

氏名	宇塚 和夫
授与した学位	博士
専攻分野の名称	工学
学位授与番号	博甲第3884号
学位授与の日付	平成21年 3月25日
学位授与の要件	自然科学研究科 産業創成工学専攻 (学位規則第5条第1項該当)
学位論文の題目	ニューテーションモータの研究
論文審査委員	教授 鈴木 康一 教授 則次 俊郎 教授 五福 明夫

### 学位論文内容の要旨

一对の歯車対で構成された減速機構を内蔵し、それに複数の直動形のアクチュエータを組み合わせたモータは、簡単構造で少スペース、高出力、低コストなどの優れた特徴を有している。この中で、直動形の空圧式アクチュエータを駆動源として用いたものは、従来の回転形の空圧モータでみられた、複雑な構造、空気の圧縮性やシール部の摩擦のために、精密な位置決めや低速動作が難しいといった問題点を解決でき、簡単構造で高出力が得られ、クリーン、防爆、電磁ノイズを発生しないといった特徴が発揮できる。そのため、工場エアーやコンプレッサが使用できる環境では、広く活用が期待できる。一方、電磁石を駆動源として用いたものは、駆動電圧が比較的安く、駆動力や回転数の制御が容易で、さらに空圧源が存在しない環境でも使用できるので、幅広く活用できる。使用される減速機構は、一組の歯車対で構成され、それぞれの歯数が数枚だけ異なる特徴がある。それによって、少ない部品構成で大きな減速比が得られている。このような構成ならば、介護、医療、災害探査用ロボットなどに求められる、高出力で小型軽量、信頼性が高く、ステッピング動作ができるモータとなるため、これらのロボットの駆動源に適用できる。

これまでに、2枚の歯車のみを使用した簡単構造な減速機構と、直動形のアクチュエータを組み合わせたモータはいくつか報告されているが、これらのモータは、現状ではまだ研究段階であり、実用化には至っていない。

本論文で提案する減速機構を内蔵したモータは、かみ合いが理論的に正確で、軸角を出来るだけ大きくすることで、かさ歯車自身の揺動運動を小さくした一对のかさ歯車を減速機構に採用している。これに直動形の空圧アクチュエータ又は、電磁石を組み合わせることで、簡単構造で省エネルギー、高トルク、低騒音、低振動な、滑らかな回転が実現できるものである（以後、このモータのことをニューテーションモータと呼ぶ。ニューテーションとは、振れ回りながら回転する運動のことである）。更にこのモータは、加圧パターンを変えるごとに一ステップずつ回転するステッピングモータなので、従来の空圧式ベーンモータやピストンモータ、電磁モータとは異なり、限りなく低速回転が可能で、分解能の高いステッピング動作が実現できる特長もあり、また部品構成を工夫することで、実用化モデルの設計、製作も可能である。

本論文では、過去の研究で発表されている研究用の動作モデルではなく、実際のモータとして使用することを前提とした、8種類の実用化モデルの設計及び製作、評価を実施し、統計的に整理し、更に一般の電磁ギヤドモータやベーン式エアモータとの比較により、それらの優位性について論じている。

ニューテーションモータを、減速比及び外径寸法が近い一般の電磁ギヤドモータ及びベーン式エアモータと比較したとき、特に優れている点を以下に示す。

- ①本体の全長は電磁ギヤドモータと比較すると、1/1.3~1/2.6程度である。
- ②「トルク/体積」は電磁ギヤドモータと比較して、1.1~29倍大きい。
- ③空気消費量はベーン式のエアモータと比較すると、1/4.6~1/52程度に抑えることができ、更に「トルク/空気消費量」は最大で4.8倍大きく、「空気消費量/回転数」は最大で7割程度である。

ニューテーションモータのこれらの特長は、低速駆動が要求される用途、小型で位置決めが出来る用途に適している。そこで本論文では、低速攪拌機構、パラレルリンク機構、ロボットハンドについて報告している。特にロボットハンドは省スペースで位置決めが出来る特長を最も生かした用途であり、今後の展開が期待できる。

## 論文審査結果の要旨

高性能のロボットおよびメカトロニクス機器の開発では、大トルクの小型モータの実現が最も重要な工学課題の一つとなっている。本学位論文提出者は、減速機構を内蔵した新しい形式のステッピングモータの構造を考案し、これをニューテーションモータと名付けた。このモータ構造は、一对の傘歯車と直動形アクチュエータを組み合わせたもので、新しい空圧モータおよび電磁モータの設計に適用することができ、簡単構造、高トルク/容積比などの優れた特徴を有するモータの実現に大きく寄与するものである。

本論文では、歯車構成や駆動手段を変えた 8 種類のモデルの試作と動作原理を詳細に述べた後、実験を通してその設計法、特性、および有効性を明らかにしている。

減速比及び外径寸法が近い既存の電磁ギヤドモータ及びベーン式エアモータと比較すると、以下の優れている点を実証された。

- ① 本体の全長は電磁ギヤドモータの  $1/1.3 \sim 1/2.6$  程度で実現できる。
- ② トルク/体積は電磁ギヤドモータと比較して  $1.1 \sim 29$  倍大きい。
- ③ 空気消費量はベーン式のエアモータと比較して  $1/4.6 \sim 1/52$  程度に抑えることができる。トルク/空気消費量は最大で 4.8 倍大きく、空気消費量/回転数は 7 割に抑えられる。

以上のように本論文は、新しい原理の大トルクステッピングモータの構造を提案し、その設計法と特性を明らかにするとともに、耐久性等、実用化の視点を含んだ検討を行い、その有用性を実証したものである。これは、岡山大学大学院自然科学研究科における博士論文の認定基準を満たしており、博士(工学)の学位論文として認められる。