

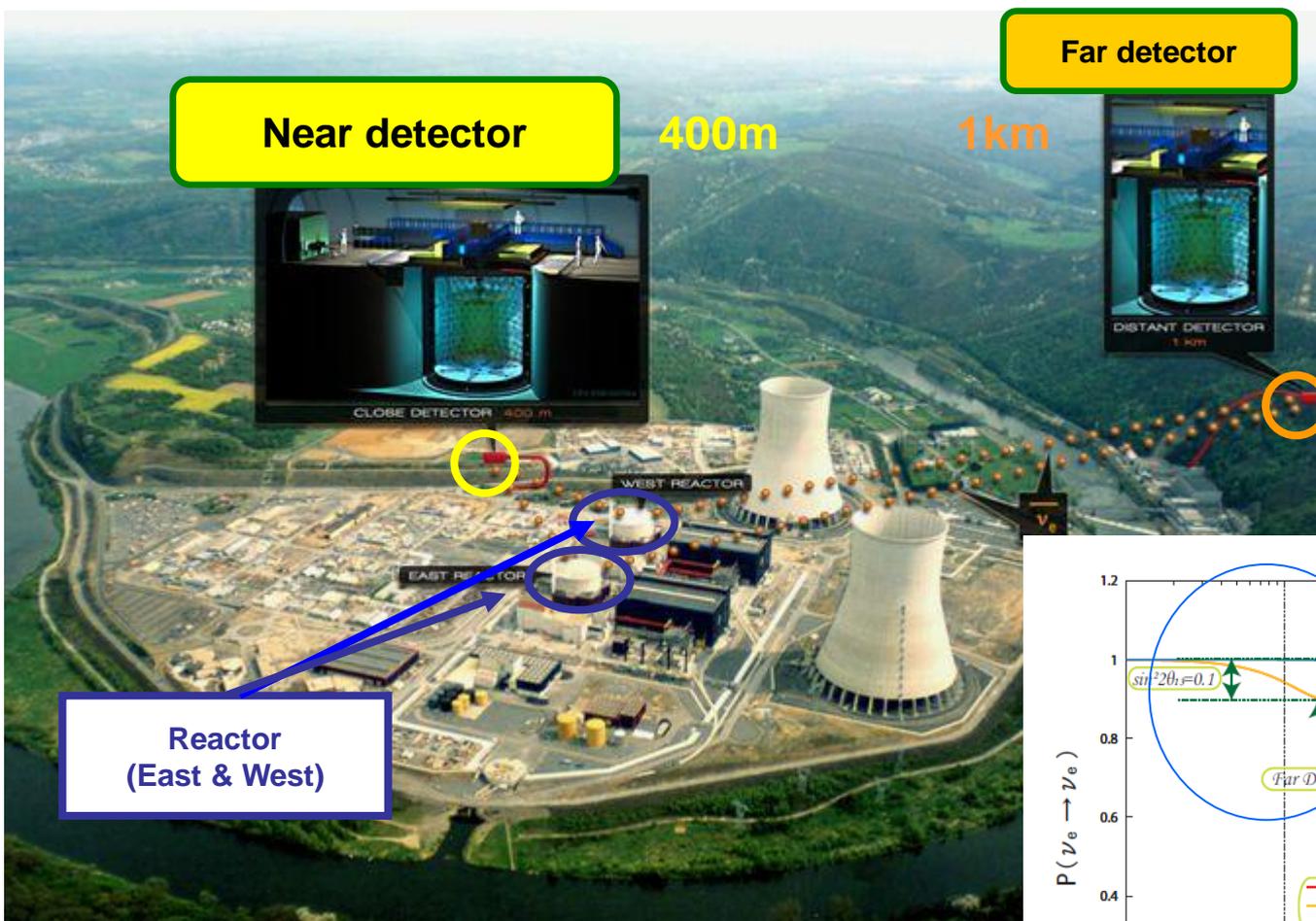
Double Chooz 実験 PMT信号波形の解析

2/21 (Mon)

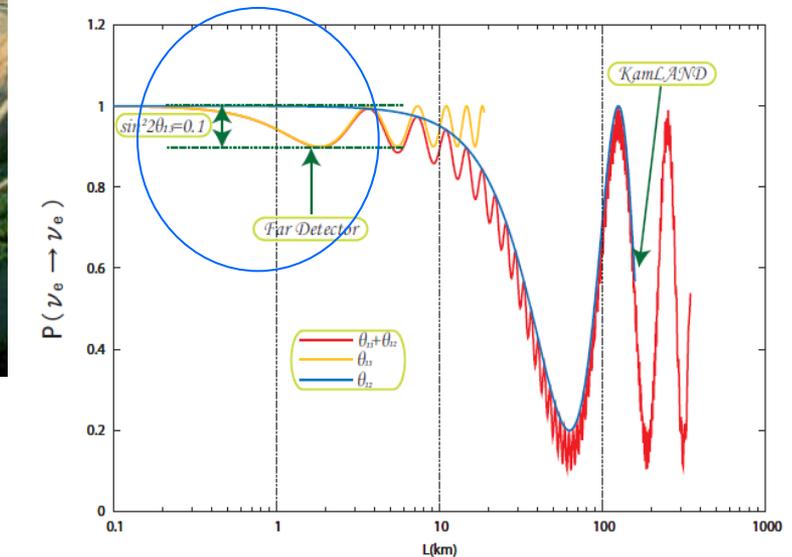
新潟大学 自然科学研究科 博士前期課程1年

江森 弘賢

Double Chooz 実験 概要



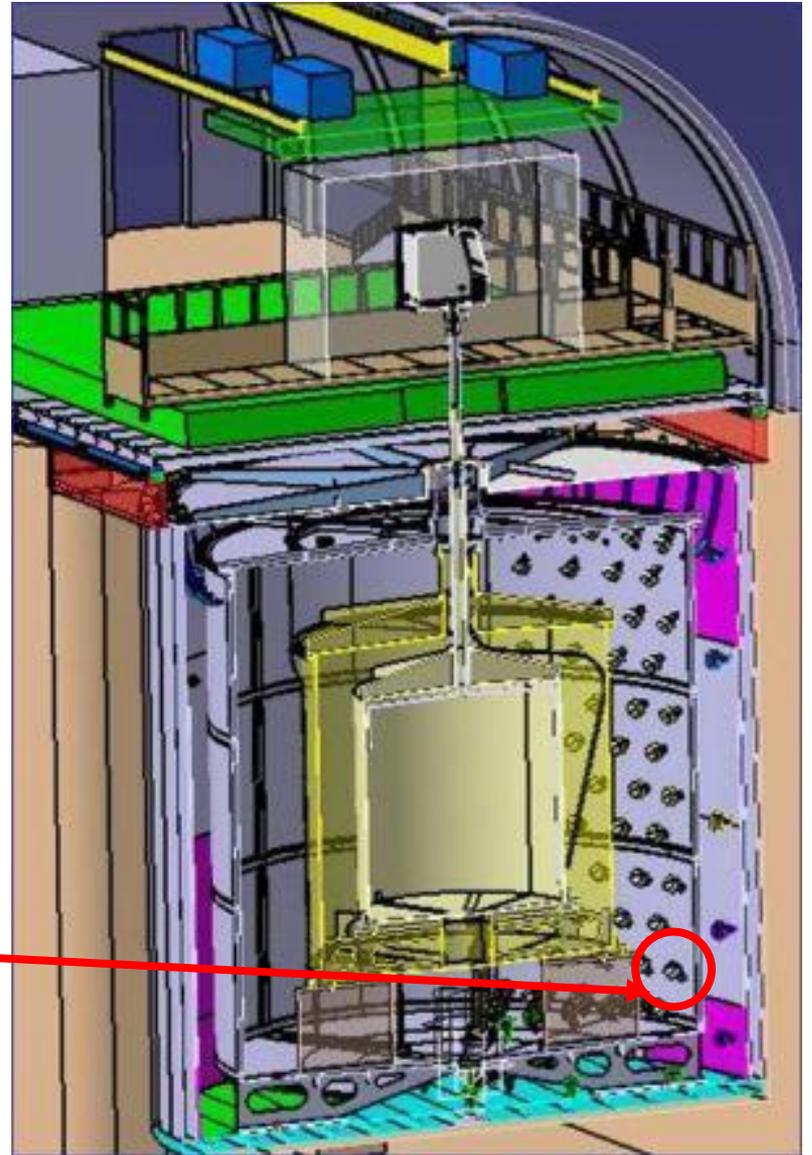
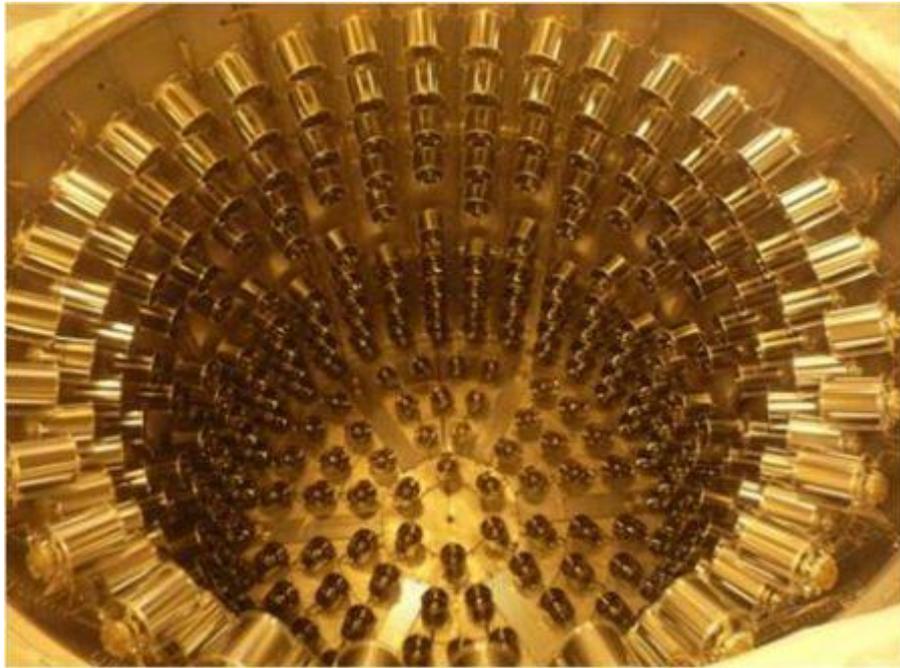
ニュートリノ振動確率



