

## 論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨の公表

学位規則第 8 条に基づき、論文の内容の要旨及び論文審査の結果の要旨を公表する。

○氏名	呉 暁東 (うー しゃおどん)
○学位の種類	博士 (工学)
○授与番号	甲 第 765 号
○授与年月日	2011 年 9 月 25 日
○学位授与の要件	本学学位規程第 18 条第 1 項 学位規則第 4 条第 1 項
○学位論文の題名	CPG-based Neural Controller for Serpentine Locomotion of Snake-like Robot (運動神経系に基づく蛇型ロボットの蛇行運動制御方法に関する研究)
○審査委員	(主査) 馬 書根 (立命館大学理工学部教授) 牧川 方昭 (立命館大学理工学部教授) 川村 貞夫 (立命館大学理工学部教授)

### <論文の内容の要旨>

本研究は蛇型ロボットのための、中枢パターン生成器“CPG (Central Pattern Generator)”に基づく蛇行運動制御方法の提案を行う。提案する蛇行運動制御法は蛇型ロボットに内蔵したCPGユニット間の相互作用とセンシングした外部環境情報を融合させ、蛇のような環境適応能力を有する周期くねり運動を実現するものである。本論文では、まず非線形神経振動子モデルによるCPGユニット及びそのネットワークの解析を行い、係数パラメータとその周期出力との間に数学的な線形関係が存在することを明らかにした。その結果、蛇型ロボットの目標蛇行運動がCPGネットワークの係数パラメータの単純調整によって簡単に実現された。

また、非線形神経振動子モデルに基づく蛇行運動制御法は体の動きに対応した感覚情報を正確に組み合わせることで、必然的に複雑な環境情報を必要としない蛇型ロボットの自律適応動作の生成が可能となる。本論文では、障害物等のセンシング信号を融合したCPGネットワークの適応制御性能を分析し、蛇型ロボットの蛇行動作制御に障害物等の環境情報を融合させた上、最適な環境適応運動姿勢が生成できることを計算機シミュレーションと実機実験により検証した。その結果、CPGネットワークの多入力への柔軟対応により、蛇型ロボットの俊敏な反射動作を可能にした。

### <論文審査の結果の要旨>

本論文の貢献は以下の通りである。

- 閉ループ CPG ネットワークの導入により、より安定でリズムカルな信号出力が可能で、蛇型ロボットの蛇行運動振幅と移動速度だけでなく体形の S 形状数も簡単に調節可能な、非線形神経振動子モデルに基づく蛇行運動制御法を提案した。
- CPG ユニット及びそのネットワークを解析し、係数パラメータとその周期出力（上位中枢からの駆動入力と周期出力の振幅、膜電位及び疲労の時定数と周期出力の位相差）の間に、線形的に関係していることを明らかにした。なお、これらの係数パラメータを調節することで環境適応蛇行運動を誘導し、旋回運動も実現した。
- 蛇型ロボットの蛇行回転運動を振幅調節により制御する数学モデル、及びその頭部姿勢制御を実現する数学モデルに基づいて、センシングした環境情報を処理する神経振動子モデルネットワークを、蛇型ロボットの蛇行運動制御を行う CPG ネットワークに融合させ、自律的な障害物回避運動が実現できた。

本論文の審査に関して、2011年7月30日（土）13時00分～14時30分 機械システム系演習室において公聴会を開催し、申請者による論文要旨の説明の後、審査委員は学位申請者 呉暁東氏に対する口頭試問を行った。各審査委員および公聴会参加者より、非線形神経振動子パラメータの値の適切さや、従来の手法と比較した場合の提案手法の優位性や、実証のために構築したロボットシステムなどについて質問がなされたが、いずれの質問に対しても申請者の回答は適切なものであった。よって、以上の論文審査と公聴会での口頭試問結果を踏まえ、本論文は博士の学位に値する論文であると判断した。

#### <試験または学力確認の結果の要旨>

本論文の主査は、本論文提出者と本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在学期間中に、研究指導を通じ、日常的に研究討論を行ってきた。また、本論文提出後、主査および副査はそれぞれの立場から論文の内容について評価を行った。

本論文提出者は、本学学位規程第18条第1項該当者であり、論文内容および公聴会での質疑応答を通して、本論文提出者が十分な学識を有し、課程博士学位に相応しい学力を有していると確認した。また、学位申請者は、2011年6月開催の国際会議 IEEE ICIA2011で研究発表した論文が最優秀論文賞にノミネートされたなど、学外からも評価されている。

以上の諸点を総合し、本論文提出者に対し、「博士（工学 立命館大学）」の学位を授与することを適当と判断する。