

GPS基準局の上空視界の確保と測位信頼度の検討

令和元年9月の台風15号により、横浜基準局（南本牧ふ頭）が被災したため、令和2年2月に南本牧ふ頭内の横浜市資源循環局建屋に新しい横浜基準局を再設置した。設置場所の南西には大型民間倉庫があり、GPS受信アンテナの上空視界の遮蔽が懸念されたため、アンテナは建屋屋上から構造上可能な限り高く（3.1m）設置して、仰角15度程度を確保した。港湾エリアでは上空視界が開けている場合が多く、GPS機構では仰角15度での基準局設置は初めてとなるため、利用可能な衛星数についてシミュレーションを実施し、測位信頼度の確保について検証した。



1. 仰角について

一般にGPS測位では、基準局と移動局間の視通を必要としないが、GPS衛星からの電波を安定的に受信するため、上空視界を確保して十分な利用衛星数を確保する必要がある。このため基準局の設置にあたっては、周辺に死角となる障害物がある場合には、水平面から障害物を見上げた「仰角」を小さく抑え、上空視界を可能な限り広く確保する必要がある。

仰角については、『港湾・空港におけるRTK-GPS利用ガイド（海上GPS利用推進機構）』では、基準局設置に際しては「できる限り仰角15度から20度以上に上空を遮る障害物がない場所を選ぶ」としている。また『公共測量作業規定の準則（日本測量協会）』によると、スタティック測量を対象として「GNSS衛星の最低高角度は15度を標準とする」とされている。

一方、上空視界の確保による利用衛星数の確保とは相反する概念として、マルチパスへの対応がある。衛星電波は低い高度のものを受信すると、周辺の構造物や地表等からのマルチパス（反射波）の影響を受け、また電離層や大気を斜めに通過することで測位誤差は拡大する。このためGNSS測位では、低い高度の電波を遮る「仰角マスク」の設定が一般的である。マリコンでは仰角マスクとして0度、5度、10度などの設定事例がある。GPS基準局では、マルチパスによる測位精度の低下を防ぐため、仰角マスクは10度～13度を標準として運用している。

2. 利用可能衛星数についてのシミュレーション

横浜基準局（再設置）の南西に近接する障害物（大型民間倉庫）によるGPS測位への影響を判断するため、基準局上空の利用可能衛星数についてシミュレーションを実施した。

検討方法

- アルマナックデータを基に、現在稼働中のGPS衛星（30機）の軌道を24時間にわたり計算し、横浜基準局から見たGPS衛星の仰角・方位を確認し、障害物の影響の有無を判定した。
- 障害物の条件は、方位224度で仰角20度、方位272度で仰角13度を直線でつないだ範囲がブロックされると設定した（仰角は概ね15度程度）。

検討結果

- 24時間のシミュレーションで、利用可能衛星数は常時7機～14機が確保され、フィクス解（厳密解）から外れることはなく、測位信頼度は確保される。
- 24時間のシミュレーションで、障害物でブロックされる衛星数に着目すると、最大は3機で42分間（2.9%）、2機の場合は67分間（4.7%）となる。上記の期間も、利用可能衛星数は10機～12機が確保されるので、フィクス解から外れることはなく、障害物の影響はないと考えられる。
- ただし衛星のメンテナンス等により、捕捉衛星数が5個以下となった場合に、短時間フィクスから外れる可能性は残る。
- 以上より、横浜基準局（仰角15度程度）では、障害物の影響にかかわらず、RTK-GPS測位の安定利用が可能であることを示している。

衛星数	~6	7	8	9	10	11	12	13	14
%	0	2.7	9.0	21.2	26.0	19.8	11.6	9.3	0.3

表1 使用可能衛星数の分布

衛星数	0	1	2	3	4~
%	62.1	30.3	4.7	2.9	0
時間(分)	894.5	436.5	67	42	0

表2 障害物でブロックされた衛星数の分布

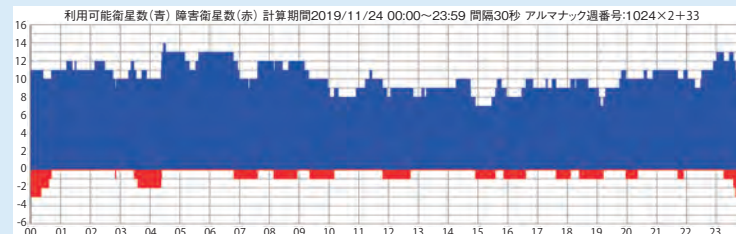


図3 時系列グラフ

おわりに

近年、GPS、GLONASS、QZSS等のGNSS利用環境が向上し、日本上空で多くの衛星が利用できるようになった。このため複数の衛星システムを活用するマルチGNSSにより、都市部のビルの谷間など障害物周辺においても衛星測位が可能となっている。一方、多くの港湾工事では上空視界が開けており、今回の検討でも明らかのように、仰角15度程度を確保することで、測位に必要な衛星数を捕捉可能であり、GPS基準局の有効性を示している。