

【研究ノート】

ヘッドマウントディスプレイを活用したメタバース国際協働学修
－学生によるシステム評価の定量的分析－林 雅子^{1)*}, 吉田洋輝²⁾, 大岡 凌³⁾, 鈴木竹洋⁴⁾

1) 東北大学高度教養教育・学生支援機構, 2) 東北大学大学院生命科学研究科,

3) 東北大学大学院情報科学研究科, 4) 東北大学経済学部

本研究は、国際協働学修におけるメタバースの活用について、System Usability Scale (SUS) と協働学修利用システム評価指標 (SES) を基に学生の評価を分析し、その教育への寄与を探求したものである。特に、HyFlex授業におけるメタバースの有効性が示され、ヘッドマウントディスプレイ (HMD) を活用したメタバースが、心理的な壁の感じにくさや同一空間共有感覚や没入感において高い評価を受けることが明らかになった。130名の学生を対象にした国際協働学修において多様なメタバースを導入し、調査を実施した本研究は、オンライン教育へのメタバース導入の有効性を示した。心理的な壁の低減、同一空間共有感覚の向上、没入感の促進といったメタバースの強みは、オンライン授業における学習環境の質を高め、国際教育の促進と発展において重要な役割を果たすことを示唆している。

1. はじめに

2023年4月27日、内閣府は第6回教育未来創造会議において、未来を創造する若者の留学促進イニシアティブ<J-MIRAI>を示した。そこには、日本人学生の派遣方策として1人1台端末を活用した海外とのオンライン交流の促進が示されている(内閣府 2023)。また、教育の国際化としてオンライン等を利用した国際交流を行う学校の割合を、現在の20%から2033年までに100%に引き上げる数値目標が掲げられている。そのため、オンラインを活用した国際交流の教育手法や評価測定方法を学術的に発展させることは、政府の方針を後押しし、貢献し得る重要な研究課題である。

しかし、オンライン会議システム(以下、会議システム)での国際交流より、対面参加を可能とするHyFlex授業の方が学生からの希望が高い(林ほか 2023c: 72-76)。HyFlex (Hybrid-Flexible) 授業は、対面による交流の直接性と、オンラインによる広範な参加の両方の利点を持つ授業形態である¹⁾。そのため、世界の多くの国や地域からの学生との交流を可能にしている。

その一方で、国際交流におけるHyFlex授業には様々な課題がある。先行研究では協働学修においてオンライン参加者がコミュニケーションの際に心理的な壁を感じる点や、会議システムのカメラのオン・オフによる問題が指摘されている(林ほか 2022: 78-86)。

これらの問題を解決しなければ、海外からの学生の参加環境が損なわれ、国内学生の国際教育の機会も限定されることになる。よって、これらの課題の改善が国際交流の進展のために重要であると考える。

このような課題に対応するため、教育現場ではメタバースプラットフォーム(以下、メタバース)の導入が進んでいる。2023年3月28日、文部科学省は「大学・高専における遠隔教育の実施に関するガイドライン」を示した。そこには、「メタバースの導入」と「海外連携」が推奨されており(文部科学省 2023: 5-6)、メタバースを国際協働学修に取り入れた取り組みが先進的事例として取り上げられている(文部科学省 2023: 125-126)。

また、メタバースの導入により従来の会議システムよりもコミュニケーションが取りやすいとの調査や報

*) 連絡先: 〒980-8576 仙台市青葉区川内41 東北大学高度教養教育・学生支援機構 masako.hayashi.c5@tohoku.ac.jp
投稿資格: 1

告がある。神戸大学の臨床医学教育の試みでは、メタバースが会議システムよりもディスカッションを促進する効果があると報告されている（関口 2022）。HMDを用いたメタバースのコミュニケーションにおける利点も指摘されている（長谷川 2022）。多様な言語・文化的な背景をもつ学生が世界の各地から参加し、協働学修を通して学び合う「国際協働学修」における参加形態について調査した先行研究では、会議システムよりメタバースの方が学生の評価が高いという結果が示されている（林ほか 2022: 78-86）。

このように、メタバースの活用は国際教育、遠隔教育や学術分野において大きな可能性を秘めている。しかし、先行研究や当研究では会議システムとメタバースを一括りにして比較されており、学生がメタバースのどのような特徴に着目して、その評価を行ったかは検証されていない。また、当研究ではメタバースの課題が指摘されており、その改善方法としてHMDの導入が提案されている。しかし、HMDが課題の改善に有効かの検証はまだ行われていない。加えて、先行研究では、カメラをオンにした状態とカメラをオフにした状態の会議システムが一括りにされてメタバースと比較されており、区別した状態での評価の違いについて調査されていない。

以上から、メタバースの教育への導入における具体的な利点や技術的な課題について学生がどのような特徴をどう評価しているのかを定量的に明らかにすることが重要である。

そのため、使いやすさを測る指標として定評のある System Usability Scale (SUS) や、オンラインでの協働学修における項目に焦点を当てた協働学修利用システム評価指標などを用いて、メタバース導入の効果と課題を包括的に評価することが求められる。

