

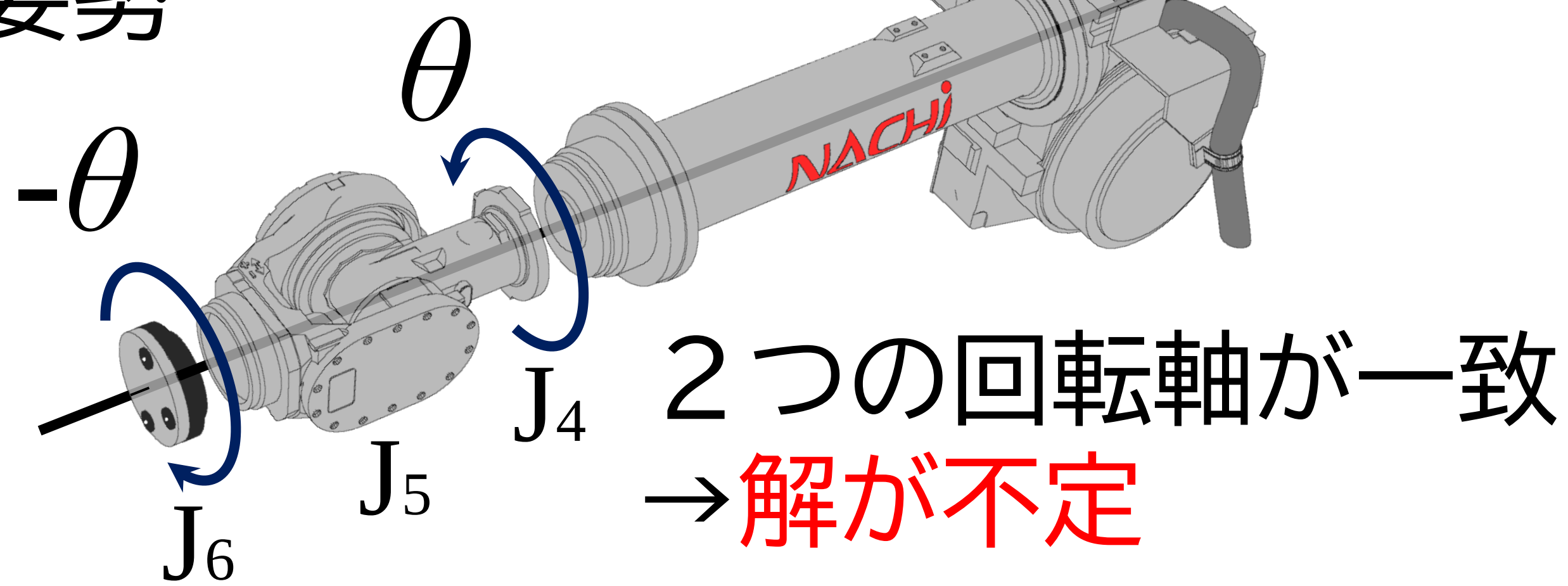
機械学習で産業用ロボットの 高運動速度精度な特異点通過

1. ロボットの特異点

