

超軽量アームの肩部機構の設計

Design of a Shoulder Mechanism for Ultra-Lightweight Arm

○鈴木佑也, 妻木勇一

○Yuya Suzuki, Yuichi Tsumaki

山形大学

Yamagata University

キーワード: 肩部機構 (shoulder mechanism), 軽量ロボットアーム (lightweight robot arm),
ワイヤ機構 (wire mechanism), ホームロボット (home robot)

連絡先: 〒 992-8510 山形県米沢市城南 4 丁目 3-16
山形大学大学院 理工学研究科機械システム工学専攻 妻木研究室
鈴木佑也, Tel&Fax: 0238-26-3252, E-mail: tca44921@st.yamagata-u.ac.jp

1. 序論

現在様々なホームロボットが研究・開発されている。これまで開発されてきたホームロボット用アームは、安全性を確保するため動作スピードが抑えられている。ロボットが家庭や一般社会に普及するには、コストに見合った快適なサービスを実現することが必要であると考えられる。すなわち、人と同じスピードでサービスが行えるロボットの開発が必要である。人に対して安全でかつ素早く動作することができる軽量化なロボットアームが求められている。

比較的軽量化で力強いアームの例として、DLR の Light Weight Robot III が挙げられる¹⁾。このロボットアームは、7 自由度を有しているが、制御システムをアーム本体に含むため重量が 15 kg である。これは、人の腕 (約 3.4 kg) に比べると重い²⁾。

より軽量化なアームとして、Kinova 社が開発した Jaco がある³⁾。6 自由度を有しており、重量

が 5.2 kg と軽量化である。しかし、可搬重量が 1.6 kg とやや小さく、動作もゆっくりである。

軽量化なアームを実現するためには、ワイヤ駆動が適している。大鐘、兵頭らによって開発されたワイヤ駆動アームは、7 自由度を有しており、重量が 3.5 kg である⁴⁾。全てのモータを固定部に配置しているため機構が複雑である。

そこで我々は、超軽量化ロボットアームの開発を目指し、パラレルワイヤ機構を用いた手首機構を提案・開発してきた。本論文では、肩部機構としてワイヤ駆動の球状関節を新たに提案し、プロトタイプ的设计について述べる。

2. 超軽量化アームの設計概念

アームの慣性モーメントを小さくするために、全てのアクチュエータを肩部近傍に設置する。アームの自由度は、人間と同様に手首部 3 自由度、肘部 1 自由度、肩部 3 自由度の計 7 自由度を有するものとする。ワイヤ機構を採用するが、全

てのモータを土台部に配置するのではなく、肩部のモータは土台部に配置し、肘部・手首部のモータは上腕部に配置する。これにより簡易な機構とする。このようなロボットアームの概念図、基本構成を Fig. 1 に示す。手首部、肘部の計 4 自由度は開発済みである^{5) 6)}。

以下に軽量アームの主な仕様を示す。

- 手首の回転中心から 80 mm 部分で可搬重量 3 kg (ハンド重量 1 kg 含む)
- 人間の腕と同サイズ
- 人間の腕よりも軽量
- 姿勢 3 自由度

3. 肩部機構

3.1 機構

設計したロボットアームの肩部を Fig. 2 に示す。肩部 3 自由度用のモータは土台部に配置されており、各軸が 1 点で交わる球状関節を構成している。円管を利用することでねじり関節を超えて動力伝達をしており、ワイヤ機構が複雑になるのを防いでいる。モータはマクソン社製の 60 W モータと減速比 1:100 のハーモニックギアを 3 セット使用した。このように、アクチュエータはアーム根元に配置することで、可動部の軽量化を図っている。

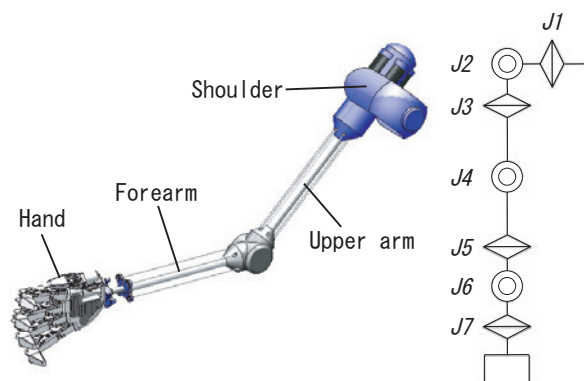


Fig. 1 Concept design of the lightweight arm

3.2 ワイヤ固定方法

簡単にワイヤを固定するために、プーリに Fig. 3 (a) に示すような加工を行った。Fig. 3 (b) のようにステンレスワイヤに端子を専用工具で固定し、Fig. 3 (c) のように溝に引っ掛けてワイヤを固定する。

