

K250. 41

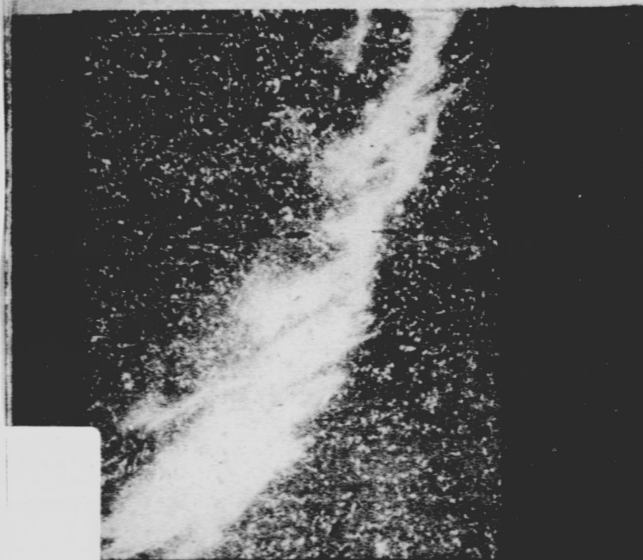
1

13e

空の星と私たち

● 私たちの科学13

中学校第3学年用



文
部
省

私たちの科学13

空の星と私たち

中学校第3学年用



文 部 省

目 録

I

- § 1. 大空にかがやくもの……………1
- § 2. 恒星と惑星……………3
- § 3. 太陽がまわるのか地球がまわるのか……………6

II

- § 4. 空の祕密をさぐる器械……………12
- § 5. 太陽の子どもたち……………21
- § 6. 惑星と太陽とを結びつける力……………29

III

- § 7. 光はどんなに速くはしるか……………34
- § 8. 宇宙の廣さ……………35
- § 9. 恒星はみんな同じではない……………41

IV

- § 10. 太陽の構造……………45
- § 11. 太陽から来る光について……………49
- § 12. 太陽なしに人間は生活できない……………53

V

- § 13. 季節はどうして生ずるか……………56
- § 14. 時間や時刻は何によってきめるか……………58
- § 15. 昔の暦と今の暦とのちがい……………63

VI

- § 16. 日食と月食.....67
- § 17. 潮の満ち干.....70
- § 18. 地球はコマの運動をする.....72

VII

- § 19. 星をちりばめた円天井.....75
- § 20. 季節や時刻によって変わる星空.....81
- § 21. 星座のおもしろさや星の美しさを味わおう.....85

力だめし.....90

附 図

1. オリオンの三つ星を中心とした美しい星雲
2. ガリレオ＝ガリレイ
3. ウィルソン山天文台の100インチ望遠鏡
4. 木星と土星
5. アイザック＝ニュートン
6. アンドロメダ星雲
7. 球状星団
8. ニコラウス＝コペルニクス
9. 太陽の写真
10. 月の表面
11. ヨハンネス＝ケプラー

I

- 1) 星とは何だろうか。
- 2) 星はどこにあるのだろうか。
- 3) 星は晝間はないのだろうか。
- 4) 運勢とか星めぐりとかいうようなものがあると思うか。
- 5) 人の数と星の数とどちらが多いと思うか。
- 6) 星が見えなかったら空はどんな有様だろうか。
- 7) 月がなかったらどんなだろうか。
- 8) 太陽がなかったらどんなだろうか。
- 9) 惑星というのはどういう星か。
- 10) 惑星と恒星とは目で見てわかるか。
- 11) 太陽が地球のまわりをまわるのか、それとも地球が太陽のまわりをまわるのか。
- 12) 地面が球状であることはどうしてわかるか。
- 13) 昔の人は地球を平と考えていたか、それとも丸いと考えていたか。

§ 1. 大空にかがやくもの

私たち人間はこの地上に生まれ、地上に育つ植物や動物をたべ、地上におこるいろいろの困難とたたかいつつ生きている。しかし、それだけのものによって生活がきめられるのではない。大空と大地とは、非常に遠くかけ離れているようであるけれども、決して無関係でないばかりか、私たちの生活の大きな部分が、大空にかがやく太陽や夜の月・星などと密接に関連しているということは、少し考えてみればわかるこ

とである。

太陽が私たちに光と熱とをあたえてくれること、またこの光や熱によって、私たちの食物である植物を生育させてくれるということは、すべての人が知っている。このことだけでも、太陽は人間の生命に欠くことができないものであることがわかるが、さらにたちいてしらべてみれば、人間ばかりでなくすべての地上のものの存在は、太陽を源としているとさえいってよいほどであろう。

太陽と地上のあらゆるもの——生命あるものも生命のないものも——との関係はあまりにも深く、たれの眼にも明らかであるが、空にかがやく他のもの、すなわち月や星と私たちとの関係はどうであろうか。

月は昔からどんな役にたってきたか。單に私たちの詩情をわきおこすために役だったというだけではない。月の満ち欠けは、私たちに1月という手ごろな時間の単位を教えてくれた。そうして、またこれが潮の満ち干にも関係していることを、海岸に住む人々に教えてくれたにちがいない。なお、月の光は私たちの夜の活動にどれくらい役だつかわからない。

星は夜空をかざるだけであつたろうか。暗黒の頭上にちりばめられた無数のかがやく星が、たがいの位置によってつくりだす形は、昔からいろいろの傳説や神話の対象にされてきた。今も用いられている星座の名は、古代ギリシアの神話にむすびつけられていて、大空に絵巻物をくりひろげるような

思いをさせる。

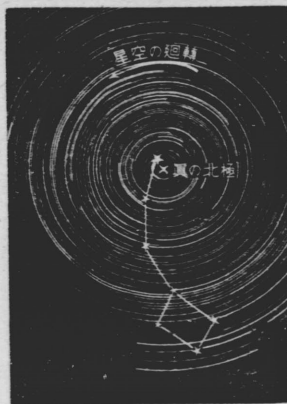
古代から星は人の運命をみちびくものとして、信仰されてきた。また、未來の出來事を予言するものとして、東洋にも西洋にも占星術というものが発達した。しかし、重要なことは、星によって1年の季節を正確に見分け、地上での方位や位置、すなわち経度や緯度を知るのに非常に役だってきたことである。さらに進んで現在では、星をしらべることは、單に宇宙の大きさはかたり、好奇心を満足させるということではなく、最も根本的な科学上のいろいろな問題を解くために重要なことがらとなっており、たとえば、物質の微細な構造をしらべる研究とも密接な関係をもっている。

(研究1) 星についての迷信や傳説を聞いたり読んだりしたことがあるか。老人に聞いたり本でしらべたりしてから、たがいにそれを発表しあい、それらがどんなことを意味しているのかについて考えてみよ。

§2. 恒星と惑星

空の星の大部分は、毎夜たがいの位置を変えずに現われる。北斗七星や三つ星は子供もよく知っている星の集まりの形である。これらの星はちょうど大きな円天井にあけてある小さな孔のように、たがいの位置を変えずに、円天井全体が東から西へと回轉していくように見られる。この円天井は半球ではない。なぜならば、夜がふけるにしたがつて、あとからあ

とから星が現われるが、24時間たつと、ちょうど1回轉して前と同じ星の模様を示すからである。すなわちこの円天井は、私たちをとりまく大きな球面であり、この球面に星がちりばめてあると考えても、星のみかけの位置や球面の回轉を考へる限りさしつかへはないようである。そこで、この球面を“天球”と名づける。



第1図 北極星の附近の星は周極運動をする。

向けておいて、シャッターを開いてしばらくおくと、第1図のような写真をとることができる。

星の運行については、古代の人々は非常に熱心に観測していた。それは、四季の変化のそういちじるしくない南方の國では、1年の季節を星によって見分けることが重要な仕事となっていたからである。天球は24時間でほぼ1回轉する

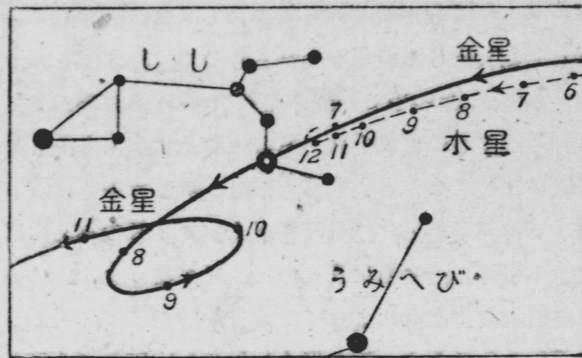
古代の人々、実際にこのような星のある天井を想像していたのであった。バビロニアの傳説では、地面は平で、星をちりばめた円天井が毎日回轉しているということになっている。

天球の回轉の軸が、北極星のごく近くを通っていることは、その回轉のようすを少しの間しんぼうしてしらべてみればわかるであろう。たとえば、北極星の方向に写真機を

けれども、しばらくつづけて観測してみれば、決して毎日全く同じ時刻に同じ星空が現われるものではないことがわかる。エジプトでは、星の中で一番よく光る おおいぬ座のシリウス(天狼星)が7月の何日かに、日の出直前に東から上るのを1年の規準にしていたといわれている。エジプトでは、シリウスは1月の初めごろには日没ごろ上り、3月の初めには日没時に南中するし、6月には夜中には見えなくなる。シリウスの日の出直前の上昇によって7月を知ることは、ちょうどそのころにおきるナイル河の出水を知るのに極めて大切なことであつたという。このようにして、星の現われ方をしらべておけば、それによって季節がわかるし、1年たてば完全にこれが元にもどることから、逆に一年の長さを正確にすることもできた。

星の位置も相互の形も十分正確に観測されてきたとすると、天球上に固定した位置をもたないいくつかの星が存在することも、ずいぶん昔から発見されていたはずである。すなわち、“惑星”という星の存在である。

第2図は数箇の惑星の天球上の運行を示したものであるが、このように、一方へ進みながらしばらくすると立ちどまったり、また逆にもどったりすることは、つづけて観測している人にとっては、正にいちじるしいことに思われたであろう。ことにこれらのなかで目につく大きな星、すなわち火星・木星・土星、それに太陽のそばにあって特別な運行を示す水星



第2図 1943年の

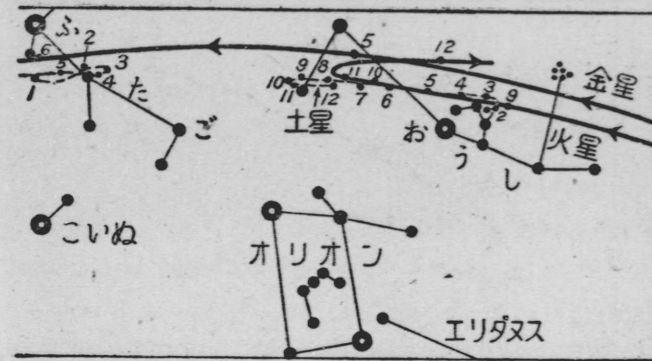
と金星とは、昔から特別な星として注目されてきた。そうしてこれらの星が、そのかがやきかたや運行のしかたから見て、どうしても他の恒星に比べてはるかに近い星であることも想像されていた。

(研究2) 写真機のシャッターを開いたまま北極星の方に向けて固定し、数時間おいて、天球の回轉するようすを撮影してみよ。

(研究3) 理科年表(東京天文台編)または天測略暦(水路部編)などを見て惑星の運行をしらべ、それと実測とを比べる仕事をやりとげてみよ。

§3. 太陽がまわるのか、地球がまわるのか

地面を平なものと考え、星のちりばめられた円天井を实在



惑星の運動

のものと考えた古代人の宇宙観は、すでにギリシア時代になると、はるかにもっと進んだものと置きかえられていた。すなわち、ギリシア時代には地球という球形のものも考えられ、そのまわりを回轉する太陽および惑星たち、さらにはるか遠くに回轉する恒星天を考えていた人が多かった。この考え方は昔の人々の生活に関する限り、ある程度は合理的な、また役にたつ考え方であったから、そのまま受けつがれ、16世紀ごろまで、すべての人々はそれを深く信じこんでいた。

しかし、ヨーロッパの文藝復興期に至って、この世界観は根底からくつがえされることになった。それは、商業活動が盛んになるにつれて、大洋へ航海する必要を生じ、航海に必要な正確な星表が要求されてきたことにも原因がある。また科学の興隆およびそれに伴う技術の発達によって、次第に



附 図 1

オリオンの三つ星を中心とした美しい星空。

天体の観測が正確になり、多くの観測値が求められるようになった結果、太陽と地球と惑星との相互の運動が新しく解釈されるようになったのである。

もちろんギリシア時代にも、地球を中心とせず太陽を中心とする考え方をいだいた人もあった。コペルニクス (1473—1543) は地球を中心とする考え方に不満をもっていたが、太陽を中心とする説がすでに古代にもあることを知って、さらに自信を強め、新しく太陽中心説をとるようになった。このことは、近代の科学の発展の最初の大きな注目すべき出来事と考えてよいであろう。

この太陽中心説をさらに科学的に理由づけたのは、ガリレイ (1564—1642) である。しかも、この理由づけの手段に用いられたものは、ガリレイ自身の製作した望遠鏡であった。彼は望遠鏡によって木星の衛星を発見し、それが木星のまわりをまわっている事実を見た。また金星が満ち欠けすることも発見した。そうして、これらの根拠にもとづいて、合理的な考え方を押し進め、地球のまわりを巨大な恒星天が24時間に1回転するというような考え方がいかに困難であり、太陽中心の宇宙観がいかに合理的であるかを説いたのであった。

ガリレイとほぼ同時代のケプラー (1571—1630) も、やはり望遠鏡を考案している。そうして当時得られていたくわしい惑星の観測値から、惑星が太陽のまわりをまわる軌道の形は、どうしても円ではなくて楕円形でなければならないこと、

1 回轉の時間(公轉周期)の2乗は、軌道の平均半径の3乗に比例している、ということなどの大切な法則を発見することができた。

これによって、太陽中心説による惑星の運動が極めて正確に決定され、その運行のようすが合理的に解釈されるようになった。当時の惑星運行表の精度が、このために急に進んだわけではなかったが、ケプラーの法則はニュートン(1642—1727)の万有引力の法則の発見への足場をあたえ、そのうちの精密な天体観測による安全な大洋航海を可能にする基礎となった。

これらの科学の発展は、決して単に科学だけが単独に進んで行ったものではなく、間接にはその背後にある社会の政治や経済上の要求が、また直接には技術の進歩が、この科学の前進に大きな推進力をあたえていたと考えなくてはならない。

望遠鏡によって星の運行は、より精密に観測することができるようになったばかりでなく、星や太陽から来る光を分析することによって、光そのものの研究や、また星・太陽などの構造までも知ることができるようになった。さらに進んで宇宙全体の構造についての知識は、望遠鏡の進歩によって決定されつつあるといっても言い過ぎではないであろう。

(研究4) コペルニクス・ケプラー・ガリレイ・ニュートンの傳記と業績とを科学史の本からしらべてみよ。グルー

ブで分担して、たがいに発表するがよい。

(研究5) 文藝復興というのはどういう時代であったかをしらべてみよ。そうして、なぜこの時代から科学が発達し始めたかという理由について意見をたがいに述べあえ。



附 図 2

ガリレオ＝ガリレイ (Galileo Galilei 1564—1642)

