

2024 年度  
創発的研究支援事業 年次報告書【公開版】

研究担当者	中井智也
研究機関名	株式会社アラヤ
所属部署名	研究開発部
役職名	チーフリサーチャー
研究課題名	数学の脳情報表現に対する計算論的アプローチ
研究実施期間	2024 年 10 月 1 日～2025 年 3 月 31 日

### 研究成果の概要

本研究課題は、脳機能イメージング、人工ニューラルネット、符号化モデルを利用して数学的思考の脳情報表現を包括的に明らかにすることを目的としている。符号化モデルは、脳データとニューラルネット特徴量を結びつける上で有用であるが、これまで主に長時間実験可能な成人を対象として利用されてきた。しかし、数学能力の発達に伴う脳情報表現の変化を明らかにするためには、低年齢児童のデータ解析にこの手法を拡張する必要がある。そこで研究担当者は、発達データに対して符号化モデルを応用する意義、注意点、解析方法を解説した論文を *Developmental Cognitive Neuroscience* 誌に発表した (Nakai et al., 2024)。続いて、算数能力の発達を対象として符号化モデルの有効性を示すため、リヨン神経科学研究センターとの共同研究により、8 歳、11 歳、14 歳、成人合計 104 名を対象とした機能的磁気共鳴画像法の実験を実施した。数学に特化した大規模言語モデルから潜在特徴量を抽出し、各グループについて符号化モデルを構築した。予測精度は被験者グループの年齢が高くなるほど増加し、大規模言語モデルと脳内表現がより類似していくことが明らかになった。この研究は現在論文を投稿中である (2025 年 5 月に bioRxiv にて公開)。さらに研究担当者は、数学の認知神経学の普及活動として『数学を生み出す脳』という一般書を執筆した (岩波科学ライブラリーより 2025 年 4 月に刊行)。本書は他の動物にも共通する概算能力から出発し、数字、幾何学、計算、記号代数という異なる数学的対象における脳研究の知見を紹介し、それらに共通してヒトの言語能力が関連していることを解説した。本書を通じて、数学への科学的アプローチに興味を持つ研究者や一般の読者が増えることが期待できる。