

# 論文審査の結果の要旨

氏名 吉田 琢 史

本論文は、5章からなり、第1章は序章としてソリトン解の一種であるフェルミボールの基本的な性質、歴史的な背景とフェルミボールの重要性と問題点が述べられている。

フェルミボールは、球形を保つ限りにおいては安定であるが、球から変形して潰れたり、より小さなフェルミボールに分裂したりすることに対する安定性は保証されていない。そこで第2章では電氣的に中性なフェルミオンがスカラー場と湯川結合し、その零モード解がドメインウォールに張り付いている模型を考え、その場合のフェルミボールの変形や分裂に対する安定性を議論している。これまでの研究で、壁の厚みがフェルミボールの半径に対して十分薄い極限では、フェルミボールは変形や分裂に対してそのエネルギーを変えず、安定とも不安定とも結論できないことが知られていた。本論文ではこの極限からのずれを考慮に入れた解析を、壁の厚みとフェルミボールの半径の比に関する摂動展開を用いて、フェルミボールのエネルギーを評価することによって行った。その結果、摂動展開の1次のオーダーでは、フェルミオンの広がり壁の厚みに比べて十分に小さい場合には、フェルミボールは変形や分裂に対し必ず不安定であるが、フェルミオンの広がりが壁の厚みと同程度に大きな場合には、フェルミボールは変形や分裂に対し安定な領域があることが分かった。

第3章では、荷電フェルミオンがスカラー場と湯川結合しているフェルミボールの模型を考え、その変形や分裂に対する安定性が議論されている。フェルミオンの電荷は、真空における対生成による電子(陽電子)や宇宙における熱的電子(陽電子)により遮蔽されるが、その遮蔽の仕方によって、荷電フェルミボールは二種類に分類される。それは、(a)フェルミボールの半径  $R$  が遮蔽長  $\delta_s$  より十分長く、壁付近で電荷が十分に遮蔽されている場合と、(b)  $R$  が  $\delta_s$  と同程度または短く、壁付近では電荷がほとんど遮蔽されていない場合である。(b)のフェルミボールについては、電荷による反発力が壁全体のスケールで生じ、摂動的な変形に対して安定化すると期待される。一方、(a)のフェルミボールについては、電氣的反発力が遮蔽されたために短距離力となり、フェルミ圧と同等の効果しか持たない

ため、中性フェルミボールの時と同様、壁の厚みからくる寄与がフェルミボールの安定性を左右すると考えられる。解析の結果、どちらの荷電フェルミボールも、球形からの変形に対して安定であるが、分裂に対しては不安定であることが分かった。したがって、球形な荷電フェルミボールは、変形に対する安定性に起因するエネルギー障壁によって準安定な状態となり、有限な寿命を持つ。その寿命を熱的、量子論的揺らぎの下で大まかに評価し、宇宙年齢よりずっと長いことが分かった。このことから、宇宙論的観点では荷電フェルミボールは変形や分裂に対して、実効的に安定であるという結論が得られた。

第4章では、フェルミボールの物理量で許される領域が調べられている。(1) フェルミボールの表面からフェルミオンを放出しない、(2) 宇宙初期にドメインウォールが宇宙全体のエネルギー密度のほとんどを占めてはいけない、(3) エネルギー密度差を摂動的に考慮してもフェルミボールが安定である、(4) フェルミボールがブラックホール化しない、(5) 既存の暗黒物質やモノポール探索実験により、フェルミボールがまだ発見されていないという観測事実に合うという5つの条件から許される領域が求められることが示されている。

第5章は論文の結論がまとめられている。

このように本論文は宇宙論で重要な役割を果たすと期待されるフェルミボールに関し、その安定性をフェルミボールの壁の厚みを考慮して評価することに成功してこれまでの安定性に関する議論を大きく進歩させた点は物理学的に評価できる。なお、本論文の第2, 3章は荒船氏と小暮氏、また、第4章は荒船氏、小暮氏、中村氏との共同研究であるが、論文提出者が主体となって解析を行ったもので、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。