

2019/09/06 SWEST21@下呂温泉水明館



高精度衛星測位 RTK-GNSS チュートリアル

静岡大学 総合科学技術研究科 情報学専攻

木谷研究室



BIKEINFORMATICS | KITANI LAB

Contents



1. 準備と機材の確認
2. u-blox社製GNSSモジュールの初期設定
3. RTK測位ことはじめ
4. RTKLIBによる後処理 Kinematic 演算
 - RTKPOST と国土地理院の電子基準点データを用いた，独自基準局の高精度位置の計算
 - 移動局の位置を後処理 Kinematic 測位演算
5. RTKNAVIによるリアルタイム高精度測位

第一章



準備

- 機材チェック
- アカウントの用意
- ソフトウェアのインストール

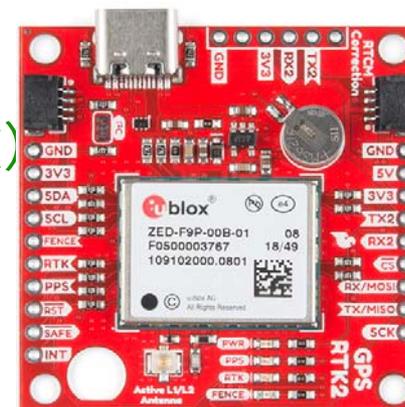
移動局用機材（受講生が設定）



- RTKLIB, u-centerをインストールしたPC

■ GNSSモジュール

- u-blox ZED-F9P（2周波） または NEO-M8T（1周波）
- 2周波の恩恵を受ける場合は，ドローンも基準局も両方を F9P にする
- 右は Sparkfun GPS-RTK2 ボード
 - スイッチサイエンスで 30,800円



■ アンテナ

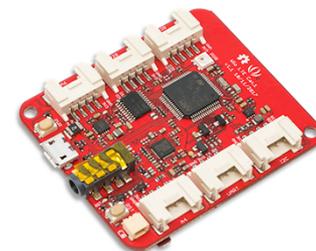
- u-blox ANN-MB0
 - スイッチサイエンスで8,640円





基準局用機材（講師側で用意）

- GNSSモジュールとアンテナとグランドプレート
 - u-blox ZED-F9P または NEO-M8T
 - アンテナは大きくても良い
- ロガーはPCでも Raspberry Piでも マイコンでもOK
 - PCやRpiはUSB経由で，マイコンだとUART経由でデータ取得
- 何らかの手法で移動局側からデータを引っ張られるようにする
 - 今回は Wio-LTE を使って，フリーのNTRIPサーバ rtk2go.com:2101/SWEST21 に中継



国土地理院のサービス利用 アカウントの用意

2019/09/06



- Kinematic測位の独自基準局を設置する際に国土地理院の電子基準点の観測データを使用
 - 厳密な絶対位置が不要な場合はこの作業は不要
 - その場合でも独自基準局との相対位置関係の精度は同等
- 電子基準点データ提供サービスへのアクセスにはアカウントが必要
- 国土地理院のウェブサイト
- https://terras.gsi.go.jp/sso_login.php



ソフトウェアの インストール

KEYWORDS

- u-blox社 GNSSモジュール設定ソフトウェア
u-center
- オープンソースGNSS測位演算ソフトウェア
RTKLIB



u-blox社製GNSSモジュール 管理ソフトウェア u-center

■ 主な機能

- GNSSモジュールの設定確認と変更
- GNSSモジュールが受信している衛星の確認
- GNSSモジュールが出力するメッセージの制御
- GNSSモジュールの内蔵RTKエンジンを使うために、RTK測位に必要な補正情報の中継





u-center導入 公式サイトからダウンロード

- u-blox社製GNSSモジュールの設定・評価用ソフトウェア
- <https://www.u-blox.com/ja/product/u-center>
- 上記URLよりu-centerの最新バージョン（v19.03以降）をダウンロード

クリック

製品 サポート 超える 投資家

Home → NEO/EA-MBT → u-center

u-center

Windows版GNSS評価ソフトウェア

ハイライト

- インタラクティブで使いやすいツール
- すべてのu-blox GNSSレシーバーをフルサポート
- 広範な構成/制御機能
- RS232およびUSBインターフェースを介したGNSSレシーバーのリアルタイム表示

関連リンク

u-center for Windows, v19.06	u-center, Version 19.06 Release Notes	u-center User Guide
u-center Product Summary	u-centerについてご存じないかもしれない11のこと	

製品の説明 ドキュメントと資料

自動車、モバイル端末およびインフラストラクチャ・アプリケーション向けu-center GNSS評価ソフトウェアは、u-blox GNSSレシーバーの評価、性能解析および構成のための強力なツールを提供します。柔軟性の高いu-center GNSS評価ソフトウェアは、u-blox GNSSレシーバーの評

「u-centersetup_v19.06.zip」をダウンロードしますか？

ファイル名: u-centersetup_v19.06.zip
ファイルサイズ: 11.23 MB
ホスト: www.u-blox.com

常に既定のダウンロードフォルダにファイルを保存する

保存 名前を付けて保存... 開く キャンセル

製品 サポート 超える 投資家

Home → NEO/EA-MBT → u-center

u-center

Windows版GNSS評価ソフトウェア

ハイライト

- インタラクティブで使いやすいツール
- すべてのu-blox GNSSレシーバーをフルサポート
- 広範な構成/制御機能
- RS232およびUSBインターフェースを介したGNSSレシーバーのリアルタイム表示

関連リンク

u-center for Windows, v19.06	u-center, Version 19.06 Release Notes	u-center User Guide
u-center Product Summary	u-centerについてご存じないかもしれない11のこと	

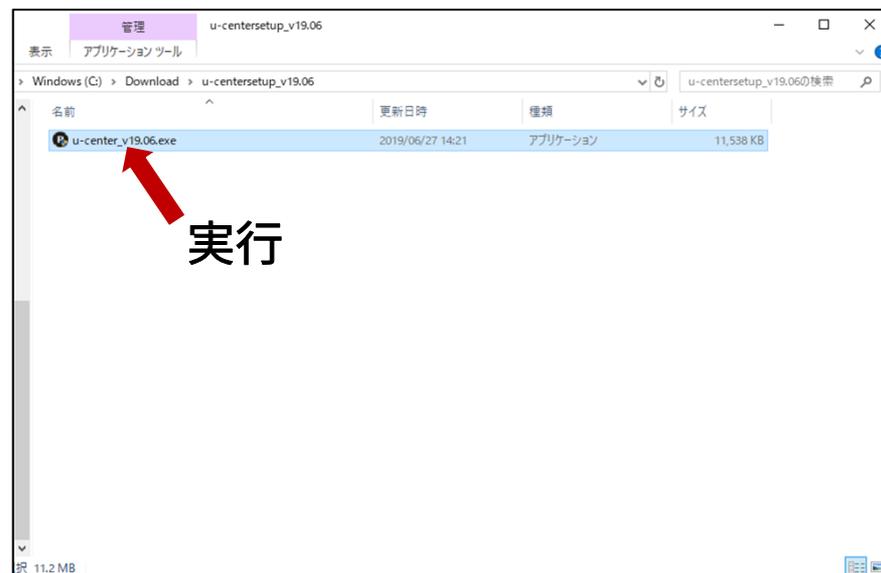
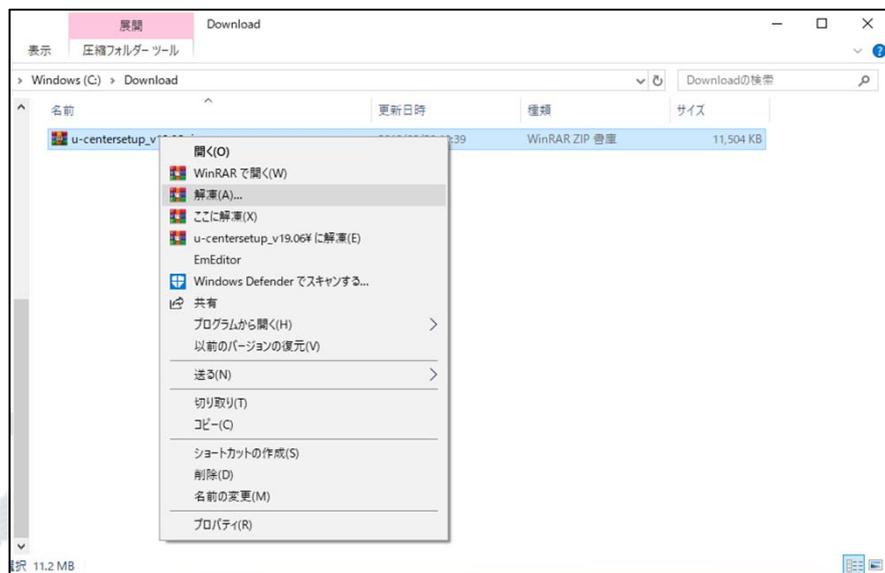
製品の説明 ドキュメントと資料

自動車、モバイル端末およびインフラストラクチャ・アプリケーション向けu-center GNSS評価ソフトウェアは、u-blox GNSSレシーバーの評価、性能解析および構成のための強力なツールを提供します。柔軟性の高いu-center GNSS評価ソフトウェアは、u-blox GNSSレシーバーの評



u-center導入 インストーラを解凍

- ダウンロードしたzipファイルを解凍
- 解凍フォルダ内の「u-center_v19.xx.exe」を実行



u-center導入 インストール作業実行

2019/09/06



- インストーラが起動
- 指示に従って進めていく

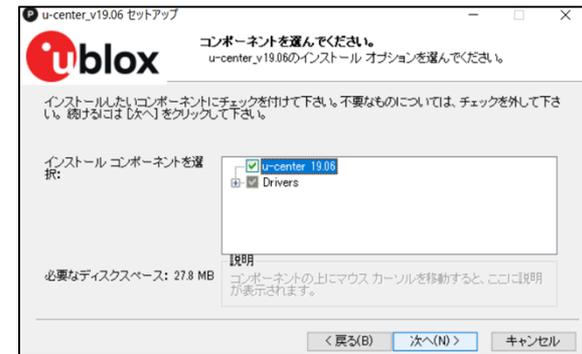
① 「次へ」



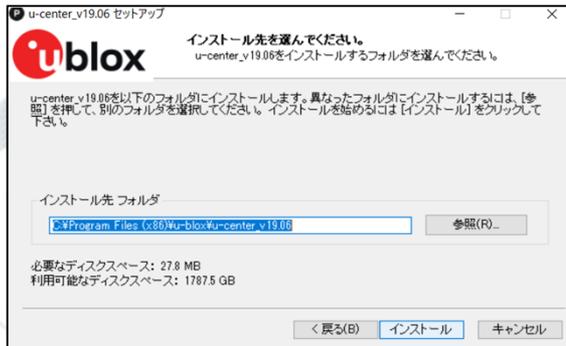
② 「同意する」



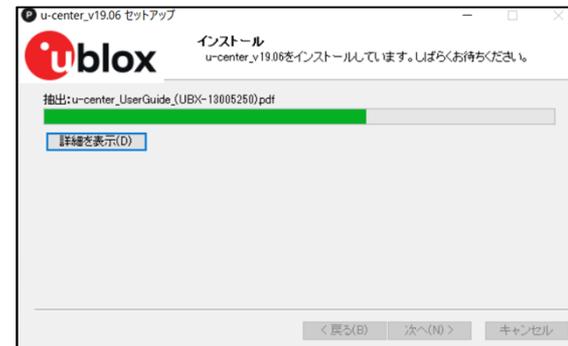
③ 「次へ」



④ 「インストール」



⑤ インストールが始まる



⑥ 「完了」



衛星測位演算ライブラリ RTKLIB

2019/09/06



- 主なソフトウェア（抜粋紹介）
 - **ストリームサーバ STRSVR**（CUIバージョンは **str2str**）
 - シリアル，TCP，NTRIP，ファイルへのデータストリーミング
 - **データ変換 RTKCONV**（同 **convbin**）
 - 衛星観測データファイルをRINEXフォーマットに変換
 - **リアルタイム測位演算 RTKNAVI**（同 **rtkrcv**）
 - シリアルやネットワークから衛星観測データを取得してリアルタイムに演算し，結果をファイルに保存したり，TCPなどで配信も可能
 - **後処理測位演算 RTKPOST**（同 **rnx2rtkp**）
 - RINEX形式の観測データから後処理キネマティック測位演算
 - **可視化支援 POS2KML**
 - RTKLIBでの測位結果（POSファイル）をKMLファイルに変換
 - Google MAPやGoogle Earth等のGUIソフトで測位結果の視覚化可能



RTKLIB導入

RTKLIBのウェブページ

- <http://www.rtklib.com>
- 上記URLよりRTKLIBの最新バージョンをダウンロード

Overview | [Release Notes](#) | [Support](#) | [Documents](#) | [References](#) | [Porting to BB](#) | [To Do](#) | [Statistics](#) | [SDR Receiver](#)

RTKLIB: An Open Source Program Package for GNSS Positioning

Download

Version	Date	Binary AP Package for Windows	Full Package with Source Programs
0.2.0	2006/12/16	-	rtklib_0.2.0.zip (2.8MB)
1.0.0	2007/01/25	-	rtklib_1.0.0.zip (10.5MB)
1.1.0	2007/03/20	-	rtklib_1.1.0.zip (6.2MB)
2.1.0	2008/07/15	-	rtklib_2.1.0.zip (22.9MB)
2.2.0	2009/01/31	rtklib_2.2.0_bin.zip (10.7MB)	rtklib_2.2.0.zip (23.4MB)
2.2.1	2009/05/17	rtklib_2.2.1_bin.zip (15.3MB)	rtklib_2.2.1.zip (30.6MB)
2.2.2	2009/09/07	rtklib_2.2.2_bin.zip (21.4MB)	rtklib_2.2.2.zip (33.8MB)
2.3.0	2009/12/17	rtklib_2.3.0_bin.zip (26.7MB)	rtklib_2.3.0.zip (35.8MB)
2.4.0	2010/08/08	rtklib_2.4.0_bin.zip (17.4MB)	rtklib_2.4.0.zip (26.5MB)
2.4.1	2011/06/11	rtklib_2.4.1_bin.zip (16.5MB)	rtklib_2.4.1.zip (26.4MB)
2.4.2	2013/04/29	rtklib_2.4.2_bin.zip (30.4MB)	rtklib_2.4.2.zip (55.2MB)

These are just old archives for recording. To download of the newest version, please visit the following GitHub links.

Version	Date	Binary APs for Windows	Source Programs and Data
2.4.2 p13	2018/01/29	GitHub	GitHub
2.4.3 b32	2019/05/13	GitHub	GitHub

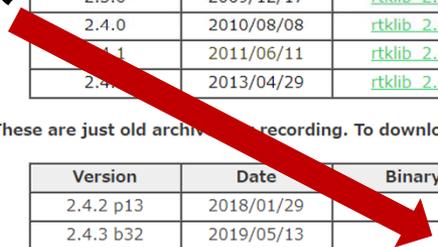
The 2.4.2 pXX is the stable version with the newest patches. The 2.4.3 bXX is the development or beta version with experimental implementations. Please refer the [support information](#) for bug and known problem list.

Tutorial and Demonstration

[GNSS-SDRLIB: Open Source GNSS Software Defined Radio Library](#) (SDR working with RTKLIB)

[Google play: RTKGPS+](#) (Android frontend of RTKLIB)

最新バージョンの
Windowsパッケージを選択



RTKLIB導入 最新版をダウンロード

2019/09/06



- 「Clone or Download」 ⇒ 「Download ZIP」
「RTKLIB_bin-rtklib_2.4.x.zip」をダウンロード

2019年8月19日時点で **b33** が最新

① Clone or Download

Clone or download

Download ZIP

This screenshot shows the GitHub repository page for 'tomojitakasu / RTKLIB_bin'. A red arrow points from the text '① Clone or Download' to the 'Clone or download' button. Another red arrow points from the 'Download ZIP' button to the text '② Download ZIP'.

③ 保存

Downloading...

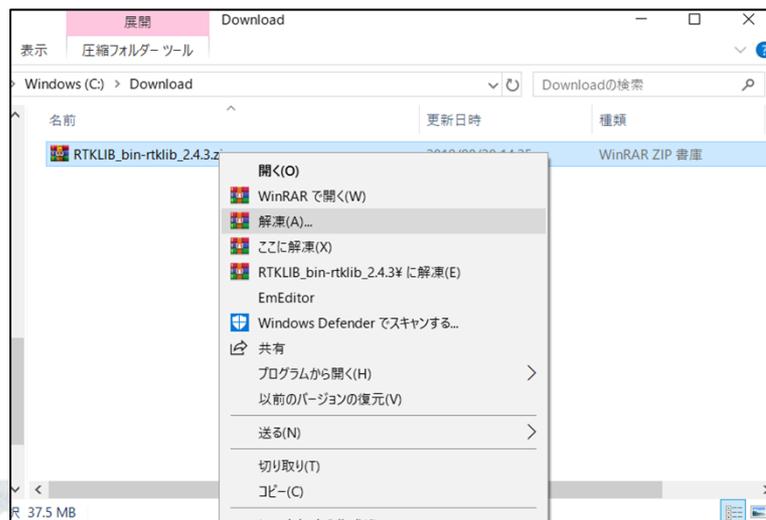
This screenshot shows the same GitHub repository page with a download dialog box open. The dialog box title is '[RTKLIB_bin-rtklib_2.4.3.zip]をダウンロードしますか?' and it contains the filename 'RTKLIB_bin-rtklib_2.4.3.zip'. A red arrow points from the text '③ 保存' to the '保存' (Save) button in the dialog. Below the dialog, a 'Downloading...' notification is visible.

