

空間認識能力の向上を指向した3次元メンタルローテーション課題

Three-Dimensional Mental Rotation Task for Improving Spatial Perception Skills

宮崎 貴大, 林 佑樹, 瀬田 和久

Takahiro MIYAZAKI, Yuki HAYASHI, Kazuhisa SETA
大阪府立大学 現代システム科学域 知識情報システム学類
College of Sustainable System Sciences, Osaka Prefecture University
Email: miyazaki@ksm.kis.osakafu-u.ac.jp

あらまし: 近年の急速な社会変化に伴う子どもたちの外遊び離れにより、空間認識能力向上の機会の減少が問題となっている。空間認識能力は人間の成長に必要な基本的技能の獲得に寄与するため、このことは憂慮すべきことである。本研究では、空間認識能力の向上を目掛けた3次元メンタルローテーション課題を提案する。本システムにおいて、学習者は3次元空間に投影された複数の立体図形とその切断面を回転させることで、3次元物体の形を認識し、切断面を接合する課題に取り組む。

キーワード: 空間認識能力, 3次元メンタルローテーション, 立体図形と切断面

1. はじめに

空間認識能力は、日常生活における行動や文字の読み書きなど人間の基本的技能の獲得に寄与しているとされ、発育段階の子どもたちの成長に關与する重要なスキルであることが知られている⁽¹⁾。空間認識能力が育まれる機会は、主に外遊びであると言われている⁽²⁾。しかし、文部科学省・中央教育審議委員会によると、テレビゲームの台頭、公園利用ルールの厳格化や少子化などに代表される近年の急速な社会変化によって子どもたちの外遊びの機会が減少しており、空間認識能力を育む機会が必要である。

本研究では、発育段階の子どもたちを支援対象に空間認識能力向上の機会を与えることを目的とし、3次元メンタルローテーション課題を提案する。

2. メンタルローテーション課題

メンタルローテーション (MR) とは人間の頭の中で思い浮かべた心的イメージを回転変換する認知能力で、比較刺激との異同を判断することである⁽³⁾。空間認識能力を育むには、心的イメージを浮かべながら、その心的イメージを念頭操作するという2つの活動を同時に行う活動 (MR 活動) が求められる⁽⁴⁾。

学習者の MR 活動を刺激することを目的とした MR 課題がこれまで提案されてきた。既存の MR 課題は、Vandenberg と Kuse によって設計されたペーパーテスト形式の MR テストを参考にした2次元的なものが採用されている⁽⁵⁾。しかし、①十分な空間認識スキルを有していない子どもたちが、心的イメージを浮かべる活動と心的イメージを念頭操作する活動を同時に行うことは難しい。また、②そのような子どもたちが MR 課題に触れる機会も少ないと言える。

そこで本研究では、①、②の問題点を解決するための立体図形とその切断面を用いた3次元 MR 課題を提案する。

3. アプローチ

3.1 3次元空間での可視化

3次元空間に立体図形やその切断面を投影し、それらを回転させて様々な方向や角度から物体を可視化できるようにする。これは MR 活動の実施に求められる頭の中の立体図形操作を外在化させた環境で実現することで、MR 活動を行う負荷を軽減するという意図がある (問題点①の軽減)。

3.2 学習者の傾向に応じた問題提示

学習者に提示する立体図形や複数のパーツを予め1つの問題セットとして保存し、その中から問題を出題する仕組みを実現する。それに加えて学習者が一通り問題を解いた後には、学習履歴ログに基づいて学習者の傾向に応じた出題ができるだけでなく、学習者の MR 課題に触れる機会を増やすことができる (問題点②の軽減)。

4. 3次元 MR 課題演習システム

本システムは、3D ゲームエンジン及び統合開発環境である Unity を利用し、C#により実装している。

図1にシステムでの学習フローを示す。システムは、

(1)問題選択機能において事前に登録されている問題の出題や誤答問題を再出題する。(2)学習者はオブジェクトをマウス操作により拡大・縮小したり、回転操作を通じて MR 活動し、その結果をもとに解答する。システムはその正誤を判定し、結果を学習者に返す流れになっている。以下、3章で述べた2つのアプローチを満たす機能を説明する。

4.1 MR 活動を促す回転操作

学習者が解く問題としては、目標の立体図形 (図1(A)-(i))、切断面パーツ (図1(A)-(ii))、候補パーツ (図1(B)) からなり、切断面パーツに接着することで目標の立体図形となるものを候補パーツから選択する切断面一致パーツ選択問題である。学習者は

