

RTK 測位における準天頂衛星システム導入効果検討のためのシミュレーション

日本大学 正会員 ○佐田 達典
 平山鉄筋 正会員 平山 検士
 日本大学 正会員 石坂 哲宏

1. はじめに

現在、衛星測位システムはアメリカの GPS、ロシアの GLONASS が運用されている。日本では準天頂衛星の打ち上げが 2010 年に計画されており、準天頂衛星システムの導入効果が検討されている。しかし、固定点での瞬間的な測位の可否を対象とした検討が主流である。準天頂衛星システムの交通分野や建設分野への適用性を検討するならば、移動体を高精度で観測することができる RTK (Real-time Kinematic) 測位で準天頂衛星システムの導入効果を検討する必要がある。

本研究では、RTK 測位シミュレーションを構築し、RTK 測位利用可能時間を推定することで RTK 測位における準天頂衛星システムの導入効果を検討した。

2. RTK 測位の概要

RTK 測位は従来の干渉測位方式とは異なり、PC で後処理を必要とすることなくリアルタイムで高精度測位を行う方式である。しかし、RTK 測位が Fix 解と呼ばれる高精度測位解を出力するには、初期化の過程を経る必要がある。初期化とは、整数値バイアスと呼ばれる未知数を確定することであり、可視衛星数が 5 機以上必要となる。また、測位解の精度は衛星の幾何配置によって劣化するため、測位精度の劣化具合を示す DOP (Dilution of Precision: 衛星の幾何学的配置による精度劣化指数) にも留意する必要がある。

3. RTK 測位シミュレーションの概要

本シミュレーションは、可視衛星数と DOP から、移動する受信機が RTK 測位を Fix 解の状態で行うことができる RTK 測位利用可能時間を推定する。可視衛星数、DOP、RTK 測位利用可能時間の推定方法を以下に示す。

(1) 受信機の移動を考慮した可視衛星の抽出方法

受信機を原点とする座標系における測位衛星の仰角と方位角を求め、受信機の上空に存在する衛星を可視衛星とした。さらに衛星可視の障害となる建物の情報を仰角マスクとして入力し、最終的な可視衛星数を推

して衛星位置の推定を行い、推定ごとに仰角マスクを変化させることによって受信機の移動を表現した。

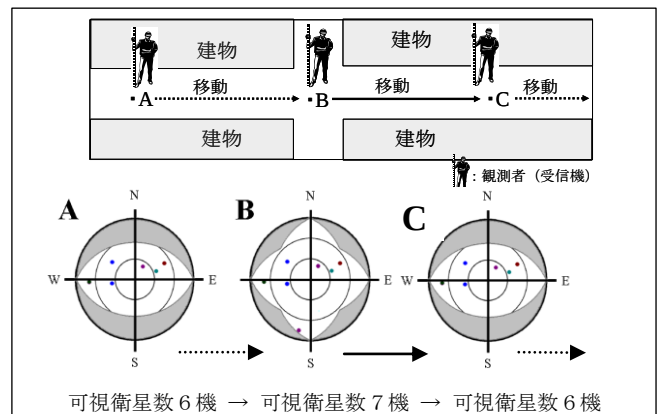


図-1 受信機の移動を考慮した可視衛星数の抽出

(2) DOP の推定方法

DOP は衛星の仰角と方位角からなる行列 G から算出される。本シミュレーションシステムでは、三次元での測位解の劣化具合を示す PDOP を RTK 測位利用可能時間の推定に用いた。PDOP の算出過程を図-2 に示す。

$$G = \begin{pmatrix} -\sin AZ_1 \cos EL_1 & -\cos AZ_1 \cos EL_1 & -\sin EL_1 & 1 \\ -\sin AZ_2 \cos EL_2 & -\cos AZ_2 \cos EL_2 & -\sin EL_2 & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ -\sin AZ_N \cos EL_N & -\cos AZ_N \cos EL_N & -\sin EL_N & 1 \end{pmatrix}$$

G : 衛星の観測行列
 C : 最小二乗法による G 行列の解
 AZ : 衛星方位角 (度)
 EL : 衛星仰角 (度)
 N : 衛星数 (機)

$$C = (G^T G)^{-1}$$

$$PDOP = \sqrt{C_{11} + C_{22} + C_{33}}$$

図-2 PDOP の算出過程

(3) RTK 測位利用可能時間の推定方法

本シミュレーションでは、初期化が可能と判断された時刻から Fix 解が持続する時間を利用可能時間として出力した。初期化は、GPS の仕様から可視衛星数 5 機以上で PDOP が 6.0 以下であれば実行可能と判断した。持続時間は、初期化後に可視衛星数 4 機以上で PDOP が 6.0 以下を満たしている時間とした。

なお、シミュレーションで推定された RTK 利用可能時間の信頼性を検証するために、実測値を真値とした

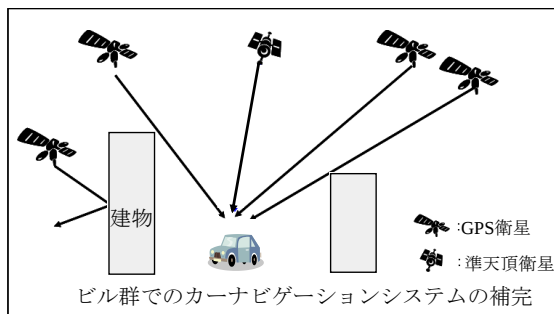
キーワード 準天頂衛星システム, GPS, RTK, DOP, シミュレーション

