

ネットワーク系における情報圧縮と制御

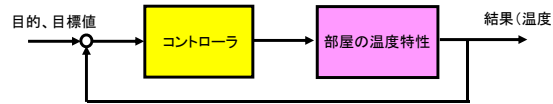
2年担任補佐 岡島 寛



<http://ictrl.cs.kumamoto-u.ac.jp>

制御工学の概要

制御工学(せいぎょうがく、Control Engineering)とは、入力および出力を持つシステムにおいて、その出力を自由に制御する方法全般に関わる学問分野を指す。主にフィードバック制御を対象にした工学である。



どのようにコントローラを設計するか? どんな目的は実現できるかなどを考える。(対象は様々であり、制御目的や対象の特性で適切な手法が異なる。)

例えば、自動車の場合は非線形性をうまく利用してコントローラを設計しなければならない。

制御工学に関連している科目

数学:

線形代数学(行列など, 1年), 微分積分(微分方程式など, 1年), 基礎数学演習(1年), フーリエ解析, ベクトル解析(2年)

電気回路:

電気回路論, 電気回路演習(1年)
(過渡解析, インピーダンス)

制御工学:

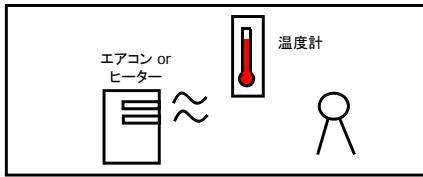
制御工学第一, 第二(2年)
制御系設計論(3年)

3年生実験(情報系):

情報電気電子工学実験第二(組込みシステムの制御)

制御工学って何?

制御工学(せいぎょうがく、Control Engineering)とは、入力および出力を持つシステムにおいて、その出力を自由に制御する方法全般に関わる学問分野を指す。主にフィードバック制御を対象にした工学である。

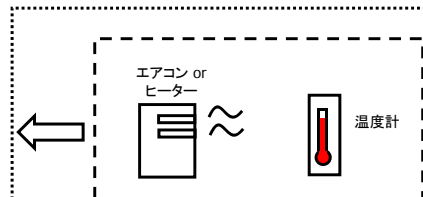


制御目的: 部屋の温度を18度に保ちたい!
⇒制御工学が解決法を与えてくれる。

部屋の温度制御

制御目的: 部屋の温度を18度に保ちたい!

部屋の大きさ

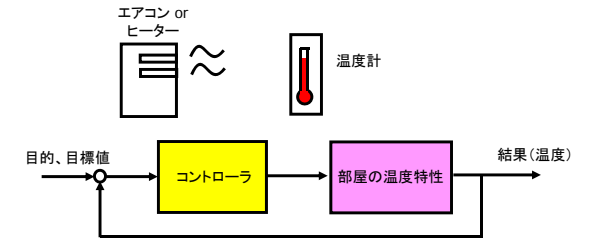


部屋が大きいつまきは大きな出力が必要(窓やドアが開きっぱなしのとき。)
夏は小出力, 冬は大出力が必要
ヒーター出力を一定にするのが良いわけではない
→ (温度計の値をフィードバック)

部屋の温度制御

制御目的: 部屋の温度を18度に保ちたい!

方法2: 温度計の値を見てヒーターの出力を調整する。
フィードバック制御



次世代自動車の制御: SBWによる操舵制御

Steer-by-Wireの構造
(ハンドル, タイヤ間がつかない)

協調制御

実際に運転して運転しやすいかどうか, 効果を確かめます

猫型ロボット

人が触る → センサ → 感情モデル → モータ → 猫が動く

人を紹介したフィードバックループ

ネットワーク系の情報圧縮と制御

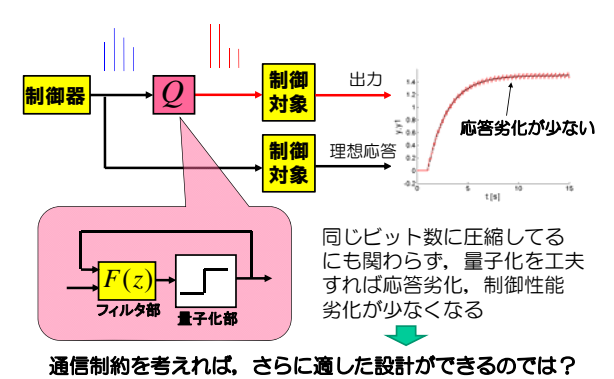
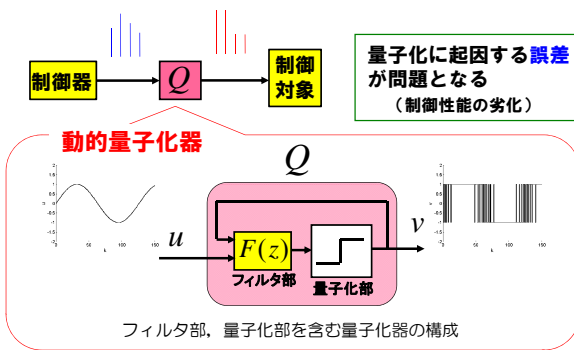
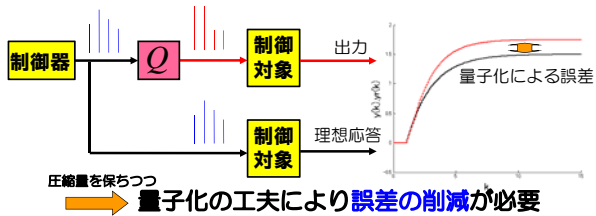
ネットワークを介した制御 ⇒ 量子化によるデータ圧縮

量子化の例 (四捨五入)

4レベル = 2 bit (低分解能データ)

通信速度が有限...

