



報道機関 各位

世界初！MRI・CT 内で動く、球状歯車型空圧モータを開発

【本研究のポイント】

- ・1 台で様々な方向へ回転: 球状歯車^{注1)}を持つ 1 回転子が様々な方向へ回転するため、針等の医療器具や検査用センサを小型機構により遠隔操作で姿勢変更・位置決め可能。
- ・樹脂のみで製作可能: 空圧によって複数の歯を球状歯車へ押し当てて回転するため、一般的なモータのように鉄や永久磁石・電磁石が必要なく、樹脂で製作可。
- ・MRI・CT 内や周辺での動作に適する: 樹脂のみで製作できるため、強磁場環境である MRI 内・周辺でも動作可能。人の入った MRI・CT 内は狭く、さらに撮像面に金属が存在すると撮影画像にノイズが発生する。しかし、1 台で 2 個のモータの役割を果たすため小型であり、樹脂で製作すればノイズが発生しないため MRI・CT 環境に適する。
- ・角度センサ不要: 球状歯車への歯の接触回数で角度が決まる原理より、角度センサ不要。

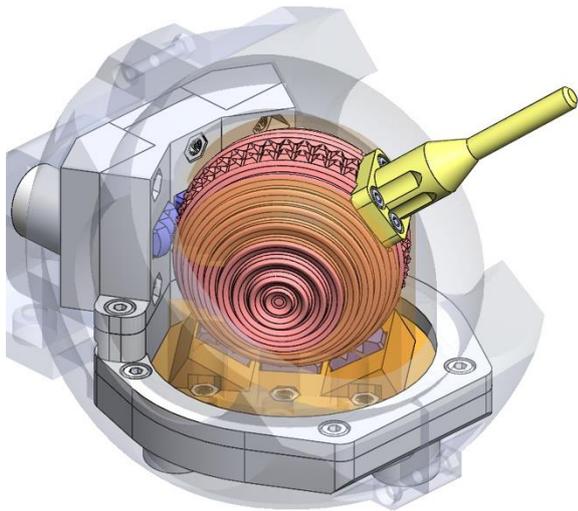
< 研究紹介動画 > <https://youtu.be/JrbQbseCpnw>

【研究概要】

名古屋大学大学院工学研究科の部矢 明 准教授、森田 希 博士前期課程学生、井上剛志 教授の研究グループは、MRI・CT 内やその周辺で針等の医療器具や検査用センサを遠隔操作により姿勢変更・位置決め可能な、世界初の球状歯車型空圧モータを開発しました。

MRI・CT 画像を見ながら針を刺すのみでがん治療や病変採取等を行う画像下治療^{注2)}は、患者へのダメージが小さいため、高齢化も相まってニーズが高まっています。しかし、MRI・CT 内は狭く、アプローチが困難な場合があります。また、MRI は強磁場による金属の吸引事故の危険性があり、CT は X 線により患者だけでなく医師も被ばくします。そして撮像面に金属があると画質劣化が起こります。そのため、術者が手術室外から遠隔操作する非金属性手術支援ロボットが開発されていますが、針の姿勢変更機構では複数の空圧モータ^{注3)}を組み合わせるため、構造の大型化が課題となります。

そこで部矢准教授らは、1 台で様々な方向への回転を実現する球状歯車型空圧モータを開発しました。空圧力で様々な方向へ回転可能であり、一般的なモータのように鉄や磁石が必要なく、樹脂のみで製作できます。そのため、MRI・CT 内部やその周辺でも動作可能であり、撮影画像への影響なく小型機構で医療器具や検査用センサ等の姿勢変更・位置決めが可能です。また、球状歯車を持つ回転子への歯の接触回数で角度が決まり、歯の間隔を狭く設計することで高精度な位置決め動作も可能なため、姿勢測定のための角度センサも不要です。本技術を MRI・CT 環境で動く遠隔操作ロボット に応用することで、従来機構の小型軽量化と高精度化の実現が期待できます。本研究成果は、2024 年 11 月 8 日～10 日に東京科学大学で開催される第 33 回日本コンピュータ外科学会大会で発表(発表は 9 日)されます。



【研究背景と内容】

MRI・CT 画像を見ながら術者が病変に針を刺すのみで肝・腎・肺などのがん治療や病変採取等を行う画像下治療は、患者へのダメージが小さいため、高齢化も相まってニーズが高まっています。しかし、人が入ったMRI・CT内は狭小空間となるため、手技の空間が狭く、アプローチが困難な場合があります。また、MRIは強磁場による金属の吸引事故の危険性があり、CTはX線により患者だけでなく医師も被ばくします。加えて、MRI・CTの撮像面に金属が存在する場合、ノイズにより画像信号が欠損(金属アーチファクト^{注4)})し、画像診断が困難となる問題があります。これらの背景から、術者が手術室の外から遠隔操作する非金属性手術支援ロボットが開発されています。しかし、従来ロボットにおける医療器具の姿勢変更機構は、複数の空圧アクチュエータを組み合わせることで構成されており、構造の大型化が課題となります。また、姿勢測定のためにはアクチュエータの数だけのセンサが必要となり、姿勢測定機構の小型化にも課題が残っています。

