

直動関節を用いた 4 足歩行ロボットの制御

Control of quadruped-walking robot with prismatic joint

○ 岳春影, 水戸部和久 (山形大学工学部)
○ Yue Chun Ying, Kazuhisa Mitobe (Yamagata University)

キーワード : 4 足歩行ロボット (quadruped-walking robot), 直動関節 (prismatic joint)
平行リンク機構 (Parallel link),

連絡先 : 〒992-8510 米沢市城南 4-3-16 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

本研究の背景

人間型ロボットの研究が活発に行われ, その中で二足による歩行は工学上の一応の完成をみている.

その一方で, 作業移動ロボットへの応用を考えた場合に非生物型のシンプルなロボット, 或いは直動関節を用いた歩行ロボットが有利な場合も多い, 例えば,

- ・外界との接触に対する実時間でへの対処.
- ・機構及び制御の簡便さ.

つまり, より単純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. 本研究では, 簡単な機構により効率的な制御が可能である直動脚ロボットの開発をこれまで行ってきた. 既に試作を行ってきた平面内での移動可能なロボットを 3 次元移動可能なものへと拡張する.

本研究の目的及び内容

作業移動への応用に適した, 直動型の脚機構を利用した簡便な構造の四足ロボットを製作する.

製作したロボットを簡便に歩行させるための軌道設計について考察し, 実験的に検証する.

2. 直動脚を用いた四足ロボット構造及び特色, 問題点

- ① 製作したロボットの脚の構造及びロボット全体の構造は以下の通りである.

本ロボットは図 1 に示す直動脚 (互いにスライドする平行リンクで構成される) を基本単位とし, 4 本の脚を組み合わせることで構成する. また, 図 2 が提案するロボットの写真となる. 中心の連結部をロボットの胴体とする.

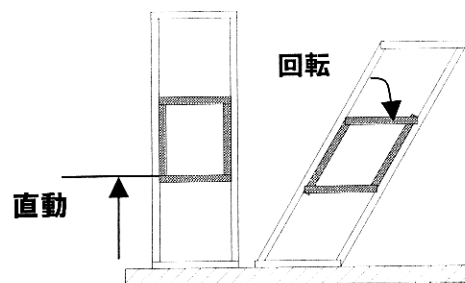


図 1 平行リンク

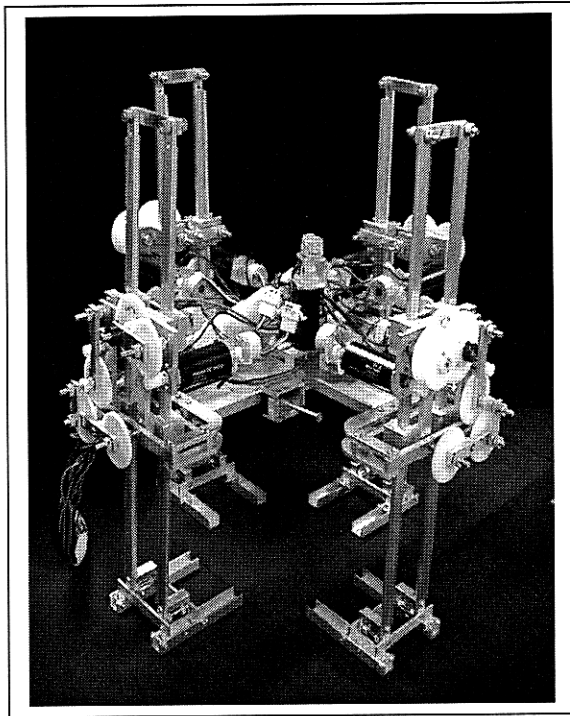


図2 製作した3次元移動ロボットの写真
② その特色は以下の通りである。

- ・ 胴体部分が床面に対してほぼ平行移動であり、力学的には質点の移動のようにみなせる。視覚やハンドを搭載することで作業移動ロボットへの応用に適する。
- ・ 直動関節により胴体部分の可動域(作業範囲)が広く取れる。これにより、水平及び鉛直への移動が分離しやすい制御が容易である。
- ・ ロボットが床面より受ける床反力を胴体中心方向への力に集約して近似することが可能である、運動のモデル化が容易である安定な歩行制御が容易と考えられる。

