

重力の時間的変化

Q 重力は時間が経っても、変わらないのですか？

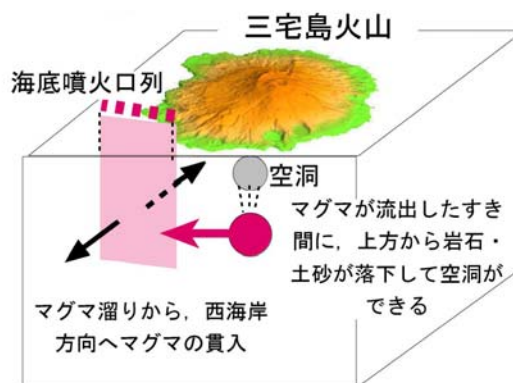
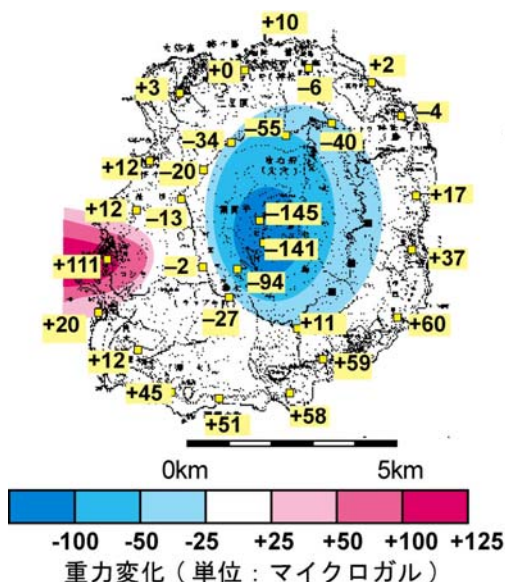


図1. 重力は時間的に変化することもある. (左) 三宅島の2000年噴火活動の前後で、プラスマイナス100マイクロガルを超える大きな重力変化が観測された. (右) 観測データから、三宅島火山の下で、大規模なマグマの移動と空洞の形成が明らかになった.

A 重力は、場所によって変化するだけではなくて、時間的にも変化します。その変わり方は、地震や火山活動によって、ほとんど一瞬のうちに変わる場合もあれば、数千年から百万年ぐらいの長い時間をかけて変わる場合もあります。また、月や太陽の引力によって、半日とか1日の周期でも変化していますし、引力を及ぼす地下水の移動などによって、季節的な変化も生じます。

まず、火山活動によって重力が変わった実例として、2000年に伊豆諸島の三宅島で起きた火山活動を取り上げてみましょう。図1に、噴火活動前の平穏だった時期と活動開始直後とで、どのように重力が変化したかを示しました。2つの特徴がみてとれますね。

- (1) 島の西海岸の軸対称な、最大で110マイクロガルの重力増加および、
- (2) 島の中央＝山頂部を中心とした、約150マイクロガルの重力減少です。

ガル(Gal)というのは、ガリレオにちなんでつけられた、重力(加速度)の強さを表す単位です。地上の平均的な重力は980ガルですから、1マイクロガルすなわち百万分の一ガル

は、地上重力の約十億分の一というわずかな量に相当します。とはいえ、重力を測る機械（重力計）の精度は高く、1 マイクロガルぐらいまで精密に測ることができるのです。

特徴(1)の西海岸の重力増加は、三宅島火山直下の **5km** にあるマグマ溜りから、島の西部から沖合に向けて、マグマが垂直な板状の岩脈として地面に無理やり押し込まれたためだと考えられています。三宅島周辺の地殻には、普段から水平方向に引っ張りの力がはたらいているので、マグマが押し込まれると裂け目が垂直方向にできやすいのです。ちょうど、パンを持ってその両端を引っ張ると、真ん中で裂けるのと同じです。マグマが裂け目に押し込まれた証拠としては、海底噴火の火口が、海底の一直線上にあることが挙げられます。これは裂け目に押し込まれたマグマの一部が、海面まで達してできたものでしょう。

