

プラントモデルを陽に含む制御系の設計 - モデル誤差抑制補償器によるロバスト制御 -

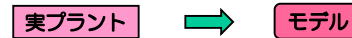
熊本大学自然科学研究科 岡島 寛

はじめに

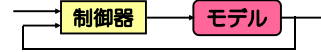
制御系設計

モデルベース制御を中心に広く設計法が展開されている

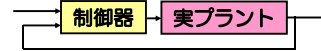
- 1 実プラントの入出力応答などからプラントのモデルを導出



- 2 モデルに対してよい性能となるよう制御器を設計

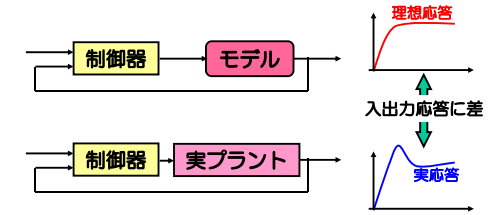
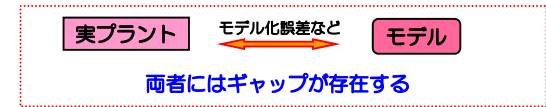


- 3 実プラントに制御器を適用



モデルが精度良く求まっていれば3でよい応答を実現

はじめに



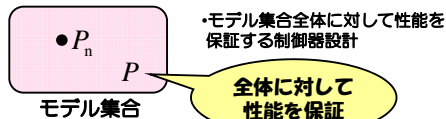
ギャップが大きい場合、実装時に所望の応答を実現できない

はじめに

ギャップが大きい場合、実装時に所望の応答を実現できない

ロバスト制御

モデルのノミナル値を中心とした集合に対する制御



実プラントがモデル集合に含まれれば、実装においても良好な性能を実現

はじめに

ロバスト制御

・起こりうるどんなモデル化誤差や外乱に対しても良い応答となるように設計

- ・最悪のケースに対するの応答を最良とするような制御器の設計

遅い応答になりがち

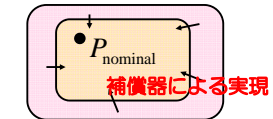
- 同じ数学ツール（数値最適化ツール）の中に様々なファクターを入れ込む必要がある（制御性能の仕様、モデル化誤差 etc.）

解きたい問題と解ける問題との間にギャップ

高いノミナルの性能を実現することが困難

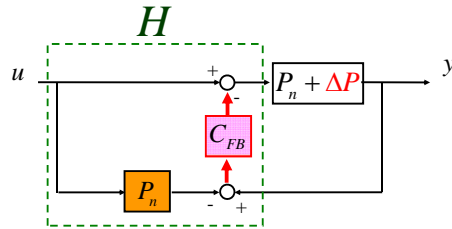
研究目的

補償により制御対象のロバスト性が向上するようなモデル誤差抑制補償器の設計



- ・最悪ケースに対する設計
 - 最悪ケースとのギャップを小さくする補償（最悪ケースでなくノミナル設計による制御）
- ・設計の困難さ
 - ロバスト性の向上のみに特化した補償（目標値追従性能は別途考慮可能）

モデル誤差抑制補償器(提案法)



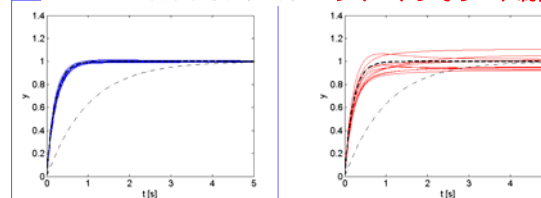
F B補償器 C_{FB} ΔP の増分に対して効いてくる項 (Pが想定したものと異なるという条件で働く)

1. P' がロバストに安定
2. $\Delta P = 0$ ならば $\Rightarrow P' = P_n$

数値例

例1：比較、SISO

モデル誤差抑制補償（提案） フィードフォワード制御

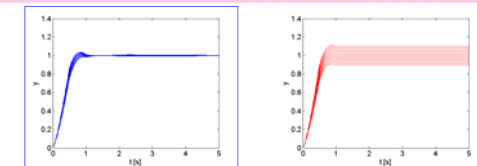
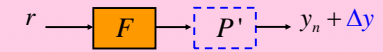


