

環境情報を考慮した2足歩行ロボットの歩容制御

80121130 伊藤 大樹

指導教員 大西 公平

1 序論

社会の高齢化による代替労働力や医療・介護・福祉分野における労働力需要に応えるものとして、ロボットシステムの利用が期待されている。これまでロボットは産業用として発展して経緯から、その制御は外乱を抑圧した高精度の位置決めを以って制御指標としてきた。しかしながら現今期待されているロボットの活躍の場を勘案するに、これまでロボットが稼動してきた状況との差異は人間を含む環境との接触の有無であることは明らかである。環境からの干渉力を一概に外乱として抑圧することは、環境とシステム自身の双方を危険な状況へと導くであろう。よって、環境への適応を考慮したシステム構成をとる必要がある。

ここで環境適応型ロボットシステムの構成要件は(1)システムの目的とするタスクを遂行する、(2)環境情報を用いて環境との衝突力を制御し、柔軟に結合する、の2点であるといえよう。そこで本論文では2足歩行ロボットを制御対象とし、環境を情報として認識し考慮した制御手法を2点提案する。その前提として、環境情報の分類について述べる。

2 環境の分類

環境は近接環境と遠隔環境に分類される図. 1。遠隔環境の情報はカメラ等の非接触型センサを用いて得られ、これは歩行ロボットでは障害物回避や着地点といった大域的なシステムの運動計画の策定に寄与する。一方近接環境は力センサ等の接触型のセンサにより測定される。近接環境は測定されると同時にシステムに対し直接的かつ迅速に影響を与えるためシステムは測定直後に対応を行わなくてはならず、その情報は重要となる。

表 1: 環境情報の分類

information	Remote	Contact
information class	position	position, force
usage	feedforward	feedback
sensor	camera	force, touch

3 分散処理による環境適応手法

近接環境を複数のモード（環境モード）の集合として認識し、各環境モードに対して分散的に制御を行うことで対処する手法を提案する。システムを構成する各サブシステムはハード的及びソフト的に干渉（結合）しているものと見なされる。ハード結合とはサブシステム間の機構的干渉を、ソフト結合は情報による干渉を意味しており、これらの干渉の情報を用いてサブシステム自身のモーションコントロールを行う。また、ソフト結合は任意に結合状態を設計可能である。この手法により、システムは環境変動に応じたソフト結合状態の設計のみで処理を行うことができ、負荷を分散しつつ柔軟な対応を行うことができるようになる。

歩行アルゴリズムとしては全体を腰、膝、足首からなるサブシステムの集合とみなし、環境との結合状態に応じて両脚期、単脚期、衝突期を設定する。

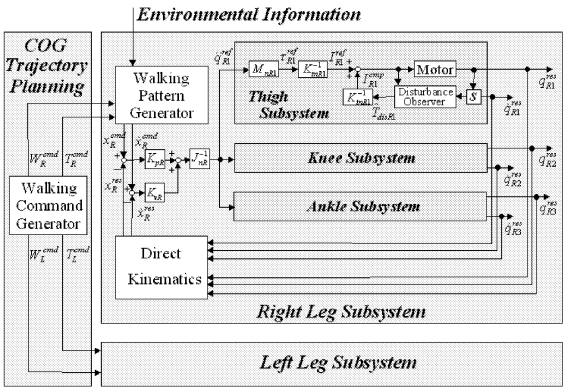


図 1: Double and single support phase.

各期間におけるサブシステムの結合状態を図 1、図 2 に示す。例えば衝突期においてはPitchingモードを遊脚足首サブシステムがコンプライアンス制御を行うことで処理し、Heavingモードを遊脚の腰、膝サブシステムが適切な軌道を計画し処理を行っている。本手法を実機に適用した実験結果を図 3 に示す。

4 着地点情報を考慮した歩容制御法

歩行着地点の位置が既知とし、歩行速度指令が可変の場合の歩容生成手法及び制御法の提案を行う。歩容は重

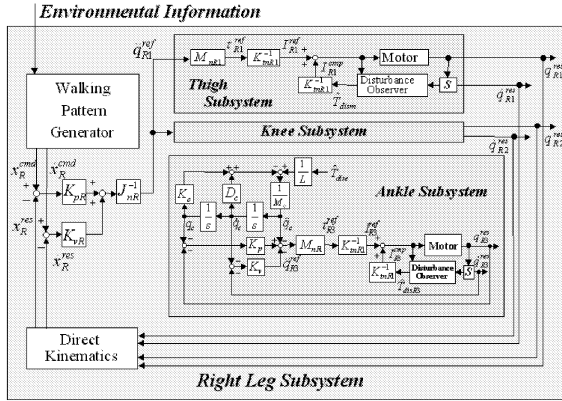


図 2: Contact phase.

