

「科学革命」の起源

伊東 俊太郎

ただ今、ご紹介にあずかりました伊東でございます。今日はお寒い中、皆さまご出席くださりまして、ありがとうございます。

今日の話の題は「科学革命の起源」ということです。この比文研の講演は、さまざまな重要なことからの「起源」ということを通して、やがて本として出版されることになっておりますので、私は「科学革命の起源」というお話をいたします。

それについては、実は少し古い出版物があるんです。ここにもってきたのは、一九六一年に出ている『科学革命』という本です。私がまだ三二歳のときで、五人の編集員の一番下に私の名前が出ております。えらい若造でこの編集委員になっているということになります。

この書物は、日本科学史学会の第七回の大会が一九六〇年の五月に神戸大学で行われたときのシンポジウムの記録として出版されたんです。日本において、「科学革命」という言葉が、公にされた最初の本かと思えます。その第一章「科学革命について」を私が書いて、全体のイントロダクションになっておりますが、今回の講演のためにこれを読み返してみたら、まあまあなかなか良く書いているなと思えましたので、今日はそれを参照させていただきつつ、お話を進めてゆきたいと思えます。それで全体の話は、一時間半くらいかかるだろうと思えます。あと残りの三〇分は、皆様からのご質問にお答えするということで、五時には終わるといいう計画でございます。



図1. 日本科学史学会編『科学革命』(1961)の表紙

まず第一の問題は、「科学革命とは何か」ということです。つまり「科学革命」という言葉の意味です。これは英語では、Scientific Revolution ひすよね。この「科学革命」(Scientific Revolution)という言葉は、何を指しているかと言うと、まずは一七世紀を中心として起こった「近代科学の成立」のこととお考え下さって結構です。今まで近代科学という名前で呼ばれたものの成立した事件を言っているわけです。この言葉は、一九三〇年

代から徐々に使われ出したらしいけど、この言葉を最も鮮明に打ち出した先駆者として、第一にアレクサンドル・コイレ (Alexandre Koyre) というフランス人の名を挙げなければなりません。彼はその著作『ガリレイ研究』(Études galiléennes)の第一巻(一九三八年)で、この言葉を使用しました。それが一つ重要な起源になっている。コイレは有名な科学史家なんです。フランスで最も有名な科学史家の一人で、しかもフランスだけでなくアメリカの科学史学にもとても大きな影響を与えている。プリンストン高等研究所にも長く滞在しておりました。ですから、世界的に影響を与えた人なんです、この人が近代科学の成立を révolution scientifique という言葉で表現した。そしてそれが transformation intellectuelle、つまり知的なひとつの突然変異、たと言った。「知的な突然変異」がここで起こったというふうにして、一七世紀における近代科学がもたらした巨大な転換の意味を強調した。それまでの科学史家は、科学というもののはただぞろぞろと連続して発展していった、どこに切れ目というものもないものだと考え、そのような記述を続けていた。しかし彼によると、そうではない。ここで思考様式が根本的に変わったんだ。われわれの科学的な知というのが、そこで根本的に変わったということ、これを主張したんです。それから、近代科学を「科学革命」という一

つの知的な革命としてつかまえるということが始まった。

「科学革命」について、第二に挙げなければならない先駆者はハーバート・バタフィールド (Herbert Butterfield) という歴史家です。この人は科学史家ではありません。一般史家です。非常に有名なイギリスの歴史家で、イギリス王室の歴史なども書いています。つまりその道の大家です。私はコイレ先生にはパリの自宅でお会いしましたが、バタフィールド先生とはケンブリッジでお会いしました。そのときバタフィールド先生は、ケンブリッジ大学のピーターハウスのマスターでした。ピーターハウスの学寮長であるとともにケンブリッジ大学の副学長でした。副学長ということは実質的な学長です。ということは、ケンブリッジの学長というのは、マックミランとか、何かそういう実業界やあるいは政治家とか、王室の方、そんな人がなっている名誉職ですが、副学長は実質的な意味の学長です。それになつていく人なんですから、すごく有名な歴史家ですが、その人が、『近代科学の起源』(The Origins of Modern Science) という本を一九四九年に書いた。これが二番目の大きな事です。なぜ「科学革命」にとつてこれが重要かと言うと、この人は今言ったように一般歴史家で科学史家ではない。その一般歴史家が、ここで起こった「科学革命」、近代科学の成立というものを、一般史の中で、これこそがまさに

近代を近代たらしめた大事件だとした。今まで近代を規定するものは、「ルネサンス」とか「宗教改革」とか言われてきたけれど、そうではないんだと。この Scientific Revolutionこそが近代を作っているんだということ、この本の中で言つて、そして実際に、こういう見解をとつて、一般歴史家として近代科学の成立をとてもよいセンスで書き上げた。その科学の変革を、とても並の科学史の専門家とは違った見方で捉えた名著です。この二人がそういう Scientific Revolution なるものを強調したんだというふう

に言つていいと思ふんです。

三番目として、私のことをとり挙げなければならない。何故なら、私はお二人と違つて、もちろん本質的には継承しているんですけども、相違している所がある。つまり私の「科学革命」の概念は、単に科学史上の転換期だけではなく、人類文明史における五つの根本的な変革期の一つにしていることです。私の世界文明史の五大革命説は、一番最後の革命が、「科学革命」なのです。人類革命・農業革命・都市革命・精神革命・科学革命。そういう人類文明史の大転換期としてこれを捉え直しているというところが違うんです。つまり科学史の次元だけではないんです。コイレもバタフィールドも文明史の広い視野から問題にしているわけではないので、その意識が違ってくるわけです。私はそういうふう

