

ダスト計測の原理と校正実験 IID (Impact Ionization Detector)

大橋 英雄、平井 隆之:東京海洋大学

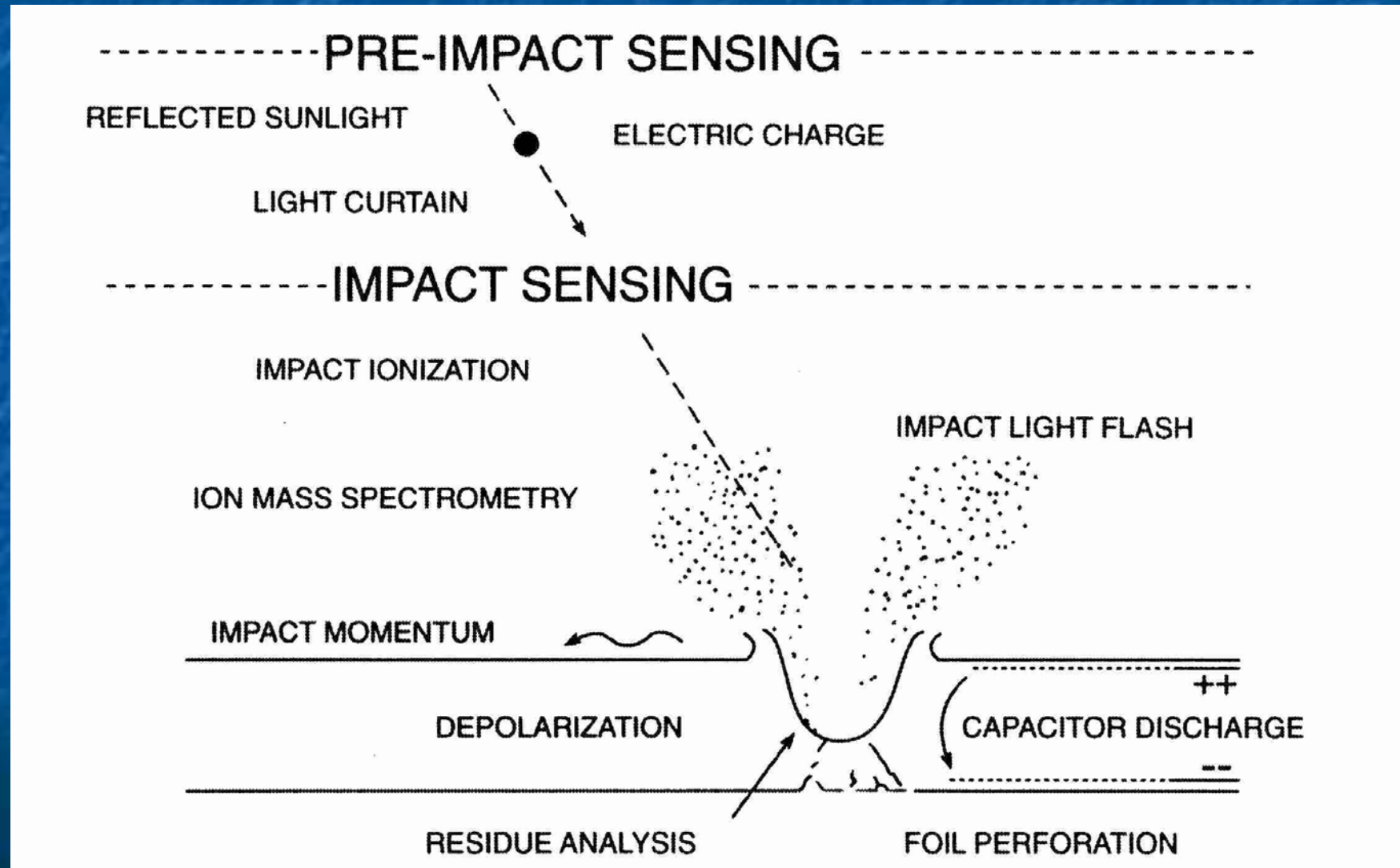
岩井 岳夫:東京大学

佐々木 晶:国立天文台

野上 謙一:獨協医科大学

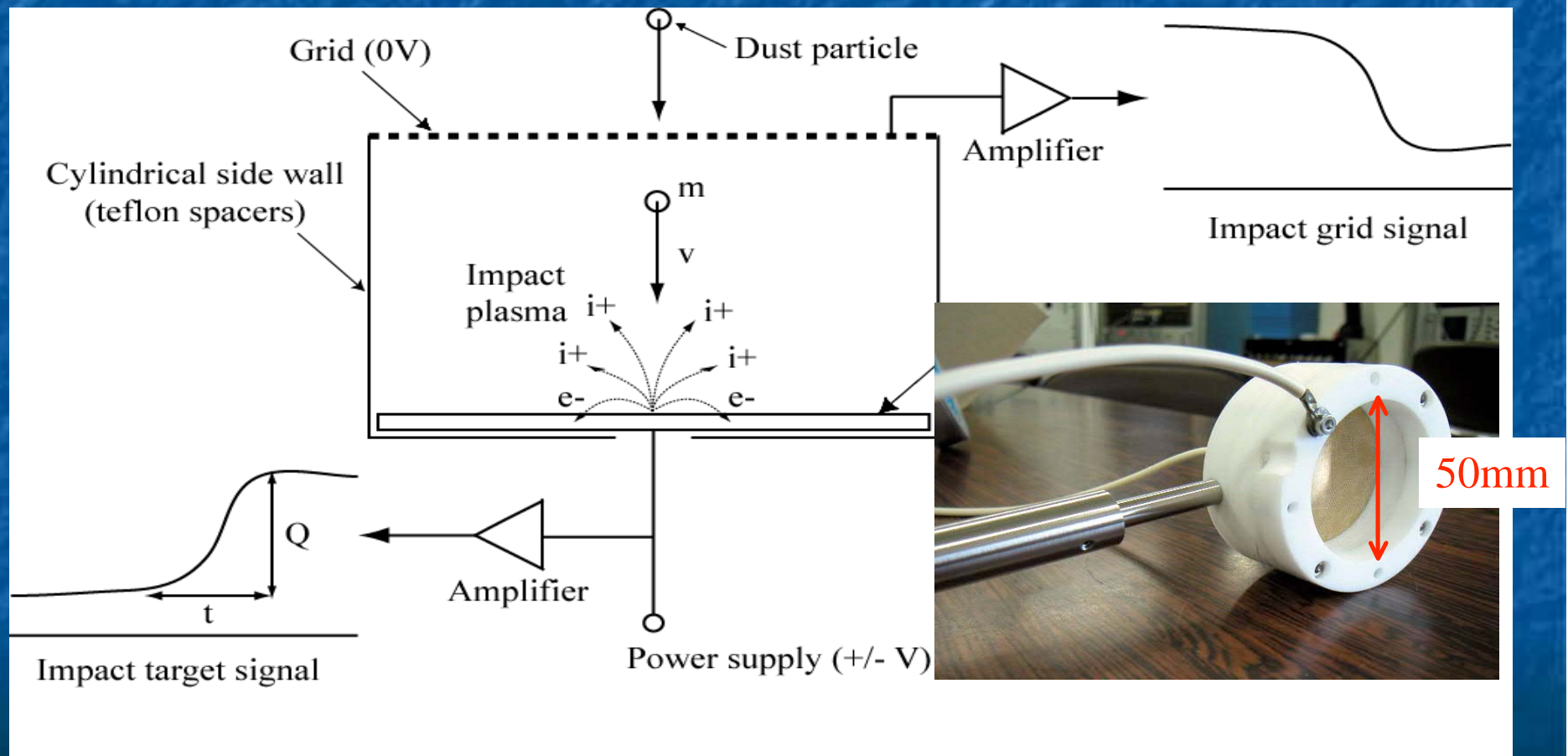
柴田 裕実:京都大学

その場計測の手法



原理(1)

衝突電離型ダスト検出器の原理



原理(2)

