

課題演習DA（測地学） データ解析

助教 風間卓仁

takujin [at] kugi.kyoto-u.ac.jp

今日やること

■前半：GPS解析の流れを知る

- GPS解析ソフト RTKLIB によるGPSデータ解析
- 得られた座標値を昨年までの値と比較
- 今回は演示のみ（DCではGPS解析をやるかも）

■後半：重力異常を求める

- 前回まで取得した相対重力データの各種補正
- 各測定点の絶対重力値を求める
- 得られた重力値を昨年までの値と比較
- （宿題）重力異常図を描いて地下構造を予想する

前回のGPS測量

- YSDR : アンテナを三脚に取り付け、BM17に約1時間半据え置いた
- YSDM : アンテナをポール(150cm)に取り付けBM17-08間を移動させ、各点で2分間アンテナを静止させた。BM17-15間では「半径1,3mの円」「直径3m程度のハート型」を描いた



GPSデータ解析

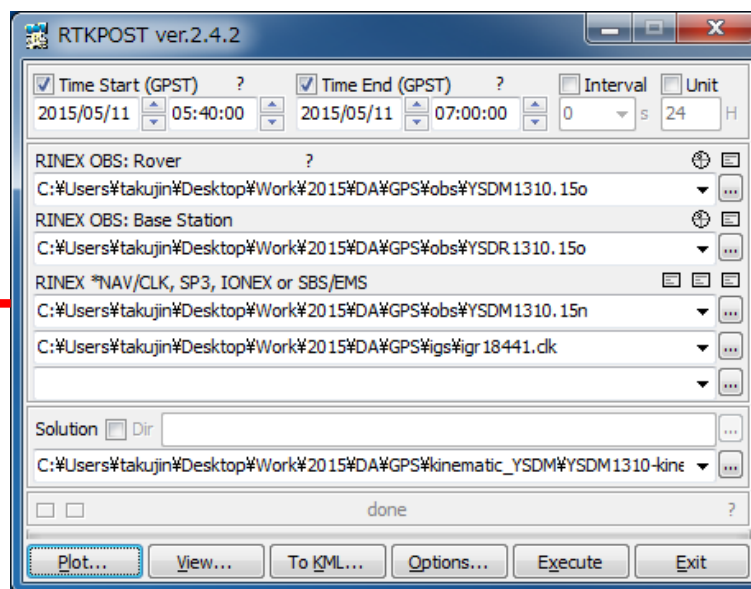
■ 解析ソフト：RTKLIB (ver. 2.4.2)

■ 解析手法：精密単独測位 (PPP)

■ 衛星の精密な位置情報を利用し、1点の観測データからその点の座標値を求める（前回の資料も参照）

GPS観測データ
(RINEXファイル)

GPS衛星位置情報
(速報暦)
※IGSサイトよりDL



3次元座標
TXTデータ

Google Earth
表示用KML
データ

RINEXファイル

- ヘッダー：観測点・機器名・衛星に関する情報
- 本文：各時刻・各衛星の位相情報

C:\Users\takujin\Desktop\Work\2015\DA\GPS\obs\YSDM1310.15o

Find

Read...Option...Close

2.11

OBSERVATION DATA

M (MIXED)

RINEX VERSION / TYPE

JPS2RIN v.2.0.99

JAVAD GNSS

20150511 092844 UTC

PGM / RUN BY / DATE

-Unknown-

-Unknown-

OBSERVER / AGENCY

YSDM131F

MARKER NAME

JAVAD

REC # / TYPE / VERS

-3747467.3381

3646042.5123

3640802.9137

APPROX POSITION XYZ

-Unknown-

-Unknown-

ANT # / TYPE

0.0000

0.0000

0.0000

ANTENNA: DELTA H/E/N

1

1

WAVELENGTH FACT L1/2

14

C1

P1

L1

D1

S1

C2

P2

L2

D2# / TYPES OF OBSERV

S2

C5

L5

D5

S5

/ TYPES OF OBSERV

1.000

INTERVAL

2015

5

11

5

26

20.00000000

GPS

TIME OF FIRST OBS

2015

5

11

7

2

47.00000000

GPS

TIME OF LAST OBS

11

OF SATELLITES

G 7

231

91

231

231

231

202

91

91

91PRN / # OF OBS

91

0

0

0

PRN / # OF OBS

G 8

5645

5397

5645

5645

5645

0

5397

5397

5397PRN / # OF OBS

5396

0

0

0

PRN / # OF OBS

G 9

4995

4648

4995

4995

4995

4964

4648

4648

4648PRN / # OF OBS

4648

4956

4956

4955

4955

PRN / # OF OBS

G16

5767

5741

5767

5767

5767

0

5741

5741

5741PRN / # OF OBS

5741

0

0

0

PRN / # OF OBS

G19

3097

3049

3097

3097

3097

0

3049

3049

3049PRN / # OF OBS

3049

0

0

0

PRN / # OF OBS

G21

5427

4774

5427

5427

5427

0

4774

4774

4774PRN / # OF OBS

4772

0

0

0

PRN / # OF OBS

G23

5745

5585

5745

5745

5745

0

5585

5585

5585PRN / # OF OBS

5584

0

0

0

PRN / # OF OBS

G26

5773

5758

5773

5773

5773

5167

5758

5758

5758PRN / # OF OBS

5757

5166

5166

5165

5166

PRN / # OF OBS

G27

5378

5304

5378

5378

5378

5354

5304

5304

5304PRN / # OF OBS

5304

5358

5358

5357

5357

PRN / # OF OBS

G29

1338

1118

1338

1338

1338

1318

1118

1118

1118PRN / # OF OBS

1118

0

0

0

PRN / # OF OBS

G31

5604

5210

5604

5604

5604

5566

5210

5210

5210PRN / # OF OBS

5208

0

0

0

PRN / # OF OBS

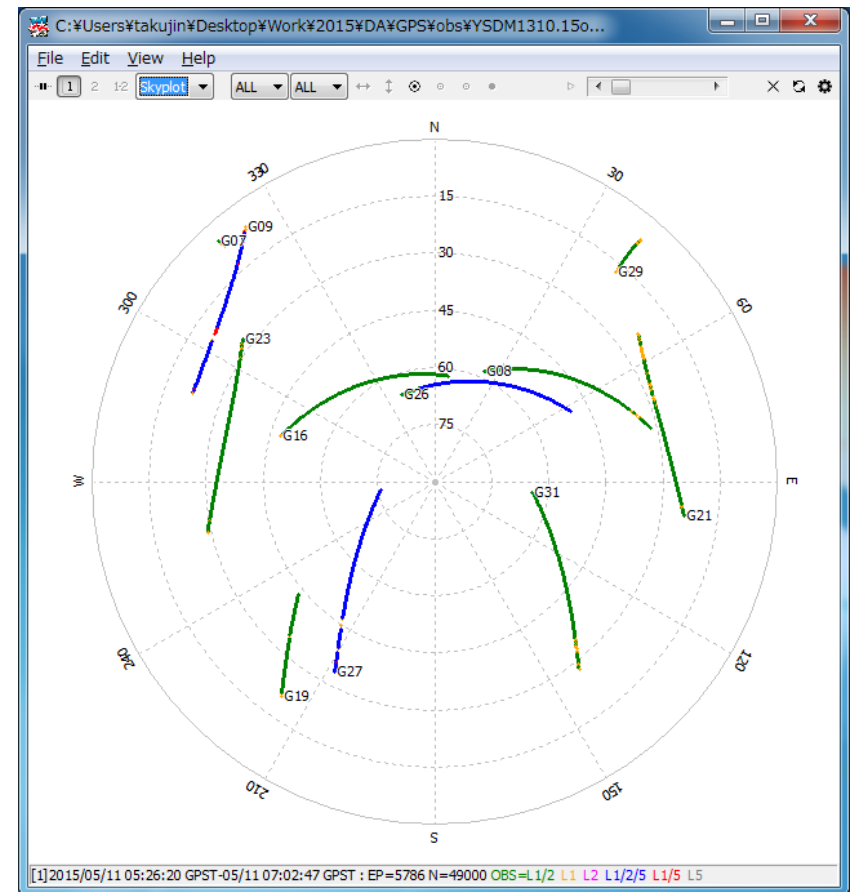
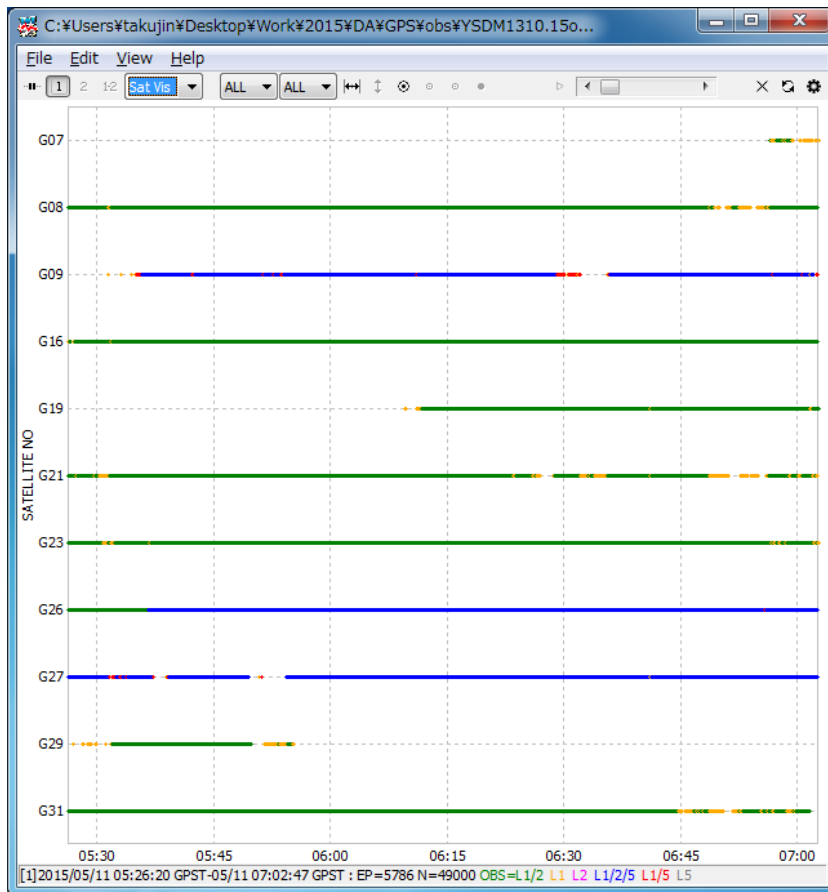
END OF HEADER

C:\Users\takujin\Desktop\Work\2015\DA\GPS\obs\YSDM1310.15o

15	5	11	5	26	20.0000000	0	7608G16G21G23G26G27G31				
20929353.322					20929353.102		109984491.688	8	389.784		50.250
					20929354.372		85702204.017	6	303.771		39.250
21412755.842							112524791.036	6	2821.384		40.250
23889887.961					23889887.021		125542198.287	6	2653.032		37.000
					23889892.681		97825098.475	2	2067.209		16.500
23146849.101					23146848.711		121637507.775	7	3649.788		42.750
					23146850.461		94782478.097	5	2844.058		31.250
20699985.701					20699985.051		108779158.641	8	1545.719		50.250
					20699989.541		84762982.063	7	1204.467		42.750
22462930.375					22462929.515		118043486.311	8	4802.065		48.250
22462935.955					22462936.235		91981944.898	6	3741.883		37.250
22462937.915					88149364.527	7	3585.988		47.500		
20877185.942					20877185.832		109710353.034	8	641.356		49.250
20877187.682					20877187.322		85488587.004	6	499.751		39.750
15	5	11	5	26	21.0000000	0	7608G16G21G23G26G27G31				
20929279.273					20929278.943		109984101.908	8	389.745		50.750
					20929280.083		85701900.281	6	303.679		39.250
21412218.485							112521969.530	6	2821.412		39.500
23889384.040					23889382.630		125539545.851	6	2652.406		36.750
					23889387.440		97823031.670	2	2066.779		16.500
23146153.849					23146153.329		121633858.140	7	3649.462		42.500
					23146155.529		94779634.201	5	2843.736		31.000
20699691.656					20699691.316		108777612.969	8	1545.564		50.500
					20699695.536		84761777.655	7	1204.354		42.500

GPS受信機で見た衛星

- 左：各時刻に受信機から見たGPS衛星
- 右：上空のGPS衛星の位置 (Skyplot)



