準天頂衛星（みちびき）の
民間利用実証実験

報告書

平成 23 年 6 月

JCMA 情報化施工委員会

みちびき実証 WG

目　次

１．はじめに・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1

１）目　的・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
２）日　時・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
３）場　所・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
４）実証実験の概要・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
５）情報化施工委員会「みちびき実証 WG」メンバー・・・・・・・・・・・・・・・ 1

２．みちびきデータを使用した 3D-MC GNSS ブルドーザ機器構成 ・・・・・・・・・・・・・・・ 2

３．制御データ変換システム
（準天頂衛星測位システムと 3D-MC GNSS ブルドーザ接続用 PC とプログラム）・・・・・・ 3

４．準天頂衛星測位システムと 3D-MC GNSS ブルドーザシステムの GNSS データ周波数の違い・ 3

５．施工技術総合研究所　基準点　配置図・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 3

６．実証実験作業内容・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 4

７．実証実験の結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ 9

１）既設基準点を用いた定点観測結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・10
２）ブルドーザ停止時における定点観測結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・17
３）既設基準点を用いた定点観測結果(24 時間観測)　・・・・・・・・・・・・・・28
４）ブルドーザ走行時における観測結果・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・47

８．実証実験の総括・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・57

謝　辞

１．はじめに

本報告書は、社団法人日本建設機械化協会情報化施工委員会みちびき実証 WG が、下記のとおり実施した準天頂衛星初号機のみちびきを用いた民間利用実証実験結果をとりまとめたものである。

１）目　的

平成 22 年 9 月 11 日に(独)宇宙航空研究開発機構（JAXA）により打ち上げられたみちびきの情報化施工への活用による施工品質の向上及びコストダウンの可能性について実証実験を行うことを目的とする。

なお、本実証実験は、(財)衛星測位利用推進センター（SPAC）の募集に対して応募し、実施したものである。

２）日　時

平成 23 年 2 月 7 日（月）～10 日（木）

準備・実測：7 日 13:00～9 日 12:00、　実証試験見学会：9 日 13:00～15:00

24 時間観測：9 日 16:00～翌 10 日 16:00

３）場　所

社団法人日本建設機械化協会　施工技術総合研究所（CMI）

（〒417-0801　静岡県富士市大淵 3154）

４）実証実験の概要

①定点において、GNSS データとみちびきデータを連続取得し、取得デ―タ（ｘ，ｙ，ｈ）の分布傾向を把握する。特に、みちびきデータの衛星飛来状況による取得データの乱れなどの傾向を把握する。

②GNSS 基準局を用いた MC と、みちびきデータを補正データとした MC でブルドーザによる敷均しを行い、MC の過程で取得できる両者の測位データを比較すると共に、TS による敷均し出来形データを測定して、みちびきデータを補正データとした MC の精度を確認する。

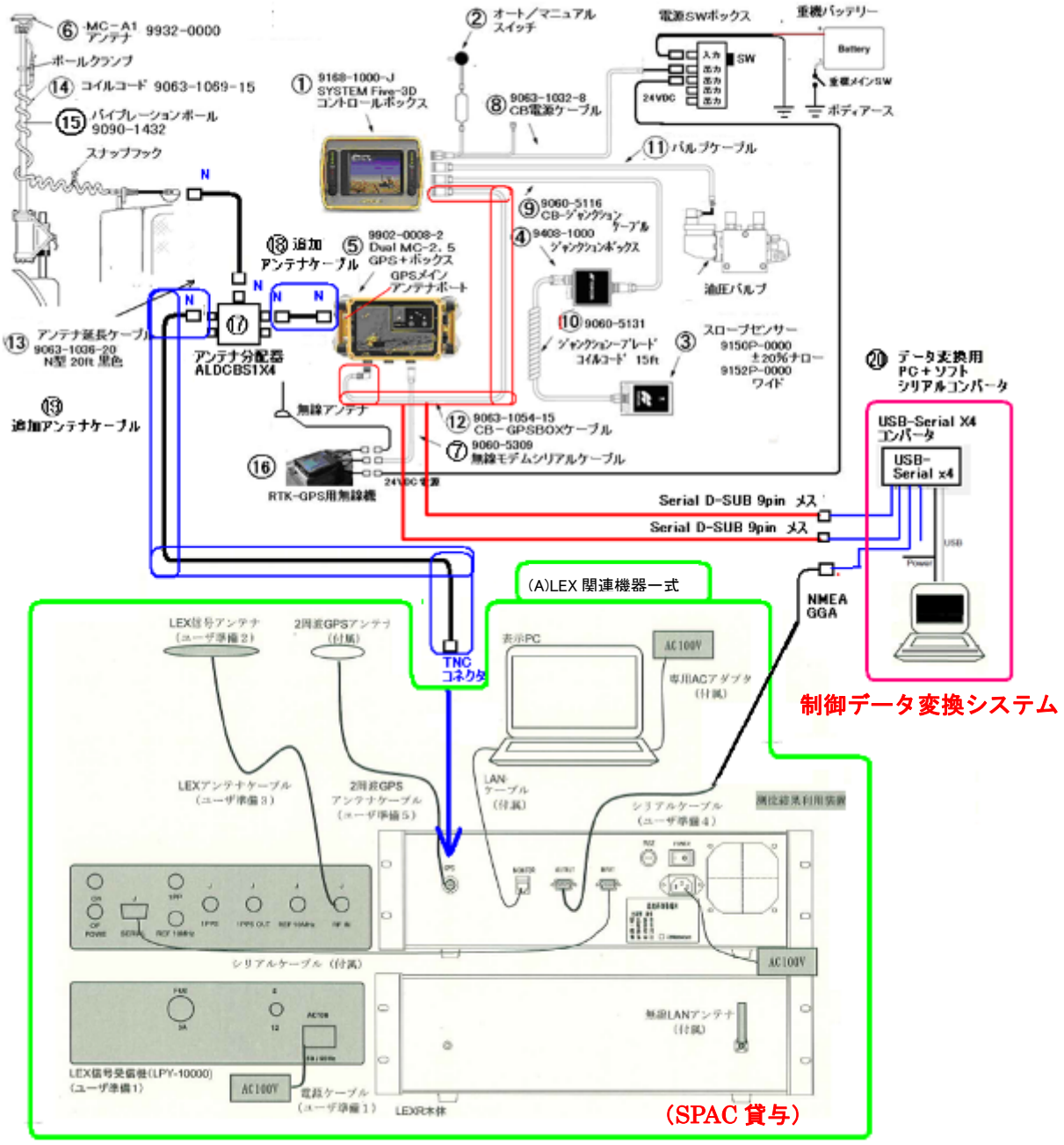
５）情報化施工委員会「みちびき実証 WG」メンバー

主　査	増田　稔	東亜建設工業(株)　機電部部長
	神山　浩司	(株)ジャストプランニングシステム営業部　技術課課長（ソフト開発担当）
	浅川　健太郎	(有)キットコーポレーション（ソフト開発担当）
	神庭　浩二	西尾レントオール(株)　開発担当部長
	小薬　賢一	西尾レントオール(株)　アドバイザー
	黒台　昌弘	(株)間組技術研究第一部　主任研究員
	竹内　幸弘	(株)トプコン　カスタマーサポートグループ課長
	村本　英一	(株)小松製作所開発本部商品企画室 ICT グループ　主幹
	馬込　亨志	(株)小松製作所開発本部商品企画室 ICT グループ
	白鳥　昭浩	(社)日本建設機械化協会　技師長

※小松製作所 2 名は、神田俊彦（株)小松製作所開発本部 IT グループ　PM の代理参加。

２．みちびきデータを使用した 3D-MC　GNSS ブルドーザ機器構成

準天頂衛星測位システム搭載 3D-MC ドーザ　LEX アンテナ　LEX 信号受信機　LEXR と表示 PC



準天頂衛星測位システム　3D-MC ドーザ 接続図

３．制御データ変換システム
（準天頂衛星測位システムと 3D-MC GNSS ブルドーザ接続用 PC とプログラム）

トプコン３D-MC９１６８コントロールボックスと GPS-BOX 間は、トプコンフォーマットバイナリーデータで通信している。また準天頂衛星測位システムからは、NMEA/GGA の測位データが送信される。

準天頂衛星測位システムによる測位データ（NMEA/GGA データ）で、3D-MC GPSドーザシステムを動作させるため、準天頂衛星測位システムと3D-MC GPS ドーザシステム間を、PC で接続して、以下のデータ処理を行うソフトウェアを 東亜建設工業(株)、(株)ジャストプランニングシステム、(有)キットコーポレーションで開発を行った。

・3D-MC 9168コントロールボックスからのデータを受信するごとに、GPS-BOX へそのまま送信する。

・ 3D-MC GPS-BOX からの測位データ（バイナリ）を受信すると、準天頂衛星測位システムからの NMEA/GGA データから WGS 測位データ情報を抜き出し、バイナリ変換して、GPS-BOX からの測位データに合成して、9168コントロールボックスへ送信する。

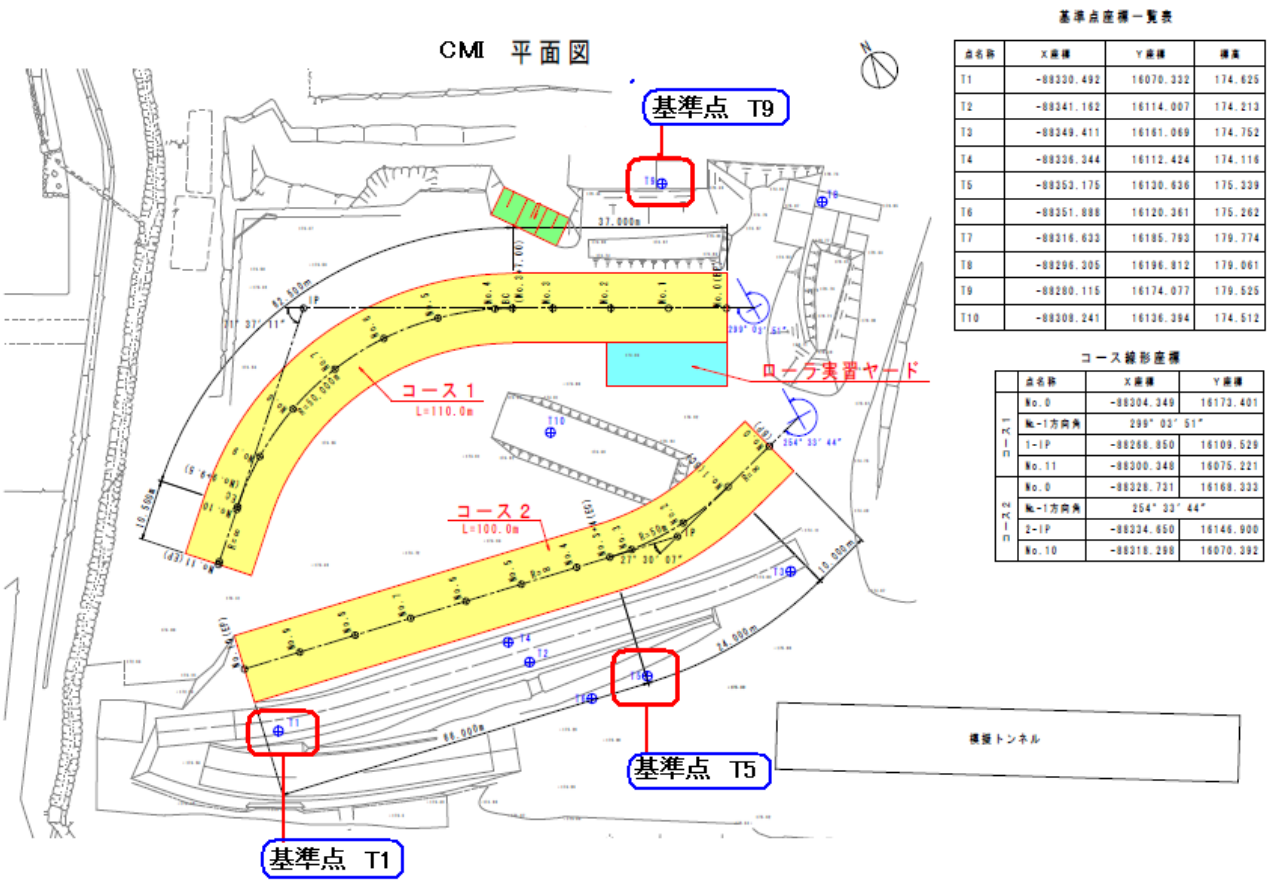
・3D-MC GPS-BOX からの測位モード情報を受信すると、準天頂衛星測位システムからの NMEA/GGA データから測位モード情報を抜き出し、GPS-BOX からの測位モード情報に合成し、9168コントロールボックスへ送信する。

・3D-MC GPS-BOX から、その他のデータを受信した場合は、そのまま、9168コントロールボックスへ送信する。

４．準天頂衛星測位システムと 3D-MC GNSS ブルドーザシステムの GNSS データ周波数の違い

今回、みちびき準天頂衛星測位システムの情報化施工への適用可能性を実証実験で確認行うために、みちびき準天頂衛星測位システムの NMEA/GGA データ（同期式 5Hz）をそのまま変換し、ドーザ３D-MC システムへ取り込みマシンコントロールで動作を行った。マシンコントロールで使用している RTK-GNSS データは、非同期 10Hz の RTK-GNSS データであるため、将来的に、みちびき準天頂衛星測位システムをマシンコントロールの実用化で使用するときには、10Hz でデータを取得する必要がある。

５．施工技術総合研究所 基準点 配置図



基準点座標一覧表

点名称	X座標	Y座標	標高
T1	-88330.492	16070.332	174.625
T2	-88341.162	16114.007	174.213
T3	-88349.411	16161.069	174.752
T4	-88336.344	16112.424	174.116
T5	-88353.175	16130.636	175.339
T6	-88351.888	16120.361	175.262
T7	-88316.633	16185.793	179.774
T8	-88296.305	16196.812	179.061
T9	-88280.115	16174.077	179.525
T10	-88308.241	16136.394	174.512

コース線形座標

	点名称	X座標	Y座標
コース1	No.0	-88304.349	16173.401
	始-1方向角	299° 03' 51"	
	1-IP	-88268.850	16109.529
	No.11	-88300.348	16075.221
コース2	No.0	-88328.731	16168.333
	始-1方向角	254° 33' 44"	
	2-IP	-88334.650	16146.900
	No.10	-88318.298	16070.392

6. 実証実験作業内容

2 月 7 日(月) CMI 13:00 – 17:00

13:00 CMI 集合 作業内容確認

3DMC ドーザ準備 通常の3D-MC 機器を取り付け、RTK-GNSS 確認。 油圧バルブ調整は、2/8 実施。

13:15 コマツ D31PX ドーザ 13:30 ドーザ移動、取り付け開始 15:00 GNSS 基準局設置 3D-MC 機器取り付け、RTK 確認。

準天頂衛星 LEXR 基準点測定(T1, T5, T9)

13:30 T5 基準点 LEXR 測定　　15:00 T9 基準点 LEXR 測定　　16:00 T9 基準点 LEXR 測定

2 月 8 日(火) CMI 8:00 – 17:00

8:00 CMI 集合 朝礼後、作業

準天頂衛星 LEXR 基準点測定、 午前中 T9 基準点を LEX にて再測定実施。

8 :30 T9 基準点 LEXR 測定　　9:00 T9 基準点 LEXR 測定中

LEX 信号受信アンテナ　　LEX 受信機　　LEXR 及び表示 PC

2 月 8 日(火) 午前 8:00 – 12:00　3D-MC ドーザ準備

９168コントロールボックス用油圧バルブケーブル接続しなおして、油圧調整実施。

コマツ　D31PX ドーザ

バッテリー外し、油圧バルブケーブル接続

T5 に GNSS 基準点仮設置

RTK-GNSS　での受信 OK

9 :45 RTK-GNSS でオート施工確認

10 :00 LEX 機器ドーザへ搭載

LEX 機器ドーザ搭載状況

ケース内に LEX 受信機　LEXR を収納

車内接続状況

LEX 受信確認とソフトチェック

午前中、ドーザに LEX 受信機を収納し、LEX 受信確認とソフトチェックを実施。 3D-MC の GNSS データと、LEX データの変換ソフトは正常に動作した。 RTK-GNSS と LEX のログのデータを比較。GNSS 基準局が　LEX で測定した値で設定していないため、ずれが発生。

午後より、T9 基準点に　GNSS 基準局を移動し、LEXR で測定した座標値を元に、GNSS 基準局を設定して、再度確認。

2 月 8 日(火) 午後 13:00 – 17:00 3D-MC ドーザ準備

T9 に GNSS 基準局設置
LEX 測定データを元に設定。

13 :30 RTK-GNSS と LEX の差確認
静止測量ログデータ測定

14 :00 LEX でオート施工確認

15 :30 LEX オート施工確認

16:30 本日の作業まとめ

2 月 8 日(火)の LEX を使用した重機オート施工が可能であること確認できた。 速度は低速 4km/h 程度。
昨日に引き続き、15:00 – 17:00 ごろの LEX 受信が安定せず、FIX が続かず、フロートに頻繁に落ちる。
2 月 9 日(水)の見学会では、LEX の受信状況を確認して、13:00 から早い時間にデモを実施することに決定。

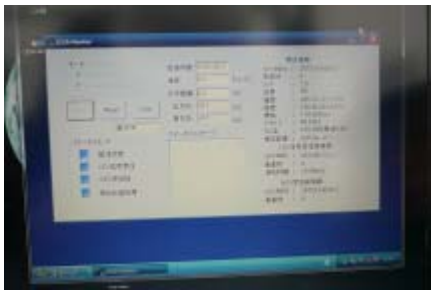
2 月 9 日(水) 午前 8:00 – 12:00 作業状況

8 :00 集合、朝礼で作業内容確認

8:20 ドーザ機材準備

ドーザへの機器設置状況

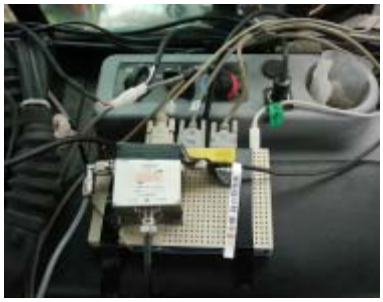
LEX 受信機、LEXR、表示 PC



表示 PC 画面

９１６８コントロールボックス

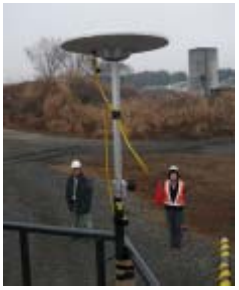
GPS-BOX、RTK－GNSS 用無線等



USB-シリアルコンバータ、GNSS 分配器

GPS-BOX

GNSS アンテナ



LEX アンテナ

発電機

8 :32-9 :10 LEX　静止測量測定

9 :10 より LEX にてオート施工

午前中も FIX 時々外れる。

午前中準備、施工状況

会場準備、データ確認

2 月 9 日(水) 午後 13 :00 – 15:00 実証実験見学会状況

13 :00 開会、 準天頂衛星説明　　13 :30 野外デモ

野外デモ状況

14 :20 データ説明と質疑応答　　15 :00 終了

16 :00 より 24 時間静止観測

7. 実証実験の結果

4日間(2/7～2/10)で取得できたLEX信号受信によるRTK測位とローカルなRTK測位に関するデータの一覧を以下に示す。

■定点での観測

年月日	測点	データ種別 時刻	備考	データ種別 時刻	備考
2011/2/7	T5	LEX 14:03～14:35	1Hz 同期	取得せず	
2011/2/7	T1	LEX 16:07～16:39	5Hz 非同期	取得せず	
2011/2/8	T9	LEX 08:28～09:26	1Hz 同期	取得せず	
2011/2/8	重機定点1	LEX 13:51～14:10	5Hz 非同期	RTK 14:00～14:19	
2011/2/8	重機定点2	LEX 16:05～17:01	5Hz 非同期	RTK 16:10～16:16	
2011/2/9	重機定点3	LEX 08:24～09:02	5Hz 非同期	RTK 08:23～09:10	
2011/2/9 ～2011/2/10	T9	LEX 16:41～15:13	1Hz 同期	取得せず	

■走行中の観測

年月日	測点	データ種別 時刻	備考	データ種別 時刻	備考
2011/2/9		LEX	1Hz 同期	RTK	
		LEX	5Hz 非同期	RTK	

1） 既設基準点を用いた定点観測結果

①実験方法

5. に示した構内図のうち、T1，T5，T9の座標既知点3点に必要機器を配置し、みちびき衛星からの LEX 信号受信による RTK 測位を実施した。この既設点は CMI の敷地内に設置された3級基準点から TS 測量により設置されたものである。

②結果

・T5での受信状況（X、Y） ： 図7-1-1

・T1での受信状況（X、Y） ： 図7-1-2

・T9での受信状況（X、Y） ： 図7-1-3

・Z座標の挙動（T5,T1,T9） ： 図7-1-4

・GNSS 測位モード（フラグ）の推移 ： 図7-1-5

・GNSS 測位モード（フラグ）の統計値 ： 図7-1-6

③考察

・既設点と、T5,T1,T9 における LEX 信号受信による RTK 測位結果（以下、「LEX 値」と言う。）の較差は、南北方向 23cm、東西方向 10cm 程度となり、電子基準点におけるセミ・ダイナミック補正の有無による差が確認できている。

・既設点3点におけるX座標の標準偏差の平均は、11mm となった。

・既設点3点におけるY座標の標準偏差の平均は、7mm となった。

・既設点3点におけるZ座標の標準偏差の平均は、22mm となった。

・ローカルな RTK 基準局をもける従来型の RTK 測位と比較しても、遜色のない数値であると判断できる。

・同期モード(1Hz)／非同期モード(5Hz)の差については、5Hz 非同期設定としたT1点での3成分値が他の2点と比較して標準偏差が大きくなる傾向は見て取れるが、各成分で傾向が異なるようである。Z座標の挙動を見ると、非同期モード(5Hz)の方の変動（平均値に対して＋－のばらつき）が多い傾向にあることが分かる。このことから、定点観測においては、同期モード(1Hz)／非同期モード(5Hz)の明確な差はあまりないものと判断できる。

・GNSS 測位モード（フラグ）の推移については、この定点観測を実施した時間帯（2/7 14:00～16:30、2/8 8:30～9:30）での LEX 信号の受信感度が低く、正確な評価が難しい（その原因は今後の SPAC 殿の調査に期待する）。非同期モード(5Hz)としたT1における GNSS 測位モードの推移を見ると、Fix（フラグ”2”）が連続する傾向が他点より多いことがわかるが、これがRTK演算の結果であるのか、受信感度の問題であるのか、ここでは判断ができない。

・Fix（フラグ”2”） DGPS（フラグ”1”） SGPS（フラグ”0”）についてヒストグラムと円グラフを示している。ここでも明確にFix（フラグ”2”）の割合が非同期モード(5Hz)としたT1で最も高いことが分かるが、前述のように、同期モード(1Hz)／非同期モード(5Hz)の優劣の評価は難しい。

LEXR受信機精度確認結果

測定日 平成23年2月7日
測定場所 施工技術研究所(静岡県富士市)
測定時間 14:03～14:35
有効サンプル 557

使用機器 GPS受信機 LEXR(1Hz:同期設定)

測定点 T-5

平面直角座標 8系	
X	-88,353.175
Y	16,130.636
Z	---

※世界測地系

アンテナ高

1.745

精度確認結果

	X	Y	Z	ΔX	ΔY	ΔZ
最大値	-88353.378	16130.557	218.089			
最小値	-88353.425	16130.530	218.037			
平均	-88353.405	16130.544	218.061	-0.230	-0.092	
標準偏差	0.007	0.006	0.010			

※世界測地系

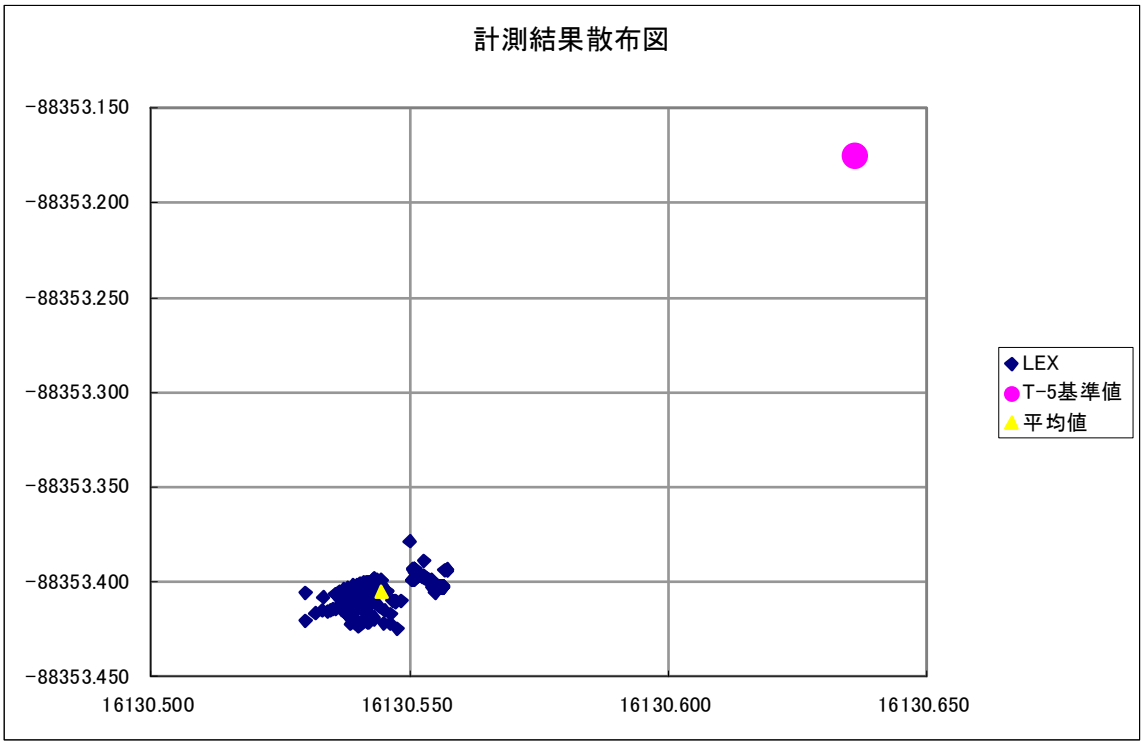


図7-1-1 T5での受信状況(X、Y)

LEXR受信機精度確認結果

測定日 平成23年2月7日
測定場所 施工技術研究所(静岡県富士市)
測定時間 16:07～16:39
有効サンプル 7185

使用機器 GPS受信機 LEXR(5Hz:非同期設定)

測定点 T-1 アンテナ高

平面直角座標 8系	
X	-88,330.492
Y	16,070.332
Z	--

1.795

※世界測地系

精度確認結果

	X	Y	Z	ΔX	ΔY	ΔZ
最大値	-88330.685	16070.282	217.526			
最小値	-88330.772	16070.193	217.284			
平均	-88330.723	16070.234	217.396	-0.231	-0.098	
標準偏差	0.013	0.011	0.034			

※世界測地系

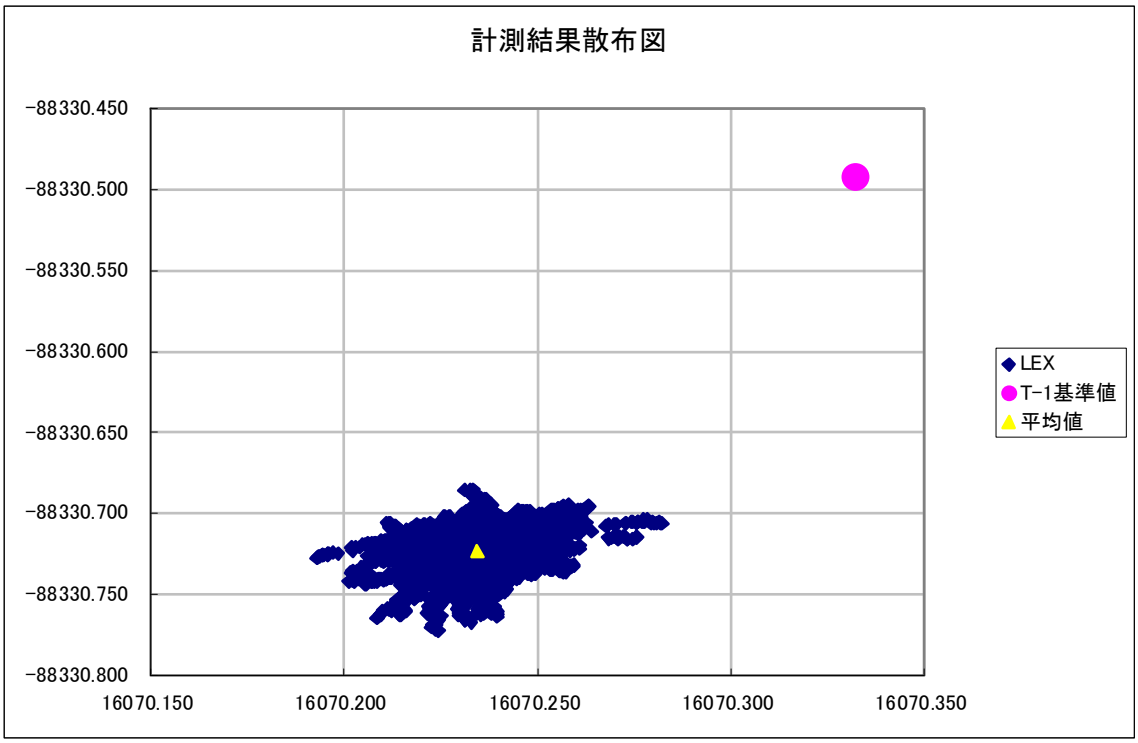


図7-1-2 T1での受信状況(X、Y)

LEXR受信機精度確認結果

測定日 平成23年2月8日
測定場所 施工技術研究所(静岡県富士市)
測定時間 8:36～9:26
有効サンプル 1449

使用機器 GPS受信機 LEXR(1Hz:同期)

測定点 T-9(暫定:平均ポイント) アンテナ高

平面直角座標 8系	
X	-88,280.112
Y	16,174.077
Z	222.247

1.787

※世界測地系

精度確認結果

	X	Y	Z	ΔX	ΔY	ΔZ
最大値	-88280.318	16173.977	222.349			
最小値	-88280.387	16173.955	222.231			
平均	-88280.357	16173.965	222.267	-0.245	-0.112	0.020
標準偏差	0.014	0.005	0.022			

※世界測地系

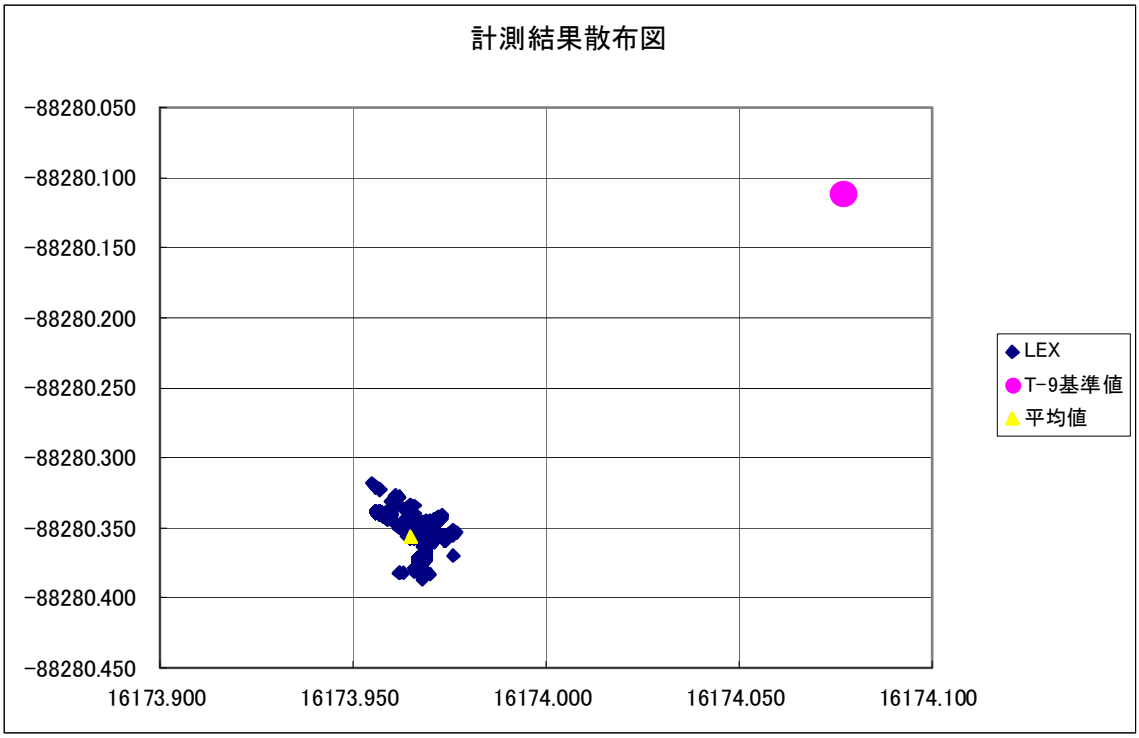
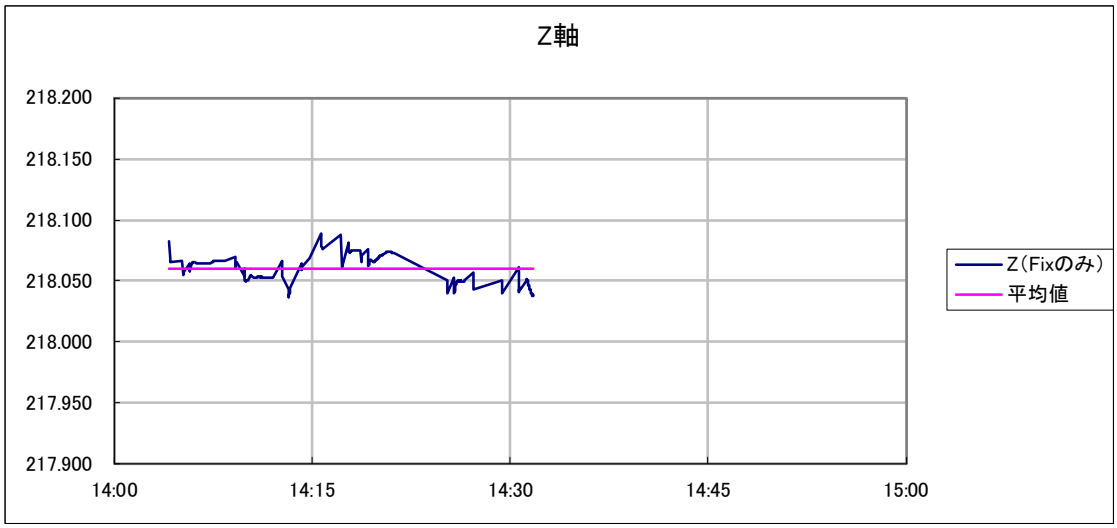
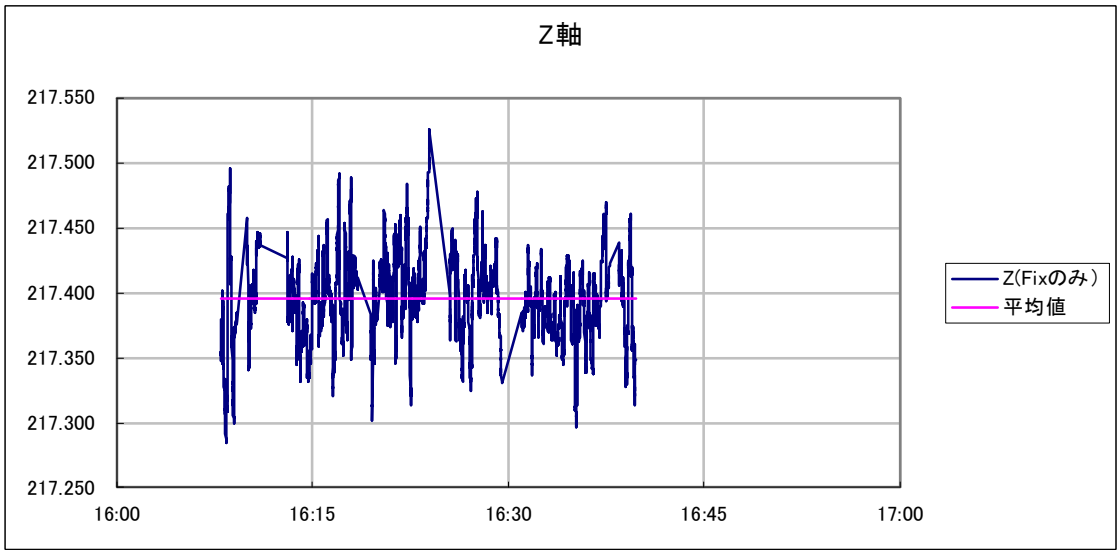


