

中性子イメージング専門研究会@KURRI

KUR B4における動画像撮影の現状

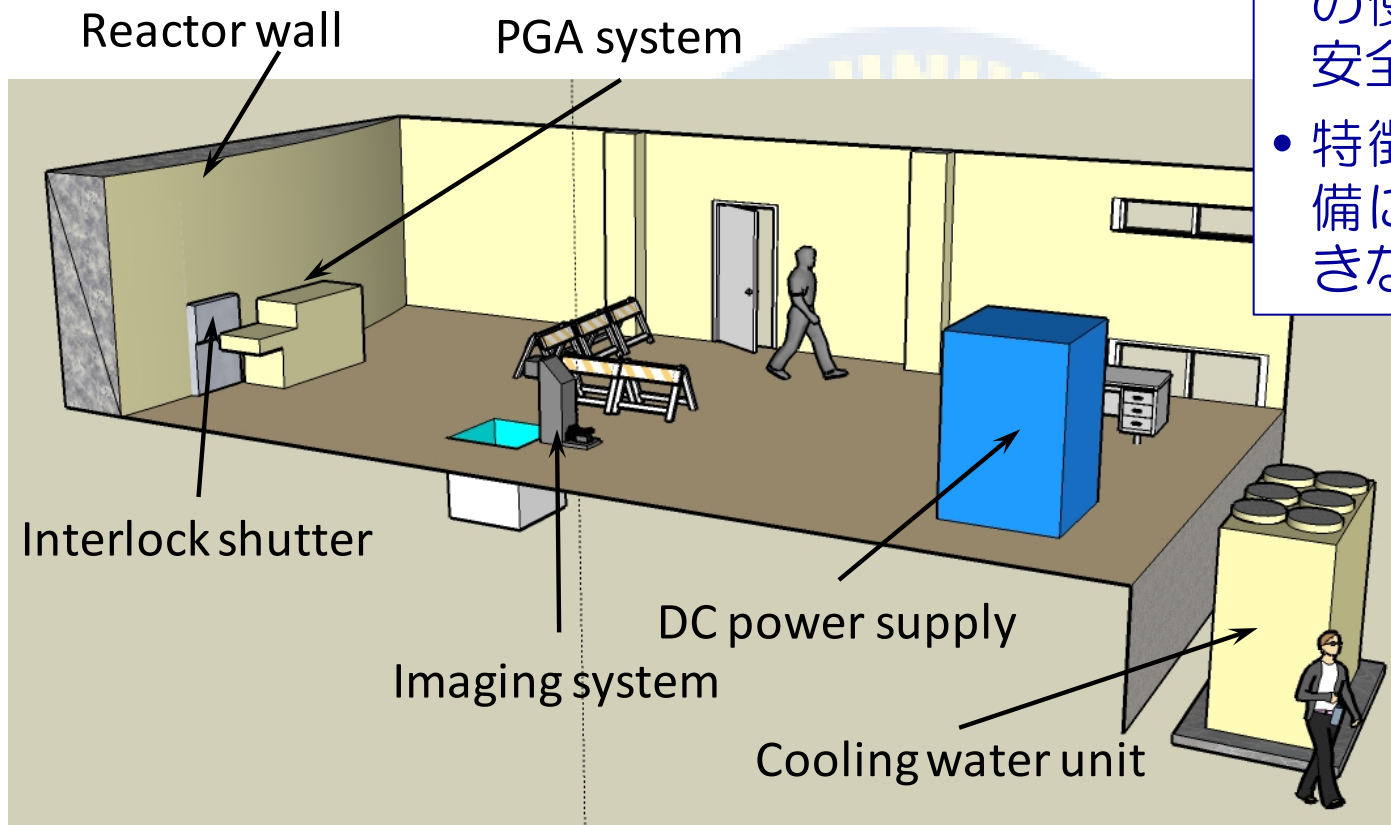
京都大学 原子炉実験所

伊藤大介、齊藤泰司



B-4実験室

- 炉室外、広さ約12m×7m
- 中性子束 ($\sim 10^7 \text{n/cm}^2 \cdot \text{s}$)

