

## 2.3. 受信機ハードウェアバイアスの変化が測位解の精度及び安定性に与える影響

GLONASS のチャンネル間バイアス (IFB : Inter Frequency Bias) の補正ありなし、受信機ハードウェアバイアス (ISB : Inter System Bias) の補正ありなしによる測位解への影響と、ISB の観測条件による変化が、測位解の精度及び安定性に与える影響について調査した。

### 2.3.1. 受信機チャンネル間バイアス補正による影響

2.2 で観測した 0m 基線観測条件のデータについて、2.2 で推定した受信機チャンネル間バイアスの補正ありなしによる測位解への影響を調査するため、0m 基線観測条件の初日 2013 年 8 月 29 日観測の 24 時間データを使用し、キネマティック基線解析を実施した。衛星系の組み合わせは、GPS と GLONASS とし、GPS と GLONASS で位相差を取らない混合解析とした。

検証用プログラムは、2.2.6 で開発した RTKPOST の一部を改修したプログラムを使用した。基線解析条件を表 2-57 に示す。

Javad D1 受信機を基準とし、各受信機をターゲットとした基線解析で、受信機の組み合わせに応じた表 2-22 の 0m 基線観測条件の IFB 平均値を補正值として、IFB 補正ありなしでフィックス解の割合と座標の精度を比較した。その結果を表 2-59 から表 2-63 に示す。またフィックス率のプロットを図 2-36 に、座標の精度 RMS についてそれぞれ東西を図 2-37 に、南北を図 2-38 に、上下を図 2-39 に示す。

なお、IFB 補正ありでも Leica 受信機及び Topcon 受信機で約 90%のフィックス率であったが、GLONASS IFBの残差が大きかったため、RTKPOSTの解析設定を Kinematic モードから、座標を固定した Fixed モードに設定変更し、GLONASS の搬送波位相の残差が、最も小さくなるよう手動で IFB の値を変更して得た IFB 補正值をに示す。また、この補正值を IFB2 と表記した。

基線解析の結果、IFB の値の大きい Leica 受信機では、IFB 補正なしの場合フィックス率が 0.2%とほとんどフィックス解を得られなかった。また Trimble 受信機でもフィックス率が低下したが、IFB 補正により、Leica 受信機、Trimble 受信機ともフィックス率が向上した。なお、前述の通り、Leica 受信機、Topcon 受信機では IFB 補正でも 90%程度のフィックス率であったが、手動で推定した補正值 IFB2 の補正によりフィックス率 98%以上と向上した。これは自動推定時に受信機の機種によっては推定誤差が大きくなるためと推測される。

IFB 補正により、座標の精度も向上した。また、GPS のみより GLONASS を組み合

わせることで座標の精度が向上した。

IFB の値の小さい Javad S 受信機では、IFB 補正のありなしでフィックス率、座標の精度ともほとんど変わらなかった。

表 2-57 RTKPOST による IFB 補正混合解析設定

| 設定項目            | 設定値                                   |
|-----------------|---------------------------------------|
| 測位方式            | 後処理キネマティック基線解析（混合解析）<br>Kinematic モード |
| 周波数             | 2 周波（L1、L2）                           |
| 衛星暦             | 放送暦                                   |
| エポック間隔          | 15 秒                                  |
| 仰角マスク           | 15 度                                  |
| アンビギュイティ決定モード   | Continuous                            |
| アンビギュイティ決定最小レシオ | 3.0                                   |
| 電離層補正           | Klobuchar モデル                         |
| 対流圏補正           | Saastamoinen モデル                      |

表 2-58 GLONASS IFB2 (IFB 手動推定値)

| 受信機       | IFB (cm/freq) |       |
|-----------|---------------|-------|
|           | L1            | L2    |
| Javad S   | -0.10         | -0.05 |
| Leica     | 2.40          | 2.45  |
| Topcon    | 0.00          | 0.05  |
| Trimble 1 | -0.70         | -0.65 |
| Trimble 2 | -0.70         | -0.65 |

Javad D1 受信機基準

表 2-59 GPS-GLONASS 混合解析 Javad D 受信機基準 Javad S 受信機

| 補正        | Fix (%) | RMS E (m) | RMS N (m) | RMS U (m) |
|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|
| GPS のみ    | 99.9    | 0.0016    | 0.0020    | 0.0041    |
| IFB 補正なし  | 98.6    | 0.0013    | 0.0012    | 0.0034    |
| IFB 補正あり  | 98.6    | 0.0013    | 0.0012    | 0.0034    |
| IFB2 補正あり | 98.7    | 0.0013    | 0.0012    | 0.0034    |

表 2-60 GPS-GLONASS 混合解析 Javad D 受信機基準 Leica 受信機

| 補正        | Fix (%) | RMS E (m) | RMS N (m) | RMS U (m) |
|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|
| GPS のみ    | 99.8    | 0.0018    | 0.0028    | 0.0045    |
| IFB 補正なし  | 0.2     | —         | —         | —         |
| IFB 補正あり  | 90.5    | 0.0014    | 0.0015    | 0.0039    |
| IFB2 補正あり | 98.3    | 0.0014    | 0.0014    | 0.0036    |

表 2-61 GPS-GLONASS 混合解析 Javad D 受信機基準 Topcon 受信機

| 補正        | Fix (%) | RMS E (m) | RMS N (m) | RMS U (m) |
|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|
| GPS のみ    | 99.9    | 0.0016    | 0.0021    | 0.0040    |
| IFB 補正なし  | 98.8    | 0.0013    | 0.0013    | 0.0034    |
| IFB 補正あり  | 90.3    | 0.0014    | 0.0016    | 0.0037    |
| IFB2 補正あり | 98.9    | 0.0013    | 0.0013    | 0.0034    |

表 2-62 GPS-GLONASS 混合解析 Javad D 受信機基準 Trimble1 受信機

| 補正        | Fix (%) | RMS E (m) | RMS N (m) | RMS U (m) |
|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|
| GPS のみ    | 99.8    | 0.0021    | 0.0027    | 0.0053    |
| IFB 補正なし  | 83.7    | 0.0016    | 0.0018    | 0.0046    |
| IFB 補正あり  | 97.4    | 0.0017    | 0.0017    | 0.0043    |
| IFB2 補正あり | 98.8    | 0.0016    | 0.0016    | 0.0042    |

表 2-63 GPS-GLONASS 混合解析 Javad D 受信機基準 Trimble2 受信機

| 補正        | Fix (%) | RMS E (m) | RMS N (m) | RMS U (m) |
|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|
| GPS のみ    | 99.8    | 0.0020    | 0.0027    | 0.0053    |
| IFB 補正なし  | 88.3    | 0.0016    | 0.0017    | 0.0044    |
| IFB 補正あり  | 98.0    | 0.0016    | 0.0017    | 0.0042    |
| IFB2 補正あり | 98.8    | 0.0016    | 0.0017    | 0.0042    |

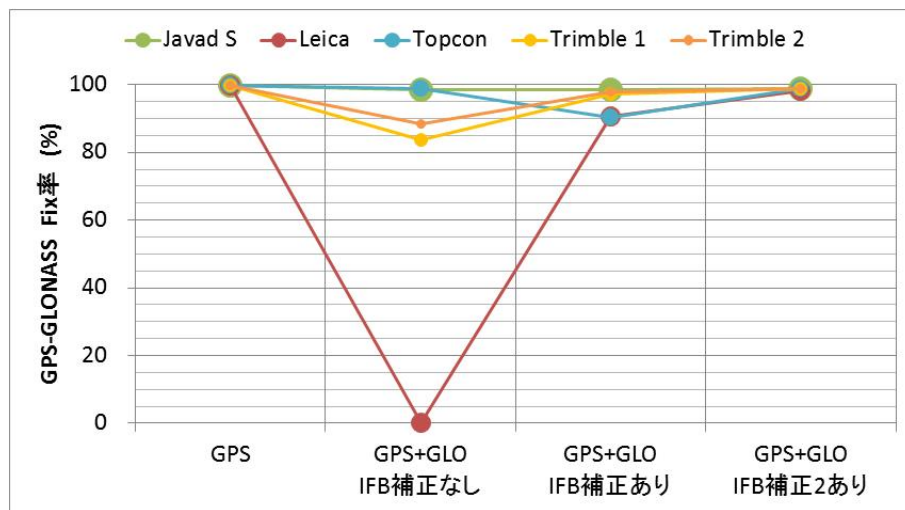


図 2-36 GPS-GLONASS 混合解析フィックス解の割合

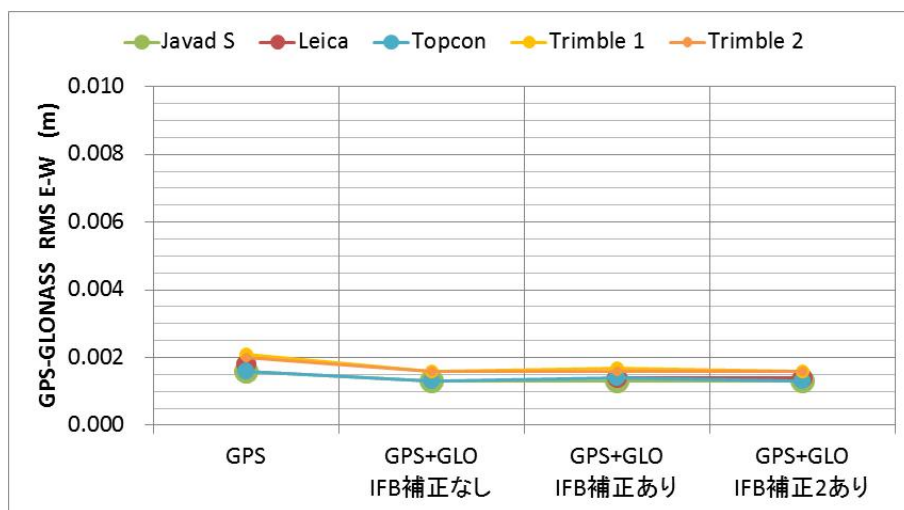


図 2-37 GPS-GLONASS 混合解析 RMS 東西

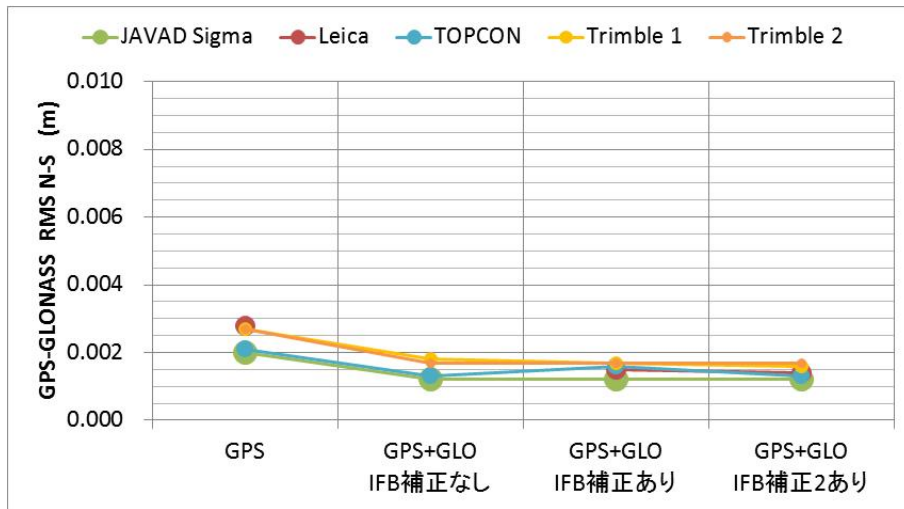


図 2-38 GPS-GLONASS 混合解析 RMS 南北

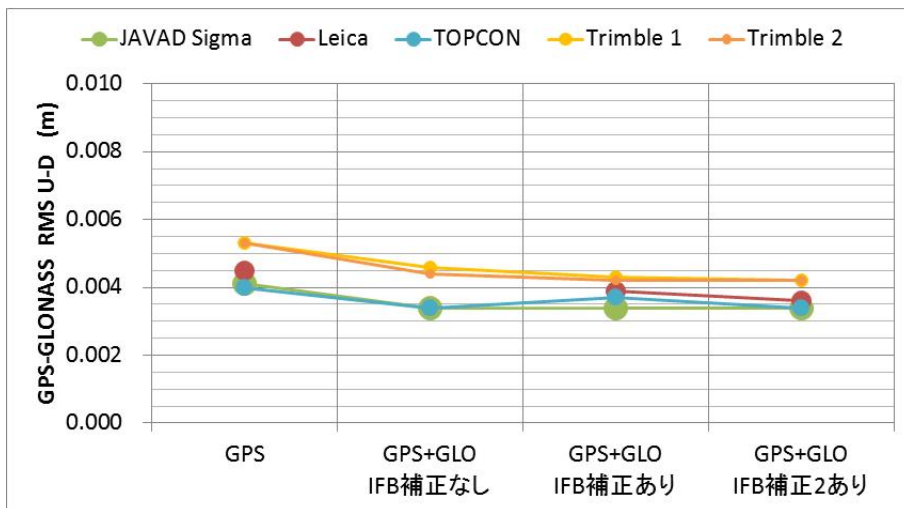


図 2-39 GPS-GLONASS 混合解析 RMS 上下

### 2.3.2. 受信機チャンネル間バイアス補正の安定性による影響

さらに、IFB 補正值の安定性と測位解に与える影響を調査するため、0m 基線観測条件観測日初日の 2013 年 8 月 29 日より 76 日経過した 2013 年 11 月 13 日に観測した 24 時間データを使用し、2.3.1 と同じ解析条件、同じ補正值でキネマティック基線解析を実施した。観測に使用したデータは、追加観測の 0m 基線観測条件の初日に観測したデータである。

