

不完全情報下における制御系設計に関する研究

数理・推論研究系 計算数理グループ

教授 宮里 義彦

1 概要

制御のためのモデルの設定と同定から制御手法までを総括的に含む制御系設計理論の構築を考えている。その一環として、モデリングと制御の接点を扱う適応制御の基礎理論の研究や、実用化のための様々な制約を取り除いた適応制御系の設計法、及び関連する非線形制御と線形制御の研究を行っている。

漸近安定性に主眼を置く従来の適応制御理論に対して、制御性能をより定量的に考慮することを目的として、適応制御過程を H_2/H_∞ 最適制御問題として定式化する研究を継続している。モデル規範形適応制御を含む一般的な形式の適応制御問題について、安定解析に用いるリアプノフ関数の一部と Hamilton-Jacobi-Isaacs 方程式の解を同一視することで特定の評価関数に対して最適（または準最適）な適応制御系を実現する研究を出発点として、システムに含まれる未知のパラメータを H_∞ 制御問題における未知外乱と見なすことによりパラメータの任意の変動に対してロバスト安定な非線形適応 H_∞ 制御系を構成する研究や、ニューラルネットなどの非線形パラメトリックモデルを含む非線形適応 H_∞ 制御系の研究の方向に内容を発展させてきた。

そのような一連の流れの中で、今年度は特に拘束条件（ホロノミック拘束）と入力非線形特性の補償（図1）に着目して、拘束条件下で入力非線形特性（不感帯やバックラッシュなど）を有するロボットマニピュレータに対する非線形適応 H_∞ 制御方式を提案した（Miyasato (2009a)）。非線形特性の逆特性を推定する適応モデルを導入して、未知パラメータの推定誤差と適応モデルの誤差を外乱と見なす H_∞ 制御問題の解として制御系を導出することで、優れたロバスト特性を持つことを示した。

また無限次元系のスピルオーバー項を未知外乱と見なす定式化を利用して、双曲型分布定数系（片持ち梁などの振動モデル）に対して、適応 H_∞ 制御規範に基づく有限次元適応制御系を設計する手法の研究を行い、一定の成果を得ることができた（宮里 (2009a)）。 H_∞ 制御問題の解として導出される安定化信号を導入することで、スピルオーバーにより引き起こされる振動現象が抑制されることを、数値例により確認した。

関連する手法は制御対象としての双曲型分布定数系が入力非線形特性を有する場合にも拡張され、スピルオーバー項と入力非線形特性の逆特性を推定する適応モデルの残差項を外乱と見なした適応 H_∞ 制御方式についても新たに提案した（Miyasato (2010)）。入力非線形特性を適応モデルの逆特性により相殺することで、制御性能が改善されることを示した。

さらにフレキシブルアームに対して、ハイゲインオブザーバと非線形ダンピングを適用することで、出力の微分値を用いない適応制御系の簡易設計法を導出した（Miyasato (2009b)）。フレキシブルアームは双曲型分布定数系（アーム部）と集中定数系（モータ駆動部）から構成される混合定数系であり、有限次元補償器で制御するのが困難な制御対象であるが、有限次元の状態変数フィルタで簡略化された制御構造にもかかわらず、制御システムの準大域的な安定性が達成されることを示した。

これらとは別に Immersion & Invariance 法と Robust Integral of Sign of Error 法にも着目し、非線形制御の新しい設計理論として関連する手法を概観して結果をまとめた（宮里 (2009b)）。構

造の規定できない非線形系に対する有効な制御手法として可能性について論じるとともに、いくつかの設計手法を提案した。

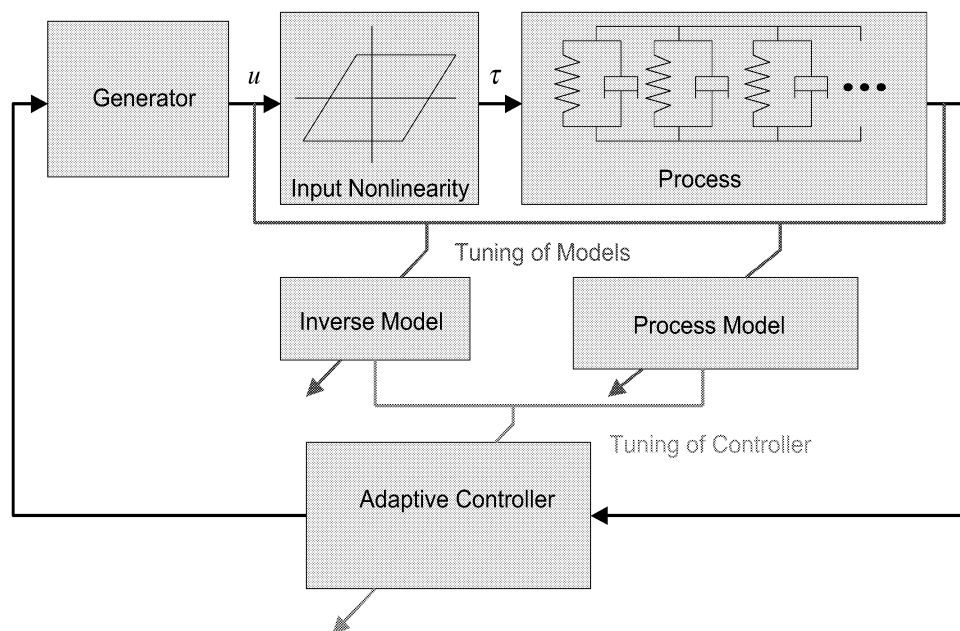


図 1: 入力非線形特性の補償

参考文献

- Miyasato, Y. (2009a). Nonlinear adaptive H_∞ control of constrained robotic manipulators with input nonlinearity, *Proceedings of 2009 American Control Conference*, 2000-2005.
- 宮里義彦 (2009a). 双曲型分布定数系の有限次元モデル規範形適応 H_∞ 制御, 計測自動制御学会論文集, **45**, 430-437.
- Miyasato, Y. (2009b). A simple redesign of adaptive control for flexible arms by finite dimensional controllers, *Proceedings of ICCAS-SICE Annual Conference 2009*, 1901-1906.
- 宮里義彦 (2009b). 非線形適応制御の新潮流 (I & I 法と RISE 法), 計測と制御, **48**, 621-627.
- Miyasato, Y. (2010). Finite dimensional adaptive H_∞ control for distributed parameter systems of hyperbolic type preceded by input nonlinearity, *Proceedings of 2010 American Control Conference* (to be published).