

# RTK 測位に用いる基準局作製と測定誤差の評価

2016SC041 近藤良司 2016SC057 村井柗太 2016SC077 柴田直樹

指導教員：奥村康行

## 1 はじめに

近年，我々の身の回りには IoT 機器が見られるようになってきている．その中で，様々な場面において GPS(Global Positioning System) が活用され，そこから得られる位置情報を活用することにより，私達の生活により身近なものになってきている．現在では，自動車のカーナビゲーションシステムやスマートフォンのアプリケーション，測量（基準点の測定）など様々な場面で使用されている．しかし，こういった技術に対して GPS 単体の測位では測位精度の安定性が不十分である．今後，自動車の自動走行などの新たな技術に用いるためには，より高精度な測位が必要となってくる．そのため本研究では，より高精度測位を行える RTK(Real Time Kinematic) 測位に着目した．RTK 測位では，基準局と移動局間の距離（基線長）や衛星からの電波強度により，安定した測位が可能になるのに時間がかかり，誤差が生じることがある．本研究では，日常生活で RTK 測位が一般的に使用できるように基準局と移動局間の距離による初期化時間の増加と測定誤差に着目し，各方位で基線長 10km, 20km, 25km 地点で測定し，ロボットカーの大学近辺での走行実験など RTK 測位を用いた研究に適した基線長がどの範囲なのか評価を行う．

## 2 先行研究 [1][2]

先行研究では，長基線での RTK 測位を 7 日間行い，その測定結果に対しての評価が行われていた．そこで，本研究では RTK 測位が日常的に使えるための，素早く高精度な測位ができる基線長に着目し，まず基準局の作成を行い様々な地点で測位を行えるようにし実験を行い，基線長がどの距離までなら実用化に適しているのか検討を行った．

## 3 実験した測位方法

この節では，本研究で行った単独測位と RTK 測位について説明する．

### 3.1 単独測位法 [3]

単独測位とは，地球を周っている衛星から電波を受信することで，受信側の位置を計算する測位システムのことである．測定原理としては，衛星側から衛星自身の位置情報を電波として受信し，電波の中のコード情報から電波発射時刻と受信時刻との差を計測し，衛星との距離を計算することで，受信側の位置を求めることが出来る．単独測位法の概要図を図 1 に示す．

### 3.2 RTK 測位法 [4]

RTK 測位とは相対測位法の 1 つで，正確な緯度経度が分かっている位置に設置する基準局，計測したい位置に設

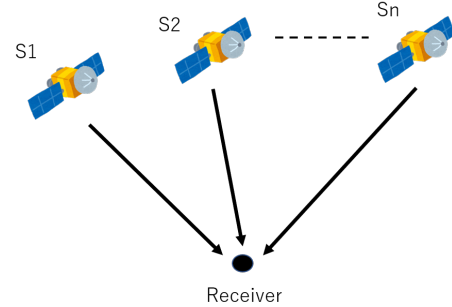


図 1 単独測位の概要

置する移動局，基準局から移動局にデータを伝送するシステムを用いて位置を測定するシステムである．測定原理としては，基準局の受信機で衛星からの電波を常時受信し，そこから搬送波位相の積算値データを測定する．そのデータを計測したい側の移動局に伝送用システムを用いて伝送する．移動局側でも同様に，衛星からの電波を受信機で受信し，搬送波位相の積算値データを測定する．最後に伝送された基準局側のデータと，移動局側のデータを用いて計算することで，移動局側の三次元位置が求められる．RTK 測位の概要図を図 2 に示す．

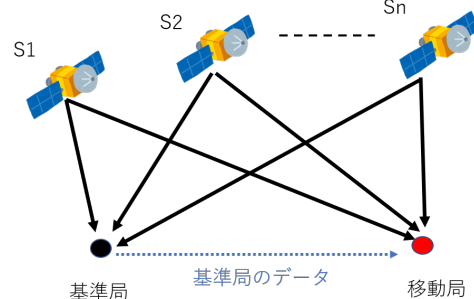


図 2 RTK 測位の概要

測位を開始してから得られる解には Float 解と Fix 解が存在する．Float 解の段階では，まだ正確な位置が測位出来ていない状態で，誤差は数 m 単位で発生している．Float 解が Fix 解に変わることによって，正確な位置が測位され，数 cm 単位での正確な測位が可能になる．Float 解から Fix 解に変化する推移を図 3 に示す．図 3 の初期化時間は Float 解から Fix 解に変化するまでにかかる時間を示している．Float 解とは，まだ正確な位置が測位出来ていない状態で，時間経過とともに収束していくが，基線長が長いと収束に時間がかかり，誤差は数 m 単位で発生してしまう．Fix 解とは，正確な位置が測位された状態で，数 cm 単位の高精度な測位を行うことができています．

