



中部大学理工学部
小井 辰巳

乗鞍岳におけるミューオンの高精度観測に向けた準備研究

2026/1/30 令和7年度東京大学宇宙線研究所共同利用研究成果発表会

- 2025年度は、200千円(旅費)が配分
- 乗鞍観測所への旅費 約110千円
 - ◆ 7月～9月に観測所を計4回訪問し、延べ10名以上で活用させていただきました。
- 太陽発電ミニシステム構築の補助 約90千円
 - ◆ テスト用として、太陽パネル・バッテリー・チャージコントローラーからなる発電システムを構築いたしました。
- ご支援いただきありがとうございました。

- 名古屋大学グループが乗鞍で運用していた 64 m²太陽中性子望遠鏡について, 比例計数管部分を ホドスコープ型ミュオンテレスコープとして再運用したい。
- 観測所に設置されている 中性子モニターについても, 今後 継続的かつ安定した運用を開始したい。
- 乗鞍観測所では 10月～6月に発電機停止
→ 長期連続観測の大きな障害
- この期間の電源確保が本課題

64m²太陽中性子望遠鏡



徹底した省電力化により消費電力65W
で運転していた。(含むDAQ用PC)
比例計数管部分をホドスコープ型ミュー
オンテレスコープとして運用したい。

NM64中性子モニター



2026/1/30

令和7年度東京大学宇宙線研究所
共同利用研究成果発表会

■ 燃料電池の検討結果(2021–2022年度)

- ◆ 冬期自動運転期間の電源として燃料電池を検討
- ◆ 課題：酸素分圧低下／生成水処理／水素供給と法規制
- ◆ → 主要電源としての採用は断念
- ◆ → バックアップ用途としては可能性あり

■ そこで本研究では、観測所での運用実績があり維持管理が比較的容易な太陽光発電に、リン酸鉄リチウムイオン蓄電池を組み合わせた電源システムに着目した。

■ 従来の太陽光発電＋蓄電地を用いた方法

◆ 名古屋大学が整備したシステム

- 太陽電池パネル 50W x 43枚
- 鉛蓄電池 255Ah x 22台
- パワーコントローラー

■ これらの再整備を行なった。

◆ 太陽電池パネル 送電ケーブルに問題多数

- 修理して 43枚中29枚(67%)を稼働状態に

◆ 鉛蓄電池 全て蓄電能力が無くなっていた。

- 新しいリン酸鉄リチウムイオン(LiFePO₄)蓄電池を
460Ah x 4台導入

- 安全性が高く無人運用に適する
- 長寿命(数千回の充放電が可能)
- 深放電に強く太陽光と相性が良い
- 低温環境でも比較的安定

特性	鉛蓄電池 24年度の夏に行った作業	三元系Li-ion(NMC)	LiFePO ₄
安全性	○	△(熱暴走リスクあり)	◎ 非常に高い
寿命(サイクル回数)	△(数百回)	○(1000回程度)	◎ 数千回以上
深放電耐性	△	○	◎ 強い
エネルギー密度	△(重い)	◎(高密度)	○(中程度)
低温特性	△	△	○(比較的安定)
コスト	◎ 安価	△ 高価	○ 中程度
観測所無人運用適性	△	△	◎ 最適

