

力覚提示VRによる 作業支援

矢野博明

筑波大学

システム情報系

医工連携

- 支援対象
 - 患者
 - 医療関係者
 - 家族
- バーチャルリアリティ
 - 3次元空間作業
 - 1人称視点
 - インタラクションと試行錯誤 → 力覚

人間の感覚

人間は感覚を通して外界や自分自身の状態を認識。

生理学の分野では人間の感覚は

- ・特殊感覚← 視覚、聴覚、味覚、嗅覚、前庭感覺
- ・体性感覚←皮膚感覺（触覚）、深部感覺（力覚）
- ・内臓感覺

の3つに分類。

体性感覚を提示するインターフェース

体性感覚の提示はなぜ難しいか。

(1) 機械的刺激が必要

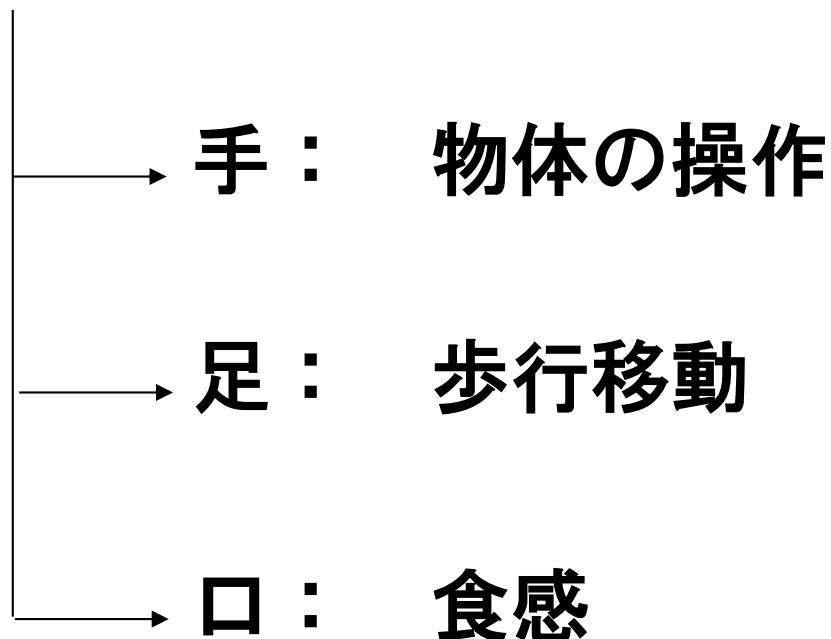
従来の情報メディアは機械とは無縁

(2) 体全体に発生

完璧な提示は不可能

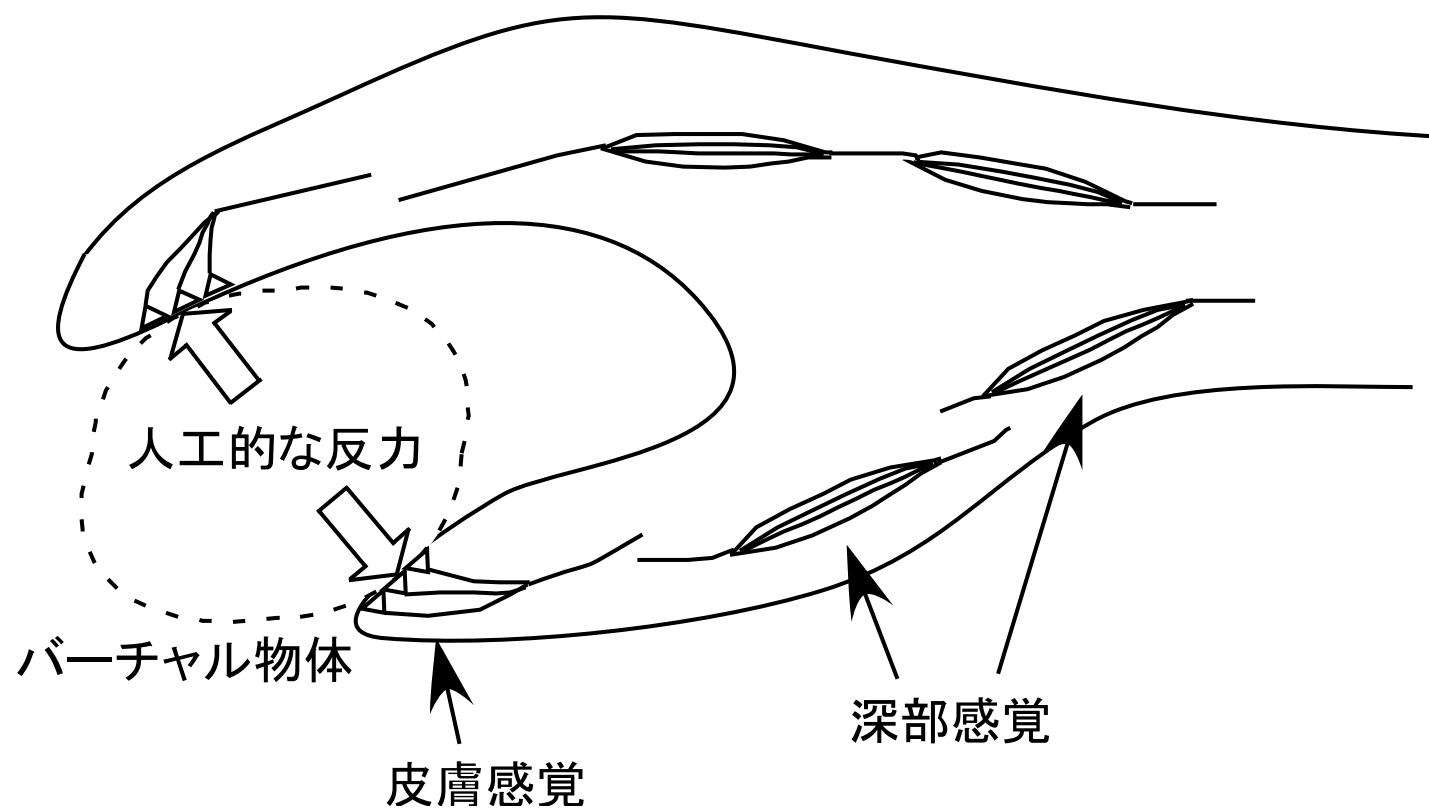