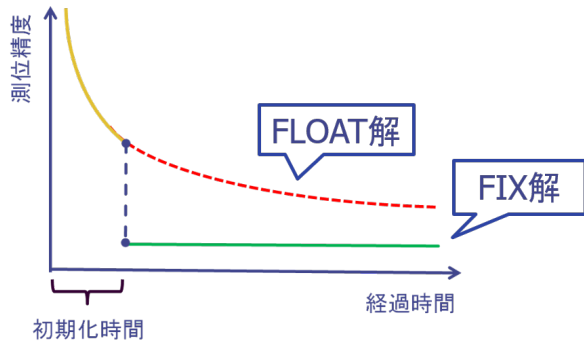


図3 Float 解から Fix 解への推移グラフ

#### 4 測位誤差の評価 [5][6]

この章では、NEO-M8P u-blox 社製 GPS モジュールとモジュール付属のアンテナ [6] で RTK 測位を行い、誤差精度を評価する。使用するソフトウェアには東京海洋大学の高須知二教授が開発した RTKNAVI [5] を用いる。衛星の受信周波数を表 1 にまとめる。

表 1 衛星の受信周波数

衛星名	GPS	みちびき	BeiDou
周波数 (MHz)	1575.42	1575.42	1561.09
国	アメリカ	日本	中国

##### 4.1 単独測位の誤差制度

初めに、GPS モジュール NEO-M8P を用いて南山大学 S 棟 (北緯:35.150015154, 東経:135.964398058, 高さ:65.8401) で、単独測位を行った。この実験によって得られたデータをプロットしたものを図 4 に示す。図 4 において、1 マスは 50cm に設定されており、1 秒ごとの測位地点の遷移が点によって示されている。

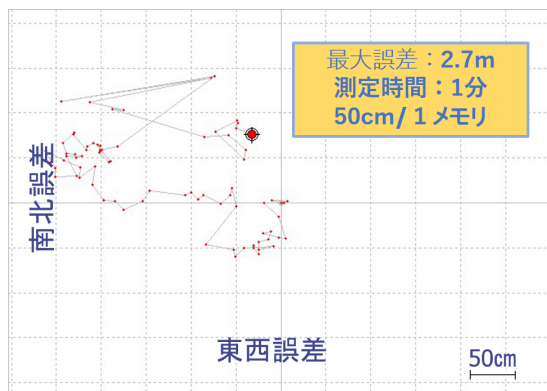


図 4 単独測位のプロット図

この測定結果から、最大で 2.7m 程度の誤差があることを読み取ることができる。今回の実験は 1 分間で行った

が、長時間放置していても誤差が小さくなることはなかったため、単独測位で数センチ単位での測位を行うことは難しいことがわかった。

##### 4.2 東浦基準点を利用した RTK 測位の誤差精度

初めに、RTK 測位では基準局を設定する必要があるため、善意の基準局 [7] という掲示板に記載されている、愛知県知多郡東浦町に設置がされている基準局を用いて測位を行った。初めに南山大学 S 棟の屋外で 10 分間測位をして得られたデータをプロットしたものを図 5 に示す。