② Download ZIP



RTKLIB導入 (Windows)

- ダウンロードしたzipファイルを解凍
- 解凍ファイル「RTKLIB_bin-rtklib_2.4.3」⇒「bin」
RTKLIBのアプリケーションが入っている



- Mac or UNIX系OS ではソースをダウンロードし、コンパイルする必要がある (GUIバージョンはなくCUIのみ)



u-bloxモジュールの準備

KEYWORDS

- u-blox社 GNSSモジュール ... ZED-F9P, NEO-M8T
- u-center

実施項目リスト

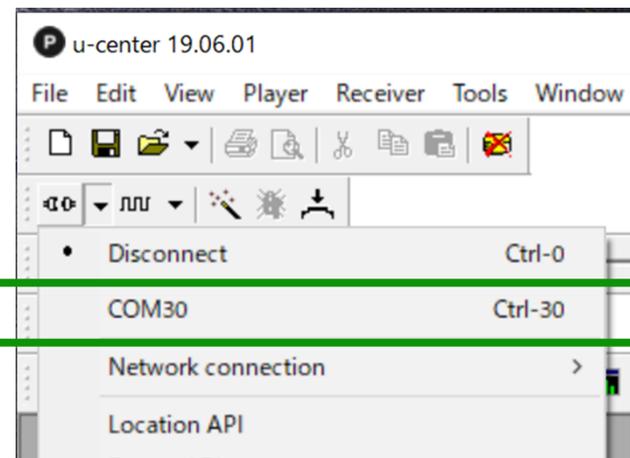
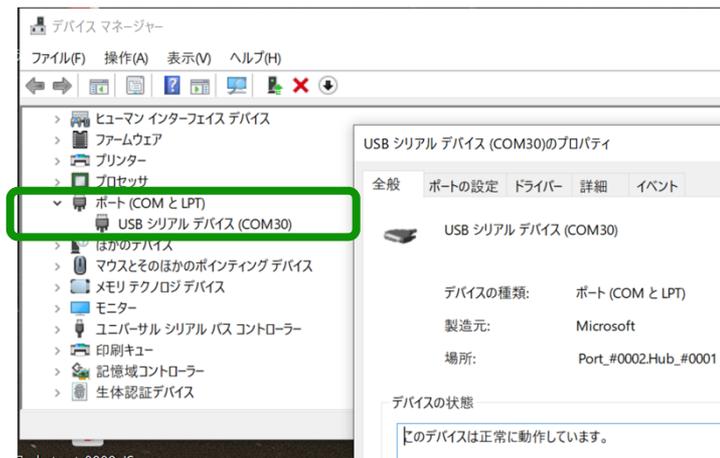


1. u-bloxモジュールをPCにシリアル通信デバイス（COMポート）として認識させる
2. u-centerを知る
3. u-bloxモジュールの**ファームウェアバージョン確認**
4. u-bloxモジュールの**ファームウェア更新**



1. u-bloxモジュールのPC接続

- デバイスマネージャを開く
- USBケーブルでPCとu-bloxモジュールを接続
- デバイスマネージャの「COMポート」の項目を開く
 - COMポートという文字が無い場合、デバイスドライバの変更（更新？）が必要
- u-centerを開き，接続されたCOMポートにアクセス



u-bloxモジュールがCOMポート に認識されない場合

2019/09/06



- 一度、USBを抜き、改めて接続してみる
 - これで認識されることもある
 - デバイスアイコン上に▲が表示されている場合に有効
- デバイスマネージャからドライバの再インストールをする

- デバイスのプロパティ
- ドライバの更新
- 「USBシリアルデバイス」を選択

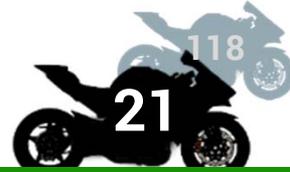




2. u-centerの概説

- u-blox GNSSモジュールの動作のモニタリング
 - 捕捉している衛星
 - 測位情報
- u-blox GNSSモジュールの設定変更
 - 使用する衛星選択
 - 測位間隔
 - 出力するメッセージの制御

u-centerの主なウィンドウ説明



- メニューバーから、「View」を展開

- 主に使う機能は次の3つ

■ Packet Console

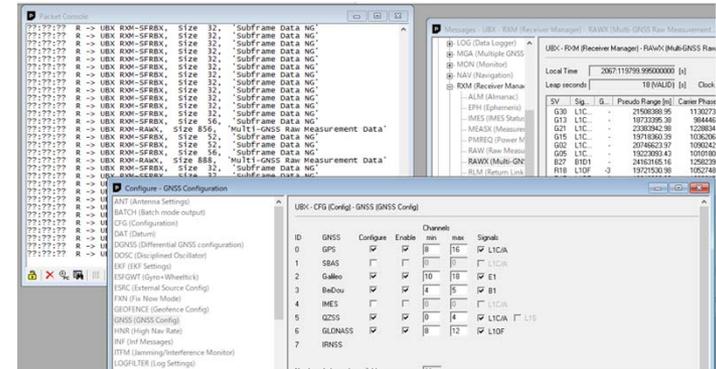
- USBポートに出力されたデータのデコード結果をみられる
- ubxバイナリデータかNMEAか、メッセージ長は何 Byteかの情報が表示

■ Message View

- ubxプロトコル形式のバイナリ、NMEAなど、メッセージパッケージ内の値を表示

■ Configuration View

- u-bloxモジュールの動作に関わる設定をGUI（チェックまたは値指定）で行う





NMEAメッセージとは

- GNSSモジュールが**測位演算した結果**を文字列として受け渡す標準フォーマット形式
 - National Marine Electronics Association による
- GPS/GNSSのNMEAメッセージ
 - NMEA0183
 - 形式によってさまざまな情報を得られる
 - 受信機の状態：GxGGA
 - 測位に有効な衛星情報：GxGSA
 - 衛星から取得した時刻情報：GxZDA ... など

UBXプロトコル



- u-blox社のGNSSモジュールで使われる観測データと設定データを表すデータ形式
 - GNSSモジュールの設定を変更するためにも使う
- 基本的にバイナリデータ
 - メッセージの意味を理解するにはデコードが必要
- UBXバイナリは**生の観測データ**を出力させることができ（モジュールに依る），次のデータに変換できる
 - UBX → RTCM
 - Realtime Kinematic（RTK）演算用の補正用データ
 - UBX → RINEX（OBS, NAV）
 - Kinematic（後処理）演算用の観測データ



u-bloxモジュールの設定

KEYWORDS

- u-blox社 GNSSモジュール ... ZED-F9P, NEO-M8T
- u-center



GNSSモジュールの設定手順

■ u-centerを起動し，各種設定を行う

1. GNSS

- 観測する衛星システムの選択

2. Rate

- 観測間隔の設定

3. Port

- u-bloxモジュールのデータ入出力ポートの設定

4. Message

- 出力するデータの種類の設定

5. Write Current Configuration to Flash Memory

Configuration Viewから モジュール設定を変える

2019/09/06



The screenshot shows the 'Configure - GNSS Configuration' window. On the left, a list of configuration categories is shown, with 'GNSS (GNSS Config)' highlighted in green. On the right, the 'GNSS (GNSS Config)' panel is shown, which includes a table of GNSS systems and their channel settings, and two input fields for the number of channels available and to use.

ID	GNSS	Configure	Enable	Channels min	Channels max	Signals
0	GPS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	8	16	<input checked="" type="checkbox"/> L1C/A
1	SBAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	0	<input type="checkbox"/> L1C/A
2	Galleo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	10	18	<input checked="" type="checkbox"/> E1
3	BeiDou	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	4	5	<input checked="" type="checkbox"/> B1
4	IMES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	0	<input type="checkbox"/> L1C/A
5	QZSS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	4	<input checked="" type="checkbox"/> L1C/A <input type="checkbox"/> L1S
6	GLONASS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	8	12	<input checked="" type="checkbox"/> L10F
7	IRNSS					

Number of channels available:
Number of channels to use: Auto set

For specific SBAS configuration use

設定項目リスト

詳細設定パネル

設定項目1: GNSS (GNSS config)



■ ZED-F9Pの場合

- GPS, Galileo, BeiDou, QZSS, GLONASS のEnableを有効

■ M8Tの場合

- BeiDouとGLONASSは排他利用
- BeiDouのEnableを無効
- GLONASSのEnableを有効

➡ 後に使う国土地理院の電子基準点
 点がBeiDouに対応していないため。
 独自基準局をつかうときはBeiDou
 の方を使ってもよい。

UBX - CFG (Config) - GNSS (GNSS Config)

ID	GNSS	Configure	Enable	Channels		Signals
				min	max	
0	GPS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	8	16	<input checked="" type="checkbox"/> L1C/A
1	SBAS	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	0	<input type="checkbox"/> L1C/A
2	Galileo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	10	18	<input checked="" type="checkbox"/> E1
3	BeiDou	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	4	5	<input checked="" type="checkbox"/> B1
4	IMES	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	0	<input type="checkbox"/> L1C/A
5	QZSS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	3	<input checked="" type="checkbox"/> L1C/A <input type="checkbox"/> L1S
6	GLONASS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	8	12	<input checked="" type="checkbox"/> L10F
7	IRNSS					

ID	GNSS	Configure	Enable	min	max	Signals
1	SBAS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1	3	<input checked="" type="checkbox"/> L1C/A
2	Galileo	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	4	8	<input checked="" type="checkbox"/> E1
3	BeiDou	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	8	16	<input checked="" type="checkbox"/> B1
4	IMES	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0	8	<input checked="" type="checkbox"/> L1C/A
5	QZSS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0	3	<input checked="" type="checkbox"/> L1C/A <input type="checkbox"/> L1S
6	GLONASS	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	8	14	<input checked="" type="checkbox"/> L10F
7	IRNSS					

Number of channels available

32

Number of channels to use

32

 Auto set

For specific SBAS configuration use

設定項目 2 : RATE (Rates)



- モジュールの計測間隔（メッセージ出力間隔）を変更する
 - デフォルトの設定では，計測間隔が **1 Hz**
 - 今回は **5 Hz** にするために「**Measurement Period**」を「**200**」にする
 - 2周波のデータは日本ではオープンスカイだと1エポック最大 2 KB 程度

UBX - CFG (Config) - RATE (Rates)

Time Source Measurement Period [ms]Measurement Frequency [Hz]Navigation Rate [cyc]Navigation Frequency [Hz]

UBX - CFG (Config) - RATE (Rates)

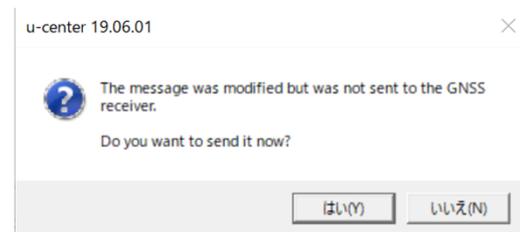
Time Source Measurement Period [ms]Measurement Frequency [Hz]Navigation Rate [cyc]Navigation Frequency [Hz]

【重要な操作】 設定をコマンドとして モジュールに送信

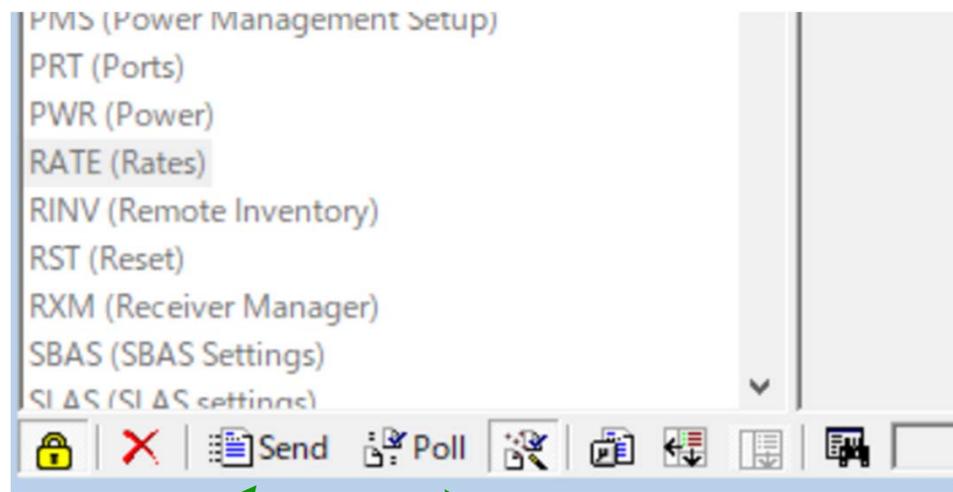
2019/09/06



- 詳細設定パネルの値を変更しただけではモジュール側の設定は**変更されていない**
- configure ウィンドウの左下の「**Send**」を押すことで、本体に変更命令が送られる
 - 設定変更後に「Send」が押されていない場合
次のようなメッセージは一応表示される
- 変更されたか確認
 - 「**Poll**」を押すことで、モジュールに設定されている値を
要求し確認することができる



SendボタンとPollボタン



Sendボタン

Pollボタン

設定項目 3 : PRT (Ports)



- F9Pモジュールにはデータ入出力ポートとして、**USB**、**I2C**、**UART1**、**UART2**、**SPI** の5つのポートが用意されている
- 今回使用するポートは、**USB** である
 - USB ... 今回はu-centerから設定書き込み，strsvrでの観測データのロギングに使用
 - UART, I2C, SPI ... マイコンでロギングしたりする場合に使用し，今回はなし
- 以降のスライドの設定を行い，各ターゲットの設定変更ごとに「Send」を押して適用する

設定項目 3 : PRT (Ports) USB

2019/09/06



- USBの設定は基本デフォルトから変更しなくてよい
 - 少なくとも Protocol in/out にUBX があることを確認
 - Protocol in から UBX を外すと u-center を使って以後の設定ができなくなるので厳禁



UBX - CFG (Config) - PRT (Ports)

Target	3 - USB
Protocol in	0+1+5 - UBX+NMEA+RTCM3
Protocol out	0+1+5 - UBX+NMEA+RTCM3

設定項目 3 : PRT (Ports) 使わないポートは none に

2019/09/06



- データ出力機能をオフにしていなければ、使っていないポートでも送信バッファ溢れが起こって内部の処理が滞ることがある
 - USBで使うときは問題が起きることは少ない
 - 気になるなら UART1, UART2, SPI, I2C の入出力を none にしておく

UBX - CFG (Config) - PRT (Ports)

Target	0 - I2C
Protocol in	none
Protocol out	none

UBX - CFG (Config) - PRT (Ports)

Target	4 - SPI
Protocol in	none
Protocol out	none



設定項目4: MSG (Message)

- u-bloxモジュールから出力できる「NMEA」や「ubxプロトコルデータ」など、**各種メッセージの出力制御命令**を送って設定する
- Kinematic測位に必要なデータの出力設定を追加する



設定項目4：MSG（Message） 出力するメッセージの選定

2019/09/06



- Kinematic測位に必要なデータ
 - **02-15 RXM-RAWX**：搬送波位相観測データ
 - 1エポックで1～2KB（捕捉衛星数に依存）
 - **02-13 RXM-SFRBX**：各衛星の航法データ
 - 1秒で1～2KB前後（捕捉衛星数に依存）
- 航法データは基準局，移動局で同一のものが取得できるのでいずれ一方でロギングすればよい
 - 両方でもよい
- 移動局は観測間隔が短くてデータが多いので，余裕のある基準局側で取得することを推奨

設定項目4 : MSG (Message)

UART への出力

2019/09/06



- Configuration View で，設定を再開する
- **02-15 RXM-RAWX** と **02-13 RXM-SFRBX** を有効にする
 - USBにチェックを入れる
 - 「Send」 ボタンを押す

UBX - CFG (Config) - MSG (Messages)

Message

02-15 RXM-RAWX

I2C

On

0

UART1

On

0

UART2

On

0

USB

On

1

SPI

On

0





モジュール再起動後も 現在の設定を引き継がせる

- 各種設定を「Send」ボタンで送信し適用してきた
- 現状態の設定は，u-bloxモジュールへの電源供給を切るとリセットされる
- 再起動時は，FLASHメモリのデータが読み込まれる



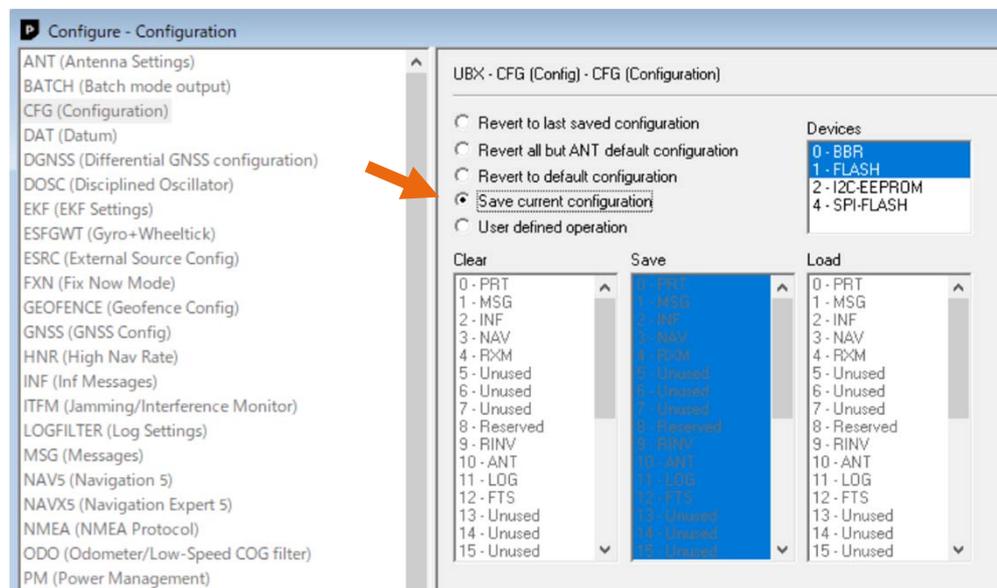
**内部FLASHメモリに現状態の設定を
上書きする操作が必要**

設定項目：現設定を不揮発メモリ に書きこむ

2019/09/06



- CFG (Configuration) を開き，「**Save current configuration**」にチェック
- これまでのように「**Send**」ボタンを押し，
コマンド送信
- 念のため数回押す



移動局側 u-blox モジュールの 設定終了

2019/09/06



- 不揮発性メモリに設定を現設定を上書きする操作をした後であれば、USBを抜いても良い
- もう一度USBを差し Configuration View をみると、先に設定した内容が残った状態になっているのを確認する





モジュールがちゃんと動作しているかの確認

- 選択した衛星システムが取れているか，RATEで設定した更新間隔でモジュールが動いているかどうかはu-center に接続して確認できる
- u-center の View に情報がリアルタイムで表示されていなくても，正しく動いていないとは限らない
 - 例えば USB の Protocol out と Message の設定で UBX と **01-30 NAV-SV-INFO**，または NMEA と GxGSV が ON になっていない場合，u-center の GUI に衛星情報は表示されない
- モジュールがちゃんと動いているかをまず確認する場合は，確認したい MSG について USB のチェックボックスも ON にしておく

