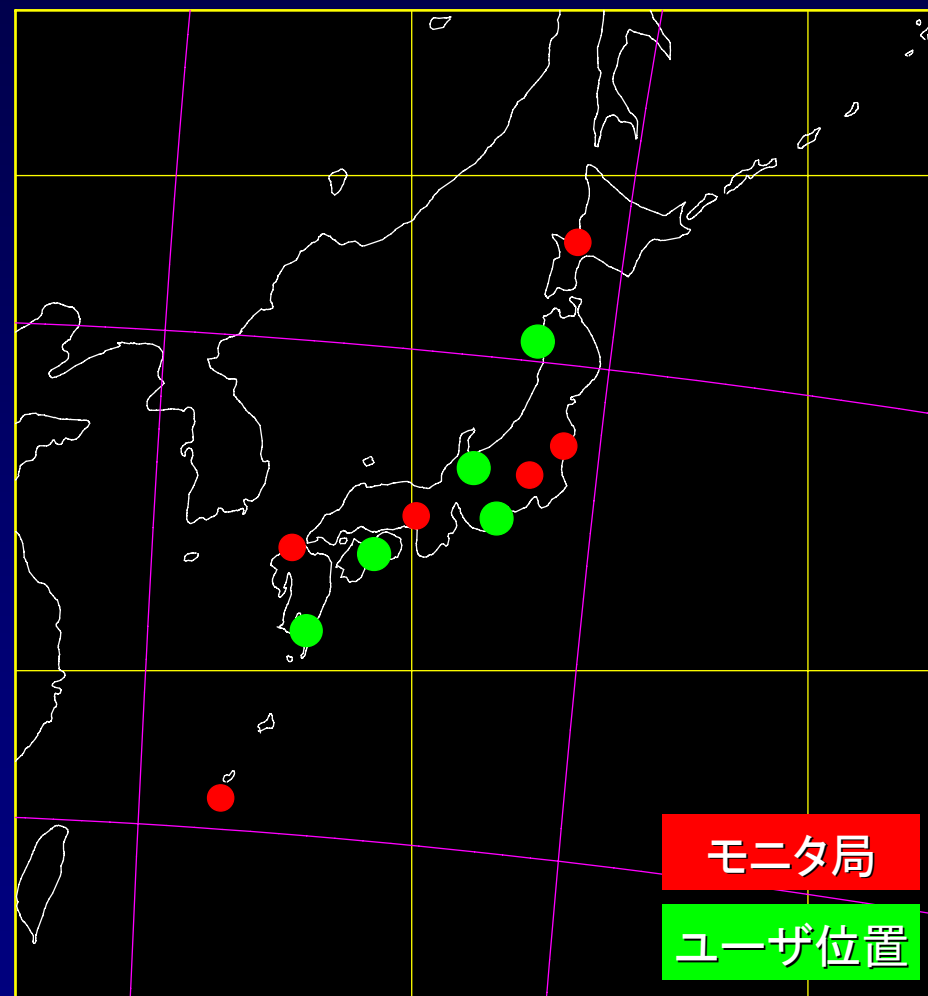


モニタ局配置(1)



