

CCD放射線検出器の レーザー応答特性測定と評価

発表内容

1)目的

2)測定概要

3)測定結果

4)まとめ

富山商船高専

情報工学科 阿蘇 司

新潟大学 自然科学研究科

小貫良行、田村 詔生

目的

- 将来の素粒子実験での崩壊点検出器

(荷電粒子の通過位置を精度良く測定)

- 本報告

- 位置分解能向上の手法を探る

- (方法)レーザーにより放射線信号を再現

- (測定)隣接するPixelへの電荷分配

- (評価)Sub-Pixelでの分解能

- 電荷重心法 [信号比 \propto 入射位置]
(線形な信号移行を仮定)

- RLM [入射位置 = F(信号比)]
(非線形な信号移行を仮定)

(関数F : 1998年JLC CCDビームテストでの結果)

測定概要

(微細加工半導体
特性評価システム@新潟大)

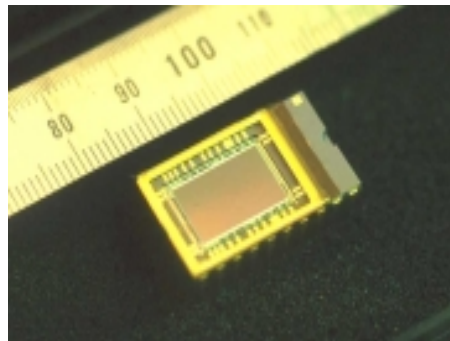
EEV:CCD02-06 (Inverted Mode)

Nd:YAG Laser

・532/1064nm

・スポット:

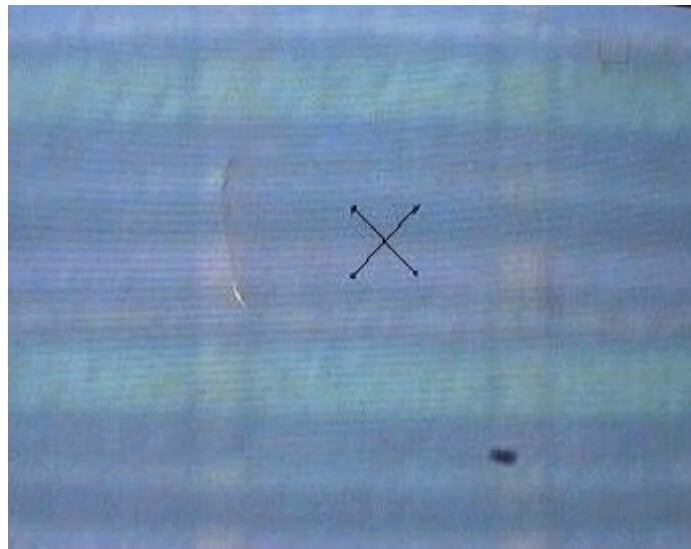
試料上で $2 \times 2 \mu\text{m}$



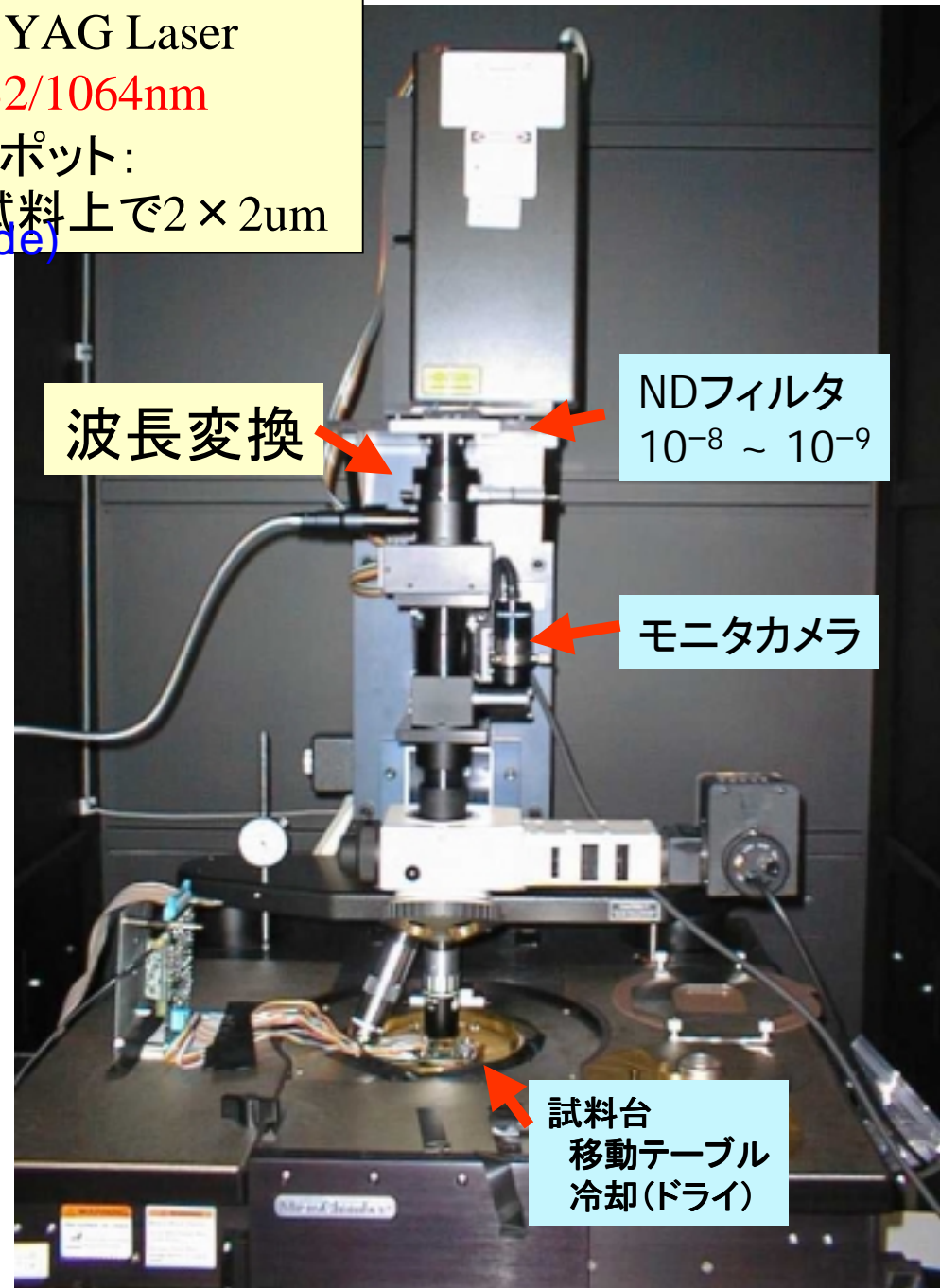
Pixel Pitch
22 μm
R/O
250kpixels/s
2s cycle
Temp. 0 $^{\circ}\text{C}$

Horizontal R/O

Vertical R/O
pixel



Channel-Stop



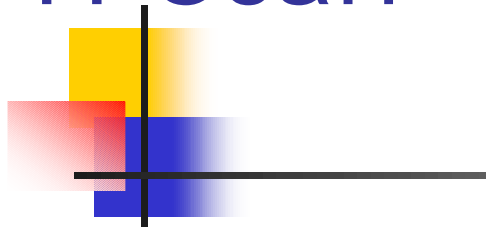
波長変換

NDフィルタ
 $10^{-8} \sim 10^{-9}$

モニタカメラ

試料台
移動テーブル
冷却(ドライ)

