

# 空間認識能力を育むためのデジタル教材の研究

伊藤 壮頭<sup>1</sup> 赤澤 紀子<sup>1</sup> 中山 泰一<sup>1</sup>

**概要:** 7歳から11歳の具体的操作期における空間的な学習や遊びは、空間認識能力の発達に深く関わり、小学校の図形領域の学習もそのひとつである。空間認識能力を育むためには、ブロックや積み木を扱う学習から紙面での学習に移行するように、具体物を扱う操作から具体物を用いずに念頭操作することへ発達させることが重要であるとされている。しかし、空間認識能力が低いと、これが難しく、学習に支障をきたしてしまう場合があり、別途空間認識能力を高めることのできる教育の必要性がある。本研究では、具体物を取り扱った操作から念頭操作への足がかりとして使用できるタブレット端末上で動作可能なアプリケーションを開発し、小学校の先生方に使用してもらうことで、いくつかの意見を得た。

## Study on Digital Teaching Materials to Acquire Spatial Ability

**Abstract:** Students in the lower grades of elementary school are suitable for playing and learning to acquire spatial ability. Therefore, in this study, we have designed and developed a digital teaching material for elementary school students to acquire spatial ability. We asked elementary school teachers to use this digital material, and then we interviewed them about this material. As a result, we have recognized that this material helps elementary school students to acquire spatial ability.

### 1. はじめに

私たちは日常生活の中で物体の距離や大きさ、位置関係を読み取ったり、絵や写真、設計図などから実物を想起する、あるいは過去のそれらの経験から目の前にないものでも想像し、イメージを形成することができる。また、形成したイメージに対しても、実際の物体への操作と同様に認知的な操作を加えることができる。本研究では対象の情報を認識・イメージを形成し、3次元空間における課題を解決するために思考する能力を空間認識能力と呼ぶ。

空間認識能力の発達に深く関わるのが、幼少期の空間的な遊びや学習であり、小学校算数の図形領域の学習もその一つである。しかし、秦野ら [1] によると、図形や空間についての学習を教科書等で行う際、児童の空間認識能力が低い場合に平面上に表された立体を認識することが難しく、学習に支障をきたしてしまうことがあると述べ、別途空間認識能力を高めることのできる教育の必要性を訴えている。

本研究の目的は、具体物から念頭操作への足がかりとして使用可能な学習教材を開発し、これが児童の空間認識能

力を育む学習の手助けとなることである。学習教材にはタブレット端末を使用し、学習者はアプリケーション上で学習を行う。タブレット端末を用いることの利点は以下の3つが挙げられる。

- タブレット端末に表示される三次元オブジェクトはブロックや積み木、パズルといった具体物ほど直感的に操作できない。しかし、従来の教科書等の紙面上に平面的に描かれている立体と比較すると、指先で回転を行い、様々な角度から観察できるという点で直感的である。タブレット教材を用いた空間の学習は、具体物を取り扱った空間の操作から平面に示された立体を頭の中で操作する念頭操作への足がかりとして活用できる。
- ブロックや積み木、パズルなどの具体物を用意する必要がなく、タブレット端末があれば場所を選ばずに学習ができる。
- 紙面での学習と違い、タブレット端末のみで複数のオブジェクトや多数の問題を扱うことができる。

対象は小学一年生から三年生とする。これは、ピアジェの認知発達段階 [2] において、空間認識能力が大きく向上するのは7才から11才の具体的操作期であること、そして小学校の算数において、初歩的な立体の学習を始める学年 [3]

<sup>1</sup> 電気通信大学  
The University of Electro-Communications

だからである。

本研究のアプリケーションを小学校の教諭に使用してもらい、ヒアリングを行った。ヒアリングから、本研究のアプリケーションが、小学校低学年の児童生徒らの空間認識能力の取得や向上を支援できる可能性があることが分かった。

以下、2章では、空間認識力の取得や向上に関する研究について述べる。3章では、本研究のアプリケーションと類似するアプリケーションについて述べる。4章では、本研究のアプリケーションについて、設計と特徴、内容、使用方法について述べる。5章では、本研究の期待できる効果について述べる。6章では、小学校の教諭に使用してもらいヒアリング行い得た意見について述べ、結果を考察する。7章では、まとめを行う。

## 2. 関連研究

### 2.1 空間認識力を育む教材に関する研究

比護 [4] は空間認識力を育む教材を開発し、その有用性を実践を通して検証した。そのなかで、空間認識力に関わる先行研究 [5][6][7][8] を概観、考察し、空間認識力を概念規定している。特に空間思考、空間推理、空間観念といった様々な立場からの研究に基づき、イメージ像の形成と、それをもとに思考することに分けて考察を行った。比護が空間認識能力をイメージ像をもとに思考する側面として7つの項目に分けたものを次に示す。

