

「科学的発見・社会的課題解決に向けた各分野のビッグデータ利活用推進  
のための次世代アプリケーション技術の創出・高度化」

2018 年度  
実績報告書

2014 年度採択研究代表者

吉田 直紀

東京大学大学院理学系研究科/東京大学国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構  
教授

## 広域撮像探査観測のビッグデータ分析による統計計算宇宙物理学

### § 1. 研究成果の概要

すばる望遠鏡に搭載された広視野カメラ Hyper-Suprime-Cam (HSC) を用いた広域宇宙サーベイは 2014 年度に開始され、これまでに 208 晩相当のデータが得られた。2019 年度末までに当初計画の 300 晩の大部分の観測を終了する予定である。2018 年 8 月より、時間変動天体探索のための繰り返し観測が 6 か月間にわたって遂行される予定であったが、2018 年 5 月に発生したハワイ島での火山の噴火や地震の影響により、この観測は延期され 2019 年 8 月から実行される。

本研究の目的は、HSC により得られるマルチバンド画像ビッグデータを解析することにより多数の超新星や銀河を検出し、宇宙の物質分布や宇宙膨張の歴史を明らかにすることである。観測画像データを大規模シミュレーションデータベースと統合して統計解析し、宇宙の物質密度などの基本的な「宇宙論パラメータ」を推定することを目指している。

宇宙論グループは、これまでに構築した宇宙の構造形成のスーパーコンピュータシミュレーションデータベースを用いて、宇宙の物質分布に関する各種統計量を高精度で推定する「エミュレータ」を開発した。このエミュレータを用いて HSC データの統計解析を行っている。また、画像解析機械学習グループと協働して、銀河のマルチバンド画像から重力レンズ現象により歪められた銀河を検出し、銀河周辺の物質分布を推定する深層学習アプリケーションを開発した。

統計解析グループは、宇宙論グループと共同で重力レンズの情報を用いて宇宙論パラメータを推定するための方法を検討し、深層学習を用いたノイズ低減法を提案した。また、天文学や宇宙物理学におけるデータ科学的方法を検討するための会合を開催し、一般向けにはデータ科学と宇宙物理学を啓蒙するための講演を複数回行った。

画像解析機械学習グループは、2018 年度までに開発した超新星分類器を発展させ、Ia 型以外の様々なタイプの超新星を自動的に分類する手法を開発した。超新星爆発の物理機構と電磁波伝搬の理論に基づく光度曲線のモデルを用いて人工データを大量に生成し、これを深層学習の

データとして利用した。分類器はすばる HSC の実画像データに対して高い分類性能を示した。

データ基盤グループはすばる望遠鏡データ解析パイプラインにワークフローシステム Pwrake を組み込み、Pwrake を用いた複数ジョブの並列実行を評価した。次に、分散ファイルシステム Gfarm を高速化するために高速トランザクション処理を改善し、Gfarm のメタデータサーバのコード分析を行った。データ基盤グループと宇宙論グループは協働して、宇宙の構造形成シミュレーション分析に関して、高速な木の構築手法を検討すると共に、厳密解法と近似解法の結合に取り組んだ。

#### 【代表的な原著論文】

1. Naoki Yasuda, Masaomi Tanaka, Nozomu Tominaga, Takashi Moriya, Tomoki Morokuma, Nao Suzuki, Ichiro Takahashi, Masaki Yamaguchi, Keiichi Maeda, Akisato Kimura, Mikio Morii, Naonori Ueda, Naoki Yoshida, Chien-Hsiu Lee, Sherry Suyu, Yutaka Komiyama, Yutaka, Nicolas Regnault, David Rubin,  
“The Hyper Suprime-Cam SSP Transient Survey in COSMOS: Overview”, arxiv:1904.09697
2. Takahiro Nishimichi, Masahiro Takada, Ryuichi Takahashi, Ken Osato, Masato Shirasaki, Taira Oogi, Hironao Miyatake, Masamune Oguri, Ryoma Murata, Yosuke Kobayashi, Naoki Yoshida,  
“Dark Quest. I. Fast and Accurate Emulation of Halo Clustering Statistics and Its Application to Galaxy Clustering”, arXiv:1811.09504
3. Mikio Morii, Shiro Ikeda & Yoshitomo Maeda,  
“An image reconstruction method for an X-ray telescope system with an angular resolution booster”, Publications of the Astronomical Society of Japan, vol. 71, id. 24, 2019

## § 2. 研究実施体制

### (1) 「宇宙論」グループ

- ① 研究代表者：吉田 直紀（東京大学大学院理学系研究科/東京大学国際高等研究所カブリ数物連携宇宙研究機構 教授）
- ② 研究項目
  - ・撮像データ取得, 可視化
  - ・理論シミュレーション

### (2) 「統計解析」グループ

- ① 主たる共同研究者：池田 思朗（統計数理研究所 教授）
- ② 研究項目
  - ・超新星の自動抽出に関するソフトウェアの整備。
  - ・宇宙論グループと共同で重力レンズに基づく宇宙論パラメータ推定法の開発。

### (3) 「画像解析機械学習」グループ

- ① 主たる共同研究者：上田 修功（日本電信電話(株)/ NTT コミュニケーション科学基礎研究所/上田特別研究室長(NTT フェロー)/理化学研究所革新知能統合研究センター副センター長）
- ② 研究項目
  - ・時間変動天体の自動検出法の開発

### (4) 「データ基盤」グループ

- ① 主たる共同研究者：川島 英之（慶應義塾大学環境情報学部 准教授）
- ② 研究項目
  - ・解析パイプラインシステムの設計
  - ・天文データ処理システムの設計