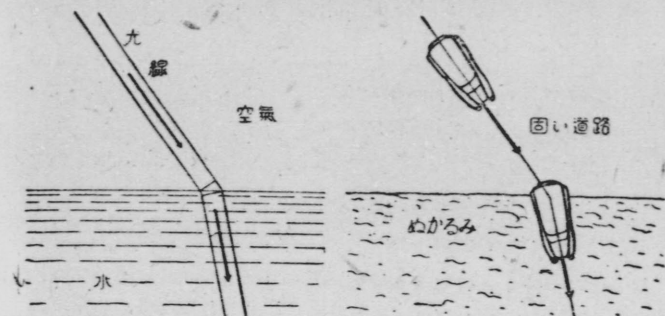
II

- 1) 望遠鏡は何をするための器械か。
- 2) 顕微鏡は何をするための器械か。
- 3) 鏡には人の顔がよくうつるが、ガラスだとよくうつらないのはなぜだろうか。
- 4) レンズにどんな種類があるか。
- 5) メガネにはどんなレンズをつかっているか。
- 6) 太陽系というのは何をいうのか。
- 7) 重量という言葉と重さという言葉と、引力という言葉と重力という言葉と、それぞれどんなちがひがあると思うか。
- 8) 距離の2乗に逆比例するということはどんなことか。実例をあげて説明してみよ。
- 9) 三角測量というのはどんな方法の測量か。

§4. 空の秘密をさぐる器械

光線は空間の中をまっすぐに進行する性質をもっている。ところが、ちがう物質にぶつかると（物質は同じでも密度などがちがっていると）、その境界面で屈折する。第3図のように、空気中から水面に入射した光線が折れまがることはたれもよく知っている。

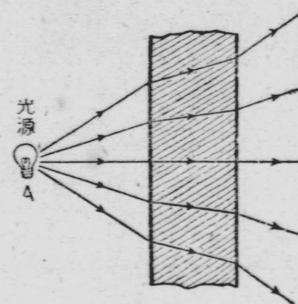
これは光のはしる速さが、水中では空気中よりもおそいので（かたい道路を走っている自動車が斜めにぬかるみにいった場合に、その側の車輪がからまわりして、自動車がぬかるみの方へ向きを変えるのと同様に）、光線が向きを変え



第3図 ぬかるみに落ちこんだ自動車と光線の屈折。

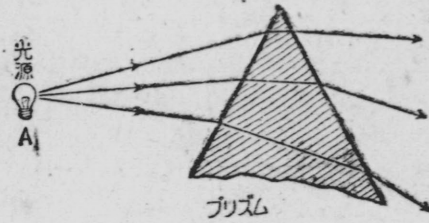
るのである。光の速度は他の物質のなかではいつでも空気中より小さいから、水に限らずガラスや水晶にはいるときにも屈折する。ただそのまがる割合は物質によってちがう。

第4図のように、厚いガラス板の前のA点に光源を置いて、そこから四方に光線を出すとすると、その光はガラス面で反射したり屈折したりする。

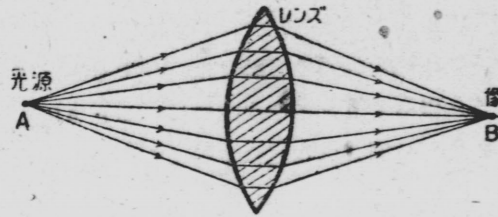


第4図 平なガラス板に光をあてたときの光線の屈折。

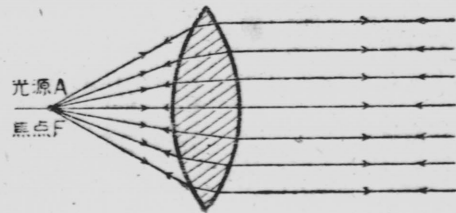
もし光線を三角形の柱形をしたガラス（プリズム）にあてると、だいたい第5図のような有様になる（この場合、太陽の光などではスペクトルが現われるが、それは後に述べる）。



第5図 三角プリズムに光をあてたとき。



第6図 光はAから出てBに集まる。もしBから出て逆に進めばAに集まる。



第7図 平行な光線がこのようなレンズにあたれば焦点Fに集まる。

て、一点には集まらない。このようなときの光源Aの位置を

第6図のような形のガラス(レンズ)に、十分離れた点Aに光源を置いて、光線の開いた束をあてると、おもしろいことに、

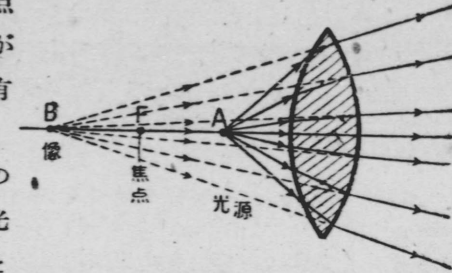
レンズを通り抜けた光線はほぼ一点に向かって閉じていき、たとえばB点に集まってしまふ。光源の位置Aをレン

ズに近づけると、それにしたがって、B点はレンズから少しずつ遠ざかっていき、Aがある位置になると第7図のようにレンズを通り抜けた光線

は全部平行になっ

て、光線の束は第8図のように全部開いてしまつて、Aのうしろにある点Bから直接に光線が発しているようなようになる。

ただし、レンズの肉が厚かったり、光線の開きが大きいときには、すべての光

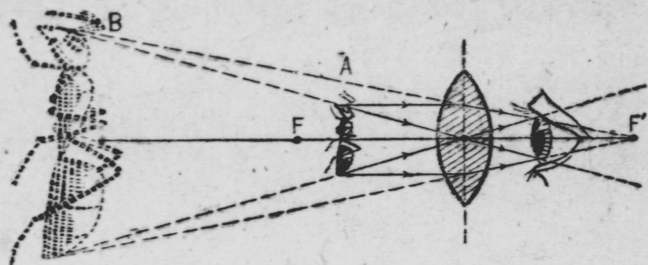


第8図 Aから出た光線はBに光源をおいたときと同様に進む。Bを"虚像"という。

線がうまく一点に集まらない。したがって、レンズをなるべく薄くし、光線の開きを小さくすれば、上に述べたような凸(凸)レンズによって、A点から出た光線をB点に集めることができるから、これによって、いわば一つの光源をべつの位置に移してやることができるわけである。

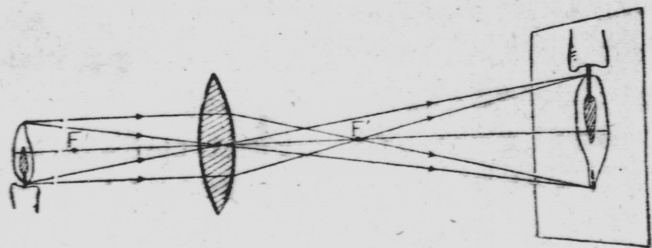
この場合、光源といっても、光を発生しているものばかりでなく、光を反射している点でもよいのであるから、レンズによって、ある物体の形と同じ"像"をつくらせることができる。その場合、像は元のものより大きくなったり小さくなったりする。それを利用して、物を大きく見るための"虫めがね"をつくることのできる(第9図)。

ただしこの場合は、物体PQはレンズの焦点Fよりも近いところにあるので、P'Q'はレンズに対してPQのうしろ側に



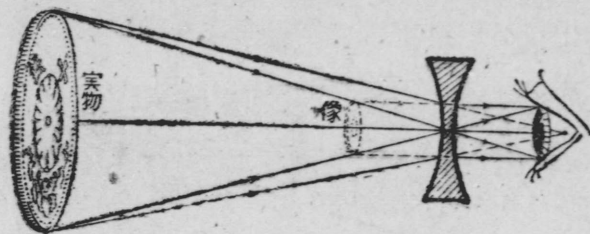
第9図 虫めがね。物を焦点Fのすぐうしろへおくと、光はレンズを通してから開いて、Bから来たように見える。

できる。この像は目で見られるが、幕をおいて実際にうつすわけにはいかない。このような像を“虚像”という。それに反して、第10図のように焦点よりうしろ側に物体PQをおけばP'Q'という“実像”ができ、これは幕にうつしだせる。



第10図 幕にうつすことのできる像を“実像”という。

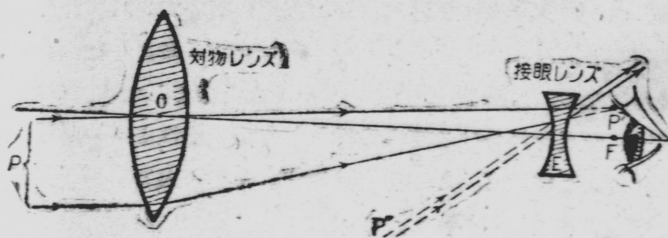
レンズには、くぼんだおう(凹)レンズもある。これによ
ると、光線はとつレンズの場合とは逆の方へまげられるので、
第11図ようになる。すなわち、PQの像はいつでもP'Q'とい
う小さい虚像になるが、これは近眼鏡のレンズで物をながめ



第11図 おうレンズで物を見るといつでも小さく見える。

てみるとすぐわかることである。

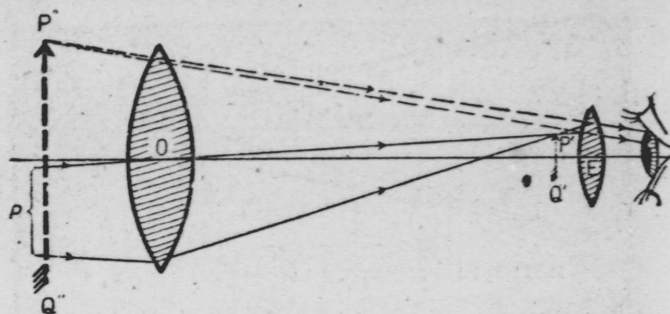
ガリレイは1610年、オランダで望遠鏡が発明されたという話を聞いて、さっそくそれにならって望遠鏡の製作に成功した。その構造は第12図のようなものである。



第12図 ガリレイの発明した天体望遠鏡。P点から出た光は、ほとんど平行で来る。これがP'の方向に見える。

同じころにケプラーの考えた望遠鏡は、これとちがって、
とつレンズを2枚用いたものであった(第13図)。

望遠鏡の原理はこの図によって十分に示されているが、現
在用いられているものは、レンズをもっと改良したり、間に

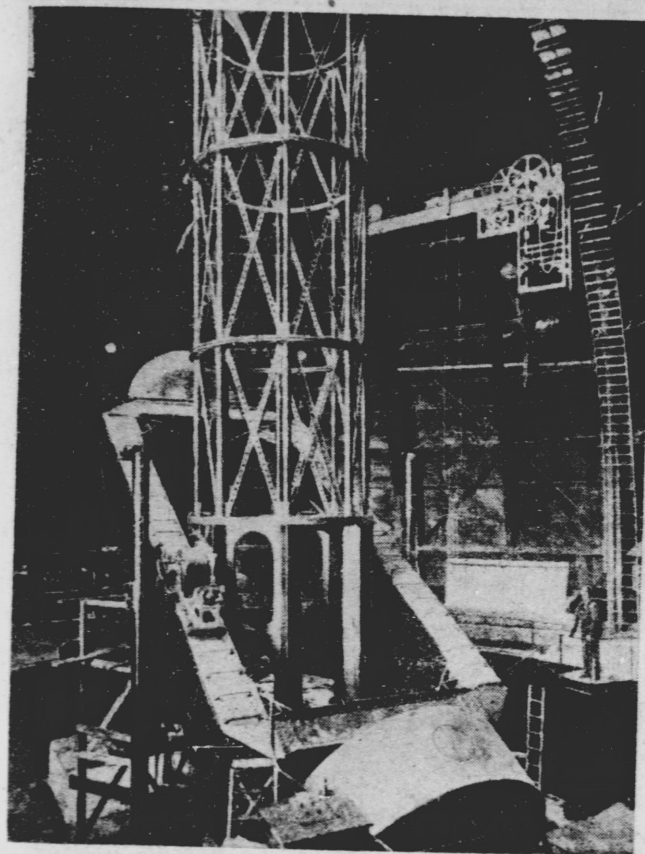


第13図 ケプラーの望遠鏡。Pは比較的近くにある。これが一度P'に像をつくり、それをもう一度P''に虚像をつくらせる。像はさかさまになる。

べつのレンズを入れて、さかさまの像を正立させたりするようになっている。天体望遠鏡の場合には、像が大きく見える割合というのは、光線が目にはいる角度の割合であって、この意味での倍率は、対物レンズOと接眼レンズEとの焦点距離の比になる。しかし、この倍率をいくら大きくしても、二つの接近した点を見分ける能力は増加しない。それよりも対物レンズが大きければ、この能力は増す。今後、大きい望遠鏡が製作されるにしたがって、今まで知られなかった天体のこまかい構造が、さらにはっきりとわかるようになるであろう。

後に述べるように、レンズは光をスペクトルに分けるので、物体が色づいて見える欠点があった。ニュートンはそれをさけるため第14図のような反射望遠鏡を製作している。

色のつく欠点は、後にはレンズを重ね合わせることで除かれはしたけれども、直径の大きなレンズを作ることは



附 図 3

アメリカのウィルソン山天文台の100インチ反射望遠鏡。真直ぐに上向きになっている。反射鏡は真下にある。観測者は右側の階段を上って高いところでのぞく。



第14図 ニュートンの反射望遠鏡。実際はプリズムはこんなに大きくないから、光のはいるじゃまにはならない。

大きな困難をとまなうので、それよりも おう面反射鏡を作る方がやさしい。それで、口径の大きな望遠鏡は、今後はほとんど反射望遠鏡のみになるであろう。アメリカで作られている200インチ(504cm)の反射望遠鏡が、現在世界で最も大きいものである。

(研究1) とつレンズを2枚、おうレンズと とつレンズを各1枚買ってきて、ボール紙の筒で望遠鏡を作ってみよ。2枚のレンズの間の距離が調節できるように工夫することと、レンズを買うときに、適当な倍率になりそうなものをえらぶことが大切である。

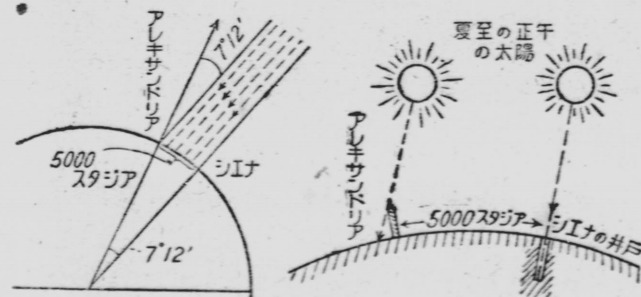
(研究2) 顕微鏡も とつレンズ2枚でできている。これと望遠鏡とを比べて、根本的にどこにちがいがあるかを考えよ(私たちの科学17."人と微生物とのたたかい"参照)。

(研究3) 望遠鏡をさかさに見るとどう見えるか。その理由を考えよ。

§5. 太陽の子どもたち

望遠鏡が発明されてから、天体の観測は非常に精密になり、星までの距離、それらの大きさ、運行のしかた、構造などが一次第にはっきりとしてきた。すなわち、太陽と地球、またその他の惑星までの距離、太陽や惑星の質量・直径、地球と月との距離、月の質量や大きさなどが知られた。しかし、これらを測定する前に、まず私たちの住んでいる地球の大きさや質量がわかっていなければならない。

地球の周囲をはじめて測定したのは、ギリシアのエラトステネス(紀元前220)だと伝えられている。彼は夏至の正午アレキサンドリアの真南5000スタジア(1スタジア=185m)のシエナの深い井戸の底に太陽の光があたるということ、すなわち、太陽が真上に来るということを知ったので、それと同時にアレキサンドリアでは太陽がどれだけ傾いて見えるかを