■ NM64 中性子モニター

- ◆ 自動運転期間中の連続観測に成功
- ◆ 2024年5月最大級の宇宙線Forbush減少を観測

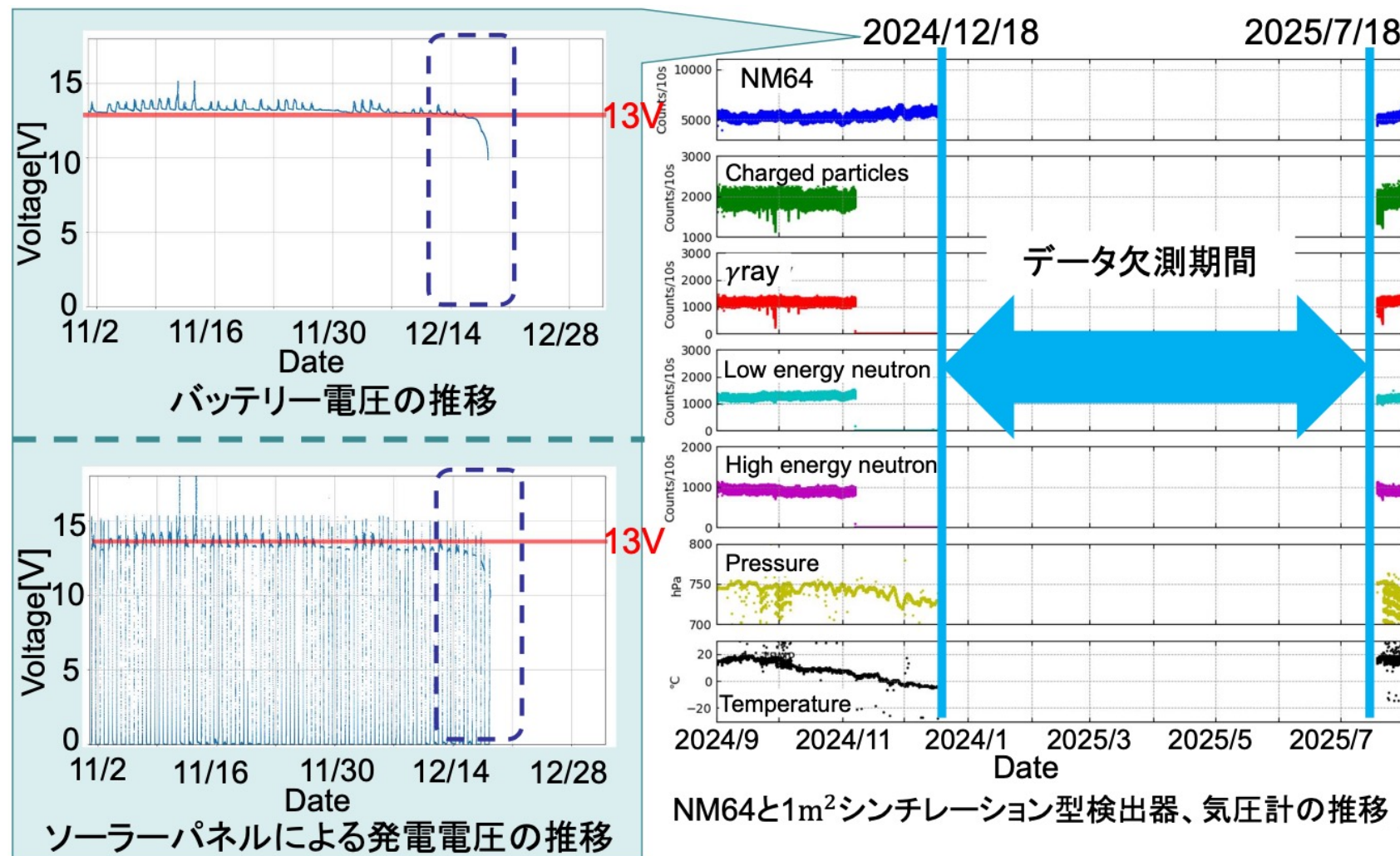
■ 新型小型太陽中性子望遠鏡

- ◆ 運用初期に信号消失したが, 5月末に復旧

■ 環境モニター

- ◆ 冬期連続データ取得に成功

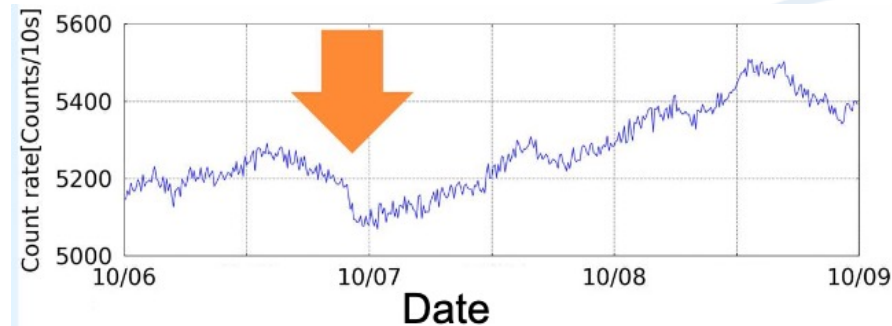
■ 2024年12月18日：観測装置が停止し復旧せず



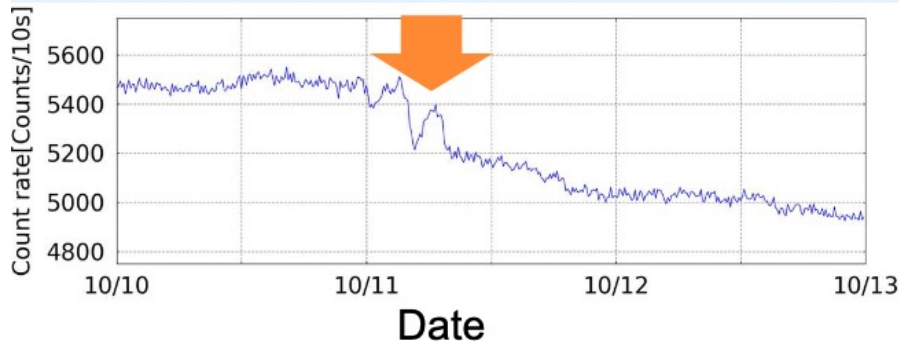
2026/1/30

令和7年度東京大学宇宙線研究所
共同利用研究成果発表会

中性子モニタのカウント数

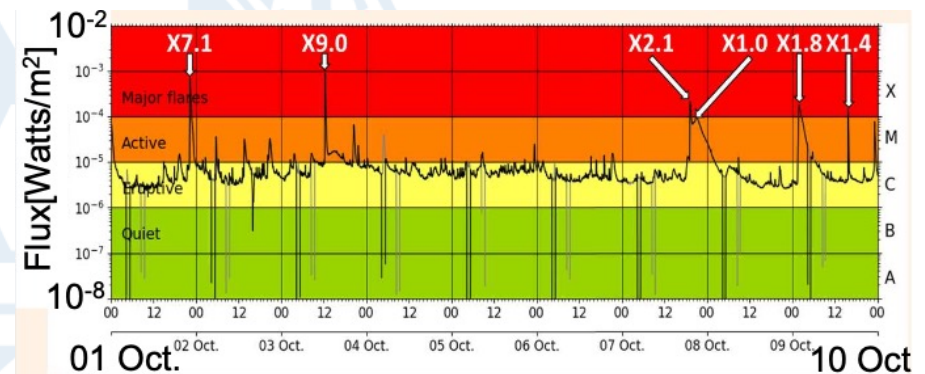


10月6日21時に発生したフォーブッシュ減少



10月11日0時に発生したフォーブッシュ減少

GOSE衛星による 太陽X線フラックス





2025年度から乗鞍観測所の
改修工事が行われている

電力供給もなく、
暗闇の中での作業



観測所の電力、
インターネット回線を使用する
ことができなくなった



太陽光発電に加え、
自前でインターネット回線を確
保する必要がある

2026/1/30

令和7年度東京大学宇宙線研究所
共同利用研究成果発表会

11

2025年9月8, 9日の作業で新たなDAQPC、LTEルーター、モニタリングシステムの設置を行った。



＜DAQPCの置き換え＞

- Let'snoteからRaspberry Pi 4B(8GB)に変更
- CAMACコントローラーとRaspberry Pi間はUSBケーブルで接続
- 旧システムの消費電力は14W
- 現在は消費電力を1/3~1/5まで削減できた