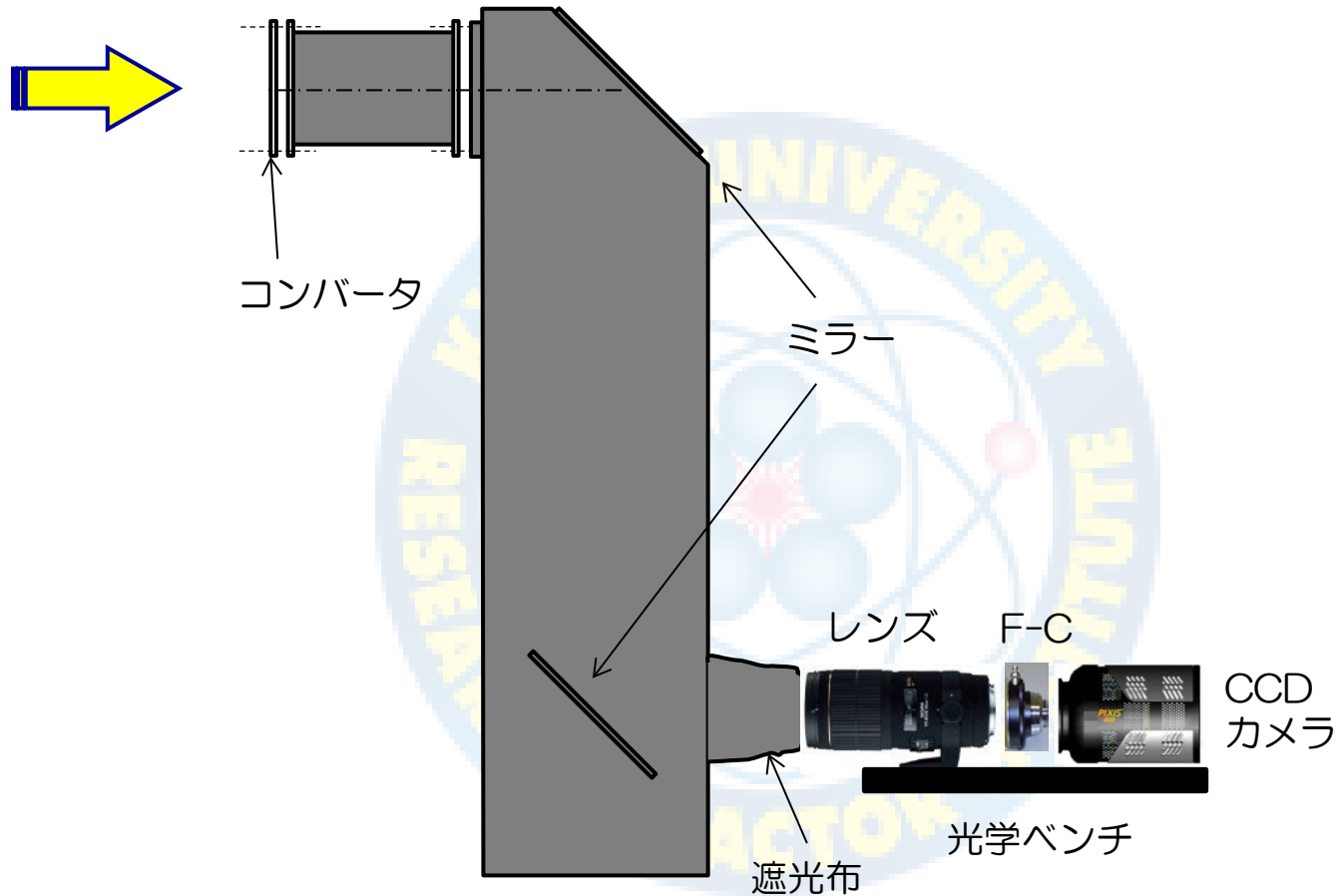


- 二相流研究は中性子イメージングの重要な応用分野
- 原子炉廻りで大電力の使用は、原子炉の安全確保上困難
- 特徴的周辺装置の整備によって他ではできない研究を実施

周辺設備：

PGAシステム、直流電源（20V1200A）、冷水供給装置（5°C、50kW）、熱流動ループ（耐圧2MPa）、CCD撮像システム、高速度カメラシステム

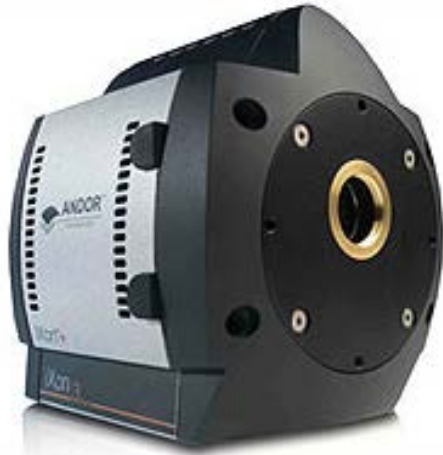
CCD撮影



レンズ : 50 x 2, 105, 180mm
テレコン : 2倍

PIXIS CCD (Princeton Instruments)
512x512 or 1024x1024

最新CCD



Andor EMCCD iXon3

超高感度、低ノイズ、高い素子分解能
ゲイン1000倍、16.7Hz@512x512

EMCCD : Electron Multiplying CCD



Andor sCMOS Neo

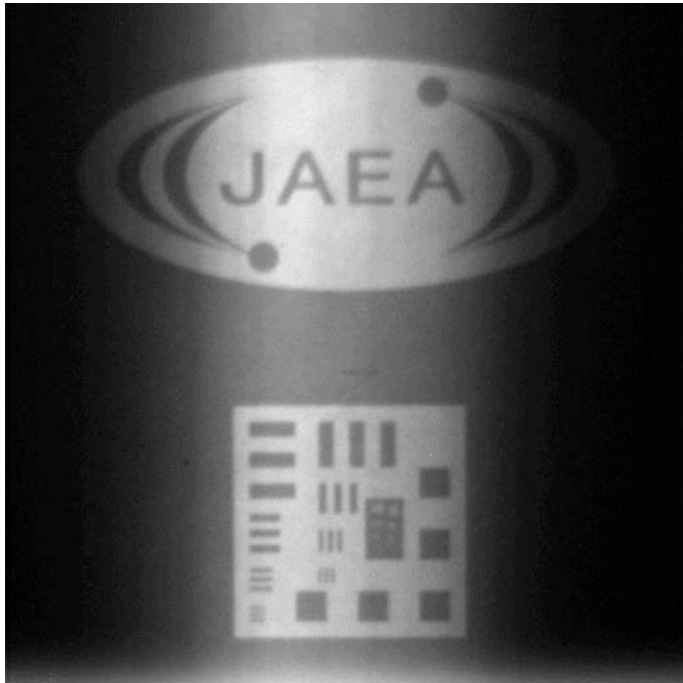
超低ノイズ、高速フレームレート、
ハイダイナミックレンジ、広視野、
高解像度、100fps@full

sCMOS : scientific CMOS

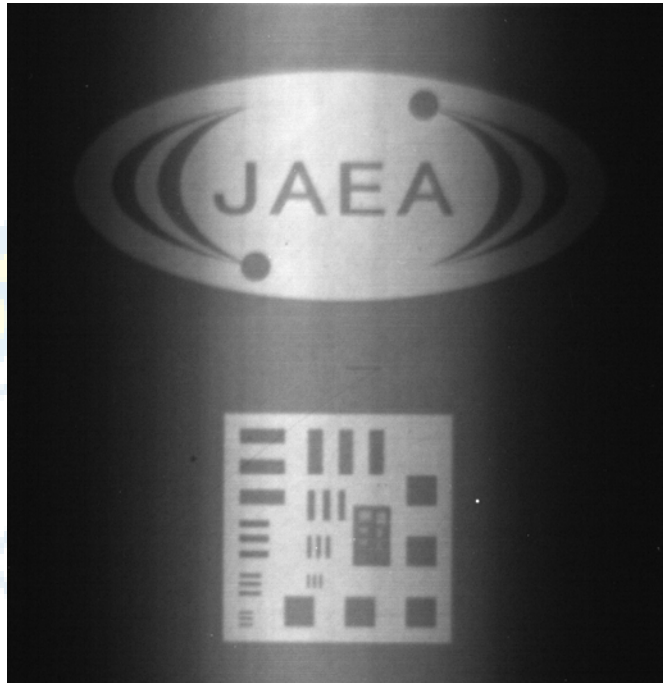
	Andor EMCCD iXon3	Andor sCMOS Neo
総画素数	1,024 x 1,024	2,560 x 2,160
ピクセルサイズ	14 μ m	6.5 μ m
ビット数	14bit	16bit

