

アトム、空虚、力

——アトムの不可分割性と衝突の不可能性——

瀬 口 昌 久

< 1 > はじめに

筆者はかつての論文で、エピクロスとルクレティウスが構想したアトミズムによる魂理論の問題点を論じた。¹⁾ 生命論の中核をなす魂の理論において、魂を魂として成立させるために、数種のアトムを組織化し支配する力を、名前のない「第四のアトム」に、アトム本来の規定を逸脱して求めていることが最大の問題であることを先の論文で明らかにしようと試みた。しかし実は、アトムどうしを組織的に結びつける力とは、魂を構成するアトムにのみ必要とされるものではない。魂理論で明らかになったアトミズムの問題性は、アトムが集合し岩や水や火などの事物を構成する時にも、アトムがいかに結合するのかというアトミズムの全般に関わるより根本的な問いとして問われなければならない。

この点に関して、近年のアトミズムの研究において、注目すべき議論が提出されている。それはアトムの本質的规定である不可分割性と、アトムの衝突および結合にかかわる問題である。拙論においては、アトムの不可分割性の根拠が、アトムの衝突および結合の問題にどのような影響を与えるのか、またその問題の解決をアトミズムの内部に求めることができるかどうかを明らかにしたい。

< 2 > 問題の所在

近年、アトムの不可分割性とアトムの結合や衝突の問題について、もっとも重要な貢献をした研究者のひとりとして I. M. Bodnár をあげることができるだろう。²⁾ 彼は、古代アトミストたちが、原子の不可分割性についての包括的な説明理論を与えているか、またアトムが不可分割であるその理由が

アトムの独立性を説明できたかを問い直し、アトムそれ自体が不変であるための包括的理論をアトミズムが欠いていることを明快に論じている。主に Bodnár の議論の内容を参考にして問題をあらためて以下の三点に整理しておこう。

アトムの不可分割の理由

- (1) アトムは分割される部分を持たないから。
- (2) アトムは小さいから。
- (3) アトムは内部に空虚 (κενρόν) を持たないから。

このうち(1)は、物体であるアトムが、つまり空間的に広がりをもつものが、物理的な部分を持たないという理解しにくいコンセプトを提示している。(1)の主張がアトミストによってなされたとすれば、(1)はアトムが不可分割の必要条件であるというより、アトムが不可分割である結果として生じる事態を述べていると解釈の方が理解しやすいであろう。別の解釈としては、Bodnár が指摘しているように、(1)が、概念的あるいは理論的に区別できる部分をアトムが持たないことを意味するという解釈がある。しかし、Bodnár もいうように、デモクリトスによるアトムの相互作用の説明において、アトムの形態における凹凸が言及されている。アトムの形態の異なりが考えられている限り、形態とは部分において相互比較されるのであるから、アトムに概念的な部分を否定することも困難といわねばならない。

また、(2)は、物質の分割を連続的に続けていった場合に、どの大きさに到達したときに、それ以上の分割が拒まれるのか、明確で合理的な根拠を示していない。分割が不可能になる閾値の設定が恣意的なまま放置されている。

実は、以上の(1)と(2)をアトミストの主張に帰するのは、シンプリキオスの以下の証言 (DK67A13) にのみ基づいている。³⁾

「われわれが無限にもものを分割することはできず、そのことから分割には際限がないという信念をもつことはできないと考えて、分割の無限進行を否定した人たちは、分割できないもの(アトム)から物体(事物)は構成され、また分割できないものへと分割されていく、と語った。ただし、レウキッポスとデモクリトスは、第一次的な物体が分割されえな

い理由として、非受動性（アパテイア）ということのみならず、それらの小ささおよび部分を持たないということを認めたのに対して、のちにエピクロス [fr.268 Us.] は、部分を持たないとは考えず、それらが分割できないのは非受動性のゆえであると言っている。レウキッポスとデモクリトスの説はアリストテレスによって多々批判されたが、おそらくそうした反駁があったために、のちにエピクロスは部分を持たないとする理由を否定するに至ったのであろう。(後略) (『アリストテレス「自然学」注解』925,10)

