

# HI 入出力機器と VR 素材を用いた操作式解答による マルチメディア学習システムと問題の試作

石井怜央<sup>†1</sup> 富永浩之<sup>†1</sup>

**概要:** 本研究では、各種の HI 入出力機器を用いた操作式解答によるマルチメディア学習システム iMuLS を提案している。VR 空間の特性を活かした出題を重視し、中高生への科学イベントでの利用を想定する。解答に対するシミュレーションや、デフォルメ表現により学習者の興味と関心を沸かせ、意欲を高める。本論では、ゲームエンジン Unity で一部を実装した iMuLS の基本機能を述べる。また、問題構造の階層的なフレームワークに基づき、試作した問題を紹介する。

**キーワード:** マルチメディア学習システム, 操作式解答, HI 入出力機器

## A Multimedia Learning System of VR Materials based on Operation-Style Answering with HI I/O Devices and Sample Problems

REO ISHII<sup>†1</sup> HIROYUKI TOMINAGA<sup>†1</sup>

**Abstract:** We have proposed a multimedia learning system iMuLS. It is based on operation-style answering with HI I/O Devices and VR materials. We emphasize problems making use of the characteristics of VR space and suppose it be used in science experience events for junior and senior high school students. Its purpose is to raise the interest and concern in science and technology by adopting simulation viewing and deformed expression by effects of an answer operation. In this paper, we describe the functions of iMuLS which is partially implemented using game engine Unity. In addition, we introduce the problem prototyped based on the hierarchical framework of problem structure.

**Keyword:** Multimedia learning system, Operation-style answering, HI I/O devices

### 1. はじめに

近年、様々なマルチメディア情報の柔軟で高速な処理が可能となっている。そのため、2D/3D の動画や仮想現実 (VR)/拡張現実 (AR)/複合現実 (MR) も手軽に扱えるようになってきている。また、VR ヘッドマウントディスプレイ (HMD) やナチュラルユーザインタフェース (NUI) デバイスなど、各種のヒューマンインタフェース (HI) 入出力機器も安価に提供されるようになった。そのため、これらの教育への利用が盛んになってきている。一般の公共施設でも VR のような技術が使われ始めている [1][2]。

本研究でも、体感的な学習効果を目指し、マルチメディア出題に対する操作式解答の試験システム DriLs-M を提案している [3]。これまでに、2D マウスやペン入力による操作 (指し/描き/囲み/塗り) で、テキストや静止画に対する解答を実装している [4]。

本研究では、現在の入出力機器の進展などに合わせ、改めてマルチメディア学習システム iMuLS を提案している [5][6][7]。iMuLS は現在、Oculus [8] という VRHMD を利用している。本論では、試作した本システムと問題について述べる。

### 2. 操作式解答試験システム DriLs-M

DriLs-M は、画像などのマルチメディア素材を解答フィールドに提示し、マウスのドラッグやペンタブレットによる筆跡などで解答する問題を扱っている (図 1 左)。このような解答方式を、キーボードによるテキスト入力の記入式、マウスで項目を選ぶ選択式と区別し、操作式と呼ぶ。

操作式では、選択式で起こりがちな丸暗記や当て推量での正解が少なくなる。さらにマルチメディア素材を注意深く見ながら体験的な作業をすることで、記憶を助け、楽しさが増し、教育効果が高まることが期待できる。

これまでに、まず、漢字の字形学習の問題を作成している [9][10][11][12][13]。例えば、筆順を実際になぞって答える問題、提示された漢字の部首の部分を含む問題などがある。

もう一つの適用事例として、地図問題がある [14]。提示された地図の特定の地域を塗ったり、山脈を描くような問題を出題する。これらの出題では、上下、左右、回転、拡大縮小といったスコープ操作という概念を追加している。

