

マルチGNSS測量の実現に向けて —複数の衛星系を組み合わせる技術の開発—

測地観測センター

宮川 康平

平成25年6月

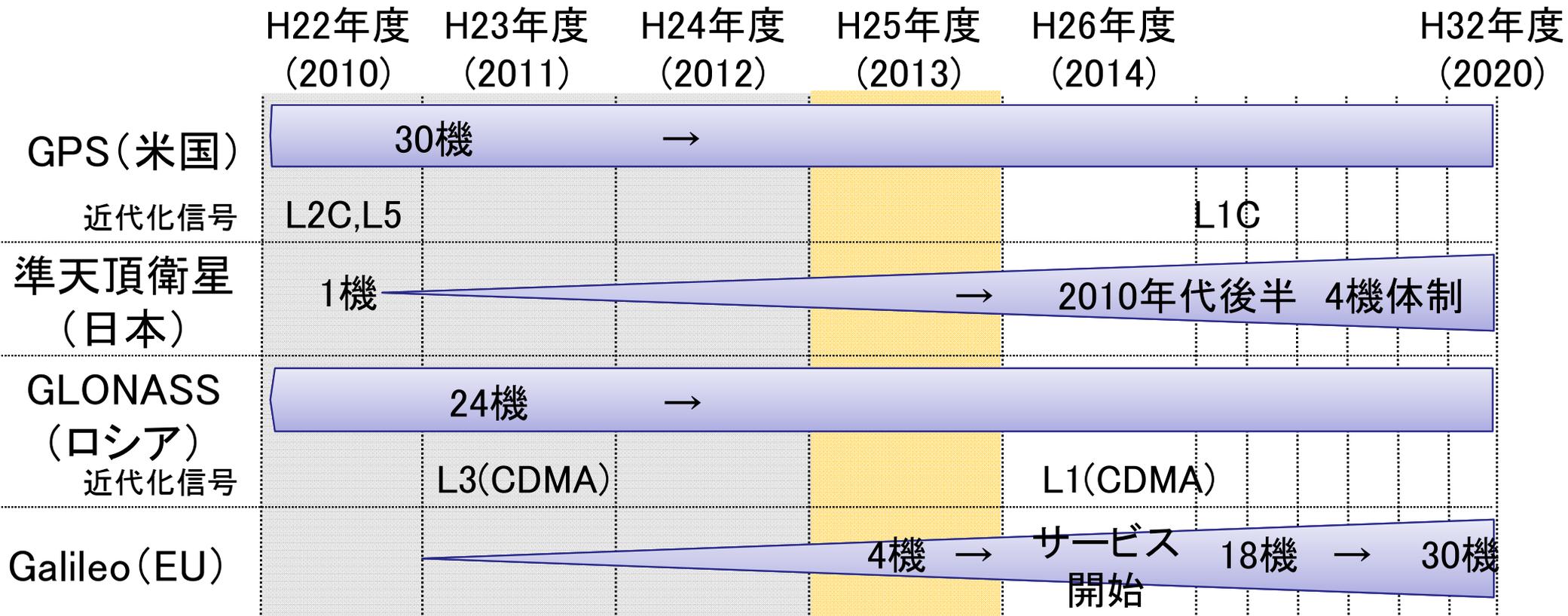
目次

- GPSからマルチGNSSへ
- マルチGNSSの利用に向けて
- 平成24年度までの技術開発の成果
 - ①衛星系の組み合わせ
 - ②L5の組み合わせ
 - ③プロトタイプの開発
- 平成25、26年度の計画
- まとめ

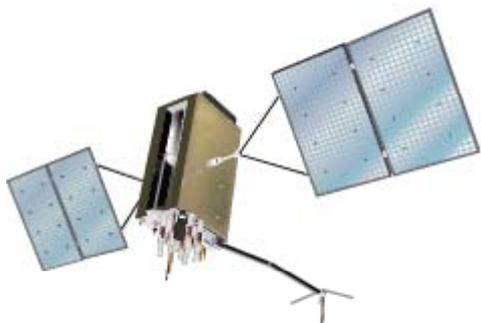
ここでは、

- GNSS: Global Navigation Satellite System(s)
 - 衛星測位システムの総称(概念)
 - GPS、GLONASS、Galileo等の個別システムのこと
- マルチGNSS
 - GNSSが複数あることを強調できる言い方
 - 各システムを組み合わせて利用するイメージ
 - 準天頂衛星はグローバルではないが、GPSを補完することから、マルチGNSSに含める

GPSからマルチGNSS利用へ



近い将来(2014年頃) 各国のGNSSが本格稼働



GPS (米国)



準天頂衛星 (日本) 3



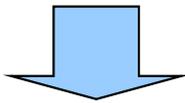
GLONASS (ロシア)



Galileo (EU)

