

イ
リ
ヤ
・
プ
リ
ゴ
ジ
ン
に
聞
く

時間と創造

Time and Creation :

An Interview with

Ilya Prigogine

 Interview

浅田彰: インタビューアー
Interviewer: ASADA Akira

浅田——きょうは『インターコミュニケーション』のために貴重な時間を割いていただいております。そう、時間、これこそはあなたが一貫して探究してこられたものでした——最初は不可逆過程の熱力学において、その後は物理学の基礎理論において、今度翻訳の出る『確実性の終焉』[★1]は、その探究の一つの集大成と言うべきものですね。

プリゴジン——ええ。不可逆な時間の流れというのは、自然界の重要な側面です。ところが、ニュートン以来の物理学は、物理学の基本法則が時間に関して可逆的だと考えてきた。ニュートンの運動方程式は、時間 t を $-t$ で置き換えても変わらない。これは逆説的なことではないでしょうか。わたしは、時間を物理学の基本に組み込む必要があると思ったのです。

わたしの最初の仕事は、おっしゃる通り、熱力学の現象論的レベルにおいて時間の果たす役割に関わるものでした。わたしは、非平衡熱力学において、対流や渦を初めとする化学的構造や生物学的構造の形成に、時間が重要な役割を果たしていることを示しました。そこか

★1——Ilya Prigogine, *La Fin des Certitudes*, Paris, Odil Jacob, 1996.
邦訳=イリヤ・プリゴジン『確実性の終焉』(安孫子誠也、谷口佳津宏訳)、みすず書房、1997。

★2——カオスの基本的性質(初期値に対する鋭敏な依存性など)のいくつかがわかりやすく解析できる一次元写像の一つ。 $x(t)$ を2倍してその小数部分を $x(t+1)$ とする変換。初期値 $x(0)$ が有理数の場合は、最終的に有限個の値を周期的に繰り返す周期解となるが、初期値 $x(0)$ が無理数である場合は、周期数無限大の非周期系列となる。

★3——Ludwig BOLTZMAN N (1844—1906)。オーストリアの理論物理学者。気体の状態関数を定めるための基礎方程式であるボルツマン方程式を足がかりにしてH定理を導出。第2法則に示される不可逆過程を分子運動論的に基礎づけた。

から見なおしてみると、時間に関して可逆的な物理学の適用される範囲は、相対的に狭いことがわかります。それは、太陽系の運動を説明することはできても、熱の伝導、対流や渦の形成といった、われわれの周囲にある多様な不可逆的現象を説明できないのです。

この仕事に力を得て、わたしは時間を物理学のもっと基本的なレベルに組み込むべきだという確信を強めました。もちろん、古典力学と量子力学は人類の築き上げてきた偉大なモニュメントであり、その基本に手を加えるというのは容易なことではありません。それにはカオスの理論を初めとする新しい数学を導入することが必要でした。何年もかかって、わたしはほぼ満足のいく解決に到達したと思っています。ただ、そのためには、個々の軌道、個々の波動関数について記述することをあきらめ、軌道のアンサンブル、波動関数のアンサンブルについて記述するようにならなければなりません。軌道のアンサンブル、波動関数のアンサンブルが、個々の軌道、個々の波動関数に還元できないことを数学的に厳密に示すことのできる領域があります。例えば決定論的カオスです。簡単な例としてベルヌーイ・シフト[★2]をとりましょう。ベルヌーイ・シフトは、軌道によって記述することもできるし、確率論的に記述することもできる。ところが、確率論的な記述は、軌道による記述には還元できない解をもつことを、厳密に示せるのです。

