

GPS観測 in 草津白根

2004年8月26日

小田 晋・岡本伸也



「GPSとはなんぞや？」

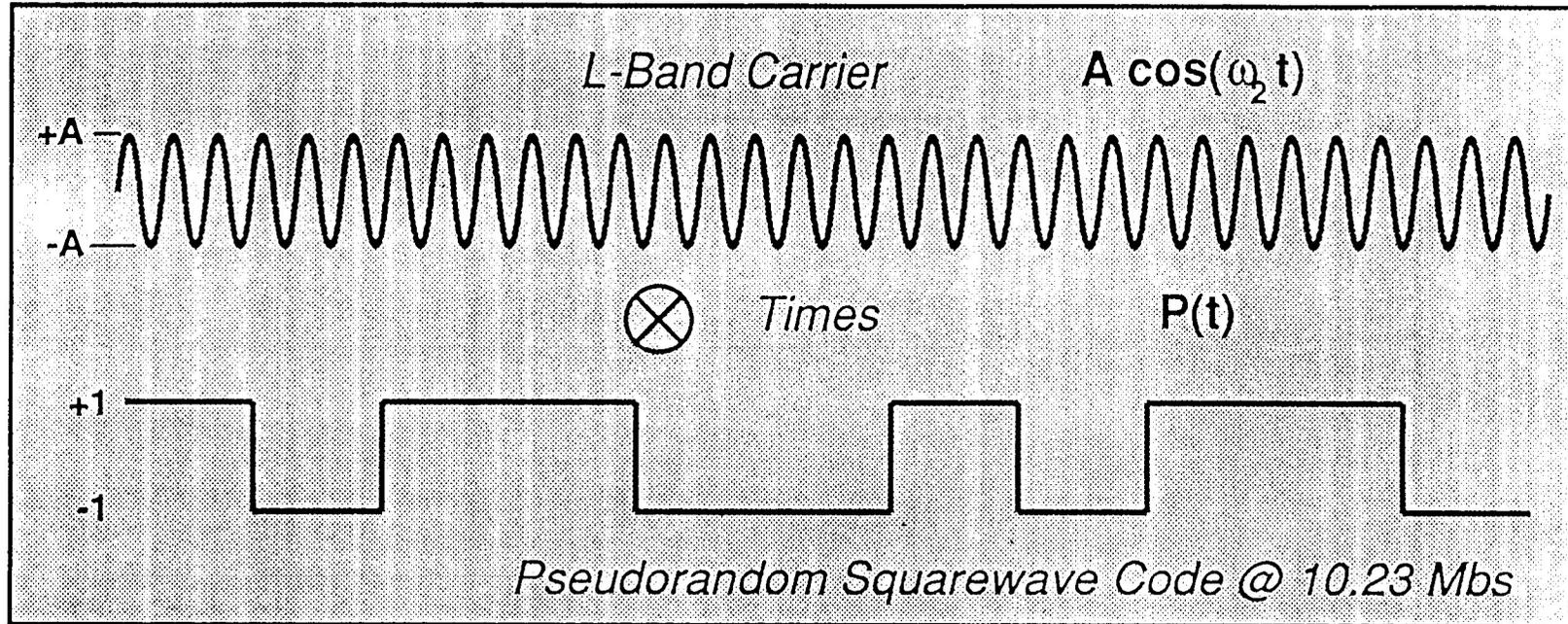
「Global Positioning System」=GPS

24 + α 個の衛星からの電波を地球上で受信し受信地点の位置座標を精密に計測するシステム。大きく分けて「単独測位」と「相対測位」とがある。電波を使うため地表と周辺の空間では利用できるが、地中や水中では機能しない。

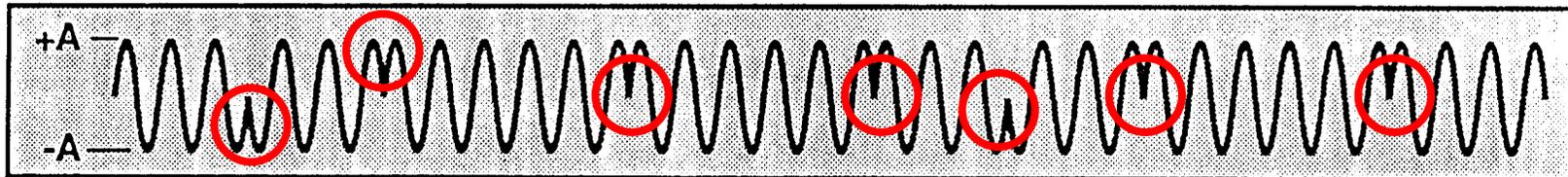
GPS測位の種類と特性

- ◆ 単独測位 (Single Point Positioning)
 - ❖ 精度: 数m
 - ❖ リアルタイム
 - ❖ 簡単, 廉価
- ◆ 相対測位 (Differential Positioning)
 - ❖ 精度: 1-2m
 - ❖ リアルタイム
 - ❖ 簡単・廉価だが単独測位には劣る.
 - ❖ 補正情報受信装置が必要
- ◆ 干渉測位 (Interferometric Positioning)
 - ❖ 精度: 1-2cm (IGS暦使用時)
 - ❖ 最高精度を得るには3週間程度の遅れ
 - ❖ リアルタイムキネマティック: 基線10km以内.
 - ❖ 受信装置は高価 (1周波: 数十万円, 2周波: 約200万円)

基本的なGPSの信号構造



$-\cos \theta = \cos(\theta + \pi)$ \Downarrow Phase Shift Keying (PSK) modulation



