2011年7月14日　統計数理研究所　オープンハウス

システム制御理論の研究 〜 統計科学と制御科学の接点

宮里　義彦　　数理・推論研究系　教授

【複雑なシステムのモデリングと制御に関する研究】

非線形パラメトリックモデルを用いて表される非線形特性や，高次元振動モードを有する複雑なシステム（非線形メカニカルシステム，柔軟構造物，弾性アームなど）のモデリングと制御に関する研究を行っています．非線形パラメトリックモデルに対しては近似誤差やパラメータの調整機構に含まれる不確定性を未知の外乱と見なし，高次元振動系（または無限次元振動系）に対しては実用的な低次元モデルに含まれるモデル化誤差（モデル化の際に無視した高調波成分；スピルオーバー）を外乱と見なして，逆最適化に基づく外乱抑制型の$\mathcal{H}_\infty$制御方式を開発すると同時に，不感帯やバックラッシュなどの入力非線形特性について逆モデルを導入して補償を行う複合的な制御系設計法を研究しています．

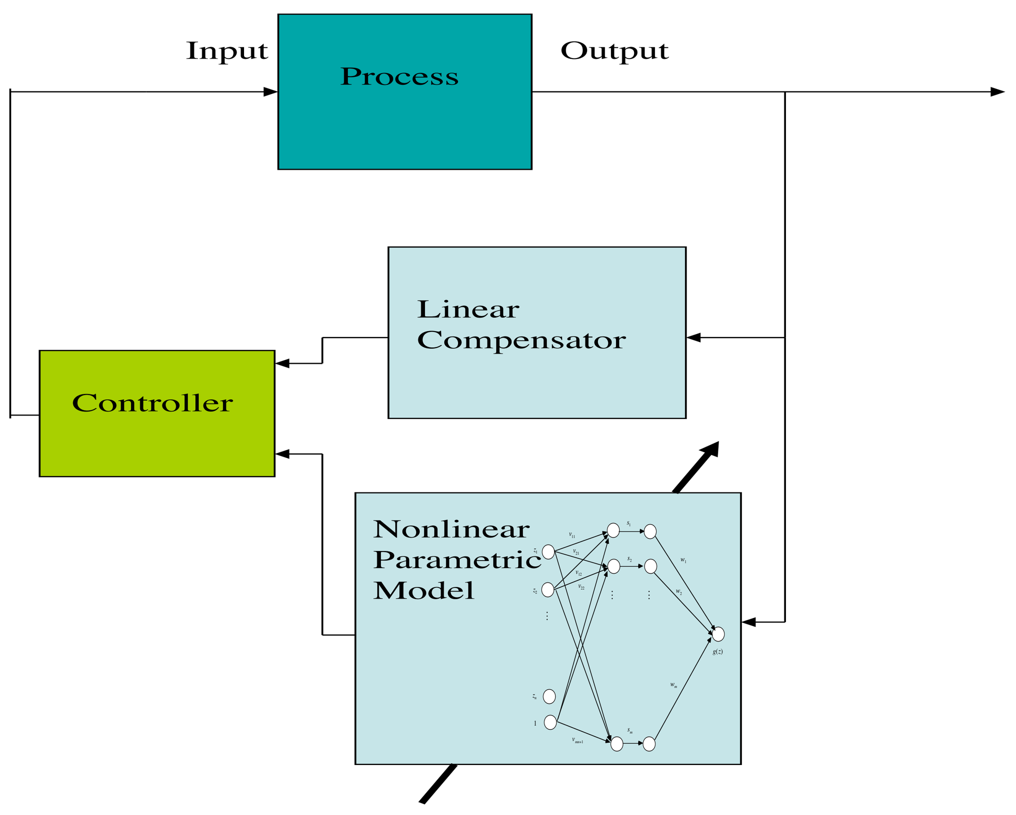
非線形モデリングや有限次元モデリングの本質的な不備を制御が補うという意味においてモデリングと制御の整合性が不可欠であり，制御科学と統計科学の接点に位置する新しい研究テーマです．