3.3 ワイヤ駆動部

動力伝達方法は 3D システムズ社製のファントムに採用されているものを参考にした⁷⁾。ワイヤ駆動部を Fig. 4 に示す。アクチュエータに取り付けられているプーリにワイヤ径に合わせた溝を掘り、ワイヤを 3 回ほど巻きつけている。これにより、ワイヤが滑りづらくなると考えられる。また、モータ側プーリはワイヤを介して大プーリと接触しており、ワイヤテンションにより発生するモーメントが、プーリ軸に影響を与えない工夫を行った。

4. 上腕部機構

Fig. 5 に設計した上腕部を示す。上腕部に取り付けられている 6 つのモータは、それぞれ肘、手首、ハンド (把持指) 部を制御するモータである。マクソン社製の 20 W モータと減速比 1:50

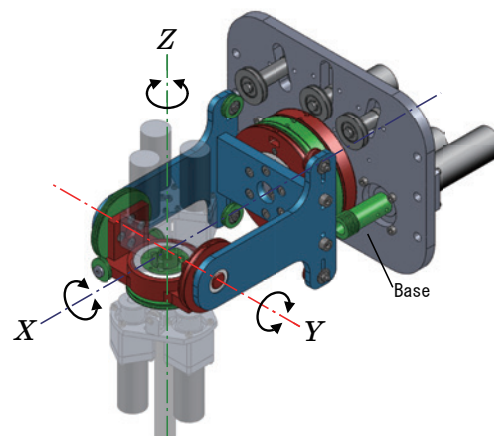


Fig. 2 Shoulder mechanism

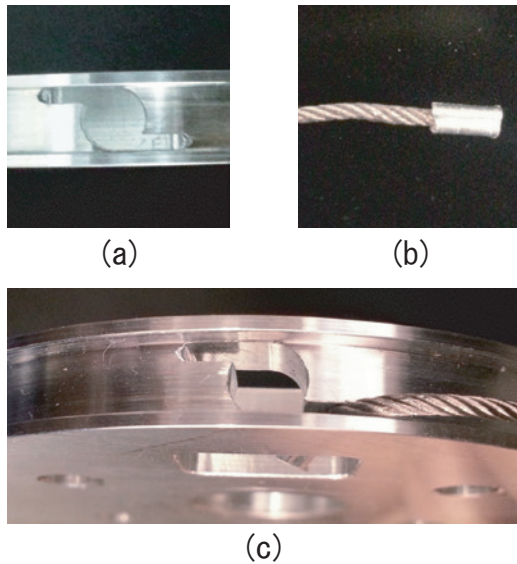


Fig. 3 Wire fixed part

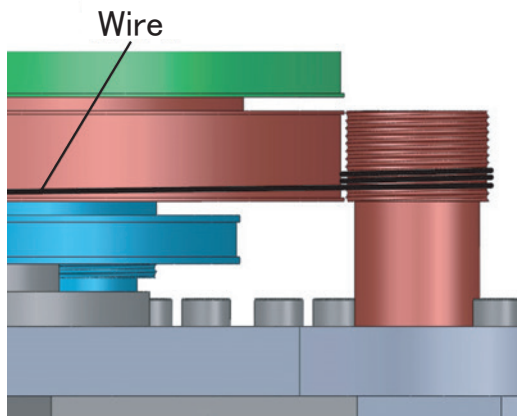


Fig. 4 Wire winding portion

のハーモニックギアを6セット使用した。モータの配置はアーム可動部の重力の影響を軽減させるために、肩部3自由度の回転中心近傍に集約させカウンターバランスを得られるようにした。このことは、アーム先端の慣性モーメントを小さくすることにもつながる。

