

地球観測実習

重力

実習日： 2004年7月21 - 23日

発表日： 2004年8月26日

発表者： 大島智洋・仲山祥太郎

地球観測実習

重力

実習日： 2004年7月21 - 23日

発表日： 2004年8月26日

発表者： 大島智洋・仲山祥太郎

1. 実習の目的

a. 地球重力場の測定

b. 重力変化の検出

a.地球重力場の測定

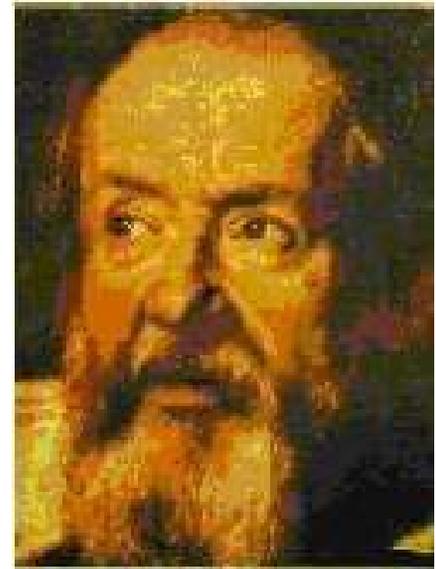
- 絶対重力測定 $g(a)$
 - ・絶対重力計は精度はよいが高価
相対重力計が一般的に使われる。
- 相対重力測定 $G(b)$
 - 基準点の絶対重力からの違い
 - $G(b)=g(a)+ G$

b. 重力変化の検出

- 過去の重力データと今回得られた結果を比較することにより得る。
- 重力変化からわかること
 - ・理想的な楕円体であるジオイドと比べた高度差の変化
ex. 観測点の隆起・沈降
 - ・物質移動による密度変化
ex. 地震火山活動. マグマ上昇. 地下水移動.