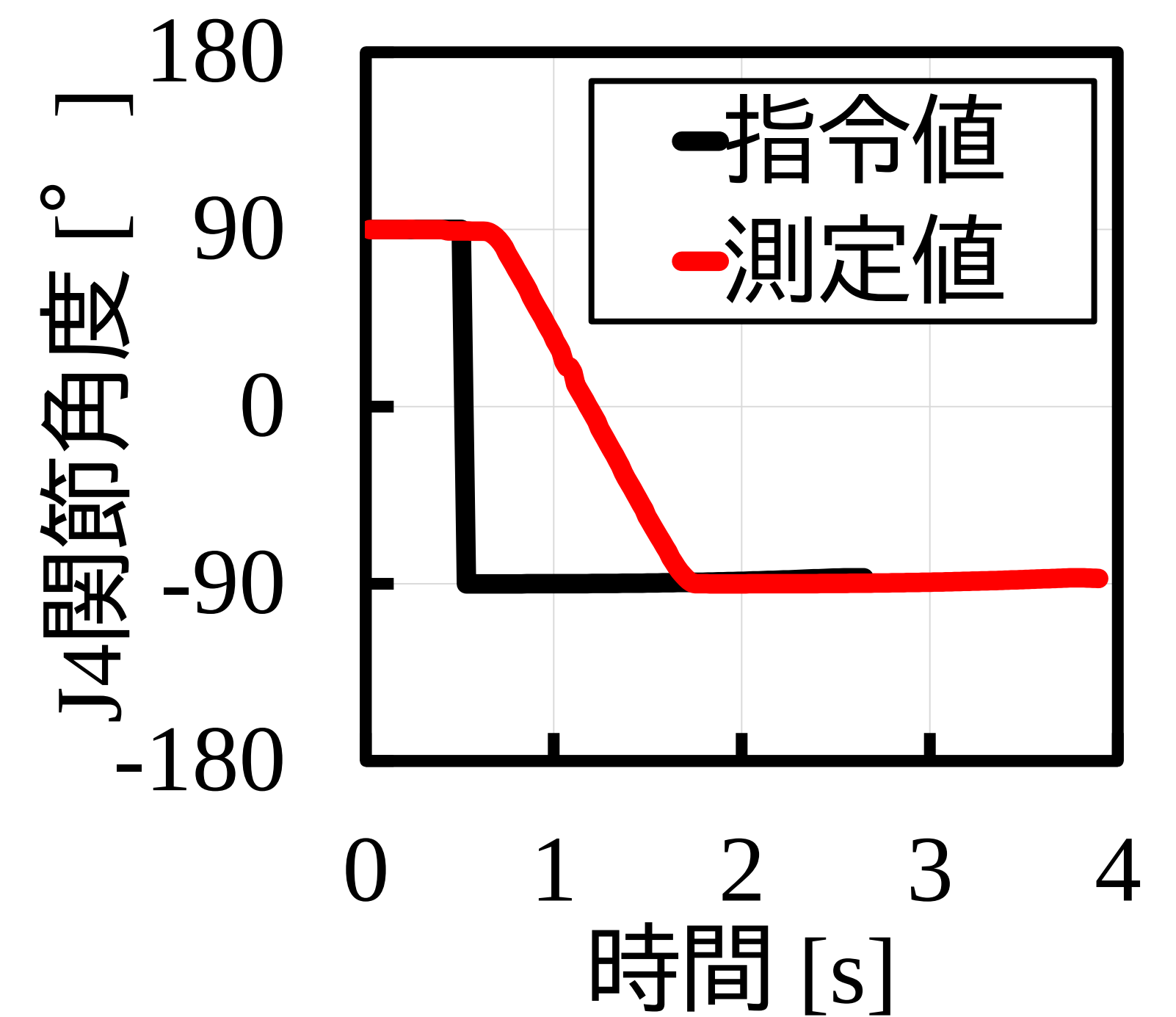
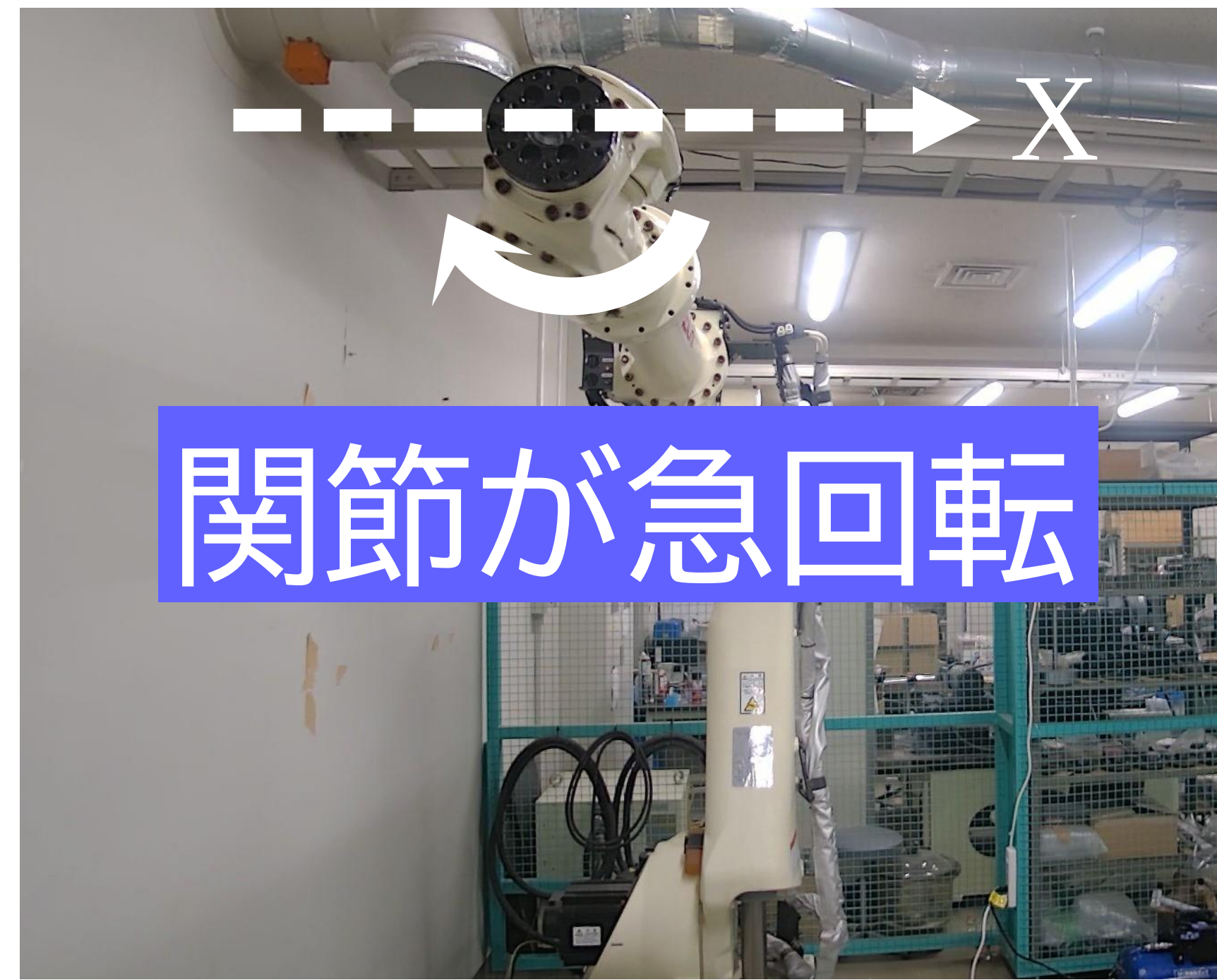
特異点とは・・・？