シグナル → 質量, 速度

$$t = c_g v^\alpha$$

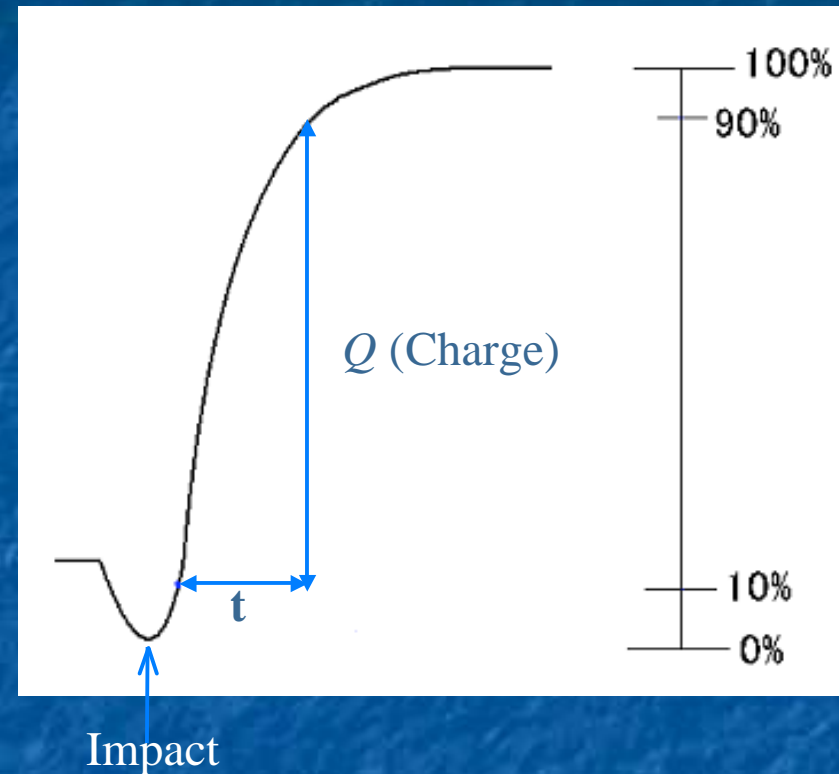
$$\pm Q / m = c_r v^\beta$$

t : 立ち上がり時間 v : 速度

Q : 電荷 m : 質量

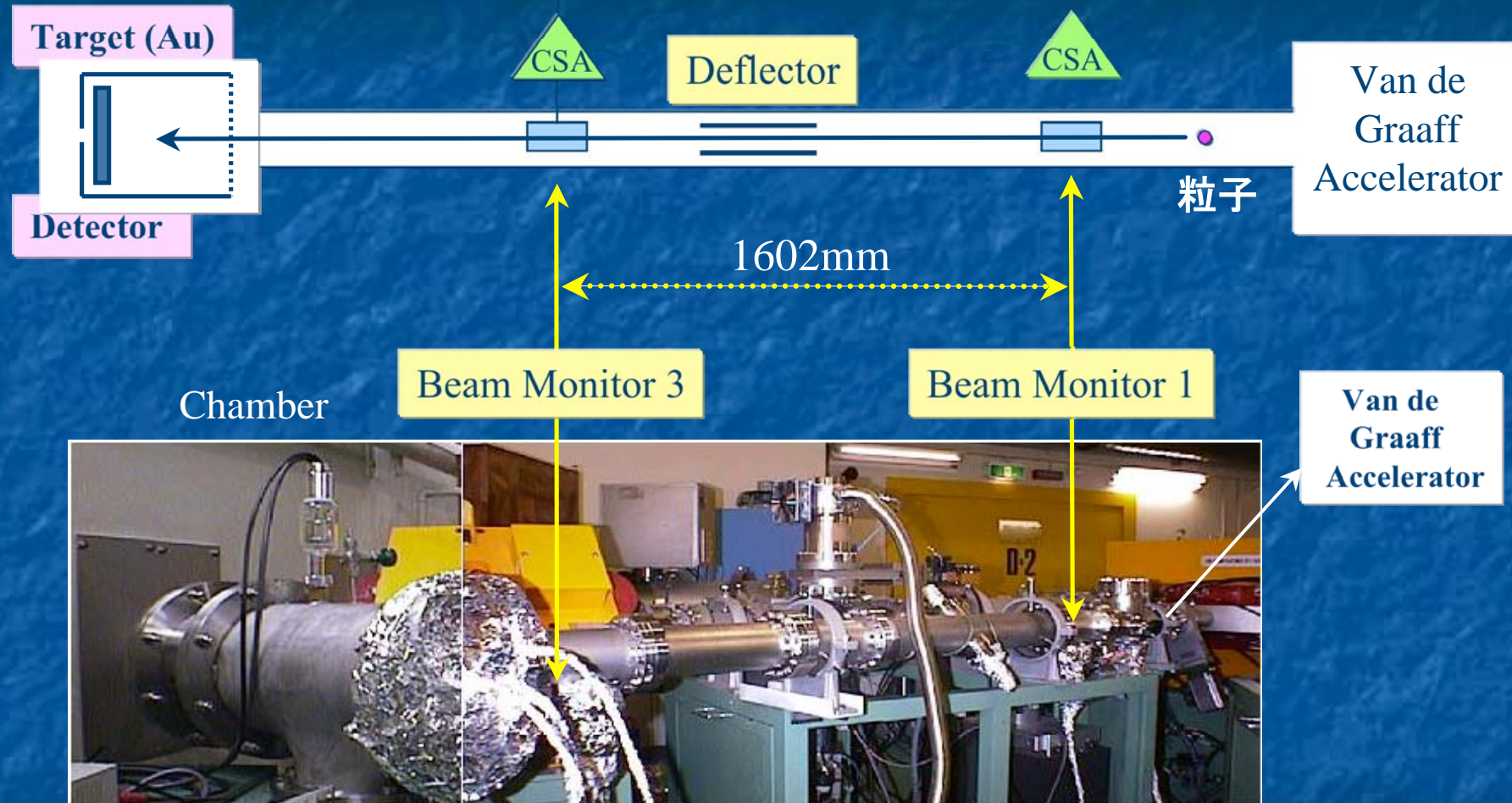
C_g, C_r, α, β : 定数

[Igenbergs et al., 1998]



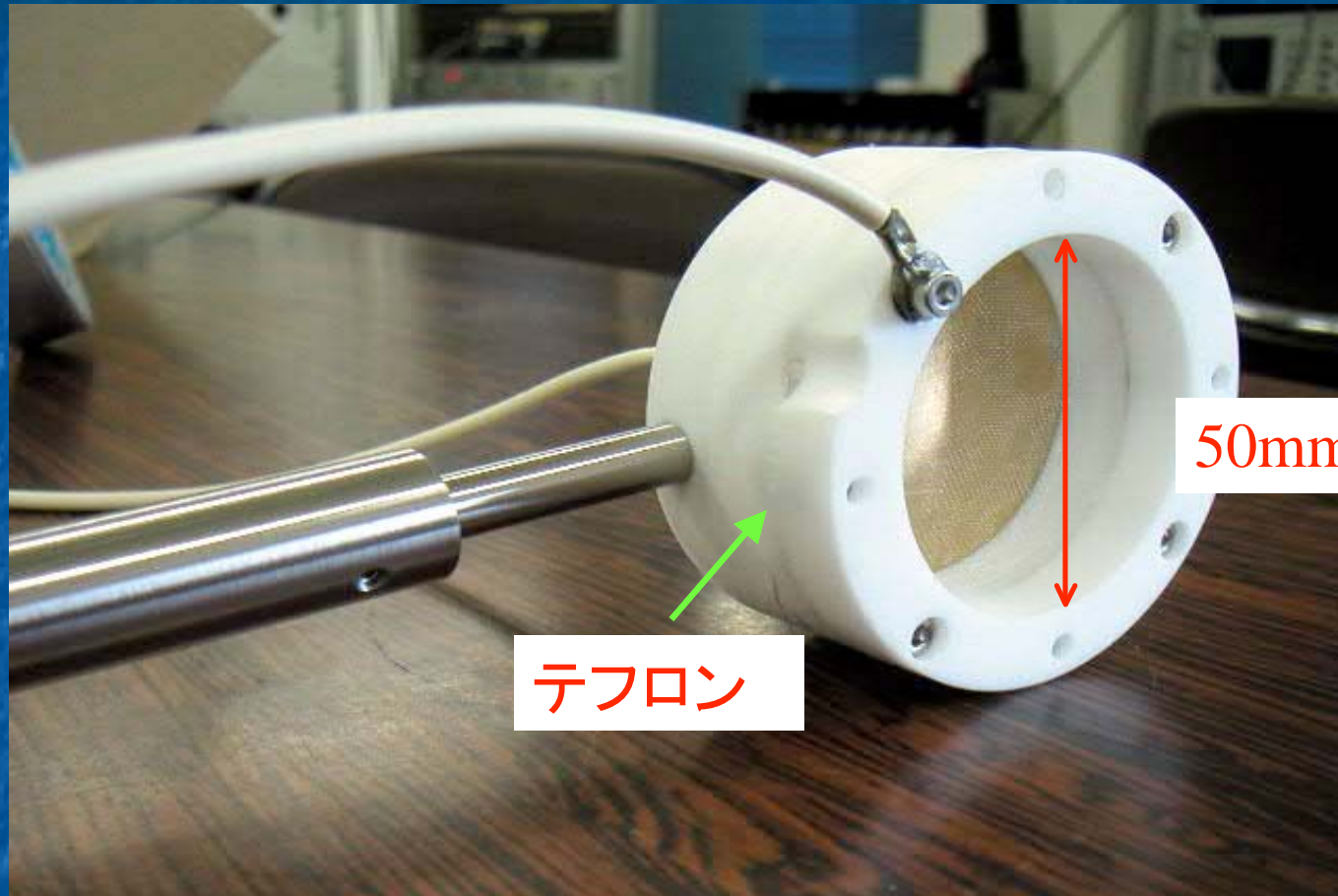
校正実験によりこれらの係数を求めておくと、衝突で発生したプラズマのシグナル解析から、ダスト・デブリの速度と質量が求められる。

ダスト静電加速器 (HIT, MPI-K)



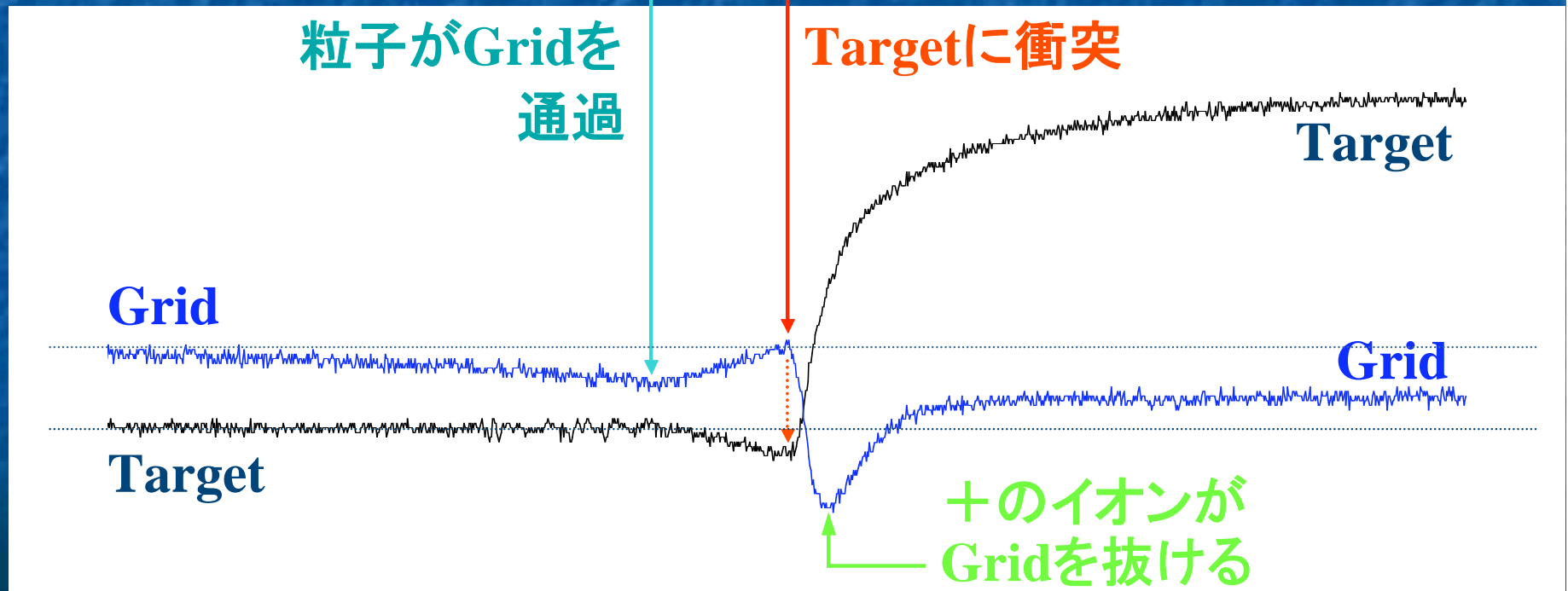
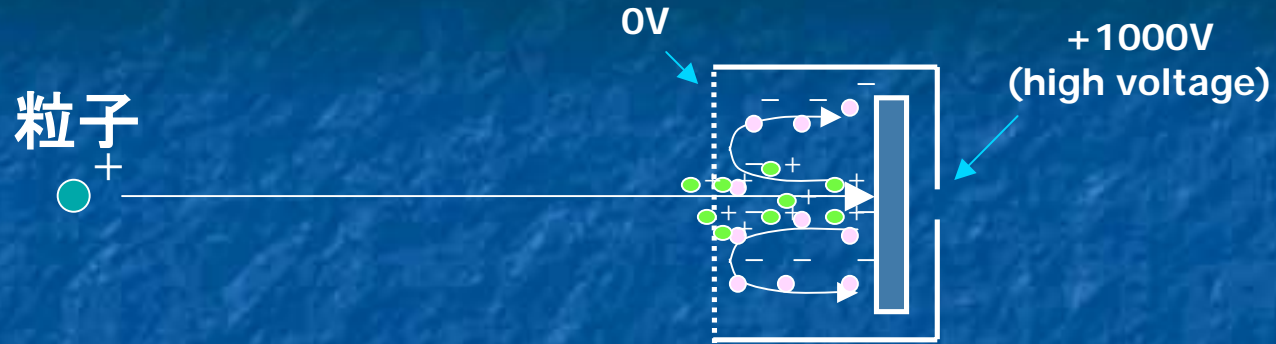
- ・HIT (High Fluence Irradiation Facility, University of Tokyo, Tokai-mura;
東海村・東京大学原子力研究総合センター重照射施設)
- ・MPI-K (Max-Planck Institute for Nuclear Physics, Heidelberg Germany;
ドイツ・マックスプランク核物理学研究所)