単独測位 Single Point Positioning

単独測位の計算方法

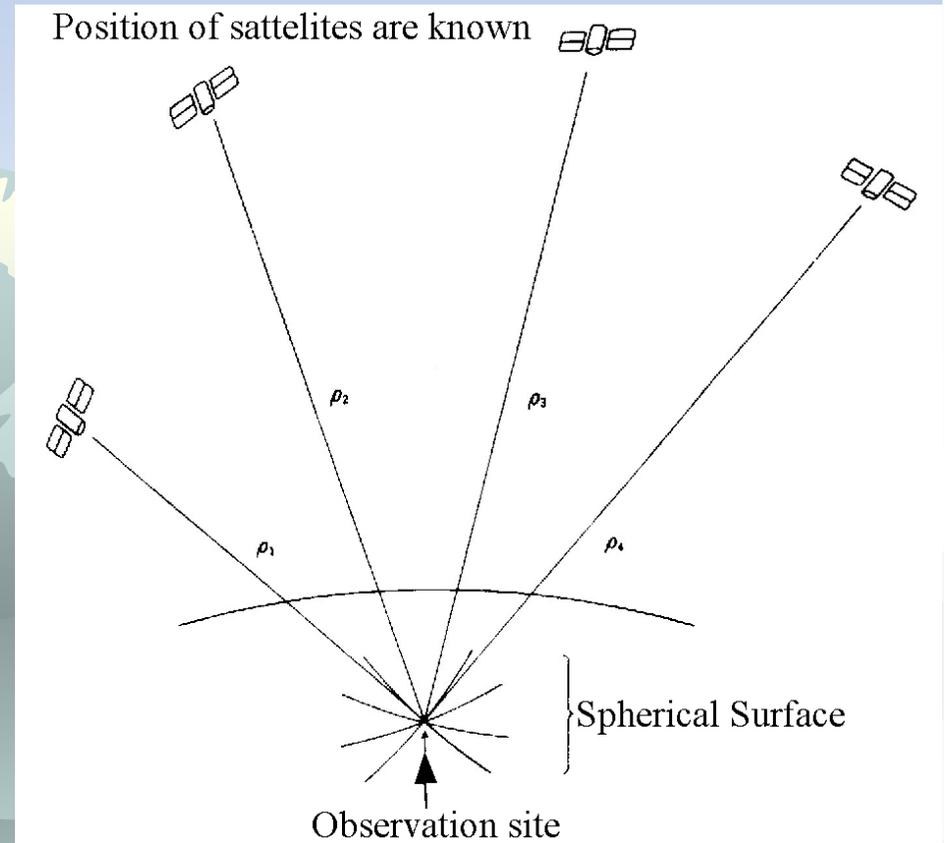
$$\rho_i^j = \sqrt{(x_i - x^j)^2 + (y_i - y^j)^2 + (z_i - z^j)^2} + c\Delta t_i$$

擬似距離(ρ): 真の距離に対して
時計誤差も含めた
上での距離

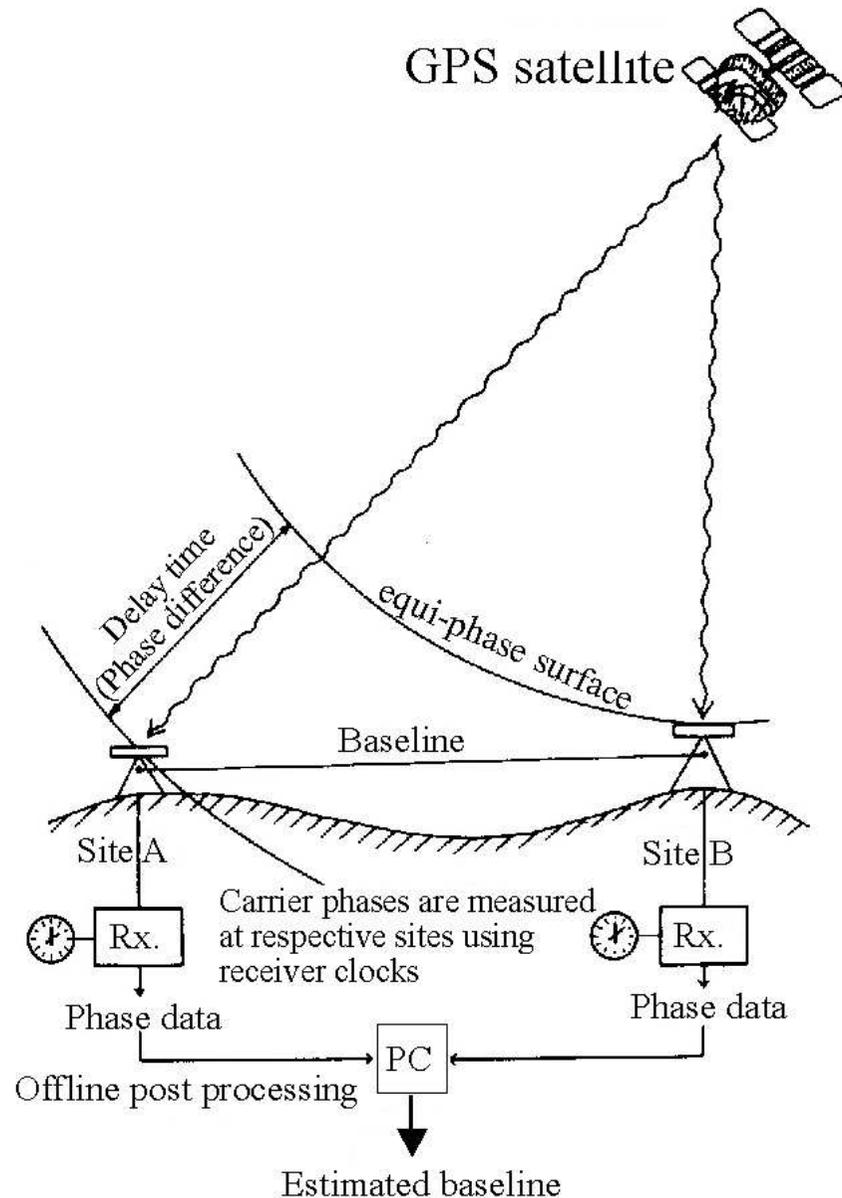


衛星と利用者間の距離を
測定することによって行う

精度: 数m



干渉測位 (Interferometric Positioning)



干渉測位(相対測位の一種)

