

フレキシブルリンクのシステム同定：

京都大学大学院情報学研究科

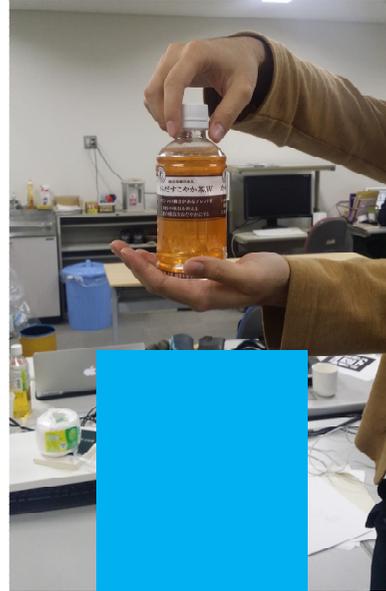
大木 健太郎

実験: Feedback vs Feedforward

2

目的: ペットボトルを取られても、手のひらの高さを変えない

A: 人にとられる



B: 自分でとる



Q1: どちらの方が、手のひらの高さが変わらないだろうか？
Q2: どちらがフィードバック制御だろうか？

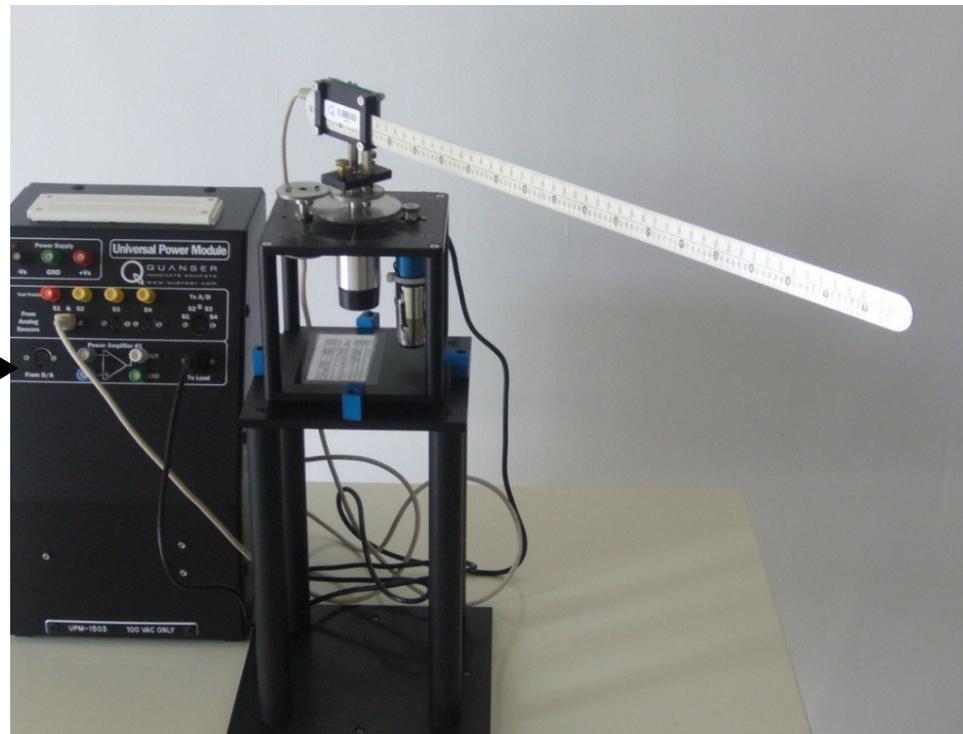
- **フィードフォワード制御**：動きを事前に予測して制御
 - 高精度な**モデル**があれば，高性能な制御が可能
 - (例) 野球のバッティングなど，対人スポーツ
- **フィードバック制御**：対象を見ながら制御
 - **モデル**の精度が悪くても，堅実な制御が可能
 - (例) 産業などの，失敗の許されない分野

