

京都大学	博士（文学）	氏名	森田紘平
論文題目	Model Relative Emergence in Physics (物理学におけるモデル相対的な創発)		
(論文内容の要旨) 現代の物理学の哲学における重要なテーマとして創発現象、すなわち何らかの意味で全体が部分の単なる総和ではないような現象の検討がある。この創発という概念や、それと対になる還元の概念については、伝統的に哲学や科学哲学の文脈でも議論されてきたが、本論文では現代物理学における創発概念の使われ方を参照し、既存の科学哲学的議論とは異なる視点から創発概念の定式化を試みている。 まず、第1章でそうした本論文の問題設定が説明されたあと、第2章においては、伝統的な科学哲学における還元や創発の概念についての研究が概観される。科学哲学において還元や創発の概念はさまざまな意味に用いられてきたが、著者は方法論的還元、表象的還元、存在論的還元などの意味に大きく類型化し、また、創発が問題となる生物学・心の哲学・物理学などの分野ごとの議論の特徴が整理されている。第2章では、さらに、物理学において創発の概念が新規性 (novelty) と自律性 (autonomy) の2つの特徴を使って定式化されてきたことが指摘される。さらに、物理学の哲学における先行研究の中にある「モデルに相対的な還元」の考え方を応用し、著者独自のアイデアである「モデルに相対的な創発」を以下の2つの特徴に基づいて定式化する。新規性：ある対象系の高いレベルのモデルでは導出できるが、同じ対象系の低いレベルのモデルからは導出できないような性質が少なくとも一つ存在する。自律性：高いレベルのモデルの性質が、低いレベルのモデルの詳細とは無関係である。ここで、高いレベルのモデルとはミニマルモデルや一般化されたモデルのことを指し、低いレベルのモデルとは、具体的な対象系を表現するようなモデルを指している。 本論文の後半の第3章と第4章では、このように定式化されたモデル相対的な創発の概念が物理学において創発が問題となる事例に適用されている。まず第3章では量子論と古典論の関係が論じられ、何が量子的領域から創発していると言えるのかが検討されている。この章の前半では、いわゆる解釈問題に踏み込まずに発生する創発の問題が論じられている。まず取り上げられるのがエーレンフェストの定理である。この定理は伝統的に量子論と古典論を結びつける形式として知られているが、実際にはある特定の状況において、あくまで近似的に古典的であると見做すことができる性質が導けるに過ぎない。また、デ			

コヒーレンス、すなわち対象系と対象系を除く環境系との相互作用によって全体系としては量子力学的な干渉作用が消えるような現象も検討されている。これについても、準古典的性質、つまり古典的性質と近似的なものは量子論から導くことができるが、古典的性質そのものは導出できない。著者はこれらの事例がいかなる意味で創発と言えるのかを自らの創発概念を用いて分析し、準古典的モデルの概念的な重要性を指摘している。第3章の後半では、量子力学の様々な解釈がどのような存在論のもとに古典的性質をどのように位置づけるかが検討されている。特に、いわゆる多世界解釈において、古典力学的現象が「創発的パターン」として理解されていることについて、批判的な検討が加えられている。

第4章では熱力学と統計力学の関係が検討されている。熱力学における相転移という現象は創発の典型的な事例であるとされてきた。この現象についての従来の研究では、統計力学において相転移に類する現象を導くために数学的極限をとる操作を行うことから、極限操作と創発が結び付けられて論じられてきた。しかし、著者は、極限操作を伴わない粗視化のプロセスのみでも本質的に同様の創発現象が生じることを示した。これについても著者は自らのモデルに相対的な創発の定式化を用いて、この現象が創発ととらえられる理由を説明している。

最後の第5章では、以上のような事例の検討を通じて、物理学における創発現象の一般論としてどのようなことが言えそうかということが考察されている。本論文で検討されたすべての事例において、創発は二項関係ではなく三項関係となっていた。量子力学と古典力学の事例では、準古典的領域が本質的な役割を果たしており、統計力学のモデルと熱力学のモデルの事例では粗視化された統計力学的なモデルが重要であった。著者はこのようなモデルを中間的な(intermediary)モデルと呼び、今後創発現象を論じる上で、中間的なモデルに注目する必要があるであろうことを指摘して本論文の結論としている。

