



インテリジェントシステムのプラント制御への応用に関する研究

宮本, 裕一

(Degree)

博士 (工学)

(Date of Degree)

1996-09-18

(Date of Publication)

2015-02-09

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

乙2076

(JaLCD0I)

<https://doi.org/10.11501/3129839>

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D2002076>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



氏名・(本籍)	宮本裕一 (兵庫県)
博士の専攻分野の名称	博士(工学)
学位記番号	博ろ第148号
学位授与の要件	学位規則第4条第2項該当
学位授与の日付	平成8年9月18日
学位論文題目	インテリジェントシステムのプラント制御への応用に関する研究

審査委員	主査 教授 高森 年
	教授 赤澤 堅造 教授 北村 新三

論文内容の要旨

産業システムへの要求の多様化と大規模化、複雑化に伴い、プラント制御分野にも環境や制御目的の変化に応じて制御対象範囲の拡大、人間が特長とする予測、適応能力を取り入れる柔軟性などの問題解決能力の高度化が求められている。

本論文では、これらの課題に対して、ファジィ、AI、ニューラルネットワーク、遺伝的アルゴリズム、すなわち、FANGシステムの応用により、プラント制御のインテリジェント化を図った。

FANGシステムのプラント制御における従来のシーケンス制御やフィードバック制御との大きな相違点は、問題を記述する方法論が異なる点にある。すなわち、従来技術がペトリネットやラダー表現と微分方程式によるダイナミクス表現が基本であったのに対して、FANGシステムでは、ファジィ論理、クリस्प述語論理などの記述言語で表現し、操作、計算過程を包含する。これにより、制御対象範囲が拡大し、また、人間の思考を取り入れることができ、産業システムにとり有用となる。しかし、FANGシステムの歴史は未だ浅く、その有用性を拡大して行こうとすると、実際に現場への適用を図り、そこから得られた課題を克服して行くアプローチが有効である。

本論文では、ごみ焼却炉や石炭ガス生成炉などの熱プラント、製鉄所コイル搬送台車などの物流プラントを対象としてFANGシステムを適用し、各々の対象にて有用性と問題点を明確としてインテリジェントシステムのプラント制御への応用方法論を確立することを目標とした。

第2章では、プラント制御におけるFANGシステムを中心としたインテリジェントシステムの必要性について述べ、有効なインテリジェントシステムの特長と課題について言及した。また、FANGシステム相互の関連について、定量性、論理性の観点から位置づけを行った。

第3章では、熱プラントにおける悪構造問題の特徴と課題を分析し、悪構造問題を解決するのに有用なファジィシステム構築について述べた。熱プラントの設計段階での数式群と経験に基づいた現場ノウハウを融合させてファジィルールを構築する手法を提案した。すなわち、設計数式群をファジィシステムの基本ルール、セル構造の決定に展開し、ノウハウルール群を基本ルール群に付加させてより有用なものとする手法である。非線形性や非定常性が強い悪構造問題である流動床ごみ焼却炉、石

炭部分燃焼炉の熱プラント分野での実問題に適用し、その有用性を示した。

第4章では、故障診断、運転支援、スケジューリングの分野でのエキスパートシステムのプラント制御への応用に関して述べた。専門知識表現や現場ノウハウは言語表現されるのが通常である。エキスパートシステムは、こうした言語表現知識をコンピュータ上にて活用することを可能とする。エキスパートシステム実用化における重要課題である知識獲得の問題については、設計段階で実施する信頼性解析を拡張して、知識ベースを生成する手法と不具合データベースから知識ベースを生成する手法を提案し、その両手法を航空機の診断システムに適用し、有効なことを示した。また、物流プラントの搬送問題を干渉回避の条件を制約条件とする制約充足問題として定式化し、エキスパートシステムにより近似解を求める手法を提案した。閉ループ搬送系を対象に、割り当て問題、運行決定問題として、全搬送車の走行時間の最小化という目的関数のもとに離散値シミュレーションにより、従来の割り付け手法と比較して効率の良い搬送が行えることを示した。最適化問題はコンピュータを活用したシステム制御分野でも最重要課題であるが、本論文では問題規模に応じた手法として、実時間性を要求するスケジューリング問題には制約指向のヒューリスティクスを表現できる計画型エキスパートシステムが有効であることを示した。さらに、エキスパートシステム構築ツールとして開発したKawasaki Inference System (KIS)を、機械装置の故障診断やプラントの運転支援の分野で実用化し、AIがプラント制御への応用に有用であることを示した。

第5章では、ニューラルネットワークによる画像、プロセス信号融合とその熱プラントへの応用について述べた。検査、診断分野では、識別機能のインテリジェント化への要求がある。特に、教示学習による記憶・識別機能の自動手順確立に対して要請が強い。本論文では、ニューラルネットワークを用いてこれを実現し、画像信号と温度などのプロセス信号との融合による燃焼判断、パターン識別に実時間問題として適用し有用性を示した。

第6章では、遺伝的アルゴリズムによる組合せ最適化とその熱プラントへの応用について述べた。熱プラントの動特性シミュレーションでは、モデルを表現するパラメータの数は膨大であり、その調整の自動化に対する要請が強い。パラメータ調整などの繰り返し計算を要求される最適化問題では遺伝的アルゴリズムGAの適用が有用であり、パラメータ探索における組合せ爆発や局所解におちいることを防止することができる利点がある。本論文では、電力プラントのNOX動特性解析シミュレーションに適用し、GAによる自動パラメータ探索が可能なことを示した。

