

時間についての本を紹介したい。

“時間は存在するか？”このような問いは、普段は考えないと思う。しかし、よく考えると分からなくなる。シェイクスピアの『ハムレット』の中の言葉に、“なぜ昼は昼なのか、夜は夜なのか、時は時なのかを議論するのは、昼と夜と時間の浪費である。”また、アウグスティヌスの言葉に、“時間は、それが何であるか、と問われなければ、誰にでもわかっている。しかし一旦それを問い始めると、たちまちわからなくなる。”4世紀、聖オーガスチンへの信者からの質問「天と地をつくった神は、その前は何をしていたのか？」、に対して「このような質問をする者を入れるため地獄をつくっていた」と回答した。現在の標準的な回答としては「その前は、時間そのものがなかった」。つまり、宇宙は時間とともに誕生したと考える人が多い。もちろん、この宇宙を誕生させた母宇宙があると主張する人もいる（このあたり、すぐに検証できそうにないので言いたい放題の感がある）。

科学では時間を、どのように扱っているのか。科学が対象とするものが、何らかの形での自然（の一部）であることは、はっきりしている。しかし、そもそも問題は、時間が自然（の一部）なのか。その問題さえ片付かないのに、“時間の科学”が成立するはずがないではないか。と考える人もいる。

授業では、時間についての突っ込んだ議論は、避けて来た。その方が、混乱がなく実用的だったからだ。しかし・・・

【注 書名の後ろにある(421/M6/1)等の記号は図書館での請求番号です。】

### ①大槻義彦『時間の物理』共立出版（物理学 One Point 28）

著者は、いわゆる“火の玉教授”（物理学者・プラズマ）。物理学者が考えている時間について、オーソドックスにまとめている。

素朴に考えると、時間の特徴として、2つある。1つは変化であり、もう1つは繰り返しである。例えば、月の満ち欠けの周期性から太陰暦が作られた。

まず、時間の計り方。振り子時計で時間を計ったとする。つまり、振り子の周期で時間を知ることができる。一方、時間は振り子の運動を記述するのに用いられる。おかしいところに気付かれたらどうか。時間は元々振り子の運動を知ることから定義されたのに、振り子の運動を知るためには、時間が必要だという。これでは、トートロジー（循環論法）だ。

ニュートンは、物体の運動とは無関係に、絶対時間、絶対空間の存在を仮定した。この考えは、アインシュタインの相対性理論で覆ることになるが・・・。

この本では、熱力学と時間、エントロピーと時間の矢、波動と時間、ホイラー・ファインマンの理論、量子力学的時間、相対論的時間、宇宙と時間、など基本的なところを挙げている。少し古いが時間について物理学でどう考えているかのアウトラインは理解できるだろう。

## ②松田卓也、二間瀬敏史『時間の本質をさぐる』講談社現代新書 (421/M6/1)

著者の二人は、物理学者(宇宙論)。他にも時間に関する本を多数(『時間の逆流する世界』(440/M10/1)丸善など)出している。物理学者が考える時間について、①より詳しく何を問題としているかが書かれている。

内容としては、古典論における「時間と空間」として、ニュートンの絶対時間と絶対空間、マッハの相対空間・時間論、アインシュタインの相対論における時間と空間、ブラックホールのなかの時間と空間、ワームホールとタイムマシンのつくり方。「時間の流れ」として、微視的な時間の矢、熱力学的時間の矢、波動的時間の矢、歴史的時間の矢、意識の時間の矢、宇宙論的時間の矢、それらの時間の矢の関係も論じている。マクスウェルの魔物についても意識の時間の矢とからめて言及されている。

