九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

2021年度総理工セミナー

森野, 佳生
九州大学大学院総合理工学研究院 : 准教授

松島, 宏典
久留米工業高等専門学校 : 准教授

榊, 泰直
国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 : 上席研究員

手島, 裕詞
佐世保工業高等専門学校 : 准教授

他

https://hdl.handle.net/2324/4774190

出版情報：2021-03-12. Kyushu University
バージョン：
権利関係：

3次元CG・XRの応用

佐世保工業高等専門学校　電子制御工学科

手島　裕詞

九州大学 総理工セミナー　2022年3月12日（土）

専門分野 ／ 講演内容

専門分野

・コンピュータグラフィックス　　・画像処理

CG・XRの教育への応用

3次元スキャナーの活用

（紹介）リアルタイム物理エンジンによる流れの可視化

◆高等専門学校：5年一貫教育（中学を卒業した15歳から）

- 座学を通じた論理に基づいた専門教育
- 低学年時から工学実験を配置

知識の定着と実践スキルの修得に向けた教育を展開

近年 ： 教育現場へのICTの活用、アダプティブラーニング

⇒ 座学に加えて工学実験についても教育の高度化が求められている

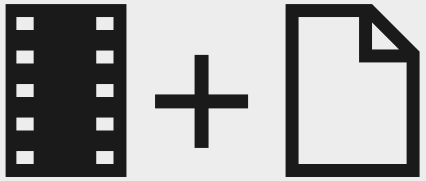
◆工学実験の高度化

従来研究 [1]（2020年度実施）

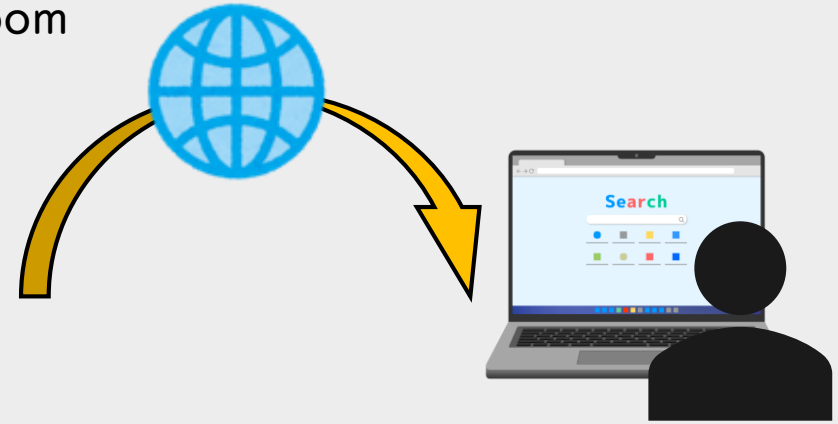
「オンライン/オンデマンド型の工学実験」を試行
（⇒いつでも学べる）

理論重視のテーマを選定
⇒データ分析や理論の導出

オンデマンド教材配信：
Google社のGoogleClassroom



動画　テキスト



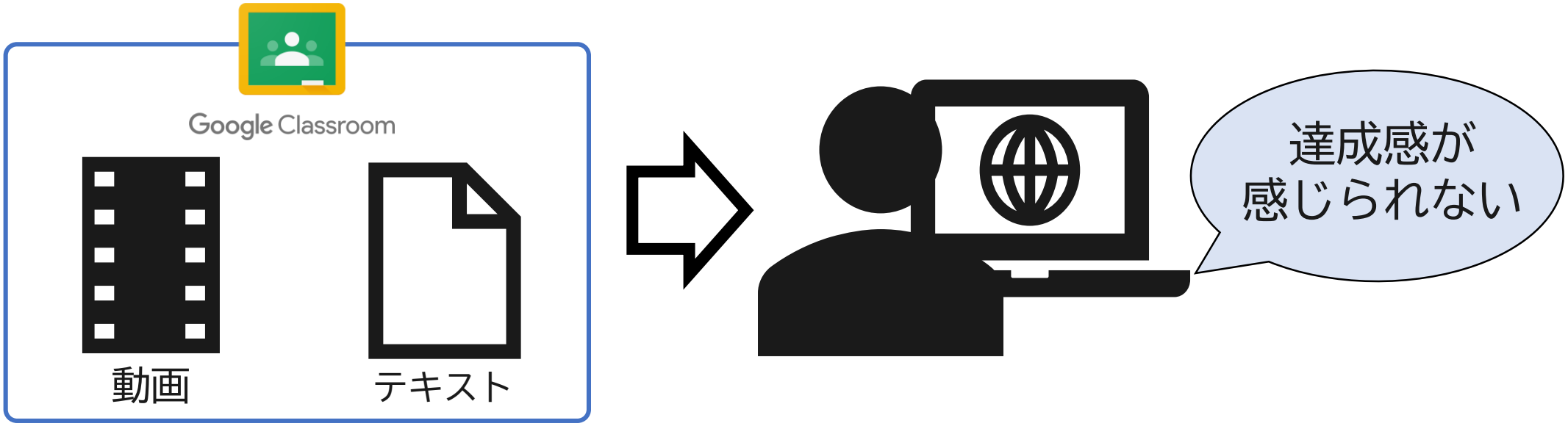
⇒データ処理、考察に関する
有効性を確認

[1] Sugimoto, Teshima, Sakaguchi, "A Step Toward a Tailor-Made Education Realization for Engineering Experiments With Online/on-Demand Approach", IEEE International Conference on Engineering, Technology & Education (TALE), pp.797-802, Dec. 2021.

