

物理的存在者と構造

藤田翔 (Sho Fujita)

大阪大学大学院人間科学研究科

物理学では時空や電子などの理論的存在者が多数登場する。それらの存在者の実在性を問題とする時に、実在論者は何が実在していると主張するだろうか？構造実在論は、例えば一般相対性理論では時空点は構造の中で初めてアイデンティティを持ち (Dorato 2000)、一方で量子力学ではミクロな粒子は任意の入れ替えに区別が付かないために、各粒子ではなくそれらの場を生み出す構造こそが本質である (Ladyman and French 2003) と記述する。すなわち時空や場のそれぞれの構成要素とされる時空点や粒子ではなく、それらの関係を表す構造にその存在の基盤を置いている。一口に構造実在論と言っても様々な形態はあるが、重要なのはこの世界にはまず構造が存在していて、その中に時空点や粒子等の対象が得られるという描像である。

ではこの構造とは具体的に何を指しているのだろうか？理論変化の際の数式的な共通項 (Worrall 1989) など、同型写像によって変換される数学的構造といったアイデアはあるが、構造をどのように捉えるかには極めて恣意性があるだろう。一般相対性理論の時空の場合は、幾何構造を定める計量＝重力場が構造ということになるが、この構造が、量子力学や量子場の構造とどのように関係するのかといったことは不明である。加えてモノと時空は究極的に別個の存在であるのか、それとも一方が他方に還元されるのかというような問い掛けもある。これは当然ながら本来は哲学ではなく物理学が解決すべき課題であるが、モノや時空がどんな構造であるのかという描像は、物理理論の今後の発展の方向性を決める上でも有用であろう。現代物理学を包括的に議論するために、時空や他の物理場（電磁場や多体量子系）を統一的に何らかの構造として解釈したい。そのためには一般相対性理論と量子理論（あるいは最新の量子重力理論）を別々に考えるのではなく、それらの理論がどのようなプロセスを経て古典物理学から現代物理学へと発展してきたのかという科学的なアプローチが必須になる。そのヒントとして、Cao の議論 (1997) の中に科学的に興味深いアイデアがある。他の物理場として、例えば電磁場との関係において相対性理論が提唱された時期の Wyle (1918) や Klein (1927) 等は、重力場と電磁場を共に時空の幾何構造に統一しようと試みた。それらはついに成功することは無かったが、時空構造実在論と違って、重力場を時空の幾何構造と区別して時空と重力場のうち存在論的にはどちらが基礎的であるかという問い掛けは残った。現にその哲学的観点は量子力学が提唱されてしばらく経ってからも Wheeler (1962) 等に引き継がれている。逆に時空は場の構造的な性質に還元されるという主張は、そのまま統一理論の構築への動機となっている。これらの議論は、Cao によって「幾何学的プログラム」(Geometric Program: GP) と題された「20世紀の場の理論全体に共通の構造」を提唱している。このプログラムは現代の場の理論の、そして時空の哲学の先駆けでもある。

これらの流れを整理することで、一般相対性理論から現代物理学へと向かう道筋の中で、モノと時空の普遍的な構造の輪郭を掴みたい。Cao がまとめた科学的なアプ

ローチをヒントに、20世紀の物理学に不可欠な場の正体に迫りたい。以上の計画の中で、講演日時までに出来たところまで発表するつもりである。