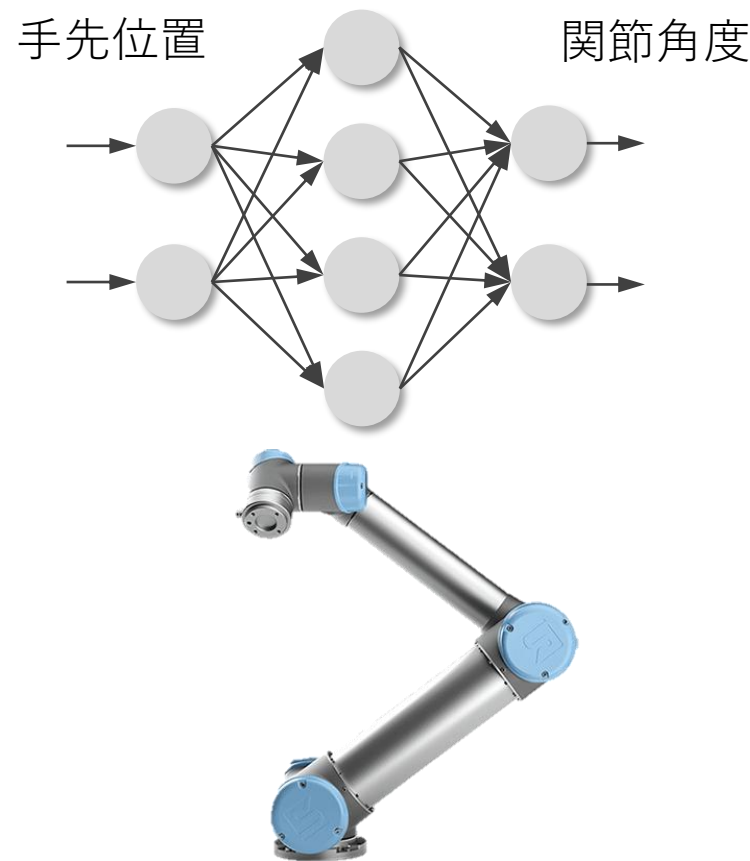


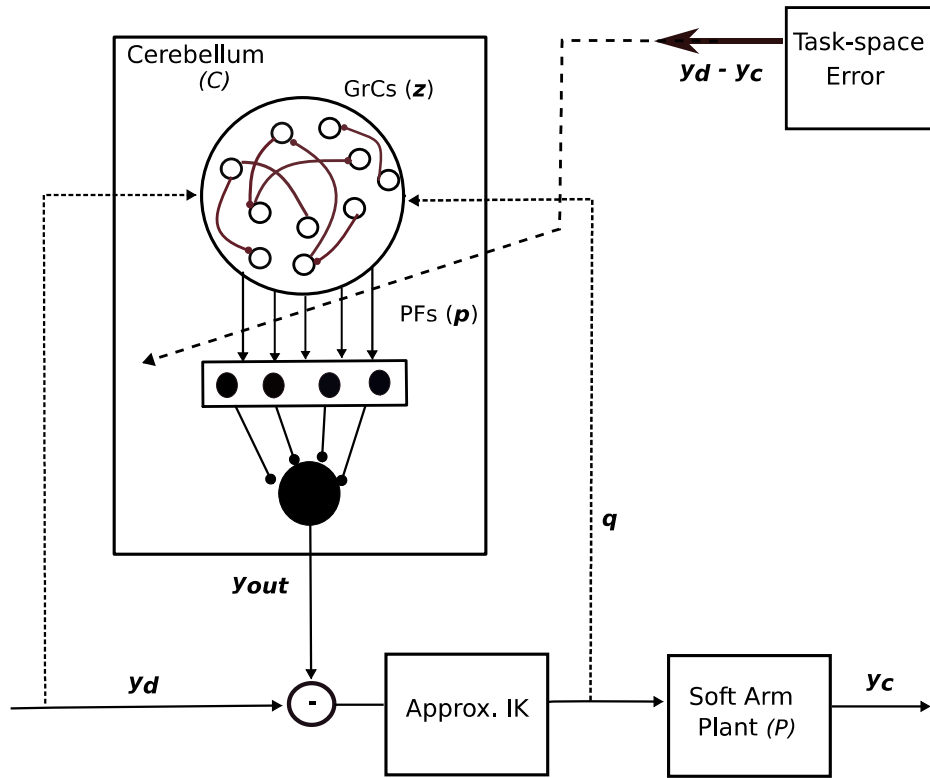
背景

- **環境や身体の変化**に対処可能なデータ駆動型の適応的な制御
例) パーセプトロンによる逆運動学の学習 [Thuruthel et al., 2016; 2017]
- 制御の精度に問題あり
← **誤差を補正**するメカニズムが必要
- 小脳：運動制御と運動学習を担う
 - 運動中の視覚上の誤差の修正に関与
[Kitazawa et al., 1998; Herzfeld et al., 2018]
 - 非視覚性の到達運動における適応
→ 自己受容感覚の誤差を最小にする
メカニズムを示唆
[Franklin et al., 2007; Tsay et al., 2022]

