

視程の自動判定を目指して ～機械学習を用いた判別とデータベース構築～

都立立川高校 天文気象部 2年 安原知廣 山野辺縁

※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である。



はじめに

本部では77年前から視程を含む気象観測を毎日2回(8時と15時)行ってきた。2018年に田口が過去の視程記録を整理・分析する研究を行い、1950年代～60年代に極端な悪視程が続く、大気汚染や朝もや等と関連することを明らかにした(図1)。更に、20年以上途絶えていた目視での視程観測を再開したが、定時観測を継続する大変さがあり欠測が増えた。そこで、本部の浜島ら(2020)がRaspberry Piで制御したカメラで定時撮影する装置を製作し、画像を見て視程を判定する観測を開始した。2021年には、視程観測の自動化を目指し、**深層学習を用いた視程目標物の判定**を行った。本研究では、**深層学習を用いた視程目標物の判定**(2021)を受け1枚の画像から複数の目標物の判別を試みた。また**データの公開・活用・分析**を行う立高気象観測システムの完成を目指し、**蓄積したデータの保守性を高め、データの公開・活用**を進めた。

- ### 目的
- 前処理を必要としない新しい自動判定の試行(視程の判定)
 - 電子データとしての観測記録の集積とその公開(公開・活用)

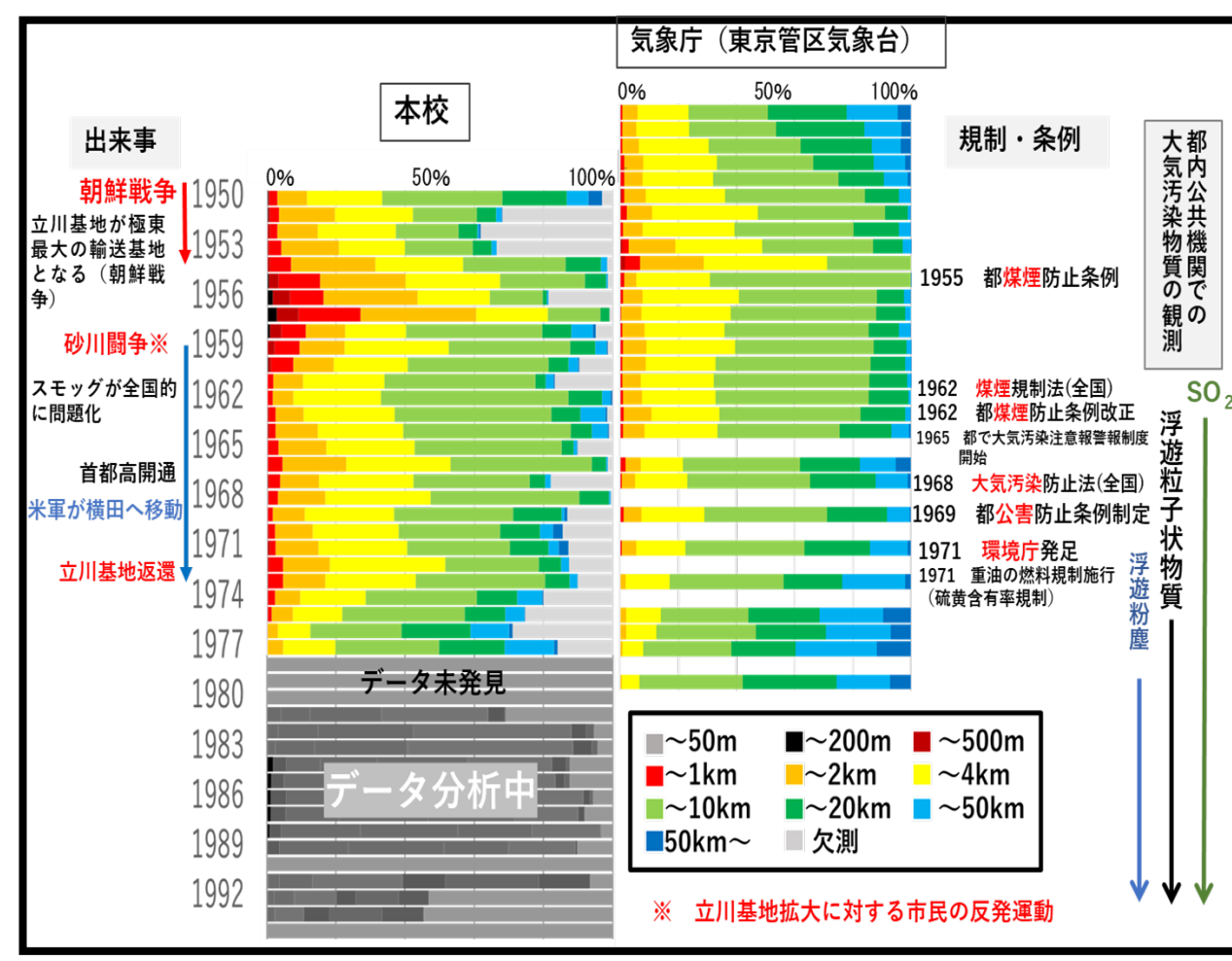


図1 本校と気象庁(東京管区気象台)の視程距離の経年変化

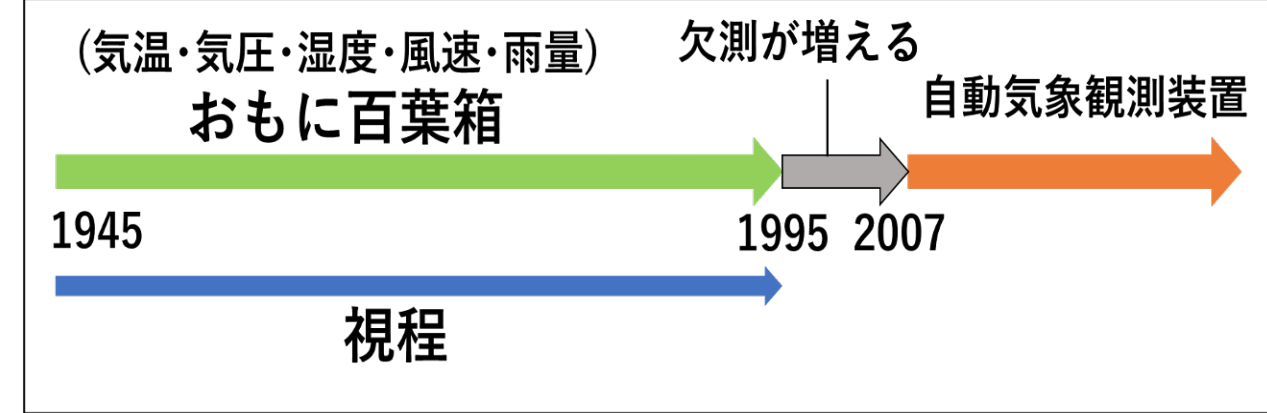


図2 本校の気象観測方法の変遷

先行研究

1) 浜島悠哉・田中陽登・馬場光希・安原拓未 『カメラとRaspberry Piを用いた視程観測装置の自作』

目視観測には観測者によって差異があったことやCOVID-19により毎日定時観測を行うことの難しさから視程観測の自動化を目指しRaspberry Piで制御したカメラで自動撮影を行う装置を開発した。

