

### 球面超音波モータを使用した「管内検査ロボット」

株式会社キュー・アイ / 東京農工大学 遠山研究室



#### 世界初! 球面モータによる管内検査ロボット



#### 受賞担当者のコメント

人の眼球や肩関節のような球ジョイントをアクチュエータにした。球面超音波モータは、ロボットのような多自由度機構には最適なアクチュエータである。サイズや材料の制約がなく小型から大型まで設計の自由度が大きいモータである。ロータ部分が最小3mmから150mmまで実績がある。球ロータにカメラを搭載すれば人の目のように動き、周りを観察できる。大きいものは水道管やガス管に入れることで内面を手軽に検査できる。小さいものは体内に入れて、内臓の中をぐるり見渡せる内視鏡にできる。ものでも人でも管の内面検査に適したモータともいえる。

この日本発のユニークな技術が世界の医療、環境、製造の現場で広く使われることを期待している。

国立大学法人東京農工大学 大学院工学研究院 教授 遠山 茂樹氏

#### 開発の背景

株式会社キュー・アイでは「人間の目では見ることの出来ないものを正確に見る技術」をモットーに、水中・管路・原子力などの特殊環境下で使用する検査カメラシステムの製造・販売・メンテナンスを行っている。

製品には詳細な検査を行うためにカメラ部に首振り機構を装備したものが多く、従来の装置では、2軸を2つのモータで駆動する機構が一般的で、小型製品への適応が難しかった。

今回、新技術として1関節で3自由度の駆動が可能な球面超音波モータを用いた首振り機構を搭載した管内検査ロボットを東京農工大学遠山研究室と株式会社キュー・アイが共同で開発し、販売を開始した。



図1. 株式会社キュー・アイ テレビカメラロボット

#### 球面超音波モータの原理

球面超音波モータの構造は極めてシンプルである。図2に示す

ようにステータと球ロータだけである。弾性体のステータの裏には分極されたPZT素子が貼り付けられている。これに超音波領域の交番電圧をかけて弾性体を共振させる。弾性体表面には進行波が発生し、この波頭でロータを摩擦駆動する。超音波モータと言うのは振動数が超音波領域であることによるが、実際には摩擦モータである。

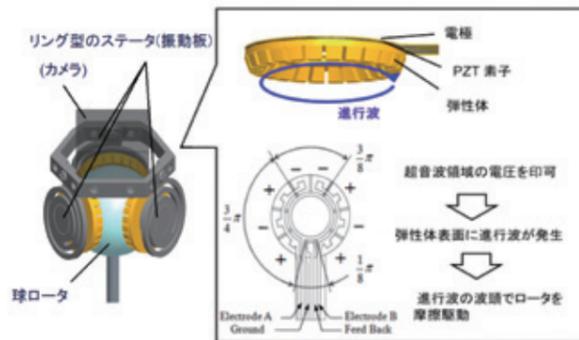


図2. 球面超音波モータの原理

3個のリング状のステータにはそれぞれ速度の異なる進行波を発生させることにする。実は先に述べた交番電圧には2種類が必要であり、その位相差に応じて進行波の速度が決まるようになっている。例えば位相90度なら最大速度で回転し、位相0度なら波は定

在波となる。3個のステータにそれぞれ希望の回転速度 $S_i$ を与えると、球ロータは各 $S_i$ のベクトル和で示される速度をもつ。これはオープンループ制御でもかなりよく実現できる。ただしステータ表面に摩擦があるため、実際の速さは低減するが、回転軸は精度よく実現できる。機構も簡単なら制御も簡単なのである。これが球面モータの原理である。



球面超音波モータは回転3自由度を有する。空間上のどの軸周りにも回転することができる。

図3. モータの制御

#### 球面超音波モータ搭載 管内検査ロボット

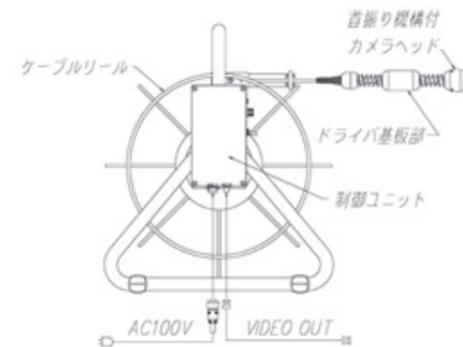


図4. 小口径管内検査ロボット



従来の固定式カメラに球面超音波モータを搭載

首振り機能付きカメラ

球面超音波モータを応用し開発した本ロボットは、ハードケーブル先端のカメラヘッドを管内に押し込み検査するもので、下記の特徴を持っている。

- (1)高感度カメラと高照度LEDにより鮮明なカラー映像が得られる。
- (2)球面超音波モータによりカメラの首振り制御を行っており、管内の詳細映像が得られる。
- (3)カメラヘッドが小型のため、小径管・曲管への対応が可能。
- (4)カメラヘッドは完全防水であり、取り扱い・メンテナンスが容易である。

また、球面超音波モータの製品応用に当たり、下記の最適化設計がはかられている。

- 球面モータ用のドライバ基板の超小型化
- 現場での耐久性向上及び各部剛性の向上
- LEDのパワーアップ、最適配置
- プログラムによる自動制御

#### まとめ

大学の所有するオンリーワンの技術に、メーカーの物づくりノウハウをプラスし、新機構を採用したロボットを製作した。

球面超音波モータの技術がなければこれほど細く・短く製作することは困難であり、本技術によってこれまで不可能とされていた小口径・曲がり管の詳細検査が可能となった。これにより、異常箇所の確実な発見・詳細な状態確認ができ、高品質なインフラ検査が実現できる。球面超音波モータによる新しいカメラ駆動機構は、従来の設計概念を変える大きなブレークスルーとなった。

#### 今後の計画

メーカーとして販売・メンテナンス体制を持つことでユーザーに安心して使用していただける環境を整え、ユーザーからの要望を迅速に取り入れ製品改良へとつなげていく。同時にデモや展示会に積極的に参加し本技術の市場における認知・普及を図っていく。また、医療分野(内視鏡・カテーテル)やロボット分野(目の機構・関節)、特殊環境(真空・耐放射線)で使用可能な製品の開発に意欲的に取り組み続ける。

#### 新技術へのチャレンジ

- ・球面超音波モータを応用した硬性内視鏡
- 先端にφ5の球ロータ(撮像素子、レンズ、LEDを内蔵)
- マニュアルと自動で球ロータを駆動
- 内視鏡が運動しても画像をロック、高空間安定性
- オートクレーブ対応

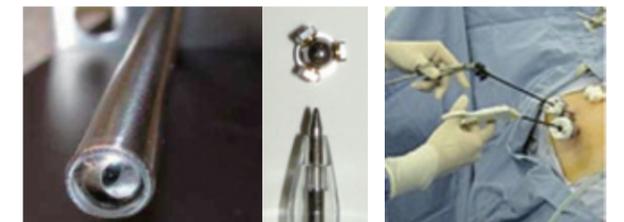


図6. 球面超音波モータ搭載内視鏡と使用イメージ