

宇宙機搭載用機器に対する 高エネルギー陽子線照射技術の開発 (乗鞍観測所利用)



(公財) 若狭湾エネルギー研究センター
(国研) 日本原子力研究開発機構
東京大学宇宙線研究所
(ド) ハセテック

久米恭 山東新子 水嶋慧
鳥居建男
瀧田正人
長谷川崇

H30東京大学宇宙線研究所共同利用研究成果発表会



時期がビミョー
(乗鞍利用時期と
干渉)

来年秋「医学物理学会」(福井) 大会長受任
よろしくをお願いします

内容

- 1、共同利用研究費の使途報告
- 2、研究の動機
若狭湾エネルギー研究センター(WERC)における
イオンビーム利用研究開発
- 3、雷由来放射線計測システムを用いた
イオンビーム線束技術開発
- 4、まとめ

1、共同利用研究費の使途報告

共同利用課題D05として採択下さりありがとうございました。

共同利用研究費10万円の使途＝旅費

乗鞍観測所のスタッフの
皆さんに感謝

				運賃	料	宿泊	日当	特記事	小計	
久米	7月2日	敦賀	松本	0	0		0	公用車		
		松本	乗鞍	0	0	0	2300	公用車		
		乗鞍	高山	0	0	0	0	公用車		
		高山	敦賀	0	0	0	0	公用車	2300	
水嶋	7月2日	敦賀	松本	0	0		0	公用車		
		松本	乗鞍	0	0	0	2300	公用車		
		乗鞍	高山	0	0	0	0	公用車		
		高山	敦賀	0	0	0	0	公用車	2300	
久米	8月1日	敦賀	乗鞍	0	0		0	公用車		
		乗鞍	敦賀	0	0	0	2300	公用車	2300	
山東	8月1日	敦賀	乗鞍	0	0		0	公用車		
		乗鞍	敦賀	0	0	0	2300	公用車	2300	
久米	8月7日	敦賀	高山	0	0	7800	0	公用車		
	8月8日	高山	敦賀	0	0	0	0	公用車		
		乗鞍	敦賀	0	0	0	2300	公用車	10100	
久米	8月28日	敦賀	高山	0	0	7800	0	公用車		
	8月29日	高山	敦賀	0	0	0	0	公用車		
		乗鞍	敦賀	0	0	0	2300	公用車	10100	
久米	9月19日	敦賀	乗鞍	0	0		0	公用車		
		乗鞍	敦賀	0	0	0	2300	公用車	2300	
山東	9月19日	敦賀	乗鞍	0	0		0	公用車		
		乗鞍	敦賀	0	0	0	2300	公用車	2300	
久米	9月26日	敦賀	乗鞍	0	0		0	公用車		
		乗鞍	敦賀	0	0	0	2300	公用車	2300	
山東	9月26日	敦賀	乗鞍	0	0		0	公用車		
		乗鞍	敦賀	0	0	0	2300	公用車	2300	
									合計	38600



敦賀・乗鞍間はWERC公用車
を運転して移動

年間日程H30

夏まで

タンデム復旧作業&乗鞍準備

夏季高山測定

7月から 9月まで 乗鞍観測所での測定
(夏季は節電のためシンクロで実験せず)

秋から現在

マシンタイム

(以前はJAEAふげんでも雷測定)

乗鞍（高地）での目的

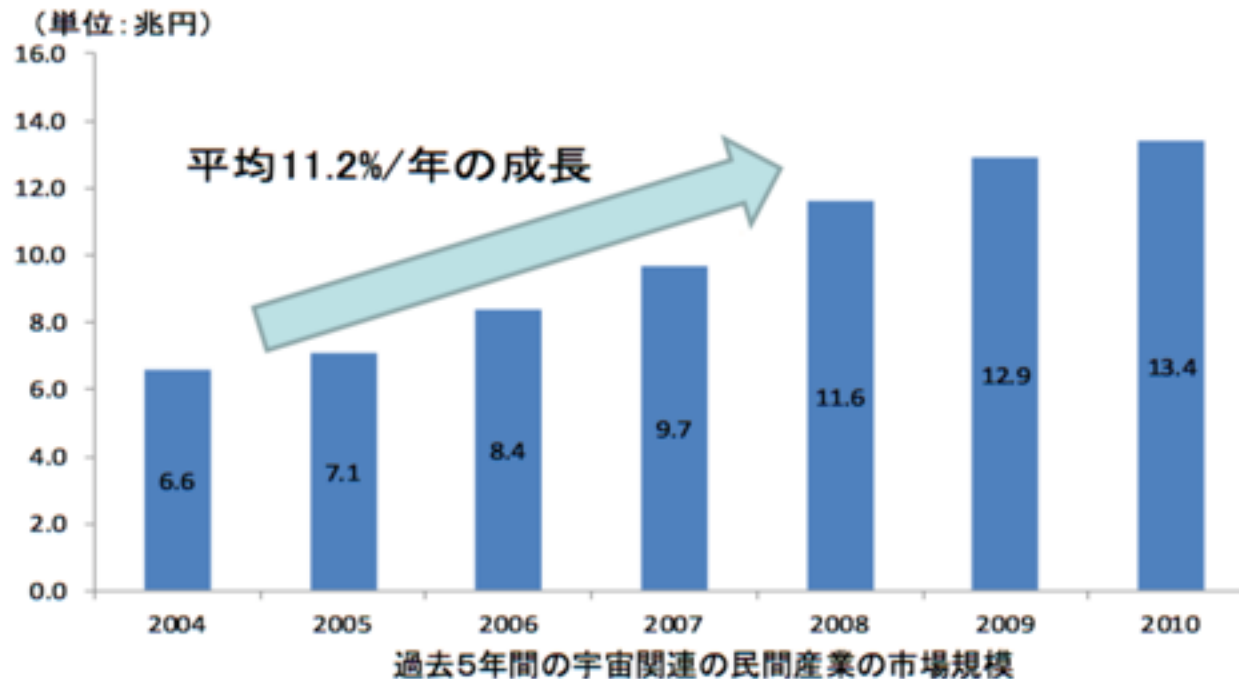
高エネルギー光子線の期待できる高山（乗鞍）で
光子線検出器のバックグラウンド測定を実施する
(雷測定も兼ねる)

2、研究の動機

若狭湾エネルギー研究センター(WERC)における イオンビーム利用研究開発

3. 世界の宇宙産業の動向

- 世界の宇宙関連の民間産業は、過去5年間で毎年平均10%を超える勢いで成長、今年年間13兆円規模のマーケット。
- マーケットは大きく分けて、①静止衛星(通信放送)②低中軌道衛星(リモートセンシング)③ロケット打上げサービスの3つの市場がある。



(出典: Satellite Industry Association State of the Satellite Industry Report(2011)を基に作成)