衝突電離型ダスト検出器・第一世代

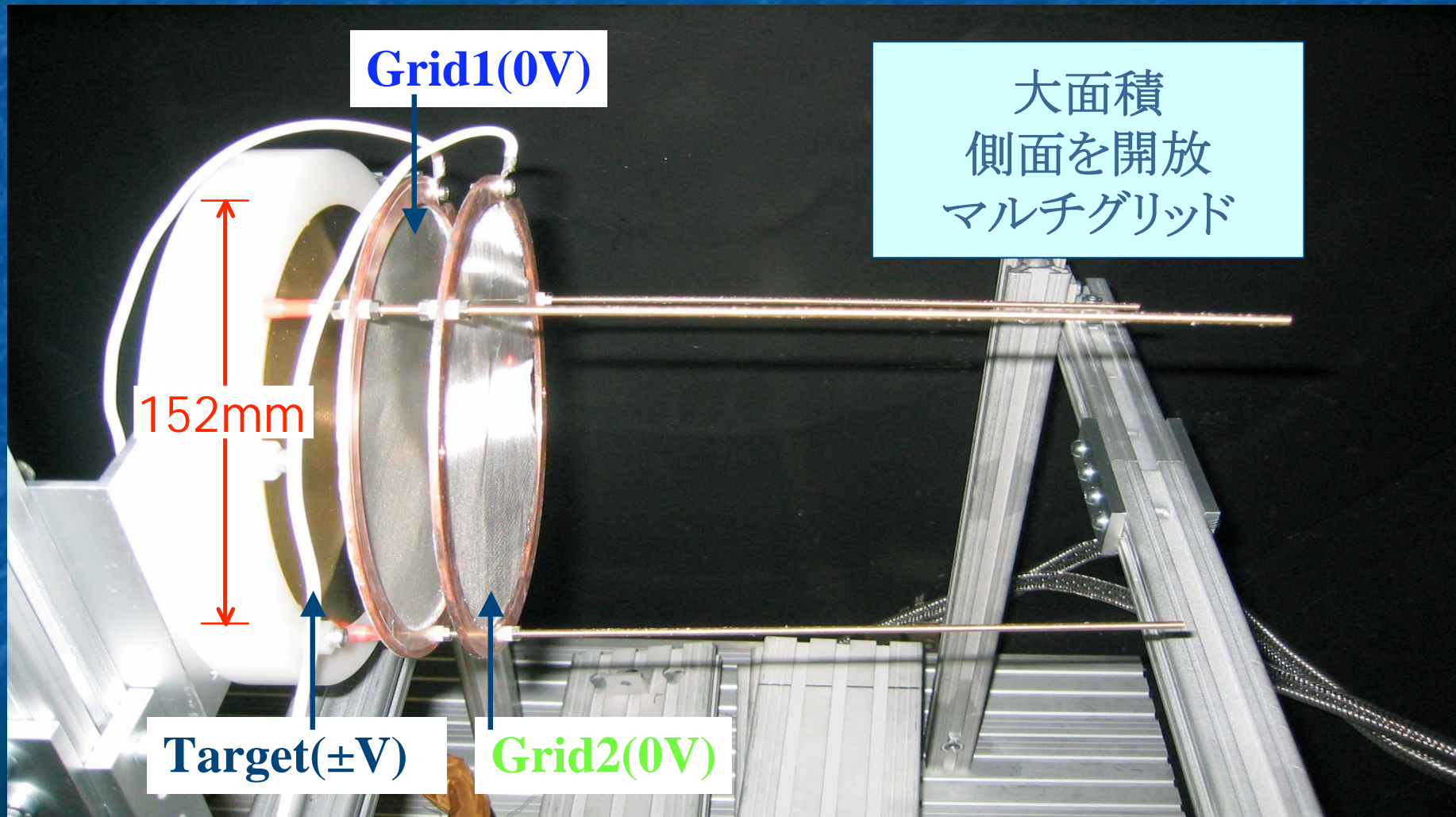


- ダスト検出器の形は、対称性の良い平行平板型を採用する。
- 校正実験は、ダスト静電加速器を使い、ターゲットにかける印加電圧、ターゲットーグリッド間の距離を 変化させて行う。

