

## 月の学習における関連事項〔Ⅱ〕

中 村 泰 久 (理科教育)

学校での天文教育の対象天体の一つである月について、学校で扱う際の参考に供すべく、一連の関連事項を整理的に、かつ総ざらひ的に掲げる。今回は、概説的な面および軌道上の運行をめぐる諸点について述べる。

〔キーワード〕天文教育 月学習の関連事項 月に関する概説 月の運行と見え方

### 〔はじめに〕

明るさや見かけの形の変化のために誰にでも親しまれている月は、現行学習指導要領においても、新学習指導要領においても取りあげられている学校における天文教育の対象でもある。しかしその月は、実際には運行や変化の様子が複雑なため、少し掘り下げようとすると扱いがきわめて困難になる天体でもある。そこで学校現場での授業等での参考になるように、月に関する一連の事項を整理的に、かつ総ざらひ的に掲げることとした。前回は学習指導要領での取り上げ方を抜き出し、運行・表示をパソコンで行う方法を述べた。今回は概説的なことと月の運行をめぐる事項を掲げる。

### 2 学校理科における月学習の扱い—追加

学校理科での月の扱いについての変遷を見るために、〔Ⅰ〕では理科の学習指導要領を資料的にまとめた。ここでは新学習指導要領関係は含めたものの現行分を省略したが、完璧を期するために、ここで現行分についても追加で掲げておくこととする。

#### 2.1 学習指導要領での扱われ方の変遷—追加

##### 2.1.14 小学校学習指導要領 1989(h 1)年改訂版

###### 第2 各学年の目標と内容

〔第5学年〕

###### 1 目標

(3)天気や太陽と月の位置などを時間的変化に目を向けながら調べ、見いだした問題を意欲的に追究する活動を通して、気象現象や天体の動きの規則性についての見方や考え方を養う。

###### 2 内容

###### C 地球と宇宙

(2)太陽と月の形や位置などを観察し、それらの動き及び位置の関係を調べることができるようにする。

ア 太陽や月は絶えず動いていて、東の方から出て

南の空を通り西の方に入ること。／イ 太陽や月は球形をしているが、月は日によって形が変わって見え、月の輝いている側に太陽があること。／ウ 月の表面の様子には太陽と違いがあること。

##### 2.1.15 中学校学習指導要領 1989(h 1)年改訂版

###### 第2 各分野の目標及び内容

〔第2分野〕

###### 2 内容

###### (2) 地球と太陽系

身近な天体の観察を通して、地球の運動について考察させるとともに、天体としての月、太陽及び地球の特徴について理解させ、太陽系についての認識を深める。

###### ア 身近な天体

(ア)月、太陽の観察を行い、その観察記録及び地球に関する資料などに基づいて、月、太陽及び地球の特徴を見いだすこと。／(イ)天体の日周運動の観察を行い、その観察記録を地球の自転と関連付けてとらえること。

###### 3 内容の取扱い

(3)内容の(2)については、次のとおり取り扱うものとする。

ア アの(ア)の「月、太陽及び地球の特徴」については、形、大きさ、表面の様子などを取り上げ、太陽については、放出された多量の光による地表への影響にも触れること。／イ アの(イ)及び(ウ)については、観察された事実を基に多様な考察を行わせるようにすること。

##### 2.1.16 高等学校学習指導要領 1989(h 1)年改訂版

###### 第11 地学 I A

###### 2 内容

###### (2) 天体の運行と人間生活

ア 時間と時刻／イ 季節と暦

###### 3 内容の取扱い

イ 内容の(2)のアについては、天球上の太陽や恒星

の位置及び運行を中心に扱うこと。イの暦については、地球、月、太陽の位置関係や運行周期を基にした太陰暦、太陽暦に触れる程度にすること。

## 第12 地学 I B

### 2 内容

#### (1) 宇宙の中の地球

##### ア 惑星としての地球

##### (ア) 地球の外観

### 3 内容の取扱い

(2)内容の範囲や程度については、次の事項に配慮するものとする。

ア 内容の(1)のアの(ア)については、地球の形、海陸の分布、地表の起伏及び太陽系の各天体の特徴にも触れるが、ジオイド、重力及び地磁気についての詳細な扱いはしないこと。

## 4 月に関する概説的事項

### 4.1 衛星としての月

月は地球の唯一の衛星であるが、太陽系には他に60個以上の衛星がある。それらを、半径が1,000km以上の大型衛星、半径100kmのオーダーの中型衛星、半径が数十kmかそれ以下の小型衛星に分けるとすると、大型衛星のクラスには、木星の衛星であるイオ、エウロパ、ガニメデ、カリスト（これらがいわゆるガリレオ衛星）、土星の衛星であるタイタン、海王星の衛星であるトリトンなどと並んで月も入る。すなわち、月は堂々たる大型衛星の1つとなっている。大きさでいえばガニメデ、タイタン、カリスト、イオについて全体の5番目、質量でも同様の順序で5番目である。