フランスChooz原子炉 & DoubleChooz検出器

ニュートリノ振動のパラメータ θ_{13} の有限値の測定を目指す。 ²

Double Chooz 検出器



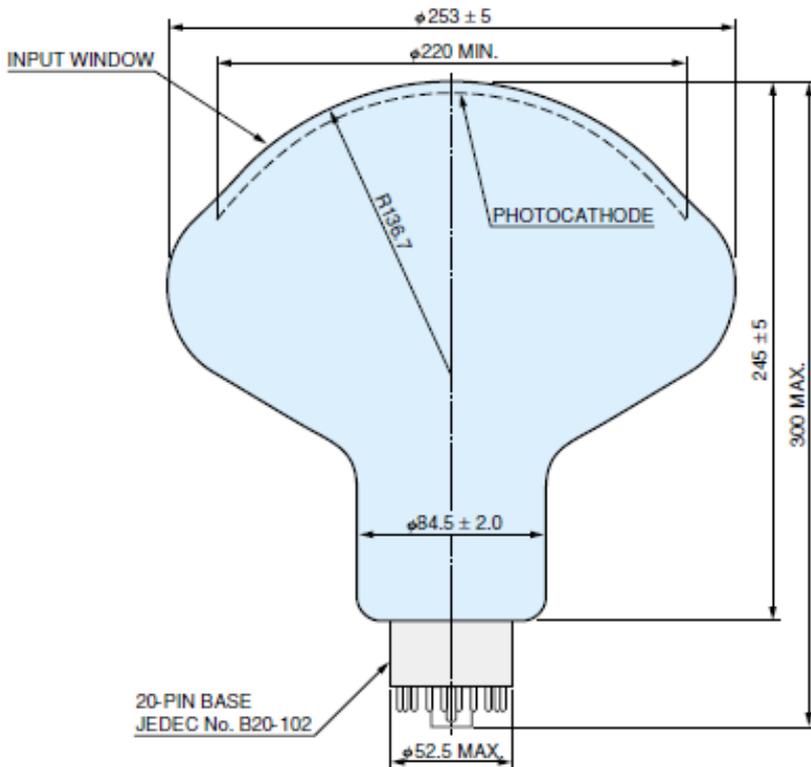
ニュートリノイベント検出用の
PMTが390本配置されている

ニュートリノ信号

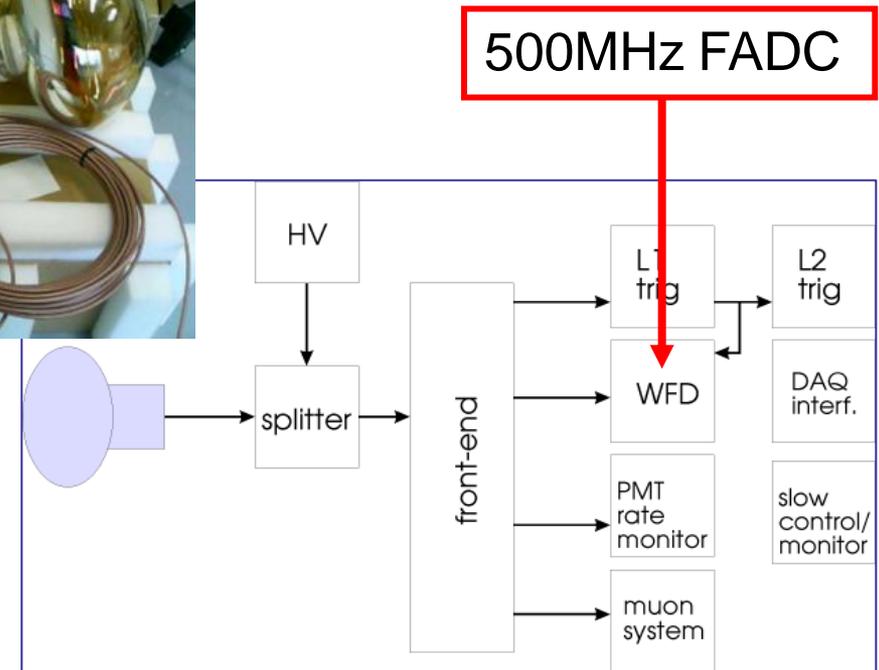
PMTあたり0.5-5.0p.e.程度

Double Chooz 実験で用いるPMT

PMTシステムは
日本グループが担当

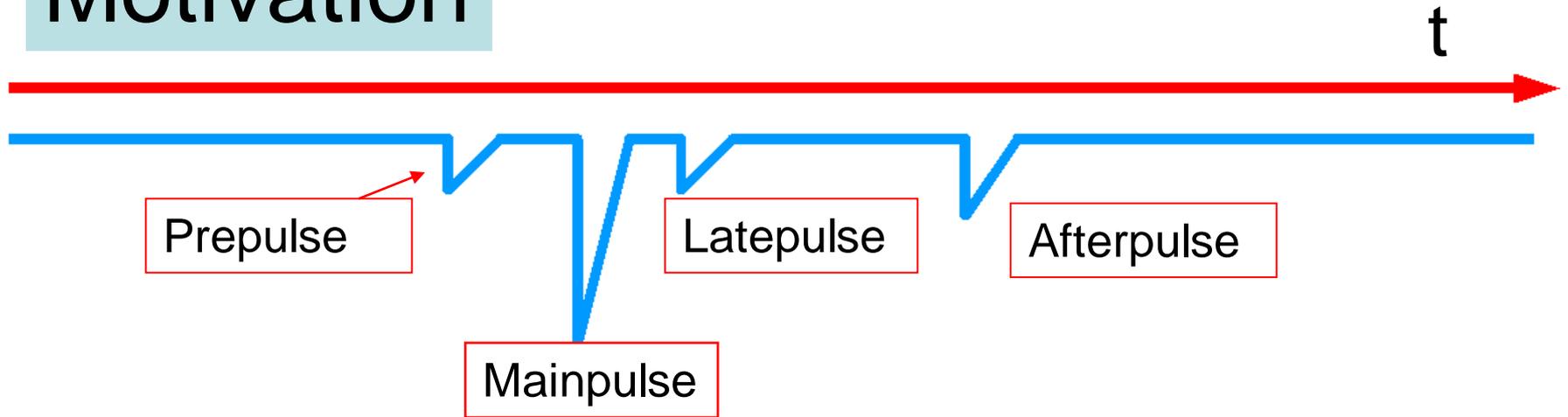


D.C.実験で用いられる
10インチPMT(R7081)



