

誰でも直ぐに直感的に操作できる 遠隔操作用コントローラ

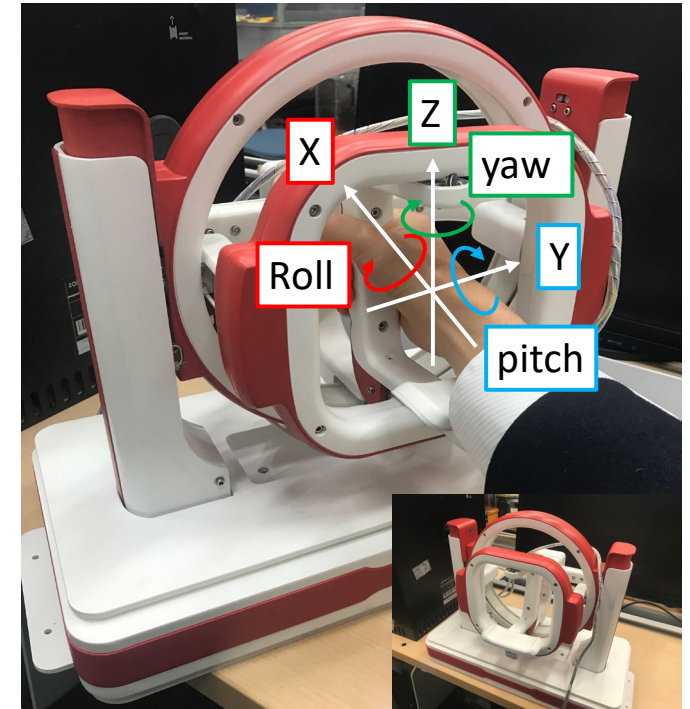
東京工業大学 工学院機械系

講師 三浦智

2022年11月15日

目次

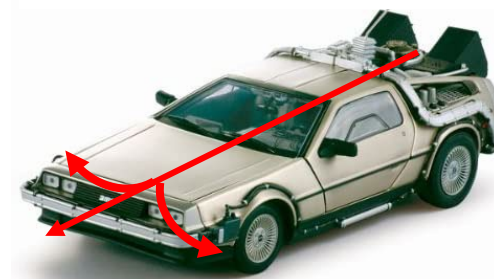
- 従来技術とその問題点
- 新技術の特徴
- 従来技術との比較
- 想定される用途
- 実用化に向けた課題
- 企業への期待
- 本技術に関する知的財産権
- 産学連携の経歴
- お問い合わせ先



従来技術とその問題点

- 移動ロボット
 - 視点が一緒に移動
 - 複雑な現場環境に適応
- 課題
 - 人の身体とは異なる構造や形態
(**身体性の違い**)
 - 直感的な操作は困難
 - 身体性の違いを補償する
インタフェースが未確立