に「科学革命」を単に科学史の画期ではなくて、人類文明史の画期だというふうに捉え直して、そしてこれが「産業革命」「情報革命」と続いて、現代の科学技術時代をつくっていると考えるのです。現代はこの科学技術というものが地球的に人類全体に浸透してきている。この「科学革命」は一七世紀のヨーロッパに始まったとしても、その影響は世界的全地球的です。ですから、私の地球的人类史の第五期は明らかにここに始まったということで、これを重視しているという点が、このお二人とはいささか異なっています。あるいはお二人の考えを、科学史から文明史へと拡大して、捉え直したと言ってもよい。

それから第二に、さらに付け加えるべきは、私の立場は、その「科学革命」以来の帰結を積極的に評価するだけでなく、それを今や克服すべき課題として扱えているということなのです。この「科学革命」↓「産業革命」↓「情報革命」という一続きのもの——第二、第三のものは第一の延長線上にあり、その第二段階、第三段階と考えられる——は実に多くの便宜を人類の文明に与えた。こうして電気がついているのもそうです。皆さんが利用した交通機関だって、医学が進んで寿命が延びたこと、さらには情報機器の発達などと、いろいろなことがあるじゃないですか。すごい功績があった。しかし、それが他面では、今日負の側面を持ちはじめ、

それをなんとかしなければ人類の未来がないような、「環境問題」「資源枯渇」「核兵器の脅威」「放射能汚染」など、文明の桎梏となるものをつくり出してしまっている。その結果、現代は次のもう一つの大きな六番目の革命、「環境革命」の時代にわれわれは入っているという認識なんです。もちろんこの二人の先行者にはこうした意識がないのは、時代の制約で仕方がないかも知れませんが。

しかしこのお二人の後も、幾つかの「科学革命」の本が出ていくけれど、みんなやはり科学史の枠の中だけで考えているし、それを克服しなければならぬ課題でもあるんだという批判的見解を出しているものが、はつきり言ってまだ一つもない。最近出た「科学革命」の幾つかの本を調べているけど、誰もそういうことを問題にしていない点では、私の「科学革命」の捉え方は、他の人とは違っていると言わなくてはならない。

これだけのことを前提として、次に先程述べた神戸シンポジウムでの私の議論を中心にして、まず、「科学革命の意義」——つまりそれが何故真の「近代」の起源たりうるのかという問題、さらに「科学革命の意味」——つまりそれが何故「革命」なのかというその本質的内容、さらに最後「科学革命の構造」——つまり一七世紀のヨーロッパにだけ、どうしてそうした革命が起こった

のかという問題をとり上げましょう。これこそ「科学革命の起源」という本日のテーマに直結する答えとなるでしょう。

これまでは「科学革命」とは何かということの説明をしました。今度はその意義ですね。「科学革命」の意義。今日われわれがその中で生活している現代社会は、原子力だとか、人工衛星、先端技術、IT技術、遺伝子工学等々によって象徴される、科学技術が巨大な力を持つてきている。そして、それは単に科学史の問題だけではなくて、文化的、社会的、いや政治的問題にもなっている。原爆を持っているか持っていないかということは、政治的な問題にもなるわけですね。放射能をどうするかというのもそうです。科学史というよりも社会の問題になっています。ですから、現代社会は良かれ悪しかれ、この甚大な影響を免れない。人間の将来の運命も、この科学技術の方向いかに懸っている。この科学技術をどっちの方向に向け変えていけばいいのか。このことは問題になっている。そのためには今、一七世紀にヨーロッパを中心として、起こった「科学革命」の意義を問わねばならない。ついでに言えば、それ以前の私の言う幾つかの文明的革命には複数の原点があったのです。例えば、「精神革命」だったら四つあるわけです。それはギリシアと中国とインドとイスラエルで、それが世界に拡大した。

しかし一七世紀ヨーロッパに発した「科学革命」はヨーロッパだけに起こって、それが世界に拡大した。そしてこの科学技術文明というものが近代の原型を作り上げた。例えば、それまではよくルネサンスが近代のはじまりだといわれるが、ルネサンスというのは、本質的にはギリシア・ローマの文化の復活です。もともと復活に尽きない新しい動向がルネサンスにはありました。これも重視しなくてはいけません。しかし、西欧のルネサンスが中国にどんな影響を与えたでしょうか。日本はどうですか。宗教改革も同様ですよ。ルターが「信仰によつてのみ義」とせられるというプロテスタントイズムを起こしたが、それが日本にどんな関係があつたか、中国に、インドには、ほとんど何も関係がないじゃないですか。

ところが「科学革命」だけは、やがてインドも中国も日本も、とくに日本なんかは先駆的にその成果を受け入れて、発展させた。そして全世界に広がったんです。もちろんアメリカにも、ロシアにも。それで全世界の構造を変えた。これは、ルネサンスや宗教改革と違うところでしょう。だから私は世界文明史の文明史区分のひとつに「科学革命」を入れるわけです。引用は、なるべく少なくしたいと思うんですけど、次のバタヴィーアの有名な言葉があるので、それだけはちょっと読み上げとさしましょうか。

「この革命は中世のみならず古代世界における権威を覆し、またスコラ哲学を崩壊させたのみならずアリストテレスの自然学を破壊に導いたが、それはキリスト教の勃興以来のあらゆるものにぬきんでて輝き、それに比べればルネサンスや宗教改革はただ単なる一つの歴史的挿話、すなわち中世キリスト教枠内での内部的変化の位置にまで引き下げられてしまうほどである。それは人間の習慣的な知的営みの性格を革新し、物理的宇宙の全構図と人間生活そのものの構造を変換せしめつつ、近代世界と近代精神との真の起源となり、これまでの定型的なヨーロッパ史の時代区分をすでにアナクロニズムたらしめている」。これはそのとおりだと思います。

そういうわけで、この意義はつまり「近代」というものが、何で決定されているのかというと、世界的な規模で考えたら「科学革命」である。ルネサンスや宗教改革はあくまで西欧的なローカルな事件だということになる。しかし「科学革命」は全世界的な事象で、現在ではわれわれをも、その支配下に置いているという、そういう意義があるわけです。