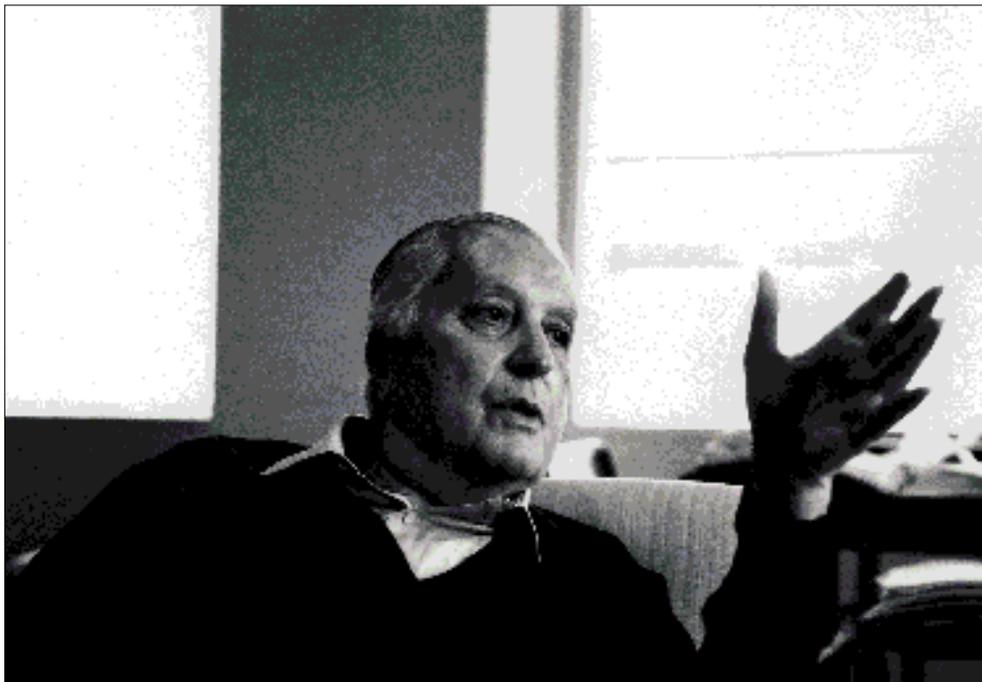
浅田——非線形な力学系においては、ちよとしたずれが増幅されて、どんどん広がっていく場合がある。そういう軌道不安定性がある場合、運動を個々の軌道で記述することは不可能になり、確率論的な記述しかできなくなる。そうすると、不可逆性が基本的な性質として出てくることになる。大まかに言うと、そういうことですね。

プリゴジン——そうです。じつのところ、不可逆性の問題は前世紀にボルツマン[★3]によって明確に提起されていた。ただ、当時は、可逆的な力学法則と不可逆的な現象の間の矛盾を解くことができなかった。それで、ミクロな粒子のふるまいは可逆的な力学法則に従っているけれども、それらを多数の集団として粗く見たときに、熱のようなマクロな変数に関する不可逆性が出てくる、という見方が主流になってしまったのです。この見方では、時間は、自然そのものの中に存在するのではなく、人間による近似——いわゆる「粗視化」によって作りだされるものだ、ということになります。わたしはいつもこれはおかしいと思っていました。人間は、進化の、つまりは時間の作りだしたもののなのであって、人間が時間をつくりだすのではないのです。

わたしは、新しい数学を導入することで、こうした矛盾を解消できると思っています。例えば、決定論的なカオスについて純粋に確率論的な記述しかできなくなると言いましたが、この場合、確率論的性質は、人間の知識の欠如からではなく、運動そのものの不安定性からくるのです。『確実性の終焉』でわたしが展開しているのは、こうした物理学の確率論的一般化に基づくヴィジョンです。

浅田——非平衡熱力学から出発されたあなたは、こうして物理学の基礎理論そのものの革命に到達されたわけですね。

プリゴジン——じつを言うと、これほど革命的ではないやりかたがないものかと、ずいぶん苦勞したのですが、どうしてもうまくいかず、つま



るところ、新しい基礎物理学が必要だという結論に立ち至ったのです。もちろん、わたしの理論はまだ単純なレベルにとどまっていますが、数学的な基礎づけには満足しています。実際、新しい物理学はしばしば新しい数学と相前後して現われます。カオスの理論だけではありません。量子力学は数学的には作用素の理論ですが、作用素の理論をヒルベルト空間★4の外に拡張することが、わたしの仕事にとってきわめて重要でした。こうした研究については日本人を含む多くの共同研究者に負うところが大きいことを強調しておかなければなりません。浅田——ここでは技術的なディテールに立ち入ることはできませんが、あなたのヴィジョンは科学者以外の人々にも大きな意味をもっていると思います。今、決定論的・可逆的な世界と非決定論的・不可逆的な世界を、客観と主観に対応させる伝統的な見方を批判されました。大きく言えば、C・P・スノーの言う「二つの文化」の対立、ハードな自然科学とソフトな人文科学、ハードなテクノロジーとソフトなアートとの対立といったものも、その見方からくるものだと言えます。あなたのヴィジョンはそういう対立を全体として乗り越えるものですね。