③ 歩行動作そのものをスムーズに行うことには難点があり、進行方向に対してジクザグになると言う問題である。

3. 歩行動作の計画

- 各軸のサーボ系の制御は、実験によりパラメータを調節し、追従誤差をできるだけ小さくする。
- 製作したロボットの胴体部分を出る限り滑らかに移動させるための軌道を考案した。

はじめに、進行方向に平行な脚部の組を遊脚、進行方向に直角な脚部の組を支持脚とし、連結部の中心をロボット全体の重

心位置と仮定し、ロボットの目標軌道はこの位置の座標により記述する(図3)。各脚の運動は L (mm)および A (度)により表す。また、歩行動作時の目標重心高さを H (mm)とする(図4)。

次に、各脚部へ幾何学的に軌道を与える。1歩行動作あたりの時間は、本実験においては、各関節位置の目標位置への追従性を確保するため、1歩行動作あたり4秒と、十分長い時間に設定する。

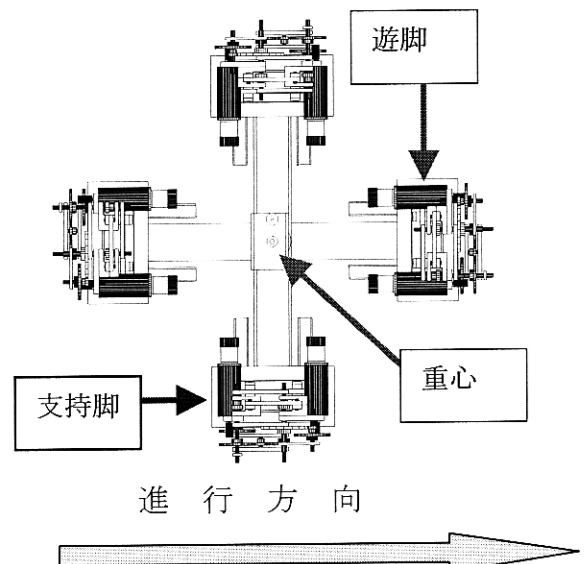


図3 支持脚 遊脚 重心位置

角度制御にはPDフィードバック制御系を用いて変数 L (mm)および A (度)を制御し、移動実験を行う。

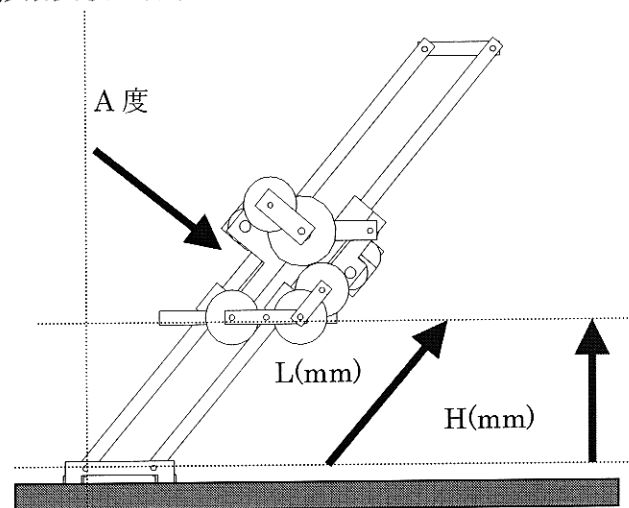


図4 変数の配置

図5, 6, 7のような移動形態を表す、

図を簡単化ためモデルを以下の図のように書き換えている。

A 直進歩行(昨年と同じ)

