

てしまつたのである。人は絶えず探し求むるものである。そして又人は彼の限界を無限の彼方に置いて居るものである。故に人は常に不精確さ疑問を以て終始せなくてはならないものである。

然しウイリアム・ハーシエルは彼の宇宙構造の研究に於て、其の観測の新異にして豊富なる點に於て古往今來何人も追従

太陽の視差

(一) 太陽の平均距離

太陽と地球との間の距離を知ることが天文學上重要な問題の一つである。あの光熱を與へてくれる太陽の大きさは何程であらうか、黒點の大きさやコロナの擴がりは何々粒か等しいふ問を解決するには先づ此距離を知らねばならない。

太陽系内の諸天體の距離を表はすに太陽地球間の距離が自然に便利な尺度になつてくる。従て宇宙測量の物指の一として此長さを測定して置くとは重要な意義をもつわけである。

これを距離測定の仕方といふ方面から考へてみるに或は觀測天文學或は天體力學或は物理學の智識等を必要として、天文學上いろいろの面白い部門に互つてくる。

一口に太陽の距離と云つても遠近の變化を繰返して居るの

八

をゆるさぬ偉大なる觀測者として吾人の前にあらはれたのみならず又その周到鋭敏なる想像に於てすべて宇宙構造の研究に志す天文學者の師表たる大哲學者として吾人の前に頭角を現して居るのである。(荒木俊馬譯。文責在譯者)

——第二講元——

K · Y · O

で、標準としては遠近の平均——所謂地球軌道の楕圓の半長徑を考へる。此平均距離は現在知られて居る所では後に述べる如く一億五千萬キロメートル弱である。

(二) 距離の單位としての「天文單位」と太陽の平均距離

太陽系内の物指として太陽の平均距離を使ふに云ふ説明には實は或了解が入用である。通俗には此距離を其儘長さの單位に採用して「天文單位」(Astronomical Unit)と名づけて居るが是は理想的のこゝである。

元來は太陽の平均距離を一天文單位と採る筈であり又探つた人もあるが或方便が専門家によつて使はれて居る結果平均距離が一と極少し違つてきた。さういふ單位の儘でやつて居

るから強ひて言へば現行天體曆の基にしても彗星軌道にしても皆此天文單位で表はして居るこいふ方が安全である。併し乍ら此單位を平均距離との違は非常に小さいからさし當り無視して差支へはない。かゝる了解の下に太陽の平均距離もまづ太陽系内の距離の單位になつて居るこ云へる。

従て此兩者を混同する場合には、混同して差支へない程度に無暗に細かい計算は禁物である。

右に述べた「元來」に採るつもりであつた平均距離(假にBとして置かう)を觀測より求めた地球の平均運動からケプレル第三法則を使つて出した楕圓軌道の半長徑即ち平均距離である。此觀測より求めた平均運動には諸惑星による影響が既にはいつて居る。それを差引た者に就てケプレル第三法則により出した純理論的平均距離をAとして置かう、Bを一に採つた人もあつたが或方便のためニューコムの材料では

地球軌道 B=1.0000 0003 天文單位

A=1.0000 0033 天文單位

天文單位をBとしてそれを單位としてAを表はすこ右のやうな値になる長さであると思へばよろしい。

太陽系内の物指しの話のついでに注意したいこは他の惑星に就ても同様にAとBとがあるが普通の惑星軌道要素の表には楕圓軌道の半長徑(平均距離)をAとして各惑星につきAの方を與へてあり、しかもそれは地球の平均距離Aを單位とし

て表した値でなくて天文單位の方で表してあるのが多いこである。

(三) 太陽の平均赤道地平視差

さて視差の問題に戻て、地球E太陽Sの距離ESが平均距離aになる時地球の赤道半徑Rが太陽の中心Sに於て張る角ESHを太陽の平均赤道地平視差(Mean Equatorial Horizontal Parallax)と云ふ。此角を π とすれば

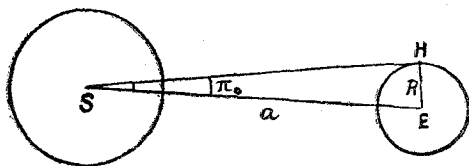
$$\sin \pi = \frac{R}{a} \quad a = \frac{R}{\sin \pi}$$

