GEONETで取得されたMulti GNSSデータの活用
―さらなる高精度化へ―

Application of Multi GNSS Data of GEONET for Further Improvement of Precision

田部井隆雄，島田誠一，里村幹夫，原田　靖，多田吉成，藤井綾香
株式会社日豊

Takao Tabei, Seiichi Shimada, Mikio Satomura, Yasushi Harada,
Yoshinari Tada and Ayaka Fujii
Nippo Co., Ltd.

2026年10月16日 / つくば国際会議場

背　　景

- GEONETでは定常的にMulti GNSSデータを取得
  (GPS, GLONASS, Galileo, QZSS等)
- 観測とデータ流通の両面でMulti GNSS化は問題なし

一方で ⇕

- 学術研究，民生利用ともGPSの単独利用が圧倒的多数
- GPSのみで不満なし (精度 vs. 作業能率)

Multi GNSS利用の目的

(1) 測位精度のさらなる高度化
(2) 目的精度を維持したままの測位作業の迅速化
(3) 有事の際の代替システムの確保

本研究

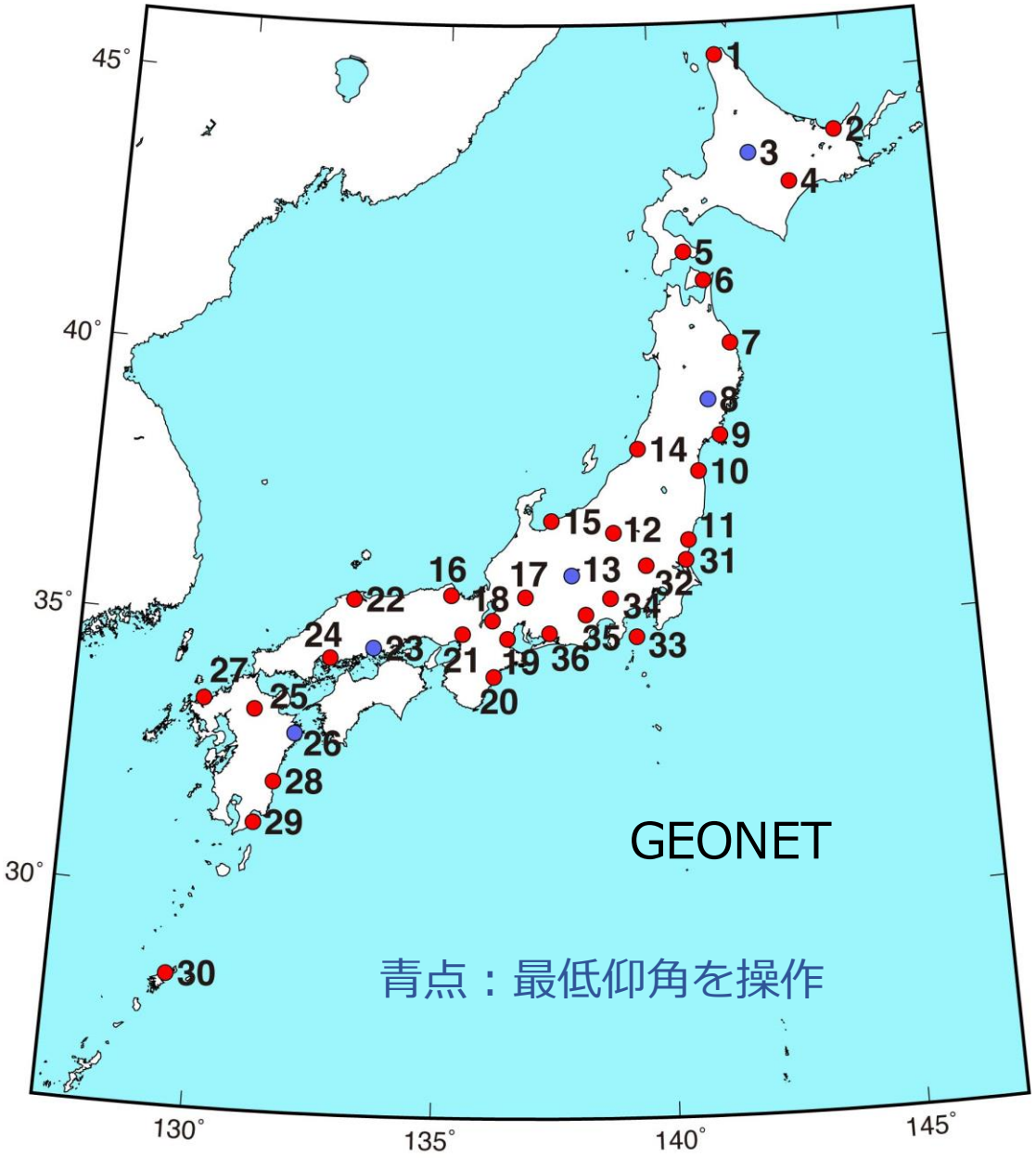
- GEONETで取得しているMulti GNSSデータの有効利用を模索する
- 測位精度の高度化，とくに上下成分の精度向上を調査する