以上のシンプリキオスの証言では、レウキッポスやデモクリトスは、アトムが不可分割であるのは、「非受動性 (*ἀπάθεια*)」だけではなく、「小ささおよび部分を持たない (*ἀλλὰ καὶ τὸ μικρὸν καὶ ἀμερές*)」からであると主張したことになる。シンプリキオスはエピクロスがアリストテレスの批判を考慮して(1)と(2)を認めなかったと推察するが、逆にこれはアトムがより小さな部分を持つことをエピクロスが認めたことを意味する。ここから、なぜエピクロスが不可分割のアトムにより小さな部分を想定したのかが問題とされ、アトムの不可分割性とは、物理的に不可分割であるのか、それとも数学的に不可分割であるのかということが盛んに議論されてきた。S. Luria や J. Mau たちは、テキストの詳細な検討をおこなって「数学的アトミズム」を読み込むことができると主張した。⁴⁾ 近年では、D. Furley が、アトムが物理的に不可分割なだけでは、実在が不可分割でなければならないと要請したエレア派の批判に答えられないことを根拠に、アトムが「理論上」も不可分割であると精力的に論じている。⁵⁾ しかし、G. Vlastos が指摘するように、⁶⁾ 図形の無限分割と密接な関係にある無理数の発見はアトミストが登場した時代にはよく知られており、それゆえ「数学的アトミズム」解釈は、有理数的な大きさしか認めない特別な幾何学をエピクロスたちに帰することになる。しかし、彼らがそのような異なる幾何学を用いた証拠はない。また、(1)については、S. Makin も指摘するように、⁷⁾ アトムが部分をもたないことをデモクリトスが述べていた直接の証拠もないのである。⁸⁾

(2)については、レウキッポスやデモクリトスの初期アトミストたちも、「アトムは大きさや数において限りのないもの」(ディオゲネス・ラエルティオス『ギリシア哲学者列伝』第9巻44章)と述べているように、大きなアト

ムの可能性を論じている。彼らがアトムの不可分割性を(2)のアトムの小ささによって根拠づけていたと考えるのは困難である。またアトムに大きさの違いがあることを認めることは、アトムが「理論上」も不可分割であるという Furley らの主張を困難にするだろう。(1)と(2)に関するシンプリキオスの証言内容はきわめて疑わしいといわねばならない。以上のことから、われわれはアトムの不可分割性の根拠を(3)のアトムが空虚を持たないことに絞ることができよう。

つまり、アトムが非受動性を示して不可分割であるのは、アトムが内部に空虚をもたず、稠密で固いからであるからである。これは空虚と原理的に区別されるアトムの本質的な規定でもある。しかしながら、このことは次のような難問をはらむ。アトムどうしの衝突や結合に際して、もしも、アトムとアトムが直接に接触するならば、二つのアトムが接触している部分には空虚がなくなり、その接触部分を再び切り離すことができなくなる。したがって、衝突したアトムは決して分離されることなく、アトムは雪だるま式に大きくなっていき、やがてはすべての物体を結合させるような巨大なアトムになることが避けられない。これがアトムの本質規定に根ざす最も困難な問題のひとつである。

< 3 > 「接触」についての異なる理解

アトムの不可分割性の根拠を空虚に求める限り、アトムどうしが接触してブラックホールのようなアトムの出現を避ける方途は、接触の内実を再考することであろう。それには大別して以下の二つの可能性が考えられている。

- ① アトムどうしの接触は、面ではなく点か線として接触する。
- ② アトムどうしの接触は、間に空虚をはさんだ遠隔的接触である。

①は、アトムどうしが接触する場合、点か線でのような広がりを持たない接触であるならば、アトムが結合することを理論的に排除できるとする見解である。しかし、果たしてそうか。この解釈には二つの問題が生じる。ひとつは、Bodnár が指摘していることであるが、面として接触可能なアトムどうしが、接触する際に事前に点か線の部分を互いに向けて突きだしあうよう

な極めて不自然なことを考えるか、アトムの状態を線か点でしか接触できないようなものに限ってしまわないといけないことである。しかし、前者は受け入れがたく、後者はアトムの状態は無数の数あるとしたレウキポスの想定⁹⁾に反する。

