

# 投稿

## 重さは質量と同義か

佐藤 明達

### 1. はじめに

一般社会人にとって「質量」という言葉は耳慣れないので、分かりやすいように「重さ」で代用することがよくある。しかし地球周囲中の宇宙船内は無重量状態で、固定されていない物体はすべて船内をフワフワ漂っている。毛利衛さんや向井千秋さん、野口聡一さんらの船内活動を写したテレビでお馴染みの光景である。またアポロ 11 号以後、重い宇宙服を着て月面に降り立った宇宙飛行士たちの行動を見ても、月面重力の小さいことはよく分かる。さらに地球上では赤道に近づくほど体重が軽くなる。つまり重さは場所によって変わるもので、物体に固有の属性ではない。一方、物体の動かしにくさで定義される質量は場所によって変化しない[1]。

### 2. 具体例

最近、本誌や日刊新聞に次のようないくつかの文が載った。

(ア) 「超巨大ブラックホール」

宇宙のはるか彼方にある天体の重さ (質量) はどうやって測るのだろうか？ 究極の天体ブラックホールを取り上げて、天体の重さの測定を紹介したい。... 今回は銀河の中心に存在する超巨大ブラックホールについて、その重さの求め方を紹介する[2]。

(イ) 「北極星の『伴星』望遠鏡で初観測」

北極星のすぐそばを回っている『伴星』の姿を、ハッブル宇宙望遠鏡が初めてとらえた。米宇宙望遠鏡科学研究所などのグループが 9 日、米天文学会で発表した。.....研究グループは「伴星の軌道を調べ、北極星の正確な重さを割り出したい」と話している[3]。

(ウ) 「新手法で惑星発見 重カレンズ応用 第二の地球探し前進」

...発見された系外惑星は地球から 2.2 万光年離れた位置にあり、地球の 5.5 倍の重さ。太陽の 5 分の 1 の重さの恒星の周りを回っている[4]。

このように、「質量」の同義語として「重さ」を使うことはかなり一般化している。

### 3. 質量と重さの定義

「理化学辞典」[5]には次のように記されている。

#### 質量 (mass)

下記の 2 つの異なる定義があるが、互いに等価で各物体に固有の量を定めているとみられる。一般に質量  $m_1$  と  $m_2$  の物体を合わせたものの質量は非常によい近似で  $m_1+m_2$  になる。

(1) 重力質量 (gravitational mass)  $m_G$

物体 A とキログラム原器とに働く重力の比が  $m_G$  のとき、A の重力質量は  $m_G \text{ kg}$  であるという。重力の比較を天秤によって行なう場合には、地球の自転による遠心力を通して次に定義する慣性質量の影響が混入する。

(2) 慣性質量 (inertial mass)  $m_i$

作用反作用の法則を基礎とし、2 つの物体が相互に及ぼしあう力だけを受けて運動するときにもつ加速度の逆比で定める。しかし、実際にこの定義で物体の質量を測るのは難しい。この定義によれば、

慣性質量×加速度＝力

となるから、加速度の等しい 2 物体に働いている力は質量の比をなすことになり、この力を重力と比べて質量の 2 つの定義を比較する

ことができる。エトヴェシュの実験（1896）は、この考えに立って2種の質量の比  $m_G / m_i$  を物体A、Bについて

$$\eta(A, B) = \frac{(m_G / m_i)_A - (m_G / m_i)_B}{(m_G / m_i)_A + (m_G / m_i)_B} \times 2$$

で比較し、種々の物質の組み合わせにわたり95%の信頼度で  $|\eta| < 9 \times 10^{-9}$  を得た。今日までにディッケ（Dicke, R. H.）、ブラジンスキー（Braginsky, V. B.）などが実験方法を改善して  $|\eta| < 10^{-12}$  を得ており、慣性質量と重力質量とは同一とみられる。アインシュタインはこの同一性を基本原理の1つ（等価原理）として一般相対性理論をたてた。この理論の成功は2種の質量の同一性を裏書きしている。（以下略）

