

技能解析に基づく機械操作の VRトレーニングシステム

山梨大学 大学院総合研究部
工学域 機械工学系（機械工学）
准教授 野田 善之

2019年12月19日

研究開発の背景

○クレーン操作

ペンダントスイッチを操作し、荷物を揺らさずに、素早く正確に目的地へ到達できるように操作する。



○鋳造業における注湯作業

溶湯の温度低下を抑え、湯こぼれさせないために、取鍋容器を傾動させて、素早く正確に鋳型へ注湯する技能が要求される。



熟練技能が要求されるが、安全かつ効率的にその技能の習得することが困難である。

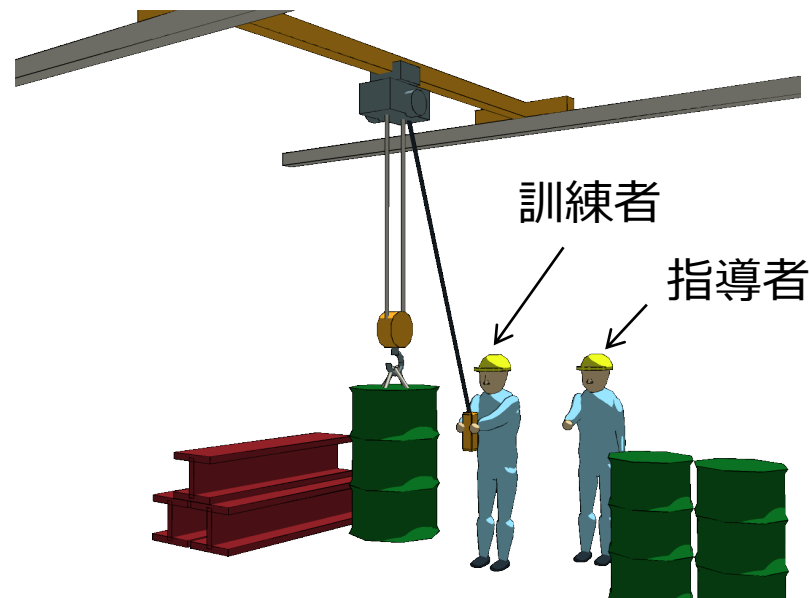
従来技術とその問題点

1. OJTによる技能訓練

実践を通じて技能習得ができるため、習得後の即戦力になることが期待できる。



- 実務も同時に行っている**指導者の時間確保が困難**。
- 習得度が**指導者の教育スキルに依存**する。
- 現場で未習熟者の作業に対する**安全性の確保が困難**。



従来技術とその問題点

2. VR技術を用いた技能訓練（クレーンシミュレータ）

VR技術を用いて、仮想環境の中で機械操作を習得する。

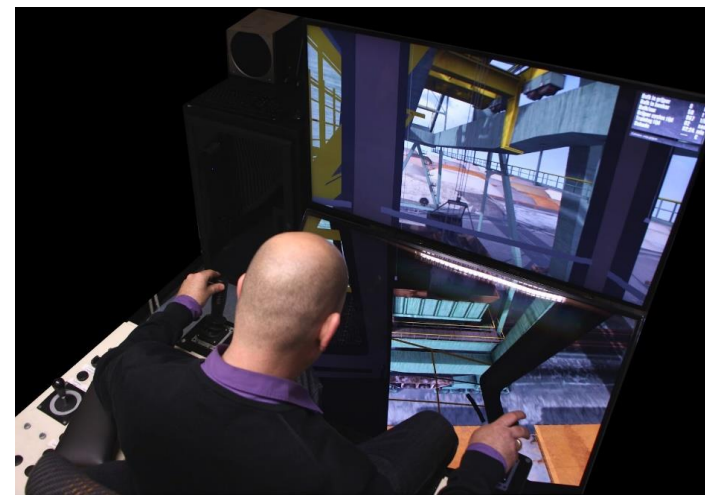
クレーンの操作技能の習得に対して、クレーンシミュレータの開発が盛んに行われている。



