



# TA実験における 魚眼CCDを用いた夜間天候 モニタリングシステムの開発

---

信州大学 中村 凌

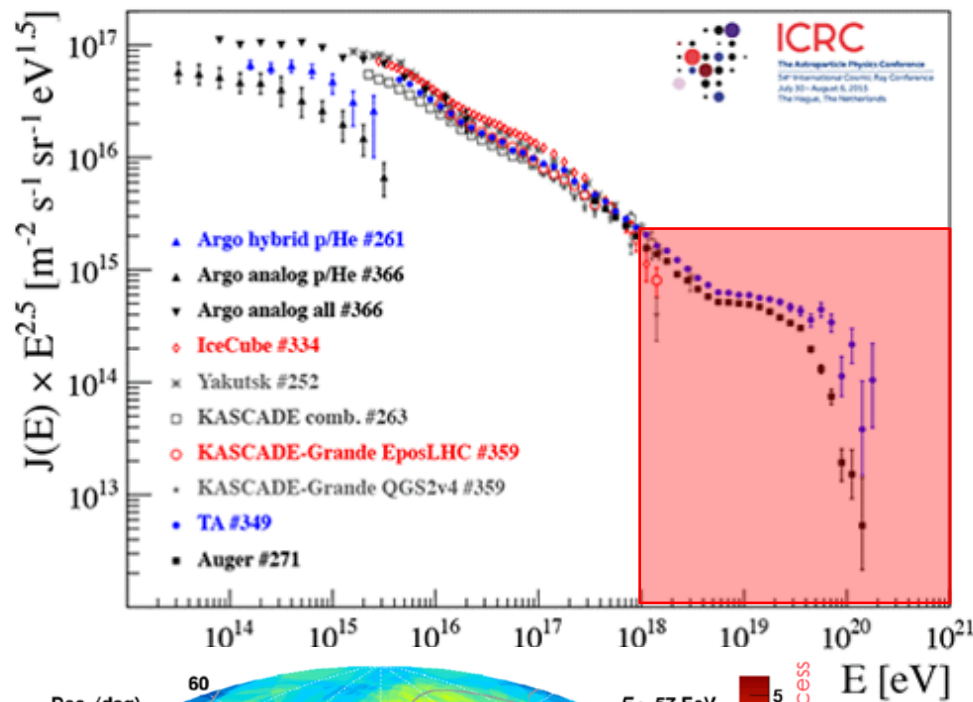
- Telescope Array 実験
- 夜間天候モニタリングシステム
- システム評価
- 天体カタログとの比較

# 自己紹介

- 名前  
中村 凌 (Ryo Nakamura)
- 所属  
信州大学 大学院  
総合理工学研究科 工学専攻  
電子情報システム工学分野 1年  
Telescope Array Collaboration



