

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 6 年 6 月 10 日現在

機関番号：16201  
研究種目：若手研究  
研究期間：2020～2023  
課題番号：20K14084  
研究課題名（和文）大学の異分野連携機能・地域連携機能を強化する仮想ワーキングスペースの開発

研究課題名（英文）Development of a virtual co-working space to enhance inter-disciplinary collaboration and community engagement at the university

研究代表者  
米谷 雄介（Yusuke, Kometani）  
香川大学・情報化推進統合拠点・准教授

研究者番号：00735144  
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、協働活動における時間的・空間的制約を緩和し、相互啓発的な学びを促進する仮想学習環境を開発した。その特徴は(1)仮想空間でつながり協働できること、(2)参加者の行動データを元に協働活動を仮想空間に再現できること、(3)再現された協働活動を振り返り、任意の位置・時刻に参加者が行動意図を付与できること、(4)行動意図を相互に共有でき新たな視点が獲得できることである。開発システムを試用しつつ、様々な文脈での可視化方法を検証をおこない、多様な視点を共有することで参加者の相互啓発的な学びを促進できることなどを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義  
地域の課題やニーズが多様化、個別化する中で、多様な主体が目的意識を共有し、対等の関係のもとに連携し課題解決にあたる協働の重要性が高まっている。大学・地域を跨いだ異分野協働活動に向けた協働スキル育成を支援する研究は少なく、またそのアプローチとして仮想空間における行動履歴を活用している点に本研究の独自性がある。協働活動の一つであるゼミはその多様性から、ゼミ間での学習履歴のデータ連携・統合や、比較分析が困難であったが、本研究では行動意図を共有することによる相互啓発的な学びを支援しており、行動意図を共有することによる新たな視点の獲得を体系化することによって異分野協働による学びを捉えることに寄与する。

研究成果の概要（英文）：In this study, we have developed a virtual learning environment designed to mitigate temporal and spatial constraints in collaborative activities and to promote mutual enlightening learning. The distinguishing characteristics of this system are (1) the ability to connect and collaborate in a virtual space, (2) the ability to recreate collaborative activities in the virtual space based on behavior data of participants, (3) the ability for participants to reflect on the recreated collaborative activities and add their intentions at any location and time, and (4) the ability to mutually share these intentions and gain new perspectives. By testing the developed system and examining visualization methods in various contexts, we clarified that sharing diverse perspectives can promote mutual enlightening learning among participants.

研究分野：ナレッジマネジメントシステム

キーワード：仮想学習環境 協働活動 協働学習 ゼミ活動 学習分析 学習評価 XR

## 様式 C-19、F-19-1 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

#### (1) 協働スキル育成における課題

地域の課題やニーズが多様化、個別化する中で、異なる主体が目的を共有し、対等な関係で連携して課題解決に取り組む協働の必要性が高まっている。高等教育機関には、こうした協働スキルを養う機会や場が求められている。しかし、実際には学年が上がるにつれて専門教育の比重が増し、専門分野に閉じこもる傾向がある。その原因として、カリキュラムなどの制約から異分野協働型の授業運営が難しいことが考えられる。

#### (2) ゼミ活動を通じた協働スキルの育成

ゼミはカリキュラムの制約が比較的少ないため、異分野のゼミ同士で人材が交流する機会や場を設けることで、協働スキルを育成することが可能である。しかし、同じ専門分野内でのゼミ間交流は見られるものの、異分野間（例えば、工学と法学など）のゼミ間交流はあまり見られない。その理由として、交流の機会を設けるための時間的・空間的制約や、異分野協働の教育的・社会的価値に対する認識不足が考えられる。

#### (3) 相互啓発的な学びを促す仮想協働学習環境の開発

本研究では、複数のゼミが交流する機会を創出するため、時間的・空間的制約を緩和する協働学習用の仮想学習環境（仮想コワーキングスペース）を構築し、学習履歴データを活用した学習評価手法の構築を目指す。また、この環境を大学だけでなく産業界や行政機関にも開放することで、大学が知の拠点としての機能を強化することも念頭に置いている。

