

『改造』大正十一（一九二二）年十一月号より

一部現代かなづかいになおしました】

日食観測と相対性理論の価値

石原純

一

一昨年以來私たちの待っていた皆既日食は近く九月二十一日に来て、そうして過ぎてゆきました。私たちは何故にこれを待ち、そしてどんな結果をこれに期待したのであつたでしょう。

それは近代に稀な偉大な驚くべき理論として物理学にあらはれ、惹いて哲学の認識論のうえにもすくなからぬ影響を及ぼすにいたったアインスタインの相対性理論が、私たちにはじめて啓示した一つの事実が、果たして私たちの経験し得るところと一致するかどうかを確かめる一つの機会をあたえるものであったからであります。

ほんとうにアインスタインが彼の相対性理論を拡張して万有引力を論じようとするに際し、最初に突き当たったものは光線が物質の影響によって屈曲するという事実でした。彼が一九〇七年に「輻射学及び電子学年報」のなかに書いた報告において、はじめて万有引力論に説き及ぼしたうちに、彼はすでにこの事実の予想を述べています。当時これを読んだ多くの学者のうちで果して幾たりの人がこれに注意を向け、もしくははその将来において正当に予測したこと

でしたでしょうか。恐らくはアインスタイン自身でさえその後の発展を異常なものとして感じたでもありません。彼は引き続いてこの問題について研究しました。そして彼が一九〇五年のいわゆる特殊相対性理論の熱心な研究者の一人であり、これに対する有名な最初の説明書を著わしたラウエでさえ、その一般相対性理論に関する近著の序文においてこう述べているくらいです。

「アインスタインが重力の場の方程式を見出したときに、彼はかつてゾムマーフェルトに書き送りました。『あなたがこれを研究するならば、あなたは、この理論をなるほどと思ふようになるでしょう。この書の著者は最初この理論に甚だ懐疑的に対しました。それですからずっと遅くなつてようやくこの著述を始めたのでした。けれども自分が理論に深く立ち入って考えれば考えるほど、これに内在する説得力をより多く感ぜずにはいられませんでした。・・・」

私はこの言葉を特に無意味に見過ぎたくありません。理論を受け入れようとする人に対しても、またこれに反対しようとする人に対しても。あなたがたは自分自身をまず深く理論のなかに立ち入らせなくてはなりません。そこにこの偉大な内容に面接して、はじめておのずから説得力を感受し得られるのであります。もしくはある稀世の学徒にもまたそのうえではじめて更に大きな新しい理論をこれに対立させることができるのでしよう。それまでは私たちはまず沈潜してこれの忠実な研究に身をゆだねるべき

であります。それが少なくとも敬虔なる学徒としての当然の義務であると私は思います。

一般相対性理論の理解がまだ世間に遠かったときに、ともかくもアインスタインの予言した光線屈曲の事実を経験的に確かめようとする企画が起こされました。一九一七年三月英国の王立天文学会は二年の後に起る皆既日食がこれを実行するために得がたい機会を与えることに注目し、それがまさに欧州大戦のたけなわであった時期であるにもかかわらず、すべての困難を排除して遠くアフリカ及びブラジルへ観測隊を派遣することを建議し、王立学会（学士院）と共同してこれがすべての準備を整えました。アインスタインが後にその観測の結果の発表された一九一九年十一月にロンドン・タイムスに寄せた短い説明の冒頭にこの事に云い及ぼして

「科学者の間にもと成り立っていた連盟関係が破壊された後において自分が英国の天文学者及び物理学者と、書信のかような機会をもつことは私のよろこびとなし、且つ感謝するところであります。英国の科学者たちがその時間と労力とを費やし、英国の学者が物質的の費用を準備して、戦争の最中に敵国で完成し発表された理論をためしたことは、英国の科学の高い誇りある価値にかなったものです。たとえその目的とするところは、単に太陽の引力の光線に対する影響にあつたにしても、私は科学のこの専門に属する英国の学者仲間に対し、自分の個人的の感謝をあらわす