・2点間の相対的な位置関係を求めること

・参照地点(基準地点)と未知空間の基線ベクトルを測定する技術

・単独測位よりも精度はかなり高い(1~2cm)

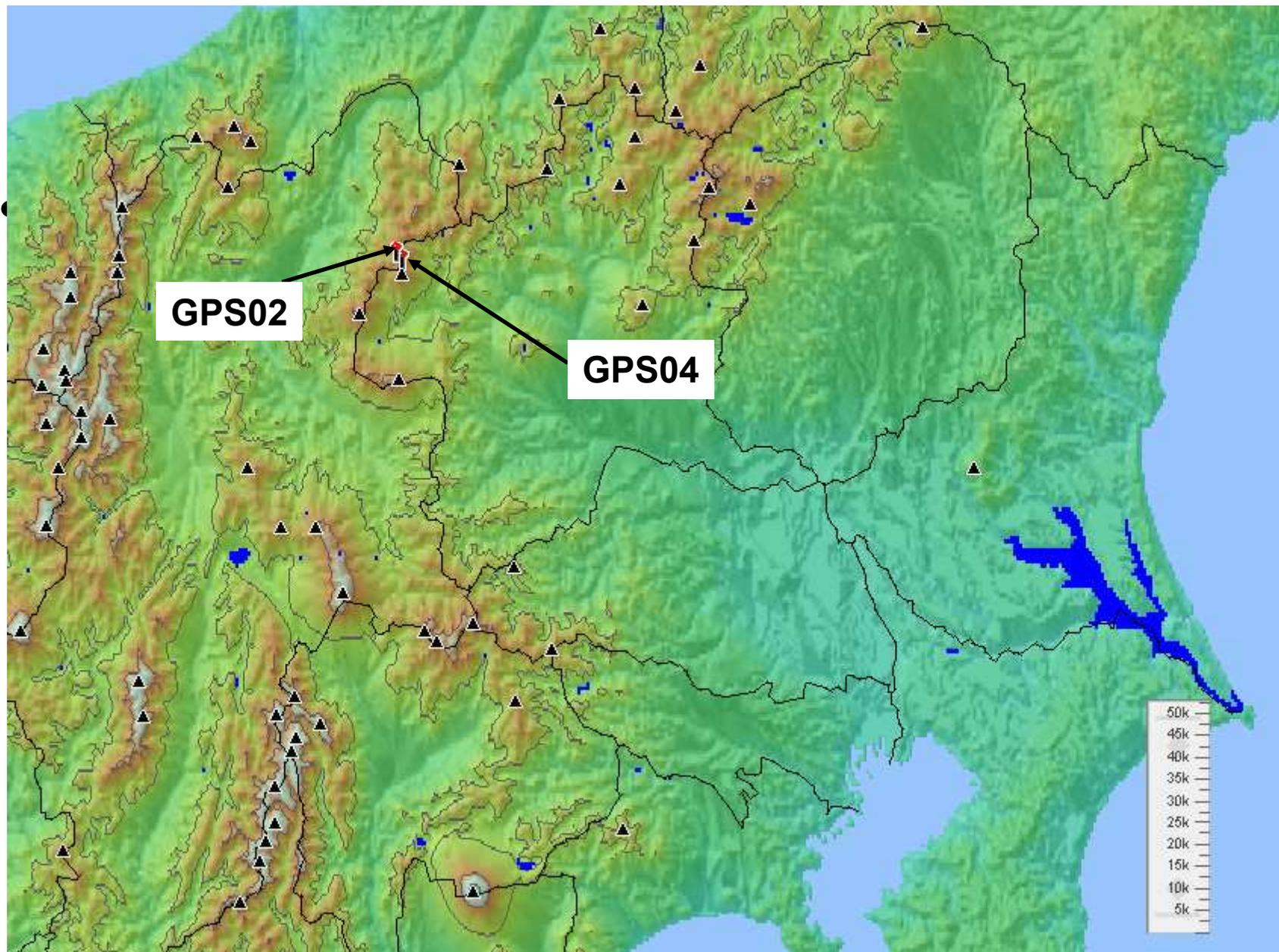
A stylized illustration of Mount Fuji. The mountain is depicted with a yellowish-green peak and a blue-grey body. The sky is a gradient of blue, and the foreground consists of layered, wavy shapes in shades of green and grey, suggesting a misty or layered landscape. The text "今回のGPS観測" is centered over the mountain.

