

令和 6 年 6 月 18 日現在

機関番号：32689

研究種目：若手研究

研究期間：2021～2023

課題番号：19K14379

研究課題名（和文）共感覚的傾向の漢字・数学に対する意味理解への寄与

研究課題名（英文）Contribution of synaesthetic tendencies to semantic understanding of Chinese characters and mathematics

研究代表者

松田 英子（Eiko, Matsuda）

早稲田大学・データ科学センター・講師（任期付）

研究者番号：40761630

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,300,000円

研究成果の概要（和文）：アルファベットのaを赤色に感じたり、数字の3を女の子だと感じるなど、文字や数字に色や性格を割り当てる共感覚的傾向は、一般的に広く見られることが知られているが、形成過程と機能的側面は不明瞭であった。そこで本研究では共感覚的傾向と学習・発達との関連を探究した。<実験1>では小学生184名と成人200名を対象に、漢字の読み替えと色字対応の関係を調査した。その結果、年齢や学習の進捗にかかわらず、色字対応に有意な変化は見られなかった。<実験2>では数学者179名、統制群179名を対象にした調査を行い、数学者には特に数を擬人化する傾向が見られることを明らかにした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

この研究では、「アルファベットaが赤色に感じる」「数字の3が女の子だと感じる」など、文字に対して色や擬人的な印象を感じる共感覚的傾向と呼ばれる現象について、年齢とともに変化するのか、機能はあるのかについて調べました。その結果、数学者は数を擬人化する傾向があること、文字に色を割り当てる傾向は年齢を通して変わらないことが明らかになりました。今後、共感覚的傾向を生かした学習方法の提案が期待されます。

研究成果の概要（英文）：Synesthetic tendencies to assign colours and personalities to letters and numbers, such as perceiving the letter a as red or the number 3 as a girl, are known to be widespread in general, but their formation process and functional aspects have remained unclear. The present study therefore explored the relationship between synaesthetic tendencies and learning and development.

<Experiment 1> investigated the relationship between kanji reading and grapheme-colour association in 184 primary school children and 200 adults. The results showed no significant changes in grapheme-color association regardless of age or learning progress. <Experiment 2> investigated 179 mathematicians and 179 control participants, and found that mathematicians were particularly likely to personalize numbers.

研究分野：発達心理学、身体性認知科学

キーワード：共感覚 発達 学習 漢字 算数 数学 擬人化

1. 研究開始当初の背景

共感覚とは、複数の感覚や認知が同時に感じられる現象である。たとえば「ピアノの音」に対して、ある人はピンク色の印象、別の人は黄色の印象を受けるなど、共感覚の特徴はその日隣の独自のイメージが換気される点である。これまで共感覚は、人口の約1%に見られると言われてきたが、近年では共感覚的傾向と呼ばれる、共感覚に類似した連関が広く見られることが明らかにされてきた。例えば「アルファベットの a を赤色」に感じたり、「数字の 3 を女の子」だと感じるなど、文字や数字に色や性格を割り当てる共感覚的傾向は、一般的に広く見られることが知られているが、その形成過程と機能的側面は不明瞭であった。文字や数字に対して色や擬人的な印象を割り当てることによって、抽象的な文字を具体的なものとして捉えることが可能となり、意味理解が促進される可能性が示唆されてきた。

2. 研究の目的

本研究では、共感覚的傾向に見られるその人なりのイメージが、抽象的な事物の理解に寄与しているかを明らかにすることを目的とした。これらの対応は独自であるために、言語化され、共通認識を得ることが稀であった。しかし実際には、共感覚的な独自の印象が、事物の理解・学習を手助けしているという仮説を立て、これを検証した。具体的には、文字に対して色を感じる色字対応が、漢字学習の過渡期にある小学生の理解に寄与しているという仮説を立て、漢字学習の過程と色字対応の時間的安定性の相関を調べた。また、数字を擬人化する傾向が、数学者により頻繁に見られるという仮説を立て、数学科出身の成人と、それ以外の学部出身の成人との比較を行った。

