

大学等におけるオンライン教育とデジタル変革に関するサイバーシンポジウム
「教育機関DXシンポ」

オンライン工学実験における リアルタイム・コミュニケーションツールとWebXRの導入

– Introduction trial report of real-time communication tools and WebXR
for online engineering experiments in KOSEN, Japan –



令和4年6月10日(金)

独立行政法人国立高等専門学校機構
教授・情報総括参事 杉本 和英

オンライン／オンデマンド工学実験実施例(前回報告分)

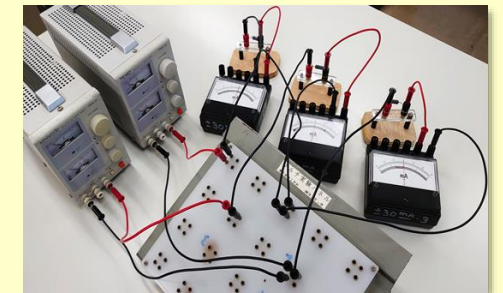
工学実験のオンライン／オンデマンド実施によるテーラーメイド型教育を試行

cf. 第25回「教育機関DXシンポ」(2021.01.29)

工学実験のオンライン／オンデマンド実施の導入による高専教育の高度化に向けた一アプローチ

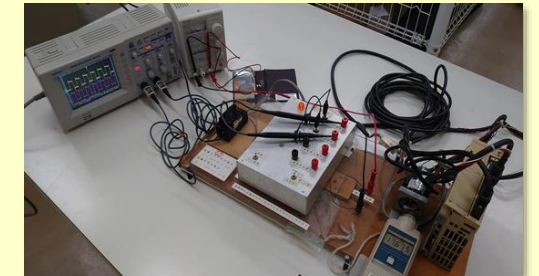
佐世保高専電子制御工学科 坂口先生, 手島先生との連携(同学科の2年生, 5年生の工学実験にて実施)

- ① 2年生に対する, 重ね合わせの理の実験
オンライン実験実施時には,
オンキャンパスでの工学実験も未経験



2年生の実験環境例

- ② 5年生に対する, サーボモータの速度制御実験
オンキャンパスでの工学実験は豊富



5年生の実験環境例

各実験に対してGoogle Classroom上にClassを作成し実施



テーラーメイド型教育の実践例として効果を確認

個々の学生の理解度に応じた個別最適化対応として有効

- ☆ 個人で取組むことを通じて学びの達成感が高まり自信につながる
- ☆ 考察点・総合点共に向上

- 繰り返し参照可能なオンデマンド・コンテンツを提供
(計測データの整理や考察時にも有効)
- 学生個々の進捗度合いに応じて取組みが可能
- 時間割のコマ内には、リアルタイムで質問を受け付け

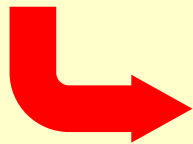


アンケートより抽出された要改善項目(1)

自由記述による学生からの意見より

- 分からない時に, 人に聞けない(2年生)
- 人に聞けないのは厳しい(5年生)
- 話し合う方が正確性や効率が高まると思う(2年生)
- 複数人で計測結果を確認し合えないので不安(2年生)
- 自分のデータのまとめ方や導出結果が正しいのか不安(2年生)
- グループワークではないので, 学生間で情報交換がし難い(2年生)
- グループの方が分からない箇所をすぐ聞けるので理解し易い(5年生)

☆ 教え合いによる, 分析・考察の正確性・妥当性に対する不安の払拭



- コミュニケーションツールの活用
- 進捗状況のリアルタイム把握に基づく適切な指導

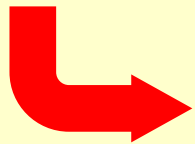


アンケートより抽出された要改善項目(2)

自由記述による学生からの意見より

- 実際に触っていないから実感がわからない(2年生)
- 実際に実験した方が、実験の準備・方法などは身につくと思う(2年生)
- 実際に操作しないと、操作方法等分かり辛く身につかない(5年生)
- 見た時には理解しても、忘れてしまい易い(5年生)
- 失敗パターンから解決するための考察ができないので物足りない(5年生)

