

# 天文気象観測システムの開発

## ～視程及び流星の自動判別と観測データの一元化～

都立立川高校 3年 安原知廣 山野辺縁 2年 水澤資人

### 視程とは

観測場所から識別することのできる距離の程度を表す気象用語でどの程度見通しがきくかという情報

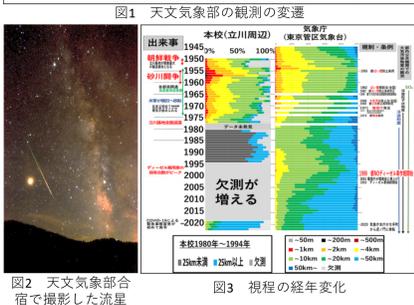
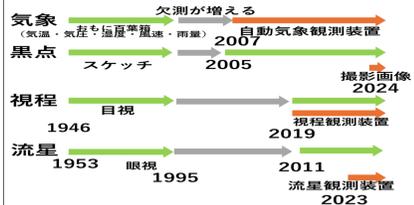


### はじめに

本校天文気象部では78年前から視程を含む気象観測(気温・湿度・気圧・風向・雨量等)を続けられてきた。1995年以降は欠測が増えたが、自動気象観測装置の導入(2007年)、視程自動観測の自作運用(2020年)など自動観測をマニュアルと並行して開始した。また、本部では、70年前の1953年から夏のペルセウス座流星群の眼視観測を行ってきた。2023年より安価で感度の高い防犯カメラ5台によるビデオ撮影とHRO電波による観測の2つの手法を併用した新たな流星の自動観測システムの構築を目指した。その他にも黒点観測も約80年前より継続しておりスケッチ等を行い現在ではMessaging APIを用いてLINEを活用した観測報告を行う。

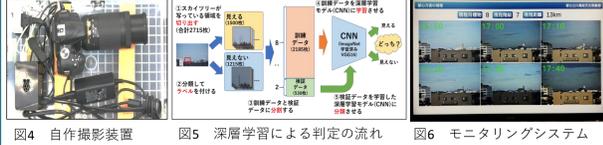
### 目的

- ① 新たな機械学習を用いた自動視程判別システムの構築
- ② 物体検出による流星自動検出プログラムの作成
- ③ Webデータベース開発(一元管理と公開)



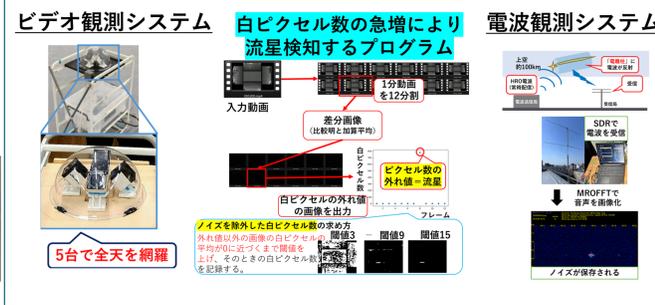
### 視程研究

2018年から先輩が過去の視程記録をまとめ、過去の悪視程と大気汚染についての関係を明らかにした。この研究を機に目視による視程観測を再開したが観測を毎日の定時観測は難しく、2020年にラズベリーパイを用いて一眼レフカメラを制御する撮影装置を作成し、自動観測を開始した。2021年は、深層学習を用いた視程目標物の判別、観測機器の掃除等で生じる画像のずれの自動修正を試みた。また視程の分析から、視程は湿度や降水の影響を受けやすいことが明らかになった。リアルタイムで観測データをモニタリングするシステムを完成させた。2022年には観測装置使用状況を確認するダッシュボードを作成した。第6回中高生情報学研究会コンテストではYOLOv8を用いて前処理(ズレ補正)を必要としない視程目標物判定システムの構築を開始した。また、過去資料を電子化し視覚的に扱うWebデータベース開発に取り組んだ。



### 流星研究

本校天文気象部では、70年前の1953年から夏のペルセウス座流星群の眼視観測を行ってきた。我々は眼視観測ができない日も流星を観測したいと考え、安価で感度の高い防犯カメラ5台によるビデオ撮影とHRO電波による観測の2つの手法を併用して、今までにない新たな自動観測システムの構築を目指し、自作装置と機械学習等による検知プログラムを開発した。2023年8月より複数の流星群の観測で試行し、眼視と製作装置による膨大なデータを個々に比較しながら検知プログラムを改良した。



### 新たな機械学習を用いた自動視程判別

### 背景

先行研究で作成したモデルでは装置内で撮影した画像を手作業で切り抜く必要があり、判別自体の精度の高さが生かされていなかった。本研究ではYOLOv8を用いた新たなモデルではすべての視程目標物の同時判別を行った。

### 手法

学習データを作成し(100枚)YOLOv8に転移学習を行い、機械の判別と画像を目視で判別した結果を比較する。

### 結果

視程距離	36km	25km	13km	4.9km	4.3km	3.0km	1.0km	0.75km	0.45km	0.1km	全体
一致した枚数	175	4	2	7	0	1	9	3	0	none	201
目視判別	186	51	7	13	9	6	15	12	1	none	300
一致率	94.08%	7.84%	28.57%	53.84%	0%	16.66%	60.00%	25.00%	0%	none	67.00%
機械の方が良視程	none	41	4	6	8	5	6	9	0	none	none