体性感覚の提示手法

インタラクションを行う（接触する）部位に外力提示

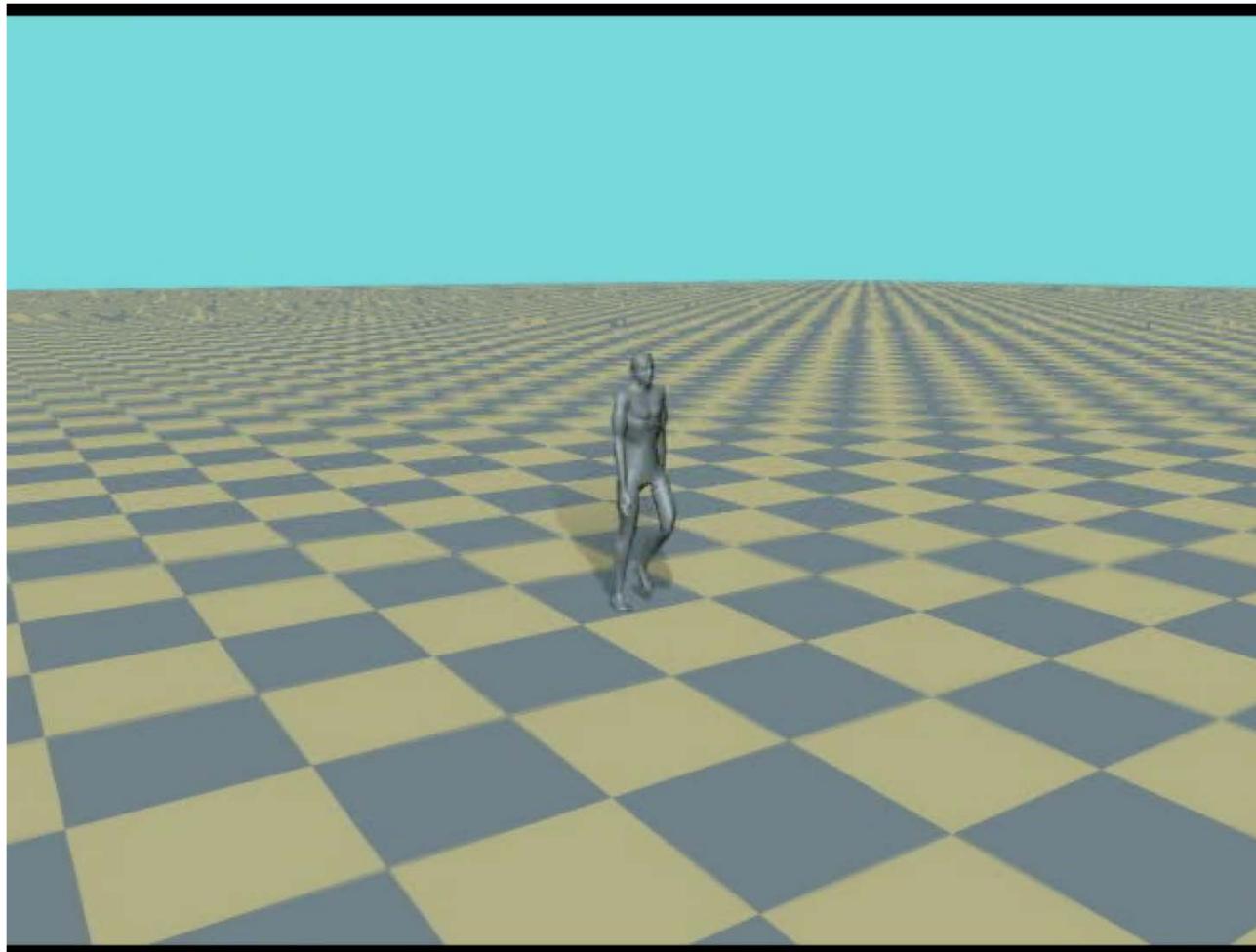


このような装置をハapticインターフェースという。

触覚覚情報の提示



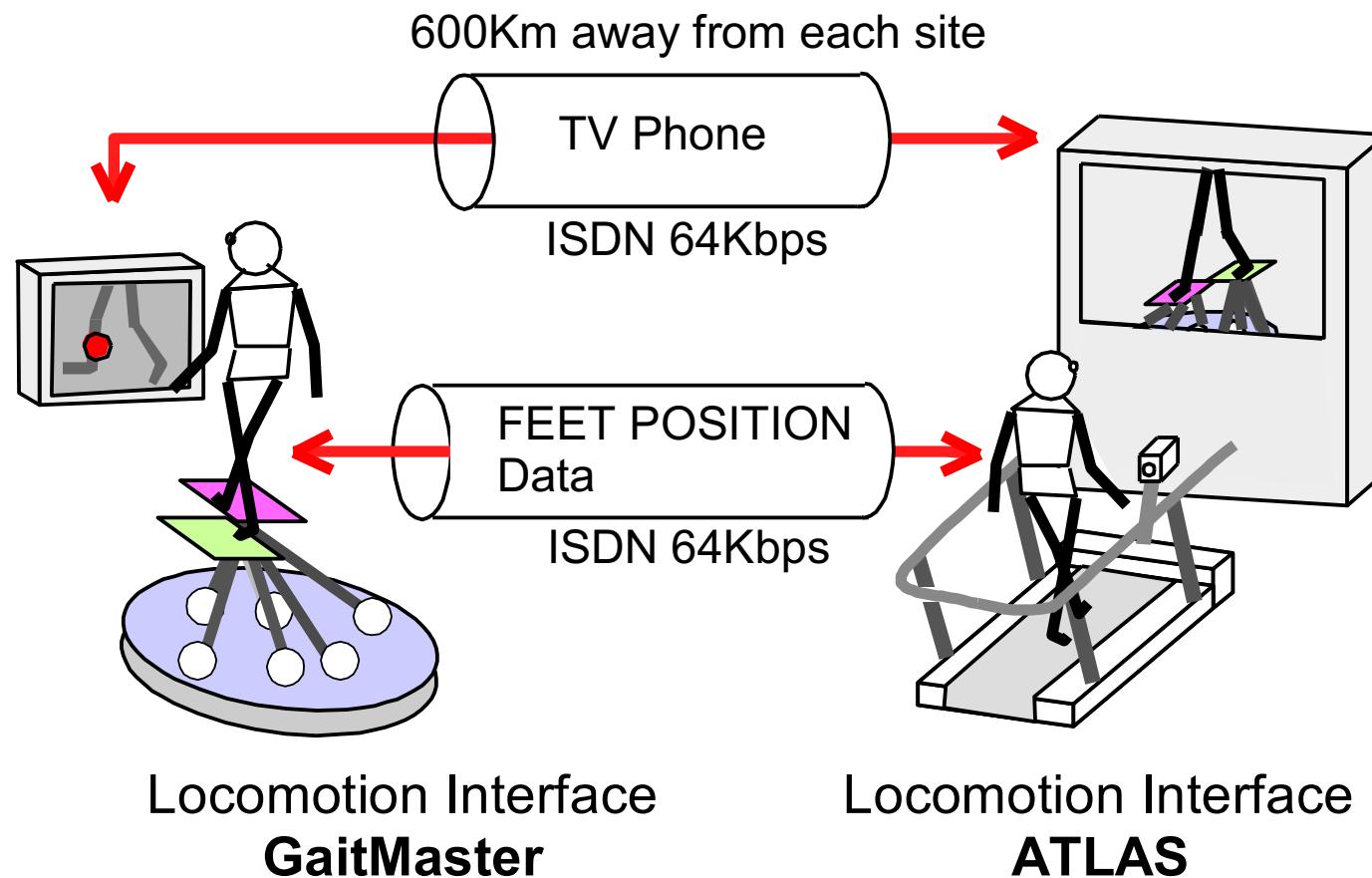
足への力覚提示



http://intron.kz.tsukuba.ac.jp/gaitmaster/gaitmaster_2.mpg

バーチャル二人三脚

- 600 km離れた人と一緒に歩行



バーチャル二人三脚 ビデオ



歩行リハビリテーション

- 二人三脚は自分と相手の足同士の相互作用
- 自分が患者で相手が健康な人ならその人の足の動かし方を体得できるのでは？
- 医学系の先生から理学療法士を紹介
 - 新しい機械好き（こういう人を見つけるのは結構大変）。
- 一緒に研究することに。