- **未習熟者でも安全に技能習得ができる。**
- **近年では、リアリティの高いシミュレータが盛んに開発されている。**



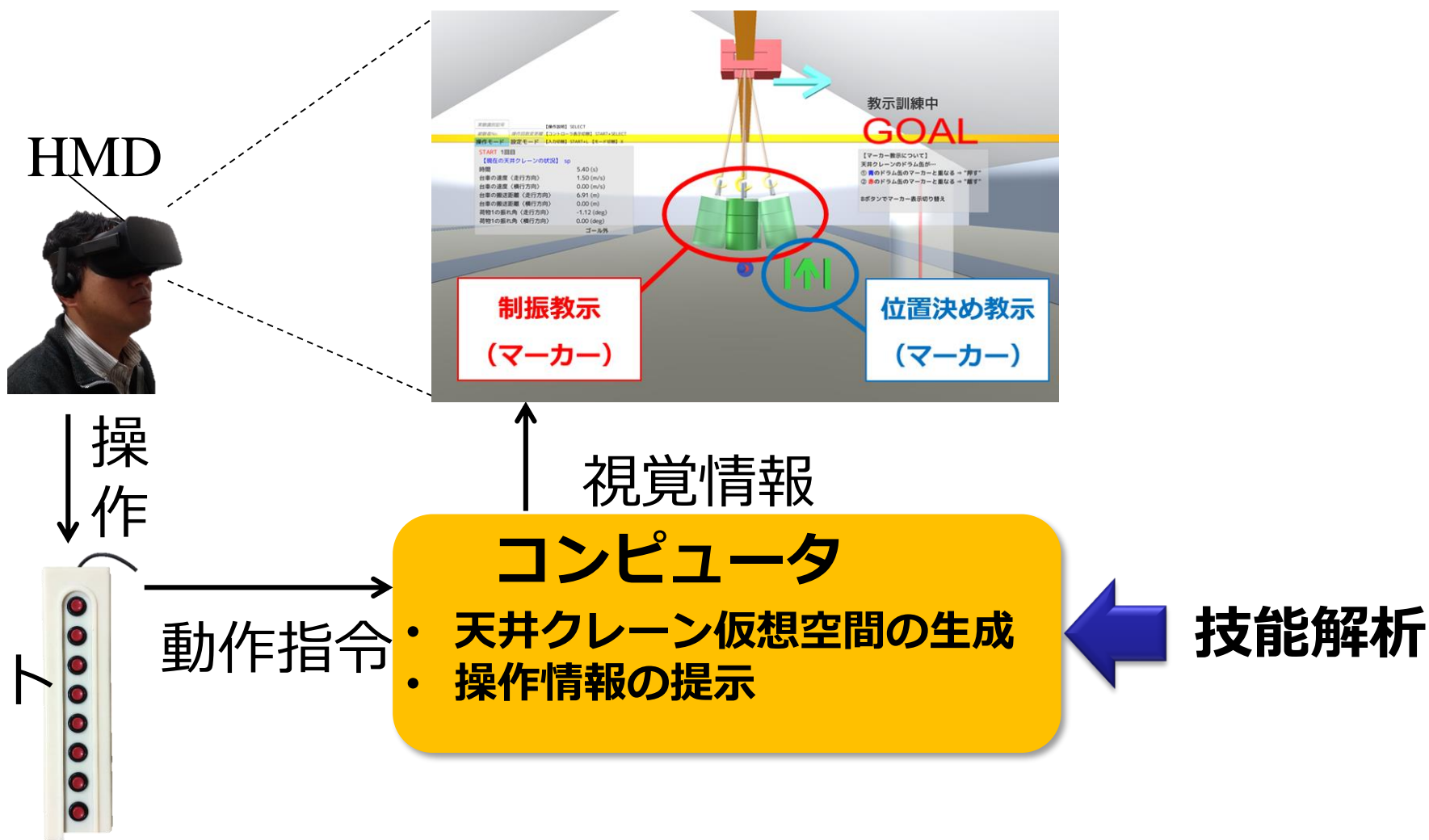
技能習得には試行錯誤が必要であり、効率的な訓練には至っていない。



<https://www.globalsim.com/crane-simulators/>

開発技術 1

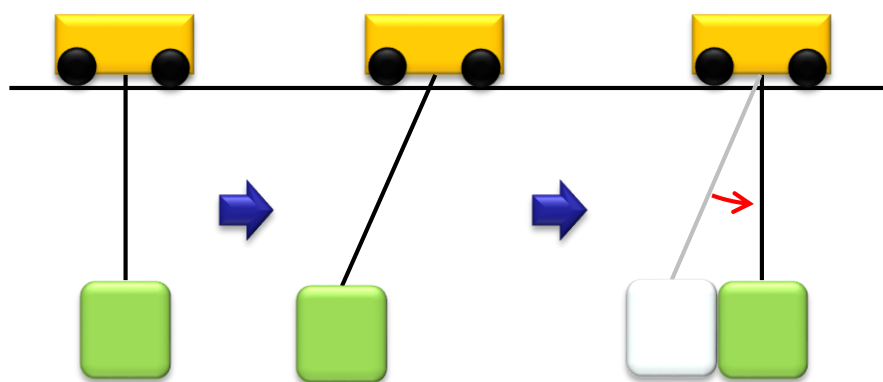
機械操作の技能解析に基づく情報提示により、安全かつ効率的に訓練できるVRトレーニングシミュレータを開発



クレーンの荷振れ抑制操作の技能解析

荷振れ抑制操作（追いノッチ操作）

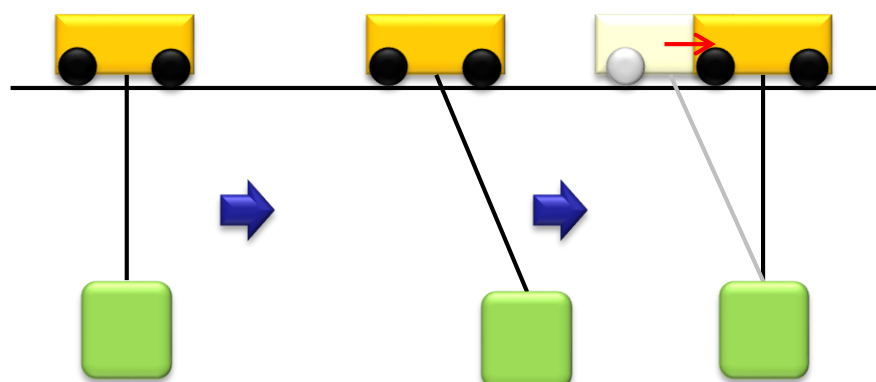
起動によって吊り荷が遅れた瞬間に台車を停止し、吊り荷が追い付いてくるタイミングで再度起動する。