ことを大なるよろこびとしない訳にはゆきません。その助力なしには、私は自分の理論からの最も著しい結果の証明を得ることができなかつた筈であるからです」

と述べていることに対しても、私たちは科学の価値の普遍性について顧みるべき著しい具体的の事例を思わせられます。

二

かようにして二つの観測隊は一九一九年の春英国を發してそれぞれ西アフリカの海岸並びにブラジル北方へ向かいました。そして五月二十九日の日食を観測して帰り、その結果を十一月六日の学会席上に発表したのです。アインスタインの予言によれば、遠方の星から来る光は太陽の近傍を通過する際にこれに引かれるように屈曲します。従つてこれを写真板上に撮影すれば、星はまさにその存在すべき位置よりも太陽に近づいてその光を印しなければなりません。ところが多くの写真板についてこれを調べた結果は、ほぼその理論からの帰結と數量的に一致することが見出されたのです。

これが発表されてから、アインスタインの理論は俄かに世間の注目を惹きました。ロンドン・タイムスはまず「科学の革命」「時間及び空間の新理論」と題してこれを紹介し、多くの新聞雑誌がこれになりました。独逸ベルリンのイルストリールテ・ツアイツングは「世界の新偉人アルベルト・アインスタイン、彼の研究は我々の自然考察の全

転覆を意味し、コペルニクス、ケプレル、及びニウトンの認識と同価値である」と云うような題目をさえ掲げました。この理論がどんなに世間を驚かしたかはこれによつてもその一般を推し量ることができよう。

一九一九年の日食観測の結果は幸いに理論との一致を見ることができましたけれども、しかしこの判断は、すべての科学上の理論に対してそうである通りに、さほど容易に終結せしめることはできないのです。まず第一にすべての観測に伴う誤差が論究せられなければなりません。元来この一九一九年の日食はこの観測の目的に対しては寧ろ好都合の条件を具へていました。なぜならば、星の位置の移動を検するためには、丁度日食の際に太陽の近傍になるべく光度の大きい星が存在することが必要であるのにたいし、この場合には太陽があたかも金牛宮星座にあつてその附近には比較的大きな星をたくさんに見ることができるともあつたからです。しかしながらこれらの星の写真像から真の位置を知るためには、そこにまだいろいろの影響によつて写真像の位置が変化していることを認めこれを補正しなければなりません。地球の大気が光線を屈折させること、又地球の運動のためにいわゆる光の錯行を生じて光線の方角が変ること、写真板が光線に対して垂直でないための影響等を考慮する必要があります。そのほか観測地の温度の変化が鏡や写真板に及ぼす影響もあるでしょう。これらの一切の影響が取り除けられてはじめて目ざすものが得られ

るのです。ところがそれらの既知の事情に伴う変化ばかりでなく、まだ私たちに他の方法ではためされていない原因からの移動が入っているかも知れません。即ち太陽の周囲に遠くまでも或る気体が広がっていると、そのために光線の屈折が起っています。又日食の際に月の陰影中にある地球大気の部分が冷却して同様に光線の屈折を結果することなども論ぜられました。それですから理論に相当する真の移動をこれらのものから完全に取り離して見出すためには、只一度の観測だけではまだ充分と云われないかも知れないのです。これが再度の日食の機会の待たれた所以です。

この一九一九年の日食と同様に太陽の近傍に多くの光度強い星のある場合は一九三八年を待たなくてはならないのです。本年の日食はこれに比べては都合のわるいものではありませんが、それでも多少の結果は得られるわけですからいろいろな国から観測隊が出されました。米国、英国、印度、独逸和蘭連合隊などがこれにおもむきました。この日は豪州から西方、フィリッピン、印度、アラビヤ等の南方を経てアフリカ東岸に及んだのですが、皆既の見られるのはニュージーランドの北方、東経一七二度三六分、南緯三〇度一五分の地点から東経四三度一七分、北緯五度三分の点に達し、その間にある陸地としては豪州大陸、クリスマス島・バンヂイドグ島などです。多くの観測隊の結果がどんな内容をもたらすか、まだ不明ですが、恐らく数カ月後にそれらが報道せられることでしょう。

