



WLSとMPPCを用いた 位置測定能を持つ検出器の開発

久野研究室 4回生

鰐原 孝康

曳田 俊介



Contents



- **Motivation**
 - ～ MUSIC
 - ～ Q-ball Search
- **Detector**
 - ～WLSとMPPCを用いた検出器
 - ～検出光子数の見積もり
- **Trial**
 - ～試作器で測定できた信号
- **Future**
 - ～試作器の改善点
 - ～これからの予定



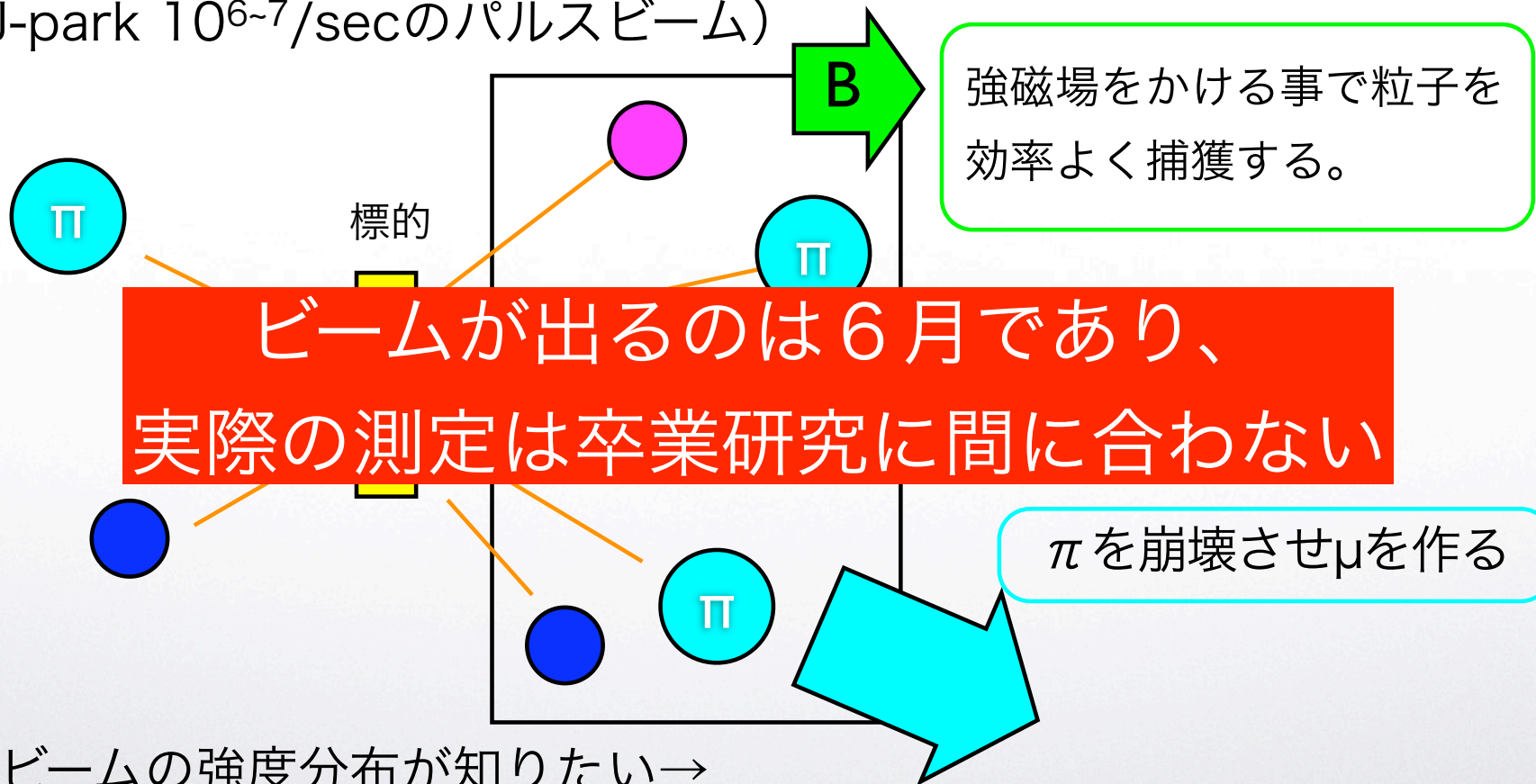
Motivation



MUSIC



大阪大学RCNPに $10^8\sim 10^9/\text{sec}$ の連続 μ ビームの生成を目指す
(J-park $10^6\sim 10^7/\text{sec}$ のパルスビーム)



ビームが出るのは6月であり、
実際の測定は卒業研究に間に合わない

πを崩壊させμを作る



Q-ball Search



- Q-ball
原子核程度の半径に
スクォークやスレプトンが多数縮合したもの
ここでは $e \sim 10e$ の電荷を持つものを考える
- Q-ballの特徴
バリオン数が多い... $N_b \sim 10^{20}$
速度が遅い... $\beta \sim 10^{-3}$ (=太陽系の公転速度)
物質中で電磁相互作用をする
-->非常に大きいエネルギー(1 GeV~100 GeV)
を落とす遅い粒子を探せば良い