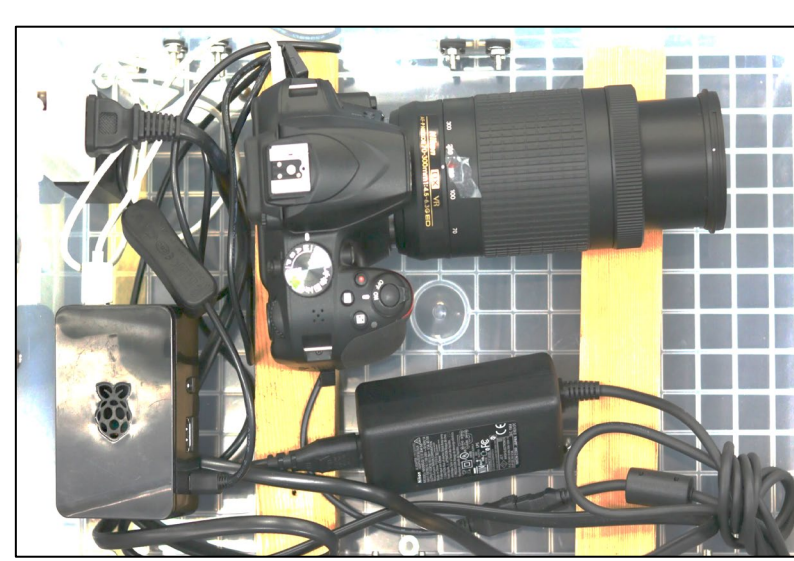


図3 観測装置

2) 安原拓未・井上晴貴・戸田晃太 『視程観測の自動化と気象観測システムの構築』

撮影画像を用いた視程目標物の東京スカイツリーと新宿ビル群に深層学習を利用し視程の自動判定を試みた。結果、それぞれ90%を超える精度で判定を行うことができた。

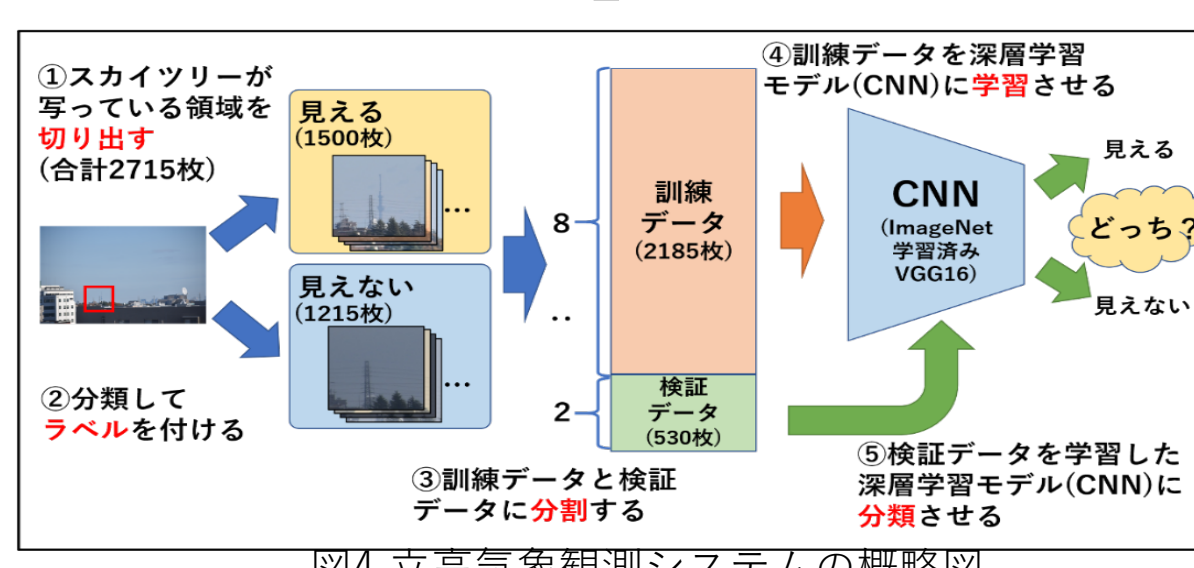


図4 立高気象観測システムの概略図

機械学習を用いた自動判別

背景

2021年に作成したモデルでは人の手で手作業で切り抜くことが必要だったが複数の視程目標物を判別できるようになった。先行研究にてスカイツリー(36km)、新宿ビル群(25km)、三鷹グレーシアタワー(13km)の視程目標物の検出を試行した。新しいモデルではすべての視程目標物の判別を行うモデルを作成する。



図5 先行研究までの自動判別と本研究の自動判別

手法

- ①アノテーションツールRoboflowを用いて学習用データを作成した。(100枚)
- ②YOLOv8に転移学習を行った。
- ③画像を目視で判別した結果との比較
- ④各物体検出の信頼値の平均を求め(729枚中)

結果

視程距離	36km	25km	13km	4.9km	4.3km	3.0km	1.0km	0.75km	0.45km	0.1km
一致した枚数	175	4	2	7	0	1	9	3	0	none
目視判別	186	51	7	13	9	6	15	12	1	none
一致率	94.08%	7.84%	28.57%	53.84%	0%	16.66%	60.00%	25.00%	0%	none
機械のほうがよい	none	41	4	6	8	5	6	9	0	none

(左)表1 画像を目視で判別した結果と機械判別の一一致率
(右)図6 信頼値の平均

視程距離	目標物	視程距離	信頼値(729枚中)
1	目の前のマンション	0.1km	96.50%
2	YAZAWA Deux Bldg.	0.45km	92.11%
3	立川病院	0.75km	93.11%
4	ラポール西国立	1.0km	96.57%
5	一橋大学病院法人本部棟	3.0km	68.15%
6	多摩総合医療センター(府中病院)	4.3km	91.71%
7	ライオンズガーデン西国立	4.9km	65.25%
8	グレーシアタワー三鷹	13km	72.02%
9	新宿ビル群	25km	79.46%
10	東京スカイツリー	36km	57.80%

考察

検出精度は全体で約67%と前回とさほど変わらなかったが、スカイツリーの検出率は増大した。新宿ビル群と三鷹グレーシアタワーにおいて、一致しなかったもののうちほとんどはそれ以上の距離の視程目標物を示していたため、モデルのほうが人よりも良く判別できる可能性も考えられた。また、信頼値において画像全体に対し小さい目標物は信頼値も低くなるということがわかった。

画角の自動調整

モデルで判別させた写真のうち、ほとんどの場合で立川病院(0.75km)が一定の特徴をとらえたうえで判別できていた。そのことを利用し、画角調整を行ったところ、3000枚中2945枚で成功した。失敗したものに関しては立川病院が判別できないものがほとんどであった。



