

■重量に与える浮力の影響

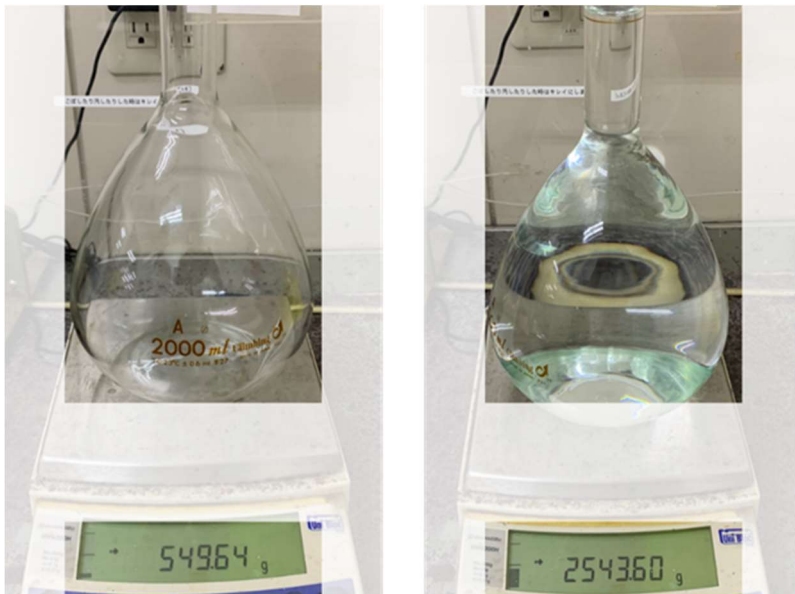


図1 メスフラスコ（2リットル）に標線まで水を入れる前（左）と後（右）の重量表示

はじめに

物を持った時に感じる重量（重さ）は主にその物が地球の中心に向かって引っ張られる力（重力加速度といいます）によって生じます。重量は測定する場所や環境、温度などによって影響を受けます。測定場所の違いには地球の回転によって生じる力が関与し、また空気の密度や月や太陽の位置によっても重量は影響を受けます。一方、質量と呼ばれるものはその物質が持つ値なので地球上でも宇宙空間でも同じです。1 kg の質量を持つ物質は、どこでも 1 kg の質量となります。地球上で 1 kg の物質を手で置かれた場合は重さを感じ、無重力の場所で静止している 1 kg の物質は重さを感じさせません。一方、静止している 1 kg の物質を地球上で横に動かす場合と無重力の場所で押して動かす場合、摩擦がない条件では両方とも同じ力が必要です（図2）。質量は物質に力を加えて動かした際にどれくらいの力で動くかの指標で「動かしにくさ」を表すとされています。



図2 地球上と無重力空間で物体を等しく動かす場合のちからは等しい

次に、地球上の分銅に作用する力を図にしてみました（図3）。

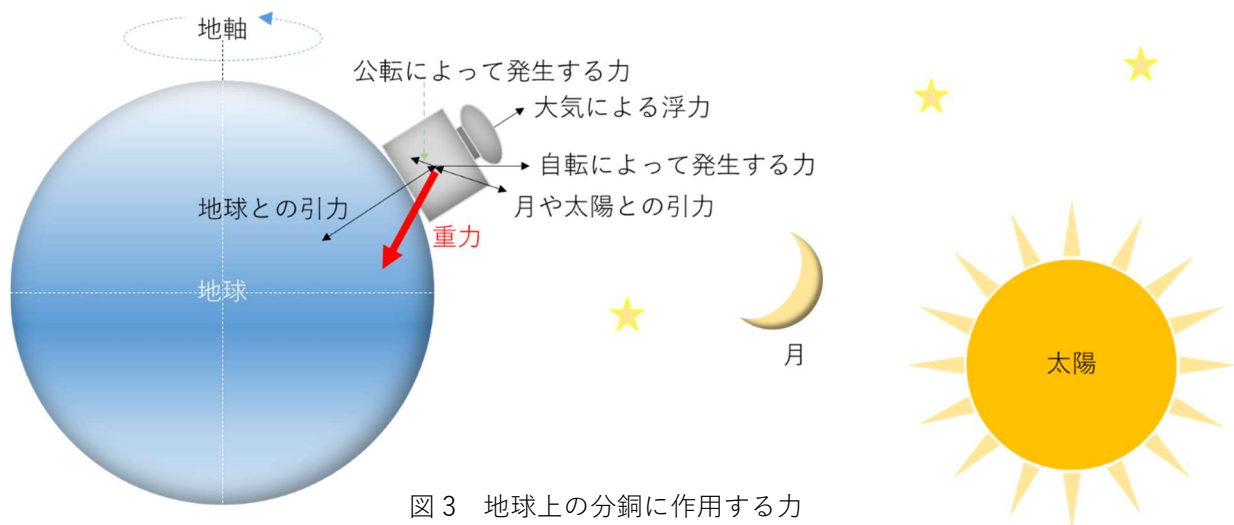


図3 地球上の分銅に作用する力

分銅には図3に示すように様々な力が作用します。最も大きいのが地球と引き合う力（引力）で、それに地球が自転することで発生する力や太陽や月との引力も加わってきます。また大気によって浮力が生じます。天秤を使って物質の重量を測定する際には、自転によって発生する力や月や太陽との引力は校正用分銅を使って天秤を校正することによってそれらの影響を除くことができますが、考慮しなければならないのは校正でも除くことができない大気による浮力です。ここでは重量測定における大気の影響について見ていくことにします。