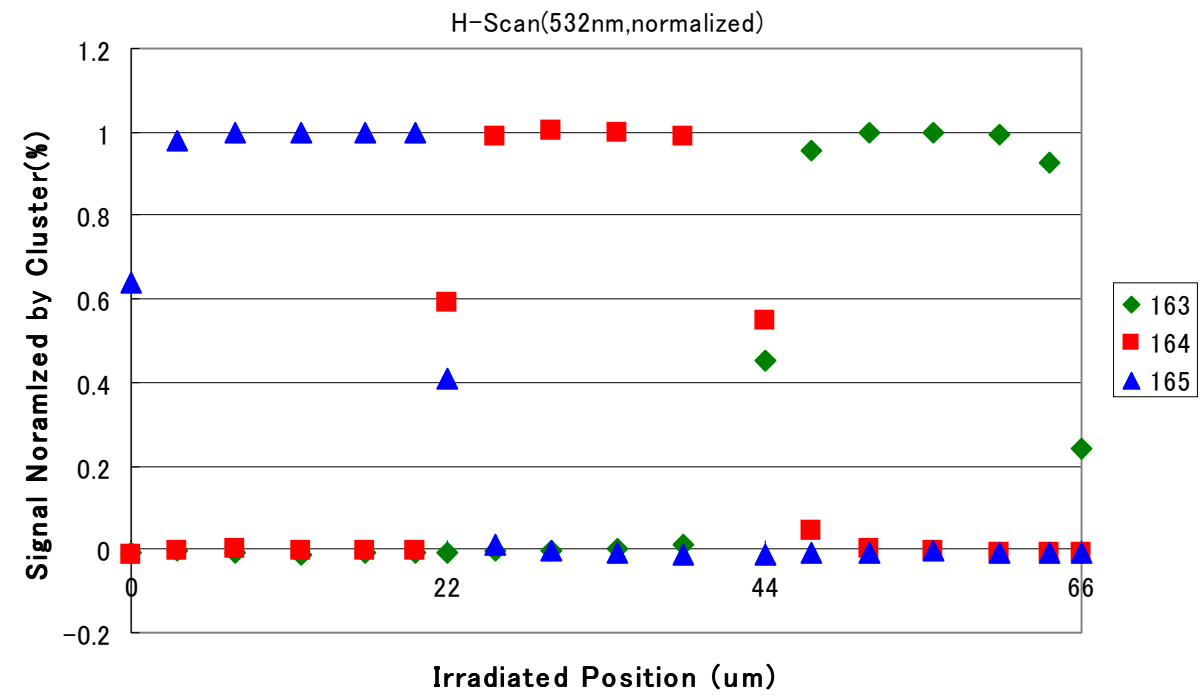
H-Scan



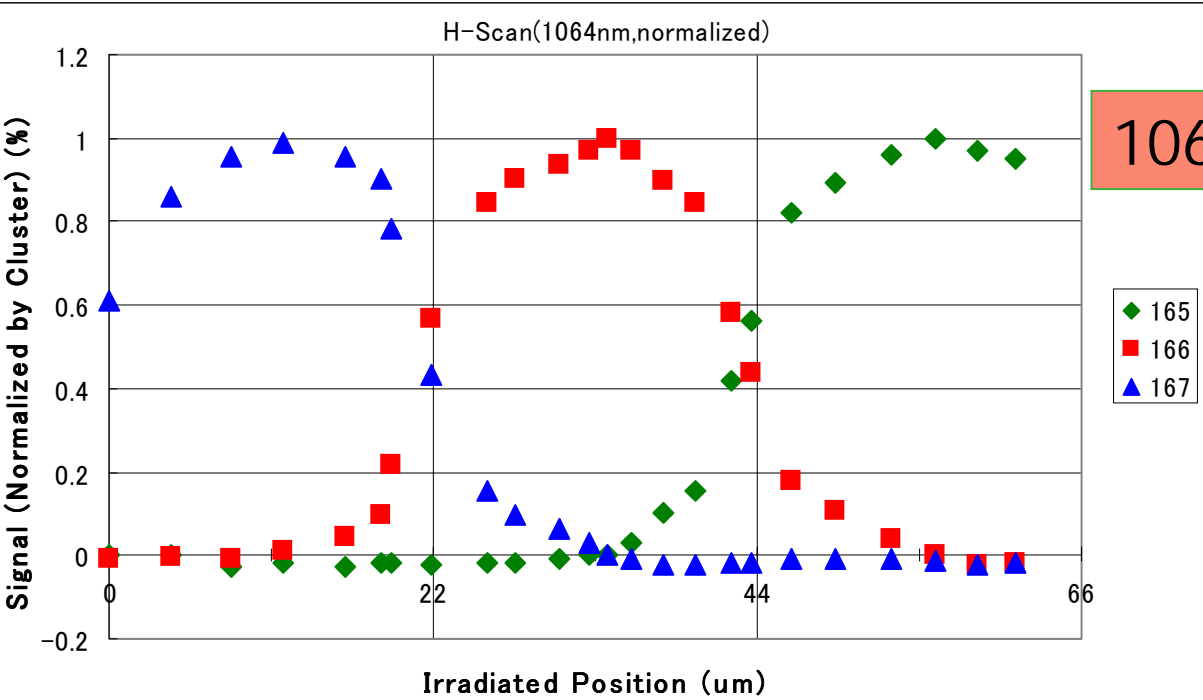
Normalized
by Cluster

Signal Ratio
= Pixel/Cluster
= $P_i / (P_i + P_j)$

(Gateによる影響を
除き、電荷分配のみ
を取り出す。)

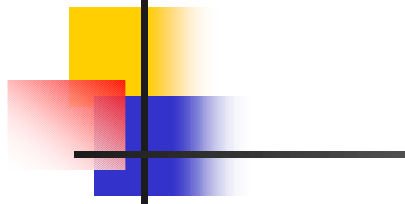


2nm

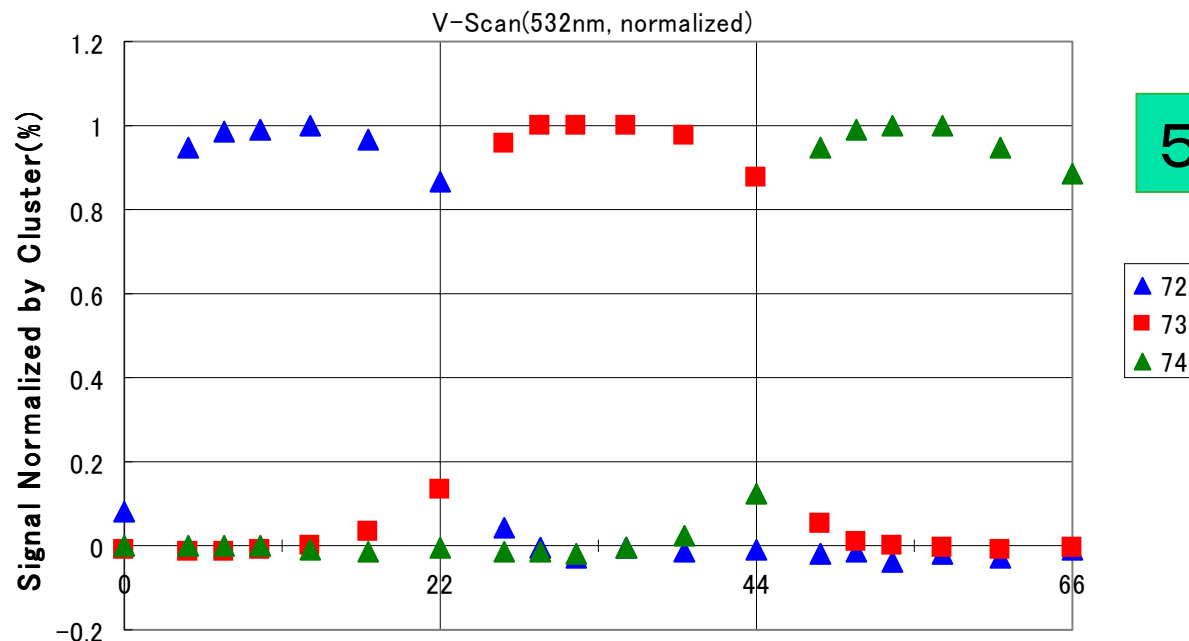


1064nm

V-Scan

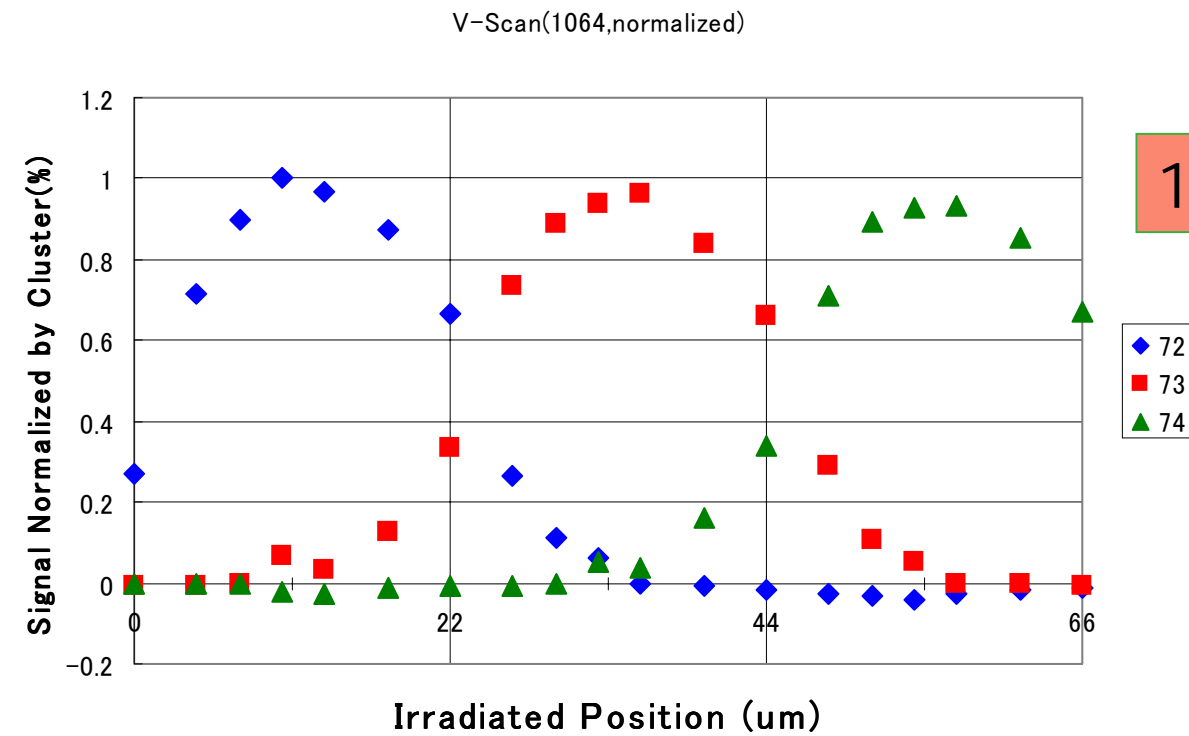


Normalized
by Cluster



532nm

▲ 72
■ 73
▲ 74



1064nm

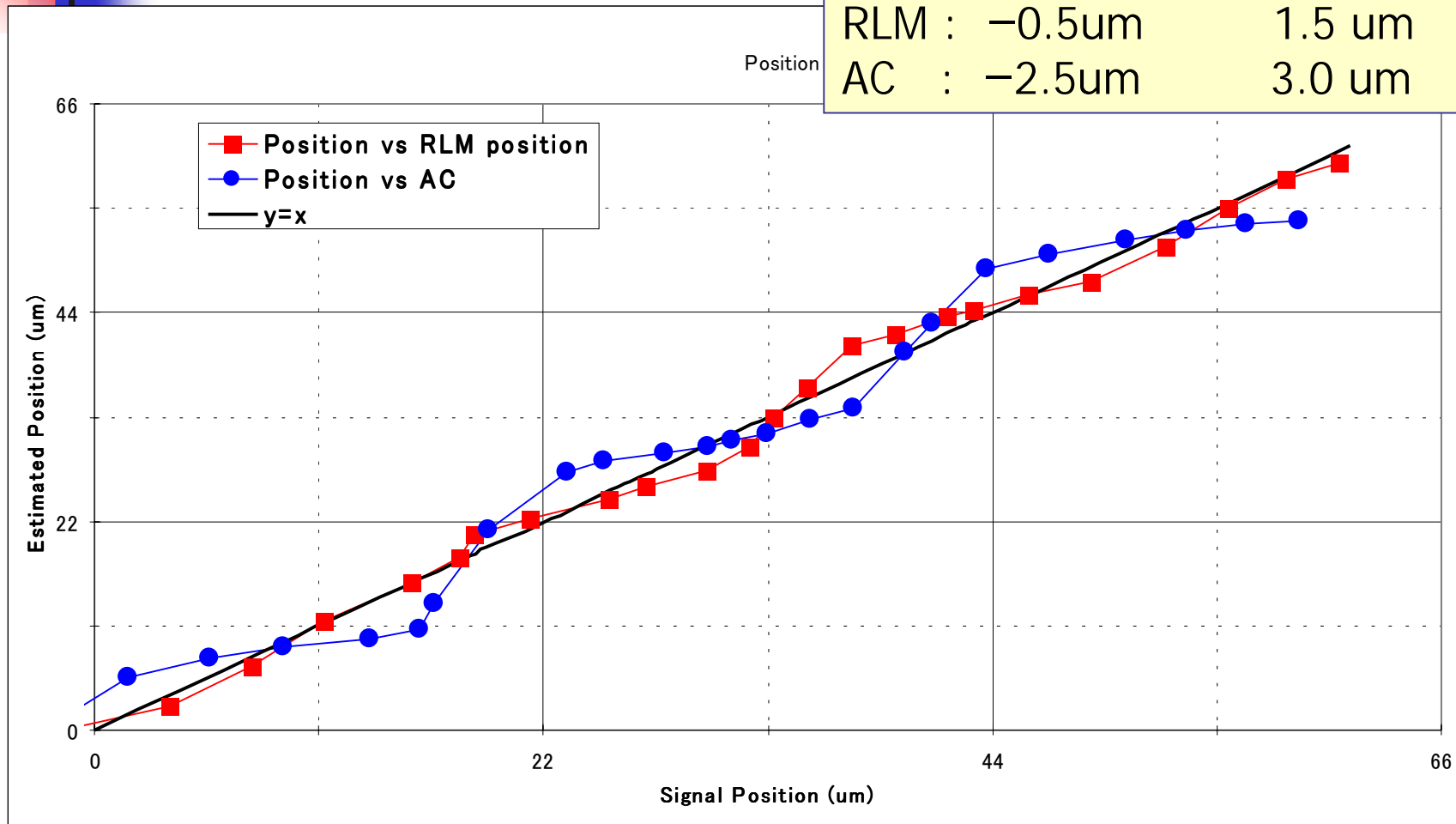
◆ 72
■ 73
▲ 74

Difference of Estimated position with Irradiated position (Horizontal)