PMTとエレクトロニクス

Motivation



Double Chooz実験はニュートリノイベントを精密測定するため、PMT擬似パルスが結果に影響を及ぼす可能性がある。

測定項目

- タイミング
- 発生確率
- 電荷量

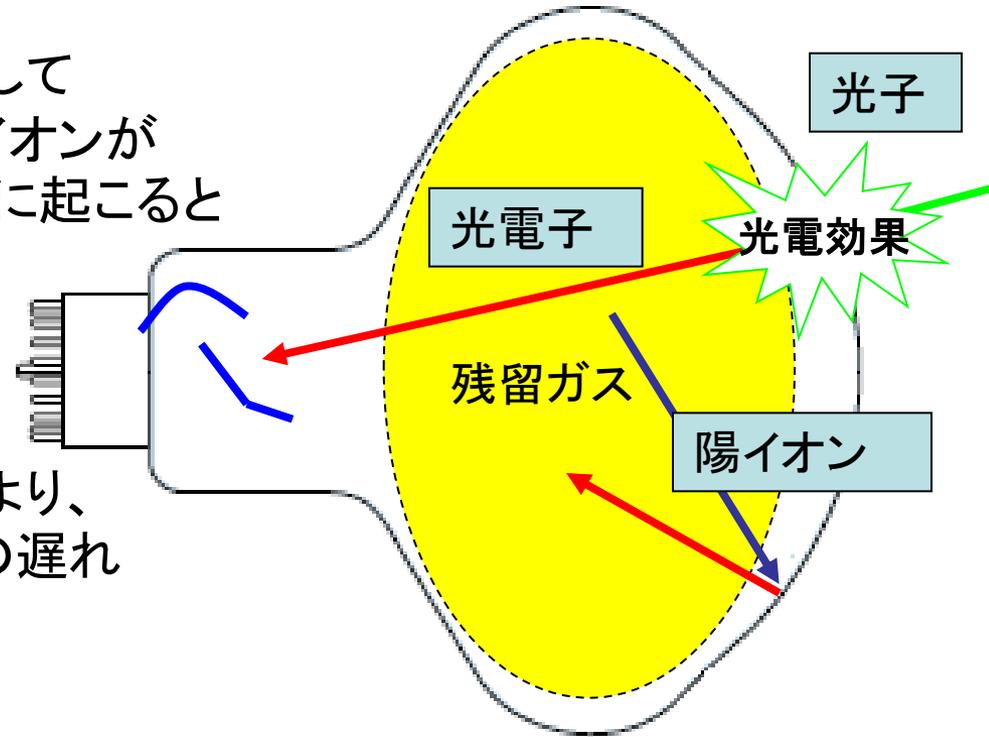
擬似パルス発生原理

•Afterpulse

-PMT内部で光電子が残留ガスと衝突して残留ガスがイオン化され、発生した陽イオンが光電面に戻り、電子を発生させるために起こると考えられている。

-イオンの種類とイオンの発生場所により、Afterpulseの大きさとMainpulseからの遅れも異なると考えられる。

10インチPMT



•Prepulse

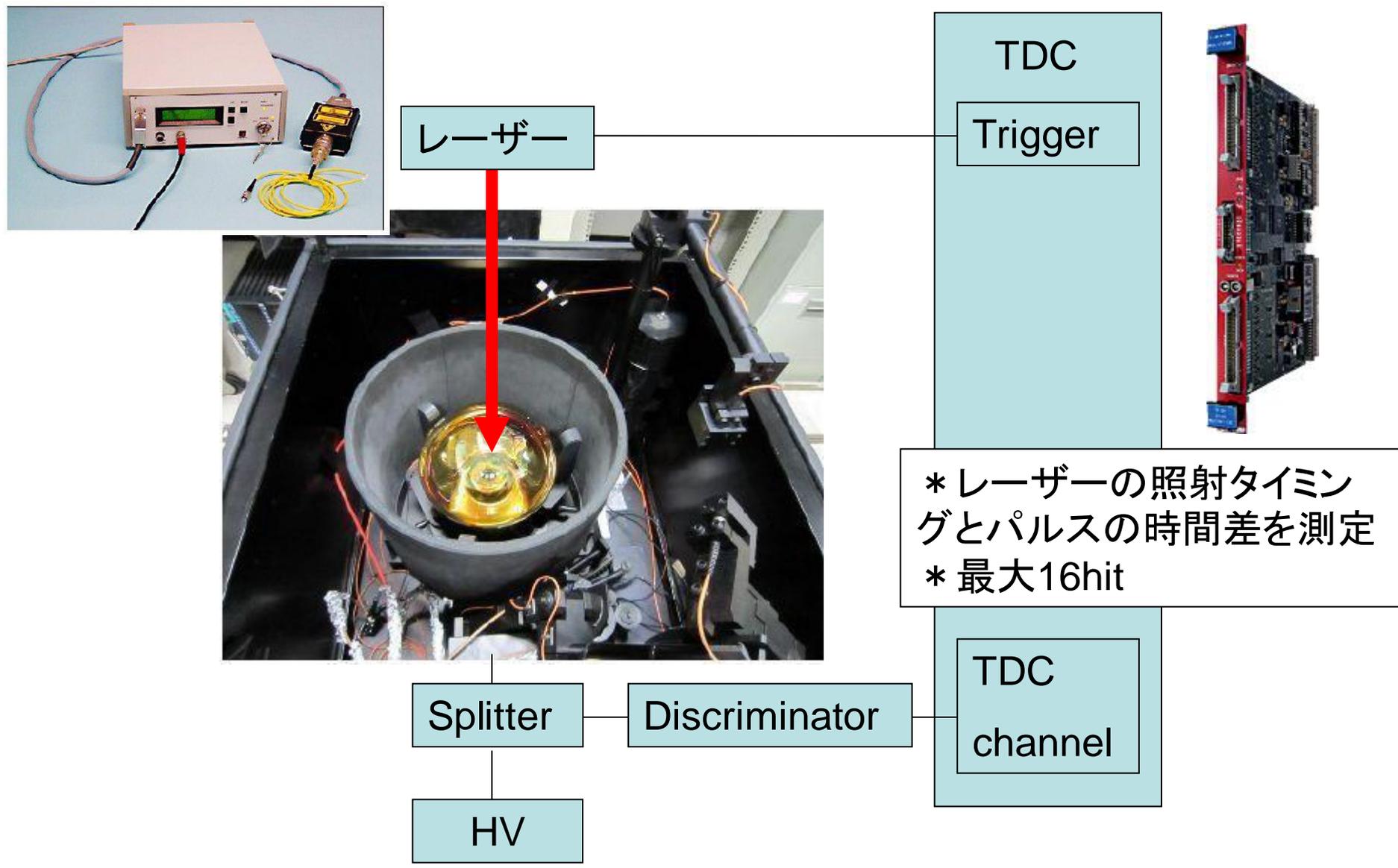
-PMTに入射した光が光電面で光電効果をおこさず、第一ダイノードで光電効果をおこした場合、Mainpulseよりも数十ns前(30ns程度前)に発生すると考えられている。

•Latepulse

-Mainpulseよりも30~60nsec後ろ

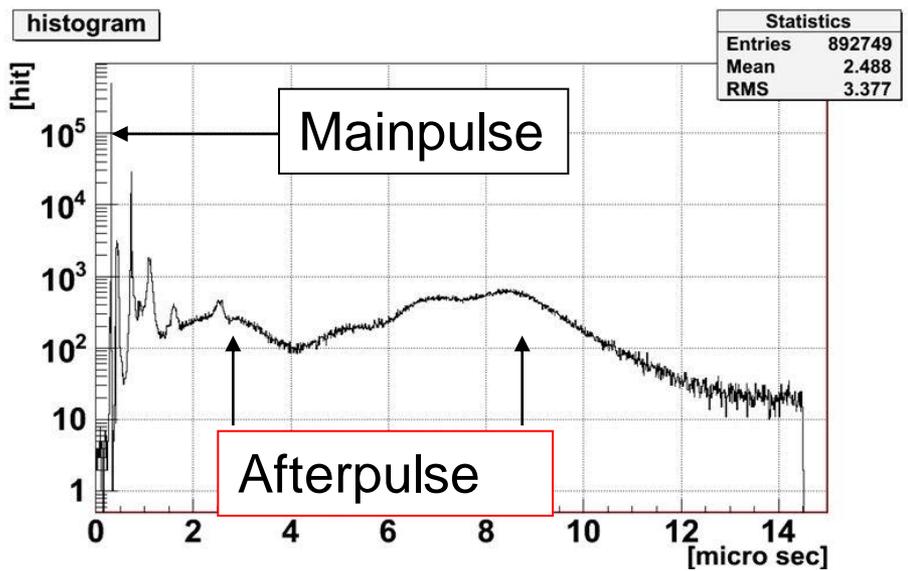
新潟大学での測定

PMTのパルス時間分布を測定

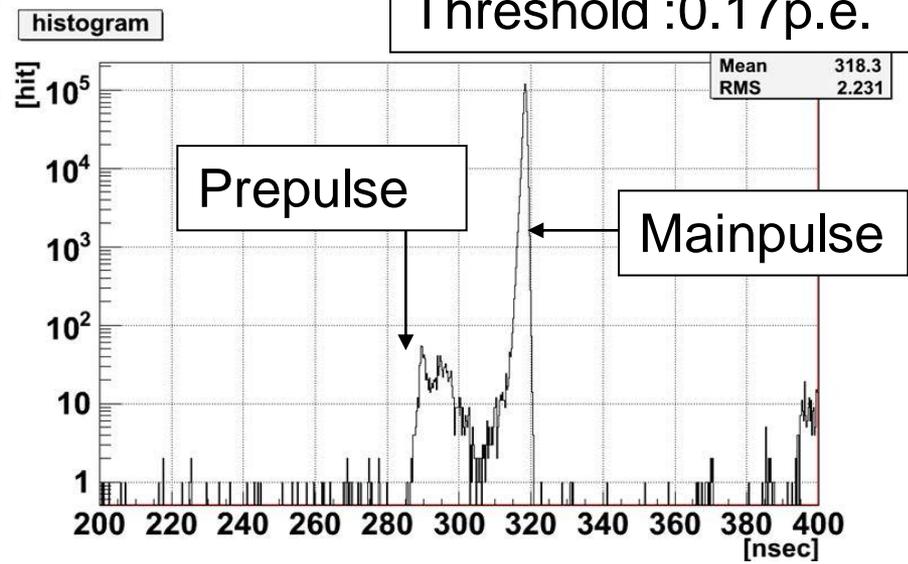


* FADCでの測定、準備中⁷

10インチPMTのパルス時間分布(新潟大学)



Mainpulse: 19p.e.
Threshold : 0.17p.e.