ロボットによる歩行リハビリテーション

脳卒中による麻痺

→反復動作により、代替神経回路の活性化



外骨格型

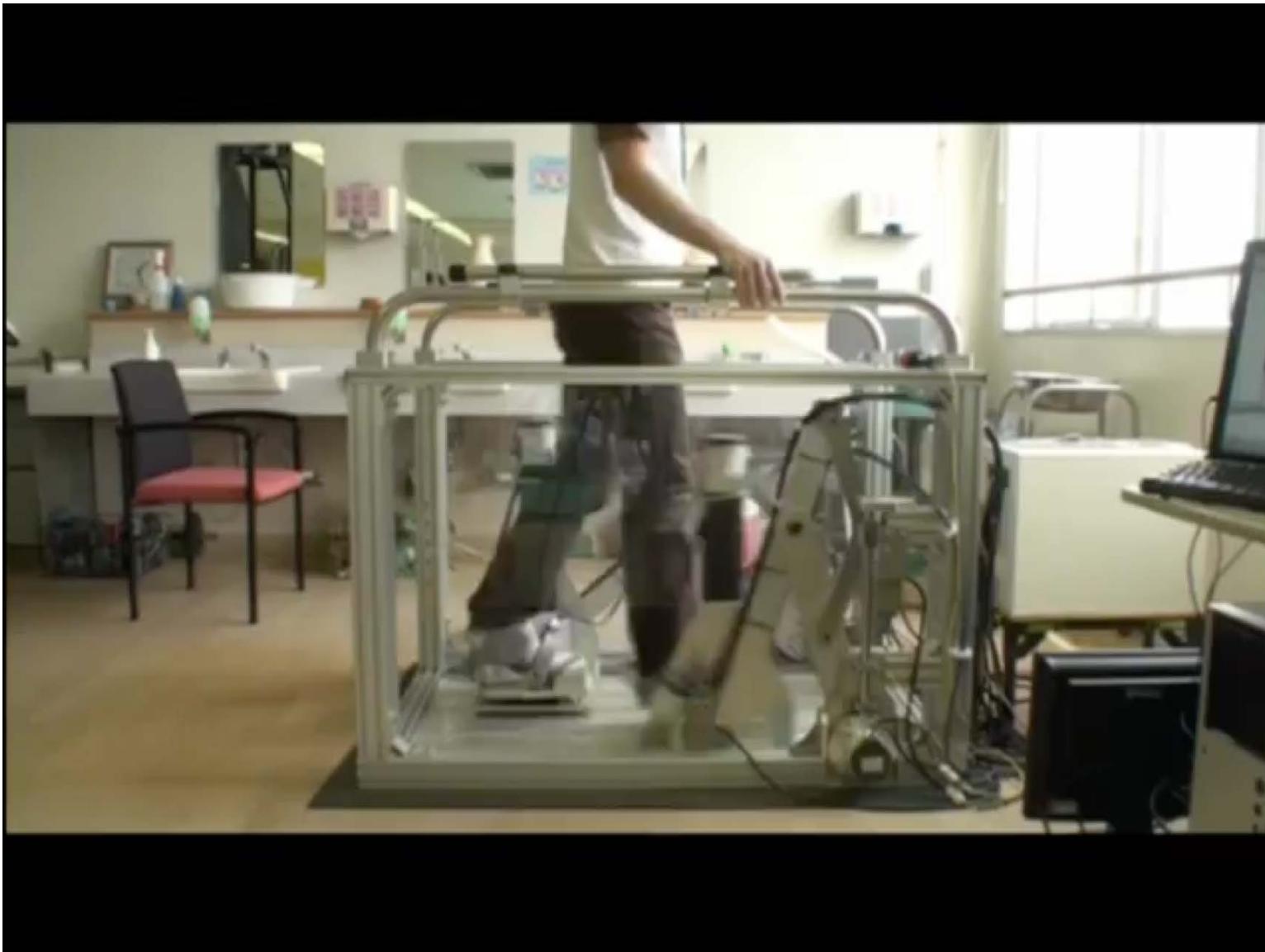
機構設計、装着難



床板型

脚関節角は制御しない

歩行リハビリテーションシステム

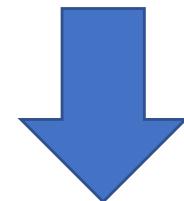


<http://intron.kz.tsukuba.ac.jp/~yano/gmreha/index.html>

手術シミュレータの利用

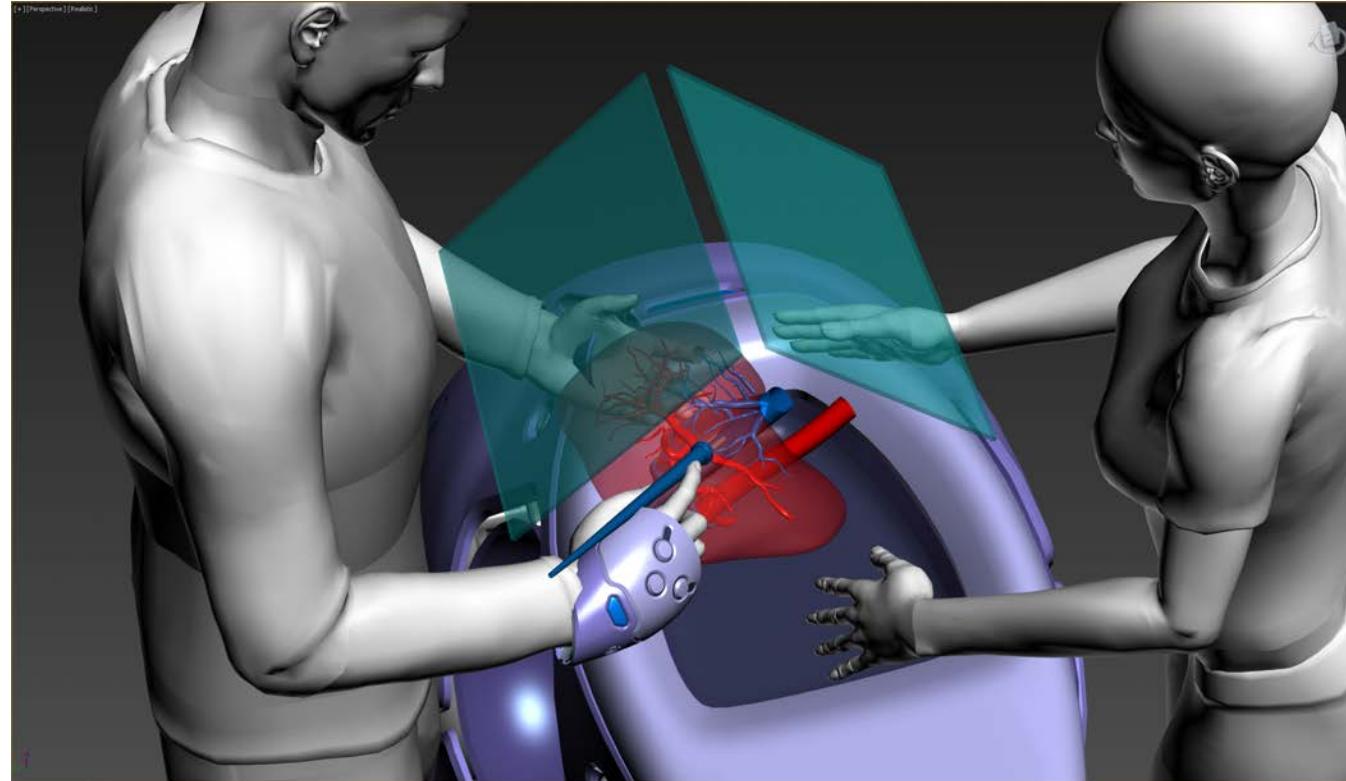
- 安全に試行錯誤
- 医学生、研修医の手術手技獲得・向上・検定
- 手術前の確認
- 手術ナビゲーション

