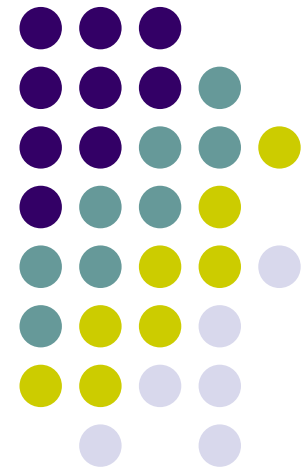
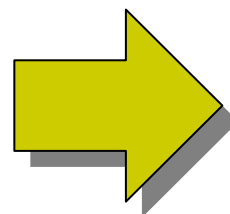


「評価」と「設計」を統合した 新しいPID制御システム

広島大学 教育学研究科
教授 山本 透



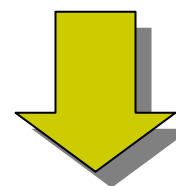
その装置、うまく動いていますか？



うまく動かす機器



制御器



PID制御器

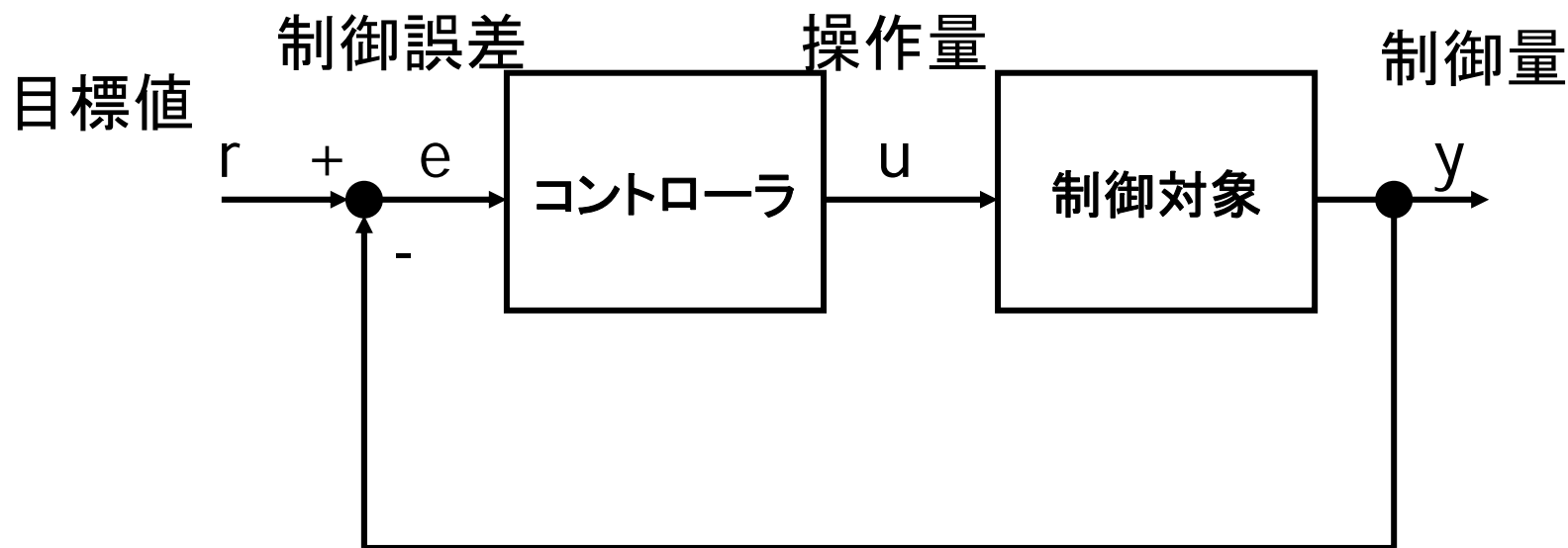




PID制御とは

PID制御

- Proportional (比例)
- Integral (積分)
- Derivative (微分)





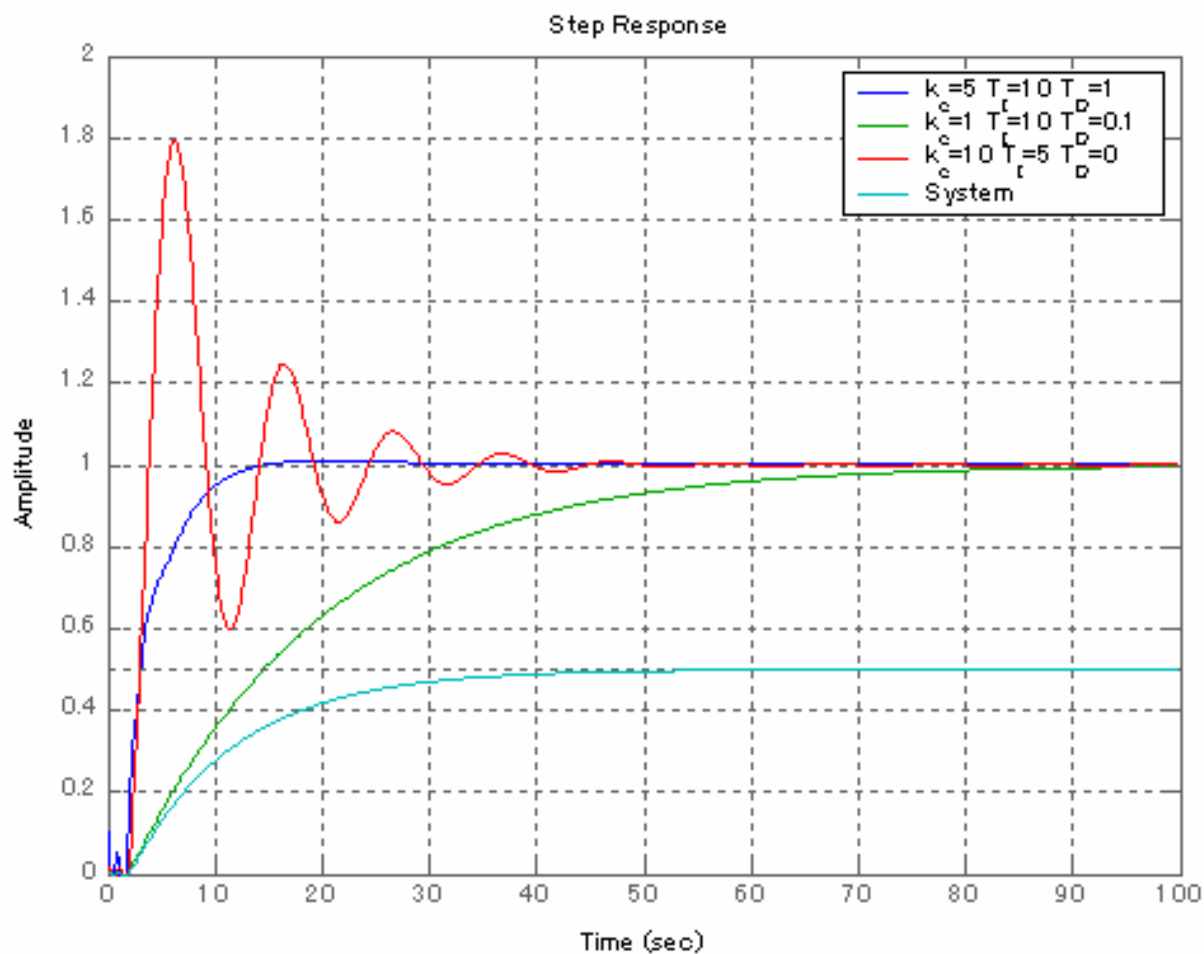
$$u(t) = \underline{k_c} \left\{ \underbrace{e(t)}_{\text{現在}} + \frac{1}{\underline{T_I}} \underbrace{\int_0^t e(\tau) d\tau}_{\text{過去}} + \underline{T_D} \underbrace{\frac{de(t)}{dt}}_{\text{未来}} \right\}$$



$$u(t) = k_c \left\{ \underbrace{e(t)}_{\text{現在}} + \frac{1}{T_I} T_s \sum_{\tau=0}^{t-1} e(\tau) + T_D \frac{e(t) - e(t-1)}{T_s} \right\}$$