図5が基本動作となる直進移動を示す, 対角となる脚部を同様に動かし, 図のような移動する。移動動作が単純であることから, 歩行における制御が容易となり, 床面状況に適応した移動が容易であると考えられる。

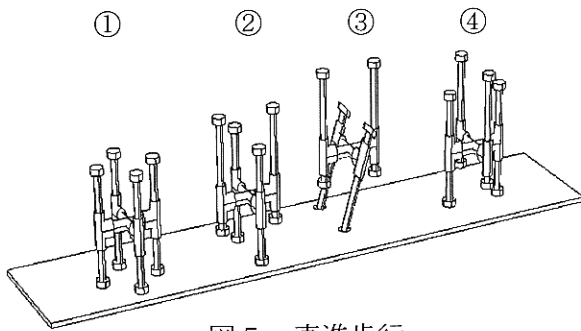


図5 直進歩行

- ①: 基本姿勢.
- ②: 遊脚を持ち上げ.
- ③: 支持脚を前方へ傾斜させる.
- ④: 遊脚を接地させ, 再び②の状態に持っていく.

B 連続直進歩行

図6が連続歩行の移動形態を示す. 図のような連続移動する。

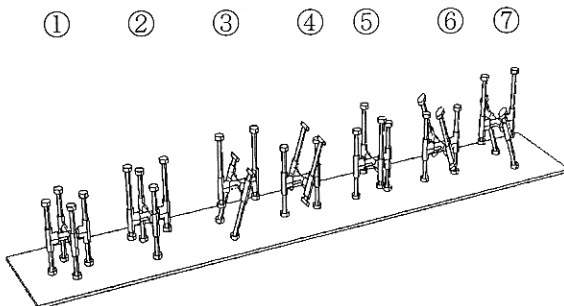


図6 連続直進歩行

- ①: 基本姿勢.
- ②: 遊脚を持ち上げ.
- ③: 支持脚を前方へ傾斜させる.
- ④: 遊脚を接地させ, 支持脚を持ち上げ.
- ⑤と⑥: 支持脚後方へ傾斜させる.
- ⑦: 支持脚を垂直方向へ戻らせ, 再び③の状態に持っていく.

C 指定方向の歩行

図7は指定方向の連続歩行の移動形態を

示す, 方向と遊脚步行幅を決めてから, 幾何学で計算して, 支持脚の歩行幅を決めて, 動作の協調と重心の保持を考えて, 希望的な目標軌道を設定して, 以下図のように移動する。

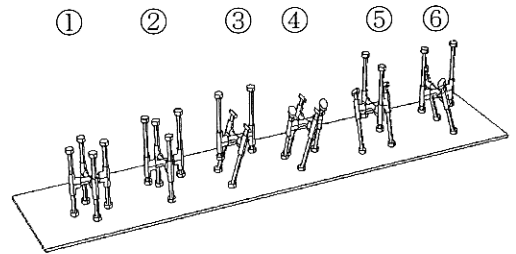


図7 指定方向の連続歩行

- ①: 基本姿勢.
- ②: 遊脚を持ち上げ.
- ③と④: 支持脚を前方へ傾斜させるとともに遊脚も幾何学で計算した方向へ傾斜させる.
- ⑤: 遊脚を垂直方向へ戻って前方へ傾斜させるとともに支持脚を持ち上げて垂直方向へ戻って前方へ傾斜させる.
- ⑥: 支持脚を接地させ再び②の状態に持っていく.

