

15. 準天頂衛星 L1-SAIF 利用者装置

通信・航法・監視領域 ※伊藤 憲、福島 莊之介、坂井 丈泰、武市 昇

1. はじめに

現在、我が国においては全地球的測位システム（GPS）による測位技術の利用が拡大しており、カーナビゲーションを始めとした交通分野や測量、防災、国土管理など幅広い分野で利用されているが、GPSには山岳や都市部のビル等により遮られ、十分な数の衛星からの信号を受信できない地域が存在するという問題がある。

また、現在のGPSを単独で用いて得られる位置の精度は列車などの高速移動体にとっては十分ではなく、さらに、位置精度の信頼性が保証されていないことから、安全性を重視する用途では何らかの手段を用いて、求められた位置の信頼性を確保する必要がある。

そのため、国土交通省では、常に天頂付近に見える準天頂衛星（平成21年度打上げ予定）を利用することにより、測位不可能な地

域を縮小し、高速移動体にも適用できるサブメータ級高精度測位補正技術とともに移動体への利用技術を確立するための研究開発に取り組んでいる。

電子航法研究所は、国土交通省における技術開発の一環として、平成15年度から、高速移動体に適用可能で、信頼性を確保できる高精度測位補正実験システムの開発を開始した。ここでは、高精度測位補正実験システムの一要素である利用者装置の開発状況を報告する。

2. 実験システムの開発概要[1][2]

準天頂衛星は、日本付近で、約8時間、仰角が70度から80度と高くなり、その間はだいたい天頂方向に見えることになる軌道を持つ衛星である。この準天頂衛星を3個組み合わせると、各準天頂衛星が8時間ずつ次々に

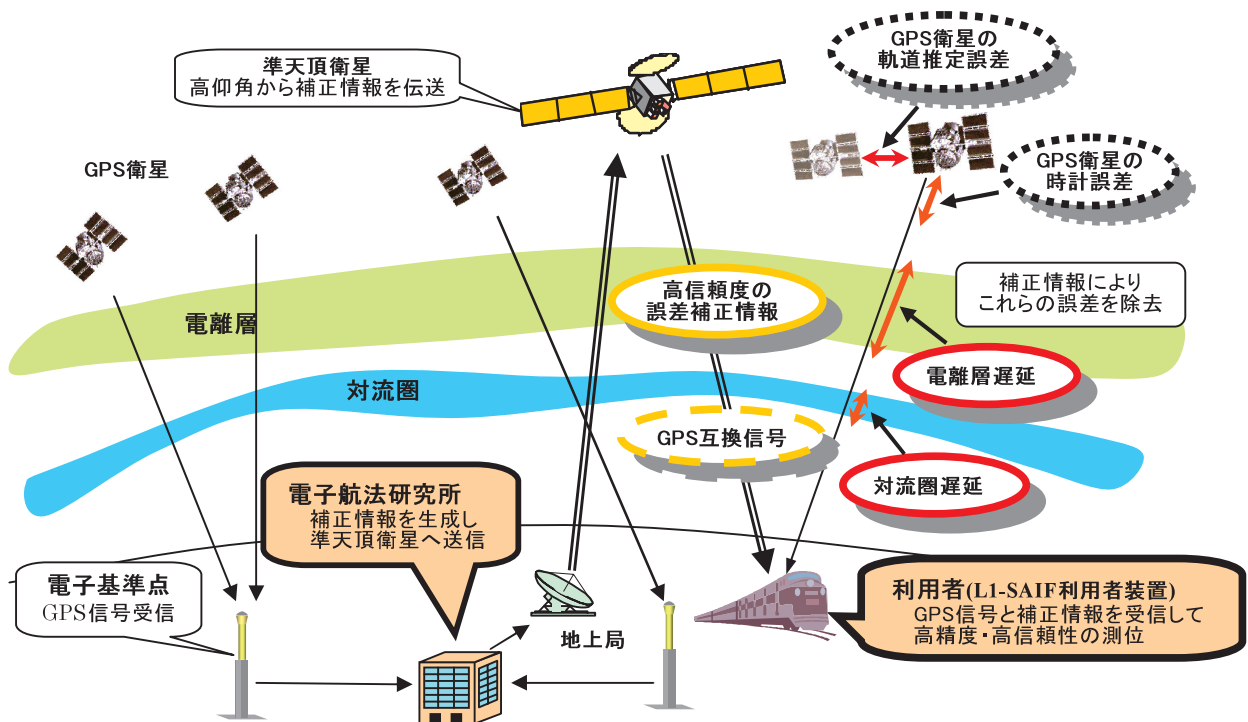


図1 高精度測位補正実験システム構成図

日本上空に見えるようにすることができる。このような準天頂衛星は、常に、高い仰角で見えるので、都市部や山間部でも、建物や山岳により信号が遮られることが少なくなる。これが、準天頂衛星の大きな特徴である。