他の大型衛星がいずれも木星や土星、海王星といった大型惑星の周りを回っているのに比べて、月は地球という小型の惑星に属している。このため、月が地球に与えている影響は様々な意味で大きい。衛星：惑星の質量比で比べてみると、月：地球は1：81.3であって、他の大型衛星が母惑星のおおよそ1万分のいくつかという質量しかないのに比して、例外的に大きい。冥王星については、衛星カロンが冥王星の約8%の質量を持っているらしいことがわかっているが、最近では、これはむしろ惑星と衛星というより二重惑星という理解の方がいいのでは、と言われている。そういう意味では、月—地球は太陽系の中でもきわめて特異な関係ということが出来る。

月の公転軌道は母惑星地球からかなり離れている（軌道長半径=60.2682×地球の赤道半径）。この距離は現在ではレーダー観測により測られている。月面に設置された反射器に向けて電波を発射し、反射波の到達時間から求めるのである。約60倍という数値は衛星としてはかなり大きな方で、月は軌道の平均半径の大きい“外衛星”の部類に入る。

以上のことは月を理解するうえでたいへん重要であ

る。

## 4.2 月に関する基本的諸量

### 4.2.1 月に関する基礎データ

まずは月に関する基礎的諸量を掲げてみよう。

質量：7.348×10<sup>22</sup>kg

赤道半径：1,738km

平均密度：3.342g/cm<sup>3</sup>

表面重力加速度：1.623m/s<sup>2</sup>

地球一月間の平均距離：38万4,400km

月の全体としてのアルベドはおよそ7%くらいであって、けっしてよく反射するわけではない。表面重力は地球上での約1/6であることはよく知られている。平均密度は地球の約6割であって、内部の構造が地球とははっきり違っていることが推測される。

### 4.2.2 月の形状、大きさ

月の形はまずは球で近似できる。その半径は上に掲げたとおりであり、地球の1/4強、約27%である。地球からの平均的な見かけの大きさ（角半径）は、 $\tan^{-1}(1738/384400)=0.2591^\circ$ 、すなわち15'33"となる。

形状をもう少し詳しくいうと、地球から大きな力を受けているので球形からはずれ、3軸の長さがそれぞれ違う3軸不等楕円体で近似される。式で表現すれば3軸の長半径を $a, b, c$  ( $a > b > c$ )として

$$\frac{a^2}{x^2} + \frac{b^2}{y^2} + \frac{c^2}{z^2} = 1 \quad (36)$$

となる。このように取った場合、もっとも長い軸は $x$ 軸上で、これはほぼ地球と月の中心を結ぶ線となる。 $z$ 軸はほぼ月の自転軸方向である。それぞれ、 $a = 1,738.4\text{km}$ 、 $b = 1,737.5\text{km}$ 、 $c = 1,736.7\text{km}$ である。したがって、ずれはわずかではあるが、軌道運動のふれなどを誘発する一因である。

月を回る周回衛星ができてから、月の重力分布の詳細な情報が得られるようになった。その結果分かったことのもっとも重要な点は、重心が形から決めた中心と約2kmもずれていることであった（これについては次回で）。

なお、地平線に近い月は大きく“見える”ことが言われるが、むしろこれは錯覚である。

### 4.2.3 月の明るさ

太陽を別格とすれば、月はずっとも明るくなる天体である。よく晴れた夜の満月の明るさは、出歩くのに他の明かりを必要と感じさせないほどで、くっきりと影ができるのは誰でも経験しているであろう（天体観測する場合はまったくの邪魔なもので、迷惑がられる）。おまけに太陽が沈むと昇り、太陽が上がってくる頃に沈むので、昔の夜間の明かりという点では申し分なか

ったであろう。

月の正確な明るさの測定はかなり難しい。新月時には見えなくなるし、形による差はきわめて大きい。満月時の明るさは実視等級で $-12.6$ 等、半月時は $-9.9$ 等である。5等級で100倍の違いなので、この差2.7等級は $10^{0.4 \times 2.7} = 12.0$ 倍の違いとなる。なお、月-地球間の距離は後述のように一定ではなくかなり変動するので、同じ満月でもその時の月の距離によって見かけの大きさや明るさは変わり、大きさが約11%、明るさで1:1.25の違いが最大で現れる。写真で撮った月の大きさの違いははっきりと見てとれる。

#### 4.2.4 地心視差

月は地球から最も近い天体であるため、地心視差が問題となる天体である。これは [I] でも述べたが (図1)、地心位置と測心位置との差であって、原理的には他の天体に関しても同じことだが、月の場合とはくにきいてくる (最大で $1^\circ$ 近くになる)。

### 4.3 月の研究

#### 4.3.1 人類の月認識の歴史

すでに紀元前150年頃のヒッパルコスの時代には月の満ち欠けや食が正しく認識されていた。16世紀のはじめに望遠鏡が作られたとき、当然月にも向けられ、ハリオットやガリレイらによりクレーターが観察された。同世紀の半ばには月の地図が作成された。月の写真を撮ったのはドレーパー (1840年) で、1873年にはプロクターが月のクレーターの隕石説を唱えている。1946年には月に向けてレーダー波が発射され反射波が測られた。1950年代後半からは探査機による月の調査が主流となった。

