

aflak:三次元面分光データの視覚分析フレームワーク

打木 陸雄^{*}, Malik Olivier Boussejra^{*†}, 松林 和也[†],
竹島 由里子[‡], 竹川 俊也[†], 植村 誠[§], 藤代 一成^{*}

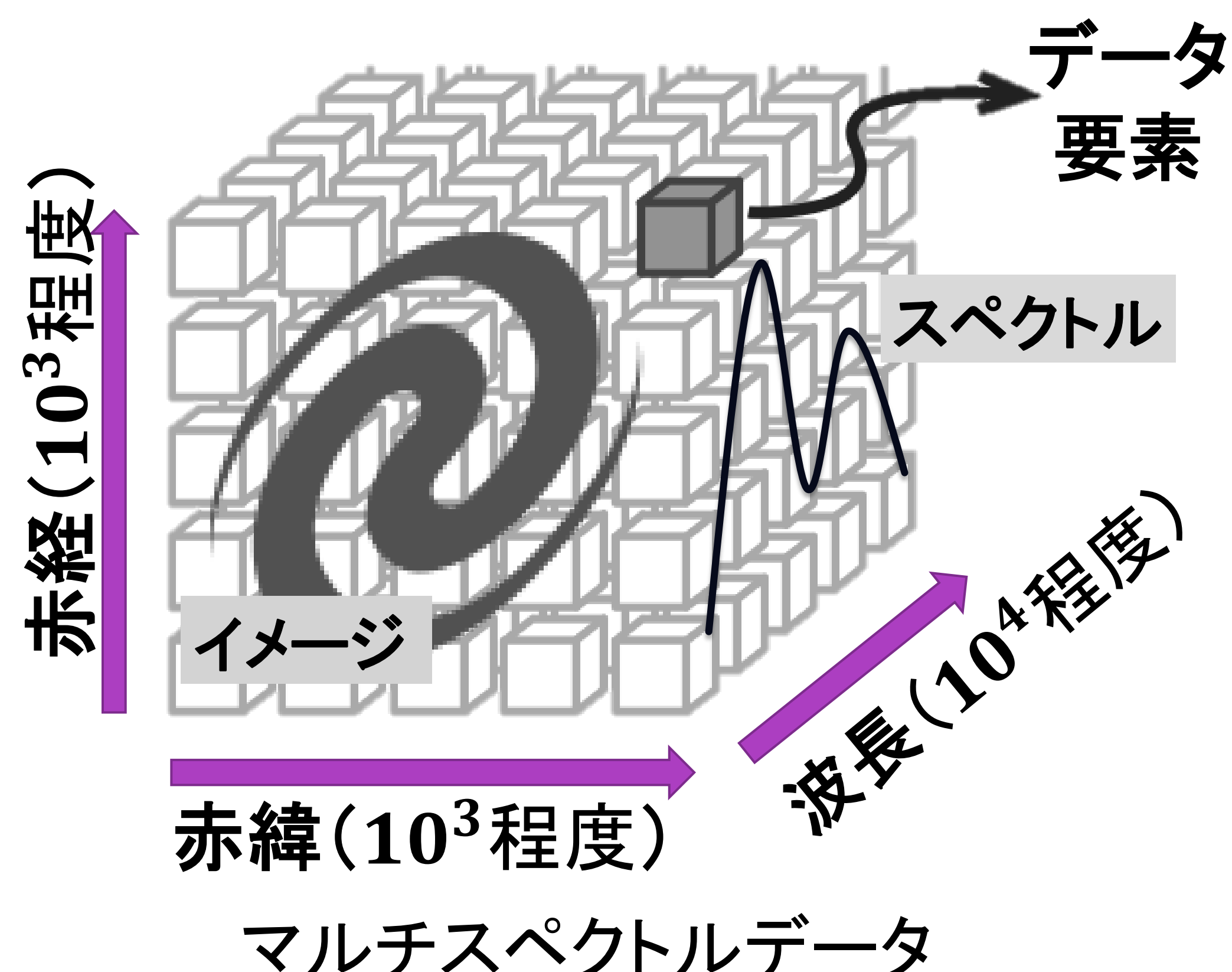
^{*}慶應義塾大学 [†]SORACOM [‡]東京大学 [§]東京工科大学 [¶]神奈川大学 [§]広島大学



