

パラレルリンク脚機構を有する小型二足ロボットの開発: 第3報

Development of a Small-Sized Bipedal Robot with Parallel Link Leg Mechanism: 3rd Report

田崎 勇一 (神戸大学)

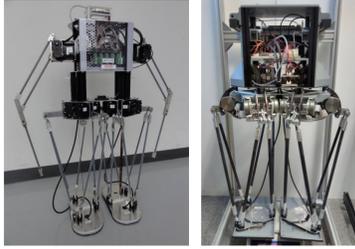
Yuichi Tazaki (Kobe University)

A new design of bipedal walking robot that utilizes 6-dof parallel link mechanism for each leg is proposed. Reducing the weight of the legs is a crucial requirement for realizing rapid walking and fall avoidance involving multiple stepping. The parallel link design enables embedding all leg actuators in the torso and thereby significantly reduce the weight of the legs. The result of basic kinematic analysis of the proposed leg mechanism is reported.

目的 歩行やバランス制御の実機評価に対応可能な運動性能を備え、かつ低開発コストな二足歩行ロボットの提案

パラレルリンク式脚機構の利点

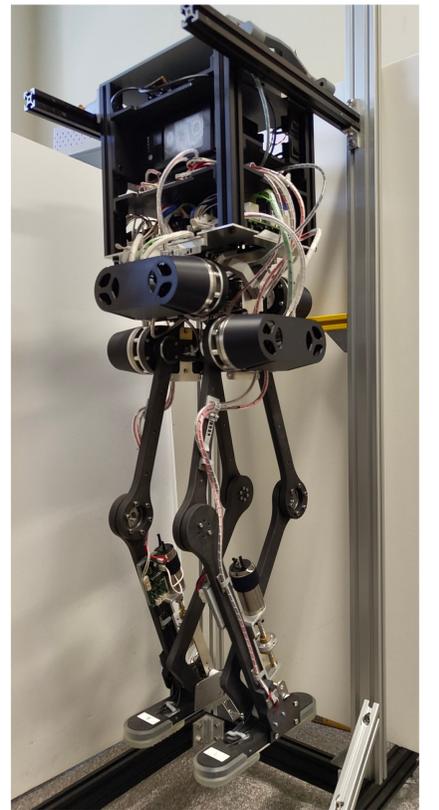
- ✓ **低慣性** 高速歩行や転倒回避に必要な俊敏な脚運動が可能
- ✓ **高剛性** シリアルリンクと比べて足末端に累積するたわみやガタが低減できる



Paraiso 1号機 Paraiso 3号機

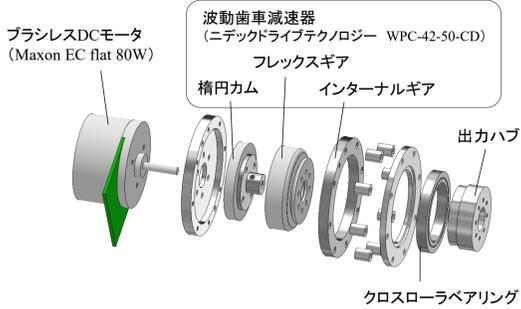


Paraiso 4号機



アクチュエータモジュール

- ・ 股関節, 脚関節の計8軸で同一のモジュールを使用
- ・ フレームに組み込むことで部品点数削減&軽量化



クロスローベアリング

制御原理

DCM変調による姿勢安定化制御

線形倒立振り子モード(LIPM)の不安定成分(DCM)

$$\xi = p + T\dot{p}$$

DCM 重心位置 重心速度

「変調」信号を含むDCMダイナミクス

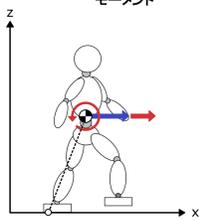
$$\dot{\xi} = \frac{1}{T}(\xi - c) - Tg + T\delta$$

LIPMにもとづくDCMダイナミクス 変調成分

DCM変調により重心回りモーメントが生じる
これを姿勢の安定化に利用する

$$\dot{L} = e_z \eta - m(p - c) \times \delta$$

重心回りモーメント 鉛直軸まわり床反モーメント DCM変調により生じるモーメント



・ IMUから直接得られるセンサ情報のみを用いる
→ 状態推定不要!

DCMはZMPから指数関数的に離れていく

支持足からの目標DCMの距離にもとづく「DCM時刻」を算出

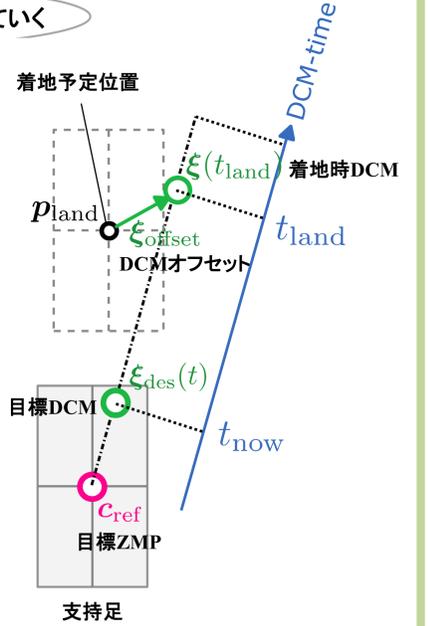
$$t_{now}(\xi_{des}) = T \log \|\xi_{des} - c_{ref}\|$$

