

# 時間の創造

## An Essay on the Creation of Time's Arrow

橋元 淳一郎

### 1. はじめに

本小論は、従来の物理学の範疇に属するものではないが、さりとて哲学に属するものでもない。あえて分類するとすれば、知のアイデアを書き留めた一編のエッセイである。

筆者は、時間と熱力学第二法則（いわゆるエントロピー増大の法則）との関係について、以前に小論<sup>1</sup>を著したが、それは時間という物理量の一面の考察であった。ここに、より根源的な観点から、とりわけ「時間の流れ」というものがいかに生じるのかということについて、ひとつの仮説を提言してみたい。なお、本小論ではその骨子を述べるにとどめ、より詳細で一般向けの解説については、別途書籍<sup>2</sup>に譲ることとする。

そもそも、時間は物理学における重要な物理量であるが、空間および質量と並ぶ基本的次元であるため、時間そのものの物理学的探求はほとんどなされていない（とはいえ、後述するように、相対論と量子論は、ニュートン力学における絶対時間を否定し、その非実在的相貌を垣間見せている）。

一方、哲学においては、時間は古来より魅力的な探求課題であった（それに対して、空間の哲学はそれほど魅力的ではなかったようである）。そして、そのことは現代の哲学においてもしかりと思われるが、哲学と物理

学の乖離が著しい現在においては、哲学的時間論の中に、現代物理学の知見が反映されているとは言い難い状況である。

たとえば、カントの時間と空間の概念には、デカルトとニュートンの絶対空間・絶対時間の考え方が大きな影響を及ぼしている。当然のことながら、カントはデカルトとニュートンの時間・空間概念を熟知した上で、「時間はア=プリアリな直観である」という独自の哲学概念を提出したのである<sup>3</sup>。はるかに遡り、アリストテレスの時間論<sup>4</sup>に至れば、もはや科学と哲学の区分はないわけで、今日でいう科学と哲学は、ひとつの個性の中に融合していたわけである。

その伝を踏襲するとすれば、現代の哲学的時間論にあつては、現代物理学の知見、少なくとも、20世紀前半に確立された相対論と量子論が提出する哲学的時間概念を取り入れたものであってほしいものである。

本小論は、すでに述べたようにいわゆる哲学的著述ではない。しかし、その目的とするところは、「時間の流れ」というものがどこで創造されるのかというきわめて哲学的な課題である。本小論をエッセイと称する所以である。

## 2. 物 理 量

時間は、しばしば直接測定することが不可能な物理量であるといわれる<sup>5,6</sup>。たしかに、我々は時間を針の回転や振り子の動きや季節の変化など、事物の運動の一種として測定するのであり、時間そのものを見ることはけっしてないのであるが、このことは何も時間に限った特殊性ではないことを確認しておきたい。物理量は、すべて数値として測定しうるのであるが、そのために必ず測定器を介在させねばならない。それゆえ、物理的実在として我々が測定する物理量は、すべて測定器の「読み」であり、物理量そのものの測定ではないのである。

たとえば、温度を考えてみよう。

水銀温度計は、温度による水銀の膨張率を測定するものである（最近では、温度測定に種々の方法が採用されているが、いずれの方法も、温度自

身を直接、測定するものではない)。しからば、なぜ我々は温度という概念を持っているのかといえ、それは測定器による測定ではなく、我々が生物学的に「熱い」「冷たい」という感覚を持っているからにはかならない。つきつめれば、古典物理学におけるすべての物理量はこの生物学的感覚から生じているのである。

実際、温度概念はミクロの世界では消滅する。温度は膨大な原子・分子の集団において定義できる統計的概念であり、一個の原子がもつ温度を問うことは、意味がない。

時間、および空間は、ミクロの世界においても存在する物理量である点、温度とは性質が異なるが、しかし、量子論によって、時間と空間の実在性を問うことが可能になった。これについては、後述する。