RLM Function (MIP)

Difference from $y=x$

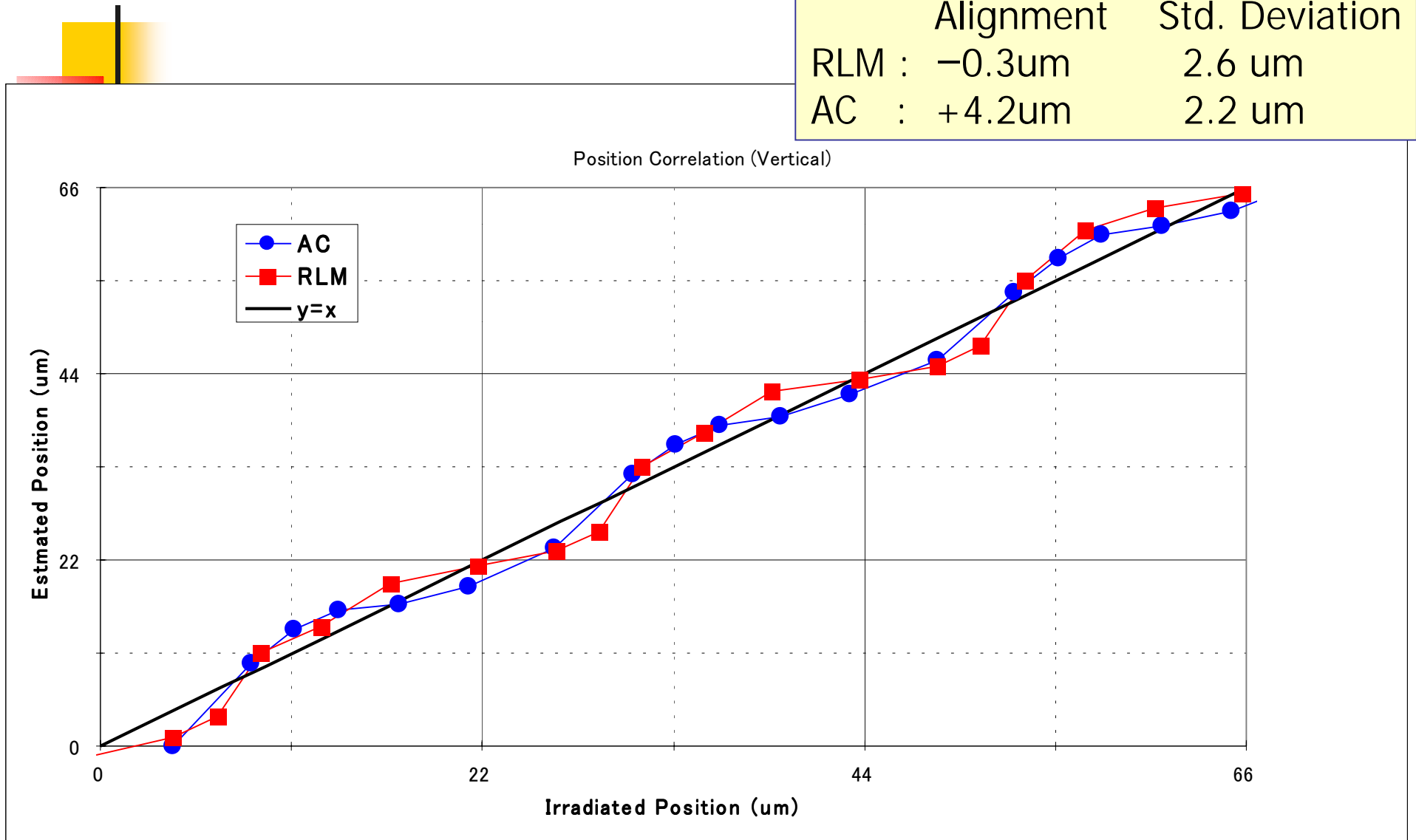
	Alignment	Std. Deviation
RLM	$-0.5\mu\text{m}$	$1.5\ \mu\text{m}$
AC	$-2.5\mu\text{m}$	$3.0\ \mu\text{m}$



R/O \longrightarrow

Difference of Estimated position with Irradiated position (Vertical)

	Alignment	Std. Deviation
RLM	-0.3 μm	2.6 μm
AC	+4.2 μm	2.2 μm



R/O



まとめ(電荷分配)

- レーザーにより放射線信号の電荷分配を再現
- 532nm
 - H/V方向 : 1Pixel Event。
 - 分解能 : ほぼPixel Sizeによってきまる。
- 1064nm
 - H/V方向 : 2Pixel Event。
 - 分解能 : 電荷分配の考慮により向上可能
 - H方向 : 非線型関数(RLM法)
 - V方向 : 線形関数(重心法)



まとめ(出力信号)

■ レーザー照射による応答信号

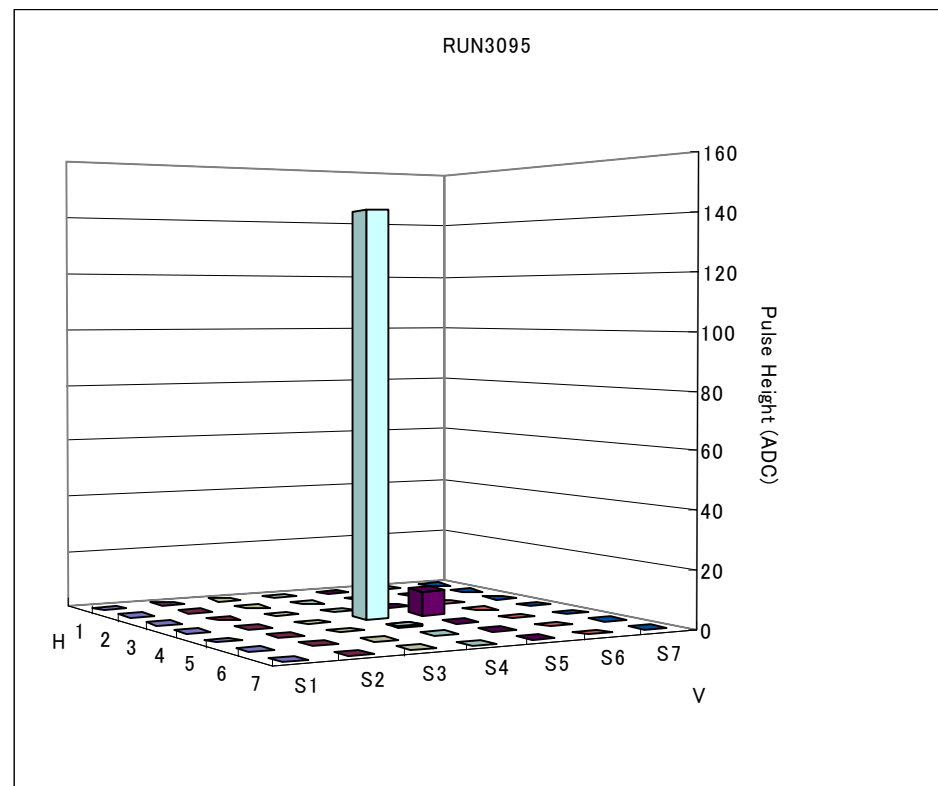
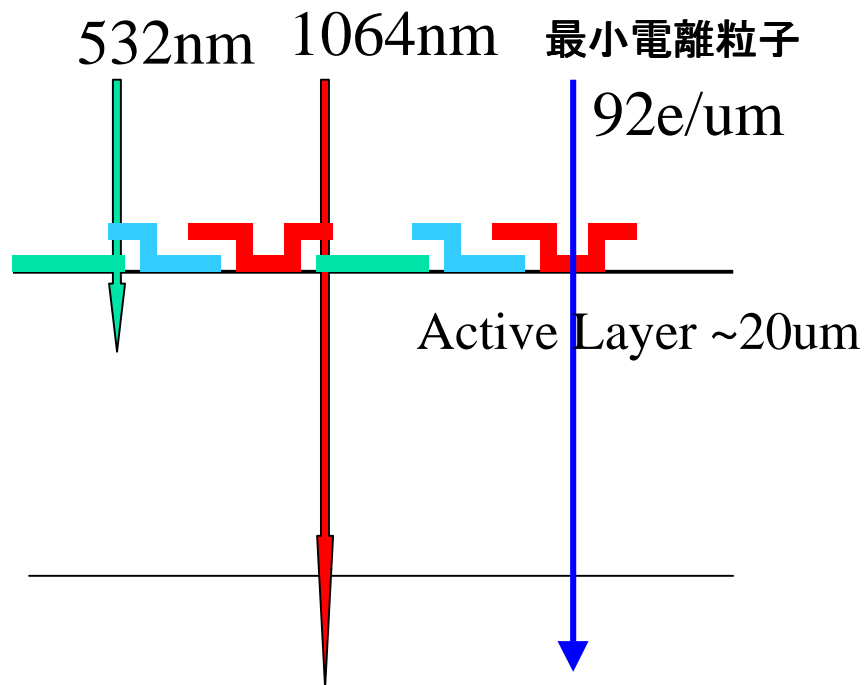
■ 532nm : 表面構造にSensitive

