

Velocity-Based Balance Control for Position-Controlled Humanoid Robots

○日向 遼太郎 金宮 好和
佐藤 大祐

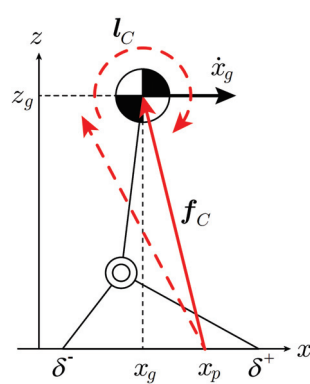
研究背景

■ 安定性評価の指標

人型ロボットを支持脚と線形倒立振子を含めたモデルに簡略化

▶ 以下の位置関係からバランスの安定性を評価

- 重心投影点 (gCoM) x_g
- 圧力中心 (CoP) x_p
- 支持脚の端点



■ バランス制御の先行研究

- 簡易モデルを用いたバランス維持戦略 (Ankle, Hip, Step)
- 分解運動量制御による全身運動生成
- 動力学制御における接触レンチの分配問題

■ 研究目的

運動学制御へ運動量を考慮したバランス制御を適用

- 計算コストの削減
- 位置制御とバランス制御の両立

運動量関係の速度次元表現と動作生成

■ 運動量方程式の変形

運動量 : $p_C = m_t v_C$

角運動量 : $l_C = I_C \omega_B + H_C \dot{\theta}$

$$\times I_C^{-1} \quad \text{仮想剛体の角運動量} \quad \text{四肢の運動による干渉}$$

$$\omega_C = \omega_B + J_\omega \dot{\theta}$$

l_C による角速度

角運動量保存則 (AMC) : $\omega_C = 0$

反動零空間法 (RNS) : $\omega_C = \omega_B$

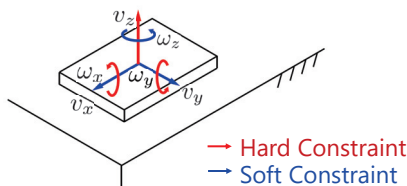
■ 環境との接触による拘束条件

支持脚先端部における速度関係

$$C_{cM}^T \begin{bmatrix} v_C \\ \omega_B \end{bmatrix} + J_{cM} \dot{\theta} = 0$$

重心並進速度と {B} 部回転速度の投影

関節の運動による先端部速度



■ 制御入力

関節速度指令値

$$\dot{\theta}^{ref} = \dot{\theta}_c(v_C^{ref}, \omega_B^{ref}) + \dot{\theta}_b(\omega_C^{ref}, \omega_B^{ref}) + \dot{\theta}_n$$

接触条件による制御

バランス制御

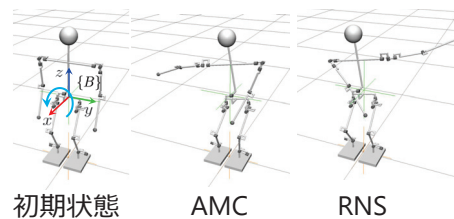
他のタスク

$$v_C^{ref} = v_C^{des} + K_C e_C \quad \omega_B^{ref} = \omega_B^{des} + K_O e_O$$

$$\omega_C^{ref} = \begin{cases} \omega_B^{ref} + I_C^{-1} \Delta l_C^{des} & (\text{general case}) \\ 0 & (\text{AMC}) \\ \omega_B^{ref} & (\text{RNS}) \end{cases}$$

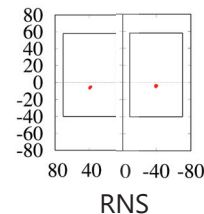
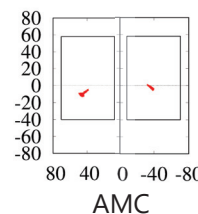
■ 動作とCoPの変位の比較

動作



運動量の拘束条件の違いにより腕部の動作が変化

CoP



RNSでの制御の方がCoPの変位を抑えられる

結言

- 運動量関係の速度次元での表現およびそれを用いた動作生成
- 角運動量保存則と反動零空間法を適用した場合でのCoP変位量の比較
- 反動零空間法を用いることにより外的な運動量に対するCoPの変位を抑えられる

今後の課題 並進運動や外乱によるCoPの移動に対する本制御の有用性の検証

18SY0003/0000-0661 © 2018 SICE