

準天頂衛星によるGPS補強システムの有効性の検討

衛星技術部 伊藤憲 坂井丈泰

1. はじめに

全地球的測位システム(GPS)による測位の利用が拡大しており、我が国においては、カーナビゲーションや測量、測地など広い分野で利用され、基盤的なサービスとして今後さらに利用が進展していくものと予想されている。

しかし、GPSには、山岳や都市部のビル等により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り、必ずしも、どこでも、いつでも測位サービスを受けられるわけではない。

さらに、鉄道や高速道路を走る自動車などの高速移動体にとっては測位精度が十分ではない場合があり、列車の運行管理や車の位置情報を利用する事故防止などによる安全な交通システムの構築には、新たな測位技術の開発が必要となっている。このため、現在、我が国では準天頂衛星による高精度な測位技術の開発が開始されようとしている。

ここでは、準天頂衛星システムとその動向、

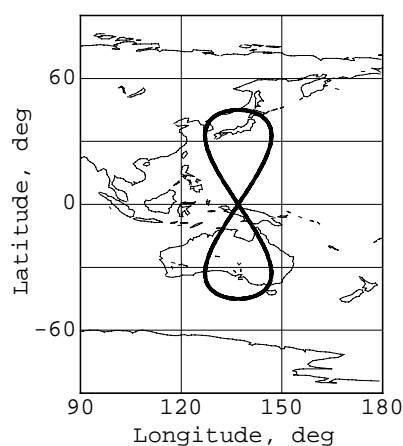
準天頂衛星によるGPS補強システムの測位精度・アベイラビリティについて検討したので報告する。

2. 準天頂衛星軌道

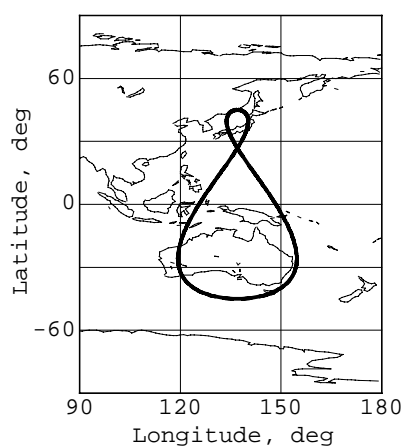
準天頂衛星とは、ある一定の時間、天頂付近に見える衛星のことである。この準天頂衛星の軌道要素は、静止衛星と比べると、軌道傾斜角と離心率が異なる。

図1に準天頂衛星軌道の地上軌跡の例を示す。図1(a)の場合、その形から、8の字衛星と呼ばれることがある。最近の検討状況としては、図1(b)のように離心率を変え、非対称8の字形の地上軌跡となるように軌道要素を選び、異なる軌道に3機の準天頂衛星を投入し、各準天頂衛星が8時間ずつ日本上空に見えるように配置する案が考えられている。

この準天頂衛星を複数個組み合わせ、特定の地域の天頂付近に常に1個以上存在する



(a) 離心率 0.0



(b) 離心率 0.1

図1 準天頂衛星軌道の例

ように軌道配置したものを準天頂衛星システムと呼ぶ。

準天頂衛星システムでは、サービスエリアの天頂付近に、常に少なくとも1個の衛星が存在するので、建物などによる電波の遮蔽が少なく、100%に近い割合でサービスエリアをカバーすることができ、高品質な移動体データ通信や放送、測位などが可能となる。

準天頂衛星システムの利用例としては、列車の運行管理、自動車・歩行者のナビゲーション、特殊工機制御、捜索救難システムなどが想定されている。

衛星仰角が高い準天頂衛星を構成要素とする準天頂衛星システムは、次のような利点を持っていると考えられている。

(1) 移動体通信

- ・通信の高速化が容易である。
- ・衛星が常時天頂付近にあるので、追尾範囲が限られる。このため、追尾機構の簡素化が容易である。
- ・天頂方向に指向性を持つ無追尾アンテナ

- ・ビルや山影の影響を受けない。
- ・降雨による電波の減衰が少ない。

(2) 測位

準天頂衛星でGPSの補完と補強を行い、利用者がビル影や山影のある、天空が開けていない場所などでも、高い測位精度を保つことができると考えられている。

ここで、準天頂衛星による補完システムとは、準天頂衛星からGPSと互換性のある測位信号をサービスエリア内の利用者に配信するものである。

また、準天頂衛星によるGPS補強システムとは、GPSデータ観測局で得られたデータから、高い測位精度を達成するための測位補正情報を作成し、その補正情報を準天頂衛星経由で利用者に配信するものである。