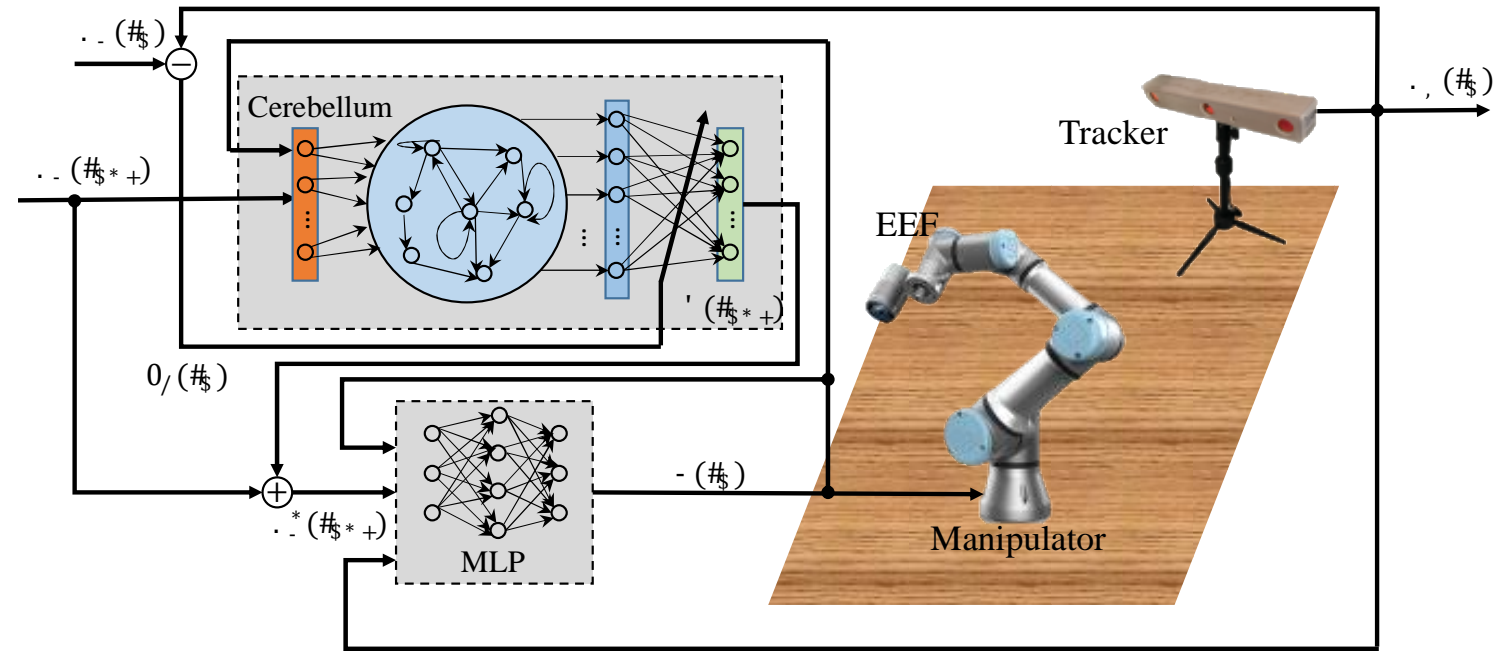


エコーステートネットワーク (ESN) を用いた逆運動学の誤差修正 (小脳モデル)

逆運動学：手先位置 \rightarrow 関節角度の写像



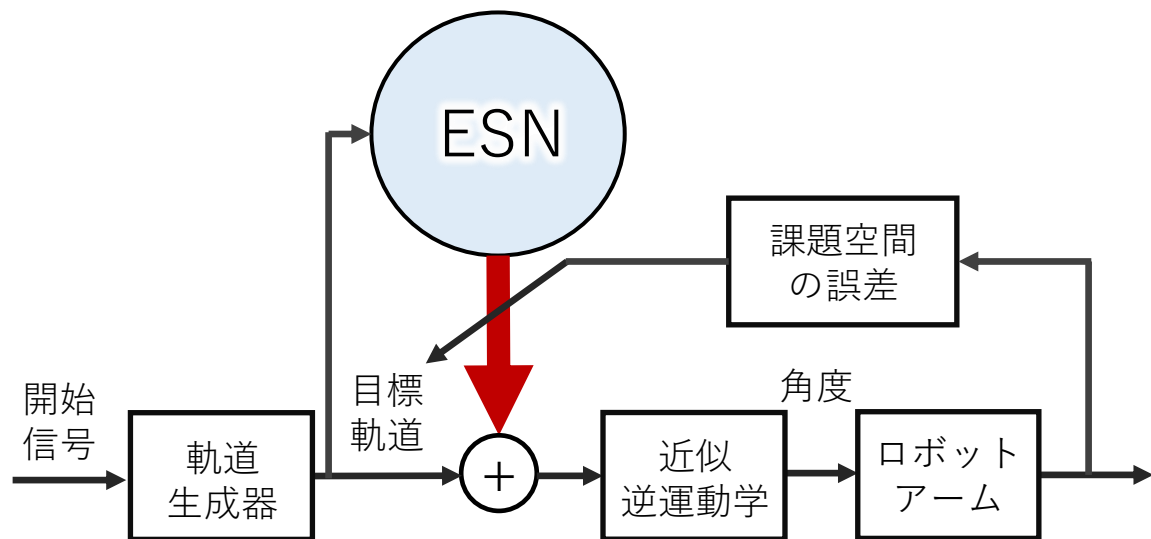
[Kalidindi et al., *RoboSoft*, 2019]