この解釈のさらなる難点は、アトミズムが批判的に克服しようとしたエレア派の議論に再び囚われてしまうことである。たとえば、アトムとアトムが空間的広がりを持たない幾何学的な点で接触したとする。すると、アトムとアトムの接触した点とは、どこに位置するのか、どちらのアトムに属するのかという問題が生じる。AとBの二つのアトムが距離を縮めて接触する場合を考えてみよう。AとBの距離は、ゼノンの「二分割」のパラドクスを思い起こせば、無限に分割可能である。AとBの距離がどれほど接近しても、その間に空間的な隔りがある限り、その隔りには無限の数の点が存在する。これが最後の極限点というのはAとBの間には存在しない。われわれが日常的に事物が「接する点」を考える場合には、それがいかに小さくとも空間的広がりを持つ「点」なのである。¹⁰⁾

このことに関わることとして、現代物理学や数学の視点から Kline and Matheson は物体の衝突の論理的不可能性を次のように論じている。¹¹⁾

- 1) 二つの物体の衝突は、それらの接触をふくむ。
- 2) もし、二つの物体が接触すれば、それらは空間における隣接点を占めるか、空間的にオーバーラップする。
- 3) 空間は連続的である。
- 4) いかなる二つの物体も空間の隣接点を占めることはない（なぜなら、空間は連続的であり、いかなる空間的点も他の空間的点と隣接してはいないからである）。
- 5) 二つのマテリアルな物体が空間的にオーバーラップすることは不可能である。
- 6) それゆえ二つの物体が触れあうことはない。
- 7) それゆえ二つの物体が衝突することはない。

Kline and Matheson は、以上の議論の前提条件について予想される反論を論駁し、衝突の論理的な不可能性を論じ、以下の四つの選択肢のいずれ

かを選択しなければならないとしている。

- [1] 空間は連続的ではない。
- [2] 物質はオーバーラップできる (either over finite or null volumes)。
- [3] 物質は不可分割なトポロジカルに開かれたアトムからできている。
- [4] 接触は不可能であり、「場の理論」が真である。

[1] の空間を連続的でないとする理論は、Kline and Matheson が述べるように、近年の物理学者によって、アインシュタインの重力理論と量子場の理論を時空の量子化によって統合する試みがなされているが、それはまだ萌芽的段階にすぎない。[2] は、完全抵抗体として固いアトムどうしがオーバーラップしたり重なりあうと考えることは不可能であるから、選択することはできない。[3] は、物理的対象がトポロジカルにはオープンであり、それら自身の境界線を持たず、それゆえ二つの物体が境界線に沿って接触していても、その境界線はどちらの物体にも占有されていないとする見解である。Kline and Matheson たちが最も興味深い反論として検討し、三つの異議を唱えてこれを論駁している。[4] は、電子が反撥しあうように、二つの物体が触れることなく反撥することは可能であり、そのためには機械論的な衝突力学ではなく、ある種の場の理論が必要であると論じられている。彼らが最終的にわれわれに選択を薦めるのはこの立場であろう。

しかし、このような枠組みでは、レウキッポスやデモクリトスたちは、アトムの衝突と機械論的・力学的自然学を放棄しなければならなくなる。R. Godfrey は、¹²⁾ Kline and Matheson の議論に反論を試み、ゼノンの議論を知っている者ならば、隣接点による接触の説明や空間の連続性については強力な反論をすとして、アトミストを弁護している。Godfrey は、Kline and Matheson の議論の前提

- 2) もし、二つの物体が接触すれば、それらは空間における隣接点を占めるか、空間的にオーバーラップする。

に最も大きな異論があるという。つまり、これは二つの物体がその距離がゼロの時に接触しているという第三の可能性を、しかもレウキッポスが最も認

めそうな解釈を排除している点が問題であると Godfrey は主張する。デモクリトスは彼の時代の数学を十分に知っていて、無限分割の議論、大きさをもたない点、ゼノンのパラドクスに気づいており、2) のような説明に対しては、当然強力な反論をするだろうと彼はいう。確かに2) の前提は、ゼノンのパラドクスに反するものであり、それによって衝突の論理的不可能性を導くという点では、アトム主義たちがその理論を受け入れられるとは考えにくい。したがって、エレア派の議論を無視して、アトムどうしは面ではなく点か線として接触するという①の想定も斥けなければならないだろう。

