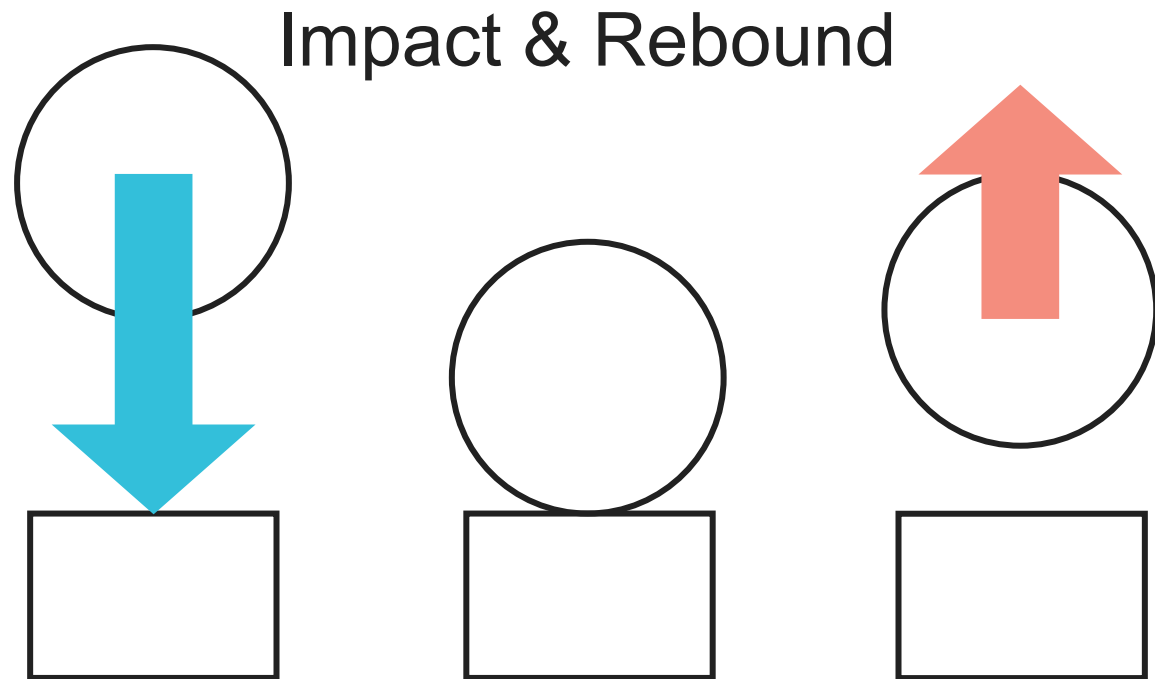


# レーザー変位計を用いた低速度衝突実験装置の開発

## Low-velocity impact experiment using Laser displacement meter



\*Yukari M. Toyoda<sup>1,2</sup>  
(1.ABC, 2. NAOJ)

# About Me

- ◎ B.Sc., M.Sc., and Ph.D. in Planetary Science from Kobe University
- ◎ Postdoctoral researcher at Kobe University for 2 years.
- ◎ Joined the Instrument Development Division at the Astrobiology Center in April 2025

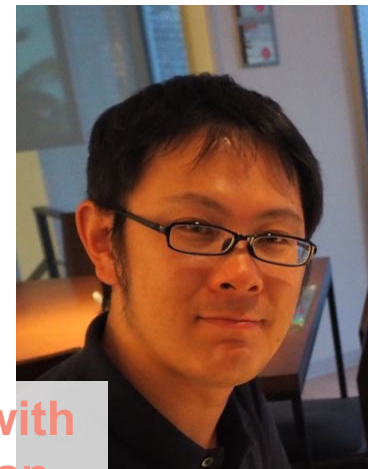


# About Me

◎B.Sc., M.Sc., and Ph.D. in Planetary Science from Kobe University

◎Postdoctoral researcher at Kobe University for 2 years.

◎Joined the Instrument Development Division at the Astrobiology Center in April 2025



Working with Kotani-san

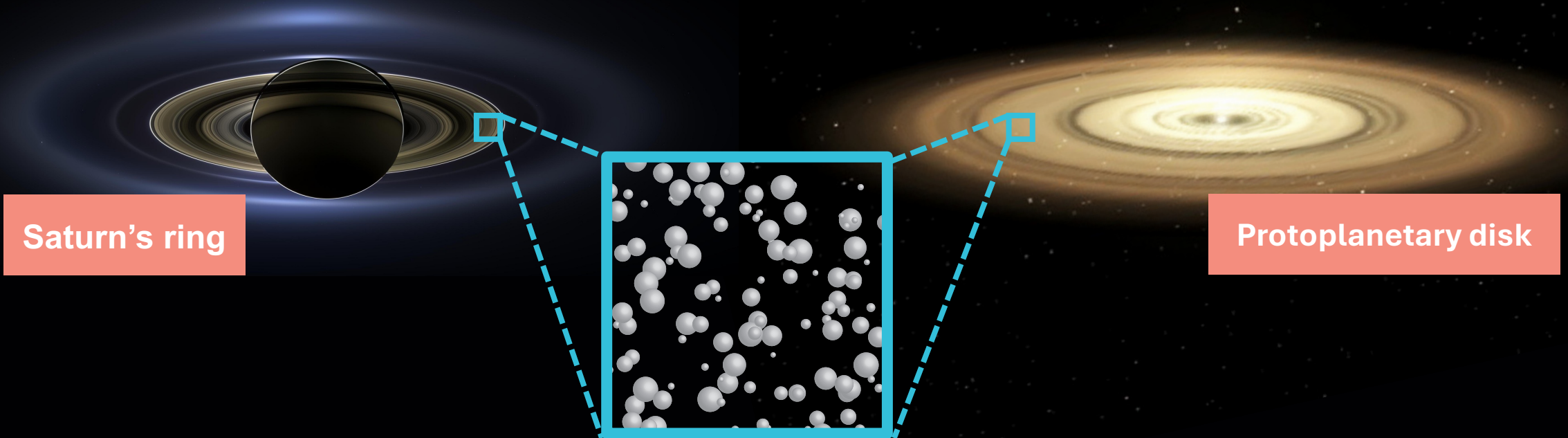


# Introduction

4

## ◎ Collisions between particles in disk structures

- **Low-velocity collisions** ( $< \text{cm-m/s}$ ) among **mm-m sized particles** occur in disk structures.
- The outcome of collisions are important
  - **Sticking? Rebound? Fragmentation?**

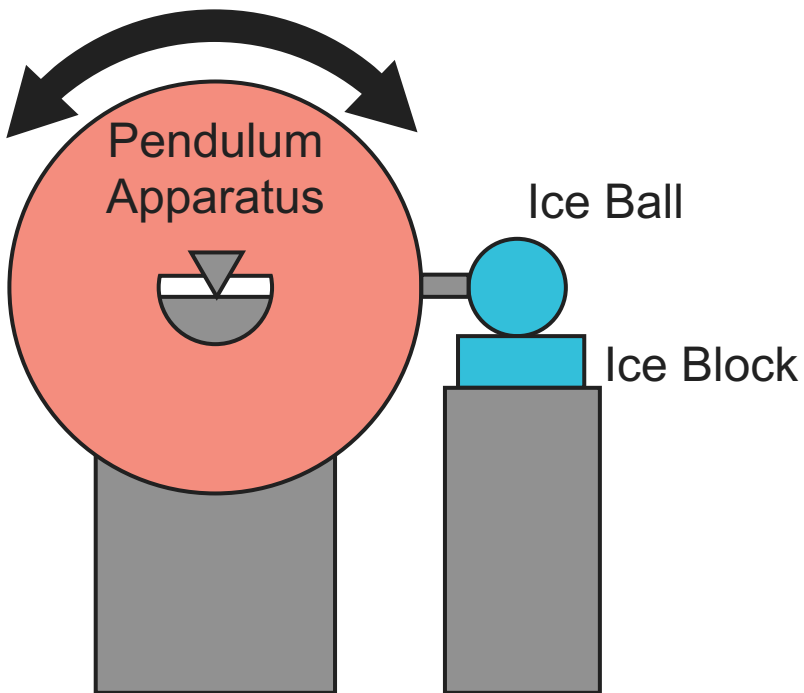


# Previous Studies

## ● Low-velocity impact experiment

- Pendulum system  
 $v_i < 1 \text{ cm/s}$

Redrawn from *Supulver et al, 1995*



- Free-fall setup  
 $v_i > 10 \text{ cm/s}$   
 $\Rightarrow$  free-fall height of  
**0.51 mm**



