

V337a 日本天文学会2025秋季年会

CTAO大口径望遠鏡による
宇宙線観測に向けた
解析手法の検討:

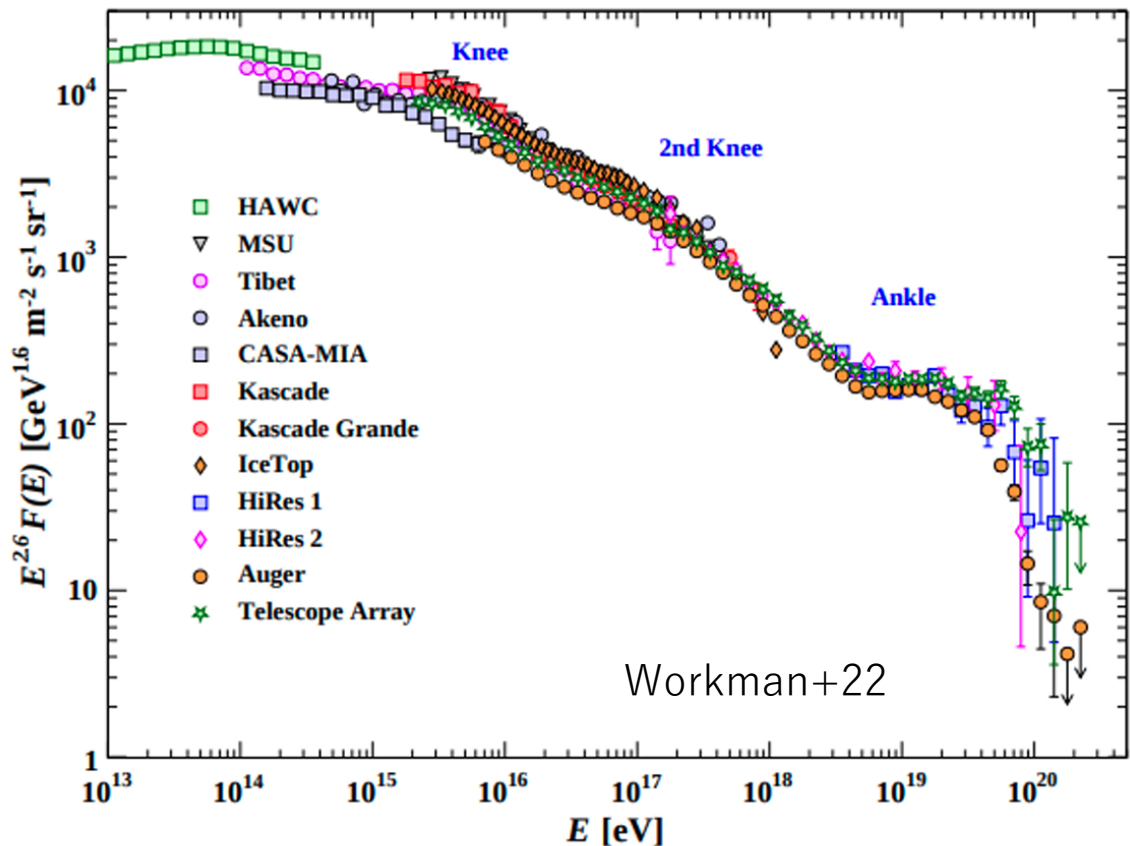
サチュレーションした PMT光電子数の補正

橋爪大樹, 須田祐介, 水野優風(広島大学),
野崎誠也, 窪秀利, 齋藤隆之, 猪目祐介(東京大学),
山本常夏(甲南大学), 郡司修一, 中森健之(山形大学)

