

# 人の動作技量を再現する外骨格ロボット制御 古川淳一郎

## ～動作意図予測に基づくアシスト～

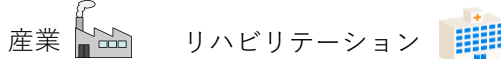
### 解決したい問題

ヒトの動作意図や状態に応じて外骨格ロボットを制御する方法が未確立



外骨格ロボット

用途



従来の一般的な制御方法

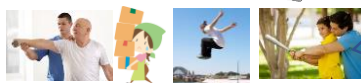
- 予め決められた軌道（専門家がデザイン）をロボットが追従
- 歩行訓練など
- スイッチによりロボットの力をOn/Offすることでアシスト
- 重荷の保持など

- 限られた状況でしか使用できない
- 装着者の状態や意図に対し適切な制御になっているのか不明

### 未来ビジョン

環境や状態に応じた最適な外骨格ロボット制御によるヒトとロボットの協調

Anytime Anywhere



アシストロボット活用



< 学術への影響 >

**Assistability** (アシストのしやすさ等の状態) の定量化

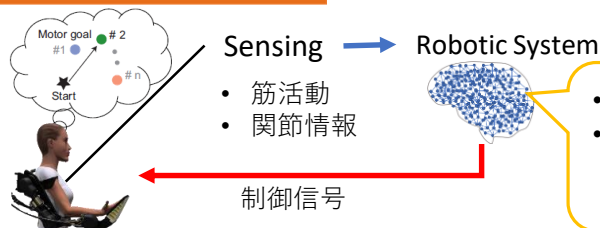
- アシスト方法をシステムティックに決定
- ヒトがヒトをアシストするような親和性の高い制御を実現

< 社会・産業への影響 >

アシストロボットを多様な場面で活用可能

### 提案方法および成果

装着者の動作目的予測および状態評価に基づく最適な制御方法



- ヒトの動作目的予測
  - ヒトの運動状態評価
- 最適な制御入力算出

< 成果 >

スポーツ動作に適応

- 動作負荷軽減
- 運動パフォーマンス向上

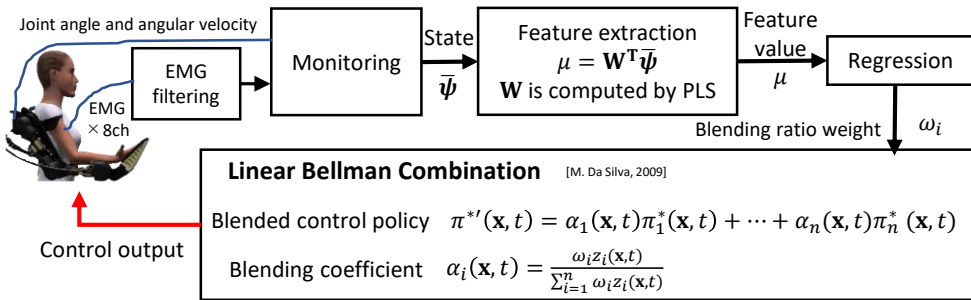
従来では静的な動作が主

### 動作意図推定に基づく最適アシスト制御

< 提案制御フレームワークで可能にしたこと >

- 連続的に変化する動作目的の予測
- 動作目的および状態に応じた最適制御則の導出

< 従来 >  
離散的な予測に基づく制御



非線形システムの最適制御  
Iterative linear quadratic gaussian (iLQG)

$$\pi^*(u|x) \leftarrow \arg \min_{\pi} v^{\pi}$$

< Objective function >  $v^{\pi} = g(x(T)) + \sum_t l(x, \pi, t)$

< Dynamics model >  $x(t+1) = f(x(t), u(t))$

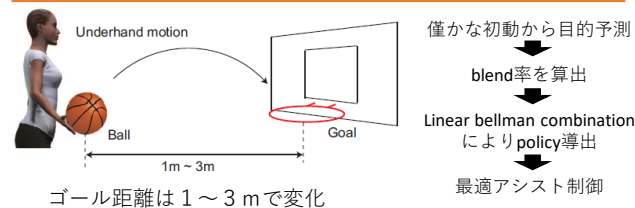
$x(t)$ : state variable  
 $u(t)$ : control input

**iLQG #n**  
Pre-computed optimal control policy  $\pi_n^*$   
Desirability function  $z_n(x, t) = \exp(-v_n^*(x, t))$

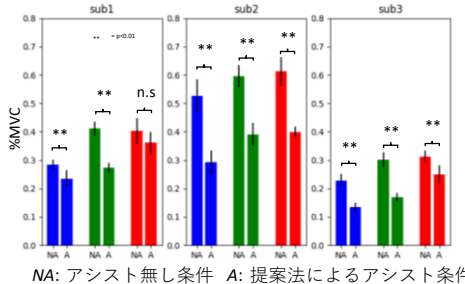
**iLQG #1**  
Pre-computed optimal control policy  $\pi_1^*$   
Desirability function  $z_1(x, t) = \exp(-v_1^*(x, t))$

### < Experiment: Ball throwing >

スピード、精度が要求されるアシスト制御はChallenging



### < Results >



### ゴールシュート率

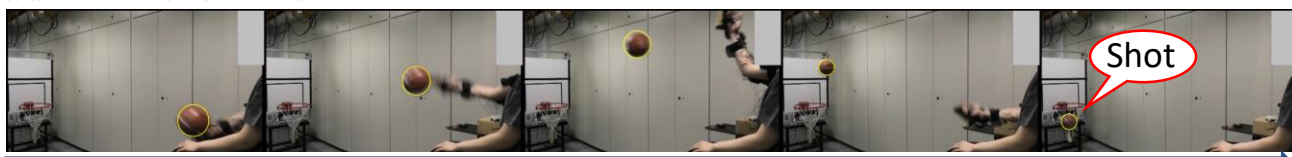
	sub1	
	NA	A
1m throw	100%	100%
2m throw	100%	50%
3m throw	0%	50%
sub2		
1m throw	90%	100%
2m throw	0%	100%
3m throw	0%	0%
sub3		
1m throw	100%	80%
2m throw	10%	60%
3m throw	0%	70%

ボール投げ動作の負荷減少

平均 44.4% → 67.8%

精度向上

### < 外骨格ロボット制御実験の様子 >



Scaled Time