[Tan et al., *IEEE TCDS*, 2022]

近似逆運動学の誤差修正

[Kalidindi et al., 2019; Tan et al., 2022]

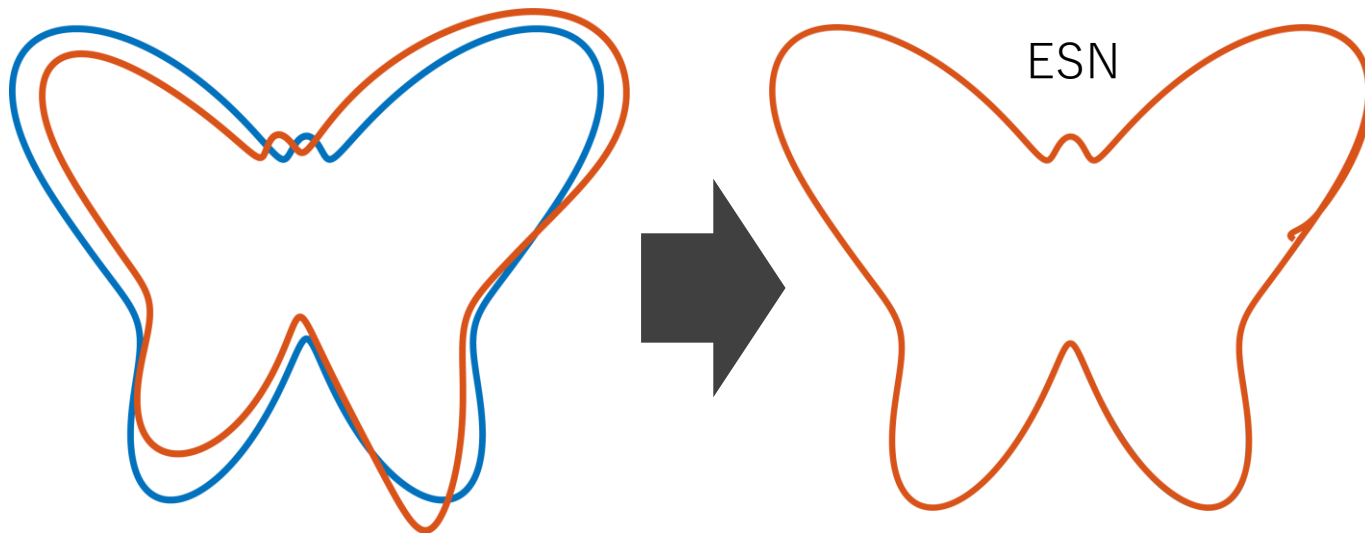


※ 運動学のみを考慮して、
ロボットの動力学を考慮しない
シンプルなESN

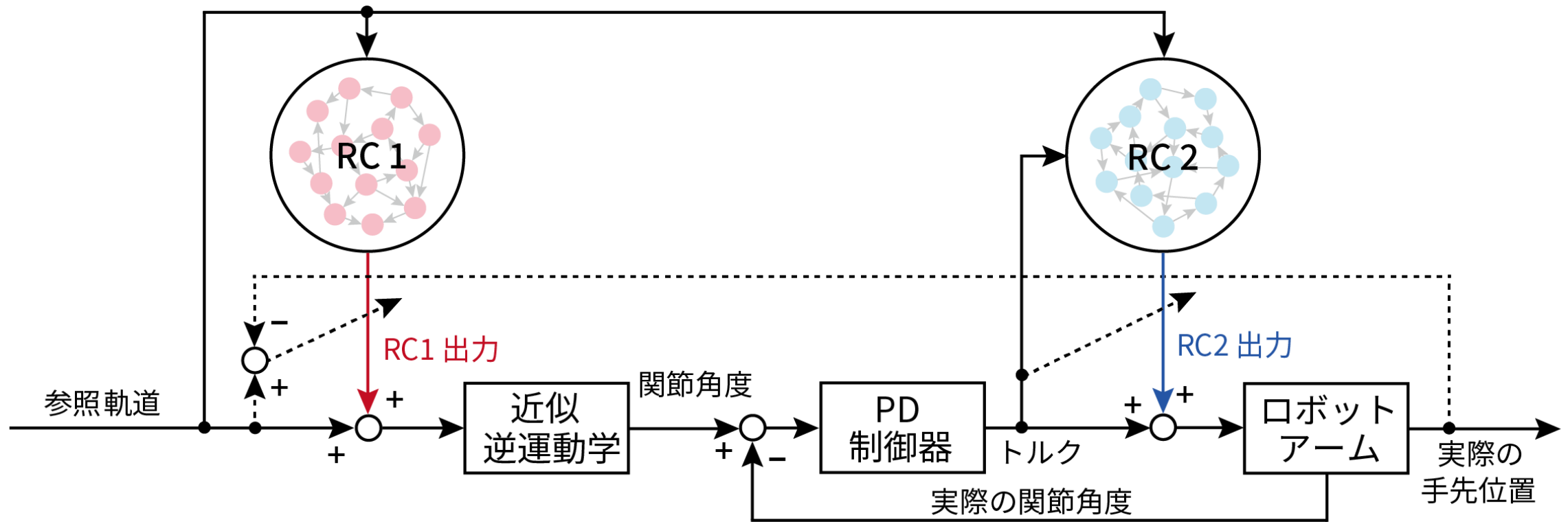
近似逆運動学

