

PEDSCでの宇宙線に関する研究

DS施設

極域環境データサイエンスセンター (PEDSC)

特任研究員 小財正義

関連プロジェクト

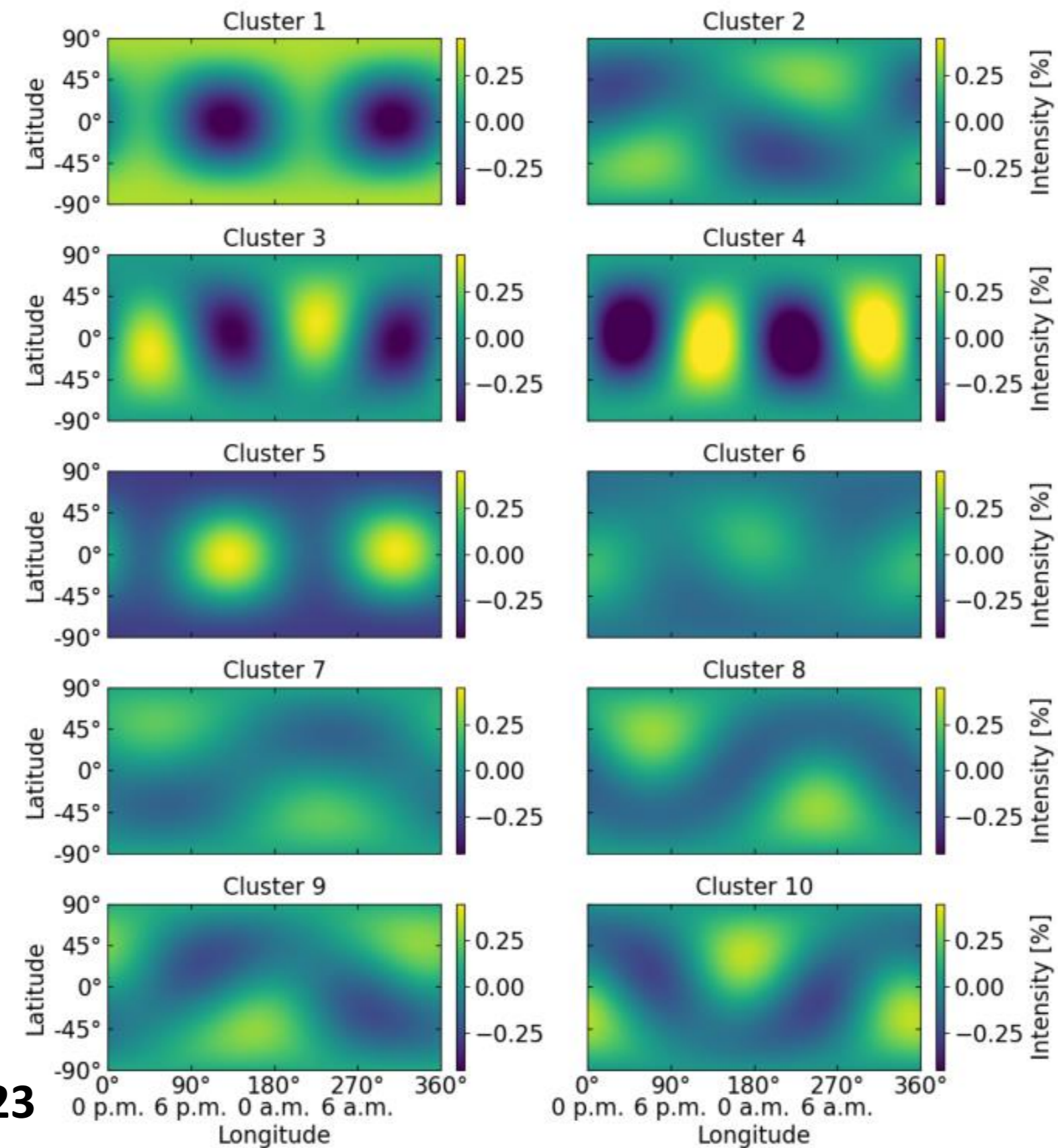
- ROIS戦略的研究プロジェクト「データサイエンス時代へ向けた新たな宇宙線観測・解析スキームの構築」(DS施設)
- 科研費国際共同研究強化B「宇宙空間からの高エネルギー粒子降下による極域大気変容の南北共役性の研究」(DS施設・極地研など)
- DS施設公募型共同研究「新たなアプローチによる宇宙線生成核種のデータセット構築とデータ解析」(山形大)
- 「宇宙天気研究に利用する昭和基地宇宙線観測データ公開方法の拡張とデータ解析手法の改良」(信州大)
- Global Muon Detector Network (GMDN): 宇宙線の国際ネットワーク観測(日・豪・ブラジル・クウェート)