ブリゴジン——まったくそのとおりです。

浅田——あなたをそういうヴィジョンに導いた哲学的・科学史的な背景についてうかがいたいのですが。

ブリゴジン——時間の問題は哲学史の起源から論じられてきた大問題です。

浅田——ヘラクレイトスやパルメニデス以来……。

ブリゴジン——ええ。それから近代になってニュートン力学が登場し、決定的な解答を与えたかに見えた。自然の基本法則は決定論的かつ

★4——ユークリッド空間の概念を無限次元に拡張した空間。今世紀初頭、ドイツの数学者ヒルベルトにより導入され、フォン・ノイマンによって公理化された。

★5—Niels Henrik David BOHR (1885—1962)。デンマークの理論物理学者。原子、分子の構造を解析し古典力学と量子論をうまく使い分けて水素原子のボーア模型を提唱した。彼の相補性原理(粒子の位置と運動量のように一方を定めると他方が定まらなくなるような量子現象の二面性)は近代量子論の基礎をなす。

★6—ボーアを中心とするコペンハーゲン学派の学者たちによって確立された、不確定性原理(電子の位置と運動量の両方を同時に精密に決めることはできないという量子力学の定理)に基づく新しい世界認識のこと。観測こそが結果を生み出すのであり、観測が行なわれる前から粒子が実体として位置や運動の情報をもつことはないという量子力学の命題は、アインシュタインにより批判され、アインシュタイン=ボーア論争が展開された。

★7—「ルクレチウスが書いたことによれば、永遠で普遍的な原子の下降は、ときどき、不特定の時間と場所で非常にわずかなふれによる擾乱を受ける——このふれを“クリナメン”と言った。そこでできた渦が世界を生み出し、すべての自然物を生み出した。」[I・ブリゴジン・スタンジェール『混沌からの秩序』(伏見康治、伏見謙、松枝秀明訳)、みすず書房、1987、p.202]

可逆的である、と。しかし、そうすると、初期条件さえすべてわかっているならば、その後の発展は完全に予知できることになるわけで、これはどうにも納得しがたい。こうしてわれわれが話し合っていることもビッグ・バンの瞬間から決まっていたなどというのは、考えられないでしょう。

浅田——いわゆる「ラプラスの魔物」の神話ですね。

ブリゴジン——そう、それは受け容れられません。それから、今度は量子力学が登場します。そこでは確率を扱うけれど、確率は人間の測定によって初めて入ってくるとされます。量子力学では、リアリティは測定を通じてしか接近できない。波動関数はポテンシャルだけを含んでおり、測定によって初めてポテンシャルからアクチュアリティに移行することになるからです。ボーア[★5]は、物理学に自然がどう動いているか問うてはならない、われわれが実験結果をどう表現しうるかだけを問え、と言いました。これは、自然そのものは理解不能だ、と言うに等しい考え方です。

浅田——量子力学のコペンハーゲン解釈[★6]として知られる、一種の主観主義ですね。アインシュタインは、それを批判したけれど、「神はさいころ遊びをしない」という言葉に見られるように、不確定性そのものを退けてしまった。

ブリゴジン——それに対して、わたしは、不確定性が自然そのものの中に基本的・微視的なレベルにおいてすでに含まれていると思います。そして、それを数学的に理論化しえたと考えているのです。

古代哲学に戻れば、これは本質的にエピクロスやルクレチウスがあの有名なクリナメン[★7]によって捉えようとしたことです。わたしが正しいとしたら、わたしたちはいまやクリナメンの真のメカニズムを分析的に理解しようとしているのです。

自然はいたるところでゆらぎをはらんでいます。そうしたゆらぎが、時に巨視的なレベルにまで増幅されて、非平衡の構造——化学的、さらには生物学的な構造につながってゆく。しかし、ゆらぎはすでに微視的なレベルにおいて存在していたのです。

自然は常に試行錯誤を繰り返し、新しい構造を生み出しています。人間もその中で生まれてきたのであり、人間の創造活動も自然の創造活動の延長なのです。

逆に言えば、ニュートン的な世界では、生命や、わたしたちの脳が存在する余地はありません。わたしたちは、生命や脳の存在と矛盾しない世界を求めなければならない。そして、わたしはそのような世界を記述しえたいと思っています。それが確率論的記述でなければならなかったのは、世界そのものがゆらぎをはらんでいるからなのです。

