

3X-08

# TimeTubes : 多次元時系列ブレイザー観測データの 視覚的融合による不確実性の緩和

澤田 奈生子<sup>†</sup>   中山 雅紀<sup>†</sup>   Wu, Hsiang-Yun<sup>†</sup>   植村 誠<sup>‡</sup>   藤代 一成<sup>†</sup>

<sup>†</sup>慶應義塾大学   <sup>‡</sup>広島大学

## 1 背景と目的

広島大学宇宙科学センターでは、宇宙ジェットの謎を解明するために、長期間、ブレイザーとよばれる天体を観測してきた。ブレイザーとは、中心にあるブラックホールから噴出される宇宙ジェットが地球に向かっていているような活動銀河核をさす。ブレイザーを分類するには、多次元時系列の観測データの変化を解析する必要があるが、図1のような複数散布図とアニメーションによる従来手法 [1] だけで、データを詳細に解析することは容易ではない。

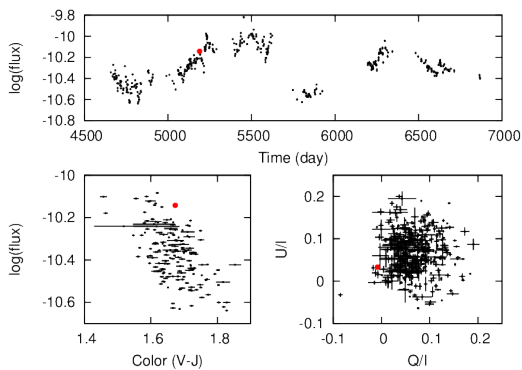


図 1: 複数散布図とアニメーションによる従来手法。

そこで、先行研究 [2] では、時間依存変数間の相関を対話的に解析することができる、TimeTubes とよばれる新しい可視化手法を提案した。この手法を用いることで、従来手法では発見できなかったブレイザーの新たな特徴が発見され始めている [3]。

広島大学の観測データは、観測日時を含めて9項目であるが、TimeTubes ではそのうち、ブレイザーの分類により本質的に関わる7項目を可視化の対象としている (表1)。

本稿では、誤差を含有している観測データ自体の不確実性と、欠損期間を補間により連続化することによって生じる、TimeTubes 独自の不確実性に注目し、同一ブレイザーに関する2箇所の観測データを視覚的に融合することで、これらの不確実性の緩和を試みる。

表 1: TimeTubes における対象データとその表現方法。

| 変数名      | 説明        | 表現方法             |
|----------|-----------|------------------|
| $JD$     | 時間        | 可視化空間における $z$ 座標 |
| $Flx(V)$ | 明度        | チューブの色 (明度)      |
| $Q/I$    | 偏光/明度     | 可視化空間における $x$ 座標 |
| $E_Q/I$  | $Q/I$ の誤差 | 楕円の長軸の長さ/2       |
| $U/I$    | 偏光/明度     | 可視化空間における $y$ 座標 |
| $E_U/I$  | $U/I$ の誤差 | 楕円の短軸の長さ/2       |
| $V - J$  | 色         | チューブの色 (色相)      |

## 2 概要

先行研究では、表1の表現方法欄に示すように、観測データを、座標や色に割り当て、1つの観測データを、中心座標 ( $Q/I, U/I$ )、軸の長さ  $2E_Q/I, 2E_U/I$  の楕円とし、それらを Catmull-Rom スプライン曲線で互いに接続することで、三次元のボリュームチューブとして表現している。可視化空間における座標軸は、図2に示すように左手座標系をなす。デフォルトでのチューブは、中心座標から離れるほど透明度が高くなるように描画されるため、誤差が小さいほどシャープなチューブ、大きいほどぼやけたチューブとなり、データの不確実性が自然に視覚表現されている。

図2は、本稿で提案する方法を採り入れた TimeTubes のユーザインタフェースである。図2(a)に観測データの可視化結果が表示される。ユーザは各チューブを対話的に操作できる。図2(b)でカメラの操作や軸やグリフの表示、図2(c)でフィルタの適用や詳細表示ができる。

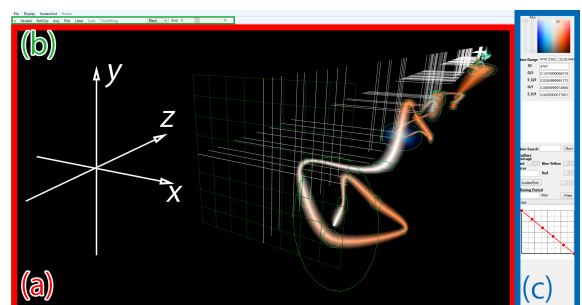
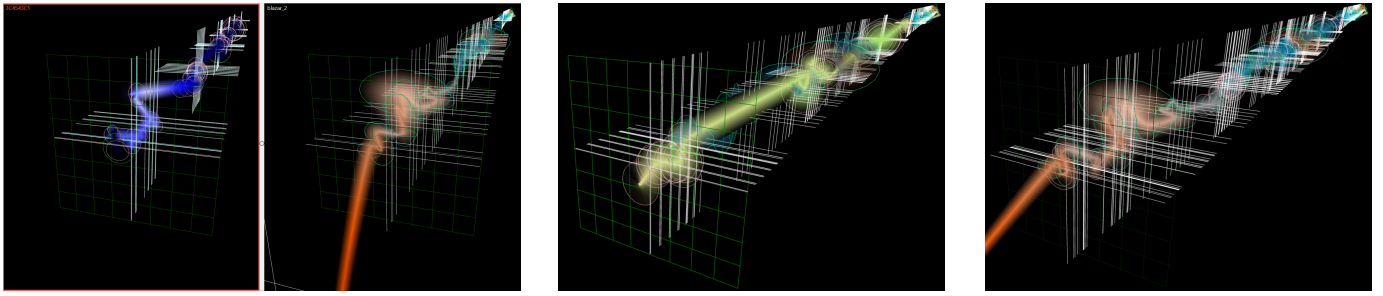