# 超高エネルギー宇宙線

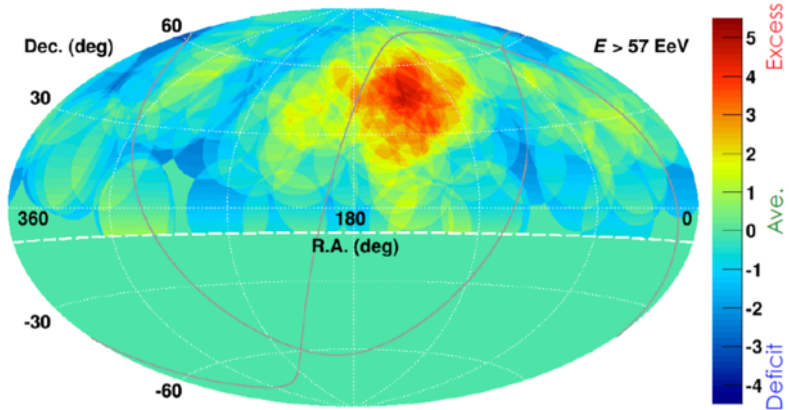


## 超高エネルギー宇宙線

$10^{18}$  eVを超える高エネルギー宇宙線

超高エネルギー宇宙線で知りたいこと

- 質量組成
- エネルギースペクトル
- 到来方向



エネルギーが高いほど到来頻度は少ない

## 超高エネルギー宇宙線の 起源や伝播機構は分かっていない

K.Kawata ICRC2015 PoS414

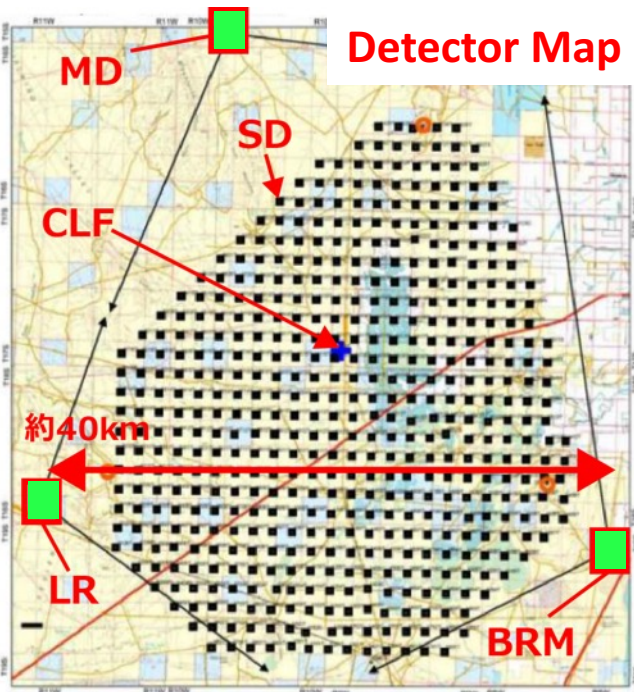
# Telescope Array 実験

目的 超高エネルギー宇宙線 ( $10^{18}$  [eV]~) の起源・伝播機構の解明

場所 Delta(砂漠地帯) @ Utah

観測 大気蛍光望遠鏡 (FD ■)

地表粒子検出器 (SD ■)



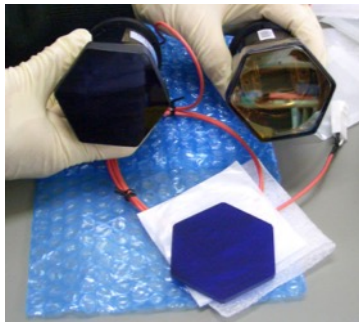
- 大きさ $3\text{m}^2$
- $700\text{km}^2$ をカバー
- $1.2\text{km}$ 間隔
- 507台設置



- 1 st. : 12台 × 3箇所
- FOV :  $33^\circ$  (H) ×  $108^\circ$  (V)



