

# 地球観測実習

## 重力

実習日：2005年7月20日～22日

発表日：2005年9月9日

小山田浩子

# 発表内容

- 実習の目的
- 実習（観測・測定・観察等）の概要
- 解析・考察の結果
- 実習で学んだことのまとめ

# 実習の目的

1. 地球重力場の測定
2. 重力変化の検出

# 1. 地球重力場の測定

- 絶対重力測定  
絶対重力を求める
- 相対重力測定  
2点間の重力差を求める  
 $G(b) = G(a) + \Delta G$

## 2.重力変化の検出

過去の重力データとの比較により得られる

### 重力変化から分かること

地形変化：地球楕円体，ジオイドと比べた高度差の変化  
(ex: 観測点の隆起・沈降)

密度変化：岩質・間隙流体などの状態の変化  
(ex: 地震火山活動，マグマ上昇・下降，  
地殻変動，地下水移動)

# 重力について

重力 ( $g_0$ ) とは

$$g_0 = g_1 + g_2 + g_3$$

$g_1$ : 万有引力の加速度

$g_2$ : 遠心力の加速度

$g_3$ : 他天体 (月や太陽など) の万有引力や  
地球の公転による潮汐加速度

重力加速度の単位

$$1 \text{ Gal} = 1 \text{ cm/sec}^2$$

# 実習の概要

観測日：2005年7月21日

観測場所：草津白根火山地域

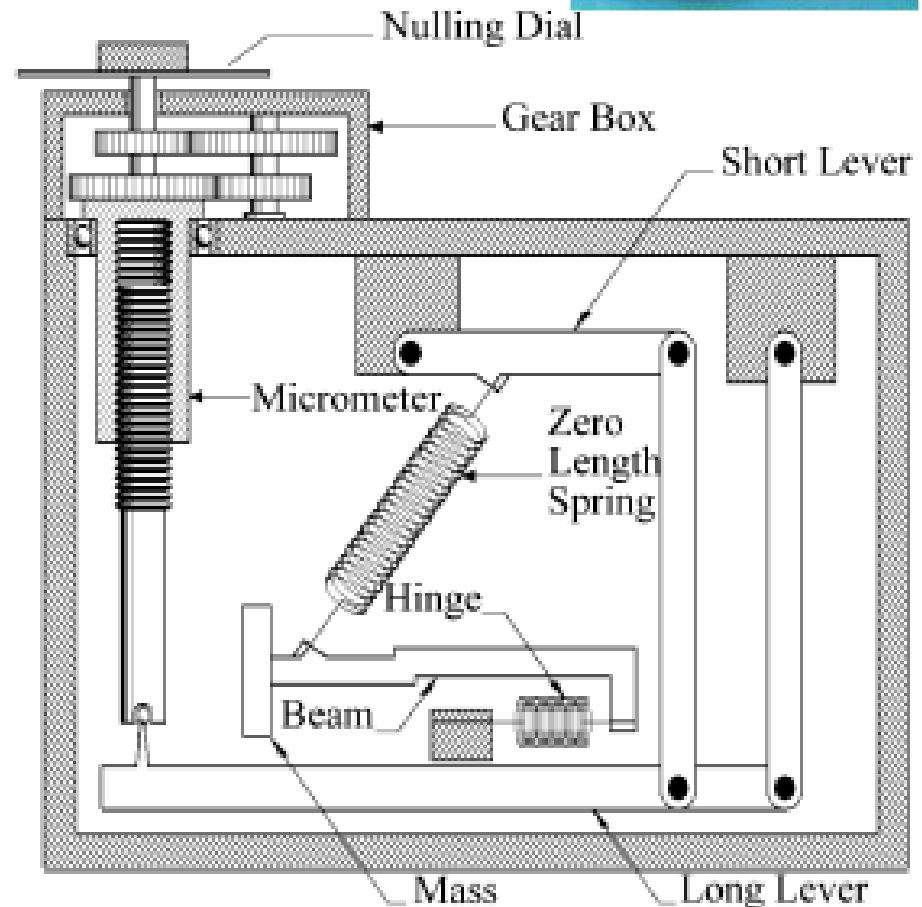
- 1台のラコステ重力計を用いて観測
- 得られた重力データと過去のデータを比較，考察を行う

# ラコステ重力計について(1)

## ● 原理

内部には零長スプリング (Zero Length Spring) があり, 重りに働く重力によって伸縮し, おもり (Weight) やレバーが上下する.

