

機関番号：32644

研究種目：基盤研究 (C)

研究期間：2008 ～ 2010

課題番号：20560242

研究課題名 (和文) 複合遊星歯車機構を用いたハンドの開発と把持物のハンドリング

研究課題名 (英文) Artificial hand using double planetary gear system and its object handling

研究代表者

小金澤 鋼一 (KOGANEZAWA KOICHI)

東海大学・工学部・教授

研究者番号：10178246

研究成果の概要 (和文)：

本研究では、考案・開発した複合遊星歯車機構とそれを用いて試作された人工指を改良、発展させ、基本的にセンサレスで非常に簡単な制御で実現できるグリップングと、把持物の巧緻的なピンチングの両方が可能なハンドの開発を目的とした。研究期間において、機構各部の改良と駆動部分の大幅な小型化と軽量化を実現した。2本指を開発し、不定形対象物の握り動作や、スクリューキャップ開けなど、巧緻的動作を非常に簡単な制御で実現した。

研究成果の概要 (英文)：

The research aims at developing an artificial finger using the double planetary gear system (DPGS) that has originally developed in the previous study. It enables us to grip unknown -shape objects with no-sensory feedback and also to pinch and handle an object dexterously. During the research period, we brushed up in some mechanical and structural parts, and achieved to make the prime mover part portable and light-weight. Experimental achievements with two fingers showed it can some dexterous handling with tremendous simple control.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,600,000	480,000	2,080,000
2009年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2010年度	800,000	240,000	1,040,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：ロボット工学

科研費の分科・細目：機械工学・知能機械学・機械システム

キーワード：(1) 人工指 (2) 複合遊星歯車 (3) 本質的安全設計 (4) バックドライバビリティ

1. 研究開始当初の背景

ハンドの基本動作は、グリップング（1指または多指で把持物を握る動作）とピンチング（2指以上の指の指先で把持物を摘む動作）に大別できる。この2つの動作はどちらも人間型ロボットのハンドには必要不可欠の動作であるが、その目的が異なる。グリップングにおいてハンドは把持物をしっかり

と保持すればよく、把持物のハンドリングはもっぱら手首および腕が担う。一方、ピンチングでは、ハンドは把持物を、多指の多自由度を用いて巧緻的にハンドリングすることが求められる。グリップングは手をもつ動物の原初的な動作であり、生まれたばかりの赤子でも可能な動作であるが、これを人工のハンドで実現することはたやすいことではな

い。それは指の3関節(手掌からMP, PIP, DIP関節)の角度を把持物の形状にあわせて決定しなければならないからである。多指によるグリップングを想定した場合、事態はさらに複雑になる。

人間型ロボットのためのハンドの研究はこれまで数多なされており、これらは大きく2つの方向性に大別できる。1つは指の各関節を独立したアクチュエータで駆動・制御するハードウェアを開発、あるいは想定し、それをいかに制御するかという方向性であり、もう1つはワイヤを用いて多関節をできるだけ少ないアクチュエータで駆動するという、義手などへの応用を目的とした方向性である。

前者の方向性をもつハンドでグリップングを実現するためには、手掌および指面に多点の圧覚センサを貼り、把持物の接触・反力をフィードバックして多自由度を制御することが不可欠であり、大がかりな制御システムと制御ソフトウェアが要求される。一方、後者の方向性をもつハンドにおいては、グリップング動作はたやすいがピンチング動作における把持物の巧緻的なハンドリングは困難になる。