しかし、Godfrey が指摘する第三の可能性はどうか。彼はその可能性を次のように論じている。

「二つの物は、それらを分ける何物かがなければ分離しないという議論がある（アリストテレス『生成消滅論』I.8.324b）。もしも、二つのアトムが隣接しながら、それらがなお二つのままであるならば、それらをそのように保つ something が必要である。またもしも、それらが隣接しているならば、それらのアトムの間にあるものは、nothing でなければならない。レウキポッスたちは、空虚は nothing であると考えていた。ゼロの大きさの幾何学的点も nothing であるという広く知られた考えもあった。アトムどうしを区分するゼロの大きさの空虚が以上のあらゆる要求を満たし、二つの接触するアトムが分離する理由がアトムの間にある空虚であることを説明するだろう。それゆえ、二つのアトムが接触する時には、そのアトムどうしの距離がゼロとなる」

このような Godfrey の考えは、nothing やゼロと虚空間が等しく自由に交換可能であるという想定に基づいている。彼の議論は、空虚が「あらぬもの」として述べられることに依拠したきわめてトリッキーな議論といわねばならない。空虚が本来的にもつ空間的な広がりという決定的な特性を空虚から剥奪しながら、なおそれが空虚であると主張することは、文字通り「空虚であらぬもの」を「空虚である」と語る詭弁であるといわざるをえない。Godfrey の提唱するような意味での第三の可能性は斥けなければならない。

< 4 > 遠隔作用の可能性

では、アトムどうしの接触は、間に空虚をはさんだ遠隔的接触であるとす
る②の解釈はどうであろうか。これは先の Godfrey の第三の可能性とは異
なり、どれほどアトムどうしが接近しても、その衝突は空虚の薄膜を介して
であり、アトム間の距離はゼロにはならない場合を想定している。確かにデ
モクリトスは、「ぶつかる」(κρούεσθαι) とか「触れる」(ἀφή) という
言葉を何度も用いている。しかし、それらの言葉が比喩的な用法でありうる
可能性を完全に否定しすることはできない。事実、後6世紀の新プラトン派
哲学者のピロポノスは、アリストテレスの『生成消滅論』(324b24-325b34)
への注で、アトムどうしの遠隔的接触をレウキッポスやデモクリトスに帰し
ているのである。

アリストテレス『生成消滅論』325a32

「しかし、それら(アトム)は、互いに接触する場合に作用と受動を
おこすのである (ποιεῖν δὲ καὶ πάσχειν ἧ τυχάνουσιν ἀπτόμενα)」

「これは空虚を通してである (Τουτέστι διὰ τοῦ κενοῦ)。なぜならこれ
によって、それらのアトムは接触するからである。なぜならデモクリトスは、
アトムが互いに接触するとかれがいう場合、接触(ἀφή)を厳密な意味で述
べたのではない。接触とは互いにぶつかりあうものどうしの表面がぴったり
重なり合う場合に生じるが、しかし、アトムが互いに接近して(πλησίον)、
あまり離れていない時、その場合をデモクリトスは接触と呼んだのである。
なぜならとにもかくにも、空虚によってアトムは分離されているからである」
(ピロポノス『アリストテレス「生成消滅論」注解』158.40-159.3)

Bodnár はこの遠隔的接触に関して以下のように論じている。¹³⁾

「ピロポノスが、アトムの遠隔的接触について直截に述べている箇所
がある。アリストテレスは(『生成消滅論』325b9-10で)エンペドクレ
スについて、『それゆえ、接触しているものは不可分割でなければなら

ない、しかし、それらの中間にあるものは空虚でなければならず、エンペドクレスが細孔とよんだものは空虚でなければならない。同様のことをまたレウキッポスも作用と受動について述べたのである』と述べている。ピロポノスはここを（『アリストテレス「生成消滅論」注解』160.7-11で）、事物が触れあうときに触れあう事物は、細孔か、より正確には空虚によって分離されているとアリストテレスが主張しているかのように解釈している。エンペドクレスのいう細孔は空虚でないが、彼の場合の接触が細孔のcontentsを通じてであるように、他方、レウキッポスの場合は、ピロポノスが急いでつけ加えているように、空虚を通してであり、正しくは接触とよべないのであるとしている。

ピロポノスが同じ主張を抱いていると考えられる箇所159.11-13と161.4がある。また163.14-21で、接触が空虚を通して起きるという主張を繰り返した後で、彼はそのことが真であるのは、"no matter whether you speak about touch in the strict sense or touch in the meaning of approximation" と付け加えている。つまり、通常の face-to-face の接触は、原子論の自然学からはカテゴリー的に排除されているのである」