第5図 シエナで真上に見える太陽はアレキサンドリアで $7^{\circ}12'$ かたむいて見える。

* 質量の意味は39ページで述べる。

はかった。すなわち第15図でわかるように、太陽の方向と鉛直線とのなす角度(天頂距離)をはかって $7^{\circ}12'$ を得た。これから比例によって地球の周囲が知られるわけである。

(問1) エラトステネスはこの測定で地球の半径をいく
らと算出したか。

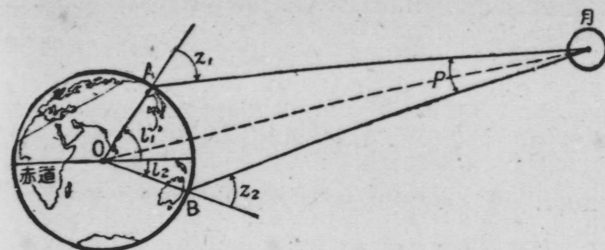
現在では、望遠鏡によって地球上の2点から同じ星を観測し、角度の差を精密に測定することによって、同じ原理で地球の形をさだめることができる。これによると、地球は球よりもわずかつぶれたような形で、縦に二つに割った形はダエン形をしている。それで中心から極までの距離(極半径)は 6357 km 、中心から赤道までの距離(赤道半径)は 6378 km ほどということがわかった。ただし、普通は平均の値である 6371 km をつかえば足りる場合が多い。

(研究4) 地球の半径を 1 m ぐらいに考えたとき、両半径の差や、また高山や海こう(海溝)の深みがどれくらいのデコボコになるかをしらべてみよ。

そこで次に、私たちに一番近い天体である月までの距離はどうしてはかったらよいであろうか。

第16図のように、同じ経線上の2点A, Bから同時に月を観測してその角度を測定すれば、この2点と地球の中心および

* 経線というのは地球の両極を通る大円。

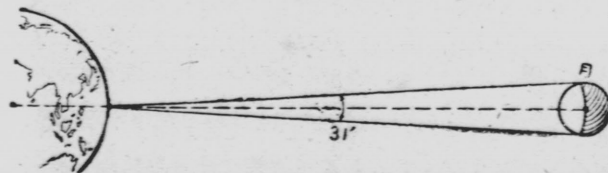


第16図 同一子午線上の2点A, Bから同時に月を観測して、その天頂距離 Z_1, Z_2 を測定する。A, Bの緯度が南北に l_1, l_2 とすると、 $P = (Z_1 + Z_2) - (l_1 + l_2)$ となる。

び月の中心を結ぶ四辺形を作図することができる。したがって、地球の半径がわかっているならば、月までの距離がわかる。この結果 $38,440\text{ km}$ という平均距離が求められた。

(問2) 月までの距離は地球半径の何倍にあたるか。

月までの距離がわかれば月の大きさはすぐわかるはずである。すなわち月の視直径(地球上の一点から月をはさむ角)は約 $31'$ であるから月の半径 $r = 1738\text{ km}$ という値が得られる(第17図)。

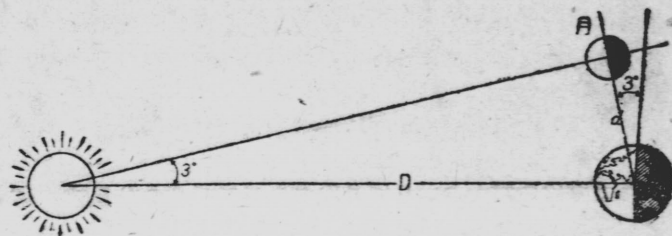


第17図 月までの距離がわかれば、月の半径がわかる。

(問3) 逆に月から地球を見たらどれくらいの大きさに見えるか。

次に太陽までの距離を知るにはどうしたらよいだろうか。

アリストタルコス(紀元前 265 ごろ)というギリシアの学者はこのことを次の方法によって知ろうとした。すなわち、彼は正確な半月の見える位置は太陽と 90° の位置より少しずれていて、第 18 図のような関係にあると考えた。このずれた角度(3°) から $\frac{d}{D}$ を推定し $\frac{1}{20}$ という値を得た(実際は $\frac{1}{400}$ である)。



第 18 図 アリストタルコスの方法

(問4) この方法はまちがっていたのか。それともどこかに非常な困難さがあったのか。今なら正確にはかれるか。

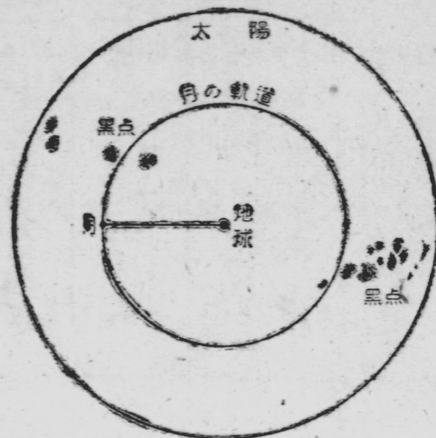
太陽に対して月までの距離を測定したのと同じ三角法を用いることは、その角度の差が非常にわずかなため、極めて困難であって、太陽までの距離は直接には容易に知られない。いろいろな間接の方法が採用されたが、とにかく太陽までは

平均 1,4950,0000 km ということが知られている。

太陽までの距離がわかればその大きさもすぐわかる。すなわち、太陽の視直径もやはり月とほぼ等しくて $32'$ ぐらいであるから、その直径が月の約 400 倍であることがわかり、実際に半径は 69,5600 km あることが計算された。

(問5) 太陽から地球を見たらどんなに小さく見えるか。

太陽系はこの太陽を中心にして 9 箇の惑星、すなわち、水星・金星・地球・火星・木星・土星・天王星・海王星・冥王星と、火星と木星との間にある多数の小惑星とによってつく



第 19 図 太陽の大きさと惑星の大きさと比較。惑星は近いものと遠いものが小さく、中央のものが大きいのは何か意味がありそうである。また月の軌道と太陽の大きさ、黒点の大きさも比較してみよ。

れている惑星は、その周期や軌道の大きさの割合が非常によ

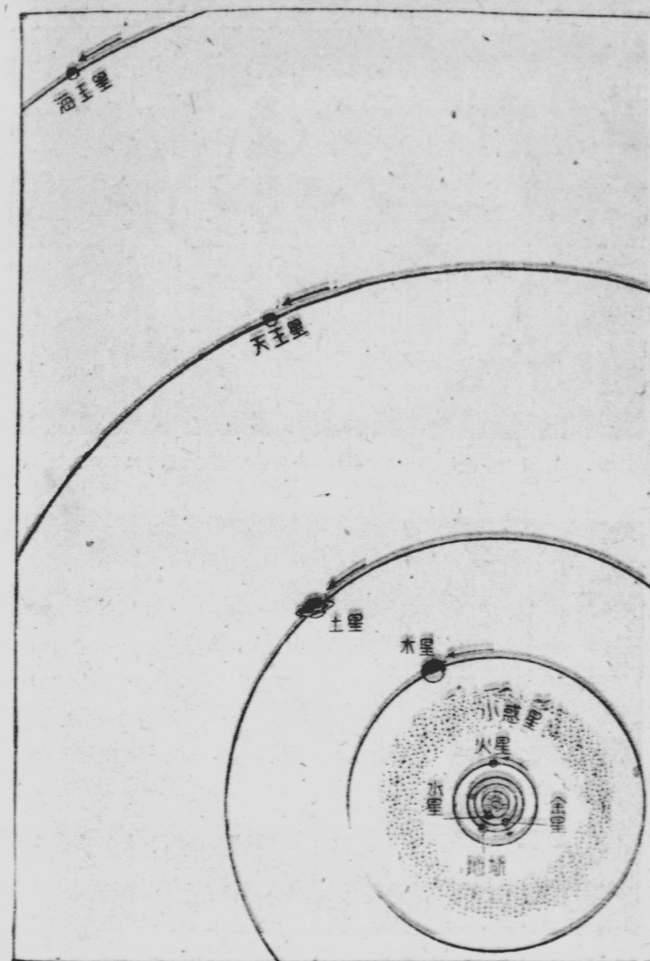
く観測されていた。それで、その大きさや距離は一つが正しくわかれると他の値もひじょうに正確に知られるのである。その大きさの比率は第19図の程度であり、それらの距離・質量・周期、その他は次の表に示すような値をもっている。

星名	記号	赤道半径 (地球=1)	質量 (地球=1)	平均密度 (水=1)	軌道半径 (地球=1)	対恒星 公轉周期 (太陽年)
太陽	☉	109.1	3.33×10^4	1.4	—	—
水星	☿	0.39	0.06	5.6	0.39	0.24
金星	♀	0.96	0.82	5.2	0.72	0.61
地球	♁	1.00	1.00	5.5	1.00	1.00
月	☾	0.27	0.012	3.3	—	—
火星	♂	0.53	0.11	3.9	1.52	1.88
木星	♃	11.19	318.3	1.3	5.20	11.9
土星	♄	9.47	95.2	0.7	9.54	29.5
天王星	♅	3.9	14.6	1.4	19.2	84.0
海王星	♆	4.2	17.3	1.3	30.1	165
冥王星	♇	0.5?	0.9	5.5?	39.5	248

太陽・惑星・月に関するいろいろの値。

このような太陽系の構造が明らかにされるためには、単に惑星の距離や周期を測定するというだけでなく、これらを一つの家族のように結びつけている引力の法則を明らかにしなければならないであろう。

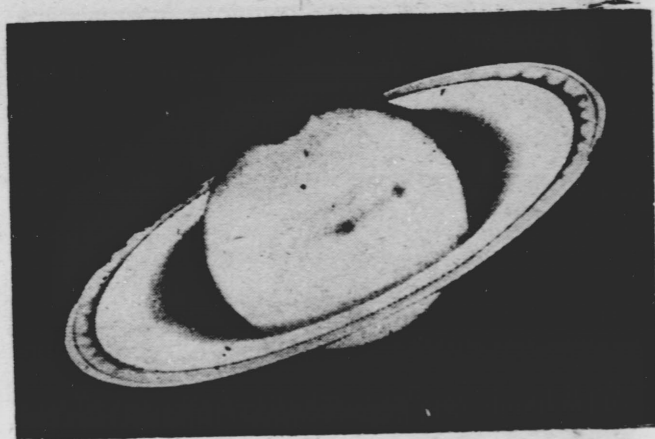
(研究5) 惑星の軌道半径の間に次の関係があるかどうか



第20図 太陽系の諸惑星とその軌道



附図4 (a) 木星。全体がガスでおおわれていて表面の様子はわからない。



附図4 (b) 土星。外側の輪は三層になっている。

をためしてみよ。“太陽と水星との距離を 0.4 とおき、これに 0.3×2^n を加えると、次々の惑星までの距離となる。”

(研究6) 太陽系の惑星の大きさとその距離とを、たとえば太陽を直径 1m の球として、惑星はどれくらいのものがどれだけ離れてあることになるか、実例をもって示せ。

(研究7) 太陽系がどうしてできたかということについては星雲説とか潮汐説とかいうのがあるが、本についてこれをしらべてみよ。

§6. 惑星と太陽とを結びつける力

月が地球の周囲を $27\frac{1}{3}$ 日かかって規則的にまわっているのは、地球と月との間に引力がはたらいているからである。もし引力が急になくなってしまえば、月は慣性によって地球から離れて飛び去ってしまうであろう。同様に地球が太陽の周囲をめぐっているのも引力による結果である。

たがいに引力をはたらかせているのに、なぜ直ちに衝突しないのだろうか。地球と月とは引きあいながら、どうして月は地球に向かって落ちてこないのだろうか。このことは、空高く静かにかがやいている月をながめるとき、ほんとうに不思議に思えることであるが、これは、月が非常な速度で西から東に向かって走っていることを忘れてしまうからなのである。

おもりにゴムひもを結びつけ、その他の端を手にもって

振りまわすと、ゴムひもは伸びたまま、おもりは回轉をつづける。この伸びたゴムひもによって中心の方へ引っばる力があるからこそ、おもりは回轉をつづけるのであって、ゴムひもがきればおもりは遠くへ飛び去ってしまう。おもりがゴムひもの力で直接に手にぶつからないのは、おもりが回轉する速度をもっているからである。

月と地球の場合も全くこれと同じなのであろう。

このような天体の間にはたらく引力というものはケプラーも想像したらしいけれども、ニュートンによって、はじめてはっきりといい表わされた。

ニュートンのリンゴの話は有名であるが事実ではないらしい。しかし、彼は地上にある物体にはたらく地球の引力は、遠く離れた月にも同じようにはたらいっていると考えた。さらに太陽と惑星との間にも、惑星と惑星との間にも、すなわち、宇宙のすべての物体同士の間にも同じような引力がはたらくものと考えた。これが“万有引力”といわれるものである。

この引力の大きさは、たがいに引きあう物体の質量^{*}に比例し、それらの距離の2乗に逆比例する。

このことによって、太陽をめぐる惑星の運動のしかたが、根本的に解決された。前に述べたケプラーの発見した法則は、この引力の法則を解けば、その結果として得られるのであ

^{*} 質量というのは物体のもつ量であって、地球上の物体なら天びんではかってみればわかる。

て、ニュートンの発見は、宇宙の物体の示す現象の結果ではなく、むしろそれらのもつ本性をつかまえたものといつてよい。

引力の法則から惑星の運動を解くと、惑星と太陽とはそれらの重心を中心として回轉していることになり、いずれか一方の物体を中心とするわけではない。もちろん、太陽は質量が大きいから、重心は太陽の中心に近いところにあることはいふまでもない。

さて、地球・太陽・惑星などの質量は、この引力の法則から知ることができるわけである。地球上にある物体は、みんな“重さ”をもっている。この重さというのは地球と物体との引力であるから、地球の半径がわかっていて物体にはたらく引力が測定できれば、それから地球の質量を計算できるわけである。このようにして、地球は 6×10^{21} トンの質量があることが知られた。

太陽はどれほどの質量をもっているであろうか。これもやはり万有引力の法則から計算することができる。すなわち、地球の質量と太陽と地球との距離とが知られているから、地球にはたらいっている太陽の引力を、地球が太陽をめぐる速度から計算して知ることができるので、太陽の質量も計算できる。それによると、地球の33,3000倍もあることがわかる。太陽の半径は地球の109倍であるから、太陽の表面での重力はどれくらいになるかを計算してみると、地球の重力に比べて $\frac{33,3000}{109^2}$ ほどになる。すなわち、ざっと28倍になる。したがって、人は自分自身の重さのため太陽の表面に立ってはい

られなくなる。

(研究8) 月の質量はなかなか簡単には知られないけれども、いろいろな方法を用いた結果によると、地球の $\frac{1}{82}$ となる。月の半径は地球の0.27倍であるから、月の表面の重力は地上での何倍になるか。

太陽はこのような大きな質量をもっているので、惑星におよぼす引力は大きく、それによって9箇の惑星を自分のまわりに結びつけているのである。また、いうまでもなく太陽と惑星との間に引力がはたらくばかりでなく、惑星同士の間にも引力は作用しており、たがいに影響をあたえる。

100年ほど前までは、天王星が最も外側の惑星として知られていた。しかし、この天王星の軌道上の運動は、太陽やその他の惑星の引力を考慮に入れただけでは説明できなくなった。そうして、これを合理的に説明するためには、天王星の外側にもう一つの惑星を考えなければならなかった。イギリスとフランスの2人の学者はあのおの独立にその未知の惑星の軌道・質量を計算したが、果たせるかなその予測した場所にその惑星が発見されたのである。これが海王星である。