- (1) 変形、切断、回転などの操作の結果を見通す
- (2) 立体図形を構成する
- (3) 立体図形を図で表現する
- (4) 空間を移動する
- (5) 図形の空間の広がりをとらえる
- (6) 対称性、合同、相似性を認識する
- (7) 基本的法則や性質に着目する

本研究では、上の7つの側面に焦点を合わせ、アプリケーションを設計する。さらに、比護は、「空間認識力を育むためには生徒の発達段階に合わせて、具体物を取り扱った操作や観察の活動から、具体物を用いずに念頭操作を行う活動へと発達させることが重要である。」としている。

### 2.2 AR を用いた空間認識能力向上のための学習方法

秦野ら [1] は、子どもの空間認識能力を高めるためのARを用いた新たな学習方法を提案し、小学生を対象とした実験とその結果から有効性を示した。

ARの使用には子どもでも直感的に、動作と視覚の両方の感覚を使って扱うことができる利点があり、イメージの中で物体を回転させやすくするような支援を行っている。秦野らの開発した学習ツールでは、回転可能な $2 \times 2 \times 2$ の仮想ブロックを用いて、回転後のイメージを想像するこ

とを支援している。

### 2.3 ドローンによる空間認識力を育むプログラミング教育の実践とその評価

高橋ら [9] は、児童の空間認識力の向上を目指して小学5年生と6年生に対してドローンを活用した授業実践を行い、授業前後でテストを実施した。その結果、学力層の中位群と低位群において、事前テストに対し事後テストの点数が有意に上昇し、事後テストにおいて低位群は高位群と中位群に対し有意な差は見られるが得点の上昇が見られ、中位群は高位群と有意な差が見られない同水準まで達したことが明らかになったとしている。

### 2.4 空間認識能力向上のための肢体不自由児用3D-CG玩具モデルを用いた教材の開発

石垣ら [10] は、肢体不自由児は肢体の不自由さ故に物体を動かして遊ぶ経験が少なく、健常児が幼少期に遊びや活動を通じて自然と身につける空間認識能力が身に着け難いとし、手にとって遊ぶことが困難である積み木などの玩具をモデル化し、児童生徒が自分の意志で仮想空間上でモデルを動かして遊びながら学習できる3D-CG教材を開発した。その一つである3D-CG積み木教材では、次の3つの出題形式から学習者が自身の能力に適した問題を選択し、学習する。学習者はビューモードに切り替えることでカメラを移動させ、視点を変えることができる。

- 左右の積み木の並べ方の同異を答える
- 積み木モデルと同じように積み木を並べる
- 積み木の数を答える

本研究では、この3つの出題形式を参考に、回転操作や平面から立体、立体から平面の予想など、より念頭操作が必要な問題を出題する。

### 2.5 Experimental Study of Spatial Cognition Capability Enhancement with Building Block Learning Contents for Disabled Children

小田ら [11] は特別支援学校への技術的・教育的支援を行うことを目的とし、音声・拡張現実技術を用いた3D-CGアニメーション、積み木学習、文字やシンボルの学習、ボウリングによる算数学習など、学習者に合わせた多種類の学習教材ソフトを開発した。

積み木での学習では石垣らの研究を参考に、紙面上に表された立体をARで表示する機能や、積み木の様子を動画で見ることのできる機能、同じ形の積み木を選択して解答する問題を出題する機能を備えるソフトウェアを開発し、継続した学習による学習効果が確認された。

## 2.6 Building Blocks for Developing Spatial Skills: Evidence From a Large, Representative U. S. Sample

Jirout と Newcombe[12] は、子どもたちがブロックやパズルなど空間を扱うおもちゃでの遊びが、空間認識力の発達と相関することを明らかにした。本研究で用いるアプリケーションでは、これを踏まえ、立方体の積み木ブロックを組み合わせた三次元オブジェクトを扱う。

## 3. 類似のアプリケーション

以下ではタブレットやスマートフォン上で動作する空間認識力を養うことが目的のアプリケーションをいくつか紹介し、本研究で作成するアプリケーション(本アプリケーション)と比較する。

### 3.1 積み木ブロック学習-遊ぶ知育シリーズ

AMGAMES Inc. による積み木を使って空間認識力を養うアプリケーション [13] であり、ブロックを数えたり、隠れたブロックを認識したり、異なる角度からの見え方を想像したりすることによって、立体の位置や構造を思考する観察力や空間認識力、図形感覚を養うことができるとしている。アプリケーションの内容は以下の4つがあり、それぞれ四段階の難易度が用意されている。このアプリケーションは対象年齢を主に3歳から5歳としている。

なんこあるかな？

積み木ブロックが何個あるか答える。

おおいのはどっち？

積み木ブロックの数が、左右どちらが多いかを答える。  
どうみえる？

指定された方向から積み木ブロックを見たとき、どのように見えるかを答える。

どっちのブロックかな？

左右から見た図をヒントに、ブロックの形を答える。

また、このアプリケーションの目的として、積み木は、立体や空間の位置や構造を理解するための「空間認識力」を育てることができる玩具であり、パズルゲームのように遊びながら、三次元的な観察力や論理的な思考、数学的な考察能力などを身につけることとしている。

