

# 上肢運動モデルの 福祉支援機器への応用

熊本高等専門学校 制御情報システム工学科  
教授 柴里 弘毅

令和2年12月17日

# 研究背景

- 人間が行う制御行動の支援
  - auto cruise control      タスクの一部を機械に委ねる
  - パワードスーツ      筋力増幅



<https://bmw-yanase.com/column/features/bmw-cruise-control>



- 主制御装置として機能する人を中心に
    - タスクの機械への権限移譲
    - 技能の支援はパワー増幅
- では不十分

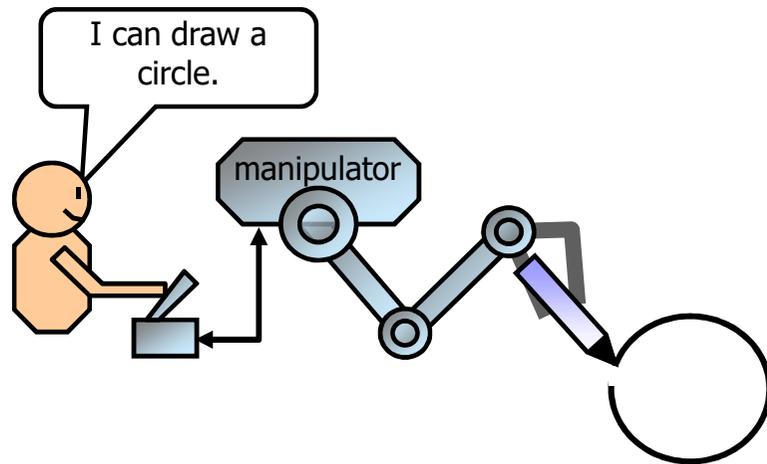
# 従来の技術

- DFF(Delayed Feed-Forward)モデル
  - コンピュータの画面上を運動するターゲットをマウスカーソルで出来るだけ正確に追従
  - ターゲット運動が将来予期せず変化したとき生じるであろう過渡誤差を最小にするような最適の先行位相で動作していることを示唆

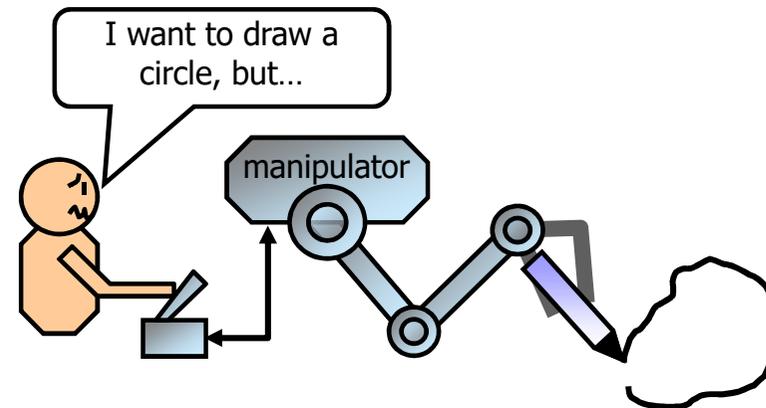
石田 文彦, 沢田 康次 人の感覚運動システムにおける先行位相の定量的研究 計測自動制御学会論文集 2003 年 39 巻 1 号 p. 59-66