重力について

- 万有引力 + 遠心力
ベクトル量
- 単位
1Gal(ガル)=1cm/sec²
10⁻³Gal=1mGal
10⁻⁶Gal=1 μ Gal



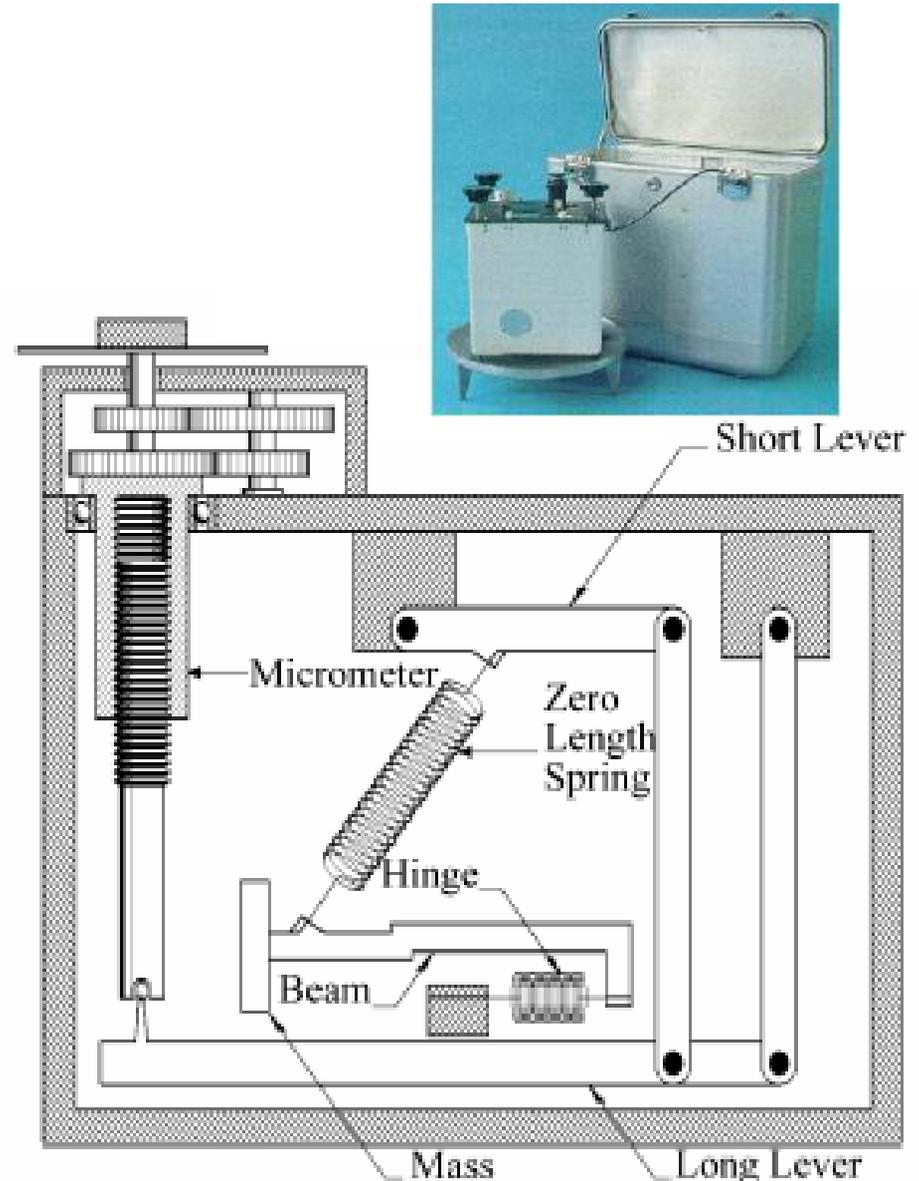
Galileo Galilei

2. 測定機器の概要

- a. ラコステ重力計の原理
- b. 取り扱い説明
- c. 観測点およびルート説明
- d. 観測の様子

a. LaCoste-Romberg重量計の原理

- 内部にあるゼロ長スプリング (Zero Length Spring) がおもり (Mass) に働く重力によって伸び縮みし、おもりやレバー (Lever) が上下する。
- ダイヤル (Nulling Dial) 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、この調整量が重力に比例することを利用している。
- 内部は温度変化でばねが伸縮しないように、恒温槽 (50) になっている。



b. 取り扱い説明(1)

重力計の取り出し

ケースから慎重に(衝撃によりばねは破損しやすい)本体を取り出し、専用の皿に載せる。

電流計を取り付ける。

レベルあわせ

気泡管のあぶくが真ん中にくるように脚を上下させる(黒いノブを回転させて)。機器を水平にしないと、同じ重力下でもばねの伸びが同じにならない。

クランプはずし

移動時の衝撃から守るために固定させていたおもりを自由にし、測定可能状態にする。クランプねじを反時計回りに回しきる。



b. 取り扱い説明(2)

測定開始

ダイヤルを回転させると、電流計の針が動くので、中央に合わせる。電流計の針が中央でとまったときの値が読み取り値である。

再測定

1回測定が終了したら、ダイヤルを**反時計回り**に1回転させ、続いて読み取り値手前まで**時計回り**に1回転させる。電流計の針を見ながらダイヤルを**時計回り**に微調整して針を合わせ、再び値を読み取る。

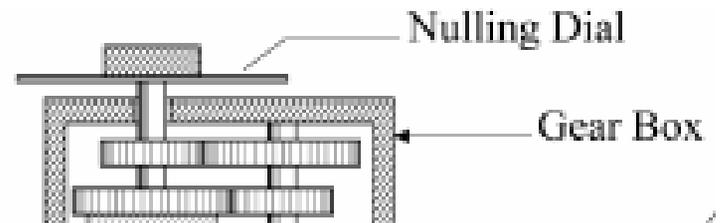
……ダイヤルの回転方向が決まっているのは、重力計の歯車の遊びの部分のずれを解消するためである。