基準局側 u-blox モジュールの 設定

2019/09/06



- 基本的に移動局側と同じでよい
- RATE は移動局と基準局で合っていると好ましいが，基準局は 1Hz でも十分
- 経験的に移動体測位では補正情報が5秒以上遅れるときつい



u-blox社 GNSSモジュール F9P用 プロトコルリファレンス

2019/09/06



- Configure View や Message View で見てきた ubx プロトコル形式の制御コマンドやメッセージ仕様書（公式資料）

- https://www.u-blox.com/sites/default/files/u-blox_ZED-F9P_InterfaceDescription_%28UBX-18010854%29.pdf





RTK測位ことはじめ



RTK測位の手順

■ 前準備

- 基準局を固定し，その場所の位置を求める

■ リアルタイム測位

1. 基準局は観測するデータをネットワーク経由で配信
 - TCPサーバ機能で中継（RTKLIBのストリームサーバ STRSVR）
 - NTRIPサーバで補正情報配信（rtk2go.com:2101）
 - 既に他者が配信しているのを使ってもいい
2. 移動局は，基準局の補正情報を得ながら，自身の観測データを元にRTK測位演算アプリ（RTKLIBのRTKNAVI）で演算

■ 後処理測位

1. 基準局と移動局の観測データをロギング
 - u-center または RTKLIB のストームサーバ STRSVR
2. 後処理演算ライブラリ（RTKLIBのRTKPOST）で測位演算をする

水明館基準局につないでみる



- 基準局はできるだけオープンスカイに置く
 - 下呂温泉は山が多い，平らな広い場所がない
 - 意外と建物が多い
- SaprkfunのGPS-RTK2ボードにWioLTEをつなげて
rtk2go.com:2101/SWEST21
に送っています



RTKLIB



- フリーでオープンソースのGNSS測位計算用ソフトウェア
- MS Windows または GNU/Linux 上で動作
- ここではまず次の2つのアプリケーションプログラムを紹介
 - STRSVR：ストリームサーバ
 - TCP通信のサーバ機能，クライアント機能
 - データの中継，ロギング
 - RTKNAVI：リアルタイム測位演算アプリケーション
 - STRSVRの機能も一部含み，同時にロギングも可能

フォルダ構成と実行ファイル



- RTKLIB_*/ というフォルダの下
 - bin/ : 実行ファイルが置いてある
 - ソースコードからコンパイルした場合は app/ソフト名/gcc に実行ファイルができる
- RTKLIB_*/bin/rtklaunch.exe を実行すると、全ての利用可能なプログラムへのランチャーが立ち上がる



改めて水明館基準局につないでみる

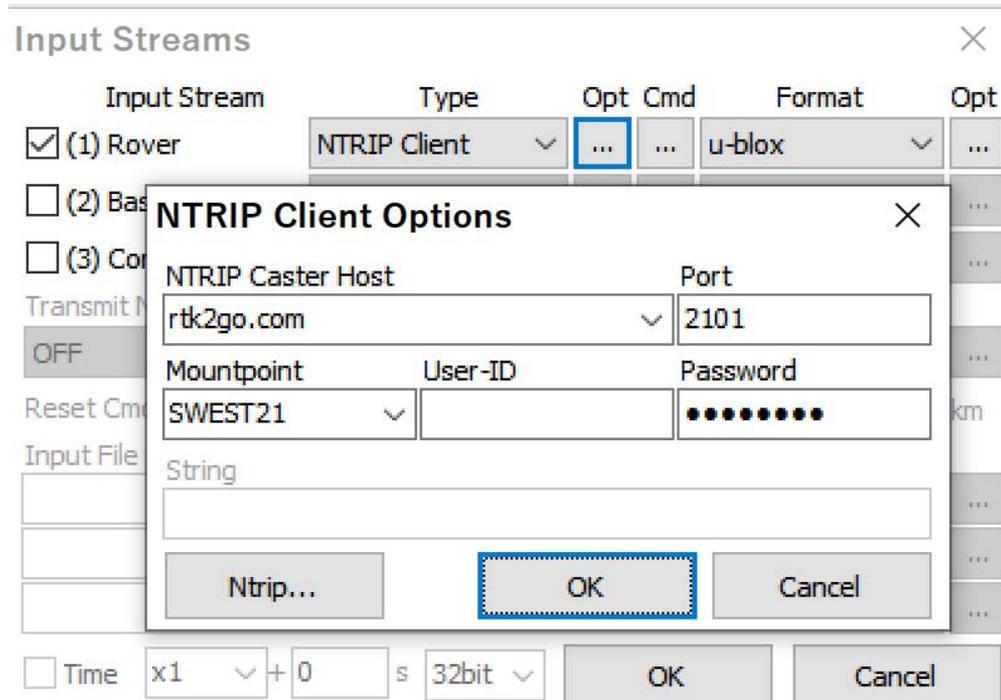
2019/09/06



- (1) Rover の Type を NTRIP Client にし、
Opt で Host:Port を rtk2go.com:2101 に、
Mountpoint を SWEST21 に

User-ID はなし、
Password は
BETATEST にする

- Format は u-blox
にする

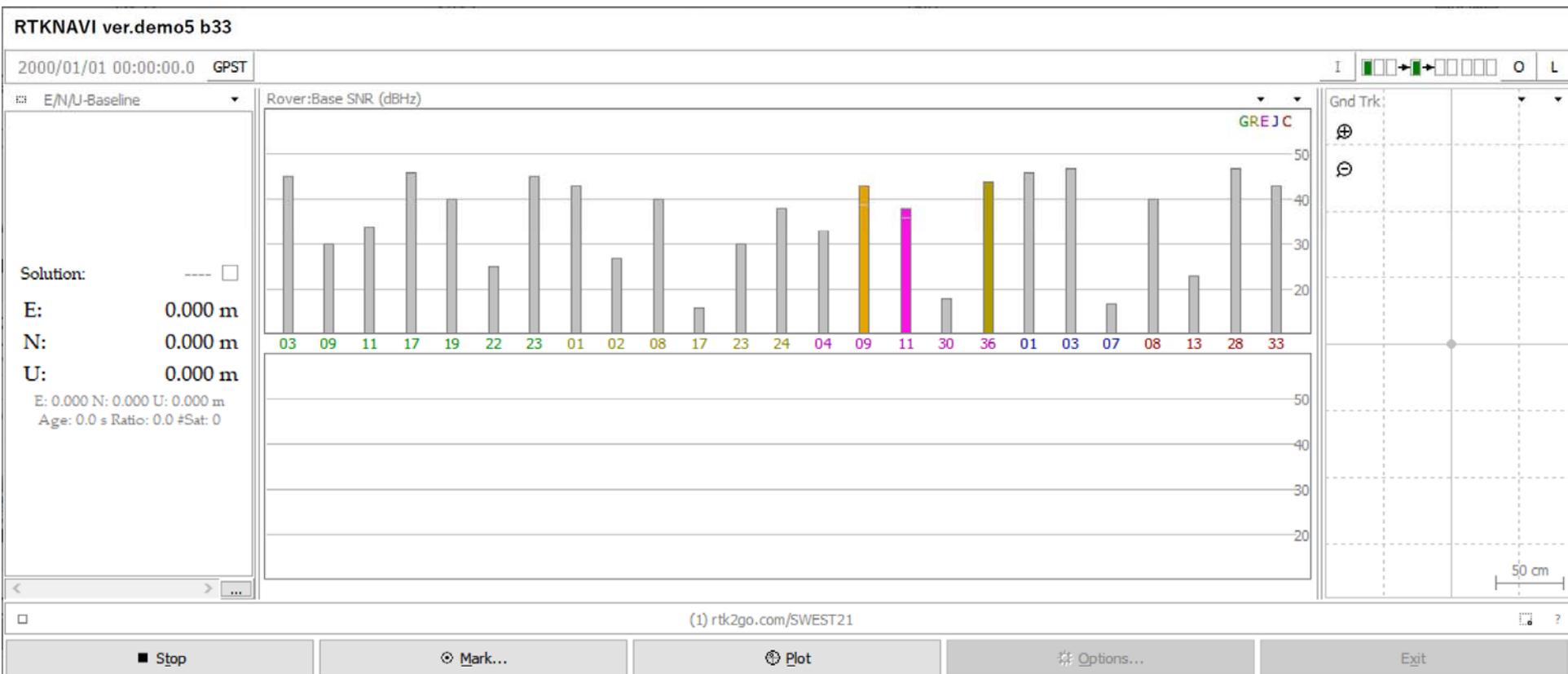


改めて水明館基準局につないでみる

2019/09/06



- Start を押し，うまくつながると，観測している衛星と信号強度がでる



改めて水明館基準局につないでみる

2019/09/06



- いったん Stop で止める
- Option で設定して Start し，基準局の位置を計算してみる

■ とりあえずは単独測位

- Positioning Mode は Single

- 下の使用システムにはすべてチェックを入れる

- GPS：米国
- GLO：ロシア
- Galileo：EU
- QZSS：日本
- BeiDou：中国

Options

Setting1 Setting2 Output Statistics Positions Files Misc

Positioning Mode Single

Frequencies / Filter Type L1+L2 Forward

Elevation Mask (°) / SNR Mask (dbHz) 25 ...

Rec Dynamics / Earth Tides Correction OFF OFF

Ionosphere Correction Broadcast

Troposphere Correction Saastamoinen

Satellite Ephemeris/Clock Broadcast

Sat PCV Rec PCV PhWU Rej Ed RAIM FDE DBCorr

Excluded Satellites (+PRN: Included)

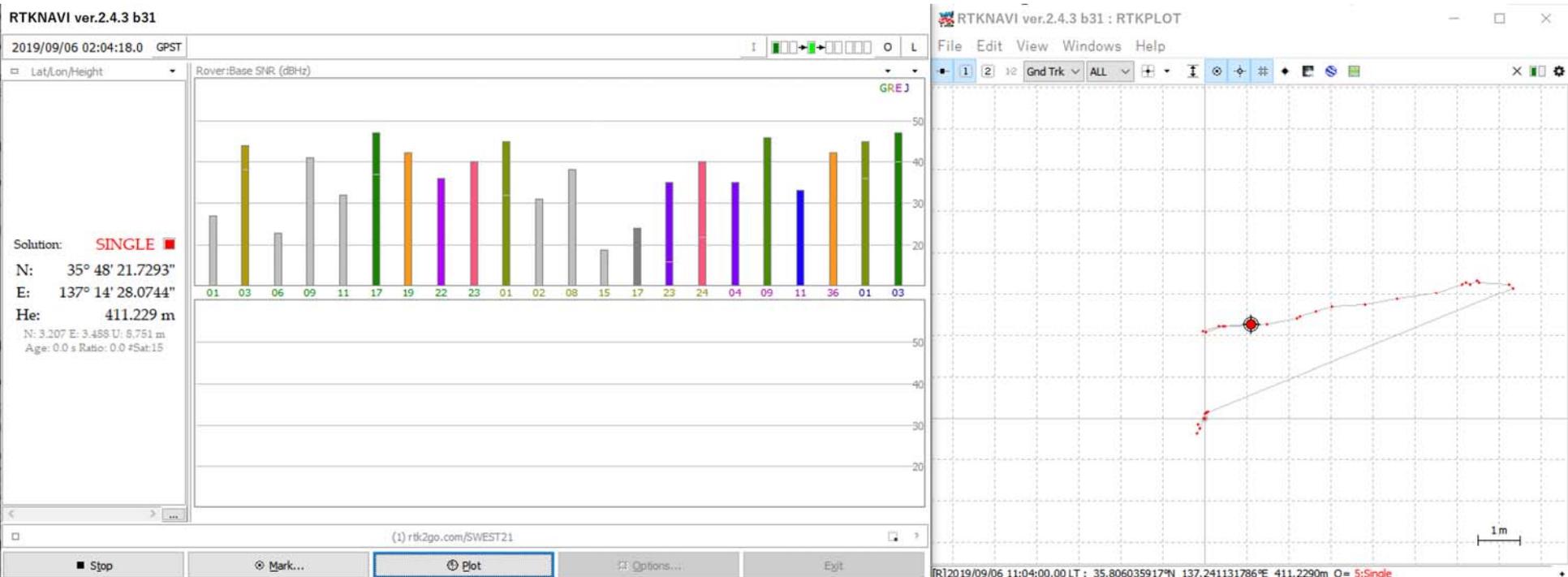
GPS GLO Galileo QZSS SBAS BeiDou IRNSS

Load Save OK Cancel

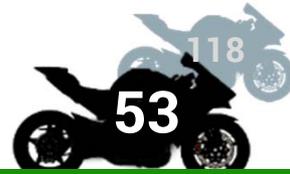
水明館基準局の位置を単独測位



- Startしてしばらくすると位置が求まってくる
 - 信号強度が色つきになったら，衛星の位置が分かって測位に使われるようになった印
- Plot を押すと測位結果が出てくる



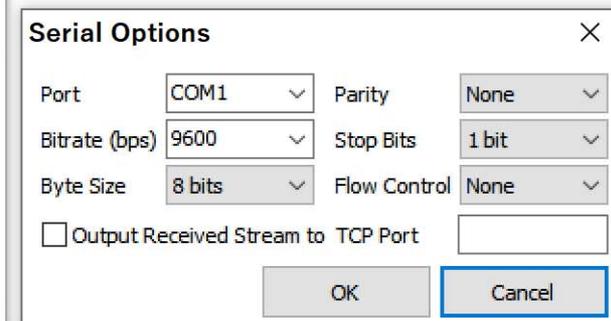
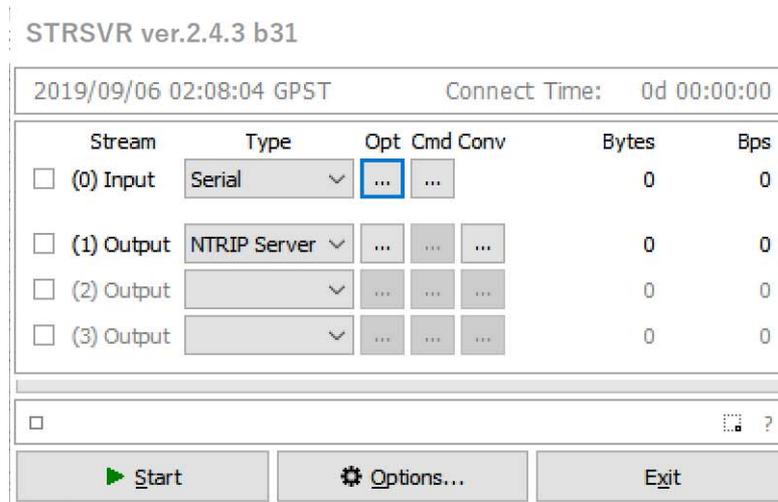
SVRSTR : ストリームサーバ



- TCP通信のサーバ機能, クライアント機能
- データの中継, ロギング



- USBでつながったGNSSモジュールのデータをCOMポートから取得



- ファイルにも保存できる

- TCP/NTRIPサーバクライアントとして外部に中継可能

自前で作った基準局のデータを配信するには？

2019/09/06



- STRSVRを使う
 - Input: COM ポート (GNSS モジュールのデータ)
 - Output: TCP サーバを立ち上げる設定でもいいし、外部の NTRIP サーバにつないでも良い
- 外部のフリーな NTRIPサーバ
 - rtk2go.com:2101
 - ユーザ名なし, パスワード BETATEST
 - マウントポイントに分かりやすい名前をつける
 - ウェブページを読んで節度を持って使いましょう

他者が用意しているリアルタイム配信基準局データ

2019/09/06



- rtk2go.com を使っている人で近隣の人を見つける
- 国内であれば善意の基準局掲示板を参照する
 - <http://rtk.silentsystem.jp/>





