

直動関節を用いた 4 足移動ロボット

A quadruped-mobile robot with prismatic joints

○ 岡部靖宏, 岳春影, 水戸部和久 (山形大学工学部)
○ Yasuhiro Okabe, Yue Chun Yug, Kazuhisa mitobe (Yamagata University)

キーワード： 4 足移動ロボット (quadruped- mobile robot), 直動関節 (prismatic joints)
平行リンク機構(Parallel crank mechanism),

連絡先： 〒992 - 8510 米沢市城南 4 - 3 - 1 6 山形大学工学部機械システム工学科 水戸部和久
Tel： (0238)26-3232 , **Fax：** (0238)26-3205 , **E-mail：** mitobe@dipfr.dip.yz.yamagata-u.ac.jp

1. はじめに

近年, 生物を模した脚部機構 (回転関節) による歩行ロボットが多く開発され, 歩行運動の解明など学術上の成果が多々報告されている. しかし, 現状のアクチュエータ等の技術レベルで, 作業移動を目的とした場合, 生物の形態は必ずしも最適とは言えない. そこで, 生物に見られない直動関節を用いた移動ロボットを考察してみる. 直動関節を用いた脚部機構の利点を, 生物を模した回転関節による脚部機構との対比として以下の通りに考えることができる.

- ・ ロボット重心位置の上下動方向への制御が容易であるので, 作業用移動ロボットへ応用する場合, 作業範囲を広くとることが可能である.
- ・ ロボット重心位置の上下動および進行方向への移動が分離されるので, 作業に応じて効率的な移動制御が可能と考えられる.
- ・ 脚先端における地面より受ける反力の方向が, ほぼロボット重心位置を通過するので, 安定な歩行制御が容易と考えられる.

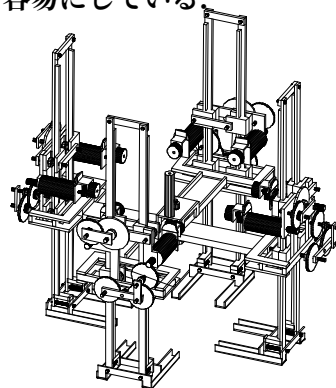
つまり, より簡便な制御則が適用できるので移動制御における目標軌道の生成および追従剛性をロボットの応用目的に合わせて設定可能であると考えられる.

以上のことを踏まえ本研究の目的を, 直動関節を用いた 4 足移動ロボットの機構および移動形態の提案, 直動関節を用いた 4 足移動ロボットの製作, 提案した機構の有効性の検証とする.

2. 4 足移動ロボットの機構

(1) 全体の機構

図 1 が本研究で製作する 3 次元移動ロボットである. 脚部が十字に配置されているのがこのロボットの特徴である. このような配置により, 安定した姿勢を可能にしている. また, 脚部に直動関節を用いたことで本体中心部の上下移動を容易にしている.

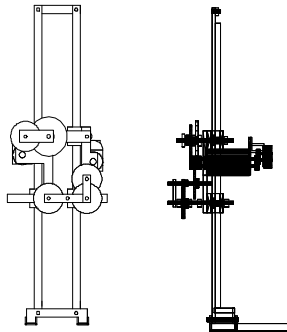


全長 440 × 440 × 410
重量 4.2 kg
自由度 9

図 1. 4 足移動ロボット全体図

(2)脚部機構

図2が脚部の正面図と側面図である。脚部には平行リンク機構を利用している。これにより足低を常に水平に保つことができる。また、20WのDCモータを2個使用する。1つのDCモータは足を直動させるときに使用する。2段ギアにより20倍に減速している。もう1つDCモータは脚部全体を傾斜させるときに使用する。2段ギアにより25倍に減速している。また稼動範囲を広げるため、最大傾斜角度を ± 40 以上となるように設計した。



全長 130×410×80

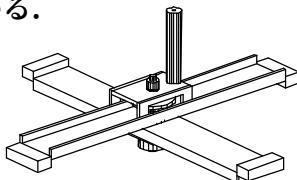
重量 0.8kg

最大傾斜角度 ± 42 度

図2. 脚部機構（正面図，側面図）

(3)連結部機構

図3が連結部機構である。本体中心部に位置し、水平方向へ回転させるため20WDCモータを使用する。またギアにより5倍に減速している。



全長 280×280×100

重量 1kg

最大水平回転角度 ± 35 度

図3. 連結部機構

3. 移動形態

(1)直進移動

図4が直進移動を示す。図を簡単化するためモデルを図のように書き換えている。対角となる脚部を同様に動かし図のように移動させる。

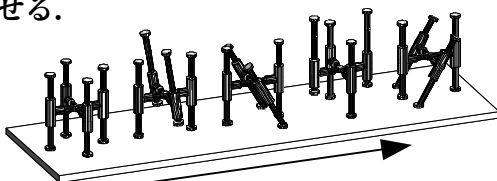


図4. 直進移動

(2)方向転換

図5、図6は方向転換を示す。図5は直角方向に曲がる場合である。静止した状態で、今まで行ってきた移動動作を各組入れ換えることにより行う。図6は任意の方向に曲がる場合である。静止した状態で進行方向を向いている脚部を連結部により回転させ、目的の進行方向に向ける。このあと基準形態の十字型になるように残りの脚部を回転させ、進行方向を転換する。