撮影画像の比較

EMCCD



sCMOS



IDT HSC



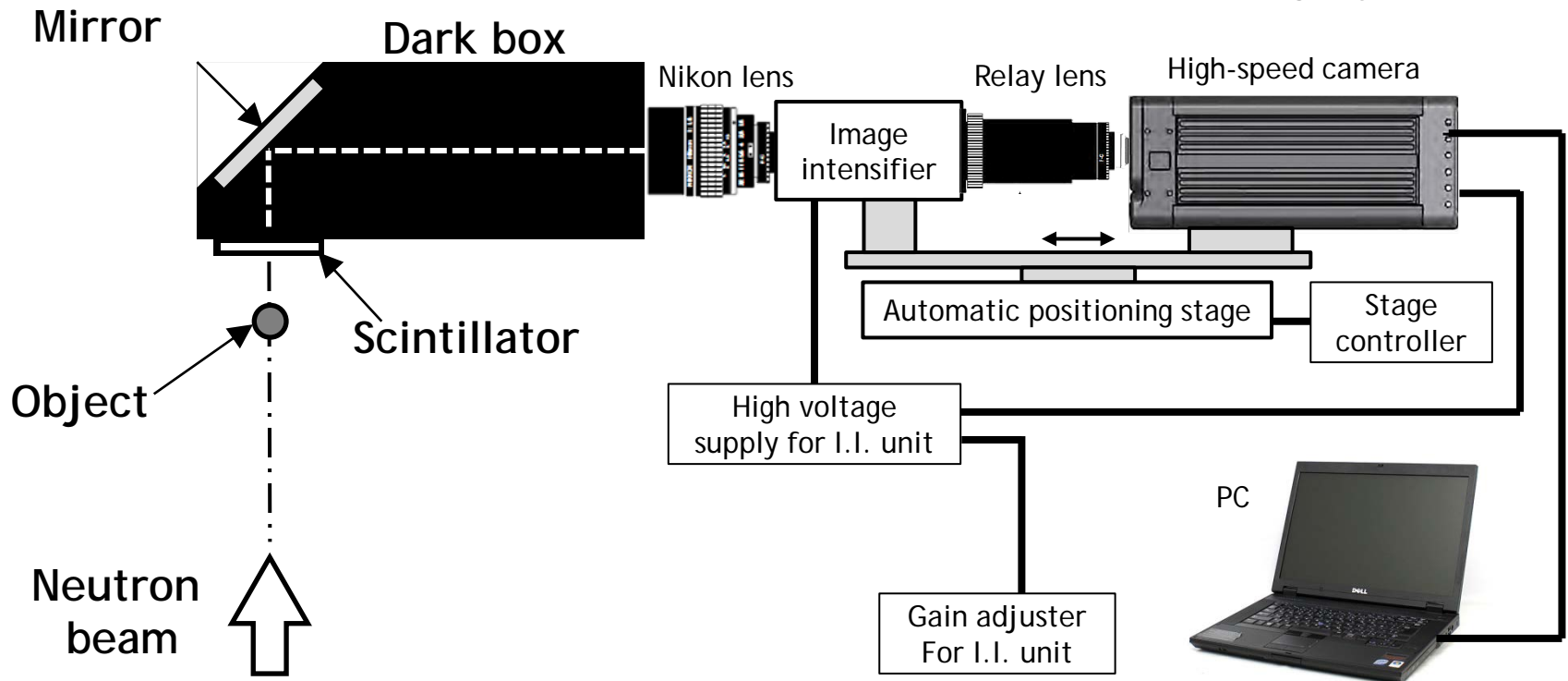
撮影条件：0.058sec x 100 frame = 5.8sec

JAEAインジケータ
(Gd蒸着)

	Andor EMCCD iXon3	Andor sCMOS Neo
総画素数	1,024 x 1,024	2,560 x 2,160
ピクセルサイズ	14 μm	6.5 μm
ビット数	14bit	16bit

B4における動画像撮影

Image intensifier: single MCP (GaAsP) + Booster
Scintillator : LiF:ZnS (Ag) type



Neutron flux: $5 \times 10^7 \text{ n/cm}^2\text{s}$ (at 5MW)
Beam size: 10W×75H mm