解析結果：YSDR

■ PPP static による解析結果

	今回	昨年まで使用していた値
緯度	35.031668462 (誤差 8 cm)	35.03150
経度	135.785932127 (誤差 6 cm)	135.78594

■ 今回の観測結果の方が近い

■ 以前は簡易的なGPSを使用？

■ 地図から読み取っていた？

※Google Map/Earthの座標精度を過信しすぎないように注意すべし！



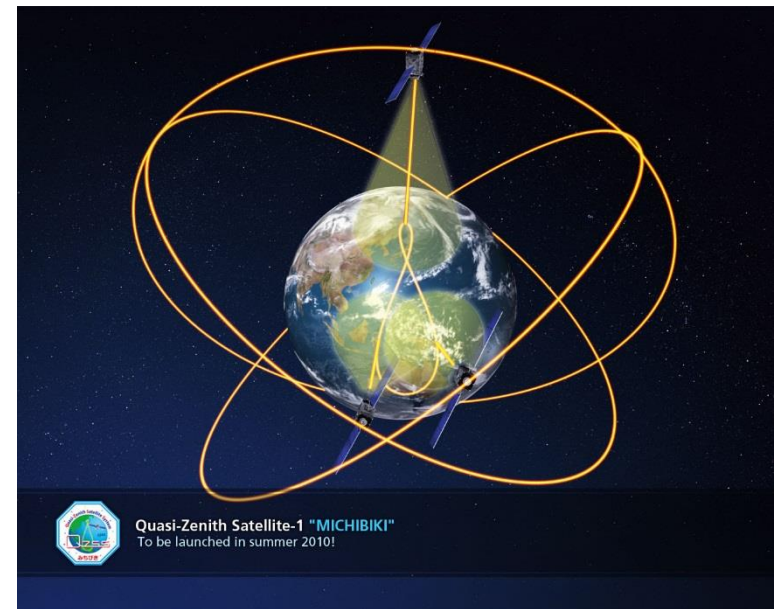
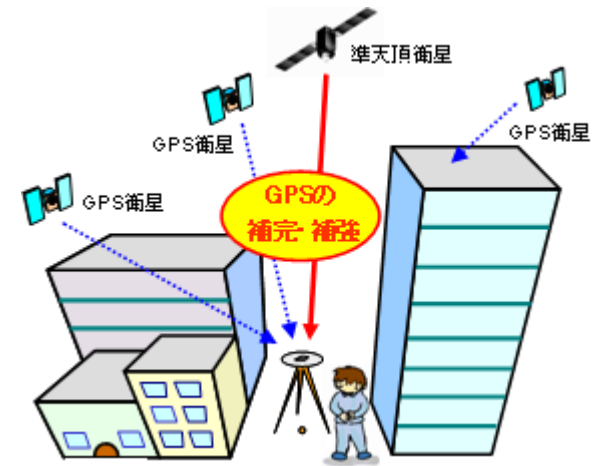
解析結果：YSDM

■ PPP kinematic による解析結果



より正確な座標値を得るには

- より長い時間同じ場所で観測する
- 空の開けた場所に観測点を設置する
- 準天頂衛星(みちびき)の信号も受信する
- 解析時の設定パラメータを変えてみる



上図 : gsi.go.jp / 下図 : jaxa.jp

今日やること

■前半：GPS解析の流れを知る

- GPS解析ソフト RTKLIB によるGPSデータ解析
- 得られた座標値を昨年までの値と比較
- 今回は演示のみ（DCではGPS解析をやるかも）

■後半：重力異常を求める

- 前回まで取得した相対重力データの各種補正
- 各測定点の絶対重力値を求める
- 得られた重力値を昨年までの値と比較
- （宿題）重力異常図を描いて地下構造を予想する

[1] データの補完

- 屋外では全員全点での観測はできなかった →
読み取り個人差を考慮し観測データを補完した
- 自分の重力観測値および補完値が正しいか確認
してください（配布物：観測生データ4枚、
データ補完表1人2枚）

重力測定データ手簿

測定日: 5/1 天候: 快晴 重力計: 9196 測定者: 1/2

基準点: KYOTO-A 重力値: 979707.160 mgal

点名	時刻	観測値 mgal	c 係数換算値 mgal	d 距離高 cm	e 距離高補正 μgal	f 地球潮汐 μgal	g ドリフト補正 μgal	h 補正済み c+(e+f+g)	i 重力値 (h-h0)+g0	備考
KYOTO-A	13:49	3300.392		21.7						
	13:54	3300.394								
	13:58	3300.315								
	14:01	3300.418								
	14:03	3300.452								
1	14:08	3300.421								
	14:30	3299.079		28.9						
	14:50	3296.930								
2	14:53	3297.805								
	14:50	3297.079		26.8						
	14:43	3297.118								
4	14:45	3297.064								
	14:52	3297.105		26.2						
	14:50	3297.100								
5	14:56	3297.071								
	15:11	3297.072		26.1						

G196 2015/5/1

のセルは読み取りの個人差を考慮して■の値から推定した。■は値がおかしいと思われるセル。

	谷	永井	橋本	野口	近藤	出塚	器械高
KYOTO-A	13:49 3300.392	14:01 3300.418	14:08 3300.421	13:54 3300.344	13:58 3300.315	14:03 3300.453	21.7
BM01	14:32 3296.975	14:32 3296.974	14:32 3296.956	14:32 3296.930	14:33 3297.005	14:30 3297.037	28.9
BM02	14:40 3297.079	14:43 3297.118	14:45 3297.064	14:40 3297.034	14:40 3297.046	14:40 3297.072	26.8
BM03							
BM04	14:52 3297.150	14:52 3297.149	14:52 3297.131	14:52 3297.105	14:54 3297.100	14:56 3297.071	26.8
BM05	15:17 3297.060	15:11 3297.072	15:15 3297.046	15:17 3297.015	15:17 3297.027	15:17 3297.053	26.1
BM06	15:27 3296.838	15:27 3296.837	15:27 3296.819	15:27 3296.793	15:26 3296.832	15:28 3297.970	28.6
BM07	15:40 3297.378	15:42 3297.372	15:37 3297.337	15:40 3297.333	15:40 3297.345	15:40 3297.371	26.3
BM08	15:52 3297.535	15:52 3297.534	15:52 3297.516	15:52 3297.490	15:54 3297.449	15:51 3297.513	27.0
BM09							
BM10							
BM11							
BM12							
BM13							
BM14							
BM15							
BM16							
BM17							
KYOTO-A	16:16 3300.479	16:12 3300.478	16:14 3300.460	16:07 3300.434	16:08 3300.446	16:10 3300.472	21.2
谷基準	0	-0.001	-0.019	-0.045	-0.033	-0.007	
野口基準	0.045	0.044	0.026	0	0.012	0.038	

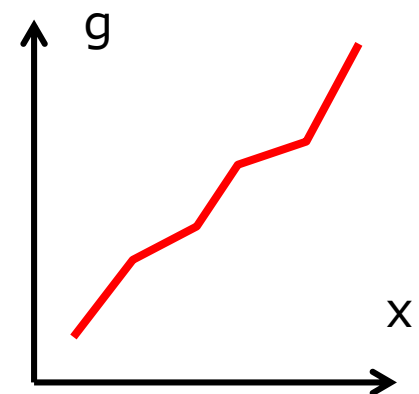
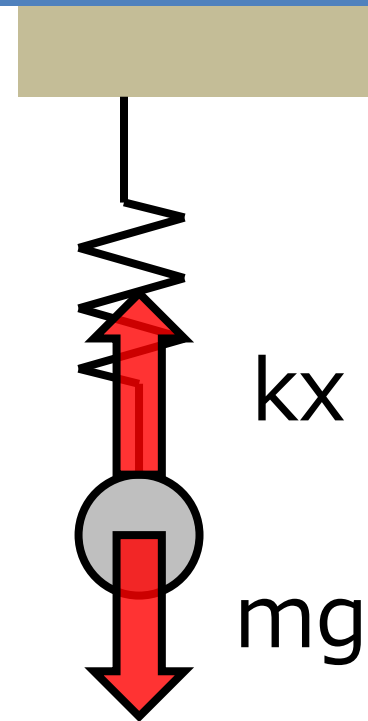
- 自分の重力観測値・補完値を新しいデータ手簿に書き写す（欠席者は他の人のデータを借用）
- 各日ごとにばね経時変化(ドリフト)量を決定する必要があるため、各日ごとに別の紙に

- (1) 時刻 [JST]
- (3) 読取值 [mGal]
- (5) 器械高 [m]

[illegible]

[3] 読取值 → 重力値 の変換

- 相対重力計ではバネの伸び x から重力値 g を見積もる : $mg = kx$
 $\rightarrow g = (k/m) x = cx$
- ただし、 x の大きさによって c の値がわずかに変化するため、単純な1次式ではない : $g = f(x)$
- 製品出荷時には $x \rightarrow g$ の換算表が各重力計ごとに付属される



[3] 読取值 → 重力値 の変換

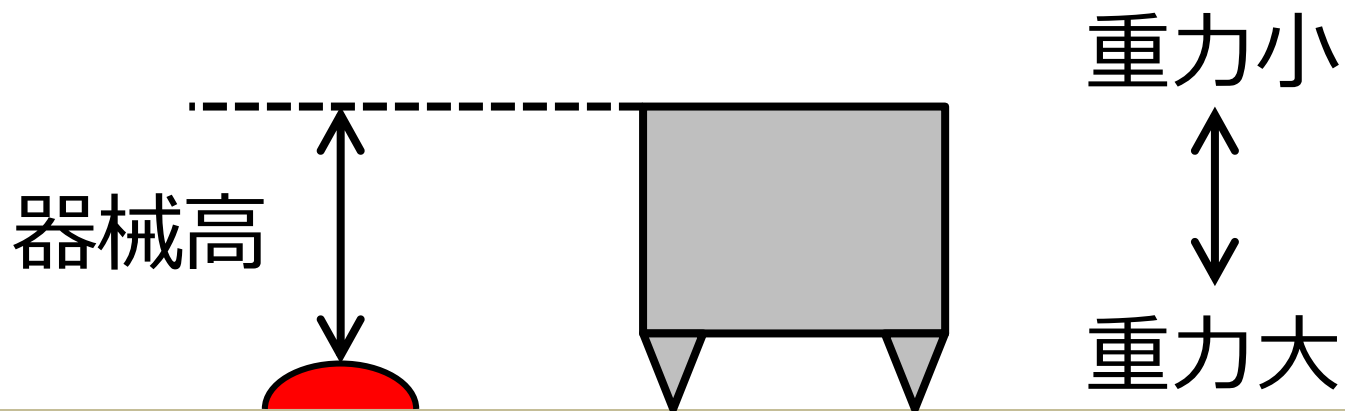
- 各重力計の換算表（以下に抜粋）を用いて読取值を重力値に変換し、手簿(4)に記入する
- 例えば読取值が3100~3200の場合、この間で傾きが一定と考えて重力値を内挿する