4 制御システム

本研究で使用する制御システムを図8に示す. D/Aおよびエンコーダ・カウンタとして岡崎産業製の Ritech Interface Board を使用する。

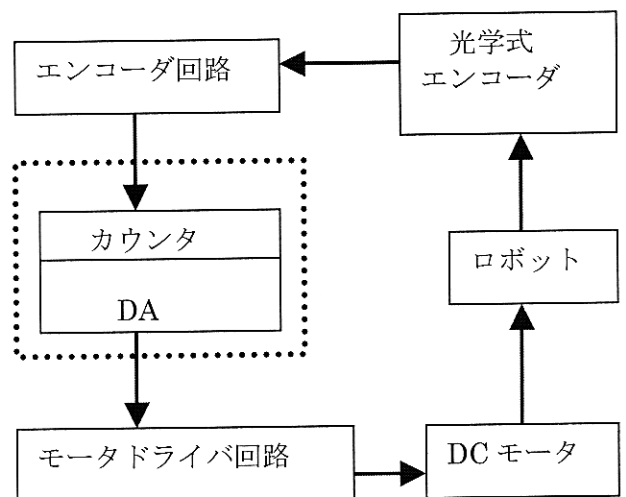


図8 制御システム概要

5. 歩行実験

A 直進歩行

製作した4足歩行重心ロボットによる直進歩行実験の結果を図に示す。図9, 10, 11, 12は各脚部における直動関節の変位を示す

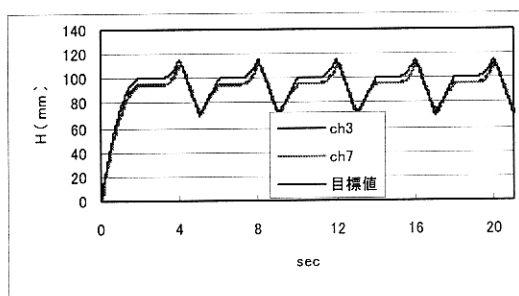


図9 直動関節(支持側)の結果(去年)

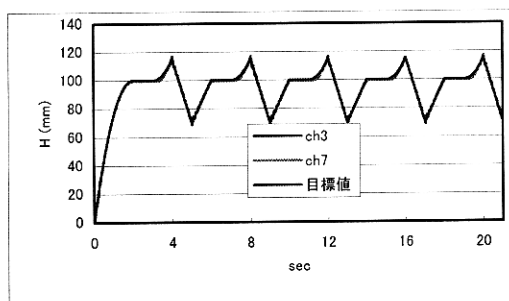


図10 直動関節(支持側)の結果(今年)

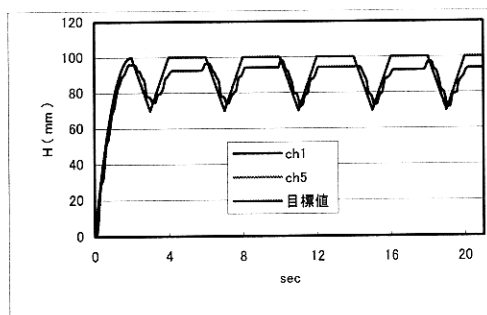


図11 直動関節(遊脚側)の結果(去年)

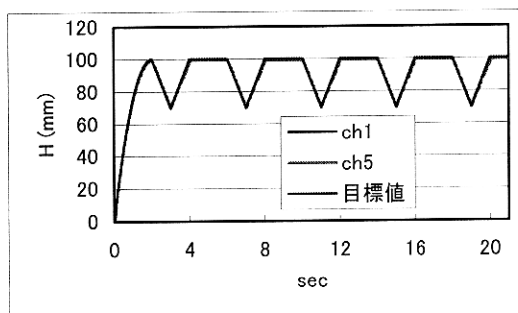


図12 直動関節(遊脚側)の結果(今年)