2. 研究の目的

以上より本研究では、基本的にセンサレスで非常に簡単な制御で実現できるグリップングと、把持物の巧緻的なピンチングの両方が可能なハンドの開発を目的とする。

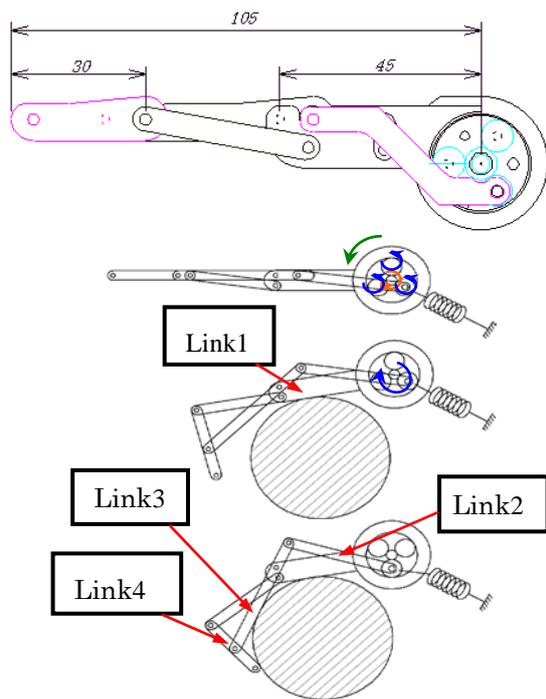


Fig. 1 把持物の形状に応じてグリップングできる指機構とグリップング動作

3. 研究の方法

この目的を満たすため本研究で平成16年度に開発された指の機構を Fig. 1 に示す。遊星歯車システムと複合閉リンク機構を組み合わせた構造となっている。この指機構によるグリップングは以下のように行われる。太陽歯車を時計回りに回転させると、内歯車が反時計回りに回転し、内歯車に接続している Link1 も屈曲を始める。閉リンク機構により全てのリンクが連動して屈曲する。

Link1 が把持物に接触すると内歯車の回転が阻害される。この状態でさらに太陽歯車の回転を続けると、遊星歯車の太陽歯車の周りの公転が始まり、Link2 が押し出され、さらに先端のリンク(Link3, Link4)の屈曲が引き起こされる。

結果としてたった1基のアクチュエータの単純な駆動により、未知形状の把持物を包み込むグリップングが成立する。

ワイヤ駆動方式で類似のグリップングは可能であるが、各関節に取り付けるプーリーの摩擦のアンバランスにより各関節の協調動

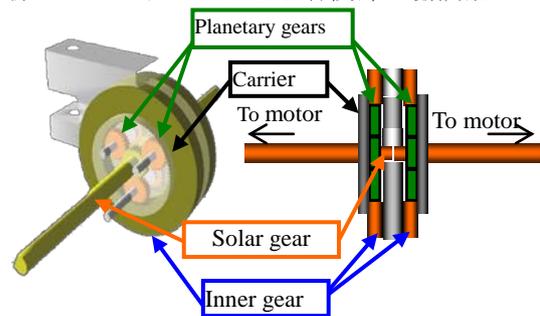


Fig. 2 複合遊星歯車システム

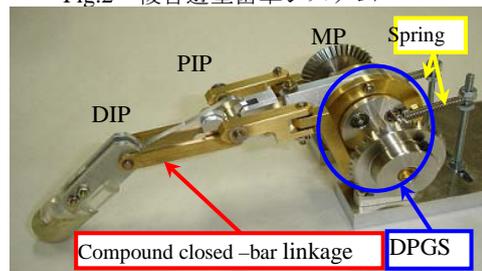


Fig. 3 DPGS を用いた試作1号機

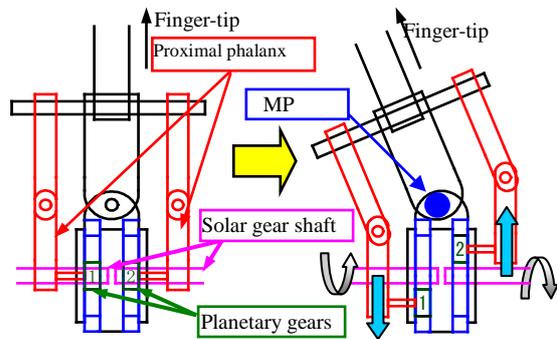


Fig. 4 MP 関節の内転・外転運動

作の再現性に問題がある。それに対し、本機構の動作は確実である。

遊星歯車システムを用いる理由は、それが2つの駆動入力を許容するからである。本機構では太陽歯車をモータによってアクティブに駆動し、遊星キャリアをバネによってパッシブに駆動する。