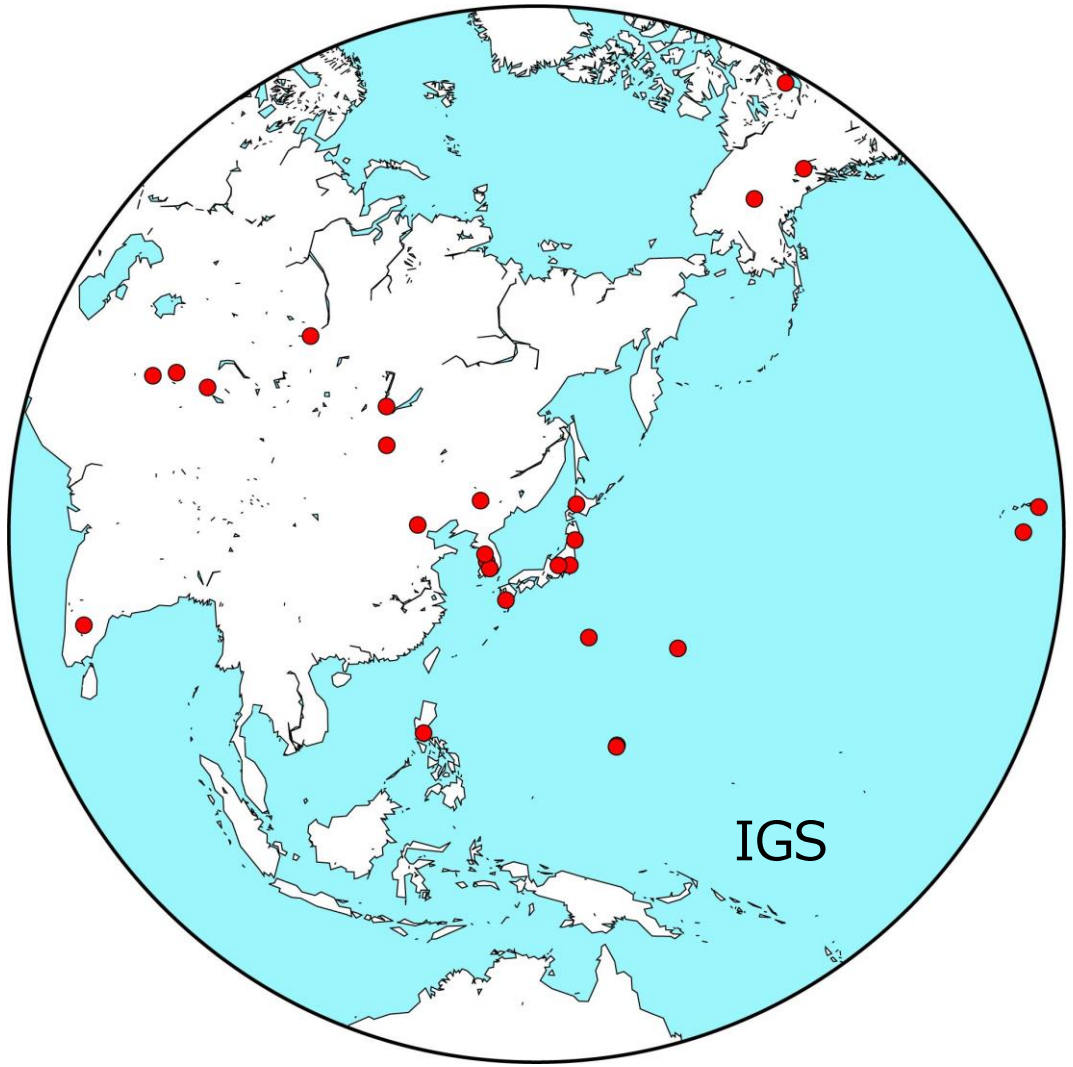
← 全国標高成果改定 2025

解　　析

- GEONETより36点を抽出
- 対象期間：2026年1月1日～8月8日 (DOY001～220)
- Bernese GNSS Software v5.4 + CODE MGX精密暦ほか
  (SP3, ERP, CLK, BIA)
- 使用する衛星システムを変更
  - GPSのみ
  - GPS+GLONASS+Galileo+QZSS フル
  - その他いろいろ (一部の期間を対象)
- 基線解析とPPP-AR解析
  - 基線解析　約30のIGS観測点を基準 (国内，ユーラシア，太平洋，北米)
  - PPP-AR解析　IGS観測点を用いない
    (解析に使用した精密暦や時計補正情報の作成にはIGS観測点が寄与)
- 悪条件下での精度検証
  - 特定観測点の最低仰角を変更 (↑25度)　　基線解析のみ

使用観測点





(基線解析時に使用)

解　　析 (続)

問題点

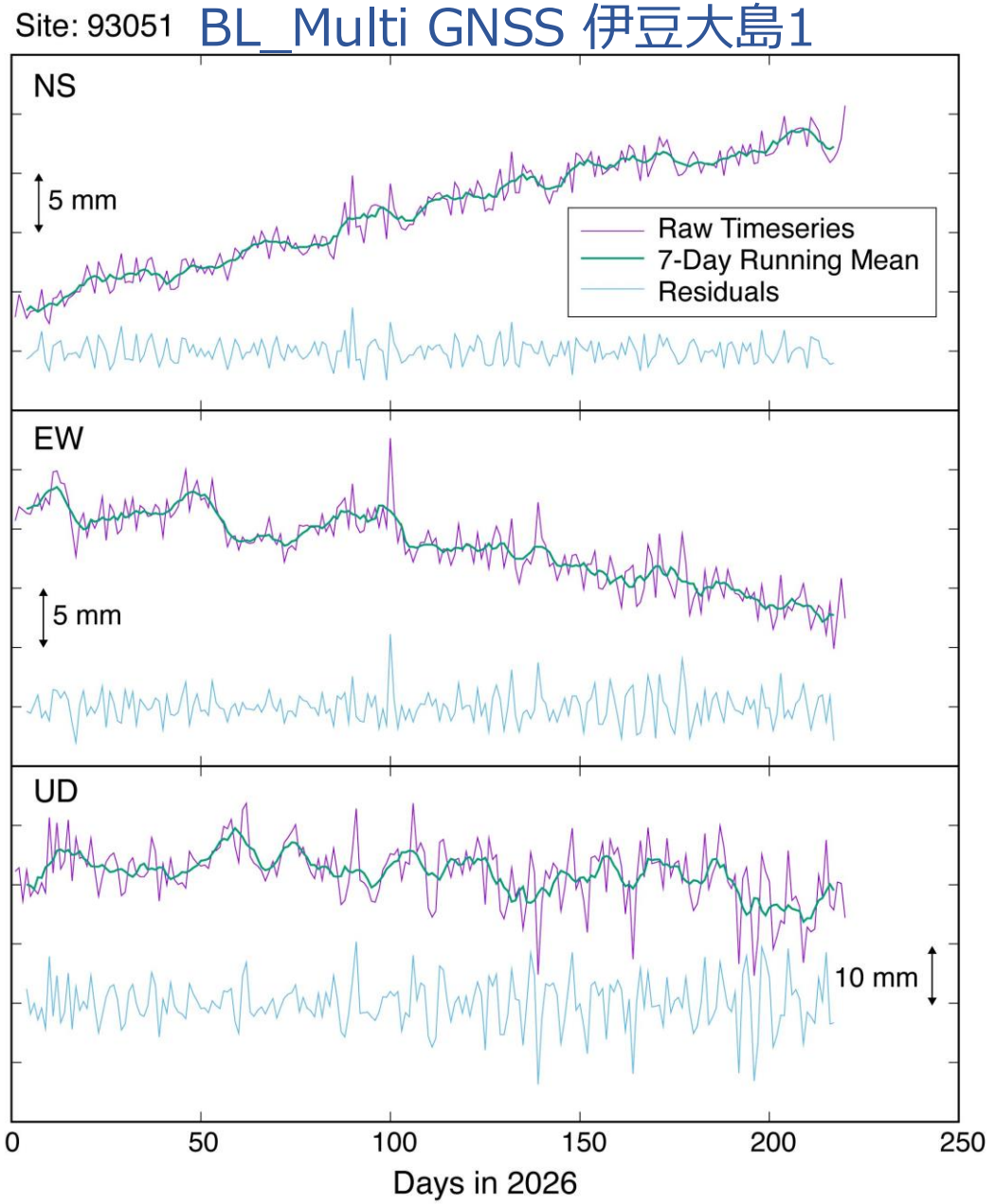
GEONETアンテナ+レドームのペアに対する
Galileo，QZSS用のPCVモデルがない