若狭湾エネルギー研究センター 多目的イオン加速器システム

大強度イオン注入器

5 MVタンデム加速器

マイクロビーム分析コース

イオン源

イオン分析コース

陽子線がん治療コース

マイクロビーム
生物コース

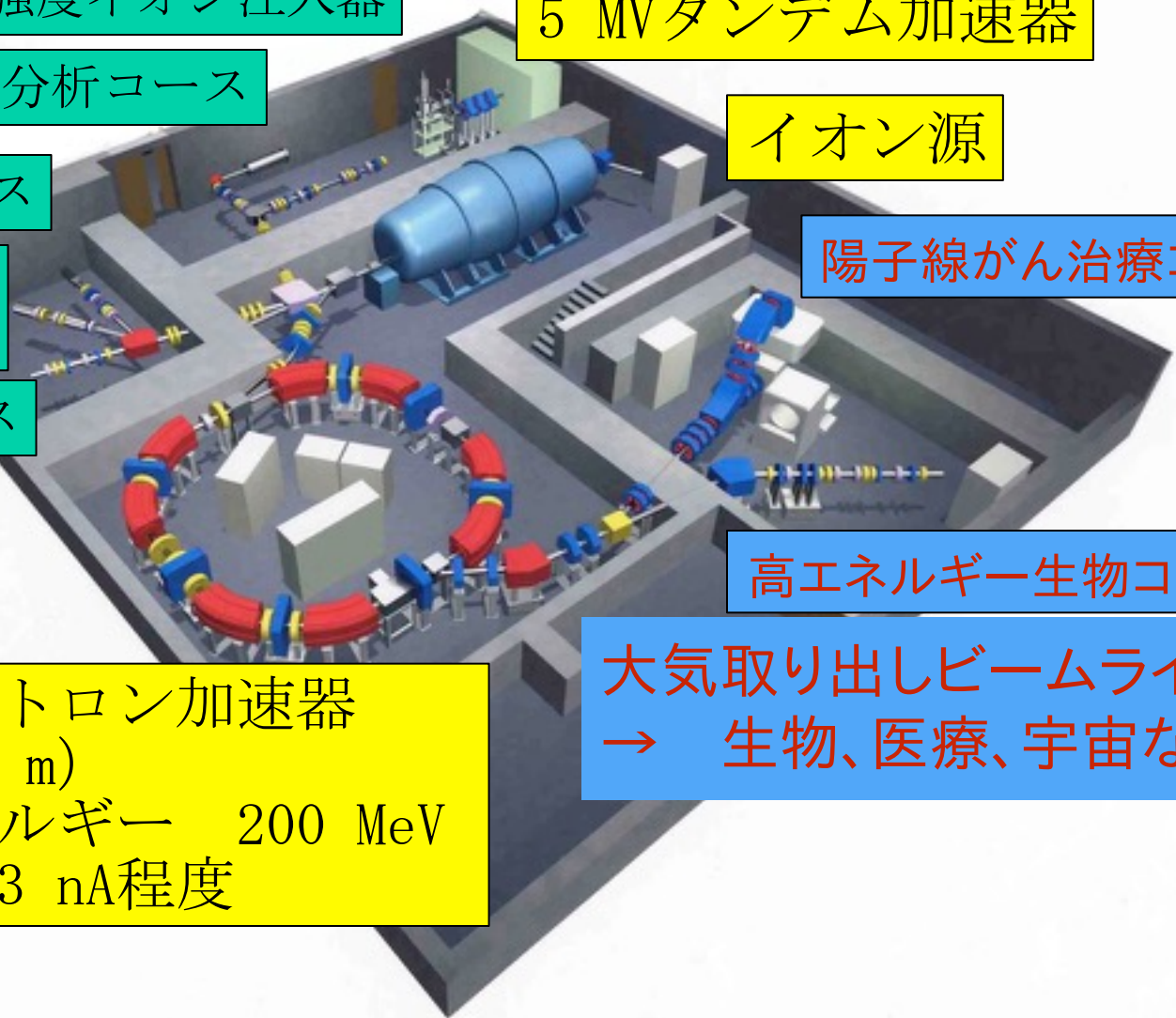
イオン注入コース

高エネルギー生物コース

シンクロトロン加速器
(直径10 m)

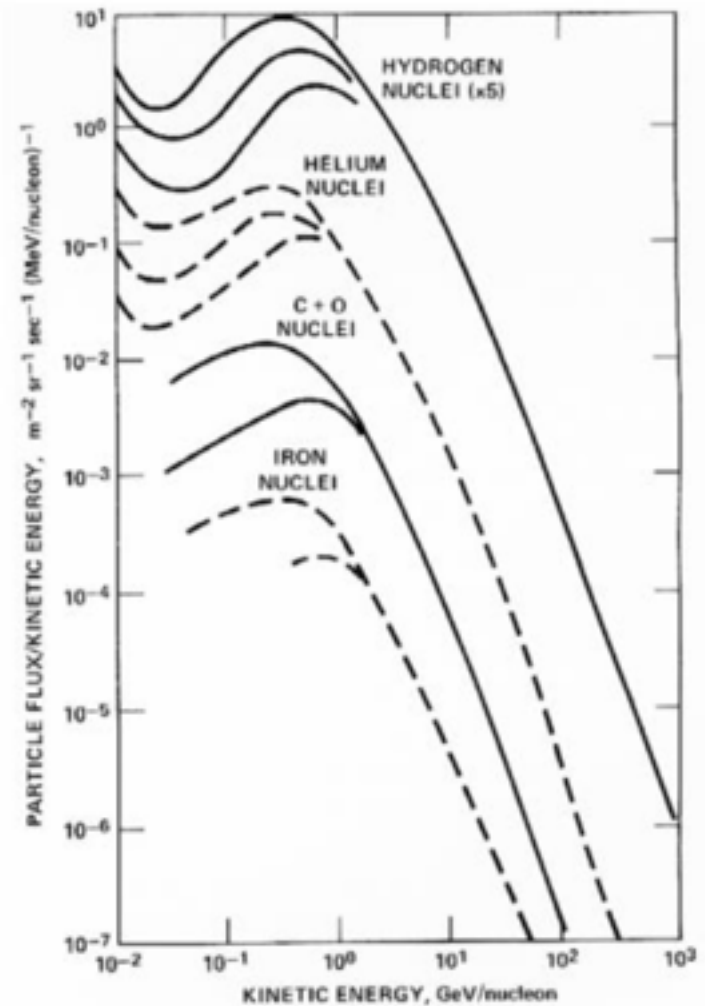
陽子エネルギー 200 MeV
電流値 3 nA程度

大気取り出しビームライン
→ 生物、医療、宇宙など



WERC高エネルギー生物コース 宇宙機搭載機器の宇宙線照射模擬実験実施状況

- ・ 宇宙線の主成分は陽子。
200 MeV近傍にピーク
- ・ WERC加速器は宇宙空間で使用するデバイスの評価に適している。（宇宙線模擬）
- ・ これまでに電子部品の放射線耐性評価、光学部品の陽子線応答評価等の実験を実施。企業ニーズ大。



