

地球の生れるまで (九)

理學博士 松 山 基 範

五、地 球

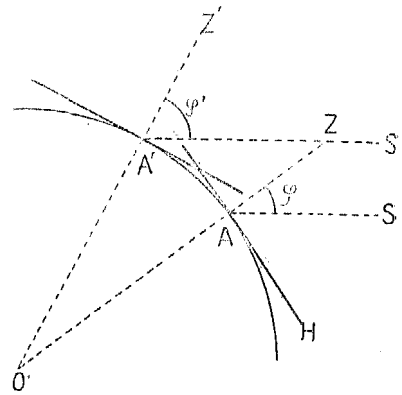
地球も亦一つの大體である。大體としての地球は遊星の一つであつて太陽からの距離は金星と火星との中間にある。既に述べたやうに太陽から地球までの平均距離は凡そ一億五千萬軒であるが之が大體間の距離を測る單位として用ひられる事が屢ある。非常に遠い距離即ち我々から恒星までの距離などには光年等を單位とする事は前にも述べたが太陽系内での距離は此地球と太陽との距離を單位に用ひる事が多い。恒星の距離を測るに年周視差によつて之を測る事は既に述べた通りである。此の距離の外地球から太陽を見た運動として前に述べた所は實は總て地球が太陽の周圍を公轉して居る爲めに起る見かけの運動である事は今改めて云ふまでもない事であると思ふ。

さて地球の大きさや形は如何にしてきめる事が出来るか。勿論今日に於て昔の様な意味での天動説を考へる人もなくなつた筈である。同時に地球がどこまでも平坦であるとも考へないであらう。かうして私は今地球が大體に於て球形をなして居るといふ事を前提として其大きさを形を精確にきめる方法を説明せうとするのである。

地面上で二ヶ所の間の距離を精密にきめるには三角測量法による。我國では陸軍省に陸地測量部といふものがあつて専ら測量を行なつて居る。此の爲めには先づ第一に平坦でさうして變動のない土地を選んで其の内に二ヶ所に固定した標準になる點を設ける。そうして此の二つの點の間を直線で結んで其距離を充分精密に測る。之が基線と呼ばれて居るもので、之を充分に精密に測量して置かないと後になつて厄介になるから此の基線の測量は大變大切なものである。そうして其基線を基礎にして第三の地點の位置をきめる。更にそれを基礎にして第四の點、第五の點と次第に測量をすゝめて行つて遂に遠く離れた二點の相互の位置も充分にきめる事が出来るのである。

此の様にして二點の間の距離や方向が精密にきまるのであるが、今此二點の一つは他の者の直北に選んだとする。即ち此の二つは同じ經度の點であるとする。同じ經度であるといふ事をさうして知り得るかといふに二點何れにも精密な時計を備へて置き相互に電信により或は現今では無線電信によつて通信が出来る様にして二つの時計を比較してさうして二點で同じ星が其地の子午線の上を

圖のりわかの平水ので點二 圖七十二第



A點での垂直の方向な。AZ、水平の方向な。AH、さする。此點で天球の赤道の上にある星が垂直からφだけ傾いて見えるならば、其緯度がφである、同様にA'の點緯度はφ'とするならば此緯度の差は丁度兩地の水平面の方向の差に相當する。

に近い形であるならば此の二點では水平面の方向がかわつて見える事になる。之はやはり恒星を觀望してきめられるのである。恒星は殆んど無限の遠方にあると考へてもよいのであるから地球の大きさなどは之に比して問題にならぬ。即ち地球上のごくから見てもそれは位置に關してだけいへば地球の中心から見たと同一であつて少しも差を生じない。併し星の見える方向を考へるには觀測者の位置での水平面を標準に取る。或は之に直角な所謂鉛直線の方角を標準に取るから之は觀測する場所と違ふのである。そうして地球上で赤道の上にある觀測者から見ると丁度天球の赤道にある

地球の生れるまで

丁度通過せうとする瞬間を精確な望遠鏡で觀測して其時刻を時計面で讀み取つて若し其の星が甲の子午線を通過した時刻が丁度乙の子午線を通過した時刻と同一であるならば、それに依て二つの地點は同じ經度の地であるといふ事がわかる。

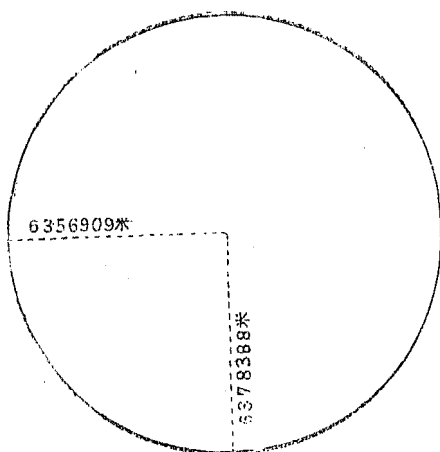
こゝいふ風にして選んだ二點が丁度南北の方向にならんで居るとする。若し地球が平均でなくて球形であるとか又は之