浅田——確か、若い頃にベルクソンを読んで時間の問題に関心をもったと言っておられましたね。そうした影響についてはどうでしょうか。

ブリゴジン——ベルクソンやハイデガーは、本質的にはニュートン力学以外に科学がなかった時代の文脈において理解しなければなりません。それは、おっしゃるとおり、西洋の思考を「二つの文化」へと分割してしまっただけです。ベルクソンやハイデガーはその分割の例です。ベルクソンやハイデガーの批判的な部分は、今でもなお興味深い。しかし、建設的な部分は、わたしの見るかぎりでは、もう時代遅れになってしまった。

形而上学だけが時間の問題に答えることができると考え、「持続」とか「時熱」とかいった曖昧な概念をもちだしてくるからです。わたしはそうした哲学を大変興味深く読み、ある意味で励まされましたが、形而上学的な部分についてはもう関心をもてませんね。ベルクソンはアインシュタインと論争しましたが、わたしはアインシュタインが間違っていると思う一方で、ベルクソンの議論もほとんど意味をなさないと思うのです。浅田——わたしたちの共通の友人であり、あなたの共著者でもあるイザベル・スタンジュール[★8]は、ドゥルーズに近い立場に立っていますが、ある意味ではベルクソンの延長上にあるドゥルーズについてはいかがですか。

ブリゴジン——いくつか読んで、興味はもちましたが、率直に言って、わからないところが多かった。ベルクソンの「持続」のような形而上学的概念を取り上げなおすというのは、わたしの意見では、益のないことだと思います。現代の科学は、ニュートンやアインシュタインの段階を超えて、時間や生成の問題を、より柔軟に、しかしあくまでも分析的に取り上げる段階に達している。わたしにとってはそのほうがずっと興味深いのです。

浅田——科学者としては当然の見解でしょうね。わたしは、現代哲学の独自の創造性を評価し、科学のほうが哲学より優れているとか、科学の成果を哲学者がよく理解せぬまま誤用しているとかいった、アラン・ソーカルのような一方的批判には与しない者ですが、分析的に明確化できるようになったところはぎりぎりまで分析的に明確化すべきだという点で、あなたに同意します。

他方、あなたは優れたアマチュア・ピアニストであり、美術にも深い見識をもっておられますが、芸術の影響についてはどうでしょう。

ブリゴジン——芸術が決定論と非決定論の混合であるかぎりにおいて、芸術は自然界の象徴であると、わたしはいつも考えています。例えば、フーガやソナタを作曲するには一定のルールがあり、したがって一定の予測可能性がある。しかし同時に、そこでは予測不可能な変化が生じるのであって、真の創造性はそこにこそ現われる。これはわたしの考える自然像と対応しています。ですから、振り子や時計がニュートン的な世界の象徴であるなら、芸術作品は新しい世界の象徴である、と言えるでしょう。

浅田——そもそも芸術と科学技術は密接な関係をもっていましたね。

ブリゴジン——そうです。旧石器時代においてすでに、自然の観察に対応する絵画を見ることができます。

あるいは、日本の縄文式土器を見てください。それは機能的な目的でつくられたのですが、ただちに芸術的な域に達します。そこには、流れや渦など、自然界の興味深い現象が、見事に表現されているのです。ちなみに、雲や波や渦といった複雑な現象の表現において、日本の芸術は伝統的に優れていると思います。

浅田——ともあれ、芸術と科学技術がはつきりと分離したのは、近代になってからのことですね。過去を振り返ってみれば、例えばレオナルド・ダ・ヴィンチは素晴らしい芸術家であると同時に優秀な科学技術者でもあった。彼の風景画はじつに美しいと同時に、カルマン渦[★9]の

★8——Isabelle STENGERS. パリ在住の女性哲学者、化学者、科学史家。

★9——流体中を適当な速度範囲で運動する柱状体の背後にできる、回転の向きが反対の2列の渦。

★10—1492年のコロンブスのアメリカ大陸到着以前、中央アメリカやアンデス地方などで栄えたアート。

ような現象を正確に捉えてもいる。

ブリゴジン—そう、それに対して、「芸術のための芸術」といった考え方は近代の産物であり、もう時代遅れになっていると思います。

浅田—そこで、科学に根本的な革命をもたらし、ひいては「二つの文化」の分裂を克服しようとするあなたの努力は、芸術にどのような影響を与えたとお考えですか。

ブリゴジン—カオスやフラクタルの理論が芸術家に新しいインスピレーションを与えていることは周知のとおりです。ただ、量子力学の拡張による新しい時間概念といったものが、それ自体として芸術に影響を与えうるなどとは思いません。考えられるとしたら、もっと長期的かつ間接的な変化でしょう。

