

江沢 あれは一種の教条主義ですね。

●複比例とくに運動量の定義

森 さっきのお話をぐっとレベルを落としますと、 $l = vt$ 程度のことで、電磁気みたいなややこしいことは起こらないんだけれども、量を実際に教育するという中でも v, l, t 三つともそれぞれにあって、 l, v, t がこういう関係になっているという格好でおさえようとしていなくもない。 v に対して誘導単位というふうにしない。

それにはぼくは反対で、 v がどうして獲得されていくかということが大事なんで、そのときに l と t からどう始めるかというようなことが、現実には大きな問題なんです。小島さんの話に出てくるので一例を挙げますと、 mv の話があったでしょ。

小島 mv って、何だったっけ。

江沢 運動量。

高橋 ああ、テンソル積の話ね。

森 ぼくはテンソル積、つまり複比例というのは、原則的に両方概念的に捉えられちゃうんです。

小島 そうですね。 mv というときはね。

森 そして、ちょっと戯画化して言いますと、運動の量なるものを考えよう。これは何か分からない。例のデカルト＝ライブニッツ論争以来いろいろあるんだけれども、とにかく考えよう。そこでデカルト＝ニュートンの立場で考えると、 m を一定にしておけば v に比例するだろうということになり、そう考えるのはわりあい自然であろう。したがって、それを認めよう。次に

v を一定にして m をコントロールすれば、 m に比例するということは自然だろう。

したがって、 m と v に複比例すると考えなければいけない。これは複比例の定義みたいなものですからいいわけです。故に、 mv に比例すると思ってよからう……。故にというところは飛躍があるわけで、テンソル積に複比例を置き換えているところには飛躍があるのだけれども、さらにそのあとで「したがって運動量を mv と定義しよう」とくる。

小島 比例係数を1と置いてね。

森 1と置いてかどうかわからない。もともと運動量なるものが確定していないのに……。

江沢 これは、 mv に運動量という名前をつけたわけでしょう？

森 ウン。

江沢 その前はその定義が自然だということの説明であってね。

森 それが論理的にはグルグル回りをしているみたいですけどね。だって、比例するということを言うためには、運動量なるものがないといけない。

江沢 そこまでは自然さの説明ないし動機づけであって、定義は最後にバシッとやっている。

小島 運動量という概念がもともと確定していないから、質量×速度＝運動量と定義できるわけですね。質量×加速度＝力というのと、ちょっと違うところがあるでしょう？

森 それは違います。

小島 力というのはもともとあるようであり、ある意味ではイコールと置いて定義したっていいしさ。

江沢 歴史的にもいろいろな解釈がありましてね。

森 あれは解釈の多様性があるね。

高橋 力の概念がともかくもギリシャ以来問題とされてきたことは、科学史の事実として認めていいですね。ただしニュートンの『プリンキピア』でも、第2法則は最初は比例の形で述べてある。等式にするためには単位系の約束が必要ですから。

森 その部分は運動量の問題に比べると違うんだなあ。

小島 それは違うでしょ。

齋藤 もうちょっとプリミティブなことを言わせていただくと、運動量は m にも比例し、 v にも比例するということなんです。どうして二つだけ取り出したんですか。加速度というのをそこでは考える必要はないんですかね。加速度があれば、なお運動量があるような気がしないでもないでしょ。二つだけ取り出したということは、運動量に関して、ある程度頭の中で法則がなければおかしいわけですね。

高橋 何百年どころじゃない、何千年という精練を経てきたものだと思います。

江沢 mv^2 でもよかったわけです。

高橋 論争があったわけですね。

齋藤 そうか。2乗でもよかったわけか。森 つまり、今の言葉で言えば、運動量とエネルギーなんだけど……。

小島 mv^2 という？ 運動エネルギー

ー？

江沢 人間がその量の運動を作るためにした仕事に比例しているわけですからね。

森 それは別に歴史を辿るという意味ではなく、江沢さんが言われたみたい定義に違いないんだけど、定義に対しての悪しき習慣がありまして、定義というのは決めるものだという感じがある。もっともらしければいいから決める。もっともらしいというのが論理的なコンシステンシーの方であって、ナチュラルかどうかという感じではなく決める雰囲気がある。

江沢 それなら、最初から mv が運動量だと言えればいいわけですね。

森 ええ。 mv が運動量だといって、このことの意味は、 m にも比例し、 v にも比例することだというのは、ある意味ではスムーズなんです。しかし、それはあまりよくないんで、論理的にすっきりしないほうが、むしろいいんじゃないかという感じがするわけです。

江沢 もともと $m \times v$ といったってすっきりしていないんですよ。もっとほかの量も関与させたほうがいいかもしれないんだし、 m が一定のときには v に比例するけれども、 m が一定でなければ v に比例しないかもしれないとか、両方が一緒に変わったら違うかもしれないとか。