宇宙線観測データの解析

教師なし学習によるdata-drivenな解析

- ✓ 宇宙天気・宇宙気候
 - 宇宙線の方向分布(異方性)に現れる多種多様なパターン
- ✓ 従来: ケーススタディ・仮説ベース
- ✓ クラスタ分析などにより自動分類
- ✓ 統計的描像、未発見現象

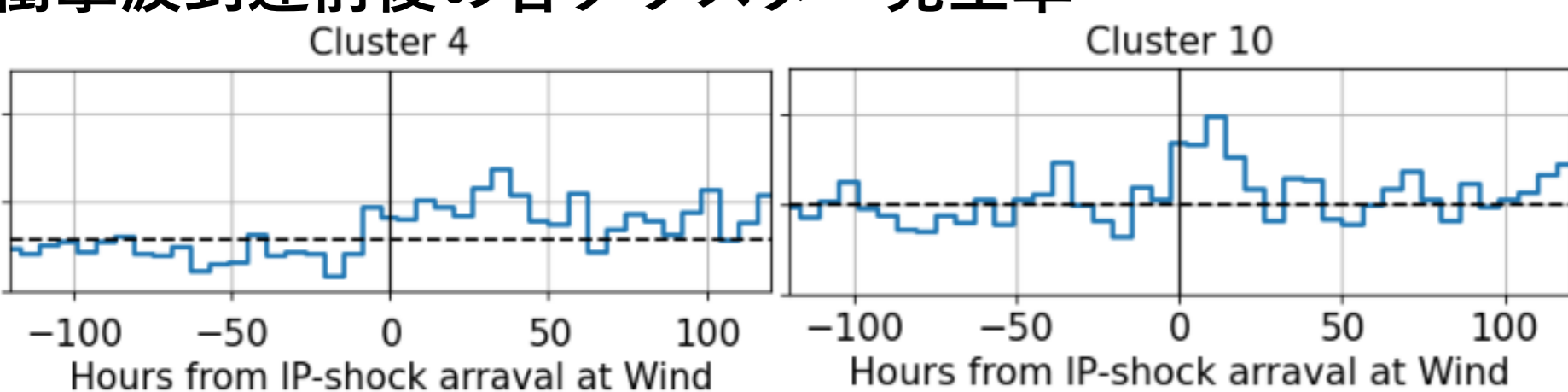
各クラスターでの宇宙線方向分布パターン



観測データ管理・公開方法の刷新

- 機関リポジトリ (JAIROCloud) への登録
 - ✓ 永続的識別子の付与、引用ルール等メタデータの策定
- 宇宙科学標準フォーマット (CDF) への変換
- リモートリポジトリ・解析パイプラインの整備
 - ✓ 宇宙科学標準ツール (SPASE) へのプラグイン開発
 - ✓ 観測量⇒物理量変換のための宇宙線伝搬の数値計算・変換テーブル
- 太陽地球系データベース (IUGONET) での公開準備