ビジュアルが主



3次元動作に伴う手応え・手触り

手術練習システムへの適用

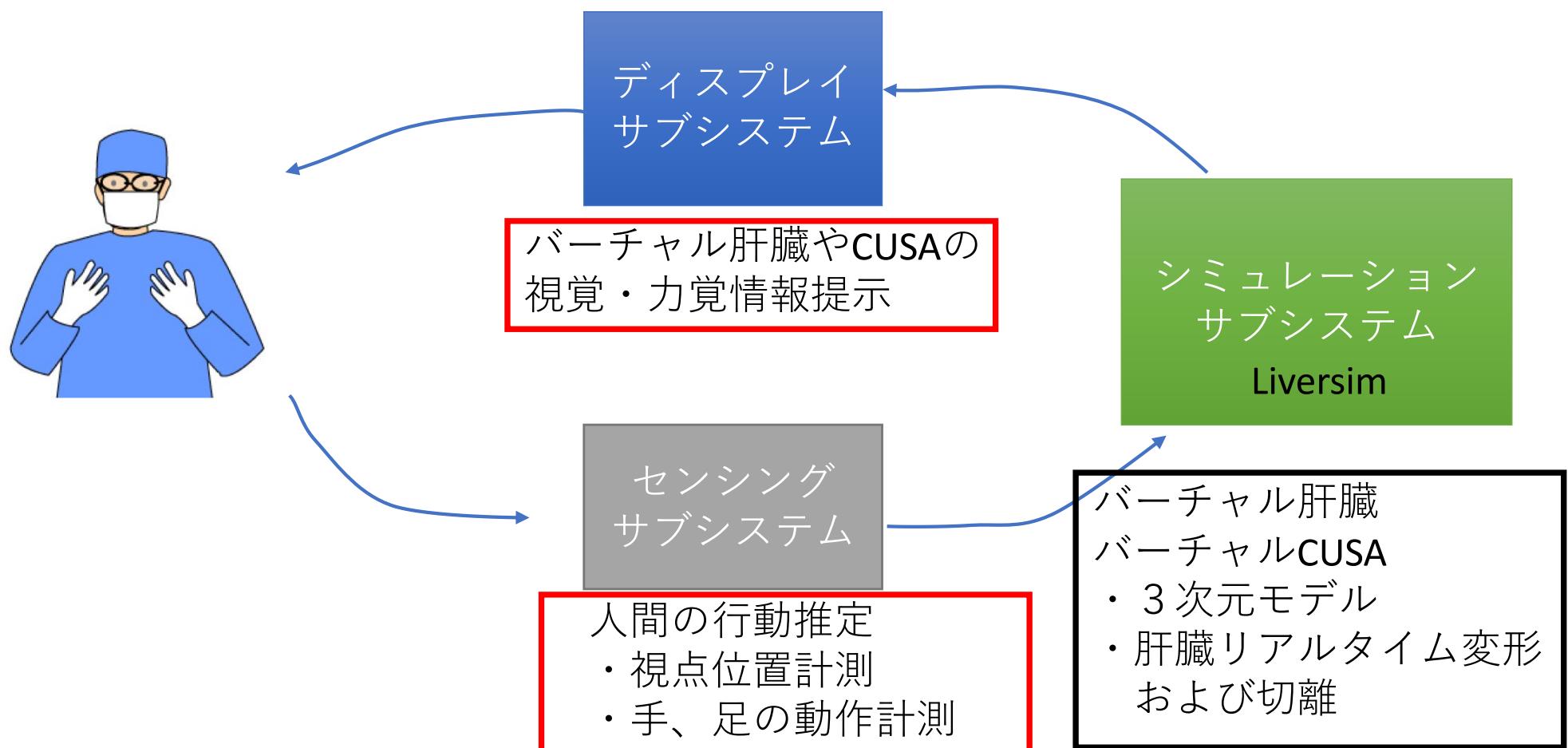


- 3次元動作・視点移動
- 手で臓器を触る
- 臓器変形・切離

肝臓手術トレーニングシステム

- 極力特殊なものは身につけない
- 3次元空間でのリアルタイム操作
- 操作対象
 - 3次元弾塑性立体
 - 右手
 - 3次元動作、超音波メス（CUSA）で切る（力からず、振動のみ）、触る（反力あり）
 - 左手
 - 臓器を手で直接触る、移動変形
 - フットスイッチ

