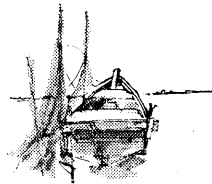


時間と空間

一 はじめに

時間と空間の問題について、現在の自然科学的な立場からの考えをのべてみるようにとの御注文でした。そこでなるべく簡単にこの問題を私なりにまとめて皆さんの御参考にしたいと思いません。自然科学の分野では、十九世紀末までに完成され、そして体系化された古典物理学と、二十世紀初頭から現在までにつくり上げられた現代物理学との間に、時間と空間についてきわだった考への相違がみられます。そこで順序として、まず十九世紀末までに体系化された古典物理学における時間と空間の概念についてお話し、次に、現代物理学における時間と空間についての考えが、

柳 瀬 睦 男



古典物理学におけるものとどのように違ってきたかをお話ししてみようと思います。

二 古典物理学における時間と空間

近代自然科学の根本的な問題の一つは、研究の対象としている自然の中で、物がどのように動くかという問題でありました。それは、さらにさかのぼっていえば、ギリシャ以来の哲学の根本問題、すなわち存在するものの変化についての人間の問いかけのあらわれの一つといえます。近代自然科学が体系的に発達したのは、ご承知のように、ガリレオ以来のことです。ガリレオの時代、すなわちルネッサンスの時代までも、もちろん古代

ギリシヤから中世を通じて、自然に対する運動についての問いかけがなされなかつたわけではありません。特に天体の運動については、多くの事実が観測され、その事実を整理して、科学的な方法論によって導き出された天体の運動の法則もある程度体系化されておりました。しかしそれらがまた、真の意味での科学的方法と、非科学的な判断との混交であったために、物体の運動についての正しい法則までたどりつきえなかつたこともまた、事実でありました。

ガリレオに始まつた近代物理学の方法論、すなわち実験的な方法論を駆使することによって、近代自然科学は確実に、不明確な方法論によって得た結果を濾過し、ニュートンにおいて、その法則の集大成がなされました。そこに体系化された力学、すなわちニュートンの古典力学の体系においては、あらゆる物体がきわめて簡単な数学的法則に従つて運動するということを、確立したわけです。しかしまた同時に、物体の運動は、数量化された時間と空間によって簡単に記述されること、さらにくわしくいえば、空間的な位置を、時間を変数とする数学的関数によって記述するという形式が確立されました。その際変数として使われる時間は、あらゆる物体について、あらゆる条件のもとにそれとは独立に定められること、また空間的变化を記述するために使われる数学的なワク、座標軸も、あらゆる物体について、それとは独立に確定す

ることができるといふ基本的な原理が前提とされてきました。

さらにニュートンおよびライブニッツによって導入された新しい数学的方法、すなわち解析的方法（微分及び積分）によって、事物の運動は、その一般法則を簡単な形にまとめることができただけでなく、その一般法則を個々の具体的な状況にあてはめるための処方——微分方程式の解の初期条件をあたえるという——ただ一言にまとめることができたという点に深い意義があると思ひます。つまり、一方において、法則が考へうる限りの一般性をもちながら、他方においてその一般的な方法が、あらゆる個々の現象に、具体的に、現実的に適用できるという点であります。この点がいかに古典力学によって確立された近代物理学の方法論が、いかに強力でありえたかという根本原因にほかなりません。その結果、地上の物体の運動と、天体の運動も、さらに十九世紀の終わりまでには、肉眼ではみえないような気体の分子の運動までも、この唯一の簡単な一般法則と、それを具体的な場合に適用できる処方を持つ解析的な方法によって記述できるようになりました。したがつて、その記述の基本になつた考へ方、すなわち時間、あらゆる場合に物体とは独立に一通りに定められるということ、空間はまた、物体の運動がどのようにあるにしても、運動とは独立した三次元の座標軸を設定することができるといふ点に疑いをさしはさむ余地はなさそうに思われました。

時間と空間についての古典物理学の考え方の第二の基本的な性格は、その空間が、ギリシャの昔からよく知られていたユークリッド幾何学が成立するような空間、すなわちユークリッド空間であるという点であります。この点については、実は自然科学だけでなく、数学的な問題がかかわってくるわけでありますが、当時、つまりニュートンの物理学が成立した時から十九世紀に至るまでは、幾何学にいろいろな種類がありうるということは、ほとんど誰も考えておりませんでした。わずかに、不世出の天才といわれるガウスが、すでにこのことに気がついていたようでありますが、彼は友人への手紙の中に、私がこのことを発表すれば、人々は私を気違い扱いにするであろうから、もうこの発表は控えようと思うといっていたほどであります。そのころまでに人々が、特に物理学の専門家が怠っていた時間と空間についての考えは、それがあまりに自明に思われたために、その基本的な性格に疑問を提出することは誰も思いつかなかったのであります。

三 現代物理学における時間と空間

物理学は、世紀が変わると同時に、まったく思いがけない発展の経歴をたどりました。ほとんど自明の真理と思われていた古典物理学の法則では、どうしても説明のできない現象が見いだされ、その現象の説明のために、まったく新しい理論が建設されま