### 2. 研究の目的

本研究は、Extended Reality (XR) 技術、行動センシング技術、リアルタイム通信技術を組み合わせた、仮想空間上で複数のゼミが交流できる仮想コワーキングスペースを構築することを目的とする。本環境の利用者は XR ヘッドセットを装着し、仮想空間上で協働活動をおこなう。活動中に参加者がおこなった様々な行動を学習履歴としてデータベースに蓄積し、これを協働活動の学習評価に活用できるようにする。

本研究の中心となる学術的な「問い」は、「協働活動の学習評価に適した行動履歴データとは何か？」である。仮想空間を活用することで協働活動の行動履歴データを逐次記録し、どのようなデータが協働学習に対して有用であるかを明らかにすることで、協働活動の改善に貢献する。

### 3. 研究の方法

本研究は、以下の手順を進める。

#### (1) 協働活動の経営資源管理機能を備えた仮想コワーキングスペースの開発

XR 技術、行動センシング技術、リアルタイム通信技術を組み合わせて、複数のゼミが協働可能な仮想コワーキングスペースを開発する。近年、インターネットを介して複数のユーザが同一の仮想空間上でコミュニケーションが可能なサービスが提供されているが、これらは複数のゼミのアクセス権限や協働活動支援機能（相互評価等）を考慮していない。本研究では、これらを考慮した基盤から構築する。本環境では、情報共有に必要な資料登録・閲覧機能や評価機能を搭載し、リアルタイム通信技術を利用して音声通話を可能にする。試行として協働活動を実施し、課題の洗い出しと修正を繰り返す。

#### (2) 協働活動における学習履歴・学習ログのリアルタイム記録・再生システムの開発

仮想コワーキングスペースにおいて、時刻やユーザの空間内での位置をリアルタイムに記録する機能を開発する。具体的な行動データとして、身振り手振り、音声通話内容、3D オブジェクト操作を対象とする。これらのデータを後刻再利用・統合することで、過去のゼミ活動を再現できる機能やデータ分析機能を開発する。データ分析に基づき、協働学習における学習評価の可能性を示す。

#### (3) 協働活動の実践に基づく協働学習の学習評価に有用な行動履歴データの充実

実在する利用文脈における協働活動を設計し、さらなる機能の追加をおこなう。協働学習における学習プロセス、学習成果を定義し、協働学習の学習評価および学習支援に有用な学習履歴データを明らかにする。

### 4. 研究成果

#### (1) 研究計画に従う成果

ゼミ活動の経営資源管理機能を備えた複数ゼミ協働用の仮想コワーキングスペースを開発した。当初の計画に加えて、BIM (Building Information Modeling) を取り込んで仮想空間で活用する BIM 登録機能や、ビデオコンテンツや 360 度ビデオコンテンツを仮想空間に取り込むビデオコンテンツ登録機能を開発した。図 1 にログイン機能、図 2 にアバターを示す。本システムの開発には Unity を用いた。デバイス間のリアルタイム通信技術には Photon Unity Networking 2 (PUN2) を用いた。XR ヘッドセット、PC、スマートフォンなど各種インターフェースを介して仮想空間に接続することができる。図 3 は、コンテンツ管理機能を示す。別途コンテンツ管理システムに登録した各種コンテンツをダウンロードし、仮想空間に表示することができる。

続いて、学習履歴データを収集する機能（協働活動履歴データ収集機能）および収集した学習履歴データを分析・可視化する機能（協働活動履歴データ可視化機能）を開発した。図4は協働