◆従来（動画型）実験の課題点

（理論重視のテーマではあるが）

実機を扱わないことによる達成感や満足度の低下



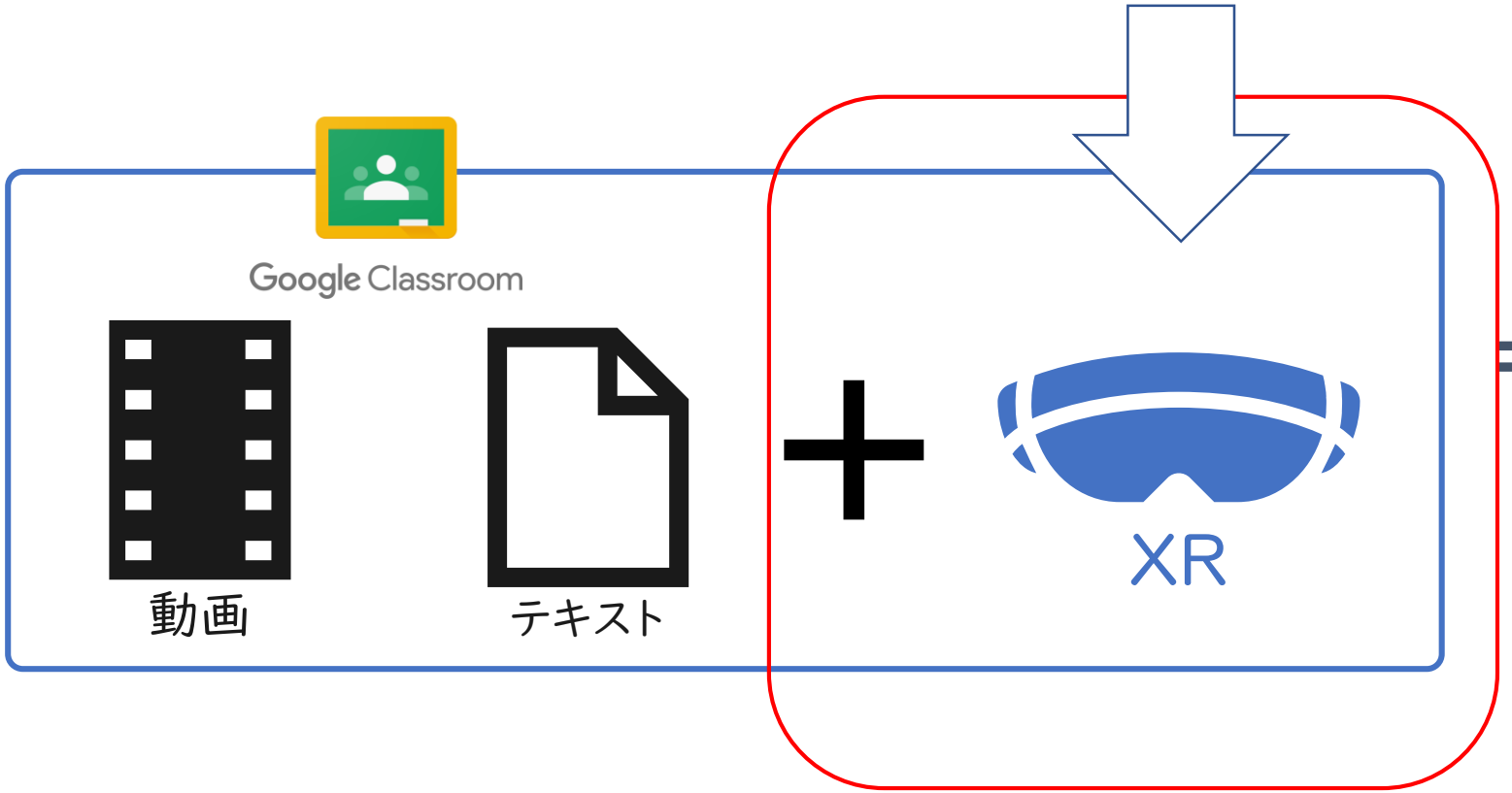
主体的な取り組みが阻害される可能性 ～ 大きな課題

研究背景

◆従来（動画型）実験の課題点への対応

（理論重視のテーマではあるが）

実機を扱わないことによる達成感や満足度の低下

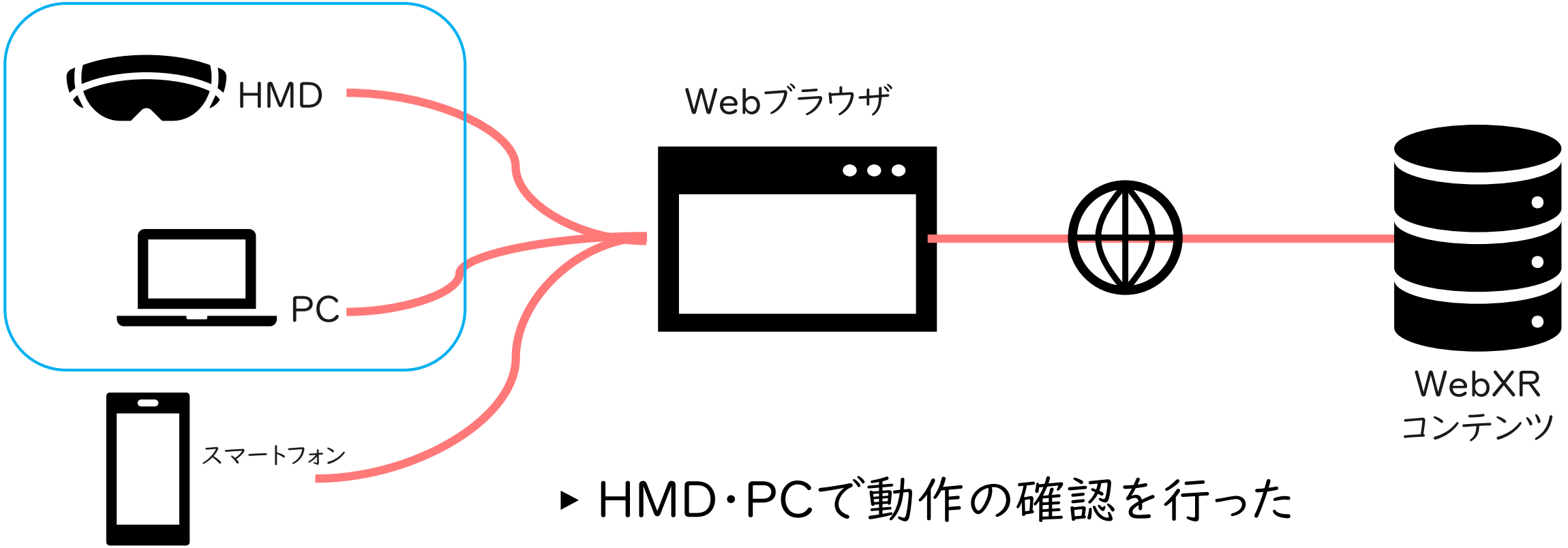


⇒ **対話的操作の導入**

WebXR実験システム

本研究では、XRはVR（仮想現実感）を指すこととし、
VRは「仮想空間に現実と本質的同等の環境を作る技術」と定義して扱う。

◆WebXR：ブラウザ上でのXR表現



▸ HMD・PCで動作の確認を行った

WebXR実験システム

◆問題点

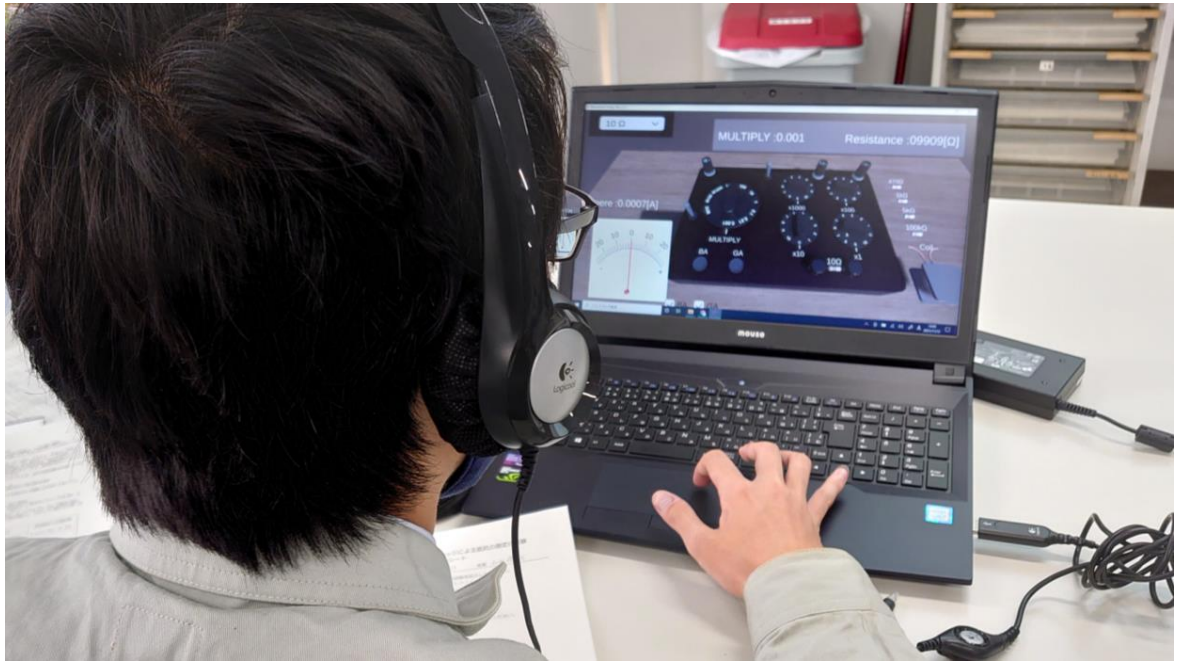
- VR酔い（長時間のHMD装着）
- 映像酔い
- 導入コスト

教育現場へ一斉導入する際に
無視できない問題として設定

◆システム開発の前提

《システム要件》
- ▸ HMD装着を前提としない
- ▸ ウォークスルーを限定する
