

審査の結果の要旨

氏名 TONI BAKHTIAR

制御性能の向上には、与えられた制御対象に対して最適な制御器を設計するだけでは十分ではなく、制御しやすいシステムを特徴付け、それを設計仕様の一つとした制御対象の設計法の確立が望まれている。近年、このような研究の方向の一つとして、H2 制御性能に焦点を当て、達成可能な性能限界の閉形式解析解を導出する研究が盛んに行われてきている。しかし、限定されたクラスのシステムに対する結果しか得られておらず、連続時間系に対する結果と離散時間系に対する結果との関連も明らかになっていない。

本論文は「H2 Control Performance Limitations for SIMO Feedback Control Systems (SIMO フィードバック制御系に対する H2 制御性能限界)」と題し全6章と付録からなり、1入力多出力線形系を対象として、フィードバックによって達成可能な H2 制御性能限界(追従性能とレギュレーション性能)に対する統一的な閉形式の解析解を導出し、それらの制御系設計への応用について検討している。

第1章「Introduction」では、本論文の背景と動機およびその目的について述べている。

第2章「Preliminaries」では、本論文を通じた解析の準備として、フィードバック制御系を安定化する制御器のクラス、インナ・アウト分解、デルタ変換について説明している。

第3章「Tracking Performance Limitations」では、最適追従制御問題を取り上げ、フィードバックによって達成可能な H2 追従性能限界に対する閉形式の解析解を導出している。それは、制御対象の不安定極・非最小位相零点・ゲイン特性で表されており、数値例題を通して確認を行っている。まず、離散時間系に対する制御入力にペナルティを課さない最適追従制御問題に対する解を与え、それを出発点として、制御対象の拡大とデルタオペレータの導入により、連続時間系・離散時間系に対する統一的な解析解が得られることを示している。また、この手法はサンプル値制御系に対する近似解の導出にも有効であることを確認している。

第4章「Regulation Performance Limitations」では、最適追従制御問題のある種の双対問題である最適レギュレーション問題を取り上げ、フィードバックによって達成可能な H2 追従性能限界に対する閉形式の解析解を導出し、数値例題を通して確認を行っている。導出の手順は本質的に最適追従制御問題と同じであるが、離散時間系に対する最終の表現が連続時間系の場合と異なることを指摘し、デルタオペレータ表現を介してその妥当性を示している。また、この手法は入力無駄時間を含む連続時間系に対しても有効であり、幾つかのケースに対して解析解を得ている。

第5章「Applications」では、前2章の理論的な結果の制御系設計への応用について考察している。まず、ねじり振動制御系に対して、たとえ最小位相かつ安定な系であっても、追従性能限界はそのゲイン特性によって異なることを示し、物理的な直感から分かる制御しやすさと理論結果が整合していることを確認している。つぎに、3章で得られた解析解に基づいて倒立振子の最適振子長の決定が解析的に行えることを示している。最後に、磁気ベアリングの安定化制御に必要となるセンサの選択基準に、4章の解析解が有用であることを確認している

第6章「Conclusion」では、本論文のまとめを行うとともに、今後の研究課題について述べている。

以上を要するに、本論文は1入力多出力線形系を対象として、フィードバックによって達成可能な H2 制御性能限界に対する統一的な閉形式の解析解を導出したもので、独創性の高い研究である。また、導出した解析解の制御系設計への有用性を示したもので、工学上貢献するところ大である。よって本論文は、博士(情報理工学)の学位請求論文として合格と認められる。