第7章では、本論文を総括し、研究結果の意義、今後の展開について述べ、本論文の結びとした。

以上のように、ファジィ、AI、ニューロ、GAそれぞれのインテリジェントシステム構築方法論を述べ、それぞれのプラント制御への応用についての具体例を示し、関連研究との比較を行ってその有用性を述べた。

論文審査の結果の要旨

産業システムへの要求の多様化と大規模化、複雑化に伴い、プラント制御分野にも環境や制御目的の変化に応じて制御対象範囲の拡大、人間が特長とする予測、適応能力を取り入れる柔軟性などの問題解決能力の高度化が求められている。

本論文では、これらの課題に対して、ファジィ、AI、ニューラルネットワーク、遺伝的アルゴリズム、すなわち、FANGシステムの応用により、プラント制御のインテリジェント化を図った。

FANGシステムのプラント制御における従来のシーケンス制御やフィードバック制御との大きな

相違点は、問題を記述する方法論が異なる点にある。すなわち、従来技術がペトリネットやラダー表現と微分方程式によるダイナミクス表現が基本であったのに対して、FANGシステムでは、ファジィ論理、クリस्प述語論理などの記述言語で表現し、操作、計算過程を包含する。これにより、制御対象範囲が拡大し、また、人間の思考を取り入れることができ、産業システムにとり有用となる。しかし、FANGシステムの歴史は未だ浅く、その有用性を拡大して行こうとすると、実際に現場への適用を図り、そこから得られた課題を克服して行くアプローチが有効である。

本論文では、ごみ焼却炉や石炭ガス生成炉などの熱プラント、製鉄所コイル搬送台車などの物流プラントを対象としてFANGシステムを適用し、各々の対象にて有用性と問題点を明確としてインテリジェントシステムのプラント制御への応用方法論を確立することを目標とした。

第2章では、プラント制御におけるFANGシステムを中心としたインテリジェントシステムの必要性について述べ、有効なインテリジェントシステムの特長と課題について言及した。また、FANGシステム相互の関連について、定量性、論理性的の観点から位置づけを行った。

第3章では、熱プラントにおける悪構造問題の特徴と課題を分析し、悪構造問題を解決するのに有用なファジィシステム構築について述べた。熱プラントの設計段階での数式群と経験に基づいた現場ノウハウを融合させてファジィルールを構築する手法を提案した。すなわち、設計数式群をファジィシステムの基本ルール、セル構造の決定に展開し、ノウハウルール群を基本ルール群に付加させてより有用なものとする手法である。非線形性や非定常性が強い悪構造問題である流動床ごみ焼却炉、石炭部分燃焼炉の熱プラント分野での実問題に適用し、その有用性を示した。

第4章では、故障診断、運転支援、スケジューリングの分野でのエキスパートシステムのプラント制御への応用に関して述べた。専門知識表現や現場ノウハウは言語表現されるのが通常である。エキスパートシステムは、こうした言語表現知識をコンピュータ上にて活用することを可能とする。エキスパートシステム実用化における重要課題である知識獲得の問題については、設計段階で実施する信頼性解析を拡張して、知識ベースを生成する手法と不具合データベースから知識ベースを生成する手法を提案し、その両手法を航空機の診断システムに適用し、有効なことを示した。また、物流プラントの搬送問題を干渉回避の条件を制約条件とする制約充足問題として定式化し、エキスパートシステムにより近似解を求める手法を提案した。閉ループ搬送系を対象に、割り当て問題、運行決定問題として、全搬送車の走行時間の最小化という目的関数のもとに離散値シミュレーションにより、従来の割り付け手法と比較して効率の良い搬送が行えることを示した。最適化問題はコンピュータを活用したシステム制御分野でも最重要課題であるが、本論文では問題規模に応じた手法として、実時間性を要求するスケジューリング問題には制約指向のヒューリスティクスを表現できる計画型エキスパートシステムが有効であることを示した。さらに、エキスパートシステム構築ツールとして開発したKawasaki Inference System (KIS)を、機械装置の故障診断やプラントの運転支援の分野で実用化し、AIがプラント制御への応用に有用であることを示した。

第5章では、ニューラルネットワークによる画像、プロセス信号融合とその熱プラントへの応用について述べた。検査、診断分野では、識別機能のインテリジェント化への要求がある。特に、教示学習による記憶・識別機能の自動手順確立に対して要請が強い。本論文では、ニューラルネットワークを用いてこれを実現し、画像信号と温度などのプロセス信号との融合による燃焼判断、パターン識別に実時間問題として適用し有用性を示した。

第6章では、遺伝的アルゴリズムによる組合せ最適化とその熱プラントへの応用について述べた。熱プラントの動特性シミュレーションでは、モデルを表現するパラメータの数は膨大であり、その調

整の自動化に対する要請が強い。パラメータ調整などの繰り返し計算を要求される最適化問題では遺伝的アルゴリズムGAの適用が有用であり、パラメータ探索における組合せ爆発や局所解におちいることを防止することができる利点がある。本論文では、電力プラントのNOX動特性解析シミュレーションに適用し、GAによる自動パラメータ探索が可能なことを示した。

第7章では、本論文を総括し、研究結果の意義、今後の展開について述べ、本研究の結びとした。

以上、本論文は、ファジィ、AI、ニューロ、GAそれぞれのインテリジェントシステム構築方法論を述べ、それぞれのプラント制御への応用についての具体例を示し、関連研究との比較を行ってその有用性を実証した。

本研究は、産業における基幹システムである各種プラントについて、インテリジェントシステムによる制御の問題を研究したものであり、その有効性について重要な知見を得たものとして価値ある集積であると認める。よって、学位申請者 宮本裕一は、博士（工学）の学位を得る資格があると認める。