

Subsumption Architectureによる歩行制御

4 J-7

山下将之 山田新一 藤川英司 志田晃一郎
武蔵工業大学

1 序論

これまで、歩行ロボットの多くは運動方程式などの運動モデルを用いて制御されている。しかし、想定されていない外乱への対応が難しいことや制御対象の複雑化による運動モデル構築の困難さといった問題がある。

このような中、自律移動ロボットの設計手法に‘行動に基づいたAI(Behavior-Based AI)’としてMITのBrooksによってサブサンプション・アーキテクチャ(SSA: Subsumption Architecture)が提案された[1]。SSAは、反射動作の積み重ねによってロボットの動作を制御するため、運動モデルを制御に使用しないですむ。

SSAによる歩行では、6足などの安定性の高い歩行で足取りの変化といった歩容は実現されている。しかし、従来おこなわれてきた歩行制御のような、より動的な制御対象をSSAによって実現し評価したものは見られない。

そこで、本研究では4足歩行の運動制御をSSAを用いることによって実現する。AI要素によって運動方程式なしに歩行運動を制御する新しいアプローチの可能性について評価をおこなう。

また、シミュレーションの結果より、SSAにより動的な運動を持つ歩行制御の可能性が見られた。

2 SSA

SSAは、図1のような、優先順位による層構造によって実現される。行動の最小単位となる‘行動モジュール’は、センサなどからの入力を受けて、簡単な動作を発現させる。

また、優先順位を実現する行動モジュール間の連結は、図1に示されるⓈ(抑制)とⓂ(禁止)によってなされる。Ⓢは、より上位の優先順位を

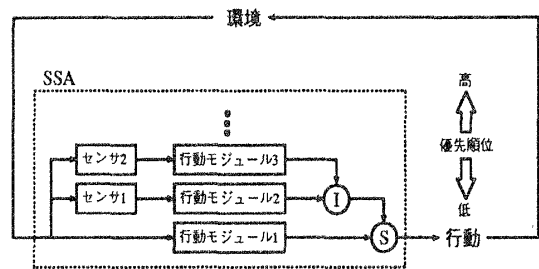


図 1: SSA

持つ行動モジュールからの入力がある場合に、より下位の行動モジュールからの入力を抑えて上位の入力をⓈの出力とする。Ⓜは、より上位の優先順位を持つ行動モジュールからの入力がある場合に、より下位の行動モジュールからの入力を上位の入力で停止させ、Ⓜは出力を持たない。

SSAは、このように並列に動作する各行動モジュールの中から抑制や禁止といった規則によって実際に表面化する行動を決定するというものである。

3 4脚モデル

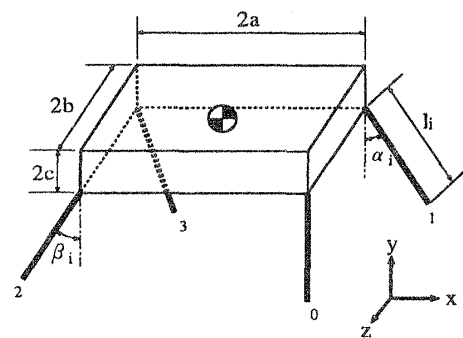


図 2: 4脚ロボットの近似モデル

シミュレーションを行うための4脚ロボットの構成を図2に示す。このモデルではひざ関節の動きによって、脚のつけ根から脚の先端までの長さの脚長 l_i が変化するものとしてモデルの近似を行

なっている。そのため、ひざ関節のトルクは脚長が伸び縮みする力に置き換えて考える。脚のつけ根の関節は、z軸まわりとx軸まわりにトルクを発生する2自由度の関節である。また、胴体の重心にのみ質量をもつ質点系とし、脚は無重量脚とした。さらに、摩擦や弾性力などは考えず、支持脚面は点とした。

4 SSAによる設計

シミュレーションに用いたSSAによる4足歩行構築イメージを図3に示す。図3は、'LegCounter'を除き各脚に対して個々に設定されているものである。'LegCounter'は運ぶ脚の順番を各脚に伝える役目をもつ。

