

氏名	阿部 快洋
授与した学位	博士
専攻分野の名称	工学
学位授与番号	博甲第3882号
学位授与の日付	平成21年 3月25日
学位授与の要件	自然科学研究科 産業創成工学専攻 (学位規則第5条第1項該当)
学位論文の題目	プラント制御支援のための人間モデルと知識獲得に関する基礎研究
論文審査委員	教授 小西 正躬 教授 村瀬 暁 教授 高橋 則雄

学位論文内容の要旨

現在、鉄鋼、化学、石油など多くの製造業の現場では、2007年問題から引き続く、熟練者の大量退職、それに伴う後継者への技術伝承の困難化の懸念が高まっている。製造現場におけるプラント制御の完全自動化は実現不可能であり、オペレータの介在が避けられない。現在、製造現場では高水準で安定した生産性を維持し発展させるため、個々の熟練者が培ってきた知識や技能をいかに後継者に伝承するか、あるいは、専門的な知識や技能を形式知として具体化するかが重大な課題となっている。

すなわち、熟練者がプラント制御系の診断や調整の作業をおこなう作業を代替する技術や、非熟練者を支援し育成を促進する技術へのニーズが強まっている。一方、高度化が進んでいるプラント制御系には、各種のセンサーが多数設置されており、情報ネットワークを介して多種多様なデータを大量に取得することが可能となっている。しかし、日々蓄積されてきた豊富なデータを十分に利用できていないのが現状である。

このような製造現場の現状と課題を踏まえて、本研究では熟練者が有する柔軟な判断と高度な調整作業を代替する技術と人間作業を支援する技術と非熟練者を育成する技術の開発を目的とした。

まず、プラント特性が解明されていないか、部分的にしか分かっていないケースについて、人間がプラント特性の良否を判定し必要に応じてプラント制御装置の調整を行う作業の代替技術を提案した。まず、操業データを用いてプラントの出力を予測するニューロエミュレーション技術について検討した。つぎに、リカレント型ニューラルネット (RNN) モデルを用いて、作業によるプラント制御系のパラメータ調整を自動化する方法を提案した。

つぎに、プラント制御特性を診断し制御ゲインなどプラント制御のパラメータを調節する人間知識のモデル化について述べた。すなわち、蓄積されたプラント制御に関わる操業データを分析して人間の調整知識を獲得し整理する方法として、ファジィクラシファイアシステムをベースとした制御パラメータ調整のための知識獲得システムを検討した。

さらに、プラント運用における人間の作業を支援するシステムについて説明した。プラント運用においては、人間が介在して操業状態を監視し必要に応じた調整作業をおこなっている。本研究では、エージェント技術を用いて人間の作業を支援する仕組みを提案した。エージェントには独自の評価に基づいて判断し人間に助言する機能を持たせることができる。診断、推定および調整といったそれぞれ機能を有する複数のエージェントシステムについてその構成方法を述べた。

最後に、提案したプラント制御の操作および調整支援システムの実用性を確認した。まず、プラント PID 制御ゲインの調整支援機能については、熱延ルーパー制御系と石油精製や化学工業プラントにおける流量制御系や温度制御系を適用対象として取り上げて、実験データにより提案した支援システムの有効性を述べた。次に、プラント制御パラメータの調整に関わる知識獲得支援技術については、熱間タンデム圧延機のスタンド間ルーパー制御を取り上げ、操業条件とルーパー挙動の関係を記述する知識モデルを構築し提案技術の有効性を確認した。

本研究で提案したプラント特性の同定やプラント制御系のパラメータ調整法、および蓄積された操業データから運転知識の抽出を行う知識獲得技術は、各種の化学プラントや製鉄機械に適用してその実用性が確認されている。このことから、今後広く各分野での応用ができると考えている。

論文審査結果の要旨

本論文では、熟練者が有する柔軟な判断と高度な調整作業を代替する技術と人間作業の支援技術の開発を目的としている。まず、プラント特性が解明されていないか、部分的にしか分かっていないケースについて、プラント特性の良否を判定し制御装置の調整を行う人間作業の代替技術を研究した。

すなわち、プラントの出力を予測するニューロエミュレーション技術とリカレント型ニューラルネットワーク (RNN) モデルを用いて、プラント制御系のパラメータ調整を自動化する方法を提案した。

つぎに、プラント制御特性を診断しプラント制御のパラメータを調節する人間知識のモデル化について提案した。すなわち、蓄積された操業データを分析して人間の調整知識を獲得し整理する方法として、ファジィクラシファイアシステムによる知識獲得システムを提案した。

さらに、プラント運用における人間の作業を支援するシステムを提案した。本研究では、エージェント技術を用いて人間の作業を支援するため、エージェントに独自の評価に基づいて判断し人間に助言する機能を持たせ、診断、推定および調整といったそれぞれ機能を有するエージェントシステムの構成方法を述べた。

これらの提案は、プラント制御の操作および調整支援システムに適用して実用性を確認した。すなわち、熱延ルーパー制御系と石油精製や化学プラントにおける流量制御系や温度制御系に適用し、実験データにより提案法の効果を確認するとともに、熱間タンデム圧延機のスタンド間ルーパー制御について、操業条件とルーパー挙動の関係の記述する知識モデルを構築し提案技術の有効性を確認した。

以上のように、本論文で提案した人間の判断機能を人工的に実現するシステムは、化学プラントや製鉄機械に適用してその実用性が確認されている。また、学術的成果も評価され、査読付き学術論文誌に3編の論文として採録されている。よって、本論文は博士(工学)の学位に値する。