

|              |   |
|--------------|---|
| Title        | 公共・産業プラントにおける運転最適化のためのプロセスモデリング手法に関する研究   |
| Author(s)    | 山田, 富美夫   |
| Citation     | 大阪大学, 2000, 博士論文  |
| Version Type |   |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/42753">https://hdl.handle.net/11094/42753</a>   |
| rights       |   |
| Note         | 著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、 <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed"〉</a> 大阪大学の博士論文について <a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">〈/a〉</a> をご参照ください。 |

***Osaka University Knowledge Archive : OUKA***

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

|            |   |
|------------|---|
| 氏名         | 山田 富美夫  |
| 博士の専攻分野の名称 | 博士(工学)  |
| 学位記番号      | 第 15679 号   |
| 学位授与年月日    | 平成12年7月31日  |
| 学位授与の要件    | 学位規則第4条第2項該当  |
| 学位論文名      | 公共・産業プラントにおける運転最適化のためのプロセスモデリング手法に関する研究                         |
| 論文審査委員     | (主査)<br>教授 辻 毅一郎  |
|            | (副査)<br>教授 松浦 虔士    教授 熊谷 貞俊    教授 伊藤 利通<br>教授 佐々木孝友    教授 平尾 孝 |

### 論文内容の要旨

本論文は、公共・産業プラント運転の最適化を実現するためのプロセスモデリング手法の確立を目指し、代表的なプラントについてその成果をまとめたもので、以下の6章より構成されている。

第1章では、公共・産業プラントを取り巻く社会的背景と役割を述べ、代表的な公共・産業プラントの技術課題を明らかにし、この課題を解決するためにプラント運転最適化の重要性を述べ、計算機制御システム実現のための本研究の目的と意義を述べている。

第2章は、公共・産業プラントの制御目標に対し、その目標を達成するためのプラント運転に共通的な最適化の基本方針を示し、この方針に従って、公共・産業分野の代表的なプラントに適用する場合に有効な、起動指令、設定変更、セットアップの3つの方式を提案している。

第3章では、起動指令方式を下水道の雨水排水プラントに適用し、ポンプ起動指令のタイミングの最適化を図り、的確な排水運転を行う方式を提案している。ポンプの起動タイミングは雨水流入のタイミングに合わせることでポンプ井の水位上昇を抑制できる。このために降雨による下水道幹線への雨水流入プロセスのモデリングを行い、精度の良い流入状態予測の方法を提案している。実降雨データと組み合わせることで雨水流入プロセスのシミュレーションを行い、実機適用と評価を行い、ポンプ起動運転の検証を行っている。

第4章では、設定変更方式をビル空調プラントに適用し、環境快適性を満足しながら省エネルギーを図る空調機運転方式を提案している。居住環境の快適性は個人差が大きい、快適性指標を導入することにより空調プロセス状態を定量的に最適な範囲に管理できる。このために空調プロセスのモデリングを行い、室内環境状態予測の方法を提案している。運転方式と組み合わせることで空調プロセスのシミュレーションを行い、機能動作を事前確認するとともに、実ビルへの適用試験を行い、省エネルギー効果の検証を行っている。

第5章では、セットアップ方式を鉄鋼圧延プラントに適用し、省設備・省エネルギーの目的で導入される熱間薄板圧延の構成に対して、安定操業と品質を確保する仕上圧延機の運転方式を提案している。スタンドのパワーリミットにかかりやすい圧延機では、圧延能力を最大限に活かした圧延負荷配分方式とすることで材料品質を保ち、最適なロール速度やロールギャップの設定ができる。このために材料温度プロセスのモデリングを行い、精度の良い圧延状態予測方式を提案している。圧延理論モデルと組み合わせることで機能動作を事前確認し、実機適用と評価を行い、セットアップ方式の検証結果を示している。