☆ WebXRの導入による、仮想実験環境を構築



- 仮想空間中での実験機器の操作を通じて、
機器操作を仮想体験(実機を操作する際の適応力を修得)



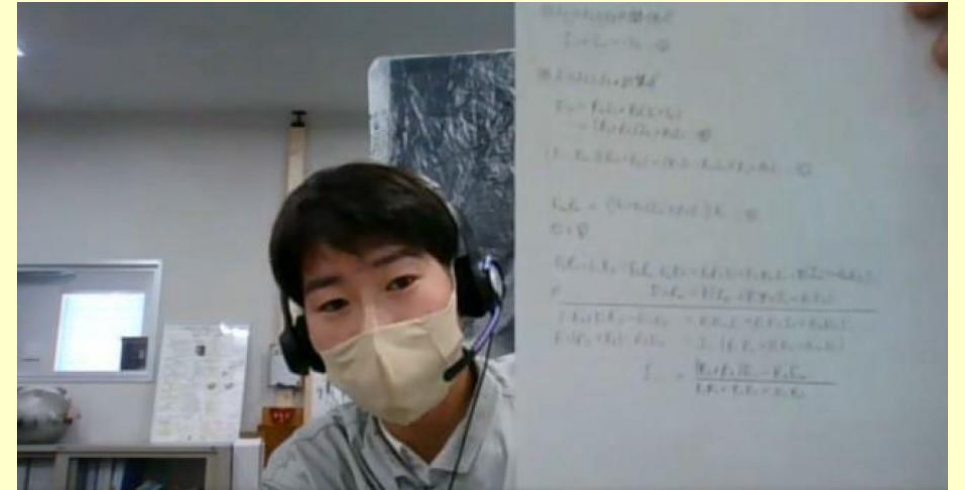
改善項目(1):コミュニケーションツールの導入

オンライン工学実験: 時間割で定められた時間帯に実施

教員を含む学生グループ間で、
オンラインで実験中はGoogle Meetにて常時接続

特に、実験スキルが低い学生に対しては、
学生間のリアルタイムコミュニケーションは、
不安の解消と理解の向上に効果的

※ 特に、Google Meetの利用方法等についての指示はせず実施



手書きメモを示しながらグループメンバーと情報共有・意見交換する様子
(発信者の画面キャプチャ例)