# 操作支援技術における問題点

- テレオペレーション機器を操作する場合



Expert operator

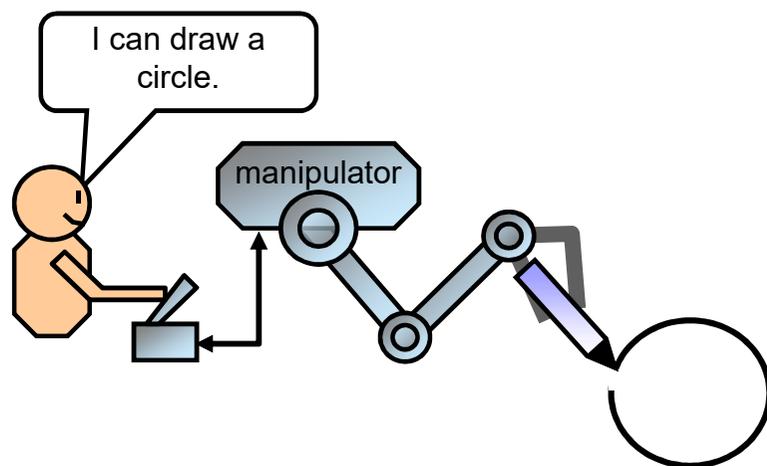


Novice operator

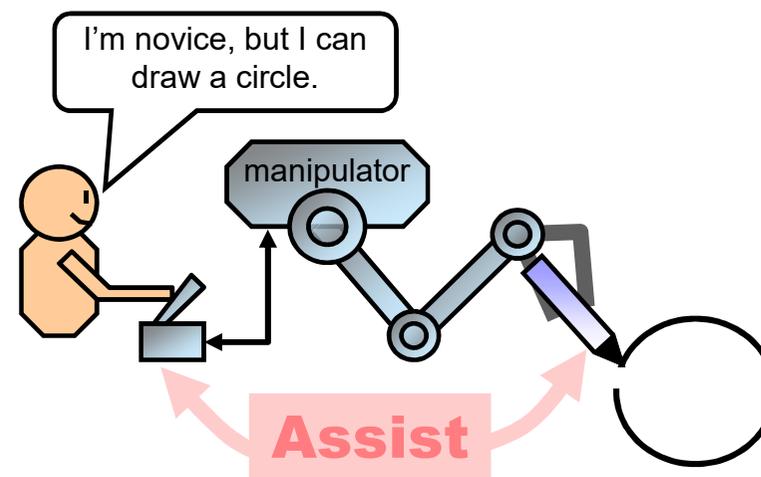
制御対象のダイナミクスへの対応は十分か？

# 問題点の解決法

- 機械が人間の技量や判断の不足をアシスト！！



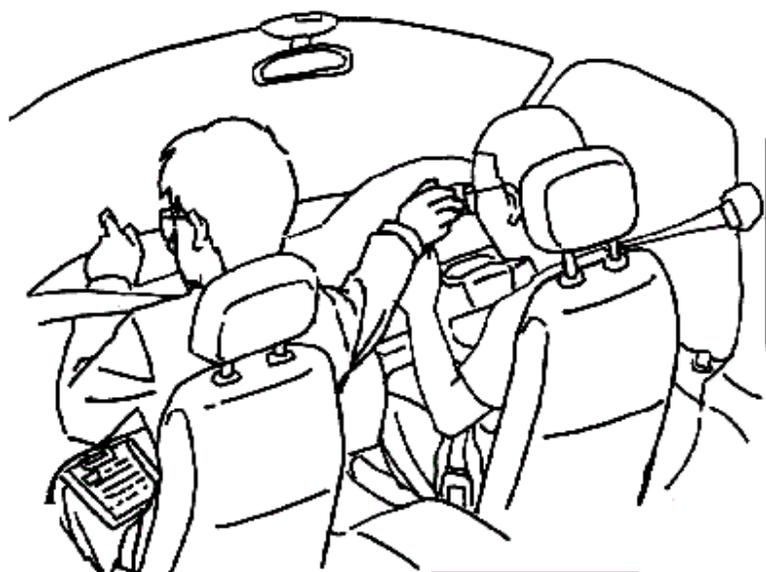
**Expert operator**



**Novice operator**

# 新技術活用コンセプト

- イメージ: 自動車教習所の学生と**教官**