データロギング

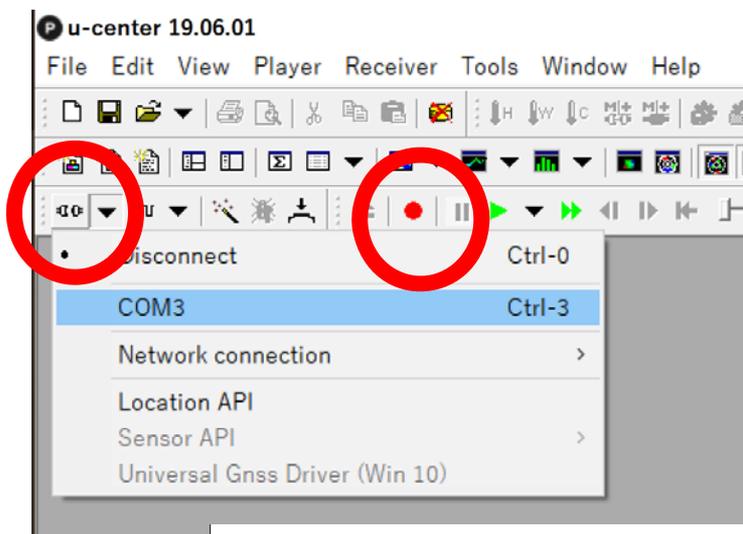
USBポートのGNSSモジュールの データロギング

2019/09/06



■ u-center を使う

- Portをコネクトし、
RECでロギング

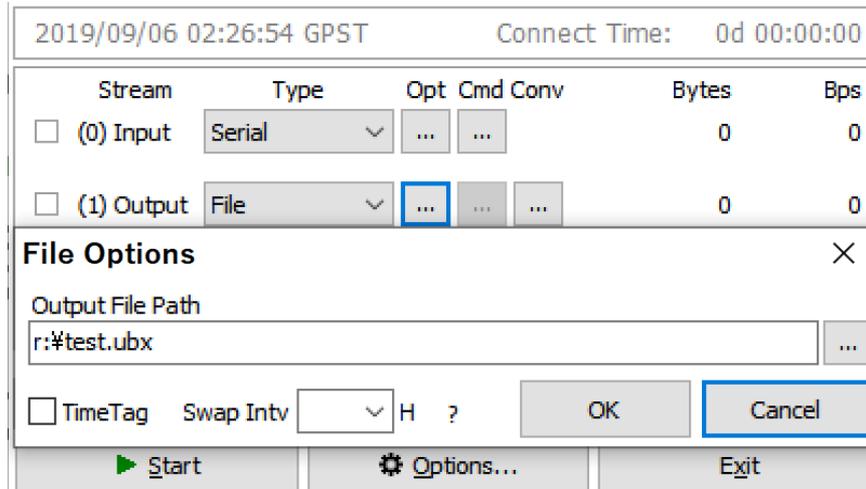


■ STRSVRを使う

- Output を File にする

- ファイル名を
%y%m%d-%h%M%S.pos のように
すると、ロギング開始時刻が
入るので便利

STRSVR ver.2.4.3 b31





RTKLIB による後処理 Kinematic 測位演算

KEYWORDS

- RTKLIB RTKPOST

実験データの処理手順

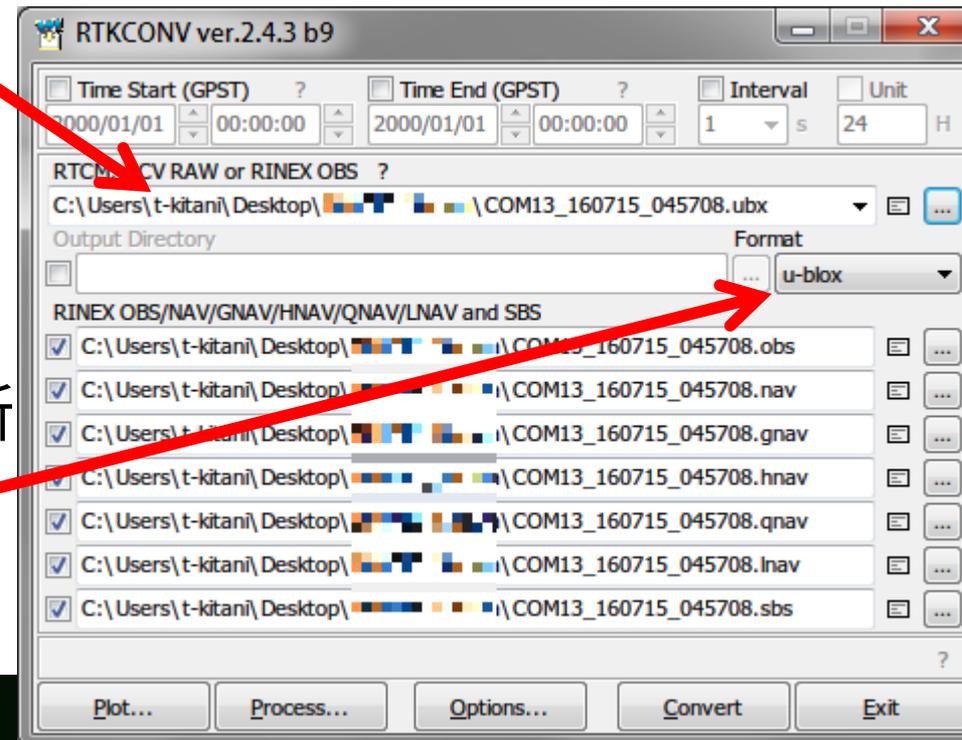


1. u-blox 受信機からのバイナリデータ（拡張子 .ubx）を RTKCONV で変換し，観測データ（.obs）（と航法データ（.*nav））を得る
2. RTKPOST に，対象の観測データ・基準局の観測データ・共通の航法データを入力し，測位演算結果（.pos）を得る
 - RTKPOSTのオプションの設定が演算結果に大きく影響
3. RTKPLOT で .pos を表示



RTKCONV : ファイルの指定

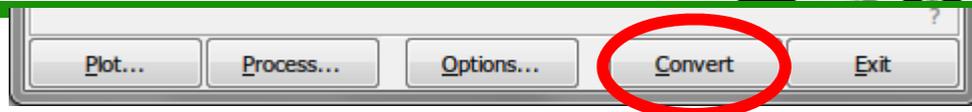
- rtkconv.exe を起動
- .ubx ファイルを指定
 - 出力ファイルは、デフォルトで指定される
 - 必要に応じてファイル名を変える
 - .obs は観測データ（搬送波位相等のデータ）
 - .*nav/.sbs は衛星の位置データ
- Format: Autoで拡張子で判断
 - うまくいかないときは ubx なら u-blox と指定



RTKCONV : Optionsの設定



- Convert で変換開始



- Options の設定

- RINEX Version は 2.12 以上 (QZSSに対応)

- 3.03 がお勧め (3.X は可読性が高く, *.nav が1つに集約される)

- Satellite Systems は使用する GNSS にチェックを入れる

- 全選択で問題ない

- Excluded Satellites で特定の衛星を除外可能

- 例 : J01 で準天頂衛星#1を除外

- Observation Types や Frequencies は全選択で OK

Options

RINEX Ver Sep NAV Station ID RINEX2 Name

RunBy/Obsv/Agency

Comment

Maker Name/#/Type

Rec #/Type/Vers

Ant #/Type

Approx Pos XYZ

Ant Delta H/E/N

Scan Obs Types Half Cyc Corr Iono Corr Time Corr Leap Sec

Satellite Systems GPS GLO GAL QZS SBS BDS IRN Excluded Satellites

Observation Types C L D S Frequencies L1 L2 E5b L5 E6 E5ab S Mask...

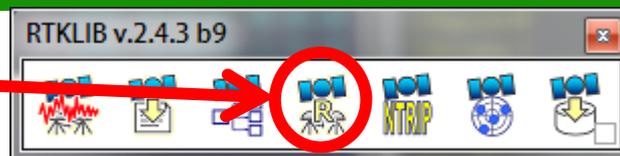
Receiver Options

Time Tolerance (s) Debug

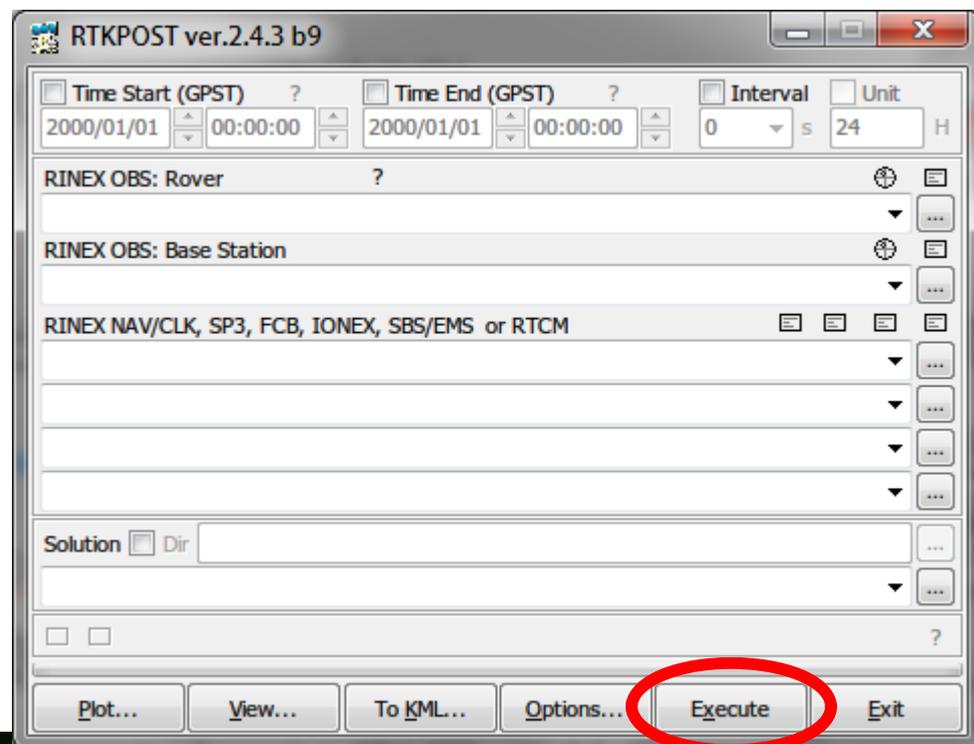


RTKPOST : ファイルの指定

- rtkpost.exe を起動



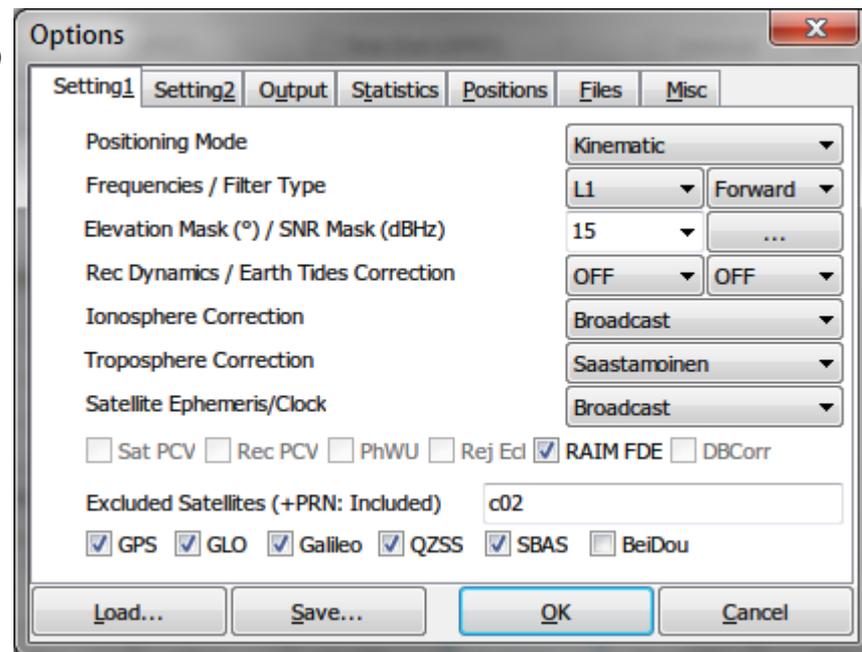
- RINEX OBS: Rover には計測対象の観測データ (.obs) を設定
- RTK測位をする場合は, RINEX OBS: Base Station に基準局の観測データを指定
 - RTK測位しないときは空欄でOK
- RINEX NAV には, 各 GNSS の航法データ (*.nav) を指定
 - 利用する全ての GNSS について航法データが必要
- Options (後述) を設定して Execute を押せばよい



RTKPOST Options : Setting1 (1)



- 言及ないものは基本的にデフォルトでOK
- Positioning Mode は Kinematic
 - Single は一般的な単独測位（基準局情報を使わない）
 - Kinematic は移動体の位置を基準局情報を使って高精度測位
 - Static は同じく静止物（独自基準点とか）の位置を高精度測位
- Frequencies は，2周波測位を行うので「L1・L2・L5」



RTKPOST Options : Setting1 (2)

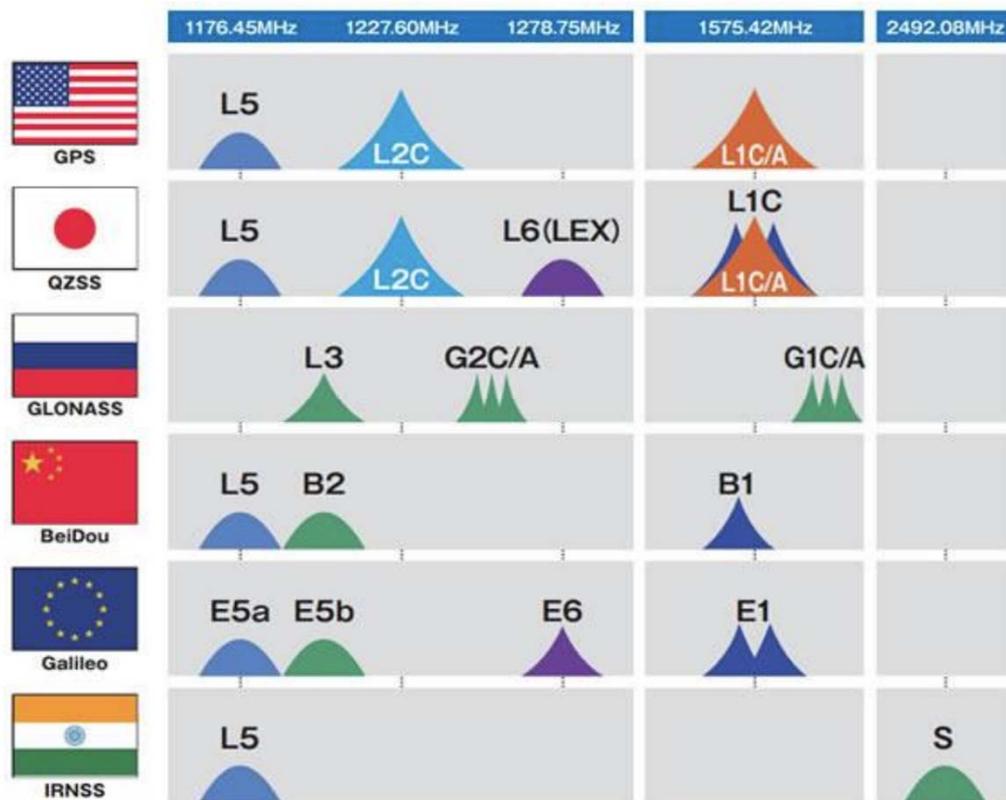


- Filter type は「**Combine**」
 - Forward は時系列順に測位解を算出する
 - Backward は逆事例列順に測位解を算出する
 - Combine は Forward と Backward の両方の解を照合し算出（後処理ではこれでよいが演算時間は2倍になる）
- **RAIM FDE** は明らかに測位演算に悪影響を与える衛星を排除するアルゴリズムの利用に**チェック**
- 使用する衛星システムの ON/OFF はチェックボックスを使う

2周波測位演算にL5を含める理由



- 各衛星の搬送波位相値の周波数帯は
RTKCONV で変換後に分かる





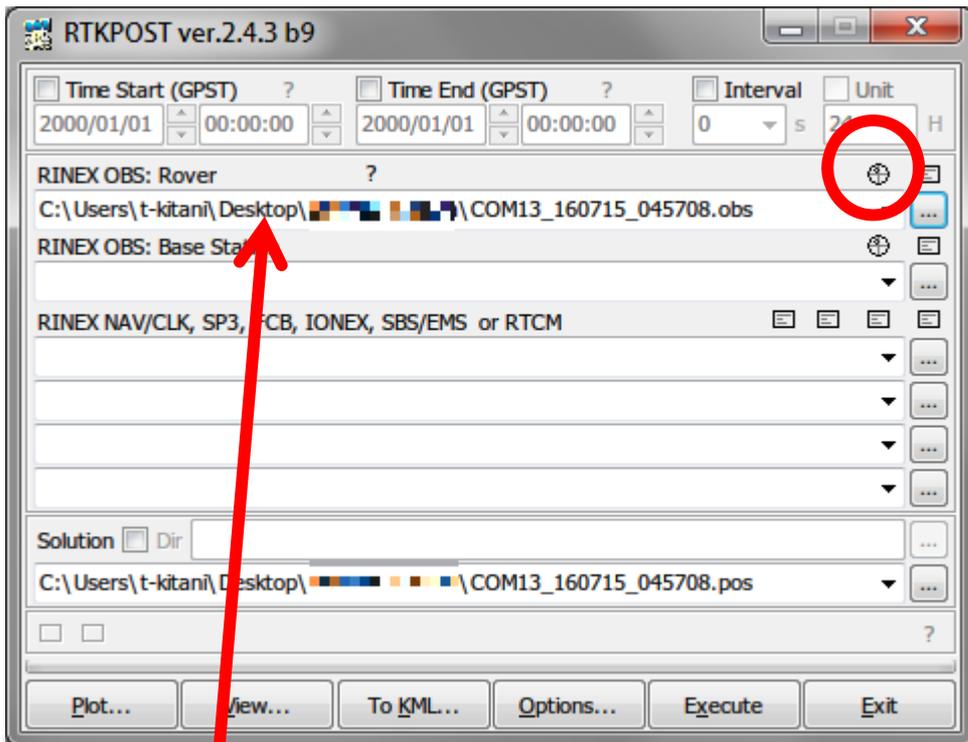
EI-Mask / SNR Mask (1)

- Elevation Mask / SNR Mask とは
 - Elevation Mask（仰角マスク）とは，どの仰角までの衛星を測位計算から除外するか
 - 低空の衛星は直接信号を受信できないことが多いため
 - 15～40度ぐらいを指定することが多い
 - SNR マスクとは，信号ノイズ比
 - SNR が低くなる反射波を除外するために設定する
 - 25～45dB を指定することが多いが，受信機やアンテナの性能によって異なる

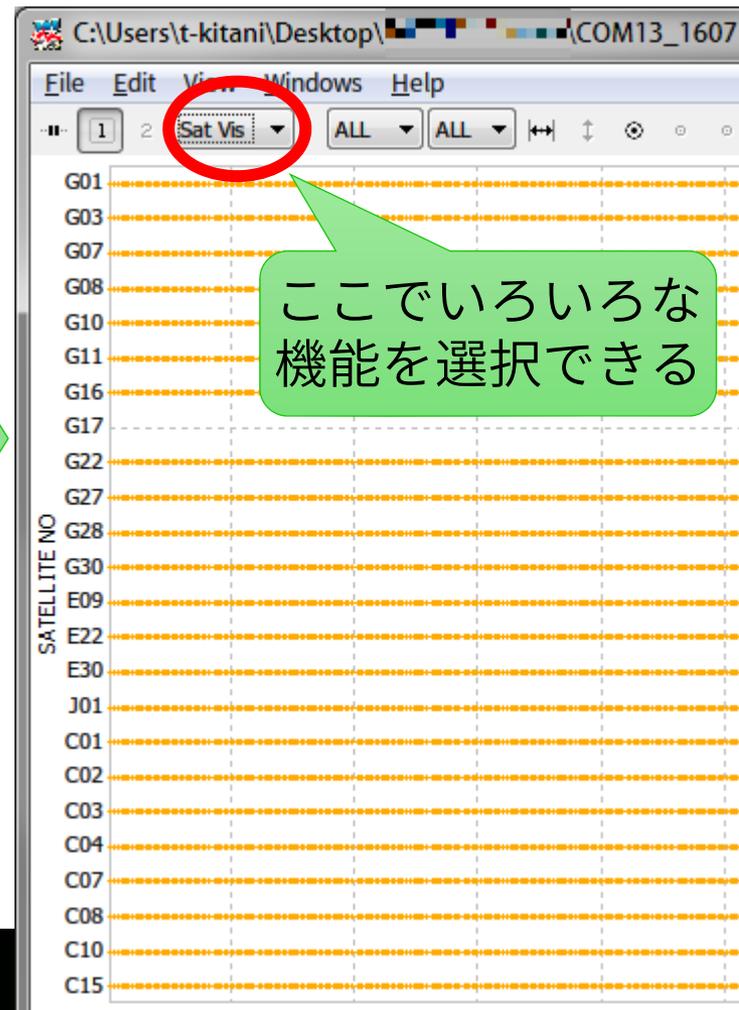


EI-Mask / SNR Mask (2)