もしも、ピロポノスのアトムとの接触の解釈が正しければ、C. C. W. Taylor が指摘するように、¹⁴⁾「ギリシアのアトミズムから発展したルネッサンス以降の原子論的哲学が、距離を隔てた作用（遠隔力）の不可能性を公理のようにみなす傾向があるにもかかわらず、原子論の原型は、すべての作用は距離を隔てた作用であるとする命題をアプリアリに含むという驚くべきことになる」だろう。

しかし、Bodnár は、アトムとの遠隔力はデモクリトスのものではなく、その認定がアリストテレスのテキストに基づいてピロポノスが独自に推察したものであると論じている。¹⁵⁾ つまり、アリストテレスのテキストは、ピロポノスのような解釈の「逃げ道」を認めておらず、説得力のない解釈に基づくピロポノスの主張は、アトムとの遠隔力の教説の証拠にはならないと主張する。

Bodnár のこの見解は、アトムとの不可分割性がはらむ接触の問題を、レウキッポスやデモクリトスだけではなく、アリストテレスも気づいていないことを強く示唆している。しかし逆にいえば、ピロポノス自身はわれわれが論

じてきた問題を意識し、その解決を示すために②の立場を明確に打ち出していることをも示唆するだろう。Bodnár が論じるようにたとえ②をデモクリトス自身に帰することができないにせよ、ピロポノスの提案の重要性までも消し去ることはできないはずである。

ではアトムが厳密には衝突することがないというこのピロポノスの想定から導き出されることはいったい何か。Taylor は、このピロポノスの証言から、原子論における基礎的な物理的力は、遠隔力としての「引力」(attraction) と「斥力」(repulsion) になると論じている。アトムどうしは、文字どおりの「かみ合わせ」(interlock) によって結合するのではないと考えられる。Taylor は、アトムどうしに働く引力について次のような説明している。¹⁶⁾

「しかし、くわえて、ある種の引力がアトムのある運動を説明している。Sextus は Democritus (M.VII.116-18) を引用して、同じ種類のものが集合する傾向があると考えている。ちょうど鳥が群れるように、篩いによって異なる種類の穀物が振り分けられるように、海岸で波によって異なるかたちの小石が区分けされるように、という例を使っている。

(中略) Diogenes' account of the cosmogony of Leucippus では、旋回する物質の塊からあらゆる形のアトムが分離されてくるのだが、それらが分離されるのは、"like to like" によっている。つまり形において似ているものが分離される。Aetius' report of Democritus' account of sound (IV.19.3) では、似た形のアトムが集合すると主張されている。それゆえ、明示的には述べられていないが、これと同じ原理が、たとえば球状をした火のアトムの集合を説明するということはありそうなことである」

Taylor は、以上のことからアトミストの力学が、三つの基本的な力を想定していると推察する。それは斥力と二種類の引力であり、その二種類の引力とは、自分と同じような形をもったアトムを引きつける親和力としての引力 ("like to like") と、異なる形をしたアトムを引きつける引力である。Taylor が述べている "like to like" の原理は、ギリシアの宇宙論においては伝統的な見方であり、たとえばプラトンも宇宙においては似ているものは

集められ、似ていないものは引き離されると論じている（『ティマイオス』53A,57C）。だが、三つの力学の理論は明らかな困難を持つ。たとえば同じ形態をしたアトムどうしが衝突した時に、それらは反撥しあうのか接近状態を保つのか？その違いはどのような原理によるのか？Taylorはアトムに働く三つの力を統一するより基礎的原理をアトミストたちが想定していたかどうかは、それを示唆する資料がまったくないと結論づけている。