PT/5

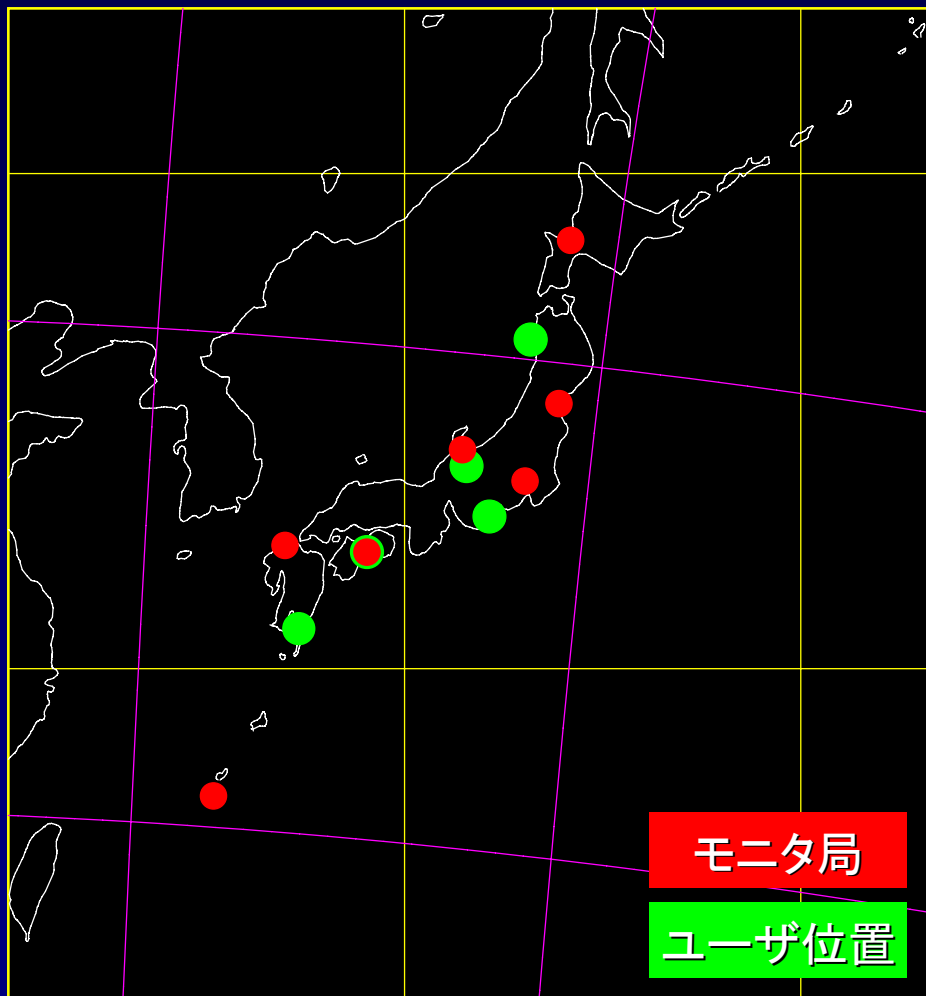
JAXAが設置するQZSSモニタ局候補地



MSAS および PT/6

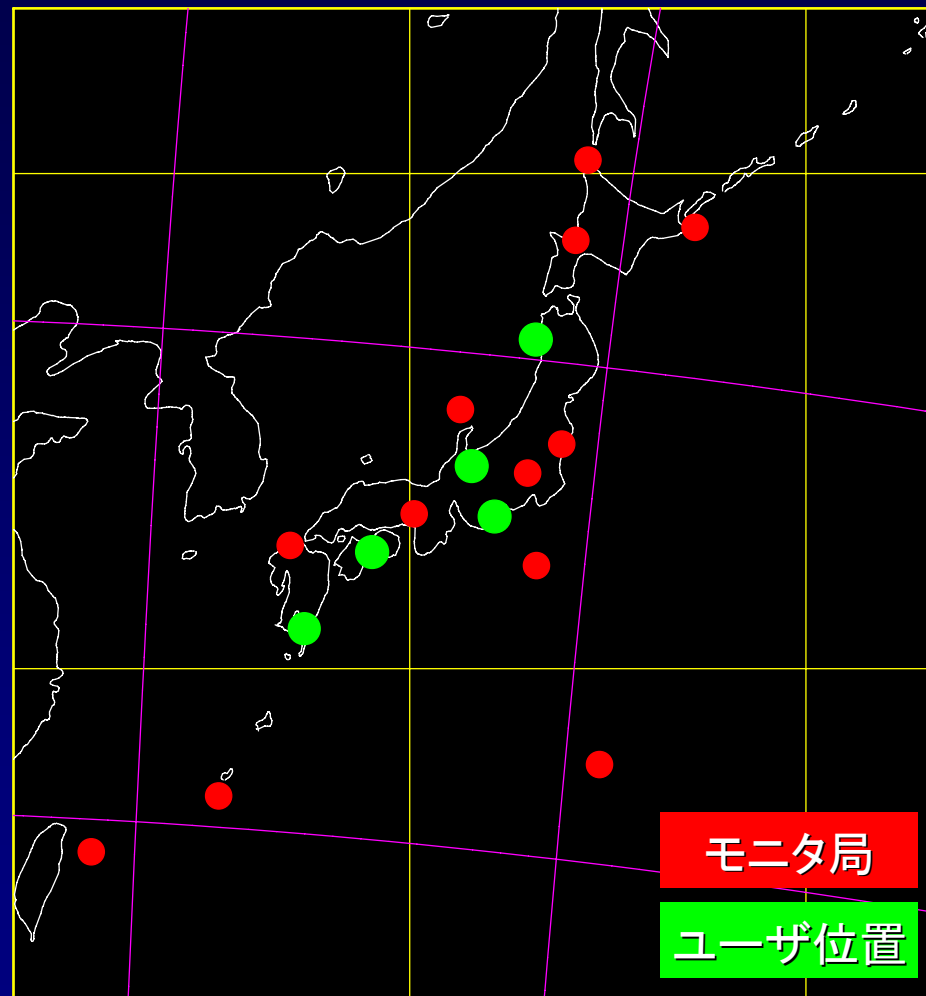
MSASの国内モニタ局

モニタ局配置(2)



PT/7

当所のリアルタイムモニタ局



PT/12

PT/5 + PT/6 + さらに2局

ユーザ測位精度

単位 [m]

| 補強システム | | 男鹿 | | 御前崎 | | 高山 | | 高知 | | 佐多 | |
|-------------|-----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 水平 | 垂直 | 水平 | 垂直 | 水平 | 垂直 | 水平 | 垂直 | 水平 | 垂直 |
| GPS 単独測位 | RMS | 1.30 | 3.58 | 1.37 | 3.63 | 1.39 | 3.63 | 1.50 | 3.72 | 1.77 | 3.40 |
| | 最大 | 3.71 | 8.45 | 5.13 | 8.76 | 4.70 | 10.9 | 5.63 | 11.8 | 8.60 | 9.53 |
| MSAS | RMS | 0.38 | 0.63 | 0.43 | 0.67 | 0.50 | 0.73 | 0.64 | 0.88 | 0.64 | 0.73 |
| | 最大 | 1.66 | 2.41 | 2.04 | 3.60 | 4.87 | 3.70 | 8.52 | 9.40 | 3.01 | 2.68 |