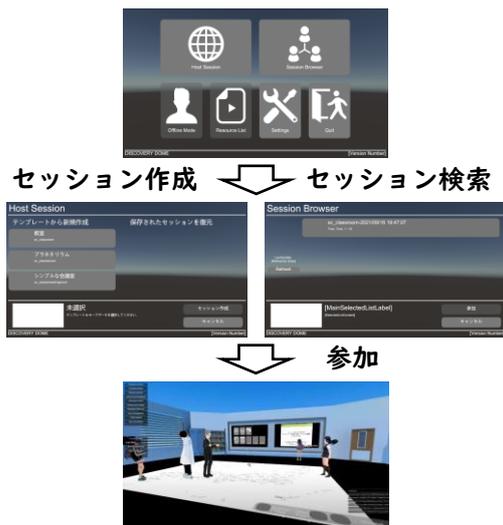


図1 ログイン機能

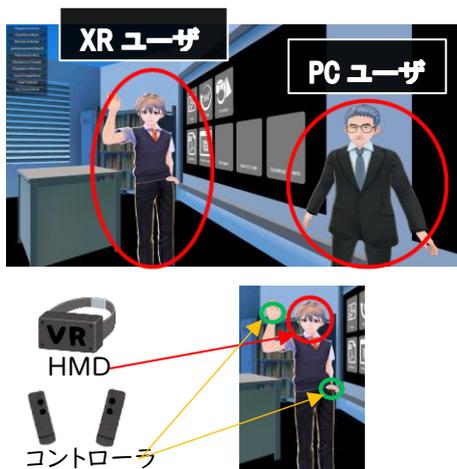


図2 仮想空間におけるアバター

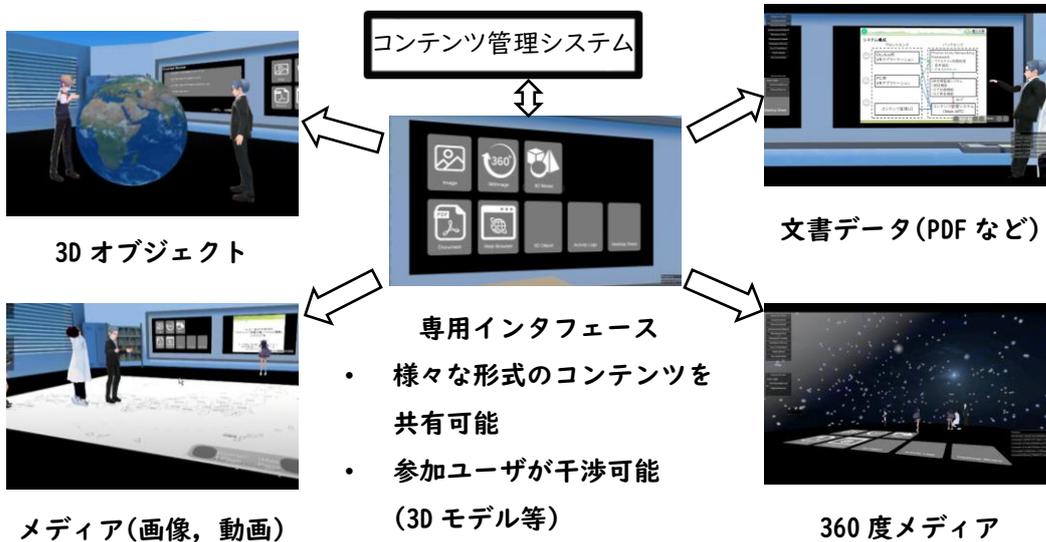


図3 コンテンツ管理機能

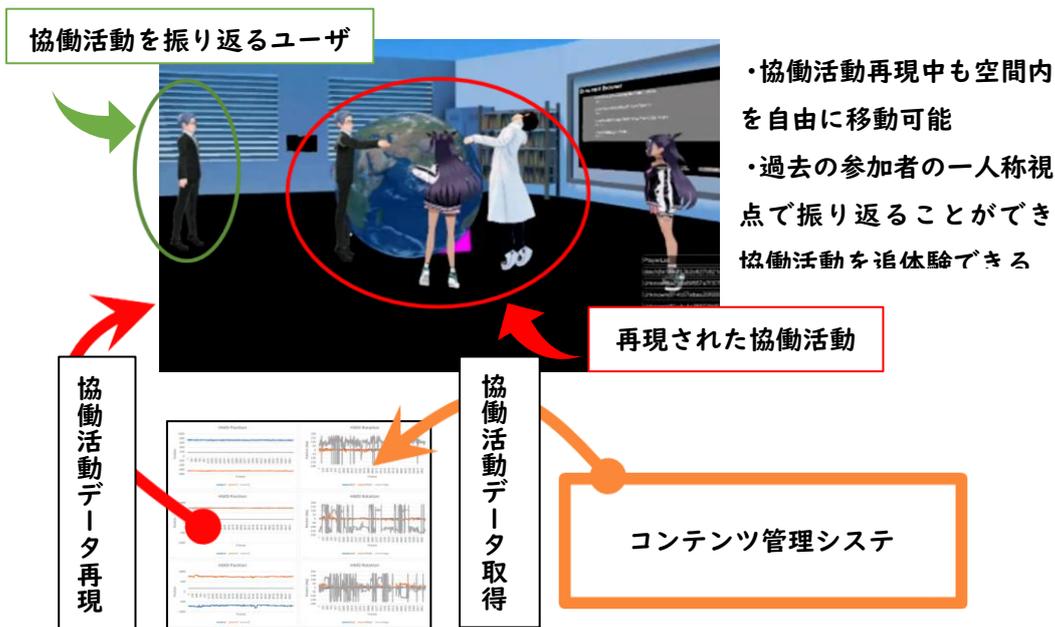


図4 協働活動再現機能

活動履歴データ可視化機能を示す。協働活動履歴データ収集機能によって記録された音声記録データ、行動センシングデータ、3D オブジェクト操作データなど各種行動データを元に過去の協働活動を再現できる。協働活動の参加者は再現された協働活動を様々な視点から振り返ることができる。図5に発話内容検索機能を示す。事前に音声記録データを時刻と対応づける形で文字起こしをおこない、形態素解析を用いてワードの出現頻度やワードの出現位置を特定する。