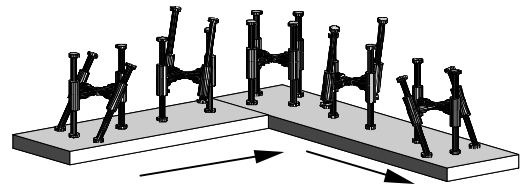


図5. 方向転換（直角方向）

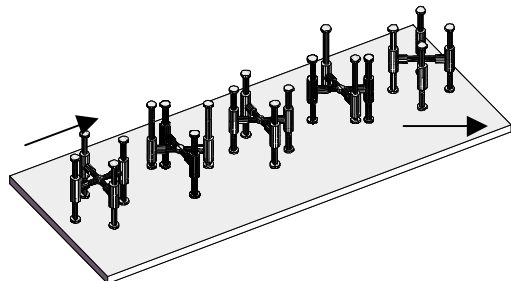


図6. 方向転換（任意方向）

(3)障害物の回避

図7は障害物を乗り越える場合を表す。脚部に直動関節を用いたことで、障害物を乗り越える際に重心の高さを一定に保ったまま段差等の乗り越えが可能である。

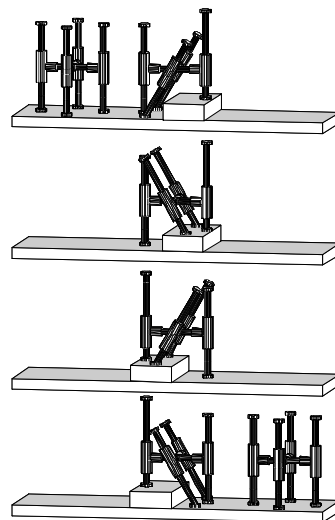


図7. 障害物の回避

4. 制御システムの構成

図8が制御システムの構成を表す。DAおよびカウンタは岡崎産業のRitech Interface Board(RIB)を使用する。ロボットのセンサーとして光学式エンコーダを使用する。

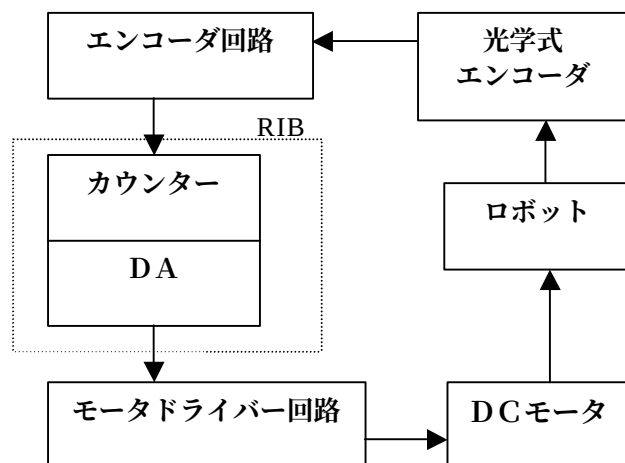


図8. 制御システムの構成

5. 角度制御による歩行実験

(1) 実験目的

本実験では、製作した4足移動ロボットを用いて、提案する移動形態が実現可能であることを確認し、移動ロボットとしての機動性を検証する。

(2) 実験方法

製作した4足移動ロボットの機構を基に歩行計画を立て、各関節を角度制御することで歩行実験を行う。歩行計画は次のようにして立てる。各脚部に座標軸を取り、各関節に相対的な変位量を時間の関数として与える。

また、重心位置を連結部の中心に取り、進行方向に平行な脚部の組を支持脚側、進行方向に直角な脚部の組を遊脚側とする。

角度制御にはPDフィードバック制御系を用いる。

本実験では、直進移動、直角方向への方向転換、障害物の回避実験を行う。

(3) 実験結果

製作した4足移動ロボットによる直進移動実験の結果を図12～14に示す。図12はロボットの一連の歩行動作を撮影したものである。図13は重心高さの時間的な変位量を示す。図14は遊脚側における傾斜角度を測定したものである。