- Low-gravity  
 $v_i > 1 \text{ cm/s}$   
drop tower or  
parabolic flight

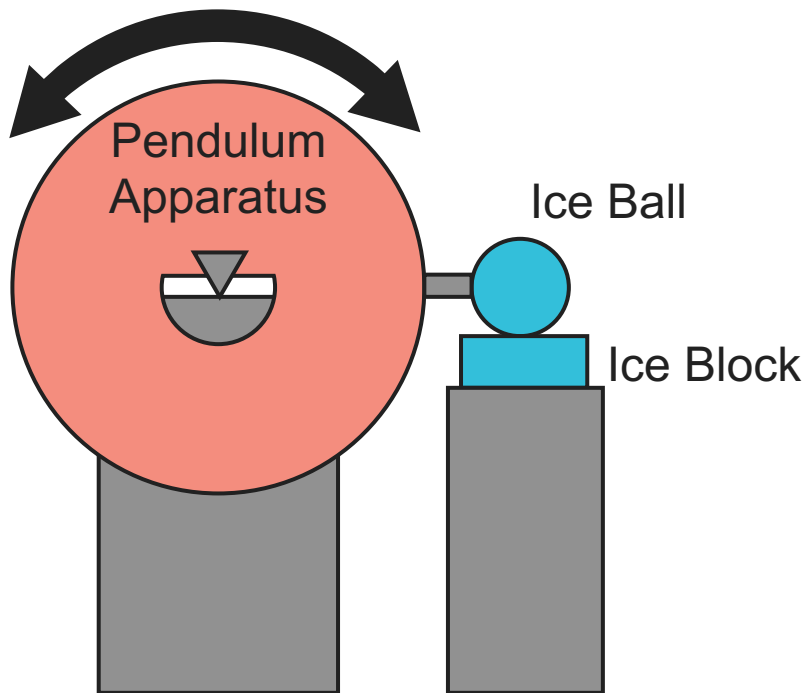


# Previous Studies

## Low-velocity impact experiment

- Pendulum system  
 $v_i < 1 \text{ cm/s}$

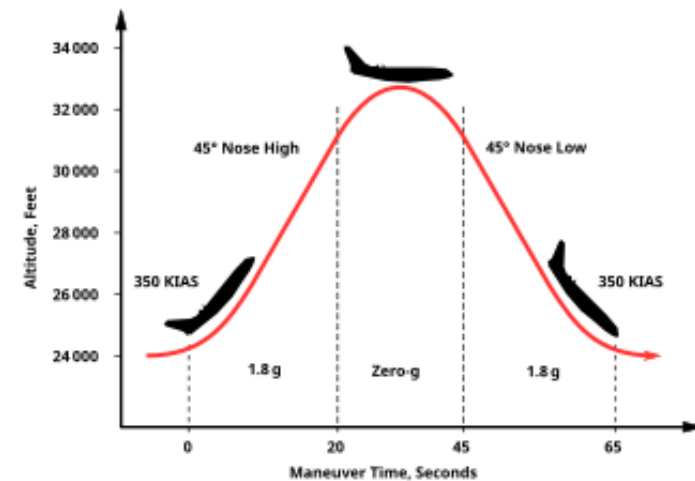
Redrawn from *Supulver et al, 1995*



- Free-fall setup  
 $v_i > 10 \text{ cm/s}$   
 $\Rightarrow$  free-fall height of **0.51 mm**



- Low-gravity  
 $v_i > 1 \text{ cm/s}$   
drop tower or  
parabolic flight

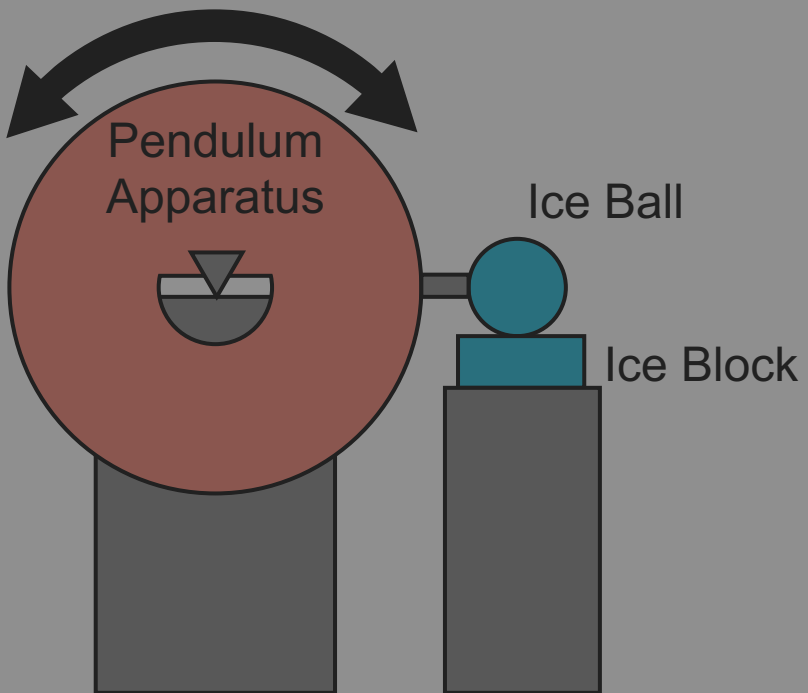


# Previous Studies

## Low-velocity impact experiment

- Pendulum system  
 $v_i < 1 \text{ cm/s}$

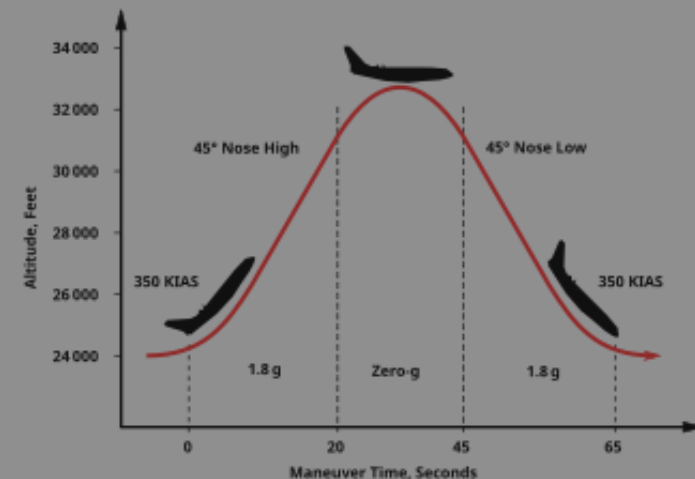
Redrawn from *Supulver et al, 1995*



- Free-fall setup  
 $v_i > 10 \text{ cm/s}$   
 $\Rightarrow$  free-fall height of **0.51 mm**



- Low-gravity  
 $v_i > 1 \text{ cm/s}$   
drop tower or  
parabolic flight



# Previous Studies

## ◎Observation of impact experiments

- High-speed camera

時間分解能:  $\Delta t = 2 \text{ ms}$

空間分解能:  $120 \mu\text{m} / \text{pix}$

R. Weidling, C. Güttler, J. Blum, Free Collisions  
in a Microgravity Many-Particle Experiment. I.  
Dust Aggregate Sticking at Low Velocities,  
submitted to Icarus, 2011