そこで本研究では、1台のみで様々な方向への回転を実現する球状歯車型空圧モータ(図1)を開発しました。提案モータでは、中心に配置された球状歯車を持つ回転子に対して、直交した2方向からそれぞれ3つの歯が連動して噛み合うことで2軸回転を実現します(図2)。この歯の直動運動は空圧シリンダ^{注5)}と同じ原理で生み出されており、空気室の加圧により歯が球状歯車の方向へ押し出されます。復動ばねを組み込むことで、空気室を開放時にばねの復動力により原点位置へ復帰するため、繰り返し往復動作が可能となっています。このとき、球状歯車に対してヨー・ピッチ回転方向に対して異なる歯車形状を設けることで、2軸回転を実現しています。なお、ヨー方向回転時にピッチ方向回転用の歯が従動してヨー方向回転することで、ピッチ方向回転用の歯と球面歯車の噛み合い関係は維持されます。そして、ピッチ方向回転時にヨー方向回転用の歯が球状歯車に干渉しない構造のため、2軸同時回転が実現可能となっています。この動作原理から、一般的なモータのように鉄などの軟磁性材料^{注6)}や永久磁石・電磁石が必要なく、樹脂のみで製作可能です。そのため、MRI・CT内部や周辺で動作させた際にも、撮影画像にノイズがなく、画像診断に影響を及ぼしません。また、回転子の回転角度は、球状歯車に対して歯を押し当てた回数で決定するため、角度センサを用いた姿勢測定機構が別途必要ありま

Press Release

せん。さらに、動作精度は歯車の歯の間隔に依存するため、その間隔を細かく設計することで、高精度な回転も期待できます。

提案構造・動作原理により駆動できることを確認するため、提案モータの外側に別途姿勢測定機構を取り付け、動作検証を行いました(図 3)。なお、この測定機構における角度センサ情報は確認のためのみに用いており、提案モータの駆動には使用していません。ヨ一方向およびピッチ方向に回転させた際の実験結果を図 4、図 5 に示します。結果から、3 つの歯を連動して押し当てることで、正確に各方向へ回転していることがわかります。以上から、提案する動作原理の妥当性を確認しています。