遊脚の運動や着地判定に実時刻の代わりにDCM時刻を用いる

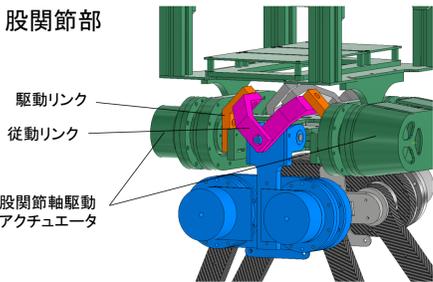
目標DCMの動きに応じて自然にタイミングが調整される

着地時DCMオフセットにもとづく着地位置調整

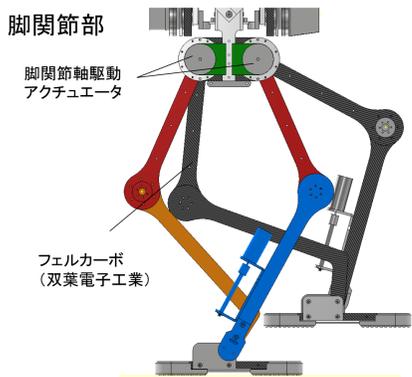
着地予定時刻におけるDCMの予測位置から所定のオフセットの位置に着地する



脚機構

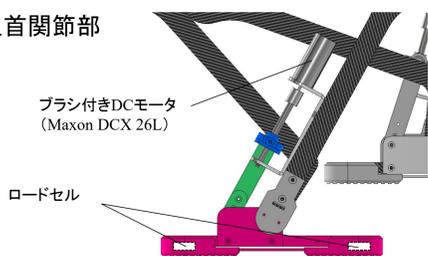


- ・ 球面パラレルリンクによる股関節のyaw/roll回転



- ・ パンタグラフ機構による脚部のpitch回転およびx/z方向並進
- ・ アクチュエータを基部に集約し、フレームにCFRPを用いることで低慣性化

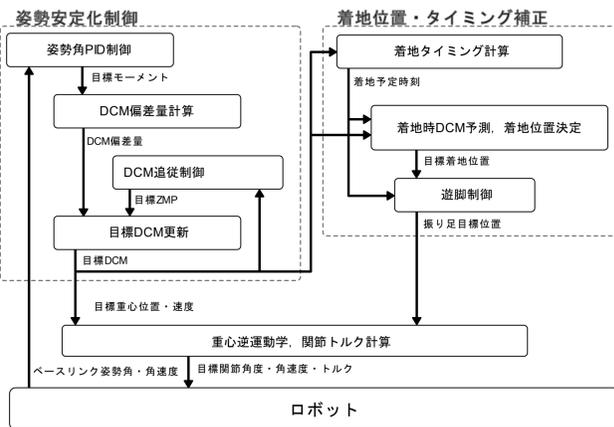
足首関節部



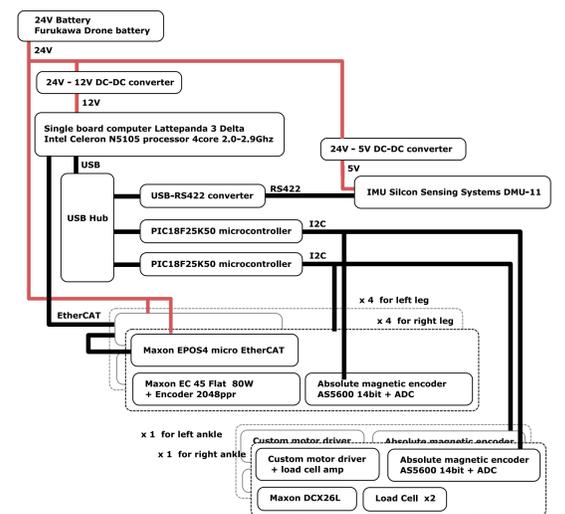
- ・ 滑りネジとリンクにより足首pitch軸を駆動(足首roll軸は自由度無し)
- ・ ロードセル荷重を足首制御用マイコンにフィードバックすることで1kHz以上のZMP制御(前後方向)を実現

制御系構成

バランス制御部はHumanoid Virtual Athletics Challenge のサンプルコード (<https://github.com/ytazz/vnoid>) とほぼ同一のものを実機に実装



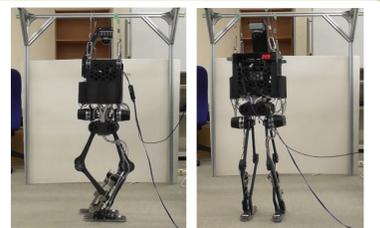
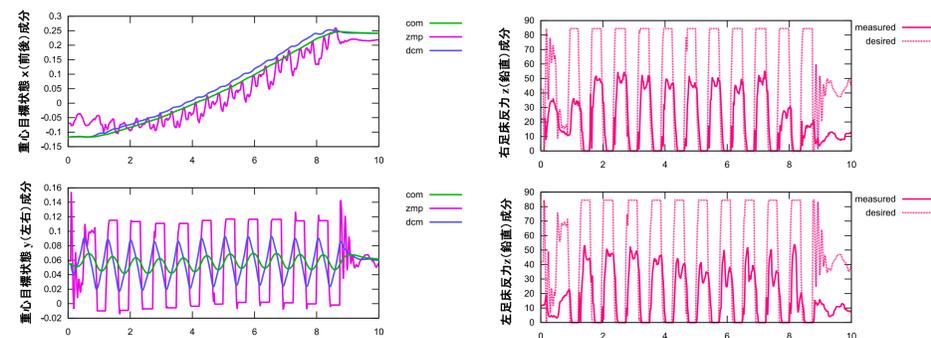
ハードウェア構成



- ・ 通常のネットワークアダプタとソフトウェアetherCATで2ms周期通信を実現

歩行試験

前進歩行時の応答



今後の展望

- ・ オープンハードウェア化
- ・ 歩行, 転倒回避性能の定量評価
- ・ 屋外歩行試験, ナビゲーションシステムとの統合