

付 1 システム完成のための対策・改良内容と結果（詳細）

付 1.1. 補正情報の生成

付 1.1.1. クロックジャンプによる搬送波位相データの飛びの処理

(1)問題点

電子基準点にクロックジャンプが発生するタイミングで、参照基準点観測情報の搬送波位相データに不連続な飛びが発生した。この現象により、受信・測位側ではサイクルスリップと判断され、アンビギュイティがリセットされてしまうため、与えられた時間内にフィックス解が得られなかった。

(2)対処内容

エポックごとの受信機時計の誤差量（クロックオフセット量）を擬似距離データおよび搬送波位相データに積算し、クロックジャンプが発生した場合でも、搬送波位相データの飛びが発生しないように改良した。また、受信・測位装置側でも、クロックジャンプによる搬送波位相データの飛びを認識する機能を追加した。改修したソフトウェアは、補正情報配信ソフトウェア packRT および補正情報受信ソフトウェア unpackRT である。

(3)確認・判断基準

上記の不具合を改修したソフトウェアを使用し、頻繁にクロックジャンプが発生している電子基準点を参照基準点として L1 一周波測位解析を実施した。その結果、クロックジャンプが発生した場合にも解析がリセットされないことを確認した。図 付 1-1-1 は受信・測位装置側での L1 一周波測位解析時のログ（抜粋）である。クロックジャンプが発生した場合にも、解析がリセットされず継続されること、正しくクロックジャンプと認識していることが確認できる。ただし、# は説明のために追加したコメント行である。

```
#カウンタがリセットされず、4 から 5 に増えている
#" Clock jump" の行で、クロックジャンプの発生を認識
BASELINEGRP REFR-ROVR (88.8 km)
L1 REFR ROVR G13 G02 3955290.000 3955295.224 +- 0.3537 #obs 4 el 31.1
L1 REFR ROVR G17 G02 -1715813.000 -1715816.434 +- 0.4682 #obs 4 el 27.0
Clock jump, New Amb ROVR G02 L1 diff 3150840.000 cjump 599584.91600 (2.00000
MSEC)
Clock jump, New Amb ROVR G17 L1 diff 3150840.000 cjump 599584.91600 (2.00000
MSEC)
BASELINEGRP REFR-ROVR (88.8 km)
L1 REFR ROVR G04 G02 -4873234.000 -4873233.440 +- 0.2115 #obs 5 el 54.0
L1 REFR ROVR G17 G02 -1715815.000 -1715816.330 +- 0.4080 #obs 5 el 26.8
```

図 付 1-1-1 クロックジャンプ発生前後の出力ログ(改良後の動作確認)

付 1.1.2. 参照基準点切り替え機能の追加

(1) 改良点

参照基準点観測情報の配信において、領域ごとに優先度をつけて 2 つの電子基準点を参照基準点として登録する機能を追加した。また、設定したエポック数分の電子基準点データを取得できなかった場合、次に優先度が高い電子基準点を参照基準点観測情報として配信する機能を追加した。これらの機能は DD2INX と unpackRT を改良することで実施した。

(2) 動作確認結果

電子基準点リアルタイムデータの配信を停止させる模擬環境を構築し、電子基準点データが停止した場合に、参照基準点が自動で切り替わることを確認した (図 付 1-1-2、図 付 1-1-3 参照)。ただし、# は説明のために追加したコメント行である。

```
<改良後>
# DD2INX で電子基準点 93026 切断を認識し 93023 に自動切り替えが行われた。
# 空白行が 93026 の切断を表す。
REFSTATION:      3026          COMMENT
REFSTATION:      3026          COMMENT
REFSTATION:      3026          COMMENT
REFSTATION:      3026          COMMENT

REFSTATION:      3023          COMMENT
```

図 付 1-1-2 参照基準点切替前後の出力ログ (DD2INX)

```
<改良後>
# 電子基準点 93026 の切断に伴い packRT の参照基準点も切り替わった。
# メッセージ中に”33026”, ”33023”となっているのはポート番号であり、
# 30000+電子基準点 ID (下 4 桁) である。
Attempting to reconnect to ref_data_4_192.168.49.105:33026 (33026)
Was unable to reconnect
RawDataSocketSource.h(30):handleNewSVList: got SV list: nSV=8
RawDataSocketSource.cpp(130):resetStation: resetStation(3023) called

RawDataSocketSource.cpp(165):resetStation: Setting new IP address for raw
data for station 3023 to 192.168.49.105, port 33023
```

図 付 1-1-3 参照基準点切替前後の出力ログ (packRT)

付 1.1.3. 対流圏遅延補正情報の安定化(衛星時計誤差の推定処理の安定化)

測位解析においてアンビギュイティがフィックスしない、または、ミスフィックスとなる場合に着目して、対流圏遅延補正情報について後処理解析による分析を行った。

図 付 1-1-4 は、2007 年 3 月 13 日（沖縄・長基線解析）における参照基準点側と、測位点に近い電子基準点（測位点側）での対流圏遅延量を表している。図の横軸は UTC 時間、縦軸は天頂遅延量（単位は m）である。青線・緑線がそれぞれ RTNet で推定した衛星時計を用いて、参照基準点側と測位点側の対流圏遅延量を推定したもの、赤線・紫線がそれぞれ IGS 暦を使用して、参照基準点側と測位点側の対流圏遅延量を推定したものを示している。なお、水色線は、RTNet で推定した衛星時計を用いて生成された対流圏遅延補正情報より測位点の座標において内挿処理によって求めた対流圏遅延量を示す。ミスフィックス解が多くみられた 9:30～11:30（UTC）において、RTNet で推定した衛星時計を用いて、推定した対流圏遅延量（緑線・青線）と、IGS 暦を用いて推定した遅延量（赤線・紫線）に大きな差異が見られた。

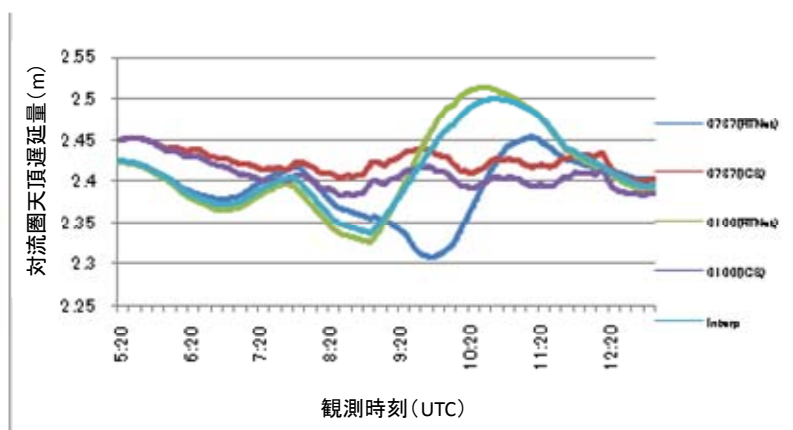


図 付 1-1-4 参照基準点側と測位点側の対流圏遅延量の対比(2007年3月13日沖縄・長基線)

対流圏遅延推定に用いている PPP の精度は、衛星時計の精度に強く依存している。このことから、衛星時計の推定処理に問題がないかどうかを調査した。図 付 1-1-5 は、2007 年 3 月 14 日の試験時間帯において IGS 超速報暦を使用して RTNet で推定した衛星時計オフセットと IGS 最終暦の衛星時計オフセットの比較を行ったものである。RTNet で推定した衛星時計オフセットは、エポック毎に、解析に使用した衛星間の相対的なオフセット値として推定しているため、IGS の衛星時計オフセットと比較するためには、衛星間で一重差を取り評価を行う必要がある。従って、衛星時計の評価は以下のように行った。まず、RTNet で推定した衛星時計オフセットおよび IGS 最終暦の衛星時計オフセットのそれぞれについて、PRN4 を基準として衛星間の差を求めた。次に、衛星毎に図 付 1-1-5 の横軸で示している時間帯での平均値を求め、衛星間の差を求めた結果と差を取ることで平均バイアスを除去した。その結

果に対して、さらに IGS 最終暦の衛星時計と RTNet で推定した衛星時計の差を求め、30 秒間隔でプロットしたものである。図の横軸は UTC 時刻、縦軸はオフセット推定較差をマイクロ秒単位で示している。ここで、PRN4 は、長時間連続して観測された衛星であることから基準衛星とした。図より、RTNet で推定された衛星時計は、IGS 最終暦の衛星時計との間に時間とともにドリフトが生じている。

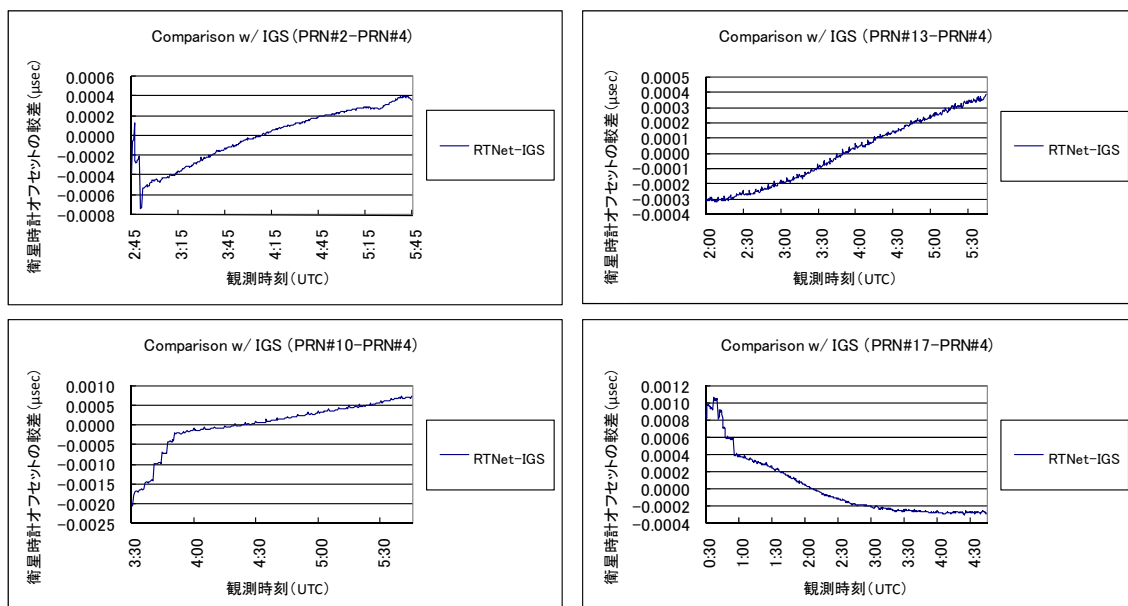


図 付 1-1-5 衛星時計オフセットの較差 (IGS 超速報暦を使用して RTNet で推定した値 - IGS 最終暦の値)

そこで、このドリフトを抑えるために、RTNet の解析パラメータである ”CONSTRAIN_ZD_AMB” を使用することにした。アンビギュイティと衛星時計誤差の間には強い相関があり、RTNet の推定結果ではアンビギュイティの時間変化とともに衛星時計誤差も変化していた。このパラメータは、アンビギュイティを初期値に拘束し、衛星の切り替わりや、欠測が生じた場合には、新しいアンビギュイティの初期値に拘束するものである。このパラメータによりアンビギュイティのドリフトを抑えることによって、衛星時計のオフセット推定においてドリフトを軽減するようにした。

また、衛星が見え始めた段階ではアンビギュイティは十分に収束していないため、その状態で得られた衛星時計の推定結果は誤差が大きいと考えられる。したがって、対流圏の推定において、十分にアンビギュイティが収束し、精度の良くなった衛星時計の推定結果を使用するために、衛星時計の推定を仰角 5 度になった時点で開始し、対流圏遅延の推定は、今まで通り仰角 15 度以上を対象とすることにした。

新しい設定による衛星時計の推定結果を図 付 1-1-6 に示す。表現方法は図 7-5 と同じである。青がフェーズ 2 の設定値によるもの、赤が今回の調整後の値である。図より、今回の調整を用いると衛星時計の推定においては初期誤差とドリフトが大きく低減していることがわかる。

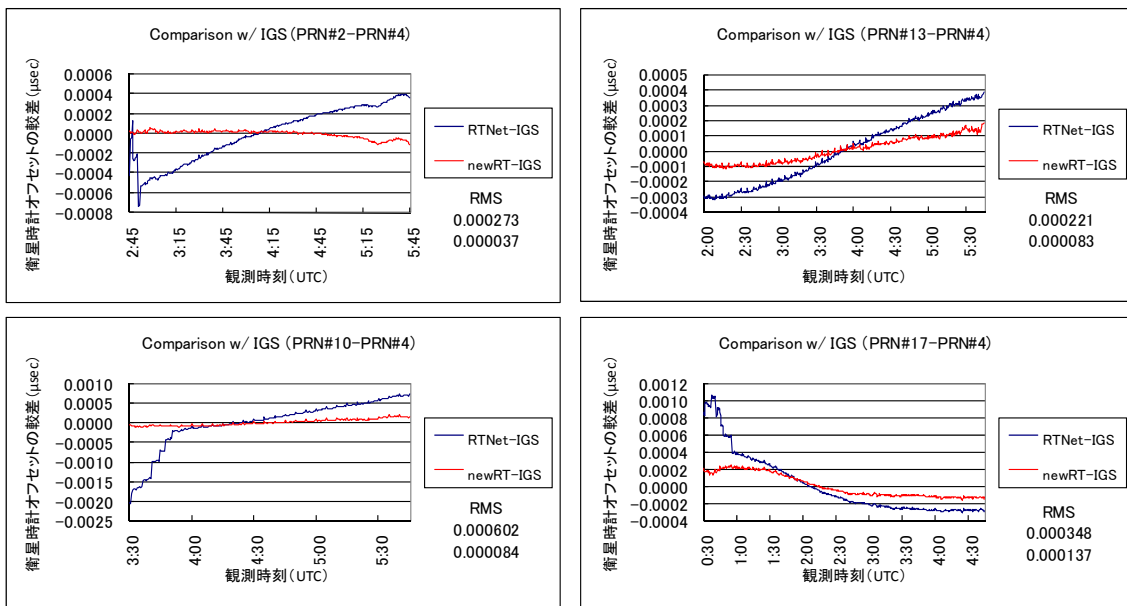


図 付 1-1-6 衛星時計オフセットの較差 (推定処理の安定化前と安定化後の比較)

図 付 1-1-7、図 付 1-1-8 に推定された対流圏遅延量の時系列を、ラジオゾンデの観測と並べて示す。図の横軸は UTC 時間、縦軸は差分誤差をマイクロ秒で示している。IGS 時計を用いて推定した対流圏遅延量 (青線)、フェーズ 2 の設定による対流圏遅延量 (緑線)、今回の設定で推定した対流圏遅延量 (紫線)、および、参考としてラジオゾンデの観測値から求めた対流圏遅延量 (赤点) が表されている。電子基準点データを用いた推定には、ラジオゾンデ観測点に近い電子基準点を選び、沖縄では 021096 那覇 (ゾンデは那覇)、つくばでは 960627 つくば 3 (ゾンデは館野) となっている。また、IGS を用いて推定した対流圏天頂遅延量を基準として、それぞれの推定値の較差の RMS を表 付 1-1-1 にまとめた。

表 付 1-1-1 から、この衛星時計オフセット推定値を使用した対流圏推定により、フェーズ 2 の設定によるものと比較して RMS で 5cm 程度の改善がみられた。

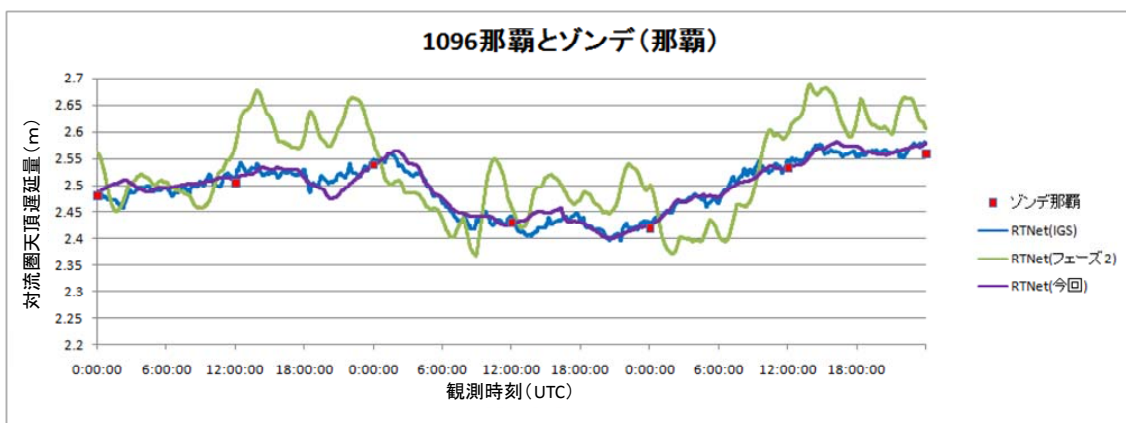


図 付 1-1-7 那覇における 2007 年 3 月 12 日～14 日の対流圏天頂遅延量のラジオゾンデ観測と本システム推定結果の比較

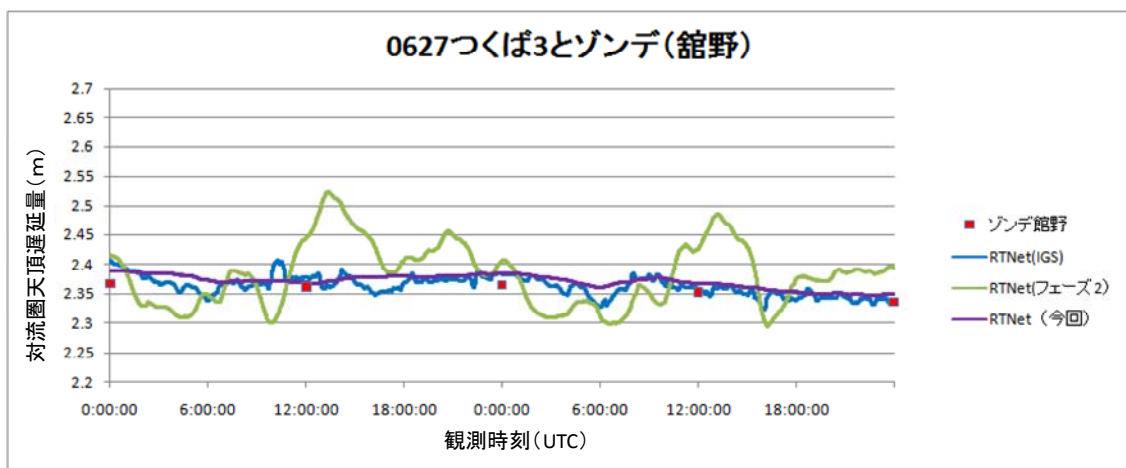


図 付 1-1-8 つくば 3 における 2007 年 3 月 16 日～17 日の対流圏天頂遅延量のラジオゾンデ観測と本システム推定結果の比較

表 付 1-1-1 IGS 時計による推定値に対する対流圏天頂遅延量の推定値の較差の RMS

	フェーズ 2	今回
那覇	6.8cm	1.4cm
つくば 3	5.8cm	1.4cm

付 1.1.4. 対流圏遅延補正情報の内挿処理の不具合対策

(1)問題点

プロトタイプシステムにおいて測位点側での対流圏の内挿処理（静水圧遅延量の算出方法）に不具合があったために、設計された通りに内挿計算が行われなかったことを確認した。