【起動】 【停止】 【起動】

走行開始時の操作

台車停止によって吊り荷が先行した瞬間に台車を起動し、台車が吊り荷に追い付くタイミングで再度停止する。

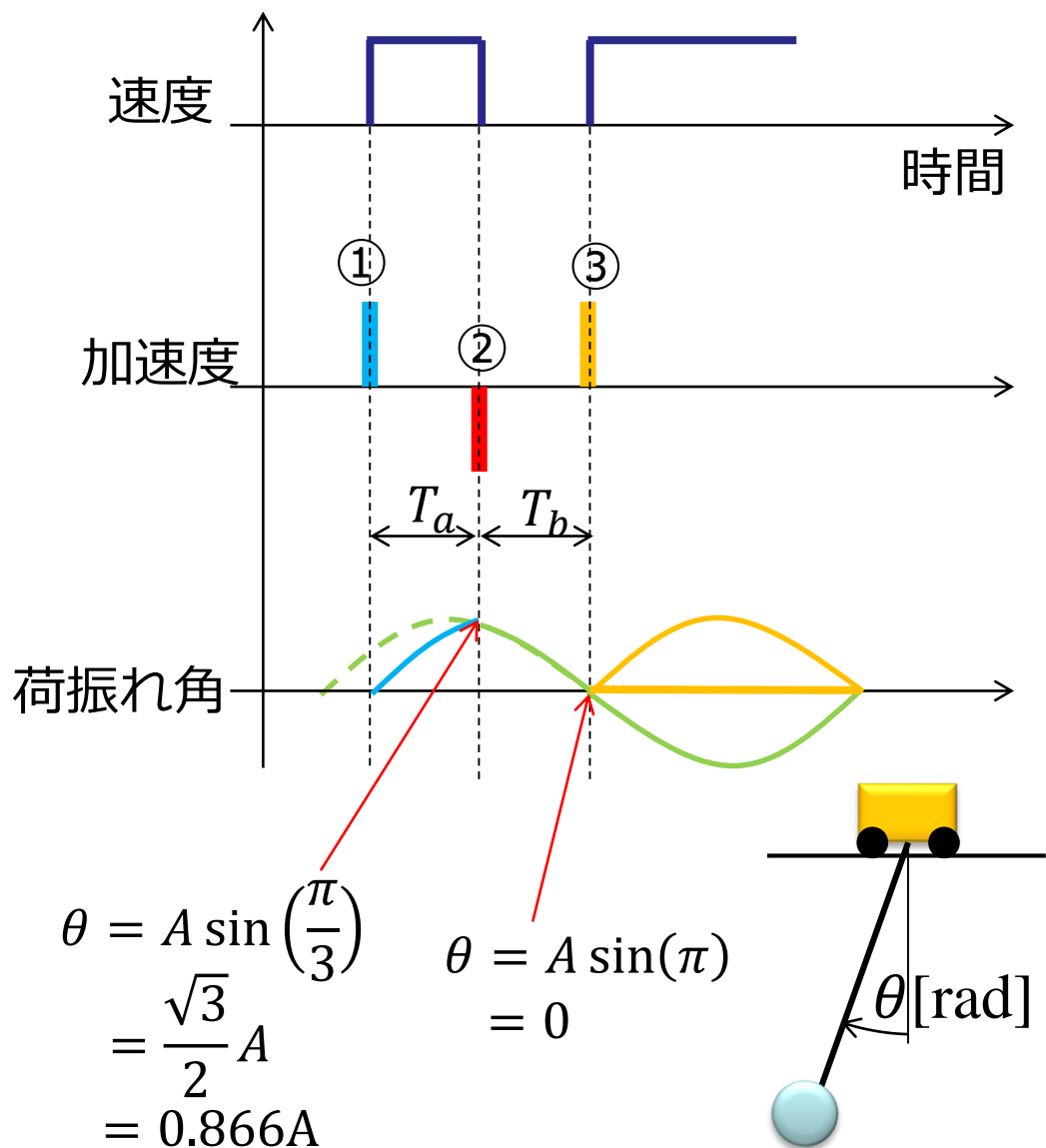


【停止】 【起動】 【停止】

走行停止時の操作

ペンダントスイッチを押すタイミングを数理解析

追いノッチ操作の数理解析



加速度②のタイミングで加速度①と②によって生じる合成振動の振幅を調整