次に、第三番目。「科学革命の意味」という問題に入りましょう。つまり「科学革命」は何故、「革命」なのかという問題ですね。科学革命が *revolution* と言われているゆえんは何か。近代科

学における「科学」の意味は、ギリシア科学とか中世科学などと言われるときの「科学」とは、意味を根本的に異にしているんです。世界観、自然観、価値観、それからそれを遂行する手段、目的などです。思考、それから方法、最後にその構造というか、その知の構造、これが、根本的に違っている。これは一つづつこれから言いますが、これが根本的に違っている。だから革命だと、こういうことなんです。

まず第一に世界像の問題をあげましょう。world view、これがどんなふうに変わってきたのか、どのような根本的な変貌を遂げたのかということ、まずはつきりと認識しとかなければいけない。それまでの古代、中世を貫いて存在していた世界像、それは「コスモスの世界像」というものです。それはどういうものかと言うと、真ん中に地球があって、これは動かない。「地球中心説」。それでこの地球の周りには地、水、空気、火の四層があり、その一番外側に火の領域があり、その下に空気の領域があって、さらにその下に水の領域があって、最後に土の領域があるというふうに、四元素から成っているんです。四元素が、そのように層的な構造を成している。だから物を離すと落ちてゆきますね。何故かと言うと、この物は地の元素でできており、だから地の本来の位置がある真ん中に戻っていくんですよ。そういうこと

Schema huius praeiixae diuisionis Sphaerarum.

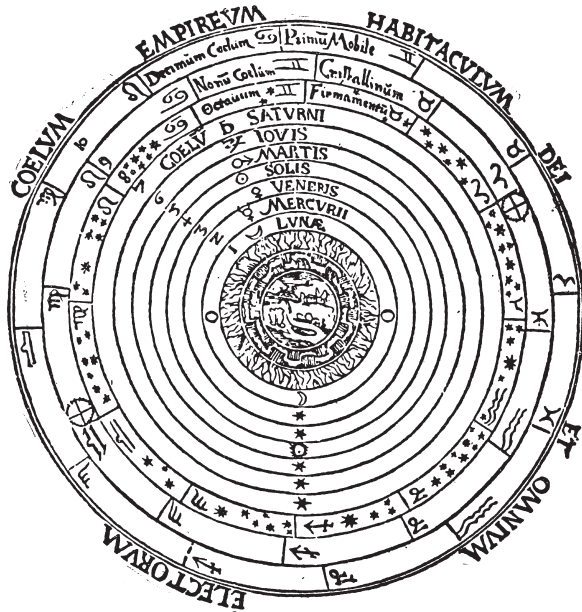


図2. 16世紀まで存在していた「コスモス」像
ペトルス・アピヤヌスの『コスモグラフィア』(1539)より

なんです。ニュートンのような重力によるものではありません。こういう世界構造によっている。そして、これらは「月下界」といつてそれより上の「天界」に対している。まず月の天球がその周りを回っていて、さらに水星、金星、それから太陽の天球があつて、そのさきに火星、木星の天球があり、一番最後の所が、恒星

を全部乗せている天球になつている。恒星は二四時間で、恒星を全部乗せている天球が一回転するから、一緒に一回転、つまり、日周をするわけです。星というのはみな天球にはりついでいて周るのです。今のわれわれの考え方は違いますね。地球自身が自転しているから星が回つて見えるのだとわれわれは考えている。それとは全然違つていた。われわれのように地球自身が太陽の周りを自転しながら周るといふのは、一六世紀のコペルニクスが提出した新しい「地動説」で、「太陽中心説」とも言い、「科学革命」の出発点になる。それ以前は、地球が不動の中心にあり、その周りに地、水、空気、火の四層からなる月下界があり、その上の「天界」、つまり一〇箇の天球にはりついて回る星と、その上には神の居る *habitaculum Dei* という領域がある。逆に地獄は大地の真中にある。そういう世界像であつた。すべてはこの世界像のことつて考えられていたのです。

ここにあるのが、ペトルス・アピヤヌス (Petrus Apianus) という当時の人が、コペルニクスが出てくる直前の一六世紀の半ばに出した『宇宙誌』という本に出てくる「コスモス像」です。ギリシアのアリストテレスも、中世の自然像も、みんなこれなんです。だから、いつも彼らの考えをこの世界像の上で考えなければいけない。ところが近代は、これをやめた。真ん中にあるのは太

陽で、その周りを地球を含めた惑星が回る。天球などというものはありません。天体は天球に張り付いていて回っているわけじゃない。天体自身の運動——これはやがてケプラー、ニュートンによつて、万有引力で説明されるようになるんですが——が一樣なユークリッド空間中で実現している。そして空間はずっと無限に広がっているんだということなんです。こういうふうには自然像が大きく変わった。このことを十分考えないといけない。現在はもちろんこの新しい自然像を継承しているわけで、それがもっと詳しくなつてゆきますが、そのパラダイムは変わっていません。ですから地球中心の天球的階層的自然像（コスモスの世界像）から、太陽を中心とする同質的な無限宇宙の世界像へと転換する。これは大きな転換ですね。このコスモスの世界像がなくなつたということ——一言で言えば、「コスモスの崩壊」というのは実に大きな思考の枠組みを変えた変換期をつくり上げた。

次に、自然観。自然観が全く違ってしまつたんです。どういふふうに変つたかという点、それまで古代中世を貫いて、dominantな自然観というのは、アリストテレスのようなギリシアはもちろんだが、これをうけついで中世でも、それは目的論的、生氣論的といつていいものでした。何か世界が、木でも人間でも、何か目的を持って成長していく。生命的な vitalistic と言つて

