

M37a 太陽表面熱対流の位相幾何学的特徴：高速下降流領域が局在する可能性

政田洋平（福岡大学）、本武陽一（一橋大学）、仲田資季（駒澤大学）

位相的データ解析（Topological Data Analysis：TDA）とは、トポロジーの視点からデータの特徴を捉えて分類・定量化を行う解析手法であり、近年、科学諸分野への応用が急速に進んでいる（e.g., Mototake et al. 2022）。TDA では、データを「穴」の集合として解釈し、穴構造のサイズや形状の情報をパーシステントホモロジーと呼ばれる数学理論に基づき代数化、特徴量として抽出する（e.g., Edelsbrunner et al. 2002）。これは、複雑なデータを階層的な「穴」を使って縮約する方法であり、フーリエ変換等の従来手法による特徴づけが難しい非周期的な局在構造を抽出するのに有効である。天文学への応用も始まっており、例えば太陽物理の分野では、Santamarina Guerrero et al. (2024) が、太陽光球面の磁場構造を TDA を使って分類する新しい方法を提案している。

本研究の目的は太陽表面熱対流の位相幾何学的特徴を抽出することである。そのために、DKIST と Hinode/SOT、SST (Swedish Solar Telescope) による粒状斑のイメージングデータに対し TDA を行い、抽出した穴構造に関する情報をパーシステント図 (Persistent Diagram：PD) 上で比較・考察した。本研究の結果、(i) Hinode と SST の粒状斑データは PD 上でよく似た特徴を示す一方、(ii) DKIST の PD には Hinode や SST の PD には見られない浮島構造が存在することがわかった。また、(iii) 観測と比較可能なシミュレーションモデルに対する TDA から、PD 上の浮島構造は『局在化した高速下降流領域』に由来することを明らかにした。これらの結果は、太陽表面に Hinode や SST の分解能では解像できない『高速下降流の局在領域』が存在していることを示唆する（e.g., Rast 1995）。最近、SDO/HMI のデータを使った局所日震学診断から、Hanson et al. (2024) が我々と同様の示唆を得ているようである。本講演では、異なる手法で得られたこれら 2 つの結果の整合性についても議論する。