

第11回マルチGNSSによる高精度測位技術の開発に関する委員会

# 地殻変動緊急解析プログラム プロトタイプの開発業務

平成26年12月9日

# 1. GSILIB第2版の開発

- GSILIB概要

- 主な改修内容

- (1) PPP-ARの改修

- (1-1) FCB推定機能の改良

- (1-2) リアルタイムPPP-ARの実装

- (2) 複数基線解析の改修

- (2-1) 後処理軌道誤差推定機能の実装

- (2-2) リアルタイム複数基線解析の実装

- (3) 衛星系の組み合わせに関する報告に基づく実装

# 2. 地殻変動緊急解析サブシステムのプロトタイプ開発

- 概要

- プロトタイプ仕様

# 1. GSILIB第2版の開発 GSILIB概要

技術開発結果を基に、GNSSのデータを統合的に利用して、短時間に高精度の位置情報を取得し、測量等に適用することが可能なソフトウェア

## GSILIB

(GNSS Survey Implementation Library)

平成25年度に、GPS、QZSS、GLONASS、GalileoのL1、L2、L5信号を利用した測量計算が可能なRTKLIB v.2.4.2をベースにGSILIB第1版を開発。

⇒ 現在、**GSILIB第2版**を開発中。

# 1. GSILIB第2版の開発

## (1) PPP-ARの改修

- PPP-AR : Precise Point Positioning - Ambiguity Resolution  
 複数基線解析の出力するFCB(Fractional Cycle Bias)またはUPD(uncalibrated phase delays)を使用し、精密単独測位のアンビギュイティを解く。
- PPP-AR方式/GSILIB対応

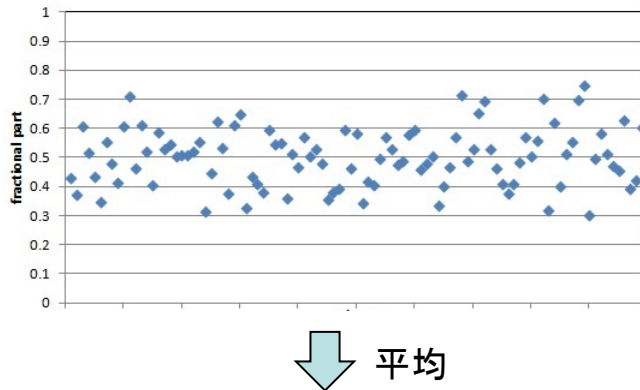
PPP方式	概要	PPP-AR機能		FCB/UPD 推定機能
		後処理	リアルタイム	
Fractional Cycle Bias (FCB)方式	WL FCBとNL FCBを利用する方式。	実装済 (第1版実装済)	—	実装済 (第1版実装済) <b>第2版で改修</b>
GRG暦方式	CNESの後処理推定データを利用。 WL FCBと、衛星クロックに含まれたNL-FCBを利用。	実装済 (RTKLIB v2.4.2)	—	—
CNT暦方式	CNESのリアルタイム推定バイアスを利用。	<b>(検討中)</b>	<b>GSILIB第2版 対応</b>	—

# 1. GSILIB第2版の開発

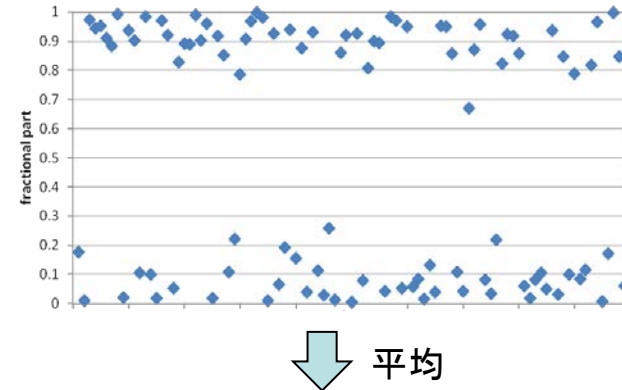
## (1-1) FCB推定機能の改良

### ● GSILIB FCB推定機能

- 平成24年度の設計に基づき、平成25年度GSILIB 第1版で実装。
- 衛星間一重差アンビギュイティの小数部の平均をFCBとする。
- 課題:FCB(0~1)が整数値周りに分布する時、適切に推定できない。



FCB=0.5



FCB = 0.5?