また、独自性の高い感覚は、その個別性の高さ故に統計的な分析が困難であり、科学研究の遡上に乗せにくいことが問題であった。そこで当初予定されていた課題に加え、独自の感覚とそれに対する反応を定量的に分析する枠組みの形成を目的とし、独自性が非常に高い例である重度重複障害(SMD)の児童の行動分析を行った。SMDの症状は非常に多様性がことが知られているが、大まかには「動きが大きいとその意図がわかりにくい」子どもと、「動きが非常に微細であるため意図がわかりにくい」子どもにタイプを分けることができる。そこで本研究では、それぞれのタイプに該当する1名ずつ、合計2名のSMDのある子どもの分析を行った。

共感覚的傾向に見られるような感覚間の連合が、どのように行動に影響するのかを明らかにするために、当初予定されていた課題に加え、匂いと運動記憶に関する研究を行った。人は運動学的変換によって、様々な環境に適応することができる。例えばハイヒールを履いている時とローヒールを履いている時、平坦な道と坂道を歩いているときなどは、それぞれ異なる力場における運動である。このように人は異なる力場においても適切に運動を選び出すことができるが、相反する力場での運動を同時に学習することは出来ないことが知られている。その中で、匂いは記憶との関連が深く、匂い刺激を手がかりとすることで、相反する力場での運動を同時に学習することができるのではないかとこの着想に至り、これを検証した。

3. 研究の方法

<実験 1> においては、色字対応の形成過程と発達における機能的側面の解明を目的とし、小学生 184 名と成人 200 名を対象に、漢字の読み替えと色字対応の関係を調査した。漢字に着目した理由は、次の2点である。1. 多くの文字数があるため、文字間に共通する傾向が読み取りやすい。2. 他の文字種と異なり「読み替え」があるため、音韻・意味の変化に応じた共感覚的傾向の変化が読み取りやすい。読み替えとは、ある感じの新しい読みを学ぶことであり、例えば「空」という漢字は「そら」「から」「クウ」「あける」など学年が進むに連れ、新しい音韻と意味が学習される。新しい音韻・意味の学習によって共感覚の度合いや内容が変化するならば、これらが色の決定要因であると実証できる。

<実験 2> においては、数に関する共感覚的傾向の、数学の理解度との関連を明らかにするために、数学者 179 名、統制群 179 名を対象に、数字に対する色と擬人的な印象について調査した。言語学分野ではこれまで、数学の表現の中に多く比喩表現が含まれることが示されてきた。たとえば「無限大に飛ばす」「20 から出発して、60 まで歩いていく」などの比喩表現によって、抽象的な概念を、具体的で身体に根ざしたものとして捉えることで、理解が助けられると言われてきた。しかし、具体的なイメージを与える点では、共感覚的傾向も比喩的表現と共通している。そこで本研究では、数学の表現の中には共感覚的表現が含まれており、数学の理解に寄与しているとの着想にいたり、これを検証した。

<実験 2> の補足として、子どもを対象にした質的分析を行った。研究代表者(松田)が過去に行った小学生を対象にした調査からは、数字の擬人化は小学校低学年に一般的に見られ、高学年になると減少することが知られている (Matsuda et al., 2018)。しかし数字の擬人化がどのような過程で形成され、どのように消失に向かうのかは明らかではなく、現象が発達・学習へどのように寄与しているのかが不明瞭であった。数字の擬人化の定性的な側面を明らかにするために、小学生を対象にした半構造化インタビューを行った。ここで得られる結果が、<実験 2> での数学

者を対象にした調査結果の解釈に生かされることが期待された。

また、個別性が高く、独自の感覚応答を定量的に分析する枠組みを構築するために、独自性が非常に高い例である重度重複障害(SMD)の児童の行動分析を行った。知的障害と身体障害の両方を持った重度重複障害のある子どもたちの中には、言葉で感情を表現できず、身振りや目線ですらも意思表示が困難な子が少なくない。SMDの子どもたちの意図を汲み取るために、2名のSMDの子どもの感覚刺激に対する反応を分析した。刺激の前後を記録した映像を自動で解析し、動きを可視化・時系列解析を行うことで、反応の定量化を行った。

