

天界現象の予報

関口鯉吉

一 自然現象の予報

予報というのは、読んで字の如く、一つの事象が発生する可能性を事前に考察し、其の生起の時と場所及び経過を公衆に予告することである。

予報にも種々ある。神秘の世界に住む人達が第六感とかいうものに依つて、理窟なしにすぼり、と的てるのがある。此の流義は正しい意義に於ける「科学」を有たなかつた古えの社会に専ら行われて居たもので、当今の社会でもなかなか広く信頼を得て居るように思われるが、其の大多数は当るも八卦当らぬも八卦式のあやふやなものである。此の流義に対する信者は「良く的中する」と言うけれども、非常に多くの場合に就いて正確な統計をとつて其の適中率を検考して見ると、大抵は五分五分程度のものである。尤も是等神秘主義者の中には或種の統計成績に基いて的中率の優越さを主張する向も見受けられる。併し統計というものは言うまでもなく、材料の選択、及び取扱の仕方に依つてはいくらでも自己の説に都合の好い結論を導き出せるものであつて、一つの予報に対して真に価値ある批判を下すには、統計法の原理になつた依怙のない統計を行つて、慎重論議した上でなければならぬ。

予報的中率の統計に依る批判というものが如何に慎重を要するものであるかということ、日々の天気予報に就いて容易に其の一例を見出すことが出来よう。一、二月の候関東地方で晴五日に雨一日位の割合で、出鱈目に晴雨

を割り振って予告したものとし、又六、七月の候雨五日に晴一日位の割で、同様の出鱈目予報をやったとしたら、恐らく八割位の適中度を確保し得るだろう。けれどもこれは単に年々の経験乃至は吾々の常識に依つて分つて居るところの当該季節の平均状態を、別の言葉を以つて尤もらしく言い換えたに過ぎぬもので、予報の技能として特に賞讃すべき性質のものでないことは多言を要しない。ところが吾々は往々これにばかされて、「なるほど良く的中する」と感じたがる。冬季に稀れな雨天を予報した全回数の中で、果して雨天となった場合が幾割あるか、或は梅雨期に期待し難い晴天を予告した場合全部の中で、其の通りになったことが何割あつたか、其の歩合が批判的となるべきものである。

二 科学的予報と統計

真に価値ある予報というものは、其の事象の因つて起る源を探求し、純正な理路に従つて一步一步其の結果を追尋し行く底のものでなければならぬ。即ち先ず其事象の成立を支配すべき法則を帰納的に発見し、之れに基いて個々の場合を演繹して行くものでなければならぬ。斯様な行き方でなければ真の成功を、かち得ないということは今の「予報」を厳正な批判にかけた結果明らかなことである。

此種の法則にも種々ある。単なる統計の結果として現われて来る「週期」であるとか、他のより簡単な、若しくはより予知し易い事象との間に存する「相互関係」等も一種の法則には相違ない。併しながら斯様な法則のみに立脚してなされた予報は決して正確を期することが出来ない。又多くは吾々の常識として知れきつた事柄を尤もらしい表現を用いて発表したに過ぎぬものとなる。其の最も簡単な例は一年を週期とする四季気候の循環や、一日を週期とする朝夕の寒暖の変化等である。又稍複雑したものとしては、気候の週期的循環の如きものを挙げる事ができる。太陽黒点の増減に伴う気圧や気温の変化の如きも這般の相互関係の一例である。

総じて自然界の現象というものは単一の原因で起るものでないことは自明の理であつて、沢山の原因が錯綜して居るもので、各因の齎^{もたら}らすべき結果の複合として其の現象の発現を見るものである。帰納的に見出されたる週期性なるものは、当該現象の因をなす他の多数の現象が有する週期性の何れか一つが統計の結果として現われて来たもので、余の週期性は削り去られてしまつて居る。実は余の週期性を打ち消して、単に一つの週期性だけを現前せしむる様に統計の際特別の操作を施したものである。別の操作を施せば他の週期性をいくらでも摘出し得るわけであつて、其等を不問に附し単に一つの週期性のみに着眼して予報を行った結果が的確にゆかないのは当然のことである。「相互關係」に於ても同様である。要するに吾々の統計的に見出し得た「法則」なるものは「ならし」であつて、其の裏には数知れぬ他の「法則」が潜んで居つて、主要法則を攪^{かくらん}乱し若^もしくは之れに狂いを与える結果、所謂「番狂わせ」を起して予報が外れるのである。

単一の週期性を有するか、若^もしくは之れを狂わせる第二第三の原因が存在して居ても、其れが極めて軽微なものである場合には、単なる統計的法則でも十分の効果を奏することが出来る。併^{しか}し斯^か様な場合というものは一般自然界には稀有な事柄であつて、唯^{ただ}太陽の引力で統制されて居る惑星及び其の仲間の天体の行動や、之れと同一轍に考え得る恒星の或種の運動に限つて、其の予報が可なりの程度まで此の流義で押し通せるのである。西洋に於てはエジプト、ギリクの古代、又東洋に於ては堯^{ぎょう}舜^{しゆん}の時代より、純統計的方法で可なりの正確度を以て日月星辰の運行を予報し、相当信頼すべき編曆の術が開けて居たのは之れがためである。

三 力学的予報術

さりながら単なる統計術では、予報の正確度に超ゆべからざる限度があつて、實際問題に於て社会の要求を満足することが出来ぬことが多いのである。しかのみならず、理論に導かれざる盲統計の弊として、とかく何等実在せ