- (H方向)p-stopによる信号分割
- (V方向)読み出し電極による吸収/反射

■ 1064nm : Depletion regionにSensitive

- (H方向)p-stop上での信号増大
- (V方向)非対称分布 / Φ_1 位置での信号増大

測定概要



Absorption Length **Uniform**
~3um **~300um** **Ionization**

Sensitivity

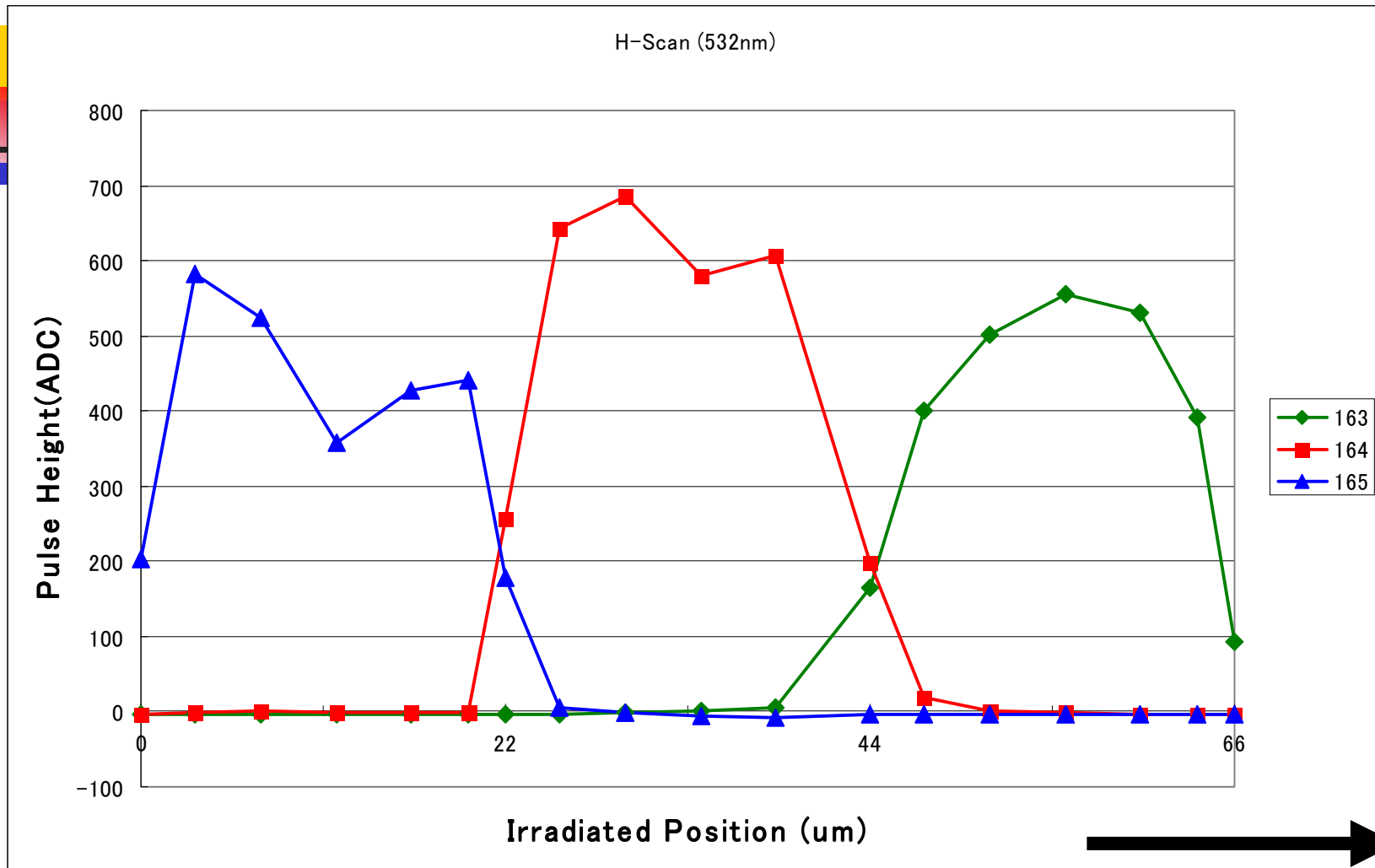
Gate
Structure

Potential Well

レーザー入射による信号

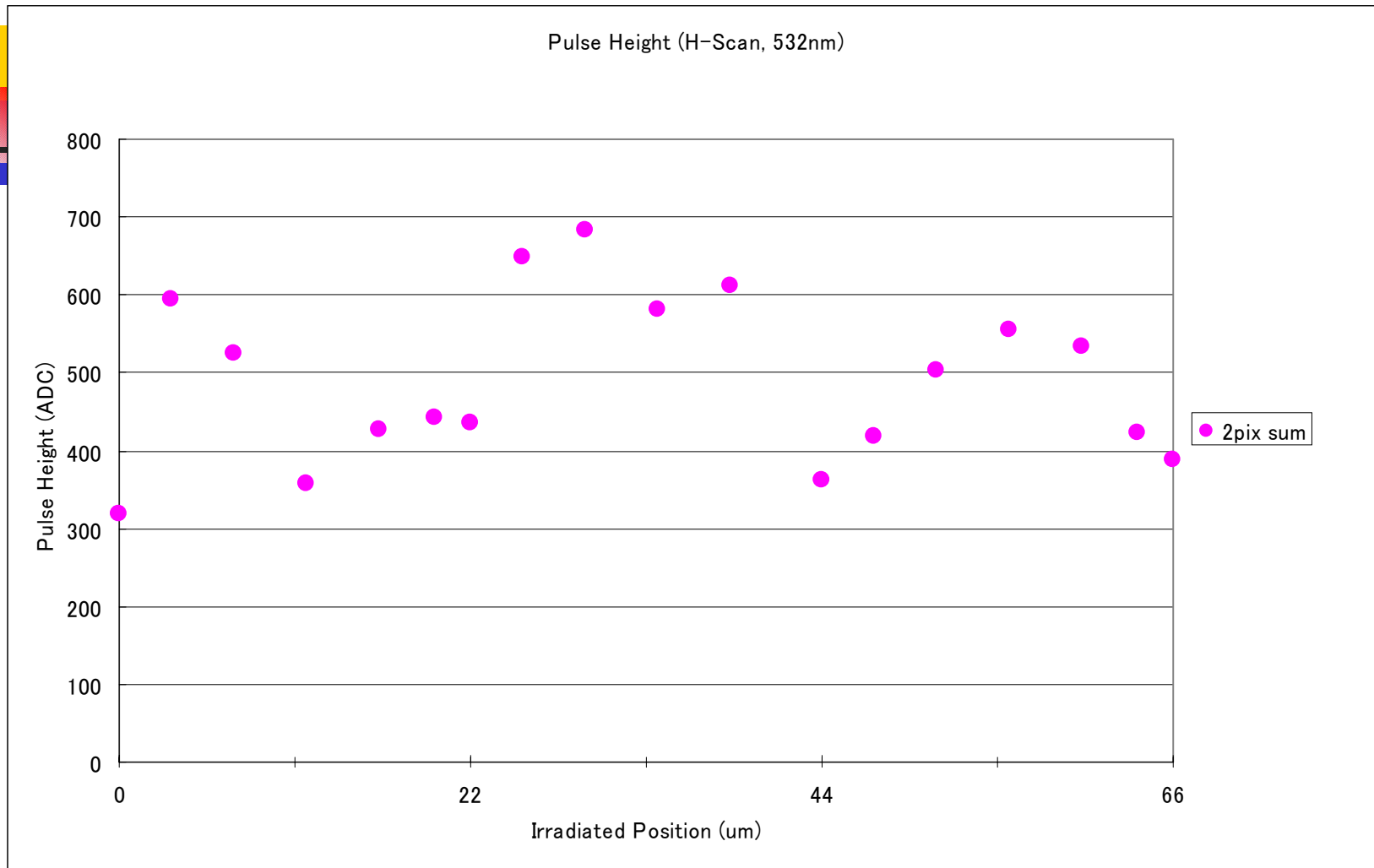
隣接するピクセルにどの様に分配?
電荷分配と入射位置の相関

測定結果 (H-Scan 532nm)

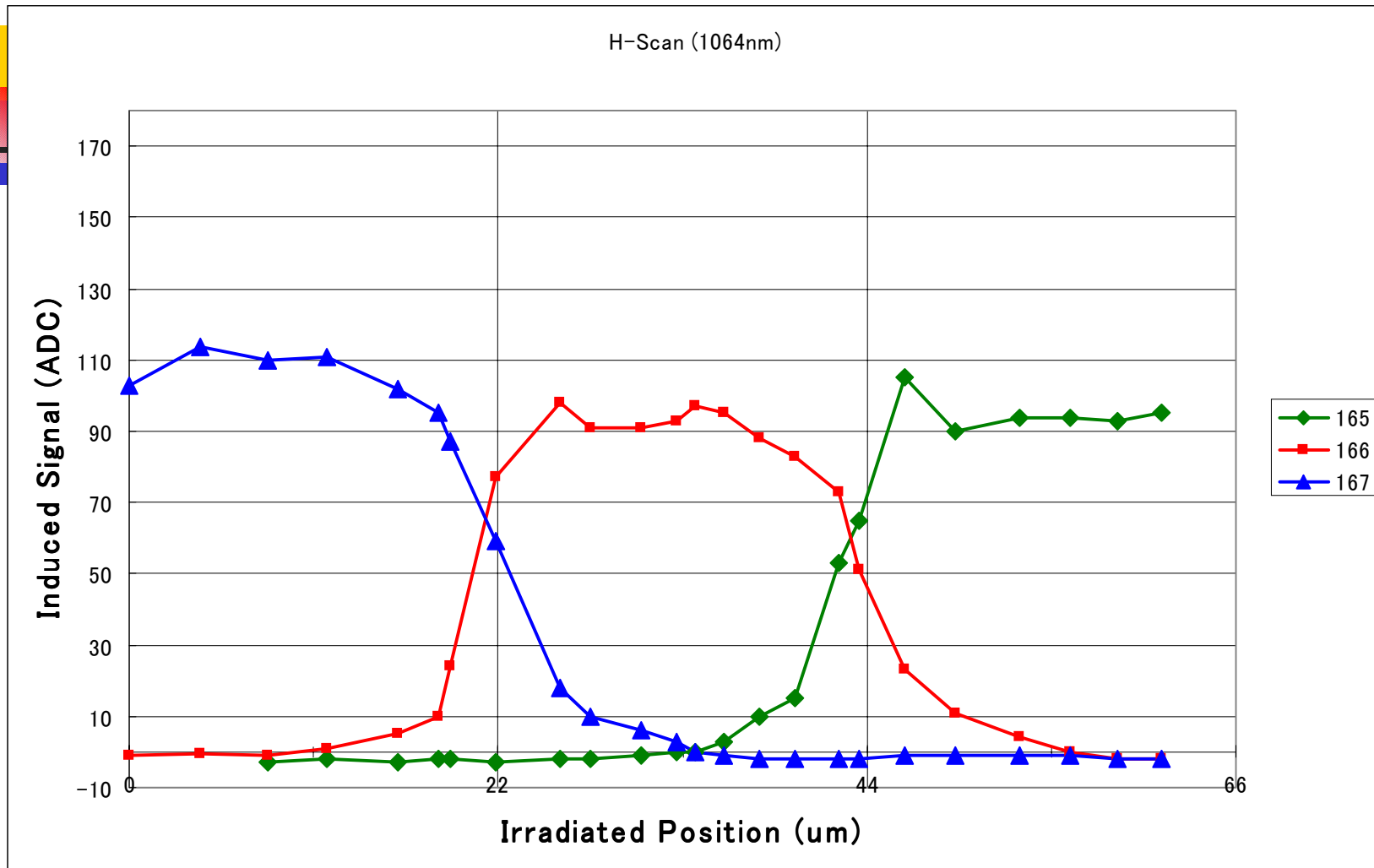


R/O

測定結果 (H-Scan 532nm)