GPS用のモデルで代用

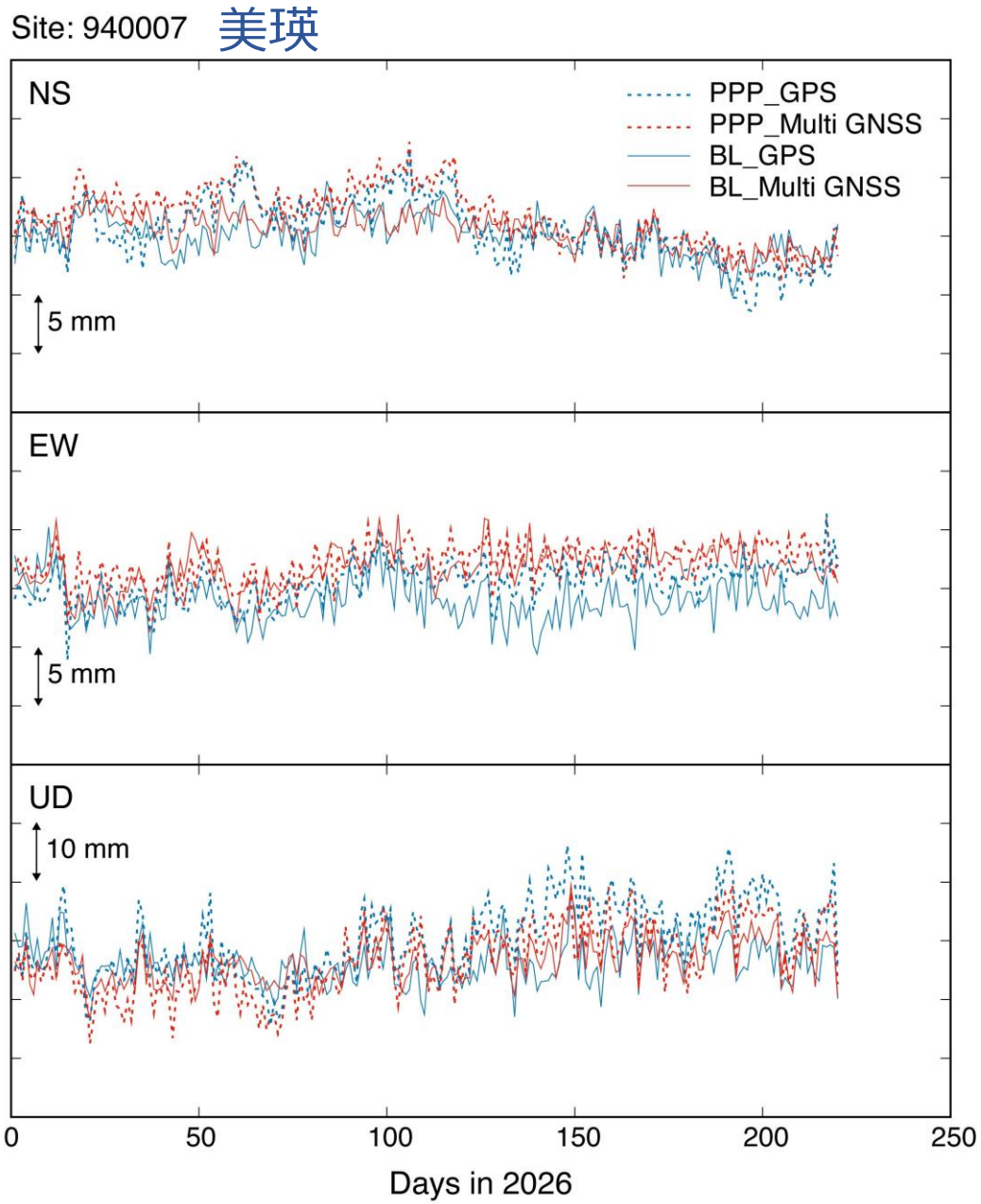
4通りの解析

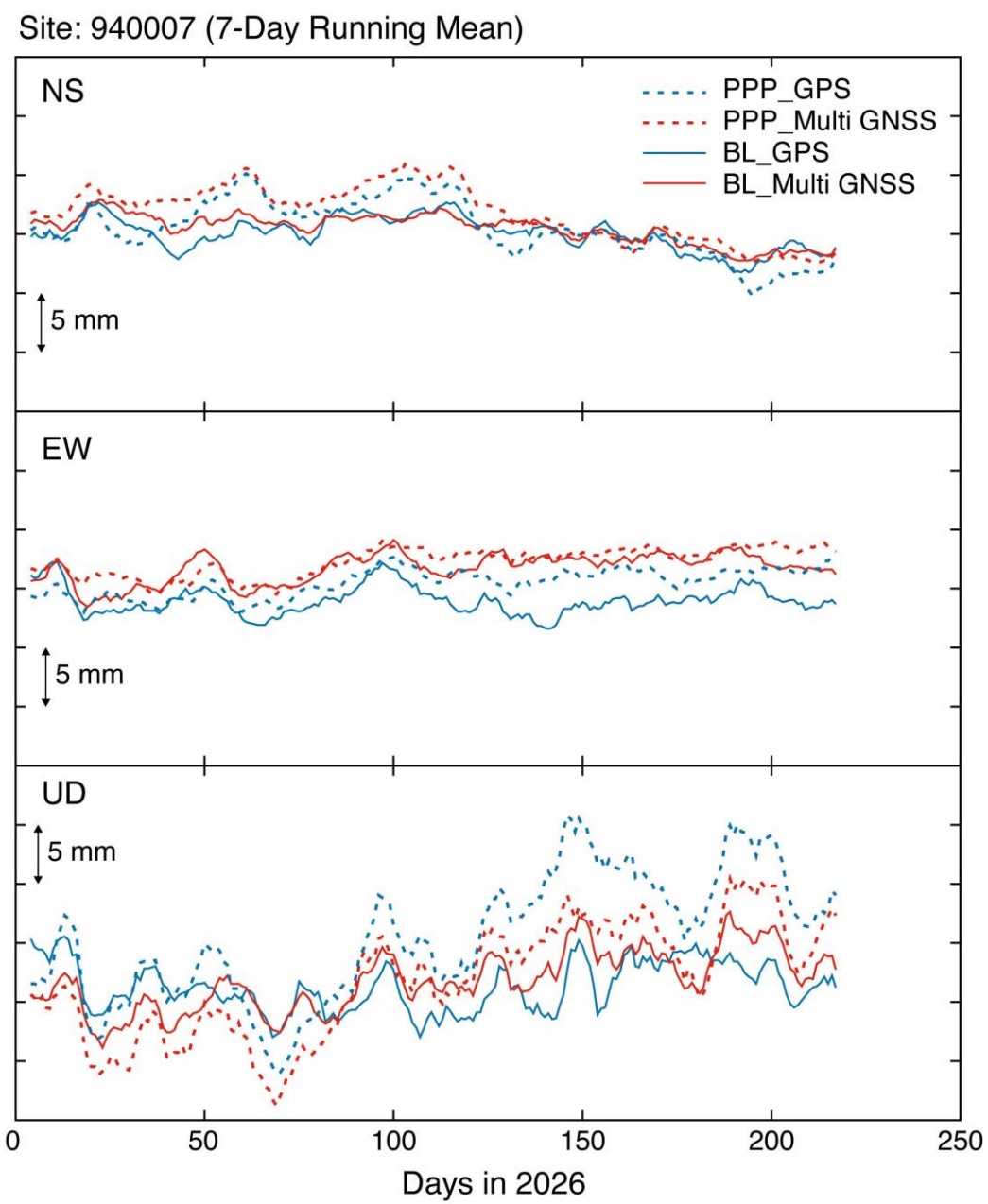
- BL_GPS：　　基線解析　GPSのみ
- BL_MultiGNSS：　基線解析
  GPS+GLONASS+Galile+QZSS
- PPP_GPS：　　PPP-AR解析　GPSのみ
- PPP_MultiGNSS：PPP-AR解析
  GPS+GLONASS+Galile+QZSS