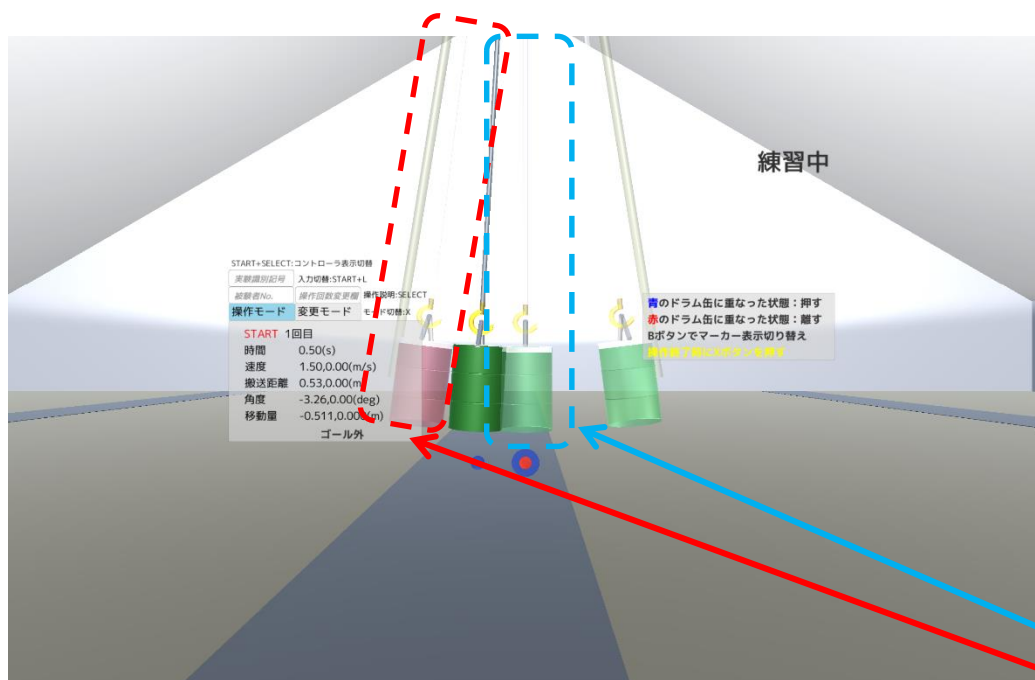
加速度①による振動 + 加速度②による振動

加速度①と同じ振幅の合成振動を生成

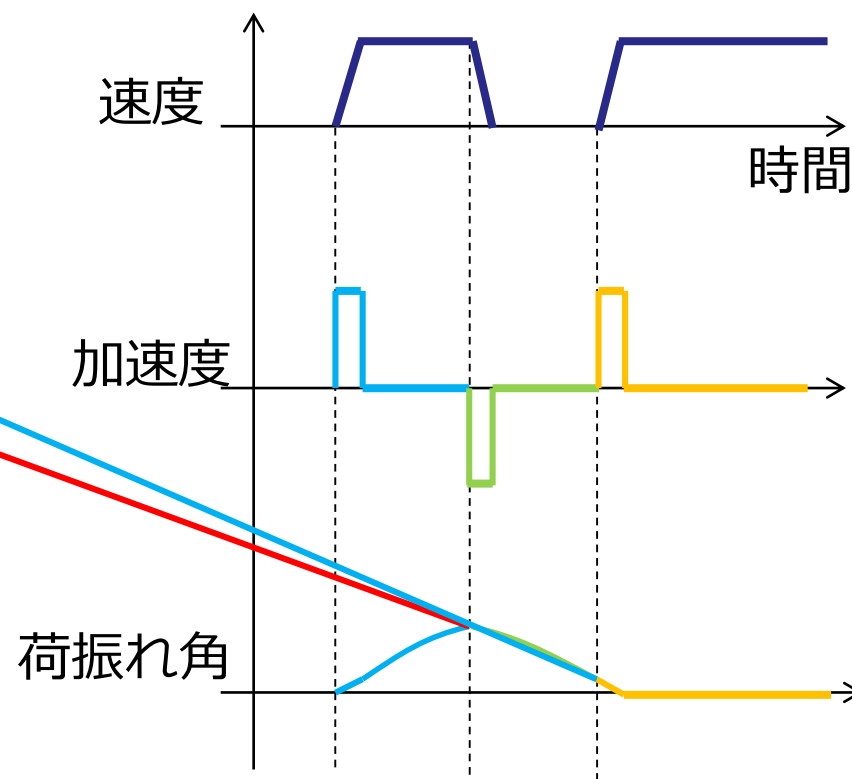
加速度③のタイミングで合成振動を相殺する。

シミュレータ上での教示情報の提示

技能解析に基づいて、シミュレータ上に教示情報を提示

