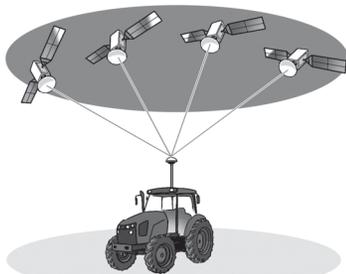


本誌のご購入はこちら



## みちびきが配信する高精度推定MADOCAフルモデリング&計算の実際

# cm級GPS測位の物理学

高須 知二  
Tomoji Takasu

cm級の高精度なGPS測位(正確にはGNSS: Global Navigation Satellite System)は、クルマの自動運転や農業などで注目されています。ただ、定番のRTK(Real Time Kinematic)測位では、位置が既知の基準局を用意する必要があり、利用のハードルを上げていました。

簡単にcm級測位を利用できるようにするために、基準局が不要な方法はいくつか考えられていて、準天頂衛星みちびき(QZSS)が配信するCLAS(cm級測位補強サービス)はその1つです。

準天頂衛星みちびきが放送する高精度衛星測位の補正データ配信サービスには、CLAS以外にMADOCA-PPP(MADOCA)があります。PPPは、測位衛星の精密な位置データ(精密暦)を使う位置推定の方式です。

PPPで使われる精密暦は、世界中に分散した多数の基準局データを入力として、人工衛星の高精度軌道決定(POD: Precise Orbit Determination)技術により決定した、衛星軌道とクロックの推定値を基に

作られます。

みちびきなどの測位衛星は、地上局データを元に推定された衛星軌道やクロック推定値であるエフェメリス(放送暦)を配信していますが、m(メートル)精度です(2024年11月号SPECIAL企画で紹介)。

PPPで使う精密暦は、エフェメリスと比較して精度を1桁以上改善したcm精度の情報です。米国GPS、露国GLONASS、欧州Galileo、中国Beidou、日本QZSSなど多数の衛星システムの精密暦をリアルタイム測位に使える遅延時間内で計算するシステムがMADOCAです。

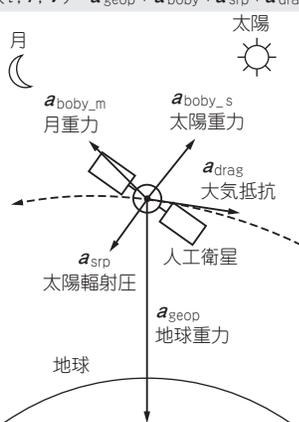
ここでは、衛星軌道のモデリングから、このMADOCAに使われる高精度軌道決定まで、詳細に解説します。

## 人工衛星と地球の力学・加速度モデル

### ● 人工衛星にはたらく基本的な力=加速度

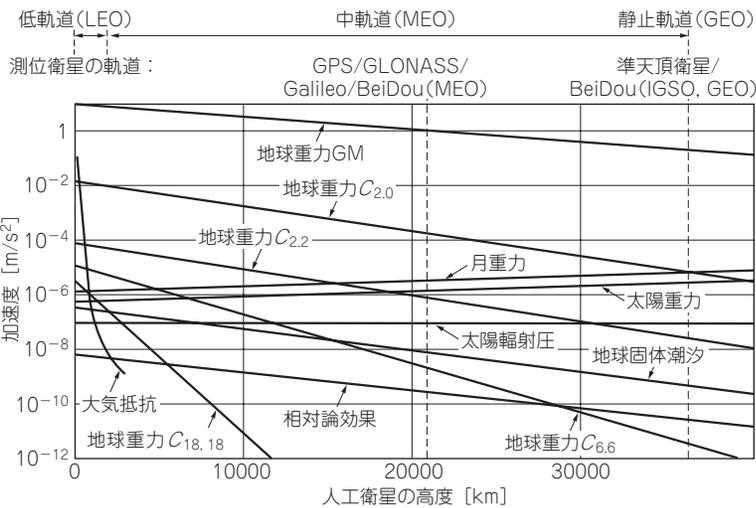
人工衛星は、その軌道を変えたり姿勢を維持したり

$$a(t, r, v) = a_{\text{geop}} + a_{\text{boby}} + a_{\text{srd}} + a_{\text{drag}}$$



$t$ : 時刻,  $r$ : 位置,  $v$ : 速度,  $a$ : 加速度

(a) 種類



(b) 各要素の加速度の大きさ

図1 人工衛星にはたらく基本的な力=加速度