図1は、準天頂衛星を用いる高精度測位補正実験システム概念図である。国土地理院電子基準点観測データを電子航法研究所で収集し、そのデータを用いて、高精度かつ高信頼性の測位を可能にする補正情報を、電子航法研究所におけるテストシステムで生成する。生成した補正情報は、JAXA(宇宙航空研究開発機構)地上局および準天頂衛星を經由して利用者に送信される。送信周波数はGPS L1(1575.42MHz)であり、補正情報のデータ伝送速度は250bpsである。利用者はその補正情報を利用することで、高精度・高信頼性の測位が可能になる。補正情報を利用者に向けて送信するときに、GPS互換信号も送信する。補正情報を送信する信号の信号形式とメッセージ構造(総ビット数、ビット割当等)はSBAS(静止衛星型衛星航法補強システム)で用いられているものと同じである。

本システムの開発では、(1)補正情報リアルタイム生成・配信システム開発、(2)L1-SAIF利用者装置(プロトタイプ受信機)開発、(3)評価試験を実施している。

平成15、16年度に補正情報生成方式検討などを実施し、平成17～19年度に、補正情報リアルタイム生成・配信システム開発・単体評価試験、L1-SAIF利用者装置開発・単体評価試験を実施した。

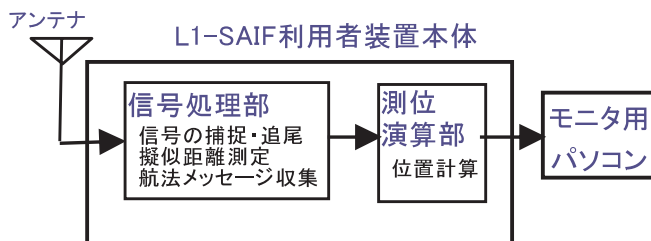


図2 L1-SAIF利用者装置構成

平成20年度には、補正情報リアルタイム生成・配信システムとL1-SAIF利用者装置補正情報を組み合わせて地上で総合試験を実施する。平成21年度打上げ予定の準天頂衛星を用いて、平成22年度に実衛星を用いる技術実証実験を行う。

3. L1-SAIF利用者装置

3.1 装置概要

サブメータ級測位精度を実現するのに利用できるL1-SAIF信号(L1-SAIF: Submeter class Augmentation with Integrity Function)を受信し、その信号に含まれる補正情報を用いて測位計算を実行できる受信機がL1-SAIF利用者装置である。このL1-SAIF利用者装置により、準天頂衛星から送信される補正情報を用いたときの測位機能を評価することができる。

L1-SAIF利用者装置は平成17年度から19年度にかけて、設計・開発・単体評価を実施した。図2はL1-SAIF利用者装置の構成図である。L1-SAIF利用者装置本体は、信号捕捉・追尾、データ取得を行う信号処理部と、測位計算を行う部分から構成される。L1-SAIF利用者装置本体で取得されたデータや測位計算結果は、外部のモニター用パソコンで表示・処理される。

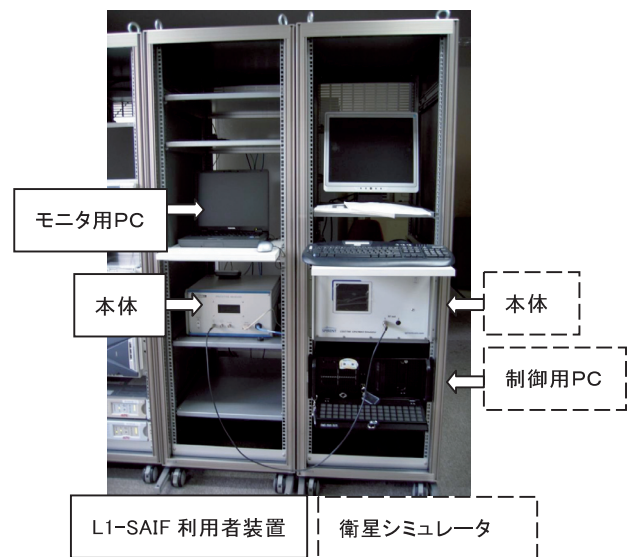


図3 単体評価試験外観図

この L1-SAIF 利用者装置の概要は下記のとおりである。

大きさ：45cm(W)×45cm(D)×20cm(H)