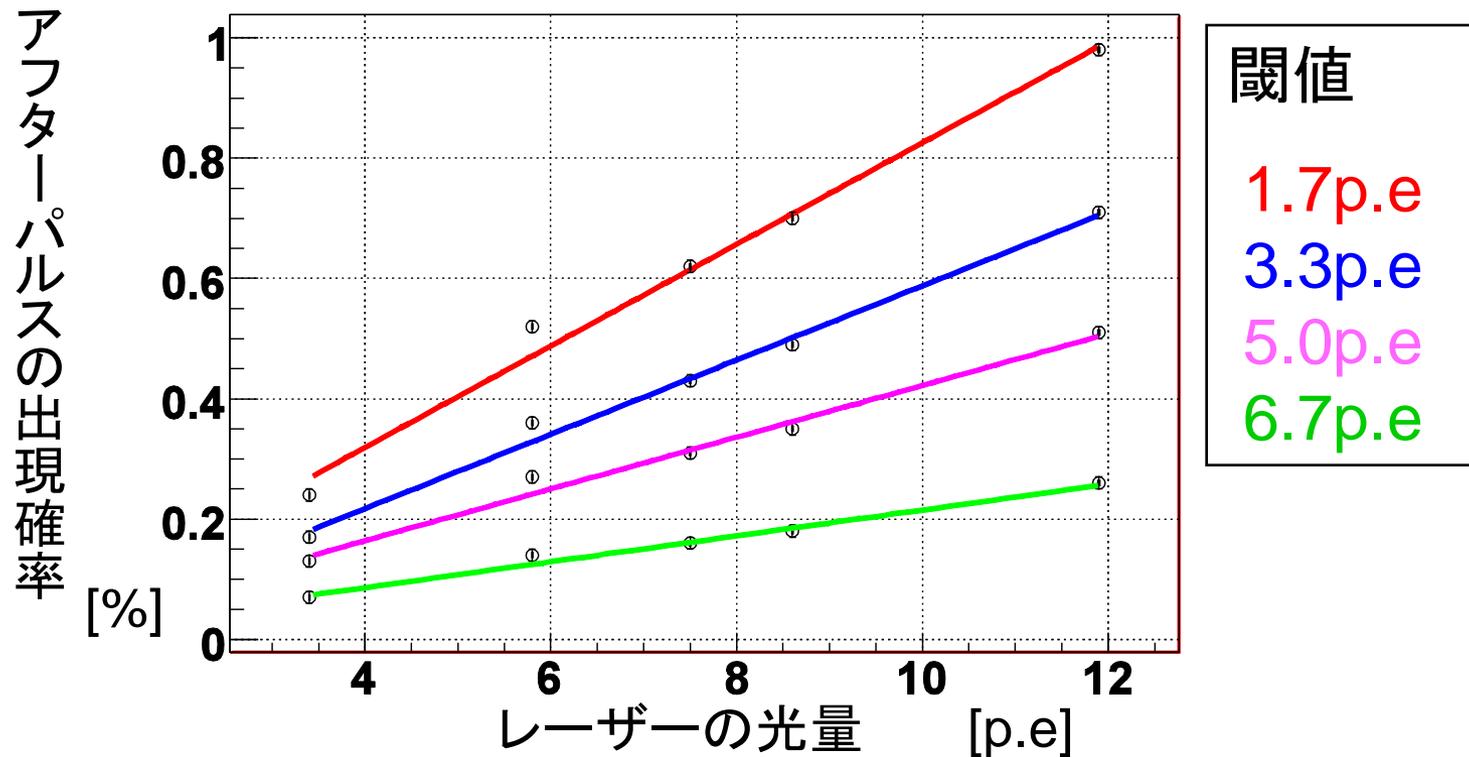


Prepulseの出現確率(19p.e.)

閾値	出現確率
0.17 p.e.	0.24 ± 0.01%
0.21 p.e.	0.096 ± 0.004%
0.26 p.e.	0.018 ± 0.002%

閾値を上げると、パルス波高が閾値を超えられなくなるので出現確率が減る。

Afterpulseの出現確率、9 μ secの成分の確率

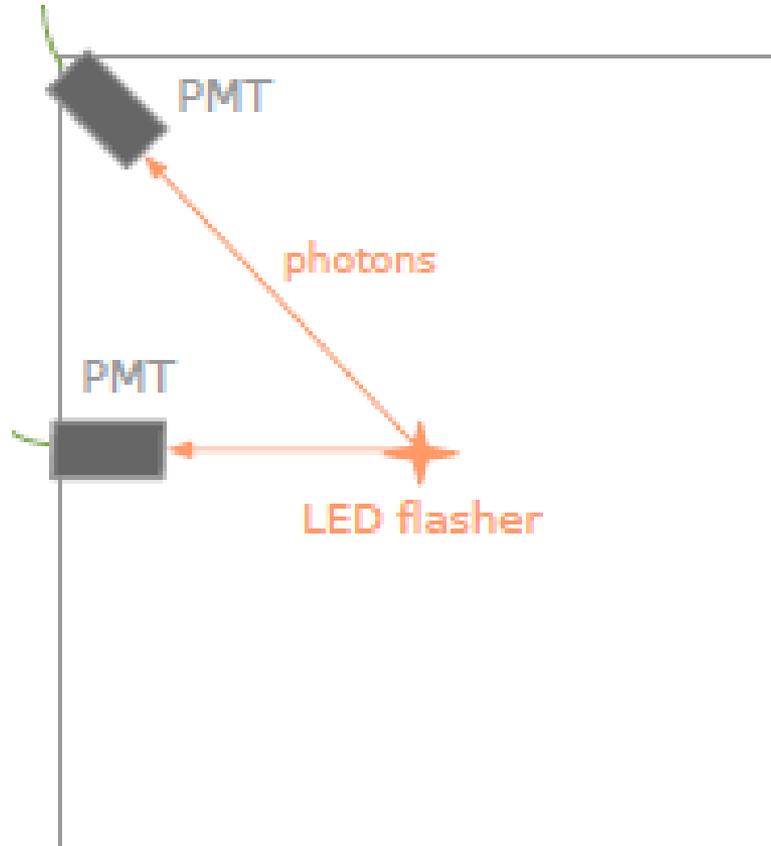


Prepulseよりもはるかに電荷量が多い

コミッショニングデータで同様の結果が得られるか確かめる。

DoubleChooz実験のコミッショニングについて

LED flasher in the center (dry detector): 10月にデータ取得、
液体シンチレータを入れる前に
ターゲット中心で等方的に高い光量を照射。



