

GPS測位解析における仮想現実空間とドップラー効果

Virtual-World and Doppler Effects in GPS Position Analysis

川俣 健一[1]

Kenichi Kawamata[1]

[1] なし

[1] nashi

GPS測位解析における仮想現実空間とドップラー効果

GPS測位では放送暦で表される位置にある衛星と基準観測点を結ぶ直線上に、実際の位置にある衛星と基準観測点との間のマイクロ波の経路を直線状に引き伸ばしたものを重ね合わせています。ところが、実際の位置にある衛星と放送暦で表される位置にある衛星はその位置が互いに異なりぴったり一致しません。そこで、その残差を最小二乗法で補正しています。従って、電離層における伝搬遅延、位相揺らぎや水蒸気等による伝搬遅延を補正したとしても、最小二乗法の使用によりこれら補正値はクリヤされ全て無効となります。

従って、最小二乗法を使用するGPS測位解析では、大量のデータを使って、強引に屈折率が1である様な媒質から構成される仮想現実空間に知らないうちに割り込んでいる訳です。そして、これからその位置を測定しようとする観測点の位置座標をX, Y, Zとして、つぎの方程式の右辺Siの二乗の和が最小となるXijを求め、それからX, Y, Zを求めている訳です。

$$\{X_{ij} - X_{ij} - (W_{ij} - W_{ij})(u/f)\} \\ - \{X_{ij+1} - X_{ij+1} - (W_{ij+1} - W_{ij+1})(u/f)\} = S_i \\ (i = t_1, t_2, \dots, t_n)(j = 1, 2, 3, 4)$$

ここで、Xijはある時刻tiのときの放送暦で表される位置にある衛星jと基準観測点との間の直線距離、Xijはある時刻tiのときの実際の位置にある衛星jとこれからその位置を測定しようとする観測点との間の直線距離、Wij及びWijはそれぞれ時刻tiのときのこれからその位置を測定しようとする観測点及び基準観測点の累積波数、uは真空中の光の速度そしてfは搬送波の周波数を示します。

そこで、いま時刻tkのとき点Pkjにある衛星から放射されたマイクロ波は、点Pkjとこれからその位置を測定しようとする観測点Aとの間の距離をXkjとすれば、時刻tiのときには、点Pkjから放射されたマイクロ波は点Pkjを中心とする半径Xkjの球の表面上にあります。従って、時刻tiのとき基準観測点Bに向かっていったマイクロ波は点Pijと観測点Bを結ぶ直線と点Pkjを中心とする半径Xkjの球の交点Cにあります。いま、点Cと点Pijとの間の直線距離をXcjで表すと、 $X_{ij} - X_{cj} - (W_{ij} - W_{ij})(u/f) = 0$

となる様に、Xcjを調整したとしても、基線長ABが極めて短い場合、Xcj = Xijとなるが、基線長ABが長くなるとXcj < Xijとなり、式より基線長が極めて短い場合は問題が生じませんが、基線長が長くなると測位誤差が大きくなり問題になることが分ります。

そこで、測定時間間隔は100msとして、その時間内に観測点で受信する波数を、実際の位置にある衛星からの場合と、放送暦で表される位置にある衛星からの場合とほぼ同じにしました。即ち、最小二乗法で行ったと同じことを唯一回のデータで行っている訳です。

そして、時刻tkのときの衛星の位置点Pkjとこれからその位置を求めようとする観測点Aとの間の距離Xkjを色々に変え、

$$X_{ij} - X_{cj} - (W_{ij} - W_{ij})(u/f) = 10^{-8} \quad (\text{km})$$

が成立するときのXkjを求め、更にXijを求めました。その結果、常に1m前後の測定誤差がありました。その原因は式からマイクロ波の周波数fにあることが分ります。

それで、観測点に到達するマイクロ波の周波数はドップラー効果により変動するものとして、観測点Aの位置を測定しました。

、前と同様時刻tkのときの衛星の位置である点Pkjと観測点Aとの間の距離Xkjを色々に変え、

$$X_{ij} - X_{cj} - (W_{ij} - W_{ij})(u/f_1) = 10^{-8} \quad (\text{km})$$

が成立するときのXkjを求め、更にXijを求めました。その結果、常に1cm以内の測定精度が得られました。その原因は式から基準観測点Bで受信するマイクロ波の周波数f1であることは歴然としています。

(結論)

測定時間間隔を100msとして、仮想現実空間の導入により、マイクロ波の位相を小数点3桁まで正しく読みとり、基線長600km前後で、周波数変化を考慮しない場合、測位誤差は1m前後となり、又周波数変化を考慮した場合その測位誤差は1cm以内になることを机上シミュレーションで確認しました。