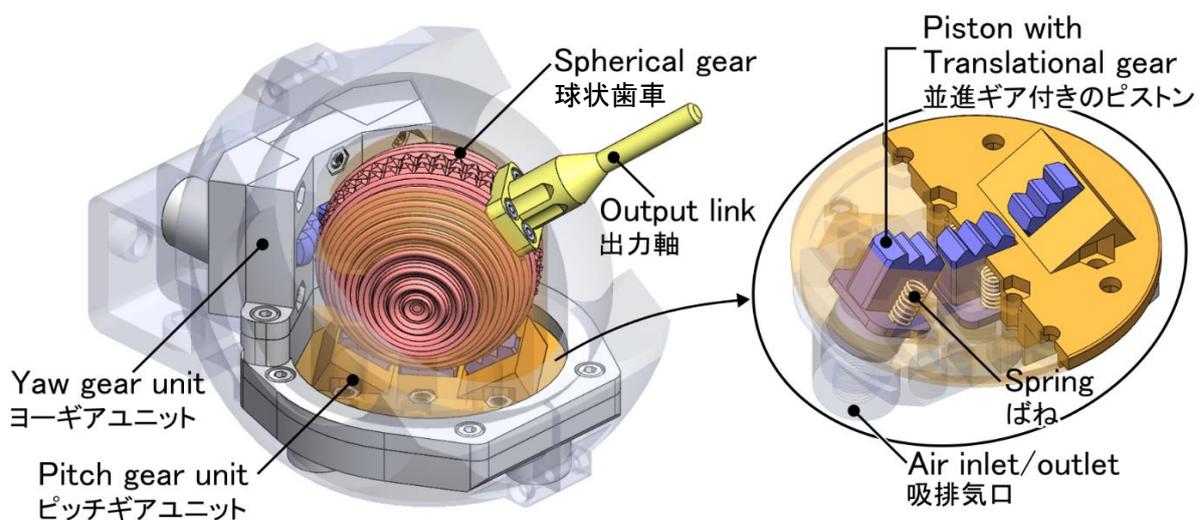


図 1 MRI・CT 環境のための球状歯車型空圧モータ

Press Release

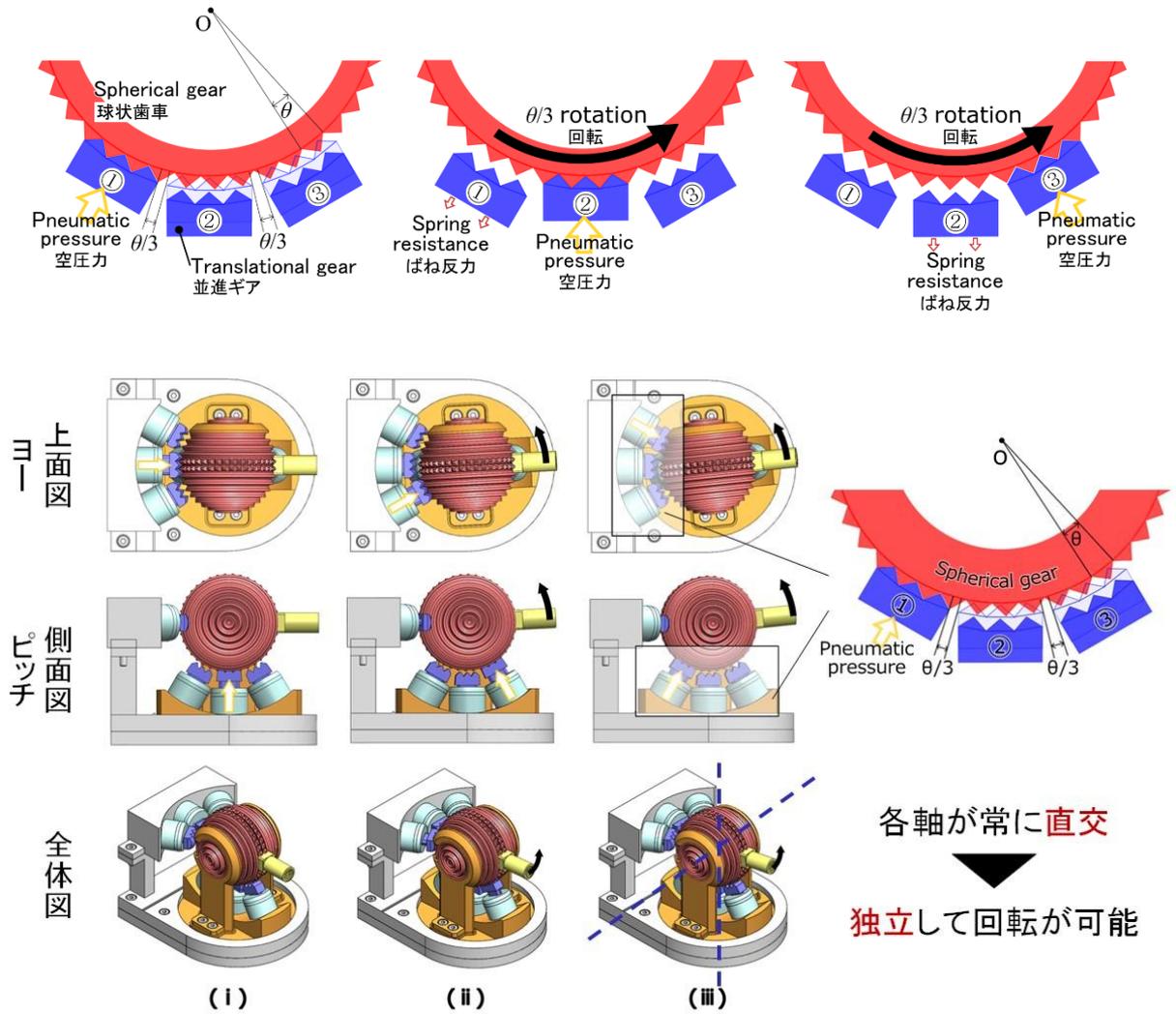


図 2 動作原理

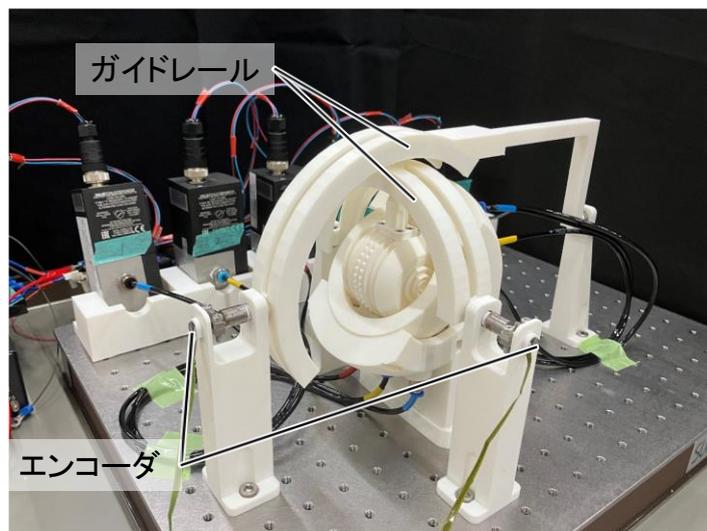


図 3 動作検証環境

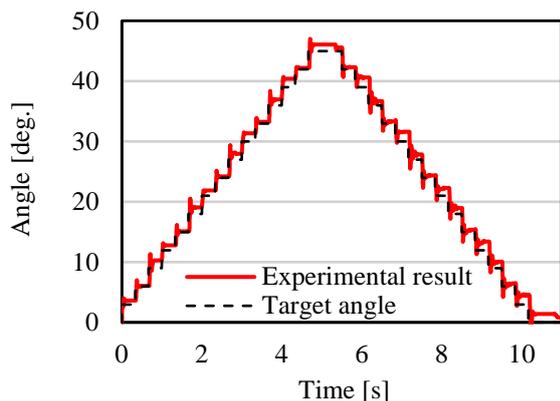


図4 ヨー方向回転の実験結果

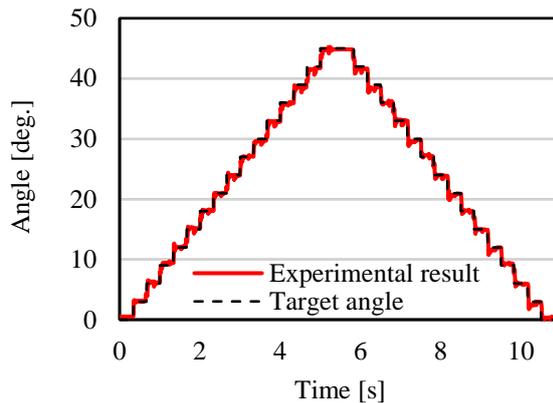


図5 ピッチ方向回転の実験結果

【成果の意義】

・非金属で製作可能な2軸回転モータを実現

一般的なモータは電磁力により回転しますが、提案モータは空圧力を駆動源に回転するため、樹脂等の非金属で製作可能です。そのため、金属が撮像面や周辺に存在すると吸引事故やノイズによる画質劣化等の悪影響を及ぼす可能性のあるMRI・CT環境に対して適しています。また、人のいるMRI・CT内は狭小なため、画像下治療支援ロボットにおける医療器具の姿勢変更・位置決め機構は小型構造が求められます。本提案モータは1台のみで2軸回転可能なため、従来機構と置き換えることで構造の小型化と軽量化に貢献します。

・角度センサを用いずに正確な位置決めが可能