ざる無意義の「週期性」や「相関」の現出に騙され勝ちのものである。多大の労力に依つて発見した統計的法則が果して真に意義ある因果関係の現われであつて、之れに基いて行つた予報が優れた成績を示すであろうか、或は其れが単にこみ入つた数字の取扱に際して偶然現われたところの似而非法則であつて、予報の基礎としては全く価値のない八卦式のものであるかを判断するのは、殆ど不可能事に属する難事である場合が多いのである。

発見された法則が安心して信頼されるためには、其れが因果の法則に依つて当然かあるべきものと論証し得るか、或は又因果の理法から見て斯くあるべきものと推断されたる「相関」や「週期性」が過去の事実の統計に依つて実証され、若くは其の不備の点を補正された場合でなければならぬ。自然界に於て一般に公認された因果の理法には種々ある。又種々の形に於て表現せられて居る。が、之れを予報という方面に利用して過ちなからしむるには、数字に依つて的確に表わされたものでなければならぬ。而してそれは五感に依り直接間接に測定し得る數量の間の関係を概括したものでなければならぬ。でないことどの程度まで其れが事実と合致するか、如何に完全に實際現象を支配するかを厳正に檢察することが出来ない。尚又この理法は自然界の最も根本的な原則と矛盾せぬものであり、この根本原則から演繹し得るものでなければならぬ。斯様な條件を具備する理法は物理学の上で一般に認められた各種の法則の外にない。近代の物理学に於ては自然現象を支配する法則をば「力」と「エネルギー」という根本觀念の上に組立て、総ての現象をば物と物との間に働く力の作用とし、或は物から物へとエネルギーの転移する経過とし、又は一つのエネルギー型より他の型のエネルギーに転化する過程として説明せんと努めるもので、其の最も厳正な行き方としては、其の現象に参与する各々の物体若しくは物質の各部分の間に働くところの「力」と其の効果とを結びつける関係をば一系の方程式を以て表わし、其の式を解いて、刹那刹那に於ける各物体の位置を追跡するのである。斯くして物質の行方を尋ねると同時に、エネルギーに就いても、一連の方程式に依つて其の行方を解決する。これで其事象の予報が完全に行われるわけであるが、現今の数学の力を以てしては以上の如き方

程式が厳密に解き得る場合は甚だ少いので、實際問題で此種の方法を応用し得る範囲は極めて限局されて居るのである。唯太陽と惑星の如く虚空の中に孤立して万有引力の作用で互に引き合う二個の物体、而も其の距離が大いに比して桁違いの遠さに在る場合に就てのみ、方程式が完全に解き得るのである。三個の物体となるともう始末に了えない。四個五個となつては尚更である。唯遁路としては、第三者を度外して解き得たる結果に対し、第三、第四等の物体の及ぼす作用をば補正項として取り入れる手段あるのみである。距離が近い場合や形状の不規則の場合には益困難が加わる。況や液体瓦斯体の如く無数の微分子より成るものの各部の運動並に各部の間に出入するエネルギー（熱）の行方や転変を数理的に追跡するということは、極めて簡単な模型に就いての外は殆ど不可能に近い難事と称して差支ない。之れを實際の問題、例えば氣象の予報などに応用するに當つては、問題に極端な單純化を施して方程式を解き、後から実情に応じた補正を加えるの外ないのである。

斯くの如く予報の問題としては最も簡単な惑星の運動でさえも、厳正な方法を行うには深い物理学の原理と深玄複雑な数理に依らねばならぬのであるからして、物理学や数学の発達しなかつた中世以前の天文家の予報というものは、往々少からぬ誤りを起したものであつた。力学的の方法が採用されるに及んでは実に格段な進境を示し、其の一半を語るだけでも、人をして近代科学の方法が如何に堅実にして有力なものであるかを首肯せしむるに足るのである。私は以下二三の实例について、この「力学的天文学の勝利」を物語ることに依つて先賢の成功を礼讚し、併せて彼等の苦心に対して感謝の意を表したいと思う。

四 古代に於ける日月及惑星關係の予報

上に述べたように、純統計的の法則は、之れを予報の上に応用した場合、それに絶対の信頼を置くということとは出来得ないものではあるが、統計が数百年にも亘る長期の材料に依つてなされたものであるときは、可なり立派に

役立つものである。東西兩洋共二千年以上も昔から、日月惑星の運行法則が一部有識者の間に知られ、之れに依つて、其等天体の日々の見掛上の位置を推算して、曆日を正したり日食や月食の生起までも予報し得たのは、真に統計的法則の有難い効果だと言わなければならない。

曆というものは、要するに季節の予報である。季節は平均に於て正午に於ける太陽の高度に伴うものである故に、正午高度が一定の値になる日を觀測に依つて見出し、斯様な日の循環し来る週期を知ることによって、季節循環の法則が分るのである。古えは太陽の正午高度最小の時、即ち冬至の日時をきめ、一つの冬至より次の冬至に至る日数、即ち回歸年の長さをば、長年の統計から精確に算定し、其の間を適宜に区分すれば各区の季節は自らきまるわけであつて、各々の区に順次「月」の番号を配して行くことに依つて、平均に於ては一定の季節が一定の月日に循環するようになることが出来たのである。之れが太陽曆組立ての原則で、斯様な組立てが完全に出来れば、季節の予報というものが少しも齟齬せずに行われ、人間社会の年中行事を律する上に此の不便を感ぜぬわけであるが、古え定めた回歸年の長さ即ち季節循環の週期には僅かばかりの誤差があつたので、年々曆旧と季節の食い違ひが積もつて、遂に数十日の齟齬を来すに至つたので、編曆法の改正を余儀なくされたことが再三あつたのである。