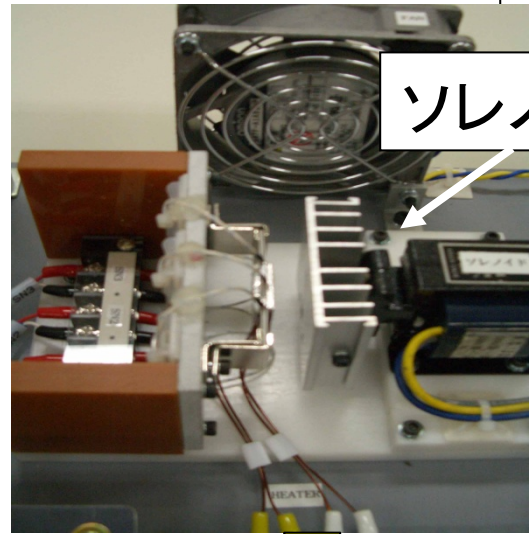
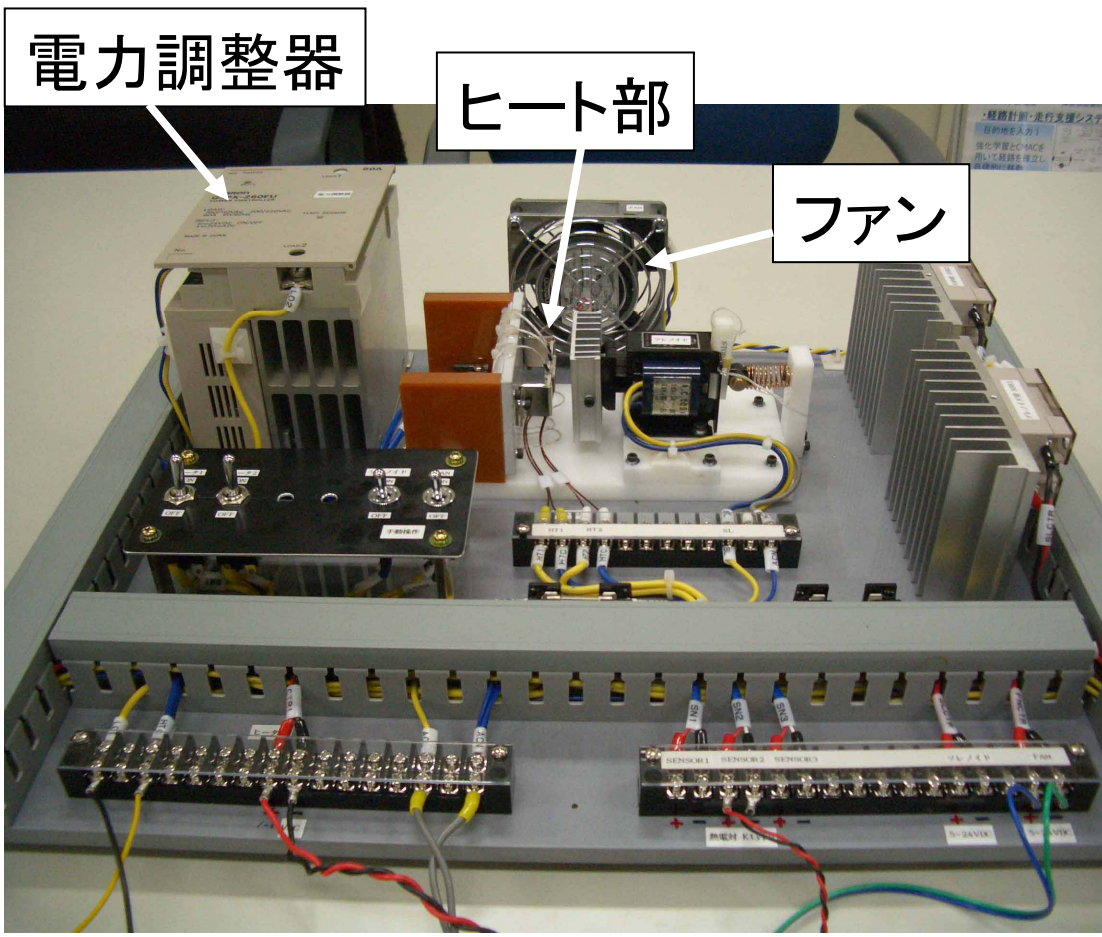
$\underline{k_c}$: 比例ゲイン
 $\underline{T_I}$: 積分時間
 $\underline{T_D}$: 微分時間