宇宙線のエネルギー分布。

実験状況

地上での放射線耐性試験

- ・劣化試験

ガンマ線とともにイオンビーム（→WERC）利用。

宇宙でのレートも考慮して実施することも。

- ・シングルイベント評価試験

イオンビームが電荷として反応する際の評価。

宇宙でのレートを考慮して実施。

- ・装置側への要求

試料交換実施の容易性（→大気中での実験）。

上記目的に応じたビーム強度操作容易性。

H30年度 WERCマシンタイム抜粋（宇宙開発関係）

H29のタンデム故障からやっと復活

日付	核種	エネルギー	ビーム強度	実験名称	実施機関	実施形態
2018/7/6	He	220 MeV	50 pA	人工衛星搭載用半導体検出器とアナログ集積回路の耐放射線シミュレーション	金沢大学	共研
2018/9/10	p	80 MeV	1 nA	超小型衛星搭載用電子機器の放射線耐性調査	東京大学	共研
2018/9/13	p	80 MeV	1 nA	低軌道衛星搭載用光学システムの評価	A社	課金
2018/9/27	p	200 MeV	0.1 nA	宇宙放射線計測装置の放射線耐性試験	名古屋大学	共研
2018/9/28	p	200 MeV	0.1 nA	宇宙放射線計測装置の放射線耐性試験	広島大学	共研
2018/10/5	p	70 MeV	2 nA	GaN HEMTへのプロトン照射効果の調査	B社	共研
2018/11/12	p	200 MeV	0.1 nA～2 nA	SRAMのプロトンに対する放射線耐性の確認	C社	課金
2018/11/30	p	200 MeV	0.1 nA～1 nA	SRAMのプロトンに対する放射線耐性の確認	C社	課金