RasPi(Ubuntu)からCAMAC運用を実現

＜LTEルーターの設置＞

- インターネット接続のため新たにLTEルーターとアンテナを設置

LiFePO₄蓄電池の交換 4台＋予備4台体制
中性子モニター不良チューブを補修

2026/1/30

令和7年度東京大学宇宙線研究所
共同利用研究成果発表会

12

- 25年10月下旬より、自前LTEルーター経由の通信が途絶
- 現時点では原因未特定だが、以下の要因が考えられる。
 - ◆ LTEルーター／アンテナ系の不具合
 - ◆ 観測装置の漏電などの障害
 - ◆ 太陽光パネル＋LiFePO₄蓄電池系の以上
- データ取得が継続しているか不明
- ルーター側の問題であれば、観測自体は継続している可能性が高い
- 冬期自動運転中の宇宙線連続観測に向け、通信・電源両面の冗長化が今後の課題

- 太陽光 + LiFePO_4 蓄電池による冬期電源システムを構築中
- 中性子モニターなどの連続観測に挑戦中
 - ◆ 複数のForbush減少を観測
- RasPiによる省電力DAQ・環境監視を整備
- 来年度: 太陽光パネル更新による発電能力の改善が最重要課題
 - ◆ 使用中の太陽光パネルは導入後20年以上経過

冬期の安定電源を確立し、ミューオン・中性子の長期連続観測体制を目指す。

- 観測所職員の皆さまには、今年度の夏も大変お世話になりました。
- この場を借りて心より御礼申し上げます。ありがとうございました。
- 乗鞍観測所の大規模改修に伴い活動が制限される中でも、多大なるご支援とご協力を賜りましたことに、重ねて感謝申し上げます。
- 引き続き改修が予定される今年度も、何卒よろしくお願い申し上げます。



