

研究代表者：石井 智士¹, 受入教員：富川喜弘^{2,3,4}, 共同研究者：田中良昌^{2,3,4}
¹立教大学, ²データサイエンス共同利用基盤施設, ³国立極地研究所, ⁴総合研究大学院大学

研究背景

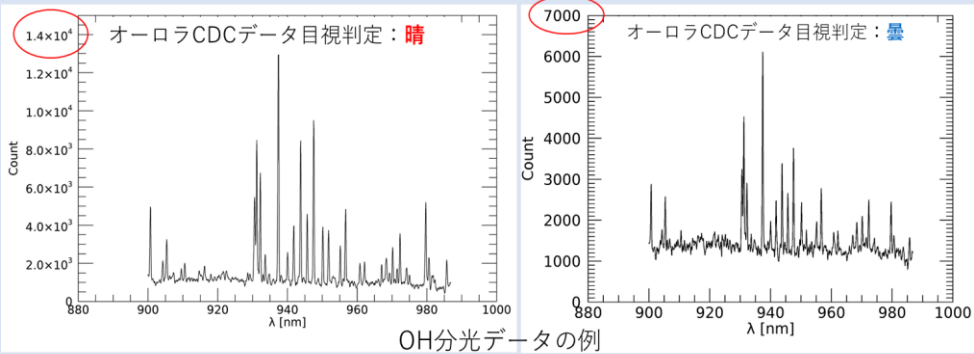


OH大気光分光計

南極昭和基地にて、中間圏界面領域で発光するOH大気光の分光観測を実施している。

晴天時に取得されたデータのみを選別して解析する必要がある。スペクトルの形状から天候を判定（曇天を判定）できる場合もあるが、右図のように信号強度は低いがスペクトル形状は晴天時データとあまり変化がない例もある。

地上光学観測において観測当時の天候状況は重要な情報である

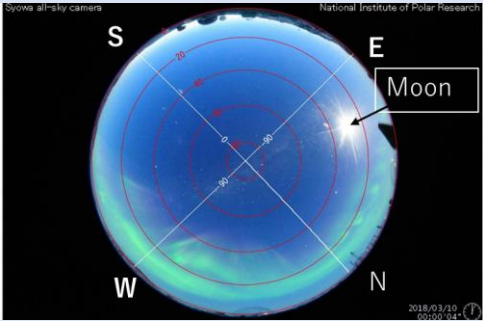


昭和基地に併設されているオーロラモニタリング用カラーデジタルカメラ（color digital camera: CDC）で撮影された全天画像を用いて天候を判定

従来は、**目視で画像を確認**することで天候を判断していたが、**判定者によって基準が異なる**膨大な量の画像データを確認することは非常に労力がかかる

また、地球の気候と密接にかかわりあっている雲の時空間分布をモニタリングすることは地球の気候変動を理解する上で意義がある。

これまで国内では気象庁職員の**目視観測**によって**雲量**や天候が記録されてきた。



CDC画像の例

- 観測者ごとの主観性を完全に排除することは不可能であり客観性に欠ける。
- 雲量・・・全天に対する雲の割合を0～10の11段階で表した値を3時間ごとに記録しているので雲の詳細な時空間分布という形では記録されていない。

