

脳冷却装置のモデリングと特性パラメータの実験同定

機械系ユニット 齊藤・森研 (生体力学) 上原 賢祐 齊藤 俊



1. ねらい

実際に起こる現象をモデルによって分析したり, Simulation を行うことによって, 問題解決を図る

齊藤研が得意としている事です!

2. 脳冷却装置のモデリング

冷却水用チューブ
ヒートシンク
ペルチェ素子

モデリング

- 温度制御
- 振動無し
- 小型・軽量

インプラント 小型冷却装置

試作的に作成した脳冷却装置

1円玉より小さいんだね!!

放熱量 $Q_h = \beta_p \frac{\partial T_h}{\partial t}$ (W)

(ペルチェ素子の持つ熱エネルギー変化率 β_p × 放熱面の時間変化)

吸熱量 Q_c 全熱量の収支を構成する要素

$$\beta_p \frac{\partial T_h}{\partial t} = \alpha T_h I + \frac{RI^2}{2} + K_{pp}(T_c - T_h) + K_{ph}(T_{hs} - T_h)$$

$$\beta_p \frac{\partial T_c}{\partial t} = -\alpha T_c I + \frac{RI^2}{2} + K_{pp}(T_h - T_c) + K_{pa}(T_m - T_c)$$

α : 熱電変換係数 R : 内部熱抵抗 K : 熱コンダクタンス

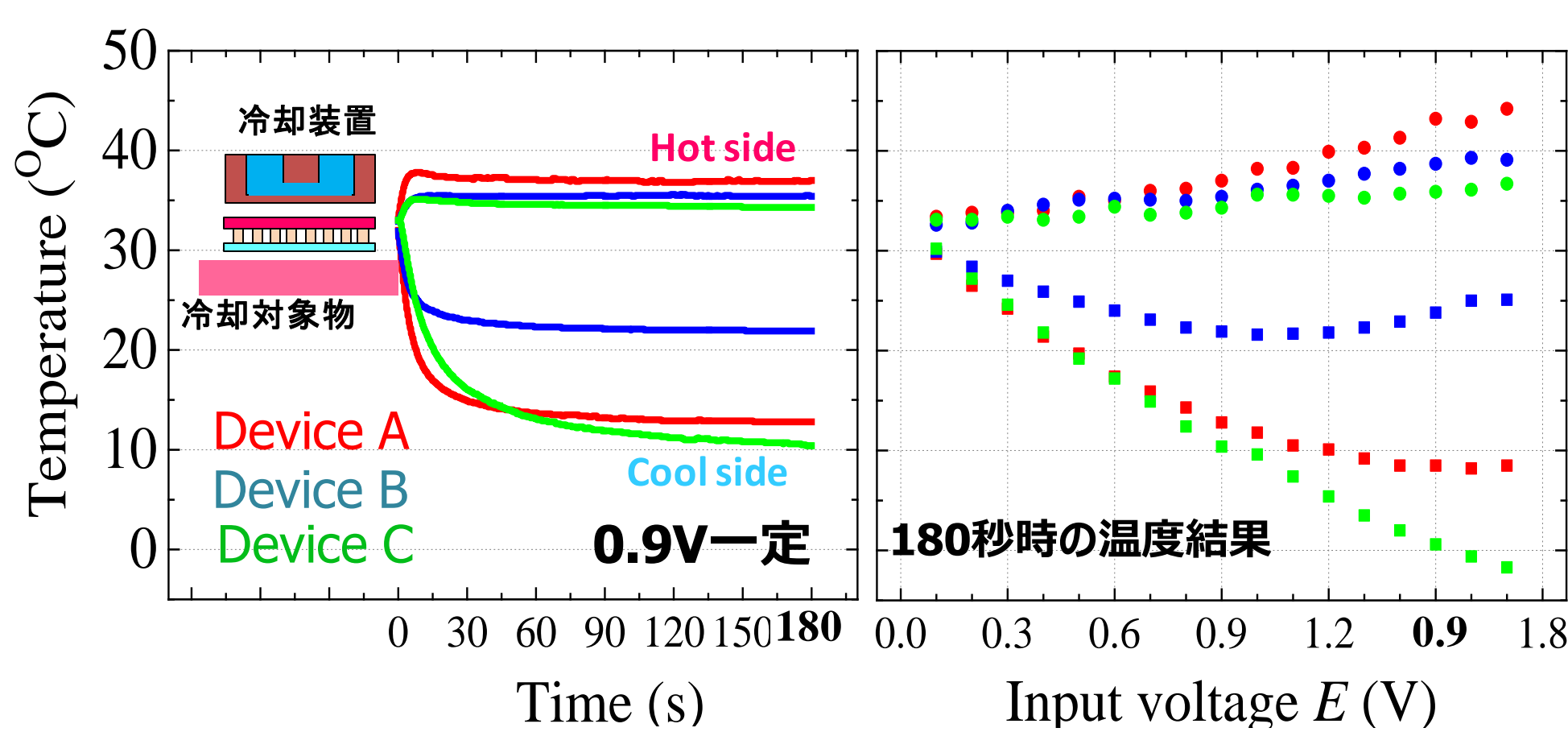
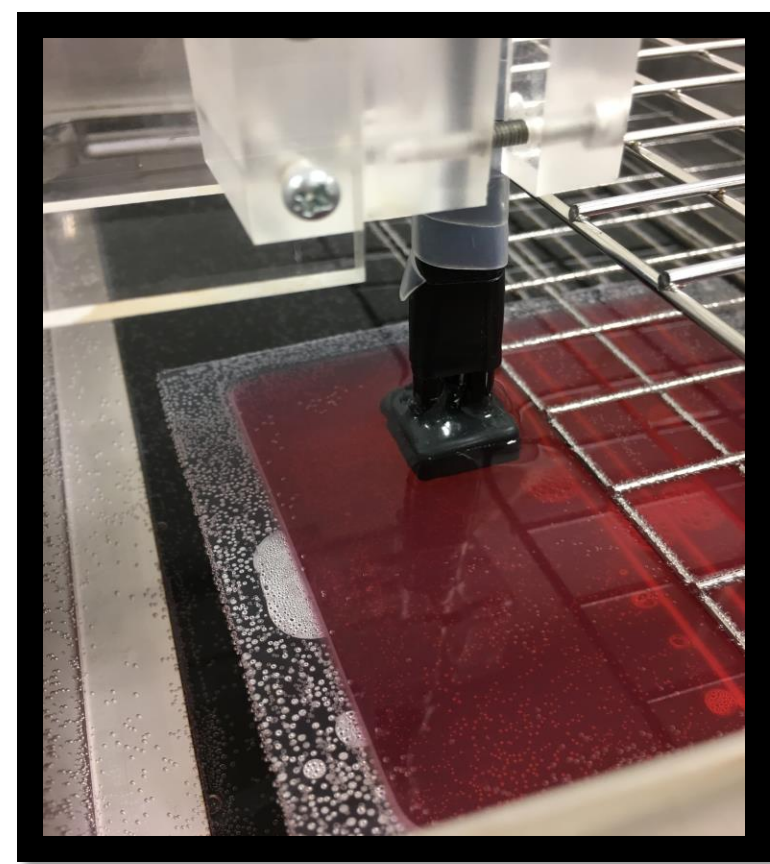
特性パラメータを実験的に同定