### Bouncing Collision

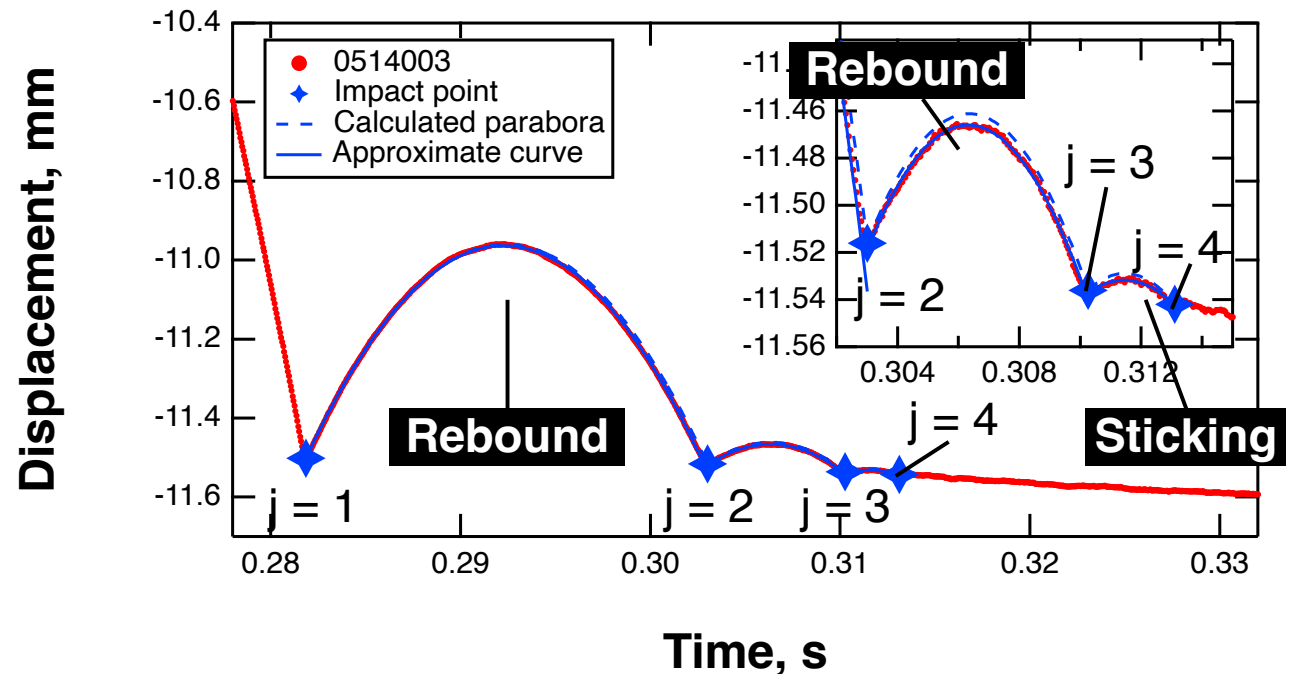
collision velocity:  
 $62 \text{ mm/s}$

fov size:  
 $15 \text{ mm} \times 15 \text{ mm}$

- Laser displacement meter

時間分解能:  $\Delta t = 50 \mu\text{s}$

空間分解能  $1 \mu\text{m}$



# Previous Studies

## ◎ Observation of impact experiments

- High-speed camera

時間分解能:  $\Delta t = 2 \text{ ms}$

空間分解能:  $120 \mu\text{m} / \text{pix}$

R. Weidling, C. Güttler, J. Blum, Free Collisions  
in a Microgravity Many-Particle Experiment. I.  
Dust Aggregate Sticking at Low Velocities,  
submitted to Icarus, 2011

### Bouncing Collision

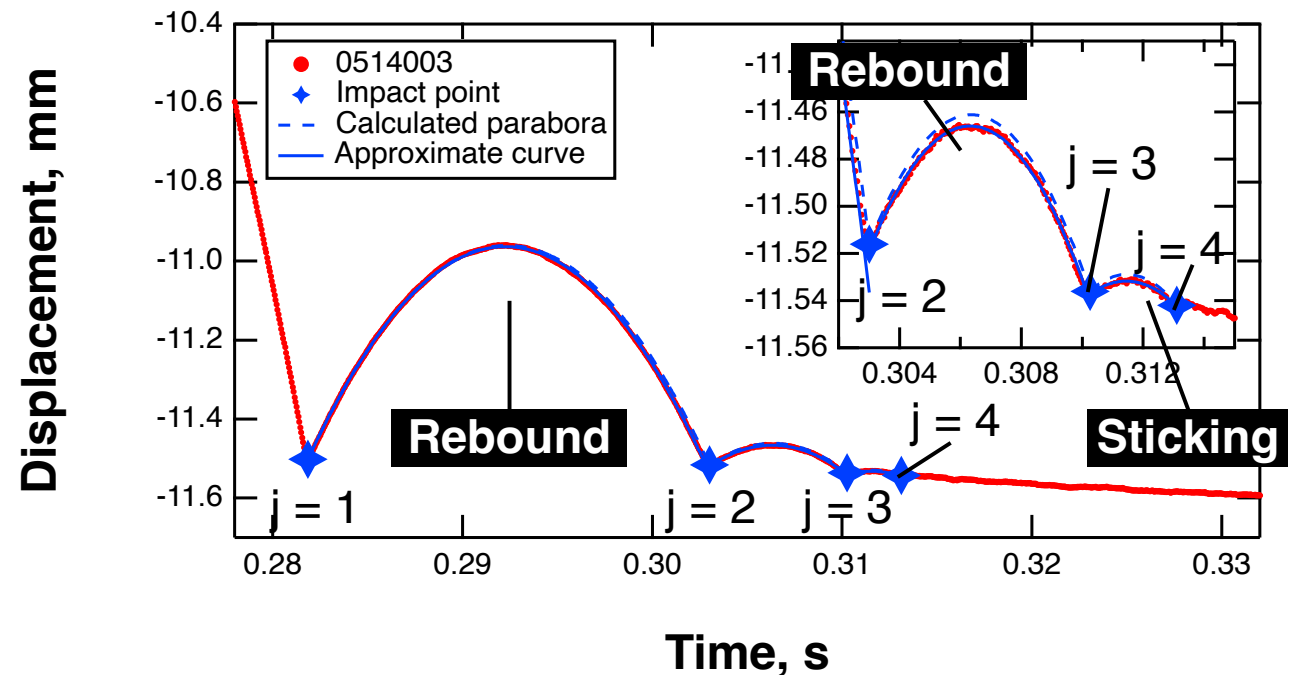
collision velocity:  
 $62 \text{ mm/s}$

