

氏 名	岡 野 眞
学 位 の 種 類	博 士 (工学)
学 位 記 番 号	工博甲第92号
学位授与の日付	平成20年3月25日
学位授与の条件	学位規則第4条第2項該当
学 位 論 文 題 目	バルク高温超電導体を用いた磁気浮上の特性解析と その実用化に関する研究
論 文 審 査 委 員	主 査 教 授 小 森 望 充 ” 増 山 不二光 ” 松 永 守 央 ” 三 谷 康 範

学 位 論 文 内 容 の 要 旨

本論文は、液体窒素温度以上で超電導現象を生じるバルク酸化物高温超電導体を用いたピン止め型超電導磁気浮上に関するものである。論文では、まずバルク酸化物高温超電導体を用いた超電導磁気軸受の負荷特性に関する基礎的な特性を把握して産業応用の可能性を探っている。ついで、この超電導磁気軸受の理論解析を試み、酸化物高温超電導体を用いた磁気軸受の設計法の確立を目指している。さらに、この超電導磁気軸受あるいは磁気浮上を利用した応用システムを提唱し、理論解析および実験を試みるとともに、その可能性を実証することを試みている。

第1章は序論であり、本研究で用いる超電導磁気浮上の特徴、作動原理、形式ならびに従来の低温超電導体を用いた超電導磁気軸受の応用例および高温超電導体を用いた開発中の応用例について記述している。また、本論文の目的および概要を記述している。

第2章はバルク高温超電導体を用いた磁気軸受の基礎特性と称し、バルク高温超電導体と永久磁石とで構成する円板型超電導磁気軸受について基礎特性の評価を行っている。基礎特性としては、負荷容量、軸受剛性、軸受損失および超電導体の独特の現象であるクリープ現象の負荷特性への影響について調べている。実験の結果、大きな負荷容量を有しているが、軸受剛性は一般の産業規模の軸受に比して低く、ヒステリシス特性を持っていることを明らかにしている。また、超電導体のクリープ現象による軸受特性の経年劣化が起こることを指摘するとともに、このクリープ現象を軽減するための解決方法を見出している。後にこのクリープ軽減方法は、予荷重法と呼ばれ、実用機では必須の対策法として広く取り入れられている。

第3章は超電導磁気浮上の数値解析と称し、バルク高温超電導体を用いた円板型超電導軸受の負荷特性を求めるために三次元電磁界解析プログラムを開発して、実験結果と比較検討している。解析において、バルク高温超電導体内の遮蔽電流 J は、磁場を H とするとマックスウエルの電磁界方程式に臨界電流密度 J_c と外部磁場 B とのキムモデルの関係式を考慮することによって求めている。計算値と実測値とは、かなり良い一致を示したことから、基本的な超電導磁気軸受の負荷特性を解析する数値解析プログラムの開発が達成された。

第4章はピン止め浮上を利用した超電導ラジアル軸受の回転性能と称し、バルク超電導体と永久磁石で構成される超電導ラジアル磁気軸受を試作し、回転性能試験を行っている。試験の結果、二つの大きな共振点を乗り越えると軸振れも小さく 25,000rpm まで非常に安定な回転が得られている。また、この超電導磁気軸受の損失を回転数の減衰から測定し、ピン止め型超電導磁気軸受の軸受損失は、非常に小さいことを実証している。

第5章は超電導磁気浮上を利用した物資輸送ネットワークの提案と考察と称し、輸送車両の非接触浮上に超電導磁気浮上を採用し、減圧あるいは真空輸送路により走行抵抗を極力小さくして走行駆動力を位置エネルギーや加・減速時のみ電気エネルギーで賄える環境汚染の少ない省エネルギー効果の大きい超電導磁気浮上物資輸送システムを提案している。この提案を実証するために、第2章の解析

手法に基づいてリニア磁気レールを有する超電導磁気浮上装置の二次元および三次元的数値解析を行っている。解析では、浮上損失を最小限にし、しかも高い載荷力を発生するためのリニア磁気レールの最適構造を導き出している。さらに、この章では、超電導磁気浮上装置の高速走行性能および走行損失を測定し、上記提案を実証するために直径 12m、走行レール幅 200mm の走行試験装置を製作し、実験を行っている。その結果、走行抵抗も極めて小さく、時速 42km 以上まで安定に高速走行できたことから、この提案の実現可能性を示唆している。

第 6 章はその他バルク高温超電導体の磁気歯車への応用と称し、バルク高温超電導体に一般的な歯車と同様な形状に磁場をピン止めさせ、ピン止め力による伝達装置として働く超電導磁気歯車を提案し、解析と実証を試みている。解析および測定結果は、ほぼ一致し、ピン止め効果による電磁力を用いた超電導磁気歯車が構成可能であることを明らかにしている。

第 7 章は結論で、本研究によって得られた結果を総括して記述している。

学 位 論 文 審 査 の 結 果 の 要 旨

本論文は、超電導磁気軸受の理論解析を試みると同時にその設計法を示し、さらにこの超電導磁気軸受あるいは磁気浮上を利用した応用システムを提唱し、理論解析および実験を試みることによって、それらの産業応用における方向性を明らかにしたものであり、関連する機械工学や電気工学の発展に寄与するところが多い。よって、本論文は、博士（工学）の学位論文に十分値するものであると認められる。

なお、本論文に関する公聴会において、審査委員および出席者から多くの質問がなされたが、いずれも著者による的確な説明がなされ、質問者の理解が得られた。外国語に関しては、英語は投稿論文、独語は専門論文の和訳と内容をもとにそれらの学力を確認した。

以上により、論文調査及び学力確認の結果に基づき、審査委員会において慎重に審査した結果、本論文が、博士（工学）の学位に十分値するものであると判断した。