#### 重さ（weight）

重量ともいう。地球上で物体に作用する重力の大きさをその物体の重さという。重さはその物体の質量と重力加速度  $g$  との積に等しい。地球上の場所により  $g$  の値は異なるので、同一の物体の重さも異なる。（以下略）

ちなみに、質量の単位はキログラム、重さの単位は重力キログラム kilogram-force で、 $1 \text{ kgf} = 9.80665 \text{ N}$ 、ここに力の単位ニュートン  $\text{N} = \text{m} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$  である。

#### 4. おわりに

このように、重さは力の大きさであって質量と同じではない。むろん次元（dimension）も異なる。地球上では物体の重さ、軽さは意味を持つが、天体については意味がない。科学は学術用語を明確に定義し、それを使って知識を体系づけるものだ。定義があいまいなままで用語を使用することは、理科教育の進路を誤らせる。「科学とは何か」を生徒に自覚させるためにも、重さと質量の違いをはっきり教えるべきだ。「重さは質量の同義語」

と書いてある国語辞典や百科辞典があるだろうか。もしあったらその辞典は信用できない。

なお、科学史における重さと質量の概念の形成過程については文献[6]を、現代物理学における質量の意味については文献[7]を参照されたい。

最後に、慶応義塾高校教諭・小河原康夫氏が朝日新聞のコラム「私の視点」欄で述べたことを以下に記しておく。

（上略）授業を始めると、欧米で発展した自然科学を日本語で理解させるのは、難しい点もあることに気づいた。例えば、質量を意味する mass と重さの weight は、日本では一般に「重さ」として混同されがちだ。理科の教科書通りに「質量」と「重さ」に区別しようとしても、既成概念が邪魔してしまう。だが、素直に mass と weight を使えば、日本人にも容易に使い分けができる。

$F = m \times a$ （加えた力＝物体の質量×生じる加速度）の式を導くと、日本では後に、「"m"って何でしたっけ？」という質問が出る。英語では、 $m$  が mass を表わす変数だと自明なせい、このたぐいの質問はなく、単位も頭に入りやすい。…結局は、科学に関する語彙や英語表現は、できる限り理科の授業の中で習得する方が合理的であろう[8]。

#### 参考文献

- [1]左巻健男他著「新しい科学の教科書－現代人のための中学理科－」第1分野〈化学・物理編〉文一総合出版，2004，p.229
- [2]「天文教育」2005，Vol.17，No.3，p.23
- [3]朝日新聞 2006年1月13日夕刊
- [4]朝日新聞 2006年1月26日朝刊
- [5]長倉三郎他編「岩波 理化学辞典」第5版，1998，p.596 及び 196
- [6]伊東俊太郎他編「科学史技術史事典」，弘文堂，1983，p.144 及び 432

---

---

[7]広瀬立成著「質量の起源」, 講談社ブルー  
ボックス, 1994

[8]小河原康夫、「高校教育, 他教科関連のカ  
リキュラムを」, 朝日新聞 2006年3月4  
日朝刊

### 追記

日本でも、学校で新聞を生きた教材として  
活用する NIE (Newspaper In Education・  
教育に新聞を) が始まっている。新聞に登場  
する天文記事について、分かりやすいか、内  
容が偏ってはいないか、どの程度の基礎知識  
を読者に想定しているのかなどの検討が必要  
である。

---

---

### コラム

日本では少子高齢化が急速に進みつつあ  
る。しかし定年退職しても勤労意欲のある元  
気な高齢者は多い。この人材を活用しない手  
はない。キャリアを生かして、大いに天文の  
ボランティア活動をしてもらおう。会誌の編  
集を手伝ってくれる人もあるかもしれない。  
天文普及活動に生きがいを感じて若返れば一  
石二鳥である。自分は世の中の役に立ってい  
るんだということを実感させてあげよう。

(佐藤明達)