

■ 秤（はかり）について



はじめに

重さを量るための仕組みはその測定量の必要性に応じて数多くの方法が考案され、秤として使用されてきました。秤は人類が集団生活を送る上で欠かせないものであり、収穫の分配や価値の設定、正確なモノづくりなどに必要なもので、それは昔も今も同じです。量るものが増えるにつれて精度や感度、簡便さなどが要求されることにより数多くの秤が開発されてきました。

初期の秤

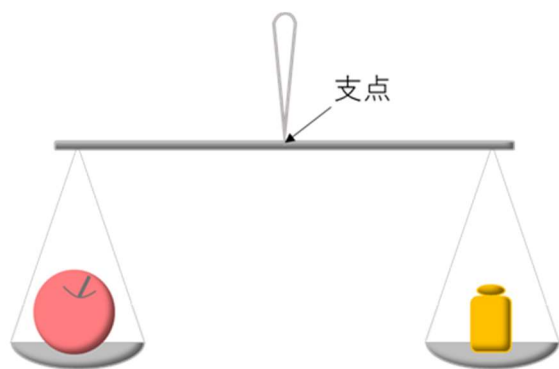


図 1a 天秤はかり

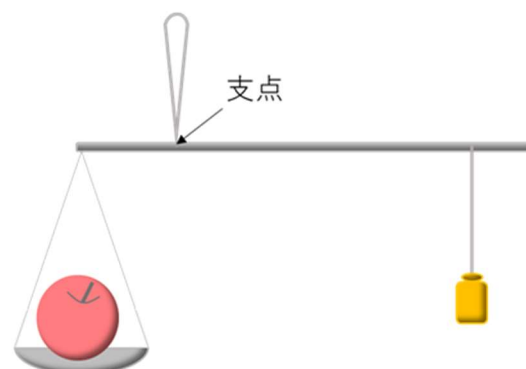


図 1b 竿はかり

天秤ばかり（図 1a）は支点から等距離の場所に量りたいものと釣り合うおもり（分銅）を載せ、その分銅の総和から重さを量ることができます。エジプトでは紀元前 5000 年頃の天秤が見つかっており、日本では、福岡県春日市の須玖遺跡群から見つかった紀元前 2000 年頃（弥生時代）の円筒形の石が、最古の分銅（権）であるといわれています。その後、天秤の形は変わることなく使用されつづけてきましたが、竿秤（さおばかり）が開発されたことにより、重さの基準となる分銅を複数種類用意しなければならない不便さが解消されることとなります（図 1b）。分銅一つで、ある範囲にある物の重量を量ることができるもので棒秤とも呼ばれ、ローマ時代に発明されたためにローマ秤とも呼ばれてい

ます。交易が盛んになるにつれ、持ち運びにも便利な竿秤は多くの地域に広がっていったと想像できます。

新たな秤

上皿天秤ができるには数学者のロバーバルという人が関わっています。上皿天秤は下から支えられた皿の上に置いて量るため紐が邪魔にならず操作性が向上します。しかしながら皿のどこに量りたいものを置くかで分銅とのバランスが変わります。彼が 1669 年に見出した平行運動機構はロバーバル機構と呼ばれ、皿のどこに置いても分銅とのバランスが取れるようになっています（図 2）。支点を二つ置くことで常に皿からの垂直の力が皿を支えている棒にかかることになり、皿のどの場所でもかかる力は変わらないことになります。その後、この機構を使って現在の電子天秤に繋がる台秤が作られました。

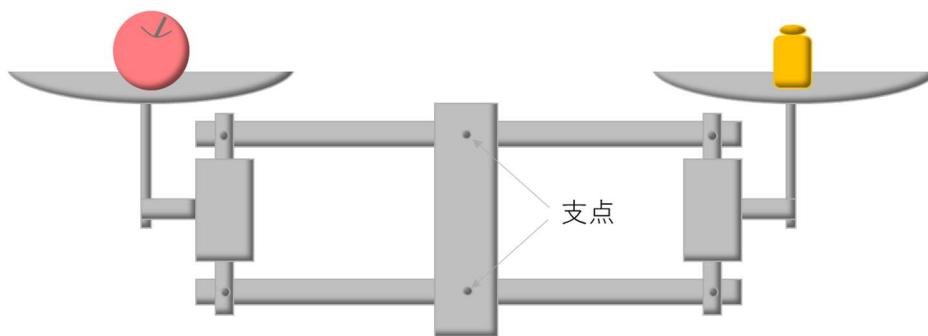


図 2 ロバーバル機構

天秤は基準となる分銅やおもりが必要ですが、それらも不要な秤も開発されます。その一つがイギリスで生まれたバネばかりです。金属のバネの伸び縮みを利用したバネばかり（代表的なものは吊り下げ型のバネ式手秤、バネ式上皿天秤）は簡便な秤として使用されるようになります。但し、温度変化やバネの劣化などによって値が変化するため、高い精度を求める秤ではありません。弾性が一定のバネの開発と温度補正の仕組みを取り入れることによって多くの場面で使用されるようになりました。

電子天秤

20 世紀に入ると、電気式の天秤の開発が始まります。歪（ひずみ）を電気信号に変えるロードセルと呼ばれる金属でできた装置が天秤に利用されるようになります。ロードセルにはいくつかの形がありますが、基本的な構造は加重で歪む素材に歪を計測するゲージを張り付けたものです（図 3）。ゲージは導電性のフィラメントを絶縁体に閉じ込めたシートで、素材の歪方向にフィラメントが沿うように貼り付けられます。歪によってフィラメントが伸びる、あるいは縮むことで電気抵抗値が変り、その変化量を加重として感知します。歪ゲージ（ストレインゲージ）と呼ばれます。一般的に 4 枚のゲージが歪を生じる部分に張り付けられており、その 4 枚のゲージでホイートストンブリッジが作られて