強調しておきたいことは、時間ばかりでなく、古典物理学で定義されるすべての物理量は、その起源を生物学的感覚に依っているのであり（現代物理学においては、直観ではなく数学的に定義される物理量もある）、それを物理量として数値化するためには、物理量そのものではなく、測定器による計測が必要なのだということである。このことは、すべての物理量について、それが実在であるかどうかを疑うことが可能だということを示している。これは量子論における観測理論が提起する事実である。

### 3. マクタガートの時間系列

マクタガートは、「時間の非実在性」を「証明」<sup>7</sup>した哲学者であるが、その手法は本小論とはまったく異なるものである。ここでは触れない。しかし、マクタガートが採用した時間系列の分類は、時間の理解に有用なのでここで借用することにしよう。

A 系列の時間——つねに「現在」という視点に依存する時間。生きている自分にとって、時間はいつも「今、現在」である。

B 系列の時間——歴史年表のような客観的時間。座標軸上に何年何月何日と刻まれ、それが過去から未来に向かって順番に並んでいる時間。

C 系列（の時間）——これは、もはや時間と呼ぶには相応しくない、た

だの配列のことである。カレンダーや歴史年表の時間は、そこに時の流れが存在するが、これをたんに1, 2, 3……という数列だと見なすとき、これをC系列と呼ぶ。

物理学における時間は、客観的時間であり、B系列に見えるが、これはニュートン力学に限定された場合にかぎる。後で見るように、相対論と量子論においては、客観的時間は単純なB系列では表せないことが明らかになる。

#### 4. 相対論的時間

相対論が明らかにした時間の性質は、要約すれば次の通りである。

絶対時間、および絶対空間は存在しない。時間と空間はローレンツ変換で結ばれており、それゆえ観測座標系ごとに、時間と空間は異なる測定値を取る。このことは、真空中の光速不変を前提とするだけで、容易に導ける。また、これまでのあらゆる物理的実験は、特殊相対論が導いた上の結論を支持している。

これを図形的に表すと次の通りである。

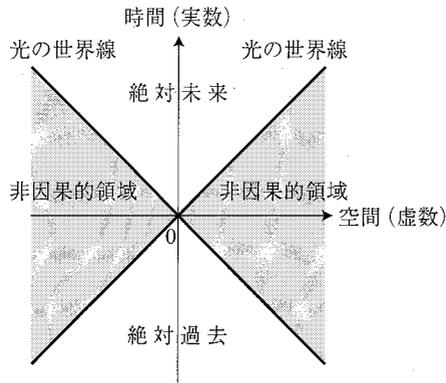


図1

グラフの原点Oは、観測者の現在であり、横軸（空間軸）と縦軸（時間軸）は、観測者が測定する空間座標と時間座標である。このグラフは、

たんに時間  $t$  と空間  $x$  (空間は3次元であるから、じっさいには、 $x, y, z$ ) を便宜的に同じ座標系に描いたものではない。時間軸を実数、空間軸を虚数としたこの時空は、ミンコフスキー空間と呼ばれるが、これこそが、特殊相対論が明らかにした、この世界の時空構造そのものに他ならない。

絶対過去、絶対未来、非因果領域は、現在の観測者  $O$  に対して絶対的な意味をもつ。すなわち、現在の観測者  $O$  に因果的原因をおよぼしうる事象は、絶対過去の領域内にある事象のみであり、現在の観測者  $O$  が因果的結果をおよぼしうる事象は、絶対未来の領域内にある事象のみである。非因果的領域内にある事象は、現在の観測者  $O$  に対していかなる意味でも因果関係をもつことはない。これは、いいかえれば、非因果領域内の事象については、現在か、過去か、未来かを問うことが無意味であることを示している。

相対論は、世界におけるすべての事象を、時間と空間の中の出来事として捉えるが、そこで測定される時間と空間の測定値は、観測者ごとに異なることを主張する。すなわち、我々が日常、常識的に信じている「世界全体の今、現在」というような時間（これこそが絶対時間である）の存在を否定するのである。

絶対過去、絶対未来という呼称は、そこに時間の流れを仮定しているが、相対論自体は、観測者  $O$  に対して、それらの領域がなぜ過去であり、なぜ未来であるかを説明しない。因果律は、相対論の結果ではなく、相対論の前提なのである。