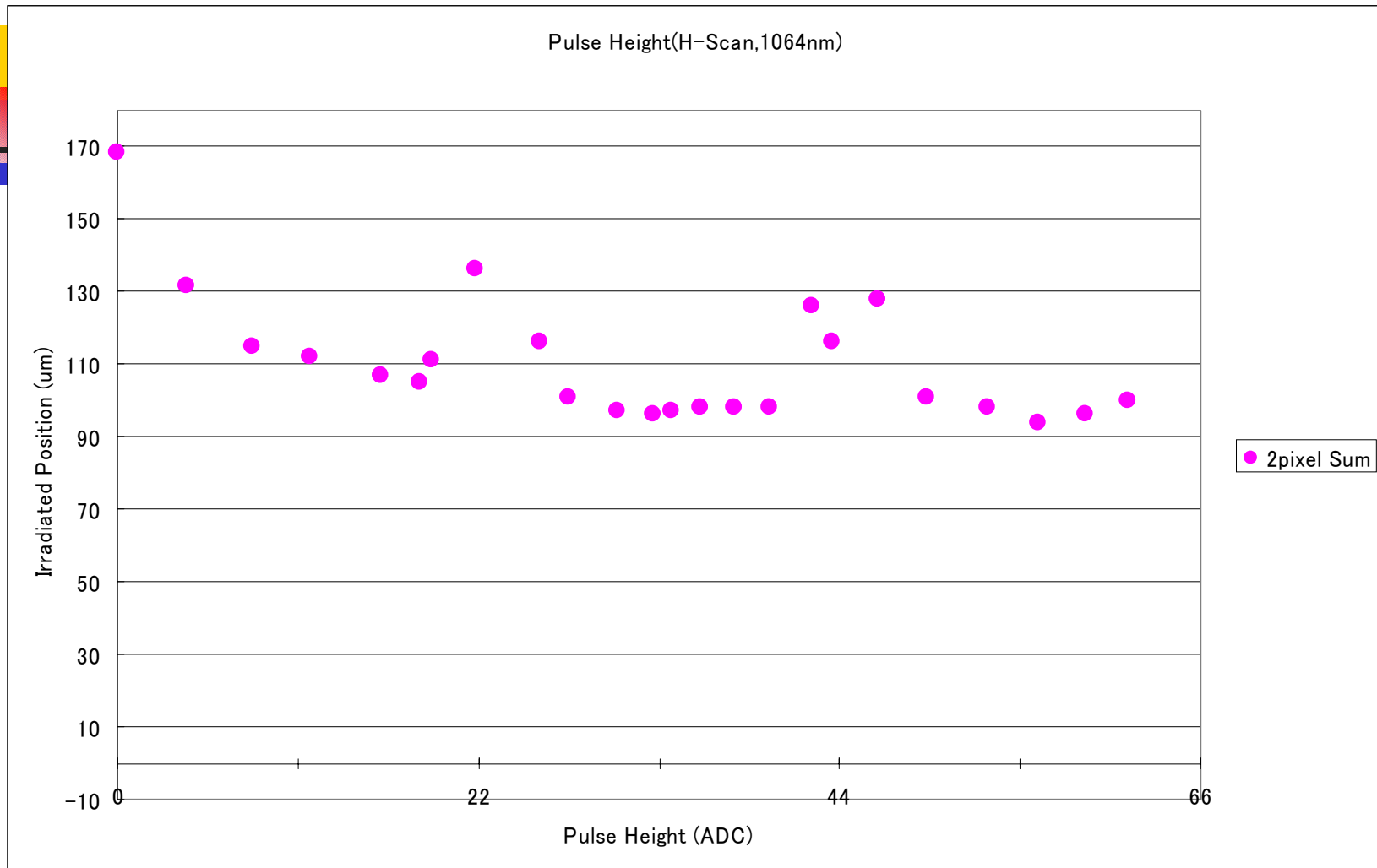


測定結果(H-Scan 1064nm)

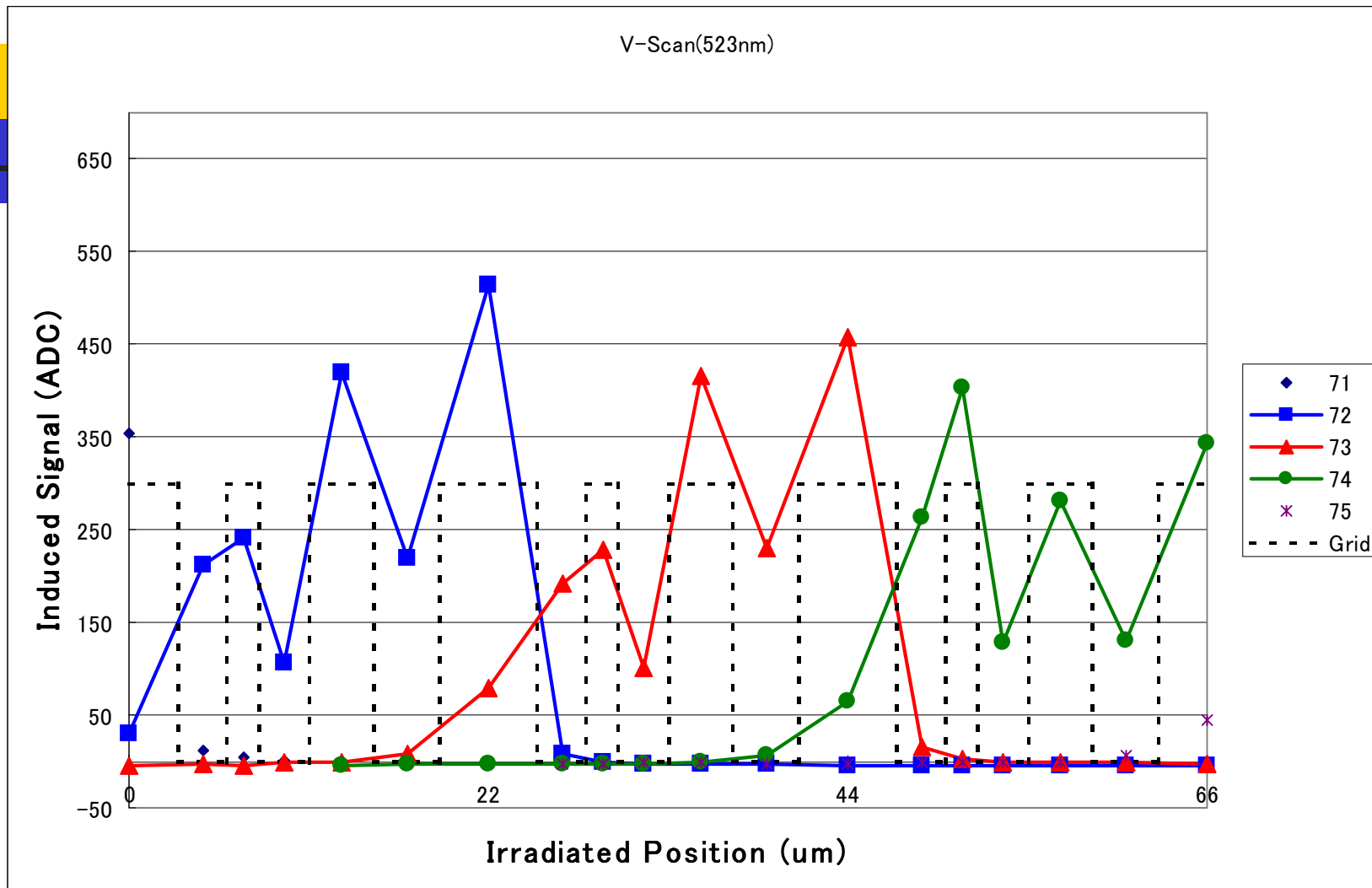


R/O 

測定結果(H-Scan 1064nm)

