

秩序・無秩序の科学

独立行政法人 海洋研究開発機構
地球シミュレータセンター
佐藤 哲也



——— この小グループは共同研究「秩序はいかにして作られるか—複雑性の科学」の精神を受け継いでいると思われませんが、共同研究が生まれた1995年頃の状況と、このグループを作った動機を述べてください。

佐藤 「複雑系」が日本で有名になり「複雑系」という言葉が人口に膾炙し始め、書店に複雑系の本が数多く並び始めたのが1995年頃です。

——— 1996年にワードロップの本が日本で翻訳され、同じ頃、日本でもさまざまな新書版の複雑系の解説書が出ました。

佐藤 私は「複雑系」という言葉が好きではなかったので「複雑性」を使っていました。私が「複雑性」という言葉を使ったのは、「複雑系」が有名になる以前からです。私はシミュレーションを大学で物理の助手を始めた頃から40年間やっています。最初の具体的な問題はオーロラや宇宙空間電磁場の問題だったのですが、そういうものを解くためにコンピューターを使おうということが私の研究の最初だったわけです。そういうことをやっている間に、これからの学問は非線形の問題が中心で、これは計算機シミュレーションという、計算機を使ってやる研究が絶対に重要になってくると考えました。それがきっかけでした。

——— 複雑系とは直接的な関係はなかったとしても、複雑系の前にカオスとかフラクタル研究の興隆があり、その流れとしてカオスやフラクタル研究の人が複雑系に進んだというような状況もありました。そのときに非線形問題をやっていた人も、同じ範ちゅうに入れられたわけですね。それだけではなく、当時は複雑系と認識した研究をやっていなくても、数理経済学のように、複雑系研究と似たようなことをやっているという認識はありました。私はあの頃、素粒子論を研究していて複雑系は好きではありませんでした。人間は複雑なものを全体としてとらえるだけの能力がないから、複雑なものはある程度簡略化しないと理解できないと考えます。したがって複雑系に還元的方法以外方法論があるのか否かということは分かりませんでした。要素還元論が破綻するような系、すなわち複雑系の方法論により初めて理解できる系、そのような系はあったのでしょうか。複雑系の方法論はあったのですか。

佐藤 それは解明されていないと考えています。少し話は前後しますが、私が複雑系という言葉を使わなかったのは、いわゆる「複雑系」と称するものがワーストと出てくるし、経済の人たちも「複雑系」を使うことがありました。私はそういう概念についてもっと以前から考えていたと言いたかったからです。

—— 経済の人の中でも「私たちも前から複雑系のことは考えていたのだ」と主張しています。その時代には「複雑系」という言葉が定義はされていなくて、いろいろな言葉が使われていました。



佐藤 「複雑系」が出

てきたときに、私が主観的あるいは感情的に反感を持ったのは、何かあとから出てきてポツと名前を付けてやりだしたという印象があるからです。コンピューターで、とりわけ非線形な系でさまざまな運動モードが絡み合っているような問題を解いた際に、「複雑系といわれている系は、われわれが既に扱っていた」普通の対象だということです。「複雑系」の著者、エドガール・モランなどもそうです。最も原題はコンプレクシティーだから「複雑性」とすべきだったと、私は考えます。「複雑系」の問題は、物理学者が中心になってやったためだと思いますが、「何々性」などは物理学の語彙ではない、だから物理対象として見れば、それは「系」だ、ということで「複雑系」という名称をつけた。それに対して私は「複雑性」という表現が、そのような問題を提起した人たちが本当に表したかったことではないかと考えました。複雑性という言葉についても私はよく分かっていたわけではなく、今までの方法は極言すれば摂動論的な方法しかなく、そのような方法では限界があると、大学院生の頃から考えていました。方程式を、具体的に解いていく手法としての道具が必要となります。だから、そうした置き去りにしてきた非線形の解の発展の中で何が起こってくるかということを理解し得る手段として、コンピューターシミュレーションがあると考えたわけです。コンピューターシミュレーションが次の時代のサイエンスを担っていくような手段になるだろうと確信しました。ただ、そのように思っただけであって、とくに「複雑系」あるいは「複雑性」だと深く考えたわけではありませんでした。

—— 複雑性のことを論じる前に、複雑系のことではっきりさせたいことは、複雑系の研究は私から見ると「複雑系とは何か」という複雑系の定義の研究だったのではないかとということです。それは今までの要素還元論的な研究方法では解決できない系である、ということだったわけです。具体的に何であるかを取り上げることが、きわめて重要であると私は考えていました。普通の物性的な非線形現象だけでは十分ではなくて、部分に分解して分かるようなものでないということが、全体を見ないと分からない系と、よく言われていました。佐藤さんの言う複雑性とは、複雑系からもう一つレベルが変わったものを提案していると考えます。それについて詳しく説明してください。

佐藤 デカルトは人間が複雑な現実を即座に、直感的に理解できるほど賢くはないことは知っていました。その賢くない人間が理解するにはどのようにすべきかで、分解し単純化しなさいと言っている。分解をしていけば、一つずつのエレメントになり、そしてそのエレメントの仕組み・働きが分かれば、それをくまなく全部拾い上げれば全体が分かるだろうという、その考え方はおおむね正しいと考えます。しかし、この複雑性に入る前に私が考えていたのは、分解して、それを全部足し合わせるところでこの「足し合わせる」ことはきわめて主観的であるということです。

—— 分解したときには、必ず要素と要素の間にどのような関係があるかという問題が存在します。

佐藤 通常、それらの要素の間の関係性を切って考えます。

——— いいえ、通常、要素間の関係性は切れません。

佐藤 確かに切れないけれども、例えば素粒子の問題までになったとき、リアルな問題がそのまま全部入っているかということそうではなく、やはり切っているわけであって、素粒子というものに分解していると考えます。

——— それはさまざまなレベルにおいて、近似するということです。

佐藤 まず近似を行い、その次には、近似した要素をもう一度拾ってきなさいというのが、デカルトが言っていることであると思います。私の疑問は、そこまで十分に理解されていないのではないかということです。分解して、それをたんに足し算すれば事足れり、としているような気がします。要素を全部持ってきて、足し合わせる手法をまったく見いださなかった。その点こそ、私が最も言いたいところです。

——— 問題によっては摂動論的な手法はきわめて有効です。十分でない点を補うため、非摂動法に対して、懸命に努力が行われました。したがって相互作用はどのように入れるのが最も有効かという、さまざまな近似法は工夫されてはきている。

佐藤 それは確かに工夫されてきたことは事実です。しかしどこかで、やはり捨てているものがあります。全部拾い上げてはいないと考えられます。

——— そうですね。だから、拾い上げるとき、それも要素還元と同じであって、何が捨てられないものかを判断することが重要だったわけです。

佐藤 主観が入りますが、とにかく人間が要素を具体的に集めてくる方法を提案できなかった、あるいは、提案しなかったと考える方が理解しやすい。とにかく要素に分けていって、それが役に立つ間はまだいいわけです。あるいは、要素の働きがまだまだ分からないものがあり、それを対象にできる間はよかったわけです。ところがさまざまなエレメントが分かったとき、それが現実にならぬかという予測をできるだけの手法を、作り出してこなかった。その点こそ私の要素還元論に対する疑問でした。