それでは、因果律はどこから生れるのかといえば、それは人間的、あるいはよりプリミティブな、生物学的な要請である。それは、生物としての自己が、世界の中に存在しているという事実から必然的に生れてくる（ここに述べることは、ハイデカーの世界-内-存在<sup>8</sup>と通じる考えではないかと思われるが、それは筆者のたんなる思いこみかもしれない）。自己が生きているということは、外の世界と交渉を持つということである。このとき、自己は必ず外界からの刺激を受ける（餌や異性を発見したり、天敵を発見したり）。この外界からの刺激は、必ず過去からの働きかけであ

る。そして、自己は外界に反応する（餌や異性を追いかけたり、天敵から逃げたり）。この外界への反応は、必ず未来への働きかけである。ここに、過去→自己の現在→未来という時間の流れ（ハイデガー流に言えば、時間性）が生れる。すなわち A 系列の時間である。本小論の目的は、この A 系列時間がいかにして創造されるのかを科学的に問うことである。

相対論的ミンコフスキー時空においては、絶対過去と絶対未来が、非因果的領域によって明確に区分されているため、過去→現在→未来の時間の流れが生れることがよく理解できる（ただし、なぜ、過去→現在→未来であって、なぜ未来→現在→過去ではないのかという疑問には答え得ない）。それに対して、ニュートンの絶対時空では、非因果的領域が存在しないため、因果律が説明にくいのである（瞬時に作用する遠隔力などが許容される）。

結論的にいえば、相対論的時空は、過去から未来への時間の流れが存在すると仮定した上では、マクタガートの B 系列時間に近い。しかし、時間と空間がローレンツ変換で結ばれ、時間だけを取り上げたときには、観測者によって測定値が異なるという意味で、B 系列そのものではない。B' 系列とよぶべきものであろう。しかしながら、相対論そのものは時間の流れを説明しえないのだから、けっきょく相対論的時空は、C 系列でしかありえない。しかも、時間と空間は独立に配列されているのではなく、密接に結びついた変換可能な量として、ミンコフスキー空間幾何学的に配列されているのである。

## 5. ミクロの世界の時間

原子や分子、さらには素粒子 1 個 1 個の振る舞いを記述する時間は、完全に対称的である。ミクロの世界には、時間の流れの存在をほのめかすような物理法則はまったくない。逆に、ミクロの世界における物理法則はすべて時間反転可能である。このことを、直観的にもっとも理解しやすい例であげるなら、反粒子の存在を取り上げれば十分であろう。

すべての素粒子には、その属性がまったく同じで、電荷だけが反対の反

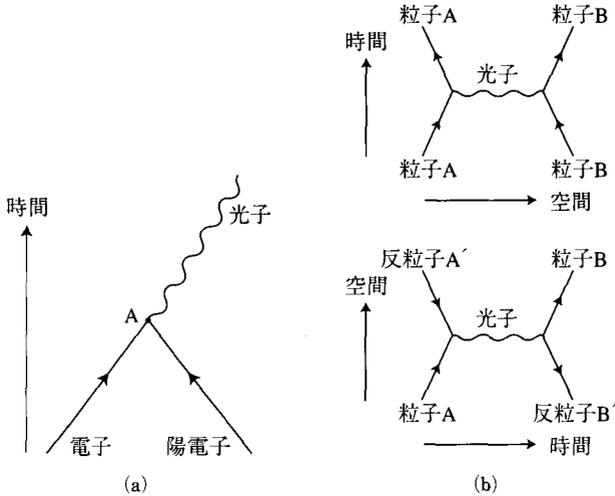


図 2

粒子が存在する。電荷の反転は、電流の反転であり、それは時間反転でもある。すなわち、粒子 A の反粒子 A′ は、時間を逆行する粒子 A の姿だとみなしていっこうに差し支えない (図 2 参照)。

