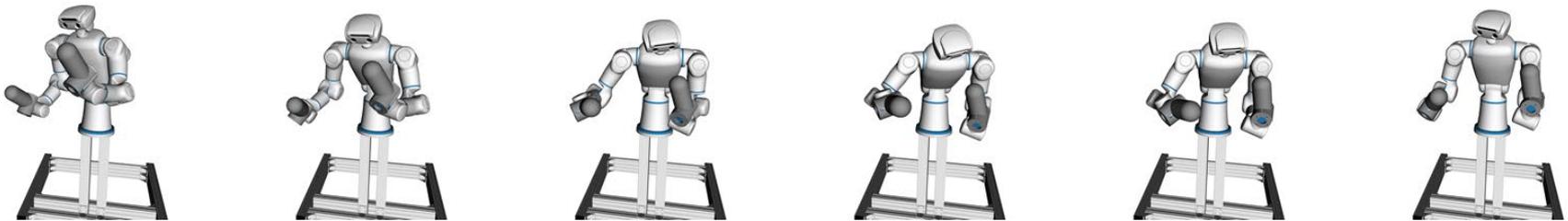


事前設定不要で直感的な ヒューマノイドコントローラー



京都大学大学院情報学研究科情報学専攻
助教 八木聡明
2025年1月23日

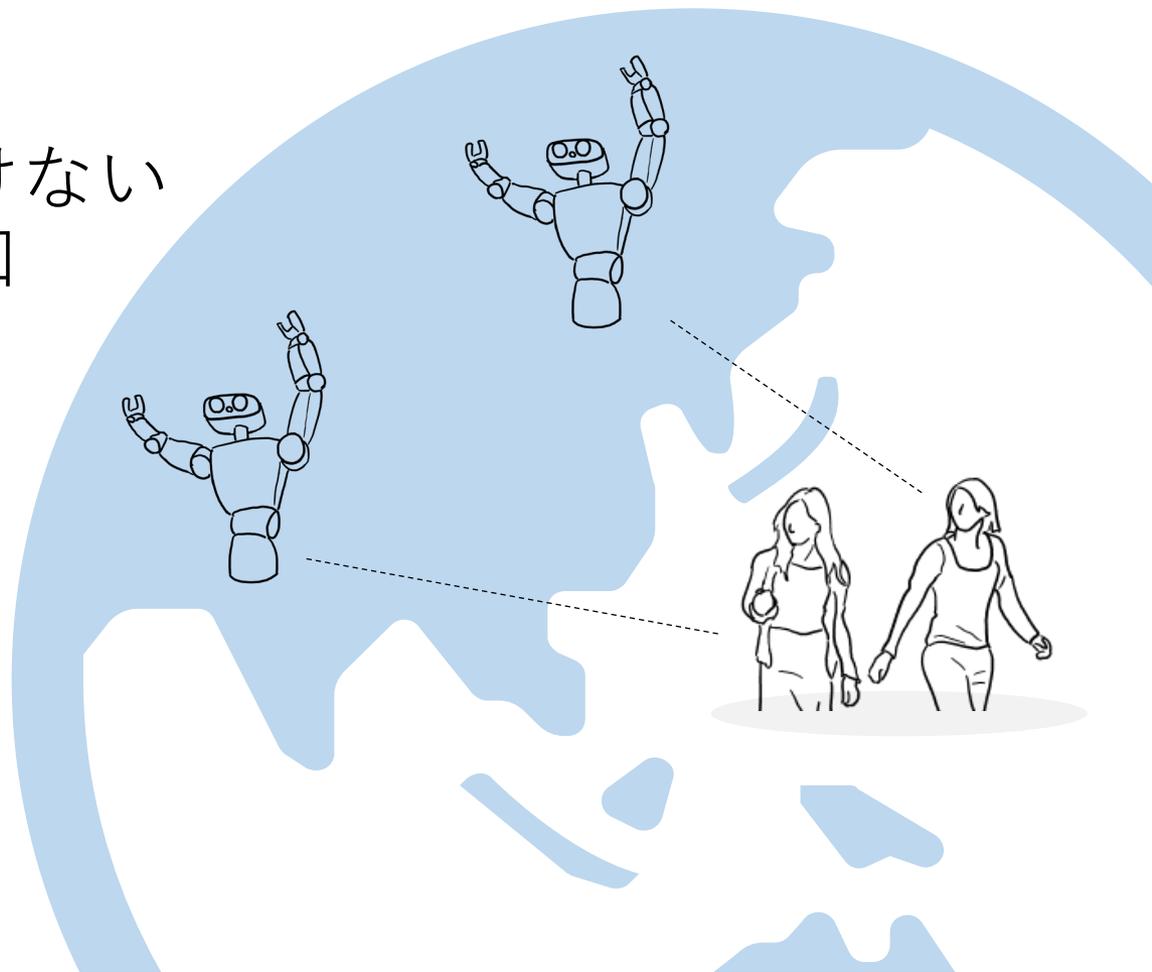
新技術の概要



- 深層学習を用いたヒューマノイドの遠隔操作
- 事前設定不要で直感的なコントローラー

ロボットを遠隔操作して働く社会

- 多様な社会参画
- 働きたくても働けない潜在的な労働人口



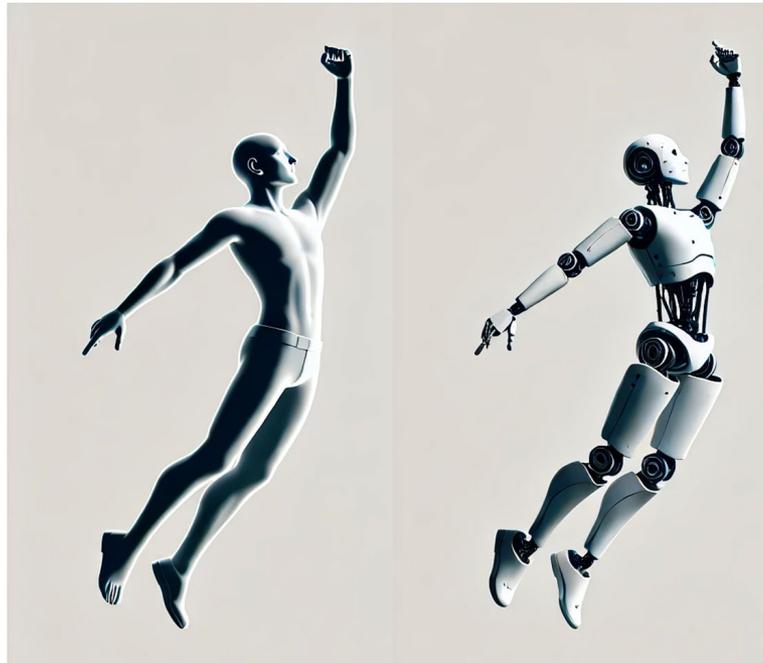