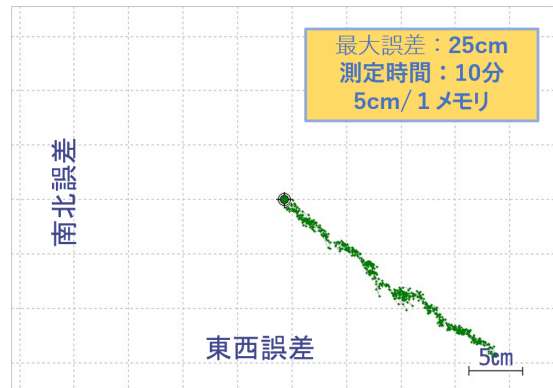


図 5 東浦基準点 RTK 測位のプロット図

図 5 において、1 マスは 5cm に設定がされており、1 秒ごとの測位地点からの遷移が点によって示されている。この実験の結果から最大で 25cm 程度の誤差があることが読み取ることが出来る。RTK 測位は数 cm 単位での測位が出来るはずであるが、この結果では測位精度が十分でないと考えた。誤差の要因として、東浦の基準局と移動局間の距離が約 20km 離れていることなどが推測された。そこで、基準局の作製を行い基線長を縮めることで、測位精度の向上を目指すことにした。

##### 4.3 基準局作製 [8]

この節では、基準局作製について述べる。基準局を作る為の機材として、NEO-M-8P u-blox 社製 GPS モジュール、GNSS(Global Navigation Satellite System) アンテナ、基準局用ソフトウェア STRSVR、モジュール設定用ソフトウェア u-center [8] を用意した。初めにモジュールの初期設定を行った。受信する衛星に GPS、QZSS、BeiDou を選択し、基準局を設置する位置を緯度、経度、高さを u-center の機能を用いて求めた結果、北緯 35.150015154 東経 136.964398058 高さ 65.8401 に設定した。基準局用ソフトウェア STRSVR を使用して基準局で測位したデータを配信するために、

今回は CQ 出版社が無料で提供している NTRIP Caster [8] を用いた。使用した機器は図 6 のものである。



図6 自作した基準局

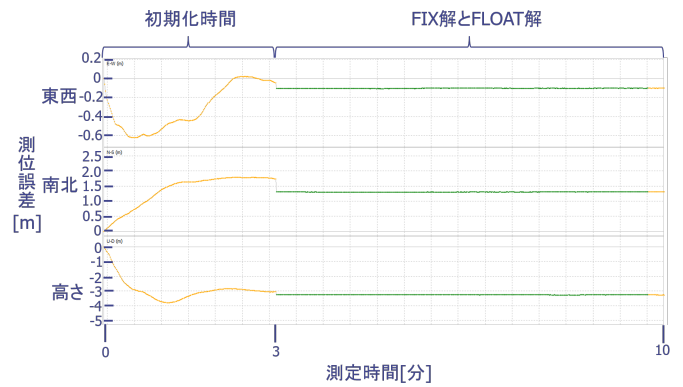


図8 RTK 測位のプロット図

#### 4.4 自作基準局による RTK 測位の誤差精度

初めに、基準局を自作のものに変更し、同位置で測位時間を10分間としてRTK測位を行った。これによって得られたデータをプロットしたものを図7に示す。

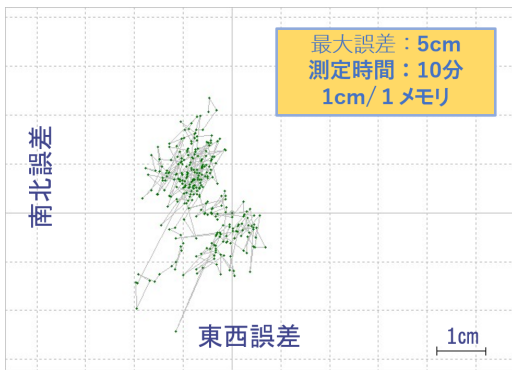


図7 南山基準点 RTK 測位のプロット図

図7において、1メモリが1cmに設定されており、最大誤差は5cmであることが読み取ることができる。自作で基準局を設定したことにより、測定精度が向上し、長時間の測位に対しても安定してFix解を得ることができた。これまでの実験により基線長は、測位精度に大きくかかわっていることが感じられた。そのため、どれほどまでの距離で測位結果に影響が出てくるかを次の節から実験を行っていく。

### 5 複数地点での測位結果

次に、東西南北各方向で基線長をのばすことで、測位結果にどのような影響が出るのかを実験を行い、測位結果について各方面ごとに表にまとめた。先の実験と同様に、自作した南山大学のS棟に設置してある基準局を利用する。RTKPLOTを用いてRTK測位の測位結果をプロットすると図8のように表される。