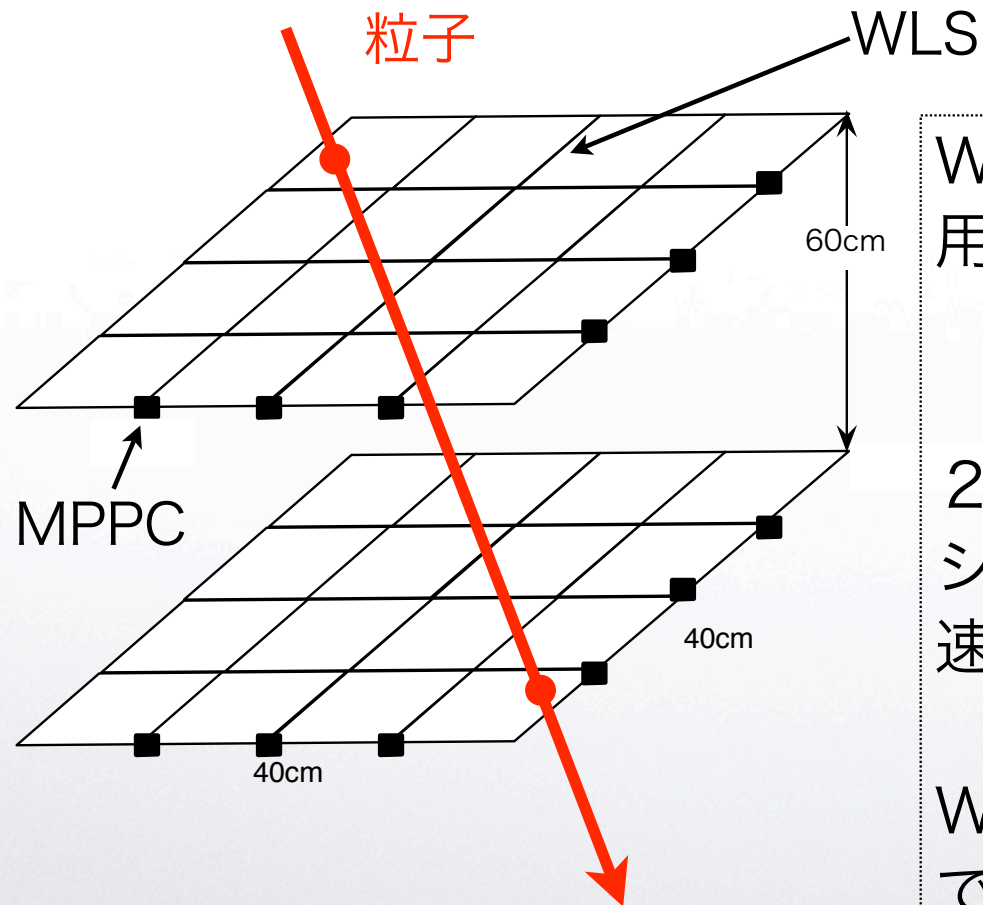
ダークマターの有力候補であると同時に、
バリオン数非対称の問題を解決しうる。



Detector



ディテクター概要



WaveLength Shifting fiberを用いて粒子の入射位置を観測
-->MUSIC Beam Monitor

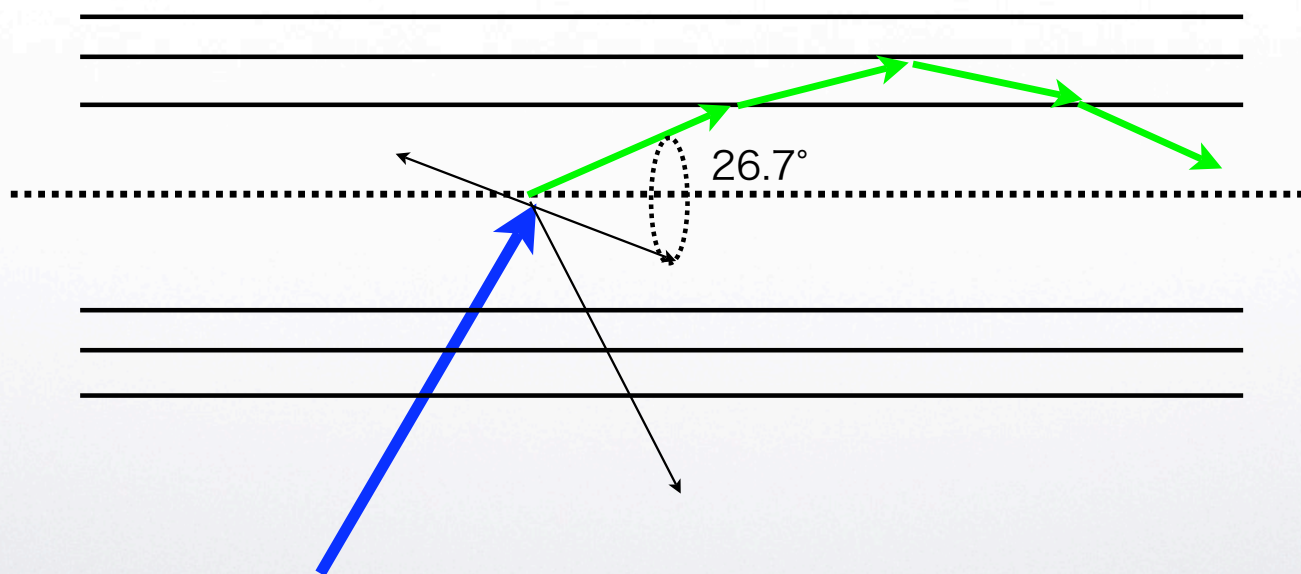
2枚のシンチレータを用い、
シグナルの時間差から粒子の
速度を決定 -->Q-ball Search