知財の関係で共研にできない場合は請負契約
労務費を積算して課金（法人運営にプラス）

3、雷由来放射線計測システムを用いた イオンビーム線束技術開発

課題

目的

100 MeV程度の陽子線を加速器から出射して大気中を輸送する際の二次粒子（ $(p, X\gamma)$ 反応等の γ 線）を検出し、一次粒子（陽子線）強度を非破壊的に決定する手段を開発する。

γ の発生場所はターゲット位置に限定せず、ビームライン全体を対象とする。

手段

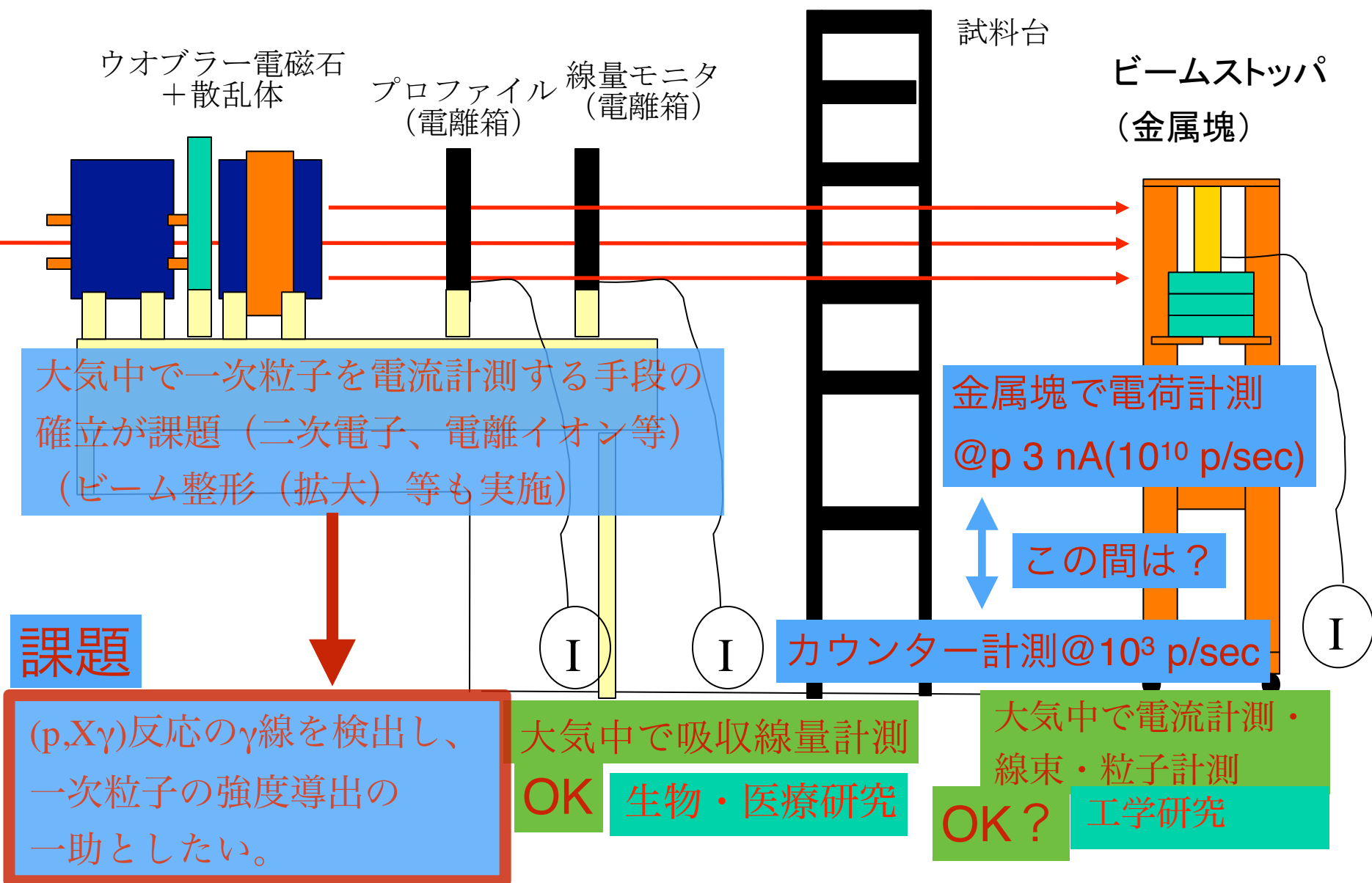
ビーム搬送時の光子線スペクトルを活用する。

雷由来放射線計測システムを使用する

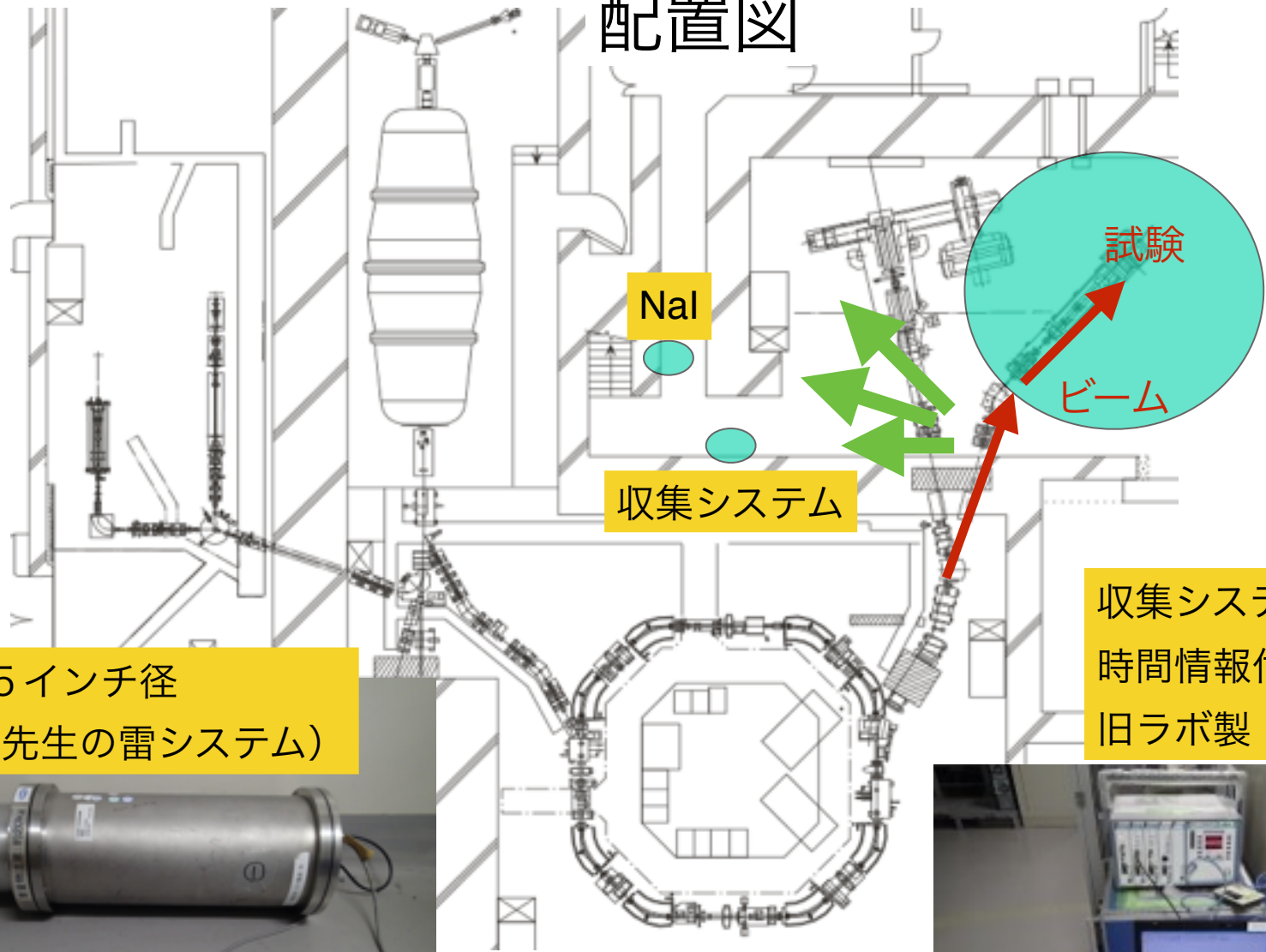
加速器では二次粒子検出 & 雷計測システムの動作検証

自然界では雷検出 & バックグラウンド測定

WERC高エネルギー生物コース 装置配置



配置図



NaI 5インチ径
(鳥居先生の雷システム)