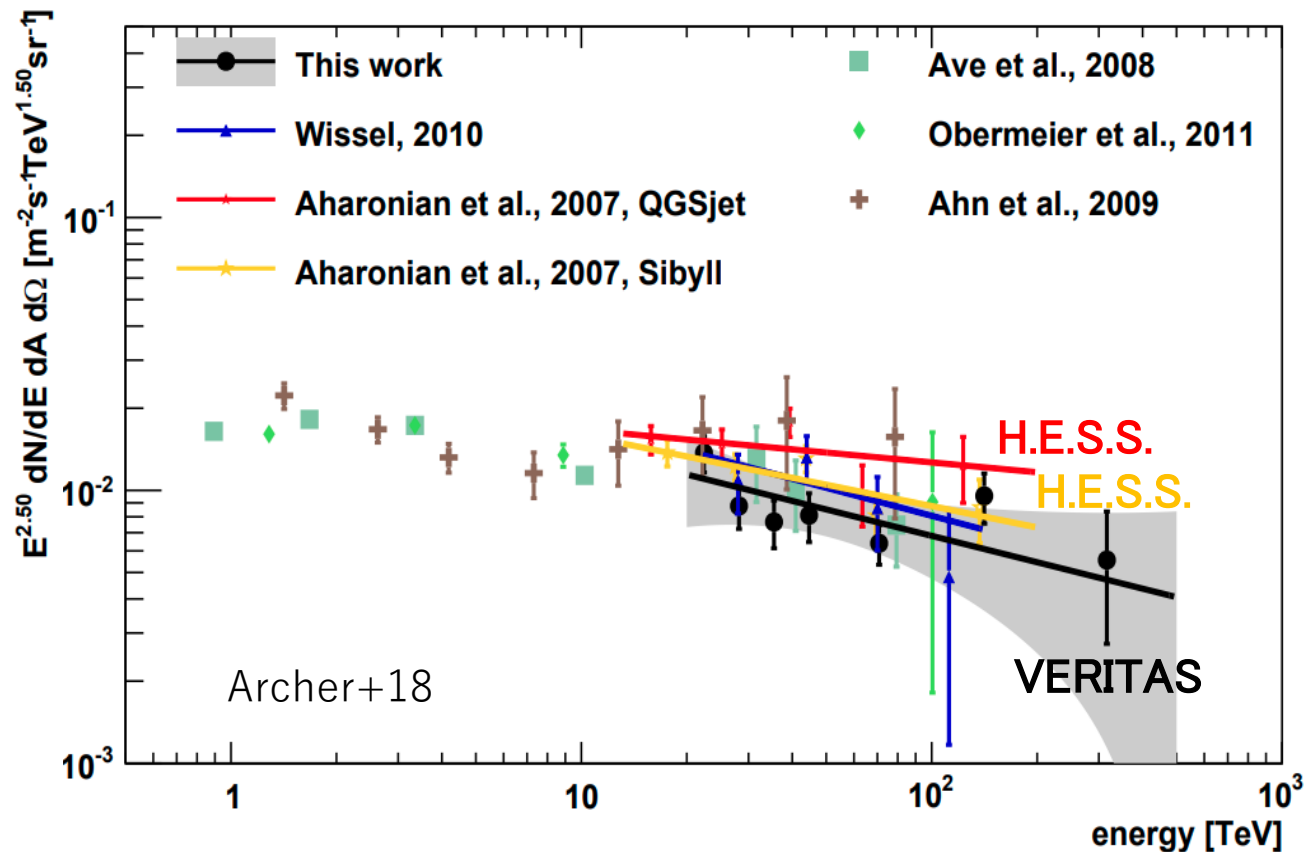


Introduction

宇宙線スペクトル

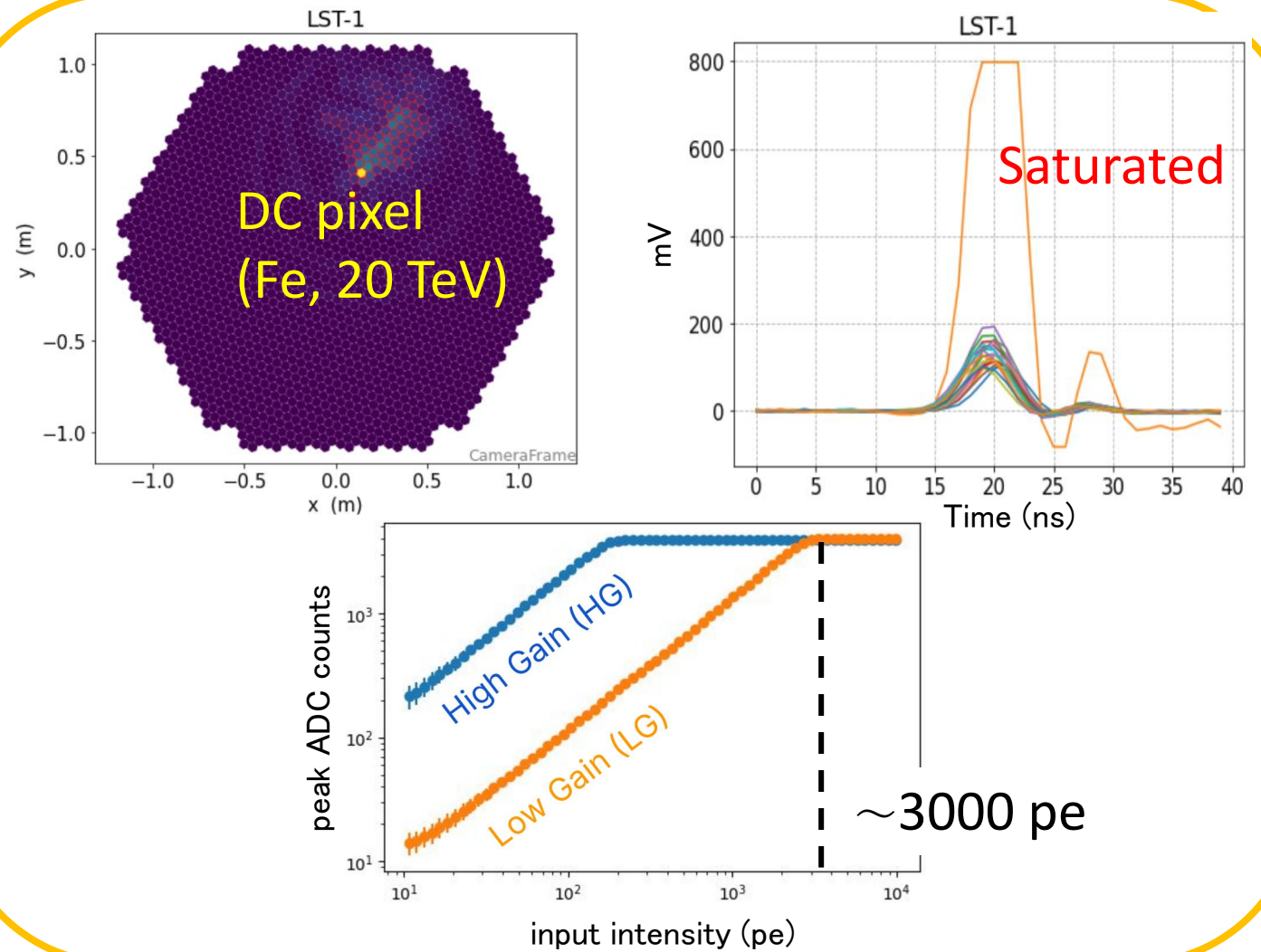
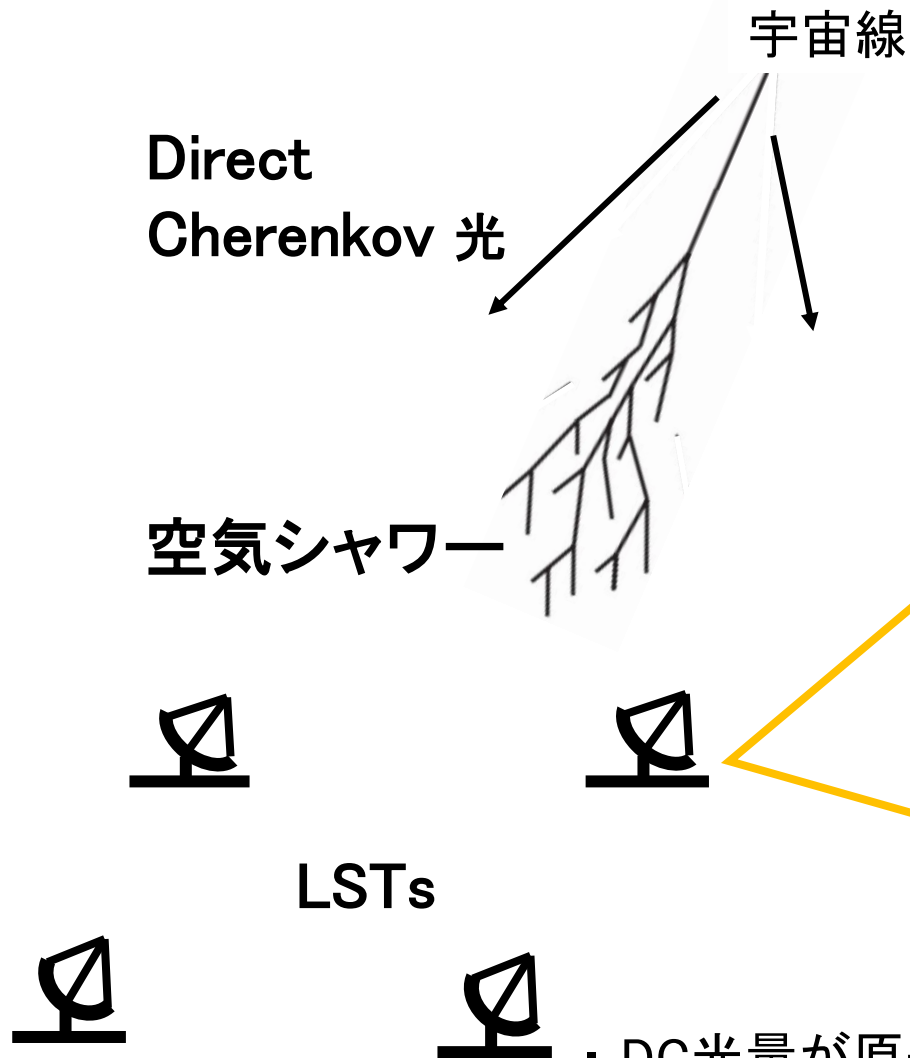


VERITAS, H.E.S.S.の宇宙線鉄スペクトル



- sub-PeV帯の宇宙線組成は銀河系内宇宙線の起源を知る上で重要
- Direct Cherenkov (DC) 光の測定で、H.E.S.S.とVERITASが~200 TeVまでの宇宙線鉄を検出
- CTAO-LSTによる高精度な宇宙線鉄観測が求められる

Introduction



- ・ DC光量が原子番号の2乗に比例することを利用して電荷(元素)を推定する
- ・ 数千光電子でサチュレーションを起こし、DC光量を過小評価してしまう
- ・ サチュレーションしたイベント(DCピクセルの4割ほど)の光電子数を補正したい

Study Flow

1. サチュレーションを起こした際の挙動を理解する

本講演内容

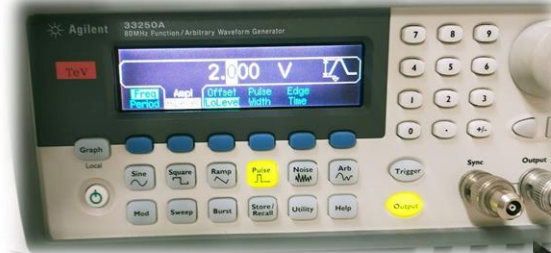
- ・ サチュレーションを起こした際に相関のあるパラメータは何か？
→ (1)パルスジェネレータ実験
- ・ どれくらいの光電子数まで補正できそうか？
→ (2)レーザー照射実験

2. どのように補正するか

- ・ モンテカルロシミュレーションへの反映

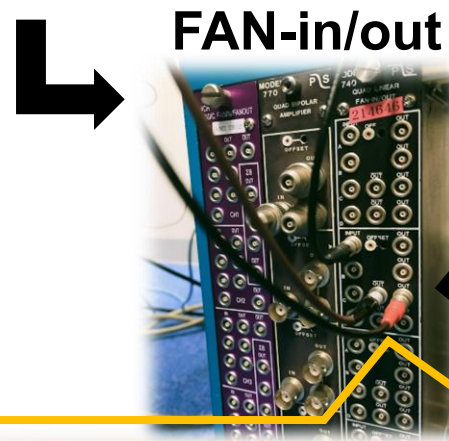
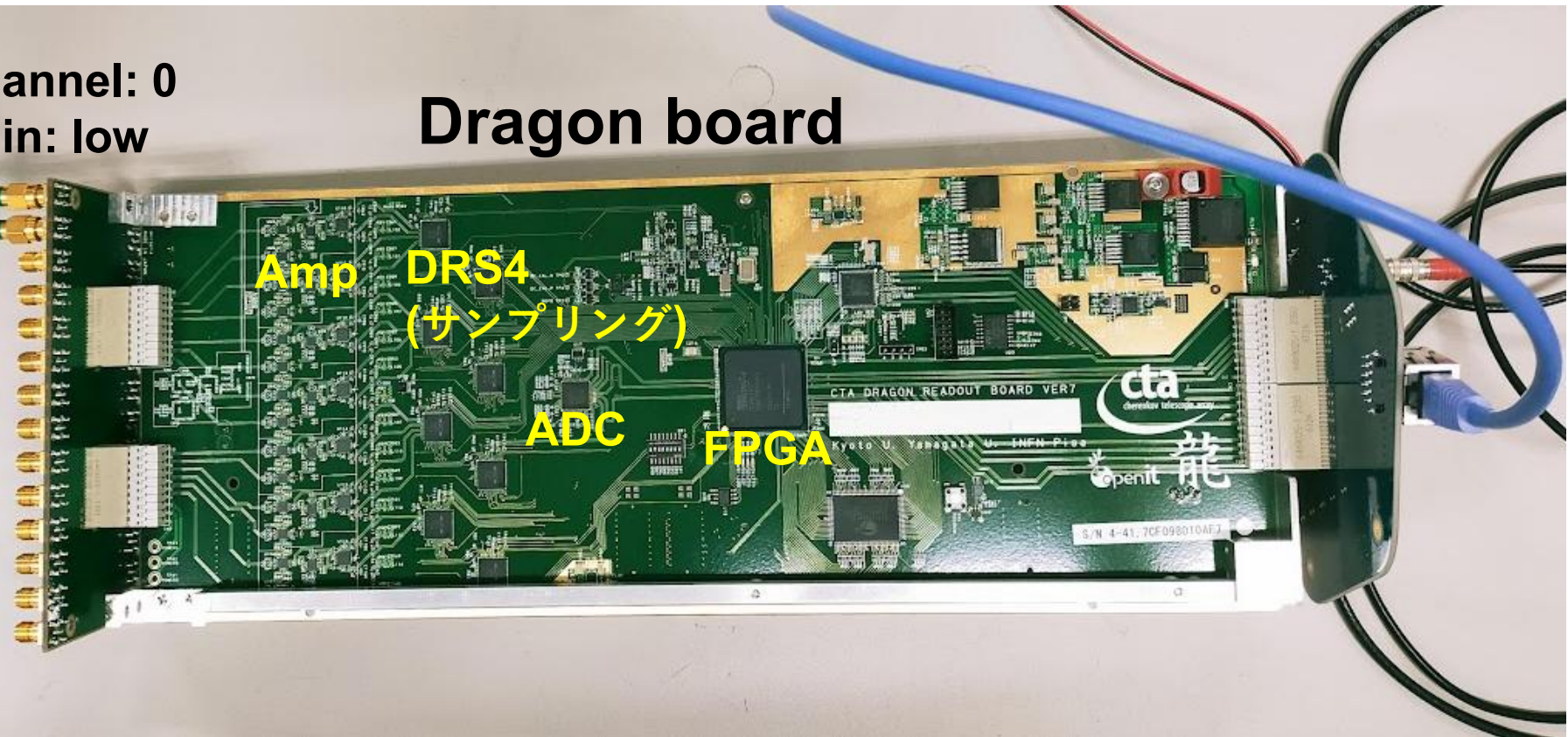
Setup パルスジェネレータ実験