東洋方面で最も盛んに用いられた太陰曆なるものは、各月の日次を太陰の盈欠に伴わせて、日を数えるに便ならしめたものであるが、盈欠の循環期即ち朔から朔までの日数（朔望月と称す）二九・五三〇六日の端数〇・五三〇六日の処置に困つて、最初は一月の日数二九日のもの（小の月）と三〇日のもの（大の月）とを交互に置き、それでも十分に行かないので、適当な規則の下に大小をつきまぜることとし、遂には「朔」の日を月の初日とするという規定に依つて月の大小が自然にきまるような組織にしてみましたのである。処が、此の「朔」というものは太陽と太陰の天球上に於ける経度が丁度等しくなる日時であつて、之れを正確に知るためには、両者の位置を正確に予報することが必要なのであるが、古え天体の觀測や運行の理論が進まなかつた時代には、斯様な予報が正確には

出来なかつたので、止むを得ず週期法に依つて「朔」を推算したのである。

朔を週期法で推算するということは、週期が十分正確に知られて居さえすれば、平均に於て月の盈欠と日次とが全く相伴い、實際上少しも差支ないのであるが、日月の運動は全然週期的には行くものとはいえないのである故に、時によると朔望が一日くるい、日食や月食を予知する上に不便を感じしめるのである。日食は「朔」に起り、月食は「望」に起ると相場がきまつて居るので、日食が月の二日にあつたりしては世間が承知しない。そこでどうしても、太陽太陰の時々刻々の位置を推算して其の交会の時刻をきめなければならなくなつたのである。

太陰曆に於ても、季節の予報をなし得るためには、毎年同じ名称の月の同じ日次には平均に於て同じ季節になるようにする必要がある。処が回帰年というものが「朔望月」で整除し得ないために一年の「月」の数をきめて動かさない、季節と月とが忽ちに伴わなくなつてしまふ。即ち一年を十二ヶ月としては少し足りないし、十三ヶ月では多過ぎるのである。そこで、一種のやりくりを考えて、十二ヶ月の年が二度続いた後に十三ヶ月の年、即ち閏年を一度置くというようにして、この不足を修正することにしたのである。斯様にしてもなお長い間には季節と「月」の間に、可なり食い違いが積つて来るので、閏年の置き方に更に複雑巧妙な規則を設けるに至つたものであるが、近代になつてからは、冬至と冬至の間に十二個の区切りを置いて、之れに番号を附し、或る番号の区切りを含むところの「月」には其の番号を附することとし、是等の区切りの何れをも含まぬ「月」が出来た場合には之れを閏月として名称なしの月とするか、仮りに前月の名を借りて之れに冠することとし、斯くして月日と季節の平行を永久に確保せしむることが出来たのである。

以上の如くにして季節の予報は編曆法の發達に依つて年々の平均に於いては頗るうまく行くようになったのであるが、昔から最も人心を騒がせたところの日食や月食の予報は、純統計的手段ではそう易々とは行われなかつたのである。第一に必要な朔望の生起日時の推算が正しくは行かなかつた。又仮りに朔望は正確に分つたとしても、

それが地球上に於ける日と月の視経路即ち黄道と白道との交点に可なり近い所に太陰が廻つて来たときでなければ食にはならないので、交点との関係的位置をも正確に推算しなければならぬ。此の両方の推算を誤りなくやるということは、往時の天文学者の手に負えぬ仕事であった。彼等はこのにも統計法則を利用するの外なかつた。過去何百年かの経験によつて、同様な経過の下に生起する日食が六五八五日毎に繰り返さるるといふこと、即ち所謂サロス週期なるものを発見した。両道の交点は年々約二十度づつ日月の運動とは反対の向きに移動するものである故に、太陽が交点から交点に回帰する日時は三四六・六二〇〇三一日、月は二七・二一二二〇日であり、又朔から次の朔までは二九・五三〇五八八日であるから、此の三者の公倍数（凡その）たる六五八五日を週期として太陽、太陰、交点の三者の相対的位置が一定になるのであつて、従つて、丁度これだけの週期で同様な日食が繰り返さるることになるのである。

無論斯様な純統計的方法の適中率があまり良いものでなかつたのは言うまでもないが、それでも往々うまく予報が當つて賢者の誇りを縦にしたものであつた。支那上代に於て、天文家が日月食の予報をしくじつた場合は、大きな手落ちとして処罰されたものであつた。有名な『夏書胤征』の記事はよく這般の消息を物語つて居る。即ち乃季秋月朔。辰弗集于房。瞽奏鼓。吝夫馳。庶人走。義和尸厥官。罔聞知。昏迷于天象。以于先生之誅。

とあるのは、当時の天文家義和氏が酒色に耽つて、真面目の推算をやらなかつた結果、仲康五年の日食の予報をやりそくなつて、人心の動揺を起したのを、天子が怒つて、之を誅罰したことを記したのだと解釈されて居る。又西洋では紀元前五八五年リデアンとメデスの交戦中起つた日食は、予報の適中した最初の記録として伝えられて居る。

