

審 査 の 結 果 の 要 旨

論文提出者氏名

関口 暁宣

本論文は「非線形力学構造を用いたロボットの行動制御に関する研究」と題し、6章からなっている。

生体の脳・神経系においてはカオスなどの非線形力学現象が見られ、周期軌道からカオス軌道への遷移、周期軌道への引き込みやカオス同期といった力学現象が学習や記憶、連想、意識などの機能と結び付いているのではないかと考えられている。一方で、ロボットの行動知能といわれる分野では知能に果たす身体役割が重視されるようになってきている。本論文は、非線形力学現象を情報処理計算として利用することで、身体力学系と情報処理系が密接に結びついた知能ロボットを構成するという立場から行った研究の成果をまとめたものである。

第1章は「序論」であり、本研究の背景となるロボットの行動知能、生体系の非線形力学現象、カオスとその応用、引き込み現象、およびそれらの応用などの各分野の研究をサーベイし、本研究で目指す方向を述べている。

第2章は「カオティック移動ロボット」について述べている。ここではカオスをロボットの行動制御に積極的に応用することを提案し、移動ロボットに非線形力学構造を導入しカオス的な運動を行わせる方法を開発し、実験によって有効性を検証している。カオティック移動ロボットは、カオスの位相推移性によってあらかじめ環境情報や運動計画を持たなくても環境全体を動き回ることができ、パトロールロボットや掃除ロボットに応用することができるとしている。ここでは非線形力学系のモデルとして非圧縮性完全流体の3次元トーラス空間での定常階を表すArnold方程式をロボットの運動方程式と組み合わせることによって多様な挙動を発現させている。Arnold方程式は、移動ロボットの運動方程式と類似した数理構造をもち、比較的単純な三角関数で表され係数と初期値の設定によって周期解からカオス的な挙動まで多様な挙動を持つことが特徴である。

第3章は「Arnold方程式の軌道引き込みを利用したロボットの情報処理」と題して、移動ロボットだけではない一般のロボットの行動制御の問題に力学系の引き込み現象を利用する方法について述べている。2つのArnold方程式系をセンサ系とモータ系とすることによってセンサリモータ系を構成し、ロボットの行動認識や行動生成を実現した。

第4章は「Arnold方程式相互結合系の同期を用いたロボットの行動制御」と題し、第3章で構成したセンサリモータ系を用いて、さらに同期制御によるロボットの情報処理を論じている。従来から神経振動子モデルを用いて四足あるいは二足の歩行制御を行い、引き込みを議論した研究があったが、本章では同期現象をArnold方程式の関数構造を利用することによって、同期系を利用した情報処理の設計法を確立したことが成果である。

第5章では「複数のArnold方程式相互結合系の相互作用を用いたロボットの行動制御」として、第3章、第4章で提案した、力学的引き込み、同期を用いて上半身人間型で車輪移動式のロボットの全身行動生成の問題として実装し、実験を行った結果を述べている。複数のセンサ系、モータ系相互結合系全体の相互作用によって全身の関節やモータを協調させた多様な運動が生成可能との結論を得ている。

第6章は「結論」であり、以上の結果を要約したものである。

以上を要するに、本論文は、Arnold方程式を中心にした非線形力学系を情報処理の機構として採用することにより、周期軌道からカオス軌道への遷移、周期軌道への引き込みや同期といった力学現象を知能の計算機構として利用することを提案したもので、知能発現の問題とロボットの力学運動を統一的に扱う枠組みを与えたものである。これによってロボットの行動発現という知能の問題を力学的に設計する方法論の基礎を確立したもので、機械工学ならびにロボティクスに寄与するところが大きい。

よって、本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。