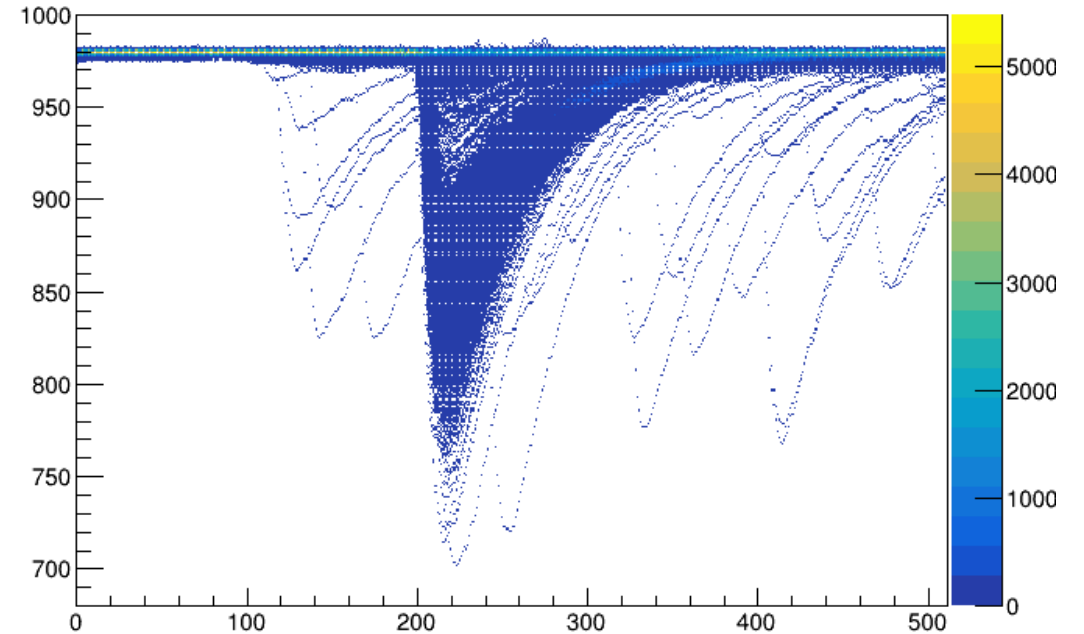
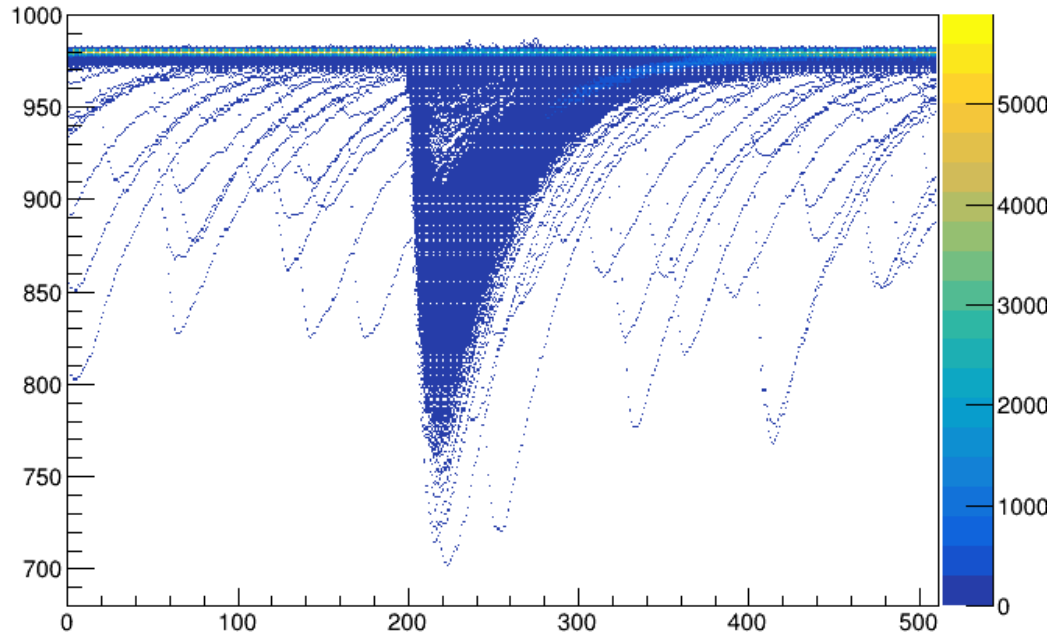