2026/1/30

令和7年度東京大学宇宙線研究所
共同利用研究成果発表会

16



460Ah
x 4台

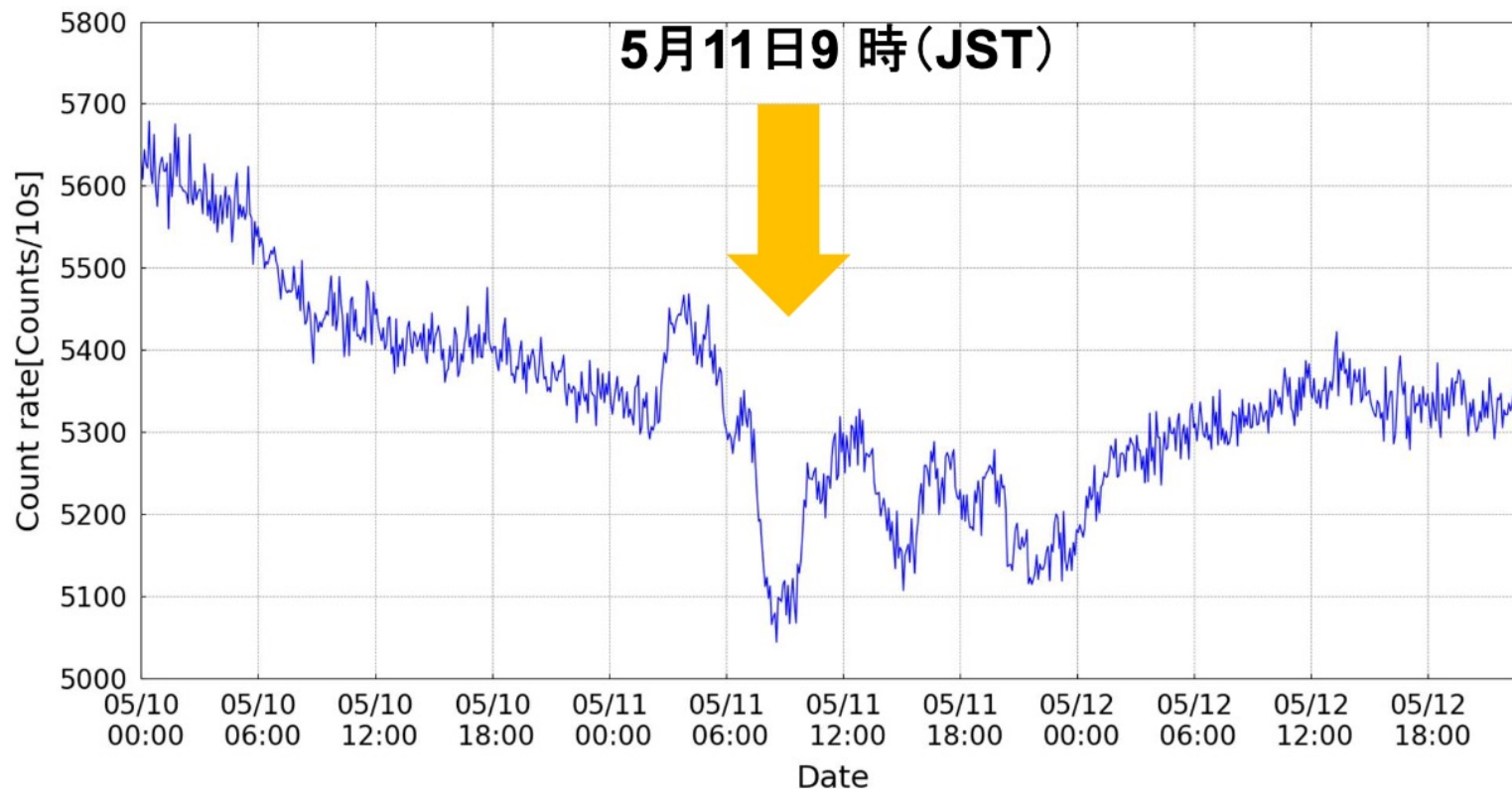
2026/1/30

令和7年度東京大学宇宙線研究所
共同利用研究成果発表会

17

- 5月の上旬、太陽フレアに伴い地磁気嵐が発生。
- 5月11日9時(JST)に宇宙線のカウント数が減少
(フォルブッシュ減少)

中部大学工学部宇宙航空理工学科
神谷さんの学会発表から

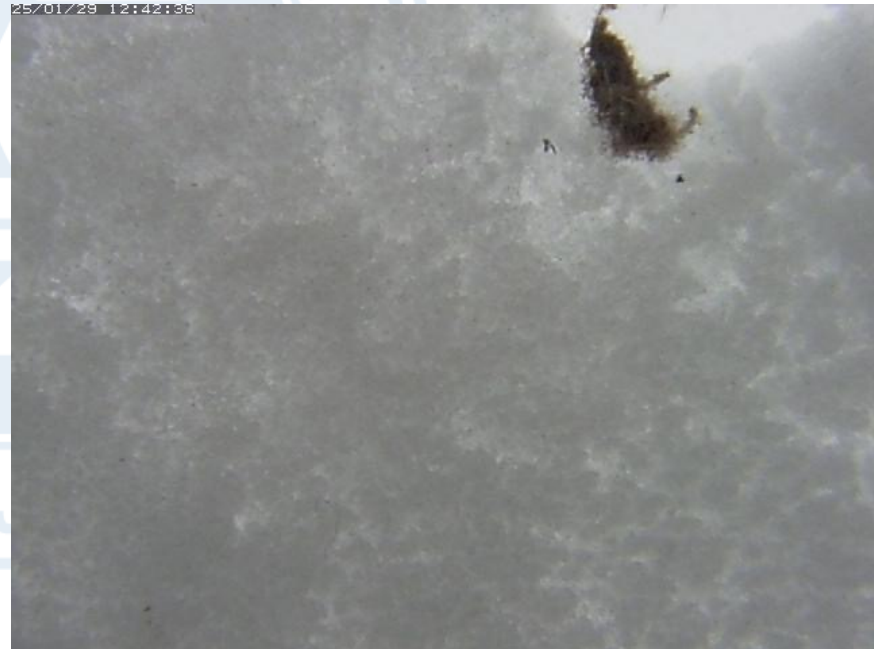


冬の乗鞍観測所 観測所のウェブカメラの映像

2025年1月24日

昨日(1月29日)

雪がはりついて何も見えず



2026/1/30

令和7年度東京大学宇宙線研究所
共同利用研究成果発表会

19



2026/1/30

令和7年度東京大学宇宙線研究所
共同利用研究成果発表会

20