こうしたマイクロ世界の時間反転に関しては、因果律の破綻を心配する必要はない。原因と結果はいかようにでも解釈できるのである。たとえば、図 (a) は、我々の時間の流れでは、電子とその反粒子である陽電子が衝突し、その結果、2つの粒子は時空の点 A で対消滅し光子が発生したと解釈できる。しかし、時間を逆に辿ることも可能で、その場合、1つの光子が点 A で消滅し、電子と陽電子の対創生が起こったと解釈してもよい。あるいは、1つの電子が点 A で未来からやってきた光子と衝突し、過去へはじき返されたと解釈してもよい。

さらには、図 (b) に描いたように、このような素粒子反応においては、時間軸と空間軸を入れ替えて解釈することも可能である。しかし、相対論によって時間と空間の相対性は保証されているわけだから、これもまた不思議なことではないわけである。

要するに、マイクロの世界においては、過去から未来へという時間の流れは存在しない。結局、存在するのは C 系列の時間、すなわち、事象の配

列があるだけということになる。

## 6. 量子論における時間

量子論における不確定性原理は、あらゆる物理量の实在性を疑わしめるものである。不確定性原理によれば、その積の次元が「作用」になる2つの物理量（相補的物理量）は、その測定値を同時に正確に決定することができない。このことによって、たとえば、1つの粒子の位置と速度（運動量）を同時に決定することは不可能になる。これはゼノンの飛ぶ矢のパラドックス「瞬間瞬間静止している矢がなぜ飛べるのか」とまったく同じ問題を提起しているのであり、位置や速度というニュートン力学にとっては自明の事実でさえが、その实在性を疑われることになるのである。

さて、同じ伝は、時間とエネルギーに関してもいえるのであって、ある系のエネルギーを正確に決定したとき、その系の時間はまったく不確定になる。このことは、ある系のエネルギーを正確に決定するには、無限に長い時間を要するという「現実的な」解釈以上の問題を含んでいる。そのことを直観的に示す1つの実験事実を、ごく簡単に述べておこう。

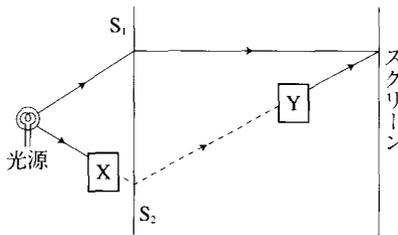


図 3

図は、ヤングの干渉実験として有名な、光波の干渉装置の模式図である。

光源から二手に分れた光は、途中、一方の光の経路に、偏光面の観測のような何らかの光の属性を測定する装置を挿入すると、右のスクリーン上の干渉縞は消える。これは、装置 X の介入によって、スリット S1 に向

かった光とスリット S2 に向かった光が、スリットを通過する以前に分離され、2つのスリットを通過することによる干渉効果が生じないからである。しかし、スリット 2 を通過後に、装置 X で限定した属性を元に戻すような装置 Y を挿入すると、ふたたび干渉縞が現れる（このことは、実験的に確かめられている）。古典的には、光の干渉は、同一の光が 2つのスリットを通過することによって生じるのだから、もし装置 X の効果によって、干渉が相殺されてしまうのであれば、装置 Y を入れても干渉を再生させることができないはずである。つまり、古典的な認識では、光の経路は、装置 X → スリット 2 → 装置 Y という時系列で並んでいるのであって、スリット 2 を通過してしまった以上、干渉の相殺を元に戻すことは不可能なはずなのである。

このような常識に反する実験結果が明らかにする事実は、光源からスクリーンに至る光の振る舞いについて、我々は時間の順序関係を云々することができないということである。換言すれば、この過程において、因果律は成立しないということである。

こうして、少なくとも量子過程においては、時間の流れというものを問うことは無意味であることがわかる。

## 7. 熱力学第二法則

6 までで述べてきたことは、物理学の法則としてはすべて自明のことであり、未発見の時間の流れを示すような法則が存在しないかぎり、ミクロの原子・分子の世界には、時間の流れは存在しないのである。