このアプリケーションでは本アプリケーションと同様にブロックを組み合わせた立体を扱っているが、扱うブロックの数は本アプリケーションより多い。また、立体の回転機能がないので、本アプリケーションと比較すると実際に回転できないという点で難易度が高いと考えられる。

### 3.2 立体形あて(あそんでまなぶ!シリーズ)

UNI-TY INC. による立体の形をあてるアプリケーション [14] で、対象年齢は3歳以上である。ブロックを矢印の方から見たとき、どのように見えるかを選択肢の中から選

んで解答するアプリケーションであり、10題の問題が出題され、計100点満点で採点される。また、点数の多い順かつ解答時間の早い順でランキングされる。同社のアプリケーションである立体色あて(あそんでまなぶ! シリーズ)では、これに色の要素が追加されている。

このアプリケーションでは、本アプリケーションと同様にブロックを組み合わせた立体を扱っているが、扱うブロックの数は本アプリケーションより多い。また、立体の回転機能がないので、本アプリケーションと比較すると実際に回転できないという点で難易度が高いと考えられる。

### 3.3 いくつあるかな? 幼児子供向け知育脳トレ数あてアプリ

Fantamstick による表示されたブロックの個数を解答するアプリケーション [15] で、対象年齢は1歳以上としている。表示されるブロックの個数がわからなくても、選択肢を順に選んでいけば正解でき、あそんでいくうちに直感的にブロックの数を当てられるようになってくるので、子供の空間把握能力をきたえることもできるとしている。また、アプリケーションの説明には「今の子供達は、0歳の頃からスマホやタブレット端末に触れています。子供達が直感的に使えるスマホやタブレット端末は、幼児教育に向いているデバイスだと感じています。」と記載されており、タブレット端末を用いることの意味を述べている。

このアプリケーションでは本アプリケーションと同様にブロックを組み合わせた立体を扱っているが、扱うブロックの数は本アプリケーションより多い。表示される立体は横方向に自由に回転させることができ、任意の方向から立体を観察することができる。本アプリケーションと比較して、表示される立体を操作することで解答が得られ、念頭操作の必要が少ないため、難易度は低いと考えられる。

### 3.4 . projekt

Kyrylo Kuzyk による立体組み立てパズルのアプリケーション [16] であり、異なる視点からの絵を参考に立体を作り上げていくパズルゲームである。対象年齢は4歳以上であり、アプリケーション内で解答時間に制限は設けられておらず、スコアやタイムを競うことはない。

このアプリケーションでは、異なる方向から見た立体のシルエットを参考に一からブロックを配置する必要がある。したがって本アプリケーションにおける「面から立体を予測する問題」の立体図形を構成する要素が強化され、扱うブロック数が多いことも相まって本アプリケーションと比較すると難しいものとなっている。

表 1 それぞれの問題が対応する項目

	問題 1	問題 2	問題 3
1. 変形, 切断, 回転などの操作の結果を見通す	○	○	○
2. 立体図形を構成する		○	
3. 立体図形を図で表現する	○		
4. 空間を移動する	○		○
5. 図形の空間の広がりをとらえる		○	○
6. 対称性, 合同, 相似性を認識する			○
7. 基本的法則や性質に着目する	○	○	○



図 1 タイトル画面

## 4. アプリケーション

### 4.1 設計と特徴

本研究は比護の規定した空間認識力に従い、イメージ像をもとに思考する側面に焦点を合わせ、Unity を用いて、アプリケーションを作成する。アプリケーション内ではランダムに配置された  $2 \times 2 \times 2$  からなる色付きのオブジェクトが表示され、学習者はこれを必要に応じて回転させることができる。ただし、回転操作は限定的なものである。これは、画面上で物体を自由に回転できてしまうと、念頭での操作の練習にならないことと、空間認識能力が発育途中の学習者にとって必要な情報を得るための自由な回転操作は難しいと考えたからである。ただし、学習者の解答が完了した際には、見直しが可能であるように、スライダーで回転できる角度は解答前より大きくしてある。扱う立体が  $2 \times 2 \times 2$  であるのは、主に具体的操作期の初期に該当する小学生低学年を対象とするため、本研究で扱う問題の内容では、サイズの大きい立体を扱うのは難易度が高いと考えたからである。

### 4.2 内容

本研究では Windows タブレット上で動作するアプリケーションを開発する。アプリケーションはタイトル、設定、チュートリアル・ヘルプ、問題、結果確認の 5 つのシーンから構成される。問題は、

**問題 1** 立体の面を予測する問題 (図 6)

**問題 2** 面から立体を予測する問題 (図 13)

**問題 3** 形が同じ立体を選択する問題 (図 14)

の三種類が出題され、学習者は、選択した問題を 10 問連続して解答する。また、立体の色はカラーユニバーサルデザイン [17] から四色を用いる。アプリケーションは現在開発中であり、以下の図は開発中のものである。それぞれの問題が対応する比護による項目を表 1 に示す。