マルチGNSSのメリット①可視性の向上

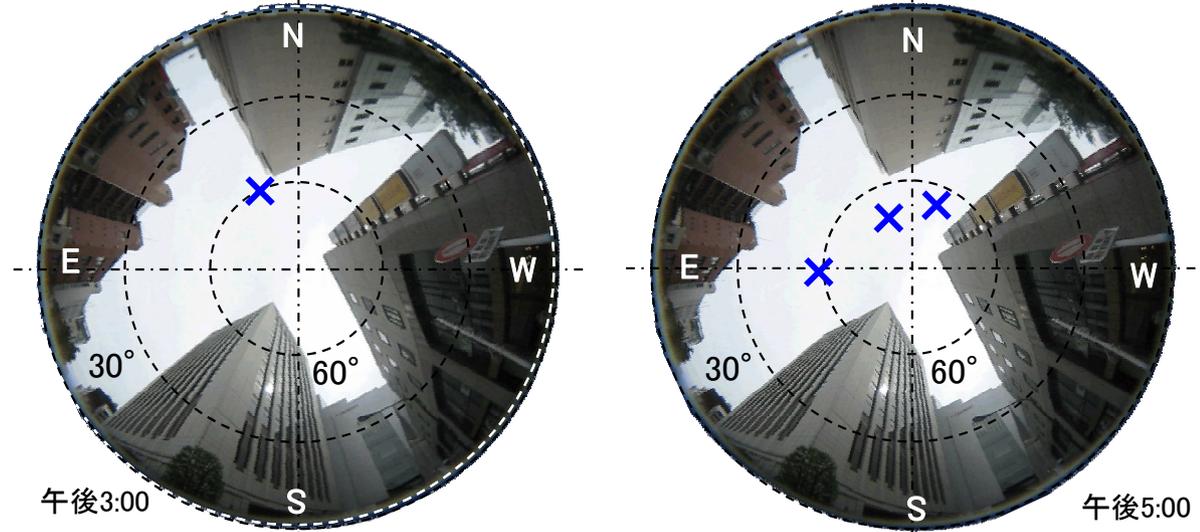
ビル等の影響でGPSが
4機以上なく、高精度測
位が不可能



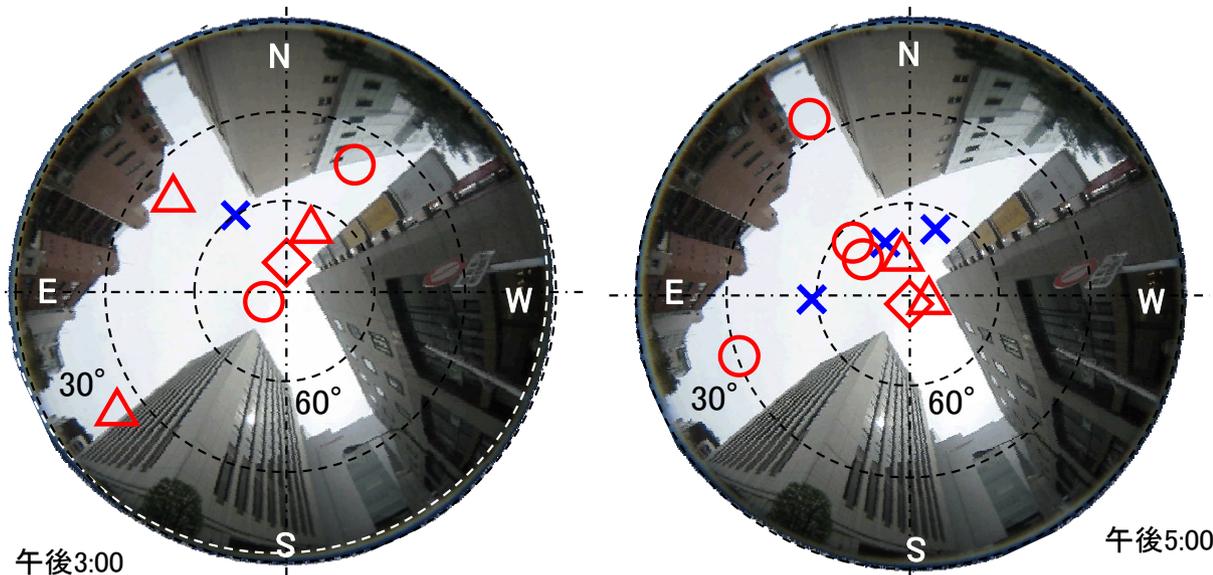
GPSを含め、数多く測位衛
星が見えることから、高精
度測位が可能に

マルチGNSSの適用
で、可視性が向上し、
GNSS測量の選択が可能に

GPSのみによる可視衛星 (GPS ×)

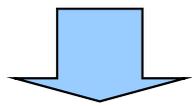


マルチGNSSによる可視衛星
(準天頂◇、GLONASS○、Galileo△)