——— 複雑系は全体を見ているということだから、全体が分かるまでは見えてこない、つまり解答が分からないのではないのでしょうか。

佐藤 私はそのようには考えません。複雑性とは、予測をするための一つの手法・手段であって、その具体的手段を見出すことも複雑性の科学の一つであると考えています。

——— そうですかね……。非線形系について再度言うと、物理学に出てくる方程式はおおむね、非線形です。しかし、コンピューターなどが現れる以前においては、安定点と安定点の近くの線形方程式が解かれました。コンピューターが手元にある現在においては、非線形が解けたということは非線形を解いている元の基本方程式は、要素還元的なことから出発した方程式であって、それを線形以上に伸ばしているだけであり、そしてそのように伸ばすことに本当の意味があるか否かに疑問を持たず、ひたすら出発点の方程式は正しいと信じて行っているようなところがあります。

佐藤 複雑性にとり組む場合、少なくとも二つのフェーズがあると考えます。一つは、その方程式の中に存在するある種の「コスモロジー」があると考えられます。そのコスモロジーが、こういう方程式で支配されるということを一応認めたとしても、具体的に解く手法が今までは知られていなかった。これがプリミティブな複雑性に向かう段階であると、私は考えます。今までは、線形や摂動論などでやりましたが、少なくとも今までの方法論よりもコンピューターシミュレーションの方が、よりコスモロジーに近い解を与えてくれるだろうと考えます。でも、さまざまなものが集まっ

ではじめてそこに起こる現象の中に、何かエレメントの中のわれわれが知っている法則以外の法則性が含まれてないとは言えない。もしかしたらそういうものがあるのではないかと、これを探すのが次の複雑性の目標であると私は考えます。まず方法論として、おそらくコンピューターシミュレーションがすぐに役に立つだろうと考えられます。コンピューターシミュレーションをやると、系全体として持つ新しい法則性、ある意味では進化論といってもいいのかもしれないものが、集まることによって、何か新しい法則性が出てくることが考えられます。それを見出すことが次の複雑性のテーマであると考えています。

—— でも、見出す方法は人によってさまざまであるし、また本当に見出すことができるのかということがあります。きわめて典型的な例の一つは、熱力学と統計力学です。統計力学の自由度の数を増やして熱力学になるかということ、ならないところがある。不可逆性などがそうです。

佐藤 まさにプリゴジンのテーマの一つです。

—— 熱力学は複雑系の研究者が発見したのではなく、熱力学を応用しようとする人たちがいて、さまざまな現象論的な法則をまとめることによって、熱力学の第1法則、第2法則、第3法則となったわけです。コンピューターでそのような系を研究できるとするなら、佐藤さんは、ミクロに正しい方程式から出発するはずですが、それを、マクロな系にまで何とか持っていくことができますか。

佐藤 いや、そうではなく、これが適切な例になるか分らないですが、現在「地球シミュレータ」において行っている気象の問題で、台風などの問題は全体から見ると局所的で、台風がどうして出てくるのかということに対しては、原因は一つだけではない。たくさん原因が寄り集まり、作り出す新しいメカニズムが存在する可能性があるわけです。たくさん要素が集まり、一つずつは持ってないが集まることによって何らかの新規性や新しいものが出てくる可能性がある。このような新規性というべきものに何らかの法則があるのか否か、そのような問題を調べていく手段がまず必要となります。そのような法則性があるかないかを調べていく、これは熱力学も含めて今までのサイエンスの中にもあって、しかもそれを意識的にやってはいなかったのではないかと考えています。だからこれからは、複雑性として意識的にやっていくべきです。これは主観的な問題になると思いますが、今までの要素還元はきわめて明確な道筋が作られ、要素を調べていくことが最も重要でした。これは、宇宙の過去や始まりに向かうサイエンスであると考えています。今までの要素還元的な考え方は、宇宙の現時点までにどのようなことが起こっていたかを知る科学であって、そこに一つの大きな考え方やパラダイムがあった。それに対し「複雑性」は、今から未来に向かっていくものです。未来がどうなるかということのを的確に予測できる科学の方法論があるのかないのかということを探ることが「複雑性」であると私は考えています。

—— 「複雑系の科学」という人の考え方とどこが違うのですか。

佐藤 「複雑系の科学」という人には、やはり過去を見ていくという考え方が濃厚に残っていると私は考えています。要するに、今まで解けなかったきわめて複雑なさまざまな現象があり、それを解明していくという、もう既にあるものを解明していくところが、やはりどこかに思想として残っていると考えられます。

—— しかし科学とは、現象から法則が分かることが一つと、その分かった法則から現象を予測することではありませか。

佐藤 しかし今までの科学は、予測という概念はほとんど持ってなくて、未来に向かってどうなっていくかということ、真剣に、それを一つの大きな目標としてやってきたものはないと私は考えています。

—— 宇宙論では未来において、ビッグクランチが起きるということも論じられてきました。

佐藤 宇宙論の話は、確かに未来に向かっていけると言える。だから私はないとは言わないが、それは未来に向かっていくことの、その最終結果として得たもの話であって、未来がどうなるかということを知ろうとして研究したのではないと考える。

—— しかし正しい方程式を得ようとするのは、時間発展に対する方程式であるから、過去を分かることだけではなく、将来についてもそれが延長できるという方程式であるはずだ。

佐藤 そこではまず実証論が重要になってきて、過去の人未来をその時点では決して実証できないわけです。したがって今までの科学の方法論とは、やはり実証ということの一つ重要な検証の道具としているということです。

—— 「過去に向かう科学」とは、当然、過去は一通りであったはずであるという前提で探求する、という立場ですか。

佐藤 現在から未来を見るとき、今までどのような形でできてきたかを知りたいという意味では、過去から言えば未来であるが、やっている人たちは、やはりそれを逆方向にたどっていったものと考えています。幾通りもの過去があったとは考えていない。

—— 未来は、初期値が少し違えば拡散していくわけであって、多様な未来があり得るという感じがします。

佐藤 まず何があるか分からないということで、逆に言えばわれわれを変えられるかもしれないと考えています。

—— 「複雑系の科学」は過去で、「複雑性」は未来と簡単に分けていますが、具体的なやり方や方法論、それからやっている内容の違いを明確にしないと議論にならないと考えますがどうでしょうか。

佐藤 今までの科学では、過去を見てそれで分かってきたことを一つの方程式という形式で表現しました。方程式そのものは、未来においてもどうなるかを与えているわけです。しかし、未来を与えているが、未来に関して答には言及しません。しかも非線形で同じ一つの方程式で表すことができるコスモロジーがあったとしても、どういう初期条件を取るかによってどの方向へ行くかは分かりません。そういう意味では、過去に関しては求めていく方法を持っていたが、未来に関しての方法論は、まだ持っていないということになります。