MotionPro Y4 Lite

Rec.Speed: 4,000fps @1,024×1,024

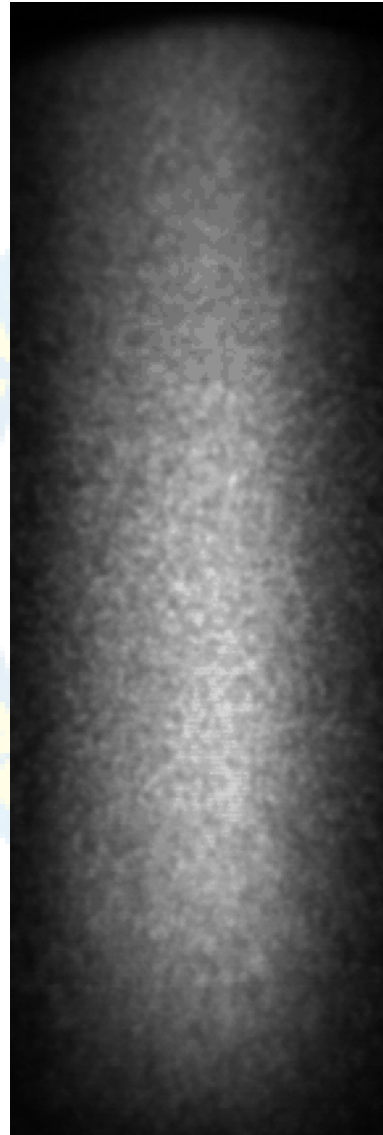
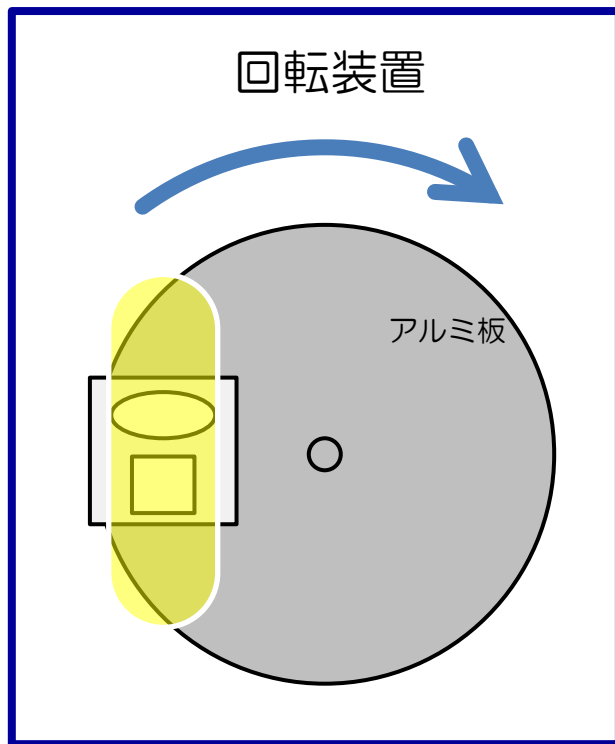
Bit: 10bit(8bit)

Sensitivity: ISO 10000

Pixels size: $14\mu\text{m} \times 14\mu\text{m}$

回転インジケータの撮影

200f/s



JAEAインジケータ

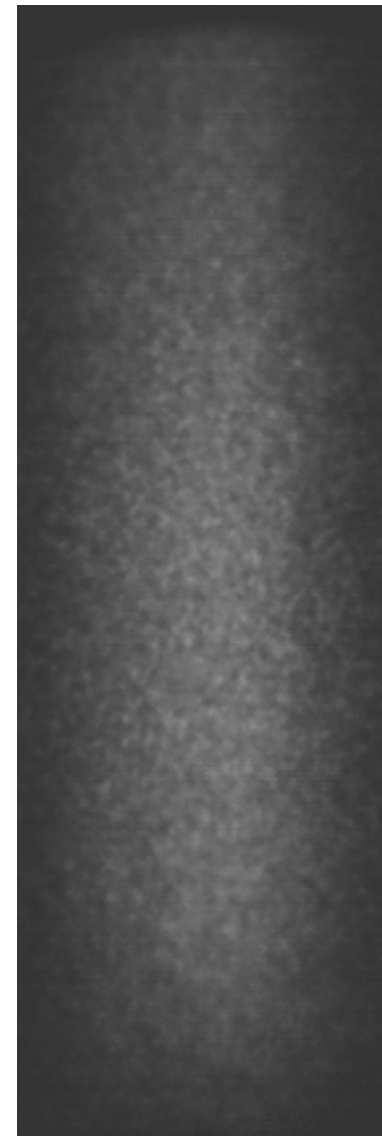
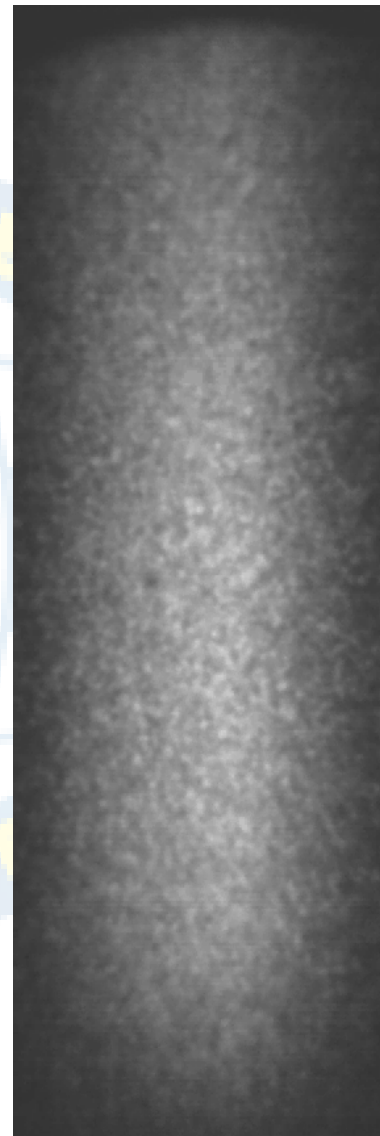
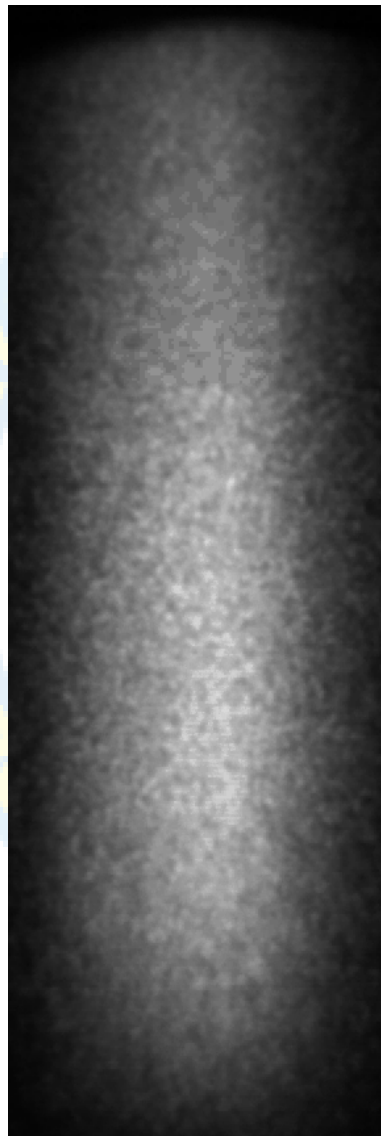
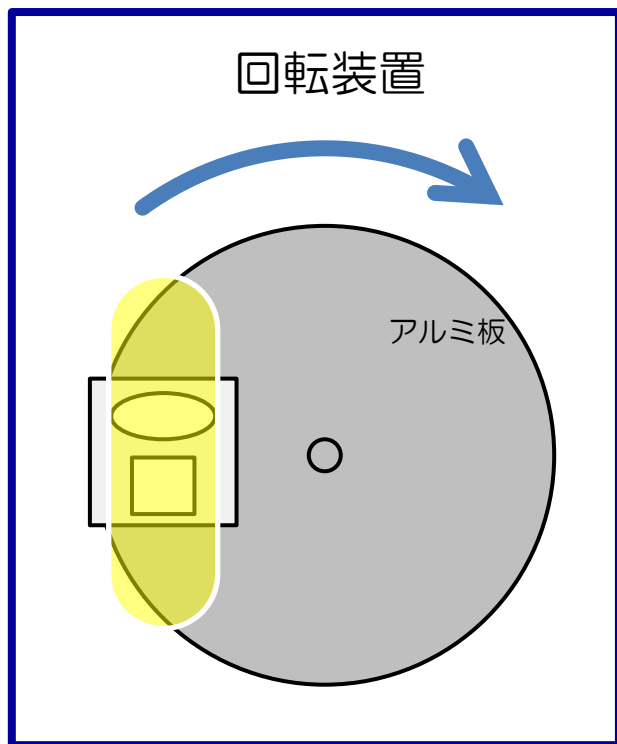
撮影画像中央での
インジケータ速度：約1m/s