器械高よみとり

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。

クランプを時計回りに回し、固定する。

重力計本体をケースに慎重に収納する。



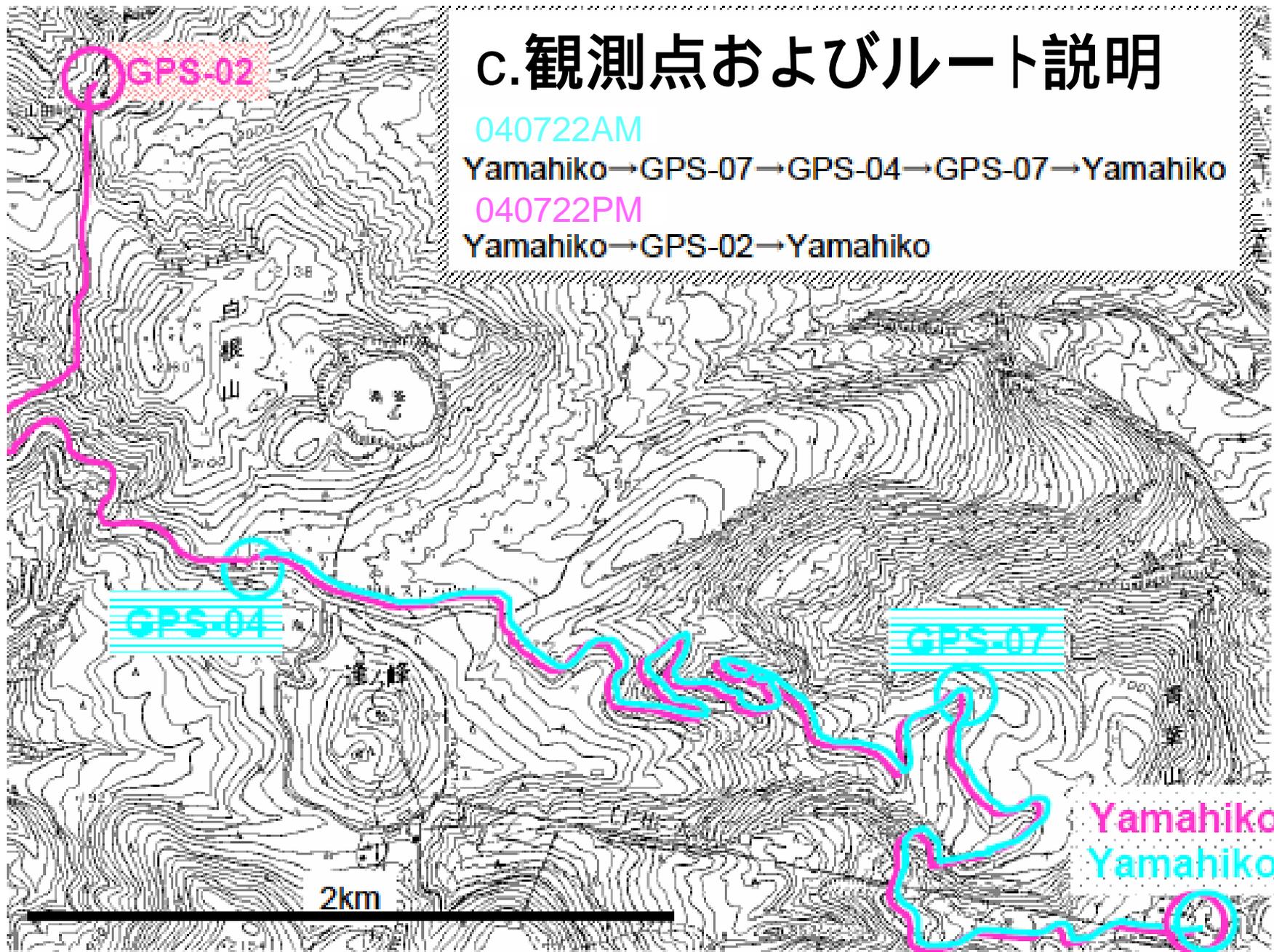
c.観測点およびルート説明

040722AM

Yamahiko → GPS-07 → GPS-04 → GPS-07 → Yamahiko

040722PM

Yamahiko → GPS-02 → Yamahiko



観測の様子



いざ測定



GPSと共に



何してるの？測定です！



微調整には根気が...



天気がよくてなによりです

3. 解析・考察結果

測定データ

左: 生データ

右: 2回の平均

(上: 仲山, 下: 大島)

観測地点	観測時刻	読み取り値
yamahiko	9:03	3000.238
	9:09	3000.233
GPS07	9:56	2951.700
	10:15	2951.682
GPS04	10:45	2904.368
	10:50	2904.369
GPS04	11:19	2904.379
	11:23	2904.378
GPS07	11:47	2951.689
	11:49	2951.688
yamahiko	12:20	3000.188
	12:23	3000.188
yamahiko	13:40	3000.218
	13:43	3000.214
GPS02	14:35	2901.359
	14:37	2901.353
GPS02	14:48	2901.384
	14:51	2901.380
yamahiko	16:09	3000.203
	16:11	3000.200

観測地点	観測時刻	読み取り値
yamahiko	9:06	3000.236
GPS07	10:05	2951.691
GPS04	10:47	2904.369
GPS04	11:21	2904.379
GPS07	11:48	2951.689
yamahiko	12:21	3000.188
yamahiko	13:41	3000.216
GPS02	14:36	2901.356
GPS02	14:49	2901.382
yamahiko	16:10	3000.202

観測地点	観測時刻	読み取り値
yamahiko	8:57	3040.398
	9:22	3040.393
GPS07	10:00	2991.570
	10:06	2991.568
GPS04	10:47	2944.107
	10:50	2944.103
GPS04	11:20	2944.068
	11:25	2944.068
GPS07	11:47	2991.495
	11:49	2991.500
yamahiko	12:19	3040.237
	12:22	3040.236
yamahiko	13:45	3040.272
	13:47	3040.273
GPS02	14:35	2941.002
	14:38	2940.997
GPS02	14:55	2940.988
	14:57	2940.989
yamahiko	16:08	3040.253
	16:11	3040.259