- ▸ ブラウザ上で動作させる

⇒ PC上での使用を想定した開発



「ホイートストンブリッジによる抵抗の測定」（佐世保高専　本科2年生）

◆UnityとVisual Studioを用いて開発

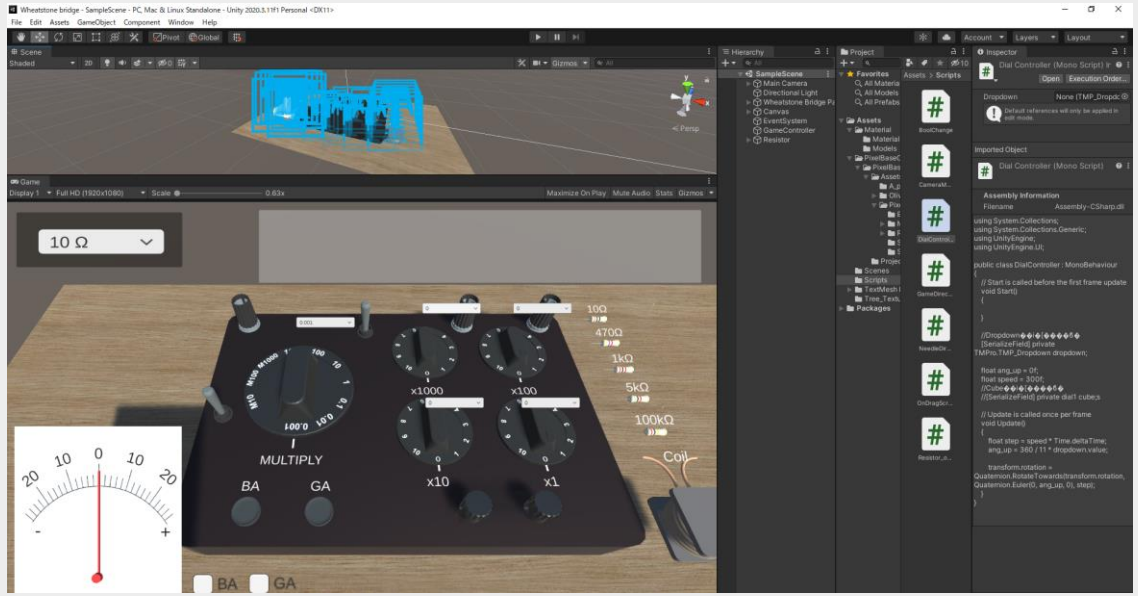
Unity

Mixed Reality tool Kit

＋

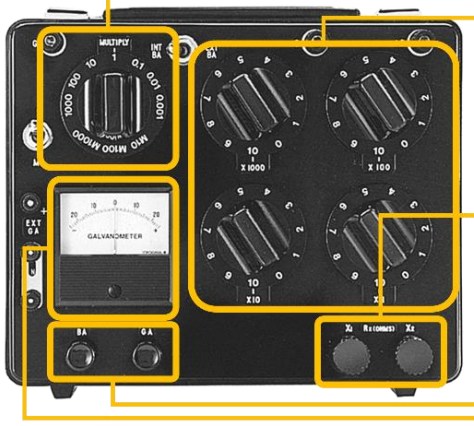
Visual Studio

Wheatstone Bridge



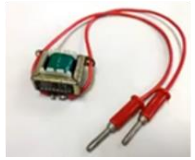
WebXR実験システム

◆完成図

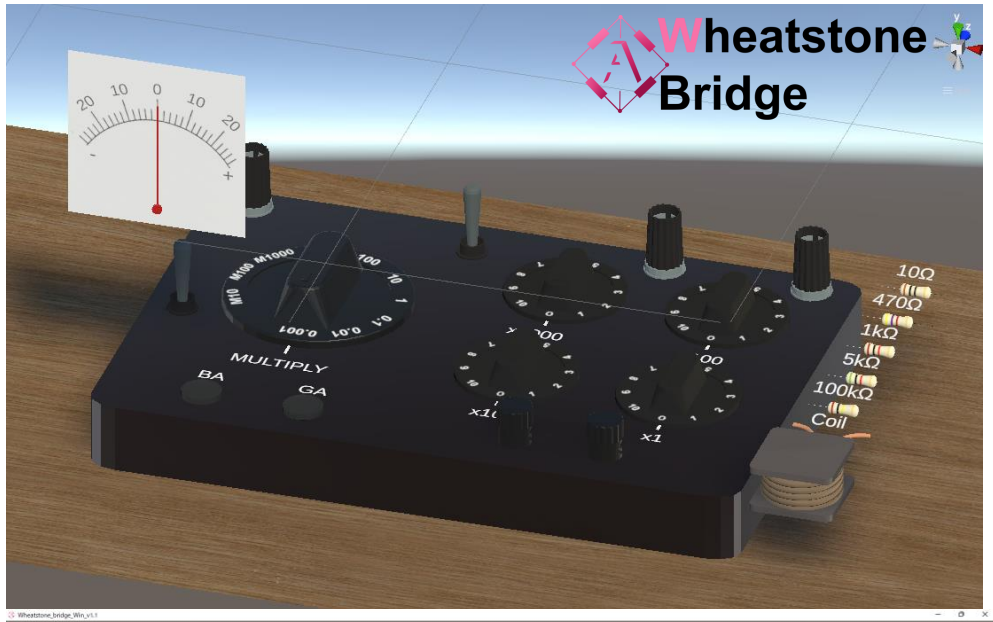


- MULTIPLYダイアル
- ブリッジ抵抗ダイアル
- 接続端子
- GA,BAボタン
- 検流計（検流針）

各未知抵抗
10,470,1k,5k,100k



誘導性コイル



ホイートストンブリッジによる抵抗の測定

2017/11/28

1．目　的

ホイートストンブリッジを用いて中位抵抗を測定し、ブリッジ回路の特徴を理解するとともに測定法に習熟することを目的とする.