アプリケーション

- 買ってきたロボットをどうやって操作？
- 体を動かして直感的にロボットを操りたい



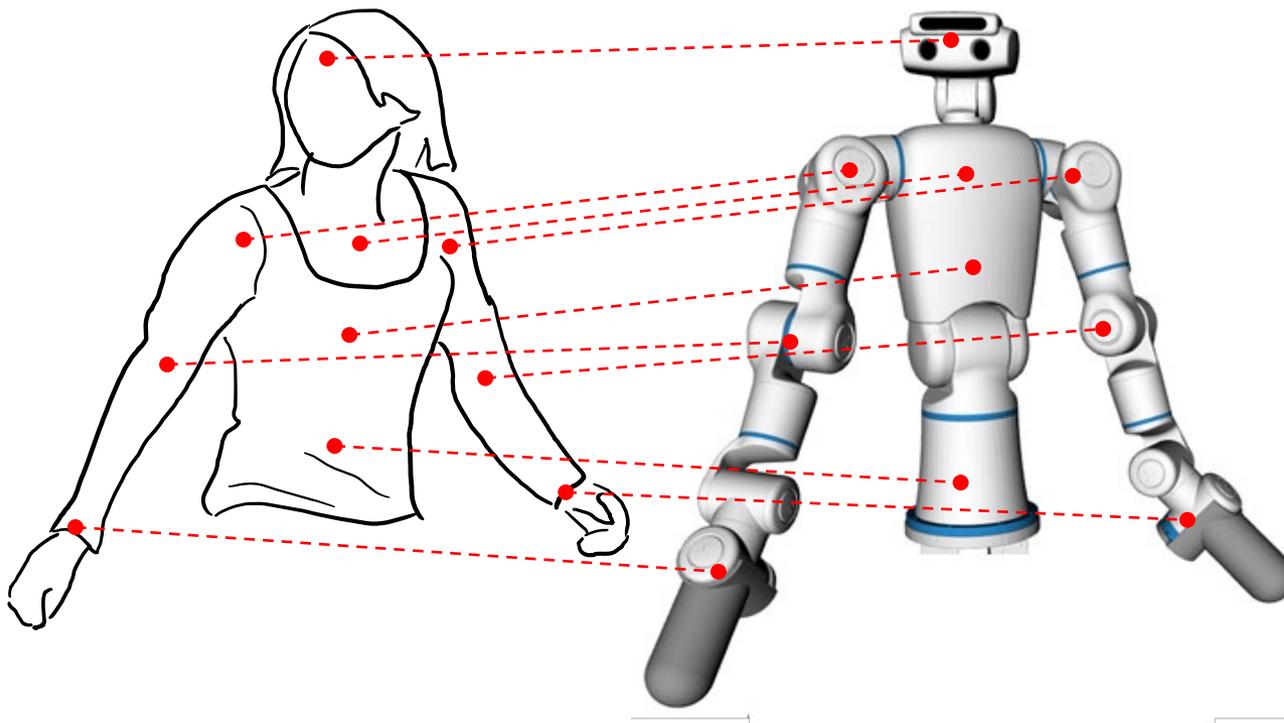
ヒューマノイドの動作生成

- モーションリターゲット（動作変換）
 - 異なる骨格のキャラクターに動作を**再利用**する技術
 - 本ロボットコントローラーの中核的な役割



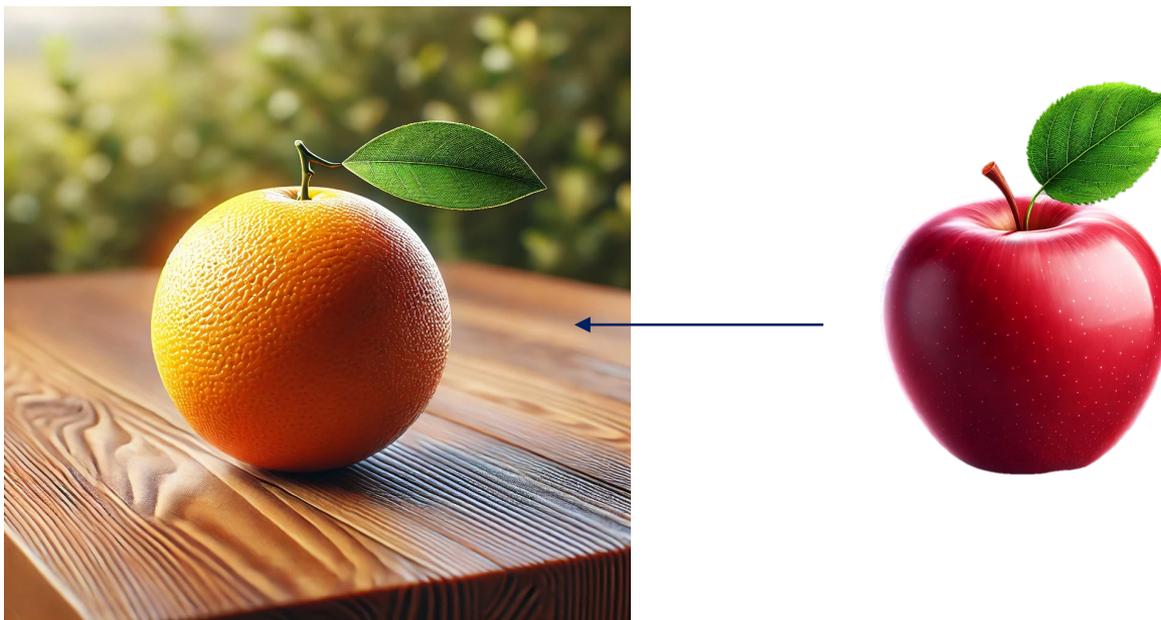
従来技術とその問題点

- 身体位置の対応関係を**事前に設定**