—— 確かに持っていません。このように未来をシミュレーションし、これを未来であると結論しても、それが正しいかどうかについてのチェックはないわけですね。

佐藤 それは現在ありません。

—— 複雑性の科学とは、今までわれわれが求めてきた単純性や論理性など、「科学」といわれるさまざまな要素をまず捨ててしまうということですか。考えられるすべての要素を入れて、どういう方法にして未来を予想し、そして未来を予想してもその正しさを問わないということですか。

佐藤 複雑性の不明確さを認めようということです。つまり「将来どうなるか、それが分からないとあなたの言っていることはダメですよ」という、そのような考え方を捨てましょうということです。そこに私は複雑性の重要な役割があるのではないかと考えていますが、今までの考え方はやはり実証主義ですから、例えば「100年後の予測について、100年後にそれが実証されないあなた

の言っていることは無意味ですよ」という主張に対し、「無意味ですよ」とは言わずにそのようなことも許容しようということであって、実証はされないがそこに何らかの価値判断をみんなが持てるような、そのような科学パラダイムにしていこうというのが狙いです。どう見ても起こり得ないようなものを言っているのではないけれど、未来に関しては確実にこうなるということは言えなくても、それを認めていくことができるような科学、これも人間がやっていることだから、容認していきましょうということなのです。

—— 佐藤さんの言うことを聞いていると、それは例えばUFO、念力、臨死体験、常温核融合などの超科学を容認することです。こういうものは、普通の人から見ると「何だ、これはただの何か偽物の絵ではないか」「何かそのデータはノイズではないか」などであっても、見る人によってはこれはUFOであったり、核融合であったり、超能力であったりする。論理性や、正しさを問わなければあり得ることです。例えばSFなどは、著者が「これはSFです」と言うことによって、タイムトラベルも可能となり、一般相対論も容易に踏み外すことができます。そして多くの人は、このような方法でもしかしたら将来タイムトラベルができると安易に思ってしまうことになり、超科学も科学なのだと思うようなところがあります。この「複雑性」も同じであって、われわれサイエンティストは科学のユニバーサリティー、普遍性、などについては聞かされてきましたが、美術や工芸、音楽などは好きな人、正しいと思う人だけがそれを良しとする。それを見る、聞くことによって幸福に思う人が多ければそれでいいではないかということになるのでしょうか。超科学などと同じように、どうも複雑性の科学もそういうところまでいくのではないかという気がします、そこはどうですか。

佐藤 それは極端な話だと私は思います。複雑性の科学というのはそのようなものをも否定はできませんが、ただやはり今までの要素還元論は、認めなければならぬと私は考えています。これは重要なことであり、科学が発展する一つのきわめて重要なステップであって、これを避けては通れなかったものです。そのようなものは無視してはならず、実証できるかどうか、それが論理的にやれるかどうかということは、徹底的に検証していかなければならない。そのようにできる限りのことはしたうえで、分からないものは分からないということで置いておくべきではないかということです。例えばUFOの写真は現実に存在するわけですが、そこを徹底的にわれわれの知っている科学を駆使してそれがインチキなのかトリックなのかを検証していくわけです。超科学についてもそういう意味では現在われわれの持っている科学の方法論でそれを検証していき、そしてそれが否定できない状況においては可能性があるとして残しておかなければならないでしょう。常温核融合についても、科学的な手法でそれが本当であるかどうかというのを試し、分からない場合には何か分からないけれどもそういう可能性はあるということを残しておかなければならない。例えば何か反応を起こして熱が出たとして、それが科学において熱が出たのが事実であれば事実としてそれは認めておき、それが核融合反応であったのかはチェックしなければならないが、それが否定できない段階では残しておく。だからペンディングにしておくという対応が必要だと思います。例えば人間の幸福ということについては、その人が幸福である、楽しいと思ったことに関して、われわれは否定はできません。これはユニバーサルに否定できないのではなくて、人間の問題はまだまだ分からない問題があるからなのです。

—— 見解の相違ということもありますから……。

佐藤 われわれが今地球シミュレーターでやろうとしているのは、温暖化の問題です。炭酸ガスがこうなれば、どれ程の地球の温暖化が起こるかという話。これに関してはあらゆる効果を入れないから、太陽、地下からなどの影響があり、それらをすべて入れることはできないと考えられるので、そういう意味では「絶対的にこうなる」とは言えないこととなります。例えば「今、地球シミュレータという最大の手段を使って、できる限りのものを入れたかたちでやるとこうなり

ます。しかし、今、入れたものだけであると、十分でない可能性があります」と言うことができる。ただし、数値的な誤差も入ってくるので「そういう意味での誤差というものもあります」ということを言っておき、その上で「こうなりますよ」と言わなければならない。要素還元はきわめて重要なプロセスであって、要素還元で求めたわれわれの知っている手法のあらゆるものを使うべきです。ただ、われわれがよく使っている摂動論には、明らかに見落とす部分があるわけです。だから、そういう意味では、要素還元の方程式を最大限に尊重し、最大限そこに現れているものを表現し得るような具体的な方法論を打ち出すこと、そこに私はシミュレーションがあると考えます。これはあくまでも手段です。科学にしていくためには、その中に、還元的方法で見出した法則では説明できないような、何ものかがあるかもしれない。例えば、ダイナモの主軸の逆転がそうです。

——— それは計算を行うことによって、説明ができていますね。そうであれば、今までの知識で説明できることです。

佐藤 それは、ダイナモ方程式を認めたとすると説明できます。ただし今までも、さまざまな人たちが多様な説明をしている。それらを繋ぎ合わせても解析的な方法ではできないということです。それに対し、コンピューターでシミュレーションをやることにより、解があるということを一応は示したことになります。今までは求めることができなかった領域を見出したという意味でのコントリビューションはあると思います。出てきた結果は本当に不規則に突然、逆転するというのですが、その不規則性がなぜ起こるかということは、まだ分かっていないわけです。

——— 佐藤さんの説明から、ダイナモの問題は、やってみなければ分からないということと、やってみて結果が出たところで、それがどういうふうな要素の組み合わせで出たのかということとは、説明できないほど複雑だということとして理解しました。したがって、それについては正しいかどうかすら、われわれには検証できないことになります。そういう意味では、正しさということを超えてしまっているとも言えます。

佐藤 超えているということについては、そういうものを初めから否定するのではなくて、ある程度は許容していかうということです。そうすれば、いつかはわれわれがもっと素晴らしい科学の方法論を手にするときには、「やっぱり間違っていましたよ」あるいは「本当でしたよ」と言うことができ、そのことはいつかは分かってもらえるものと、私は思います。そういう意味では、プロセスとしてそのようなものを認めていく考え方が複雑性の重要なところだろうと私は考えます。