三層パーセプトロン

- グリッドサンプリング
(400点)
- 隠れ層のニューロン数：
20



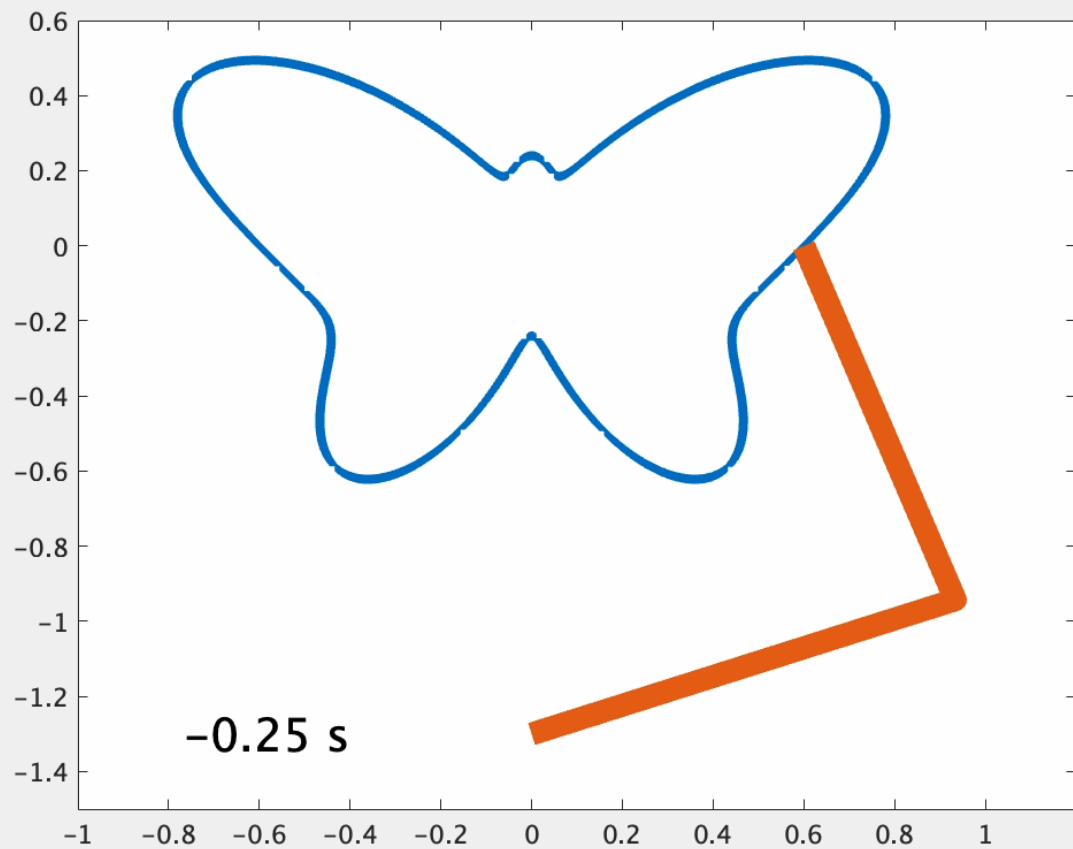
レザバコンピューティング (RC) を 用いたバイモーダルな誤差修正モデル



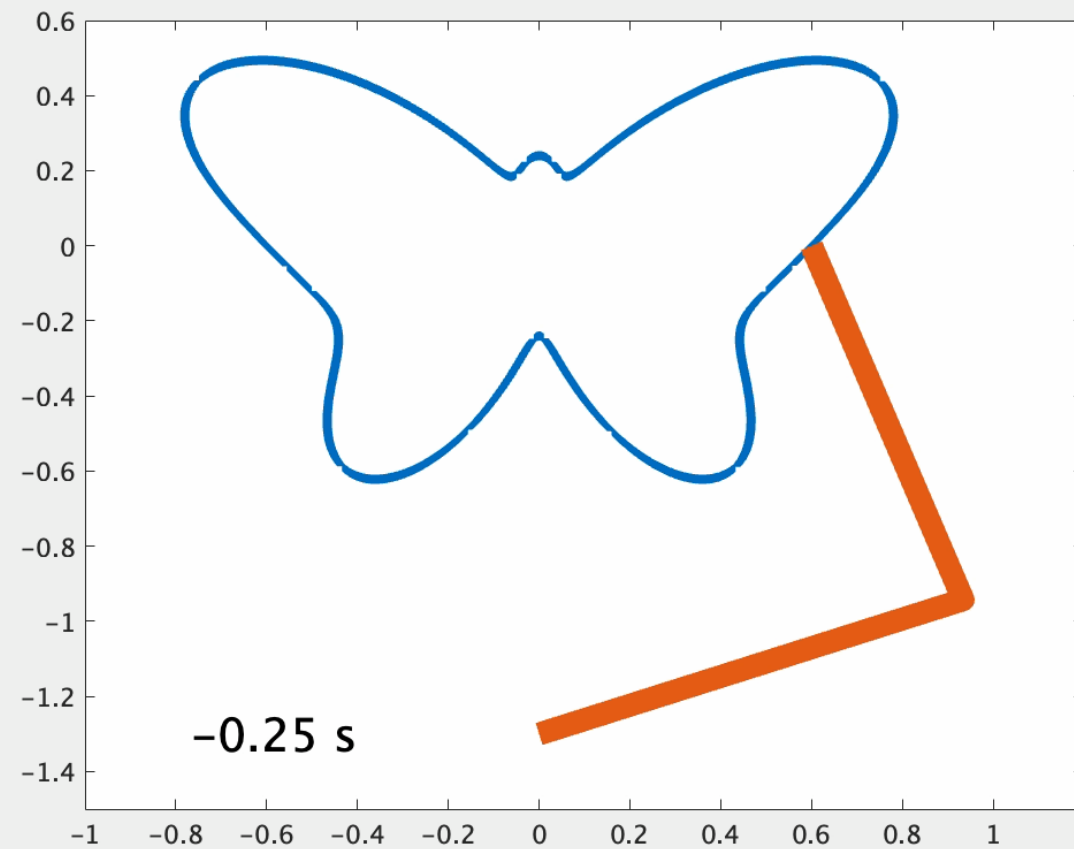
- RC1: 手先位置（視覚性）の誤差修正
- RC2: トルク（関節角度の誤差：体性感覚性）の修正（最小化）