しかしながら、Taylorのような推察をすすめる以前に、より深刻な問題がある。それはピロポノスが主張するような遠隔力をアトムに認めるとすれば、その力はどのようにして空虚を隔てて互いに作用しあうことができるのかという根本的疑問である。アトムどうしの距離がどれほど小さくなったならば、アトムの遠隔力は働くのか？その距離の閾値は、距離や質量や力の間の数学的關係などの理論が示されない限り、アトムが小さいがゆえに不可分割であるという主張と同様に、恣意的なものにならざるをえないだろう。またそもそもアトムの力は空虚を通してどのように作用するのか？空虚が、あたかも「エーテル」のように、力を媒介する媒質としてアトミストたちによって想定されたと考えられるテキスト上の証拠はまったく存在しない。むしろ、天上や宇宙を満たすエーテルのような存在を否定しきるところに、アトミストたちが構想した空虚理論の独創性があるといえるからである。ピロポノスが空虚を隔てていかにしてアトム相互に遠隔作用が働くと考えたのか、残された資料にその明確な答えは得られない。アトムの接触を遠隔作用とする②の解釈は、アトミストが想定した空虚の内実を、力を媒介する根本的に性格を異にする存在へと全面的に書き換えない限り不可能なのである。

< 5 > むすびに

以上の考察から、アトムの不可分割性と独立性の根拠を空虚に求める限り、換言すればアトミズムの前提を守る限り、アトムが衝突・結合することはアトミズム内部に論理的な不整合を惹き起こすことが示された。空虚の中でのアトムの集合と離散による自然世界の説明理論は、アトムの本質的な規定に根ざす致命的な欠陥を内蔵していたといえるだろう。

空虚を通じたアトムの遠隔作用というピロポノスの卓抜した想定は、ルネッサンス以降の古代原子論の再生においても無視される。次に同様の考えが見

いだされるのは、実に17世紀のアイザック・ニュートンの万有引力の出現を待たねばならない。そして当初は遠隔作用として構想された万有引力がいかにかにして離れた存在に力を及ぼしうるのかという問題は、エーテルを否定する19世紀後半の「場の理論」の登場と20世紀の一般相対性理論によって万有引力が明確に近接作用として扱われるようになるまで、十分な説明が与えられなかったのである。古代アトムイズムがルネッサンスで輝かしく復活させられた時に、その理論の脇腹にはピロポノスが気づいた問題が癒えぬ深い傷として残されていたのである。

-
- 1) 瀬口昌久, 「魂の魂——エピクロスとルクレティウスの生命論——」, 名古屋工業大学言語文化講座『Litteratura』18, 1997, pp.49-62.
 - 2) Bodnár.I.M., "Atomic Independence and indivisibility," *Oxford Studies in Ancient Philosophy* XVI, 1998, pp.35-61.
 - 3) 『ソクラテス以前哲学者断片集』第IV分冊, 岩波書店, 1998, p.12.
 - 4) Luria, S., "Die Infinitesimallehre der antiken Atomisten," *Quellen und Studien zur Geschichte der Mathematik B 2*, 1933, pp.106-85. Mau, J., *Zum Problem des Infinitesimalen bei den antiken Atomisten*, 1954.
 - 5) Furley, D. J., "The atomists' reply to the Eleatics," in *Two Studies in the Greek Atomists*, 1967.
 - 6) Vlastos, G., "Minimal Parts in Epicurean Atomism," *Isis* 56, 1965, pp.121-47.
 - 7) Makin, S., "The Invisibility of the Atom," *Archiv für Geschichte der Philosophie* 71, 1989, pp.125-49.
 - 8) ただし, 後代のルクレティウスはアトムが部分を持たないことを明確に論じている。『事物の本性について』第1巻599-634.
 - 9) シンプリキオス『アリストテレス「自然学」注解』28, 4. テオプラストス『自然学説誌』fr.8, 『ソクラテス以前哲学者断片集』第IV分冊, 1998, p.10.
 - 10) アリストテレス『自然学』第5巻第3章 226b18 以下を参照。
 - 11) Kline A.D. and Matheson.C.A., "The logical impossibility of Collision," *Philosophy* 62, 1987, pp.509-15.
 - 12) Godfrey, R., "Democritus and the Impossibility of Collision," *Philosophy* 65, 1990, pp.212-17.
 - 13) Bodnár, op. cit., pp.51-52.
 - 14) Taylor, C. C. W., "The atomists," in *The Cambridge Companion to Early Greek Philosophy*, 1999, pp.181-204.

15) Bodnár, op. cit., p.52.

16) Taylor, op. cit., p.188.

* 本稿は、平成10年および11年度科学研究費補助金（基盤研究C）による「アトムによる生命理論の歴史的展開と原理的課題」の研究成果の一部である。