五 太陽系天体の予報

日月及び惑星の位置の推算が物理学的基础の上に立つて合理的に行われ出したのは、西洋に於て彼の有名なケプ

ラーが楕円運動の法則を発見し（十七世紀の初）約百年の後ニュートンが之れに力学的の解釈を与えたときに端を発して居る。ケプラーは、古代の観測資料によつて、地球に対する太陽の相対的運動の軌道は、地球を焦点とする楕円でなければならぬ。而して両者の連結線の一日間に画く面積は、四季を通じて一定であると結論したのである。此の法則に依つて角運動の速度が分るのであつて、地球太陽の相対的位置を推算する基礎が出来たわけである。ニュートンは此の法則は日月星辰が万有引力のために動く当然の結果であるとし、引力法則の最強の実証材料として之れを用いたのであつた。併しケプラー、ニュートンの法則が十分の実を結んで、地球や諸惑星の位置の力学的予報術が実地に面して有効に行われるようになったのは、ラプラス（一七四九——一八二七年）オルバース（一七五八——一八四〇年）等を経て、ガウス（一七七七——一八五五年）に及び、天体軌道学の大成された賜に外ならない。更らにベッセル、エンケ、ハンゼン、エアリー、ルベリエー、アダムス、クリンケルフォイス、オツポルツァー、チツセラシ等を経て、ニューカム、ポアンカレ等の研究に依つて天体位置の力学的予報術は顕著な伸展を示し、今日では第三第四体の引力をも加算して運動の狂いを推算し、日月惑星の時々刻々の位置は角度の数秒を出でぬ僅少の誤差を以て予報し得るようになって居る。従つて日食や月食の予報も百発百中の域に達し、其の終始の時刻の如きも分秒を争う精確度を保ち得ることとなつた。

六 彗星及流星の出現

斯くの如き進歩の跡は夫々の時代のエポックを成すところの顕著な二三の発見を物語ることに依つて歴々と眼前に展開せしむることが出来る。順序として先ず統計約方法の顕著な成功を物語るところのハレー彗星出現の最初の予報に関して一言したい。ハレーは一六八二年北天に出現した大彗星の軌道を推算して其の形が一六〇七年に現われた彗星の軌道に酷似せるによつて、同一彗星が七五年を経て再来したものと考え、更に実測に基いて推算した楕

円形軌道の一週期が丁度七五年となるによって自信を強めることが出来たのみならず、遡って過去の記録を調べた所、七五年を置いて再三彗星の出現した事実あるを確かむることが出来たので、同一彗星の週期的出現なることは疑う余地がなくなり、次回の出現を一七五八年と予報して、亡くなったのであった。ハレーの推算は該彗星が太陽の引力のみで完全な楕円軌道を描いて動くものとしてのものであったが、実際に於ては同彗星の行動は木星及び土星の引力に依つて可なりの狂いを生ずるのであつて、クレイロウは此の作用をも考えに入れて数理的の勘定を行つた結果、彗星が近日点に達する日が六一八日遅れて一七五九年四月中頃になると予断し、一ヶ月内外の不確かさあるものと附言したのであつたが、果して一七五八年の末に出現して、翌年三月十二日に近日点を通過したのである。爾後毎回出現の予報と実測とが行われ、数理的方法の進歩に伴つて予報の中は愈々精確となり、最近一九一〇年に於ける出現の如きは、コーウエル、クロムメリン両氏の推算した日時と位置はぴったりと実測に合致し、一九〇九年九月十一日の観測では予報された点から数分の角度内に其の姿を認むることが出来たので、力学的方法の偉大な勝利として讚嘆の的となつたものである。勿論之れは七六年間の時々刻々に於ける各惑星の引力を計算して軌道の狂いを考定したもので、三ヶ年に亘る労力の結晶である。

ハレー彗星の外にも、週期的に出現する彗星が多数発見され、夫々力学的の推算を施して出現の日時や位置を予報して良結果を収めて居る。例えば三・三年週期のエンケ彗星、昨年出現した六年週期のウインネツケ彗星等、十年以下の週期を有つたものが二十二個もある。

彗星と離るべからざる関係を有する流星の出現も予報の可能な事象の中に数えることが出来る。一晚に飛び流れる流星の視経路を天球上に於て延ばして見ると、一点から放射状に射出して居るもので、斯様な輻射点が所々に散在して夫々系統を異にする流星群を形成して居るものである。これは其の輻射点の方向から此方に向つて多数の流星が平行に直線的に進来するのを、透視画的に観るために、輻射状を成すもので、之れに基いて各流星群の軌道を

計算することが出来るのである。かくて流星なる現象は無数の微小天体が群むらつて、夫々それぞれの群が楕円もし若くは拋物線、双曲線等の軌道を通つて太陽の周囲を運行して居るもので、地球が其の公転運動の途中で偶々たまたま其等流星群の軌道の一つに交会すると、彼等は地球の引力に引寄せられて、空气中に突入し来るものであるということが明かにされた。斯様かような訳で流星は其の軌道の位置次第で種々異なる季節に地球と交会するし、又輻射点も夫々それぞれ其の位置を異にするもので、其の最も有名なものは八月十日から十三日頃でペルセウス星座から輻射するもの、十一月十四日乃至ないし十六日獅子座から輻射するもの等で、顕著な流星群だけでも数十群を数え、総数は幾何いくばくあるか知れない。