以上の国際協働学修を取り巻く背景と先行研究の指摘を踏まえ、本研究では、メタバース国際協働学修で利用したシステムに対して学生はどのように評価しているのかというリサーチクエスチョンを設定し、定量的に検証することを目的とする。

具体的には、HMDの装着の有無によってメタバースの利用上の評価に違いがあるのか、カメラのオンとオフによって会議システムの利用に対する評価に違い

があるのか、またこれらの観点の相互の関係も含めてシステムごとの学生による評価の比較分析を行う。

その際、既存の尺度と新たに考案した尺度を用いて、これらの要素に関する定量的な明確化を目指す。

2. 授業方法

2.1 授業の概要及び形態の特徴

本研究は、2022年度前期に東北大学で実施された国内学生と留学生の協働による異文化理解の授業を対象としている。本授業では、日本文化紹介および留学生の母国の文化紹介をテーマとし、留学生20か国26名と国内学生104名が、国境を越えて国際的な協働学修を行った。これには、国内大学コンソーシアムの学生2名がオンラインで参加し、総受講者数は130名に及んだ。

受講者は日本と留学生の母国の文化に関するテーマを自発的に選定した²⁾。グループでの協働学修を通じて、テーマに関する調査を行い、画像・動画やVRカメラを使用した自作動画、留学生の母国の動画などの多様なメディアを駆使して、プレゼンテーションとディスカッションを行った。

本授業は、基本的にHyFlex授業として実施し、対面参加が可能な学生には、対面またはオンラインでの参加が選択できるようにした。対面参加学生も、オンライン参加者と同様に会議システムやメタバースを使用し、その際、彼らには対面参加者同士の過度な会話を避けるよう注意喚起した。加えて、発言者以外はミュートにするよう指示し、ノイズの低減に努めた。

グループワークを中心にした第5～7回の授業では、ノイズ抑制のため、教室参加の国内学生を半数に制限し、翌週には対面参加者とオンライン参加者が入れ替わるよう配慮した³⁾。また、第12回の授業はオンライン授業として実施した。これにより、受講学生全員がオンライン参加の経験をした。

2.2 システムの特性及び利用背景

本授業では複数のメタバースと会議システムを利用した。メタバースプラットフォームは、Gather, Mozilla Hubs, Virbela（以下、順に2Dメタバース（図1）、3DメタバースA（図2）、3DメタバースB（図3）と記載）の3つを利用した。



図1 2D メタバース



図2 3D メタバース A



図3 3D メタバース B

また、3D メタバース A の利用においては、HMD を装着せずに PC 上で利用する場合（以下、単に3D メタバース A と記載）と、HMD を装着して利用する場合（以下、3D メタバース A + HMD（図4）と記載）の2つの方法を用いた。これにより、学生はメタバース内で異なる体験を得ることができた。



図4 3D メタバース A + HMD

2D メタバースは2D のバーチャルオフィスである。アプリのインストール無しで参加可能であり、有償利用により130名が1つのワールドに参加できる。

3D メタバース A はHMD を装着して参加可能な3D のメタバースである。アプリのインストール無しで参加可能であるが、無償の場合ワールドへの参加人数に制限がある。

3D メタバース B は3D のバーチャルオフィスであり、個室でのディスカッションが可能である。有償利用により130名が1つのワールドに参加できる。

会議システムとして、主に Microsoft Teams を利用した⁴⁾。

3. 研究方法

3.1 調査の目的及び観点

本研究の目的は、学生にとっての各システムの使用感と、HyFlex授業における協働学修の課題及び満足度を明らかにすることである。システムの使用感に関しては、「System Usability Scale (SUS)」(Brooke 1996: 47) を用いた。さらに、協働学修におけるシステムの評価に関しては、本研究独自の観点から10項目を選出し、「協働学修利用システム評価指標 (System Evaluation Scale, 以下SESと略す)」を設定した。回答形式はSUS, SES共に同様の5件法（5は「Strongly Agree」、4は「Agree」、3は「Neutral」、2は「Disagree」、1は「Strongly Disagree」）を採用したが、SUSと異なりSESは全て肯定的な質問で構成した。これは留学生を含む回答者の負担を軽減するためである。

3.2 System Usability Scale (SUS) に関して

SUSは英語で開発されている (Brooke 1996: 47) ため、本研究では日本語訳を用意し、学生にはできる限り英語の原文を参照して回答するよう指示した (表1)。日本語訳の作成は、ネイティブスピーカーの確認を経て、日本語英語バイリンガル話者2名の意見を参考にしながら進めた。また、翻訳において意見が分かれる用語には2つの訳語を[]を用いて記載した。