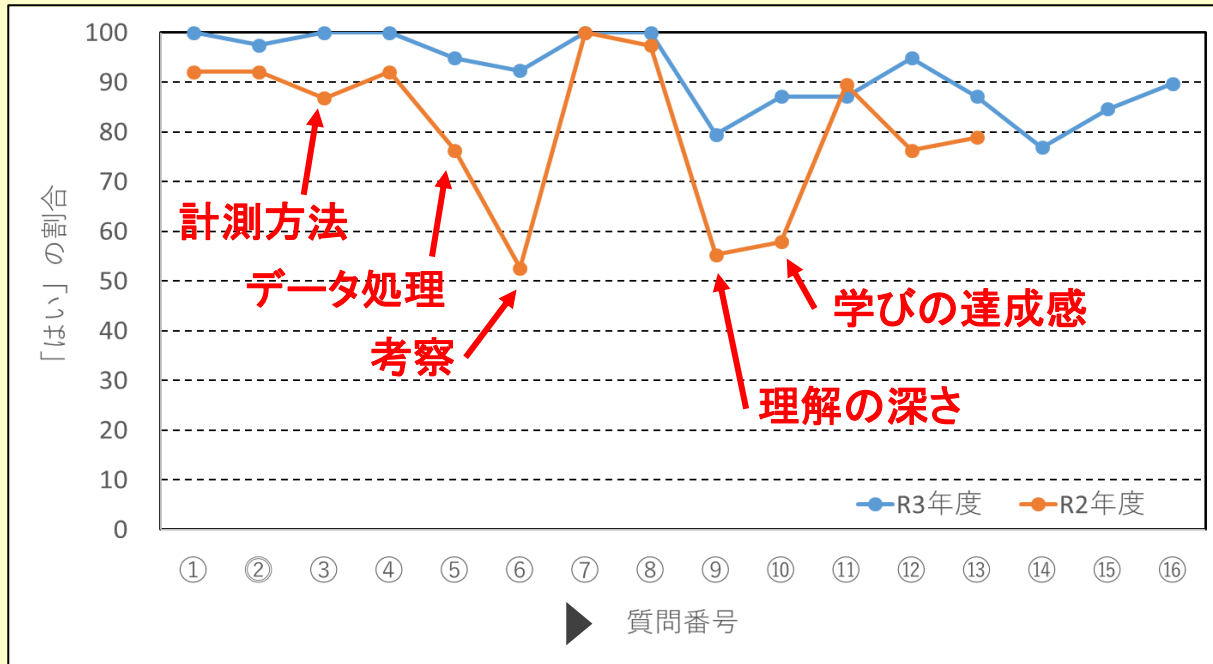
コミュニケーションツール導入後のアンケート項目

- 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計測機器の扱い方、機器等の接続方法を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実験の記録すべき計測データは、データ計測動画から取得できたか。
- 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考察に対する解答は、実験に関する動画や資料を基に導けたか。
- ⑦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。
- ⑧データ計測動画や資料をいつでも見ることができる環境はデータ処理の理解に役立ったか。
- ⑨個人単位でデータ計測等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。
- ⑩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。
- ⑪オンラインによるレポートの提出は、フィードバックが早いので、レポートの質がより高まると思うか。
- ⑫実験動画を事前に見ておくことで効率的に実験に取り組むことができ、実験の理解が深まると思うか。
- ⑬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。
- ⑭オンラインでつながりながら実験を進めることは、実験の原理などを理解する上で役に立ちましたか？
- ⑮オンラインでつながりながら実験を進めることは、データ処理や分析、考察の記述に役に立ちましたか？
- ⑯オンラインで教えあったり、質問しあったりできる環境は実験の理解に役立ちましたか？