※ 実際には両方を組み合わせて使うことが多い
対象が与えられたときの制御のしやすさ(制御の性能)は，
モデルで決まる

フレキシブルリンクの動作

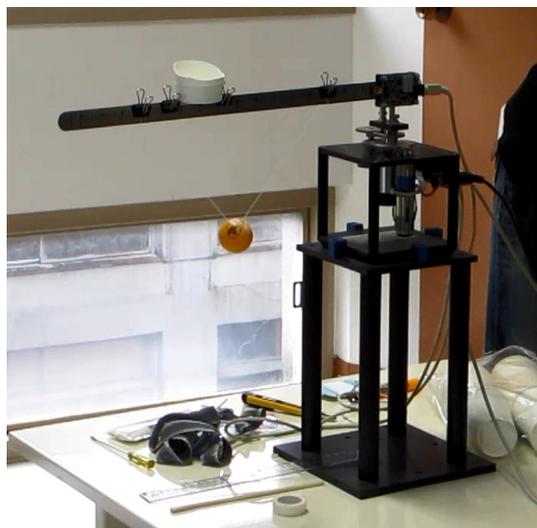
電圧指令値を与え，モーターを回し，アームを回転させる

入力
(電圧指令値)



出力
(角度の変化)

例：フレキシブルけん玉

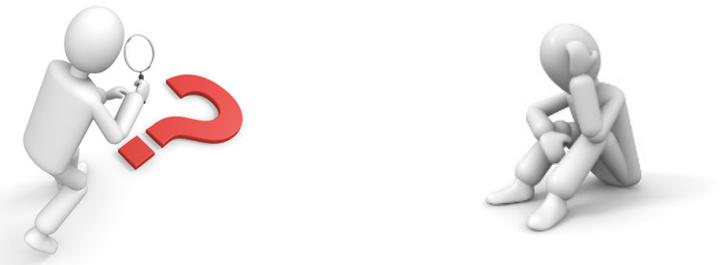


所望の動作（フレキシブルリンクの動き方）を与え、
その通りに動くように入力を決定

動かし方の設計（制御器の設計）

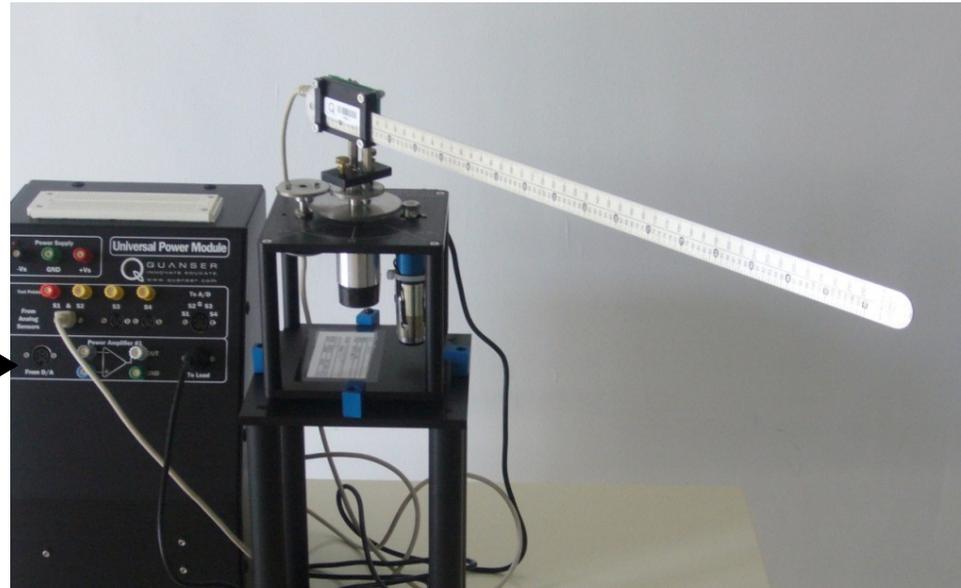
フレキシブルリンクの制御

目標値に応じた電圧指令値を与え、モーターを回し、アームを回転



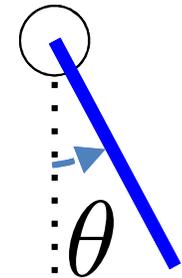
電圧指令値を与え、モーターを回し、アームを回転させる

入力
(電圧指令値)



出力
(角度の変化)