観測地点	観測時刻	読み取り値
yamahiko	9:09	3040.396
GPS07	10:03	2991.569
GPS04	10:48	2944.105
GPS04	11:22	2944.068
GPS07	11:48	2991.498
yamahiko	12:20	3040.237
yamahiko	13:46	3040.273
GPS02	14:36	2941.000
GPS02	14:56	2940.989
yamahiko	16:09	3040.256

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	潮汐補正後	往復時間差	往復差	基準点からの時間	ドリフト補正量	ドリフト補正後	往復の平均	相対重力
		mgal	mgal	cm	mgal	mgal	mgal	時間	mgal	時間	mgal	mgal	mgal	mgal
yamahiko	9:06	3000.236	3053.983	26.1	0.0783	-0.007	3054.054	3.25	-0.048	0	0.027	3054.081	3053.975	0
GPS07	10:05	2951.691	3004.518	11.8	0.0354	0.018	3004.572	1.72	-0.003	0.98	0.007	3004.579	3004.562	-49.413
GPS04	10:47	2904.369	2956.295	11.2	0.0336	0.024	2956.352	0.40	0.010	1.68	-0.007	2956.345	2956.344	-97.631
GPS04	11:21	2904.379	2956.305	10.8	0.0324	0.025	2956.362			2.25	-0.019	2956.344		
GPS07	11:48	2951.689	3004.516	11.5	0.0345	0.022	3004.572			2.70	-0.028	3004.545		
yamahiko	12:21	3000.188	3053.935	26.1	0.0783	0.016	3054.029			3.25	-0.039	3053.990		
yamahiko	13:41	3000.216	3053.963	26.1	0.0783	-0.013	3054.028	2.50	-0.015	4.58	-0.065	3053.963		
GPS02	14:36	2901.356	2953.225	4.3	0.0129	-0.027	2953.211	0.20	0.026	5.50	-0.084	2953.127	2953.136	-100.838
GPS02	14:49	2901.382	2953.251	4.7	0.0141	-0.031	2953.234			5.72	-0.088	2953.146		
yamahiko	16:10	3000.202	3053.948	26.1	0.0783	-0.046	3053.981			7.07	-0.115	3053.865		
yamahiko	9:09	3040.396	3094.780	25.8	0.0774	-0.006	3094.852	3.17	-0.162	0	-0.002	3094.850	3094.804	0
GPS07	10:03	2991.569	3044.823	10.8	0.0324	0.018	3044.874	1.75	-0.073	0.90	-0.034	3044.840	3044.774	-49.830
GPS04	10:48	2944.105	2996.625	7.5	0.0225	0.024	2996.672	0.50	-0.038	1.65	-0.061	2996.611	2996.582	-98.022
GPS04	11:22	2944.068	2996.588	7.2	0.0216	0.025	2996.634			2.22	-0.081	2996.553		
GPS07	11:48	2991.498	3044.751	11	0.0330	0.022	3044.806			2.65	-0.097	3044.709		
yamahiko	12:20	3040.237	3094.619	25.8	0.0774	0.016	3094.712			3.18	-0.116	3094.597		
yamahiko	13:46	3040.273	3094.655	25.8	0.0774	-0.015	3094.718	2.40	-0.017	4.62	-0.167	3094.551		
GPS02	14:36	2941.000	2993.472	0	0	-0.027	2993.445	0.32	-0.017	5.45	-0.197	2993.248	2993.234	-101.370
GPS02	14:56	2940.989	2993.461	0	0	-0.033	2993.428			5.78	-0.209	2993.219		
yamahiko	16:09	3040.256	3094.639	25.8	0.0774	-0.046	3094.670			7.00	-0.252	3094.418		

読み取り値から相対重力値を求めるため、

- 係数換算値への変換
- 器械高補正
- 潮汐補正
- ドリフト補正

等の補正をする。大気圧補正、極運動(極潮汐)補正は今回行わない。

G-876 Scale		
C.R.	g	b
2900	2951.843	1.01899
3000	3053.743	1.01909
3100	3155.743	1.01919

観測地点	観測時刻	読み取り値	係数換算値
		mgal	mgal
yamahiko	9:06	3000.236	3053.983

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違う。読み取り値から**器械グセを解消するため係数変換を行う。**

• 換算値は、読み取り値C.R. の1次関数 $g = f(\text{C.R.})$ で表される。上の係数換算表(それぞれの重力計に固有)から、読取値C.R.に対応する重力値gを読み取る。

• 例: C.R.=3000.236の計算
 $3000 < \text{C.R.} < 3100$ より
 $g(\text{C.R.}) = g(3000) + b(3000) \times (\text{C.R.} - 3000)$
 $g(3000) = 3053.743 \text{ [mgal]}$
 $b(3000) = 1.01909 \text{ [mgal]}$
 $g(\text{C.R.}) = 3053.743 + 1.01909 \times (3000.236 - 3000)$
 $= \underline{\underline{3053.983}} \text{ [mgal]}$

