東京学芸大学教育実践研究　第21集　pp. 1-6，2025

特別支援教育での活用を想定したプロジェクション型ARシステムの小型軽量化に関する一検討

小　林　　巌*

（2024年11月18日受理）

KOBAYASHI, I.; Downsizing and Lightening of Projection-type and AR-based Educational Systems for Special Needs Education.　ISSN 2759-4858

This report describes downsizing and lightening of projection-type and AR-based educational systems for special needs education. Specifically emphasizing the “Mobile Magic Mirror” product of Sensory Guru Ltd. (UK), a system design was conducted. Then the original downsized and lightened version of the product was implemented using new components. Findings from trial use of the implemented system suggest the effectiveness of its use in Japanese educational scenes. Nevertheless, additional studies should be conducted to advance its use in much more diverse educational conditions.

KEY WORDS : Projection-type and AR-based Educational Systems, Special Needs Education, Downsizing and Lightening of Systems

* *Support Center for Special Needs Education and Clinical Practice on Education, Tokyo Gakugei University*

1．問題と目的

教育分野において，プロジェクターとAR（Augmented Reality：拡張現実）の技術を組み合わせたプロジェクション型AR（岩井，2010）の活用が検討されてきている。特別支援教育における検討の一環として，筆者の研究室（以下，当研究室と示す）では英国Sensory Guru社の開発した製品に着目し，2022年度より同社の製品を活用して特別支援教育における活用を検討してきている（堀田ら，2023；岩井ら，2023；小林ら，2023；小林ら，2024；Kobayashi, et al., 2024）。2024年度の時点において，床や机に投影し児童生徒の動きに対して画面がインタラクティブに反応するタイプの「Magic Carpet（以下，MCと示す）」（株式会社クレアクト，n.d.），および壁に投影するタイプの「Magic Mirror（以下，MMと示す）」（Sensory Guru Ltd., n.d.）の２種類の製品を用いている（注１）。

当研究室においてSensory Guru社の製品に着目した理由はいくつかある。まず，同社は視線入力装置を中心とした障害児者のICT活用に関連する製品を販売していることで世界的に有名な会社であり，もともと重度・重複障害児者等を対象とした視線入力装置の活用について長年検討してきた当研究室（例えば，内田ら，2016；山根ら，2023）にとって同社の製品は興味深いものであった。

次に，同社製品のMCやMMについて調べてみると，他社製品と比べて独自の工夫がなされており，その点も興味深く感じられた。プロジェクション型ARの教育的活用は，VR（Virtual Reality：仮想現実）のように個別のゴーグルを必要とせず導入しやすい面があるし，インタラクティブな反応が可能なことから学習者の興味関心や意欲の向上に繋がるメリットがあると考えられる。そのため，Sensory Guru社だけでなく他社からも同様の製

* 東京学芸大学　特別支援教育・教育臨床サポートセンター

品が開発されている。例えば，デンマークで開発されたWizeFloor（Relax' Creation project Inc., n.d.）はMMと同様に床に投影するタイプの製品で，日本国内でも導入例が報告されており，インクルーシブ教育との関連から活用実践もなされている（東京学芸大学附属小金井小学校，2019）。また，英国で開発されたオミ・ビスタ（omiVista）という製品も机や床に投影するタイプであり，レクリエーションやリハビリテーション等での活用を想定して活用されている（アビリティーズグループ，n.d.）。これらを踏まえると，他社製品は床や机に投影する製品が目立つが，一方でSensory Guru社の製品は投影対象が机・床の製品（MC）もあれば壁の製品（MM）もある。さらに，当研究室ではまだ購入できていないが，4台のプロジェクターを使って複数の床・壁等に同時に投影できるタイプのMagic Roomという製品もあり，より多彩な活用方法を実現できる可能性がある（注2）。

また，どのメーカーの製品もソフトウェアやコンテンツは豊富に準備されており，オリジナルのコンテンツ作成も可能になっているが，Sensory Guru社の製品は身体の動きに制約のある利用者にもアクセスが可能となるよう，視線入力等の代替入力装置による利用を可能にしている。このようないわゆる「アクセシビリティ機能」を充実させている点も同社製品の特徴と言える。