流星群もやはり軌道の算定と各惑星の引力の加算によつて其出現の日時や位置を可なりまで予報することが出来る。同一流星群でも其の頻度は出現の年によつて異なるもので、中には週期的に一定の年数を隔てて、増減するものがある。其著しい例としては十一月の獅子座流星群で、記録によると三十三年毎に「雨の如く降り注いだ」ものである。ところが近年には絶えて斯くかの如き顕著な出現を見ないので、恐らく軌道が惑星の攪乱作用で幾らか外れたか、若しくは曾ては濃密な団塊であつたものが全軌道に沿つて次第に散漫にちらばつてしまつたものであると考へられて居る。此種の理論が十分にきまらぬために、今の所では流星の出現度合を正確に予報することは未だ出ないのである。

流星群の軌道には彗星と殆ど軌道を同うするものが少くない。而して其の場合には当該彗星の出現した後特に其の流星群の活躍を増す傾きがある。其の著しき例は一八六六年第一彗星（或はテンペル彗星週期三十三年）と獅子座流星の関係、一八六二年の第三彗星とペルセイ流星の関係等で、ハレー彗星の如きも五月初頭に見らるる水瓶座家は彗星が崩れて流星になるのではないかという見解をさえ有つに至つた。斯くかの如き関係に着目して夫々の流星群の活躍程度を予報するということは有望な方法には相違ないが、未だ研究が不十分なので其確實性は甚だ薄いも

のと言わねばならない。

七 海王星の発見

海王星の発見は科学的予報の成功に關した逸話を遺した点で天文史家の書き漏らせぬ事柄である。一八四五年
フランス 仏蘭西の若い天文学者ルベリエーは天王星の運動が単に太陽や木星土星等の引力に依つて支配されて居るものとし
ては解釈出来ない一種の狂いを示すことに着目して、其の原因を未知の惑星の作用に歸する外ないものと考え、其
の惑星の軌道や惑星のあるべき位置を推算し、一八四七年の初めに黄經三二五度の所に来るべきを発表し、ベルリ
ンのガレはルベリエーの懇望によつて一八四六年九月二十三日の夜予報された方向に望遠鏡を向けて之れを搜索し
たところ、角度で一度も誤らぬ所に未見の星のあるのを発見し、其の逐日恒星の間を逢うて移動することからして、
惑星に相違ないことを確かめ得たのであった。この予報はルベリエーに少しく先立つて（殆ど同時）英国のアドム
ズも之れを行つて、エアリーに報告して居たし、其の予報した所を後の実測と対比するも、其の確度に於てルベリ
エーのより勝るとも劣りはせぬ見事なものであったが、観測法の手違いからして発見の功を他に譲らねばならな
かつたのである。

此のような事柄は単にうまく一事實を言いあてたということに依つて価値づけられるのではない。誰れもが承服
するような合理的の方法に依り、而かも其方法を理解することに依つて誰れにも行い得るようにフォーミュレート
された方法に依つて予報し得たという点に科学としての価値が存する。でなければ売卜者流の「第六感」と撰ぶ所
はない。ルベリエーの成功に刺戟せられて、海王星や天王星の運動の狂いから海王星よりも更らに外側に未知の惑
星を発見しようと試みたり、而して水星の軌道の変化からして、更らに太陽に近い惑星の存在を予想して其の搜索
に熱中する観測家が続出した。（海王星軌道の外側に冥王星が発見されたのは偉大な成功である。）

万有引力の法則は太陽と惑星の関係を完全に解決し得るのみならず、之れを惑星と其の衛星の關係にも及ぼすことが出来るのは言うまでもないことで、之れによつて、衛星が其の属する惑星の周囲を運行する際の時々刻々の位置を精確に予報し得るわけである。従つて衛星が惑星と地球との丁度中間に入りて其の面上に自己の姿を投ずるところの所謂衛星の惑星面通過の現象や、太陽から衛星を照らす光線を惑星が遮つて衛星の光輝を奪うところの所謂衛星の「食」なる現象なども、可なり正確に予報さるるものである。

以上述べた如き太陽系内の出来事の日々の予報は「天体曆」として各国の国立天文台で刊行し、誰れも之れを利用し得るので、志ある者は、試みに其正確度を検考して、先輩の苦心の跡を窺うのも有益であろう。

八 連星運動の予報

望遠鏡の發達に伴い、恒星界の事柄が明かになるに従つて、上記の如き太陽系内に用いられた予報術は更らに汎く全宇宙の各体にまで及ばさるることとなつた。天球に散布さるる幾百万の星辰は、其の光を分析して一々其の性状を検考した結果、夫々一個の太陽であることが明瞭となつた。而してやはり吾が太陽と同様に子星を率いて其の運動を統御して居るものが多いのである。所謂連星なるものが其れである。

一般に二つの星が数秒の間隔をおいて見掛上著しく接近して見えるものを双星と称えて居るが、それが果して實際相互に近い距離にあるものであるか、又は単に見かけ上殆ど同一方向に見えるというだけのこと、実は非常に遠近の差があるのであるかといふことは、特別の検討を経て決すべき事柄であるし、又両星相互の間に何か他の星以上に密接な關係を保つて居るものであるか、又は単に偶然天の同一部に居を共にして居るに過ぎぬのであるかといふことも、精細な観測を待つて後決せらるる問題である。双星の両員の間が太陽に対する惑星の如く万有引力の作用に依つて連結さるるものであることを始めて観測で実証したのは、彼の有名なハーシエルである。ハーシエル

