

信頼される AI の基盤技術
2020 年度採択研究代表者

2022 年度
年次報告書

日高 昇平

北陸先端科学技術大学院大学 先端科学技術研究科
准教授

機械理解の創成に向けた随伴関手の統計的推定理論の構築

研究成果の概要

本研究の目的は、人の図形や知覚的オブジェクトの認識に学び、理解を中心とした新たな人工知能システムの枠組みを開発することである。2022年度には、随伴関手の推定理論の実験的な実証を行った。

本提案理論では、点、線、グラフを骨格とする3種類の画像表現がそれぞれ圏とみなし、その間に随伴関手があることを示した¹⁾。これを基に、グラフとアフィン空間とその間の写像からなるグラフ画を定義し、その対称性を表すグラフ画自己同型群の性質を数理的に解析した。この解析結果を基に、本研究は線画が立体として知覚される現象を、以下の仮説で説明する。

仮説 1: あるグラフ画の知覚像は、 n 次元グラフ画自己同型群の存在する最小の n 次元構造をもつ。

仮説 2: 厳密にはグラフ画自己同型群が存在しない一般の線画に対しても、その図形の空間とその近傍のあるグラフ画自己同型群の存在する空間の間の距離が、その図形の知覚的立体性と相関する。

仮説 1, 2 から、線画に対する人の立体性知覚が具体的に予測でき、それを認知心理実験で検証した。本研究では、具体的に、調整法と一対比較法の2つの実験課題を設計し、理論的に予想される立体度の異なる図形に対し、その主観的な立体度の回答を得る実験を実施した。その結果、実験で得られた主観的な立体度は理論的な予測との高い相関が示された。また実験で用いた図形としては、いわゆるネッカーキューブだけではなく、三角柱や五角錐など、立体構造として直交する線分だけでない図形、や厳密には多面体の射影としては存在しない平面線画を含むため、既存の理論やモデルでは説明できない。この点で、本提案理論は、平面線画の立体知覚を十全に説明するおそらく唯一の理論である。

以上の成果は、提案理論の実証性を示唆する。翻って、本研究で提案する理論は、線画の立体としての意味づけの説明モデルとして、群論や圏論などの抽象代数の有効性を示している。

【代表的な原著論文情報】

- 1) 日高昇平 & 高橋康介 (2021). なぜネッカーキューブはあの立体にみえるのか. 認知科学, 28(1), 25-38.