Sensory Guru社の製品には以上のような特徴が興味深く考えられたが，英国で発売されていることを筆者が知った当初は日本国内でまだ取り扱いがなかった。そのため，同社製品の国内販売代理店である株式会社クレアクトに相談し，国内での取り扱いを検討いただいた結果，2022年に国内で初めて当研究室にてMCを購入することができた。次いで2023年にMMも購入し，活用の検討が継続されている。学会発表とは別に，2023年度から学校教員を対象に製品や活用方法を紹介する研修会・研究会を企画してきており，2024年度には参加者を対象に製品のモニター募集を行い学校等への貸出も開始している。

以上のようにMC・MMの活用を積み重ねているところであるが，様々な問題も確認されてきており，改善の必要が生じている。その中の1つに移動運搬の煩雑さがある。前述の通り，MC・MMの貸出を行っており，これまでにも複数の地域の教育関係者に活用いただいているが，製品が精密機器で重量もあるため（MCの場合52kg），一般の宅配便等ではなく精密機器専門の配送サービスの利用が必要であり，経費面で負担がかかっている。また，国内の教育機関ではこれらの製品を活用する場合，保管場所と利用場所が異なることもあるため，授業等での活用準備のため移動運搬や設置にかかる負担についてもできるだけ減らすことが必要と考えられる。

そのため，現在の製品よりも可能な限りシステムを小型軽量化できないかと考えていたところ，Sensory Guru社のホームページに，一部の製品ではソフトウェアを単体で販売し，利用者のオリジナルのハードウェアを利用してシステムを実装することができる（要相談）との説明があることに気づいた。国内代理店を通して同社に相談を行った結果，必要なハードウェアを自前で調達すること，および同社の保証責任はソフトウェアのみ対象となることを条件に，MMのソフトウェア（以下，MMソフトと示す）を単体で販売していただけることとなった。MMソフトの購入を契機にシステムの小型軽量化について検討し，実際にシステムを実装することができた。本研究ではこれらの検討の成果について報告する。

本論文の構成は以下の通りである。まず2．においてMMのシステム構成について説明し，3．ではそれを踏まえて取り組んだ小型軽量化の実装結果について報告する。4．で考察を行い，5．はまとめである。

2．製品版MMのシステム構成

本項ではSensory Guru社の製品として販売されているMM（以下，製品版MMと示す）のシステム構成について説明する。当研究室備品の製品版MMを確認し，システム構成図として示したものが図1である。製品版MMでは，図1を構成するコンポーネントが専用の筐体に納められている（図2）。それぞれのコンポーネントを踏まえたうえで小型軽量化の検討を行う必要がある。

（1）ＰＣ・グラフィックボード

製品版MMではデスクトップパソコンにグラフィックボードが装着されている。Sensory Guru社のホームページによると，MMに必要なPCの動作環境として，「Windows 10, Core i7 CPU, 16GB RAM, GTX1060 Nvidia Gfx Card, 256 SSD」が指摘されている。小型軽量化を図るためには，動作環境を満たす仕様の小型のパソコンまたはノートパソコンが必要である。

（2）モーションセンサ

MMに対応しているモーションセンサはKinect v2 for WindowsとSensory Guru社のホームページに説明されている。当研究室備品の製品版MMを実際に確認してみたところ，Kinect for XBOX ONEが使われていた。

（3）プロジェクター

当研究室備品の製品版MMでは，Optoma社のEH330USTという型番の超短焦点プロジェクターが使わ

れていた。ホームページでこの製品の主な仕様を確認したところ，ランプ式のプロジェクターで輝度3,600ルーメン，解像度フルHD（1080p，1920×1080），スクリーンサイズ80～100インチ，投射距離0.45m～0.56m，本体重量3.9kgとなっている（Optoma Europe Limited, n.d.）。

（4）WiFiルータ

製品版MMでは，（1）で述べたシステム制御用のＰＣの他に，利用者がMMソフトを操作するためにタブレットを必要とする（タブレットにインストールする操作用アプリは無料でダウンロード可能である）。このタブレットとシステム間の通信のためにWiFiルータが使用されており，製品版MMでは，Tp-link社のTL-MR3020が採用されていた。