けっきょく、我々は時間の流れを、原子・分子の大集団、すなわち熱力学第二法則のレベルで探求しなければならなくなる。熱力学第二法則、すなわちエントロピー増大の法則が、時間の不可逆過程を示すものであることは周知のことであるが、なぜそうなのかを明確に示した文献はこれまでになかった。本小論の目的は、時間の流れと熱力学第二法則の合理的な関連を示すことにある。

まず第一に確認しておかねばならないことは、熱力学第二法則は、秩序

と無秩序という概念抜きには語れないという点である。たとえば、10個の1と10個の0との配列について見れば、

11111111110000000000 …… (a)

には秩序があるが、

01010110100110101100 …… (b)

は秩序があるとはいえない（サンプル数が少ないため、無秩序ともいいがたいかもしれないが）。すなわち、(a)のエントロピーは(b)のエントロピーより小さい。

しかし、ミクロの立場から見れば、これらの配列は同等である。無作為の入れ替えを行ったとき、(a)から(b)への変化があるとすれば、それを逆に辿れば（時間を遡れば）、(b)から(a)の変化が実現する。なぜなら、ミクロの過程はすべて時間に対して対称であり可逆だからである。

しかし、現実には試行をおこなえば、(b)の無秩序から(a)の秩序への移行はめったにおこならない。むしろ、統計的にいえば、(a)の秩序から、(b)というただ1つの無秩序への移行もまた、めったにおこなない。ただ、(b)とは配列が異なるが、同じく無秩序という範疇でくれる配列が数多く存在するゆえ、(a)という秩序から、(b) (b') (b'') …… という無秩序への移行は、ほとんど必然的に起こるわけである。

しかし、以上の説明から、熱力学第二法則が時間の流れを生み出しているとはとてもいえないであろう。熱力学第二法則による時間の流れの既存の説明は、たいていここで行き詰まるのである。

## 8. 時間の流れはいかにして生れるのか

秩序、無秩序を問題にするのは、我々がミクロの存在ではなく、マクロの存在であり、さらにいえば人間だからである。外界を知覚するという意

味でいえば、秩序・無秩序を区別するのは、人間にかぎらずあらゆる生命がそうであるかもしれない。なぜなら、生命そのものが秩序であるからである。

結論をいえば次のようなことである。

物理の基本法則そのものの中に、時間の流れはない。時間の流れは、秩序と無秩序を区別するところから生じてくる。秩序と無秩序は、エントロピーという物理的概念として定義できるものであるから、マクロの世界においては、明らかに時間の非対称が存在する。そしてこのことは、時間の神秘性などを持ち出すまでもなく、統計力学によってすべて説明できる。

これまでの議論より、我々の世界は相対論的な  $C'$  系列の時空で出来ている。ただし、その時空の「模様」は対称的ではない。すなわち、ある時間軸にそって観測すれば、その「模様」は秩序から無秩序へと変化する。しかし、この時間軸を逆に辿れば、その「模様」は無秩序から秩序へと変化する。この両者に優劣をつける物理法則は存在しないということである。

それゆえ、問題は、我々はなぜ時間が過去から未来へと流れるように感じるのか、すなわち秩序から無秩序へと辿る軸がなぜ特別扱いされるのかということに尽きるであろう。

これに対する答は、我々生命が秩序あるものだから、という処に求めることができる。人間の知性も含めて、すべての生命活動には秩序が必要である。生命は、熱力学第二法則を破る存在である。じっさい、あらゆる生命は、無秩序の混沌とした分子のスープの中から、DNA やタンパク質の働きによって秩序を構築する。生命のみが無秩序から秩序を構築する。そしてこの秩序を維持することが、生きているという意味である。この第二法則に反する秩序の維持が停止したとき、それは死を意味する。

それゆえ、生命現象だけは、この世界の時間軸の「模様」の中で、秩序の維持という意味で対称的に存在しているといえるであろう。

さて、この秩序の維持という生命現象を、2つの時間軸にそって眺めてみよう。この時間軸は、左に過去、右に未来と名称を付けることにするが、あくまで  $C$  系列の配列にすぎない。