スカイツリー(36km)については一致率が非常に高かったが、全体では67%と高いとは言えない精度となった。しかし、判別結果を生かし、当初の目的であった画角の自動修正に成功したため図8のようなシステムを製作した。

その際、小さい視程目標物は判別精度が低かったため、より精度が高いとされる建物毎のモデルを使用することとした。作成したモデルの精度は図10のようであった。これらのモデルを組み合わせたシステムを完成させたところ、最終的なモデルの判別精度は88.6%であった。

### 今後の展望

今回の判別用画像を確認したところ、晴れている画像が多く視程が良い時のデータが精度に影響したと考えられるため、悪視程時の一致率も算出する。また、機械学習モデルに対し説明可能なAIであるgrad-cam等を使用し、誤答であった時の判別結果を考察する。



図7 先行研究までの自動判別と本研究の自動判別

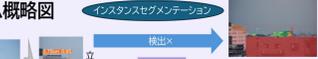


図8 画角の自動修正



図9 システム完成図

検査データ	予測		検査データ	予測		検査データ	予測	
	見える	見えない		見える	見えない		見える	見えない
(13km)	531	6	(4.9km)	558	7	(3.0km)	576	3
実	見える	見えない	実	見える	見えない	実	見える	見えない
際	見えない	9	際	見えない	1	際	見えない	6

図10 深層学習による分類結果

### 物体検出による流星検出プログラム

### 背景

先行研究で作成したプログラムでは誤検出が多かったため、YOLOによる物体検出を用いた新たなモデルを作成し、ビデオ・電波両方の流星自動検出を試みた。

### 手法

学習データを作成し(ビデオ:400枚、電波866枚)、YOLO (ビデオ:v9、電波v8) に転移学習を行い、物体検出により自動で流星検出を行う。

### 結果

<ビデオ>  
物体検出によって、流星検出することに成功した。眼視観測よりも多くの流星を正確に捉えることができた。また、以前のプログラムと比較して検知時間が6分の1に削減された。F値は2023年版と比較して、2倍へと向上した(図11)。

<電波>  
物体検出によって、流星エコーを検出することに成功した。適合率、再現率ともに7割越えという高い値を出すことができた(図12)。

### 今後の展望

今後も流星観測を続けて、さらなる精度向上を目指し、データセットの枚数を増やして学習を続けていく。

### ビデオ2024年版-物体検出とフレーム間差分による検出

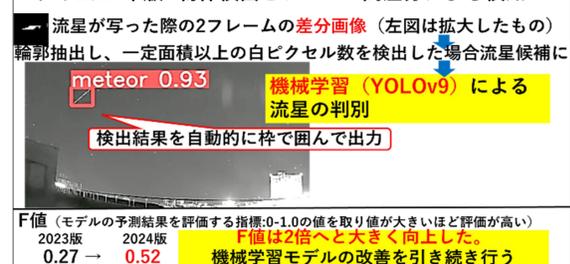


図11 ビデオ流星検出プログラム2024年版

### 電波2024年版-物体検出による検出

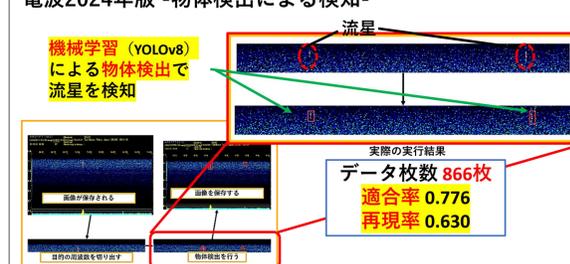


図12 電波流星検出プログラム2024年版

### 観測データの一元化

### 背景

観測資料(1946年以降)の経年劣化による喪失防止として、資料電子化とWebデータベースの構築を行い、アーカイブシステムの作成を開始した。

### 手法

構成は昨年とほぼ同様(図14)で、各データ表示にChart.js等を使用した。

### 結果

Webデータベースを軸に、自動視程判別システムや流星検出プログラム運用とデータ集積、各システムの統一など、本部データ(気象データ・マニュアル観測結果・視程自動判別結果、検出流星等)の一元化を実現させた。