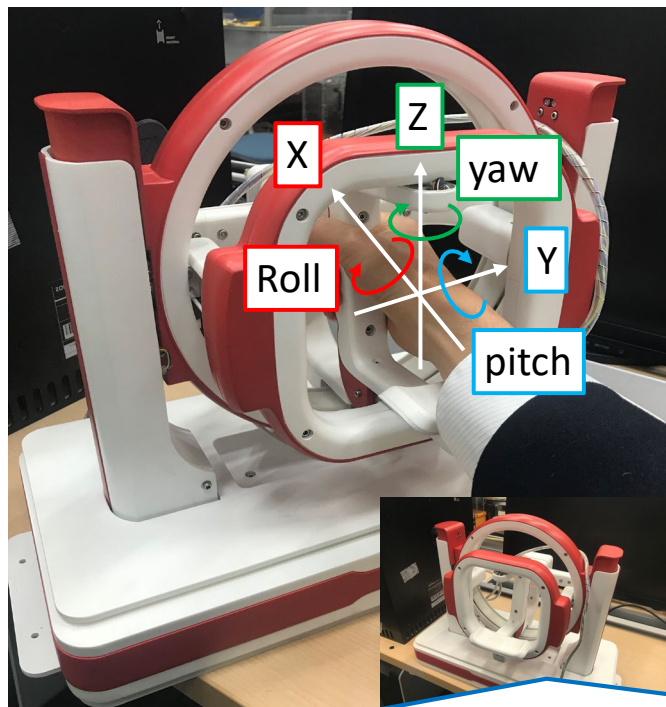
体内／埋設管
の点検



大半のロボットは
キーボード/
ジョイコンで操作

ロボットを直感的に操作可能なインタフェースが必要

新技術の特徴①



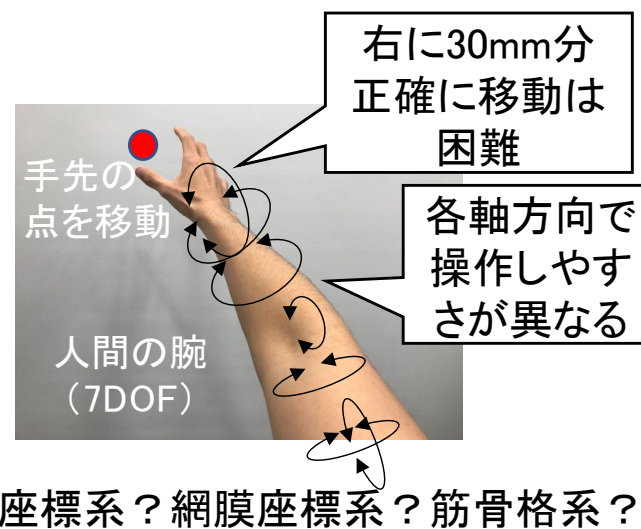
直交座標系入力に合わせて
直観的に操作しやすいインターフェース

- ロボットを直接掴む感覚で操作
- 各自由度方向に合った力覚や抵抗感を返す
- 誰でも直ぐに直感的に操作可能

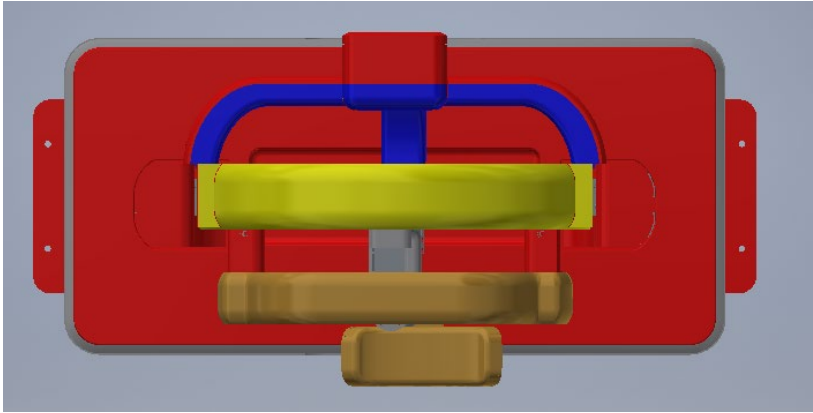


身体性の違い

人間が動かしやすい座標系と、
理解しやすい座標系(直交座標)
は異なる

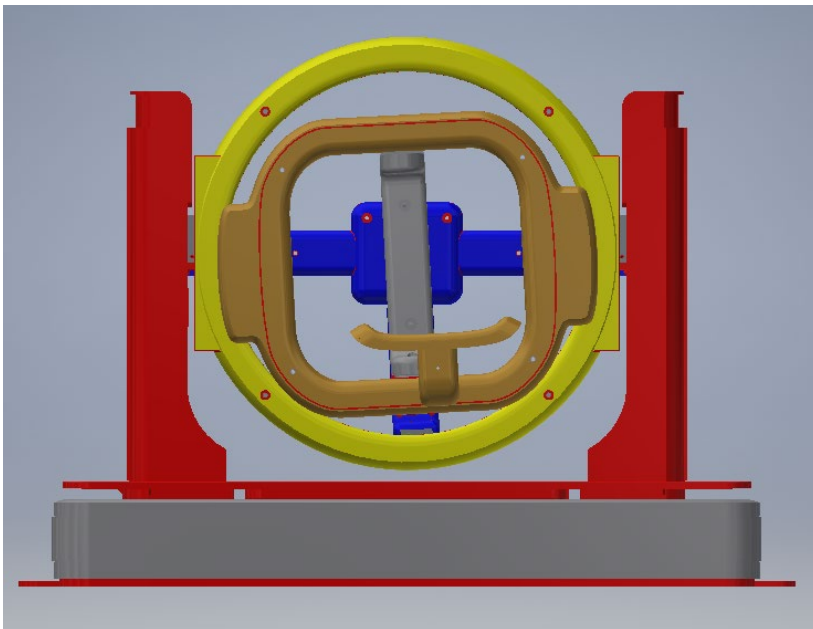
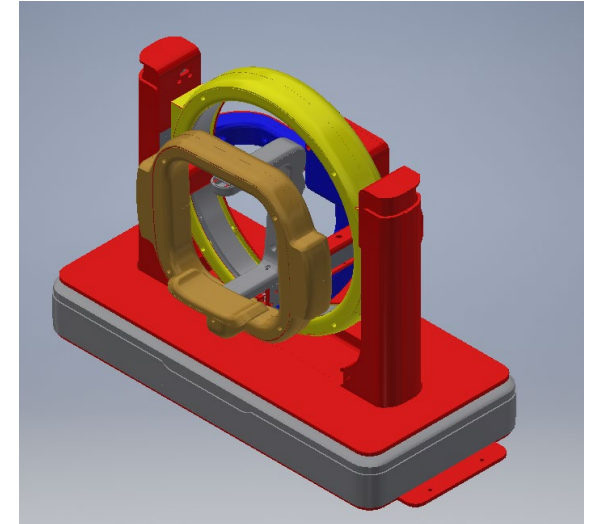