# 大気蛍光望遠鏡 ( Fluorescence Detector )



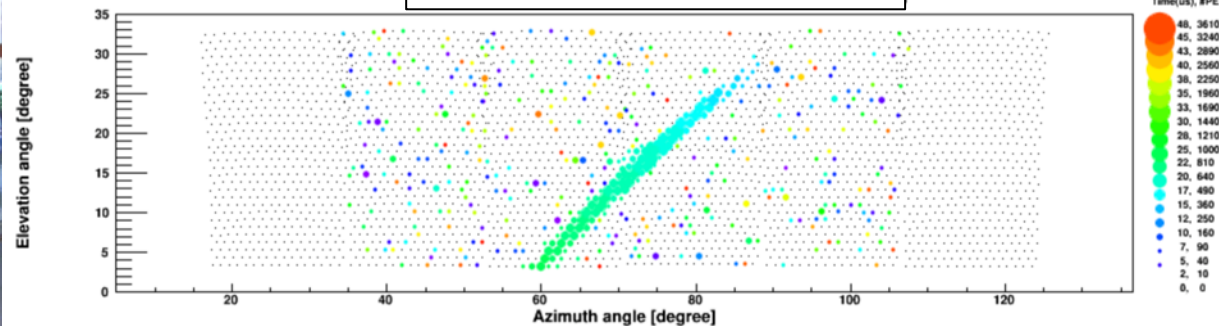
紫外光透過フィルター

16×16 計256本  
光電子増倍管(PMT)カメラ

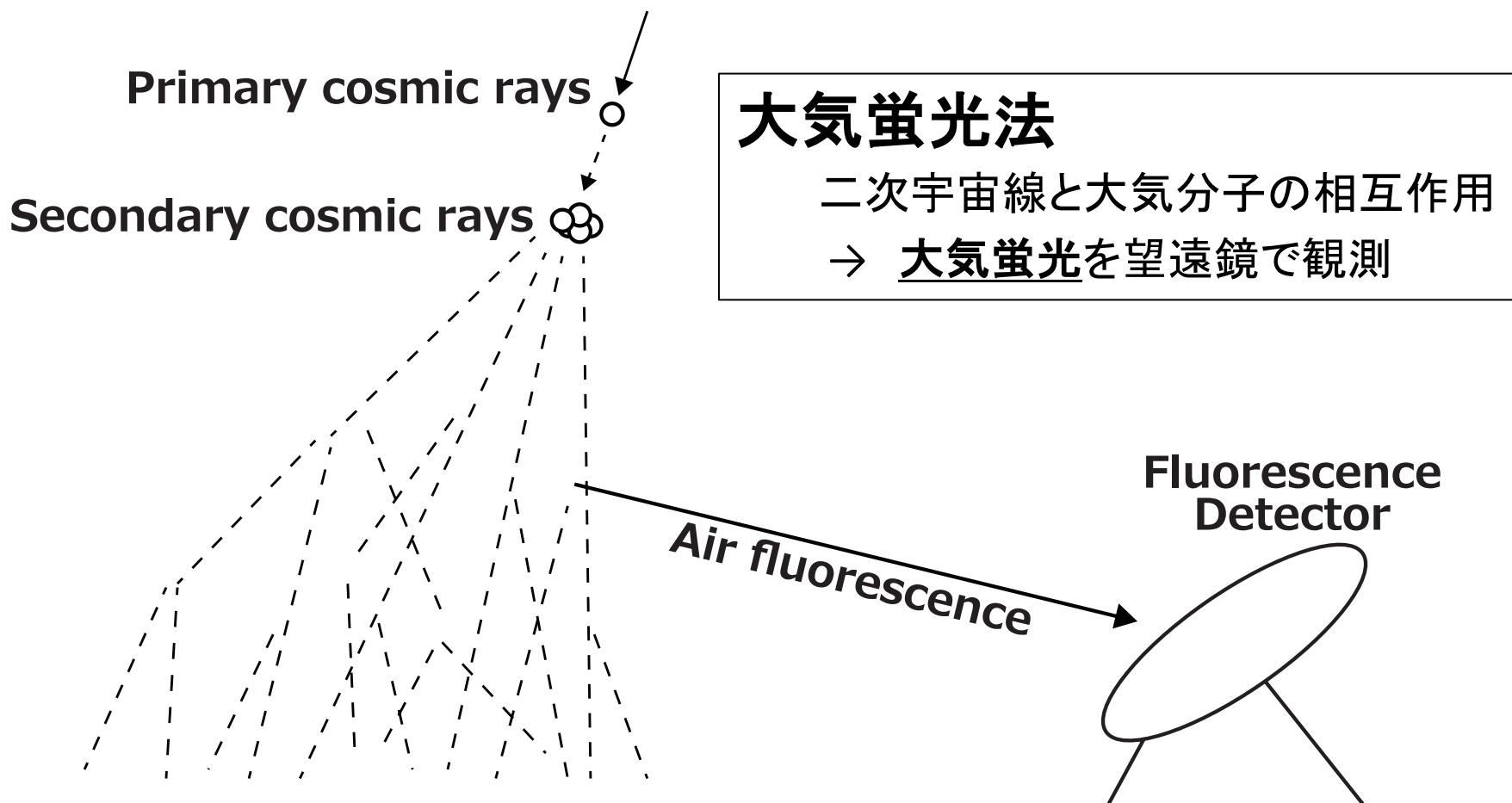


18枚の複合球面鏡  
(口径3.3m)