1 背景と目的

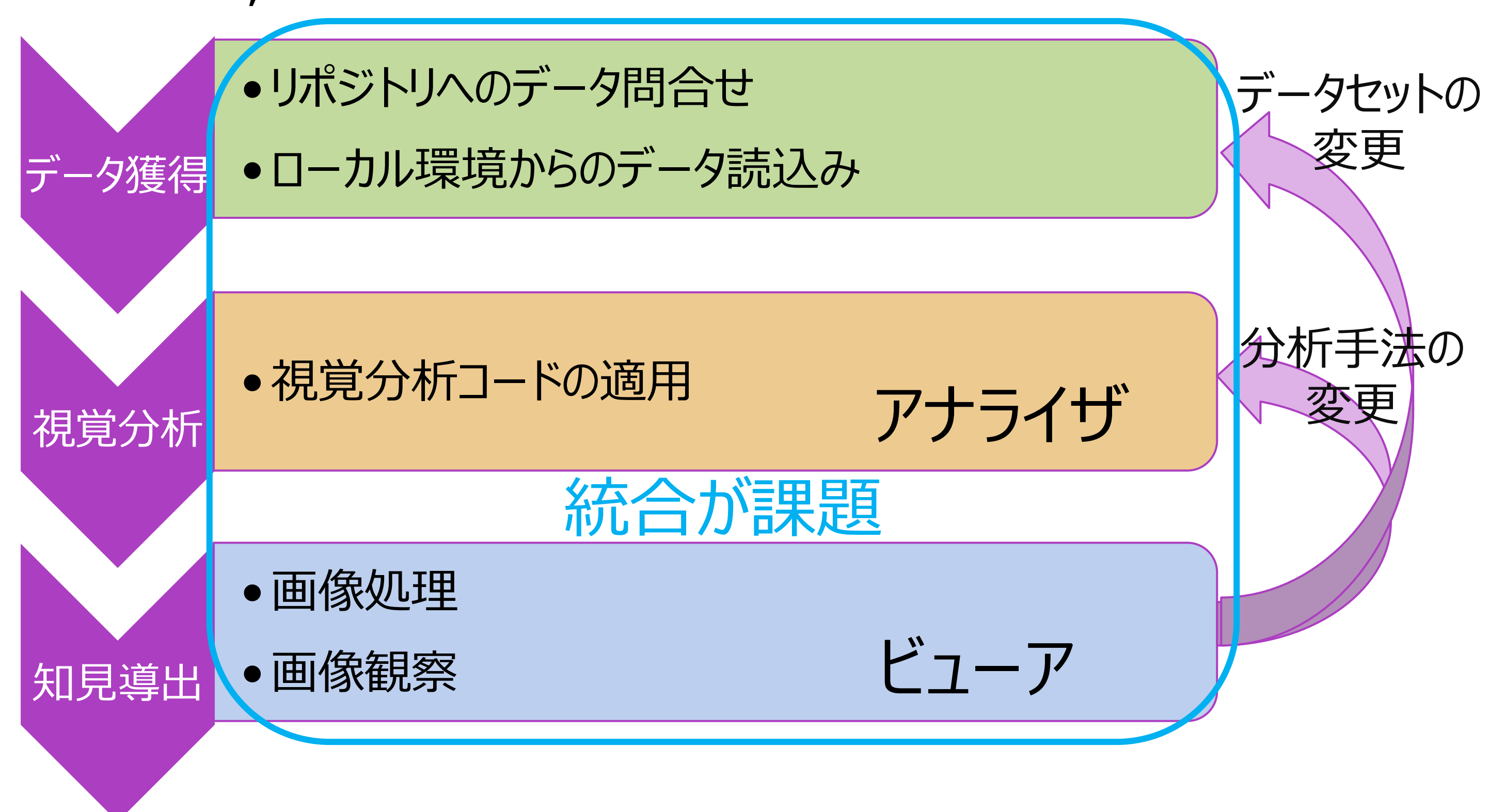
研究背景とマルチスペクトルデータ

- 宇宙物理学の分野では、観測可能なのは光を含む電磁波や素粒子
- 観測される**三次元面分光データ**は、天球上の位置（二次元）と波長の次元をもつ三次元データ（マルチスペクトルデータ）
- データは Flexible Image Transport System (FITS) とよばれるフォーマットで格納



目的と課題

- マルチスペクトルデータ分析の際、現状では解析や可視化に対応するアナライザ、ビューアなどの独立したシステムが必要
データ分析のプロセスや結果等の解析出自の管理が煩雑化し
協同分析や分析結果の再利用が困難
- 天文学者による面分光データを含む天文学データの視覚分析を高度化し、**専門知識の獲得基盤の構築**が課題



2 提案手法 — Advanced Framework for Learning Astrophysical Knowledge (aflak)

aflak フレームワークの特徴

- aflak はビジュアルプログラミング環境を提供。自前の開発コードを新たな処理ノードとして登録、標準処理ノードとリンクすることで、目的の解析アプリケーションの**ラピッドプロトタイピング**を実施（下図 (a)）、内容を出自として入出力可能（公開文献 [2], [4], [5], [6], [10], [11] を参照）
- 出力ノードに配線されることで、出力ウィンドウが自動的に現れ、データの種類によって適切な可視化結果を表示（下図 (b)）
- 処理の一部を**マクロ**として別エディタで編集可能。ビジュアルプログラムの煩雑さを低減（下図 (c)、公開文献 [1] を参照）
- 可視化結果に対して生成した**インタラクションハンドル**とビジュアルプログラムの変数を**双方向にバインド**することで、可視化結果の内容を利用したプログラムの微調整が可能（下図 (d)）

(a) ビジュアルプログラミング環境 (ノードエディタ)