Pulse Generator



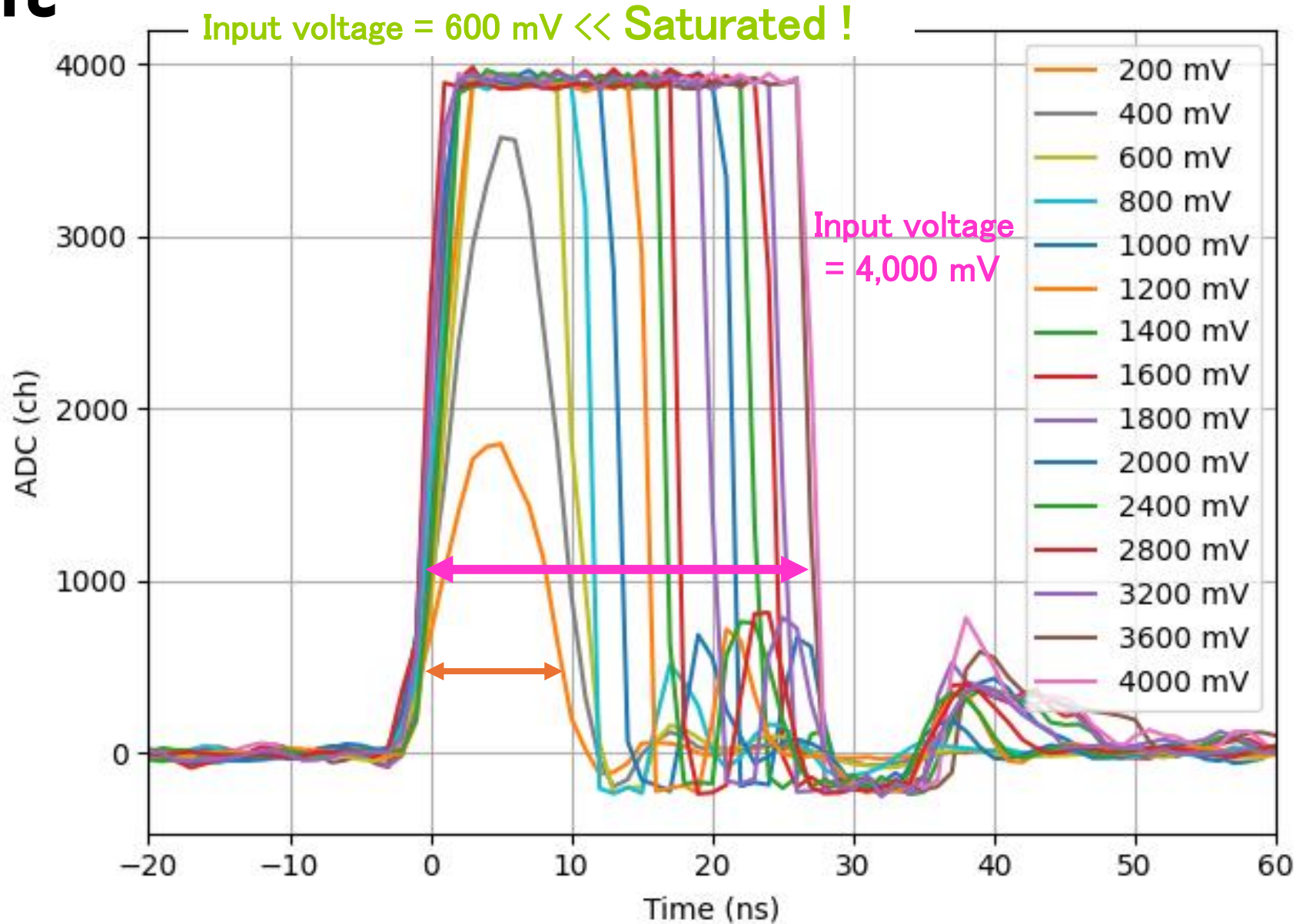
Channel: 0
Gain: low

Dragon board



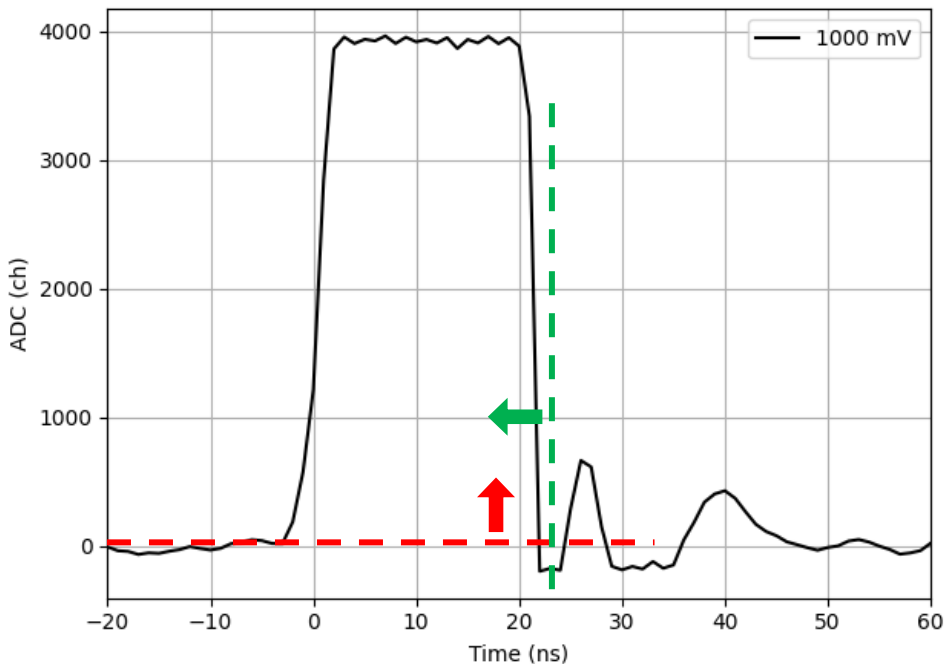
- Input voltage: 200, 400, 600, ..., 10,000 mV
- Width: 8 ns