※ ⑭～⑯は、昨年度の新規追加項目（他の項目は一昨年度と同一）



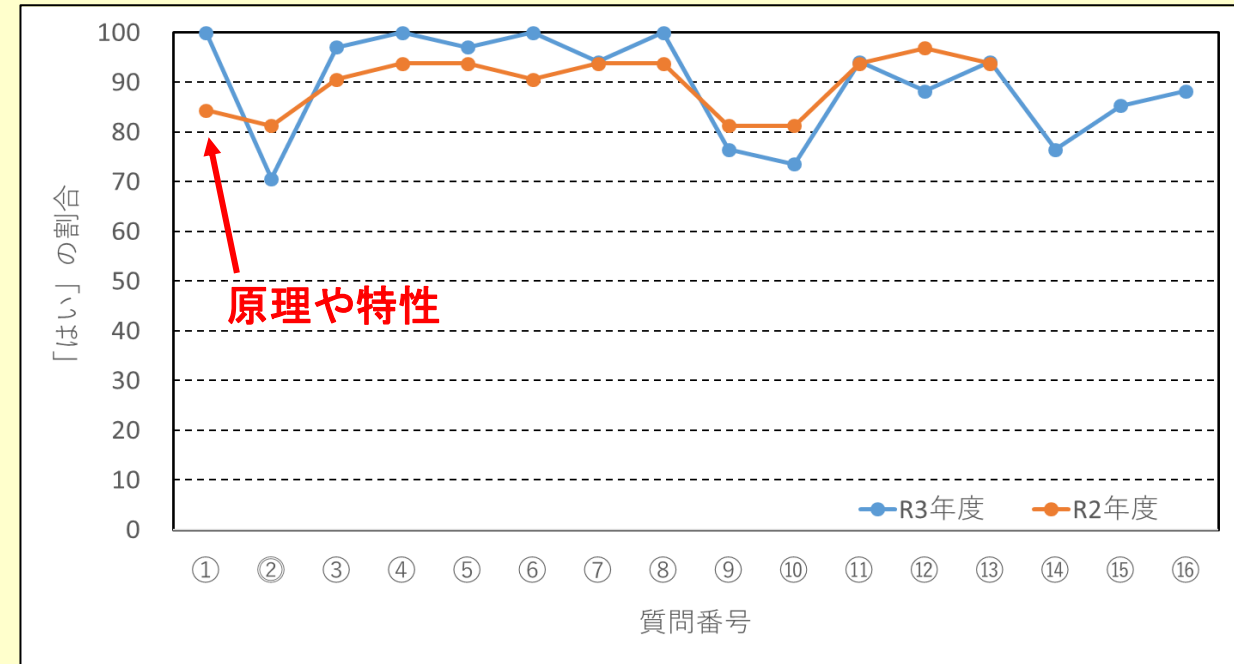
前年度とのアンケート回答内容の比較



2年生に対する、重ね合わせの理の実験

実験スキルが低い学生に対しては、リアルタイムコミュニケーションの導入は効果的

全体的に高評価の割合が増加



5年生に対する、サーボモータの速度制御実験

実験スキルが高い学生に対しては、原理や特性の確認面で効果的

一部に対して有効性を確認



アセスメント結果の比較

同一教員による同一内容の工学実験に対するアセスメント結果比較
(2018～2019年はオンキャンパス実施, 2020～2021はオンライン実施)

レポート評価における考察点(30点満点)／総合評価点(100点満点)

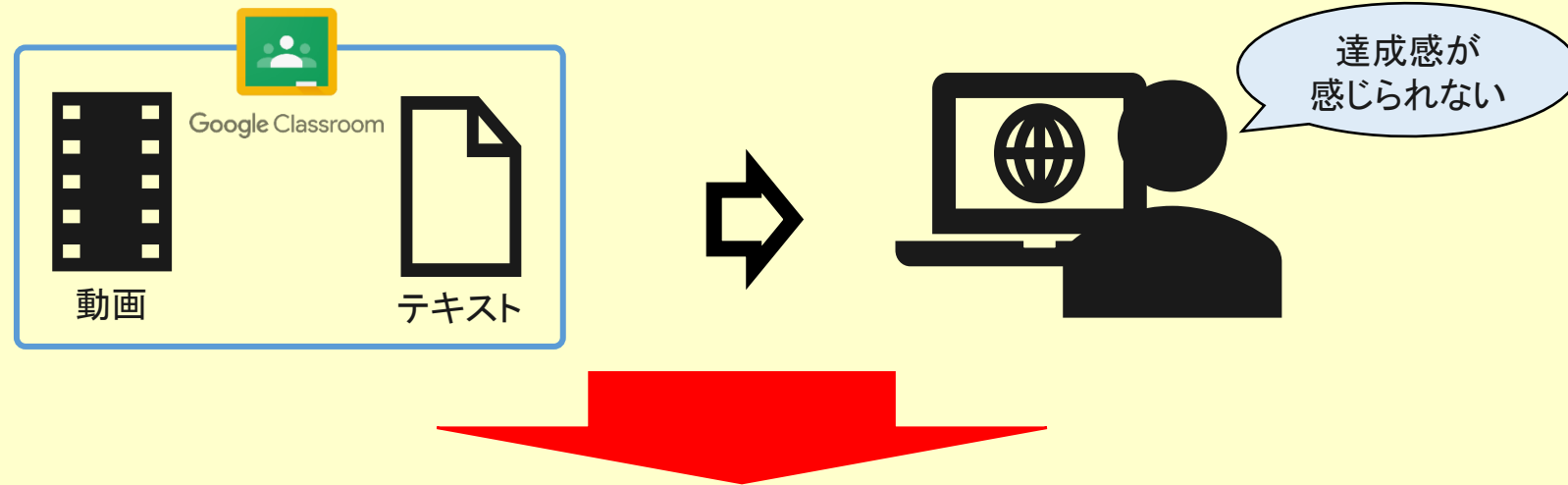
学年	平均・標準偏差	2018年度 考察点(30)／総合点(100)	2019年度 考察点(30)／総合点(100)	2020年度 考察点(30)／総合点(100)	2021年度 考察点(30)／総合点(100)
2年	平均	17.4 / 82.3	17.2 / 82.7	<u>22.1</u> / <u>87.4</u>	<u>20.6</u> / <u>85.0</u>
	標準偏差	5.4 / 8.2	5.94 / 9.3	6.0 / <u>12.0</u>	3.9 / <u>10.2</u>
5年	平均	11.9 / 79.7	12.8 / 81.5	<u>15.6</u> / <u>83.0</u>	<u>20.5</u> / <u>86.5</u>
	標準偏差	5.1 / 8.1	4.12 / 6.8	5.72 / <u>10.3</u>	4.4 / 7.2