#### 4.3.2 月探検の進展

月は多くの空想物語の舞台であったのみならず、今までに現実に人類が到達した唯一の天体であって、この意味で親近感をいだく人も多いであろう。月を手近な対象として研究し始めたのはむろんロケットが実用化された第2次世界大戦後である。この間の月探査に関する大きな科学的進展をいえば、

- (1) 月の裏側の撮影 (1959年10月ソ連の探査機ルーニク3号)。これはSFから科学への心理的側面での転換であったと言える。
- (2) 人類のつくった人工探査機が月面に降りたこと (1966年2月ルーニク9号が初の軟着陸)。(ただし激突でよければ、それに先立つこと7年、1959年9月のルーニク2号がそれである。)
- (3) 月面に人類が降り立ったこと (1969年7月アポロ11号)。(これはまぎれもなく現実の調査対象としての月を意識させた。)

などがあげられよう。いずれも月探査という面だけで

はなく、人類の精神史にもエポックを画したできごとといえよう。

#### 4.3.3 月面探査

これまで人が月面に到達し得たのは、1960年代から70年代に精力的に進められた米国のNASAによる『アポロ計画』のみである。このアポロ計画のうち実際に月面に飛行士が降り得たのは計6回、1969~1972年のことである。

1969. 7	アポロ11号
1969. 11	アポロ12号
1971. 1	アポロ14号
1971. 6	アポロ15号
1972. 4	アポロ16号
1972. 2	アポロ17号

(合計381kgの試料が持ち帰られた。)

このときには、月面からの宇宙中継で世界中の多くの人々はその様子を同時に目にすることができた。

当時の人々には間近に思えた月面での長期滞在探検も、まだなし得ていない。そもそも、その後30年近くも人類は月に立っていない。現代の若者はもはや昔話としてしかこの月探検を知らないことになる。このような展開になろうとは、当時は夢想だにできなかったに違いない。

## 5 月の運行と見え方をめぐって

### 5.1 月の軌道運動

#### 5.1.1 月の軌道面

月の天球上の通り道を白道 (moon's path) という。この白道を含む面は地球の赤道面よりは黄道面 (すなわち地球の公転軌道面) に近い。その傾きは黄道面に対して平均で約 $5^\circ 8'$ 傾いている。この角度は $5^\circ 1'$ から $5^\circ 17'$ の間を18.6年周期で変動する。月が公転するとき、ひと回りの間に黄道面を2度横切る。昇交点 (ascending node) とは白道面と黄道面との交点のうち、月が黄道の南側から北側に移動するときを通過する方の点である。反対側の交点が降交点 (descending node) である。

また、月の赤道面と黄道面とは約 $1^\circ 32'$ 傾いており、赤道の昇交点と白道の降交点 (いずれも黄道に対するもの) は一致していることが知られている。模式図が図9に示されている。

昇交点・降交点はやはり18.6年でひと回りする。この動きによって、白道面と赤道面との位置関係が変わってくる。白道の昇交点が春分点と一致すれば、白道と赤道との傾きは $23^\circ 27' + 5^\circ 9' = 28^\circ 36'$ となり、逆に秋分点と一致するときには $23^\circ 27' - 5^\circ 9' = 18^\circ 18'$ となる。そこで、18.6年周期で天球上での白道の位置が変化することになる。