(b) 出力ウィンドウ

(c) マクロ

(d) 双方向バインディング

インタラクションハンドル

aflak:三次元面分光データの視覚分析フレームワーク



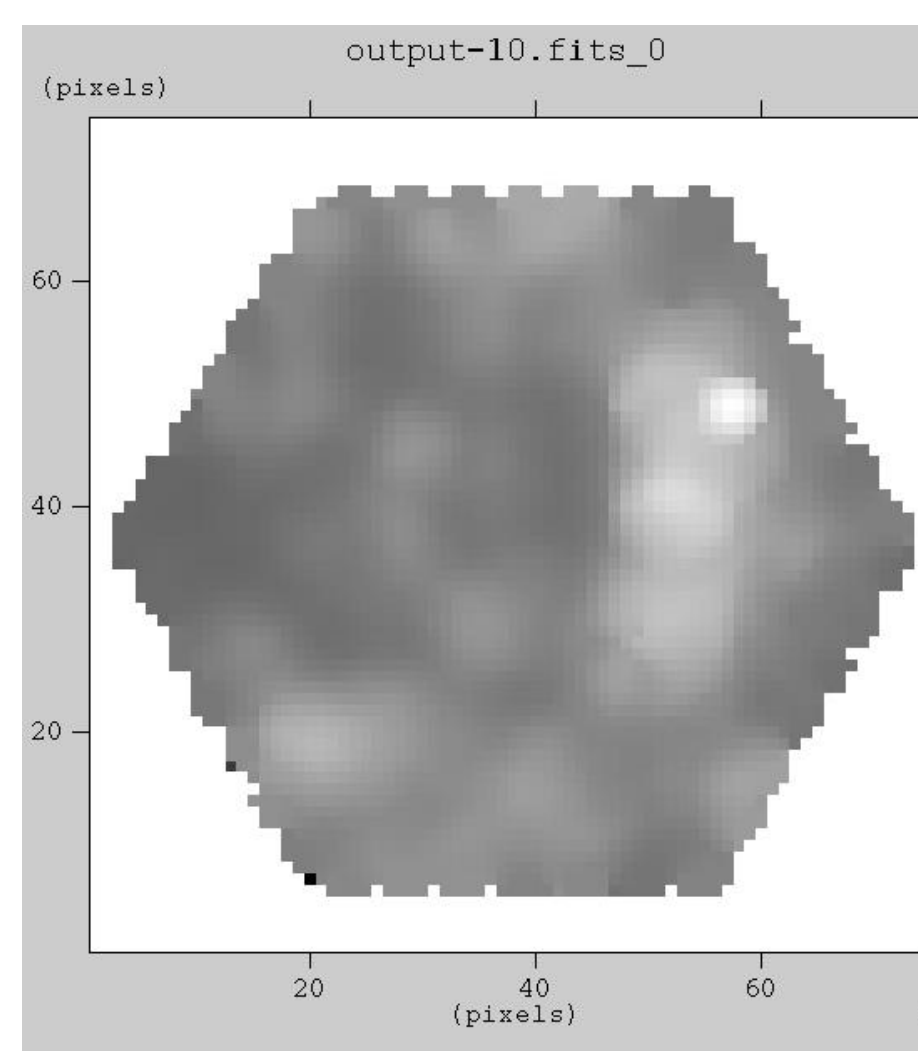
打木 陸雄^{*}, Malik Olivier Boussejra^{*†}, 松林 和也[†],
竹島 由里子[‡], 竹川 俊也[¶], 植村 誠[§], 藤代 一成^{*}