200423

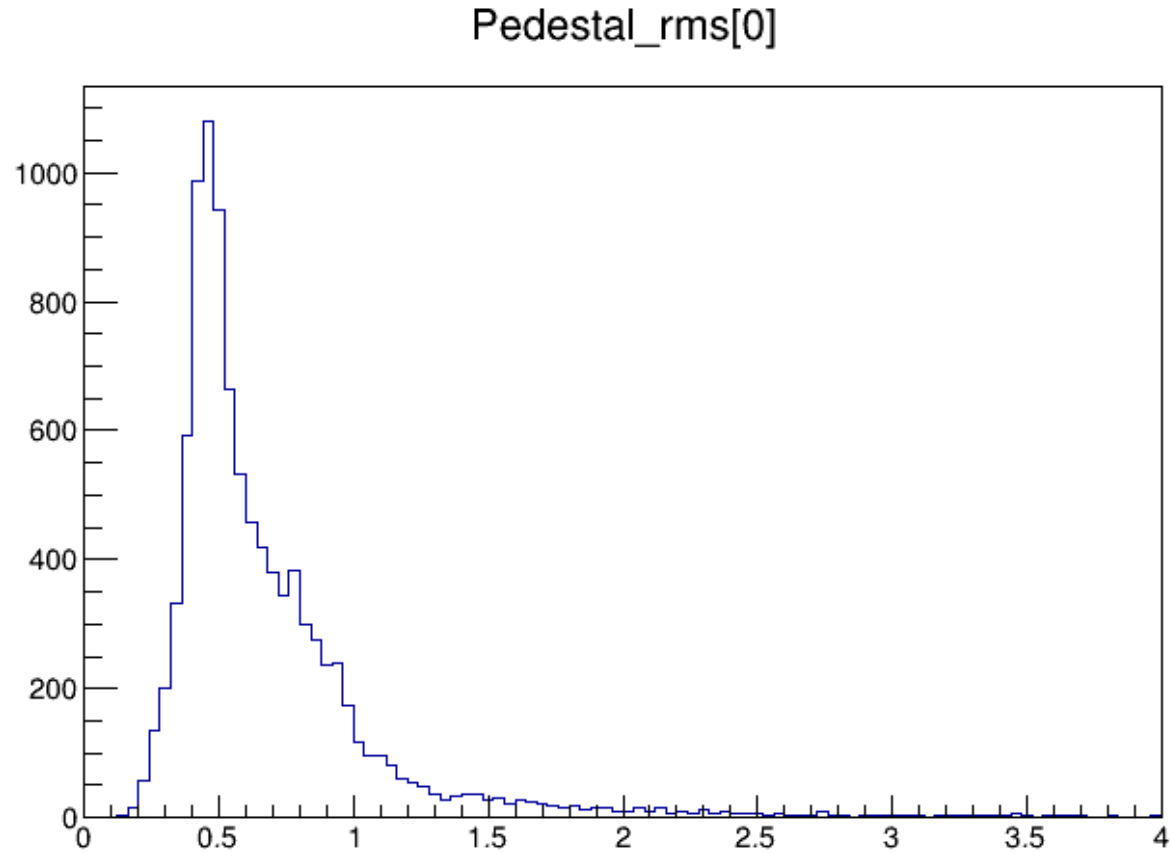
Light yield and attenuation

RMS cut

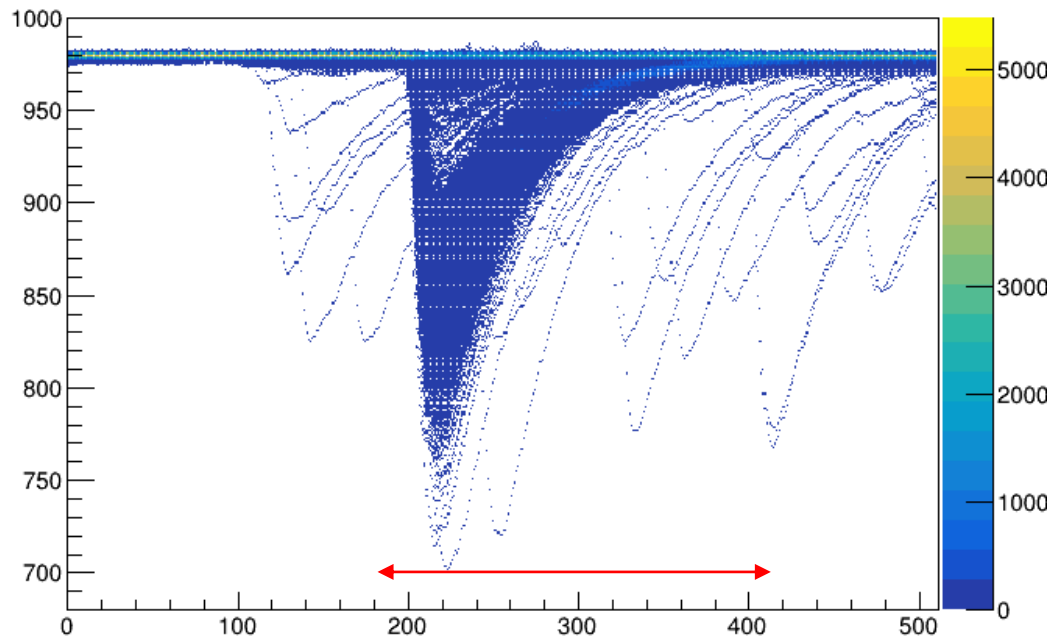


Source를 두고 한 실험에서 Pedestal을 명확하게 두는 것은 매우 중요하므로, Pedestal region(1 번째 점부터 100번째 점까지)에서의 ADC의 표준편차가 1보다 작은 event만을 확인하였다.
(the number of event : 10000 -> 8100)

Pedestal region에서 ADC 표준 편차

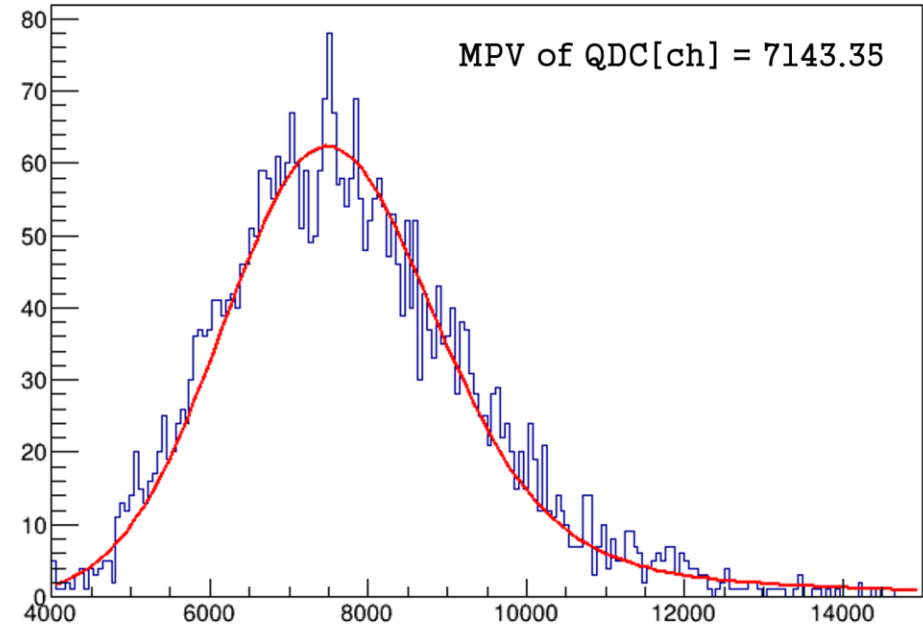
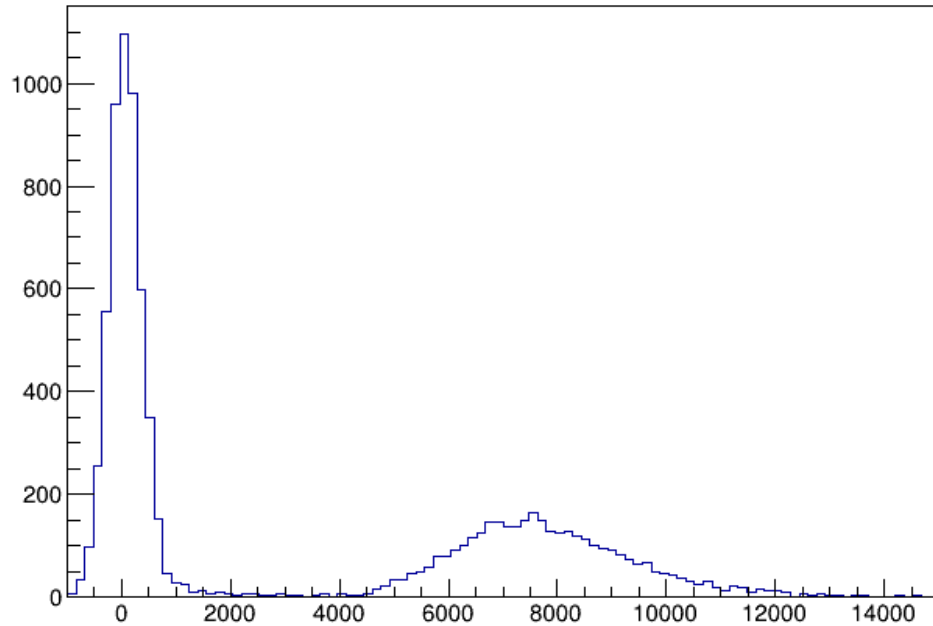


Range of ADC summation



- 이번 실험에서 ADC summation의 범위는 180 ~ 420까지였다.
- 이는 실제로 trigger한 전자가 만든 신호만을 확인하기 위함이다.
- 실제로 220 point 근처에서 나타난 것만이 실제 신호이고, 나머지 신호는 afterpulses 등이 아닌, 스트론튬 90은 180 kBq의 높은 방사능을 가지고 있어서 나타난 다른 전자에 의한 신호에 해당함을 확인하였다.

