

信頼される AI の基盤技術  
2020 年度採択研究者

2021 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

## § 1. 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。2021年度には、随伴関手の推定理論の構築に関して研究の進捗・成果を得た。

まず、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せ、その間に随伴関手があることを示した<sup>1)</sup>。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数理的な解析を進めた。グラフ画自己同型群の概念を用いて、本研究はネッカーキューブなどの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：あるグラフ画に対して、 $n$ 次元グラフ画自己同型群が存在するとき、その画像は最小の  $n$  に対応する  $n$ 次元物として知覚される。

従って、この仮説に沿って、立体知覚を生起すると予想されるグラフ画の分類を行うべく研究を進め、以下の成果を得た。

- (1) グラフ画自己同型群の存在を特徴づける特性方程式を記述した。
- (2) 特性方程式の特殊な解として、鏡映変換による双対が存在することを示した。
- (3) 特性方程式の分析から、3つのグラフ画のクラスが存在することを示した。このうち2つが3次元アフィン空間上のみで自己同型群を持つクラスで、立体知覚と平面知覚の境界を定める条件を表す。
- (4) 特性方程式は組み合わせ論的な数が存在し、その多くが未知数の3次方程式であるが、潜在的な群構造を利用することで、グラフの頂点の数に比例した数の1次方程式に帰着できることをほぼ示した。

以上の成果は、離散的なグラフと連続的なアフィン空間という2つの一見異なる構造をそれらの自己同型群でつなぐ数理的な解析より得られた。この結果として、ネッカーキューブなどの特殊な図形のみならず、多くの図形に対して、きわめて効率的にグラフ画自己同型群を計算する方法が存在することが明らかになった。

### 【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見えるのか. 認知科学, 28(1), 25-38.