どの様に決めればよいか？

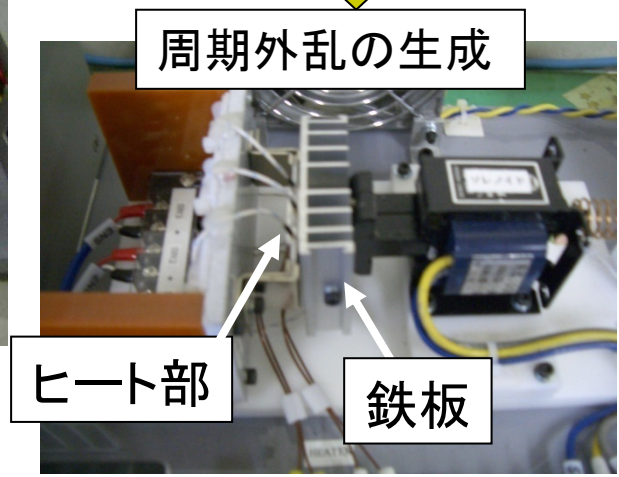


PIDパラメータの設定が異なると性能も変化する

熱プロセスのPID制御



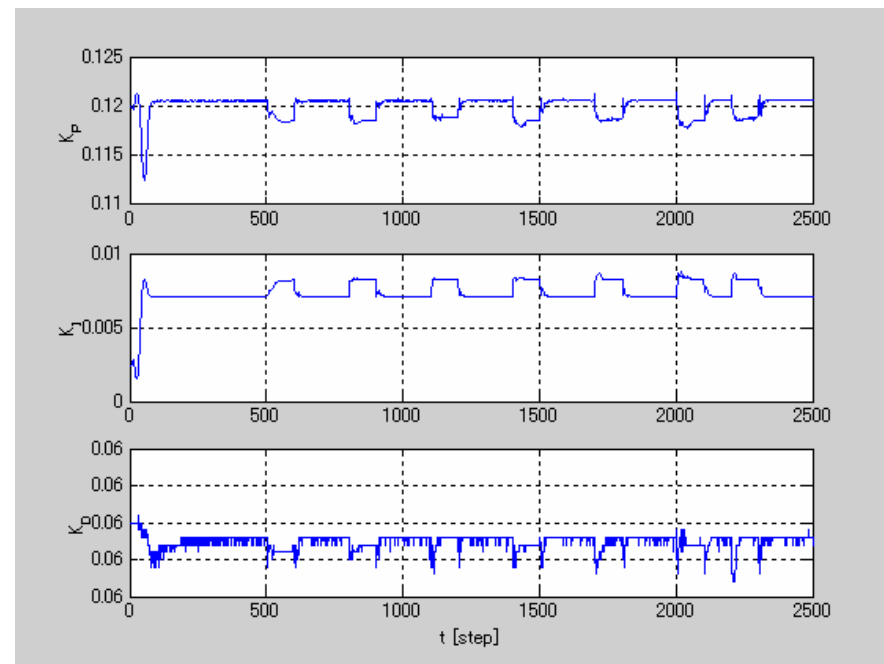
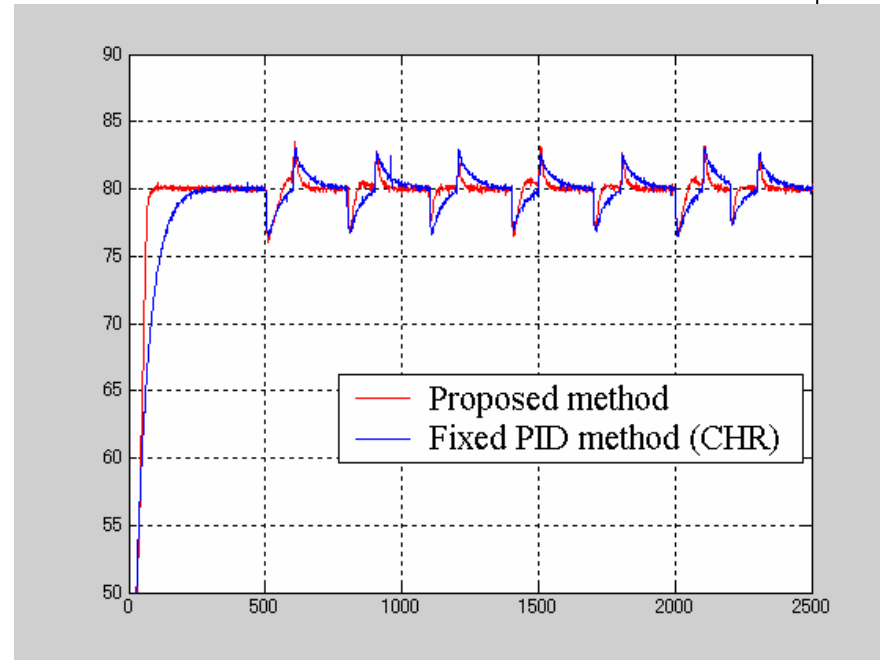
ソレノイド: On

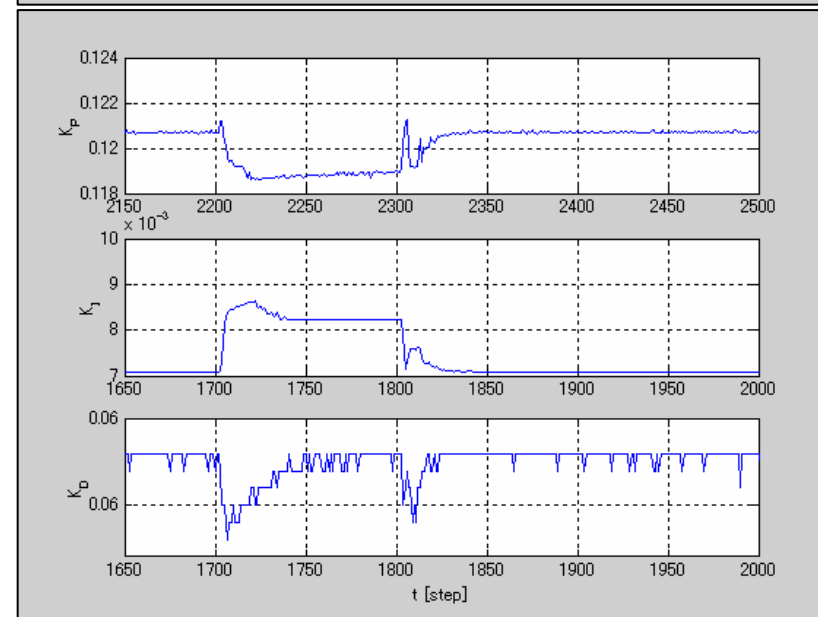
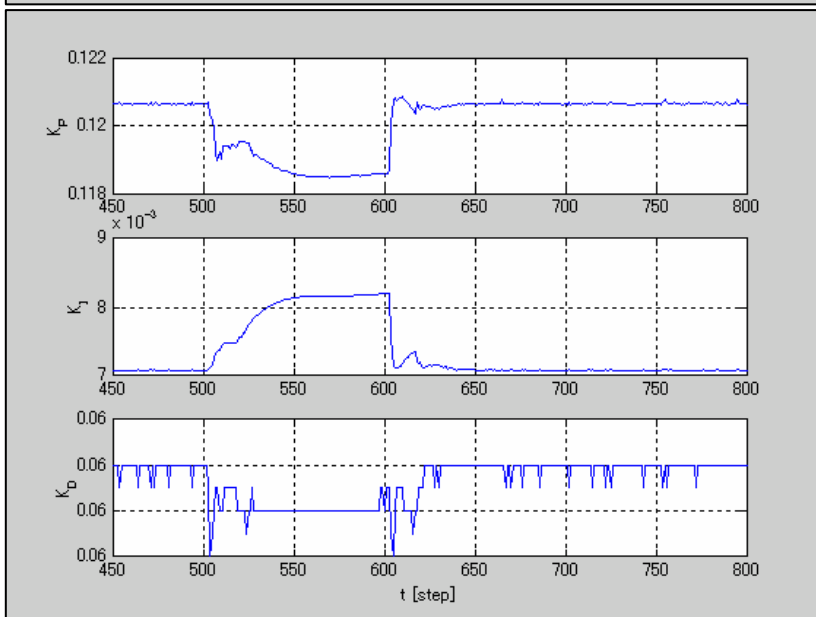
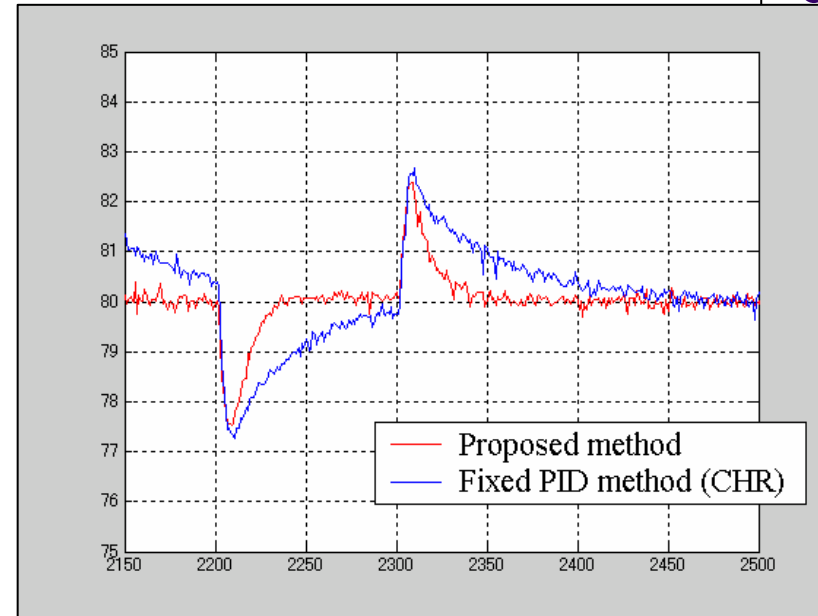
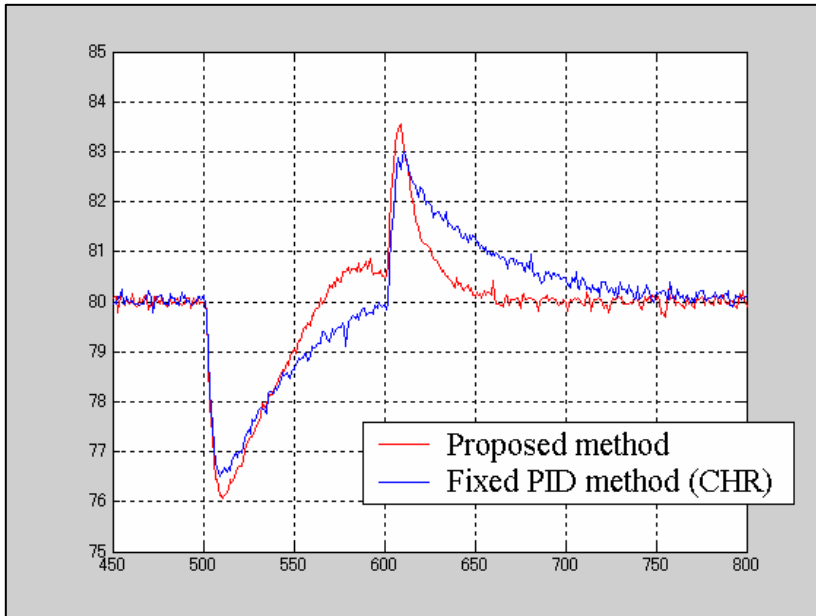
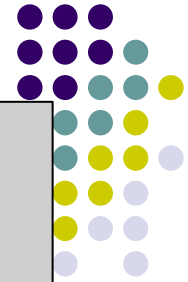