——— きわめて大切な考え方であると思います。科学は普遍的であり、科学者の言うことはすべて正しいというように思われていますが、科学の発展を見ると、大体は誤りの連続です。誤ったことを言った人があったからこそ、それを正すことによってそれが新しい理論になったわけです。新しい発見は、その過去の誤りを発見することから始まったわけです。

佐藤 そういう意味では、このようなことは連綿と行われてきていて、それが複雑性だったと言えるかどうかという問題はありますが、少なくとも科学の先達たちはよく分かっていたのだと思います。戦後の科学には、何かいかにも誤りは許さないという考えが横溢していました。

——— トーマス・クーンの「パラダイム論」に書かれていますが、普遍性がどうかということではなく、社会の構造とか成り行きが科学の方向を決めているんだということでしょうか。科学とは、自然に対して忠実に働いているのではなく、科学者の社会的な活動であると言われてもしょうがないところがいくらかでもあります。だから通常はこのような話題を文系の人たちとすると話は進行するけれども、佐藤さんのような考え方を理系の人とすると、話にならないということになります。

佐藤 複雑性の科学は、どこまで許すかという、許容度の問題、それから、パラダイムです。20

世紀後半の科学のパラダイムというのは、もうきわめてがんじがらめになっているような感じがします。人間の発展性を阻害してしまうぐらいに締め付けている部分があるのではないのでしょうか。それを緩めないで、今まで要素還元でやってきたものの次の段階にステップアップしないのではないかと危惧します。そういう意味で私が提言していることは、もっと自由な発想、科学の実証性など、本当は実行は難しいが、そういう制限を一度、取り外そうということです。そうして、新しいものに向かっていくことができる時機に来ているのではないかと考えています。

—— キリスト教的なスコラ学問体系を打ち破るために科学の方法、普遍性や一般性などが現れた。今度は科学のソサエティーが、これは科学である、科学でないかと判断するようになったとき、科学がスコラ体系のようになってきているということですか。最近、科学で問題になっていることは、ピアレビューをやり、自分たちの社会でのみ理解され認められたものだけが正しいとする社会を作ってしまう、その社会が互いに融合できない状況で乱立している。よその分野の領分にちょっかいを出すとはそれは排除されるなどして、科学が硬直化しているということですか。

佐藤 そう、硬直化している。私の言ったことは、それに対するアンチテーゼであると思っています。

—— 私も「生命の起源」を研究していますが、生命の起源をやると言ったら、これには頭をかしげるような人もいました。「こんなのが科学か」というわけです。

佐藤 それはあり得ることだと思います。そういう意味では今の科学者に受け入れられるようなことをやっていかなければいけないが、私はものの考え方として複雑性的発想というものを取り入れるべきだと考えます。具体的には、コンピューターシミュレーションというものを発展させていく。それは科学をやっていくうえの、具体的な方法論であるから、まじめにやっていたら否定はされないだろうと考えます。否定されない状況を作ったうえで、複雑性的な考え方、今までの科学を超えるところを少しずつ合間に入れながら啓蒙を行っていくことが大切ではないかと考えます。

—— 「複雑性の科学」と言っても、科学者が「これが複雑性の科学です」と提示できなくては「何もないじゃないか」と言われると思います。「これが科学です」と言うとき、やはりそれは社会に認められるようなことでないといけませんが、複雑性の科学で「これが科学です」と言って提示することができるのは、おそらく常温核融合のようなものです。今までの科学的な範疇でもって判断できるような科学は、佐藤さんの言う一般的な複雑性の科学にはなり得ないことになる。

佐藤 なり得ないです。今までの複雑系の科学で多数の書籍が出され、カオスというものに対する、完成と言っていいのか分かりませんが、一つの結論を作り出してきたという意味でコントリビューションが大きなものがありました。それ以上にはなかなか発展していません。それについての私の見方は、複雑系をやって「複雑性的な考え方をした」と言いながら、カオスというものを何か小さいものにしてしまい、そのやり方をただひたすらやっていくという方法で進んでしまったからというものです。したがって、本当に複雑性的な考え方を持っているなら、それは複雑性の一つのエレメントだということです。もっと他のものの複雑性があるとして、ある所までいったところで、さっと切り換えていかなければならなかったと思いますが、その辺がうまくいかず、今や、カオスも下火になってきているわけです。

—— カオスだけでなく、複雑系も下火です。

佐藤 複雑系は、このような経緯に終始してしまったので、きわめて残念なことになりました。今は新しい言葉を使わなければならないということで、シミュレーションに関して、私は複雑性の中でも言及したホリスティック（包含）というのがいいだろうと、ホリスティックアプローチという

言葉を使っています。例えばあるシステムを解いていくが、このシステムだけでは解けないから、その周りへ影響を及ぼしているという意味で考察を広げていくということです。今までの科学は分解してさまざまな法則を見出していったのに対して、広げることによって、違いが出てくるかどうかを見るものです。今までのスーパーコンピュータは通常、100ギガFLOPS程度の処理能力ですが、「地球シミュレータ」では40テラFLOPSという数百倍から千倍程度の処理能力です。このような方式でやっていくことにより、以前とはどのような質的な違いがあるのか、次々と提示していく。そうすると、より大きくすることによって出てくる現象というもの、それらを次々に見出すことによって、社会は将来、広げていくことによる新しさともいべきものを認めてくれるものと思います。

——— しかし、粒子数が1万體や1億體になっても、ニュートン力学をベースにするならば、時間可逆性は厳密に守られ、熱力学的な非可逆性は出ません。もし出たらそれはプログラムが間違いとしますよね。そうすると質の違いまで到達しようとする、何らかの既知の概念を破らなければならないこととなります。

佐藤 その通りです。そこが重要なところで、それではそれが今のところ出てきているかという、残念ながら出てきてはいないと考えられます。そこで、その質的な違いで例えば粒子が100個から1万個のときも、常に可逆性は保障はされていなくてはならないわけです。ただし、数多くあることによってわれわれには未知であるけれどもメモリーが失われることはあり得ると考えられます。しかし、これはまだ証明はしていないことです。私は、失ってもおかしくないだろうと考えています。タイムスケールの問題もあり、われわれが、こちらのタイムスケールで考えたときには失われないが、あちらのタイムスケールで考えたら、その際には粒子の数との関係で失われるというようなことが実質上は起こってもいいのではないかと考えられます。そうすると、そのタイムスケールを見ると、リバーシビリティーが破れていてもいいということです。何かそのような問題を見出してくるかもしれないこととなります。

——— 例えばポアンカレサイクルです。系がもう一度同じ状態に戻ってくるために要する時間が宇宙の寿命よりも長ければ、けっして戻ってくることができないので、忘れていてもそうでなくても、それはもう知らないということとなります。

佐藤 私はその問題に対してコンピュータで対応しているだけであって、それが唯一であるとは考えていません。そのような考え方を持てるようになってくれば、何か新しい質的転換ができる可能性は十分あると考えられます。

——— この対談を始めるにあたり、そもそも私は複雑系すらあまり認めない立場でしたが、佐藤さんは、複雑系の学問が切り捨てようとするものさえ認めようというもっと広い立場に立って考えるものであって、超科学的なものも認めるということであるように見えました。

