

二重球面肩関節を持つヒューマノイドロボット

山本裕介(東大) 中野道樹(東大) 岡田昌史(東工大) 中村仁彦(東大)

Humanoid Robot with "Double Spherical Shoulder Joint"

*Yusuke YAMAMOTO (Univ. of Tokyo), Michiki NAKANO (Univ. of Tokyo), Masafumi OKADA (Tokyo Institute of Technology), Yoshihiko NAKAMURA (Univ. of Tokyo)

Abstract— We are developing a humanoid robot with three advanced mechanisms for the improvement of the motions. The double spherical shoulder joint has large workspace, replaces two shoulder joints (six DOF) of humanoid robot, and even provides the equivalent function of yaw rotation of waist joints without actually adding them. The backlash clutch enables switching between drive and free modes of the knee joints. The ankle structure has high transmission efficiency of power and enables a dynamic interaction between the body and the environment because of the drive mechanism composed of pulleys and wire.

Key Words: Humanoid, Mechanism, Double spherical shoulder joint

1. はじめに

ヒューマノイドロボットの作業・運動性能を向上させるために関節数を増やすこと [1][2] は 1 つの解決となるが、重量、体積の拡大につながる制御が複雑化するという問題も生じる。ヒューマノイドロボットのように小型で軽量の機構を要求されるシステムにおいて、同じ自由度の中でより有効な行動を生み出す機構の設計論を与えることは今後のロボット開発において有益である。

本研究は関節数を変えるのではなく、配置や構成の工夫によって運動機能を拡大する機構を用いた全身型ヒューマノイドロボットを開発し、その機構を活かした運動制御を行うことを目的とする。本稿では開発中のヒューマノイドロボットの機構について述べる。このヒューマノイドロボットは腰関節の機能を併せ持ち、作業領域を広げる機構として二重球面ジョイントを用いた肩関節 [3]・股関節機構 [4] を持ち、重力や環境からの力に従った効率の良い動きを実現する機構として膝関節にバックラッシュクラッチ [5]、足首関節にワイヤを用いた機構 [6] を有する。

2. 二重球面ジョイント

二重球面ジョイントとは 2 つの球面ジョイントの合計 6 つの回転軸を一点で交わらせた機構である。この機構を Fig.1 の左図のように用いて双腕型ロボットを構成する。その作業領域は Fig.1 の右図のようになり、胴体に対して 2 つの腕が離れて配置されることの多い通常の肩関節機構を持つロボットに比べて極めて大きくなる。また両腕で物を掴んだ状態での両腕が構成する閉リンク系の拘束が、2 つの球面ジョイントの回転中心の一致の 3 自由度の拘束となる。そのため逆運動学問題が単純化され、ロボットは手先位置を胴体回りに自由に回転できる。

この機構をヒューマノイドロボットの肩関節機構として用いることで、腰に自由度を増やすことなく腰関節のヨー回転機能を持たせることができ、より大きな作業領域が得られる。これにより軽量のヒューマノイドロボットの設計が可能である。

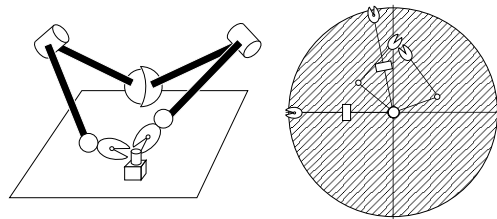


Fig.1 Two arms robot with double spherical shoulder and its reachable workspace

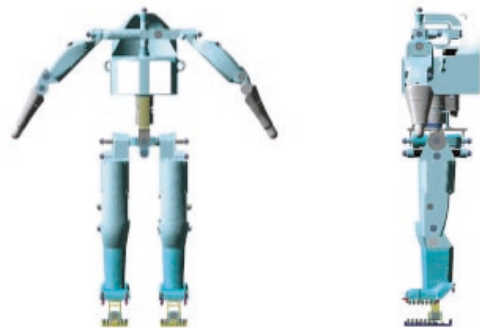


Fig.2 The whole external view of the humanoid robot

3. 機構

Fig.2 に開発中のヒューマノイドロボットの全体外観図を示す。ロボットは全高約 1400[mm] であり、重量は約 50[kg] になる予定である。関節数は左右ともに腕部 4、脚部 6 の計 20 自由度である。以下に各関節機構の特徴について述べる。

3.1 肩関節・股関節

肩関節の写真を Fig.3 に、可動範囲を Table 1 に示す。比較のために人間の肩関節の可動範囲 [7] も示す。角度の定義は Fig.3 の通りである。二重球面ジョイント