周期外乱の生成



$$D(t) = \begin{cases} \text{On} & (500 \leq t < 600) \\ \text{On} & (800 \leq t < 900) \\ \text{On} & (1100 \leq t < 1200) \\ \text{On} & (1400 \leq t < 1500) \\ \text{On} & (1700 \leq t < 1800) \\ \text{On} & (2000 \leq t < 2100) \\ \text{On} & (2200 \leq t < 2300) \\ \text{Off} & (\text{otherwise}) \end{cases}$$





クレーンの制振PID制御



「評価」と「設計」の統合

～パフォーマンス駆動型制御システム～



・ 操業データを利用した**制御性能評価**

Control Performance Assessment (CPA)

Harris (1989) Shah & Huang(1999)

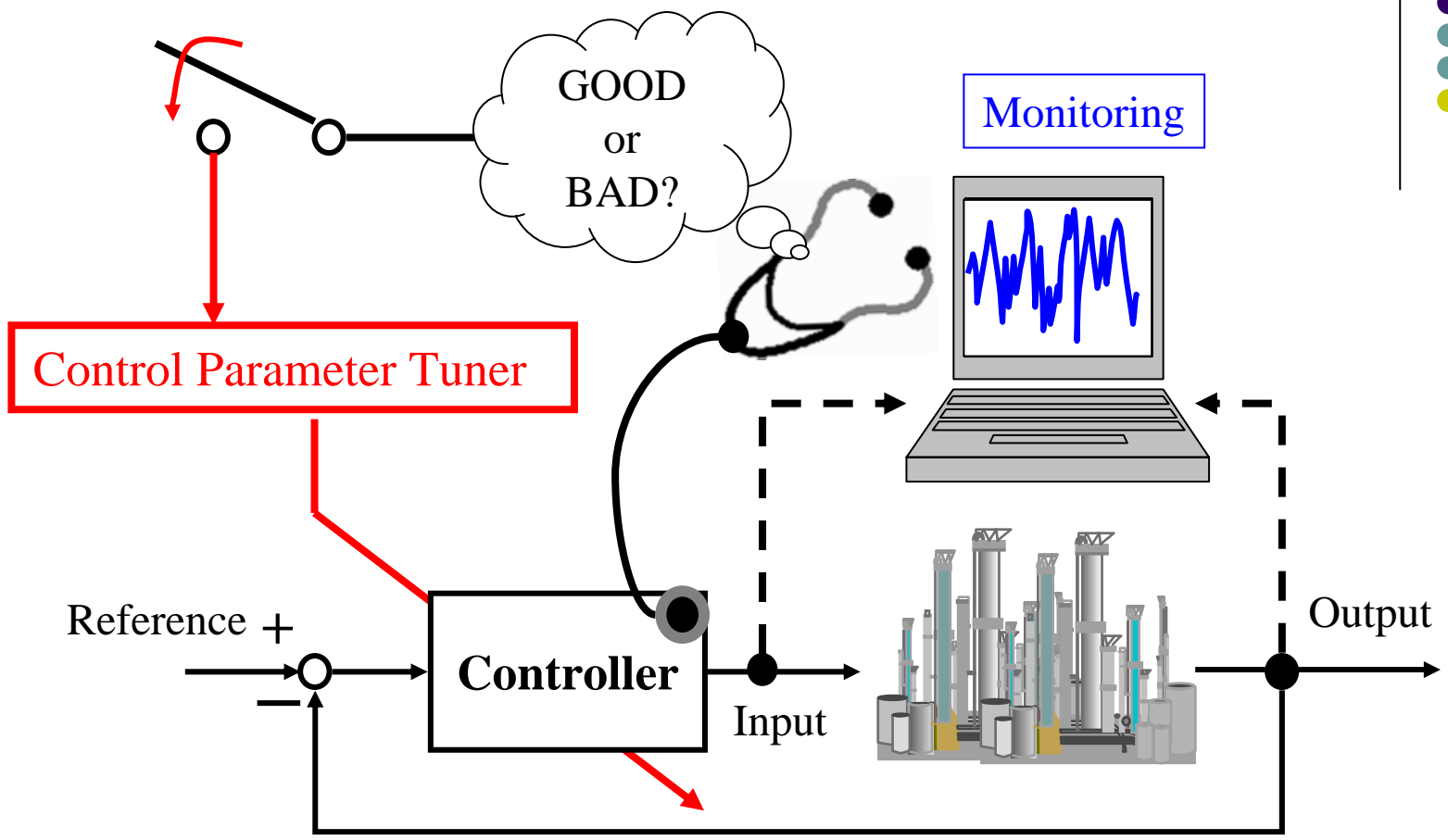
Grimble(2002)

制御誤差信号の分散 + 制御入力の分散 の評価



悪いと評価されても、どうすればいいか分からない

制御性能評価と制御系(PID制御系)設計の統合



パフォーマンス駆動型制御系の概要図

最小分散制御性能指標 (Harris Index)