■ Elevation Mask / SNR Mask の決め方

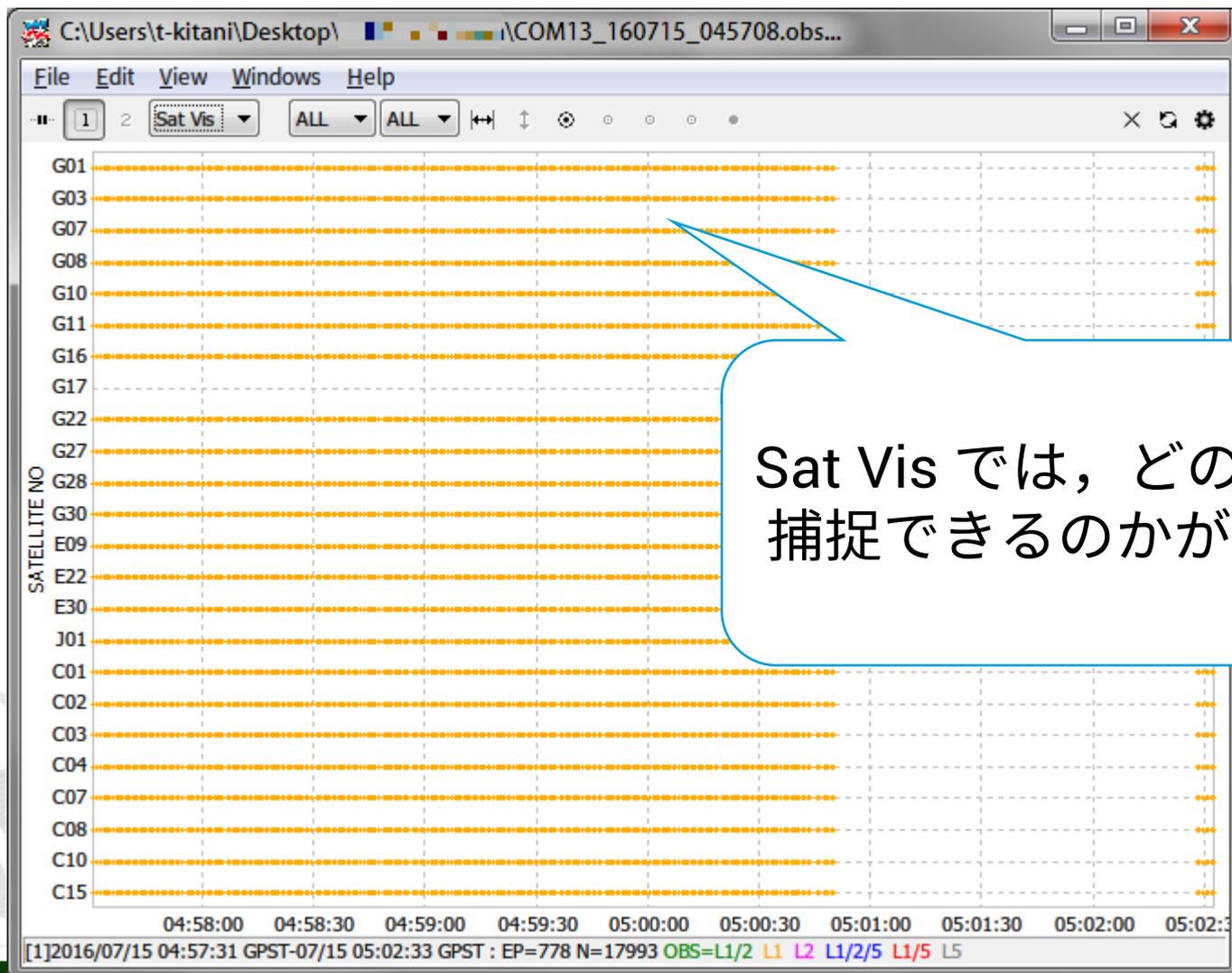
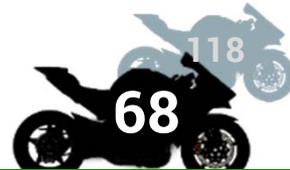


ここに観測データを指定して
赤丸のボタンを押すと，解析できる

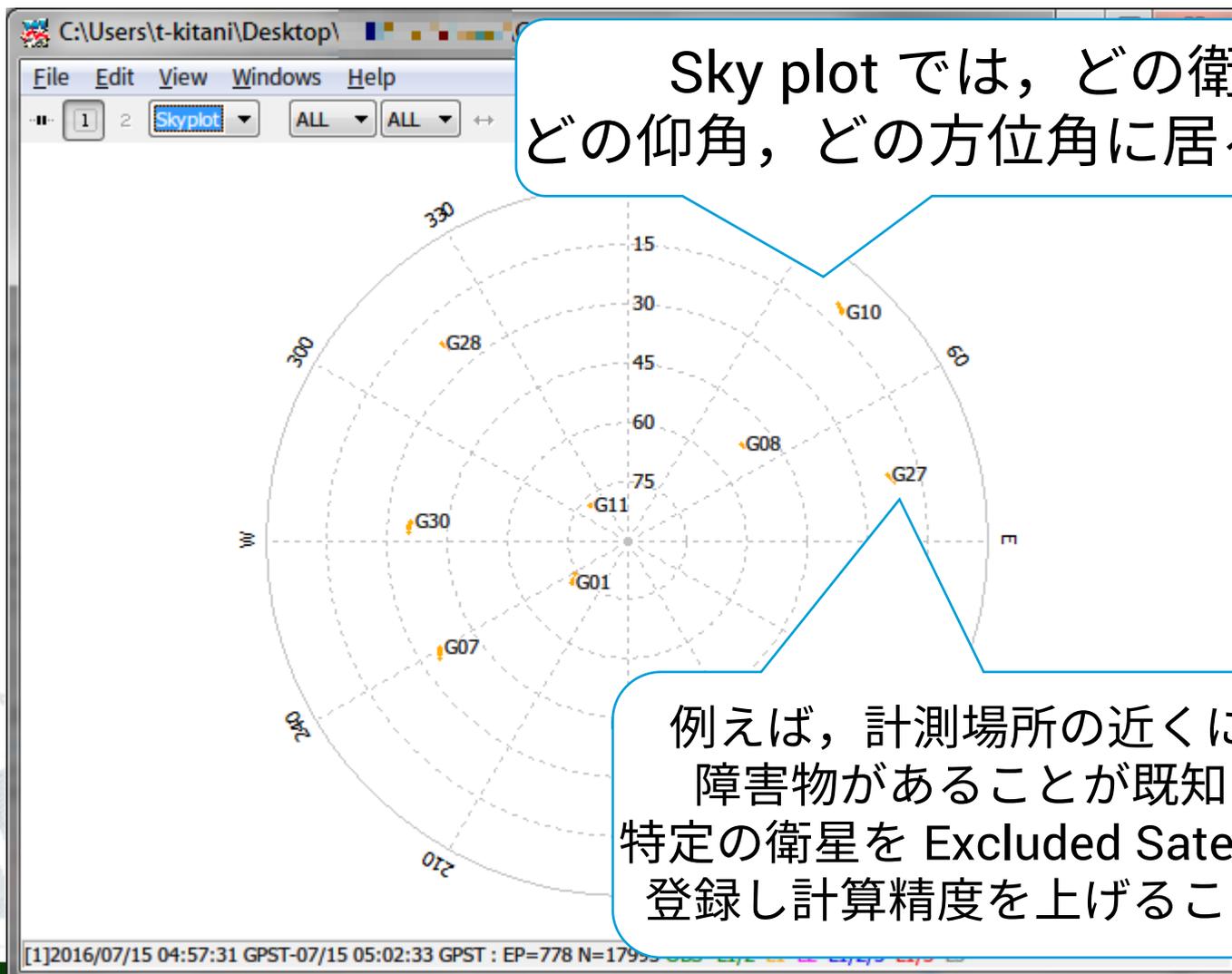


ここでいろいろな
機能を選択できる

EI-Mask / SNR Mask (3)

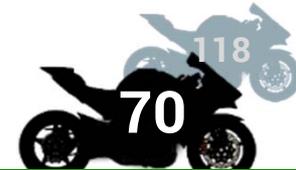


EI-Mask / SNR Mask (4)



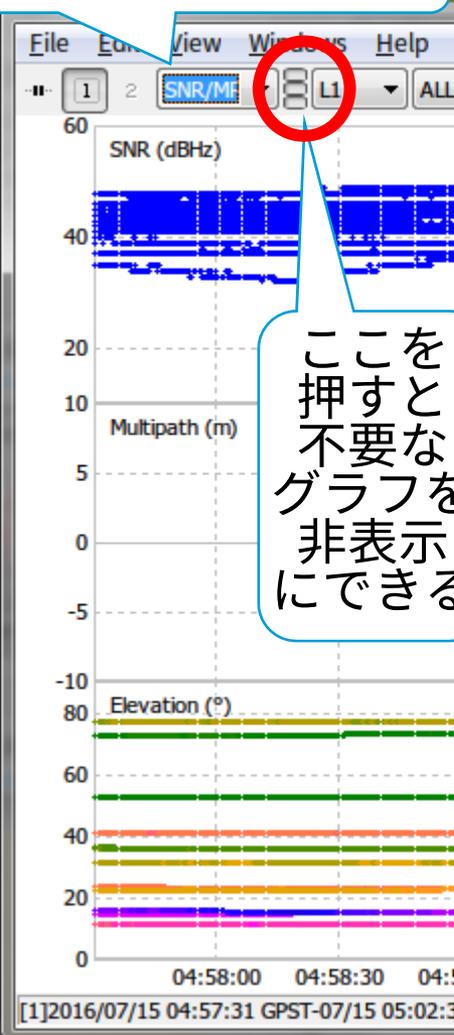
Sky plot では、どの衛星が
どの仰角、どの方位角に居るか分かる

例えば、計測場所の近くに建物等の
障害物があることが既知の場合、
特定の衛星を Excluded Satellites として
登録し計算精度を上げることができる



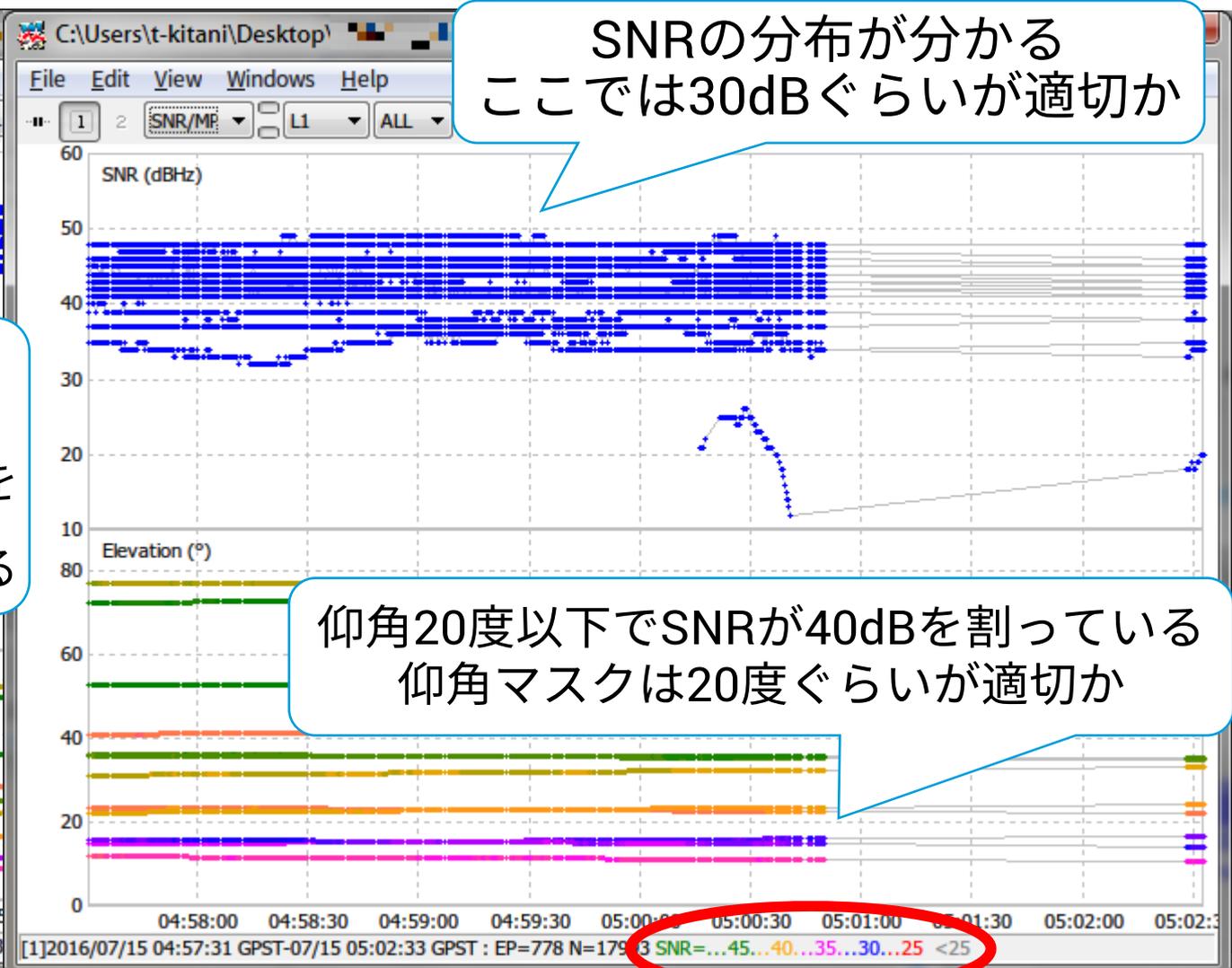
EI-Mask / SNR Mask (4)

SNR/MP/EL



ここを押すと
不要な
グラフを
非表示
にできる

SNRの分布が分かる
ここでは30dBぐらいが適切か



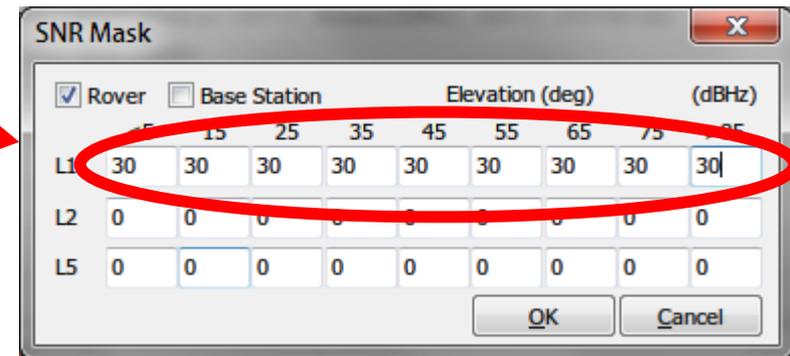
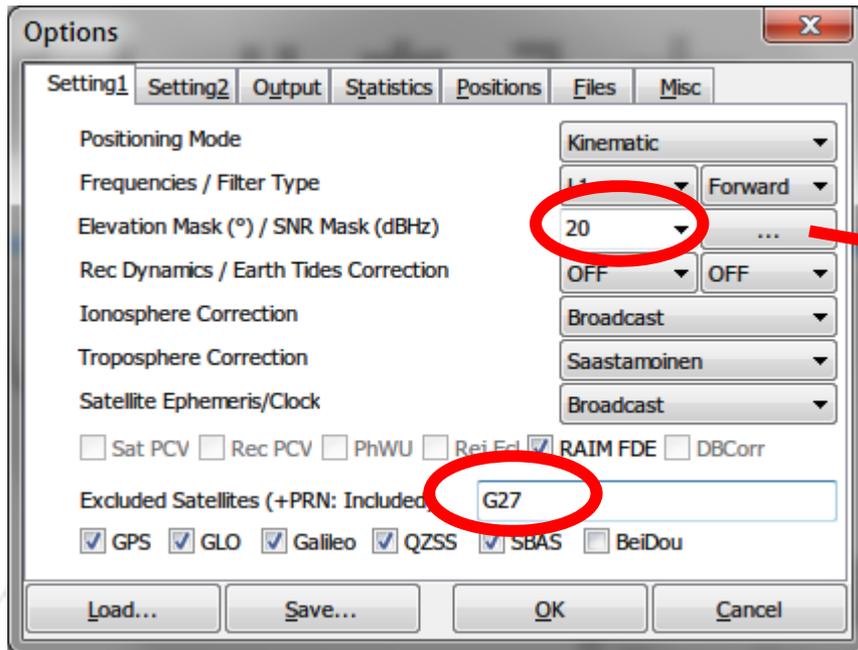
仰角20度以下でSNRが40dBを割っている
仰角マスクは20度ぐらいが適切か

3 SNR=...45...40...35...30...25 <25



EI-Mask / SNR Mask (5)

- Options で Elevation Mask と SNR Mask を設定



RTKPOST Options : Setting 2



■ Integer Ambiguity Res

■ Fix and Hold, ON, ON

- ON は選択できる場合のみ

The screenshot shows the 'Options' dialog box with the 'Setting2' tab selected. The 'Integer Ambiguity Res (GPS/GLO/BDS)' section is expanded, showing the following settings:

Parameter	Value 1	Value 2
Integer Ambiguity Res (GPS/GLO/BDS)	Fix and Hold	ON
Min Ratio to Fix Ambiguity	3	
Min Confidence / Max FCB to Fix Amb	0.9999	0.25
Min Lock / Elevation (°) to Fix Amb	30	0
Min Fix / Elevation (°) to Hold Amb	10	0
Outage to Reset Amb/Slip Thres (m)	5	0.050
Max Age of Diff (s) / Sync Solution	30.0	ON
Reject Threshold of GDOP/Innov (m)	30.0	30.0
Max # of AR Iter/# of Filter Iter	1	1
Baseline Length Constraint (m)	0.000	0.000

Buttons at the bottom: Load..., Save..., OK, Cancel.