2．実験原理と方法

図１のブリッジで抵抗Ｐ、Ｑ、Ｒの値を適当に選ぶとスイッチK_1、K_2を閉じても、検流計Ｇには電流が流れず、振れは零となる．このような状態をブリッジが平衡したといい、その条件は、次の式で表される。

$$\frac{X}{R} = \frac{P}{Q} \quad ----(1)$$

Ｐ、Ｑ、Ｒが既知であるならば、Ｘは次のように求められる。

$$X = \frac{P}{Q} \cdot R \ (\Omega) \quad ----(2)$$

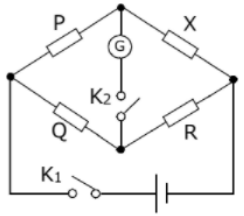


図１ ホイートストンブリッジの原理

実際の測定では図１のように、この原理を応用したダイヤル式ホイートストンブリッジを用いることが多い．すなわち、比例辺ＰおよびＱの抵抗値を10,100,1000(Ω)~と、計算しやすい値に選び、その比Ｐ／Ｑを0.001から1000まで、設定できるようにMULTIPLYダイアルで行うことができる．一方、平衡辺Ｒは測定辺ダイヤル X1,x10,x100,x1000を変化させ、検流計の振れが零になるようにダイヤル値を求める．被測定抵抗Ｘは、未知抵抗接続端子に接続する.

3．使用機器

(1) 携帯用ホイートストンブリッジ（MODEL2755-97）
(2) 回路計（テスタ　　）
(3) Ｘ：供試品（10Ω,470Ω,1kΩ,5kΩ,100KΩ程度の固定抵抗、低周波チョークコイルなど

4．結　線

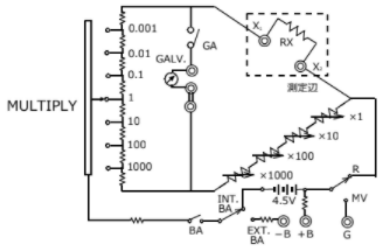


図２　抵抗測定回路

R_X	MULTIPLY
10Ω 以下	0.001
10Ω ～100Ω	0.01
100Ω ～ 1KΩ	0.1
1KΩ ～ 10KΩ	1
10KΩ ～100KΩ	10
100KΩ～1MΩ	100
1MΩ～10MΩ	1000

5．実験順序

1. 固定抵抗の測定
   (1) 測定しようとする抵抗をＲｘ端子に接続する.
   (2) Ｒ－ＭＶ 選択スイッチを"Ｒ"側に倒す．（今回の実験は、この位置に固定）
   (3) Ｒｘ端子に接続された未知抵抗Ｒｘの大略の値により MULTIPLYダイヤルを表１に基づいて選ぶ.
   (4) Ｒｘの大略の値を求めるには回路計（テスタ、オーム計、マルチメータなど）を用いる.
   (5) 測定辺（平衡辺）ダイアルを仮に 1999 に設定し、BA 押ボタンスイッチを押してから、GA 押しボタンスイッチを瞬間 押して検流計の振れる方向を見る。検流計指示が ＋のときは、測定辺ダイアルの値を増やして、検流計指示を０にする．検流計指示が－のときは測定辺ダイアルの値を減らして、検流計を０にする.
   (6) 測定辺ダイアルを加減し検流計指示が "0" となったとき、求める抵抗値は次式により求められる ．

   Ｒｘ＝ Ｐ／Ｑ ・ Ｒ
   (MULTIPLYﾀﾞｲｱﾙの指示) × (測定辺ﾀﾞｲｱﾙの指示の和)

   (7) 測定が終わったら GA と BA 押ボタンスイッチを押さない状態に必ず戻しておくこと.

2. 誘導性コイルの抵抗測定
   (1) 測定しようとするコイルをＲｘ端子に接続する（図２参照）.
   (2) 実験1の要領で平衡させ、Ｐ／ＱおよびＲ（Ω）を求める（ 押ボタンスイッチは BA、GAの順序で閉じ（押す）、GA、BAの順序で開く（引く） ）.
   (3) 平衡状態のＰ／ＱおよびＲ（Ω）のままで、押ボタンスイッチを GA、BA の順序で閉じ、BA、GA の順序で開いたとき、検流計Ｇの振れが前の場合と、どのように異なるか調べる.

6．実験結果とその処理

供試抵抗Ｘの定格	Ｐ／Ｑ	平衡辺 Ｒ（Ω）				供試抵抗Ｘの測定値
(種類、W&Ω)	(MULTIPLY値)	1回目	・・	10回目	平均	Ｘ＝(Ｐ／Ｑ)・Ｒ（Ω）