<sup>†1</sup> 香川大学  
Kagawa University

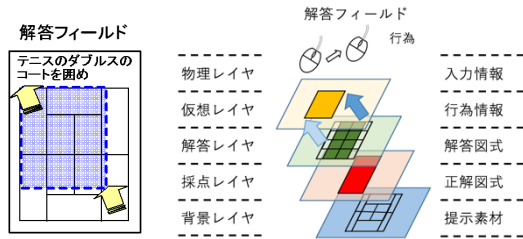


図1 操作式解答の解答フィールドと階層モデル

### 3. マルチメディア学習システム iMuLS の概要

iMuLS では、より体感的な学習を提供するために VR への対応を行う。そのため、解答フィールドとして、VR 空間に置かれた 3D 素材も対象とする。例として、図 2 では、これまで、2 次元の地図に書き込んで解答していたが、本システムでは、VR 空間に置かれた 3 次元の地球儀に書きこんで解答する。そのため、採点などについても 3 次元に拡大して考える(図 3)。利用形態は以下ようになる。

まず、使用する HI 機器に合わせたシステムと問題セットをダウンロードする。その後、ユーザはローカルで問題に解答し、システムが解答情報や正誤などのログをサーバに返す。サーバ側では、正誤や使用した時間などを後から確認できる。

利用場面としては、オープンキャンパス、高大連携の体験講座、科学体験イベントなどを想定する。中高生を、主な対象とし、科学技術への興味と関心を高める。そのため、学習項目の成績的な向上よりも、実験や観察を通しての、原理や仕組みの、体感的な理解に重点を置く。また、精密性の追求をよりも、親近感を持たせることを重要視し、娯楽的な要素を工夫する。

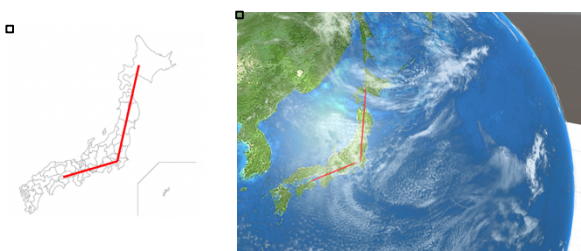


図2 3次元に拡大した出題の例

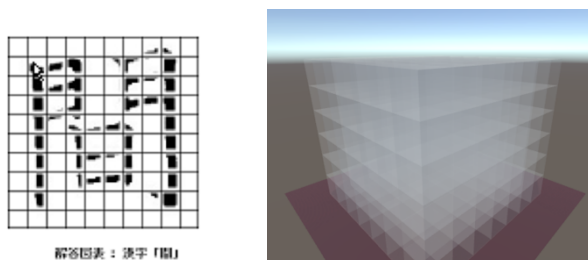


図3 3次元に拡大した採点方法の例

表1 解答図式の区分

位置	記述	中心近傍, 多角近傍, 自由近傍
入力	入力	位置を指す
	表示	中心, 境界
	採点	2D 座標近傍, 通過イベントの有無, 衝突イベントの有無
軌跡	記述	折線軌跡, 曲線軌跡
	入力	軌跡を描く
	表示	矢印, 線
	採点	2D または 3D 座標のデータ列の比較, 通過セルの比率と順序
領域	記述	矩形選択, 多角領域, 自由領域
	入力	境界を囲う, 領域を塗る
	表示	図形, 外枠
	採点	3D 格子点の集合の比較, 正誤イベントの比率
字句	記述	文字選択, 行域選択
	入力	テキスト上でマウスのドラッグ
	表示	字句反転
	採点	一致度
時間	記述	時刻選択, 時幅選択
	入力	音声や動画の再生中にマウスのクリック
	表示	選択中
	採点	時刻距離, 時幅の一致度
制御	記述	各種パラメタ(投射方向, 力の強さなど)
	入力	各種パラメタを指定
	表示	パラメタの大きさを示すバー
	採点	因子と値の組で比較, 発生したイベントの結果
事象	記述	オブジェクトを操作する
	入力	オブジェクトに対する操作
	表示	イベントの発生
	採点	発生したイベントの結果と順序

### 4. 操作式解答のモデルとフレームワーク

操作式解答は階層モデルで捉えられる(図 1 右)。提示素材は、問題文とともに、出題の要素として提示するマルチメディア素材である。静止画や動画、音声、3D 空間上でのオブジェクトなどである。