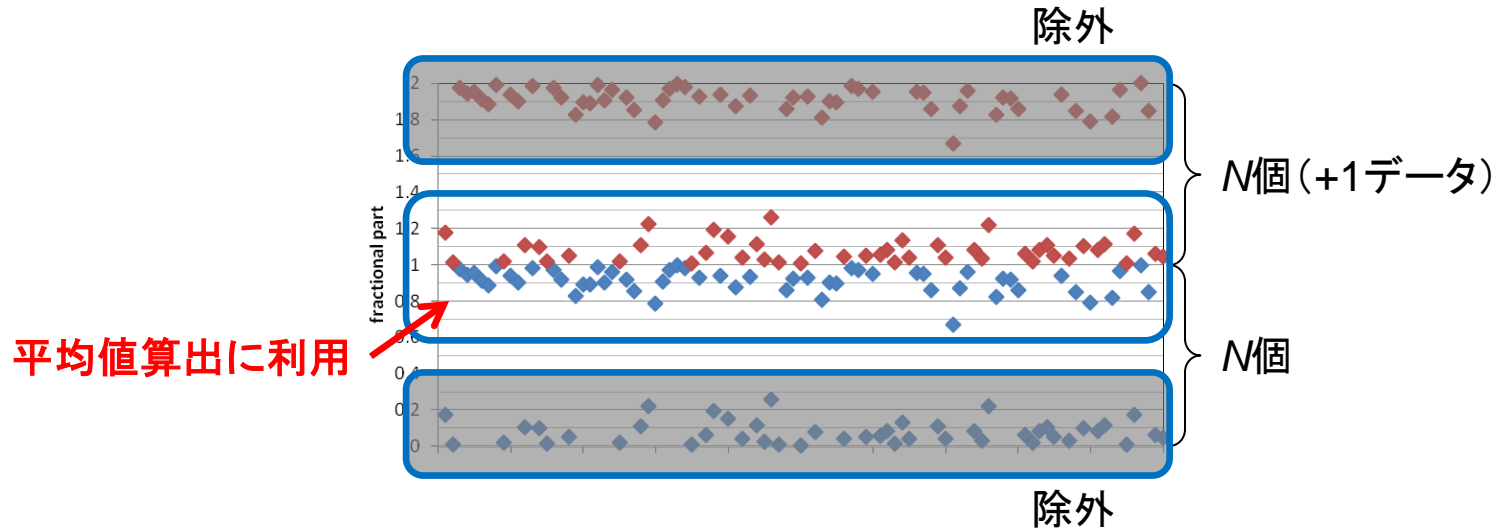
第2版で改良

# 1. GSILIB第2版の開発

## (1-1) FCB推定機能の改良

- FCB推定改良方法

- FCBデータ $N$ 個と、FCBに1を加算したデータ $N$ 個を合わせた $2N$ 個を利用。
- 外れデータを平均値算出の対象から除外する。
- 残りのデータで平均値を算出する。



# 1. GSILIB第2版の開発 (1-2)リアルタイムPPP-ARの実装

- 概要
  - CNESより提供されるリアルタイム(PPP-WIZARD)データを利用したPPP-AR機能を実装する。
  
- PPP-WIZARD
  - Precise Point Positioning With Integer and Zero-difference Ambiguity Resolution Demonstrator
  - 衛星軌道、クロック、コードバイアス及びフェーズバイアスを配信。

配信パラメータ	RTCMメッセージタイプ	配信間隔(秒)	配信元
GPS orbits/clocks	1060	5	CLK91, CLK93
GLONASS orbits/clocks	1066	5	CLK91, CLK93
GPS code biases	1059	5	CLK91, CLK93
GLONASS code biases	1065	5	CLK91, CLK93
GPS phase biases (L1, L2)	1265	5	CLK91, CLK93
GPS phase biases (L5)	1265	5	CLK93
VTEC	1264	60	CLK93

GSILIB第2版  
ではCLK91  
を利用検討

# 1. GSILIB第2版の開発

## (2) 複数基線解析の改修

- 複数基線解析概要
  - GSILIB第1版には後処理の複数基線解析が実装済み。
  - GSILIB第2版で、リアルタイムでの複数基線解析などを実装する。
- 複数基線解析の仕様

仕様	概要
対象衛星システム	GPS, GLONASS, Galileo, QZSS, BeiDou
同時観測点数	30
観測量	ゼロ差電離層フリー線形結合(LC)
推定方式	最小二乗(後処理) 拡張カルマンフィルタ(リアルタイム)
AR方法	二重差WL-NL方式(統合解析、混合解析)
測位方法	後処理、リアルタイム