いて、歪量に応じた電気信号として検出できます。その電気信号を増幅することで、わずかな歪も検出でき極微量の重量を測定することができます。

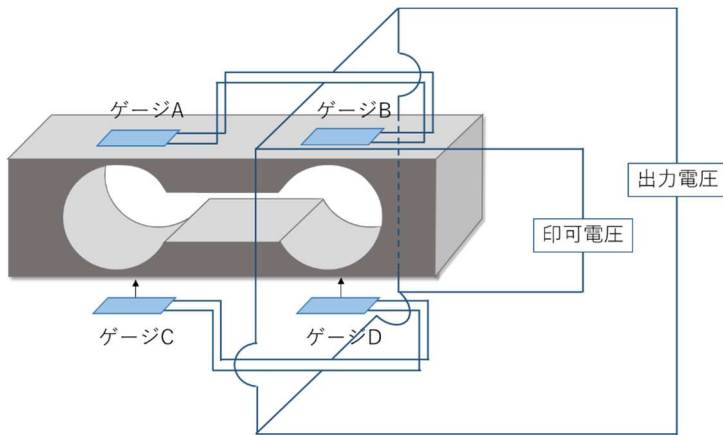


図3 ロードセルと歪ゲージ

ロードセルの形態は様々で、曲げる力を量るビーム型（図3の形で、一般に台秤に用いられる）、多点で支える釜などの重量変化（圧縮力）を量るキャニスタ型、引っ張り力、押し込み力を量るS字型、輪（リング、円盤）型などがあります。形や大きさを選べば広い範囲の重量計測が可能のため、様々な場面で利用されています。

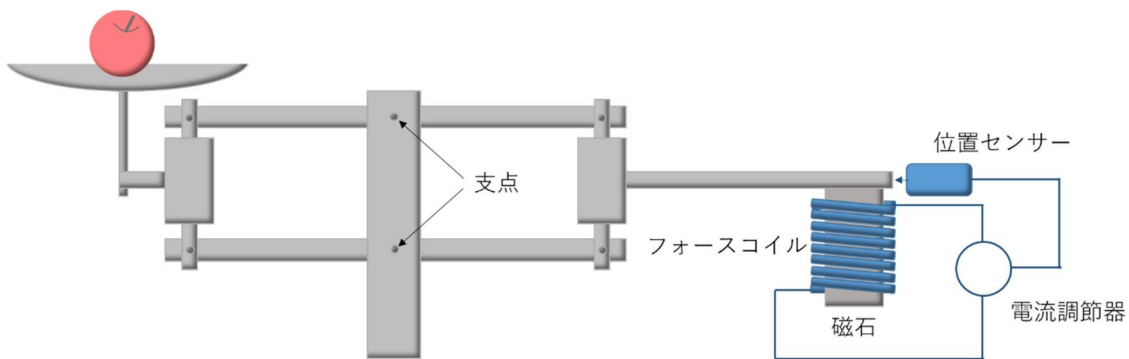


図4 電磁式はかり

電磁式はかり（図4）も電気天秤の一つです。ロードセルは金属のゆがみを電気信号で計測するもので、いわばバネばかりの延長にあるとも言えます。電磁式は重量をフォースコイルと呼ばれる磁石とコイルの組み合わせにより、荷重による棹の動きをキャンセルするためにコイルに流れる電流値の変化を読み取り重量変換するものです。構造的に重量物の分析には不向きですが、微量な物質の重量を高精度に測定することができます。基本構造は図4に示してありますが、誤差を極限まで少なくするために、部品点数が少ない金属切り出し型セルを使った装置になっています。ごく微量の薬品やサンプルなどを計測する必要がある分析機関や研究所などではほとんどがこの電磁式はかりが使用されています。

2007年に新たに音叉式の秤も開発されました。音叉に荷重が加わることによる振動数変化を捉え重量変換する仕組みです。音叉式は金属板から切り出され、その中に音叉も含まれるため重量計測のコア構造の組立工程が少なく、温度による影響が少ないことと、金属の歪みを利用していないために劣化が少なく長期に渡って装置の安定性が高いことなどの利点がある秤といえます。

おわりに—重量と質量について

物質の重量を量るための様々な仕組みをご紹介しましたが、重量はその物質を測定している位置での物質と地球が引き合う力に加えて、地球の自転による遠心力が物質に作用する力の総和です。そのため、測定している場所の高度や緯度、地球内部の密度のバラつきなどによって重量は変化します。弊社のある熊本で1 kgの分銅を電子天秤で計ると1.0000 kgと表示される場合、同じ分銅と電子天秤を東京で使った場合、1.0003 kgと表示されることとなります。一方、質量は物体の「動かしにくさの指標」で地球上だけでなくどこの場所でも変わらず一定です。重量は質量に重力加速度（標準重力加速度の値を 9.80665 m/s^2 と規定）をかけたもので重力質量と呼ばれ、地球上で量る質量1 kgの重力質量は 9.80665 N （ニュートン）で、上皿にかかる重力質量を計測し1 kgとして表示できるようにしたものが電子天秤ということになります。