冥王星の発見も同様であった。その後、天王星の運動は、海王星の存在だけではまだ説明しきれないものがあったので、さらに、その外側に小さな惑星を推定する必要ができてきたが、この計算がなされたのち15年間探しもとめた結果、冥王

星がやっと見出されたということである。

これらのことは万有引力の法則の正しさを証明するとともに、自然科学のありかたを示すものとして、極めて興味深い話ではないか。

(問) 軌道を走る速さはどの惑星が一番はやいか。それはどのくらいの速さになるか計算してみよ。



附 図 5

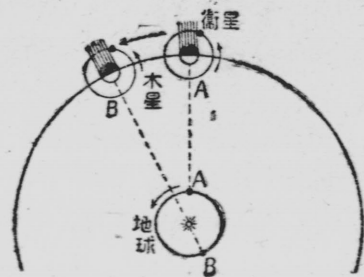
アイザック・ニュートン (Isaac Newton 1642—1727)

III

- 1) 光はどれくらい速くはしると思うか。
- 2) 光の速さはどうしてはかったらよいであろうか。
- 3) 宇宙は有限であるか無限であるか。
- 4) 星雲というものを見たことがあるか。
- 5) 星は何でできていると思うか。
- 6) 銀河というのは何であろうか。

§7. 光はどんなに速くはしるか

ガリレイは木星の衛星を発見したが、その後(17世紀の末ころ)レーマーという人はこの木星の一つの衛星の食(木星が太陽から光を受けてつくる影の中に衛星がはいって暗くなる現象)の



第21図 木星の衛星の食の時間をはかって光の速度を知ること。

時刻をしらべていたとき、次々におこる食の時刻が少しずつずれてきて、木星と地球の位置が第21図のAのような場合に比べて、Bのような場合には1000秒ばかりおくれることになるのを発見した。これは地球の軌道の直径を光が通過するのに時間がかかるためであろうと考え、これから光の速度を計算した。

そのうち、実験室の中で光をはしらせて、その極くわずかの時間を測定する精密な方法も工夫され、現在では真空中での光速度はほぼ毎秒 $3 \times 10^8 \text{ km}$ ということが見出されている。

光の速さは非常に大きいとはいえ、有限な値であるが、これより大きな速度をもった現象は、私たちのすむ自然界のなかにはないとされている(もし私たちが光より早くはしれるとすれば時間が逆に進むような光景が見えるわけで、そんなことは全くあり得ないことである)。

(研究1) a) 月から地球まで光は何秒で達するか。b) 太陽から地球まで光は何分で達するか。c) 冥王星から地球まで光は何時間かかるか。d) また光が1年間にはしる距離はだいたい $9.46 \times 10^{12} \text{ km}$ に等しいことを計算してみよ。この距離を1光年といっている。

§8. 宇宙の廣さ

太陽系の大きさはほぼ知られたが、恒星の距離はまたこれに比較してはるかに大きいことが知られてきた。

まず、太陽のまわりをめぐる地球の軌道の直径は、 $2 \times 1,4950,0000 \text{ km}$ もあるので、これを基線として星の方向をはかれば、測定しようとする恒星を頂点とする三角形が作図されるから、太陽から星までの距離もわかるであろう。実際、このようにしていくつかの星の距離を知ることができた。しかし、この頂点の角度 γ はどの星についても非常に小さく



第22図 年周視差によって星の距離をはかること。

て、望遠鏡によって精密に測定しなければならない(γ の $\frac{1}{2}$ を“年周視差”という)。

この方法で距離のわかった星のうち一番近い星はケンタウルス座のプロクシア星であるが、 γ の値は $1.5''$ であって、約 41,0000,0000,0000km 離れていることになる。この距離は太陽と地球との距離の約 27,0000 倍にもなるわけである。冬の空に美しく大きくかがやいて見えるシリウスもかなり近い方の星で、これは 82,0000,0000,0000 km の距離がある。

しかし、このように大きな数をキロメートルで表わすのは0がたくさんついて不便であるから、1 光年を単位に用いて距離を何光年とよぶのが普通である。それで光年をつかうとシリウスまでの距離は



附図 6

アンドロメダ星雲。中心部は5等星ほどの光をもっており、だいたい 80 万光年ほどの遠くにあると計算されている。

8.65 光年ということになるが、これは今ながめているシリウスの光は、すでに8年以上も前にシリウスを出発したものだというわけである。しかしこのようなのは極く近い星であって、私たちのよく知っているヴェガ（織女星）は27光年、カペラは46光年、アルデバランは71光年、さらにアンタレスは120光年、ベテルギウスは300光年、リゲルは500光年の遠方にあると計算されている。

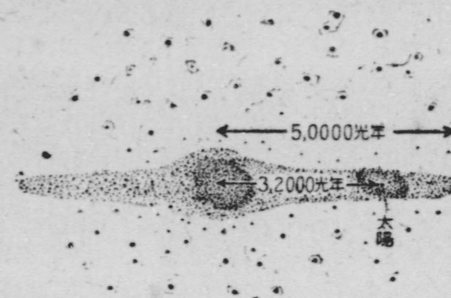
この程度にはなれた星までの距離は、年周視差をはかる方法によって求められる。しかしそれよりも遠いところにある多数の星までの距離は、それとは全くべつに、星の大きさと光の強さなどの関係から求めることができる。

空にはこのようないちじるしくかがやく星のほか、無数の小さな星や雲のような星も見えるし、ことに目につくものは夏の空などに南から北にわたって白く流れる天の河すなわち銀河である。これは倍率の大きな望遠鏡で見ると煙のようなものは、すべて小さな星であることがわかる。もしこれらも上にあげたような星ならば、極めて遠方にあるに相違ない。

ところで、宇宙のなかに無数にあるこれらの恒星は、ただ無秩序に散在しているのであろうか。

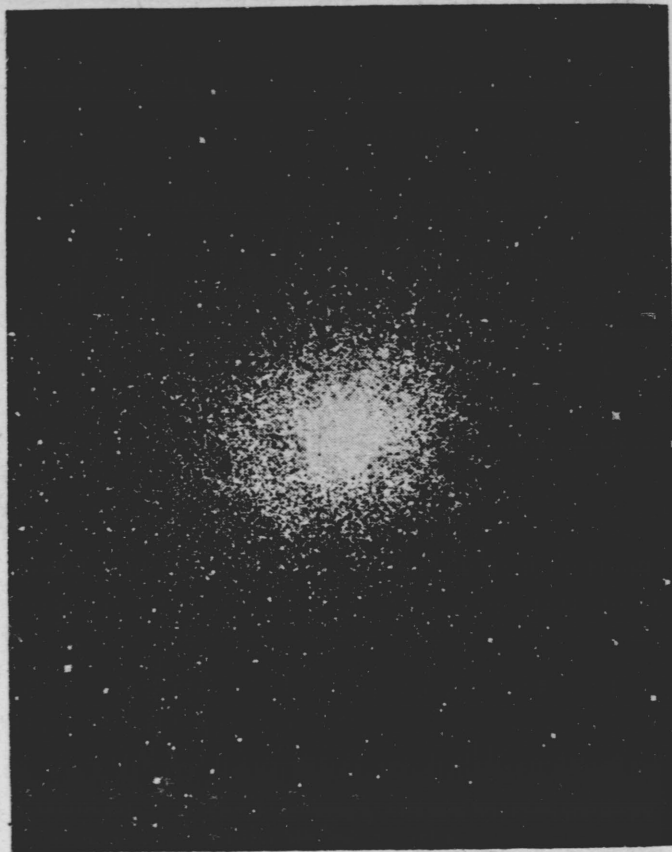
実際、この銀河という天球をめぐる一つの大円の方に、星の密度がいちじるしく大きいということは、星がへんぺいなセンベイのような形に分布していて、太陽系はそのうちにあるためであると説明されている。他のいろいろな理由から

も、結局、太陽系の属している星の集團は、第23図のように中央部の厚いレンズのような星雲であると考えられている。



第23図 銀河系の断面の想像図。少し大きい黒点が球状星團。

しかも、その半径は5,000光年にも達し、厚さは1,500光年ぐらいということさえ計算している人もある。またさらに、太陽はその附近のかがやいた星と球のように集まった球状星團をつくっており、この星團が銀河系のまわりや内部に散在していることもたしかめられた。また、大きな望遠鏡で見ると、さらに遠方にうずまき状のアンドロメダ星雲や、そのほかの星雲があって、これらは数十万光年から数億光年という恐ろしいような遠方にあることがわかっている。これは私たちの銀河系星雲に比敵するべつの星雲で、いわば“べつの宇宙”だといってもよいであろう。このように現代の天文学では一つの“宇宙”が島のように散在していて、それらが集まって大宇宙をつくっているというように考えている。



附 図 7
球状星団（ヘルクレス星座）

§ 9. 恒星はみんな同じではない

星の種類として先には恒星と惑星とだけを述べてきたが、この恒星も決して一種類ではない。

まず第一に、昔から目で見て明かるい大きな星と、暗い小さな星とを区別してきた。それには肉眼で見られる星を1等星から6等星に分けるというやりかたが行われてきたが、これによれば1等星は20箇ほどで、その明かるさが $\frac{1}{2.5}$ になるごとに等級が1ずつふえることになっている。したがって、1等星は6等星の100倍明かるいことになる。また、1等の2.5倍の明かるさを0等、0等の2.5倍を-1等といっている。

この星の明かるさと燭光^{しやう}とを比べてみると、明かるさ1燭のランプを1km先におけば0.8等になるということからも星の光はいかに弱いものかがわかるであろう。

しかし、ほんとうに恒星そのものの種類を考えるには、それ自身が発している光の強さ(光度)を問題にしないではないし、さらに肉眼でもわかる星の色・質量・直径・密度などをしらべてみて、種類を分ける必要がある。星の種類はそればかりでなく、明かるさの変わる“変光星”だとか、二つの星がたがいに回轉しあっている“連星”などという構造のちがいも区別しなければならない。たとえば、アルゴールは変光星で、シリウスは二重星である。要するに、それらの研究から私たちは星がどうしてそのような構造をもっているのかというところをつきとめなければならないのである。

一般の恒星の質量にはどんなに異なったものがあるのだろうか。この恒星の質量をはかることは、もちろん簡単ではなくて、いろいろな観測から推定されるものであるが、おもしろいことには、あまり大きなかけはなれた差はないとされている。太陽の質量は一般の星の中間に近い値であって、太陽の $\frac{1}{10}$ 以下の質量の星や 10 倍以上の星は、実にわずかしかないということがわかっている。

しかし星の光度の差は極めていちじるしい。太陽の光度は 3×10^{27} 燭と計算されているが、リゲルはその 1,4000 倍、かじき座の S 星という変光星は太陽の 50,0000 倍もある。ところが、シリウスの伴星はシリウスの $\frac{1}{1,0000}$ の光度であるし、さらにその $\frac{1}{100}$ も弱い星もあるという有様である。

また星の大きさも非常にひらきがある。いわゆるこびと星といわれているものには、地球より小さいものもあるし、逆に大びと星になると、たとえばベテルギウスの直径は太陽の 460 倍、アンタレスは 480 倍あるという計算がなされている。しかしこれらの星の大きさはどうしてはかったのであろうか。もちろん望遠鏡でながめたのではどの星も一点としか見えな。したがって、その大きさはべつの考え方から推定したものである。

星には色のちがひがあることはたれもよく知っている。上に述べたベテルギウスは非常に赤味がかっているし、シリウ

* 天文学では矮星、巨星といっている。

スは白くて美しい。この色のちがひは、たとえば鉄などを熱した時と同様に、星の温度を示しているのである。すなわち赤黒い星の温度は 1500° ぐらい、黄色い星(太陽など)は 6000° ぐらい、青白っぽい星は最も温度が高くだいたい $4,0000^{\circ}$ にもなっているということが理論的に知られている。赤い星は温度も低いから光度も弱くなるわけであるけれども、もし大きい表面積をもっていれば、全体から放射される光は多くなり、光度も大きくなるわけである。これに反して白い星は単位面積から放射する光は極く大きい、からだが小さければ全体からの光の放射は少なくてすむから、全体の光度はそれほど大きくならない。

以上述べたように、恒星には青白いもの、黄色いもの、赤黒いものなどいろいろあるし、また巨大なものやごく小さいものなどがある。しかし、それらは勝手にちがっているのではなく、たがいの間に関係をもっているものであって、これらの種類は、それぞれの星が変化していく一つの段階に相当するものとも考えられている。

このような星の正体をしらべるのに、私たちは星から来る光を用いる以外には手段をもっていない。それで、光の性質や光を発するカラクリなどをよくしらべておき、その結果を星にあてはめることによって、遠く離れた星の構造や大きさまでを正確に知ることができるのである。

(研究2) 実際の星について1等星か2等星かが区別できるかどうかやってみよ。

(研究3) 望遠鏡をつかって、ある区域(たとえば北斗七星の四角形のなか、カシオペア座のW字のなかなど)に、肉眼で見えなかった星がどれくらい現われるかをしらべてみよ。



附 図 8

ニコラウス＝コペルニクス (Nicholaus Kopernikus 1473-1543)

IV

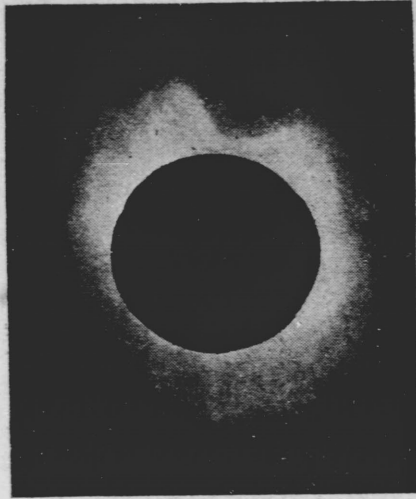
- 1) 太陽では何かかもえているのであろうか。
- 2) 太陽の大きさは地球の何倍ぐらいであったか。
- 3) 原子力とは何か。
- 4) エネルギーということを知っているか。
- 5) スペクトルということを知っているか。
- 6) にじはどんなときに現われるか。
- 7) にじの色はざっとどれだけあるか。
- 8) ネオンランプや水銀燈はどんな光を出すか。
- 9) 紫外線や赤外線とは何か。
- 10) 石炭や石油は何からできたか。
- 11) 植物の葉のなかでデンプンはどのようにしてつくられるか。

§ 10. 太陽の構造

前に述べたように、太陽と地球との距離は $1,4945,0000 \text{ km}$ 、太陽の質量は $1.983 \times 10^{30} \text{ kg}$ 、半径は $69,5600 \text{ km}$ と計算されている。

太陽の普通に目にかがやいて見えるところは“光球”といっている部分で、この外側に太陽の大気ともいべき密度の極く小さいガスの層がある。このガスの層には、下の方の濃い“反影層”という部分と、上の方のずっと薄い“彩層”という部分とがある。また、この彩層からは時々“紅えん(紅焰)”というホノホのようなガスが高く噴出しているのが見られる。もちろん、普通のときにはこの太陽大気は見えないが、紅え

んは見ることができる。日食の場合にはちょうど光球が月におおわれるので、彩層がよく見える。そのほかこの場合には、美しい“コロナ”が見られることも知っているであろう(第24図)。