これらの情報を検索インタフェース上に提示する。参加者は気になるワードを選択し、シークバーで協働活動の再現開始時刻を変更することができる。これにより、振り返るポイントを選択できるようにした。図6にコメント登録機能を示す。振り返りをおこなう際に、協働活動で参考になったことや改善点をコメントとして残すことができ、これらをお互いに確認し合うことによって他者の観点を知る機会を創出する。



図5 発話内容検索機能

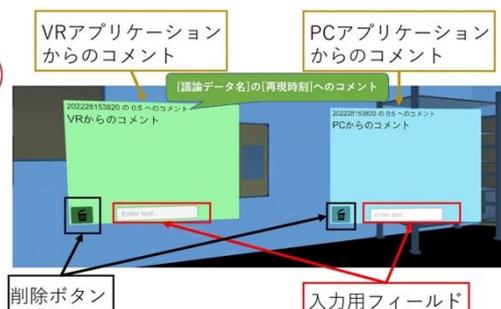


図6 コメント登録機能

最終年度は、協働活動の実践に基づく協働学習の学習評価に有用な行動履歴データの充実に取り組んだ。研究成果を地域課題解決の実践に適用した。地域住民参加型の公共空間デザインを対象活動とし、デザインの観点を相互に学び合い、アイデア創出を促す機能として、デザインの提案理由を5W1Hの観点に分類し、コメントとして協働活動に対応づけて記録する機能を追加した。図7にカスタマイズされたコメント登録機能を示す。