構造上**制御不能**となる姿勢

手首を伸ばした
姿勢



特異点通過時

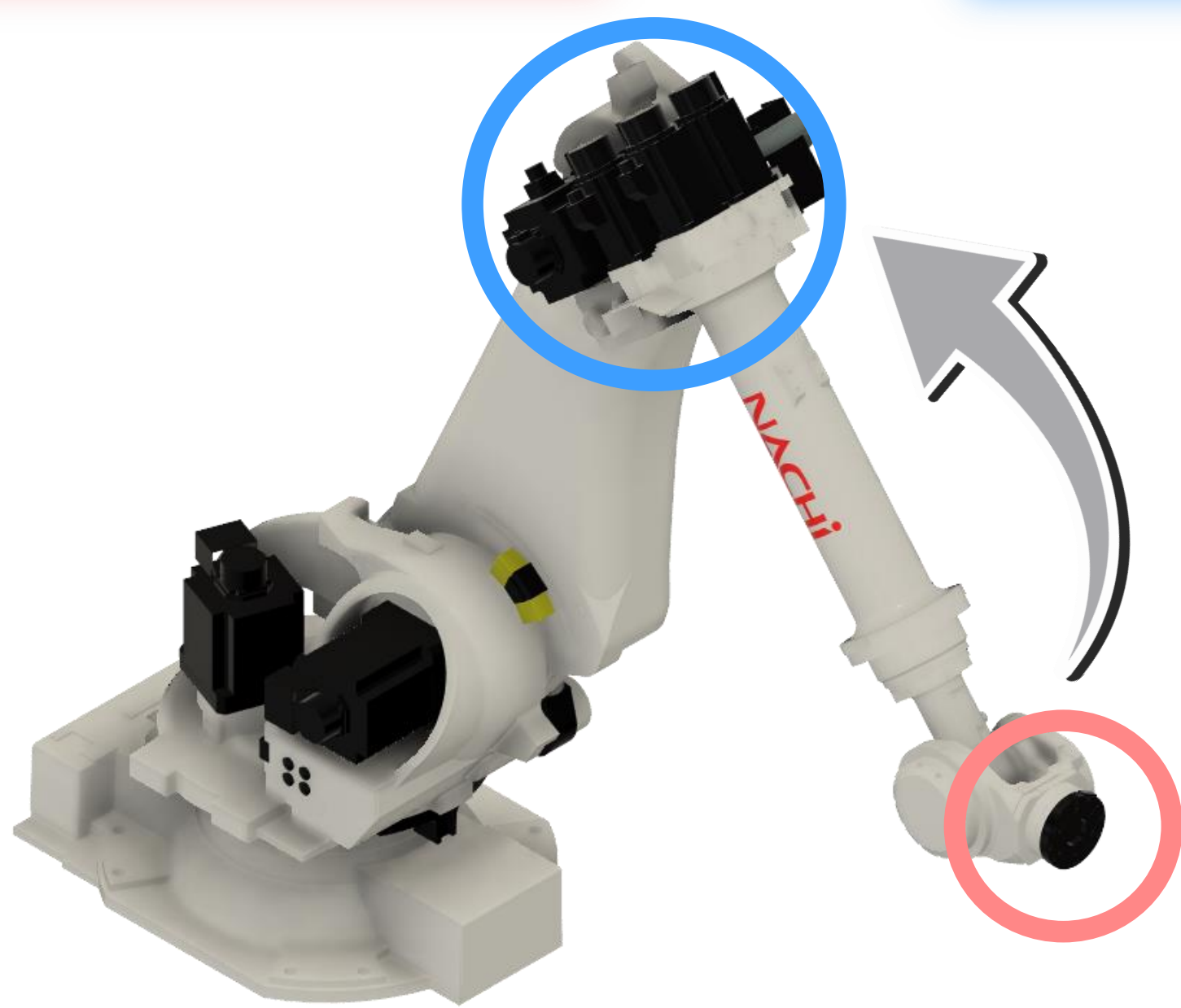


180°急回転