生の時系列　→　7日間移動平均 + 残差 に分解



時系列比較　基線解析 vs. PPP-AR，GPS vs. Multi GNSS



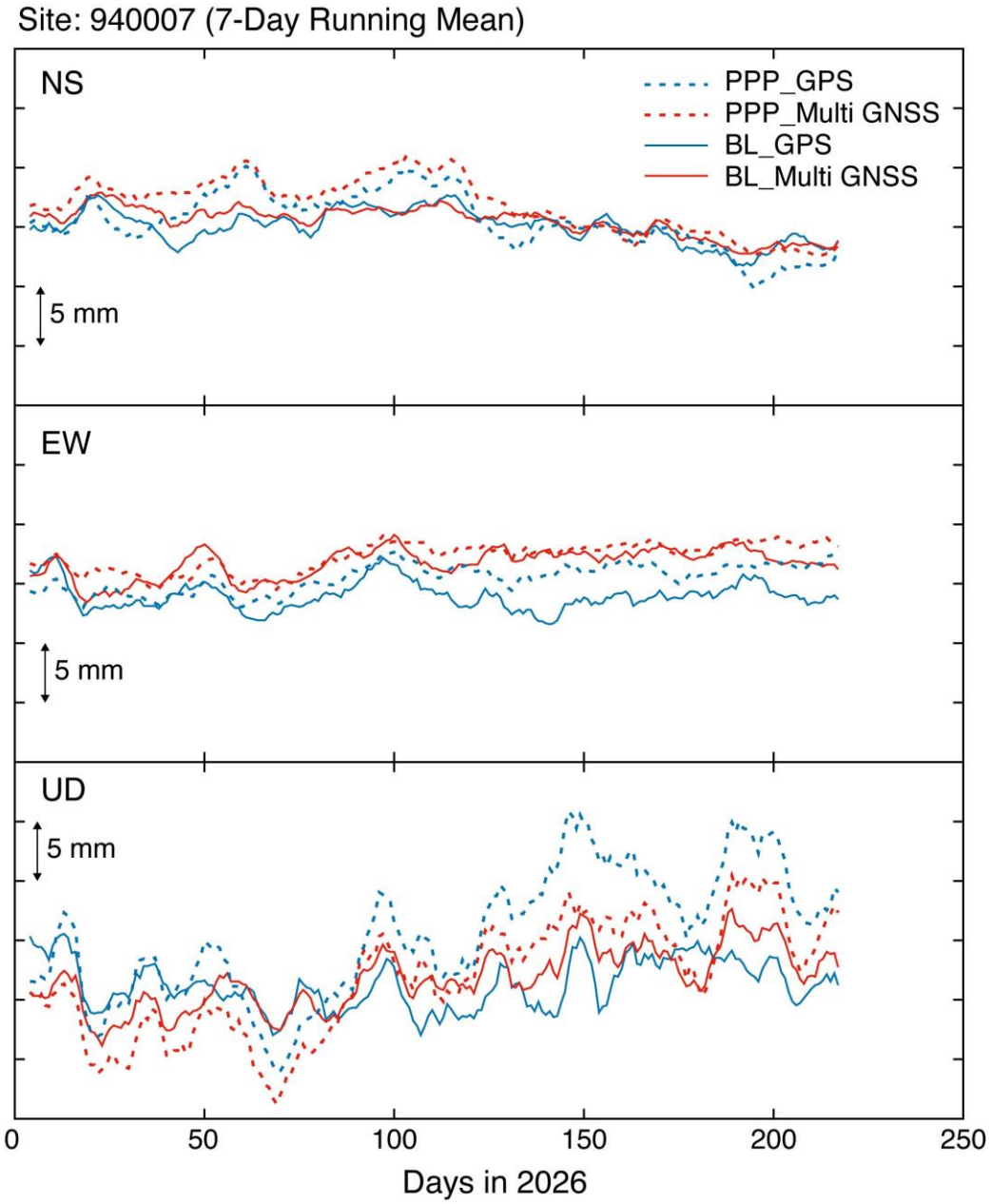


時系列比較 (続)

