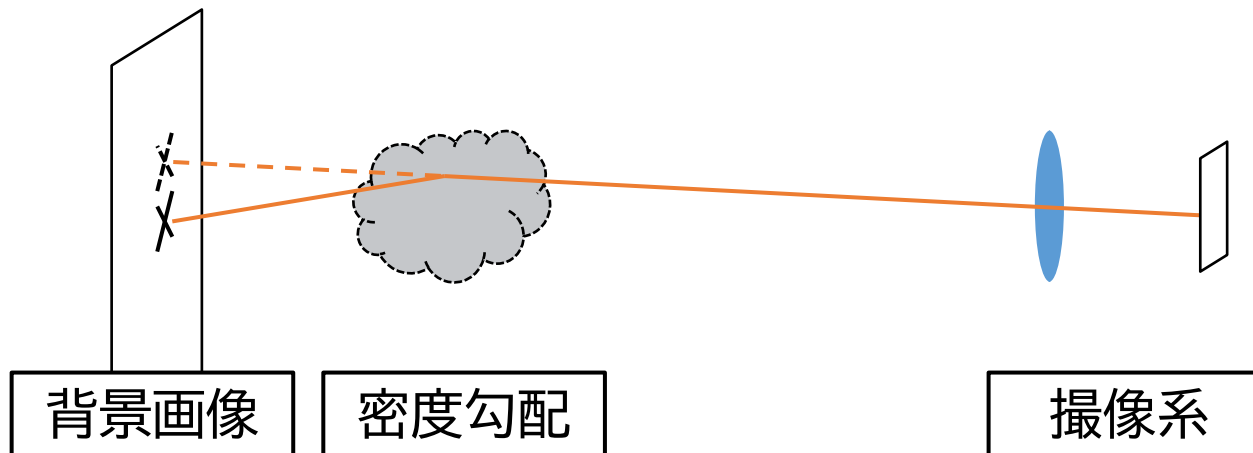


# BOS法による 流れ場の 高分解能可視化技術の開発

室蘭工業大学 大学院工学研究科  
准教授 畠中 和明

2023年10月3日

- BOS: **B**ackground **O**riented **S**chlieren の略
- 密度勾配がある流体中の屈折率変化を利用した流体の可視化方法
- 現象の背景に配置した画像の変位を元に密度勾配を可視化



- **光学系が簡素**

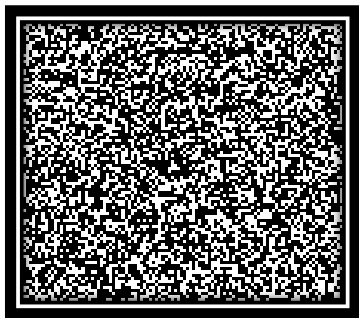
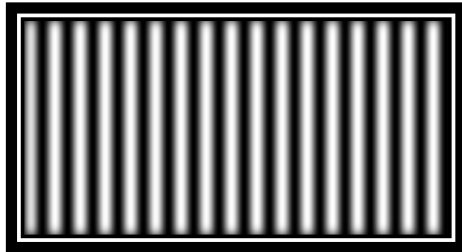
- 必要機材:背景画像とデジタルカメラ
- 光軸などの微調整が不要