^{*}慶應義塾大学 [†]SORACOM [‡]東京大学 [¶]東京工科大学 [§]神奈川大学 [§]広島大学

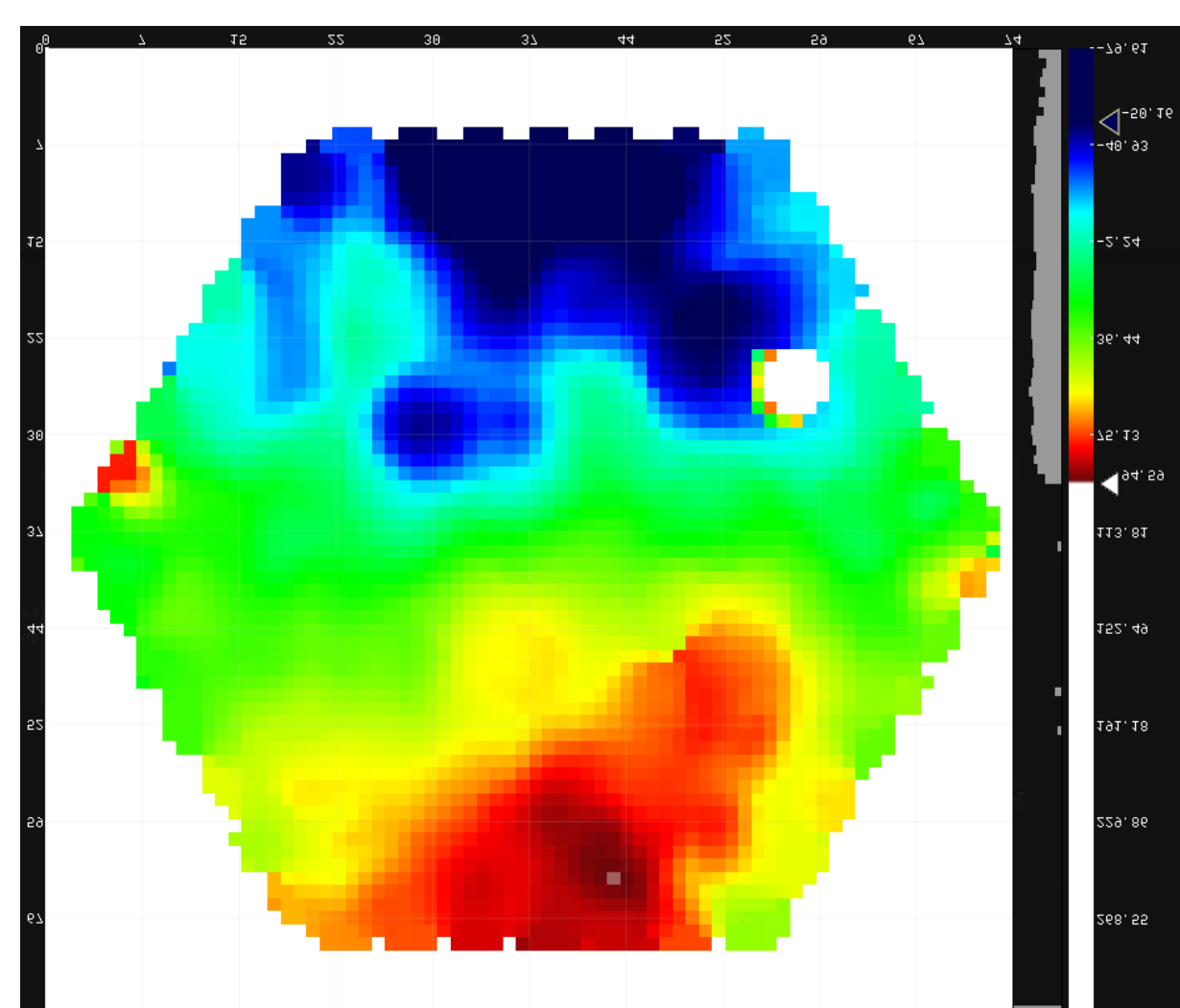
3 利用例

強度分布図の生成

aflak フレームワークを利用し、銀河のデータに以下のようないくつかの強度分布図の自動生成を実施（公開文献 [3], [7], [9] を参照）



aflakによって生成された等価幅マップ



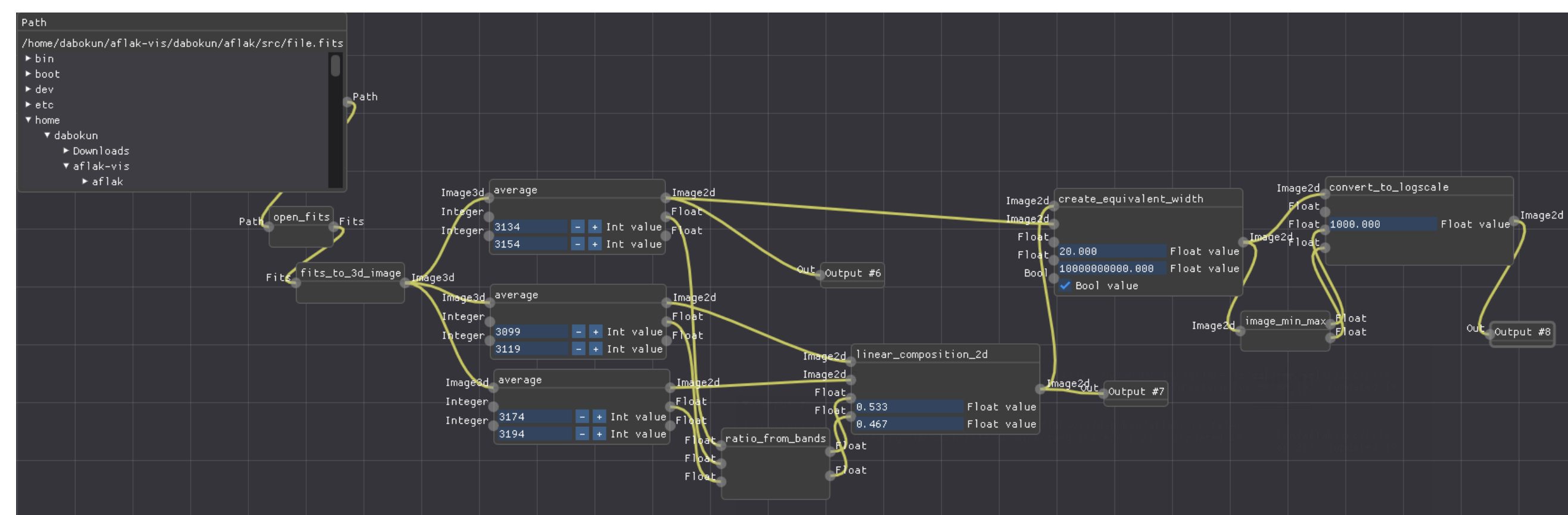
aflakによって生成された速度場マップ（重心となる波長を利用）

- 等価幅: 天体が発する電磁波スペクトル強度指標の一つ
二次元マップで可視化した例は少数
理論的には以下の式で定義

$$\int \left(1 - \frac{F_\lambda}{F_0}\right) d\lambda \quad F_\lambda: \text{スペクトル線輝度}, F_0: \text{対応する波長の連続光輝度}$$