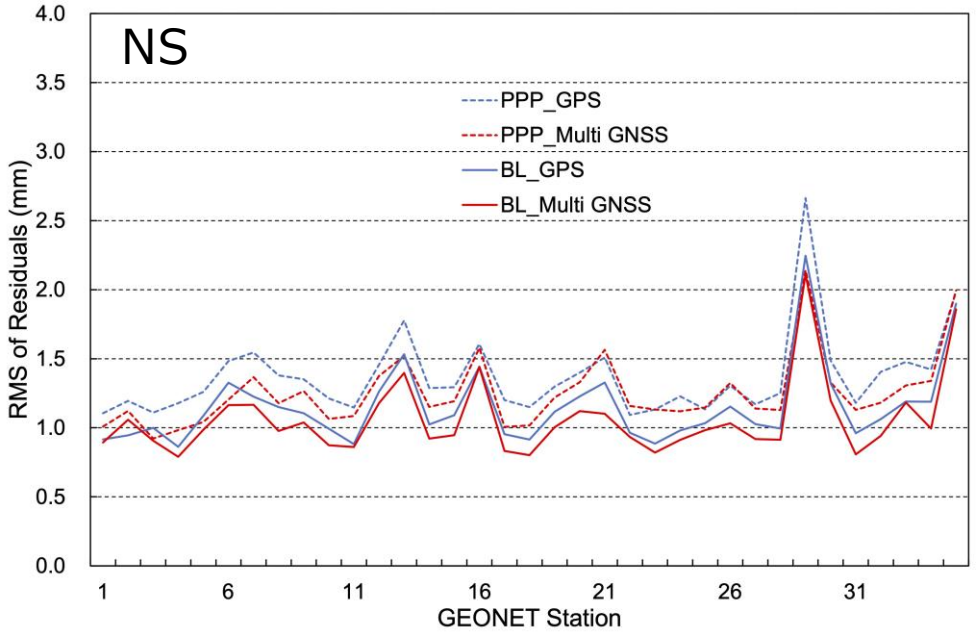
移動平均時系列間のオフセット (35点平均，mm)

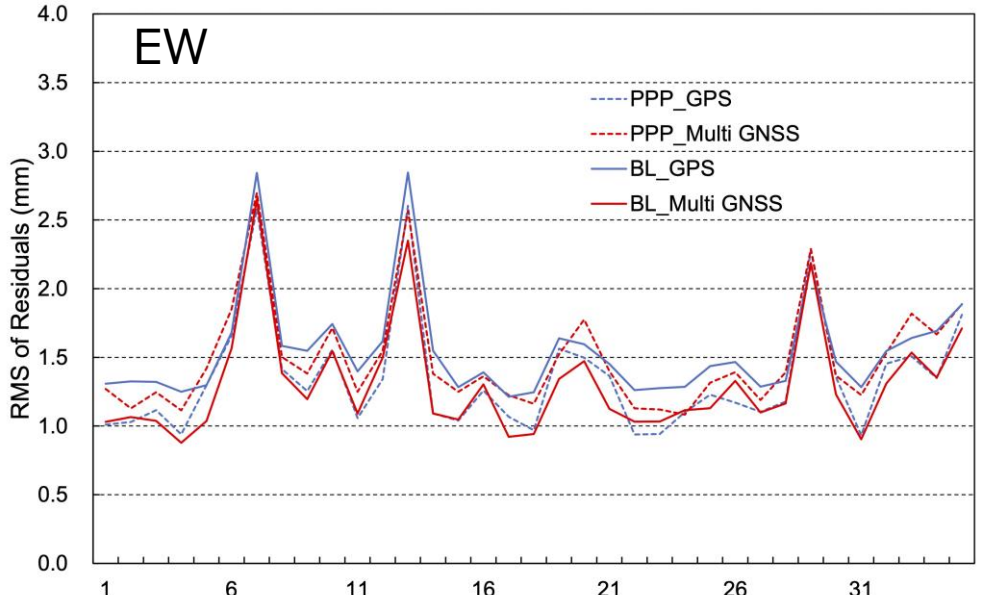
BL_MultiGNSS結果を基準とする

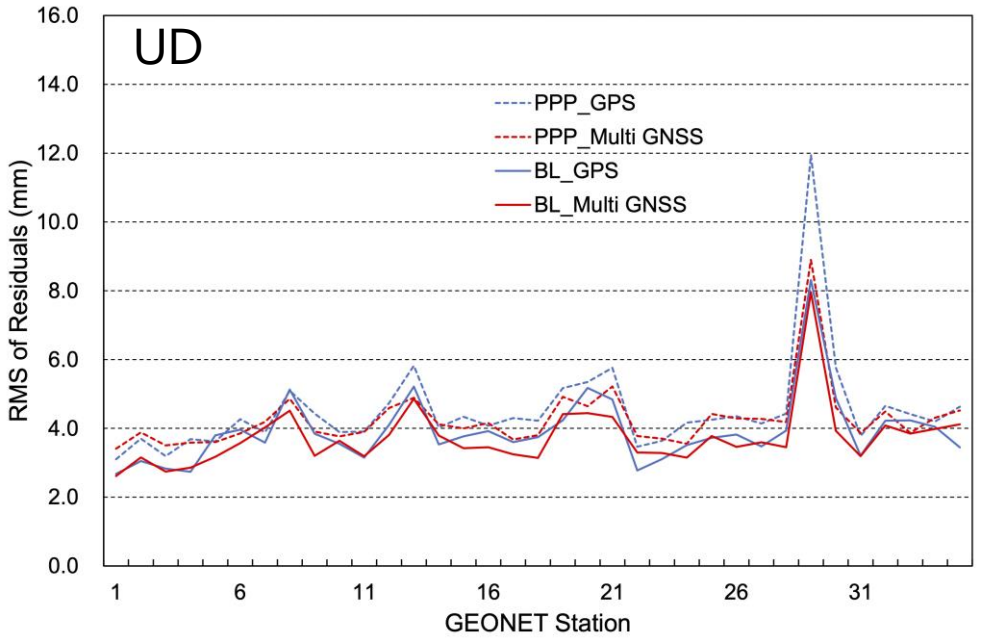
	NS	EW	UD
PPP_GPS	1.39	0.18	3.40
PPP_MultiGNSS	1.41	0.71	-1.54
BL_GPS	-0.29	-2.22	1.04



残差比較







時系列残差のRMS (35点平均，mm)

	NS	EW	UD
PPP_GPS	1.37	1.34	4.53
PPP_MultiGNSS	1.25	1.49	4.26
BL_GPS	1.15	1.55	3.92
BL_MultiGNSS	1.06	1.31	3.73

ここまでのまとめ　基線解析 vs. PPP-AR，GPS vs. Multi GNSS

時系列の”うねり”，日々の”ばらつき”