軌道追従精度 ↓

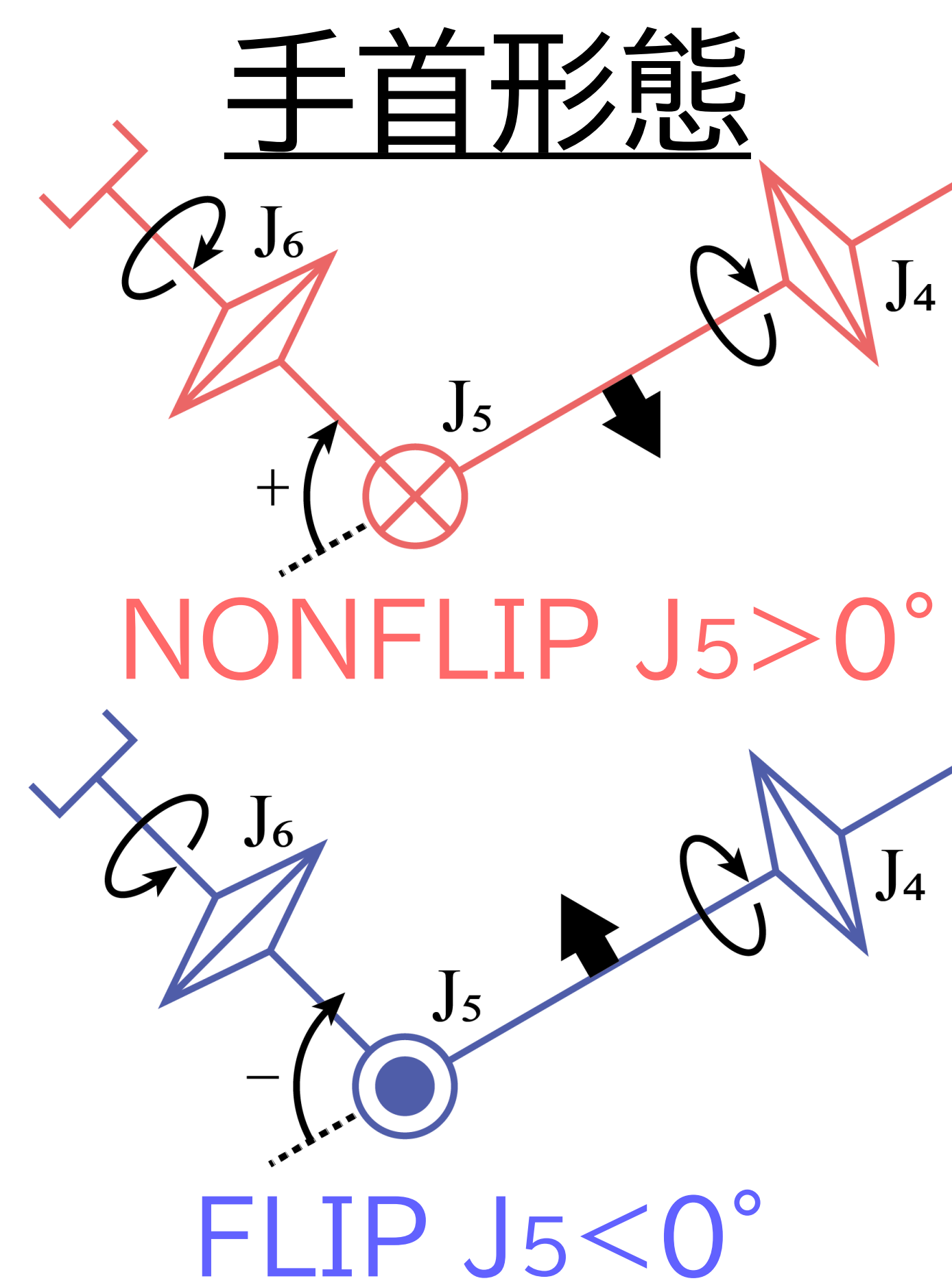
2. 逆運動学の解の種類

逆運動学とは・・・？

手先位置から**関節角度**を求める

