

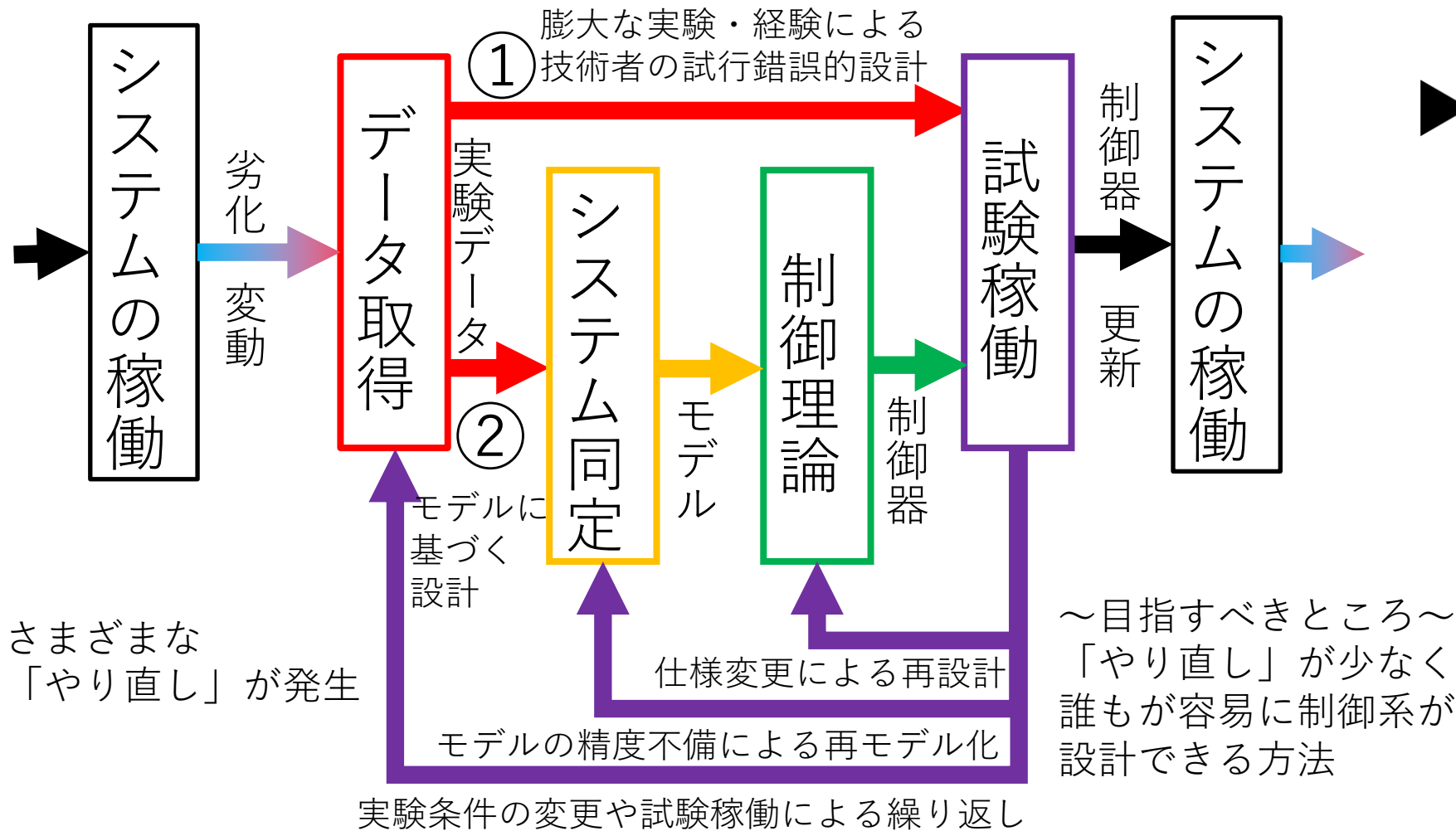
データに基づく

制御システムの低コスト設計・調整

学術研究院環境生命自然科学学域(工)工 助教 池崎 太一

◆ フィードバック制御システムの設計・調整の問題点

制御システムの設計・調整には「やり直し」の手続きによりコストが増加



▶ メリット・デメリット

① 技術者による試行錯誤

○ 経験的な性能保証

× 膨大な試行が必要

実験は大変な作業

② モデルベース制御

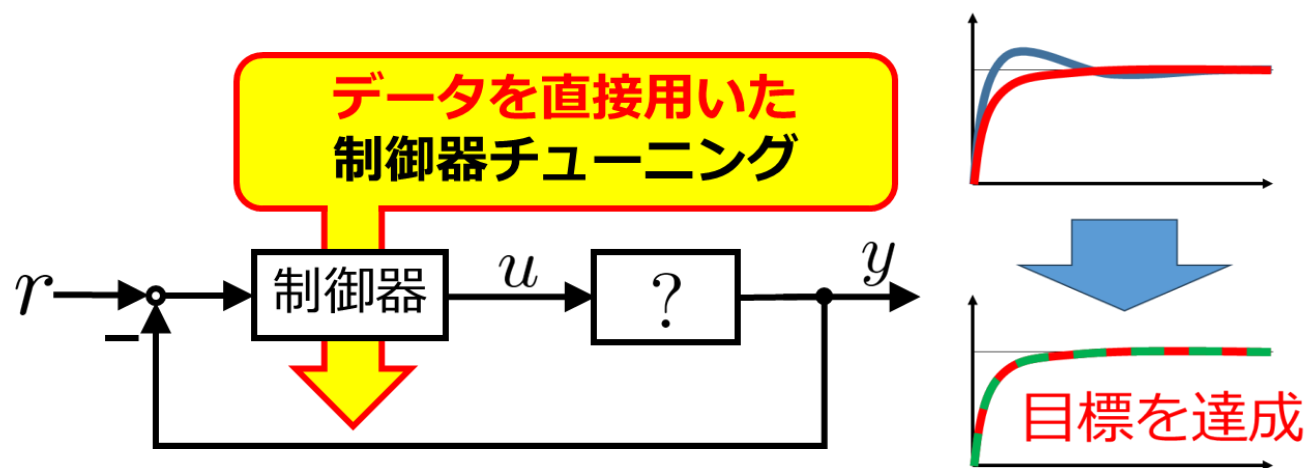