Result

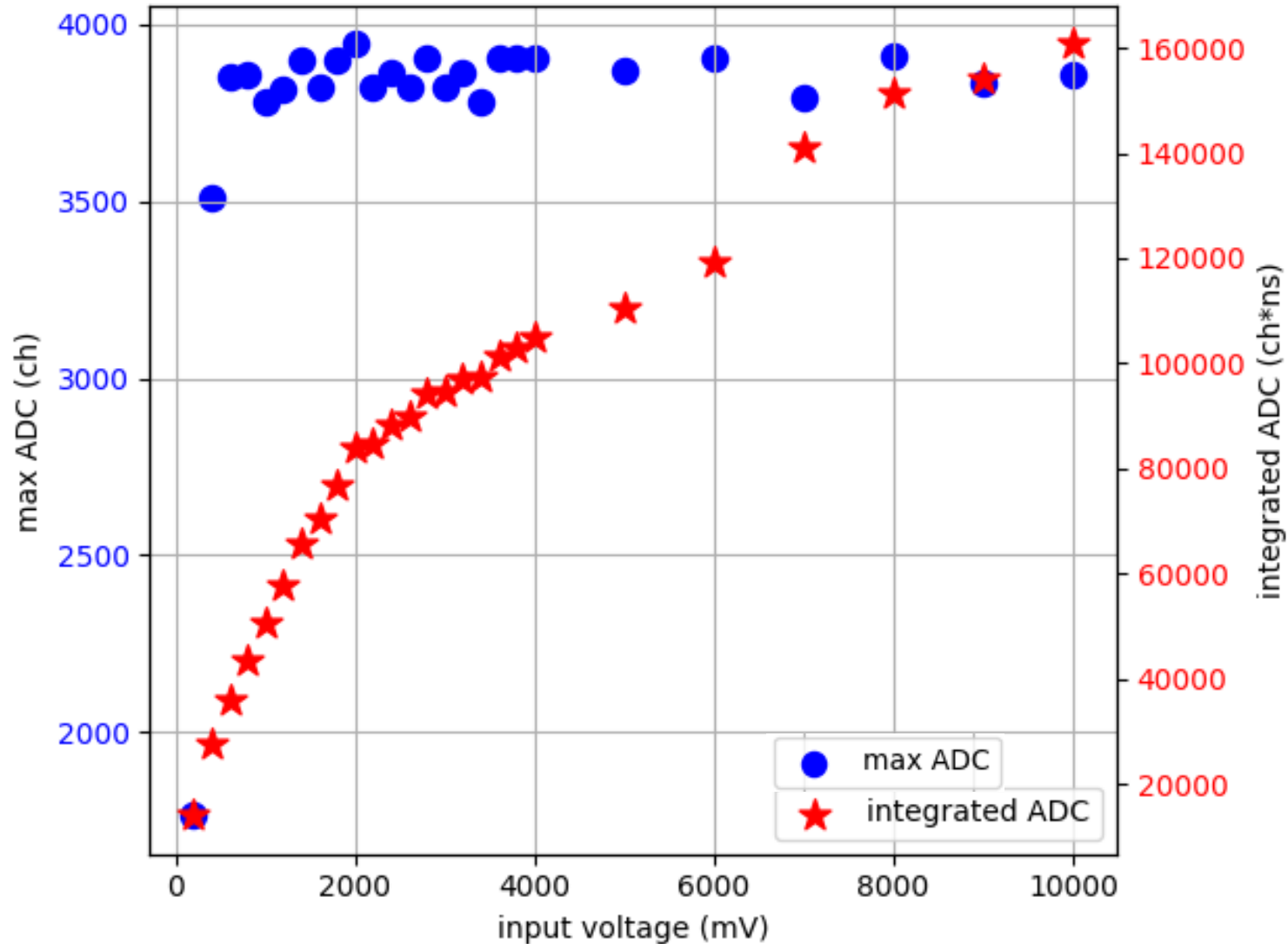


メインパルスがサチュレーションした後も、パルス幅が増加していく

Result

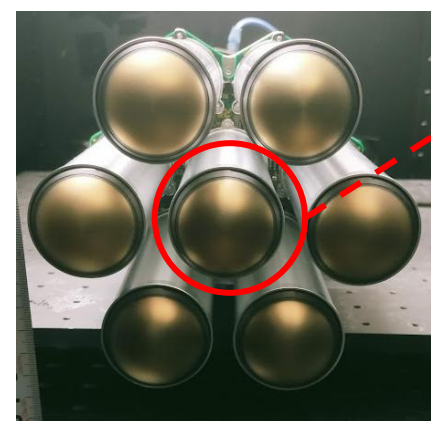
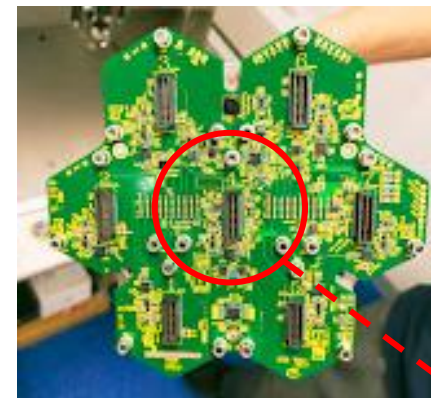
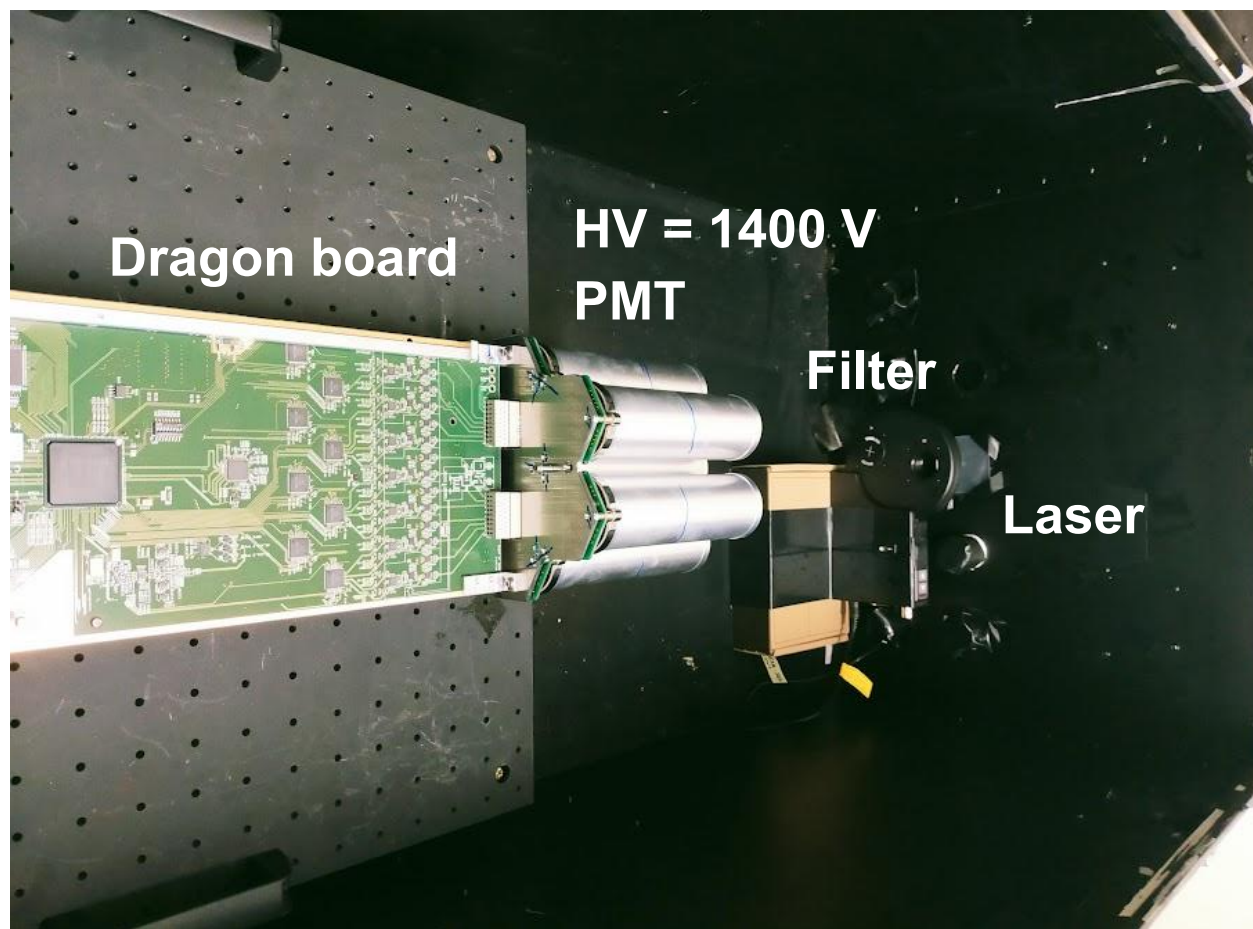


ADC ch > 0 かつ、
Time < undershoot
の範囲で積分



10,000 mV までサチュレーションすることなく、
パルス強度(パルス幅)が上昇

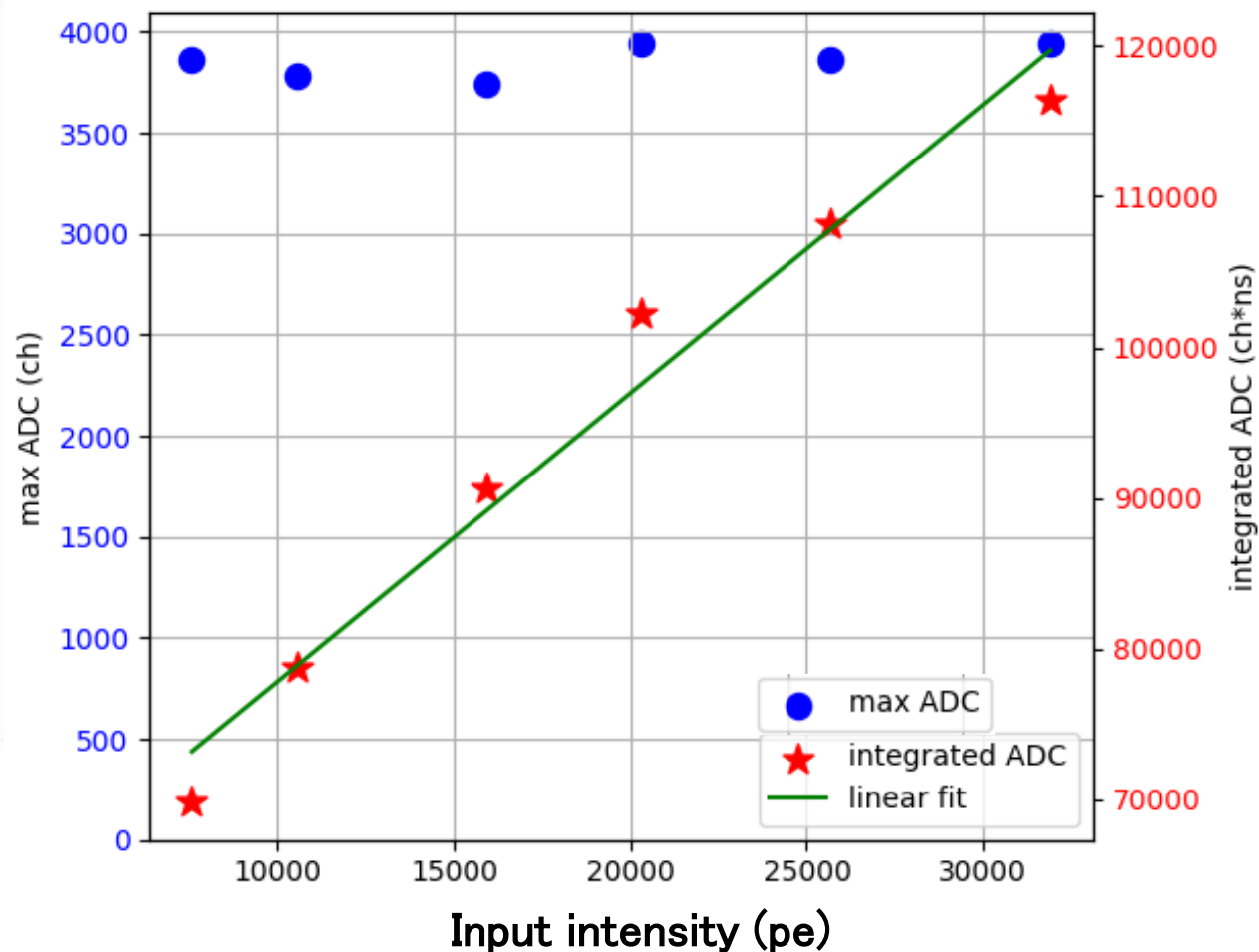
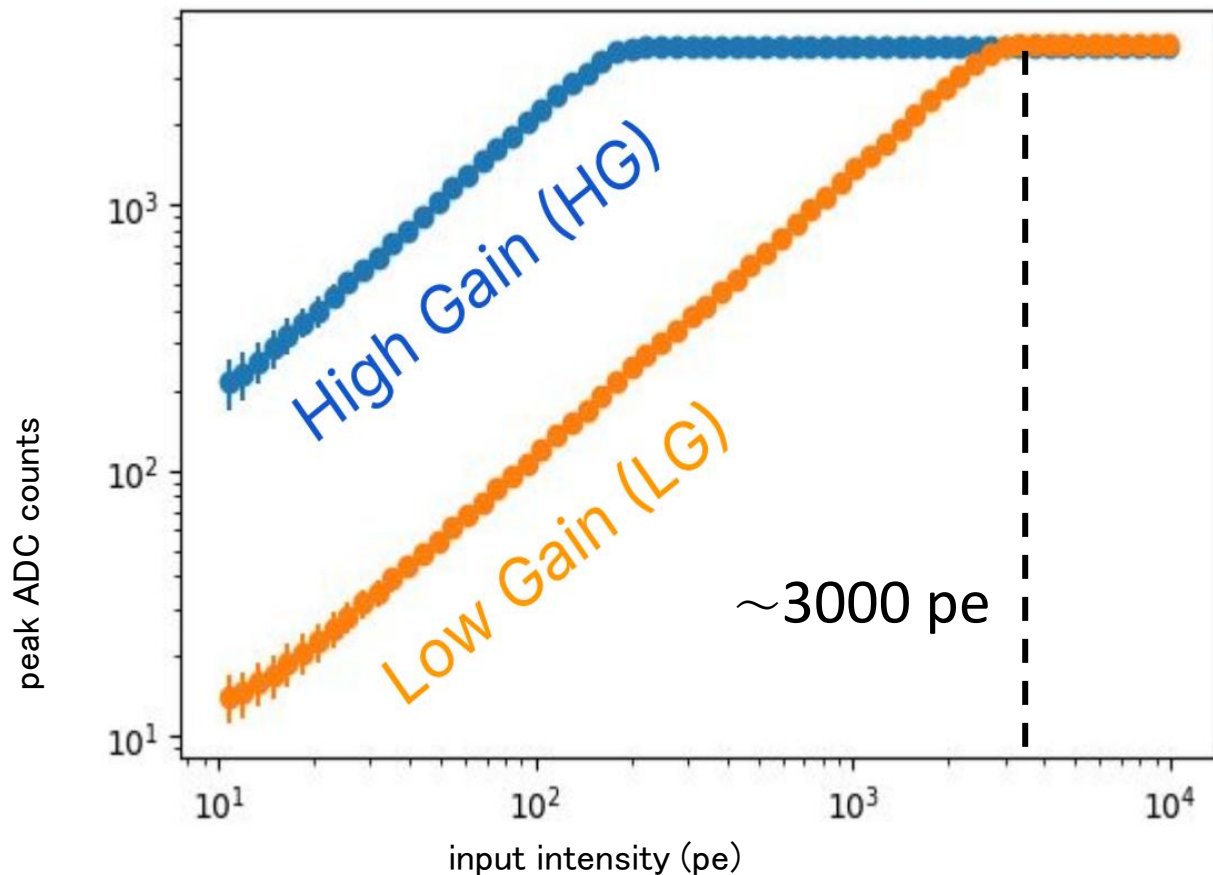
Setup レーザー照射実験