- **撮影領域の任意性が高い**

- 撮影領域に合わせた背景画像の選択

- **定量性**

- 背景画像の変位量を測定→測定対象の屈折率分布・密度分布の定量測定に適用可能

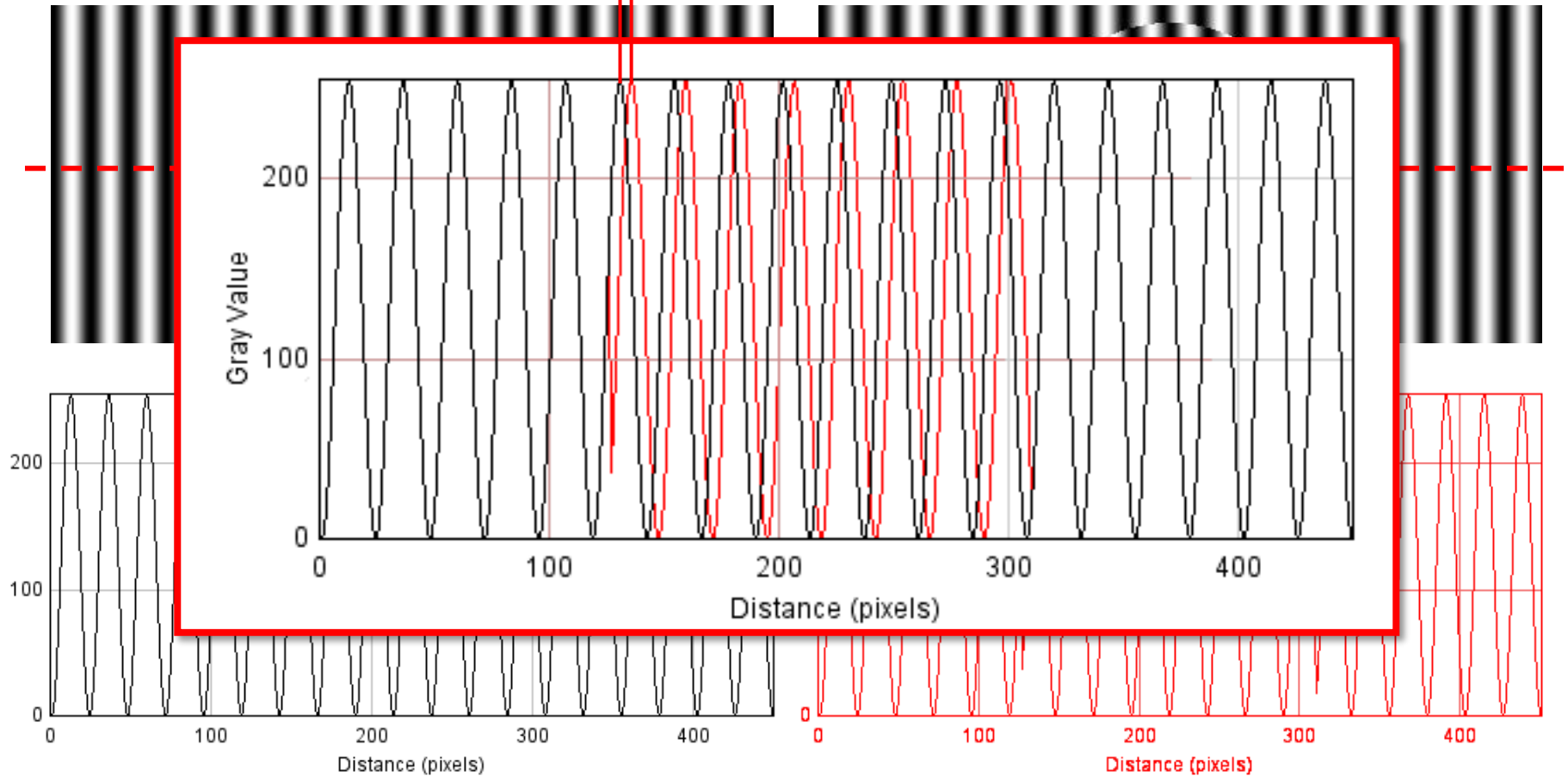
	ランダムドットパターン	周期パターン
変位検出 アルゴリズム	<ul style="list-style-type: none"><li>相互相関法</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>縞の中心線追跡 (Ota, 2011)</li><li>位相差検出 (赤塚, 2011)</li></ul>
		

