

# 幼児・児童の認知発達機構のモデル化と コンピュータ教材への応用

## Modelling of Development Mechanism of Cognitive Function of Infants and Its Application to Computer-aided Educational Materials

**研究代表者:**香川大学工学部 知能機械システム工学科 准教授 和田隆広  
Department of Intelligent Mechanical Systems Engineering, Kagawa University, Takahiro Wada

### 和文アブストラクト

情報化社会の進展に伴い、情報環境に関わる諸問題が顕在化している。耐性のできていない幼児児童が有害な情報に触れる機会が増えている。また計算機内に閉じこもり、人格形成に悪影響を及ぼすと危惧されている。このような背景にもかかわらず利便性により、コンピュータ教育やe-ラーニング教材などが幼少期より導入されつつある。そこで本研究では、幼児・児童が健全に体を動かしながら、思考能力、コミュニケーション能力を養えるようなコンピュータ教材のあり方について研究を行っている。本研究では、コンピュータと積み木を導入することにより仮想空間と実空間の相互作用を利用し、立体構築能力などの思考能力及び表現能力の向上を目指している。幼児・児童にパソコンに表示された図をもとに、立体的な積み木を組み立てさせ、積み木の操作結果と行動から思考過程などを評価する手法を確立すると共に、認知・行動能力向上効果を明らかにする。

### Abstract

Various issues are addressed about the effect of information environment on human life according to growth of information society. It is said that infants and children have many chance to be exposed to bad information. It is also said that the bad information environment obstructs to form healthy personality. On the other hand, computer education and e-learning materials are being introduced even into younger children and sometimes infants due to its effectiveness. The purpose of the research is to investigate a methodology for computer-aided education that realizes education of cognitive ability, communication ability with the body movement in the real world. The system for education utilizing interaction of the virtual environment in computer and the real environment by introducing building blocks has been developed.

### 1. 研究目的

近年情報化社会の進展に伴い、幼児・児童のコンピュータ教育が盛んになってきている。ある調査によれば、幼稚園児、保育園児を持つ親の半数近くは、幼稚園・保育園へのコンピュータ教育の導入を希望している。特にその中で、パソコンを使った遊びや、パソコンを使った創作活動などが上位を占めており、幼児情報教育に対する期待が窺える。ただしこれらの創作活動はマウスなどの単純なオペレーションによる2次元平面内の創作活動である。

幼児・児童とコンピュータの関係に関する問題点のひとつに受動的な情報様式が挙げられる。つまり、幼児は主体的に働きかけずとも、コンピュータから様々な情報が提供されるような場合、コミュニケーション能力の形式などに悪影響があると懸念されることもあ

る。一方幼児・児童は大人とのコミュニケーションにおいて、主体的に様々な働きかけを行うことによって大人から様々な情報を引き出したり、意思表示をしながら、自我形成などを実現している。このような高度なコミュニケーション様式の利点を情報教育システムにいかに取り込むかが課題である。

本研究ではコンピュータと利用者(児童)の間に実空間に存在する物体(ブロックなど)を置き、実世界に存在する物体との相互作用と随時保ちながら知的活動の訓練を行えるようなシステムを構築し、それを利用した効果などからコンピュータ教材のあり方について知見を得ることを目的としている。その第一段階としてここではあるコンピュータ教材を試作し、それをを用いた幼児・児童の反応を観察することによって教材作成および評価手法に関する知見を得ることを目的とする。

## 2. 研究経過

### 2.1 コンピュータ教材について

実空間と仮想空間のインタラクションを実現するインターフェースとして、ペーパークラフトを導入し、空間構築能力などの発達を目的としたコンピュータ教材を試作した。組み立てられたブロックなどの物体の展開図や展開図から物体を理解するためには、コンピュータ上で作られた3次元の立体を理解することが必要であると考え、以下のような課題を設定した。

#### 2.1.1 視点確認問題

まず、コンピュータ上の3次元立体を理解するために以下の方法で確認させる。

- 1) 立体図形をマウスでドラッグさせることで回転させ、立体の形を理解する。(図1)
- 2) 表示した図形をマウスでボタンを押すことにより、ワイヤーフレームで表示させたり元に戻したりすることで立体の形を理解する(図2)

各図形の確認後には立体の理解の確認問題を設けた。立体表示された物体の有る視点からの見え方を選択肢から選ぶ問題(以下、視点変更問題)である。

問題は全10問であり、問題番号の～は立体を回転させて確認、～の問題はワイヤーフレームの表示で確認とした。また各問題で取り扱う図形を表1に、問題の内容を表2に示す。