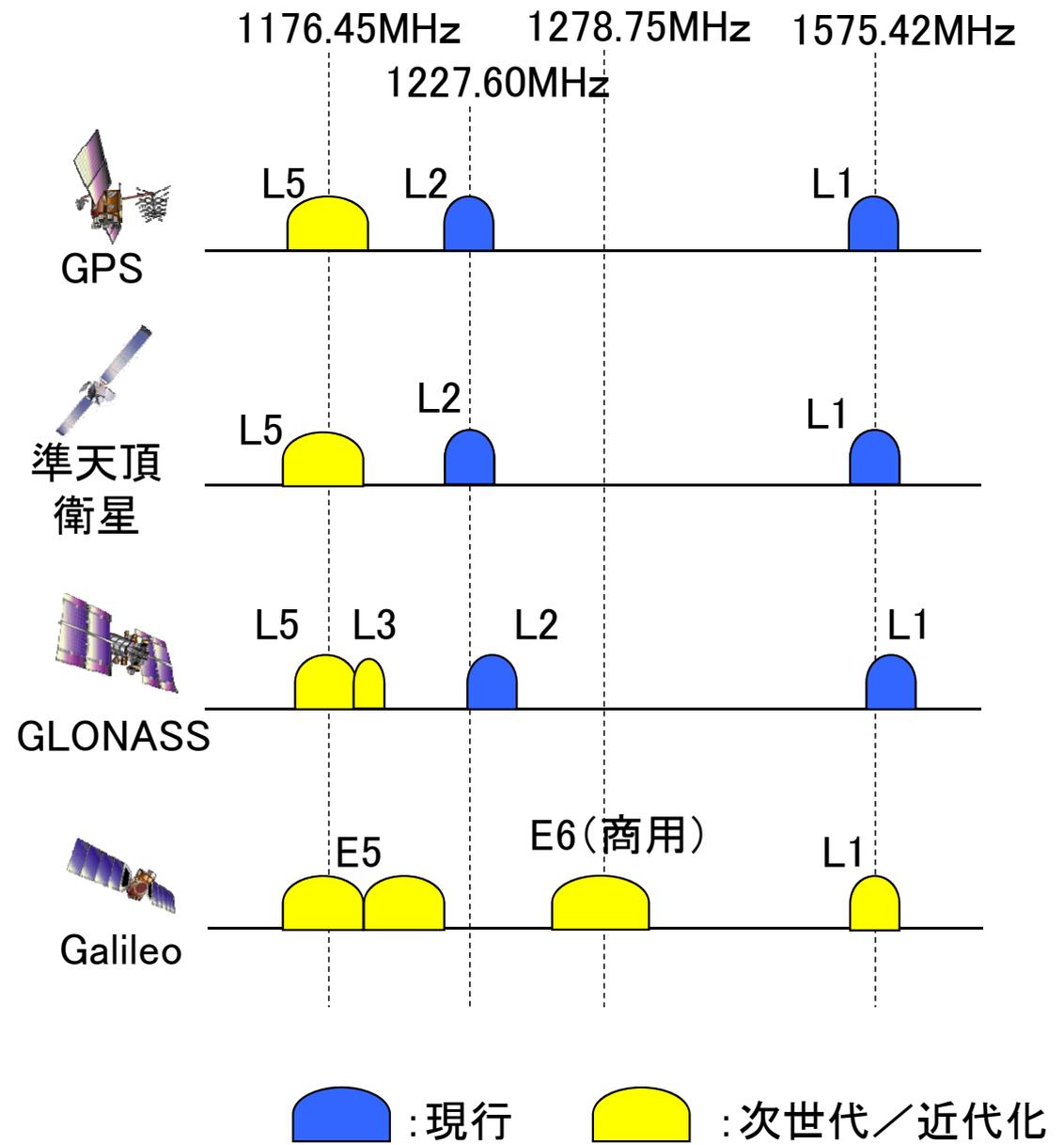
マルチGNSSのメリット②短時間化

L1、L2の2周波数帯
を利用



最大L1、L2、L5、E6の
4周波数帯が利用可
能に

マルチGNSSの適用
で、情報量が増加し、
必要とする観測時間の
短縮が可能に



GNSSから送信される
民生用測位信号の周波数帯(概要)

マルチGNSSの利用に向けて

マルチGNSSによる高精度測位を実現するためには、次のような課題、開発要素がある

解決しなければならない課題

測位解析において、多様な衛星測位システムからの民生用測位信号をいかにして取り扱うか

開発要素

- 異なる衛星測位システムを使用することで生じる誤差を軽減する方法の開発
- 観測条件に応じた民生用測位信号の適切な組合せによる解析方法の開発

国土交通省総合技術開発プロジェクト
「高度な国土管理のための複数の衛星測位システム(マルチGNSS)による高精度測位技術の開発」
平成23～26年度で実施中

最終的
には

高精度な位置情報を短時間に取得可能な
マルチGNSS解析手法を開発

期待される成果

- 「公共測量作業規定の準則」改正案
- 地震時の地殻変動把握等に適用するための指針案

①衛星系の組み合わせ

異なる衛星測位システム(衛星系)を組み合わせで“統合解析”を行う計算手法の開発

②L5の組み合わせ

新たな周波数帯(L5)を利用する計算手法の開発

③プロトタイプの開発

①と②の開発結果を基に、マルチGNSS解析システム(プロトタイプ)を開発

①衛星系の組み合わせ

異なる衛星測位システム(衛星系)を組み合わせで“**統合解析**”を行う計算手法の開発

統合解析とは、異なる衛星系間で位相差を取る解析手法。これにより、**どの衛星系の組み合わせでも最低4機**あれば測位が可能になる

→**ビル街や山間部など上空視界が限られる場所での測位に必要**

統合解析を行うために、次の3つ系統誤差(バイアス)を考慮する必要がある

(1)IFB (Inter Frequency Bias)

(2)ISB (Inter System Bias)

