

1

制御性能監視

京都大学 加納 学
 Division of Process Control & Process Systems Engineering
 Department of Chemical Engineering, Kyoto University

manabu@cheme.kyoto-u.ac.jp
 http://www-pse.cheme.kyoto-u.ac.jp/~kano/

2

化学プロセス制御

定常状態最適化

⇕

多変数制御

⇕

PID制御 PID制御 ... PID制御

階層的制御構造

パラッキを抑えることで、より良い(制約に近い)運転を実現できる。

3

問題

この制御結果から、制御性能を評価せよ。
 さらに、制御性能が悪い場合には、その原因と対策を示せ。

4

動機

プロセスの運転に影響を与えることなく、数多くの制御ループの性能を評価・監視したい。もちろん、運転員や制御エンジニアに負荷をかけたくはない。

日常の運転データだけから制御性能を評価できないだろうか？

⇔

5

Harris の解答

T. Harris:
 "Assessment of Closed Loop Performance",
Can. J. Chem. Eng., **67**, pp.856-861 (1989).

プロセスのむだ時間さえ既知であれば、制御量の運転データから、その分散の最小値を求めることができる。この最小分散をベンチマークとして利用すれば、制御性能を定量的に評価できるはずだ！

↓

最小分散制御をベンチマークとする制御性能評価手法の誕生

6

基本的な考え方

どうしようもない部分
何とかできる部分

制御量

操作量

むだ時間

時間

開ループ(制御なし)

閉ループ(制御あり)

最小分散制御

CLPの解釈 7

CLP $\eta(d) = \frac{\sigma_{MV}^2}{\sigma_y^2} = \sum_{i=0}^{d-1} \rho_{ya}^2(i)$

CLP が0に近い場合 $\sigma_y^2 \gg \sigma_{MV}^2$
 コントローラを修正する必要がある。

CLP が1に近い場合 $\sigma_y^2 \cong \sigma_{MV}^2$
 σ_y^2 が十分に小さいなら、完璧！
 そうでないなら、フィードフォワード制御の導入やプロセスの改善など抜本的な対策が必要である。

MVCベンチマークの特徴 — 長所 8

- ✓ 性能評価のために**同定実験を行う必要がなく**、プロセスのむだ時間が既知であれば、通常の運転データのみから指標を計算できる。
- ✓ 最小分散はコントローラに依存しないため、指標によって構造の異なる**コントローラの性能を絶対的に評価**できる。

MVCベンチマークの特徴 — 短所 9

- ✓ 最小分散は分散の下限值を与えるが、現実には最小分散を実現できない場合もある。例えば、
 - a) コントローラの構造を限定する場合
 - b) モデル誤差がある場合
 - c) 制約がある場合
 には、**最小分散を実現できるとは限らない**。
- ✓ 最小分散制御は**過激な操作量の変化を要求する**ため、最小分散を実現することが望ましいとは限らない。したがって、制御系の安定性やロバスト性も考慮した指標が必要である。

MVCベンチマークのまとめ 10

欠点もあるが、プロセスや外乱のモデルを必要とせず、通常の運転データのみから制御性能を評価できるという特徴は非常に優れたものである。

PID制御で達成可能な評価指標を求める場合など、より高度な制御性能評価を実施する場合には、より多くの情報(プロセスのモデルなど)が必要となり、手法の簡便さが失われてしまう。

長所を活かして、第1段階のスクリーニングに利用する。悪いと判断された制御ループに対してのみ、より詳細な性能評価を実施する。

産業界における取り組み(三菱化学) 11

<p>制御性指標</p> $C_e = \frac{3\sigma_e}{R_{PV}} \times 100$ <p>操作性指標</p> $C_u = \frac{3\sigma_u}{R_{MV}} \times 100$ <p>制御性能評価指標</p> $C_p = \sqrt{\frac{C_e C_u}{\tilde{C}_e \tilde{C}_u}} \times 100$	<p>σ_e 偏差の標準偏差</p> <p>R_{PV} 制御量の計器レンジ</p> <p>σ_u 操作量の標準偏差</p> <p>R_{MV} 操作量の計器レンジ</p> <p>\tilde{C}_e C_e のベンチマーク</p> <p>\tilde{C}_u C_u のベンチマーク</p>
--	--

ひとやすみ 12

ここまでは、**説明**。

ここからは、**演習**。

13 **試してみよう!**

以下の3種類の制御応答から、制御性能を評価せよ!

制御A
制御B
制御C

14 **制御性能評価結果**

むだ時間は5ステップである。

制御A
CLP = 0.51

制御B
CLP = 0.24

制御C
CLP = 0.20

15 **閉ループ系インパルス応答**

CHR法 (A)
CHR
4Kp
0.2Kp

制御A
CLP = 0.51

制御B
CLP = 0.24

制御C
CLP = 0.20

制御が強すぎる(B)
制御が弱すぎる(C)

16 **まとめ**

運転データから制御性能を評価することはできる。

閉ループ系インパルス応答を利用すれば、制御性能を改善するための指針が見えてくる。

— 課題 —

制御性能が悪いと判断された場合に、その原因を究明する作業は容易でない。コントローラのチューニング以外にも、

- ・センサーやアクチュエータの故障
- ・不適切なサイズのパルプの使用
- ・制約条件

などが要因として挙げられる。

プロセスとコントローラを共に監視し、診断まで行えるシステムティックな方法が必要である。

17 **制御性能監視ソフトウェア**

1. Aspen Watch / Aspen PID Watch
<http://www.aspentech.com/>
2. PlantTriage
<http://www.experttune.com/>
3. LoopScout
<http://www.acs.honeywell.com/>
4. ProcessDoctor
<http://www.matrikon.com/>
5. Control Monitor
<http://www.controlartsinc.com/>

18 **おわり**