3. パラメータ同定方法 & 結果

ステップ1: 一定電圧実験

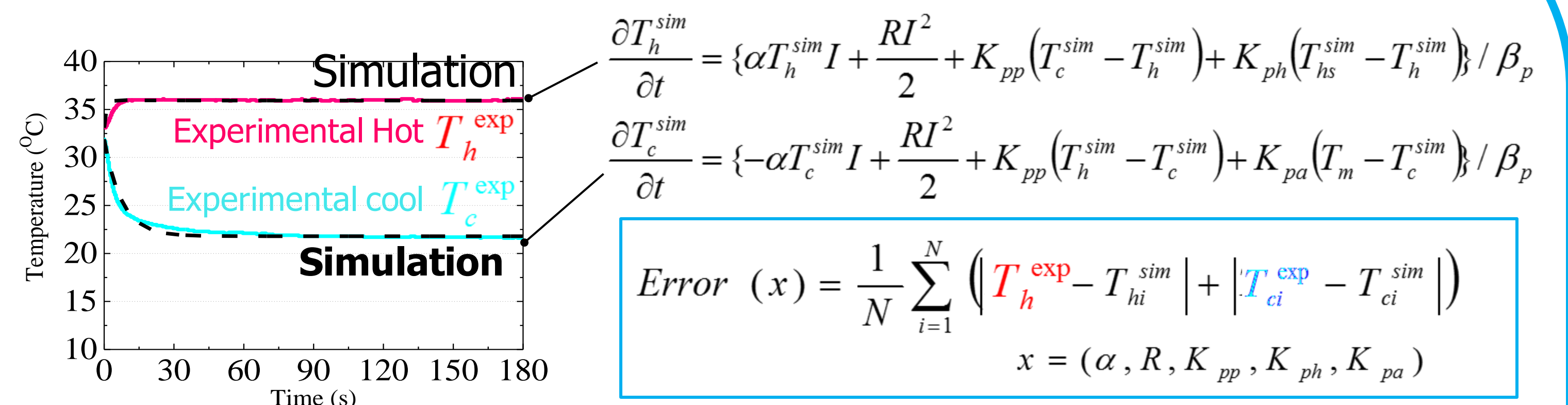
特性パラメータを同定するための実験値を作成
検討する3つのデバイス(ペルチェ素子のサイズ)

- Device A (6×6 mm) } 冷却性能が異なる
- Device B (6×6 mm) } サイズが異なる
- Device C (15×15 mm)