図7-1-3 T9での受信状況(X、Y)

●Z軸の挙動(T-5 Fix状態のみ)　データサンプル数:557　1Hz:同期



●Z軸の挙動(T-1 Fix状態のみ)　データサンプル数:7185　5Hz:非同期



●Z軸の挙動(T-9 Fix状態のみ)　データサンプル数:1449　1Hz:同期

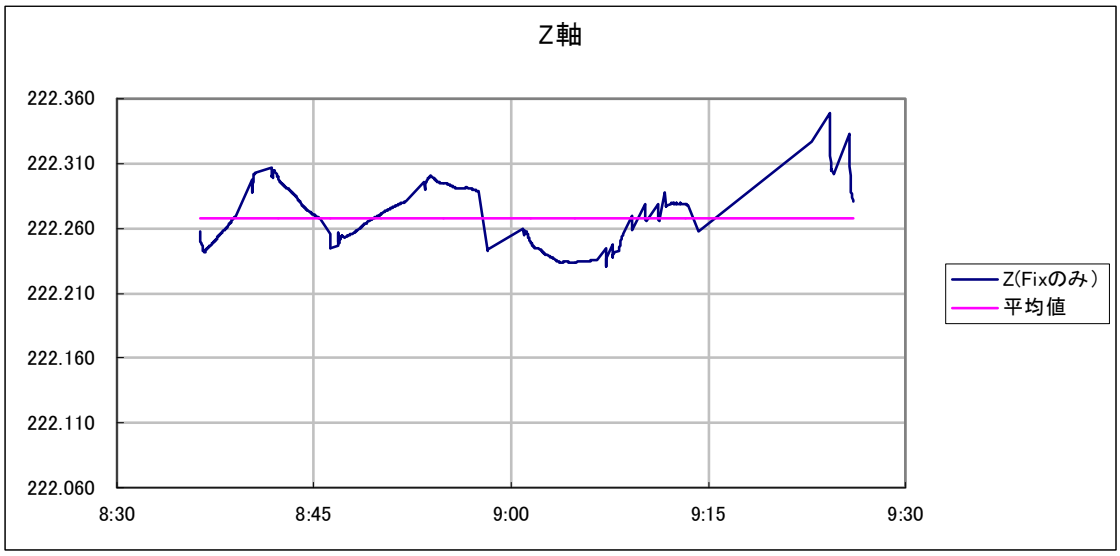
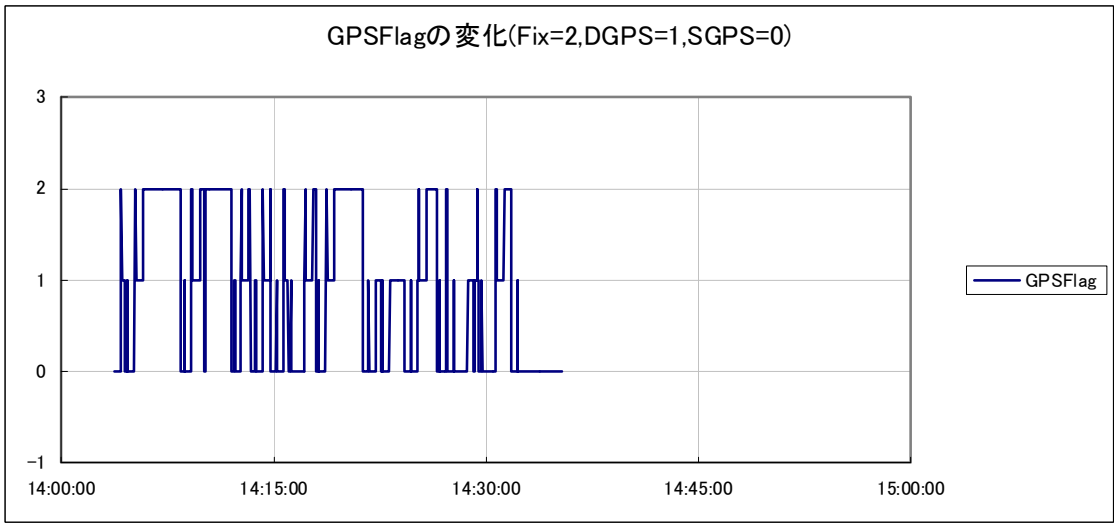
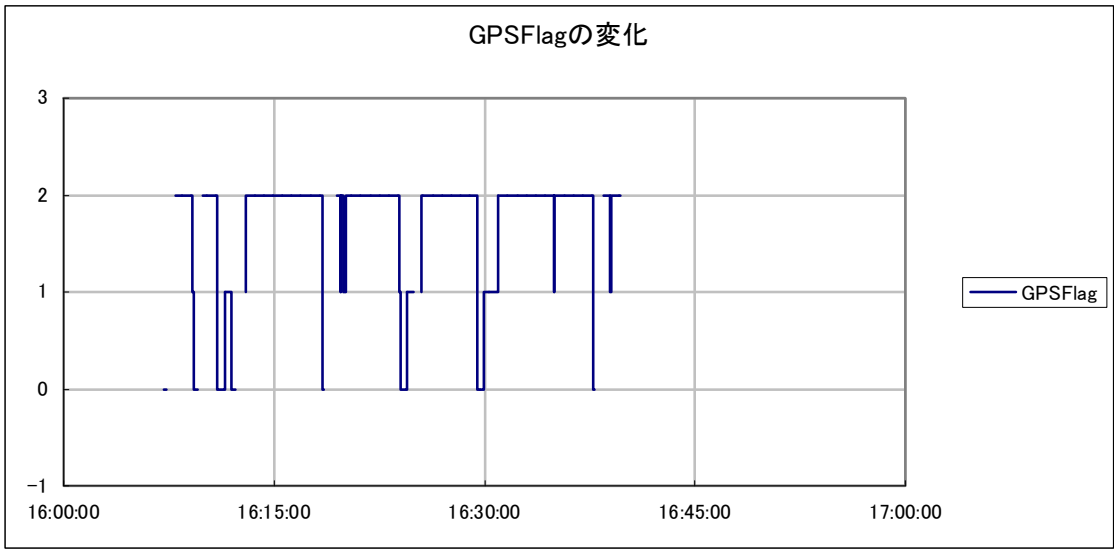


図7-1-4　Z座標の挙動(T5,T1,T9)

●GPSフラグの推移（T-5 サンプルデータ数：1892）　1Hz：同期



●GPSフラグの推移（T-1 サンプルデータ数：9376）　5Hz：非同期



●GPSフラグの推移（T-9 サンプルデータ数：1449）　1Hz：同期

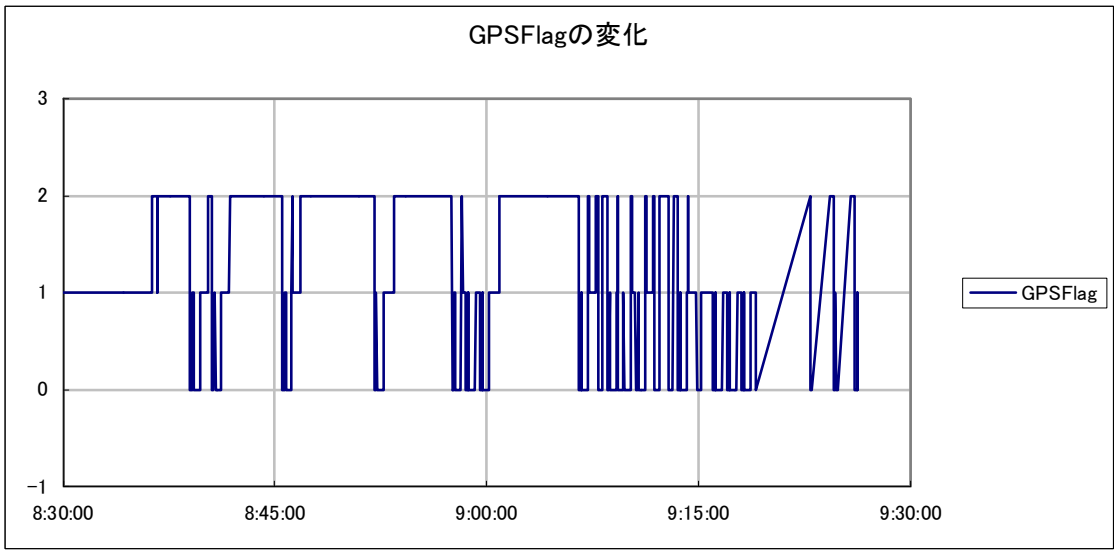


図7-1-5　GNSS 測位モード（フラグ）の推移

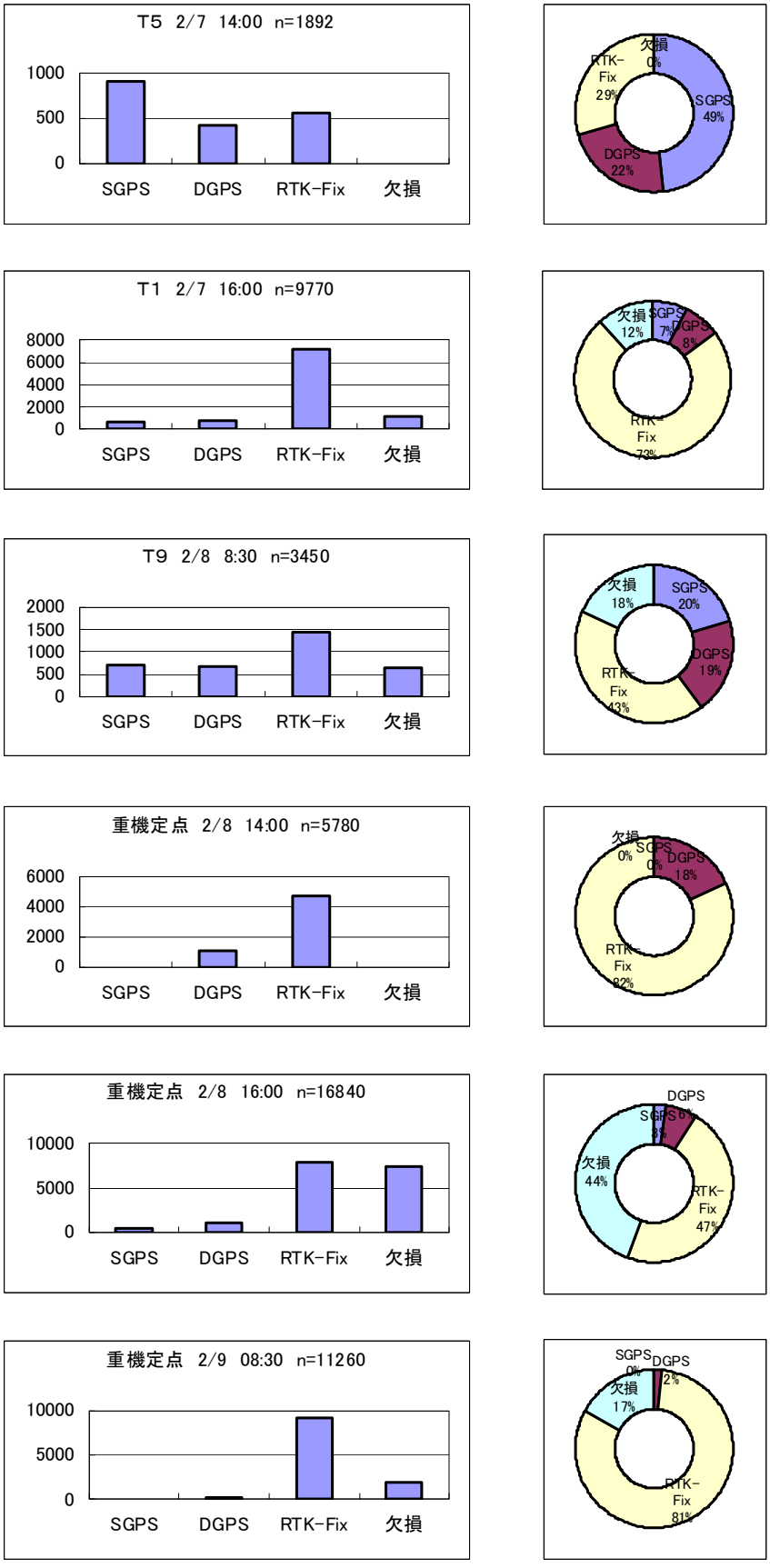


図7-1-6 GNSS 測位モード(フラグ)の統計値

2)ブルドーザ停止時における定点観測結果

①実験方法

同一の GNSS アンテナで受信した測位データを 2 方向に分岐し、GNSS 受信機と LEXR で RTK 演算を行い、ブルドーザ停止時の測位結果を比較する。

ローカルな RTK 測位では、T9に GNSS 基準局を設け、RTK 補正データを小エリア無線により配信した。同時に、LEX 信号を受信し、みちびきデータによる RTK 測位を行った。

②結果

・重機定点1での受信状況 LEX(X、Y) ： 図7-2-1
・重機定点2での受信状況 LEX(X、Y) ： 図7-2-2
・重機定点3での受信状況 LEX(X、Y) ： 図7-2-3
・Z座標の挙動 LEX(上記3箇所) ： 図7-2-4
・GPS 測位モード(フラグ)の推移 LEX ： 図7-2-5
・GPS 測位モード(フラグ)の統計値 LEX ： 図7-2-6(図7-1-6 の再掲)
・重機定点1での受信状況 RTK(X、Y) ： 図7-2-7
・重機定点2での受信状況 RTK(X、Y) ： 図7-2-8
・重機定点3での受信状況 RTK(X、Y) ： 図7-2-9
・Z座標の挙動 RTK(上記2箇所) ： 図7-2-10

③考察

・重機定点3点における LEX 値のX座標の標準偏差の平均は、13mm となった。
・重機定点3点における LEX 値のY座標の標準偏差の平均は、12mm となった。
・重機定点3点における LEX 値のZ座標の標準偏差の平均は、32mm となった。
・重機定点2点(2・3)における RTK 値のX座標の標準偏差の平均は、8mm となった。
・重機定点2点(2・3)における RTK 値のY座標の標準偏差の平均は、7mm となった。
・重機定点2点(2・3)における RTK 値のZ座標の標準偏差の平均は、21mm となった。
・重機定点1の RTK 値のX座標の標準偏差の平均は、4mm となった。
・重機定点1の RTK 値のY座標の標準偏差の平均は、19mm となった。
・重機定点1の RTK 値のZ座標の標準偏差の平均は、73mm となった。
・重機定点1の RTK 値の標準偏差は、一般的な RTK 測位の精度を大きく越えた数値となっているため以降の考察から除外した。
・上記に示すように、重機を実験ヤードに停止させて観測した結果、RTK 値よりもLEX 値の方の成績が悪いものとなった。前項の既設点で観測した LEX 値と比較しても値のバラツキが大きくなっている。
・GNSS 測位モード(フラグ)の統計値のグラフでは、Fix(フラグ”2”)となる確度が既設点での観測時よりも格段に向上していることが分かるが、それにも関わらず上記のようにバラツキが大きくなった原因としては、LEX 信号の品質の劣化、電波受信障害、RTK 演算ミス(miss-Fix)などが想定されるが、本実験では特定ができなかった。
・Z座標の挙動については、LEX 値も RTK 値も同様の傾向を示しており、平均値を中心にして上下に変動幅が大きな挙動を示している。
・GNSS 測位モードの推移(LEX 値)は、既設点での観測と異なり、Fix(フラグ”2”)となる確度が高まり、しかも、継続していることがわかる。また、DGPS(フラグ”1”)に劣化した場合でも、その直後にFix(フラグ”2”)に復帰する状況が多く観察できる。このような既設点での観測との相違については、「受信日時の差」がその要因であると思われるため、衛星システム運用側の LEX 信号の送出に関係しているものと想定している。

LEXR受信機精度確認結果

測定日 平成23年2月8日
測定場所 施工技術研究所(静岡県富士市)
測定時間 13:52～14:10
有効サンプル 4741

使用機器 GPS受信機 LEXR(5Hz:非同期設定)

測定点 現場内:重機定点

平面直角座標 8系	
X	---
Y	---
Z	---

※世界測地系

アンテナ高

精度確認結果

	X	Y	Z	ΔX(最大一最小)	ΔY(最大-最小)	ΔZ(最大-最小)
最大値	-88333.590	16148.960	219.644	0.073	0.071	0.142
最小値	-88333.663	16148.889	219.502			
平均	-88333.624	16148.919	219.563			
標準偏差	0.011	0.012	0.027			

※世界測地系

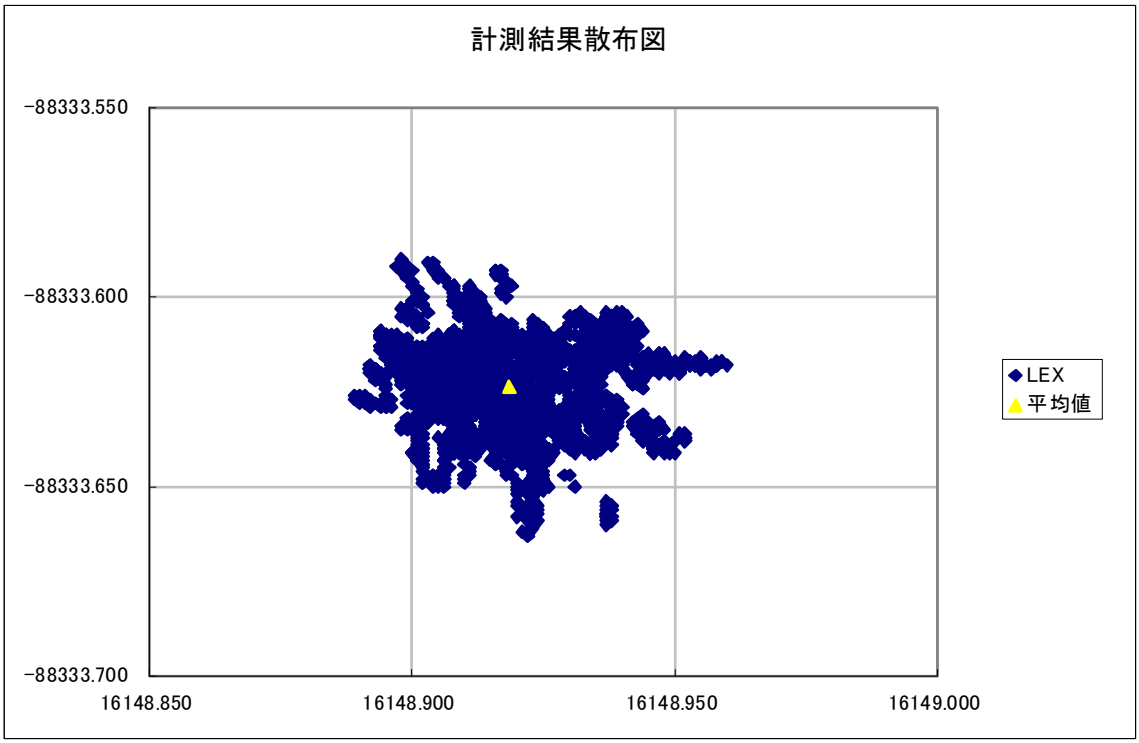


図7-2-1 重機定点1での受信状況 LEX(X、Y)

LEXR受信機精度確認結果

測定日 平成23年2月8日
測定場所 施工技術研究所(静岡県富士市)
測定時間 16:05～17:01
有効サンプル 15108

使用機器 GPS受信機 LEXR(5Hz:非同期設定)

測定点 現場内:重機定点

平面直角座標 8系	
X	---
Y	---
Z	---

※世界測地系

アンテナ高

精度確認結果

	X	Y	Z	ΔX(最大一最小)	ΔY(最大-最小)	ΔZ(最大-最小)
最大値	-88334.221	16141.638	219.569	0.095	0.101	0.308
最小値	-88334.316	16141.537	219.261			
平均	-88334.266	16141.592	219.459			
標準偏差	0.014	0.012	0.040			

※世界測地系

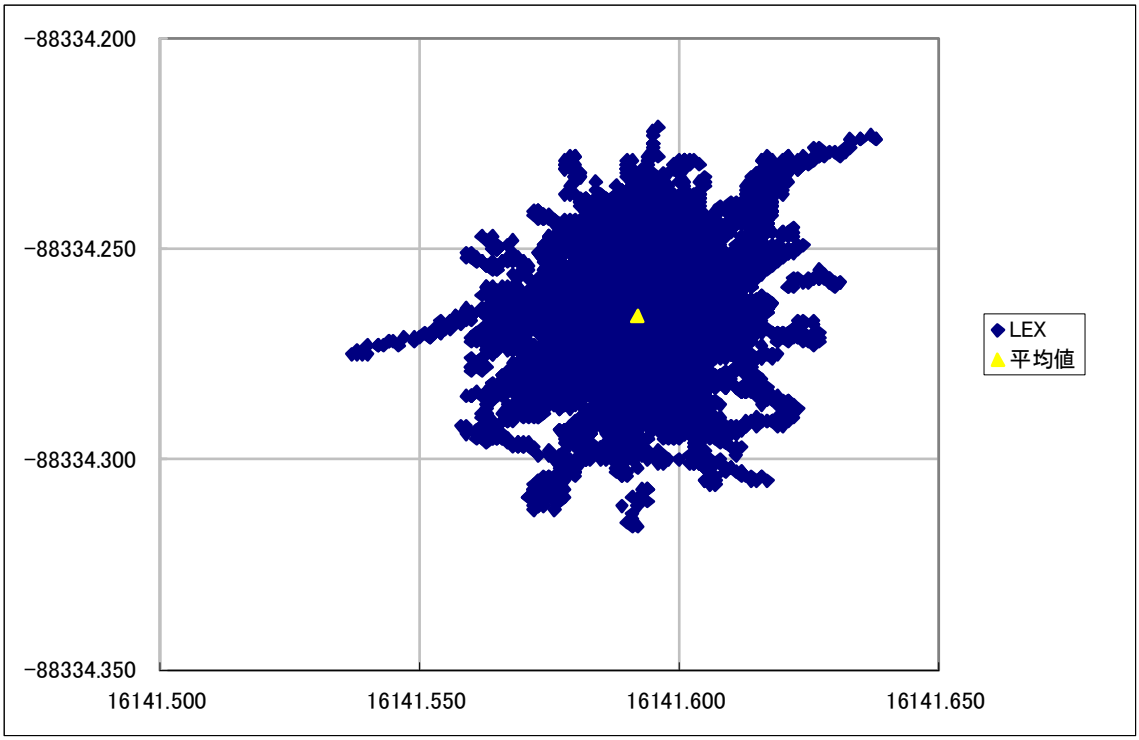


図7-2-2 重機定点2での受信状況 LEX(X、Y)

LEXR受信機精度確認結果

測定日 平成23年2月9日
測定場所 施工技術研究所(静岡県富士市)
測定時間 8:24～9:02
有効サンプル 10897

使用機器 GPS受信機 LEXR(5Hz:非同期設定)

測定点 現場内:重機定点

平面直角座標 8系	
X	---
Y	---
Z	---

※世界測地系

アンテナ高

精度確認結果

	X	Y	Z	ΔX(最大一最小)	ΔY(最大-最小)	ΔZ(最大-最小)
最大値	-88333.739	16149.605	219.639	0.095	0.077	0.204
最小値	-88333.834	16149.528	219.435			
平均	-88333.792	16149.569	219.527			
標準偏差	0.013	0.011	0.030			

※世界測地系

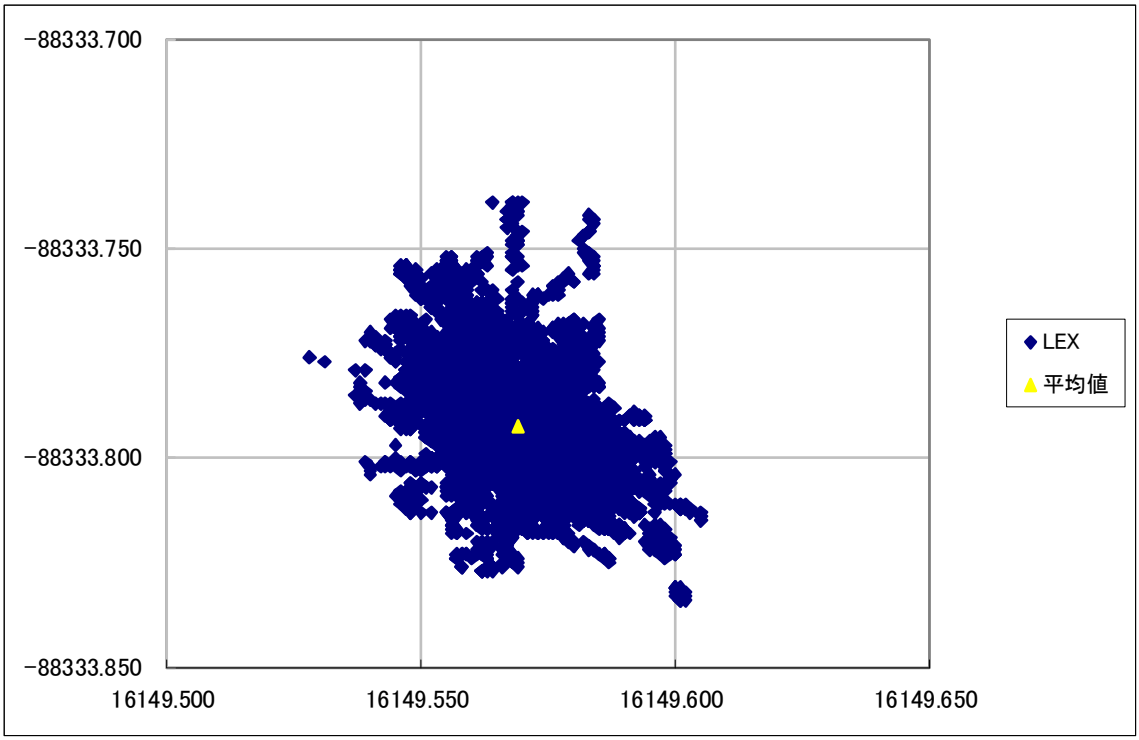
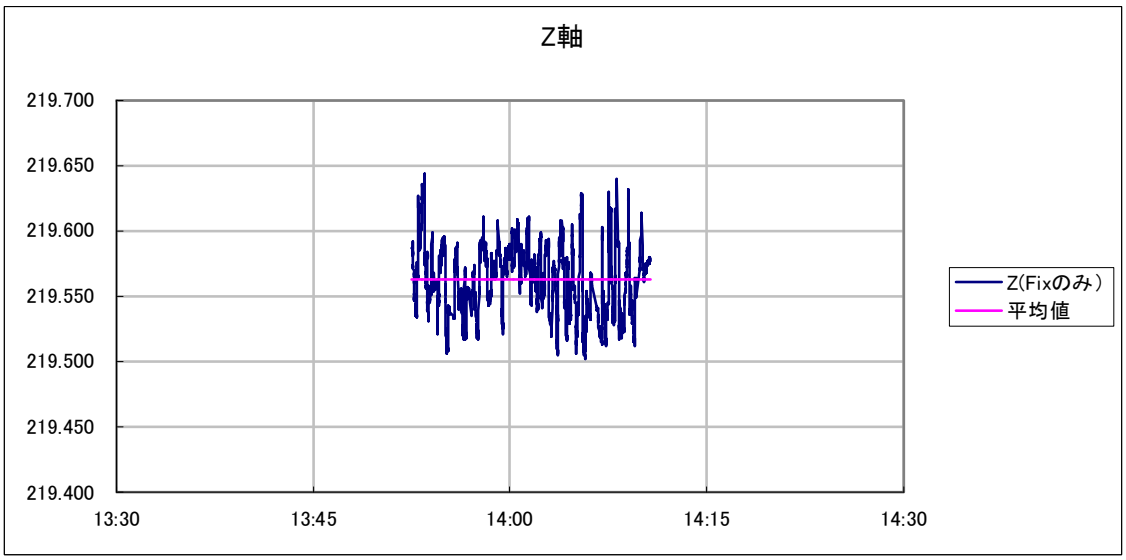
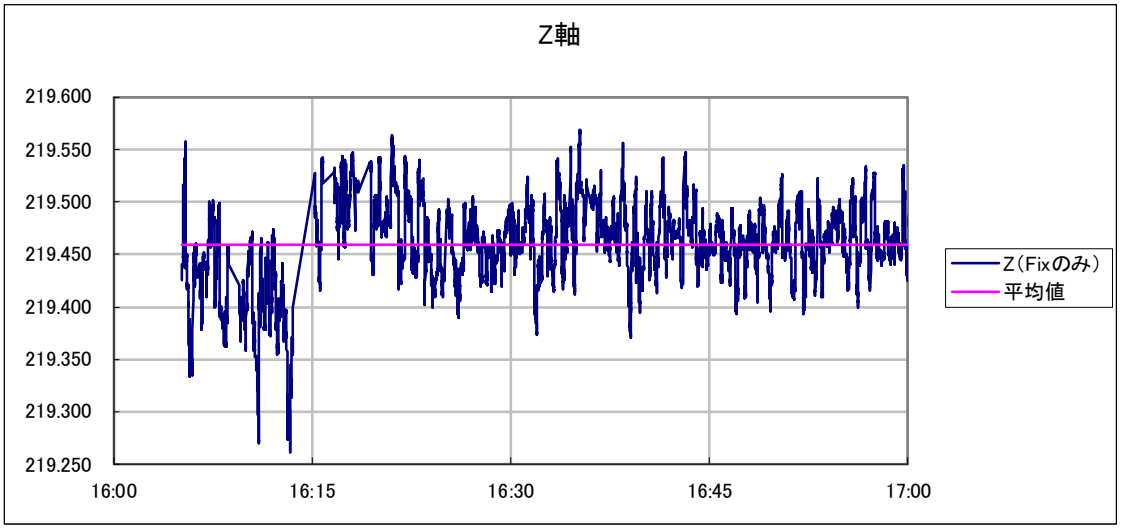


図7-2-3 重機定点3での受信状況 LEX(X、Y)

●Z軸の挙動(2011/2/8 14:00　重機上定点　Fix状態のみ)　データサンプル数:4741　5Hz:非同期



●Z軸の挙動(2011/2/8 16:00　重機上定点　Fix状態のみ)　データサンプル数:15018　5Hz:非同期



●Z軸の挙動(2011/2/9 8:30　重機上定点　Fix状態のみ)　データサンプル数:10897　5Hz:非同期

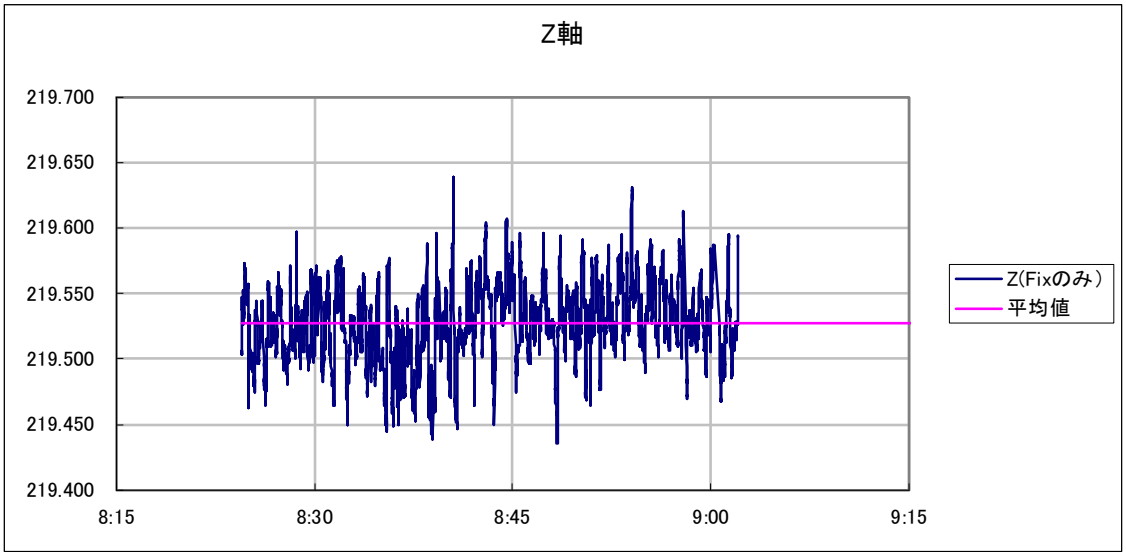
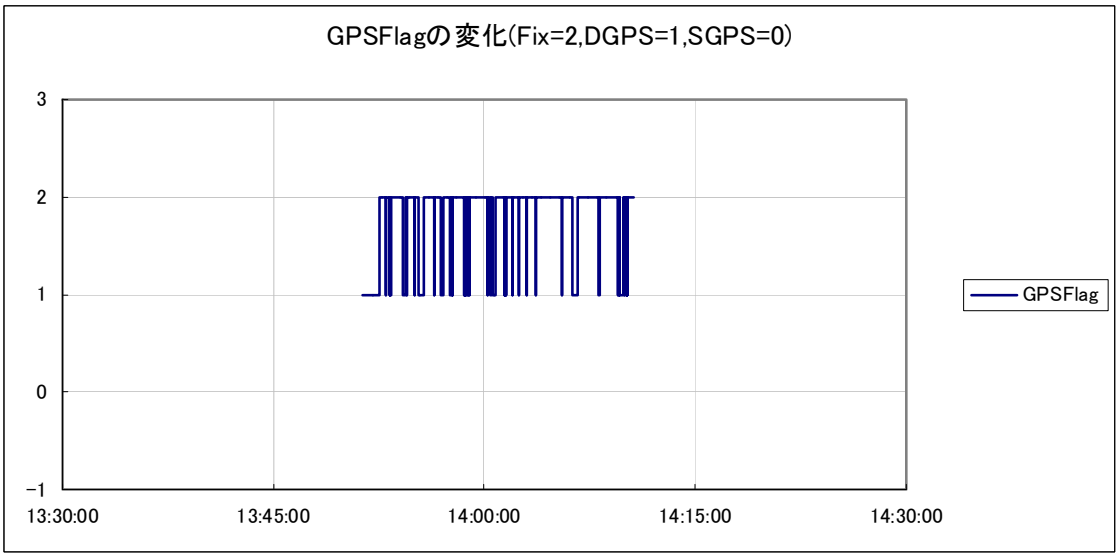
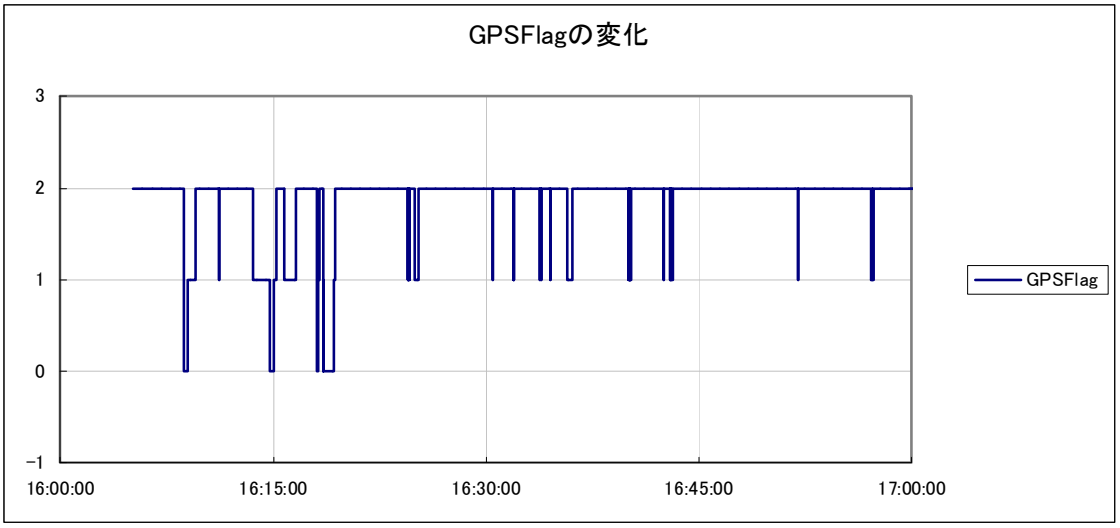