佐藤 そのように解釈されると誤解を生じる可能性があります。先程も言ったように、私は条件を付けるべきであると考えます。現在知られているあらゆる科学の知見を使ってチェックし、それでもなおかつそれが否定できないのであれば、一応それは認める。あくまで「一応」認めましょうということです。ここでは超科学一般論を論じたのではなく、「こういう現象をどう思うか」と聞かれた場合は、そのように答えるべきではないかということです。

——— 例えばSFを書いている人の中には、科学者の話はおもしろくない、SFは科学者の概念を破っているからおもしろいところがある。人の楽しむ科学とは科学者のそれではなくてSF作家が書いたものの方だと言う人がいます。

佐藤 その辺には人間が直接、からんできます。複雑性には、一つは人間もからませろと言っているわけですね。

——— そうです。

佐藤 例えばわれわれのこのグループ研究に入ってもらっていた浜口恵俊は「関係性」という概念を提唱しています。経済学あるいは社会学には「客観」がないという考え方です。そういう意味では、人間が入ってくると主観、客観などに分けられないという考え方です。

——— それは心理学にも言えるかもしれません。

佐藤 今まで自然科学は、人間を、科学の対象に入れてきましたが、ものを考えるということを外に置いたかたちの対象として、人間を物質として考えていただけです。しかし関係性という考え方となると、人間も無視できないわけです。そういう意味では、それを一緒にした科学という見方を、複雑性の科学の一つの切り口として見てもいいかもしれないと考えています。ある意味では人間が存在しなければ、自然がどうなるかなど、そんなことだれも考えもしないことになり、そういう意味では人間が入って初めて自然を認識するということになります。そうすると、人間の中には必ず関係性が出てくるので、そういうものも含めたかたちで考えると、先程の「超科学」にはおそらく人間が直接的に入ってきています。

——— 要するに実験に対する見方が、人の経験によって解釈に変化が出てくるということですか。科学的な訓練を受けた人は、これは誤差であると言うし、受けていない人は、これは大発見であると言う、このようなことです。

佐藤 例としていいのかわかりませんが、人間が入った考え方もそれなりに、いわゆるマユツバと思われるものもある意味で認められ、そしてこれらを峻別していくことができる何らかの条件を見出していかなければならないと思います。

——— そこがきわめて重要です。そうでなければ、科学者が、自分で自分の首を絞めることになりかねないですから。

佐藤 従来の科学的な意味での「評価」はどうなるのかを、常に自分で反省していないといけないと思います。そこでは「人間」という要素も入ってきますが、もう一つ、科学者のモラルが厳しく問われなければならないと思います。これらを同じように扱わなければならないから、そのようなものは科学ではないという議論もあり得るが、これからはそのようなものをも受け入れられる科学を作り出してもいいのではないかと考えます。

——— 科学には二つの要素があると私は考えます。その一つは「役に立つ科学」です。役に立つ科学は、あくまでも解釈することによって変わることがない、客観性のあるものでなければ、役に立つことはできない。それは、物性、新しい物質や真実なエネルギーを作ることなどです。それは、アメリカやアフリカでも再現されなければならない。もう一つは、役に立つことはないが人を元気にし、幸せにする、幸福の科学ではないが「元氣の出る科学」というべき科学であって、そういう科学もあってほしいと考えます。私の専門は高エネルギー物理学ですが、ほとんど役に立たないことばかりをやっています。

佐藤 ニュートリノはほとんど相互作用をしないのであるから、あの研究をいくらやっても確かに何の役にも立たないわけですね。

——— しかしそのニュートリノは、宇宙の初めがどうであったかという情報を持ってきてくれるということで、人々に「ああ、宇宙の初めをこういうことで考えているのだな」という思いを抱かせることができます。天文学も完全にそうであって、昔の人は星を見て「あの星、きらきら光っている。あそこにもだれかが生きているのではないか」と思ったりしたわけです。星を見ると人を幸

福にさせるようなところがあるから、そのような「元気の出る科学」は直接、役に立とうとする必要はないことになります。

佐藤 役に立つ科学は、必ずしも人間が主体ではないが、人間が使っていく道具として役に立つという意味だから、人間そのもの、心そのものを豊かにしていくものではないと考えられます。今の科学は、どちらかという役に立つ以外は科学ではないと考えられているらしい。それはある意味で、人間から離れた客観として見てきた要素還元からきた一つの帰結ではないかと私は考えています。

—— 要素還元ではなく、ユニバーサリティーということであって、役に立つ科学は万人にとって正しいことが重要です。シミュレーションも役に立つ科学にきわめて近いと思います。実際、われわれはだれもが正しいとする方程式から出発して、だれもが正しいとするコンディションのもとで懸命にコンピューターを動かして、そして予想するからこれはだれもが正しい予想だと考えているわけです。SFでは、少しパラメーターを変えるなどして、現実とは違うけれども押し進めていったら、現実と違う世の中ができる。人間にとってはほとんど意味がないかもしれませんが、おもしろいことです。

佐藤 私は、もともとは役に立たない学問が好きだったのですが、今はシミュレーションをやっていて、ある意味では役に立つシミュレーションを、まさに役に立つ権化にしたいという、そういう役割があるわけです。要するに、気候変動や環境変動というものを予測して、それによって人間の生命と財産を守るということです。もちろんもっと大きく言えば、地球と人間の共生環境をいかに保つかということであり、そういう意味でまさに人間に役に立つために使う、それが地球シミュレータです。もっとも、私自身、私の複雑性はそうではないのですが・・・。

—— そうですね、複雑性の科学を語っているときは、まるで逆の方向の感じがします。

佐藤 シミュレーションについて考えると、役に立つ科学として未来を予測していくという、できるだけ確かな信頼のおけるかたちで予測をしていくものとして役立てなければならない面を、現在は強調しています。

—— 嘆かわしいことは、一部のある分野の研究者たちが予算を得るために「今は役に立たなくても将来は役に立つ」と言ってきたことです。何も嘘をつかなくても、物理学とは「元気の出る科学」であると明言すべきだったのです。そして、人はただ食べるためのみに生きているのではなく、より楽しみを求めているのだ、科学も、楽しみとして定着させるべきです。私は、その国の文化とは、ただ労力の奴隷が集合したような文化か、あるいは人間としての有用な時間を使うことができる文化なのかで違いが出ると考えています。

佐藤 昔は、まだ遠くにある夢という意味のことを語る事ができた時代でしたが、今はそれができなくなり、そこで役に立つことができるということに切りかえ、それで日本の経済が沈滞してきて、みんなが「役に立たない」、「夢なんぞ食って飯は食えんぞ、死んでしまうぞ」と言う、「日本は沈没する」と言う、今はそういうところで生きていこうとしているわけです。