シミュレーション結果の例

Without correction

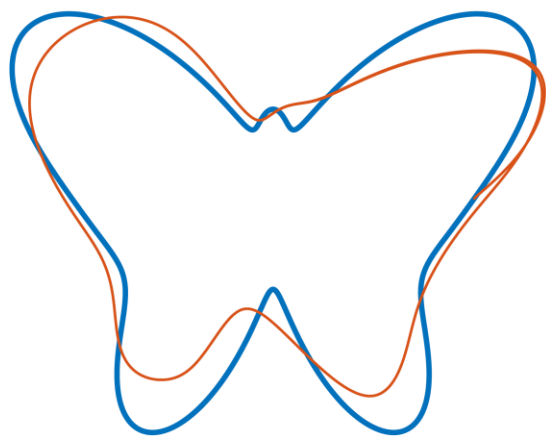


With both corrections

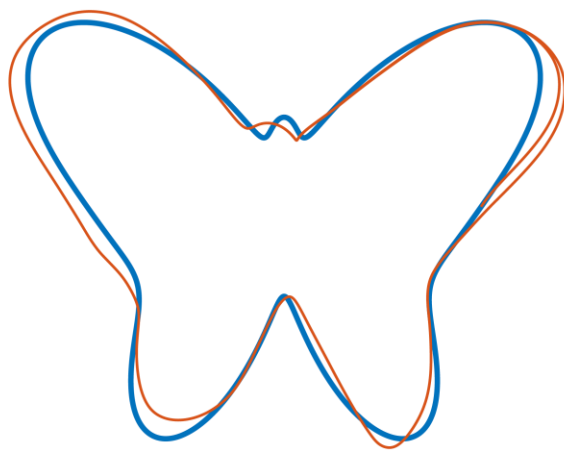


結果

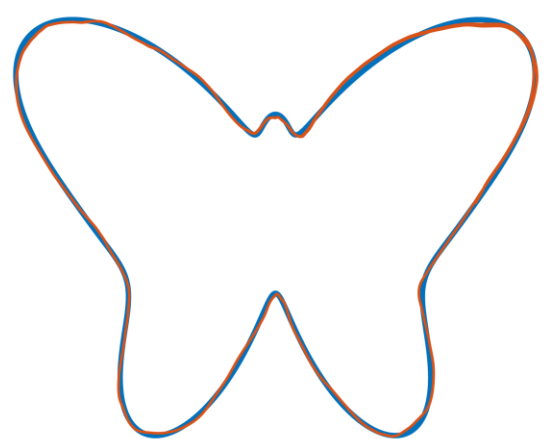
a. Without correction



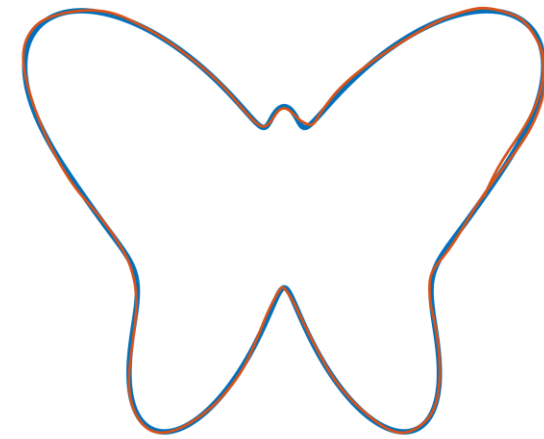
b. With correction of torque