← オンキャンパス実施 → ← オンライン実施 →



改善項目(2): WebXRの導入

解決課題: 実機を扱わないことによる**達成感**や**満足度**の低下



☆ WebXRの導入による, 仮想実験環境を構築

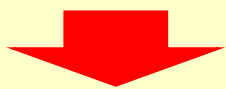
仮想空間中での実験機器の操作を通じて,
機器操作を仮想体験(実機を操作する際の適応力を修得)

WebXR (Webブラウザ上でのXR表現)の導入

今回は, XRとしては, VR(仮想現実感)技術に基づき
「仮想空間に現実と本質的に同等の環境を構築」することとした。

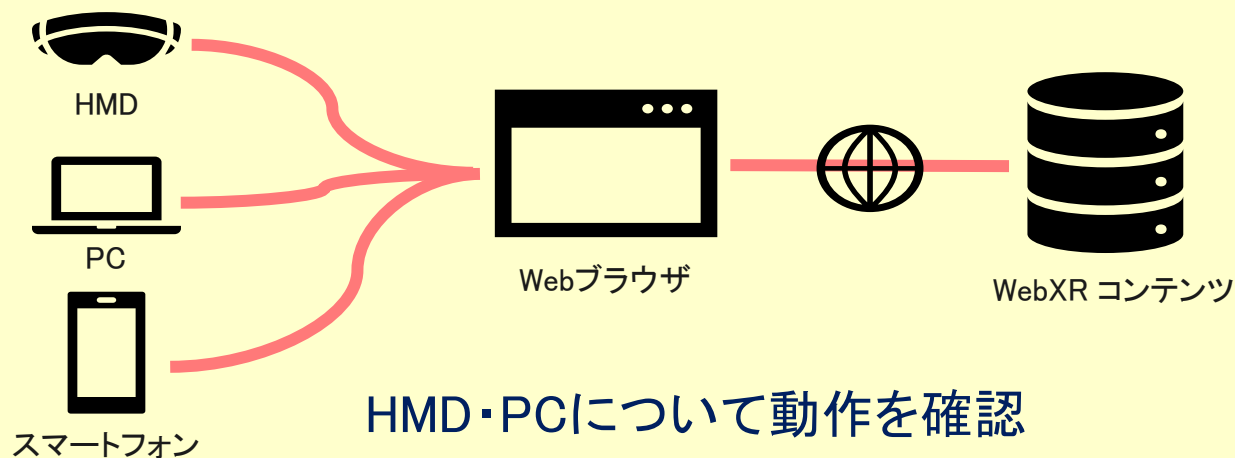
《留意点》

- HMDの長時間装着による**VR酔い**
- 3D空間中の視点移動による**映像酔い**
- **導入コスト**



《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
- ブラウザ上で動作



PC上での使用を想定し開発



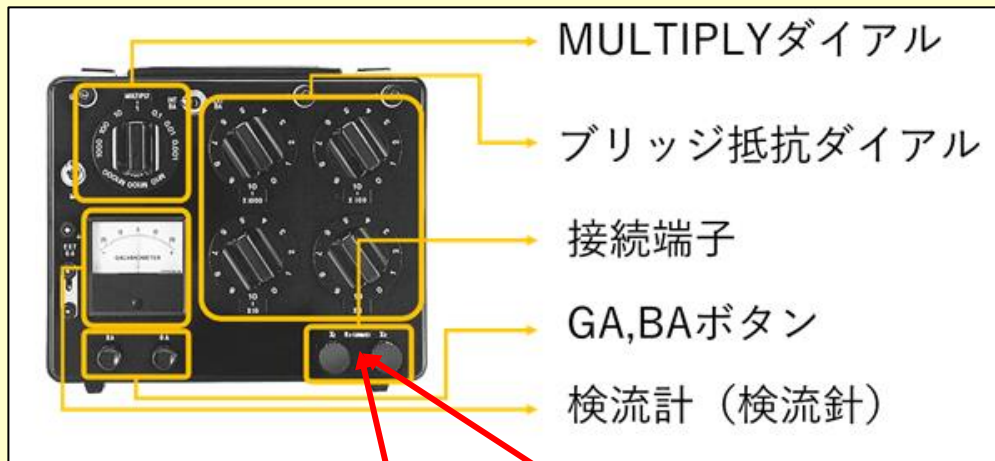
WebXR 工学実験システム

「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



携帯型ホイートストンブリッジのモデルイメージ



Wheatstone Bridge



Bird's-eye view



Top view

仮想化された携帯型ホイートストンブリッジのモデル



WebXR 工学実験の実施方法(1)

実験の準備	
実験の受け方	最終編集: 2021/11/11
実験書&実験結果記録シート	最終編集: 2021/11/12
実験の説明動画	
実験の目的と原理	最終編集: 2021/11/11
計測機器の扱い方	投稿日: 2021/10/21
実験方法	投稿日: 2021/11/11
実験ソフトウェアの使用方法和実験	
実験ソフトの使用方法	最終編集: 2021/11/18
実験結果 & 考察の提出	
実験記録シートの提出	投稿日: 2021/11/11
実験結果 & 考察	投稿日: 2021/11/11
実験後アンケート	
アンケート	投稿日: 2021/11/12

実験の受け方

ホイトストンブリッジの抵抗測定実験では半導体により実験を進める。

また、今回の実験ではソフトウェアを用いるため、デスタによる未知抵抗の測定は省略する。

実験結果記録シートは実験終了後、Wordファイルで提出すること。

以降、

- 実験の説明動画
- 実験ソフトウェアの使用方法和実験
- 実験結果 & 考察の提出

の順で実験を進めてください。

なお、動画の途中で実験記録シート内の問題が出現されますので、都度回答しながら実験をしてください。

2S 工学実験 ホイトストンブリッジによる抵抗の測定の実験
実験結果記録シート

出席番号 _____ 名前 _____

①「実験の目的と原理」の項目で指示された設問に対する回答を記入してください。

実験の説明動画

実験の目的と原理

計測機器の扱い方

実験で使用する計測機器の扱い方についての説明動画です。
動画視聴後、実験結果記録シートの②に、以下の質問の回答を記入してください。
【質問】この実験で使用するデジタルマルチメータは、どのような値を計測できるか答えてください。