G196	
読取值	重力値
3100	3243.179
3200	3347.977
3300	3452.782
3400	3557.597

G680	
読取值	重力値
2800	2857.379
2900	2959.419
3000	3061.461
3100	3163.505

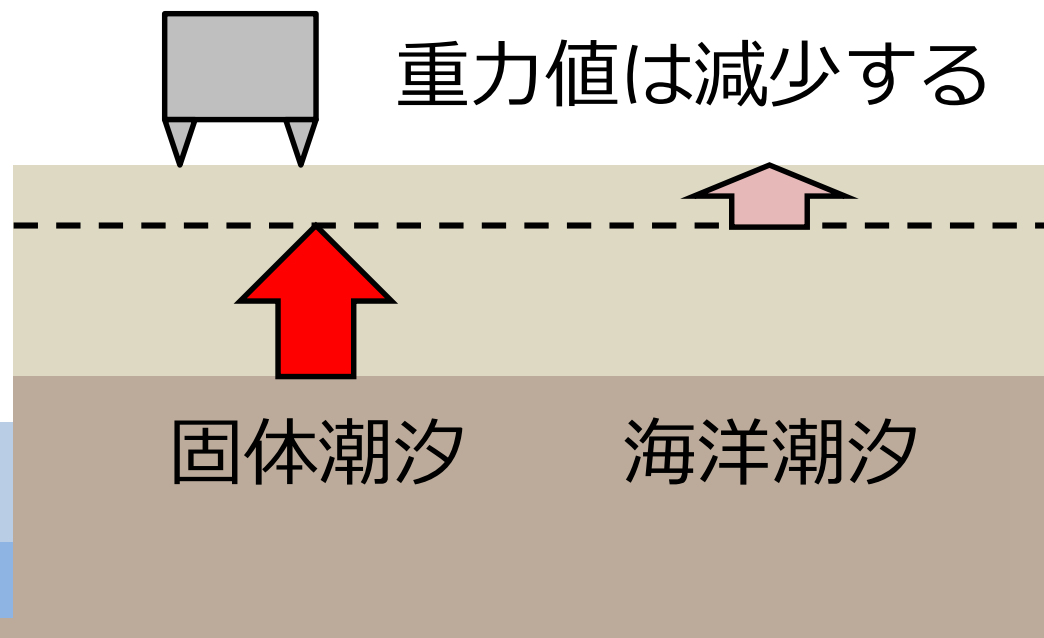
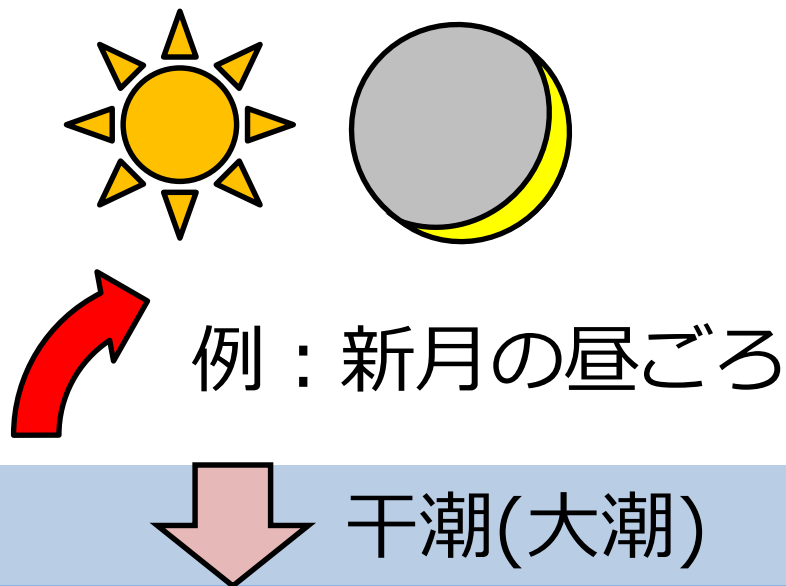
[4] 器械高補正

- 地球重心から離れると、重力値は小さくなる
 - $dg/dz \sim dy/dz = -0.3086 \text{ mGal/m}$
- 器械高に伴う重力変化の補正值を計算する
 - 補正值 = $+0.3086 \text{ [mGal/m]} * \text{器械高 [m]}$
 - 補正值は手簿(6)に記入する



[5] 潮汐補正

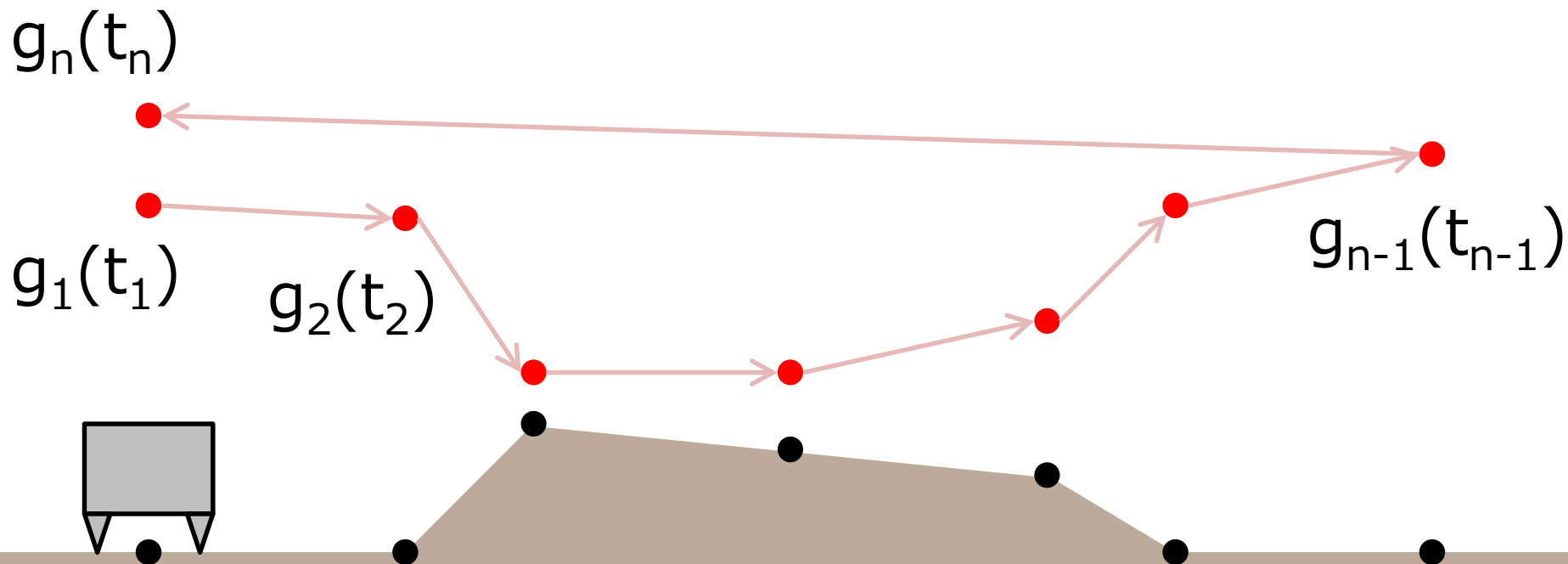
- 潮汐：天体の位置変化等により生じる地球変形
 - 固体潮汐：天体の位置関係によって理論計算可
 - 海洋潮汐：海洋潮汐変化に伴う固体地球の二次変形
- 潮汐に伴い重力も変化する（±数100 μGal ）



- Theoretical Tide at KYOTO-A
-
- | 13時 | | | | 14時 | | | | 15時 | | | | 16時 | | | |
|-----|--------|----|--------|-----|--------|----|--------|-----|--------|----|--------|-----|--------|----|--------|
| 分 | 補正値 | 分 | 補正値 | 分 | 補正値 | 分 | 補正値 | 分 | 補正値 | 分 | 補正値 | 分 | 補正値 | 分 | 補正値 |
| 0 | 0.0021 | 31 | 0.0042 | 1 | 0.0021 | 31 | 0.0021 | 1 | 0.0047 | 31 | 0.0020 | 1 | 0.0047 | 31 | 0.0020 |
| 1 | 0.0021 | 31 | 0.0042 | 2 | 0.0021 | 31 | 0.0021 | 2 | 0.0047 | 31 | 0.0020 | 2 | 0.0047 | 31 | 0.0020 |
| 2 | 0.0021 | 33 | 0.0043 | 3 | 0.0021 | 33 | 0.0021 | 3 | 0.0048 | 33 | 0.0020 | 3 | 0.0048 | 33 | 0.0020 |
| 3 | 0.0021 | 34 | 0.0043 | 4 | 0.0021 | 34 | 0.0021 | 4 | 0.0048 | 34 | 0.0020 | 4 | 0.0048 | 34 | 0.0020 |
| 4 | 0.0021 | 34 | 0.0043 | 5 | 0.0021 | 34 | 0.0021 | 5 | 0.0048 | 34 | 0.0020 | 5 | 0.0048 | 34 | 0.0020 |
| 5 | 0.0021 | 34 | 0.0043 | 6 | 0.0021 | 34 | 0.0021 | 6 | 0.0048 | 34 | 0.0020 | 6 | 0.0048 | 34 | 0.0020 |
| 6 | 0.0021 | 34 | 0.0043 | 7 | 0.0021 | 34 | 0.0021 | 7 | 0.0048 | 34 | 0.0020 | 7 | 0.0048 | 34 | 0.0020 |
| 7 | 0.0021 | 34 | 0.0043 | 8 | 0.0021 | 34 | 0.0021 | 8 | 0.0048 | 34 | 0.0020 | 8 | 0.0048 | 34 | 0.0020 |
| 8 | 0.0021 | 34 | 0.0043 | 9 | 0.0021 | 34 | 0.0021 | 9 | 0.0048 | 34 | 0.0020 | 9 | 0.0048 | 34 | 0.0020 |
| 9 | 0.0021 | 34 | 0.0043 | 10 | 0.0021 | 34 | 0.0021 | 10 | 0.0048 | 34 | 0.0020 | 10 | 0.0048 | 34 | 0.0020 |
| 10 | 0.0021 | 34 | 0.0043 | 11 | 0.0021 | 34 | 0.0021 | 11 | 0.0048 | 34 | 0.0020 | 11 | 0.0048 | 34 | 0.0020 |
| 11 | 0.0021 | 34 | 0.0043 | 12 | 0.0021 | 34 | 0.0021 | 12 | 0.0048 | 34 | 0.0020 | 12 | 0.0048 | 34 | 0.0020 |
| 12 | 0.0021 | 34 | 0.0043 | 13 | 0.0021 | 34 | 0.0021 | 13 | 0.0048 | 34 | 0.0020 | 13 | 0.0048 | 34 | 0.0020 |
| 13 | 0.0021 | 34 | 0.0043 | 14 | 0.0021 | 34 | 0.0021 | 14 | 0.0048 | 34 | 0.0020 | 14 | 0.0048 | 34 | 0.0020 |
| 14 | 0.0021 | 34 | 0.0043 | 15 | 0.0021 | 34 | 0.0021 | 15 | 0.0048 | 34 | 0.0020 | 15 | 0.0048 | 34 | 0.0020 |
| 15 | 0.0021 | 34 | 0.0043 | 16 | 0.0021 | 34 | 0.0021 | 16 | 0.0048 | 34 | 0.0020 | 16 | 0.0048 | 34 | 0.0020 |
| 16 | 0.0021 | 34 | 0.0043 | 17 | 0.0021 | 34 | 0.0021 | 17 | 0.0048 | 34 | 0.0020 | 17 | 0.0048 | 34 | 0.0020 |
| 17 | 0.0021 | 34 | 0.0043 | 18 | 0.0021 | 34 | 0.0021 | 18 | 0.0048 | 34 | 0.0020 | 18 | 0.0048 | 34 | 0.0020 |
| 18 | 0.0021 | 34 | 0.0043 | 19 | 0.0021 | 34 | 0.0021 | 19 | 0.0048 | 34 | 0.0020 | 19 | 0.0048 | 34 | 0.0020 |
| 19 | 0.0021 | 34 | 0.0043 | 20 | 0.0021 | 34 | 0.0021 | 20 | 0.0048 | 34 | 0.0020 | 20 | 0.0048 | 34 | 0.0020 |
| 20 | 0.0021 | 34 | 0.0043 | 21 | 0.0021 | 34 | 0.0021 | 21 | 0.0048 | 34 | 0.0020 | 21 | 0.0048 | 34 | 0.0020 |
| 21 | 0.0021 | 34 | 0.0043 | 22 | 0.0021 | 34 | 0.0021 | 22 | 0.0048 | 34 | 0.0020 | 22 | 0.0048 | 34 | 0.0020 |
| 22 | 0.0021 | 34 | 0.0043 | 23 | 0.0021 | 34 | 0.0021 | 23 | 0.0048 | 34 | 0.0020 | 23 | 0.0048 | 34 | 0.0020 |
| 23 | 0.0021 | 34 | 0.0043 | 24 | 0.0021 | 34 | 0.0021 | 24 | 0.0048 | 34 | 0.0020 | 24 | 0.0048 | 34 | 0.0020 |
| 24 | 0.0021 | 34 | 0.0043 | 25 | 0.0021 | 34 | 0.0021 | 25 | 0.0048 | 34 | 0.0020 | 25 | 0.0048 | 34 | 0.0020 |
| 25 | 0.0021 | 34 | 0.0043 | 26 | 0.0021 | 34 | 0.0021 | 26 | 0.0048 | | | | | | |

