



Comparison of cosmic-ray arrival frequency in Japan and Argentina

Yamagata Prefectural Yonezawa Kojokan High School
Core Super Science Club
Mika Takanashi

Collaborators

Ana Ozaki

Yamagata Prefectural Touohgakkan Senior High School

Huechulafquen Science Club

science club in Argentina

About Cosmic Rays

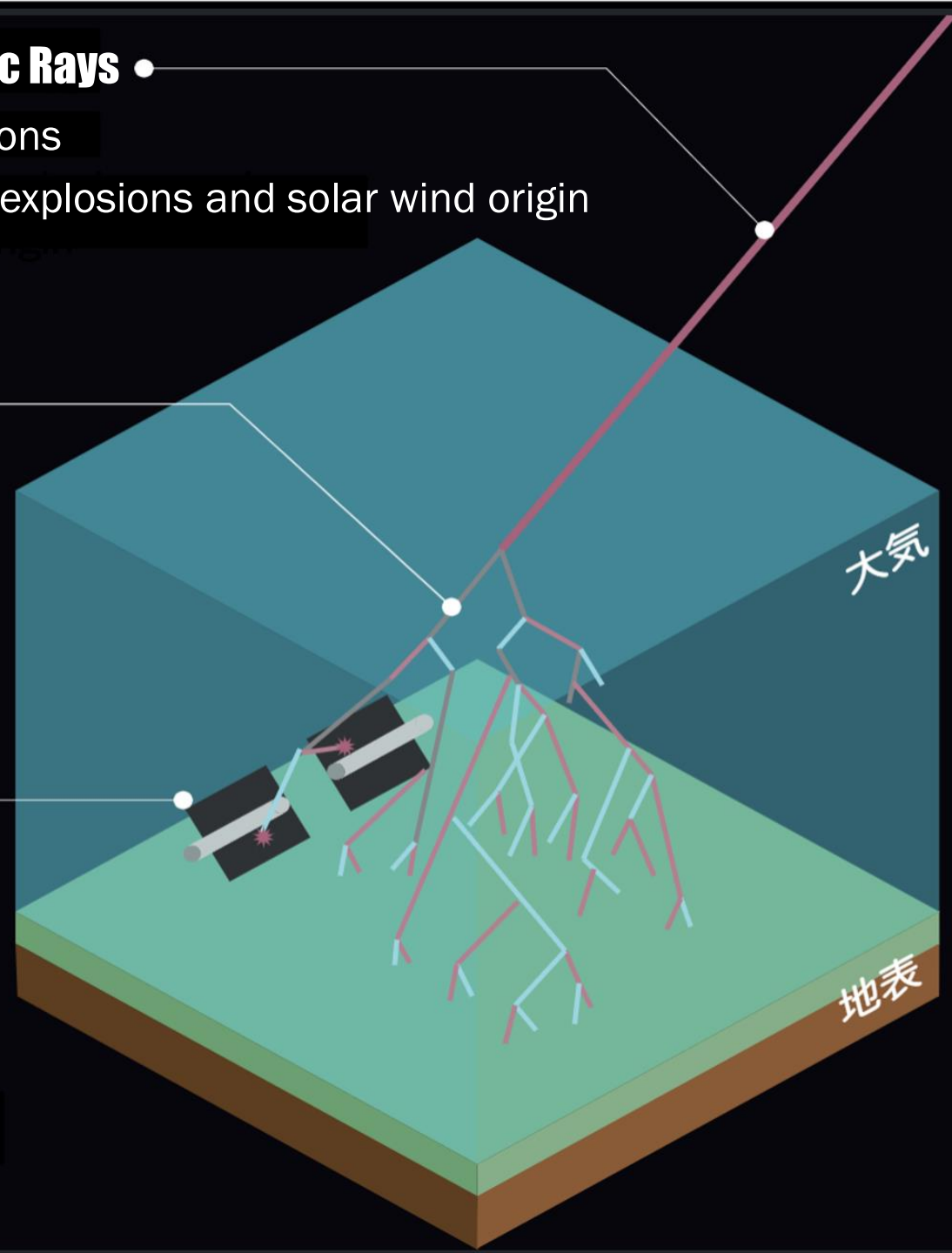
Primary Cosmic Rays

- Mainly protons
- Supernova explosions and solar wind origin

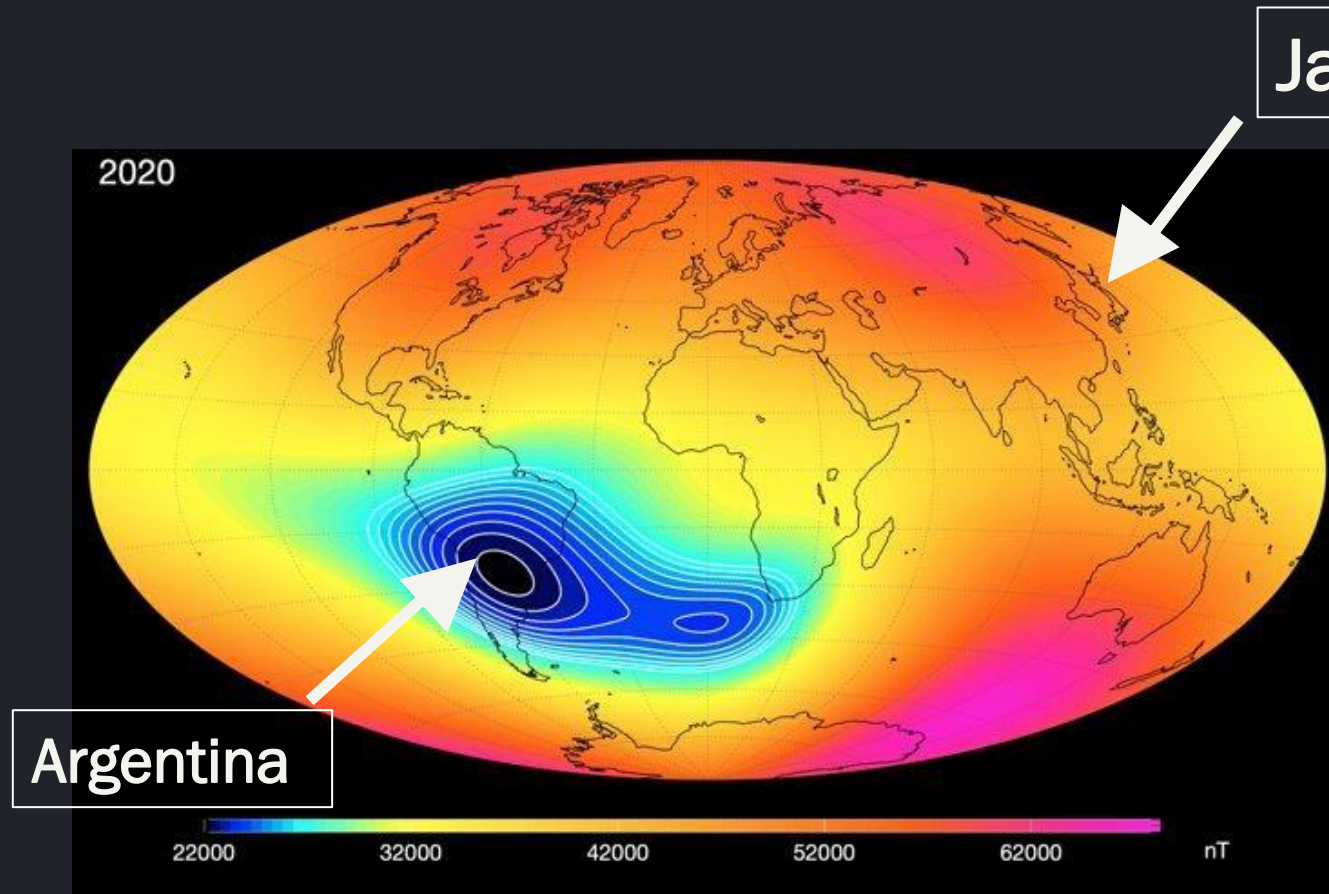
Secondary Cosmic Rays