(2) 対処内容

高さの単位および地表気圧 P を求める際の定数に誤りがあったため、`unpackRT` に修正を行った。修正内容は図 付 1-1-9 の通りである。ただし、`#` は説明のために追加したコメント行である。

```
# 内挿関数:修正前のソースコード
double Interpolator::getTheoreticalZHD(double lat, double ht)
{
    static double pr      = 1013.25; // hPa
    static double deg2rad = 3.14159265359/180.0;
    ht /= 1000.0;
    double p = pr*pow((1 - 2.26e-4*ht),5.225);
    double f = (1 - 2.66e-3*cos(2*lat*deg2rad) - 2.8e-7*ht);
    return 2.2779e-3*p/f;
}

# 内挿関数:修正後のソースコード(赤字部分の計算式を変更)
double Interpolator::getTheoreticalZHD(double lat, double ht)
{
    static double pr      = 1013.25; // hPa
    static double deg2rad = 3.14159265359/180.0;
    double p = pr*pow((1 - 2.26e-5*ht),5.225);
    return 2.277e-3*p; #fを削除
}
```

図 付 1-1-9 対流圏遅延補正情報の内挿関数の修正

(3) 動作確認結果

修正前と修正後のそれぞれの関数を使用して、RTNetにより推定された対流圏天頂遅延量と内挿した結果(021096 那覇と960627 つくば3)を図 付 1-1-10、図 付 1-1-11に示す。青線はそれぞれ、021096 那覇、960627 つくば3での観測値を用いた推定値であり、緑線と赤線は、021096 那覇、960627 つくば3の観測値を用いないで求めた補正情報から、021096 那覇、960627 つくば3の位置で内挿して求めた値である。緑線が改修前、赤線が改修後を示している。この定数の修正により、推定値と内挿値の較差のRMSが、那覇では修正前1.7cmから修正後0.6cmに、つくば3では修正前0.3cmから修正後0.2cmに改善されている。

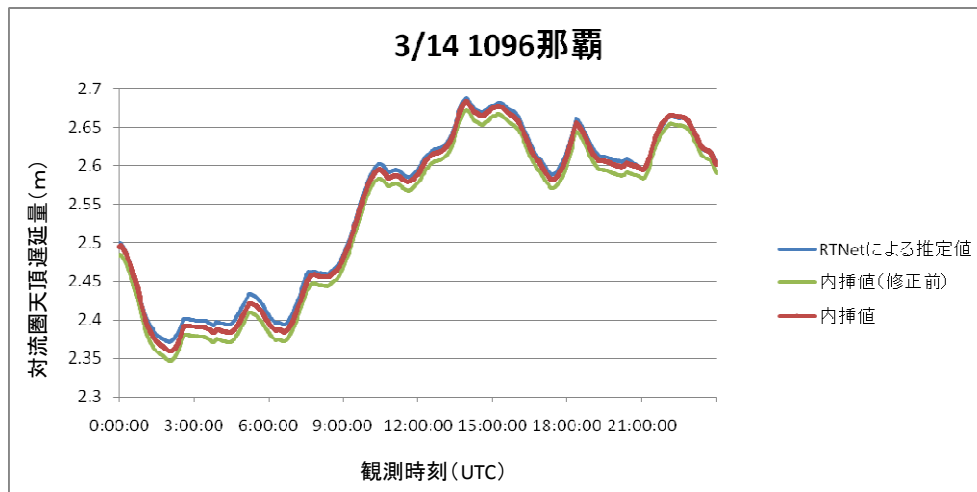


図 付 1-1-10 2007 年 3 月 14 日 1096 那覇での対流圏天頂遅延量の内挿結果

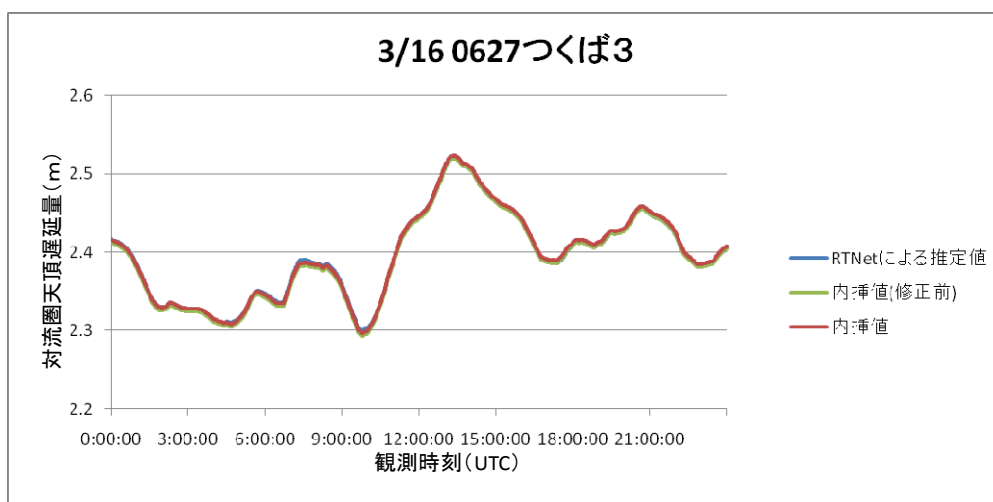


図 付 1-1-11 2007 年 3 月 16 日 0627 つくば 3 での対流圏天頂遅延量の内挿結果

付 1.1.5. ディスク使用量超過対策

(1) 問題点

対流圏遅延補正情報生成装置において、ディスク使用量超過による異常停止が発生した。原因は、RTNet が出力するログファイルが大量であるため、システムで使用可能なディスク容量を超過したと考えられる。

(2) 対処内容

RTNet が出力するログメッセージの内、不必要と思われるメッセージを最小限に減らすことと、ログローテーション機能を追加することで回避した。ログローテーション機能とは、

設定時間でログファイルを分割して過去のログを圧縮し、待避させる仕組みである。

(3) 確認・判断基準

単体テストで長期運用を行い、一時間ごとにログローテーション機能が動作し、ファイルが分割生成されていること、また通信処理が異常停止していないことを確認した。図 付 1-1-12 は、RTNet 設定ファイルの”ROLLINGOUT”を有効にし、1 時間毎にファイルを分割する設定で行ったログローテーション処理の動作結果を示す。出力ログファイルから、1 時間毎にタイムスタンプがついたファイル名が出力されていることを確認した。ただし、#は説明のために追加したコメント行である。

```
<RTNet 設定ファイル>
#ログローテーションのオプション “ROLLINGOUT” を有効にし、60 分で 1 ファイルとする
ようにした

ROLLINGOUT 1 “3600”

<出力ログファイルのリスト>
#この結果、60 分で 1 ファイルとなっていることを確認した
$ ls
TROPO_PPP_9_2008-03-11_00:56. OUT
TROPO_PPP_9_2008-03-11_01:56. OUT
TROPO_PPP_9_2008-03-11_02:56. OUT
TROPO_PPP_9_2008-03-11_03:56. OUT
TROPO_PPP_9_2008-03-11_04:56. OUT
```

図 付 1-1-12 ログローテーション機能の追加とその動作結果の出力

付 1.2. 補正情報の配信

付 1.2.1. L 帯補正方式での補正情報のデータ量見積もり

改良されたシステムについて、電離層遅延補正情報の総グリッド数および緯度方向のグリッド数（以下、行数）の見積もり値と実測値の最大値の比較を表 付 1-2-1 に示す。見積もり値は、電離層領域から生成される地上でのグリッド数をもとに計算し、実測値は 2007 年 3 月 12 日に行われた 24 時間分の測位実験において得られたデータを処理した結果の最大値である。この結果、12 領域を合計すると、実測値の最大グリッド数は見積もり値より少なく、行数は見積もり値と同じであった。また LEX パケット数の最大値を比較すると、実測値の最大値は見積もりでの LEX パケット数より少なかった。

また、L 帯補正方式の配信間隔を考慮した補正情報のデータ見積もりを表 付 1-2-2

に示す。最も長い配信間隔である 240 秒を 1 サイクルとして、すべての補正情報が配信で

きる設計であることが確認された。

表 付 1-2-1 電離層遅延補正情報のグリッド数の見積もり値と実測値の比較

領域 ID	見積もり値			実測最大値		
	行数	総グリッド数	LEX パケット数	行数	総グリッド数	LEX パケット数
1	14	120	10	14	117	9
2	15	103	9	15	99	8
3	11	86	7	11	83	6
4	10	63	6	10	61	5
5	11	75	7	10	72	6
6	11	59	6	13	67	6
7	10	57	5	10	60	5
8	13	73	7	13	73	6
9	10	79	7	11	80	6
10	19	97	9	17	90	7
11	13	70	7	12	73	6
12	5	25	3	6	28	3
合計	142	907	83	142	903	73

表 付 1-2-2 L 帯補正情報のレコードサイズと LEX パケット数

補正情報	配信間隔(秒)	補正情報レコードサイズ(byte)	LEX パケット数(秒数)	240 秒間で送信するパケット数
参照基準点観測情報	30	962	5	40
衛星軌道・時計補正情報	240	3,718	18	18
対流圏遅延補正情報	240	3,310	16	16
電離層遅延補正情報(領域 1)	120	2,010	10	20
電離層遅延補正情報(領域 2)		1,793	9	18
電離層遅延補正情報(領域 3)		1,471	7	14
電離層遅延補正情報(領域 4)		1,128	6	12
電離層遅延補正情報(領域 5)		1,317	7	14
電離層遅延補正情報(領域 6)		1,093	6	12
電離層遅延補正情報(領域 7)		1,044	5	10
電離層遅延補正情報(領域 8)		1,331	7	14
電離層遅延補正情報(領域 9)		1,352	7	14
電離層遅延補正情報(領域 10)		1,793	9	18

電離層遅延補正情報(領域 11)		1, 289	7	14
電離層遅延補正情報(領域 12)		491	3	6
			合計	240

付 1.2.2. LEX パケットの送受信の確認

2008年3月4日の測位実験において行われた、LEXの送受信を模擬する試験について、補正情報の配信側(stcond_qzss/SHS、MCS)と受信側(stcond_qzss/RECV)のLEXパケットの送受信タイミングを確認した結果を表付1-2-3に示す。1秒間隔にパケットを送信・受信できていること、アラートフラグとデータサイズが送信側・受信側で一致していることが確認された。

表付1-2-3 LEXパケットの送受信の確認結果

日付	stcond_qzss/SHS 送信			stcond_qzss/MCS (受信→送信)						stcond_qzss/REC V (受信)		
	送信時刻	アラート フラグ	サイズ	受信時刻	アラート フラグ	サイズ	送信時刻	アラート フラグ	サイズ	受信時刻	アラート フラグ	サイズ
2008/3/4	15:00:01	1	230	15:00:01	1	230	15:00:01	1	275	15:00:01	1	275
2008/3/4	15:00:02	0	230	15:00:02	0	230	15:00:02	0	275	15:00:02	0	275
2008/3/4	15:00:03	0	230	15:00:03	0	230	15:00:03	0	275	15:00:03	0	275
2008/3/4	15:00:04	0	230	15:00:04	0	230	15:00:04	0	275	15:00:04	0	275
2008/3/4	15:00:05	0	230	15:00:05	0	230	15:00:05	0	275	15:00:05	0	275
2008/3/4	15:00:06	1	230	15:00:06	1	230	15:00:06	1	275	15:00:06	1	275
2008/3/4	15:00:07	0	230	15:00:07	0	230	15:00:07	0	275	15:00:07	0	275
2008/3/4	15:00:08	0	230	15:00:08	0	230	15:00:08	0	275	15:00:08	0	275
2008/3/4	15:00:09	0	230	15:00:09	0	230	15:00:09	0	275	15:00:09	0	275
2008/3/4	15:00:10	0	230	15:00:10	0	230	15:00:10	0	275	15:00:10	0	275
2008/3/4	15:00:11	0	230	15:00:11	0	230	15:00:11	0	275	15:00:11	0	275
2008/3/4	15:00:12	0	230	15:00:12	0	230	15:00:12	0	275	15:00:12	0	275
2008/3/4	15:00:13	0	230	15:00:13	0	230	15:00:13	0	275	15:00:13	0	275
2008/3/4	15:00:14	0	230	15:00:14	0	230	15:00:14	0	275	15:00:14	0	275
2008/3/4	15:00:15	0	230	15:00:15	0	230	15:00:15	0	275	15:00:15	0	275
2008/3/4	15:00:16	0	230	15:00:16	0	230	15:00:16	0	275	15:00:16	0	275
2008/3/4	15:00:17	0	230	15:00:17	0	230	15:00:17	0	275	15:00:17	0	275
2008/3/4	15:00:18	0	230	15:00:18	0	230	15:00:18	0	275	15:00:18	0	275
2008/3/4	15:00:19	0	230	15:00:19	0	230	15:00:19	0	275	15:00:19	0	275

※stcond_qzss/MCSでLEXのヘッダ部を付け替えた後、データサイズが275bytesとなっているが、実証実験終了後LEX受信機パケットのフォーマットの変更により、データサイズは276bytesとなった(QZS独自メッセージに「チャンネル番号」として8bits(1byte)追加)

れた)。

付 1.2.3. 対流圏領域 3 分割の確認

パケットロスが発生した場合のリスク分散として、新たに、対流圏遅延補正情報についても全国を 3 領域に分割するよう改良した。対流圏領域を 3 分割した際の電子基準点数について表 付 1-2-4 に示す。

表 付 1-2-4 対流圏領域 3 分割の各領域における基準点数

領域	電子基準点数
0	407
1	373
2	327
合計	1107

また対流圏領域を 3 分割した際に、データの送受信が正しくできているかを調べた結果を表 付 1-2-5 に示す。「分割データ(送信側)」は stcond_qzss/SHS で分割されたデータ、「結合データ(受信側)」は stcond_qzss/RECV で結合されたデータである。これらのログより、送信側と受信側で同一の情報であることを確認した。

表 付 1-2-5 対流圏領域 3 分割の分割データの送受信確認・比較

分割データ(送信側)			結合データ(受信側)	
ID	遅延量(mm)		ID	遅延量(mm)
0002	84	領域 0	0002	84
0003	71		0003	71
0004	86		0004	86
0005	78		0005	78
0006	83		0006	83
(中略)				
1184	69		1184	69
1185	103		1185	103
0400	96	領域 1	0400	96
0401	93		0401	93
0402	88		0402	88
0403	99		0403	99
0404	95		0404	95
(中略)				
0798	51		0798	51
0799	105		0799	105
0800	102	領域 2	0800	102
0801	66		0801	66
0802	100		0802	100

0803	93		0803	93
0804	89		0804	89
(中略)				
1169	92		1169	92
1170	92		1170	92

付1.2.4. 補正情報の衛星数制限処理

L 帯補正方式では補正情報の衛星数を最大 8 衛星に制限する機能を DD2INX に追加した。
 図は、DD2INX の出力ログファイルである。ただし、# は説明のために追加したコメント行
 である。捕捉衛星数は 9 衛星であるが、補正情報として配信された衛星数は 8 衛星に制限さ
 れていることが確認された。

```
#捕捉された衛星を各行単位で示している。9 衛星捕捉されている。
54171.327778 max|resDD| 38.33
satellite statistics: 26 nTrackStaAll 23 nTrackStaFix 23 meanEle 72.2
satellite statistics: 24 nTrackStaAll 23 nTrackStaFix 23 meanEle 61.5
satellite statistics: 10 nTrackStaAll 23 nTrackStaFix 23 meanEle 50.8
satellite statistics: 2 nTrackStaAll 23 nTrackStaFix 23 meanEle 43.5
satellite statistics: 6 nTrackStaAll 23 nTrackStaFix 23 meanEle 33.5
satellite statistics: 9 nTrackStaAll 23 nTrackStaFix 23 meanEle 31.7
satellite statistics: 7 nTrackStaAll 23 nTrackStaFix 23 meanEle 30.6
satellite statistics: 21 nTrackStaAll 23 nTrackStaFix 22 meanEle 28.7
satellite statistics: 8 nTrackStaAll 22 nTrackStaFix 21 meanEle 28.6

#そのうち 8 衛星が選択されたことをメッセージとして出力している
selected satellites: 26 24 10 2 6 9 7 21
```