図 2: TimeTubes のユーザインタフェース : (a) 可視化ウィンドウ, (b) メニュー, (c) 操作パネル。

TimeTubes: Visual fusion for ameliorating uncertainty of blazar datasets from different observatories  
Naoko Sawada<sup>†</sup>, Masanori Nakayama<sup>†</sup>, Hsing-Yun Wu<sup>†</sup>, Makoto Uemura<sup>‡</sup>, Issei Fujishiro<sup>†</sup>  
<sup>†</sup>Keio University, <sup>‡</sup>Hiroshima University



(a) Side-by-Side. 左：アリゾナ大学，右：広島大学。 (b) Union. 赤-青：広島大学，緑-黄：アリゾナ大学。 (c) Merge. グリフが緑：広島大学，桃：アリゾナ大学。

図 3: 観測データの視覚的融合

### 3 提案手法

広島大学の観測データと、アリゾナ大学がウェブサイト上で公開している観測データ (<http://james.as.arizona.edu/~psmith/Fermi/>) を視覚的に融合する。広島大学の天体望遠鏡では、表 1 に示す 6 つの時間依存変数を一度に観測できるが、アリゾナ大学では偏光と明度を同時に観測できないため、偏光のデータと明度のデータの観測時刻が一致しない。そこで、本手法では、広島大学のデータと同様にアリゾナ大学のデータを扱うために、偏光と明度を独立して補間している。また、アリゾナ大学では色を観測していないため、チューブの色は明度だけで決定される。

1 節で述べたような不確実性を緩和するために、本手法では以下の 3 つの視覚的データ融合を導入した。

1. Juxtaposition
  - (a) Side-by-Side
  - (b) Union
2. Merge

Side-by-Side と Union は観測データ自体の不確実性、Merge は補間による不確実性を緩和することができる。

また、提案手法では、長期間利用されてきた、図 1 のような散布図と TimeTubes を相互参照することができる。

以下では天体 3C 454.3 の  $JD = 4742.73$  付近の可視化結果を例に示す。

#### 3.1 Juxtaposition

Side-by-Side では、図 3 (a) のように、任意の 2 つの観測データを別空間に描画し、並べて比較できる。このモードは、同じブレーザーの観測データだけでなく、異なるブレーザーの観測データの比較にも有効である。

Union では、図 3 (b) のように同一空間に複数のチューブを重ねて描画し、比較できる。同じブレーザーのデータ同士の比較を想定している。時間は自動でフィッティングされ、同時刻の観測データ同士を比較できる。

複数の観測所からのデータが近い値をとる場合、その値はより信頼できると考えることができる。また、複数のデータが異なる値をとる場合、誤差を比較することで、より正しい観測値の推定が可能である。

また、観測機器の違いにより、観測データの重心がずれている可能性があるが、データを重ねて比較することで、観測機器の較正の手がかりを得ることができる。

#### 3.2 Merge

Merge では、図 3 (c) のように、複数の観測データを融合し、1 本のチューブを描画する。ブレーザーはひじょうに速い時間変動を起こす天体なので、より密な観測データが求められる。複数の観測データを合わせることで、単独で可視化するよりも密な情報を得ることができる。これにより、従来見つからなかったブレーザーの動きを、さらに発見できる可能性がある。

#### 3.3 散布図との相互参照

任意の 2 変数を選択し、TimeTubes と相互参照が可能な散布図を表示できる。これにより、TimeTubes で確認した現象を、従来手法でも効率的に再確認できる。

### 4 結論と今後の課題

提案手法により、観測データ自体に含まれる誤差による不確実性と、離散的な観測データを補間により連続化することによって生じる不確実性を緩和することができた。

より効率的にブレーザーを分類するためには、欠損期間のフィルタリングや、描画するデータの取捨選択、ブレーザーの特徴検索などの機能が必要である。

### 謝辞

本研究の一部は、平成 28 年度科研費新学術領域計画研究 25120014 の支援により実施された。

### 参考文献

- [1] Y. Ikejiri, et al., “Photopolarimetric monitoring of blazars in the optical and near-infrared bands with the Kanata telescope. I. Correlations between flux, color, and polarization,” *Publications of the Astronomical Society of Japan*, vol. 63, no. 3, pp. 639–675, 2011.
- [2] X. Longyin, et al., “TimeTubes: A visualization tool for time-dependent, multivariate datasets,” *Proc. NICOGRAPH International 2016*, pp. 15–21, 2016.
- [3] M. Uemura, et al., “TimeTubes : Visualization of polarization variations in blazars,” *Galaxies*, vol. 4, no. 3, article no. 23, 2016.