実践は高松市にある多肥コミュニティセンターの協力を得ておこなった。「多肥コミュニティセンターの事務室の再設計」をテーマとして2組のペアに本システムを用いてオフィスの再設計をおこなってもらった。実践協力者は、多肥コミュニティセンターの職員と、香川県内の地域で活動するコミュニティや人を支える活動をおこなっている特定非営利活動法人「わがこと」のメンバーである。図8に事務室の什器等の初期配置を示す。実物の什器によく似た無償利用可能な3Dモデルを集め、コンテンツ登録機能を用いてデータベースに登録した。初期配置を作成するためにMR (Mixed Reality) インタフェースを開発し、事務室において什器に3Dオブジェクトを重ね合わせることで人手により初期配置を生成した。図9、図10に各ペアのデザイン完了時の配置を示す。表1、表2に各ペアが振り返りの際に付与したコメントの観点と内容を示す。ペアAは機能性を重視し、ペアBは広さを重視するなど観点的違いが明らかとなった。一方で、円滑なコミュニケーションは両ペアに共通する観点であることもわかった。このようにアイデア創出過程を振り返り、観点をタグとしてチーム内外に共有することが、他者の観点を参考にしながら新たな観点から課題やアイデアを考えるきっかけになる可能性が示唆された。またタグを集計することによって、課題解決に取り組んだ学習者集団の特徴を分析することが可能になった。本研究により、PBLなどの課題解決を伴う協働学習を分析・可視化することが可能になった。

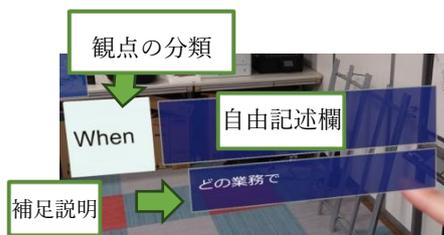


図7 観点がタグ付けされたコメント



図8 事務室の初期配置モデル

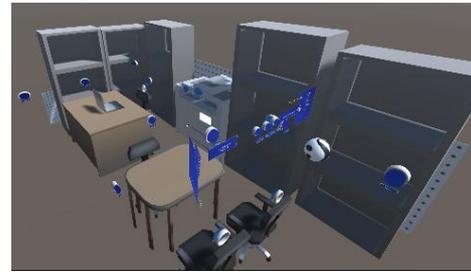
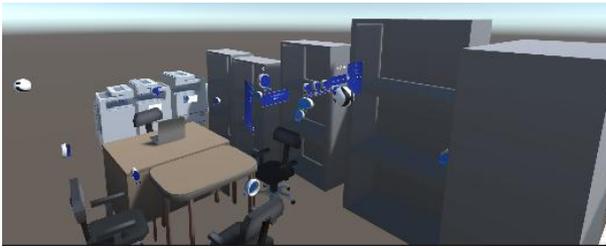


図9 ペア A の実践：デザイン完了時の配置 図10 ペア B の実践：デザイン完了時の配置

表 1 ペア A のアノテーション

カテゴリ	残された場面	コメント
What	コピー機を一行に並べた	コピー機を一行に並べて機能性 UP
Why	棚を一行に並べた	収納物が一目でわからないから
What	テーブルと仕事用デスクをくっつけた	円滑なコミュニケーションのため

表 2 ペア B のアノテーション

カテゴリ	残された場面	コメント
Why	プリンターを移動させたとき	狭いから
What	仕事用デスクを 90 度回転させたとき	応接スペースに背中を向けないように
Why	応接用テーブルとイスを動かしたとき	狭いから
Why	プリンターを 1 つ取り除いたとき	プリンターが多い
What	棚を一行に並べたとき	棚を揃える

## (2) その他の成果

教育モデルおよびその効果測定をおこなうためユースケースを設計し、機能を追加した。本研究は大学の異分野連携・地域連携の推進に有用な仮想学習環境の構築を目指すものであるため、地域住民協働によるスマートシティ推進を対象として、地域人材育成プログラムでの活用を想定した機能拡充をおこなった。具体的にはスマートシティで活用される IoT デバイスを仮想空間上に仮想オブジェクトとして配置可能にし、複数のデバイスを容易に連携させて仮想空間上に IoT サービスを構築可能にするシミュレーション支援環境を追加した。図 11 に仮想センサー、仮想アクチュエータを示す。図 12 にセンサーとアクチュエータを組み合わせる仮想空間に IoT を構築している様子を示す。本機能の追加により、ゼミ活動の学習履歴・学習ログとして、IoT デバイスの操作履歴や IoT サービス構築過程の履歴を残すことや、学習成果物としての IoT サービスとデザイン過程を比較分析することを可能にした。