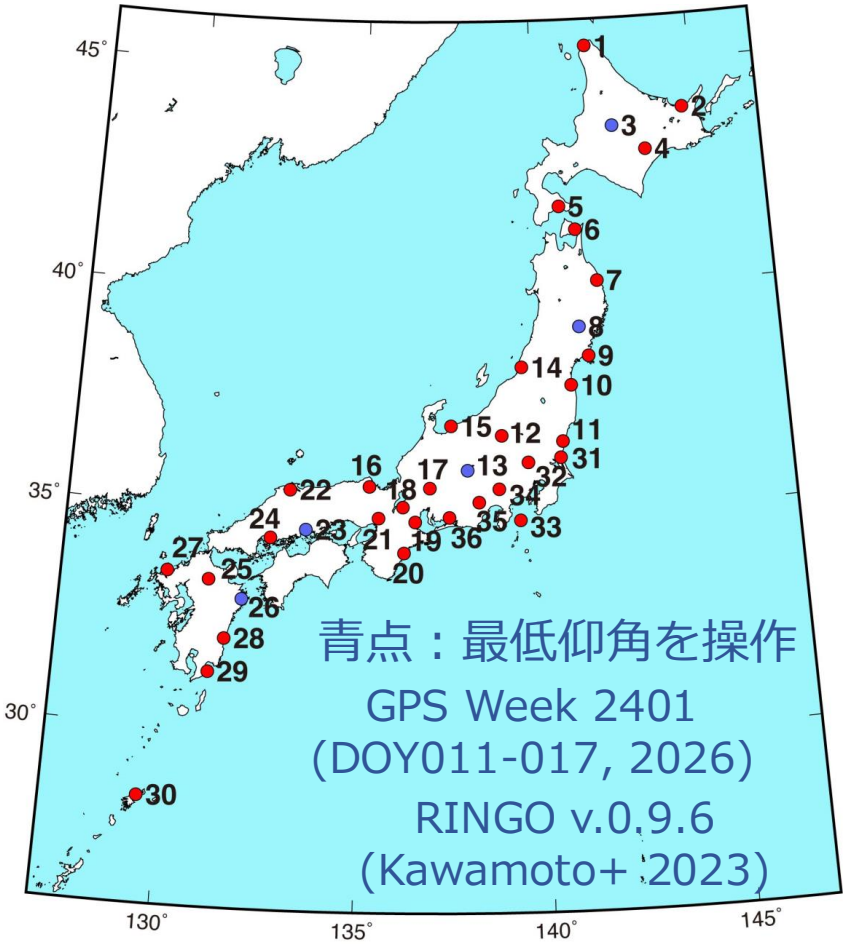
- 基線解析　＜　PPP-AR解析
- Multi GNSS　＜　GPSのみ

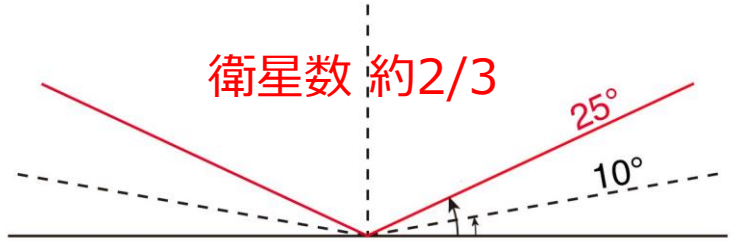
時系列間のオフセット

- NS成分　＜ 2 mm
- EW成分　＜ 3 mm (最大：BL_GPS vs. PPP_MultiGNSS)
- UD成分　＜ 5 mm (最大：PPP_GPS vs. PPP_MultiGNSS)

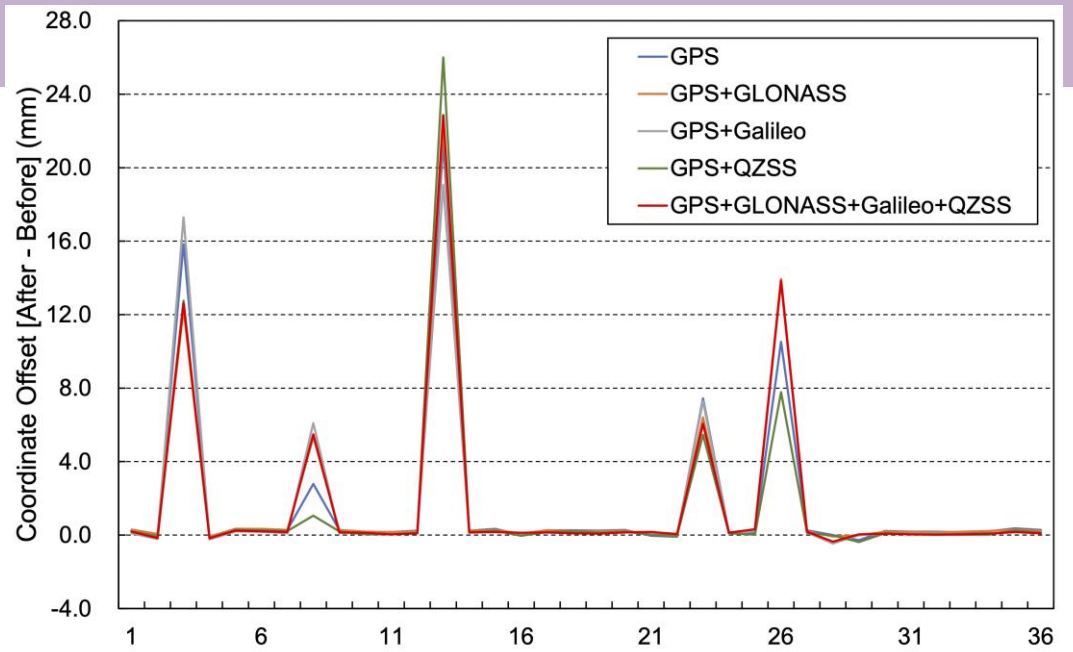
Multi GNSS利用は解を”落ち着かせる”効果がある (ように見える)