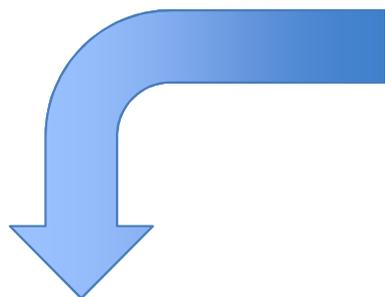
動きの特性(動特性)の把握
様々な入力に対して、どのように応答するか



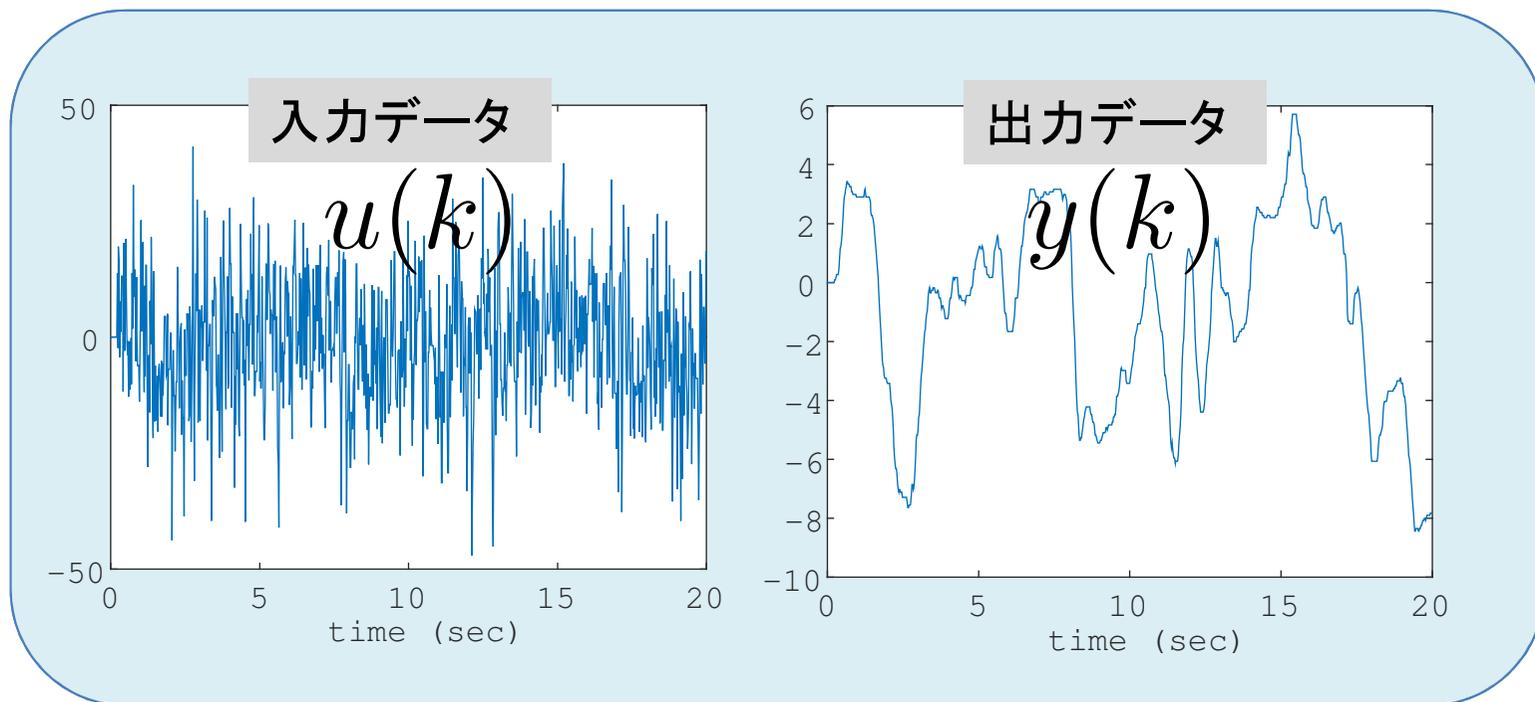
➡ **数理モデル**を用いる

- 本物の近似 (e.g., プラモデル, 男性/女性モデル…)
- **数理モデル** = (ここでは) **動特性の近似**
 - 必要な入出力関係を, “**適切に**” 表している