図7 画角の自動補正

今後の展望

前回よりモデルの精度を上げることができたが、まだ実装するには及ばないため、画像の自動修正を行うことにより、スカイツリーや新宿ビル群のCNNモデル(物体分類を行う)が使用できるようになった。今後は他の小さい目標物の物体分類モデルを作成し、図8のようなシステムの完成を目指す。

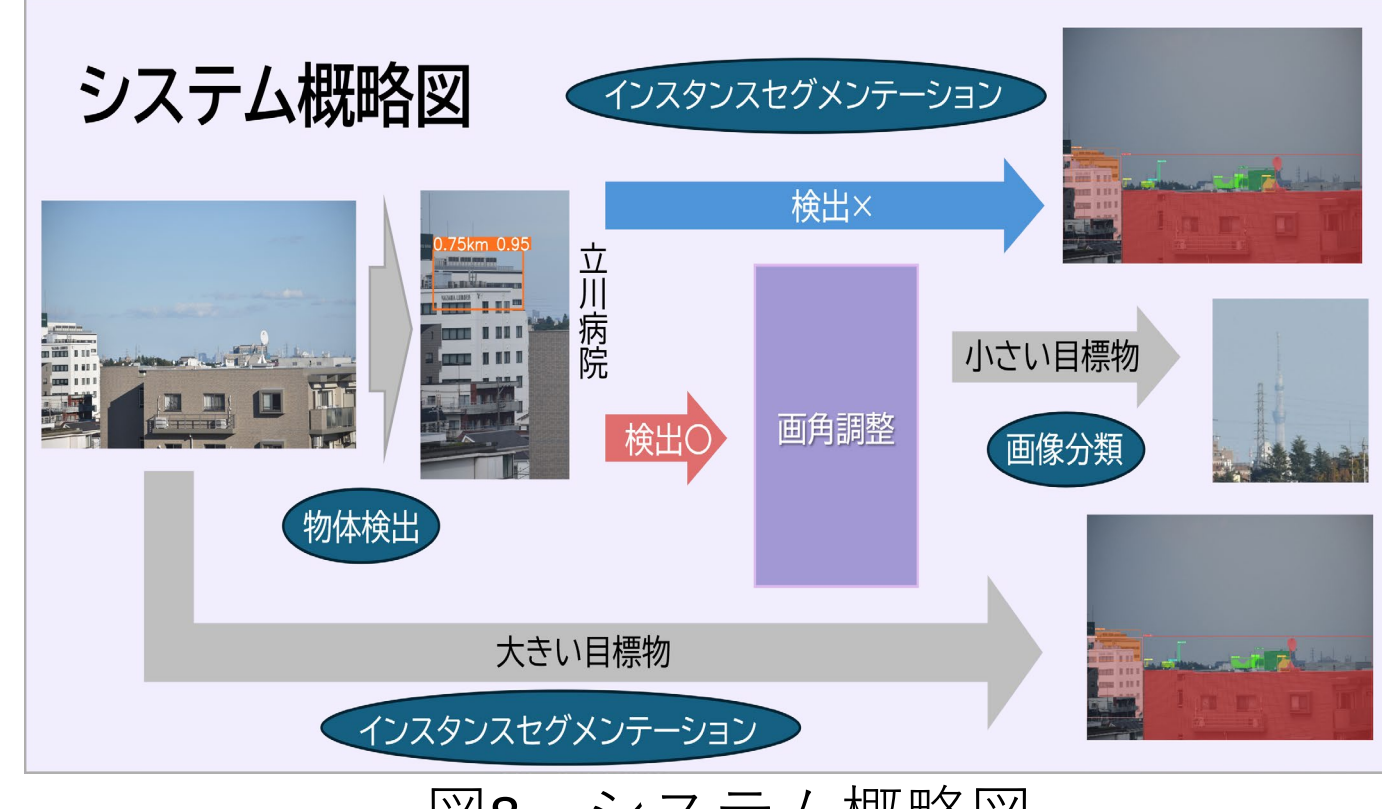


図8 システム概略図

観測データ公開のためのwebデータベース作成

背景

古くから目視観測に使用していた観測用紙は長期保存等を理由に劣化が進んでいる上、実物を分析する際に用いることは用紙の破損が懸念され、記録の喪失を招く恐れがあった。また過去の資料と比べて分析を行う際、必要な記録を見つけることは容易ではなかった。そこでGUIの視覚的に操作可能なwebデータベース(アーカイブツール)の作成に取り組んだ。