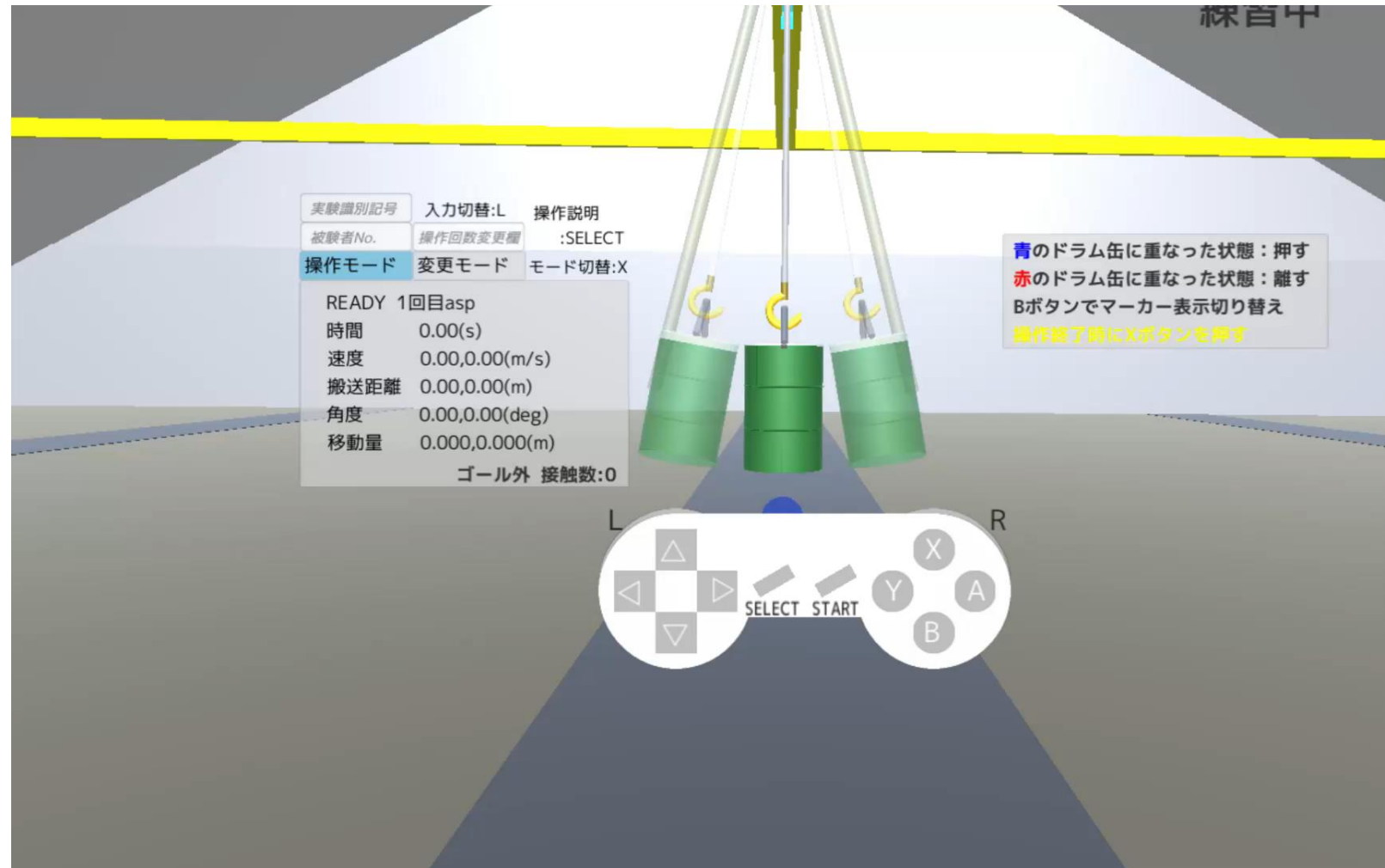


教示マーカーは操作タイミングに応じて点灯する。



青いドラム缶に重なった状態でボタンを押す
赤いドラム缶に重なった状態でボタンを離す

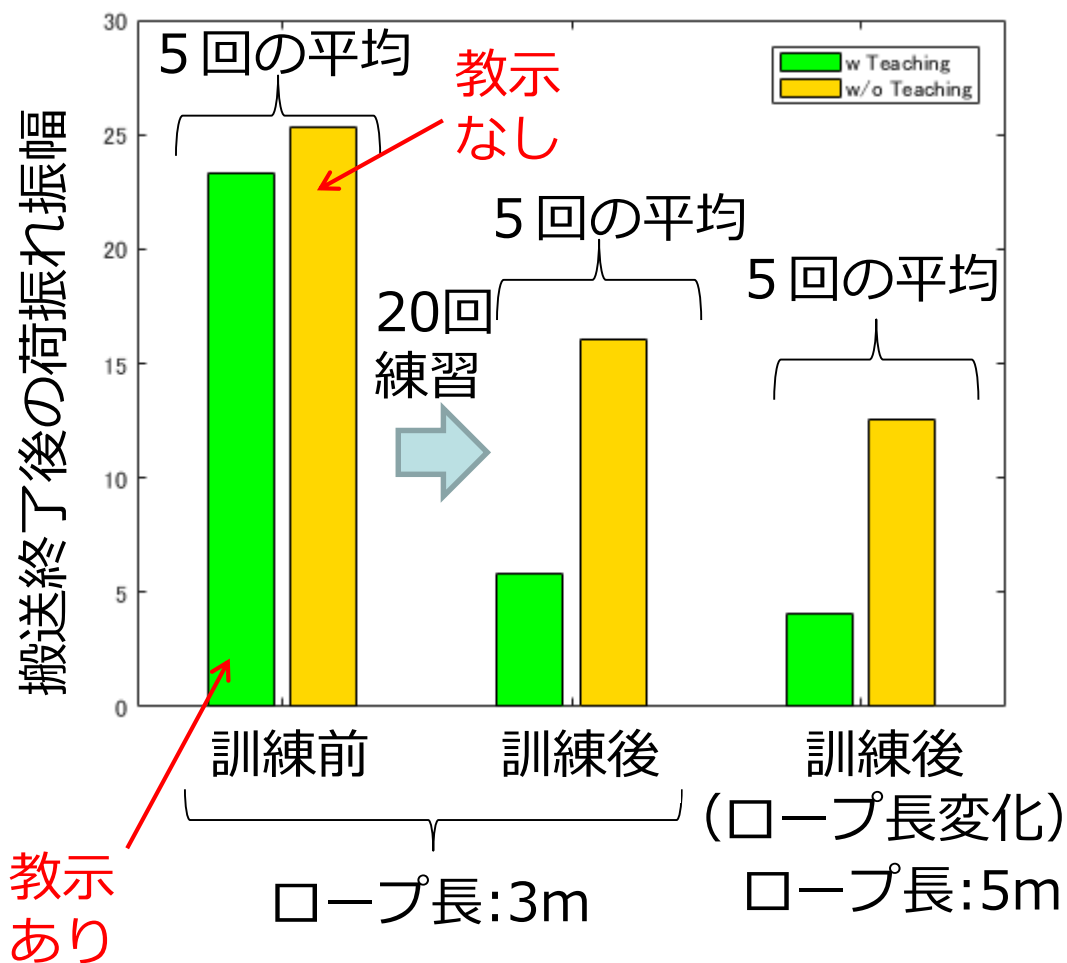
クレーンシミュレータにおける教示情報



検証実験

被験者数：8

(教示あり4名, 教示なし4名)