 - 専門的な知識が必要でコスト↑
 - 想定しない動作が入力されると性能が悪化



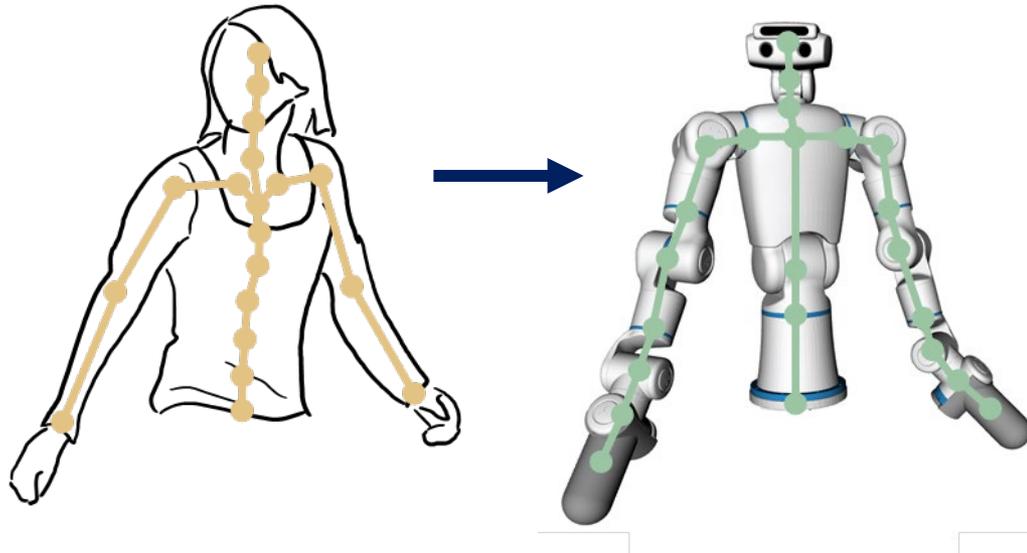
新技術の概要 1 : スタイル変換

- 例) 写真中のオレンジをリンゴに変換
- CycleGANと呼ばれる深層学習が代表例
- それぞれのデータを**別個に用意**するだけで良い



新技術の概要 2： CycleGANによる動作変換

- アニメーション分野で高精度な動作変換
- 骨格が大きく異なる人→ヒューマノイドへ応用 [K. Aberman et al., 2020]