著者たちは、いろいろこの本の後も、時間に関して出版しているので、それも参考になると思う。

## ③竹内薫『図解入門よくわかる最新時間論の基本と仕組み』秀和システム

著者は、テレビでもお馴染みのサイエンスライター(物理学出身)。

比較的最近(2006年)出版された本。超弦理論、多世界理論などにも言及している。

物理学の視点で時間について書いている本を3つ(他にもいっぱいあるが)題名だけ紹介しておく。

○村上陽一郎(科学論)『時間の科学』(421/M4/1)。

○田崎秀一(非線形統計力学、カオス)『カオスから見た時間の矢』(421/T6/1)。

○橋元淳一郎(予備校講師、物理の参考書多数)『時間はどこで生まれるのか』

## ④池田清彦『生物にとって時間とは何か』角川ソフィア文庫 (401/I4/1)

著者は、生物学者(構造主義生物学を唱え、ユニークな視点を持っていて面白い)。

著者の主張は、個別のものは、変化するので時間を産み出す。つまり、個別は時間を含むことになる。それに対して、法則や目に見えない原子などは、脳が作り出したもので、不変・普遍のために産み出された。だから、法則や原子自体が、変化しないという意味で、時間を含まないことになる。(運動方程式には、時間が含まれているが、ここでは、方程式の形自体が変化しないとしている。余談だが、現代の物理学者の中には、普遍定数と考えられている光速などが時間的に変化してもよいと論じている人が小数ながらいる。原子も崩壊したり変化するので、場という概念で捉えようとしている。)

また、時間とは、非決定性と選別の別名と論じている。時間はなぜ過去に向かって流れないのだろうか。それは、過去はすべて決定されていて再現する必要がないからだ。過去を再現できたとして、再現できた過去は、本当の過去と微妙に異なり、実は過去ではない。同様に未来が現時点で厳密に決定されているならば、わざわざやってみる必要はない。やってみなければわからないから時間が進むのである。この文脈では、時間とは非決定性の別名である。この世界は決定論の支配下にはなく、未来は可能な範囲の中から、いつでも選択できるというのである。この文脈では、時間とは選別の別名である。科学とは時間を強制的に止める思考実験によって、逆にどんな時間が流れているかを理解しようとする営為なのだ論じている。

## ⑤カント『純粋理性批判』 (081/I1-9/625-5)

言わずと知れた大哲学者(ドイツ観念論の祖)。この本は、ニュートン力学後の著書で、ニュートン力学的な時間・空間を念頭において展開している。

本の中で、カントが理性の「アンチノミー（二律排反）」と呼ぶ興味深い話を記している。例えば、「世界に始まりはあるか」や「宇宙に端はあるか」という問いを立てると、必ず「ある・ない」という両極の説明が成立し決着しない。ここから世界とはそれ自体、不可知な「物自体」であるという独創的な考えをおくことになる。

空間・時間は、単なる経験的对象ではなく、人間の感性の基本形式だとしている。

現代では、ニュートン力学は、厳密には成立せず、相対性理論や量子力学に取って替わられている。それで、ニュートン力学的世界像に基づいた『純粹理性批判』は書き換えなければならないと言う人もいる。

しかし、空間・時間の捉え方としては、基本的には、カントの考えでいいと私は思っている。

いきなり翻訳を読むのが大変と思う方は、『プロレゴメナ』。この本は、カント自身による解説。『カント「純粹理性批判」入門』黒崎政男(134/K10/1)、『超読解！はじめてのカント「純粹理性批判」』竹田青嗣(134/T5/3) などから読むといいかも知れない。

## ⑥岸田秀『ものぐさ精神分析』中公文庫 (146/K6/1)

著者は、心理学者（精神分析学）。ユニークなエッセイをいろいろ出して面白い。唯幻論を提唱。人間は、本能が壊れて、現実を見失い、幻想の世界に迷い込んだ動物であるとの結論に達し、人類を理解しようとする考えを唯幻論と称した。これはこれで面白い。

この本の中に、“時間と空間の起源”という短文がある。そこで、時間は悔恨に発し、空間は屈辱に発する。時間と空間を両軸とする我々の世界像は、我々の悔恨と屈辱に支えられていると論じている。面白いので少し長いが一部を引用しよう。

“空間が屈辱であり、我々が空間を征服したがるのは、要するに、生物進化の奇形児である人類の個体発達の過程には障害があって、知覚機能の発達と運動機能の発達とが時期的にズレており、前者がすでに発達しているのに後者が未発達な時期があるからである。即ち、本来ならば（本能が壊れていなければ）、運動機能が発達し、身体が到達できる範囲内の空間しか知覚機能は知覚しないが、人間においては、知覚機能がまず発達し、知覚できる空間に、運動機能が未発達で身体はまだ到達できないという屈辱の時期があるからである。その結果、猫は飛ぶ鳥を見ても、おれも空を飛びたいとは思わないであろうが、人間は空を飛びたいと思うのである。時間と空間が成立したとき、人類の歴史がはじまったのである。”

