


## 学位論文の要旨

専攻名	物質生産工学専攻	ふりがな氏名	おか まさる 岡 克	
学位論文題目	空間高調波型磁気歯車の開発に関する研究			
<p>磁気歯車とは、永久磁石の吸引力により非接触で動力を伝達、減速できる機構である。摩擦や磨耗が無いため、高伝達効率で機器の損耗が無くメンテナンスフリーなど優れた特徴を持つが、伝達可能なトルクが小さく実用化には至っていない。このため、高い伝達トルクを発揮する構造が研究され、中でも高速ロータ、ステータ、低速ロータを同軸に配置し、ステータによって変調される空間高調波を利用し高い減速比を実現できる空間高調波型磁気歯車は、力のバランスやサイズ、磁石の活用性に優れており、実用的な性能が期待できる。本論文では、空間高調波型磁気歯車の伝達トルク向上と、詳細な挙動の検討をシミュレーション技術を用いて行い、実用的な性能を有する磁気歯車の開発を行った。</p> <p>高伝達トルク化の試みとして、各ロータ表面に貼り付けられている磁石の構造を検討し、磁束集束型永久磁石配列構造と呼ばれる局所的に高磁束密度を作り出す技術を低速ロータに用いることで、基本的な構造のモデルに比べて伝達トルクを最大 22%向上することが出来た。また、ハルバッハ型配列構造を高速ロータに用いることにより、伝達トルクを 7%向上することができ、両者を用いることで最大 30%の伝達トルク向上を達成した。</p> <p>また、磁気歯車の詳細な性能を把握するためには、無負荷時、負荷時の実際の動作、性能について検討を行う必要があるが、従来の磁気歯車の解析手法では、磁気歯車の動力伝達機構が正確に再現されておらず、磁気歯車の動力伝達機構を再現できるシミュレーション手法の開発を行った。従来の解析手法では、各ロータに回転数を入力して解析を行うことにより、2次側ロータの出力について検討を行っていたが、実際の磁気歯車では、2つのロータは発生するトルクにより相互に影響しあい、動力を伝達するためロータの回転数は一意には決まらない。そこで、ロータへの入力をトルクとし、運動方程式を用いることでロータの回転運動を解析する手法を開発し、磁気歯車の動作時の特性を検討した。</p> <p>以上の検討を2次元有限要素法により進めたが、より詳細な挙動の検討や、磁路を軸方向にとる新たなモデルの開発などを行えるように、解析モデルの3次元への拡張も検討した。解析時間が飛躍的に増大し、解析モデルの作成も困難な3次元での解析では、これらの問題を解決できる境界要素法を導入すべきであると考えたが、境界要素法では材料の非線形性を考慮することが難しく、これまでの検討の内特に高トルク化の検討で行った構造の最適化が反映し難いと考えられる。そこで、有限要素法と境界要素法を併用し、磁気歯車の性能評価と最適設計を行うことが出来る新しい解析手法開発の検討を行い、従来より高伝達トルクの磁気歯車の開発と性能評価を行った。</p>				

## 学位論文審査結果の要旨

専攻	物質生産工学専攻	氏名	岡 克
論文題目	空間高調波型磁気歯車の開発に関する研究		
主査	榎園 正人		
審査委員	小川 幸吉		
審査委員	秋田 昌憲		
審査委員	戸高 孝		
審査委員			
審査結果の要旨 (1000字以内)			
<p>永久磁石の組み合わせからなる磁気歯車は従来の接触式の機械式歯車と異なり、低騒音、メンテナンスフリー、インテリジェント化が容易などの大きな特徴を有している。しかしながら、機械式歯車に比べて伝達トルクが小さいため、その実用化は限られており、高伝達トルク化が強く求められている。また、社会的には風力発電機に見られるように機械損の大幅な低減化も強く求められている。</p> <p>本論文ではまず種々の磁気歯車形態がある中で、その優位性から空間高調波型磁気歯車を取り上げ、その開発のための課題を明らかにし、その課題の解決のために取り組んだ研究成果から構成される。最も重要な高伝達トルク化のため、永久磁石の配列構造について、永久磁石の利用密度を踏まえて検討し、高速回転側はハルバッハ構造、低速回転側は鉄心入り集束磁石構造にすることにより、従来の構造のものに比べ、伝達トルクを30%の大幅な向上を成し得ている。また、磁気歯車の詳細な性能を把握するためには、無負荷時、負荷時の実際の動作、性能について検討を行う必要があり、そのため運動方程式との連成解析により、磁気歯車回転開始からどの様に動くかを過渡現象的に明らかにしている。さらに、三次元的把握の必要性から三次元境界要素解析に取り組み、磁石近傍の任意の点に於ける詳細な力分布や鉄心部の傾きによる問題など境界要素法の優位点を生かした特長ある結果を求め、空間高調波型磁気歯車の開発に重要な知見を与えている。</p> <p>以上は磁気歯車の開発のために有限要素法並びに境界要素法を自在に操り、これまでどちらか一方の手法に偏った解析的検討から、両手法の特徴を生かした利用によって多大の成果を得ている。審査委員会から具体的応用を視野に入れた設計・開発に基づく、解析手法上の問題について質疑がなされ、審査委員の求めに応じ修正が行われ、現象に対しても、適切な説明が行われた。また、公聴会において実用的な見地からさらなる改善に対する私見が求められたが、適切な返答で応対をし理解を得た。</p> <p>以上の審査結果を踏まえて、本研究は今日における電気機器の駆動伝達機構に新たな知見を与え、電気機器の機械損を大幅に減少させ、機器の低損失・高効率化の発展に大きく寄与するものであり、本手法の新規性並びに新たな発見を示すなど、高く評価できる。よって、審査委員会は本研究論文が博士(工学)の学位論文として相応しいものと判断した。</p>			