

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^{*}

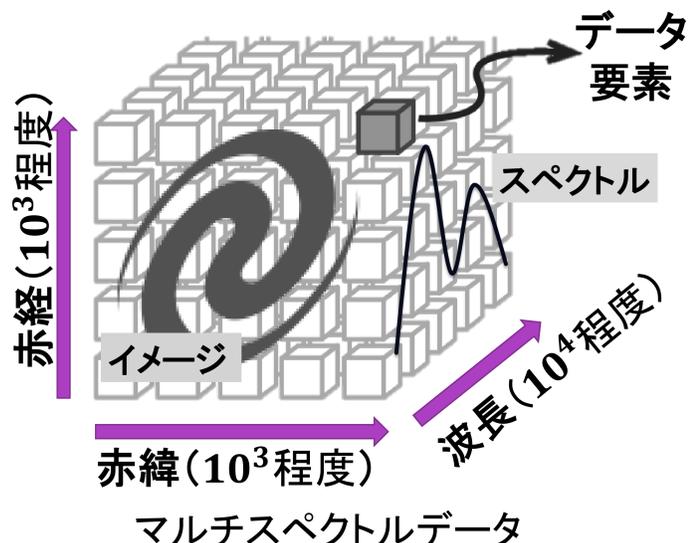
^{*}慶應義塾大学 [†]SORACOM [‡]東京大学 [§]東京工科大学 [¶]神奈川大学 [§]広島大学



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



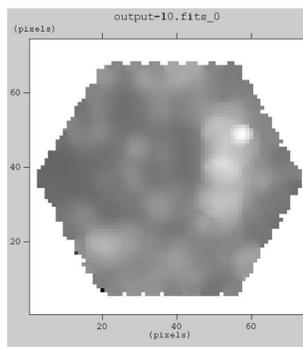
打木 陸雄^{*}, Malik Olivier Boussejra^{*†}, 松林 和也[†],
竹島 由里子[‡], 竹川 俊也[¶], 植村 誠[§], 藤代 一成^{*}

^{*}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

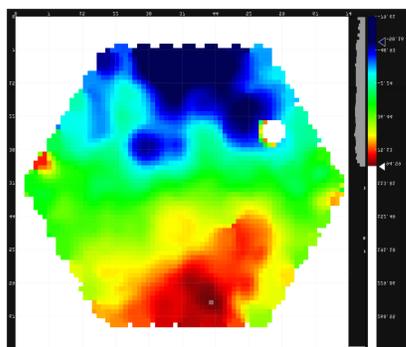
3 利用例

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



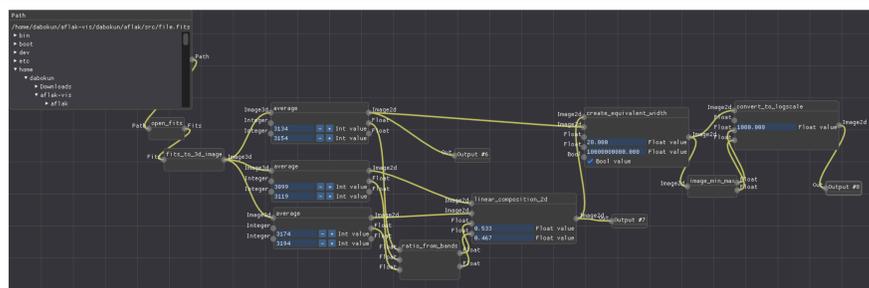
aflakによって生成された速度場マップ
(重心となる波長を利用)

- 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

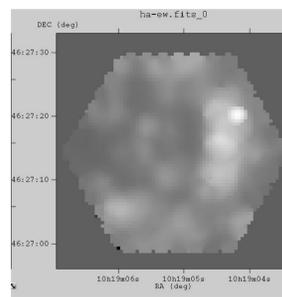
これらの等価幅、速度場を赤経・赤緯から作られる二次元画像に
画素ごとにマッピングしたものを等価幅マップ・速度場マップと呼称



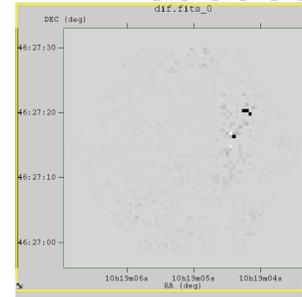
aflakによる強度分布図生成（等価幅マップ）のビジュアルプログラムの例

強度分布図の精度検証

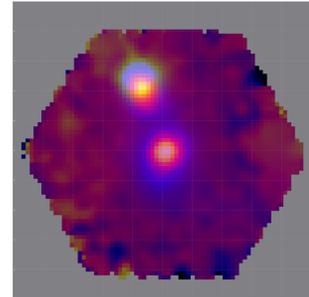
生成した強度分布図に対して、天文学者による計算結果などとの
精度検証を実施（公開文献 [3], [7], [9] を参照）



天文学者が従来手法によって
生成した等価幅マップ



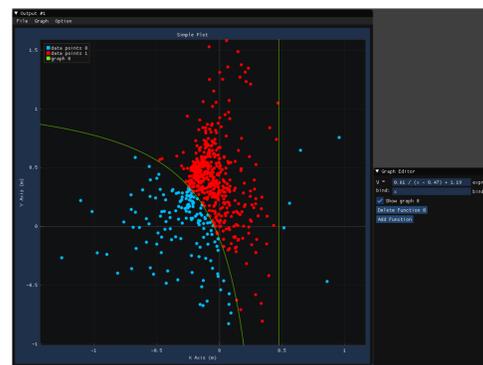
aflakによって生成された
等価幅マップとの差分
誤差はほぼ無視できる範囲



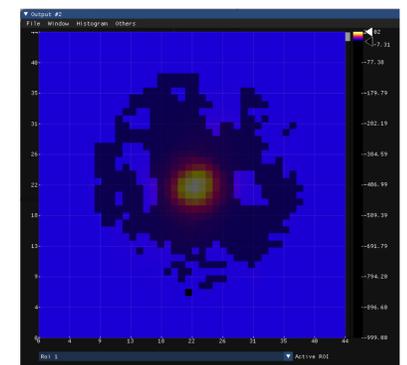
aflakによって生成された
速度場マップと空間断面
との重ね合わせ

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回ビジュアライゼーションワークショップ, 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/>