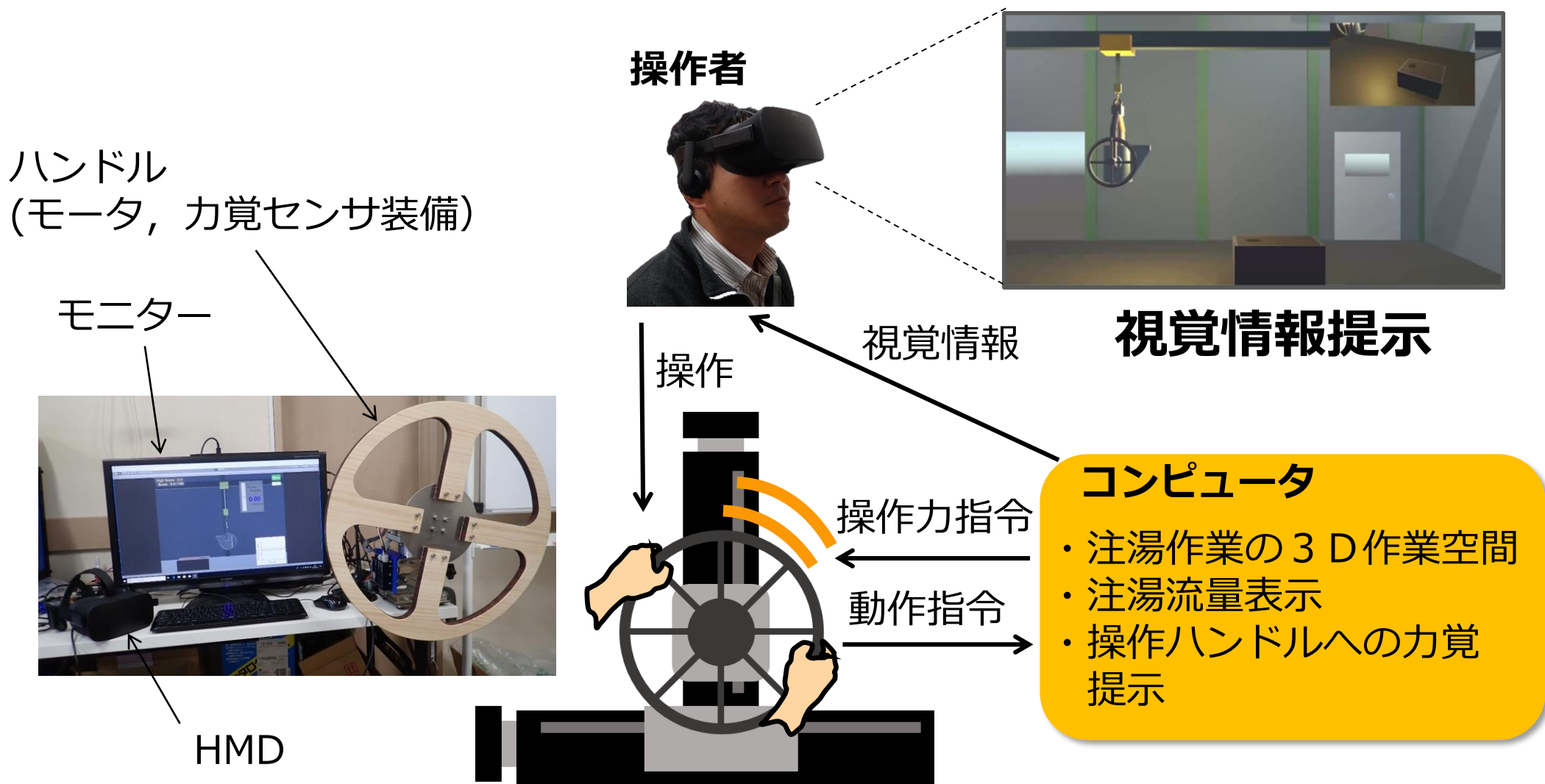
訓練中に教示情報を提示することで、効率的に荷振れ抑制操作技能を習得できる。



ロープ長が変動しても習得操作技能で荷振れ抑制が可能である。

開発技術 2

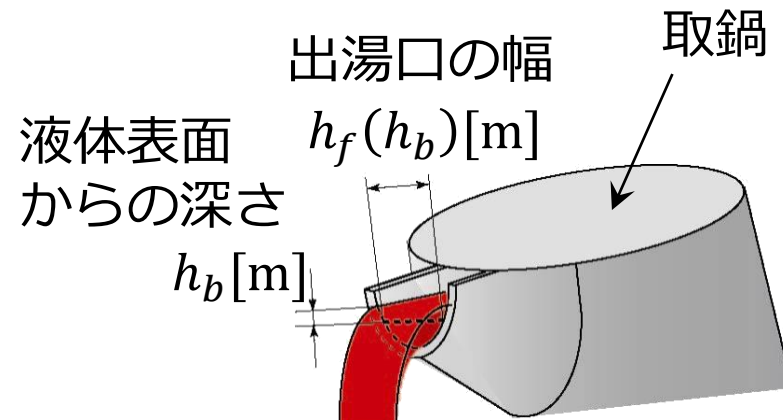
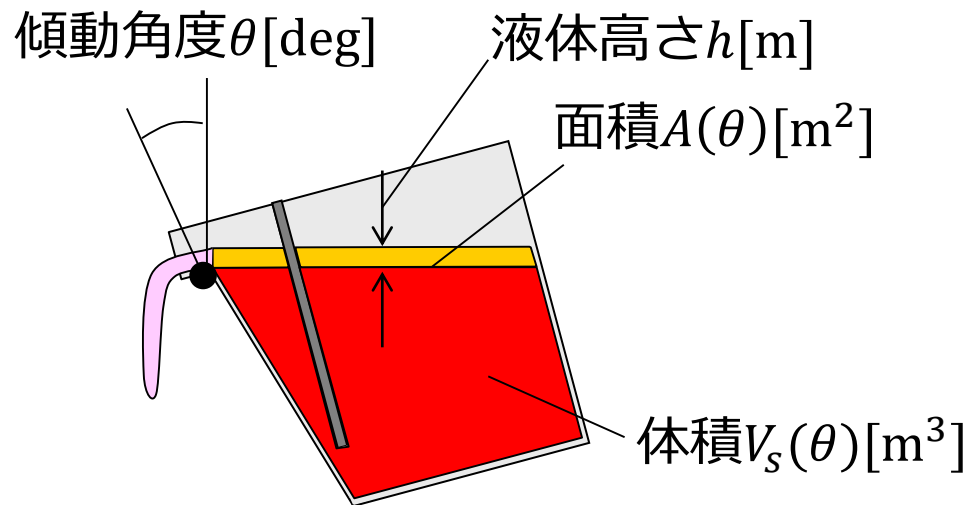
技能解析に基づく注湯作業技能を効率的に習得できるVRトレーニングシステムを開発



注湯プロセスの数理解析

$$\frac{dh(t)}{dt} = -\frac{q(h(t))}{A(\theta(t))} - \frac{h(t)}{A(\theta(t))} \frac{\partial A(\theta)}{\partial \theta} \omega(t) - \frac{1}{A(\theta(t))} \frac{\partial V_s(\theta)}{\partial \theta} \omega(t)$$