去年の実験結果と今年の結果と比較して各軸の追従誤差は著しく減し, 安定に追従できた。

B 連続歩行

目標重心高さは80mm, 脚部の持ち上げは30mm, 脚部傾斜角度を15度と設定する。歩行幅は20.71mmとなる。

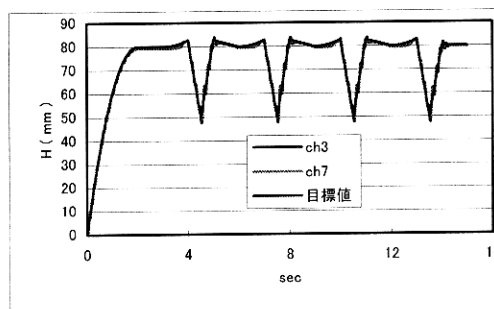


図13 直動関節(支持側)の結果

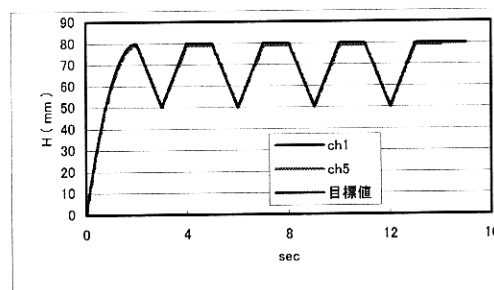


図14 直動関節(遊脚側)の結果

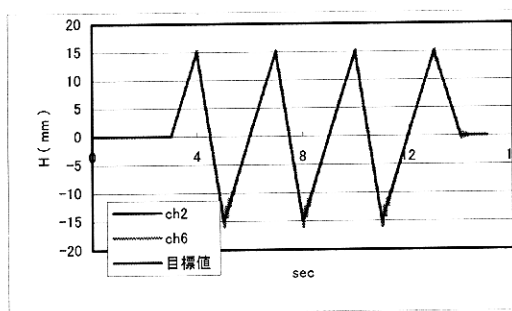


図15 回転関節(支持側)の結果

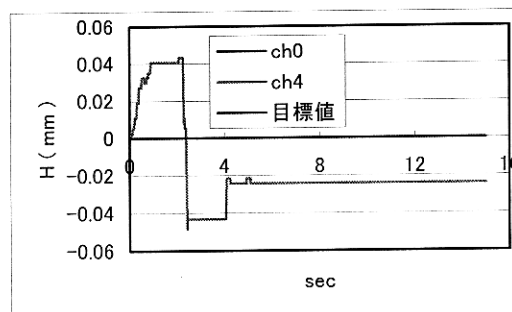


図16 回転関節(遊脚側)の結果

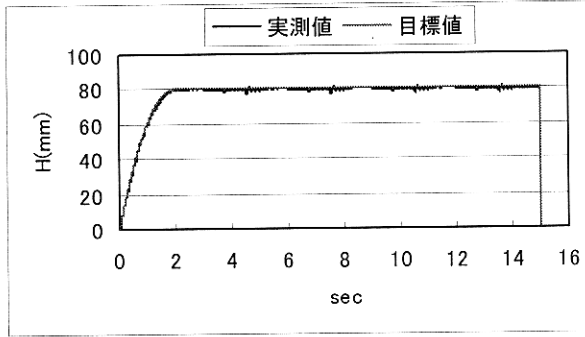


図 17 重心高さの変化

C 指定方向歩行

指定方向は30度, 目標重心高さは80 mm, 脚部の持ち上げは30mm, 脚部傾斜角度を15度と設定し横方向の歩行幅は20.71mm, 縦方向の歩行幅は12mmとなる.