● 非線形パラメトリックモデルの同定と適応$\mathcal{H}_\infty$制御方式

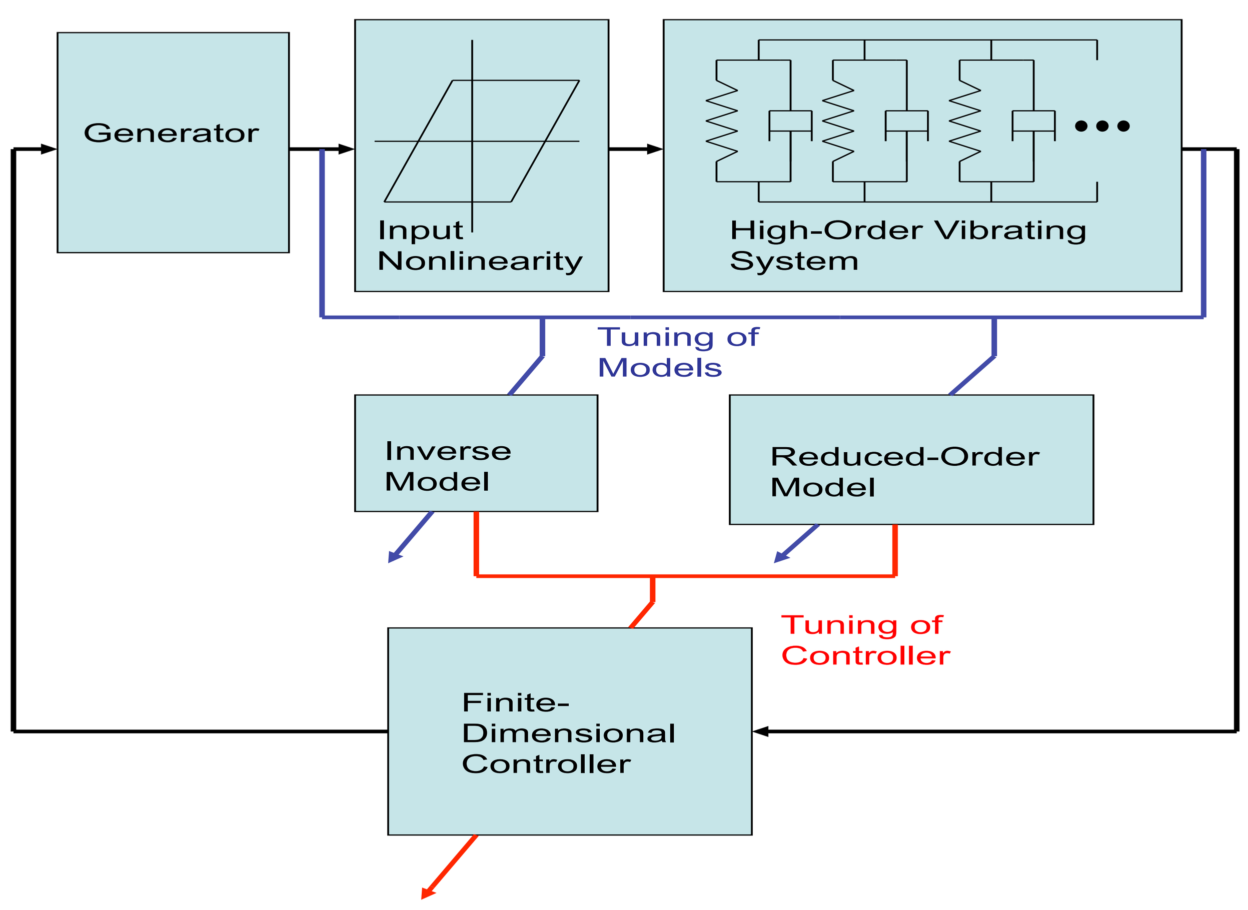
$$\begin{cases}\dot{x}=f(z)+u, \quad f(z)=W^TS(V^Tz)+\mu(z)\\ u=-\hat{W}^TS(\hat{V}^Tz)+v, \quad v=-\frac{1}{2}R^{-1}\mathcal{L}_gV_0\end{cases}$$

● 高次元振動系（分布定数系）の低次元適応$\mathcal{H}_\infty$制御と入力補償

$$\begin{cases}\frac{\partial^2}{\partial t^2}u(t,x)+2\alpha\frac{\partial^5}{\partial t\partial x^4}u(t,x)+\frac{\partial^4}{\partial x^4}u(t,x)=g(x)f_N(t)\\ y(t)=\int_\Omega c(x)u(t,x)dx\\ f_N(t)=N(f(t))\\ f(t)=\hat{N}^{-1}(f_d(t))\\ f_d(t)=\hat{\Theta}(t)^T\omega(t)+v(t), \quad v=-\frac{1}{2}R^{-1}\mathcal{L}_gV_0\end{cases}$$