#### 4.2.1 タイトル

タイトル画面 (図 1) では各種問題、設定、チュートリアルのシーンを選択可能である。

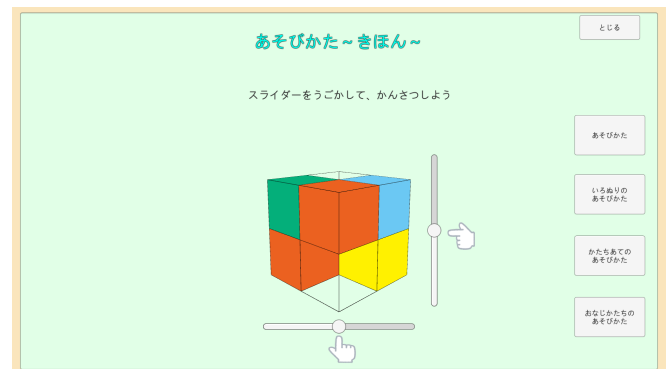


図 2 基本操作の説明

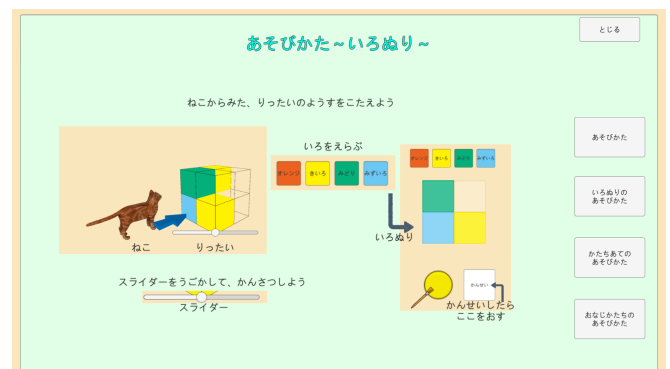


図 3 立体の面を予測する問題「いろぬり」のあそびかた

#### 4.2.2 あそびかた

あそびかたを選択すると、本アプリケーションの操作方法とそれぞれの問題の説明を見ることができる。また問題の説明は、解答中、右上の「あそびかた」ボタンを押すことで、いつでも確認することができる。実際の説明は次の図 2, 3, 4, 5 のようである。