基線解析結果を表 2-64 から表 2-68 に示す。またフィックス解の割合のプロットを図 2-40 に、座標の精度 RMS についてそれぞれ東西を図 2-41 に、南北を図 2-42 に、上下を図 2-43 に示す。

2013年8月29日の観測データによる基線解析結果と同様に、IFB補正によりフィックス率、座標の精度とも向上した。またフィックス率、座標の精度ともほぼ同様の値であったため、76日前に推定したIFBの補正值で補正した基線解析が可能であることが確認できた。

表 2-64 GPS-GLONASS 混合解析 Javad D 受信機基準 Javad S 受信機

| 補正        | Fix (%) | RMS E (m) | RMS N (m) | RMS U (m) |
|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|
| GPS のみ    | 99.9    | 0.0016    | 0.0019    | 0.0040    |
| IFB 補正なし  | 98.5    | 0.0014    | 0.0013    | 0.0032    |
| IFB 補正あり  | 98.6    | 0.0014    | 0.0013    | 0.0032    |
| IFB2 補正あり | 98.6    | 0.0014    | 0.0013    | 0.0032    |

表 2-65 GPS-GLONASS 混合解析 Javad D 受信機基準 Leica 受信機

| 補正        | Fix (%) | RMS E (m) | RMS N (m) | RMS U (m) |
|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|
| GPS のみ    | 99.9    | 0.0018    | 0.0022    | 0.0045    |
| IFB 補正なし  | 0.0     | —         | —         | —         |
| IFB 補正あり  | 92.2    | 0.0015    | 0.0015    | 0.0038    |
| IFB2 補正あり | 98.1    | 0.0015    | 0.0014    | 0.0035    |

表 2-66 GPS-GLONASS 混合解析 Javad D 受信機基準 Topcon 受信機

| 補正        | Fix (%) | RMS E (m) | RMS N (m) | RMS U (m) |
|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|
| GPS のみ    | 99.9    | 0.0016    | 0.0020    | 0.0041    |
| IFB 補正なし  | 98.4    | 0.0014    | 0.0014    | 0.0032    |
| IFB 補正あり  | 91.3    | 0.0015    | 0.0015    | 0.0033    |
| IFB2 補正あり | 98.5    | 0.0014    | 0.0014    | 0.0032    |

表 2-67 GPS-GLONASS 混合解析 Javad D 受信機基準 Trimble1 受信機

| 補正        | Fix (%) | RMS E (m) | RMS N (m) | RMS U (m) |
|-----------|---------|-----------|-----------|-----------|
| GPS のみ    | 99.8    | 0.0021    | 0.0027    | 0.0056    |
| IFB 補正なし  | 85.1    | 0.0018    | 0.0018    | 0.0049    |
| IFB 補正あり  | 97.1    | 0.0017    | 0.0018    | 0.0043    |
| IFB2 補正あり | 98.4    | 0.0017    | 0.0017    | 0.0044    |

表 2-68 GPS-GLONASS 混合解析 Javad D 受信機基準 Trimble2 受信機

| 補正 | Fix (%) | RMS E (m) | RMS N (m) | RMS U (m) |
|----|---------|-----------|-----------|-----------|
|----|---------|-----------|-----------|-----------|

|           |      |        |        |        |
|-----------|------|--------|--------|--------|
| GPS のみ    | 99.8 | 0.0021 | 0.0026 | 0.0055 |
| IFB 補正なし  | 85.1 | 0.0018 | 0.0018 | 0.0048 |
| IFB 補正あり  | 97.4 | 0.0017 | 0.0018 | 0.0042 |
| IFB2 補正あり | 98.5 | 0.0017 | 0.0017 | 0.0042 |

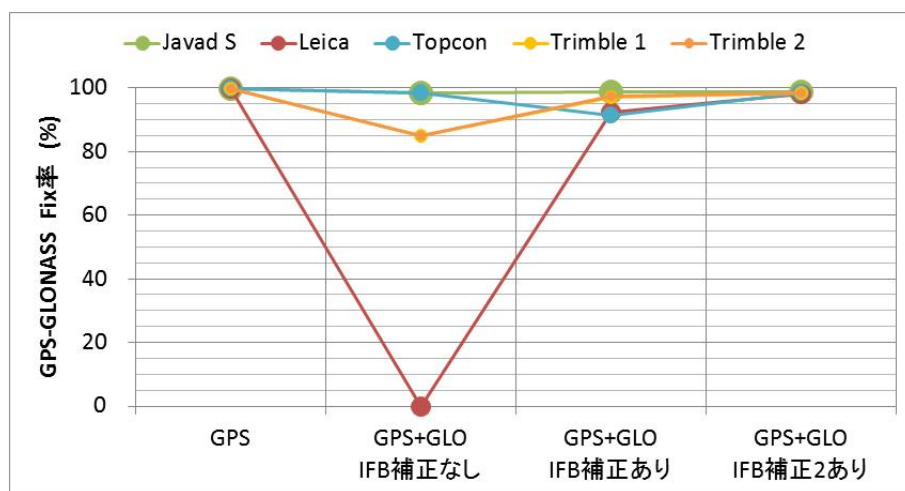


図 2-40 GPS-GLONASS 混合解析フィックス解の割合

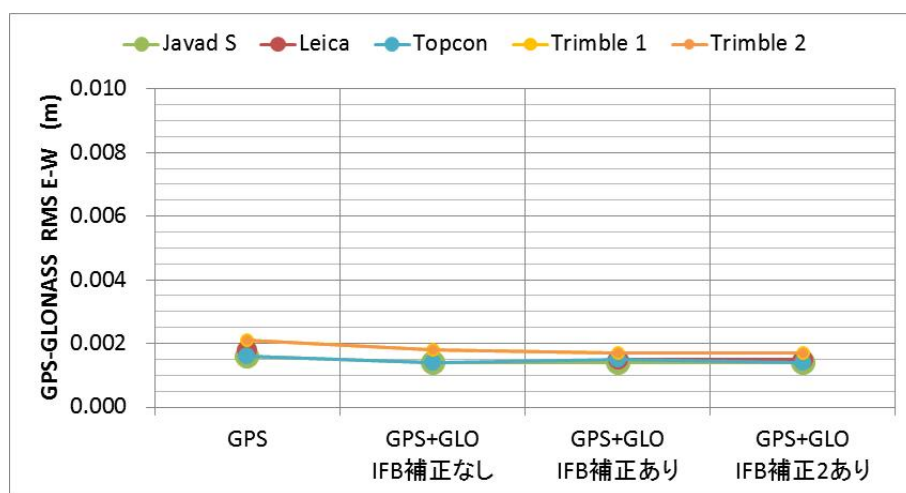


図 2-41 GPS-GLONASS 混合解析 RMS 東西

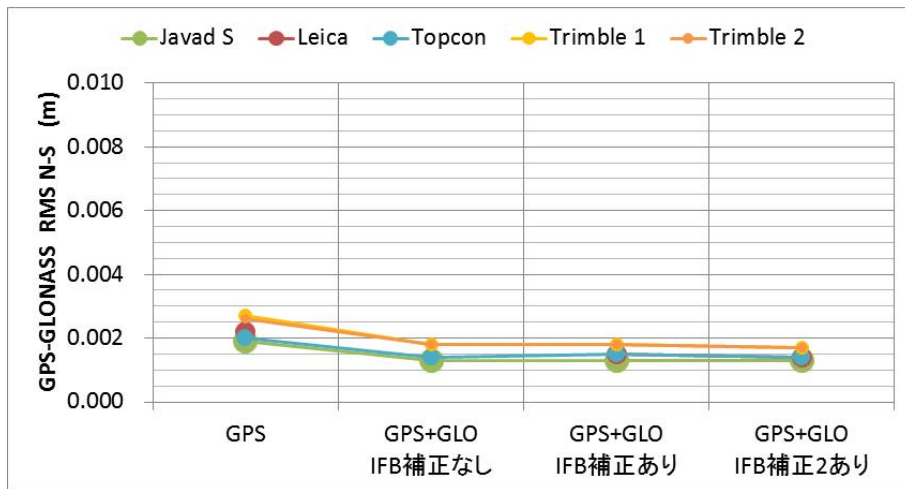


図 2-42 GPS-GLONASS 混合解析 RMS 南北

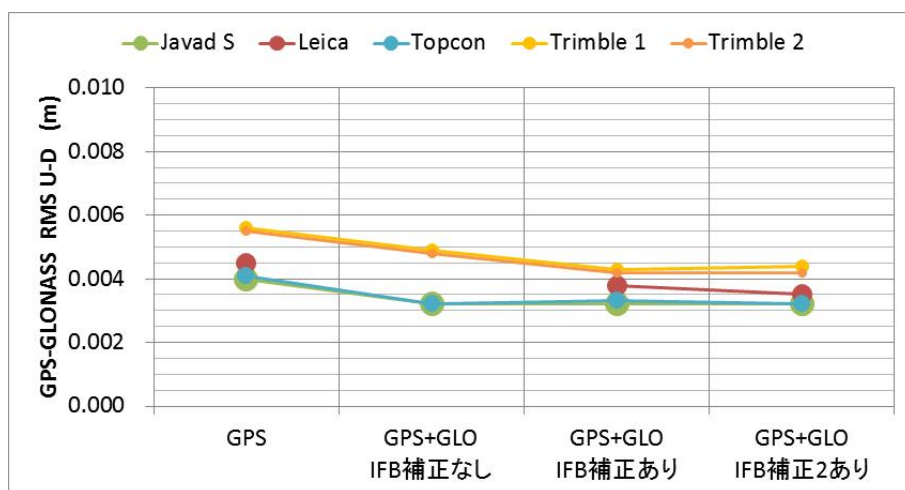


図 2-43 GPS-GLONASS 混合解析 RMS 上下

### 2.3.3. 受信機ハードウェアバイアス補正による影響

2.2 で観測した 0m 基線観測条件のデータについて、2.2 で推定した擬似距離 ISB 及び搬送波位相 ISB の補正ありなしによる測位解への影響を調査するため、0m 基線観測条件の初日 2013 年 8 月 29 日観測の 24 時間データを使用し、キネマティック基線解析を実施した。衛星系の組み合わせは、GPS と GLONASS、GPS と Galileo、GPS と QZSS とし、各衛星系で位相差を取る統合解析とした。

補正は、表 2-39 の 0m 基線観測条件の擬似距離 ISB 平均値を擬似距離 ISB 補正值、表 2-55 の 0m 基線観測条件の搬送波位相 ISB 平均値を搬送波位相 ISB 補正值とした。なお、GPS と GLONASS の組み合わせでは IFB も補正した。

基準点は Javad D1 受信機とし、各受信機をターゲットとして、各受信機の組み合わせに応じた補正值で補正し解析した。

検証用プログラムは、2.2.6 で開発した RTKPOST の一部を改修したプログラムを使用した。基線解析条件を表 2-69 に示す。

表 2-69 RTKPOST による擬似距離 ISB 搬送波位相 ISB 補正解析設定

| 設定項目            | 設定値   |
|-----------------|---|
| 測位方式            | 後処理キネマティック基線解析（統合解析）<br>Kinematic モード   |
| 周波数             | GPS-GLONASS : 2 周波 (L1、L2)<br>GPS-Galileo : 3 周波 (L1、L2、L5)<br>GPS-QZSS : 3 周波 (L1、L2、L5) |
| 衛星暦             | 放送暦   |
| エポック間隔          | 15 秒  |
| 仰角マスク           | 15 度  |
| アンビギュイティ決定モード   | Continuous  |
| アンビギュイティ決定最小レシオ | 3.0   |
| 電離層補正           | Klobuchar モデル   |
| 対流圏補正           | Saastamoinen モデル  |

#### (ア) GPS と GLONASS (GLONASS IFB 補正)

GPS と GLONASS 間での統合解析において、IFB 補正值として表 2-22 の 0m 基線観測条件の IFB 平均値を使用して、擬似距離 ISB、搬送波位相 ISB とともに全部補正した場合、全部補正しない場合で比較した。その結果を表 2-70 から表 2-74 に示す。また、そのプロット図を図 2-44 から図 2-47 に示す。

この結果から、Javad S 受信機では全部補正することで 98%以上のフィックス率が得られたものの、Leica 受信機、Topcon 受信機では全部補正してもほとんどフィックス解が得られなかった。また、Trimble 受信機でもフィックス率が 90%程度であった。この原因として、搬送波位相の残差の確認により、GLONASS の搬送波位相の残差が大きいことが判明した。そこで、RTKPOST の解析設定を Kinematic モードから、座標を固定した Fixed モードに設定変更し、GLONASS の搬送波位相の残差が最も小さくなるよう手動で IFB の値を変更して得た IFB 補正值を表 2-75 に示す。また、この補正值を GPS-GLONASS IFB と表記した。

以降の GPS と GLONASS の統合解析では、この GPS-GLONASS IFB を IFB

の補正值に使用した。

また、表 2-55 の 0m 観測条件で推定した搬送波位相 ISB の値のうち、Topcon 受信機の L1、L2 の値が 1 波長を超える値となっていたが、この IFB 補正值による搬送波位相 ISB の推定で、表 2-76 にまとめた通り、ちょうど 1 波長短くなり、1 波長以内の補正となった。以降、Topcon 受信機の搬送波位相 ISB の補正には、この補正值を使用した。