Channel: 3

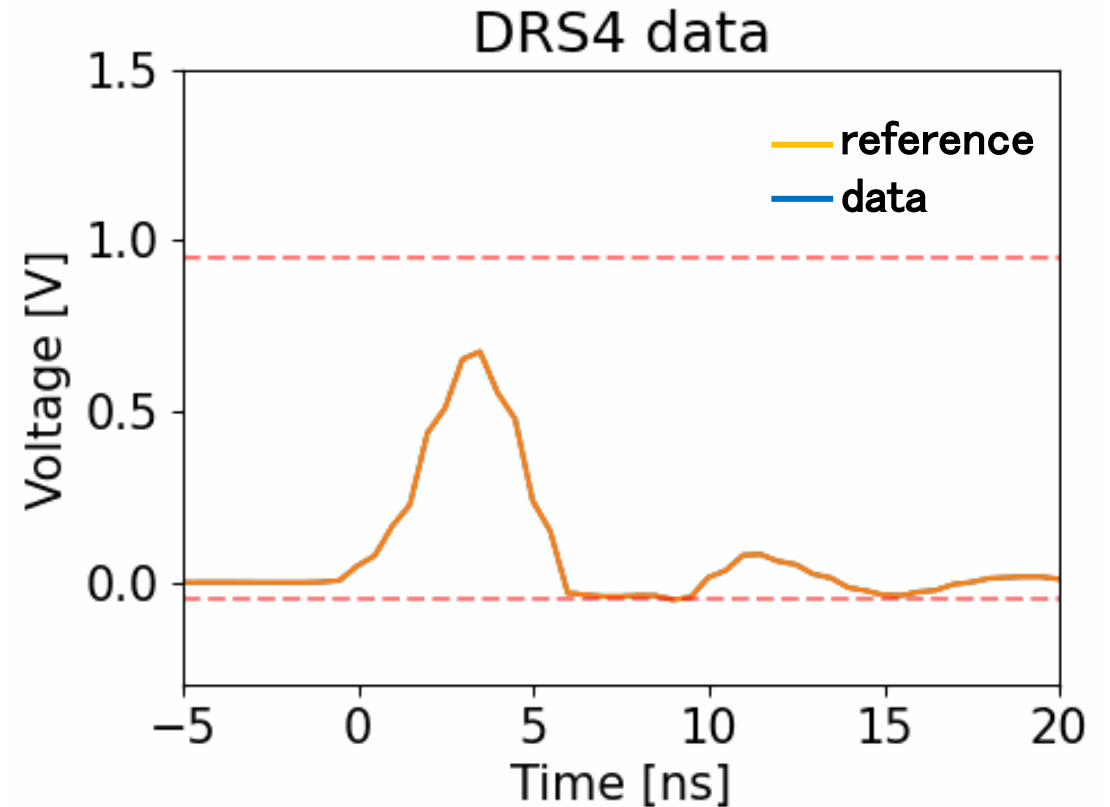
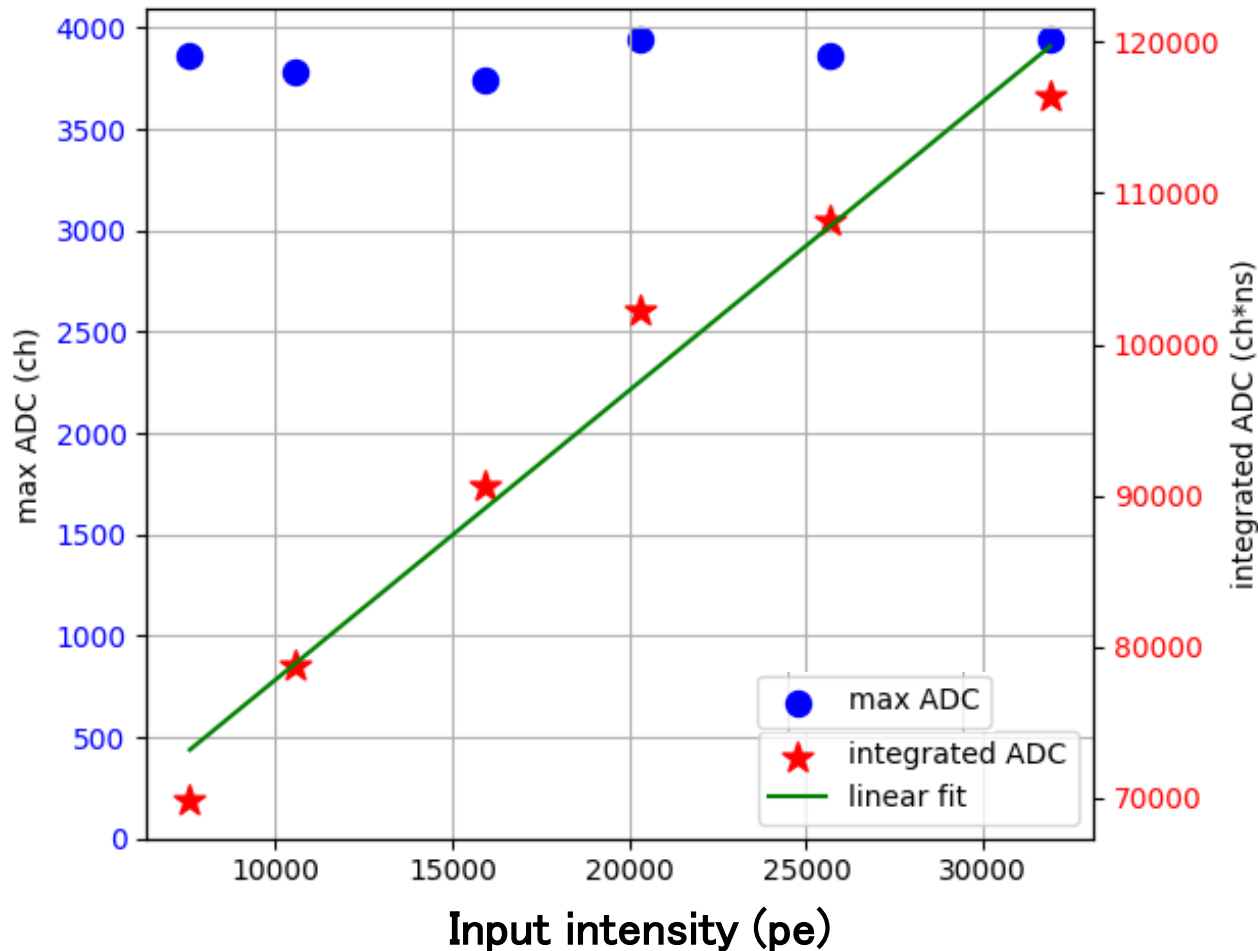
- 透過率の異なる複数のフィルターを用いて入力する光電子数を調整
- PMTのHVは、よりサチらせるために1400 Vにセット(通常観測時は~1100 V)
- レーザーは、PMT channel 3 の正面、コリメートなし、1.0 kHzで照射

Result



- PMTを含めてもパルスジェネレータ実験と同じ挙動
- 30,000 pe までlinearity < 4%を保っている
- 再構成できる光電子数の範囲を1桁上げられる

Discussion 傾きの変化について



- 入力電圧がDRS4のinput range(-0.05 ~ 0.95 V)を越え、カットされた部分を取りこぼすことによって傾きが緩やかになっていく
- 補正する際に考慮する必要がある