LED

PMT動作チェック

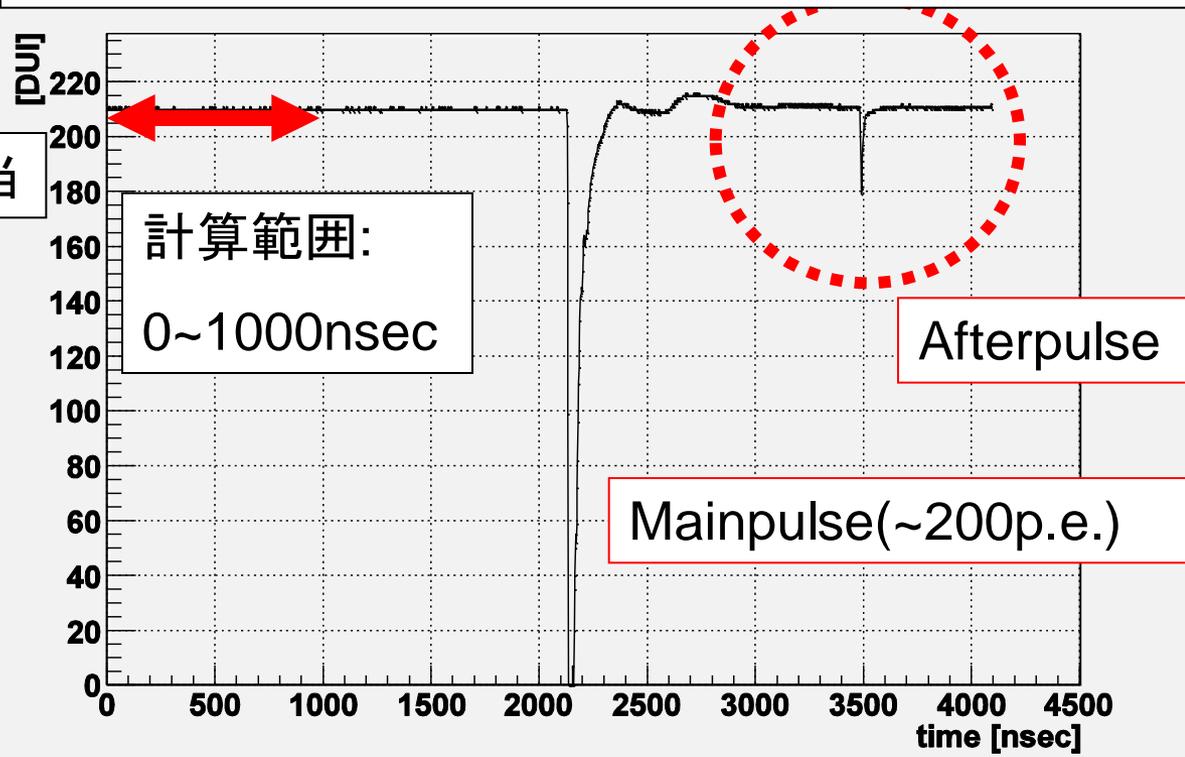
新潟大学での測定と比較ができるコミッショニングデータ。

コミッショニングデータ

FADCデータ,
Time Window :4096nsec

DAQからの要請で、本実験でのTime Windowは256-512 ns となる予定。

LED flasher in the center (dry detector), ch#=100

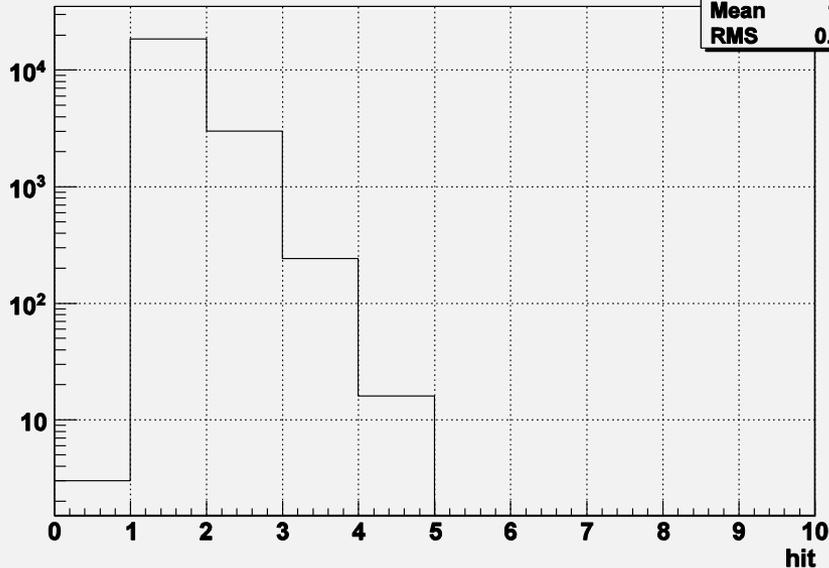


ヒットタイミングを決めるために、
ペDESTラルの平均とRMSを計算する。

コミッショニングデータのパルス時間分布

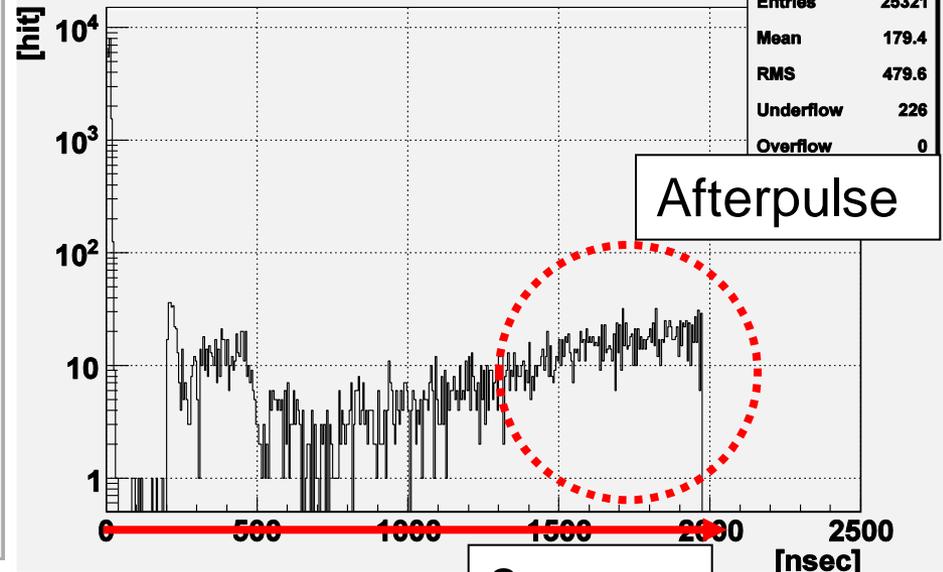
LED flasher in the center (dry detector), ch#=100

multiplicity(ch#=100)



Multiplicity distribution

Time distribution(ch#=100)



Afterpulse

2 μ sec

pulse distribution(0~2 μ sec)

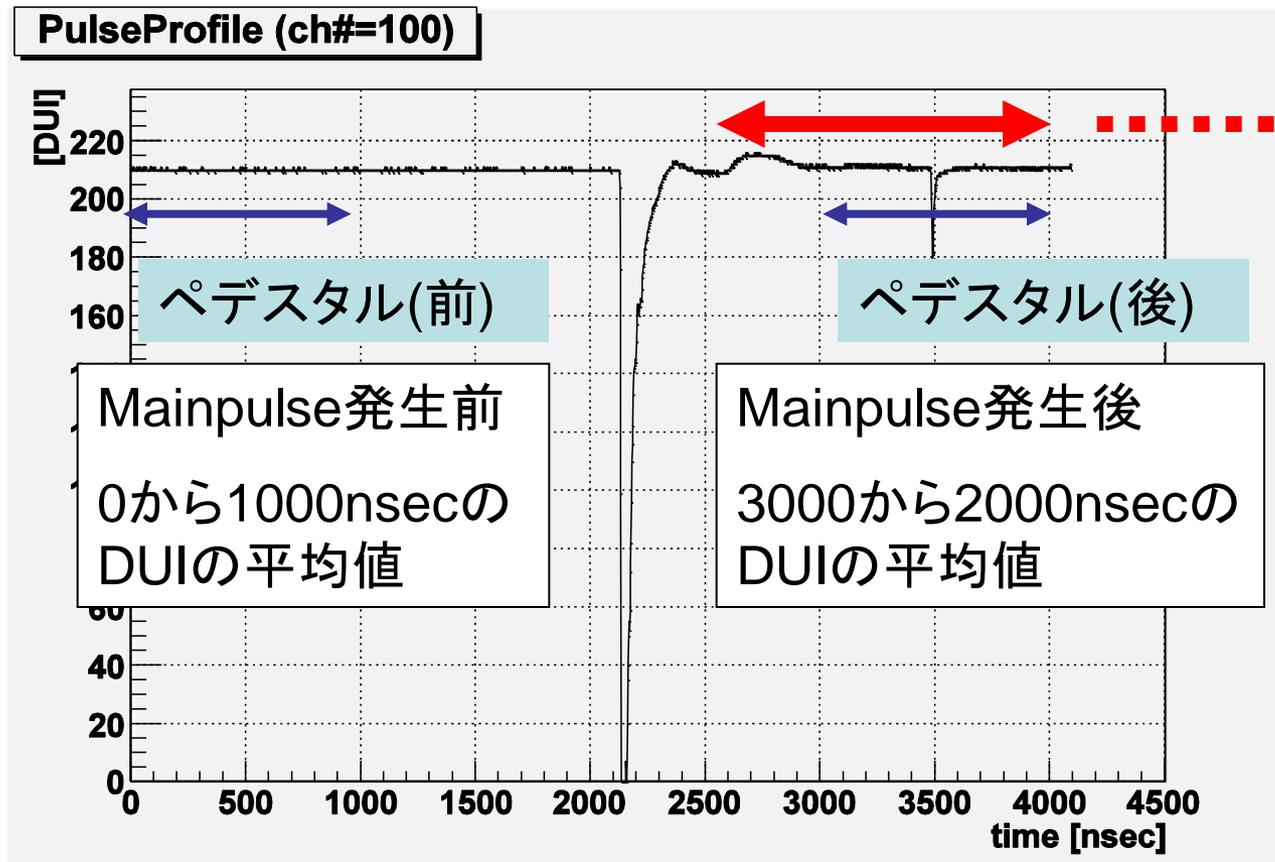
Threshold: ペDESTAL + 5ch (10sigma) \doteq 0.5p.e