図9 従来の観測用紙の保存方法

手法

フロントエンドにVue.js、バックエンドに主にFastAPI(Google Drive API)及びMySQLを組み合わせたSPA(Single Page Application)を作成した。フロントエンドにはSPA開発がしやすい他、保守性を高めるためにReactと比べ学習コストが低いVue.jsを採用した。APIの実装ではPythonでの開発が可能で、実装及びリファクタリングの容易さ、機械学習との適合性、軽量性に優れており、Swagger UIの自動生成や将来的な拡張性を考慮しFlask等ではなくFastAPIを用いた。構成図を図10に示す。

実装上の工夫点

- ・ CORS (クロスオリジンリソース共有) の実装による外部からのデータ取得とセキュリティの強化を行った
- ・ 一部タグ機能の実装による資料検索の可用性を向上を行った
- ・ 手元のノートPCとサーバーの環境の差異をなくし開発を円滑にするためDockerを使用した
- ・ データを表示に適した形で取得するためにMySQLを用いてデータベースを行った
- ・ APIテストケース作成による動作確認の簡易化

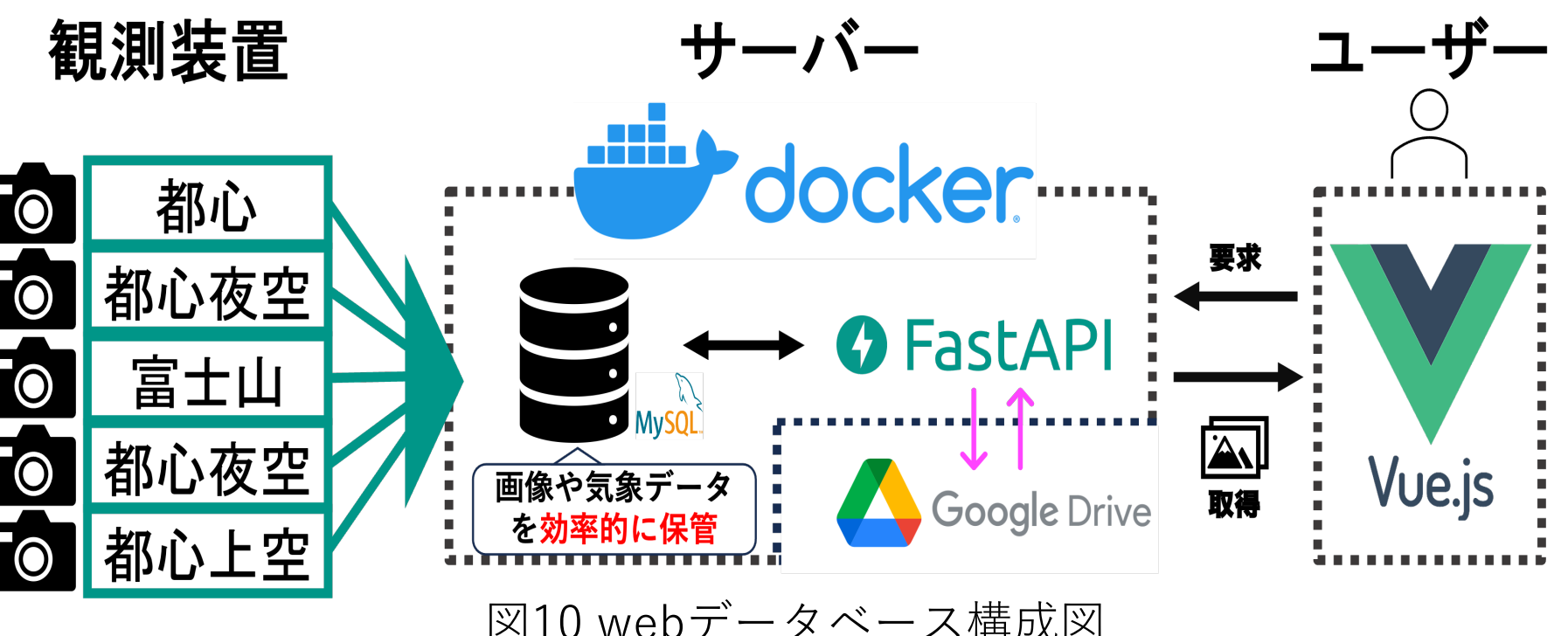


図10 webデータベース構成図

結果

Tailscale(Virtual Private Network)の利用により、遠隔アクセス可能なSPA(図11)を作成した。観測用紙の破損等により記録の読み取りが困難になった場合にも蓄積した観測記録を電子データとして半永久的に利用可能となった。また、GUI設計により、ノーコードで容易に視覚的なデータ閲覧が可能になった。さらに、SPA上での本校で記録した気象データ(気温や湿度)などの日時指定に応じたグラフの描画し、データの一元化に取り組んだ(図12)。