非線形パラメトリックモデルの同定と制御



高次元系の低次元補償器による制御と入力非線形補償

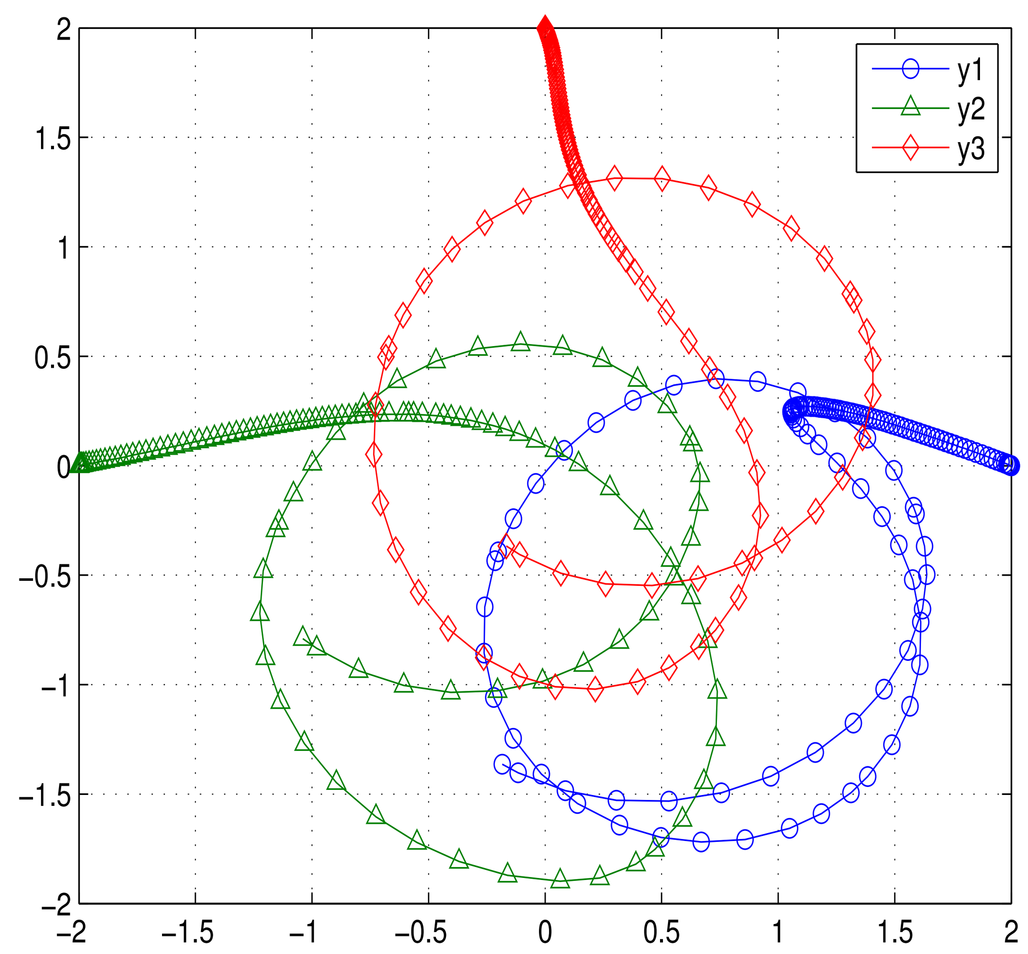
【自立的に調和行動を実現するマルチエージェント系の適応制御方式に関する研究】

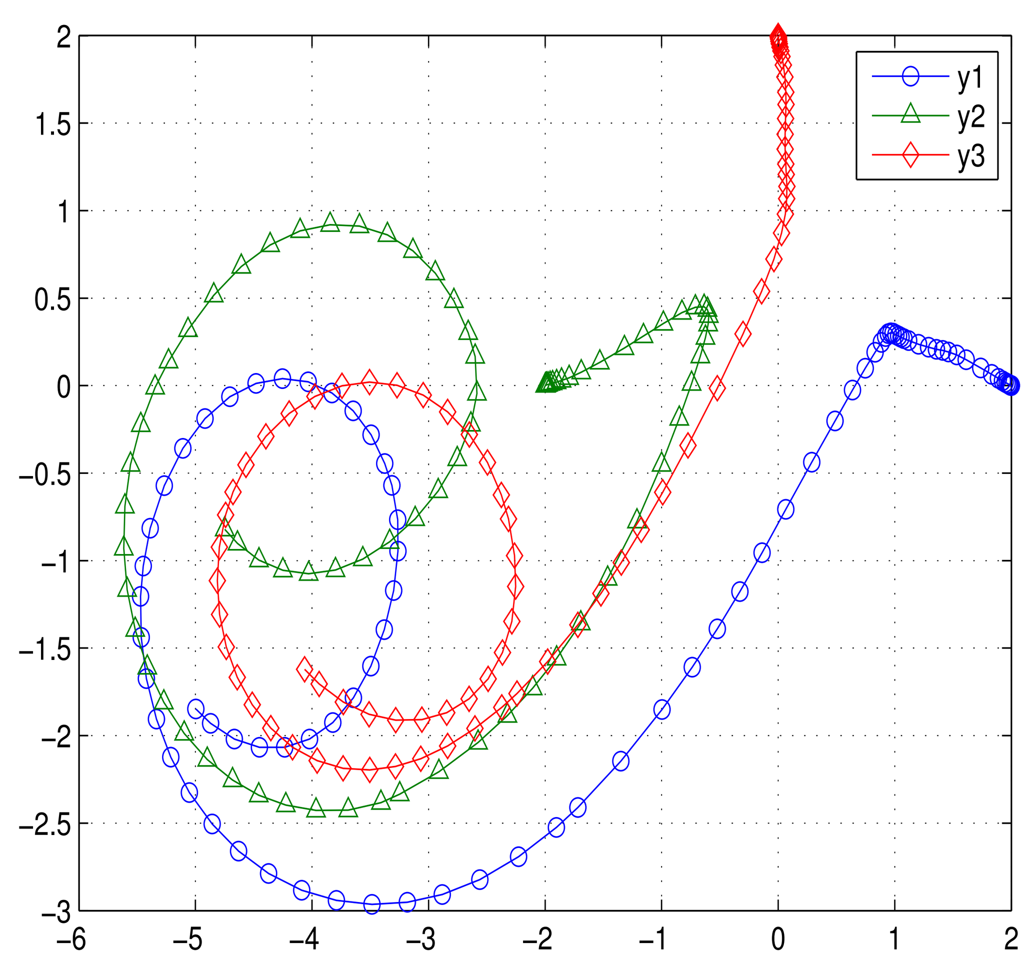
未知パラメータを含む複数の Euler-Lagrange システムを個々のエージェントとするマルチエージェント系に対して，適応的に速度追従型のあるいはリーダーフォローワー型の群生行動を実現するフォーメーション制御系の構成法について研究をしています．適正な群生行動は，目標物との速度偏差や距離の制約と，エージェント相互間の距離の制約から導かれるポテンシャル関数を最小化する状態として定式化されます．これに対して制御機構は未知パラメータの推定誤差と群生行動に関係するポテンシャル関数の誤差を等価的な外乱と見なした$\mathcal{H}_\infty$制御問題の解として導出され，それらの変動に対してロバスト安定特性を有すると同時に，適応パラメータの調整により，自動的に生成される目標状態（群生の形態）への追従性が保証されます．実際の問題としては高速道路における自動車の群制御（スマートハイウェイ）や，複数のロボットマニピュレータによる協調動作の実現のための基本原理を解明する研究です．