

## 審査の結果の要旨

氏名 大井 俊哉

本論文は冷間圧延プロセスの計算機制御に関する申請者の長年にわたる企業における研究成果をまとめたもので、製鉄プロセスの基幹のひとつである薄板圧延に対してその数学的なモデル化にもとづく構造解析と、最新の制御理論を用いた圧延制御システムの合理的な設計法の構築とその生産ラインへの実装を行い、圧延制御技術の高度化を目的としている。本論文の最大の特徴は、本論文で対象としている圧延機が極めて普遍的な（敢えていえば抽象的な）ものであるという点にある。本論文はこのような普遍的な圧延機の構造を抽象的な数学モデルにもとづいて解析し、それにもとづいて合理的な制御系を制御理論にもとづいて論理的に導出している。従って本論文で得られた結果はどの圧延機にも適用可能な極めて普遍的なものである。本論文で得られた成果は実システムに商用ベースで適用され、実操業のレベルアップに貢献している。

第一章では本研究の背景と結果の概要を述べ、圧延の製鉄に占める位置、その技術の特徴について解説している。

第二章は「ダンデムミルの板厚・張力制御」と題し、冷間ダンデム圧延制御の基礎理論を展開している。まず一般的な圧延機の動的モデルを圧延理論にもとづいて構築し、「影響係数」を通してその線形状態空間モデルの一般的な表現を導いている。状態空間モデルにもとづいて伝達関数を導出し、伝達関数の数学的表現を変形した別の表現をもとめることによって圧延プロセスの動特性は「変化起点の動特性」と「変化伝播の動特性」の積として表現出来ること、また前者は「ミル入側プロセス」「ミル内プロセス」「ミル出側プロセス」の3つのサブシステムに分割出来ることを示した。次に定数行列による非干渉化前置補償則を解析的にもとめ、適切な操作量配分による非干渉化が有効であることを示した。そのために伝達関数の詳しい数値的な解析を行っている。又入側板厚や摩擦係数などの検出あるいは推定可能な外乱に対する定数行列による直流分のフィードフォワード制御をもとめた。これらの結果を住友金属鹿島製鉄所の実装し、極めて大きな実装業上の改善を得た。

第三章は「シングルスタンドミル/ダンデムミル第一スタンドの板厚張力制御」と題し、レバースミルの制御に対して前章で得られた結果を適用している。前章の文脈ではレバースミルは「ミル入側プロセス」に相当する。本論文ではまず板厚と張力の非干渉制御を静的と動的な2つのカテゴリーで行い、その性能を評価している。動的な非干渉化の性能が依存する因子を詳しく同定している。また「ILQ法」とよばれる最適制御の逆問題にもとづく手法を用いて近似的なバランスのよい制御系を設計し、それによる性能改善の度合いを評価している。

第四章は「セットアップモデルと学習」と題して冷間圧延機の初期ギャップ設定値を、モデルの

学習によって操業ごとに更新する方式を提案している。この方法の独創的な点は、モデルを区分的に線形なモデルとし、各区分ごとに更新則を変えた点にある。この方法によって変形抵抗や摩擦係数などの推定が容易となり、セットアップの精度が向上したことが実データに即して述べられている。

第五章は論文全体の結論をまとめている。

以上より本論文は薄板圧延という製鉄プロセスの基幹設備における制御に関して圧延理論と制御理論にもとづいた深い理論解析を通して圧延プロセスの物理構造を解明し、合理的な設計法を構築した。この方法はこれまでの圧延制御の手法を集大成したものであり、すべての圧延機に共通に応用出来る普遍的な価値をもつ。本論文は長年製鉄業の現場で圧延設備の設計、保守、更新にかかわってきた現場技術者が自らの技術者としての人生を捧げた圧延制御システムに対してアカデミックな立場から抽象的、数理的なシステム解析を行い、そこから幾つかの重要かつ普遍的な知見を導き出したという点できわめて特異かつ貴重な成果を含んでおり、我国鉄鋼業が他国に追随を許さない高いレベルの技術を有していることを示した結果となっている。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。