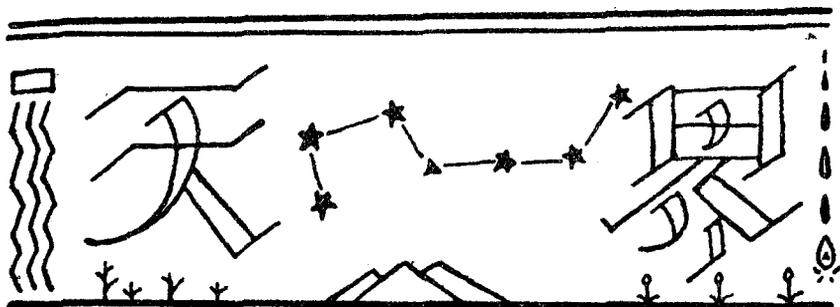


皇太子御降誕奉祝



第五十三號

(第十四卷)

昭和九年一月

天文学の過去と未來 (2)

清水武雄

12. 分光器の應用 Fraunhofer は1814年太陽のスペクトルに所謂フラウンホーファ線を發見した. スペクトル分析によつて天體の大氣中に如何なる元素が存するかを知ることが出来る. 例へば太陽の大氣は種々な物質から成るもので、内部から出る光を吸収して居ることはスペクトルの中に多數のフラウンホーファ暗線の現はるゝことによつて判る. それ等の暗線の波長と強度とを測つて、それを實驗室で測つたものと比較し、如何なる元素が太陽の大氣の中に存在するか知る事が出来る. 然しこの事は一見容易な事に見えるが、其實決して容易でない. 何故なれば元素のスペクトルはそれを出す状況によつて著しく異なるからである. 次に恒星のスペクトルには種々の階級があつて、ヘリウムや水素等の吸収線を現はす所謂B型やA型、それに續いてカルシウムの H.K 吸収線を著しく現はすF型やG型、多數の金屬及び或種の化合物吸収線を現はすK型やM型が普通で、其他にO型、M型、R型等の變種がある. A型のスペクトルには所謂バルマー線系が現はれ、廿七本迄數へられた. イオン化ヘリウムのピケリング線系は1896年に E. C. Pickering によつて或種の恒星のスペクトルの中に發見されたものである. 斯様に天體のスペクト

ルの中には容易に實驗室で出すことの出来ないものもある。其他分光術の應用は頗る廣範に亘り、分光太陽寫眞も撮ることが出来る、尙ほ又大氣の壓力及び密度もスペクトル線の幅によつて大凡そ推定することが出来る。又之により太陽黒點の性質をも知ることが出来る。實に分光術の應用は新天文学の一大特徴で、天體物理學と稱する新しい天文学の部門は主として之によつて成つて居ると云つてよいのである。

13, 太陽物理學 獨逸の Schwabe は1843年に黒點週期を發見した。續いて瑞西の Wolf はそれと磁氣嵐との關係を發見した。又英國の Carrington は黒點の赤道加速を、獨逸の Spörer は黒點の日面緯度が其週期によつて變化することを發見して黒點に關する知識を益々豊富にした。日食皆既に寫眞を利用したのは1860年からである。それ迄は餘りこの現象に注意を拂はなかつた。1860年の日食に Lockyer は分光器を應用して紅焰のスペクトルに未知の輝線 D₃ を發見し、其光を發する元素を假に「ヘリウム」と呼んだ。二十七年の後、Ramsey が鑛石中より此新元素を發見したのは有名な事實である。日食によらずに紅焰を見、且それを寫眞に撮ることは分光器を利用して容易に出来ることゝなつた。最近三十年來、太陽の研究に於て無二の權威と仰がるゝのは米國の Hale 氏である。氏は水素の H_α 線による分光寫眞から黒點の渦動を證し、ゼーマン効果によるスペクトル線の分裂と偏光とによつて太陽面殊に黒點の附近に強力な磁場の存在することを示した。Hale 氏は更に黒點の磁性の方向より其週期が十一年餘ではなく、むしろ其の二倍であるべきことを説いた。