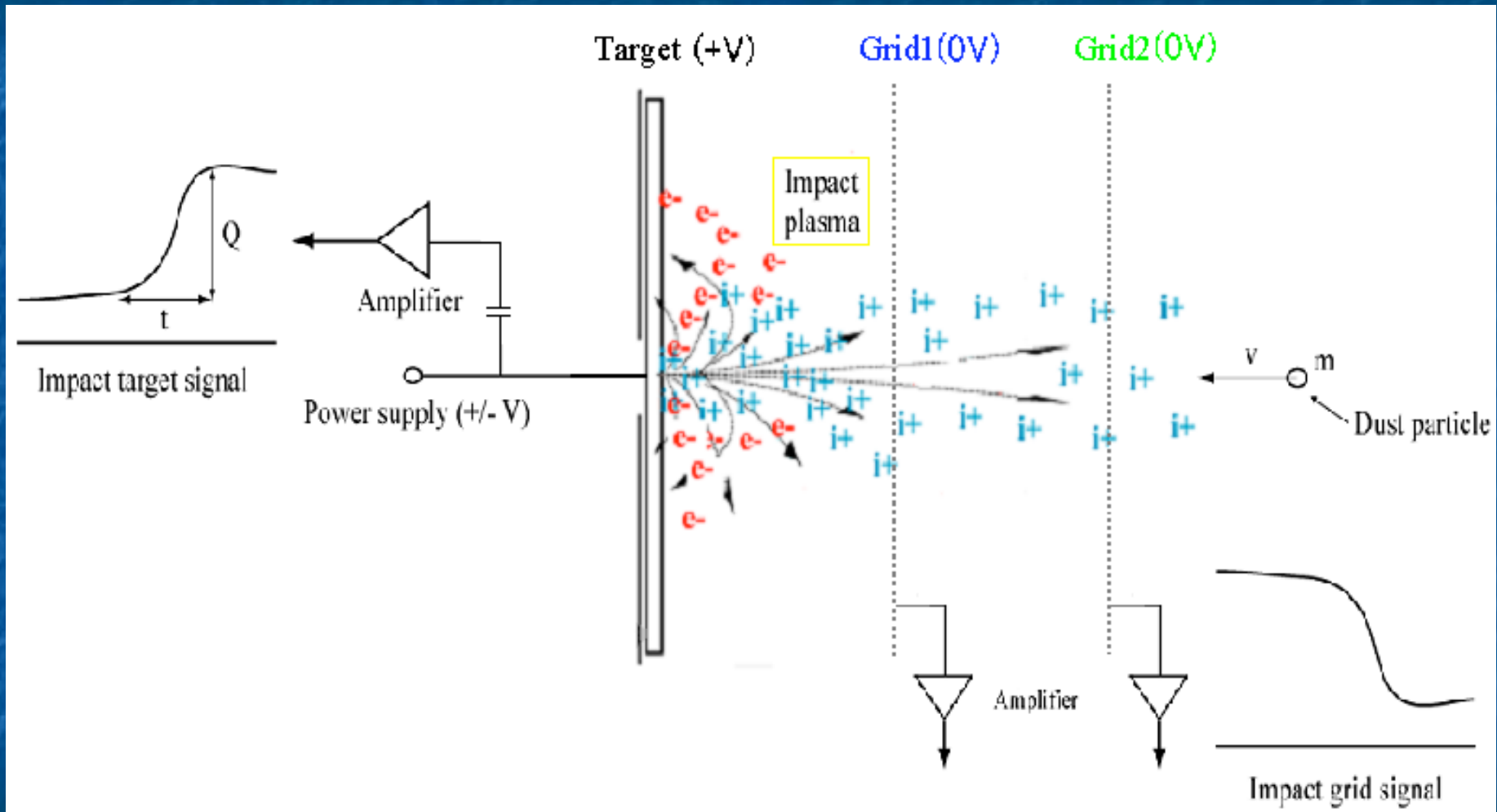
衝突シグナル



衝突電離型ダスト検出器・第二世代

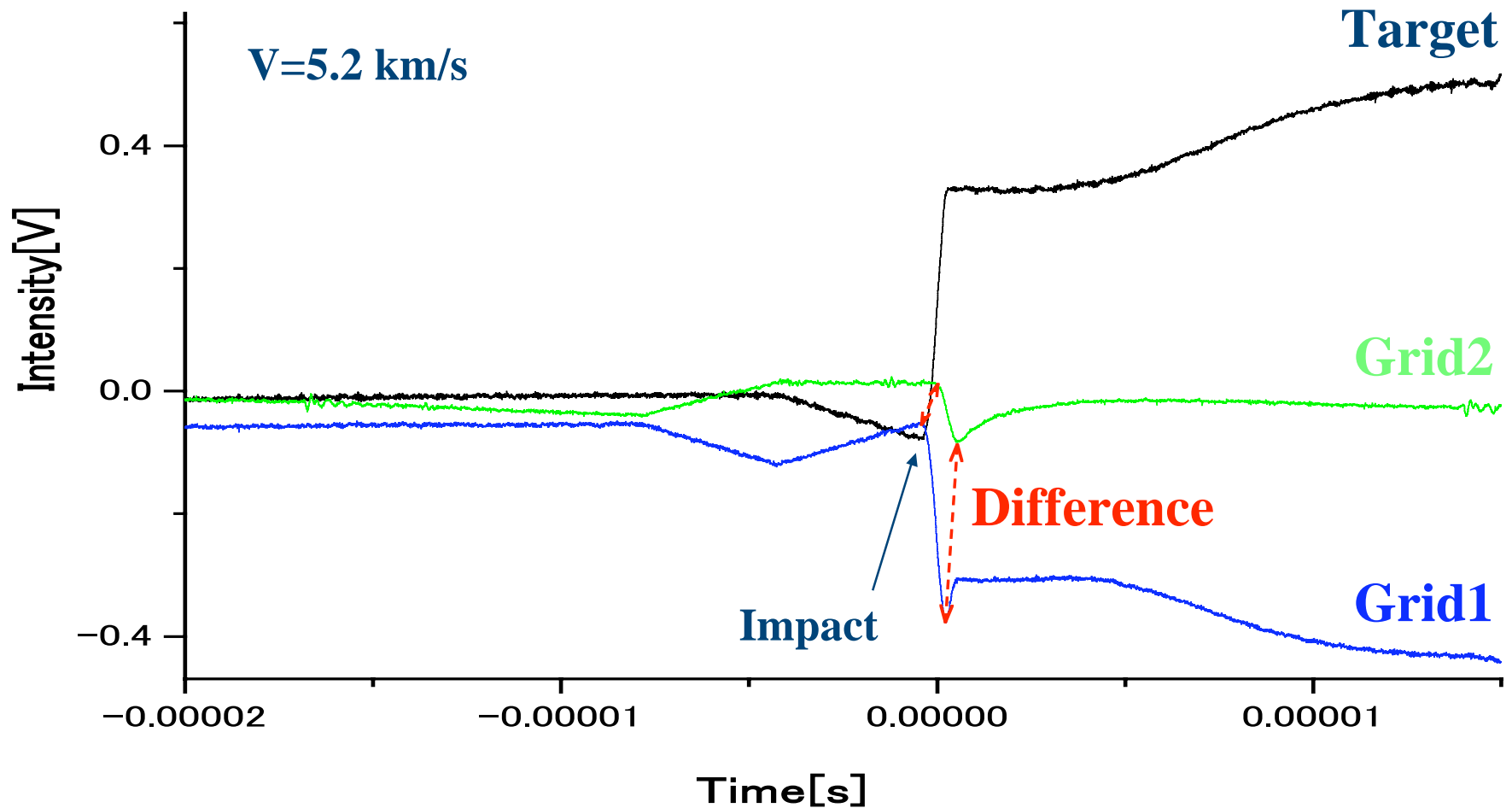


第二世代衝突電離型ダスト検出器



- ターゲット面積の拡大
- 側面を開放した構造
- プラズマの挙動を調べるために、ターゲットの前面に2枚のグリッドを設置

典型的な衝突シグナル



- Grid1とGrid2をプラズマ・クラウドが通過する時間差から、プラズマの広がる速度が求まる。

実験パラメータ表

Voltage(V)	Target-Grid1-Grid2(mm)								
	20-20			150-30			20-130		
	C	Ag	Fe	C	Ag	Fe	C	Ag	Fe
-2500	●				●				
-2000	●	●			●				
-1500	●				●				
-1000	●	●	●		●				
-500	●	●	●		●				
-250			●						
0	●	●	●		●				
50	●	●							
100	●	●							
200	●				●				
250			●						
500	●	●	●		●		●	●	
1000	●	●	●		●		●	●	
1500	●				●		●	●	
2000	●	●			●		●	●	
2500	●	●			●		●	●	

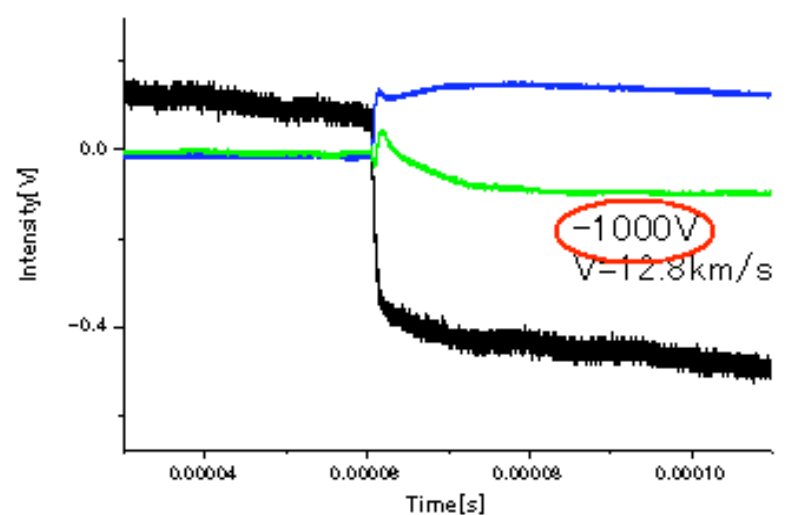
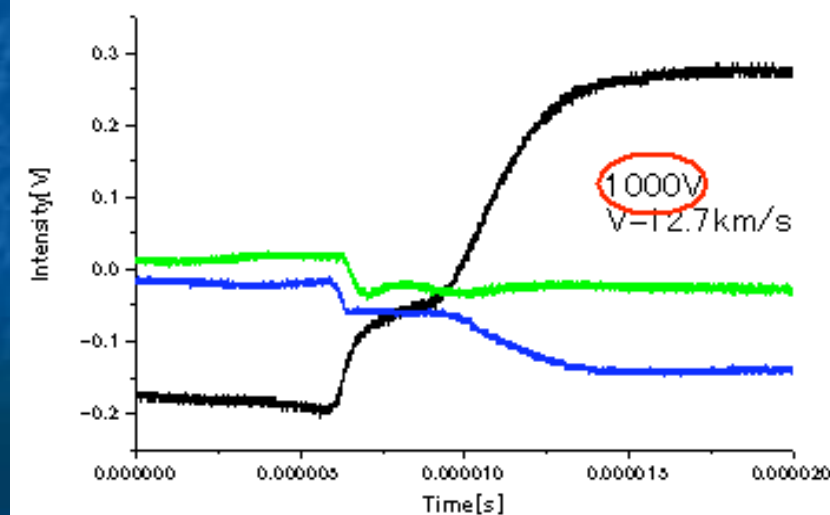
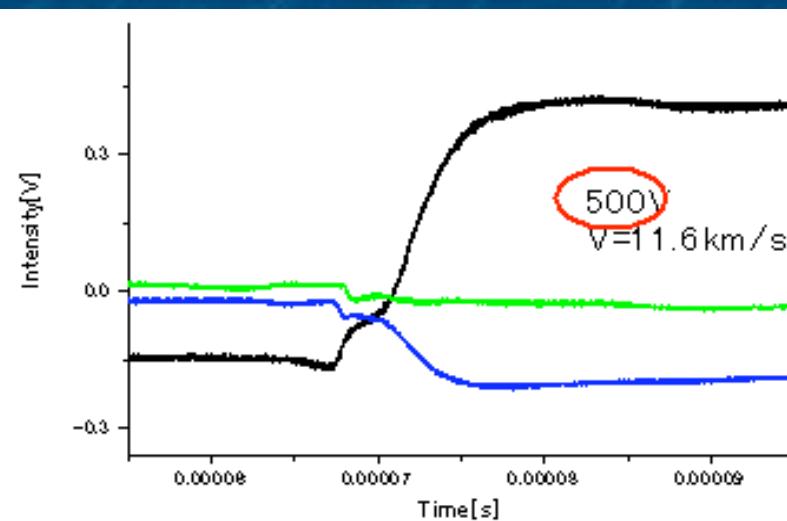
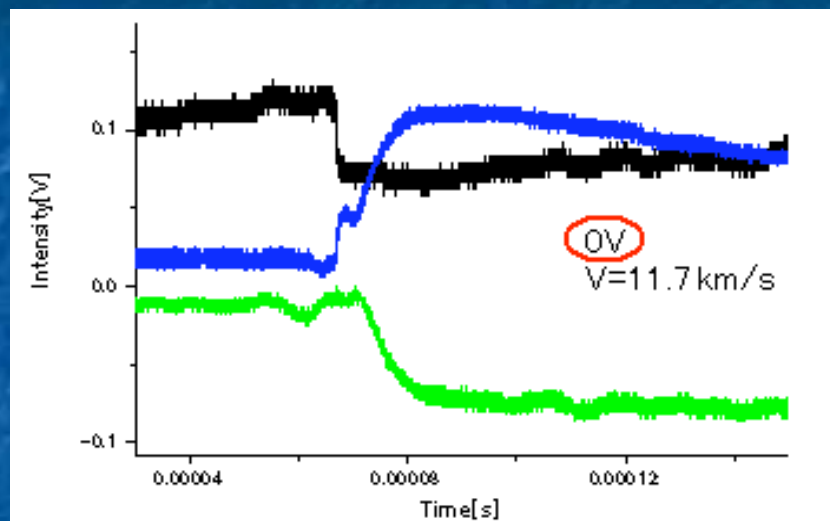
C, Ag: @HIT Fe: @MPI-K