fov size:  
 $15 \text{ mm} \times 15 \text{ mm}$

- Laser displacement meter

時間分解能:  $\Delta t = 50 \mu\text{s}$

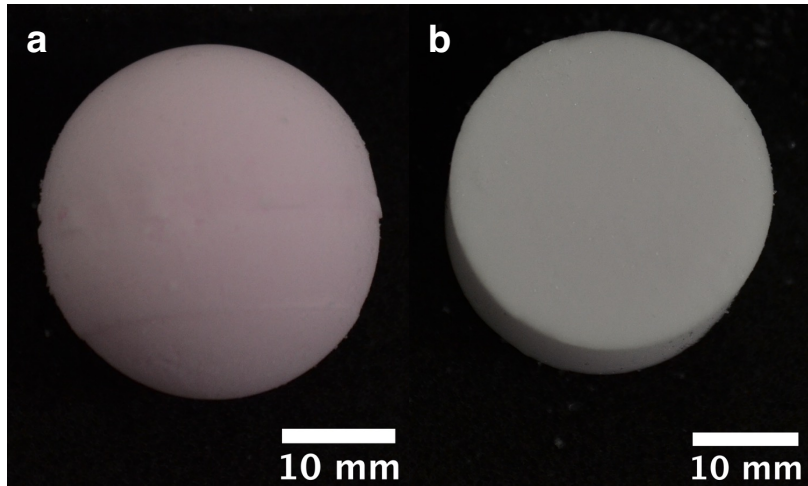
空間分解能  $1 \mu\text{m}$



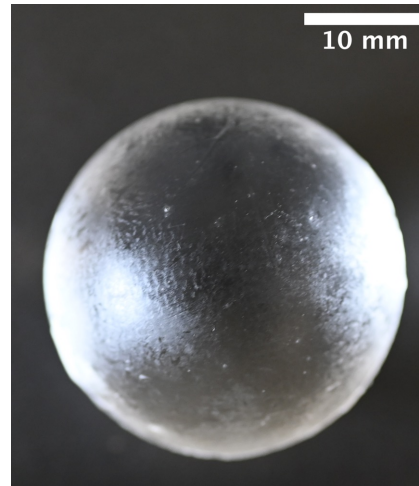
# Experimental Method

## ◎ Experimental condition

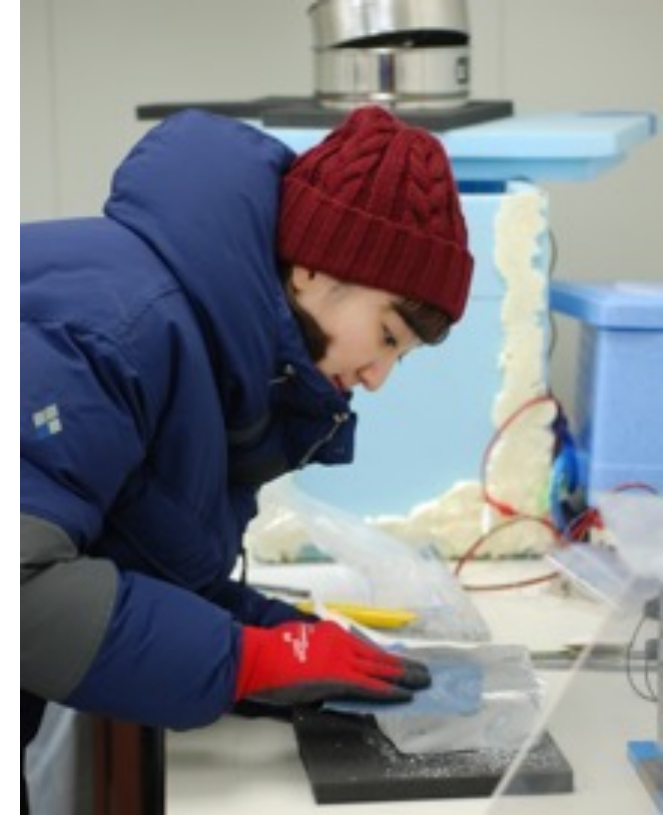
- Sample preparation and impact experiment were conducted in a cold room at **-15 ° C**.