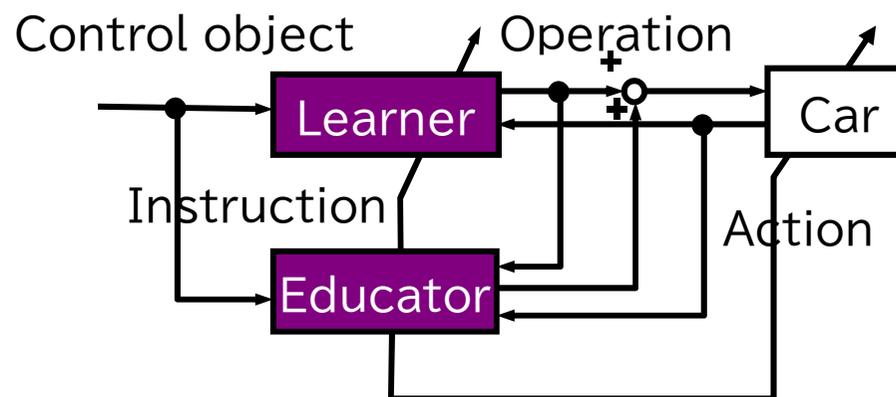


Educator

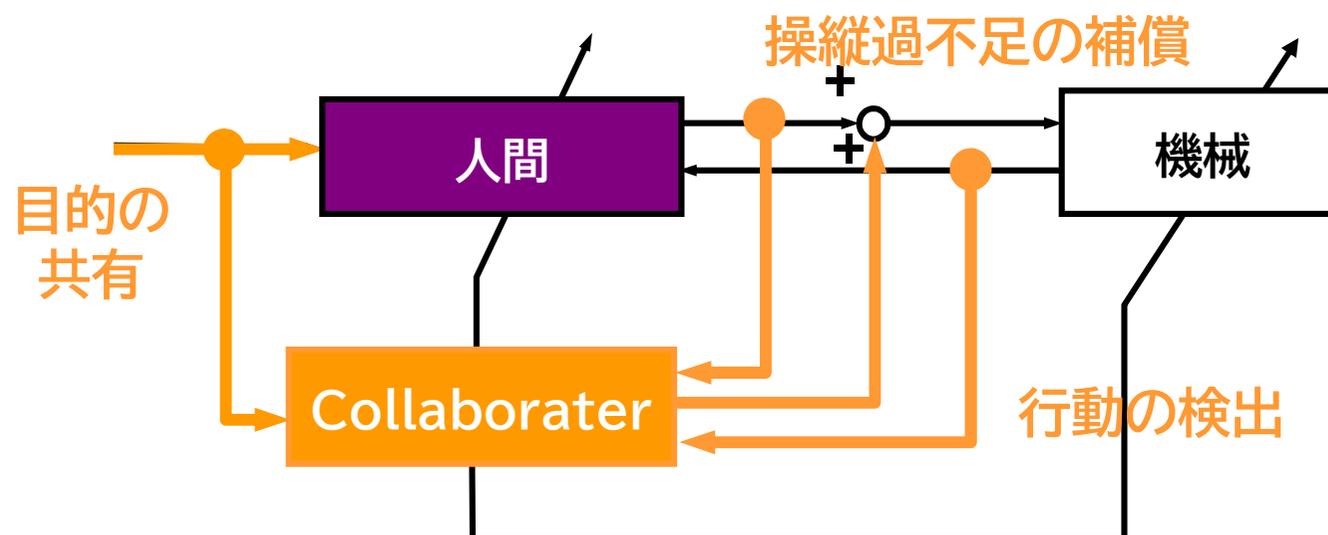
Learner

Training for driver skill

## 知的な支援システム



# コラボレータ



目的の共有

行動の検出

行動の補償

基本機能

拡張機能

目標の  
判断と生成

行動の  
予測・補間

補償教示

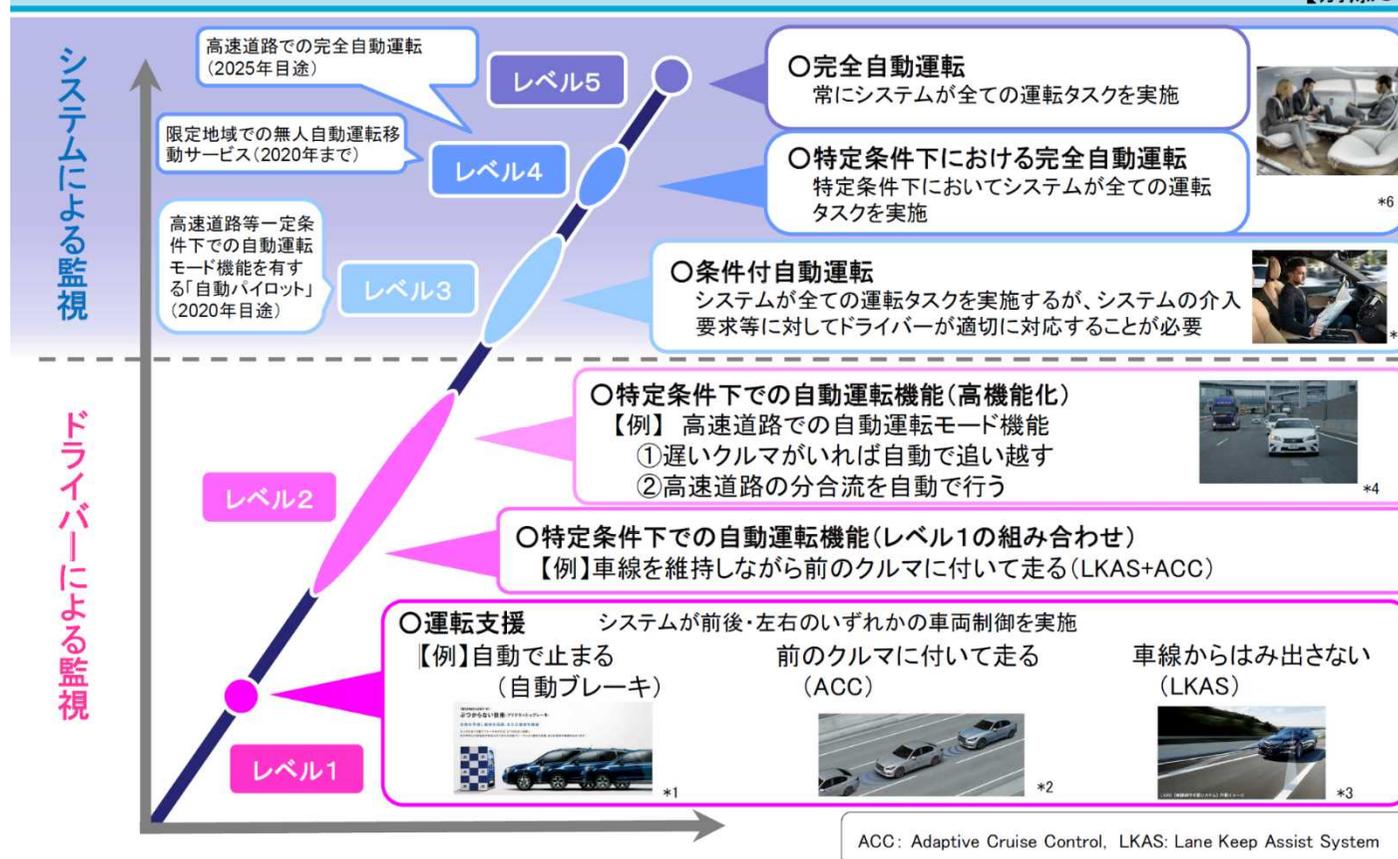
# 似て非なるもの(自動運転)