1. 物理法則 (Newton 力学, 電気電子回路, ...)
2. 実験データ



モデルを仮定

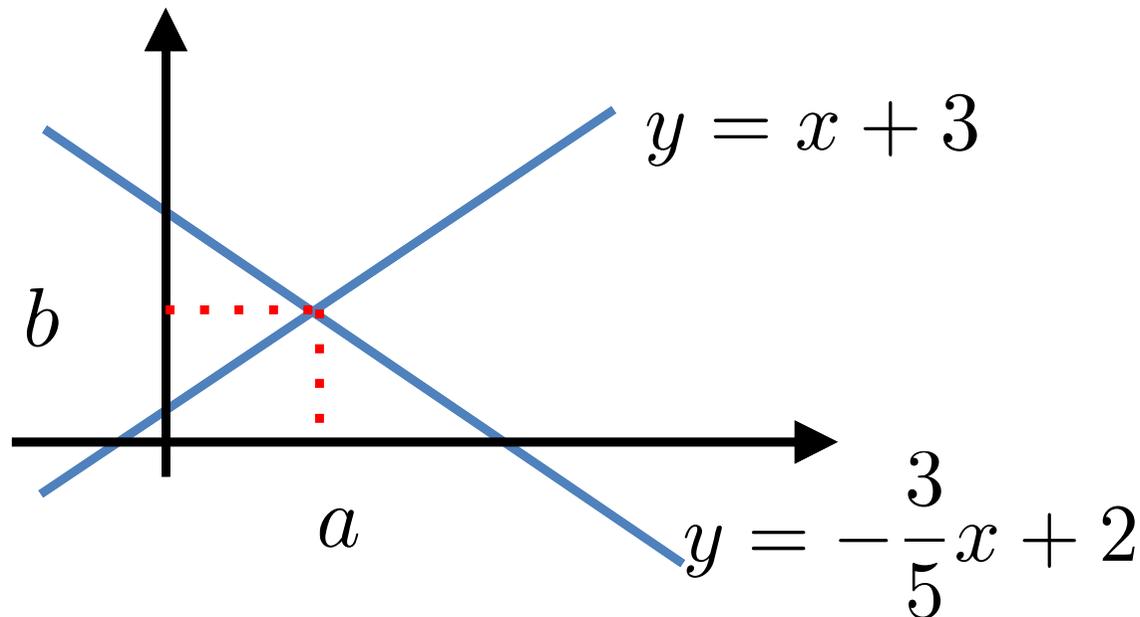


$$y(k) = a_1 y(k-1) + a_2 y(k-2) + b_1 u(k-1)$$

a_1, a_2, b_1 を決定する

複数の直線の交点を求める方法

$$\begin{cases} 10 = 3a + 5b \\ 3 = -a + b \end{cases} \quad \Rightarrow \quad a, b \text{ が求まる}$$



3変数の場合は、
3次元空間の
直線の交点

連立一次方程式の解法: Gaussの消去法 (1/2) 11

ステップ1

$$\left\{ \begin{array}{l} y_1 = ax_{11} + bx_{12} + cx_{13} \\ y_2 = ax_{21} + bx_{22} + cx_{23} \\ y_3 = ax_{31} + bx_{32} + cx_{33} \end{array} \right.$$

黒字: 与えられているデータ
赤字: 求めたいパラメータ

1行目を適切な定数をかけて, 2行目と3行目から引くと,

$$\left\{ \begin{array}{l} y_1 = ax_{11} + bx_{12} + cx_{13} \\ y'_2 = \phantom{ax_{11}} + bx'_{22} + cx'_{23} \\ y'_3 = \phantom{ax_{11}} + bx'_{32} + cx'_{33} \end{array} \right.$$

連立一次方程式の解法: Gaussの消去法 (2/2) 12

ステップ2

$$\left\{ \begin{array}{l} y_1 = ax_{11} + bx_{12} + cx_{13} \\ y'_2 = \quad \quad \quad bx'_{22} + cx'_{23} \\ y'_3 = \quad \quad \quad bx'_{32} + cx'_{33} \end{array} \right.$$