研究目的 全天画像から自動的かつ客観的に雲の空間分布を導出する手法を確立する。雲の2次元マップの時系列データとして公開する。

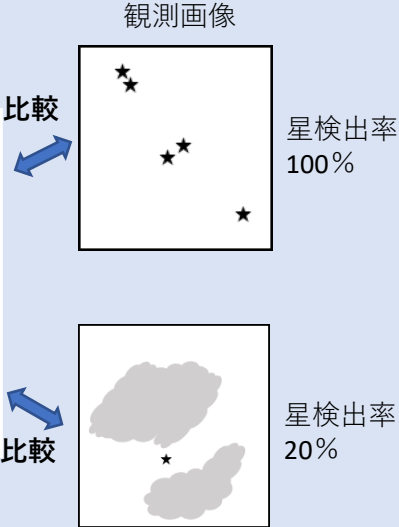
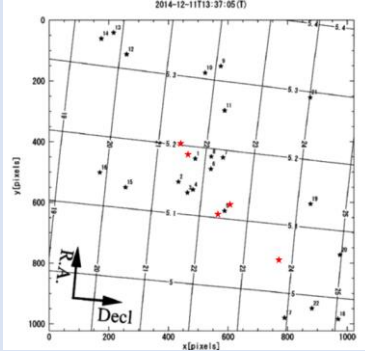
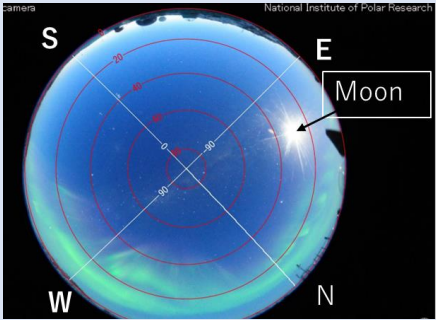
- ・ 超高層大気現象の地上光学観測にも適用されることが予想され、客観的な指標によるデータの品質確認が出来るようになると期待される。
- ・ 今後取得される画像も随時解析を進めることで雲の時空間分布を長期的にモニタリングする。

解析① 星の赤道座標を用いてCDC視野内における星像の位置を推算

夜空の画像から天候を判定する手法は、CCDカメラで撮影した画像中で星像が検出された場合には雲がない、星像が検出されなかった場合には雲がある、というような原理である。これまでに実装されてきた星像を検出する手法は、背景のカウント値から星のカウント値の閾値を設定し、その値を超えたピクセルを星像として検出するものであった (e.g. Nakamura et al., 2018)。

しかし、昭和基地上空ではオーロラが発生して背景のカウント値が局所的に高くなることもあり、従来の手法では星を正確に検出することが難しい。

本研究では、カウント値の他に星像の幅を判定基準とすることで、オーロラCDC画像でも夜間の天候判定ができるように星像の検出手法を改良した。

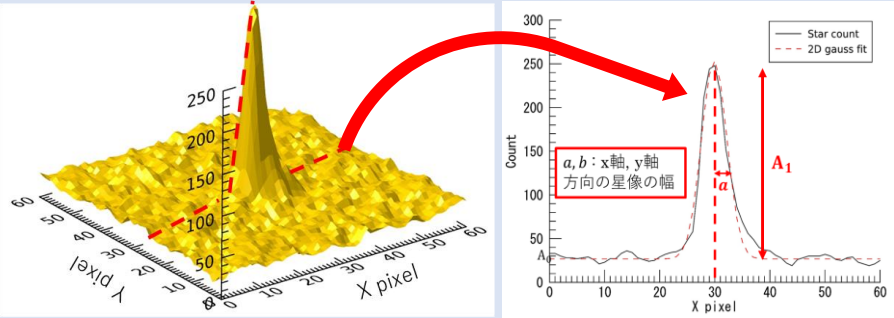


※4等級より明るい星を検出
※10分ごとの画像を解析し、雲の空間分布を導出

- ①CDC画像に写る星を同定し、観測時間、観測位置の情報からステラナビゲーターを用いて星の高度角、方位角情報を取得
- ②CDC画像の各ピクセルに対応する高度角、方位角を計算
- ③星の赤道座標からCDC視野内に写る位置を推算