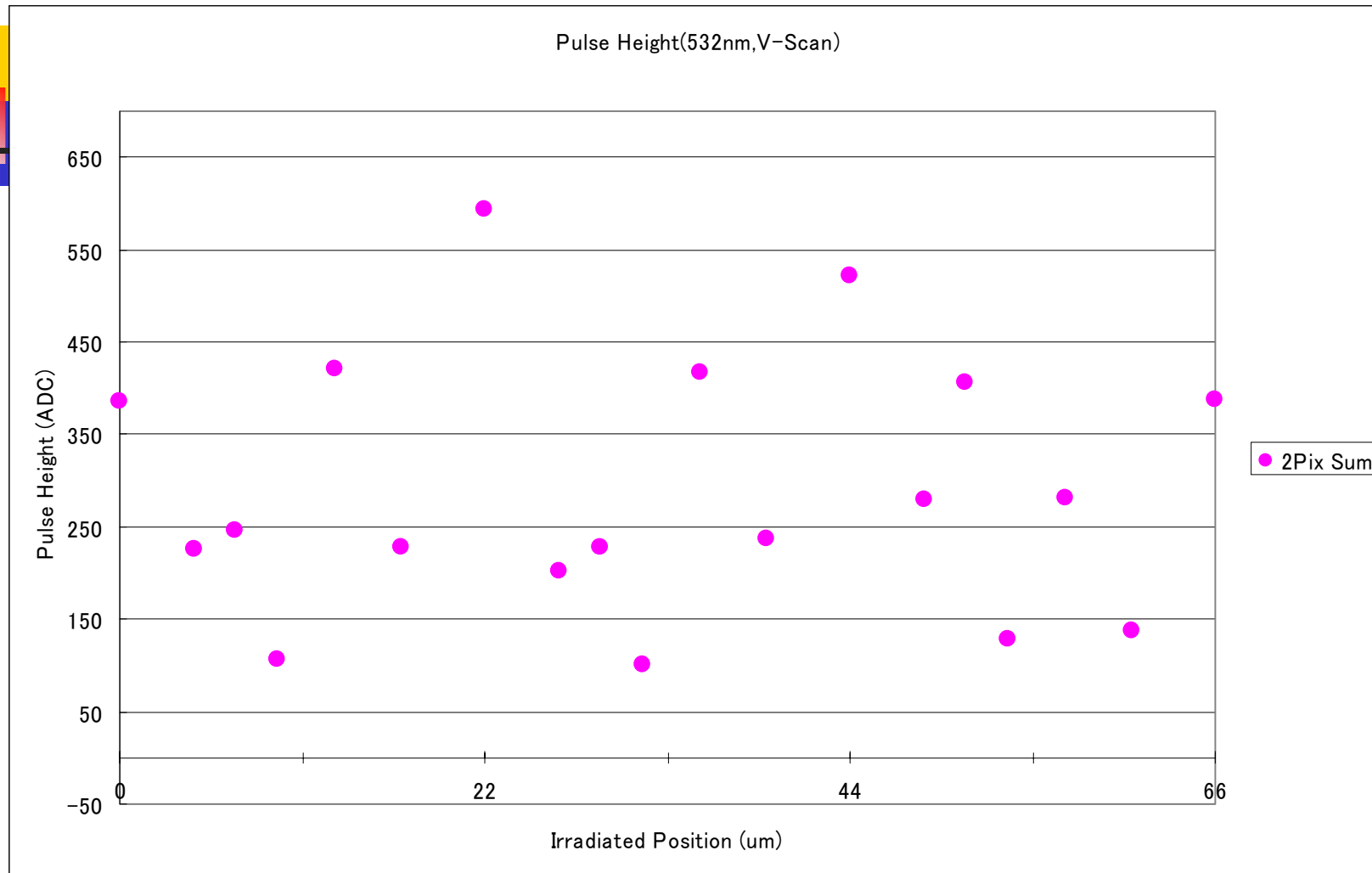


測定結果(V-Scan 532nm)

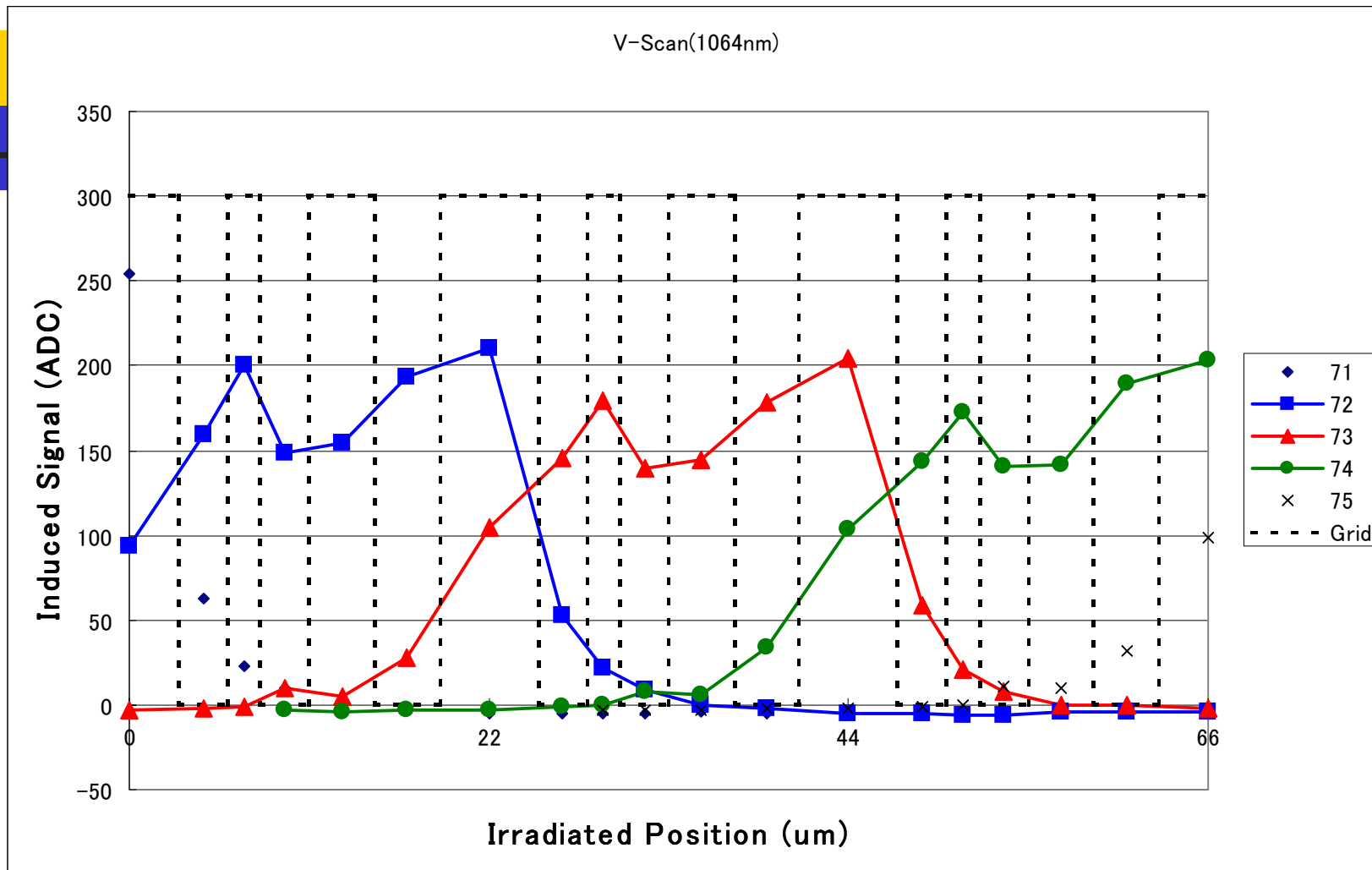


← R/O

測定結果(V-Scan 532nm)

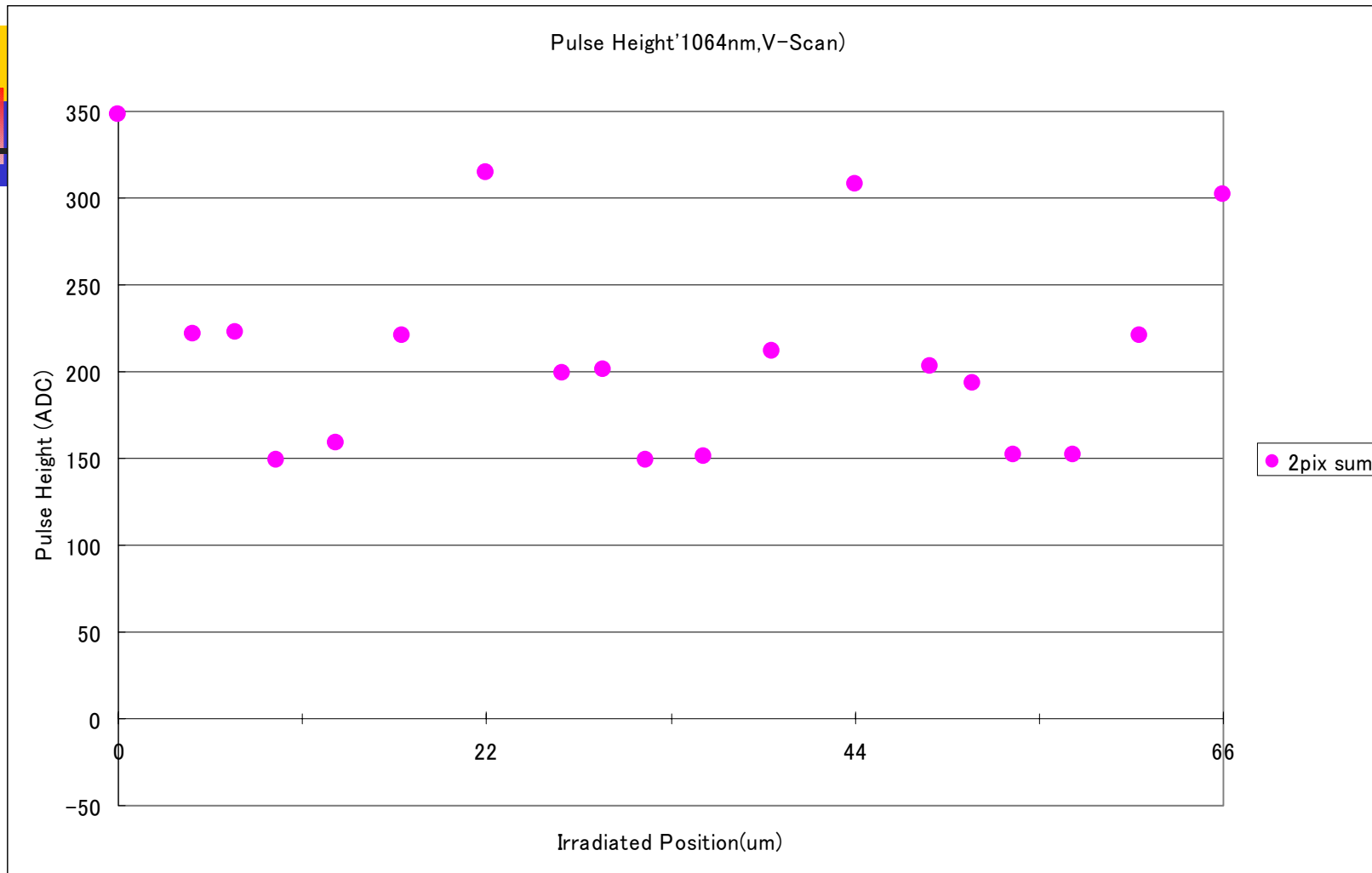


測定結果(V-Scan, 1064nm)