- 速度場: 天体の運動速度を場の関数で表現したもの。
視線方向に限定するため、スカラー値

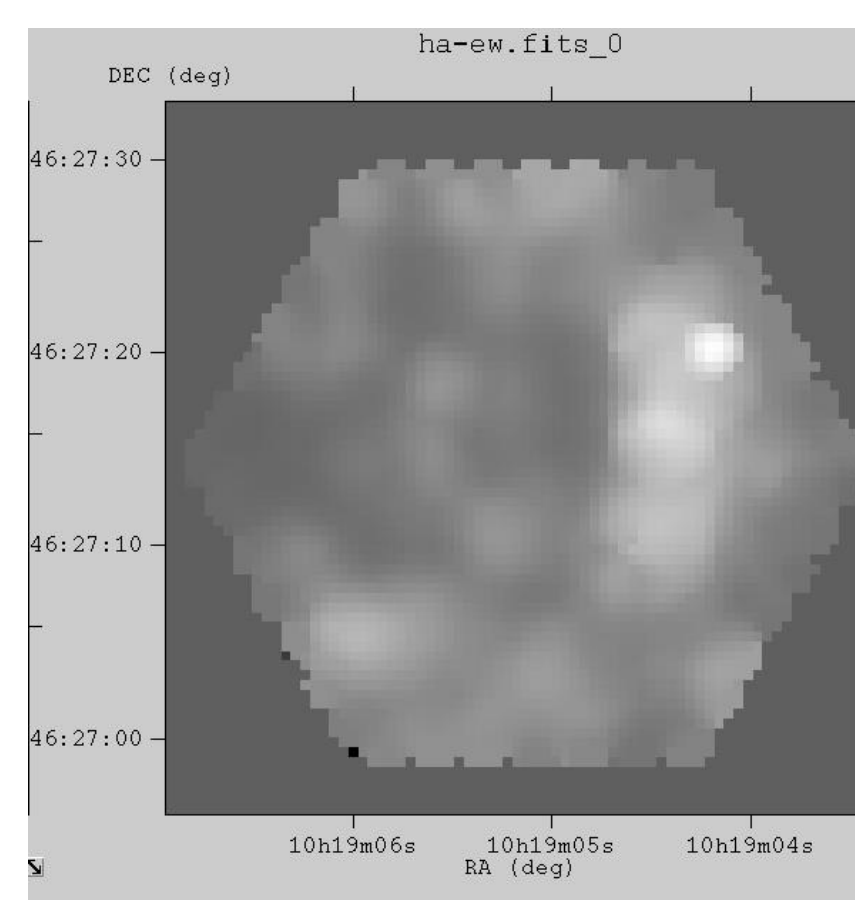
これらの等価幅、速度場を赤経・赤緯から作られる二次元画像に画素ごとにマッピングしたものを等価幅マップ・速度場マップと呼称