連絡先 〒274-8501 千葉県船橋市習志野台 7-24-1 日本大学理工学部 社会交通工学科 TEL047-469-8147

RMS 値を算出した。対象は RTK 利用可能時間の推定のもととなる衛星配置（仰角，方位角）と PDOP 値とした。衛星配置と PDOP の許容誤差の閾値は実測データの有効数値とした。その結果，十分な精度であることを確認した。

4. 準天頂衛星システムの概要

準天頂衛星システム（QZSS：Quasi-Zenith Satellites System）とは，衛星を日本の天頂付近で長く留まるように軌道に配置した衛星システムである。この軌道に複数の衛星を配置することで，日本全土で天頂付近に常に衛星が見えるような環境が実現される。準天頂衛星は GPS 衛星と同規格の電波の送信が可能であるので，準天頂衛星が 3 機運用されれば 1 機の衛星が常に天頂付近に位置し GPS 衛星と同じ機能を果たすこととなる。したがって，図－3 に示すような衛星測位利用範囲の拡大が期待されている。



図－3 準天頂衛星システムの利用例

5. RTK 測位における準天頂衛星の導入効果の検討

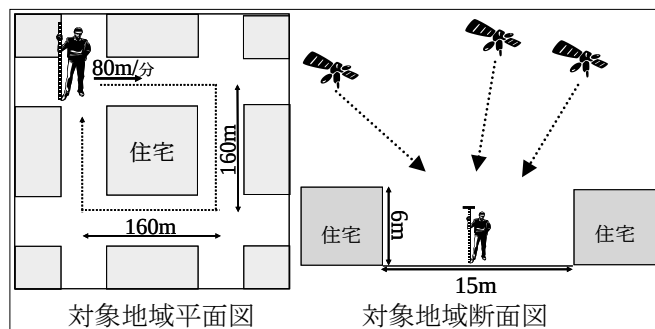
RTK 測位シミュレーションを使用し，GPS 衛星のみを使用した場合と GPS 衛星と準天頂衛星を併用した場合の RTK 測位利用可能時間から導入効果を検討した。

（1）推定条件の設定

本研究では，衛星の可視が容易な住宅地を対象とした。図－4 に示すように，住宅の高さを 6 m とし，1 辺を 160 m とする格子状の道路を時計周りに分速 80 m で受信機が移動すると仮定した。1 分ごとに計 1440 回の可視衛星の推定を行い，24 時間の利用可能時間を算出した。また，移動ルートを 1 周する所要時間である 8 分に利用可能時間が満たない場合は RTK 測位が成立していないと定義した。そのため，利用可能時間のうち 8 分未満を除いたものを有効利用可能時間とした。

（2）シミュレーション結果と考察

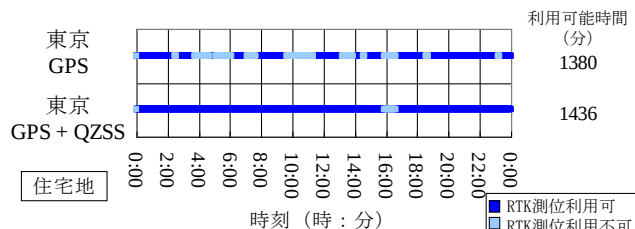
シミュレーション解析結果を表－1 にまとめた。また，GPS 衛星のみを使用した場合と GPS と準天頂衛星を併用した場合の RTK 測位利用可能時間を図－5 に示



図－4 シミュレーションの設定

表－1 シミュレーション解析結果

	GPSのみ		GPS+QZSS	
仰角マスク	住宅地			
シミュレーション時間（分）	1440			
総利用可能時間（分）	1248		1418	
有効利用可能時間（分）	1076		1398	
総利用可能時間率（％）	86.67		98.47	
有効利用可能時間率（％）	74.72		97.08	
初期化回数（回）	97		12	
項目	平均	標準偏差	平均	標準偏差
可視衛星数（機）	6.77	1.38	9.20	1.43
持続時間（分）	12.87	37.53	118.17	292.28



図－5 RTK 測位利用可能時間

す。表－1 において，準天頂衛星システムの導入により可視衛星数が増加し，初期化 1 回あたりの持続時間と総利用可能時間が増加した。図－5 においても，準天頂衛星システムによって RTK 測位利用可能時間が増加したことがわかった。また，利用可能時間より有効利用可能時間の増加量が多いことから，準天頂衛星システムによって RTK 測位が成立する時間が増加したことがわかった。

6. おわりに

本研究では受信機の移動を想定したシミュレーションを構築し，GPS 衛星のみを使用した場合と GPS 衛星と準天頂衛星を併用した場合の RTK 測位利用可能時間から RTK 測位における準天頂衛星の導入効果を検討した。その結果，準天頂衛星は RTK 測位の利用可能時間を著しく増加させることがわかった。

謝辞

本研究は財団法人衛星測位利用推進センターからの委託研究の成果の一部である。ここに記して謝意を申し上げる。