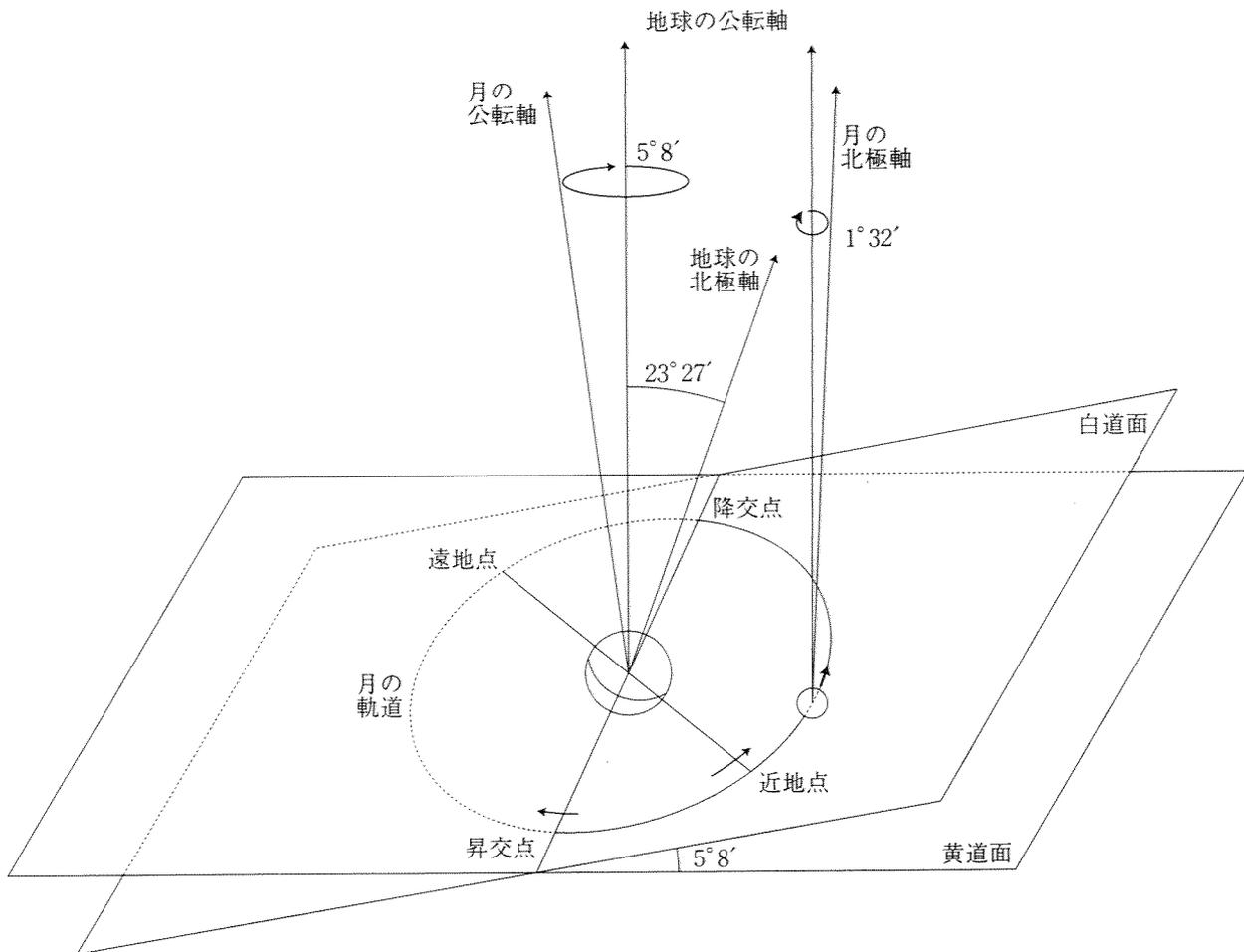


図9：地球の周りの月の軌道の模式図

### 5.1.2 月の軌道

月の軌道面（白道面）上での月の軌道は円ではなく、平均の離心率が0.0549の楕円で近似できる。地球との距離がもっとも近い点と遠い点をそれぞれ近地点（perigee）、遠地点（apogee）という。この近地点や遠地点の方向も一定でなく、主として太陽の力で8.85年の周期でひと回りする。白道面と黄道面の公転の方向も前述のように動いているが、その動きは月の公転や近地点の動きとは逆向きである（図9）。軌道の離心率も0.045と0.065の間を8.85年の周期で変化する。

太陽の引力のために、太陽に近づいたときと遠ざかったときとの引力の差が無視できないほど大きい。後述のように、月には地球からの引力の100分の1の強さの太陽の潮汐力が働いているので、軌道は正確には楕円とにならない。その一つが半月の時に0.0087倍遠ざかり、新月と満月の時に同じだけ近づくとはいずれである。そこで、近地点で満月や新月になると月までの距離は平均より0.0636倍（約2万4,400km）短くなり、近地点で半月になると0.0462倍（約1万7,800km）短くなる。遠地点の遠ざかり方もこの範囲で変わる。

### 5.1.3 月の軌道の形など

前節で述べたように、月は衛星としては遠く離れた

位置を回っている方であって、このため当然太陽の影響が相対的に大きくなる。詳しく見てみると、月の太陽に対する公転軌道はやはり常に凹の形、つまりいつも太陽の引力の方が大きいということである（図10）。すなわち、同図の(ロ)や(イ)ではなく、(イ)のようになっているのである。

実際に月に働く太陽と地球の引力の大きさを比べてみる。ここで月の軌道は円で、その半径は地球と太陽との平均距離の400分の1だとする。太陽（質量 $M_{\odot}$ ）と月（質量 $m$ ）との引力は、ニュートンの万有引力の法則から、 $M_{\odot}m/400^2$ に比例している。一方、地球（質量 $M_E$ ）と月との引力は、 $M_E m/1^2$ に比例する。この2つの比をとると、 $M_{\odot}/M_E \approx 3.3 \times 10^5$ であるから、 $3.3 \times 10^5/400^2$ より、太陽の引力の方が地球の引力よりおよそ2倍大きいということがわかる。

しかし、それでもなお月が地球から離れていかないのはなぜだろうか。これをみるために、月の軌道上の各点での太陽の引力の強さを比べてみる。月が半月の位置にいれば太陽と月との引力は $M_{\odot}m/(400)^2$ に比例するが、新月の時にはこの分母は $(400-1)^2$ となり、満月の時には $(400+1)^2$ となる（後ろの図11参照）。つまり、新月時の引力は半月の位置の時に比べて200分の1ほど大きく、逆に満月時には200分の1ほど小さい。