図7-2-4　Z座標の挙動 LEX(上記3箇所)

●GPSフラグの推移（2011/2/8 14:00　重機上定点　Fix状態のみ）　データサンプル数：5782　5Hz：非同期



●GPSフラグの推移（2011/2/8 16:00　重機上定点　データサンプル数：16845）5hz：非同期



●GPSフラグの推移（2011/2/9 8:30　重機上定点　データサンプル数：11303）5hz：非同期

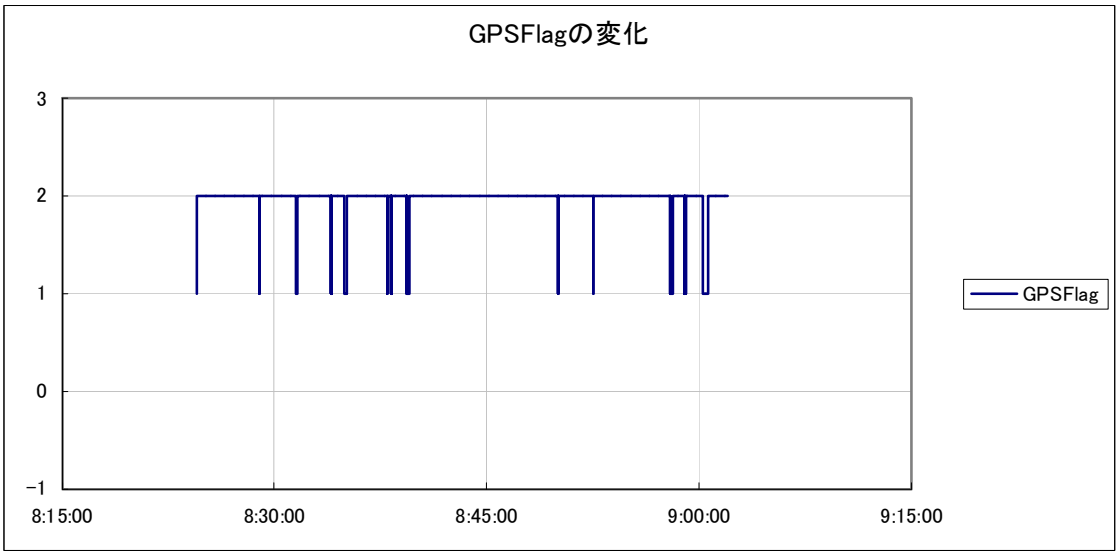


図7-2-5　GNSS 測位モード（フラグ）の推移 LEX

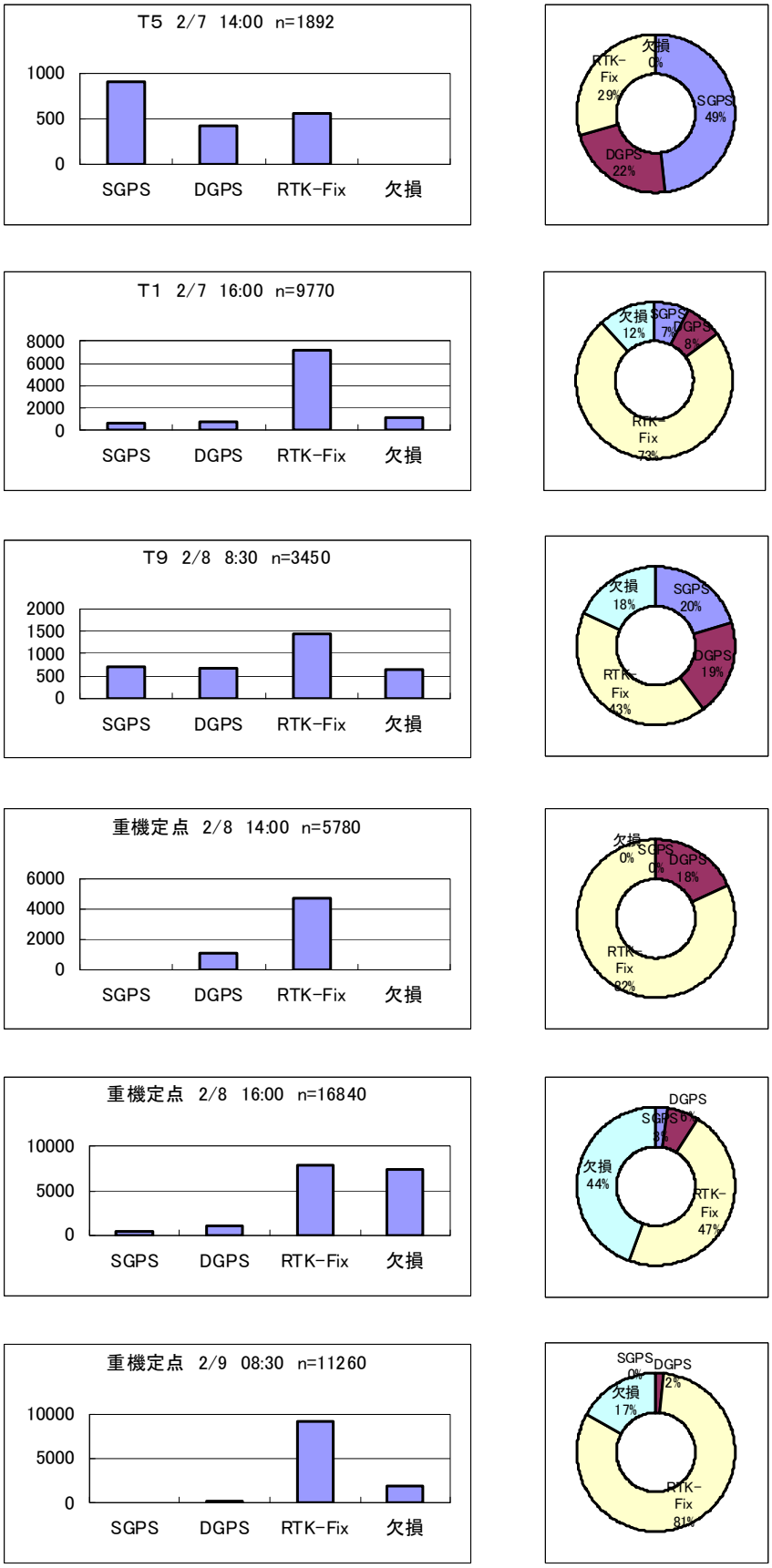


図7-2-6 GNSS 測位モード(フラグ)の統計値 LEX (図7-1-6 の再掲)

RTK受信機精度確認結果

測定日 平成23年2月8日
測定場所 施工技術研究所(静岡県富士市)
測定時間 16:00～16:19
有効サンプル 11563

使用機器 GPS受信機 RTK(10Hz)

測定点 現場内:重機定点

平面直角座標 8系	
X	---
Y	---
Z	---

※世界測地系

アンテナ高

精度確認結果

	X	Y	Z	ΔX(最大一最小)	ΔY(最大-最小)	ΔZ(最大-最小)
最大値	-88333.617	16149.003	219.848	0.033	0.188	0.627
最小値	-88333.650	16148.815	219.221			
平均	-88333.632	16148.916	219.547			
標準偏差	0.004	0.019	0.073			

※世界測地系

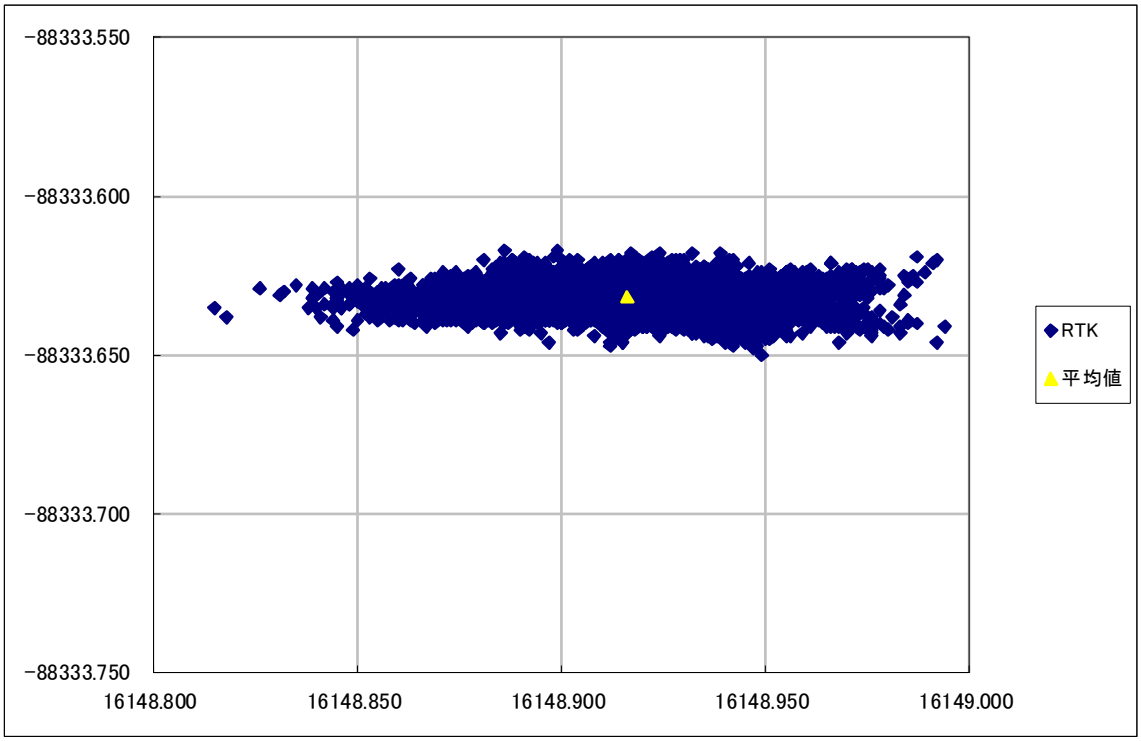


図7-2-7 重機定点1での受信状況 RTK(X、Y)

RTK受信機精度確認結果

測定日 平成23年2月8日
測定場所 施工技術研究所(静岡県富士市)
測定時間 16:10～16:16
有効サンプル 1209

使用機器 GPS受信機 RTK(10Hz)

測定点 現場内:重機定点

平面直角座標 8系	
X	---
Y	---
Z	---

※世界測地系

アンテナ高

精度確認結果

	X	Y	Z	ΔX(最大一最小)	ΔY(最大-最小)	ΔZ(最大-最小)
最大値	-88334.263	16141.594	219.487	0.014	0.015	0.075
最小値	-88334.277	16141.579	219.412			
平均	-88334.271	16141.587	219.451			
標準偏差	0.002	0.002	0.012			

※世界測地系

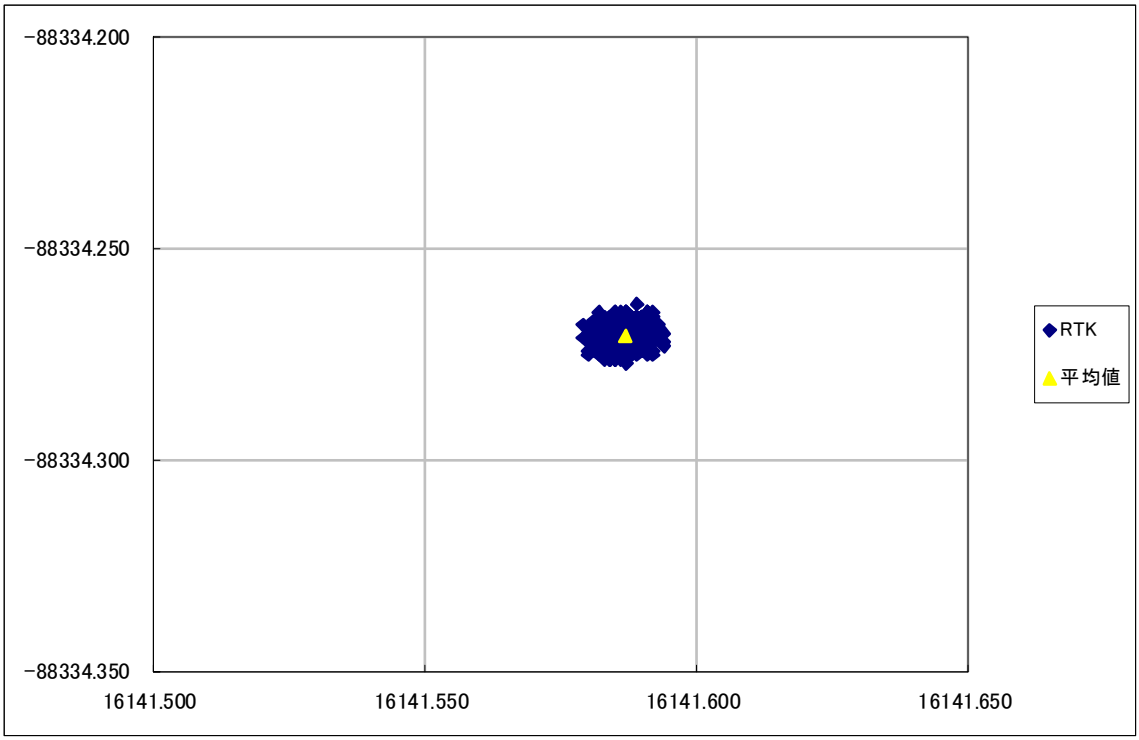


図7-2-8 重機定点2での受信状況 RTK(X、Y)

RTK受信機精度確認結果

測定日　平成23年2月9日
測定場所　施工技術研究所(静岡県富士市)
測定時間　8:23～9:10
有効サンプル　22761

使用機器　GPS受信機　RTK(10Hz)

測定点　現場内:重機定点

平面直角座標　8系	
X	---
Y	---
Z	---

※世界測地系

アンテナ高

精度確認結果

	X	Y	Z	ΔX(最大ー最小)	ΔY(最大-最小)	ΔZ(最大-最小)
最大値	-88333.767	16149.577	219.582	0.037	0.039	0.089
最小値	-88333.804	16149.538	219.493			
平均	-88333.790	16149.564	219.548			
標準偏差	0.004	0.003	0.008			

※世界測地系

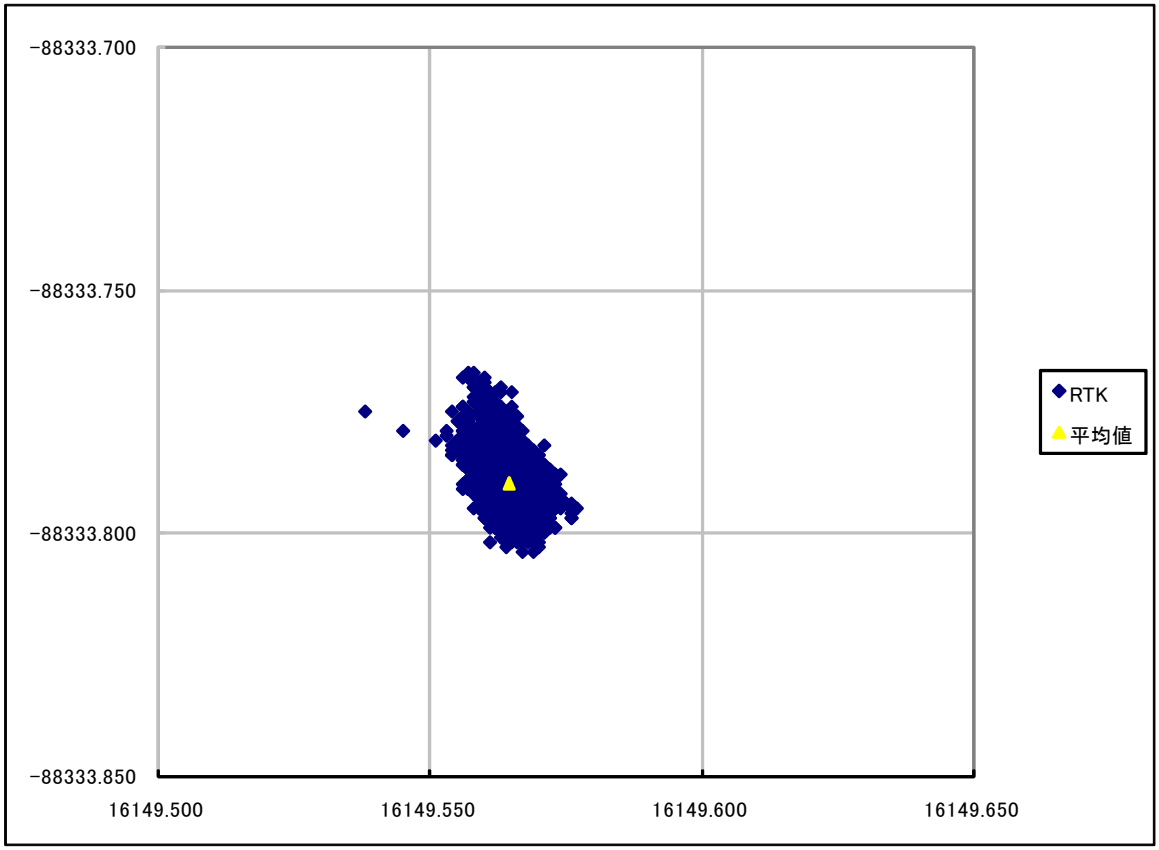
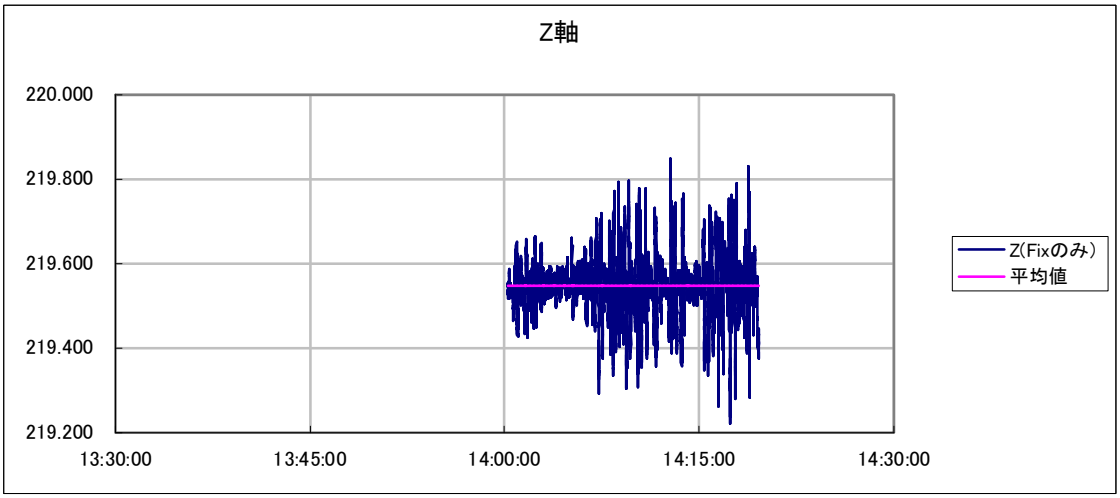
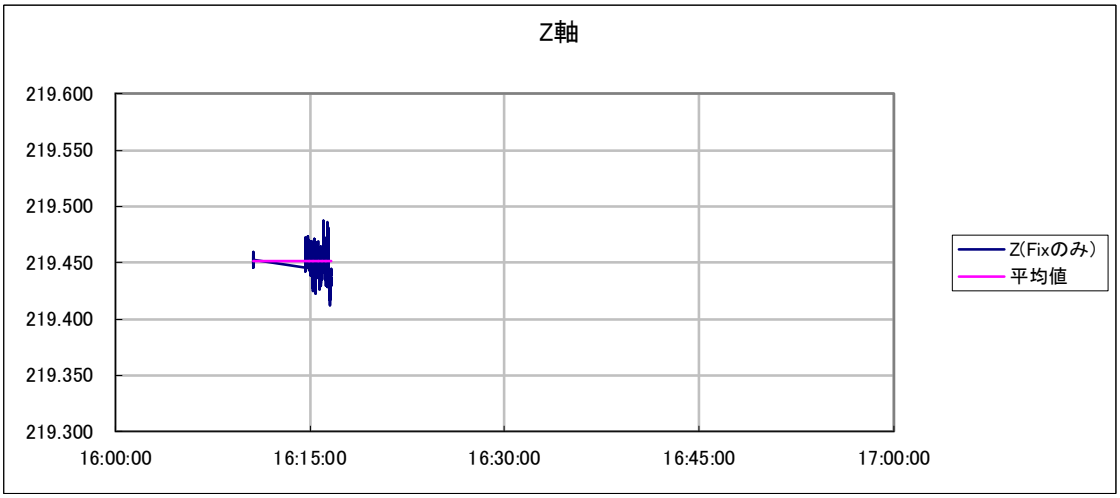


図7-2-9　重機定点3での受信状況 RTK(X、Y)

●Z軸の挙動(2011/2/8 14:00　重機上定点　Fix状態のみ)　データサンプル数:11563　5Hz:非同期



●Z軸の挙動(2011/2/8 16:00　重機上定点　Fix状態のみ)　データサンプル数:1209　5Hz:非同期



●Z軸の挙動(2011/2/9 8:30　重機上定点　Fix状態のみ)　データサンプル数:21795　5Hz:非同期

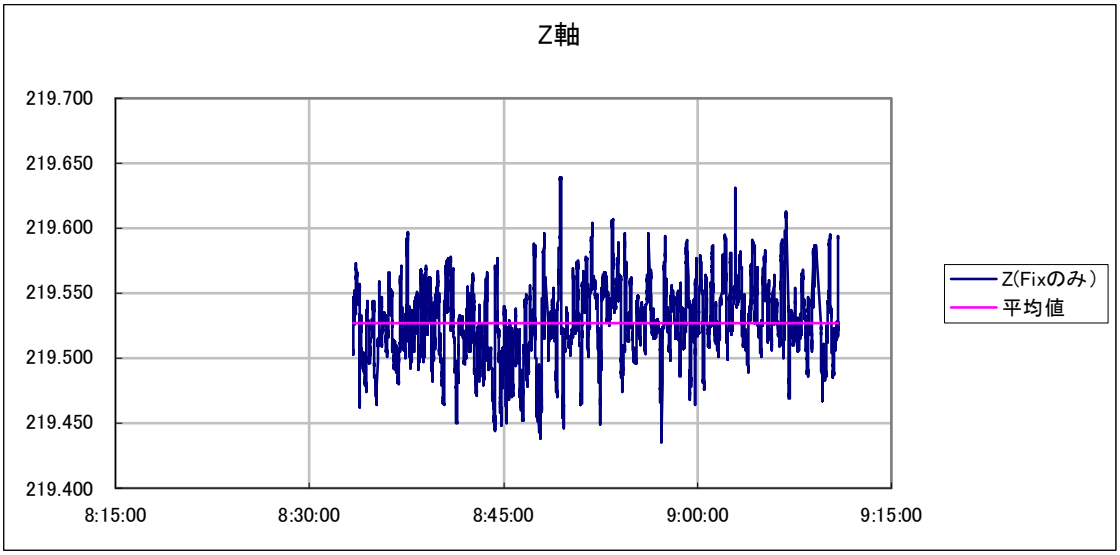


図7-2-10　Z座標の挙動 RTK

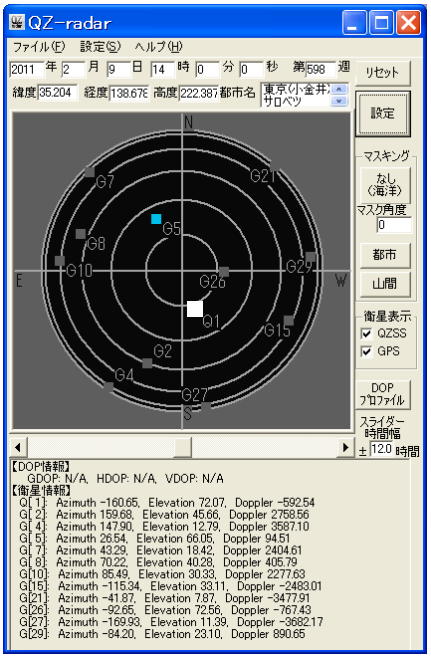
3）既設基準点を用いた定点観測結果（24 時間観測）

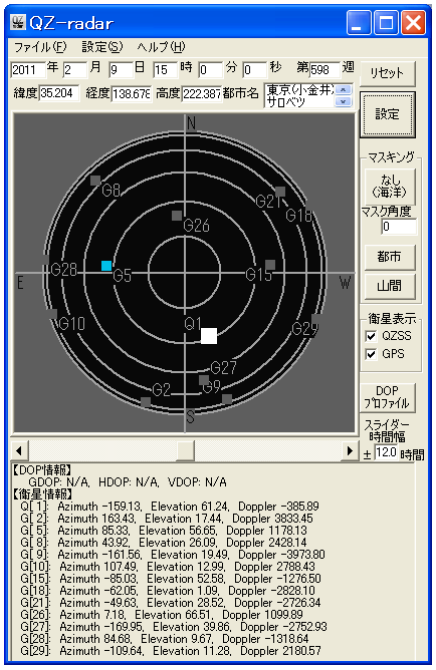
①実験方法

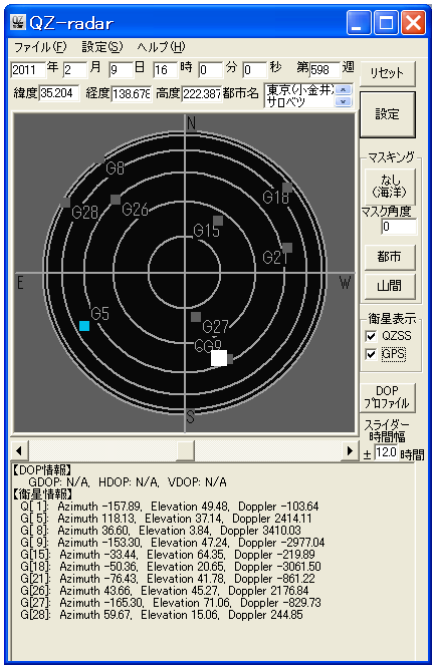
5. に示した構内図のうち、T9の座標既知点に必要機材を配置し、LEX 信号受信による RTK 測位を 24 時間連続で実施した。実験準備段階において特定の時間帯（15:00～16:00 頃）に、LEX 信号の受信不良が発生したことの原因探索とみちびきの衛星配置による測位状況の確認を目的とした。

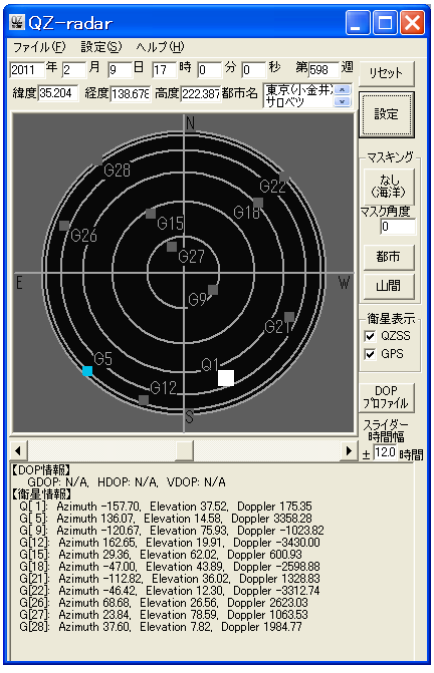
②みちびき衛星の飛来状況

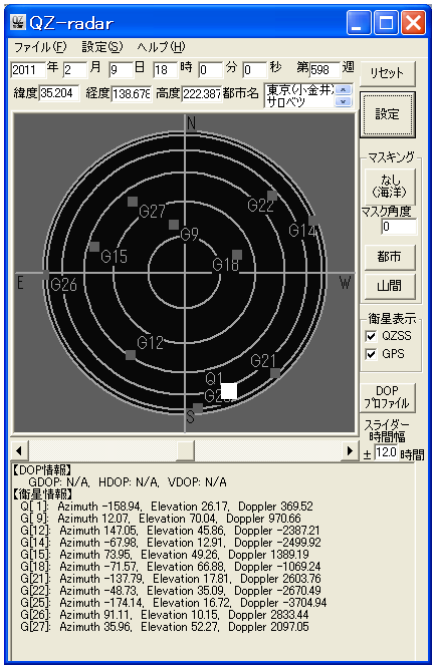
観測時間帯（2/9　16:00～2/10　15:00）のみちびき（QZSS）の飛来状況を、JAXA 提供の QZ-radar を用いて以下に示す。

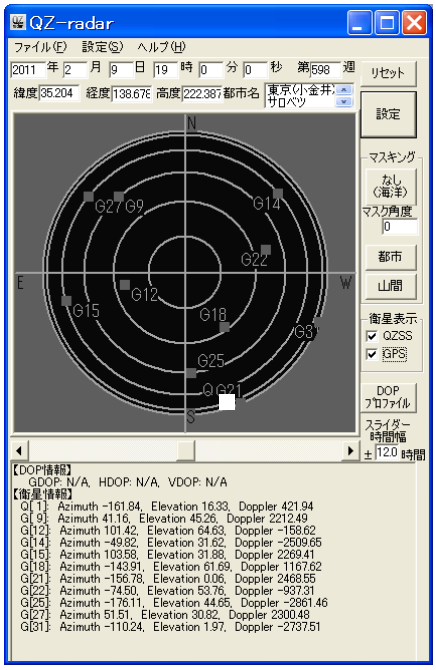




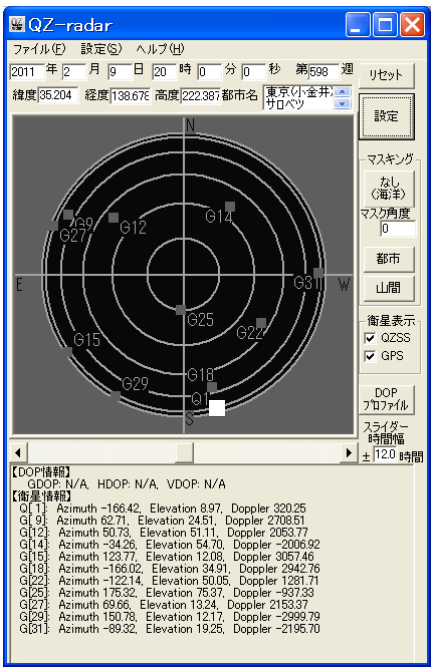


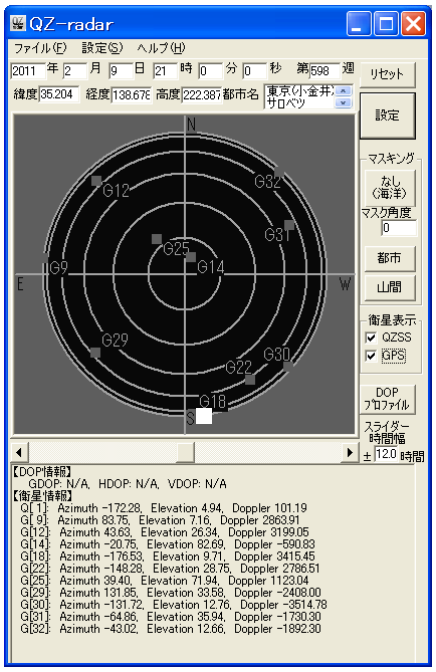


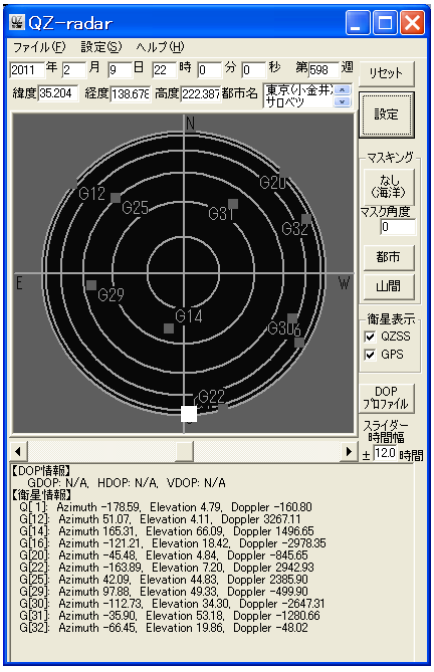


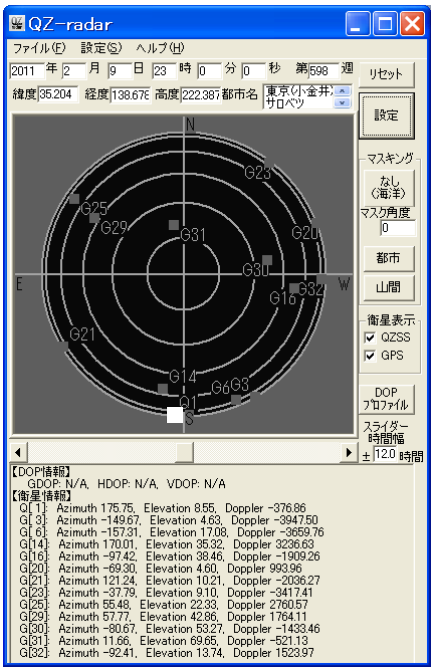


（同心円は、仰角15°ごと）


QZ-radar
ファイル(F) 設定(S) ヘルプ(H)
2011 年 2 月 9 日 20 時 0 分 0 秒 第598 週
緯度 35.204 経度 138.676 高度 222.387 都市名 東京(小金井) サロベツ
リセット
設定
マスキング
なし
〈海洋〉
マスク角度 0
都市
山間
衛星表示
QZSS
GPS
DOP プロファイル
スライダー時間幅 ±120 時間
【DOP情報】
GDOP: N/A, HDOP: N/A, VDOP: N/A
【衛星情報】
Q[1]: Azimuth -166.42, Elevation 8.97, Doppler 320.25
G[9]: Azimuth 62.71, Elevation 24.51, Doppler 2708.51
G[12]: Azimuth 50.73, Elevation 51.11, Doppler 2053.77
G[14]: Azimuth -34.26, Elevation 54.70, Doppler -2006.92
G[15]: Azimuth 123.77, Elevation 12.08, Doppler 3057.46
G[18]: Azimuth -166.02, Elevation 34.91, Doppler 2942.76
G[22]: Azimuth -122.14, Elevation 50.05, Doppler 1281.71
G[25]: Azimuth 175.32, Elevation 75.37, Doppler -937.33
G[27]: Azimuth 69.66, Elevation 13.24, Doppler 2153.37
G[29]: Azimuth 150.78, Elevation 12.17, Doppler -2999.79
G[31]: Azimuth -89.32, Elevation 19.25, Doppler -2195.70