| PT/5 | RMS | 0.44 | 0.67 | 0.47 | 0.89 | 0.45 | 0.72 | 0.57 | 1.07 | 0.69 | 0.99 |
| | 最大 | 2.78 | 2.95 | 2.27 | 3.21 | 2.30 | 3.33 | 2.21 | 5.19 | 4.64 | 4.50 |
| PT/6 | RMS | 0.33 | 0.51 | 0.32 | 0.70 | 0.30 | 0.56 | 0.38 | 0.76 | 0.53 | 0.71 |
| | 最大 | 2.01 | 2.91 | 1.46 | 3.14 | 1.85 | 3.06 | 1.81 | 6.01 | 5.02 | 4.05 |
| PT/7 | RMS | 0.32 | 0.50 | 0.38 | 0.67 | 0.29 | 0.54 | 0.40 | 0.68 | 0.55 | 0.68 |
| | 最大 | 1.96 | 3.08 | 1.41 | 3.05 | 1.68 | 2.86 | 1.81 | 6.02 | 4.35 | 3.52 |
| PT/12 | RMS | 0.29 | 0.49 | 0.32 | 0.71 | 0.31 | 0.57 | 0.40 | 0.83 | 0.56 | 0.88 |
| | 最大 | 1.87 | 2.95 | 1.95 | 3.29 | 1.68 | 3.12 | 1.64 | 5.41 | 4.81 | 4.02 |