- ▶ 背景画像：周期的輝度パターン

位相差  $\phi$  を検出

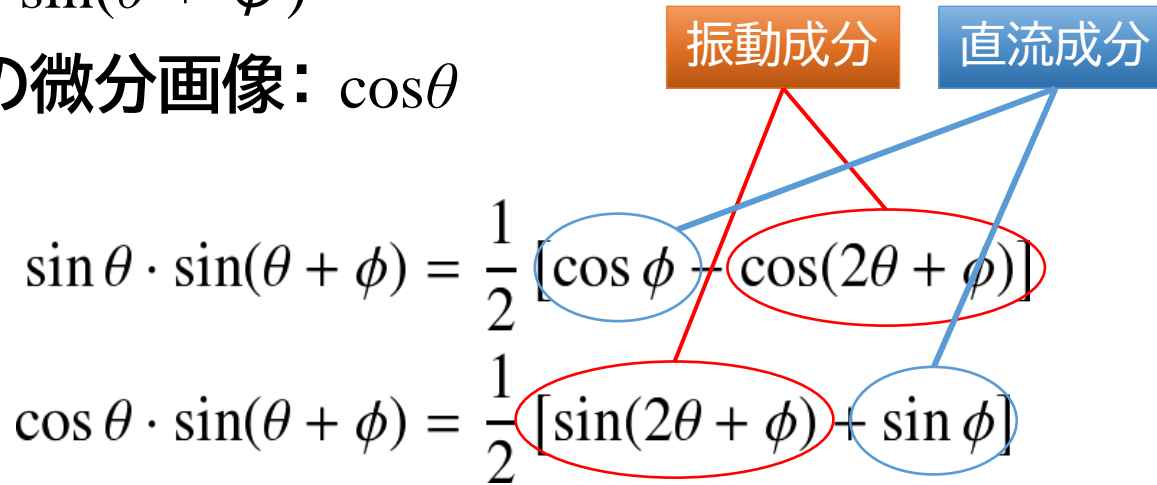
参照画像

測定画像



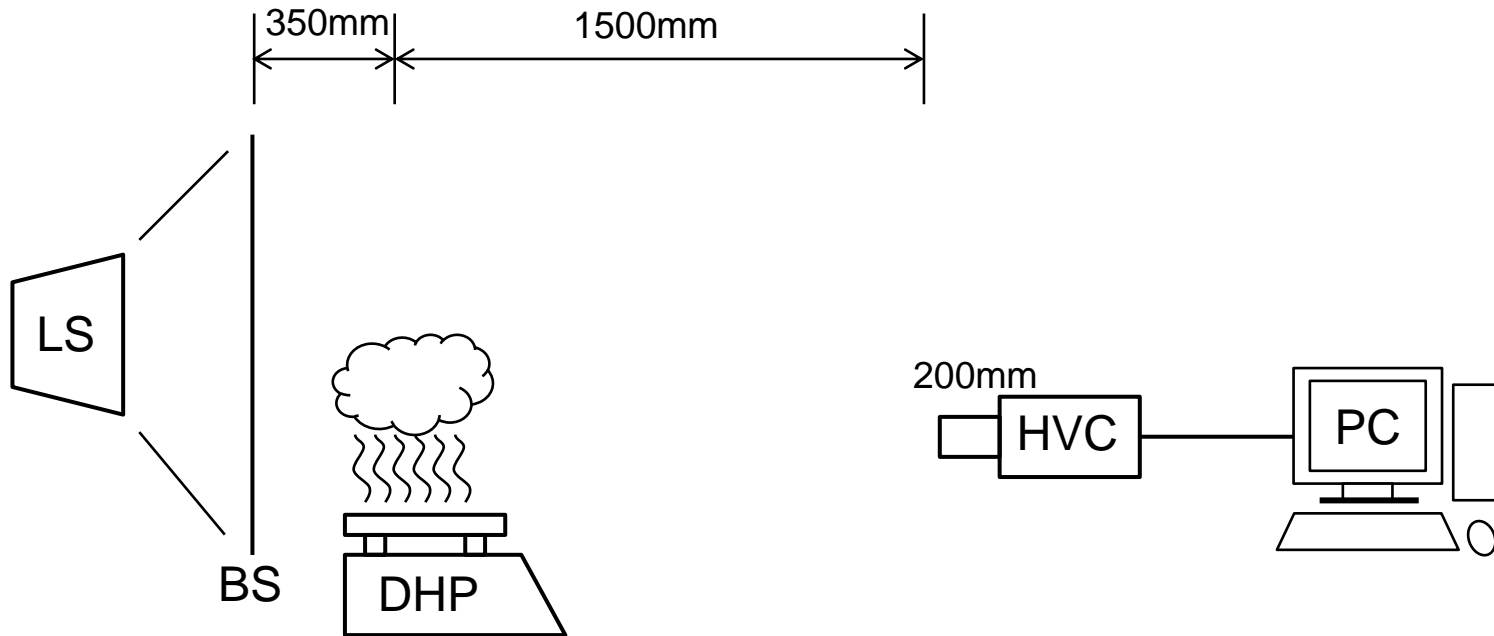
- 参照画像:  $\sin\theta$
- 測定画像:  $\sin(\theta + \phi)$
- 参照画像の微分画像:  $\cos\theta$

$$\sin\theta \cdot \sin(\theta + \phi) = \frac{1}{2} [\cos\phi + \cos(2\theta + \phi)]$$

$$\cos\theta \cdot \sin(\theta + \phi) = \frac{1}{2} [\sin(2\theta + \phi) + \sin\phi]$$