表1 SUS (System Usability Scale) 質問文

| 原文 | 使用した日本語訳 |
|--|------------------------------------|
| ① I think that I would like to use this system frequently. | ① このシステムを頻繁（ひんぱん）に利用したいと思う。 |
| ② I found the system unnecessarily complex. | ② このシステムは不必要に複雑（ふくざつ）だと思った。 |
| ③ I thought the system was easy to use. | ③ このシステムは使いやすいと思った。 |
| ④ I think that I would need the support of a technical person to be able to use this system. | ④ このシステムを使うためには、技術者のサポートが必要だと思う。 |
| ⑤ I found the various functions in this system were well integrated. | ⑤ このシステムの様々な機能がうまく統合されていると思った。 |
| ⑥ I thought there was too much inconsistency in this system. | ⑥ このシステムは矛盾[一貫性がない点]が多すぎると思った。 |
| ⑦ I would imagine that most people would learn to use this system very quickly. | ⑦ このシステムはほとんどの人がすぐに使いこなせるようになると思う。 |
| ⑧ I found the system very cumbersome to use. | ⑧ このシステムは非常に使い勝手が悪いと思った。 |
| ⑨ I felt very confident using the system. | ⑨ このシステムは自信を持って使えると感じた。 |
| ⑩ I needed to learn a lot of things before I could get going with this system. | ⑩ このシステムを使うには、多くのことを学ぶ必要があった。 |

3.3 協働学修利用システム評価指標（SES）に関して

SESの設定にあたり、2021年度のHyFlex授業導入以降の学生のリフレクションやレポートから浮かび上がった課題を中心に検討した。先行研究（林 2022, 林ほか 2022: 78-86）で指摘されている課題も考慮し、協働学修におけるシステム評価に重要な項目を策定した。SUSが機能性や使いやすさ、導入の容易さを測るのに対し、SESではグループワークやディスカッションのしやすさなどのインタラクティブな観点を中心に測定項目を設定した。最終的に、学生の負担を考慮し、10項目に絞った（表2）⁵⁾。

表2 SES (System Evaluation Scale) 質問項目

| 質問文 |
|---|
| ① このシステムはアイズブレイクしやすいと思う |
| ② このシステムはリアクションを伝えやすいと思う |
| ③ このシステムはディスカッションがしやすいと思う |
| ④ このシステムはメンバーとの間に心理的な壁を感じにくいと思う |
| ⑤ このシステムは同一空間にいるように感じやすいと思う |
| ⑥ このシステムはメンバーとの一体感（sense of unity）を感じやすいと思う |
| ⑦ このシステムは没入感（sense of immersion）を感じやすいと思う |
| ⑧ このシステムは臨場感（sense of presence）を感じやすいと思う |
| ⑨ このシステムは見ていて楽しいと思う |
| ⑩ このシステムは使っていて楽しいと思う |

3.4 調査方法

授業全体の振り返りとして、最終授業終了後に質問票調査を実施した。回答は成績とは無関係であり、自由な意見表明を促した。有効回答数は112であった。

SUSでは、会議システム、2Dメタバース、3DメタバースAと3DメタバースBに関する評価を行った。また、HMDを装着して利用した3DメタバースAについては、該当する学生のみに回答を依頼した。

会議システムはカメラのオン・オフがディスカッションのしやすさに影響すると考えられるため、SESではカメラの状態に応じて質問を分けた（以下、カメラオンの状態で利用する会議システムを「カメラオン会議システム」、カメラオフの状態を「カメラオフ会議システム」と記載する）。SUSはシステム自体のユーザビリティに焦点を当てる評価指標であるため、カメラのオン・オフによる区別は設けていない。

SUSの質問項目には、肯定的な内容と否定的な内容が交互に設けられている。具体的には、肯定的な項目では高い点数が、否定的な項目では低い点数がそれぞれ良い評価を意味する。得点計算には、Brooke 1996: 47で用いられているSUSのスコア算出方法に従い、肯定的な項目の値から1を減じたものと、否定的な項目の値を5から減じたものを合算し、さらに2.5倍して総合得点を算出した。SESにおいては、すべての質問を肯定的な内容の質問項目で設定したため、全項目について値から1を減じたものを合算し、2.5倍して総合得点を算出した。

以上の調査方法により、本研究は学生の視点から、各システムの使いやすさや協働学修の課題とそれに対する評価を分析する。

4. 結果

各プラットフォームにおけるSUSとSESの調査結果を報告する。各システムに関する学生の評価を、平均値と標準偏差によって分析し、それぞれの評価に統計学的な有意差が存在するか否かを、Kruskal-Wallis検定にて確認した。その後、各システム間の詳細な比較のため、Bonferroni法による多重比較を実施した。これらの結果は、それぞれ表3、表4に示す⁶⁾。