(3)L2P(Y)-L2C 1/4サイクルシフト

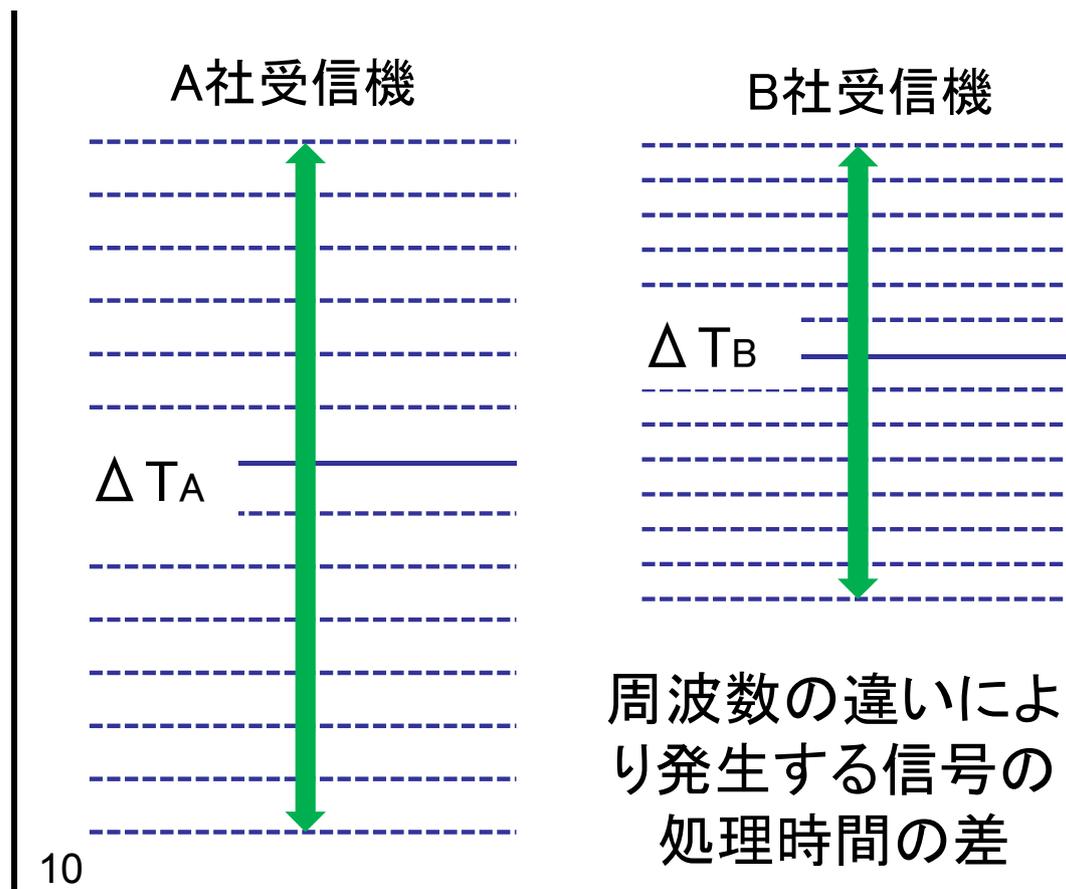
(1) IFB (Inter Frequency Bias)

受信機回路を周波数のずれた信号が通ることによって発生するバイアス、GLONASSは信号の周波数を少しずらして衛星を識別するため、IFBが発生し、その大きさは受信機のメーカーによって異なる

→ 異機種受信機間におけるGLONASSを含めた解析で補正が必要

チャンネル番号	L1帯周波数 (MHz)	L2帯周波数 (MHz)
6	1605.375	1248.625
3	1603.6825	1247.3125
0	1602.0	1246.0
-3	1600.3125	1244.6875
-6	1598.625	1243.375
-7	1598.0625	1242.9375