# 1. GSILIB第2版の開発

## (2) 複数基線解析の改修

- 推定パラメータ

推定パラメータ	後処理解析 (第1版対応)	リアルタイム解析 (第2版対応)	備考
観測点位置	○	○	
受信機クロックバイアス	○	○	GPS時刻からのバイアス
衛星誤差	○ 第2版で実装	×	
衛星クロックバイアス	○	×	
電離層遅延	×	×	電離層フリー線形結合を利用するため推定しない。
対流圏遅延	○	○	観測点毎の天頂遅延、勾配を推定
IFB	×	×	
システム間バイアス	○	○	擬似距離ISB、搬送波ISBともに推定
擬似距離L2C-L2P間バイアス	○	○	

# 1. GSILIB第2版の開発

## (2-1) 後処理軌道誤差推定機能の実装

- 概要

- 第2回マルチGNSS委員会の議論を踏まえ、軌道の推定ではなく、利用する軌道(IGS精密暦など)からの誤差を推定する。
  - 設計は平成24年度までに実施され、今年度実装する。

- 軌道誤差( $\Delta$ ACR)推定

軌道のACR (Along track, Cross track, Radial)の誤差を推定する。

$$\mathbf{r}' = \mathbf{r} + \delta\mathbf{a} + \Phi \cdot \delta\mathbf{r}_{ACR}$$

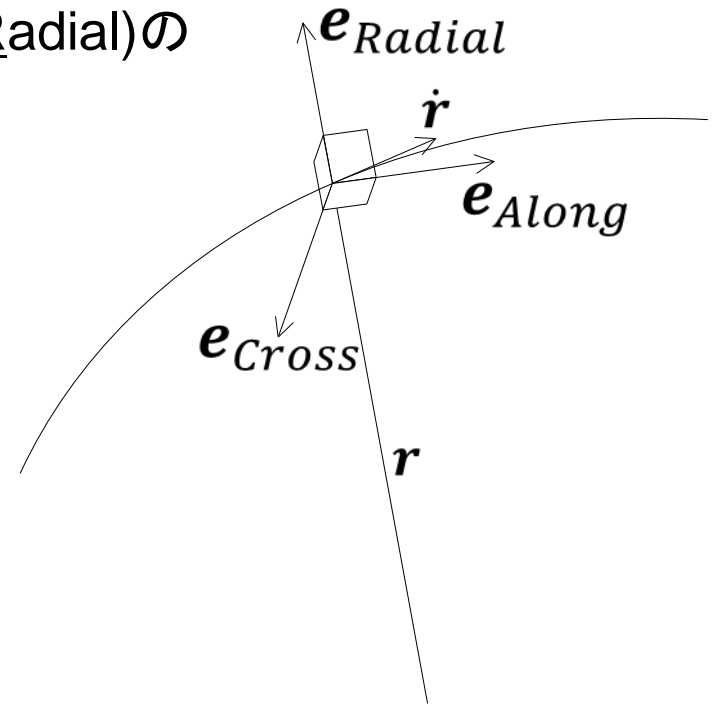
$$\Phi = (\mathbf{e}_{Along} \quad \mathbf{e}_{Cross} \quad \mathbf{e}_{radial})$$

$$\mathbf{e}_{Along} = \mathbf{e}_{Cross} \times \mathbf{e}_{radial}$$

$$\mathbf{e}_{Cross} = -\frac{\mathbf{r} \times \dot{\mathbf{r}}}{|\mathbf{r} \times \dot{\mathbf{r}}|}$$

$$\mathbf{e}_{radial} = -\frac{\mathbf{r}}{|\mathbf{r}|}$$

$\delta\mathbf{a}$ : アンテナ位相オフセット



# 1. GSILIB第2版の開発

## (2-2) リアルタイム複数基線解析の実装

- 概要
  - GSILIB第1版の複数基線解析をリアルタイムで実現する。
  - 衛星クロック、 $\Delta ACR$ は推定対象外。
  - 推定方式は、拡張カルマンフィルタに変更(後処理では最小二乗)。