4.1 SUSに関する結果

SUSによる調査結果では、全項目において会議システムの評価が他のシステムに比べて高いことが示された。

表3 System Usability Scale (SUS) 結果

| | 1. 会議システム | 2. 2Dメタバース | 3. 3DメタバースA | 4. 3DメタバースB | 5. 3DメタバースA +HMD | 多重比較 |
|------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------------|--|
| | n=112 | n=112 | n=112 | n=112 | n=43 | |
| | 平均(SD) | 平均(SD) | 平均(SD) | 平均(SD) | 平均(SD) | |
| ① | 3.93(0.84) | 3.63(1.04) | 3.55(0.96) | 3.67(1.11) | 3.26(1.16) | 3<1*, 5<1* |
| ② | 2.39(1.08) | 2.56(1.14) | 2.60(1.11) | 2.73(1.13) | 2.77(1.20) | |
| ③ | 3.95(0.93) | 3.58(0.97) | 3.38(0.92) | 3.51(1.02) | 2.84(1.18) | 2<1*, 3<1***, 4<1*, 5<1***, 5<2**, 5<4** |
| ④ | 2.99(1.27) | 3.29(1.16) | 3.19(1.08) | 3.32(1.17) | 3.93(1.11) | 1<5*** 2<5* 3<5** 4<5* |
| ⑤ | 3.88(0.83) | 3.71(0.98) | 3.53(1.01) | 3.71(1.02) | 3.86(0.93) | |
| ⑥ | 2.05(1.08) | 2.32(1.17) | 2.44(1.12) | 2.30(1.10) | 2.65(1.26) | |
| ⑦ | 3.66(0.99) | 3.36(1.08) | 3.22(1.03) | 3.16(1.10) | 2.95(1.22) | 3<1*, 4<1**, 5<1** |
| ⑧ | 2.20(1.13) | 2.46(1.19) | 2.68(1.06) | 2.68(1.19) | 2.93(1.07) | 1<3**, 1<5** |
| ⑨ | 3.67(0.96) | 3.31(1.04) | 3.22(1.03) | 3.34(1.07) | 2.95(1.36) | 3<1*, 5<1* |
| ⑩ | 2.88(1.05) | 3.16(1.11) | 3.15(1.14) | 3.29(1.22) | 3.70(1.00) | 1<4*, 1<5*** |
| 総合得点 | 66.43(15.64) | 59.46(17.14) | 57.12(15.46) | 57.66(17.60) | 49.71(15.39) | |

***p<.001, **p<.01, *p<.05

表4 System Evaluation Scale (SES) 結果

| | 1. カメラオフ 会議システム | 2. カメラオン 会議システム | 3. 2Dメタバース | 4. 3DメタバースA | 5. 3DメタバースB | 6. 3DメタバースA +HMD | 多重比較 |
|------|--------------------|--------------------|--------------|--------------|--------------|---------------------|---|
| | n=112 | n=112 | n=112 | n=112 | n=112 | n=43 | |
| | 平均(SD) | 平均(SD) | 平均(SD) | 平均(SD) | 平均(SD) | 平均(SD) | |
| ① | 2.68(1.18) | 3.97(0.83) | 3.57(1.06) | 3.74(0.95) | 3.93(1.01) | 3.60(1.20) | 1<2***, 1<3***, 1<4***, 1<5***, 1<6*** |
| ② | 2.52(1.18) | 4.21(0.80) | 3.35(1.06) | 3.60(0.88) | 3.75(0.95) | 3.88(1.19) | 1<2***, 1<3***, 1<4***, 1<5***, 1<6***, 3<2***, 4<2***, 5<2**, 3<5* |
| ③ | 3.01(1.14) | 4.03(0.87) | 3.50(1.02) | 3.57(0.92) | 3.97(0.93) | 3.67(1.20) | 1<2***, 1<3*, 1<4**, 1<5***, 1<6*, 3<2**, 4<2**, 3<5**, 4<5** |
| ④ | 2.59(1.10) | 3.84(0.93) | 3.49(0.95) | 3.65(0.89) | 3.88(0.96) | 4.05(0.99) | 1<2***, 1<3***, 1<4***, 1<5***, 1<6***, 3<5*, 3<6* |
| ⑤ | 2.34(1.09) | 3.62(0.99) | 3.61(1.00) | 3.84(0.88) | 4.10(0.94) | 4.21(0.95) | 1<2***, 1<3***, 1<4***, 1<5***, 1<6***, 2<5**, 3<5**, 3<6** |
| ⑥ | 2.42(1.06) | 3.62(1.01) | 3.48(0.96) | 3.64(0.86) | 3.96(0.93) | 3.81(1.22) | 1<2***, 1<3***, 1<4***, 1<5***, 1<6***, 3<5**, 4<5** |
| ⑦ | 2.34(1.09) | 3.40(1.00) | 3.41(1.00) | 3.63(0.94) | 3.92(0.96) | 4.19(0.99) | 1<2***, 1<3***, 1<4***, 1<5***, 1<6***, 2<5***, 2<6***, 3<5**, 3<6***, 4<6* |
| ⑧ | 2.30(1.16) | 3.48(1.04) | 3.41(1.00) | 3.61(0.97) | 4.00(1.01) | 4.00(1.18) | 1<2***, 1<3***, 1<4***, 1<5***, 1<6***, 2<5**, 3<5***, 3<6*, 4<5* |
| ⑨ | 2.43(1.12) | 3.70(0.92) | 3.72(1.00) | 3.82(0.92) | 4.05(0.92) | 3.88(1.12) | 1<2***, 1<3***, 1<4***, 1<5***, 1<6*** |
| ⑩ | 2.73(1.11) | 3.63(0.96) | 3.77(1.01) | 3.83(0.93) | 4.07(0.96) | 3.91(1.20) | 1<2***, 1<3***, 1<4***, 1<5***, 1<6***, 2<5** |
| 総合得点 | 38.39(22.60) | 68.71(17.82) | 63.28(20.53) | 67.34(19.02) | 74.08(20.95) | 73.02(23.89) | |