すけれども、生氣論的——一言で言えば生き物の類推で全てを考えていく。それをやめて機械論。機械という生きていない世界の原子論。粒子が独立に動いており、それでいろんなものができてくるように、機械がいろんな部品で成っている。機械的世界像に変わった。アリストテレスの生命的自然観からデカルトの機械論的自然観へ。これは非生命的な自然観だと言つていいと思います。同時に機械という言葉で思い出すのは機械は道具ですよね。だからこの時から自然の道具視が起る。道具として、利用して何か使つてうまくやっていこうという。自然が単なる資源になつてしまいます。今、自然は完全に資源になつてしまつた。これはとんでもないことなんです。そんなことになつていくのはデカルトとベイコンの自然観に私は大きな原因があると思つています。

その次の、三つ目の問題は、「科学的方法」(scientific method) というものがその時、成立したということなんです。これはどういふことかと言つと、数学的な方法と実験的な方法、これら結び付けるんです。これが科学的方法なんです。この数学的な方法と実験的な方法と結び付けたのはガリレオが主として実現したことです。この科学的方法をつくり出したガリレオという人は、やはり一七世紀のデカルト、ベイコンと並ぶ科学の巨人です。でも思

思想家というよりも数学者・自然科学者、今の感じで言えば、物理学者・天文学者で、こういう科学方法というのを作りました。ギリシアには数学的な方法がありました。ユークリッドみたいに偉大な数学体系もありました。でも実験的な方法はないですよ。実験なんかはあまりやらない。ギリシア人は観察はよくやりましたけど、実験はやらない。大体手でいろいろのことやったりすることは、奴隷のやることなんです。ギリシアの市民というのは観て楽しむ、考察する人なんです。いわゆる、「テオリア」（観照）という言葉があるでしょう。theoryという言葉の起源、テオリア。これが知識人のやることだったわけです。

それから中世でも数学的な議論や何かはありました。それを使って自然現象をなんとか記述しようとする試みすらあったが実験的方法がない。中世の神学者は実験しないですよ。自然を問題としても。大体頭の思弁で考えて、こういうふうにごう考えられる。こういうふうにごうに神様が作ったんだと、ああうまくできてるなあ、感心して終わり。こういうことです。やっぱり、超越者に向かっているんですよ、あらゆる知が。この世界ではないですよ、結局は。ところがガリレオはそういうようなものから離れて、数学的でかつ実験的、ですから定量的でもある。quantitativeにやっついて、そういうことを始めた。そして「仮説演繹法」

と今では呼んでいる、例えば、落下の速度は、時間に比例すると仮定して、そうすると落下の距離は、時間の二乗に比例するはずであると。これは数学的な演繹です。これを実験で確かめるんです。斜面で球を転がして、どれだけの時間にどれだけ距離落ちていくか。これは実験できますよね。非常に緩い傾斜の上でやるんです。時計は砂時計を使ったらしいけどそれでやってみて、これを実証して、これは正しいんだから、結局その元になっている関係も正しいと。これを「仮説演繹法」といって、今の科学でも使っています。ある数学的仮説を置いてみて、ずっと結論出して、この結論を実験で確かめる。そうするとこの理論は正しいということになるわけだ。こういう「科学的方法」がそのときできたということ、これが三番目のことですね。

四番目は何だろう。四つ目は、古代中世と異なった近代の科学の新しいエートスというべきもの。これが何かと言うと、「知の実用性」ということ。「実効性」と言った方がいいか。つまり、「知は力である」という言葉で、ベイコンが言い表わしていることです。ギリシア人は世界を理解しようとしていました。でも「知は力」なんて思っただけです。世界を理解しようとした。しかし何かその知識でもって、その力を利用して自然を支配しようなどとは考えてなかった。もちろん中世の神学者もそうじゃなか

った。けれども近代初頭において、この「知の実効性」、貧しい一七世紀のヨーロッパを突破しようとして、大航海時代が始まるんだが、そして海外の植民地支配もここで始まり、そういう植民地支配に、この科学技術が大いに貢献もしているという側面も、見ておかなければならない。黒船が日本にやって来たとき、黒船が来て、大砲を向けて、浦賀湾で、「お前たち俺たちの言うことをきかないと、これドーンと撃つたらみんな死ぬんだよ」と言われたら、これどうしようもないじゃないですか。それでハッと日本人は気付いて、これはいかんというので、佐久間象山なんかも一生懸命大砲の研究して、というようなことでやりだしましたよね。いわゆる近代科学技術。日本ではそれは軍事技術として最初は発達したと言っているかもしれない。純粹科学が入る前はね。蘭学なんかもそうですよ。あれは実学ですね。それがオランダ経由で入ってきましたから、それを利用して、向こうに立ち向かうようにした。それをやらなかったらどうなったか。中国はアヘン戦争でやられてしまったし、インドみたいに植民地になったりするわけですね。

ですから、この知の実効性、この「知は力だ」というこの考え方、これは新しいんです。これは今でもこの力を使っているわけです。それで環境問題が起きたり、原発の問題が起きたりしてい

ます。あるいは生態系の破壊とか、核の放射能とか、みんなこの力の乱用というか、行き過ぎというか、そのほころびが今出ていると言っていると思う。

それから、五つ目、累積的知識の成立。「科学革命」以後、知識が累積していくんです。パラダイムが正しく決められるとどんなその上に累積していくということが起こった。例えば、天文学はコペルニクスの太陽中心説、いわゆる地動説ができて、ケプラーがそれを惑星系で論証して、ニュートンが万有引力のそれをまとめるというふうに、その上にいろんなことがどんどんさらに発達していく。アインシュタインが出てきてニュートン力学を駄目にしたというけれど、そんなことはないんです。アインシュタインがやったことによって、いわば、ニュートン力学には適用限界があるということが分ったということです。ニュートンの力学の法則というのは、光の速度に対して、きわめて遅い日常的速度だったらそのまま成り立っている。われわれのこの日常世界はニュートン力学で十分じゃないですか。だから、そういう光の速度なんかに近いきてきたら、もう相対性理論を使わないと駄目ですね。ですから、宇宙論なんかは相対性理論でなくてはやれない。ニュートン力学だけではやっていけない。量子力学もそうです。量子力学はプランク定数の h というのがあって、これがゼロにな