入力情報は、現実空間での解答中の HI 機器による操作である。入力情報は、3D 空間上では、視点の移動や手の動きといった行為情報として反映される。行為情報として扱うデータは、実際に用いる機器に依存するが、抽象化と簡素化を行う。また、3D 空間では、2D に比べ奥行きという概念が追加されるため、視点とは別に、解答箇所を指定するポイントという概念が必要となる場合もある。

解答図式は、ユーザの行為情報の中で、ポイントなどを用いて実際に解答として確定させた操作である。ユーザの操作のうち、どの期間、どの範囲を実際の解答とみなすか、やり直しを認めるかは、問題ごとに検討する必要がある。また、3D 空間における操作では、本質的でない操作の揺れがより発生しやすい。そのため、採点に必要な情報をログとして保存するために、正規化を行い、揺れを吸収する必要がある。これについては、解答図式ごとに扱うデータや採点に必要な因子を定め、データ構造の統一化を図る(表 1)。

正解図式は、正解を表す操作である。解答図式と正解図式を照合して採点を行う。DrilLs-Mでは、類似度の計算と閾値による正誤の判定のみを行っていた。iMuLSでは、3D空間上におけるオブジェクト同士の当たり判定といったイベント検知なども活用し、簡素な手法で実現する。また、ファジィ理論を取り入れて、部分点など、正誤だけでなく柔軟な採点を実現する。

## 5. iMuLS の設計と利用イメージ

iMuLSでは、様々な入出力機器や問題ごとの解答行為に対応するため、操作式解答を上記の階層構造で捉えている。ただし、実装上の見た目は、解答レイヤと採点レイヤが統合された形となっている。そのため図4のような3つの層でデータのやり取りを行なっている。

次に、実際にユーザが行う動作とシステムの流れを述べる。はじめに、ユーザに問題の一覧を提示する。ユーザは解答を行う問題を、ポインタを用いて選択する。システムは、選択された問題と、使用するデバイスに合わせて各層を読み込む。その後、ユーザは解答を行うと、○や×、得点の表示などで正誤を確認する。解答結果や正誤などのログはサーバに送信し、再び問題選択の画面を表示する。

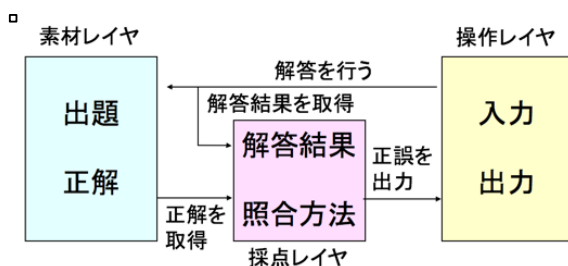


図4 実装上の階層構造とデータフロー

## 6. Unity の特徴と iMuLS の実装

iMuLSはゲームエンジンUnity[15]を用いて開発している。Unityは、C#やUnityScript言語などで、ゲームや3Dコンテンツの制作を行うことができる。マルチなプラットフォームに対応し、高性能な物理エンジンやパーティクルシステムなどを標準で備えている。また、オブジェクト同士の衝突などのイベント検出なども比較的容易に行うことができる。

他に、Asset Storeと呼ばれる3Dモデルなどを公開する仕組みも存在する。

現在、実装している解答方法として、まず、位置を示して解答する方法がある。これは、ポインタを用いて解答を行う問題で利用する。他にも、現在自分の向いている方向や、物を掴んで特定の位置に運ぶことで解答を行うといった解答方法も実装している。

## 7. 分野と問題の事例

まず、DrilLs-Mで適用してきた地理問題を作成している(図5)。これまでは、平面の地図画像を用いて出題を行ってきたが、3次元空間では、地球儀のような地球のオブジェクトを提示することができる。これにより、実際に地球儀を用いたときのように、大陸の位置関係や方角などを学習できる。今回は、オーストラリアの首都の位置を指し示す問題を作成した。地球儀の該当する位置をポインタで示し、解答する。この問題では、正解となる位置の座標とポインタで示された位置の座標の距離をとり、その閾値で採点を行なっている。この問題での正解した場合、図6のように地球儀の近くに○が表示される。