***p<.001, **p<.01, *p<.05

4.2 SESに関する結果

協働学修利用システム評価指標 (SES) に基づく本調査の結果において、特筆すべき点として、カメラオフ会議システムと各メタバースプラットフォームとの比較が挙げられる。この比較において、カメラオフ会議システムよりも全項目を通じてメタバースが優れた評価を受けていることが明らかとなった。これは、メタバースが提供するインタラクティブな環境が、カメラを使用しない場合のコミュニケーションの限界を補完し、より豊かな協働学修体験を促進していることを示唆している。

この結果は、特に今後の考察において重要な意味を持つ。カメラを使用しないオンライン授業の環境下では、学生間のコミュニケーションの障害が生じやすい。しかし、メタバースの利用がこのような環境においても学生の参加意欲や協働の質を高める可能性を秘めていることが本調査により示唆されている。したがって、カメラオフの授業環境においてもメタバースの導入が

学生の協働学修体験を向上させる効果的な手段であることが注目される。

本研究におけるSESに基づく調査結果によれば、全項目を通じて3Dメタバースは2Dメタバースよりも優れた評価を受けている。

また、3DメタバースA + HMDと、3DメタバースAとの比較においては、項目①以外のすべての項目でHMD装着時のメタバースが高い評価を受けていることが分かった。これは、HMDの使用がメタバース内での協働学修体験を豊かにすることを示唆している。

さらに、評価が最も高かった3DメタバースBと3DメタバースA + HMDを比較した際には、項目②、④、⑤、⑦においてはHMD装着時のメタバースの方が高い評価を受けている。

以上のSESに基づく調査結果からは、3Dメタバース、特に3DメタバースBと3DメタバースA + HMDが、協働学修においてインタラクティブな観点を中心に高いポテンシャルを持つことが示された。これらの

システムは、学生にとっての心理的な壁を低減し、より豊かな学習体験を提供することに寄与していると考えられる。

5. 考察

5.1 SUSに基づく考察

SUSの調査結果を総合的に分析した結果、以下の知見が得られた。まず、会議システムは他のシステムと比較して有意に高い評価を得ていることである。これは、大学や他の授業での利用頻度が高いことや、充実したサポート体制とマニュアルの普及が、メタバースに比べて使用しやすさにおいて優位性を持つ要因となっていると考えられる。

次に、HMDを使用しないメタバースに関しては、2Dと3Dの間に有意な差は見られなかったことである。一方で、3DメタバースA+HMDは全体としては低い評価を受けているが、特定の項目においては高い評価を得ている。特に項目⑤の機能の統合性において、3DメタバースA+HMDは3.86の評価を受け、会議システムの3.88と同様の高評価であり、3DメタバースAの3.53より高かった。

3DメタバースA+HMDの評価における差異は、その特徴に起因すると考えられる。具体的には、ジャイロセンサーによる自然な視点の移動、身体感覚に近い操作性、アバターを通じた非言語的コミュニケーションの可能性、手を使ったコミュニケーションの実現などが挙げられる。これらの機能はブラウザ版のメタバース(3DメタバースA)では提供されておらず、HMDを装着することによるメタバースの利用が、より豊かなコミュニケーション体験を提供していることが示された。

3DメタバースA+HMDは利用回数が最も少なく、繰り返しの利用によって操作に慣れる余地がある。項目⑤の機能の統合性における高評価の利点を活かしつつ、充実したマニュアルやサポート体制を整えることが、今後の教育現場でのメタバース導入における重要な課題となる。

5.2 SESに基づく考察

SES調査の結果、以下の知見が得られた。まず、メ

タバースのうち3DメタバースA+HMDと3DメタバースBは、カメラオン会議システムに比べて全体的に高い評価を受けており、これは10項目中7項目で確認された。特に3DメタバースA+HMDは、項目④の心理的な壁、項目⑤の同一空間共有感覚、項目⑦の没入感、項目⑧の臨場感において、すべてのシステム中で最も高い評価を得た。これらの結果から、3DメタバースA+HMDが心理的な壁を低減し、同一空間共有感覚と没入感を高める効果を持っていることが明らかとなった。