衝突シグナル(1) 電圧ごとの比較

Black:Target

Blue :Grid1

Green:Grid2

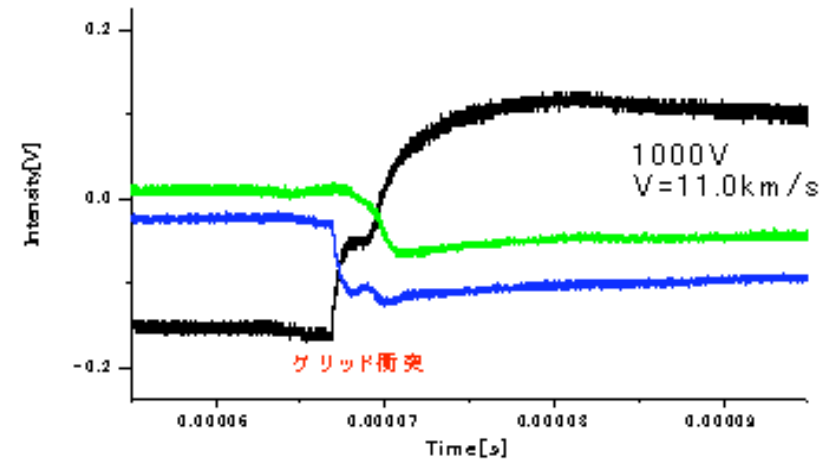
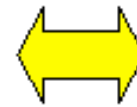
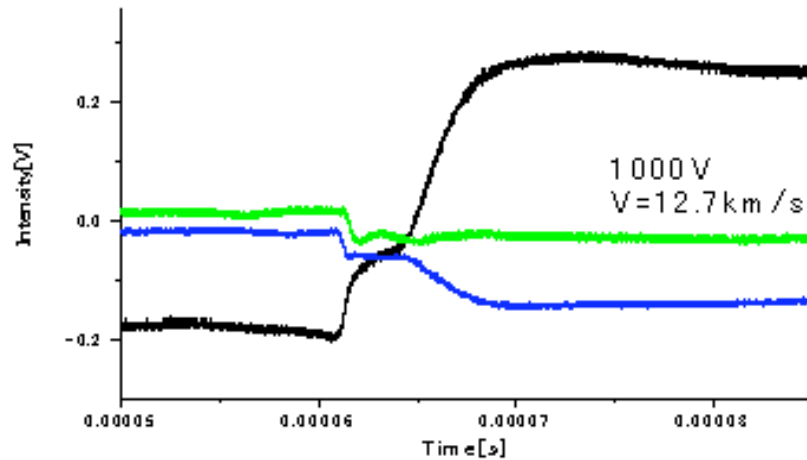


衝突シグナル(2) グリッド衝突シグナルとの比較

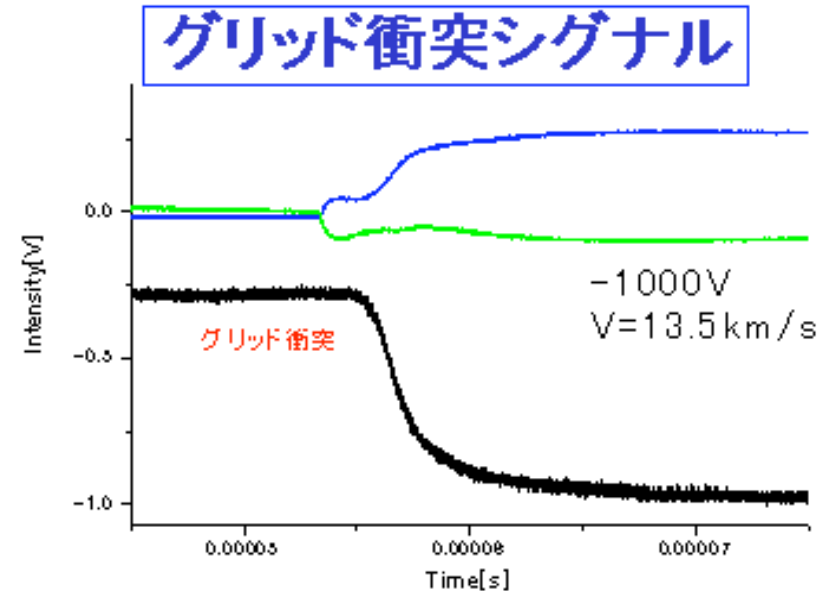
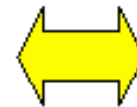
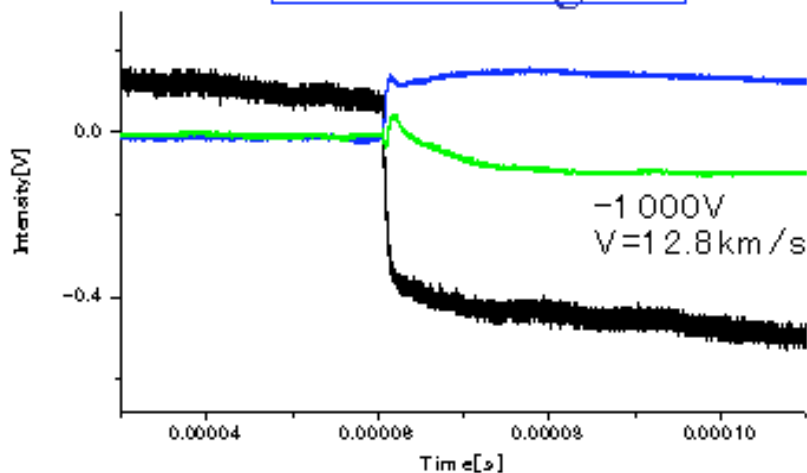
Black:Target