新技術の特徴②

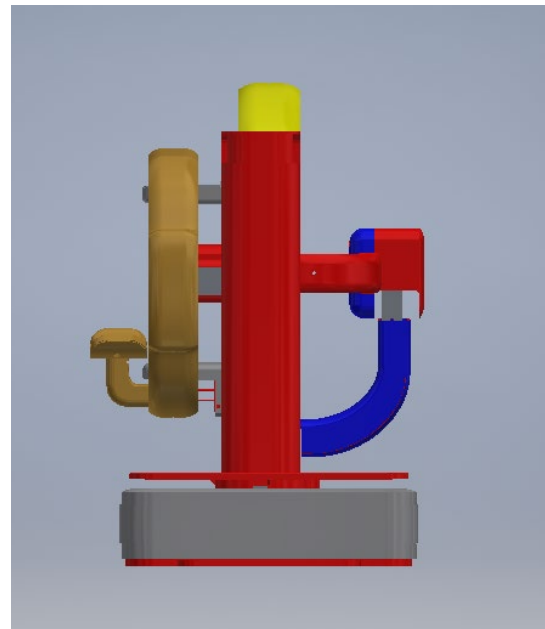


TOP

開発したインタフ
ェースの三面図



FRONT



RIGHT

ユーザーからインタフェース
を見たときを正面と仮定

新技術の特徴③

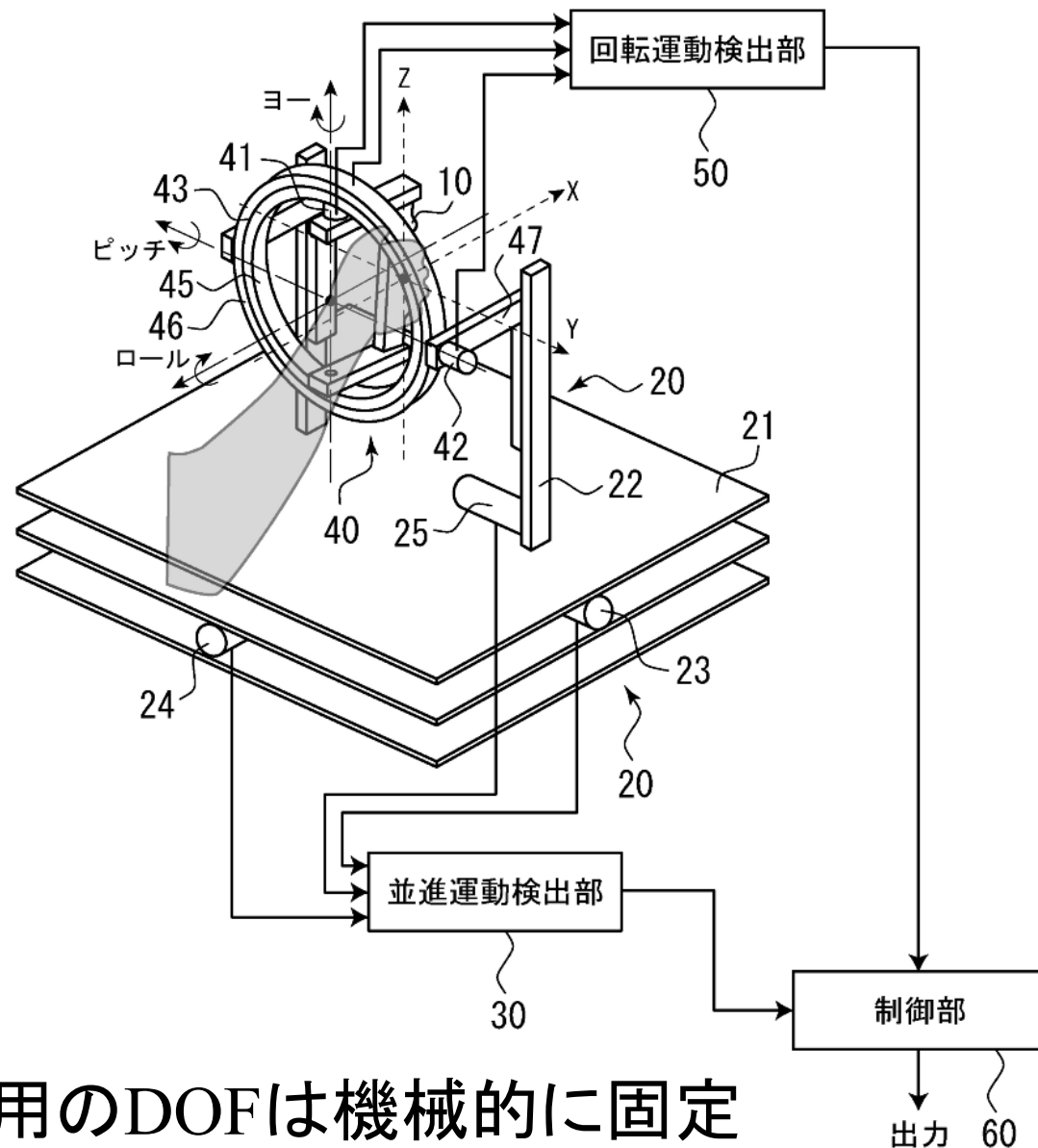
- 回転運動の中心：手首
- 並進運動の中心：手先

手の向いている方向に
ロボットが動く

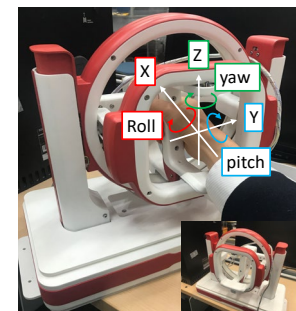
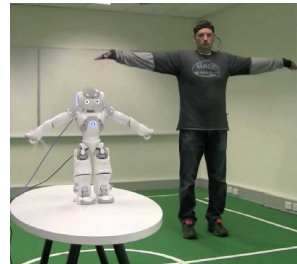
ニュートラルから手先の移動量
だけロボットが速く進む

新技術の特徴④

- グリップの
ニュートラル位置からの
 - 回転量
 - 並進移動を検出
- グリップの回転量／移動量
に合わせて
 - ロボットの速度
 - ロボットの姿勢を制御



従来技術との比較



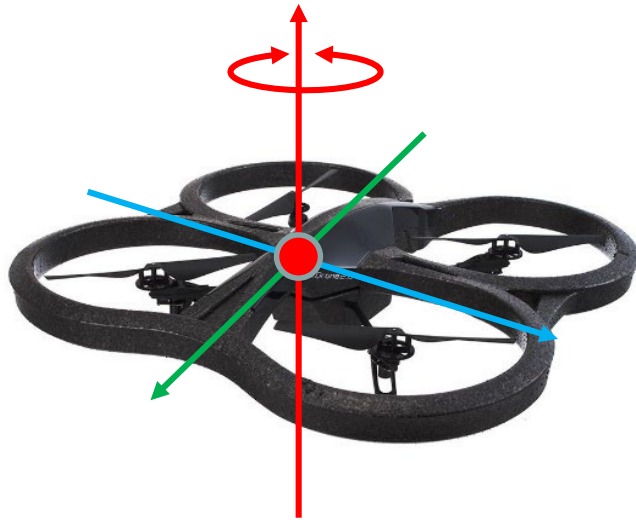
	Joystick	Touch pad	Motion capture	Haptic device	Proposed interface
Application	Mobile	Mobile	Manipulation	Manipulation	Mobile
DOF	4	4	Many	6	6
Ease of 3D movement	Poor	Poor	Good	Good	Good
Ease of returning to the neutral position	Easy	Difficult	Difficult	Easy	Easy
Dexterity	High	Low	Low	High	High
Restraint sense	Poor	Poor	Poor	Good	Good
Haptic quality	Low	Low	Low	High	High