○ 理論保証・解析

× モデリングが必要

モデリングはとても大変な作業

◆ データ駆動制御 ~Data-Driven Control~

実際稼働データを用いた直接的な制御器設計・調整法



▶ データ駆動制御の代表法

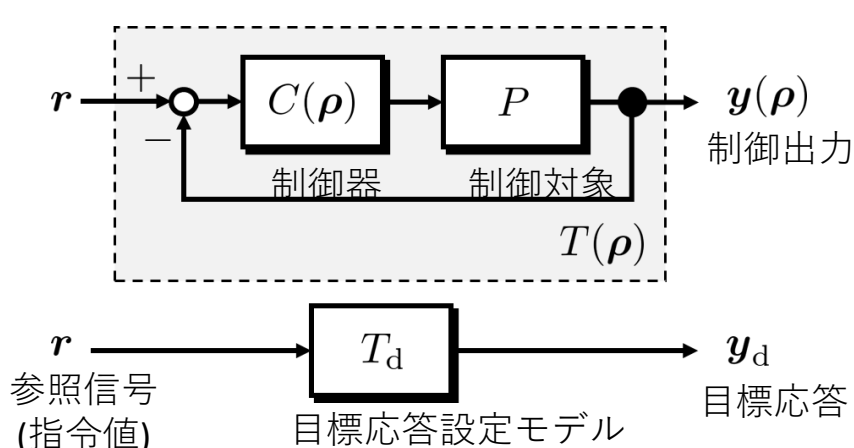
VRFT・FRIT・ERIT etc.

- 一回の実験データでOK
- 制御対象のモデルが不要
- 直観的な制御仕様の設定

◆ Virtual Internal Model Tuning (VIMT)[T.Ikezaki & O.Kaneko. 2019]



