氏　名（本籍）	中村　亘　（ 長野県 ）
学 位 の 種 類	博　士（ 工学 ）
学 位 記 番 号	博　乙　第　2714　号
学位授与年月日	平成２６年１１月３０日
学位授与の要件	学位規則第４条第２項該当
審 査 研 究 科	システム情報工学研究科
学位論文題目	モデル予測制御の実システムへの応用に関する研究

主　　査	筑波大学　教授	博士（工学）	河辺　徹
副　　査	筑波大学　教授	工学博士	久野 誉人
副　　査	筑波大学　教授	工学博士	徳永 隆治
副　　査	筑波大学　教授	博士（工学）	大矢 晃久
副　　査	筑波大学　教授	博士（工学）	亀山 啓輔

論　文　の　要　旨

近年，実システムの制御手法として，モデル予測制御が高い注目を集めている．モデル予測制御とは，制御対象のダイナミクスを表現した制御系設計モデルを用いて現在時刻から有限長の未来にわたる区間における制御量の将来挙動を予測し，その挙動が目標軌道に近づき追従していくための最適入力の導出を制御周期ごとに繰り返すオンライン最適化を基盤とした制御手法である．実システムにおいては，通常，様々な制約が存在し，これら満たしつつ諸性能を向上させることが求められるが，モデル予測制御では，制約を陽に取り扱うことができるため実用的制御法としての期待が大きい．しかしその一方で，オンラインで複雑な計算を行う必要があり，計算時間が間に合うような動作特性が遅いシステムの構築にのみ応用されてきた経緯がある．そこで，本論文では，動作特性の遅い熱伝導システムと動作特性の速い移動ロボットを取り上げ，それぞれに対してより実用性を高めたモデル予測制御法の改良と拡張を行っている．

本論文では，1 章で研究の背景や動機を述べた後，2 章でモデル予測制御の概要について説明している．続いて，3 章で複数移動ロボットの協調運搬作業問題へモデル予測制御法を適用するための幾何学的な前処理手法とそれを合わせたモデル予測制御の改良手法を提案し，数値シミュレーションで有効性を検証している．また，4 章では，複数むだ時間を持つ熱伝導システムの温度制御問題に対し，モデル予測制御法を適用するために適切となる線形化モデリング手法，効率的な制御系の構成として PID (Proportional-Integral-Derivative) 制御器構造をそのまま用いたモデル予測型 PID 制御法，さらにその 2 自由度化構成への拡張についての新規提案を行い，数値シミュレーションによる有効性検証と実製品への適用検討も産学連携の共同研究の一環として行っている旨が述べられている．そして最終 5 章で全体のまとめとして提案手法の成果と社会的意義について述べている．

審　査　の　要　旨

【批評】

まず，動作特性の速い対象として取り上げている複数移動ロボットによる協調運搬作業問題に対しては，実用性の面から，相対距離の上下限という，従来，あまり取り扱えていない厳しい制約条件を扱えるように制約変換手法を前処理として加えたモデル予測制御法を提案しており，その有効性を確認している．実用性を高めるために制約変換手法を加えた点は評価できる．

一方，動作特性の遅い対象として取り上げた複数むだ時間を持つ熱伝導システムの温度制御問題に対しては，従来製品開発の現場で用いられているモデルを改良し，制御系設計に適したモデルとして導出する方法を提案している．また，このモデルを用いて，通常のモデル予測制御法をそのまま用いるのではなく，これまでその実績の高さから様々な分野で広く用いられている PID 制御器の構造をそのまま用いて，モデル予測制御法の概念により高度に設計するモデル予測型 PID 制御法，ならびに，さらにこれを発展させた 2 自由度モデル予測型 PID 制御法を提案し，その有効性を示している．これにより，PID 制御法から一般的なモデル予測制御法に切り替えることで起こる，制御器構造の変更や検証伴うコストを低減することが可能であり，実用的な改良として高く評価できる．

いずれの対象に対しても，モデル予測制御を効果的かつ効率よく適用するための前処理やモデル導出，また，制御器の構成といった点において，実用性の視点からモデル予測制御の拡張といえる新たな工夫や提案を行っている点が意義深い．ただし，提案手法の実機実験による検証やその解析結果が得られておらず，実装化における課題が十分に明らかにされていない点は残念である．実装化による検証は，実用性において重要な側面であり，これが欠けている点が惜しまれるが，全体としては学位論文として十分なレベルに達していると判断できる．

【学力の確認】

平成 26 年 9 月 29 日，システム情報工学研究科において論文審査委員全員出席のもと，著者の論文について説明を求め関連事項について質疑応答を行った．その結果，国立大学法人筑波大学学位規程第２条第４項の「大学院の行なう博士論文の審査に合格し，かつ，大学院の博士課程を修了した者と同等以上の学力を有すること」を論文審査委員全員によって確認し，合格と判定された．

【結論】

上記の論文審査ならびに学力の確認結果に基づき，著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める．