図 付 1-2-4 衛星数制限の出力ログ

付 1.3. 補正情報の受信

付 1.3.1. 電離層遅延補正情報の領域判定処理

(1) 改良点

補正情報受信・測位装置側の一周波 GPS 受信機から提供される概略座標値から、領域定義
 ファイルに従って該当する領域を判断する機能、および、その領域の電離層遅延補正情報
 を使用する機能を unpackRT に追加した。

(2) 動作確認結果

unpackRT に領域判定機能を追加し、動作確認を行った結果を図 付 1-3-1 で示す。測位点

で取得した概略座標から該当する領域を選別し、その領域の補正情報を使用する設定になっている。ただし、#は説明のために追加したコメント行である。

```
# unpackRT が測位装置の概略座標値 (35.563, 139.709) から領域 4 であることを判定した
unpackRT.cpp(2245):startRovrRTES: Rover with latitude, longitude of 35.563, 139.709
is in subnet 4
unpackRT.cpp(2247):startRovrRTES: Setting active sub-net to 4
```

図 付 1-3-1 領域判定の出力ログ

付 1.3.2. 参照基準点の切り替わりへの対応

(1) 改良点

受信・測位装置では、参照基準点の切り替わりが発生した場合に解析が継続できなくなる。そのため、unpackRT が参照基準点観測情報に記述された電子基準点 ID で判断し、RTNet の解析を停止するようにした。

(2) 動作確認結果

参照基準点の変更があった場合に、メッセージを出力して RTNet が停止されることを unpackRT の単体テストで確認した (図 付 1-3-2 参照)。ただし、#は説明のために追加したコメント行である。

```
# 参照基準点が変わったことを示すメッセージ
unpackRT.cpp(1006):handleRTCM3_qzss: Changing reference station! Was index
0. Is now 1

# RTNet を停止
unpackRT.cpp(1009):handleRTCM3_qzss: killRtnetClient.sh
unpackRT.cpp(1017):handleRTCM3_qzss: cmd=killRtnetClient.sh result=0

# RTNet が停止したことを知らせるメッセージ
unpackRT.cpp(1030):handleRTCM3_qzss: killRtnetClient.sh -- complete
```

図 付 1-3-2 参照基準点切り替わりに対する unpackRT の出力ログ

付 1.3.3. 情報ファイルの同一性照合処理

(1) 改良点

領域定義ファイルと観測点情報ファイルは、補正情報生成・配信装置側で使用されているものと同じであることが必要である。情報のバージョン番号に差異があった場合、補正情報

受信・測位装置側で検知し、メッセージの出力と動作を終了する機能を組み込んだ。

(2)動作確認結果

補正情報生成・配信装置にて意図的にバージョン情報を変更した補正情報を配信し、unpackRT がバージョンの違いを検知して、終了することを確認した（図 付 1-3-3 参照）。ただし、#は説明のために追加したコメント行である。

```
#unpackRT は衛星軌道・時計補正情報に含まれるバージョン番号を読む。
#観測点情報ファイルのバージョンと異なると次のようなメッセージを出力し停止する。
unpackRT.cpp(891):handleSP3_qzss: Got SP3 data --- ORBITS ---
unpackRT.cpp(897):handleSP3_qzss: Invalid file version received by unpackRT.
Expecting 3. Received 4.
```

図 付 1-3-3 バージョンエラー検知時の出力ログ

付 1.4. L1 一周波測位

付 1.4.1. 補正情報取得不備での解析開始の対策

(1)問題点

フェーズ2のプロトタイプにおいて、必要な補正情報が揃う前にL1一周波測位を始めてしまう不具合が発生していた。この現象は、RTNet が解析に必要な全ての補正情報（電離層遅延補正情報、対流圏遅延補正情報）を取得する前に解析を開始したために発生した。

(2)対処内容

測位側での解析開始時に、unpackRT から全ての補正情報を受信するまで待機する仕組みをRTNetに組み込んだ。

(3)確認・判断基準

測位解析の開始時に、RTNet が電離層遅延補正情報および対流圏遅延補正情報を取得するまで待機し、解析を開始しないことを確認した（図 付 1-4-1 参照）。ただし、#は説明のために追加したコメント行である。

```
#電離層遅延補正情報の1つ目を取得
t_grdionomodel::readsocket: nread 1199
t_grdionomodel::readsocket: incomingInxMap nprn = 8 dlat = 30 dlon = 40
t_grdionomodel::readsocket: new iono map 03:58:00.000 PRNs 3 6 13 16 19 21 23
31
#以前はこの時点で解析をスタートしていた（電離層遅延補正情報の2つ目と対流圏遅延
#補正情報がまだ取得できていない）
```

```

#電離層遅延補正情報の2つ目を取得
t_grdionomodel::readsocket: nread 1183
t_grdionomodel::readsocket: incomingInxMap nprn = 8 dlat = 30 dlon = 40
t_grdionomodel::readsocket: new iono map 04:00:00.000 PRNs 3 6 13 16 19 21 23
31
: (中略)
:
#対流圏遅延補正情報を取得
dtrop: stored tropo delay value 0.2678 for station ROVR time 04:00:00.0
dtrop: stored tropo delay value 0.2650 for station REFR time 04:00:00.0
#この後解析が開始される
BASELINEGRP NL REFR-ROVR (0.1 km)
L1 REFR ROVR G03 G06 7533312.000 7533312.725 +- 0.186 #obs 1
L1 REFR ROVR G13 G06 15057032.000 15057034.245 +- 0.895 #obs 1
L1 REFR ROVR G16 G06 1218258.000 1218258.480 +- 0.390 #obs 1
L1 REFR ROVR G19 G06 14974564.000 14974565.595 +- 0.715 #obs 1
L1 REFR ROVR G21 G06 10266325.000 10266326.318 +- 0.867 #obs 1
L1 REFR ROVR G23 G06 7871079.000 7871080.363 +- 0.662 #obs 1
L1 REFR ROVR G31 G06 7059320.000 7059321.030 +- 0.736 #obs 1
: (後略)

```

図 付 1-4-1 解析開始直後の RTNet の出力ログ

付 1.4.2. 対流圏高さ補正の効果の調査結果

付 1.4.2.1. システムの改良

(1)対流圏遅延補正情報の生成アルゴリズムの概要

対流圏遅延補正情報は、各電子基準点について推定された天頂方向の湿潤遅延量であり、測位の際、参照基準点および測位点における対流圏遅延の補正に用いられる。対流圏遅延は静水圧遅延と湿潤遅延に分けられるが、このうち、変動の小さい静水圧遅延の部分はモデルを用いて除去し、残りを湿潤遅延として、電子基準点のリアルタイムデータから PPP により電子基準点ごとに推定を行い、補正情報として配信する。

なお、測位の際には、静水圧遅延量を、補正情報生成時に用いたものと同じモデルで復元した上で、配信された対流圏遅延補正情報 (=天頂方向の湿潤遅延量) を参照基準点および測位点の位置で内挿して適用する。

詳細については、「アルゴリズム詳細説明書」を参照のこと。

(2) 高さ補正について

対流圏遅延補正情報として、受信した対流圏遅延量は、時間・空間内挿によって観測時刻、および測位点位置での適切な値を算出して適用する。

完成システムの空間内挿においては、測位点からの距離が閾値(75 km)以内にある電子基準

点を対象として選択し、各補正量を測位点からの距離の逆数で重みをつけて平均を取ることにより、測位点における遅延量を算出する。

$$ZWD'_i = \sum_{i=1}^n \frac{ZWD_i}{dist} / \sum_{i=1}^n \frac{1}{dist}$$

この際、内挿によって算出された対流圏遅延量に対して、補正係数 G_v を使用して観測点の標高に合わせて高さ補正する。

高さ補正後の対流圏遅延量(湿潤項 : ZWD)は、以下の式となる。

$$\begin{aligned} ZWD'_i &= ZWD_i + ZWD_i(\Delta H_i) \\ &= ZWD_i + G_v \times \Delta H_i \times ZWD_i \end{aligned}$$

ここで、

ZWD'_i : 電子基準点 i における高さ補正後の ZWD

ZWD_i : 電子基準点における ZWD の観測量

ΔH_i : 電子基準点 i と観測点の標高差

G_v : ZWD の補正係数

なお、補正係数 G_v については、以下の方法で求める。

まず、日本付近を 0.5×0.5 度のグリッドで分割し、その中に十分な数(4 点以上)の電子基準点が含まれるグリッドについて鉛直勾配を求める。グリッド毎の鉛直勾配は、グリッド内の電子基準点で観測された ZWD と電子基準点の標高を元に最小二乗法で線形回帰係数(鉛直勾配)を計算することで求める。

補正係数 G_v は、全てのグリッドにおける鉛直勾配での平均とし、以下の式で表される。

$$G_v = \sum_{ij=1}^n \frac{\Delta ZWD_{ij}}{\Delta H_{ij}} / n$$

ここで、

i : 経度方向のグリッド

j : 緯度方向のグリッド

n : 有効グリッド数(電子基準点が 4 点以上存在するグリッド)

(3) 改良内容

対流圏遅延補正情報を測位点位置で空間内挿する処理において、高さ補正を適用し、後処理により測位解析を行う。

この際、補正係数 G_v には、平成 18 年度に過去 3 日間のデータを用いて算出した 0.015 を採用することとした。

付 1.4.2.2. 解析結果の評価

(1)乗鞍地区

高さ補正有り/無しの再解析を行ない、集計・比較を行った。集計においては、アンビギュイティ解決数が4つ以上のものを **Fix** 解とし、全解析数における **Fix** 解の割合を **Fix** 率として表記するとともに、特に対流圏遅延補正情報の影響を評価するため、水平誤差が 10cm 未満であるものと、さらにそのうち高さ誤差も 10cm 未満であるものの割合を表記した。また、**Fix** 解のうち3次元誤差、水平誤差、高さ誤差の **RMS** 値 (m) も比較評価した。表 付 1-4-1 に乗鞍岳地区における、対流圏遅延量の適用時に高さ補正を考慮しない場合と、考慮した場合の比較結果を示す。

各項目について、高さ補正を考慮した結果の方が良い場合を”○”、悪い場合を”×”、等しい場合を”=”としている。**RMS** 値については、0.01m の範囲内での違いは同程度の精度とみなし”≒”としている。なお、観測点の標高と、近傍電子基準点との標高差および、内挿処理(距離の逆数による重み付き平均)で求まる想定高さとの標高差を右列に追記した。また、表 付 1-4-1 の結果について、‘測位点の標高と内挿された標高差との差’と **Fix** 率の関係を図 付 1-4-1、及び高さ **RMS** との関係を図 付 1-4-2 にそれぞれ示す。図中の観測点名は参照基準点である。

表 付 1-4-1 乗鞍岳地区における後処理解析結果の比較(高さ修正無し/有り)

観測点	観測日	解析数	参照基準点	FIX 数	FIX 率	水平誤差 <0.1 (率)	高さ誤差 <0.1 (率)	3次元 RMS (m)	水平 RMS (m)	高さ RMS (m)	近傍電子 基準点との 標高差(m)	内挿処理 との標高差 (m)
乗鞍	10月21日	23	豊科(950270)	○	○	○	○	○	≒	○	1686	2063
	10月22日	25	高根(950281)	○	○	○	○	○	○	○		
	10月23日	24	下呂(940059)	○	○	○	○	○	×	○		
	10月24日	24	豊科(950270)	○	○	○	○	○	≒	○		
	10月25日	24	高根(950281)	○	○	○	○	○	○	○		
	10月26日	7	下呂(940059)	○	○	=	○	○	○	○		
冷泉 小屋	10月21日	27	豊科(950270)	=	=	=	○	○	≒	○	1135	1500
	10月22日	30	高根(950281)	○	○	○	○	○	○	○		
	10月23日	30	下呂(940059)	×	×	=	○	○	○	○		
	10月24日	30	豊科(950270)	○	○	○	○	≒	×	○		
	10月25日	30	高根(950281)	○	○	○	○	×	×	○		
	10月26日	31	下呂(940059)	○	○	○	○	○	○	○		
奈川	10月21日	28	豊科(950270)	=	=	=	=	≒	≒	≒	-4	0
	10月22日	30	高根(950281)	=	=	=	=	≒	≒	≒		
	10月23日	30	下呂(940059)	=	=	=	=	≒	≒	≒		
	10月24日	30	豊科(950270)	=	=	=	=	≒	≒	≒		
	10月25日	30	高根(950281)	=	=	=	=	≒	≒	≒		
	10月26日	32	下呂(940059)	=	=	=	=	≒	≒	≒		
高山	10月21日	27	豊科(950270)	×	×	×	×	≒	≒	≒	-99	71
	10月22日	30	高根(950281)	○	○	○	○	≒	≒	≒		
	10月23日	30	下呂(940059)	=	=	=	=	≒	≒	≒		
	10月24日	29	豊科(950270)	=	=	=	=	≒	≒	≒		
	10月25日	30	高根(950281)	×	×	×	×	≒	≒	≒		
	10月26日	31	下呂(940059)	=	=	○	○	○	≒	≒		
下呂	10月21日	27	豊科(950270)	=	=	=	=	≒	≒	≒	-11	-89
	10月22日	30	高根(950281)	×	×	=	=	○	○	○		
	10月23日	30	下呂(940059)	=	=	=	=	≒	≒	≒		
	10月24日	30	豊科(950270)	=	=	=	=	≒	≒	≒		
	10月25日	29	高根(950281)	=	=	=	○	≒	≒	≒		
	10月26日	30	下呂(940059)	=	=	=	=	≒	≒	≒		

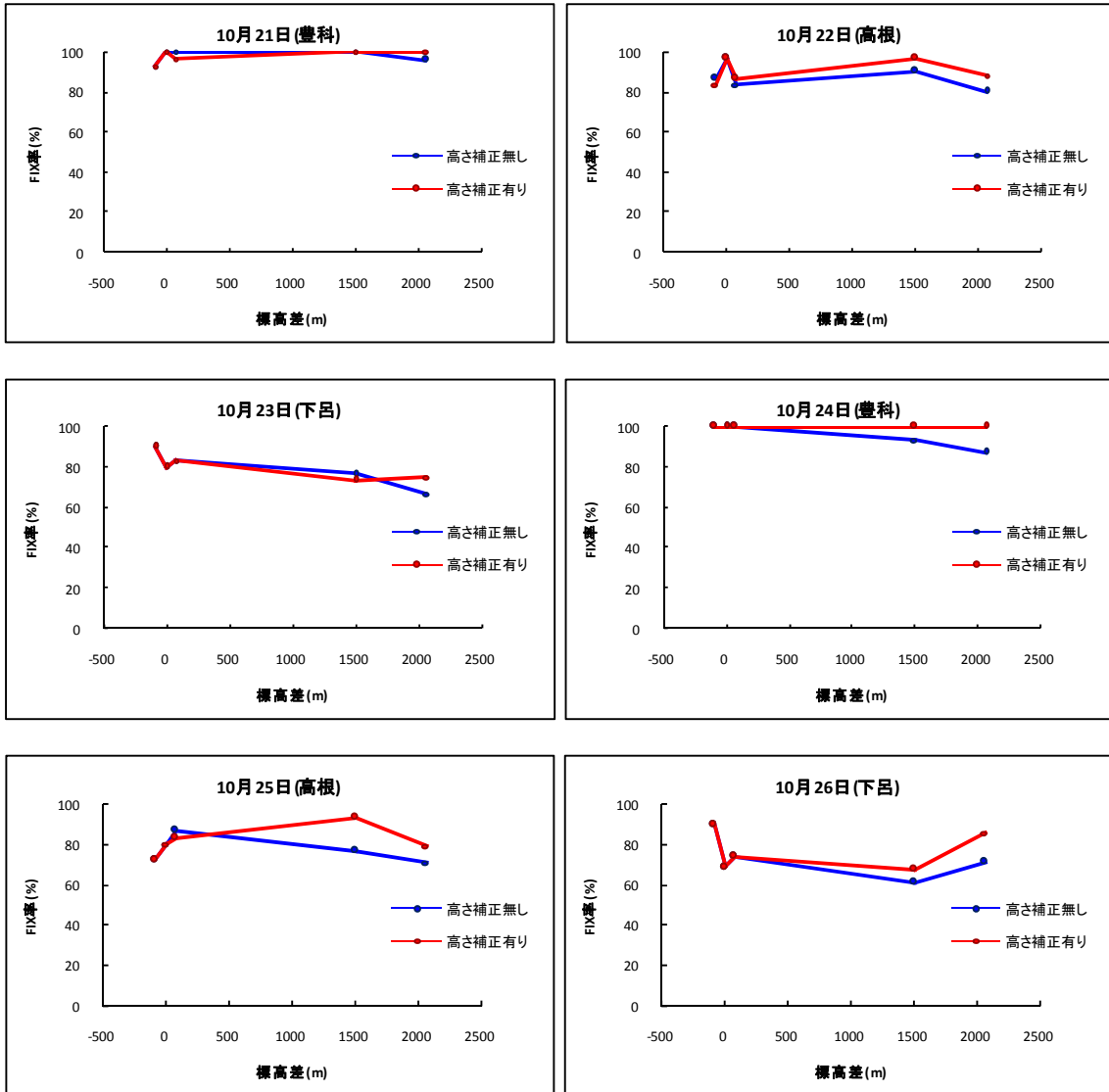


図 付 1-4-1 各観測点における、「実際の標高と内挿処理された標高との標高差」と「FIX 率」との関係(乗鞍岳地区)