1989年 ・ 1992年



$$\eta = \frac{\sigma^2_{MV}}{\sigma^2_e}$$

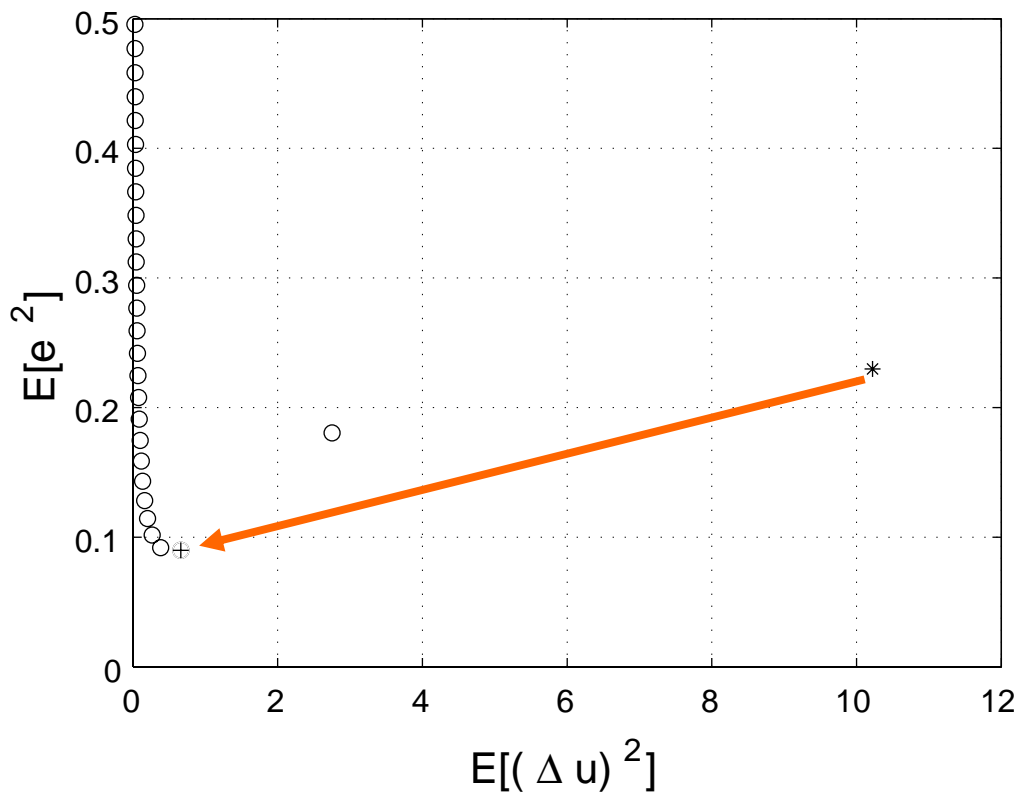


η が1に近いほど制御性能が良い

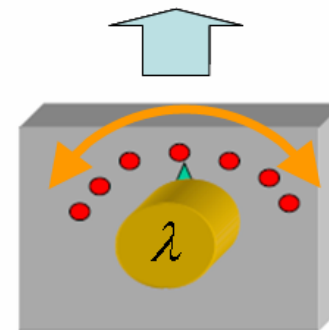
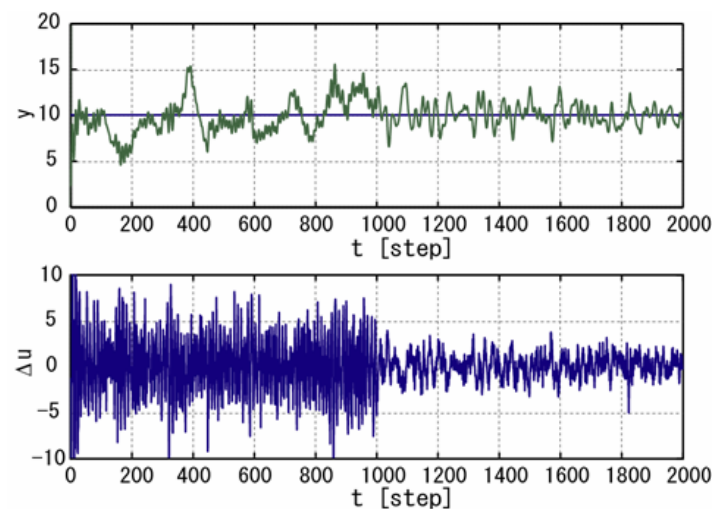
σ^2_{MV} : 実現可能な制御誤差の最小分散

σ^2_e : 制御誤差の分散

$$J = E[\{P(z^{-1})y(t+k+1) - P(1)w(t)\}^2 + \lambda\{\Delta u(t)\}^2]$$



トレードオフ曲線



1-パラメータチューニングの概念

数値例



- システム

$$G(s) = \frac{K}{1 + Ts} e^{-45s}$$

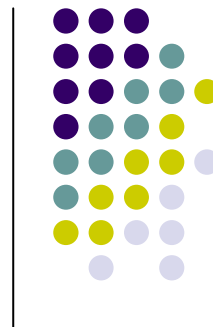
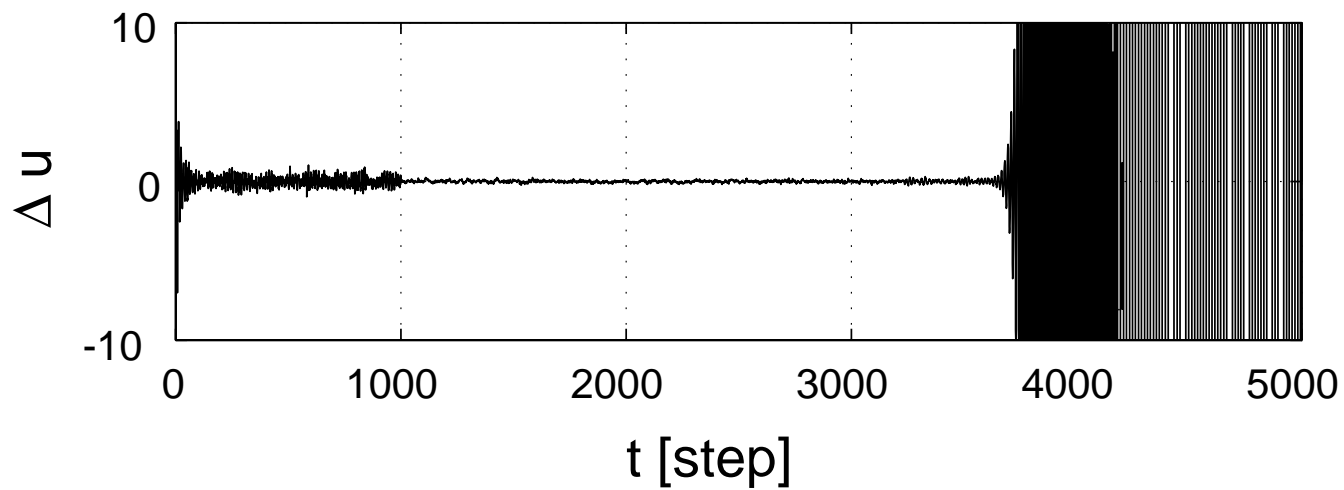
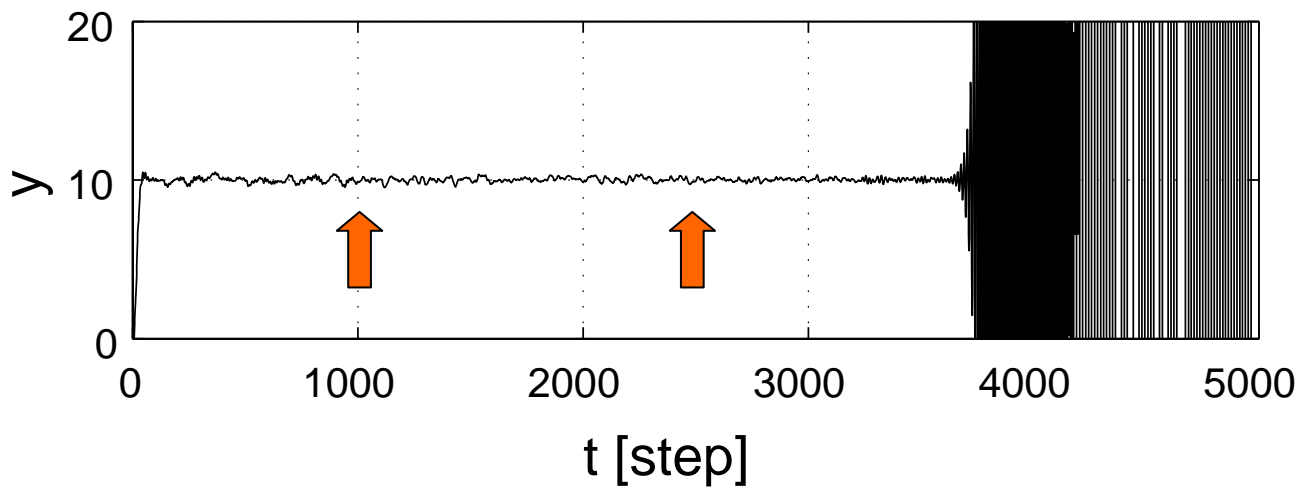
$t \geq 2500$ [step]