VRシステムを構成する3つのサブシステム

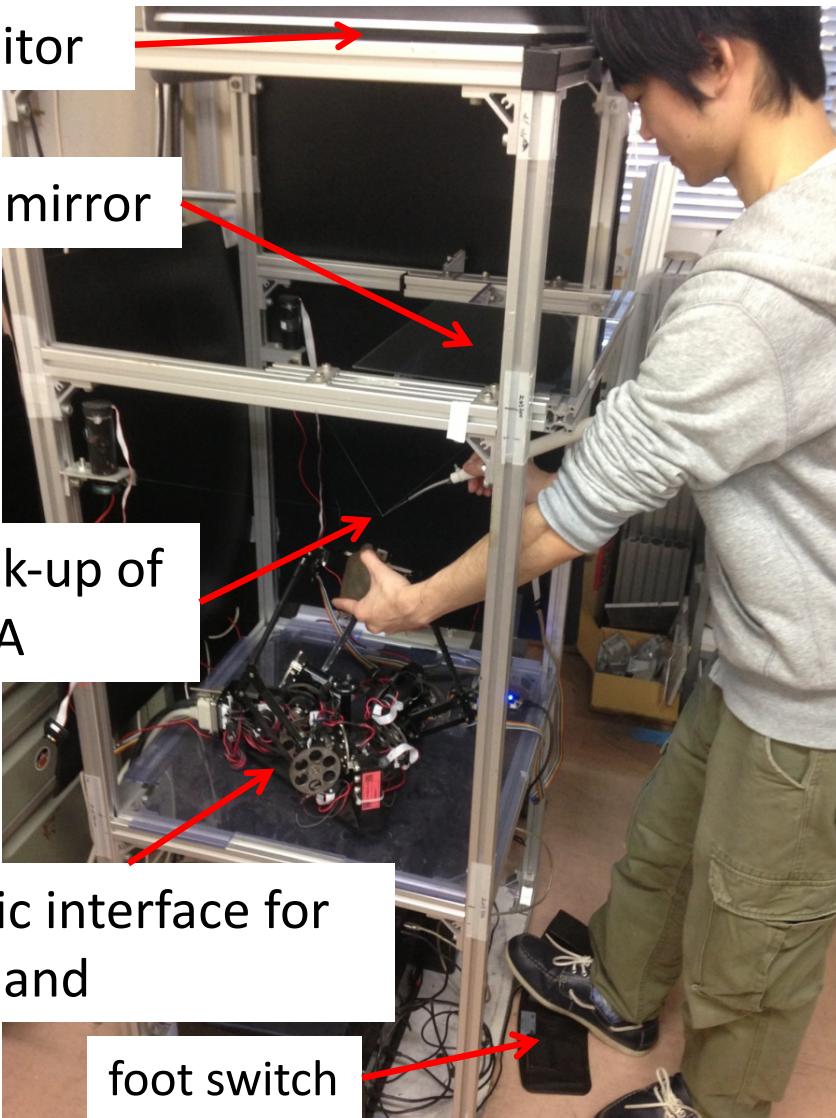


初期プロトタイプシステム

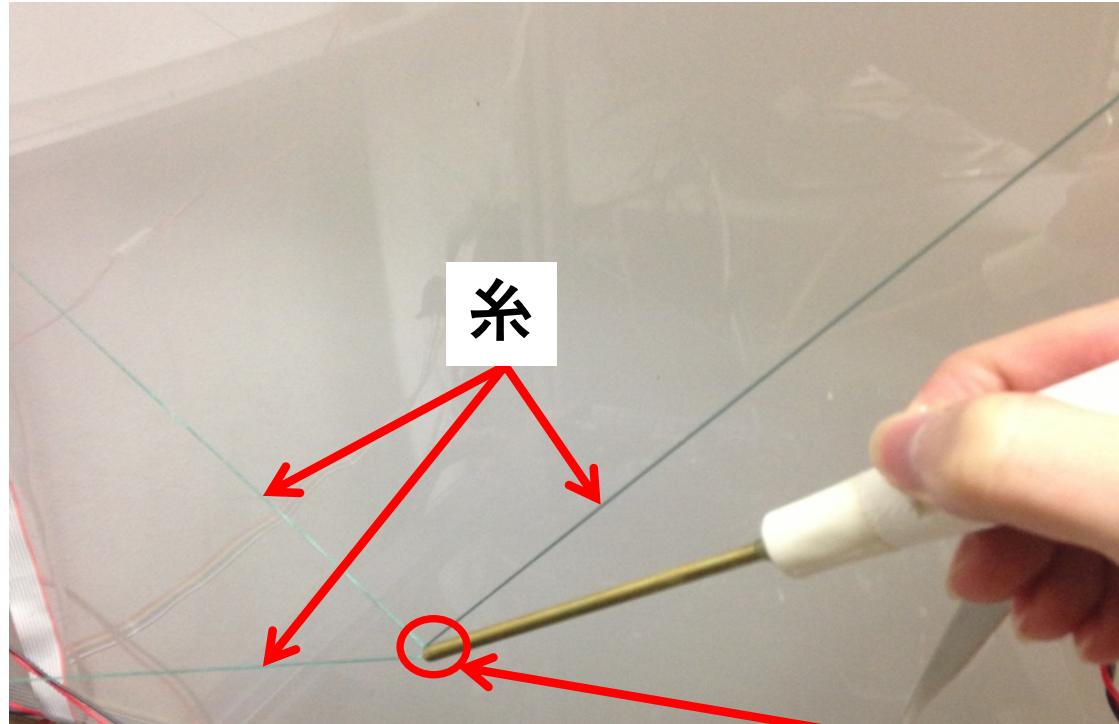


糸による力覚提示

Monitor



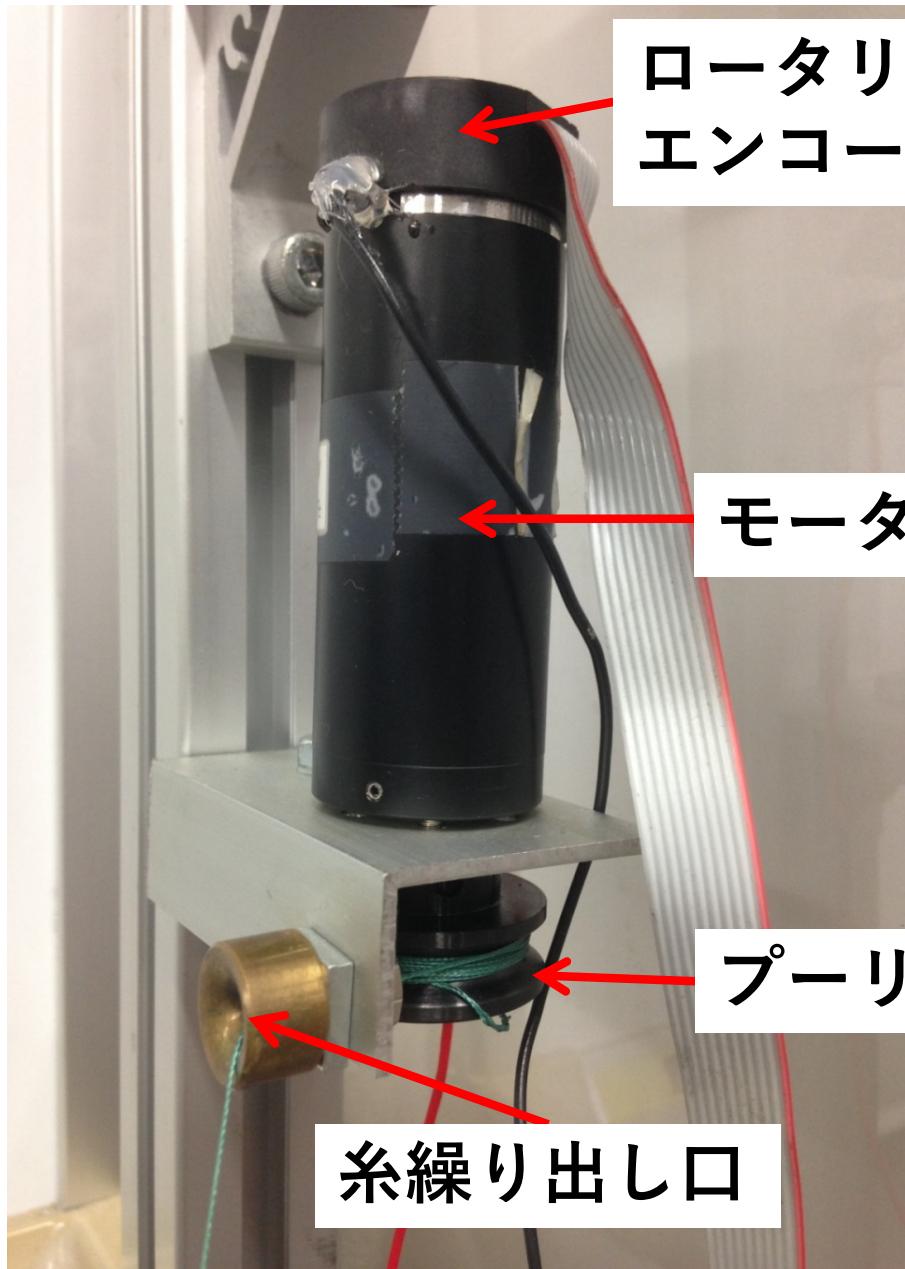
CUSA モックアップ先端



CUSA モックアップ先端

張力制御装置から繰り出される3本の糸が
CUSA モックアップ先端に集約

張力制御装置

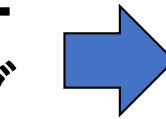


ロータリーエンコーダ

モータ

プーリ