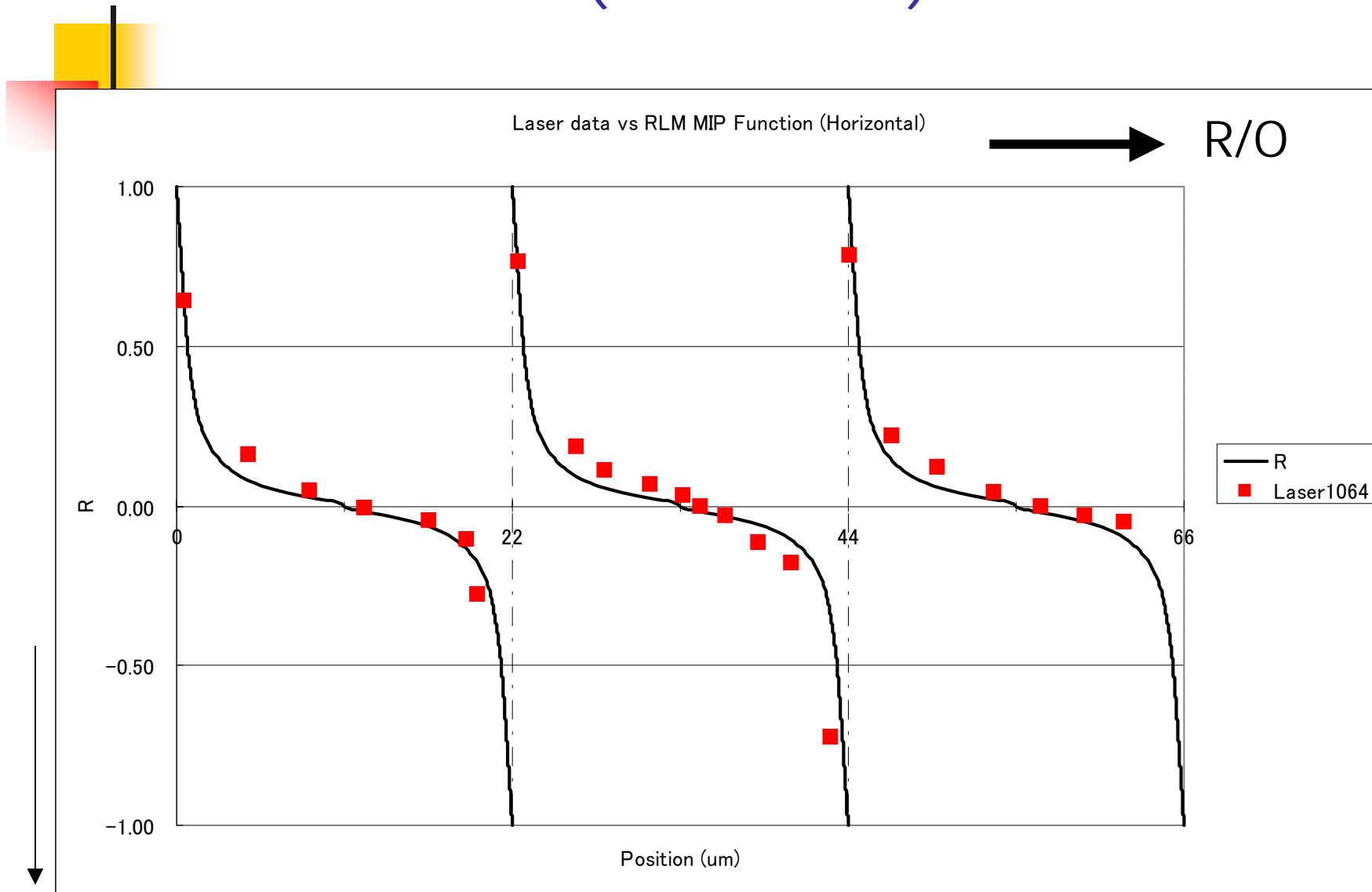


← R/O

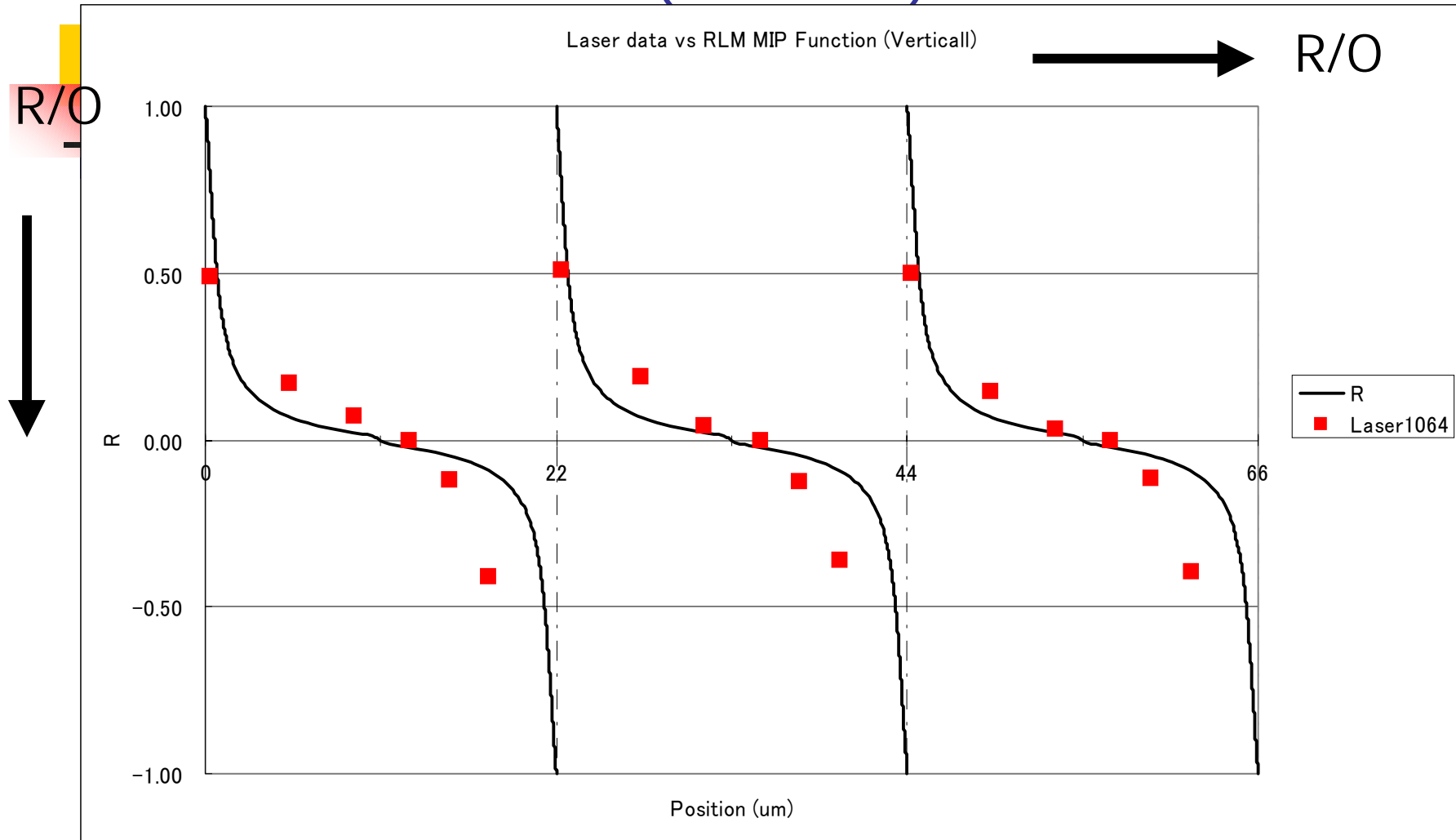
測定結果 (V-Scan, 1064nm)



Laser data vs RLM MIP Function (Horizontal)



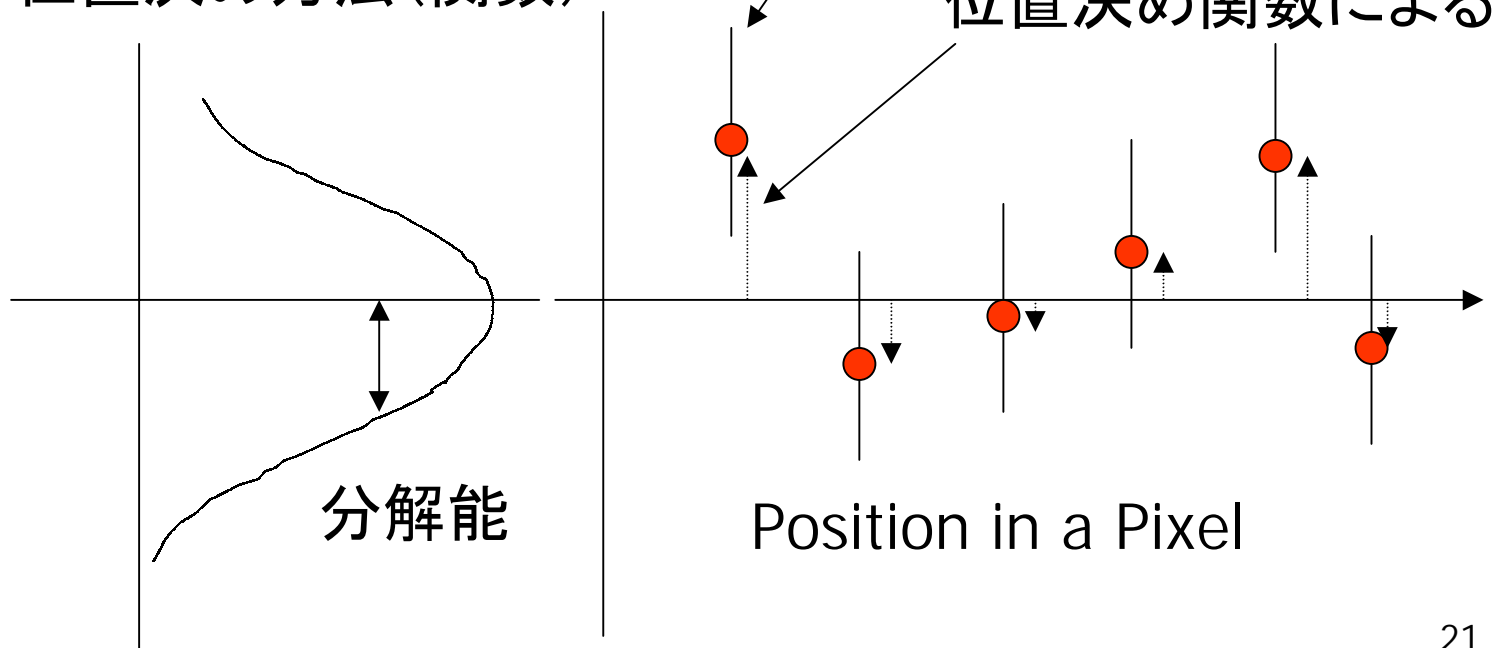
Laser data vs RLM MIP Function (Vertical)