- 右辺の振動成分をローパスフィルタによって除去
  - 残った  $\sin\phi$ ,  $\cos\phi$  から  $\phi$  を求め, 可視化画像の輝度に対応させる.
  - 位相差検出可能範囲:  $-\pi \sim +\pi$

- ホットプレート上に発生する空気の対流を可視化



LS: Light source  
BS: Background screen  
DHP: Digital hot plate

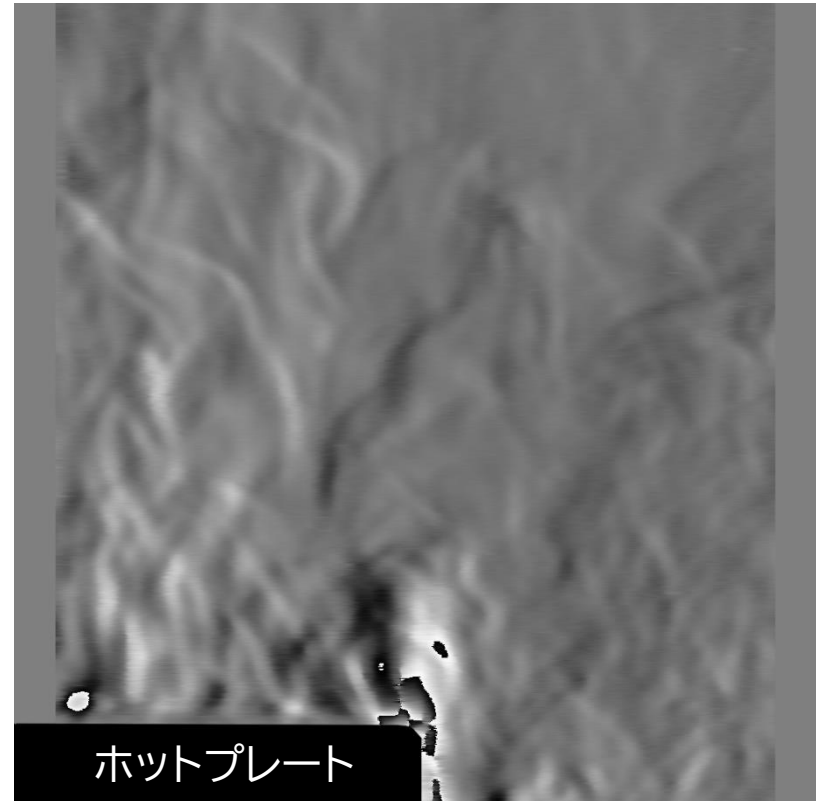
HVC: High-speed video camera  
PC: Personal computer