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	潮汐補正後
		mgal	mgal	cm	mgal	mgal	mgal
yamahiko	9:06	3000.236	3053.983	26.1	0.078	-0.007	3054.054

器械高補正

得られた重力値は重力計の上面における重力値なので、これを測定点上での重力値に変換する。

1cm 0.003mgal減少 例：器械高26.1cmの場合 $26.1 \times 0.003 = 0.078$ [mgal]

だけ、測定点直上で大きな重力値をもつ。

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・太陽は運動するので、同じ場所で測定しているとそれらが及ぼす引力が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。地球の及ぼす重力が知りたい場合、測定値から潮汐力を取り除く。

(地球の及ぼす重力) = (器械高補正した測定値) - (潮汐力) = (器械高補正した測定値) + (潮汐補正值)

換算値に器械高補正と潮汐補正を加えた値が補正済み右端の重力値である。

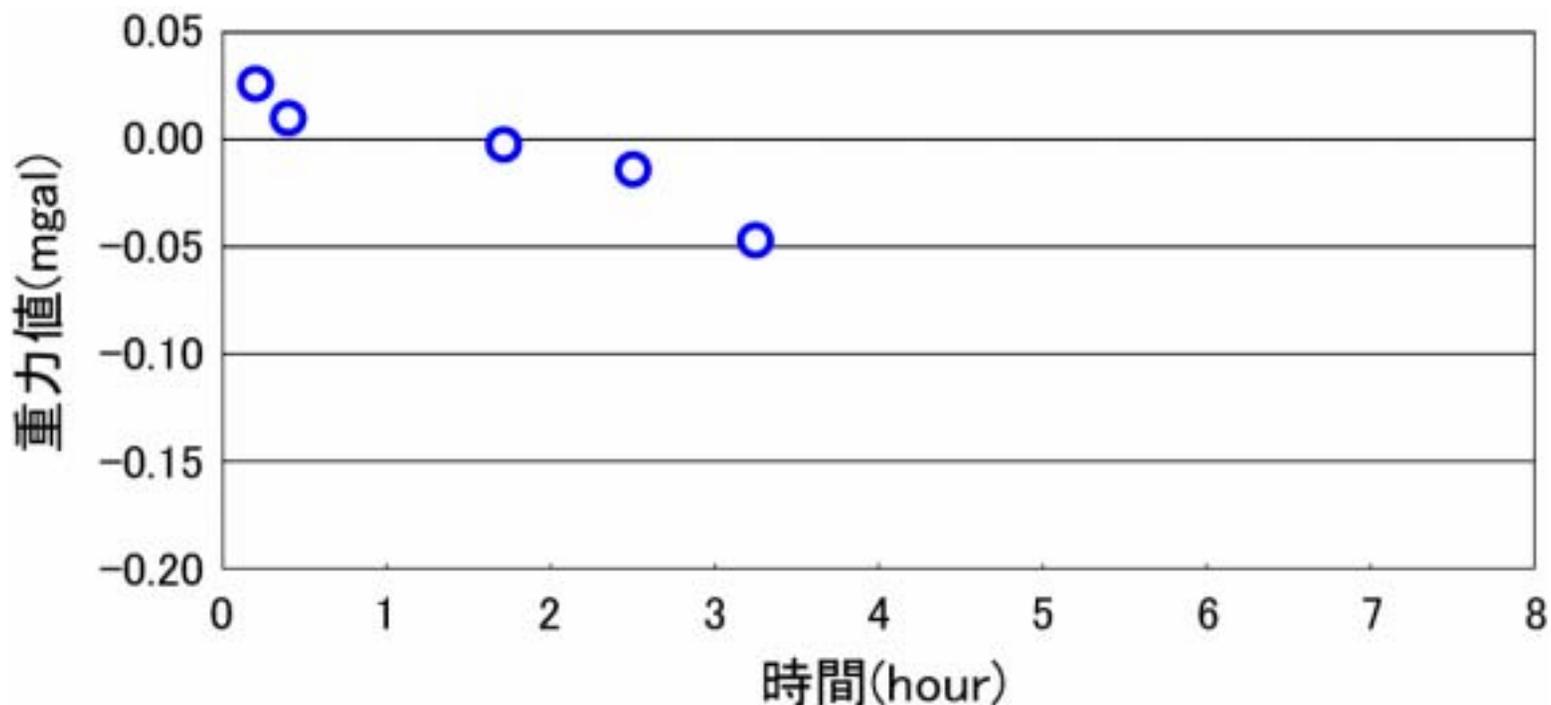
観測地点	観測時刻
yamahiko	9:06
GPS07	10:05
GPS04	10:47
GPS04	11:21
GPS07	11:48
yamahiko	12:21
yamahiko	13:41
GPS02	14:36
GPS02	14:49
yamahiko	16:10