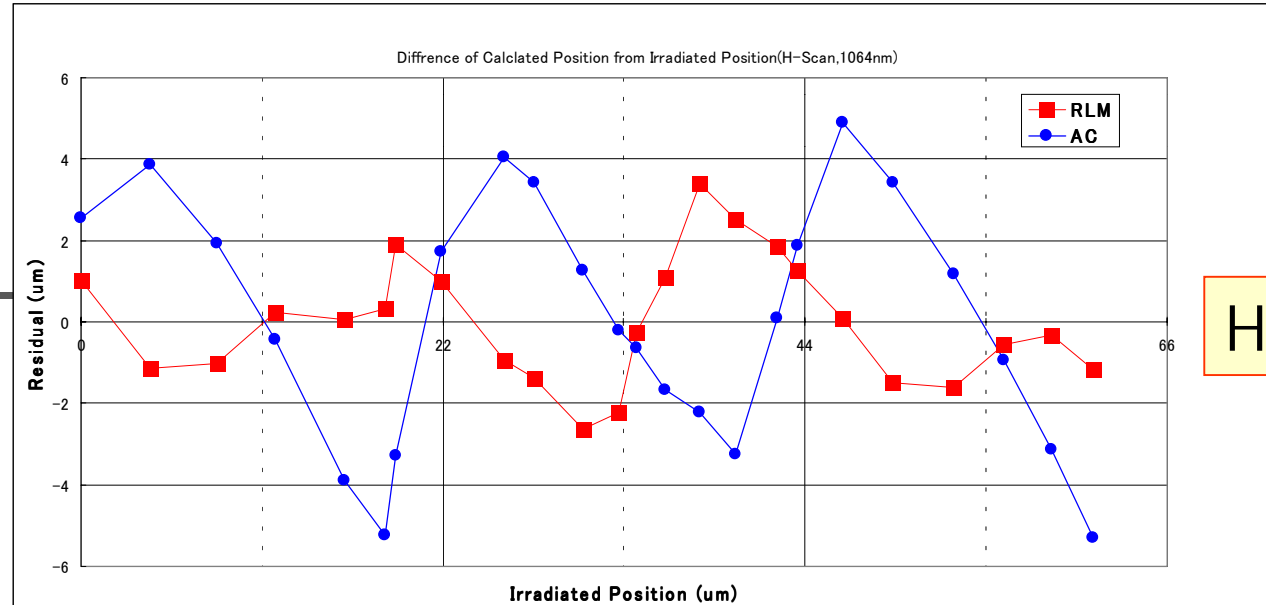
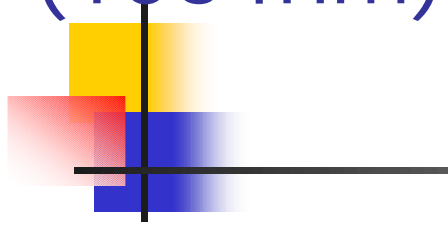
位置分解能

位置分解能に寄与するもの

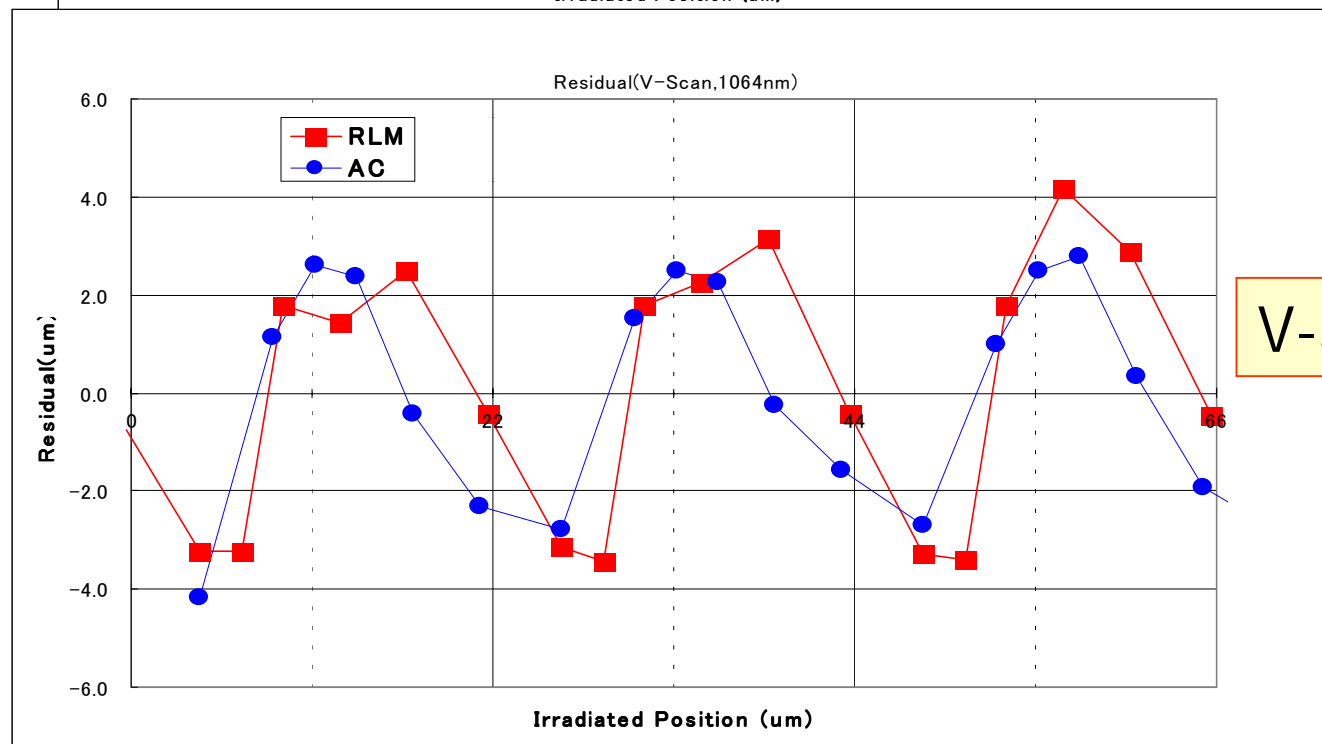
- 1) S/N
- 2) 位置決め方法(関数)



Residual (1064nm)



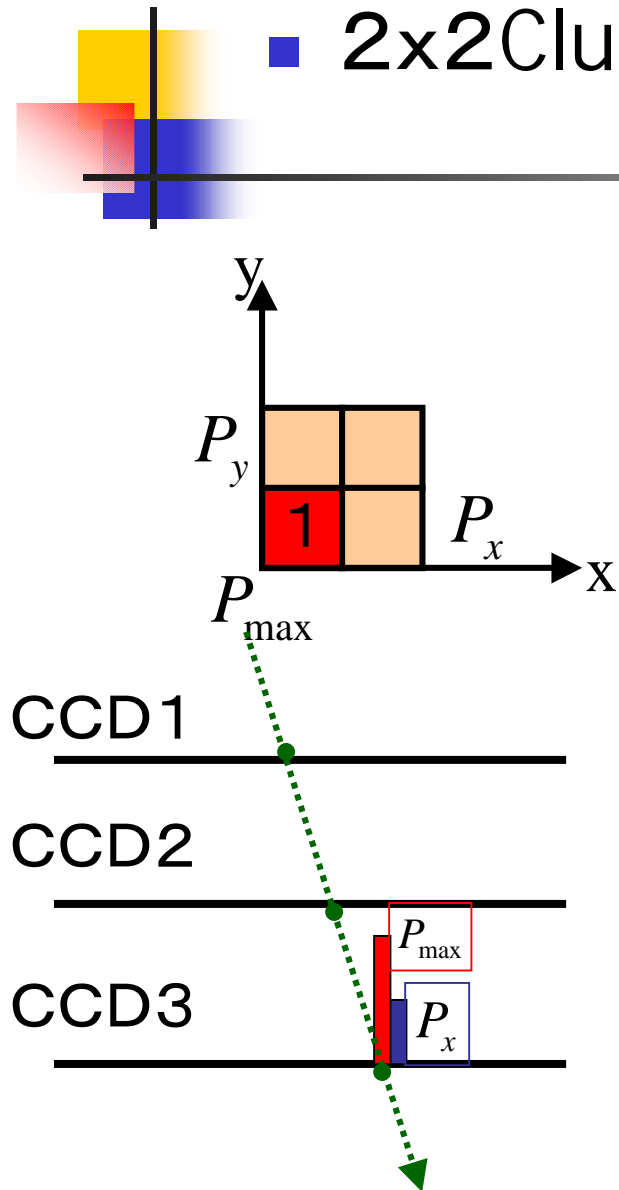
H-Scan



V-Scan

位置決定(1)

■ 2x2Clusterにおける電荷分配



1) 重心法

$$X_{cluster} = \frac{\sum_{i=1}^4 X_i P_i}{\sum_{i=1}^4 P_i}$$

P_i : 信号量

X_i : Pixel位置

2) Ratio Location Mapping (RLM法)

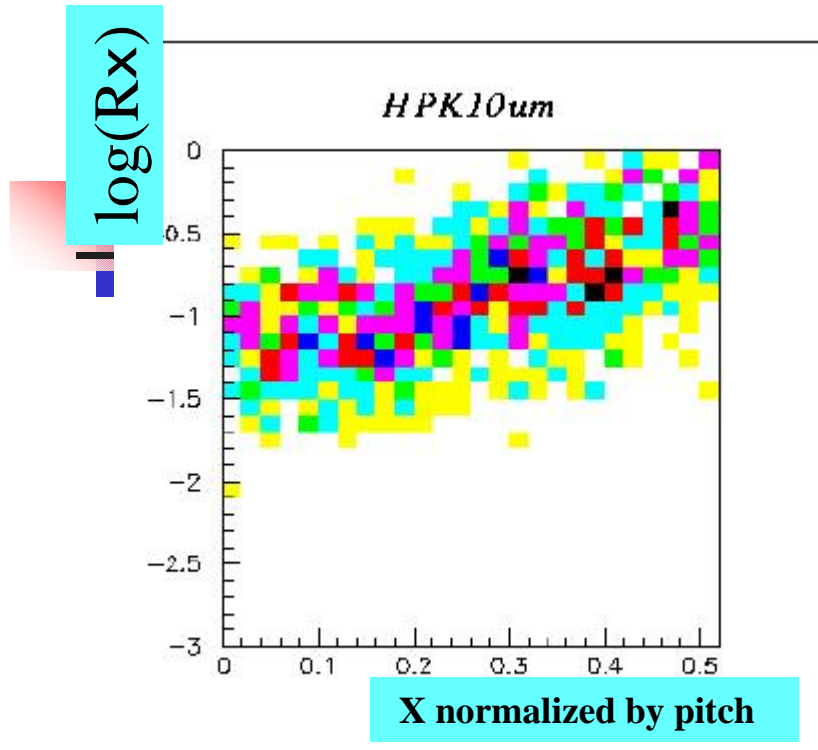
Trackの入射位置Xと電荷分配の相関を関数化

$$R_x = \frac{P_x}{P_{max}}$$

電荷分配の割合

Position = F(Rx)

位置決定(2)RLM



- 位置xに入射する粒子数N

$$\frac{dN}{dx} = Const. \Rightarrow \frac{dx}{d \log(R_x)} \propto \frac{dN}{d \log(R_x)}$$

log(R)におけるxの値

$$F(\log(R)) = \frac{1}{N_{total}} \int_{-\infty}^{\log(R)} \frac{dN}{d \log(r)} d \log(r)$$

$$\text{但し } F(0) = 0.5 \quad F(-\infty) = 0.0$$

Pixelの中心

PixelとPixelの間

Pixelの中心