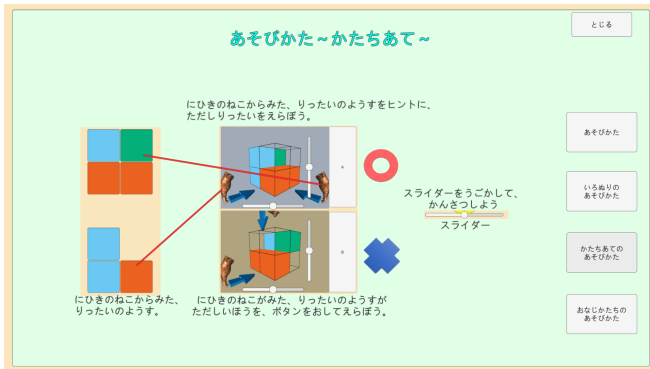


図4 面から立体を予測する問題「かたちあて」のあそびかた

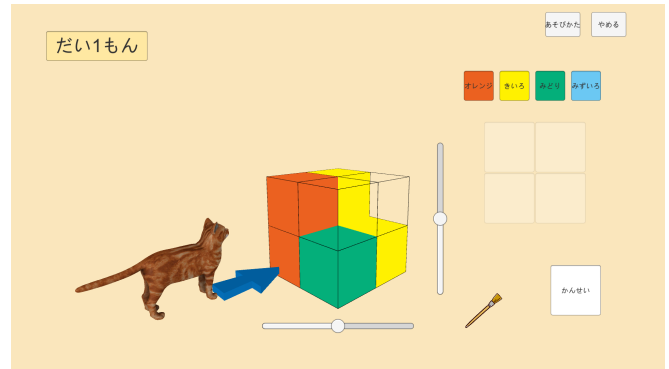


図6 立体の面を予測する問題

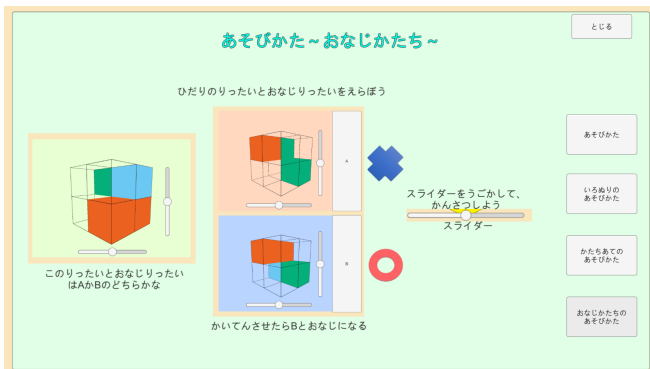


図5 形が同じ立体を選択する問題「おなじかたち」のあそびかた

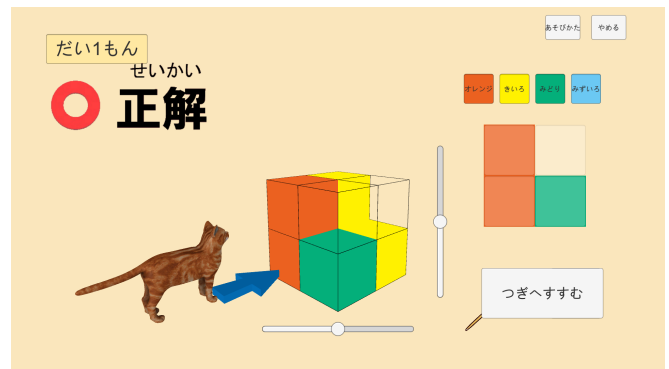


図7 正解の場合

#### 4.2.3 問題1:立体の面を予測する問題「いろぬり」

立体の面を予測する問題「いろぬり」(図6)では画面左上に問題番号、画面中央に立体と矢印と猫が表示され、その右側には立体を上下に回転させるスライダー、下側には物体を左右に回転させるスライダーが表示される。学習者は右上部のパレットから色を選択し、猫からみた立体の様子を画面右の4つのパネルを塗りつぶすことで解答する。完成ボタンを押すと正解・不正解のどちらかが表示される。正解の場合はその旨(図7)が表示され、不正解の場合は正しい答えが画面左に表示され、学習者は回転角度が拡張されたスライダーを用いることで何故間違えたのかを確認することができる。(図8)その後、「つぎへすすむ」ボタンを押すことで次の問題、または全問終了の場合結果画面に遷移する。

また、猫の出現位置は上の図だけでなく、固定ではない。図9のように猫が出現した場合、学習者は見えていないブロックをスライダーを操作して観察する必要がある。この場合、図10のような操作では、スライダーでの回転角度が限定されているため、必要な情報が得られない。したがって、さらに図11のような操作が必要である。これにより、