表 2-70 GPS-GLONASS 統合解析 Javad D 受信機基準 Javad S 受信機

| 補正     | Fix (%) | RMS E (m) | RMS N (m) | RMS U (m) |
|--------|---------|-----------|-----------|-----------|
| GPS のみ | 99.9    | 0.0016    | 0.0020    | 0.0041    |
| 全補正なし  | 94.0    | 0.0013    | 0.0014    | 0.0035    |
| 全補正あり  | 98.5    | 0.0013    | 0.0012    | 0.0034    |

表 2-71 GPS-GLONASS 統合解析 Javad D 受信機基準 Leica 受信機

| 補正     | Fix (%) | RMS E (m) | RMS N (m) | RMS U (m) |
|--------|---------|-----------|-----------|-----------|
| GPS のみ | 99.8    | 0.0018    | 0.0028    | 0.0045    |
| 全補正なし  | 0.0     | —         | —         | —         |
| 全補正あり  | 2.5     | 0.0038    | 0.0024    | 0.0058    |

表 2-72 GPS-GLONASS 統合解析 Javad D 受信機基準 Topcon 受信機

| 補正     | Fix (%) | RMS E (m) | RMS N (m) | RMS U (m) |
|--------|---------|-----------|-----------|-----------|
| GPS のみ | 99.9    | 0.0016    | 0.0021    | 0.0040    |
| 全補正なし  | 0.0     | —         | —         | —         |
| 全補正あり  | 0.0     | —         | —         | —         |

表 2-73 GPS-GLONASS 統合解析 Javad D 受信機基準 Trimble1 受信機

| 補正     | Fix (%) | RMS E (m) | RMS N (m) | RMS U (m) |
|--------|---------|-----------|-----------|-----------|
| GPS のみ | 99.8    | 0.0021    | 0.0027    | 0.0053    |
| 全補正なし  | 0.0     | —         | —         | —         |
| 全補正あり  | 88.5    | 0.0017    | 0.0022    | 0.0051    |

表 2-74 GPS-GLONASS 統合解析 Javad D 受信機基準 Trimble2 受信機

| 補正     | Fix (%) | RMS E (m) | RMS N (m) | RMS U (m) |
|--------|---------|-----------|-----------|-----------|
| GPS のみ | 99.8    | 0.0020    | 0.0027    | 0.0053    |
| 全補正なし  | 0.0     | —         | —         | —         |

|       |      |        |        |        |
|-------|------|--------|--------|--------|
| 全補正あり | 87.7 | 0.0017 | 0.0022 | 0.0051 |
|-------|------|--------|--------|--------|

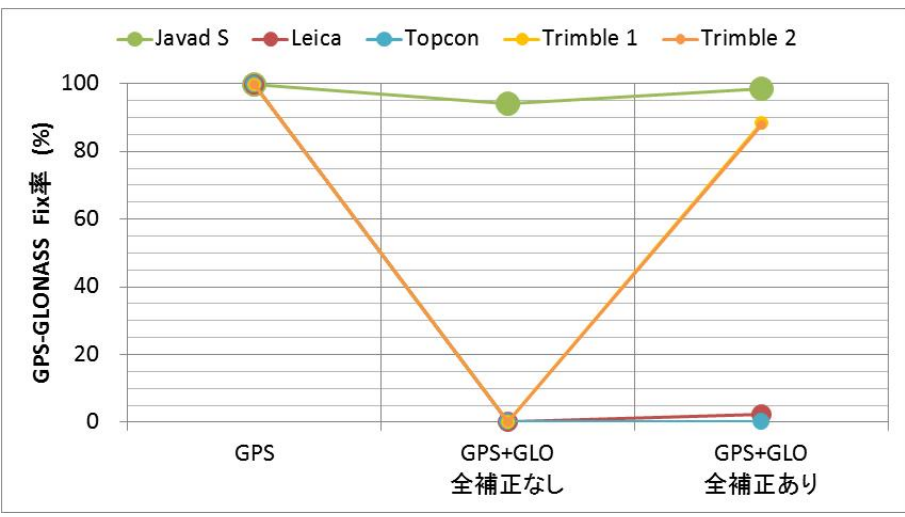


図 2-44 GPS-GLONASS 統合解析フィックス解の割合

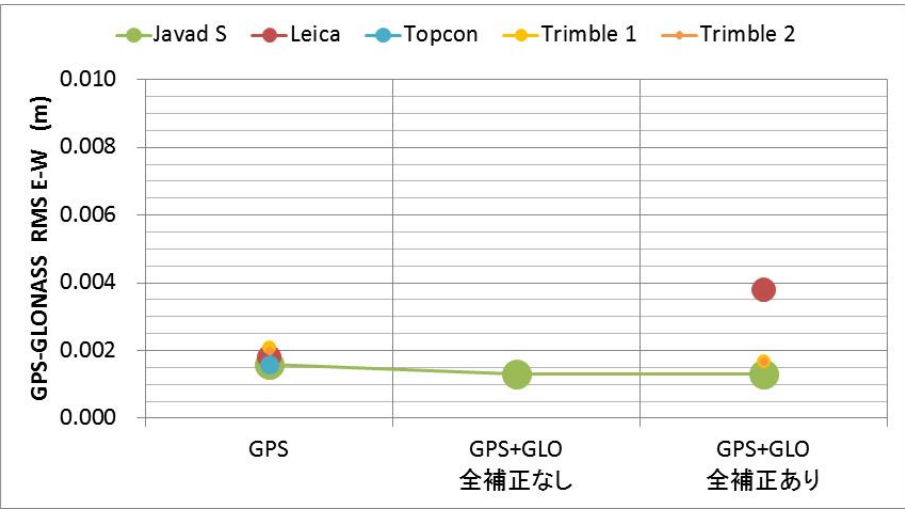


図 2-45 GPS-GLONASS 統合解析 RMS 東西

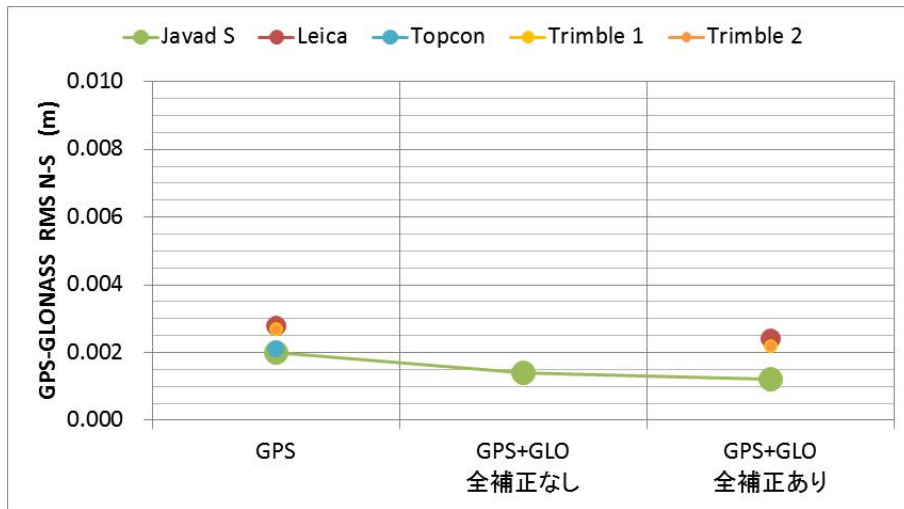


図 2-46 GPS-GLONASS 統合解析 RMS 南北

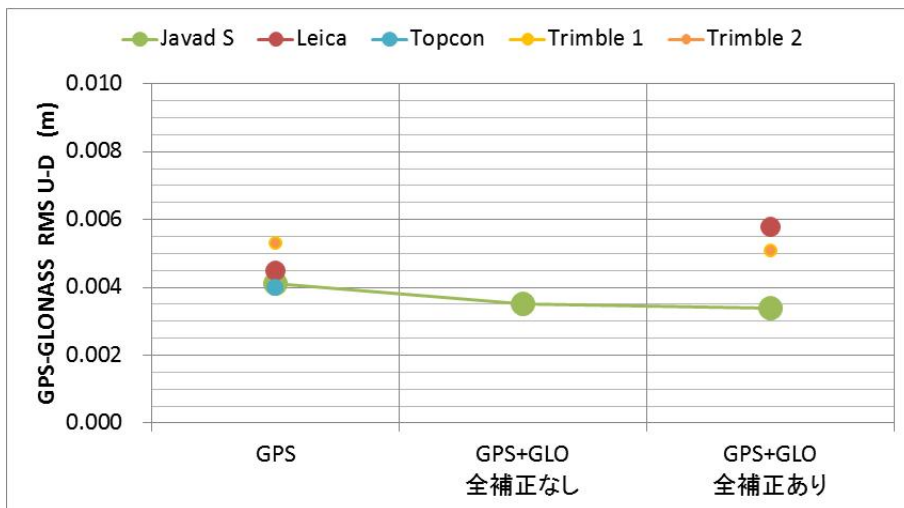


図 2-47 GPS-GLONASS 統合解析 RMS 上下

表 2-75 GPS-GLONASS IFB (手動推定値)

| 受信機       | IFB (cm/freq) |       |
|-----------|---------------|-------|
|           | L1            | L2    |
| Javad S   | -0.10         | -0.10 |
| Leica     | 2.95          | 3.05  |
| Topcon    | -1.05         | -1.20 |
| Trimble 1 | -0.80         | -1.10 |
| Trimble 2 | -0.80         | -1.10 |

Javad D1 受信機基準

表 2-76 搬送波位相 ISB 平均値

| 受信機      | GLONASS       |               | Galileo |        | QZSS  |       |       |
|----------|---------------|---------------|---------|--------|-------|-------|-------|
|          | L1            | L2            | L1      | L5     | L1    | L2    | L5    |
| Javad S  | -0.076        | -0.037        | —       | —      | 0.002 | 0.005 | 0.002 |
| Leica    | 0.118         | 0.142         | 0.093   | 0.133  | —     | —     | —     |
| Topcon   | <u>-0.010</u> | <u>-0.095</u> | —       | —      | 0.002 | 0.002 | 0.000 |
| Trimble1 | 0.025         | -0.058        | 0.037   | -0.002 | 0.002 | 0.005 | 0.002 |
| Trimble2 | 0.027         | -0.058        | 0.037   | -0.002 | 0.002 | 0.005 | 0.002 |
| Javad D2 | 0.003         | -0.104        | -0.001  | 0.001  | 0.000 | 0.001 | 0.000 |

0m 観測条件 Javad D1 受信機基準 (単位 : m)

(イ) GPS と GLONASS (GPS-GLONASS IFB 補正)

GPS と GLONASS 衛星系間での統合解析において、IFB 補正值として表 2-75 の GPS と GLONASS 統合解析で GLONASS の搬送波位相の残差が小さくなるように推定した GPS-GLONASS IFB を使用して、再度、補正のありなしで解析し、比較した。

比較は、IFB 補正、擬似距離 ISB 補正、搬送波位相 ISB 補正の 3 つの補正を全部補正しない場合、擬似距離 ISB のみ補正しない場合、搬送波位相 ISB のみ補正しない場合、IFB のみ補正しない場合、全部補正する場合の 5 つで比較した。また、基準として GPS のみの解析も比較した。

その結果を表 2-77 から表 2-81 に示す。また、そのプロット図を図 2-48 から図 2-51 に示す。

受信機によって補正量が異なるため、補正のありなしで異なる挙動がみられたが、擬似距離 ISB、搬送波位相 ISB、IFB を全部補正することにより、全ての受信機で 98%以上のフィックス率が得られた。また、GPS のみの場合より座標の精度が向上した。GPS と GLONASS の統合解析では、擬似距離 ISB、搬送波位相 ISB、IFB、全て補正する必要があることが確認された。

表 2-77 GPS-GLONASS 統合解析 Javad D 受信機基準 Javad S 受信機

| 補正             | Fix (%) | RMS E (m) | RMS N (m) | RMS U (m) |
|----------------|---------|-----------|-----------|-----------|
| GPS のみ         | 99.9    | 0.0016    | 0.0020    | 0.0041    |
| 全補正なし          | 94.0    | 0.0013    | 0.0014    | 0.0035    |
| 擬似距離 ISB 補正なし  | 98.4    | 0.0013    | 0.0012    | 0.0035    |
| 搬送波位相 ISB 補正なし | 0.1     | —         | —         | —         |
| IFB 補正なし       | 95.0    | 0.0013    | 0.0016    | 0.0038    |

|       |      |        |        |        |
|-------|------|--------|--------|--------|
| 全補正あり | 98.5 | 0.0013 | 0.0012 | 0.0034 |
|-------|------|--------|--------|--------|

表 2-78 GPS-GLONASS 統合解析 Javad D 受信機基準 Leica 受信機

| 補正             | Fix (%) | RMS E (m) | RMS N (m) | RMS U (m) |
|----------------|---------|-----------|-----------|-----------|
| GPS のみ         | 99.8    | 0.0018    | 0.0028    | 0.0045    |
| 全補正なし          | 0.0     | —         | —         | —         |
| 擬似距離 ISB 補正なし  | 28.7    | 0.0020    | 0.0017    | 0.0048    |
| 搬送波位相 ISB 補正なし | 0.0     | —         | —         | —         |
| IFB 補正なし       | 0.0     | —         | —         | —         |
| 全補正あり          | 98.0    | 0.0014    | 0.0014    | 0.0037    |

表 2-79 GPS-GLONASS 統合解析 Javad D 受信機基準 Topcon 受信機

| 補正             | Fix (%) | RMS E (m) | RMS N (m) | RMS U (m) |
|----------------|---------|-----------|-----------|-----------|
| GPS のみ         | 99.9    | 0.0016    | 0.0021    | 0.0040    |
| 全補正なし          | 0.0     | —         | —         | —         |
| 擬似距離 ISB 補正なし  | 4.2     | —         | —         | —         |
| 搬送波位相 ISB 補正なし | 96.3    | 0.0013    | 0.0015    | 0.0035    |
| IFB 補正なし       | 0.0     | —         | —         | —         |
| 全補正あり          | 98.6    | 0.0013    | 0.0012    | 0.0034    |