#### 5.1 東西方向の誤差比較

各方向の東西方向の誤差について図9にまとめる。最大誤差は8.6cmとなった。すべての地点で数センチメートル

単位の測位ができていたが、基線長の増加に伴い誤差が増加するという傾向は見られなかった。

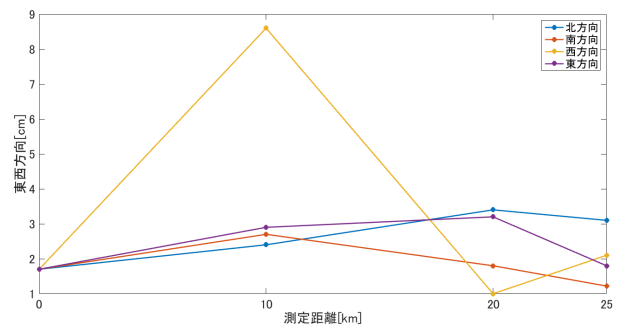


図9 東西方向の誤差比較

#### 5.2 南北方向の誤差比較

各方向の南北方向の誤差について図10にまとめる。最大誤差は5.8cmとなった。東西方向と同様に、すべての地点で数センチメートル単位の測位ができていたが、基線長の増加に誤差が増加するという傾向は見られなかった。

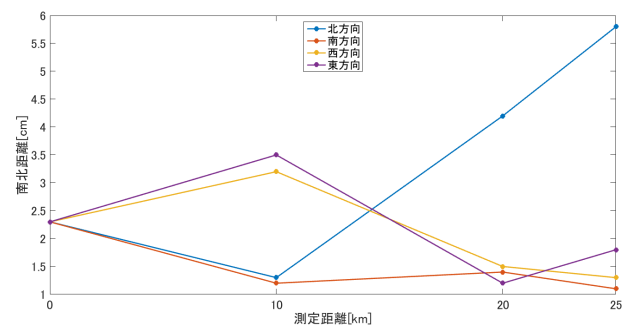


図10 南北方向の誤差比較

#### 5.3 高さの誤差比較

各方向の高さの誤差について図11にまとめる。最大誤差は12.5cmとなった。北方向の25km地点と、東方向の20km地点を除いた地点では、数センチメートル単位の測

位ができていた。しかし、この地点でも同様に基線長の増加に伴う誤差の増加は見られなかった。

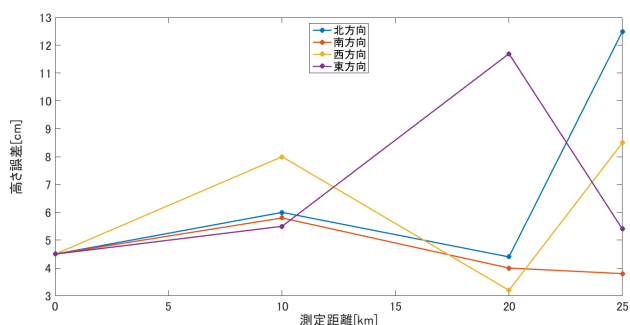


図 11 高さの誤差比較

#### 5.4 初期化時間と FIX 率の比較

次に、各地点の初期化時間と FIX 率の遷移についてグラフにまとめたものを図 12, 図 13 に示す。初期化時間と FIX 率はどの方位でも基線長を伸ばしていくと、段々と下がっていくことがわかる。