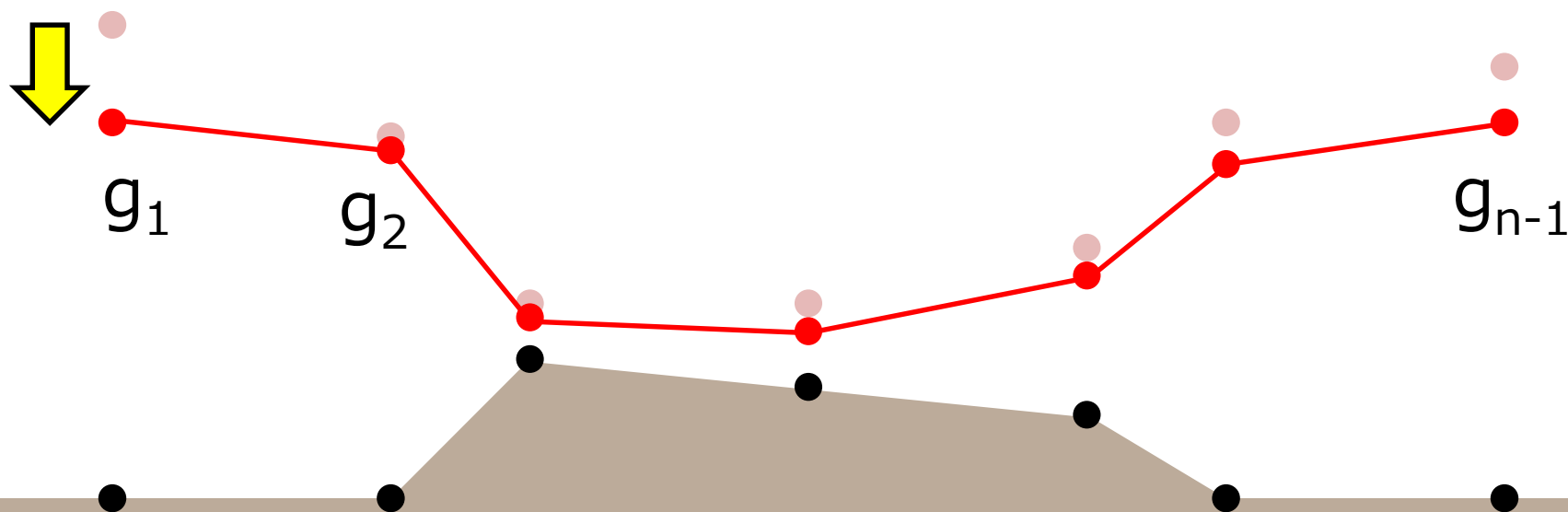
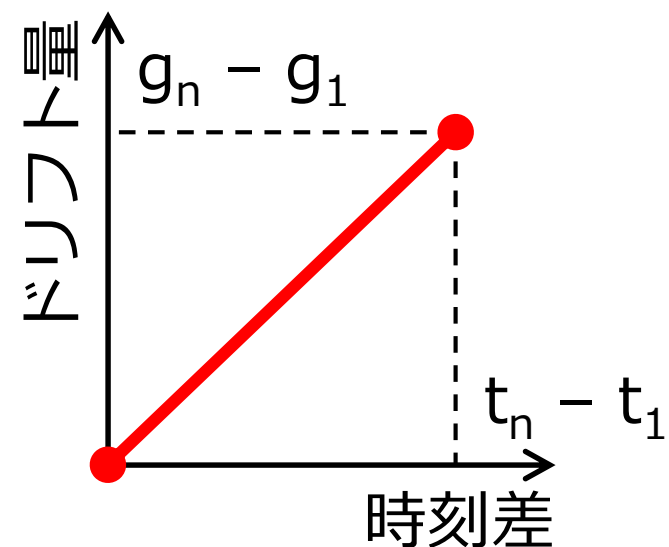
[6] ドリフト補正

- 器械ドリフト：ばねの経時的変化に伴う重力の見かけ変化（真の重力変化ではない！）
- KYOTO-Aで最初と最後に測定 → 器械高・潮汐補正後の重力値ずれはドリフトの影響



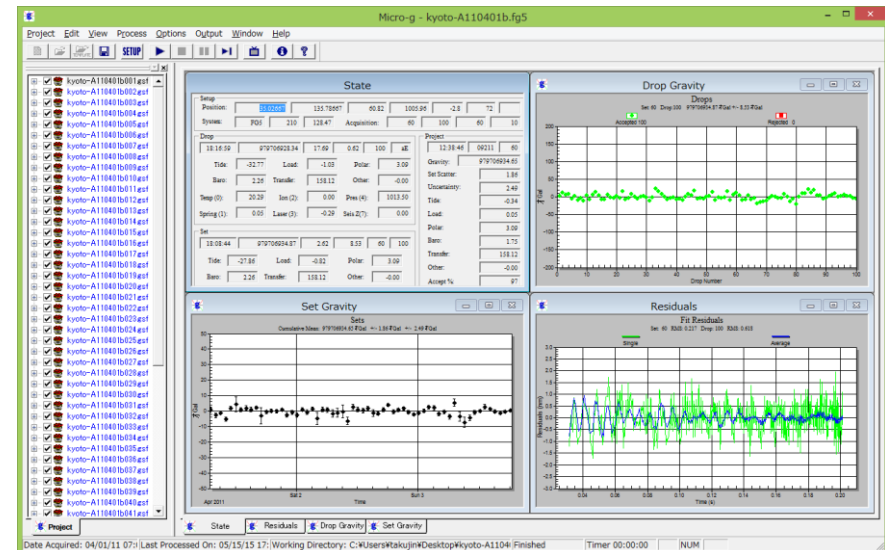
[6] ドリフト補正

- KYOTO-Aの重力差を観測時刻差(2)で比例配分しドリフト量(9)を求める → ドリフト補正 (10) = (8) - (9)



[7] 重力絶対値への変換

- KYOTO-Aでは絶対重力計FG5によって重力絶対値が $2 \mu\text{Gal}$ の確度で決定されている
- この値を相対重力値に足し合わせれば全ての測定点で絶対値を得ることができる



[7] 重力絶対値への変換

- 補正後の重力値(10)からKYOTO-Aとの重力差を計算して(11)に記入
- KYOTO-Aの絶対重力値 979707.160 mGal を足し合わせて絶対値(12)を得る
- 自分で得た重力絶対値を過去の値(次頁)と比較
→ 値がおかしくないことを確認する

過去の重力測定結果

5月18日17時追記：

BM17の重力値を以下のように修正してください
(誤) 979 706. 812 → (正) 979 705. 812

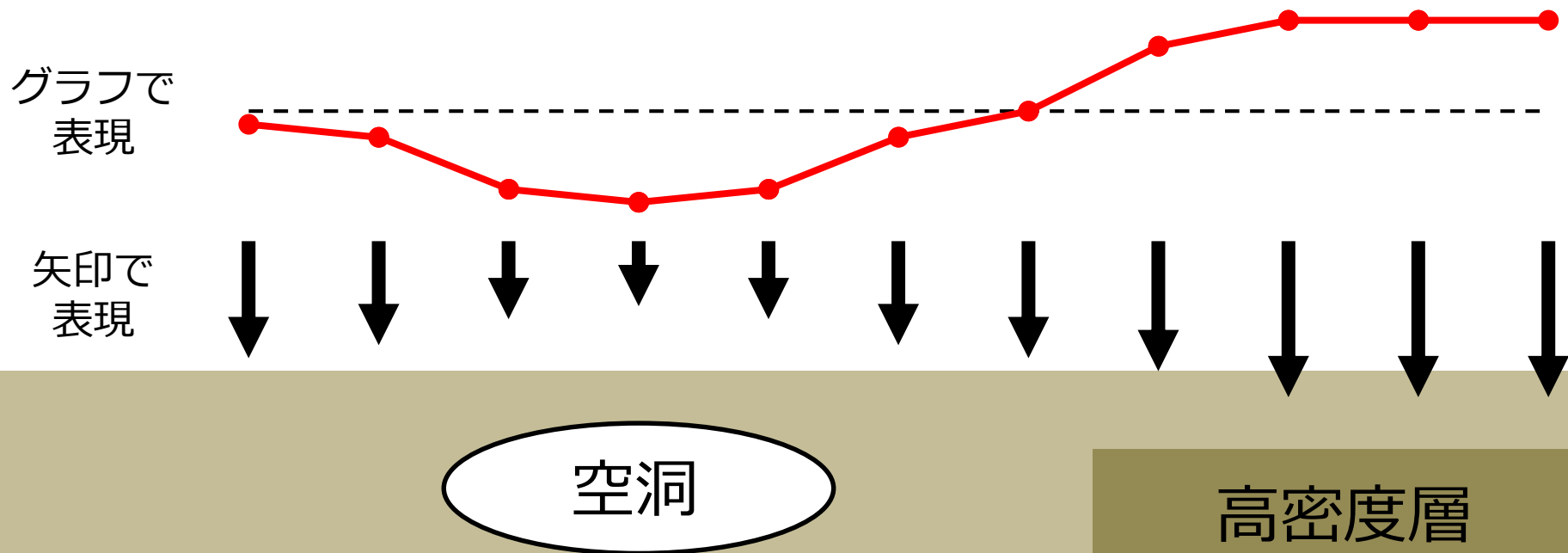
点名	絶対重力値 mGal
KYOTO-A	979707.160
BM01	979703.582
BM02	979703.692
BM03	979703.667
BM04	979703.686
BM05	979703.591
BM06	979703.565
BM07	979703.984
BM08	979704.041

点名	絶対重力値 mGal
BM09	979704.210
BM10	979704.446
BM11	979704.801
BM12	979704.923
BM13	979704.999
BM14	979705.204
BM15	979705.434
BM16	979705.556
BM17	979706.812

※BM14,15は昨年以前と場所がわずかに異なるので、重力値にも違いがあるかも。

重力異常（先週の復習）

- 器械高・潮汐・ドリフトに加え、標高・地形の影響を補正すれば、重力値は一定になるはず
- しかし、地下の密度構造の違いにより、その積分値である重力値も空間的に変化する



重力異常 → 地下密度構造

- 逆に言えば、重力値の空間的な異常分布から地下の密度構造を推定することができる
- 重力探査 → 活断層構造・火山内部構造・地下資源の把握に応用
- 地下構造の推定には逆解析（インバージョン）という解析手法が用いられる
- 今回逆解析は行わないが、重力異常を描いて北白川地域の地下構造を予想します

[1] 重力異常計算の準備

- 重力異常計算シートの(1)欄に自分で補正した重力値を記入
- (2)緯度、(3)経度、(4)標高は過去の値を使用
 - 緯度経度：GPS測定
 - 標高(黒)：水準測量
 - 標高(赤)：既存値

重力異常計算シート

測定日: _____ 地域: _____ 補正密度: 2.67 _____ 計算者: _____

点名	(1) 重力観測値 mGal	(2) 緯度 deg φ	(3) 経度 deg	(4) 標高 m	(5) 正規重力 mGal γ (φ)	(6) FA補正値 mGal (4)より	(7) FA異常値 mGal (1)-(5)+(6)	(8) BG補正値 mGal (4)より	(9) 地形補正値 mGal	(10) BG異常値 mGal (7)+(8)+(9)
KYOTO-A	979707.160	35.02667	135.78667	60.9200	979735.150					
BM01		35.02664	135.79300	76.0015	979735.317					
BM02		35.02664	135.79402	75.8834	979735.317					
BM03		35.02861	135.79231	75.7837	979735.315					
BM04		35.02858	135.79197	75.7424	979735.312					
BM05		35.02856	135.79167	75.6845	979735.311					
BM06		35.02856	135.79139	75.4395	979735.311					
BM07		35.02856	135.79131	73.6641	979735.311					
BM08		35.02856	135.79117	72.8014	979735.311					
BM09		35.02856	135.79111	72.4803	979735.311					
BM10		35.02833	135.79078	70.8568	979735.291					
BM11		35.02831	135.79056	69.2629	979735.289					
BM12		35.02831	135.79033	68.6530	979735.289					
BM13		35.02831	135.79000	68.2034	979735.289					
BM14		35.02831	135.78969	67.4388	979735.289					
BM15		35.02828	135.78939	66.7513	979735.287					
BM16		35.02828	135.78911	66.3770	979735.287					
BM17		35.02828	135.78878	65.5113	979735.287					

[2] 正規重力 $\gamma(\varphi)$ の計算

■ 正規重力 $\gamma(\varphi)$: 地球を回転楕円体で近似したとき、緯度 φ における重力加速度の理論値

■ 扁平楕円体の万有引力と遠心力を考慮している

■ 1967年式は以下の通り

$$\gamma = 978.03185(1 + 0.05278895 \sin^2 \varphi + 0.000023462 \sin^4 \varphi)$$