 - ニューラルネットの学習手法を改良
 - 詳細は後のスライド



新技術の特徴・従来技術との比較

- **事前設定無し**でロボットを体で操作できる
- 人とヒューマノイドの身体に対応付け不要
- お手本となるロボットの動作データは必要
 - 人の動作とラベル付けしなくても良い

ロボットに動作を教える方法

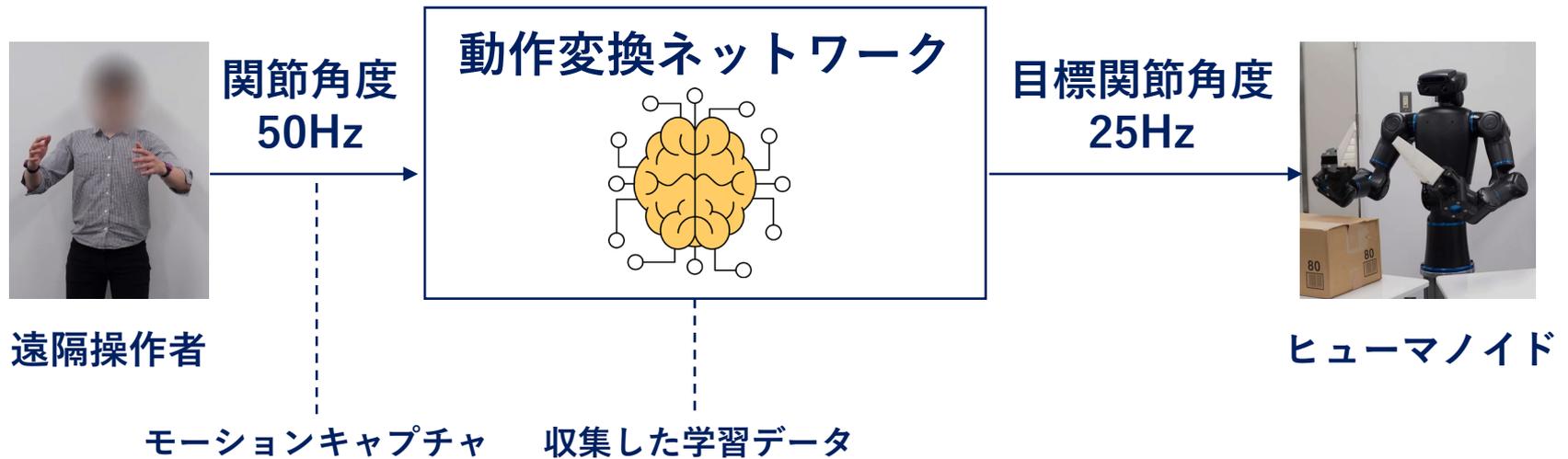
- ダイレクトティーチング
 - 人がロボットを直接動かして、その動作を記憶させる手法
 - プログラミングの知識が少ない作業者でも直感的・簡単にロボットを動かせる