Fitting example

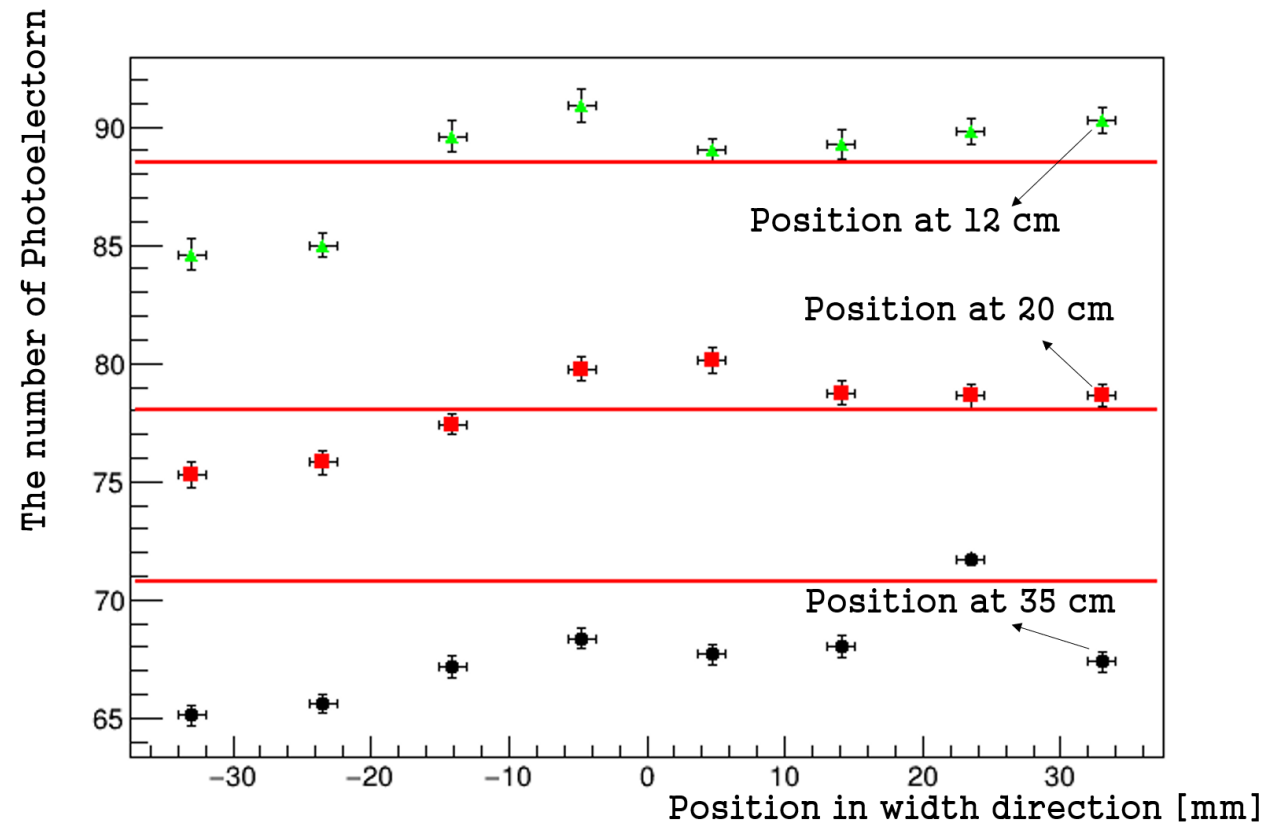


실제로 Source를 통해서 나타난 신호는 왼쪽과 같았다.

그 중, 0 근처에서 나타난 솟은 피크는 Pedestal에 해당하고, 오른쪽의 넓게 나타난 분포가 실제 90 스트론튬이 만들어낸 신호임을 알 수 있다.

해당 신호는 측정 기기의 불확실성과 Scintillation에서 방출되는 광자의 수의 분포를 고려하여 Landau convoluted with Gaussian으로 fitting 하였다.