## 測定画像

背景パターン周期: 0.5mm

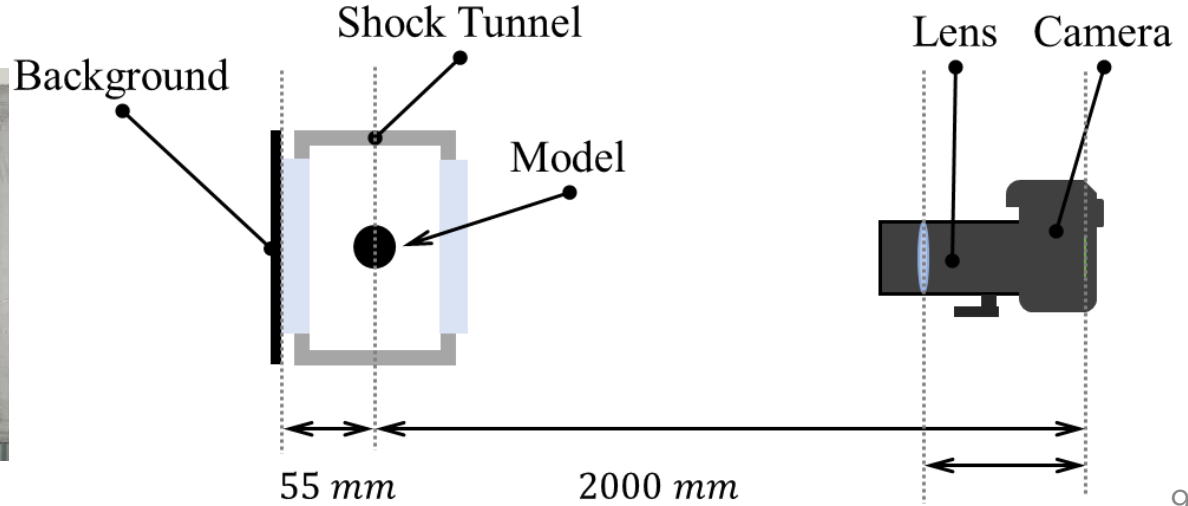


## 可視化画像

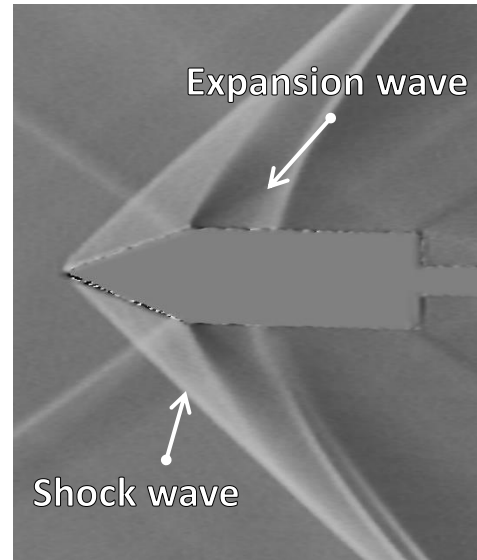
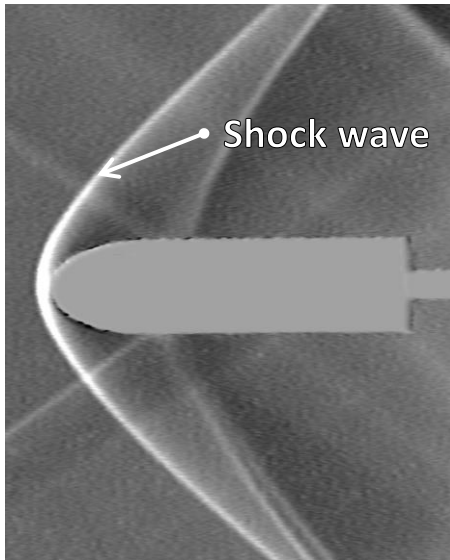