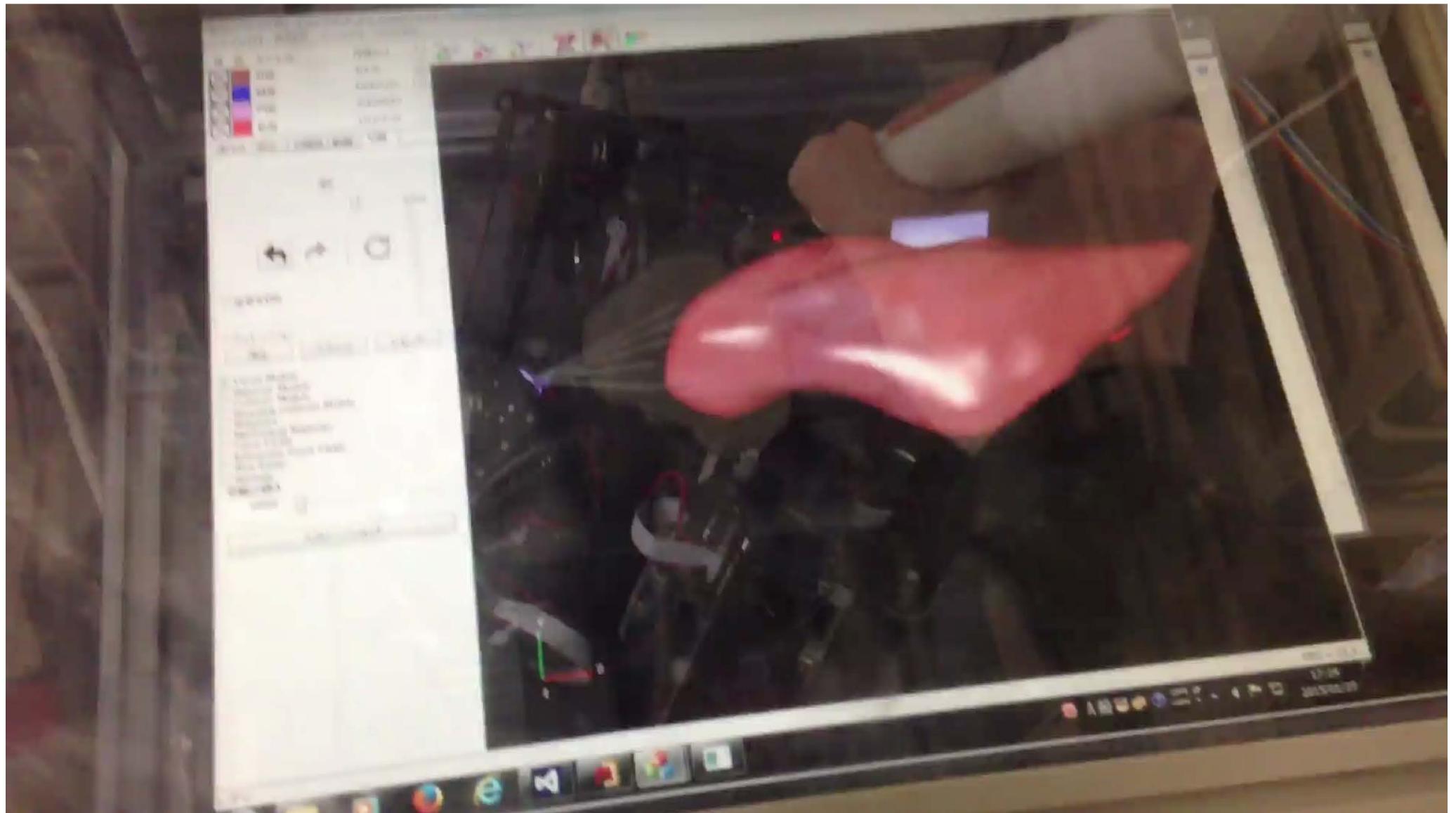
糸繰り出し口



糸の長さ計測

モータが回転することにより糸を巻き取ることができる

肝臓切開動画



<http://u-tsukuba-vrsurg.jp/video/haptics>

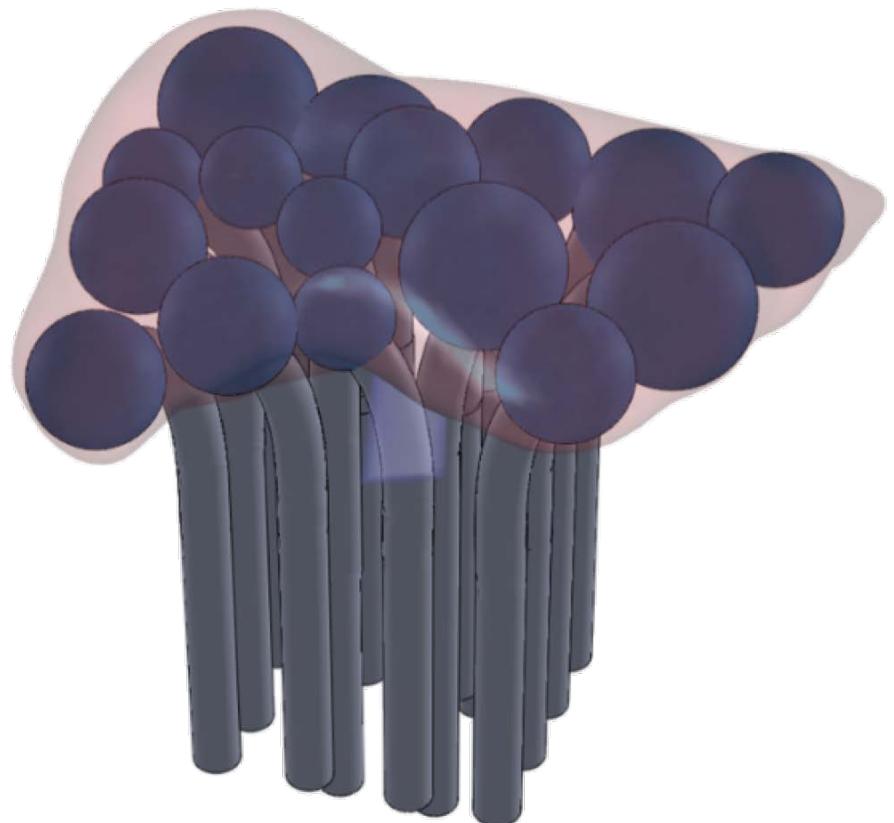
左手系力覚提示装置

バーチャル肝臓力覚提示装置



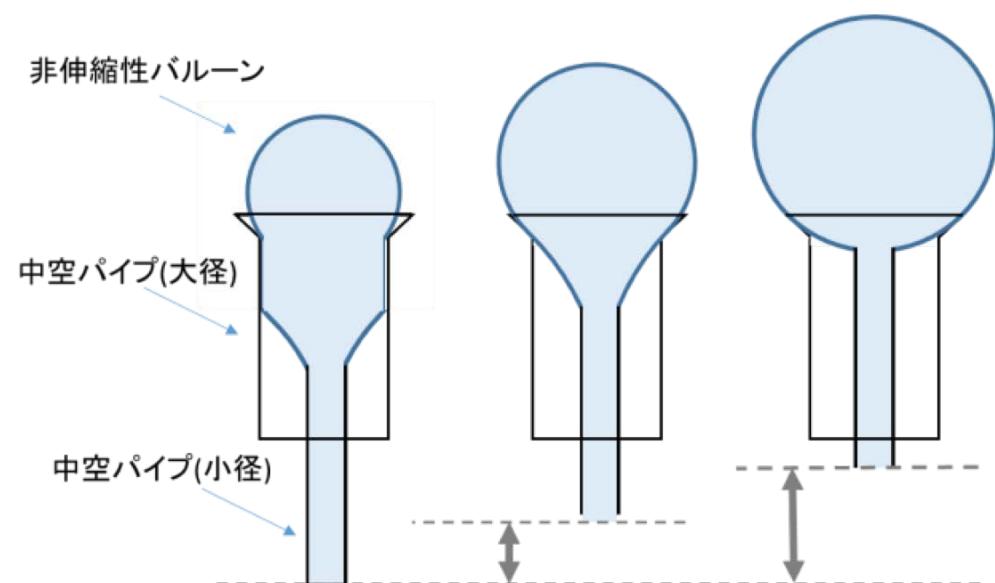
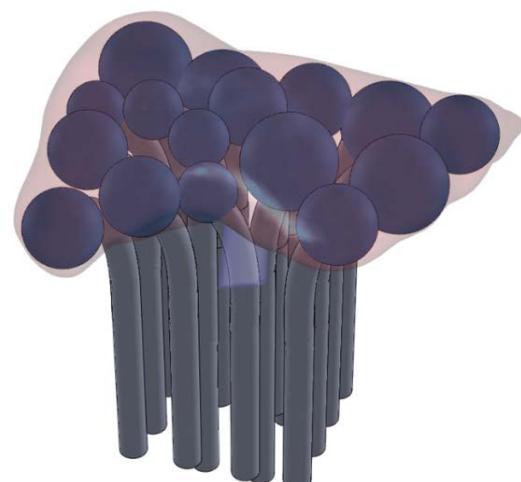
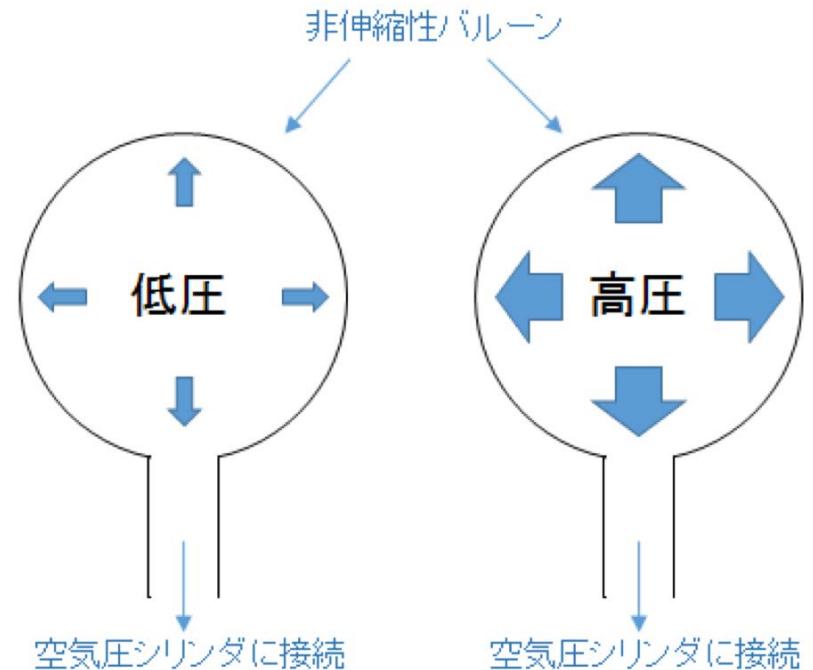
バルーン群によりバーチャル肝臓を表現