—— 最近ノーベル賞をもらった日本の研究は、ほとんどバブルのときに行われたものだろうという話があります。私が思うのは、田中耕一さんの研究は、島津の人事管理が悪かったからだと考えます。要するに、すぐには儲からないことをやらせることができる会社だったからです。管理が良くなり過ぎて儲けることしかやらない社員ばかりになったら、決してノーベル賞なども、貰えなくなります。こういうときは、二つの科学のうちの元気の出る科学も着目しておいてほしいと願っています。そういう意味で、複雑性科学が、われわれの未来を語るならば、それは決して超科学を

認めるなどではなく、直接役に立たないという科学でもおもしろいと思ってもらえるようなものになってほしいということです。

佐藤 まさに人間そのものが主体的になっていけるような、人間の考えが、受け取り方が主体になって、問題なく人々に認めてもらえるものを作っていくのが、一つの新しい科学のあり方だと考えます。

—— 科学者は、原爆やフロンを作ったことや、環境をポリューションで満たし、ずいぶんと批判されました。悪いところはあったが、科学者はこれから人間回帰、人間性の復活のための科学があるのかどうかを、検討していかなければならないと考えます。ということで、複雑性の科学がむしろその方向に明確に進行するならば、私はそれが科学者にとって正しいか否かにかかわらず、やはりたいへん楽しいことであると考えます。私は宇宙論などについて、あれが本当の理論であるとは考えていません。ダークマターの問題などは、量子と重力が解明できれば理解できることだと考えていますが、この世の中にダークエネルギーがあり、ダークマターが存在するなどの説明はたいへん楽しいことです。ブラックホールなども、最初は科学者のイマジネーションだと思われていたのですから・・・。

佐藤 それがもう、あちこちで現実になってきた。そういう意味では、現実になってきたら人々はやはり夢を失います。

—— それでも、言い出したときはけっこう夢であるわけです。したがって科学の最先端にあるものは、そういう夢を作るような学問かもしれません。だから間違っているかもしれない。多分素粒子論の研究者は、自分の書いていることは絶対に正しいと思っはいません。そのような科学は、おそらく幸運ならば正しいかもしれないと期待しているだけかもしれません。

佐藤 シミュレーション、とりわけ「地球シミュレータ」という大きな目的をもったシミュレータは、本当に役に立つと考えていますが、私自身は先程の複雑性の科学の話の際にも出たように、大きな夢であったわけで、この地球シミュレータセンターのセンター長として、核融合研究所の任期はまだ残っていたのを辞めて、来たわけです。ある意味で核融合ソサエティーに嫌気がして、また自分は別の分野で復活可能であると見たからでもあるのだけれども・・・。ここを引き受けた一つの理由は、自分の一つの夢である世界最大のシミュレーションができるからということもあるのですが、これをやることは、具体的に的確に予測をして、人々の役に立てるとということも大いにあったことは確かです。しかし私自身が、もう一つ心の奥に持っていたものは、地球シミュレータが遠い将来、「ああ、あの予測は正しかった」という結果を、気象、大気だけでなく、地震やもっと他のものに対しても、次々と出していきたいという期待です。われわれはどうしても、線形的に考え、単純に考えようとする。だから、自分の行動にも、比較的予想のできる場所までの影響を考えて行動を決定すると思います。ところが地球シミュレータが着々と、1年後、2年後あるいは5年後、しかも地球の裏側においてどうなるかまでの確に予測することになれば、人間の考え方の中に、すぐ見える範囲だけではなく、はるかに離れた場所の影響も考えなければならない、さらにもっと遠くも考えなければならない、という発想が出てくると考えます。しかし、科学が捨ててきたものは何かということでも分かったことは、これらの予想し得る問題を捨ててきたのだということです。問題が起きることは想定できているが、それを的確に予想ができないから、その予想できないものは計算に入れないという考え方です。影響するかもしれないが、予想できない、つまり定量化できないのであるから、放置しておこうという結果が累積し、森林破壊や温暖化、オゾン層の破壊などが実際に出てきてはじめて「ああ、しまった！」と気がつくことになります。これはデカルト的方法が悪いという意味ではなく、そのように単純に、すぐに一番重要な影響だけを考慮するという考え方は、人々の考えの中に根強くはびこったのだと思われれます。その結果として、長い時間をかけてほ

んの少し間違っていたものが徐々に違う方へ行ってしまったのです。そういうものに対して、非線形に考える考え方が出てくるのではないかと期待しているわけです。

——— さまざまな考えを取り込むには、人間の脳では能力に限られるから、大きなコンピューターだけがそんなことをできたとなると、大きなコンピューターを持っていなければ、まったく話にならなくなるということですか。

佐 藤 その問題については、われわれの共同研究・グループ研究にもどり、文系の研究者も参加してさまざまな議論をしました。その際「日本人の忘れもの」というのを雑誌にのせてその後、本にもなったたいへんおもしろい中西進先生の話題がありました。日本人の忘れものと呼んでいる過去、古代の日本人の考えの素晴らしさのなかで「まがい」と「紛れ」という言葉があります。「紛れる」は、要するにごまかす、あるいはまがい物ということ、つまり偽物ですが、この言葉を聞くと、われわれ現代人は、これはもうインチキであり良くない考えだと思います。しかし過去の人、あるいは坂口安吾のさまざまな小説の中にも出てきますが、ものの紛れという表現があり、「ものに紛れる」とは、死、自殺、そういうことを表しているということです。また、「落花の中に紛れる」という表現、それは吉野の山で、桜が散ってきて、その中に壮絶に死んでいく、それを「紛れる」というのだと。昔の人が「紛れ」あるいは「まがい」という言葉を言ったとき、その都度、それが自殺を表すのか、あるいは何らかの壮絶さを指すのか、昔の日本人はそういうことを状況によって完全に把握できていた、また、そういう能力を持っていたという。それが現代科学に紛れ、紛れていくことは仕方ないが、壮絶の中に単純に原因と結果を結び付け、そうではないものはすべて捨てていく。そういう中に、「紛れ」とか「まがい」というものを理解していく、要するに複雑なる関係性を理解していく能力が失われたのだと。

——— 私たちは、科学を取り入れたとき、すぐに目の前に見えるような解でないという効率が悪いということで、むずかしいことはゆっくり後で考えるつもりで、しまっておいた。ところが、後でやろうと思っていたものを取り出す機会が全然ないほどに、日本は急速に発展した。要するに、輸入するばかりで、自分で考えることをしなかったということです。昔の人は今のよう技術がなかったから、懸命に考えることができたのに、そのうち「輸入」が開始されると考えるようなことをしている時間がなくなってしまった。しかし、ようやくほとんど輸入し終わって考える時間ができたということで、以前に「ああ、後で考えよう」と放っておいたものを、考え出したということです。

佐 藤 分かってはいたが、つい放っておくうちに忘れてしまった。それが、人々の心の中にパラダイムとして焼き付いていたわけです。そもそも人間は自然の中でさまざまな複雑なものを、ある意味では瞬間的に理解していくだけの能力を持っています。ある意味ではコンピューターと比較して、より高度にそのような状況を把握する能力を持っていて、そういう意味では複雑的な考え方を取り戻すことが人間はやればできると考えます。例えばわれわれがスパコンで行っていることも「こういうところも重要」と「コンピューターでもできる」と使い分けることによって、人間性が回復してくるのではないかと考えます。