ダイヤル (Measuring Screw) を回転させて, おもりやビーム (Beam) の位置が一定になるように調整する. この調整量がおおむね重力に比例することを利用している. なお温度変化でばねが膨張・収縮しないように, 内部は恒温槽 (約 $50^{\circ}\text{C}$ ) になっている.





# ラコステ重力計について(2)

## ● 取り扱い説明

(1) 取り出し: ケースから重力計本体を取り出し, 丸皿にのせる.

※ケースにぶつけないように慎重に!

(2) 検流計を設置する.

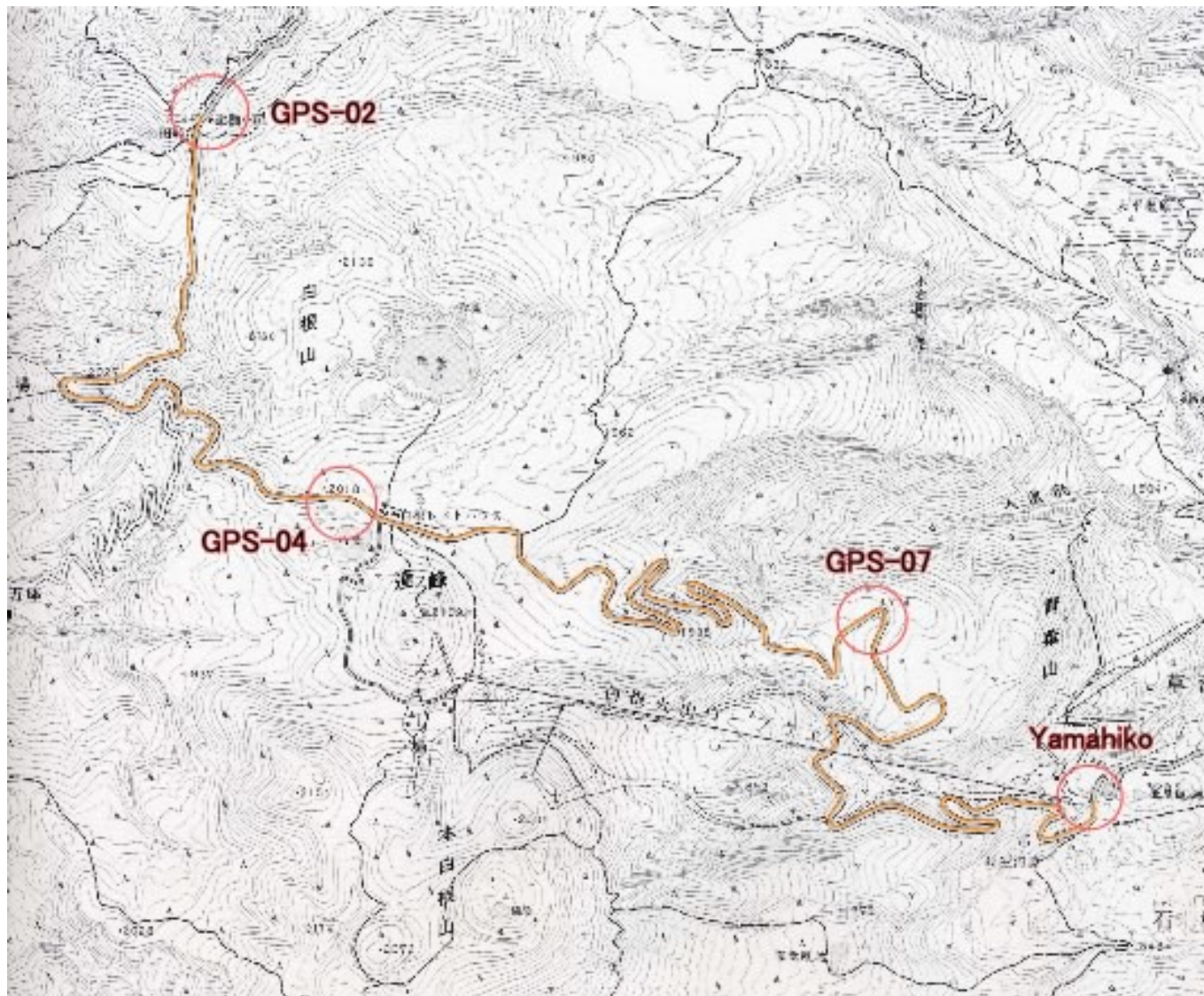
(3) レベル合わせ: 気泡管のあぶくが真ん中にくるように, 脚を上下させる.