WLSからのシグナルをMPPC
で読み出す



WLS(WaveLength Shifting fiber)◀ | ▶

検出器に位置分解能を持たせるために、シンチレーターにWLSを張る。
WLSは外部から入ってきた光を波長変換材が吸収し、より長い波長の光を出す。
再発光された光のうち全反射条件を満たすものはファイバーの中を伝搬できる。



$$\text{全反射率} = 2\pi (1 - \cos 26.7^\circ) / 4\pi = 0.053$$

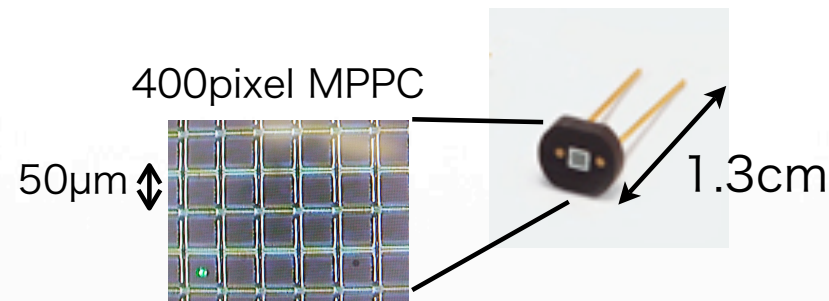


MPPC



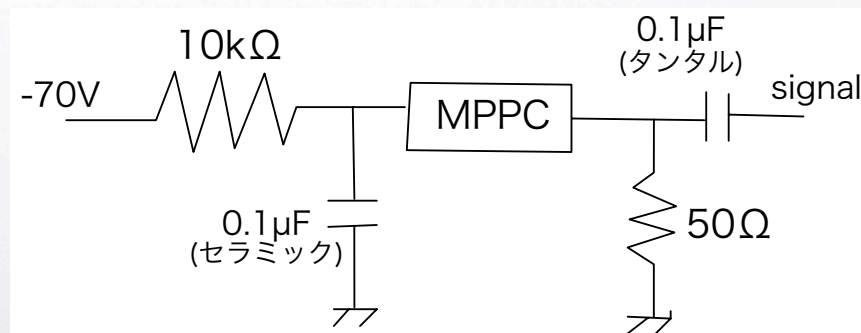
MPPCは、個別に動作する複数のガイガーモードAPD 픽셀から成る
フォトンカウンティング・デバイスである。

APD 픽셀は、フォトンが入射するとパルス信号を出力し、その総和が
MPPCの信号出力となる。



MPPCの特徴

- 入射フォトン数に対して、優れた検出効率を持つ(100pixelで65%=PMTの3倍)
- 低バイアス(およそ70V)で動作する
- 高い増倍率を持つ($10^5 \sim 10^6$)
- 簡単な読み出し回路で動作する
- 高い時間分解能(200psec)
- 小型
- 磁場の影響を受けない



読み出し回路



PDE(検出効率)



型番号	S10362-11-025c	-050c	-100c
ピクセル数	1600	400	100
ピクセルサイズ(μm)	25 $\times$ 25	50 $\times$ 50	100 $\times$ 100
開口率(%)	30.8	61.5	78.5
検出効率(%)	25	50	65