## 実験装置: 衝撃風洞

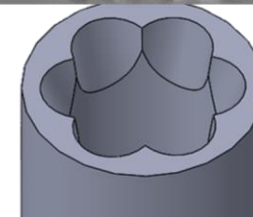
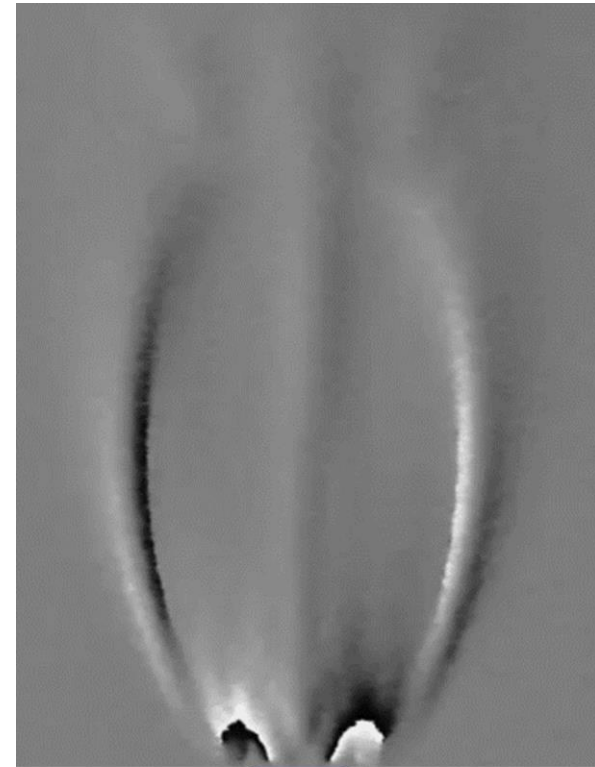
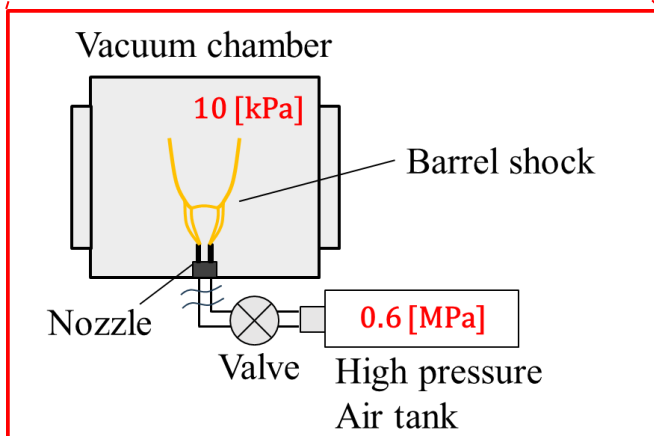
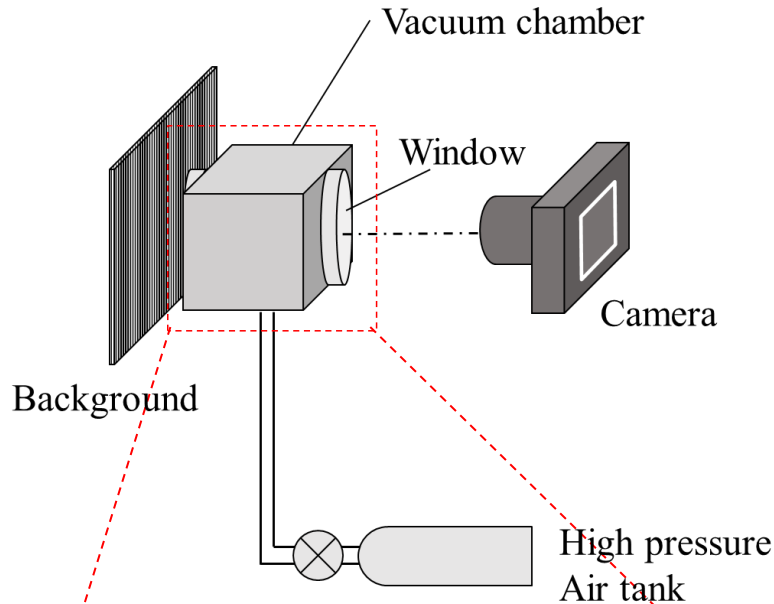