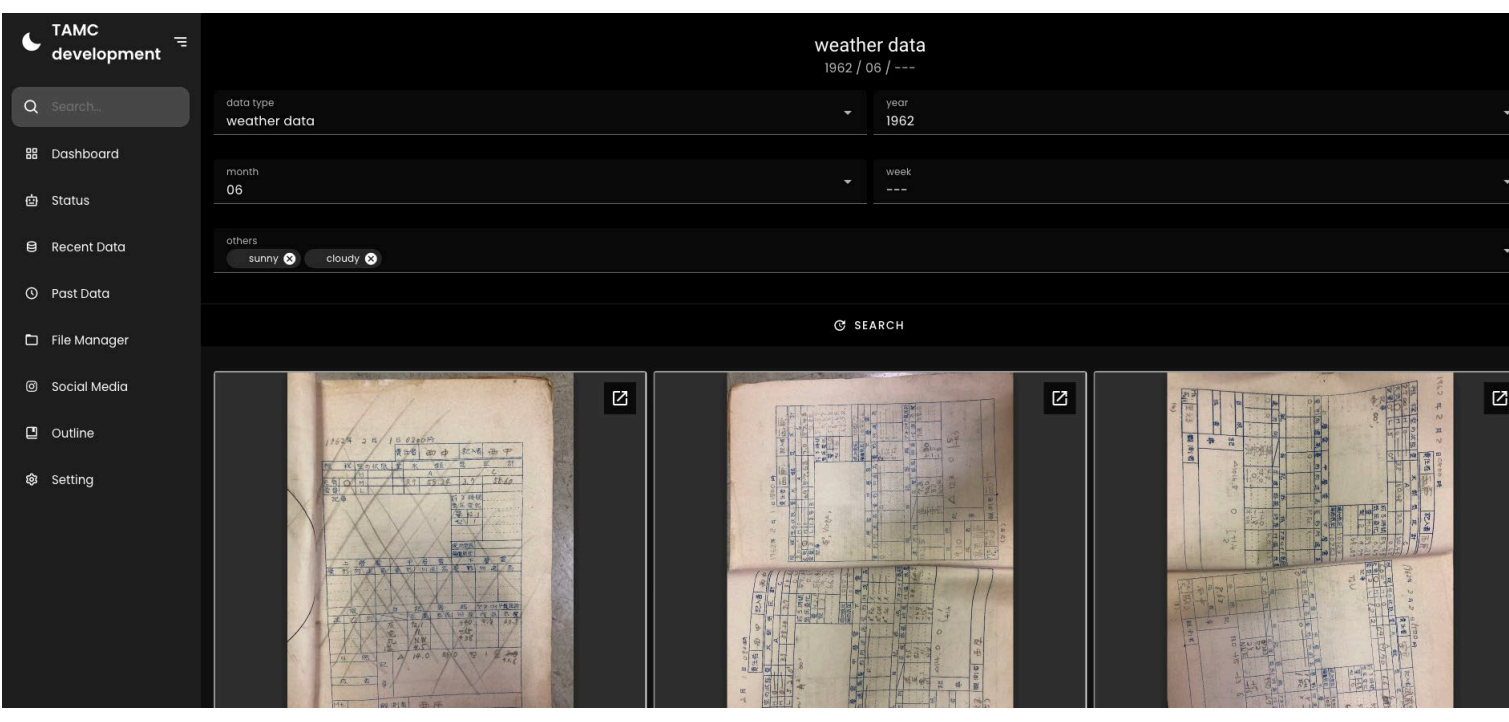


図11 webデータベースで過去資料を検索した様子

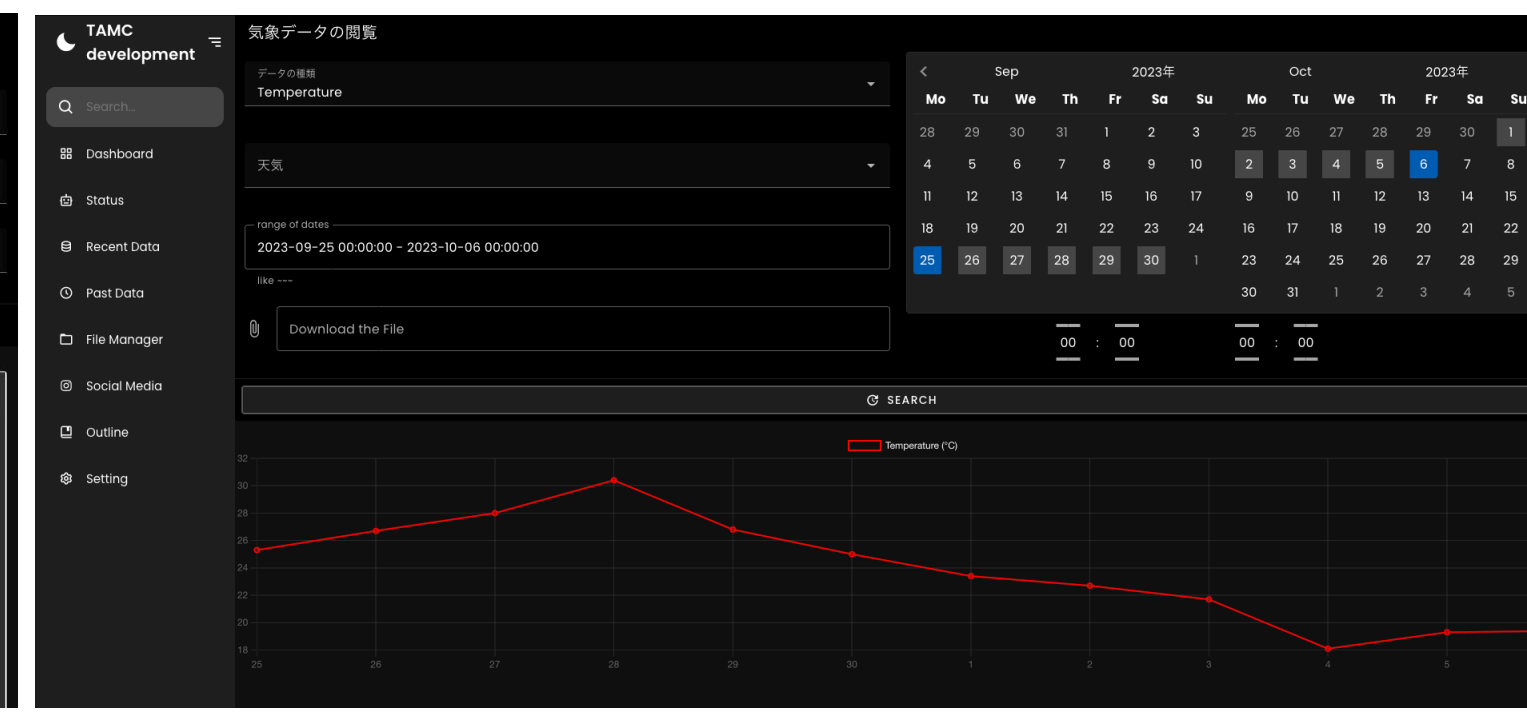


図12 webデータベースで指定期間のグラフを描画した様子

今後の展望

- ① データの一元化とwebデータベースの拡充
気象観測システムで記録している多様な情報をwebデータベースを基点として一元化しwebデータベース上で利用者がほぼ全てのデータを容易に閲覧できるようにすることを目指す。特に「機械学習を用いた自動判別」で作成したプログラムを使用し**最新の撮影画像の視程判別を順次行いその判別結果の表示**を目指す。また気温や湿度等の気象データに関してグラフの出力だけでなくデータをCSV形式にエクスポートする機能実装に取り組む。
- ② Tailscale接続の省略とSPAのパブリック公開
SPAを一般公開することで本校の気象データを幅広い科学研究に活用できる様にする。またSPAアクセス時のTailscaleを介すプロセスを省略する。