モデル誤差抑制補償器により、ノミナルの応答に近い応答が実現できている

数値例

例2：線形の制御器でない場合 (有限整定制御, ポジカスト制御)

フィードフォワード制御+モデル誤差抑制補償 (提案手法)

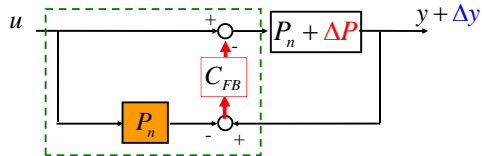


構造が単純なため有限整定だけでなく様々な制御手法との併用が可能

問題設定

10

モデル誤差抑制補償器



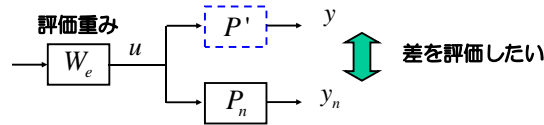
実現すべき機能

1. P' がロバストに安定
2. $\Delta P = 0$ ならば $\Rightarrow P' = P_n$ を満足する
3. ΔP の影響が小さくなるよう C_{FB} を設計 (小さな Δy の実現)

ここから考えること

誤差の評価

11



$$\frac{y - y_n}{u} = \frac{1}{1 + (P_n + \Delta P)C_{FB}} \Delta P$$

小さければよい

$W_e \frac{1}{1 + (P_n + \Delta P)C_{FB}}$ を小さくする C_{FB} の設計問題

設計問題

12

以下の評価関数 Γ を最小化する C_{FB} を求めよ

$$\Gamma = \min_{C_{FB}} \sup_{\Delta} \left\| W_e \frac{1}{1 + P_n C_{FB} (1 + W \Delta)} \right\|_{\infty}$$

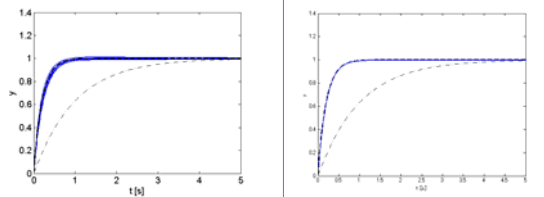
ただし, W_e は評価重みである

上記の設計問題は、メインループ定理を用いることで μ 設計問題に帰着され、解くことができる

数値例

13

モデル誤差抑制補償 (試行錯誤) 提案法による設計



提案した設計問題で C_{FB} を設計

提案手法の効果

14

ロバスト性
を考慮した
設計法

様々な制御方法が提案されている
(有限整数, モデル予測)

モデル化誤差に弱い

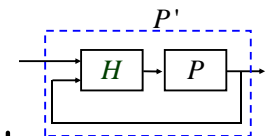
モデル化誤差に強い

扱える応答の評価指標が限られる

提案手法の効果

15

ロバスト性
を考慮した
設計法



ロバスト性を考慮したよりよい制御系を構築できる

ロバスト性
を考慮した
設計法

モデル化誤差に強い
扱える応答の評価指標が限られる

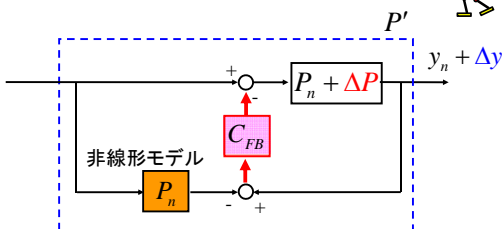
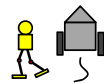
応用範囲

16

制御対象のモデルさえ求めれば、線形システムだけでなくさまざまなシステムに適用可能

非線形システム

ロボットや移動体などの制御対象は非線形



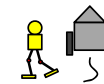
応用範囲

17

制御対象のモデルさえ求めれば、線形システムだけでなくさまざまなシステムに適用可能

非線形システム

ロボットや移動体などの制御対象は非線形



むだ時間系, 分布定数系

熱系, 構造物などの制御



ハイブリッドシステム

ロジックなどを含む制御対象

おわりに

18

ノミナル制御性能を維持しつつ、ロバスト性を確保する補償器構造の提案

モデル誤差抑制補償器

補償器構造の提案
提案した補償器構造に対する μ 設計法