図2に、準天頂衛星を用いる高精度測位補正システムの概念図を示す。

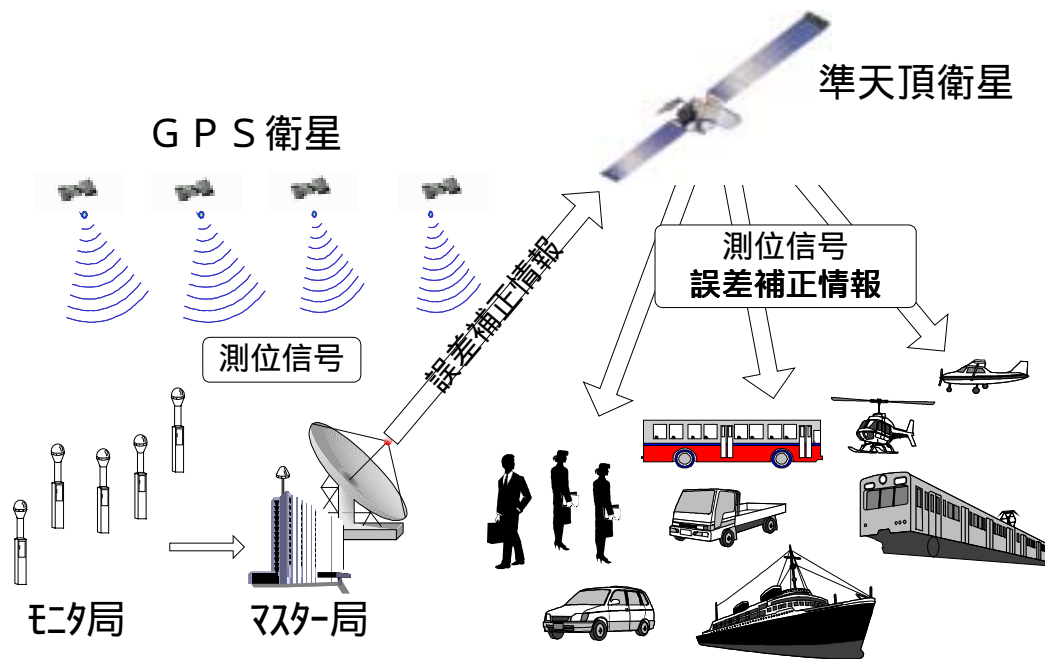


図2 高精度測位補正システム概念図

3. 準天頂衛星システムに関する動向

ここでは、準天頂衛星システムに関する国内動向を述べる。

まず、2001年7月に、経団連宇宙開発利用推進会議において、提言「宇宙利用フロンティアの拡大に向けたグランド・ストラテジー」が策定された。この中で、準天頂衛星システムの開発着手が提言された。

2001年12月には、日本航空宇宙工業会が「次世代時間・位置情報利用システムに関する委員会」を設置(企業、大学、公的研究機関、関係省庁が参加)し、米国GPSの日本版の構築に向けた検討を実施した。

2002年1月には、宇宙関連企業、ユーザ企業等による「新衛星ビジネス研究会」が発足した。この中で、準天頂衛星システムの構築に向けた具体的な検討(研究開発項目、ビジネス化など)が実施された。

2002年6月には、新衛星ビジネス研究会が最終報告書「準天頂衛星システムの開発・利用の促進に向けて」を策定した。また、総合科学技術会議宇宙開発利用専門調査会報告書がまとめられた。この報告書では、産官連携の下での準天頂衛星システムの開発・整備の推進が明示された。さらに、関係省庁(総務省、文科省、経産省、国交省)公的研究機関、産業界からなる「準天頂衛星システム開発・利用推進協議会」が設置された。ここでは、準天頂衛星システムの開発・実証・民間による早期事業展開の促進に向けた官民による具体的な検討が開始された。日本航空宇宙工業会の「次世代時間・位置情報利用システムに関する委員会」が報告書を策定した。

2002年7月15日には、宇宙開発利用推進会議の下に「準天頂衛星システム推進検討会」が設置された。この中で、産業界における準天頂衛星システムの開発利用の推進および事業化に向けた検討が開始された。

2003年4月から、準天頂衛星システムに関する調査・研究が開始された。

4. 準天頂衛星によるGPS補強システムの測位精度およびアベイラビリティ

ここでは、GPS衛星24機のみを使用した場合と、GPSに準天頂衛星3機を追加した場合の測位精度(水平方向)およびアベイラビリティを評価した結果を述べる。この評価は下記の条件の下に実施した。

準天頂衛星の軌道要素

軌道長半径	42164 km
離心率	0.1
軌道傾斜角	45度
近地点引数	270度
昇交点赤経	120度間隔
マスク角	20度

また、衛星配置としては、次の2つの場合について検討した。

(1) GPS衛星24機のみ

GPSII-F程度を想定。2周波。

ディファレンシャル補正なし。

(2) GPS衛星24機+準天頂衛星3機

2周波。ディファレンシャル補正あり。

さらに、測距誤差配分としては、表1に示すものを用いた。

図3に、GPSのみの場合およびGPSに準天頂衛星3機を追加した場合の測位精度(水平方向)を示す。準天頂衛星の付加により、平均値で4.9mが1.6mとなり、約3倍の精度向上となることがわかる。