上述の運動学習の実験については、ロボットマニピュラタム(人間の手に対して仮想的な力場を発生させ、その後手の運動を記録するように設計されたシステム)を用いた行動実験によって研究した。研究参加者は、運動課題を繰り返すことで、新たに経験した力場下(時計回りの回転)での正しい運動を徐々に習得していった。しかし、最初の動きを学習した直後に反対方向の力場(反時計回りの回転)を経験すると、参加者ははじめての力場での運動を忘れてしまう。これは逆行性鑑賞として知られる現象である。これまでの研究から2つの力場の違いを強調するための感覚の手がかりを提示することで、干渉を受けずに2つの力場を独立して学習できると考えられており、本研究では嗅覚の手がかり(レモンとラベンダーの匂い)によって逆行性干渉を抑え、2つの力場の同時学習が可能であるとの仮説を立て、これを検証した。

4. 研究成果

<実験 1>の成果として、学年や学習の進捗にかかわらず、色字対応に有意な変化は見られなかった。時間的安定性と、回答された色のバリエーションの2つの観点から分析を行ったが、どちらも学年・漢字の読みの知識との相関は見られなかった。これは仮説とは真逆の結果であったが、色字対応が発達・学習に影響を受けにくいという結果は、漢字のように学年ごとに新しい読みを学習し、文字の持つ意味が変化していく場合であっても、第一義的な意味が支配的であることを示しており、色字対応の形成の理解に際し重要な意味を持つ結果である。この結果は2022年にボストン(アメリカ)にて開催されたPsychonomic Societyの年次大会にて口頭発表を行った。現在は論文投稿に向け執筆中であるが、仮説と真逆の結果の解釈に時間を要している状況である。

<実験 2>の成果として、数学者には特に数を擬人化する傾向が見られることが示された。数学の理解と数の擬人化との間の因果関係ははまだ不明瞭だが、少なくとも相関があることが明らかになった。結果を解釈するためには、数字の擬人化の定性的な側面を明らかにする必要があった。そのため、小学生を対象にした半構造化インタビューを行った。その結果、インタビューで語られた「数字の2にはママ友がたくさんいる」という印象は、2本目の指(人差し指)がお母さん指と呼ばれていること、調査参加者の母親にも友人が多いことに起因するなど、一見複雑に見える数字の擬人化は、調査参加者の日常生活における身近な連想から、発展したものであることが明らかになった。数字に関する性格や色のイメージは、小さな頃から保持されてきたものもある一方で、経験や学習とともに少しずつ形成されることが明らかになった。例えば「掛け算の表の5の段が水色だったので、5には水色のイメージがある」「零という名前のアニメキャラクターが20歳の男性だったため、数字の0には若い男性のイメージがある」など、生活の中で得たイメージや、「わり算で割り切れない問題があることを知り、必ず割り切れる2が好きになった」「9の団の割り算は数が大きくて難しいので、9は気難しいイメージがある」など、算数の理解が深まることで形成されるイメージについて語られた。これらの結果は、数字の擬人化が数の理解に関わっていることを示しており、<実験 2>で行った数学者に対する調査の結果を説明するものである。数学者により頻繁に擬人化が見られたということは、数学者がより深く数を理解しているためであると推察することが可能である。小学生を対象にした調査は2023年に北海道にて開催されたThe 2023 Conference on Artificial Lifeにて発表を行った。現在は小学生に対する調査、数学者に対する調査それぞれを学術論文としてまとめているところである。