Blue :Grid1

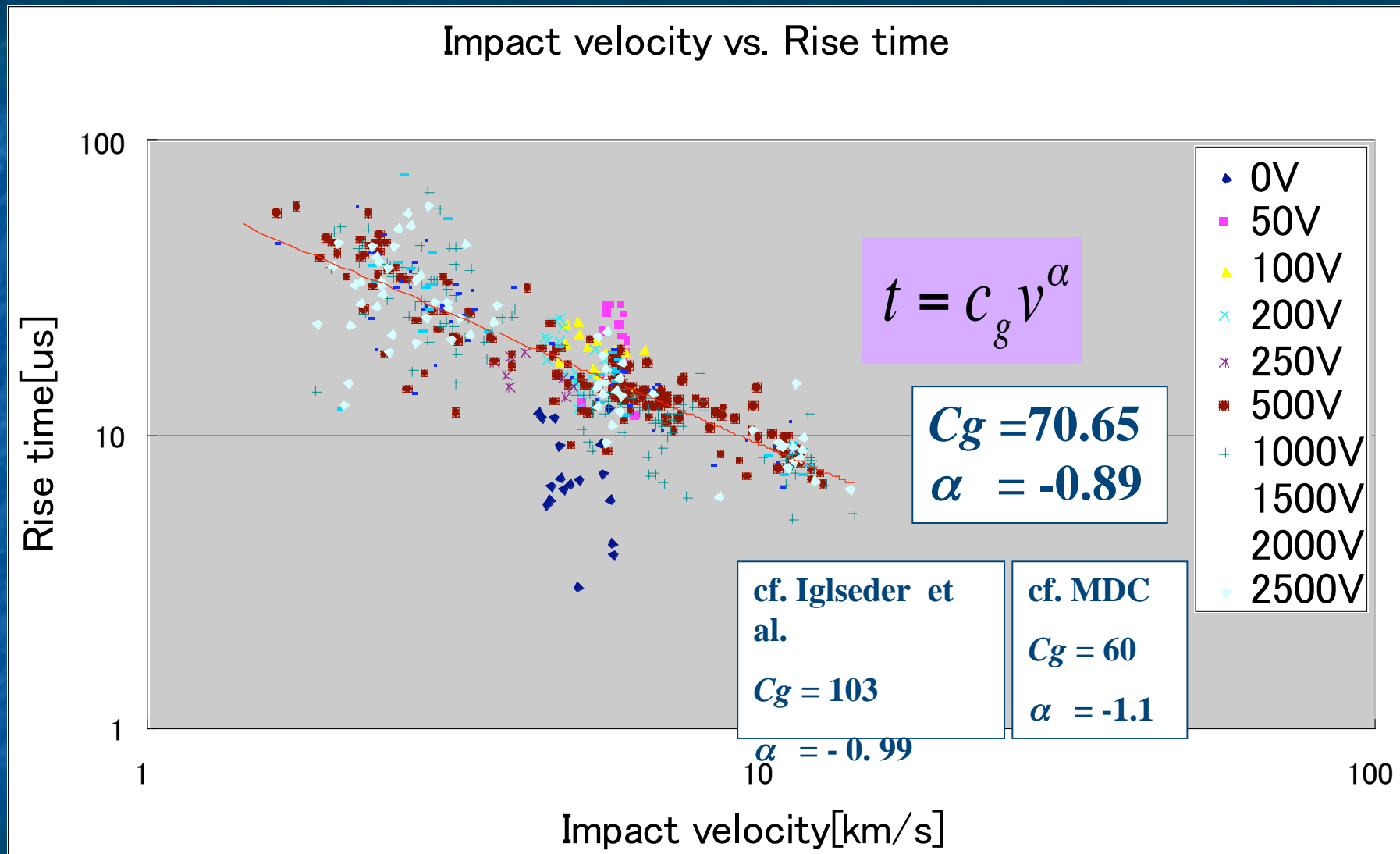
Green:Grid2



Normal Signal

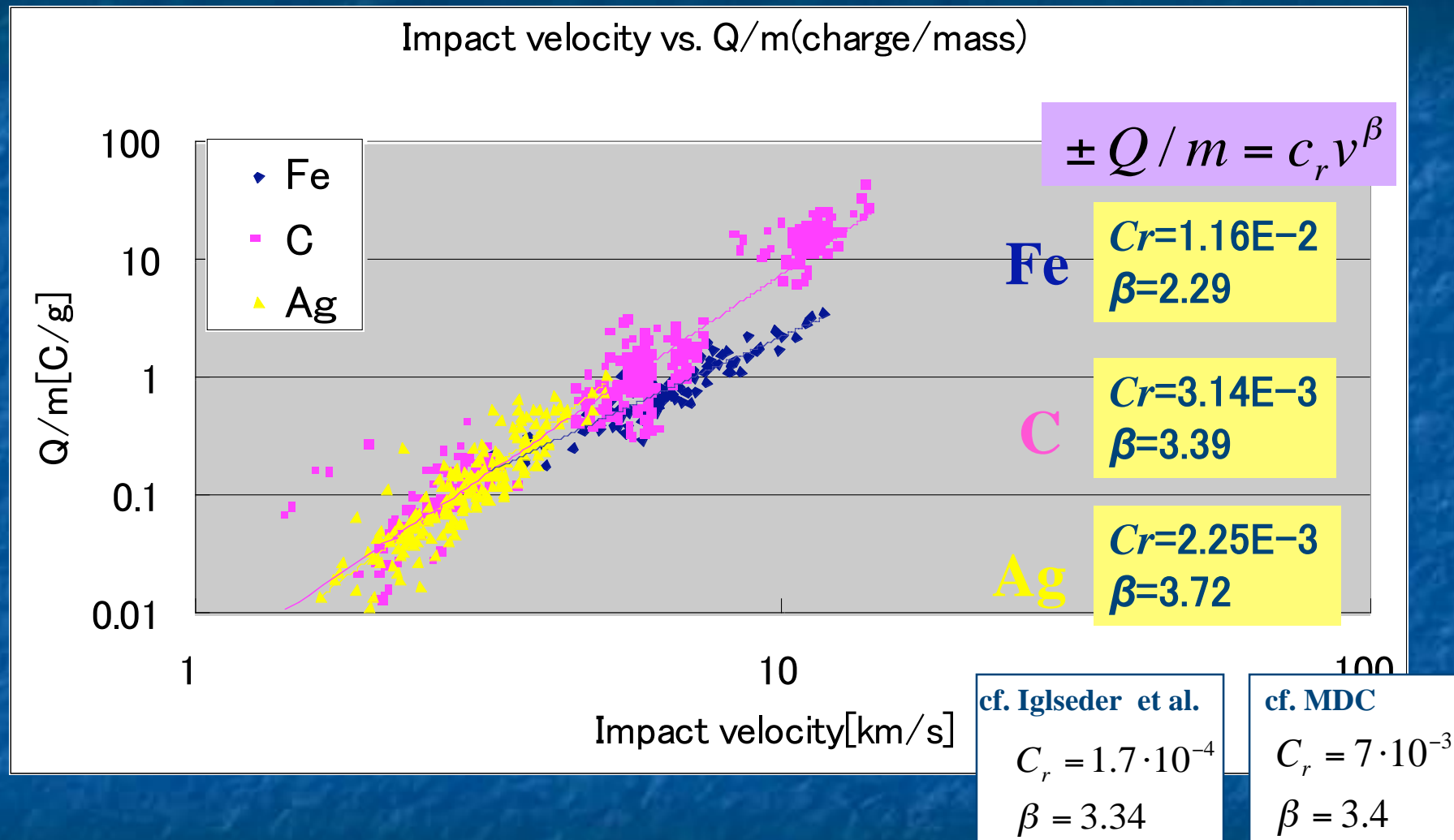


衝突速度とシグナルの立ち上がり時間



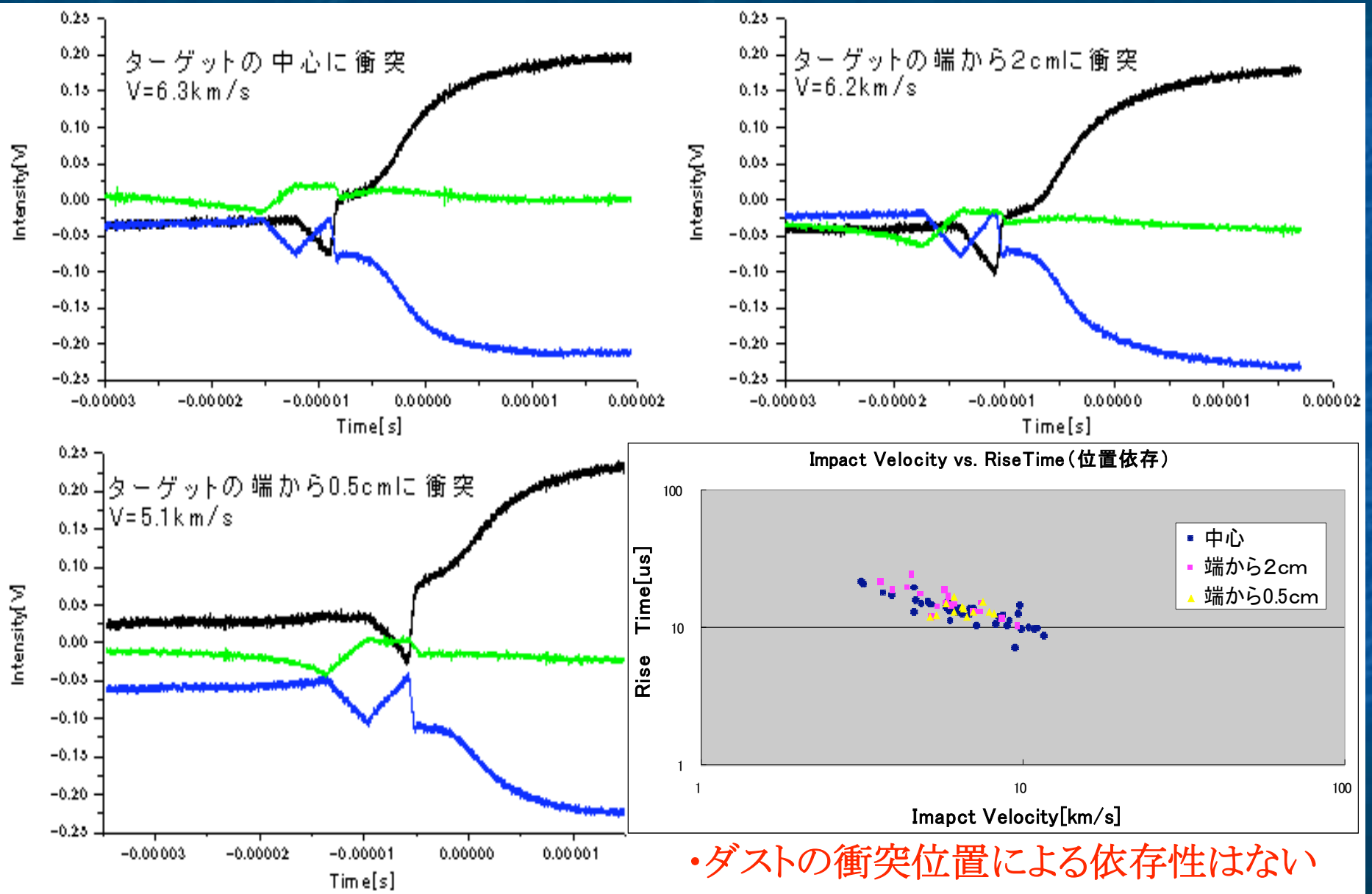
- 衝突速度が大きくなるとターゲットシグナルの立ち上がり時間は短くなる。
- 上述の式より立ち上がり時間から衝突速度が求められる。