学習データの収集

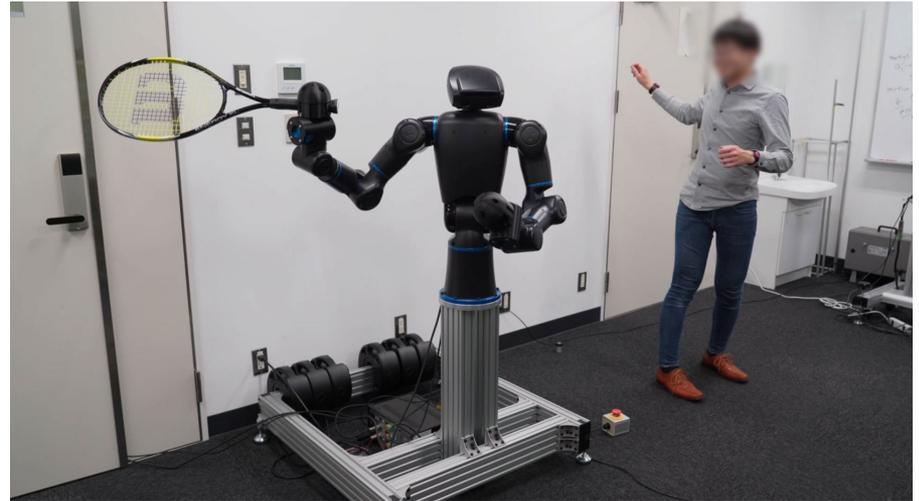
- ダイレクトティーチングによって動作を収集
 - 2.2時間分



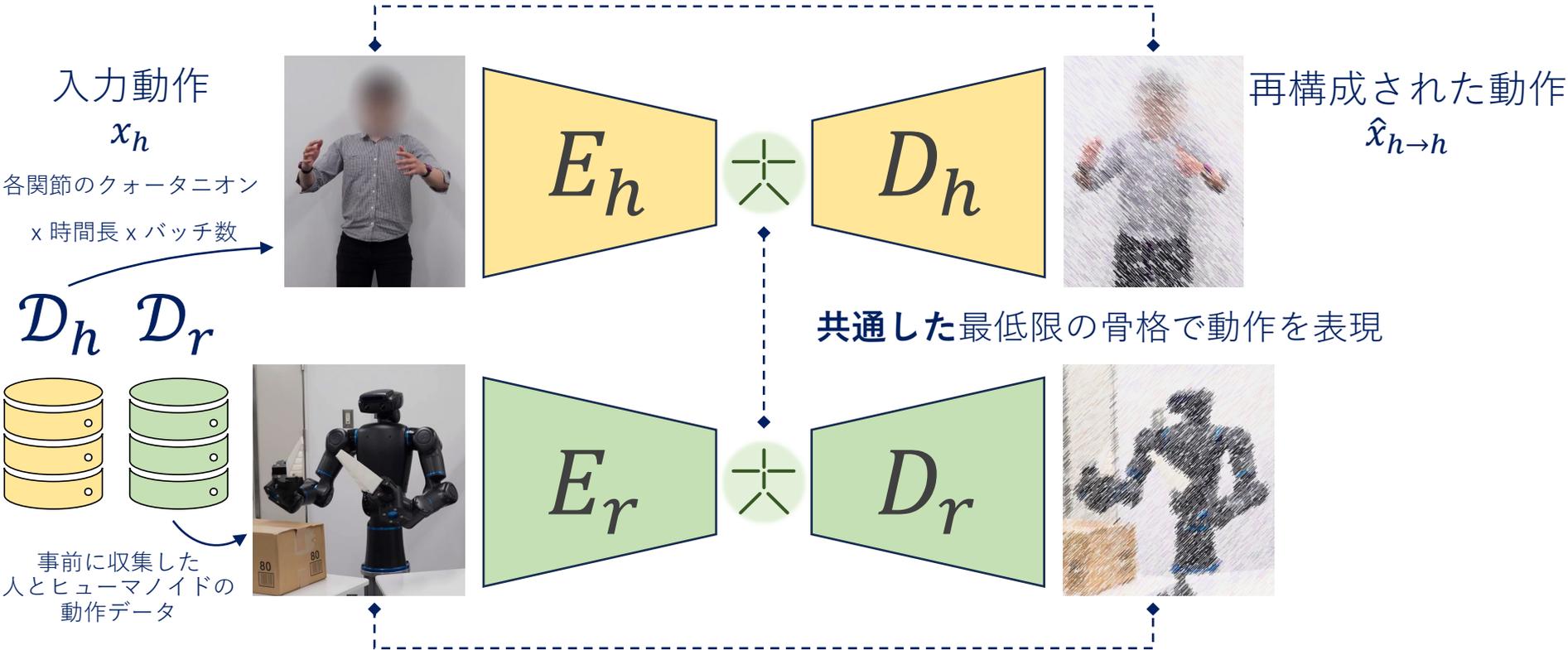
遠隔操作システムの実装例



人が遠隔操作する様子



新技術の詳細1



関節角度・位置誤差を減らすように学習 \mathcal{L}_{rec}^{1-3}