有効受光面サイズ 1mm $\times$ 1mm

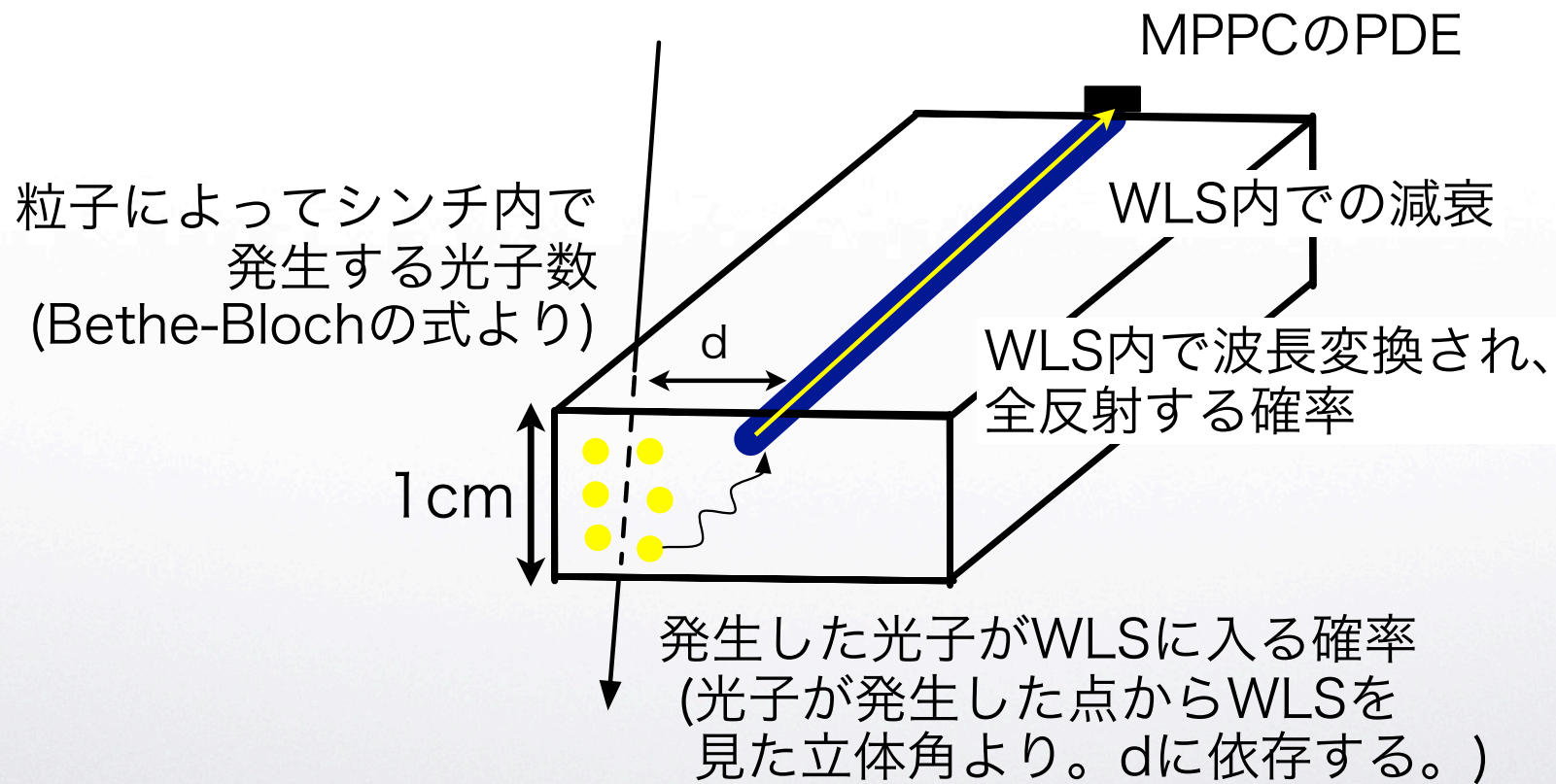
PDEは開口率に依存するので、pixel数の多いMPPCほど、PDEが低い



光子数の見積もり



検出光子数は、以下の値の積で求められる





検出検

シン出

光子

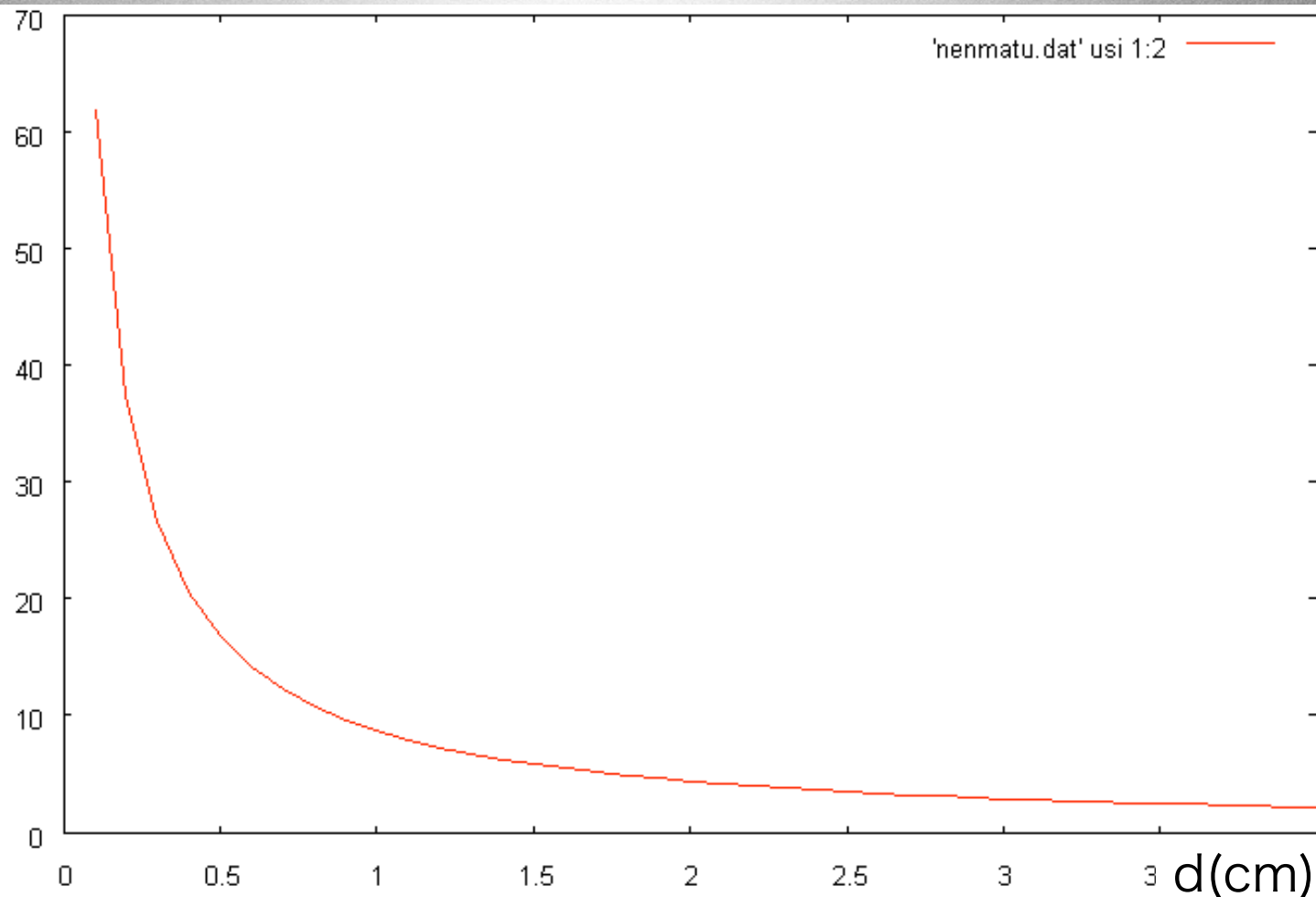
×発生

×W数

×W

×W

×MPPCの



以上より、

なら93%

1 GeV- μ では10~20photons程度の65%

シグナルを得られると予想



光子数の見積もり



宇宙線中のmuon	: 1 GeV muon	10~20photons
MUSICで得たいmuon	: 20MeV/c muon	40~70photons
MUSICで崩壊しないpion	: 100MeV/c pion	20~40photons
Q-ball	:	$\sim 2 \times 10^5$ photons