は天体観測の神様とでもいふべき程の熟練家で、数々の貴重な発見を後世に遺して居る中で、特筆大書しなければならんのは、一八〇三年発表した連星カストールの運動に関する論文である。即ち此の双星の相対位置を長年観測して居る間に、子星が親星の周囲を廻転して居ることが明かになり、其の週期を三四年と推算したのである。其の他三七五年、一二〇〇年の週期で廻る連星のあること及び二三同様の实例を挙げて学界の注目をひいたのであったが、一八二七年に及び、サヴァリーは北斗星中のグザイ星が亦連星であつて、其の伴星は六十年の週期で、楕円形の軌道を描いて主星の周囲を運行し、而かも其の運動法則はケプラーの面積率に従い、万有引力の下に行わるるものであることを証拠立てることが出来たのである。此の発見は力学の発達上重要な意義を有するもので、地球上あらゆる自然現象の根底をなし、而して太陽系内各員の行動を律して誤らなかつたところの力学の原則が、大宇宙の総ての部分に拡充し得らるることを事実^よに依つて立証したものである。

爾来連星運動の観測や理論的研究は益々精緻を極め、惑星の位置を予報すると同様な正確さに於て、数百年後の主星伴星の位置関係を予報することが出来るようになった。

九 天狼星と其の伴星

連星には望遠鏡に依つて伴星の存在を認め得ぬ場合がある。例えばあまり接近して居るために、現代の望遠鏡の力では二個に分離して見られぬ場合もあり、又伴星の光輝が微弱であるために、強力な望遠鏡を以てしても吾々の視力が及ばない場合もあるが、斯様な場合でも引力の法則を適用するときは的確に其の位置や大きさを突きとめ得ることが往々ある。其の最も興味ある一例として天狼星の伴星を挙げたい。此の星は冬季宵の中に東天に昇る全天一の明星で、大犬という星座の^{アルファ}α星とも呼ばれ、種々の点から著名な星である。丁度^{ちようど}アダムスやルベリエーが天王星の運動の狂いから海王星の存在を探り当てたのと同様に、天狼星の振動によつて、其の傍らに眼では見えぬ星

があつて、両者は相互引力に依り、其の共同重心のまわりに楕円運動をなしつつあるものと推定したのは彼の有名なベッセルであつた（一八四四年）。ベッセルの予報は当時の望遠鏡の力を以てしては遂に其の適否を實証する術がなかつたのであつたが、ベッセルの没後、米国の有名なレンズ製作家のアルバン・クラークが十八吋のレンズを作つた際、其の性能を試みるために天狼星を観測したところ、忽ちにベッセルの予言通り一つの伴星の在ることを確かめることが出来たのである（一八六二年）。此の伴星が其時まで見つからなかつたのは、其の光りが九等星という小さなものであるために、主星の光輝に眩惑されて見別けられなかつた次第である。此の伴星が天狼と一系をなした連星であるということは、其後アウエルス等の観測に依つて確かめられた。

天狼星に関しては、天体物理学に於ける予報の見事に適中した一例としても特記せねばならない。距離の分つて居る連星系の質量は其の運動から分るもので、天狼の場合は主星が太陽の二倍半、伴星が太陽より稍々軽い程度と知られて居る。其上に若し体積が分れば密度を計算することが出来る。星の大きさはスペクトル型式から算定した表面温度に基いて推算さるるところの単位面積の発光量と、別に測定して知らるる所の発光総量とによつて知ることが出来るので、天狼の主星は太陽の約二倍と分つて居るので、其の平均密度は太陽と同程度即ち水の一倍半位のものとなる。所が伴星の方になると、其の直径は太陽の三十分の一に過ぎず、而も質量が前記の如く太陽と同じ位置なのだからして、密度は水の数万倍、白金の数千倍という意外な結論に達するのである。そんな馬鹿な事があり得るだろうか、恐らくそれは推理の誤りであろうとは誰しも先ず疑を置くところである。

英国ケンブリッジのエジントンは星の内部構造を数理的に研究した結果、恒星は其の究極の運命として斯くの如き矮小な高密度の状態に達せねばならぬと予言して居る。而もそれが瓦斯体として可能な事柄であると説いて居る。恒星内部の温度は数百万度という極端な熱さであるために、物質の原子はその骨組をばらばらに崩された単一微細の存在となり、白金の数千倍というような極度の圧縮を受けながら、更に更に圧縮の可能性を保有し、瓦斯体とし

て行動し得るものだといふのである。

この予言並に前記推参の誤りないことを信ぜしむるには、他に全く独立の証拠を吾々の眼前に突きつけてくれるものが欲しいのである。此の証明にアインシュタインの相対原理を用い、見事な成功を遂げたのは米国ウィルソン山天文台のアダムスである。アインシュタイン原則は光りのスペクトル中に現わゆる闇線又は輝線は重力の作用で赤色の方に偏移するものであることを主張する。而して普通の場合其の偏移は甚だ小なるが故に検出し難きも、太陽や恒星の表面に於けるが如き強力な重力の作用する所に発した光線に於ては偏移が可なりの程度に達する理なる故、之れを検出し得る望みがあると予言して居る。此の予言の検証は相対原則の死活に関する重要な問題として、此の十年程の間太陽スペクトルの研究者が熱心に続行し、ウィルソン山のセント・ジョンやコダイカナル天文台のエバーシエツド等は観測の結果アインシュタインの予報に合致することを発表しているが、何分にも偏移が可なり微小なもので、測定誤差の範囲を出でぬものとして、之れに異論を立つる者も少くはなかつたのである。