$$q(h(t)) = \int_0^{h(t)} cL_f(h_b) \sqrt{2gh_b} dh_b$$



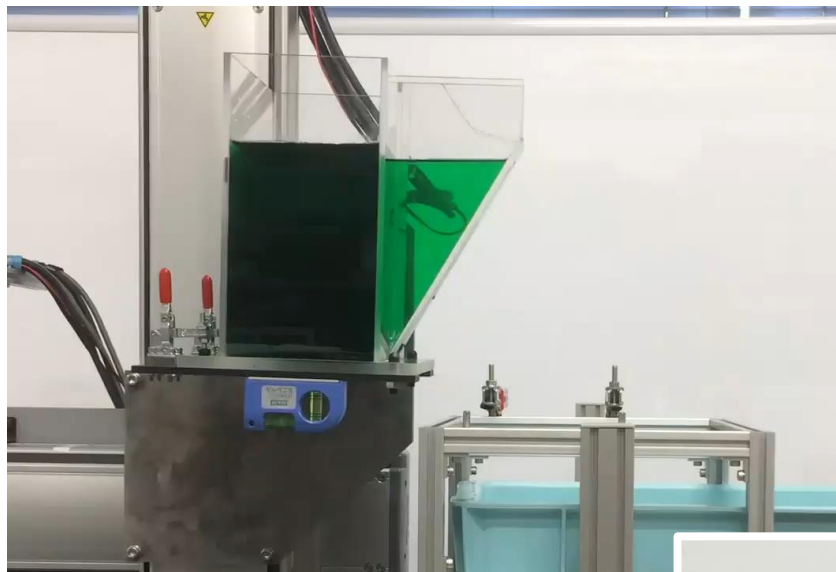
注湯流量および落下軌跡を
常微分方程式で表現



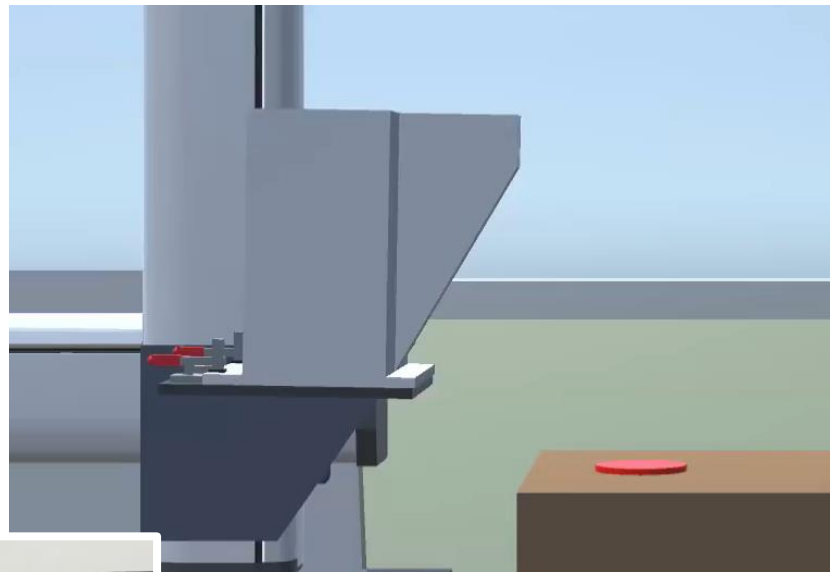
注湯状態のリアルタイム
計算が可能

実際の注湯とシミュレータの比較

実際の注湯と同じシミュレータ環境を構築し、
取鍋から流出する液体の流れを比較する。



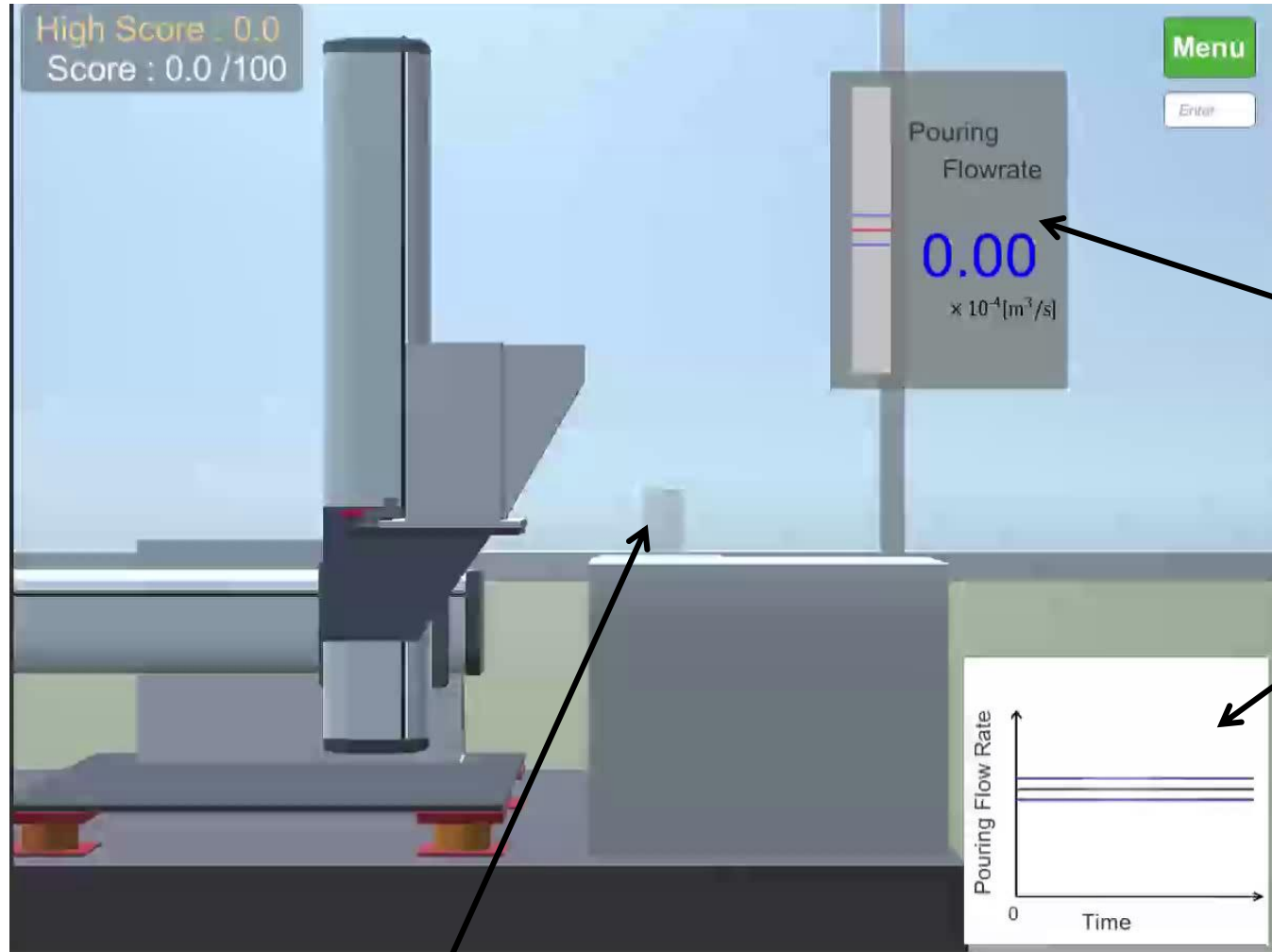
実際の注湯



シミュレータ



シミュレータ上での情報提示

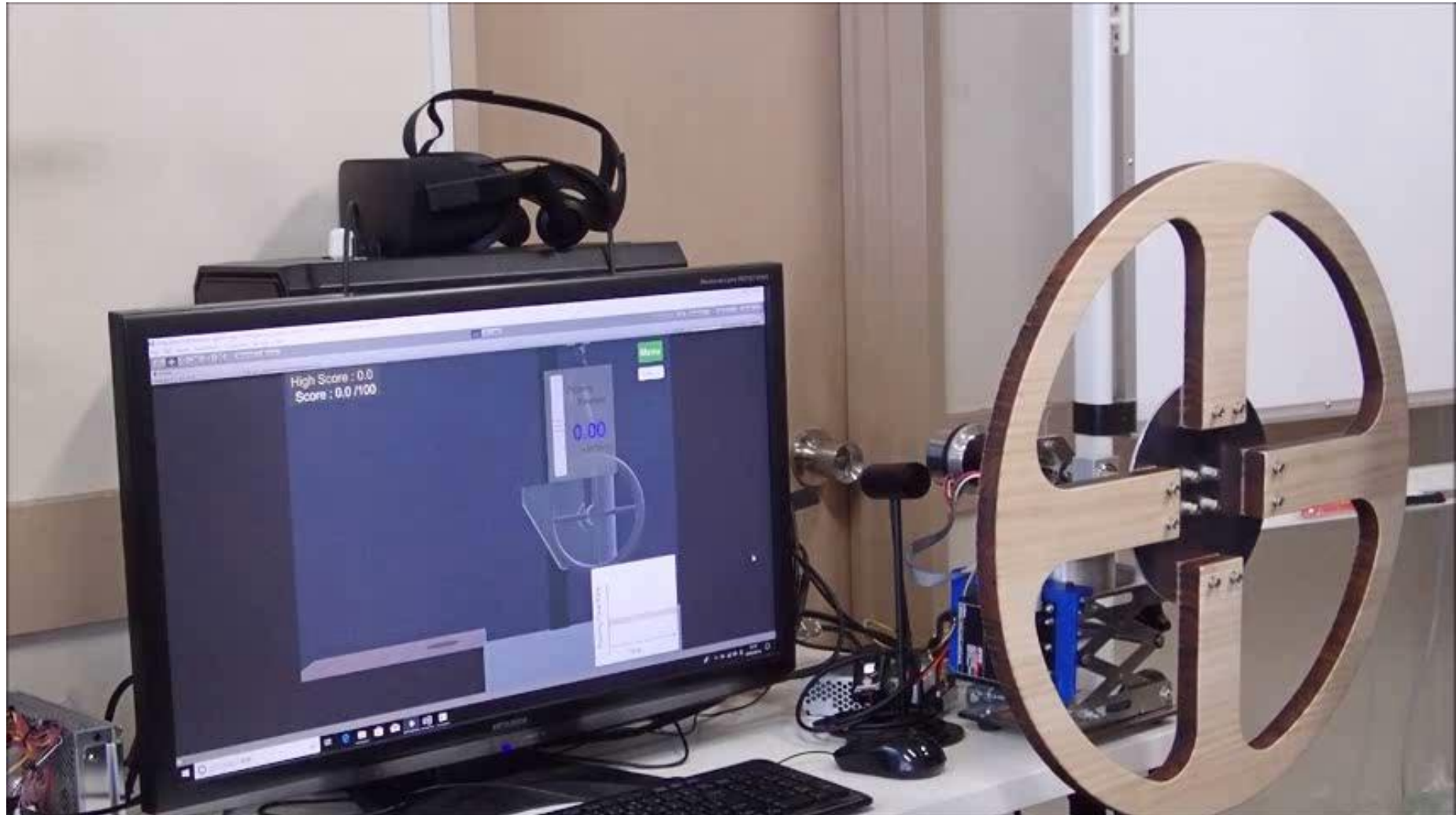


注湯流量
ゲージグラフ

注湯流量
時系列グラフ

鑄型受け口のレベル表示

シミュレータの操作（動画）



HMDでの表示



注湯作業の視線画像

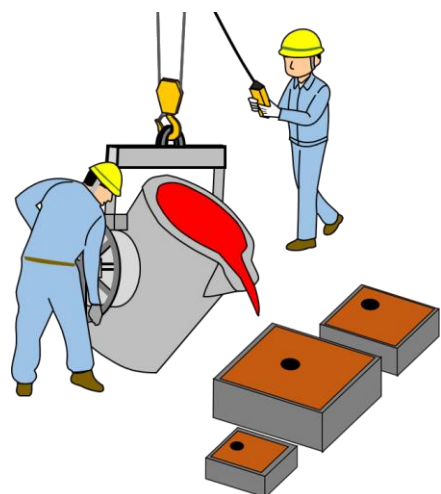


シミュレータ

作業者の視線と同様の位置で表示できる。

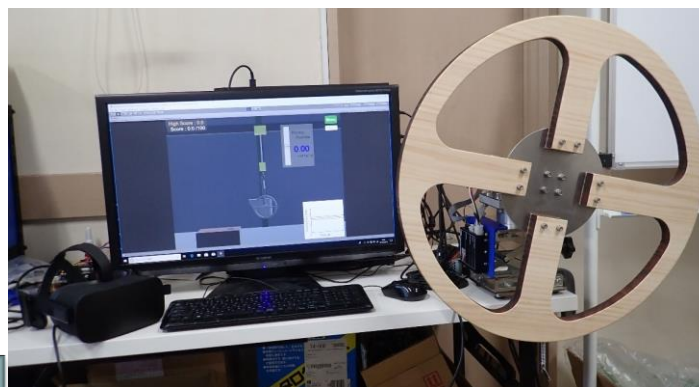
想定される用途

技能習得のみならず、技能の定量評価や機械のティーチングデータとしても利用可能



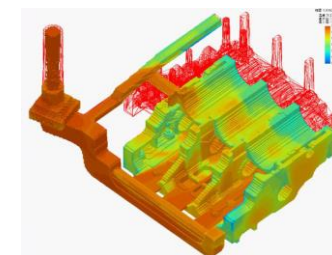
注湯作業現場

熟練作業の
注湯データ



注湯訓練シミュレータ

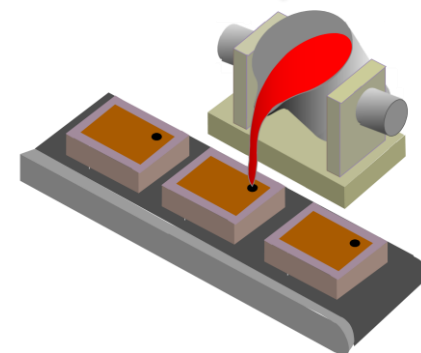
解析結果に