Porous ice samples

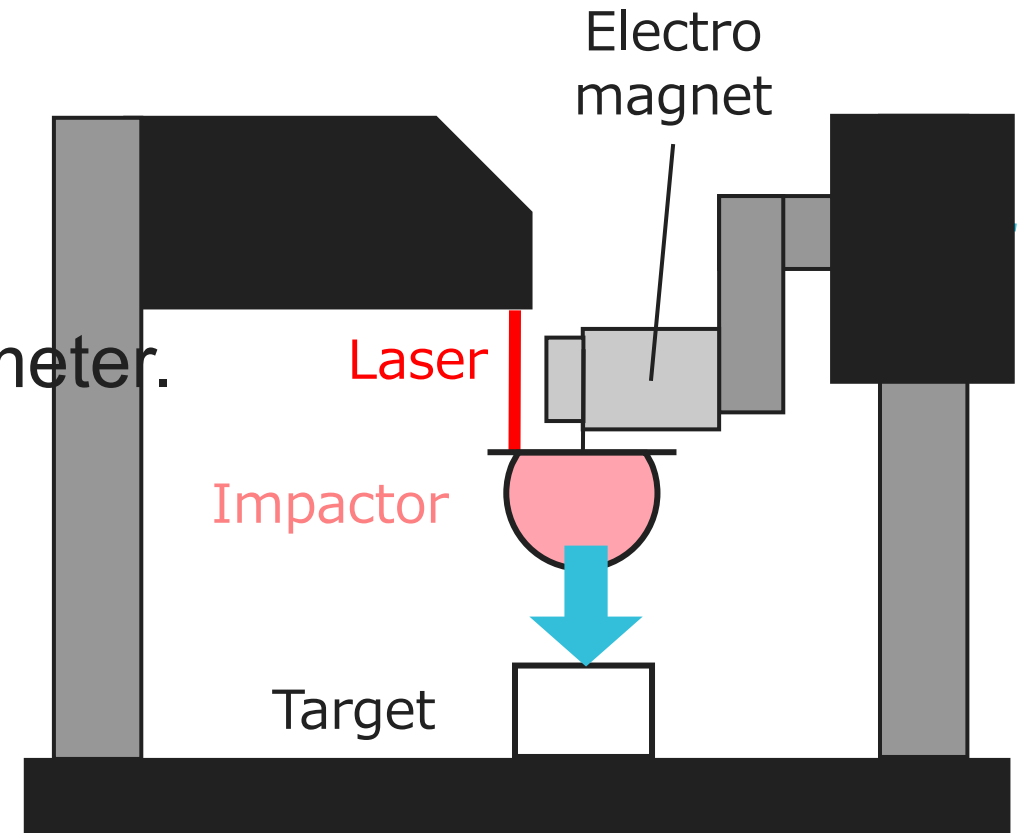


Ice samples



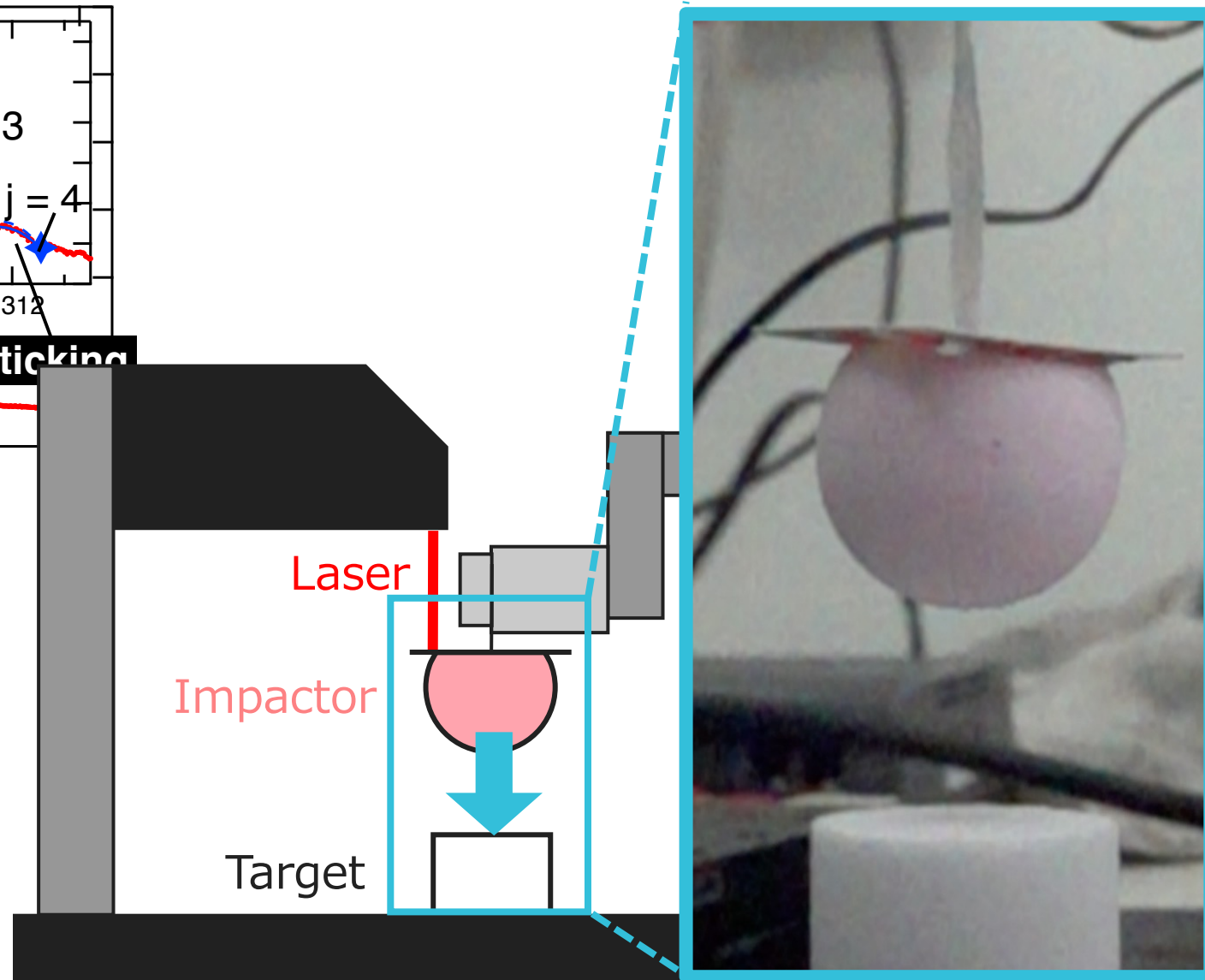
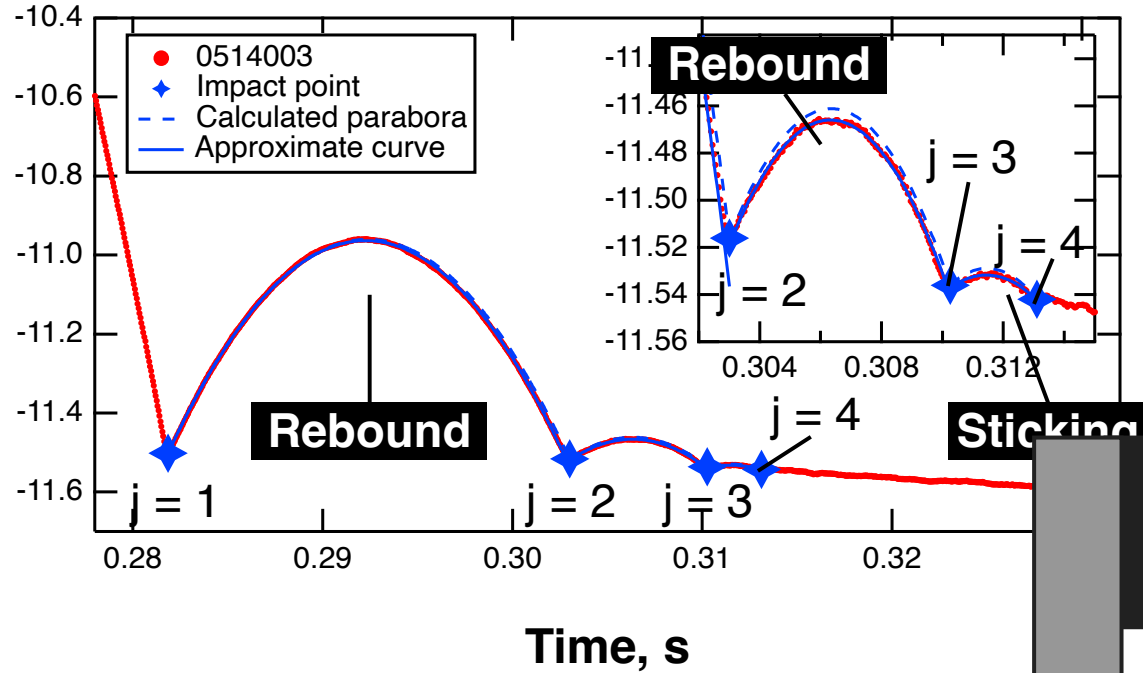
# Experimental Method

- Low-velocity impact experiment (2023 ver.)
  - Impactor was dropped on target freely ( $v_i = 10\text{-}100\text{ cm/s}$ ).
  - The release of ball was controlled by an electromagnet.
  - Time displacement of ball position was measured by 1D laser displacement meter.



# Experimental Method

Displacement, mm



# Experimental Method

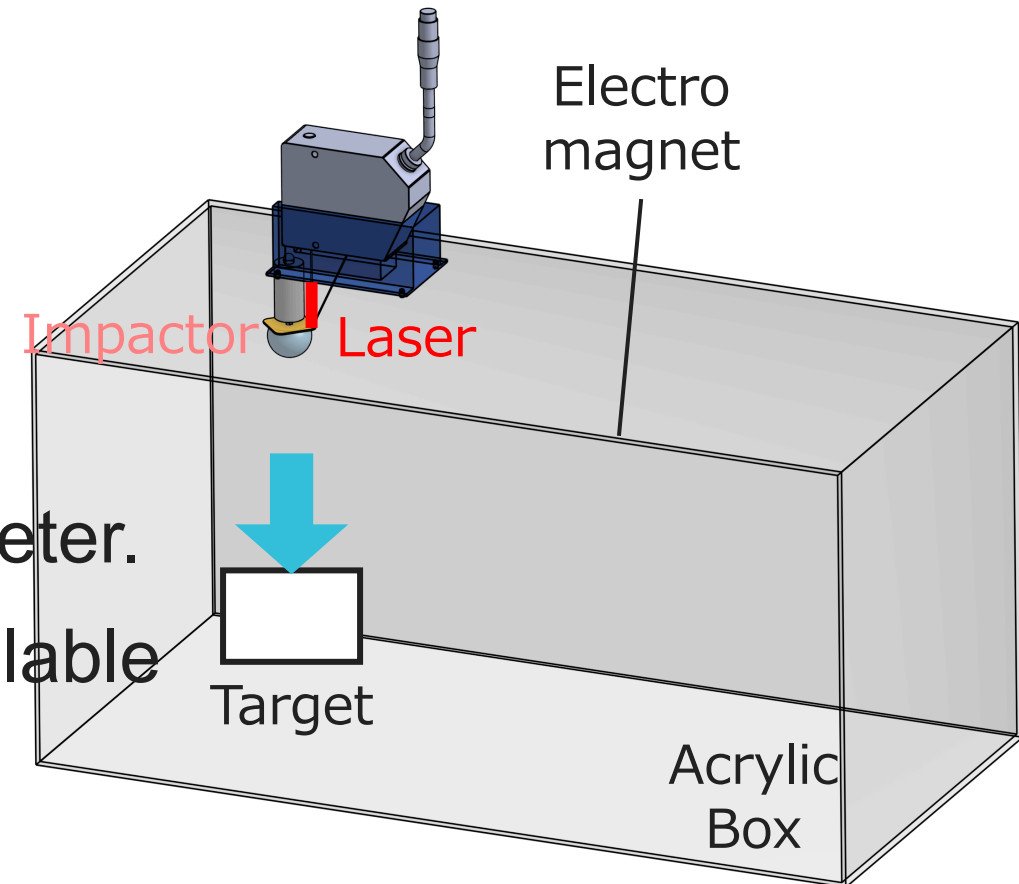
## ● Low-velocity impact experiment (2025 ver.)

- Impactor was dropped on target freely ( $v_i = 10-100 \text{ cm/s}$ ).
- The release of ball was controlled by an electromagnet.

**NEW** **No-rotation** dropping system

- Time displacement of ball position was measured by 1D laser displacement meter.