表 2-80 GPS-GLONASS 統合解析 Javad D 受信機基準 Trimble1 受信機

| 補正             | Fix (%) | RMS E (m) | RMS N (m) | RMS U (m) |
|----------------|---------|-----------|-----------|-----------|
| GPS のみ         | 99.8    | 0.0021    | 0.0027    | 0.0053    |
| 全補正なし          | 0.0     | —         | —         | —         |
| 擬似距離 ISB 補正なし  | 88.3    | 0.0018    | 0.0017    | 0.0056    |
| 搬送波位相 ISB 補正なし | 89.9    | 0.0017    | 0.0018    | 0.0043    |
| IFB 補正なし       | 3.4     | 0.0019    | 0.0023    | 0.0059    |
| 全補正あり          | 98.7    | 0.0016    | 0.0016    | 0.0043    |

表 2-81 GPS-GLONASS 統合解析 Javad D 受信機基準 Trimble2 受信機

| 補正             | Fix (%) | RMS E (m) | RMS N (m) | RMS U (m) |
|----------------|---------|-----------|-----------|-----------|
| GPS のみ         | 99.8    | 0.0020    | 0.0027    | 0.0053    |
| 全補正なし          | 0.0     | —         | —         | —         |
| 擬似距離 ISB 補正なし  | 88.3    | 0.0017    | 0.0017    | 0.0055    |
| 搬送波位相 ISB 補正なし | 89.8    | 0.0016    | 0.0018    | 0.0043    |

|          |      |        |        |        |
|----------|------|--------|--------|--------|
| IFB 補正なし | 6.3  | 0.0015 | 0.0019 | 0.0041 |
| 全補正あり    | 98.7 | 0.0016 | 0.0016 | 0.0043 |

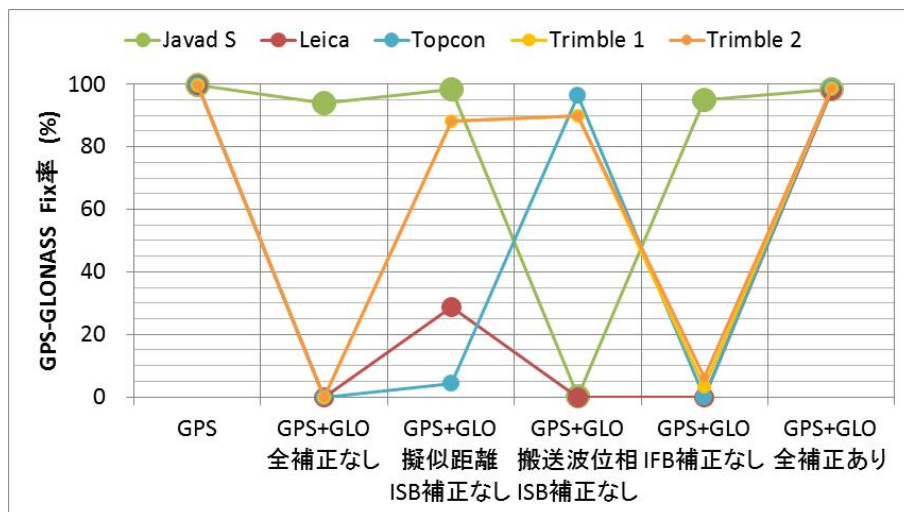


図 2-48 GPS-GLONASS 統合解析フィックス解の割合

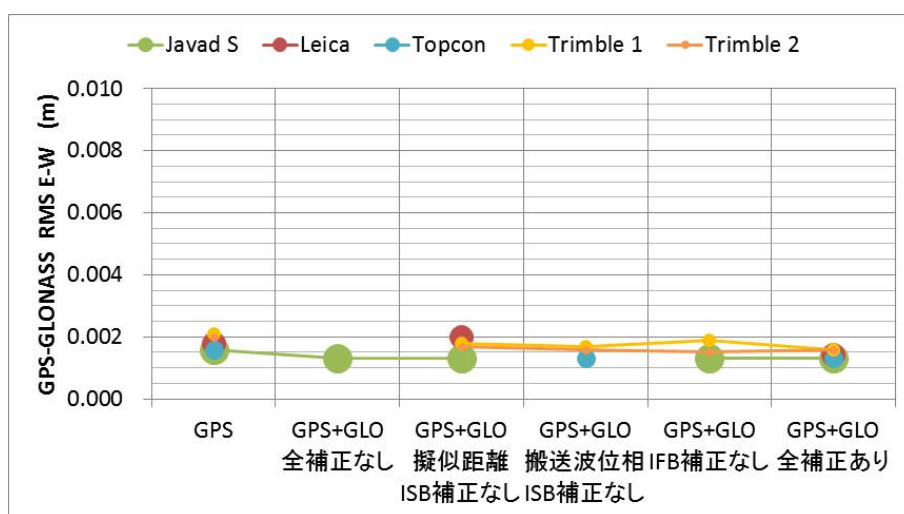


図 2-49 GPS-GLONASS 統合解析 RMS 東西

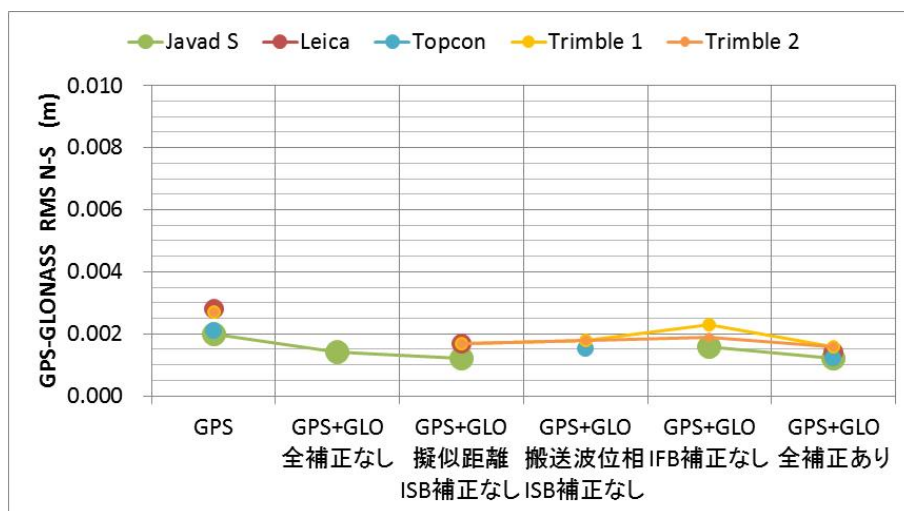


図 2-50 GPS-GLONASS 統合解析 RMS 南北

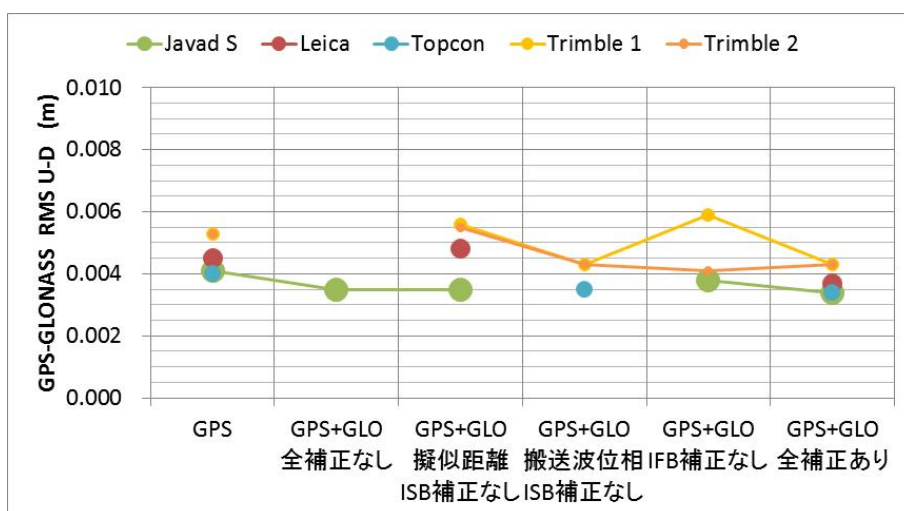


図 2-51 GPS-GLONASS 統合解析 RMS 上下

(ウ) GPS と Galileo

GPS と Galileo 間での統合解析において、0m 基線観測条件の観測データで推定した表 2-39 の擬似距離 ISB と表 2-55 の搬送波位相 ISB の補正のありなしで解析し、比較した。

比較は、擬似距離 ISB 補正、搬送波位相 ISB 補正の 3 つの補正を全部補正しない場合、擬似距離 ISB のみ補正しない場合、搬送波位相 ISB のみ補正しない場合、全部補正する場合の 4 つで比較した。また、基準として GPS のみの解析も比較した。

その結果を表 2-82 から表 2-84 に示す。また、そのプロット図を図 2-52 から

図 2-55 に示す。

搬送波位相 ISB の補正值が大きい Leica 受信機において、搬送波位相 ISB 補正なしの条件では、Galileo 捕捉中まったくフィックス解が得られなかった。Trimble 受信機においても、Galileo 捕捉中はフィックス率が低下し、座標の精度も低下した。なお、24 時間中 Galileo を捕捉した時間は全体の 23.6%であり、GPS のみ捕捉していた時間 76.4%と Leica 受信機のフィックス率は一致する。

擬似距離 ISB、搬送波位相 ISB とも補正することにより GPS のみと同等の 99%以上のフィックス解が得られた。Galileo はまだ衛星数が 4 機と少ないため、座標の精度向上への寄与は小さい。

表 2-82 GPS-Galileo 統合解析 Javad D 受信機基準 Leica 受信機

| 補正             | Fix (%) | RMS E (m) | RMS N (m) | RMS U (m) |
|----------------|---------|-----------|-----------|-----------|
| GPS のみ         | 99.8    | 0.0018    | 0.0028    | 0.0047    |
| 全補正なし          | 76.2    | 0.0017    | 0.0025    | 0.0047    |
| 擬似距離 ISB 補正なし  | 98.6    | 0.0017    | 0.0026    | 0.0047    |
| 搬送波位相 ISB 補正なし | 76.4    | 0.0017    | 0.0025    | 0.0047    |
| 全補正あり          | 99.7    | 0.0017    | 0.0025    | 0.0047    |

表 2-83 GPS-Galileo 統合解析 Javad D 受信機基準 Trimble1 受信機

| 補正             | Fix (%) | RMS E (m) | RMS N (m) | RMS U (m) |
|----------------|---------|-----------|-----------|-----------|
| GPS のみ         | 99.7    | 0.0020    | 0.0027    | 0.0054    |
| 全補正なし          | 89.1    | 0.0047    | 0.0035    | 0.0101    |
| 擬似距離 ISB 補正なし  | 99.6    | 0.0020    | 0.0028    | 0.0057    |
| 搬送波位相 ISB 補正なし | 89.2    | 0.0047    | 0.0035    | 0.0102    |
| 全補正あり          | 99.6    | 0.0020    | 0.0028    | 0.0057    |

表 2-84 GPS-Galileo 統合解析 Javad D 受信機基準 Trimble2 受信機

| 補正             | Fix (%) | RMS E (m) | RMS N (m) | RMS U (m) |
|----------------|---------|-----------|-----------|-----------|
| GPS のみ         | 99.7    | 0.0020    | 0.0028    | 0.0054    |
| 全補正なし          | 89.9    | 0.0048    | 0.0036    | 0.0103    |
| 擬似距離 ISB 補正なし  | 99.4    | 0.0020    | 0.0028    | 0.0057    |
| 搬送波位相 ISB 補正なし | 90.1    | 0.0048    | 0.0036    | 0.0103    |
| 全補正あり          | 99.6    | 0.0020    | 0.0028    | 0.0057    |

