

## メンタルローテーション能力向上のための図形学習アプリの開発

## Development of a Geometry Learning Application for Enhancing Mental Rotation Ability

野村 優翔<sup>\*1</sup>, 小島 篤博<sup>\*2</sup>Yuto NOMURA<sup>\*1</sup>, Atsuhiko KOJIMA<sup>\*2</sup><sup>\*1</sup>大阪府立大学 現代システム科学域<sup>\*1</sup>College of Sustainable System Science, Osaka Prefecture University<sup>\*2</sup>大阪公立大学大学院 情報学研究科<sup>\*2</sup>Graduate School of Informatics, Osaka Metropolitan University

Email: sfa00231@st.osakafu-u.ac.jp

**あらまし:**頭の中で3次元物体を回転させる能力であるメンタルローテーション能力の向上には製図学習が有効とされる。本研究では、三面図と一致する立体図形を選択する問題、および提示された立体図形の三面図を指で描く問題を出题するアプリケーションを開発した。立体図形をタッチ操作で回転させ、さまざまな視点から捉えられるようにすることで、立体図形と三面図の対応関係の理解を促す。

**キーワード:**メンタルローテーション, 立体図形, 三面図

## 1. はじめに

近年、人々の空間能力向上に関する様々な研究が行われている。空間能力の一つとして、メンタルローテーション(以下,MR)と呼ばれる、頭の中で立体図形を回転させ、さまざまな方向からの見え方を想像する能力がある<sup>(1)</sup>。MR能力の向上には異なる視点から見た立体図形を描く等の製図の活動が有効とされる<sup>(2)</sup>。しかしながら、現状では三面図などの製図学習の機会が限られ、紙面上の学習では立体図形を動かすことができず、ユーザは立体図形を把握することが難しい。

本研究では、iPad上で立体図形と三面図に関する問題を出题し、ユーザが直感的に立体図形を操作することでMR能力の向上を支援するアプリケーションの開発を行う。

## 2. アプリケーションの概要

本研究で作成するアプリケーションは、スワイプ操作により立体図形を自由に回転できる機能を備え、紙面上では難しかった多角的な視点での立体図形の把握を支援する。捉えにくい面や辺の構造を直観的に理解しやすくなり、問題へ気軽に取り組みやすくすることで、製図学習の充実度が高まることが期待される。

また、問題に解答すると同時に正誤を提示し、あわせて解答時間などの学習データを記録する。ユーザ自身が結果を見てすぐに復習を行えるという利点をもたらす、学習状況を振り返ることが可能となる。さらに、出題する問題については立体図形の難易度を段階的に高めることで、着実に学習効果を高められるようにする。これらを踏まえた上で、製図学習の質を高めるだけでなく、MR能力を効率的に向上させることを目標とする。

## 3. アプリケーションの実装

## 3.1 問題の構成と開発環境

本アプリケーションにおいて、ユーザが平面と立体との対応を理解しながら、MR能力を向上させるために、「三面図と一致する立体図形を選択する問題」と「提示された立体図形の三面図を描く問題」の2種類の問題を実装する。

立体図形の形状の複雑さ等を踏まえ、問題を3つのレベルに分割し、各レベル10問ずつ用意する。

レベル1の立方体は、垂直面と水平面のみで構成されており、比較的理解しやすい形状である。レベル2では新たに斜面が加わり、レベル3では複数の斜面が組み合わさった最も複雑な形状となる。レベルが上がるにつれ、三面図を描く難易度と立体図形を把握する難易度が高くなるように設計する。

出題方法として、同じレベルの10問を連続して行う形式と問題番号を指定して個別に問題を選択できる形式の2種類を設ける。これにより、ユーザが自身の学習スタイルや目的に応じて柔軟に問題へ取り組めるようにする。また、これまでに正解した問題番号を記録しておき、出題時に表示する。

不正解時は問題を再提示し、正解時は次の問題、または結果へと遷移する。

本アプリケーションを作成するにあたり、開発環境としてXcodeを採用し、iOSアプリケーションの開発に使用される言語であるSwiftにより開発を行う。また、出題する立体図形ファイルの作成には、3DモデリングソフトであるBlenderを使用した。