さらにこの問題の発展形式として，エージェント間の相互通信が特定の対象に限られる場合に，限定されたネットワーク情報構造と対応するラプラシアン行列に着目した適応$\mathcal{H}_\infty$型のコンセンサス制御問題あるいはリーダーフォローワー型コンセンサス制御問題の解法も開発中です．

いずれもモデリングや調和行動の過渡的な不備を制御が補うという意味においてモデリングと制御の整合性が不可欠であり，制御科学と統計科学の接点に位置する新しい研究テーマです．

● マルチエージェント系とフォーメーション$\mathcal{H}_\infty$制御

$$\begin{cases}M_i(y_i)\ddot{y}_i+C_i(y_i,\dot{y}_i)\dot{y}_i+D_i(y_i,\dot{y}_i)+G_i(y_i)=\tau_i\\ \tau_i=Y_i(y_i,\,\dot{y}_i,\,a_i,\,b_i)\hat{\theta}_i-k_g\left\{\frac{\partial J_G(\Delta y)}{\partial\Delta y_i}+\frac{\partial J_L(y)}{\partial y_i}\right\}+v_i\\ v_i=-\frac{1}{2}R_i^{-1}\mathcal{L}_{g_i}V_i \qquad\qquad (i=1,\,\cdots,\,N)\end{cases}$$





マルチエージェント系のフォーメーション制御