自然像は大きく変化しつつあります。古典的な物理学が平衡状態にある安定した系を重視していたとすれば、現代的な物理学は非平衡状態にある不安定な系、常にゆらいでいて新しい複雑な構造を生み出す系を重視している。かつて、時間が自然と切り離された人間の側にあつたとすれば、現代では、時間は自然の側にあり、したがって創造性も自然の側にあり、その意味で芸術はかつて以上に自然の一部になっている。わたしが、芸術作品は新しい世界像の象徴である、と言ったのは、その意味においてです。

浅田—大変単純な質問ですが、どういう芸術がお好きですか。

ブリゴジン—広く見ているわけではないし、その範囲内でも一概には断言できません。

ただ、最近では例えばプレコロンビアン・アート[★10]に興味があります。古代中国などの場合、天は揺るぎなく、天下の秩序は安定しているとされる。ところが、プレコロンビアン・アートの場合、人間が神々を必要としているように神々も人間からエネルギーを受け取る必要があります。そのために、不安定な世界の中の生物学的な運動、それに付随する一種の不安といったものが表現されているのです。日本の縄文式土器に興味があると書いたのも、同じ理由からです。わたしは、人々が世界をさまざまなかたちで表現する、その差異に関心があります。多文化的な観点が重要だと思うのです。

それから、大きく飛びますが、レンブラントにはいつも感動させられます。特に一連の自画像において、自分自身を貫いて流れる時間の矢の見事な表現が見られるからです。

現代美術について言えば、ピカソよりも、カンディンスキーからロスコに至る抽象絵画のほうに興味があります。ピカソのような画家は、批判的ではあれ、伝統的な絵画との関係を制作の軸にしていたのではないか。他方、抽象絵画というのは、直接に観察できるリアリティを超えて、もっと深い何かを見ようとする試みだと思うのです。それは、物理学においてもっと深いレベルに到達しようとする最近の試みを先取りしているとさえ言えるかもしれません。

浅田—音楽についてはいかがですか。

ブリゴジン—わたしはドビュッシーやバルトークが大好きです。12音音楽にはそれほど感心しませんね。いささか人工的に構築されすぎているというのがわたしの意見です。いずれにせよ、わたしはよくピアノ

を弾いたものでしたが、近年ではそれもまれになりました。数学と物理学の研究に時間をとられすぎたからです。わたしの生涯は、知的必要のためのさまざまな犠牲の積み重ねだったと言えるかもしれません。浅田——言い換えれば、そういう科学研究は、あなたにとって芸術以上に強い情熱の対象だったのでしょうか。

ブリゴジン——そうです。科学研究は冷たくドライなものと考えられています。そこには大変な情熱が賭けられているのです。これは「科学、理性、情念」★11で述べたとおりです。

科学には、まわりの世界を理解するという側面と、その世界における自己の位置を理解するという側面がありますが、特に後者は、決してニュートラルな問題ではありません。わたしたちは、政治運動に参加するのと同じようにして、科学研究に参加するのです。政治には情熱がつきものですが、科学研究についても同じことです。

じつのところ、わたしは自分が思っていた以上の情熱をもっていたことに気づいて、われながら驚かされました。わたしは、このささやかな科学革命に、意に反して乗り出してしまったのです。良い抽象画家はできるだけオリジナルであろうとするが、良い理論物理学者はできるだけオリジナルでなくであろうとする、というハイゼンベルクの言葉を、わたしはいつも引用し、自分でもそうありたいと思ってきたのですが、どうしてもささかオリジナルにならざるをえませんでした(笑)。

浅田——あなたは、いわば科学における芸術家だったのかもしれないね。

ブリゴジン——さあ、どうでしょう。いずれにせよ、わたしの歩みは、わたしが人文系の教育を受け、後になってから自然科学に移ったという事実を考慮しなければ、理解できないでしょう。

もう60年も前の1937年に、まだ学生だった20歳のわたしは「物理哲学試論」「進化」「決定論」という三つの短いエッセイを発表しています。もちろん、特に新しい論点は含まれていません。ただ、わたしがすでに時間の問題に関心を持ち、「二つの文化」のギャップを意識していたことはわかります。

浅田——それから60年を経て、あなたはそのギャップに橋をかけるころまで到達された？

ブリゴジン——まだそこまではいきません。わたしたちの研究は始まったばかりなのです。また、そもそもすべてを説明する統一理論のようなものが可能だとは、わたしには考えられません。