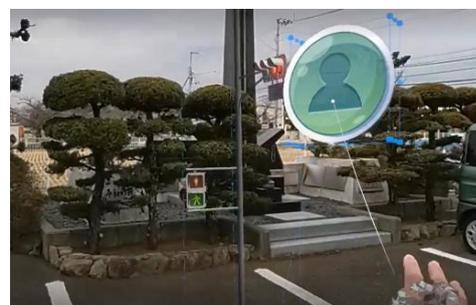


図 11 仮想センサー／アクチュエータ

図 12 人が近づくと信号が変わるシステムの検証

今後の課題としては、上記の協働活動評価項目のアイテムバンクを充実させ、各種協働活動における利用可能性を評価することと、参加者の発言を自動的に収集して解析できるようにすること、そしてそれを振り返る際の観点のリコメンドとして反映させることなどがあげられる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 1件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Yagi Yusuke, Kometani Yusuke, Lee Saerom, Gotoda Naka, Kunieda Takayuki, Yatagai Masanori, Unoki Teruhiko, Yaegashi Rihito	4. 巻 14016
2. 論文標題 Development of a VR Collaboration System to Support Reflection on the Learning Process of Oneself and Others	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Human Interface and the Management of Information. HCII 2023. Lecture Notes in Computer Science	6. 最初と最後の頁 399 ~ 410
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-031-35129-7_29	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 廣瀬雅也, 米谷雄介, 樋川直人, 長坂友則, 李セロン, 山本高広, 高橋亨輔, 後藤田中, 國枝孝之, 紀伊雅敦, 八重樫理人	4. 巻 Vol.37, No.7
2. 論文標題 ローコード・ノーコードツールを用いたオープンデータ/オープンIoTの構築を支援するソフトウェアコンポーネントの開発	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 教育システム情報学会研究報告	6. 最初と最後の頁 135-142
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 福田裕樹, 檜垣大地, 米谷雄介, 谷田貝 雅典, 卯木輝彦, 後藤田 中, 國枝孝之, 八重樫 理人	4. 巻 Vol.121, No.88
2. 論文標題 VRコンテンツのユーザテスト支援機能を備えたVR遠隔共同教育研究環境の提案	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 信学技報	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 檜垣大地, 福田裕樹, 辻 章吾, 米谷雄介, 卯木輝彦, 谷田貝 雅典, 後藤田 中, 國枝孝之, 八重樫 理人	4. 巻 Vol.35, No.4
2. 論文標題 アクティブ・ラーニング型授業の評価改善に向けたVR 遠隔授業評価支援システムの提案	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 教育システム情報学会研究報告	6. 最初と最後の頁 53-56
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 山本隼士, 八木悠介, 米谷雄介, 李 セロン, 後藤田 中, 八重樫理人	4. 巻 Vol. 123, No. 406
2. 論文標題 合意形成による地域づくりに向けた市民共創知を可視化するARコンセプトマップ構築支援環境	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 信学技報	6. 最初と最後の頁 92-99
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 冨原海斗, 六車俊紀, 米谷雄介, 後藤田 中, 李 セロン, 神田 亮, 入江祥太郎, 原井 徹	4. 巻 Vol. 123, No. 406
2. 論文標題 送り出し教育における危険予知訓練に向けた作業者デジタルツイン生成・可視化機能の開発	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 信学技報	6. 最初と最後の頁 121-128
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 八木悠介, 米谷雄介, 李セロン, 後藤田中, 八重樫理人	4. 巻 Vol.38, No.7
2. 論文標題 XRを活用した公共空間デザインにおける他者からの学びに向けたアノテーションシステムの開発	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 教育システム情報学会研究報告	6. 最初と最後の頁 63-70
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 福田裕樹, 檜垣大地, 辻 章吾, 米谷雄介, 谷田貝 雅典, 卯木輝彦, 後藤田 中, 國枝孝之, 八重樫理人	4. 巻 Vol.36, No.7
2. 論文標題 マルチモーダルデータ駆動によるUX改善支援機能を有するVR教育コンテンツ制作支援環境	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 教育システム情報学会研究報告	6. 最初と最後の頁 63-70