$$T = 100 - \frac{50(t - 2500)}{2500}$$

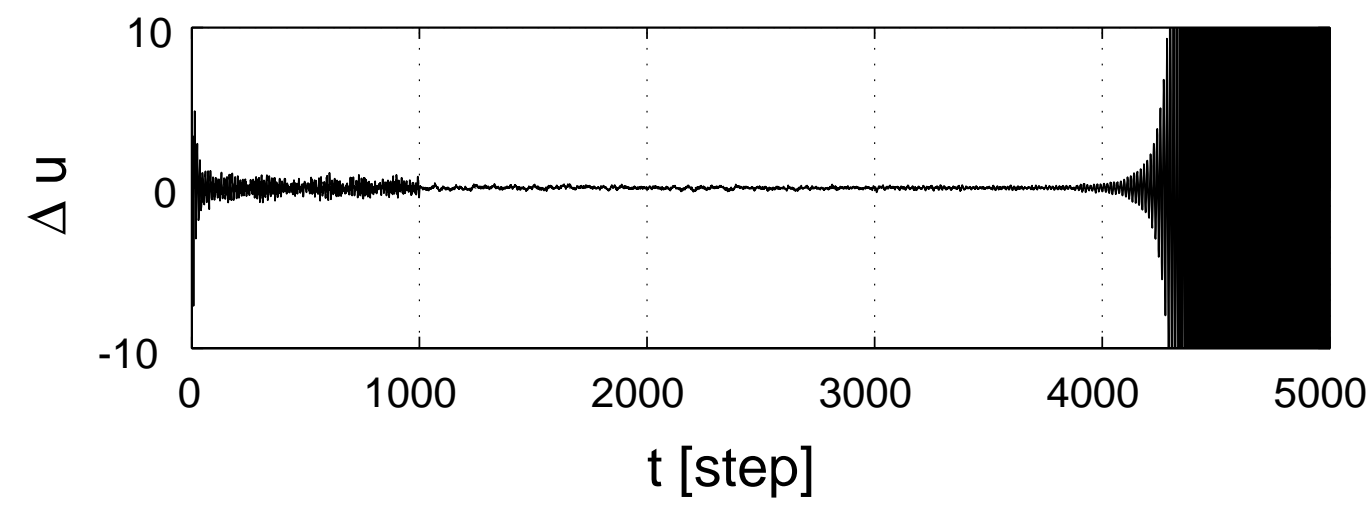
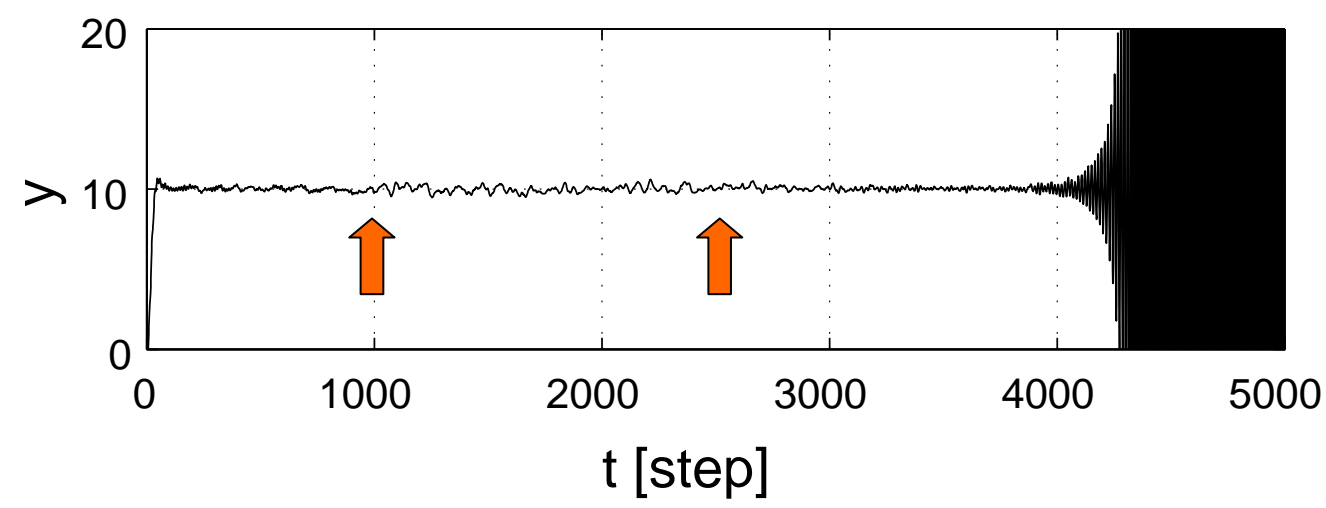
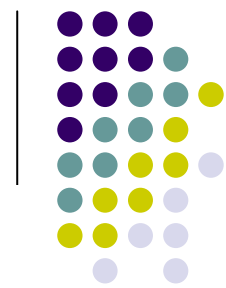
$$K = 0.5 + \frac{2.5(t - 2500)}{2500}$$

- PIDパラメータ

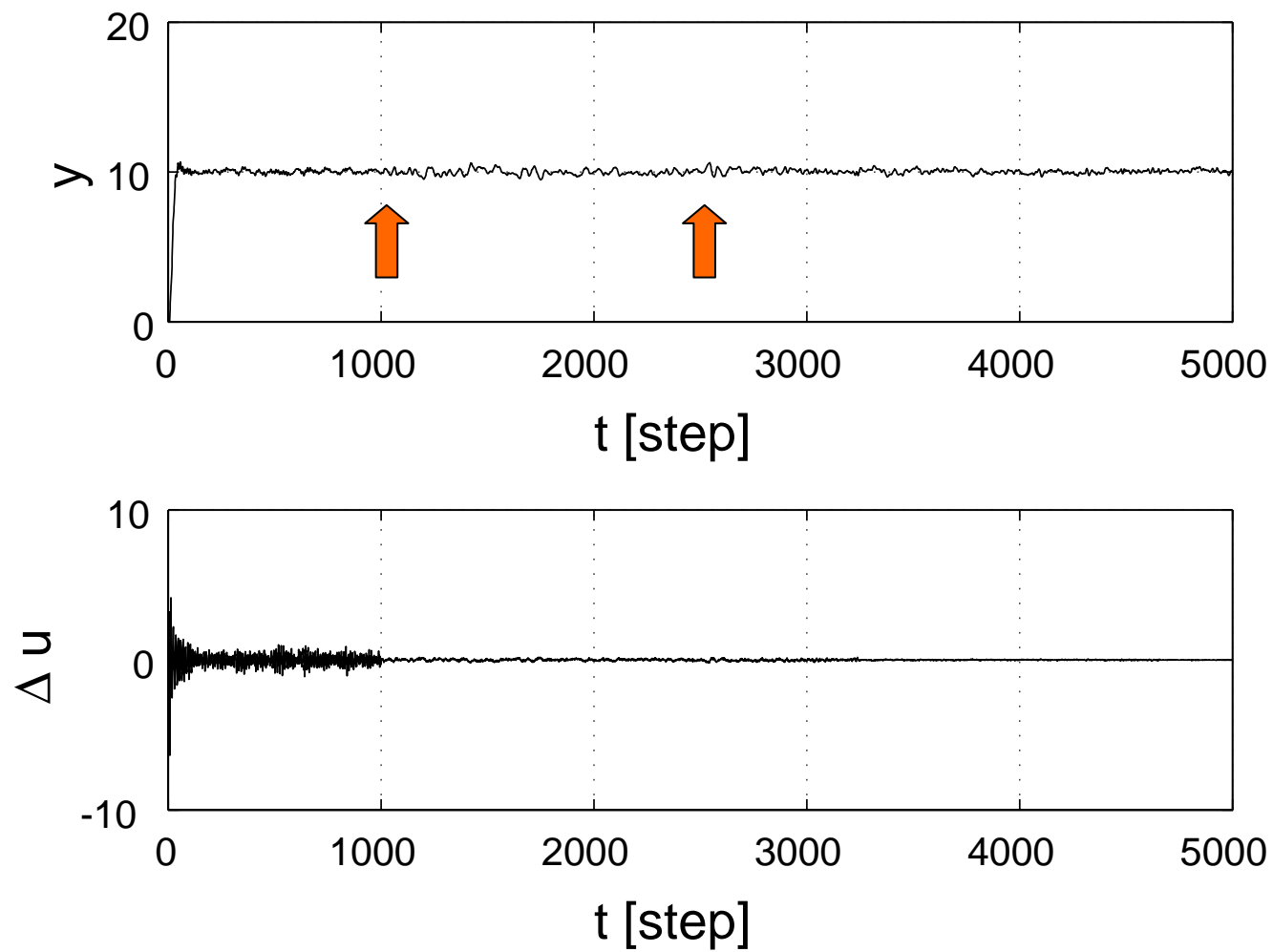
$$k_p = 3.56 \quad T_I = 100.0 \quad T_D = 49.5$$



