

Title	時空の実在性と現代物理学との関わり～構造はマクロとミクロを繋げるのか？～
Author(s)	藤田, 翔
Citation	大阪大学, 2019, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.18910/72462">https://doi.org/10.18910/72462</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

## 論文内容の要旨

氏名 ( 藤田翔 )

論文題名

時空の実在性と現代物理学との関わり  
 ～構造はマクロとミクロを繋げるのか?～

論文内容の要旨

時間や空間の実在を巡る哲学的議論は長い歴史を経てきた。ただし現代物理学を土台とした時空の哲学は、その広大な歴史と比べれば比較的新しいと言えるだろう。それは科学哲学や形而上学と密接に関わり合いながら、物理学の今後の方向性やこれまでの蓄積を大いに反映している。今や時間や空間とは何かという問い掛けは、物理学の究極的なテーマである宇宙の始まりにも大きく関与する可能性を持つ。現代物理学はこの100年の間に大きく発展してきたが、量子重力理論は未だに完成することはなく、ミクロな領域の重力や時空の取り扱いには様々な定式化の候補がある。土台となる物理学理論そのものの候補が多過ぎて、それらが様々な世界の描像を与える中で、時空の実在に関して統一的な見解を与えるのは難しい。ただし標準的なビッグバン宇宙論に従えば、我々の宇宙は誕生から今日に至るまでに何らかの統一的な歴史を持つはずである。ミクロな領域で誕生し、現在のマクロな領域で膨張しているというのがビッグバン宇宙論であるが、一方でこの歴史に関しては、例えば真空の中から宇宙に時空間が生まれ、宇宙空間は時間と共に膨張してきたという比較的単純な時空描像がある。少なくとも現在の宇宙に時空があることは日常的には疑いの余地は無いだろう。この日常的にはあると思えるマクロな時空の実在性を哲学的に議論することから始める。そして宇宙の起源まで遡り、量子重力理論の範疇となるミクロな宇宙の始まりにおいて、上述したマクロな時空の実在性と整合性のある時空描像を得たい。一般相対性理論が扱うマクロな領域と量子重力理論が扱うミクロな領域において、ビッグバン宇宙という1つの歴史を通して、時空の実在性という観点で統一的な描像を得ようというのがこの論文における私の取り組みである。一般相対性理論によれば、時空は平坦なユークリッド幾何学ではなく、物質と互いに相互作用を及ぼし合い、曲率という幾何学的性質を備えたリーマン時空であるとされている。重力は幾何学という形で時空の中に取り込まれているが、この曲がった時空の実在に関してまずは従来の議論を整理する。そして一般相対性理論を元にしたマクロな相対論的宇宙論が前提とする宇宙の膨張を、時空構造実在論という立場で考察する。さらに量子重力理論の1候補であるループ量子重力理論が記述する初期宇宙のミクロな描像にも触れて、スピンネットワークと呼ばれる空間の構成物の身分を与える。そして、時空というものを考える際にはその構成物とはある程度独立な議論が可能であることを踏まえた上で、真空から宇宙空間が生まれて膨張して今日の宇宙に至るといった明解な「宇宙空間の成長説」に時空の哲学的な解釈を用いて異議を唱えたい。

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( 藤 田 翔 )			
	(職)	氏 名	
論文審査担当者	主 査	准教授	森田 邦久
	副 査	教授	Wolfgang Schwentker
	副 査	教授	村上 靖彦
	副 査	名誉教授	細谷 暁夫
	副 査	名誉教授	中山 康雄
<b>論文審査の結果の要旨</b>			
<p>藤田氏の博士論文、『時空の実在性と現代物理学の関わり：構造はマイクロとマクロを繋げるのか?』は、最新の物理学を考慮に入れた時空間の実在性をめぐる哲学的研究である。空間の実在性をめぐっては、古代ギリシャ時代から論争が続けられ、近代においてもニュートンとライプニッツの重要な論争があった。すなわち、空間は実在せず物質どうしの関係性に還元できるとする関係説と、空間は物質の存在に依存しないとする実在論との論争である。この論争が大きな転回点を迎えるのが、一般相対性理論が誕生する二十世紀である。まず、相対性理論の登場によって、これまでは別々に捉えられてきた時間と空間は時空間として統一的に扱われることになる。さらに一般相対性理論は重力を時空間の幾何に還元する。このことは、一方では、時空間の幾何が物質分布に依存するという意味では時空間が物質の存在に影響を受けることを示すが、もう一方では、時空間の幾何を論じる点や、一般相対性理論の基礎方程式であるアインシュタイン方程式では物質が存在しない時空間の解も可能であることから、実在論を強く支持するようにも見える。そこで、関係説でも実在論でもない第三の立場である時空の構造実在論が登場することになる。</p> <p>本論文では、この構造実在論が、古典的一般相対論において説得力を持つことを議論し、加えて、構造実在論の立場に立つことにより、宇宙の膨張とは何かについて新たな見解を示すことに成功した。すなわち、今日、物理学者たちは観測結果から「時空そのもの」が膨張していると結論づけているが、構造実在論によると、観測結果はかならずしも時空間そのものが膨張することを結論づけるわけではない。ここにおいて、物理学者たちが無批判に用いている「宇宙の膨張」という概念が曖昧さを持っていることが明らかになった。このような、科学で用いられる概念の批判と明晰化は科学哲学の真骨頂であり、本論文の第一の重要な貢献である。ところで、現代物理学における基礎理論には、一般相対性理論の他に量子力学があり、これはマイクロな世界を扱う理論である。そして、これら2つの理論を統一することが現在の基礎物理学の大きな課題となっている。なお、量子力学的効果が取り入れられていない一般相対性理論のことを「古典的一般相対性理論」と呼ぶ。そこで、本論文では、そうした統一理論のひとつの候補とされるループ量子重力理論における時空間の記述では、上述のどの立場が有効であるかを検討した。ループ量子重力理論では、古典的一般相対性理論とは異なり、時空間が量子化される。すなわち、時空間は不連続であり、時空の原子とも呼べるようなものから成り立っている。このことは、先の古典的一般相対性理論に基づいた時空間の実在性をめぐる哲学的議論がそのままでは適用できない可能性を示している。しかし、藤田氏は、こうした時空の原子から「創発」によって時空間が生まれるのであり、その存在論的地位が創発される前の時空原子と創発によって生み出された時空間とは異なるという議論から、時空間の実在性については、古典的一般相対性理論に基づいた時空の構造実在論が依然として適用できると論じた。現在の時空の哲学では古典的一般相対性理論に基づいた議論が主であるので、ループ量子重力理論にまで踏み込んで時空間の実在性を議論する本論文は大きな価値があると言え、これが本研究の第二の貢献である。また、強調すべきことは、国際的には現代物理学を考慮に入れた時空の哲学は盛んであるにもかかわらず、国内ではこれに取り込む研究者がほぼいない状態であるということである。このような憂うべき状況を藤田氏の博論とこの後の研究は打破してくれることが期待される。</p> <p>審査委員は合議の上で、上記のような研究上の貢献により本論文が博士(人間科学)の学位授与にふさわしいものであると認定した。</p>			