アインスタインの一般相対性理論の経験的事実による証明が可能とせられる場合はこの日食観測のほかに、なお水星近日点の移動、並びに日光のスペクトル線が地上の光に對してあらわす移動が数えられています。このうちの前者に關しては理論からの値がもと観測値からのニウカムの計算と非常によく一致しましたが、なお近時の精確な天体観測に基づくときは却つて多少の齟齬があるようです。又スペクトル線の移動に關しては、この理論に相当するもののほかに他の諸原因に依るものが甚だ多く錯綜し、太陽面上の物理的狀態を確定することができないために、充分の目的を達するのに非常の困難があるように思われます。しかしその或るものは既にやはりアインスタインの理論に近い結果を得ているのです。ともかく事実による積極的な証明は今日まだ絶対に満足し得られるまでには至らないのですが、又少なくともこの理論に明瞭に反する事実も私たちの経験しないところであるといつてよいでありましょう。

三

相対性理論の当否は勿論経験的事実によつてのみ判断せられるべきものであつて、これは尚将来に待たなければならぬのです。その認識論的価値は既に十分に私たちの認め得られるところではなかりません。私はここにその詳細を述べている余裕はもちませんが、そのだいたいを総括すれば次のようなものでありましょう。

相対性理論は物理学的判断の相対性を特に私たちに深く

教えました。私たちはめいめいの現在する物理学的状态を異にして、物理学的事象を観測するに従って、各その判断を異にします。しかしそれらの判断はことごとく同等の権利をもって正しとせられなければなりません。この多くの異なった判断形式のなかに、私たちは不変的な関係の成立する概念体系を取り出すことができるので、これを自然法則として云い表します。自然の普遍性、実在性唯一性、絶対性、等はことごとくこれに基づいてあらはれます。

直観形式の基礎としての時間及び空間の判断もまたこの意味に於いて相対的でなければなりません。そして時間及び空間の数量的測定は自然法則がすべての観測者に対して不変的（もしくは共变的）の形を保つように行なわなければならぬのです。時間及び空間が自然法則に依存すべきことは、ここに充分の明瞭さをもって従うであります。

このことを深く考えるならば、誰がアインシュタインの説いた時間及び空間の観念を認識論的に価値のないものとして否定する大胆さをもち得たでありましょう。充分の理由なしにこれを敢えてするものがあつたなら、私はその人の認識論に対する盲目的の行いに驚かずにはいられません。この文の最初に引用したラウエの言葉のなかにある、理論の説得力と云うことも、私は畢竟この認識論的価値に依るものであると信じます。ミンコフスキーが一九〇八年に於ける有名な講演「空間及び時間」のなかで、もし数学者が自由の推量に任せて判断したなら、最後には自然現象がこ

の相対性理論にかなうものとして思惟し得るであろうとなし、「かような予知は純正数学の異常なる勝利であったでしょう」と云ったのも、私は同じ意味に解すべきであると思えます。つまり数学は経験と無関係に成立し得る一つの思考形式の科学ですが、相対性理論がこの数学上に於ける最も至当な不変性をもつと云うことが、そのいわゆる説得力でなければならぬのです。

ミンコフスキーは同じ講演に於いて、空間と時間とを融合して四次元の「世界」をつくり、自然法則のことごとくをこの世界の不変的な幾何学的関係に帰着せしめようとなりました。この事は相対性理論にとって寧ろその最も重要な真髓であつてここにこの理論の一般認識論的価値がはじめて決定せられたと言つてよいのです。このミンコフスキーの仕事があつて、相対性理論は遂にうち崩すことのできな基礎を得たのであると私は思います。後にアインスタインの拡張した一般相対性理論も今から見ればこの基礎の最も当然の延長に過ぎません。もし自然法則の全体系が唯一の「世界」の幾何学によつて整齊な形を保つて云い表し得たとしたならば、私たちはこれよりもより望ましい何ものを指示し得るでありましょうか。恐らくはここにその認識論的価値の究極が到達し得られることを想うことができるでもありません。

勿論、自然現象の法則はまだ論じつくされてはいません。特に最近に物理学上の一つの大きなスフィンクスとしてあ

らわれている量子論にいたっては、それを相対性理論とどんな関係に持ち来すべきかに就いて全く暗黒のなかに閉ざされています。これの解釈は現時の非常な困難な問題であって、恐らく容易には成功し難いものでありましょうが、しかし私は少なくとも量子論が何等かの形に於いて相対性理論と融合して、物質の基礎法則となり得る可能性をもつことを想うことができます。