### ● 観測量モデル

$$P_{k,Lx}^i = \rho_k^i + c\Delta t_k + T_k^i + \frac{\kappa_k^i}{f_{Lx}^i} + S_{k,Lx,P}^{sys(i)} + \delta_{Lx2,L2C}^i \Delta P2_k$$

$$L_{k,Lx}^i = \rho_k^i + c\Delta t_k + T_k^i - \frac{\kappa_k^i}{f_{Lx}^i} + S_{k,Lx,L}^{sys(i)} + \lambda_{Lx}^i b_{k,Lx}^i$$

$( )^i$	衛星 <i>i</i> の変数または定数
$( )_k$	受信機 <i>k</i> の変数または定数
$\rho_k^i$	衛星 <i>i</i> アンテナ位相中心と受信機 <i>k</i> アンテナ位相中心の幾何学的距離
$c$	光速
$\Delta t_k$	GPSTに対する受信機 <i>k</i> のクロックバイアス
$T_k^i$	受信機 <i>k</i> で受信した衛星 <i>i</i> 観測量の対流圏遅延
$\kappa_k^i$	受信機 <i>k</i> で受信した衛星 <i>i</i> 観測量のSTEC
$S_{k,Lx,P}^{sys(i)}$	受信機 <i>k</i> の擬似距離システム間バイアス
$S_{k,Lx,L}^{sys(i)}$	受信機 <i>k</i> の搬送波位相システム間バイアス
$\delta_{Lx2,L2C}^i$	=1 : $Lx2 = L2C$
$\Delta P2_k$	L2C,L2P間バイアス
$f_{Lx}^i$	衛星 <i>i</i> の <i>Lx</i> 帯搬送波周波数
$\lambda_{Lx}^i$	衛星 <i>i</i> の <i>Lx</i> 帯搬送波波長
$b_{k,Lx}^i$	受信機 <i>k</i> で受信した衛星 <i>i</i> 観測量の実数アンビモジュレーション

# 1. GSILIB第2版の開発

## (3) 衛星系の組み合わせに関する報告に基づく実装

- 概要

「平成26年度マルチGNSS解析技術等の開発に向けた衛星系の組み合わせに関する技術改良業務」の報告に基づき、GSILIBに機能追加する。

- 実装内容

1. 品質が良好な信号を自動で選択する機能の実装。
  - 上空写真による衛星選択
  - 信号強度観測値を用いた品質検定
  - 擬似距離残差を用いた品質検定
2. 受信機温度に依存するISBの機能の実装
3. BeiDouを含めた統合解析及びISBの推定の実装

上記内容の実現方法を今後検討し、GSILIB第2版に反映。

## 2. 地殻変動解析サブシステムのプロトタイプ開発 概要・プロトタイプ仕様

- 地殻変動緊急解析サブシステム

- GEONETデータを利用した高精度測位を実施し、迅速に地殻変動を検知するシステム。
- 平成26年度は本システムの**プロトタイプ**を作成

- 仕様

### 1. 解析種別

解析種別	概要	観測データ	トリガー	用途
ルーチン解析	指定期間(過去データ)の <b>後処理</b> 解析を行う。	RINEX ・30秒間隔 ・24時間	日時( <b>自動</b> )	日々の地殻変動解析
			ユーザコマンド( <b>手動</b> )	ルーチン解析(自動)の再解析、リカバリー解析
緊急解析	トリガー以降の観測データを収集し、その後 <b>後処理</b> 解析を行う。	BINEX ・1秒間隔 ・1時間	イベント通知(緊急地震速報等、 <b>自動</b> )	緊急地殻変動の解析
			ユーザコマンド( <b>手動</b> )	緊急地殻変動の解析