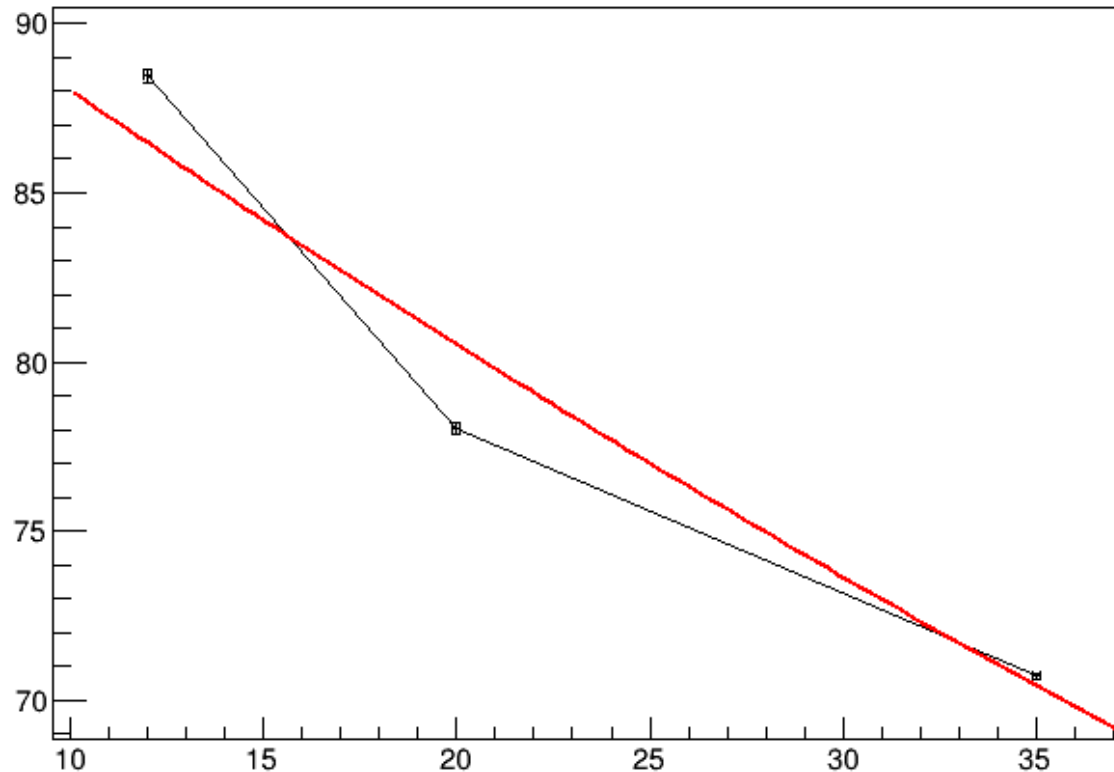
Position dependency in width direction



위의 데이터는 Source의 위치를 변화시킬 때, Aluminum light box에 부착된 MPPC에 들어온 광자의 수를 표시한 그래프이다. $\frac{1}{4}$ DCV의 구조상 0을 기준으로 대칭여야 하는데 그러한 구조가 보이지 않았다. 따라서 Constant fitting을 통해 값을 계산하였다.

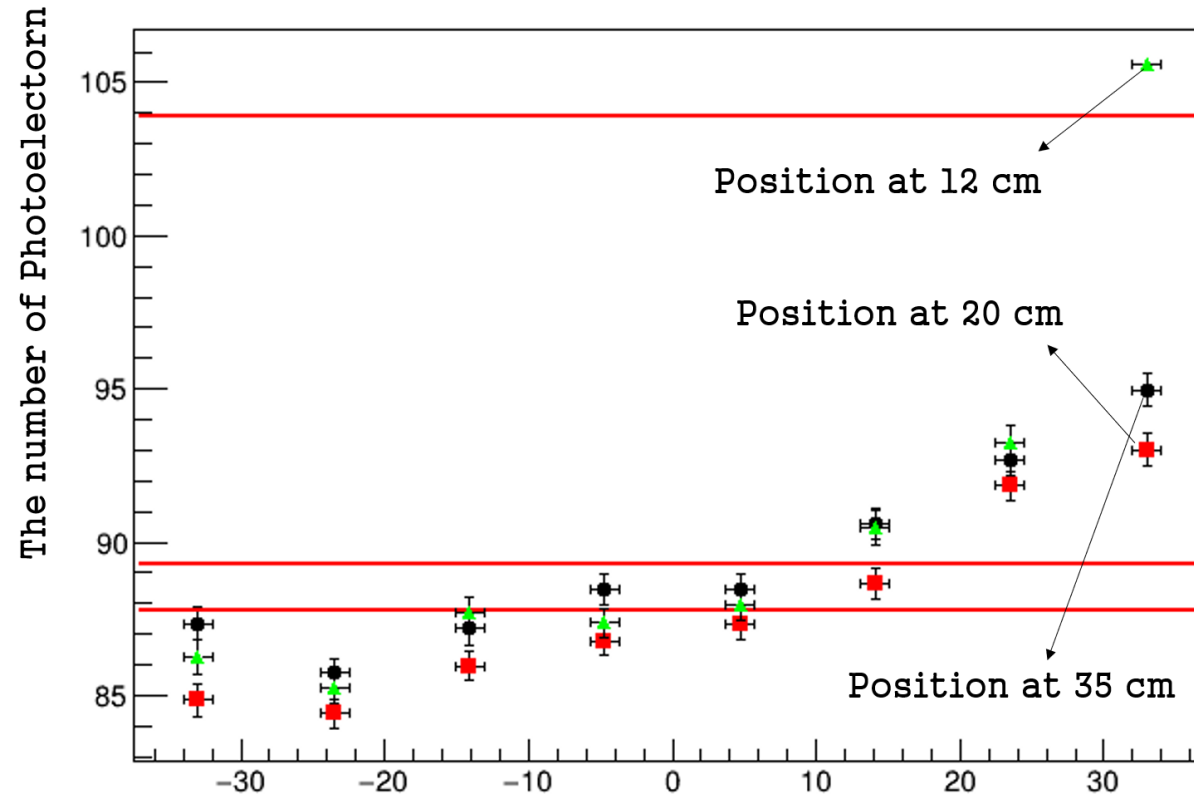
Attenuation

Graph



앞서 constant function으로 fitting된 값을 이용하여 그림을 그리고, 이를 다시 길이방향에 대해 exponential function하게 fitting 하였다.
1/4 DCV보다 짧은 길이임에도 불구하고 fitting이 잘 되지 않았음을 확인할 수 있다.

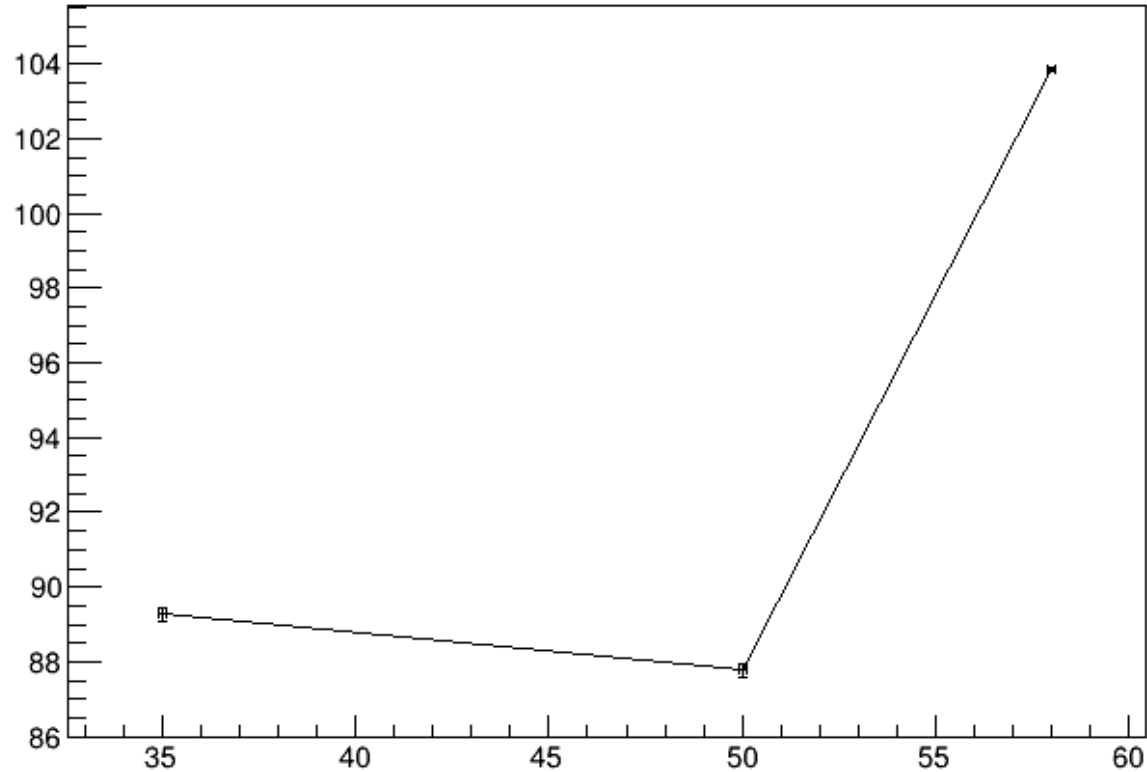
Position dependency in width direction



위의 데이터는 Source의 위치를 변화시킬 때, directly MPPC에 입사된 광자의 수를 표시한 그래프이다. MPPC를 바라보고 있는 fiber의 표면의 영향으로 인해 값들 사이의 간격이 매우 크며, 제작할 때 부착의 문제로 인해 +로 갈수록 값이 커짐을 확인할 수 있다.