今回のGPS観測

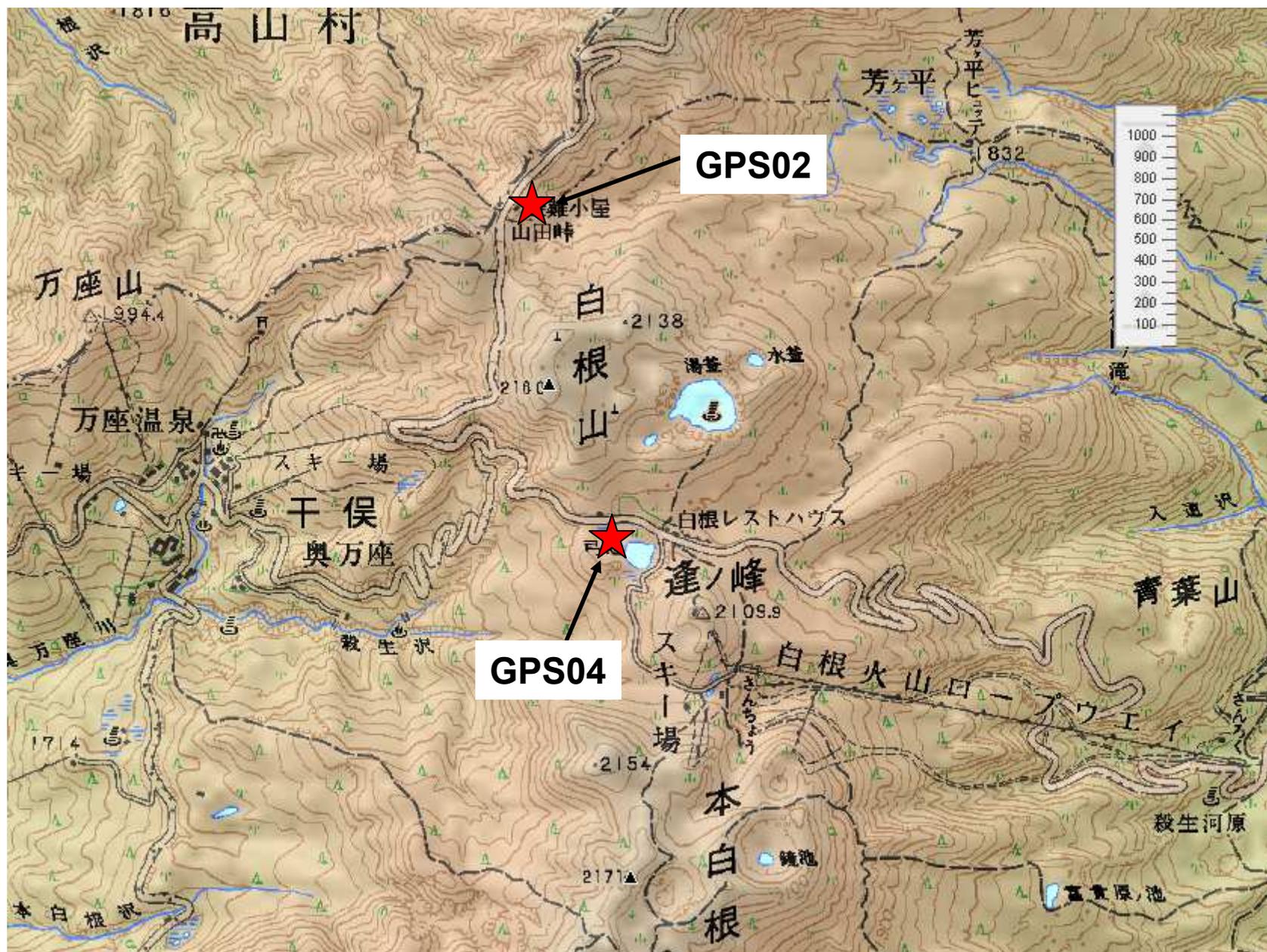
GPS実習の目的

- GPSの原理を理解する.
- 単独測位と干渉測位の差を確かめる.
- 計測時間の長さや誤差の大きさの関係性を調べ、何分以上計測すれば精度のよいデータが得られるかを調べる.
- 過去のデータとの比較を行い最近1年間での地殻変動の有無を調べる.

測位地点その1



測位地点その2



GPS観測・解析の手順

- 基準点上に三脚を立て、GPSアンテナと受信機をセットする。アンテナ高を計測する。
- 受信機に観測セッションを入力し、観測を開始する。
- 観測期間中は時折観測が正常に行われているか点検する。
- 観測終了後、アンテナ高を再計測し、アンテナ、三脚、受信機を収納する。
- 受信機とPCを接続し、受信機内データをPCにダウンロードする。
- 必要なら、インターネット接続し、IGS等から精密暦など必要データを取得する。
- 計算機上でデータ解析を実施し、結果を得る。
- 得られた結果が“まともな”結果かどうか吟味し、以前のデータと比較して有意な変動があるかどうか考察する。

觀測機器設置風景



観測風景

アンテナ



受信機

ベンチマーク

三脚

- ・観測日 : 2004年7月22日
- ・観測場所 : 草津白根実験フィールド
- ・観測点 : GPS02, GPS04の2点
- ・観測セッション { GPS02 : 10時1分15秒～15時59分45秒
GPS04 : 10時0分15秒～15時59分45秒
- ・サンプリング周期 : 15sec
- ・解析ソフトウェア : Trimble Total control Ver. 2.50

相対測位－観測結果(359分間)

南北成分: 1523.282m 誤差: 0.2mm

東西成分: 494.336m 誤差: 0.2mm

上下成分: -29.824m 誤差: 0.5mm

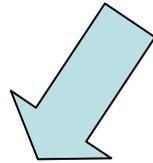
※GPS02を基準としている

観測結果の点間距離比較

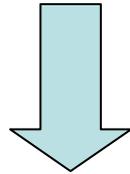
	距離	誤差
2003. 7. 29 (120分)	1601.764m	0.8mm
2004. 7. 22 (360分)	1601.760m	0.2mm
差	0. 004m	

結果と考察(1)