大気の影響について

1 kg の質量の分銅と 1 kg の質量の水に及ぼす大気の浮力を下の図4で示します。

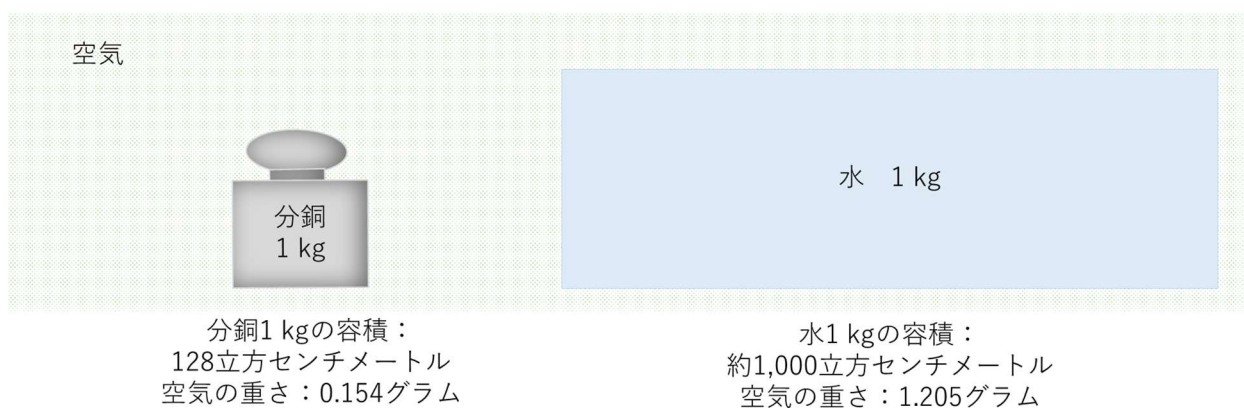


図4 1 kg の分銅と 1 kg の水が排除する空気の重さ

分銅には 0.15 グラムの浮力がかかり、水には 1.2 グラムの浮力がかかる。

1 kg の分銅の比重を 7.80 とした場合、分銅の容積は 128 立方センチメートルとなります。標準大気圧（1,013.3 ヘクトパスカル、温度 20°C）では、空気密度は 1.205 kg/立方メートルで、128 立方センチメートルに含まれる空気の重量は 0.154 グラムとなり、分銅にその重さ分の浮力を与えます。一方、水 1 kg では水の比重を 1 とすると容積が 1,000 ミリリットルとなり、そこに含まれる空気の重量は 1.205 グラムなので、分銅 1 kg で校正した電子天秤を使って水を 1 kg はかりとった場合には浮力の差分である 1.05 グラムが加わることとなります。逆に、1 リットルをメスフラスコで計量した場合の重量は 1.05 グラム減少することとなります。0.1%程度の違いですが、精密に測定することが求められる場合には考慮しておく必要があります。浮力の影響を調べるため今回はクラス A の 2 リットルメスフラスコを使い、その標線まで水を入れるとどれくらいの重量になるかを測定してみました。

重量に及ぼす大気の影響の測定

2 リットルのメスフラスコに標線まで純水を入れる前と入れた後の電子天秤の写真を冒頭の図 1 に示しました。実験は 20°Cで行っています。2 リットルフラスコの重量は 549.64 グラム、それに超純水を標線まで入れた時の重量が 2,543.60 グラムなので、1,993.96 グラムが水の重量となります。測定時の水の比重は 0.99823（20°C）なので 2 リットルの水の重量は 1996.46 グラムとなり、2.5 グラムのマイナスとなります。標準大気圧のもとでは浮力によって計算上 2.1 グラム減少しますので、クラス A のメスフラスコの精度が±0.6 ミリリットル（0.06%）であることを考慮すると、減少分の 2.5 グラムは 2 リットルの水にかかる大気による浮力と推察されます。

おわりに

重さについて考えると私たちの体にも様々な力が作用していることに気づかされます。地表にいと空気による浮力を感ぜませんが、大人で約 50 グラムから 70 グラム程度の浮力がかかることとなります。それ以外に自転や公転の円運動によって生じる力があり、自転によって体にかかる力は約 2 N、公転によっては約 0.04 N と計算できます（1 N は約 100 グラムの質量の物質を持った時の重さ）。

参考資料

容量、質量の正確な計量（ぶんせき、2008 年）

<https://www.jsac.or.jp/bunseki/pdf/bunseki2008/200801nyuumon.PDF>