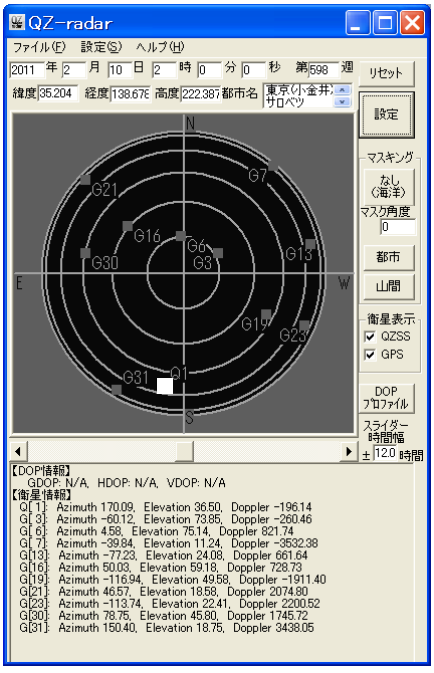

QZ-radar
ファイル(F) 設定(S) ヘルプ(H)
2011 年 2 月 9 日 21 時 0 分 0 秒 第598 週
緯度 35.204 経度 138.676 高度 222.387 都市名 東京(小金井) サロベツ
リセット
設定
マスキング
なし
〈海洋〉
マスク角度 0
都市
山間
衛星表示
QZSS
GPS
DOP プロファイル
スライダー時間幅 ±120 時間
【DOP情報】
GDOP: N/A, HDOP: N/A, VDOP: N/A
【衛星情報】
Q[1]: Azimuth -172.28, Elevation 4.94, Doppler 101.19
G[9]: Azimuth 83.75, Elevation 7.16, Doppler 2863.91
G[12]: Azimuth 43.63, Elevation 26.34, Doppler 3199.05
G[14]: Azimuth -20.75, Elevation 82.69, Doppler -590.83
G[18]: Azimuth -176.53, Elevation 9.71, Doppler 3415.45
G[22]: Azimuth -148.28, Elevation 28.75, Doppler 2786.51
G[25]: Azimuth 39.40, Elevation 71.94, Doppler 1123.04
G[29]: Azimuth 131.85, Elevation 33.58, Doppler -2408.00
G[30]: Azimuth -131.72, Elevation 12.76, Doppler -3514.78
G[31]: Azimuth -64.86, Elevation 35.94, Doppler -1730.30
G[32]: Azimuth -43.02, Elevation 12.66, Doppler -1892.30

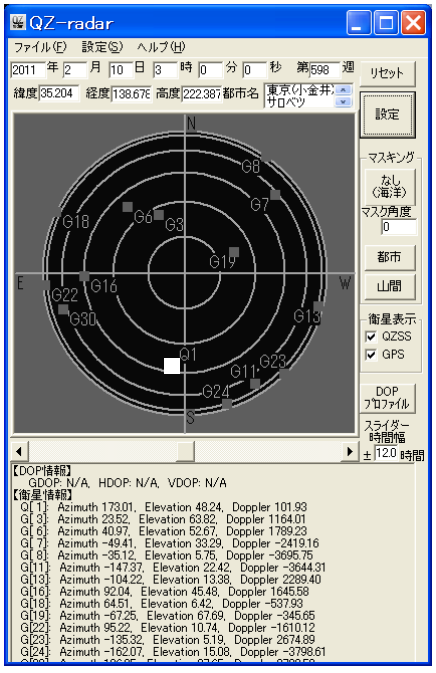

QZ-radar
ファイル(F) 設定(S) ヘルプ(H)
2011 年 2 月 9 日 22 時 0 分 0 秒 第598 週
緯度 35.204 経度 138.676 高度 222.387 都市名 東京(小金井) サロベツ
リセット
設定
マスキング
なし
〈海洋〉
マスク角度 0
都市
山間
衛星表示
QZSS
GPS
DOP プロファイル
スライダー時間幅 ±120 時間
【DOP情報】
GDOP: N/A, HDOP: N/A, VDOP: N/A
【衛星情報】
Q[1]: Azimuth -178.59, Elevation 4.79, Doppler -160.80
G[12]: Azimuth 51.07, Elevation 4.11, Doppler 3267.11
G[14]: Azimuth 165.31, Elevation 66.09, Doppler 1496.65
G[16]: Azimuth -121.21, Elevation 18.42, Doppler -2978.35
G[20]: Azimuth -45.48, Elevation 4.84, Doppler -845.65
G[22]: Azimuth -163.89, Elevation 7.20, Doppler 2942.93
G[25]: Azimuth 42.09, Elevation 44.83, Doppler 2385.90
G[29]: Azimuth 97.88, Elevation 49.33, Doppler -499.90
G[30]: Azimuth -112.73, Elevation 34.30, Doppler -2647.31
G[31]: Azimuth -35.90, Elevation 53.18, Doppler -1280.66
G[32]: Azimuth -66.45, Elevation 19.86, Doppler -48.02

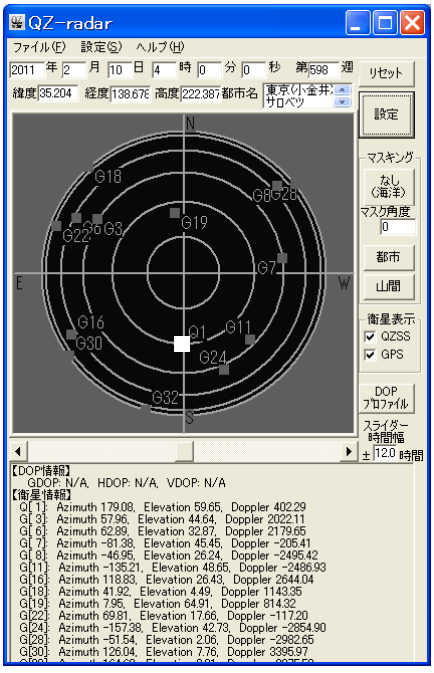

QZ-radar
ファイル(F) 設定(S) ヘルプ(H)
2011 年 2 月 9 日 23 時 0 分 0 秒 第598 週
緯度 35.204 経度 138.676 高度 222.387 都市名 東京(小金井) サロベツ
リセット
設定
マスキング
なし
〈海洋〉
マスク角度 0
都市
山間
衛星表示
QZSS
GPS
DOP プロファイル
スライダー時間幅 ±120 時間
【DOP情報】
GDOP: N/A, HDOP: N/A, VDOP: N/A
【衛星情報】
Q[1]: Azimuth 175.75, Elevation 8.55, Doppler -376.86
G[3]: Azimuth -149.67, Elevation 4.63, Doppler -3947.50
G[6]: Azimuth -157.31, Elevation 17.08, Doppler -3659.76
G[14]: Azimuth 170.01, Elevation 35.32, Doppler 3236.63
G[16]: Azimuth -97.42, Elevation 38.46, Doppler -1909.26
G[20]: Azimuth -69.30, Elevation 4.60, Doppler 993.96
G[21]: Azimuth 121.24, Elevation 10.21, Doppler -2036.27
G[23]: Azimuth -37.79, Elevation 9.10, Doppler -3417.41
G[25]: Azimuth 55.48, Elevation 22.33, Doppler 2760.57
G[29]: Azimuth 57.77, Elevation 42.86, Doppler 1764.11
G[30]: Azimuth -80.67, Elevation 53.27, Doppler -1433.46
G[31]: Azimuth 11.66, Elevation 69.65, Doppler -521.13
G[32]: Azimuth -92.41, Elevation 13.74, Doppler 1523.97

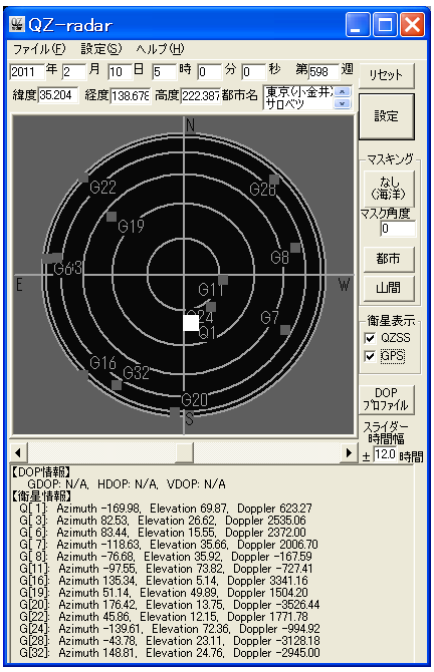
QZ-radar
ファイル(F) 設定(S) ヘルプ(H)
2011 年 2 月 10 日 0 時 0 分 0 秒 第598 週
緯度 35.204 経度 138.676 高度 222.387 都市名 東京(小金井) サロベツ
リセット
設定
マスキング
なし
〈海洋〉
マスク角度 0
都市
山間
衛星表示
QZSS
GPS
DOP プロファイル
スライダー時間幅 ±120 時間
【DOP情報】
GDOP: N/A, HDOP: N/A, VDOP: N/A
【衛星情報】
Q[1]: Azimuth 171.69, Elevation 15.69, Doppler -471.53
G[3]: Azimuth -141.56, Elevation 29.09, Doppler -3454.53
G[6]: Azimuth -149.76, Elevation 44.38, Doppler -2608.73
G[13]: Azimuth -32.22, Elevation 3.32, Doppler -3287.10
G[14]: Azimuth 169.66, Elevation 8.11, Doppler 3798.99
G[16]: Azimuth -61.32, Elevation 54.51, Doppler -857.21
G[19]: Azimuth -147.79, Elevation 0.82, Doppler -3859.16
G[21]: Azimuth 98.25, Elevation 24.17, Doppler -1299.64
G[23]: Azimuth -52.99, Elevation 27.77, Doppler -1961.77
G[25]: Azimuth 72.61, Elevation 3.94, Doppler 2680.32
G[29]: Azimuth 42.85, Elevation 21.55, Doppler 3185.60
G[30]: Azimuth -26.34, Elevation 64.08, Doppler -259.20
G[31]: Azimuth 97.98, Elevation 67.44, Doppler 775.61

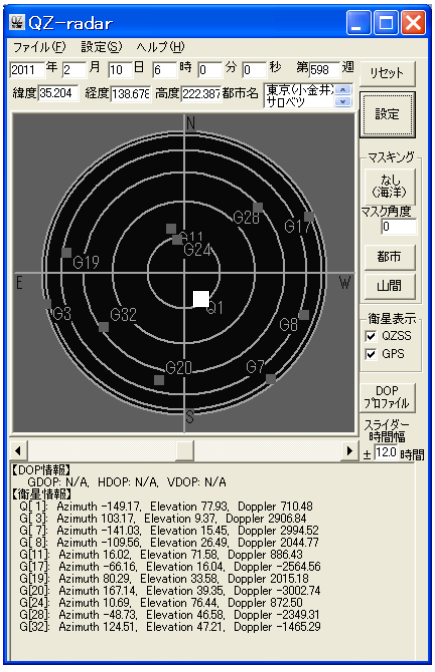
QZ-radar
ファイル(F) 設定(S) ヘルプ(H)
2011 年 2 月 10 日 1 時 0 分 0 秒 第598 週
緯度 35.204 経度 138.676 高度 222.387 都市名 東京(小金井) サロベツ
リセット
設定
マスキング
なし
〈海洋〉
マスク角度 0
都市
山間
衛星表示
QZSS
GPS
DOP プロファイル
スライダー時間幅 ±120 時間
【DOP情報】
GDOP: N/A, HDOP: N/A, VDOP: N/A
【衛星情報】
Q[1]: Azimuth 169.72, Elevation 25.33, Doppler -407.03
G[3]: Azimuth -121.59, Elevation 54.80, Doppler -2034.27
G[6]: Azimuth -124.15, Elevation 72.26, Doppler -831.47
G[13]: Azimuth -48.95, Elevation 20.26, Doppler -1640.31
G[16]: Azimuth -8.30, Elevation 62.83, Doppler -31.65
G[19]: Azimuth -138.28, Elevation 25.12, Doppler -3292.27
G[21]: Azimuth 69.85, Elevation 28.73, Doppler 358.80
G[23]: Azimuth -83.76, Elevation 33.63, Doppler 327.30
G[30]: Azimuth 35.16, Elevation 59.96, Doppler 762.58
G[31]: Azimuth 135.99, Elevation 44.62, Doppler 2326.43


QZ-radar
ファイル(F) 設定(S) ヘルプ(H)
2011 年 2 月 10 日 2 時 0 分 0 秒 第598 週
緯度 35.204 経度 138.676 高度 222.387 都市名 東京(小金井) サロベツ
リセット
設定
マスキング
なし
〈海洋〉
マスク角度 0
都市
山間
衛星表示
QZSS
GPS
DOP プロファイル
スライダー時間幅 ±120 時間
【DOP情報】
GDOP: N/A, HDOP: N/A, VDOP: N/A
【衛星情報】
Q[1]: Azimuth 170.09, Elevation 36.50, Doppler -196.14
G[3]: Azimuth -60.12, Elevation 73.85, Doppler -260.46
G[6]: Azimuth 4.58, Elevation 75.14, Doppler 821.74
G[7]: Azimuth -39.84, Elevation 11.24, Doppler -3532.38
G[13]: Azimuth -77.23, Elevation 24.08, Doppler 661.64
G[16]: Azimuth 50.03, Elevation 59.18, Doppler 728.73
G[19]: Azimuth -116.94, Elevation 49.58, Doppler -1911.40
G[21]: Azimuth 46.57, Elevation 18.58, Doppler 2074.80
G[23]: Azimuth -113.74, Elevation 22.41, Doppler 2200.52
G[30]: Azimuth 78.75, Elevation 45.80, Doppler 1745.72
G[31]: Azimuth 150.40, Elevation 18.75, Doppler 3438.05

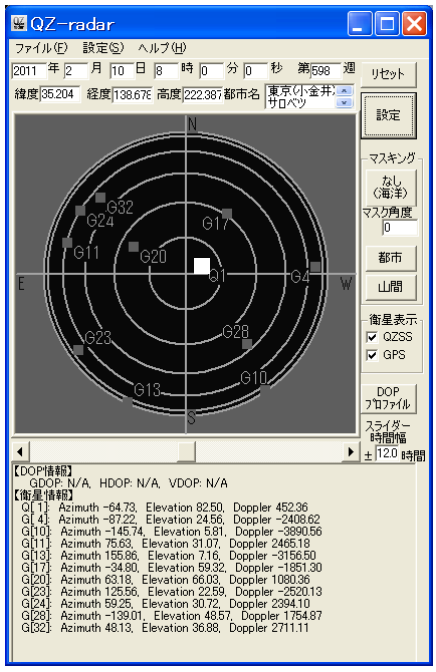

QZ-radar
ファイル(F) 設定(S) ヘルプ(H)
2011 年 2 月 10 日 3 時 0 分 0 秒 第598 週
緯度 35.204 経度 138.676 高度 222.387 都市名 東京(小金井) サロベツ
リセット
設定
マスキング
なし
〈海洋〉
マスク角度 0
都市
山間
衛星表示
QZSS
GPS
DOP プロファイル
スライダー時間幅 ±120 時間
【DOP情報】
GDOP: N/A, HDOP: N/A, VDOP: N/A
【衛星情報】
Q[1]: Azimuth 173.01, Elevation 48.24, Doppler 101.93
G[3]: Azimuth 23.52, Elevation 63.82, Doppler 1164.01
G[6]: Azimuth 40.97, Elevation 52.67, Doppler 1789.23
G[7]: Azimuth -49.41, Elevation 33.29, Doppler -2419.16
G[8]: Azimuth -35.12, Elevation 5.75, Doppler -3695.75
G[11]: Azimuth -147.37, Elevation 22.42, Doppler -3644.31
G[13]: Azimuth -104.22, Elevation 13.38, Doppler 2289.40
G[16]: Azimuth 92.04, Elevation 45.48, Doppler 1645.58
G[18]: Azimuth 64.51, Elevation 6.42, Doppler -537.93
G[19]: Azimuth -67.25, Elevation 67.69, Doppler -345.65
G[22]: Azimuth 95.22, Elevation 10.74, Doppler -1610.12
G[23]: Azimuth -135.32, Elevation 5.19, Doppler 2674.89
G[24]: Azimuth -162.07, Elevation 15.08, Doppler -3798.61

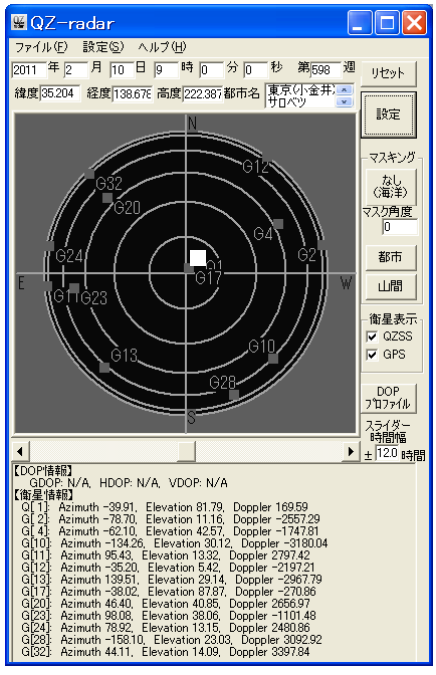

QZ-radar
ファイル(F) 設定(S) ヘルプ(H)
2011 年 2 月 10 日 4 時 0 分 0 秒 第598 週
緯度 35.204 経度 138.676 高度 222.387 都市名 東京(小金井) サロベツ
リセット
設定
マスキング
なし
〈海洋〉
マスク角度 0
都市
山間
衛星表示
QZSS
GPS
DOP プロファイル
スライダー時間幅 ±120 時間
【DOP情報】
GDOP: N/A, HDOP: N/A, VDOP: N/A
【衛星情報】
Q[1]: Azimuth 179.08, Elevation 59.65, Doppler 402.29
G[3]: Azimuth 57.96, Elevation 44.64, Doppler 2022.11
G[6]: Azimuth 62.89, Elevation 32.87, Doppler 2179.65
G[7]: Azimuth -61.38, Elevation 45.45, Doppler -205.41
G[8]: Azimuth -46.95, Elevation 26.24, Doppler -2495.42
G[11]: Azimuth -135.21, Elevation 48.65, Doppler -2486.93
G[16]: Azimuth 118.83, Elevation 26.43, Doppler 2644.04
G[18]: Azimuth 41.92, Elevation 4.49, Doppler 1143.35
G[19]: Azimuth 7.95, Elevation 64.91, Doppler 814.32
G[22]: Azimuth 69.81, Elevation 17.66, Doppler -117.20
G[24]: Azimuth -157.38, Elevation 42.73, Doppler -2954.90
G[28]: Azimuth -51.54, Elevation 2.06, Doppler -2982.65
G[30]: Azimuth 126.04, Elevation 7.76, Doppler 3395.97

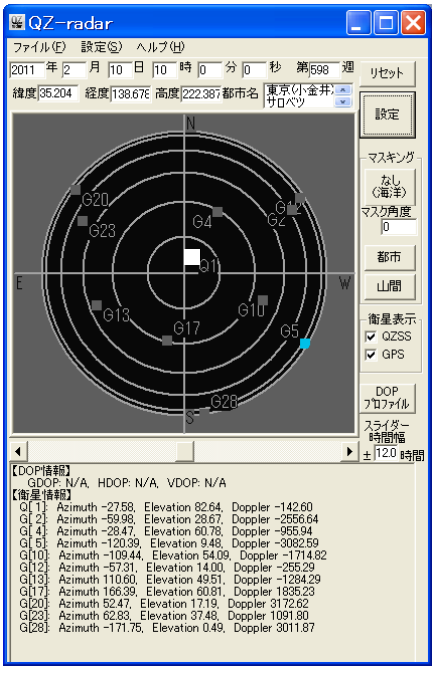

QZ-radar
ファイル(F) 設定(S) ヘルプ(H)
2011 年 2 月 10 日 5 時 0 分 0 秒 第598 週
緯度35.204 経度138.676 高度222.387 都市名 東京(小金井) サロベツ
リセット
設定
マスキング
なし(海洋)
マスク角度 0
都市
山間
衛星表示
QZSS
GPS
DOP プロファイル
スライダー時間幅 ±12.0 時間
【DOP情報】
GDOP: N/A, HDOP: N/A, VDOP: N/A
【衛星情報】
Q[1]: Azimuth -169.98, Elevation 69.87, Doppler 623.27
G[3]: Azimuth 82.53, Elevation 26.62, Doppler 2535.06
G[6]: Azimuth 83.44, Elevation 15.55, Doppler 2372.00
G[7]: Azimuth -118.63, Elevation 35.66, Doppler 2006.70
G[8]: Azimuth -76.68, Elevation 35.92, Doppler -167.59
G[11]: Azimuth -97.55, Elevation 73.82, Doppler -727.41
G[16]: Azimuth 135.34, Elevation 5.14, Doppler 3341.16
G[19]: Azimuth 51.14, Elevation 49.89, Doppler 1504.20
G[20]: Azimuth 176.42, Elevation 13.75, Doppler -3526.44
G[22]: Azimuth 45.86, Elevation 12.15, Doppler 1771.78
G[24]: Azimuth -139.61, Elevation 72.36, Doppler -994.92
G[28]: Azimuth -43.78, Elevation 23.11, Doppler -3128.18
G[32]: Azimuth 148.81, Elevation 24.76, Doppler -2945.00

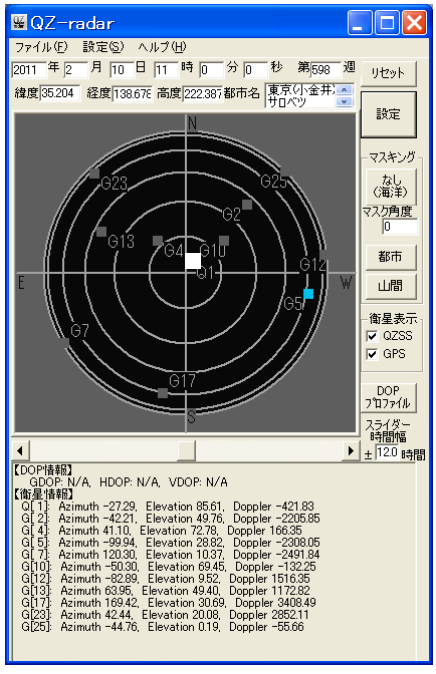

QZ-radar
ファイル(F) 設定(S) ヘルプ(H)
2011 年 2 月 10 日 6 時 0 分 0 秒 第598 週
緯度35.204 経度138.676 高度222.387 都市名 東京(小金井) サロベツ
リセット
設定
マスキング
なし(海洋)
マスク角度 0
都市
山間
衛星表示
QZSS
GPS
DOP プロファイル
スライダー時間幅 ±12.0 時間
【DOP情報】
GDOP: N/A, HDOP: N/A, VDOP: N/A
【衛星情報】
Q[1]: Azimuth -149.17, Elevation 77.93, Doppler 710.48
G[3]: Azimuth 103.17, Elevation 9.37, Doppler 2906.84
G[7]: Azimuth -141.03, Elevation 15.45, Doppler 2944.52
G[8]: Azimuth -109.56, Elevation 26.49, Doppler 2044.77
G[11]: Azimuth 16.02, Elevation 71.58, Doppler 886.43
G[17]: Azimuth -66.16, Elevation 16.04, Doppler -2564.56
G[19]: Azimuth 80.29, Elevation 33.58, Doppler 2015.18
G[20]: Azimuth 167.14, Elevation 39.35, Doppler -3002.74
G[24]: Azimuth 10.69, Elevation 76.44, Doppler 872.50
G[28]: Azimuth -48.73, Elevation 46.58, Doppler -2349.31
G[32]: Azimuth 124.51, Elevation 47.21, Doppler -1465.29

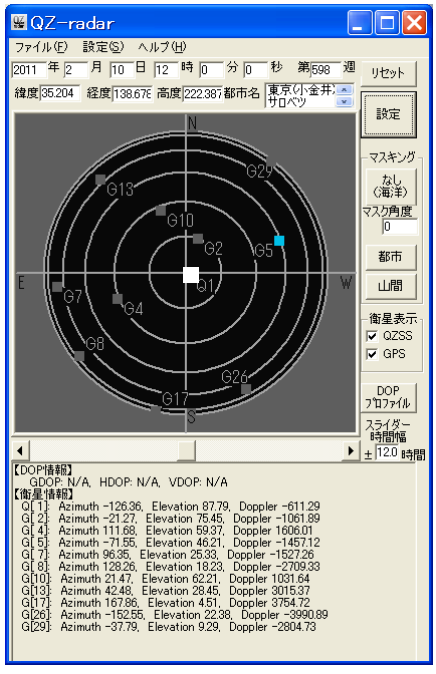
QZ-radar
ファイル(F) 設定(S) ヘルプ(H)
2011 年 2 月 10 日 7 時 0 分 0 秒 第598 週
緯度35.204 経度138.676 高度222.387 都市名 東京(小金井) サロベツ
リセット
設定
マスキング
なし(海洋)
マスク角度 0
都市
山間
衛星表示
QZSS
GPS
DOP プロファイル
スライダー時間幅 ±12.0 時間
【DOP情報】
GDOP: N/A, HDOP: N/A, VDOP: N/A
【衛星情報】
Q[1]: Azimuth -109.07, Elevation 82.34, Doppler 647.33
G[4]: Azimuth -107.88, Elevation 6.50, Doppler -2991.89
G[8]: Azimuth -132.40, Elevation 8.23, Doppler 2896.17
G[11]: Azimuth 52.72, Elevation 50.47, Doppler 1914.84
G[17]: Azimuth -48.97, Elevation 35.44, Doppler -2507.27
G[19]: Azimuth 103.59, Elevation 16.60, Doppler 2545.55
G[20]: Azimuth 142.39, Elevation 66.01, Doppler -1193.83
G[23]: Azimuth 144.55, Elevation 4.30, Doppler -2572.30
G[24]: Azimuth 39.68, Elevation 51.61, Doppler 1996.05
G[29]: Azimuth -89.01, Elevation 62.44, Doppler -473.19
G[32]: Azimuth 77.68, Elevation 54.13, Doppler 855.61

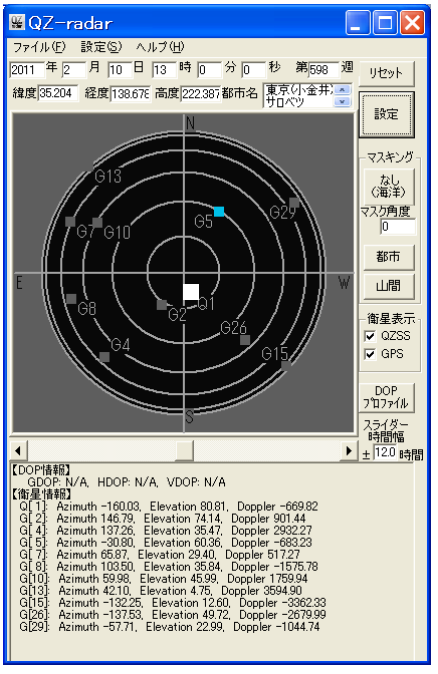

QZ-radar
ファイル(F) 設定(S) ヘルプ(H)
2011 年 2 月 10 日 8 時 0 分 0 秒 第598 週
緯度35.204 経度138.676 高度222.387 都市名 東京(小金井) サロベツ
リセット
設定
マスキング
なし(海洋)
マスク角度 0
都市
山間
衛星表示
QZSS
GPS
DOP プロファイル
スライダー時間幅 ±12.0 時間
【DOP情報】
GDOP: N/A, HDOP: N/A, VDOP: N/A
【衛星情報】
Q[1]: Azimuth -64.73, Elevation 82.50, Doppler 452.36
G[4]: Azimuth -87.22, Elevation 24.56, Doppler -2408.62
G[10]: Azimuth -145.74, Elevation 5.81, Doppler -3890.56
G[11]: Azimuth 75.63, Elevation 31.07, Doppler 2465.18
G[13]: Azimuth 155.86, Elevation 7.16, Doppler -3156.50
G[17]: Azimuth -34.80, Elevation 59.32, Doppler -1851.30
G[20]: Azimuth 63.18, Elevation 66.03, Doppler 1080.36
G[23]: Azimuth 125.56, Elevation 22.59, Doppler -2520.13
G[24]: Azimuth 59.25, Elevation 30.72, Doppler 2394.10
G[28]: Azimuth -139.01, Elevation 48.57, Doppler 1754.87
G[32]: Azimuth 48.13, Elevation 36.88, Doppler 2711.11

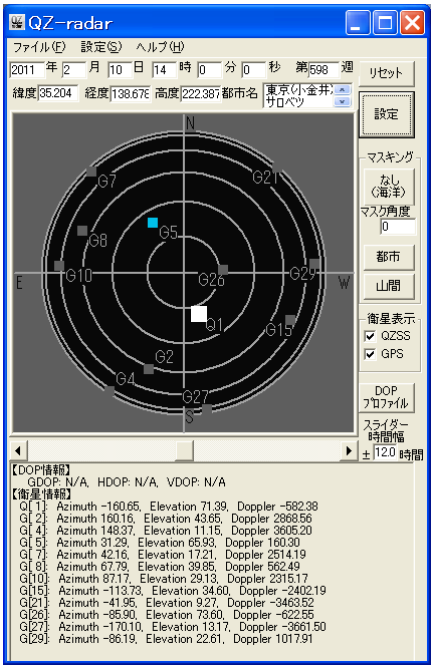

QZ-radar
ファイル(F) 設定(S) ヘルプ(H)
2011 年 2 月 10 日 9 時 0 分 0 秒 第598 週
緯度35.204 経度138.676 高度222.387 都市名 東京(小金井) サロベツ
リセット
設定
マスキング
なし(海洋)
マスク角度 0
都市
山間
衛星表示
QZSS
GPS
DOP プロファイル
スライダー時間幅 ±12.0 時間
【DOP情報】
GDOP: N/A, HDOP: N/A, VDOP: N/A
【衛星情報】
Q[1]: Azimuth -39.91, Elevation 81.79, Doppler 169.59
G[2]: Azimuth -78.70, Elevation 11.16, Doppler -2557.29
G[4]: Azimuth -62.10, Elevation 42.57, Doppler -1747.81
G[10]: Azimuth -134.26, Elevation 30.12, Doppler -3180.04
G[11]: Azimuth 95.43, Elevation 13.32, Doppler 2797.42
G[12]: Azimuth -35.20, Elevation 5.42, Doppler -2197.21
G[13]: Azimuth 139.51, Elevation 29.14, Doppler -2967.79
G[17]: Azimuth -98.02, Elevation 87.97, Doppler -270.86
G[20]: Azimuth 46.40, Elevation 40.85, Doppler 2656.97
G[23]: Azimuth 98.08, Elevation 38.06, Doppler -1101.48
G[24]: Azimuth 78.92, Elevation 13.15, Doppler 2480.86
G[28]: Azimuth -158.10, Elevation 23.03, Doppler 3092.92
G[32]: Azimuth 44.11, Elevation 14.09, Doppler 3397.84

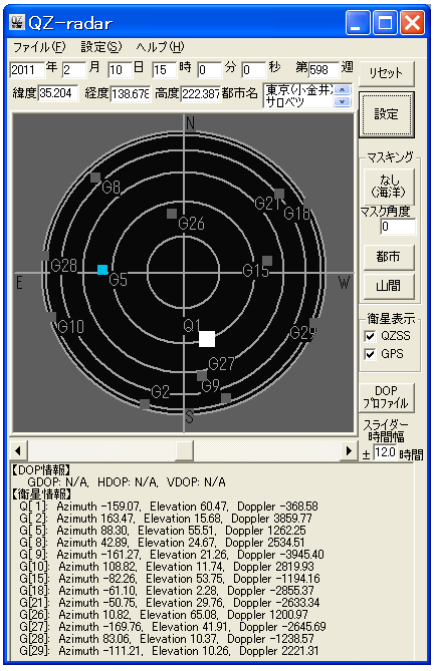

QZ-radar
ファイル(F) 設定(S) ヘルプ(H)
2011 年 2 月 10 日 10 時 0 分 0 秒 第598 週
緯度35.204 経度138.676 高度222.387 都市名 東京(小金井) サロベツ
リセット
設定
マスキング
なし(海洋)
マスク角度 0
都市
山間
衛星表示
QZSS
GPS
DOP プロファイル
スライダー時間幅 ±12.0 時間
【DOP情報】
GDOP: N/A, HDOP: N/A, VDOP: N/A
【衛星情報】
Q[1]: Azimuth -27.58, Elevation 82.64, Doppler -142.60
G[2]: Azimuth -59.98, Elevation 28.67, Doppler -2556.64
G[4]: Azimuth -28.47, Elevation 60.78, Doppler -955.94
G[5]: Azimuth -120.39, Elevation 9.48, Doppler -3082.59
G[10]: Azimuth -109.44, Elevation 54.09, Doppler -1714.82
G[12]: Azimuth -57.31, Elevation 14.00, Doppler -255.29
G[13]: Azimuth 110.60, Elevation 49.51, Doppler -1284.29
G[17]: Azimuth 166.39, Elevation 60.81, Doppler 1835.23
G[20]: Azimuth 52.47, Elevation 17.19, Doppler 3172.62
G[23]: Azimuth 62.83, Elevation 37.48, Doppler 1091.80
G[28]: Azimuth -171.75, Elevation 0.49, Doppler 3011.87