第24図 1919年の日食の際のコロナ。

太陽の光球の表面は望遠鏡で見ると粗い画用紙の面のように見え、さらによく見ると紙の上に米粒をまいたようでもある。これは太陽の内部の非常に高温の部分からガスが噴き上がってきて、表面のガスと入れかわりつつある有様なのである。すなわち、太陽は光球もやはりガスのようなものであって、地球のような固体でも、また液体でもない。それは、温度が表面でも 6000° にも達している状態なので、あらゆるものはみな気体になってしまっているからである。けれども地上の気体や、また物を少し熱して気体としたものとはちがっているのであろう。それは太陽の引力が大きいから、光球の内部ではガスといっ



附図 9

太陽の写真。特殊な波長の光線だけをつかって、表面のうずや黒点や紅えんがよく見えるようにした。

でも地上の気体とは比べものにならないほど密度も大きいし、太陽の内部になれば非常に大きくなるから（太陽の中心の圧力は400,000,000気圧といわれている）、地球上の固体などよりはるかに大きな密度のものであろう。したがって、地球上でいう固体・液体・気体などと比較のできない特別な状態にあるわけで、密度は極く大きいにもかかわらず、物質の原子ははげしく動きまわっている。

光球の表面には、時々黒い はん点が現われたり消えたりする。これがいわゆる“太陽黒点”であって、光球表面に内部から高温のガスが旋風のように上昇してきて大きな うずまきをつくり、表面に近くなって急に膨張したため、周囲よりも温度が下がり黒く見えるのであろうともいわれている。黒点が地球におよぼす影響は、まだはっきりとはわかっていないが、気候などに変化をあたえるもののようにも考えられている。

この黒点はガリレイのころに望遠鏡で発見されたが、これをしばらく観察していると、太陽の表面を次第に移動していくことがわかる。これは太陽も自轉しているためであって、自轉周期はだいたい25日ぐらいである。

日食のときの写真を見ると、雲のように吹き上がっている 紅えん が見られる。その高さは2,000—10,000kmにも達している（地球の直径の数倍になる）。これもやはり太陽内部からガスが噴出して外の方まで達したもので、太陽黒点と関係して現われるものである。

コロナというのは極度にうすい物質で、一部分は太陽の光を反射しており、一部分はみずから発光している。しかも、静止しているのではなくて、外の方へ流れていることが知られている。

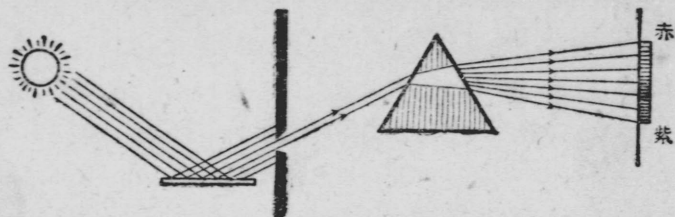
太陽はその内部から高温のガスを噴出し、その温度は表面でも6000°にも達し、光を出してかがやいている。この明かるさは、 3×10^{27} 燭というおどろくほどのものであるが、このように高温がつくられる原因は何であろうか。さらに一般的にいて、太陽や恒星が光や熱をはなっている原因は何であろうか。最近の研究ではこのエネルギーはいわゆる“原子力”によるものであって、原子が相互に作用し原子自身が変化して、その際に物質がエネルギーに変じて射出されるためと考えられている。

§11. 太陽から来る光について

天体の正体を知るただ一つの手がかりは光であるが、光というものは一体どんな性質のものであろうか。光線が物質の異なるものにあって、反射したり屈折したりすることは鏡やレンズの場合でよく知られているが、さらに普通の太陽などの光は単一な構造のものではないことが知られる。

ニュートンは三角形のプリズムに太陽光線をあててみたところ、それが赤から紫にうつっていく連続的な色の帯、いわゆる7色の連続スペクトルに分かれることを発見し、太陽の

白い光はこれらの多くの色の光に分かれるものであり、それらを元のようにあわせると、再び白い光になるということを明らかにした。しかし、なぜ白い光がプリズムにあたるとこのような色帯に分かれるのであろうか。これについてはその



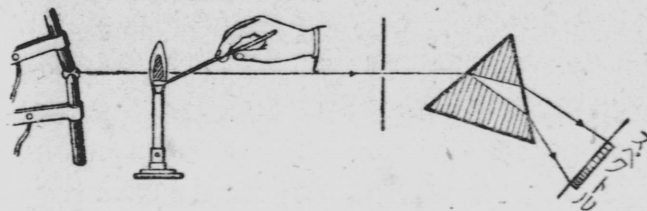
第25図 太陽光線の連続スペクトルをとること。ニュートンはこうして光をしらべた。

説明がいろいろなされたが、現在では光というものは空間をわたる波動であって、色のちがいはその波の波長のちがいによっておきる目の感じであるという説明が、光の普通の現象を解釈するのにちょうど適当である。

音は空氣の波である。そうしてやはり波長をもっていて、波長の大きな音は低く、波長の短い音は高いが、光もそれと似ている。すなわち、赤い光というのは波長が 0.00007 cm ぐらい、紫の光は 0.00004 cm ぐらいの波である。ただし、音が空氣の波であるのに対して、光は何の波であるかといえ、真空中でも通ることから考えて、空間自身がこの光をつたえる性質をもっていると考えればよいであろう。

私たちの眼に見える太陽の光は、このように 0.00004 cm から 0.00007 cm ぐらいまでの波を連続してもっているから、スペクトルには美しい色が連続的に現われるけれども、スペクトルの開きの角度を大きくし、色の帯を長くうつしてよくしらべてみると、そのなかに細い黒い線がたくさん見えるのに気がつく。一体これは何であらうか。

いまアーク燈をともしその光をプリズムで見ると、連続したスペクトルが現われるが、黒線などは見えない。ところが、プリズムの前にブンゼン燈をおき、食塩水にひたした石棉をホノホの中に入れてならもう一度スペクトルを調べてみると、黄色の部分に黒い線が現われているのに気がつく。こ



第26図 ブンゼン燈のホノホの中で食塩をもやしてナトリウムの吸収スペクトルをだすこと。

れは食塩中の成分の一つであるナトリウム原子によるものであって、アーク燈を消してしまうと、逆にその線が黄色く強くかがやきだす。この黄色い細い線をナトリウムの“輝線スペクトル”という。実際どんな原子でも、それ自身に固有の波長の数本ないし数百本数千本の輝線スペクトルをだすので、

かがやいている物質のスペクトルさえとれば、そのなかに存在する原子の種類がわかってしまうのである。

このようなわけで、太陽スペクトルのなかに見える幾本かの黒線は、太陽の外側にあるガス体のなかにいろいろな種類の元素があって、それがあの自分に固有な波長の線を吸収して黒線をつくるからである。これを“吸収スペクトル”といって、これによって太陽の外側のガス体中にどんな元素が存在しているかを知ることができた。

星のスペクトルには、吸収スペクトルや輝線スペクトルがはっきり現われるので、非常に遠方にある星をつくらしている元素さえも正確に知ることができるのである。これをしらべてみておもしろいことは、これほど広い宇宙に散在している離れた星のなかにも、地球で見出される元素と全くちがった元素は見えていないことである。

私たちは太陽から眼に見える光だけを受けているのだろうか。太陽の光にあたると暑いと感ずる。これは光があたった結果であるが、よくしらべてみるとちょうど熱したストーブにあたっている場合と同様に、眼に見えなくても直接に熱い感じをおこさせる“熱線”または“赤外線”という、赤よりもっと長い波長の一種の光(目に見えない光)が太陽から地球に達していることが知られた。また、太陽にあたると“陽にやけ”たりするが、これは主として“紫外線”という、紫より短い波長の一種の光によるものであることも知られてきた。

したがって、太陽からは 0.00004 cm から 0.00007 cm ぐらいの見える光ばかりでなく、もっとずっと範囲の大きい、広い意味の光が来ているのであって、これを総称して“ふく射線(輻射線)”といっているが、太陽が空間中に放射しているふく射のエネルギーの総量は、実に大きなものである。エネルギーというのは、仕事や熱になる一種の“ちから”のようなもので、太陽から来るふく射線のエネルギーは、地上のあらゆる活動の源となっているのである。

(研究1) 上に述べてある三角プリズムによる太陽光線のスペクトルと、ナトリウムの吸収スペクトルの実験とを必ず行ってみよ。

(研究2) 水銀燈やネオンランプのスペクトルを見てもよ。

(研究3) フラスコに水を満たして光をあてて、にじのような現象がおきるかどうかをしらべてみよ。

§12. 太陽なしに人間は生活できない

古代から人間は太陽をありがたがり、これを神として崇拜していた民族もある。太陽は光をあたえてくれるし、熱をあたえてくれる。また動植物を生長させてくれる。これらのことから、太陽は私たち人間の生活の直接の根元のように考えられるが、水力電気や石炭・石油などを利用したら、太陽がない永久の夜でも困りはしないと思う人もあるかもしれない。しかし、これらは太陽と無関係なのであろうか。

太陽のふく射線の熱は水を蒸発させて雲をつくり、これが雨となって水を流し、また空気を熱して風を生じ、その結果地表の土砂を運搬し、これが積もり積もって地かく(地殻)の重さのつりあいをやぶり、地かくに大きな変動をあたえる原因の一つとなる。

こうして、地球の表面は太古から幾たびかの変動を重ねてきた。山が海の底になったり、海がさばく(沙漠)になったりしたかもしれないし、重なった幾重かの地層がいろいろにひっくりかえったりしたであろう。

石炭は、太古の植物がこれらの地かく変動の際に深く地中に埋もれてできたものといわれているし、石油は、太古のある種の生物などがやはり地中に埋もれてできたものであろうとも考えられている。動物にせよ植物にせよ、太陽のエネルギーによって生長し繁っていたものとすれば、今日私たちがつかっている石炭や石油のエネルギーというのは、昔の太陽のエネルギーでなくて何んでもあろうか。

前にも述べた通り、太陽の熱の作用によって、雨が降り川が流れるとすれば、水力発電も太陽エネルギーそのものの利用であるとさえいってもよいであろう。

人間が生きているために、現に太陽エネルギーが必要欠くべからざるものであることはいままでもない。動物が食物としている植物中の栄養分は、太陽光線によってはじめてつくられるのであって、この植物という工場の中で太陽光線は炭

素同化作用などそのほか特別な仕事をする。動物はこうしてできた栄養分をたべてはじめて生きていかれるのであるから、いわば太陽エネルギーそのものをたべているのと同じことであり、人間は内外ともに太陽エネルギーによって生命を維持し、そうしてそれを利用して文化をつくりだしているわけである。

(研究4) カロリー(calと書く)という単位をつかうと、太陽から地球の表面には(光線と垂直な面に対して)、 1cm^2 について毎分 1.9 cal のエネルギーをあたえている。これを地球全体について計算するとどれほどになるか。ただし、実際は空気の吸収があるので、太陽が真上にあるときでも地面に達するのはその $\frac{2}{3}$ ぐらいであるとされている(太陽の温度はこのふく射のエネルギーから理論的に計算された)。

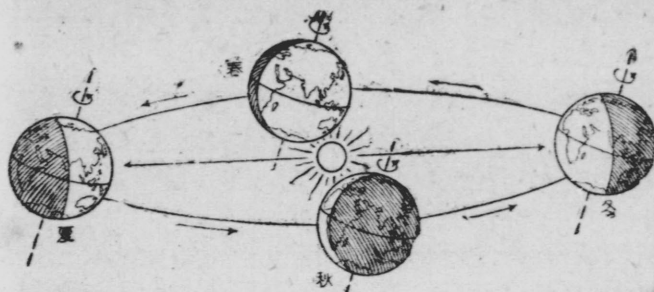
V

- 1) 気象とか氣候とか季節とかいう言葉は何を意味するのか。
- 2) 地球上どこでも1年間に暑さ寒さが周期的に変わるか。
- 3) 地球上で一番暑い地方と一番寒い地方とはどこか。
- 4) 時間と時刻との意味のちがいをいってみよ。
- 5) 時計がなくても時刻がわかるか。
- 6) 時間を守ることはどうして大切か。
- 7) 九星曆というのを知っているか。これは何かの役にたつであろうか。
- 8) 旧曆というのとは何か。今でも旧曆をつかっている人があるのはなぜだろうか。
- 9) うるう年というのとは何か。

§13. 季節はどうして生ずるか

動物や植物を生かしている太陽の光線も、1年間を通じて同じようにあたるわけではないし、また、地球上でも場所によってはあたりかたが非常にちがっている。これはどういうことからおきるのでしょうか。

私たちの住んでいる日本で見てみると、夏は太陽がほとんど頭上に来るし、冬ははるか低いところを通る。また夏の日の出や日没の位置はずっと北よりであるし、冬はそれがずっと南によっている。それで、夏は日が長くて冬は日が短い。これらのことを、太陽を中心として地球が自轉しながら回轉していることによって説明できなくてはならない。このことは第27図をよく見れば自然とわかってくるであろう。



第27図 太陽を中心として地球が回轉している有様で、ちょうど春分・夏至・秋分・冬至のころの位置に地球がかいてある。

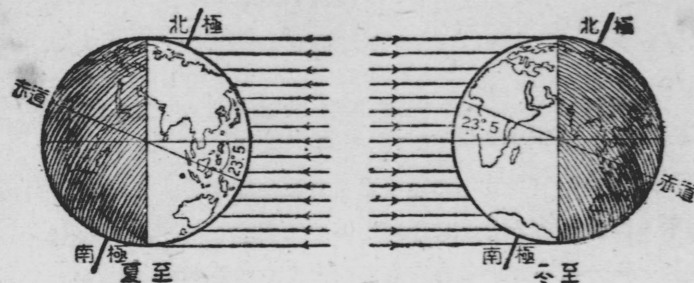
(研究1) ゴムまりのようなものに地図をかいて地球儀を作り、太陽のかわりに電球を置いて実験してみよ。そうして、日本での太陽のあたりかたをよくしらべてみよ。

地球の自轉の軸は公轉の面と 66.5° の傾きをなしているの
で、地球の軌道上の位置によって太陽が眞上に見える緯度の
高さはちがってくる。これが季節を生ずるわけであるし、そ
の場合、同時に地球の緯度によっても太陽光線のあたる角度
が、地球が球であるためにいちじるしくちがってくる。また
北極の附近は春から秋にかけて半年の間は晝間であり、秋か
ら冬にかけての半年は夜になるし、南極はその逆になること
もこの図によって明らかであろう。

(研究2) 第28図によって、緯度と太陽光線のあたる角度との関係をよくしらべてみるがよい。そうして、おの

のの住む場所で、夏なり冬なりの太陽の高さの実測値と照らしあわせて考えてみよ。

(研究3) また、緯度によって地面 1cm^2 ごとに毎分あたる太陽エネルギー(空気が吸収しないとして)、の量がどのようになりが計算してみよ。



第28図 夏至と冬至のときの太陽光線のあたりかた。

§ 14. 時間や時刻は何によってきめるか

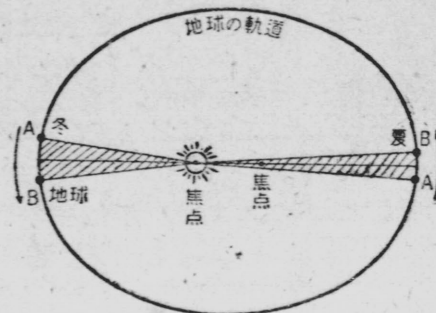
1日というのは、時計の0時から24時まででいえばよいと思っている人もあろう。しかしそれは単に、できあがった時計を標準にした言いかたに過ぎない。そもそもこの時計の目盛を何できめたのであろうか。それは1日を先にきめておいて、それ 24時間に分けたものであろう。1日というのは普通には太陽を標準として、太陽が南中してから次に南中す