れば古典力学が成り立つんです。だけど、このプランクの定数 h がある有限の数を持ちますね。これがゼロのときはニュートン力学は成り立つ。その h の整数倍でエネルギーの束がとびとびにできるところで光子がでてきて、量子力学の世界になる。量子力学が出たからニュートン力学が駄目になったというのではないんですよ。適用限界が決まってしまったという、それだけのこと。ここまではニュートンでいいですよ。だけどそれ以上はこっちでなきゃ駄目ですよというそういう関係。だから知識に累積性はあるわけです。ひっくり返ったんじゃないんですね。

次に六つ目は、制度としての科学が成立したということがあつた。これも大きいんじゃないだろうか。つまり学会などができると。これなかつたですよ、古代中世では。プラトンのアカデミアがあつた。でもあれは、同好の士の集まりですよ、学校ですよ。アリストテレスのリケイオンも。学会というのはそうじゃないんです。弟子と先生の関係、そんなんじゃないんです。全くの平等の市民がね、自分はどういうことに興味を持っていると。じゃあ、集まりましようと言って、共同体を作るんですよ、共同研究の体制を、近代の市民が作っていくんです。だから、プラトンのアカデミアなんかとは、これは違った組織で、そこで学会誌を出すわけ。われわれの研究はこうだと、機関誌を出してみん

なに知らせてゆく。それがイギリスだったら The Royal Society、フランスだったら Academie Royale des Sciences。その前にイタリアで、アカデミア・デル・チメント (Accademia del Cimento) というのができました。「実験学会」というのがね。何しろイタリアが一番早いです。イタリアの市民社会というのが、やはりここを先導するんです。これはギリシアにも中世にもなかつた。

それから、これが七つ目になるかな。科学の担い手の交代。いわゆる科学をやっている人はどんな人たちだったか。ギリシアだと哲学者なんです。世界全体がどういうふうにできているのかというようなことを問題にする哲学者なんです。プラトンもアリストテレスも、その他もね。世界がどうなっているかいろんな仮説を論じていますよ。世界は全て水でできていますから始まって、いやそうじゃない、四元素から成っていると、火から成っているなどというのは、いろんな説が出て議論しているんだが、それらはみな哲学者ですよ。

中世はどうですか。中世は神学者でしょう、学者の中心は。これはやっぱり超越者との関係ということが、一番の中心になつてくるんですね。もちろん自然の研究をしますよ。自然学者も出てきますよ。つまり、自然というのは神の *creata* だから、つま

り、被造物だから研究するんですよ。研究するんですけど、実験でそれを確かめるということはなかった。私はデカルトやガリレオの先駆者が中世にいるということ、中世科学の研究に入ったんだが、やって見るとやはり違う。どこが決定的に違うか、実験をやらないということです。思弁です。数学的關係やなんかでも、その思弁の結果、たまたまガリレイと同じような式を出している。だけど、実験で確かめるということは一切やっていません。だからここが違うんですよ。

ですから「科学革命」が本当にrevolutionだったということがお分かりいただけると思うんです。単なる科学理論の連続じゃないんです。根本的な変貌がこういう点にあったわけです。これが折り重なって「科学革命」が起こって、その後は、この路線の上で深めていってわけです。深めて今日まで来ている。

次の問題に移りましょうか、それは「科学革命の構造」という問題。つまり「どのようにして一七世紀の西欧に科学革命は起こったのか」という問題。だからこれは「科学革命の起源」という問題と非常に関係あります。これについては、いろんな事を言わなければいけないんです。例えば、中世末期に、ウィリアム・オッカムなんかが出てきて、キリスト教世界ですよ、知識と信仰とを分離して、二重真理説というdouble truth theory——知識と

信仰という二つの話を分けましょうと。知識は知識で、信仰は信仰である。これをやはり分けなければいけないと言出した。これを言い出したことはたしかに大きい。これは服部先生も、おっしゃっておられますよね。そういうこともあるんですよ。

しかしそれだけで、「科学革命」が起こったとは言えないわけです。それは、何と言うか、一番原点としてあったということ、それから「知的な突然変異」(transmutation intellectuelle)というけど、それが、ただわれわれの頭の中で理由もなく起こったということじゃないでしょう。何故、一七世紀の西ヨーロッパ、とりわけイタリアに、「科学革命」が起こっているのかという問題です。だから、バタフィールドも、*“thinking-cap”*の交代というんだけど、その「思考の帽子」が変わったのは、いったいどうしてなんだということを言わなければいけないじゃないですか。そこで非常に重要なことは、この一七世紀という特有な時代、ヨーロッパという特有な地域にその知の大変換が起こったのは何故か。それは西ヨーロッパのルネサンスにおける市民社会の成立、そこにおける学者層と職人層が、この市民社会の中で結びついた。職人というのは、自分の手で物を作っている。造船所で船をつくり、工場で時計をつくり、鉱山その他でもいろんな機械を扱って掘っているわけ。そういう職人層と大学の教師のような

知識人層と、この両方がね、このルネサンスの市民社会で、平等な市民として結びつく。ガリレオは特別な人ではないんです。イタリアの普通の市民で、彼が言っているように、ベネチアの造兵廠に行つて、その親方たちのやつてる仕事から、ガリレオがどんなに多くのものを学んだかということを、彼は証言してるんですよ。『新科学論議』(Discorsi)という彼の一番重要な本の最初でそれを言っている。「ヴェネツィアの市民のあの有名な造兵廠での日々たえまない活動は、研究者たちの頭に思索のための広々とした働き場所を与えているように思われます。」これがなかつたですね、中世の神学者には。中世の神学者が職人の工場なんか行つてますか。行つてないでしょう。だけど、ガリレオはそうした。これがガリレオだけじゃないんです。ルネサンスのすぐれた知識層の学者たちは、一方ではギリシア以来の数学的知識をもつと同時に、職人の実践というものに注目していた。だから数学的なものと実験的なもの——実験というのは結局、職人がやつてたし、数学的なものは学者の方の伝統がずっとやつていた。この両方が結び付くということが、そこで起こつたということです。