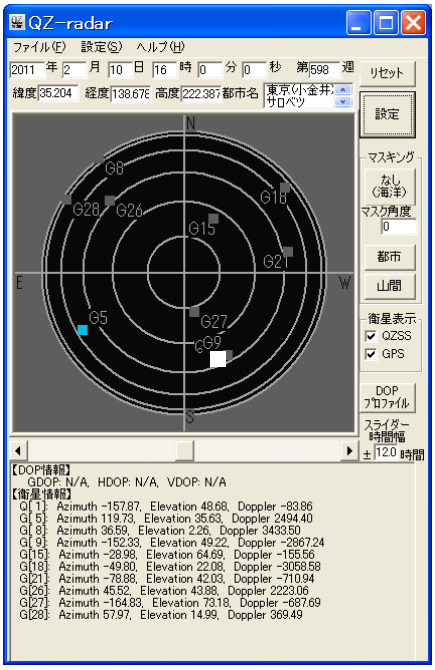

QZ-radar
ファイル(F) 設定(S) ヘルプ(H)
2011 年 2 月 10 日 11 時 0 分 0 秒 第598 週
緯度35.204 経度138.676 高度222.387 都市名 東京(小金井) サロベツ
リセット
設定
マスキング
なし(海洋)
マスク角度 0
都市
山間
衛星表示
QZSS
GPS
DOP プロファイル
スライダー時間幅 ±12.0 時間
【DOP情報】
GDOP: N/A, HDOP: N/A, VDOP: N/A
【衛星情報】
Q[1]: Azimuth -27.29, Elevation 85.61, Doppler -421.83
G[2]: Azimuth -42.21, Elevation 49.76, Doppler -2205.85
G[4]: Azimuth 41.10, Elevation 72.78, Doppler 166.35
G[5]: Azimuth -99.94, Elevation 28.82, Doppler -2308.05
G[7]: Azimuth 120.30, Elevation 10.37, Doppler -2491.84
G[10]: Azimuth -50.30, Elevation 69.45, Doppler -132.25
G[12]: Azimuth -82.89, Elevation 9.52, Doppler 1516.35
G[13]: Azimuth 63.95, Elevation 49.40, Doppler 1172.82
G[17]: Azimuth 169.42, Elevation 30.69, Doppler 3408.49
G[23]: Azimuth 42.44, Elevation 20.08, Doppler 2852.11
G[25]: Azimuth -44.76, Elevation 0.19, Doppler -55.66


QZ-radar
ファイル(F) 設定(S) ヘルプ(H)
2011 年 2 月 10 日 12 時 0 分 0 秒 第598 週
緯度35.204 経度138.676 高度222.387 都市名 東京(小金井) サロベツ
リセット
設定
マスキング
なし(海洋)
マスク角度 0
都市
山間
衛星表示
QZSS
GPS
DOP プロファイル
スライダー時間幅 ±12.0 時間
【DOP情報】
GDOP: N/A, HDOP: N/A, VDOP: N/A
【衛星情報】
Q[1]: Azimuth -126.36, Elevation 87.79, Doppler -611.29
G[2]: Azimuth -21.27, Elevation 75.45, Doppler -1061.89
G[4]: Azimuth 111.68, Elevation 59.37, Doppler 1606.01
G[5]: Azimuth -71.55, Elevation 46.21, Doppler -1457.12
G[7]: Azimuth 96.35, Elevation 25.33, Doppler -1527.26
G[8]: Azimuth 128.26, Elevation 18.23, Doppler -2709.33
G[10]: Azimuth 21.47, Elevation 62.21, Doppler 1031.64
G[13]: Azimuth 42.48, Elevation 28.45, Doppler 3015.37
G[17]: Azimuth 167.86, Elevation 4.51, Doppler 3754.72
G[26]: Azimuth -152.55, Elevation 22.38, Doppler -3990.89
G[29]: Azimuth -37.79, Elevation 9.29, Doppler -2804.73


QZ-radar
ファイル(F) 設定(S) ヘルプ(H)
2011 年 2 月 10 日 13 時 0 分 0 秒 第598 週
緯度35.204 経度138.676 高度222.387 都市名 東京(小金井) サロベツ
リセット
設定
マスキング
なし(海洋)
マスク角度 0
都市
山間
衛星表示
QZSS
GPS
DOP プロファイル
スライダー時間幅 ±12.0 時間
【DOP情報】
GDOP: N/A, HDOP: N/A, VDOP: N/A
【衛星情報】
Q[1]: Azimuth -160.03, Elevation 80.81, Doppler -669.82
G[2]: Azimuth 146.79, Elevation 74.14, Doppler 901.44
G[4]: Azimuth 137.26, Elevation 35.47, Doppler 2932.27
G[5]: Azimuth -30.80, Elevation 60.36, Doppler -683.23
G[7]: Azimuth 65.67, Elevation 29.40, Doppler 517.27
G[8]: Azimuth 103.50, Elevation 35.84, Doppler -1575.78
G[10]: Azimuth 59.98, Elevation 45.99, Doppler 1759.94
G[13]: Azimuth 42.10, Elevation 4.75, Doppler 3594.90
G[15]: Azimuth -132.25, Elevation 12.60, Doppler -3362.33
G[26]: Azimuth -137.53, Elevation 49.72, Doppler -2679.99
G[29]: Azimuth -57.71, Elevation 22.99, Doppler -1044.74


QZ-radar
ファイル(F) 設定(S) ヘルプ(H)
2011 年 2 月 10 日 14 時 0 分 0 秒 第598 週
リセット
緯度35.204 経度138.676 高度222.387 都市名 東京(小金井) サロベツ
設定
マスキング
なし(海洋)
マスク角度 0
都市
山間
衛星表示
QZSS
GPS
DOP プロファイル
スライダー時間幅 ±12.0 時間
【DOP情報】
GDOP: N/A, HDOP: N/A, VDOP: N/A
【衛星情報】
Q[1]: Azimuth -160.65, Elevation 71.39, Doppler -582.38
G[2]: Azimuth 160.16, Elevation 43.65, Doppler 2868.56
G[4]: Azimuth 148.37, Elevation 11.15, Doppler 3605.20
G[5]: Azimuth 31.29, Elevation 65.93, Doppler 160.30
G[7]: Azimuth 42.16, Elevation 17.21, Doppler 2514.19
G[8]: Azimuth 67.79, Elevation 39.85, Doppler 562.49
G[10]: Azimuth 87.17, Elevation 29.13, Doppler 2315.17
G[15]: Azimuth -113.73, Elevation 34.60, Doppler -2402.19
G[21]: Azimuth -41.95, Elevation 9.27, Doppler -3463.52
G[26]: Azimuth -85.90, Elevation 73.60, Doppler -622.55
G[27]: Azimuth -170.10, Elevation 13.17, Doppler -3661.50
G[29]: Azimuth -86.19, Elevation 22.61, Doppler 1017.91


QZ-radar
ファイル(F) 設定(S) ヘルプ(H)
2011 年 2 月 10 日 15 時 0 分 0 秒 第598 週
リセット
緯度35.204 経度138.676 高度222.387 都市名 東京(小金井) サロベツ
設定
マスキング
なし(海洋)
マスク角度 0
都市
山間
衛星表示
QZSS
GPS
DOP プロファイル
スライダー時間幅 ±12.0 時間
【DOP情報】
GDOP: N/A, HDOP: N/A, VDOP: N/A
【衛星情報】
Q[1]: Azimuth -159.07, Elevation 60.47, Doppler -368.58
G[2]: Azimuth 163.47, Elevation 15.68, Doppler 3859.77
G[5]: Azimuth 88.30, Elevation 55.51, Doppler 1262.25
G[8]: Azimuth 42.89, Elevation 24.67, Doppler 2534.51
G[9]: Azimuth -161.27, Elevation 21.26, Doppler -3945.40
G[10]: Azimuth 108.82, Elevation 11.74, Doppler 2819.93
G[15]: Azimuth -82.26, Elevation 53.75, Doppler -1194.16
G[18]: Azimuth -61.10, Elevation 2.28, Doppler -2855.37
G[21]: Azimuth -50.75, Elevation 29.76, Doppler -2633.34
G[26]: Azimuth 10.82, Elevation 65.08, Doppler 1200.97
G[27]: Azimuth -169.76, Elevation 41.91, Doppler -2645.69
G[28]: Azimuth 83.06, Elevation 10.37, Doppler -1238.57
G[29]: Azimuth -111.21, Elevation 10.26, Doppler 2221.31


QZ-radar
ファイル(F) 設定(S) ヘルプ(H)
2011 年 2 月 10 日 16 時 0 分 0 秒 第598 週
リセット
緯度35.204 経度138.676 高度222.387 都市名 東京(小金井) サロベツ
設定
マスキング
なし(海洋)
マスク角度 0
都市
山間
衛星表示
QZSS
GPS
DOP プロファイル
スライダー時間幅 ±12.0 時間
【DOP情報】
GDOP: N/A, HDOP: N/A, VDOP: N/A
【衛星情報】
Q[1]: Azimuth -157.87, Elevation 48.68, Doppler -83.86
G[5]: Azimuth 119.73, Elevation 35.63, Doppler 2494.40
G[8]: Azimuth 36.59, Elevation 2.26, Doppler 3433.50
G[9]: Azimuth -152.33, Elevation 49.22, Doppler -2867.24
G[15]: Azimuth -28.98, Elevation 64.69, Doppler -155.56
G[18]: Azimuth -49.80, Elevation 22.08, Doppler -3058.59
G[21]: Azimuth -78.88, Elevation 42.03, Doppler -710.94
G[26]: Azimuth 45.52, Elevation 43.88, Doppler 2223.06
G[27]: Azimuth -164.83, Elevation 73.18, Doppler -687.69
G[28]: Azimuth 57.97, Elevation 14.99, Doppler 369.49

③結果

・受信状況（X、Y） 2/ 9 16:47～17:59 ： 図7-3-1
・受信状況（X、Y） 2/ 9 18:00～23:59 ： 図7-3-2
・受信状況（X、Y） 2/10 00:00～05:59 ： 図7-3-3
・受信状況（X、Y） 2/10 06:00～11:59 ： 図7-3-4
・受信状況（X、Y） 2/10 12:00～15:13 ： 図7-3-5
・Z座標の挙動 ： 図7-3-6 ここまで、Fix データを利用して作図。
・X座標の 24 時間推移 ： 図7-3-7
・Y座標の 24 時間推移 ： 図7-3-8
・Z座標の 24 時間推移 ： 図7-3-9
・X座標の 24 時間推移（平均値付近） ： 図7-3-10
・Y座標の 24 時間推移（平均値付近） ： 図7-3-11
・Z座標の 24 時間推移（平均値付近） ： 図7-3-12
・GNSS 測位モード（フラグ）の推移、24 時間 ： 図7-3-13
・GNSS 測位モード（フラグ）の統計値、24 時間 ： 図7-3-14 ここまで、全取得データを利用して作図。

④考察

・みちびきの衛星高度（仰角）が低くなっても、LEX 信号を受信できている限りは、RTK 演算を実行していることが分かった。しかし、衛星高度が低い時間帯には、例えば、X座標の 24 時間推移（平均値付近）（図7-3-9）でも明確なように、データのバラツキが顕著であり、正確な演算結果を示していないと考えられる。

・既設点と、T9 での 24 時間観測における LEX 信号受信による RTK 測位結果の較差は、南北方向 22cm、東西方向 13cm 程度となり、電子基準点におけるセミ・ダイナミック補正の有無による差が確認できている。これは T9 における短時間の観測結果とも迎合している。

・24 時間観測（以下、2/ 9 18:00～2/10 15:13 の時間帯を言う）における

X座標の標準偏差の平均は、7mm となった。

Y座標の標準偏差の平均は、5mm となった。

Z座標の標準偏差の平均は、15mm となった。

・24 時間観測（以下、2/ 9 18:00～2/10 15:13 の時間帯を言う）における

GNSS 測位モードは、Fix データが 3/4 を占めている。（低仰角の場合も含む）

・2/9 22:00 ～ 2/10 6:30 の時間帯において、およそ 1.5 時間毎に、X、Y座標が大きくばらつく状況が確認できる。取得データだけではその原因を探ることは困難である。

・Z座標は 24 時間観測全体を通じて、平均値に対してとてもバラツキが大きいことが見て取れる。衛星高度が高い午前 4 時以降 15 時までは、それ以外の時間と比較してバラツキは小さいように見える。また、±10cm 程度の範囲内で大きな周期で変化しているように見える。

LEXR受信機精度確認結果

測定日　平成23年2月9日
測定場所　施工技術総合研究所(静岡県富士市)
測定時間　16:47～17:59
有効サンプル　3873　Fixデータのみ

使用機器　GPS受信機　LEXR(1Hz:同期設定)

測定点　T-9(暫定:平均ポイント)

平面直角座標　8系	
X	-88,280.112
Y	16,174.077
Z	220.460

※世界測地系

アンテナ高

1.025

精度確認結果

	X	Y	Z	ΔX	ΔY	ΔZ
最大値	-88280.332	16173.966	221.536			
最小値	-88280.357	16173.942	221.448			
平均	-88280.344	16173.955	221.501	-0.232	-0.122	0.016
標準偏差	0.006	0.005	0.018			

※世界測地系

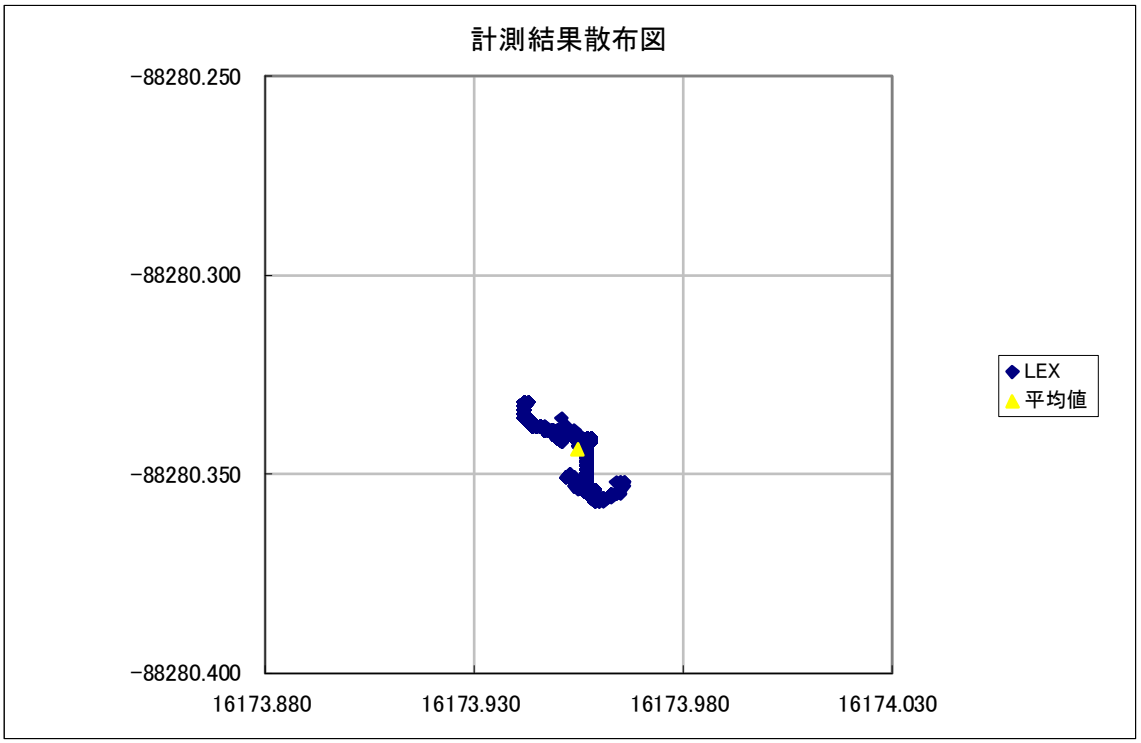


図7-3-1　受信状況(X、Y)　2/ 9 16:47～17:59

LEXR受信機精度確認結果

測定日　平成23年2月9日
測定場所　施工技術総合研究所(静岡県富士市)
測定時間　18:00～23:59
有効サンプル　17234　Fixデータのみ

使用機器　GPS受信機　LEXR(1Hz:同期設定)

測定点　T-9(暫定:平均ポイント)

平面直角座標　8系	
X	-88,280.112
Y	16,174.077
Z	220.460

※世界測地系

アンテナ高

1.025

精度確認結果

	X	Y	Z	ΔX	ΔY	ΔZ
最大値	-88280.307	16173.966	221.616			
最小値	-88280.360	16173.916	221.457			
平均	-88280.333	16173.951	221.522	-0.221	-0.126	0.037
標準偏差	0.008	0.007	0.024			

※世界測地系

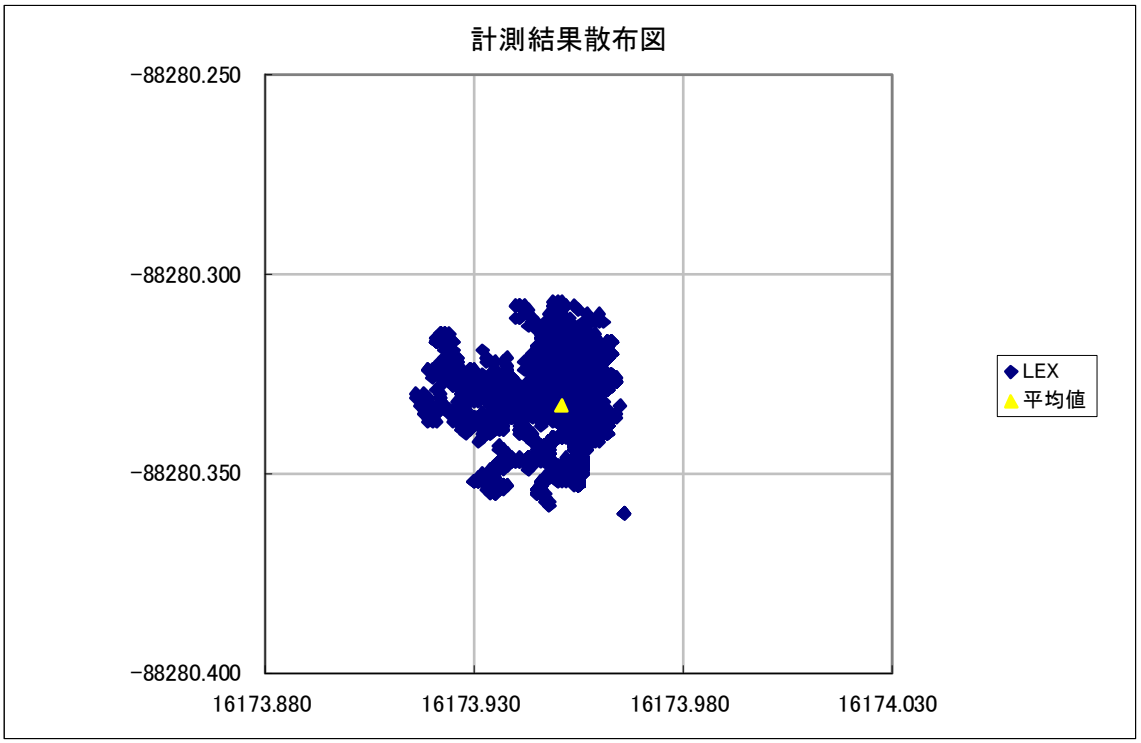


図7-3-2　受信状況(X、Y)　2/ 9 18:00～23:59

LEXR受信機精度確認結果

測定日　平成23年2月10日
測定場所　施工技術総合研究所(静岡県富士市)
測定時間　00:00～05:59
有効サンプル　11854　Fixデータのみ

使用機器　GPS受信機　LEXR(1Hz:同期設定)

測定点　T-9(暫定:平均ポイント)

平面直角座標　8系	
X	-88,280.112
Y	16,174.077
Z	220.460

※世界測地系

アンテナ高

1.025

精度確認結果

	X	Y	Z	ΔX	ΔY	ΔZ
最大値	-88280.284	16173.966	221.615			
最小値	-88280.369	16173.930	221.454			
平均	-88280.333	16173.946	221.550	-0.221	-0.131	0.065
標準偏差	0.010	0.006	0.021			

※世界測地系

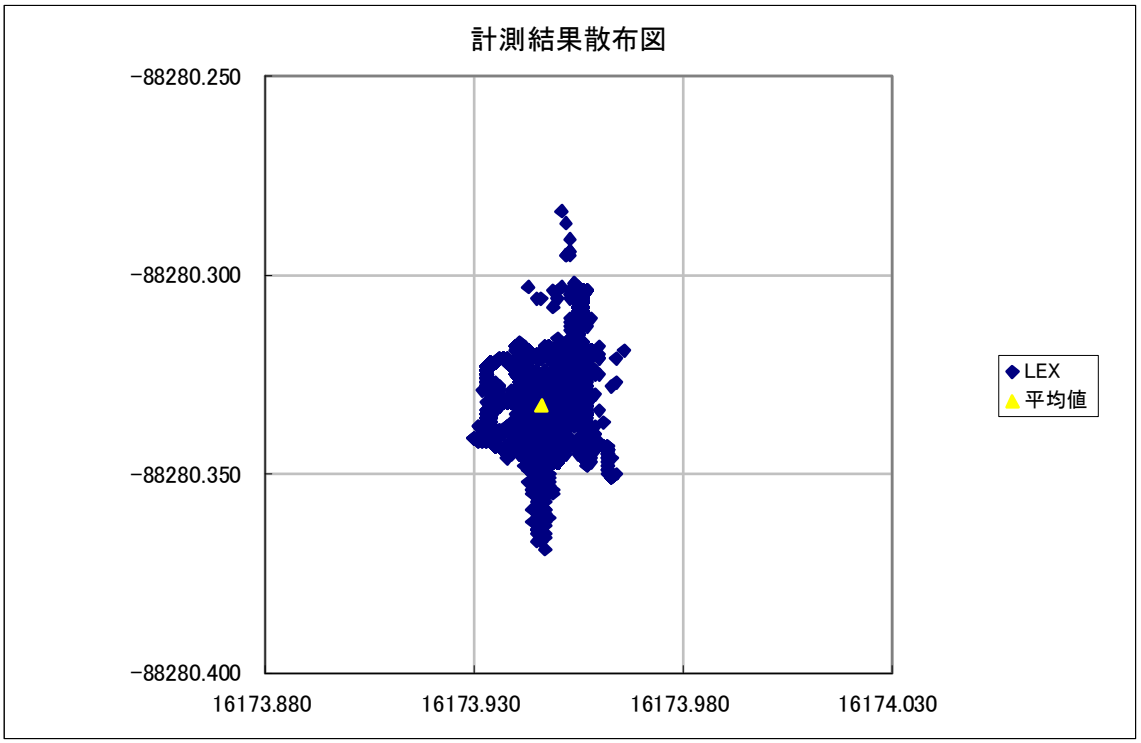


図7-3-3　受信状況(X、Y)　2/10 00:00～05:59

LEXR受信機精度確認結果

測定日　平成23年2月10日
測定場所　施工技術総合研究所(静岡県富士市)
測定時間　06:00～11:59
有効サンプル　17544　Fixデータのみ

使用機器　GPS受信機　LEXR(1Hz:同期設定)

測定点　T-9(暫定:平均ポイント)

平面直角座標　8系	
X	-88,280.112
Y	16,174.077
Z	220.460

※世界測地系

アンテナ高

1.025

精度確認結果

	X	Y	Z	ΔX	ΔY	ΔZ
最大値	-88280.300	16173.981	221.639			
最小値	-88280.364	16173.936	221.352			
平均	-88280.329	16173.950	221.520	-0.218	-0.127	0.035
標準偏差	0.008	0.004	0.019			

※世界測地系

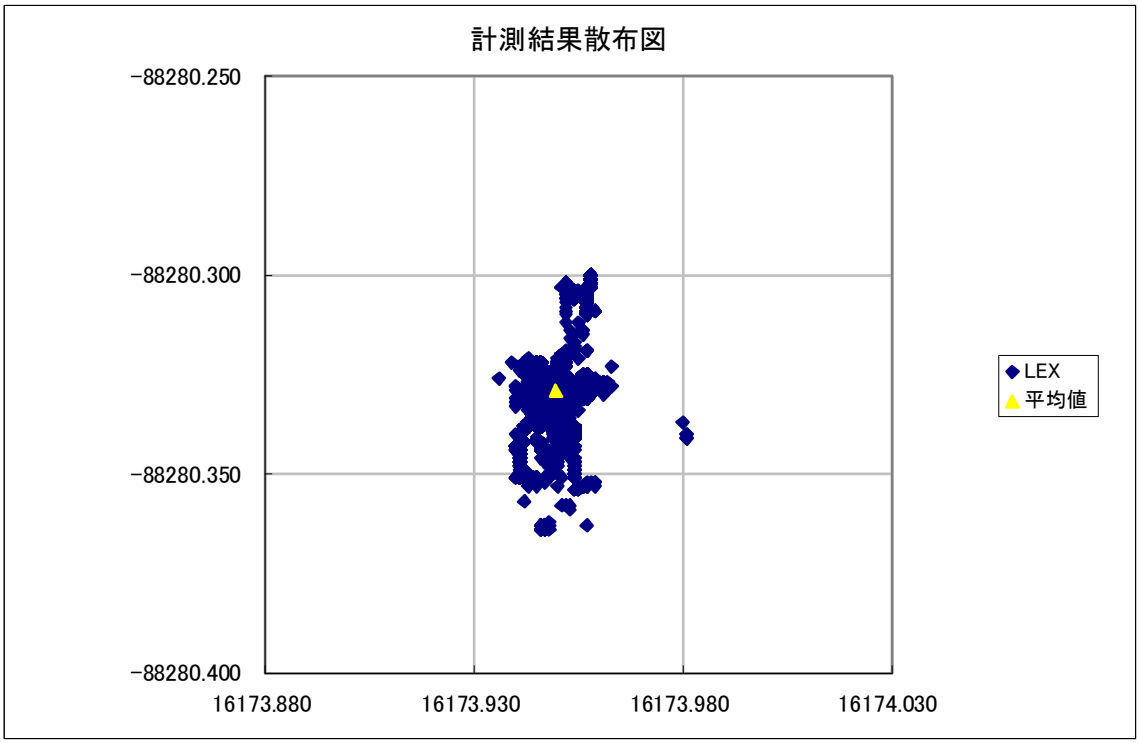


図7-3-4　受信状況(X、Y)　2/10 06:00～11:59

LEXR受信機精度確認結果

測定日　平成23年2月10日
測定場所　施工技術総合研究所(静岡県富士市)
測定時間　12:00～15:13
有効サンプル　11854　Fixデータのみ

使用機器　GPS受信機　LEXR(1Hz:同期設定)

測定点　T-9(暫定:平均ポイント)

平面直角座標　8系	
X	-88,280.112
Y	16,174.077
Z	220.460

※世界測地系

アンテナ高

1.025

精度確認結果

	X	Y	Z	ΔX	ΔY	ΔZ
最大値	-88280.312	16173.958	221.558			
最小値	-88280.344	16173.934	221.454			
平均	-88280.330	16173.945	221.514	-0.219	-0.132	0.029
標準偏差	0.005	0.003	0.010			

※世界測地系

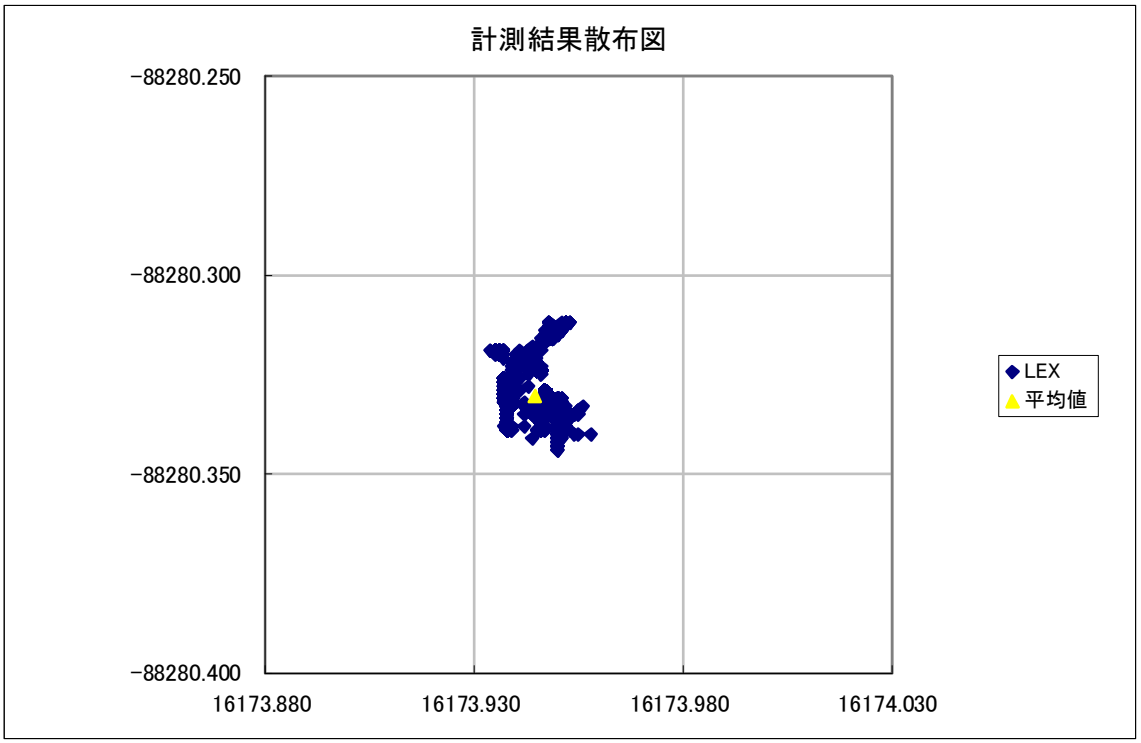
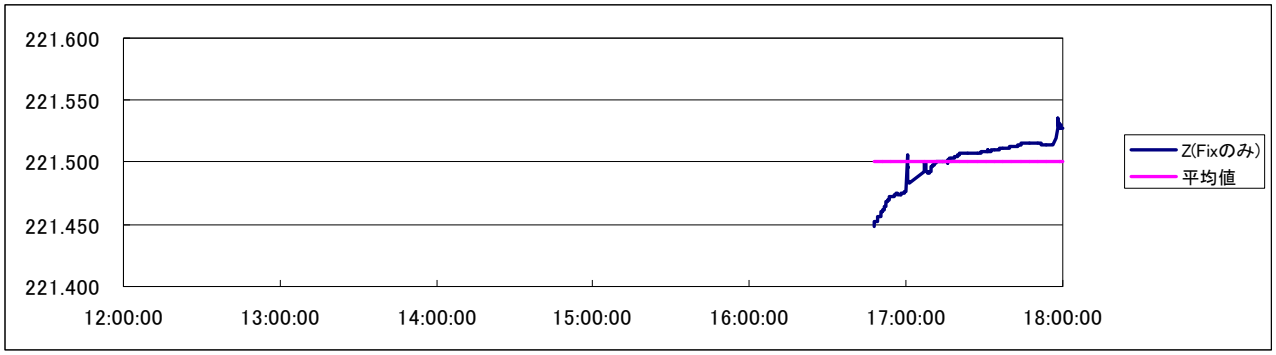
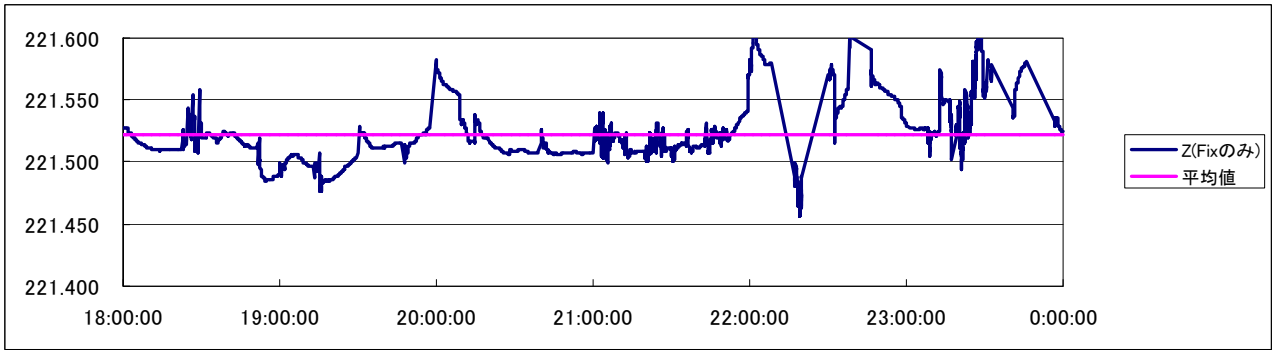
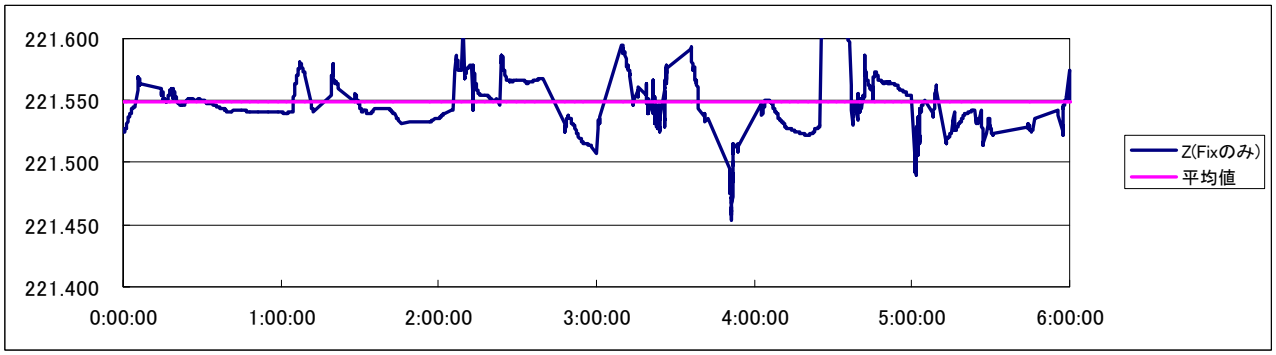
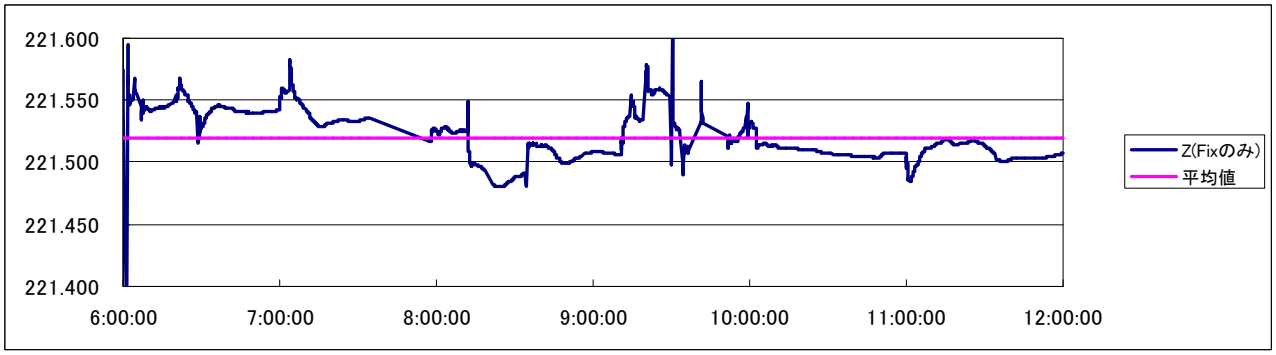