浅田——それに関して、5年前にあなたを囲むシンポジウム(『生命論パラダイムの時代』★12)で提起した疑問を繰り返しておきたいと思います。あなたの研究は、物理的なレベルと生物学的なレベルのギャップを埋め、『混沌からの秩序』★13の原題を借りて言えば「新しい連帯」をつくりあげるうえで、多くの示唆を与えるものでした。さらにそれは、例えば都市のパターン形成のモデルなどにも応用されています。ただ、生物学的レベルと、人間的・社会的レベルの間には、もう一つのギャップがあるのではないのでしょうか。

ブリゴジン——もちろんです。人間はそれぞれが意思決定を行ない、その意思決定は過去の記憶と未来の予測に依存しますが、分子のレ

★11——Ilya Prigogine, *Science, Reason and Passion*, 1994. 邦訳(松浦俊輔訳) = 『InterCommunication』22号所収。

★12——日本総合研究所編『生命論パラダイムの時代』ダイヤモンド社、1993。

★13——Ilya Prigogine and Isabelle Stengers, *La Nouvelle Alliance*, 1984. 邦訳 = 『ブリゴジン+I・スタンジェール『混沌からの秩序』(伏見康治、伏見謙、松枝秀明訳)、みすず書房、1987。

★14—Francis H. C. Crick,
The Astonishing Hypothesis, 1994.
邦訳=フランシス・クリック『DNAに魂はあるか』(中原英臣訳), 講談社, 1995.
/Daniel C. Dennett, *Consciousness Explained*, Little Brown&Co., 1991.

ヴェルにそんなものはないのです。ですから、時間の流れは共通でも、変化のメカニズムは大きく異なります。

浅田—さらにいささか哲学的に言うなら、人間のレベルには生命の論理を超えた部分があるのではないのでしょうか。人間は死を意識する。自殺することもある。マゾヒスティックな快樂を死に至るまで追い求めたりもする。それは人間が言語をもつ存在だということと深く結びついています。

生命の論理に関するかぎり、わたしたちはそれを自然の総体の中で統合的に理解する方向を見出しつつあるかに見える。しかし、人間というのはさらにそれを超えた不可解な存在ではないでしょうか。

ブリゴジン—おっしゃるとおりです。わたしたちは人間についてほんのわずかしか理解していない。そして、わたしたちが人間について学ばず学ばずほど、謎はますます深まるばかりであるかのようです。

わたしたちは、人間の精神が何兆もの神経細胞の相互作用から発生することを知っている。それらはきわめて複雑な構造を形成し、そこにはカオスも関係しているらしい。そこから統一的な意識がいかんして生まれてくるのか。わたしには想像もつかない複雑な問題です。

脳と意識の問題を解明すると自称する本があります。クリックやデネットなどの本★14]です。しかし、それらを読んでもあまり得るところはありませんね。

浅田—言い換えれば、科学の前にはまだまだ広大な未知の領域が広がっているということでしょう。

ブリゴジン—そう、最後にはつぎりと言っておきたいのですが、わたしは科学の終焉や時間の終焉といった考え方に反対です。ホーキングのような物理学者は、わたしたちがすべてを説明する究極の統一理論を手に入れようとしており、いわば神の視点に近づいている、と主張している。そういう信じがたくナイーブな意見にはとても同意できません。

物理学者が時間に敵意を示してきたのは、時間の不在こそ、神の視点に近づいていることの証拠だと考えられているからです。神にとつて時間は存在しませんからね、これこそアインシュタインの見方であり、ホーキングの見方です。ホーキングは、アインシュタインのヴィジョンを受け継いで、物理学を幾何学化—つまりは空間化しようとしている。他方、わたしは物理学を時間化しようとしているのです。

わたしの観点から言えば、科学の終焉どころか、科学の始まりを語らなければなりません。わたしたちは、どちらかと言えば未知の宇宙の中において、多様な現象の生成と発展をようやく理解しはじめようとしているのです。 *

[1997年7月18日, 東京]

イリヤ・ブリゴジン—1917年モスクワ生まれ、物理学者。77年度ノーベル化学賞受賞。著書『構造・安定性・ゆらぎ』(グランスドルフと共著、みすず書房)、『散逸構造』(ニコリスと共著、岩波書店)、『存在から発展へ』(みすず書房)など。

あさだ・あきら—1957年生まれ、京都大学経済研究所助教授。経済学、社会思想史。著書『構造と力』(勁草書房)『歴史の終わり』と『世紀末の世界』(小学館)など。