**NEW** **2D laser measurement** is also available



# Experimental Method

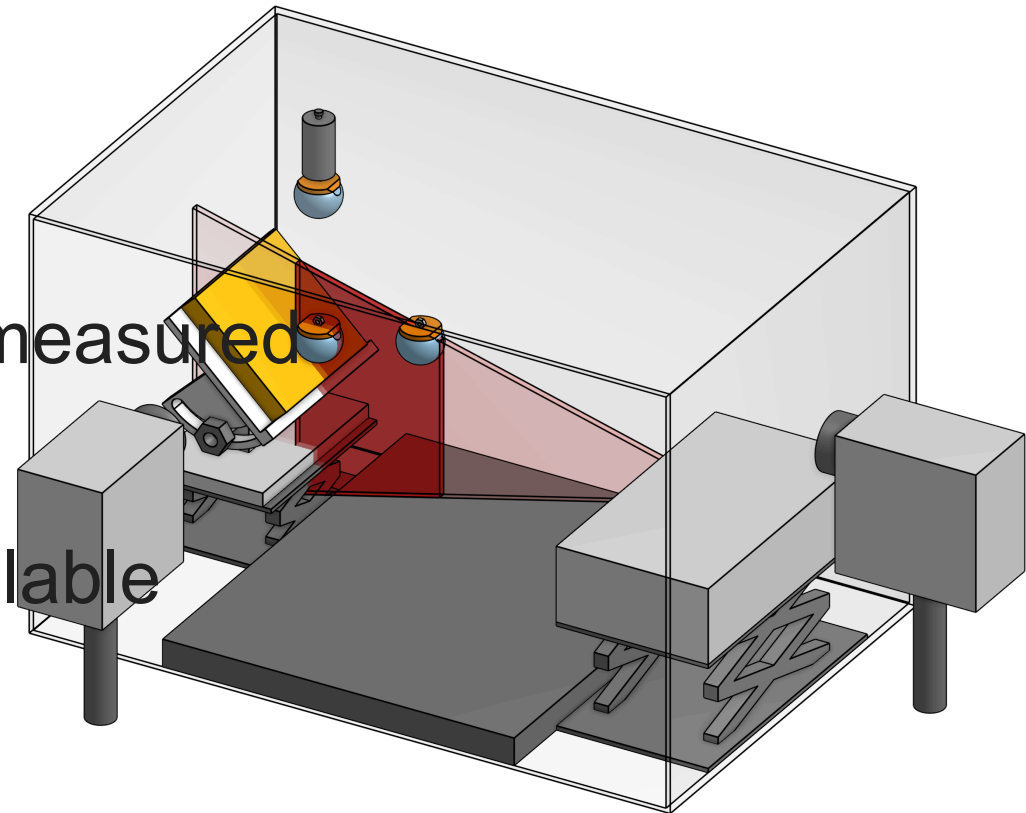
## ● Low-velocity impact experiment (2025 ver.)

- Impactor was dropped on target freely ( $v_i = 10-100 \text{ cm/s}$ ).
- The release of ball was controlled by an electromagnet.

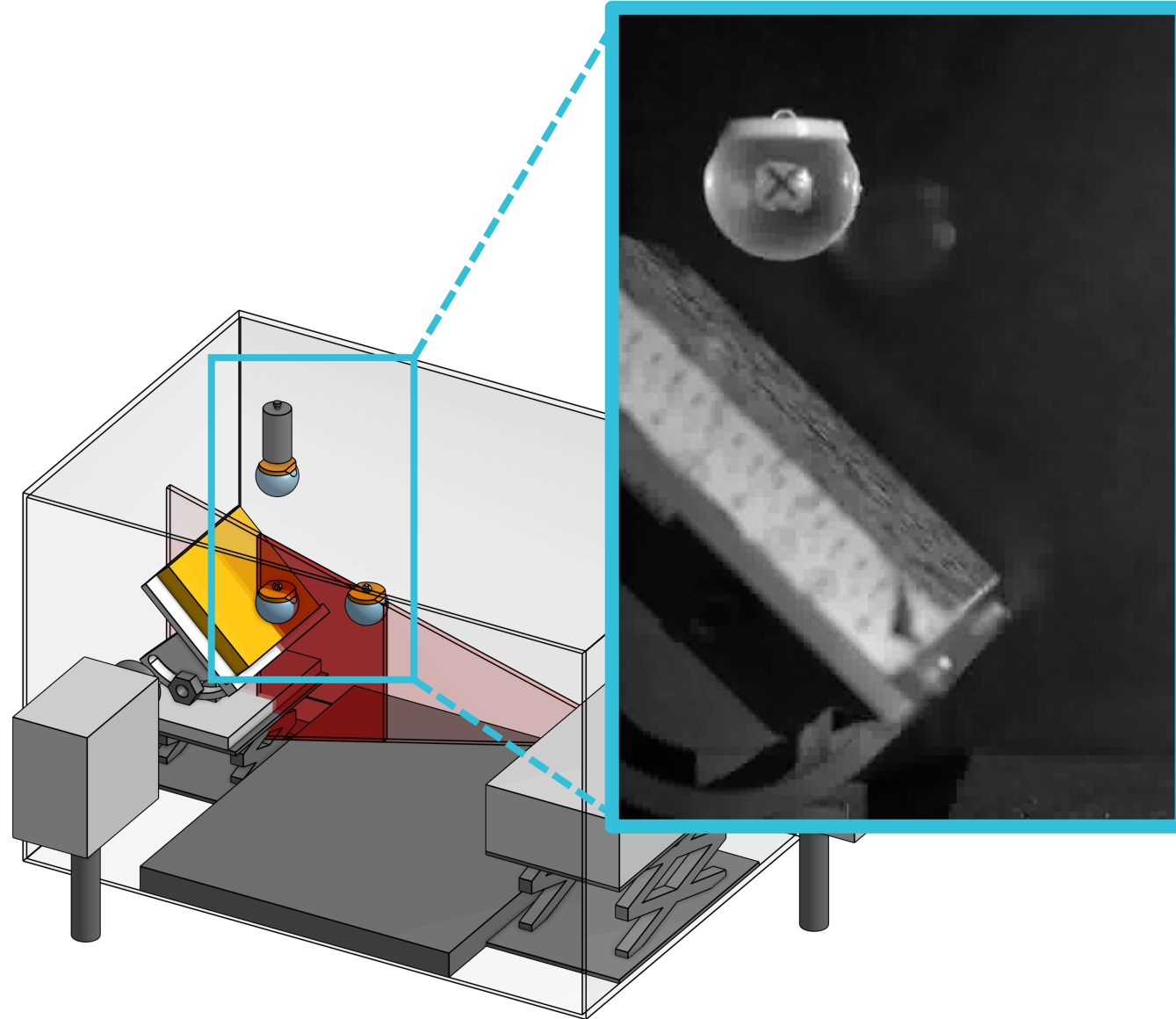
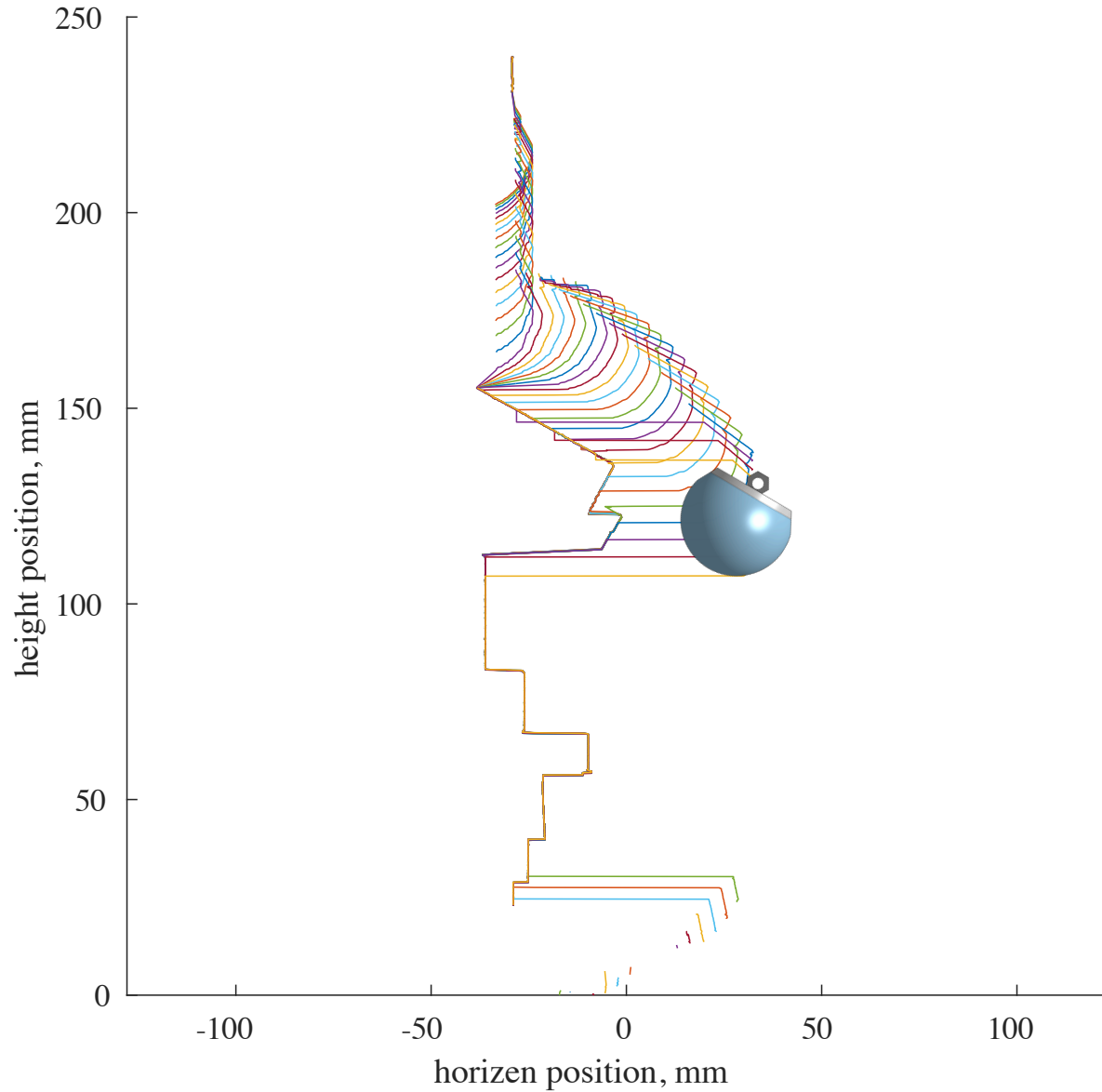
**NEW** **No-rotation** dropping system