職人の方も、このルネサンスの職人というのは、ただの職人じゃない。つまりルネサンスにおける高級職人。artisan supérieur。彼らはただ単に物を作つて、腕伝えに伝えていく職人——中世な

んかはそうだったんです——ではなく、ルネサンス社会になると、職人も文字でもつてその技術を書き表していく。それを知識人に伝えるというようなことやるし、自分たちもみんな数学の勉強したり幾何学の勉強をしたりして、そういう「高級職人」というものが現れ、この典型がレオナルド・ダ・ヴィンチだと言つてよい。あの人は職人ですよ。職人だけど勉強家ですね。中世の自然学を勉強したり、ギリシアの数学なんかも、かなり身に付け、自分でも勉強しています。デューラーなんかもそうだ。遠近法ね、これは幾何学でしょう。それによつて絵を描いていく。

そういうふうに、この職人の側からの知識層への接近があると同時に、ガリレオ、デカルト、ベイコン、ボイル、こういう一七世紀の知識人はみんなその職人の技に注目した。デカルトなら滑車やてこ、そうしたものを自分であやつってるんですよ。だからデカルトは単に解析幾何学の数学やつた人であるだけでなしに、Descartes artisan という考え方があるんです。「技術者デカルト」、哲学者デカルトの他に。そういうふうにみんなこの職人の実践に注目し、そこから多くを学ぼうとする。ですから、ギリシアの理論的伝統、これはユークリッド幾何学という見事な数学の体系ありますよね。しかしそれは自然の研究と結びついていかなかった。近代になると微積分のようなものもそろそろ出始める。無

限小数学とか、そんなものも出始めている。

何故かと言うと、これはお分かりになりますね。つまり彼らは「運動」を研究しようとしたからです。運動を研究しようとする、ギリシアは「幾何学」ですから、動きを把握しているわけじゃないですよ。論理の系列を問題にしているんです。それでは運動はつかめない。微積分はまさに運動変化をつかまえるものでしょう。関数という概念を使って、だからそっちの方へ行く。けれどもそのときはまだ完成してない。ニュートンの『プリンキピア』(Principia)でも微積分を使ってない。ガリレオも使ってないんです、実は。使っていていいと思うかもしれないけどまだ使っていない。やはりギリシアの数学を自分なりに変容して使っています。

しかし、このように、ギリシア以来の理論的遺産と中世末期以来の技術的实践とが、この市民社会という共通の土壌の中で、合流する。そこには階級的な差別もなく、彼らは仲間なんです、いつも一緒にやっている。このような独特な形で両者が結び付いた時に近代の自然科学、つまり「科学革命」が生まれた。

つまり比喩的に言えば頭と手が初めてひとつになった。ギリシアや中世では、知識人は頭で考えていた。手の方はもっぱら奴隷または職人が使っていた。この両者は分離していたのです。これ

がこのように結び付く。それが「科学革命」を生み出したというふうに言っているんでしょね。科学革命における数学的方法と実験的方法の結合も、そのひとつの表れだというふうに見えることができるでしょう。

この職人層から、知識層への接近ということについて言えば、それまでは職人、手づて、腕づてに教えたので、何も書き物を残していません。中身がどんなものか、そこにはいろんな面白い問題があるんだけど、それを知的に処理しようとは思わない。しかしそれを行った最初の例を挙げると、チェンニーニ(Cennini)という人がいる。この人はフィレンツェの画家なんです、職人なんです。だけどこの人が、自分の技術的知識の書物を書いて出しています。『芸術の書』(Libro dell'arte)ですが、この arte は、芸術でもあり技術でもあると思う。この書物を出して、自分たちの知識を公開しました。

それから、ロリツェル(Roritzer)という職人のことも挙げておいた方がいい。これはドイツ人でレーゲンスブルクの大伽藍を建築した技術者ですよ。建築家ですよ。この人が、『尖塔を正しく建てること』(Von der Fialen Gerechtigkeit)という書物を出した。一五世紀の終わり、一四八六年に出しています。この Fialen というのは小尖塔です、教会の尖塔。この尖塔を真っ直ぐに立てるに

はどうしたらいいかということの中でやって、そこで幾何学的设计図のようなものを出しているんです。そういうふうに職人の方から知的なものを消化していく。それと並行して。今度は、知識人の方から職人の技に接近したのがアルベルティです。

アルベルティ (Alberti) は非常に有名なビューマニストです。この人も『建築術』(De re aedificatoria) という本を書いた。この人はもともと知識人ですが、こういう職人の技術の問題をあえて知識化しようとする。その結合の中から、さっき言ったレオナルド・ダ・ヴィンチが出てくるのです。彼はアルベルティの後継者と言ってもよい面がある。この間に非常に大きなつながりがあると思います。同じ型の人です。両方のことをやって、どっちかというレオナルドは職人層に近いです。これに対しアルベルティは知識人層に近い。でも何か共有するものがあるわけです。それで、レオナルド・ダ・ヴィンチの言葉を引用しておくところ、そういうふうに言っています。これは手記 (manuscript) の中の言葉です。「科学的問題を取り扱う際、私はまずいくつかの実験を整理する」と言っています。「なぜなら、私の目的は実験に従って問題を決定し、次になぜ物体がそのように作用せざるを得ないかを示すことだからである。これこそ自然界の現象をどのように調査するさいにも守らなければならぬ方法である」。ここに実験

的方法を非常にしっかりと打ち出していると同時に、こうも言っている。「数学的科學の一つも適用されえないところには、もしくはその数学と結合されないものには、いかなる確実性もない」。数学とそれが結合しなければいけないということを、ここでレオナルドは言っているんです。