SMDの子ども2名を対象にした研究の成果として、刺激の有無による反応の違いの定量化に成功した。1人目の参加者Aは、周囲からの関わりに対する明確な反応が見られないために、意図が汲み取れないことが特徴であった。触覚刺激に対する応答を明らかにするために、体に振動装置をつけ、インターバルを挟みながら、40秒間の振動刺激を提示した。振動開始から約10秒間は体動が少なくなり、外部の環境に注意を払うようになることが明らかになった。また、振動の直後に大きな体動を示すことがわかり、このあと振動が起こることを予測している可能性が示唆された。このことから、「彼に話しかけたいときには、話しかける前にポンポンと優しく肩を叩いて注意を引いてみると良いかもしれない」と彼との意思疎通の方法を工夫することができると考えられる。2人目の参加者Bは、動きがわずかであるために、目視では動きを捉えることが困難な特徴があった。酸味と甘味を与えたときの反応の違いを比較したところ、目元と口元の動き方が異なることが明らかになり、人の目では察知できなかった僅かな違いを映像解析で捉えることに成功した。SMDの子どもたちのニーズには多様性が高いため、どんな子どもにも当てはまる実験を組み立てることは困難である。ケーススタディであるこの研究は、対象が2名の子どもと限られているものの、今後、対象となる場面を増やし、子どもと接する保護者の方や施設の先生が、それぞれの子に合った実験を気軽に組み立てていけるような支援機器を開発につなげていきたい。この研究では大勢の参加者が必要となる統計分析の代わりに、時系列解析を用いることで、参加者数の少ないケーススタディであっても定量化を行っている。この研究を下地として、独自

性の高い感覚の定量分析についての枠組みの整備が期待される。本研究は 2022 年に国際学術誌である Journal of Robotics and Mechatronics に発表した。

運動記憶の実験については、レモンの匂いを提示した場合には逆行性干渉が抑制され、運動記憶の忘却が起こらず、2つの力場を同時に学習できることを明らかにした。一方ラベンダーの匂いを提示した場合には逆行性干渉は抑制されず、2番目の力場の学習によって、1番目の力場の運動記憶が忘却されることが明らかになった。この結果より、匂いは運動の同時学習を促進するが、その効果は匂いの種類によって異なることが示された。この結果は 2022 年に国際学術誌である Journal of Robotics and Mechatronic に発表した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Matsuda Eiko, Misawa Daichi, Yano Shiro, Kondo Toshiyuki	4. 巻 34
2. 論文標題 Olfactory Cues to Reduce Retrograde Interference During the Simultaneous Learning of Conflicting Motor Tasks	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Robotics and Mechatronics	6. 最初と最後の頁 746 ~ 755
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jrm.2022.p0746	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Matsuda Eiko, Takenaga Tatsuki, Iwabuchi Mamoru, Nakamura Kenryu	4. 巻 34
2. 論文標題 Time Series Analyses of the Responses to Sensory Stimuli of Children with Severe and Multiple Disabilities	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Robotics and Mechatronics	6. 最初と最後の頁 726 ~ 738
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.20965/jrm.2022.p0726	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Eiko Matsuda, Yoshihiro Okazaki, Michiko Asano and Kazuhiko Yokosawa
2. 発表標題 Developmental Changes in the Grapheme-Color Association of Kanji Characters Observed in Japanese Elementary School Children
3. 学会等名 the 2022 Psychonomic Society Annual Meeting (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Eiko Matsuda, Hikaru Asano, Tomoyuki Yuzawa and Osamu Sakura
2. 発表標題 Quantitative and Qualitative Analyses on Child's Animate Tendency
3. 学会等名 the 2023 Conference on Artificial Life (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 松田英子, 浅野輝, 湯沢友之, 佐倉統
2. 発表標題 小学生に見られる数字の擬人化の質的研究
3. 学会等名 日本心理学会第87回大会
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

取材, 『しごとへの道』, 鈴木のりたけ(著), ブロンズ新社, 2023年1月, pp. 131-191. https://www.bronze.co.jp/books/9784893097149/

6. 研究組織		
氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------