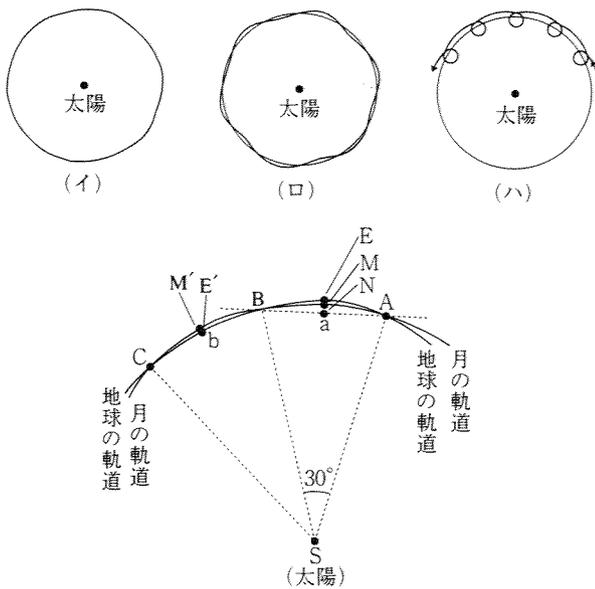


図10：月の軌道の模式図（堀(1976)より）。上段は考えられるケースで、下段は拡大図である。

月と地球との間の引力の強さは月と太陽との引力の約半分なので、月と地球との間の引力に比べれば、新月の時は引力はその100分の1強くなり、満月の時には100分の1弱くなる。そして引力の方向を考えれば、新月の時にも満月の時にも働く地球の引力が100分の1ほど弱まるように力が働くのである。しかし、わずかに100分の1であるから、月は地球から逃げることはない。このような力のために、満月と新月の時の軌道半径は平均より0.0087倍短くなり、逆に半月の時には0.0087倍長くなる。太陽の巨大な引力の主たる効果は、地球一月系をつなぎとめるために働いているのである。

#### 5.1.4 月の運行

月の運行に関していくつかの動きのフレがあることが知られている。

- ・中心差(equation of center) :  $6.29^\circ$  (20,905km) 1 近点月周期。これは月だけのものではない。ケプラー運動をしている天体の真近点離角と平均近点離角との差(円軌道の場合は0)である。月の場合の中心差の最大値は月の視直径の12倍にもなる。

- ・出差(しゅっさ, evection) :  $1.27^\circ$  (3,699km) 31.812日周期。太陽の引力により月の軌道の離心率が変動するために月の黄経に生じる周期摂動の最大のものをいう。最大では月の視直径の2.5倍にもなる。

- ・二均差(variation) :  $0.66^\circ$  (2,956km) 半朔望月周期。太陽の引力により月が加速されたり減速されたりするために月の黄経に生じる摂動項のうち出差に次ぐもの。新月時と満月時には0となる。

- ・年差(annual variation) :  $0.19^\circ$  (49km) 1 近点年周期。太陽をめぐる地球一月系の軌道が円でないために生じる振動である。

- ・月角差(げっかくさ, parallactic inequality) :  $0.03^\circ$  (109km) 1 朔望月周期。この振動の振幅は地球一月の重心から太陽までの距離と地球から月までの距離に比例する。

このように月の公転の角速度は一樣でない。そのため、一樣な角速度で動く平均黄経と実際の黄経との差は、いろいろな三角関数の項の和として表される。月の黄緯や地心距離も、同じように三角関数の項の和として表すことができる。しかし、月の位置を $0.01''$ の精度で表そうとすると、1000をこす項が必要となる。

#### 5.2 月の自転運動

月の自転周期と公転周期は等しい。つまり、地球の周りを1周公転する間に、月は1回だけ自転する。月が公転している間、もちろん地球は中心で自転を繰り返すが、月の方はつねに地球に対して同じ面を向けている。ところで、月の公転の速度は一樣ではないのに対し、自転の角速度の方はかなり一定である。そのために、見かけ上同じ振幅で東西にふれることになり、したがって、東西のへりの付近の見え方もそれだけに異なってくる。

また、上述のように月の赤道面と黄道面とは $1^\circ 32'$ 傾いており、赤道の昇交点と白道の降交点は一致しているので、月の赤道面と白道面との傾きはほぼ一定で、 $6^\circ 40'$  ( $= 1^\circ 32' + 5^\circ 8'$ ) という値をとる。この傾きのために、南北のへりの見え方も異なってくる。

さらに、月は地球に近い天体で、地心視差が平均 $1^\circ$ 近くもあるので、月を地平線上でみる時と、天頂付近でみる時とでは東西方向の見え方に特に違いが出る。

以上から、月はいつも正しく同じ面を地球に向けているわけではなく、若干揺れ動いていることになる。これを月の秤動(ひょうどう)という。これは地球からの見かけだけのもので光学的秤動と呼ばれる。月の全表面のうち地球から見ることは、このようなわけで半分以上の59%となる。残り41%は地球の観測者からは見ることができない。