* 真南にきたということ。正確には後に述べる天球上の子午線を通る時という意味である。

るまでの時間とすれば正確のようである(これを“真太陽日”といっている。)ところが、この真太陽日の長さを1年を通じて精密にはかってみると、少しずつちがっていることがわかる。これはなぜであろうか。

ケプラーの発見したように、地球は太陽のまわりを円形ではなく、ダエン形の軌道をえがいてめぐっている。そうして、太陽はそのダエンの一方の焦点にほぼあたるので、この場合の地球の運動は、理論的にもまた実際的にも太陽に近い方では速く、遠い方ではおそくなる。

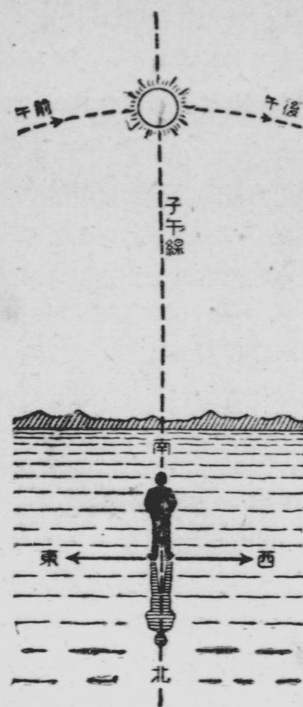
第29図で、あるきまった時間の前後に地球がいた場所をA, Bで示すと、斜線で示した扇形面積が、



第29図 地球の軌道は正しくはダエン形で、太陽はその一方の焦点にいる。

いつでも一定であることはケプラーの法則の一つである。ところが、地球の自轉の速度はいつでも一定で変わらないから、太陽の南中から南中までの時間は夏の方が短くて、冬の方が長くなるわけである。

もう一つの理由は、地球の自轉の面(赤道の面)と公轉の面とがくいちがっているからである。したがって、太陽の南中



第30図 眞の太陽が子午線を通過する時刻が眞太陽時の正午である。

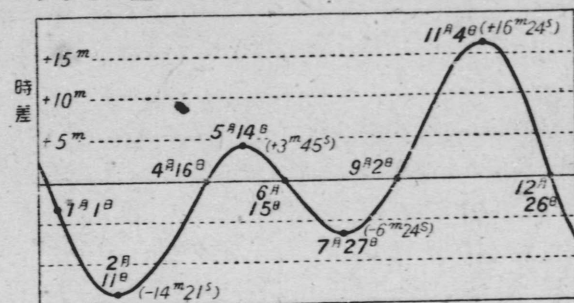
から南中までの時間を、一年を通じて平均した値を“平均太陽日”といい、私たちは普通これを1日の単位として用いる。さらにこれを24時間に割った時間を“平均太陽時”といい、時計はこれにあわせて作ったものである。すなわち、1年を通じて同じ速度で天をめぐる仮の太陽(平均太陽という)を考え、これが南中するときを平均太陽時刻の12時とし前後24時に分ける。眞太陽時の時刻は、実際の太陽が南中するときを12時とすればよい。

ところで、もし太陽がなかったら私たちは星によって1日をきめたであろう。すなわち、一定の星の南中から次の南中の時間を1日としたであろう。これを“恒星日”^gというが、地球は1公転周期の間に、恒星に対するよりも太陽に対して1回

* 正確には、天球上の春分点(77ページに説明する)が南中するときを恒星日の始まり(時刻0時)とし、次の南中(時刻24時)までを1恒星日とする。

少なく回轉するかんじょうになるから、この恒星日と太陽日とは1年を通じて1日の差を生ずるわけである。

平均太陽日と眞太陽日とは、その長さが1年を通じて少しずつちがうばかりでなく、その時刻にもくいちがいが生じてくるわけである。それで平均太陽日の正午に実際に太陽が南中するのは一年を通じて4回である。1年を通じて毎日の正午におけるこの差を図表にしてみると第31図のようになる。



第31図 時差曲線(昭和22年)。この値を時計の値に加えれば眞太陽時になる。

上に示した値は、眞太陽時から平均太陽時を引いたものであって、“時差”とよぶ。したがって、この時差を時計の示す数値に加えて、はじめて眞太陽時が得られるのである。

たとえば理科年表(昭和22年)によると、北緯 $35^{\circ}39'16''$ の地点の10月28日の日の出は、その地方の地方時で6時18分、日没は17時9分となっている。これをそのまま計算すると、日出から正午までの長さは、 $12時 - 6時18分 = 5時42分$ となるし、正午から日没までの長さは $17時9分 - 12時 = 5時9分$ と

なって、前者が33分も長いという妙なことになっている。しかしこれも平均太陽時と真太陽時との混用からおきる現象であって、この日の12時(地方時)の時差16分という値を知るならば、前者・後者の値は等しくなることがわかるであろう。

(研究4) 日時計というものの一番簡単なものは、平地に斜に一本棒を立てたものであるが、これを作ってほしいの時刻を知ることができるかどうか、正確な時計と比べてみよ。

地方の時刻というものは各地点ごとにべつべつにきめてあるのではなくて、社会生活の便利なように、ある一定の地域は同じ時刻(標準時)を用いているからである。たとえば日本の中央標準時は、東経135°の子午線を基準としてとってあるから、中央標準時の12時に太陽が真南にくるのは東経135°の地点だけで、それ以外の土地ではこのようにならない。この場合、地方ごとにべつべつに時刻をきめれば、地球上で経度15°ごとに1時間の差ができることはすぐわかるであろう。それで、標準時もたいがい経度が15°の倍数ごとに1時間ずつの差をもってさだめてある。

経度0°の子午線を基準とした標準時を「世界時」といい、任意の地点の子午線を基準とした時を「地方時」という。

1時間を60分、1分を60秒というように分ける方法、す

なわち60進法というものは、角度の場合にも用いられているが、これは1年が約360日ということに起源を有しているということである。しかし時間が10進法でないことは現在となつては私たちにとって非常に不便である。しかしながら、時計がすでに世界のあらゆる場所であらゆる人に用いられている今日では、この方式はもはや変えることはほとんど不可能となつてしまった。

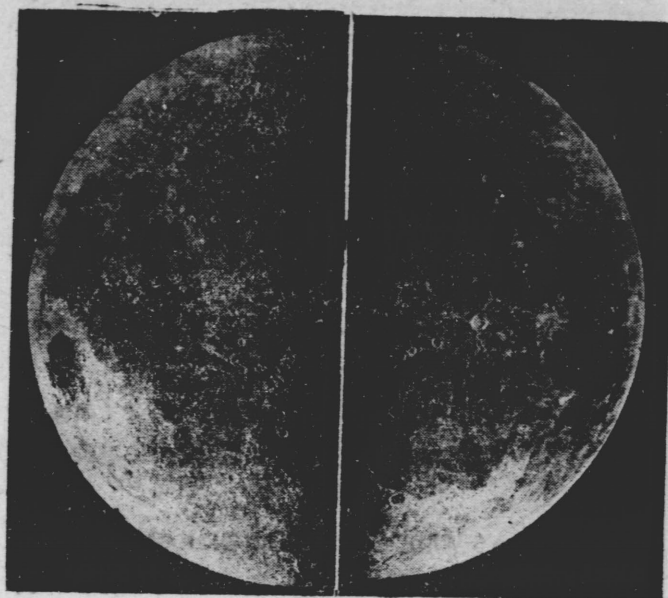
§15. 昔の暦と今の暦とのちがい

1年というのは、地球が太陽のまわりを完全に1回轉するのに要する時間で、正確にはかると365.2422……平均太陽日にあたる。

この1年という周期ごとに地球上の各地の季節が周期的に変わり、それによって農作物を作っていくわけであるから、その1年の長さを知っているだけでなく、その時々^の季節を知る手段がなくてはならない。それが暦である。

昔は月の満ち欠けが私たちの生活に重要な周期になったので、1年と1日との中間の単位として1^{ひと}月というものが用いられてきた。またこれとはべつに1週というものもある。ところが、これらの1日と1週と、30日か29日の1月と1年とを組み合わせることはなかなかむずかしく、古代からこのために人々はたいへんに苦心してきた。

日本が昔用いていたいわゆる旧暦は、太陰太陽暦とよばれ



附 図 10.

月の表面。輪状の山の成因はよくわからない。山には一つ一つ名がついているし、黒いところは平で海とよばれている。

るものであって、月の満ち欠けにあわせるように工夫した1月を12あわせて1年とする。しかし実際の1年とのくいちがいをなおすために、“うるう月”を入れなければならなかった。しかもこの旧暦による月日は、毎年少しずつちがう季節になるので、農業などの目安にはならず、べつに立春・立秋・大暑・大寒・八十八夜・入梅などというものを計算して、その役にたてなければならなかった(これを“節氣”といていた)。

太陽暦というのは太陰暦または太陰太陽暦よりも進歩したもので、1年をなるべく正確にきめておき、1月は月の満ち欠けどあわなくてもよいことにしてさだめたものである。

ローマのユリウス=カエサル大帝は、混乱した暦を統一整理するために、1年を365.25日ときめ、いわゆる“ユリウス暦”を制定した。これはそののち1600年近くも行われたが、1年の長さのわずかの差がつもりつもって無視できないほどになった。そこで1582年法王グレゴリオ十三世は10日を消すことを命令した。このとき定められた新しい暦がいわゆる“グレゴリオ暦”である。しかし、この新暦は、イギリスではなかなか採用されなかったために、ニュートンの誕生日は今でも二通り示されているような有様である(旧暦で1642年12月25日、新暦で1643年1月5日)。

グレゴリオ暦では、400年についてうるうを3回はぶくことにしてある。すなわち、“西暦年数が4で割りきれぬ年はうるう年であるが、100で割りきれぬ場合は400で割りきれぬ”

い年を平年とする”。

このようにきめると、グレゴリオ暦の1年の平均の長さは365.2425日で、真の1年の長さとは0.0003日という極くわずかな差になり、ほとんど生活に無関係になってしまう。

(問) 日本ではいつ太陽暦を採用したか。

(研究5) 今の太陽暦について次の問題を考えて討論してみよ。

- うるう年が4年に1日あるのは不便ではないか。
- 七曜というのはべつの周期で、1月や1年などとうまく組み合わせられないのはよいであろうか。
- 大小の月があるのは便利か。
- 1年の始まりは今のままで適当であろうか。

VI

- 1) 月の欠けた形から太陽のある方向がわかるか。
- 2) 上弦の月とか下弦の月とかいうのはどんな月か。
- 3) 日食や月食を見たことがあるか。
- 4) 海の潮の満ち干は毎日きまっておきるか。また何度ずつあるか。
- 5) 潮の満ち干は人生にどんな関係をもっているか。

§ 16. 日食と月食

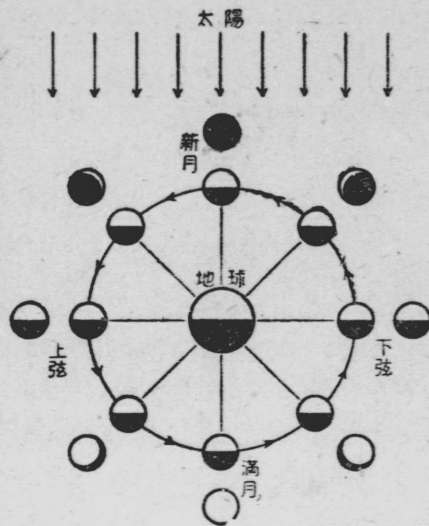
月は前にもいったように、地球からの距離 38,4400 km、半径 1738 km、質量 7.34×10^{22} kg であるから、平均密度は 3.3 となり、地球の表面に近い岩石層の比重と近い（地球の平均密度は 5.5）。であるから、地球と比較すると質量は約 $\frac{1}{82}$ 、直径は $\frac{1}{4}$ となる。

：(研究1) 月世界旅行をしたと想像して、そのときの様子を科学的に推しはかかって考えてみよ。

月には空気はないし、水もない。それは月の引力が小さいため、それができるときに空気や蒸気分子を引きとめることができなかつたためであろう（その証拠には小さい惑星である水星にも大気はない）。それだから、表面のデコボコは望遠鏡でよくしらべることができる。このデコボコは、ちょうど火山の噴火口のようにも、また 隕石の落下した孔のよう

にも見えるが、ほんとうの原因はまだよく知られていない。

月の満ち欠けするわけは、第32図を見ればよくわかるであらう。これで見ると、新月のときにはいつでも月が必ず太



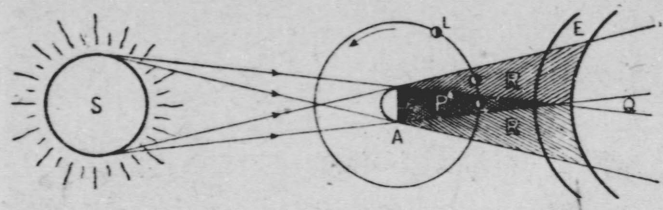
第32図 月の満ち欠け

陽の前に来てかさなりそうであるが、そうとは決まっていない。また満月のときに、必ず地球の影が月にあたるというわけではない。それは、月の軌道面と地球の軌道面とは少し傾斜していて ($5^{\circ}9'$)、太陽・月・地球が、新月や満月の度に必ずしも一直線上にはならないからである。しかしそ

れらが一直線になった場合、日食や月食がおきる。これらの現象は、太古から非常に注目されてきたことで、その周期の測定や次の食の推定などは長い年月にわたる観測の結果、かなり正確に知られるようになり、天文学の発達に大いに役だった。

光源Sに対してAという物体があれば、その影のようすは第33図に示したようになるであらう。この影のうち、Pの

部分ではSが少しも見えないので真暗になる。この影を“本影”といい、他のRやQでは、Sの一部やその輪郭が見えるからうす暗いわけで、この部分を“半影”といっている。



第33図 日食・月食のおこるわけ。Aを地球とすればLを月とみてよい。Aを月とみればEが地球になる。

Sを太陽としたときAを地球とすると、地球のまわりをまわっている月が、地球の影Pのなかにはいることがある。月がPに全くはいってしまえば“皆既食”であるし、Pをかすめて通れば一部分を影とする“部分食”となる。月がRの部分にはいるとうす暗くなるだけである。

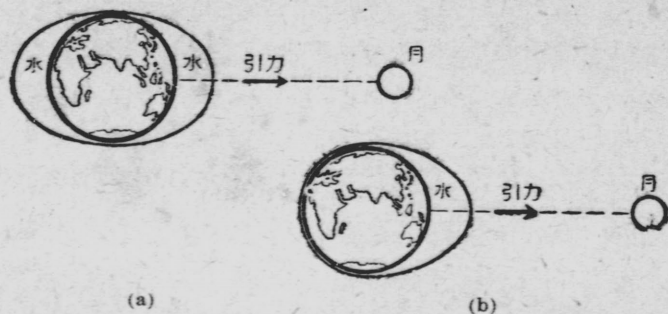
日食はAを月とした場合に、月の影がそのうしろにある地球表面にあたったとき、その部分で太陽が欠けて見える現象である。ただし、月と太陽と地球との相互の距離は周期的に変わるので、Pが地球の表面に達することもあるし、達しないこともある。とにかく、日食は影Pのなかの人には皆既食、Rのなかの人には部分食、Qのなかにはいった人は“金環食”というような現象が見られる。日食は月食とちがって、地球

