

## 論文内容の要旨

博士論文題目 非線形非最小位相系の出力レギュレーション

氏名 大西 規雄

非線形システムの制御において、プラントが非線形最小位相系であれば、厳密な入出力線形化手法を用いて出力レギュレーション（漸近追従制御や外乱除去制御）を実現することができる。しかし、プラントが非線形非最小位相系であるならば、システムの内部状態を支配するゼロダイナミクスによって、システム全体の安定性が保証できないため、入出力線形化手法を適用することができない。また、相対次数が定義できない点が存在する非線形システムに対して入出力線形化手法を適用すると、その点において操作入力が無限大になってしまう。本論文では、このように二つのタイプの非線形非最小位相システムに対して、出力レギュレーションを実現する制御系構成法を提案した。

第一は、相対次数が定義できない点が存在する多入力多出力非線形システムに対して出力レギュレーションを実現する問題である。この問題を解くため、プラントを形式的に特異摂動系の形に変換し、特異摂動系の速い動特性を安定化する制御則と、速い動特性を安定にしたときできる不変多様体上で、プラントの出力が外部システムによって生成される目標値軌道に漸近するように制御則を追加した。本手法では、偏微分代数方程式を解く必要があるが、従来手法におけるレギュレータ方程式を解くよりも比較的容易に解くことができることを明らかにした。平衡点において相対次数が定義できない「Ball and Plate System」を用いて提案手法が近似入出力線形化などの従来法に比べて優れていることを示した。

第二は、非線形最小位相系とは限らない一入力出力非線形システムの全域出力レギュレーションを実現する問題である。この問題を解くため、まず追従誤差がゼロとなるゼロ誤差多様体にプラント状態を収束させる不変多様体を構成するため、バックステッピング法の考え方を拡張した方法を提案した。これらの不変多様体を用いた座標変換によってプラントを変換し、最終的に得られるシステムに対して、「Linear Growth Condition」のもとで、可変ゲイン状態フィードバック則を適用することによって、全域出力レギュレーションが達成できることを示した。また、数値例を用いて、提案手法が出力レギュレーションを実現することを確認した。

氏名	大西 規雄
----	-------

(論文審査結果の要旨)

本論文は、制御理論の中心的課題の一つである、外部システムと呼ばれる自律システムによって生成される信号に対して、プラントの出力を漸近的に追従させる制御、あるいは、プラントの出力への影響を漸近的に除去する制御を実現する制御則を求める出力レギュレーション問題を扱っている。本論文の主な成果は次のように要約される。

1. 相対次数が定義出来ない点が存在する多入力多出力非線形システムに対する出力レギュレーション問題を解いた。これは、時間軸変換および座標軸変換を用いてプラントを形式的に特異摂動系の形に変換したあと、速い動特性をもたせる部分を安定化する制御則を設計する。次に速い動特性が安定になったとき出来る不変多様体上で、プラントの出力が外部システムによって生成される目標値軌道に漸近するように制御則を追加する。この提案した新しい手法は近似入出力線形化による方法などの従来法に比べて、制御性能がすぐれていることを具体例を用いて示した。
2. 非線形最小位相系とは限らない一入力一出力非線形システムに対する大域出力レギュレーション問題を解いた。これは、プラントの状態を追従誤差がゼロとなるゼロ誤差多様体に収束させる一連の不変多様体をバックステップング法の考え方を応用して構成したものである。この方法によって得られる一連の不変多様体を用いた座標変換によってプラントを変換し、最終的に得られるシステムに対して、ある条件のもとで可変ゲイン状態フィードバック則を使うことによって、大域出力レギュレーションを実現した。この手法の有効性を数値例を用いて示した。

以上のように、本論文は、より広い範囲の非線形システムに対して精密な制御が出来ることを示したものとして、システム制御の分野において、学術上、実用上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。