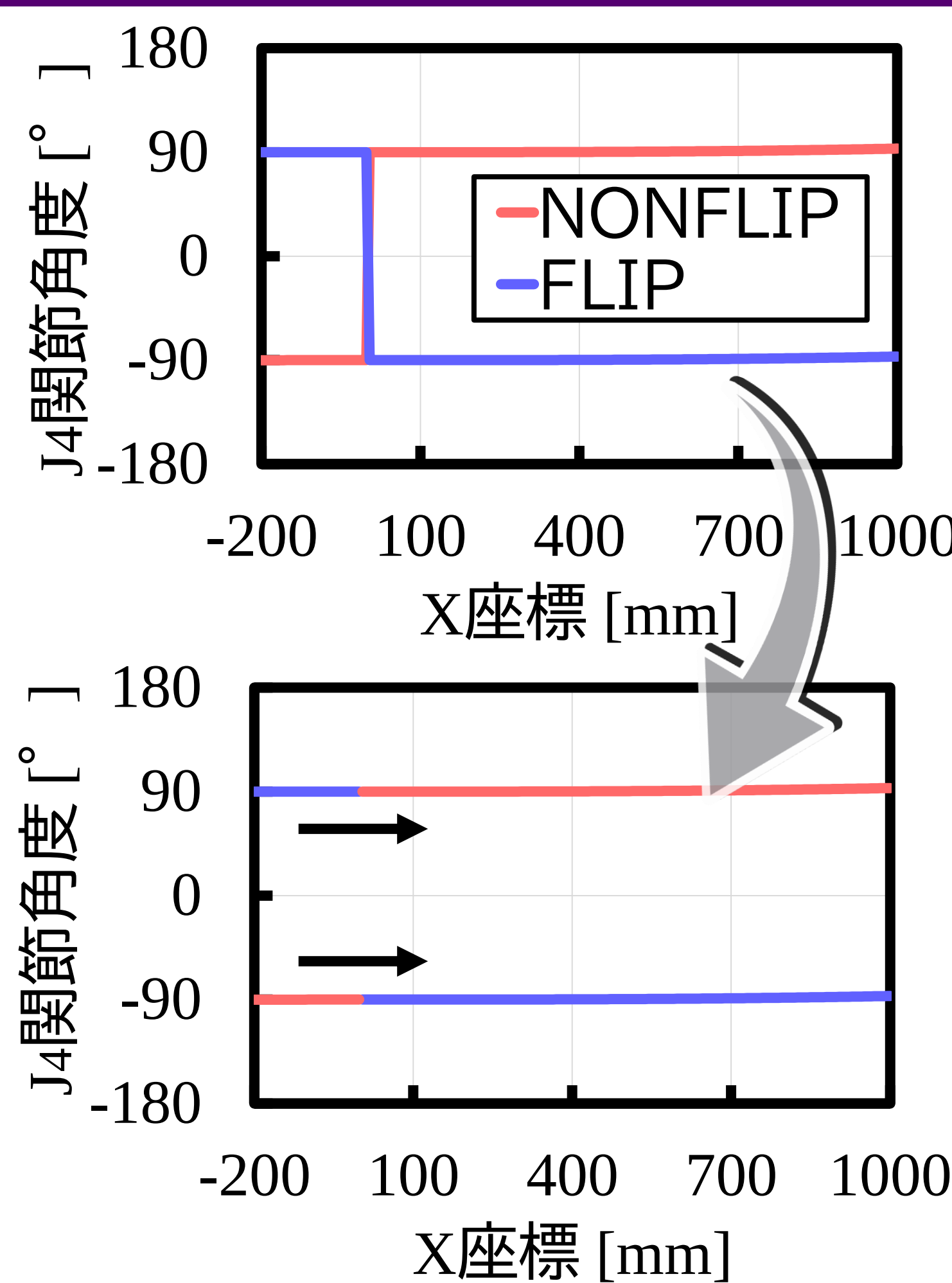
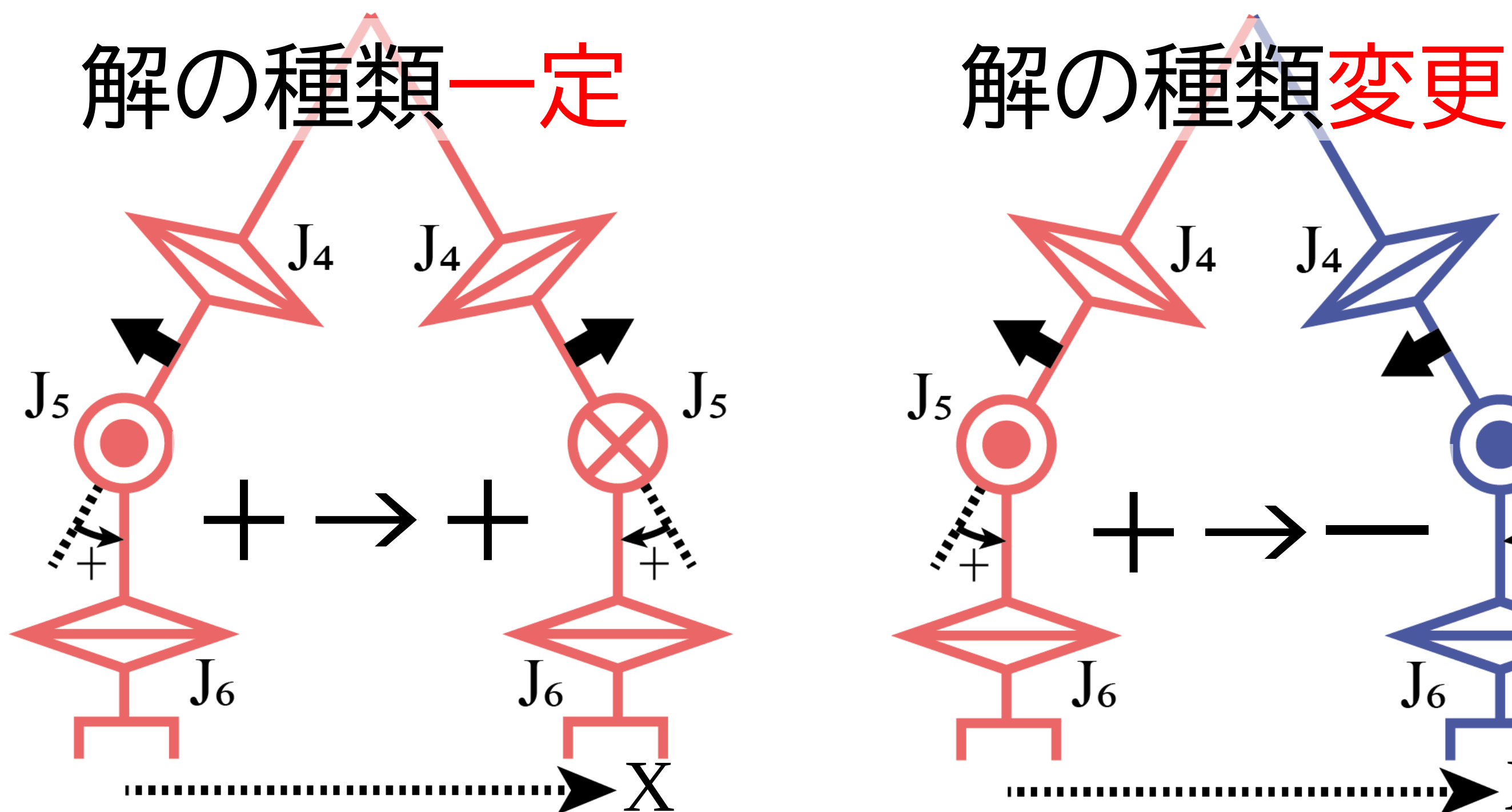