## ● 目指すものの違い

自動運転 ≠ コラボレータ

### 自動運転のレベル分けについて

国土交通省  
【別添3】



官民ITS構想・ロードマップ2017等を基に作成

\*1 (株)SUBARUホームページ \*2 日産自動車(株)ホームページ \*3 本田技研工業(株)ホームページ  
\*4 トヨタ自動車(株)ホームページ \*5 Volvo Car Corp.ホームページ \*6 CNET JAPANホームページ

# コラボレータの特徴

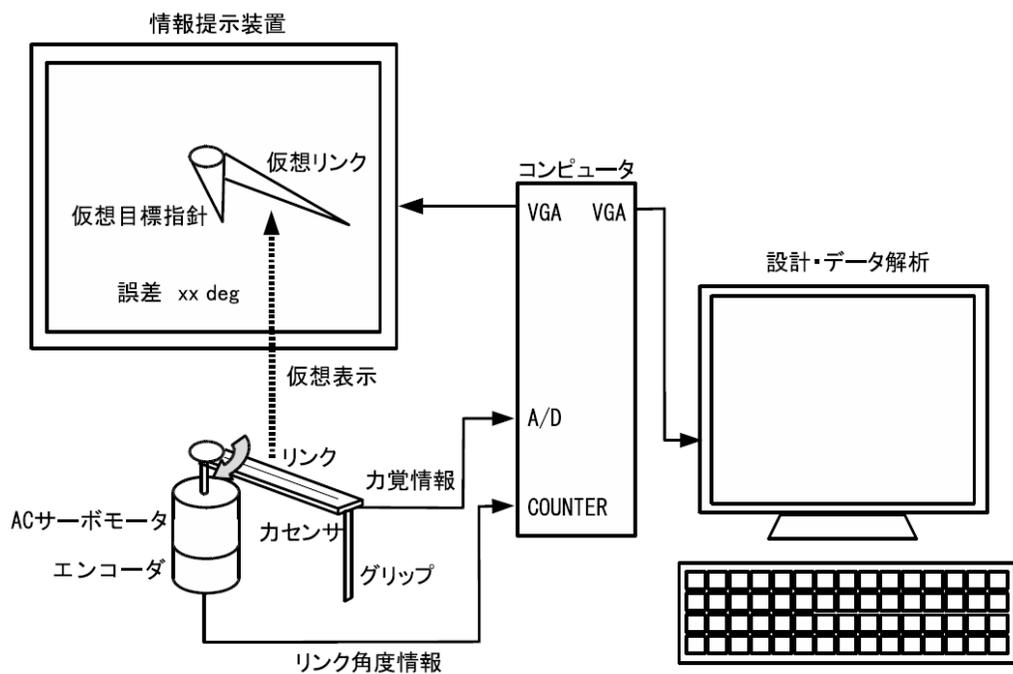
- 人間－機械系を一つのシステムとして  
人間の不確実さをシステム全体で吸収
- スキルアシスト  
単なるパワーアシストではない
- 操作の主役は人間に  
自動制御ではない。  
完全自動化とは目的が異なる