“悪条件”の設定　最低仰角25度へ変更

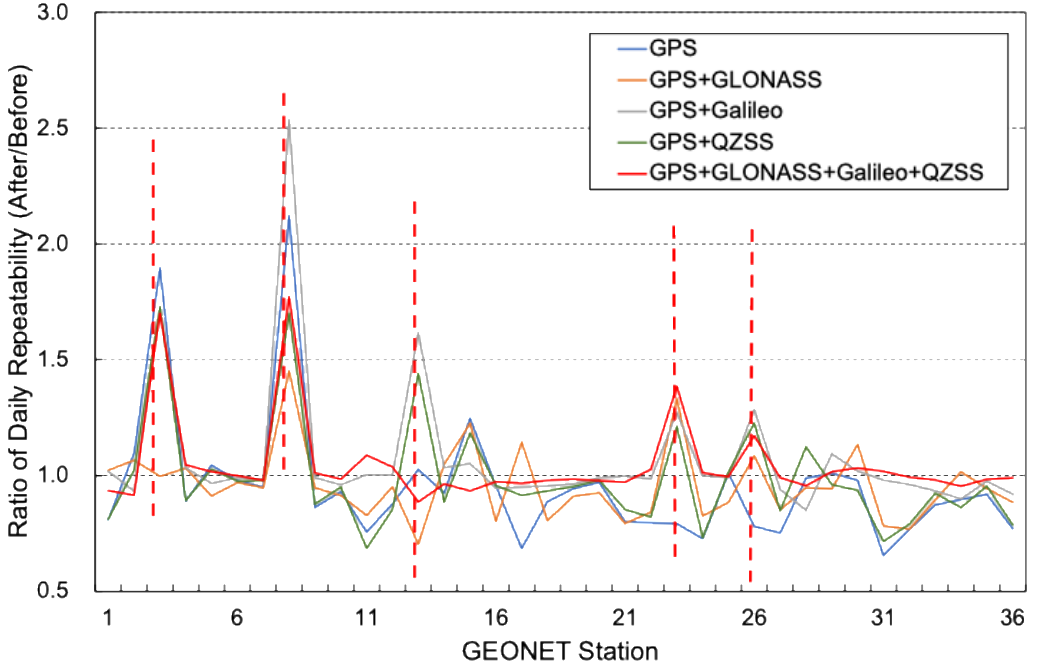




仰角操作前後での上下成分の変化
(7日間平均の比較, 単位mm)



短期(7日間)再現性の相対変化



(T_T)

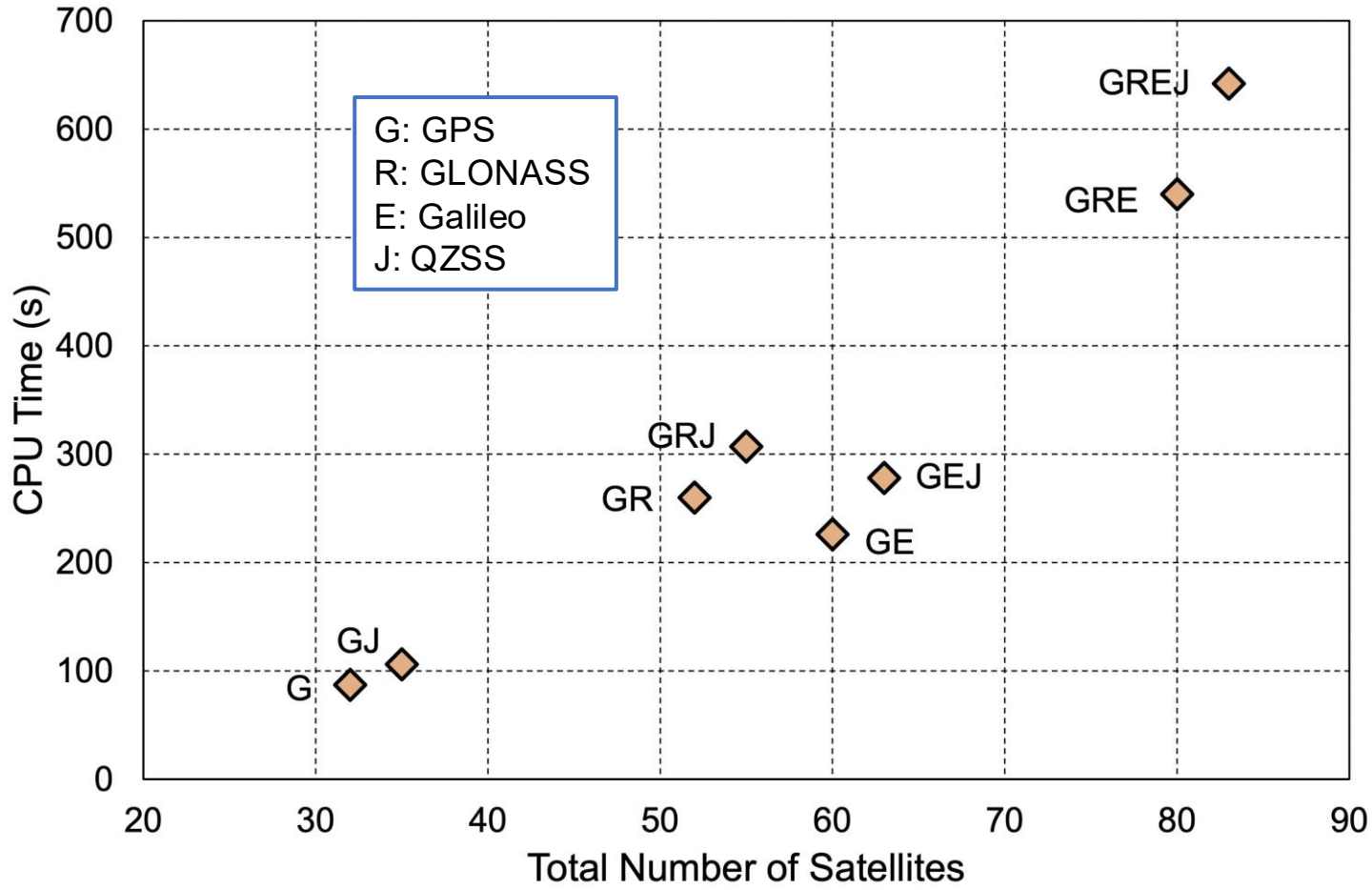
衛星システムの特定の組み合わせによる優位性は認められない

Multi GNSS基線解析のTime Performance

基線解析
　衛星数の増加とともに処理時間が大幅に増大

G, GE, GEJ あたりが妥当か？

cf. PPP-AR解析
　単点ごとの並列処理が可能
　処理時間　1/3～1/4



Ambiguity決定後，基線間の相関を考慮して全基線を一括処理する

→ Final Solution解算出 における全衛星数とCPU時間
　並列処理不可

ま と め

GEONETで取得されたMulti GNSSデータの利活用を模索した.

- GPSのみ，Multi GNSSそれぞれの基線解析とPPP-AR解析を実施した.
- 座標時系列間に水平で2-3 mm，上下で5 mm程度のオフセットが認められた.
- Multi GNSSの利用は座標時系列のうねりやばらつきを軽減する効果がある.
- 最低仰角を高く設定して悪条件下のMulti GNSS効果を期待したが，顕著な改善は認められなかった.
- 衛星数の増加に伴う処理時間の大幅な増大を考慮するとGPS+Galileo+QZSSの利用までが現実的と思われる.