Discriminatorのwidth相当時間:200nsec

Mainpulseの2 μ sec後にアフターパルスの分布を確認した。¹²

電荷量の計算について

D.C.実験はパルスと判定された部分以外でペDESTAL、RMS等を計算し、電荷量を求めている。



ペDESTALが不安定

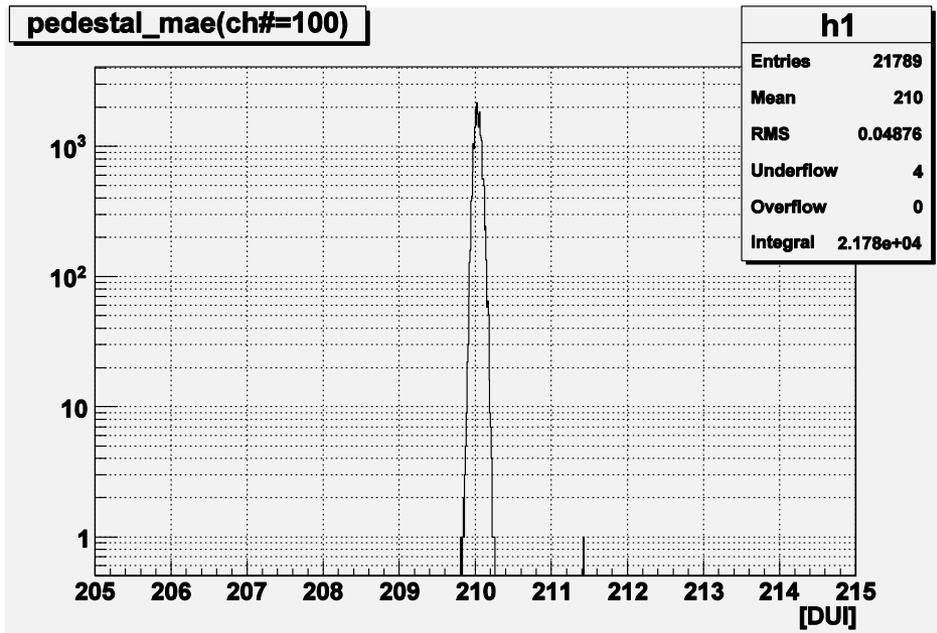


電荷量を間違える

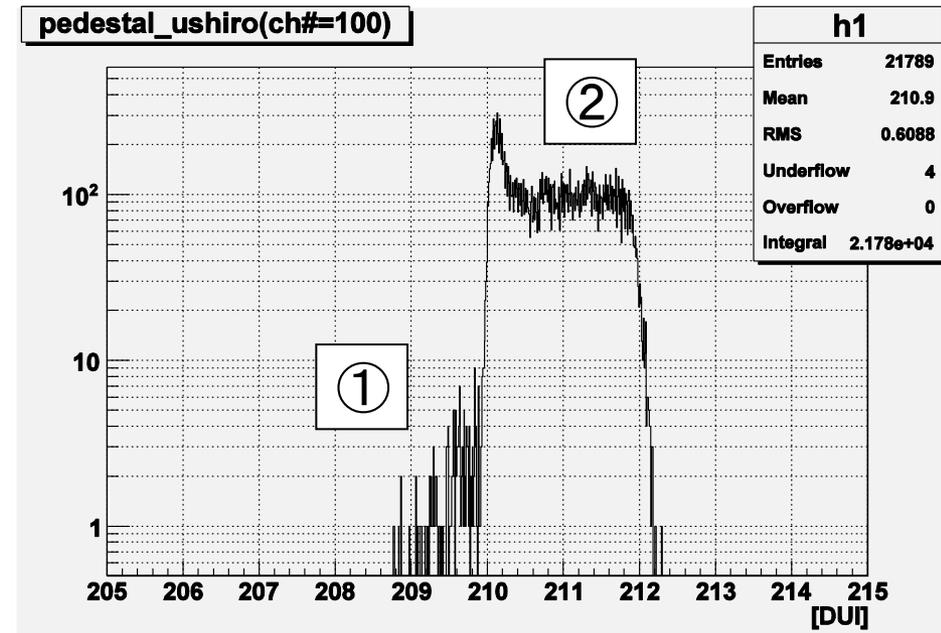
電荷量を計算するアルゴリズムが正しいか調べる

ペDESTALについて

LED flasher in the center (dry detector), ch#=100



ペDESTAL(前)



ペDESTAL(後)

1. Afterpulse

2. オーバーシュート

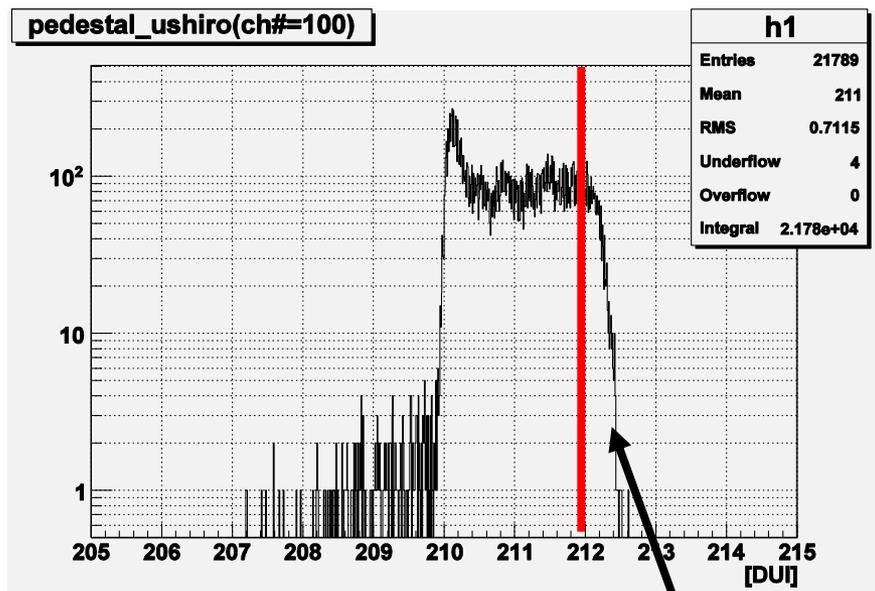


ペDESTAL不安定の原因
と考え、詳しく見る。

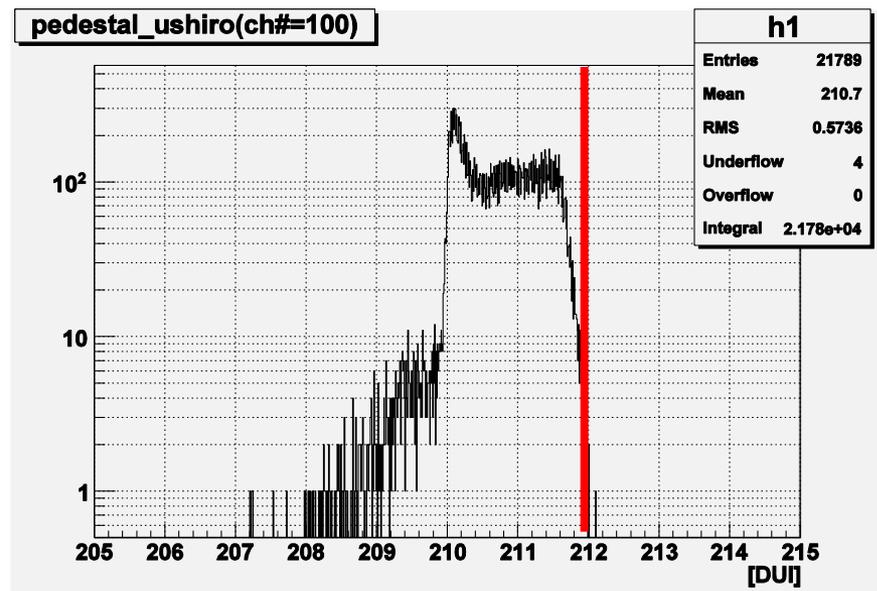
光量の違い

オーバーシュートについて

LED flasher in the center (dry detector), ch#=100



3000~3500nsecまでのDUIの平均値



3500~4000nsecまでのDUIの平均値

オーバーシュートによるペDESTタルのシフト

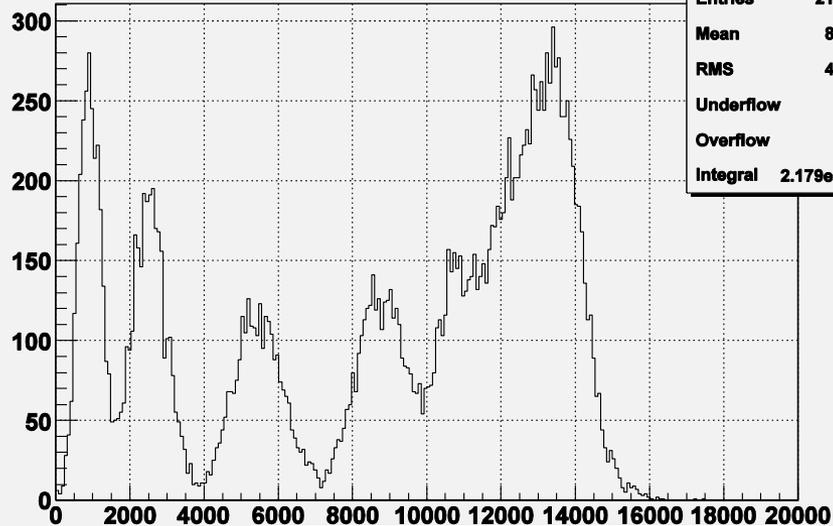
光量について

LED flasher in the center (dry detector), ch#=100

電荷量

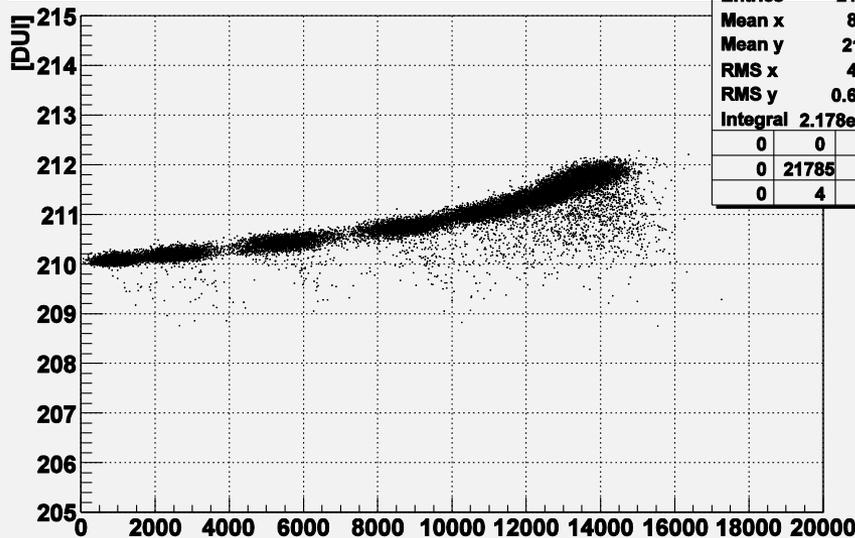
charge dist(ch#=100)

h1	
Entries	21789
Mean	8524
RMS	4679
Underflow	0
Overflow	0
Integral	2.179e+04



ペDESTAL(前)を使用
(波形を積分)