14, 視線速度 Doppler-Fizeau の原理に基いてスペクトル線の移動より天體の視線速度を求むることは近代天文学の大眼目である。太陽系内の應用には太陽の自轉、土星の環の運動等があるが、それは一小部分に過ぎない。恒星に應用して太陽の空間運動と距離とを簡單に求めることが出来る。連星に應用して其視差或は距離を絶對的に求めることも出来る。所謂「分光連星」は距離の遠いために直接に見ては普通の恒星と差別のつかぬものであるが、視線速度の週期的變化により連星であることの明らかなものである。視線速度の研究に多大の貢獻をした人々には獨逸の Vogel、米國の Frost 及 Campbell 等がある。Campbell は特に多數の測定結果より一種の剩餘を發見した。此の剩餘はK項と呼ばれ、恒星が一秒につき平均約1.3Km の速度を以て遠ざかりつ

あることを示すものである。米國ローエル天文臺の Slipher は特に渦狀星霧の視線速度を測つて驚くべき事實を發見した。それによれば此種の星霧の速度は普通の恒星の速度の十倍以上で、中には一秒につき 1800Km の速度を以て遠ざかりつゝあるものがある。最近又、キルソン山天文臺に於ける星霧の同種の測定によれば一秒につき 7800Km の大速度を以て遠ざかり行くものがある。此等の星霧に對して K 項は恒星の場合の數百倍である。此様な結果は普通の考を以てしては到底説明のつかぬことで、恐らく相對性原理に基づく宇宙構造上の大問題と關係があるのであらう。

15, 光度測定 組織的に多數の恒星の光度を測ることは、前に獨逸の Aigeländer 等がやつた事があるが、現今は主としてハーヴァード大學天文臺の測定を標準とする。變星は又多數に發見され、多數の素人觀測者によつて觀測された。同時に新星も亦、屢發見されて、各所に於て觀測された。其等の觀測によつて變星を新星、週期變星、不規則變星の三種に大別し、更に週期變星を食變星、セファイ型變星及び長週期變星とに區別することゝなつた。此中、食變星は連星が食の現象を呈するもので、視線速度の觀測により兩方の質星を定めることの出来るものである。セファイ型變星は球狀星團の中に多數に發見される。ハーヴァード大學天文臺の Leavitt 女史は小マゼラン雲中の多數の變星を研究して、週期と光度との間に著しい關係のあることを發見した。之が所謂セファイ型變星の「光度週期の關係」と稱せらるゝもので、ハーヴァード大學天文臺現臺長 Shapley 氏は此關係を利用して、多數の星團の距離を推定した。其結果は20,000光年より200,000光年に及ぶ大距離で學界に少からず衝動を與へた。更にキルソン山天文臺の Hubble 氏は渦狀星霧中に多數のセファイ型變星を發見し、Shapley 氏の方法を應用して其距離を求めた。其結果アンドロメタ座の大星霧及び三角座渦狀星霧の距離が約900,000光年の大距離にあることが分つた。

16, 巨星及び矮星 恒星の實大を表はすに絶対級數を用ひる。之は其恒星を32.6光年の距離から見た時の等級である。和蘭の Hertzsprung 氏は1905年に多數の恒星の絶対等級を求めて、それに二種あることを發見した。一は零等内外のもの、他は四五等以上のもので特にその差別がスペクトル型KやM(赤

色)の星に著しい。米國の Russell 氏はスペクトル型と絶対光度との關係を猶ほ多くの材料により研究して、一の恒星進化説を提出した。之によれば恒星は始め赤色の巨星であつたのが次第に縮小し、同時に溫度が上昇して白色となる、其間光度は殆んど不變で、それが所謂巨星の時代である、溫度が極大に達して、猶ほ縮小が續く、そして光度は次第に減じ色は黄色より赤色となる、之が所謂矮星の時代である、矮星は更に冷却し縮小して遂に暗體となると云ふのが其説である。同じスペクトル型の恒星について、それが巨星か矮星か、區別がつけば絶対等級は知られ、それを實視等級と比較して直ちにその距離を知ることが出来る。キルソン山天文臺長 Adams 氏は巨星と矮星との差別をスペクトルにより研究して、恒星の距離を測る新しい方法を案出した。之が所謂分光視差の測定であつて、從來恒星の距離を測るには少くとも半年以上の時日を要したものであつたが、此方法によれば唯一夜の觀測からでもそれを出ることが出来る。又、恒星の實大は理論的に推定することは出来るが實際それを測る方法がなかつた。然るに米國の Michelson 氏及び Pease 氏は1920年にキルソン山天文臺の「百吋」反射鏡に干涉計を附して數個の巨星の視直径を測ることに成功した。その結果は英國の Eddington 氏が前に理論的に求めた結果と一致するものである。