月がいつも同じ面を地球に向けているということは、逆に月から地球を見た場合、地球は出入りしないということである。すなわち月世界で生活する人には“地球の出”、“地球の入り”はないことになる。あるいは裏側で生活する場合は地球は一切見えないことになる。地球との通信はたいへんであるが、逆に地球からの雑電波にまどわされずに済むということで、実際にいずれ月に電波望遠鏡をつくるとしたら裏側にすべきだという議論などもある。

より正確に言えば、月は一樣な角速度で自転をしているわけではない。というのも、月にも地球と同じように、歳差・章動・極運動(自由章動)があるからである。月の形は、3軸不等の楕円体で最もよく表され

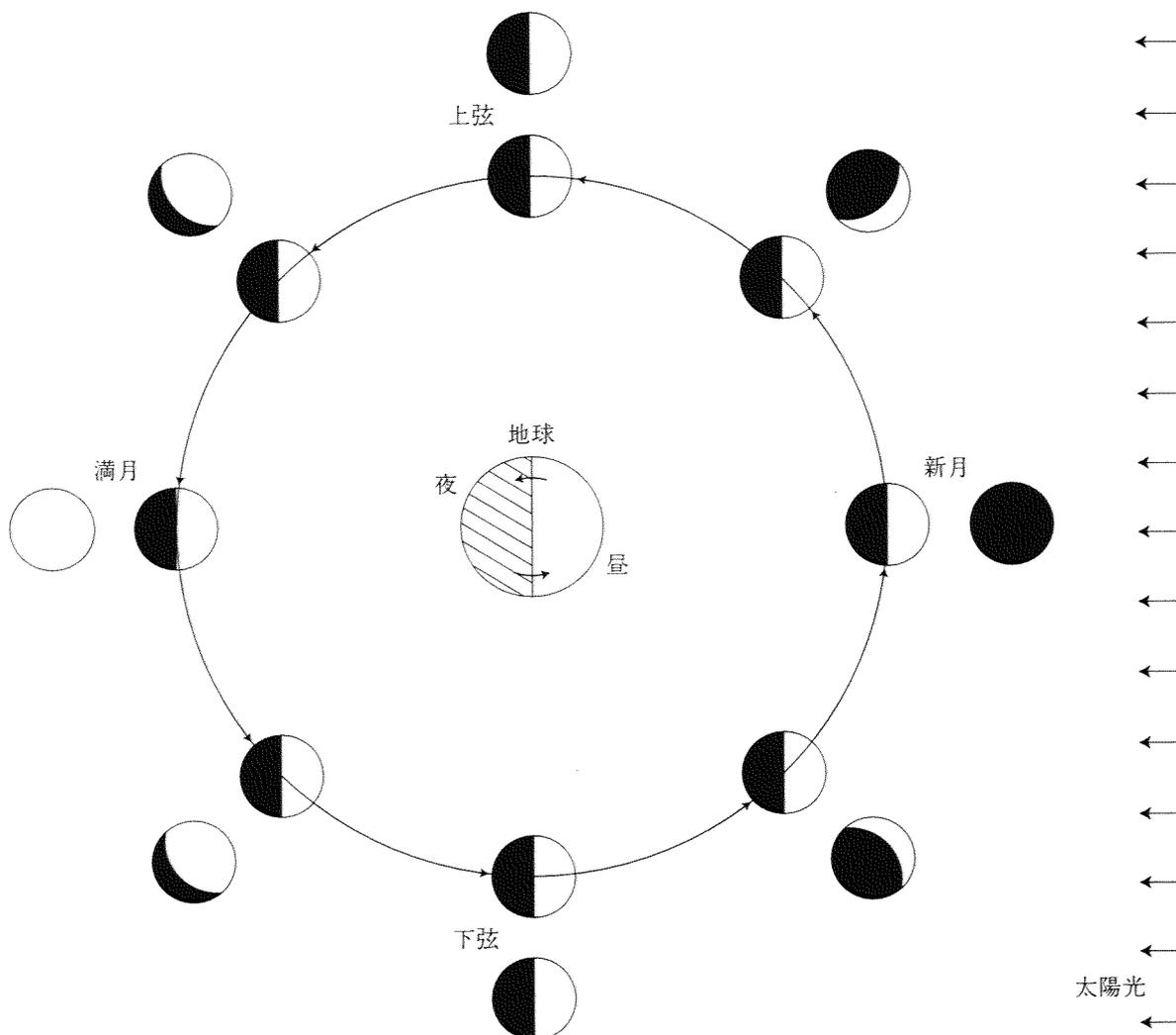


図11：月の満ち欠けの原理

ることが知られているが、これに地球や太陽が偶力を及ぼしているのである。月の章動を物理的秤動という。

### 5.3 月の見かけの動きと見え方

#### 5.3.1 月の満ち欠け

月に関するもっとも一般的な話題は月の見かけの形の変化（月の満ち欠け）である。ただし、満ち欠けして見えるのは月だけではない。たとえば金星の満ち欠けは、高校地学で取りあげるテーマの一つとなっている。しかしながら、望遠鏡や双眼鏡もなしで満ち欠けが観察できる月は、まさに月の大特徴といえるものになっている。満ち欠けして見える原理は簡単であって、図11のようになっている。が、この図を参照してわかることがそれだけではないということと同時に学ぶとよい。すなわち、月の軌道上での位置と、地球からの見える時刻と見える方角、さらには見えている月の形とがすべてつながっているということである。このことを教えるのにさまざまな図が工夫されている。