（5）サウンドシステム

製品版MMでは，サウンド環境の充実のため，ステレオアンプ（Lepy社 LP-268）および防水スピーカー（Adastra社 OD5-W8）が採用されていた。

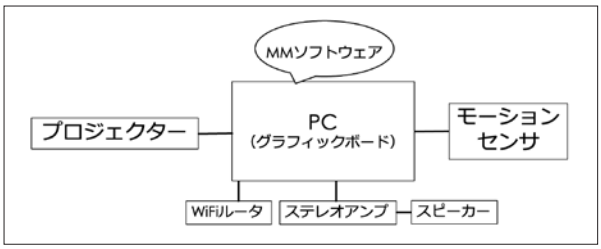

図1　MMのシステム構成

図2　製品版MM

３．小型軽量化システムの実装

３．１　実装システム

２．で述べた内容をもとに，小型軽量化を図るにあたり，必要な機能を満たす範囲で可能な限り各コンポーネントの小型軽量化を検討した。その際，コンポーネントを収納する筐体は使用せず，システムの構成や持ち運びの際に柔軟に対応できるようにした。

実装期間は2023年12月～2024年３月であり，この期間中に調達可能な製品を用いて実装を行い，完成した実装システムにSensory Guru社から購入したMMソフトをインストールした。

完成した実装システムを図３に示す。また，表１は各コンポーネントに採用した製品のリストである。以下では，各コンポーネントの選定状況について述べる。

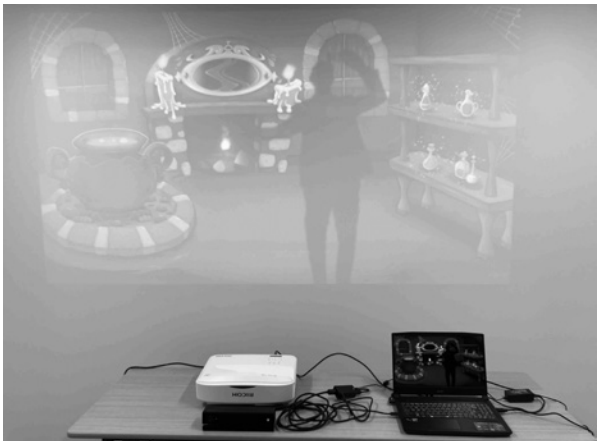

図3　完成した実装システム

表1　コンポーネントの製品リスト

コンポーネント	メーカー	型番等
PC	MSI	Katana-15-B13VGK-3603JP
モーションセンサ	Microsoft	Kinect for XBOX ONE (model 1595)
プロジェクター	リコー	HDL3530
WiFiルータ	Buffalo	WMR-433W2-TB

（1）PC・グラフィックボード

小型軽量化を考慮し，予算範囲で可能な限り高スペックのゲーミングノートPCを購入した。この製品はCPUがインテル社のCore i9-13900H，グラフィックボードがNVIDIA社のGeForce RTX 4070 Laptop GPUを搭載している。ディスプレイサイズは15.6インチ，OSはWindows11 Home，メモリは32GB，SSDが1TBであり，MMの活用に必要な機能を有しているものと考えた。

（2）モーションセンサ

モーションセンサは製品版MMと同じ製品を用いた。この製品は既に販売終了となっているため，国内の中古市場で販売されている製品を購入した。また，PCとの接続のためKinectセンサー用アダプターも準備した。

（3）プロジェクター

当初，製品版MMで使われているOptoma社のプロジェクターと仕様がほぼ同等の機種（HD36UST）が同社の国内代理店で販売されていたため，この機種の購入を検討していた。本体が軽量（3.9kg），高輝度（4,000ルーメン），超短焦点（100インチを約25cmで投射）であり，価格が国内主要メーカーの製品と比べて安価だったからである。しかし，購入手続きの途中に国内在庫が切れてしまったため別製品に変更せざるを得なかった。

そのため，国内主要メーカーの同等スペックの製品を比較検討し，最終的にリコー社のHDL3530を購入した。この製品は，上記のOptoma社の製品と比較すると重量が約5.2kg，輝度が3,600ルーメンである点が気になったが，Optoma社の製品がランプ光源である一方，リコー社の製品はレーザー光源でありメンテナンス性では優れているものと判断した。

（4）WiFiルータ

製品版MMで使われているTp-link社の製品よりも小型軽量の製品がBuffalo社から市販されているため，こちらを購入した。

（5）その他

2．の（5）で説明した通り，製品版MMではサウンドシステムが使われていたが，今回の小型軽量化システムでは特に同等製品の採用はせず，PCまたはプロジェクターのサウンド機能を活用することにした。