Multi GNSS PPP-AR解析は，精度と処理時間の面から今後の発展が期待される

```
Receiver type          S/S  O/F  RINEX observation codes and their priority
********************  ***  ***  *** *** *** *** *** *** *** *** *** *** *** ***
DEFAULT                 G    L1   L1W L1C L1X L1L
                        G    L2   L2W L2C L2D L2P L2X L2S L2L
                        G    C1   C1W C1C C1X C1L
                        G    C2   C2W C2C C2D C2P C2X C2S C2L
                        R    L1   L1P L1C L1X
                        R    L2   L2P L2C L2X
                        R    C1   C1P C1C C1X
                        R    C2   C2P C2C C2X
                        E    L1   L1C L1X
                        E    L2   L5Q L5X
                        E    C1   C1C C1X
                        E    C2   C5Q C5X
                        C    L1   L2I L2X
                        C    L2   L6I L6X
                        C    C1   C2I C2X
                        C    C2   C6I C6X
                        J    L1   L1C L1Z L1L L1X L1E
                        J    L2   L5Q L5P L5X
                        J    C1   C1C C1Z C1L C1X C1E
                        J    C2   C5Q C5P C5X
```

GPS

GLONASS

Galileo

BeiDou

QZSS

付．Galileo用PCVモデルの問題例

Galileo E05 = GPS G02

```
ANTENNA/RADOME TYPE  NUMBER SYS FRQ TYP D(O) D(Z) D(A) M(Z)  SINEX      METHOD
******************** ****** *   *** *** ***  ***  ***  ***  ********** ********************
TRM159900.00    SCIS      0 G     2   1    0    5    5   90  IGS20_2233 ROBOT
                            R     2   1    0    5    5   90  IGS20_2233 ROBOT
                            E     2   1    0    5    5   90  IGS20_2233 ADOPTED from GPS

      NORTH MM  EAST MM   UP MM   FACTOR
      *****.** *****.** *****.** **********
G01 0     0.80      0.04   111.81   0.100E+01
G02 0     0.38      0.37   124.49   0.100E+01
R01 0     0.80      0.04   111.81   0.100E+01
R02 0     0.38      0.37   124.49   0.100E+01
E01 0     0.80      0.04   111.81   0.100E+01
E05 0     0.38      0.37   124.49   0.100E+01
```

G05なし

```
ANTENNA/RADOME TYPE  NUMBER SYS FRQ TYP D(O) D(Z) D(A) M(Z)  SINEX      METHOD
******************** ****** *   *** *** ***  ***  ***  ***  ********** ********************
LEIAR25         LEIT      0 G     2   1    0    5    5   90  IGS20_2233 ROBOT
                            R     2   1    0    5    5   90  IGS20_2233 ROBOT
                            E     2   1    0    5    5   90  IGS20_2233 ADOPTED from GPS

      NORTH MM  EAST MM   UP MM   FACTOR
      *****.** *****.** *****.** **********
G01 0     0.86      0.49   156.63   0.100E+01
G02 0     0.16      0.05   161.48   0.100E+01
R01 0     0.86      0.49   156.63   0.100E+01
R02 0     0.16      0.05   161.48   0.100E+01
E01 0     0.86      0.49   156.63   0.100E+01
E05 0     0.16      0.05   161.48   0.100E+01
```

G05なし

G01 1575.42 MHz
G02 1227.60
G05 1176.45
E01 1575.42
E05a 1176.45 (E5b 1207.14)

Galileo E05 = GPS G05

```
ANTENNA/RADOME TYPE  NUMBER SYS FRQ TYP D(O) D(Z) D(A) M(Z)  SINEX      METHOD
******************** ****** *   *** *** ***  ***  ***  ***  ********** ********************
LEIAR10         NONE      0 G     3   1    0    5    5   90  IGS20_2233 ROBOT
                            R     4   1    0    5    5   90  IGS20_2233 ROBOT
                            E     2   1    0    5    5   90  IGS20_2233 ROBOT

      NORTH MM  EAST MM   UP MM   FACTOR
      *****.** *****.** *****.** **********
G01 0     0.35     -0.02    87.53   0.100E+01
G02 0    -0.13     -0.35    82.94   0.100E+01
G05 0    -0.47     -0.58    85.23   0.100E+01
R01 0     0.28     -0.06    87.46   0.100E+01
R04 0     0.28     -0.06    87.46   0.100E+01
R02 0    -0.13     -0.41    81.14   0.100E+01
R06 0    -0.13     -0.41    81.14   0.100E+01
E01 0     0.35     -0.02    87.53   0.100E+01
E05 0    -0.47     -0.58    85.23   0.100E+01
```

G02 ≠ G05

```
ANTENNA/RADOME TYPE  NUMBER SYS FRQ TYP D(O) D(Z) D(A) M(Z)  SINEX      METHOD
******************** ****** *   *** *** ***  ***  ***  ***  ********** ********************
TRM59800.80     NONE      0 G     3   1    0    5    5   90  IGS20_2233 COPIED
                            R     4   1    0    5    5   90  IGS20_2233 COPIED
                            E     5   1    0    5    5   90  IGS20_2233 COPIED

      NORTH MM  EAST MM   UP MM   FACTOR
      *****.** *****.** *****.** **********
G01 0     0.65      1.35    89.35   0.100E+01
G02 0    -0.24      0.00   117.76   0.100E+01
G05 0    -0.12     -0.04   127.60   0.100E+01
R01 0     0.98      1.51    86.86   0.100E+01
R04 0     0.98      1.51    86.86   0.100E+01
R02 0    -0.16     -0.20   114.47   0.100E+01
R06 0    -0.16     -0.20   114.47   0.100E+01
E01 0     0.65      1.35    89.35   0.100E+01
E05 0    -0.12     -0.04   127.60   0.100E+01
E06 0     0.11      0.19   112.31   0.100E+01
E07 0    -0.23     -0.02   120.30   0.100E+01
E08 0    -0.09      0.15   123.97   0.100E+01
```

G02 ≠ G05

Galileo E05用にGPS G02の値を流用するのは妥当か？

基線解析

Code-Based Widelane (WL, 200-6000 km)
Code-Based Narrowlane (NL, 200-6000 km)
Phase-Based Widelane (L5, 20-200 km)
Phase-Based Narrowlane (L3, 20-200 km)
Quasi-Ionosphere-Free (QIF, 20-2000 km)
Direct L1/L2 (< 20 km)

対象: GPS, Galileo, QZSS

PPP解析

Code-Based Widelane (WL)
Code-Based Narrowlane (NL)

対象: GPS, Galileo

DOY200-2026

System	Ambiguities Total	L1 & L2 Amb. Solved (%)	L5 Amb. Solved (%)
GPS	3808	3306 (86.8)	2885 (75.8)
Galileo	2756	2421 (87.8)	2208 (80.1)
QZSS	301	263 (87.3)	233 (77.4)

DOY200-2026

System	Ambiguities Total	L1 & L2 Amb. Solved (%)	L5 Amb. Solved (%)
GPS	3178	2294 (72.2)	3139 (98.8)
Galileo	2321	1886 (81.2)	2293 (98.8)