図4に、GPSのみの場合およびGPSに準天頂衛星3機を追加した場合のアベイラビリティを示す。準天頂衛星の追加により、アベイラビリティが改善されることがわかる。具体的には、GPSのみの時は、日本付近でのアベイラビリティは0.9であるが、準天頂衛星を追加することで、0.998まで向上する。

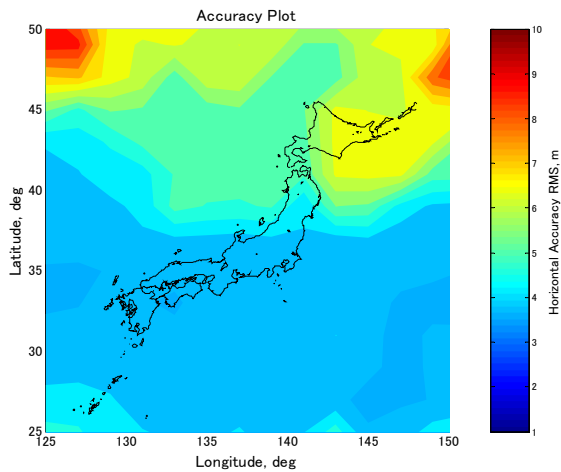
5. おわりに

電子航法研究所は平成15年度から「高精度測位補正技術に関する研究」を開始する。この研究においては、準天頂衛星を用いて1メート

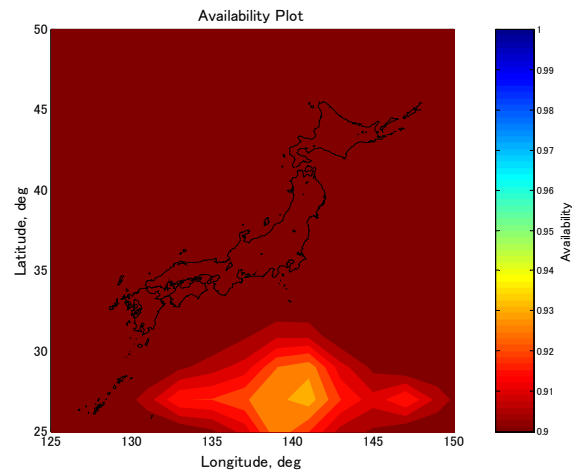
ル以下の測位精度を実現する高精度測位補正技術の開発を目標としている。

表1 測距誤差配分 (単位はm)

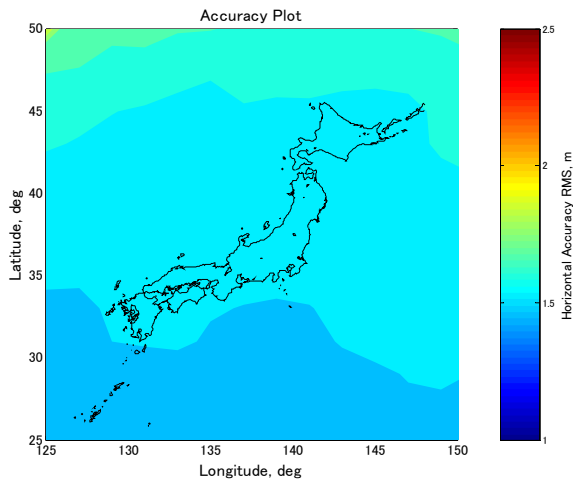
誤差要因	衛星配置(1)	衛星配置(2)
軌道	1.4	0.4
クロック	1.4	0.3
電離層	0.5	0.5
受信機	0.3	0.4
マルチパス	0.3	0.4
対流圏	0.2	0.2



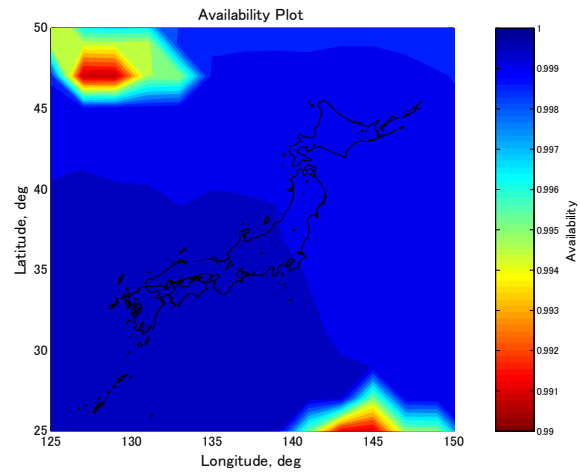
(a)GPSのみ



(a)GPSのみ



(b)GPSおよび準天頂衛星



(b)GPSおよび準天頂衛星

図3 測位精度(水平方向)

図4 アベイラビリティ