粒子識別も可能である



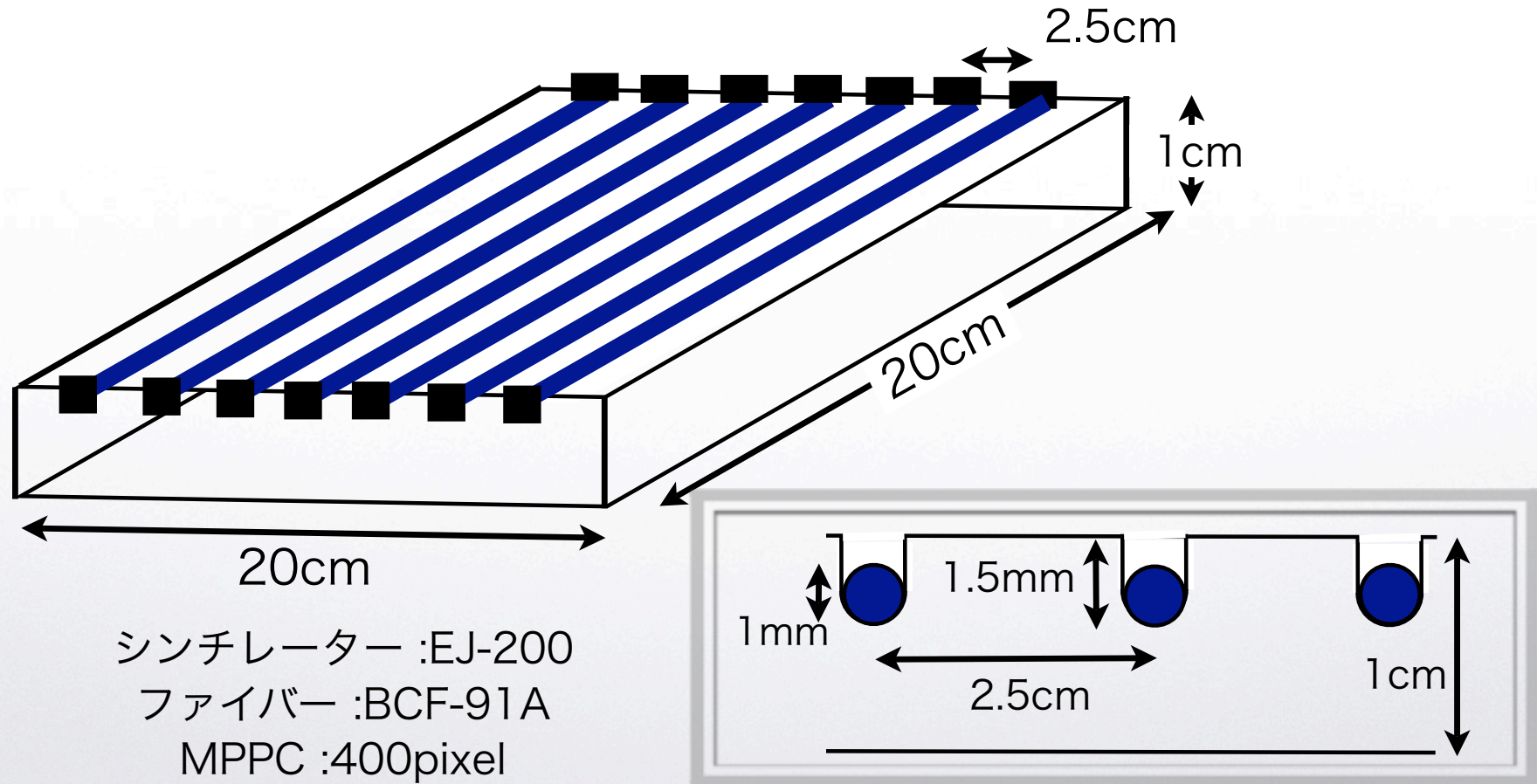
Trial



試作機による測定



光量の見積もりが正しいか検証し、WLSの間隔を決定するため、
試作機を作り測定を行った。

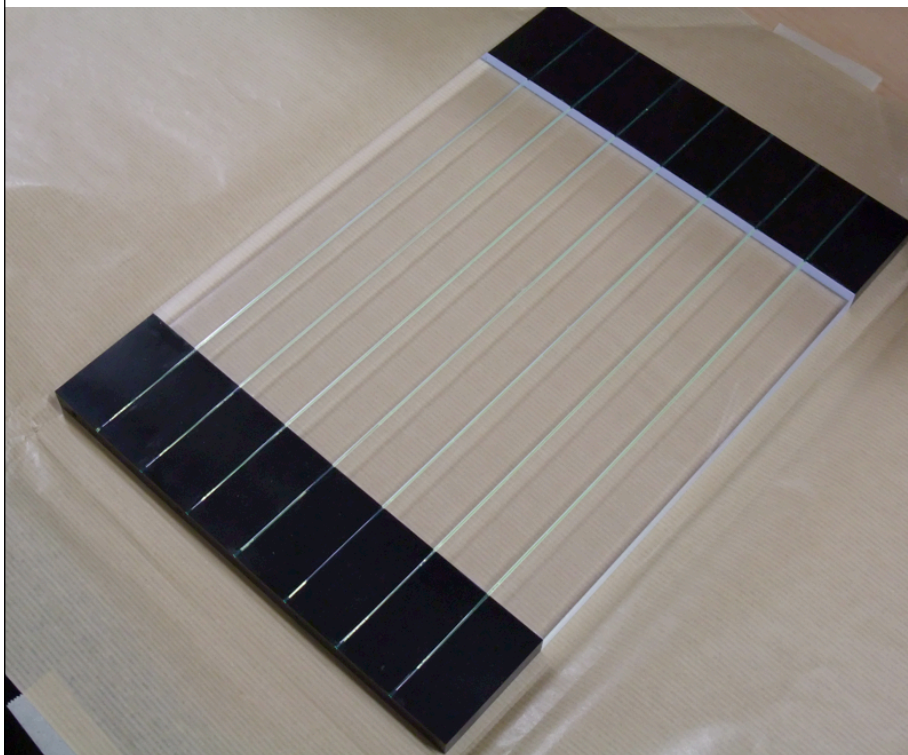




試作機による測定



写真

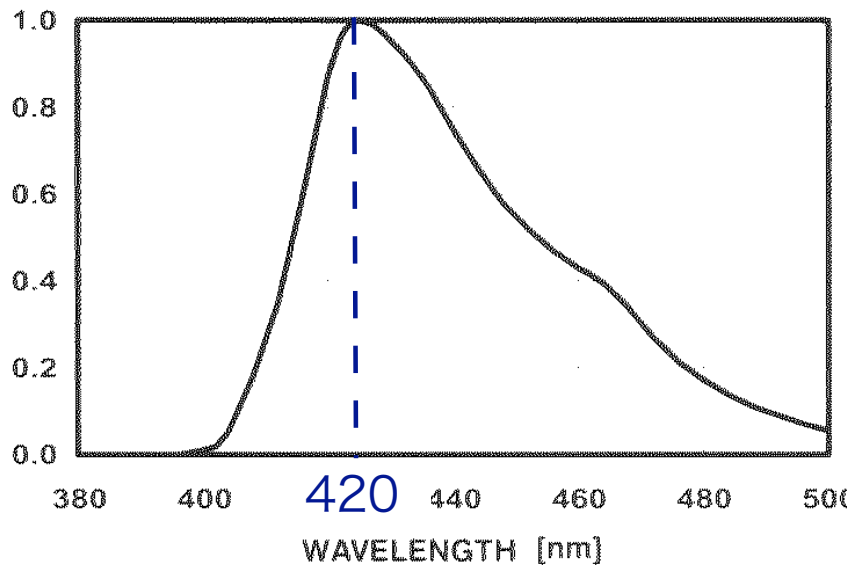