(4) クランプをはずす.



- (5)測定開始:ダイヤルを回して検流計の針が $0\mu A$ になるように調整し、  
値を読み取る。  
1度測定が終了したらダイヤルを1回転戻し、再び調整する。その時の  
値を読み取り値とする。
- (6)機械高読み取り:基準点標識から重力計上面までの高さを、巻尺で読  
み取る。
- (7)クランプを時計回りにまわし、固定する。
- (8)重力計本体をケースに収納する。

# 観測点およびルート



●2004.07.21

Yamahiko



GPS-07



GPS-04



GPS-02



GPS-04



GPS-07



Yamahiko

# 観測の様子



# 解析・考察の結果

- 観測データ  
(観測地点・観測時間・読み取り値・器械高)
- 読み取り値から相対重力値を求めるために,
  - 係数換算値への変換
  - 器械高補正
  - 潮汐補正
  - ドリフト補正以上の補正を行う

## 係数換算値への変換

・ある重力下で、ばねの伸びの程度は器械1つ1つで異なり、カウンター及びダイヤルの指す値と実際の重力値も異なる。読み取り値から器械ぐせを解消するために係数変換を行う。

・換算値は、読み取り値C.R. の1次関数  $g=f(C.R.)$  で表される。下の係数換算表（各重力計に固有）から、読み取り値C.R. に対応する重力値  $g$  を読み取る。

G875-Scale		
C.R.	g	b
2900	2951.843	1.01899
3000	3053.743	1.01909
3100	3155.652	1.01919

観測地点	観測時刻	読み取り値	係数換算値
		mgal	mgal
Yamahiko	9:03	2999.969	3053.7014

例) C.R. = 2999.969 の計算

2900 < C.R. < 3000 より

$$g(C.R.) = g(2900)$$

$$+ b(2900) \times (C.R. - 2900)$$

$$g(2900) = 2951.834 [\text{mgal}]$$

$$b(2900) = 1.01899$$

$$g(C.R.) = 2951.834$$

$$+ 1.01899$$

$$\times (2999.969 - 2900)$$

$$= 3053.7014 [\text{mgal}]$$

## 器械高補正

得られた重力値は重力計上面における重力値なので、これを測定点における重力値に変換する。

例) 器械高0.255mの場合  
 $0.255 \times 0.3 = 0.0765$ [mgal]  
測定点では0.0765[mgal]だけ大きな重力値を持つ。

●地上から1m高くなることで0.3mgal減少

観測地点	観測時刻	読み取り値	係数換算値	器械高	器械高補正	潮汐補正	補正済み重力
		mgal	mgal	m	mgal	mgal	mgal
Yamahiko	9:03	2999.969	3053.7014	0.255	0.0765	0.114	3053.891911