**プロトタイプ開発範囲**

# 2. 地殻変動解析サブシステムのプロトタイプ開発 概要・プロトタイプ仕様

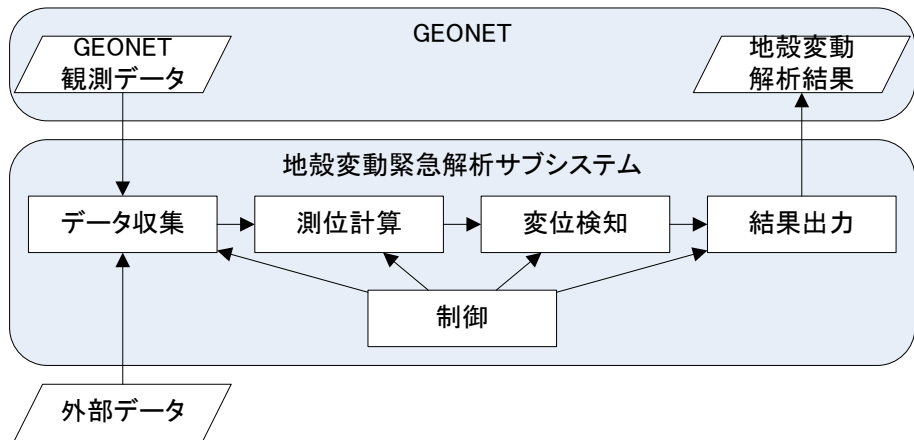
- 仕様

## 2. 性能要求

要件	ルーチン解析性能	緊急解析性能
同時解析点数	1300点	
対象衛星	GPS, QZSS, GLONASS	
解析方法	後処理解析	
測位手法	PPP-AR, RTK, PPP (キネマティック/スタティック)	
解析時間	トリガー発生から <b>20分</b> 以内 (24時間、30秒間隔、1300点)	トリガー発生から <b>2時間</b> 以内 (1時間、1秒間隔、1300点)
測位精度	(要求なし)	<b>水平 1 cm、上下 2 cm</b> 目標

## 3. 基本構成

- (1) データ収集機能
- (2) 測位計算機能
- (3) 変位検知機能
- (4) 出力機能
- (5) 制御機能



## 2. 地殻変動解析サブシステムのプロトタイプ開発 概要・プロトタイプ仕様

### (1) データ取得機能

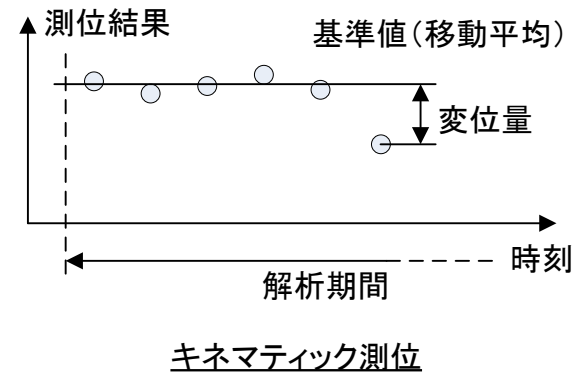
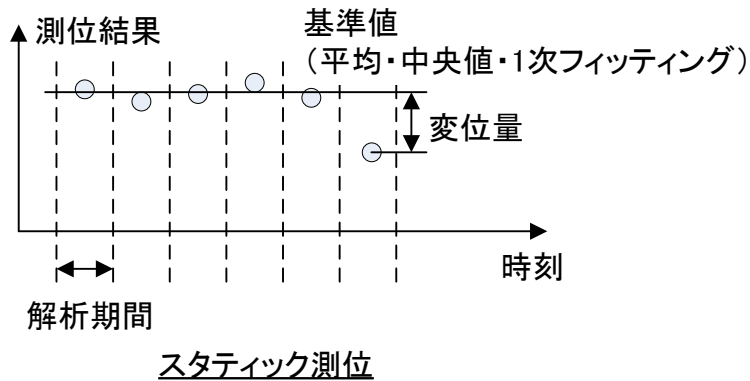
機能	概要	用途
FTPデータ取得	<p>ルーチン解析に利用するデータを定期的に取得する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・GEONET 観測データ (RINEX)</li> <li>・外部データ               <ul style="list-style-type: none"> <li>- 衛星軌道、時計</li> <li>- 高サンプリング衛星時計</li> <li>- 衛星位相バイアス補正情報</li> <li>- アンテナ位相情報</li> <li>- 衛星コードバイアス</li> <li>- 地球回転パラメータ</li> </ul> </li> </ul>	ルーチン解析
外部ストリームデータ保存	外部機関からストリームで配信されているリアルタイムデータをファイルに保存する。	ルーチン解析 緊急解析
GEONETリアルタイム観測データ取得	緊急解析のトリガー発生からGEONET観測データ (BINEX) を取得しRINEXに変換する。	緊急解析

### (2) 測位計算機能

**GSILIB第2版**を利用。

## 2. 地殻変動解析サブシステムのプロトタイプ開発 概要・プロトタイプ仕様

### (3) 変位検知機能



### (4) 出力機能

プロトタイプでは、変位検知結果ファイルに出力。  
(画面、メールへの出力は実システムで実装を検討)

### (5) 制御機能

他の機能を制御する。