- ・大きさ・硬さの変更可能な
バーチャル肝臓の表現
- ・任意の場所・個数で腫瘍を表現



任意の形状・硬さのバーチャル肝臓 実現のための基礎検討

- 非伸縮性バルーン群によるバーチャル肝臓
 - 個々のバルーンの硬さは内部圧力で制御
 - 個々の大きさは中空パイプからの露出量で制御



バルーンアレイデモビデオ

Encountered-type Haptic Interface
for Representation of Shape and
Rigidity of 3D Virtual Objects

<http://ieeexplore.ieee.org/document/8012404/>

エンパワースタジオにおける力覚デモシステム

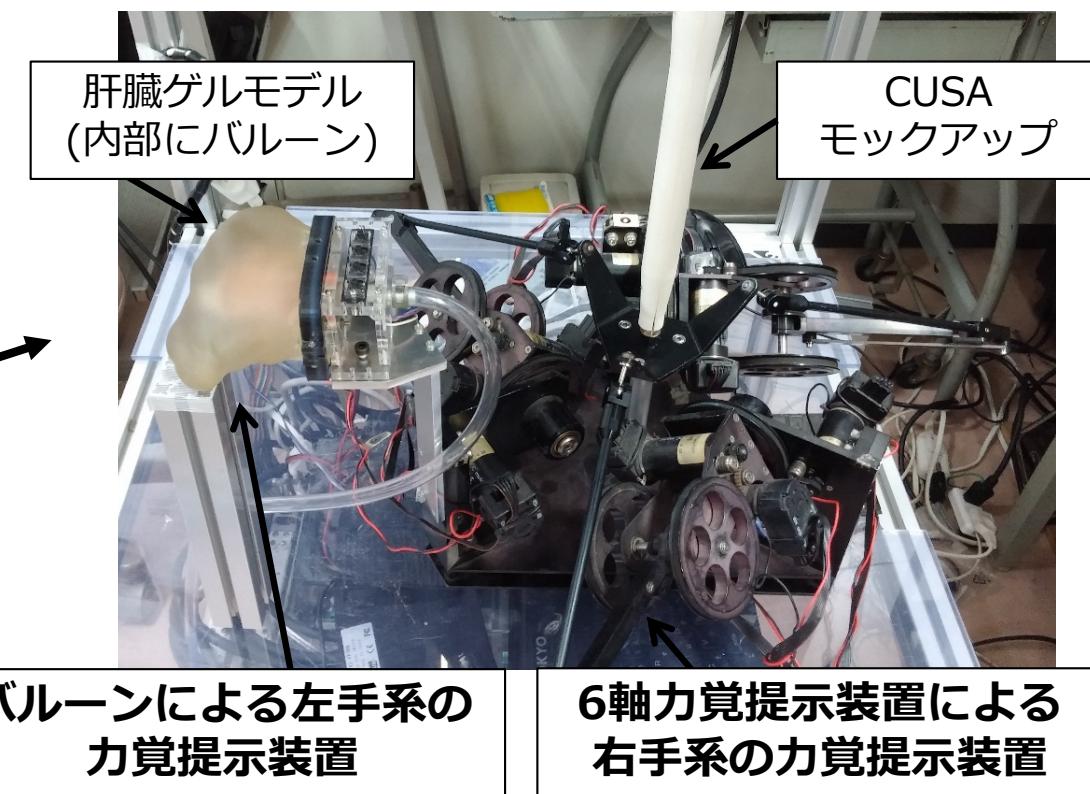
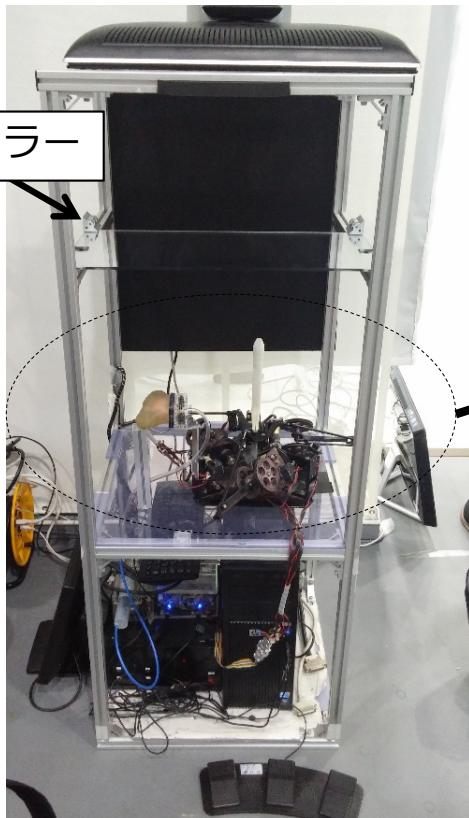
EMPスタジオに触覚系のデバイスとして手術シミュレータを展示

<左手系>

バルーンにより肝臓ゲルモデルの硬さを変更できるようなシステム

<右手系>

6軸の力覚提示装置により、Liversim肝臓モデルに触れることが可能なシステム



Hepatic Cockpit: デモ用システム

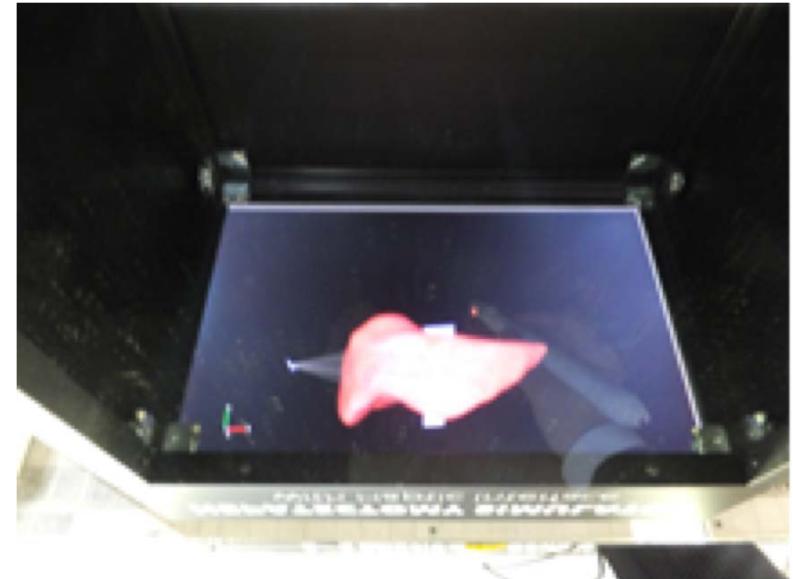
- 肝臓モックアップの移動を水平 2 自由度に限定・安定化
- 機構が目立たないデザイン
- 可搬性：分解組み立てが容易