2D-Gaussian Fitting

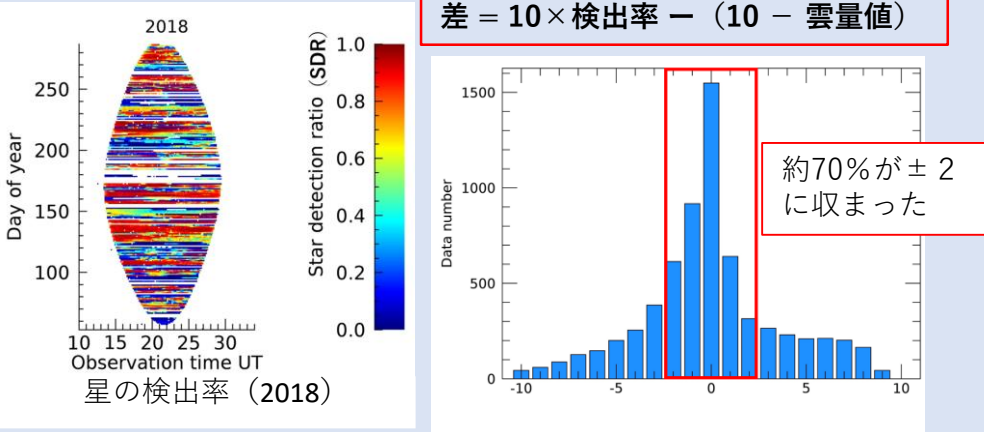
視野内に写ると推算された星の数に対する実際に検出された星の数の割合で雲量を導出する



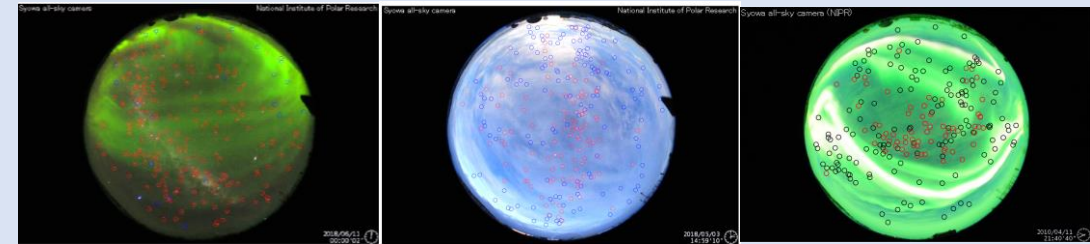
1. 星像の幅 $a < \bar{a} + \sigma_a, b < \bar{b} + \sigma_b$
(晴天時の星像の幅の平均値 + 標準偏差以内)
2. 星のカウント値 $A_1 > 2\sigma$
(σ : |画像カウント値 - 2D-Gaussian|の標準偏差)
3. 星像の中心位置 $30 - \bar{a} < x_c < 30 + \bar{a}, 30 - \bar{b} < y_c < 30 + \bar{b}$

結果① 気象庁が3時間ごとに記録している雲量値との比較

2008～2019年の12年間のCDC画像データを解析し、10分ごとの星の検出率を導出した（例として2018年の解析結果を示す）。本研究で導出した昭和基地上空の星の検出率を気象庁が記録している雲量値（0～10）と比較するために以下の式を用いて換算し、両者の差をとることで本研究で正確に雲量を導出できているか検証した。



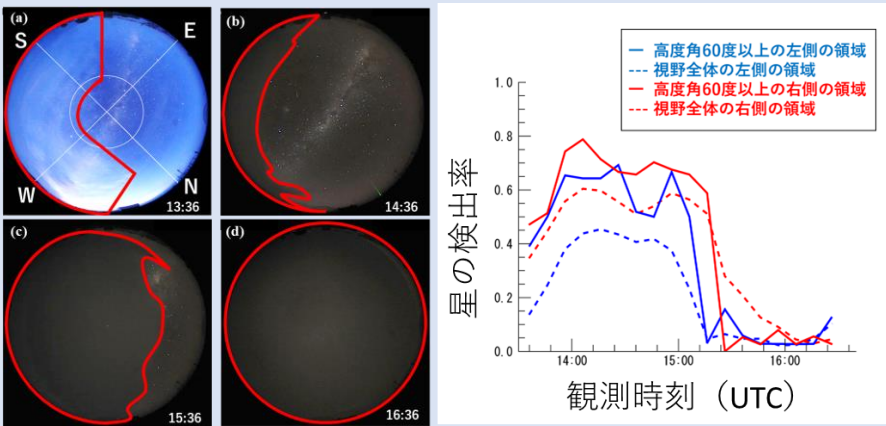
2008～2019年の雲量値を比較した結果、約70%のデータが±2の範囲に収まった。差が3以上になった画像を目視で確認したところ、薄雲や激しいオーロラが発生していた時間帯であった。