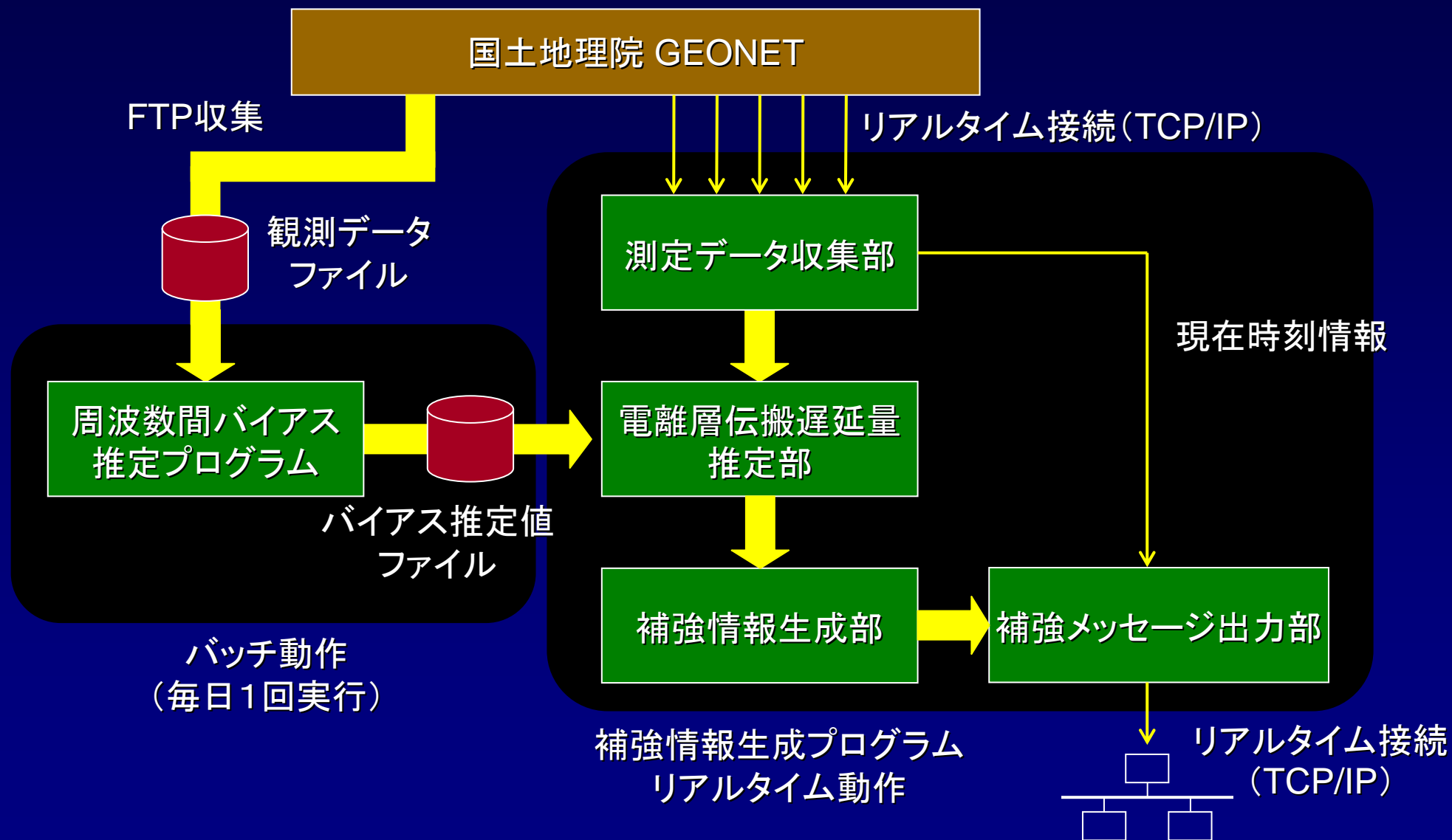
(一周波、30秒サンプル、キャリアスムージングあり)