一般的に医療器具や検査用センサ等の姿勢の位置決め機構では複数の角度センサを用いて、逐次的に現在角度を取得することで位置決めを行います。提案モータでは、歯を球状歯車に押し当てた回数で現在角度が決定するため、角度センサを要さず位置決めが可能です。また、その精度は歯の間隔を細かくすることで向上するため、角度センサを用いない高精度駆動も期待できます。

本研究は、2024年4月から採択された公益財団法人立石財団2024年度研究助成(A)の支援のもとで行われたものです。

【用語説明】

注1)球状歯車:

球形状の歯車。

注2)画像下治療:

画像診断装置で体の中を透かして見ながら、医療器具を用いて治療する治療法。

注3)空圧モータ:

圧縮空気のエネルギーによって回転運動を行うモータ。

注 4)金属アーチファクト:

MRI・CT 画像を撮影したときに金属によって画像中に発生するノイズ。

注 5)空圧シリンダ:

圧縮空気のエネルギーを直線往復運動に変換して動力を発生させる駆動装置。

注 6)軟磁性材料:

磁石にくっつくが、外部の磁界を取り除くと磁気がなくなる材料。

【学会情報】

学会名:第 33 回日本コンピュータ外科学会大会(2024 年 11 月 8 日~10 日)

講演日:2024 年 11 月 9 日(土)

講演タイトル:MRI・CT 画像下治療のための 2 自由度空圧ステッピングモータの動作検証

発表者:森田 希、部矢 明*、井上 剛志 *研究代表者



東海国立大学機構は、岐阜大学と名古屋大学を運営する国立大学法人です。
国際的な競争力向上と地域創生への貢献を両輪とした発展を目指します。

東海国立大学機構 HP <https://www.thers.ac.jp/>