## 3.2 立体図形の表示と実装

ユーザが自由に立体図形を操作できるようにするため、Appleのシーングラフベース3DライブラリであるSceneKitを用いて立体図形を表示する。

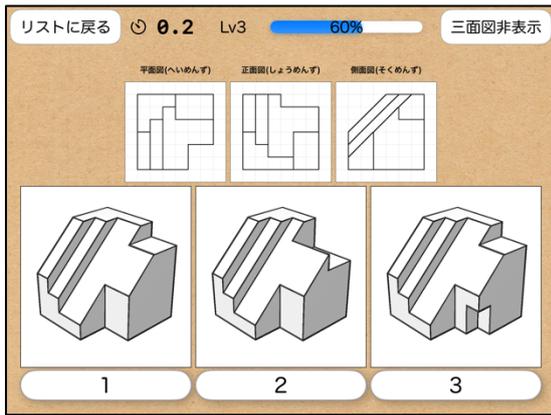


図1 立体図形を選択する問題

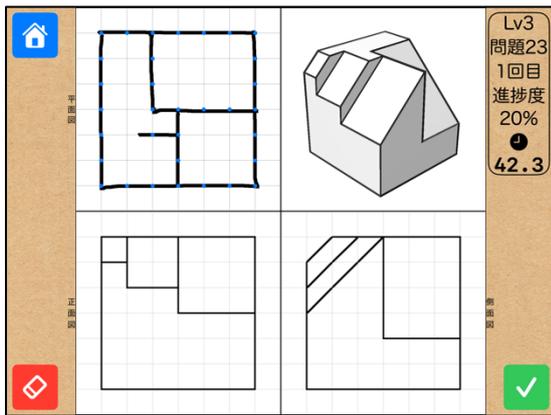


図2 三面図を描画する問題



図3 結果画面

まずは、ユーザが頭の中で立体図形を回転し想像する過程を優先し、実際に立体図形を回転させることにより、あらゆる角度から確認して理解を深められるようにする。そのため、初回解答時は図形の回転を制限し、不正解時のみ許可する設計とした。

### 3.3 立体図形を選択する問題

ユーザは細部の違いを見極めつつ正しい立体図形を選択する必要があることから、正解と一部形状が異なる2つの立体図形を候補として提示する(図1)。

立体図形の配置順序を覚えて解答することがないように、同一問題でも出題のたびに配置順序が変化するように設計する。ユーザは立体図形の下に配置されたボタンをタップすることで解答を行う。

この問題の解答には制限時間を設けており、出題時にカウントダウンタイマーが起動し、時間切れの場合は問題を再提示する。なお、解答2回目以降では、立体図形をスワイプ操作によって自由に回転することで理解を深めるため、制限時間を設けない。

### 3.4 三面図を描画する問題

平面図・正面図・側面図のすべてを描かせるとユーザの作業負担が大きくなり、学習意欲の低下を招く恐れがある。そこで、三面図のうち2つを出題時に提示し、残りの1つのみをユーザに描かせる設計とした(図2)。描画はグリッド上を指でなぞる形で行う。描画部分は、グリッドを表示する背景 View の上に描画専用の View を重ね、ユーザのタッチ操作を処理する。正誤判定のため、グリッドの各格子点に対応する配列を用意し、タッチ座標が格子点付近を通過したタイミングで該当する格子点を訪問済みとしてマークし、印が表示される。

手書きでグリッドを正確にトレースすることは困難であるが、正誤を格子点で管理することで、描画の自由度を保ちつつ、おおまかな描画でも判定することができる。右下のチェックボタンをタップすることで、正解配列と格子点配列を比較し正誤判定を行う。また、描画を誤った際にやり直せるよう、左下に配置した消しゴムボタンをタップすると、描画済みの線を消去し、格子点配列をリセットする。

### 3.5 結果画面

10問を解答し終わると結果画面へ遷移し、各問題の正誤と解答時間が一覧表示される(図3)。

間違えた問題を重点的に見直し、正解した問題も再度確認できるよう、解答時間の横には復習ボタンを設けた。このボタンをタップすることで、該当の問題を再提示する。

## 4. まとめ

本研究では、MR能力の向上を目的とした問題出題および立体図形の理解を促進するiPadアプリケーションを開発した。

従来の紙面学習では多角的な立体把握が難しかったが、本アプリケーションではタッチ操作により、立体と三面図の対応関係を理解できるように設計した。今後の課題として、本アプリケーションを使用することによる、MR能力に及ぼす効果の検証を進めることが挙げられる。

### 参考文献

- (1) Shepard, R. N. and Metzler, J.: "Mental rotation of three-dimensional objects", Science, 171, 3972, pp. 701-703, (1971)
- (2) Ogunkola, B. and Knight, C.: "Does technical drawing increase students' mental rotation ability?", Cogent Education, 5, 1489209, (2018)