

# 博士論文要旨

## 論文題名：CPG に基づくヘビ型ロボットの運動制御

立命館大学大学院理工学研究科  
総合理工学専攻博士課程後期課程

のるざりら びんてい もはまど のあ  
Norzalilah Binti Mohamad Nor

生物の蛇は単純な形態でありながら優れた運動性能を持つ。そのため、蛇特有の運動をロボットで実現するための制御系が数多く考案されてきた。本研究では、生体内の神経系に存在する中枢パターン発生器 (CPG: Central Pattern Generator) に基づいたヘビ型ロボットの新しい制御方法を提案した。本手法では、位相振動子で構成される動的システムを基に、連結非線形振動子や神経子ネットワーク等の単純な神経構造で周期的なパターンを作り出している。この周期的な動作パターンは、位相振動子の制御パラメータを変えることによって、ヘビ型ロボットの蛇行運動の制御にも応用することができる。これにより、ヘビ型ロボットの前進・後退のような動作や体形の S 形状数の変更などが可能になる。本論文では、CPG ネットワークの位相同期を行うために、安定性解析と振動子のフィードバック結合についても議論している。導入する CPG ネットワークは構造が単純で計算量が少なく、収束速度も早い、等の扱いやすい特徴を有しており、その挙動がリミットサイクルとなっている。その他にも、1つの制御変数のみに基づいて運動制御を行い、ヘビ型ロボットの蛇行運動を実現した。

本論文では、ヘビ型ロボットの体形制御のための解析も行っている。この制御は、トンネルや配管、溝等のような狭隘環境において有効である。ヘビ型ロボットの幅は CPG パラメータを変えることで制御できる。しかし、移動中に CPG パラメータを変更すると、ロボットの体形が不連続な変化を生じ、動作が不安定になってしまう。そこで本論文では、CPG パラメータの変化を連続な線形関数で補間してロボットの体形制御に用いる手法を提案した。これにより、不連続な CPG 出力が無くなり、オンラインで CPG パラメータを変更することができる。本手法の有用性を、計算機シミュレーション実験及びトルク解析を用いて検証した。

さらに本論文では、ヘビ型ロボットが障害物を回避する回転運動制御法、及びヘビ型ロボットが狭隘環境を移動し続けても適切な進行方向を保てる直線運動制御法を述べている。これらの手法も CPG モデルに基づいて実現されている。特にヘビ型ロボットの直線運動の維持は従来の制御方法でも可能であるが、制御パラメータをオンラインで変更すると計画運動軌道から大きく外れていく問題があった。提案方法を用いると、ロボットが狭隘環境を移動している間、その進行方向が保たれる。提案方法の妥当性と有効性についても計算機シミュレーション実験及び実機実験を用いて検証した。