太陽の距離a幾何と云ふ代りに π 幾何と云ふこが出来る。 π はギリシアのアリストタルクス(Aristarchus)の時西紀前二七〇年頃には角度で三分位のものしか知られて居なかつたヒツバルクス・トレミーから中古のコペルニクス時代迄は大抵三分でケプレルに至つて一分と出し、フラムスチードが僅十秒とせめたのは一六七二年である。

それからは八秒九秒邊迄分つて來た、一八五〇年以後は餘程精密になつて居る。一八九六年五月パリで萬國編曆局長天文家達の合議があり天文恒數の統一を議した時勿論此重要な太陽視差 π の値もきめるここになり當時の米國編曆局長ニューコムに委託した結果

$$\pi = 8.8''/300$$

を採用するここになつた、現今廣く用ひられ一九〇一年からの萬國天文曆は之を採用して居る。



$$a = 149594201 \text{ キロメートル}$$

これ實に米曆に與へてある數字になつたが、太陽の平均距離を天文單位と同じものに見做す時にはあまり細い數字をならべずに一億四千九百五十萬キロ位として置くのがよいと思ふ私はあらかじめ(二)に於て此を警戒して置いた。

右は八秒八〇〇の値を正しいとして話であるが新しい觀測の形勢から察するに〇・〇〇五秒位は違つて居るらしい、距離に直して十萬キロ弱は怪しいといふわけになる。

此協定値は現今迄の觀測に照して大體よさそうであり、従つて假に八秒八三すれば

$$a = \frac{R}{\sin 8.780} = 23439.18 R$$

第一節

即ち太陽の平均距離は地球赤道半径の二萬三千四百倍餘なる、此數字は二三〇續いて居るから記憶し易い、地球の赤道半径として現今使はれて居る米國のヘイフォード(Hayford)の値(一九〇九年) $R = 6378.388 \text{ キロメートル}$ を用ゐる初めから(三)詳しく計算する(四)

太陽の距離測定法については天界第三十二、三號に山崎氏が書かれたのがありますから轉じて今世紀に入つての測定に眼を注いでみよう。

(四) 二十世紀に於る結果の二三

近頃迄の測定の中方法として多少變つて居るのは獨逸のボン天文臺阿弗利加の喜望峯天文臺で施行した分光器的方法であるがむしろ間接法である。

此法は一九〇五年ボン臺長キユストナー(Kihsner)が獨逸の天文雜誌に發表したのであるが大體の方針は次のようである。恒星(成可黃道面に近い星がよい)のスペクトルを觀測して其線のずれからドブレ原理で視線速度 V を測る。恒星が太陽系の重心に對する速度 G から觀測者が太陽系の重心に對する速度 F を差引た者を視線上に投影した者が即ち觀測者に對する星の視線速度 V になるのであるが、 F は(1)太陽系の重心に對する太陽の速度、(2)太陽に對する地球と月との重心の速度、(3)其地球月の重心に對する地球中心の速度、(4)其地球中心に對する觀測者の速度の四つの合成した者であるが(1)(2)及び地球自轉による人の速度(4)は分つて居るから計算するに殘つた者は(2)の所謂地球公轉速度である之を視線上の投影した大きさは或時は地球が星の方に向つて進行するし半年後には反對に遠ざかるから一年を週期として變化する。