上の狭い部分の人々にだけながめられるもので、月食のように、地球上の人が同時にながめるといわけにはいかない。

日食は太陽と月の位置の測定や、コロナの研究や、その他太陽大気スペクトルの研究などをするのに役立つ。

§ 17. 潮の満ち干

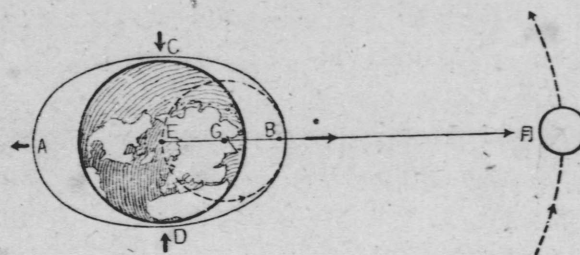
地球上の潮の満ち干が月や太陽と関係があることは昔からよく知られており、新月や満月のときに満ち干がはげしいことは、大潮などといって十分注目されてきた現象である。これは、海の水にはたらく月や太陽の引力が地球上の場所場所によってそれぞれ違うためであるが、月や太陽の反対側にも満ち潮がおこるのはどういうわけであろうか。



第34図 潮の満ち干。月の引力のためならば(a)のようになって、なぜ(b)のようにならないか。

いま、第34図において、かりに地球と月とを固定しておいたと考えれば、水は月に引っぱられて、(b)のようになるで

あろうと思われる。ところが実際は、月と地球とは互に運動しているので、(b)のようにはならないで、むしろ(a)のようになる。前に述べたように、ニュートンの引力の法則によれば、地球は月とともにそれらの重心を中心としてたがいに回轉しているが、この場合、地球の中心からその半径の0.74倍の点(第35図のG)がこの重心になっている。



第35図 地球も月も、それら全体の重心Gのまわりをまわっている。

そこで、地球の自轉は潮の満ち干には関係がないから別問題としておいて、地球がGを中心として回轉していると考えれば、Aという点では遠心力が働いて、そのため水は表面から離れようとして高まるということが考えられる。この力と反対方向の引力とを考え合わせ、正確に計算してみると、A、Bにおける水の高まりはEに対して対象的になる。またC、Dの水には地球の中心の方へ、水面を低めるような力が働いていることが明かにされる。もっとも実際は陸地などがあるために、必ずしも月の真下の地点とその正反対の地点とに満潮が起るとは限らない。

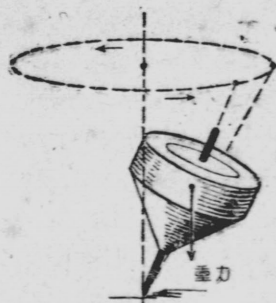
潮の満ち干は月と地球との相互の回轉からばかりでなく、太陽に対してもおこる。その作用は前者の半分より少ないが、それでも両方がかさんれば作用は大きくなる。それで、新月や満月のとき満ち干が大きいことになる。

§ 18. 地球はコマの運動をする

古代の人々の観測した星の位置をしらべてみると、それらのたがいの位置は現在とほとんど変わらないが、北極の位置や惑星の位置などが今とはかなりちがっていることに気がつく。すなわち、今の北極星が大昔には天の北極にはなかったのである。これはどういうわけであらうか。

地球は前に述べたように、極の方向に少しつぶれたへんぺいな球である。しかも地球の軸はその軌道面と 66.5° 傾いているので、この横にふくれた部分に働く太陽の引力は、地球の赤道面を軌道面と一致させるような作用をする（月の引力もそれに力をあわせる）。

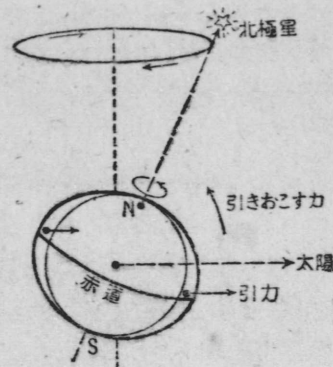
机の上でコマをまわしておくと、コマの軸が少し傾いているときには必ずいわゆるみそすり運動をする。



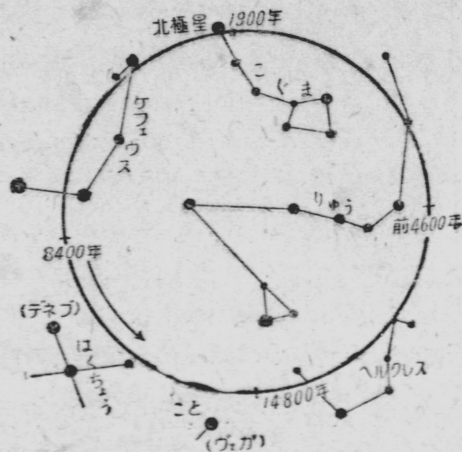
第36図 コマのみそすり運動。
コマの重さで倒れようとするためにこのようにまわりだす。

これは、コマを倒そうとする自身の重さによってコマの軸が回轉を始めるのであって、ちょっと考えると、まことに不思議な運動である。

地球の場合もこれと同様で、その結果、地球の軸の向きは大きく回轉していく。今から4600年前にはりゅう座の α 星が北極星にあたり、5600年後にはケフェウス座の α 星、1,2000年後にはこと座の α



第37図 地球の歳差運動



第38図 天球の北極の移動

星がそれぞれ北極星ということになって、2,6000 年後にはじめて元にもどるという計算がされている。この運動を地球の“歳差運動”というのである。



附 図 11

ヨハネス＝ケプラー (Johannes Kepler 1571-1630)

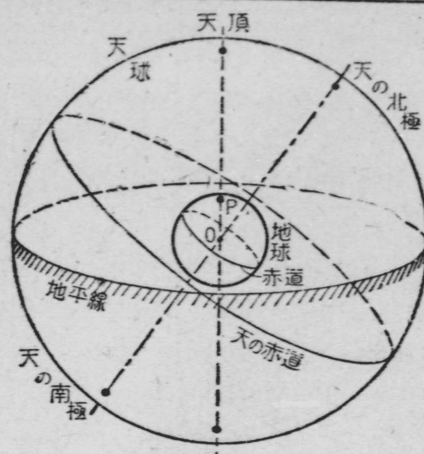
VII

- 1) 星の位置で方角を知る方法を知っているか。
- 2) 星の位置で時刻がわかるか。
- 3) 星の名をどれくらい知っているか。そうして、それがいつごろどちらの空に現われるかを言えるか。
- 4) 星座の名を知っているか。
- 5) 星座の名に関連した神話を知っているか。

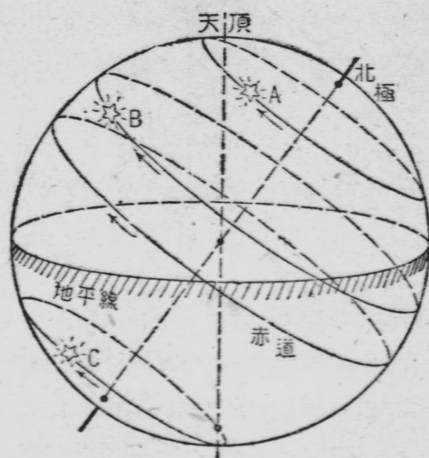
§ 19. 星をちりばめた円天井

宇宙の遠方に散在している星も、地上からながめていれば単に円天井の孔のようなものである。この円天井の孔、すなわち星の位置と円天井全体の回轉のしかたとをしらべて、人人は昔からいろいろな役にたててきたことは前に述べた。私たちは今ではもちろん太陽中心説を正しいものとしているけれども、便宜上は自分の場所を宇宙の中心と考え、前に述べたような天球を考えていく方がつごうのよいことがある。

地球は北極と南極とをつらぬく地軸のまわりに回轉している。もし北緯 α 度の P 点がある地点であるとする、第 39 図でわかるように、その地平線より上の星が目にはいる。宇宙に対して地球の大きさが無視されてしまうから、この場合の地平線は天球を二分している。そこで、地球の軸や赤道を延長して、天球の北極・南極や赤道を図のようにきめる。



第39図 天球に対して地球はいくら小さくも
いいわけである。



第40図 毎日東から西へ回轉する天球。

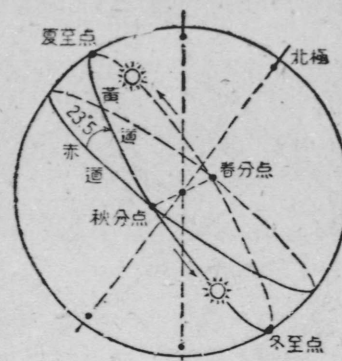
こうして地球が自轉するかわりに、この天球が逆の方向に、すなわち東から西へ1日(恒星日)で1回轉するとする。この場合に第40図でわかるように、星のなかには24時間中空にあるもの(A)、ある一定時間地平線下に没するもの(B)、全く地平線下にあるもの(C)とがある。晝間、星が見えないのは太陽があるためであって、この天球上の星とは別問題である。

さて、天球上の恒星、たとえばA、B、Cの相互の位置は不変であるが、その位置を言い表わすのに、

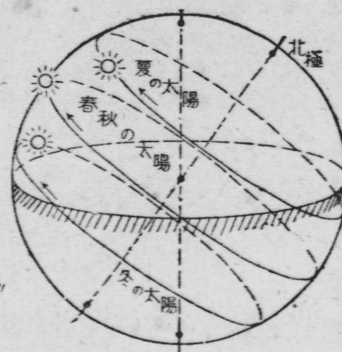
球面上の点であるから地球表面にならって緯度・経度を用い、それらを赤緯・赤経とっている。赤緯は天の赤道を 0° とし、北極・南極を 90° とすることは地球の緯度と同様で、赤経も両極を通る大円を用いるわけであるが、その 0° をどこにきめたらよいであろうか。

太陽はこの天球の上に固定されてはいないで、固有の運動をしている。すなわち、太陽は天球上を1年かけて1回轉するが、その運行するみちすじを“黄道”とっている。黄道は赤道に対して 23.5° だけ傾いていて、星座でいうとうお座と おとめ座の2箇所を赤道とまじわっている。このうお座での交点を“春分点”といい、この点に太陽が来たときを“春分”であるとする。

そうしてこの点を通る赤経を 0° ときめておく。ここから東に向かって 360° に、あるいは天球が24時間で1回轉するか

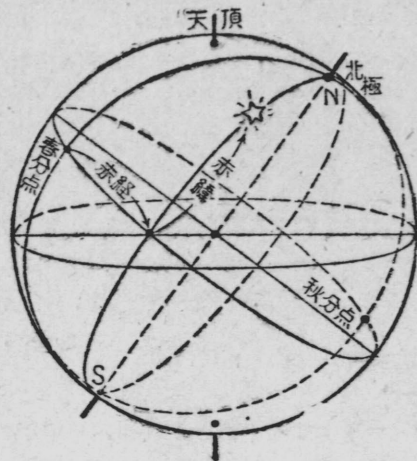


第41図



第42図

ら $15^\circ=1$ 時間として 24 時に分ける。太陽はこの黄道上を毎日



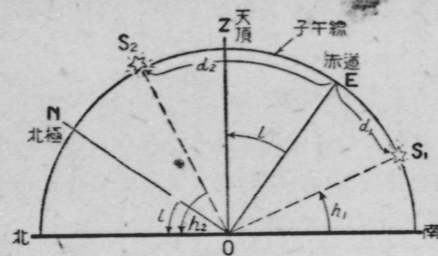
第43図

日ほど 1° ずつ、1 月にほど 30° ずつ赤経の大きい方へ進んでいく。毎日毎日のみかけの太陽の運行は上に述べた固有運動ではなく、天球とともに回転している現象である。したがって、太陽の黄道上の位置によって、第42

図に示したように、太陽は冬には南よりに低い空を通り、夏には北によったところから出て、高いところをはるばるめぐり、また北によった点で没する。

星の位置と天球の回転のしかたとが前からわかっていれば、それをもととして、人は地球上で自分のいる場所の緯度や経度を見出すことができる。このように天球によって方位や位置を測定する方法を“天文測量”といっている。ただ昔と今とで非常に異なる点は、経度を計算するに必要な時刻を今では容易に知ることができる点である。すなわちラジオの時報の通知が世界のすべての地点にいきわたっているから、ラジオ

受信器さえあれば、いついかなる時でも正確な時刻が知れる。



第44図

$$d_1 + h_1 + l = 90^\circ$$

$$l = 90^\circ - (d_1 + h_1)$$

または

$$h_2 + d_2 - l = 90^\circ$$

$$l = h_2 + d_2 - 90^\circ$$

星の赤緯 d を知っていれば、その南中した時の高度 h から自分のいる地点の緯度 l がわかるということは、第44図を見れば明らかであろう。

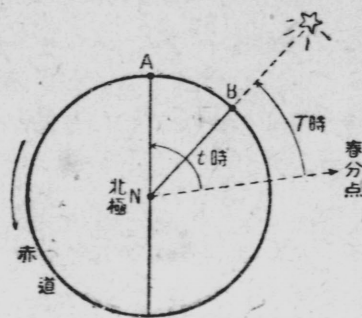
赤経のわかっていて星から経度を計算するには、どうしたらよいであろうか。

地球の経度というのは、イギリスのグリニッジ天文台を通る子午線(本初子午線)を 0° とし、東西に向かい 180° に分けてある。そうして、地球は 24 時間に 360° を回転するのであるから、地方別の時刻というものは経度 15° ごとに 1 時間のちがいがあ。したがって、イギリスで 0 時のとき日本では 9 時である。すなわち、日本の中央標準時は、世界時よりも 9 時間早い。この時間の差を経度を表わすためにつかってもよい。たとえば東経 135° を 9 時として示す。

* この節の以下に述べることは少しむずかしい。理解しにくい場合には省略してもよい。

さて星を観測して自分の経度を知るには恒星時がわかっているといふ。この恒星時を概算するには、たとえば12月21日には、太陽は3月21日に春分点を出発してから9箇月の旅をしているから、赤経は 270° または18時となっている。それでこの太陽はその地方の子午線を春分点よりは6時間早く通過するから、恒星時は平均太陽時より6時間だけ早いことがわかる。

そこで、ある標準のA点の恒星時がわかっていて、その時



第45図

計の t 時というときに、B点において赤経 T 時の星が子午線を通過したとすると、第45図でわかるように、A点の恒星時が t 時のとき、S星がBの子午線を通過したときは、春分点はAを t だけ離れた西にあるし、Sが赤経 T であるということ

は、Sが春分点より T 時だけ東にあるという意味であるから、図から明らかなように $(t-T)$ 時がA、Bの経度の差となる。

〔例〕 1月21日ベテルギウスが中央標準時で午後9時20分にBの子午線を通過した。ベテルギウスの赤経は5時52分であることがわかっているとして、これからB点の経度を求める。

