



## 第10章 基地局の運用はお任せあれ!

# 通信キャリアが提供する 高精度測位サービスの世界

近藤 徹 Toru Kondo

### 背景…通信キャリアが運用する 独自の電子基準点

安価な高精度受信機と補正情報配信サービスの普及によって、かつては測量の専門家のみのものであった高精度測位が一般企業やユーザのものになりつつあります。基地局運営のノウハウをもった通信キャリアが、基地局などにGNSS受信機を設置、運用することで、安価で信頼性の高い補正情報配信サービスを実現しています。

ソフトバンクは、3300の独自基準点(独自基準点の位置は国土院の電子基準点を基に計算)をもち、専用受信機+閉域網でのサービスと、インターネット上のNtripサービスを展開しています。NTTドコモは、電子基準点+都度増設される独自基準点を用いたNtripサービスを展開しており、KDDIも補正情報配信サービスを展開予定という状況です。

ここでは移動局(ローバ)と基準局(ベース)の距離が近い場合の短基線RTKによる高精度測位を考えます。

### まずは短基線RTKの測位計算に 必要な情報を洗い出す

#### ● 搬送波位相観測値

搬送波位相観測値についての基本方程式を次に示します。

$$L^k = pwu^k - pcv^k + sd^k + \rho(x^k, x + pco) + C(\tau - \tau^k) - I^k + T^k + \lambda N^k + \omega^k$$

$k$  : 衛星番号

$L$  : 搬送波位相観測値

$pwu$  : 位相windアップ効果

$pcv$  : 受信機アンテナのフェイズ・センタ・ヴァリエーション(PCV)

$sd$  : シャピロ遅延

$\rho$  : 幾何学的距離

$x^k$  : 衛星座標

$x$  : 受信機アンテナのアンテナ・リファレンス・ポイント

$pco$  : 受信機アンテナのフェイズ・センタ・オフセット(PCO)

$C$  : 光速

$\tau$  : 受信機のクロック・バイアスと群遅延

$\tau^k$  : 衛星のクロック・バイアスと群遅延

$I$  : 電離層遅延

$T$  : 対流圏遅延

$\lambda$  : 波長

$N$  : 整数値バイアス

$\omega$  : マルチパス, 観測ノイズ, など

疑似距離観測値ではなく搬送波位相観測値を測位に使用するのには、推定あるいはキャンセルが難しい $\omega$ が小さいためです。

ECEF座標系は回転座標系であり、サニャック効果を考慮しなければなりません。そのため、幾何学的距離 $\rho$ とは次に示す方程式を満たす陰関数となります。

$$\rho = \left| x^k - M \frac{\rho}{c} \cdot x \right| = \left| M - \frac{\rho}{c} \cdot x^k - x \right|$$

$M_t$  :  $t$ 秒ぶんの地球の自転を表す線形写像行列

$x^k$  : 衛星の位置

$x$  : ECEF座標系の位置

$\rho$ の初期値を $|x^k - x|$ とし、1回程度ニュートン法を回せば求まります。

移動局(ローバ)と基準点(ベース)の距離が近く、かつ、観測値を取得した時間が近い場合、受信機間1重差を取れば時間空間相関が強い項がキャンセルされます。

$$\begin{aligned} L_{RB}^k &= L_R^k - L_B^k \\ &\doteq -pcv_{RB}^k + \rho(\hat{x}_R^k, x_R + pco_R) \\ &\quad - \rho(\hat{x}_B^k, x_B + pco_B) + C(\tau_{RB} - \tau_{RB}^k) \\ &\quad + \lambda N_{RB}^k + \omega_{RB}^k \end{aligned}$$

下付きの添え字 $R, B$ はそれぞれローバ、ベースを表します。 $\hat{x}^k, \tau^k$ については、ブロードキャスト・エフェメリス・クロックから計算された衛星座標、衛星クロック・バイアスとします。さらに、基準衛星を1つ選び(ここでは0とする)、衛星間1重差を取れば、

$$L_{RB}^{k0} = L_{RB}^k - L_{RB}^0$$