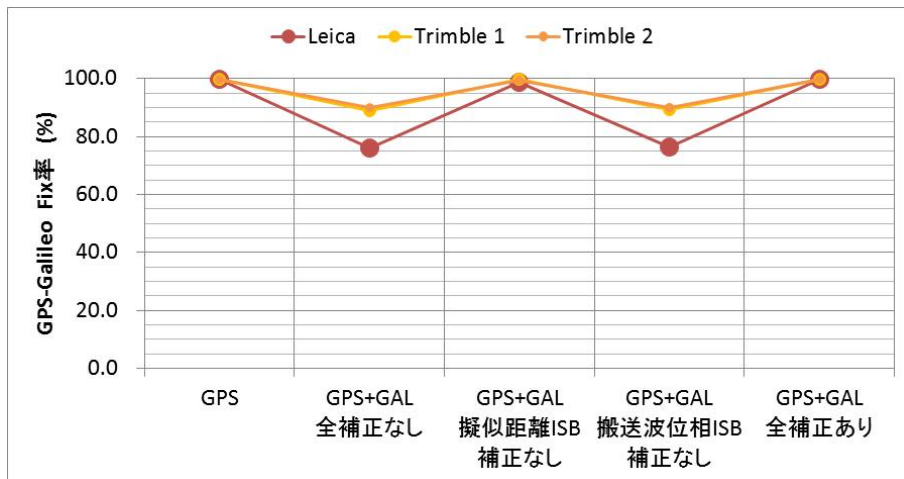


図 2-52 GPS-Galileo 統合解析フィックス解の割合

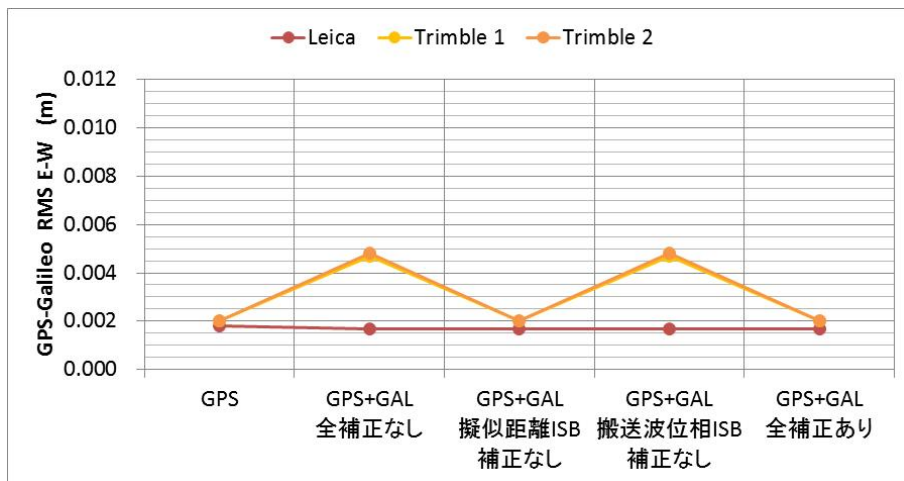


図 2-53 GPS-Galileo 統合解析 RMS 東西

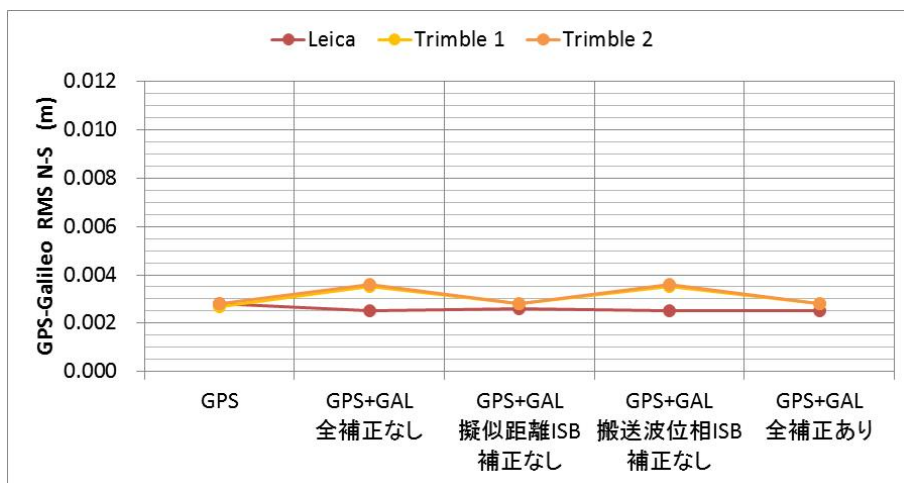


図 2-54 GPS-Galileo 統合解析 RMS 南北

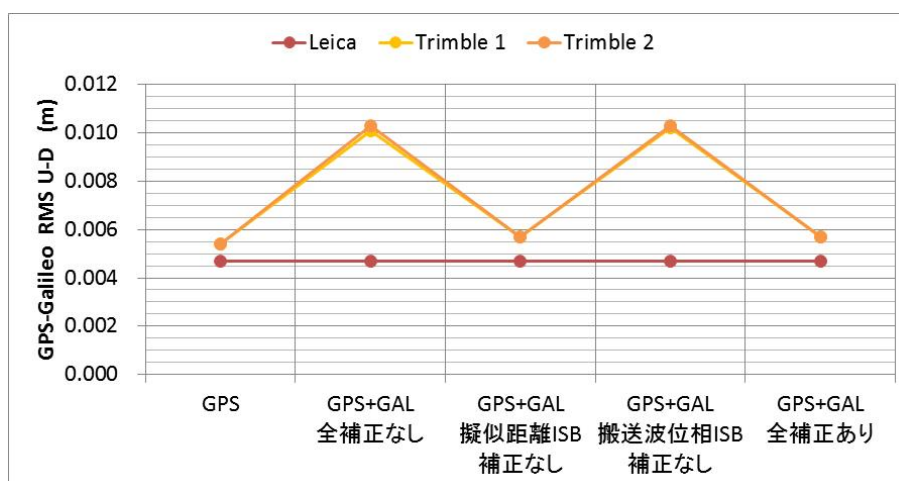


図 2-55 GPS-Galileo 統合解析 RMS 上下

(エ) GPS と QZSS

GPS と QZSS 間での統合解析において、0m 基線観測条件の観測データで推定した表 2-39 の擬似距離 ISB と表 2-55 の搬送波位相 ISB の補正のありなしで解析し、比較した。

比較は、擬似距離 ISB 補正、搬送波位相 ISB 補正の 3 つの補正を全部補正しない場合、擬似距離 ISB のみ補正しない場合、搬送波位相 ISB のみ補正しない場合、全部補正する場合の 4 つで比較した。また、基準として GPS のみの解析も比較した。

その結果を表 2-85 から表 2-88 に示す。また、そのプロット図を図 2-56 から図 2-59 に示す。

GPS と QZSS 間の搬送波位相 ISB の補正值が小さいため、搬送波位相 ISB の補正ありなしでフィックス率は 0.3% しか変わらなかった。しかし、数 mm の搬送波位相 ISB を補正することで、1mm 以下ではあるが若干の精度が向上した。擬似距離 ISB の補正值の大きい Trimble 受信機では、擬似距離 ISB 補正なしで 0.6% フィックス率が低下したものの、各受信機で精度への影響はほとんどなかった。

GPS と QZSS 間の擬似距離 ISB、搬送波位相 ISB 補正ありなしの測位解への影響は非常に小さかった。

表 2-85 GPS-QZSS 統合解析 Javad D 受信機基準 Javad S 受信機

| 補正            | Fix (%) | RMS E (m) | RMS N (m) | RMS U (m) |
|---------------|---------|-----------|-----------|-----------|
| GPS のみ        | 99.8    | 0.0015    | 0.0021    | 0.0042    |
| 全補正なし         | 99.5    | 0.0015    | 0.0023    | 0.0048    |
| 擬似距離 ISB 補正なし | 99.8    | 0.0015    | 0.0019    | 0.0040    |

|                |      |        |        |        |
|----------------|------|--------|--------|--------|
| 搬送波位相 ISB 補正なし | 99.5 | 0.0015 | 0.0023 | 0.0048 |
| 全補正あり          | 99.8 | 0.0015 | 0.0019 | 0.0040 |

表 2-86 GPS-QZSS 統合解析 Javad D 受信機基準 Topcon 受信機

| 補正             | Fix (%) | RMS E (m) | RMS N (m) | RMS U (m) |
|----------------|---------|-----------|-----------|-----------|
| GPS のみ         | 99.8    | 0.0015    | 0.0022    | 0.0041    |
| 全補正なし          | 99.7    | 0.0015    | 0.0021    | 0.0042    |
| 擬似距離 ISB 補正なし  | 99.8    | 0.0015    | 0.0019    | 0.0039    |
| 搬送波位相 ISB 補正なし | 99.7    | 0.0015    | 0.0021    | 0.0042    |
| 全補正あり          | 99.8    | 0.0015    | 0.0019    | 0.0039    |

表 2-87 GPS-QZSS 統合解析 Javad D 受信機基準 Trimble1 受信機

| 補正             | Fix (%) | RMS E (m) | RMS N (m) | RMS U (m) |
|----------------|---------|-----------|-----------|-----------|
| GPS のみ         | 99.7    | 0.0020    | 0.0027    | 0.0054    |
| 全補正なし          | 98.9    | 0.0020    | 0.0028    | 0.0056    |
| 擬似距離 ISB 補正なし  | 99.4    | 0.0020    | 0.0025    | 0.0051    |
| 搬送波位相 ISB 補正なし | 99.5    | 0.0020    | 0.0028    | 0.0057    |
| 全補正あり          | 99.7    | 0.0020    | 0.0025    | 0.0051    |

表 2-88 GPS-QZSS 統合解析 Javad D 受信機基準 Trimble2 受信機

| 補正             | Fix (%) | RMS E (m) | RMS N (m) | RMS U (m) |
|----------------|---------|-----------|-----------|-----------|
| GPS のみ         | 99.7    | 0.0020    | 0.0028    | 0.0054    |
| 全補正なし          | 98.5    | 0.0020    | 0.0028    | 0.0057    |
| 擬似距離 ISB 補正なし  | 99.1    | 0.0020    | 0.0025    | 0.0051    |
| 搬送波位相 ISB 補正なし | 99.4    | 0.0020    | 0.0028    | 0.0058    |
| 全補正あり          | 99.7    | 0.0020    | 0.0025    | 0.0051    |

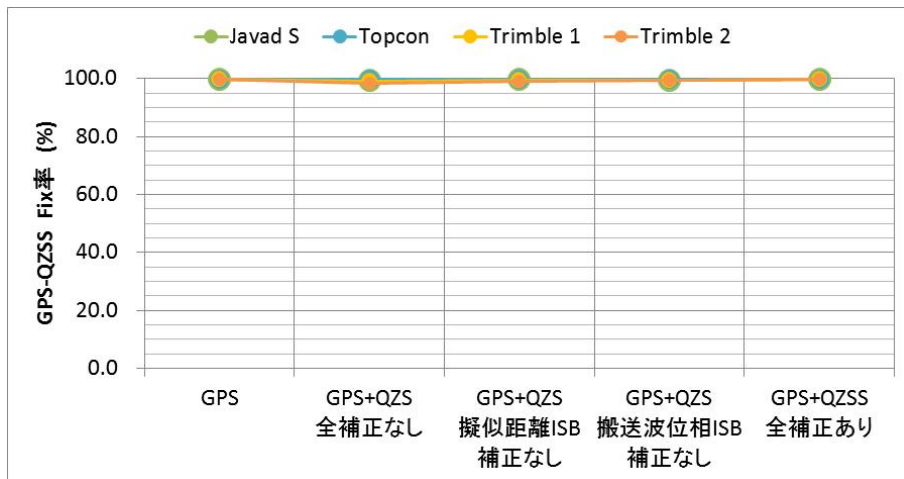


図 2-56 GPS-QZSS 統合解析フィックス解の割合

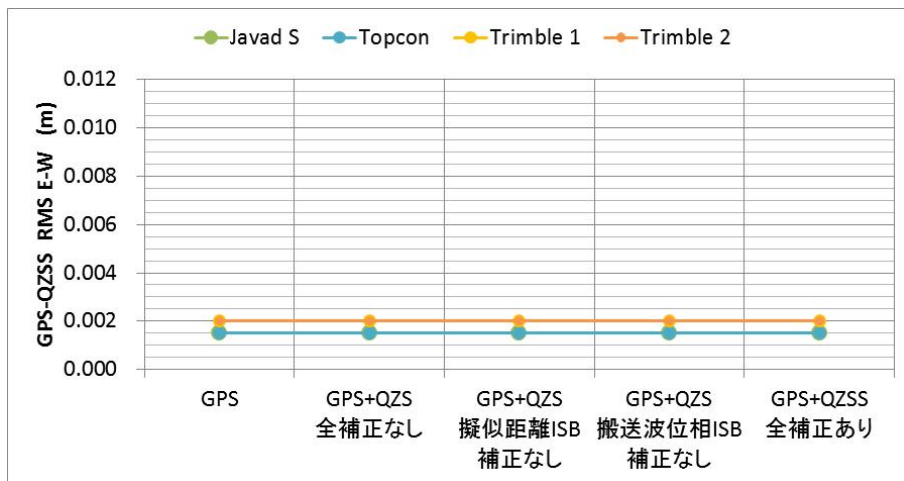


図 2-57 GPS-QZSS 統合解析 RMS 東西

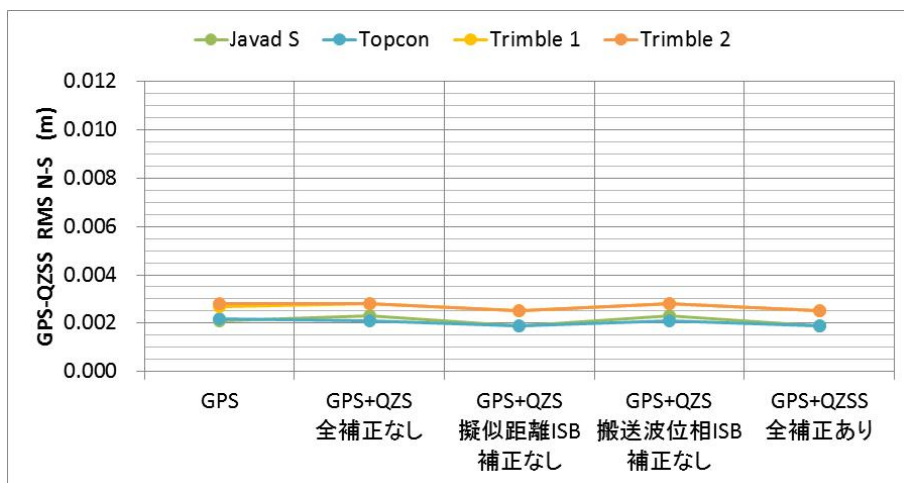


図 2-58 GPS-QZSS 統合解析 RMS 南北

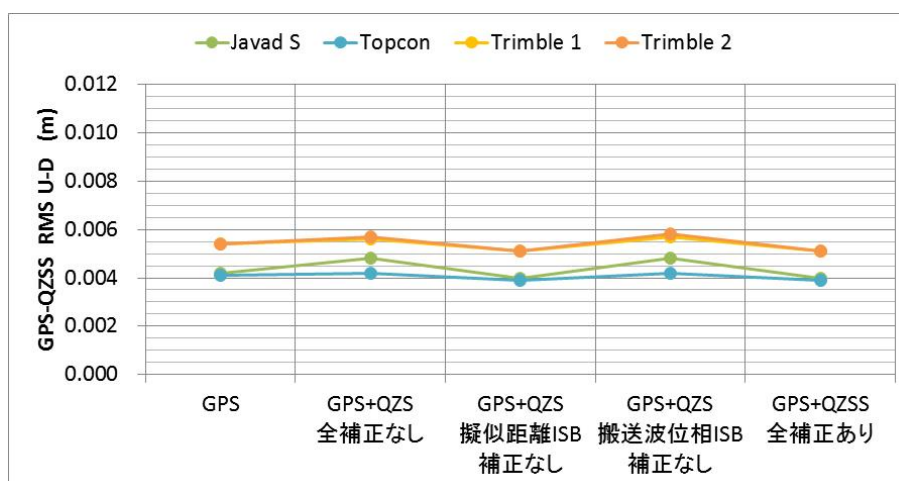


図 2-59 GPS-QZSS 統合解析 RMS 上下

#### 2.3.4. 受信機ハードウェアバイアス補正の安定性による影響

GPS と GLONASS 間の擬似距離 ISB の補正值の安定性及び GPS と GLONASS の統合解析で推定した IFB の安定性が測位解に与える影響を調査するため、0m 基線観測条件観測日初日の 2013 年 8 月 29 日より 76 日経過した 2013 年 11 月 13 日に観測した 24 時間データを使用し、2.3.1 と同じ解析条件、同じ補正值でキネマティック基線解析を実施した。