Hepatic Cockpitシステム概要

- ハーフミラーによる映像の重畳

操作部にLiversimの映像を重畠
左右デバイスの動きに合わせてLiversimを操作



- 外部ディスプレイにユーザ視点映像を出力

第三者からもリアルタイムで操作状況を確認可能

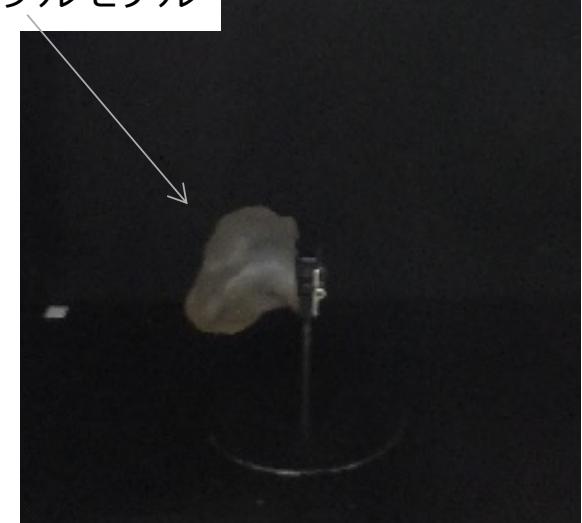


Hepatic Cockpitシステム概要

- 2自由度の左手用デバイス

横方向と奥行方向に肝臓ゲルモデルを操作可能

肝臓のゲルモデル



- 右手用デバイスによる切離処理

メスの持ち手側先端部に振動子を取り付け
振動による力覚を表現

左手用デバイス

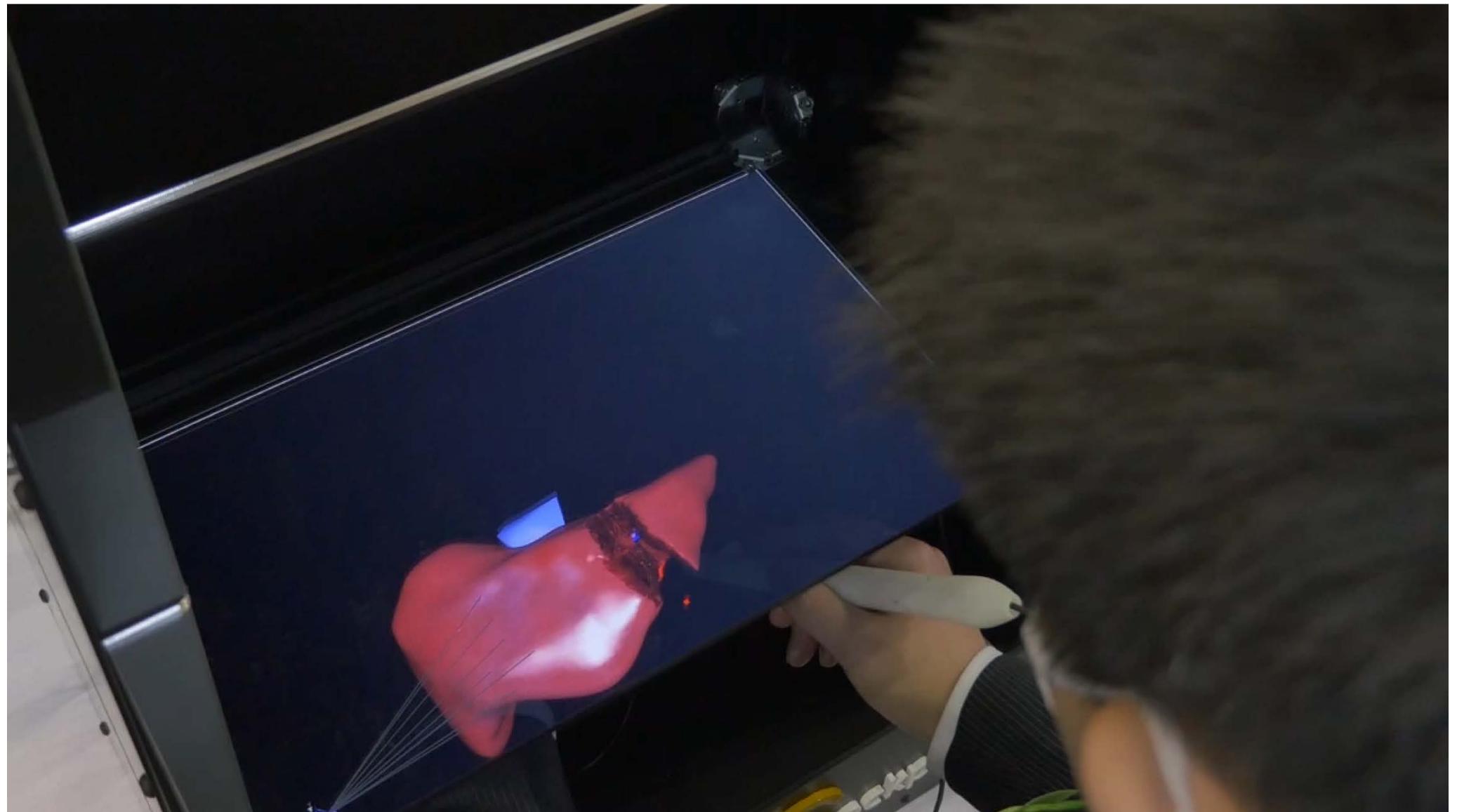


<フットスイッチ>



右手用デバイス（メス部）

Hepatic Cockpit



Hepatic cockpit (改良版)

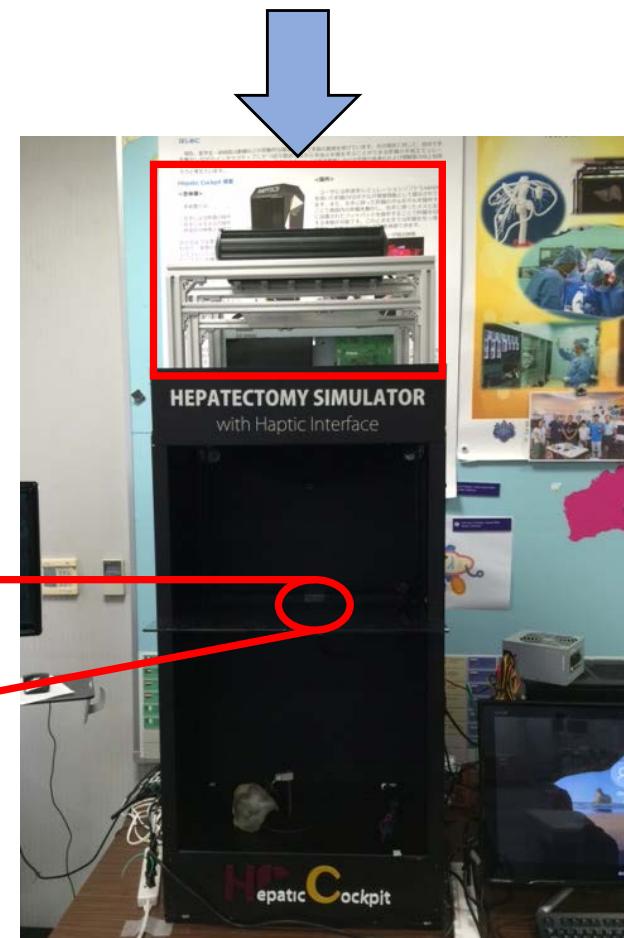
- 裸眼立体視ディスプレイとの統合

- これまでの通常のディスプレイを掛谷研開発の裸眼立体視ディスプレイに換装
→裸眼立体視映像を手で操作可能
- 光学式頭部位置センサを別途設置

光学式頭部位置センサ



裸眼立体視ディスプレイ



おりに

- 力覚システム
 - 歩行リハビリテーションシステム
 - 手術シミュレータのための力覚提示
 - どんな姿勢、どこに、どうやって、どんな力が必要か
- 今後の課題
 - 長期利用へのモチベーション維持
 - 結果の見える化
 - コンテンツの追加・アップデート（広がりと深さ）
 - 持続可能なビジネスモデル