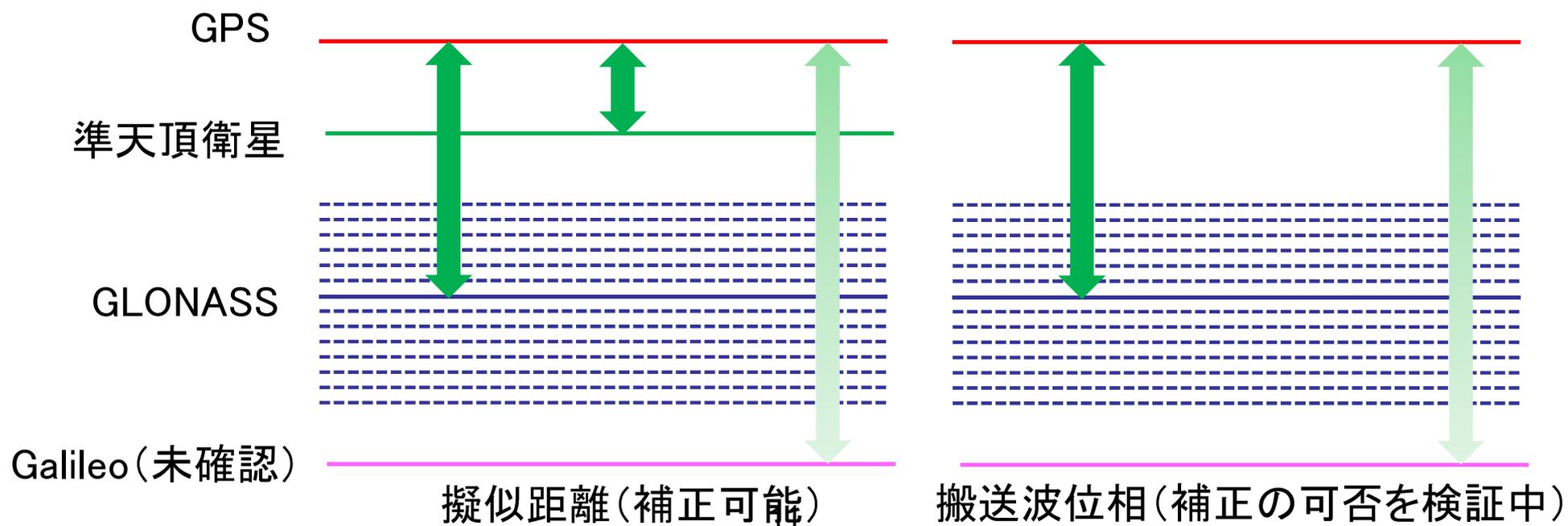
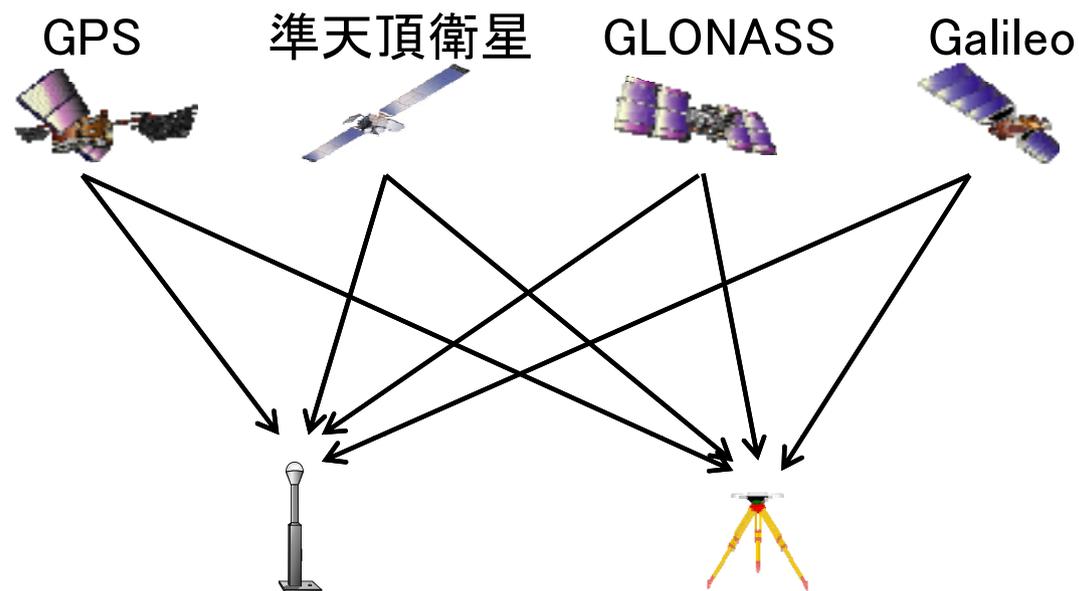
GLONASS周波数(抜粋)



(2) ISB (Inter System Bias)