ホイトストンブリッジ...
動画

資料を表示

Google Classroom にて
オンデマンドコンテンツを
オンライン提供

- ・実験の流れの説明
- ・資料の配布

- ・質問の内容を記録シート
に回答後提出させる

- ・目的・原理等の理解を促す
ために簡単な質問を設定

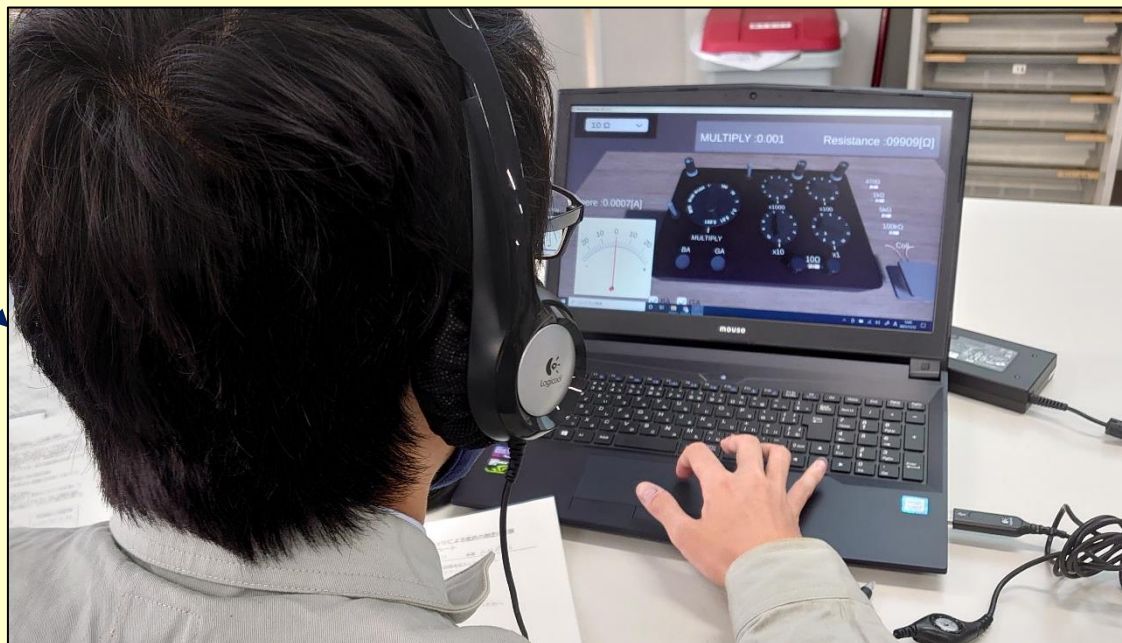


WebXR 工学実験の実施方法(2)

実験の準備	
実験の受け方	最終編集: 2021/11/11
実験書&実験結果記録シート	最終編集: 2021/11/12
実験の説明動画	
実験の目的と原理	最終編集: 2021/11/11
計測機器の扱い方	投稿日: 2021/10/21
実験方法	投稿日: 2021/11/11
実験ソフトウェアの使用法と実験	
実験ソフトの使用方法	最終編集: 2021/11/18
実験結果 & 考察の提出	
実験記録シートの提出	投稿日: 2021/11/11
実験結果 & 考察	投稿日: 2021/11/11
実験後アンケート	
アンケート	投稿日: 2021/11/12

下記2形態による利用方法を提供

- 1) Webサーバの利用と
- 2) PCにソフトをダウンロードして利用



- ・実験の実施
- ・実験記録シートへの記入



WebXR 工学実験画面例



評価アンケート結果(1)

設問: 「はい(肯定)」「いいえ(否定)」の2択による回答と自由書式のコメント		「はい」の割合
1)	実験の原理や特性について説明動画で理解できたか.	97.3%
2)	計測機器の扱い方, 機器等の接続方法を説明動画で理解できたか.	100%
3)	実験内容, 計測方法について説明動画で理解できたか.	100%
4)	WebXR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.	100%
5)	計測(取得)したデータは, 説明動画を基に処理できたか.	97.3%
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.	100%
7)	データ計測動画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.	100%
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.	83.8%
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)	今後の実験の実施形態として, 事前に実験準備部分の動画視聴や資料閲覧をすることや, XR(VR)システムで予習しておくことで, 実験時間内での準備時間を削減し, レポート作成や分析・調査に充てることで効率化に加え, 理解が深まると思うか.	94.6%
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.	97.3%
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.	100%

回答総数: 37



評価アンケート結果(2)

番号	前年度の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、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%