量子化に起因する誤差が問題となる (制御性能の劣化)



主要な結果

Γ を最小とする動的量子化器 $\{A, B, C, d\}$ の設計問題

$\Gamma^{opt} = \min_{A, B, C, X, P > 0, \alpha} \Gamma$ 誤差評価 $E(Q) \leq \Gamma := \gamma \frac{u_{max} - u_{min}}{2(M - \psi_{max})}$

subject to

$$-\begin{bmatrix} P & \bar{C}^T \\ \bar{C} & \gamma^2 \end{bmatrix} \leq 0, \begin{bmatrix} \bar{A}^T P \bar{A} - (1 - \alpha)P & \bar{A}^T P \bar{B} \\ \bar{B}^T P \bar{A} & \bar{B}^T P \bar{B} - \alpha I \end{bmatrix} \leq 0$$

$\alpha \in [0, 1 - \rho(\bar{A})^2]$

$$\bar{A} = \begin{bmatrix} A_p & B_p C \\ 0 & A + BC \end{bmatrix}, \bar{B} = \begin{bmatrix} B_p \\ B \end{bmatrix}, \bar{C} = \begin{bmatrix} C_p & 0 \end{bmatrix}$$

量子化幅に関する制約条件

$$-\begin{bmatrix} X & C^T \\ C & \psi_{max}^2 \end{bmatrix} \leq 0, \begin{bmatrix} (A + BC)^T X (A + BC) - (1 - \beta)X & (A + BC)^T X B \\ B^T X (A + BC) & B^T X B - \beta I \end{bmatrix} \leq 0$$

$\beta \in [0, 1 - \rho(A + BC)^2]$

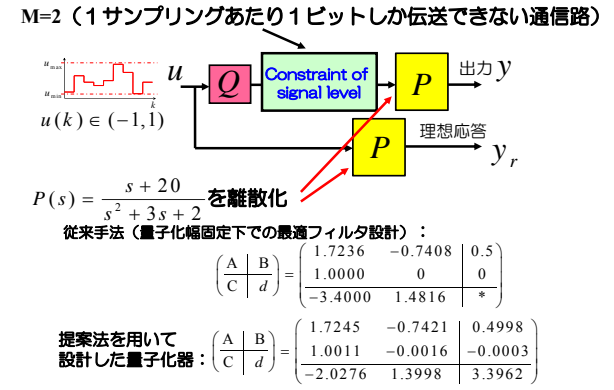
最小量子化幅: $d = \frac{(u_{max} - u_{min})}{M - \psi_{max}}$

主要な結果

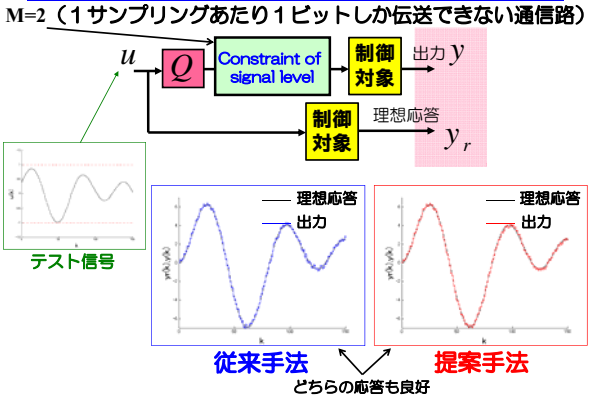
動的量子化器の設計アルゴリズム

- ①初期量子化器 $\{A_0, B_0, C_0, d_0\}$ を与える
さらに, X_0, P_0 を求める
- ② X_k, P_k を固定して $\{A_{k+1}, B_{k+1}, C_{k+1}, d_{k+1}\}$ を求める
ただし, 統合設計問題における評価関数を
 $J_k = a_k \gamma^2 + b_k \psi_{max}^2$ とする
- ③ $\{A_{k+1}, B_{k+1}, C_{k+1}, d_{k+1}\}$ を固定して X_{k+1}, P_{k+1} を求める
- ④ Γ_k, Γ_{k+1} を比較し, 比がある値以上なら②に戻る
比が1に収束すれば終了

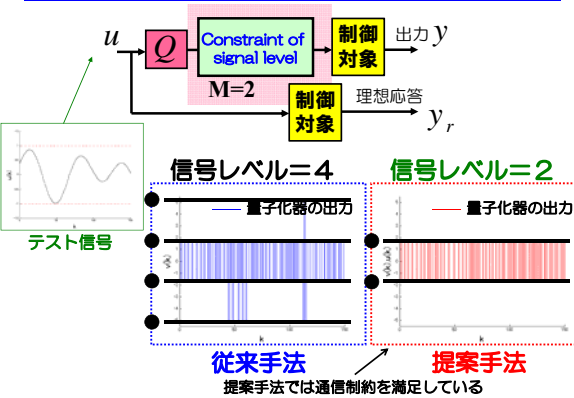
数値例



数値例



数値例



おわりに