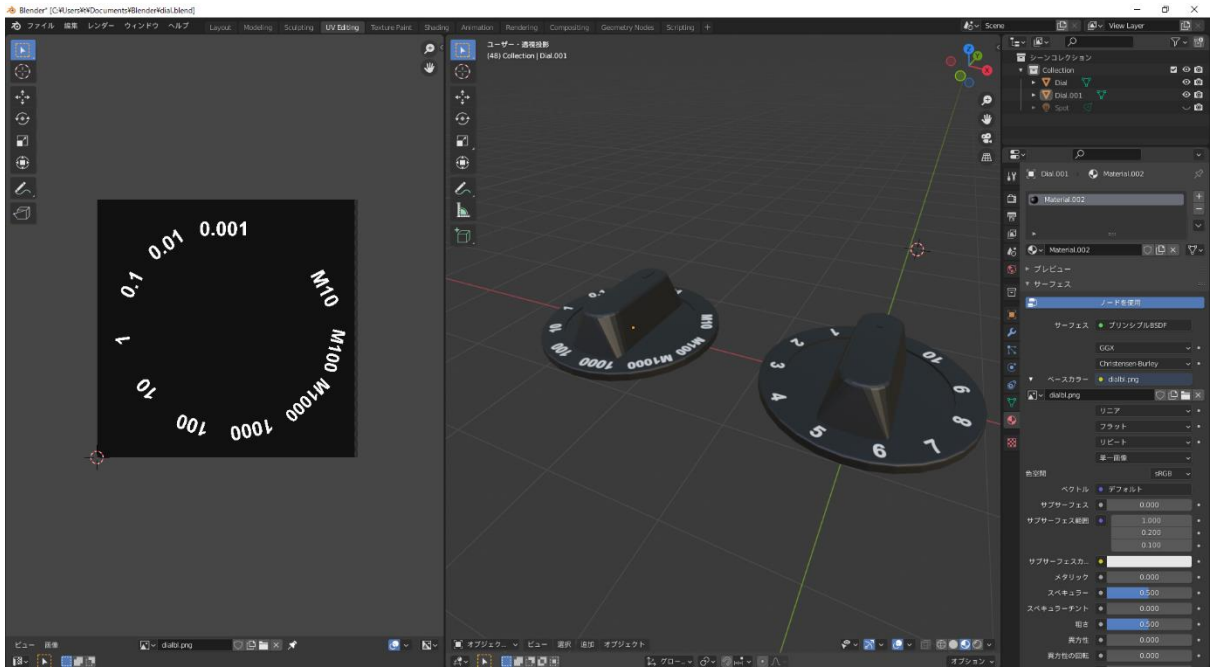
7．検討と研究

(1) ブリッジによる測定の際、測定回路内に温度差が発生すると検出器などに熱起電力が加わり誤差の原因となる。これを避けるためには、どのような処置とればよいか。
(2) 実験2の(3)の理由を説明せよ。

WebXR実験システム

WebXR実験システム

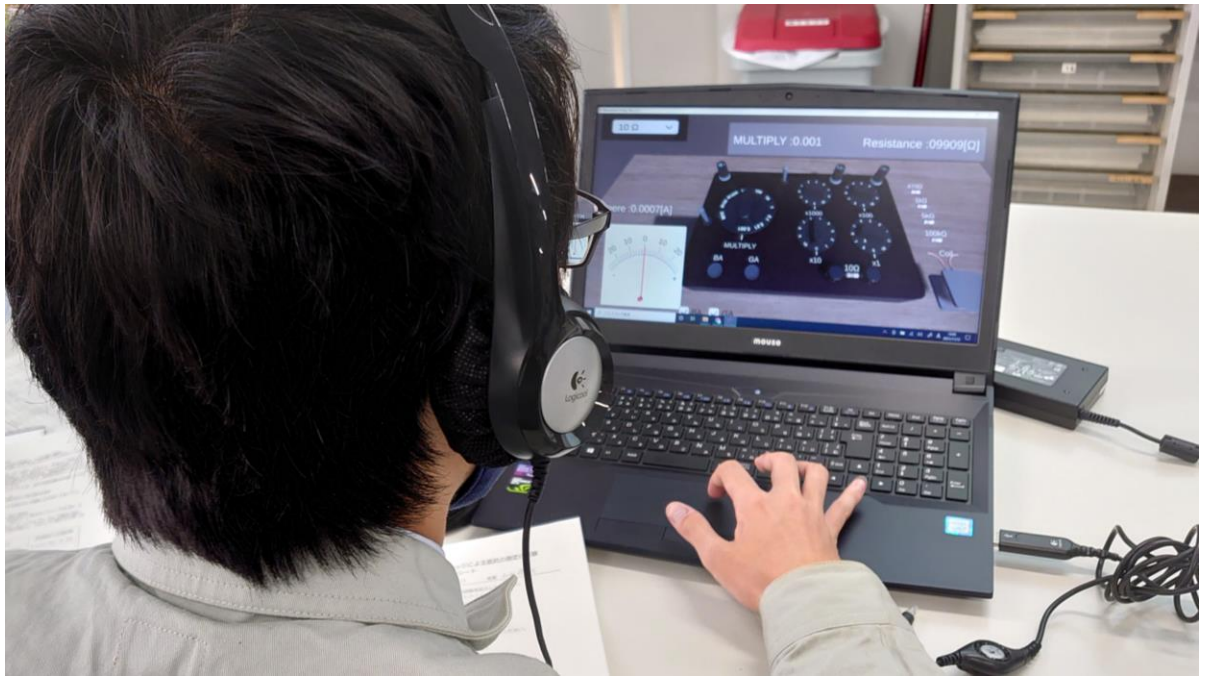
◆装置はCGソフトを用いてモデリング



実物をモデリングする　⇒　作業コストが大きい

3次元スキャナーの活用が考えられる

実験の実施方法



- WebXR工学実験システムでの実験
- 実験記録シートへの記入

Webサーバと実行ファイルによる2つの利用法

今回はPCにソフトをダウンロード

アンケート調査

◆評価アンケート調査

- 全12個の質問に対し、「はい（肯定）」「いいえ（否定）」の2択式
- すべての項目に対し回答理由を自由記述

（高専　2年生　37名）

◆WebXRシステムの評価方法

- 肯定的回答「はい」の割合
- 従来研究との比較による考察

アンケート調査

◆実験終了後に以下のアンケートを実施

①	実験の原理や特性について説明動画で理解できたか.
②	使用する計測機器の扱い方について説明動画で理解できたか.
③	実験内容，計測方法について説明動画で理解できたか.
④	XR システムを通して，実験の記録すべき計測データの取得はできたか.
⑤	計測（取得）したデータは，説明動画を基に処理できたか.
⑥	実験説明の動画や資料をいつでも見ることができる環境は実験目的や実験の進め方の理解に役立ったか.
⑦	データ計測や資料をいつでも扱える環境はデータ処理の理解に役立ったか.
⑧	個人単位で動画視聴，XR（VR）システムでのデータ計測やデータ整理・分析を一貫して行うため，実験の原理や特性をより深く理解できたと思うか.
⑨	動画や資料を用いて個人単位で理解を深め，XR（VR）システムによるデータ計測やデータ整理を行うようなスタイルの実験全体を通して「学びの達成感」はあるか.
⑩	今後の実験のやり方の一つとして，前もって実験準備部分の動画視聴や資料閲覧をしておくことや XR（VR）システムで予習をしておくことで実験時間内での準備のための時間を削減し，その分の時間をレポート作成や分析，調査等に充てることで効率的に実験の理解が深まると思うか.
⑪	今回実施したような XR（VR）システムを開発し，動画や資料を用いながら実験を行うことは，実験の 1 つの進め方として有効か.
⑫	XR（VR）空間で実験を再現していくことは学びに役立つと思うか.

アンケート結果

質問	「はい」の割合	質問	「はい」の割合
①	97.3%	⑦	100.0%
②	100.0%	⑧	83.8%
③	100.0%	⑨	94.6%
④	100.0%	⑩	94.6%
⑤	97.3%	⑪	97.3%
⑥	100.0%	⑫	100.0%

アンケート結果と考察

◆説明動画についての評価

①実験の原理や特性について説明動画で理解できたか.
②使用する計測機器の扱い方について説明動画で理解できたか.
③実験内容、計測方法について説明動画で理解できたか.
⑤計測（取得）したデータは, 説明動画を基に処理できたか.
⑥実験説明の動画や資料をいつでも見ることができる環境は実験目的や実験の進め方の理解に役立ったか.
⑦動画や資料をいつでも見ることができる環境は理解に役立ったか.