■ Ambiguityとは

■ 搬送波のあいまい性

■ 「Ambiguityを解く」 = 「搬送波の波長数を解く」

■ 先の一つ目のONは、GLONASSでそれを行うか

■ 先の二つ目のONは、BeiDouでそれを行うか

RTKPOST Options : Setting2



- Min Ratio to Fix Ambiguity は、FIX 解とするための測位演算結果の信頼性の閾値
 - デフォルトは 3（最低値は 1）
 - 大きくするとミスFIX（間違った位置への収束）が減るが、一度電波状況が悪化すると復帰に時間がかかる
 - 2周波かつ良好な受信環境では 3 より小さくしてもよい
- パラメータ調整
 - 静止点測位ではデフォルト値で問題ない
 - 移動体測位では以下のオススめで概ね大丈夫
 - Min Lock to Fix Amb：デフォルト 0 → オススメ 1
 - Min Fix to Hold Amb：デフォルト 10 → 同 1
 - Outage to Reset Amb/slip：デフォルト 5 → 同 10

RTKPOST での静止点測位では
デフォルトのままでOK

RTKPOST Options : Positions



- Base Station には基準局の位置情報を入れる
 - 未知の場合は RINEX Header Position または Average of Single Position でよい
 - RINEXのobsファイルにはその観測地点の大まかな位置が入っている
 - 後者では，測位演算時に基準点位置も単独測位で計算してくれるが時間がかかる

The screenshot shows the 'Options' dialog box with the 'Positions' tab selected. It contains settings for the Rover and Base Station. Both are set to 'RINEX Header Position' with coordinates (90.000000000, 0.000000000, -6335367.6285). The Rover's 'Antenna Type' is checked and set to 'Auto', with 'Delta-E/N/U' values of 0.0000, 0.0000, and 0.0000. The Base Station's 'Antenna Type' is unchecked. The 'Station Position File' field is empty. Buttons for 'Load...', 'Save...', 'OK', and 'Cancel' are at the bottom.

Field	Value
Rover Lat/Lon/Height (deg/m)	90.000000000, 0.000000000, -6335367.6285
Rover Antenna Type	Antenna Type (*: Auto) [checked]
Rover Delta-E/N/U (m)	0.0000, 0.0000, 0.0000
Base Station Lat/Lon/Height (deg/m)	90.000000000, 0.000000000, -6335367.6285
Base Station Antenna Type	Antenna Type (*: Auto) [unchecked]
Base Station Delta-E/N/U (m)	0.0000, 0.0000, 0.0000
Station Position File	[Empty]

PTKPOST Options : Output (1)



■ Solution Format

■ 通常は Lat/Lon/Height でよい

■ Datum/Height の設定

- WGS84 : よく使われる測地系

- 楕円体高 (Ellipsoidal)
: 標高ではないので注意

を選ぶ

■ X/Y/Z-ECEF

- 地球の中心原点の3次元座標系 (絶対座標) でメートル単位, 測地系に依存しない

■ E/N/U-Baseline

- 基準局からの相対距離, 東西, 南北, 上下のメートル単位

- 絶対位置が不要なとき

The screenshot shows the 'Options' dialog box with the 'Output' tab selected. The settings are as follows:

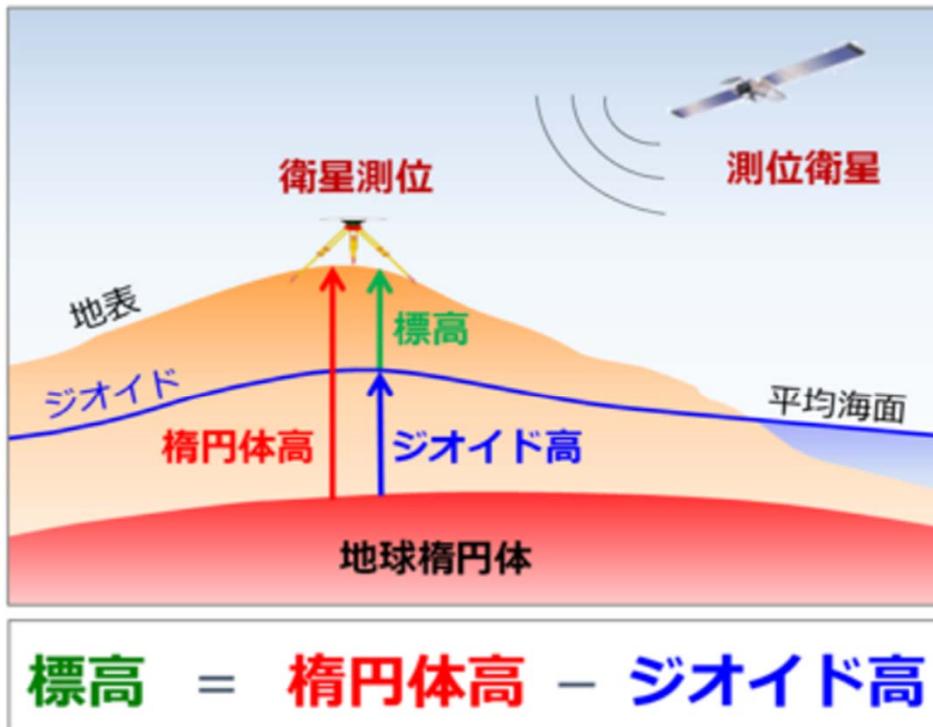
Setting	Value
Solution Format	Lat/Lon/Height
Output Header / Output Processing Options	ON
Time Format / # of Decimals	ww ssss GPST / 6
Latitude Longitude Format / Field Separator	ddd.dddddd
Output Single if Sol Outage / Max Sol Std (m)	ON / 0
Datum / Height	WGS84 / Ellipsoidal
Geoid Model	Internal
Solution for Static Mode	All
NMEA Interval (s) RMC/GGA, GSA/GSV	0 / 0
Output Solution Status / Output Debug Trace	OFF / OFF

Buttons at the bottom: Load..., Save..., OK, Cancel.



楕円体高とジオイド高と標高

- ジオイドとは重力の等ポテンシャル面
 - 簡単に言うと地球の平均海面の形



楕円体高、ジオイド高、標高の関係

国土地理院「ジオイド」より
https://www.gsi.go.jp/buturisokuchi/grageo_geoid.html



PTKPOST Options : Output (2)

■ Time Format

■ GPST

- GPS時刻
- 閏秒を考慮していないUTC
- 現時点でUTCより18秒早い

■ WW ssss GPST

- GPS週（1980年1月6日を第1週）と週初めの日曜 GPST 午前0:00 からの経過秒
- 経過時間を後でプログラムなどで計算するときには扱いが楽

■ Output Single of Sol Outage : ON

- 補正情報がなかったり衛星数が足りなかったり Kinematic測位ができないときに単独測位結果を出すかどうか

The screenshot shows the 'Options' dialog box with the 'Output' tab selected. The settings are as follows:

Setting	Value
Solution Format	Lat/Lon/Height
Output Header / Output Processing Options	ON ON
Time Format / # of Decimals	ww ssss GPST 6
Latitude Longitude Format / Field Separator	ddd.dddddd
Output Single if Sol Outage / Max Sol Std (m)	ON 0
Datum / Height	WGS84 Ellipsoidal
Geoid Model	Internal
Solution for Static Mode	All
NMEA Interval (s) RMC/GGA, GSA/GSV	0 0
Output Solution Status / Output Debug Trace	OFF OFF

Buttons at the bottom: Load..., Save..., OK, Cancel

RTKPOST Options : Misc



- Time Interpolation of Base Station Dataを
“ON” にする
- 基準局の観測間隔がローバーよりも長いときに補正が効く



状況ごとの設定ファイルを管理



- Save機能で設定をファイル保存できる
- 基準局用・ローバー用を保存しておくると便利
- Loadすると，保存した設定を復元できる

Options

Setting1 Setting2 Output Statistics Positions Files

Positioning Mode Kinematic

Frequencies / Filter Type L1+L2+L!

Elevation Mask (°) / SNR Mask (dBHz) 30

Rec Dynamics / Earth Tides Correction OFF

Ionosphere Correction Broadcast

Troposphere Correction Saastamo

Satellite Ephemeris/Clock Broadcast

Sat PCV Rec PCV PhWU Rej Ed RAIM F

Excluded Satellites (+PRN: Included)

GPS GLO Galileo QZSS SBAS B

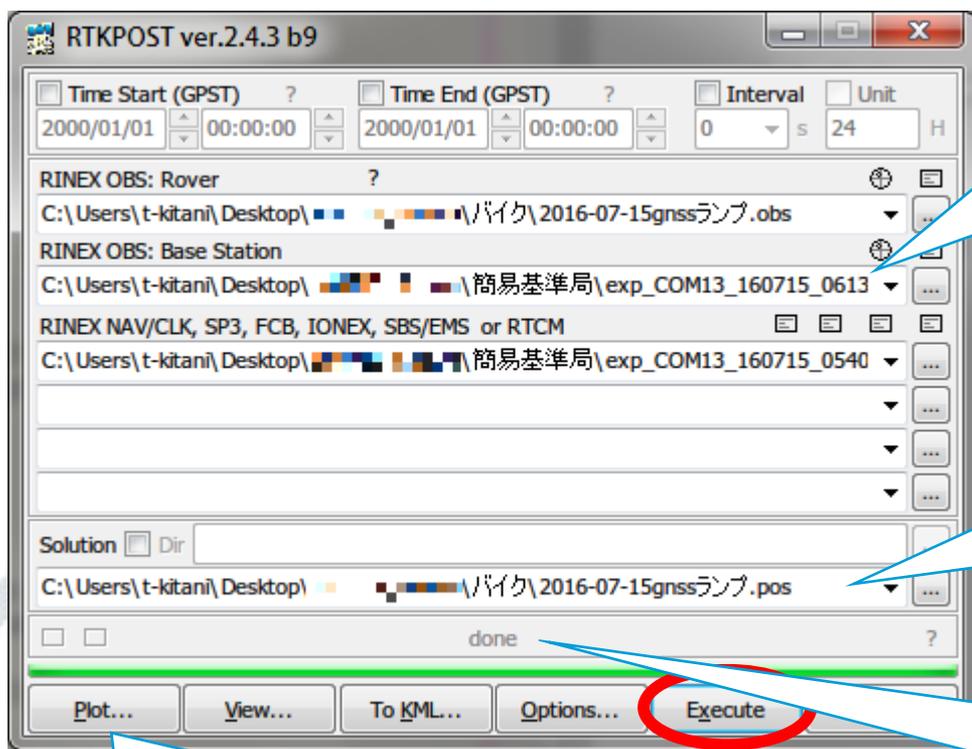
Load... Save... OK





RTKPOSTでの測位演算

- 観測データファイル，航法データファイルの設定，Options の設定が終わったら Execute で測位計算



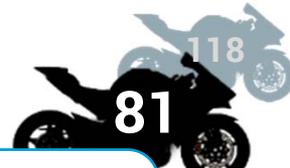
基準局のデータの時間範囲は、
移動局のデータの時間をカバー
しないと RTK 測位できない

Options を変えたら，ファイル名
も変えると比較できて便利

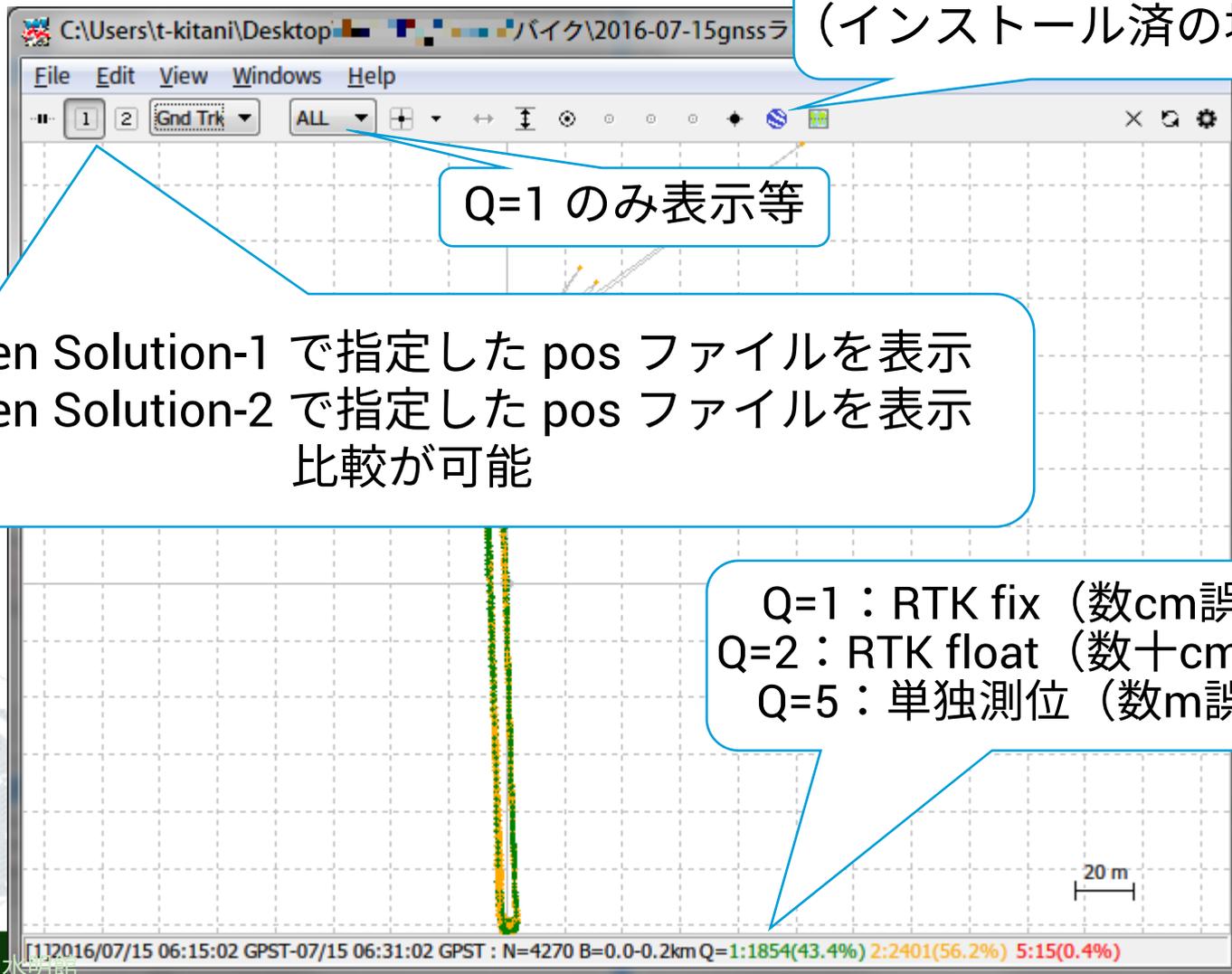
計算中に Q=1 と出たら RTK fix，
Q=2：RTK float，Q=5：単独測位
で計算されたということ

計算後に押すと図示できる

RTKPLOTT (1)



Google Earth で表示
(インストール済の場合)



Q=1 のみ表示等

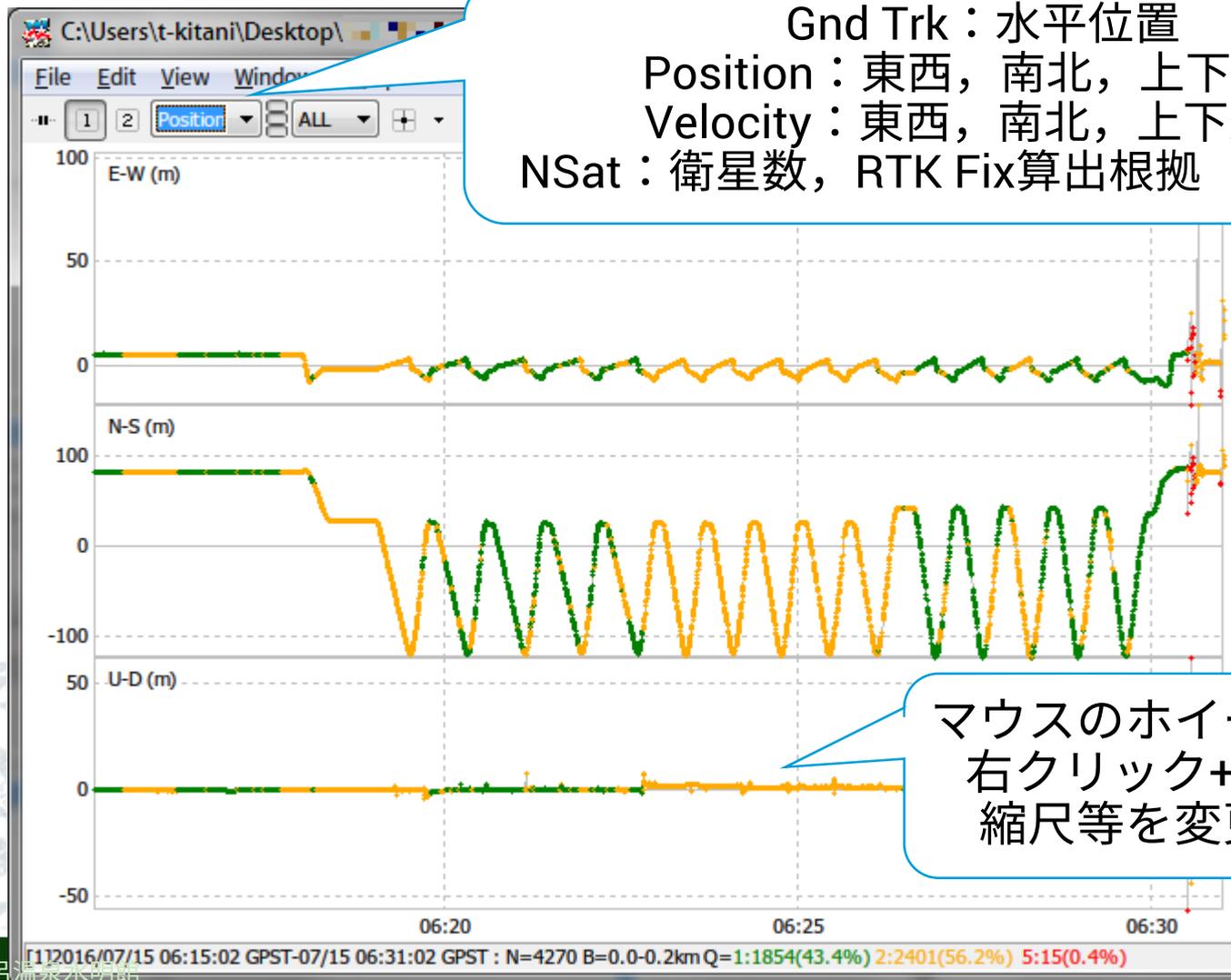
- 1 : Open Solution-1 で指定した pos ファイルを表示
 - 2 : Open Solution-2 で指定した pos ファイルを表示
- 比較が可能

Q=1 : RTK fix (数cm誤差)
 Q=2 : RTK float (数十cm誤差)
 Q=5 : 単独測位 (数m誤差)

20 m

11/2016/07/15 06:15:02 GPST-07/15 06:31:02 GPST : N=4270 B=0.0-0.2km Q=1:1854(43.4%) 2:2401(56.2%) 5:15(0.4%)