潮汐補正後	往復時間差	往復差	基準点からの時間	ドリフト補正量	ドリフト補正後
mgal	時間	mgal	時間	mgal	mgal
3054.054	3.25	-0.048	0	0.027	3054.081
3004.572	1.72	-0.003	0.98	0.007	3004.579
2956.352	0.40	0.010	1.68	-0.007	2956.345
2956.362			2.25	-0.019	2956.346
3004.572			2.70	-0.028	3004.545
3054.029			3.25	-0.039	3053.990
3054.028	2.50	-0.015	4.58	-0.065	3053.963
2953.211	0.20	0.026	5.50	-0.084	2953.127
2953.234			5.72	-0.088	2953.146
3053.981			7.07	-0.115	3053.865

ドリフト補正

理想的な材質のスプリングなら、外から動く力が一定のときには一定の長さを保つ。しかし実際の物質ではこれにはありえなくて、クリープがある。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**。これをドリフトとよぶ。

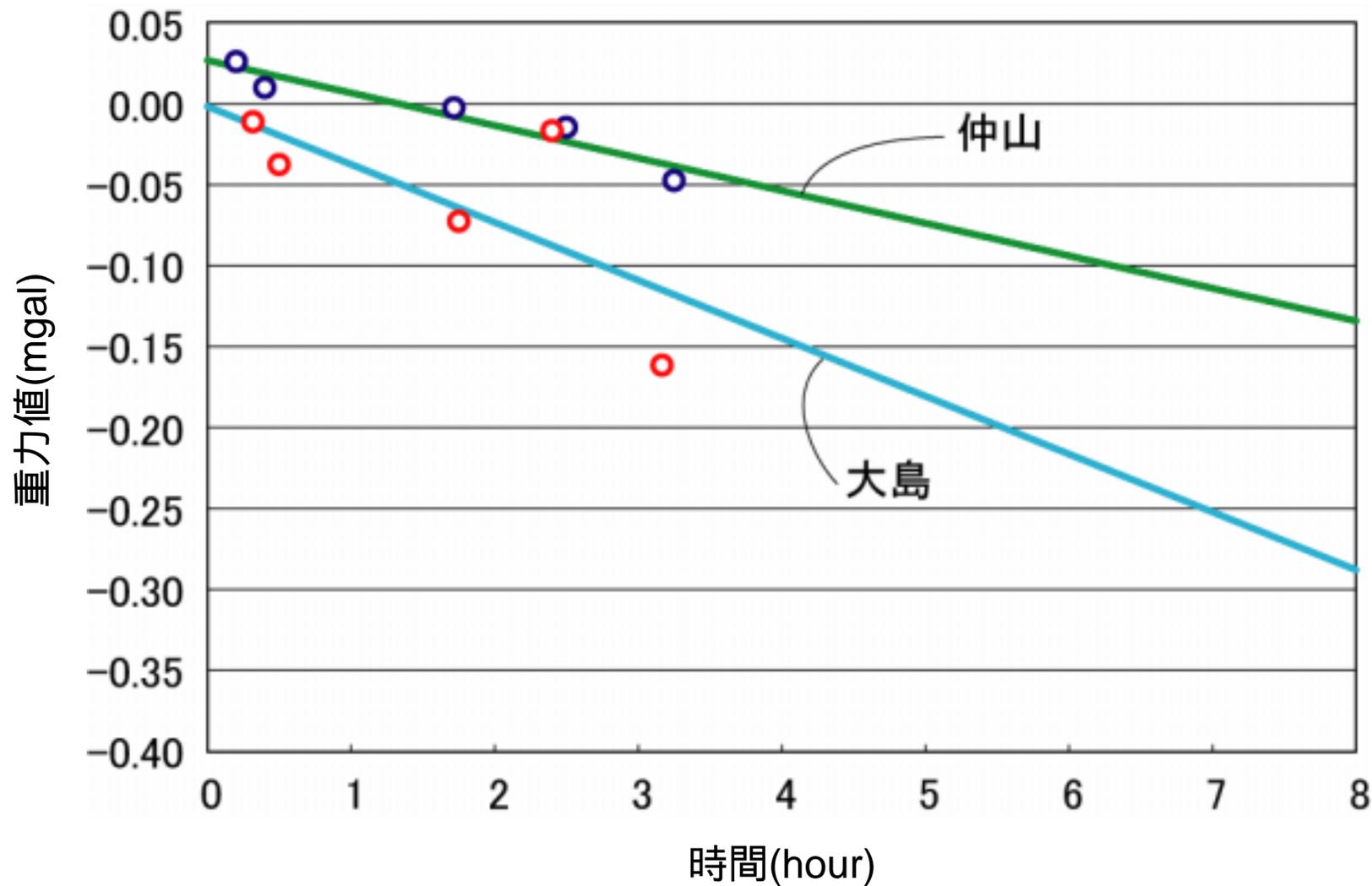
測定は、ルートの子と帰りと2回ずつ行う、同じ観測点で1回目の測定と2回目の測定とのずれを経過した時間で割ると、ドリフトが測定値に対して影響する程度が時間の1次式として求めた。