今までに説明してきた各コンポーネントの接続にはケーブルが必要であり，それぞれ準備した。また，モーションセンサの設置に使えるように，小型軽量のカメラ三脚（サンワダイレクト200-CAM021N）を準備した。

機材の運搬のため，運搬用のバッグも検討した。その結果，サンワサプライ社から販売されている最大サイズのプロジェクターバッグ（BAG-PRO5）を購入した（外寸が約W450×D240×H500mm）。使用してみると，本節で述べてきたコンポーネントのすべての製品（本節では説明していない電源タップやタブレットも含む）をバッグに収納することが可能であった。さらに運搬の便宜を図るため，バッグを固定し運搬に使用できるハンドキャリー（ハピラHDK25）も購入した。

３．２　実装システムの試用

システムの実装後，関係者に本システムを紹介するため，学外にシステムを運搬したが，３．１の（5）で述べた運搬用バッグとハンドキャリーを利用することにより，運搬者１名が単独で公共交通機関を利用し，学外に運搬することが容易にできた。製品版MMや同様の他社製品ではこのような手段での移動運搬が難しい。したがって，この点で小型軽量化システムの有効性が確認されたと考える。

また，2024年７月４日に当研究室が企画して開催した東京学芸大学教員研修「特別支援教育におけるICT活用講座（2）」において本システムをデモ公開した。

参加者からのコメントとして，移動運搬の容易さに関する指摘が多かった。また，この時のデモでは，投影手段としてプロジェクターを使用せず，会場に設置されている65型電子黒板（I-O DATA　IWB-651EB）を使用して表示してみたが，画面サイズが小さくなるものの，部屋を暗くせずに明るく表示できる点が評価できるとの指摘が得られた。一方，製品版MMと比較すると，今回の実装システムではMMソフトの起動に多少時間がかかっており，その点に関する指摘もあった。

４．考察

４．１　小型軽量化の検討について

製品版MMの小型軽量化を検討し，実際にシステムを実装のうえ試用してみると，やはり移動運搬の容易さはかなりのメリットとして考えられる。ゲーミングノートパソコンの仕様が影響しているためか，製品版MMに比べてMMソフトの起動の際に時間がかかる点は気になるところであるが，起動後の動作については大きな影響はなかった。筐体がないために使用開始当初は設置に手間がかかる可能性もあるが，小型軽量化のメリットを生かした活用を進めていくことが肝要と考える。

特に，今回の試用において，電子黒板への表示に対する評価が得られた点は示唆的である。プロジェクターを使用する場合には部屋の照明を暗くする必要があるが，今までの製品版MMの活用実践の中では，照明を暗くすることに対して苦手感のある児童生徒が見られたことも指摘されている。今回の実装システムではこのような状況への配慮が容易である。このように，教育現場にある既存の設備と組み合わせることで，様々な活用が可能になるものと考えられる。より柔軟な活用環境を構築していくためにも実装システムを用いた更なる活用の検討が必要と考える。

４．２　今後の課題

今後の課題として，実装システムをより多くの機会に活用し，様々な活用場面に柔軟に対応できるようにするための検討を進めたい。前述の通り，当研究室では製品版のMMやMCを学校現場で活用してもらうための機会

を設けてきているが，今回検討した実装システムを加えてさらに進めていくことにしたい。

今回の検討ではMMについて取り上げたが，Sensory Guru社のホームページを確認した限りでは，MCも独自のハードウェアにより構築できるようである。床や机に投影するMCで独自のハードウェア構成によるシステムを検討する場合，機材の設置方法に工夫が必要になると考えられる。機会があればこのような研究にも取り組みたい。

独自のハードウェアで構築したMC・MMの活用に関しては，英国をはじめ海外では既に様々な取り組みがなされている可能性があるが，現時点では調査できていない。今後，このような調査も実施し，国内の活用報告と合わせて教育関係者に情報提供を行っていくことも重要な課題である。

５．まとめ

本研究では，特別支援教育での活用を想定したプロジェクション型ARシステムの小型軽量化について検討した。筆者らが活用を検討してきている英国Sensory Guru社のMagic Mirror（MM）に着目し，製品版MMの小型軽量化について検討した。ハードウェア構成を確認のうえ，各コンポーネントについて小型軽量化の検討を行い，小型軽量化システムの実装を行った。実装後に試用した結果，小型軽量化システムのメリットが確認され，このメリットを生かした活用の可能性が示唆された。今後はより多くの活用機会を増やして実践を進めるとともに，他製品に関する検討や，海外も含めた取り組みの調査と情報提供を進めていくことが課題である。