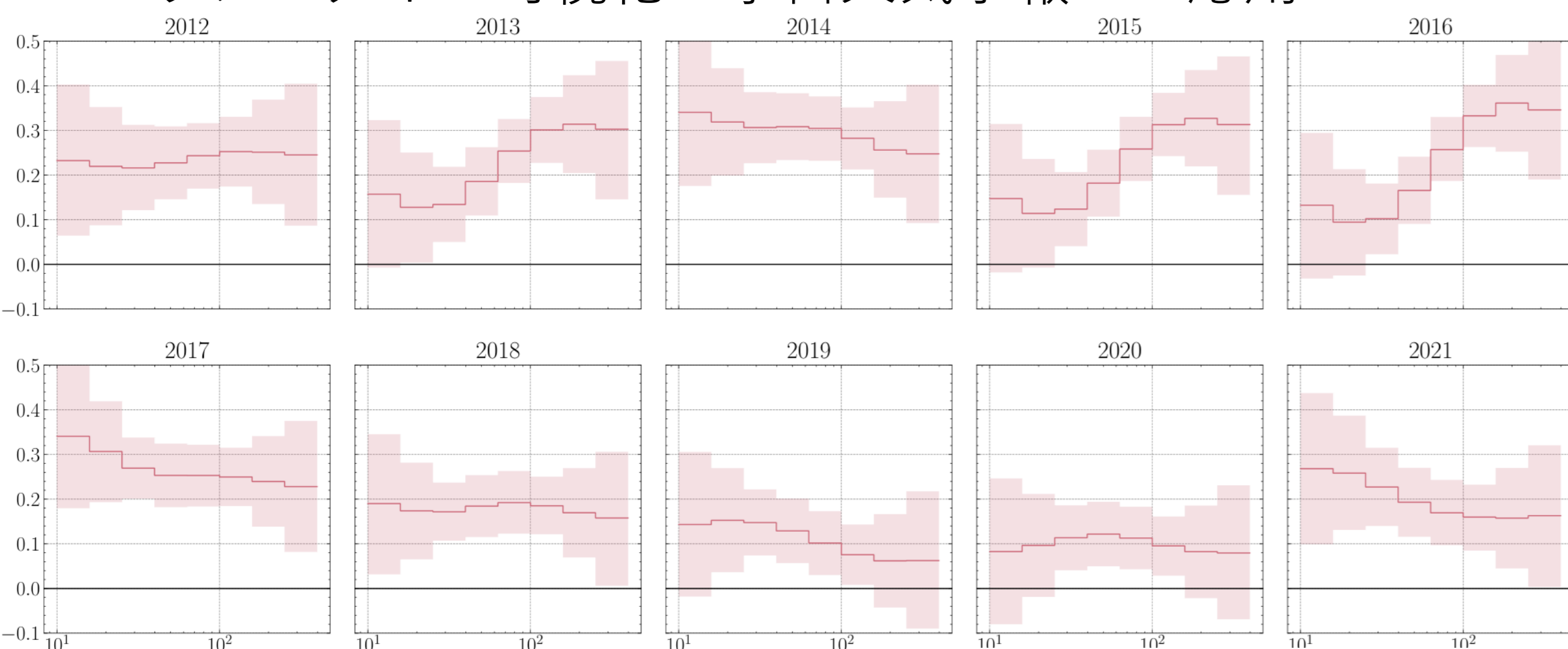
2015年以降の太陽面爆発(81イベント)の統計解析: 衝撃波到達前後の各クラスター発生率