回転インジケータの撮影

200f/s

500f/s

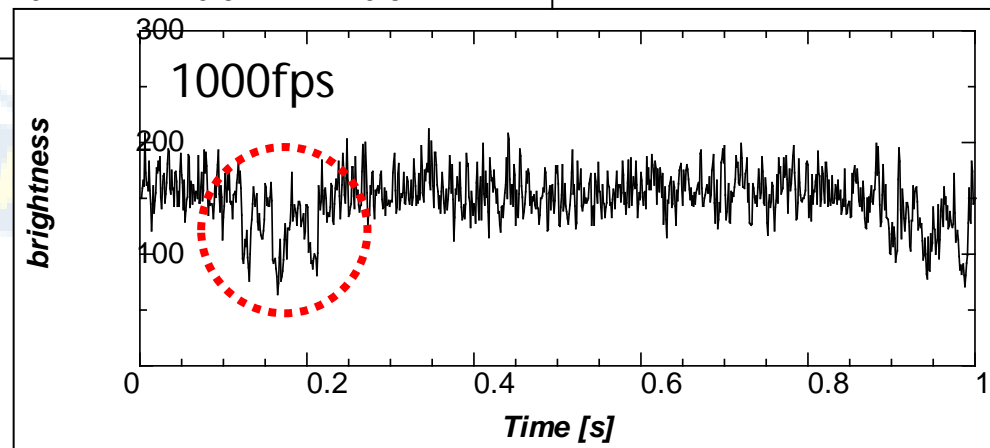
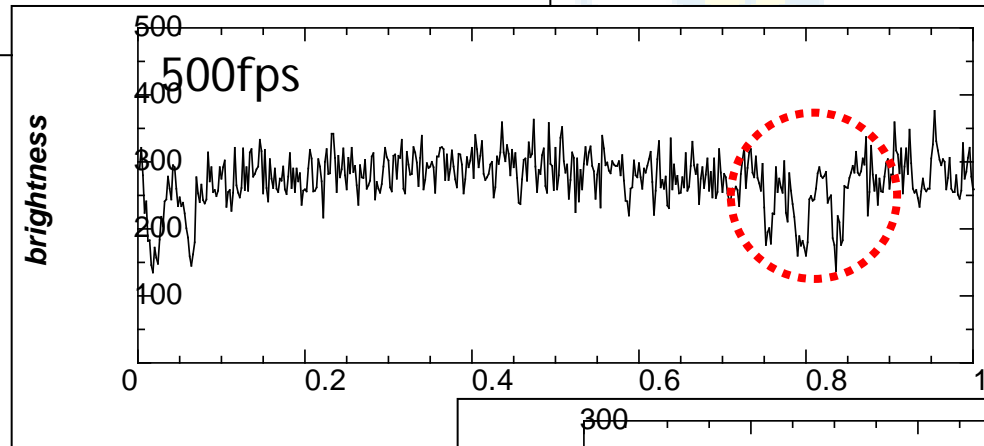
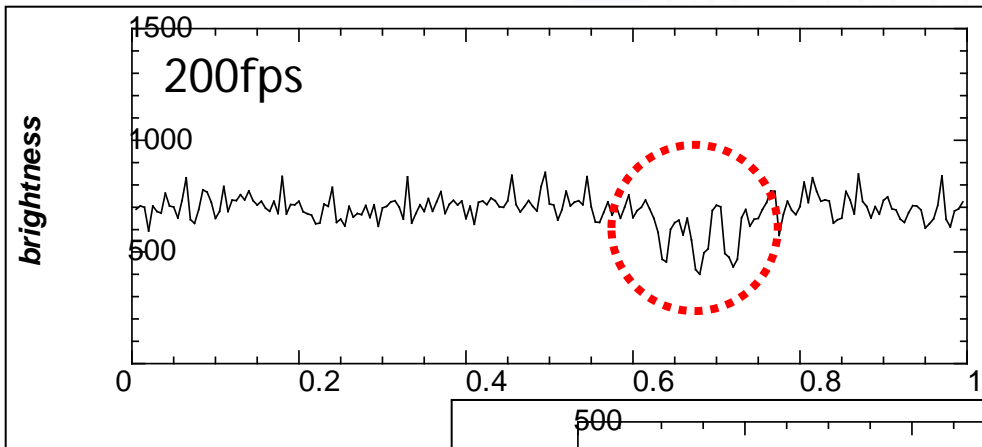
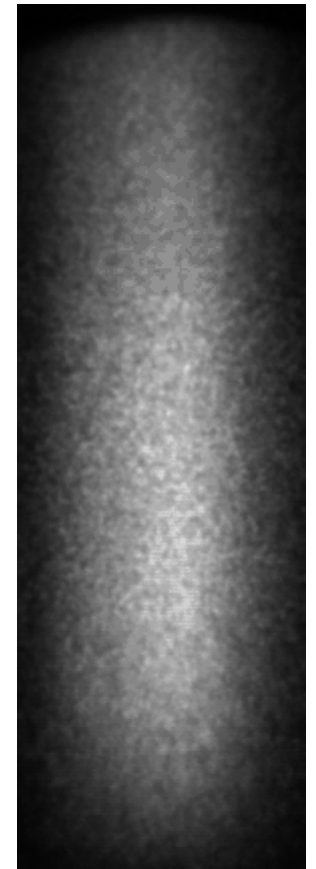
1000f/s



