

## 「力を抜く」覚書 20190323 (h\_satoの81歳誕生日)

「力学から「力」を抜く」という課題にはまり込んだ理由を確認しておかないと「科学史」の深みに落ち込んで初志とは関係ない方向に行きそうなので、自分のために「初志」をここに書き留めておく。

互いに関係はするが一応三つに分けておく。

### 1) 科学史的

物理学における実在の概念とツールの概念との「区別」を、歴史の中で追ってみることである。この問題意識は量子力学の確率解釈問題に端を発する。

この課題は高度な概念操作に熟達した専門家集団の「惰性」の変遷として描くべきものであって、超歴史的な、論理と合理貫徹の哲学の課題として論ずるのは生産的でないと考える。

この「区別」への批判的考察は専門科学自体の飛躍に欠かせない営みであると考えられるものである。

マッハ、キルヒホッフ、ヘルツらの「力学から「力」を抜く」言説はこうした「「区別」への批判的考察」の歴史的な好例である。具体的には次のようなテキストをフォローする。

マッハ「マッハ力学 力学の批判的発展史」初版 1883年

Maxwell “Matter and Motion” 1877年

Hertz “The Principles of Mechanics” (英訳) 1894年

Jammer “Concepts of Force” 1957年

「力の概念」日本語訳

この他ポワンカレ、プランク、ワイル、カッシラー（「実態概念と関数概念」）など。

科学史的興味としては、19世紀末に盛んになったこうした概念批判の考察が、原子物理、量子力学の登場という具体的で迫力のある新世界の発見によって、突如として物理学の正面から消滅したことである。飛躍を許すなら、これが量子力学解釈混迷の背景だという予感に基づいている。

### 2) 一般社会的

物理学の営みの社会的イメージに関係したことである。物理学の対象は原点としては物質界であるが、そこで開発された数理的ツールはファイナンスや情報科学にも応用されている。こうしたツールとしての汎用性はある意味で高度な理解の関心であり社会的には認知されていない。多くの人にとってのポピュラーサイエンス的には、ハイテクという実用性と宇宙構造・創生への知的興味であり、両者

が連動している時期に活気がある。前者の意味は具体的で自明であるが、後者での一般の「なぜ？」関心と専門界が提供するものがすれ違っている場合が多い。それは専門界が描く対象像はツール依存だからである。他の自然科学と比べても物理学の概念には数理的に開発されたものが多く、ツールを経由しないで一般に提供される情報のイメージが伝達不能になり易い。よく「数式抜き」を売り物にするポピュラー本で伝わる内容が気になる。

「トポロジカルな数理特性」が反映した物性物理の発見などの飛躍性は、ハイテクの機能として伝わることもできて、後者の意味での物理学の進展は伝わらないだろう。見た目は同じ原子からできた物質だから「トポロジカルな数理特性」というツールが有効な概念として展開された成果として理解され、新たな存在の登場とは受け取られない。それに対して超弦理論の進展を一般に伝える場面では「トポロジカルな数理特性」というツール概念に対応した新たな存在を導入する語りが横行し、生煮えの奇怪な自然像を描くことになる危険性がある。

奇怪な、普通でない、仰天の、・・・ものを希求することは、宗教、文化、芸術や芸能を駆動する源泉とも言える。古来、宇宙根源語りがこうした営みと密接な関係にあった。この語り業界の中で科学の存在感は浮遊するものであり、専門科学界が主体的マネージできるものではない。個人プレイヤーの話としてほっておくべきことだろうが、それが専門家集団のイメージ形成とならないようにする注意は要るだろう。

その一方で、現在、「なぜ？」業界が一般とつながる営みの公共性が問われている。税金で国民国家とつながっているからである。一番簡単な応答は「百年先に役立つ」であり、歴史的に根拠はある。しかし世知辛い現代の公的世界ではこの理由で存立可能かどうか。少なくとも現在の規模では不可能であろう。