注

注１：MCやMMの製品には，それぞれ利用場所（教室等）の天井等にプロジェクターを固定する種類の商品（Installed Magic CarpetおよびInstalled Magic Mirror）と，キャスター付きの筐体にプロジェクターを含むコンポーネントが収められ，設置場所を移動して利用できる種類の商品（Mobile Magic CarpetおよびMobile Magic Mirror）の２種類がある。当研究室にて活用しているのは正確に言えば後者の筐体に収納された種類の製品である。

注２：Sensory Guru社と同様に視線入力関係製品等の視覚障害児者対応ICTを販売している会社として，英国Inclusive Technology社も有名である。この会社からもMCと同様の製品（SENse Flex等）が複数種類販売されているが（Inclusive Technology, n.d.），日本ではほとんど知られていないものと考えられる。なお，製品のホームページを見た限りでは，Sensory Guru社の製品のようなアクセシビリティ機能は導入されていないようである。

付記

本研究は，JSPS科研費（22H01042および23K22313）の支援を受けたものです。

文献

1） アビリティーズグループ（n.d.）レクリエーション・リハビリ映像機器　オミ・ビスタ3Re. https://www.abilities.jp/fukushi_kaigo_kiki/fukusiyougu/kinou_kunren/omi-vista　2024年11月１日閲覧.

2） 堀田椋・蓮香美園・岩井祐一・小林巌（2023）知的障害特別支援学校小学部におけるAR技術の活用と展望．日本発達障害支援システム学会2023年度研究大会・研究セミナー発表論文集，p.142.

3） Inclusive Technology (n.d.) Floor Projection. https://www.inclusive.com/uk/hardware/touch-screen-technology/floor-projection.html https://www.inclusive.com/uk/hardware/touch-screen-technology/floor-projection.html 2024年11月１日閲覧.

4） 岩井大輔（2010）応用５：プロジェクンション型AR．情報処理，51（4），pp.408−413.

5） 岩井祐一・小林巌（2023）知的障害特別支援学校におけるAR技術を活用した実践．日本発達障害支援システム学会2023年度研究大会・研究セミナー発表論文集，p.137.

6） 株式会社クレアクト（n.d.）マジックカーペット. https://www.creact.co.jp/welfare/sensory-room/magic-carpet/index.html　2024年11月１日閲覧.

7） 小林巌・稲田健実（2023）マジックカーペットを用いた特別支援教育におけるAR技術の活用．日本教育工学会2023年秋季全国大会講演論文集，pp.443−444.

8） 小林巌・稲田健実（2024）知的障害教育におけるプロジェクション型ARの活用．日本教育工学会2024年秋季全国大会講演論文集，pp.721−722.

9） Kobayashi, I. & Inada, T. (2024) Educational use of projection-based augmented-reality (AR) for students with intellectual disabilities. Journal of Intellectual Disability Research, 68 (7), p.810.

10）Optoma Europe Limited. (n.d.) EH330UST.
https://www.optoma.co.uk/product/eh330ust　2024年11月1日閲覧.

11）Relax'Creation project Inc. (n.d.) WizeFloor.
https://relaxcreation.co.jp/projects/wizefloor/　2024年11月1日閲覧.

12）Sensory Guru Ltd. (n.d.) Magic Mirror.
https://sensoryguru.com/magic-mirror/　2024年11月1日閲覧.

13）東京学芸大学附属小金井小学校（2019）通常学級におけるインクルーシブ教育を実現するICT活用の研究～学びの多様性を拓く未来の教室づくり～．パナソニック教育財団2019年度実践研究助成研究成果報告書.
https://www.pef.or.jp/db/pdf/2019/2019_68.pdf　2024年11月1日閲覧.

14）内田考洋・小林巌（2016）アイトラッキングシステムを用いた「見る力」を促す実践研究―肢体不自由特別支援学校での取り組み．日本特殊教育学会第54回大会発表論文集，P108.

15）山根結衣・小田切文・小林巌・内田考洋（2022）視覚的反応がないと見られていた重度・重複障害児のアイトラッカー活用に関する事例研究．東京学芸大学教育実践研究，18，pp.53-61.