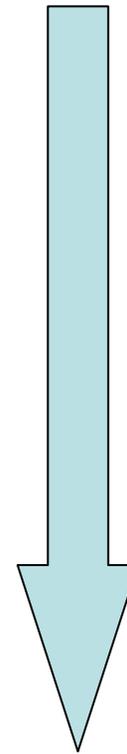
- ・ 昨年の観測データと比較して、誤差と比較して有意に測定値が変化している。



計算上の誤差を見るとかなり小さい値を示すが、真の誤差(より長周期で観測したときの誤差)はより大きな値を示す可能性がある。

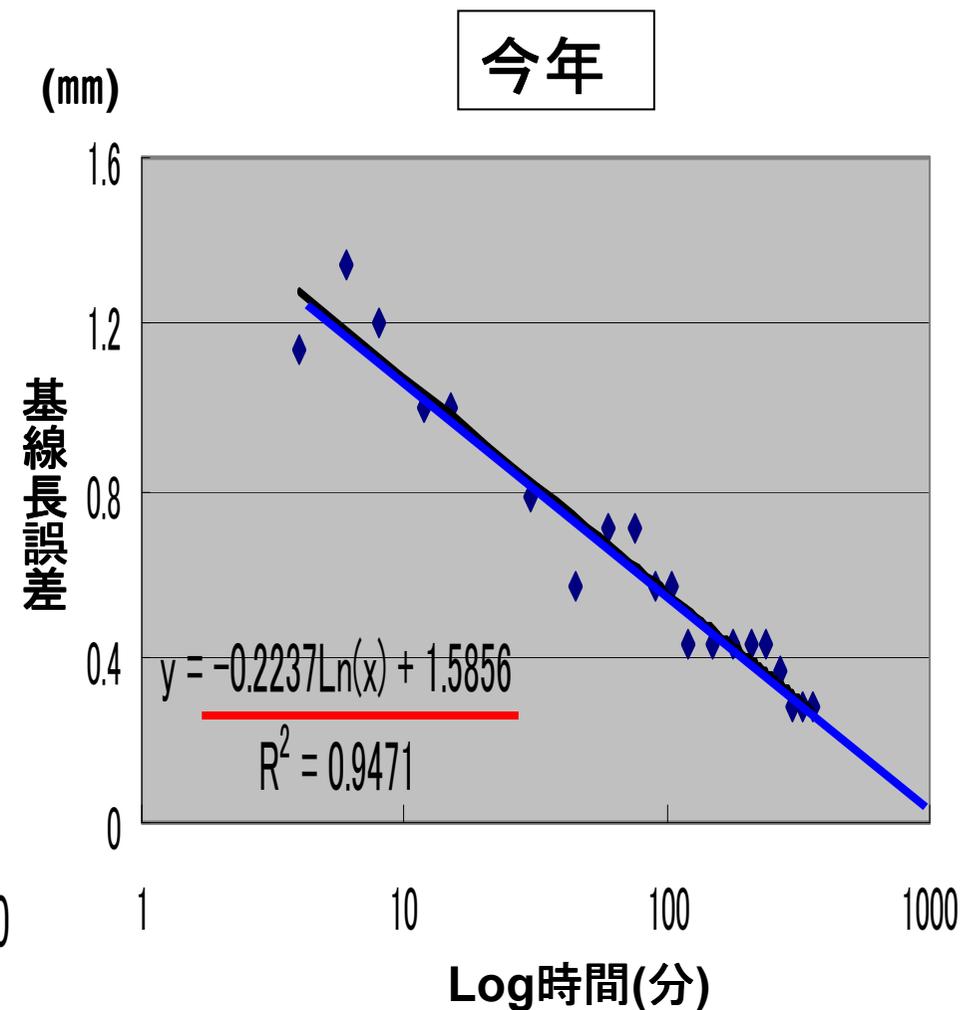
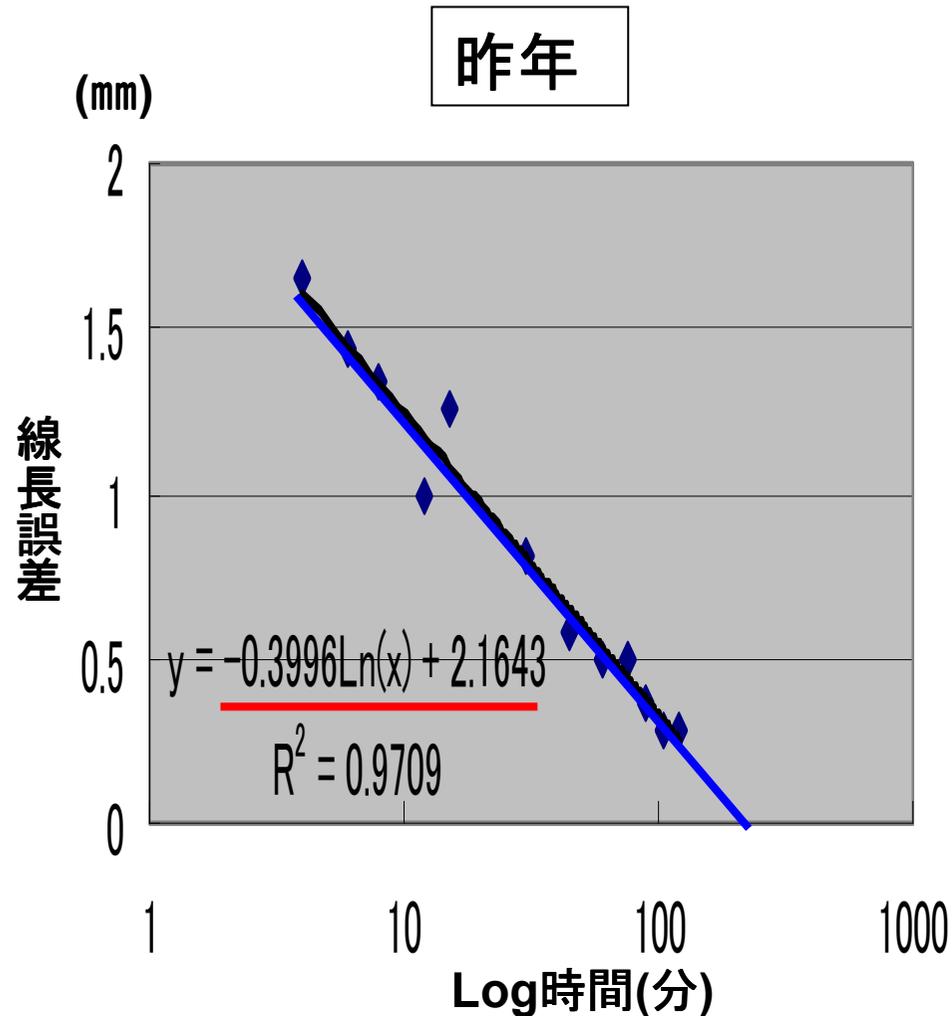