以下の話は、現代物理学での時間についての一般的な捉え方である。分からない用語が出てくると思うが、とりあえずは気にしないでほしい。（参考『現代物理学の基礎 量子力学Ⅱ』（420/I4/2-4））

時間の演算子（量子力学では、物理量は演算子になる）は存在しない。なぜなら、スペクトルが下に有界な自己共役な演算子と正準共役の関係性をなすような自己共役演算子は存在しないからだ。

一般にハミルトニアンは力学系の安定性のために下に有界なスペクトルをもつのでなければならない。よって時間の演算子は存在しないことになる。

私も学生の頃、時間演算子を考えて、時計の針の位置などに還元できないかと考えたこともあった。

時間とエネルギーの交換関係を、 $Ht - tH = \frac{\hbar}{i} I$  と設定したとする。しかし、この式を満足するエルミート演算子（例えば  $p$  と  $q$  の関数として）を作ることは一般に可能ではない。

この交換関係から  $H$  は  $-\infty$  から  $+\infty$  までの連続的なすべての固有値をとることが結論されるのに、一方では  $H$  には離散的な固有値も存在できる、ということからこのことはすぐ明らかになる。従って、演算子  $t$  の導入は原則として断念しなければならず、また、量子力学の中で時間  $t$  は必然的に普通の数 ( $c$  数) と見なされなければならないことになる。

ただ、ディラックによる相対論的量子力学で、エネルギーに負の量が出てくるのを、反粒子で解釈したようなことができないかと思ったこともある。しかし、物理学の基本方程式は、時間反転対称（厳密には、CPT 対称性は成立するが、弱い相互作用が関与する中性  $K$  中間子の崩壊では、CP 対称性が破れているという意味で、時間対称性は破れている）だが、時間の逆向きを考える困難がつきまとう。量子力学もいわゆる波束の収縮で時間的に非対称になっているという議論もあるが、私は、波束の収縮は原理から導かれるべきものと思っている。この問題意識が量子力学の観測理論につながっている。古典物理学では時間は独立変数であるとか、パラメーターであるとかいってよかったと同時に、それ自身を物理量と考えてもよかった。つまり他の物理量を測定するのと同じように、時間を測定することができた。例：時計の針の位置。

物理量が時間の実関数になっていると考えることができる。その逆関数として時間が測定されたことになる。

量子力学では、物理量は、一般に、時間に依存する複素数を要素とする行列として表現される。従って一般には、物理量の測定から、時刻を決めることはできそうもない。

1 個の粒子に関するシュレーディンガーの波動関数自身を演算子と見直す第 2 量子化の方法が、座標と時間を同様に実数パラメーターと見なされているから、相対論への距離が縮まるので、それでよしとされてきた。

“時間” は、物事の持続期間に関係したパラメーター。つまり、過去から現在、未来にわたる変化を特徴づけるパラメーターということになる。

場の理論では、もっとも基本的な変数の役割を担うものは、時間や空間の変数ではなく、場の変数になる。場の変数から導き出された数値によって、理論と実験の比較が行われている・・・

カントのところでも書いたが、時間・空間の捉え方として、個人的には、カントの考え方が一番腑に落ちる。つまり、ヒトが世界を捉えるクセ（枠組み、形式）としての時間・空間である。ヒトは、時間・空間というクセに従ってしか世界を認識できないといえる。

なぜそのようなクセになったのかは、進化論的に興味のあるところである。

また、数式による物理学的世界像がうまくいっているように見えるのは、なぜか？などいろいろな問いが出てくるかも知れない。個人的には、考えがあるが、ここでは、書き切れない・・・。

紙幅の関係で、ここでは、一部の紹介になってしまったが、他にもいろんな人が様々な視点で考えている。おもしろいアイデアもある。“時間” というのを研究テーマにするのは大変で薦められないが、時間に関する本を読みながら、ときどき考えてみるのも楽しい。