「はい」の割合
97.3～100.0%

動画を用いることで、実験目的や実験原理、計測方法などの理解に役に立ったか？

- 繰り返し再生できる説明動画を組み込むことで理解が進んでいる

》従来実験の結果でも同様

◆XRによる計測についての評価

④XRシステムを通して，実験の記録すべき計測データの取得はできたか．	「はい」の割合 100.0%

・操作方法がわかりやすくて、実験しやすくてとてもよかった。
・実際の実験道具と同じような使い方だったため。
・実際の操作に近い形式でありながら、操作が現実よりもしやすかったため、データの取得が楽でした。

XRを用いたシステムによって、目的データを取得できている
⇒ 本システムの**対話的操作が円滑**に行えたことがわかる

◆従来システムとの比較（WebXR導入に関して）

従来研究[1]「重ね合わせの理の実験」のアンケート調査と比較

「重ね合わせの理の実験」 ≠ 「ホイートストンブリッジによる抵抗の測定」

実験内容に影響を受けない項目を選定

⇒従来研究の課題点となる項目（3項目）

[1] Sugimoto,Teshima, Sakaguchi, "A Step Toward a Tailor-Made Education Realization for Engineering Experiments With Online/on-Demand Approach", IEEE International Conference on Engineering, Technology & Education (TALE), pp.797-802, Dec. 2021.

アンケート結果と考察

番号	従来実験のアンケート質問項目	「はい」の割合	WebXR工学実験のアンケート項目	「はい」の割合
⑨	動画や資料を用いながら個人単位でデータ計測・整理を行うようなスタイルの実験全体を通して「学びの達成感」はあるか.	57.9%	動画や資料を用いて個人単位で理解を深め、XR（VR）システムによるデータ計測やデータ整理を行うようなスタイルの実験全体を通して「学びの達成感」はあるか？	94.6%
⑩	今後の実験のやり方として，前もって実験準備部分の動画視聴や資料閲覧をしておくことで実験時間内での準備のための時間を削減し，その分の時間をレポート作成や分析，調査等に充てることで効率的に実験の理解が深まると思うか.	76.3%	今後の実験のやり方の一つとして、前もって実験準備部分の動画視聴や資料閲覧をしておくことやXR（VR）システムで予習をしておくことで実験時間内での準備のための時間を削減し、その分の時間をレポート作成や分析、調査等に充てることで効率的に実験の理解が深まると思うか？	94.6%
⑪	今回実施したような動画を基に実験を行うことは，実験の1つの進め方として良いと思うか.	78.9%	今回実施したようなXR（VR）システムを開発し、動画や資料を用いながら実験を行うことは、実験の1つの進め方として有効か？	97.3%

⇒ 得られたコメントからも有効性を確認

CG・XRの教育への応用に関する「まとめ」

◆ WebXR工学実験システムの導入により、「学びの達成感」と「実験の満足度」の向上を読み取ることが出来た

工学実験の「学びの達成感」において
試行的・体験的なプロセスが重要である

→WebXRを活用することは有効である[2]

[2] 満江,手島,坂口,上原,杉本, “WebXRを用いた工学実験システムの開発”, 電子情報通信学会教育工学研究会,（信学技法）vol.IEICE-2, no.406,pp.59-64（2022年3月4日）