## 潮汐補正

測定された重力は、(地球の及ぼす重力) + (月・太陽が及ぼす引力 = 潮汐力) である。月や太陽は運動しているので、同じ場所で測定しているとそれらが及ぼす引力は時間とともに変化する。潮汐力は天体力学によって精密に計算できる。地球の及ぼす重力を知るために、測定値から潮汐力を取り除く必要がある。

●(地球の及ぼす重力) = (測定値) - (潮汐力) = (測定値) + (潮汐補正值)

# ドリフト補正

理想的な材質のスプリングなら、外から働く力が一定の時には一定の長さを保つ。しかし実際の材質にはこれはない。この特性により、重力値が一定でも時間とともに見かけ上、測定値が変化する。これをドリフトと呼ぶ。

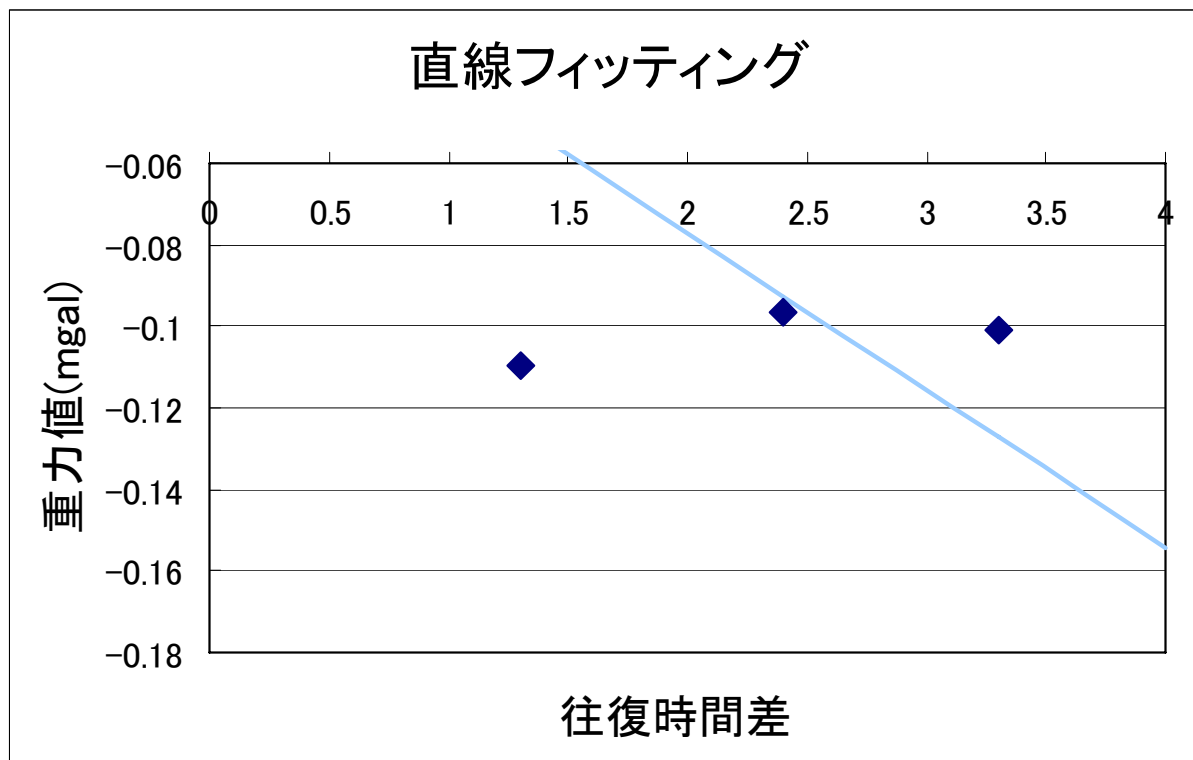
測定はルートの子と帰りの2回ずつ行う。同じ観測点で、1回目の測定と2回目の測定とのずれを経過した時間で割ると、ドリフトが測定値に対して影響する程度が時間の1次式として求められる。