異なる衛星系の信号を処理する際に受信機の回路で発生するバイアス

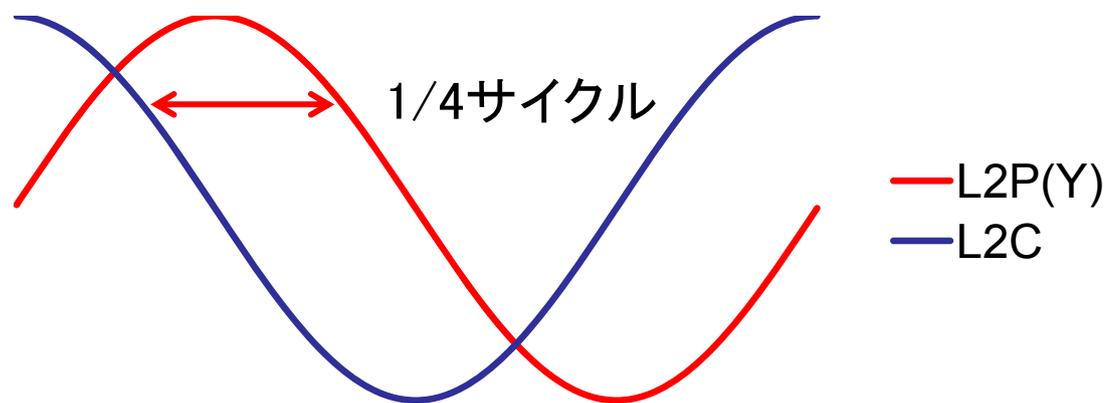
→受信機の機種に関わらず、異なる衛星系を用いた統合解析で補正が必要



(3) L2P(Y)-L2C 1/4サイクルシフト

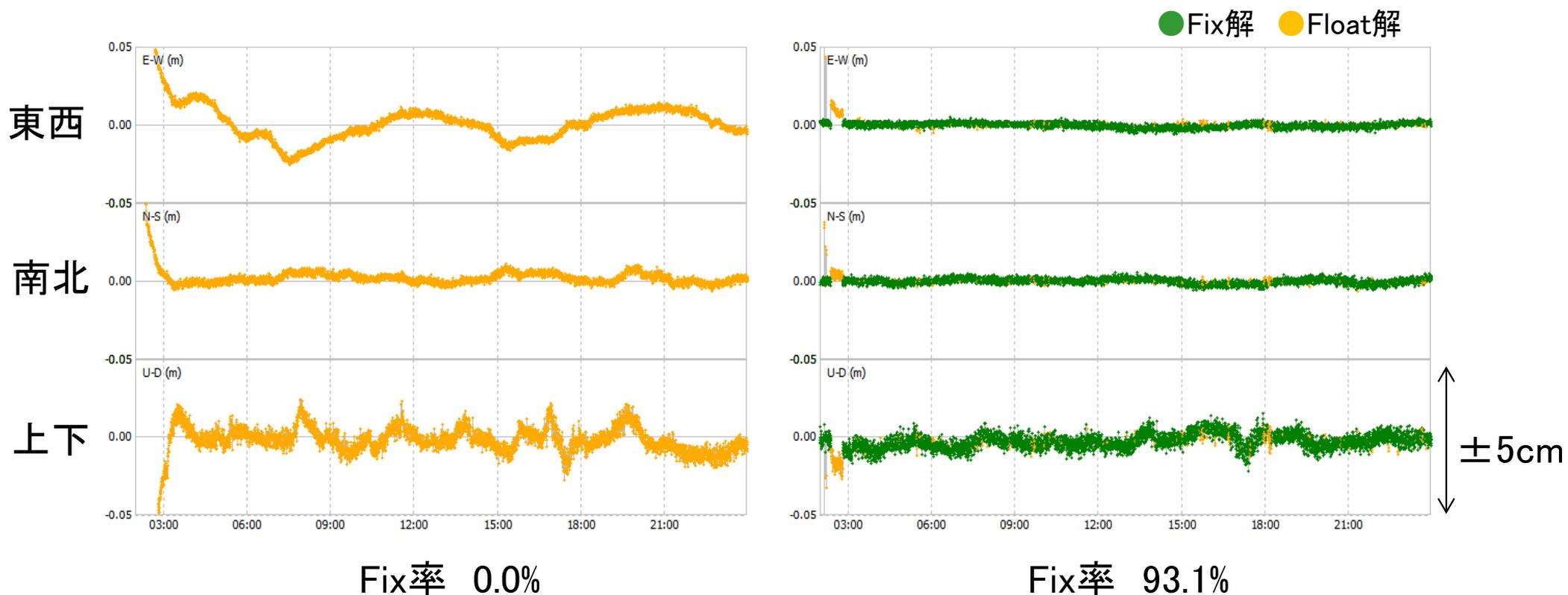
近代化GPSではL2P(Y)とL2Cを、準天頂衛星ではL2Cを送信している。L2P(Y)とL2Cの間で1/4サイクルのずれが存在し、位相を揃えるための符号が受信機メーカーによって異なる。

→異機種受信機間におけるL2P(Y)、L2Cを併用した解析で補正が必要



搬送波位相	A社	B社	C社
GPS L2P(Y)	補正なし	補正なし	補正なし
GPS L2C	+1/4サイクル	補正なし (受信機内部で補正)	-1/4サイクル
QZSS L2C	+1/4サイクル	補正なし (受信機内部で補正)	-1/4サイクル

GPSとGLONASSを利用した統合解析における IFB、ISB補正の効果

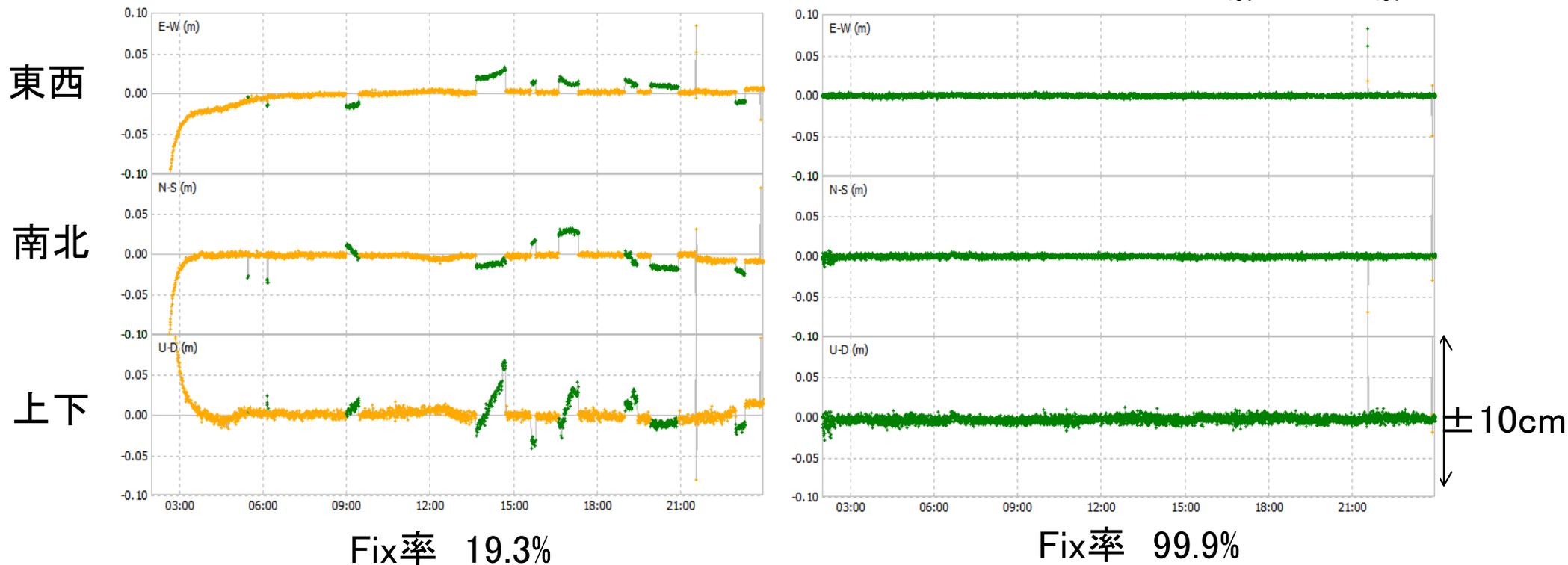


測位方式:キネマティック 基線長:0m 観測時間:24時間
(RTKLIB (T.Takasu, 2011)を改造したプログラムにより解析)