(3)リアルタイムシステムの開発

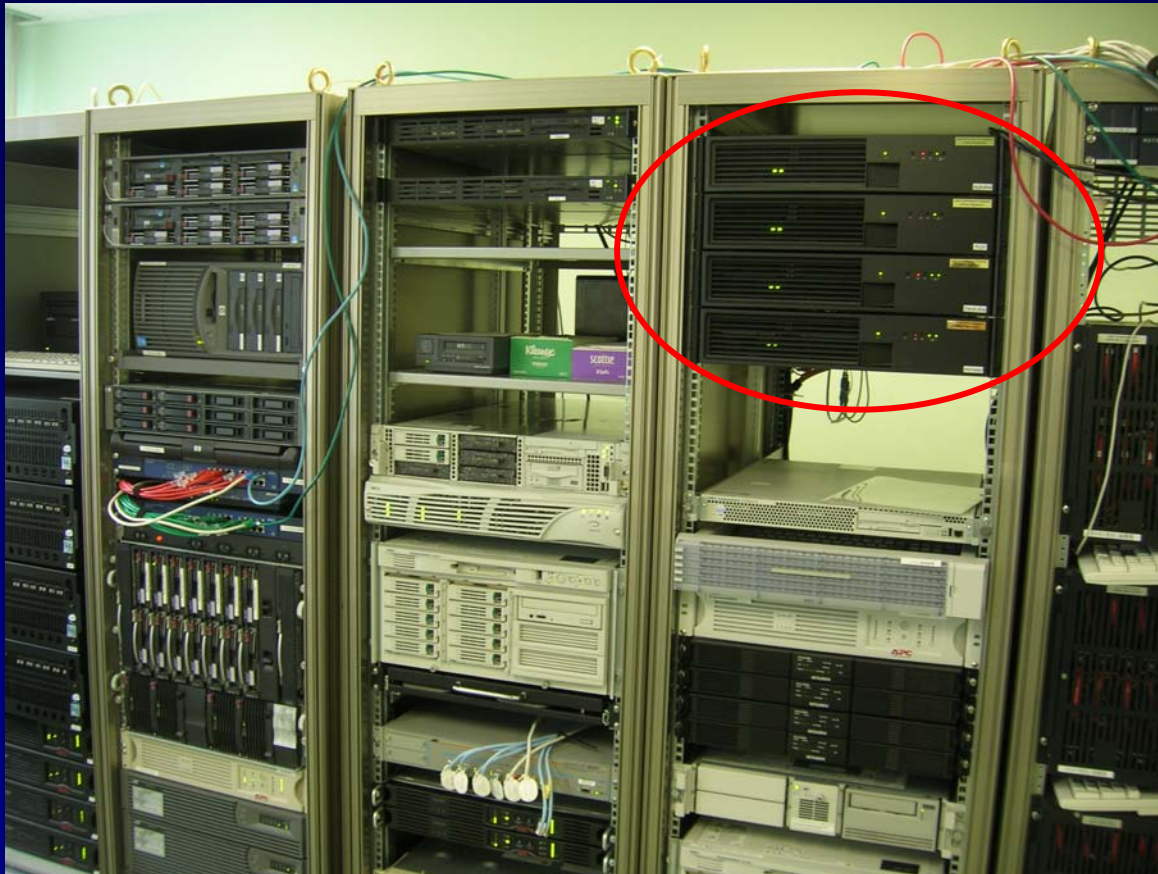
リアルタイムシステムの開発

- 準天頂衛星から放送する補強情報：
 - 当所にて補強情報を生成し、追跡管制局を経由して放送する。
 - 準天頂衛星追跡管制局はJAXA筑波宇宙センターに設置される予定。
 - 通信回線のインターフェース調整を実施中。
- モニタ局データ：
 - 国土地理院GEONET(電子基準点)のリアルタイムデータを使用(1秒サンプル)。現在、200局のデータが利用可能。
 - L1-SAIF信号については、所内に受信機を設置する。
 - 将来的には、JAXAモニタ局(海外局含む)も利用可能。準天頂衛星のすべての信号が受信できる。
- リアルタイムシステム開発状況：
 - プロトタイプシステムをベースとして開発。初期動作試験を実施。