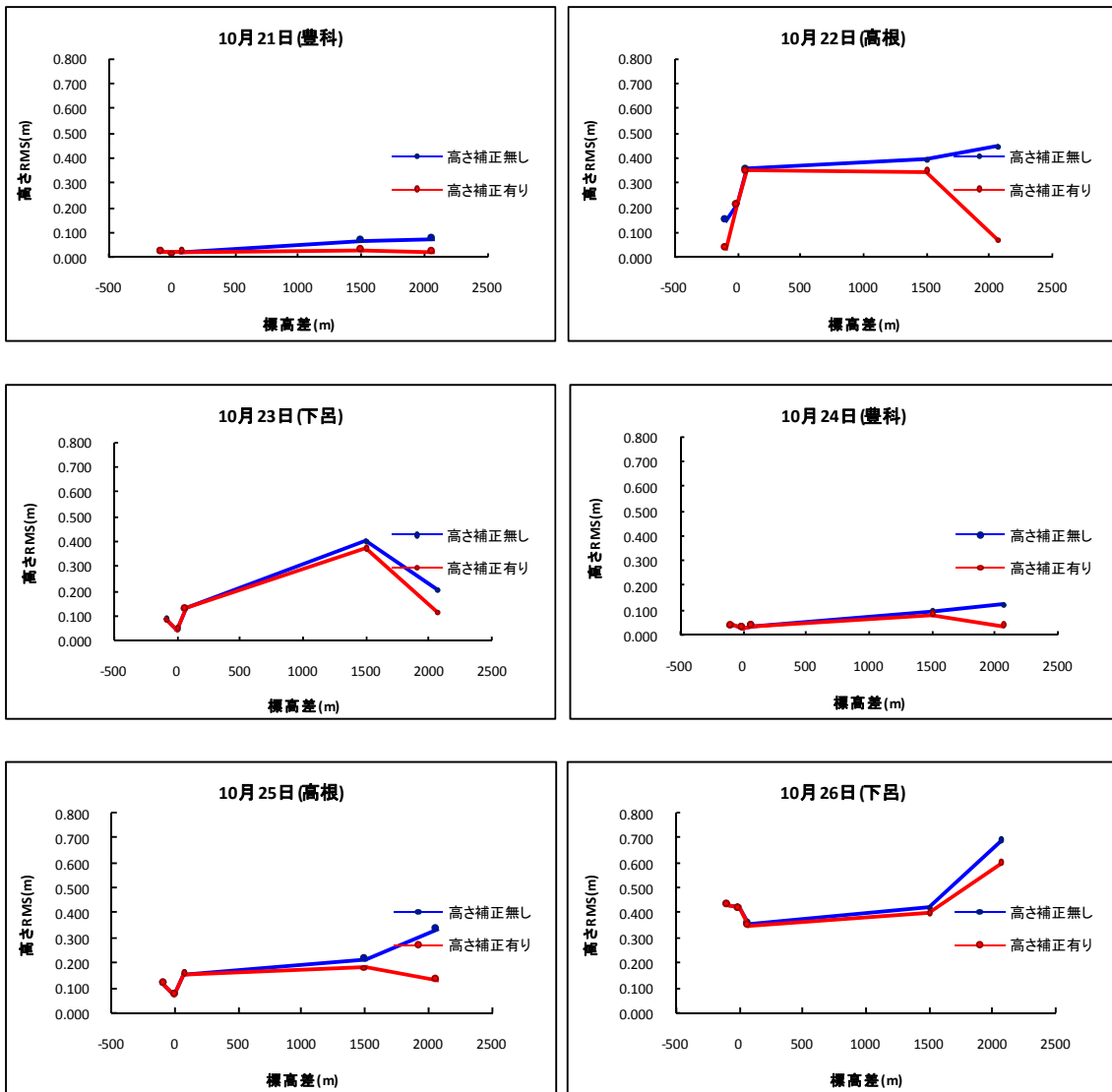


図 付1-4-2 各観測点における、「実際の標高と内挿処理された標高との標高差」と「高さRMS」との関係(乗鞍岳地区)

ほぼすべてのケースについて、Fix 率、測位精度とも高さ補正を考慮した場合の方が良好な結果が得られた。特に、測位点の標高と、近傍電子基準点からの内挿処理で求まる想定高さとの標高差が大きい「乗鞍」及び「冷泉小屋」の結果において、Fix 率、測位精度の精度向上が顕著である。また、全体的に水平方向より高さ方向の精度が向上している。

(2)参照基準点を変更した乗鞍岳地区再解析結果

表 付 1-4-1 及び図 付 1-4-1、図 付 1-4-2 の結果から観測日毎の高さ RMS を比較すると、10 月 12 日及び 24 日の測位結果が他の日と比べて精度の高いものであることが分かる。この 2 日の共通点としては、参照基準点に電子基準点「豊科」のデータを利用していることが挙げられ、ここから参照基準点による測位精度への影響が示唆された。そこで、追加の検証として、乗鞍岳地区の参照基準点を全て「豊科」に変更して再解析を実施、その影響について評価を行った。表 付 1-4-2 に後処理結果を集計し、表 付 1-4-3 に参照基準点変更後での解析結果の比較を示す。また参照基準点変更の前後での‘測位点の標高と内挿された標高差との差’と Fix 率の関係を図 付 1-4-3、高さ RMS との関係を図 付 1-4-4 に示す。10 月 21 日、24 日については元々の参照基準点が豊科のためプロットがない。

表 付 1-4-2 乗鞍岳地区における後処理解析結果の集計(参照基準点変更有り)

観測点	観測日	解析数	参照基準点	FIX 数	FIX 率	水平誤差 <0.1(率)	高さ誤差 <0.1(率)	3 次元 RMS (m)	水平 RMS (m)	高さ RMS (m)
乗鞍	10月21日	23	豊科(950270)	23	100.0%	100.0%	100.0%	0.025	0.014	0.020
	10月22日	25	豊科(950270)	25	100.0%	100.0%	100.0%	0.046	0.014	0.044
	10月23日	24	豊科(950270)	23	95.8%	95.8%	95.8%	0.030	0.017	0.025
	10月24日	24	豊科(950270)	24	100.0%	100.0%	100.0%	0.045	0.022	0.039
	10月25日	24	豊科(950270)	19	79.2%	75.0%	62.5%	0.105	0.035	0.099
	10月26日	7	豊科(950270)	6	85.7%	85.7%	85.7%	0.030	0.022	0.021
冷泉 小屋	10月21日	27	豊科(950270)	27	100.0%	100.0%	100.0%	0.038	0.023	0.030
	10月22日	30	豊科(950270)	29	96.7%	96.7%	96.7%	0.040	0.026	0.030
	10月23日	30	豊科(950270)	27	90.0%	86.7%	86.7%	0.056	0.038	0.041
	10月24日	30	豊科(950270)	30	100.0%	96.7%	96.7%	0.101	0.055	0.084
	10月25日	30	豊科(950270)	23	76.7%	73.3%	63.3%	0.083	0.035	0.075
	10月26日	31	豊科(950270)	29	93.5%	93.5%	93.5%	0.047	0.035	0.031
奈川	10月21日	28	豊科(950270)	28	100.0%	100.0%	100.0%	0.032	0.026	0.019
	10月22日	30	豊科(950270)	30	100.0%	100.0%	100.0%	0.036	0.025	0.025
	10月23日	30	豊科(950270)	30	100.0%	100.0%	100.0%	0.044	0.029	0.032
	10月24日	30	豊科(950270)	30	100.0%	100.0%	100.0%	0.044	0.030	0.032
	10月25日	30	豊科(950270)	26	86.7%	83.3%	83.3%	0.056	0.039	0.041
	10月26日	32	豊科(950270)	29	90.6%	87.5%	81.3%	0.075	0.047	0.059
高山	10月21日	27	豊科(950270)	26	96.3%	96.3%	96.3%	0.026	0.012	0.023
	10月22日	30	豊科(950270)	27	90.0%	90.0%	90.0%	0.042	0.022	0.036
	10月23日	30	豊科(950270)	27	90.0%	90.0%	90.0%	0.039	0.020	0.033
	10月24日	29	豊科(950270)	29	100.0%	100.0%	96.6%	0.044	0.020	0.039
	10月25日	30	豊科(950270)	27	90.0%	86.7%	86.7%	0.080	0.055	0.058
	10月26日	31	豊科(950270)	30	96.8%	96.8%	96.8%	0.036	0.014	0.033
下呂	10月21日	27	豊科(950270)	25	92.6%	92.6%	92.6%	0.026	0.015	0.021
	10月22日	30	豊科(950270)	29	96.7%	96.7%	96.7%	0.040	0.028	0.029
	10月23日	30	豊科(950270)	30	100.0%	100.0%	100.0%	0.049	0.024	0.043
	10月24日	30	豊科(950270)	30	100.0%	100.0%	100.0%	0.044	0.017	0.041
	10月25日	29	豊科(950270)	27	93.1%	93.1%	93.1%	0.046	0.022	0.040
	10月26日	30	豊科(950270)	29	96.7%	96.7%	96.7%	0.047	0.016	0.044
		838		794	94.7%	93.9%	92.8%	0.052	0.029	0.043

表 付 1-4-3 乗鞍岳地区における後処理解析結果の比較(参照基準点変更前/後)

観測点	観測日	解析数	参照基準点	FIX 数	FIX 率	水平誤差 <0.1(率)	高さ誤差 <0.1(率)	3次元RMS (m)	水平RMS (m)	高さRMS (m)
乗鞍	10月21日	23	豊科→豊科	=	=	=	=	=	=	=
	10月22日	25	高根→豊科	○	○	○	○	○	○	○
	10月23日	24	下呂→豊科	○	○	○	○	○	○	○
	10月24日	24	豊科→豊科	=	=	=	=	=	=	=
	10月25日	24	高根→豊科	=	=	○	○	○	○	○
	10月26日	7	下呂→豊科	=	=	○	○	○	○	○
冷泉 小屋	10月21日	27	豊科→豊科	=	=	=	=	=	=	=
	10月22日	30	高根→豊科	=	=	○	○	○	○	○
	10月23日	30	下呂→豊科	○	○	○	○	○	○	○
	10月24日	30	豊科→豊科	=	=	=	=	=	=	=
	10月25日	30	高根→豊科	×	×	×	=	○	○	○
	10月26日	31	下呂→豊科	○	○	○	○	○	○	○
奈川	10月21日	28	豊科→豊科	=	=	=	=	=	=	=
	10月22日	30	高根→豊科	○	○	○	○	○	○	○
	10月23日	30	下呂→豊科	○	○	○	○	○	○	≒
	10月24日	30	豊科→豊科	=	=	=	=	=	=	=
	10月25日	30	高根→豊科	○	○	○	○	○	○	○
	10月26日	32	下呂→豊科	○	○	○	○	○	○	○
高山	10月21日	27	豊科→豊科	=	=	=	=	=	=	=
	10月22日	30	高根→豊科	○	○	○	○	○	○	○
	10月23日	30	下呂→豊科	○	○	○	○	○	○	○
	10月24日	29	豊科→豊科	=	=	=	=	=	=	=
	10月25日	30	高根→豊科	○	○	○	○	○	○	○
	10月26日	31	下呂→豊科	○	○	○	○	○	○	○
下呂	10月21日	27	豊科→豊科	=	=	=	=	=	=	=
	10月22日	30	高根→豊科	○	○	○	○	○	≒	≒
	10月23日	30	下呂→豊科	○	○	○	○	○	○	○
	10月24日	30	豊科→豊科	=	=	=	=	=	=	=
	10月25日	29	高根→豊科	○	○	○	○	○	○	○
	10月26日	30	下呂→豊科	○	○	○	○	○	○	○

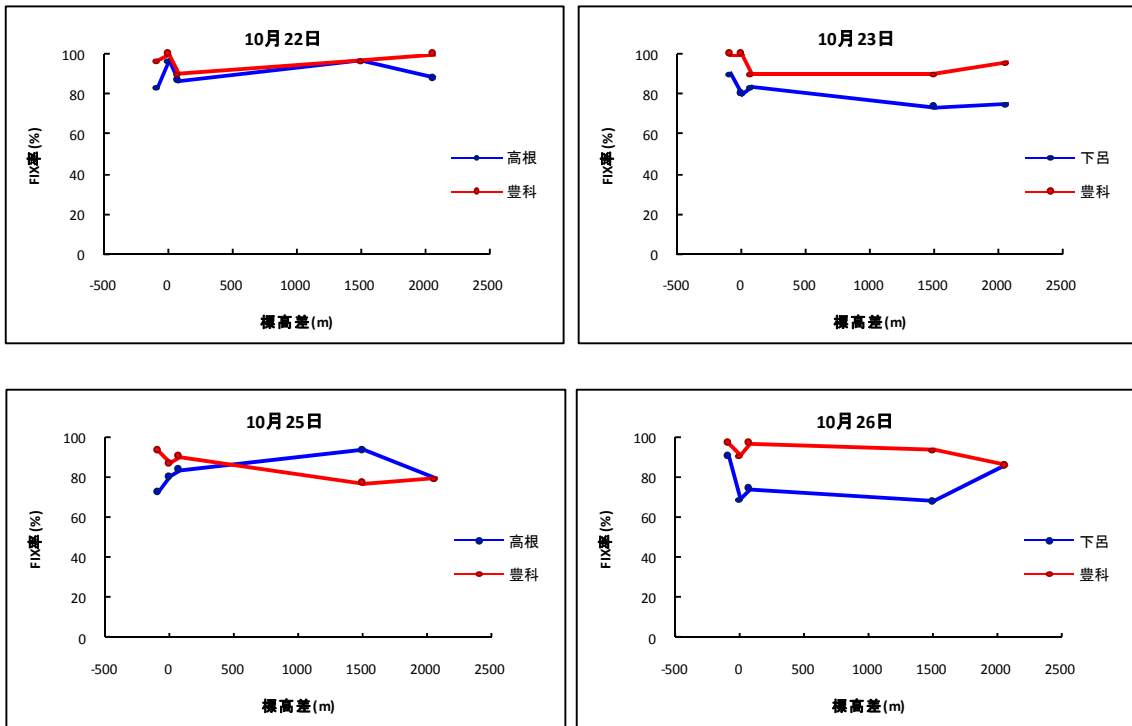


図 付 1-4-3 各観測点における、「実際の標高と内挿処理された標高との標高差」と「FIX 率」との関係(乗鞍岳地区、参照基準点:豊科に変更)

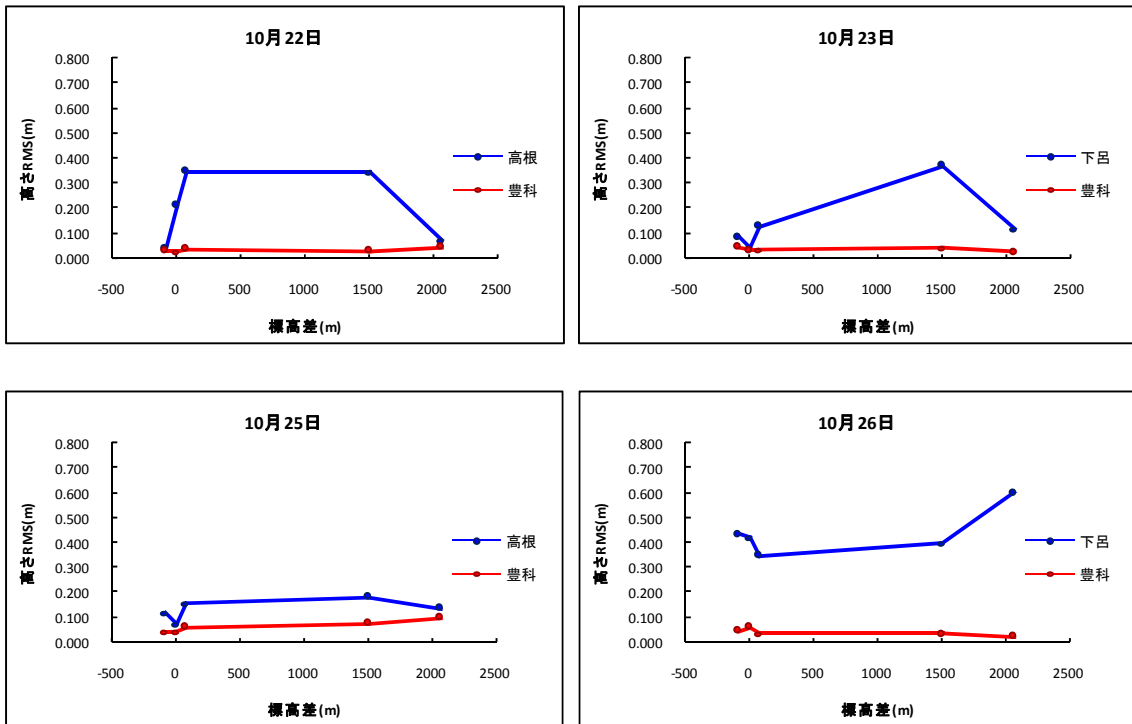


図 付 1-4-4 各観測点における、「実際の標高と内挿処理された標高との標高差」と「高さ RMS」との関係(乗鞍岳地区、参照基準点:豊科に変更)