星が頭の上を東から西へと通過する。地球上緯度一度だけ北によつた土地ではやはり天球上北緯一度といふ位置の星が頭の眞上を通過する事になる。そうして天球で星の位置は精しく知れて居るのであるから斯様にして觀測者の眞上を東から西へと通過して行く星を觀測すればその地點の緯度がわかる事になる。實測に於てはもつと面倒な方法をつかうのであるが原理は上述の通りである。

此の様にして三角測量と星の觀測とによつて南北に緯度一度だけ隔つた地點の間の距離が知れる。角度一度といふのは其弧の長さが半徑の 0.01745 位餘になるから此の關係で今一度だけの距離が測量によつて知られたとすればそれによつて地球の半徑がわかる事になる。勿論此の南北一度だけ隔てた二點間の距離を測る代りに東西でもよいのであつて、只此の際は東西の二點間の經度の差を測る方法が今述べた所の緯度の差を測る方法と違ふだけである。前に二つの地點が同じ經度を持つて居る、即ち一つは他の眞北にあるといふ事をきめるには同じ星が其二つの地點子午線を東から西へと通過する時刻が同一であるかどうかを見ればよい事を述べた。此の方法が今も其のまゝ役立つのであつて、同じ星が甲の地の子午線を通つて後時間で丁度四分間を経て乙の地の子午線を通るといふ場合には甲乙二點は經度で四分即ち之を角度でいへば丁度一度だけ隔つて居る事になる。そこで此間の地面に添ふての距離を三角測量によつて測ればそれで地球の半徑を知ることが出来るのは前に述べた緯度の場合と同一である。

一度の長さの表	緯度	緯度一度の長さ	経度一度の長さ
	0°	110,564米	111,307米
	10°	110,597	109,629
	20°	110,693	104,645
	30°	110,841	96,475
	40°	111,023	85,384
	50°	111,216	71,687
	60°	111,399	55,793

図の圓楕 圖八十二第



道の邊からだんぐ／＼緯度の高い所に行くとい一度の長さが次第に長くなる。之は地球が赤道の所でふくらみ出て南北につぶれて居る所の術語で云へば回轉橢圓體である事を示すものである。實際に測定した結果はいろいろあるが最も信用の出来る値の内の一つは次の通りである。

赤道半徑

六・三七八・三八八米

此の様な方法で地球上で弧度一度に相當する距離を測定して見ると至る所同一でない。東西に赤道に添ふては何處でも同じ長さであるが南北の方向に一度の長さは一樣でない。赤

極半徑

六・三五六・九〇九

橢圓率

二百九十八・〇分の一

此の橢圓率といふのは赤道半徑から極半徑を引いた残りが赤道半徑に對し何程に當るかを示すものである。茲に掲げた數で見ると地球の形は南北につぶれて居るとはいふものゝ之は僅かに三百分の一である。若し圖を書いて見ると半徑三尺の圓を書いたとして其或部分が一分だけつぶれて居るといふ事であつて我々が普通話をしたり圖に書いたりする場合には此のつぶれはわからない程度のものである。即ち極めて精密な研究をする場合には南北につぶれて居るとせねばならぬが普通それ程の精密な事を考へない場合には寧ろ地球は球形であるといふ方が眞に近い事になる。

此の如く地球の形は大凡半徑六三七〇呎の球と考へると其容積は實に一、〇八二億立方呎になる。此の如く容積が知られて居るから若し地球を形作つて居る物質の比重を知り得るならば地球の質量を計算して出せる事になる。普通地球を形作る物質といふと先づ空氣を除いて、海の水や土壤は表面の一部に過ぎないのであつて主として岩石である様に見える。岩石は平均して水よりも二、八乃至三倍位重いものである。従つて前の容積を立方呎になほしてそれを二、八乃至三倍した數は地球の目方をグラムで云ひあらはした數になる様に考へられる、即ち三に〇を二十七つけた程の數のグラムになる。併しながら此の様に考へては大變な間違である。即ち地球の内部の構造といふ大問題

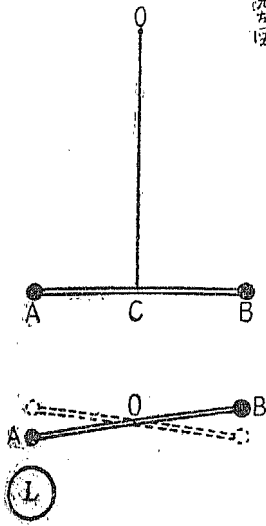
を無視して居る。或は見落して居るのであつて學問上大變な缺點がある。地球の表面こそ我々の手にする様な岩石であるが内部もやはり岩石から成り立つて居るかどうか、又其状態は如何であるか、之は學問上非常に大きい問題である。そこで我々は地球の目方を求める爲めに簡単に岩石の比重に地球の容積を乗する事の代りにもつと確實な方法を用ひねばならぬ。