スペクトル線の相対性偏移を十分に実証するには、太陽よりも更らに数等強力な重力（実は重力傾度）を有する場所が欲しい。其れには十分ひき締つた重い星の表面から出で来る光が一番適して居るのである。幸い天狼星の伴星は此の條件にかなうように推定さるので、其のスペクトル線の観測に依つて、這の相対原理の正確さを十分に検査し得る望みがある。処が前にも述べた通り伴星は光りが甚だ弱い上に、強光の主星に接近して居るために、其の光りだけを取り分けて分光器にかけるといふことが甚だ困難なので、大氣の動乱の特に少い場所に於て、強大な望遠鏡を用いて観測するのぞなければ到底其の目的を達することは出来ないのである。アダムスがこの観測に成功して偉大な発見を遂げたのは、第一に彼れの卓抜な観測技能に依ることは勿論であるが、彼れに与えられた各種の條件が全く註文通りであつたといふことが亦大きな強味であつたことは否むことが出来ない。

太陽の光に対して予想されたスペクトル線の偏移は中位の色に就て〇・〇〇八波長單位（一千万分の一耗）とい

う僅少なものであるが、天狼の伴星では密度を上記の如く断定すると、スペクトル線が凡そ〇・四單位位のずれを示すべき勘定になつて居り、アダムの実測した結果は殆どぴつたりと此の予想の通りになつて現われたのである。此の成績は相對原則の実証と同時に、エヂントンの予言したような途方もない高密度の星が、實際に存在するものであることの半面の実証にもなり、非常に意義深い発見と言ふべきである。

十 見えぬ連星の発見

連星系の中に於ける見えない條件を探り当てる方法としては、上記の如く主星の運動の狂差を伴星の引力に依るものとして、其の位置を予報する外に、主星のスペクトル線の偏移を測定して両星の行動を探知することも出来るのである。其れは発光物体が非常な速度で吾々に近寄り若しくは遠ざかりつつあるときは、其の速度に依つてスペクトル線がずれるという所謂ドップラー効果に依るのであつて、若し連星の両員が其の共同重心の周囲を楕円軌道で運行して居るならば、たとい一方が暗くて見えなくとも、スペクトル線の週期的偏移からして、それが分り、又両方共明るくても、あまり接近して居るために望遠鏡で分離し兼ねる場合には、線が週期的に分裂するので両者の相對運動が分かるので、従つて伴星と主星の位置關係や質量までも勘定することが出来るわけである。此の方法は無論伴星の見える普通の連星にも適用されるので、双方からの勘定が全然一致するということからして其の効力と確實さは十二分に証拠立てられて居る。

十一 変光星

之れに関連して変光星の変光予報に就て一言しなければならぬ。澄み渡つた空に、落ちついた光を放つて、永劫変らぬように見える大小無数の恒星も、仔細に之を点検するときは、光力に於ても光質に於ても可なり著しい変化

を呈するものが少くないのである。茲こゝに変化というのは大氣の動搖に基く閃きとは異り、又大氣の混濁度や地平線上に昇つた高度に依よじて空氣が光を遮さかる作用に強弱ある結果として起る變光とは別に、星それ自体に現存する變化なのであつて、變光の型式に依よつて種々に分類されて居るが、特に目立つた型のものとして第一に挙ぐべきは所謂「食變光星」なる部類である。連星の軌道の平面が觀測者の視線に一致して居る場合には、見掛けには主星も伴星も楕円の運動を示さず、ただ左右に一直線の上を往復振動するのであつて、一方が他の一方の前に来て両者が地球と一直線をなすような位置になると、互に重り合つてしまうために光輝くわうが削そがれる道理である。これは日食の際に於ける月の太陽と地球とに対する關係をば、其俣連星に於ける主星伴星の關係に移した場合の現象であつて、一種の「食」なのである。此の種の星で代表的のものはパーサーと稱する北方の星座の β 星ビーターであつて、昔から不思議な變光現象を以て知られ、アルゴール（悪魔の意）とも呼ばれて居る。平常は二、三等（星の等級は一番明るいのを一等とし、肉眼で見える最微星を六等として階級を分かち、中間等級には端数を附し、又此の割合を以て六等以下のずっと微かな星にまで等級附をされて居る）の明るさであるが、食の際は数時間の内に三等半まで光が弱り、又数時間のうちに元光にもどるので、其の食の週期は二日二〇時四八分五四・八秒ときまつて居る。此の種の變光星は多くは變光週期がきちんと一定して居るので、一度光輝最小になつてから、次の最小が何月何日に再来するかということ、秒を争うほどの正確度を以て予報することが出来るので、天界の時計と稱するも過言ではない。食變光星は分光器的連星としても研究が出来るし、又變光経過からして、主星伴星の大いさの關係までも或る程度の推算を行うことができるので、両者の行動は余程つまびら審かに知ることが出来、予報の正確を期し得らるのである。