重量：11kg

受信可能周波数：GPS L1

受信可能衛星数：16

測位演算機能：GPS 単独、補正情報適用

また、マルチパス誤差軽減機能として、信号処理回路(ナローコレレータ)およびソフトウェア(キャリアスムージング)によるものを備えている。

3.2 単体評価試験

平成19年度に、L1-SAIF 利用者装置の評価を行うために、単体評価試験を実施した。

(1) 衛星シミュレータ利用評価試験

衛星シミュレータで発生された模擬準天頂衛星信号を L1-SAIF 利用者装置に入力し、L1-SAIF 信号の受信機能確認を行った。

(2) 補正情報直接入力評価試験

補正情報リアルタイム生成・配信システムで生成された補正情報を、L1-SAIF 利用者装置に直接入力し、L1-SAIF 補正情報を利用する測位演算の機能確認を行った。

これらの単体評価試験時の外観を図3に、また評価試験の構成を図4に示す。ここで、衛星シミュレータとは、L1-SAIF 信号を模擬的に発生させることのできるものであり、SBAS 信号対応の既製品（スパイレント社 GSS7700）を改修したものである。その主要機能は次のとおりである。

出力周波数：GPS L1

出力信号：GPS 信号、準天頂衛星信号

出力チャンネル数：16

大きさ：45cm(W)×53cm(D)×26cm(H)

重量：30kg

また、電離層および対流圏での遅延効果のモデル化、移動体運動のモデル化が可能である。さらに、外部から補正情報を入力することが可能である。

3.3 試験結果概要

(1) 衛星シミュレータ利用評価試験

この評価試験では、衛星シミュレータから発生させた模擬準天頂衛星信号を L1-SAIF 利用者装置に入力した。ここで、この模擬準天頂衛星信号には、衛星シミュレータ外部から入力された模擬補正情報が含まれている。

この評価試験により、L1-SAIF 利用者装置が模擬準天頂衛星信号を受信し、補足・追尾できること、および、補正情報を正確に読み出せることを確認した。

(2) 補正情報直接入力評価試験

この評価試験では、補正情報リアルタイム生成・配信システムで生成した補正情報を、L1-SAIF 利用者装置に直接入力した。そして、この補正情報と、実際に受信した GPS 信号により、補正情報を用いる測位演算機能の確認を行った。さらに、電子基準点観測データ