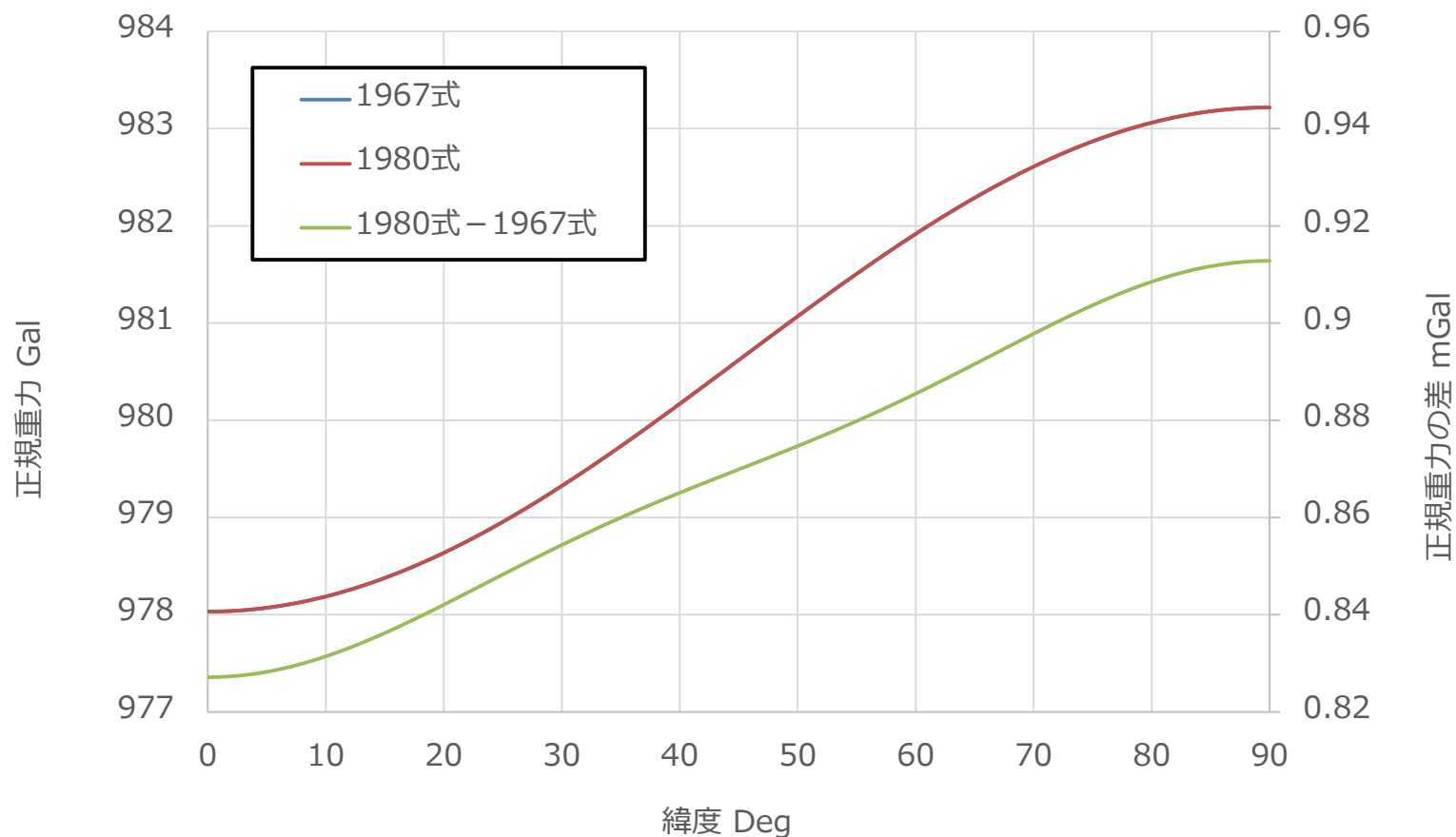
ここに 0 を 1 個追加すべし

■ 1980年式は以下の通り

$$\begin{aligned} \gamma = 978.03267715 \big(& 1 + 0.0052790414 \sin^2 \psi + 0.0000232718 \sin^4 \psi \\ & + 0.0000001262 \sin^6 \psi + 0.0000000007 \sin^8 \psi \big) \end{aligned}$$

上式：ブリタニカ国際大百科事典より（加筆修正済み）／下式：日本測地学会HPより

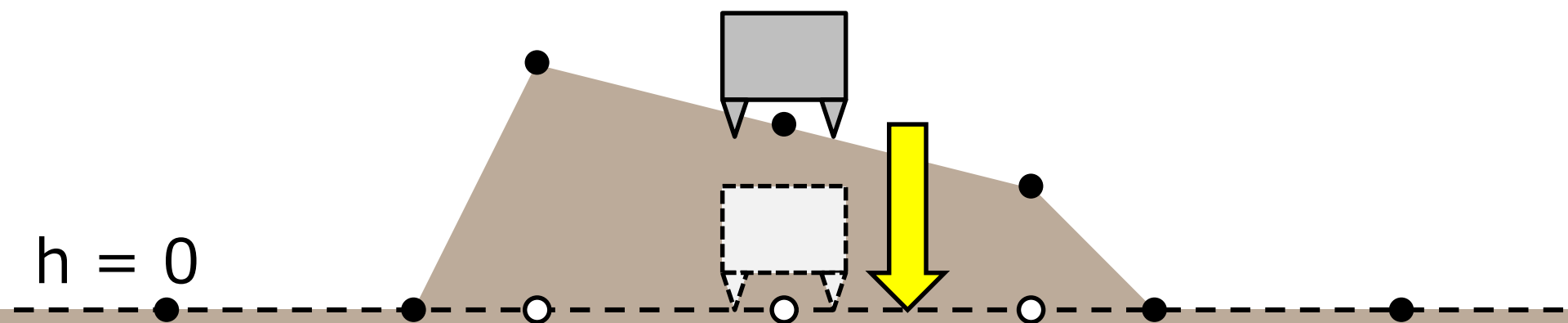
[2] 正規重力 $\gamma(\varphi)$ の計算



- 赤道で重力小、極で重力大
- 今回は1967年式を(5)欄に入力済み

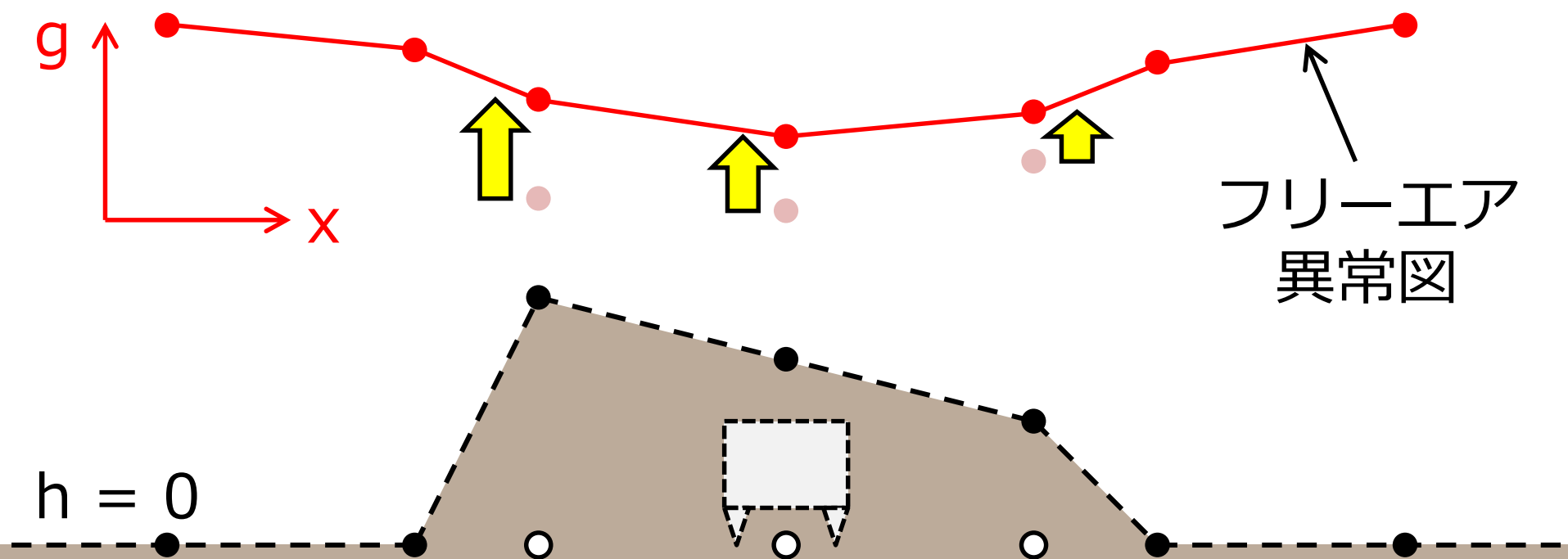
[3] フリーエア補正值の計算

- 地球重心から遠ざかると重力値は小さくなる
→ 観測点標高に伴う重力減少(フリーエア効果)を補正しなければならない
- フリーエア補正值((6)欄) = $- dg/dz * h \sim$
 $- d\gamma/dz * h = + 0.3086 \text{ [mGal/m]} * h \text{ [m]}$



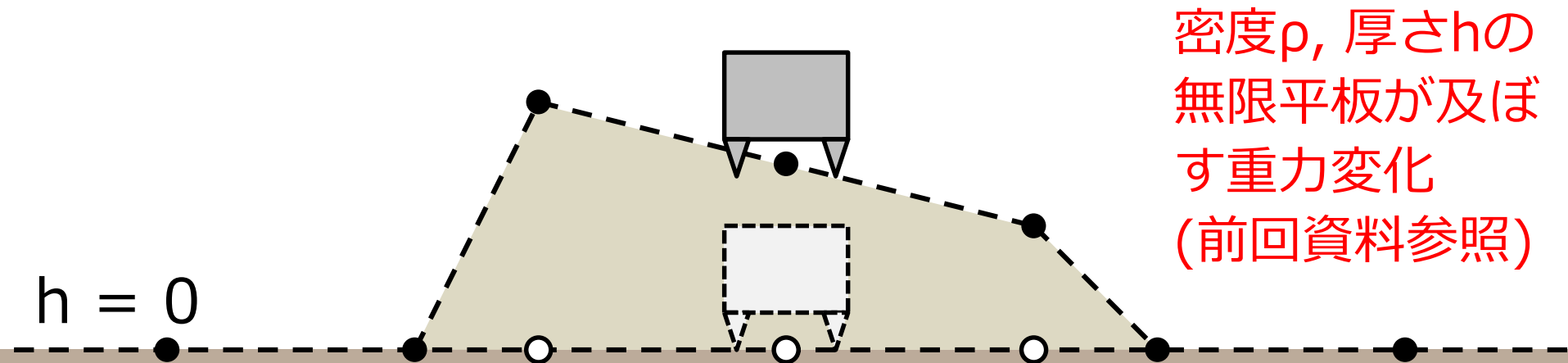
[4] フリーエア異常値(7)の計算

- = 観測値(1) - 正規重力(5) + FA補正值(6)
- この値をグラフや地図上に示したのがフリーエア異常図：地表面より下の質量構造を反映



[5] ブーゲー補正值の計算

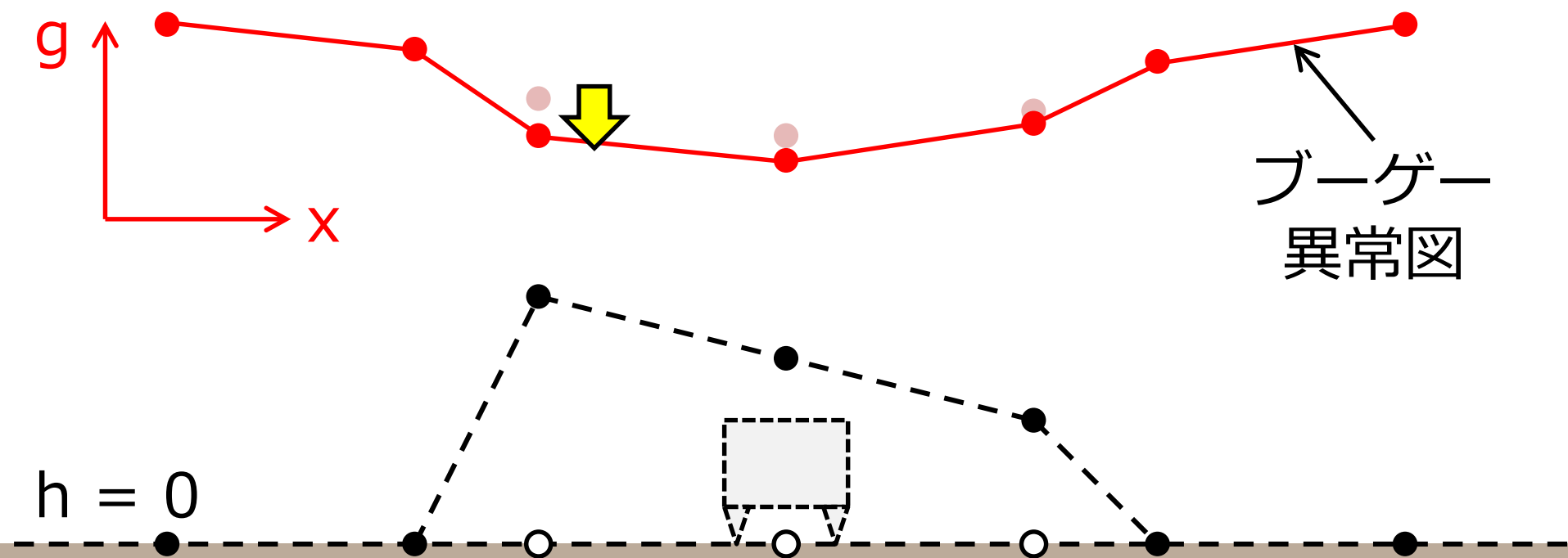
- $h > 0$ の地形があると、その質量のせいで重力測定値は大きくなる → 地形質量に伴う重力増加 (ブーゲー効果) を補正しなければならない
- ブーゲー補正值((8)欄) = $- 2\pi\rho gh$ — (密度 2.67 を仮定) → $- 0.1119 \text{ [mGal/m]} * h \text{ [m]}$