ペDESTAL(後)の光量依存性について



電荷量

(左図) LEDの光量にしたがって電荷が分布している

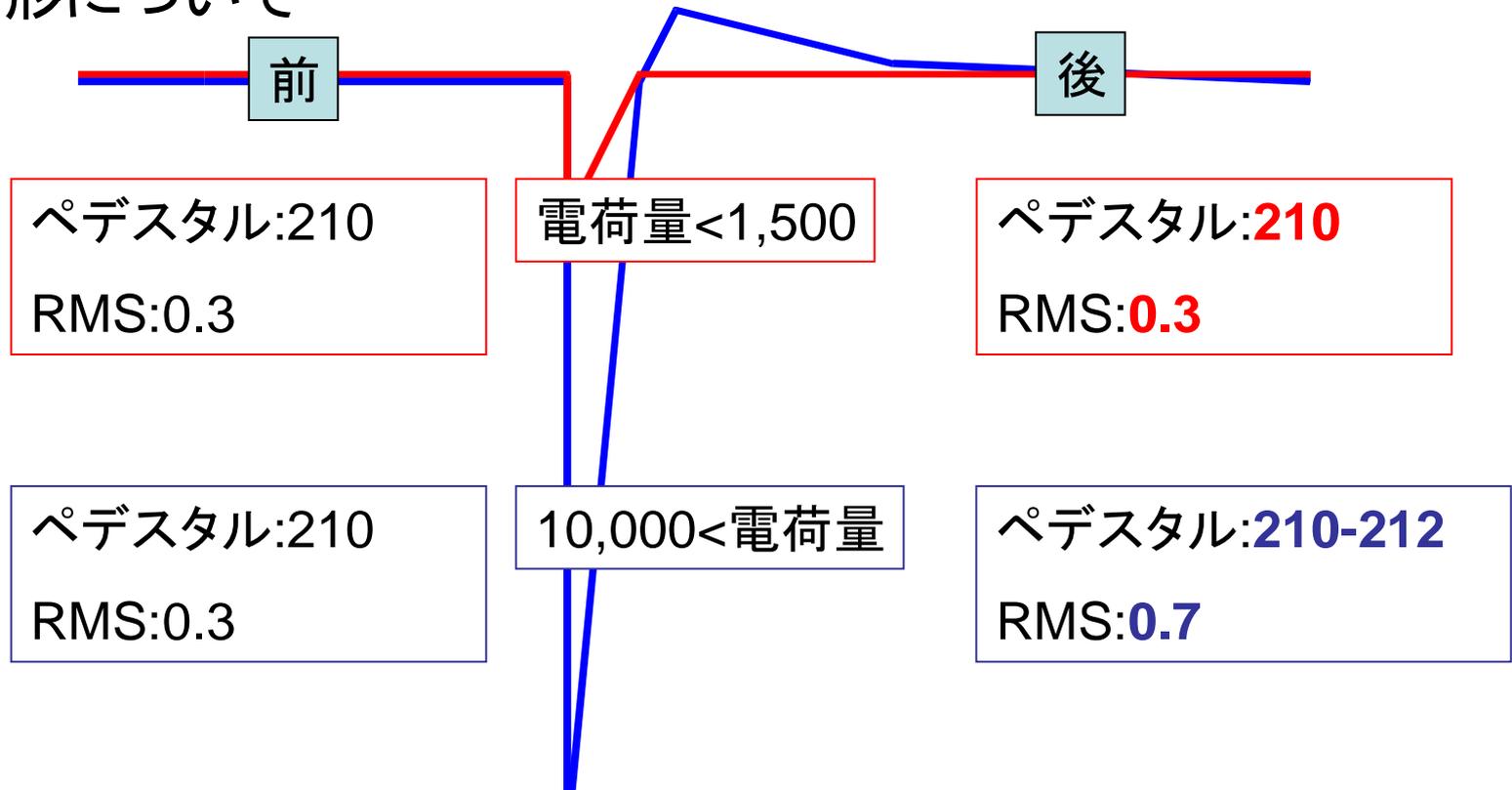
(右図) 光量が増すと、ペDESTAL値が大きくなる。

→オーバーシュートの長い成分

まとめ

- Afterpulseのタイミングについて、新潟大での測定を再現する兆候が見られた。

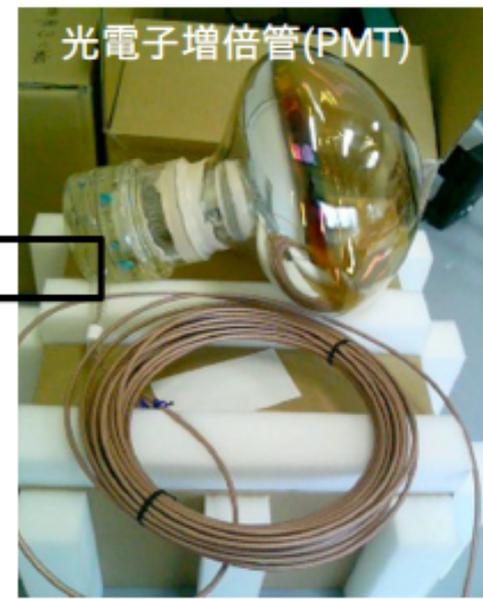
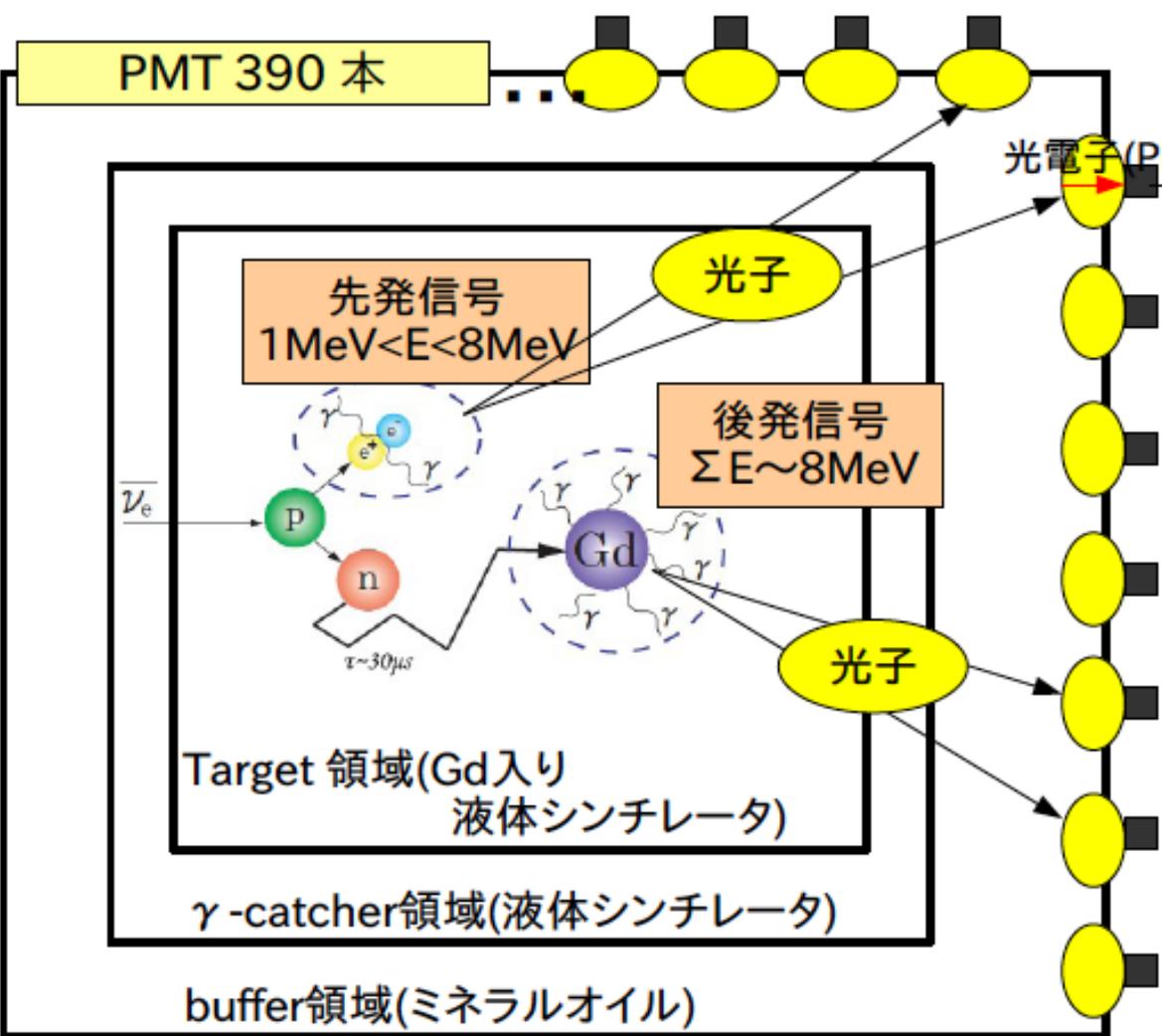
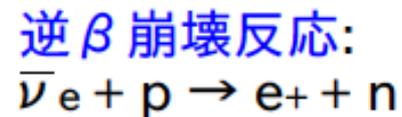
- 波形について