▸コミュニケーションツールやマルチプレイの導入
▸機器操作を重視したXR工学実験システムの開発
HMD、立体音響、ハプティックデバイス、モーションキャプチャなど

（再掲）

CG･XRの教育への応用

3次元スキャナーの活用

（紹介）リアルタイム物理エンジンによる流れの可視化

CG・XRの教育への応用

3次元スキャナーの活用

実験機器や装置を仮想空間に取り込む必要がある

CADデータがある場合は容易に取り込める（〇）

無い場合は・・・（×）

・素材集を活用

・モデリングソフトで機器をモデリング

⇒ 作業の工数が多い

・3次元スキャナーで実物をスキャン

Artec Eva

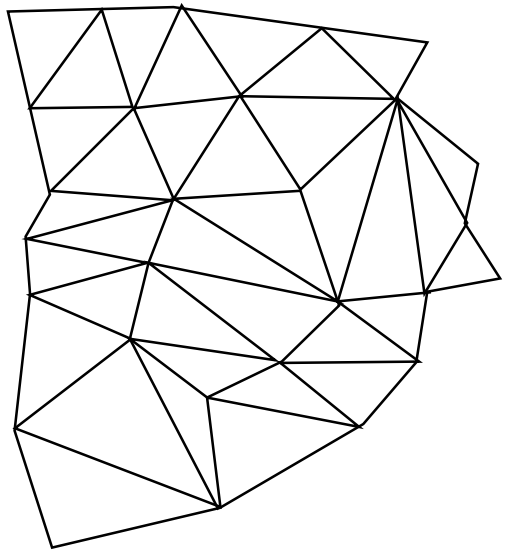
3次元スキャナーの活用

点群（スキャナーデータ）の欠損検出

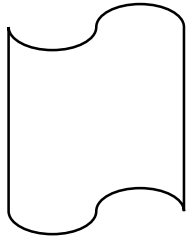
・3次元スキャン

スキャン → メッシュ化・曲面化 → モデルを出力

→ 修正・整形



→



ファイル

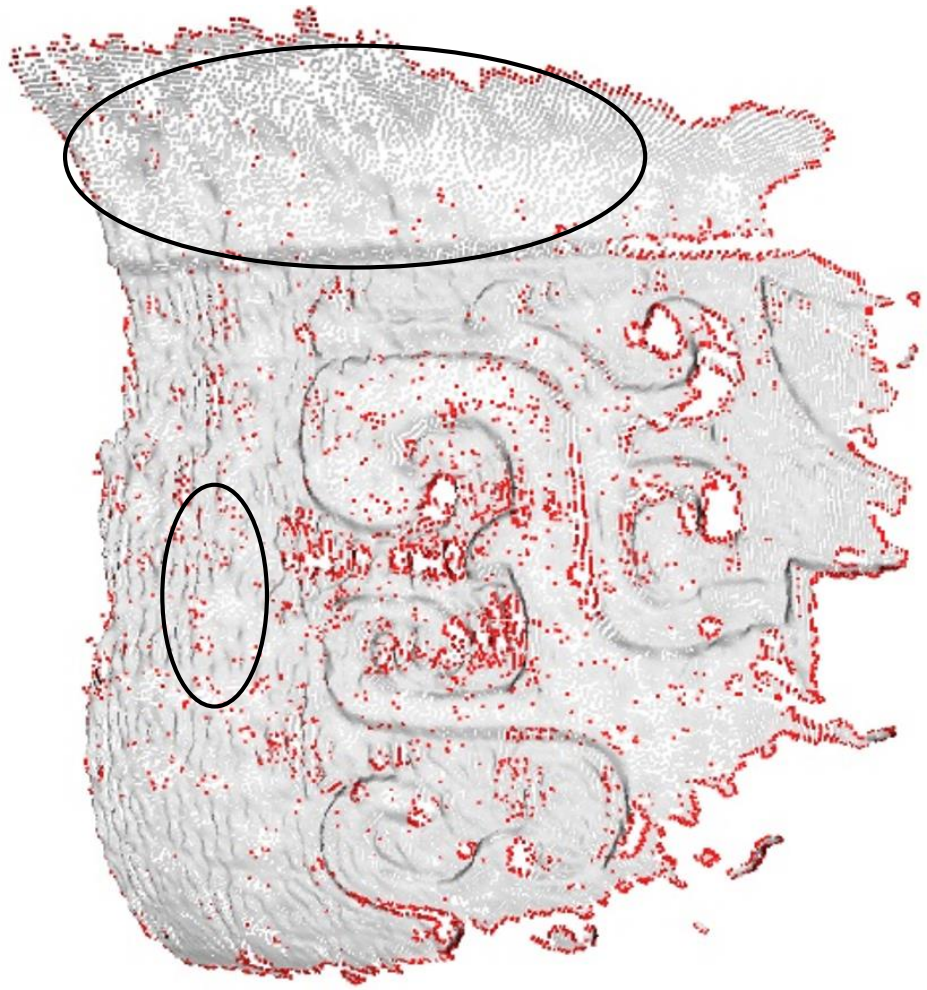
計測環境・物体の材質
によって欠損が発生する

欠損を検出・可視化する必要性

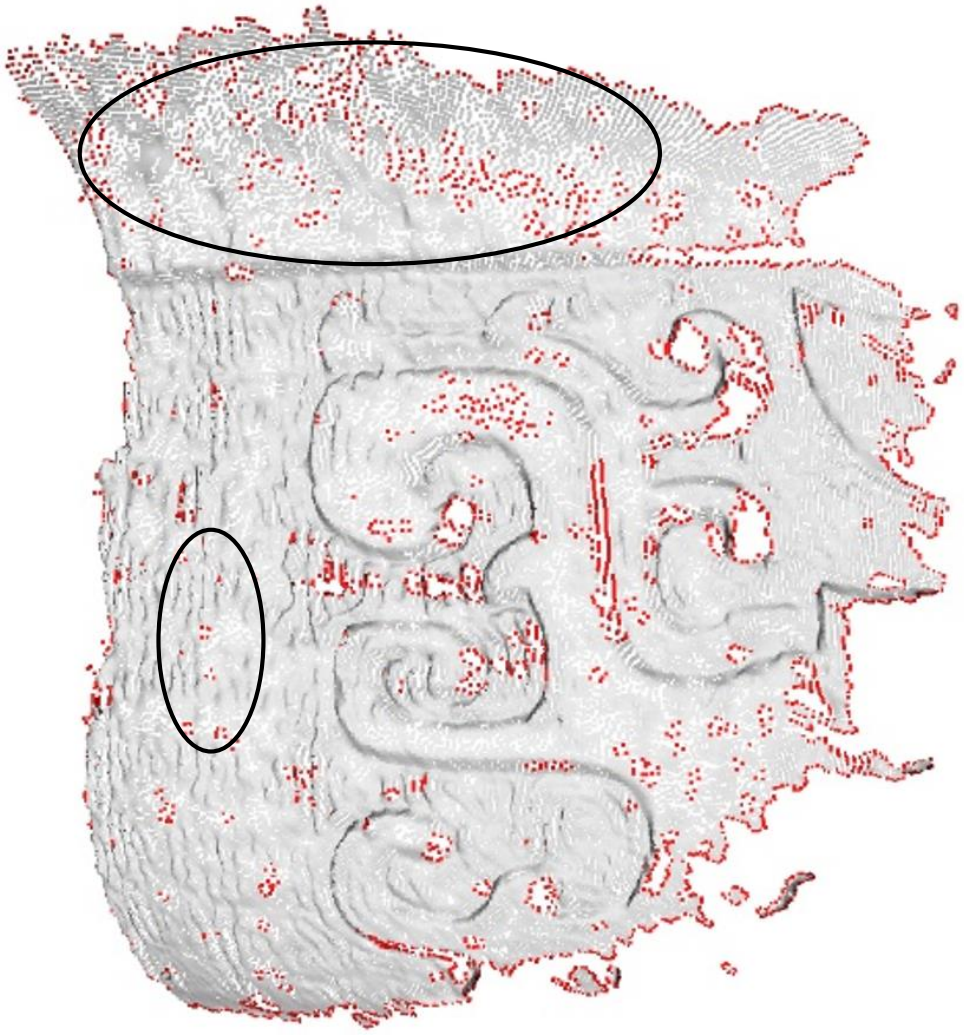
スキャンのやり直し

欠損検出結果の一例

点群（スキャナーデータ）の欠損検出



Bendelsらの手法



提案手法

（パラメタの制御が容易・高速）

G. H. Bendels, R. Schnabel, and R. Klein: "Detecting Holes in Point Set Surfaces", The Journal of WSCG,Vol.14, pp.89-96 (2006)