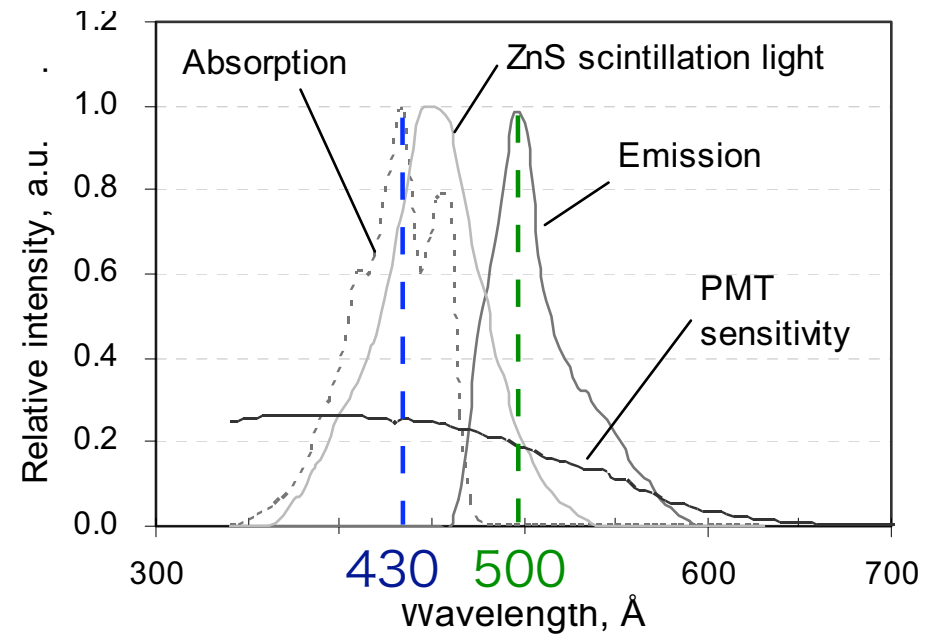
シンチとWLSの光の波長



シンチ光の波長



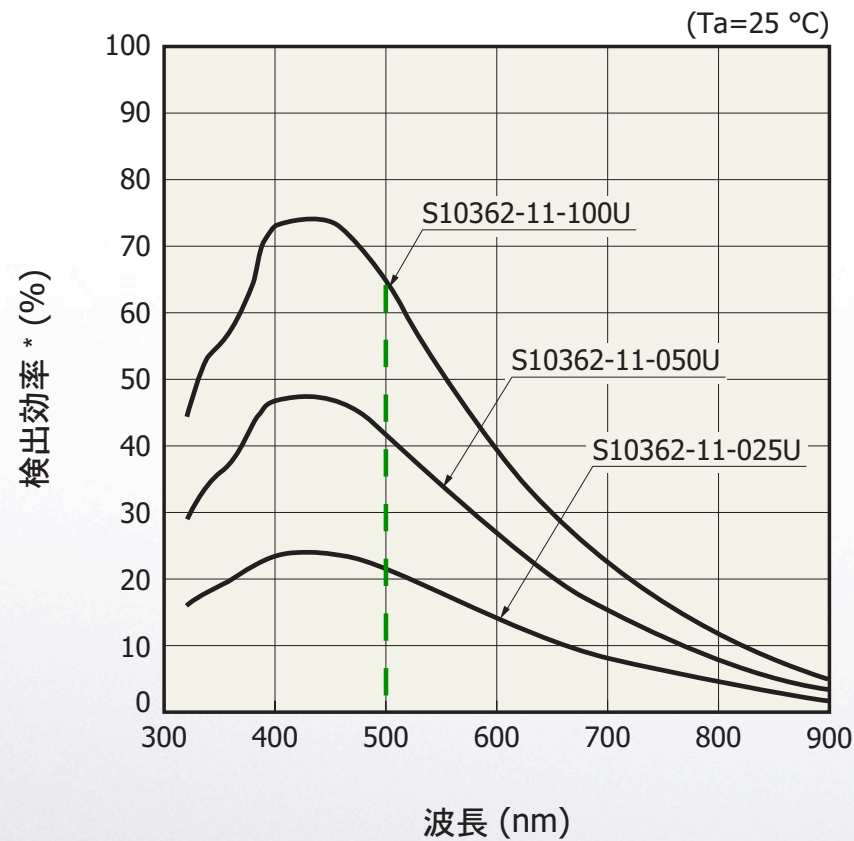
WLSの吸収/発光波長



シンチレーター(ELJEN製 EJ-200)の発光波長ピークは420nm
WLS(BICRON製 BCF-91A)の吸収波長ピークは430nm
であり、ピークはほぼ一致している。