8種類の解



3. 急回転の原因と抑制法

解の種類を適切に選択する



解の種類変更

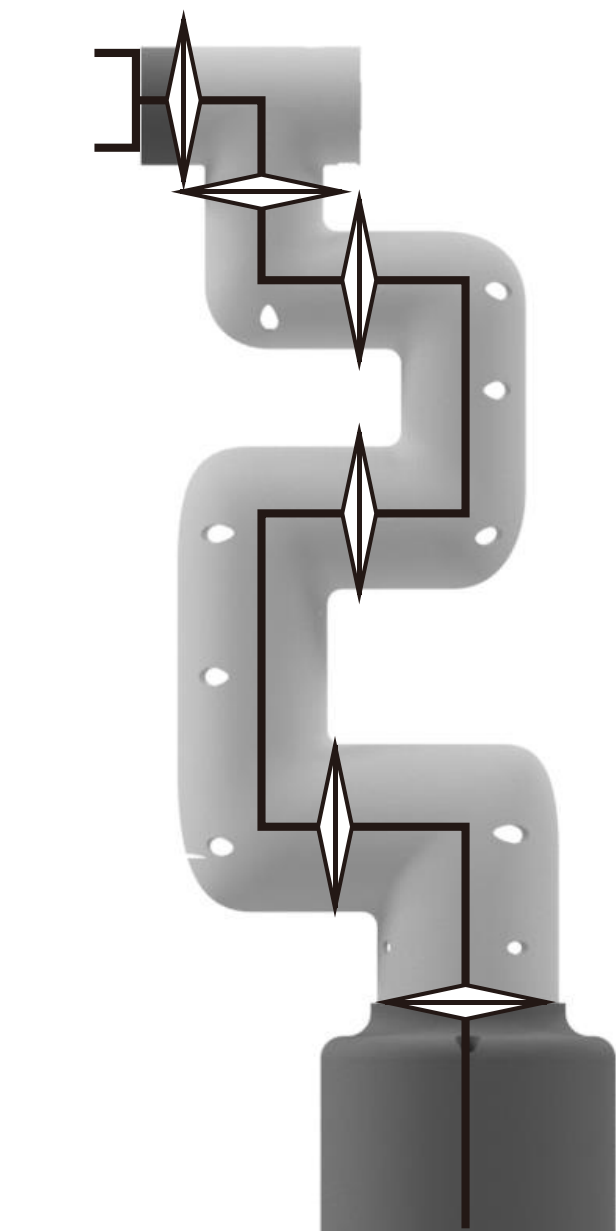


逆運動学の解の種類を変更することで特異点を通過

4. 協働ロボットの特異点

協働ロボットはクネクネした複雑な構造

→ **逆運動学が複雑化**



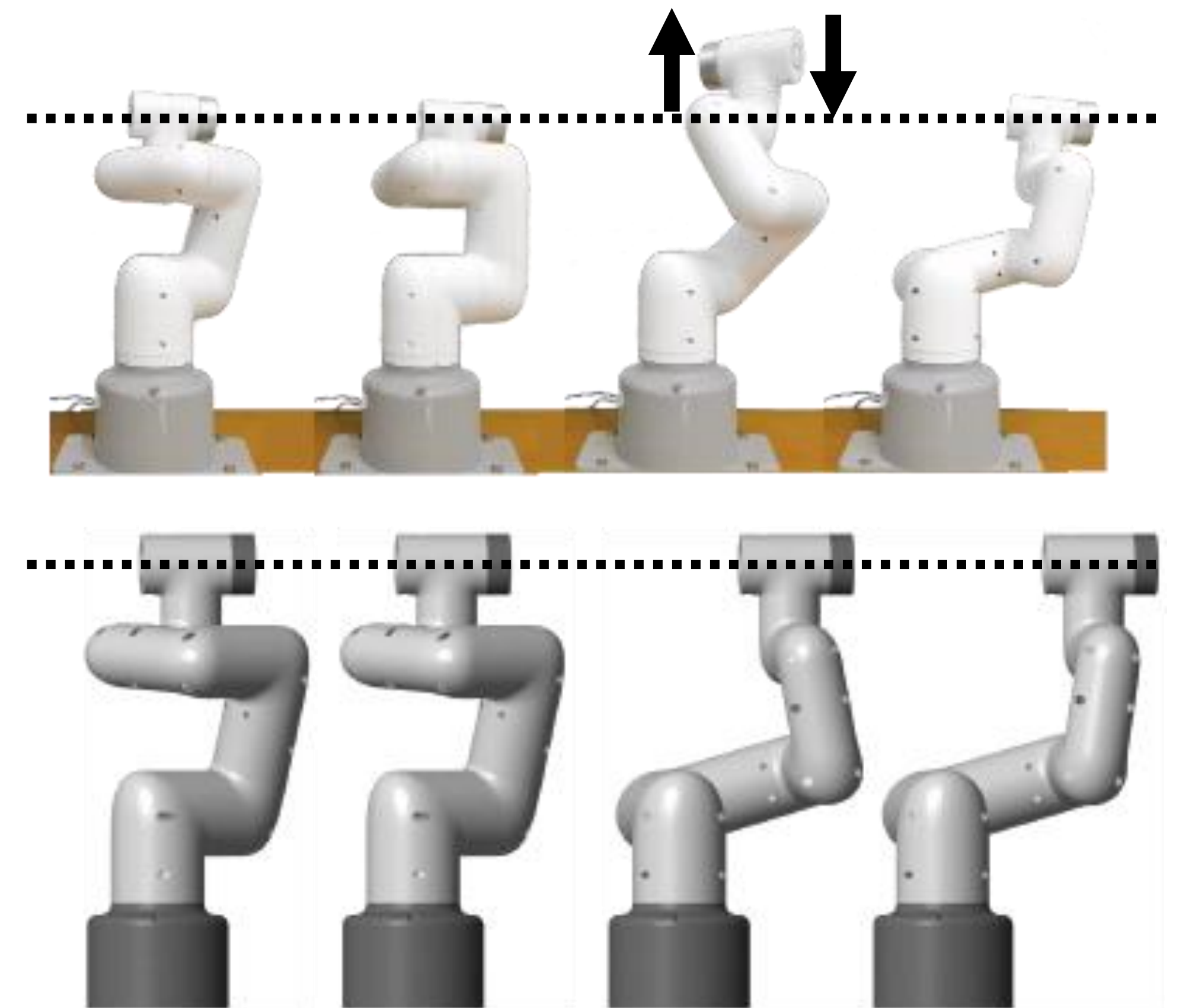
挟まれ防止のための
L字リンク

特異点が可動域内に
多く存在する

**解の種類の
選択法が重要**

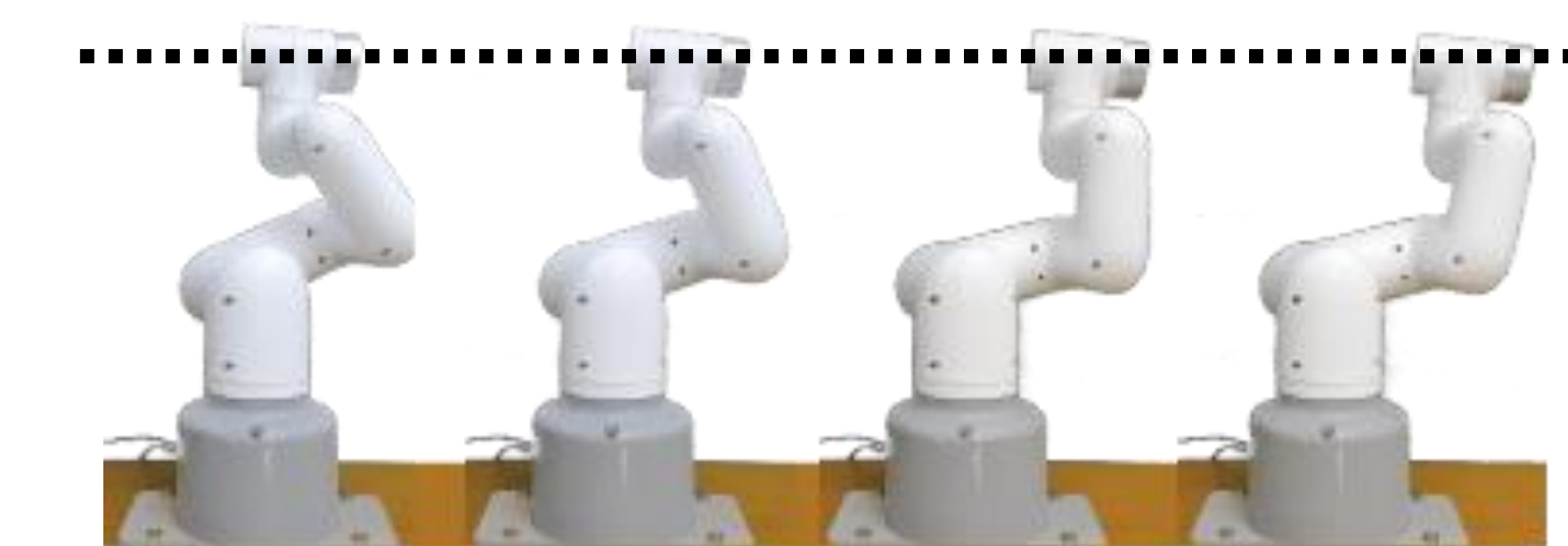


協働ロボットの特異点通過



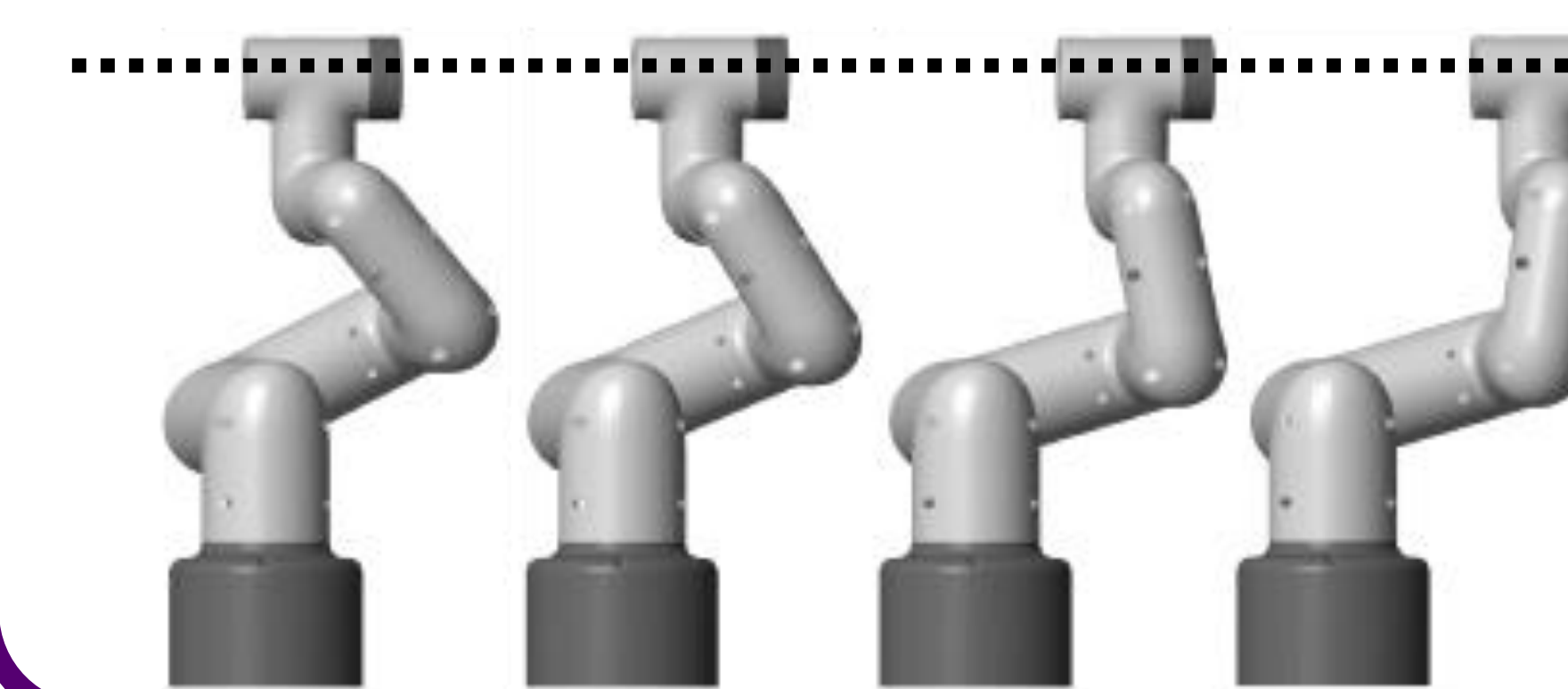
5. 協働ロボットの解の種類の変更

逆運動学の解の種類を適切に選択



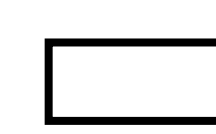
解の種類の
選び方で
大きく異なる

しかし・・・



複雑な構造のため
選び方はあまり
意識されていない
ex) ダイレクトティーチング
ティーチングプレイバック

解の種類の存在マップ

 幾何学的に存在する
 幾何学的に存在しない

解の種類	Pose1	Pose2	Pose3	Pose4	Pose5	Pose6	Pose7	Pose8
Pose1								
Pose2								
Pose3								
Pose4								
Pose5								
Pose6								
Pose7								
Pose8								