# 人の動作を補償するには

- 人間の特性, 挙動を表現することが必要
- 単なる入出力関係のブラックボックスではなく, 生理学的に意味のある関係

# 問題設定

- 仮想指針に追従するように回転レバーを操作
  - ダイナミクスを有する操作対象
  - 急峻な動作



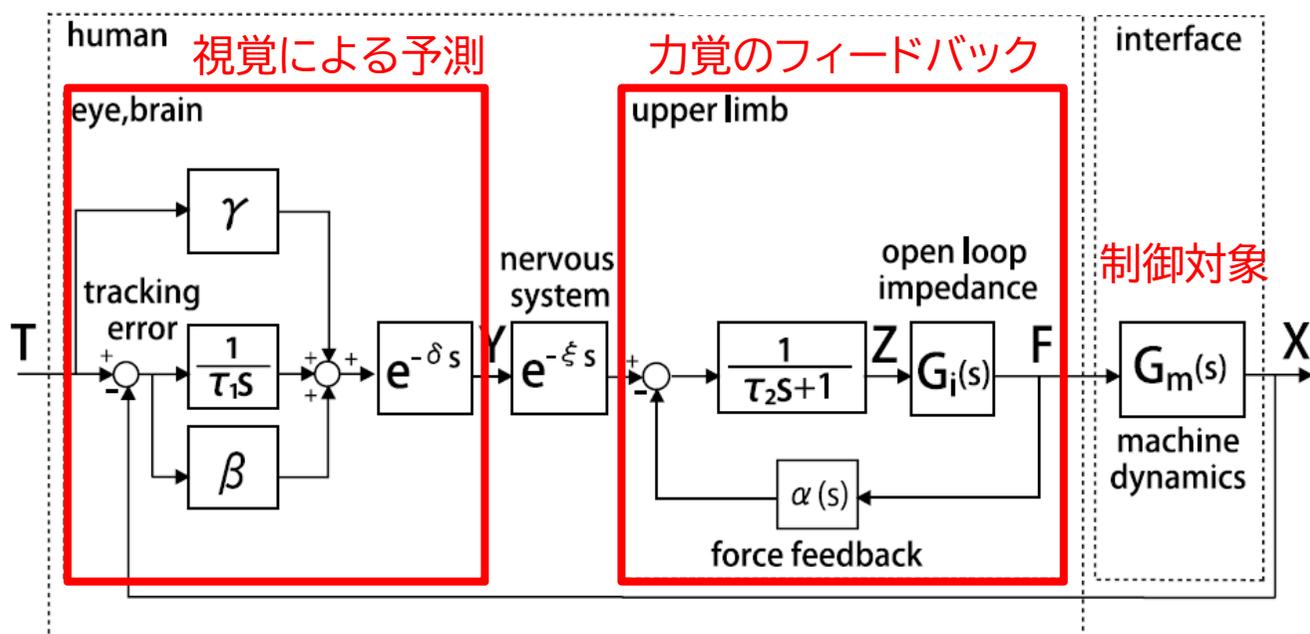
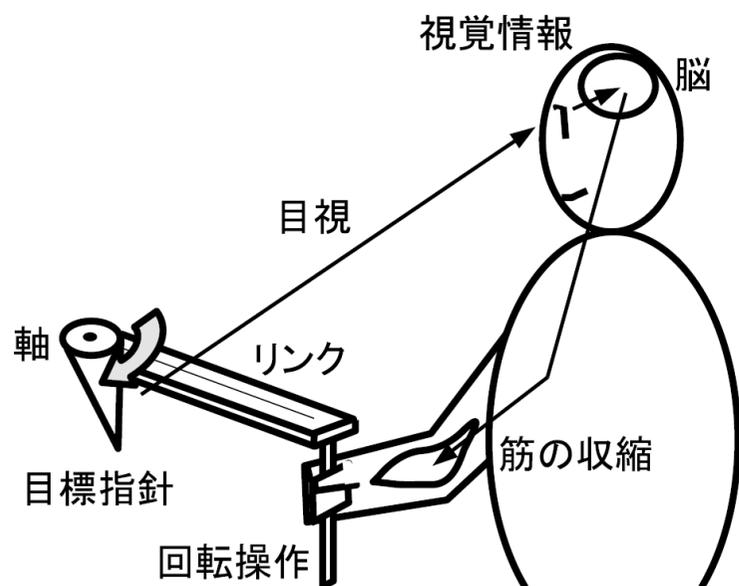
# 上肢運動の視覚・力覚混合型 フィードバックモデル

