

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 6月11日現在

機関番号：12103

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21531009

研究課題名（和文） 視覚障害者のための空間情報テキスト表現化と学習支援教材開発の基礎的研究

研究課題名（英文） A fundamental study on the development of a text based expression about object shapes and its learning support tools

研究代表者

大西 淳児（ONISHI JUNJI）

筑波技術大学・保健科学部・准教授

研究者番号：30396238

研究成果の概要（和文）：本研究では視覚障害者に対して数学高等教育における物体の形状解析手法などを理解させるため、物体の形状情報をテキスト表現化する方法を調査研究し、数学教育を支援する教材を開発することを目標とした。まず、図形の形状をフリーマンチェーンコードの考え方に基づきベクトル分解し、それぞれのベクトル成分を音や点字で提示することで、図形の形状理解につながることを確認した。また、iPad 上にベクトル成分を指先の動きで入力することによって、図形を画面上に表示するプログラムを開発し、全盲者と健常者の間で、図形の形状に関する情報を共有するのに有効であることを示し、図形形状の教育に活用できる可能性を示唆した。

研究成果の概要（英文）：The goal of this study is to research about a new method to present object shapes logically for the visually impaired. Firstly, we focused on the freeman chain code scheme in order to present a pattern of the figure to people with visual impaired. Then, we found that this new idea lead to help the blind to understand object shapes. In addition we developed the software which shows visual pattern to the sighted for the blind. Using this software, we can know what the blind considers about a pattern in their mind. This software tool can be useful tool for mathematical education.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011年度	500,000	150,000	650,000
総計	2,800,000	840,000	3,640,000

研究分野：社会科学

科研費の分科・細目：教育学・特別支援教育

キーワード：視覚障害、画像処理、認知科学、教育工学、福祉工学、特別支援教育

## 1. 研究開始当初の背景

従来、視覚障がい者に対する幾何数学の教育では、触図や模型などを活用してきた。しかし、この方法で単純な物体を表現することは可能であっても、より複雑な形状などを取り扱う高等数学になると、視覚情報に頼ることなく理解するのは、きわめて困難である。その結果、複雑な物体形状を取り扱う計算で

は、触覚などの感覚的に形状情報を得ることが困難であることから、視覚障がい者にとって極めて理解困難な学問となっている。

健常者と視覚障害者の物体形状情報取得方法の相違を考えると、単位時間あたりで得られる情報は、晴眼者と視覚障がい者の間では、大きく異なる。そのため、より複雑な物体になるほど、その差異は膨大になり、視覚

障がい者にとっては、数学的な分析で要求される膨大な記憶量等、脳への負担が極めて大きくなる。

一方、近年三次元のコンピュータビジョン技術が発達し、福祉工学分野にも適用されてきている。たとえば、図形などの情報をコンピュータによって処理をし、触覚ディスプレイを通して視覚障がい者に形状情報を知覚させる技術などがある。

視覚代行に着目すると、残された感覚のうち、触覚・聴覚が情報伝達に有効となる。触覚は皮膚が網膜と同様に二次元的な広がりを持っているため、空間の配置、物体の形状を表すのに適しており、聴覚は概念を伝達するのに優れている。そこで、この二つの感覚を活用した三次元視覚情報を伝達するさまざまな支援システムの開発がなされている。これらの技術を活用することによって、グラフィカル情報をそのまま視覚障がい者も取り扱うことが可能になってきている。しかしながら、このような触覚デバイスは、表現できる解像度に限界があり、比較的単純な図形を理解させることは可能であるが、複雑な形状をもったものになるとなかなか形を把握しにくい問題がある。特に、高等数学で用いるような図形解析になると、触覚に頼る方法のみでは十分ではないことが多い。

そこで、本研究では、物体の形状情報や多次元の世界を取り扱う高等数学において、視覚障害者にとって理解しやすい情報、つまり、音やテキスト表現化された情報へ変換する方法を開発に取り組んだ。

## 2. 研究の目的

図形数学の教育においては、教師と生徒の間で、図形形状などの特徴について、共通した理解が必要である。また、言葉だけの理解だけではなく、物理的な実体を正確に理解していることが求められる。