- Time displacement of ball position was measured by 1D laser displacement meter.

**NEW** **2D laser measurement** is also available



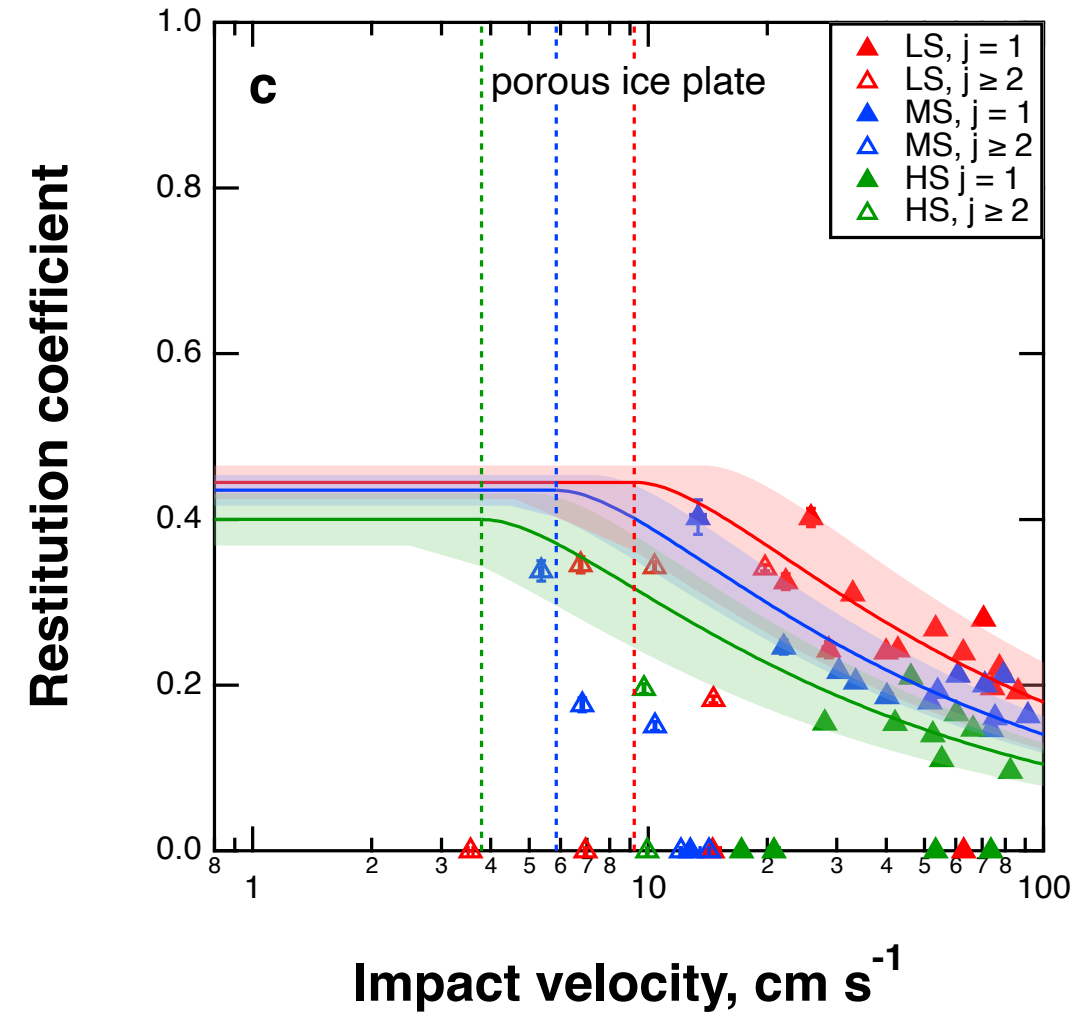
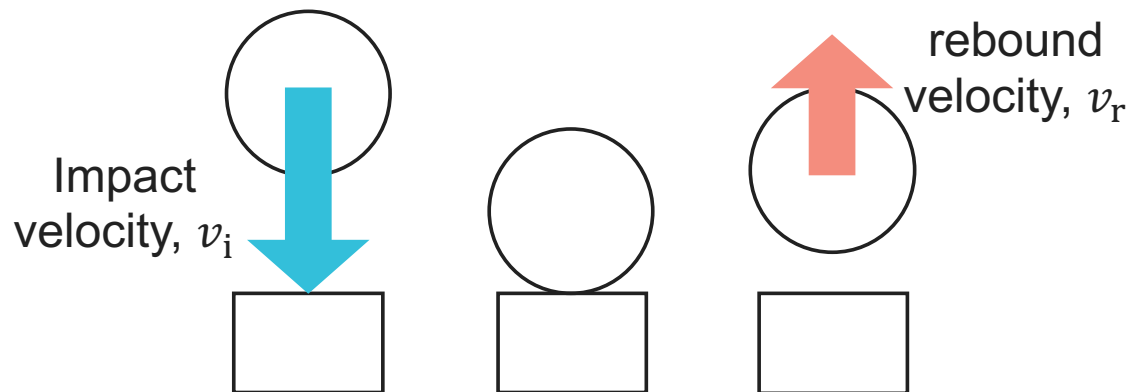
# Experimental Method