観測地点	観測時刻
yamahiko	9:06
GPS07	10:05
GPS04	10:47
GPS04	11:21
GPS07	11:48
yamahiko	12:21
yamahiko	13:41
GPS02	14:36
GPS02	14:49
yamahiko	16:10

潮汐補正後 mgal	往復時間差 時間	往復差 mgal	基準点から の時間 時間	ドリフト補正量 mgal	ドリフト補正後 mgal
3054.054	3.25	-0.048	0	0.027	3054.081
3004.572	1.72	-0.003	0.98	0.007	3004.579
2956.352	0.40	0.010	1.68	-0.007	2956.345
2956.362			2.25	-0.019	2956.346
3004.572			2.70	-0.028	3004.545
3054.029			3.25	-0.039	3053.990
3054.028	2.50	-0.015	4.58	-0.065	3053.963
2953.211	0.20	0.026	5.50	-0.084	2953.127
2953.234			5.72	-0.088	2953.146
3053.981			7.07	-0.115	3053.865

大島・仲山データ比較:ドリフト補正



相対重力解析結果

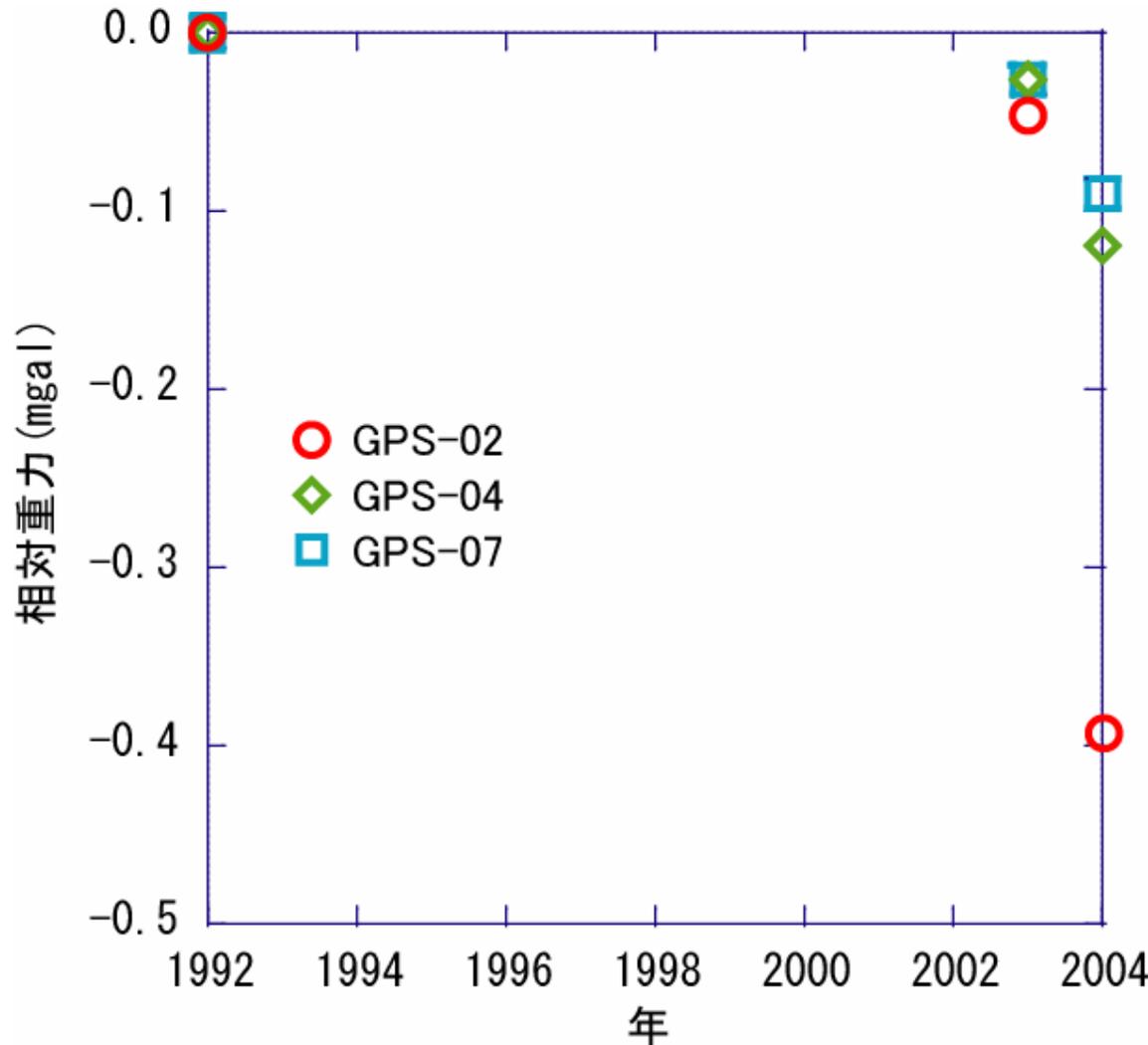
Yamahikoを基準点とした相対重力(mgal)