### 3) 専門家養成的

第2はある意味で物理学の動向が文化的に消費される面と公共性を担う役目とを分離して考える必要があるが、前者はまともに「何故？」で引き寄せられて科学界の専門家に参入するインターフェースでもあり、気楽な「消費」だけではない。教育と言ってもいいが、ここでも、民主主義社会（主に合意形成を可能にする仕組みで言っている）での実証と合理を大切にする科学的精神の一般教育と専門家へのリクルートと入門教育の面がある。高校後期から大学教養段階である。物理学の数理的特徴がこの段階で大きく他の科目と差がついてくる。いわゆる数式物理学の登場で、それに魅力を感じるものとそうでない者の差が顕れる。

第3の課題というのはこの数式物理学に魅力を感じる専門予備軍に力学がどういう形で登場すべきであるかというテーである。力学を入門として数式物理学にはいるのが普通であり、物理学の基本概念で現象を語る訓練の場ともなる。ここで力が中心的概念として登場する。日本での力学の訳語が力を引き立てる意味でミスリーディングだと言っているが、メカニクスとしても力は高校物理で根幹をなすことは変わらない。ここで「力学から「力」を抜く」とは、そういう場から力を消

そうと言っているのではない（後述の「力学から「力」を抜く」の意味合い参照）。そうではなく数式物理学にある程度習熟した段階で現象を数式化（数式を使う）することの意味を反省的・批判的に自省を促すことの大事さを言いたいのである。

### 「力学から「力」を抜く」の意味合い

「力学から「力」を抜く」には次のような質的に異なった意味合いがある

- 1) ニュートン以前といっても、ニュートン以後でハミルトン以前といってもいいが、運動の擬人的に運動の動因として力を語る形而上学が自然学の中に長くあった。ニュートンの仮説をおかないは力学をこうした動因や因果関係から切り離すもので、運動から魂を完全に抜いたメカニクスの誕生でもあった。これは自然科学全体の近代化に共通するものであるが、概念が物神化して動因として登場させる自然論はしばしば今でも登場する。
- 2) 力学の数理的高度化といえる解析力学の定式かた諸概念の位置付けにも関係するが、力が補助概念の位置に後退する。
- 3) 物体の力学以外の物理学では力はエネルギーや作用量に変わって登場する。熱力学、統計力学、電磁気学、量子力学、場の理論、波動、回路、光学・・・などではエネルギーや運動量のやりとりとして現象を記述するようになる。力は後退する。
- 4) 場から受けるテスト粒子の力の運動方程式は、無限の自己作用を回避する意味でも、場の検出原理の測定論に極限する見方で位置付ける。

### 「抜く」の単純な意味

「現代物理学における力の概念は、伝統的三段論法におけるいわゆる媒概念に匹敵する方法論的媒介の役割を果たしている。「ソクラテスは死を免かれない」ことを示すために、媒概念(middle term)として「人間」を導入して、二つの前提を述べる。すなわち、(1)すべての人間は、死を免かれない、(2)ソクラテスは人間である。ここで最終結論は、「ソクラテスは死を免かれない」であり、媒概念の「人間」は欠落する。

同様にして、ある物体Aがある一つの軌跡B上を重力を持っていたり、電氣的にたいでんしていたり、磁化していたり等々の物体C, D, ...の一定の配列に囲まれているとき二つの「前提」をのべると、(1)配列C, D, ...等々は力Fを生ずる、(2)その力Fは(運動の法則に従って)物体Aをして軌跡 B上を動かす。ここでの最終結論は「C, D, ...等々によって囲まれた物体Aは、ある一定の状況の下で軌跡Bに沿って動く」ということであり、媒概念の「力」は再び消去されてしまう。」 Jammer “Concept s of Force”

数式で書けば、「配列C, D, ...等々は力Fを生ずる」の代わりに、「C, D, ...

等々の配列 $X$ が $ma=G(X)$ と $ma$ を決める」とすることである。 $F$ をスキップして運動学の概念である加速度 $a$ を決めるということで、運動学に局限しようとするのである。

ここで質量 $m$ 概念の身分が浮上する。「 $F$ を加速度で割った商が $m$ だ」というのか、質量を基本概念として $ma$ を力と呼んでいる、とい唯名論的に定義するかである。

「力を抜く」派はもちろん後者である。マッハは質量を二つの物体が他方から被る加速度の逆比が質量の比であると提示しようとする。

質量は物理学全体の進展の中で現在は理解する必要があり、やはりエネルギーに吸収される方向にある。

以上