次に、すべての項目においてメタバースはカメラオフ会議システムよりも有意に高い評価を受けた。このことから、カメラのオンが義務付けられない教育環境において、メタバースの利用により、カメラオフの際のコミュニケーションの取りづらさの課題が改善することが示された。

さらに、心理的な壁の改善や同一空間共有感覚の向上など項目④～⑩では3Dメタバース+HMDがカメラオン会議システムより高い評価であった。よって、カメラオンを義務付けることが可能な教育環境においても、メタバースの利用が有効であることが示された。

本研究により、カメラオンの会議システムと比較して、メタバースが学生から高い評価を受けていることが新たに明らかになった。これは、先行研究では示されていなかった知見であり、メタバース活用の教育現場での有効性を示唆している。

項目①のアイスブレイクのしやすさの観点では、カメラオン会議システムとすべてのメタバースが、カメラオフ会議システム(2.68)に対して有意に高かった($p<0.001$)。加えて、カメラオン会議システム(3.97)と3DメタバースB(3.93)は僅差であった。アイスブレイクのしやすさの評価において、カメラをオンにした会議システムと3Dメタバースは差がないことが確認された。

項目②のリアクションの伝えやすさの観点では、カメラオン会議システムとすべてのメタバースが、カメラオフ会議システム(2.52)に対して有意に高かった($p<0.001$)。さらに、メタバース間を比較すると、3DメタバースA+HMD(3.88)が他のメタバースに比して最も高かった。

項目③のディスカッションしやすさの観点で、カメラオン会議システム(4.03)が最も高い評価を受けたが、3DメタバースB(3.97)も僅差で高評価であり、アバターを使用したコミュニケーションがカメラオンと同等にディスカッションしやすいことが示唆された。3DメタバースBは実際に発言者が映らないカメラオフの状態でありながら、カメラオフ会議システム(3.01)よりもディスカッションしやすいと評価されている。また、3DメタバースA+HMD(3.67)も高い評価を得ており、没入感の高いワールドがディスカッションのしやすさに寄与していることが分かる。これらの結果から、メタバースの導入がディスカッションのしやすさの改善に効果的であることが示唆された。

項目④の心理的な壁の感じにくさの観点では、3DメタバースA+HMD(4.05)は全システムの中で最も心理的な壁を感じにくいと評価され、没入感の高いメタバース体験が心理的な壁を軽減することに寄与していることが示唆される。また、すべてのメタバースがカメラオフ会議システム(2.59)に比べて高い評価を受け、特に3DメタバースB(3.88)はアバターを使用することでカメラオフ会議システムよりも心理的な壁を感じにくいことが有意差($p<.001$)を持って示された。これは、オンライン参加者が直面する心理的な壁の問題をメタバースの導入で軽減できることを示唆している。さらに、3DメタバースBはカメラオン会議システム(3.84)よりも僅差で心理的な壁を感じにくいと評価され、メタバースの利用が心理的な壁の改善に有効であることが示された。

項目⑤の同一空間共有感覚の観点では、3Dメタバースがカメラオン会議システムより高く評価された。カメラオン会議システムではメンバーの顔を見ることができにもかかわらず、空間共有感覚はメタバースより低かった。カメラオン会議システムの使用ではデバイスを介して会話が行われ、画面上で表示される背景が異なるため、同一空間にいるという感覚を得にくい状況が生じる。対照的に、3Dメタバースは共有された仮想空間を提供し、その空間内でのインタラクションにより、メンバー間で同一空間にいるという感覚が強化されたと考えられる。この結果は、メタバースが提供する空間共有感覚が、従来のカメラオン会議シ

テムよりも効果的であることを示している。

項目⑥のメンバーとの一体感の観点では、3DメタバースBが最も高く、3DメタバースA+HMDと3DメタバースAが、カメラオン会議システムよりも高かった。メンバーの顔が見えることよりも、3D空間を共有する感覚の高さが、メンバーとの一体感の向上に繋がったと考えられる。また、3Dメタバースが2Dメタバースより高く、空間が立体であることが、一体感の感じやすさに繋がったのではないかと考えられる。

項目⑦の没入感の観点では、3DメタバースA+HMD(4.19)が最も高く、3DメタバースB(3.92)、3DメタバースA(3.63)がそれに続いた。HMDを装着せず、パソコン画面を見るだけの3DメタバースAや3DメタバースBにおいても、カメラオン会議システム(3.40)より有意に高い結果となった。これは、HMDの使用が予算など何らかの理由により困難な場合でも、3Dメタバースが没入感の向上に一定の効果があることを示している。

項目⑧の臨場感の観点では、3DメタバースA+HMDと3DメタバースBが同率で最も高かった。特に3DメタバースBにはカメラオン会議システムを含むすべてのシステムとの間に有意差が見られた。ここでは、項目⑦の没入感の観点と同様のことが言えるのに加え、3DメタバースBの評価が項目⑦に比べて高く表れている。