——— コンピューターとは、一応メモリーに入ったらそれはすべて等価です。ところが人間には長期メモリー、短期メモリーなど、忘れる、あるいはウエートが著しく異なるなど、人の才能や経験によってメモリーの性質がさまざまです。したがって過去の経験によっては同じ問題を与えても、それに対する回答は違います。

佐 藤 コンピューターにも階層があります。コンピューターそのものが持っているメインメモリーと、それからもう少しテンポラリーに置いておくメモリーと、それが有機的に結び付くということです。

—— ニューラルネットワークや、遺伝的アルゴリズムを使えば、少しは人間には似てくるかもしれないが、それでもそれは人間がプログラムしたものですから……。

佐藤 それはそうですが、私の言いたかったこととは、「地球シミュレータ」のようなもので、そういうことでも可能ですというかたちにすれば、人間に夢が出てくるだろうということであり、またそのようになってほしいし、そのように広げていこうと考えているということです。ただ現実的に役に立つ予想をするだけではなく、人間的なものが常識化してくれば、もっとゆったりとして、「おまえが原因だ」などという、そのようないざごぎはなくなるのではないかと考えます。ものを考えていくさまざまな能力がまた引き出され、単純に自分のやった結果について近いところだけでなく、遠くまで考察することができる、それぐらい人間の脳には能力があると考えます。そうすると人間のいい側面や新しい面が開発されるのではないのでしょうか。

—— 人間のいいところは、長く考える人もいれば、きわめてラピッドに頭の利く人もいて、それでお互いにさまざまなものが存在するということを確認してもよいのであり、全員が「うーん」と同じように考え込むなどはおもしろくありません……。

佐藤 そのように人によって、きわめて長いところまで考えられる人間と、短い人がいる。そこで、平均が伸びるだろうということを期待しているわけです。そうすれば、少しはこう、人間はあくせくせず、もう少しゆったりとするようになってくるのではないかと、それを私は期待しています。

—— 私は、周囲にあくせくする人がたくさんいてくれて、その人たちがお金を儲けてくれて、私のようにあんまりあくせくしないで、何をやっているのか分からない人間にも、言ってみれば、お賽銭か、何かお恵みのように研究費を出してくれている社会が望ましいと考えます。アメリカの大型天体望遠鏡は、100年も前から大きな会社の社長が会社を辞めるときの退職金か、儲けたお金の寄付です。自分もやりたかったのだけども、やれなかったから、「おまえたち、やってくれ」と言って寄付したものです。フィールズ賞を貰った広中先生の父君が「おまえ、本当に数学が好きならば、私がかこれから商売のやり方教えてあげるから、商売して金を儲けろ。それで好きな数学をやることができる人間をたくさん雇え。それが本当に数学が好きというものだろう」と言われたそうです。そういう考え方もあります。

佐藤 地球シミュレータで段々と結果が出てきたら、われわれが言うことが少しずつポディーローで効いてくるのではないのでしょうか。そうするとお役人の対応も変わってくるだろうと思いますが、それは少なくとも夢として持っていたいものです。

—— 夢で研究をやっていると、お役人が来て「ここの地球シミュレータ、少しも役に立つ結果を出してくれていない」ということになって「ああいうのはやっぱり間違いだ」と言われるだけではありませんか。

佐藤 そのための立派な結果は用意しておきます。それにはやはり精力は注ぎ、そして、その結果として、みんなが知らないうちに啓蒙され、さまざまなものを、複雑なものを考えていく能力が出てくるのではないかと、せめて私にはそれぐらいの夢は持たせていただきたいものです。

—— 複雑性の科学の進め方はどうでしょうか。科学者があまり信用できないことばかり発言していると、科学者は信用できないということになります。また、ものを作る人には壊れない、役に立つ、信頼性のあるものを作ってもらわないと困る。そして、できるならば素粒子物理や天体物理などのあまり役に立たないことを研究している人にも余裕を与えるような科学政策を行ってほしいし、またそれがどのように実現にできるかということについては、やはりだれかにすすがるようなと

ころがあります。

佐藤 ただ日本もまだまだ捨てたものでないのは、天文などの発見があると、ニュースメディアに出してあるわけですが、そのようなことに対する憧れというべき夢を持っている人が多く、そういう意味ではまだ健全性が残っているのではないのでしょうか。その意味では「地球シミュレータ」はたいへんよくメディアに出ています。

—— 地球シミュレータは、役に立つ結果を出せば頻繁にメディアに出るようになります。台風の進路を正確に予想するなど、本当にそれは役に立ちますから。

佐藤 あまり予想がよく当たってくれたりしたら、すべて要素還元論でいこうとなるかもしれません。

—— 要素還元論はもちろん重要です。できるだけ予測が現実に合わせているためには、アバウトな考え方ではできません。

佐藤 しかしながら私も複雑性で考えると、われわれがコンピューターに入れられる程度のデータ量では、とても正確に予測できないだろうと考えます。それについては、外部には明確に伝えることはせずに「的確に迅速に予測します」などと発表しています。実際にそれぐらいで予測ができるならば、少なくとも、大気・海洋という問題から何か新しい複雑的な法則性が出てこないということが考えられます。

—— タンパクの構造、3次構造や4次構造を高速で予想するプログラムは、現在、世界的に競争が行われています。そして、そこで最も早いプログラムは、タンパクの構造やタンパクの力学を正確に与えているプログラムではなく、きわめてアバウトな考え方ですばやく答を出す方法です。うまく結果を出すということは、大切なものとそうではないものを、より分けてやるところも重要です。というのは大切でない箇所によく多くのメモリーを振り分けてしまうと、時間がかかるだけで少しも正しい答えが出ないか、あるいは、出てはくるがきわめて遅いということになる。

佐藤 それは具体的なターゲットがある場合ですね。現在、タンパク質の高次構造のようなことをやりたいときには、余計なことをすると、かえって無駄になります。しかしそれはかなり目的が明確な場合です。だからそういうものは、まさに要素還元を明確にしなければならないわけです。そのような問題としては例えば気象の問題、人間の問題、あるいは株価もそうです。

—— 最後に問題にしたいことは、科学と歴史です。科学とは、現在の時点での一般性です。それに対し複雑系とは、現在の時点できわめて複雑だということです。素粒子は、歴史的に過去に行くということです。私は、複雑系の理解を自然の歴史性の理解に置きかえられると考えています。例えば生物とはきわめて複雑な存在ですが、私が生命の起源を研究しているのは、そのきわめて複雑なものがどのように複雑性を獲得してきたかを見ることによって、理解したいと考えているからです。私は還元論的に複雑系を見るときにはそれは歴史性で見ようとしています。このような方法で複雑なものを獲得したのだということで複雑性を知りたいと考え、そしてこれは現在、複雑系を唱えている人々の方法論よりも確かだと私は考えています。