図15 都心方面や富士山方面のリアルタイムデータ表示と自動気象観測装置気象データ検索ページ

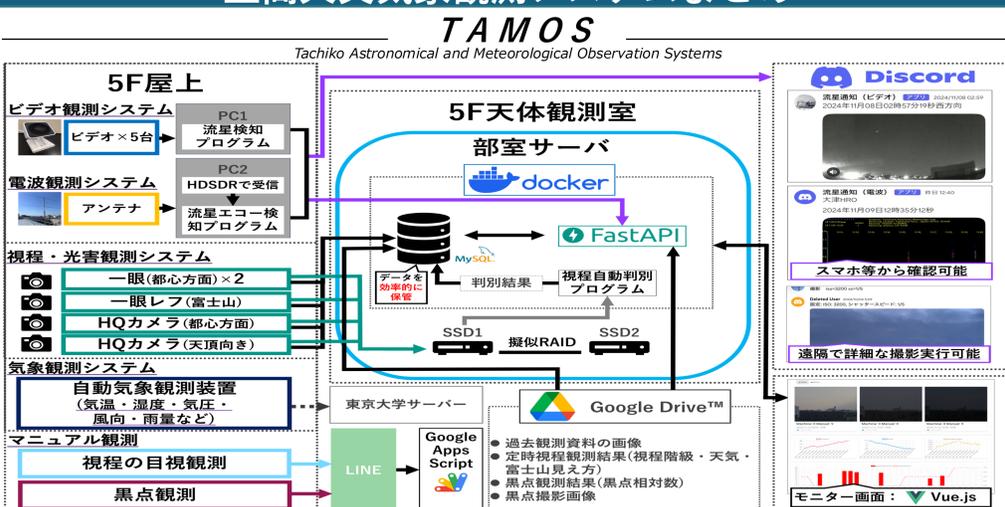


図16 流星ビデオ観測及び電波観測のリアルタイムデータ表示



図17 視程と黒点のマニュアル観測と撮影画像等の同時表示

### 立高天文気象観測システムまとめ



Webデータベースを通し本部の観測データを一元化した。また、自動視程判別システムや流星の検出システムを構築し、視程と流星の自動判別結果をリアルタイム表示また、集積させた。

### 謝辞

本研究は、2019年～2023年の5回、気象文化創造センターが主催する高校・高専気象観測機器コンテストの助成金を受けて行いました。昨年と一昨年は賞金や研究用のノートパソコンもいただき、活用しました。感謝申し上げます。天文気象部OBGの田口小桃氏には先行研究について、浪波翔太氏には観測装置の製作について、浜島悠哉氏にはPythonのプログラム作成について、樋口陽光氏には深層学習のプログラミングについてご指導いただきました。天文気象部顧問の町長清美先生に全体のご指導をいただきました。流星電波観測用アンテナの感度調整は東村山HRO送信者の神作哲夫氏と日本流星研究会の杉本弘文氏にご指導いただきました。視程の目視観測や流星の眼視観測、装置の製作には多数の天文気象部員が関わっており、分析で使用した本校気象データは気象班メンバーがまとめている気象月報や過去資料を使用しました。また、高校・高専気象観測機器コンテスト、天文学会、気象学会、地球惑星研究連合、地学教育学会、国際地球科学教育会議等でたくさんのアドバイスをいただきました。本研究に携わってくださった方々に心より御礼申し上げます。

### 参考文献

- 1)2019 気象学会・2019 全国SSH校研究発表会 田口小桃
- 2)2020 第9回高校・高専気象観測機器コンテスト 田中陽登・馬場光希・浜島悠哉・安原拓未
- 3)2021 全国高校生総合文化祭自然科学部門発表 立川高校天文気象部
- 4)気象庁HP
- 5)野本真一「視程の変動」1976,天気
- 6)川端康弘ほか『東京都心における視程の変化』気象2021
- 7)齋藤康毅「ゼロから作るDeep Learning Pythonで学ぶディープラーニングの理論と実装」
- 8)東京都環境局HP
- 9)2022 第11回高校・高専気象観測機器コンテスト『視程観測の自動化と気象観測システム「Shu」の構築』立川高校:安原拓未 井上晴貴 戸田晃太 安原知廣 山野辺縁
- 10)2023 第5回中高生情報学研究会コンテスト 立川高校:戸田晃太 井上晴貴 安原知廣
- 11)『視程の自動判定に向けた撮影画像のずれ補正と自作サーバーの構築』国土交通省「クリンディーゼル普及推進方策(クリンディーゼル普及推進戦略 詳細版)」
- 12)FastAPI (2018). 「FastAPI」. <http://fastapi.tiangolo.com/>.
- 13)MySQL (2016). 「MySQL documentation - MySQL」. <https://dev.mysql.com/doc/>.
- 14)Vueify (2016). 「All Vueify Components」. <https://vueifyjs.com/en/components/all/>.
- 15)Docker (2013). 「Docker Docs」. <https://docs.docker.com/>.
- 16)Pictogrammers (2023). 「Material Design Icons - Icon Library」. <https://pictogrammers.com/library/mdi/>.
- 17)Google for Developers (2013). 「Google Drive API」. <https://developers.google.com/drive/api/reference/rest/v3zh1eja>
- 33)天文気象部 (2023)「流星観測装置「TenGu」の制作～ビデオと電波による流星自動観測システムの構築～」
- 「第12回高校・高専気象観測機器コンテスト」
- 34)ATOM. 「ATOMCam2」
- 35)mNakada. 「Atomcam\_tools」
- 36)流星電波観測国際プロジェクト
- 37)WongKinYiu. 「yolov9」