

氏名	小島 一恭
授与した学位	博士
専攻分野の名称	工学
学位授与番号	博乙第4457号
学位授与の日付	平成28年 3月25日
学位授与の要件	博士の論文提出者 (学位規則第5条第2項該当)
学位論文の題目	進化計算を用いた空気調和装置の制御器最適設計に関する研究
論文審査委員	教授 船曳 信生 教授 渡邊 桂吾 教授 平田 健太郎

学位論文内容の要旨

本論文では、進化計算を応用して、(1) MPU が導入された組込みシステムの制御プログラムを自動生成する方法、(2) 制御器に Field Programmable Gate Array (FPGA) や Complex Programmable Logic Device (CPLD) を利用したシステムにおいて、その制御回路を記述するハードウェア記述言語 (Hardware Description Language: HDL) を自動生成する方法を述べる。また、進化計算に不可欠な制御対象のシステムのモデル化についても提案する。制御対象として空気調和装置をとりあげ、以下の構成に従って、進化計算を用いた制御器最適設計に関する研究成果の報告を行う。

まず、1章では本研究の背景と目的を示す。次に、2章では進化計算の概略を述べるとともに、本論文で取り扱う制御器の基本事項を述べる。また、制御器設計への進化計算応用の概要について触れる。

3章、4章では、進化計算の枠組みで使用するモデル化手法について検討する。進化計算では解候補となる制御プログラムや制御回路を計算機上のシミュレーションを行うことで評価し、適応度を計算する。適応度計算は繰返し行われるため、制御器設計支援を鑑みると計算の厳密さや精度よりはむしろ計算負荷の低減が求められる。この要求を満たすモデル化手法として、3章ではグラフ理論を用いた熱流体系の解析手法、4章ではニューラルネットを用いた空気調和装置のモデル化手法について詳述する。

3章のグラフ理論を用いた熱流体系の解析手法では、対象とする系をブロック単位で構成されるものとし、そのブロック毎の接続を枝なる概念で結び、系全体の特性を誘導する。枝にはブロックの属性を付帯させ、ブロックの特性方程式の変数 (通過変数および横断変数) を勘案して特徴づける。本研究では熱系の通過変数を熱量、横断変数を温度、流体系の通過変数を運動量、横断変数を速度と選択し、グラフの構成方法ならびにカットセット行列の導出方法を新たに提案する。そこから導きだされる結果と有限要素法により導かれる結果とを比較し、その妥当性を示す。

4章のニューラルネットを用いた空気調和装置のモデル化では、自動車に搭載されている既存のセンサの情報から車室内の快適度を推定し、この値に基づいて車室内快適度を制御する方法を検討する。制御シーケンスに応じた車室内の PMV 値を実験的に求め、それを教師データとして誤差逆伝播法によりニューラルネットの学習を行う。実機を用いた実験から、本推定方法が有効であることを確認する。

5章、6章では、制御プログラム、制御回路を適切に表現できるように、多重リスト構造をもつ独自の染色体を提案する。進化計算を応用して制御器を自動生成する枠組みでは、自動生成する制御器を表現する染色体とよばれるデータ構造と、その染色体が表現する制御器の適応度を計算する評価関数を定義する必要がある。また、進化計算の交叉および突然変異の演算によりプログラムに矛盾が生じ、破綻することがないようにするための染色体構造と遺伝子操作への制限について述べる。さらに、制御器のロバスト性の解決のために適応度計算に不規則性を取入れた手法を提案する。実験と計算により本手法の有用性を示す。

最後に7章では、本研究のまとめを行い、今後の課題について述べる。制御器の適応度計算のために新たにシステム毎のモデル化が必要であることや、使用状況を想定したシミュレーションが必要であること、自動生成された制御器の信頼性の問題などを示し、今後の展望を示す。

論文審査結果の要旨

本論文では、空気調和装置を制御対象として、進化計算の応用による、(1)MPU が導入された組込みシステムの制御プログラムの自動生成方法、および、(2) 制御器にField Programmable Gate Array (FPGA) やComplex Programmable Logic Device (CPLD) を利用したシステムでの制御回路を記述するハードウェア記述言語 (Hardware Description Language: HDL) の自動生成方法を提案した。また、進化計算に不可欠な制御対象のシステムのモデル化についても提案した

まず、進化計算の枠組みで使用するモデル化手法について検討した。進化計算では解候補となる制御プログラムや制御回路を計算機上のシミュレーションを行うことで評価し、適応度を計算する。適応度計算は繰り返し行われるため、制御器設計支援を鑑みると計算の厳密さや精度よりは計算負荷の低減が求められる。この要求を満たすモデル化手法として、グラフ理論を用いた熱流体系の解析手法、ニューラルネットを用いた空気調和装置のモデル化手法について提案した。

次に、進化計算を応用して制御器を自動生成する枠組みでは、自動生成する制御器を表現する染色体とよばれるデータ構造と、その染色体が表現する制御器の適応度を計算する評価関数を定義する必要があるが、本論文では、制御プログラムや制御回路を適切に表現できるように、多重リスト構造をもつ独自の染色体を提案した。また、進化計算の交叉および突然変異の演算によりプログラムに矛盾が生じ、破綻することがないようにするための染色体構造と遺伝子操作への制限を明らかにした。さらに、制御器のロバスト性の解決のために適応度計算に不規則性を取入れた手法を提案した。実験と計算により本手法の有用性を示した。

最後に、今後の課題として、制御器の適応度計算のために新たにシステム毎のモデル化が必要であること、使用状況を想定したシミュレーションが必要であること、自動生成された制御器の信頼性の問題などを示した。

以上より、本論文では、進化計算を用いた空気調和装置の制御器最適設計に関して、特筆すべき成果を挙げており、博士（工学）の学位に値すると判定する。