遮蔽迷路の陰に配置

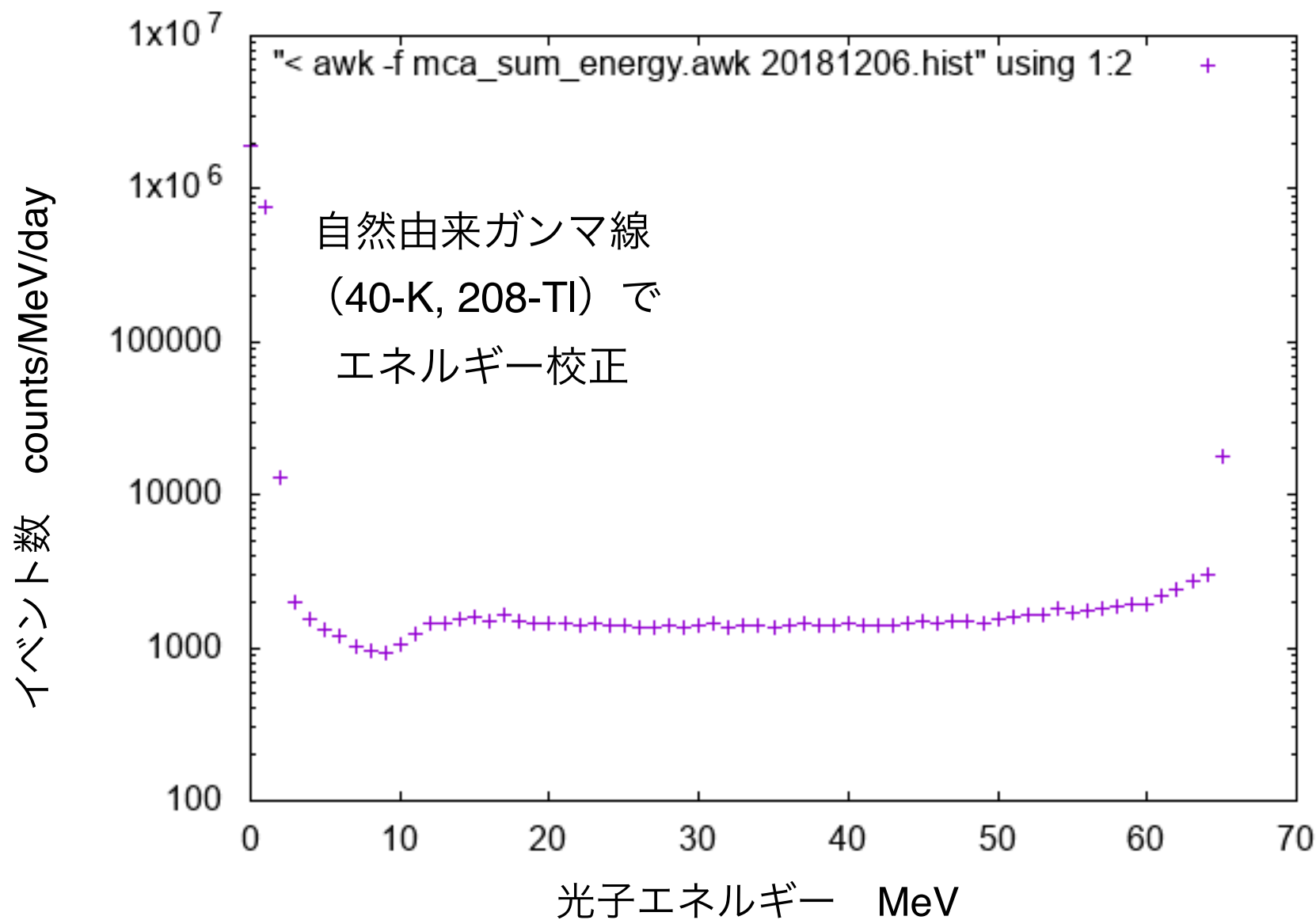
収集システム
時間情報付きADC
旧ラボ製



($p, X\gamma$)反応の光子を収集、
一次ビームの強度を同定する
電離箱での計測を補足したい

結果

光子線エネルギー分布（照射室 3 迷路） ビーム無しの日

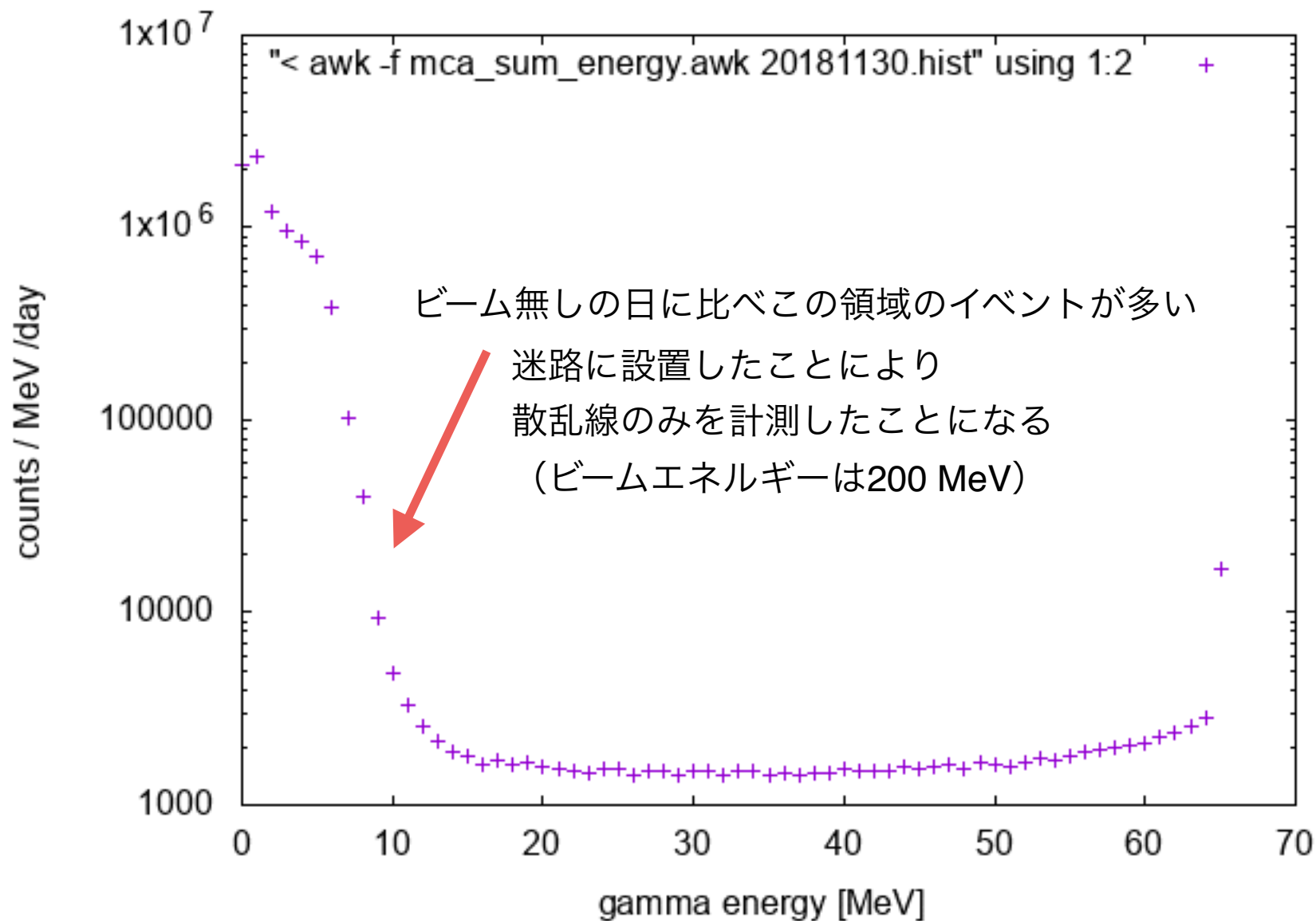


結果

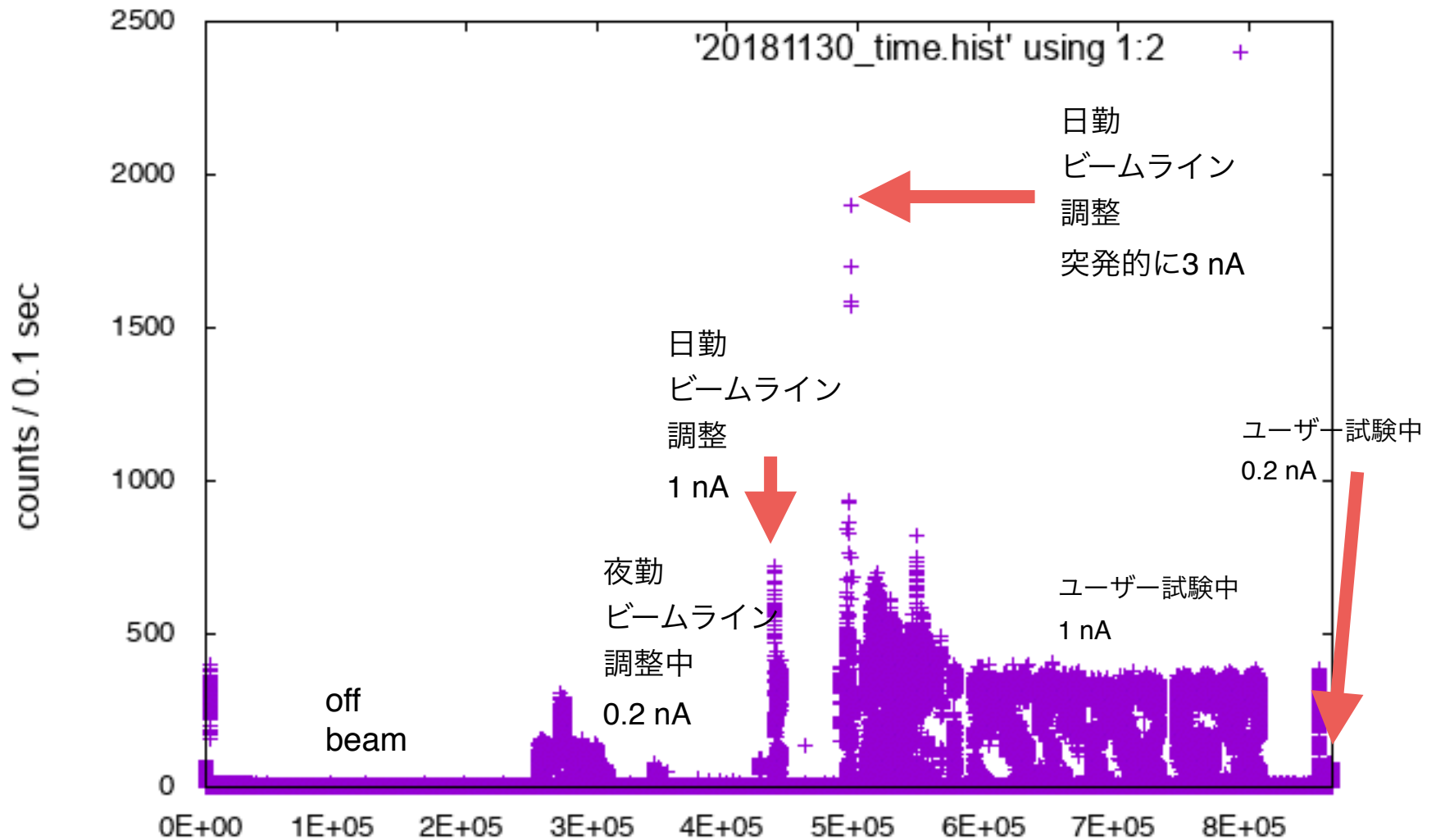
光子線エネルギー分布（照射室 3 迷路）

p 200 MeVマシンタイム日

Nal energy spectrum H30-11-30