●「等しい」にもいろいろある

森 そちら辺でさっきの「運動量は質量と速度に複比例しているというより新しい量を作る」という感じだけれども、「……

より」というのは前半を否定している文脈でしょう？

小島 ああ、「質量×速度＝運動量」というのは、運動量が質量と速度に複比例しているというより、質量×速度をもつて新しい運動量を定義すると考えるのが普通であろう」と書いたのは、実際の世の中のことを言ったに過ぎないんです。

森 世の中じゃなくて人間の獲得の仕方としても……。それから普通かどうか……。

小島 ぼくはこれを「質量×加速度＝力」というのとニュアンスが多少違うという意味で書いているわけです。

森 それは違います。

小島 運動量の場合は普通はイコール（つまり定義式）というニュアンスが強いし、力の場合はそれが質量×加速度に比例するというニュアンスのほうが強い。

森 その分断は非常に難しいんだな。

小島 しかし、数学で言うと、等しいなんていうのは本来相対的なものでしょう。質量×速度＝運動量と置いてしまえば等しいのだけれども、ほんとうは、等しいか等しくないかという論理はここでは適用されないわけで、いつだって違うと思えば違うし、同じと思えば同じである。そのイコールの程度の差があるだけだね。

森 ぼくがそこどころでちょっとニュアンスが違うのは、そういう数学化したレベル以前の問題という感じがあって、運動量なら運動量という原型がポヤーンとあり、質量、速度というのもあって、質量と速度はかなりでき上がっていて、運動量もでき

かかり、それをやっていくうちに、やっと質量×速度＝運動量というのができるということでしょう。

高橋 歴史的にはまさにそうです。小島さんが言うのは、仮に運動量と力との歴史的な成因とか論理性のレベルの違いを言うとするれば、テンソル積で整理するのがいいし、もう一つは、イコールで繋ぐときにもニュアンスは多少違うということだろうと思うんですよ。それはそれなりにいいですね。

小島 実際にそうなんでしょう？ イコールで結んだって、そのニュアンスの違いというのは意識しているわけですね。イコールにもいろいろな程度があるというふうには、われわれはふだんから思っているわけです。

高橋 程度というか、出来ぐあいね。

小島 積として定義したというニュアンスが強いものもあれば、独自のものがあって、それが結ばれるというニュアンスが強い場合もあるし……。

森 それはあります。

江沢 力学のシステムができてしまった上では、イコールはイコールです。

●ずぼら趣味と煩瑣趣味

森 教育の問題に戻ると、ぼくは厳密主義というのは大体ダメと思っているから、なまくら主義なんですけどね。

江沢 主義というのがダメなんだと思うんだな。（笑）極限では割り切るんだけど……。

小島 森さんのはなまくらで、何と言うのかな……。

高橋 なまくらなくせに一刀両断。（笑）

江沢 教育の面でなまくらばかりでは教えられるほうがたまったものじゃないから、一応はちゃんとやるけれども、次の日來るとまた少し違うことを言うかもしれないという（笑）ことだと思います。

高橋 教育というのはまさにそういうものだと思うんです。こっちが変化しているだけ向こうも変化している。

江沢 だから、主義のほうを取ったほうがいい。

森 ああ、ハイ、ハイ。（笑）

小島 そうだ、森さんの言葉を思い出した。ずぼら主義というんだけど、一方でいちばん細かいことにうるさいのも森さんなんだ。（笑）この五人の中で言ったって。

森 そうかなあ。

小島 だって、細かい意味とかニュアンスとかいうのにうるさいわけでしょう。しかも、形式についてはゴチャゴチャ言うなと森さんは言う。

江沢 それが魅力だと思うんだ。

小島 形式としては実数の四則演算なんという、ごくありふれたことの中でのものすごく繊細なニュアンスを問題にし、いちばん細かい。（笑）だから、聞かされるほうはたまらない。

高橋 掛け算に三種あり、なんてね。（笑）

小島 形式的に言うと実数の掛け算なんて一通りしかないのに、森さんのはちゃん

と三種あるんだものね。

齋藤 普通の人の理解の仕方と違うような気がする。少なくともぼくとは違う。ぼくなんかは面倒臭く区別するのは、なければないほどいい。

江沢 グローバルに見るとそうなんでしょうけれど、個々の局面では一応区別してみても楽しむのもいいんじゃないかしら。

高橋 教育面は、個々の問題場面にしか教師と学生は出会わないで……。

江沢 そんなことないですよ。毎日毎日出会うのだから……。

高橋 だけど、毎日毎日同じことをやるわけじゃないんで……。

江沢 ええ、そこが重要だと思うんです。それでグローバルな見地に徐々に上がっていくことができる。

高橋 だから、いろいろな面が出てくる森式というのは、結構イイセン突いているのであって、それが独得の魅力となっている。

齋藤 そのときに、昨日の掛け算はこれだ、今日の掛け算はこれだと言われるよりは、全部実数にただ一つある掛け算だと言われたほうが、ぼくはスッキリしていいような気がする。

