

RTK 測位に関するシミュレーションシステムの構築

日本大学 学生会員 ○ 平山 検士
 日本大学 正 会 員 佐田 達典
 日本大学 正 会 員 石坂 哲宏

1. はじめに

現在、測位衛星は GPS や 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 年夏に計画されており、衛星測位は将来的に安定的運用が見込まれる。そのため、移動体を高精度で観測する RTK(Real-time Kinematic)測位の交通、建設分野への応用が検討されている。しかし、衛星測位に関するシミュレーションシステムは固定観測が主流であるため、受信機が移動する RTK 測位は事前に利用可能時間を検討することができない。

本研究では、受信機の移動を考慮した RTK 測位シミュレーションシステムを構築し、RTK 測位利用可能時間の推定を試みた。

2. RTK 測位シミュレーションシステムの概要

(1) RTK 測位の概要

RTK 測位は従来の干渉測位方式とは違い、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 測位は常に Fix 解と呼ばれる高精度測位解を維持できるわけではない。RTK 測位は衛星の可視数と配置の影響で精度が劣化するため、Fix 解を維持するには表-1 に示す条件を満たさなければならない。

(2) シミュレーションシステムの概要

本シミュレーションシステムは、移動する受信機が RTK 測位を Fix 解の状態を利用できる時間帯を推定する。測位解は、可視衛星数と測位精度の劣化具合を示す DOP(Dilution Of Precision : 精度劣化指数)を一定時間ごとに推定することによって求める。DOP の条件として、GPS の仕様から三次元の DOP である PDOP が 6.0 以下の状態を Fix 解とした。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

可視衛星数は、受信機を原点とする座標系にお

キーワード GPS, RTK-GPS, 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 TEL 047-469-8147

表-1 RTK 測位利用時間を推定するための条件

指標	意味	決定条件
初期化の可否	測位解がFix解になること	受信衛星数5機以上
持続時間	Fix解を維持できる時間	受信衛星数4機以上
DOP	衛星配置による精度劣化指数	衛星の仰角と方位角

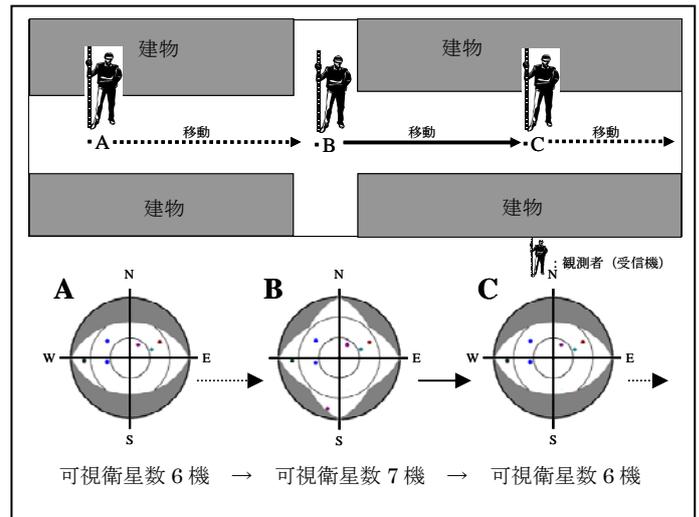


図-1 連続型仰角マスク

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

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

$$\begin{aligned}
 GDOP &= \sqrt{C_{11} + C_{22} + C_{33} + C_{44}} \\
 PDOP &= \sqrt{C_{11} + C_{22} + C_{33}} \\
 HDOP &= \sqrt{C_{11} + C_{22}} & AZ : \text{衛星方位角} \\
 HDOP &= \sqrt{C_{33}} & EL : \text{衛星仰角} \\
 TDOP &= \sqrt{C_{44}}
 \end{aligned}$$

図-2 DOP の算出過程

ける測位衛星の仰角と方位角を求めることによって、受信機の上空に存在する衛星を推定する。さらに測位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定する。本シミュレーションシステムは、図-1 のように連続して衛星位置の推定を行い、移動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。

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。DOP の算出過程を図-2 に示す。

3) RTK 測位利用可能時間の推定方法

本シミュレーションシステムでは、初期化が可能と判断された時刻から Fix 解が持続する時間帯を利用可能時間として出力する。初期化は、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される。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帯とする。

3. RTK 測位シミュレーションシステムの検証

シミュレーションシステムで推定された RTK 利用可能時間の信頼性を検証するために、実測地を真値とした RMS 値を算出した。対象は RTK 利用可能時間の推定に直接関係する衛星配置 (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。衛星配置と PDOP の閾値、RMS 値を表-2 にまとめた。また、図-3 に衛星配置、図-4 に PDOP の散布図を示す。