項目⑨の見ている人の楽しさの観点では、すべてのメタバースがカメラオフ会議システムよりも有意に高い評価を得た。カメラオフの相手に話しかけることを苦痛に感じる学生にも、視覚的に楽しいと感じてもらえる可能性があり、かつ、カメラオンに抵抗感を感じる学生に対してもカメラをオンにするプレッシャーを与える必要がなくなることにより、カメラオン・オフ問題が改善する可能性があることが示唆された。

項目⑩の利用者の楽しさの観点でも、すべてのメタバースが、カメラオン会議システムより評価が高く、3DメタバースBとは有意差が認められた。特にカメラオフ会議システムはすべてのメタバースより評価が有意に低かった。アバターを伴う3Dメタバースの方が会議システムよりも利用者は楽しいと評価した。協働学修において楽しいと感じることは学生が授業に積

極的に参加することにつながるのではないかと考える。

以上のSESに基づく考察から、メタバースが教育現場において心理的な壁の低減、同一空間共有感覚の向上、没入感の促進などに寄与し、特にHMDを用いた場合にはこれらの効果がより顕著であることが明らかとなった。これらの知見は、本研究の目的であるオンライン参加者の協働学修体験の向上に対するメタバースの有効性を示しており、今後の教育技術の適用において重要な意味を持つものである。

5.3 SUSとSESに基づく考察

SUSとSESの結果を基に各システムを比較し、以下のような考察が得られた。3DメタバースA+HMDに関して、SUSにおいては評価が低いものの、SESでは高い評価を受けている。SUSで指摘された項目の中で特に改善が必要とされる部分が明らかになったが、すべての項目が低いわけではなく、機能の統合性に関しては高い評価を得ている。SUSの評価が低いため、使いやすさの観点では劣るものの、SESの評価が高いため、国際協働学修におけるメタバース活用の意義は充分にあると考えられる。

本研究の価値は、3DメタバースA+HMDがSESにおいて全体的に高い評価であったことと、また、SUSにおいて改善すべき課題が明らかになったことにある。特に、有意差が認められたのはサポートが必要であるという項目である。言い換えると、サポート体制を適切に整えることで、この課題は改善される可能性がある。これらの知見は、特に国境を越えた協働学修を行う際のシステムの選択や運用において重要な意味を持ち、今後の教育現場におけるHMDの利用に関する有効な指針を提供する。

6. おわりに

本論文において、国際協働学修におけるメタバースと従来の会議システムという2つの異なる学習環境を比較し、System Usability Scale (SUS) 及び協働学修利用システム評価指標 (SES) を用いて学生による評価を分析した。

協働学修におけるインタラクティブな観点では、メタバースが会議システムよりも高い評価を受けた。そ

の一方で、ユーザビリティの観点からは、従来の会議システムがメタバースに比べて高い評価を得た。今後、SUSの課題点を改善し、SESの利点を活かしていくことが望まれる。

本研究により、HMDを装着したメタバースが、カメラをオンにした会議システムよりも、心理的な壁の低減において高い評価を得たことが明らかとなった。メタバースの活用により心理的な壁が低減することは指摘されていたが、どのようなメタバースをどのように活用した場合に低減するのか、加えてカメラをオンにした会議システムと比較した場合どうであるのか、明らかにできていなかった。

さらに、2D及び3Dを含めてすべてのメタバースがカメラオフ会議システムより顕著にSESの評価が高いことが明らかとなった。この結果は、オンライン授業における心理的な壁やカメラオン・オフ問題の課題の改善にメタバースの導入が有効であることを示している。

メタバースの活用は、内閣府主導の国際教育の促進戦略に沿った学生の学びの深化および教育効果の向上に寄与する可能性が高い。メタバースが提供する心理的な壁の低減、同一空間共有感覚の向上、没入感の促進、楽しさの向上は、オンライン授業における学習体験の質を高める要素であるため、今後の教育技術の発展に伴って、メタバースの活用は教育現場において重要な役割を担うことが期待される。

付記

メタバースの教育実践利用における調査研究については、東北大学高度教養教育・学生支援機構の研究倫理委員会の承認を得ている（承認番号：k00318）。共同研究者とデータを共有する際は、連結可能な匿名化を行い、調査協力者の個人情報の取り扱いは厳重に注意した。なお、写真の掲載については許諾を得ている。

謝辞

本研究の一部は、公益財団法人高橋産業経済研究財団助成、一般財団法人放送大学教育振興会助成、東北大学研究推進・支援機構知の創出センター未来社会デザインプログラム、東北大学電気通信研究所共同プロ

ジェクト研究によるものです。授業の実施に際し、滝澤博胤先生、北村喜文先生、五十嵐大和先生にご支援いただきました。本稿をまとめるにあたり、丸山直紀氏、常田泰宏氏、齋藤海流氏、小林央氏、後藤啓佑氏、川田裕貴氏の協力を得ました。TA諸氏・学生をはじめご協力くださったすべての方々に感謝申し上げます。