17, 太陽のエネルギー | 十九世紀前半に於ける物理學の發達に伴ひ、エネルギーは不増不減不滅のものであることが次第に明らかになつて來たのであるが、我が地球上に於ける多くの現象を吟味して見れば、殆んど一切の活動の根源は太陽の熱であると云ふてよい。風雨雷霆の如き氣象變化は云ふ迄もなく、燃焼によりて熱を生ずる薪炭、石炭や、流れて水力を生ずる高地の水源等も、其のエネルギーの根源は皆太陽の熱から出て居る。現に地上に受けつゝある太陽の熱は、若し途中に於て大氣に妨げられず、其地面に直射すると假定すれば、一時間毎に厚さ五分の氷の層を融かし去る程の量である。ひとり地球へのみならず、四方へ斯の如く多量の熱を發散する太陽の表面の溫度は、計算によれば約六千度でなければならぬ筈で、其の内部は定めし幾千萬度以上にも及び、全部白熱の瓦斯状のものであらうと推察される。斯の如き多量の熱エネルギーの源は何であらうか？ 太陽は何處からこの熱を得て來

たか? 如何にして補給しつゝあるか? 抑も太陽の實體は如何様に来て居るか? 大體に於て太陽を構成して居る物質各部が相互引力のために次第に密集しつゝあるので、このために引力の位置のエネルギーが變じて熱エネルギーになるわけであるが、之だけでは太陽の熱量は説明出来ぬ。太陽の熱の一部は原子内部の變化に基くものと見なければならぬ。太陽の表面には時々黒點が現はれる。其大小増減は約十一年の週期にて變化するが、一見不思議なことは黒點の多い時は太陽の熱も光も強い。畢竟黒點は太陽の表面に發生せる渦巻で、渦狀運動によりて表面より少く内部まで立入つて攪亂するが故に内部の高熱を表面に傳ふることが多くなるためであらう。尙ほ詳しく吟味すれば單に熱量が多くなるのみならず、殊に短波長の部が多くなるらしい。Stefan の法則によれば完全黒體の輻射するエネルギーの總量は、 T を絶對溫度として $E = \sigma T^4$ 、又、 $\sigma = 5.72 \times 10^{-5}$ である。又 Wien の則によれば完全黒體の輻射に於て最大のエネルギーを發する線の波長 λ_m は T に反比例し、其乗積は $\lambda_m T = 0.289$ である。此等は何れも實驗的に出した法則であるが、Planck は彼の有名な量子論によつて理論的に任意の波長 λ に對する輻射エネルギーの量 E_λ を次式で表はした、之が所謂 Planck の輻射公式である、

$$E_\lambda = \frac{c^2 h \lambda^{-5}}{e^{\frac{ch}{K\lambda T}} - 1}$$

但し、 c は光速、 h は Planck の常數、 K は Boltzman の常數である。此式は λ を 0 より ∞ 迄積分して Stefan の公式となり、 E_λ の極大を出せば Wien の法則が得られるので、最も一般的なものである。地球の表面に於ける太陽の輻射全量を時の一分と面積の一平方 cm に對しカロリで表はしたものを太陽常數と云ふが、之は Abbot によれば 1.938 なる値を有し、此値を用ひて Stefan の公式によりて T を求めれば 5750°K となる。太陽の輻射エネルギーを別々の波長に就て測るには分光熱量計を用ひる。之は要するに分光計と熱量計とを併用するもので之によつて各波長に對する輻射エネルギーを曲線に表はすことが出来る。此の如き方法によつて求めたる太陽の最大エネルギーの波長は約 4.7×10^{-5} cm で、之に Wien の法則を適用して T を求めれば 6150°K となる。以上によつて太陽の表面の溫度が 6000°K に近い事だけは確かになつた。尤も

輻射の公式は何れも皆完全黒體としてのものであるから、理論と觀測とは一致しないのは寧ろ當然であらう。太陽面の中心と縁とでは光の強弱があるが、それによつて温度も亦違つて居る。中心に於ては約 6300°K で縁では 5000°K である。此違は無論見掛のもので、太陽の大氣の吸収を考慮すれば同じになるべきものである。黒點の温度は約 4000°K である。