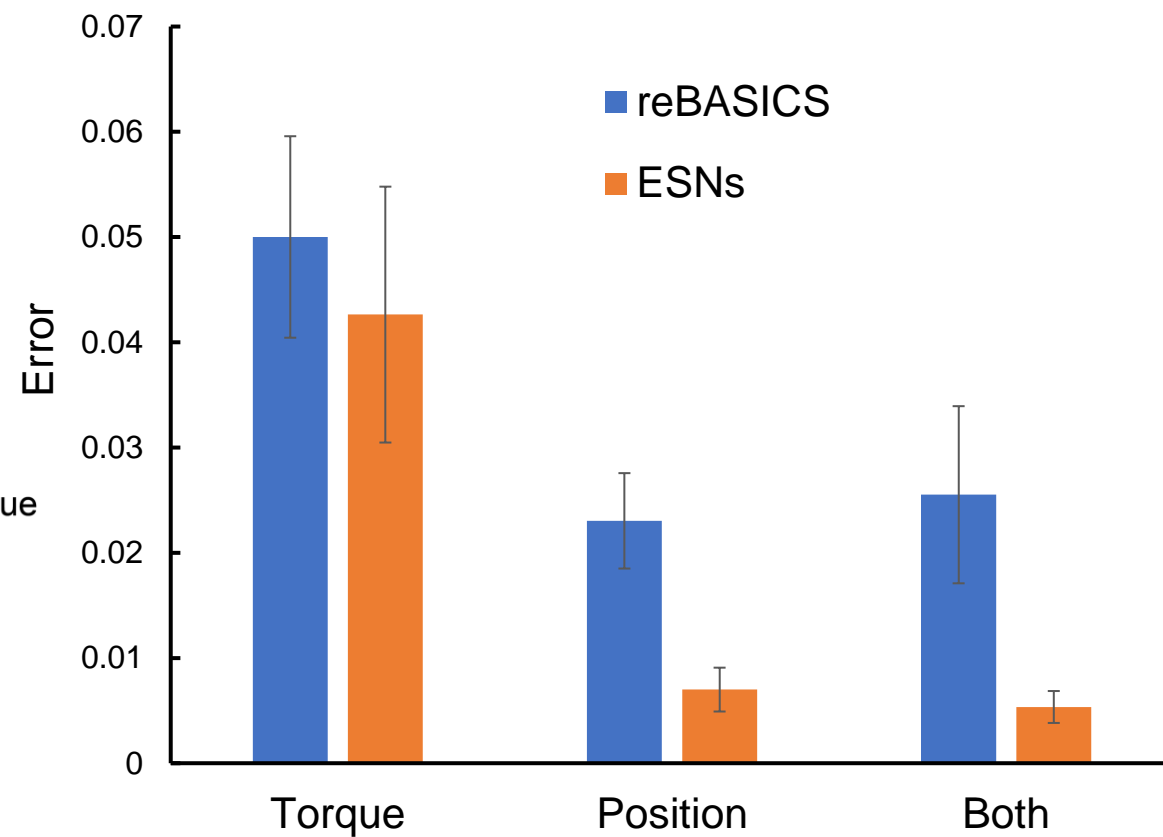
c. With correction of position



d. With correction of both position and torque

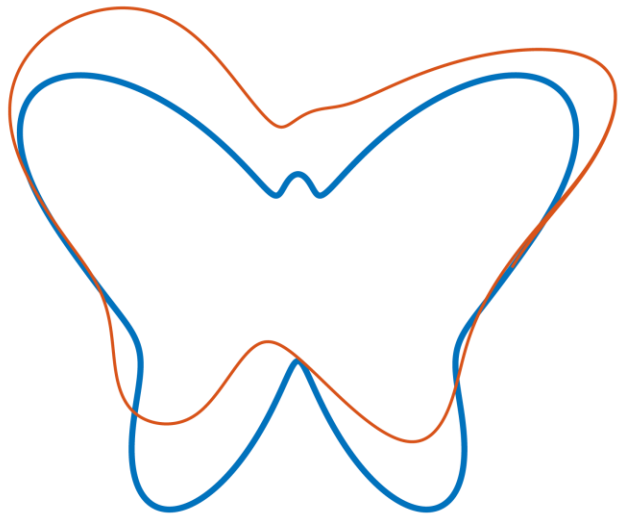


— Reference — Actual

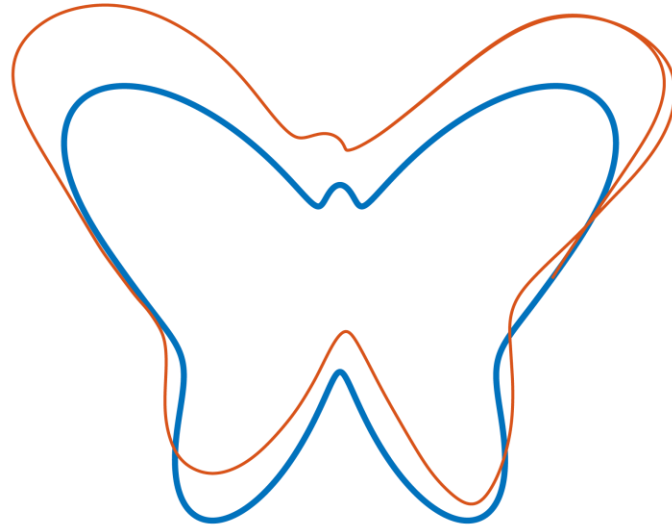


リンク長: 1.0 m \rightarrow 1.1 m

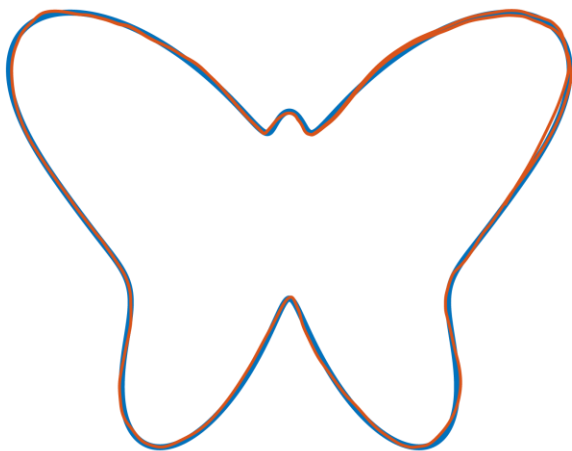
a. Without correction