図7-3-5　受信状況(X、Y)　2/10 12:00～15:13









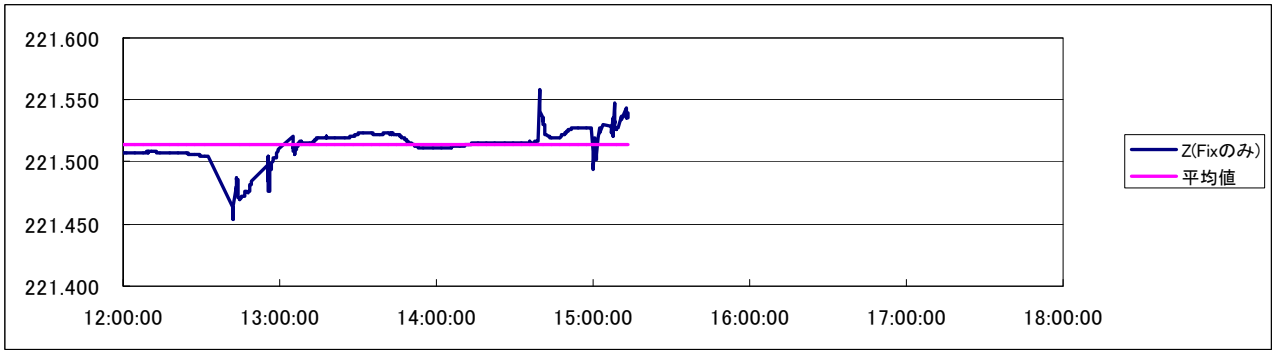
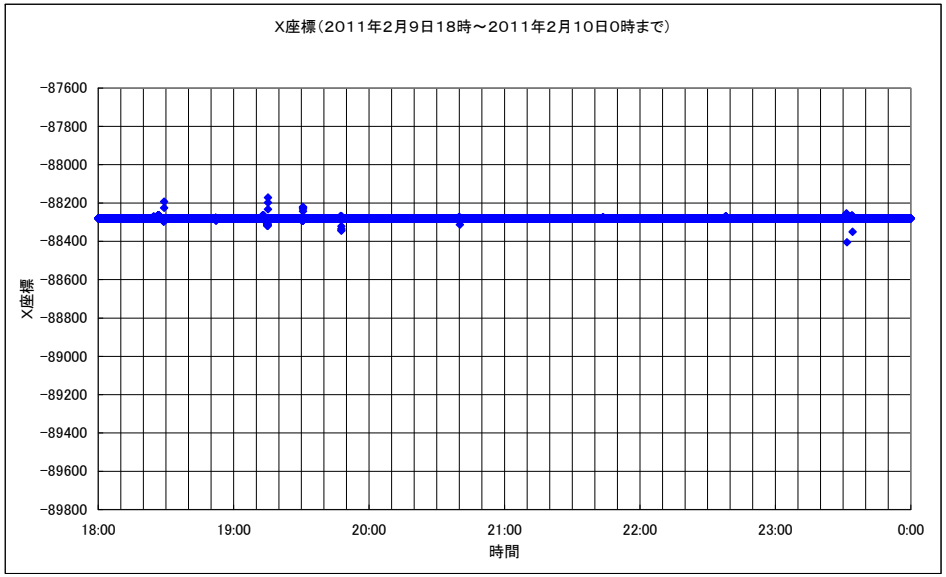
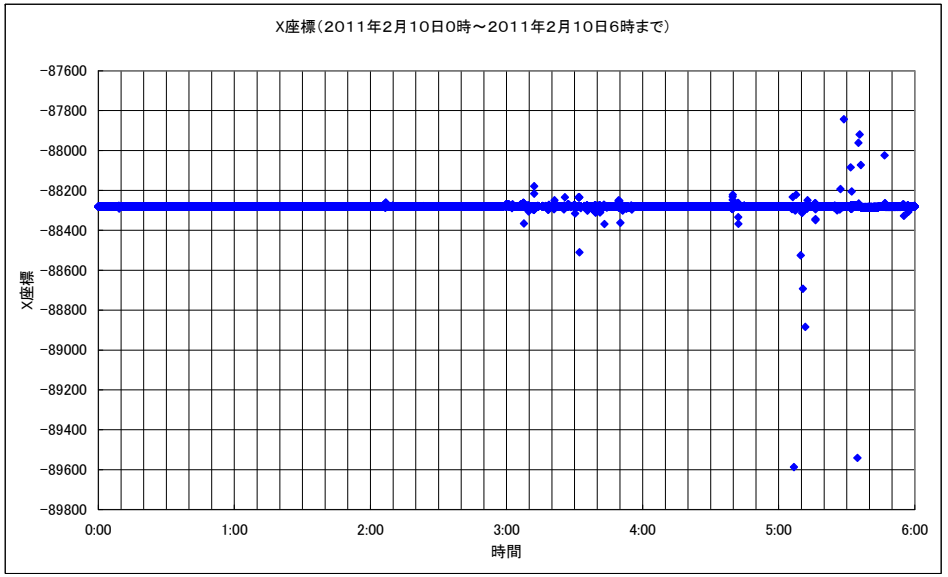
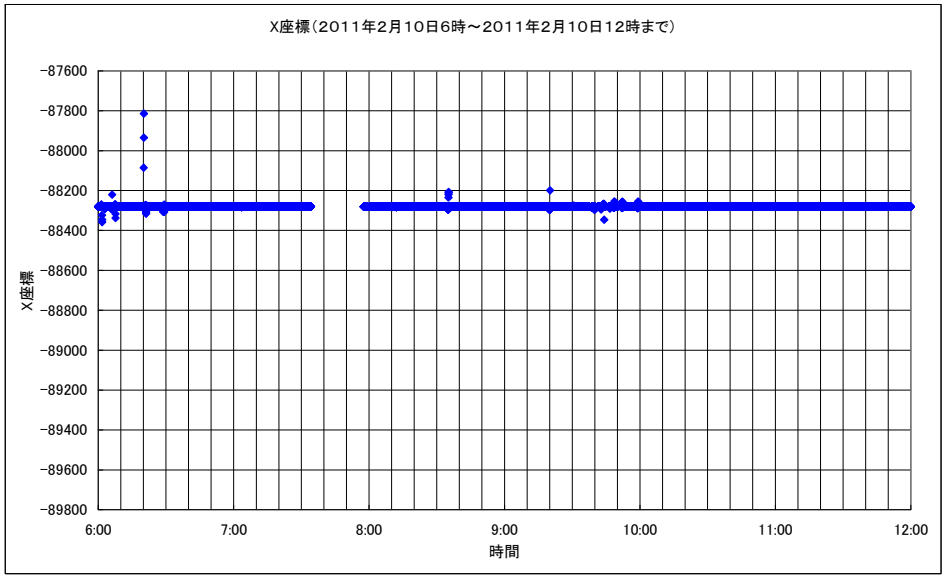


図7-3-6　Z座標の挙動（平均値は当該グラフごとの数値）







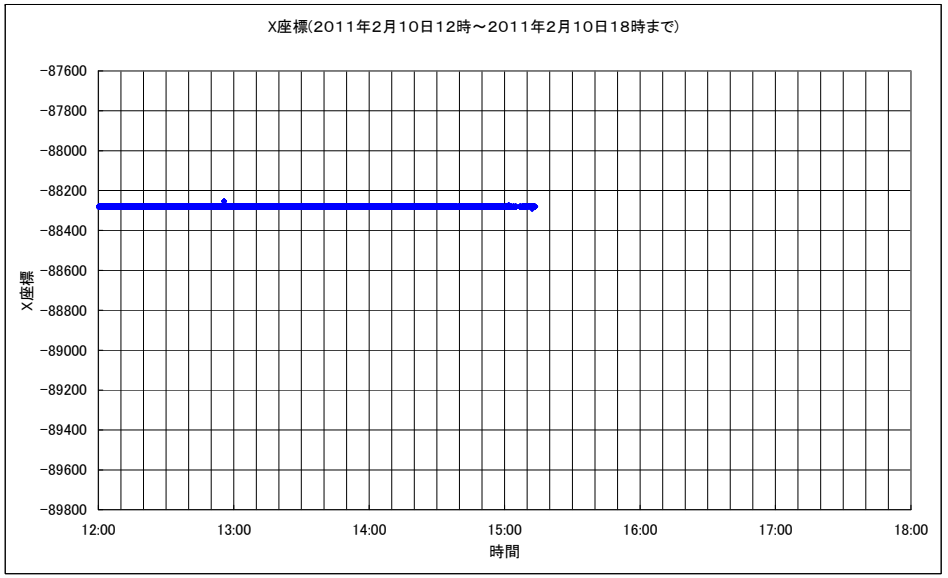
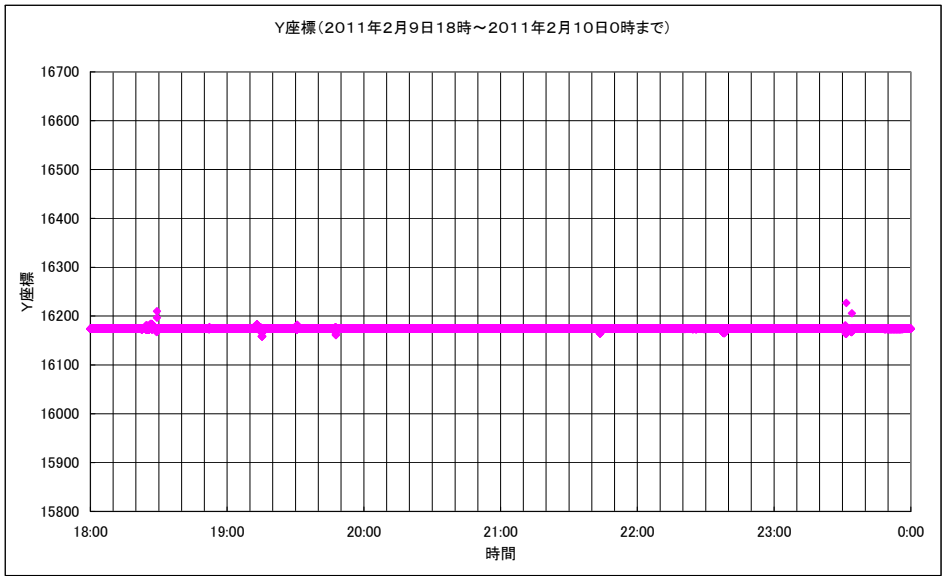
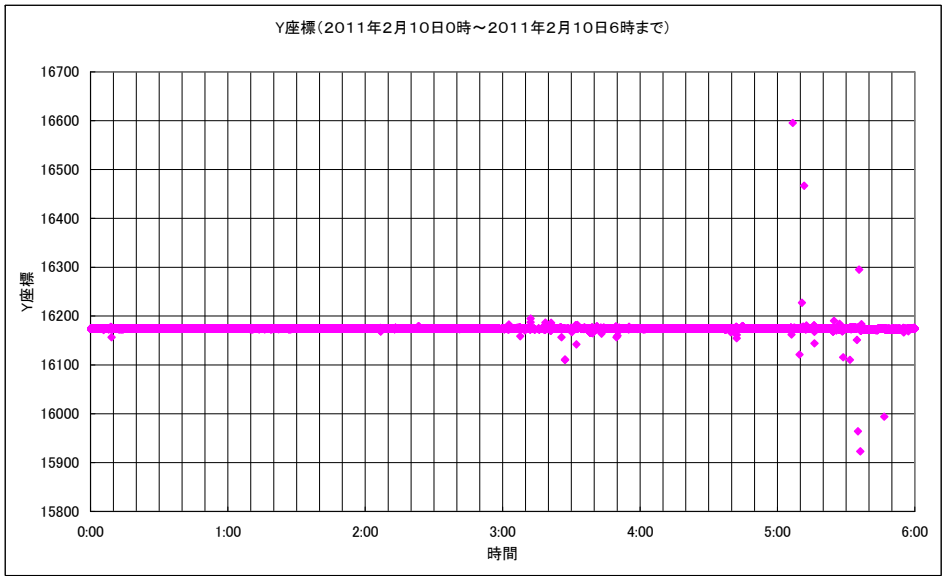
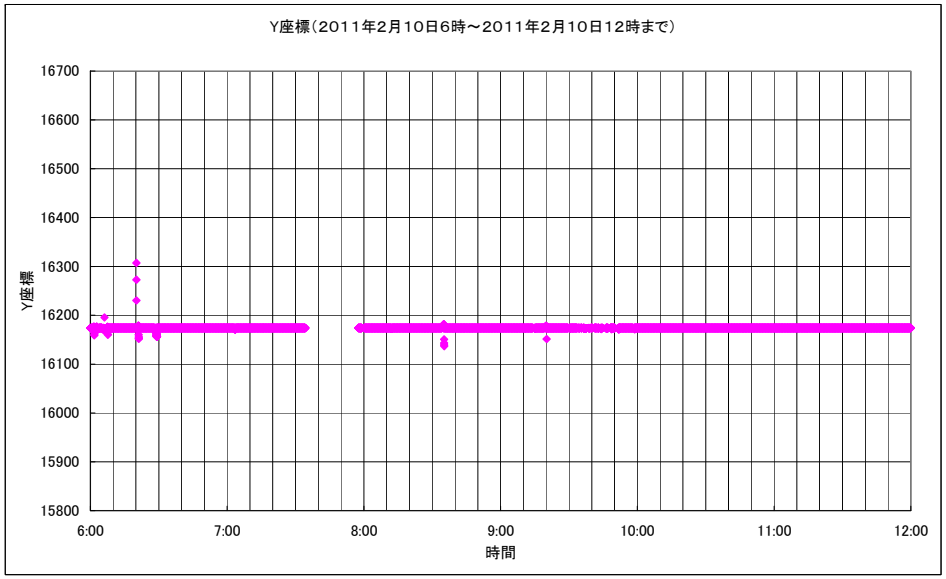


図7-3-7 X座標の 24 時間推移







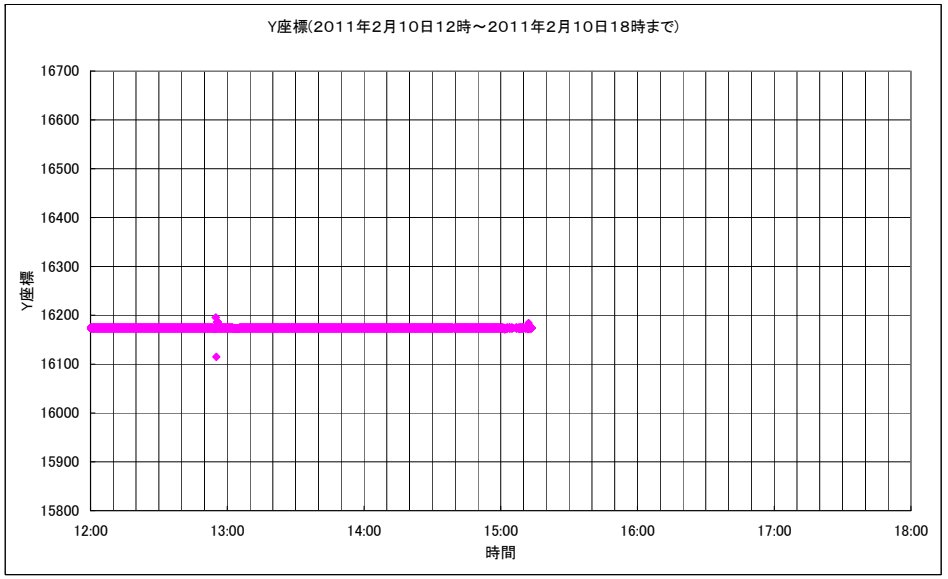


図7-3-8 Y座標の 24 時間推移

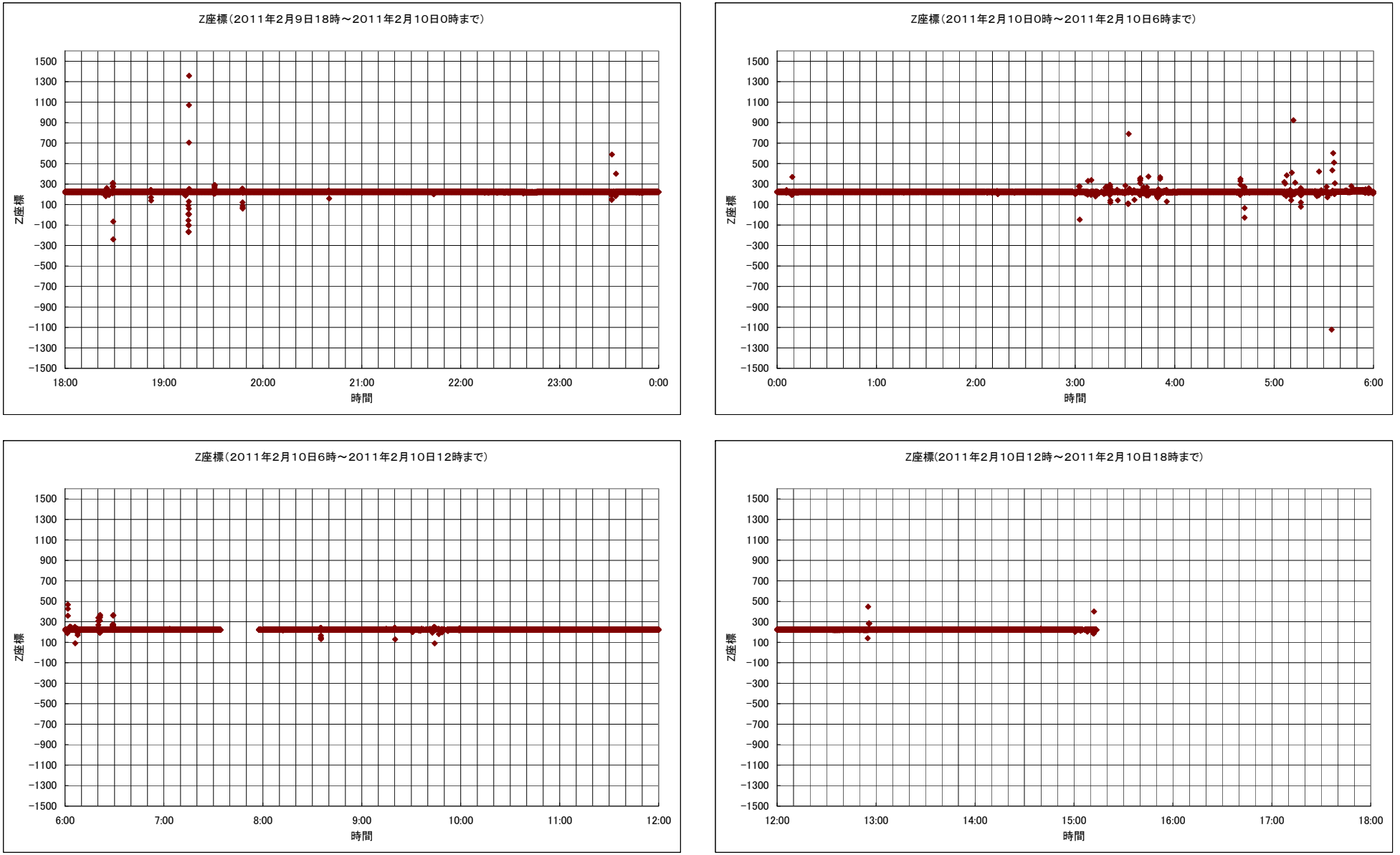


図7-3-9 Z座標の 24 時間推移

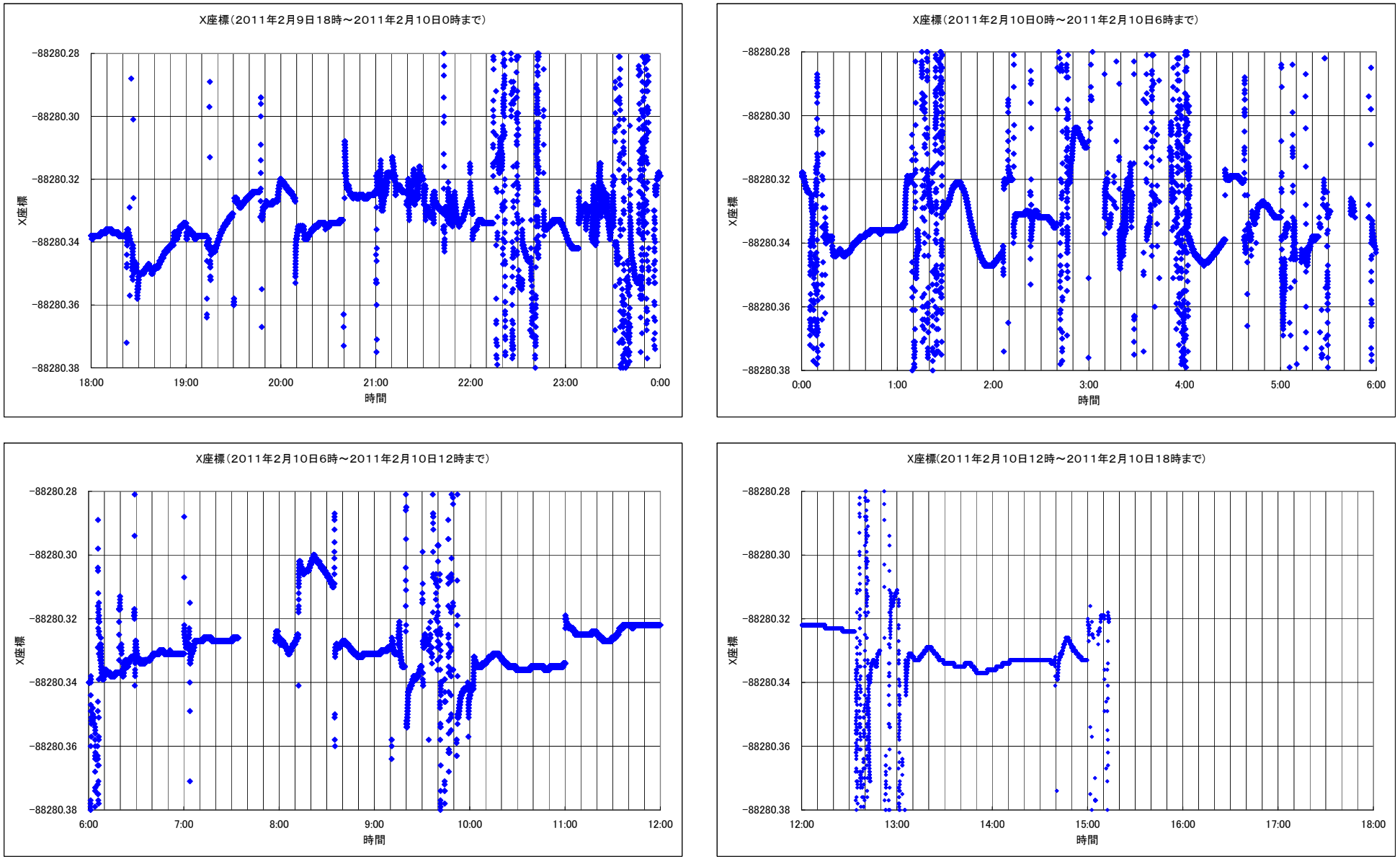
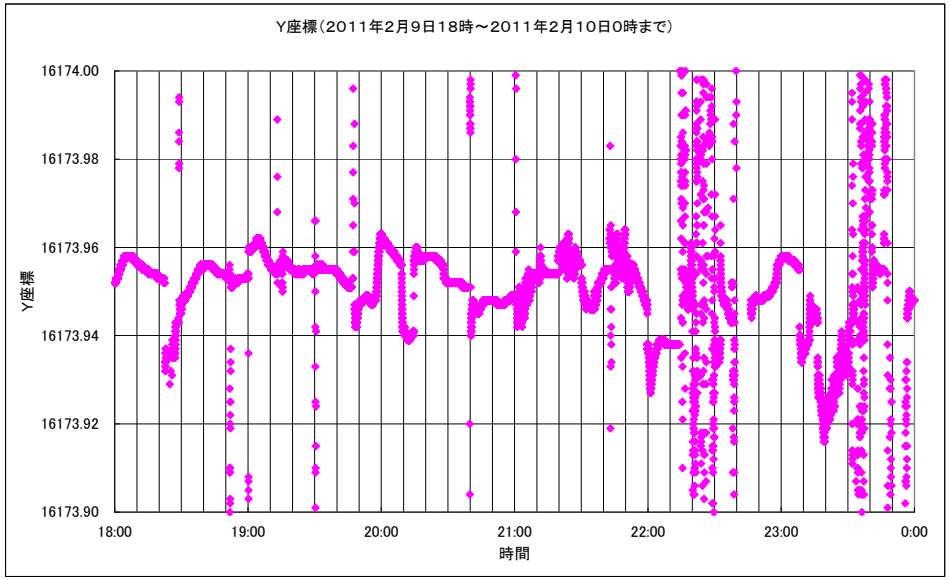
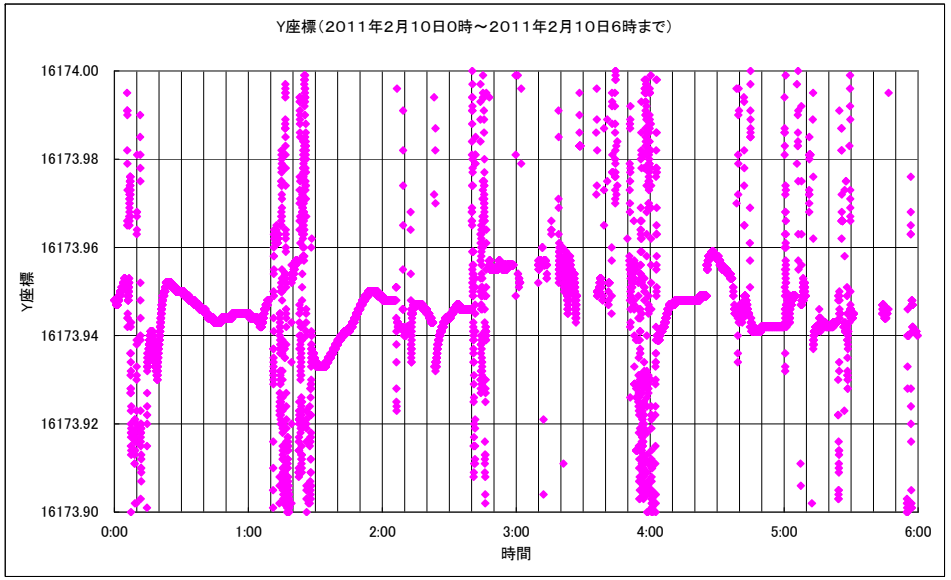
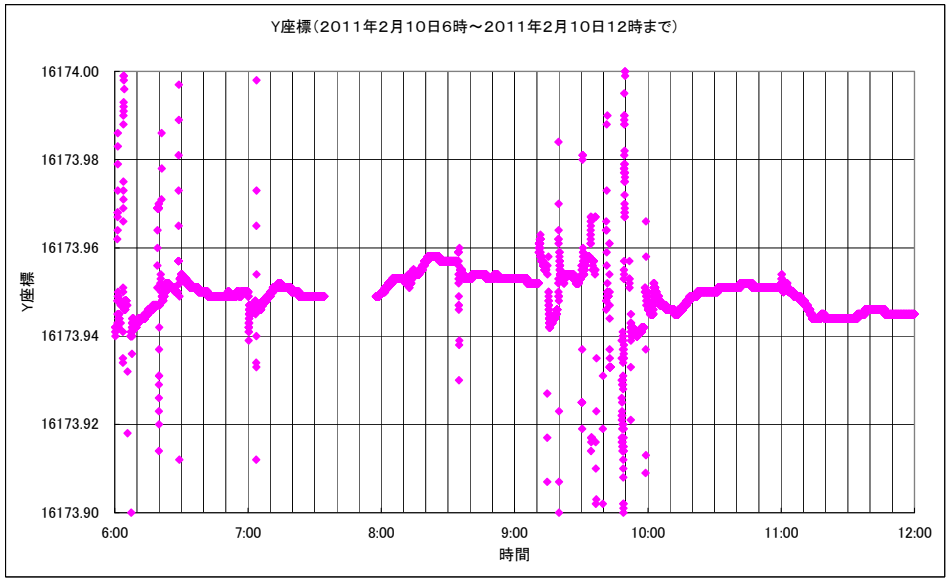


図7-3-10 X座標の 24 時間推移（平均値付近）







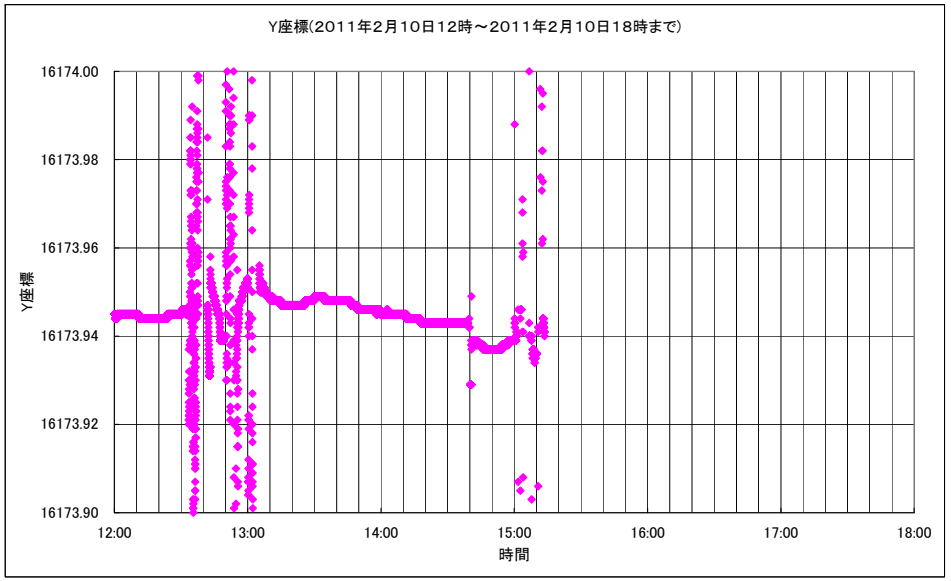
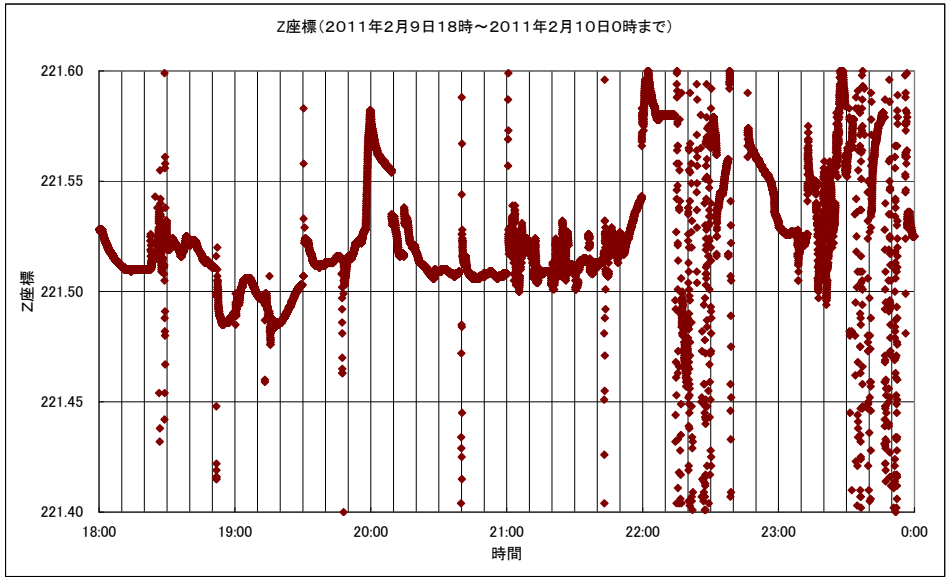
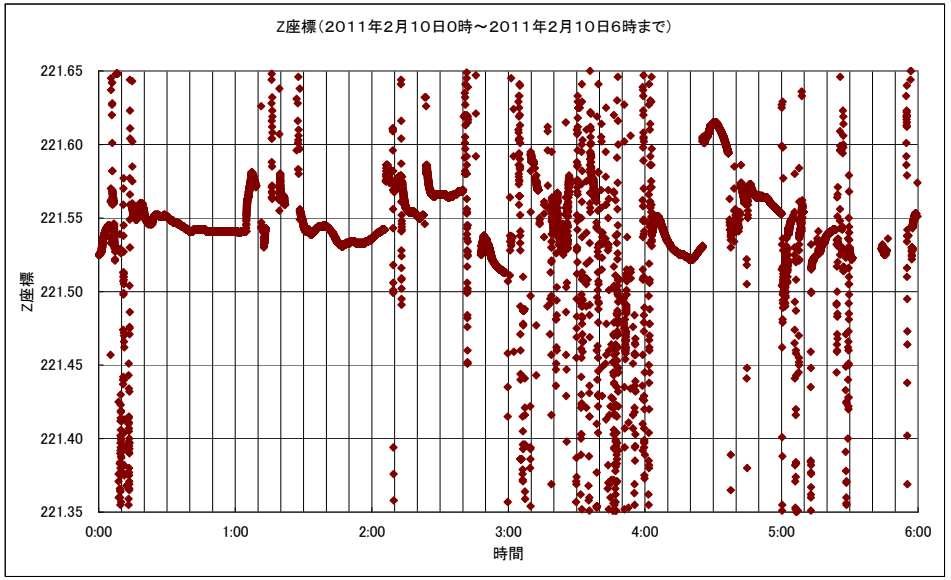
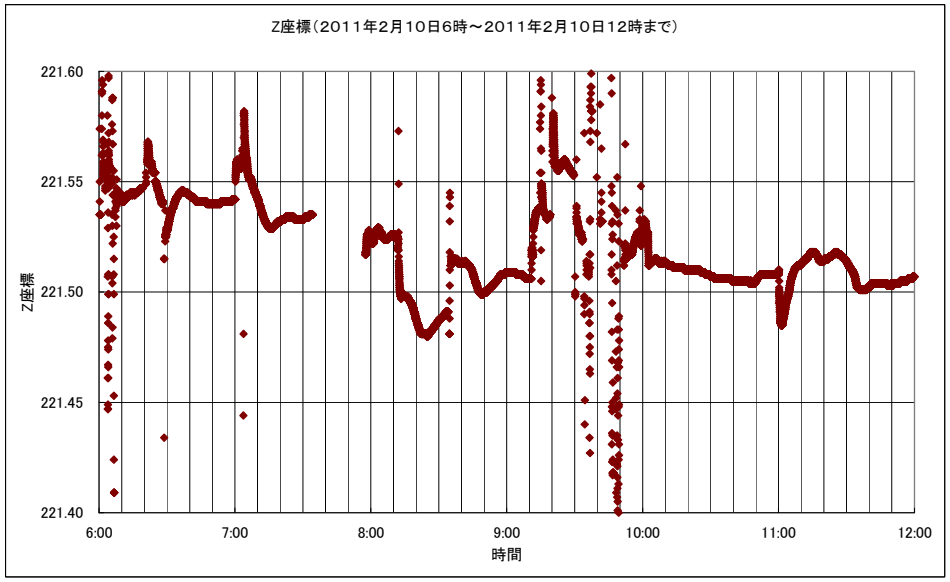