イベントディスプレイ例



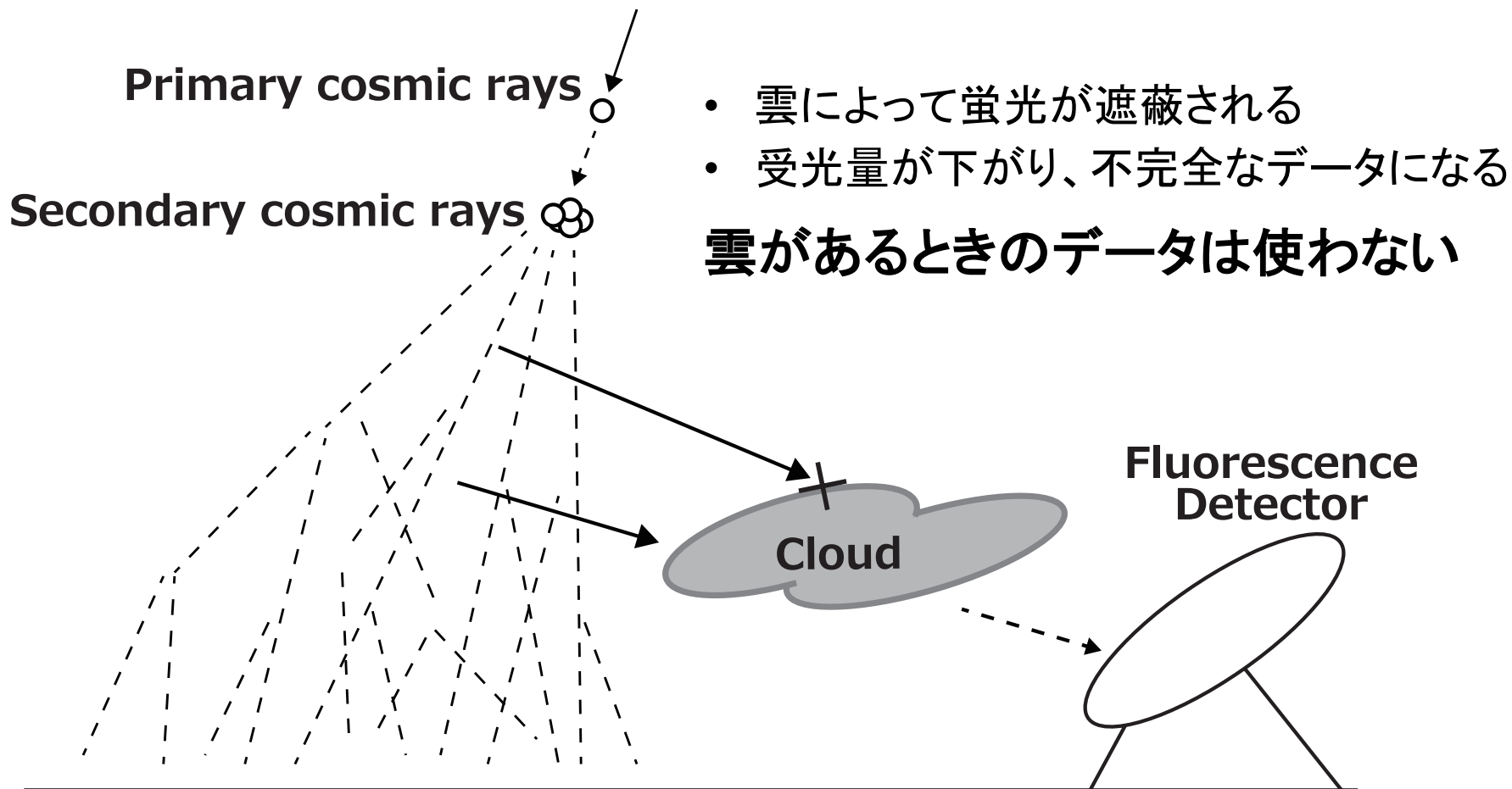
# 超高エネルギー宇宙線の観測



# 雲モニターの必要性

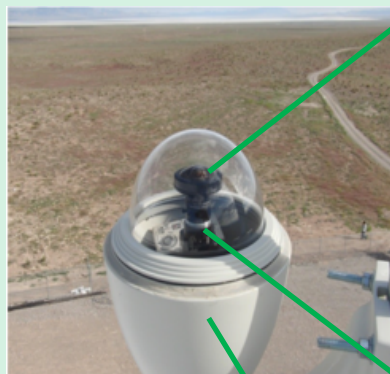
Target

観測の補助をする夜間天候モニタリングシステムの開発



# 夜間天候モニタリングシステム

## TA実験



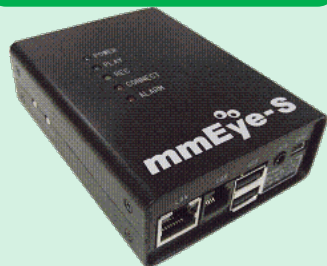
魚眼レンズ  
FE185C057HA-1



可視光CCDカメラ  
WAT120N+



画像サーバー  
mmEye-S

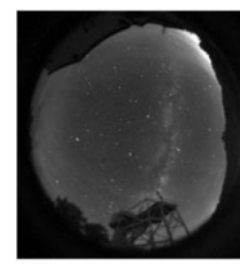
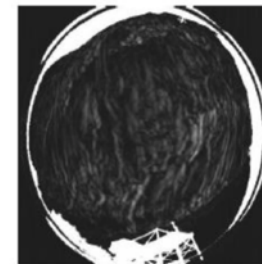
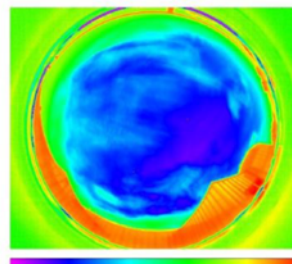


アルミ製  
ハウジングドーム

100万円以下で構成

## NASA・ESA

CCD(日中)+IR(夜間) 1000万円～

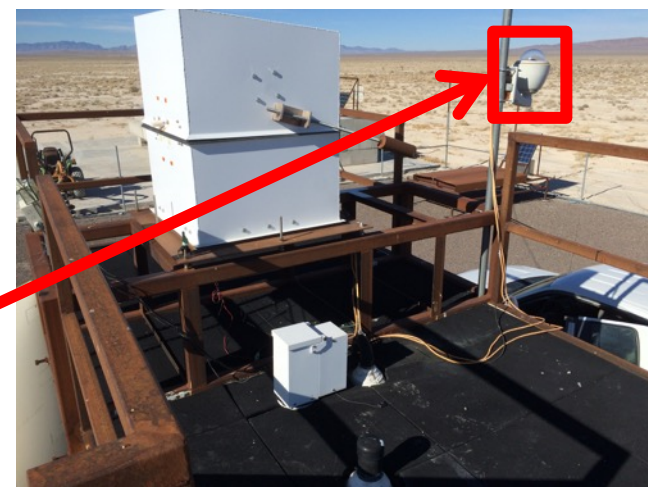
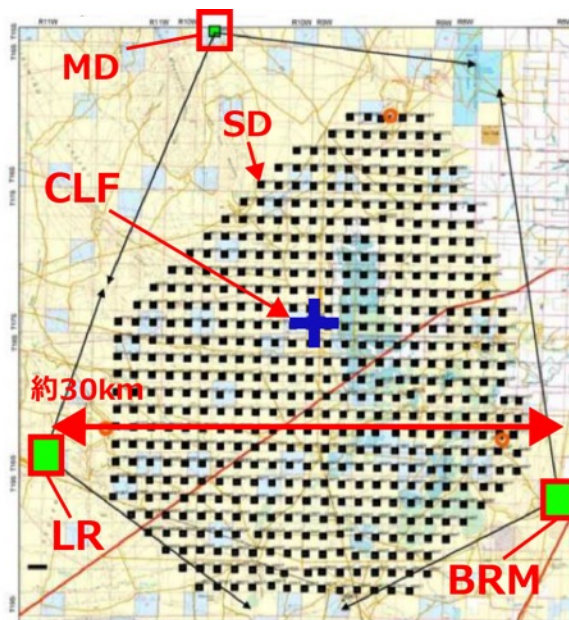