観測に使用したデータは、追加観測の 0m 基線観測条件の初日に観測したデータである。なお、搬送波位相 ISB は受信機再起動によって変化することが確認されたため、追加観測の 0m 基線観測条件で推定した補正值を使用した。

基線解析結果を表 2-89 から表 2-93 に示す。またフィックス解の割合のプロットを図 2-60 に、座標の精度 RMS についてそれぞれ東西を図 2-61 に、南北を図 2-62 に、上下を図 2-63 に示す。

2013 年 8 月 29 日の観測データによる基線解析結果と同様に、受信機によって補正量が異なるため、補正のありなしで異なる挙動がみられたが、擬似距離 ISB、搬送波位相 ISB、IFB を全部補正することにより、全ての受信機で 97%以上のフィックス率が得られた。76 日前に推定した IFB、擬似距離 ISB の補正值で補正した基線解析が可能であることが確認できた。

表 2-89 GPS-GLONASS 統合解析 Javad D 受信機基準 Javad S 受信機

| 補正            | Fix (%) | RMS E (m) | RMS N (m) | RMS U (m) |
|---------------|---------|-----------|-----------|-----------|
| GPS のみ        | 99.9    | 0.0016    | 0.0020    | 0.0041    |
| 全補正なし         | 30.0    | 0.0014    | 0.0017    | 0.0039    |
| 擬似距離 ISB 補正なし | 98.4    | 0.0013    | 0.0012    | 0.0034    |

|                |      |        |        |        |
|----------------|------|--------|--------|--------|
| 搬送波位相 ISB 補正なし | 0.0  |        |        |        |
| IFB 補正なし       | 91.0 | 0.0015 | 0.0020 | 0.0043 |
| 全補正あり          | 98.4 | 0.0014 | 0.0012 | 0.0033 |

表 2-90 GPS-GLONASS 統合解析 Javad D 受信機基準 Leica 受信機

| 補正             | Fix (%) | RMS E (m) | RMS N (m) | RMS U (m) |
|----------------|---------|-----------|-----------|-----------|
| GPS のみ         | 99.8    | 0.0018    | 0.0028    | 0.0045    |
| 全補正なし          | 0.2     |           |           |           |
| 擬似距離 ISB 補正なし  | 20.4    |           |           |           |
| 搬送波位相 ISB 補正なし | 22.5    | 0.0021    | 0.0025    | 0.0034    |
| IFB 補正なし       | 0.0     |           |           |           |
| 全補正あり          | 97.5    | 0.0015    | 0.0014    | 0.0036    |

表 2-91 GPS-GLONASS 統合解析 Javad D 受信機基準 Topcon 受信機

| 補正             | Fix (%) | RMS E (m) | RMS N (m) | RMS U (m) |
|----------------|---------|-----------|-----------|-----------|
| GPS のみ         | 99.9    | 0.0016    | 0.0021    | 0.0040    |
| 全補正なし          | 0.5     |           |           |           |
| 擬似距離 ISB 補正なし  | 4.9     |           |           |           |
| 搬送波位相 ISB 補正なし | 14.5    | 0.0010    | 0.0013    | 0.0035    |
| IFB 補正なし       | 0.0     |           |           |           |
| 全補正あり          | 98.2    | 0.0014    | 0.0014    | 0.0035    |

表 2-92 GPS-GLONASS 統合解析 Javad D 受信機基準 Trimble1 受信機

| 補正             | Fix (%) | RMS E (m) | RMS N (m) | RMS U (m) |
|----------------|---------|-----------|-----------|-----------|
| GPS のみ         | 99.8    | 0.0021    | 0.0027    | 0.0053    |
| 全補正なし          | 0.0     |           |           |           |
| 擬似距離 ISB 補正なし  | 91.2    | 0.0018    | 0.0017    | 0.0056    |
| 搬送波位相 ISB 補正なし | 91.7    | 0.0017    | 0.0017    | 0.0042    |
| IFB 補正なし       | 0.0     |           |           |           |
| 全補正あり          | 98.3    | 0.0017    | 0.0017    | 0.0044    |

表 2-93 GPS-GLONASS 統合解析 Javad D 受信機基準 Trimble2 受信機

| 補正     | Fix (%) | RMS E (m) | RMS N (m) | RMS U (m) |
|--------|---------|-----------|-----------|-----------|
| GPS のみ | 99.8    | 0.0020    | 0.0027    | 0.0053    |
| 全補正なし  | 0.0     |           |           |           |

|                |      |        |        |        |
|----------------|------|--------|--------|--------|
| 擬似距離 ISB 補正なし  | 91.8 |        |        |        |
| 搬送波位相 ISB 補正なし | 92.0 | 0.0017 | 0.0017 | 0.0042 |
| IFB 補正なし       | 0.0  |        |        |        |
| 全補正あり          | 98.4 | 0.0017 | 0.0017 | 0.0043 |

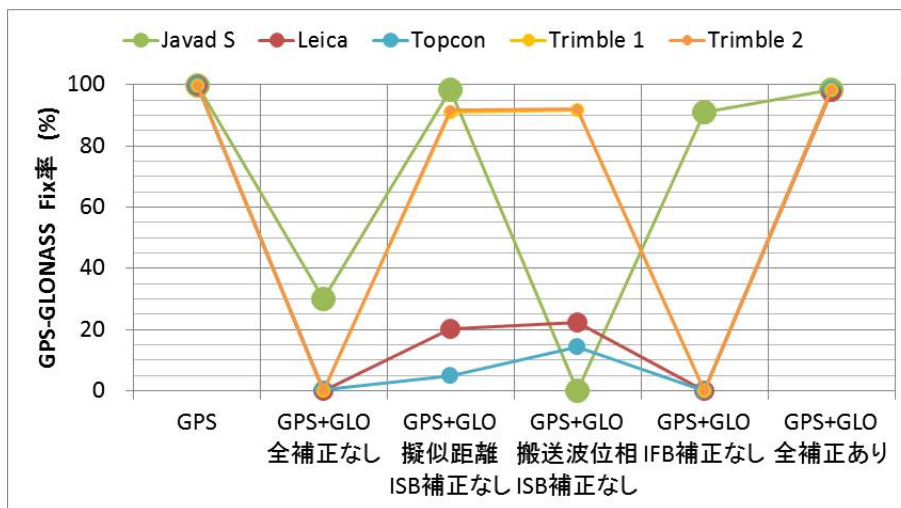


図 2-60 GPS-GLONASS 統合解析フィックス解の割合

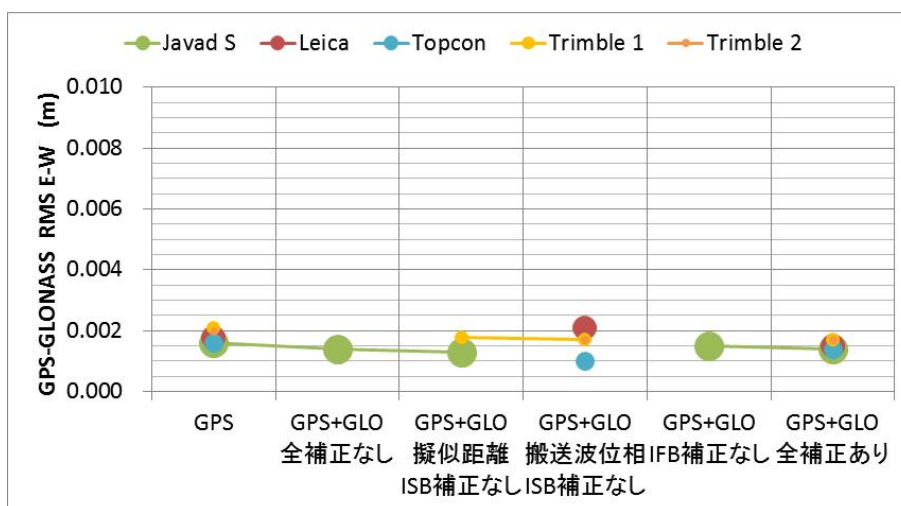


図 2-61 GPS-GLONASS 統合解析 RMS 東西

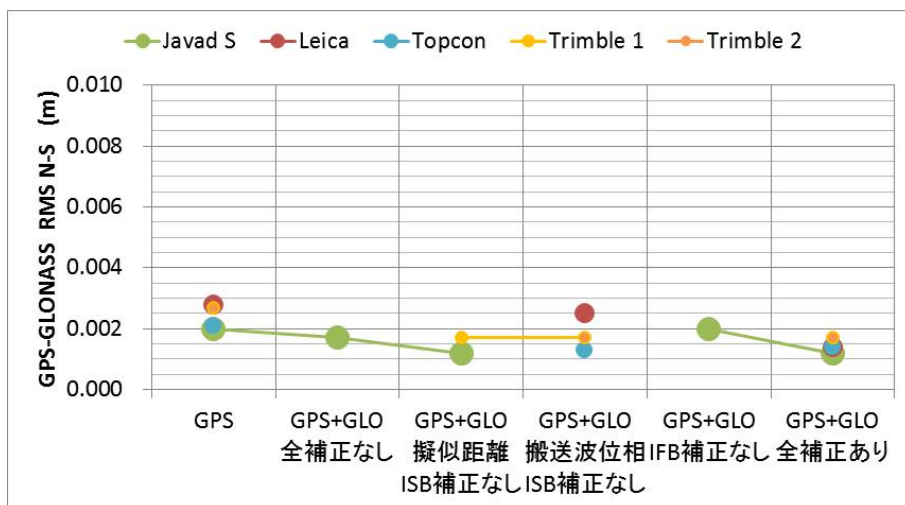


図 2-62 GPS-GLONASS 統合解析 RMS 南北

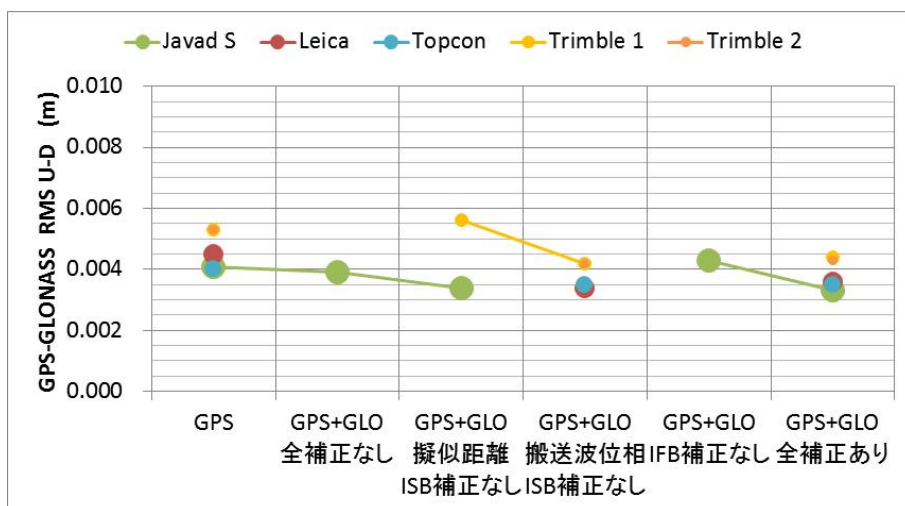


図 2-63 GPS-GLONASS 統合解析 RMS 上下

### 2.3.5. 同機種を受信機の組み合わせによる解析の影響

GPS と GLONASS 間の統合解析において、擬似距離 ISB、搬送波位相 ISB、IFB の補正なしで同機種を受信機の組み合わせでキネマティック基線解析を実施した。観測に使用したデータは、追加観測の 0m 基線観測条件の初日に観測したデータである。