## 時間の創造

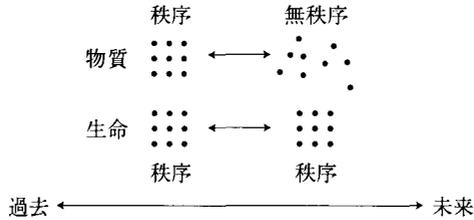


図4 秩序の維持は左方向へはひとりで起こるが、右方向へは「意思」が必要

右（未来）から左（過去）に時間軸を辿ると、その世界では無秩序から秩序がひとりでに生れる。すなわち、もし時間の流れがこのようであれば、秩序を創ること、秩序を維持することは、物理法則であり、そこに生命の「意思」が介在する必然性はなにもない。

しかし、左（過去）から右（未来）に時間軸を辿ると、生命現象はきわめて不自然なものとなる。つまり物理法則だけでこのような世界は生れない。

我々の時間感覚の中で、物理法則に反するような生命が誕生したのは、ひとえに物質から生命への過程における自然選択という進化のおかげである。生命秩序はつねにエントロピーの法則に脅かされているから、それに逆らって秩序を維持する能力を持った個体が生き延び、進化していくに違いない。さすれば、どのような個体が秩序を維持しやすいであろうか。言うまでもなく、秩序を維持しよう、すなわち生き延びようという「意思」をもてば、そうした個体は、「意思」を持たない個体よりはるかに生き延びやすいであろう。

時間論とは直接関係はないが、ニコラス・ハンフリーは、「自己意識」の起源を、集団生活をする霊長目が仲間の心を読む手段として進化してきたと推測している<sup>9</sup>。同様に、時間の流れの意識は、無秩序→秩序をより確実に実現するための手段として、自然選択の中から必然的に生れてきたものと思われる。

物理的には右から左も、左から右も同等のC系列宇宙であっても、右（未来）から左（過去）への動きに「意思」は不必要であり、左（過去）

から右（未来）への動きには「意思」が必要であることは明らかである。それゆえ、生命の「意思」は左（過去）から右（未来）への向きにしか生じようがないのである。

一瞬、一瞬の意思が、左（過去）から右（未来）への辿りの中に生れ、それによって生命は生きてると実感し、そこに時間の流れが生れるのである。これこそが A 系列の時間の創造であり、この具体的現れが、先に述べたように、絶対過去からの刺激と、絶対未来に対する反応、すなわち因果律の生成にはかならないわけである。一瞬、一瞬の中に「意思」があるという考え方は、古く大乘仏教の唯識論<sup>10, 11</sup>に遡るが、生命進化の必然性として、その「意思」は過去から未来への辿りの中で創造されるのである。

## 9. おわりに

前文でも述べたように、本小論は時間の流れの創造に関する推論の骨子を述べたものである。時間に関わるその他のさまざまな問題、たとえば、一瞬とは何か、B 系列時間はどのように創られるのか、などについては、煩雑さを避けるためにあえて言及しなかった。詳細は文献（2）を参照頂きたい。

### 参考文献

- 1 橋元淳一郎「時間論のための覚え書き（1）」相愛大学研究論集 第13（1）巻 pp33-43（1996）
- 2 橋元淳一郎『時間はどこで生まれるのか』集英社新書（2006 予定）
- 3 カント『純粹理性批判』（篠田英雄訳、岩波文庫）
- 4 アリストテレス『形而上学』（出隆訳、岩波文庫）
- 5 滝浦静雄『時間——その哲学的考察』岩波新書（1976）
- 6 渡辺慧『時間の歴史』東京図書（1973）
- 7 入不二基義『時間は実在するか』講談社現代新書（2002）
- 8 ハイデガー『存在と時間』（原佑・渡辺次郎訳）中央公論社（世界の名著 74）
- 9 ニコラス・ハンフリー『内なる目—意識の進化論』（垂水雄二訳）紀伊國

時間の創造

屋書店（1993）

- 10 『唯識論』（大乘仏典 長尾雅人編集）中央公論社（世界の名著 2）
- 11 竹村牧男『唯識の構造』春秋社（1985）