最近1年間で大きな地殻変動は無いと考えられる。

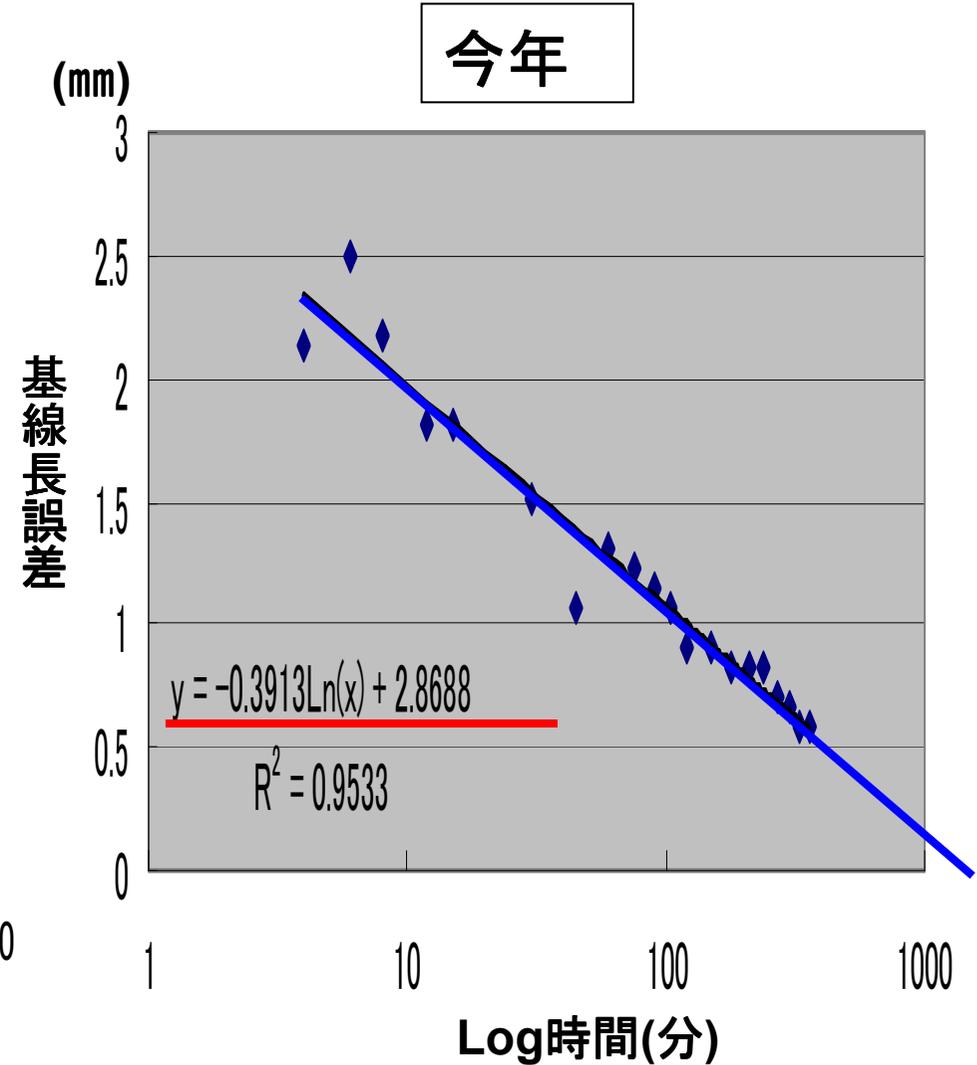
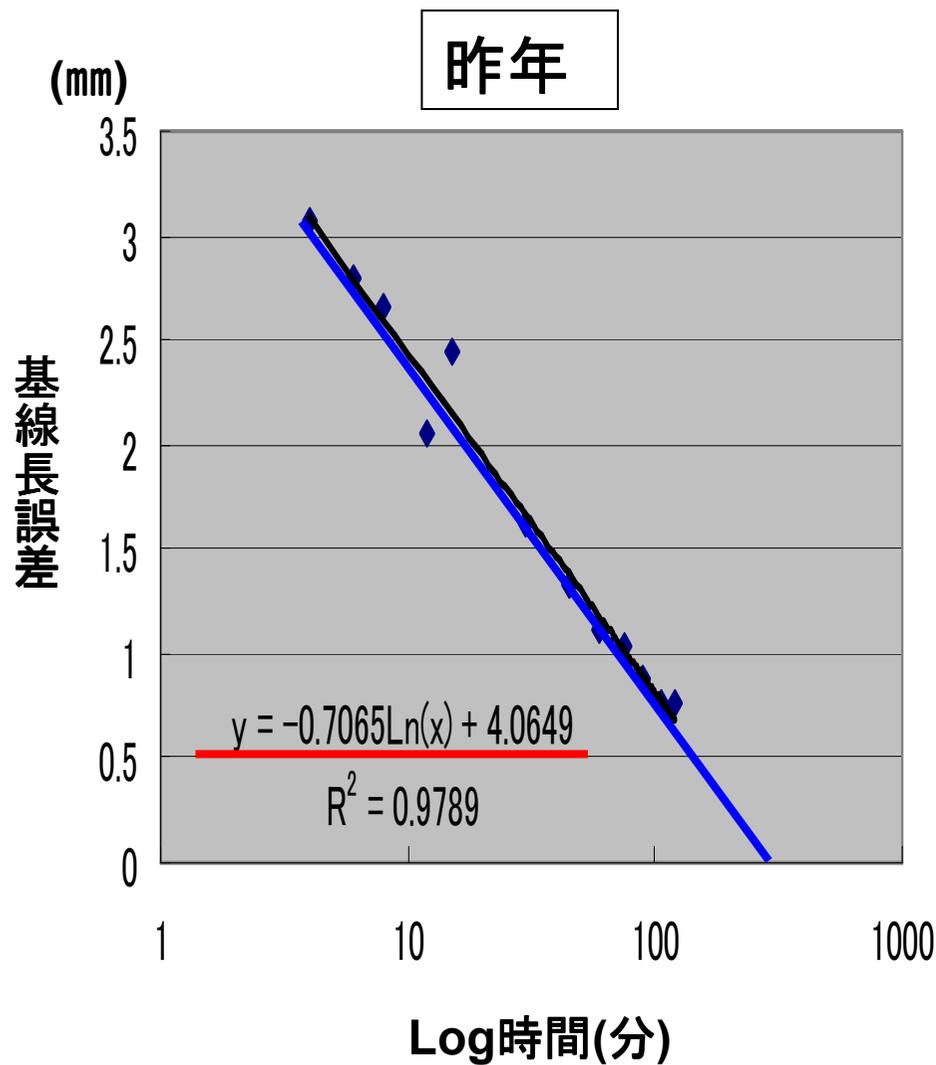