朝西に見える月、昼ごろ東の方から出てくる月、夕方西方に見える月、夜中に見える月など、どの月をとっても東の方から西の方に向かうという共通した性質

があることは小学校での大事な学習のテーマである。

見える月の形について、球で近似できる月にほぼ平行な太陽光線が当たっているので、当たる部分はいうまでもなく半球となる。したがってそれを任意の角度から見た場合、見える形はさまざまでも、見える部分と見えない部分との境目の端点はちょうど直径の反対側どうしになる（[I]の図2参照）。三日月もしかりであり、しばしば間違っって描かれるような、人が腰をおろせるような形にはけっしてならない。

#### 5.3.2 月齢と朔望に関して

新月（朔）から数えた日数が月齢で、24時間ごとに1ずつ増えていく。新聞などで正午の月齢が載っていたりするので、月の形を知ることができる。旧暦の1日（ついたち）とは朔の瞬間を含む日のことで、この日から14日経過した夜が十五夜であるが、実質14日ちょっとしか経過していない場合もある。朔から望（満月）までは平均14.7653日である。朔から朔までの期間が[I]で述べた朔望月で、しかしこれは一定した値ではない。

旧暦の8月15日が中秋の名月であるが、この日に満

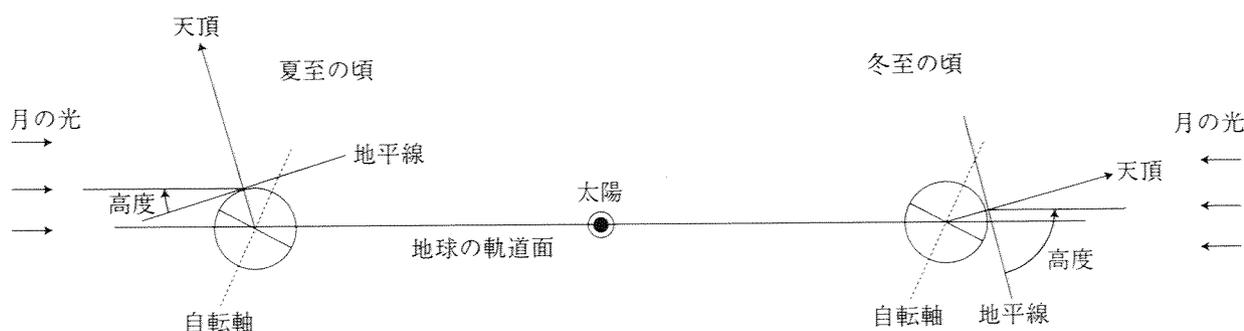


図12：満月の南中高度の違い。右が夏至に近い時、左が冬至に近い時である。

月になるとは限らず翌日か翌々日が満月となる場合は珍しいことではない。

朔と望の他によく使われる月の特別な位置としては上弦と下弦がある。これはそれぞれ、月の視黄経と太陽のそれとの差が $90^\circ$ と $270^\circ$ になる瞬間である。この時の（あるいはこれに近い時の）半月形の月を慣用で下弦の月とか上弦の月とか呼ぶことがある。

### 5.3.3 南中高度の違い

月はいつも同じ道筋を回って日周運動をしているなら南中高度はいつも同じであるはずだが、実際にはかなり違っている。月の軌道は黄道に近いので、冬の満月の南中高度は高く、夏至の頃の満月は逆に低い。図12はその解説である。時期によって、どの位相の月が高いかが決まっている。たとえば、春分に近い頃は上弦の月が高い。

### 5.3.4 三日月の沈み方―沈む時の傾き

満月の南中高度の違いとともに、場合によっては学習者に気づかせ得るのは、西に沈む時の三日月型の月の傾きである。よく夏の三日月と冬の三日月を酒の器に見立てて、こぼれそうな具合に沈むのか、そうではなさそうかということを使うことがある。これも南中高度の違いに関わることで、地平線（場合によっては水平線）と交わる見かけの通り道との交わりの角の大小に関することである。

### 5.3.5 昼間に見える月

月の学習の際には昼間に見える月を使うことも多いであろう。夜間に児童生徒に観察させても月は見まわしがいをすることはないので、個人の宿題にすることもできるが、昼間の月はみんなで同時に観察できる数少ない天体であるので、利用価値は大である。ボールを空高く投げあげて見上げると、太陽の光が当たっている部分がそこに見えている月と同じようになっているのは、想像以上によく観察できる。あるいはビルの屋上にある丸い給水タンクに当たる日の光も同じ関係になっていることなども使えよう。月はどこに見えても同じものであること、毎日の月は同じものであること