衝突速度と電荷/質量の関係



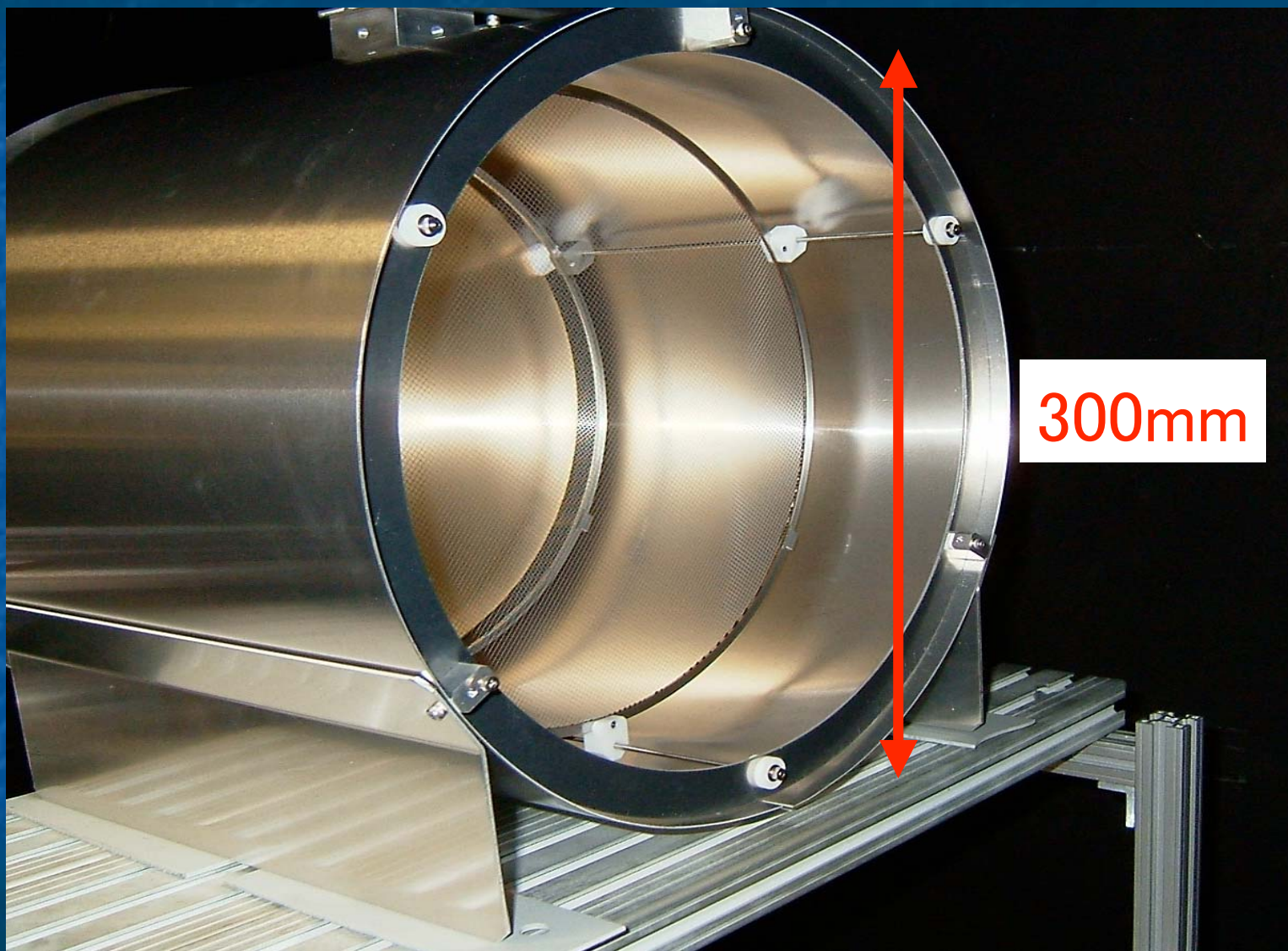
- 衝突信号を解析することによりダストの質量が求められる。

衝突シグナル(3) 衝突位置による比較



•ダストの衝突位置による依存性はない

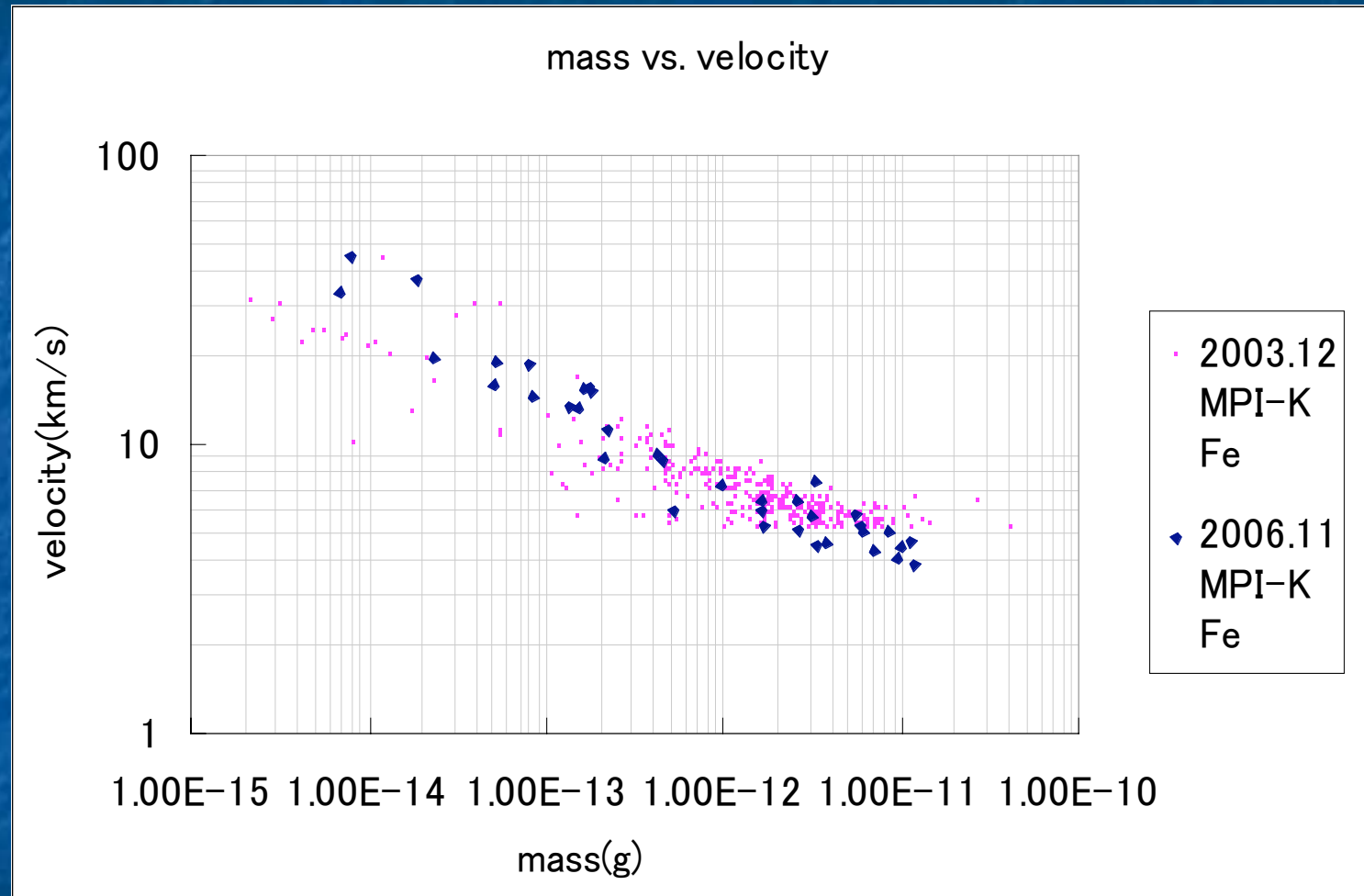
衝突電離型ダスト検出器・第三世代



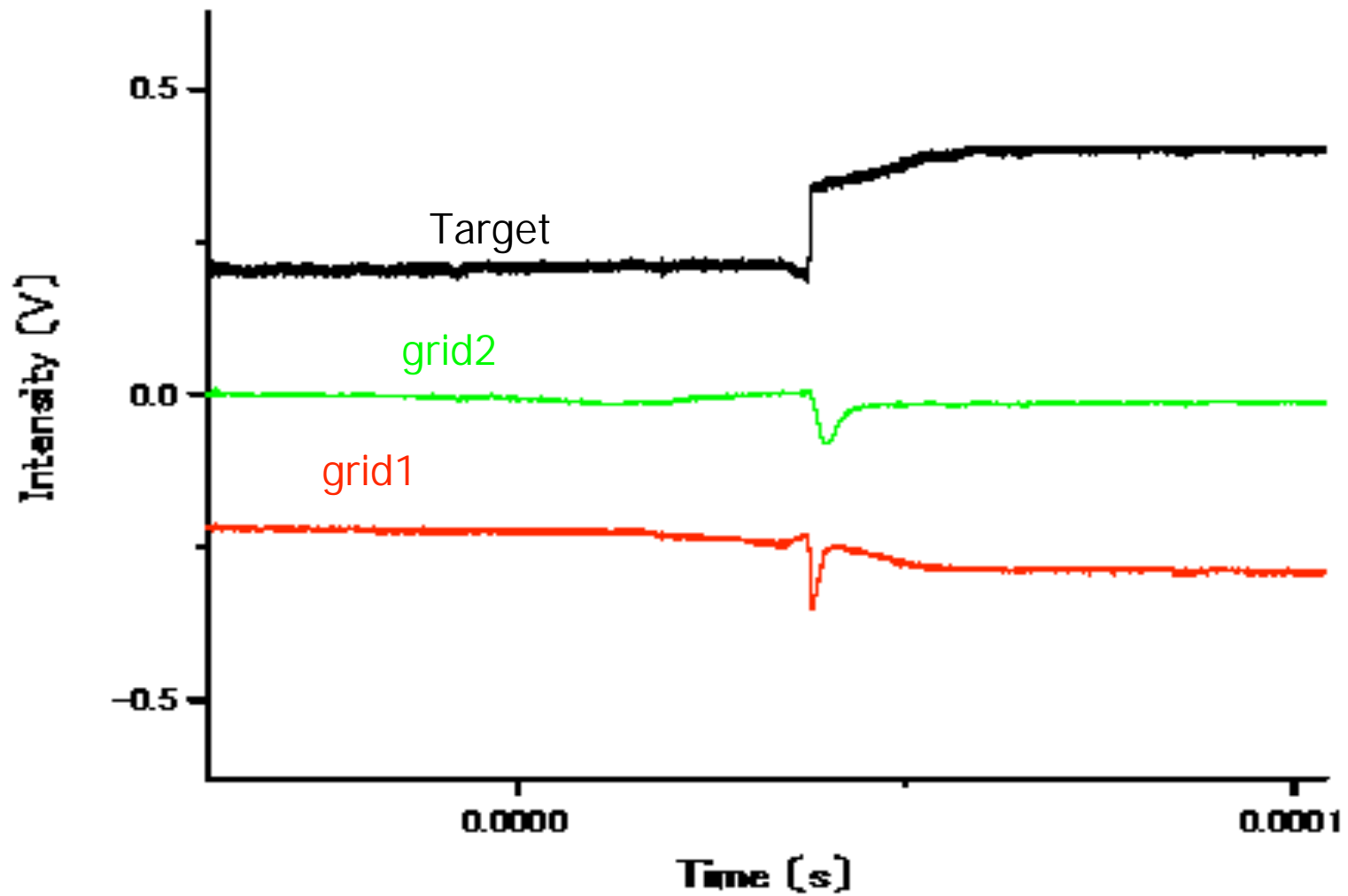
実験パラメータ表

Voltage(V)	Target-Grid1-Grid2(mm)		
	20-130		
	C	Ag	Fe
2000		●	●
1500		●	●
1000		●	●
900		●	
800		●	
750		●	
700		●	
600		●	
500		●	●
400		●	
300		●	
250		●	●
200		●	
100		●	
0		●	
-250		●	
-500		●	
-750		●	