このアクティブとパッシブの融合駆動により指3関節の、把持物の形状になじんだグリップングが実現されるのである。

本研究では、この機構をさらに発展させた新機構を平成18年度に開発した。これはFig.2に示した複合遊星歯車システム(DPGS)をベースとする機構である。DPGSは1つの内歯車の左右に対称に2組の太陽歯車、遊星歯車、遊星キャリアを配置したものである。この機構を複合閉リンク機構にFig.3のように連結する。左右の太陽歯車はそれぞれモータで駆動される。左右の遊星キャリアはバネを介して1つのモータで駆動される。したがって3基のモータが手掌に配置される。基本動作は太陽歯車の駆動で可能であるので、実用的にはバネ駆動用モータを省くことも可能である。基本的な駆動方法は以下の通りである。

[屈曲・伸展] 2つの太陽歯車を同じ方向に同じ角度だけ回転させる。この場合、3関節の連動した屈曲・伸展動作がFig.1と全く同様に起きる。

[内転・外転] 2つの太陽歯車を逆方向に同じ角度だけ回転させる。この場合内歯車は回転せず、左右の遊星キャリアが逆方向に回転し、左右のProximal phalanx linkを逆方向に移動させる(Fig.4参照)。これにより、MP関節の内転・外転運動が成立する。

4. 研究成果

Fig.5は本研究期間に開発した試作2号機である。構造部材の軽量化と高剛性化、ガタ・バックラッシの軽減を実現した。DPGSは一種の差動機構であり、Fig.6に示すように左右の太陽歯車を逆回転させると内歯車は回転せず、MPの内転・外転が起きる。左