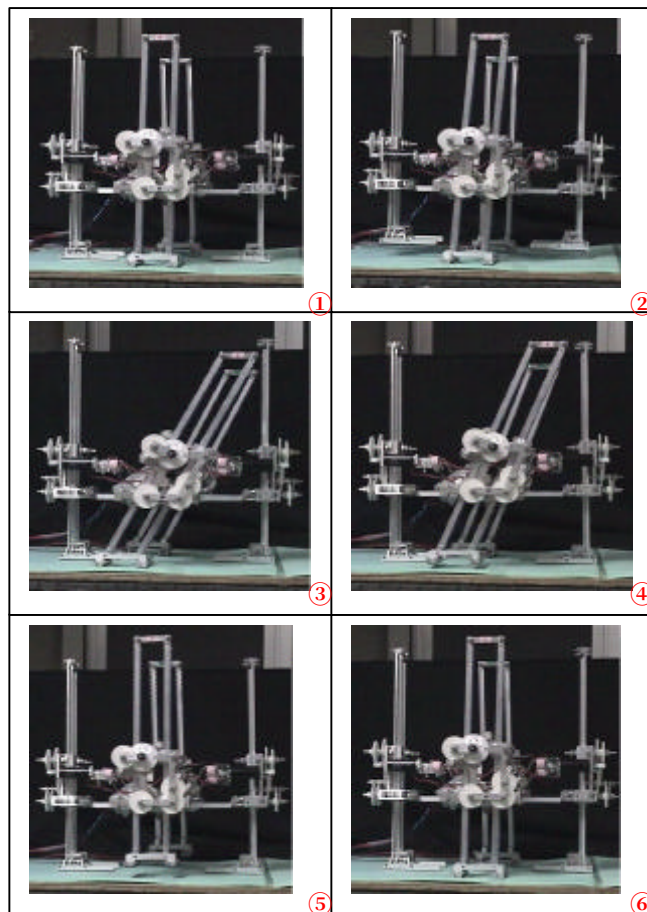


図12. 歩行動作

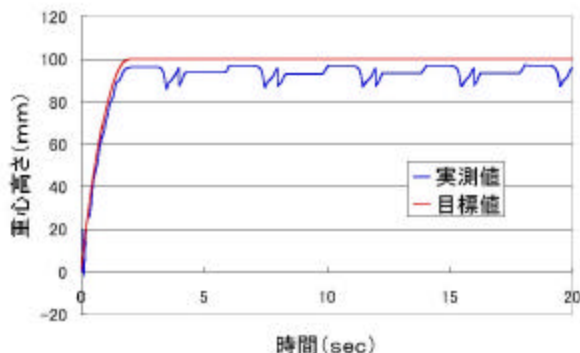


図13. 重心高さ

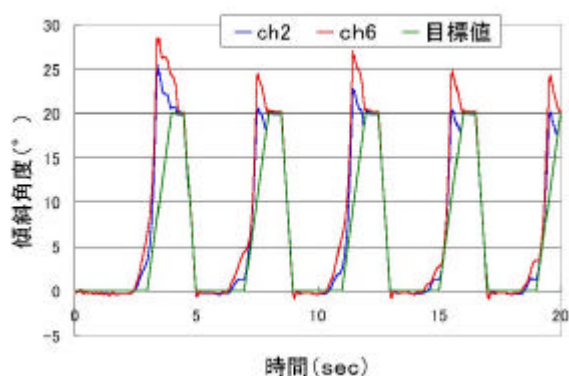


図14. 遊脚側の傾斜角度

(4) 考察

図13において、重心高さが目標値に対して追従しきれていないのが分かる。同様に図14においても、傾斜角度が目標に対して追従しきれていない。実験では比例ゲインおよび速度ゲインを調節してみたが、これ以上の追従は得られなかった。

この原因として、脚部を傾斜させる側のモータの出力トルクがハード的に足りないものと推測される。

しかし、直進移動や直角方向への方向転換など移動ロボットとしての機動性は十分、優れていることが分かる。

6. おわりに

本研究では、直動関節を用いた4足移動ロボットの機構および移動形態の提案、直動関節を用いた4足移動ロボットの製作を行った。また、歩行実験を行い本機構の有効性を検証した。

本研究を通じ、脚部を傾斜させる側のモータの出力トルクが不足していることが発見されたが、移動ロボットとしての機動性は十分優れていることが確認できた。

今後の方針として、以下のことを提示する。

- ・脚部を傾斜させる側の出力トルクの不足分を、減速比などを調節して補う。
- ・足底にタッチセンサー等を導入し、不整地での円滑な移動を実現する。

【参考文献】

水戸部 矢島 中野 永沢 那須：直動関節を用いた2足歩行ロボット, 日本ロボット学会誌 Vol.18, No.1, P.120-125 (2000)