点名	時刻	潮汐補正後 mgal	時間差 時間	往復差 mgal	基準点からの時間 時間	ドリフト補正 mgal	ドリフト補正後 mgal
Yamahiko	9:03	3053.891911	3.3	-0.1008	0	0	3053.891911
GPS07	9:39	3004.382396	2.4	-0.09679	0.6	0.036693566	3004.345703
GPS04	10:13	2956.190574	1.3	-0.1096	1.166666667	0.071348601	2956.119226
GPS02	10:42	2953.188897	0		1.65	0.100907306	2953.087989
GPS04	11:31	2956.080973			2.466666667	0.150851327	2955.930121
GPS07	12:03	3004.285605			3	0.18346783	3004.102137
Yamahiko	12:23	3053.791112			3.333333333	0.203853144	3053.587259



観測地点	観測時刻
Yamahiko	9:03
GPS07	9:39
GPS04	10:13
GPS02	10:42
GPS04	11:31
GPS07	12:03
Yamahiko	12:23

補正済み重力	往復時間差	往復差	基準点からの時間	ドリフト補正量
mgal				mgal
3053.891911	3.3	-0.1008	0	0
3004.382396	2.4	-0.09679	0.6	-0.023142
2956.190574	1.3	-0.1096	1.166666667	-0.04499833
2953.188897	0		1.65	-0.0636405
2956.080973			2.466666667	-0.09513933
3004.285605			3	-0.11571
3053.791112			3.333333333	-0.12856667



# 相対重力解析結果

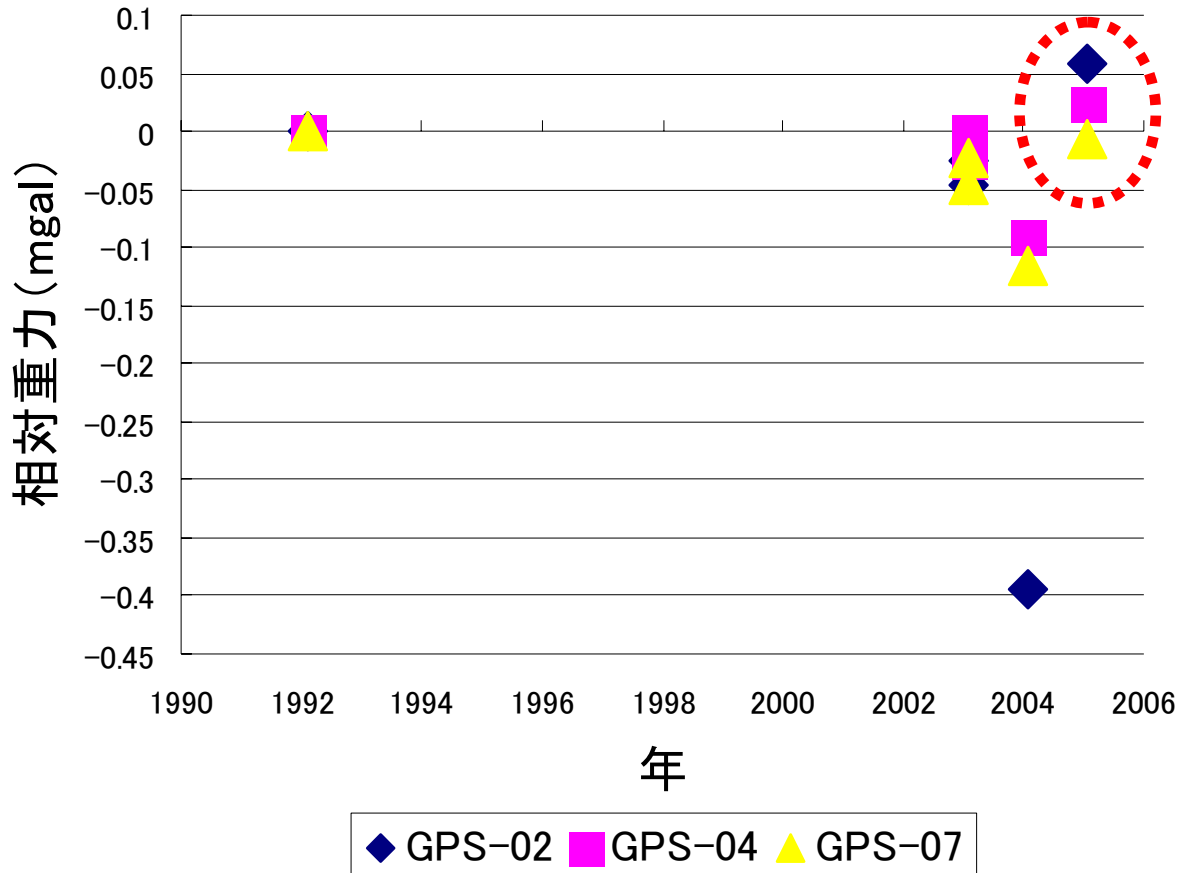
Yamahikoを基準点とした相対重力(mgal)