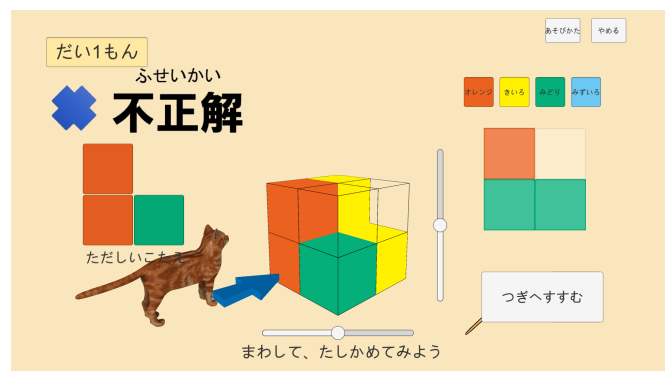


図8 不正解の場合

左下のパネルの色がわかる。解答後は、スライダーによる回転角度が拡張されるので、図12のように確認が可能である。

#### 4.2.4 問題2:面から立体を予測する問題「かたちあて」

面から立体を予測する問題「かたちあて」(図13)では、画面左上に問題番号、画面左側には立体の面が2つ表示さ

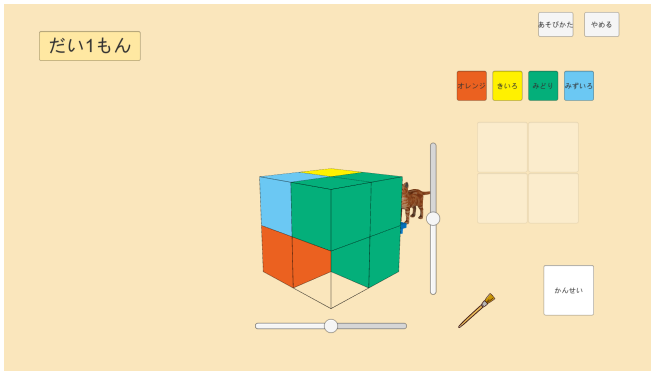


図9 猫が側面に出現した場合

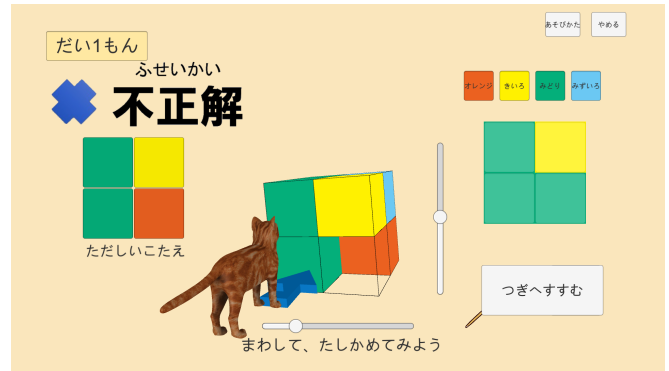


図12 拡張されたスライダーを用いて正しい答えを確認している様子

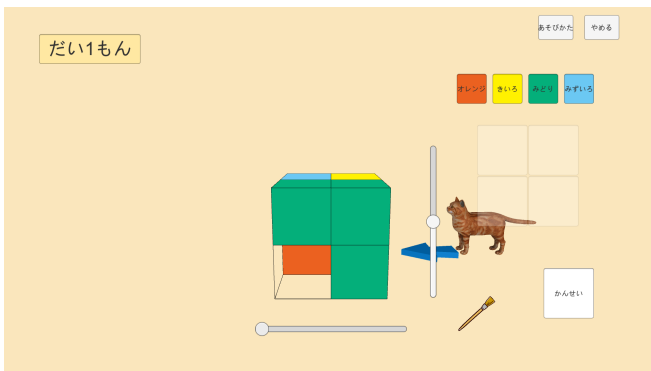


図10 回転角度の限界

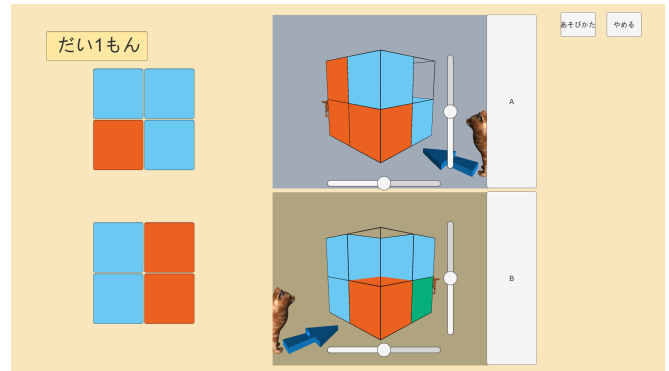


図13 面から立体を予測する問題

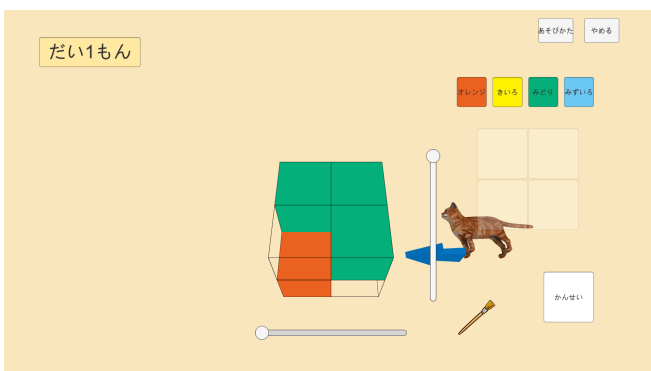


図11 必要な操作

れ、画面右側には立体と二匹の猫が表示されるパネルがAとBの2つ表示される。また立体には問題1と同様なスライダーが設定されている。学習者は二匹の猫から見た立体の断面として正しい猫が配置されている立体を選択し、ボタンをタップして解答する。解答すると正解・不正解が表示され、その後、「つぎへすすむ」ボタンを押すことで次の

問題、または結果画面に遷移する。

#### 4.2.5 問題3:形が同じ立体を選択する問題「おなじかたち」

形が同じ立体を選択する問題「おなじかたち」(図14)では、画面左に一つ、および画面右に2つの立体が表示され、それぞれに問題1と同様なスライダーが設定されている。学習者は画面左に表示された立体と同じ立体を画面右の2つの立体から選択し、ボタンをタップして解答する。解答すると正解・不正解が表示され、その後、「つぎへすすむ」ボタンを押すことで次の問題、または結果画面に遷移する。

#### 4.2.6 結果確認画面

結果確認画面(図15)では、解答した10問の正誤および1問を10点とした100点満点の点数が表示される。学習者は、各問題の横に配置されたボタンをタップすることで、解答した問題にもう一度挑戦することができる。また、結果の確認を終えた場合、画面右下のタイトルに戻るボタンをタップすることで、タイトル画面に遷移することができる。