新たに提案した“より低コスト”なデータ駆動制御法



$$\text{Minimize}_{\rho} \quad \|y_d - H(\rho)y_{ini}\|_{2[0,N]}$$

$$H(\rho) := T_d + (1 - T_d) \frac{C(\rho)}{C_{ini}}$$

▶ VIMTによる調整手順

- ① 閉ループ系実験
→ 出力信号を観測
- ② 最適化問題を解く
→ パラメータ獲得
- ③ 制御系に実装し稼働

実験コスト◎ → 一本の出力信号データで計算可能

計算コスト◎ → 産業利用が多いPID制御の調整を容易に実現

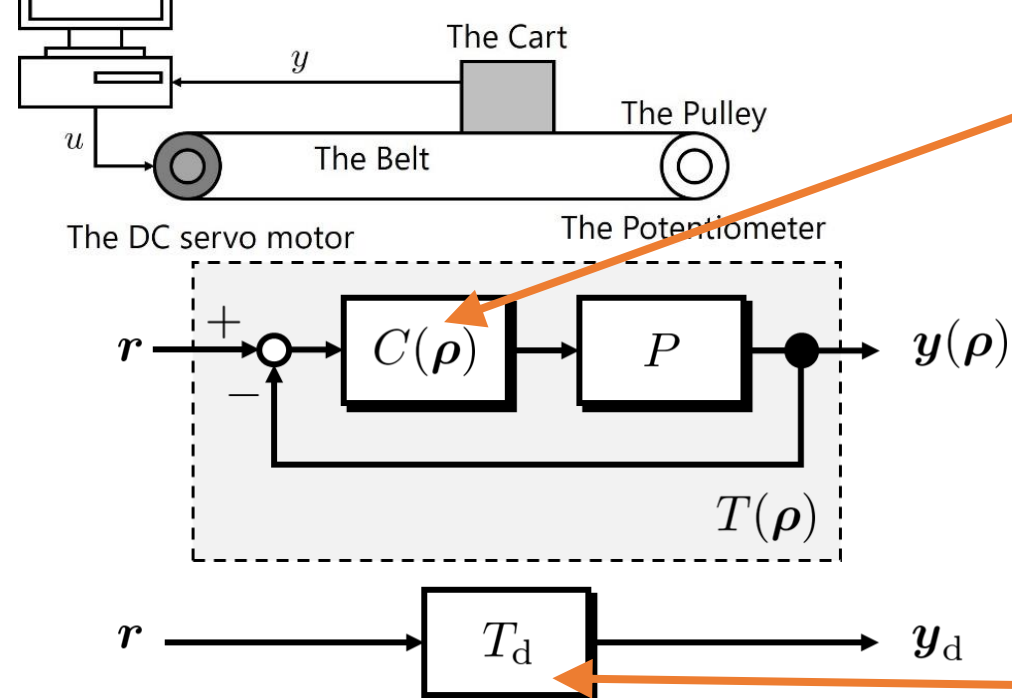
他手法は入力信号も必要!

複雑な最適化計算不要!



◆ VIMTの実験例 ～位置決めステージのPID制御系の制御器調整～

DCモータによる位置決めステージの位置決め制御のためのPID制御器をデータだけから調性する



▶ 実験条件

制御則：PID制御

$$u(t) = k_P e(t) + k_i \int_0^{\infty} e(\tau) d\tau + k_d \frac{de(t)}{dt}$$

制御周期：10 ms

制御命令：10 cmの移動

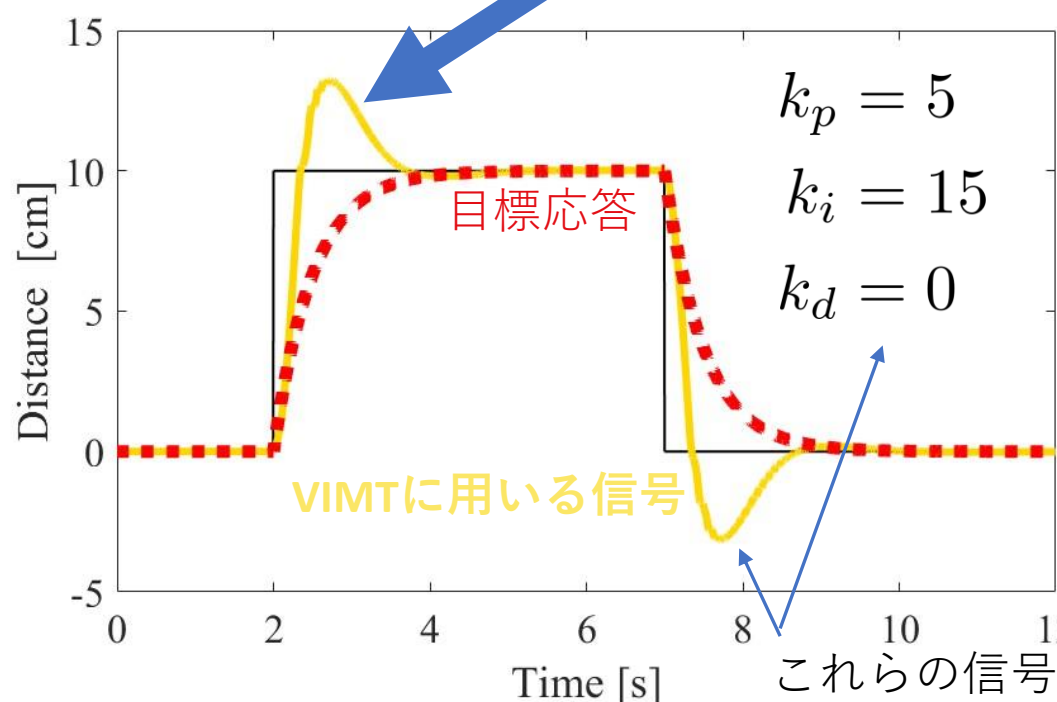
▶ 調整条件

データ点数：12000点(左下黄色線)