	1992.09	2003.07 観測実習	2003.09	2004.07 観測実習	2005.07 観測実習
Yamahiko	0	0	0	0	0
GPS-02	-100.71	-100.736	-100.756	-101.104	-100.652
GPS-04	-97.736	-97.736	-97.762	-97.826	-97.7115
GPS-07	-49.506	-49.553	-49.528	-49.622	-49.5127

1992年からの相対重力の変化

	1992.09	2003.07 観測実習	2003.09	2004.07 観測実習	2005.07 観測実習
Yamahiko	0	0	0	0	0
GPS02	0	-0.026	-0.046	-0.394	0.058028
GPS04	0	0	-0.026	-0.09	0.024476
GPS07	0	-0.047	-0.022	-0.116	-0.00665

# GPS-02,04,07での相対重力変化

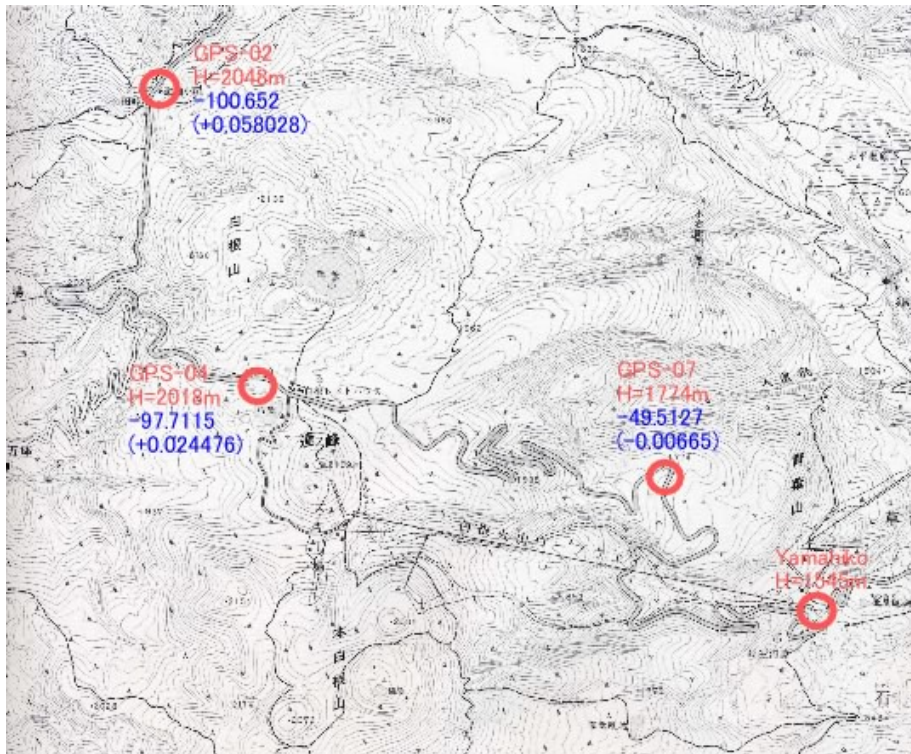


● Yamahikoを基準としたGPS-02,04,07各点の相対重力は、1992年から2004年まで減少の傾向にあったが、今回の観測ではやや増加する傾向が見られた。