## 5. 期待できる効果

本アプリケーションは比護の規定した空間認識力に対応



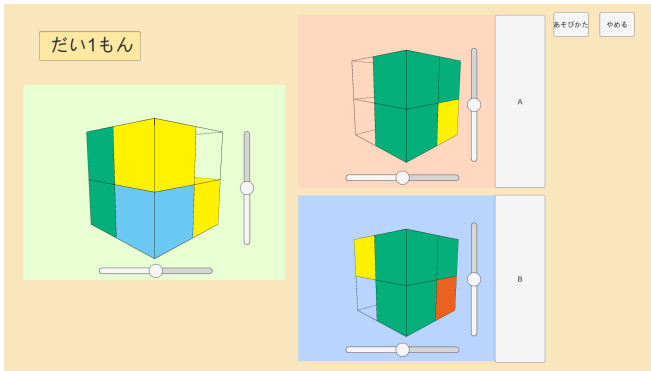


図 14 形が同じ立体を選択する問題



図 15 結果画面

しつづつ、具体物操作から念頭操作への足がかりとなるように設計しており、具体物操作期における継続的な学習によって念頭操作が必要な学習教材などに対応しやすくなることを期待できる。一方で本アプリケーションはあくまで足がかりであり、本アプリケーションのみを学習することで、あらゆる念頭操作が必要な問題が理解できるようになるという効果は期待できない。

## 6. 評価

### 6.1 評価の方法

本アプリケーションを小学校の先生らに使用してもらい、難易度が想定した学年に適切であるか、念頭操作への足がかりとして機能するかや、改善点などについて意見をもらうことで、本アプリケーションを評価した。

### 6.2 得られた意見

- アプリはよくできている。これなら子供も問題なく操作できるのではないかな。
- 立体図形の単元の後半でこのような見方をする時間がある。

- 実行形式のアプリだと非常にめんどくさい。web で実行できるようになれば、パズル的にやることは容易。
- とてもよいアプリで、子どもたちの空間認識能力を育てるために有効に使えるそうだったと思った。
- 最初に「だい1もん」の前に「れんしゅう」を置くのはどうか。なじみのない場面なので、いきなり不正解になると意欲を失ってしまう子いるのではないかなと思う。「れんしゅう」だけは回転限定モードと非限定モードがトグルで切り替えられるスイッチがあると、子どもたちにやり方を説明するときにも便利だと思う。
- 透明なブロックの扱いは、最初のところで確認した方がいいように思う。向こう側に色付きブロックがあれば、色を塗らないのではなく、透けて見える色を塗り、透明ブロックしか見えなければ色を塗らないというルールが、最初はわからなかった。説明を見落としたり聞き落とししたりしていたらごめんなさい。
- 10問全部解答してから答え合わせというやり方は、アセスメントとしてはよいと思うが、子どものトレーニングとしてはその問題ごとにフィードバックした方がいいかもしれない。また、正誤判定のあとにすぐ正解を提示するだけでなく、もう一度挑戦するオプションがあってもいいと思う。そして、やり直して正解した場合はxを○に変えてあげると意欲を損なうことがないと思う。
- つまずきのある子を早期に発見するために、1回目のチャレンジでの成績を記録し、教師が把握できる手立てがあるとよいと思う。10問中何問正解だったのかということがわかるだけでも、その後の指導に役立てられると思う。
- 難しい問題の次に回転させなくてもわかる易しい問題が来て、「あれ？」と思うことがあった。生成される問題のレベル管理は可能かな？
- 2年生の複合図形が一番近いかもしれない。もしかしたら1, 2, 3年生が実際に取り組むと難しく感じるのではないかな。ただし、いろいろな立体などの学習の後に、発展的に取り組むことは考えられる。
- 発展的な学習として子どもたちが自由に学習できるコンテンツとして需要があると思う。立体図形を扱ったコンテンツはあまりないのでとても良いと思う。
- 空間認識能力をはぐくむために積み木が良いと言われている。子どもたちは積み木遊びが好きだが、この頃積み木遊びをやってこない子どもたちがいる。そういう子どもたちにコンピュータ上でこのような取り組みができれば良いと思う。
- アプリケーションを発展させていろいろなものがつくれそう。例えば生徒が問題を作問したり、立体の展開

図に応用したりなど。

- どこかの小学校で複数のクラスで実際に子供たちにやってもらうとよいと思う。そのためには web 上で動く嬉しい。また、Windows だけでなく、マルチプラットフォームで動かせると嬉しい。

### 6.3 評価の結果

空間認識能力を身につけるのに役立つアプリケーションであり、よくできているといった評価を得ることができた。これより小学生の学習に活用できるアプリケーションを作成することができたといえる。一方でアドバイスや改善したほうが良い点、今後の展望などの意見も得ることができた。

### 6.4 考察と改善点

得られた意見から、難易度が想定した学年に適切であるか、念頭操作への足がかりとして機能するかについて考察し、改善点をまとめる。

#### 6.4.1 難易度が想定した学年に適切であるか

難易度に関しては実際に子どもたちに使用してもらい調査する必要があると考える。小学校の先生方からは、1, 2, 3 年生には難しく感じるだろうという意見や、発展的な学習として取り組んだほうが良いという意見が得られた。これは、「れんしゅう」がないことや透明ブロックの説明、フィードバックの方法、問題のレベル管理ができていないなど、配慮不足のため生徒の意欲を損なってしまう可能性があり、アプリケーションの難易度を上げてしまっていることが考えられる。