出典 : ASIVA All Sky Infrared Visible Analyzer Instrument Description



# CCD稼働状況 @ TA site

- 各ステーションでの稼働期間
  - BRM 2010. Aug. ~
  - LR 2010. Aug. ~
  - CLF 2011. Dec. ~
- 撮影頻度 1分 / 1枚
- 画像サイズ 720 × 480 pixels
- 平均容量 350 KB / 1枚
- 画角 185° × 154°

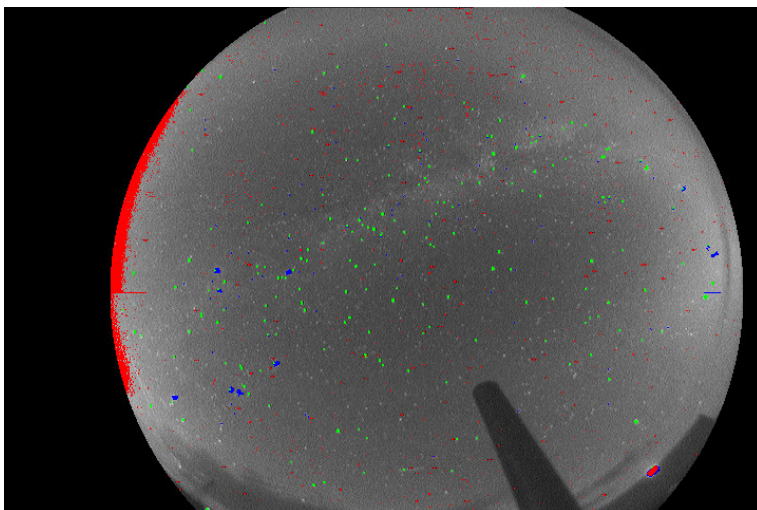


# CCDカメラ画像と星カウント

Date:2014.10.2



Date:2014.12.13



画像内の星の数をカウント

明るいピクセル集団を画像から検出

**Green** : Star pixels

**Blue** : N/A pixels

**Red** : Dead pixels

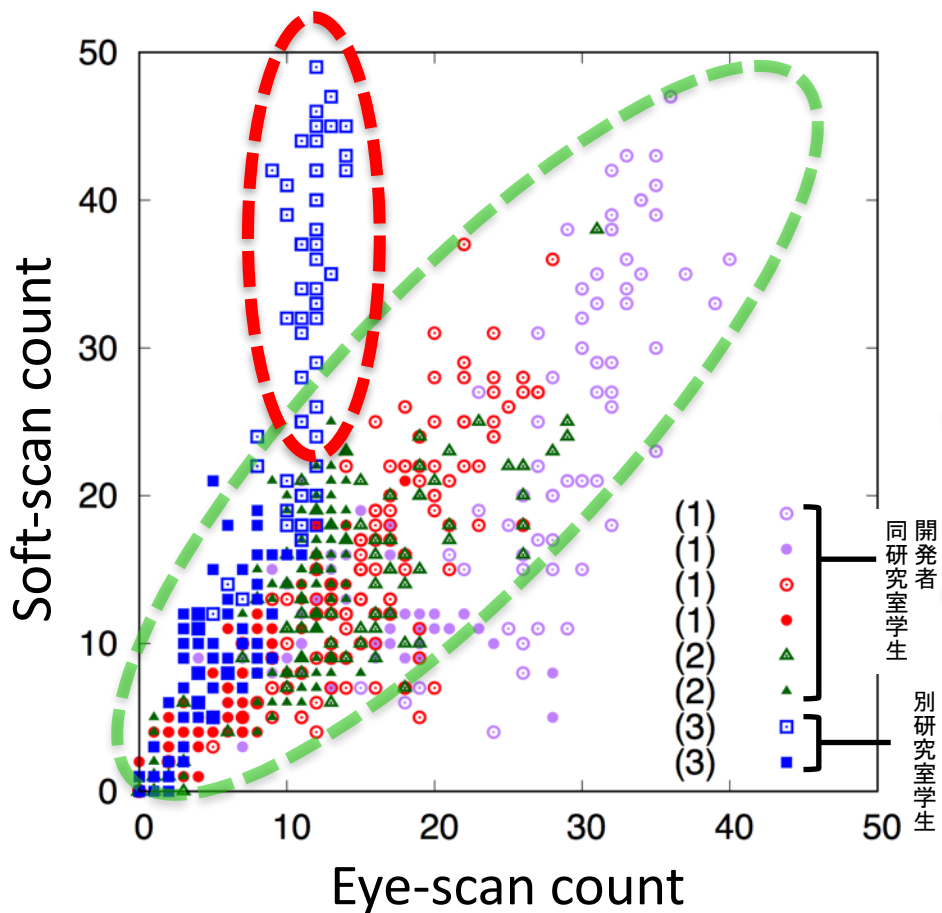
# システム運用に向けて

---

## 観測を補助する夜間天候モニタリングシステムの開発

1. 目視とソフトウェアによる星の数え方比較
2. ソフトウェアとCLFデータによる天候判断比較
3. 雲フォーメーション理解 → 天体カタログ比較
4. 晴天方向の特定
5. 晴天率の算出
6. リアルタイム天候判断