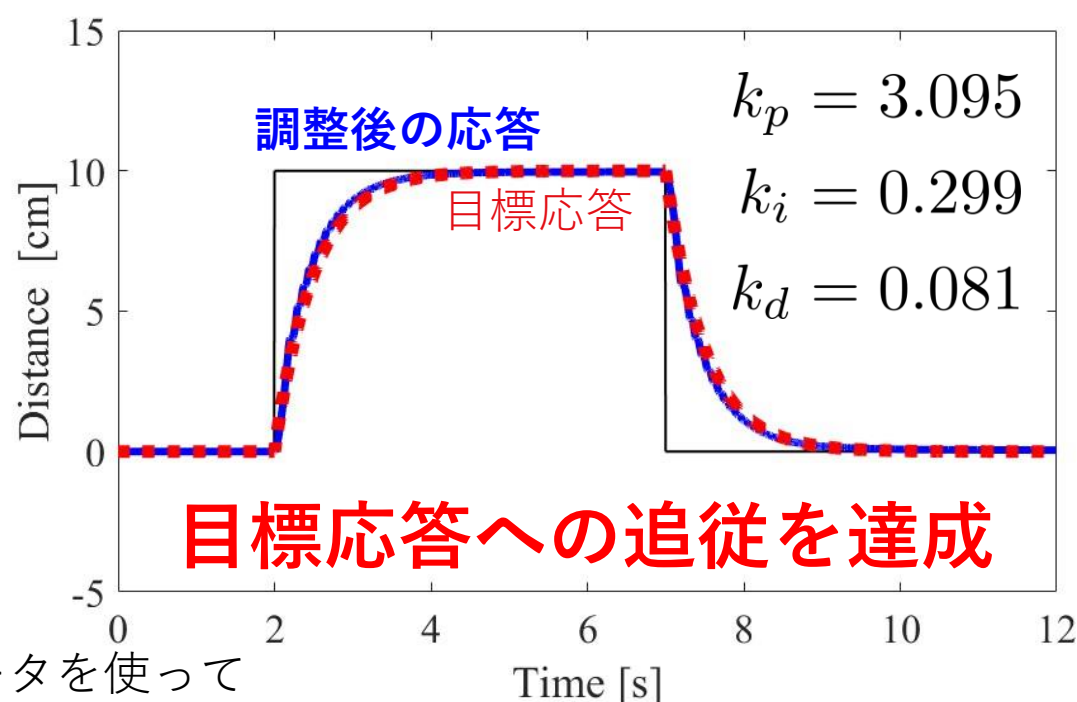
最適化：最小二乗法

調整モデル：
$$T_d = \frac{1}{0.5s + 1}$$

調整前 行き過ぎ量をなくしたい



調整後



これらの信号とパラメータを使ってPIDパラメータを算出

◆ VIMTの産業応用に向けて

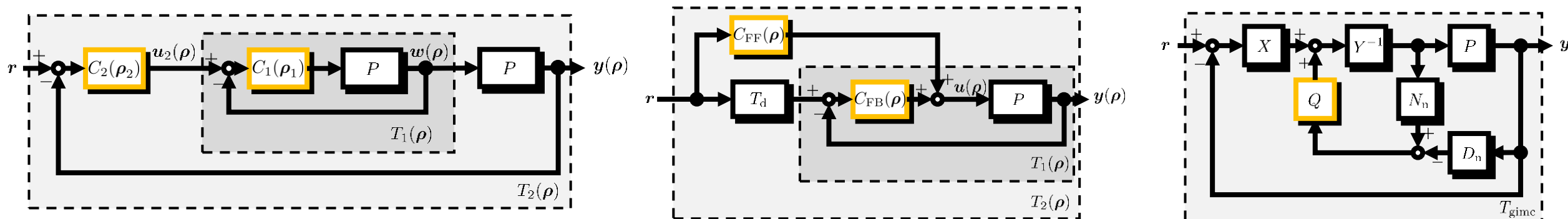
▶ 産業システムへの適用例（共同研究）

精密位置決め制御・水温制御系・空調用流量弁制御

その他さまざまな実験装置で検証済み

▶ 様々な制御系への適用（拡張）

各種PID制御・カスケード制御・二自由度制御・内部モデル制御・適応制御



◆ VIMTの抱える問題

- ・ 摩擦などの非線形特性に対応ができていない（線形特性に限定）
- ・ 調整後制御系の特性解析ができていない（実装して確認）
- ・ 制御器が既知でないと計算できない（組込み系では詳細には把握不可）