$$\mathcal{L}_{rec}^1 = \mathbb{E}_{x_h \sim D_h} [\|\hat{x}_{h \rightarrow h} - x_h\|^2]$$

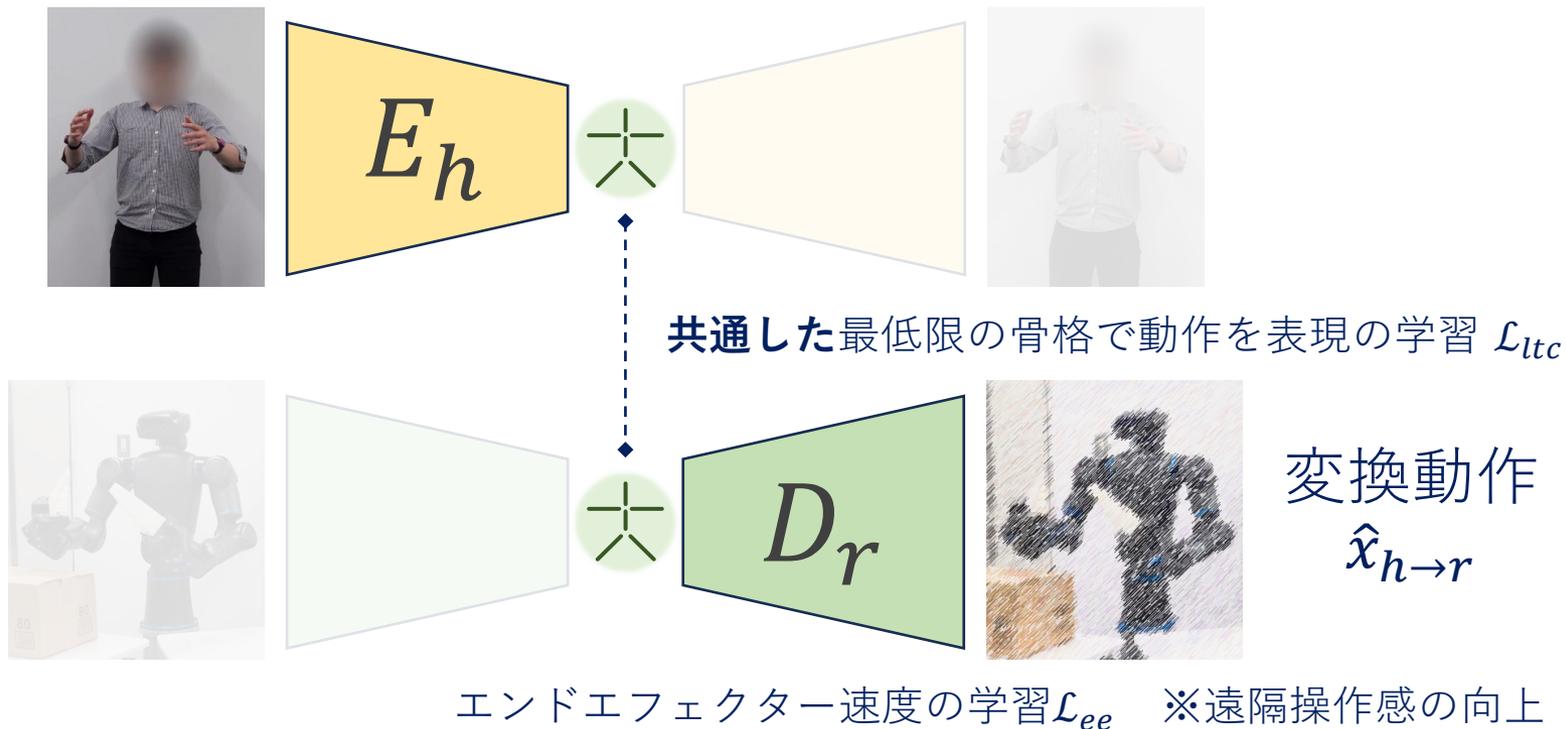
$$\mathcal{L}_{rec}^2 = \mathbb{E}_{x_h \sim D_h} [\|f(\hat{x}_{h \rightarrow h}) - f(x_h)\|^2]$$