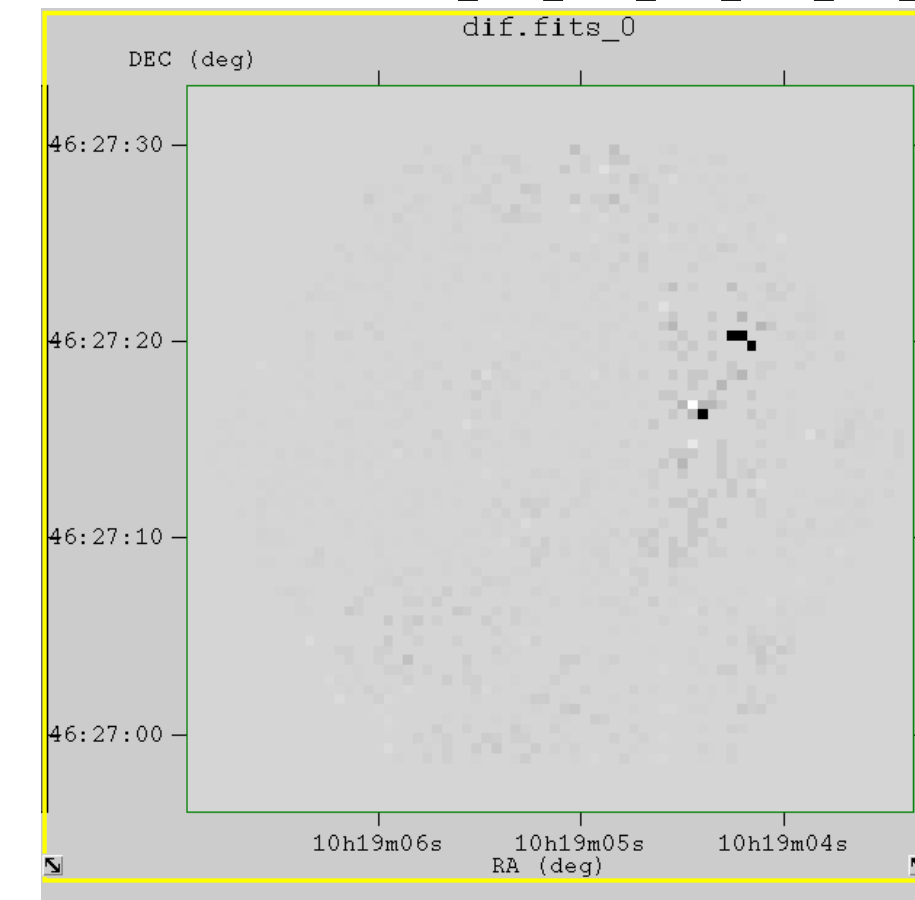
aflakによる強度分布図生成（等価幅マップ）のビジュアルプログラムの例

強度分布図の精度検証

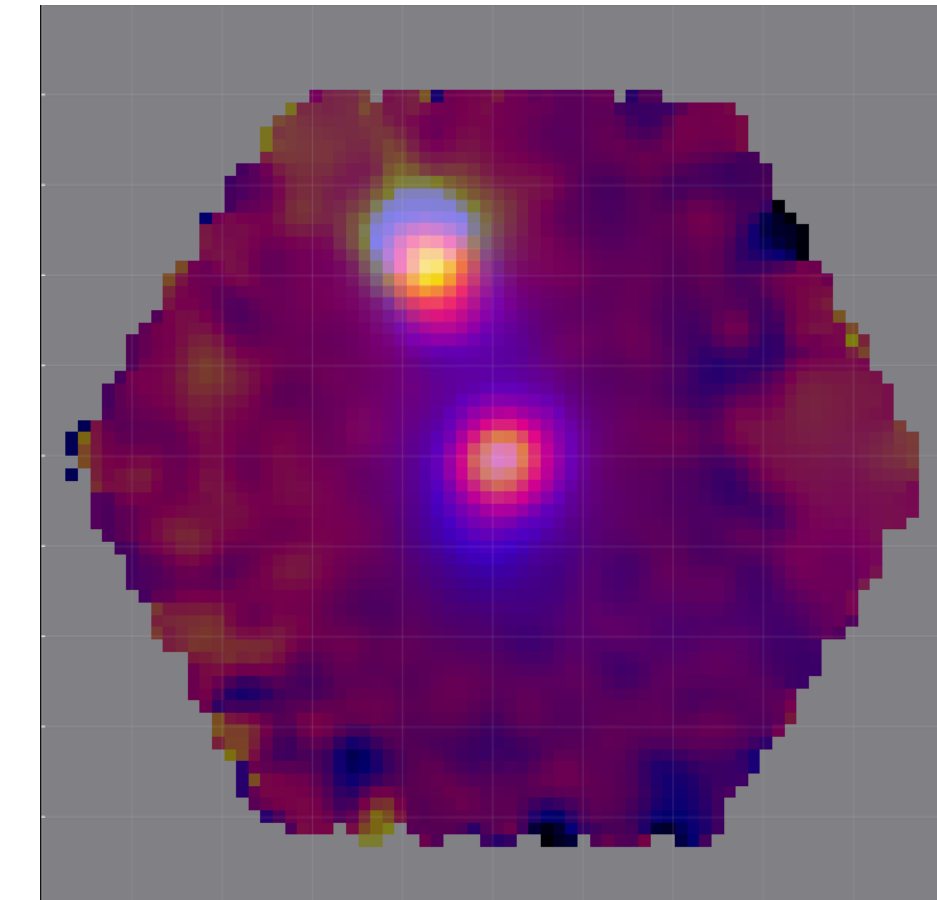
生成した強度分布図に対して、天文学者による計算結果などとの精度検証を実施（公開文献 [3], [7], [9] を参照）