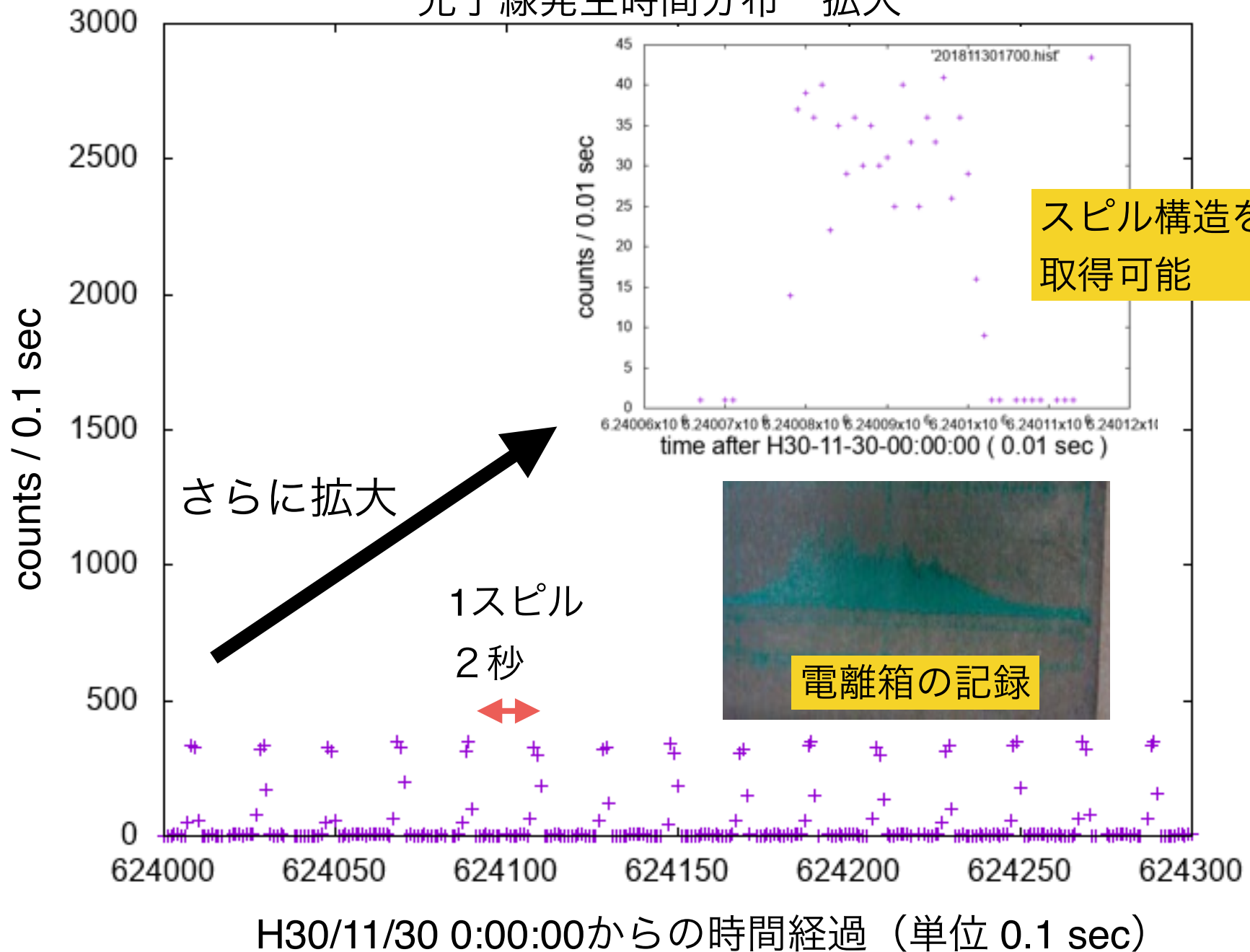
光子線発生時間分布（照射室3迷路）p 200 MeVマシンタイム日 time distribution of gamma



H30/11/30 0:00:00からの時間経過（単位 0.1 sec）

ビーム強度を反映する計測結果

光子線発生時間分布 拡大



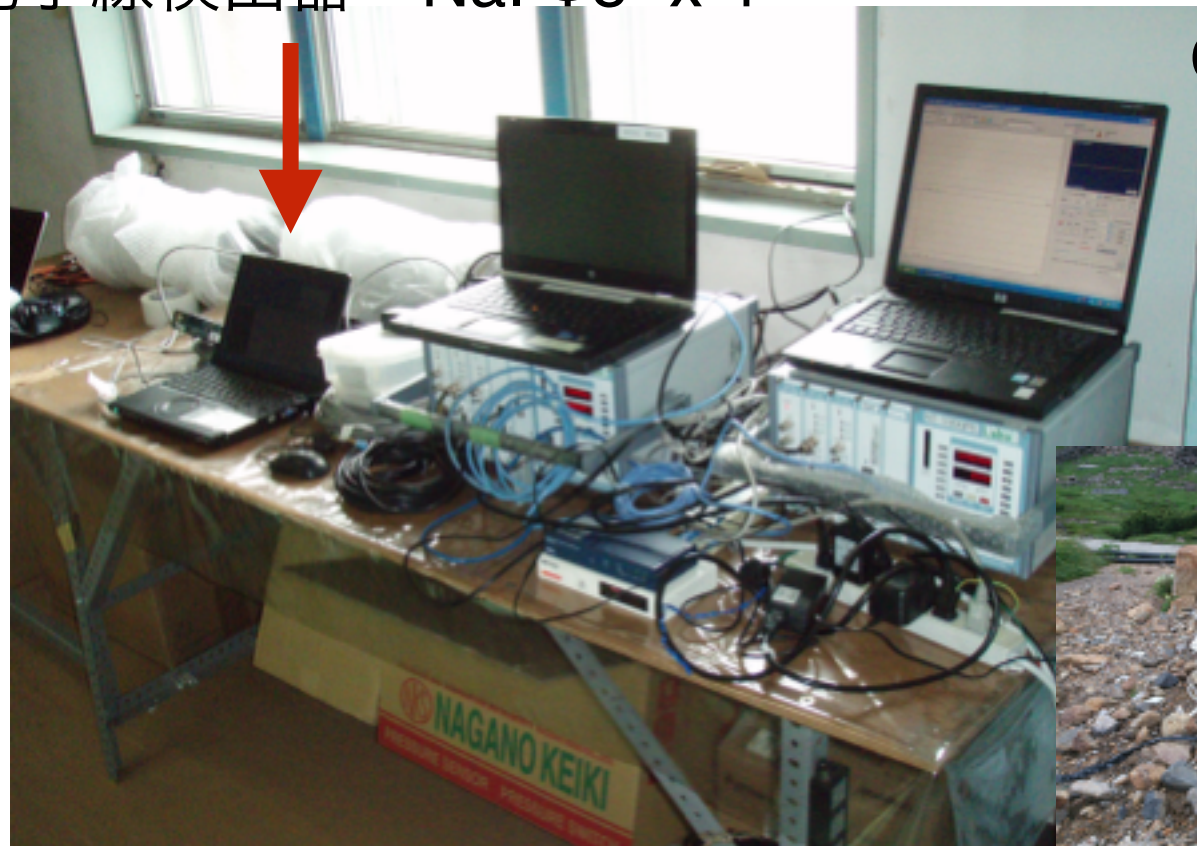
WERC観測まとめ

- ・ 設置場所の工夫によりNaIでビームの時間構造を取得可能である
- ・ NaIでビームモニタを構築可能である
- ・ 今後は測定可能なビーム強度のダイナミックレンジを検討する