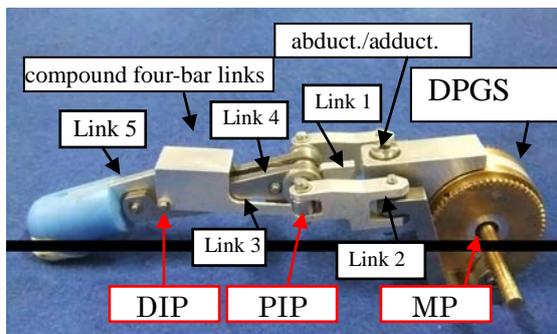


Fig.5 DPGSを用いた試作2号機

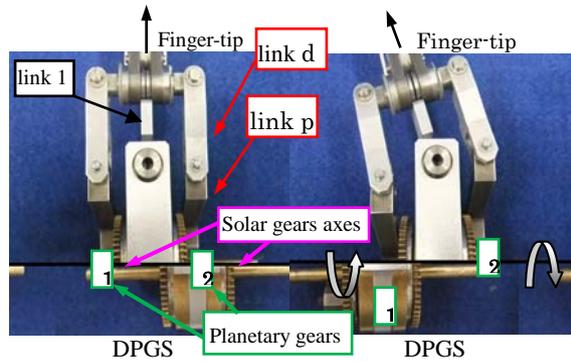


Fig.6 DPGSによる内転・外転動作

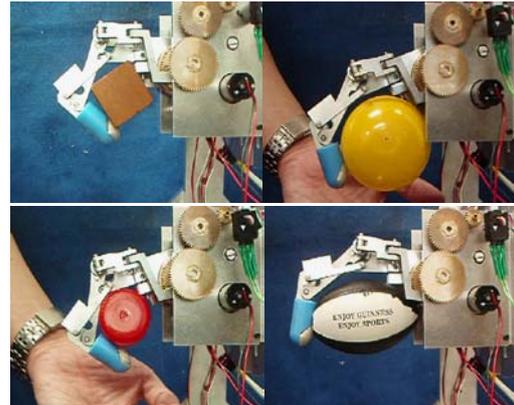


Fig.7 不定形物体のグリップング

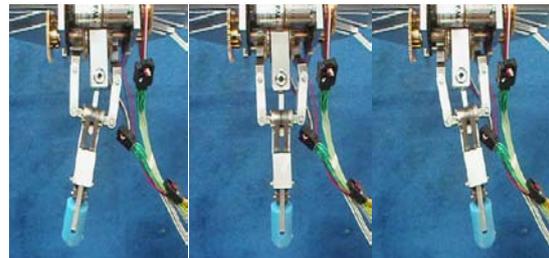


Fig.8 内転・外転運動

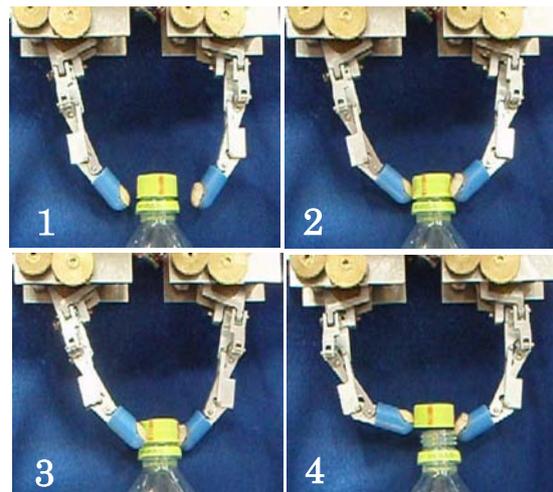


Fig.9 二本指によるスクリューキャップ開け

右の太陽歯車を同方向に回転させるとFig.1に示したのと同じ、MP, PIP, DIPのシナジー運動が起きる。この握り動作の例を

Fig. 7に示す。これらは、左右の太陽歯車を同方向に同じ定電流駆動をした結果である。Fig. 8はMP関節の内転・外転駆動実験結果である。ほぼ人間の指と同じ $\pm 25^\circ$ の内転・外転が可能である。

Fig. 9は、3関節のバックドライブ性を有する屈曲・伸展運動とMP関節の内転・外転運動を組み合わせた作業の一例として、スクリュージャック空けを行わせた様子である。センサーからのフィードバックを一切用いない簡便な制御でこの巧緻的動作が実現されるのである。

研究期間に行った主な内容をまとめると以下ようになる。

3年間の研究期間において以下の研究項目を実施した。

- 平成19年度に開発した試作2号機の機構上の問題点を解決する構造変更をおこない、設計・製作を行った。実験による動作確認を行った。
- 多点の圧力センサーを埋め込んだ柔軟指先を製作し、試作1号機2基を用いたピンチング実験を行い、対象物の重量ならびに重心位置の推定を行った。
- 2指による安定した物体ハンドリングのシミュレーションを行い、制御手法を検討した。
- 試作2号機の駆動系部分の再設計を行い、大幅なコンパクト化と軽量化を実現した。
- 2指によるピンチング実験のためのプログラム開発を行った。
- 制御システムの製作を行った。
- 2指による対象物ピンチング実験を行った。
- 開発しているメカニズムの動力学解析を行った。
- 2指で対象物をピンチングし、さらにそれを移動、回転させる実験を行った。
- 3指をもつハンドの設計を行った。

以上より、ほぼ研究計画通りの成果が得られたと考える。今後は、3指をもつハンドを完成させ、対象物の巧緻的ハンドリングを実現する。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計3件)

- (1) Koichi Koganezawa, “Back-drivable and Inherently Safe Mechanism for Artificial Finger”, Proceedings of Robotics: Science and Systems, 2010. 査読有
- (2) 山下裕, 小金澤鋼一, “非線形弾性要素

を有するアクチュエータ (ANLES) を用いた拮抗駆動型関節の剛性および姿勢制御”, 日本ロボット学会誌, Vol. 29, No. 2, pp. 192-200, 2011. 査読有

- (3) Koichi Koganezawa, Hiroshi Yamashita, “Three DOF Wrist Joint - Control of Joint Stiffness and Angle-”, Proceedings of IEEE International Symposium on Industrial Electronics, pp. 1973-1979, 2010. 査読有

[学会発表] (計2件)

- (1) 吉岡雅也, 濱本玲於奈, 小金澤鋼一, 遊星歯車を用いた人工指の把持力制御, 第28回日本ロボット学会学術講演会, 2010年9月22日, 名古屋工業大学.
- (2) 功刀望, 新倉諒, 小金澤鋼一, 複合遊星歯車を用いたロボットフィンガーの開発, 第28回日本ロボット学会学術講演会, 2010年9月23日, 名古屋工業大学

[その他]

ホームページ等

http://ns.mech.u-tokai.ac.jp/~koganezawa_lab/

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小金澤 鋼一 (KOGANEZAWA KOICHI)

東海大学・工学部・教授

研究者番号: 10178246