表1 各問題の出題図形

問題番号	・	・	・	・	・
立体の形	立方体	三角柱	四面体	円柱	円錐

表2 問題の内容

内容	問題番号
上から見るとどう見えるか	
横から見るとどう見えるか	

#### 2.1.2 展開図問題

次に展開図を表示し組みあがる図形がどの図形かを問う問題を設定した(以下、展開図問題)。展開図を取り扱うことは高度な知識が必要と考えられるため、立体組み立ての理解の手助けとして以下を与えた。なお、プリントアウトして組み立てるものについては、実在する物体とのインタラクションを重要視する本研究の基本的な考え方でもある(図3)。

立体の組み立てをアニメーションで確認するもの

立体をプリントアウトしてハサミとテープを用いて組み立てて確認するもの問題は立方体,円柱,円錐の計3問を行った。

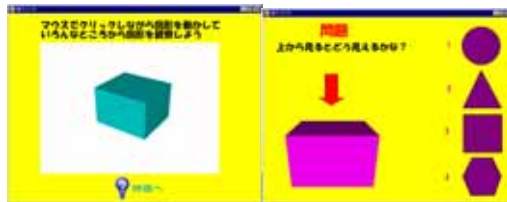


図1 回転による立体図形の理解

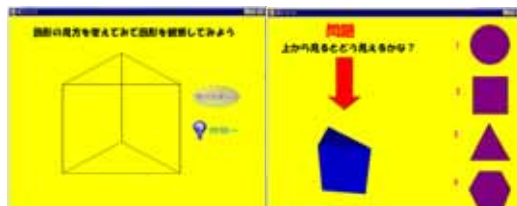


図2ワイヤーフレーム表示による形状理解

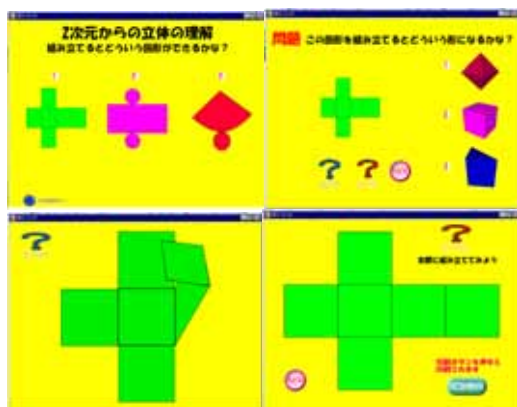


図3 展開図の理解

## 2.2 概要

試作した教材を用いた場合の幼児・児童の反応を調査した。参加者は5歳から9歳までの男女、各年齢2名ずつ計10名であった。実験中はビデオカメラをベースとする行動観察装置にて行動を記録した。また発達度合いと行動の関係性を調査するため、実験前に年齢別に幼児用新版C式幼児用知能検査、新田中B式知能検査を用い、知能検査を行った。加えて、ストレスなどとの関連性の検討用としてAD Instruments製PowerLab4/25を用い心拍データを計測した。実験の様子を図4に示す。



図4 実験の様子

### 2.3 実験結果と考察

本実験より得られた年齢・性別・知能検査の結果、各問題の正誤結果を表3に示す。なおここでは、年齢性別などのデータは一部略し、取得された結果のイメージのみを記す。

表3 実験結果の例

被験者	年齢	性別	知能検査	問題1	問題2	問題3	問題4	問題5	問題6	問題7	問題8	問題9	問題10	立方体	円柱	円錐
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																

展開図問題をすべて正解した被験者（被験者1, 2, 5, 6, 7, 8）をA群、ひとつでも間違えた被験者（被験者3, 4, 9, 10）をB群とし2グループに分類した。

知能検査の結果とA, B群の群分けの間には特に特徴が見当たらなかった。また発達心理学の分野では三山問題がこれに類似する実験であるが、それによると他者視点取得の課題に正確に答えられるようになるのは、具体的操作期にはいるおよそ7歳以降の年齢であるとされているが、今回の実験では参加者数の少なさからか年齢による分類は明確にはできなかった。

視点変更問題では、問題の正答率や実験終了時の感想から図形を回転させて確認する方法のほうがワイヤフレームで表示させて確認するよりも理解しやすいといった結果が得られた。

次にB群の被験者について各問題の正誤をみると、立体の確認の設問で円柱・円錐の問題の正答率が低かった。

さらに、心拍データの解析による課題遂行時

のストレス度合いの評価を試みている。心拍R-R間隔の周波数解析によって得られる低周波成分のパワー値LFと高周波成分のパワー値HFの比LF/HFはストレスが増加すると増加し、ストレス評価に用いられる事がある。そこで