# 考察

今回得られた重力値の増加傾向

→原因として地形の沈降, 密度変化などが考えられる



●火口に近い観測点(GPS-02, GPS-04)における重力値は増加傾向が見られるが, 少し離れた観測点(GPS-07)では顕著な増加傾向は見られない.



山頂付近で地形沈降や密度変化が起こった?

## ●仮に地形の沈降が起こったとすると...

2004年の重力値と比較

GPS-02:1.507m

GPS-04:0.382m

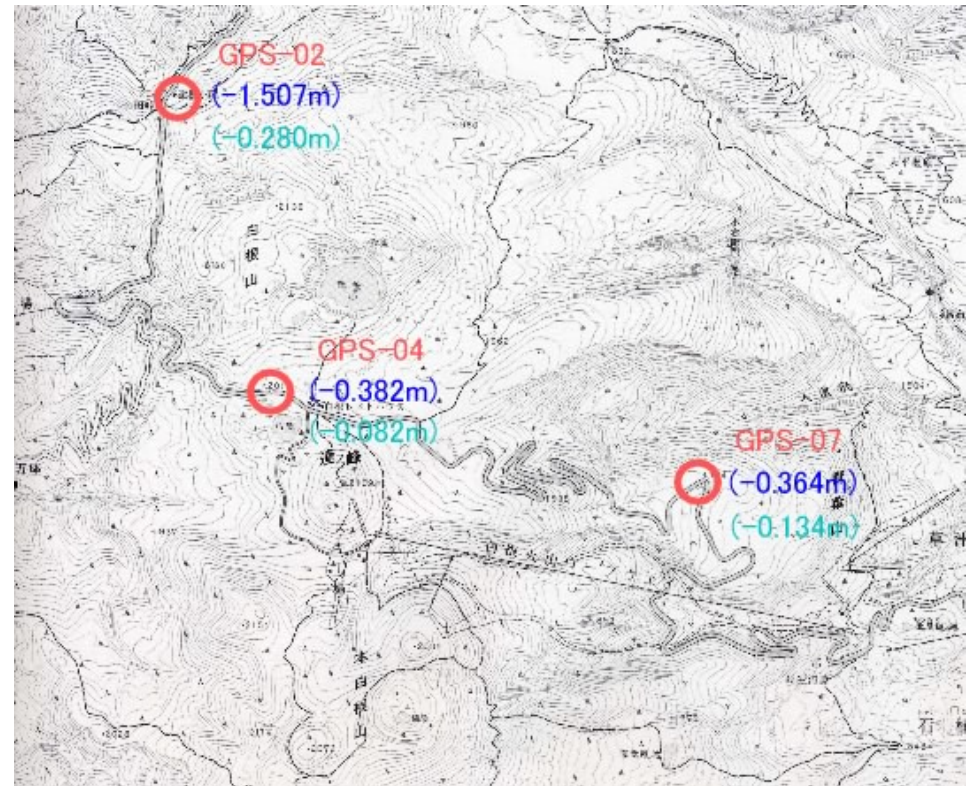
GPS-07:0.364m

2003年の重力値と比較

GPS-02:0.280m

GPS-04:0.082m

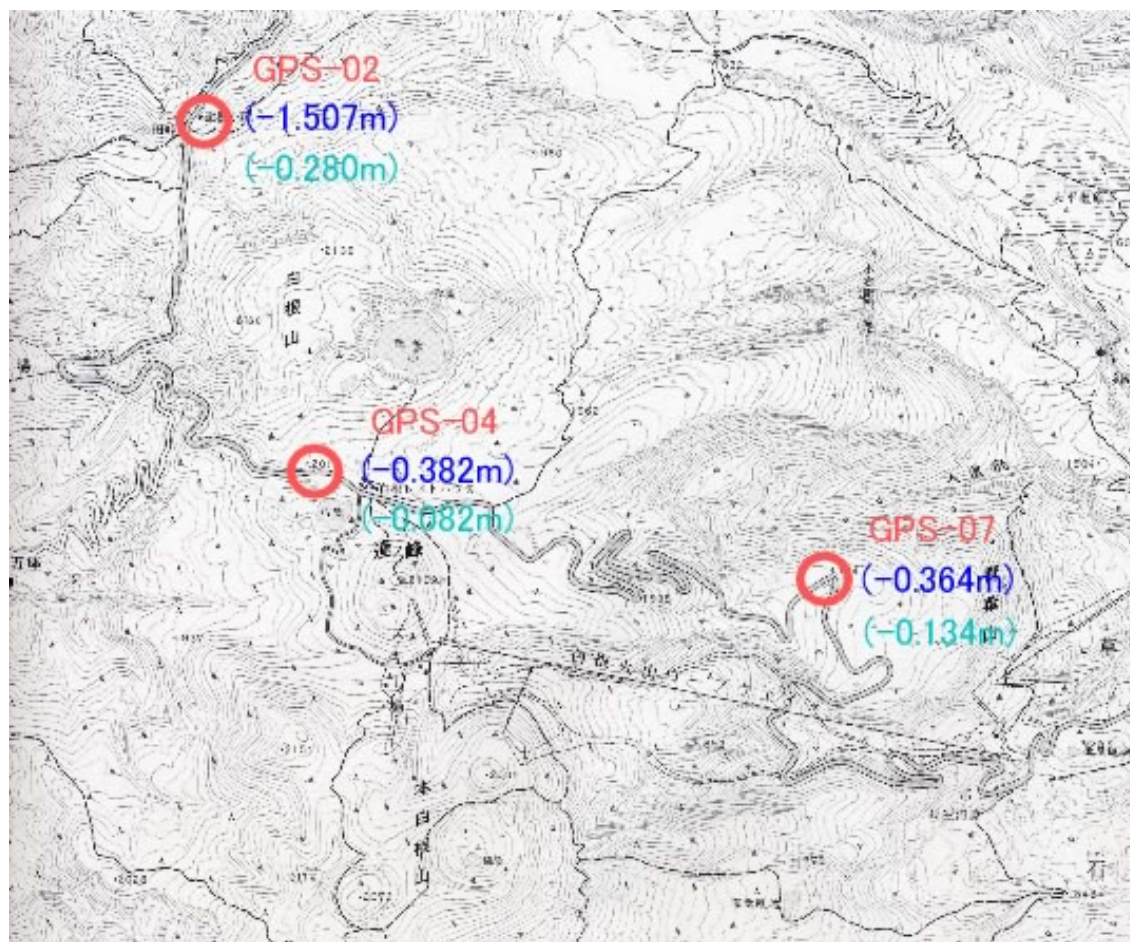
GPS-07:0.134m



各観測点で上記のような沈降が起こったと推定される。

●2003年・2004年と今回の重力値を比較した各観測点での沈降量に、一定の傾向は見られない。

→地形沈降以外の要因がある可能性が考えられる。



# まとめ

- 草津白根火山地域でYamahikoを基準点とした相対重力値の観測を行い、1992年、2003年、2004年と今回観測した値を比較した結果、これまで減少傾向にあった相対重力値の増加が見られた。
- この結果から山頂付近での地形変化や密度変化などの可能性が示唆されるが、観測における精度や観測点の少なさなどの問題点があるため、議論を深めることはできなかった。

# 最後に・・・



孫先生には大変お世話になりました  
本当にありがとうございました