# 星カウント分析

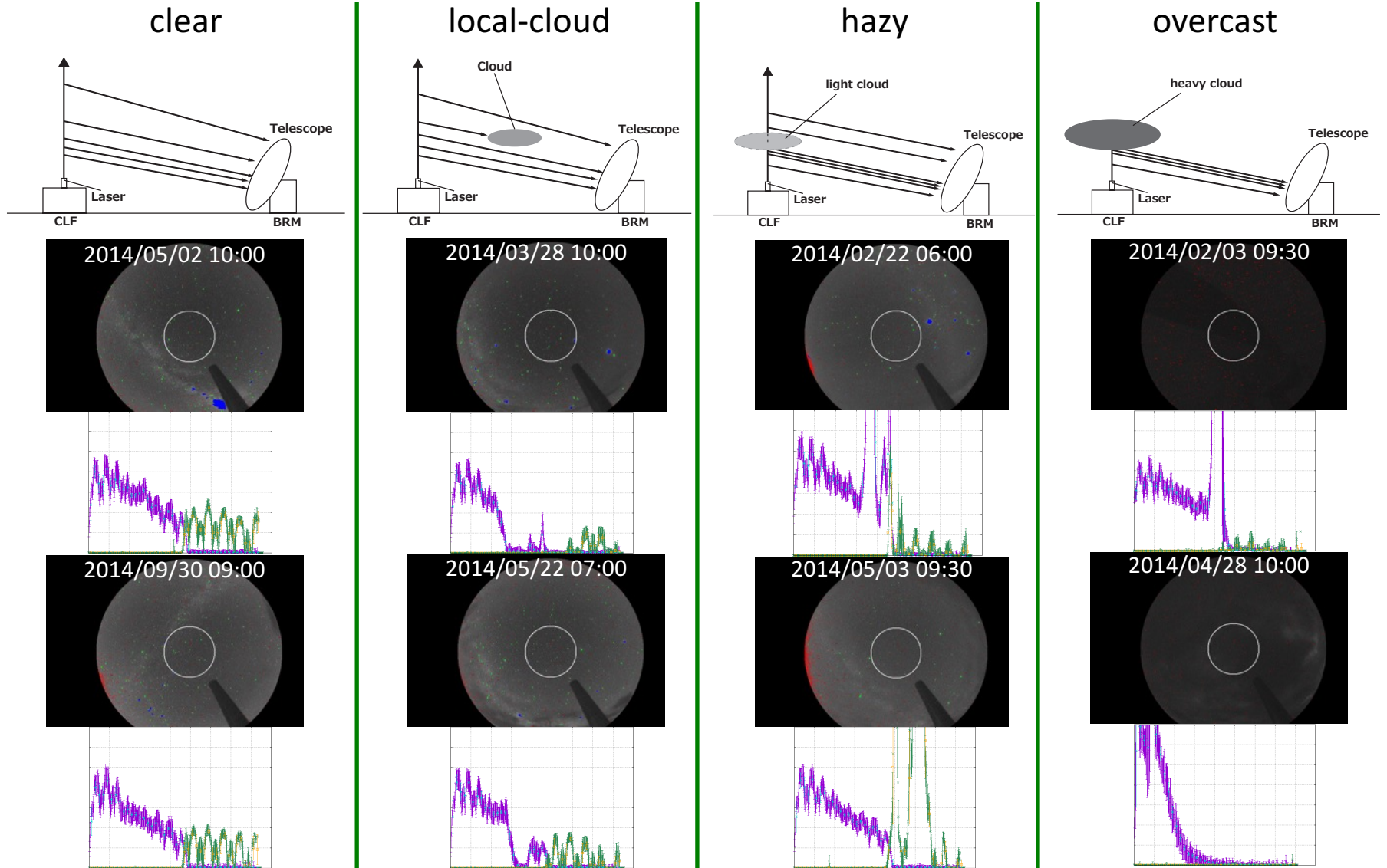


開発者	CCD・ソフトウェアについて理解あり
同研究室学生	理解あり
別研究室学生	理解無し

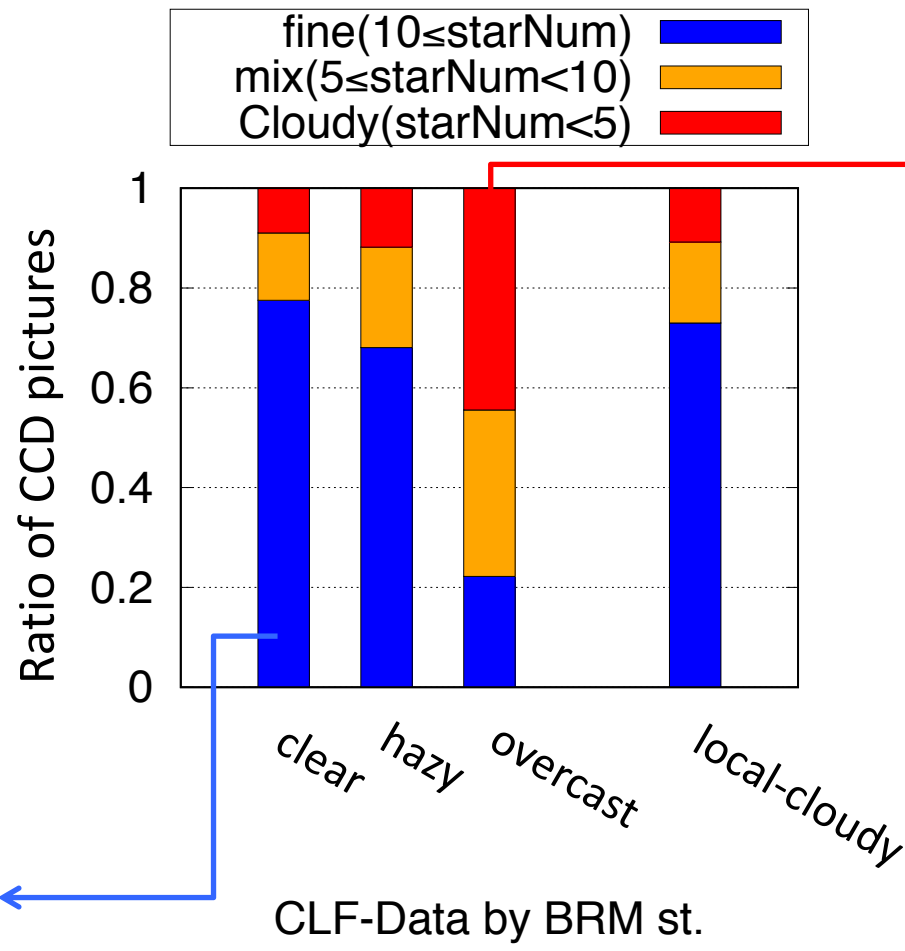