## ● Restitution coefficient

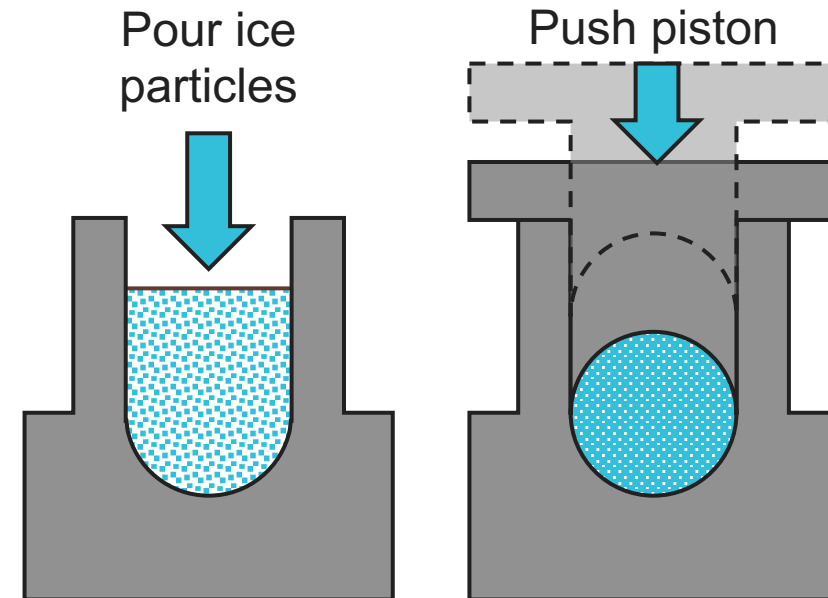
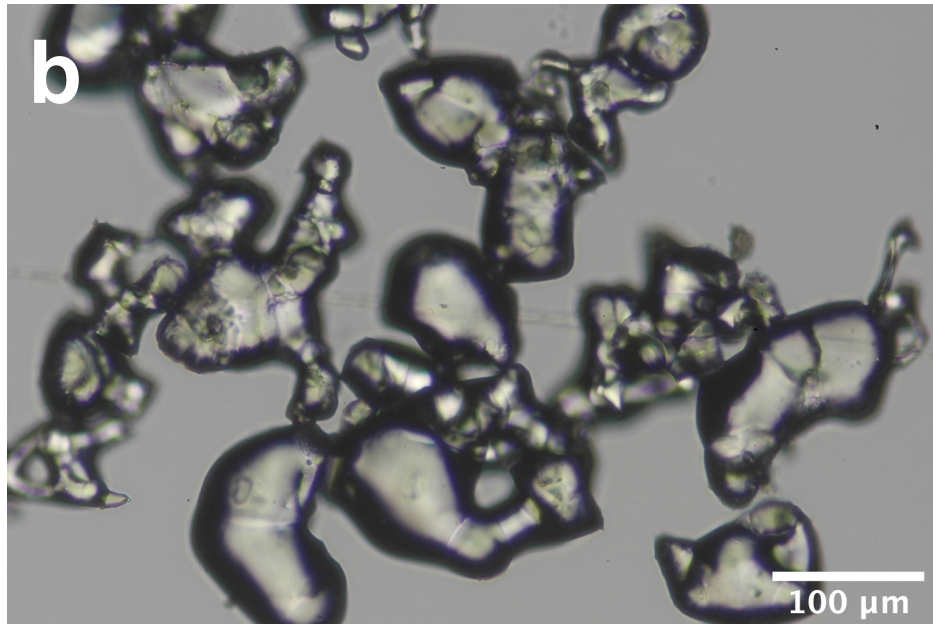
- The ratio of the rebound velocity to the impact velocity.
- This value indicates the energy dissipation during collision.

- $\varepsilon = v_r / v_i$



## ◎ Sample preparation

- Small icy grains ( $\sim 100\mu\text{m}$ ) were formed by freezing small water droplets splashed in liquid nitrogen.
- Samples are formed from small these icy grains.



## 仕様

型式	LK-G80	
基準距離	拡散反射：80 mm、正反射：75.2 mm	
測定範囲	拡散反射：±15 mm、正反射：±14 mm*1*2	
光源	種類	赤色半導体レーザー
	波長	655 nm (可視光)、クラス3R レーザ製品*3 (JIS C6802)
	出力	最大 4.8 mW
スポット径 (基準距離にて)	約 $\phi$ 70 $\mu$ m	
直線性	±0.05 % of F.S. (F.S.=±15 mm)*1	
繰り返し精度	0.2 $\mu$ m*4	
サンプリング周期	20・50・100・200・500・1,000 $\mu$ s (6段階可変)	
LED表示	測定中心付近：緑点灯、測定範囲内：橙点灯、測定範囲外：橙点滅	
温度特性	0.01 % of F.S./ $^{\circ}$ C (F.S.=±15 mm)	
耐環境性	保護構造	IP67 (IEC60529)
	使用周囲照度	白熱ランプ/蛍光灯：10,000 lux 以下
	使用周囲温度	0 ~ +50 $^{\circ}$ C
	使用周囲湿度	35 ~ 85 % RH (結露しないこと)
	耐振動	10 ~ 55 Hz、複振幅 1.5 mm、X,Y,Z 各方向 2 時間
質量	約 380 g (コード含む)	

\*1 弊社標準対象物 (セラミック) を標準モードにて測定した場合の値。

\*2 サンプリング周期 20  $\mu$ s 時の測定範囲：拡散反射時 -9 mm (NEAR側) ~ -15 mm (NEAR側)、正反射時 -8.7 mm (NEAR側) ~ -14 mm (NEAR側)

\*3 クラス2 タイプも用意しております。別途お問い合わせください。

\*4 弊社標準対象物 (SUS) を基準距離にて平均回数 4,096 回で測定した場合の値。

## 仕様

型式	LJ-X8400		
基準距離	380 mm		
測定範囲	Z 軸 (高さ)	±60 mm(+95~-220 mm <sup>*1</sup> )(F.S.=315 mm)	
	X 軸 (幅)	NEAR側	180 mm(163 mm <sup>*1</sup> )
		基準距離	210 mm
		FAR側	240 mm(320 mm <sup>*1</sup> )
光源	青色半導体レーザー		
光源	波長	405 nm(可視光)	
	レーザークラス	クラス2Mレーザー製品 (IEC60825-1、FDA(CDRH) Part 1040.10 <sup>*2</sup> )* <sup>3</sup>	
	出力	10 mW	
スポット形状	約275 mm×249 μm(基準距離)		
繰り返し精度	Z 軸 (高さ)	5 μm <sup>*4*5</sup>	
	X 軸 (幅)	10 μm <sup>*4*6</sup>	
直線性	Z 軸 (高さ)	基準距離±60 mm : ±0.025% of F.S.(±0.003%) 全領域 : ±0.035% of F.S.(±0.005%)* <sup>7</sup>	
プロファイルデータ 間隔	X 軸 (幅)	75 μm(50 μm~) 100 μm(50 μm~)* <sup>1*8</sup>	
プロファイルデータ数	3200 点		
HDR (ハイダイナミックレンジ)	シングルショットHDR* <sup>9</sup>		
レーザー照射位置確認 機能	光源	青色LED (405 nm)	
温度特性	0.01% of F.S./°C		
耐環境性	保護構造	IP67(IEC60529)* <sup>10</sup>	
	使用周囲照度	白熱ランプ : 10000 lx 以下* <sup>11</sup>	
	使用周囲温度	0~+45°C* <sup>12</sup>	
	使用周囲湿度	85%RH 以下 (結露なきこと)	
	耐振動	10~57 Hz 複振幅1.5 mm X、Y、Z 各方向3 時間	
	耐衝撃	15 G / 6 msec	
材質	アルミ		
質量	約1300 g		

\*1 レンジ拡張時。

\*2 FDA(CDRH)のLaser Noticeに従い、IEC60825-1の基準にてクラス分けを実施しています。

\*3 光学器具(たとえば、ルーペ、拡大鏡、顕微鏡、望遠鏡、双眼鏡など)を用いて直接ビームを見ないでください。光学器具を用いてレーザー出力を観察すると、目に危険を及ぼす場合があります。

\*4 基準距離にて平均回数4096 回で測定した場合の値。

\*5 測定対象物は弊社標準対象物。高さ・位置ツールにて初期設定エリアの平均高さを測定した場合の値。他は初期設定。

\*6 測定対象物はピンゲージ。高さ・位置ツールにてピンゲージR 面とエッジレベルとの交点位置を測定した場合の値。他は初期設定。