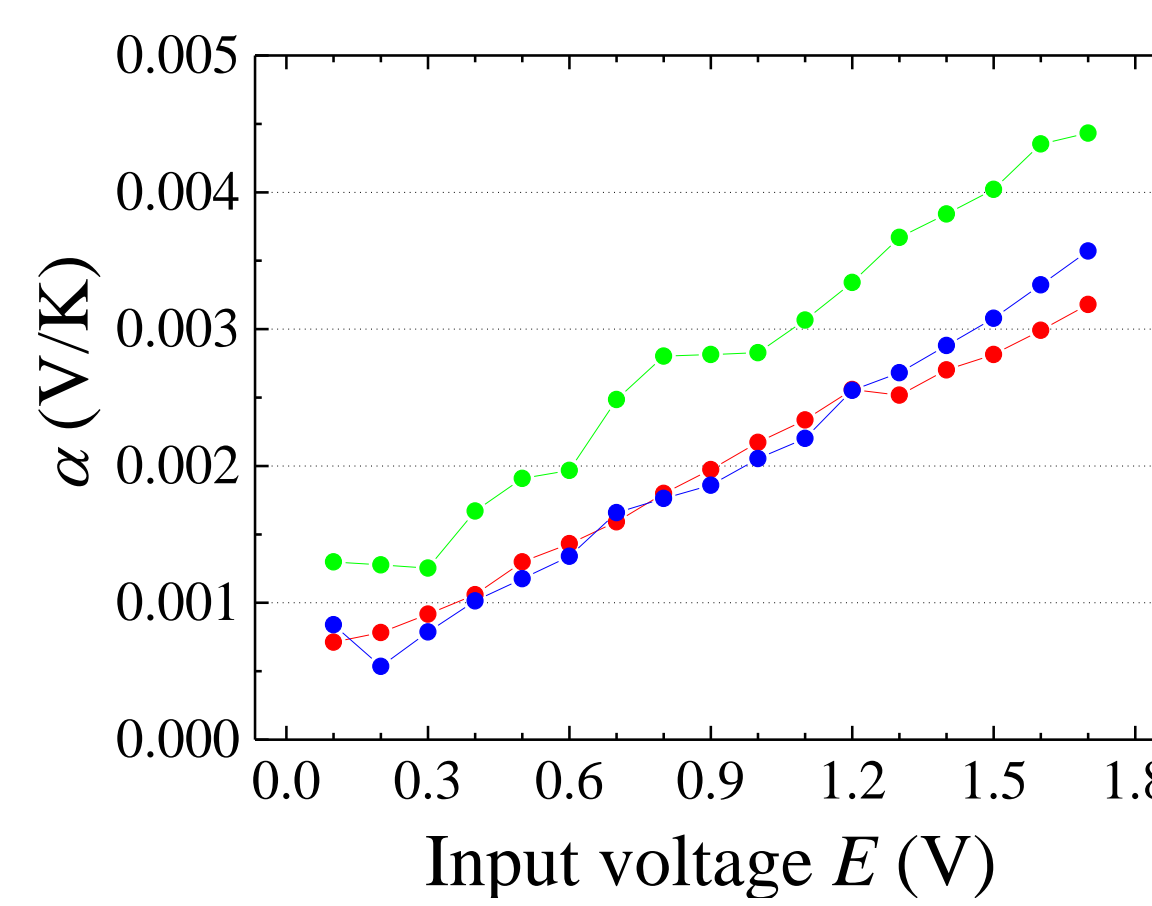


冷却装置のペルチェ素子の放熱面(Hot side)と吸熱面(Cool side)を0.1V間隔(0.1V~1.7V)で一定電圧を加えて180秒間計測

ステップ2: 実験値との誤差を最小にするようにパラメータを決める



結果(一例)



α : 熱電変換係数

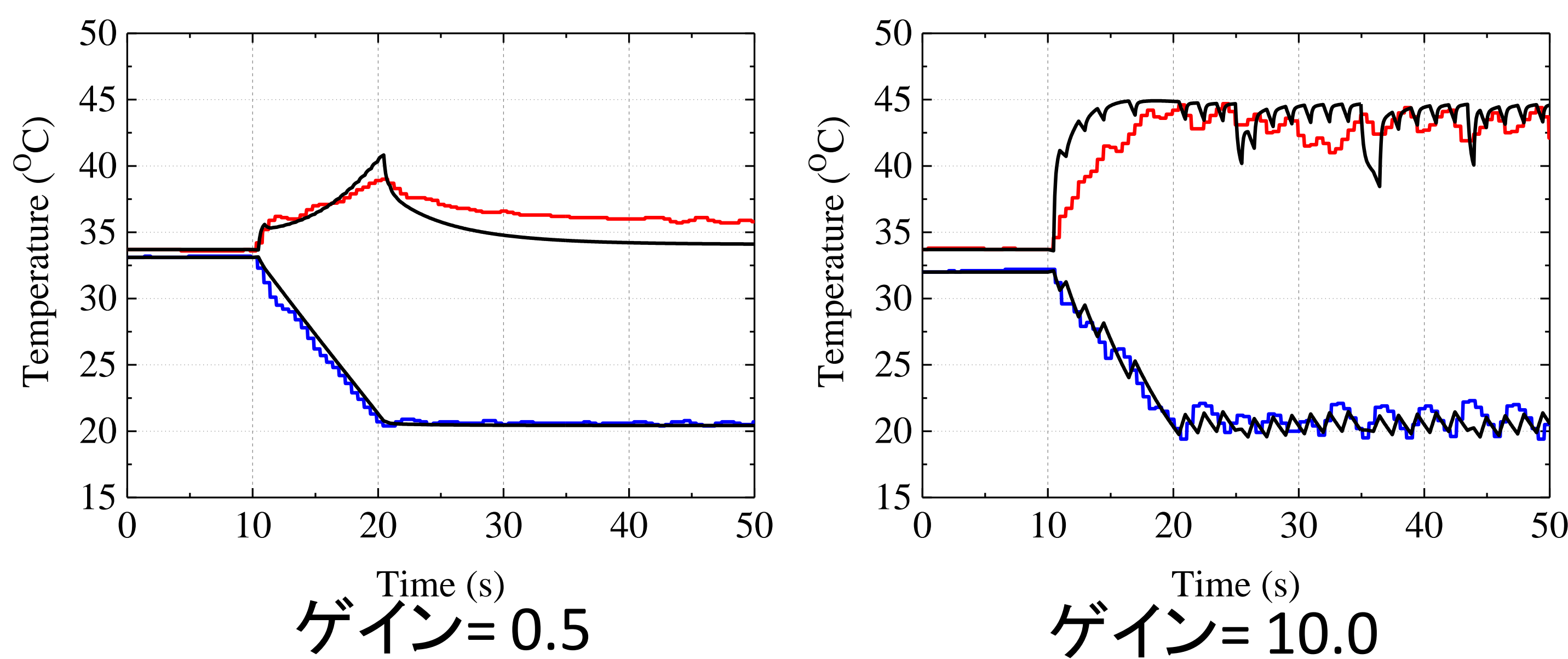
(値が大きいほど多くの熱移動が起きる)