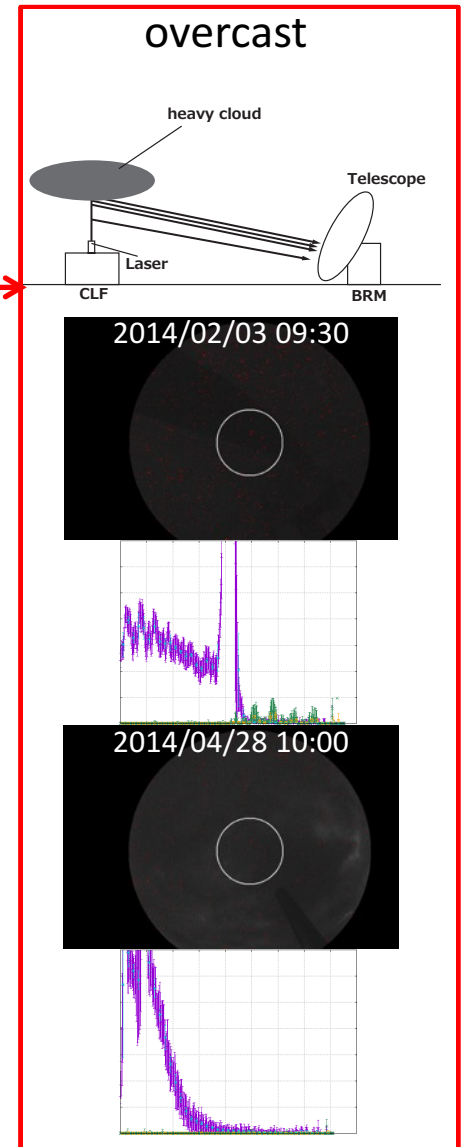
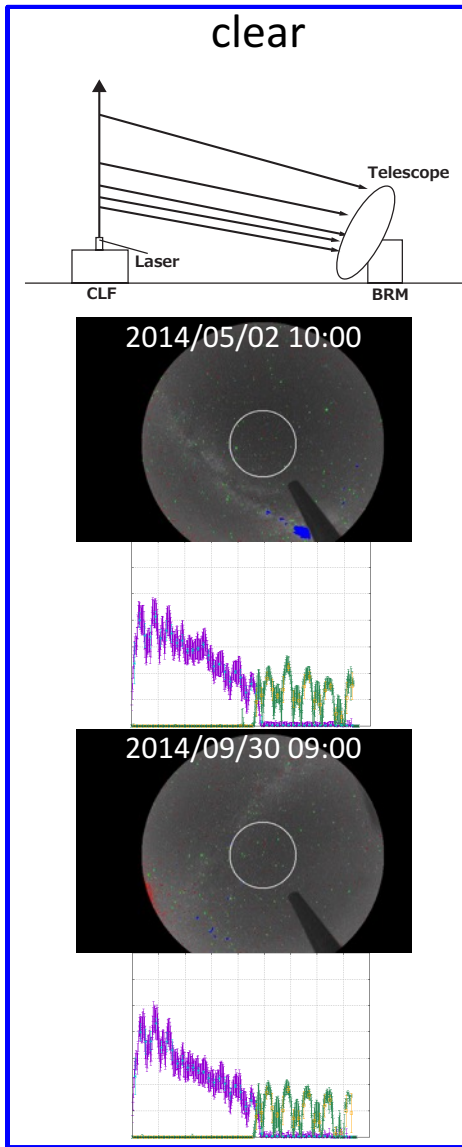
- ほとんどのデータが良い相関
- 相関関係がある集団から離れている
- 被検者の熟練度？