Kozai et al., ICRC2023

➤ ガウス過程による宇宙線物理量の運動量スペクトル推定

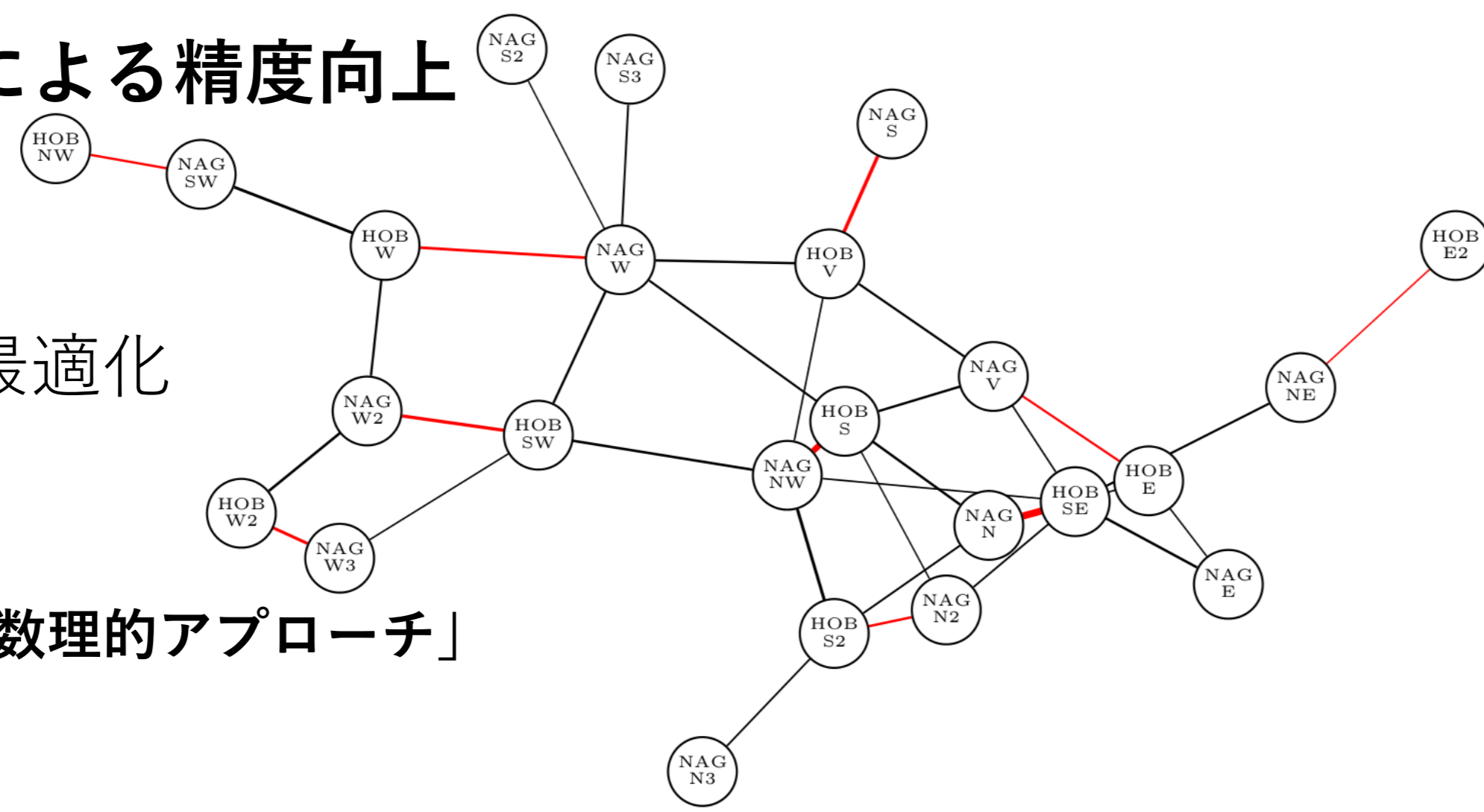
- ✓ 従来: スペクトル形状として特定の解析的関数を仮定
- ✓ ガウス過程によりスペクトル形状の仮定を排除
- ✓ 信頼性向上、ダイナミックな宇宙線変動への対応
 - リアルタイム可視化・宇宙天気予報への応用



2012年~2021年各年の南北異方性スペクトル
横軸: Rigidity [GV] ≡ 運動量
Kozai et al., AGU2023

➤ グラフ理論(マッチング問題)による精度向上

- ✓ ネットワーク観測に参加する多数の検出器
- ✓ 解析で構成する検出器組合せを最適化



小財 & 藤井 (情報研)