黒字: 与えられているデータ
赤字: 求めたいパラメータ

2行目を適切な定数をかけて, 3行目から引くと,

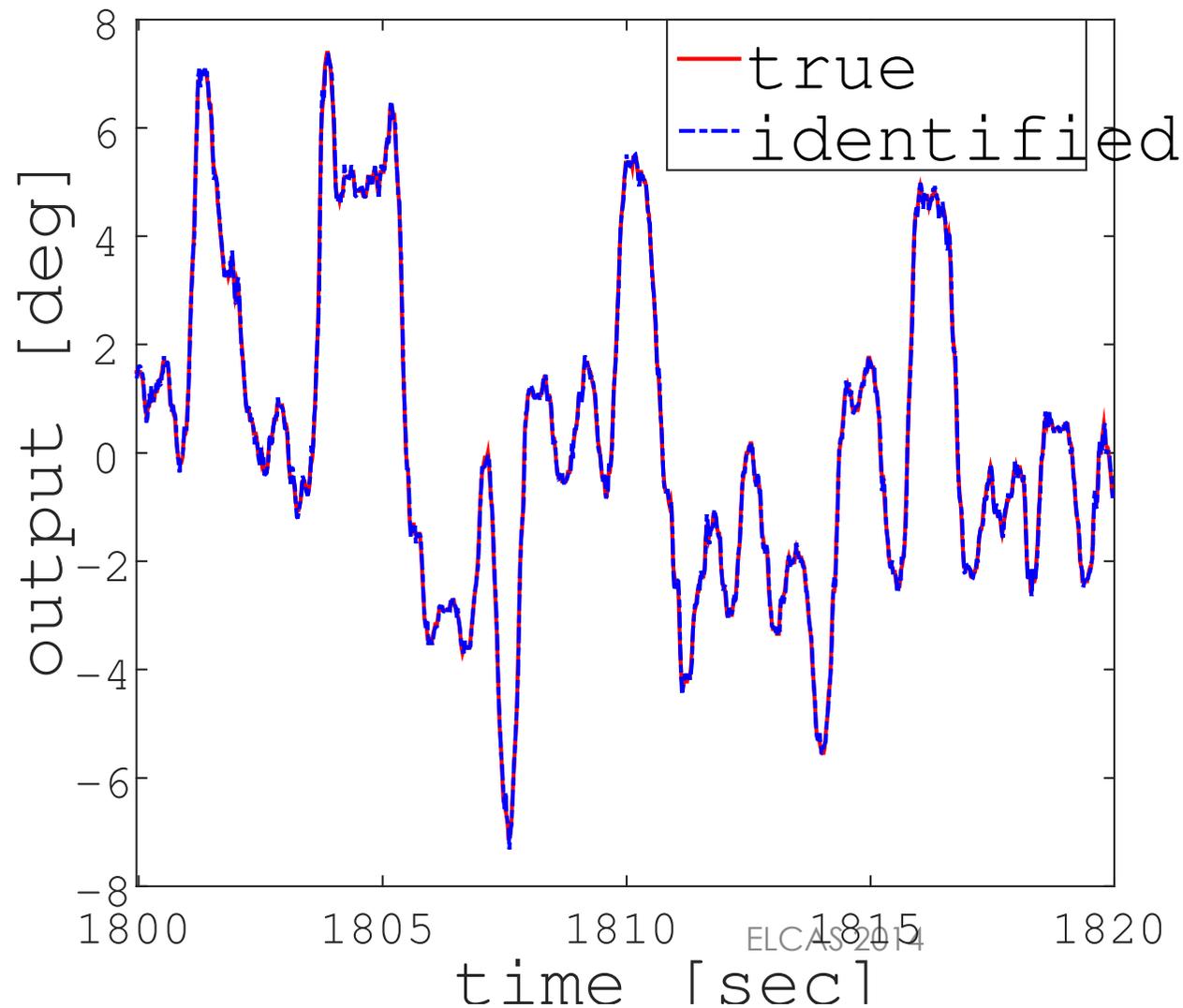
$$\left\{ \begin{array}{l} y_1 = ax_{11} + bx_{12} + cx_{13} \\ y'_2 = \quad \quad \quad bx'_{22} + cx'_{23} \\ y''_3 = \quad \quad \quad \quad \quad \quad cx''_{33} \end{array} \right.$$

ステップ3

下から順に解く

実際の実出力: $y(k)$

モデルの実出力: $\hat{y}(k) = a_1 y(k-1) + a_2 y(k-2) + b_1 u(k-1)$



Q: 未知数の数より方程式の数が多い場合は、
どうしたらよいか？

Q: 見た目ではなく、定量的にモデルの良さを評価するには、
どうしたらよいか？

Q: モデルを変えたら、どうなるだろうか？