

# 線形振子モードを用いた二足歩行ロボットの frontal 平面における軌道生成法

## Trajectory Planning of Biped Robot in Frontal Plane

### Using Linear Pendulum Mode

80816655 仲里三希 (Miki Nakazato) Supervisor : 大西公平 (Kouhei Ohnishi)

#### 1 序論

二足歩行ロボットの 3 次元歩行を行う場合, sagittal 平面のみではなく, frontal 平面の軌道生成も行う必要がある. そこで本論文では, frontal 平面における軌道生成法を提案する. 軌道計画がシンプルである線形振子モード [1] を用いることにより, 実時間軌道計画を実現できる. 提案手法では, 歩行のすべての期間で線形振子モードを用いるため, 片脚支持期と両脚支持期で軌道を切り替える必要がなく, 軌道計画が非常に容易となる. また, ロボットが人間環境で安全に歩行するためには, 軌道の変更は必須である. そこで, 本論文ではさらに frontal 平面における歩幅変更法および歩行周期変更法を提案する. 仮想支点 [2] の位置を変化させることで, 実時間で歩幅と歩行周期を変更する. これらの手法では, 軌道式の形が軌道変更をしない場合と変わらないため, 非常に容易に軌道を変更することができる. 歩幅変更手法を繰り返し用いることで, 横歩きも可能となる. これらの手法を用いることで, 二足歩行ロボットにおける様々な 3 次元軌道が容易に計画できる.

#### 2 frontal 平面における重心の軌道生成法

まず, 線形振子モードの重心軌道を以下に示す.

$$y(t) = y(0)\cos\left(\frac{t}{T_{cy}}\right) + T_{cy}\dot{y}(0)\sin\left(\frac{t}{T_{cy}}\right) \quad (1)$$

$$\dot{y}(t) = -\frac{y(0)}{T_{cy}}\sin\left(\frac{t}{T_{cy}}\right) + \dot{y}(0)\cos\left(\frac{t}{T_{cy}}\right) \quad (2)$$

$y(0)$ ,  $\dot{y}(0)$ ,  $T_{cy}$  はそれぞれ重心の初期位置, 重心の初期速度, 振子の時定数を表す. 線形振子モードでは, 振子の振幅が最大になる点で重心速度が 0 になるので, 重心の初期速度  $\dot{y}(0)$  を 0 とすることで, 重心の初期位置  $y(0)$  を振子の振幅とみなすことができる. ここで,  $y(0)$  を  $y_{amp}$  と置き換える.  $y_{amp}$  は重心の振れ幅を表す. すると, (1) 式と (2) 式はそれぞれ (3) 式と (4) 式のように書き換えることができる.

$$y(t) = y_{amp}\cos\left(\frac{t}{T_{cy}}\right) \quad (3)$$

$$\dot{y}(t) = -\frac{y_{amp}}{T_{cy}}\sin\left(\frac{t}{T_{cy}}\right) \quad (4)$$

これらの簡単な式のみで, frontal 平面における安定な重心軌道を生成することができる. また, 提案手法では重心の振れ幅を任意に設定することができる.

#### 3 歩幅変更法と歩行周期変更法

Fig. 1(a) のように, 重心の振れ幅が最大になる点で仮想支点を移動させることで, 実時間歩幅変更を実現する. Fig. 1(b) のように, 両脚支持期中に仮想支点を連続的に移動させることで, 実時間歩行周期変更を実現する.

#### 4 実験

提案手法を用いた実験の Zero Moment Point (ZMP) の結果を Fig. 2 に示す. ZMP は歩行の安定性の指標である. (a) では軌道変更はしていない. (b) では歩幅変更, (c) では歩行周期変更を行い, (d) では歩幅変更と歩行周期変更を同時に行った.

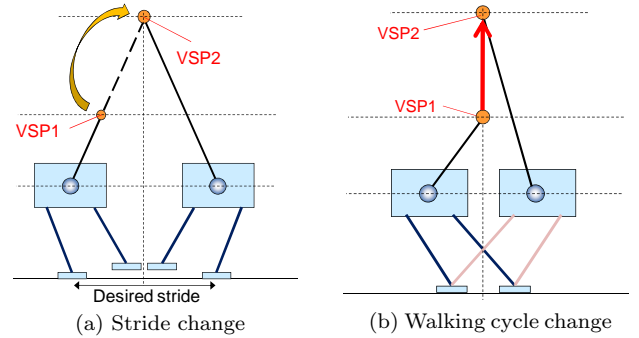


Fig. 1: Modification of Virtual Supporting Point (VSP)

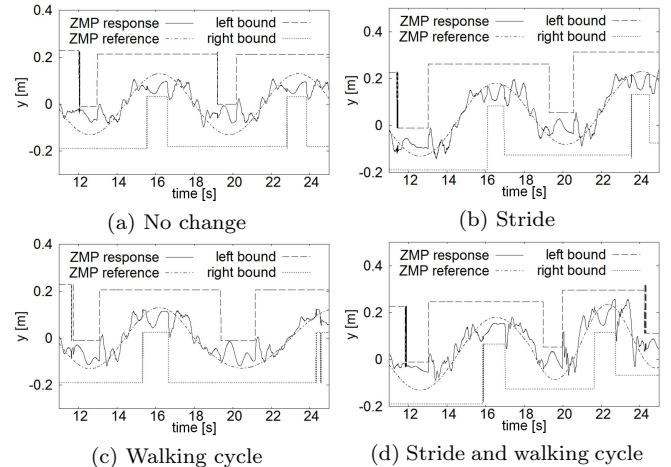


Fig. 2: ZMP results

ZMP が安定範囲内にあり, 安定な歩行が確認できた. よって, 提案手法の有効性が確認できた.

#### 5 結論

線形振子モードを用いた frontal 平面における軌道生成法を提案した. また, 仮想支点を移動させることで歩幅変更と歩行周期変更を実現した. 提案手法では, 片脚支持期と両脚支持期で軌道の切り替えが必要ないため, 非常に容易に軌道を生成できる. 実験により, 提案手法の有効性を確認した.

#### 参考文献

- [1] M. Shibuya, T. Suzuki and K. Ohnishi: "Trajectory Planning of Biped Robot Using Linear Pendulum Mode for Double Support Phase," Proceedings of The 32nd Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society IECON' 06-PARIS, pp. 4094-4099, 2006.
- [2] T. Tsuji and K. Ohnishi: "A Control of Biped Robot which Applies Inverted Pendulum Mode with Virtual Supporting Point," Proceedings of the 2002 IEEE International Workshop on Advanced Motion Control, pp. 478-483, 2002.