そこで、本研究では、視覚障がい者に対して図形形状などの特徴を論理的に理解させるため、図形形状情報を音やテキスト表現化する方法を調査研究することを目的とした。

## 3. 研究の方法

本研究では、画像処理技術を巧みに利用し、視覚障がい者が直感的に図形の形状を理解しやすい、もしくは、感覚的にイメージしやすい方法について検討し、健常者との間で図形の理解の共有化を図るためのソフトウェアの開発を目標とした。

そこで、この課題を解決するため、以下の方法で解決を試みた。

- (1) 直感的に図形形状の特徴を把握するための音を利用した提示方法
- (2) 図形形状の論理的な理解のための、チェーンコードを利用した図形提示方法

- (3) 健常者と図形形状を共有するための、チェーンコードを用いた図形描画ソフトの開発

以下、各方法について、その概要を解説する。

- (1) 直感的に図形形状の特徴を把握するための音を利用した提示方法

触覚による認識精度は、それほど高くなく、類似度や図形の平行移動・回転による変化を把握するのは、容易ではない。そこで、音の変化を使って、より直感的に図形の形状の変化や特徴を捉える方法を開発した。その原理は、画像の特徴を信号解析によって、数値パラメータ表現にし、このパラメータを利用して MIDI メッセージを作成・好きな楽器音を利用して提示するというものである。画像の信号解析においては、画像に対する DCT 変換で得られた DCT 係数列の正負符号情報が、画像の輪郭などの位置を表現するという特徴を利用して、画像の特徴をビット列のパラメータで表す。このビット列のパラメータから、MIDI メッセージを作成すると、画像の特徴を音で表すことができる。図 1 に、画像から音へ変換する処理過程を示す。



図 1 処理プロセス

- (2) 図形形状の論理的な理解のための、チェーンコードを利用した図形提示方法

図形数学においては、図形の形状について、より正確に把握することが重要となる。そこで、図形の形状をベクトル成分で表し、ベクトルそのものを MIDI メッセージの鍵盤音や点字で提示することで、図形認識を支援する方法の開発を行った。その原理は、まず、ベクトルの方向成分を図 2 に示すフリーマンチェーンコードで利用される各方向に対して、MIDI メッセージの対応付けを行い、図形の形状をベクトル成分の構成で理解させることとした。この方法では、ベクトル成分を正確に理解するため、iPad 上にベクトル成分

学習用の教育ツールを開発し、指先の動きと連動してベクトルの意味を理解するための教育プログラムを開発した。

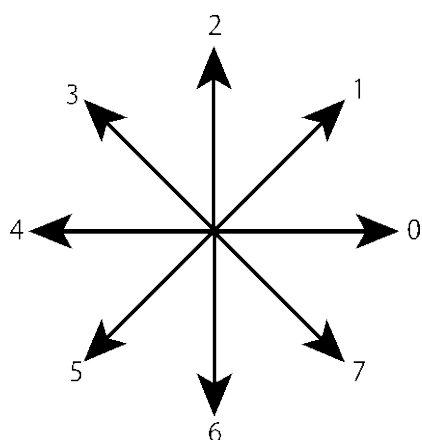


図2 フリーマンチェーンコード

(3) 健常者と図形形状を共有するための、チェーンコードを用いた図形描画ソフトの開発

視覚障がい者に図形形状を教育する際に、最も障壁となるのは、図形形状を実際にどのように理解したのか、教師との間で情報を共有する有効な方法がないことである。この問題は、たとえば、地名（言葉）だけ知っていたとした場合、地名を出して、その場所を知っているかという質問をした場合に、大半の人間は、「知っている。」と回答するに違いないが、実際に訪れたことがなければ、その場所の具体的なことについては、経験的には何も知らないということになる。図形教育についても、同様に、言葉だけで理解していて、形状の論理的な意味を理解していない可能性もありうる。そこで、このような問題を解決するため、(2)項の方法を応用することによって、視覚障がい者自身が理解している図形形状のベクトル構成を iPad 上に提示させることが可能な、図形を描画するソフトウェアを開発した。このソフトウェアにより、視覚障がい者と教師との間で図形の理解を確認・共有することができると考えた。