佐藤 ある意味では私の言っている未来、発展という考え方、あるいは進化がまさにそのような歴史的な観点であると考えます。宇宙の存在もたった一回のことであって、その中にさまざまなおもしろい、それこそユニバーサリティーなども出てきたわけです。そういう意味では、歴史性の中に法則性が途中で出てきたのかどうかという問題であるということです。

—— そうです。法則性こそ歴史的に出てきたものです。素粒子論的な宇宙観ではそのように言

われています。

佐藤 そうだとすると、もう少しマクロな集団に関しても新しい法則が出てきてもいいはずですが。生命力、意識というものがどうして出てきたかという問題について、まさにこういう見方をするのが、複雑性の考え方であると私は考えています。

—— 複雑系が言われ始めてから、何か新しい方法論か出てきましたか。

佐藤 まだ出たものはありません。私はそういう意味ではコンピューターが、とりわけシミュレーションが、そういうものに向かう手段を作り出す新しいアルゴリズムを作るべきだと思います。

—— コンピューターが確かに際立っていたのは、複雑性や複雑系の研究の端緒は、コンピューターが手ごろにみんなで使えるようになったからです。

佐藤 確かにそれはあります。そして、それをより広げたいと考えています。

—— しかし私が危惧するのは、そのときに私が言う「みんなを元気にする科学」が本当にサポートされるような社会の状況になっていくのかということです。たんに役に立つ、役に立たないだけで判断されるような社会になるのではないか……。

佐藤 そういう意味ではわれわれにも責任があります。このことを常に、われわれがマインドコントロール、つまり啓蒙していかなければならず、湯川先生もその「幸福になる科学」を推進してください。

ちょっと、これはこれまでのテーマとは違う話ですが、コンピューター、シミュレーションが科学において必要でさまざまな要請があってコンピューターを発達させたということでした。ところがコンピューター社会が、コンピューターエンジニアを多数必要とした結果、本題の科学に進む人が少なくなってきた問題があります。科学は難しくてよく分からないというわけで、かなり優秀な人までがコンピューターサイエンスの分野へ行こうとする。その方が儲かる、例えば初任給がいいという理由で、かつて物理学に進んだような人たちが、コンピューターサイエンスの分野へ進むことになる……。科学が、一種の自己崩壊を起こす状況になっているようです。

—— 注意して見なければならぬことは、若者の傾向について、そのように経済を追いかけることはごく普通のことであると思います。そういう人々が経済を盛り立てなければならぬ。意味のない、役に立たない分野へ多くの若者が行ってしまうと、その国は成り立たなくなります。そしてできるならば、私が興味がないと言っていることに興味を持っている少しはずれた人々も許容される社会を作ることです。

佐藤 私はどちらかというとおプティミスティックに考えていましたが、もしかしたら今までは素粒子の分野などに優秀な人材が行って、必要なものまで潰してきた側面もあるかもしれません。現在はコンピューターに流れたが、それはそれほど潰さなかったと思います。しかしこれも終わりは早く、もう終焉を示しているのではありませんか。今度は生命科学が一つのトレンドになっていますが、意外とかつての物理のようなブームは起こしていません。

—— それは、研究はおもしろいが就職もしっかりとしたいからです。

佐藤 しかし、昔は素粒子などは就職先がまったくない分野でも研究者がたくさんいました。

—— 今は、主な就職先は、医学、薬学、あるいは化学系です。今の生物の分野は昔の素粒子と同じで、研究者はたくさんいますが、あの人たちは研究者を終えて、次のより高いレベルの研究者になろうと考えたときには、もう就職先はないのです。おそらく次に起こるのは、素粒子と同じよ

うに彼らの職不足です。

佐藤 生命科学とは産業、就職口も含め、かなり大きな研究の広場、産業の広場になると考えられていましたが、意外とそうはなっていない。そういう中でどういうものをわれわれが次に、みんなのそれこそ喜べるものとして提供していくかを本当に真剣に考えなければならないと思います。

—— 元気の出る研究がどんどん許されるのは、経済が上り調子のときです。現在、経済は下り調子だから次々と作ることはできませんが、やはり、ある程度は常時、作っていかなければならない。それはどういう学問でしょうか。

佐藤 私は産業については、手間ひまをかけて手作りで作るべきだと考えています。長持ちすればいいわけですから高価に売るべきです。一人ずつが何か特別なことをやり、それが高く売れば一人がたくさん作らなくてもいいわけです。例えば年間に一個を作ったらそれで生活ができる程度であれば、職業として安定し、いいものができて、何か新しい希望あるいは自分のやりたいことをやっていけることによって、いい生活ができるという、何かそのような産業構造に変えてほしいと考えています。

—— それには高度教育、大学院教育というだけではなく、ある技術の高度な教育が必要です。多くの若者がボランティアやコンビニのアルバイトになり、あとは好きなスキーやミュージックなどに流れるということだし、やはりないものねだりになります。

佐藤 そんなに高度といわなくても、例えば匠の世界でもいいわけです。

—— それも相当に高度なものです。あれはあの時代なりにきっちり教育されているから、前の知識やテクニックが受け継がれるわけです。短期日のマニュアルではできない。

佐藤 それをするためには、何がイニシアチブを取るべきなのか。科学はそれになり得るか、われわれが取り得るかどうかということも、真剣に考えなければならないことです。

—— 私は、教授になったとしたら今までやってきた昔取ったきねづかをするのではなくて、今までの人たちが考えていないことや新しいことを作って、次の人に空間を作っておかないといけなると考えています。

佐藤 じっくり10年かけて論文一本を書くことは、そこから何らかのものが出てくるのであればそれはそれでいいことです。今はどうしても論文も粗製乱造であり、結局は自分が納得のゆくものは少ししかないわけです。そういう意味では、考え方を、パラダイムを変えなければならない。変えるためには、やはり複雑性的な考え方が一つのトリガーになるのではないかと考えています。

—— 最後のテーマとして、人間性回帰の科学があり得るか、あるいは作りたいということが将来の問題であるということです。

佐藤 それが最も重要です。科学も人間がやっていて「ひらめく」などということは、科学的には説明がまったくできないことであり、そういう意味では、私は人間とは素晴らしいと思います。さまざまな知識をうまく、ばらばらを合わせるという能力があることがさまざまな天才的な発見になるわけでしょう。こういうことはなぜ起こるのか。これはきわめて難しいことです。

—— 科学とは奇妙なところがあり、きわめてユニバーサルとはいいながら、それを見つけた人はきわめて特殊な天才的な人ということです。間違ったことが逆に新たな発見の土台になっているということもあります。

佐藤 それは無理なく間違っ、何かいかにも論理的で、何かが突出しているのですが……。

—— 新しいことは線形的な延長ではできなくて、ジャンプが必要ですね。

佐藤 それを人間はできるわけです。それも人間が扱う科学なのだから、もう少しゆったりと見ていきましょう。