

第22話 1センチ精度のノウハウ大公開

# オープン測位エンジン「RTKコア」③ GPS電波の位相差計算

「RTKコア」はシンプルな作りを目指していますが、1 cm 精度を実現する RTK 測位のポイントは押さえてあります。

## 位相を距離測定に

### 衛星と受信機の距離を

#### 1.5 GHz の位相で測る

● キャリア信号の位相も使うと 19 cm の 1/100 が測れる

単独測位や DGSS 測位は疑似距離だけを利用するのに対して、RTK 測位は搬送波位相も利用します。

搬送波位相は、疑似距離と比較して 100 倍ほど精度が良く、通常 mm レベルの精度が得られます。搬送波位相は、ドップラー周波数の積算値ともいわれます。

GPS の L1 信号は搬送波の波長が約 19 cm なので、位相 360° が 19 cm であることを意味します。

受信機で位相の追従がうまくいけば、±15° 以内程度の精度が得られるので、最大でも 8 mm 程度の誤差で距離が測れます。マルチパスの多い環境になったり信号レベルが低下したりすると性能は劣化しますが、

位相を追従できているなら ±45° 程度、つまり cm レベルの精度が得られます。

● 搬送波位相が使えないときもある

衛星からの直接波が障害物で遮断されたときや、受信信号の S/N が 30 dB を下回るようなときは、受信機の出力する観測データに搬送波位相が含まれます。

● 19 cm の波の数を求めたい

搬送波位相を利用するとき、大変やっかいなことがあります。図 1 に示したように、搬送波位相に関して、衛星発射時の初期位相と、受信時の位相との差は正確にわかるのですが、衛星と受信機間の波の数(サイクル数)は不明である点です。この不明なサイクル数は、整数アンビギュイティ(ambiguity: 曖昧さ)と呼ばれます。

この整数アンビギュイティがわかれば、衛星との距離は非常に正確な(mm 単位の)物差しで測れます。

RTK の要は、この整数アンビギュイティを決定するアルゴリズムです。そのためには、2重位相差という誤差を最小にする考え方が必要です。

● 疑似距離で整数アンビギュイティを決められそう?

RTK では、搬送波位相を主として利用すると書きました。実は疑似距離の役割も極めて重要です。疑似距離と搬送波位相の式を図 2 と図 3 に書きました。

2 つの式をよく見てください。疑似距離と搬送波位相の違いは、整数アンビギュイティの有無であることがわかります。

● 疑似距離には距離換算で数十 cm の雑音の影響がある

疑似距離と搬送波位相の違いは整数アンビギュイティと書きましたが、もう 1 つ大きな違いがあります。それはマルチパスや雑音のレベルです。

搬送波位相への雑音の影響は、距離に換算すると mm レベルです。それに対して疑似距離への雑音の影響は通常数十 cm レベルです。

この 2 つの違いに RTK の醍醐味があります。整数アンビギュイティを求めることができれば、非常に精度のよい搬送波位相という目盛りを利用できます。しかし、疑似距離の観測精度はあまり良くないため、整数アンビギュイティを疑似距離から求めることは簡単

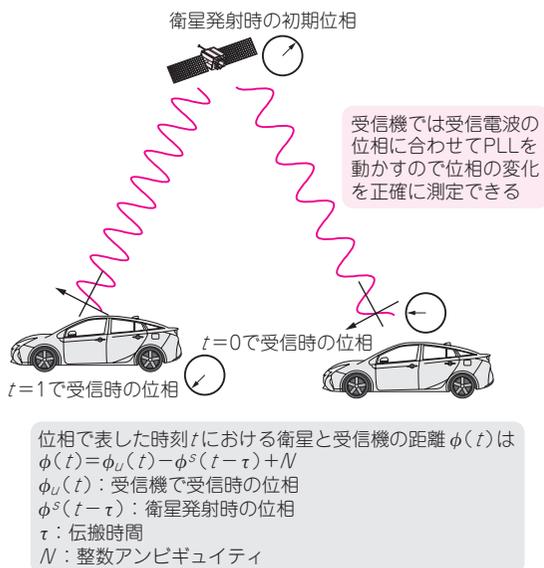


図1 搬送波位相を観測して距離測定を行うと高精度な測位ができる  
観測値だけでは、波の数が分からない。整数アンビギュイティがある状態という

【セミナー案内】 実習・ラズパイ・カメラの実力評価～画像処理の基本にチャレンジ  
—— Raw データを使い倒す技を習得しよう

【講師】 米本 和也 氏, 12/16(土)～17(日) 32,000円(税込み) <http://seminar.cqpub.co.jp/>