最近1年の内に地殻変動が起こった。

昨年と今年の干渉測位における基線長誤差の比較 (平面誤差)



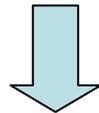
昨年と今年の干渉測位における基線長誤差の比較 (立体誤差)



結果と考察(2)

〔誤差について〕

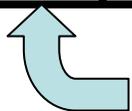
- ・高さの精度が悪いため、立体誤差は平面誤差より大きい。
- ・干渉測位において、計測時間の対数と誤差が比例して減少する。
- ・地殻変動に応用するために要求される0.1mm以下の誤差内のデータを得るには、平面誤差で約770分、立体誤差で約1180分の計測時間を要すると推定される。



昨年のGPS観測の結果では0.1mm以下の誤差内のデータを
得るには、平面誤差で約170分、立体誤差で約300分とあるが、
より長い時間がかかると考えられる。

170分間ごとの干渉測位の観測データ

time(minutes)	N(m)	誤差(m)	E(m)	誤差(mm)	平面誤差	H(m)	誤差(mm)	立体誤差
0-170	-1523.245	0.3	494.42	0.3	0.4242 64	- 30.231	0.7	0.8185 35
60-230	-1523.246	0.4	494.42 3	0.4	0.5656 85	- 30.225	1	1.1489 12
120-290	-1523.246	0.4	494.42 2	0.3	0.5	- 30.224	0.8	0.9433 98
180-350	-1523.248	0.4	494.42 4	0.3	0.5	- 30.225	0.8	0.9433 98



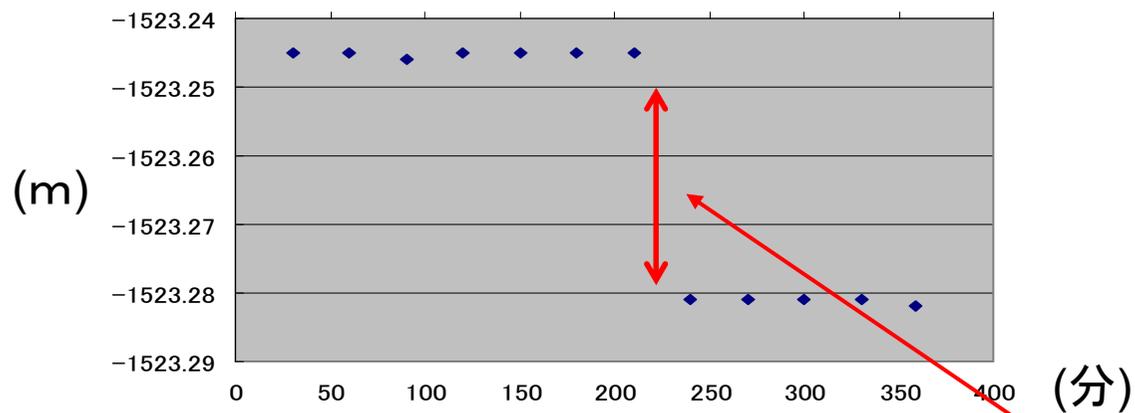
170分間のデータで平面誤差は0.5前後あり、昨年の結果と矛盾する。

測定結果－干渉測位(累積)

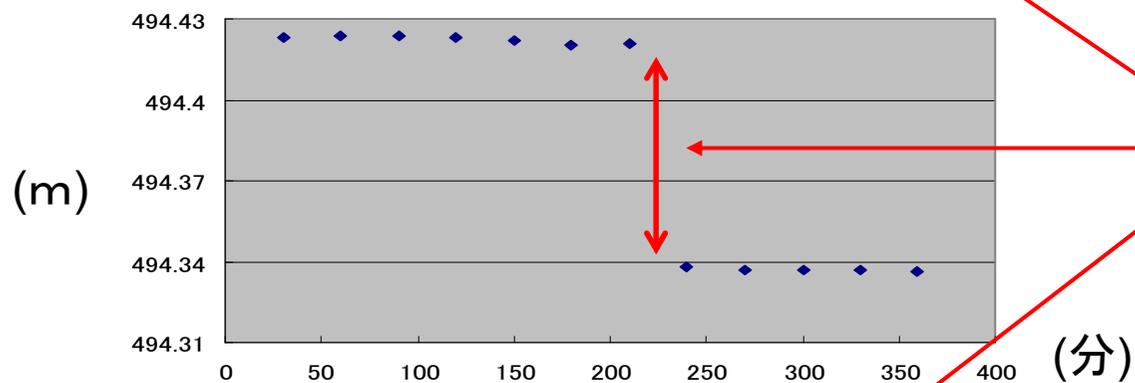
time(minutes)	N(m)	誤差(m)	E(m)	誤差(mm)	斜距離(m)	H(m)	誤差(mm)	衛星の数(個)
30	-1523.245	0.6	494.423	0.5	1601.759	-30.24	1.3	8
60	-1523.245	0.5	494.424	0.5	1601.759	-30.235	1.1	9
90	-1523.246	0.4	494.424	0.4	1601.76	-30.232	1	10
120	-1523.245	0.3	494.423	0.3	1601.759	-30.233	0.8	12
150	-1523.245	0.3	494.422	0.3	1601.758	-30.231	0.8	12
180	-1523.245	0.3	494.42	0.3	1601.758	-30.23	0.7	12
210	-1523.245	0.3	494.421	0.3	1601.758	-30.228	0.7	14
240	-1523.281	0.3	494.338	0.3	1601.759	-29.828	0.7	16
270	-1523.281	0.3	494.337	0.2	1601.759	-29.826	0.6	16
300	-1523.281	0.2	494.337	0.2	1601.759	-29.825	0.6	16
330	-1523.281	0.2	494.337	0.2	1601.759	-29.826	0.5	16
359	-1523.282	0.2	494.336	0.2	1601.76	-29.824	0.5	16