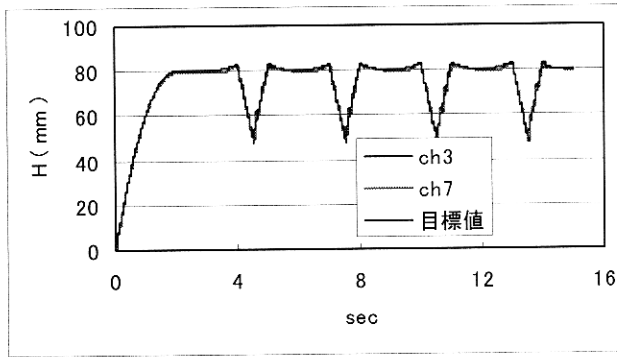


図 18 直動関節(支持側)の結果

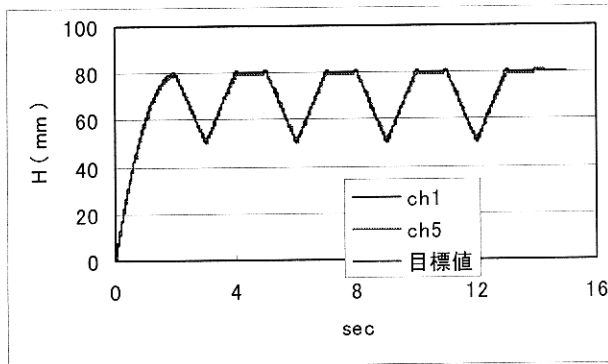


図 19 直動関節(遊脚側)の結果

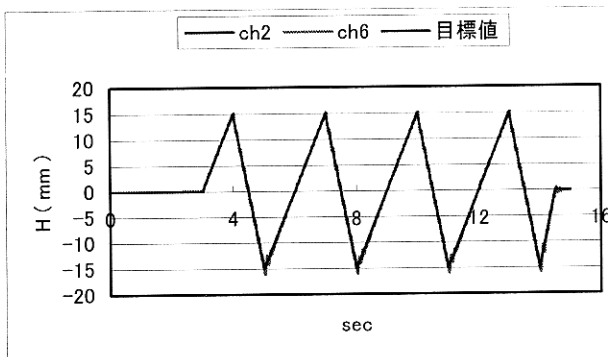


図 20 回転関節(支持側)の結果

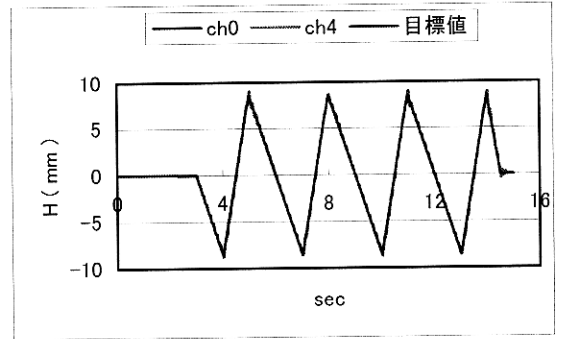


図 21 1回転関節(遊脚側)の結果

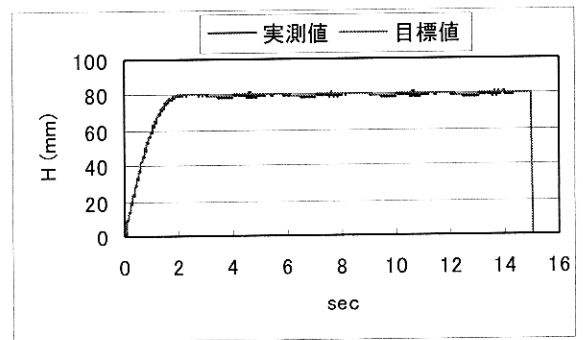


図 22 重心高さの確認

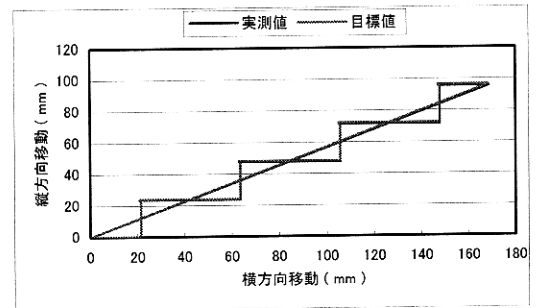


図 23 重心方向の確認

5 結論

本実験を通して以下の結論に至る

- ① 製作した歩行ロボットは制御しやすい。
- ② 重心のバランスを保持するとともに追従誤差を著しく減らし, より滑らかに制御することを検証した。
- ③ 平面で安定な歩行移動が可能である。

[参考文献]

- [1] 水戸部 矢島 仲野 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)
- [2] 岡部靖宏: 直動関節を用いた3次元移動ロボットの開発, 山形大学修士論文