注

- 1) 本稿では「対面授業」は、参加者全員が教室で参加する授業をさす。「オンライン授業」は、参加者全員がオンライン上で参加する授業をさす。「HyFlex授業」は、対面参加とオンライン参加をフレキシブルに選択可能な授業をさす。
- 2) 2Dメタバースを活用した実践方法については林・北山 2022: 1-6を参照されたい。
- 3) 全15回の授業は以下の流れで行った。第1回 ガイダンス、第2・3回 グループディスカッション①②、第4回 文化紹介プレゼンテーションのためのテーマ決定・グループ決定、グループワーク①、第5～7回 文化紹介プレゼンテーションのためのグループワーク②～④、第8～14回 文化紹介と国内学生・海外学生両視点からの意見交換①～⑦、第15回 授業の振り返りとまとめ。なお、第12回は警報発令により教室での実施が困難となり、オンラインで授業を実施した。
- 4) 初回および第2回の授業では、インストール不要であるGoogle Meetを使用した。回答者への負担を考慮し、会議システムについてはMicrosoft Teamsに対して調査を行った。
- 5) 質問票調査では、以下の説明を掲載した。
「心理的な壁」とは、協働学修のメンバーに話しかけにくい気持ちや、メンバー同士の会話の輪（わ）に入りにくいと感じる気持ちのことを表します。
- 6) 統計解析には、統計ソフトウェアEZRV1.61 (Kanda 2013: 452-458)を使用した。EZRは、RおよびRコマンドの機能を拡張した統計ソフトウェアである。

引用文献

Brooke, J. (1996) "SUS - A quick and dirty usability scale", *Usability Evaluation in Industry*, 189, pp. 4-7.

長谷川晶一 (2022) 「口頭発表から懇親会まで—コミュニケーションの種類とオンラインコミュニケーションツールとアバター」, 国立情報学研究所 (NII) 第50回「教育機関DXシンポ」講演資料。

https://www.nii.ac.jp/event/upload/20220513-03_Hasegawa.pdf (閲覧 2022/5/13)。

林雅子 (2022) 「VR技術を活用した協働型HyFlex国際共修授業」, 国立情報学研究所 (NII) 第46回「教育機関DXシンポ」講演資料。

<https://edx.nii.ac.jp/lecture/20220204-04> (閲覧 2022/2/4)。

林雅子, 北山晃太郎 (2022) 「ソーシャルVRプラットフォームGatherを活用した協働型HyFlex授業における学生主体のテーマ・グループ決定—課題解決型PBL国際共修授業における導入事例—」, 『東北大学言語・文化教育センター年報』第7号, pp. 1-6.

林雅子, 吉田洋輝, 丸山直紀, 鈴木竹洋 (2022) 「メタバースを活用した国際共修の利点と課題—学習者のリフレクションを基に—」『東北大学高度教養教育・学生支援機構言語・文化教育センター年報』第8号, pp. 78-86.

Hayashi M, Suzuki T, Kawata Y& Goto K (2023a) "The Impact of Metaverse Worlds on International Collaborative Learning for Cross-Cultural Understanding", The 31st International Conference on Computers in Education, pp. 896-898.

林雅子, 脇田陽平, 常田泰宏, 吉田洋輝 (2023b) 「国外・国内学生の協働型HyFlex 国際共修授業の実践と調査」, 『東北大学言語・文化教育センター年報』第9号, pp. 77-86.

林雅子, 齋藤海流, 川田裕貴, 小林央, 鈴木竹洋 (2023c) 「メタバースを活用したHyFlex国際共修授業に対する学生への調査結果—海外の協力校と提携した協働学修—」, 『東北大学言語・文化教育センター年報』第9号, pp. 72-76.

Kanda, Y. (2013) "Investigation of the freely available easy-to-use software 'EZR' for medical statistics", *Bone Marrow Transpl* Vol. 48, pp. 452-458.

文部科学省 (2023) 「大学・高専における遠隔教育の実施に関するガイドライン」, 2023年3月28日。

https://www.mext.go.jp/content/20230328-mxt_kouhou01-000004520_1.pdf (閲覧 2023/3/28).

内閣府 (2023) 「第 6 回教育未来創造会議 未来を創造する若者の留学促進イニシアティブ<J-MIRAI>」, 2023 年 4 月 27 日.

<https://www.cas.go.jp/jp/seisaku/kyouikumirai/dai6/siryoul-1.pdf> (閲覧 2023/4/27).

関口兼司 (2022) 「対面実習・オンデマンド講義・メタバース内ディスカッションを組み合わせた臨床医学教育の試み」, 国立情報学研究所 (NII) 第51回「教育機関DXシンポ」講演資料.

https://www.nii.ac.jp/event/upload/20220610-09_Sekiguchi.pdf (閲覧 2022/6/10).