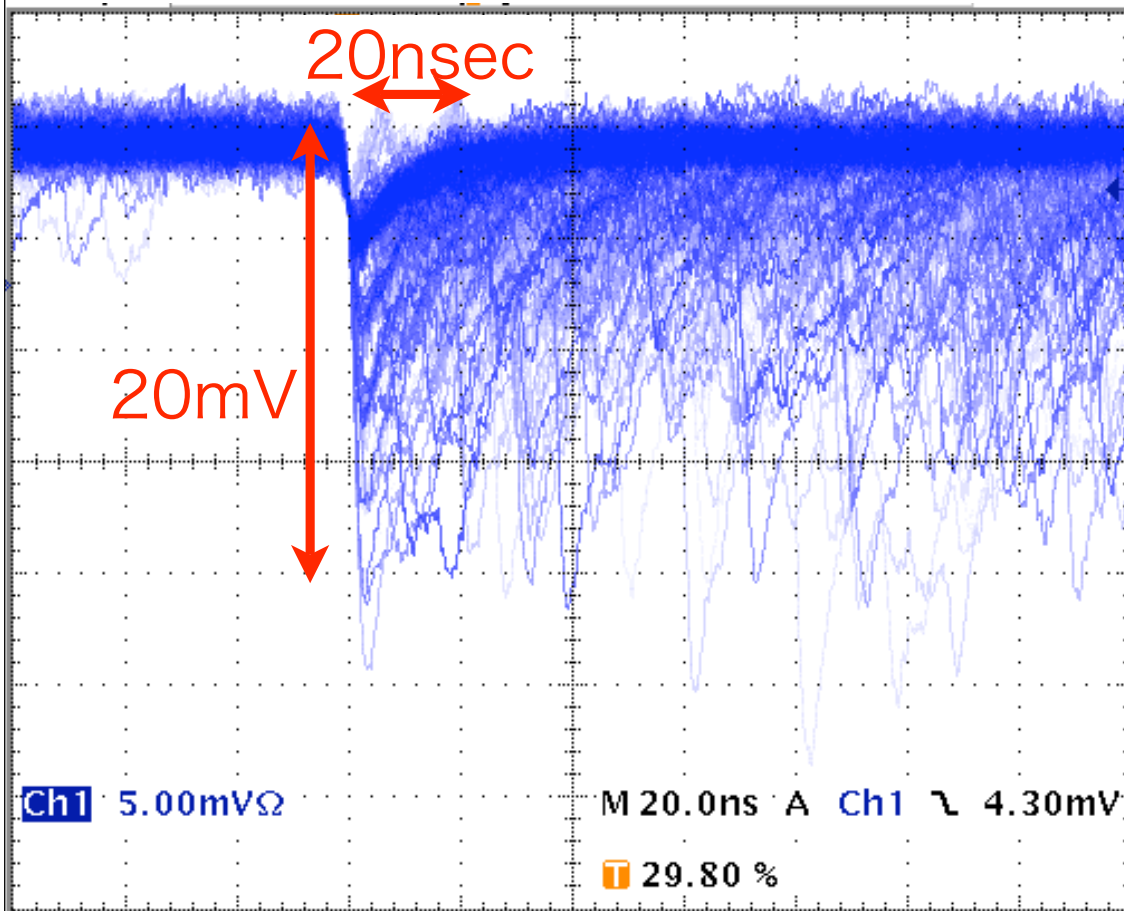


MPPCのPDEの波長依存性



500nmの光に対して、
400pixelMPPCのPDEは
40%であり十分高い

MPPCのノイズ



MPPCをシンチに取り付けずに暗箱内で測定。

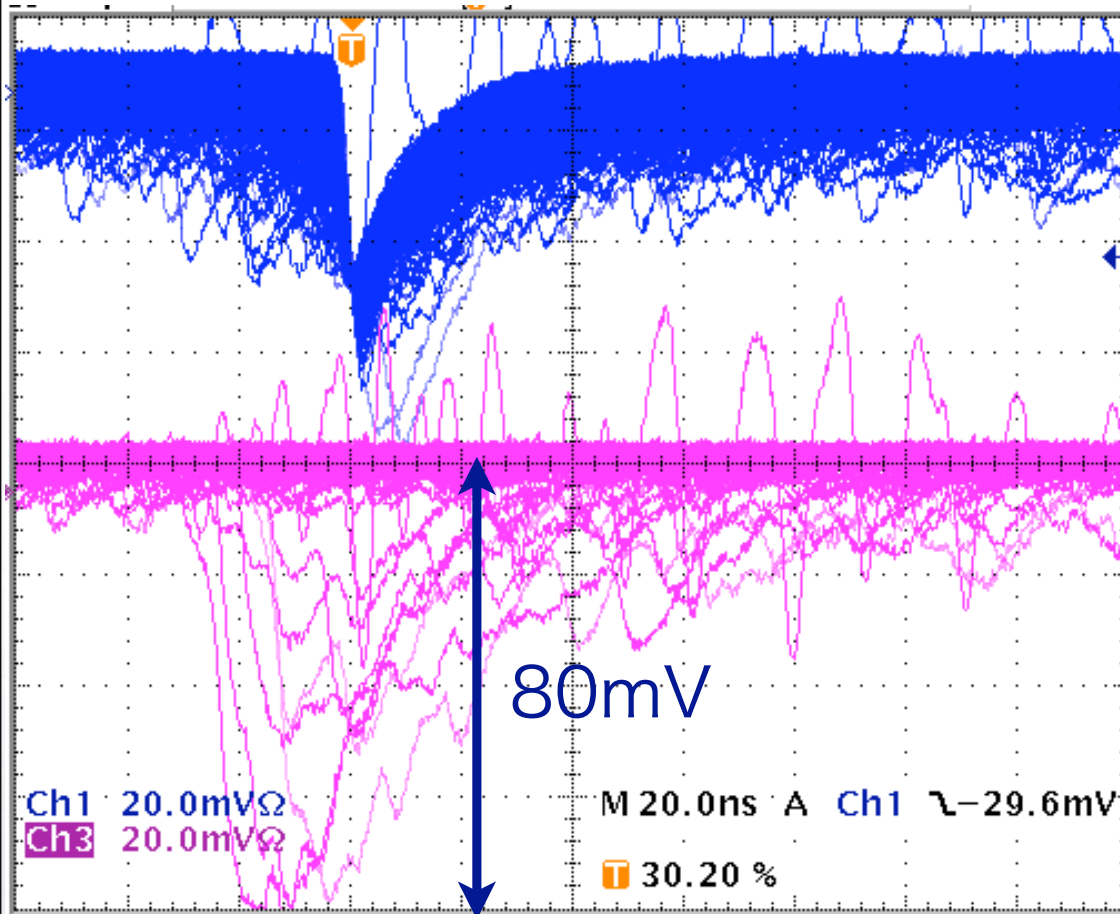
動作電圧72V、10倍の
アンプを通してている。

1~5p.e.のノイズが見えている。

1p.e.あたり4mV程度の
電圧を返すことが分かる。



シンチレーション光の測定 ◀ | ▶



MPPCを中央のWLSに取り付けて測定。

動作電圧71.8V、10倍のアンプ。WLS中央にSr90を置いた。

β 線の
 $-dE/dx$ が1GeV- μ と
ほぼ同じ

CH1に同期してCH2に最大80mVのシグナルが来ている。