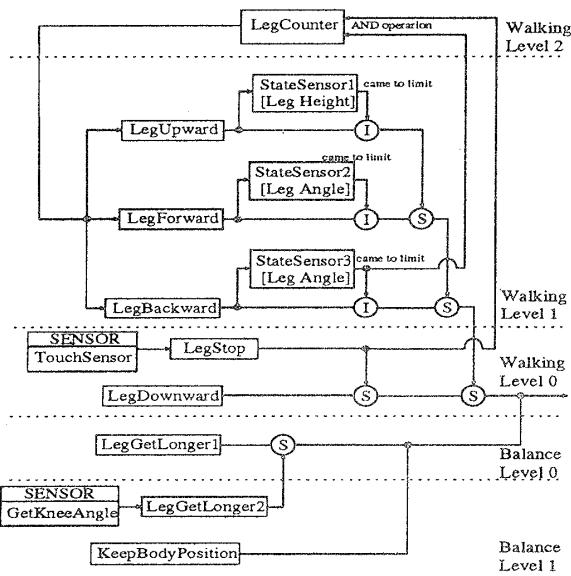


図3: SSAによる設計(1脚分)

'Walking Level 0:脚場構成行動'は、歩行部の基本行動であり脚の先端にある接触センサの反応があるまで、脚を下げる行動。'Walking Level 1:前進行動'は、胴体を前進させる行動。'Walking Level 2:脚番選択行動'は0~3の脚番を発生する。これによって脚を前に出す行動を誘発する。

'Balance Level 0:重力相殺行動'は、バランス部の基本行動であり脚を伸ばす方向に力を出すことで重力を相殺する行動。'Balance Level 1:上体維持行動'は、胴体の状態によって脚を伸ばす力などを2段階に切替える行動である。

5 シミュレーション結果

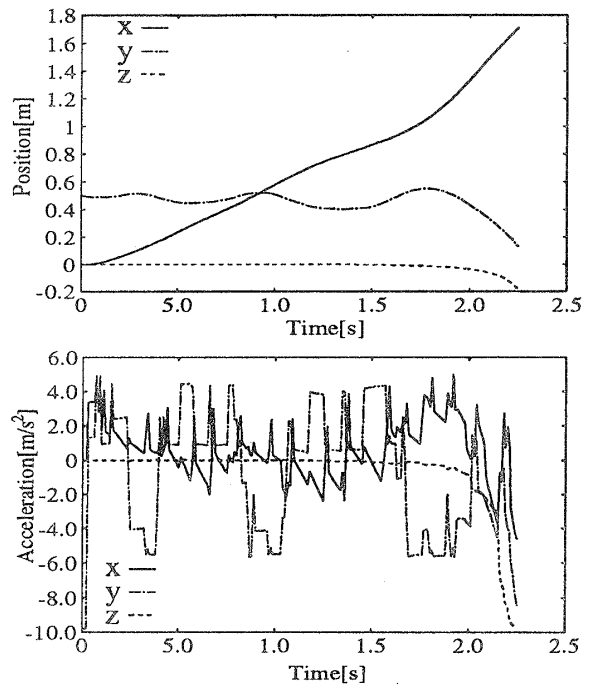


図4: 胴体重心の位置推移(上)と加速度推移(下)

図4(上)に見られるように、歩行運動が実現された。胴体の上下動が見られるが、図3のような簡単な動作の協調によって歩行運動は実現が可能である。また、胴体にかかる作用を示した図4(下)の加速度要素より各作用は断続的に切り替わっていることがわかる。各状況に応じて行動要素が選択され連続的に連なることで協調動作としての歩行運動が実現された。

しかし、2.3秒以降は胴体の動きに脚がついていかず、胴体は降下し脚が伸びきる状態となり歩行が続けられなくなった。

まだ長距離を歩行できないが、動的な胴体の状態を制御できる可能性は十分にあることが確認できた。

参考文献

[1] R. A. Brooks, 五味, 複数の要素行動間の競合・協調により知能ロボットの行動を決める「サブサンクション・アーキテクチャ」, 日経インテリジェントシステム別冊 1992 春号, pp. 152-167, 1991.