四

私は最後にもう一度繰返しましょう。相対性理論の認識論的価値はこれを正しく判断する人にとって、決して理解に難いものではなく、更に深くその数学的構成に立ち入って見る場合には寧ろその至当な極めて美しい理論に驚嘆せずにはいられないでありましょう。かような理論に相当して私たちの経験的事実が統一せられるべきことを、恐らくは哲学者並びに数学者は自由に、しかし最も大きい可能性をもって想像し得たでありましょう。ただ一つの物理学理論としての相対性理論の当否は、この可能性のみをもっては決定せられません。それはどこまでもこの理論が経験的事実と適合するかどうかによって判断せられなければなりません。この意味に於いて日食観測並びにその他の天体及び光学的観測及び実験などが私たちに大切になるのであります。

相対性理論の事実に根拠はまだ確実であると云い切ることはできません。特殊相対性理論については光学的並び

に電磁気学的実験によつて、特にまた個々の電子や、量子論と結びついたスペクトル理論に於いてさえ、かなりの確かさをもつて証明せられたと云つてもよいのですが、一般相対性理論に至りては多少の疑いの残存することは認められます。けれどもこの理論がひろく物理学及び認識論のうえに及ぼした効果に関しては、今日もはや誰が否定するこゝとができるでしょう。たとえアインシュタインの理論が将来、仮に事実と一致しない点を含むことが見出されたとしても、私たちはこれを変更して新たな理論を立てようとするにあたりて、現在の理論が私たちに教えた諸考察を全く無視することは断じて不可能であると私は信じます。少なくとも私たちはこの意味においてアインシュタインの理論を尊敬しなくてはならないと思います。

相対性理論の出現以来、世間には多くの囂々ウラウラたる反対論をなすものもかなりに私たちの眼に触れます。しかし私はその内容の積極的にこれに勝るような理論を何処にも見出すことはできません。認識論の上から見てそれらはどんなより以上の価値があるかは、云うまでもなく否認せられなければならぬばかりでなく、物理学的に相対性理論に反対しようとするものは、まずこれに反する新しい経験的事実を求めなければなりません。かような事実に拠らないでいたずらに理論に抗しようとするのは無意味の悶えに過ぎないのであります。

我が国においてもこの頃土井不曇氏が一つの反相対性理

論を主張せられているのを見ます。私はここに多くこれに云い及ぼすことを躊躇するものでありますが、強いて云うならば、土井氏の理論は認識論的にどれだけの価値があるかを私は全く認めることができないばかりでなく、またそれが何等の新しい事実に基づくものでもないことに関して、私は同氏のためにこれを悲しむのであります。氏の理論の根拠となる事実は、すべて既知のものに属し、ただこれに対する解釈の変更に過ぎないのです。この変更が妥当であるかどうかには就いては私は別に論じたいと思います。同氏がその著書において「美のために」「真理」のためにと呼号しながら、自らの理論を主張することに余りに急なる結果、アインスタインの理論を或いは「奇形児」視し、或は「僭越」視して、少なくとも種々の意味において尊敬に値する先蹤せんしゅうに反抗するあらゆる言葉を惜しまれなかつたことは、真摯なるべき一人の学徒の態度として、私は多くの遺憾を感じずにはいられません。世間の人たちは少なくとも氏の声に驚かされて道途に立つかも知れません。ただその理論の内容を正当に批判し得るものは研究室の外にはないのです。私はひたすらに氏がその本然の研究に沈潜しんせんしてなお深く蓄えられて後に、同学者のおのずからこれを聞いて街頭に伝える機会を待たれることの、どんなに科学にふさわしいゆかしさであるかを悟られんことを希望します。科学は永遠につづく人間の仕事です。いたずらに急いで世間を騒がすのはこれに対する責めを免れることはできません

まい。

なお土井氏が「東京日々」の紙上で私自身に向かって云われたことに対しては、近く同紙上でお答えするつもりです。またその著書のなかで私との交渉について述べられたこと、並びに同書内容中の理路不明の諸点に対しては「思想」十二月号に書きます。併せてここに付言します。