- Origin of collisions between primary cosmic rays and air molecules
- Muons, electrons, positrons, gamma rays
- It occurs in a chain and forms a shower

Mainly observing muons



Research background



Japan

Argentina

South Atlantic Anomaly



magnetic field is weak

→ primary cosmic rays penetrate
the barrier more easily

Materials and Conditions

- **Detector system**

cosmic watch(scintillation detector)

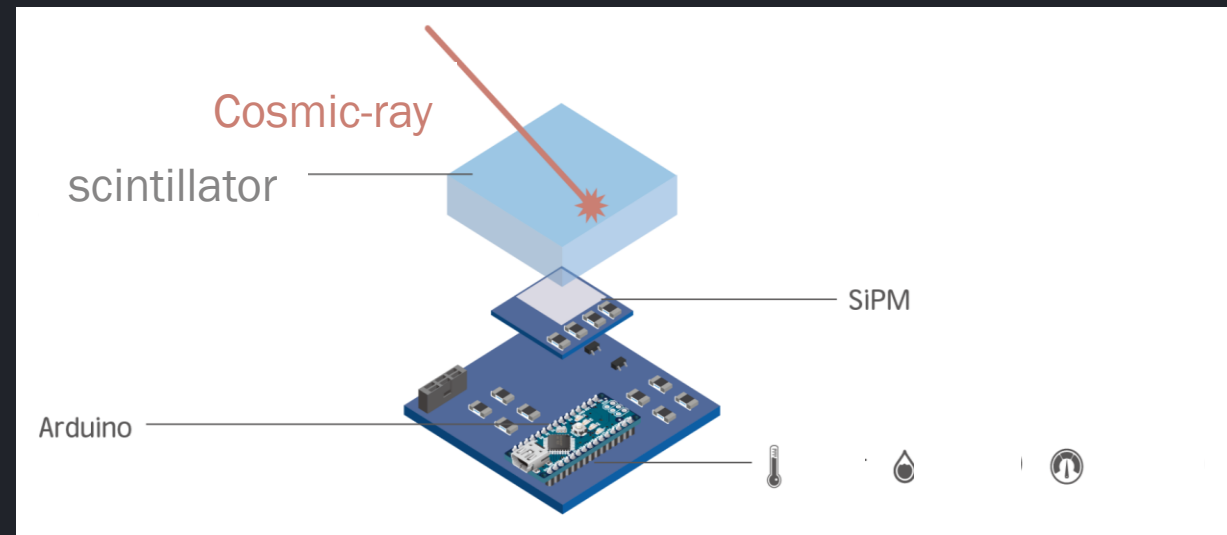
→scintillator + optical sensor called SiPM