Summary

- ・ サチュレーションを起こしたPMT光電子数の補正を行うことを目的に、CTAO-LSTで用いられているPMTモジュールを使って実験
- ・ サチュレーションした後も、パルス強度(パルス幅)が増加
- ・ 30,000 pe までlinearity < 4%を保っており、再構成できる光電子数の範囲を1桁上げられる

Future works

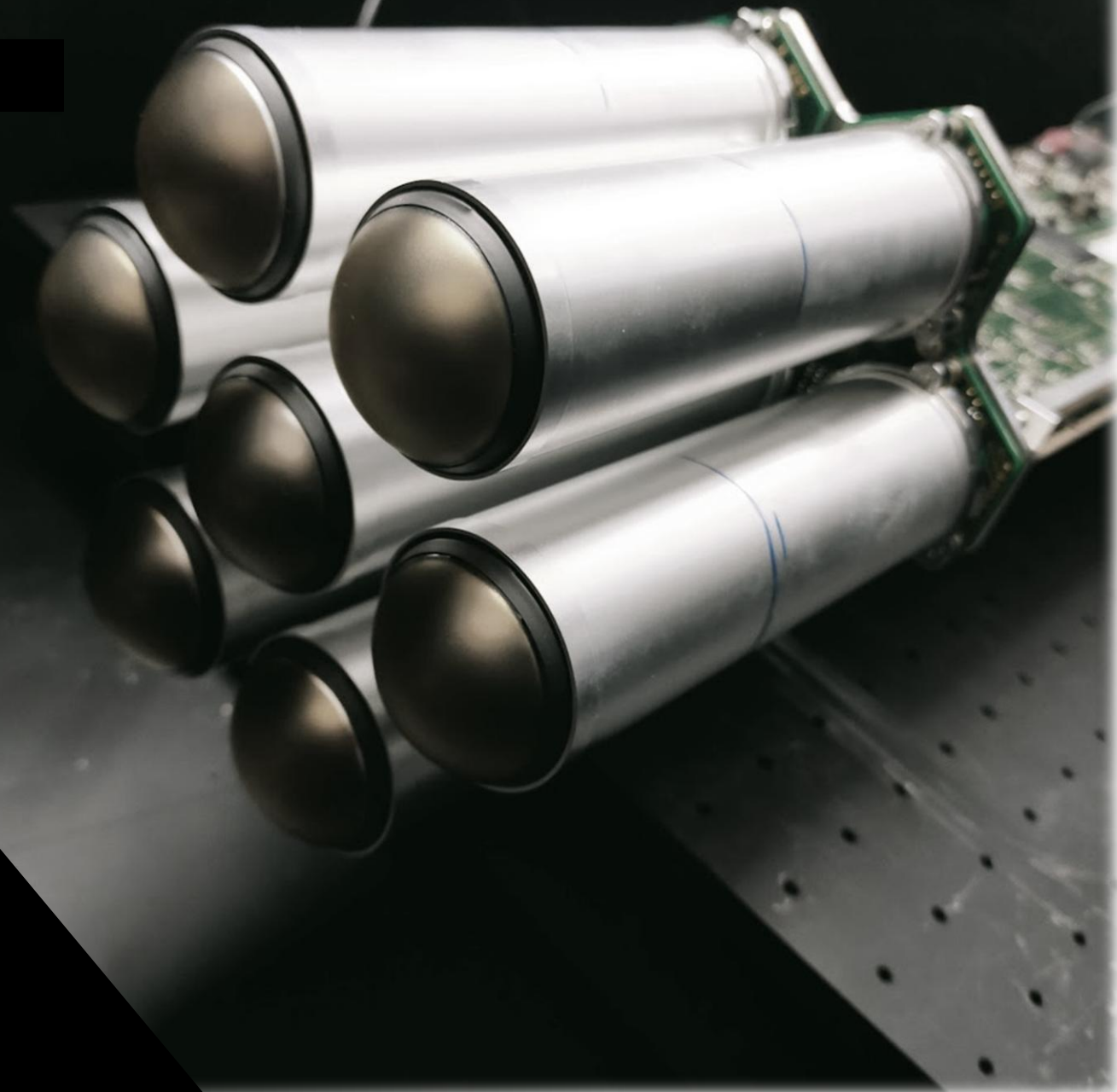
- ・ システムティックスタディ
- ・ 回路シミュレーション
- ・ サチュレーションしたイベントを、どのように補正するか
- ・ DC光に限らず、sub-PeV宇宙線のシャワーやガンマ線解析にも使えるか

Thank you for your attention!!