想定される用途

- 本技術の特徴を活かすには、視点が一緒に動く移動ロボットやアバターに適用
- 操作の対応付けが理解しやすい
- 医療やインフラ、自動車、飛行機といった操作を要するあらゆるロボットへの汎用インタフェースとして期待

ご紹介する操作対象例

ドローン
橋梁点検



内視鏡
埋設管点検

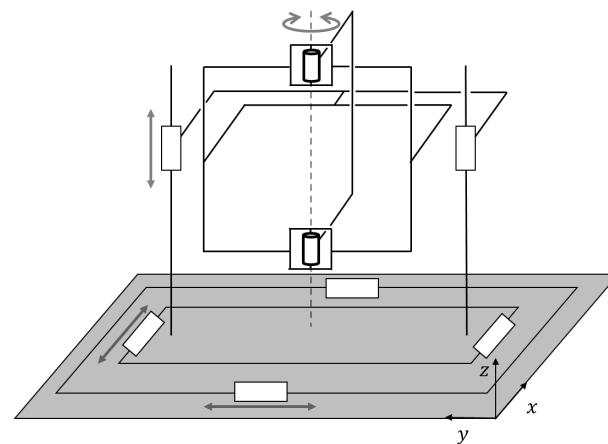
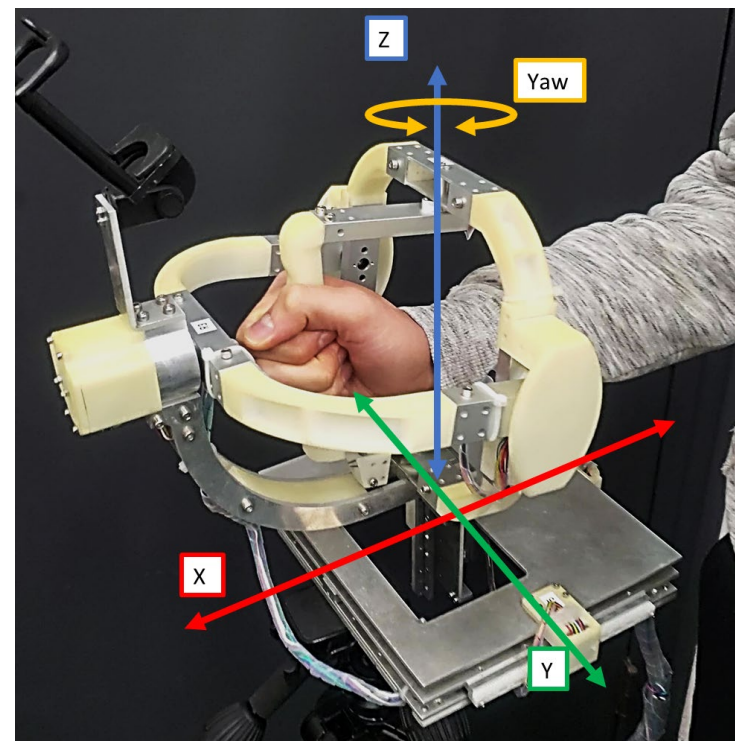


ショベルカー
土砂掘削(VR)



旧インタフェース(ドローン操作に使用)

Item		Value
Materials		Aluminum, resin
Degree of Freedom (DOF)		4
Weight [kg]		1.71
Size	X [mm]	360
	Y [mm]	250
	Z [mm]	360
Range of Motion (ROM)	X [mm]	-40 ~ 40
	Y [mm]	-49 ~ 49
	Z [mm]	-53 ~ 53
	Yaw [deg.]	-30 ~ 45
Rotary encoder	Model number	AS5048A
	Resolution [bit/cycle]	14
Spring constant	Rotation [Nmm/deg.]	1.02
	Translation [N/m]	0.29
Fixed method		Tripod
Controller		Arduino MEGA