リアルタイムシステムの構成



リアルタイムシステム計算機



HPC-IA642
Itanium2 (1GHz) × 2
16GB/8GB
Red Hat Linux 2.1AS

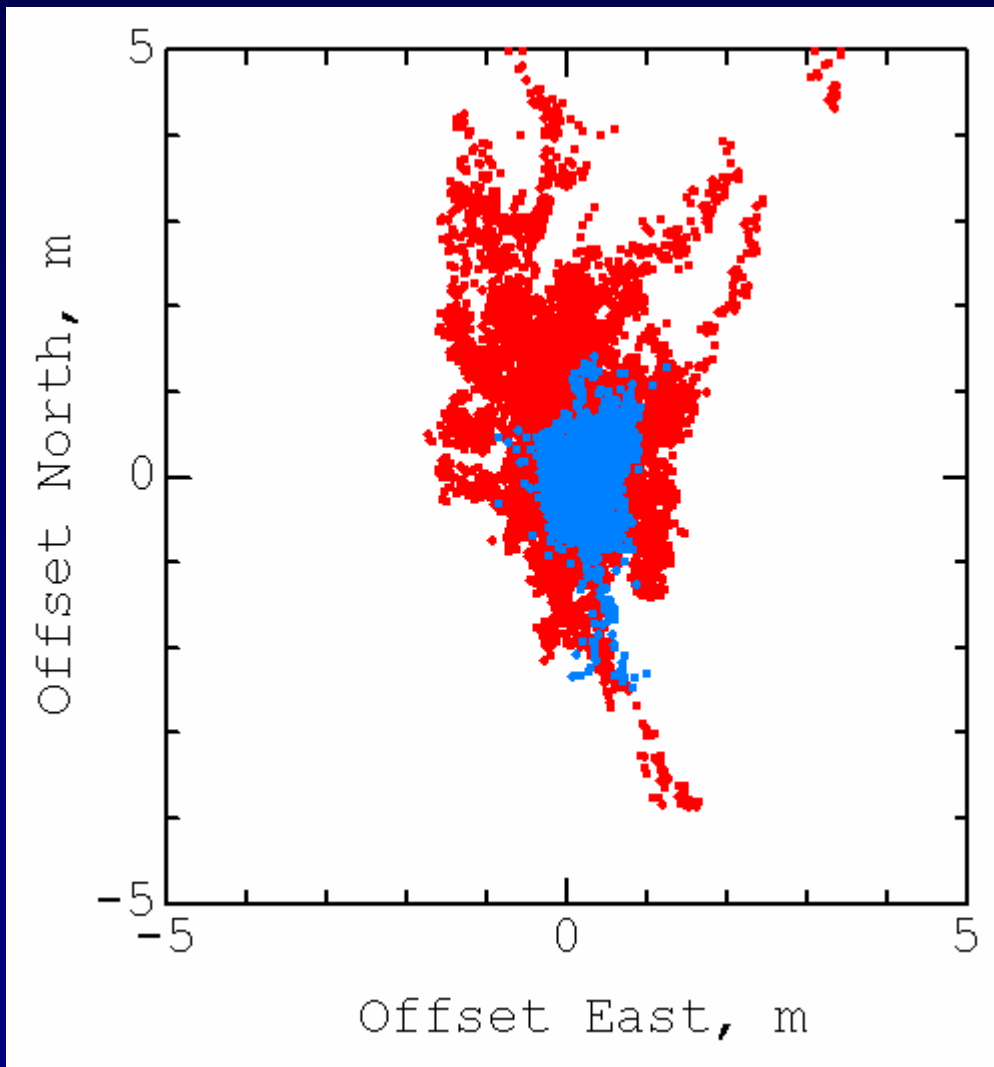
HPC #1 (16GB)
補強情報生成

HPC #2 (16GB)
電離層補正情報生成

HPC #3 (8GB、イーサネット×4)
補強情報チェック、ユーザ側計算

HPC #4 (8GB、イーサネット×4)
データインターフェース、前処理

初期動作試験: ユーザ測位誤差



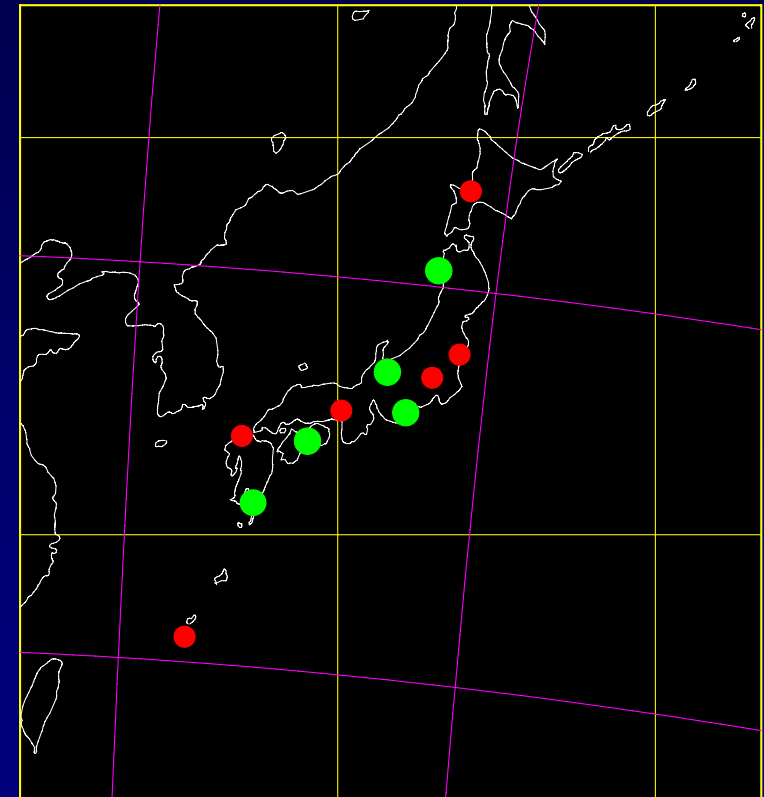
- GPS単独測位モード
- L1-SAIF補強あり

- 940058(高山局)におけるユーザ測位誤差の例
- 2007年1月13~16日(84時間)
- リアルタイムモード

| System | | 水平方向 | 垂直方向 |
|------------|-----|---------|---------|
| GPS単独 | RMS | 1.415 m | 2.431 m |
| | Max | 7.059 m | 10.47 m |
| リアルタイムシステム | RMS | 0.370 m | 0.484 m |
| | Max | 2.610 m | 4.713 m |

初期動作試験: ユーザ測位精度

| ユーザ位置 | | 2007年1月13~16日 (84時間) | |
|--------------|------------|-------------------------|----------------|
| | | Hor | Ver |
| 940030 男鹿 | RMS Max | 0.434 2.739 | 0.582 5.395 |
| 93101 御前崎 | RMS Max | 0.357 2.710 | 0.409 2.985 |
| 940058 高山 | RMS Max | 0.370 2.610 | 0.484 4.713 |
| 940083 高知 | RMS Max | 0.373 2.769 | 0.612 4.584 |
| 950491 佐多 | RMS Max | 0.701 4.591 | 0.995 8.042 |



モニタ局配置

単位 [m]

Conclusion

- 準天頂衛星L1-SAIF補強信号：
 - プロトタイプシステムによる性能評価の結果、目標とする測位精度を達成可能な見込み。
 - 拡張メッセージの内容を検討中。
- リアルタイムシステムの開発：
 - 準天頂衛星から放送する補強情報を生成するシステムを開発中。
 - 初期動作試験：オフラインシステムに比べて測位精度は若干低下するが、モニタ局の追加や補強アルゴリズムの改良により対応可能との見通し。
- 今後の課題：
 - 拡張メッセージの内容を決定する（IS-QZSSに記載）。
 - 電離層遅延補正など、補強アルゴリズムの検討。