[6] ブーゲー異常(10)の計算

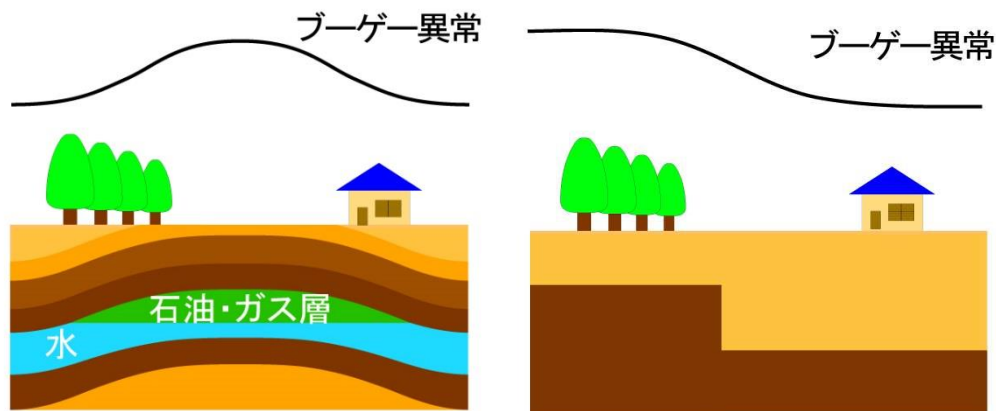
■ = FA異常(7) + BG補正(8) + ~~地形補正(9)~~

■ この値をグラフや地図上に示したのがブーゲー異常図：基準面より下の質量構造を反映



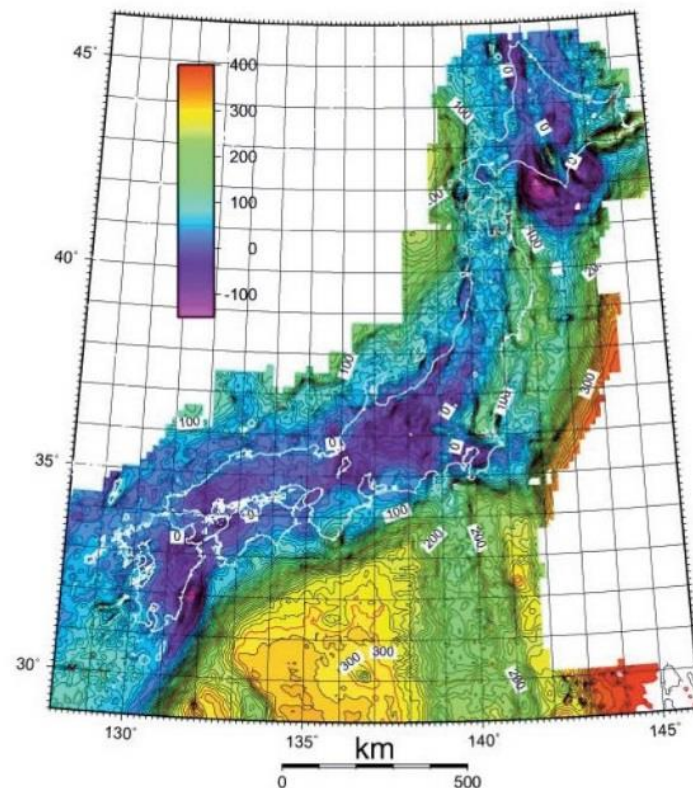
[7] 重力異常のグラフ化

- FA異常・BG異常の図示：グラフや地図表示
- 今回は東西に伸びる測線なので、経度(3)をX軸に、各重力異常をY軸としたグラフを描く



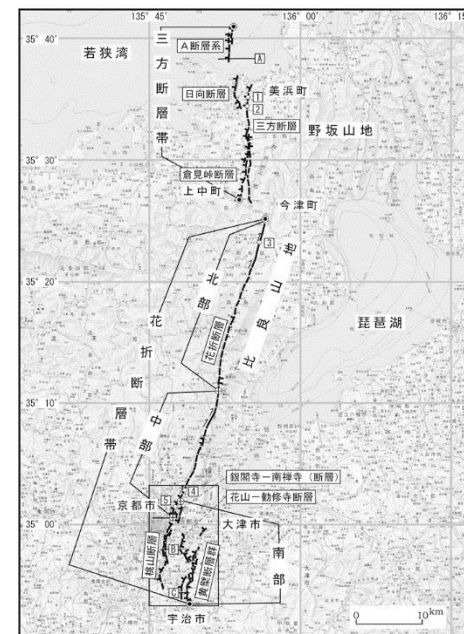
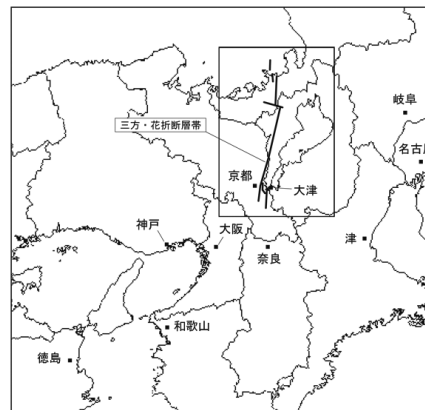
上図：地下構造とブーゲー異常
(日本測地学会HPより)

右図：日本全域の重力異常
(立命館大・熊谷道夫氏HPより)



[8] 地下構造の予想

- 得られたブーゲー異常から、どのような地下密度構造が予想されるか？
- 既知情報：花折断層が本測線中央部を横切る
 - 右横ずれが主体で、北白川・吉田地域では東側が隆起する縦ずれ成分も含む
- 参考：<http://goo.gl/R3jsUG>



レポート

- 以下のものをまとめて提出してください
 - 重力測定データ手簿（参加日数分）
 - 重力異常計算シート
 - フリーエアおよびブーゲー重力異常のグラフ
 - ブーゲー異常図から解釈できること
- 提出先：
- $\times$ 切：

重力測定データ手簿

1 / 2

測定日: 5/1
基準点: KYOTO-A

天候: 快晴
重力値: 979707.160 mgal

重力計: 9196

測定者:

点名	時刻	読取值 mgal	係数換算値 mgal	器械高 cm	器械高補正 μgal	地球潮汐 μgal	ドリフト補正 μgal	補正済み c+(e+f+g)	重力値 (h-h0)+g0	備考
KYOTO A	13:49	3300.392		21.7						谷
	13:54	3300.344								谷
	13:58	3300.315								谷
	14:01	3300.418								永井
	14:03	3300.4513								出場
	14:08	3300.421								ハシモト
1	14:30	3299.037		28.9						出場
	14:32	3296.930								谷
	14:33	3297.005								永井
2	14:40	3297.079		26.8						谷
	14:43	3297.118								永井
	14:45	3297.064								ハシモト
4	14:52	3297.105		26.8						谷
	14:54	3297.100								永井
	14:56	3297.071								出場
5	15:11	3297.072		26.1						永井

重力測定データ手簿

2 / 2

測定日: 5/1
基準点: KYOTO-A

天候: 快晴
重力値: 979707.160 mgal

重力計: g 196

測定者: _____

点 名	a 時 刻	b' 読取值 ngal	c 係数換算値 ngal	d 器械高 cm	e 器械高補正 μ gal	f 地球潮汐 μ gal	g ドリフト 補正 μ gal	h 補正済み c+(e+f+g)	i 重力値 (h-h0)+g0	備 考
	15:15	3297.046								ハシモト
	15:17	3297.060								谷
6	15:26	3296.832		28.6						こんどろ
	15:27	3296.793								へいり
	15:28	3297.970								出塚
7	15:37	3297.337								ハシモト
	15:40	3297.378								谷
	15:42	3297.377		26.3						永井
8	15:51	3297.513								出塚
	15:52	3297.490								のくち
	15:54	3297.449		27.0						近藤
Kyoto-A	16:07	3300.434								のくち
	16:08	3300.446								こんどろ
	16:10	3300.472								てづか
	16:12	3300.478								なかい
	16:14	3300.460								ハシモト
	16:16	3300.479		27.2						谷

重力測定データ手簿

1/2

測定日: 5/11
基準点: KYOTO-A

天候: 晴れ
重力値: 979707.160 mgal

重力計: G196

測定者:

点 名	a 時 刻	b 読取值 ngal	c 係数換算値 ngal	d 器械高 cm	e 器械高補正 μ gal	f 地球潮汐 μ gal	g ドリフト補正 μ gal	h 補正済み $c+(e+f+g)$	i 重力値 $(h-h_0)+g_0$	備 考
KYOTO-A	13:42	3300.364								谷
	13:44	3300.350								近藤
	13:46	3300.382		21.4						永井
17	14:09	3298.935								野口
	14:11	3298.949								出塚
	14:13	3298.900		27.0						谷
16	14:47	3298.714								近藤
	14:50	3298.739								永井
	14:52	3298.740		27.1						出塚
15		2960.37								
	14:57	3298.552								野口
	14:59	3298.582								谷
	15:00	3298.565		28.0						近藤
14	15:15	3298.378								永井
	15:16	3298.342								野口
	15:18	3298.382		27.7						出塚

重力測定データ手簿

2/2

測定日: 5/11
基準点: KYOTO-A

天候: 晴れ
重力値: 979707.160 mgal

重力計: G196

測定者:

点名	a 時刻	b 読取值 ngal	c 係数換算値 ngal	d 器械高 cm	e 器械高補正 μ gal	f 地球潮汐 μ gal	g ドリフト補正 μ gal	h 補正済み $c+(e+f+g)$	i 重力値 $(h-h_0)+g_0$	備考
13	15:27	3298.239								谷
	15:29	3298.320								近藤
	15:32	3298.232		27.2						近藤
11	15:38	3298.053								41号
	15:40	3298.064								野口
	15:42	3298.027		26.3						谷
9	15:48	3297.568								近藤
	15:50	3297.525								永井
	15:51	3297.514		23.9						野口
KYOTO-A	16:12	3300.300								出雲
	16:14	3300.311		21.7						谷

13, 15:26:15 - 15:28:15

11, 15:36:00 - 15:38:00

9, 15:50:00 - 15:52:00

1 → 3 → 5 → 6 → 7

重力測定データ手簿

1/2

測定日: 5/1
基準点: KYOTO-A

天候: 快晴
重力値: 979707.160 mgal

重力計: G680

測定者: 横井

点名	a 時刻	b 読取值 mgal	c 係数換算値 mgal	d 器械高 cm	e 器械高補正 μgal	f 地球潮汐 μgal	g ドリフト補正 μgal	h 補正済み c+(e+f+g)	i 重力値 (h-h0)+g0	備考
KYOTO-A	14:16:15	2963099		24.82						横井 ①
"	14:22:56	2963052		"						錦織 ②
"	14:29:45	2963082		"						横山 ③
"	14:30:29	2963057		"						花房 ④
"	14:33:19	2963063		"						藤本 ⑤
1	15:00:00	2959442		28.92						横井 ①
"	15:02:18	2959476		"						錦織 ②
"	15:03:31	2959502		"						横山 ③
2	15:13:53	2959674		28.25						花房 ④
"	15:16:30	2959639		"						藤本 ⑤
"	15:18:04	2959666		"						横井 ①
3	15:28:56	2959638		28.69						錦織 ②
"	15:31:06	2959642		"						横山 ③
"	15:32:22	2959642		"						花房 ④
4	15:39:55	2959630		29.32						藤本 ⑤
"	15:41:00	2959627		"						横井 ①
"	15:44:00	2959626		28.69						錦織 ②