IFBとISBを補正することで、Fix率が大幅に上昇

GPSと準天頂衛星を利用した統合解析における ISB、1/4サイクルシフト補正の効果

● Fix解 ● Float解



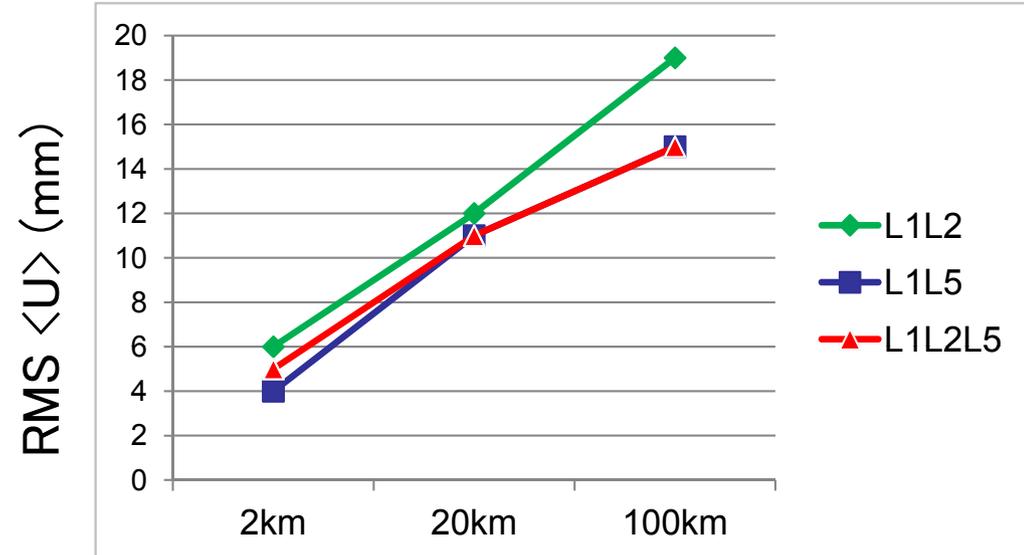
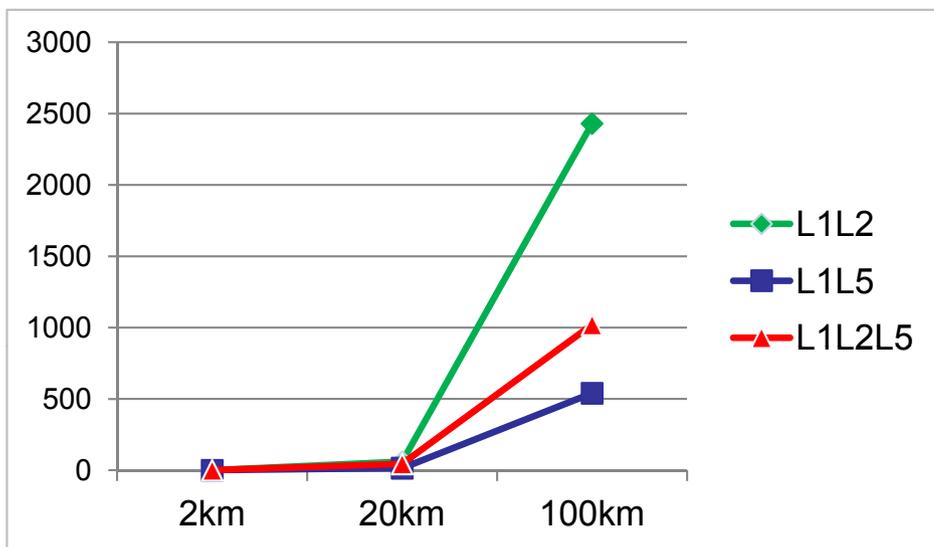
測位方式:キネマティック 基線長:0m 観測時間:24時間
(RTKLIBを改造したプログラムにより解析)

ISBと1/4サイクルシフトを補正することで、
Fix率が大幅に上昇

②L5の組み合わせ

3周波(L1,L2,L5)を用いた解析結果の評価

初期化時間 (エポック)



衛星系:GPS エポック間隔:1秒 観測時間:24時間
シミュレーションデータによるキネマティック解析結果

初期化時間:測位解を求めるのに最低限必要な時間

(長) L1L2 > L1L2L5 > L1L5 (短)

解のRMS:測位解の精度

(悪) L1L2 > L1L2L5 = L1L5 (良)

L5の利用で、“同精度をより短い観測時間で”の達成に期待

③プロトタイプの開発

マルチGNSS解析システム

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24年度に、GPS、準天頂衛星、GLONASSのL1、L2信号を利用した測量計算が可能なGSILIBのプロトタイプを開発