より正確さを評価するには別環境モニターとの比較が必要  
→ レーザーイベント

# Bistatic LIDARによる天候評価



# CLFデータによる天候と星の数の関係



# システム運用に向けて

---

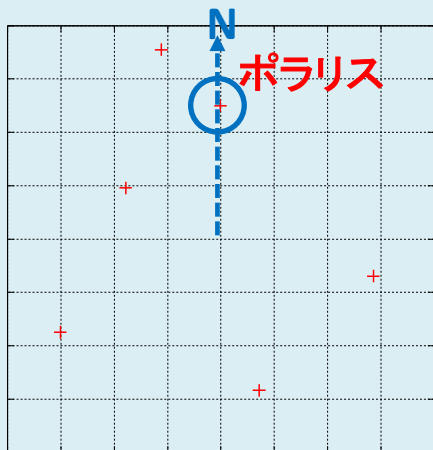
## 観測を補助する夜間天候モニタリングシステムの開発

1. 目視とソフトウェアによる星の数え方比較
2. ソフトウェアとCLFデータによる天候判断比較
3. 雲フォーメーション理解 → 天体カタログ比較
4. 晴天方向の特定
5. 晴天率の算出
6. リアルタイム天候判断

# 天体カタログ比較によるstar search

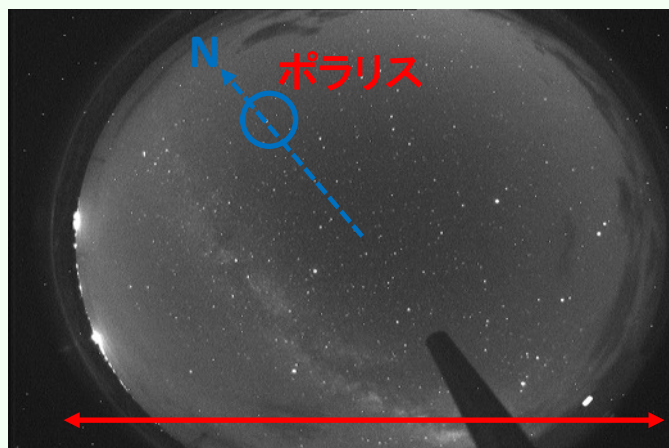
## Catalog(SAO星表)

カメラのある地点から見える  
撮影時刻の星の位置情報取得

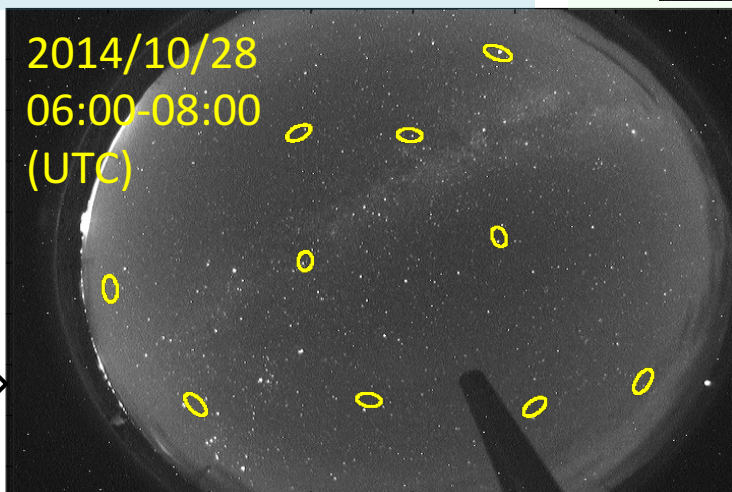


## CCD picture

魚眼レンズの歪み率  
画像内の明るい星を10個程度抽出



2014/10/28  
06:00-08:00  
(UTC)



CCD, Catalog重ね合わせには  
いくつかのパラメータが必要

- 真北からの回転角
- 縦方向・横方向スケール
- カタログ並行移動量  
(CCD画像上でのカタログの回転中心)

残差二乗和が最小になる  
最適なパラメータを求める



# まとめ

## 観測の補助をする夜間天候モニタリングシステムの開発

- 魚眼レンズを搭載した可視光CCDカメラで天候をモニタリング
  - 簡易な構成 → 低コストでの運用
  - 一律の基準で天候判断 → 星カウント
- システム評価
  - 目視による星の数え方と相関あり
  - 別環境雲モニターと天候評価に相関あり
  - 雲のフォーメーション理解 → 天体カタログと比較

## システム運用にむけて

- 晴天率の算出
- リアルタイム天候判断, 予測