図7-3-11　Y座標の 24 時間推移（平均値付近）







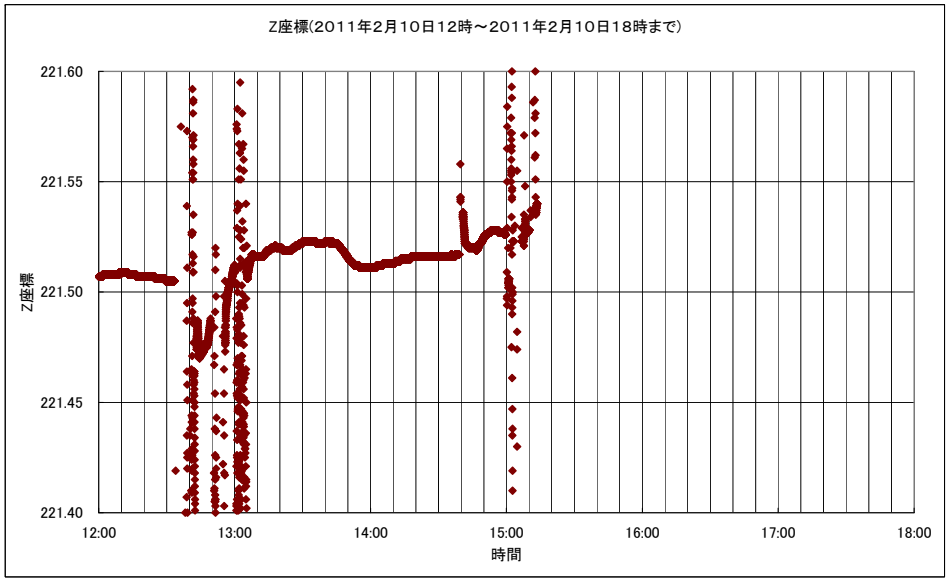
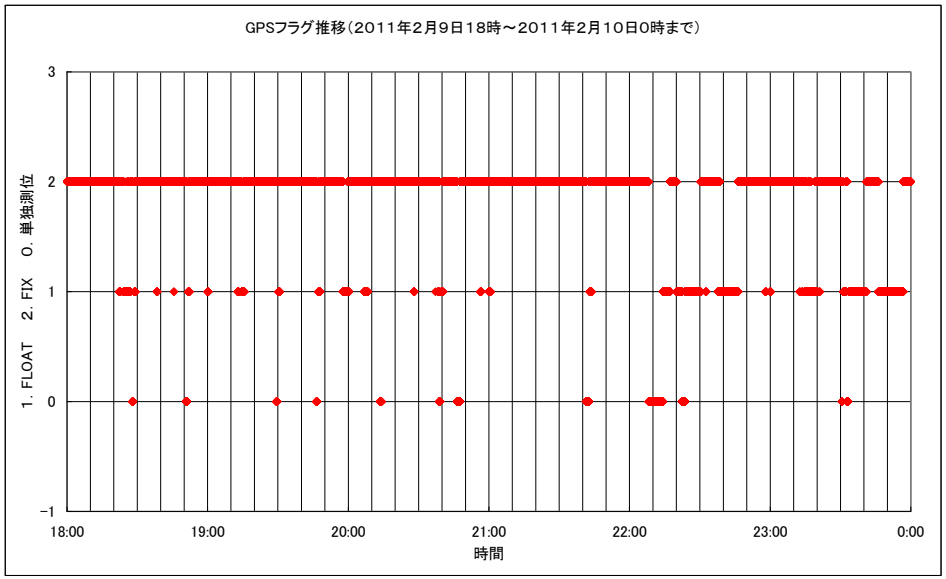
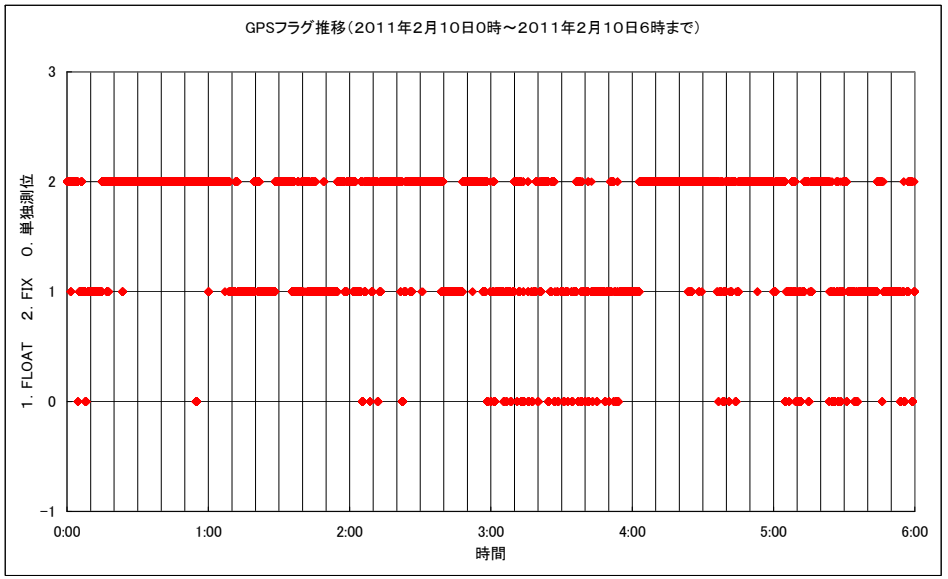
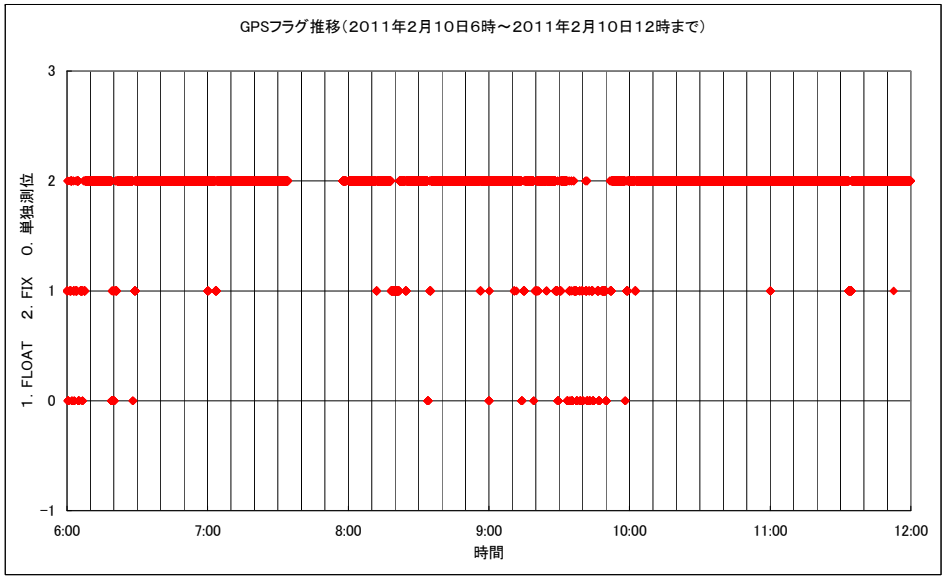


図7-3-12 Z座標の 24 時間推移（平均値付近）







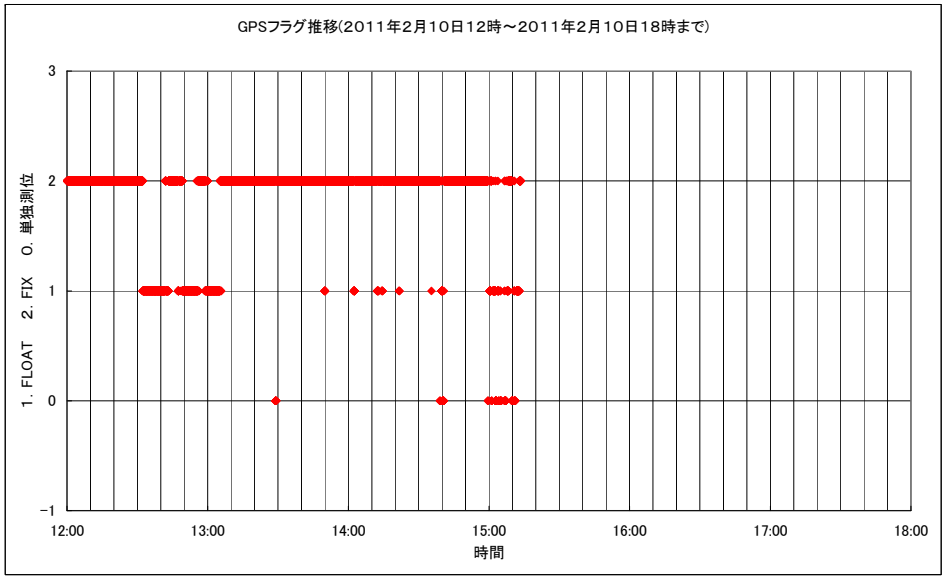


図7-3-13　GPS 測位モード（フラグ）の推移、24 時間

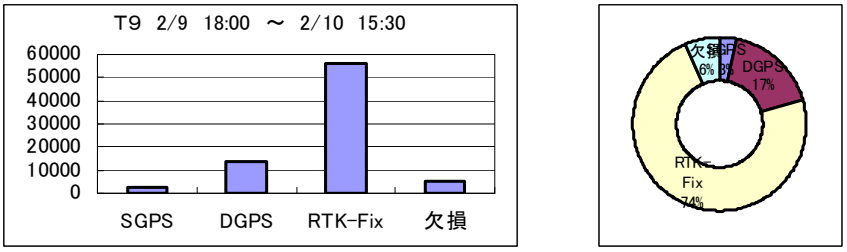


図7-3-14 GNSS 測位モード（フラグ）の統計値、24 時間

4)ブルドーザ走行時における観測結果(みちびきデータを補正データをとして使用した MC 時のブルドーザ移動計測結果)

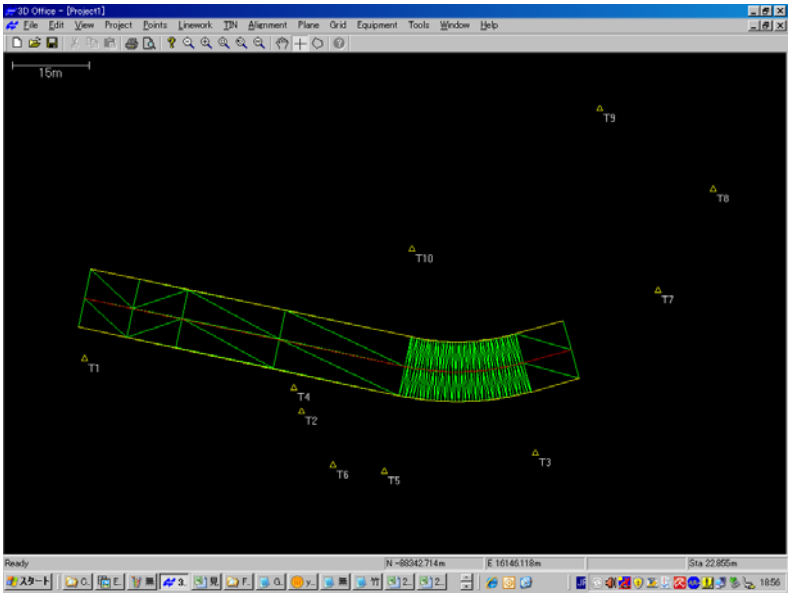
①実験方法

同一の GNSS アンテナで受信した測位データを 2 方向に分岐し、GNSS 受信機と LEXR で RTK 演算を行い、ブルドーザ走行中の測位結果を比較した。

また、みちびきデータを使用した MC でブルドーザによる敷均しを行い、出来形を TS で計測した。

②使用した 3 次元設計データ

縦断勾配、横断勾配　共に０％の　高さ１７５ｍの平面のアライメントデータを使用。



③ドーザ施工と TS(GPT-9003MC)測定状況

④TS 測定データ

みちびきデータを使用したMCでブルドーザによる敷均しを行った時の出来形は以下のとおりである。

a)オフセット-5mmでMCブルドーザ敷均し後のTS出来形計測データ

設計高（m）	オフセット（m）	測定ポイント	測定日時	設計−オフセット高さA（m）	X（m）	Y（m）	Z（m）	差A−Z（m）
175.000	-0.005	1	2/9 8:57	174.995	−88332.101	16130.764	175.012	−0.017
		2	2/9 8:57	174.995	−88331.044	16126.834	175.008	−0.013
		3	2/9 8:57	174.995	−88333.331	16125.239	174.998	−0.003
		4	2/9 8:57	174.995	−88332.396	16121.679	175.008	−0.013
		5	2/9 8:57	174.995	−88330.491	16118.217	174.991	0.004
		6	2/9 8:57	174.995	−88333.549	16115.365	174.679	0.316

b） オフセット-25mmでMCブルドーザ敷均し後のTS出来形計測データ

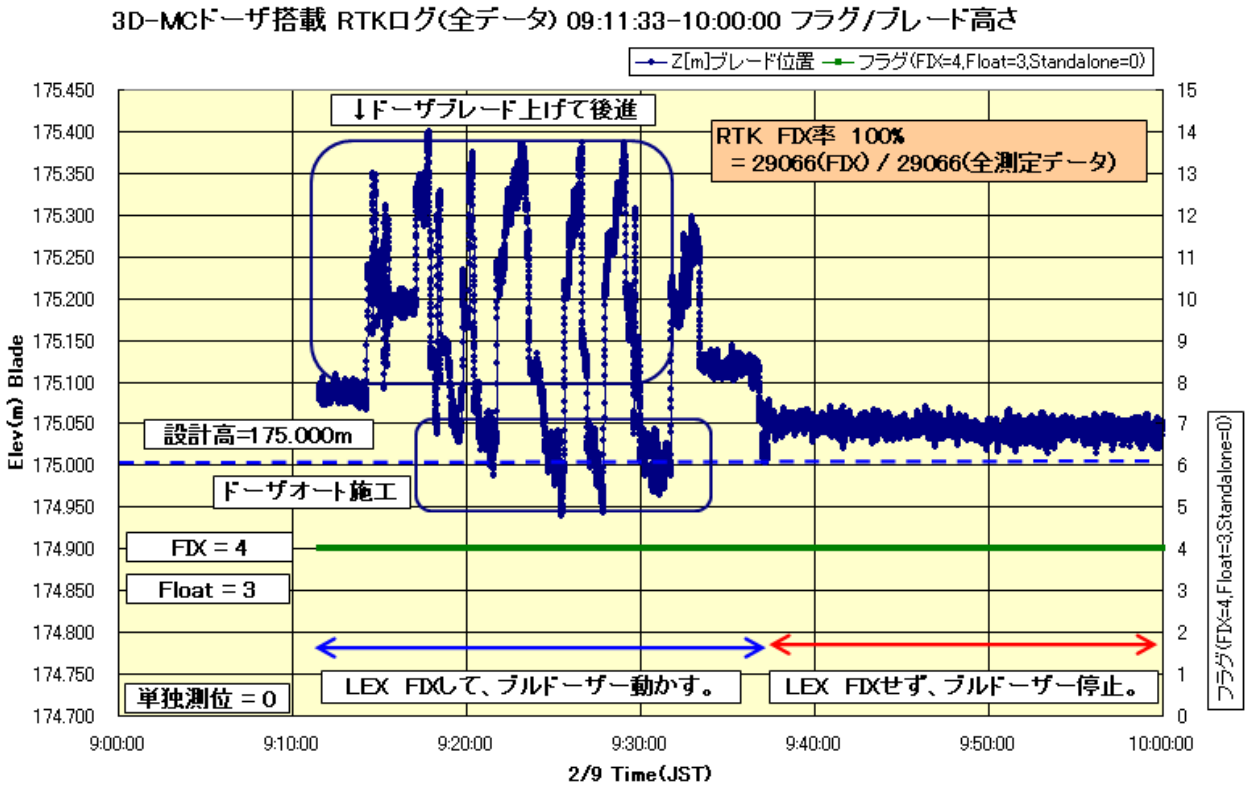
設計高（m）	オフセット（m）	測定ポイント	測定日時	設計−オフセット高さA（m）	X（m）	Y（m）	Z（m）	差A−Z（m）
175.000	-0.025	1	2/9 10:52	174.975	−88333.470	16145.712	174.997	−0.022
		2	2/9 10:53	174.975	−88333.354	16141.335	175.000	−0.025
		3	2/9 10:54	174.975	−88332.960	16136.442	175.047	−0.072
		4	2/9 10:56	174.975	−88331.433	16124.211	174.998	−0.023

⑤ドーザ移動測定データ　データー数多いため、30 分ごとにデータを分割。

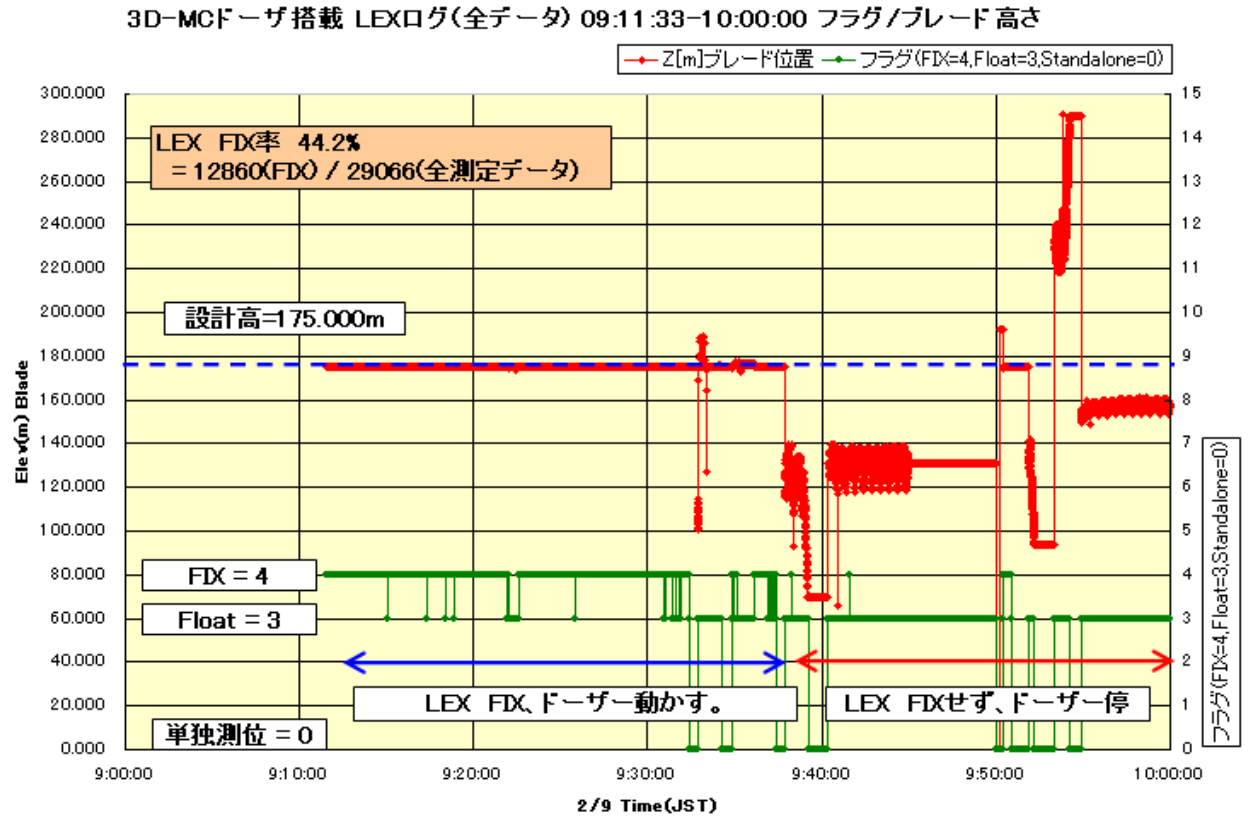
(1) 09 :11 – 10 :00 測定データ（49 分間）

(1-1)　09 :11 – 10 :00 全測定データ　RTK-GNSS と　LEX の　FIX 率

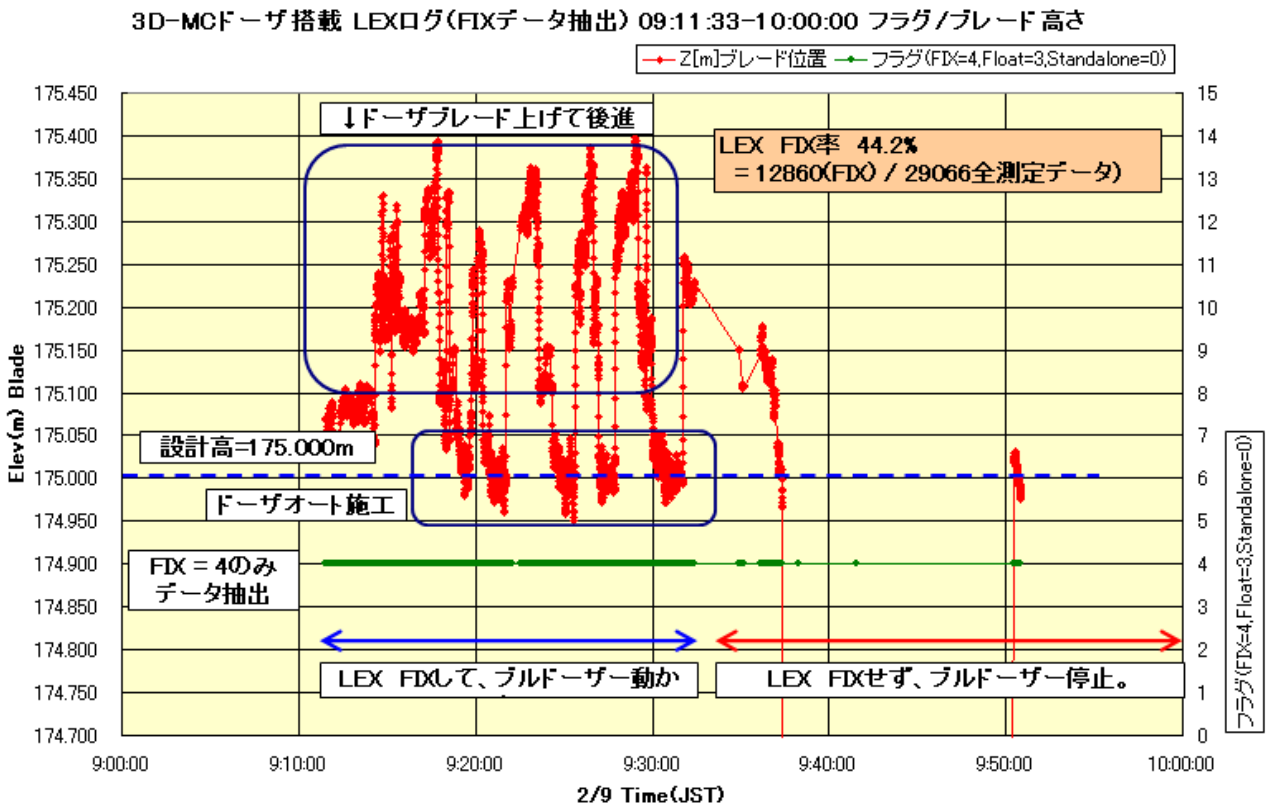
・RTK-GNSS ログ(　09 :11 – 10 :00 全測定データ)、**FIX 率 100%** = 29067(FIX) / 29067



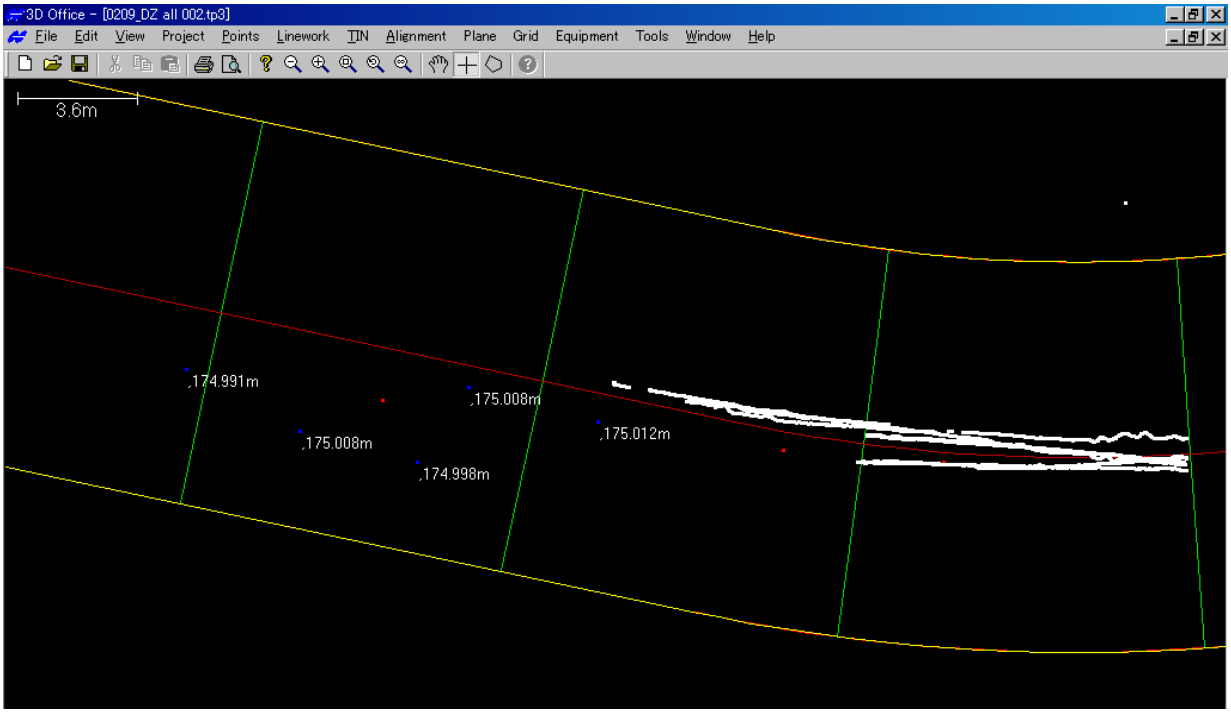
・LEX ログ、(　09 :11 – 10 :00 全測定データ)**FIX 率 44.2%** = 12861(FIX) / 29067



・LEX ログ（09 :11 – 10 :00　FIX データのみ抽出 ）



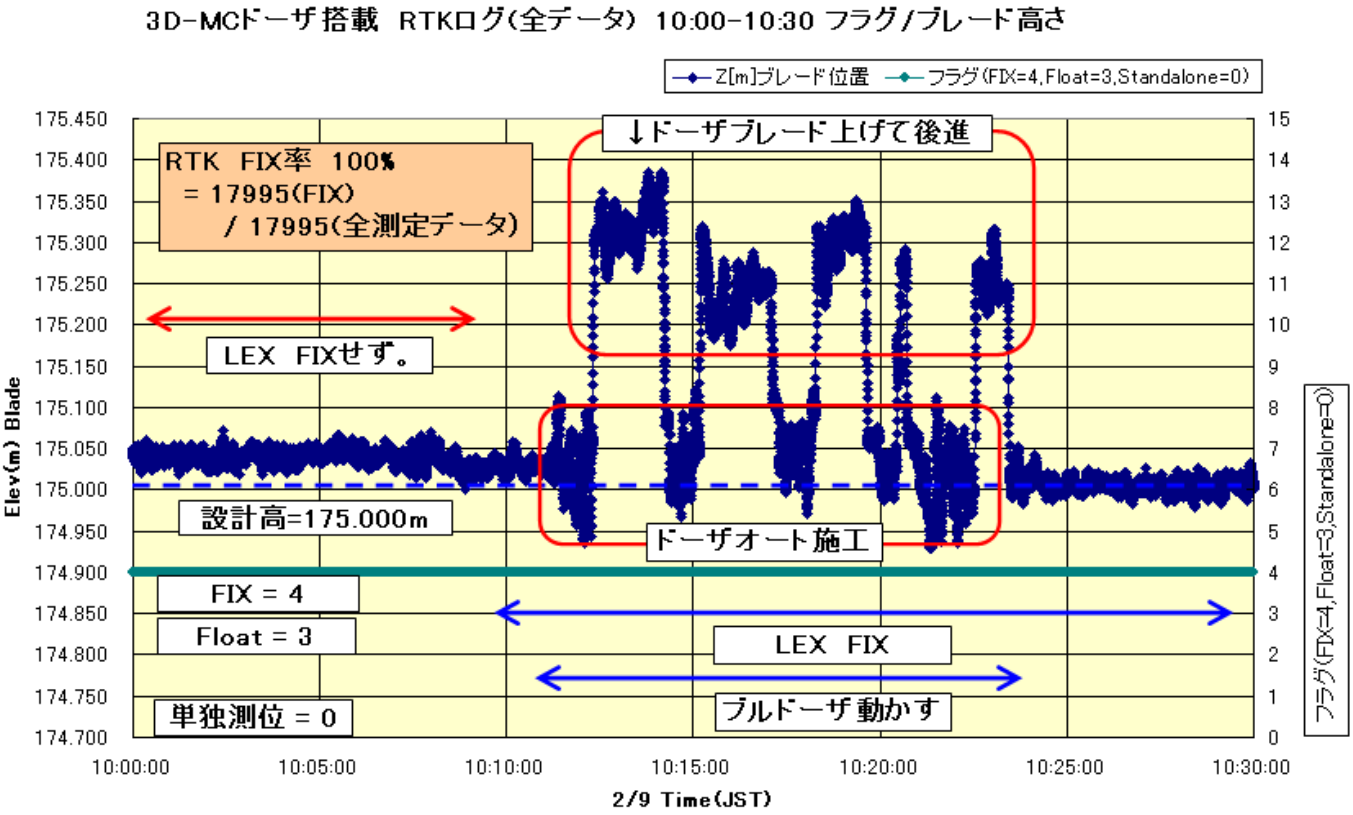
・09 :11 – 10 :00　ドーザ走行軌跡(LEX FIX, 前進方向のみ抽出)　　(トプコン 3D-OFFICE 使用)



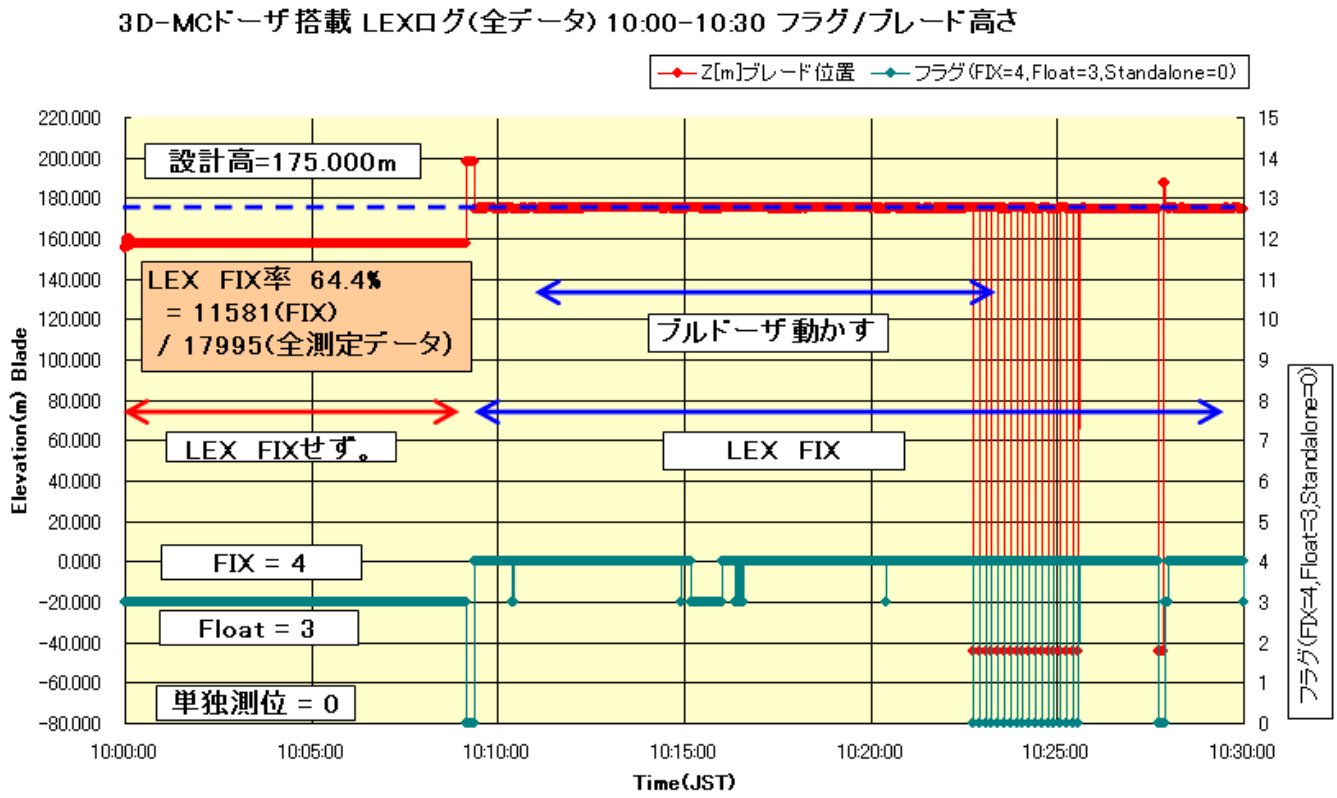
(2) 10 :00 – 10 30 測定データ (30 分間)