その結果を表 2-94 と表 2-95 に示す。

Javad D 受信機同士の解析では、受信機の再起動によって搬送波位相 ISB の値が変わり、Javad D 受信機同士で補正値が異なるため、搬送波位相 ISB の補正なしではフィックス解がまったく得られなかった。

一方、受信機の再起動によって搬送波位相 ISB の値が変化しない Trimble 受信機同士

の解析では、全補正なしで 100%のフィックス解が得られた。

表 2-94 GPS-GLONASS 統合解析 Javad D1 受信機基準 Javad D2 受信機

| 補正             | Fix (%) | RMS E (m) | RMS N (m) | RMS U (m) |
|----------------|---------|-----------|-----------|-----------|
| 全補正なし          | 0.0     |           |           |           |
| 擬似距離 ISB 補正なし  | 100.0   | 0.0009    | 0.0009    | 0.0028    |
| 搬送波位相 ISB 補正なし | 0.0     |           |           |           |
| IFB 補正なし       | 100.0   | 0.0009    | 0.0009    | 0.0028    |
| 全補正あり          | 100.0   | 0.0009    | 0.0009    | 0.0028    |

表 2-95 GPS-GLONASS 統合解析 Trimble1 受信機基準 Trimble2 受信機

| 補正    | Fix (%) | RMS E (m) | RMS N (m) | RMS U (m) |
|-------|---------|-----------|-----------|-----------|
| 全補正なし | 100.0   | 0.0009    | 0.0010    | 0.0030    |

### 2.3.6. 補正值の変化が測位解に与える影響

GPS と GLONASS 間の統合解析において、擬似距離 ISB、搬送波位相 ISB、IFB の補正なしで 100%のフィックス解が得られた Trimble 受信機同士の基線解析で、各補正值を変えて、フィックス率への影響を調査した。観測に使用したデータは、0m 基線観測条件の初日に観測したデータである。

全補正なしから IFB のみ補正值を大きくした場合の結果を表 2-96 と図 2-64 に示す。0.05cm/freq からフィックス率が低下し始め、0.1cm/freq より大きくするとフィックス率は大きく低下した。0.1cm/freq ではチャンネル番号の一番大きい衛星と一番小さい衛星で 1.3cm のバイアスが発生するが、これによりフィックス解のレシオが低下したものと推測される。

表 2-96 IFB とフィックス率の関係

| IFB (cm/freq) | Fix (%) |
|---------------|---------|
| 0.00          | 100.0   |
| 0.05          | 99.3    |
| 0.10          | 95.6    |
| 0.15          | 40.5    |
| 0.20          | 2.2     |

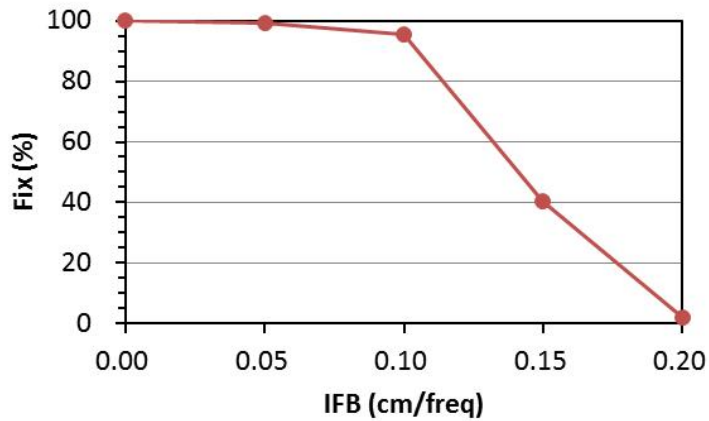


図 2-64 IFB とフィックス率の関係

全補正なしから擬似距離 ISB のみ補正值を大きくした場合の結果を表 2-97 と図 2-65 に示す。3m からフィックス率が低下し始め、10m より大きくするとフィックス率は大きく低下した。解析設定で搬送波位相と擬似距離のエラーレシオは L1、L2 とも 100 であるが、10m の誤差は搬送波位相の 10cm に相当し、これによりフィックス解のレシオが低下したものと推測される。

表 2-97 擬似距離 ISB の補正值とフィックス率の関係

| 擬似距離 ISB (m) | Fix (%) |
|--------------|---------|
| 0            | 100.0   |
| 1            | 100.0   |
| 2            | 100.0   |
| 3            | 99.9    |
| 4            | 99.2    |
| 5            | 98.6    |
| 10           | 93.1    |
| 15           | 64.0    |
| 20           | 30.2    |
| 30           | 0.8     |

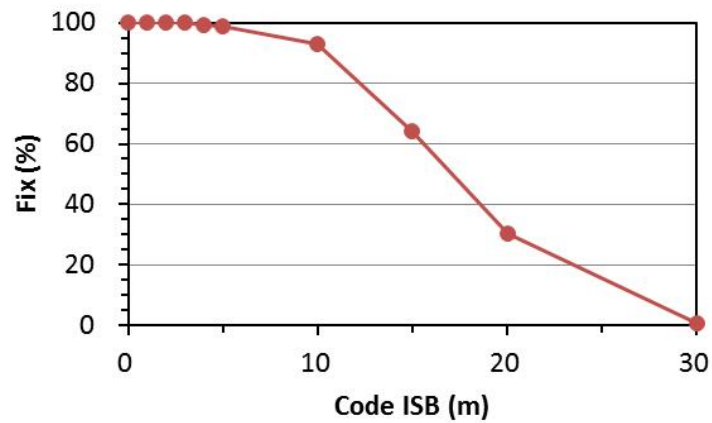


図 2-65 擬似距離 ISB とフィックス率の関係

全補正なしから搬送波位相 ISB のみ補正值を大きくした場合の結果を表 2-98 と図 2-66 に示す。2cm からフィックス率が低下し始め、6cm より大きくするとフィックス率は大きく低下した。これらのことから 6cm を超える搬送波位相 ISB の補正が必要な場合、補正なしではほとんどフィックス解が得られなくなることが推測される。

表 2-98 搬送波位相 ISB とフィックス率の関係

| 搬送波位相 ISB (m) | Fix (%) |
|---------------|---------|
| 0.00          | 100.0   |
| 0.01          | 100.0   |
| 0.02          | 99.8    |
| 0.03          | 98.6    |
| 0.04          | 96.8    |
| 0.05          | 94.7    |
| 0.06          | 90.2    |
| 0.07          | 1.6     |

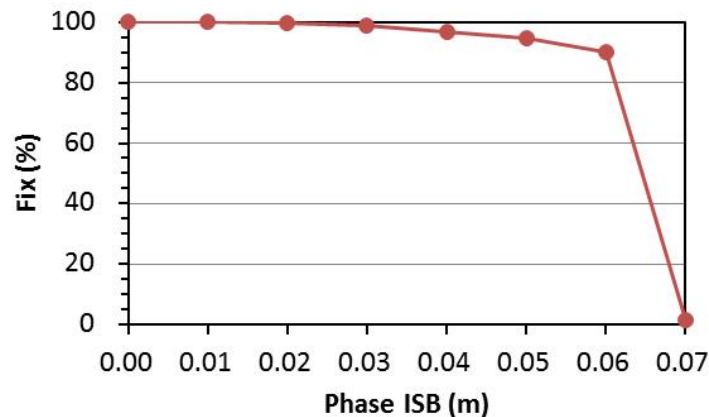


図 2-66 搬送波位相 ISB とフィックス率の関係

### 2.3.7. 様々な観測条件による補正值の変化が測位解に与える影響

2.2 で推定した擬似距離 ISB や搬送波位相 ISB の観測条件による変化が、測位解に与える影響を調査するため、0m 基線観測条件の観測データで推定した表 2-39 の擬似距離 ISB 補正值と表 2-55 の搬送波位相 ISB 補正值で補正し、キネマティック基線解析を実施した。

衛星系の組み合わせは、GPS と GLONASS、GPS と Galileo、GPS と QZSS とし、各衛星系で位相差を取る統合解析とした。

なお、GPS と GLONASS の組み合わせでは IFB も補正した。

基準点は Javad D1 受信機とし、ターゲットは 0m 基線、アンテナ交換、受信機再起動、受信機 FW、1m 基線の環境を Trimble2 受信機とした。温度変化の観測条件は Trimble1 受信機で高温と常温の温度変化をさせたため、Trimble1 受信機とした。

#### (ア) GPS と GLONASS (GLONASS IFB 補正)

GPS と GLONASS 間での統合解析において、各解析条件で全部補正し解析した結果を表 2-99 と表 2-100 に示す。また、そのプロット図を図 2-67 から図 2-70 に示す。GPS と GLONASS 間での搬送波位相 ISB が受信機再起動で変化することが確認できているため、フィックス率が低い解析はその観測条件で推定した補正值で再度解析した。また、そのあとの観測条件での解析では、前の観測条件で使用した補正值を使用した。

また、Trimble1 受信機は温度変化による搬送波位相 ISB の変化が小さかったため、変化の大きかった Javad S 受信機も解析した。その結果を表 2-101 に示す。

この結果から、受信機再起動により搬送波位相 ISB が変化した場合に、フィッ

クス解が得られなかった。しかし、再度その観測条件で推定した補正值を使用すれば約 98%以上のフィックス解が得られた。IFB と擬似距離 ISB の補正值は 0m 観測条件で推定した補正值を使用した。観測条件による影響はみられなかった。

温度変化で搬送波位相 ISB が大きく変化した Javad S 受信機では、フィックス率が低下した。

各観測条件による擬似距離 ISB の変化による測位の影響はほとんどみられず、搬送波位相 ISB が大きく変化した場合にフィックス率の低下がみられた。

表 2-99 各観測条件での GPS-GLONASS 統合解析フィックス解の割合

| 観測条件   | 日付     | Fix 1 (%) | Fix 2 (%) | ターゲット<br>受信機 |
|--------|--------|-----------|-----------|--------------|
| 0m     | 8月29日  | 98.7      |           | Trimble2     |
| アンテナ交換 | 9月13日  | 97.8      |           | Trimble2     |
| 受信機再起動 | 9月23日  | 0         | 98.7      | Trimble2     |
|        | 9月25日  | 0         | 98.5      | Trimble2     |
|        | 9月26日  | 98.6      |           | Trimble2     |
| 受信機 FW | 10月1日  | 98.6      |           | Trimble2     |
| 1m     | 10月18日 | 0         | 97.5      | Trimble2     |
| 温度変化高温 | 11月4日  | 98.5      |           | Trimble1     |
| 温度変化常温 | 11月5日  | 98.3      |           | Trimble1     |

※Fix 1 は 0m 基線観測条件での推定値で補正した解析

※Fix 2 はその観測条件での推定値で補正した解析

表 2-100 各観測条件での GPS-GLONASS 統合解析座標の精度

| 観測条件   | 日付     | RMS E<br>(m) | RMS N<br>(m) | RMS U<br>(m) | ターゲット<br>受信機 |
|--------|--------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 0m     | 8月29日  | 0.0016       | 0.0016       | 0.0043       | Trimble2     |
| アンテナ交換 | 9月13日  | 0.0020       | 0.0022       | 0.0048       | Trimble2     |
| 受信機再起動 | 9月23日  | 0.0017       | 0.0017       | 0.0040       | Trimble2     |
|        | 9月25日  | 0.0017       | 0.0018       | 0.0042       | Trimble2     |
|        | 9月26日  | 0.0017       | 0.0018       | 0.0040       | Trimble2     |
| 受信機 FW | 10月1日  | 0.0017       | 0.0016       | 0.0040       | Trimble2     |
| 1m     | 10月18日 | 0.0018       | 0.0019       | 0.0048       | Trimble2     |
| 温度変化高温 | 11月4日  | 0.0016       | 0.0019       | 0.0039       | Trimble1     |
| 温度変化常温 | 11月5日  | 0.0016       | 0.0016       | 0.0042       | Trimble1     |

表 2-101 各観測条件での GPS-GLONASS 統合解析フィックス解の割合

| 観測条件   | 日付    | Fix (%) | ターゲット<br>受信機 |
|--------|-------|---------|--------------|
| 温度変化高温 | 11月4日 | 98.5    | Javad S      |
| 温度変化常温 | 11月5日 | 42.9    | Javad S      |



図 2-67 各観測条件での GPS-GLONASS 統合解析フィックス解の割合



図 2-68 各観測条件での GPS-GLONASS 統合解析 RMS 東西



図 2-69 各観測条件での GPS-GLONASS 統合解析 RMS 南北

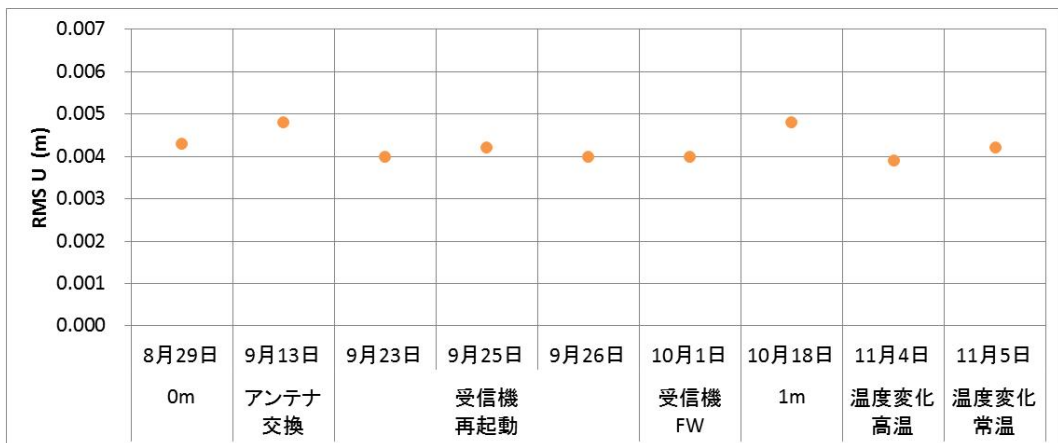


図 2-70 各観測条件での GPS-GLONASS 統合解析 RMS 上下

### (イ) GPS と Galileo

GPS と Galileo 間での統合解析において、各解析条件で全部補正し解析した結果を表 2-102 と表 2-103 に示す。また、そのプロット図を図 2-71 から図 2-74 に示す。