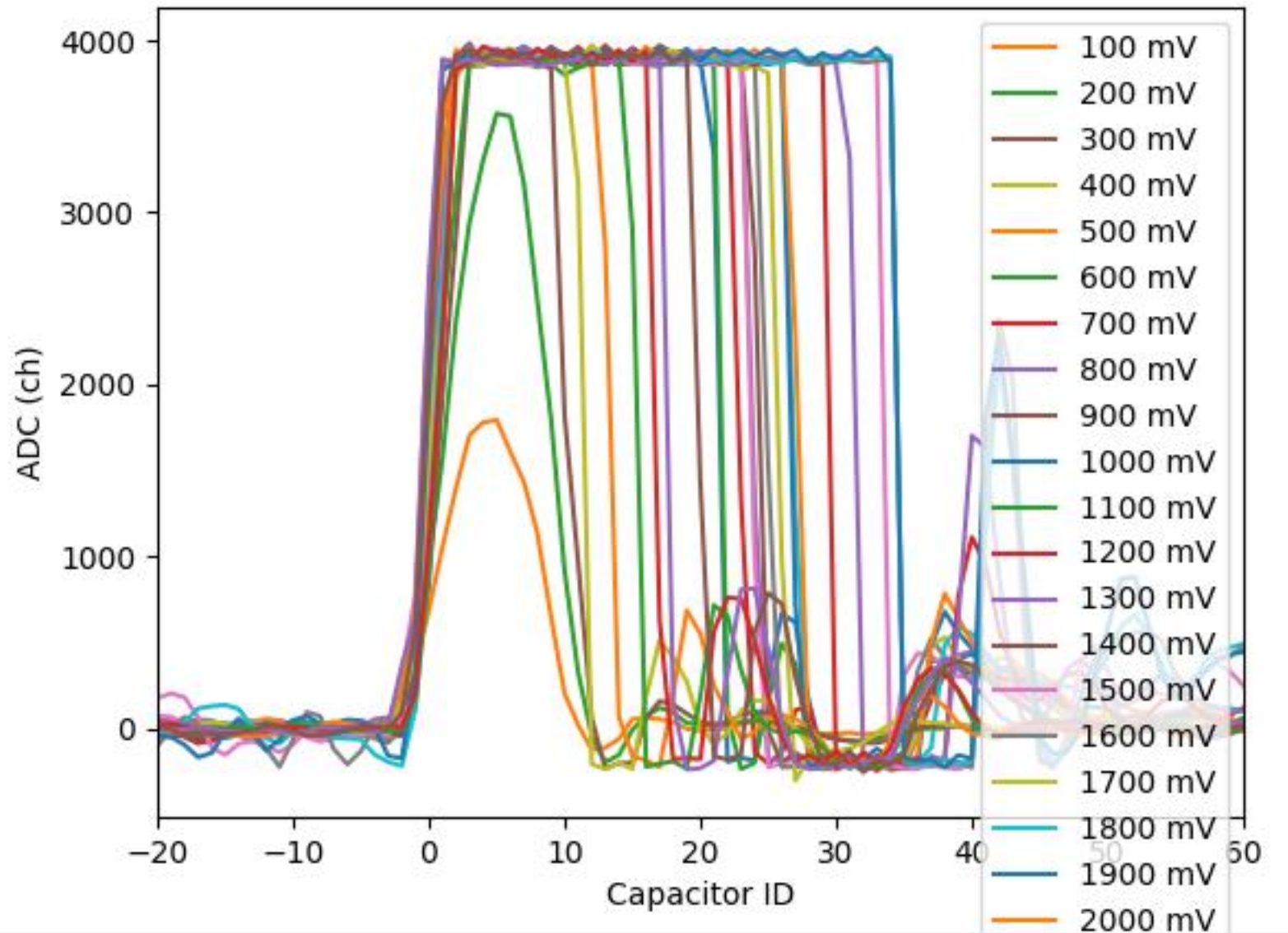


V337a 日本天文学会2025秋季年会

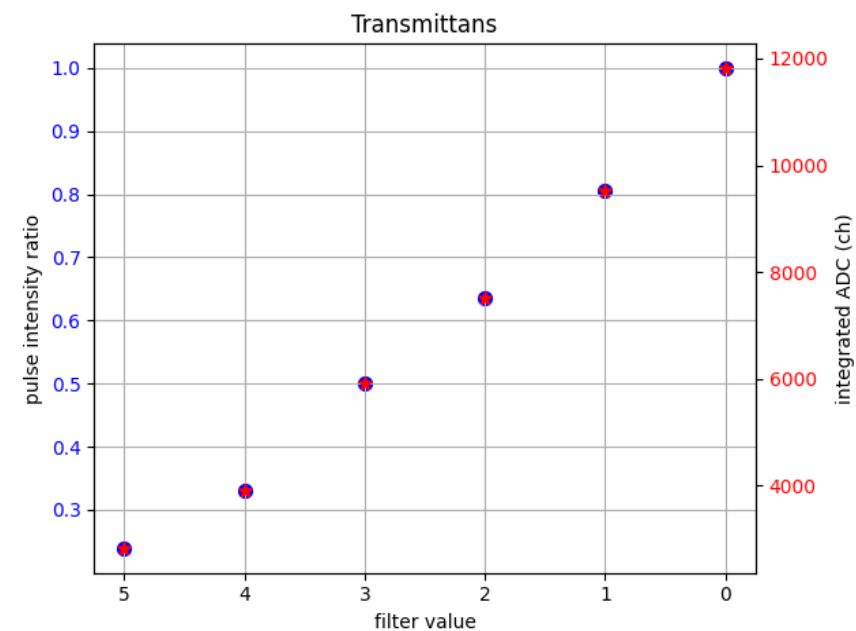
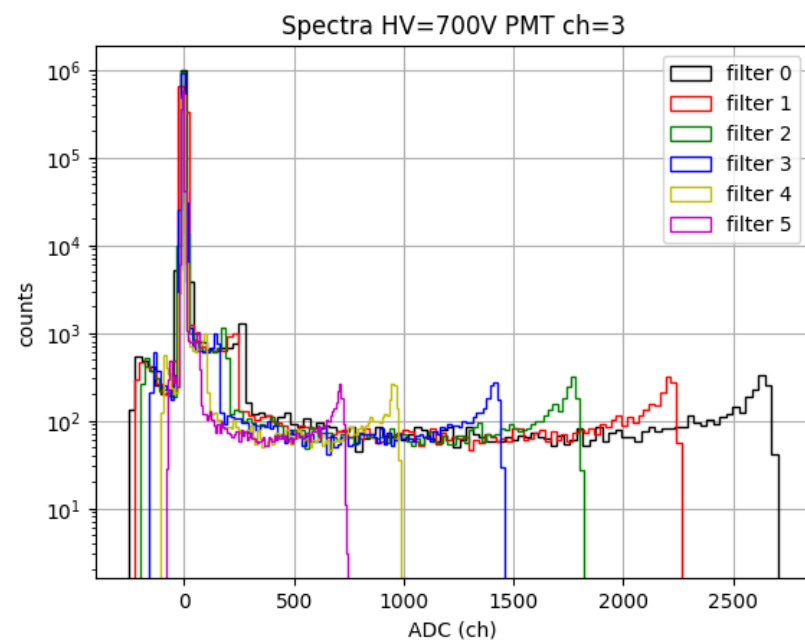
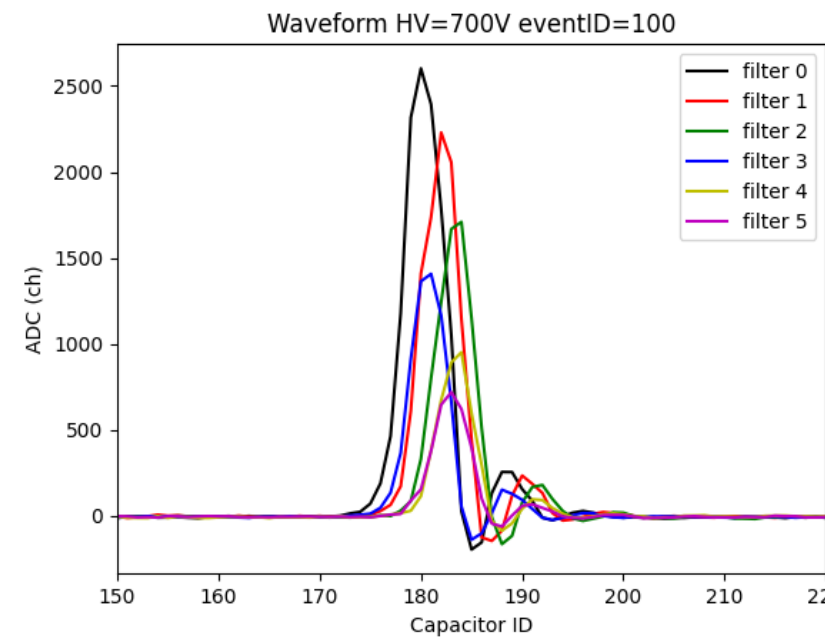
Buck up



全てのデータセットの波形 (パルスジェネレータ)

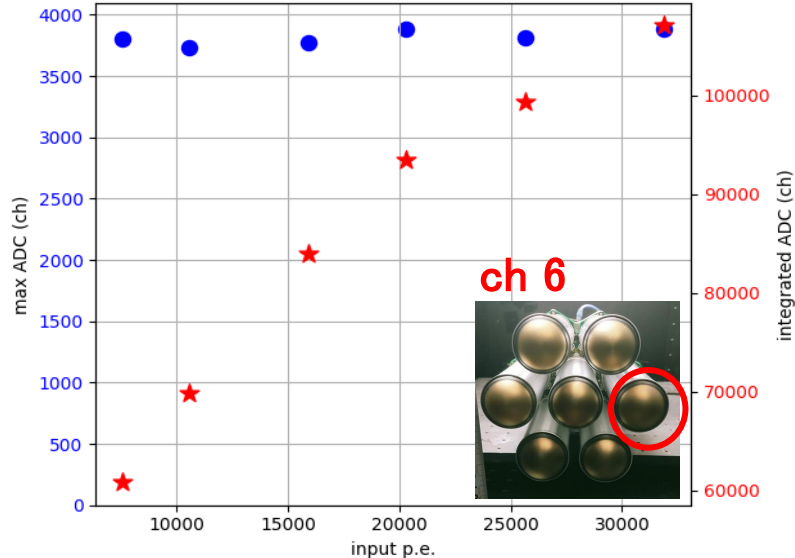
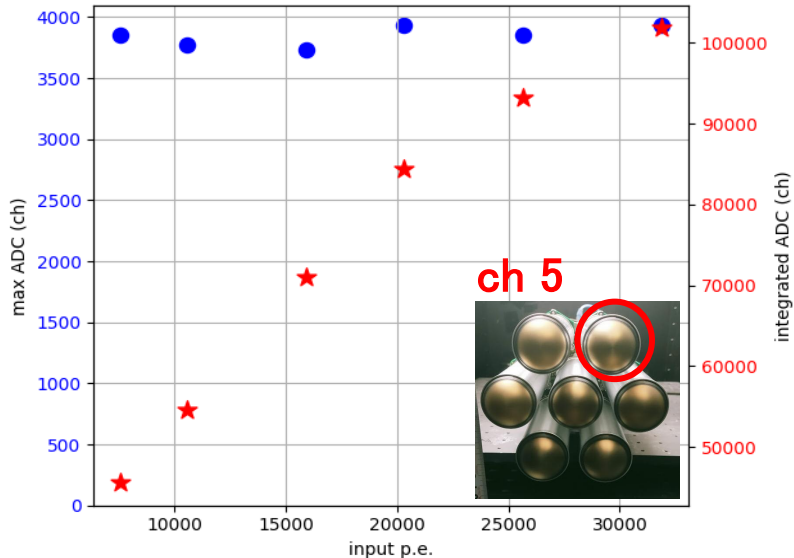
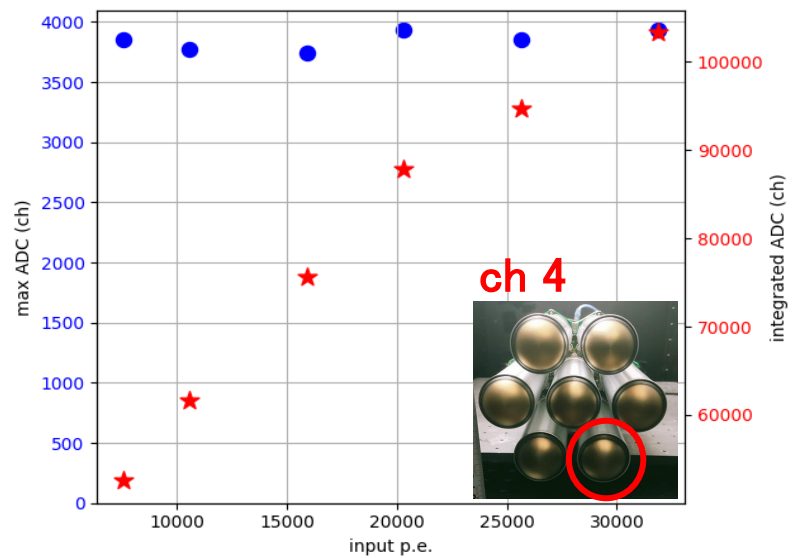
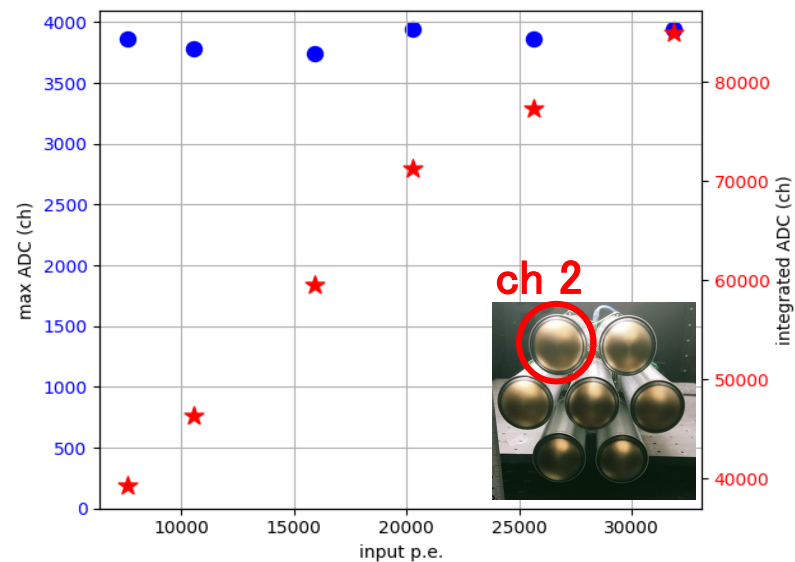
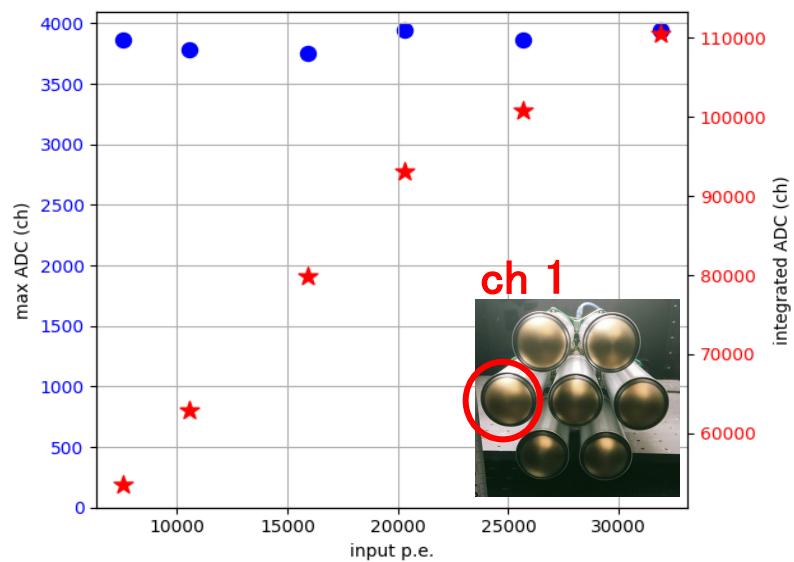
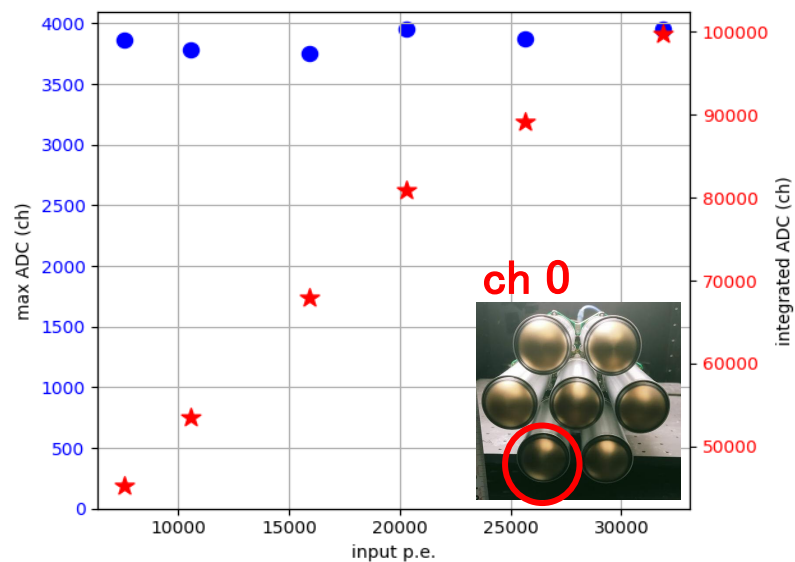