時計の振子はいつと同じ時間で振つて居るから時計の進みを之に依て正しく保つて居る。あれは振子が眞下にぶら下つた位置から少しく何れかに傾くと地球の引力の爲めに引きもどされ、それが行き過ぎて反對の方に傾き又同じ様な事をくりかへして居るのである。地球の上で一瓦の物體に働く引力の強さを特に重力と名づける。振子の振動する時間は振子の長さど重力の強さどできまるものであるから、振子の長さを精密に測り、又それを振動させて振動週期を精密に觀測すると重力の強さが知れる筈である。勿論精密に重力の強さを知るには振子の構造に注意し之を吊す臺を丈夫にし、又其振動の週期を測定するにも非常の苦心を要するのであるが斯の如くして重力の強さを測定する事が出来る。之は精しくいふと地球上でも所によつて違ふのであるが、例へば赤道の上で海面と同じ高さの地では重力の強さは九七八・〇二四ダインといふ數であらはされる程である。ダインといふのは力の強さをあらはす單位であつて、一瓦のものに一秒時間働いて其ものに一秒に一厘だけ進む速度を増させる程の力である。赤道の上で物體を高い所から落下させると一秒を経る毎に其

物體は一秒に九七八・〇二四哩進むだけの速度を増加する事になる。

さて地球は殆んど球形であるから引力を考へる場合には地球の全體の物質が其の中心に集まつて居ると考へて差支へない。そうして其中心から赤道の上までの距離は前にあげたやうに六三七八軒餘である。地球の全體の物質は之程の距離の所に於て一瓦の物體に九七八・〇二四ダインだけの引力を及ぼして居るのである。そうして引力は誰でも知つて居る様に距離の二乗に逆比例し、質量に比例するものであるから地面の上で質量の知れて居るものを取つて來てその重心から一定の距離に一瓦の目方の球を置いて此の二つのものゝ間の引力を測る事が出来るなら、それから引力の法則によつて地球の目方がわかる事になるのである。此の理屈は簡單なのであるが實際に測る事は少し困難である。昔は山の引力などを測つて地球の目方をきめやうとしたのであるが充分にはきめられなかつた。

前記第九回



図より見よ

第二十九回 秤の圖

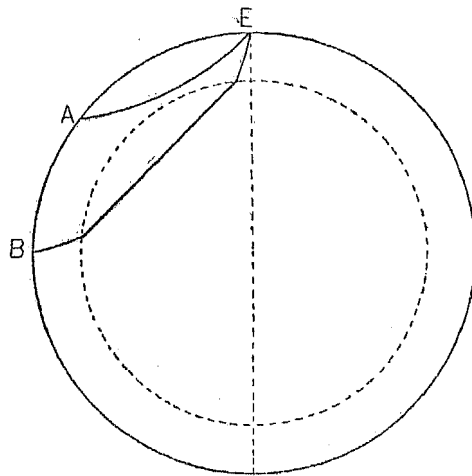
最も精確に此關係をきめる事が出来る方法は捻秤を用ふるのである。性質の極よいとして極めて細い白金などの針金を作つて其下に極めて細くて軽い横棒を吊す此の横棒の兩端に白金の球をつけ

て置く。そうして此の球の傍に別に目方のわかつて居る重い球を近づけると吊された球が引かれて横棒が少し廻轉する。此の廻轉の角度を精密に測るといふと、吊した針金の下の端を角度一度だけ捻るには何程の力があるかといふ事は其針金の性質によつてきまつて居るから、此の様にして此の時の小さい球と大きい球との間の引力がわかる此の様にして精密に實驗した結果によると一瓦の質量の球を二つ取つて其中心の間の距離を一糎にした時に働く引力は一ダインの一億分の六・六五八である。之は或は 6.658×10^{-8} ダインと書いてもよい。之を萬有引力の恒數と呼んで居る。