JAEAインジケータ

撮影画像中央での
インジケータ速度：約1m/s

局所での輝度変化



新しいカメラとの比較（デモ機）

Nobby Tech. Ltd.
Phantom Miro M310

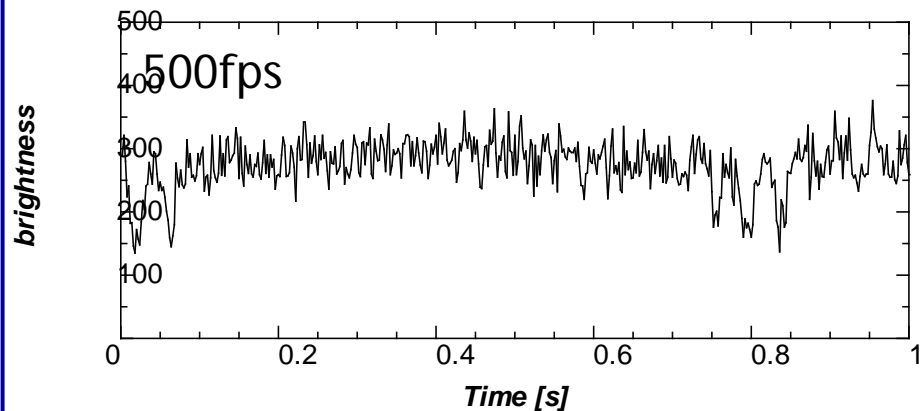


ノイズの低減
→高感度カメラの使用

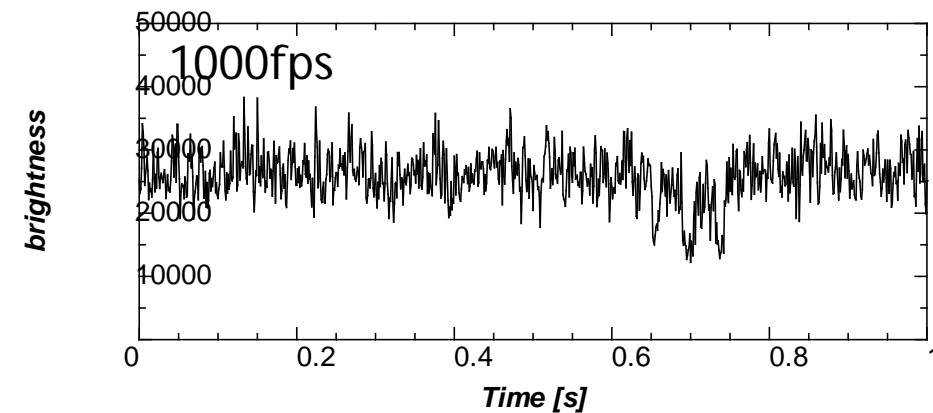
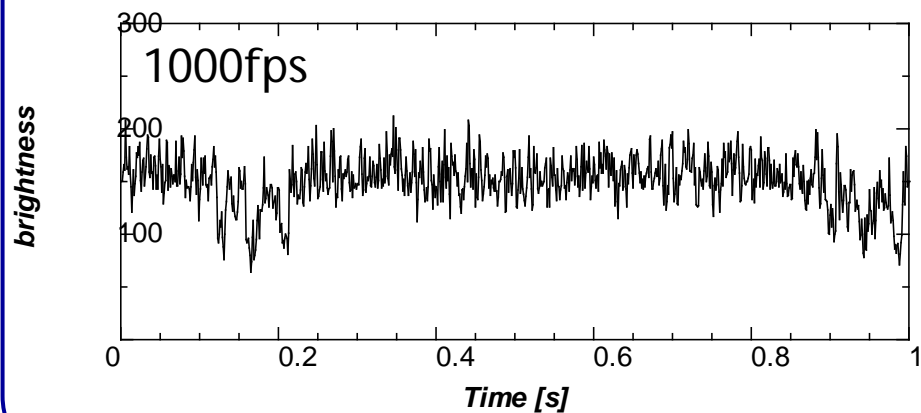
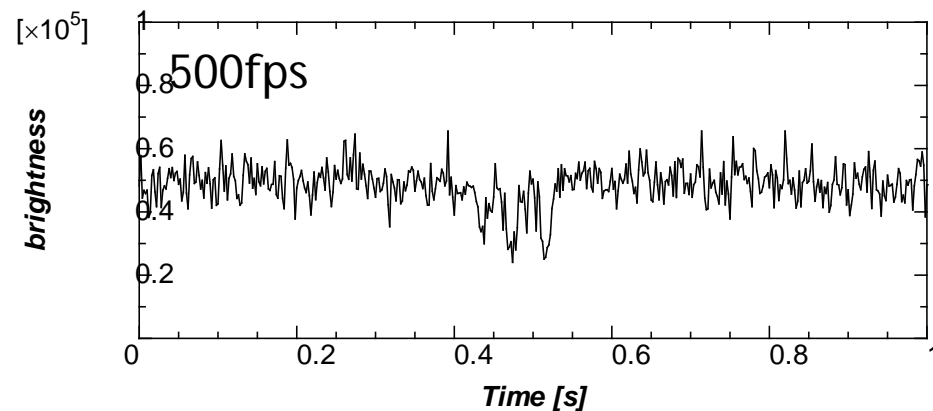
	IDT MotionPro Y4	NobbyTech Miro M310
総画素数	1,024 x 1,024	1,280 x 800
撮影速度 @フルフレーム	4,000 fps	3,260 fps
最高撮影速度	256,000 fps@1,024 x 16	650,000 fps@128 x 8
ピクセルサイズ	14 μ m	20 μ m
感度	ISO 10,000相当	ISO 13,000
ビット数	モノクロ10bit	モノクロ12bit