RTKPLOTT (2)



Gnd Trk : 水平位置
 Position : 東西, 南北, 上下位置
 Velocity : 東西, 南北, 上下速度
 NSat : 衛星数, RTK Fix算出根拠 (AR) 係数

マウスのホイール回転や,
 右クリック+ドラッグで
 縮尺等を変更できます



RTKPOST と国土地理院の電子基準点データを用いた，独自基準局の高精度位置の計算

KEYWORDS

- 国土地理院電子基準点の観測データ
- Static測位

新設独自基準局の 高精度位置演算の手順

2019/09/06



1. **RTKCONV** で変換した独自基準局の **obs** ファイルを，**RINEX OBS (Rover)** として指定
2. 国土地理院の電子基準点の「***.YYo**」ファイルを，**RINEX OBS (BASE)** として指定
3. **RTKCONV** で生成した **nav** ファイルを **RINEX NAV/CLK** に指定
4. **RTKPOST** の Options : Setting1 の Positioning Mode は **Static** を指定
 - 求めたい独自基準局の位置は静止点であるから

国土地理院の基準点位置を調べる

2019/09/06



- 2つの方法がある
- ① 測量成果（測地成果JGD2011）
 - 元期に相当する
 - 東日本は2011年5月24日，西日本は1997年1月1日の位置が基準
 - 測量ではこっち
- ② 電子基準点の日々の基準点位置変動データから平均値を算出する
 - 今期に相当する
 - リアルタイムで地球上の位置にする
 - 自動運転などはこっち？
- セミダイナミック補正で相互変換は可能

①測量成果（測地成果JGD2011）



1. 国土地理院の「基準点成果等閲覧サービス」のウェブページに接続
2. 使用する基準点を検索し「基準点成果情報」の緯度・経度・楕円体高を得る

■ 注意

- 公共測量に使う場合は無断使用はできません
- 自分用に使うのであれば大丈夫だと思います

国土地理院ウェブサイト https://www.gsi.go.jp/

2019/09/06



国土交通省 国土地理院
Geospatial Information Authority of Japan

国土地理院の紹介 基準点・測地観測データ 地図・空中写真・地理調査 防災関連 GIS・国土の情報 申請・承認

ご利用ガイド (初めての方へ)

- 国土地理院の紹介
- 測量法
- 測量士国家試験・登録
- 基本測量
- 公共測量
- 地理空間情報活用推進基本法
- 研究開発
- 国際活動
- 地震予知連絡会
- 地方測量部のページ
- ご質問・ご意見

地理教育の進捗

- 子どものページ
- 地図と測量の科学館

詐欺にご注意

地理空間情報ライブラリー

- ライブラリー入口
- 基準点成果等閲覧サービス
- 全国の三角点、水準点に関する情報を検索して閲覧できます。

新着・更新情報

- 【お知らせ】自然災害伝承碑の記載等地理院地図の内容充実に伴う表示の変更について(8月15日)
- 嵐・開陸潮の順位データの送信中断に関する今後の対応について(8月14日)
- 臨時的任用職員募集情報(8月13日)
- 令和元年7月の地殻変動(8月8日)
- 指名停止措置について(8月6日)
- 国土地理院広報第613号を掲載(7月31日)
- 新たに12市区町村35基の「自然災害伝承碑」を地図で公開！～愛媛県、高知県、熊本県は初掲載～(7月31日)
- 測量の生産性を向上する革新的技術を募集(7月30日)
- 自分でデザインしたウェブ地図を簡単に作成！～学校教育や防災対応を地図で支援～(7月29日)
- 国土地理院の地図における地下構造物の精度について(7月26日)
- 活断層の正確な位置を知ろう！～牛首断層帯及び跡津川断層帯など4つの断層帯の活断層図を公開～(7月25日)

国土地理院からのお知らせ

- 報道発表資料
- 広報誌
- 刊行物・資料
- 掲載期間のご案内
- 契約・入札情報
- 発注者調紀保持
- 情報公開
- 個人情報保護
- 採用情報
- パブリックコメント
- 国土地理院シンボルマーク
- RSSについて

基準点・測地観測データ

- 基準点成果等閲覧サービス
- 地震に伴う基準点成果の取り扱い
- 電子基準点観測データ
- GNSS火山変動/地球観測装置(REGMOS)
- 重力・ジオイド
- 地磁気データ
- 測位を測る(観測)
- VI RT

地図・空中写真・地理調査

- 地図・空中写真等の刊行物・提供物
- 基準点地図情報
- 電子国土基本図
- 主題図(地理調査)
- 地図・空中写真閲覧サービス
- 図歴(旧版地図)
- 伊能図
- 古地図「1:25,000」

防災関連

- 国土地理院の防災業務
- 地殻変動情報
- 地震に関する対応
- 台風豪雨に関する国土地理院の対応
- 火山に関する国土地理院の対応
- 隣外国の災害に関する国土地理院の対応

GIS・国土の情報

- 地理空間情報の活用促進
- ISO/TC 211
- 地理情報標準関連
- 地理空間情報クリアリングハウス
- 地理院地図
- 全国都道府県市区町村の面積
- 地理に関する情報
- ナチュラリスティクス(自然観測地誌)

申請・承認

- 基準点測量成果等の謄抄本交付申請
- 旧版地図の謄抄本交付申請
- 地理情報標準関連
- 公共測量
- 測量成果電子納品境界線導入
- 電子申請・届出等
- 測量成果ワンストップサービス
- 情報センター



基準点成果情報



電子基準点データの利用に x GSI HOME PAGE - 国土地 x 基準点成果等閲覧サービス(新) x +

https://sokuseikagis1.gsi.go.jp/index.aspx#14/35.815795/137.451453/&base=std&ls=std&disp=1&vs=c1f0 150%

基準点成果等閲覧サービス [トップページに戻る](#) | [お問い合わせ](#) | [お](#)

中心緯度経度:

中心位置の十字線 ポップアップ テキスト情報 [使](#)

基準点閲覧メニュー 地名検索メニュー

通常検索 詳細検索

基本基準点 公共基準点

電子基準点

一等三角点

二等三角点

三等三角点

四等三角点

1級基準点

2級基準点

街区三角点

3級基準点

4級基準点

電子基準点を選択

検索件数

範囲選択

検索結果 基本基準点: 2点
公共基準点: 0点

機能

基準点詳細【基本基準点】

測量標及び測量成果の無断使用は測量法により罰せられることがあります。
使用承認を得て使用して下さい。

基準点基本情報 [解説](#)

基準点コード	EL05337537602
ICタグ(ucode)	
等級種別	電子基準点
冠字選点番号	
電子基準点観測点番号	020988
基準点名	王滝
部号	
成果品質	1974年以降観測されている
電子基準点取り付け	
標高区分	GNSS水準による
ワンストップサービスの可否	<input type="radio"/>

基準点成果情報 [解説](#)

登録年月日	成果状態
2014/04/01	正常

20万分の1地勢図名 飯田

5万分の1地形図名 加子母

成果測地系 世界測地系(測地成果2011)

北緯 35° 48' 55" .9939

東経 137° 27' 03" .1677

楕円体高 1103.95

平面直角座標(番号) 8

平面直角座標(X)(m) -19955.650

平面直角座標(Y)(m) -94804.518

真北方向角(計算値) 0° 36' 50"

縮尺係数(計算値) 1.000011

作業内容 標高改算

作業年月日 20140320

ある程度ズームしないと出てこない

楕円体高

ズーム: 14



①のRTKPOST Optionsの設定： Positions

- Base Station を設定
 - 形式は Lat/Lon/Height (dms/m)
 - 度分秒の間は半角スペース

基準点成果情報 [解説](#)

登録年月日	成果状態
2014/04/01	正常

20万分の1地勢図名	飯田
5万分の1地形図名	加子母
成果区分	世界測地系(測地成果2011)
北緯	35° 48' 55" .9939
東経	137° 27' 03" .1677
楕円体高	1103.95
楕円体高(m)	1103.95
平面直角座標系(番号)	8
平面直角座標(X)(m)	-19955.650
平面直角座標(Y)(m)	-94804.518
真北方向角(計算値)	0° 36' 50" .28
縮尺係数(計算値)	1.000011
作業内容	標高改算
作業年月日	20140320

Options [X]

Setting1 Setting2 Output Statistics **Positions** Files Misc

Rover

Lat/Lon/Height (deg/m) [v] ...

90.000000000 0.000000000 -6335367.6285

Antenna Type (*: Auto) Delta-E/N/U (m)

[v] 0.0000 0.0000 0.0000

Base Station

Lat/Lon/Height (dms/m) [v] ...

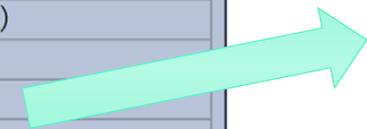
35 48 55.9939 137 27 3.1677 1103.95

Antenna Type (*: Auto) Delta-E/N/U (m)

[v] 0.0000 0.0000 0.0000

Station Position File [] ...

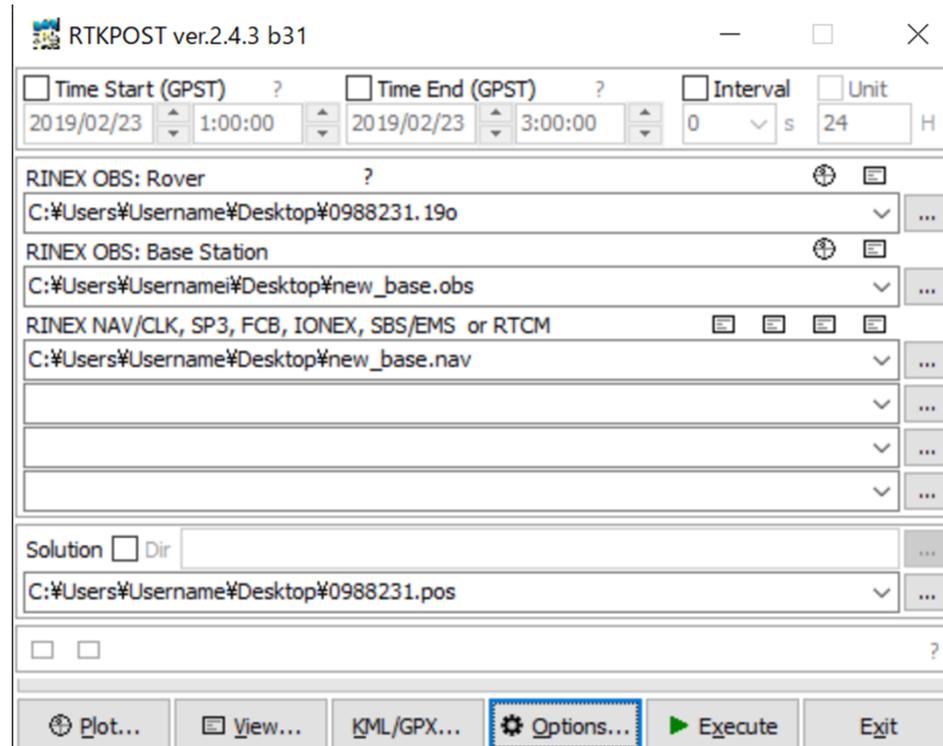
Load... Save... OK Cancel



北緯35度48分55.9939秒
東経137度27分03.1677秒
楕円体高1103.95m

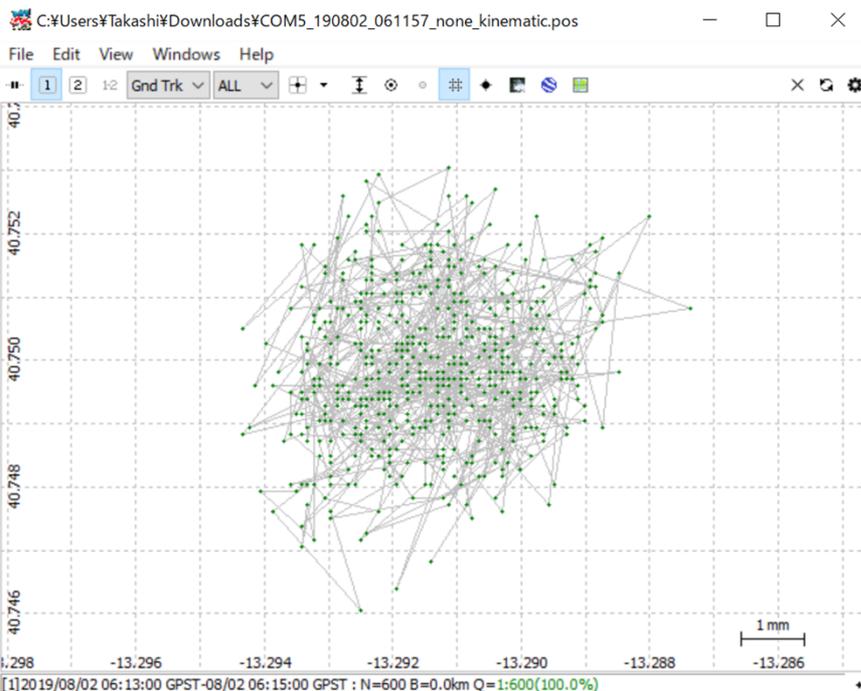


Kinematic (static) 測位



- Executeで測位演算を開始
- 演算後，Viewで演算結果（posファイル）のテキスト，Plotで位置情報をグラフ・図で見ることが可能

演算結果の例



*COM5_190802_061157_none_kinematic.pos - メモ帳

ファイル(F) 編集(E) 書式(O) 表示(V) ヘルプ(H)

```
% program : RTKPOST ver. 2.4.3 b32
% inp file : %MacHome\Desktop\COM5_190802_061157_none_obs
% inp file : %MacHome\Desktop\NetR9_20190801_150217_obs
% inp file : %MacHome\Desktop\NetR9_20190801_150217_nav
% obs start : 2019/08/02 06:13:00.2 GPST (week2064 454380.2s)
% obs end : 2019/08/02 06:15:00.0 GPST (week2064 454500.0s)
% pos mode : static
% freqs : L1+L2+L5
% solution : combined
% elev mask : 30.0 deg
% dynamics : off
% tidecorr : off
% ionos opt : broadcast
% tropo opt : saastamoinen
% ephemeris : broadcast
% navi sys : gps glonass galileo qzss
% amb res : fix and hold
% amb glo : on
% val thres : 3.0
% antenn1 : ( 0.0000 0.0000 0.0000)
% antenna2 : ( 0.0000 0.0000 0.0000)
% ref pos : 34.726213748 137.718291948 112.4899
```

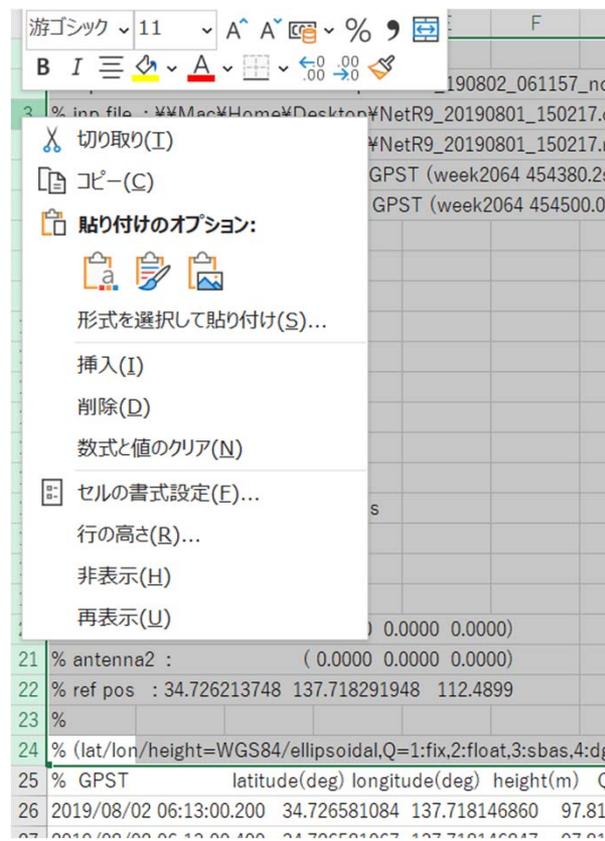
```
% (lat/lon/height=WGS84/ellipsoidal,Q=1:fix,2:float,3:sbas,4:dgps,5:single,6:ppp,ns=# of satellites)
% GPST latitude(deg) longitude(deg) height(m) Q ns sdn(m) sde(m) sdu(m) sdne(m) sdeu(m) sduu(m) age(s)
ratio
2019/08/02 06:13:00.200 34.726581084 137.718146860 97.8118 1 16 0.0032 0.0036 0.0089 0.0012 -0.0024 -0.0017 0.15
5.3
2019/08/02 06:13:00.400 34.726581067 137.718146847 97.8141 1 16 0.0030 0.0037 0.0089 0.0013 -0.0023 -0.0017 0.40
5.4
2019/08/02 06:13:00.600 34.726581077 137.718146852 97.8112 1 16 0.0032 0.0037 0.0089 0.0010 -0.0024 -0.0018 0.60
5.3
2019/08/02 06:13:00.800 34.726581069 137.718146834 97.8105 1 16 0.0034 0.0037 0.0089 0.0005 -0.0023 -0.0019 0.80
5.2
2019/08/02 06:13:01.000 34.726581075 137.718146851 97.8091 1 16 0.0033 0.0037 0.0088 0.0011 -0.0024 -0.0019 -0.00
5.2
2019/08/02 06:13:01.200 34.726581073 137.718146854 97.8048 1 16 0.0030 0.0037 0.0089 0.0014 -0.0024 -0.0018 0.15
4.9
2019/08/02 06:13:01.400 34.726581070 137.718146848 97.8049 1 16 0.0033 0.0035 0.0089 0.0013 -0.0023 -0.0018 0.40
4.8
2019/08/02 06:13:01.600 34.726581078 137.718146847 97.8071 1 16 0.0034 0.0037 0.0089 0.0013 -0.0025 -0.0020 0.60
4.7
2019/08/02 06:13:01.800 34.726581060 137.718146826 97.8093 1 16 0.0032 0.0036 0.0089 0.0011 -0.0023 -0.0019 0.80
4.6
2019/08/02 06:13:02.000 34.726581069 137.718146843 97.8085 1 16 0.0031 0.0037 0.0089 0.0013 -0.0024 -0.0019 -0.00
4.5
2019/08/02 06:13:02.200 34.726581077 137.718146843 97.8079 1 16 0.0033 0.0037 0.0089 0.0015 -0.0024 -0.0018 0.15
41.9
2019/08/02 06:13:02.400 34.726581070 137.718146841 97.8054 1 16 0.0032 0.0035 0.0089 0.0011 -0.0025 -0.0019 0.40
88.3
2019/08/02 06:13:02.600 34.726581077 137.718146861 97.8039 1 16 0.0034 0.0036 0.0089 0.0016 -0.0024 -0.0018 0.60
137.0
```