Attenuation

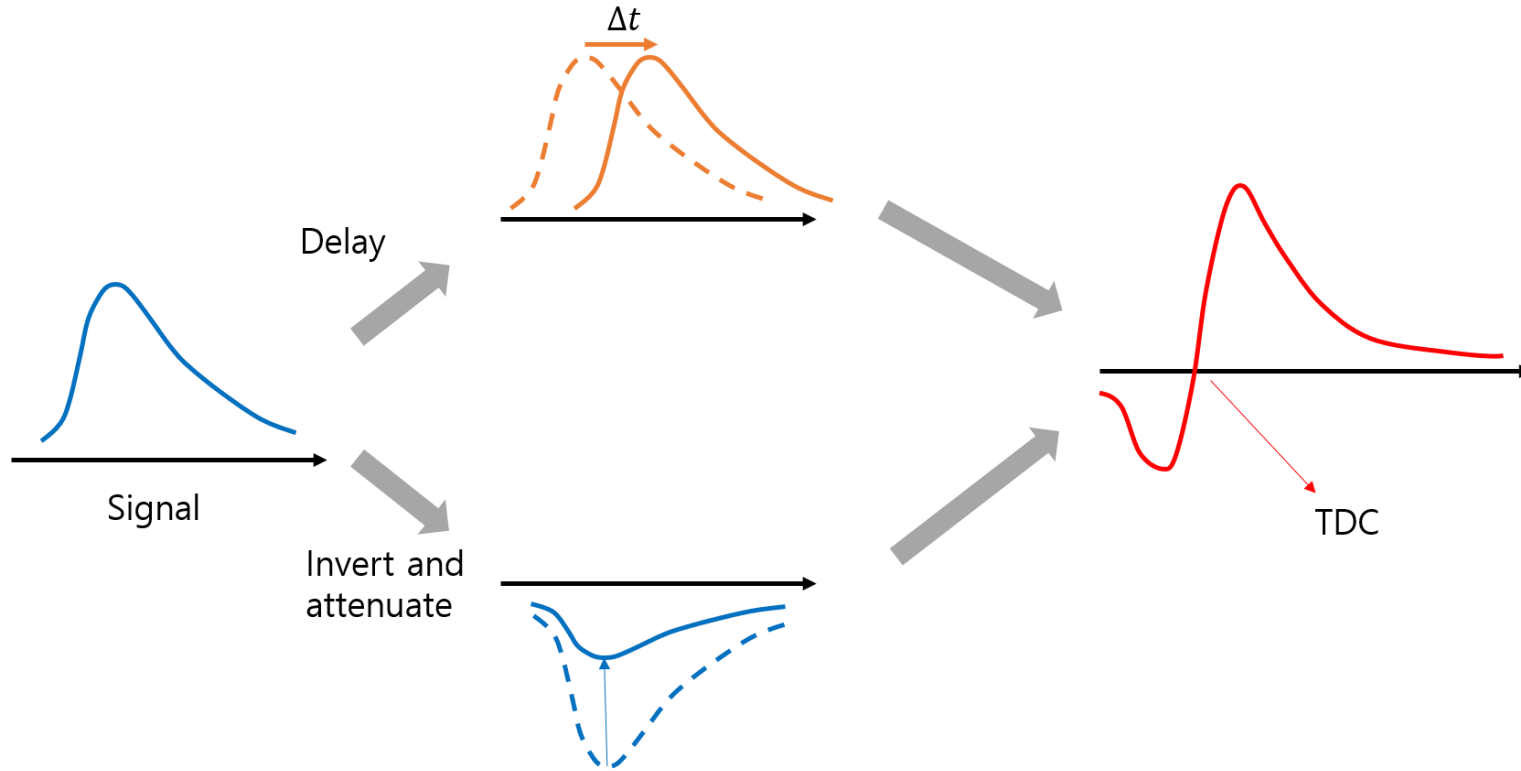
Graph



앞서 constant function으로 fitting된 값을 이용하여 길이방향에 대해 그림을 그려보았다.
58cm에서의 Fitting value를 가장 높게 측정된 부분이 가져가서 오른쪽이 매우 큰 값을 가지도록 나타냈다.