基づく適切な
注湯パターン



CFD解析

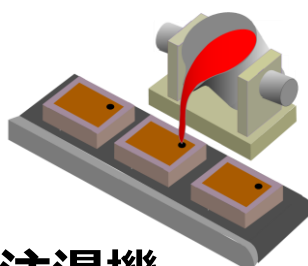


ティーチングデータ



自動注湯機

操作端末



遠隔操作型注湯機

- 技能習得による安定した注湯作業を実現
- 個人差によるばらつきを低減

実用化に向けた課題

- マルチタスクを要する技能に対して、効率的に習得できる手法の開発が必要。

荷振れ抑制操作 (シングルタスク)



教示情報により
効率的に習得
できる

荷振れ抑制操作 + 位置決め操作
(デュアルタスク)



教示情報の提示
のみでは技能習
得が困難



ゲーミフィケーションを活用し、意欲的に技能
習得できる手法を開発

企業への期待

- 機械の定常操業のみならず、メンテナンスを行う上でも機械操作は必要であり、機械操作の技能習得は必要である。
- 人材のグローバル化に伴い、技能の定量的な評価とその評価に基づいた技能習得は必要である。
- トレーニングシミュレータは産学連携のコミュニケーションツールとなり得る。

上記のような課題に対して、コラボレーションが期待できる。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 注湯のシミュレータ及び注湯のトレーニング方法
- 出願番号 : 特願2018-179012
- 出願人 : 山梨大学
- 発明者 : 野田 善之、矢嶋 泰斗

お問い合わせ先

山梨大学

社会連携・知財管理センター

TEL 055-220-8759

FAX 055-220-8757

e-mail renkei-as@yamanashi.ac.jp