

第7章 基準局いらずのフル・モデリングPPP方式

もう一つの次世代高精度測位MADOCA

マドカ

高須 知二 Tomoji Takasu

もう一つの基準局いらず次世代高精度測位MADOCAの方式PPP

PPPはPrecise Point Positioningの略で日本語では高精度単独測位または精密単独測位と呼ばれています。詳細は後述しますが、CLAS以外のもう1つの次世代高精度測位方式MADOCAでPPP方式が使われています。高精度GNSS測位の方式は、大きくはRTK, PPPと、その中間であるPPP-RTKに分けられます。RTKとPPPの基本観測データの比較を図1に示します。

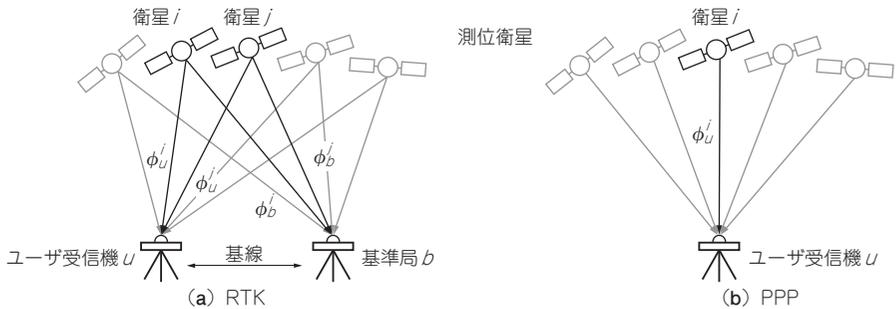
- RTKでは差を取ることでいろいろな誤差を打ち消す
RTKの場合、基本観測データは、ユーザ受信機と基準局の2重差搬送波位相(2重位相差)です。2重差とは、受信機間差を取った後、衛星間差を取った値です(逆順でも結果は同一)。衛星間差は、重複を避けるために仰角の最も高い衛星を基準衛星とし、基準衛星と他の衛星との差を取ることが多いです。

PPPで使う、差を取らない搬送波位相には、衛星と

受信機間の物理的距離(幾何学距離)以外に、受信機・衛星クロック誤差、電離圏遅延、対流圏遅延、その他の誤差、搬送波位相バイアス、観測誤差が含まれます。

RTKのように2重位相差を取ると、このうち受信機・衛星クロック誤差は完全に消去されます。基線長が十分短い(典型的には10 km以下)の場合、測位信号は大気中のほぼ同じ経路を通過するとみなせるので、電離圏遅延と対流圏遅延は、受信機間差を取ったことで大部分がキャンセルされます。軌道暦誤差すなわち衛星位置の誤差も、受信機間差を取ることで大部分がキャンセルされます。その他の誤差も、同様に大部分キャンセルされます。搬送波位相バイアスの衛星と受信機初期位相の項も2重位相差により消去され、アンビギュイティ(整数値バイアス)のみ残ります。

RTKにおいては、基本観測データとして2重位相差を採用することにより、搬送波位相に含まれるさまざまな誤差項を考慮する必要がなくなり、測位解を求める問題は、2重位相差の観測方程式を連立して解く、単純な問題に帰着できるのです。



観測データ：2重差搬送波位相(2重位相差) ϕ_{ub}^j

$$\begin{aligned} \phi_{ub}^j &\equiv \lambda((\phi_u^j - \phi_b^j) - (\phi_u^i - \phi_b^i)) \\ &= \rho_{ub}^j + c(dt_{ub}^j - dT_{ub}^j) - I_{ub}^j + T_{ub}^j + d_{ub}^j + \lambda B_{ub}^j + \varepsilon_\phi \\ &= \rho_{ub}^j - I_{ub}^j + T_{ub}^j + d_{ub}^j + \lambda N_{ub}^j + \varepsilon_\phi \\ &\doteq \rho_{ub}^j + \lambda N_{ub}^j + \varepsilon_\phi \text{ (基線長} < 10\text{km)} \end{aligned}$$

観測データ：(ゼロ差)搬送波位相 ϕ_u^i

$$\begin{aligned} \phi_u^i &\equiv \lambda \phi_u^i \\ &= \rho_u^i + c(dt_u^i - dT^i) - I_u^i + T_u^i + d_u^i + \lambda B_u^i + \varepsilon_\phi \end{aligned}$$

上付き添字は衛星、下付き添字は受信機を示し、2重添字は差を取ることを示す

図1 定番高精度測位RTKとちがってPPP(MADOCA)は自前の基準局不要

Φ, ϕ : 搬送波位相[m/cycle], λ : 搬送波長[m], ρ : 幾何学距離[m], dt : 受信機クロック誤差[s], dT : 衛星クロック誤差[s], I : 電離圏遅延[m], T : 対流圏遅延[m], B : 搬送波位相バイアス[cycle], N : 整数アンビギュイティ, d : その他の誤差[m], ε_ϕ : 観測誤差[m], c : 光速[m/s]