#### 6.4.2 念頭操作の足がかりとして機能するか

立体図形を扱ったコンテンツがあまりない状況で、画面上で立体図形を操作し、子どもたちが自由に学習できることや、積み木遊びを経験したことのない子どもたちに対しても、具体物の操作と近い感覚で使用できる本アプリケーションは、念頭操作への足がかりとして機能する可能性があると考えられる。

#### 6.4.3 改善点

「れんしゅう」機能の実装や、透明ブロックの扱いについての説明、フィードバックの方法などユーザビリティに関する多くの改善が必要であることがわかった。また、教師が生徒のつまづきに気がつくことができるよう、成績を確認できるようにしたほうが良いこと、問題の難易度のレベルの管理を追加したほうが良いこと、web 上で動き、マルチプラットフォームに対応できたほうが良いことなどがわかった。

## 7. おわりに

今回開発したアプリケーションは、想定した学年には難

しい内容であることがわかった。一方で、念頭操作への足がかりとして機能する可能性が示された。したがって、アプリケーションのユーザビリティを改善した上で、発展的な取り組みとして、生徒が自由に学習できるコンテンツとして提供することや、アプリケーションの対象年齢を上げ、様々な立体図形を扱う学年で、理解の補助として使用することが考えられる。

今後は、アプリケーションを改善した後に、実際に生徒らに使用してもらい、念頭操作への足がかりとしての効果を調査する必要がある。

## 謝辞

東京女子体育大学 渡邊景子講師、および、本研究のアプリケーションの体験、ヒアリングにご協力いただきました皆様に、感謝いたします。

## 参考文献

- [1] 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, Vol.2012-MPS-87 No.33,2012
- [2] J.Piaget[著], 中垣啓 [訳]: ピアジェに学ぶ認知発達科学, 北大路書房, ISBN-13:978-4762825460,2007
- [3] 文部科学省:小学校学習指導要領(平成29年告示)解説 算数編,2017
- [4] 比護智洋:空間認識力を育む教材に関する研究, 新潟大学教育学部数学教室, 『数学教育研究』, 第47巻, 第1号, 146-165, 2012.
- [5] 影山和也:数学教育における空間思考の水準に関する研究, 全国数学教育学会誌 数学教育学研究 第8巻 2002 pp.83~94,2003
- [6] 國本景亀:空間直観力育成のための一提案 -暗(念頭)幾何の提案-, 日本数学教育学会第28回数学教育論文発表会論文集. p413 - 418,1995
- [7] 國本景亀:空間観念を育成するための方法論に関する研究, 高知大学教育学部研究報告第1部 第53号,p11 - 27,1997
- [8] 狭間節子ら, ヤキマンスカヤの空間思考について, 数学教育論文発表会発表要項 20巻, 129-133, 1987, 空間思考育成の視座からの図形・空間カリキュラム開発研究構想 大阪教育大学教科教育論集 p67 - 70,2004, 児童・生徒の空間思考に関する調査研究(2)-空間思考の発達の指標についての考察- 第33回数学教育論文発表会論文集 p373 - 378,2000
- [9] 高橋瞭介, 桐原一輝, 桐生徹, 大島崇行:ドローンによる空間認識力を育むプログラミング教育の実践とその評価, 日本科学教育学会第43回年会論文集,584-585,2019
- [10] 石垣大樹, 小田まり子, 新井康平:空間認識能力向上のための肢体不自由児用 3D-CG 玩具モデルを用いた教材の開発, 第3回 ADADA JAPAN 学術大会,2017
- [11] 小田まり子, 玉井敏晴, 佐塚秀人, 河野央, 高橋雅仁, 小田誠雄, 内田知巳:Experimental Study of Spatial Cognition Capability Enhancement with Building Block Learning Contents for Disabled Children, (IJACSA) International Journal of Advanced Computer Science and Applications Vol. 9, No. 6 pp.83-89,2018
- [12] Jamie Jirout, Nora Newcombe :Building Blocks for Developing Spatial Skills: Evidence From a Large, Representative U.S. Sample, Psychological Science 2015,26 (3) : 302-10,2015
- [13] AMGAMES Inc.:積み木ブロック学習・遊ぶ知育シリーズ <https://amgm.jp/>
- [14] UNI-TY Inc.:立体形あて(あそんでまなぶ!シリーズ)



<http://www.uni-ty.com/>

- [15] Fantamstick:いくつあるかな? 幼児子供向け知育脳トレ数あてアプリ <http://jp.kinderpan.com/>
- [16] Kyrylo Kuzyk:projekt <https://stampedegames.net/>
- [17] カラーユニバーサルデザイン推奨配色セット制作委員会:色覚の多様性に配慮した案内・サイン・図表等用のカラーユニバーサルデザイン 推奨配色セット (バリアフリーに配慮した見分けやすい色の組み合わせ) <https://jfly.uni-koeln.de/colorset/>