衝突速度と質量の関係

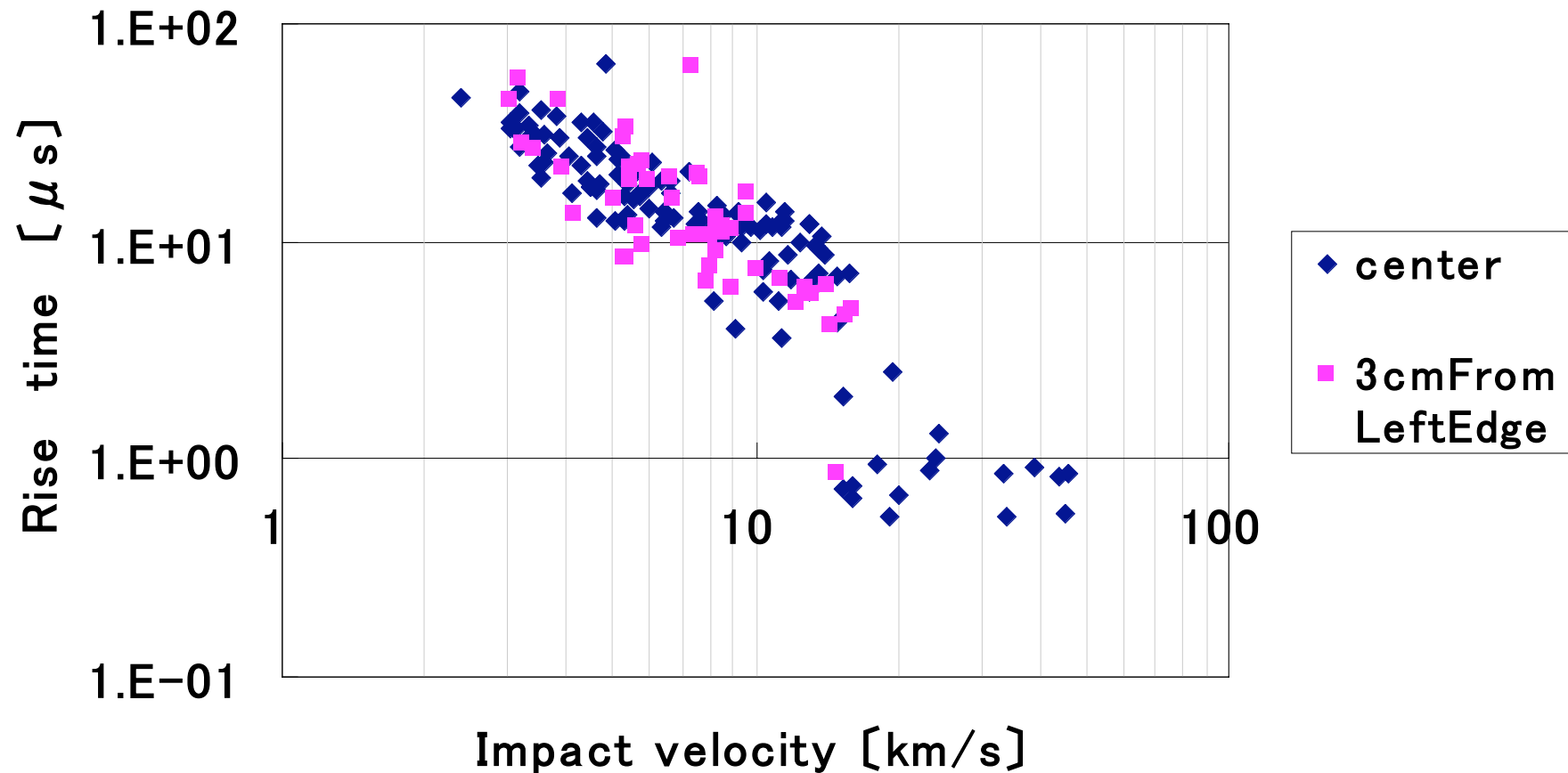


典型的なシグナル

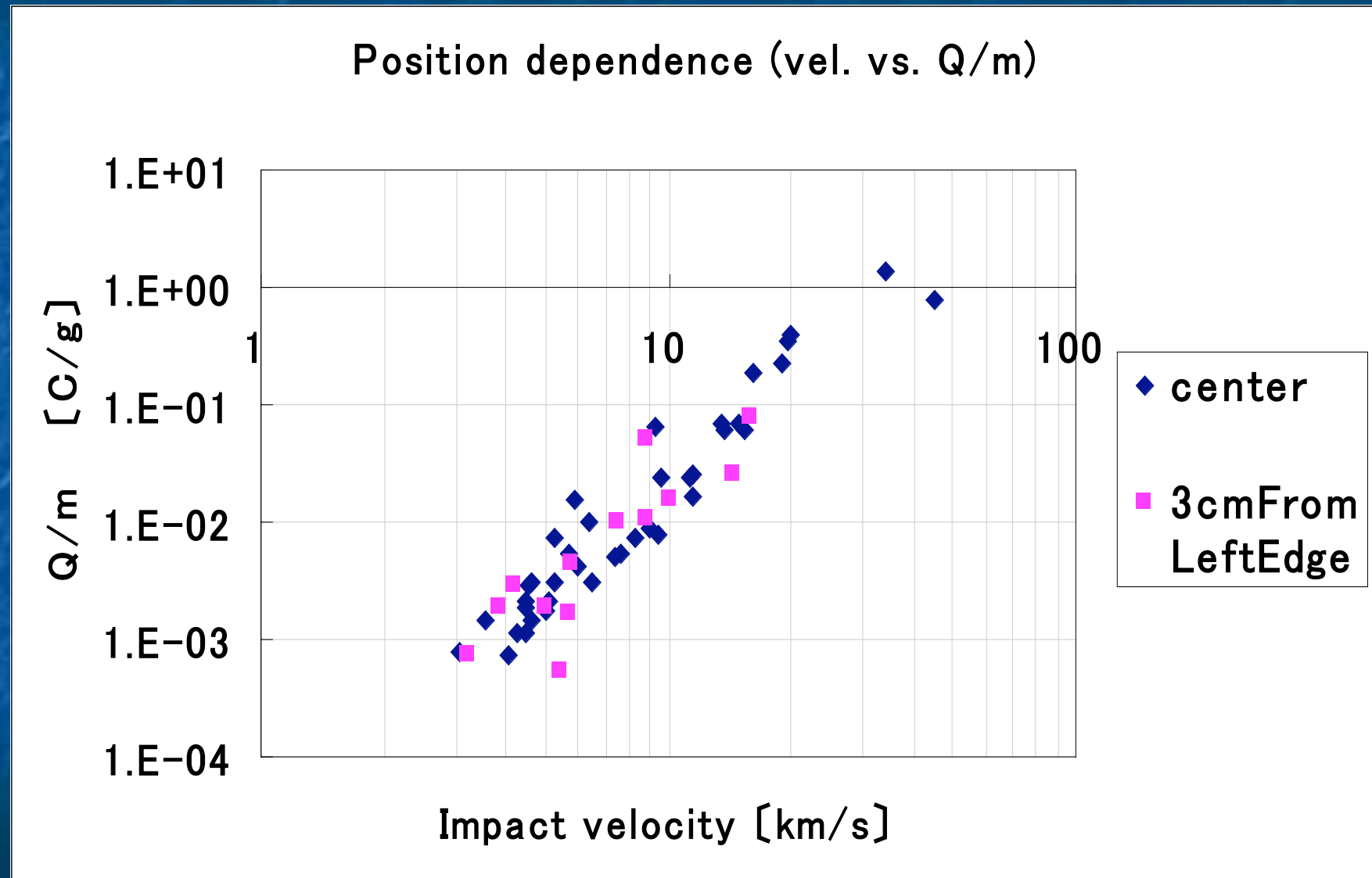


衝突速度とシグナルの立ち上がり時間

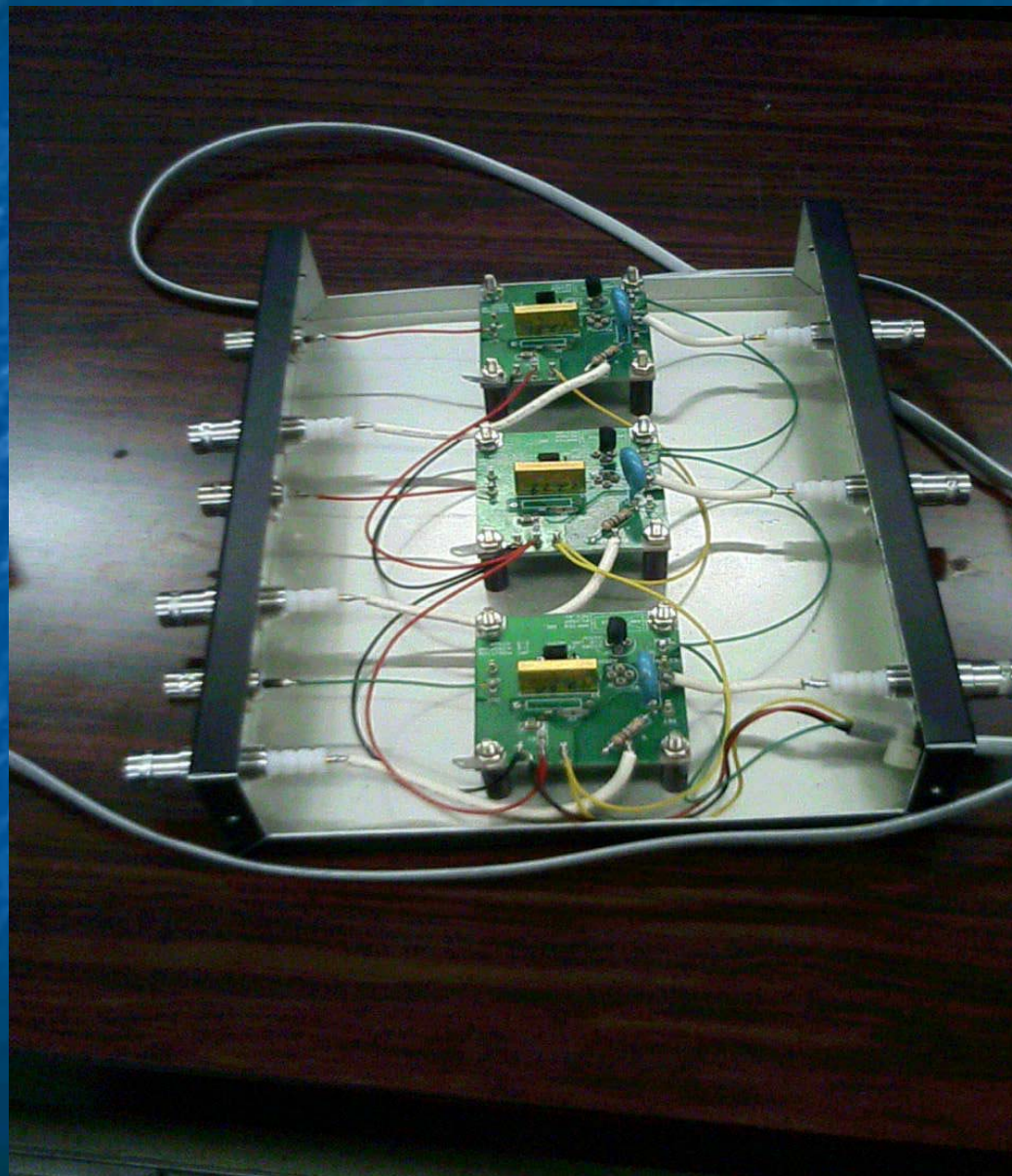
Position dependence (vel. vs. rise time)



衝突速度と電荷/質量の関係



プリアンプ部 (AmptecA250)



結果と考察

- ダストの衝突速度とターゲットの立ち上がり時間との間に良い相関関係が得られた。立ち上がり時間からダストの衝突速度が求まる。
- 電荷量の値からダストの質量も求められる。
- ダストの種類による違い、ターゲットの衝突位置による相関関係の変化は小さい。



平行平板型モデルは衝突電離型ダスト計測器として十分な性能を持つ。軽量・大面積のダスト計測器を設計することが可能になる。

今後の課題

- 第三世代の校正実験
- マルチグリッドの有効性を追求
 - 入射ダストの電荷、速度、方向の推定の可否
 - プラズマ拡散速度の考察
 - グリッド衝突の識別・軽減
- 搭載用モデルの製作：電子回路部の設計