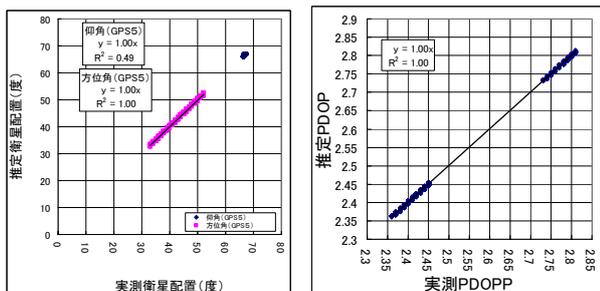


図-3 衛星配置散布図 図-4 PDOP 散布図

表-2 シミュレーション精度検証結果

	仰角(度)	方位角(度)	PDOP	信頼区間(%)
許容誤差の閾値	1.0	1.0	0.01	
RMS	0.27	0.29	0.0027	68.27
2RMS	0.54	0.58	0.0054	95.45
3RMS	0.81	0.87	0.0081	99.7

図-3 と図-4 においても推定値が実測値とほぼ同じだということがわかる。表-2 の 3RMS 値において、全ての項目が許容誤差の閾値を満たしているため、本シミュレーションでシステムの衛星位置と DOP 推定精度は 99.7%以上だといえる。このことから、本シミュレーションシステムにより推定される RTK 測位利用可能時間は十分に信頼できるといえる。

4. RTK 測位利用可能時間の推定結果

(1) 推定目的

単純な条件で RTK 測位利用可能時間の推定を行い、対象地域での RTK 測位の利用可能性を検討した。

(2) 推定条件の設定

仰角マスクは衛星の可視が容易な住宅地 (高さ 6 m) と可視が困難なビル街を想定した。受信機の移

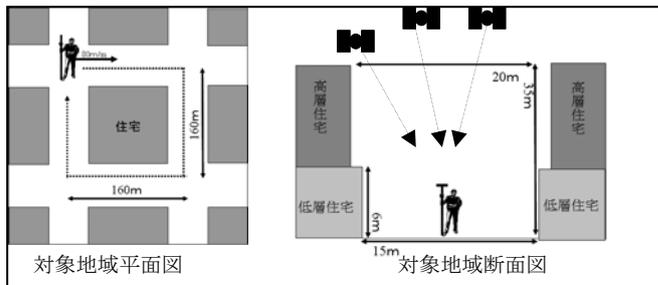


図-5 シミュレーション状況

表-3 シミュレーション結果

仰角マスク	住宅地		ビル街	
シミュレーション時間(分)	180			
総利用可能時間(分)	170		0	
総利用可能時間(%)	94.44		0.00	
RTK初期化回数(回)	6		5	
項目	平均	標準偏差	平均	標準偏差
可視衛星数(数)	5.911602	1.028984	1.834254	1.49
持続時間(分)	170.00	28.33	0.00	0.00
平均PDOP	3.229847	1.397191	測定不可	
平均HDOP	1.58271	0.655214		
平均VDOP	2.766743	1.340307		

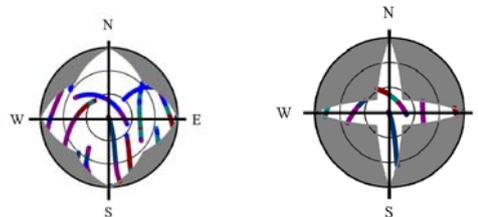


図-6 天空図 (住宅地) 図-7 天空図 (ビル街)
 動ルートは格子状の道路を時計周りに分速 80m で移動する。道路の 1 辺は 160m とした。シミュレーション状況を図-5 に示す。推定期間は 3 時間とする。

(3) 推定結果

シミュレーション結果を表-3 にまとめた。またシミュレーションで観測した測位衛星の配置を天空図として図-6 と図-7 に示す。

表-3 より、想定した住宅地では 170 分間の RTK 測位が利用可能であり、ビル街の RTK 測位利用可能時間は 0 分ということが推定できた。このことから、今回設定した地域において、住宅地では RTK 測位の利用ができるが、ビル街では利用できないことが推定できた。

5. おわりに

本研究では受信機の移動を考慮した RTK 測位シミュレーションシステムを構築した。その結果、移動ごとに仰角マスクを変化させることにより、RTK 測位の利用可能時間を推定することによって、RTK 測位の利用可能性について検討することができた。今後は GPS だけではなく、準天頂衛星等を併用してシミュレーションを行うことにより、RTK 測位の利用可能時間における衛星の併用効果を検討していく。