(論文審査の結果の要旨)

本論文は物理学の哲学という分野に属する論文であるが、この分野は、物理学の基礎的な部分について、哲学の観点から切り込む分野であり、対象となる物理学そのものについても、分析のツールとしての哲学についても深い造詣を必要とする。そのため、国内での研究者は非常に少なく、量子力学の解釈問題など特定の領域に集中している。その中で本論文は、物理学における創発現象の定式化という新しい問題に挑戦することで、日本における物理学の哲学の研究を大きく前進させる可能性を秘めたものとなっている。

本論文は、その独自の主張に入る前のサーベイ的な部分においてもすでに学術的に重要な貢献を行っている。科学における「還元」と「創発」の概念についてはさまざまな分野で別個に議論が進められ、その全体像や相互関係を掴むのは容易ではない。「還元」と「創発」が対立概念かどうかということについてさえ、分野や論者によって捉え方がまちまちである。本論文はそうしたさまざまな文脈での議論を分類し類型化することで、これらの概念について非常によい見通しを与えている。

本論文は多くの独自の主張を行っているが、その中心となるのは、「還元」と「創発」について語るときに、理論や法則の間関係ではなく、モデル間関係として捉えるべきであるという主張である。物理学において創発という概念が使われる場面では、一見すると「量子力学対古典力学」あるいは「統計力学対熱力学」といった理論間関係が問題になっているように見えるが、より仔細に吟味するならば、デコヒーレンスや相転移といった個別の現象とそのモデル化が問題となっていることがわかる。その意味でモデルを中心として創発や還元を捉えるという著者の視点は非常に示唆に富むものである。

また、著者の第2の重要な主張として、モデルに相対的な創発という考え方をするすることで、「中間的なモデル」と著者が呼ぶ第三項の重要性がクローズアップされる点が挙げられる。中間的なモデルは、ベースとなるモデルに特定の条件を課すことで導出でき、かつまた創発的なモデルと近似的な振る舞いをするモデルである。そうしたモデルを構築できることが、物理学における創発現象の重要な共通項となっていると著者はいう。この指摘は、従来の創発をめぐる議論ではあまり掘り下げられてこなかった、「なぜ創発現象が存在するのか」という問題に重要な示唆を与えるものとなっている。

本論文について特筆すべき点は、上記のような概念的な議論が、エーレンフェストの定理、デコヒーレンス、相転移といった問題についての物理学の具体的な知識と密接に結び合わされ、それぞれのテーマについての考察も充実している点である。これらのテーマの多くがこれまで日本の哲学系の議論ではほぼ論じられることがなかった話題であるが、本論文の登場によって、日本における物理学の哲学の議論の構図が今後大きく変化していくであろうことが期待される。

もちろん、本論文にも欠点がないわけではない。とりわけ、本論文の中心となる

「モデルに相対的な創発」の概念や「中間的なモデル」の概念は、事例の検討の中からボトムアップ的に組み立てられてきたものであり、本論文での定式化は暫定的な性格が強い。これらの概念については、今後さらに多くの事例を検討していく中で発展させていく必要があるであろう。また、著者の事例研究は現在物理学に偏っているが、創発の概念分析を行う上では、生物学などでの用例についてより深く検討する必要があるだろう。しかし、こうした不十分性は、決して本論文の価値を損なうものではなく、むしろ本論文の研究が豊かな研究プログラムを内包していることを示すものとなっている。

以上、審査したところにより、本論文は博士（文学）の学位論文として価値あるものと認められる。令和2年1月20日、調査委員3名が論文内容とそれに関連した事柄について口頭試問を行った結果、合格と認めた。

なお、本論文は、京都大学学位規程第14条第2項に該当するものと判断し、公表に際しては、当分の間、当該論文の全文に代えてその内容を要約したものとすることを認める。