従来プロポとの違い

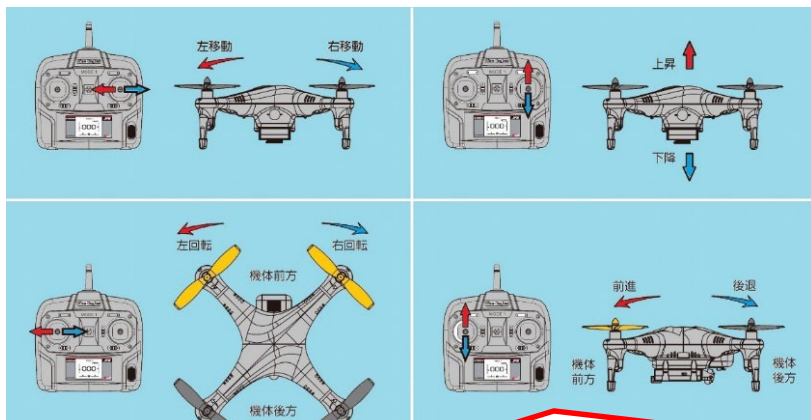
インタフェースによるドローン操作

- XYZ並行移動, Yawは速度制御
- ドローンを掴んで操作するイメージ

従来IFとの比較

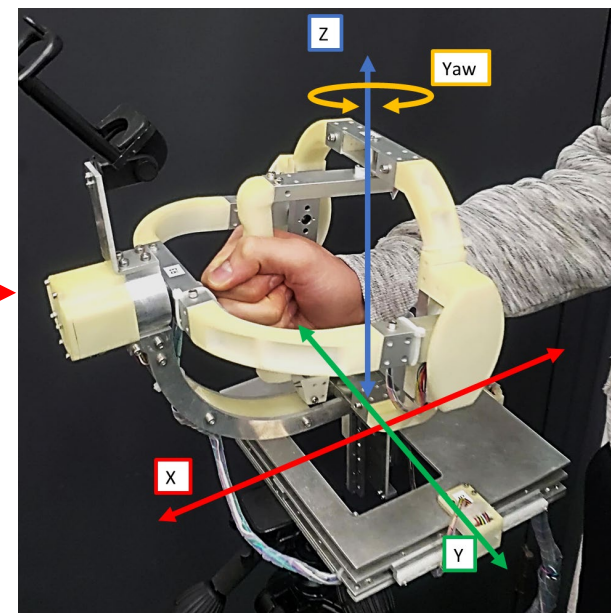
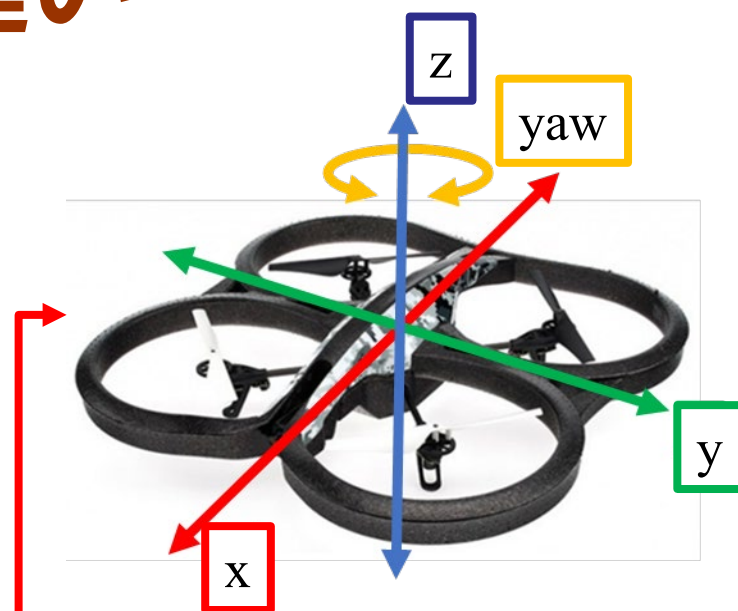
- キー配置を覚えなくても操作可能
- 立体的に4DOFを操作

従来のIF操作方法



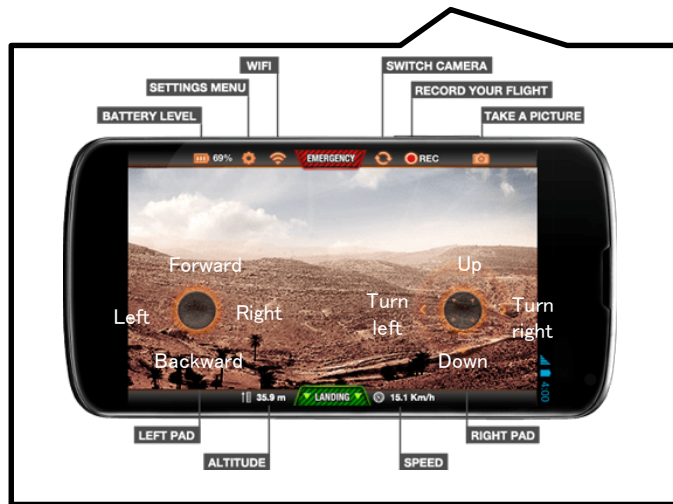
キー配置を覚えないと
操作できない

各軸が対応する
ので, そのまま
操作可能



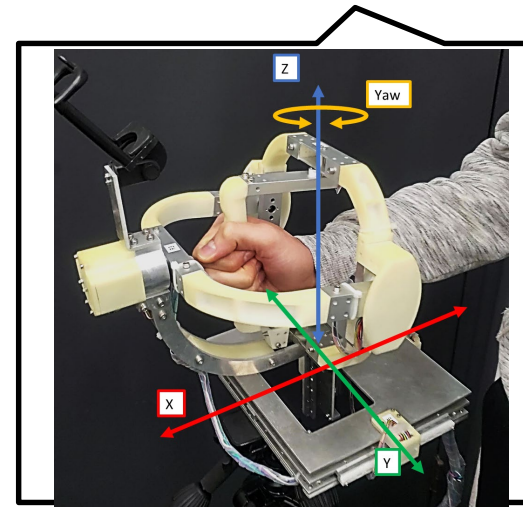
インタフェースの旧バージョン

ドローン実験の様子



ジョイパッド(既存アプリ)