「はい」=1点、「いいえ」=0点とし、t検定、有意水準0.05、両側にて、有意差が認められる(P値<有意水準)ことを確認
 9)0.0001, 10)0.025, 11)0.0143



評価アンケート結果(3)

番号	自由書式コメント
9)	実機による実験と同等に学べると思った 仮想環境での実施といえども、実験をした気分になれた
10)	理解に困らないのでスムーズに作業が進められると思う 普通の実験では説明や準備に多くの時間がとられている
11)	普通の実験では説明や準備に多くの時間がとられている 操作方法が分かり易く、実験し易かった

- ・ 実際の実験道具と同じような使い方だったため、分かり易かった。
- ・ 実際の操作に近い形式でありながら、実機よりも操作がし易かったため、データの取得が楽だった。

 WebXRシステムの対話的操作を円滑に行えたことがうかがえる



アセスメント結果

学年	平均・標準偏差	2020年度	2021年度
		考察点(30)／総合点(100)	考察点(30)／総合点(100)
本科2年	平均	21.6 / <u>86.9</u>	24.1 / <u>93.4</u>
	標準偏差	4.7 / <u>8.1</u>	3.9 / <u>4.9</u>

成績の平均は、前年度のオンキャンパス実施時(グループで機器1台を共有)と比較し、考察点・総合点共に向上。オンデマンド教材と個人毎にデータ取得することにより、理解度に加えて、達成感も向上。

標準偏差も、前年度と比較して小さい値を示している。
理解度の向上により、成績のばらつきを低減できたものと考えられる。



御視聴ありがとうございました



独立行政法人国立高等専門学校機構

参考文献:

[1] K.Sugimoto, Y.Teshima, A.Sakaguchi, "A Step Toward a Tailor-Made Education Realization for Engineering Experiments With Online/on-Demand Approach", IEEE International Conference on Engineering, Technology & Education (TALE2021), pp.797-802, Dec. 2021.

別添 (WebXR 工学実験システム例)

ホイートストンブリッジによる抵抗の測定

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K₁、K₂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。

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

P、Q、Rが既知であるならば、Xは次のように求められる。

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

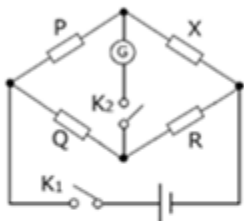


図1 ホイートストンブリッジの原理

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ダイヤ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、未知抵抗計端子に接続する。

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 (テスト)
- (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

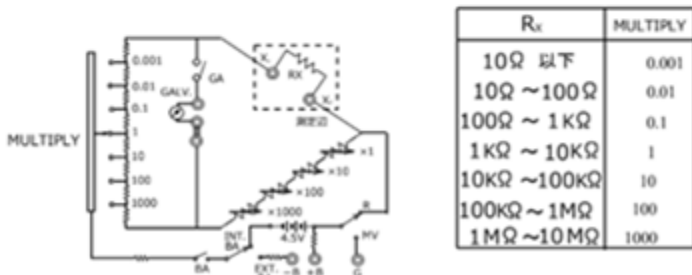


図2 抵抗測定回路

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R x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) R x端子に接続された未知抵抗R xの大略の値により MULTIPLYダイヤルを表1に基づいて選ぶ。
- (4) R xの大略の値を求めるには回路計 (テスト、オーム計、マルチメータなど) を用いる。
- (5) 測定辺 (平衡辺) ダイヤルを仮に 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、測定辺ダイヤルの値を増やして、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ヤルの値を減らして、検流計を0にする。
- (6) 測定辺ダイヤ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。

$$R_x = \frac{P}{Q} \cdot R$$

(MULTIPLYダイヤルの指示) × (測定辺ダイヤルの指示の和)

- (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R x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 (押し)、GA、BAの順序で開く (引き))。
- (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 (種類、W&Ω)	P/Q (MULTIPLY値)	平衡辺 R (Ω)			供試抵抗Xの測定値 X=(P/Q)・R (Ω)
		1回目	・・・	10回目 平均	

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。