$$\mathcal{L}_{rec}^3 = \mathbb{E}_{x_r \sim D_r} [\|f_r(\hat{x}_{r \rightarrow r}) - f(\hat{x}_{r \rightarrow r})\|^2]$$

$f(\cdot)$ は関節角度から位置を計算する順運動学

↑ヒューマノイド側のみ計算, $f_r(\cdot)$ は実際の関節構造に基づく順運動学

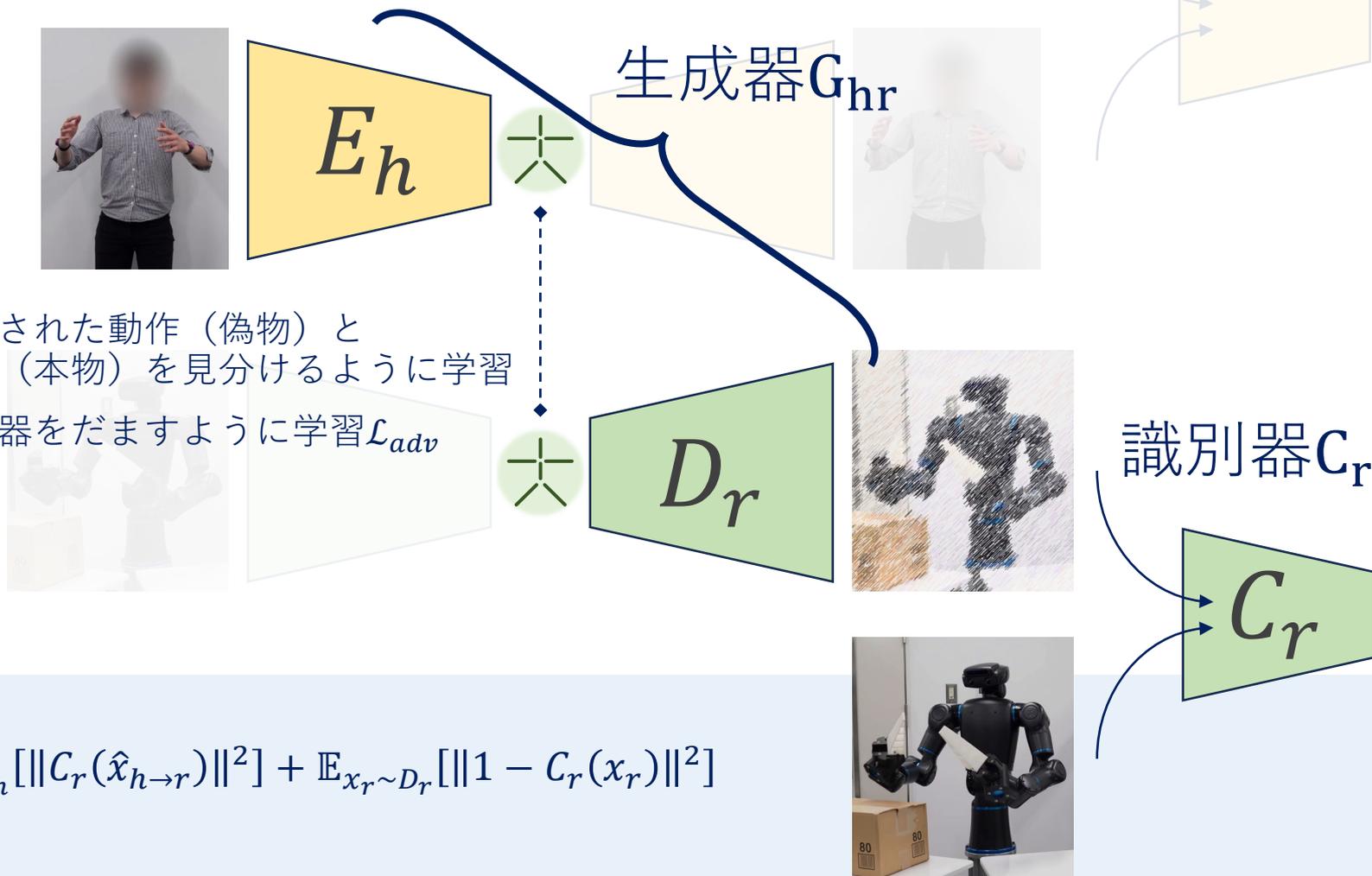
新技術の詳細2



$$\mathcal{L}_{ltc} = \mathbb{E}_{x_h \sim D_h} [\|E_r(\hat{x}_{h \rightarrow r}) - E_h(x_h)\|_1]$$

$$\mathcal{L}_{ee} = \mathbb{E}_{x_h \sim D_h} \left[\left\| \frac{\Delta f_{ee}(\hat{x}_{h \rightarrow r})}{\Delta t} - \frac{\Delta f_{ee}(x_h)}{\Delta t} \right\|^2 \right]$$

新技術の詳細3



- 識別器は生成された動作（偽物）と学習用の動作（本物）を見分けるように学習
- 生成器は識別器をだますように学習 \mathcal{L}_{adv}

$$\mathcal{L}_{adv} = \mathbb{E}_{x_h \sim D_h} [\|C_r(\hat{x}_{h \rightarrow r})\|^2] + \mathbb{E}_{x_r \sim D_r} [\|1 - C_r(x_r)\|^2]$$