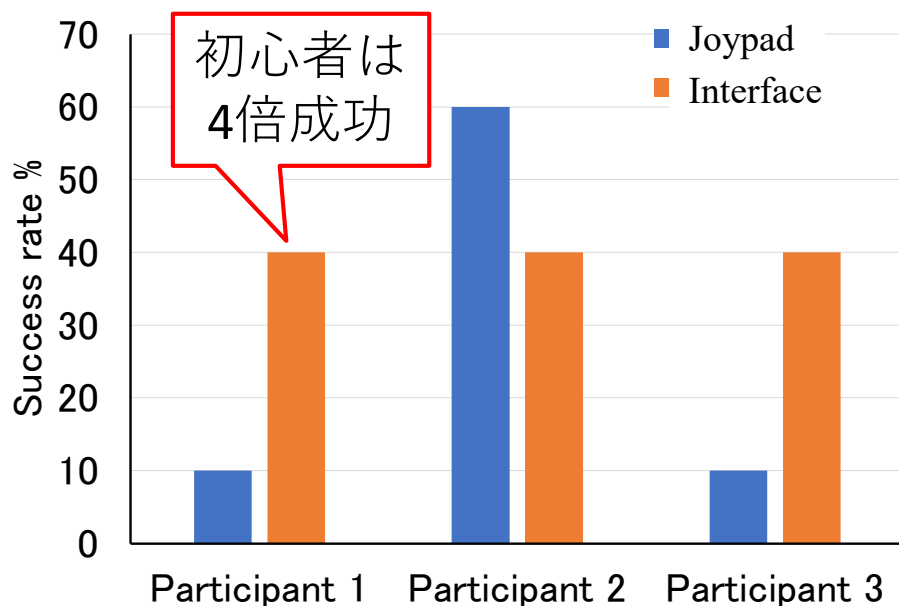
試行回数
10回



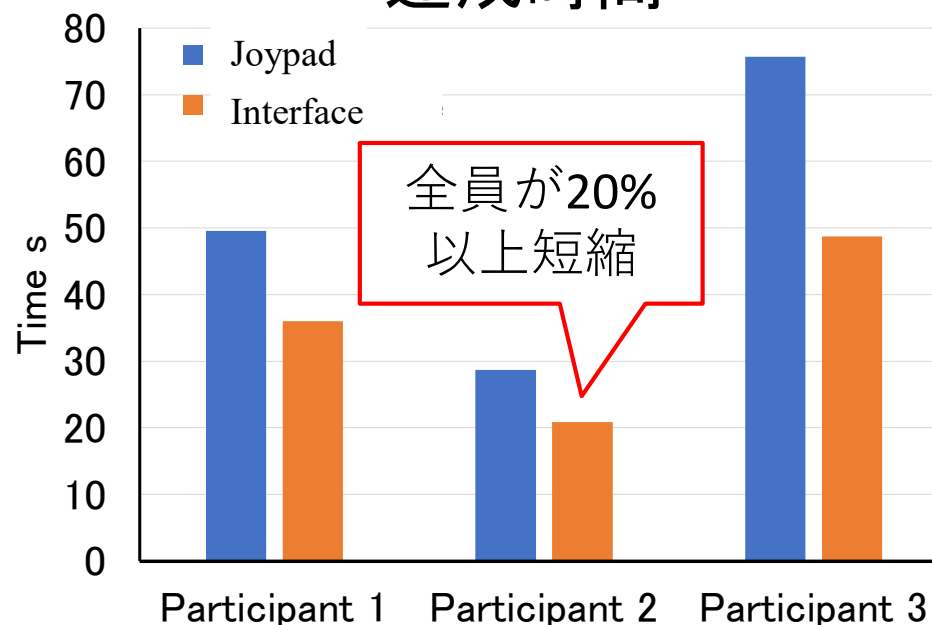
インタフェース

実験結果

成功率



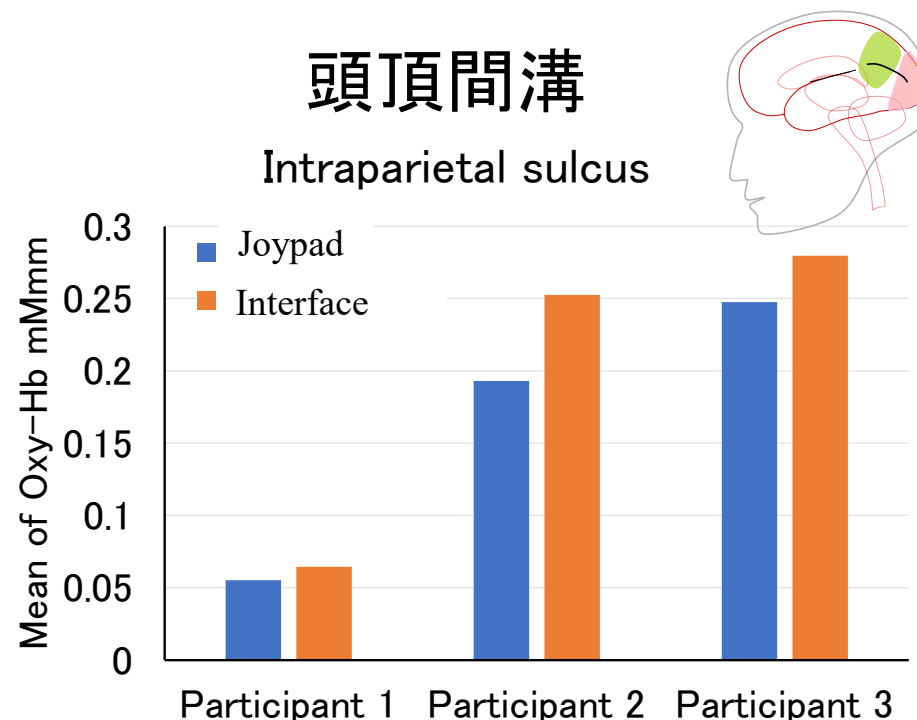
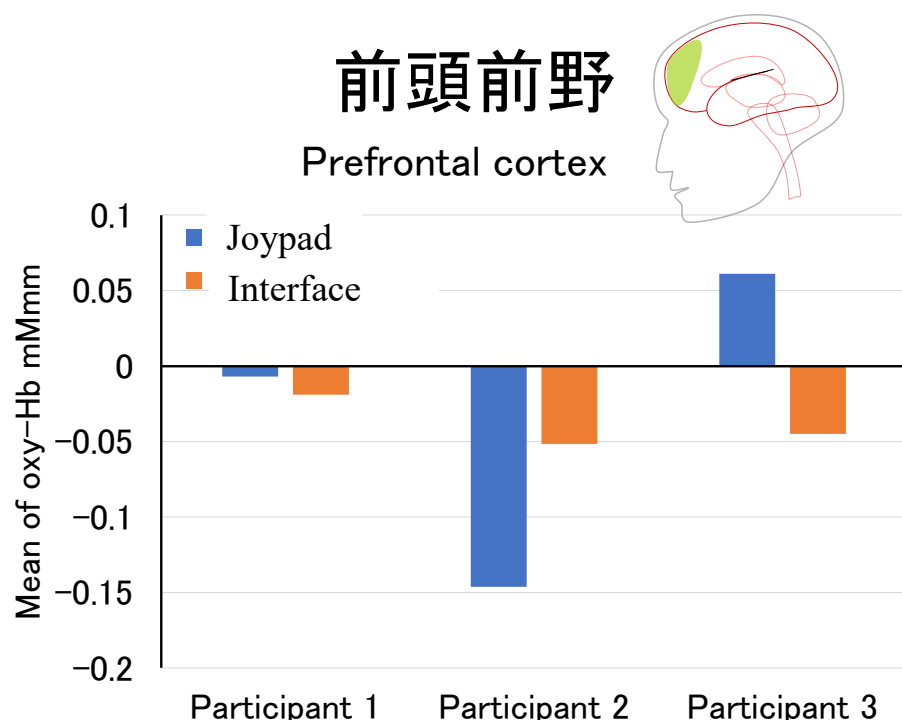
達成時間