18, 相對性原理 相對原理は時間と空間と光と引力との關係を説く學説であつて、天文學とは特に深い關係をもつものである。水星の近日點が百年に約 $43''$ の割合で前方に移動することは Leverrier が發見して Newcomb によつて確認された事であるが、Newton の力學では説明の出來ないことであつた。それで種々不完全な説も出たのであるが、相對原理は巧にそれを解決した。相對原理は更に恒星の光が太陽の引力の場に於て屈折すべきことを期待した。此現象は未だ觀測されて居なかつたので、1919年に英國からブラジル地方に派遣された日食觀測隊は果して其事があるかどうか、出來るだけの注意を以て之を檢査した。其結果は明らかに期待された通りであつた。もう一つこの理論が特に要求したことは強い引力の場から出る光のスペクトルは或變位のあるべき事である。さういふ事實が果して太陽のスペクトルにあるかどうか？ 何しろ其變位は餘程小さいものであるために、久しく疑問となつて居た。然るに1925年に至つて遂にシリウスの伴星に於けるスペクトル線の著しい變位によつて確かめられた。シリウスの伴星は所謂白色矮星と呼ばれるもので、絶對等級十一等の小星であるに拘らず、色は白く、Russell 氏の恒星進化論に對する一つの例外なのである。Eddington 氏の研究によれば其比重は水の50,000倍程度でなければならぬ。それで斯の如き天體の表面から出る光は、非常に強い引力の場から出るので、餘程大きなスペクトル線の變位を伴ふものでなくてはならぬ。Adams 氏は「百吋」反射鏡を用ひてそれを檢した結果、確かに其事を認めたのである。かくの如くして結局、相對原理の驚くべき確實性と水の50,000倍と云ふ大比重の存在が同時に明らかになつた。

19, 終 結 以上天文學の發達に對する物理學の關係を記したが、由來物理學は數學の根底の上に成立するものであつて、天文學と物理學との關係を論ずるに當りては必然的に數學が關係して來る。古代に於て物理學の未だ發達

しなかつた時代には天文学も甚だ幼稚なものに過ぎなかつたが、物理学の發達と共に天文学は長足なる進歩をしたと云つてよいであらう。太古時代には天體間の運動は漠然とした神秘的な領域の中に限られて居たのであるが、種々の觀測機械の發明と色々な學者の研究により、恒星の位置運動分布等が精確に判り、星辰界の構造も次第に明瞭の度を増して行つた。而して、ひとり天文学が物理学の恩恵を蒙つたのみならず、物理学も亦天文学によりて良き研究材料を提供され、その發達の上に少からざる便宜を與へられて來たことは云ふ迄もない。古來天文学者と稱せらるゝ人は何れも數學者であり、物理學者であつた。實際、物理学數學を離れての天文学なるものはないである。物理学、數學を考へざる天文学は唯太古時代に於ける人々によつて考へられた神秘のみに屬する天文学である。

今や天體間の運動や法則は殆んど研究せられて、充分明瞭になつて來て居る。然し天文学は非常に範圍が廣く、取扱ふ對象物が廣大なる宇宙であるから、之を完全に窮めることは容易のことではない。宇宙の神秘は人間の偉大なる智力によつて半ば解くことが出來たが、まだ解けないものが多く残つて居る。秘密の奥に更に大なる秘密があつて、果して何時の日にそれが完全に解かれるかと思へば、前途遼遠の感がある。然しながら靈に勇み輝く人間の意志は容易に屈しない。將來の天文学は數學と物理学との密接なる提携によつて、勇敢に未知の世界に侵入し、そこに深い興味を感じ、人生の大使命と信じて、時代と共に進んで行かねばならぬ。そこに學術の微妙なる趣がある。人類の歴史はそれによつて美しく色彩られるのである。(終)

た　よ　り

札幌に、明治の始め頃、天文臺(?)のあつた事を知りました。明治大帝の遺跡として今残つてゐます時計臺は、明治十一年に建てられたものですが、その頃は、時計臺の裏の建物で子午線觀測をやつて報時したものださうです。今はその建物はありません。札幌農學校の一、二期卒業の方にお伺ひしたら、或は詳しいことが分るかも知れません。

東京で、ポール氏の講義が初まつたのは明治十二年頃と聞いてますし、天象臺の觀測もその後ではないかと思ひますので、歴史的にも面白い事ではないかと存じます。尙よく調べて見ます。早々

下　保　茂

山　本　先　生　侍　史