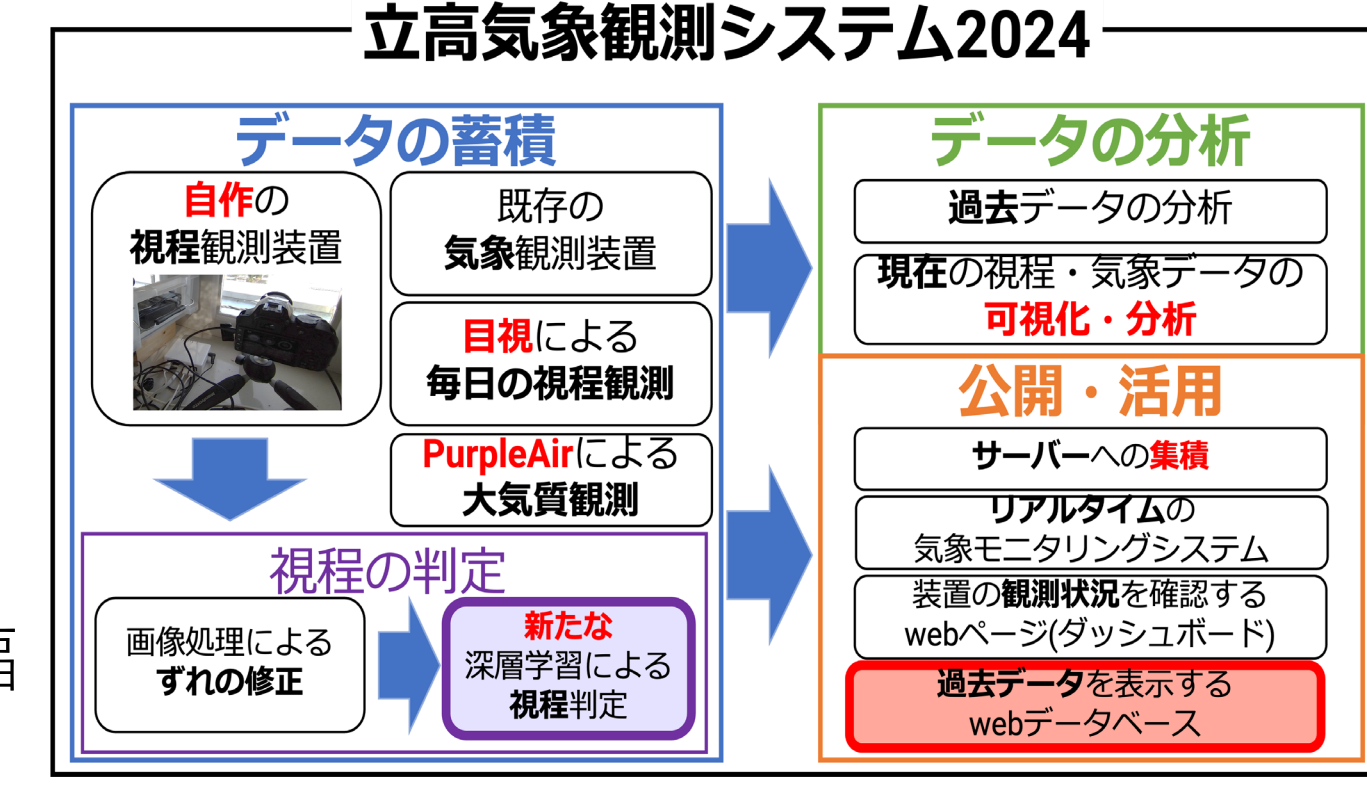


図13 立高気象観測システムの概略図

まとめ

すべての視程目標物を判別するモデルを作成し、結果を利用することにより精度が高くなると考えられる手法を見出すことができた(視程目標物の判別)。過去の観測記録をデジタル化し、ノーコードで操作可能なアーカイブツールを作成した(データの蓄積・公開・活用)。また、過去資料以外の観測データについてもデータの一元化に取り組んだ。

謝辞

本研究は、2019年～2022年の4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。感謝申し上げます。天文気象部OBの田口小桃氏(大学4年)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(大学3年)にはPythonのプログラム作成について、樋口陽光氏(セコムIS研究所)には深層学習や画像処理のプログラミングについてご指導いただきました。天文気象部顧問の可長清美先生に全体のご指導をいただきました。視程の目視観測や装置の製作には多数の天文気象部員が関わっており、分析で使っ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。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指定校研究発表会 立川高校：田口小桃 『立川高校における50年間の視程の変化と戦後の大気汚染について』
- 2) 2019 第8回高校・高専気象観測機器コンテスト 立川高校：浜島悠哉・田中陽登・馬場光希 『視程観測の自動化』
- 3) 2020 第9回高校・高専気象観測機器コンテスト 立川高校：浜島悠哉・田中陽登・馬場光希・安原拓未 『「見える？」視程の新たな観測方法の開発とその分析』
- 4) 2020 第9回高校・高専気象観測機器コンテスト 立川高校：新川凌夫・竹添謙 『富士山観測装置 実用～富士山の見え方と気象現象の関係を探る～』
- 5) 2021 第10回高校・高専気象観測機器コンテスト 立川高校：安原拓未・戸田晃太 『視程観測の自動化と気象観測システムの構築』
- 6) 2021 第3回中高生情報学研究会コンテスト 浜島悠哉・田中陽登・馬場光希・安原拓未 『カメラとRaspberry Piを用いた視程観測装置の自作』
- 7) 2021 全国気象文化祭自然科学部発表 立川高校 天文気象部 新川凌夫 安原拓未 『視程の新たな観測方法の開発とその分析～50年間続いた視程観測を再開し、その自動化を目指す～』
- 8) 2022 全国高校生総合文化祭自然科学部発表 立川高校 天文気象部 井上晴貴 安原拓未 戸田晃太 『視程観測の自動化と気象観測システムの構築』
- 9) 2022 第11回高校・高専気象観測機器コンテスト 『気象観測の自動化と気象観測システム「Shu」の構築』
- 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 『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』