さて視線速度 V を引續き觀測するに地球公轉による變化

が現はれるから此を測つて地球公轉の平均速度 v_0 を出す。

$$v_0 = \frac{2\pi a}{T} \sqrt{1 - e^2}$$

(但 a は地球の平均角速度、 a は地球の橢圓軌道の半長徑、 e はその橢圓軌道の離心率)と云ふことが理論上與へられるのである。

$$v = \frac{2\pi a}{T} \sqrt{1 - e^2}$$

これを前に引いた式

$$\sin \alpha_0 = \frac{v}{v_0}$$

に入れると太陽視差 α_0 が求められると云ふのである。

かゝる原理でキユストナーは一九〇五年一等星アルクトウルス(Alpha Bootis)の分光寫真十八枚の測定から

$$\alpha_0 = 8''.7844 \pm 0''.017$$

なる結果を得たが値としては少し悪い様である。

喜望峯天文臺ではギル及びハッフ兩臺長の時代に此法を利用し其結果一九〇九年同天文臺報告に發表せられた、七個の恒星の視線速度測定三百二個から最後の値として

$$\alpha_0 = 8''.7800 \pm 0''.006$$

となつてはかの方法と比肩する精密さに達した様に見えるが内容を見るに測定値の兩極端は $8''.835$ から $8''.778$ に亘つて居る。

此方法に就ては議論がある、直接測定するのはスペクトル

線のずれで要するに地球平均公轉速度 v_0 と光の速度 c との比 $\frac{v_0}{c}$ に歸するところとなり、方法としては光行差恒數測定が主で太陽視差は間接に出すとも言へるのである。兎に角年中測定できる方法ではあるが太陽視差を 0.1 秒迄出すには視線速度を 0.1 三軒迄精密に測らねばならぬ。此方法の將來はさうであらうか

光行差——は御承知の通り地球が運動するのとき光が走るのこの結果星の見える方向がずれるのであるが——恒數 k と太陽視差 α_0 とは關係がある、ヘイフォドの地球半徑 r とニュウコム(Newcomb)の光の速度を使つて新しく計算してみる

$$k = r \cdot \frac{v_0}{c} \quad (r = 18621 \text{ 哩})$$

こなる、光行差の測定は觀測天文學の重要な且最困難な一科であるが k の値が定ると α_0 が出る、前式より

$$k \text{ が } 20.467 \text{ 秒ならば } \alpha_0 \text{ は } 8.805 \text{ 秒}$$

$$20.470 \quad 8.803$$

$$20.500 \quad 8.791$$

$$20.530 \quad 8.778$$

緯度變化觀測の副産物として出る光行差恒數は普通二〇秒五以上で太陽視差は八秒七八程度となり少し他の結果と一致しない、近年の觀測で注意すべきは英國グリニチ天文臺で浮遊天頂寫真儀で寫真觀測の結果かなりよく k の値を出して居るが觀測の整理に當て風向の影響を考へたりして居る——と記

憶するが——から多少の手心が關係しはすまいか。其一結果 $20''.467 \pm 0''.006$ を使へば $s = 8''.805$ となり他の方法の値と近くなつてくる。

二十世紀に入つて月の運動の研究に就てはブラウン及びコウエル兩氏の仕事があるが、既に他に精密な方法があるため月の運動の模様からさういふ影響を起してくる太陽の距離は幾何といふことを出す力學的方法はあまり好果を與へないことになつた。むしろ他の方法から獲た太陽視差の値とこれ程よく調和するかをくらべてみる位に止る様である。

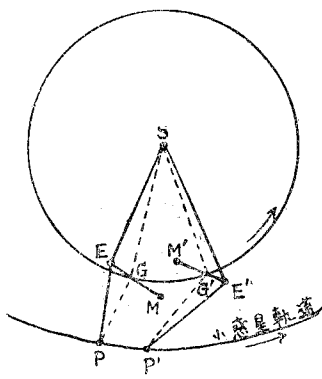
引力による攪亂とは別で、簡単な現象の月均差 (Lunar Equation) に云ふ者がある。

他の惑星の引力影響がなければ(第二圖)地球Eと月Mとの重心Gは太陽Sの周圍に楕圓軌道を畫くのであるが、見る人はGに居らずして地球E上にある。而るに地球と月とは其重心Gのまわりを一月で一回轉するから、或時Eから太陽を見た方向E'SがGより後に來るゝすれば半ヶ月後地球がE'に來ればE'SはG'Sの先になる。

故に地球から見た太陽はGの楕圓運動による上に更に角度GSEだけ或は後れ或は進むのである。此現象を月均差と云ふ。角GSEは最大凡そ六秒五(是を月均差係數と名づけて置かう)であるが後れ進みで都合十三秒程の變化が太陽の視位置にあらはれてくる。

