

審査の結果の要旨

氏名 武田 宗久

本論文は「スキッドステア方式マイクロロボットの磁石車輪におけるすべりに関する研究」と題し、5章から構成される。

ミリメートルサイズのマイクロ移動ロボットでは、操舵機構やキャスター等の複雑な機構を採用することができないことから4輪固定のスキッドステア方式が適している。しかしながら、スキッドステア方式は旋回時に、必ず車輪にすべりが発生し、所望の旋回特性を得るのが困難という課題があった。また、自重が軽くなるとグリップ力が減少するため、これを補うためには、磁力を利用することが必要となる。本論文の目的は、スキッドステア方式マイクロロボットの磁石車輪における定常状態のすべりに関して明らかにすることである。その結果をもとに、水平及び垂直移動が可能なミリメートルサイズのスキッドステア方式磁石車輪駆動マイクロロボットの実現可能性を示すことである。

第1章「序論」では、目的、背景及びマイクロロボットの移動方式、車輪駆動マイクロロボットと壁面移動マイクロロボットの先行研究についてまとめ、それらに対する本研究の意義について述べている。マイクロ移動ロボットとして、スキッドステア方式磁石車輪駆動マイクロロボットが適していること及びその課題解決として、グリップ力向上のための磁石吸着力の利用とすべり特性の解明があげられることを明らかにし、本研究の位置付けを明確化している。

第2章「磁石車輪の力学」では、磁石車輪の動力学として、車輪座標系と磁石車輪に作用する力、磁石車輪の運動学とすべりを考慮した動力学及び4輪スキッドステア方式磁石車輪駆動マイクロロボットにおける作用力について説明している。また、磁石車輪の基礎特性として磁石車輪吸着力の計測及び解析を行い、磁石車輪を用いる場合には、磁石車輪形状や対象物形状により発生するギャップを考慮する必要があることを明らかにしている。さらに、これまですべり特性が明らかでなかったサマリウムコバルト (SmCo) 磁石車輪のすべり特性を計測し、SmCo磁石車輪のすべり特性は、タイヤ車輪や鉄道車輪のすべり特性と異なること及び点接触する樽型磁石車輪の方が線接触する円筒型磁石車輪と比較し、すべり特性が安定していることを明らかにしている。

第3章「水平走行性能の解析」では、磁石車輪の動力学やすべり及び磁石吸着力の効果を考慮した車輪式移動ロボットの運動学及び動力学の定式化をベースに4輪車輪駆動マイクロロボットの水平走行動力学モデルを構築し、開発した水平走行シミュレータを用いて、駆動輪と従動輪への磁石吸着力の配分、磁石吸着力の効果、タイヤ車輪すべり特性と磁石車輪すべり特性の比較等について考察し、定常状態での旋回性能を向上させるためには、磁石車輪すべり特性を活かすように、従動輪の磁石吸着力を駆動輪の1/9程度にすることが有効であることを示している。さらに、試作したスキッドステア方式磁石車輪駆動マイクロロボットを用いた定常旋回性能の計測結果について、シミュレーション結果とも比較しながら考察し、構築した車輪の動力学やすべりを考慮した動力学モデルが妥当であることを実証している。

第4章「垂直走行性能の解析」では、スキッドステア方式磁石車輪駆動マイクロロボットの垂直走行性能解析のための3次元動力学モデルを導出するとともに、単独及び複数個連結垂直移動シミュレーションによる垂直走行性能の解析を行っている。その結果、細管等の曲率を有する壁面に対しては、磁石車輪と細管とのギャップを考慮して、磁石吸着力を設計する必要があること及び複数個連結移動の条件について明らかにするとともに連結移動の場合には、連結デバイスによるフープ力や隣接するマイクロロボットからの負荷を考慮する必要があることを明らかにしている。また、試作したスキッドステア方式磁石車輪駆動マイクロロボットの垂直走行性能の計測結果とシミュレーション結果の比較について検討し、その有効性を実証している。

第5章「結論」では、本研究によって得られた結果に基づいて結論を述べるとともに、スキッドステア方式マイクロロボットについて今後の展望を述べている。

以上、本論文では、スキッドステア方式マイクロロボットの磁石車輪における定常状態のすべりに関して明らかにするとともに、水平及び垂直移動が可能なミリメートルサイズのスكىッドステア方式磁石車輪駆動マイクロロボットの実現可能性を示している。これらはミリメートルサイズのスكىッドステア方式磁石車輪駆動マイクロロボット的设计論につながるものであり、知能機械情報学の発展に貢献するところが少なくない。よって、本論文は博士（情報理工学）の学位請求論文として合格と認められる。