變光星には伴星の掩蔽えんぺいとして解釈しかねる變光経過を示すものが少くない。其の代表的のものとしては鯨座くじざの α 星オミクロンがある。此の星はミラ（不思議の意）とも呼ばれ、一年足らずの週期を以て二等乃至九等の光度範圍をなだらかな経過を似て往復して居る。之れと多少趣を異にして、増光は急に、減光は緩かに、而かも概してなだらかな

変光を繰り返すところのもの、セファイ型というのものもある。是等の型はどうしても星の内部に於けるエネルギーの発生、消耗、放射という事を土台にして変光の機巧を考えて行かねばならないのであるが、此の種の問題は数理的の取扱が非常に困難なので、観測した事実をうまく説明することのできるような理論は未だ確立されないもので、ただ光の強さと同時に色やスペクトルの態様にも週期的の変化を認められるの故を以て、温度や密度の変化に伴うものであり、従つてエネルギーの生産消費の關係が主軸をなして起る現象だろうという大体観に於て略衆説の一致を認むるのみである。斯くの如く理論がきまらないので、変光経過の予報も甚だ不確かならざるを得ない、殊にミラ型のものに至つては、週期が甚だ不均一なる上に、変光範圍も可成り増減があるので、統計的に光度極大期を予報したのでは往々数ヶ月の誤りを来すに至るものである。

十二 太陽活動の予報

終りに復び太陽系内の問題に立歸つて考えて見よう。以上の如く兩種の変光星の予報が一つは的確に出来、一つは甚だ不確実であるという差異の生ずるのは、要するに一方では二個乃至数個の球体間の引力關係で、殆ど総てが解決する單純な問題であるのに、他は連続物質内の各部の相對運動に関する問題で、無数の微粒子間の關係となり、而もエネルギーの消耗という面倒な事柄が伴う故である。一般にこういう事情の下に起る現象の予報は非常にむづかしいもので、我が太陽系内の現象中其の範疇に入るべきものとしては、第一に太陽黒点を挙げなければならぬ。黒点の正体は近年の研究に依り漸く明るみに出され、灼熱の太陽大氣中に暴れ狂う一大旋風であるというに略一般の見解が落ちついた次第であるが、如何にして斯様な渦巻が発生するか、而して如何にして黒点の活動旺盛なる年と甚だ微細なる年との循環到来するのであるかという問題に至つては、未だ全く定説がない。従つて太陽活動が何時如何なる程度に達するかという予報を確実なる根拠の下に行うということは今の所望みがない。往々純統計的の

方法で斯様な予報を試みたものもあるが、何れも全く失敗に帰したのである。黒点の出現数や其の区域は平均十一年余の週期を以て循環するものであるが、これは平均の上であつて、事実此の循環期には著しく伸縮があり、且つ黒点増大期と減小期の長短の割合も同じくないのである。或る学者はこの複雑性をば多種の週期変化の複合に依るものと見做して、所謂調和分析の法に依つて各個の週期を採り出し、其の綜合効果として年々の黒点数を表現した処、過去数百年間の観測結果とは甚だうまく合うが、将来の予報に之を用うると、まるでいけないのである。黒点の予報も、やはり変光星の場合の如く、現象の根本原因をしつかりと掴んだ後でなくば勞して功なき業であらう。太陽活動という現象の原因を大観するに、太陽内部の熱の分布が消費と生産の關係に依つて異状を來し、それが嵩じると極度の不安定状態に達し、何等かの誘因機会を得て爆発的の変動に転ずる。斯くして積り積つた不安定が一挙にして削り取られ安定に復歸する。此の爆発過程が黒点其他の現象として認識されるもので、不安定の嵩じて極点に達するには、大体週期があつて爆發現象の回歸が行われそうなものであるが、其の週期は種々の事情に左右されるので、可なりの伸縮があり、又不安定の崩れは誘因を要し、而かも次ぎの不安定状態の成立には前の不安定釣合の崩れ方が影響して來るといふような次第であるから、一つの波動をば千波万波の複合として解析するが如き原理により、個々の作用の算術的組合せとして表現し得べき代物ではない。今迄の力学は斯様な不安定現象、不連続現象の取扱には甚だ無力である。根本の解決は力学に於ける一段の發展を必要とする。

以上私は天界に於ける現象の予報の可能性をば各種代表的現象に就いて簡単に叙説したが、此の題目の下に今一段と筆を拈げたら、更らに幾多の興味ある現象に触れることが出来よう。幽玄の境に立ち入ることを望むならば、星辰進化論の如き、星辰分布論の如き、何れも予報という眼で論じられぬこともない。今はただ成るべく現実に近き問題のみを選んで予報眼に獲えたまでのことである。

- 関口鯉吉著『天文憧憬』（一九四八年四月、国立書院）所収。
- PDF化するにあたり、旧漢字は新漢字に、旧仮名遣いは新仮名遣いに改めた。
- 読みやすさのために、適宜振り仮名をつけた。
- PDF化には $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}_{2\epsilon}$ でタイプセッティングを行い、 $\text{dvi} \rightarrow \text{pdf} \rightarrow \text{m}x$ を使用した。

科学の古典文献の電子図書館「科学図書館」

<http://www.cam.hi-ho.ne.jp/munehiro/sciencelib.html>

「科学図書館」に新しく収録した文献の案内、その他「科学図書館」に関する意見などは、「科学図書館掲示板」

<http://6325.teacup.com/munehiroumeda/bbs>

を御覧いただくか、書き込みください。