研究集会「宇宙地球環境の理解のための統計数理的アプローチ」

2024年2月

解析パイプラインのデモ

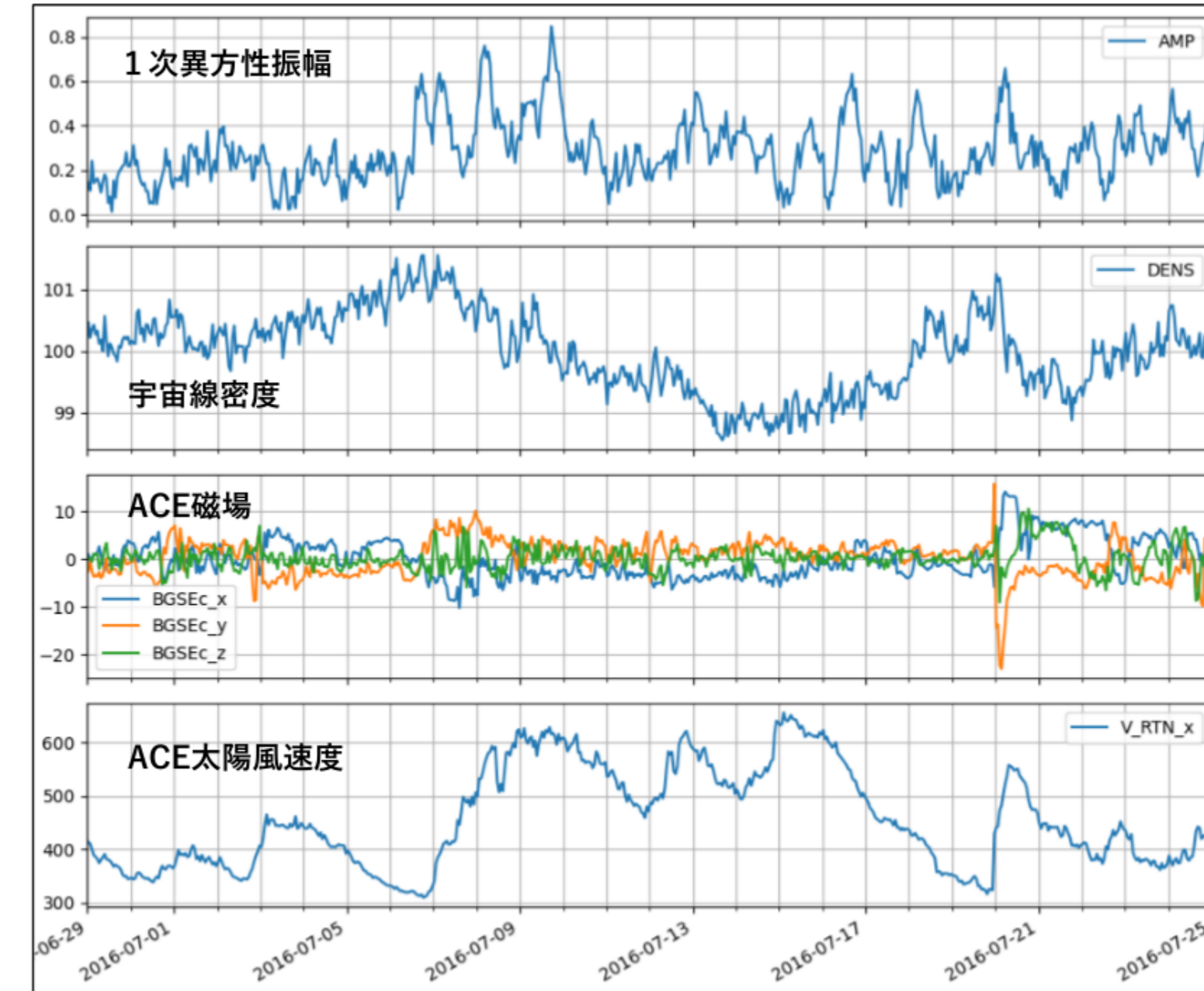
小財ほか, SGEPS2023

```
1. 宇宙線データをリモートリポジトリからロード (SPEDAS試作関数)
In [227]: shinsu_load(user,passed,range,sites,time_c1is=True) #download counting rate data (CDF format, loaded to plot)
19-Sep-23 15:05:17: Downloading readme index: https://polaris.nier.ac.jp/~kozai-cr/login/data/DF/ShinshuCR/
19-Sep-23 15:05:17: File is current: /shinsu_data/shinsu_aun_jaa_2016_v01.cdf
19-Sep-23 15:05:18: Downloading readme index: https://polaris.nier.ac.jp/~kozai-cr/login/data/DF/ShinshuCR/
19-Sep-23 15:05:18: File is current: /shinsu_data/shinsu_aun_jaa_2016_v01.cdf
19-Sep-23 15:05:18: Downloading readme index: https://polaris.nier.ac.jp/~kozai-cr/login/data/DF/ShinshuCR/
19-Sep-23 15:05:18: File is current: /shinsu_data/shinsu_aun_jaa_2016_v01.cdf

2. 宇宙線物理量への変換関数をロード
In [228]: data_cpl = cpl.load_fixed_spec(user,passed,sites,year=2020) #download coupling coefficients
Read readme data: http://polaris.nier.ac.jp/~kozai-cr/login/data/OuplingCoef/NO/Nagoya_phase3/2020/int_cpl_reduc
at
Parse to DataFrame
Finished!
Read readme data: http://polaris.nier.ac.jp/~kozai-cr/login/data/OuplingCoef/NO/Nagoya_phase3/2020/int_cpl_reduc