高速度カメラの比較

IDT HSC

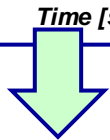
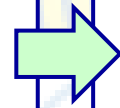
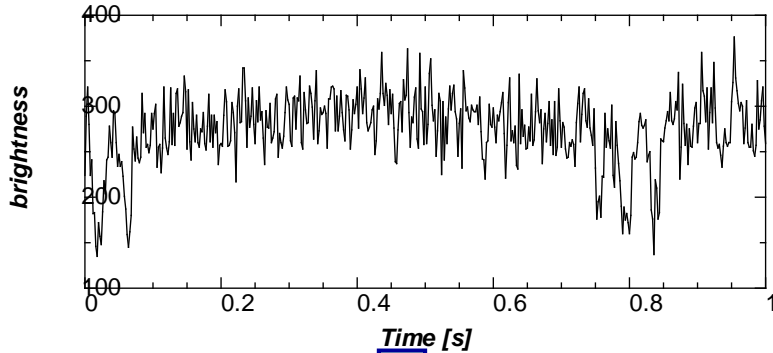


Phantom

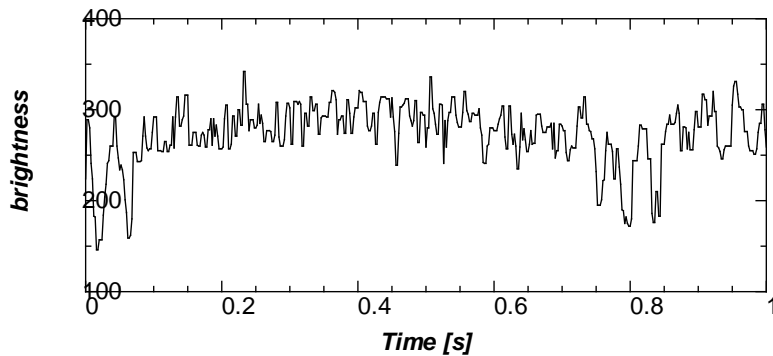


時間フィルタ

IDT 500fps

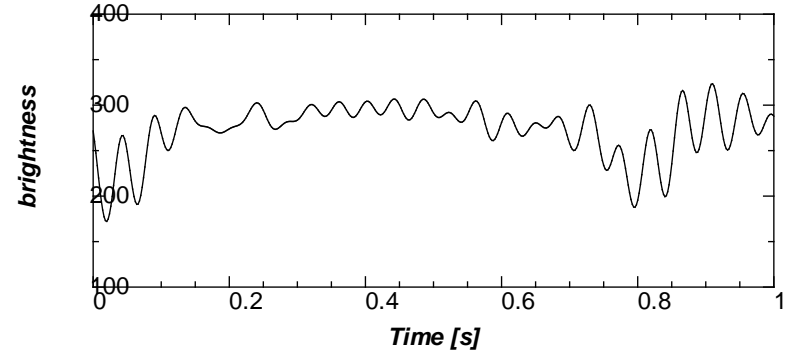


メディアンフィルタ(n=3)