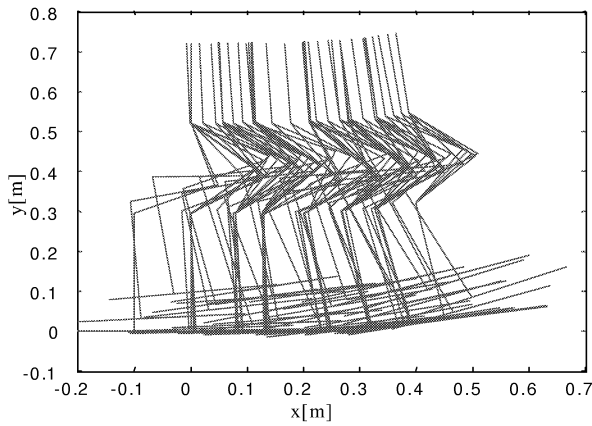


図 3: Walking experiment on variable floor

心軌道及び遊脚先端軌道によって構成される。重心軌道はその低次モードとして倒立振子のモードを有する。本論文では線形倒立振子モードを規範として生成されるが、本モードは歩行速度と歩幅が任意に変更できないため、これを仮想的な入力項を用いて拡張する。拡張された線形倒立振子モードをダイナミクスは式(1)に示す。

$$\ddot{x} = \frac{g}{l_0}x + A \quad (1)$$

ここで g は重力加速度、 l_0 は脚の長さである。式(1)より速度指令及び環境情報から決定される歩幅指令を所望値とする、入力 A の決定問題へと変換される。ここで仮想的なエネルギー関係式(2)を導入する。

$$E = -\frac{1}{2}\frac{g}{l_0}Mx^2 + \frac{1}{2}M\dot{x}^2 \quad (2)$$

これにより、所望エネルギーと現在のエネルギーが計算され、そのエネルギー差を A を用いて補う事とすれば良い。ところで歩行ロボット制御上重要な問題として転倒しないこと、所謂歩行安定性がある。その判別指標として足裏の圧力中心点Z.M.P.(Zero Moment Point)があり、歩行中ZMPが足底範囲内にあり続ければ転倒せずに歩行

できる。 A はZMPと線形の関係にあり、これにより A の設計指針とすることができる。

$$ZMP = -\frac{Al_0}{g \cos \theta} \quad (3)$$

ここで θ は床面傾斜角である。加減速歩行指令がなされた場合でも A がこの範囲内であるならば安定に歩行が継続できる。また、遊脚先端軌道はステップ開始点、中間点、終端点と速度、加速度次元の境界条件を考慮した5次のスプライン関数を用いて生成される。

提案手法を歩行ロボット実機に適用した結果を図4に示す。

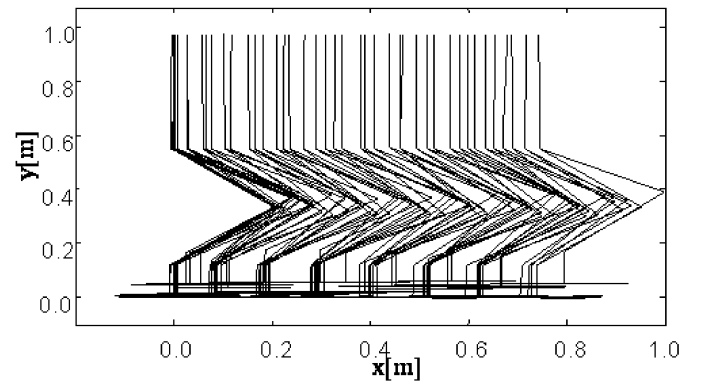


図 4: Stick diagram of walking (experiment)

5 結論

- ロボットの環境適応性獲得を目的として環境情報を考慮した2点の制御手法を提案した
- 環境への適応を分散処理的に行うシステム設計法を歩行ロボットを例に構築した
- 環境情報と歩行ロボットの指令を満たす歩容制御法を提案した
- 提案手法の有効性をシミュレーション及び実機実験により検証した

6 参考文献

- [1]D. ITO, T.Murakami, K.Ohnishi :”An Approach to Generation of Smooth Walking Pattern for Biped Robot”, Proceedings of 7th International Workshop on Advanced Motion Control, pp.98–103, 2002.
- [2]J.Suzuki, D. ITO, T. Kageyama, M. Morisawa, K.Ohnishi :”A Decentralized Real-Time Control for Biped Robot”, Proceedings of 7th International Workshop on Advanced Motion Control, pp.69–73, 2002.