天文学者が従来手法によって生成した等価幅マップ



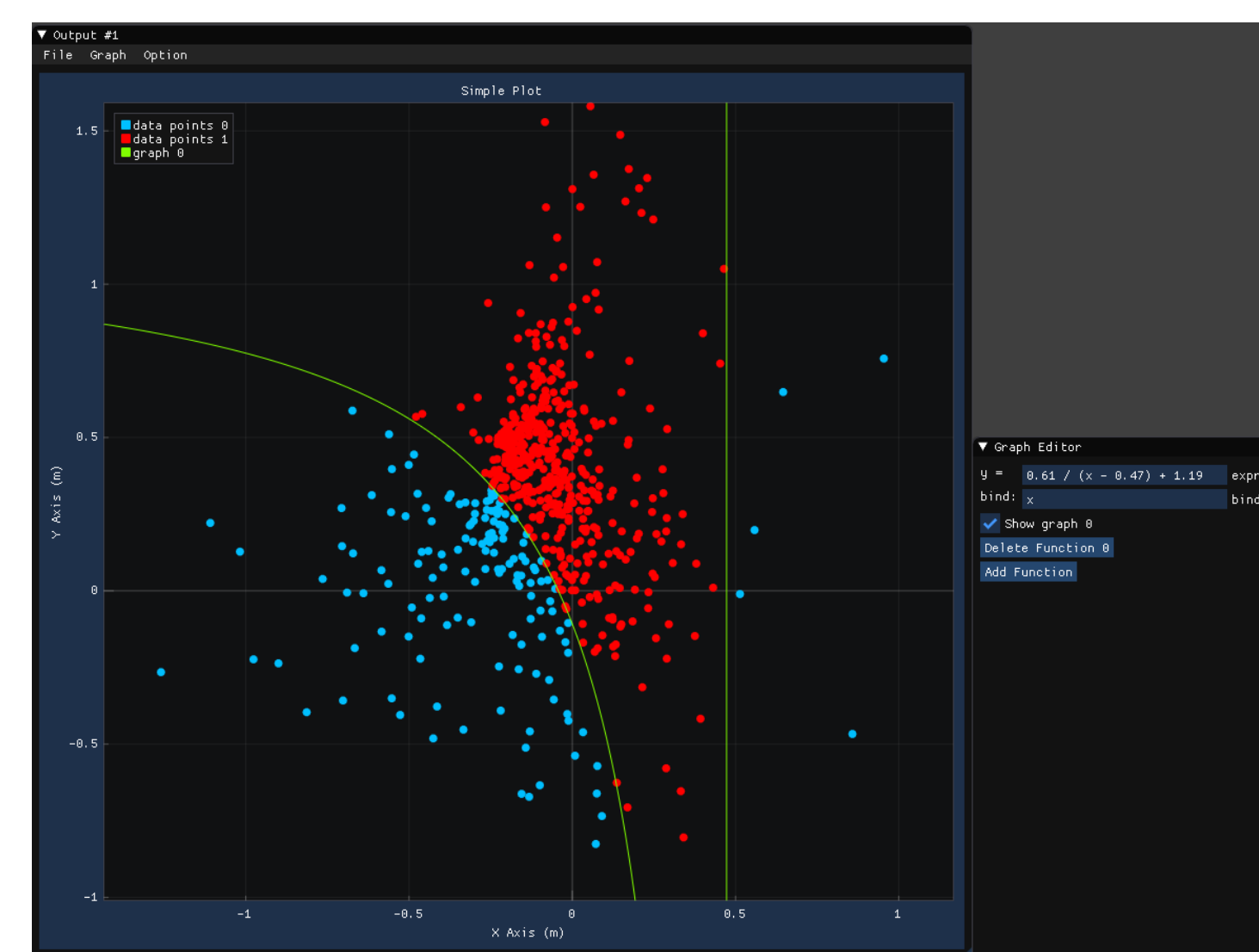
aflakによって生成された等価幅マップとの差分誤差はほぼ無視できる範囲



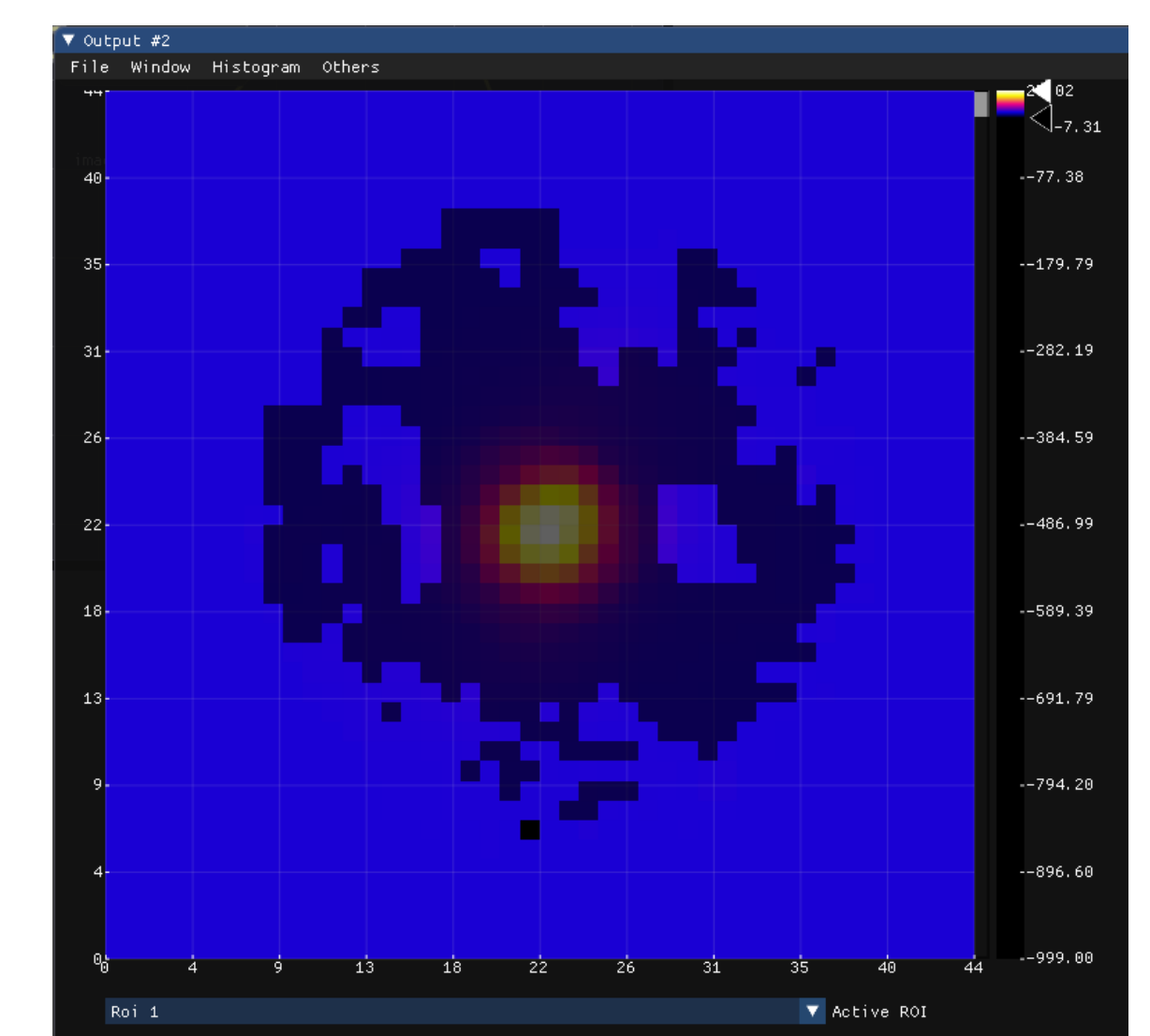
aflakによって生成された速度場マップと空間断面との重ね合わせ

BPT図, BPTマップによる銀河内領域の分類

- 計算結果のデータから散布図生成機能を追加し
Baldwin, Phillips & Terlevich (BPT) 図とよばれる銀河内領域の分類に利用される散布図を生成、既存図との比較を実施
- BPT 図のサンプル点を特定の分類曲線によって分類し、分類されたサンプル点が計算されたデータを元の強度分布図にマッピングした BPT マップを生成、既存図との比較を実施（公開文献 [8] を参照）



