

2013年5月29日(水) 5限目授業分

2013年度前期第4回地球科学輻合ゼミナールレポート

## 「絶対重力観測で質量の動きを診る」(専攻談話会)

地球惑星科学専攻 地球物理学教室

固体地球物理学講座 助教

風間 卓仁 先生

京都大学大学院理学研究科地球惑星科学専攻  
地球物理学分野気象学・気候学及び大気物理学分科  
修士課程1年 林 悠平(HAYASHI Yuhei)

### 1. 講演内容

#### 1-1. 重力

重力とは物体が地球の中心に向かって引き付けられる力のことであり、万有引力と地球の自転による遠心力の合力で表される。遠心力は万有引力に比べて非常に小さいので(赤道上において万有引力の約290分の1しかない)無視をすると、全質量が地球の中心に集中しているとした場合、

$$g \approx \frac{GM_E}{R_E^2} \cong 9.8 \times 10^8 [\mu\text{gal}] \quad (1)$$

となる。ここで $g$ は重力加速度[ $\mu\text{gal}$ ]、 $G$ は万有引力定数( $6.673 \times 10^{-3} [\mu\text{gal}\cdot\text{m}^2/\text{kg}]$ )、 $M_E$ は地球の質量( $5.972 \times 10^{24} [\text{kg}]$ )、 $R_E$ は地球の半径( $6.371 \times 10^3 [\text{km}]$ )であり、単位として用いられているgalは加速度のCGS単位系である。ただし、地球は均質ではないので、より厳密な重力加速度 $g$ は、地球を細かく分割して、

$$g \approx \sum_i \frac{Gm_i}{r_i^2} \cdot \frac{z_i}{r_i} \quad (2)$$

となる(図1)。ここで $m_i$ は各分割部分の質量[ $\text{kg}$ ]、 $r_i$ は観測点から各分割部分までの距離[ $\text{m}$ ]、 $z_i$ は観測点から各分割部分までの深さ(観測点から地球中心方向に $z$ 軸を下ろす)[ $\text{m}$ ]である。

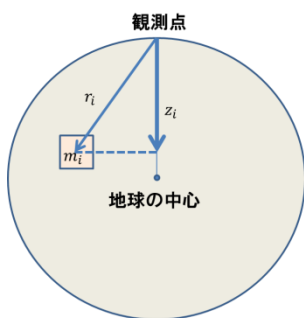


図1 地球分割の模式図.

地球内部の変動に伴って、質量分布((2)式右辺の $m_i$ や $r_i$ )は時間によって変化する。従って、(2)式左辺の重力加速度も時間によって変化する。従って、重力の変動を観測することにより、地球における潮汐、気圧変化、水移動、地殻変動、火山活動といった地球の変動を捉えることができる。

#### 1-2. 重力測定の道具

主な重力測定の道具としては絶対重力計(図2)、超伝導重力計、可搬型相対重力計がある。これらの重力計の特徴を表1に示す。

表 1 主な重力計の特徴.

|      | 絶対重力計              | 超伝導重力計                | 可搬型相対重力計            |
|------|--------------------|-----------------------|---------------------|
| 利点   | 絶対値を測定可能           | 連続観測が可能               | 重力を面的に測定可能          |
| 欠点   | 運搬が容易でない           | 感度検定が必要               | 器械ドリフトが発生           |
| 観測確度 | ～1 $\mu\text{gal}$ | ～0.01 $\mu\text{gal}$ | ～10 $\mu\text{gal}$ |



図 2 絶対重力計(風間先生の講演スライドより引用).

### 1-3. 絶対重力計による観測事例

#### 1-3-1. 火山における重力観測 (浅間山・桜島)

<火山における重力観測によってわかったこと>

- ・陸水起源の重力擾乱を適切に評価することにより、マグマの移動に伴う重力の変化を捉えることができた。
- ・重力変化より見積もったマグマの高さは他の火山学的データと整合性があり、今後、重力観測からマグマの位置に関する実況や噴火予測に繋がられる可能性があることがわかった (リアルタイムの陸水擾乱補正や地下水モデルの事前作成が必要である)。

#### 1-3-2. 氷河における重力観測 (アラスカ・南極)

<氷河における重力観測によってわかったこと>

- ・アラスカにおける氷河の融解やそれに伴う地面隆起(年 20 mm の隆起)に伴い、重力は年 4  $\mu\text{gal}$  の割合で減少に転じていたが、2011 年から 2012 年にかけての過剰降雪により、地面隆起による重力減少の傾向に比べて重力値が 10  $\mu\text{gal}$  以上上昇した。
- ・JARE として史上初の南極における野外絶対重力観測に成功した。

$$g = 982\,535\,584.2 \pm 0.7 \text{ [\mu gal]} \quad (3)$$

#### 1-4. まとめ

絶対重力計を用いた観測によって、観測点周辺における様々な質量移動を見ることができ、その質量移動を観察することにより、火山や地面隆起といった地球内部及び地球上における変動のシグナルを把握できる可能性がある。また重力変化を覆い隠すようなノイズも、見方を変えれば地下水流動や積雪といった別の変動を示している可能性もある。

#### 2. 感想

普段使用する地球における重力加速度は $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ であり、定数として扱うことがほとんどである。ただ本来、地球は均質ではない上に、地球の内部は時々刻々と変化する。さらに地球自身の自転による影響も受けるから定数とするのはいけないことである。私は、大学 2 回生の時にボルダの振り子を用いた重力加速度の測定実験を行ったが、その時まで重力についてよく考えることは無かった。しかし、観測で得られた値は $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ より小さく、改めて重力について考えるきっかけとなった（地球の自転による遠心力と地球が完全な球ではないことによると考えられる）。今回の講義では、地球が均質ではなく、内部も時々刻々と変化するということから、絶対重力測定により地球上及び地球内部の変動を捉えるという内容で実に興味深かった。また、私の友人には素粒子論や宇宙論を扱っている者がおり（私は元々、物理科出身である）、重力子（グラビトン）やブラックホールの研究を通して重力へのアプローチを行っている。今回の講義では実際に地球上での重力観測における話であったが、重力に対するアプローチの方法にもマイクロからマクロな範囲までいろいろあるものだと改めて思った。