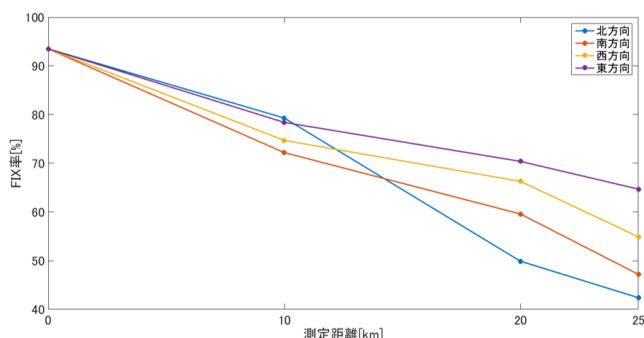


図 12 各方向の FIX 率の遷移

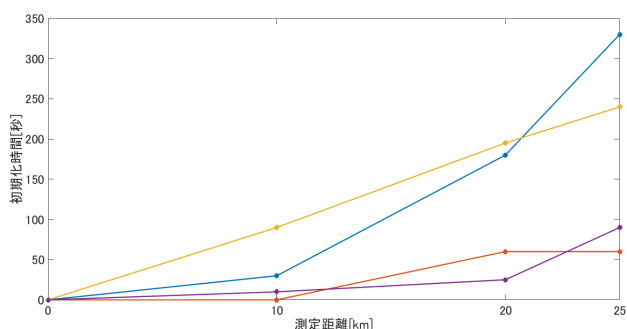


図 13 各方向の初期化時間の遷移

## 6 実験の考察

東西南北各方面の 10km, 20km, 25km で 10 分間 RTK 測位を行った結果から、距離を離していくことで初期化時間が増加することと FIX 率が減少することが分かった。これは、基線長が延びることで衛星からの電波が電離層を

通る距離が延びることにより、衛星と受信側の距離に誤差が生じてしまうことで測位計算に時間がかかるためだと推測した。しかし、FIX 解の精度としては、東西方向、南北方向、高さの 3 つの要素で比べることが出来たが、各地点で明らかな差が出ず、高さの要素を除けば数センチ単位での測位ができていた。測位誤差が大きかったときの要因として、基準局側のモジュールに緯度、経度、高さを設定したが、基準局設置地点の微妙なずれやマルチパスなどが影響していると推測した。

## 7 まとめ

本研究では、RTK 測位を行う上で基線長が初期化時間と測位精度にどのような影響を与えるか着目して研究を行った。10 分間の測位結果より、基線長が伸びても数センチ単位測位が可能であるが、FIX 率の低下や初期化時間が増加してしまうという課題があることがわかった。RTK 測位を用いたロボットカーの大学近辺での走行研究など RTK 測位を用いた研究に適した精度を目指すには、より使いやすい基準局を様々な地点に設置する必要がある。

今後の課題として、さらに高精度な測位ができる 2 周波 RTK 測位を安価に行うことができるようなシステム開発や、街中で使用するときマルチパスの影響をどれだけ軽減できるかを目指すことでより正確な測位が可能ではないかと推測した。

## 参考文献

- [1] 高橋 和真, 都築 諒, “RTK 測位に用いるパッチアンテナの試作と特性評価,” 南山大学理工学部機械電子制御工学科卒業論文, 2018.
- [2] 高須 知二, “長基線 RTK-GPS/GNSS の現状, 課題と現実,” [http://gpspp.sakura.ne.jp/paper2005/ieej\\_rtk\\_201003.pdf](http://gpspp.sakura.ne.jp/paper2005/ieej_rtk_201003.pdf), 参照日 Jan. 22, 2020.
- [3] 高須 知二, “搬送波位相測定値による精密測位の理論及び解析処理,” [http://gpspp.sakura.ne.jp/tutorial/gps\\_symp\\_2005.pdf](http://gpspp.sakura.ne.jp/tutorial/gps_symp_2005.pdf), 参照日 Sept. 17, 2019.
- [4] 中村 伸一, “全国測位 1cm プロジェクト,” トランジスタ技術 2018 年 1 月 pp59-73, Jan. 2018.
- [5] 高須 知二, “GNSS 測位入門から RTKLIB の活用まで,” [http://www.denshi.e.kaiyodai.ac.jp/gnss\\_tutor/pdf/tk\\_01.pdf](http://www.denshi.e.kaiyodai.ac.jp/gnss_tutor/pdf/tk_01.pdf), 参照日 Sept. 17, 2019.
- [6] 岡本 修, “スターキットでリアル体験! 精度 1cm 新 GPS 入門,” トランジスタ技術 2018 年 5 月号 pp141-147, May. 2018.
- [7] “善意の基準局,” <http://rtk.silentsystem.jp/>, 参照日 Sept. 17, 2019.
- [8] 吉田 紹一, “1cm ピンポイント GPS-RTK スタートアップマニュアル,” トランジスタ技術 2019 年 2 月号別冊付録 p6-47, Feb 2019.