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 八木悠介, 米谷雄介, 後藤田 中, 八重樫 理人, 林 敏浩	4. 巻 Vol.36, No.7
2. 論文標題 複合現実を用いたアバター操縦技能訓練システムの構築: リアルタイム振る舞い可視化機能による上達過程の記述的分析	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 教育システム情報学会研究報告	6. 最初と最後の頁 55-62
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 福田裕樹, 檜垣大地, 米谷雄介, 後藤田中, 卯木輝彦, 谷田貝雅典, 國枝孝之, 八重樫理人	4. 巻 Vol.120, No.424
2. 論文標題 地域コミュニティへの参加促進を目的としたVR学習システムの提案	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 信学技報	6. 最初と最後の頁 73-76
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 檜垣大地, 福田裕樹, 米谷雄介, 後藤田中, 卯木輝彦, 谷田貝雅典, 國枝孝之, 八重樫理人	4. 巻 Vol.120, No.424
2. 論文標題 グループ活動の共有に向けた非同期型VRコンテンツ生成機能を有するVRグループ学習システムの構築	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 信学技報	6. 最初と最後の頁 77-82
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 植松祐斗, 米谷雄介, 後藤田 中, 國枝孝之, 八重樫理人	4. 巻 Vol.120, No.424
2. 論文標題 建設業における労働安全訓練に向けた注意力訓練用VRシステムの構築: 安全管理者の教育実践を支援するBIM登録機能およびグループ学習機能の開発学習システムの構築	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 信学技報	6. 最初と最後の頁 87-90
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 宇野光純, 米谷雄介, 後藤田中, 樋川直人, 米丸浩一郎, 高橋亨輔, 國枝孝之, 八重樫理人	4. 巻 Vol.120, No.424
2. 論文標題 地域の課題発見やアイデア創出を支援するためのIoTシミュレーションARアプリの提案	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 信学技報	6. 最初と最後の頁 91-96
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計6件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 八木悠介, 米谷雄介
2. 発表標題 地域IoT実装を主題とする地域共創活動デジタルアーカイブの提案
3. 学会等名 第48回教育システム情報学会全国大会講演論文集
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 細川雄也, 八木悠介, 米谷雄介
2. 発表標題 スマートシティ推進に向けたデザイン思考に基づく地域IoT開発体験用MRシステムの提案
3. 学会等名 教育システム情報学会2022年度学生研究発表会, pp.237-238
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 辻 章吾, 檜垣大地, 福田裕樹, 米谷雄介, 谷田貝 雅典, 卯木輝彦, 後藤田 中, 國枝孝之, 八重樫 理人
2. 発表標題 アクティブ・ラーニング型 VR 授業における授業改善箇所報告共有システムの提案
3. 学会等名 教育システム情報学会2021年度学生研究発表会, pp.207-208
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 福田裕樹, 檜垣大地, 米谷雄介, 卯木輝彦, 谷田貝 雅典, 後藤田中, 國枝孝之, 八重樫 理人
2. 発表標題 香川大学と共立女子大学におけるオンライン異文化・異分野学生交流 v ゼミの実践
3. 学会等名 第45回教育システム情報学会全国大会講演論文集, pp.157-158
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山内真仁, 植松祐斗, 米谷雄介, 後藤田 中, 國枝孝之, 八重樫 理人
2. 発表標題 姿勢推定 AI とVRを活用した姿勢制御スキルの遠隔教育プロセスの提案とその支援システムの構築に向けた基礎的検討
3. 学会等名 第45回教育システム情報学会全国大会講演論文集, pp.155-156
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 檜垣大地, 福田裕樹, 米谷雄介, 卯木輝彦, 谷田貝雅典, 後藤田中, 國枝孝之, 八重樫理人
2. 発表標題 VRゼミとビデオ会議ゼミのマルチモーダル分析に向けた基礎的検討
3. 学会等名 令和2年度電気・電子・情報関係学会四国支部連合大会), p.134
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------