表 付 1-4-2、表 付 1-4-2、図 付 1-4-3、図 付 1-4-4 から、参照基準点を豊科(950270)に変更することで、全ての測位結果において、Fix 率、測位精度が改善されることが確かめられた。

そこで、参照基準点の違いによる影響について評価するため、UNAVCO で提供されている teqc ソフトウェア (<http://facility.unavco.org/software/teqc/teqc.html>) を用いて、10月22日、25日の豊科(950270)及び高根(950281)と、10月23日、26日の豊科(950270)及び下呂(940059)の観測データについて品質調査を実施した。その結果を表 付 1-4-4 に示す。また、図 付 1-4-5 に 10月22日の豊科と高根におけるスカイプロット、図 付 1-4-6 に 23日の豊科と下呂におけるスカイプロットを示す。

表 付 1-4-4 参照基準点の品質調査(teqc)の結果

		観測データ数	L1 マルチパス	L2 マルチパス	サイクルスリップ比
10月22日	豊科(950270)	25955	0.28	0.42	124
	高根(950281)	23787	0.29	0.36	123
10月23日	豊科(950270)	25957	0.28	0.42	124
	下呂(940059)	22104	0.42	0.59	123
10月25日	豊科(950270)	25970	0.28	0.41	124
	高根(950281)	23792	0.29	0.35	125
10月26日	豊科(950270)	25990	0.28	0.43	124
	下呂(940059)	22106	0.43	0.57	126

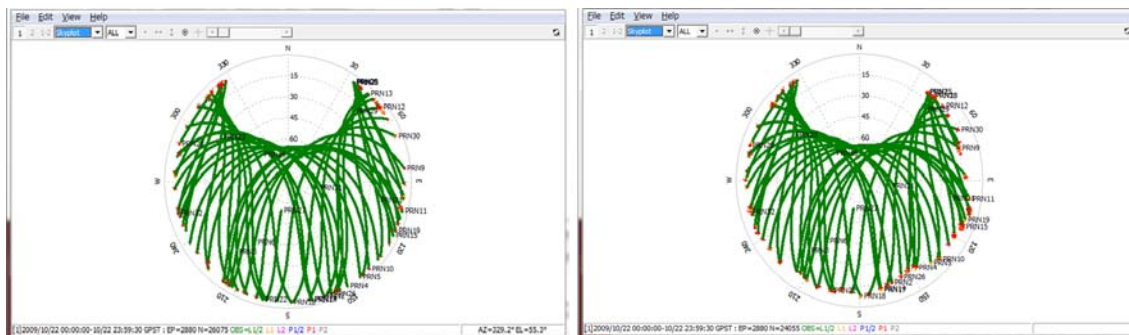


図 付 1-4-5 10月22日 スカイプロット(左:豊科、右:高根)

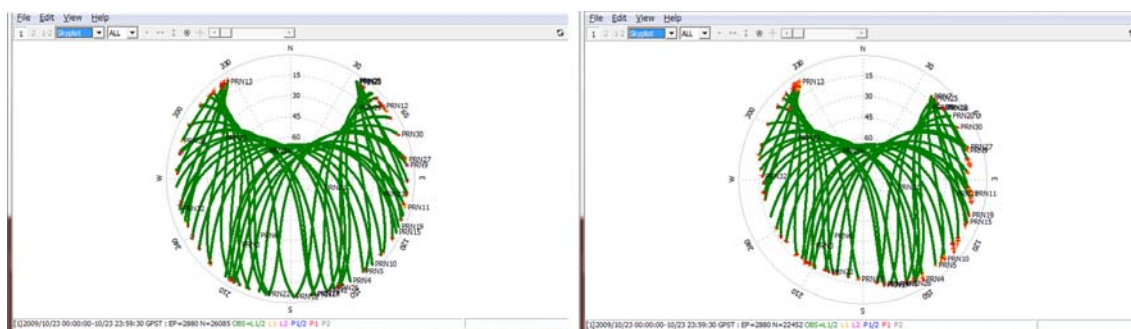


図 付 1-4-6 10月23日 スカイプロット(左:豊科、右:下呂)

表 付 1-4-4 の結果から、サイクルスリップについては大きな差異はないものの、観測データ数については、いずれも豊科(950270)の方が1割程度多くなっていることが分かる。

スカイプロット(図 付 1-4-5、図 付 1-4-6)を見ると、高根、下呂については特に低仰角で衛星が見えなくなる方向があり、この観測データの差は上空視界の状況に起因するものと

推測される。また、マルチパスについては、下呂(940059)の方が豊科(950270)に比べて若干悪い結果となった。

以上の結果から、昨年度の実証実験結果においては、対流圏遅延量の推定誤差のほか、設定した参照基準点の品質による精度低下が起きていた可能性が示唆された。

(3)関東地区

表 付 1-4-5 に関東地区における、対流圏遅延量の適用時に高さ補正を考慮しない場合と、考慮した場合の比較一覧を示す。また‘測位点の標高と内挿された標高差との差’と Fix 率の関係を図 付 1-4-7、高さ RMS との関係を図 付 1-4-8 に示す。

表 付 1-4-5 関東地区における後処理解析結果の比較(高さ修正無し/有り)

観測点	観測日	解析数	参照基準点	FIX数	FIX率	水平誤差 <0.1(率)	高さ誤差 <0.1(率)	3次元 RMS (m)	水平 RMS (m)	高さ RMS (m)	近傍電子 基準点との 標高差(m)	内挿処理 との標高差 (m)
美和	10月13日	96	つくば1(92110)	=	=	=	=	≒	≒	≒	145	113
	10月14日	95	つくば1(92110)	=	=	=	○	≒	≒	≒		
水戸	10月13日	96	つくば1(92110)	=	=	=	=	≒	≒	≒	-20	-54
	10月14日	95	つくば1(92110)	=	=	=	=	≒	≒	≒		
日光	10月13日	96	つくば1(92110)	=	=	=	=	≒	≒	≒	-945	30
	10月14日	95	つくば1(92110)	×	×	×	×	≒	≒	≒		
片品	10月13日	96	つくば1(92110)	×	×	×	○	≒	≒	≒	69	365
	10月14日	95	つくば1(92110)	=	=	○	○	○	○	○		
桐生	10月13日	96	つくば1(92110)	=	=	=	=	≒	≒	≒	109	-136
	10月14日	95	つくば1(92110)	○	○	○	○	≒	≒	≒		
那須	10月13日	96	つくば1(92110)	○	○	○	=	≒	≒	≒	61	-56
	10月14日	95	つくば1(92110)	○	○	○	○	≒	≒	≒		
都幾川	10月13日	96	つくば1(92110)	=	=	=	=	≒	≒	≒	54	-117
	10月14日	95	つくば1(92110)	×	×	×	=	≒	≒	≒		
福島郡山1A	10月13日	96	つくば1(92110)	○	○	=	=	≒	≒	≒	-80	-97
	10月14日	95	つくば1(92110)	=	=	=	=	≒	≒	≒		
いわき3	10月13日	96	つくば1(92110)	×	×	×	×	≒	≒	≒	26	218
	10月14日	95	つくば1(92110)	=	=	=	○	≒	≒	≒		
鴨川2	10月13日	96	つくば1(92110)	=	=	=	=	≒	≒	≒	-271	40
	10月14日	95	つくば1(92110)	=	=	=	=	≒	≒	≒		
三和	10月13日	96	つくば1(92110)	=	=	=	=	≒	≒	≒	1	-37
	10月14日	95	つくば1(92110)	=	=	=	=	≒	≒	≒		
桜川	10月13日	96	つくば1(92110)	=	=	=	=	≒	≒	≒	-14	-19
	10月14日	95	つくば1(92110)	=	=	=	=	≒	≒	≒		
足立	10月13日	96	つくば1(92110)	=	=	=	=	≒	≒	≒	-4	-47
	10月14日	95	つくば1(92110)	=	=	=	=	≒	≒	≒		

千葉緑	10月13日	96	つくば 1(92110)	=	=	=	=	≡	≡	≡	27	15
	10月14日	95	つくば 1(92110)	=	=	=	=	≡	≡	≡		
秋川	10月13日	96	つくば 1(92110)	=	=	=	=	≡	≡	≡	19	-69
	10月14日	95	つくば 1(92110)	=	=	=	=	≡	≡	≡		
秦野	10月13日	96	つくば 1(92110)	×	×	×	○	○	≡	○	661	555
	10月14日	95	つくば 1(92110)	=	=	=	○	○	≡	○		
横須賀	10月13日	96	つくば 1(92110)	=	=	=	=	≡	≡	≡	-5	-80
	10月14日	95	つくば 1(92110)	=	=	=	=	≡	≡	≡		

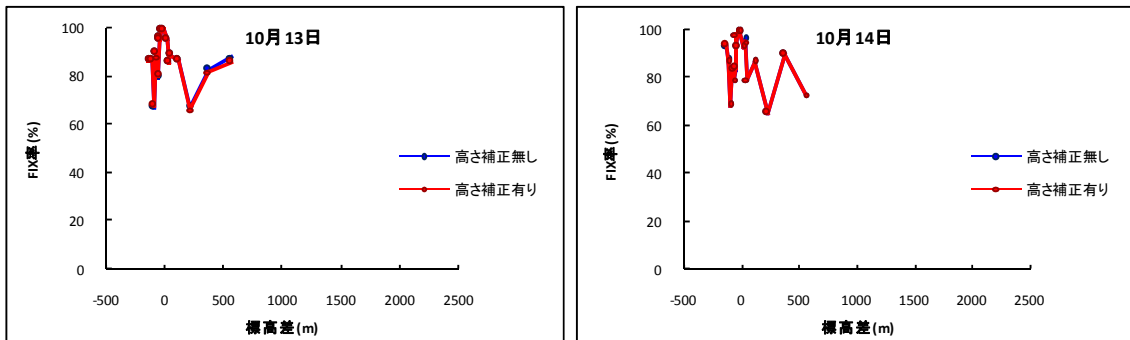


図 付 1-4-7 各観測点における、「実際の標高と内挿処理された標高との標高差」と「FIX 率」との関係(関東地区)

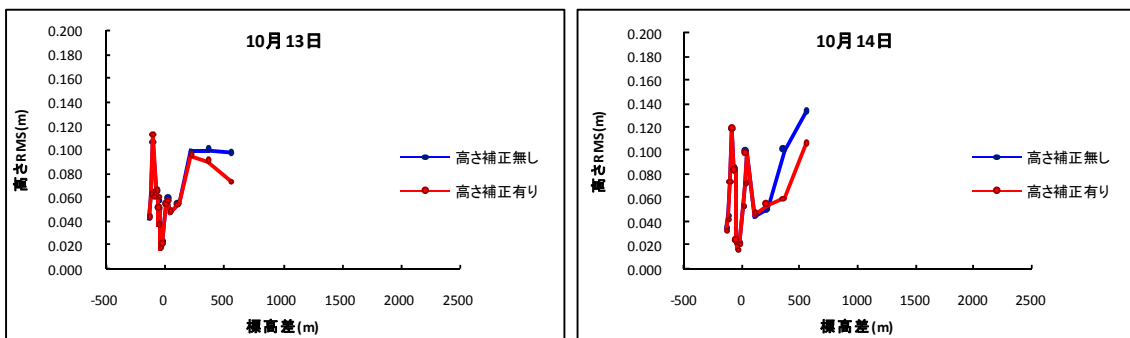


図 付 1-4-8 観各観測点における、「実際の標高と内挿処理された標高との標高差」と「高さ RMS」との関係(関東地区)

元々の測位精度が高いこともあり、乗鞍岳地区の測位結果と比べて高さ補正考慮の有無の違いによる顕著な違いは認められないものの、実際の測位点の標高と内挿処理で求められた標高との差が大きい「片品」、「秦野」の観測点の結果で高さ補正考慮後の測位精度が向上する結果となった。

以上の結果は、高さ補正が山岳部だけでなく平野部においても、特に測位点の標高と内挿処理で求まる想定高さとの標高差が大きい場合に効果があることを示唆しているものと考えられる。

付 1.4.2.3. まとめ

平成 21 年度の乗鞍岳地区、関東地区における現地実証実験時の観測データについて、対流圏遅延補正情報の推定時に測位点の標高を考慮した補正条件を設定した再解析を実施し、補正条件の有無による測位精度への影響について調査した。

評価の結果、高さ補正を測位解析に適用することにより、Fix 率の向上及び特に高さ方向の測位精度の向上が期待されることが示唆された。特にその効果は、測位点の標高と、周辺の電子基準点の標高からの内挿で算出される標高との間に差がある場合に顕著にあらわれる。

また、参照基準点の観測条件による測位精度への影響についても確認された。このことは、参照基準点を選点する際の品質チェックの必要性を示唆している。

付1.5. 配信される補正情報の書式

補正情報のフォーマットについて記述する。

付 1.5.1. 補正情報メッセージのレコード構造

表 付 1-5-1 補正情報メッセージのレコード構造

レコードの構造						
#	項目	型	サイズ	内容	範囲	値
1	Preamble	char	8bits	レコード開始		“11010011”
2	圧縮タイプ	uint2	2bits	パラメータ部の圧縮タイプ	0~3	0:圧縮なし、1: zip 圧縮 2-3: 未定
3	パラメータ部の長さ	uint14	14bits	パラメータ部の長さ(N バイト)	0~16,383	単位:バイト
4	パラメータ部	char *N	N*8bits (N バイト)	0~0 章のいずれか一つに示されたパラメータ部の内容、またはそれを圧縮したもの		
5	CRC	char*3	24bits	CRC-24Q		
	合計			(6+N)*8 bits (6+N バイト、N はパラメータ部の長さ)		

※ “#1Preamble”は送信データ量を削減するため、LEX パケットを生成する際にレコードから削除して送信する。受信測位装置側では、レコードを復元する際に Preamble を付加し、CRC を算出する。

※ “#5CRC” の算出は、“#1 Preamble” から “#4 パラメータ部” の終わりまでの $(3+N) \times 8\text{bit}$ を対象とする。

CRC-24Q は 24 ビットの CRC であり、その生成多項式 $G(X)$ は以下の通りである。

$$G(X) = X^{24} + X^{23} + X^{18} + X^{17} + X^{14} + X^{11} + X^{10} + X^7 + X^6 + X^5 + X^4 + X^3 + X + 1$$

付 1.5.2. パラメータ種別 ID

パラメータの種別と、それを識別するためのパラメータ種別 ID を表 付 1-5-2 に示す。

表 付 1-5-2 パラメータ種別 ID

パラメータ種別 ID	項目	備考
0	参照基準点観測情報	表 付 1-5-3 参照
1	衛星軌道・時計補正情報 + 電離層グリッド間隔情報	表 付 1-5-6 参照
2	対流圏遅延補正情報	表 付 1-5-7 参照
3	電離層遅延補正情報	表 付 1-5-8 参照

付 1.5.3. 参照基準点観測情報

表 付 1-5-3 参照基準点観測情報

参照基準点観測情報(パラメータ種別 ID= 0)						
#	項目	型	サイズ	範囲	値	備考
1	パラメータ種別 ID	uint4	4 bits	0~15	0	
2	領域数 (N _A)-1 (=MaxAreaID)	uint4	4 bits	0~15	MaxAreaID=11 (N _A =12)	
3 ~ 15 は領域数(N _A)分繰り返す						
3	電離層領域 ID	uint4	4 bits	0~15	1~12	
4	各領域での参照基準点 ID	uint2	2 bits	0~3	0~1	
5	GPS Epoch Time (Time of Week)	uint30	30 bits	0~604,799,999	単位: msec	DF004
6	衛星数(N _{SV})	uint5	5 bits	0~31		DF006
7	GPS Divergence-free Smoothing Indicator	bit(1)	1 bits	0,1	Divergence-free Smoothing を 0: 未使用、 1: 使用	DF007
8	GPS Smoothing Interval	bit(3)	3 bits	0~7	※表 参照	DF008
合計(3~8)		45 bits				
9~15 は、衛星数(N _{SV})分繰り返す						
9	衛星識別番号	uint6	6 bits	0~63	1~32 (GPS)	
10	GPS L1 Code Indicator	bit(1)	1 bits	0,1	0: C/A Code 1: P(Y) Code Direct	DF010
11	GPS L1 擬似距離 (GPS L1 擬似距離 /299,792.458m の あまり部分)	uint24	24 bits	0~14,989,623	単位: 0.02m 0-299,792.46m	DF011

12	GPS L1 位相距離- L1 擬似距離	int20	20 bits	-524,288~524,287	単位: 0.0005m -262.1440~ 262.1435m 最初に最も0に近い値 になるように位相距離 を調整する。 範囲を超えた場合は、 1500 サイクル分調整 する。	DF012
13	GPS L1 Lock time Indicator	uint7	7 bits	0~127	※表 参照	DF013
14	GPS L1 擬似距離 /299,792.458m の商	uint8	8 bits	0~255	単位: 299,792.458m 0~76,447,076.790m	DF014
15	GPS L1 CNR	uint8	8 bits	0~255	単位: 0.25dB-Hz 0~63.75dB-Hz	DF015
	合計(9~15)			74 bits		
	合計(全体)			$8 + N_A * (45 + N_{SV} * 74)$ bits		

※観測データの内容・表現方法は RTCM3.0 に準じている。備考欄に記載した"DF"で始まる記号は、対応する RTCM3.0 の Data Field を意味する。

※"#11 GPS L1 擬似距離"は、L1 擬似距離を 299,792.458m で割った余りであるが、実数で計算した値を、0.02 で除算した値の最も近い整数値に丸めているため、299,792.46m も取りうる範囲となる。