GPS と Galileo 間の擬似距離 ISB、搬送波位相 ISB は、観測条件による変化が小さかったため、全ての条件で 99%以上のフィックス解が得られた。

GPS と Galileo 間の統合解析では各観測条件により測位への影響はほとんどないことが確認された。

表 2-102 各観測条件での GPS-Galileo 統合解析フィックス解の割合

| 観測条件   | 日付     | Fix (%) | ターゲット<br>受信機 |
|--------|--------|---------|--------------|
| 0m     | 8月29日  | 99.6    | Trimble2     |
| アンテナ交換 | 9月13日  |         |              |
| 受信機再起動 | 9月23日  |         |              |
|        | 9月25日  |         |              |
|        | 9月26日  |         |              |
| 受信機 FW | 10月1日  |         |              |
| 1m     | 10月18日 | 99.3    | Trimble2     |
| 温度変化高温 | 11月4日  | 99.5    | Trimble1     |
| 温度変化常温 | 11月5日  | 99.6    | Trimble1     |

表 2-103 各観測条件での GPS-Galileo 統合解析座標の精度

| 観測条件   | 日付     | RMS E<br>(m) | RMS N<br>(m) | RMS U<br>(m) | ターゲット<br>受信機 |
|--------|--------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 0m     | 8月29日  | 0.0020       | 0.0028       | 0.0057       | Trimble2     |
| アンテナ交換 | 9月13日  |              |              |              |              |
| 受信機再起動 | 9月23日  |              |              |              |              |
|        | 9月25日  |              |              |              |              |
|        | 9月26日  |              |              |              |              |
| 受信機 FW | 10月1日  |              |              |              |              |
| 1m     | 10月18日 | 0.0022       | 0.0027       | 0.0061       | Trimble2     |
| 温度変化高温 | 11月4日  | 0.0021       | 0.0029       | 0.0054       | Trimble1     |
| 温度変化常温 | 11月5日  | 0.0019       | 0.0028       | 0.0057       | Trimble1     |



図 2-71 各観測条件での GPS-Galileo 統合解析フィックス解の割合



図 2-72 各観測条件での GPS-Galileo 統合解析 RMS 東西



図 2-73 各観測条件での GPS-Galileo 統合解析 RMS 南北

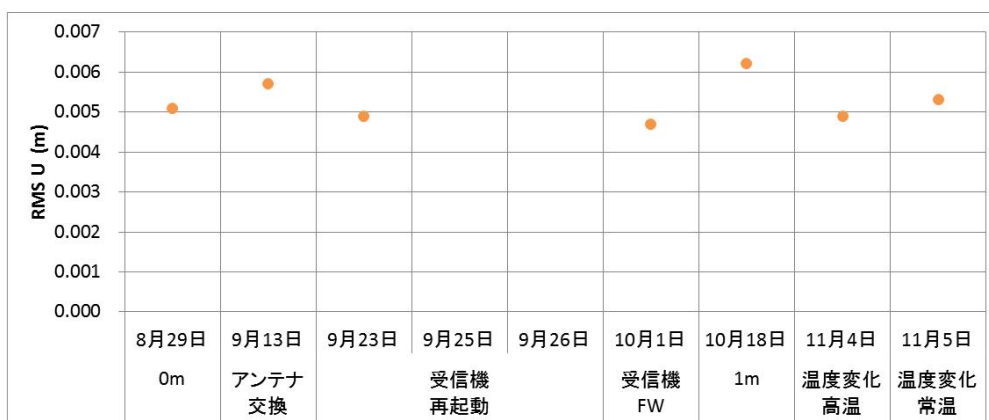


図 2-74 各観測条件での GPS-Galileo 統合解析 RMS 上下

(ウ) GPS と QZSS

GPS と QZSS 間での統合解析において、各解析条件で全部補正し解析した結果を表 2-104 と表 2-105 に示す。また、そのプロット図を図 2-75 から図 2-78 に示す。

GPS と QZSS 間の擬似距離 ISB、搬送波位相 ISB は、観測条件による変化が小さかったため、全ての条件で 99%以上のフィックス解が得られた。

GPS と QZSS 間の統合解析では各観測条件により測位への影響はほとんどないことが確認された。

表 2-104 各観測条件での GPS-QZSS 統合解析フィックス解の割合

| 観測条件   | 日付     | Fix (%) | ターゲット<br>受信機 |
|--------|--------|---------|--------------|
| 0m     | 8月29日  | 99.7    | Trimble2     |
| アンテナ交換 | 9月13日  | 99.5    | Trimble2     |
| 受信機再起動 | 9月23日  | 99.8    | Trimble2     |
|        | 9月25日  |         |              |
|        | 9月26日  |         |              |
| 受信機FW  | 10月1日  | 99.7    | Trimble2     |
| 1m     | 10月18日 | 99.5    | Trimble2     |
| 温度変化高温 | 11月4日  | 99.8    | Trimble1     |
| 温度変化常温 | 11月5日  | 99.7    | Trimble1     |

表 2-105 各観測条件での GPS-QZSS 統合解析座標の精度

| 観測条件   | 日付     | RMS E<br>(m) | RMS N<br>(m) | RMS U<br>(m) | ターゲット<br>受信機 |
|--------|--------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 0m     | 8月29日  | 0.0020       | 0.0025       | 0.0051       | Trimble2     |
| アンテナ交換 | 9月13日  | 0.0023       | 0.0029       | 0.0057       | Trimble2     |
| 受信機再起動 | 9月23日  | 0.0019       | 0.0025       | 0.0049       | Trimble2     |
|        | 9月25日  |              |              |              |              |
|        | 9月26日  |              |              |              |              |
| 受信機 FW | 10月1日  | 0.0020       | 0.0024       | 0.0047       | Trimble2     |
| 1m     | 10月18日 | 0.0022       | 0.0028       | 0.0062       | Trimble2     |
| 温度変化高温 | 11月4日  | 0.0020       | 0.0027       | 0.0049       | Trimble1     |
| 温度変化常温 | 11月5日  | 0.0020       | 0.0024       | 0.0053       | Trimble1     |



図 2-75 各観測条件での GPS-QZSS 統合解析フィックス解の割合

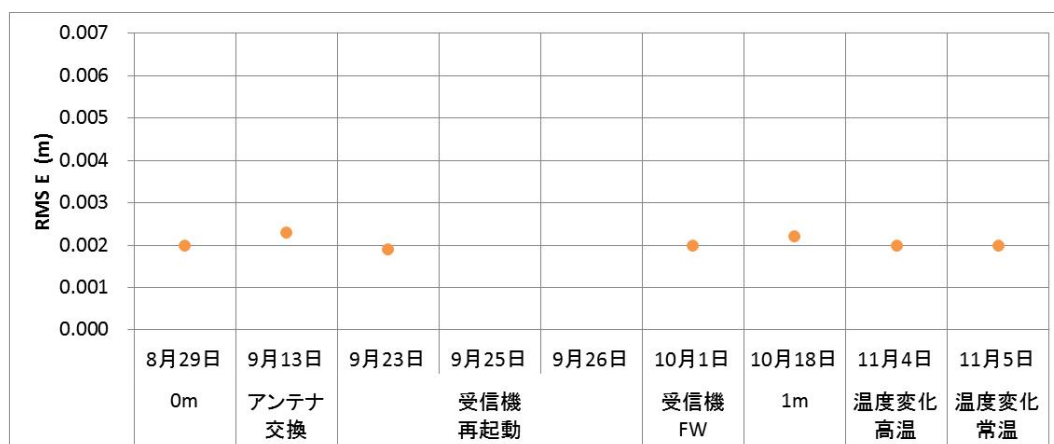


図 2-76 各観測条件での GPS-QZSS 統合解析 RMS 東西

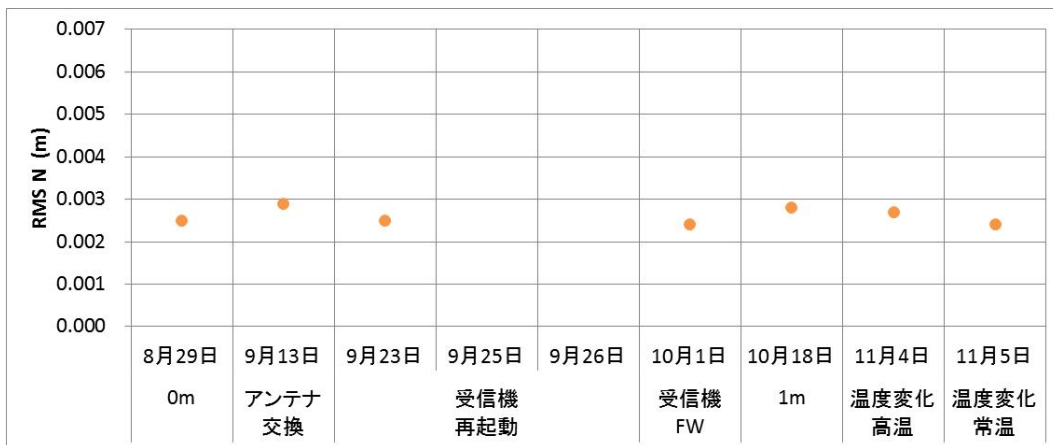


図 2-77 各観測条件での GPS-QZSS 統合解析 RMS 南北

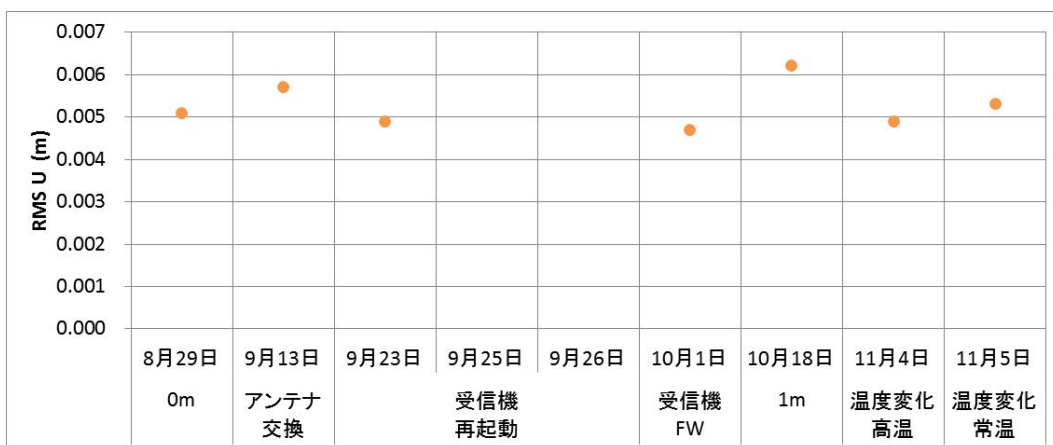


図 2-78 各観測条件での GPS-QZSS 統合解析 RMS 上下

## 2.4. 異なる衛星系間で位相差を取ることを可能にする方法

2.2の「受信機ハードウェアバイアスの観測条件による変化」や、2.3の「受信機ハードウェアバイアスの変化が測位解の精度及び安定性に与える影響」の調査結果を踏まえ、異なる衛星系間で位相差を取ることを可能にする方法について調査した。

GPSとGLONASS間の統合解析では、擬似距離ISBとIFBの観測条件による変化が測位へ与える影響は見られなかったが、搬送波位相ISBは受信機再起動によって変化するため、補正値をテーブルとして与えて補正することができない。そのため、搬送波位相ISBの補正値を測位の際に推定する方法が考えられるが、未知パラメータを増やすと必要な観測データ数が増加するうえ、搬送波位相ISBとアンビギュイティを分離することは難しい。

これを解決するには、GPSとGLONASS間は衛星系間で位相差を取らない混合解析とすることで、擬似距離ISB、搬送波位相ISBとも発生しないため、受信機再起動で変化する搬送波位相ISBを考慮する必要がなくなる。GPSとGLONASSの混合解析では、GLONASS IFBのみ補正することで測位が可能となる。GLONASS IFBは各観測条件で安定していることが確認できているため、補正値をテーブルとして与えて補正することが可能である。

GPSとGalileo間、GPSとQZSS間では、擬似距離ISB、搬送波位相ISBとも安定しており、測位への影響もみられなかったことから、補正値をテーブルとして与えて統合解析することが可能である。

GPSとGalileo、QZSSの組み合わせでは、衛星系間で位相差を取る統合解析とし、GLONASSと他の衛星系との組み合わせでは、衛星系間で位相差を取らない混合解析とし、補正値をテーブルとして与えて補正する解析手法が最適であると考えられる。

表 2-106 衛星系間のバイアスを考慮した解析手法

| 衛星系                          | 解析手法 | 擬似距離<br>ISB | 搬送波位相<br>ISB | GLONASS<br>IFB |
|------------------------------|------|-------------|--------------|----------------|
| GPS、Galileo<br>QZSSの<br>衛星系間 | 統合解析 | テーブルで<br>補正 | テーブルで<br>補正  | —              |
| GLONASS<br>と他の衛星系            | 混合解析 | —           | —            | テーブルで<br>補正    |