2/2

測定者:

[illegible]

重力測定データ手簿

1/2

測定日: 5/11 (11)
基準点: KYOTO-A

天候: 晴
重力値: 979707.160 mgal

重力計: G680

測定者:

点名	a 時刻	b 読取值 ngal	c 係数換算値 ngal	d 器械高 cm	e 器械高補正 μgal	f 地球潮汐 μgal	g ドリフト補正 μgal	h 補正済み c+(e+f+g)	i 重力値 (h-h0)+g0	備考
KYOTO-A	1:41:50	2962.688		21.5						刀花屋
"	1:43:43	2962.696								藤本
"	1:46:52	2962.889								錦織 (三)
17	2:01:04	2961.360		26.0						横井
"	2:02:20	2961.325								横山
"	2:10:20	2961.290								三宅
15	2:44:10	2959.993		29.5						刀花屋
"	2:46:10	2961.014		29.5						藤本
"	2:48:15	2961.221		29.5						錦織 (三)
15	2:54:05	2960.313								横井
"	2:59:20	2960.546								横山
"	3:01:40	2960.785		30.1						三宅
"	3:05:20	2960.759								横井
"	3:07:20	2960.742								横山
14	3:13:47	2960.739		27.5						藤本
"	3:15:21	2960.705								花屋

3:18:02 2960.885

GPS 16 14:51:30 ~ 14:53:30
15 15:07:00 ~ 15:09:00
14 15:21:00 ~ 15:23:00

P=7+高 = 150 cm

簡略

重力測定データ手簿

2/2

測定日: 5/11 (2)
基準点: KYOTO-A

天候: 晴れ
重力値: 979707.160 mgal

重力計: G680

測定者: _____

点名	a 時刻	b 読取值 ngal	c 係数換算値 ngal	d 器械高 cm	e 器械高補正 μ gal	f 地球潮汐 μ gal	g ドリフト補正 μ gal	h 補正済み $c+(e+f+g)$	i 重力値 $(h-h_0)+g_0$	備考
12	3:29:58	2960 376		27.5						横井
"	3:31:27	2960 361		"						横山
"	3:33:11	2960 391		"						三宅
10	3:39:08	2960 027		27.1						藤本
10	3:40:53	2960 027		"						花房
10	3:42:59	2960 221		"						綿織
8	3:50:29	2959 617		28.6						横井
"	3:51:50	2959 616		"						横山
11	3:53:36	2959 605		"						三宅
(f)小島地盤 有人地盤内										
KYOTO-A	4:13:00	2962 529		21.3						横山
"	4:15:00	2962 569		"						藤本

No.12, 15:29:20 ~ 15:31:20

No.10 15:45:00 ~ 15:47:00

No.8 15:53:00 ~ 15:55:20

G196	2015/5/1	■のセルは読み取りの個人差を考慮して■の値から推定した。■は値がおかしいと思われるセル。											
	谷		永井		橋本		野口		近藤		出塚		器械高
KYOTO-A	13:49	3300.392	14:01	3300.418	14:08	3300.421	13:54	3300.344	13:58	3300.315	14:03	3300.453	21.7
BM01	14:32	3296.975	14:32	3296.974	14:32	3296.956	14:32	3296.930	14:33	3297.005	14:30	3297.037	28.9
BM02	14:40	3297.079	14:43	3297.118	14:45	3297.064	14:40	3297.034	14:40	3297.046	14:40	3297.072	26.8
BM03													
BM04	14:52	3297.150	14:52	3297.149	14:52	3297.131	14:52	3297.105	14:54	3297.100	14:56	3297.071	26.8
BM05	15:17	3297.060	15:11	3297.072	15:15	3297.046	15:17	3297.015	15:17	3297.027	15:17	3297.053	26.1
BM06	15:27	3296.838	15:27	3296.837	15:27	3296.819	15:27	3296.793	15:26	3296.832	15:28	3297.970	28.6
BM07	15:40	3297.378	15:42	3297.372	15:37	3297.337	15:40	3297.333	15:40	3297.345	15:40	3297.371	26.3
BM08	15:52	3297.535	15:52	3297.534	15:52	3297.516	15:52	3297.490	15:54	3297.449	15:51	3297.513	27.0
BM09													
BM10													
BM11													
BM12													
BM13													
BM14													
BM15													
BM16													
BM17													
KYOTO-A	16:16	3300.479	16:12	3300.478	16:14	3300.460	16:07	3300.434	16:08	3300.446	16:10	3300.472	21.2
谷基準		0		-0.001		-0.019		-0.045		-0.033		-0.007	
野口基準		0.045		0.044		0.026		0		0.012		0.038	

G196	2015/5/11		■のセルは読み取りの個人差を考慮して■の値から推定した。■は値がおかしいと思われるセル。										
	谷		近藤		永井		野口		出塚		橋本		器械高
KYOTO-A	13:42	3300.364	13:44	3300.350	13:46	3300.382	13:42	3300.391	13:42	3300.390			21.4
BM01													
BM02													
BM03													
BM04													
BM05													
BM06													
BM07													
BM08													
BM09	15:50	3297.507	15:48	3297.568	15:50	3297.525	15:51	3297.514	15:50	3297.526			23.9
BM10													
BM11	15:42	3298.027	15:38	3298.032	15:38	3298.049	15:40	3298.054	15:38	3298.053			26.3
BM12													
BM13	15:27	3298.239	15:29	3298.320	15:32	3298.232	15:32	3298.221	15:32	3298.233			27.2
BM14	15:18	3298.393	15:18	3298.361	15:15	3298.378	15:16	3298.342	15:18	3298.382			27.7
BM15	14:59	3298.582	15:00	3298.565	14:59	3298.600	14:57	3298.552	14:59	3298.608			28.0
BM16	14:50	3298.721	14:47	3298.719	14:50	3298.739	14:50	3298.728	14:52	3298.740			27.1
BM17	14:13	3298.900	14:11	3298.928	14:11	3298.945	14:09	3298.935	14:11	3298.949			27.0
KYOTO-A	16:14	3300.311	16:14	3300.297	16:14	3300.329	16:14	3300.338	16:12	3300.300			21.7
谷基準		0		-0.014		0.018		0.027		0.026			
永井基準		-0.018		-0.032		0		-0.011		0.001			
出塚基準		0.011		-0.021		-0.004		-0.014		0			

G680	2015/5/1		■のセルは読み取りの個人差を考慮して■の値から推定した。■は値がおかしいと思われるセル。										
	横井		錦織		横山		花房		藤本		三宅		器械高
KYOTO-A	14:16	2963.079	14:22	2963.052	14:27	2963.082	14:30	2963.057	14:33	2963.063			24.8
BM01	15:00	2959.442	15:02	2959.476	15:03	2959.502	15:03	2959.497	15:03	2959.495			28.9
BM02													
BM03	15:18	2959.666	15:16	2959.630	15:16	2959.646	15:13	2959.674	15:16	2959.639			28.3
BM04													
BM05	15:31	2959.671	15:28	2959.638	15:31	2959.642	15:32	2959.642	15:31	2959.635			28.7
BM06	15:41	2959.627	15:44	2959.626	15:39	2959.637	15:39	2959.632	15:39	2959.630			29.3
BM07	16:05	2959.86	16:05	2959.815	16:02	2959.891	16:04	2959.845	16:05	2959.824			31.6
BM08													
BM09													
BM10													
BM11													
BM12													
BM13													
BM14													
BM15													
BM16													
BM17													
KYOTO-A	16:22	2963.147	16:25	2963.102	16:26	2963.118	16:28	2963.113	16:29	2963.111			21.3
横山基準		0.029		-0.016		0		-0.005		-0.007			
藤本基準		0.036		-0.009		0.007		0.002		0			

G680	2015/5/11		■のセルは読み取りの個人差を考慮して■の値から推定した。■は値がおかしいと思われるセル。										
	藤本		花房		錦織		横井		横山		三宅		器械高
KYOTO-A	13:41	2962.688	13:43	2962.696	13:46	2962.889	13:41	2962.649	13:41	2962.648	13:41	2962.647	21.5
BM01													
BM02													
BM03													
BM04													
BM05													
BM06													
BM07													
BM08	15:51	2959.656	15:51	2959.656	15:51	2959.850	15:50	2959.617	15:51	2959.616	15:53	2959.615	28.6
BM09													
BM10	15:39	2960.027	15:40	2960.027	15:42	2960.221	15:39	2959.988	15:39	2959.987	15:39	2959.986	29.1
BM11													
BM12	15:31	2960.401	15:31	2960.401	15:31	2960.595	15:29	2960.376	15:31	2960.361	15:33	2960.371	27.5
BM13													
BM14	15:13	2960.739	15:15	2960.705	15:18	2960.885	15:13	2960.7	15:13	2960.699	15:13	2960.698	27.5
BM15							15:05	2960.769	15:07	2960.742	15:01	2960.785	30.1
BM16	14:44	2960.993	14:46	2961.014	14:48	2961.221	14:44	2960.954	14:44	2960.953	14:44	2960.952	27.5
BM17	14:02	2961.365	14:02	2961.365	14:02	2961.559	14:01	2961.360	14:02	2961.325	14:10	2961.290	26.0
KYOTO-A	16:15	2962.569	16:15	2962.569	16:15	2962.763	16:15	2962.53	16:13	2962.529	16:15	2962.528	21.3
藤本基準		0		0		0.194		-0.039		-0.040		-0.041	
横山基準		0.040		0.040		0.234		0.001		0		-0.001	
※錦織はクロスヘアの左側をReadig Lineに合わせたため、他の測定者とのずれが大きい。													

5月18日17時追記：
 BM15の藤本君・花房君・錦織君の重力推定値を入力するのを忘れていました。横山君の重力測定値と、「横山基準」と書かれた行の重力差を使って、自分の重力値を推定してください。

重力測定データ手簿

測定者:

ページ:

測定日: _____

天候: _____

重力計: _____

基準点: KYOTO-A

基準点の絶対重力値(0): 979707.160 mGal

[illegible]