夏季高山測定（乗鞍観測所）

鳥居先生の雷システム

光子線検出器 NaI $\Phi 5'' \times 4''$



GPS付ADC

ラボNT100-GPS

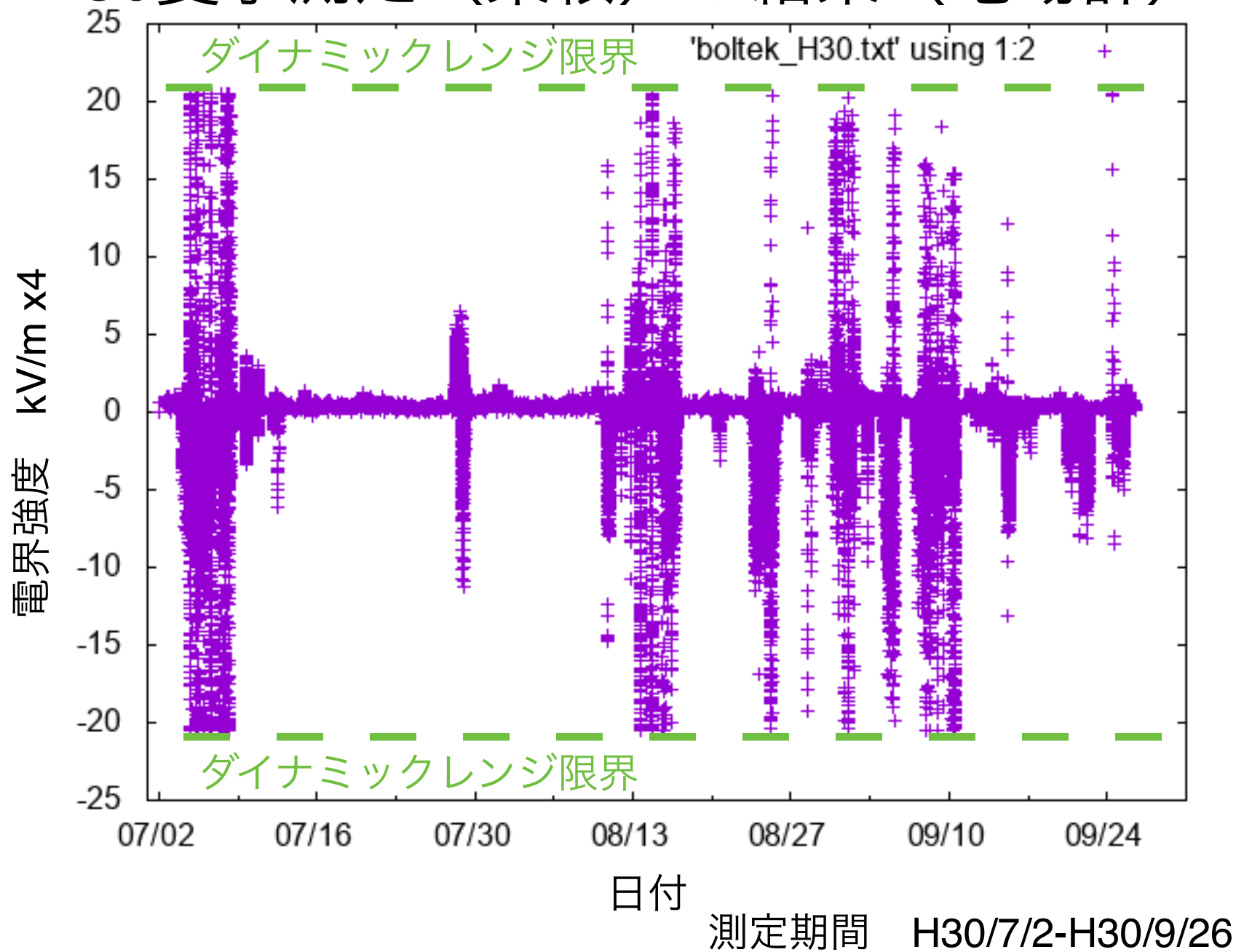
電場計



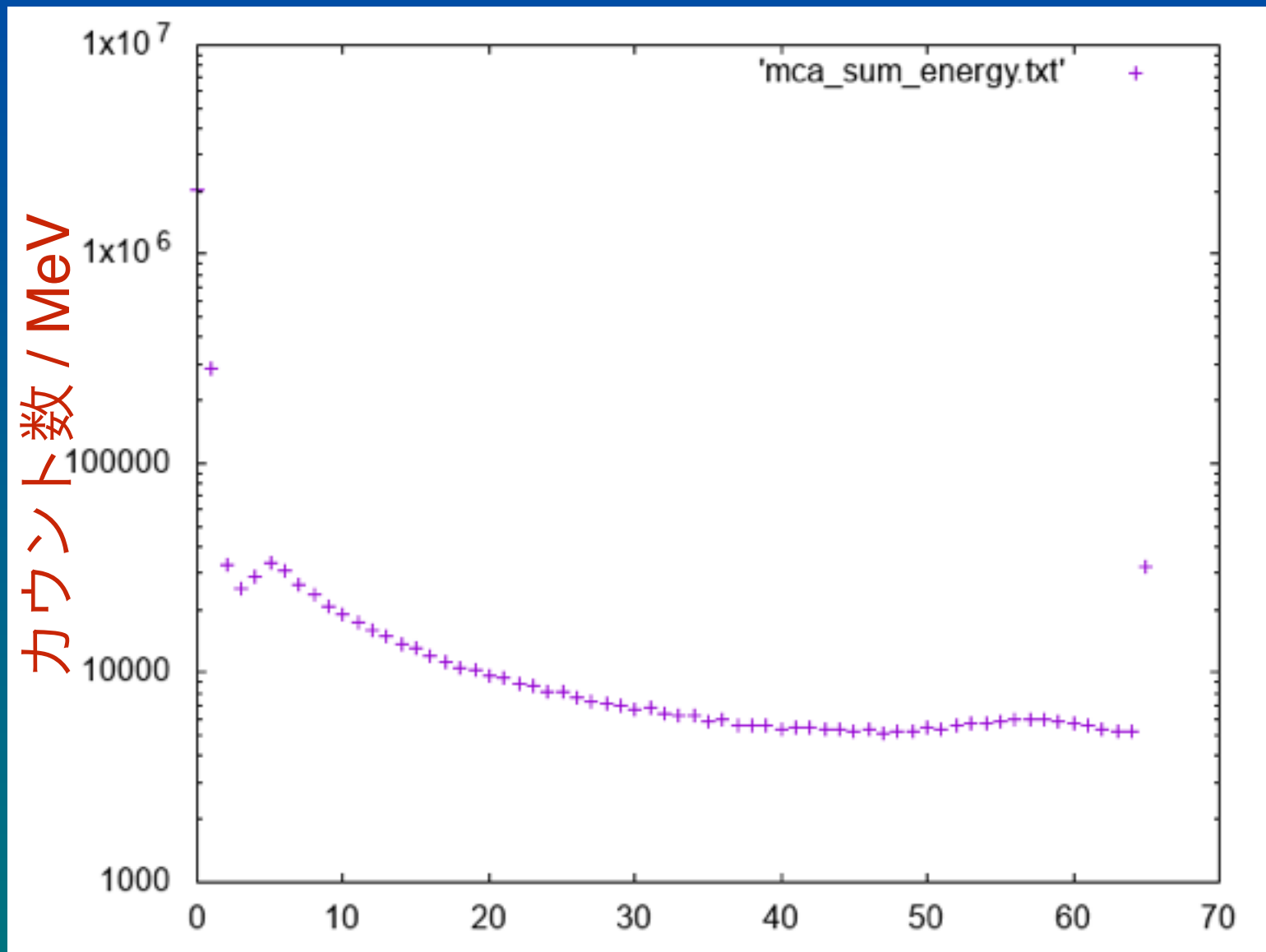
計測システム動作確認のために乗鞍観測所使用

H30/7/2-9/26

H30夏季測定（乗鞍）の結果（電場計）



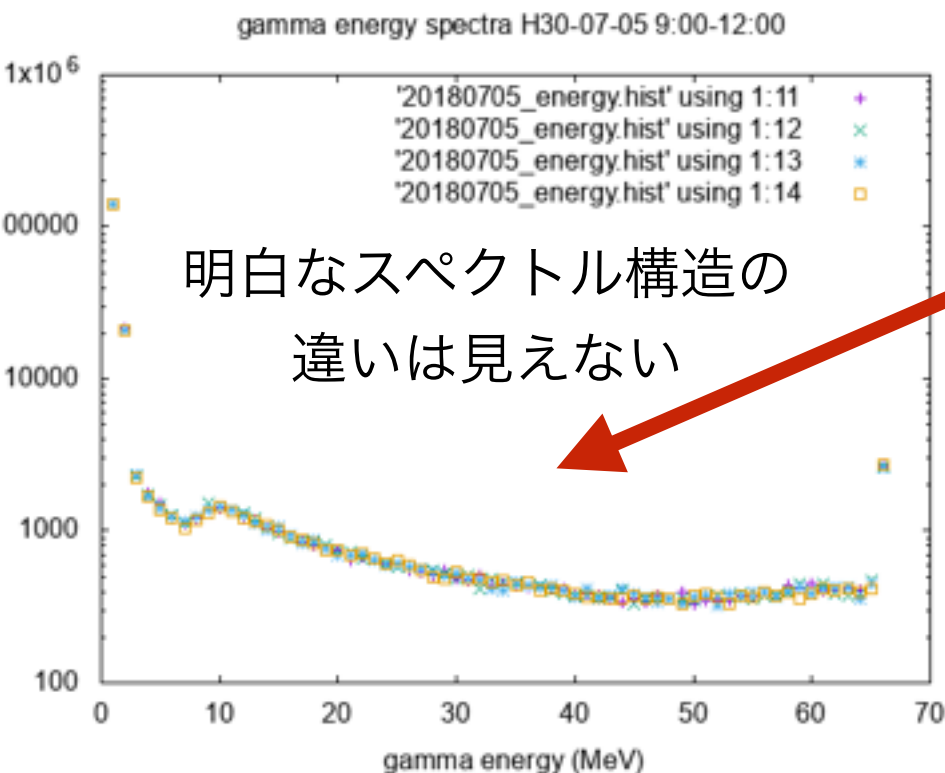
H30夏季測定（乗鞍）の暫定結果（NaI）



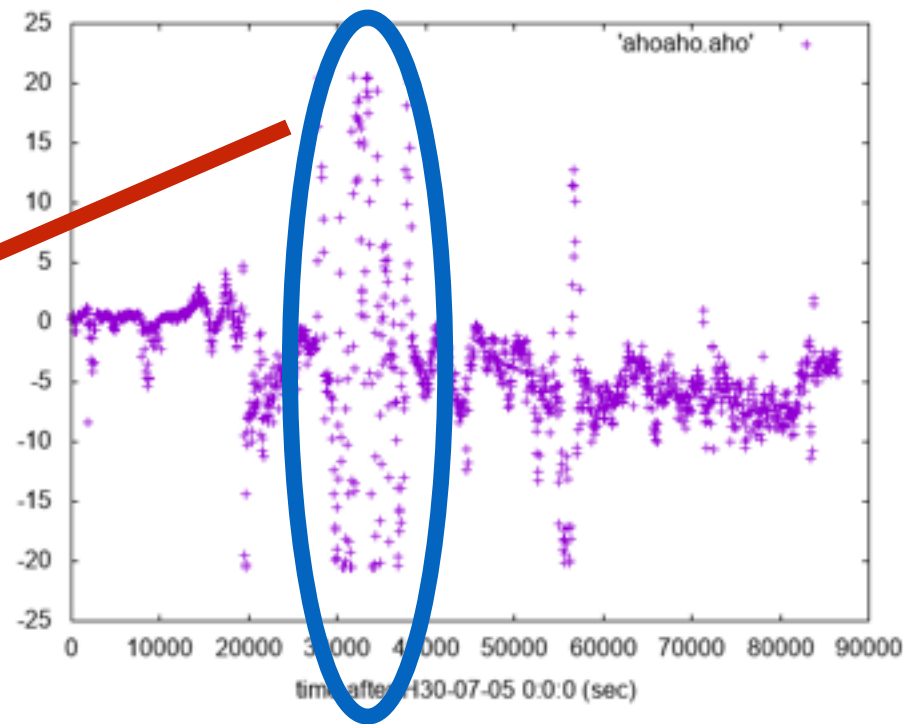
エネルギー MeV
7/2-9/26のNaI波高分布 積算値

電場強度＋光子線エネルギー観測例 (H30-07-05＝西日本豪雨、電場変動の激しい日)

光子線エネルギー



電場強度



- ・ 現在もデータは解析中
- ・ 明白な雷放射線のデータは見つかっていない

乗鞍観測まとめ

- ・ 現在もデータは解析中
- ・ 2ヶ月の運用で雷測定NaIシステムのゲインは安定
- ・ 明白な雷放射線のデータは見つかっていない
- ・ スタッフ各位からは雷の直視情報は伺っていない

まとめ

- ・ WERCにおける宇宙線模擬試験環境提供用の非破壊
ビームモニタを開発するため雷測定用NaIの活用を試みた。
NaIでビーム強度の同定が可能であることを示すデータを得た。
今後も継続して試験をおこないダイナミックレンジを確認する。
- ・ 乗鞍では雷測定用NaIシステムの長期運転試験をおこない、
システムの安定稼働を確認した。
明白な雷由来光子線イベントは確認されていない。
- ・ H31年度については学術大会主催も重なること等から、
共同利用申請を躊躇している。

ご清聴ありがとうございました。