- 傾向同じ(単調増加)
- 性能に依らない
- サイズが大きいと値が大きい

未知だったパラメータが電圧の関数になるのですね!

何ができるの?

冷却装置の制御シミュレーション(Device A)



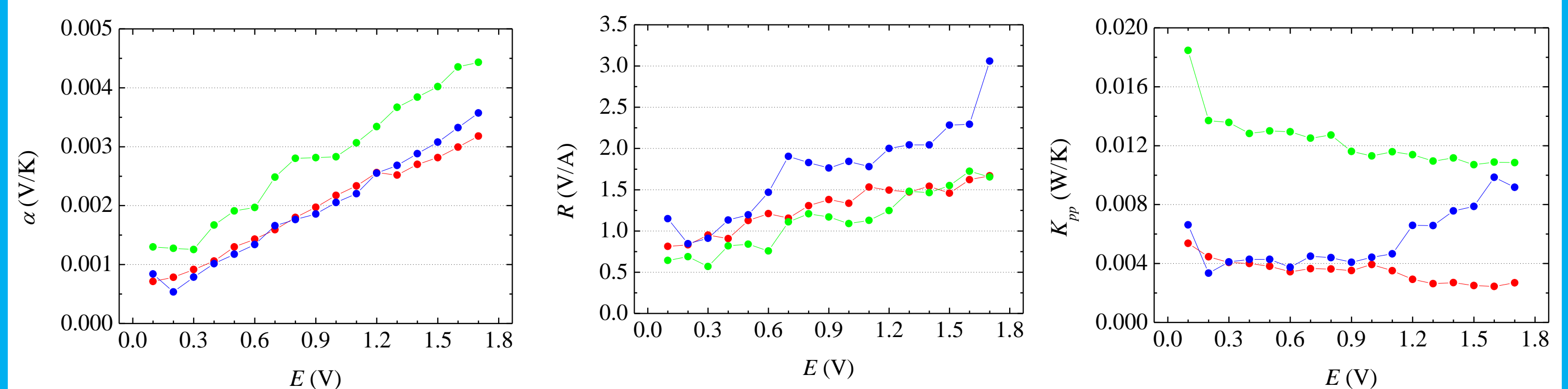
20°Cを目標にした比例制御

- 実験値を模擬することができている(パラメータ同定時の誤差は含む)
- ハイゲイン時の特徴(振動)も表されている

実際に使用する際の制御系設計に役に立つね!

冷却装置の設計 & 診断

- Device A (6×6 mm) } 冷却性能が異なる
- Device B (6×6 mm) } サイズが異なる
- Device C (15×15 mm)



特性パラメータは冷却性能や, 装置のサイズに依存する

- データベース化を施すことで, 装置の設計支援が可能
- 具体的な劣化(損傷)箇所の診断ツールに!

特殊装置を取り扱う上では大きなメリットになるね!