江沢 一週間後にそういう状態にアウフヘーベンされればいいでしょう？

高橋 それで分かる場合もあれば、それを難しいと感じる場合もあり、それで失敗してまた悟ることもあるし、いろいろですよ。

小島 ぼくはその違いを言うときは、数

学の形式としてもこれこれ違う、というふうにいつも書いているんです。森さんの、形式としてはうるさいこと言うなという感じが強くてね。表の世界は実数で、その深い層にもものすごくあるわけ。

森 そうかな？ まあ、そうでもいいけどね。

小島 そうなんだ。(笑)

齋藤 ぼくなんかは、小島さんの言うことは、その限りではよく分かる。しかし、森さんの言ってることはなかなか分からない。(笑)

●測らなくても量はあ

高橋 別のことですが、ぼくが興味あるのは、江沢さんの「量とは何ぞや」という話なんだ。

江沢 そう聞き直されると何と言ったらいいか分からないなあ。

小島 江沢さんの量は、何か言うかぎりにおいては深い内容があるんですね。だから、つまらんところでゴチャゴチャ言うなということでしょう？

江沢 非常に簡単に言うとすれば、何か測定器があって、測定器で測定できるものが量だ、と言いたいわけですが……。たとえば、原子の中を動いている電子の座標なんていうのは量なのかどうか。測ればある結果が出てくるはずだから、やっぱり量かな。それでいいですか。

高橋 測ってはじめて量の世界と接触できるわけ？

江沢 そうです。

高橋 測らない前は量なるものは架空の概念？

森 その問題は教育の問題に関してはわりあい重要な問題がからんでいまして、もともと測らなくても量があるということが一方では大事なことです。ところが一方には、測ることによってはっきりすることもある。そういう例はたくさんあって、いちばん素朴な外延的な加法性程度のことでも、数量化することによって認識が定着することは明らかなんです。その場合、重なり理論的に言いますと、数によって量が分かる面と量によって数が分かる面と両方ある。そして、そのことはわりあい重要な問題としてあるわけです。

高橋 ありていに申しますと、だいたい数教協、数教協シンパ、あるいは数教協と喧嘩する人、みんなほとんど、測る測らないにかかわらず、量という概念を^{そでい}措定するか、^{はんちゆう}範疇として認めている立場の人が多いと思います。

江沢 測る測らないにかかわらず量はあ、というわけですね。

高橋 小島さんはそれははっきり言い切った人の一人なんです。

江沢 そこまで言い切れないのは、量子力学なんていう不思議なやつがいるからですね。そりゃあ、ぼくだって、いま目の前にある机の長さというのは、測る前にもあると思いますけれども(笑)、量子力学の講義をするときはもうちょっと深刻な顔をして見せなければならぬ。(笑)

森 それから、測られたらすでに量があ

るという言い方でもう一つ有名な例は、知能とは何か、知能とは知能テストで測られる量であるというトートロジーがあるわけですね。何らかの測定手段を作り、数量化する手段を作れば、それ自身が一つの社会的な意味を持ってくる。そして、その測定手段の作り方自体が、きわめてイデオロギー的性格を同時に持ちうる。

江沢 知能に限らず、量というのは大抵そうじゃないですかね。

高橋 量子力学のレベルで考えるとすると、さっきの測らない前に量があったという措定自体を反省せざるを得ないような事態が発生する。そしてまた別の意味で別の手法で量的な操作に持ち込む。そういうふうに多層構造になっているわけでしょう。

森 それはそうです。もっと初等的な例で有名なのは時間ですね。時間は運動からある程度概念的直線的イメージを作ってきているんだが、それを基に今度は等速概念を持ってきてグルグル回りをするわけですね。ところがあれ、グルグル回りをするよりしようがないですよ。

高橋 ここで最初に話題になった物体の合併と速度の関係なんていうのも、時間で割るということはどう見るか。内包量の発生源と見るかどうかということとかかわってくるんでね。

時間の問題をもっとやりたかったですね、小島さん。

小島 ウン。時間で割って速度が出るところでは時間で割るということも意味があるけれども、あとの大部分の計算で

は、時間で割るということはほとんど意味がないわけですね。つまり、外延量がそこで内包量になってしまうわけではなくて……。

森 それは高橋さんが前から問題にしたことですね。そこら辺はレベルによって違うと思うんだ。

齋藤 残念ですが、そろそろ時間ですので……。

森 最後に一言だけ。量の問題は大事なことは確かなんです、それだけに急にシリアスになられると困る。対応がコチコチになられたら困るんで……。

江沢 学校の先生は理論の重みをご存知なだけに、概念がいかに遠くまで人を連れていってしまうか考えるでしょうから……。やっぱりコチコチになりやすいかな。

森 それは分からないけど、とにかくその点、こういう座談会そのものがマイナスに作用する可能性はあると思って、危険は感じているんです。

齋藤 ではそれを了解事項にしましょう。ありがとうございました。

[1979年11月2日]