表 付 1-5-4GPS Smoothing Interval

Indicator	Smoothing 間隔
000 (0)	Smoothing なし
001 (1)	< 30 秒
010 (2)	30~60 秒
011 (3)	1~2 分
100 (4)	2~4 分
101 (5)	4~8 分
110 (6)	> 8 分
111 (7)	Smoothing 間隔の制限なし

表 付 1-5-5 GPS L1 Lock time Indicator

Indicator (i)	Lock Time (秒、下限値)	Lock Time の範囲
1~23	i	$1 \leq \text{lock time} < 24$
24~47	$i*2-24$	$24 \leq \text{lock time} < 72$
48~71	$i*4-120$	$72 \leq \text{lock time} < 168$
72~95	$i*8-408$	$168 \leq \text{lock time} < 360$
96~119	$i*16-1176$	$360 \leq \text{lock time} < 744$
120~126	$i*32-3096$	$744 \leq \text{lock time} < 937$
127	---	$\text{lock time} \geq 937$

※サイクルスリップが検出された場合は、Indicator に 0 がセットされる。

付 1.5.4. 衛星軌道・時計補正情報＋電離層グリッド間隔情報

表 付 1-5-6 衛星軌道・時計補正情報＋電離層グリッド間隔情報

衛星軌道・時計補正情報＋電離層グリッド間隔情報(パラメータ種別 ID= 1)							
#	項目	型	サイズ	内容	範囲	値	
1	パラメータ種別 ID	uint4	4 bits		0～15	1	
2	DOY	uint9	9 bits	Day of year	0～366	単位:日	
3	TOD	uint7	7 bits	軌道エポックの先頭の Time of day	0～95	単位:15分 0～1,425分	
4	バージョン	uint12	12 bits	補正情報生成に用いた補助情報のバージョン情報	0～4095		
5	緯度方向格子サイズ	uint4	4 bits	緯度方向格子サイズ	1～15	単位:0.05deg 0.05 ～ 0.75 deg	
6	経度方向格子サイズ	uint4	4 bits	経度方向格子サイズ			
7	軌道エポック数(NORB)	uint4	4 bits	衛星軌道座標数	0～15	13	
8	取得衛星数(Nsv)	uint5	5 bits	観測した衛星数	0～31		
9～14 まで取得衛星数(Nsv)分繰り返す							
9	衛星識別番号	uint6	6 bits	衛星識別番号	0～63	1～32(GPS)	
10	衛星状態	uint1	1 bits	衛星状態	0,1	0: 使用しない 1: 良好	
11～14 まで座標(NORB)分繰り返す							
11	衛星位置 X	int37	37 bits	衛星位置 X 座標	-68,719,476,736～68,719,476,735	単位: mm	
12	衛星位置 Y	int37	37 bits	衛星位置 Y 座標	-68,719,476,736～68,719,476,735	単位: mm	
13	衛星位置 Z	int37	37 bits	衛星位置 Z 座標	-68,719,476,736～68,719,476,735	単位: mm	
14	衛星時計	int31	31 bits	クロックオフセット	-1,073,741,824～1,073,741,823	単位: 10 ⁻⁶ μ sec -1,073.741824 ～ 1,073.741823 μ sec	
	合計						49+ Nsv *(7+ NORB *142) bits

付 1.5.5. 対流圏遅延補正情報

表 付 1-5-7 対流圏遅延補正情報

対流圏遅延補正情報 (パラメータ種別 ID= 2)						
#	項目	型	サイズ	内容	範囲	値
1	パラメータ種別 ID	uint4	4 bits		0~15	2
2	TOW	uint20	20 bits	補正情報の時刻 (Time of Week)	0~604,799	単位: 1sec
3	電子基準点数 (NSTN)	uint11	11 bits	電子基準点数	0~2047	N _{STN} :~1200
4~5 まで基準点数分 (N _{STN}) 繰り返す						
4	基準点 ID	uint11	11 bits	基準点 ID	0~2047	
5	天頂湿潤遅延	uint11	11 bits	天頂湿潤遅延	0~2047	単位: mm
	合計	35+ N _{STN} *(11+11) bits				

付 1.5.6. 電離層遅延補正情報

表 付 1-5-8 電離層遅延補正情報

電離層遅延情報 (パラメータ種別 ID= 3)							
#	項目	型	サイズ	内容	範囲	値	
1	パラメータ種別 ID	uint4	4 bits		0~15	3	
2	電離層領域 ID	uint4	4 bits	電離層領域 ID	0~15	1~12	
3	TOW	uint20	20 bits	補正情報の時刻 (Time of Week)	0~604,799	単位: 1sec	
4	衛星数	uint5	5 bits	衛星数 (=グリッドマップ数)	0~31		
5~10 まで、グリッドマップ数(衛星数)分繰り返す(k=1~グリッドマップ数)							
5	衛星識別番号	uint6	6 bits	衛星識別番号	0~63	1~32(GPS)	
6	緯度 0	int12	12 bits	最初の行の緯度	-1800~1800	単位: 0.05 deg -90~90deg	
7	行数(Lk)	uint8	8bits	グリッドマップ (k) の行数 (Lk)	0~255		
8~10 まで、それぞれの行 (i=1~Lk) について繰り返す							
8	経度 0	int13	13 bits	最初の点の経度	-3600~3600	単位: 0.05 deg -180~180deg	
9	列数(Mk,i)	uint8	8bits	k番目のグリッドマップで、行(i)の中の列数 (Mk,i)	0~255		
10 は、k番目のグリッドマップの、行 i での遅延数 (Mk,i) 分繰り返す							
10	天頂方向の総電子数	uint14	14 bits	格子点における天頂方向の総電子数	0~16,383	単位: 0.01 TECU 0~163.82TECU 16,383 は異常値を表す	
	合計	1 領域に対して					
						$33 + \sum_k \left(26 + 21 \times L_k + 14 \times \sum_i M_{k,i} \right) \text{ bits}$	

付 1.5.7. LEX パケットの送信フォーマット

L 帯測位方式において補正情報配信システムから MCS へ送信するパケットの仕様を表に示す。

表 付 1-5-9 L 帯補正方式における補正情報配信システムから MCS への送信パケット仕様

分類	項目	サイズ (bits)	値	備考
伝送ヘッダ部(64bit)	バージョン	8	01(hex)	固定
	パケットタイプ	8	F0(hex)	固定
	サブヘッダ長	16	0	(サブヘッダなし)
	フレームパケット長 (byte)	32	230(dec)	$= (64+81+1695)/8$
制御部 (81bit)	有効/無効フラグ	8	00(hex)	放送開始時刻および PRN 番号を無効とするので値は 0。
	放送時刻	24	00 0000(hex)	使用しないので値は 0。
	プリアンブル	32	1ACF FC1D(hex)	
	PRN 番号	8	C1(hex) [193(dec)]	
	メッセージタイプ ID	8	14(hex) [20(dec)]	
	ALERT フラグ	1	0,1	1: レコードの先頭を含むパケット 0: レコードの先頭を含まないパケット
データ部 (1,695bit)	実験データ	1,695	任意のデータ	補正情報レコードを分割してデータ部に入れる。

- ※ 各補正情報のレコードは、preambleを除いた上で LEX の仕様にあわせて 1,695bits の連続するパケットに分割され、1 秒間隔に 1 パケットずつ送信される。パケットの途中でレコードの終端に達した場合は、そのパケットの残りの部分の値は任意であり、一つのパケットが複数のレコードを含むことはない。レコードの先頭となるパケットを識別するために、ALERT フラグを用いる。
- ※ バイトオーダーはビッグエンディアンである。ビッグエンディアンとは、分割されたバイトを最上位のバイトから順番に送信する方式である。
- ※ 伝送ヘッダ部のバージョンおよびパケットタイプは、伝送フォーマットに変更がない限り固定値である。
- ※ 制御部の PRN 番号は、有効/無効フラグによって無効とするので、意味をもたない。その値はメッセージが放送される衛星の PRN 番号を必ずしも表すものではない。

付 1.5.8. LEX パケットの受信フォーマット

LEX 受信機から出力される QZS 独自メッセージデータとして出力される補正情報の受信に関して、補正情報受信・測位装置においては、以下を前提としている。

- ・ LEX 受信機から出力される QZS 独自メッセージデータの仕様が表 付 1-5-10 の通りであること。
- ・ QZS 独自メッセージデータは、ヘッダ部の「バイナリデータメッセージ ID」が(0015(hex)) であることによって、LEX 受信機から出力される QZS 独自メッセージ以外のデータと峻別できること。

表 付 1-5-10 LEX 受信機から出力されるデータの仕様

分類	項目	サイズ (bits)	値	備考	
ヘッダ部(128bit)	同期検出キャラクタ(1)	8	AA(hex)	固定値	
	同期検出キャラクタ(2)	8	55(hex)	固定値	
	バイナリデータメッセージ ID	16	プロトコル仕様書にて定義される	0015(hex) (QZS 独自メッセージ)のみ読む。	
	レコード長(bytes)	16	276(dec) [0114(hex)]	=(128+2048+32)/8	
	各種フラグ/ステータス等	32	プロトコル仕様書にて定義される		
	受信時刻(TOW)	32	0~604799999 (dec)	単位:msec	
	受信時刻の GPS 週	16		1024 以上の値をとりうる(2 ¹⁶ の剰余)	
QZS 独自メッセージ (2048bits)	(48bits)	衛星 ID 番号	8		
		チャンネル番号	8		
		追尾信号種別	8	1A(hex)	LEX-Short
		PRN コード番号	8		
		エラーステータス	16	エラーなら b0=1	
	データヘッダ (49bits)	プリアンブル	32	1ACF FC1D(hex)	暫定値
		PRN 番号	8	C1(hex) [193(dec)]	
		メッセージタイプ ID	8	14(hex) [20(dec)]	
		ALERT フラグ	1	0,1	1: レコードの先頭を含むパケット 0: レコードの先頭を含まないパケット
	データ部 (1,695bits)	実験データ	1,695	任意のデータ	分割された補正情報レコード
RS 符号(256 bits)		256			
誤り検出符号(32bits)		32		CRC32	

※QZS 独自メッセージの先頭 48bits は、受信機が付加するデータ。(衛星からのメッセージには含まれない)

※バイトオーダーはビッグエンディアンである。

※パケットは 1 秒間隔で受信する。

付 1.6. 精度管理手法

付 1.6.1. 誤バイアス検出・除去機能

(1) 開発内容

測位解析において、補正情報の受信にパケットロスが発生したり、衛星捕捉数が減少したりした場合に、誤ったバイアスを決定する、あるいは、測位が不可能となる可能性がある。そこで、これらの事象の発生をリアルタイムに検出して無効な解析として除去を行なう手法が必要となる。新たに、ミスフィックスする可能性のある測位結果を検知し、無効な解析として除去するために警告する機能を受信・測位装置に追加した (slip_check.sh)。

(2) 動作確認結果

測位結果に対し誤バイアス検出・除去機能を適用することにより、使用衛星数が 4 以下になったこと、補正情報の取得に致命的な欠落が発生したこと、および、アンビギュイティがリセットされたことが検知されることが確認された (図 付 1-6-1)。ただし、# は説明のために追加したコメント行である。

```
# 1. 衛星数が 4 以下
# #obs の右隣の数字が解析エポックのカウントを示している。18,19 までは
# 5 衛星を使用 (4 つの二重差を生成) しているが、20 カウントでは 4 衛星
# (3 つの二重差) となっている。この後 Warning メッセージが出力される
EPOTIME 2008-03-14 04:09:00.007
L1 REFR ROVR G04 G02 -16777211.000 -16777213.508 +- 0.082 #obs 18
L1 REFR ROVR G08 G02 14.000 8.642 +- 0.147 #obs 7
L1 REFR ROVR G10 G02 -15.000 -17.470 +- 0.092 #obs 18
L1 REFR ROVR G13 G02 -8388632.000 -8388632.986 +- 0.124 #obs 18
L1 REFR ROVR G26 G02 3.000 -9.311 +- 0.147 #obs 18
L1 REFR ROVR G27 G02 -98.000 -69.229 +- 0.144 #obs 2
EPOTIME 2008-03-14 04:09:30.007
L1 REFR ROVR G04 G02 -16777211.000 -16777213.211 +- 0.078 #obs 19
L1 REFR ROVR G08 G02 14.000 9.654 +- 0.138 #obs 8
L1 REFR ROVR G10 G02 -15.000 -17.470 +- 0.088 #obs 19
L1 REFR ROVR G13 G02 -8388632.000 -8388632.043 +- 0.117 #obs 19
L1 REFR ROVR G26 G02 3.000 -8.740 +- 0.138 #obs 19
L1 REFR ROVR G27 G02 -98.000 -68.186 +- 0.135 #obs 3
EPOTIME 2008-03-14 04:10:00.007
L1 REFR ROVR G04 G02 -16777211.000 -16777212.338 +- 0.074 #obs 20
L1 REFR ROVR G08 G02 14.000 11.712 +- 0.130 #obs 9
L1 REFR ROVR G10 G02 -15.000 -17.822 +- 0.085 #obs 20
L1 REFR ROVR G26 G02 3.000 -7.769 +- 0.131 #obs 20
L1 REFR ROVR G27 G02 -98.000 -66.225 +- 0.128 #obs 4
```


Warning: Number of Used Sv is less than 4

#2. 補正情報の致命的な欠落

“EPOTIME 2008-03-15 06:38:00.009”の後、3 エポックが解析不能と
なっており、その間 Warning メッセージが出力される

EPOTIME 2008-03-15 06:37:50.009

L1 REFR ROVR G02 G26 -8388631.000 -8388631.870 +- 0.739 #obs 1

L1 REFR ROVR G08 G26 8388558.000 8388565.725 +- 1.035 #obs 1

L1 REFR ROVR G09 G26 25165826.000 25165817.598 +- 0.873 #obs 1

L1 REFR ROVR G10 G26 -7.000 -1.315 +- 0.510 #obs 1

L1 REFR ROVR G15 G26 8388585.000 8388582.511 +- 0.126 #obs 1

L1 REFR ROVR G21 G26 16777193.000 16777189.552 +- 1.027 #obs 1

L1 REFR ROVR G24 G26 16777204.000 16777202.435 +- 0.170 #obs 1

L1 REFR ROVR G29 G26 8388602.000 8388592.678 +- 0.718 #obs 1

EPOTIME 2008-03-15 06:38:00.009

Warning: All Observation were Missing

EPOTIME 2008-03-15 06:38:10.009

Warning: All Observation were Missing

EPOTIME 2008-03-15 06:38:20.009

Warning: All Observation were Missing

EPOTIME 2008-03-15 06:38:30.009

L1 REFR ROVR G02 G26 -8388631.000 -8388632.478 +- 0.515 #obs 2

L1 REFR ROVR G08 G26 8388558.000 8388564.789 +- 0.704 #obs 2

L1 REFR ROVR G09 G26 25165826.000 25165817.767 +- 0.600 #obs 2

L1 REFR ROVR G10 G26 -7.000 -2.134 +- 0.353 #obs 2

L1 REFR ROVR G15 G26 8388585.000 8388582.715 +- 0.088 #obs 2

L1 REFR ROVR G21 G26 16777193.000 16777190.220 +- 0.690 #obs 2

L1 REFR ROVR G24 G26 16777204.000 16777202.651 +- 0.115 #obs 2

L1 REFR ROVR G29 G26 8388602.000 8388593.591 +- 0.494 #obs 2

#3. アンビギュイティのリセット

全ての解析エポックのカウントが1にリセットされたことで、アンビギ
ユイティのリセットを検出したため、Warning メッセージが出力される

EPOTIME 2008-03-14 01:35:00.008

L1 REFR ROVR G02 G17 25165840.000 25165842.241 +- 0.961 #obs 1

```

L1 REFR ROVR G04 G17 8388611.000 8388614.398 +- 0.504 #obs 1
L1 REFR ROVR G13 G17 16777230.000 16777232.055 +- 0.611 #obs 1
L1 REFR ROVR G20 G17 16777200.000 16777211.183 +- 1.172 #obs 1
L1 REFR ROVR G23 G17 16777220.000 16777228.376 +- 0.860 #obs 1
L1 REFR ROVR G28 G17 16777203.000 16777201.068 +- 0.912 #obs 1
EPOTIME 2008-03-14 01:35:30.008
L1 REFR ROVR G02 G17 25165840.000 25165841.560 +- 0.681 #obs 1
L1 REFR ROVR G04 G17 8388611.000 8388613.813 +- 0.365 #obs 1
L1 REFR ROVR G13 G17 16777230.000 16777232.699 +- 0.434 #obs 1
L1 REFR ROVR G23 G17 16777220.000 16777228.755 +- 0.641 #obs 1
L1 REFR ROVR G28 G17 16777203.000 16777201.502 +- 0.632 #obs 1

```

Warning: All Ambiguities were Reset

図 付 1-6-1 slip_check.sh の出力ログ

付 1.6.2. 測位解の精度管理手法のアルゴリズム開発

付 1.6.2.1. 調査・検証の方法

(1) 時間間隔の違いによるセッション間較差の確認

衛星配置や使用する衛星の違いが、測位結果にどのような影響を及ぼすのかを調べるため、セッション間の時間間隔を変えて較差計算を行い、較差の傾向に違いがあるかどうかを確認する。また、求めた較差の中にフィックス解とミスフィックス解が混在するかどうかを確認する。もし、フィックス解とミスフィックス解が混在する場合は、どの程度の割合で混在するのか、状況を確認する。