- 目から得られる情報  
+ 体感(力覚)情報

$$\frac{d}{dt}Y(t) = \frac{1}{\tau_1}(T(t-\delta) - X(t-\delta)) + \gamma \frac{d}{dt}T(t-\delta) + \beta \frac{d}{dt}(T(t-\delta) - X(t-\delta)) \quad (1)$$

$$\frac{d}{dt}Z(t) = \frac{1}{\tau_2} \left\{ (Y(t-\xi) - Z(t)) - \int_0^t \alpha(\tau) F(t-\tau) d\tau \right\} \quad (2)$$

$$X(t) = \int_0^t G_m(\tau) F(t-\tau) d\tau \quad (3)$$

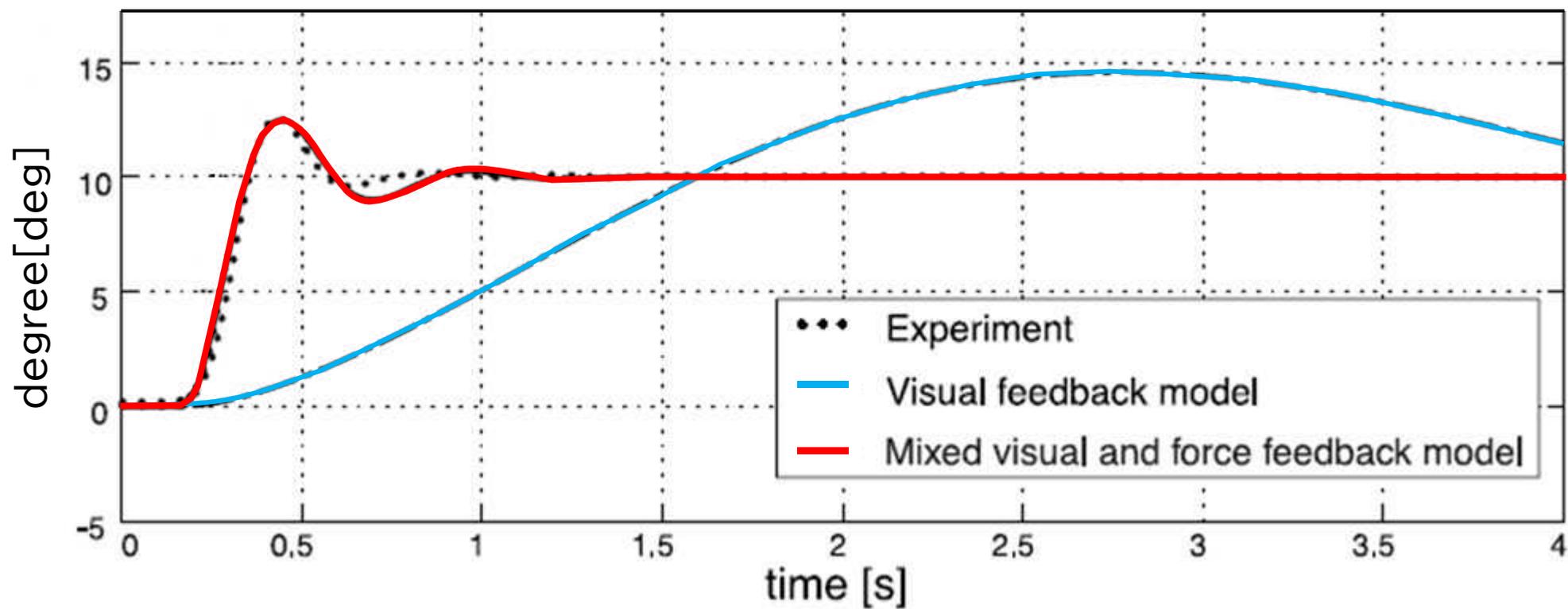


# パラメータ同定

- 生理的な特性を考慮して探索域を設定

パラメータ	同定値	探索域	分解能
$\tau_1$	0.13	0.05~0.15	0.02
$\tau_2$	0.15	0.05~0.15	0.02
$\alpha_0$	3.0	2.0~4.0	0.5
$\alpha_1$	0.08	0.04~0.12	0.02
$\beta$	0.8	0.4~1.2	0.2
$\gamma$	0.006	0.0~0.01	0.002
$\eta$	0.10	0.06~0.14	0.02

# 実験結果



# 新技術の特徴

- 視覚型フィードバック型モデルの問題を解消
  - 急速運動の再現性
  - 操作感覚(力覚)を頼りにした操作の表現
- ダイナミクスを有する機器の操作表現

# 想定される用途(1)

- 機能の支援



社会福祉法人 太陽の家 <http://www.taiyonoie.or.jp/about/jointinvestment>

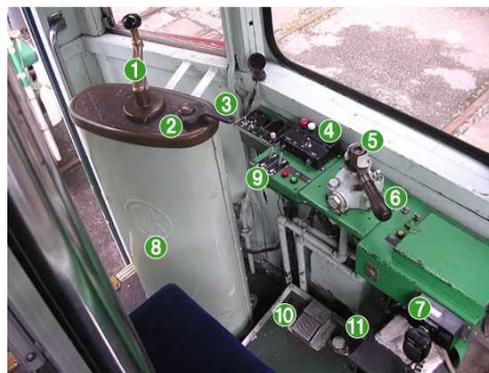
# 想定される用途(2)

