

## 論文審査の結果の要旨

氏名 小林伸吾

本論文は本文8章、付録3章よりなる。第1章は、論文全体の導入と動機の説明である。第2章では、冷却原子系の力学についての基礎が解説されており、ボーズ・アインシュタイン凝縮相での秩序変数の構造について明快な記述がなされている。第3章では、秩序変数の空間が非自明であることに伴うソリトンの分類に使われる数学の道具であるホモトピー理論についての解説がなされている。特に、これまで物理では使われてこなかった、アベのホモトピー群という数学的概念の詳しい解説がある。第4章では、第2章でわかった秩序変数空間に第3章の概念が適用され、冷却原子系におけるさまざまなソリトンの分類が説明されている。ここまでがほぼ既存研究のレビューである。

以後が論文提出者の研究に基づくものである。第5章では、ソリトンの芯の構造のトポロジカルな構造を解析している。ソリトンは遠方で秩序変数空間に場の配位が巻き付いていることにより安定化しているが、逆に言えば芯では必ず場の配位がエネルギーを使って秩序変数の空間の外に多少でる。この効果を取り入れた、「拡張した秩序変数空間」という概念を導入し、拡張された秩序変数空間をどのように場の配位が移動していくかによって芯構造を分類したものである。第6章は、渦のまわりを別のソリトンが一周した際になにが起こるかを調べたもので、渦を記述する基本群がまわるソリトンを記述する高次ホモトピーに如何に作用するかを解析することになる。これが自然にアベのホモトピーで記述できることを論文提出者は見いだした。第7章では、別のソリトンが渦を一周したためソリトンの種類が変わった場合に、その反作用として渦になにが起こるかを決定したものである。第8章は全体のまとめとなっている。

これらの結果は、トポロジカルなソリトン間の相互作用を記述する上で基本的な数学的構造を抽出しており、冷却原子系のみならずソリトンが関与する物理のさまざまな分野に応用が可能な手法を論文提出者は見いだしたということが出来る。なお、本論文第5章は川口由紀、新田宗土、上田正仁3氏との共同研究、第6章は小林未知数、川口由紀、新田宗土、上田正仁4氏、第7章は Nicolas Tarantino と上田正仁2氏との共同研究であるが、どの論文に関しても論文提出者が要となって考察、議論を完成したもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、博士（理学）の学位を授与できると認める。