	1992/09	2003/07 観測実習	2003/09	2004/07 仲山	2004/07 大島	2004/07 2人の平均
yamahiko	0	0	0	0	0	0
GPS-02	-100.71	-100.736	-100.756	-100.838	-101.37	-101.104
GPS-04	-97.736	-97.736	-97.762	-97.631	-98.0218	-97.826
GPS-07	-49.502	-49.553	-49.528	-49.413	-49.83	-49.622

1992年からの相対重力の変化

	1992/09	2003/07 観測実習	2003/09	2004/07 仲山	2004/07 大島	2004/07 2人の平均
yamahiko	0	0	0	0	0	0
GPS-02	0	-0.026	-0.046	-0.128	-0.66	-0.394
GPS-04	0	0	-0.026	+0.105	-0.286	-0.090
GPS-07	0	-0.051	-0.026	+0.089	-0.328	-0.120

1992年からのGPS-02,04,07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1992～2003年まで減少の傾向にあり、今回の観測でも同様の傾向が見られた。

・今回の観測では各点とも2003年よりも大幅な相対重力値の減少が見られる。

考察

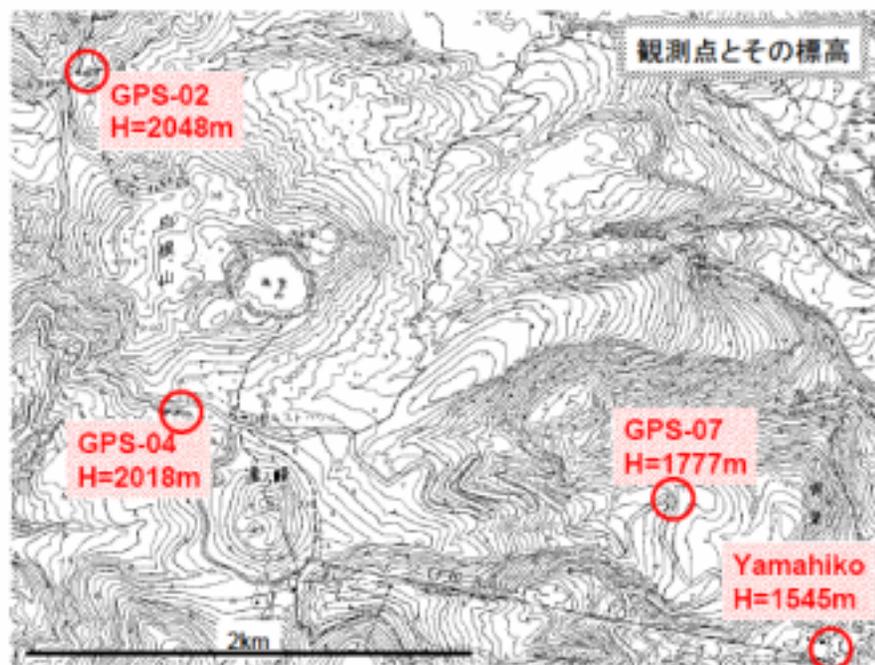
重力値の減少 地形の隆起？マグマの上昇？

- ・GPS-02,04,07の各点での相対重力値の減少，特に2004年では顕著である
- ・Yamahikoに比べ各点とも白根山周辺に位置する．

白根山の火山活動の可能性が考えられる

・今回の観測結果で得られた相対重力値は二人の間にはばらつきが大きく，測定値の信頼性は低いと考えられる．

・2003年のデータを用いてみると1992年と比較して減少傾向は見られるものの，変化は小さいものである．



4. まと

今回の観測結果から地形の隆起などといった火山活動の影響を読み取れることができるが、問題点として**測定における精度**や**測定点の少なさ**といったものが考えられ、今回の測定結果から火山活動の可能性を探るのは困難である。

1992,2003年との比較からYamahikoを基準としたGPS-02,04,07各点の白根山周辺の**相対重力値が減少の傾向にある**と考えられる。

孫先生 ありがとうございます!!