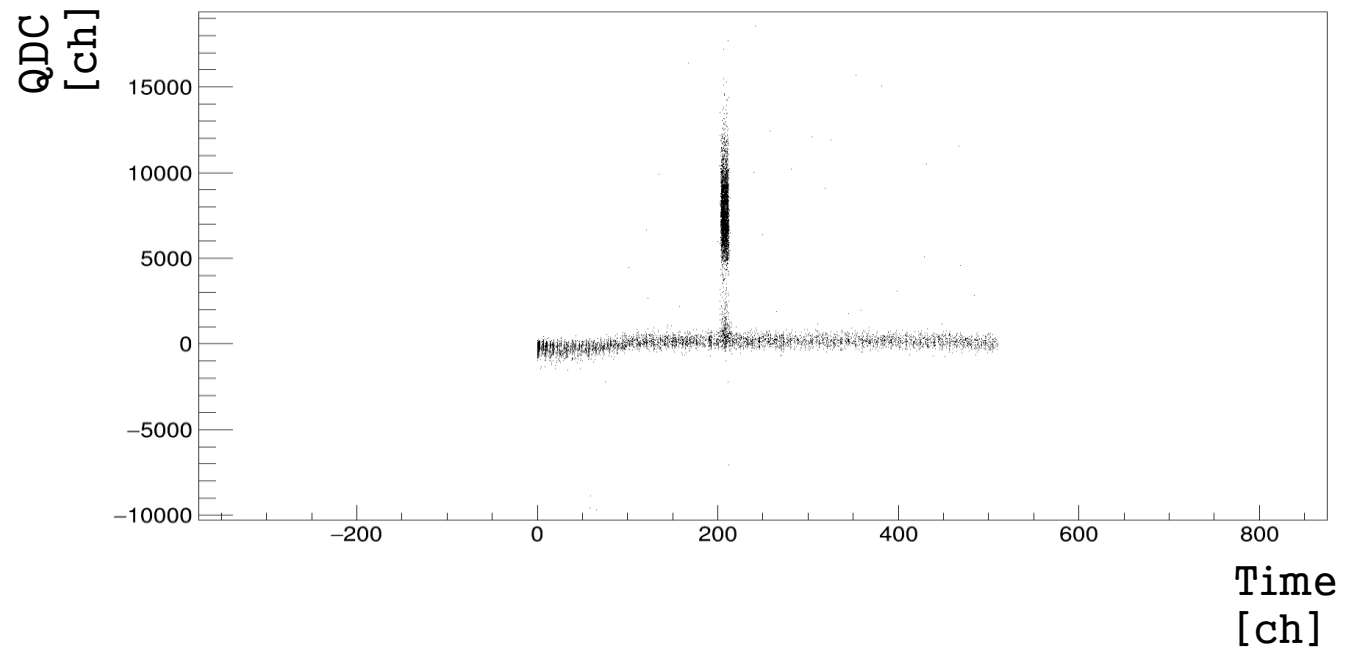
Time resolution

Constant Fraction Determinators



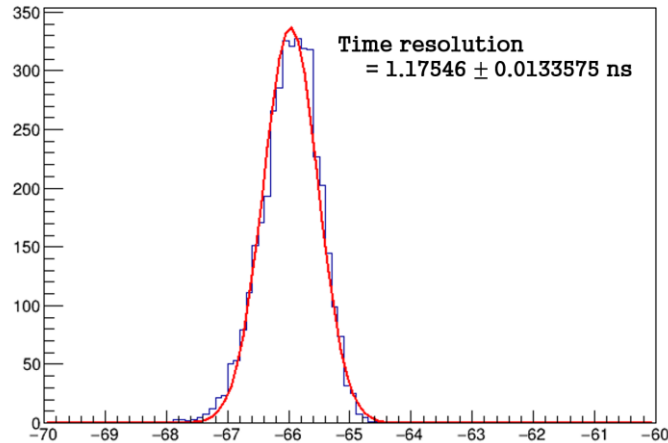
이번 실험에서 TDC를 결정하는데 사용한 방법은 Constant Fraction Determinators로, 최대 peak에서 50% 되는 지점을 TDC로 결정하여 사용하였다.

Cut condition

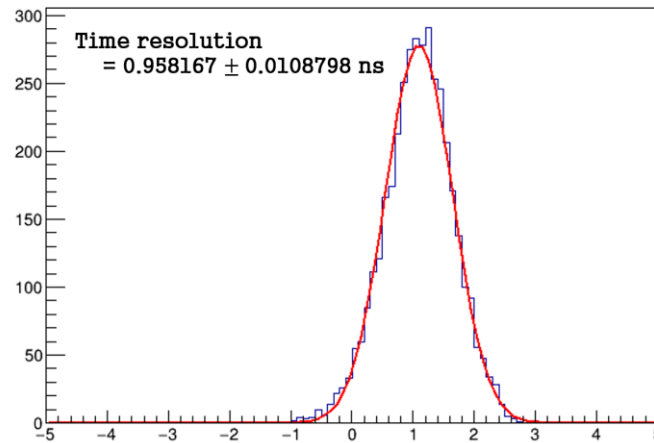


실제로 trigger한 전자가 만들어내는 신호는 200point(TDC) 근처에서 나타났고, 해당 데이터만 모아 주기 위해 ADCsum이 5000보다 큰 경우에만 사용하였다.