次に、体感的な学習では、観察が必要な出題に向くと考え、地学の問題を作成した。今回は360度カメラで撮影した全天球画像と撮影された時刻を提示し「北を向け」と出題する。解答者は、画像の太陽の位置を観察し、方角を求める。その後、北となる方向を向いて解答する(図7)。全天球画像を使うことで、時間や天候、場所などによる影響を受けず、現実に近い観察を行うことができるという利点がある。

この問題では、HMDの向いている方向を前後左右の4種類に特定し、写真上で正しい東西南北の方角と対応させることで採点を行なっている。

他に、英語のリスニング問題も作成している(図8,9)。聴いた内容を実際に動作で解答するような問題である。今回は、まず、箱と机を解答者に提示する。その後、「Please put the cube under the table.」という音声流す。実際に置かれている箱を掴み、机の下に置いてもらうことで解答してもらう。前置詞などによる位置関係のニュアンスなどを直感的に理解することを目的としている。この問題では、採点のために、机の周りに多くの不可視なオブジェクトを配置している。そのオブジェクトと提示された箱との当たり判定を取ることで、どこに置かれているかを検知し採点を行なっている。

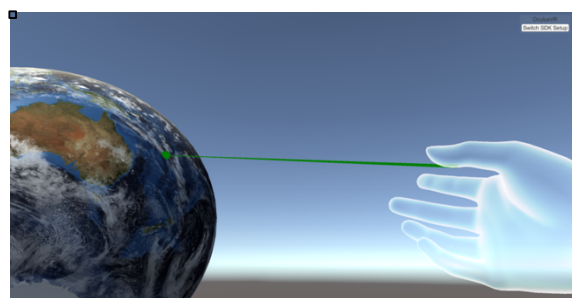


図5 ポインタを用いて解答している様子



図6 解答結果を表示している様子



図7 写真を見回しながら方角を探している様子

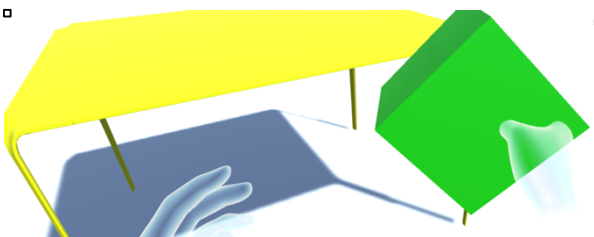


図8 指示に従い箱を運んでいる状態

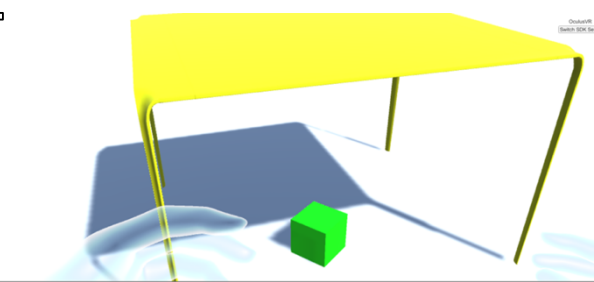


図9 机の下に箱を置いて解答を行った状態

## 8. おわりに

先行研究として、操作式解答によるマルチメディア試験システム DrilLs-M を開発している。このシステムはマウスやペンタブレットによる領域や軌跡の指定など、直感的な操作による学習を目的とする。本研究では、近年普及が進む各種の HI 機器に着目し、より体感的な学習システム iMuLS を提案している。このシステムでは、臨場感や没入

感など、VR 空間の特性を生かし、学習者の興味と関心を沸かせ、意欲を高めることを目的とする。

本論では、ゲームエンジン Unity で一部を実装した iMuLS の利用場面や解答方法、システムの流れなどについて述べた。また、問題構造の階層的なフレームワークに基づき、地球儀上の指定された位置を指し示して解答する地図問題、太陽の位置を観察し方角を求める地学の問題、英語の指示に従い、箱を運ぶ英語の問題を試作した。