- **Environment**

near the window of my school's physics room

- **Measurement Period**

About 2 weeks



Analysis

1	2020-12-18-00-13-54	138676	810155264	540	166.11	160441600	12.84
2	2020-12-18-00-13-54	587676	810155713	88	20.96	160441600	12.84
3	2020-12-18-00-13-55	621676	810156747	167	28.76	160441792	12.63
4	2020-12-18-00-13-56	202676	810157328	96	21.67	160441984	12.63
5	2020-12-18-00-13-56	221676	810157347	127	24.18	160441984	12.84
6	2020-12-18-00-13-56	399676	810157525	192	32.67	160442000	12.84
7	2020-12-18-00-13-56	853676	810157979	112	22.94	160442000	12.84
8	2020-12-18-00-13-58	116676	810159242	60	17.43	160442384	12.84
9	2020-12-18-00-13-58	633676	810159759	497	142.37	160442384	12.63
10	2020-12-18-00-13-59	177676	810160303	224	38.29	160442576	12.84
11	2020-12-18-00-13-59	218676	810160344	131	24.54	160442576	12.84
12	2020-12-18-00-14-00	217676	810161343	71	19.06	160442768	12.84
13	2020-12-18-00-14-00	566676	810161692	76	19.69	160442768	12.84
14	2020-12-18-00-14-01	466676	810162592	135	24.92	160442960	12.84
15	2020-12-18-00-14-01	602676	810162728	327	59.28	160442960	12.84
16	2020-12-18-00-14-01	750676	810162876	56	16.76	160442960	12.84
17	2020-12-18-00-14-01	777676	810162903	113	23.02	160442960	12.84
18	2020-12-18-00-14-02	334676	810163460	124	23.92	160443152	12.84
19	2020-12-18-00-14-02	380676	810163506	76	19.69	160443152	12.84
20	2020-12-18-00-14-02	390676	810163516	575	187.30	160443152	12.63
21	2020-12-18-00-14-02	624676	810163750	76	19.69	160443168	12.63
22	2020-12-18-00-14-02	861676	810163987	51	15.86	160443168	12.84
23	2020-12-18-00-14-03	685676	810164811	207	35.26	160443360	12.63
24	2020-12-18-00-14-04	671676	810165797	519	154.30	160443552	12.63
25	2020-12-18-00-14-04	800676	810165926	526	158.17	160443552	12.84
26	2020-12-18-00-14-05	492676	810166618	145	25.96	160443744	12.84
27	2020-12-18-00-14-06	346676	810167472	224	38.29	160443936	12.63
28	2020-12-18-00-14-06	708676	810167834	624	242.54	160443936	12.63
29	2020-12-18-00-14-07	101676	810168227	49	15.48	160444128	12.63

↑Actual data

1508 KB/day×13days

(12/13~12/25)

Use Python on Google Colaboratory

cosmic-watch-analysis-master.ipynb ☆

ファイル 編集 表示 挿入 ランタイム ツール ヘルプ 変更は保存されません

+ コード + テキスト | ドライブにコピー

• 2つのサンプルデータ間における100秒当たりの検出数のz検定を行う。

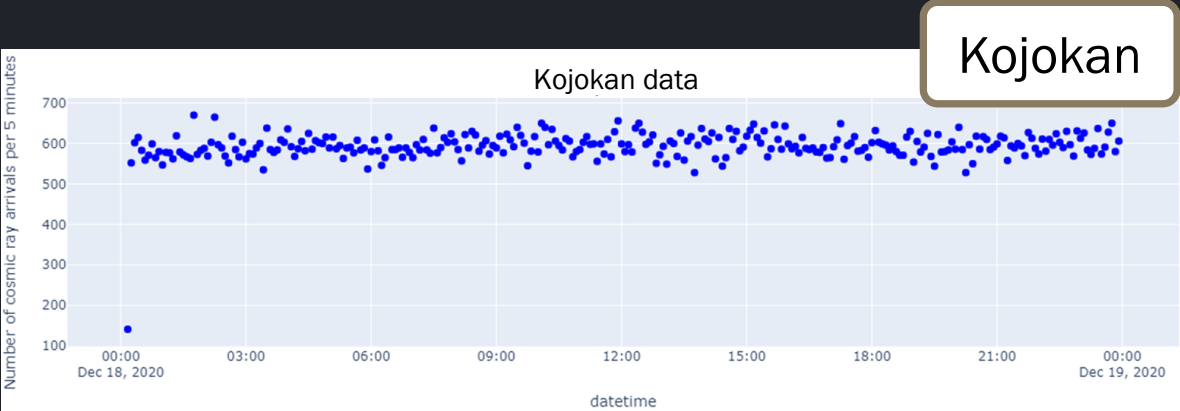
```
data1 = analysis.loadData('dataA') # dataにファイルの読み込み
ave_data1 = analysis.timeAverage(data1, 100) # 100sごとにデータを平均したave_dataをつくる
[mean1, stdev1, error1] = analysis.dataStatistics(ave_data1['num'])
print('1つ目のデータ 平均値:', mean1, '標準偏差:', stdev1, '標準誤差:', error1)
data2 = analysis.loadData('dataC') # dataにファイルの読み込み
ave_data2 = analysis.timeAverage(data2, 100) # 100sごとにデータを平均したave_dataをつくる
[mean2, stdev2, error2] = analysis.dataStatistics(ave_data2['num'])
print('2つ目のデータ 平均値:', mean2, '標準偏差:', stdev2, '標準誤差:', error2)
print('z値:', analysis.zTest(ave_data1['num'], ave_data2['num']))
plt.hist(ave_data1['num'], bins=25, alpha=0.5)
plt.hist(ave_data2['num'], bins=25, alpha=0.3)
plt.show()
```