(a) aflakにより生成されたBPT図



(b) 左図 (a) の赤いサンプル点から生成されたBPTマップ

4 今後の課題

- データの視覚分析プロセス全体を記録、追跡、再利用可能な出自管理システムを設計、実装
- 三次元データの微分位相解析、三次元ビューアでの強調可視化を用いた aflak による天文学的なケーススタディ

公開文献

- [1] M. O. Boussejra, R. Uchiki, S. Takekawa, K. Matsubayashi, Y. Takeshima, M. Uemura, I. Fujishiro, "aflak: Visual Programming Environment with Macro Support for Collaborative and Exploratory Astronomical Analysis," in *IEEE Transactions on Image Electronics and Visual Computing*, Vol. 7, No. 2, pp.116-127, December 2019, [Online Journal](#).
- [2] M. O. Boussejra, R. Uchiki, Y. Takeshima, K. Matsubayashi, S. Takekawa, M. Uemura, I. Fujishiro, "aflak: Visual Programming Environment Enabling End-to-End Provenance Management for Analysis of Astronomical Datasets," *Elsevier Journal of Visual Informatics*, Vol. 3, No. 1, pp. 1-8, March 2019 [doi: [10.1016/j.visinf.2019.03.001](#)].
- [3] R. Uchiki, M. O. Boussejra, L. Zhu, Y. Takeshima, K. Matsubayashi, M. Uemura, I. Fujishiro, "Accurate visualization of galaxy velocity field from three-dimensional integral field spectroscopy data," in *Proceedings of EuroVis 2020*, Poster track, pp. 37–39, Online, May 25–29, 2020 [doi: [10.2312/eurp.20201123](#)].
- [4] M. O. Boussejra, S. Takekawa, R. Uchiki, K. Matsubayashi, Y. Takeshima, M. Uemura, I. Fujishiro, "aflak: Visual Programming Environment with Quick Feedback Loop, Tuned for Multi-Spectral Astrophysical Observations," in *Astronomical Data Analysis Software & Systems XXVIII, ASP Conference Series*, Vol. 523, pp. 245-248, 2019.
- [5] M. O. Boussejra, K. Matsubayashi, Y. Takeshima, S. Takekawa, R. Uchiki, M. Uemura, I. Fujishiro, "aflak: Pluggable Visual Programming Environment with Quick Feedback Loop Tuned for Multi-Spectral Astrophysical Observations," in *Proceedings of 2018 IEEE Scientific Visualization Conference (SciVis)*, pp. 72-76, Berlin, October 2018 [doi: [10.1109/SciVis.2018.8823788](#)].
- [6] 打木 陸雄, 「三次元面分光データの微分位相解析による銀河構造の可視化」, 2022 天文学におけるデータ科学的方法, 統計数理研究所 (ハイブリッド), b06, 2022年10月4日.
- [7] 打木 陸雄, 竹島 由里子, 松林 和也, 植村 誠, 藤代 一成, 「三次元面分光データの微分位相解析による銀河構造の可視化」, 第50回可視化情報シンポジウム公演論文集, 工学院大学 (ハイブリッド), GS2-3:1-GS2-3:6, 2022年8月8日.
- [8] 藤代 一成, 打木 陸雄: 「aflak: 天文学マルチスペクトルデータの視覚解析ビジュアルプログラミング環境—概念, システム, 応用」, 第4回ビジュアルリサーチワークショップ, オンライン, 2021年2月19日.
- [9] 打木 陸雄, Malik Olivier Boussejra, 朱 立宇, 松林 和也, 竹島 由里子, 植村 誠, 藤代 一成, 「三次元面分光データの視覚分析フレームワークを用いた複数銀河速度場の正確な可視化」, 第48回可視化情報シンポジウム公演論文集, オンライン, 2020年9月24日—26日.
- [10] 朱 立宇, 打木 陸雄, Malik Olivier Boussejra, 松林 和也, 竹島 由里子, 植村 誠, 藤代 一成, 「モジュール型可視化ソフトウェアを用いた天体の輝線の視覚解析」, 第48回可視化情報シンポジウム公演論文集, オンライン, 2020年9月24日—26日.
- [11] 打木 陸雄, Malik Olivier Boussejra, 松林 和也, 竹島 由里子, 植村 誠, 藤代 一成, 「AFLAK:モジュール可視化環境による等価幅マップの生成」, 日本天文学会 2019 年春季年会 予稿集 R23a.
- [12] Malik Olivier Boussejra, 竹川 俊也, 打木 陸雄, 松林 和也, 竹島 由里子, 植村 誠, 藤代 一成, 「アフラック: 分光データ解析用ビジュアルプログラミング環境」, 平成30年度宇宙科学情報解析シンポジウム, 2019年2月15日, 宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所.
- [13] 藤代 一成, Malik Olivier Boussejra, 打木 陸雄, 「aflak: 面分光データ視覚分析のためのビジュアルプログラミング環境」, 面分光研究会 2019, 2019年10月29日, 国立天文台.
- [14] 打木 陸雄, 藤代 一成, 「AFLAK: 三次元面分光データの視覚分析フレームワーク」, 第34期可視化情報学会 学会賞 (技術賞), 第51回可視化情報シンポジウム, 2023年8月8日, 小樽.

謝辞

本研究の一部は、科研費基盤研究 (A) [21H04916](#), [17H00737](#), 科研費基盤研究 (C) [17K00173](#) の支援により実施された。

aflak repository

<https://github.com/aflak-vis/aflak/>

