人型ロボットの速度次元でのバランス制御





Velocity-Based Balance Control for Position-Controlled Humanoid Robots

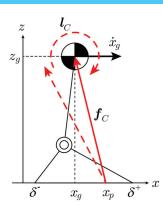
○日向 遼太郎 金宮 好和 佐藤 大祐

研究背景

■ 安定性評価の指標

人型ロボットを支持脚と 線形倒立振子を合わせた 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
- 重心投影点 (gCoM) \mathcal{X}_q
- 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 : $oldsymbol{p}_C = m_t oldsymbol{v}_C$

角運動量: $oldsymbol{l}_C = oldsymbol{I}_C oldsymbol{\omega}_B + oldsymbol{H}_C \dot{oldsymbol{ heta}}$

仮想剛体の角運動量 四肢の運動による干渉

 $oldsymbol{\omega}_C = oldsymbol{\omega}_B + oldsymbol{J}_\omega oldsymbol{ heta}$

$oldsymbol{l}_C$ による角速度

角運動量保存則(AMC): $\omega_C=0$ 反動零空間法(RNS) : $\boldsymbol{\omega}_C = \boldsymbol{\omega}_B$

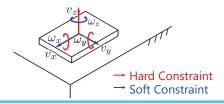
■ 環境との接触による拘束条件

支持脚先端部における速度関係

$$\mathbb{C}_{cM}^T egin{bmatrix} oldsymbol{v}_C \ oldsymbol{\omega}_B \end{bmatrix} + oldsymbol{\mathcal{J}}_{cM} \dot{oldsymbol{ heta}} = oldsymbol{0}$$

重心並進速度と {B}部回転速度の投影 先端部速度

関節の運動による



■ 制御入力

関節速度指令値

$$\dot{m{ heta}}^{ref} = \dot{m{ heta}}_c(m{v}_C^{ref},m{\omega}_B^{ref}) + \dot{m{ heta}}_b(m{\omega}_C^{ref},m{\omega}_B^{ref}) + \dot{m{ heta}}_n$$

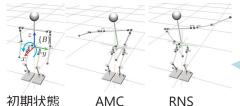
接触条件による制御 バランス制御

$$oldsymbol{v_C^{ref} = v_C^{des} + K_C e_C} oldsymbol{\omega}_B^{ref} = oldsymbol{\omega}_B^{des} + K_O e_O$$

$$m{\omega}_C^{ref} = egin{cases} m{\omega}_B^{ref} + m{I}_C^{-1} \Delta m{l}_C^{des} & ext{(general case)} \ m{0} & ext{(AMC)} \ m{\omega}_B^{ref} & ext{(RNS)} \end{cases}$$

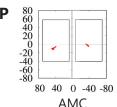
■ 動作とCoPの変位の比較

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



80 40 0 -40 -80 RNS

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 ISSY0003/0000-0661 © 2018 SICE