

数学的諸科学とは何か

中根美知代 (Michiyo Nakane)

成城大学・明治大学非常勤講師

1. はじめに

数学的手法を多く使う自然科学の歴史研究にかかわっていると、この成果は数学史として扱うべきか、物理学史等の自然科学史に分類するかの判別に惑うことがある。ザビーネ・ホッセンフェルダー著『数学に魅せられて、科学を見失う』(原著 2018 年) が示唆するように、今日の研究者の間でも数学と物理学の識別は気にかかる事柄なのかもしれない。本報告では、数学的諸科学ともいふべき分野に注目して数学と自然探求との関係の歴史を顧みることにより、この問題に対する一つの視点を提示していく。

2. 古代ギリシアでの数学的諸科学

古代ギリシアで、数論・幾何学・音楽・天文学・計算術、機械学、計測学、光学はマテマティカと称されていた。いずれも数や図形を扱うが、実態が存在しない抽象的な概念を考察する数論や幾何学と、自然界を研究対象とする天文学などの、性質の異なる学科からなっている。

プトレマイオスは、一様な円運動の組み合わせで、星座の間を進んだり、戻ったりする惑星の運動を説明し、天動説を確立したといわれる。アリストテレスの世界観にしたがった、宇宙の幾何学的なモデルを作ること、それによって星の運航を当時の観測水準に照らし合わせて正確に把握することが、天文学の課題だった。プトレマイオスの天動説は、当時の地動説よりも、これらの点で優れていた。宇宙のモデルを作り、それを考察することは、宇宙のアイデアを掴むことになる。その意味で、天文学は「数学」と位置付けられたのであろう。

アルキメデスもまた、天秤の性質を考えると、重りの体積を無視したり、天秤自体は剛体で質量は0とみなしたりした上で、数量的な法則を導いていた。理想化された天秤をもとに、本質的な原理を考察していくことから、機械学もまた天文学と同じ理念のもとに展開されているといえるだろう。

これらは自然現象を扱っている。しかし、古代ギリシアの自然探求の視点は、ものごとの変化に対する4つの原因を考察することで、今日とは異なっている。変化の原因を追究するにあたって、数や図形の扱いに習熟していることは、重要な意味を持たない。このことを押さえておく必要がある。

3. 科学革命期における数学と自然探求の関係の変化

引き続く時代にも、宇宙モデルは作られた。コペルニクスが、1543年に地動説による宇宙モデルを発表した。ケプラーは地動説を受け入れた上で、1696年に『宇

宙の神秘』で、6つの惑星の天球と5つの正多面体の入れ子のように組み合わせたモデルを作った。実際の軌道との観測誤差は10%程度といわれ、当時としては、精度の高い宇宙像であった。天動説から地動説への大きな変化はあったが、古代ギリシア以来の「数学」の在り方は保たれていた。

しかし、この時期、数学と自然科学の枠組みを大きく覆す考え方がでてきた。ガリレオは、1623年の『偽金鑑識官』で、「自然は数学の言葉で書かれている」という認識を示した。数学の理念ではなく、数学的手法という技術によって、自然を分析することが、ここで主張されている。ガリレオはまた、1638年の『新科学論議』で、変化の原因ではなく、変化の性質を探求することを主張している。事物の変化の状況であれば、数学の言葉で表現できるだろう。自然界の変化を数学的手法で記述し、分析する、それに必要な数学的技術を合わせて発展させ、それをを用いてさらに分析を進めていくという、数学と自然探求の関係が強調されるようになった。自然の探求から数学的技法の着想を得、それを整備するのは、数学であるし、その手法を使って得られた現象の分析結果は自然科学の成果である。この見方が今日につながっていく。

4. 天体力学の制限3体問題をどのように考えるか

3体問題が解析的に解けないことは19世紀末にポアンカレが証明したが、それ以前は、個別の3体問題の積分を求めることが天体力学の大きな関心で、3体系にいくつかの制約をつける、制限3体問題が研究された。たとえば、1836年、ヤコビは、天体Aは原点に静止、天体Bはその周りを xy 平面上で円運動し、質量が小さい彗星Cは、他の惑星から影響を受けるが影響はあたえないという条件の制限3体問題を考え、彗星の運動の積分を求めることができた。そして、木星の離心率から判断して、この系は太陽・木星・彗星からなる系を近似しているとした。

計算ができそうな条件を付けた上で3体からなる系を構成し、その積分を求める。その上で、現実の運動を適切に近似していたことに言及する。他の制限3体問題も同様な手続きを踏んでいる。

古代からすれば、この過程全体が数学である。しかし、近代以降であれば、まずモデルを作って積分が導くところまでが、数学の成果で、それが現実の運動を近似的であれ説明できたとなると、その部分は自然科学上の成果となろう。仮に、考察した3体系で近似できるような系が見つからなかったら、古代では数学として評価されるかどうかは疑問だが、17世紀以降は一定の評価はされるはずである。

5. 終わりに

数学は多様な面をもつ。数学の意味自体とともに、どの面が強調されるかも時代とともに変化する。自然の分析や理解と数学とかわりについていえば、17世紀の科学革命期に、古代以来の受け入れられてきた多くの自然科学上の理論と同様、大きな転換があった。数学と自然科学の複雑な関係は、「両者の関係の革命」があったことを基盤に考察を進める必要がある。