などの認識をもとにして、日にちを違えて同じ時刻に見える月がどう位置がずれていくのか、見かけの形がどう違っていかをあらかじめ観察させておくのは有意義であろう。あるいは朝の登校時に月が見えることもあるが、これは満月過ぎの月である。月の学習の際、あるいは学習後にはこれにも注目するようにさせたいものである。

### 5.3.6 月の出入り

月の出入りは平均すると一日あたり約50.47分ずつ遅れていくが、この平均値の周りに大きく変動する。短いときは22分であり、長い場合は78分もの遅れとなる。実際に1999年の理科年表で見ると、2月7、8日頃が36分で、10月9日頃が64分となっている。

満月は太陽の光が全面に当たっているのが見えるわけで、したがって太陽の正反対側に位置している。このため太陽が沈む時刻に合わせて出てくるわけである。

満月を過ぎた月は、すると、月の出が日没後にずれてくることになる。そのような月は、十六夜、立ち待ち、居待ち、寝待ち（臥し待ち）の月と呼ばれていた。それぞれ、旧暦の16、17、18、19日の月である。いずれも、いさようように出てくることから、立って待てるほどの時間内に出てくる、それはちょっときつく、やはり腰を落ち着けてまっていなければならないほど、さらには、ちょっとひと伏せしたくなるほどに、ということである。昔は月の光が待たれていたことが伺える。

### 5.3.7 月齢早見

月の運行は述べてきたように複雑であり、多くの量が平均値のまわりを変動するというものであった。しかしながら、規則性がまったくないわけではない。たとえば、19年周期で太陽・月の関係がほぼ同じに戻る。すなわち、ほぼ正確に19年=235朔望月となっており、これより短い年数ではこのような整数の比にはならないからである。もともとこの19年のことを「章」といった。これを利用して、使えぬやす精度ではあるが、望みの年月日の月齢を知ることができる月齢早見を作ることができる（堀 1981）。

#### 5.4 月による恒星の掩蔽

月の見かけの運行の様子は恒星などとは違っている。天球上で見てみると、月は恒星に対して西から東へ1日に平均 $13.176361^\circ$ ずつ動いていく(日周運動のことではない)。つまり、ほとんど日周運動のみによって動いていく恒星に対しては、1秒間に約 $0.55''$ ずつずれていくことになる。その過程で、遠くにある恒星の前を月が通過することも起こる。もちろん、そのように隠される範囲にある恒星は月の通り道に近いもの、すなわち黄道面付近に位置するものに限られる。このような背後の恒星が隠される現象は、月による掩蔽(lunar occultation)と呼ばれる。

掩蔽は月の詳しい位置決定の重要な情報を与える。掩蔽の瞬間の観測を光電測光観測で高精度で確定できれば、月の位置は子午環の観測よりも好都合である。ただし、月には多くのクレーターがあり、その山で隠されるのか谷で隠されるのかで時刻が違ってくる。このような補正が必要なほどの精度だということでもある。

ところで、恒星に対して西から東への動きであるから(繰り返すが、日周運動により月も恒星も東から西に動いている)、恒星が隠されるのは、新月から満月までの時期は月の暗い面で、満月から新月までの期間は月の明るい部分で隠されることになる。精確に測定できるのは前者の方で、たとえば明るい恒星のアルデバラン(おうし座 $\alpha$ 星)などはよくその対象となる。月までの距離が近いので、離れた2地点から見ると掩蔽の時刻が違っているのがはっきりわかる。最近ではネットワークを利用してライブで天体現象を中継する技術が発達し、このような同時観測が比較的簡単に行えるようになってきた。

#### 参考文献

- 池内 了・木下 宙・新美幸夫・西村史朗編：「曇った日の天文学—天文情報相談室」丸善 1988年
- 大金洋次郎：「星の位置と運動」新版地学教育講座11 東海大学出版会 1994年
- 尾形 斉：「教師のための天文学(改訂版)」恒星社 1982年
- 小尾信彌・吉岡一男：「新版 太陽系の科学」放送大学教育振興会 1999年
- 国立天文台編：「理科年表 1999」丸善出版 1998年
- 古在由秀編：「現代天文学講座 2 月と小惑星」恒星社 1979年
- 小平桂一・日江井栄二郎・堀 源一郎監修：「平凡社版 天文の事典」平凡社 1987年
- 関口直甫：「星の位置と運動」新地学教育講座11 東海大学出版会 1977年
- 中村泰久：福島大学教育実践研究紀要 第36号, 53-60, 1999年
- 堀 源一郎：「太陽系—その力学的秩序—」岩波新書(青版 972) 1976年
- 堀 源一郎編：「現代天文学講座第14 天文計算セミナー」(恒星社) 1981年
- 歴計算研究会編：「新こよみ便利帳—天文現象・歴計算のすべて—」恒星社恒星閣 1991年
- Beatty, J. K., Petersen, C. C., and Chaikin, A.: "The New Solar System" (Cambridge Univ. Press, Cambridge), 1999
- Green, R. M.: "Spherical Astronomy" (Cambridge Univ. Press, Cambridge), 1985

(1999年9月22日受理)