した。その一つが量子力学であり、他の一つが相対性理論であります。この両者とも、古典物理学そのものだけでなく、その理論の基礎にある考え方に、根本的な疑問をなげかけるようになりました。特に相対性理論の形成にあたって、アインシュタインは、従来の時間と空間に関する考えに本質的な変化をもたらすような理論をつくり上げました。

それは、第一に、時間と空間が、古典物理学で前提とされたように、その運動とは、独立に確定されるということを否定した点と、第二に、空間がユークリッド幾何学によって記述されるという前提に対して、非ユークリッド幾何学という形式を導入する必要をのべた点であります、それでは何故アインシュタインがこの二つの本質的な変革を理論の中にとり入れたかといいますと、一つは光に関する現象についての説明のためであり、他は重力のふるまいについての考察からであります。

ここでくわしい説明ははぶきますが、結論だけを述べれば、第一に、相対性理論という名前が示すようにアインシュタインが、時間と空間は、物体と独立に存在する絶対的なものではなく、その物体の運動によって相対的に変わりうる量であるということを示した点であります。したがって、たとえば、ことなった地点にある二人の人間にとって、あることが同時に起こったというようない方が、必ずしも一義的な意味をもち得ないという点を明ら

かにしたことであります。これは、私どもの常識ばかりでなく、人間の存在の根本にかかわる重大な考えの変革といわねばなりません。

人間は誰でも、時間の流れの中心に居るということを感じておりますが、過去は文字通り過ぎ去ったものであり、未来はまだ来ていない、現在だけを我々は現実に存在するものとしての実感をいだいています。しかし相対性理論によると、私にとつての「今、現実にあるもの」は、私に対して動いているはなれた場所の他人にとつては「過去」であつたり、あるいは「未来」であつたりすることに成ります。これはもちろん、日常生活の範囲内では、お互いに動く速さ「相対速度」が小さいために、ほとんど判断できないほどの差であります。しかし相対速度が非常に大きい世界、たとえば素粒子が運動している世界では、実際観測にかかるほどの差を生じます。アインシュタインによつてあたえられたこの時間空間についての考えを数式化した結論は、今日の物理学者にとつては、少なくとも実験室や宇宙線における素粒子のふるまいにおいては、もはや疑うことのできない確実性をもつてゐるのです。

次にアインシュタインのもたらした、特に一般相対性理論といわれる理論のもたらした、第二の変革、すなわち、ユークリッド幾何学が必ずしも適用できないという点について考えてみましょう。これは第一の点におけるほどの圧倒的な実験事実によつて

支えられているとはいへないにしても、少くとも宇宙空間における天体の動き、たとえば水星の運行とか、太陽のそばを通る光の進路の変化などの結果から、私どもの住んでいる宇宙はユークリッド幾何学よりも、むしろ非ユークリッド幾何学によつて記述されるべきであるというアインシュタインの理論を支持しているように見うけられます。非ユークリッド幾何学による記述と、ユークリッド幾何学による記述のちがひもまた、私どもの日常経験の中ではほとんど見分けることができないほど微少なものであります。しかし、さきほど申し上げたように、宇宙空間では、はっきりした違いがあらわれる可能性があるわけです。このように、古典物理学で記述される世界は、実は自然現象の中のある一部分にすぎなかつたことがだんだんとはっきりしてきました。つまり、素粒子のような、非常に小さい物体の世界運動、また宇宙空間のような、巨大な質量をもつた物体が存在するような場所では、ニュートンがきずき上げた古典力学では記述しえない現象がいろいろ起こりうるということがあります。

現代物理学のもつてゐるこのような時間と空間についての基本的な考えが、今後どのように変化するであろうかという点については、誰も予想することができません。私どもの知識の限界がさらにひろげられて、素粒子よりさらに微少な物質、あるいは非常に高いエネルギーの領域での現象への探求が進むことによつて、

また二十世紀の初頭に起こったような基本的な概念の変革が行なわれないとは、誰も確信することはできません。現代物理学のもっている時間と空間についての考えが、決して最終的なものではないであろうということに注意をする必要があると思います。

四 おわりに

以上のような、自然科学における時間、空間の考えが、幼児の教育にどのように役立てられるかは、しろうとの私にはわかりません。しかしながら、あるいは幼児の生活のパラメーターとしての時間・空間という具体的な問題の取扱いにおいて、あるいはまた「アインシュタインのことばを借りるなら」「認識の冒険」としての近代自然科学の方法論自体のもつ特性の活用においても、何らかの参考になる点があれば幸いに思います。それは、自然科学が、従来の常識や固定観念をのりこえて見いだした、自然の中に秘められていた多くの美しい法則性が、おさな児の中にかくされているかすかすの可能性と同じ源から発しており、またその可能性を引出そうとする教育者の情熱と、自然科学が真理を見いだそうとする情熱の向けられた光が、窮極的には同じ対象に収れんとすると信ずるからであります。

(上智大学教授・理論物理学専攻)



告

五、六月号でお知らせいたしました

第一回 みどり会主催夏季研修会は、六月末日しめ切りを待たず、定員をこえましたので、そのあとでお申し込みの方はお断わりすることになりました。

来年も、一そう充実した内容で開催の予定でございますので、今回はあしからず、ご了承くださいます。

みどり会研究部夏季研修会係