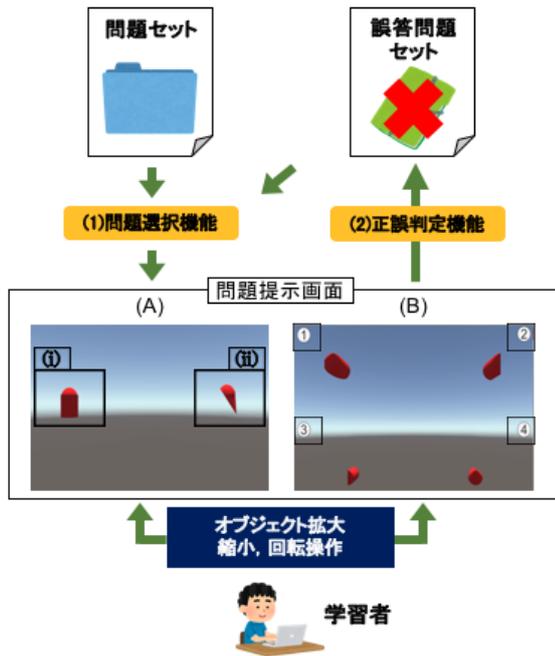


図1 学習フロー

提示されるこれら6つのオブジェクトを、それぞれに割り当てられた数字キーを用いて対象オブジェクトを拡大表示し、同時に回転させたい方向キーを押下することで回転操作ができる。また、1画面で全ての物体の断面を確認できる縮小機能も有する。

4.2 出題・正誤判定機能

(1) 問題選択機能：

図1で示した目標の立体図形や切断面パーツ及び候補パーツの計6つのオブジェクトは、1つの問題セットとして問題バンクに登録されており、そこから規定の問題数をランダムに出題する機能を備える。さらに、学習者のログデータから誤答問題を抽出し、再度出題する学習履歴管理機能も有する。この機能を援用して、学習者は繰り返し学習することで空間認識スキルの向上を図る。

(2) 正誤判定機能：

候補パーツ毎にボタン(図1(B)四角枠)を設置する。学習者は、正解と考えるオブジェクトのボタンをマウスで選択し、正解できるまで解答を続ける。システムは、正解データに基づいて正誤判定を行い、正解であれば次の問題を表示する。さらに、学習者の解答データをログとして記録し、誤答問題セットに再保存する機能も有する。

5. 初期実験

5.1 実験設定

発育段階の子ども向けのMR課題としての機能を有しているか確認するための初期的な実験を実施した。問題に単に取り込むだけでなく、システムの機能評価を伴うため、被験者は、十分に空間認識スキ

ルが発達し、機能評価について言語化できる能力を有する大学生13名を対象とした。問題は発育段階の子ども向けの問題を被験者に出題している。

以下の3項目をアンケート形式で実験を行った。

①及び②は、3段階評価(○(できた), △(できない問題があった), ×(できなかった))で回答させ、③は自由記述形式で回答させた。

- ①：物体認識(心的イメージの形成)ができたか
- ②：①と同時に心的操作(念頭操作)ができたか
- ③：本システムの動作確認

5.2 実験結果と考察

表1に①及び②の評価実験の結果を示す。本システムを使用する上で、心的イメージの形成を行いながら、念頭操作をすることができたという評価が多かった。この結果をもって、子どもたちがシステム上でMR活動を行えるとは言えないが、MR課題としての機能を有することは確認できた。また③については、被験者に基本動作の確認をさせた上で実施した。本システムの改善点として、マウスによるオブジェクト回転操作の実現や拡大縮小機能の洗練、オブジェクト合成結果の表示などがあげられた。

以上から、システムのユーザビリティに改善の余地はあるものの、MR課題としての機能を有していることが確認されたため、発育段階の子ども向けMR課題として適正かどうかを検討できる段階に至ったと考えている。

表1 実験結果

	○	△	×
①	10	3	0
②	10	3	0

6. まとめと今後の課題

本研究では、3次元空間に投影された複数の立体図形とその切断面を回転させ、3次元物体を認識、接合するシステムを構築した。

今後の課題として、システムの操作性を高める機能の追加が求められている。また、本システムが空間認識能力の向上に寄与することを裏付ける実験内容の考察が必要である。

参考文献

- (1) 寺田敦子, 辻慶子, 池田行伸: “子どもの空間認知能力と行為の発達”, 佐賀大学文化教育学部研究論文集, 第6巻, 第1号, pp.31-42 (2001)
- (2) 秦野真衣, 米澤朋子, 吉井直子, 高田雅美, 城和貴: “ARを用いた空間認識能力向上のための学習方法”, 情報処理学会研究報告 (MPS), 33, pp.1-6 (2012)
- (3) Shepard, R. N., Metzler J.: “Mental Rotation of Three-Dimensional Objects”, Science, 171, pp.701-703 (1971)
- (4) 比護智洋: “空間認識力を育む教材に関する研究”, 数学教育研究 第47巻, 第1号, pp.146-165 (2012)
- (5) 椎名久美子, 鈴木賢次郎: “改変版メンタル・ローテーション・テストの設計と誤答分析”, 図学研究, 第32巻, Supplement, pp.133-138 (1998)