第6章は結論で、プラント運転最適化のためのプロセスモデリング手法と運転方式を確立したことについて述べている。

## 論文審査の結果の要旨

上下水道プラント、ビル空調プラント、鉄鋼プラントなどに代表される公共・産業プラントは大規模、複雑、広域、大容量であり、その運転・制御には高度な技術が必要である。近年、地球温暖化防止、地球環境保護、生活環境向上などの社会的要請が高まるなか、公共・産業プラントの運転・制御に対する要求は、生産性、品質安定性、効率という従来からの項目に、環境保全、省設備・省エネルギー、安全、環境快適性など多様で相反する項目が加わり、ますます厳しくなっている。これらの多様な要求を同時に満足し、プロセス周囲の環境に最も適した運転を行うための運転制御システムの設計には、単純な制御ループを構成するだけでは十分でなく、制御対象プロセスの特性を数式などにより適切にモデル化したいわゆるプロセスモデルの開発が不可欠である。

本論文では、そうした背景の下で、雨水排水プラントにおける排水ポンプ運転、ビル空調プラントにおける空調機運転、圧延プラントにおける圧延機運転を具体的事例として取り上げ、それぞれについてプラント運転の最適状態を決定するために必要なプロセスモデルの開発ならびにそれに基づく運転方式の確立を行った結果をまとめている。得られた知見を要約すると以下の通りである。

- (1) 最適運転状態の維持に有効な制御方式として、雨水排水プラントにおける排水ポンプの起動指令方式、ビル空調システムにおける設定値変更方式、圧延プラントにおけるセットアップ方式の3つを提案した。これらの方式の実現にはいずれも対象とするプロセスの的確なモデリングが不可欠である。
- (2) 雨水排水プラントについて、排水ポンプの起動指令のタイミングの最適化を図るため新たに雨水流入プロセスのモデリングを行っている。このモデルは、英国の道路研究所で開発された単一の排水区域を対象としたRRL法をベースとしたものであるが、下水道管渠に流出する割合を表す流出係数に降雨積算量に応じて動的に変化するシグモイド型の関数を当てはめた新しい流出量予測モデルで、実際の降雨流出現象を合理的に説明し得るものである。このモデルによる予測値を用いた起動指令方式を提案し、シミュレーションならびに実機運転によってその有効性ならびに実用性を検証している。
- (3) ビル空調システムについて、ISO規格の一つである快適性指標PMV (Predicted Mean Vote)を採用し、それを温度、湿度、平均放射温度からニューラルネットワークによって予測する快適性指標予測モデル、および同モデルによる予測値と快適性指標の目標値との偏差からファジィ演算によって室温設定の変更を行う新しいタイプの運転方式を提案している。平均放射温度は厳密な伝熱モデルにより得られる室温ならびに壁温により算定している。室温の設定値を時々刻々変更する設定値変更方式による空調機運転をシミュレータならびに実機において検証し、快適性を保ちながら事務所ビルで10%以上、デパートで20%以上の省エネルギーが期待できることを明らかにしている。
- (4) スタンド数の少ない省設備型鉄鋼圧延プラントすなわちコンパクトミルについて、仕上圧延機の最適なセットアップのために必要となる精度の良い材料温度予測モデルを新たに開発している。このモデルは粗出側材料温度からコイルボックス入側の温度を予測するディレーテーブル温度モデル、コイルボックス入側の材料温度からコイルボックス出側温度を予測するコイルボックス温度モデル、ならびにコイルボックス出側温度から仕上圧延機ロール速度および各スタンドの材料温度を予測するモデルの3つから構成され、いずれも厳密な熱収支モデルではない簡略型で、リアルタイムでの計算を可能としている。これらの予測値を用いて仕上げ圧延ロール速度とロールギャップが安定な範囲になるような圧延機セットアップ方式を確立し、シミュレーションならびに実機運転によりその有効性を確認している。

以上のように、本論文では、公共・産業プラントにおける運転最適化のために開発したプロセスモデルならびにそれらに基づく新しい運転制御方式について述べ、それらを組み込んだ実プラントの運転実績により、その有効性と実用性を検証している。とくに本論文で提案したプロセスモデリング手法は省設備化、省エネルギー化、安全性、快

速性など複雑な要求を持つ公共・産業プラントの最適制御へ広く応用可能であり、システム制御工学分野の発展に寄与するところが大きい。よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。