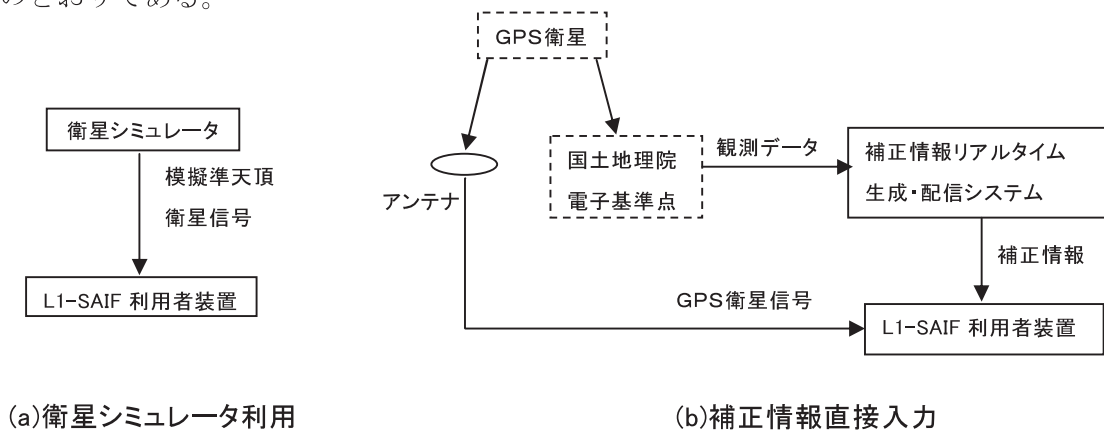


図4 L1-SAIF 利用者装置単体評価試験構成

から生成された補正情報の有効性も確認した。

図5はGPS単独測位（補正情報を使用しない場合の測位）と補正情報を用いたときの測位について、水平方向測位誤差の分布を示したものである。このときL1-SAIF利用者装置は固定点（調布）に設置した。測定時間は約18時間である。図5で、横軸は誤差の経度方向成分（単位 m）、縦軸は誤差の緯度方向成分（単位 m）を示す。また、図5の中の各点の色は、図の横に描かれている縦長の長方形の中の色に対応し、それぞれの色に対応する数のデータがその点に含まれていることを示している。たとえば、黄色い点なら約1000個、薄い水色なら約100個のデータ数に相当することになる。

図5で、補正情報を利用したときの水平方向測位誤差は約0.4m rmsであり、GPS単独測位の場合は約1.4m rmsであった。このことから、補正情報を用いることで測位誤差が改善されることが確認できる。なお、このときのHDOPは2程度であった。

また、図5では、補正情報を用いる測位の場合、測位誤差が、おおむね±1mの範囲に入っていることがわかる。これは、補正情報を用いることで、サブメータ級測位精度を実現できる可能性を示すものである。

また、システムの信頼性の判断に用いられる保護レベルという量が適切に求められることも確認できた。

4. おわりに

電子航法研究所は国土交通省総合政策局の委託を受けて高精度測位補正実験システムを開発している。ここでは、その高精度測位補正実験システムの構成要素であるL1-SAIF利用者装置の開発状況について述べた。L1-SAIF利用者装置は平成17年度から開発を始めた。平成19年度はL1-SAIF利用者装置の単体評価試験を実施し、L1-SAIF利用者装置が設計どおりの機能を備えていることが確認できた。

今後は、平成20年度に地上での総合試験および平成22年度に実衛星による技術実証実験を行い、高精度測位補正実験システムの全体的機能の実証を行うことが計画されている。

（参考文献）

- [1]伊藤ほか：“準天頂衛星による高精度測位実験システムの開発状況”，電子航法研究所研究発表会講演概要、pp.119-122(平19.6)
- [2]坂井ほか：“準天頂衛星L1-SAIF実験局の構成”，電子航法研究所研究発表会講演概要、(平20.6)

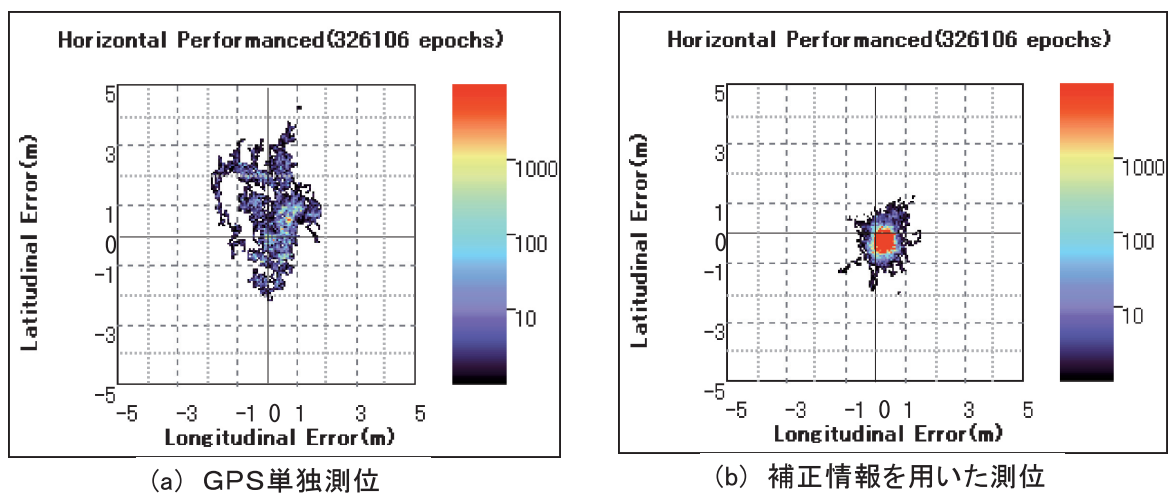


図5 単体評価試験結果一例：固定点測位