※プロトタイプは、研究用のオープンソースソフトウェアであるRTKLIB v2.4.1をベースに開発

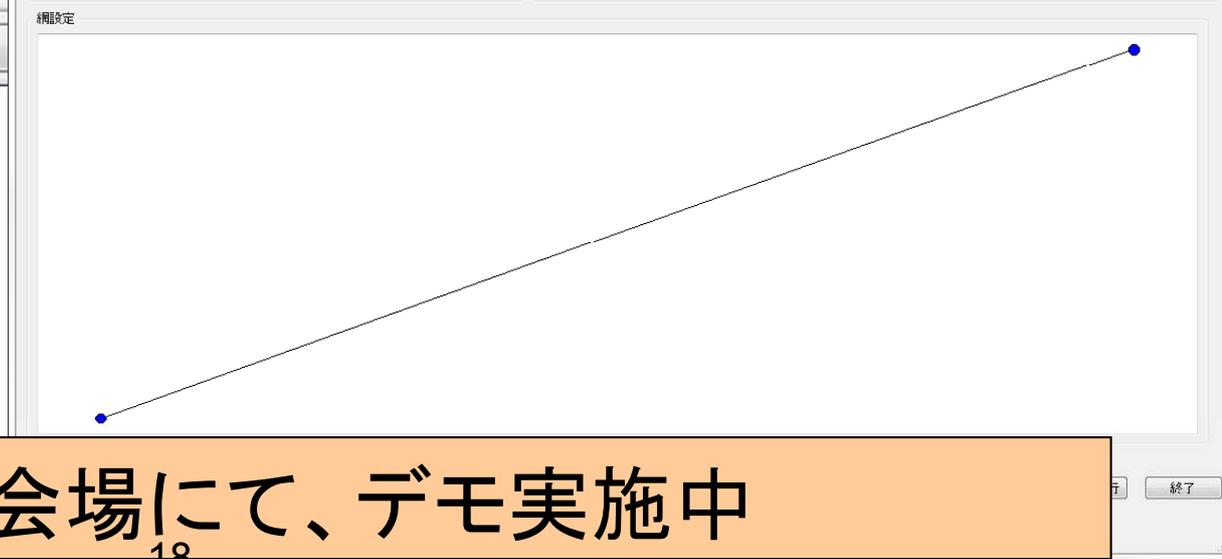
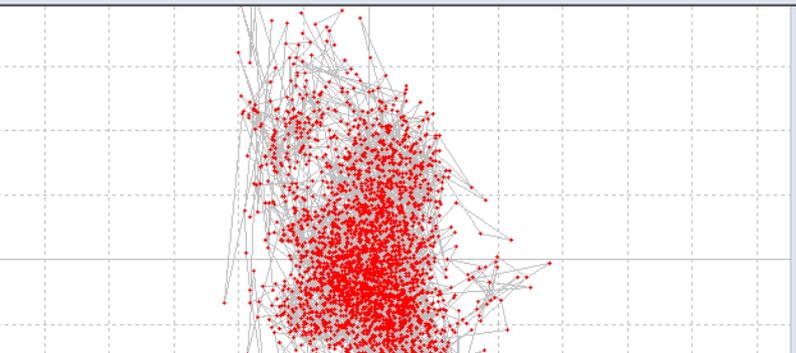
オープンソースライセンスで公開予定
ユーザは利用、改造が可能

プロトタイプの機能

- ・ マルチGNSS対応アルゴリズム (RTKLIB v2.4.1からの拡張)
 - L2P(Y)とL2Cの間の1/4サイクルシフト補正
 - 異機種受信機利用時のGLONASS IFB補正
 - 各測位信号に最適な観測誤差モデルの適用
 - アンテナ位相特性、IFB、観測誤差モデルの推定 等
- ・ 測量への利用を目指した改造
 - RTK法／ネットワーク型RTK法 (VRS方式)／スタティック法 (複数基線解析)
 - 単一基線解析結果を用いた網平均計算
 - RTKLIBの有する衛星配置、パス表示、SNR表示、各種測位結果表示

プロトタイプの画面例

既知点/新点種別	観測点名称	緯度	経度	楕円体高
1 新点		35.6755	139.902	2490.58
2 新点		35.5886	139.732	6543.43
3				



パネル展示会場にて、デモ実施中

平成25、26年度の計画

平成24年度GSILIBプロトタイプ

改造

平成25年度GSILIB開発

GPS、準天頂衛星、
GLONASS、GalileoのL1、
L2、L5信号、統合解析対
応。

オープンソースで公開し、
ユーザは利用・改造可能

利用

平成25、26年度現地実証実験

観測地点の条件に応じた最適な
衛星の組み合わせやデータ補正
方法といったマルチGNSS高精
度測位に必要な観測・解析方法
を検証

取りまとめ

平成26年度準則改正案の作成

公共測量の種類に応じた最適な観測・解析方法を確立し、
作業規程の準則改正案の作成

- GPSからマルチGNSSへ
 - ✓ ビル街等でGNSS測定の選択が可能に
 - ✓ 必要とする観測時間の短縮が可能に
- マルチGNSSの利用に向けて
 - ✓ 平成23～26年度でマルチGNSS解析手法を開発中
- 平成24年度までの技術開発の成果
 - ✓ IFB、ISB、1/4サイクルシフトを補正することで、異なる衛星系を組み合わせた解析において、安定した解が得られる
 - ✓ L5の利用で、“同精度をより短い観測時間で”の達成に期待
 - ✓ GSILIB(プロトタイプ)を開発し、公開予定
- 平成25、26年度の計画
 - ✓ 統合解析、3周波解析が可能なGSILIBを開発し、公開
 - ✓ 作業規程の準則改正案₂₀の作成

ユーザは、

**GSILIBのプロトタイプを利用して
マルチGNSSの効果を実感**