フェーズ 2 での実験において取得されたデータを用いて、①連続したセッションでの較差、②セッション開始時間が約 1 時間隔たっているものの較差、③セッション開始時間が 2 時間以上隔たっているものの較差について、較差の値を 1cm 幅で区分し、それぞれの区間における発生頻度の集計を行なう。集計対象はフィックス解とミスフィックス解とし、アンビギュイティ解決数が 4 に満たない、ノットフィックス解は除外する。集計は①～③のそれぞれに対して、全データ（フィックス、ミスフィックス）間、フィックス解同士の間、ミスフィックス解を含む解の間の 3 種類で行なう。ここで、フィックス解同士の間とは、フェーズ 2 解析結果においてフィックス判定された解同士の組み合わせとし、また、いずれか一方がミスフィックスである組み合わせをミスフィックス解を含む解の間として統計をとる。表 付 1-6-1 に分類の例を示す。

表 付 1-6-1 セッション間較差の結果分類の例

No	dN (m)	dE (m)	Amb	フェーズ 2 判定	較差 (cm)	結果分類
1	-0.006	0.006	4	FIX		
2	0.186	0.052	5	missfix	19.7	ミスフィックス
3	-0.059	-0.033	6	FIX	25.9	ミスフィックス
4	-0.004	0.015	5	FIX	7.3	フィックス
5	-0.008	0.007	7	FIX	0.4	フィックス

較差欄は、前のセッションとのセッション間較差を示す。No2 がミスフィックス解であったため、結果の分類は No.2 と No.3 の較差をミスフィックスとして分類して集計する。なお、個々の較差 m_i は以下の式により計算する。

$$m_i = \sqrt{(dN_i - dN_{i-1})^2 + (dE_i - dE_{i-1})^2}$$

(2) ミスフィックス解同士の較差の確認

ミスフィックスは連続するセッションにおいて繰り返し発生することがありうる。その場合は、ミスフィックス解同士で較差がとられることになり、もし、その値が較差判定の許容値にあれば正しいフィックスと、誤判定されることになる。そこで、ミスフィックス解同士の較差がどのくらいの値になるのか、フェーズ 2 解析結果の全てのミスフィックス解の組み合わせについて較差を調べる。

これらの較差は、日ごとに地域・補正方式・基線別にそれぞれ求めるが、セッション間の時間間隔に関わらず、全ての組み合わせを対象とする。

(3) 閾値の違いによる判定結果の測位精度とミスフィックス除去の確認

2 回のセッションで較差を点検する場合、所要時間が短くなるが、誤判定する危険性が高いかもしれない。他方、より多くのセッション間で点検を行えば、判定の信頼度は向上するが所要時間が長くなる。

そこで、今回は 2 回のセッション間較差について、閾値と判定の品質を調べる。つまり、閾値の違いにより、フィックス判定された結果の測位精度の変化、および、ミスフィックス除去の信頼度がどのようになるか検証する。ここでは、セッション間較差が閾値以下であれば、両方のセッションをフィックスと扱う。

調査において、フィックスに含まれるミスフィックスの数、ミスフィックスに含まれるフィックスの数を集計し、誤判定の数を明らかにする。

評価は、フェーズ 2 解析結果でノートフィックス解となったものを除く全てのセッションを対象とし、地域・補正方式・基線ごとに行う。

(4) セッション間較差の閾値の選定とフェーズ 3 解析結果への適用

(3) と同様の方法をフェーズ 3 でのリアルタイム実証実験結果とフェーズ 3 後処理解析結果に適用し、判定結果を評価する。

付1.6.2.2. 時間間隔の違いによるセッション間較差の確認

Phase2 データを用いて、(1)連続したセッションでの較差、(2)セッション開始時間が約 1 時間隔たっているものの較差、(3)セッション開始時間が 2 時間以上隔たっているものの較差について集計を行なった。表 付 1-6-2 に時間間隔の違いによるセッション間較差の集計結果を示す。また、集計の詳細を表 付 1-6-3～表 付 1-6-11 に示す。

セッション間の間隔を変えて較差をとると、時間をあけずに連続して観測を行ったセッション間の較差は、時間をあけて観測した場合の較差に比べ値が小さくなる傾向がみられた。また、(1)～(3)のいずれの場合も、ミスフィックス解を含んだ較差は、フィックス解同士の較差より値が大きく、両者の数値の分布は重なることなく 2 つに分かれている。

表 付 1-6-2 時間間隔の違いによるセッション間較差の集計

条件	FIX 同士の較差の個数	FIX の範囲(cm)	missfixを含んだ較差の個数	missfix の範囲(cm)
(1)連続	757	0.0～2.4	59	8.1～190.6
(2)1 時間	681	0.0～8.7	76	10.8～125.4
(3)2 時間以上	640	0.0～9.4	86	10.6～135.3

(1) セッションが連続しているとき (15分以内)の較差

表 付 1-6-3 セッションが連続しているとき(15分以内)の較差(全データ)

結果範囲(cm)	頻度	累積%
0~1	679	83.2%
1~2	77	92.6%
2~3	1	92.8%
3~4	0	92.8%
4~5	0	92.8%
5~6	0	92.8%
6~7	0	92.8%
7~8	0	92.8%
8~9	1	92.9%
9~10	0	92.9%
10~11	1	93.0%
11~12	0	93.0%
12~13	0	93.0%
13~14	0	93.0%
14~15	0	93.0%
15~16	0	93.0%
16~17	1	93.1%
17~18	0	93.1%
18~19	0	93.1%
19~20	2	93.4%
20~21	1	93.5%
21~22	0	93.5%
22~23	2	93.8%
23~24	2	94.0%
24~25	0	94.0%
25~26	4	94.5%
26~27	7	95.3%
27~28	2	95.6%
28~29	1	95.7%
29~	35	100.0%

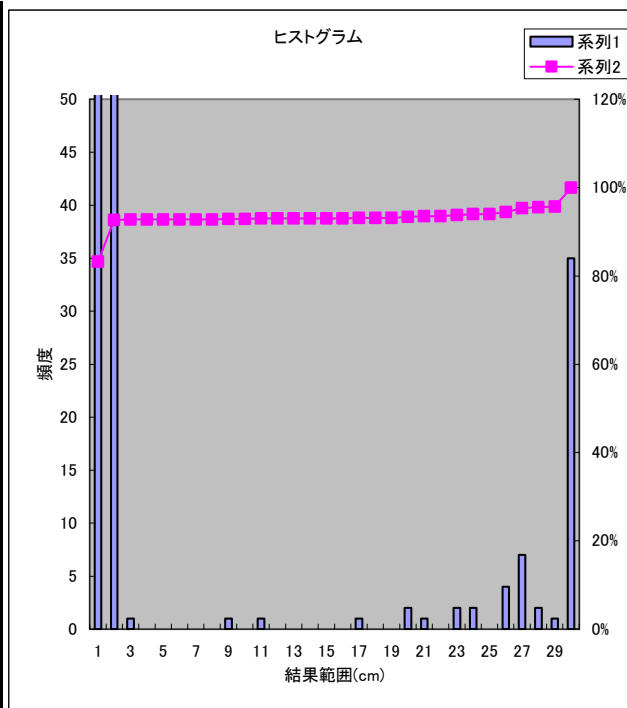


表 付 1-6-4 セッションが連続しているとき(15分以内)の較差(フィックスのみ)

結果範囲(cm)	頻度	累積%
0~1	679	89.7%
1~2	77	99.9%
2~3	1	100.0%
3~4	0	100.0%
4~5	0	100.0%
5~6	0	100.0%
6~7	0	100.0%
7~8	0	100.0%
8~9	0	100.0%
9~10	0	100.0%
10~11	0	100.0%
11~12	0	100.0%
12~13	0	100.0%
13~14	0	100.0%
14~15	0	100.0%
15~16	0	100.0%
16~17	0	100.0%
17~18	0	100.0%
18~19	0	100.0%
19~20	0	100.0%
20~21	0	100.0%
21~22	0	100.0%
22~23	0	100.0%
23~24	0	100.0%
24~25	0	100.0%
25~26	0	100.0%
26~27	0	100.0%
27~28	0	100.0%
28~29	0	100.0%
29~	0	100.0%

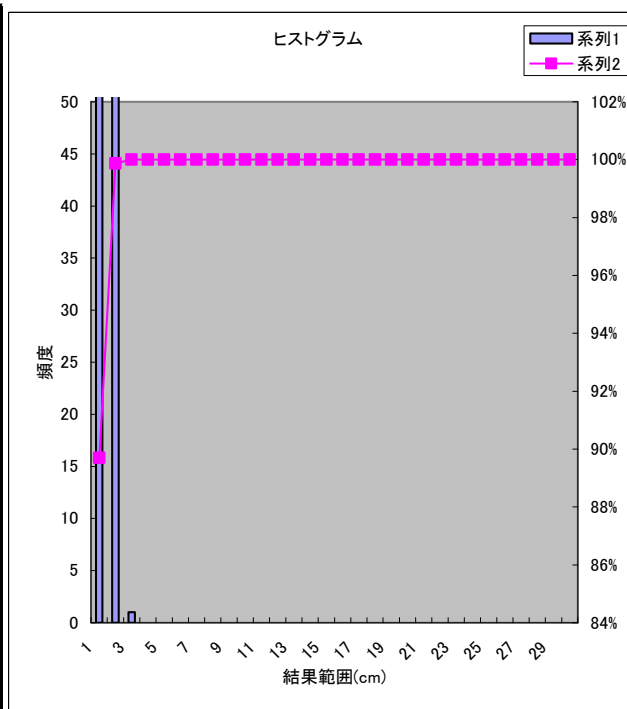
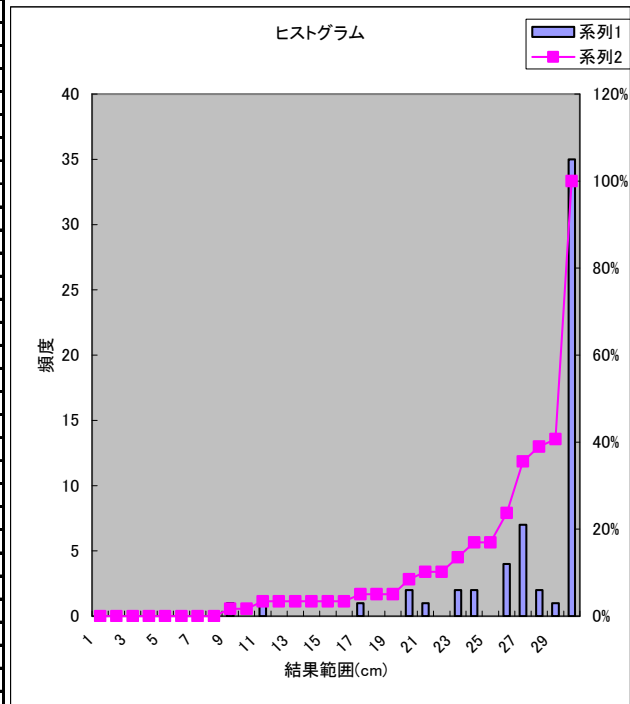


表 付 1-6-5 セッションが連続しているとき(15分以内)の較差(ミスフィックスのみ)

結果範囲(cm)	頻度	累積 %
0~1	0	0.0%
1~2	0	0.0%
2~3	0	0.0%
3~4	0	0.0%
4~5	0	0.0%
5~6	0	0.0%
6~7	0	0.0%
7~8	0	0.0%
8~9	1	1.7%
9~10	0	1.7%
10~11	1	3.4%
11~12	0	3.4%
12~13	0	3.4%
13~14	0	3.4%
14~15	0	3.4%
15~16	0	3.4%
16~17	1	5.1%
17~18	0	5.1%
18~19	0	5.1%
19~20	2	8.5%
20~21	1	10.2%
21~22	0	10.2%
22~23	2	13.6%
23~24	2	16.9%
24~25	0	16.9%
25~26	4	23.7%
26~27	7	35.6%
27~28	2	39.0%
28~29	1	40.7%
29~	35	100.0%



(2) セッション開始時間が1時間 (45~75分)のときの較差

表 付 1-6-6 セッション開始時間が1時間(50~70分)のときの較差(全データ)

結果範囲(cm)	頻度	累積 %
0~1	497	65.7%
1~2	163	87.2%
2~3	12	88.8%
3~4	1	88.9%
4~5	5	89.6%
5~6	0	89.6%
6~7	0	89.6%
7~8	0	89.6%
8~9	3	90.0%
9~10	0	90.0%
10~11	1	90.1%
11~12	0	90.1%
12~13	0	90.1%
13~14	1	90.2%
14~15	3	90.6%
15~16	1	90.8%
16~17	0	90.8%
17~18	0	90.8%
18~19	2	91.0%
19~20	3	91.4%
20~21	3	91.8%
21~22	1	91.9%
22~23	5	92.6%
23~24	2	92.9%
24~25	1	93.0%
25~26	4	93.5%
26~27	7	94.5%
27~28	1	94.6%
28~29	0	94.6%
29~	41	100.0%

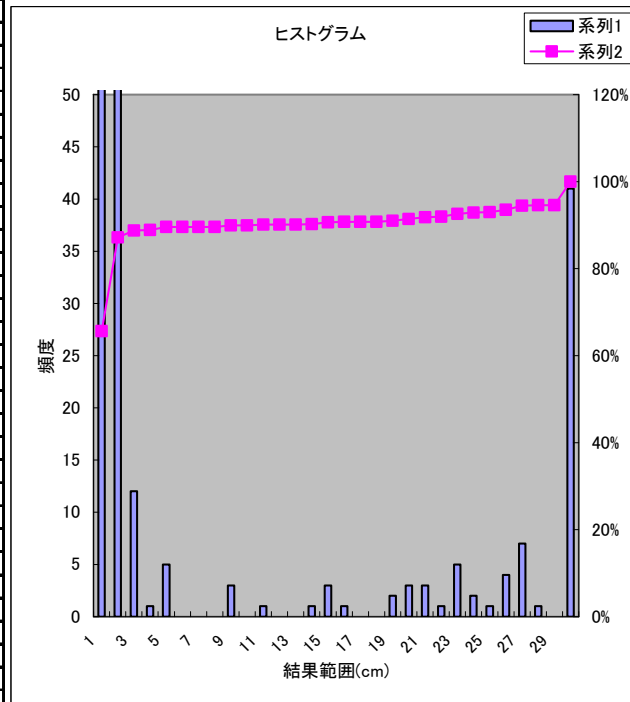


表 付 1-6-7 セッション開始時間が 1 時間 (50~70 分) のときの較差 (フィックスのみ)

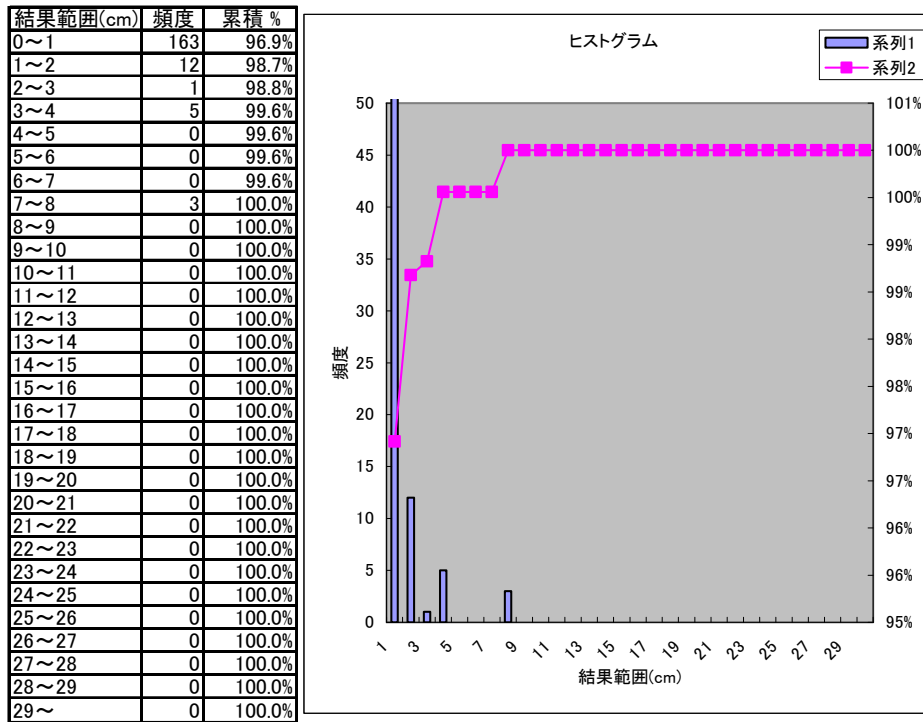
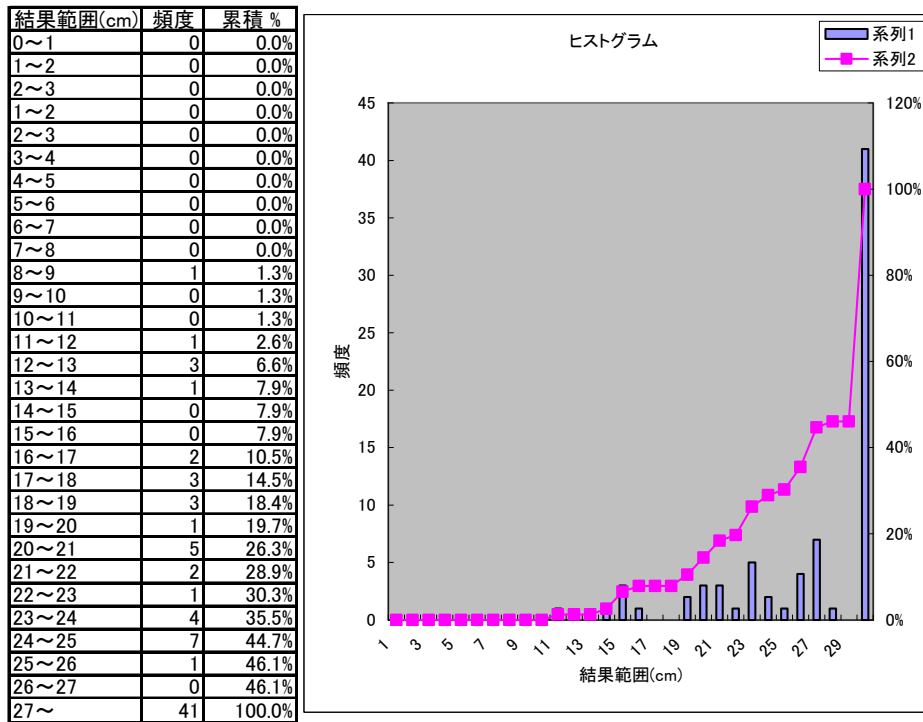