5. プロトタイプ

製作した軽量アームのプロトタイプを Fig. 6 に示す。アーム全体の重量（土台を含む）は7.24 kg となり、可動部の重量は3.35 kg となった。肩部回転中心から肘までが326 mm、肘から手首部回転中心までが280.7 mm である。1 kg 程度のハンドを装着するため、約4.3 kg となる。現

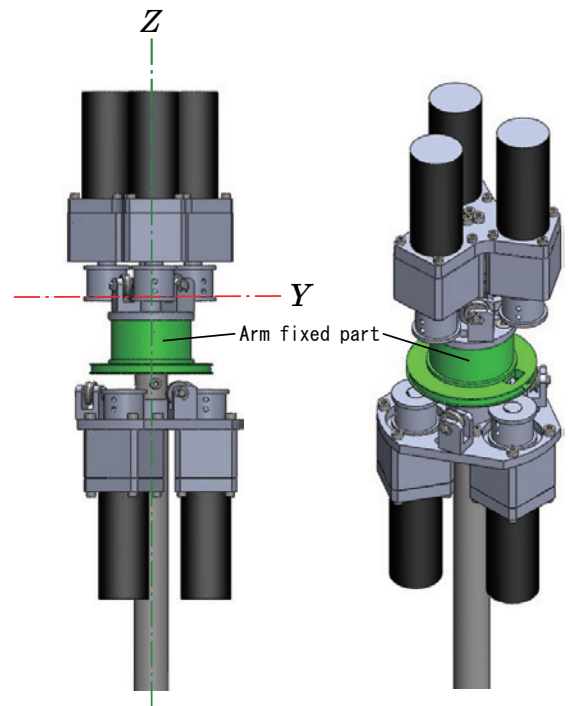


Fig. 5 Upper arm mechanism

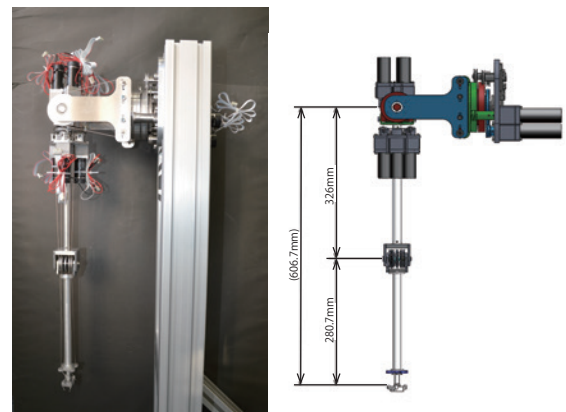


Fig. 6 Lightweight arm prototype

状では人の腕（約3.4 kg）よりも重くなってしまったが、今後更なる軽量化を進める。

6. 結論

3自由度の肩部を3本のワイヤで駆動する新しい肩部機構を提案し、プロトタイプを設計・製作した。

参考文献

- 1) A. Albu - Schaffer, S. Haddadin, Ch. Ott, A. Stemmer, T. Wimbock, G. Hirzinger, The

- DLR lightweight robot: design and control concepts for robots in human environments, *Industrial Robot: An International Journal*, Vol. 34 Iss: 5, pp. 376–385, 2007
- 2) R. F. Chandler, C. E. Clauser, J. T. McConville, H. M. Rekonolds, J. W. Young, Investigation of Inertial Properties of the Human Body, Final report. April 1972-Dec 1974.
 - 3) KINOVA ROBOTICS, JACO 3 FINGERS, <http://www.kinovarobotics.com/assistive-robotics/products/manipulation/>
 - 4) 大鐘大介, 兵頭和人, 小林博明, 非線形バネ要素を持つ7自由度腱制御アームの機構と制御, *日本ロボット学会誌*, Vol. 14, No. 8, pp. 1152–1159, 1996.
 - 5) 島貫翔太, 妻木勇一, 多田隈理一郎, 軽量ロボットアーム用手首機構, *精密工学会東北支部*, 2-08, 2012.
 - 6) Y. Tsumaki, S. Shimanuki, F. Ono, H. Han, Ultra-Lightweight Forearm with a Parallel-Wire Mechanism, *Proc. of the IEEE/ASME Advanced Intelligent Mechatronics*, pp. 1419–1423, 2014.
 - 7) 3DSsystems, Geomagic Phantom Premium 1.5 6DOF, http://www.ddd.co.jp/products/geomagic_phantom_premium15-6dof/