想定される用途

- エンターテインメントや教育で**人らしい動作**が重要となるサービスロボットの遠隔操作
- **自律駆動**ロボットのためのデータ収集
- ヒューマノイドロボットの動作生成

実用化に向けた課題

- 学習データの削減
 - 複数のロボットの動作データをまとめて学習可能

企業への期待

- ユーザー毎にロボットの**形状が異なる**
アプリケーションに特に有用
 - 例) ハンドや頭部の形状が多種多様
- 一般ユーザーがロボットを気軽に扱う事による
ロボットアプリケーションの市場拡大を期待

企業への貢献，PRポイント

- ヒューマノイドに限らず，
人と同じ身体構成を持つ機械に適用できる
 - アームロボットや脚ロボット
 - もちろん，アニメーションやAR/VRも可
- 導入にあたっての技術指導も対応

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 :
ロボットの動作生成のためのモーショントラッキング装置、
ニューラルネットワークの機械学習方法、
ロボットのモーションデータの生成方法、及びロボットの制御方法
- 出願番号 : 特願2024-070336
- 出願人 : 京都大学
- 発明者 : 八木聡明, 森本淳

お問い合わせ先

京都大学

成長戦略本部 イノベーション領域

e-mail ip-eng@saci.kyoto-u.ac.jp