まとめと今後の展開

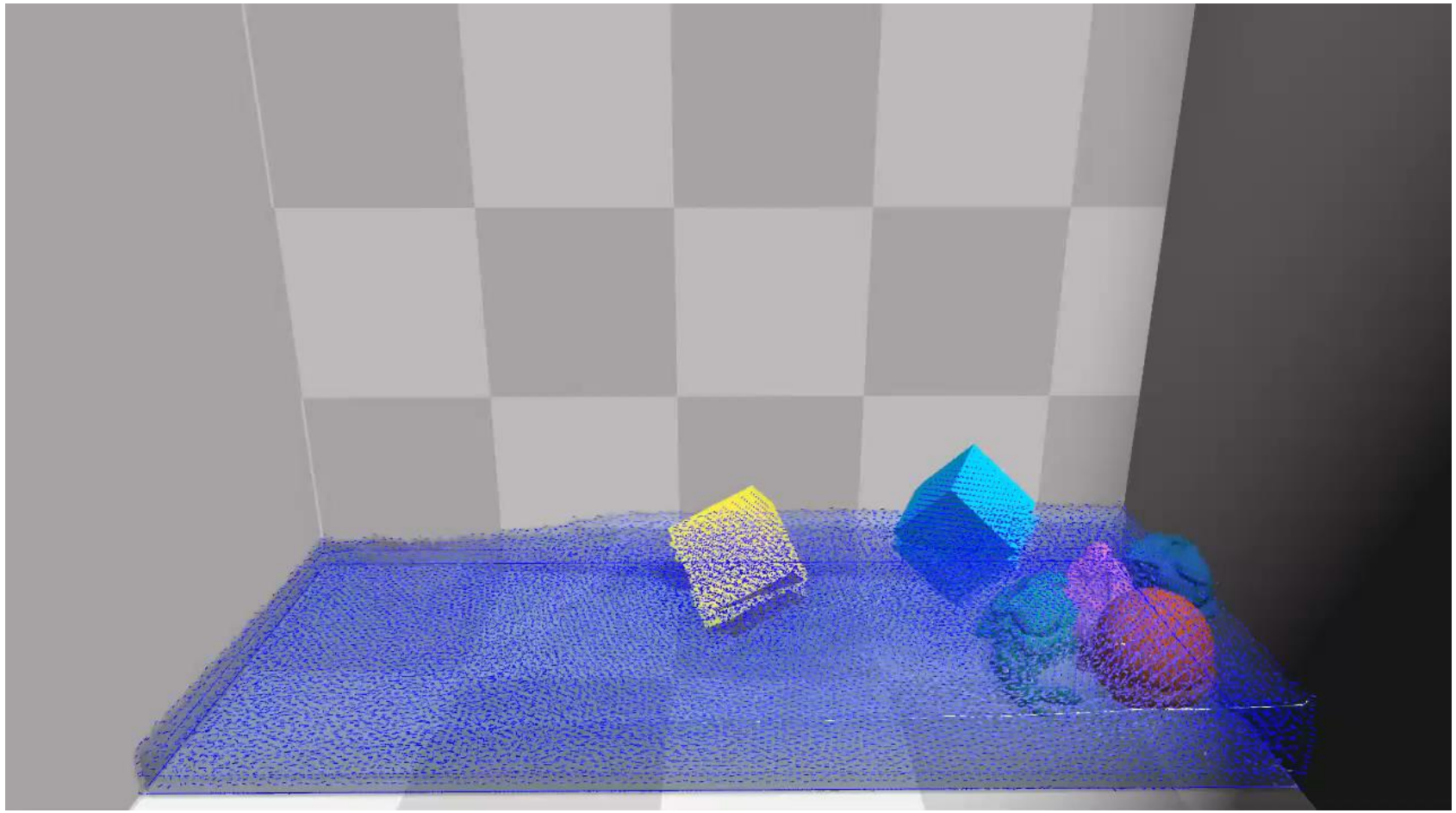
3次元CGやXRを用いる教育システムを開発

仮想空間構築 ～ 3次元スキャナーの活用が考えられる

教育システムでは様々な要因からシステム形態を検討する必要がある
要因：実験の目的、 実験内容、 修得させるスキル、 実施形態の優先度など

HMD、立体音響、ハプティックデバイス、モーションキャプチャ
オンライン会議ツール、メタバースなど
・リアルタイム物理エンジンの活用

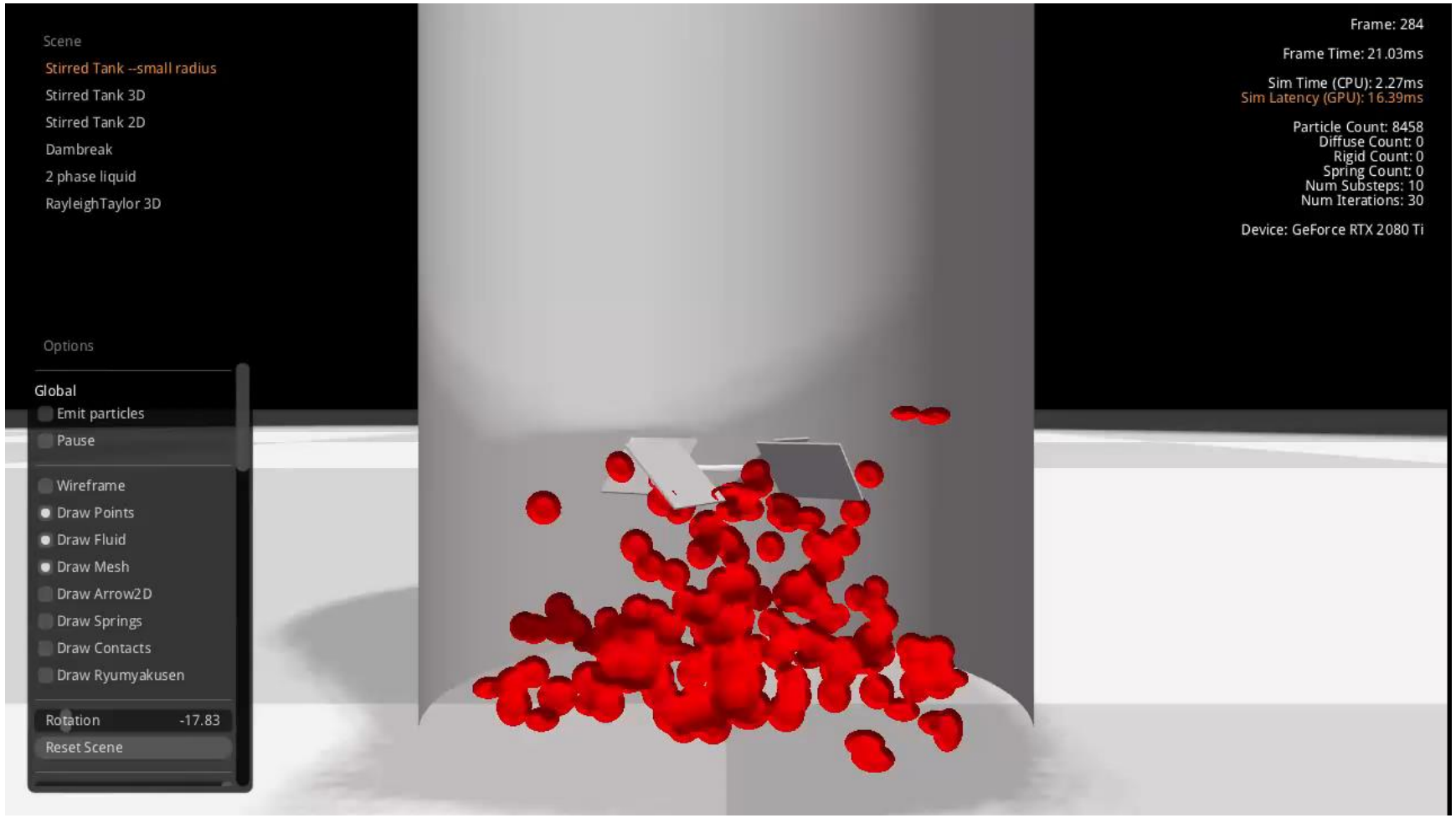
まとめと今後の展開



NVIDIA Flex

まとめと今後の展開

撹拌装置のリアルタイムビジュアルシミュレーション



NVIDIA Flex

まとめと今後の展開

3次元CGやXRを用いる教育システムを開発

仮想空間構築 ～ 3次元スキャナーの活用が考えられる

教育システムでは様々な要因からシステム形態を検討する必要がある
要因：実験の目的、 実験内容、 修得させるスキル、 実施形態の優先度など

HMD、立体音響、ハプティックデバイス、モーションキャプチャ
オンライン会議ツール、メタバースなど
・リアルタイム物理エンジンの活用

今後の展開 ～ 時間や場所、費用にとらわれない体験型教育システム
（分野を問わない工学実験システム）の開発と教育効果を評価する。
教育現場への導入を目標にシステム公開をする。

ご清聴ありがとうございました