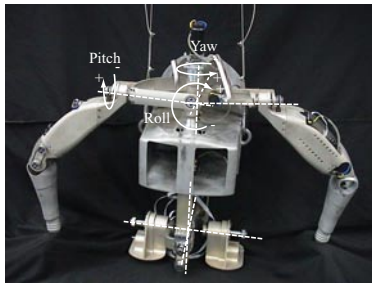


Fig.3 Double spherical shoulder and hip mechanism

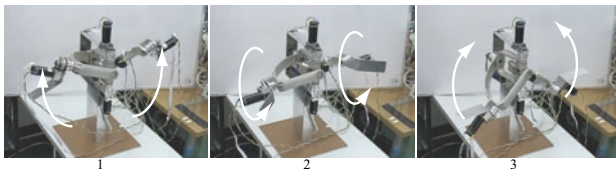


Fig.4 Motion of the raising arms

ではリンク間の干渉があり、片腕のみを動かしたときと両腕を同時に動かしたときで可動範囲が異なる。Table 1 は両腕をそろえて同じ方向に持ち上げたり、前方に出したり、鉛直軸回りに回したりしたときの右腕のものである。ヨー軸回りの可動範囲は人間の肩関節に比べて広く、腰関節のヨー回転機能を実現していると言える。ロール軸回りの可動範囲が人間の肩関節に比べて小さくなってしまっているが、腕部をピッチ軸に対して斜め 45[deg] 傾けて取り付け、ある角度以上に腕を上げるためには手先の姿勢を変えることで、腕を真下に下げた状態から真上に上げた状態に持ち上げることができる。Fig.4 にこの動きを示す。腕は模擬的なものを使用している。

Table 1 Workspce of double spherical shoulder joints

| | Double spherical joint | Human |
|-------|------------------------|----------------|
| Yaw | -50 ~ 150[deg] | -30 ~ 130[deg] |
| Roll | -30 ~ 45[deg] | -165 ~ 90[deg] |
| Pitch | 0 ~ 180[deg] | -60 ~ 180[deg] |

股関節には篠原ら [4] の開発した機構を採用した。この機構は上体と脚部の運動を分離でき、上体だけでロボットの運動を安定化することが可能である。

3.2 肘関節

腕部は肘関節の 1 自由度のみ有する。肘関節の可動範囲は腕を伸ばした状態を 0[deg] として 0 ~ 120[deg] となっている。前腕部には六軸力センサを搭載しており、手先にかかる 6 軸力と衝撃力を計測できる。

3.3 膝関節・足首関節

Fig.5 に脚部の設計図および機構の写真を示す。膝関節にはバックラッシュクラッチ [5] を用いる。この機構は関節にバックラッシュを持たせ、そのギャップ幅を制御することにより完全にフリーな関節を実現するものである。この機構は重力や環境からの力に従った効率

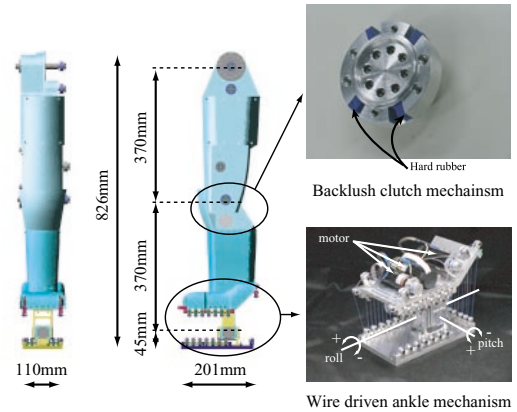


Fig.5 Leg mechanism and its dimensions

の良い動きを実現し、膝関節のように主に一方のトルクが大きく働く関節においてその有用性が示されている。可動範囲は脚を伸ばした状態を 0[deg] として 0 ~ 120[deg] である。

足首関節にはワイヤ及びプーリを使用した駆動機構 [6] を用いた。この機構はパラレルワイヤ駆動システムのもとワイヤを足首周りに張り巡らせ、さらに動滑車の原理を利用することで減速器としての機能を実現している。ギアを用いてないためエネルギーのロスが小さく、ワイヤの張力を変化させることでバックドライブバリエティを調節することができるという特徴を持つ。

4. おわりに

本稿では関節数を変えることなく腰関節の機能を併せ持つ二重球面肩関節を持つヒューマノイドロボットの機構について説明した。

なお本研究は、科学研究費補助金基盤研究 (S) (研究課題名：知能の力学的情報処理モデルの展開、研究代表者：中村仁彦) の支援を受けた。

参考文献

- [1] 稲葉, 長嶋, 水内, 但馬, 吉海, 國吉, 井上: “脊椎を持つ全身腱駆動ヒューマノイド「腱太」の開発—脊椎を持つ全身腱駆動ヒューマノイド「腱太」(その 1)—”, 第 19 回日本ロボット学会学術講演会予稿, 3A11, 2001.
- [2] 小椋, 安藤, 片岡, 相川, 日比野, 壺井, 小岩, 光安, 林, 高西: “人間と同等の脚部自由度を持つ 2 足ヒューマノイドロボットの開発 (第 1 報: 脚の開発と基礎実験)”, 第 21 回日本ロボット学会学術講演会予稿, 1A29, 2003.
- [3] 山本, 岡田, 中村: “二重球面ジョイントを用いたヒューマノイドの肩関節機構の開発”, 第 21 回日本ロボット学会学術講演会予稿, 2A25, 2003.
- [4] 篠原, 伴, 後藤, 稲邑, 岡田, 中村: “二重球面ジョイントを用いた股関節機構を持つヒューマノイドの開発”, 日本ロボット学会創立 20 周年記念学術講演会予稿, 1C16, 2002.
- [5] 岡田, 後藤, 中村: “歩行ロボットの従反力運動を実現する膝関節機構”, 日本ロボット学会創立 20 周年記念学術講演会予稿, 1C19, 2002.
- [6] 中野, 岡田, 中村: “ワイヤを用いたバックドライブ可能な足首駆動機構の設計”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'04 講演論文集, 2004.
- [7] M.E.Rosheim: Robot Evolution: The Development of Anthropotics. JOHN & SONS, INC., 1994.