1月21日には太陽は赤経20時に来ているから、中央標準時は恒星時より4時間進んでいる。それで、ベテルギウスが子午線を通過したときの恒星時は、

$$9^h20^m - 4^h = 5^h20^m$$

のはずである。これとベテルギウスの赤経との差32分がB点と東経 135° のA点との差であるから、

$$135^\circ + 15' \times 32 = 143^\circ (\text{東経})$$

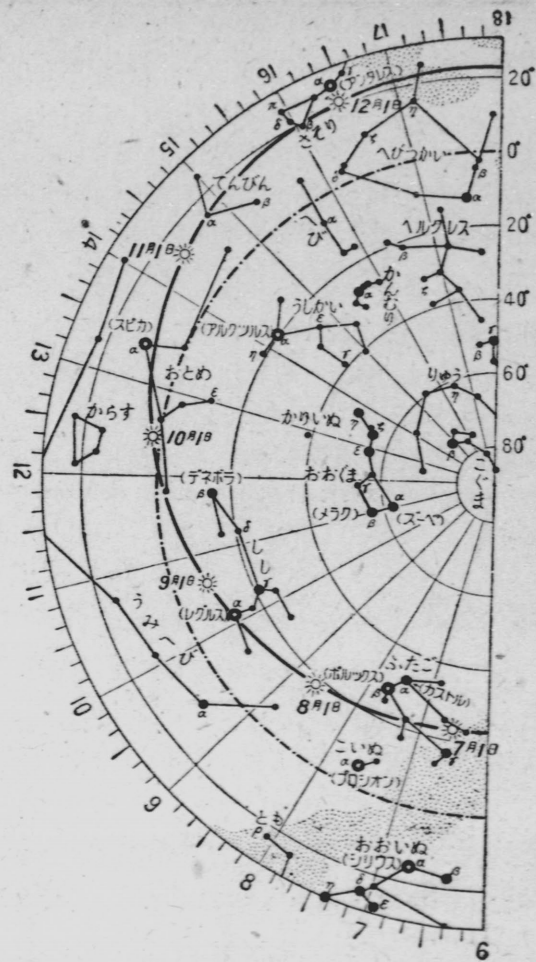
がB点の経度ということがわかる。

§20. 季節や時刻によって変わる星空

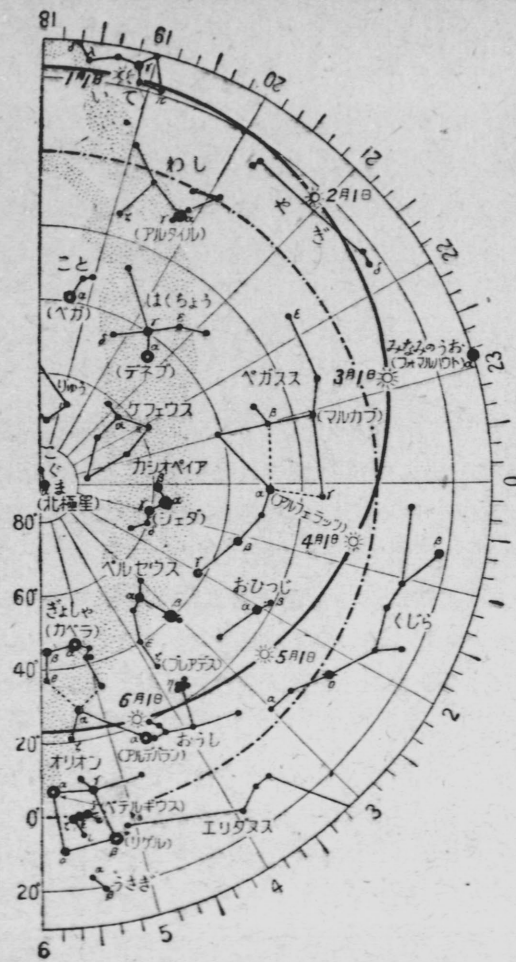
天球上の星は昔から個々に名がつけられてあった。たとえば、東洋では天狼星・織女星・牽牛星などといい、西洋では同じものをシリウス・ヴェガ・アルタイルなどとよんできた。また三つ星とか北斗七星といった星の組にも名がつけられたが、西洋ではギリシア神話にちなんで星の組み合わせの形を想像したが、それが現在では普通に星座として発達し、全天の星をそのどこかに所属させるようになった。そこで、星の名は星座の名の下にほぼ明るい順で $\alpha, \beta, \gamma, \dots$ などというように統一されている。

また一方では詳細な星表も作られてきたので、この星表の記載の番号によって星の名とすることも、学術的には採用されている。

天球の回転時間は平均太陽時間の24時間より4分短い



第 46 図



北天の星座

でこれらの星座の現われるようすは時刻や季節によってだんだんと異なってくる。この現われかたを知らなければ星座や星を見て役にたてるわけにはいかない。

一体どういう星座が何月何日ごろどここの空に現われるかは、星図と太陽の運行表とからわかるはずである。太陽は第46図のように黄道上を運行しているので、真夜中(太陽時で0時)に南中する星座は太陽の赤経と12時だけ離れているものである。したがって、夕方たとえば8時ごろ南に見えるというのは、それより4時間だけ赤経の少ないものである。

たとえば第46図でわかるように、夏の太陽はふたご座のあたりにいるので、その近くの星はとても見ることはできず、それとほぼ赤経12時だけちがうこと座・わし座・はくちょう座・さそり座などの美しい多くの星が、そのころの夜中に南の空に見られる。また逆に、冬にはオリオン座やおおいて座・おうし座などの星が南の空にかがやく。そうしてこれと全く同じ星座は2月になると夜の8時ごろに現われることになる。

星のなかには一年を通じて見られるものがある。北斗七星やカシオペア座などは、日本の内地ではたいがいいつでもながめられる。もちろん、その位置は時刻によって変わるから、逆にその現われかたを見て時刻を察することもできる。

* 夜の星空の手ごころな案内としては、日本天文学会の「星座早見」が一番適当である。

§ 21. 星座のおもしろさや星の美しさを味わおう

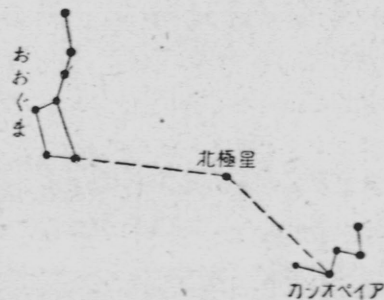
私たちは太陽系のことや、光の性質、星の構造や宇宙の大きさについて研究してきた。それらのことをよく心にとめて、もう一度夜空を仰いで星をよくながめてみよう。

さて、そのための手がかりとしては、これまでたびたび述べた星座の形を知ってその名をおぼえておき、そのなかで目につく美しい星の名を知っておくことも必要である。このことは單に何かの役にたつというためではなく、私たちの心をただ楽しませてくれることなのである。

私たちに一番よく知られている星はひしゃくの形をした北斗七星であろう。この星のつくる四角の端の一边を延長すると、ほぼ4倍のところには北極星が見出される。北極星に対して北斗七星と反対側にW字形をしたカシオペア座がある。



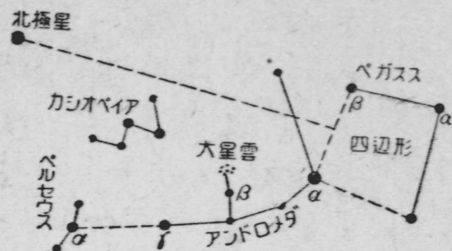
第47図



第48図

このカシオペア座を手がかりとしても北極星を見出すことができるであろう(第48図)。

北極星からカシオペア座の少し西をかすめて延長したと



第49図



星図



(アルデバラン)

プレアデス
星図

第50図

ころにペガスス座とアンドロメダ座の α 星とのつくる四辺形がある。この α 星から等間隔にアンドロメダ座の β , γ およびペルセウス座の α がならんでいる。アンドロメダ星雲もこの図からさがしてみるとよい(第49図)。

プレアデスは、日本でも昔からすばる星(昴星)といってよく知られていた星図で、第50図のような形をだよりに見出すとよい。

冬の夜空をかざる最も美しい星はオリオンの三つ星で、たれにも愛されてよく知られているが、これをほ

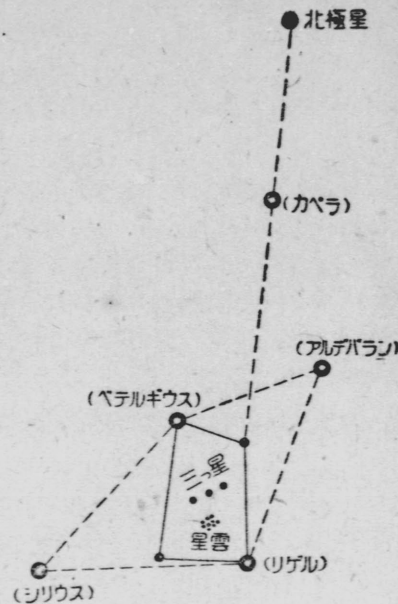
ぼ中心にした二つの四辺形(第51図)、ことに大きな四辺形の角になるアルデバラン・ベテルギウス・リゲルおよびシリウスは、その色やかがやきがそれぞれちがっていて、みごとにみものである。

北斗七星の尾を弓なりにのばしていくと、うしかい座の α 星アルクトゥスにぶつかる。この星は4月から5,6月ごろの夕方南の空に高く見られるが、その東にある円形のかんむり座はまことにかわいい星座である。

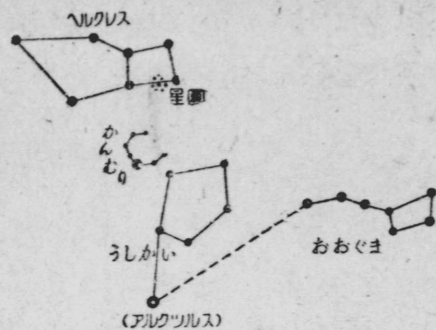
夏の夜、南から北にかけて流れる天の河のなかに大きな白鳥がいる。すなわち、はくちょう座の β 星を頭とし、 α 星を尾として両翼をひろげ、南

に飛び去ろうとしている形に見える。そのすぐ西にあるヴェガ(織女星)とデネブと北極星とは直角三角形をなしている。

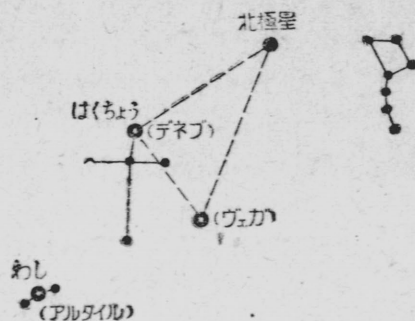
わし座のアルタイルは、^{たなびた}牽牛星で、七夕の傳説の通り天の河を越えてヴェガと相對している。



第51図



第52図



第53図

たびたび引用する
オリオン座の三つ星
は、ちょうど天の赤
道上にあるので、こ
の星の出没する方向
をたしかめると東西
が正確にわかるとい
う便利がある。この
ような赤道上の星を
“東西星”ともいっ
ている。

(研究1) 自分で
ほんとうに星を見
ながら星の図をか
いてみよ(1等星
か2等星まででよ
い)。これを實行
して毎日少しずつ

かき、全部におよぼすようにするのがよい。それに惑星の
位置の記入を忘れないようにする。

(研究2) 黄道が通過する星座を12に分けて、昔から12
宮とよんできた。今の星座でいえば、太陽はそれぞれの月

にどんな星座にいることになるかしらべてみよ。

(研究3) 星座の名についた由來を示す人や動物の形を画
いてある星図をしらべ、実際の星空にその形を想像してみ
よ。

あめのうみに くものなみたち つきのふね
ほしのはやしに こぎかくるみゆ (万葉集)

力だめし

I

- 1) 星はどんな役にたってきたか。
- 2) 月はどんな役にたってきたか。
- ✓ 3) 南の國では一年の季節をきめるのに何を用いたか。
- 4) 天球とは何をいうのか。
- 5) 天球は何時間で1回転するか。
- 6) 惑星と恒星とは何で見わけるか。
- 7) 北極星といふ名はどうしてついているか。
- 8) 太陽中心説はいつごろたれによっていっけされたか。
- 9) ガリレイが宗教裁判に附せられたのはどういう理由からか。
- 10) 合理的な考え方と不合理な考え方とはどういう点で見わけるべきか。
- 11) 科学の発達と社会の発達とはどのように関係してきたか。

II

- 1) レンズにはどんな種類があるか。
- 2) ガリレイの発明した望遠鏡と、ケプラーの考えた望遠鏡およびニュートンが作った望遠鏡とはそれぞれどうちがっているか。
- 3) 望遠鏡がなかったらどのような不便が生ずるであろうか。
- 4) 太陽系というのはどれだけで成立しているか。
- 5) 惑星の軌道や公転周期の間にどんな規則があるか。
- 6) 太陽に比べると、惑星全体を合わせてもどの程度の割合になるか。
- 7) 万有引力の法則というのはどういうことか。
- 8) ケプラーによって惑星の運動が説明されるのに、なお万有引力の法則が必要であるのはなぜか。

III

- 1) 光の速度はいくらか。
- 2) 私たちの宇宙はどのような構造をもっているか。
- 3) なぜ銀河の方向にあのような無数の星が見えるか。

- 4) 1等星の名をどれくらい知っているか。
- 5) 恒星にはどんな種類があるか。

VI

- 1) 太陽は固体か液体か気体か。
- 2) 黒点というのは何か。
- 3) 太陽エネルギーは何から生ずるか。
- 4) 太陽の光はどういう性質の光であるか。
- 5) 光の性質をしらべるにはどうしたらよいか。
- 6) 星が何の元素からできているかがどうしてわかったか。
- 7) 太陽の光のエネルギーは地球にあたってどう利用されているか。
- 8) 地球に來る太陽の光のエネルギーのうちムダに散ってしまっているものや、それが変形してお利用されずにいるものにどんなものがあるか。

V

- 1) 四季はどうして生ずるかを説明してみよ。
- 2) 夏は太陽から遠く、冬は太陽に近いのに、温度は逆になるのはなぜか。
- 3) 夏至というのはどんなときか。そのころ一番暑くないのはなぜであろうか。
- 4) 北極では太陽はどんなまわりかたをするか。
- 5) 1日の長さはどうしてきめるか。
- 6) 時差というのは何か。
- 7) 太陽暦と太陰暦のちがいを言え。

IV

- 1) 日食や月食を説明してみよ。
- 2) 潮の干満はどうしておきるか。
- 3) 大潮というのは何か。
- 4) コマの みそすり運動というのは何か。
- 5) 歳差運動はどうしておきるか。
- 6) 西暦紀元元年ごろには北極星はどの辺にあったか。

VII

- 1) 天球は何の役にたつか。

- 2) 星の赤緯や赤経というのは何か。
- 3) 黄道とは何のことか。
- 4) 星の位置を知っていて地球上の自分の位置を知るにはどうすればよい
か。
- 5) 夏の星とか冬の星とかにどんなのがあるか。
- 6) 12箇月のうち、毎月太陽はどんな星座を通っていくか。

〔昭和23年度発行〕

私たちの科学 13
空の星と私たち
中学校第3学年用

昭和22年6月5日印刷 同日鐫刻印刷
昭和22年6月9日発行 同日鐫刻発行
昭和23年6月25日修正印刷 同日修正鐫刻印刷
昭和23年6月28日修正発行 同日修正鐫刻発行
〔昭和23年6月28日文部省検査済〕

著作権所有

APPROVED BY MINISTRY
OF EDUCATION
(DATE June, 25, 1948)

著者兼
発行者

文 部 省

東京都中央区銀座一丁目五番地

鐫刻
発行者

大日本圖書株式會社

代表者 佐久間長吉郎

東京都新宿区市谷加賀町一丁目十二番地

印刷者

大日本印刷株式會社

代表者 佐久間長吉郎

東京都中央区銀座一丁目五番地

発行所

大日本圖書株式會社

K250.41-1-13e



長富祐郎

No. 194.

西丁 1949年5月11日 附申1乙.

持主 長富祐一郎.

長富祐一郎