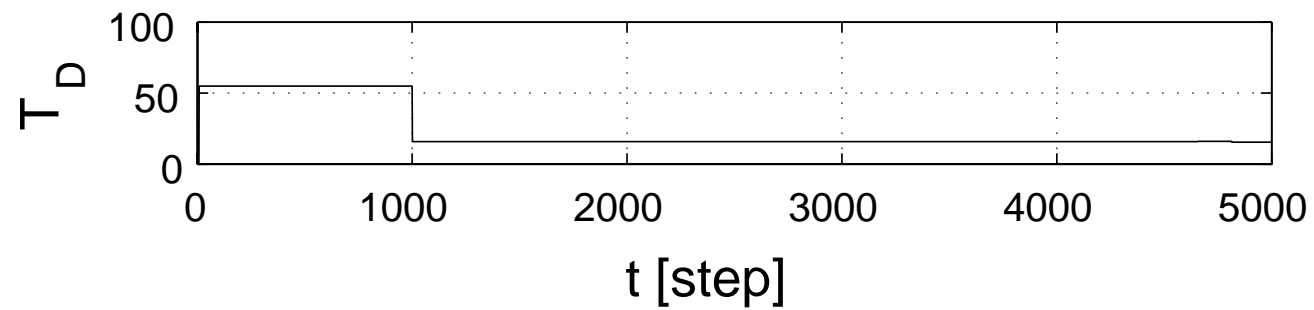
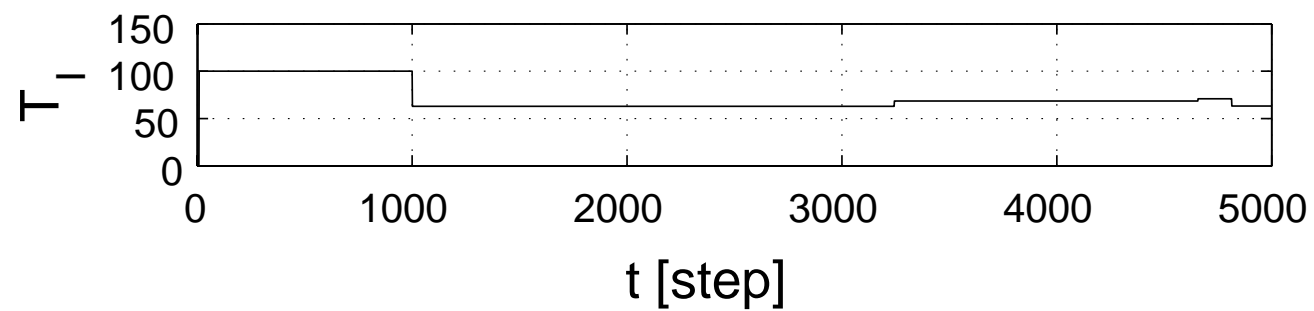
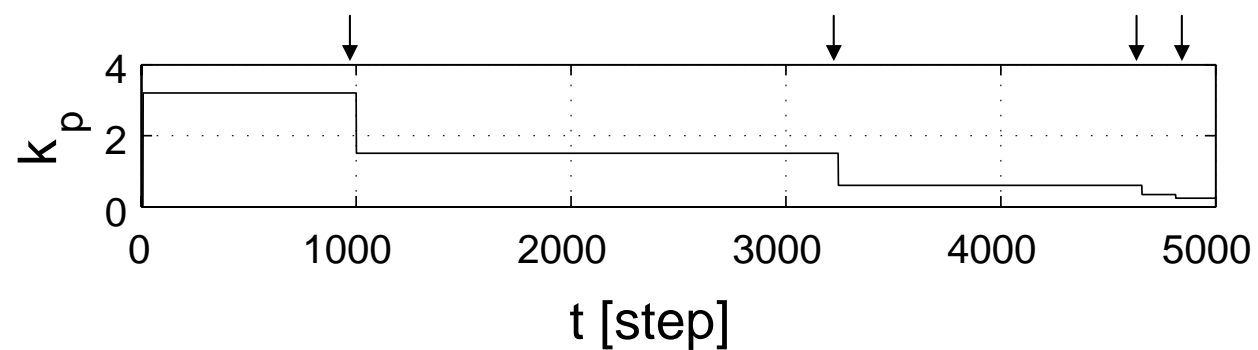
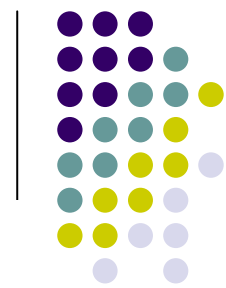
固形PID制御による結果