- ◆ 小回りが利いて操作しやすい
- ◆ 細かい操作がしやすい
- ◆ Participant 2はドローン経験者
 - 習熟に多少の試行は要する
 - 操作閾値が(経験者にとって)大きすぎる

- ◆ 全体的に10秒以上時間が短い
- ◆ 操作コマンドを確認せずに、直感的に操作可能.
- ◆ 特に上下方向が操作しやすい
 - 従来方式は立体操作を平面に当てはめているため

脳活動の実験結果



◆ Oxy-Hbが低いほど脳に負担低い

◆ Oxy-Hbが高いほど直感的

※ゴールできたときのデータ

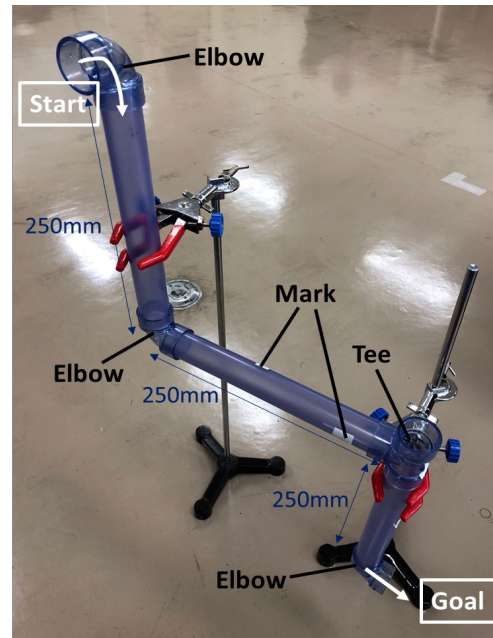
インタフェースは、初心者の負担が少なく、
全員が直感的に操作可能

内視鏡操作支援システム

Input	Interface	Endoscope	Endoscopic image
Thrust			
Roll			
Yaw			

内視鏡先端を直接つかむような操作感

ガスパ点検

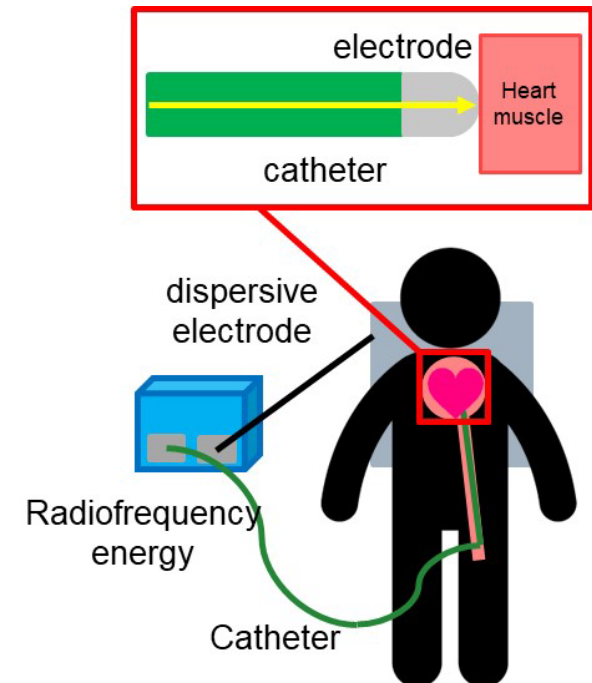


- 評価項目
 - 印の発見率
 - タスク達成時間
- テストコース
 - ガスパの灯外内管を模擬
 - 呼び径25Aの塩ビ管
 - ガスパ内の欠陥を模した印
 - 印の内容と場所は毎回変更
- 実験条件
 - 6名×5試行

従来(手動)に比べて、
達成時間を延ばさずに、有意に欠陥の発見率を向上

カテーテル操作支援

- ・ カテーテル先端に超音波スコープ(IVUS)を束ねて血管に挿入
- ・ カテーテル先端を直接掴んで動かすような操作感
- ・ 接触荷重を有意に低減 ($p < 0.05$)
- ・ 脳活動(頭頂間溝)が54.8%活性化



ショベルカー

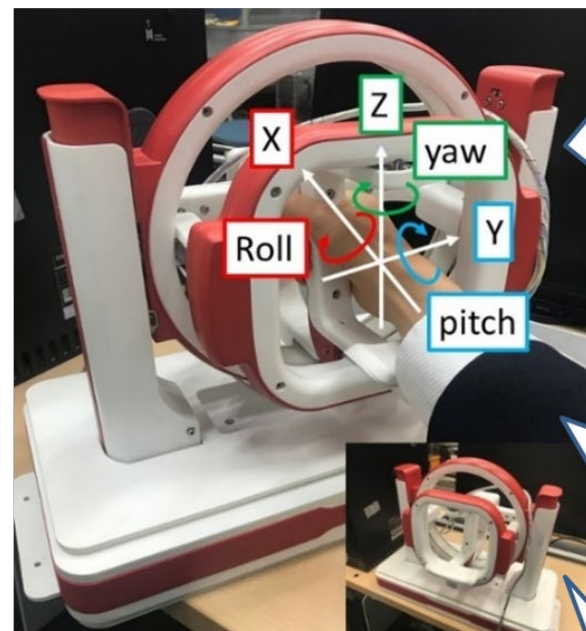


実用化に向けた課題

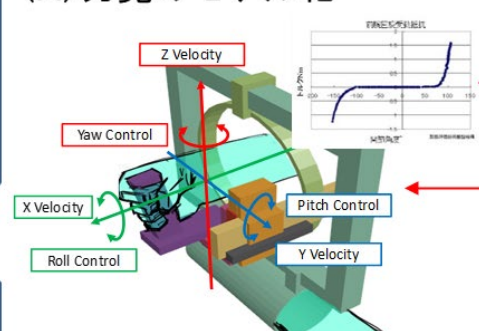
- 認知制御の課題
 - A) 入力量に応じた力覚が分かりにくい
 - B) 各自由度の入力が干渉しやすい
 - C) 利き手/非利き手の左右差