1つ目のデータ 平均値: 121.62512077294686 標準偏差: 10.795108985445376 標準誤差: 0.3355497011468676
2つ目のデータ 平均値: 112.90314769975787 標準偏差: 11.05657625205254 標準誤差: 0.5440585498007218
z値: 13.644861038392586

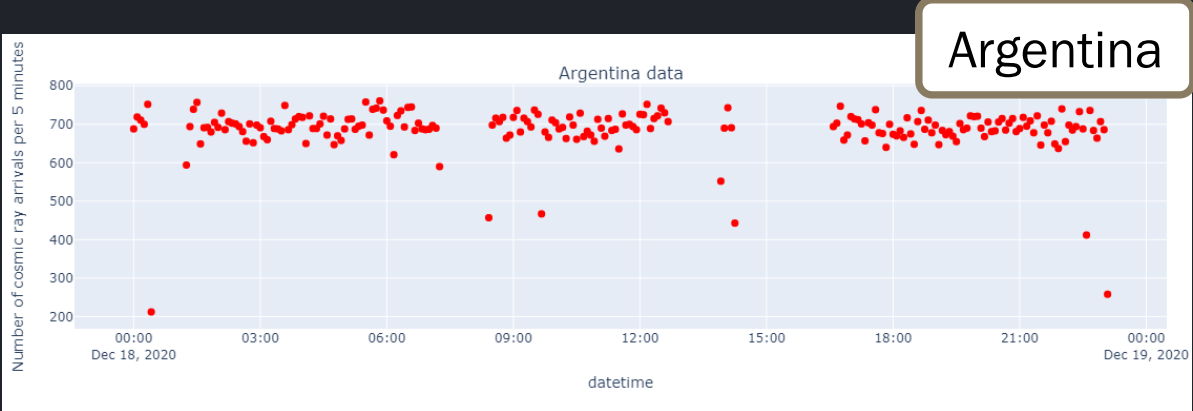
program

Comparison of muon rates

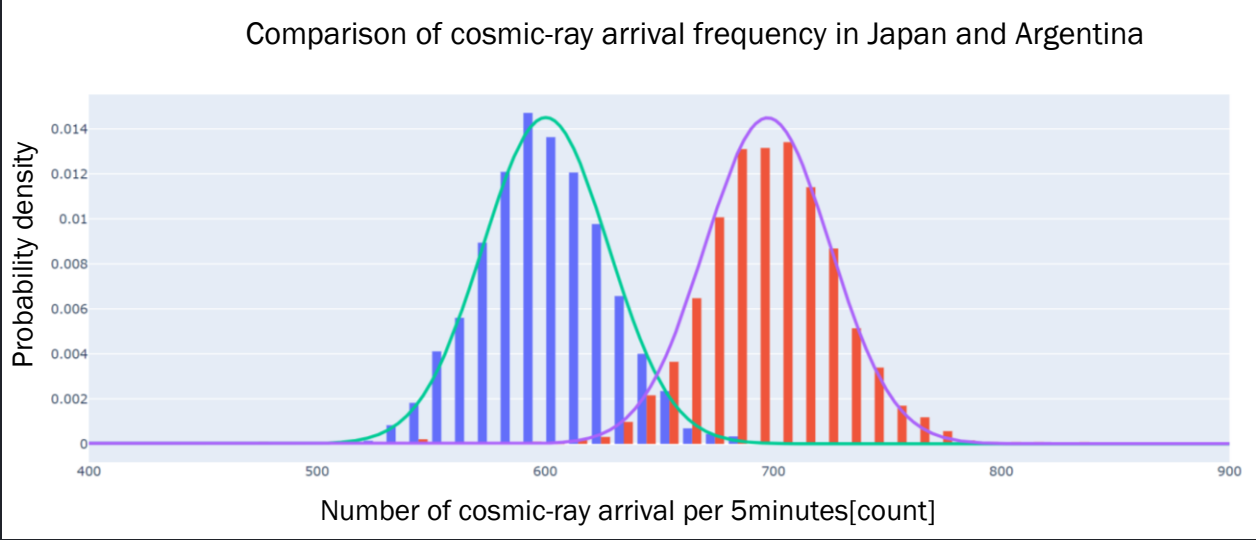
Number of arrivals per 5 minutes



Kojokan



Argentina

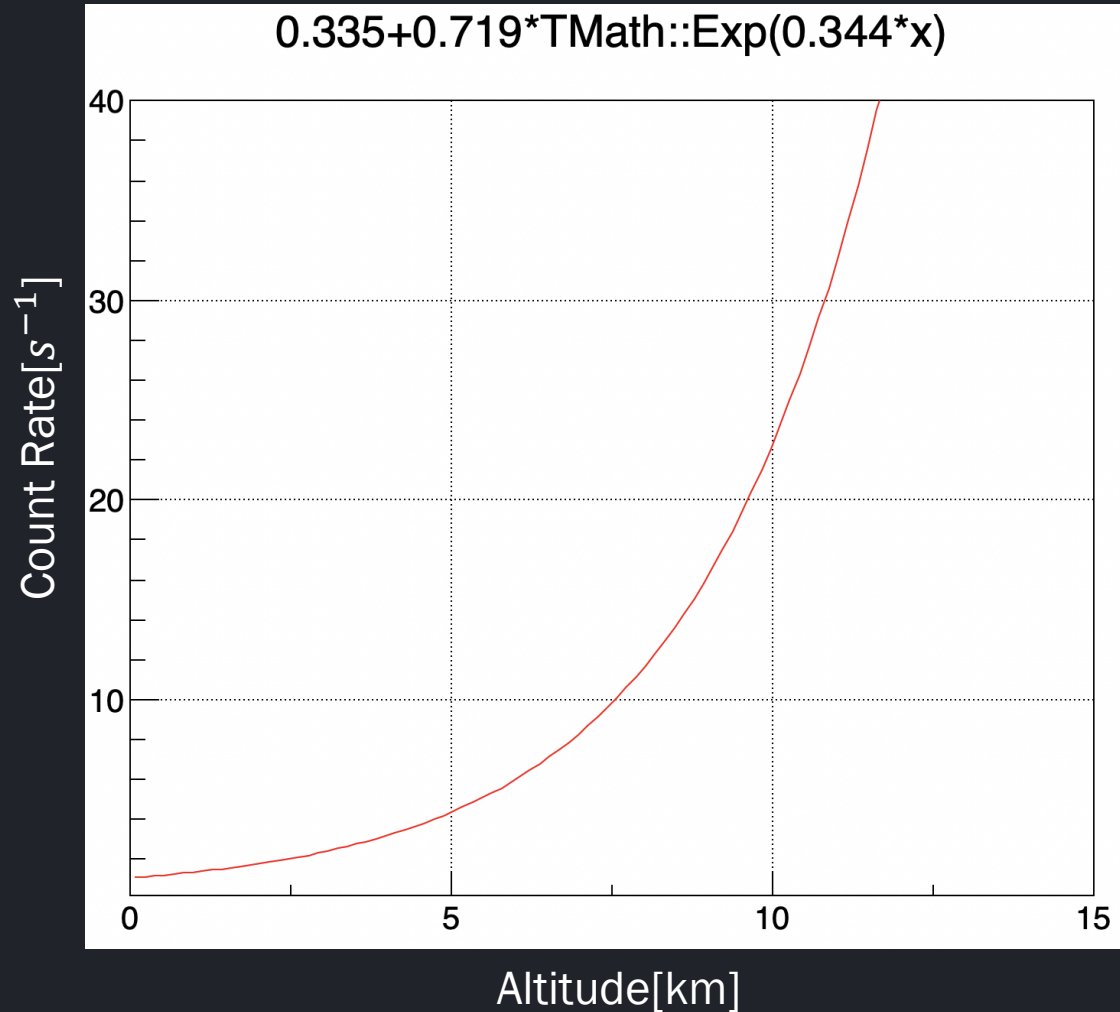


	A	mu	sigma
Kojokan	53.52	599.93	27.55
Argentina	27.14	697.5	27.79

- Kojokan data
- Argentina data
- Gaussian fitting (Kojokan)
- Gaussian fitting (Argentina)

significance of the difference in mean values
 → 2.5σ (confidence level is 99%)

Consideration



(S, N. G. Axani (2019), arXiv:1908.00146)

[Altitude]

Argentina 774 m

Kojokan 271 m



$0.335+0.719 \times e^{0.344x}$

Argentina 1.26(+12%)

Kojokan 1.12

Consideration

Average(Kojokan)

600

Average(Argentina)

700

16%

Altitude(12%)