ですから、大学における学者的伝統の下で、知的訓練を受け、しかしそれに物足らず、大学に学んでもつまらない。何かアリストテレスの注釈ばかりやって、こんなものには飽きた。こんなものをつけてやってられないということで、むしろ職人的な伝統に属する技術者の現実的知識、実験的方法を取り入れ、これを消化していくということ、最初に示している科学者を挙げれば、ウィリアム・ギルバート (William Gilbert) でしょうね。この人は近代磁気学の創始者です。エリザベス一世の侍医でもあった。この人は、ロバート・ノーマン (Robert Norman) という、これは全く職人なんです、航海をしてるうちに、磁石を使いながら磁針が水平線からちよつと傾きますね。これ伏角というんですけど、伏角のことを発見しているんだが、理論化できないんです。これを、このギルバートは『磁石について』(De Magnete) という本を一六〇〇年に書いて、そこでこのロバート・ノーマンのいろんな磁氣的知識を自分の理論の中に取り入れて地球の南極・北

極の存在、伏角がどうして起こるのか、そういうふうなことを説明して、そういう近代磁気学の理論的基礎を作り上げた。ニュートンの万有引力なんかも、これははじめはこの磁気力から出発するんです。磁気力から出発して、ギルバートが作った数式を改造していつて万有引力に行くんですが、ギルバートという人はいろんなところに重要な役は果たしているんです。

さて、こんどはもうちょっと思想的な方向へ観点を移して考えてみると、つまり近代科学の基礎的な方法論というものを作った人たちのことを考えると、まず先に挙げるべきは、フランシス・ベーコン (Francis Bacon) 、「この人もイギリス人です。この人が『大革新』(Instauratio Magna) という本を一七世紀前半に書き、科学的方法というのは何なのか、正面切って問題にして、それは経験的能力と合理的能力の結婚なんだと。だから学者の知的伝統と職人の経験的伝統を結合しなさいということをやっています。この人は「機械的技術」(mechanical arts) を非常に強調しました。そして、この人は職人階層ではなく、大法官にまでなった知識人です。このフランシス・ベーコンが実験 (experiment) ということ強調しているんです。

もう一人、近代科学の哲学的基礎を作り上げた人の名前を挙げるとすれば、それはルネ・デカルト (René Descartes) 、「この人

はフランス人です。デカルトというのは合理論者、ベーコンは経験論者というふうに、哲学書では分けて書いてあるが、実は今言ったような点では、共通の見解に立っているんです。ベーコンと実は同じなんです。これも有名な箇所、一カ所だけ引用しましょうか。『方法序説』(Discours de la Méthode) という本の第六部に、「この方法は学校で教えられる思弁的思想の代わりに実践的哲学を見出すことができ、この助けによって、我々は火や水、空気を、天体、その他の我々を取りまくすべての物体の力と作用を、丁度職人がいろいろな手工業を知っているようにはつきりと知るならば、我々はそれらの知識をそれぞれに適した用途に利用することができ、それによって自らを、自然の支配者にして所有者たらしめることができる」。これはもうベーコンと全く同じです。「自然の支配」という、盛んにベーコンが言ったことをデカルトはここで言っている。実はよく探すとここだけなんです。ここでたまたま、本音を漏らしてしまったということでしょう。だけこの箇所はあまり注目されてなかったと思う。私が盛んに言うようになったから、「ええ」つとみんな、よく引用するようになりましたけど、デカルトは合理主義者だと言われていますが、職人の実践というものに注目した人で、この両方が結合すべきなんだということを書いて、それで初めて人間が自然の所有者にして支

配者になれるんだと考えていた。

最後にロバート・ボイル (Robert Boyle) という近代科学の基礎を作ったもう一人、重要な科学革命の担い手があります。彼の専門は化学ですが、この人も同じことを言っています。「自然の研究者という名にふさわしくないものだけが、職人から学ぶことを軽蔑する」として、「自然研究者の手工業への注目」の必要を説いています。

ここで、あと一五分くらいありますからここで結論に入ろうと思います。

以上述べてきた近代科学の建設者、「科学革命」の担い手たちは、すべて職人の技術的实践に関心を持ち、それを高く評価する。しかし同時に彼らが大学における学問的知識を有する知識人であって、その知的伝統に十分な知識を持っているのだが、しかし今までのスコラの議論や単なる形式的数学には満足しない。彼らは手工的労働を全て奴隷のなすものとして、自らの知的閑暇を楽しんだギリシアの哲学者ではなく、技術的実践から遊離した文献的知識による弁証を事とする中世の神学者でもなく、ギリシア以来の数学的伝統と、ルネサンス社会の技術的実践とが結び付き融け合って、そこに生じた新しいタイプの知識人である。ですから、これは近代の科学者と共通なエートスをもつものです。つま

り、合理的なものや経験的なものを結び付けようとしているのです。だから、この近代の科学者の原型がこの「科学革命」によって初めて出始めたと言っていると思います。この方向がその後どんどん発展していく。

ここで少し比較的考察をしてみると、インドではどうだったか。インドには伝統的カースト制度がありました。ずっと決まっている社会的階層があるんです。ブラーフマナだとかクシャトリヤとか、ヴァイシヤとかシュードラとか。シュードラのやることをその上の人はやってはいけない。ですからバラモンはもっぱら思弁的な考えを展開をしているわけですから、この二つの方向が結びつくチャンスがなかったと言える。だから何かの階層で数学や天文学が発展したり、それからまた、職人の中の技術的な蓄積があっても、こういう近代科学を生み出す契機はなかったのではないかと思うんです。それは難しかったんじゃないかと思いません。

それでは中国ではどうでしょうか。中国では伝統的なものは士大夫の科学です。科擧の試験を受けたものが、学者の典型なんです。だから四書五経のことは何でも知っているし、それから科学の本も書きましたよね。確かに『九章算術』とか、『周髀算経』とかがあります。だけどやはり彼らは監督者の立場です。職人的