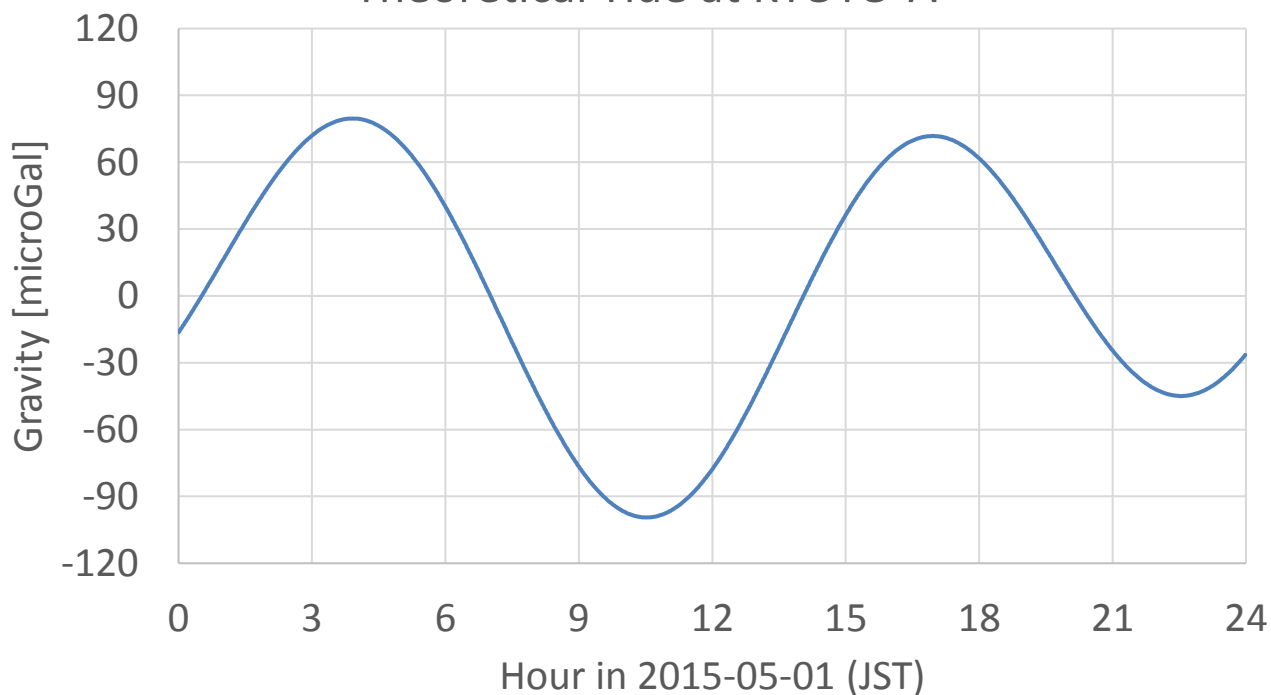
重力異常計算シート

5月18日17時追記：
BM01とBM02の経度(3)の値を逆にしてください
(正) BM01: 135.79118
BM02: 135.79016

測定日： _____ 地域： _____ 補正密度： 2.67 _____ 計算者： _____

点名	(1) 重力測定値 mGal	(2) 緯度 deg φ	(3) 経度 deg	(4) 標高 m	(5) 正規重力 mGal γ (φ)	(6) FA補正值 mGal (4)より	(7) FA異常値 mGal (1)-(5)+(6)	(8) BG補正值 mGal (4)より	(9) 地形補正值 mGal	(10) BG異常値 mGal (7)+(8)+(9)
KYOTO-A	979707.160	35.02989	135.78383	60.8200	979735.424					
BM01		35.03186	135.79016	76.0015	979735.591					
BM02		35.03186	135.79118	75.8834	979735.591					
BM03		35.03183	135.78947	75.7837	979735.589					
BM04		35.03180	135.78913	75.7424	979735.586					
BM05		35.03178	135.78883	75.6845	979735.584					
BM06		35.03178	135.78855	75.4395	979735.584					
BM07		35.03178	135.78847	73.6641	979735.584					
BM08		35.03178	135.78833	72.8014	979735.584					
BM09		35.03158	135.78827	72.4803	979735.567					
BM10		35.03155	135.78794	70.8568	979735.565					
BM11		35.03153	135.78772	69.2629	979735.563					
BM12		35.03153	135.78749	68.6530	979735.563					
BM13		35.03153	135.78716	68.2034	979735.563					
BM14		35.03153	135.78685	67.4388	979735.563					
BM15		35.03150	135.78655	66.7513	979735.561					
BM16		35.03150	135.78627	66.3770	979735.561					
BM17		35.03150	135.78594	65.5113	979735.561					

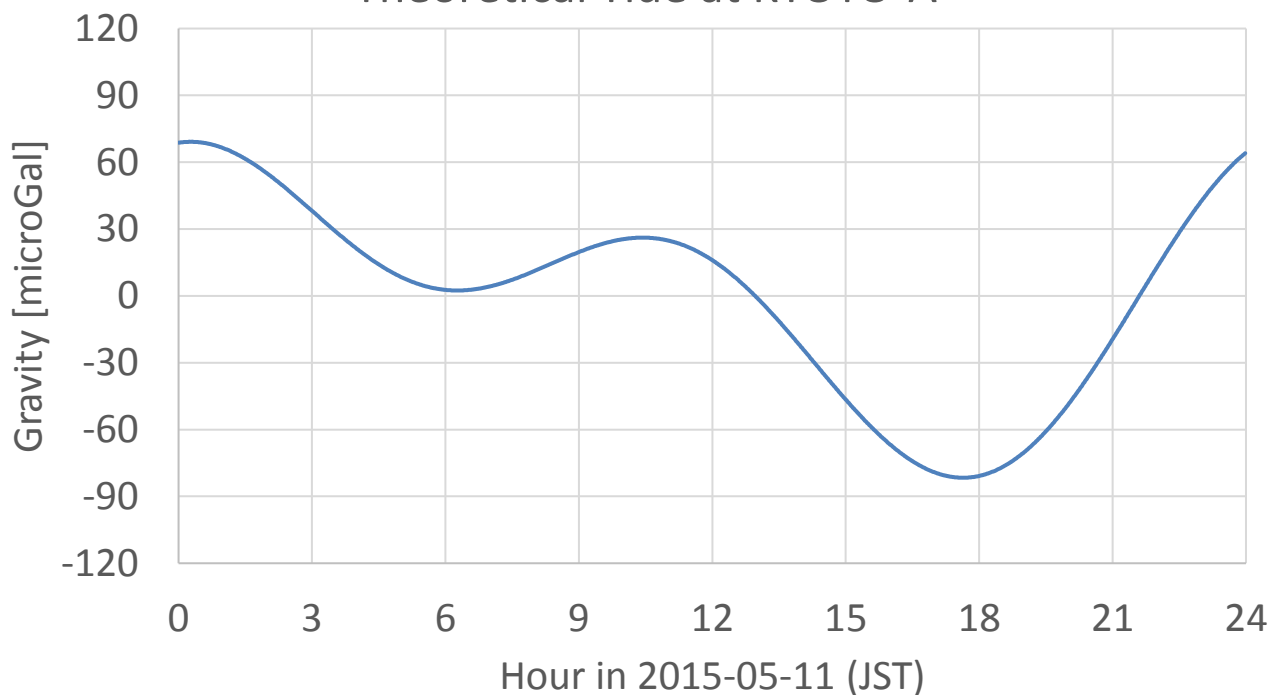
Theoretical Tide at KYOTO-A



13時				14時				15時				16時	
分	補正值	分	補正值	分	補正值	分	補正值	分	補正值	分	補正值	分	補正值
0	0.043	30	0.023	0	0.002	30	-0.018	0	-0.036	30	-0.052	0	-0.063
1	0.043	31	0.022	1	0.001	31	-0.019	1	-0.037	31	-0.052	1	-0.063
2	0.042	32	0.022	2	0.001	32	-0.019	2	-0.037	32	-0.052	2	-0.063
3	0.041	33	0.021	3	0.000	33	-0.020	3	-0.038	33	-0.053	3	-0.064
4	0.041	34	0.020	4	-0.001	34	-0.021	4	-0.039	34	-0.053	4	-0.064
5	0.040	35	0.020	5	-0.001	35	-0.021	5	-0.039	35	-0.054	5	-0.064
6	0.039	36	0.019	6	-0.002	36	-0.022	6	-0.040	36	-0.054	6	-0.065
7	0.039	37	0.018	7	-0.003	37	-0.023	7	-0.040	37	-0.055	7	-0.065
8	0.038	38	0.017	8	-0.003	38	-0.023	8	-0.041	38	-0.055	8	-0.065
9	0.037	39	0.017	9	-0.004	39	-0.024	9	-0.041	39	-0.055	9	-0.065
10	0.037	40	0.016	10	-0.005	40	-0.024	10	-0.042	40	-0.056	10	-0.066
11	0.036	41	0.015	11	-0.005	41	-0.025	11	-0.042	41	-0.056	11	-0.066
12	0.035	42	0.015	12	-0.006	42	-0.026	12	-0.043	42	-0.057	12	-0.066
13	0.035	43	0.014	13	-0.007	43	-0.026	13	-0.043	43	-0.057	13	-0.066
14	0.034	44	0.013	14	-0.007	44	-0.027	14	-0.044	44	-0.057	14	-0.067
15	0.033	45	0.013	15	-0.008	45	-0.028	15	-0.044	45	-0.058	15	-0.067
16	0.033	46	0.012	16	-0.009	46	-0.028	16	-0.045	46	-0.058	16	-0.067
17	0.032	47	0.011	17	-0.010	47	-0.029	17	-0.045	47	-0.058	17	-0.067
18	0.031	48	0.010	18	-0.010	48	-0.029	18	-0.046	48	-0.059	18	-0.068
19	0.031	49	0.010	19	-0.011	49	-0.030	19	-0.046	49	-0.059	19	-0.068
20	0.030	50	0.009	20	-0.012	50	-0.031	20	-0.047	50	-0.060	20	-0.068
21	0.029	51	0.008	21	-0.012	51	-0.031	21	-0.047	51	-0.060	21	-0.068
22	0.029	52	0.008	22	-0.013	52	-0.032	22	-0.048	52	-0.060	22	-0.068
23	0.028	53	0.007	23	-0.014	53	-0.032	23	-0.048	53	-0.061	23	-0.069
24	0.027	54	0.006	24	-0.014	54	-0.033	24	-0.049	54	-0.061	24	-0.069
25	0.026	55	0.006	25	-0.015	55	-0.033	25	-0.049	55	-0.061	25	-0.069
26	0.026	56	0.005	26	-0.015	56	-0.034	26	-0.050	56	-0.062	26	-0.069
27	0.025	57	0.004	27	-0.016	57	-0.035	27	-0.050	57	-0.062	27	-0.069
28	0.024	58	0.003	28	-0.017	58	-0.035	28	-0.051	58	-0.062	28	-0.069
29	0.024	59	0.003	29	-0.017	59	-0.036	29	-0.051	59	-0.063	29	-0.070

※時刻は全て日本時間。グラフは理論値をマイクロガルで、表は補正値をミリガルで示している。

Theoretical Tide at KYOTO-A



13時				14時				15時				16時	
分	補正值	分	補正值	分	補正值	分	補正值	分	補正值	分	補正值	分	補正值
0	0.001	30	0.011	0	0.023	30	0.035	0	0.047	30	0.057	0	0.067
1	0.001	31	0.012	1	0.023	31	0.035	1	0.047	31	0.058	1	0.067
2	0.001	32	0.012	2	0.024	32	0.036	2	0.047	32	0.058	2	0.067
3	0.002	33	0.013	3	0.024	33	0.036	3	0.048	33	0.058	3	0.068
4	0.002	34	0.013	4	0.025	34	0.036	4	0.048	34	0.059	4	0.068
5	0.002	35	0.013	5	0.025	35	0.037	5	0.048	35	0.059	5	0.068
6	0.003	36	0.014	6	0.025	36	0.037	6	0.049	36	0.059	6	0.068
7	0.003	37	0.014	7	0.026	37	0.038	7	0.049	37	0.060	7	0.069
8	0.003	38	0.014	8	0.026	38	0.038	8	0.050	38	0.060	8	0.069
9	0.004	39	0.015	9	0.027	39	0.038	9	0.050	39	0.060	9	0.069
10	0.004	40	0.015	10	0.027	40	0.039	10	0.050	40	0.061	10	0.069
11	0.005	41	0.016	11	0.027	41	0.039	11	0.051	41	0.061	11	0.070
12	0.005	42	0.016	12	0.028	42	0.040	12	0.051	42	0.061	12	0.070
13	0.005	43	0.016	13	0.028	43	0.040	13	0.051	43	0.062	13	0.070
14	0.006	44	0.017	14	0.029	44	0.040	14	0.052	44	0.062	14	0.070
15	0.006	45	0.017	15	0.029	45	0.041	15	0.052	45	0.062	15	0.071
16	0.006	46	0.017	16	0.029	46	0.041	16	0.052	46	0.063	16	0.071
17	0.007	47	0.018	17	0.030	47	0.042	17	0.053	47	0.063	17	0.071
18	0.007	48	0.018	18	0.030	48	0.042	18	0.053	48	0.063	18	0.071
19	0.007	49	0.019	19	0.030	49	0.042	19	0.054	49	0.063	19	0.072
20	0.008	50	0.019	20	0.031	50	0.043	20	0.054	50	0.064	20	0.072
21	0.008	51	0.019	21	0.031	51	0.043	21	0.054	51	0.064	21	0.072
22	0.008	52	0.020	22	0.032	52	0.043	22	0.055	52	0.064	22	0.072
23	0.009	53	0.020	23	0.032	53	0.044	23	0.055	53	0.065	23	0.073
24	0.009	54	0.021	24	0.032	54	0.044	24	0.055	54	0.065	24	0.073
25	0.010	55	0.021	25	0.033	55	0.045	25	0.056	55	0.065	25	0.073
26	0.010	56	0.021	26	0.033	56	0.045	26	0.056	56	0.066	26	0.073
27	0.010	57	0.022	27	0.034	57	0.045	27	0.056	57	0.066	27	0.074
28	0.011	58	0.022	28	0.034	58	0.046	28	0.057	58	0.066	28	0.074
29	0.011	59	0.023	29	0.034	59	0.046	29	0.057	59	0.066	29	0.074

※時刻は全て日本時間。グラフは理論値をマイクロガルで、表は補正値をミリガルで示している。