4%

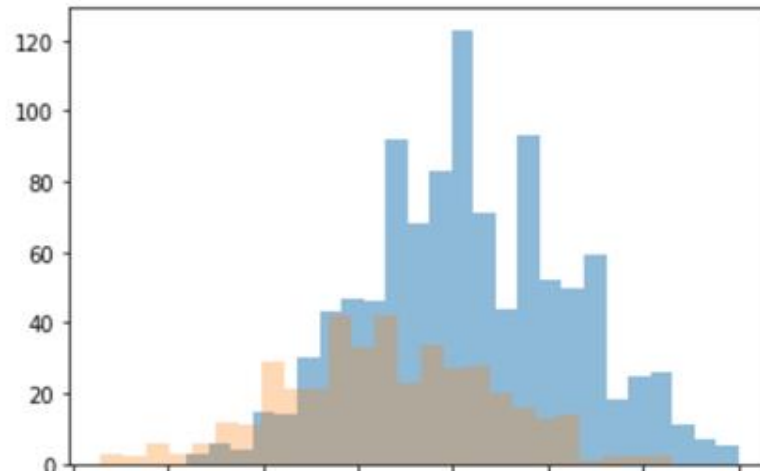


+ コード + テキスト | 📁 ドライブにコピー

- 2つのサンプルデータ間における100秒当たりの検出数のz検定を行う。

```
data1 = analysis.loadData('dataA') # dataにファイルの読み込み
ave_data1 = analysis.timeAverage(data1, 100) # 100sごとにデータを平均したave_dataをつくる
[mean1, stdev1, error1] = analysis.dataStatistics(ave_data1['num'])
print('1つ目のデータ 平均値:', mean1, '標準偏差:', stdev1, '標準誤差:', error1)
data2 = analysis.loadData('dataC') # dataにファイルの読み込み
ave_data2 = analysis.timeAverage(data2, 100) # 100sごとにデータを平均したave_dataをつくる
[mean2, stdev2, error2] = analysis.dataStatistics(ave_data2['num'])
print('2つ目のデータ 平均値:', mean2, '標準偏差:', stdev2, '標準誤差:', error2)
print('z値:', analysis.zTest(ave_data1['num'], ave_data2['num']))
plt.hist(ave_data1['num'], bins=25, alpha=0.5)
plt.hist(ave_data2['num'], bins=25, alpha=0.3)
plt.show()
```

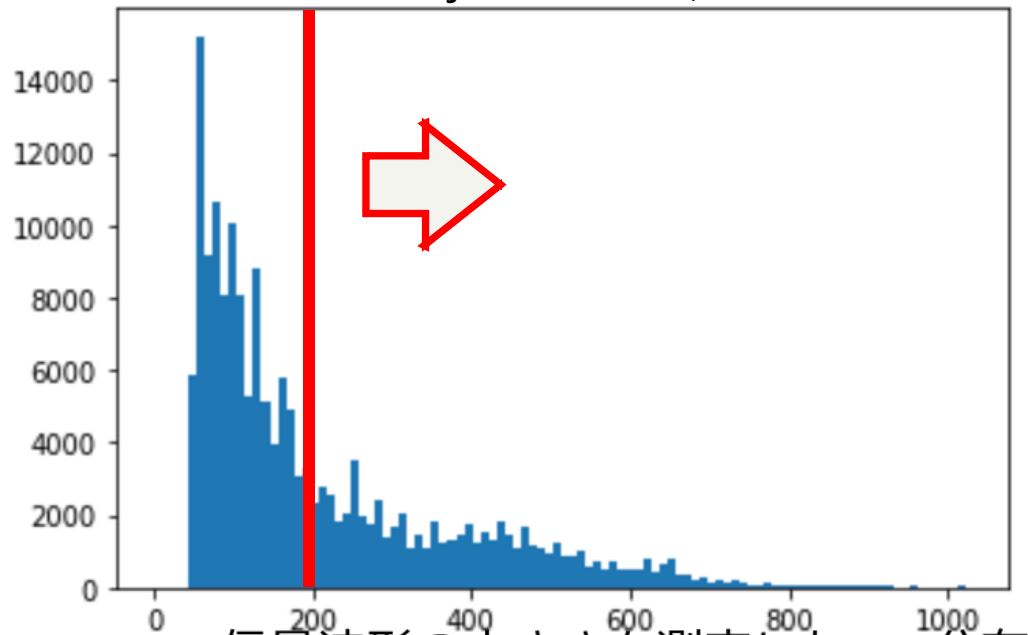
🚩 1つ目のデータ 平均値: 121.62512077294686 標準偏差: 10.795108985445376 標準誤差: 0.3355497011468676
2つ目のデータ 平均値: 112.90314769975787 標準偏差: 11.05657625205254 標準誤差: 0.5440585498007218
z値: 13.644861038392586



Select the data

```
▶ data = analysis.loadData('日本2020-12-17') #dataにファイルの読み込み  
plt.hist(data["adc"], bins=100)  
plt.show()
```

kojokan、17th, Dec 24h



信号波形の大きさを測定したADC分布

ADC less than 200

- varies with temperature
 - just grazed the edge of the detector
- Back Ground

South Atlantic Anomaly

南大西洋異常帯

出典: フリー百科事典『ウィキペディア (Wikipedia) 』

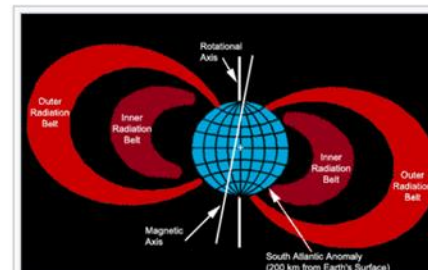
南大西洋異常帯（みなみたいせいよういじょうたい South Atlantic Anomaly, SAA）は、**ヴァン・アレン帯**における異常構造。**南大西洋異常域**、**ブラジル異常帯**などとも。

通常、内部ヴァン・アレン帯の最低高度は約1,000km以上であるが、SAAにおいては高度300から400km程度の**熱圏**にまで下がっている。そのため、同高度で比較すると**放射線量**が異常に多く検出される。SAAの成因としては、**地磁気軸**が**地軸**と11度傾斜していることがあげられる。この影響で、地球の磁場がブラジル上空で最も弱くなり、内部ヴァン・アレン帯がここで落ち込んで地球に最も接近する。このSAAは、1958年にアイオワ大学の物理学者**ヴァン・アレン**の研究によって発見された。またスプートニク1号のデータからもこの領域での放射線レベルが予想以上であり、ここで故障が起きたことが確認された。1960年代から70年代にかけて米空軍とNASAは22機の衛星を使って高度200から36,000kmまでの間のヴァン・アレン帯のマップを作成したが、このデータベースは現在でも使われている^[1]。