- 技能の支援

## 誤操作防止



熊本市交通局 [http://www.kotsu-kumamoto.jp/one\\_html3/pub/default.aspx?c\\_id=40](http://www.kotsu-kumamoto.jp/one_html3/pub/default.aspx?c_id=40)



## 熟練者の技能再現

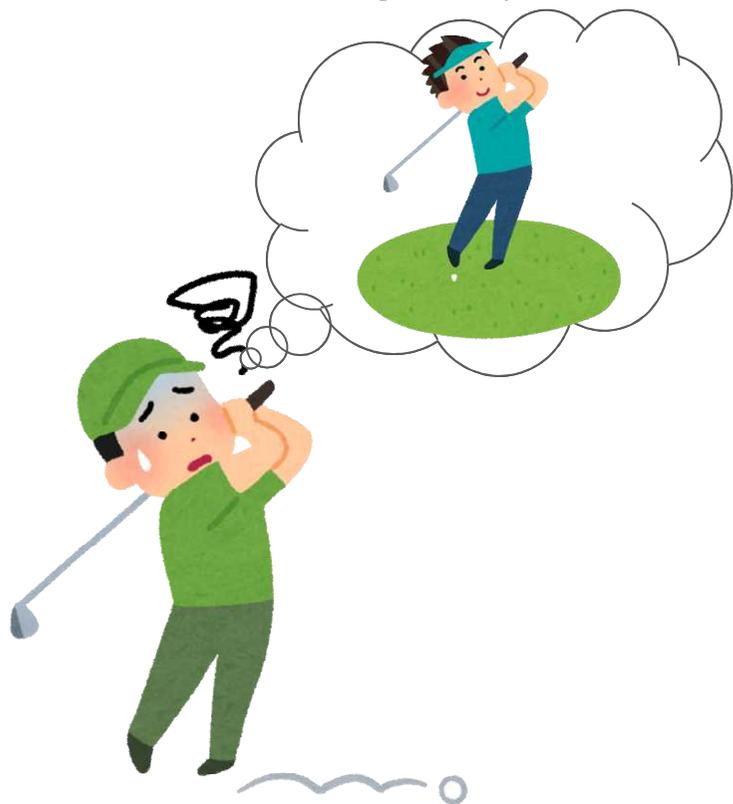


旋盤加工 <http://kinzoku-kakou-odec.com/processing/lathe.html>

# 想定される用途(3)

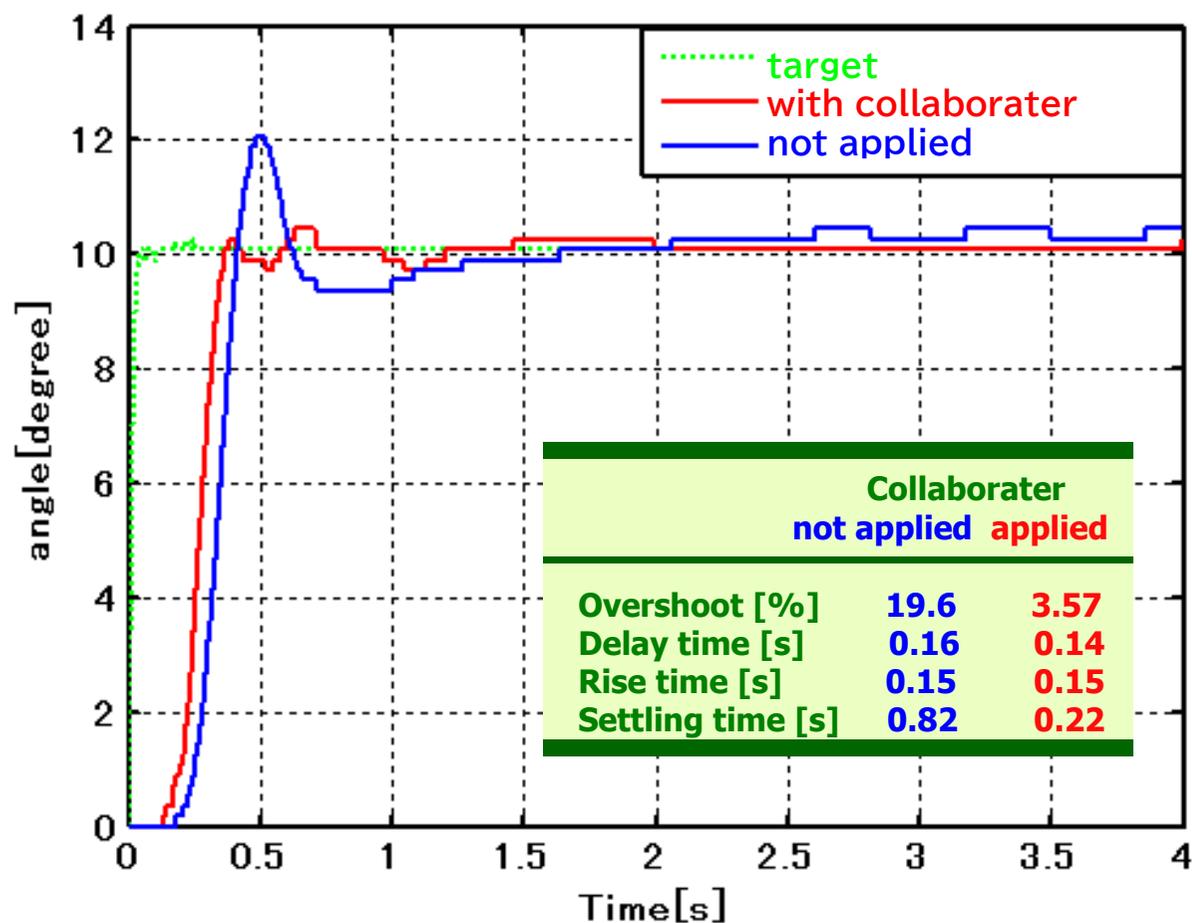
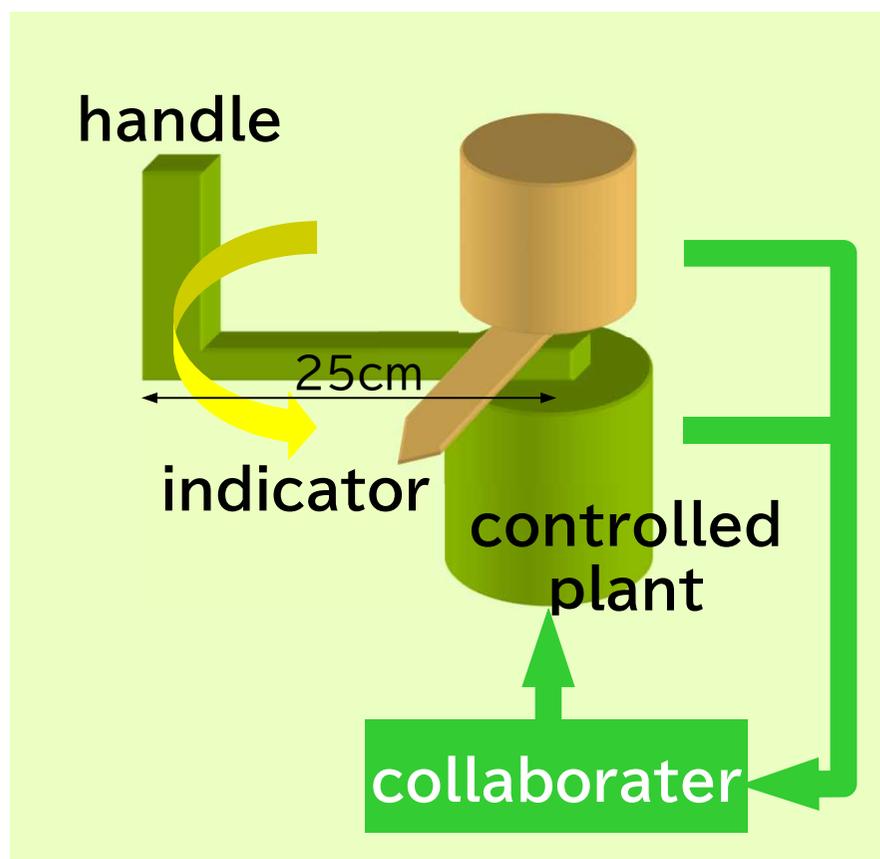
- スキル獲得の支援(教示)

ゴルフスイング



# コラボレータへの適用例

- 指針目標への追従操作アシスト実験



# 実用化に向けた課題

- 力覚主体の動作に対する検証
- パラメータの同定法
- 動的な目標に対する評価

# 企業への期待

- 社会実装的な福祉・支援技術への応用
- 人間中心の動作補償
- QOL改善

人の生活を豊かにする技術

# 本研究に関する知的財産権

- 発明の名称 : 上肢運動モデル
- 出願番号 : 特願2010-94514
- 公開番号 : 特開2011-224048
- 登録番号 : 特許第5626845号
- 出願人 : 独立行政法人国立高等専門学校機構
- 発明者 : 柴里弘毅, 大塚弘文, 川路茂保

# お問い合わせ先

国立高等専門学校機構  
本部事務局 研究推進課  
TEL: 03-4212-6821  
FAX: 03-4212-6810  
KRA-contact@kosen-k.go.jp  
<https://www.kosen-k.go.jp/>