

論 文 要 旨

Abstract

論 文 題 目

Title **Advanced Soft Computing in Model-based Control, Signal Processing and Optimization**

モデルベースに基づく制御, 信号処理, 最適化の高度ソフトコンピューティング応用に関する研究

During the last few decades, the immense growth of computing power has made several computational methods become popular in research and industry. In particular, an increasing amount of research has been devoted to the applications of Soft Computing to pervasive areas. Control systems engineering, signal processing, and optimization are among the fields that have remarkably benefited the development of Soft Computing.

This dissertation presents different applications of Soft Computing, therein much effort has been made to enhance the performance of control/signal processing systems regarding to optimization performance, robustness, and adaptability. To produce feasible systems, our attention is primarily paid to four trends: (i) improving evolutionary (EAs) for better optimization performance, (ii) constructing efficient controllers/processors, (ii) proposing suitable schemes for specific problems, and (iv) combining Soft Computing with signal processing.

As the result, in the aspect of optimization with much attempt to improve EAs, two advanced genetic algorithms (GAs) have been introduced, one being the momentum GA and the other an adaptive version. For the studies of control engineering, several mechanical underactuated/nonholonomic systems have been considered. This class of systems have attracted much research in literature, however, the control problems of such systems under constraints and external disturbance or unobservable states have not addressed adequately. The first object in our studies was a two-wheel vehicle. A generic neurocontrol (NC) system was used, where the attention was paid to the improvements of both NC and GA. The second object, the Acrobot, has appeared to be interesting but challenging and required particular control strategies to handle the problem. An analysis from it then led to an adaptive GA. Subsequently, a study with a four-wheel mobile robot and the rotary crane has proved the potential of improving a control system by enhancing the controller which is a hybrid of a classical controller and an NN. Another issue of a control system is its performance against variations, which was then addressed by the proposals of an online adaptive control and state estimation. Herein, the signal processing knowledge was applied in the estimation techniques. The application of Soft Computing in combination with signal processing was then extended to our new research direction of active noise control. Two real-world problems are considered, the engine and traffic noise reductions.

Name Duong Chau Sam


(様式第5-2号)課程博士


平成23年8月8日


琉球大学大学院


理工学研究科長 殿

論文審査委員

主査 氏名 金城 寛  印

副査 氏名 千住 智信  印

副査 氏名 倉田 耕治  印

副査 氏名 山本 哲彦  印

学位（博士）論文審査及び最終試験の終了報告書

学位（博士）の申請に対し、学位論文の審査及び最終試験を終了したので、下記のとおり報告します。

記

申請者	専攻名：総合知能工学専攻 氏名：Duong Chau Sam 学籍番号：088660C	
指導教員	金城 寛	
成績評価	学位論文 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格	最終試験 <input checked="" type="radio"/> 合格 <input type="radio"/> 不合格
論文題目	Advanced Soft Computing in Model-based Control, Signal Processing and Optimization (モデルベースに基づく制御，信号処理，最適化の高度ソフトコンピューティング応用に関する研究)	
審査要旨（2000字以内）	本論文は、モデルに基づく制御と信号処理および最適化に関するソフトコンピューティングの応用に関する研究をまとめたものである。非線形系の機械システムのうち、いわゆる非ホロミック系と呼ばれる系は制御系の設計が特に困難な対象として知られている。このような系に対しては、従来法として制御対象に Chained form という特別な変換を施して制御系を設計する方法が主流である。しかし、Chained form の変換には特異点が存在し制御不可能な状態が存在するとい	

(次頁へ続く)

う欠点がある。われわれ人間は日常的に非ホロノミック系の機械を操作・運転しているが、そこでは状態に関する特異点など存在しない。そこで本論文では、高等生物の学習機能を模擬したソフトコンピューティングの手法を応用して非ホロノミック系の機械システムを制御する方法を提案する。その際に、ソフトコンピューティングに関する最適化法を多数提案する。最後にソフトコンピューティングを用いた動的ノイズ除去法の提案を行う。

ソフトコンピューティングの手法としてGA（遺伝的アルゴリズム）が非常に有名である。一般にGAでは親個体の遺伝子から子個体の遺伝子を作成し、競合によって環境に適合する個体を残すという戦略をとる。本論文ではニューロ制御器を個体、その結合重みを遺伝子ととらえ、進化的にニューロ制御器が希望する制御性能を持つように結合重みを更新させる。このとき、進化によるニューロ制御器の最適化を促進させるために慣性子孫という新たな遺伝子の生成法を提案している。実験により、従来の交叉による子の遺伝子に加え、最適解へ向かう方向に慣性子孫を挿入することで制御器の進化性能が向上することが確かめられた。さらにGAに用いるニューロ制御器の集団の多様性を保持するため、ニューロ制御器の最良評価値と集団平均値の比に基づく突然変異率の変更アルゴリズムを提案している。また、ニューラルネットの活性度関数として、正弦(sin)関数を用いるシヌソイドニューラルネットを提案し、従来のシグモイド関数を用いるニューラルネットと比較して良好な進化性能を有することを確認している。これらのソフトコンピューティングの改良を、非ホロノミック機械系のニューロ制御器設計法へ適用し良好な結果を確認している。適用した機械系は、非ホロノミック系として典型的な二輪車および制御系設計が困難なアクロバットシステムである。

つぎに、ソフトコンピューティングの手法を用いた従来法の制御性能の改善法を提案している。非線形制御の一つの方法としてDGDC（直接勾配降下制御）法がある。これは制御器を適当な線形近似の微分方程式で記述し、システムの誤差関数が最小値に向かう方向へ制御器のパラメータや初期値を設計する方法である。線形微分方程式を用いる従来のDGDC法に対して、本論文では、ニューラルネットで補正する方法を提案している。このとき、設計変数の数はニューラルネットの結合重みも加わるため従来法と比べて増加するものの、PSO（粒子群最適化）を用いる探索法を適用することで、従来法よりも制御系の設計が良好に進むことが確認された。制御対象は四輪自動車、旋回クレーンの非ホロノミック系である。

これまでは事前にニューロ制御器を設計し対象へ適用するのみであったが、本論文では外乱が付加された場合における非ホロノミック系のオンライン設計法を提案している。これはニューロ制御器を用い、対象を制御中に外乱が入ったと見なされる場合、数秒先の対象の状態を予測し、制御との並列処理で予測状態を初期値としたニューロ制御器を設計し、当該時刻に達した時点で制御器を切り換えるという方法である。制御対象に旋回クレーンを用い、設計法にGAを用い、GAによる進化設計が迅速に行えるという条件下で、外乱に対するオンライン制御が可能になることを示している。

最後にソフトコンピューティングを用いた制御系設計法を動的ノイズ除去法に適用している。ここでは信号予測に重要な信号モデルを、線形系のMAモデルから非線形系のニューラルネットへ変更することで予測精度が向上することを利用して、シミュレーション実験としてエンジン音や交通雑音のノイズ除去を行い、良好な結果が得られている。

提出された論文はソフトコンピューティングの制御系への応用の学位論文として十分な内容を有している。よって学位論文の審査結果は合格とする。また、申請者は最終発表会として2011年8月8日に行われた公聴会においても質疑に答え、専門分野および関連分野の十分な知識を有すると認められたので最終試験も合格とする。