(2-1) 10 :00 – 10 30 全測定データ RTK-GNSS と LEX の FIX 率

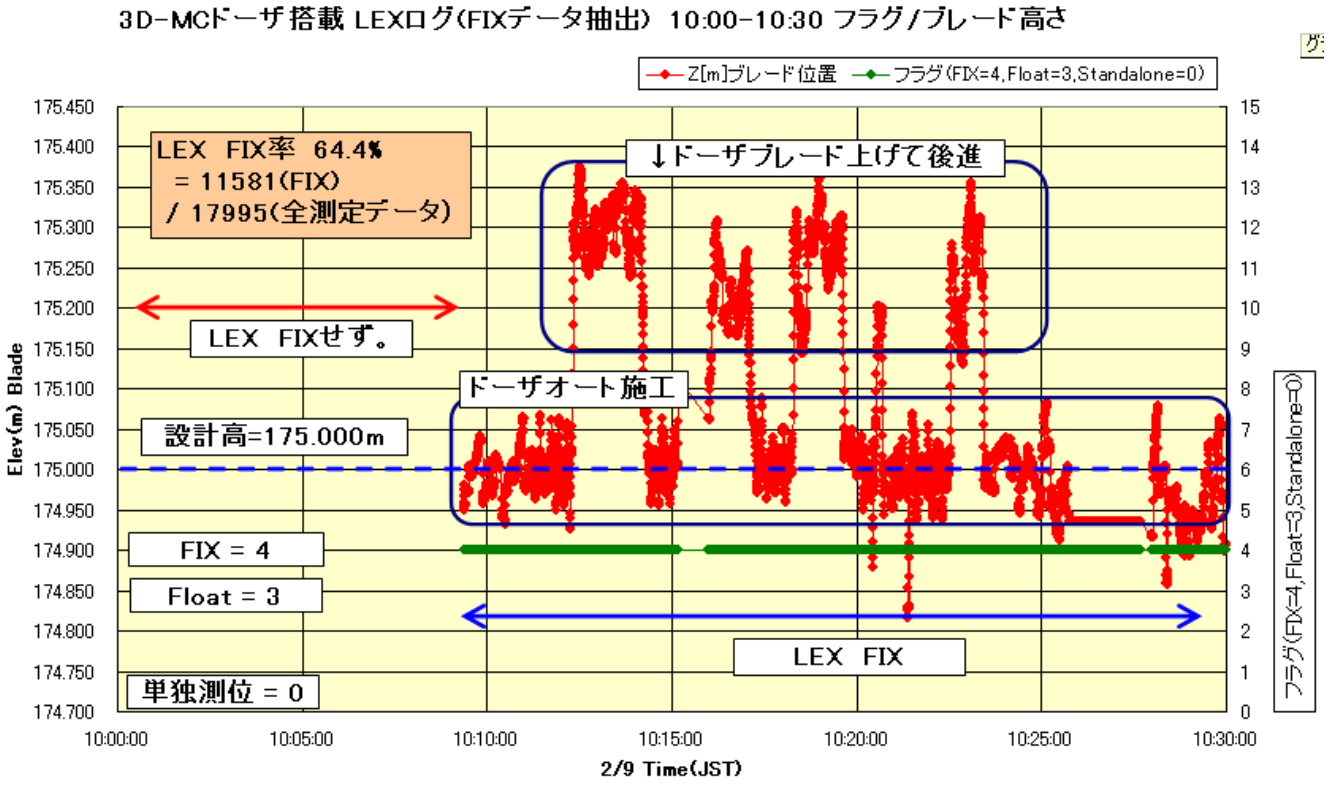
・RTK-GNSS ログ(10 :00 – 10 30 全測定データ)、**FIX 率 100%** = 17996(FIX) / 17996



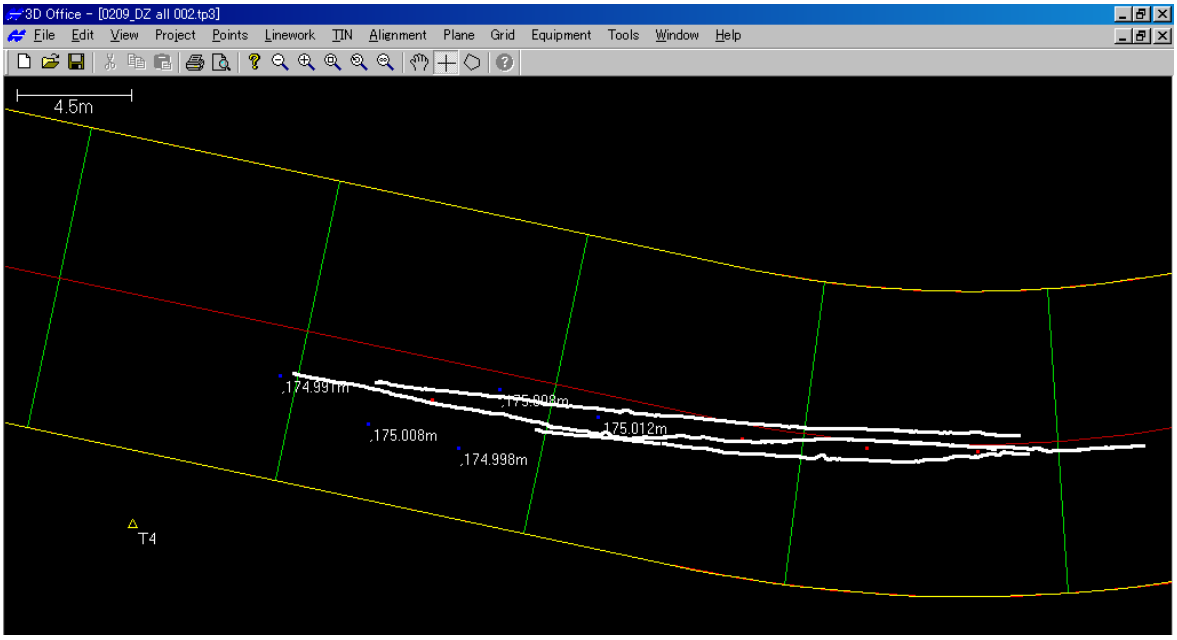
・LEX ログ(10 :00 – 10 30 全測定データ)、**FIX 率 64.4%** = 11581(FIX) / 17995



・LEX ログ（ 10 :00 – 10 :30　FIX データのみ抽出 ）



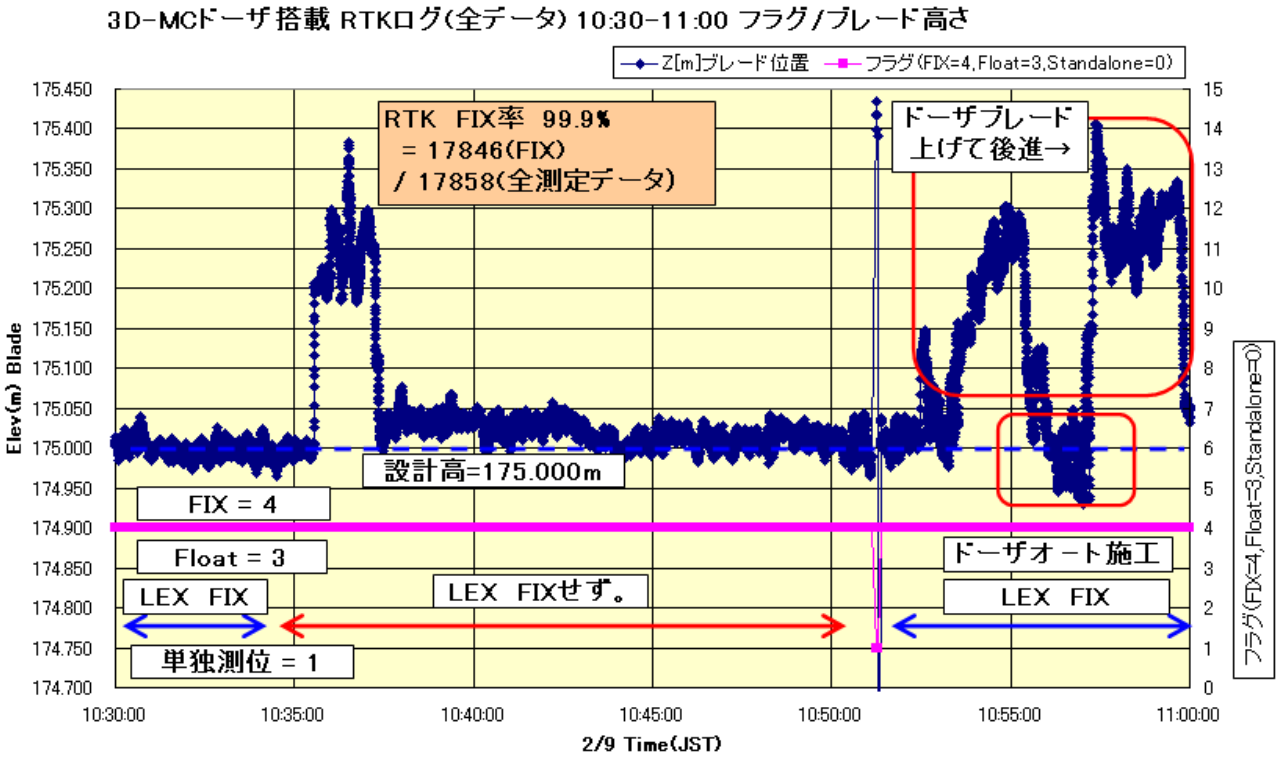
・10 :00–10 :30　ドーザ走行軌跡（前進方向のみ抽出）　　（トプコン 3D-OFFICE 使用）



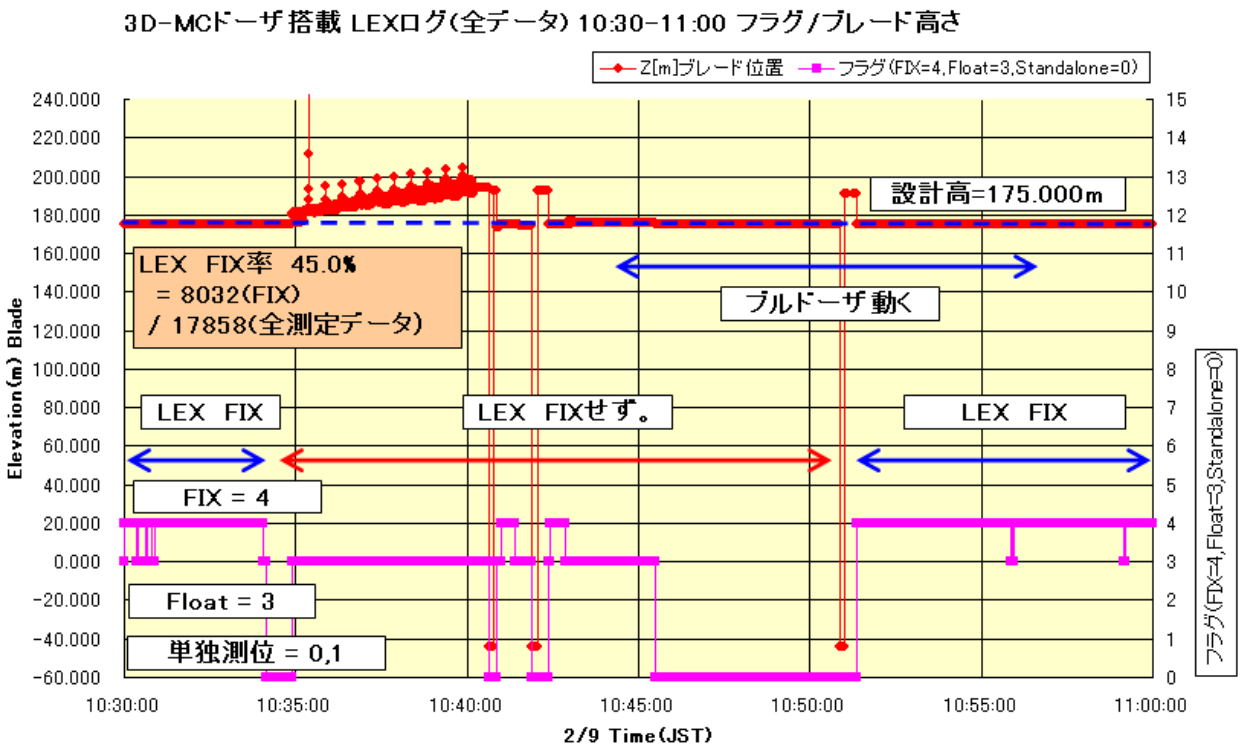
(3) 10 :30 – 11 :00 測定データ（30 分間）

(3-1) 10 :30 – 11 00 全測定データ RTK-GNSS と LEX の FIX 率

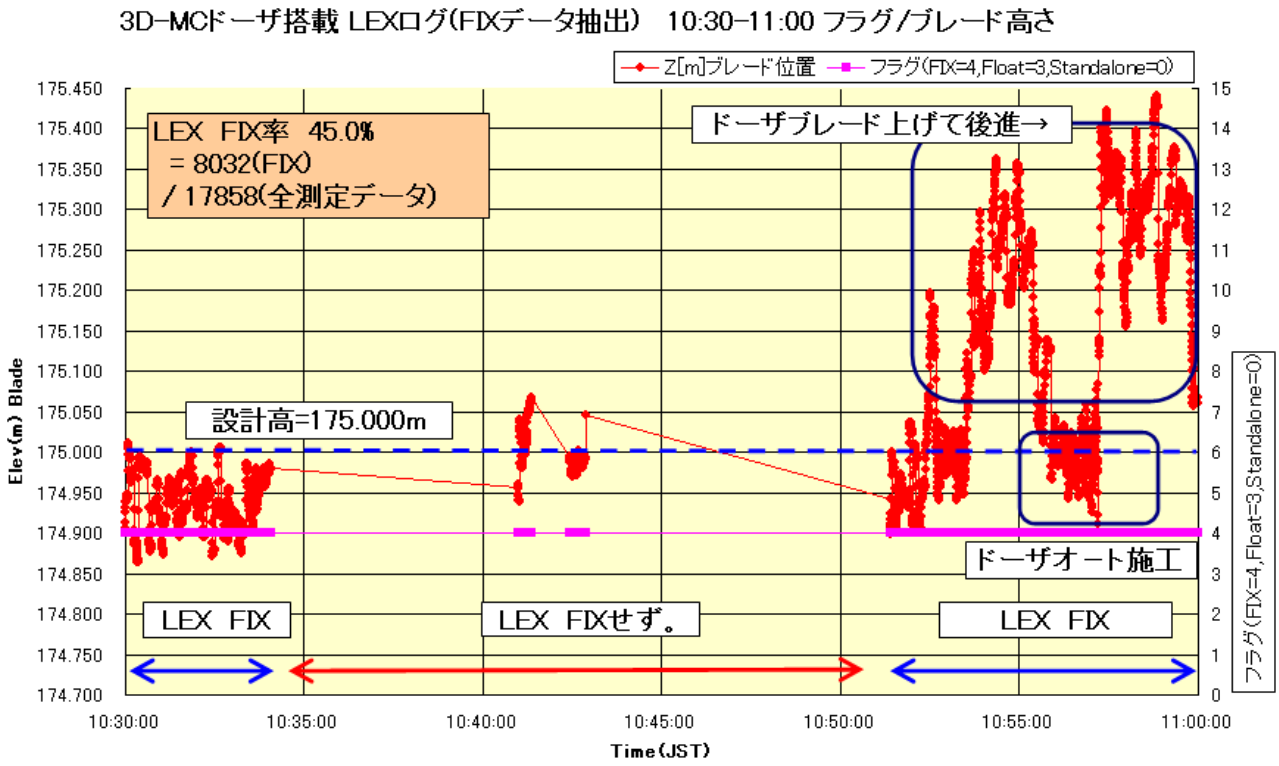
・RTK-GNSS ログ(10 30 – 11:00 全測定データ)、**FIX 率 99.9%** = 17846(FIX) / 17858



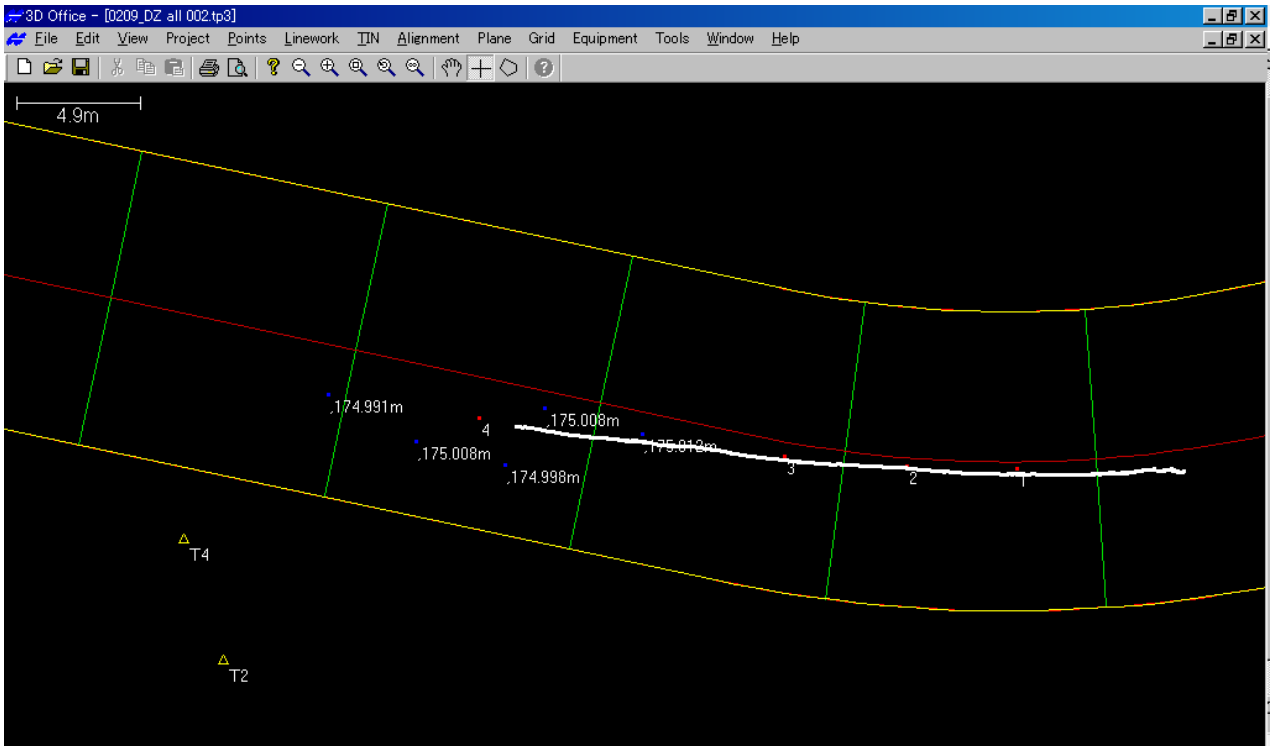
・LEX ログ(10 :30 – 11 :00 全測定データ)、**FIX 率 45.0%** = 8032(FIX) / 17858



・LEX ログ（ 10 :30 – 11 :00　FIX データのみ抽出 ）



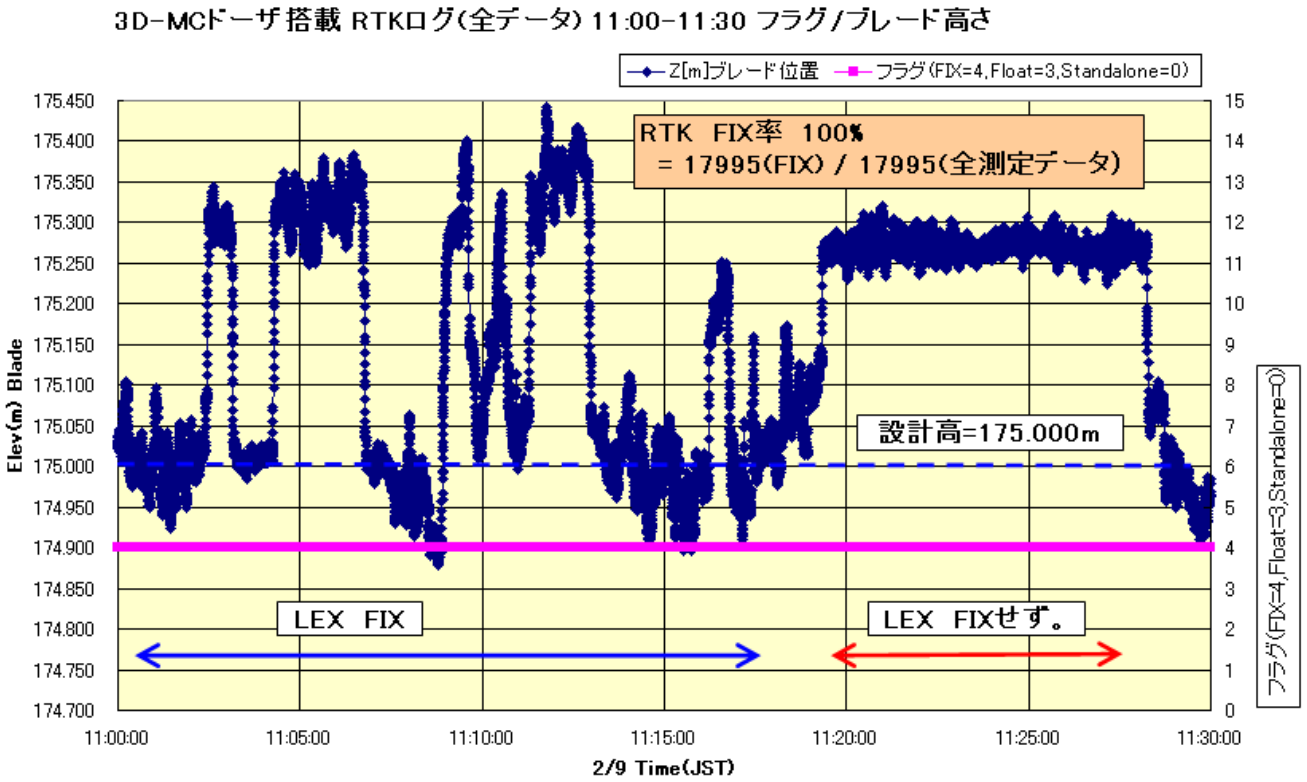
・10 :30-11 000　ドーザ走行軌跡（前進方向のみ抽出）　　（トプコン 3D-OFFICE 使用）



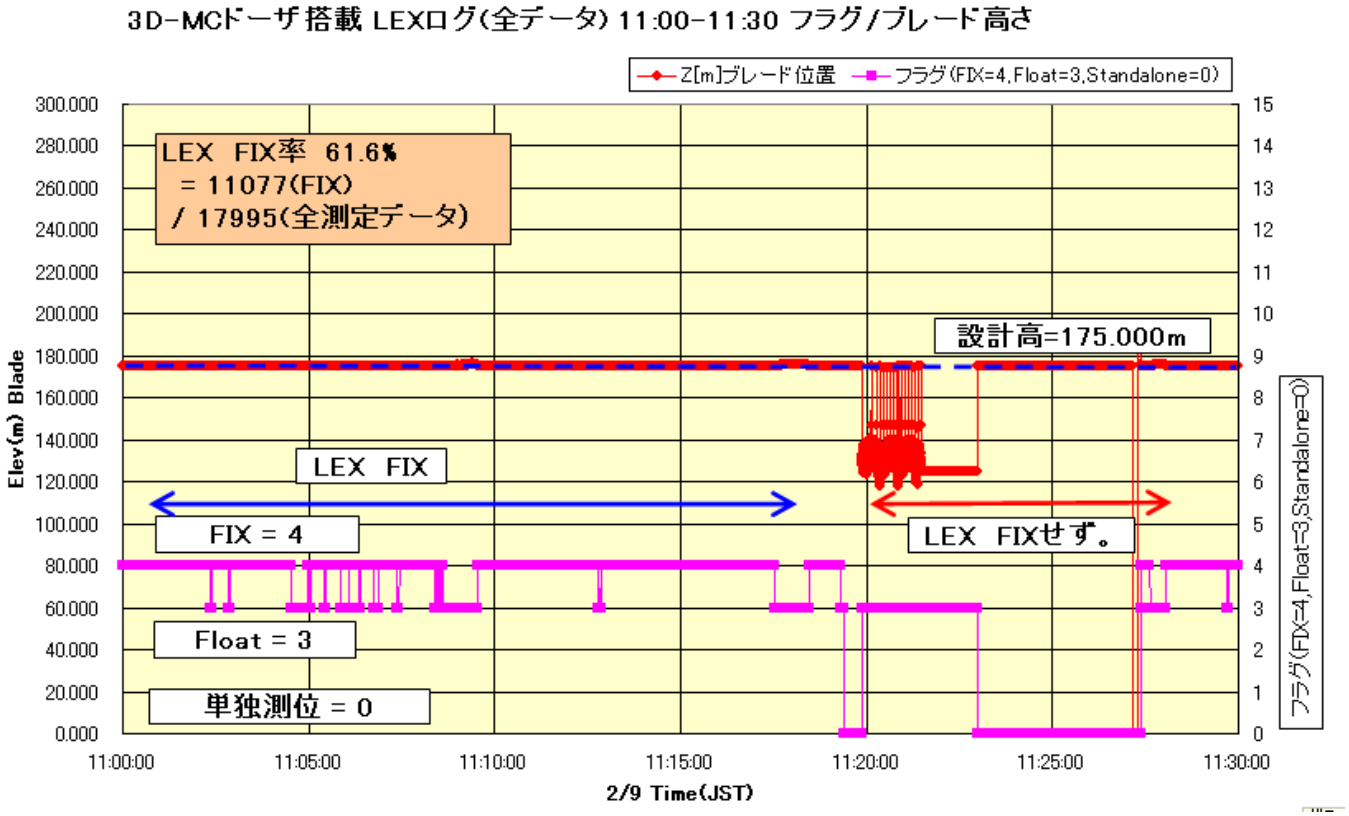
(4) 11 :00 – 11:30 測定データ（30 分間）

(4-1) 11 :00 – 11 :30 全測定データ RTK-GNSS と LEX の FIX 率

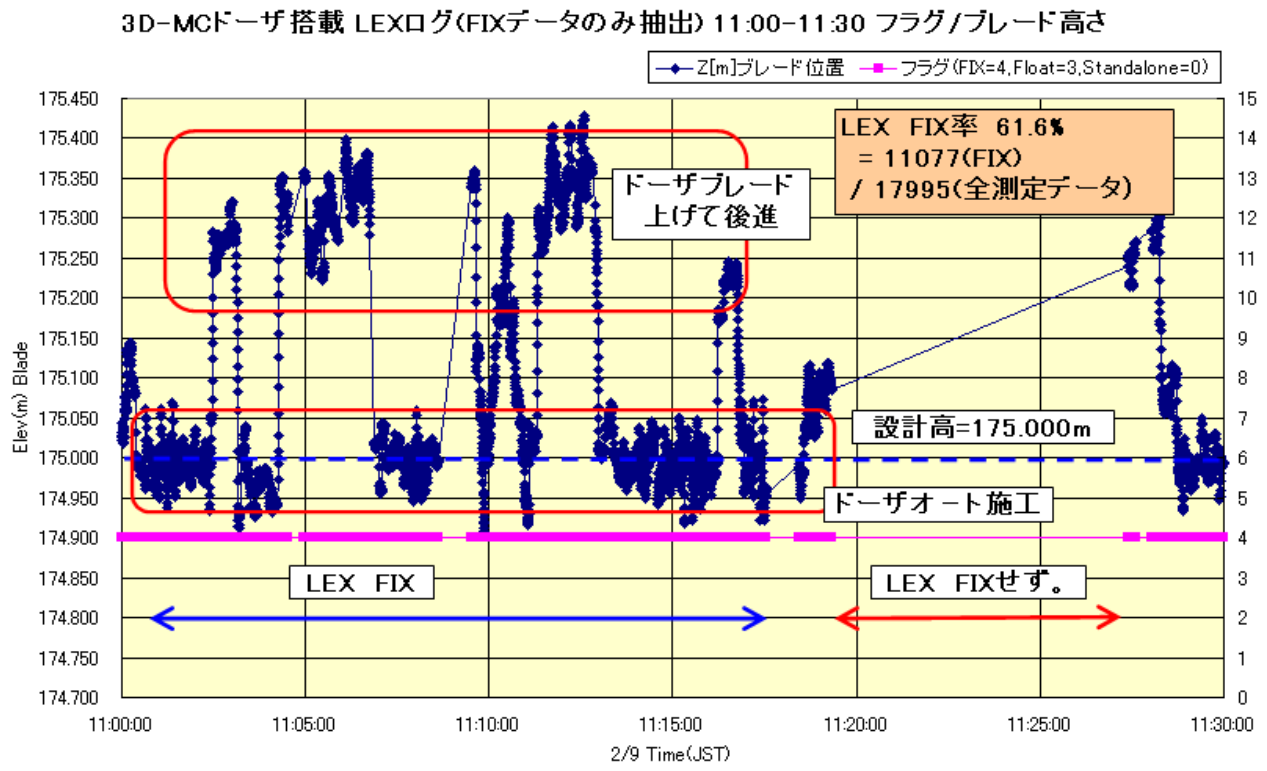
・RTK-GNSS ログ(11 :00 – 11:30 全測定データ)、**FIX 率 100%** = 17995(FIX) / 17995



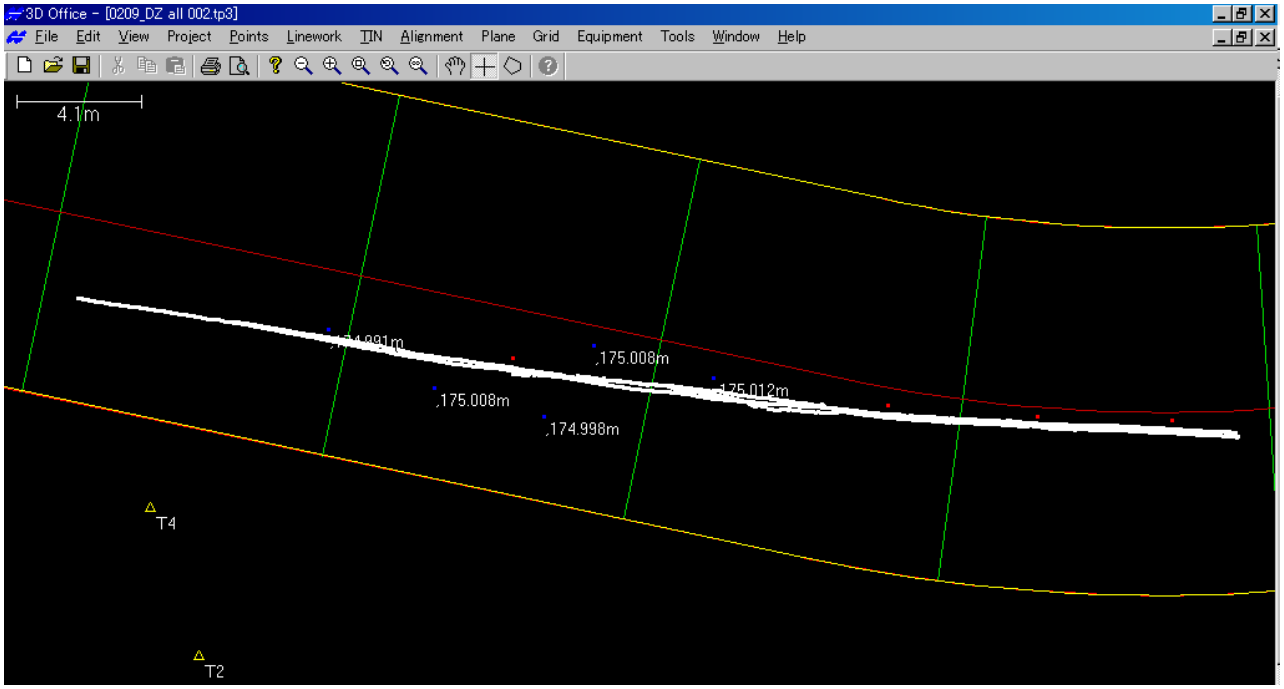
・LEX ログ(11 :00 – 11 :30 全測定データ)、**FIX 率 61.6%** = 11077(FIX) / 17995



・LEX ログ（ 11 :00 – 11 :30　FIX データのみ抽出 ）



・11 :00–11 :30　ドーザ走行軌跡(前進方向のみ抽出)　　(トプコン 3D-OFFICE 使用)



8. 実証実験の総括

情報化施工への利活用を想定した場合、準天頂測位衛星みちびきのセンチメータ級測位補強信号を利用した測位データ（以下、「みちびき測位データ」という。）を利用した情報化施工システムが現行システムと精度的及びコスト的に同等以上のシステムとして利用できる環境を整備することが必要と考えられる。実証実験を踏まえた、このような観点での課題は以下のとおりである。

1）精度的な課題

FIX 解が得られた場合のみちびき測位データのばらつきは、概ね現行の RTK-GNSS と同程度であることは確認できたが、以下のような課題が明確になった。

①みちびき測位データの周波数

RTK－GNSS 方式のマシンコントロールシステムで使用している測位データの周波数は、10Hz 以上であるため、みちびきデータを現行のマシンコントロールシステムと組み合わせて利用するためには、みちびき測位データの周波数も 10Hz 以上とすることが必要である。

②みちびき測位データの品質

みちびきが準天頂にある場合に、RTK-GNSS データの FIX 率が概ね 100%になるのに対して、みちびき測位データの FIX 率は 44～66%と FIX する割合が低い。

このままでは、実用化は困難であり、FIX 率を 100%とすることが必要である。

③セミ・ダイナミック補正の必要性

実証実験で利用したみちびき測位データは国土地理院設置の電子基準点データを利用しているにもかかわらずセミ・ダイナミック補正が行われていないため、基準点の座標値と相当程度較差が発生している。

したがって、実用化のためには、みちびき測位データのセミ・ダイナミック補正が必要である。

2）コスト的な課題

1）の課題が解決され、現行の RTK-GNSS と同等の精度が確保されたとしても、現行システムと比較しコストアップになるようだと利活用は期待できない。

そこで、以下のようなコスト的な課題の解決が必要になる。

①RTK-GNSS 方式との比較

現行の実用化されている RTK-GNSS 方式と比較した場合、みちびき測位データの利用により基準局の設置が不要になるが、実用化段階においてみちびき測位データを利用する場合の利用料金の有無又その金額などがどのようになるか、現時点では不確定である。

今後、利活用のための仕組みの構築に当たっては、情報化施工に利用する場合のトータルコストが、現行の情報化施工システムと比較して同等以下となるような仕組みとすることが必要である。

②ネットワーク型 RTK-GNSS との比較

現行のネットワーク型 RTK-GNSS を利用する場合は、配信事業者から補正データを有料で購入している。

補正データ受信用の機器費用も含めて、これと比較した場合に、みちびき測位データを利用したシステムのトータルコストが同等以下となるような仕組みとすることが必要である。

謝　辞：本実証実験は，SPAC がとりまとめを行う準天頂衛星初号機による民間利用実証の一環として行われたものである。本実証実験を行うに当たり、SPAC 及び JAXA 等の関係者の皆様にご協力いただいた。記して感謝の意を表する。

以上