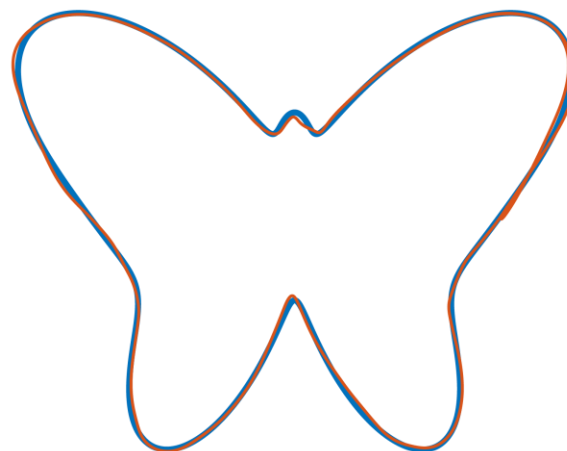
b. With correction of torque



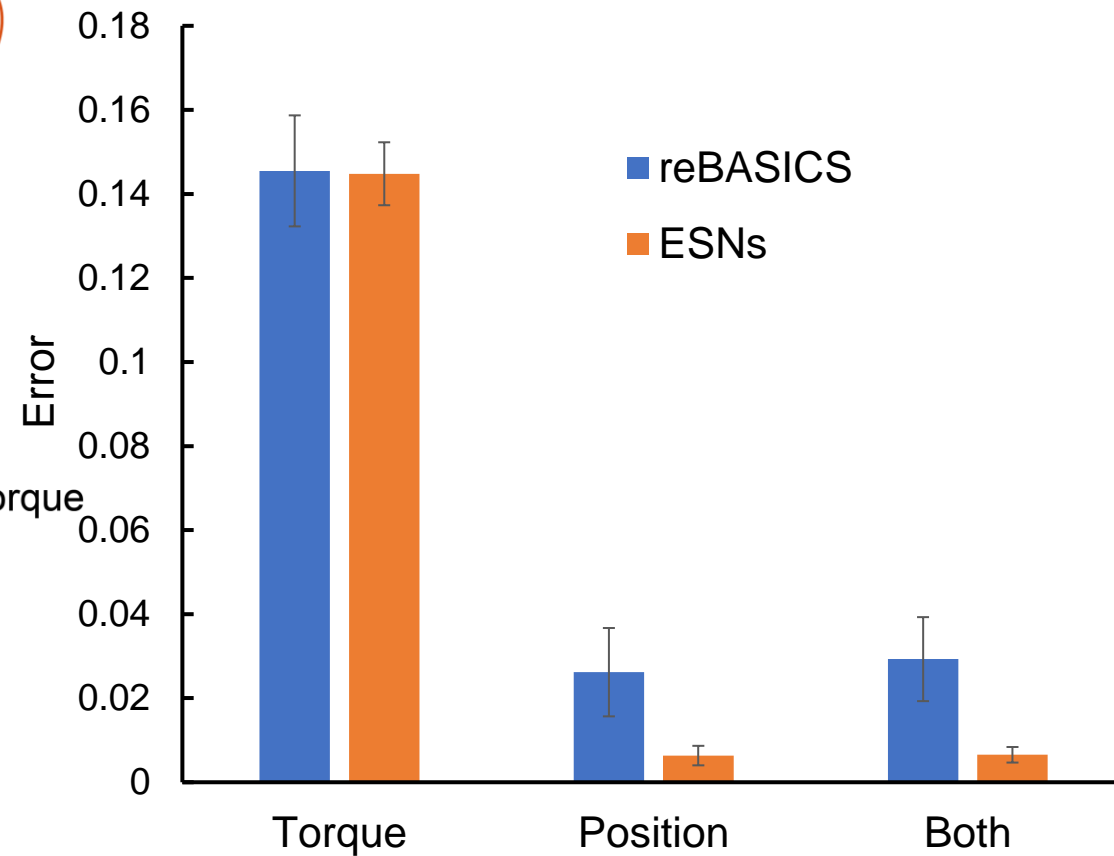
c. With correction of position



d. With correction of both position and torque

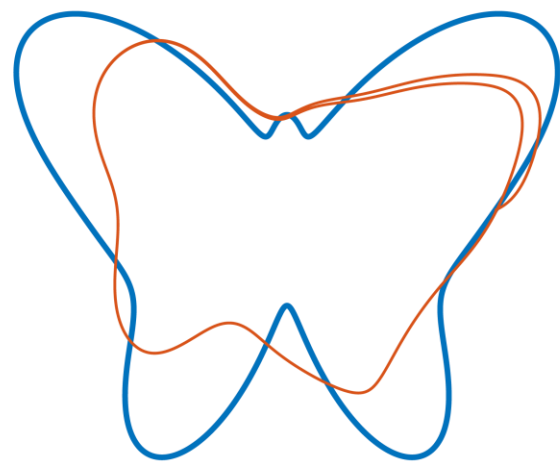


— Reference — Actual

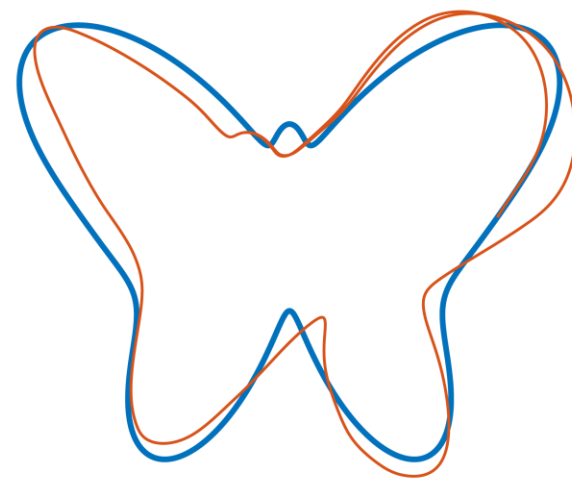