従来型セルフチューニングPID制御による結果



パフォーマンス駆動型PID制御による結果



PIDパラメータの調整結果



新技術の特徴

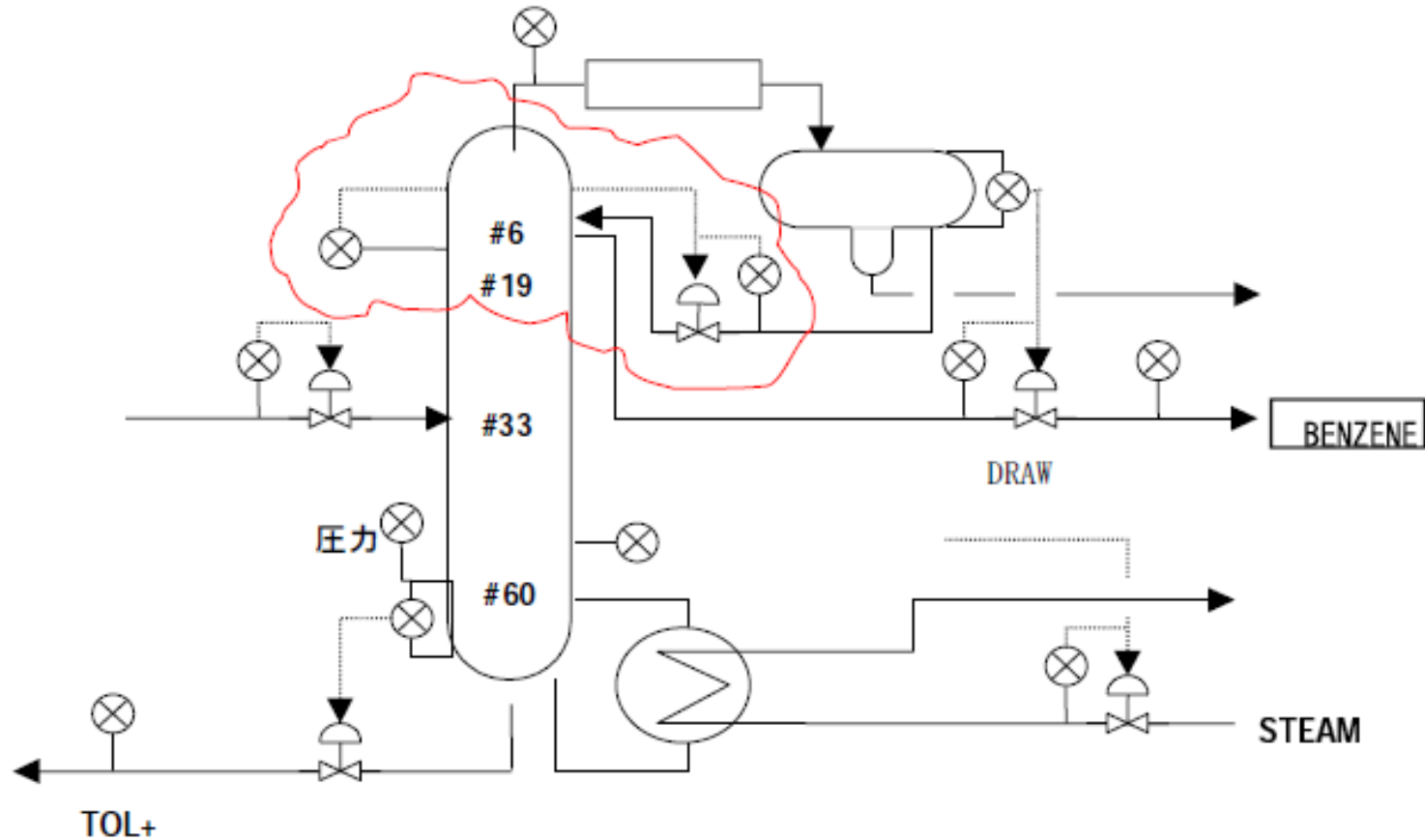
- 「評価」と「設計」の統合
→P・D・C・Aに基づく制御システムの構築
- あまりスキルを持たない運転員によっても、簡単に制御ループが管理・調整できる
- システムの安全性
- 生産コストの削減
- TPM (Total Productive Maintenance) 活動との関連が大きい



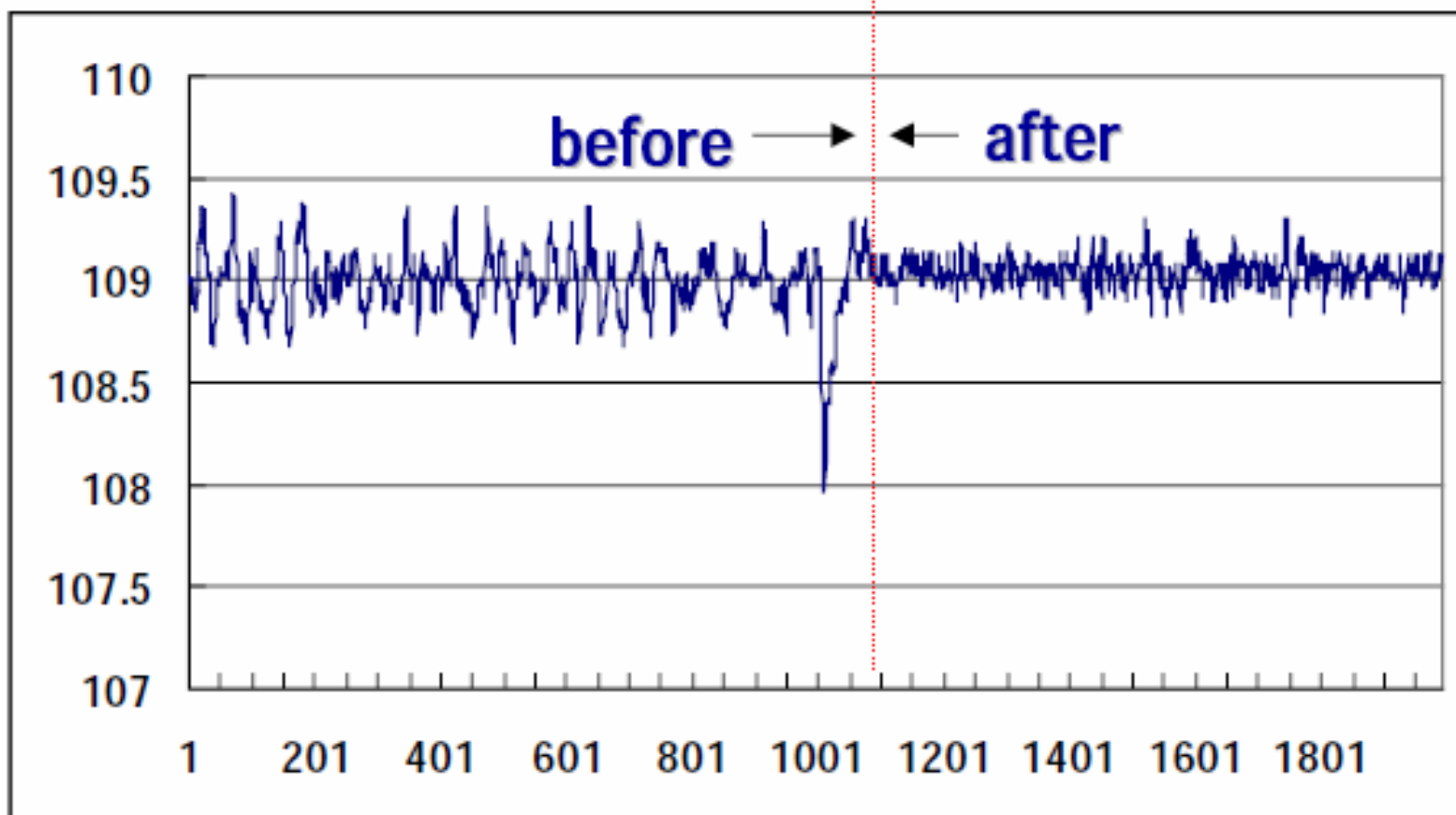
想定される用途

- 石油・化学プロセス, 熱プロセスなどに代表される**プロセスシステム**の制御
- **建設機械**や**自動車**など, 操業条件や経年変化によって特性が変化するシステムの制御
- その他
 - 非線形システム
 - 時変システム

石油プロセスへの適用



ベンゼン抽出プロセスの概要



制御結果

製品性状の安定化

装置の安定運転



大幅なランニングコストの削減



本技術に関する知的財産権

- 発明の名称
『PID制御装置及びPID制御法』
- 出願番号
特願2007-017376
- 発明者
山本 透
- 出願人
国立大学法人広島大学

お問い合わせ先



国立大学法人 広島大学
産学連携センター

コーディネーター 榎木 高男 (かやき たかお)

TEL 082-421-3704

FAX 082-421-3788

e-mail kayaki@hiroshima-u.ac.jp