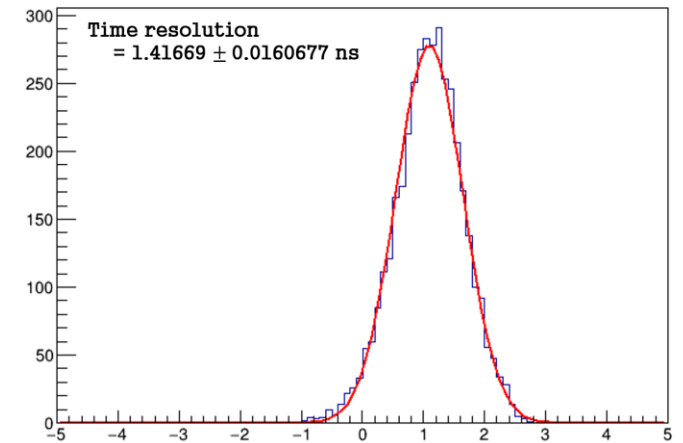
Delta t distribution



Aluminum light box



Directly incident part

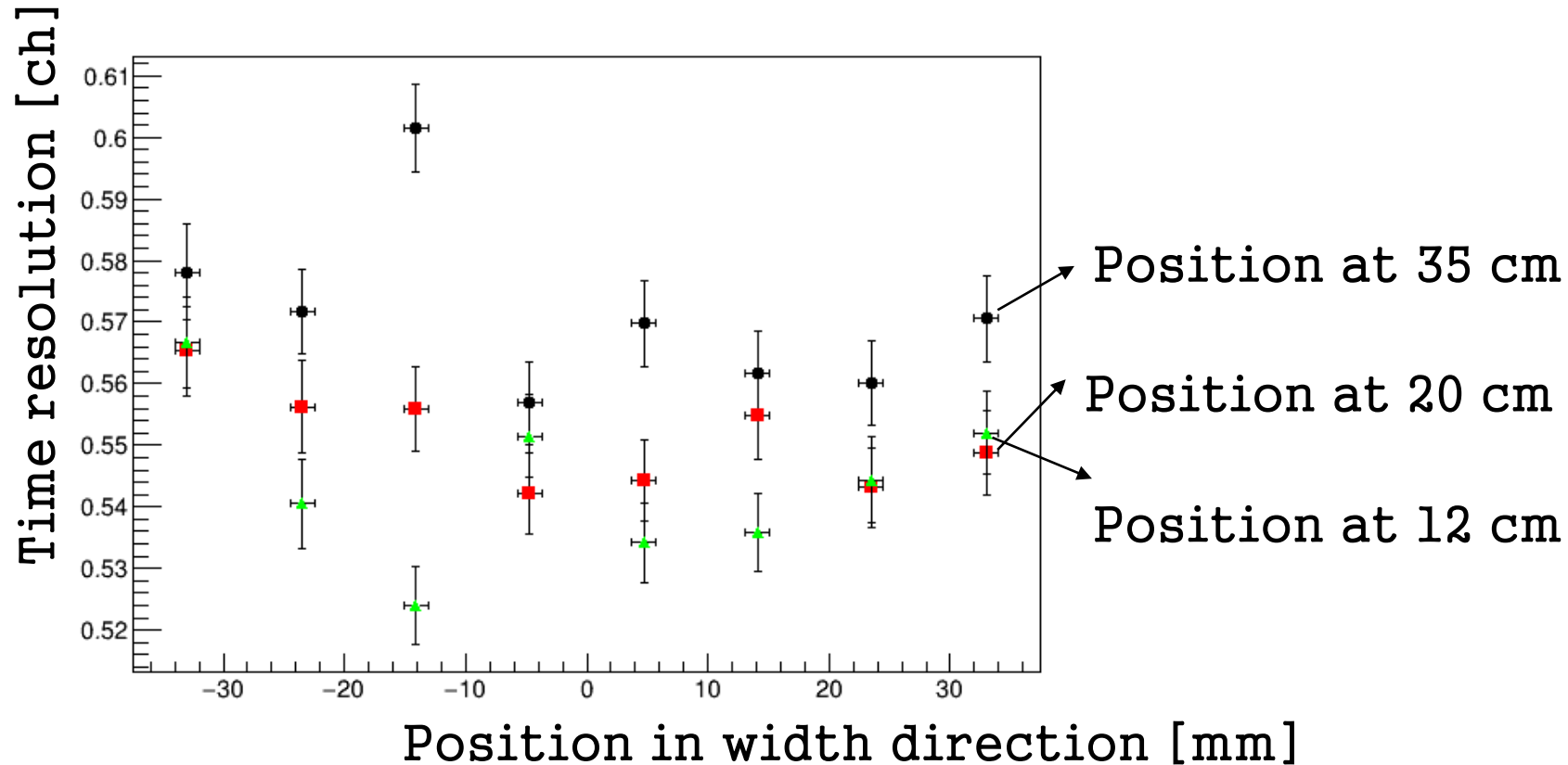


Difference between two MPPCs

첫 번째 사진은 알루미늄 박스와 결합된 MPPC와 PMT 사이의 시간 차이 분포를 나타낸 것이고
두 번째 사진은 fiber와 결합된 MPPC와 PMT 사이의 시간 차이 분포를 나타낸 것이고
세 번째 사진은 두 MPPC 사이의 시간 차이 분포를 나타낸 것이다.

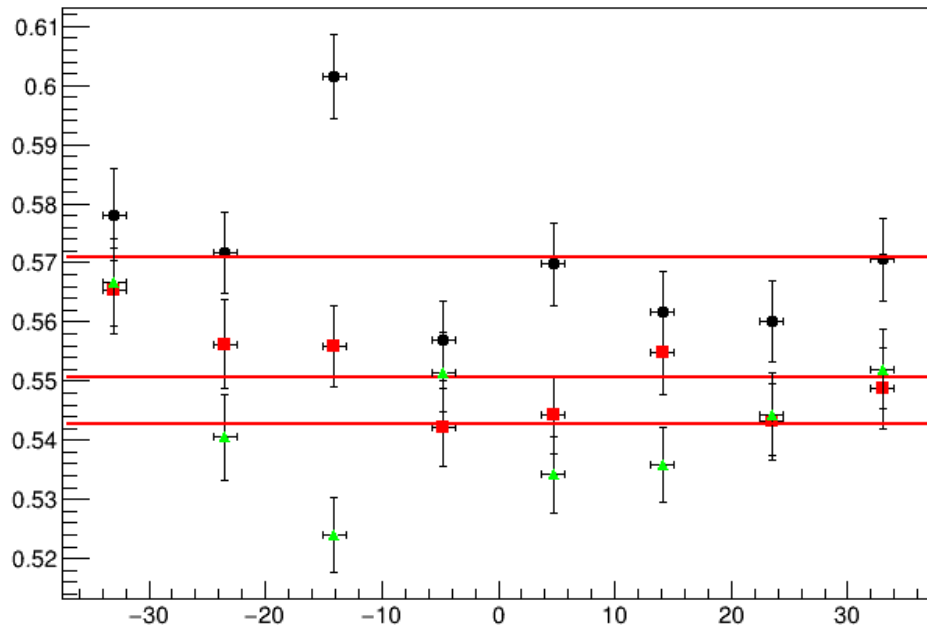
각각의 분포는 Gaussian distribution으로 fitting 되었으며, Time resolution은 해당 Gaussian의 표준편차를 사용하였다.

Time resolution in width direction

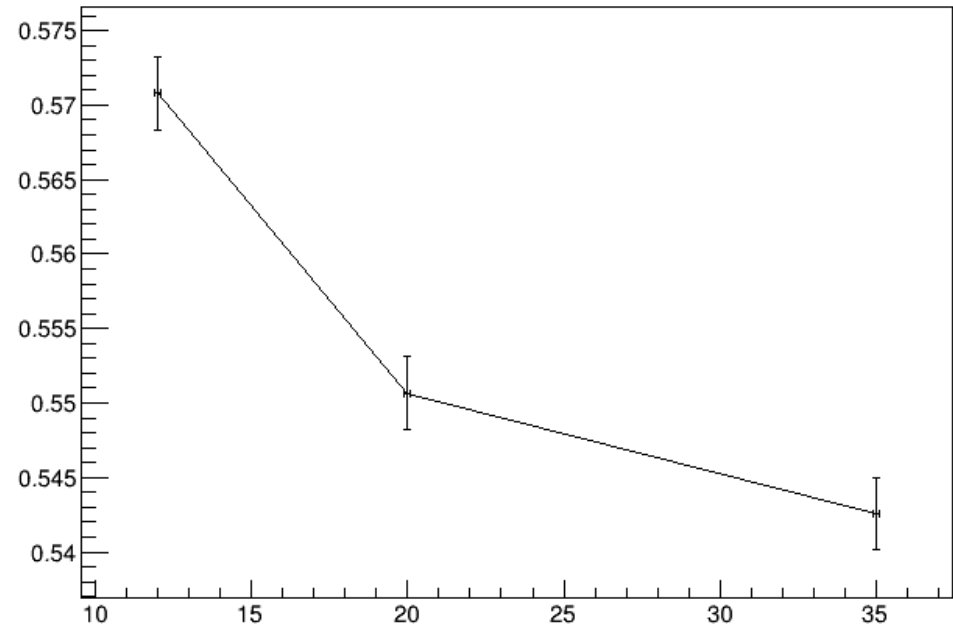


두 MPPC의 시간 차이에 대한 time resolution을 width 방향에 따라 그려보았다.
가까워질수록 time resolution이 좋아지는 것을 확인할 수 있으나, error bar를 생각하였을 때 값들 사이에 차이가 크게 나타나지 않음을 확인할 수 있다.

Time resolution in length direction



Graph



앞 슬라이드에서의 결과를 Constant function으로 fitting 한 뒤, 길이 방향의 위치에 대해서 그래프를 그려보았다. 위의 데이터를 통해 중심으로 갈수록 time resolution이 나빠지고, 알루미늄 빛 상자에 가까워질수록 time resolution이 좋아짐을 알 수 있다.