干渉測位累積のグラフ

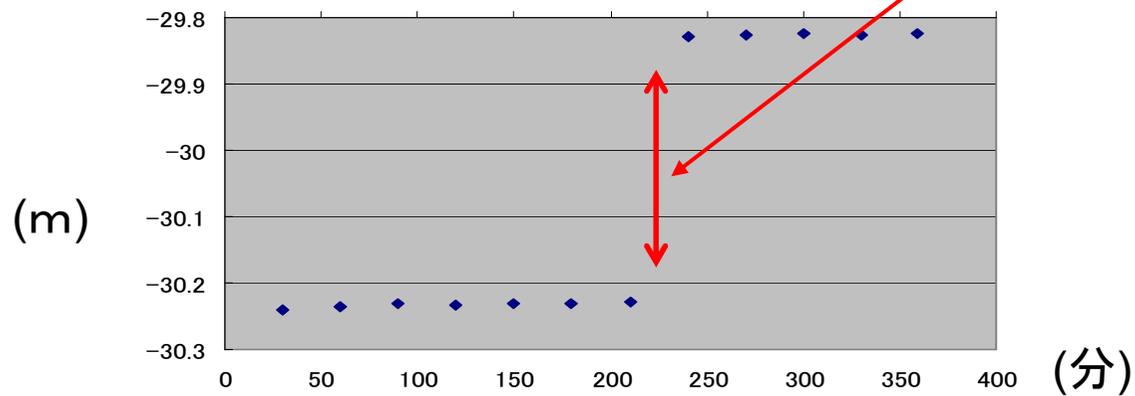
N



E



H



大きな違いが見られる

測定結果－干涉測位(237.0～240.0秒：累積)

time(minutes)	N(m)	誤差 (m)	E(m)	誤差 (mm)	斜距離 (m)	H(m)	誤差 (mm)	衛星数 (個)	P-DOP
237	-1523.246	0.3	494.423	0.3	1601.759	-30.229	0.8	14	1.8-4.5
237.25	-1523.246	0.3	494.423	0.3	1601.759	-30.229	0.8	14	1.8-4.5
237.5	-1523.246	0.3	494.423	0.3	1601.759	-30.229	0.8	14	1.8-4.5
237.75	-1523.246	0.3	494.423	0.3	1601.759	-30.229	0.8	14	1.8-4.5
238	-1523.246	0.3	494.423	0.3	1601.759	-30.229	0.8	14	1.8-4.5
238.25	-1523.246	0.3	494.423	0.3	1601.759	-30.229	0.8	14	1.8-4.5
238.5	-1523.246	0.3	494.423	0.3	1601.759	-30.229	0.8	14	1.8-4.5
238.75	-1523.246	0.3	494.423	0.3	1601.759	-30.229	0.8	14	1.8-4.5
239	-1523.246	0.3	494.423	0.3	1601.759	-30.229	0.8	14	1.8-4.5
239.25	-1523.246	0.3	494.423	0.3	1601.759	-30.229	0.8	14	1.8-4.5
239.5	-1523.246	0.3	494.423	0.3	1601.759	-30.229	0.8	14	1.8-4.5
239.75	-1523.246	0.3	494.423	0.3	1601.759	-30.229	0.8	14	1.8-4.5
240	-1523.281	0.3	494.338	0.3	1601.759	-29.828	0.7	16	1.8-4.5

結果と考察(3)

239.75分～240分の15秒間を境に

{	N	...	約4cm	の違いが生じた.
	E	...	約10cm	
	H	...	約40cm	

〔干渉測位における距離のずれの原因〕

- ・P-DOP(理想的な衛星の配置)が崩れたため → × (値は変化しない)
- ・瞬間的に地殻変動が起こったのか? → × (短時間での変化が大きすぎる)
- ・239.75分～240分の間に観測できる衛星の増加が見られる



新しくキャッチした衛星の信号が何らかの原因で乱されていた可能性が考えられる.

単独測位－観測条件

- ・観測日 : 2004年7月22日
- ・観測場所 : 草津白根実験フィールド
- ・観測点 : GPS02, GPS04の2点
- ・観測セッション :
 - ・11時0分0秒～11時9分0秒
 - ・15時40分0秒～15時58分0秒
- ・サンプリング周期 : 11時0分0秒～11時9分0秒 : 1分毎
15時40分0秒～15時58分0秒 : 2分毎

单独測位—觀測結果

11時0分0秒～11時9分0秒 : 1分每

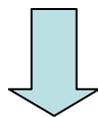
	GPS-02	誤差(cm)	GPS-04	誤差(cm)
緯度平均	36° 39' 06.3"	0	36° 38' 17.0"	0
經度平均	138° 31' 35.03"	73.5	138° 31' 55.0"	0

15時40分0秒～15時58分0秒 : 2分每

	GPS-02	誤差(cm)	GPS-04	誤差(cm)
緯度平均	36° 39' 06.28"	150.7	36° 38' 16.83"	73.5
經度平均	138° 31' 35.09"	67.9	138° 31' 54.9"	0

単独測位と干渉測位の誤差の比較(考察)

- ・相対測位と誤差を比較すると単独測位の方が誤差が3桁違う.
- ・単独測位の場合緯度, 経度の計測の最小値である0.1秒の値が1変わるだけで数cm~数10cmメートルの誤差が生じる.



単独測位は誤差が大きすぎるため地殻変動のような微妙な変動を観測するのには向いていないと言える.

まとめ

- ・今回の実習ではGPS観測の内、単独測位と干渉測位をおこないデータの計測および解析を行った.
- ・干渉測位の方が単独測位より3桁ほど精度が高いことが分かった.
- ・誤差から推測して精度のよいデータを取るためには最低20時間は必要とする.
- ・地殻変動以外の理由で突然データが乱れることがある.
- ・去年のデータと比較して過去1年間での地殻変動はほとんどないと考えられる.