電荷量を計算するのに最適な方法を探る

Backup

ニュートリノの検出方法(遅延同時計測法)



pre pulse発生原理

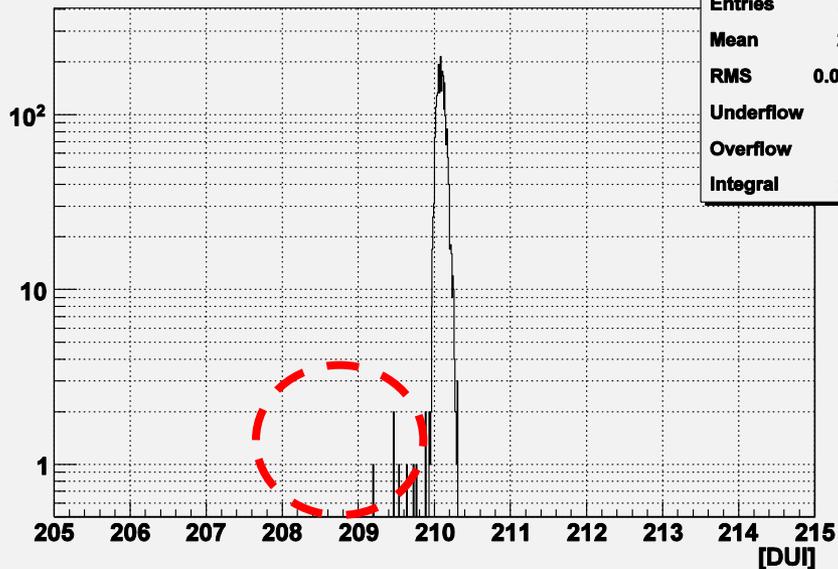
PMTに入射した光が光電面で光電効果をおこさず、第一ダイノードで光電効果をおこした場合、main pulseよりも数十ns前(30ns程度前)に発生すると考えられている。

Late pulse発生原理

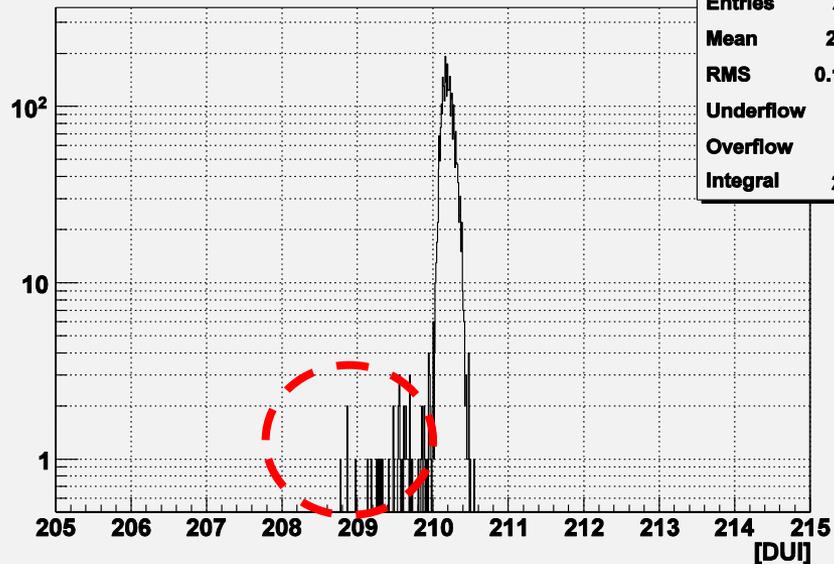
1. 光電子が第一ダイノードで光を発生させた場合、その光が光電面で光電効果を起こし、再び光電子ができる。発生タイミングは、光電面から第一ダイノードまでの光電子のトランジットタイムと考えられる。(rare)
2. 光電子の後方散乱によるもの。発生タイミングは光電子のトランジットタイムの2倍程度。(散乱時の横方向の運動量とPMTにかかる電場による)

各電荷量でのペDESTAL

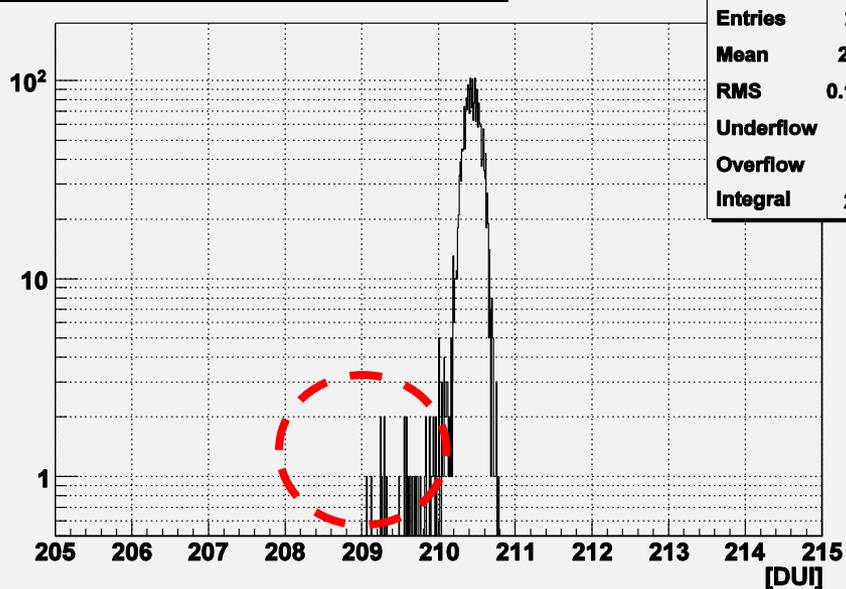
pedestal_DUQ<1500(ch#=100)



pedestal_1500<DUQ<4000(ch#=100)

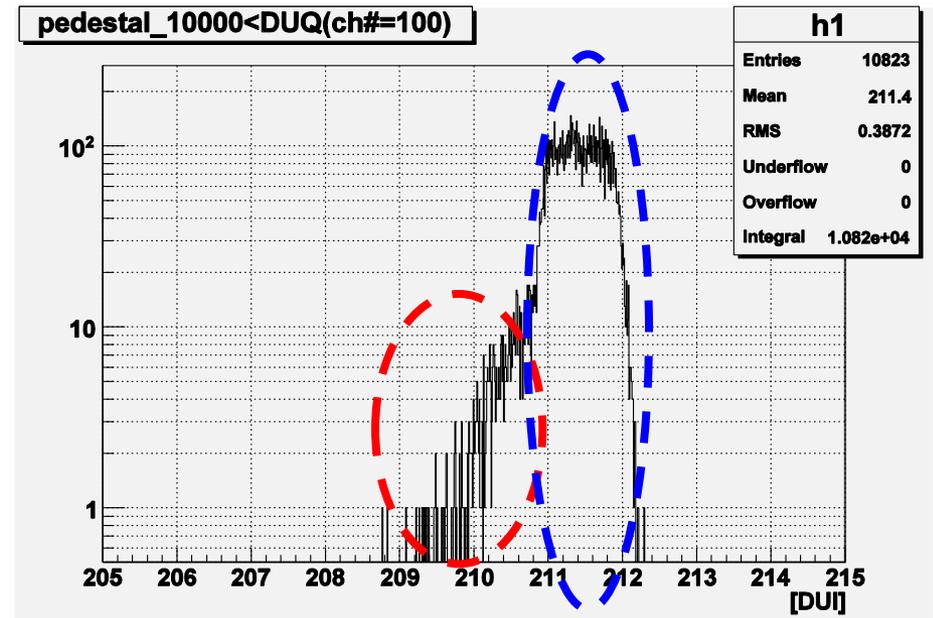
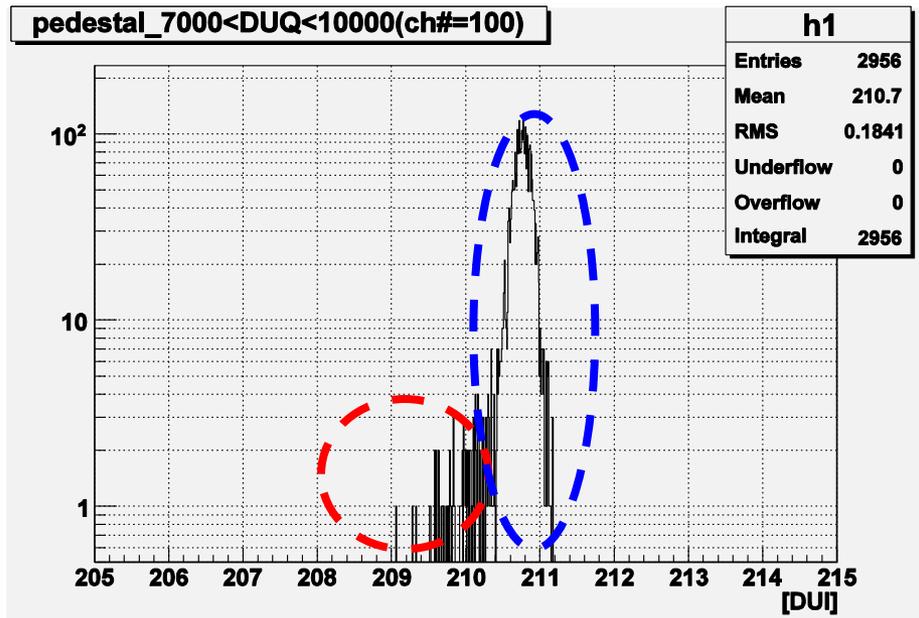


pedestal_4000<DUQ<7000(ch#=100)



--- Afterpulse, latepulse

各電荷量でのペDESTAL



--- Afterpulse, latepulse ... ①

--- 光量の違い ... ②
7000 DUQ 以上が②を占める