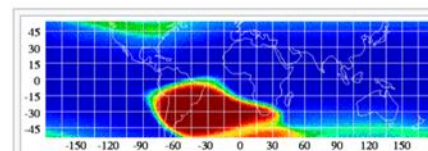
人工衛星/宇宙船にとって、SAAの存在は放射線被曝の点で問題であり、コンピュータのトラブルが起きやすい領域である。**国際宇宙ステーション**も防護策を取っており、宇宙飛行士は、放射線被ばく量を抑えるために、この領域を通過中は船外活動を行わないようにスケジュール調整が行われている（1日に2-5回ここを通過する）。また、**ハッブル宇宙望遠鏡**は、この上空通過時に故障が頻発することから、この域内を通過する際は主要な装置を停止させる予防措置の運用が行われている。

脚注 [編集]

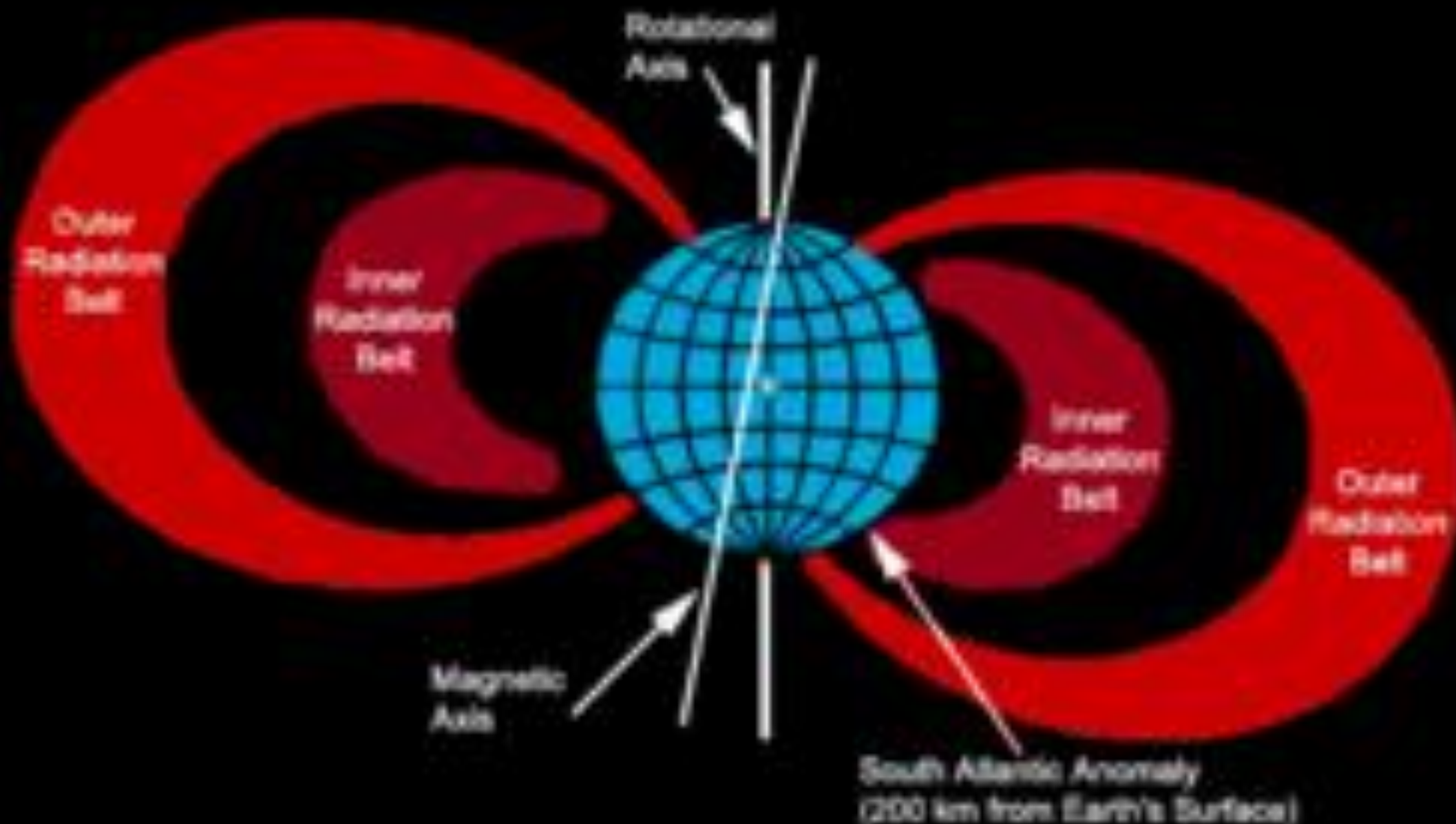
- ↑ “The Bermuda Triangle of Space: The High-Energy South Atlantic Anomaly Threatens Satellites”^[1]. Defensenews.com. (2013年3月12日) 2013年8月12日閲覧。