#### 4. 研究成果

(1) 直感的に図形形状の特徴を把握するための音を利用した提示方法

図3に示すテスト画像を利用して、考案した方法によって、視覚障がい者が音から得られる心理的な印象を調査した。

その結果、以下のような意見を得た。

① MIDI の特性でいろいろな楽器の音を出力できることから、楽器音を換えると判

別にも個人差が現れる可能性がある。

- ② 四角形の図形において、似たような特徴音を感じる。
- ③ 同じ図形で表示位置を平行移動させた場合、対称図形が画像の下方になると低音の音階がよく現れる。
- ④ 図形の形状によって、ある種の特徴的な音を感じる。

この結果の興味深い成果は、図形の表示位置や形状によって、特徴音を感じるという意見である。この特徴を利用すると、図形の近似や平行移動などの操作による影響を音で代行して、手っ取り早く、理解させる可能性がある。

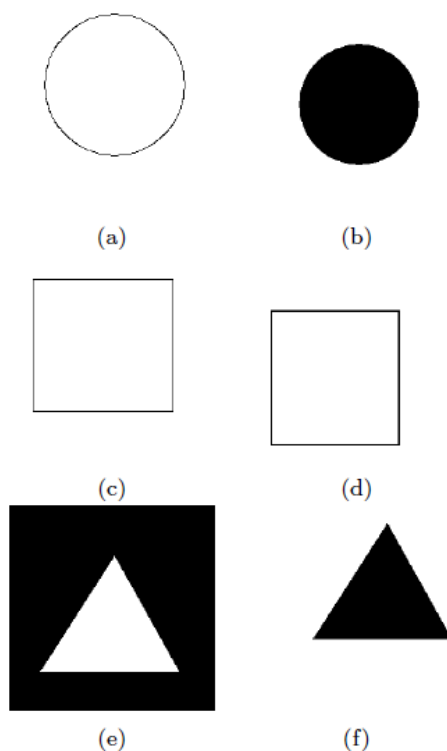


図3 テスト画像

(2) 図形形状の論理的な理解のための、チェーンコードを利用した図形提示方法

図形画像を入力し、輪郭形状をフリーマンチェーンコードによってベクトル分解し、それぞれのベクトルに対応する音や番号を提示するプログラムを開発した。このソフトウェアで図形を提示すると、各辺の長さや方向を正しく認識することが可能であることが確認できた。そのため、触覚では分かりにくい形状の違いをはっきりと区別できる特徴を見いだせることになり、また、図形の輪郭形状や大きさなどを数値データによって正しく理解することができ、全盲者に図形教育の上で有効な手段となり得ることが示唆

された。また、開発した方法を有効に機能させるため、iPadを利用して、図形形状を表すベクトル符号を理解するための訓練用ソフトウェアを試験的に開発し、その有効性も確認できた。

(3) 健常者と図形形状を共有するための、チェーンコードを用いた図形描画ソフトの開発

ベクトルによる図形学習をした場合に、教師と視覚障がい者の中で共通の理解を得ること、および、視覚障がい者が自ら考えた図形を教師に提示することを実現するため、iPad上で指先を使ってベクトルを入力することで図形を描画するソフトウェアを開発した。図4は、開発したソフトウェアである。

