

## 論文審査の要旨および学識確認結果

報告番号	甲 第 号	氏 名	齊藤 英一	
論文審査担当者：	主査	慶應義塾大学准教授	博士（工学）	桂 誠一郎
	副査	慶應義塾大学教授	博士（工学）	村上 俊之
		慶應義塾大学准教授	博士（工学）	矢向 高弘
		慶應義塾大学准教授	博士（情報学）	小檜山 雅之
(論文審査の要旨)				
<p>学士（工学）、修士（工学）齊藤英一君提出の学位請求論文は「Control of Wave Systems Based on Reflected Wave Rejection」（反射波除去に基づく波動システムの制御）と題し、8章から構成されている。</p> <p>モーションコントロール技術の発展により、産業機械・ロボットの位置決め的高速化・高精度化が進んでいる。特に、制御系の周波数帯域向上にあたっては機械系の共振に対して格段の配慮が必要であり、様々な振動制御手法が提案されてきた。しかしながら、従来手法の多くが単純なバネ・マスモデルに基づくものであるために、高次の振動モードの補償では制御系の次数を上げる必要があり、かえって制御系が複雑化して実装上困難となる場合があった。さらに、制御系における信号伝達やDA変換等に伴うむだ時間も振動を生じる原因となっており、振動抑制のために考慮すべき範囲が純粋な機械共振に加えてむだ時間補償まで広がっている。本論文では上記に鑑み、機械系の共振とむだ時間を統合して補償するための分布定数系に基づいたモデル化と制御系構築のための方法論を示している。</p> <p>第1章では、研究の背景と目的を述べ、従来の研究を概説している。</p> <p>第2章では、機械共振系とむだ時間系それぞれに対して、波動方程式を用いたモデル化を示している。入出力の伝達関数からそれぞれの系における波動の伝播構造を導出し、両者の等価性を示すとともに、振動の発生要因が反射波であることを明らかにしている。</p> <p>第3章では、波動システムとして一般化したモデルにおいて、反射波を推定して補償するための基本的な制御構造を提案している。反射波除去は波動伝播時間のモデルを使用した時間遅れ要素を含む補償器により補償が可能であるため、高次微分を行うことなく高次の振動モードの抑制に効果がある。物理的意味として、波動システムの先端位置に時間遅れを持たせ、正帰還フィードバックすることと等価であることも確認している。</p> <p>第4章では、提案する反射波除去法を一般的な機械共振系に適用するための解析ならびに実験的検証を行っている。具体的には、実際の産業機械・ロボットの忠実なモデル化に必要な波動方程式の境界条件の設定方法や、波動の伝播の様子が異なる系への提案手法の効果について示している。</p> <p>第5章では、むだ時間を含む系に提案手法を適用するための制御系設計について示している。むだ時間補償制御は制御系のパラメータ変動に強く影響を受けることから、固定遅延下における系のロバスト安定性について特に検証している。</p> <p>第6章では、機械共振とむだ時間の双方を含む系に提案手法を適用し、効果の検証を行っている。制御系のインナーループで反射波除去を行うことで、アウトナーループにおいてむだ時間補償問題として統合して取り扱うことが可能であることを示している。</p> <p>第7章では、波動システムが外乱およびパラメータ変動に対してロバストな応答を得るための波動オブザーバについて提案している。この波動オブザーバを実装した系の感度関数および相補感度関数に基づく解析により、有効性を示している。</p> <p>第8章では、各章で得られた成果を纏め、本論文全体の結論を述べている。</p> <p>以上要するに、本論文では波動システムの制御において反射波除去による統一的な補償が可能であることを明らかにし、理論と実験の双方からその有効性を実証しており、制御工学分野において、工学上、工業上寄与するところが少なくない。</p> <p>よって、本論文の著者は博士（工学）の学位を受ける資格があるものと認める。</p>				
学識確認結果	<p>学位請求論文を中心にして関連学術について上記審査会委員および総合デザイン工学特別研究第2（システム統合工学専修）科目担当で試問を行い、当該学術に関し広く深い学識を有することを確認した。</p> <p>また、語学（英語）についても十分な学力を有することを確認した。</p>			