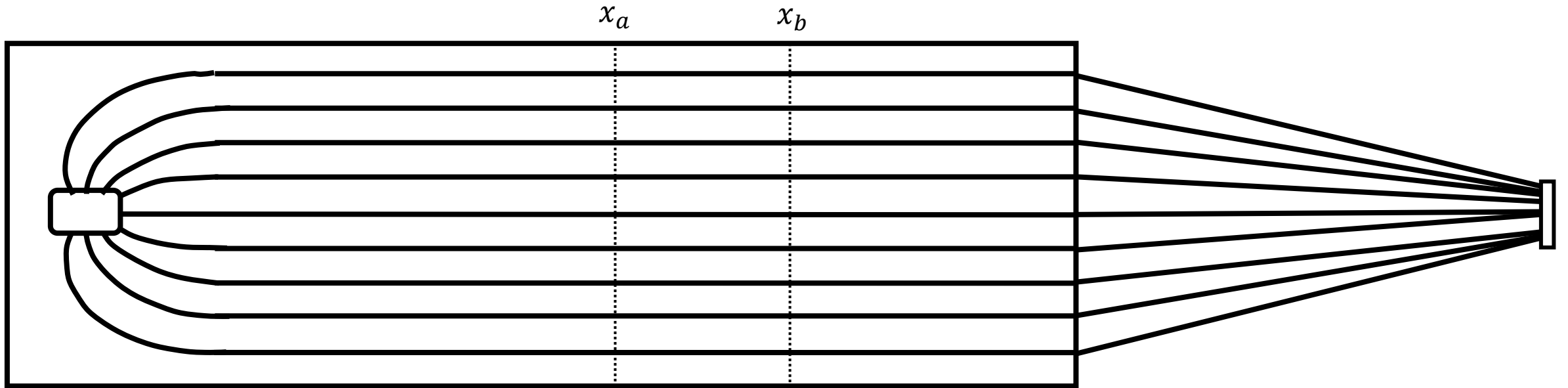
Propagation velocity

Propagation velocity

- 각 MPPC에서 신호가 도착한 시간은, 높이의 최고점으로부터 $\frac{1}{2}$ 되는 지점을 시간으로 정하였다.
- 실험 할 때, electronics의 변화는 없었고 오직 source의 위치만 변경시켜줬으므로 MPPC에 도착하는 시간의 차이는 source의 위치에만 영향을 받는다고 할 수 있다.
- 또한 MPPC에 들어오는 photon은 WLS fiber를 통해서만 들어오게 되므로 fiber내에서의 전파 속도는 일정하다.
- 전체 길이를 L , Source의 위치를 x_a, x_b 그 때 도착한 MPPC의 시간 차이를 $\Delta t_a, \Delta t_b$ 라고 할 때, 아래와 같은 식을 만족한다.

$$\Delta t_a = \frac{2x_a - L}{v} \quad \text{and} \quad \Delta t_b = \frac{2x_b - L}{v}$$

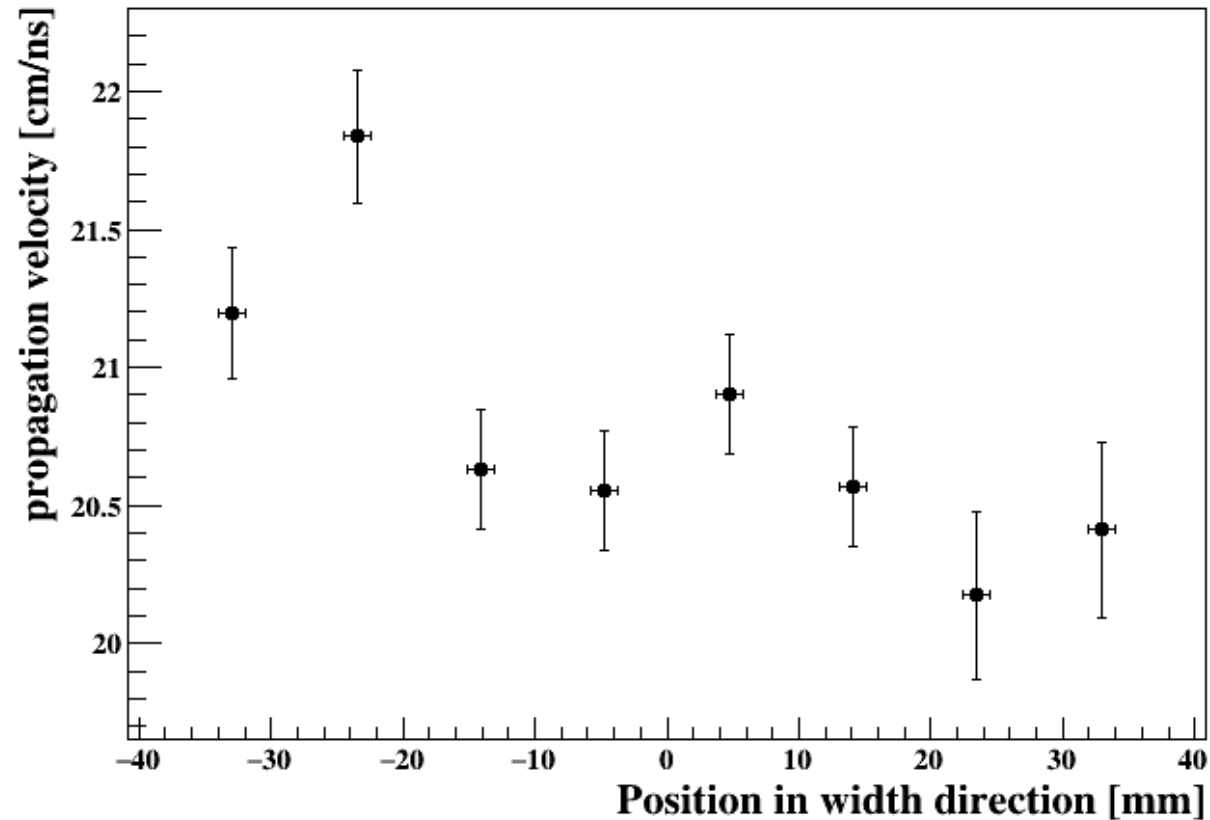
Propagation velocity



- 위의 두 식을 빼서 정확히 알고 있는 Source의 위치를 x_a, x_b 와 그 때 도착한 MPPC의 시간 차이를 $\Delta t_a, \Delta t_b$ 로 WLS fiber 직선 부분에서의 propagation velocity을 만들면 아래와 같은 식이 나타난다.

$$v = \frac{2(x_b - x_a)}{\Delta t_b - \Delta t_a}$$

Propagation velocity in width direction



앞 슬라이드에서의 결과를 Constant function으로 fitting 한 뒤, 길이 방향의 위치에 대해서 그래프를 그려보았다. 신틸레이터와 WLS fiber의 굴절률이 각각 1.58, 1.59 임을 고려하였을 때, 예상보다 조금 큰 값이 나타남을 알 수 있다.