## 参考文献

- [1] ルーブル美術館, "Experience Louvre Museum in Virtual Reality", <https://www.youvisit.com/tour/louvre-museum/> (2018.07.13 閲覧).
- [2] 国立自然史博物館, "Smithsonian Institution National Museum of Natural History NMNH", [https://naturalhistory.si.edu/VT3/NMNH/z\\_NMNH-016.html](https://naturalhistory.si.edu/VT3/NMNH/z_NMNH-016.html) (2018.07.13 閲覧).
- [3] 衣笠裕, 山下直子, 林敏浩, 富永浩之, 山崎敏範: 操作式解答によるマルチメディア試験システム DrilLs-M -領域解答と軌跡解答に対応する行為支援の実装と評価-, 信学技報, Vol.488, No.105, pp.7-12 (2005).
- [4] 衣笠裕, 山下直子, 林敏浩, 富永浩之, 山崎敏範: 操作式解答によるマルチメディア試験システム DrilLs-M -領域解答と軌跡解答の採点方法の実装と評価-, 信学技報, Vol.105, No.632, pp.1-6 (2006).
- [5] 石井怜央, 富永浩之: HI 機器を用いた操作式解答によるマルチメディア学習システムの機能検討, ゲーム学会 第15回合同研究部会 研究報告, Vol.15, No.1, pp.13-16 (2017)
- [6] 石井怜央, 富永浩之: HI 機器を用いた操作式解答によるマルチメディア学習システムの基本機能, 情報科学技術フォーラム FIT 2017, Vol.16, No.3, pp.467-468 (2017).
- [7] 石井怜央, 富永浩之, "HI 入出力機器と VR 素材を用いた操作式解答によるマルチメディア学習システム -中高生への科学イベントを想定した簡単な問題の事例-", 信学技報, Vol.117, No.421, pp.25-30 (2018.01).
- [8] Oculus, "Oculus", <https://www.oculus.com/> (2018.07.13 閲覧).
- [9] 衣笠裕, 山下直子, 林敏浩, 富永浩之, 山崎敏範: 操作式解答によるマルチメディア試験システム DrilLs-M -漢字の字形学習に適した領域と軌跡による解答方式の実現-, 信学技報, Vol.104, No.703, pp.43-48 (2005).
- [10] 衣笠裕, 山下直子, 林敏浩, 富永浩之, 山崎敏範: 操作式解答によるマルチメディア試験システム DrilLs-M -漢字学習に適した解答方式の実装とその応用-, 信学技報, Vol.104, No.534, pp.13-18 (2004).
- [11] Kinugasa, Y., Yamashita, N., Hayashi, T., Tominaga, H., Yamasaki, T.: Operation-Style Answering in Multimedia Testing System DrilLs-M for Kanji Letter Shape Learning, Proceedings of ICAIT 2005 (Kaohsiung), pp.647-649 (2005).
- [12] Tominaga, H., Kinugasa, Y., Yamashita, N., Hayashi, T., Yamasaki, T.: DrilLs-M: Multimedia Testing System with Operation-Style Answering on Pen Tablet for Kanji Letter Shape Learning, Proceedings of ED-MEDIA 2005 (Montreal), pp.4686-4693 (2005).
- [13] Tominaga, H., Kinugasa, Y., Yamashita, N., Hayashi, T., Yamasaki, T.: DrilLs-M: Multimedia Testing System with Operation-Style Answering -Application to Kanji Letter Shape Learning-, Proceedings of ICCE 2005 (Singapore), pp.474-481 (2005).
- [14] 正富達也, 富永浩之: 操作式解答によるマルチメディア試験 DrilLs-M の開発 -移動操作を取り入れた地図出題における入力支援-, 信学技報, Vol.106, No.583, pp.7-12 (2007).
- [15] Unity, "Unity", <https://unity3d.com/> (2018.07.13 閲覧).