雲の時空間分布の導出

2013年7月4日13:36～16:36における10分ごとの雲の空間分布を用いて雲分布の時間変動を導出した。

青 画像の左半分の領域
赤 画像の右半分の領域
実線：高度角60度以上の領域のみ
点線：視野全体



昭和基地CDC画像
(2013年7月4日13:36～16:36)

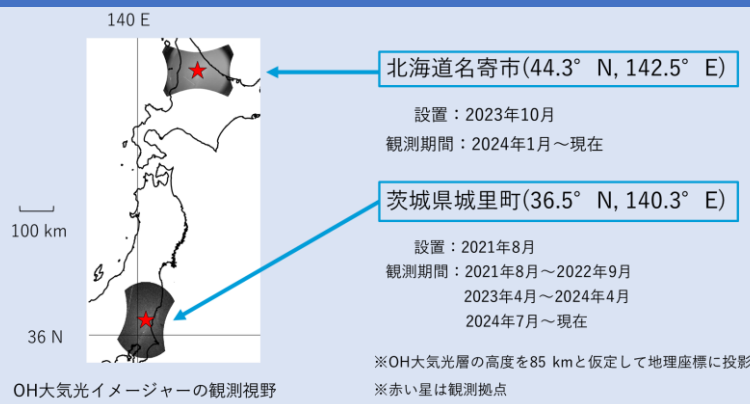
しかし、CDC画像を目視で確認しても雲が検出されなかった時間帯でも気象庁の記録では雲量が10など高い数値になっていることがあった。

➡ 現地の目視観測の精度を確認する必要がある

解析② 日中に取得された画像から雲分布を導出

カラーデジタルカメラ画像などカラー画像による日中の雲分布の導出手法はすでに開発されている。
日中の画像は夜間の画像に比べてコントラストが高く、空と雲の領域を区別しやすい。
本研究では、すでに各地で稼働している観測装置で得られている画像データを用いて雲の分布を導出することを目標にしている。近赤外、赤外線カメラで撮影された画像でも雲分布の導出が可能か検証した。

結果②



国内で運用しているOH大気光（近赤外線発光）イメージャーで取得された画像データを用いて日中の雲分布の導出を試みた。
2024年8月2日6:20に城里町で取得された画像のヒストグラムに大津の2値化を適用し、空と雲のカウント値の閾値を決め、空の領域と雲の領域を区分した（左下図）。
大津の2値化で導出された閾値（81）で区分した結果、雲の領域が過少に推定された。それ以外の値はヒストグラムを目視で確認し閾値を決定した。

まとめ

- ・ 南極昭和基地で稼働するオーロラモニタリング用カラーデジタルカメラ画像を用いて2008年～2019年の夜空の詳細な雲の時空間分布を導出
- ・ 画像データがあれば過去にさかのぼって雲の分布を導出可能
- ・ まずは、10分ごとの雲量値としてIUGONETで公開する予定

展望

- ・ 昭和基地上空の雲の2次元マップデータを公開するための準備
- ・ 日中のデータの解析手法の検討（赤外画像）
カウント値のみで晴天域と雲域の区別することは難しい
→パラメータを増やす必要あり
- ・ 利用可能な各地の空の画像から雲分布を導出し、公開する