- ・ 図形を確認する
  - ・ 問題に答える
  - ・ 答えを確認し、図形をもう一度確認する
- の3つの区間におけるLF/HF成分を算出した。現在これらの結果と正答率、個人属性などからモデル化を試みているところである。

### 3. 研究成果

実世界とのインタラクションを重要視した幼児・児童のコンピュータ教育に関する研究の第一段階として、コンピュータ内で立体図形の形状理解として、視点移動とワイヤフレームによる例示、その後視点変更による見え方を問い、さらに立体形状の展開図を実世界内で組み立てることによって図形理解を促進する教材を試作した。さらに、児童の知能指数などの立体構築能力を表す指標と、核問題の成否、挙動などに加え、心拍数によるストレス評価の組み合わせた評価実験を行った。ただし、定性的な評価にとどまりデータの詳細な解析については今後の課題である。

今回得られた円錐・円柱の問題の正答率が低いという結果と、展開図組み立ての際に折り曲げるといふ操作ができなかったという結果より、丸みを帯びた図形を想像したり、理解するといったことは、比較的高度な立体構築能力が必要と考えられる。そこで、種々の立体の組み立てを可能な立体構築能力の養成には、円錐、円柱といった折り曲げる図形の想像・理解が重要と考えられる。また視点移動、他者視点取得の概念が立体構築能力と密接に関係していると思われる。

よって、利用者の立体構築能力を把握した上で、呈示する図形を決定する際、キューブ状の物体と、曲線を有する円錐などの物体などで難易度が異なることに留意して設問を行うことで、よりよいコンピュータ教育が実現できると考えられる。

### 4. 今後の課題と発展

まず、今回得られた結果をもとに、試作機を以下のように改良する予定である。つまり、コンピュータ上の3次元図形を理解する問題を、視点移動・他者視点取得ができるかを確認する問題に変更する。3次元図形を自分で

操作してまわすものと（視点移動型方略）、図形を固定して視点を移動させて確認するもの（対象回転型方略）の2パターンと作成する。図形の確認問題の際は、今回は一方方向からの図形の見え方、形の確認のみを問う問題であったが、選択形式で上面・正面・側面の三面を完成させる問題に変更する（図5）。各問題の正答率や傾向から、個人の習得レベルを予測し、問題を変化させるように改良する。問題の習得レベルの予測の際、折り曲げる型と丸める型の図形に分けて正解率を計測し、基礎問題を終了後、互いの正解率と比べたその差を考慮し、次の問題の提示か次のステップに進むかの判断を行う。

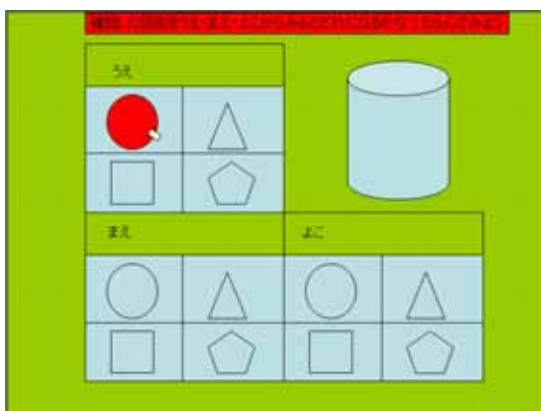


図5 図形の確認問題のイメージ図

視点移動・他者視点の取得後に、今回同様展開図からの立体の確認問題を行う。前回得られた結果と新たに作成する教材の結果から、円錐・円柱など折り曲げる図形の問題や、また視点取得・視点移動の概念と立体構築能力の関係性を解明したい。なお上記コンピュータ教材は現在作成中である。

関連する発達心理学のパラダイムとして、三山問題など実空間における他者視点取得の実験は過去に行われているが、仮想空間における他者視点の獲得に関する実験のあまりなく、仮想空間における他者視点取得と実空間での視点取得との関連性の調査も、仮想環境を利用したコンピュータ教育として重要な課題である。また、対ヒトと対コンピュータの幼児・児童のコミュニケーション様式を実験的に比較することにより差異を明確化し、コンピュータ教材に対ヒトのコミュニケーションの利点を取り入れたい。

さらに今後、作成中の教材を用いて、幼稚園・小学校などにおいてフィールドテストを行い、得られた結果をもとに多種多様な個人の発達レベル・理解レベルに合う問題設定を

行うモデルや設問および評価アルゴリズムの確立を行う。

### 謝辞

本研究は財団法人日産科学振興財団の研究助成によるものである。ここに深甚なる謝意を表す。