ヴァン・アレン帯の模式図。右下の矢印が南大西洋異常帯の位置を表す。

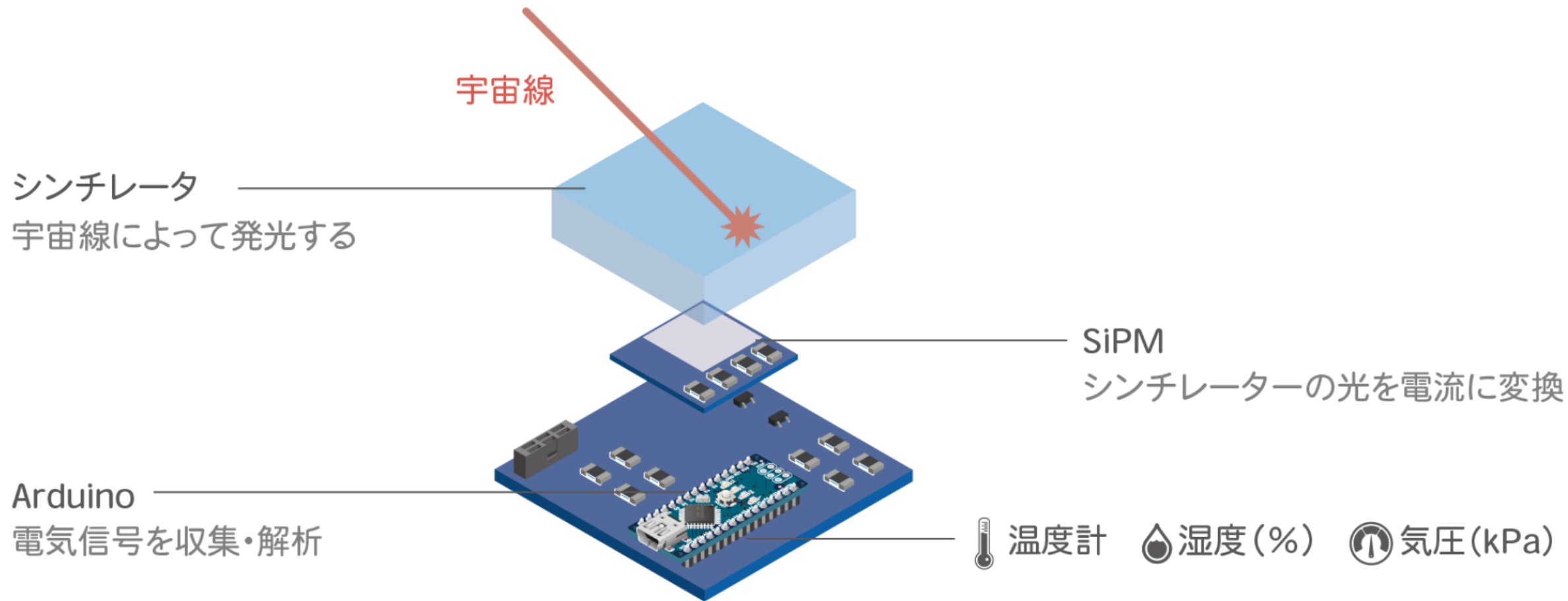


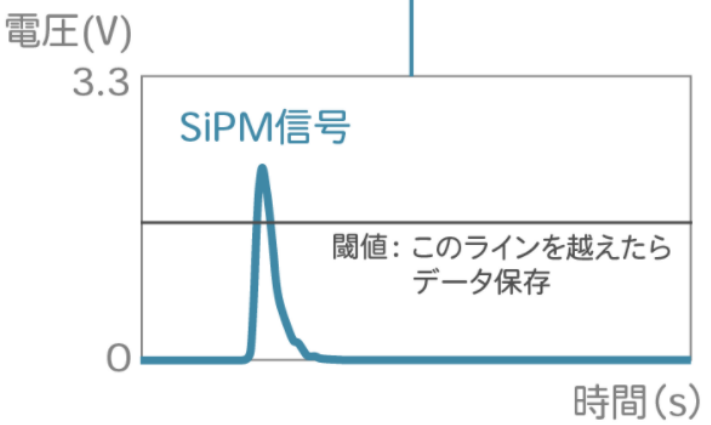
南大西洋異常帯の範囲



宇宙線検出器の仕組み

宇宙線検出器は下図のような構造になっています。宇宙からやってきた宇宙線がシンチレーターへと入ると、そのエネルギーからシンチレーターが蛍光を発します。その蛍光をSiPMという光検出して、その信号をArduinoでデジタル処理をします。





🕒 時間(ミリ秒)

🕒 処理時間(ミリ秒)

🌡 温度(°C)

💧 湿度(%)

📶 気圧(kPa)

保存データ

SiPM

ADC

time

deadtime

temp

hum

pres



Li Jie



Ana Prieto



Wakana Yanagimoto



Juan Wehinger



81906



臨時翻譯



謝辞

山形大学理学部理学科 中森 健之准教授

東北大学サイクロトロンアイソトープセンター 測定器研究部
田中香津生助教

東北大学 理学部 2年 齋藤隆太さん

東北大学 理学部 2年 河野 理香子さん