at
Parse to DataFrame
Finished!

3. 宇宙空間の宇宙線物理量(密度・異方性)を計算
In [229]: data_miso, data_esp = miso.vsub_pore(data_cpl,data_char,data_dev,n_max=2) #V-subtraction & Normalizat
Calculate variables for fitting from coupling coeffs
MAG
n_max = 5
00:30(0.5) 01:30(1.5) 02:30(2.5) 03:30(3.5) 04:30(4.5) 05:30(5.5) 06:30(6.5) 07:30(7.5) 08:30(8.5) 09:30
3:30(13.5) 14:30(14.5) 15:30(15.5) 16:30(16.5) 17:30(17.5) 18:30(18.5) 19:30(19.5) 20:30(20.5) 21:30(21.
HOB
n_max = 5
00:30(0.5) 01:30(1.5) 02:30(2.5) 03:30(3.5) 04:30(4.5) 05:30(5.5) 06:30(6.5) 07:30(7.5) 08:30(8.5) 09:30
3:30(13.5) 14:30(14.5) 15:30(15.5) 16:30(16.5) 17:30(17.5) 18:30(18.5) 19:30(19.5) 20:30(20.5) 21:30(21.
SAO
n_max = 5
00:30(0.5) 01:30(1.5) 02:30(2.5) 03:30(3.5) 04:30(4.5) 05:30(5.5) 06:30(6.5) 07:30(7.5) 08:30(8.5) 09:30
3:30(13.5) 14:30(14.5) 15:30(15.5) 16:30(16.5) 17:30(17.5) 18:30(18.5) 19:30(19.5) 20:30(20.5) 21:30(21.
KUB
n_max = 5
00:30(0.5) 01:30(1.5) 02:30(2.5) 03:30(3.5) 04:30(4.5) 05:30(5.5) 06:30(6.5) 07:30(7.5) 08:30(8.5) 09:30
3:30(13.5) 14:30(14.5) 15:30(15.5) 16:30(16.5) 17:30(17.5) 18:30(18.5) 19:30(19.5) 20:30(20.5) 21:30(21.
done.
```