ルヴェリエー(一八五八年)は實に月均差を利用し角GSEと距離EGを與へて太陽の距離ESを求めた最初の人であり天體力學的方法として優良と考へたらしい。其頃は主に太陽觀測から直接月均差を定めて居た、しかし精度が劣る、第一太陽といふものは圓くて中心の位置が定め難い。

近時の方法は太陽の代りにもつゝ近距離に來りそして一點



の如く小さく見える小惑星Pを衝の頃に觀測し角GPEによる變化を引出し、從て一天文單位に對する角GSE、月均差を出してくる。一九〇〇—一年小惑星エロスの衝からヒンク

ス (Thinks) は月均差係數 $\parallel 6''.431 \pm 0''.005$ をえた。

今日では太陽視差は三角測量的に求め從て距離ESを知り角GSEの大きさからEGを求め、知れた月の距離EMと比較して月の質量は地球の幾分の一なるかを出す方が主となつて月均差は太陽視差の決定には使はれなくなつた。しかし月の質量を他の方法で定めるに逆にならざるを得ないのである。精確さに於て今尙一流と見做されて居るのは、今世紀の初小

惑星エロスの衝に際して其距離を測定しそれから算出した太陽の距離である。

エロスは一八九八年発見されたばかりの小惑星であつたが平均距離に於て火星よりも一層近く、離心率(0.22)が幾分大きいため或場合には非常に地球に近づくことが知れた。且一九〇〇年十月から翌年一月に亘つて僅〇・三二天文單位の近距離になることがわかつて、直に歐米の各天文臺では協力して此期間に寫眞をまつたり實視的に測微尺觀測をして其視差を精測した。

測定の仕方はよく知られた日週法で、即ち夕三朝三に小惑星の方向を近傍の恒星に照して定める。此時間中に地球の方で自轉して呉れて觀測者は長さ數千籽の基線の兩端から測量したこゝこなり(地球小惑星の此間に動いた影響は考に入れるから恰も同時刻に兩端から小惑星をみたのと同様である。)地球の赤道半徑Rを單位として表はしたエロスの距離或はエロスの赤道地平視差Pが求められる。

太陽の平均距離aをメートルで表はした大きさaを知られてないが、計算された軌道により太陽系各星軌道の割合だけは算出できるのでエロス地球間距離△ミ地球太陽間距離aミの割合△aは必要に應ずるだけに知られてある。而るに

$$\sin P = \frac{R}{\Delta} \quad \text{及び} \quad \sin \pi_0 = \frac{R}{a}$$

故に

$$\sin \pi_0 = \frac{\Delta}{a} \sin P$$

かくして太陽視差 π_0 が求められるのである。

此エロスの觀測を整理して π_0 を出す大事業は英國のヒンクス(Hinks)が主としてこれに當り一九〇九——一〇年遂に次の結果に達した(誤差は平分誤差に直した)

寫眞觀測をまごめて $\pi_0 \parallel 8''.8667 \pm 0''.0037$

實視測微尺觀測より $\pi_0 \parallel 8''.806 \pm 0''.006$

三角測量的視差決定の結果ではまづ一流をみてよい。これに從來の三角法結果をまごめて今日では

$$\pi_0 \parallel 8''.806 \pm 0''.003$$

位が最も信用すべき太陽視差であると言はれて居る。

$$a \parallel \frac{R}{\sin 8''.806} \approx 14942000 \text{ キロ}$$

太陽の平均距離に直して凡一億四千九百四十萬キロメートル誤差五萬キロ程度であると思へばよいらしい。地球の大きさRの不確より起る誤は極小さい。

(五)

一九三一年には三十年振に又エロスが非常に接近する、右に述べた一九〇〇年の距離よりもつぎ近く凡〇・一五天文單位僅に二千二百萬キロ弱に來る筈である。

詳しく勘定してみないが七等星弱位に見えるかも知れない此衝に對しては徐に準備がされて居るらしい、太陽視差のよい値が求められるこゝこであらう。

そのうちには偶然もつこ逸物、エロスより一層近距離にくる小惑星がみつかるかも知れないと思つて居る。これは小惑星觀測家の努力に俟つ次第である。