表 付 1-6-8 セッション開始時間が 1 時間 (50~70 分) のときの較差 (ミスフィックスのみ)



(3) セッション開始時間が 2 時間以上のときの較差

表 付 1-6-9 セッション開始時間が 2 時間以上のときの較差(全データ)

結果範囲(cm)	頻度	累積 %
0~1	458	63.09%
1~2	163	85.54%
2~3	13	87.33%
3~4	2	87.60%
4~5	2	87.88%
5~6	0	87.88%
6~7	1	88.02%
7~8	0	88.02%
8~9	0	88.02%
9~10	1	88.15%
10~11	1	88.29%
11~12	1	88.43%
12~13	0	88.43%
13~14	0	88.43%
14~15	3	88.84%
15~16	1	88.98%
16~17	0	88.98%
17~18	0	88.98%
18~19	1	89.12%
19~20	3	89.53%
20~21	3	89.94%
21~22	3	90.36%
22~23	2	90.63%
23~24	3	91.05%
24~25	0	91.05%
25~26	4	91.60%
26~27	4	92.15%
27~28	6	92.98%
28~29	1	93.11%
29~	50	100.00%

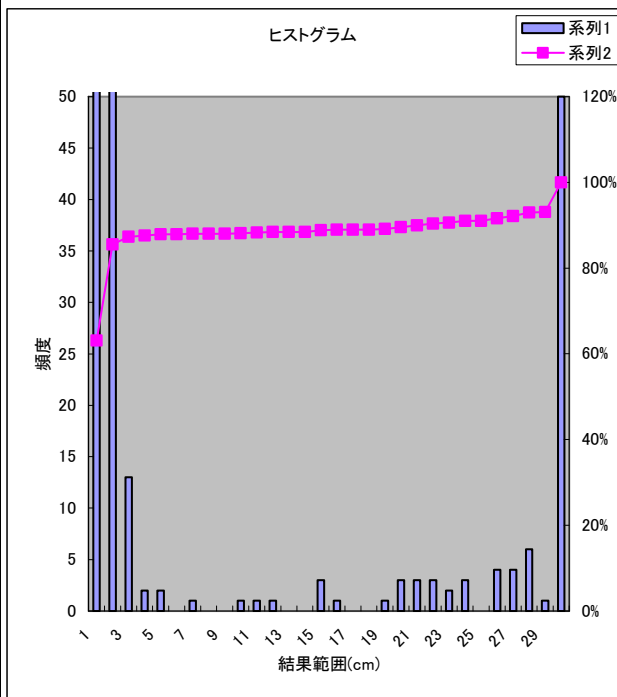


表 付 1-6-10 セッション開始時間が 2 時間以上のときの較差(フィックスのみ)

結果範囲(cm)	頻度	累積 %
0~1	458	71.56%
1~2	163	97.03%
2~3	13	99.06%
3~4	2	99.38%
4~5	2	99.69%
5~6	0	99.69%
6~7	1	99.84%
7~8	0	99.84%
8~9	0	99.84%
9~10	1	100.00%
10~11	0	100.00%
11~12	0	100.00%
12~13	0	100.00%
13~14	0	100.00%
14~15	0	100.00%
15~16	0	100.00%
16~17	0	100.00%
17~18	0	100.00%
18~19	0	100.00%
19~20	0	100.00%
20~21	0	100.00%
21~22	0	100.00%
22~23	0	100.00%
23~24	0	100.00%
24~25	0	100.00%
25~26	0	100.00%
26~27	0	100.00%
27~28	0	100.00%
28~29	0	100.00%
29~	0	100.00%

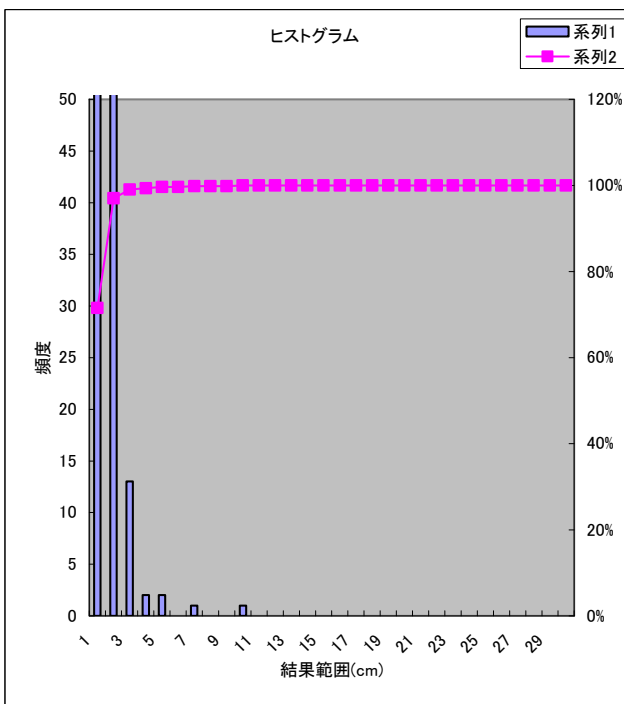
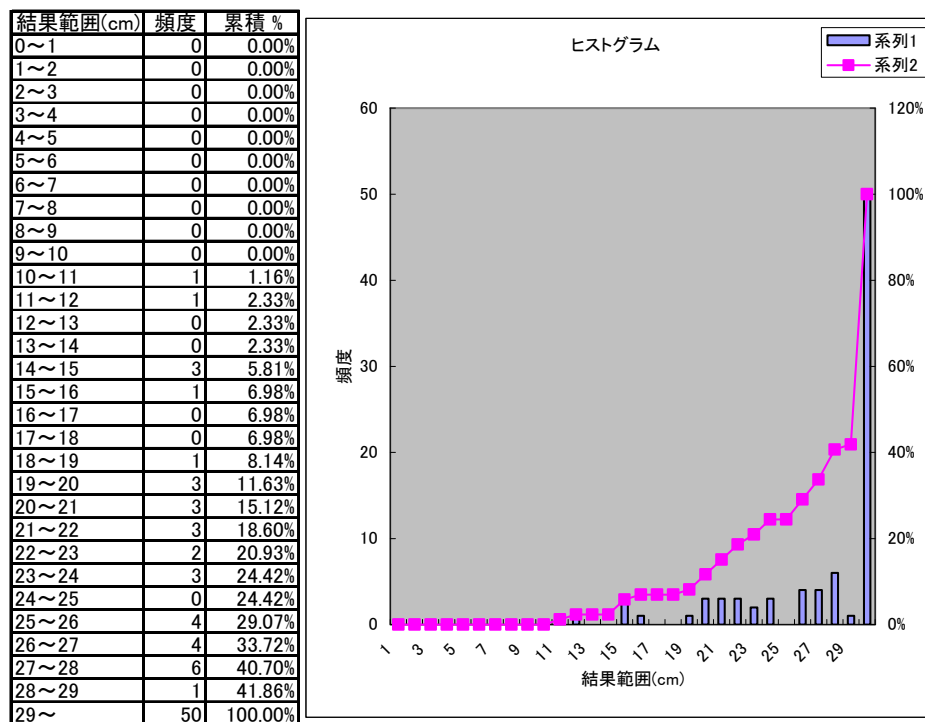


表 付 1-6-11 セッション開始時間が 2 時間以上のときの較差(ミスフィックスのみ)



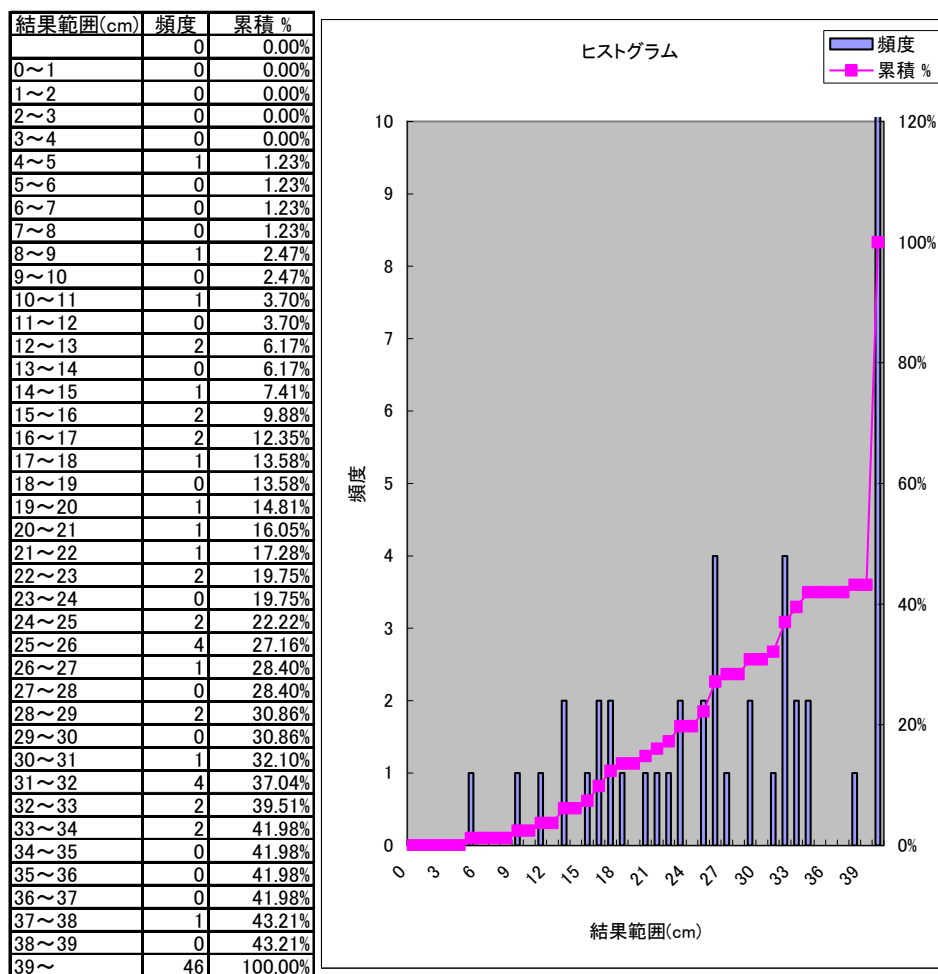
付 1.6.2.3. ミスフィックス同士での較差の確認

フェーズ 2 解析結果でのミスフィックス数を、日付別に地域・補正方式・基線ごとに全てのセッションの組み合わせで計算した結果を表付 1-6-12 に示す。また較差の頻度分布を表付 1-6-13 に示す。較差が 10cm 以下になったセッション対は 2 組あった。セッションの詳細を表付 1-6-11 に示す。最小は、4.9cm であった。

表付 1-6-12 フェーズ 2 データ後処理解析でのミスフィックス数

日付	地域・補正・基線	ミスフィックス数
07/03/12	沖縄 L 帯長基線	4
07/03/13	沖縄 L 帯長基線	6
07/03/14	沖縄 L 帯長基線	10
07/03/13	沖縄 L 帯短基線	1
07/03/14	沖縄 L 帯短基線	6
07/03/12	沖縄 S 帯長基線	2
07/03/13	沖縄 S 帯長基線	5
07/03/14	沖縄 S 帯長基線	5
07/03/12	沖縄 S 帯短基線	2
07/03/13	沖縄 S 帯短基線	2
07/03/17	関東 L 帯長基線	1
07/03/16	関東 S 帯長基線	4

表付 1-6-13 フェーズ 2 データ後処理解析でのセッション較差の頻度分布



表付 1-6-14 較差が 10 cm 以下となるセッション対

No	地域	補正	基線	時刻 [UTC]	dN[m]	dE[m]	Ratio	Amb	SVs	較差 (cm)
1-1	沖縄	L 帯	短基線	5:04:30	-0.178	0.133	2.72	6	7	
1-2	沖縄	L 帯	短基線	5:54:30	-0.206	0.093	3.53	4	7	4.9
2-1	関東	S 帯	長基線	3:49:50	-0.142	0.295	2.18	5	5	
2-2	関東	S 帯	長基線	3:59:50	-0.093	0.359	5.17	4	5	8.1

付 1.6.2.4. 閾値の違いによる判定結果の測位精度とミスフィックス除去の確認

付 1.6.2.2.では、ミスフィックス解とのセッション間較差は、フィックス解同士の較差よりも大きく、フェーズ 2 解析結果では誤判定がみられなかった。また、付 1.6.2.2.ではミスフィックスを含むセッション間較差の最小値は、8.1cm あった。付 1.6.2.3.では、ミスフィックス同士の較差の最小値は 4.9cm であった。本項では、セッション間較差についてミスフィックス判定するための閾値の違いが、フィックス判定された解による測位精度（水平成分の標準偏差）にどう影響を及ぼすか、また、ミスフィックス除去の品質はどうか、検証を行なう。判定の対象は、フェーズ 2 解析結果とし、あらかじめノットフィックスとなったセッションは除外した。表 付 1-6-15 にフェーズ 2 後処理解析の判定結果を示す。「有効測位率」は、notfix を含めた有効測位率（FIX÷合計）、「②有効解取得率」は notfix を除外したときの有効解の取得率（FIX÷(合計－notfix 数)）を表す。

2 回のセッションでの判定結果を表 付 1-6-16 に示す。表 付 1-6-16 の「水平誤差」は、フィックス判定された解の測位精度（RMS）を示す。「FIX 判定数」、「NG 判定数」は、精度管理によって判定された結果の数を表す。フィックスとして判定されなかった結果は、フェーズ 2 後処理解析で判定した missfix と区別するため「NG」として表す。「後処理解析 FIX」、「後処理解析 missfix」は、フェーズ 2 後処理解析で真値と比較して得た判定結果を表す。「miss/FIX」は、フェーズ 2 後処理解析でミスフィックス判定された結果を精度管理でフィックスとして誤判定した数を表す。「FIX/NG」は、後処理解析での FIX 判定を精度管理で「NG」に誤判定した数を表す。

表 付 1-6-16 のように 2 回のセッションでの判定では、閾値 9cm から 2DRMS が 2cm を超え、またミスフィックスをフィックスとして判定してしまう誤判定が含まれた。

表 付 1-6-15 フェーズ 2 後処理解析の判定結果

地域・補正・基線	FIX	missfix	notfix	合計	有効測位率(%)	有効解取得率(%)
沖縄 L 帯長基線	117	20	12	149	78.5	85.4
沖縄 L 帯短基線	139	7	3	149	93.3	95.2
沖縄 S 帯長基線	120	12	17	149	80.5	90.9
沖縄 S 帯短基線	134	4	11	149	89.9	97.1
関東 L 帯長基線	78	1	5	84	92.9	98.7
関東 L 帯短基線	84	0	0	84	100.0	100.0
関東 S 帯長基線	74	4	6	84	88.1	94.9
関東 S 帯短基線	83	0	1	84	98.8	100.0
合計	829	48	55	932	88.9	94.5

有効測位率＝FIX÷合計、有効解取得率＝FIX÷(合計－notfix 数)

表付 1-6-16 閾値の違いによる測位精度と判定数(2回のセッションで判定)

閾値 (cm)	水平誤差 (cm)	FIX 判定数	NG 判定数	合計	後処理解 析 FIX	後処理解 析 missfix	合計	miss/FI X	FIX/N G	有効測 位率(%)	有効解 取得率 (%)
1	1.08	792	85	877	829	48	877	0	37	85.0	90.3
2	1.10	822	55	877	829	48	877	0	7	88.2	93.7
3	1.10	822	55	877	829	48	877	0	7	88.2	93.7
4	1.11	823	54	877	829	48	877	0	6	88.3	93.8
5	1.11	823	54	877	829	48	877	0	6	88.3	93.8
6	1.11	823	54	877	829	48	877	0	6	88.3	93.8
7	1.11	823	54	877	829	48	877	0	6	88.3	93.8
8	1.11	823	54	877	829	48	877	0	6	88.3	93.8
9	2.07	826	51	877	829	48	877	2	5	88.6	94.2
10	2.07	826	51	877	829	48	877	2	5	88.6	94.2
11	2.71	828	49	877	829	48	877	4	5	88.8	94.4
12	2.71	828	49	877	829	48	877	4	5	88.8	94.4
13	2.71	828	49	877	829	48	877	4	5	88.8	94.4
14	2.71	828	49	877	829	48	877	4	5	88.8	94.4
15	2.71	828	49	877	829	48	877	4	5	88.8	94.4
16	2.71	828	49	877	829	48	877	4	5	88.8	94.4
17	3.03	830	47	877	829	48	877	6	5	89.1	94.6
18	3.03	830	47	877	829	48	877	6	5	89.1	94.6
19	3.03	830	47	877	829	48	877	6	5	89.1	94.6
20	3.19	833	44	877	829	48	877	8	4	89.4	95.0