4. ACE衛星データなどと一緒にプロット

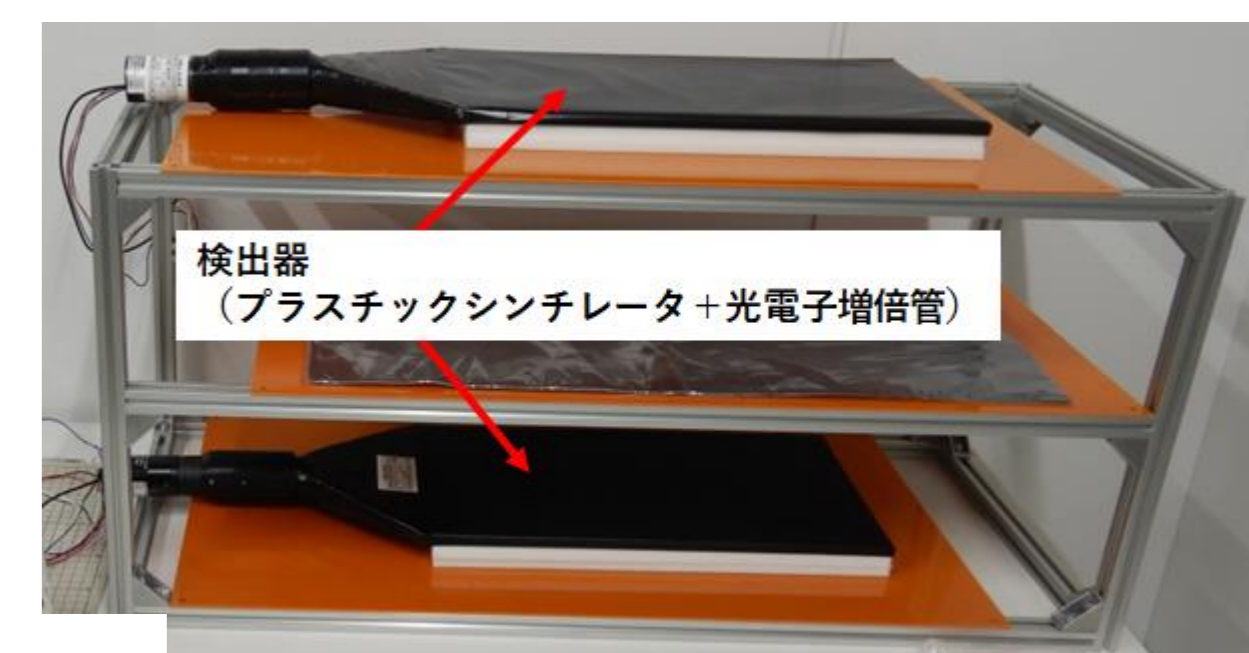
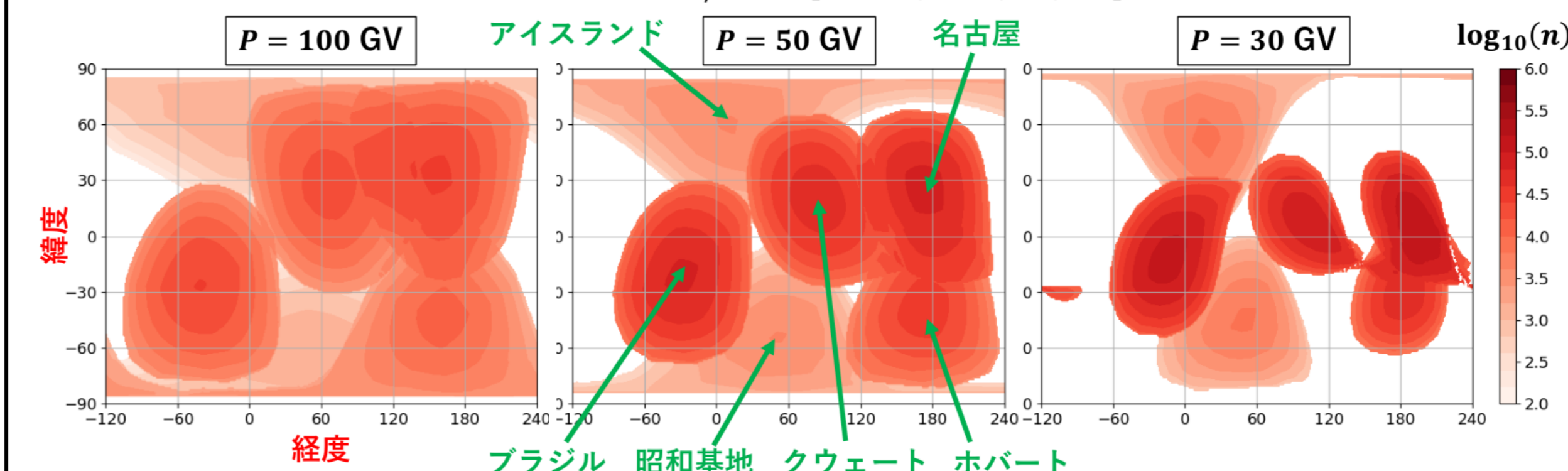


- 解析作業の省力化
- GitHubなどでの管理 ⇒ トレーサビリティ・透明性の向上

観測システムの開発

- 耐候性・メンテナンス性・感度の向上
- 検出器・信号処理系(回路基板・FPGA・ソフト)
- アイスランドでの実践投入へ向けた検討
 - ✓ 現地視察・サイエンス検討

統計量: ミューオン微分計数率 $n = d^2N/d\Omega dP$ [counts/hour/str/GV]



小財ほか, 日本物理学会第75回年次大会 (2023年9月)