

(続紙 1)

京都大学	博士 (情報 学)	氏名	Jee-Hun Park
論文題目	Studies on Fault-Tolerant Control (耐故障制御に関する研究)		
(論文内容の要旨)			
<p>本論文は、システムの主要な構成要素であるアクチュエータが故障した時にも制御性能の劣化を最小限にとどめることを目的とする耐故障制御に関して、新たな手法を提案し、その有効性を検証したものであり、全6章から構成されている。</p> <p>第1章は序論であり、現実のシステムにおいて耐故障制御の重要性について述べた後、故障の分類、故障検出と故障診断など耐故障制御の背景事項について記述している。そして、耐故障制御に関する従来研究を概観し、現在の到達点と問題点を述べ、さらに、一般的なシステム故障の記述を紹介するとともに、特に実用上重要なアクチュエータ故障のモデリングについて説明している。その後、本論文の目的と各章の概要を示している。</p> <p>第2章では、適用対象システムが広範囲で、かつ種々の拘束条件を考慮に入れることができるモデル予測制御に着目し、これをアクチュエータの耐故障制御に適用する手法について考察している。具体的には、パラメータ変動を陽に考慮できる「線形パラメータ変動システム」表現にもとづき、アクチュエータの出力が部分的に劣化する故障を対象に、その影響が少ない制御系の設計法を与えている。特に、従来のモデル予測制御の多くが状態フィードバックであるのに対して、出力フィードバック系の枠組みで議論している。オフラインでのロバストオブザーバを設計した上で、オンラインでのモデル予測制御系を構成し、故障時においてもロバスト安定性を保証する系統的な設計法を与えている。さらに、数値例において提案手法の有効性を検証している。</p> <p>第3章では、制御理論にあまりなじみのない現場の技術者にも容易に扱える耐故障制御の設計手法について考察している。ここでは、進化型計算手法の一つで、その幅広い問題に対する有効性の観点から近年注目をあつめている粒子群最適化に着目し、これを用いた耐故障制御の設計法を与えている。具体的には、アクチュエータの故障の中でも、部分的にその出力比率が劣化する場合について考察し、故障が検出されたときに、状態フィードバックのゲインを切り替えることにより、性能劣化をふせぐ手法について検討している。性能劣化を最小化する制御ゲインを、粒子群最適化アルゴリズムを用いた数値最適化により直接に求めることを提案し、その有効性を数値例により検証している。</p> <p>第4章では、前章に引き続き、粒子群最適化を用いた耐故障制御系の設計法につい</p>			

で考察している。本章では、アクチュエータの出力が一定に固定される故障を対象として、切り替えゲインの設計法を与えている。そして、その有効性を数値例によって確認している。

第5章では、線形パラメータ変動システムとして表現されるクラスのシステムに対して、ゲインの切り換えを必要としないシンプルな構造の新しい故障補償器を用いた耐故障制御について考察している。まず、状態フィードバックが可能な場合について、シンプルな構造の故障補償器を用いた制御法を提案し、その有効性について解析している。ついで、これを出力フィードバック系に拡張している。さらに、観測雑音等を考慮したより現実的な環境を想定したシミュレーションをおこない、その有効性を確認している。

第6章では、結論として本論で得られた成果を要約し、今後の課題について述べている。

注) 論文内容の要旨と論文審査の結果の要旨は1頁を38字×36行で作成し、合わせて、3,000字を標準とすること。

論文内容の要旨を英語で記入する場合は、400～1,100 wordsで作成し
審査結果の要旨は日本語500～2,000字程度で作成すること。

(論文審査の結果の要旨)

現実の制御システムにおいてはシステムの一部が故障することがあり，そのような故障発生時にも安定性を保持し，さらにはできるだけ制御性能が劣化しないことが望まれる．本研究は，特にアクチュエータの故障に着目し，これに耐性のある制御器の設計法について考察したものであり，下記の成果を得ている．

(1) 適用対象システムが広範囲で，かつ種々の拘束条件を考慮に入れることができるモデル予測制御に着目し，これをアクチュエータの耐故障制御に適用する手法について考察した．具体的には，パラメータ変動を陽に考慮できる「線形パラメータ変動システム」表現にもとづき，アクチュエータの出力が部分的に劣化する故障を対象に，その影響が少ない制御系の設計法を与えている．特に，従来のモデル予測制御の多くが状態フィードバックであるのに対して，出力フィードバック系の枠組みで議論している．故障時においてもロバスト安定性を保証する系統的な設計法を与えるとともに，数値例において提案手法の有効性を示している．

(2) アクチュエータの故障の中でも，部分的にその出力比率が劣化する場合と出力値が一定値に固定される場合の双方について考察し，故障が検出されたときに，状態フィードバックのゲインを切り替えることにより，性能劣化をふせぐ手法について検討している．性能劣化を最小化する制御ゲインを，粒子群最適化アルゴリズムを用いた数値最適化により直接に求めることを提案し，その有効性を数値例により検証している．制御理論にあまりなじみのない現場の技術者にも容易に用いることができる簡便な手法であることが，その特長となっている．

(3) アクチュエータの故障に対して，ゲインの切り替えを要しない，新しい故障補償器を提案している．まず，状態フィードバック系の場合に，その構造が簡便な故障補償器により，故障発生時にも，システムの状態が有界に保たれることを示し，その後，これを出力フィードバックの場合に拡張している．そして，観測雑音等を考慮したより現実的な環境を想定したシミュレーションをおこない，その有効性を確認している．

以上要するに、産業応用上重要な問題である耐故障制御について，有用な結果を得たものであり，その成果は学術上，實際上寄与するところが少なくない．

よって，本論文は博士（情報学）の学位論文として価値あるものと認める．また，平成23年8月1日に実施した論文内容とそれに関連した試問の結果合格と認めた．