Pose5かPose7を選ぶと・・・？

特異点

経路途中で解が存在しなくなる 解の種類の境界
→ **解の種類が切り替わる**

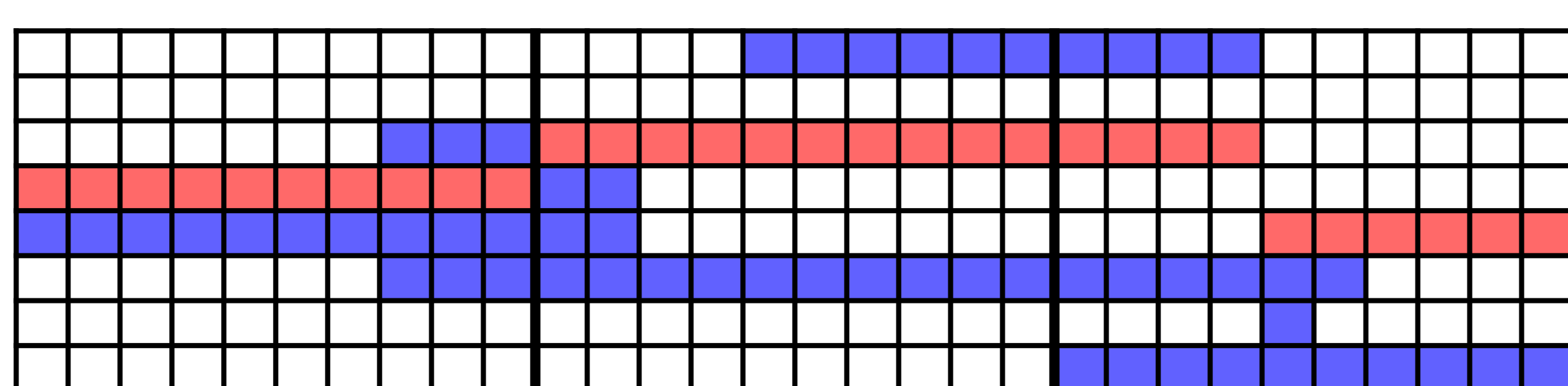
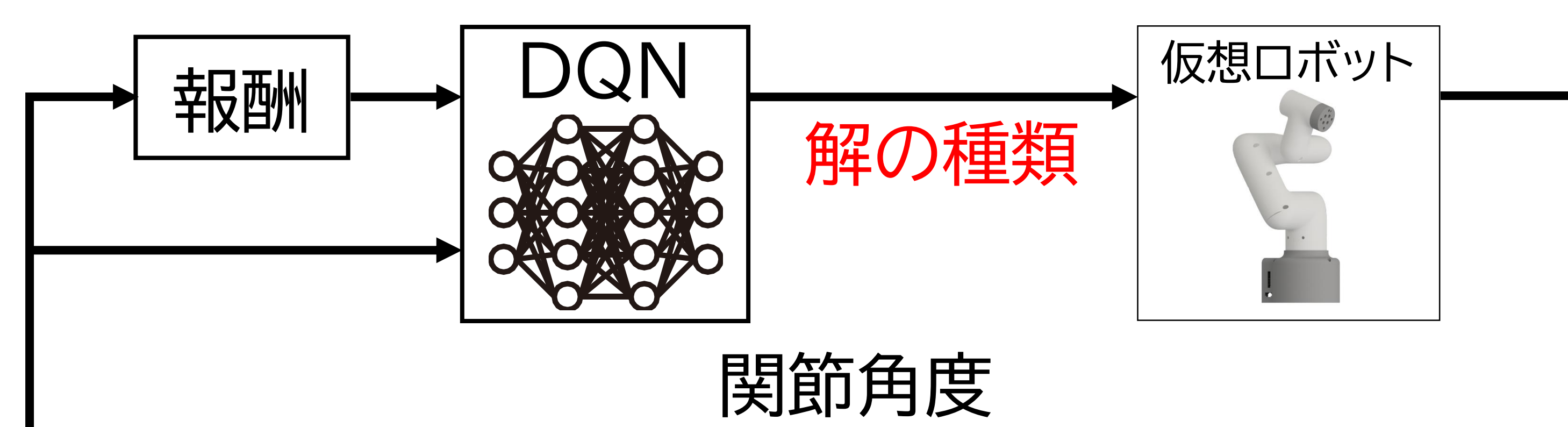
Pose6かPose8を選ぶと・・・？

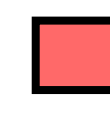
経路全体を俯瞰して
解の種類を決める
必要がある

経路最後まで解が存在する

6. 強化学習による解の種類の選択

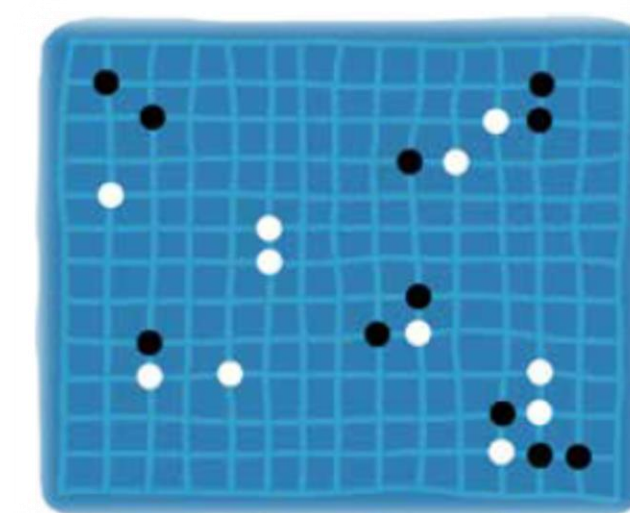
解の種類を強化学習で自律的に選択



実動作の
存在マップ
 強化学習が
選んだ解

発想

8種類の中から時系列で解を選ぶことが
テーブルゲームに似ている！



未来の状態で報酬が最大となる手を決定

↑ 共通点あり ↓

経路全体を俯瞰して解の種類を決定

学習中の様子



1. **特異点**と**障害物**を回避可能
自己衝突（リンク同士が衝突）を含む
2. 解の種類の変更**タイミング**を
指定可能（例：待機中に）

7. まとめ

1. 逆運動学の**解の種類**を適切に選択することで**特異点**を通過可能
2. **強化学習**で経路全体を俯瞰して8つの解から選択することができた