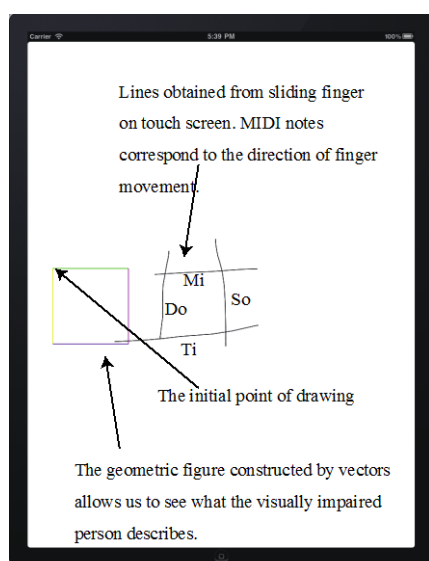


図4 図形入力・表示ソフトウェア

開発したソフトウェアを利用して、3名の先天性全盲者に図形形状を言葉で説明し、実際に描画させた。表1は、その結果を示したものである。

この結果から、全盲者が基本図形を長さや大きさを意識して描画提示できることが示唆された。1名の被験者は、凹凸の図形で失敗したが、理由を尋ねたところ、凹凸という言葉は知っているが、図形の形状イメージがなく、ベクトル構成を考えることができなかったという回答を得た。そのため、図形の形状についての事前の知識が不十分であると、描画も困難であることがわかった。

以上の結果を踏まえると、このソフトウェアによって、教師は、全盲者が図形をどのように理解したのか確認しながら、教育をすることが可能となり、全盲者が図形形状を正しく理解しているかどうかの確認を行いなが

ら教育を実施することができる。

また、このソフトウェアを活用することにより、視覚障がい者自身が独自に想像した言葉では説明しがたい図形形状を広く一般に視覚的に提示することが可能になり、図形形状の理解共有に有効に活用できる。

表1 図形描画結果

図形パターン	A	B	C
長方形 幅12cm、高さ6cm	○	○	○
正方形 一辺10cm	○	○	○
十字形 幅2cm、高さ6cm	○	○	○
凸型図形 凸部：4×6cm、底10cm、高さ6cm	○	○	×
凹型図形 凹部：6×2cm、底10cm、高さ10cm	○	○	×
菱形 一辺6cm	○	○	○
正三角形 一辺8cm	○	○	○
平行四辺形 上・下辺6cm、斜辺：4cm	○	○	○
台形 上底4cm、下底：12cm	○	○	○

### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計8件)

- ① Junji Onishi and Tsukasa Ono: Contour Pattern Recognition through Auditory Labels of Freeman Chain Codes for People with Visual Impairments, 2011 IEEE International Conference on Systems Man and Cybernetics (SMC)、査読有、pp. 1088-1093(2011)
- ② 小宮厚一、大西淳児、小野束: 触図による図形理解のための補助手法について、多値理論研究ノート、査読無、第34号第2号、pp. 2\_1-2\_6(2011)
- ③ 小宮厚一、大西淳児、小野束: フリーマンチェーンコードの提示によるグラフの読み取りについて、IT2011 第10回情報科学技術フォーラム講演論文集、査読無、pp. 759-762(2011)
- ④ 大西淳児、小宮厚一、小野束: 音とベクトルによる図形学習のための形状認識方法について、筑波技術大学テクレポート、査読有、Vol. 18(2)、pp. 29-34(2011)
- ⑤ 小宮厚一、大西淳児、小野束: 視覚障害者のためのベクトルによる図形認識学習の基礎的検討、電子情報通信学会技術研究報 WIT2010-57-66、査読無、pp. 13-18(2011)
- ⑥ 小宮厚一、大西淳児、小野束: 視覚障害者のための音とベクトル成分の対応付けによる図形認識方法について、電子情報通信学会技術研究報告 PRMU2010-97、

SP2010-53、WIT2010-41、査読無、  
pp. 47-52(2010)

- ⑦ 大西淳児、小宮厚一、小野東：視覚障害者のためのMIDIによる画像認識方法の検討、筑波技術大学テクノレポート、査読有、Vol.17(2)、pp.1-6(2010)
- ⑧ 小宮厚一、大西淳児、小野東：視覚障害者のための音信号による画像認識方法の検討、電子情報通信学会技術研究報告ET2009-99、査読無、pp.43-47(2010)

〔学会発表〕(計1件)

- ① 小宮厚一、大西淳児、小野東：視覚障害者の図形認識方法における一提案、電子情報通信学会全国大会講演論文集、巻:2011、p.290(2011)、東京都市大学

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

大西 淳児 (ONISHI JUNJI)  
筑波技術大学・保健科学部・准教授  
研究者番号：30396238

### (2) 研究分担者

小野 東 (ONO TSUKASA)  
筑波技術大学・保健科学部・教授  
研究者番号：20091829