独自地上基準局の位置を算出



- 演算結果のPOSファイルから，FIXデータの
みを取り出し，平均値とする
- Excelで計算
- Step1 ヘッダ行を削除
 - % GPSTの行より前を削除



新設する基準局の位置の計算 - データ整形 -

2019/09/06



■ Step2 テキストデータをセルに分割

1. A列を全選択
2. データタブから「区切り位置」ツールを選択
3. スペースによって区切る
4. 完了ボタンを押し実行

区切り位置指定ウィザード - 1 / 3

選択したデータは固定長のデータで構成されています。

[次へ] をクリックするか、区切るデータの形式を指定してください。

元のデータの形式

データのファイル形式を選択してください：

カンマやタブなどの区切り文字によってフィールドごとに区切られたデータ(D)

スペースによって右または左に揃えられた固定長フィールドのデータ(W)

選択したデータのプレビュー：

1	% GPST	latitude(deg)	longitude(deg)	height(m)	Q	ns	sdn(m)
2	2019/08/02 06:13:00.200	34.726581084	137.718146860	97.8118	1	16	0.0032
3	2019/08/02 06:13:00.400	34.726581067	137.718146847	97.8141	1	16	0.0030
4	2019/08/02 06:13:00.600	34.726581077	137.718146852	97.8112	1	16	0.0032
5	2019/08/02 06:13:00.800	34.726581069	137.718146834	97.8105	1	16	0.0034
6	2019/08/02 06:13:01.000	34.726581075	137.718146851	97.8091	1	16	0.0033

キャンセル < 戻る(B) 次へ(N) > 完了(E)



独自地上基準局の位置を計算 - 平均値計算 -

2019/09/06



- FIXデータのみを取り出して平均値算出
- P列以降に次の式を書きこむ

- =AVERAGEIF(\$F:\$F,"=1",C:C)

- =AVERAGEIF(\$F:\$F,"=1",D:D)

- =AVERAGEIF(\$F:\$F,"=1",E:E)

	N	O	P	Q	R	S
age(s)	ratio					
0.19	5.3			-3882623.495	3530650.353	3613009.095
0.4	5.4					
0.6	5.3					

- セルの幅を広くし，小数4桁になるようにする
 - 元のposデータと同じ桁数
- この値を**独自地上基準局の位置**（ECEF座標）とし，記録しておく



移動局の位置を 後処理 Kinematic 測位 演算



移動局の高精度な位置を RTKLIBの後処理で算出する方法3つ

A) 独自基準局をBase Stationとして使う

1. 独自基準局のロギングを開始
2. RTKCONVでu-bloxファイルをRINEXフォーマットに変換
3. RTKPOSTで後処理Kinematic測位

B) RTK2GOの基準局をBase Stationとして使う

1. STRSVRでRTK2GOから基準局データを取得
2. RTKCONVでu-bloxファイルをRINEXフォーマットに変換
3. RTKPOSTで後処理Kinematic測位

C) 国土地理院の近隣の電子基準点をBase Stationとして使う

1. 国土地理院のウェブページから基準局データを取得
2. RTKPOSTで後処理Kinematic測位



RTKCONVを使いRINEX生成

- Roverの観測データ， Base Stationの観測データを変換する

エポック...データ取得数
5Hz ⇒ 1秒に5エポック

- Rover : ubxバイナリファイル ⇒ obs
- Base Station : ubxバイナリファイル ⇒ obs, nav

RTKCONV ver:demo5 b31

Time Start (GPST) ? Time End (GPST) ? Interval Unit
 2019/05/02 7:45:23 2000/01/01 00:00:00 10 s 24 H

RTCM, RCV RAW or RINEX OBS ?

Output Directory Format
 u-blox

RINEX OBS/NAV/GNAV/HNAV/QNAV/LNAV and SBS

<input checked="" type="checkbox"/>	C:\Users\User\Desktop\new_base.obs	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	C:\Users\User\Desktop\new_base.nav	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	C:\Users\User\Desktop\new_base.gnav	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	C:\Users\User\Desktop\new_base.hnav	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	C:\Users\User\Desktop\new_base.qnav	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	C:\Users\User\Desktop\new_base.lnav	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	C:\Users\User\Desktop\new_base.cnav	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	C:\Users\User\Desktop\new_base.inav	<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>	C:\Users\User\Desktop\new_base.sbs	<input type="checkbox"/>

変換終了後のステータス
 O : obsのエポック数
 N : navデータの個数
 E : エラーエポック数

19/08/22 13:38:09-08/22 13:40:28: O=140 N=29 E=280

Process...

Options...

Convert



RTKPOSTを起動し設定する

- 基本的に独自基準局を設置する時と変わらない
- 変更項目
 - Positioning Modeを **Kinematic** にする
 - PositionのBase Stationに先に出した位置情報を設定

Options

Setting1 Setting2 Output Statistics Positions Files Misc

Positioning Mode Kinematic

Frequencies / Filter Type L1+L2+L5 Combined

Elevation Mask (°) / SNR Mask (dBHz) 30 ...

Rec Dynamics / Earth Tides Correction OFF OFF

Ionosphere Correction Broadcast

Troposphere Correction Saastamoinen

Satellite Ephemeris/Clock Broadcast

Sat PCV Rec PCV PhWU Rej Ed RAIM FDE DBCorr

Excluded Satellites (+PRN: Included) C02

GPS GLO Galileo QZSS SBAS BeiDou IRNSS

Base Station

X/Y/Z-ECEF (m)

-3882623.6210 3530650.3249 3613008.9616





RTKPOST の設定 : Setting 2

■ パラメータ調整

- RTKLIBのデフォルトは静止点測位にはいいが移動体測位ではあまり性能が出ないことも
- 以下のオススメ設定を元に調整する
 - Min Lock to Fix Amb : デフォルト 0 → オススメ 1
 - Min Fix to Hold Amb : 同 10 → 1
 - Outage to Reset Amb/slip : 同 5 → 10



RTKPOSTの設定



RTKPOST ver.demo5 b31

Time Start (GPST) ? Time End (GPST) ? Interval Unit

2019/05/15 5:00:00 2019/05/15 05:40:00 0.05 s 24 H

RINEX OBS: Rover ?

C:\Users\User\Desktop\LOG00002.obs

RINEX OBS: Base Station

C:\Users\User\Desktop\terras\190729_base.obs

RINEX NAV/CLK, SP3, FCB, IONEX, SBS/EMS or RTCM

C:\Users\User\Desktop\terras\190729_base.nav

Solution Dir

C:\Users\User\Desktop\LOG00002.pos

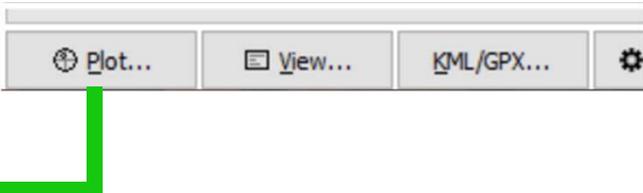
Plot... View... KML/GPX... Options... Execute Exit

ドローンの観測データ

基準局の観測データ

Kinematic測位演算を行う



- Executeボタンを押す
- POSファイルができる
- RTKPLOTでみる A screenshot of a software interface showing a menu bar with buttons for 'Plot...', 'View...', 'KML/GPX...', and a gear icon. A green L-shaped line highlights the 'Plot...' button and extends downwards and to the left towards the text 'RTKPLOTでみる'.
- Fix解が少ない場合，仰角マスク等の設定をする
 - 演算に使う衛星選択で、BeiDouを外すとFix率が上がる場合あり（事前実験での知見）
 - QZSSを含める場合，Trimble社製（国土地理院電子基準点でよく使われている）とu-blox社製の受信機の相性が悪いことに注意



RTKNAVIによるリアルタイム高精度測位



RTKNAVI : 入力設定

PCに接続されたu-blox測位
モジュールからのデータ

Input Streams

Input Stream	Type	Opt	Cmd	Format	Opt
<input checked="" type="checkbox"/> (1) Rover	Serial	u-blox	...
<input checked="" type="checkbox"/> (2) Base Station	Serial	u-blox	...
<input type="checkbox"/> (3) Correction	Serial	RTCM 2	...

Transmit NMEA GPGGA to Base Station
OFF 0.000000000 0.000000000 0.000

Reset Cmd Max Baseline 10 km

Input File Paths

Time x1 + 0 s 64bit

OK Cancel

基準局となるu-blox測位モ
ジュールからのデータ

Base Station設定について
RTK2GOを使用する場合は、
NTRIP CLIENTに設定する

RTKNAVI : シリアル通信設定



Input Streams

Input Stream	Type	Opt	Cmd
<input checked="" type="checkbox"/> (1) Rover	Serial	...	
<input checked="" type="checkbox"/> (2) Base Station	Serial	...	u-blox
<input type="checkbox"/> (3) Correction	Serial	...	RTCM 2

Transmit NMEA GPGGA to Base Station
OFF

Reset Cmd Max Baseline

Input File Paths

<input type="text"/>	...
<input type="text"/>	...
<input type="text"/>	...

Time + s 64bit

OK Cancel

Serial Options

Port Parity

Bitrate (bps) Stop Bits

Byte Size Flow Control

Output Received Stream to TCP Port

OK Cancel



RTKNAVI :

測位演算結果の出力

チェックを入れる

Lat/Lon/Heightなど扱いやすい形式を任意指定

保存先を設定

- ファイル名を `%y%m%d-%h%M%S.pos` のようにすると、ロギング開始時刻（%yは西暦2桁，%mは月，%dは日，%hは時，%Mは分，%Sは秒）が入るので便利
- 次のログファイルの指定でも同様の指定ができる

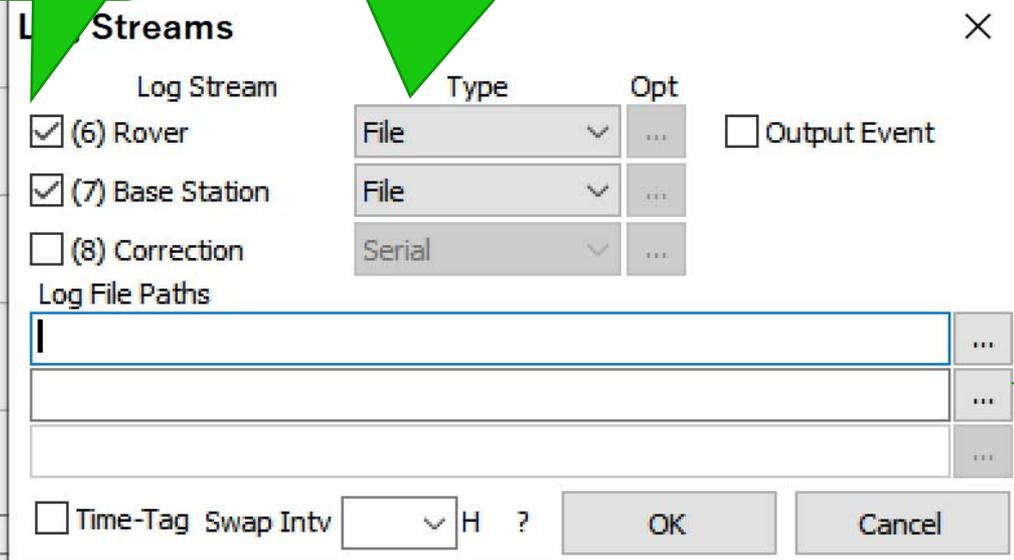
RTKNAVI : ログデータの出力

2019/09/06



チェック
を入れる

受信したInputデータをファ
イルに保存



Log Stream	Type	Opt
<input checked="" type="checkbox"/> (6) Rover	File	...
<input checked="" type="checkbox"/> (7) Base Station	File	...
<input type="checkbox"/> (8) Correction	Serial	...

Log File Paths

	...
	...
	...

Time-Tag Swap Intv H ? OK Cancel

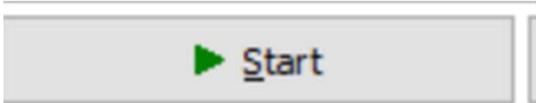
保存先を設定

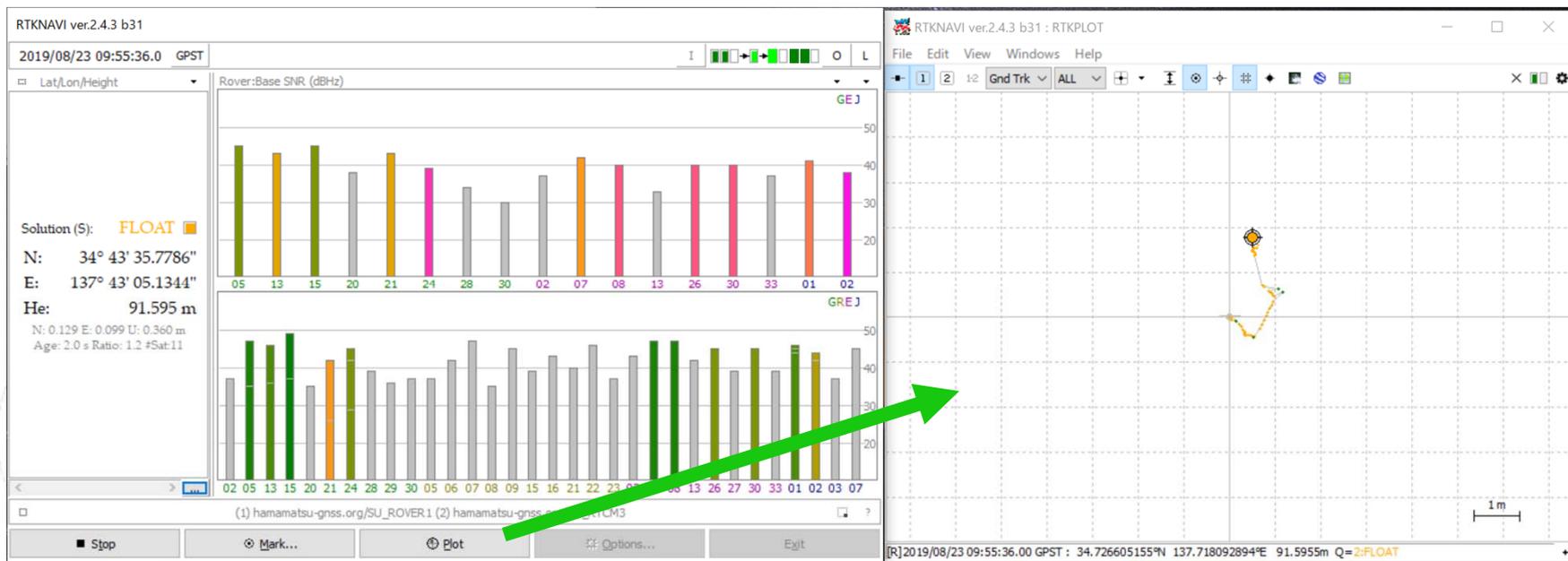
- TWELITEでの無線通信で送信漏れがないような環境であれば、ドローン上のOpenLogでのロギングは不要にできる



RTKNAVI :

測位演算の設定し実行

- 基本的にはOptions は，後処理 Kinematic 演算のときの設定と同じ
- 測位開始 





さあGNSSモジュールが
つながったPCを持って
外を歩いてみましょう



Q&A

研究室の2019年時点での見解



RTK測位について

- 必要な衛星数は？
 - 可視衛星15機程度で問題ない（1周波の場合）
 - 2周波の場合15機より少なくても良い
- 衛星数が測位精度の良さに影響するか？
 - 衛星数よりかは，演算に用いられる衛星の信号状態の良しあしが強く影響を与える
- RTCMの補正データ配信に必要な通信速度
 - 10kbps程度
 - 1秒に1回の補正情報を送ることができればよい
 - ただ、5秒に1回は欲しい

基準局とローバの関係



- 基準局からローバーの距離の制約は？
 - 15km以内であれば、センチメートルを期待できる
 - 基準局のアンテナの性能にもよる
 - Trimbleなど高価なもの
 - 基線長10kmに対し測位精度が1cm程度下がる



国土地理院の電子基準点データ



- 後処理であれば自前で基準局を作らなくても国土地理院電子基準点の観測データを使えばいいのでは？
 - 必ずしも近くにあるとは限らない
 - 30秒に1回のデータなので移動体のRTK測位で精度を出すことが難しい
 - 移動体だと5km以内，1秒間隔で欲しい
 - BeiDouに対応してない

RTK測位の機材について



- グランドプレーンとは？
 - アンテナ下に導電性のプレートを配置してマルチパスを除去する
 - アンテナはグランドプレーンを付けることを想定して設計されている
 - 仕様書の特性も，例えば10cmのグランドプレーンを付けた場合と但し書きがある

参考：[トランジスタ技術](#),"全国で1cm測位！RTK-GPS", 2018年1月

- ドローン使用上グランドプレーンは必要か？
 - ドローンに乗せる場合は，反射物から50cm～1m以上離れていれば，グランドプレーンの有無による変化はそれほど無し



F9かM8か？

内蔵エンジンかRTKLIBか？

- u-blox F9Pを使うか， u-blox M8Pを使うか？
 - 2周波である事に加え， RTK測位エンジンが改良されているため， 圧倒的に性能はF9Pが高い
 - F9はM8と比べて， BeiDou/GLONASSの同時受信ができるため単独測位精度も大きく向上
 - M8Pの内蔵エンジンはGalileoとQZSSも使わない

- u-blox内蔵エンジンかRTKLIBか
 - 静止点測位ではF9PもRTKLIB也大差ない
 - 移動体測位では内部情報を活用しているF9Pに軍配
 - M8P対RTKLIBなら， RTKLIBに軍配

用語の解説



- ローバー, rover
 - 移動局のこと
 - 対義語は基準局 (base)
- エポック, epoch
 - 観測する1時点のこと
 - 1Hzだと1秒1エポック, 5Hzだと1秒で5エポック



Contact



木谷 友哉 (E-Mail t-kitani@kitanilab.org)

静岡大学 大学院総合科学技術研究科 情報学専攻

Graduate School of Integrated Science and Technology, Shizuoka University, Japan

<http://kitanilab.org>

BIKEINFORMATICS | KITANI LAB