フィルターー透過率の測定

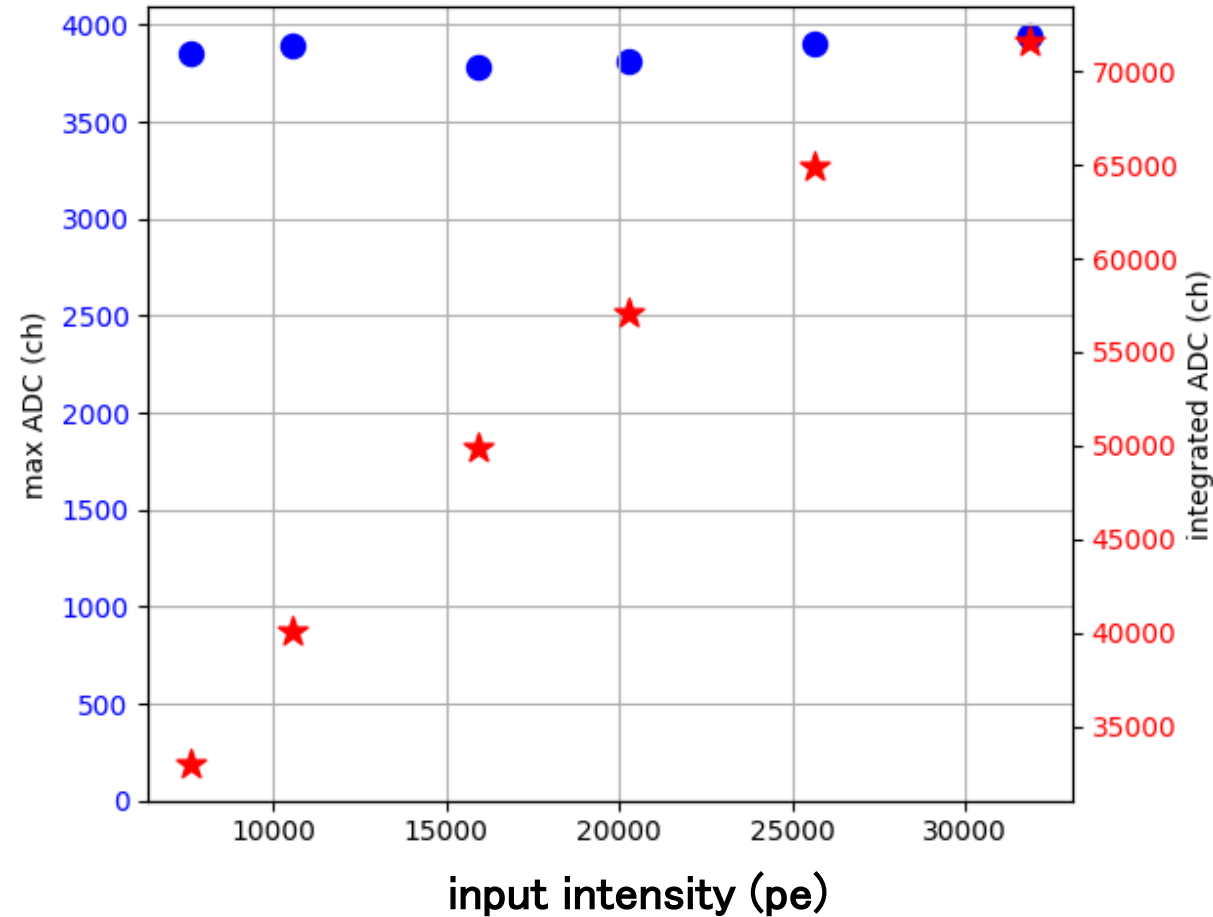
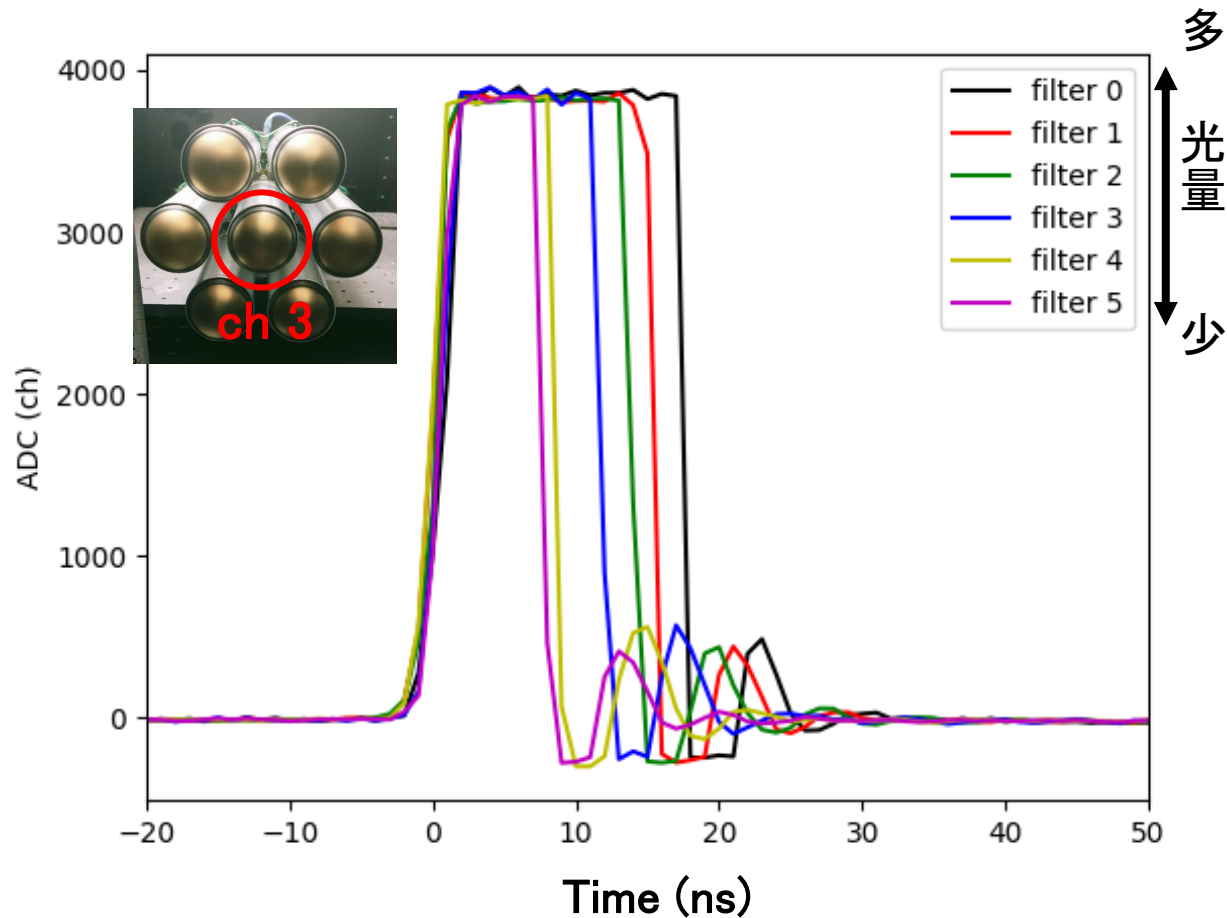


- filter0とのpulse intensity ratioをtransmittanceとした
- きれいに線形になっている

PMT ごととの比較 (HV = 1400 V)



Result (HV = 1100 V)



- PMTを含めてもパルスジェネレータ実験と同じ挙動
- メインパルスがサチュレーションした後は、パルス幅が増加していく

PMT ごとの比較 (HV = 1100 V)