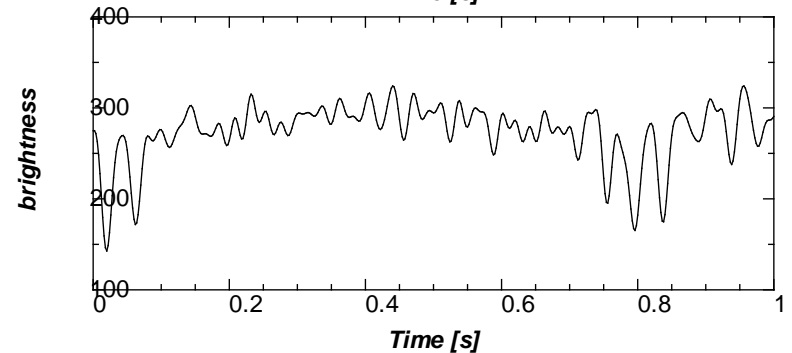


FFTローパスフィルタ

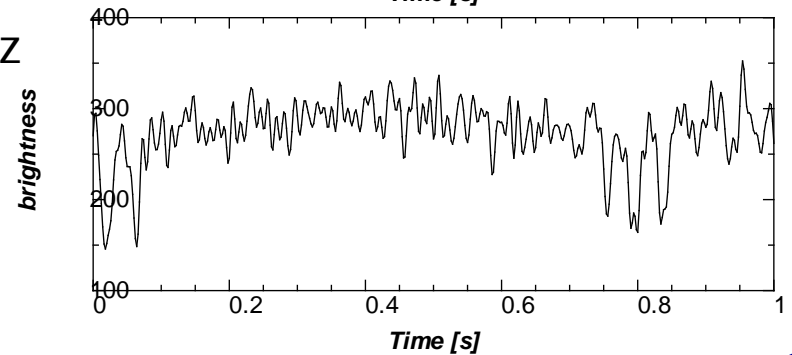
25Hz



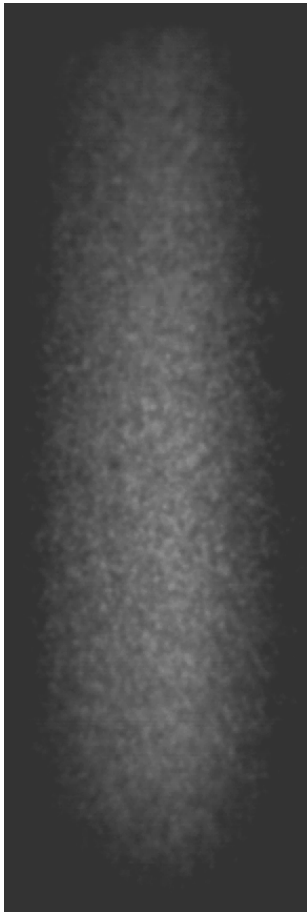
50Hz



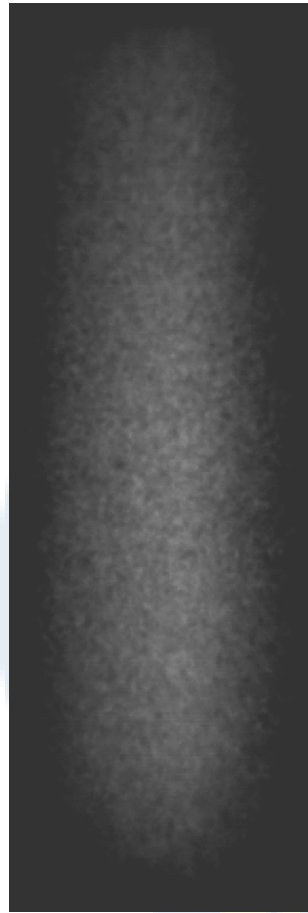
100Hz



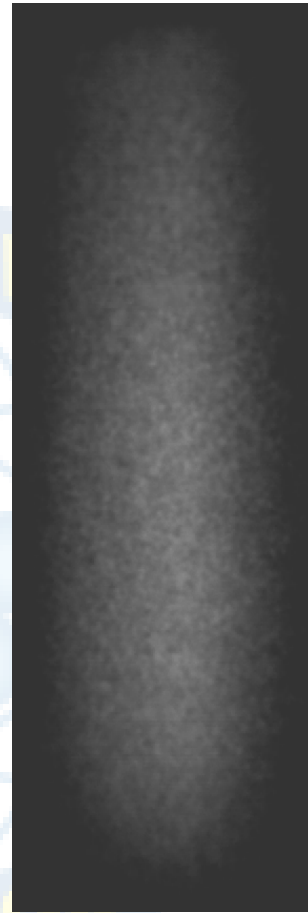
Filtered movie (500fps)



original



メディアン



100Hzローパス

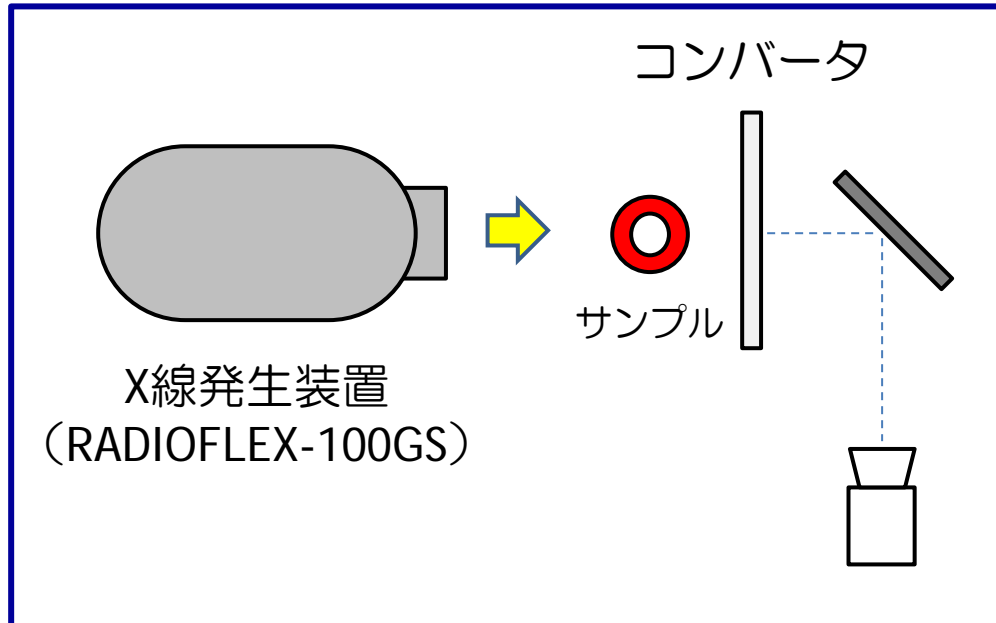


25Hzローパス

ノイズの把握（周波数解析）

空間フィルタとの併用（バイラテラルフィルタ・non-local meansなど）

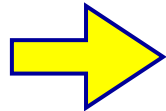
X線イメージングシステムの導入



炉室地下にあった
検査用X線発生装置を
B4に移動予定



フレームを完成させ、試し撮り



- KUR非運転時の撮影・CTテスト
- 中性子イメージングとの併用
- 中性子I.I.のテスト（神戸大）

まとめ

- KUR B4実験室にて高速度撮影のためのシステム構築を行った。
1000fpsでの撮影の可能性。
- 時間フィルターに関する基礎的な検討を行った。今後、時空間的なフィルターの適用性について検討を行う。
- 二相流の高精度可視化に向けて。
- X線イメージングのためのシステムを構築中