地球の赤道半径の値と其上での重力の強さを知つて居て、そうして今又引力恒數を知つたのであるから之れから地球の質量を次の關係によつて計算して出す事が出来る。

$$\text{地球の質量} = 978.024 = 6.658^{-8} \times \frac{\text{地球の質量}}{63780000^2}$$

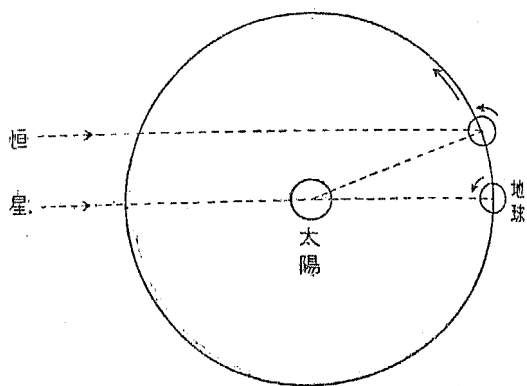
之によつて計算すると地球の質量は 5.98×10^{27} グラムとなる。之は非常に大きな數である。前に地球全體が我々が手にする事の出来る様な岩石から成り立つて居るとして地球の質量を計算して置たが今茲に求めた値はそれにくらべると約二倍にもなる。地球の容積で此質量を割つて見ると地球の平均比重は水に比し五・五三倍程重い。斯様の次第であるから地球の内部には表面の岩石にくらべて非常に重いものがある筈であるが、それは如何なる物質であるか。一派の學者は内部は非常に強い壓力を受けて居る爲めに岩石が壓縮せられて斯様に比重の大きいものとなつて居ると考へた。この



第三十三圖 地震波の傳はる道の圖

考によると地球の中心の邊では岩石が非常に壓縮せられて斯様に比重の大きいものとなつて居ると考へた。

此の考によると地球の中心の邊では岩石が非常に壓縮せられて表面にある時に比して四倍以上も重くなつて居る事になる。併しながら物理學的研究が追々進歩して見ると岩石のやうなものがどうも斯の様に壓縮されさうにも思はれない。之は寧ろ地球の内部と地殻とは別々の物質からなつて居ると考へる方がよさそうなので、此の考へから研究をすゝめて、地球の全體としての堅さなどの研究をも考へに入れて見ると、先づ地球表面から凡そ千五百料の邊を境として其深さまでは岩石で、それから深くなれば鐵であらうと推定された。其後地震學が進歩して來るにつれて、或場所で起つた地震の波動が他の箇所にも傳はつて行く模様を研究して見ると、波動は一旦地下に進み次第に屈折をつゝけて遂に再び表面に出るのであるが、此の傳波の容子を研究して見て前に推定した凡千百料位の深さに於ける境のある事が明らかになつて來た。そうして其れより内部は一樣に比重が八位で外部は平均して三より少し比重の大



第三十一圖 太陽日と恒星日との別を説明する図

きいものである。

地下は温度の高い事は誰でも知つて居る通りである。通常一年中の温度の變化は地面から凡そ二十米の深さまでに消滅してしまつて、それ以下では一年中常に温度は攝氏一度だけ昇る。尤も之は炭鑛其他で地下深く掘り下げた際に温度をはかつたのであるが、最つとも深く掘つた場合でも二軒より餘り深くは行つて居ない。之を地球の中心までの距離凡そ六千四百軒弱にくらべると實に僅少の深さであるから、地球の内部の温度を直ちに上の割合から推算する譯には行かぬが併し非常に高温である事は明らかである。恐らく六千度位であらう。併しながら斯く高温であつても同時に非常な壓力

を受けては居るから普通我々の見る様な瓦斯體にはなつて居ないで固體と同様の性質を有し其強さなども我々の手にする鐵の二倍位あるものである。

地球は其南北の直径を軸として一晝夜で一回轉の自轉をして居る事は今改めて説明するまでもない。此一晝夜を二十四時間として時間を定める標準となるのである。精しくいふと此一回の自轉と

いふ事も少なくとも二通りの意味に取れる。我々の日常生活に直接に關係のあるのは太陽であつて地球が太陽に對して一度自轉をする時間を一晝夜とすると之は太陽時の一晝夜である。然るに地球は太陽の周圍を公轉して居る爲めに太陽が毎日少しづつ恒星に對して東へ東へと移つて行く様に見える。此の結果地球が太陽に對して一回自轉してしまふ時間恒星に對しては一自轉の餘になる。即ち一太陽日は一恒星日より實際の時間が長いのである。それであるから太陽時で云ひあらはすと一太陽日は二十四時間であるが、一恒星日二十三時間五十六分四秒位になる。又恒星時を以て云ひあらはすと一恒星日は二十四時間であるが一太陽日は二十四時間三分五十六秒程になるのである。

地球は其衛星として月を持つて居る。地球から月に到るまでの距離は地球の半徑の六〇・二七倍であつて、之れ實に太陽の半徑の半分より僅かに大きいに過ぎないのである。月を地球から眺めると其大さは殆んど太陽程に見える。もつと精しくいへば月の視半徑即ち地球から月を見た時に其半徑は、十六分の角を有するのである。之から計算して見ると月の半徑は地球の半徑に比して僅に〇・二七三である。月の質量は地球にくらべて其八一・五三分の一に當るのであるから結局月の比重は三・三となる。之は丁度地球の外部の平均の比重に相當するものである。之れ即ち月が地球から別れて出来たと考へしむる理由である。