実験から自分は遊離している。やらせて監督している。ガリレオは職人を監督しているんじゃない。自分で職人になってやるわけですよ。そういうことがここではやはりない。

それから中国にはもうひとつ、方士の科学というものがある。方士というのは、士大夫とは違って、科挙の試験とは関係なく、そうした中国の官僚制から離れている。科挙の試験に失敗した者も多く、あんな政府の使い物になってたまるかという人もいたと思う。この方士は、もっと自然と直接に交わって、錬金術やなんかは、ここで発展する。けれども、ここには合理的科学の伝統がない。ギリシアの数学はもちろんない。数学はあっても神秘的数論で合理的数学とは言えない。だから単なる生の経験ということになってしまふ。そこで近代科学が出来上がらなかつた。

問題はイスラムです。イスラムはどうなんだろうということ、これは難しい問題です。イスラムではこの結合が可能ではなかつたかなと、私は思うんですが、しかし、こういうことは言える。イスラムの科学は本質的に宮廷科学だつた。court scienceです。王様がいて、王様が余裕を持っていると、ハールーン・アッ・ラシードみたいな人が、天文学や数学をやらせるわけだ。そこでいろんな科学が発展しますよね。しかしそれは宮廷科学の中だけなんです。市民社会の中の科学ではない。これがやはり両者

の自由な結合を難しくしたということなるんじゃないか。「科学革命」では、知識人も職人も平等な相互作用を行う、イタリア・ルネサンス社会の典型である市民社会こそ、この形成の必須の条件であると、私には思われるんです。この交流を可能にしたのはあのイタリア市民社会で、もうどっちも平等で、レオナルド・ダ・ヴィンチとガリレオと議論して少しもおかしくない。全然、当たり前ですよ、彼らは同じ市民なんですから。

だから、このcivil societyの存在が、その意味でやはり「ルネサンス」の時代が、その前になければならなかつたということが言えるでしょうね。「科学革命」は重要だけど、それを準備し、条件を整えたルネサンスの市民社会の形成というものがやはり重要だつたんじゃないだろうか。

最後に付言すべきは、ベイコン、デカルトらによって形成された近代科学が、先に言ったように、自然の支配と所有を目標した「力としての科学」であつたこと。力としての科学がそこで初めてつくられた。だからわれわれはこれだけ豊かになつた。これはたしかに言える。しかし同時にそれだからこそ、その力が、負の面に向かうと、環境破壊、生態系の攪乱、資源枯渇、核の脅威、等々は今やわれわれの問題になつていままざまなことが起こつている。今やわれわれはその力を正しい方向へと導いてゆく

方途を考えねばならない。だから、そういう意味で、私は第六の根本的変革として「環境革命」ということを言うわけですね。この「環境革命」という、新たな時代に今やわれわれは入ってきている。だからわれわれの未来は単に科学革命→産業革命→情報革命というこれまでの流れの延長線上だけにあるのではなく、新しい文明の変革が今や必要とされている。ここに大きな転換がやはりなされなければならない。ということは、「科学革命」の意義、価値、重要性を主張すると同時に、今やその限界をのりこえてゆく道筋も考えねばならない。近代科学はそういう、この生きた地球の保全、その上における生命体の維持に反りが合わない面が出てきているということも同時に考えなければいけない。このように「科学革命」の問題点を捉えている人は科学史家のなかにはまだいない。つまり彼らは文明的に考えてはおらず、これを科学のなかの事件だとのみ考えているものだから。最近に出た「科学革命」の本を読んでもそういう意識がないようです。これはちょっとまずいかなということを最後に付け加えて、終わりにしましよう。

文献表

① 日本科学史学会編『科学革命』、森北出版、一九六一年。

- ② A. Koyré, *Études galiléennes*, Paris, 1939. (A・コイレ『ガリレオ研究』菅谷曉訳、法政大学出版会、一九八八年。)
- ③ H. Butterfield, *The Origins of Modern Science, 1300-1800*, London, 1949. (H・バターフィールド『近代科学の誕生』(上)(下)渡辺正雄訳、講談社学術文庫、一九五七年。)
- ④ A. R. Hall, *The Scientific Revolution*, London, 1954.
- ⑤ J. D. Bernal, *Science in History*, London, 1954. (J・D・バナル『歴史における科学』鎮目恭夫・長野敬共訳、みすず書房、一九五五年。)
- ⑥ L. B. Cohen, *Revolution in Science*, Cambridge MA, 1985.
- ⑦ H. Floris Cohen, *The Scientific Revolution: A Historiographical Inquiry*, Chicago, 1994.
- ⑧ Steven Shapin, *The Scientific Revolution*, Chicago, 1996. (ステイヴン・シェイピン『科学革命』とは何だったのか』川田勝訳、白水社、一九九八年。)
- ⑨ John Henry, *The Scientific Revolution and the Origins of Modern Science*, Hampshire, 1996. (ジョン・ヘンリー『十七世紀科学革命』東慎一郎訳、岩波書店、二〇〇五年。)
- ⑩ Peter Dear, *Revolutionizing the Sciences: European Knowledge and its Ambitions, 1500-1700*, Basingstoke, 2001. (ピーター・ディア『知識と経験の革命：科学革命の現場で何が起ったか』高橋憲一訳、みすず書房、二〇一二年。)
- ⑪ L. Olshki, *Galilei und seine Zeit*, Heiderberg, 1927.
- ⑫ E. Zilsel, "The Sociological Roots of Science," *Amer. Jour. of Sociology*, 1942. (E・ツェルセル『科学と社会』青木靖三訳、みすず書房、一九四二年。)

- 一九六七年、に所収。）
- ⑬ 伊東俊太郎「近代科学成立史論」(上)(下)、『東京大学教養学部人文科学科紀要』一八輯(一九五九年)&二〇輯(一九六〇年)。(伊東俊太郎著作集』第一卷、麗澤大学出版会、二〇〇九年、に所収。)