これより、20個程度の光子を検出できていることが分かる。



Future



試作器の改良点

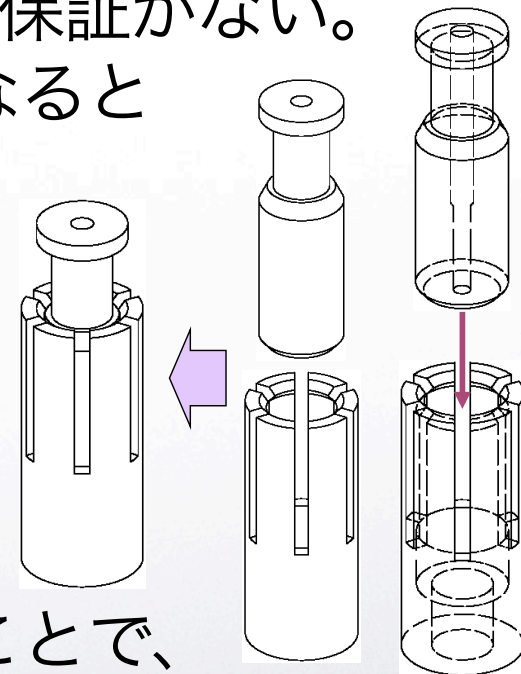


MPPCとWLSの接続

現在オプティカルグリスで2つを貼付けているが、不安定で、きちんと接続できている保証がない。将来的にMPPCが50個程度必要になると接続やセッティングが煩雑。

-->T2K実験で使用されている
キャップ式コネクターを利用。
(京大 五味さん設計)

-->検出器を囲むフレームを組み、
そこに基盤とMPPCを固定することで、
配置やケーブル処理がしやすい環境を作る。





今後の予定



- ・ ADCを用いて光量の見積もりをより定量的に検証
- ・ WLSの間隔を決定し、本番用の検出器を作る
- ・ 要求通りの位置分解性能があるかcheck
- ・ Q-ball search
- ・ 卒論をなんとか書く。



End of Slide