人の認知モデルに柔軟に
適応するAI制御の構築

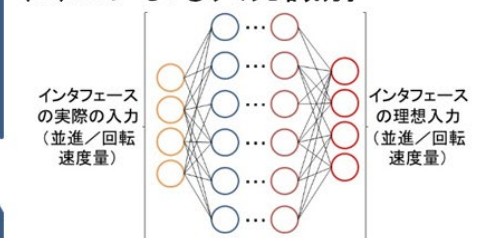
インタフェースの
柔軟な知的制御



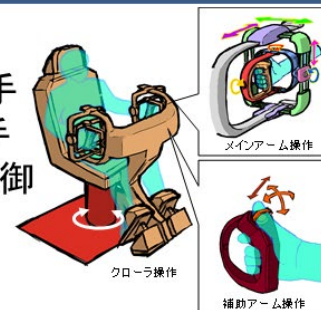
(A) 力覚のモデル化



(B) AIによる入力識別



(C) 利き手/
非利き手の
協調制御



企業への期待

- 当インタフェースを使用したアプリケーションや遠隔操作ロボットの共同研究を希望
- ヒューマン・マシン・インタフェースに関心のある企業に貢献が可能
- 例：
ドローン、工業用内視鏡、医療用内視鏡、自動車、重機類、飛行機、ヘリコプター、船、潜水艇、アバター、ゲーム、遠隔操作ロボット、溶接ロボット、etc.

本技術に関する知的財産権

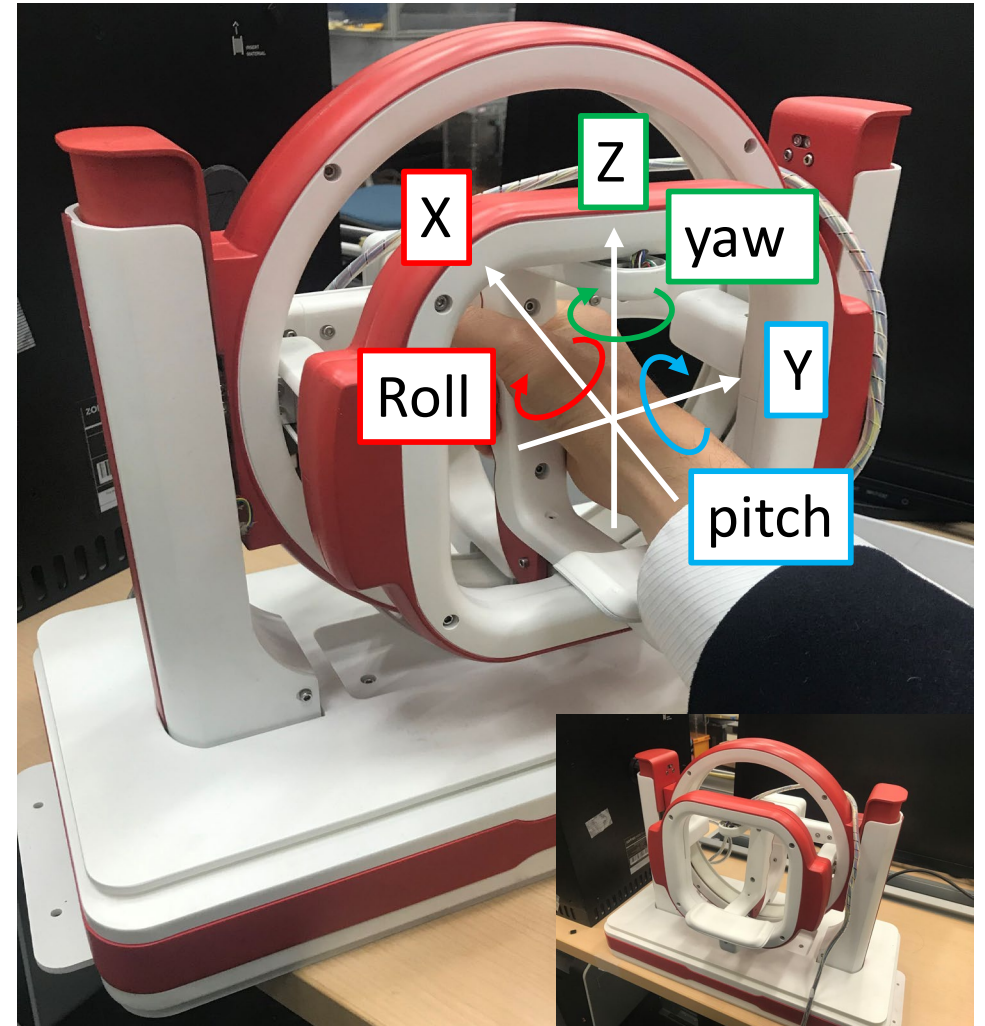
- 発明の名称 : 遠隔操作用入力装置
- 出願番号 : 特願2021-153989
- 出願人 : 東京工業大学
- 発明者 : 三浦智

産学連携の経歴

- 2021年- NEDO 「官民による若手研究者発掘支援事業」共同研究フェーズに採択
- 2021年- AMIT社と共同研究を開始
- 2022年- X社との共同研究を開始

まとめ

- ロボットやアバターを直感的に操作しやすいインターフェース
- 誰でも直ぐに直感的に操作しやすい
- ロボットやアバターの移動操作がしやすい
- ロボットやアプリケーションの操作に関する共同研究を希望



お問い合わせ先

東京工業大学
研究・産学連携本部

T E L 03-5734-2445

F A X 03-5734-2482

e-mail sangaku@sangaku.titech.ac.jp