マグマは深さ **10km** ぐらいの所で一旦集積して、マグマだまりを作ります。そこでは上の岩盤から加わる圧力が高いため、液体のマグマの中には大量の水、二酸化炭素、亜硫酸ガスなどの揮発性成分が溶け込んでいます。ちょうどビールやコーラのビンの栓を開ける前には、ビンの中の圧力が高いため炭酸ガスが溶け込んでいるのと同じです。このマグマが地下数 **km** まで上昇してくると、周りから受ける圧力が低下し、揮発性成分が気体（泡）に変わる、発泡が起きます。ちょうど、揺さぶりを受けたコーラのビンの栓を急に抜くと、一気に泡が吹きこぼれるのに似た状態になります。つまり、マグマの発泡により、周囲に及ぼす圧力が暴走的に増加し、それが推進力となってマグマを島の南西部に貫入させたと考えられます（図1右）。

三宅島噴火の際の重力変化の特徴(2)の、山頂の重力の減少からは、山頂直下に空洞が形成されているらしいことがわかります（図1）。これは、先に述べたマグマの圧力の暴発がいったん終了した後、マグマだまりが、空気の抜けた風船のように圧力を失ってしぼんでいったためだと考えられます。このとき、マグマだまり上方にあった岩盤を支える力が失われますから、岩石はちょうどダルマ落としのように、順繰りにマグマだまりの方に落ち込んでしまい、地表付近に空洞ができるというわけです。詳しい計算をしてみると、空洞の深さは **2km** で、その体積は約 **7000 万 m³** と見積もられました。空洞の形が球なら、半径は **250m** ほど、また東京ドームでいえばおよそ **56 杯分** になります。でも、こんな巨大な空洞が、そんなに簡単に地下につくれるのでしょうか？ にわかには信じられませんね。ところが、この測定のわずか **2 日後** に、わずか **4 分程度** のうちに、山頂カルデラが一気に **200 メートル** 以上も陥没するという事件が生じたのです。その半径もおおよそ **300m** なので、想定された地下空洞の半径とほぼ同じでした。ですから、地下に落とし穴のような空洞が、1 週間ぐらいの短い間に作られることがあることが、実証されたといえます。

次に、もっと長い時間をかけて重力が変化する例について、お話ししましょう。カナダのハドソン湾付近では、重力が毎年数マイクロガルほどずつ減っています（図2）。1 年という期間ではわずかかも知れませんが、この減少は過去何千年も続いているらしいのです。その根拠は、重力の減少する範囲と、**6000 年** ほど前まで氷河で覆われていた地域とが、よく一致することです。これは、ポスト・グレイシャル・リバウンド（氷河の重みで凹まされていた

た地盤が、氷期終了後にゆっくりと隆起して復元する現象)で、地盤が年間1センチぐらいの速度で隆起を続けているためです。隆起によって、観測点は地球の中心から少しずつ遠ざかり、無重力の宇宙空間に近づいていくからと考えれば理解できるでしょう。

もっと長い時間尺度でみると、地球の自転の影響が問題となります。数十億年の昔の地球はもっと速く自転していたはずですから、当時は遠心力がもっと強かったこととなります。最初の自転周期は6時間程度だったという研究にもとづくと、当時の遠心力は現在の16倍も強いこととなります。当時の赤道の重力は、現在よりも5%ほど小さかったこととなります。

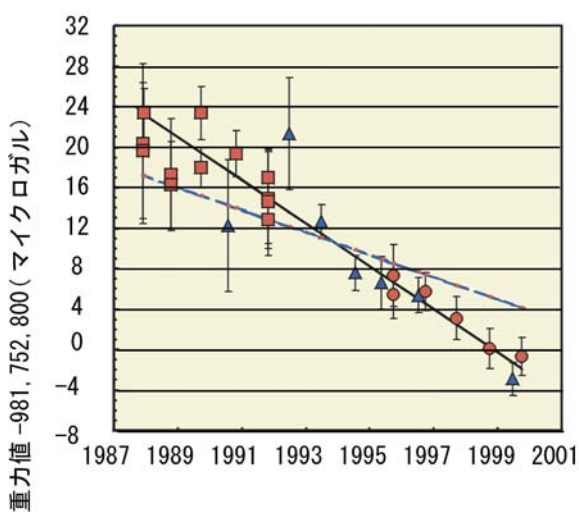


図2 6000年前まで厚い氷に覆われていた、カナダのマニトバ州・チャーチルでは、ポスト・グレイシャル・リバウンドで地盤が隆起し、同時に重力が年間2マイクログガル減少し続けている(カナダ地質調査所)。