リンク質量: 5 kg \rightarrow 10 kg, 摩擦係数: 2 \rightarrow 4

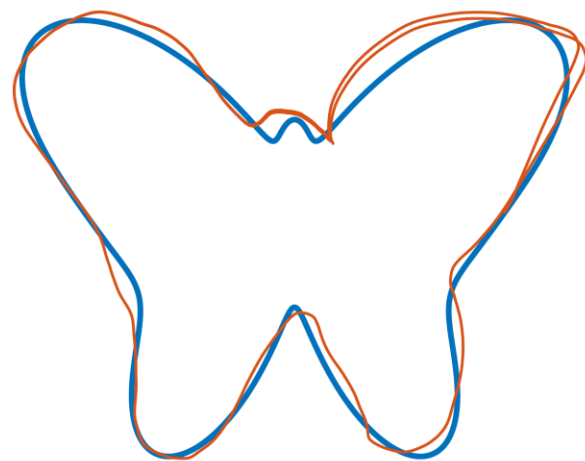
a. Without correction



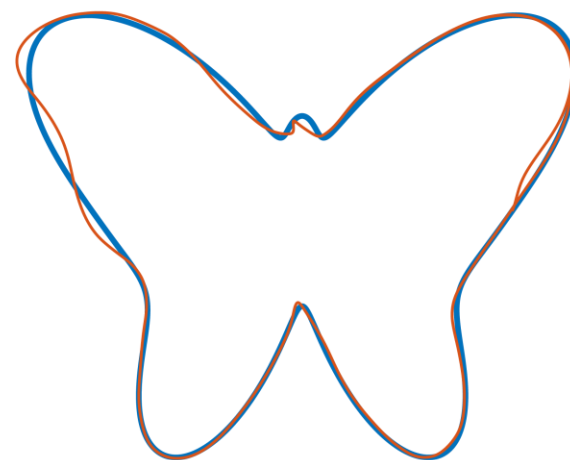
b. With correction of torque



c. With correction of position



d. With correction of both position and torque



— Reference — Actual