## 可視化結果

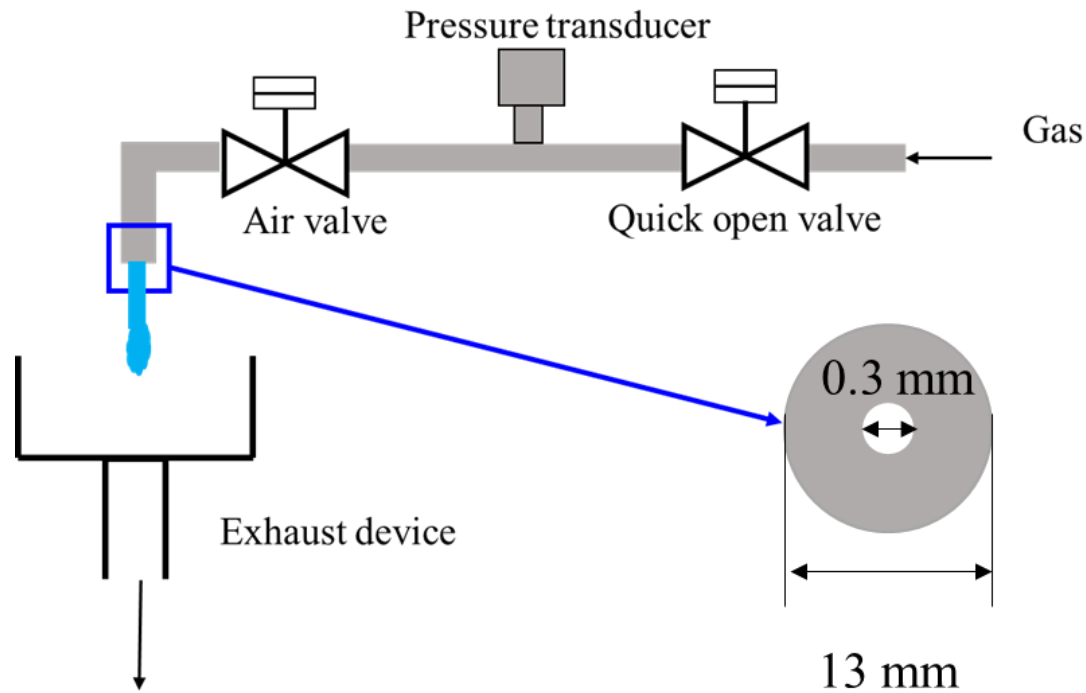


## 実験装置: 超音速風洞

## 可視化結果



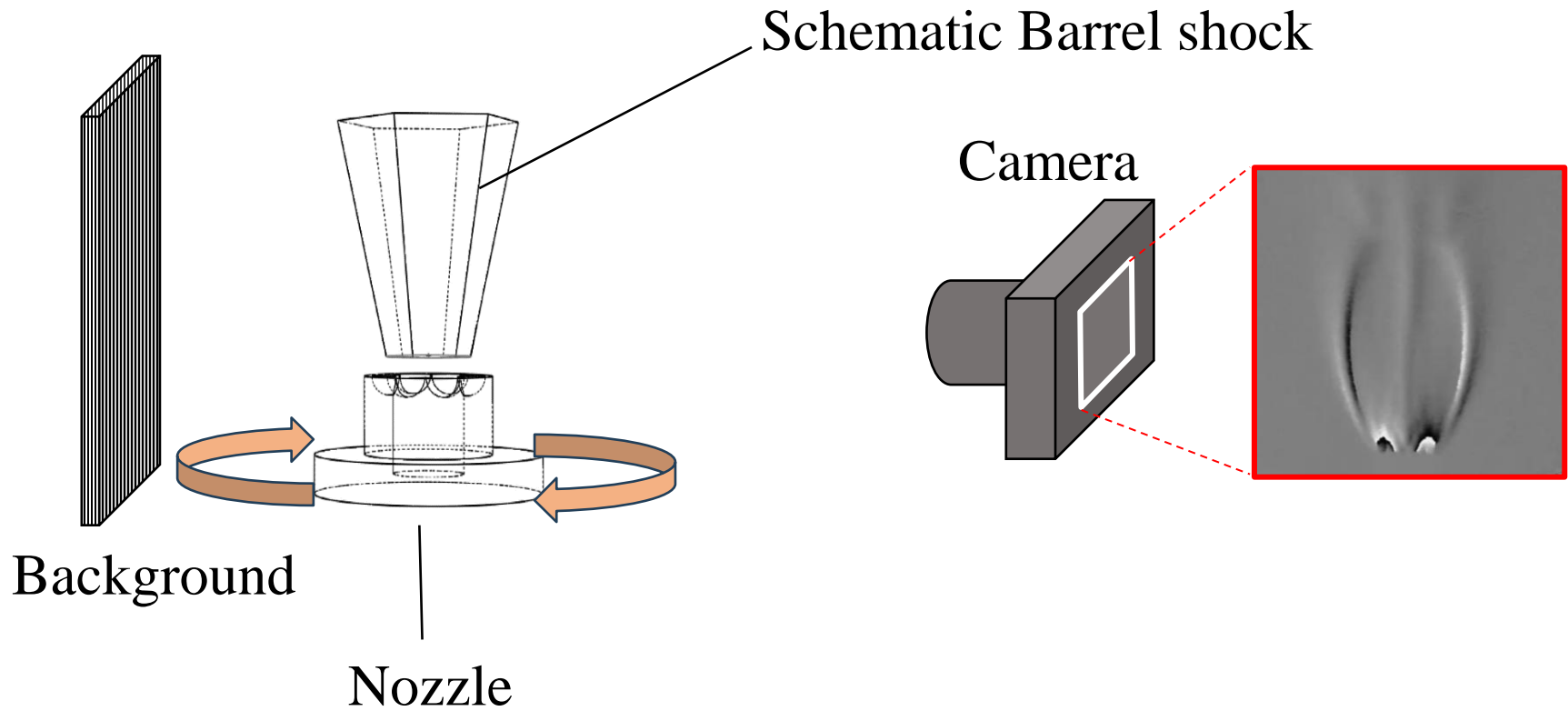
## 実験装置

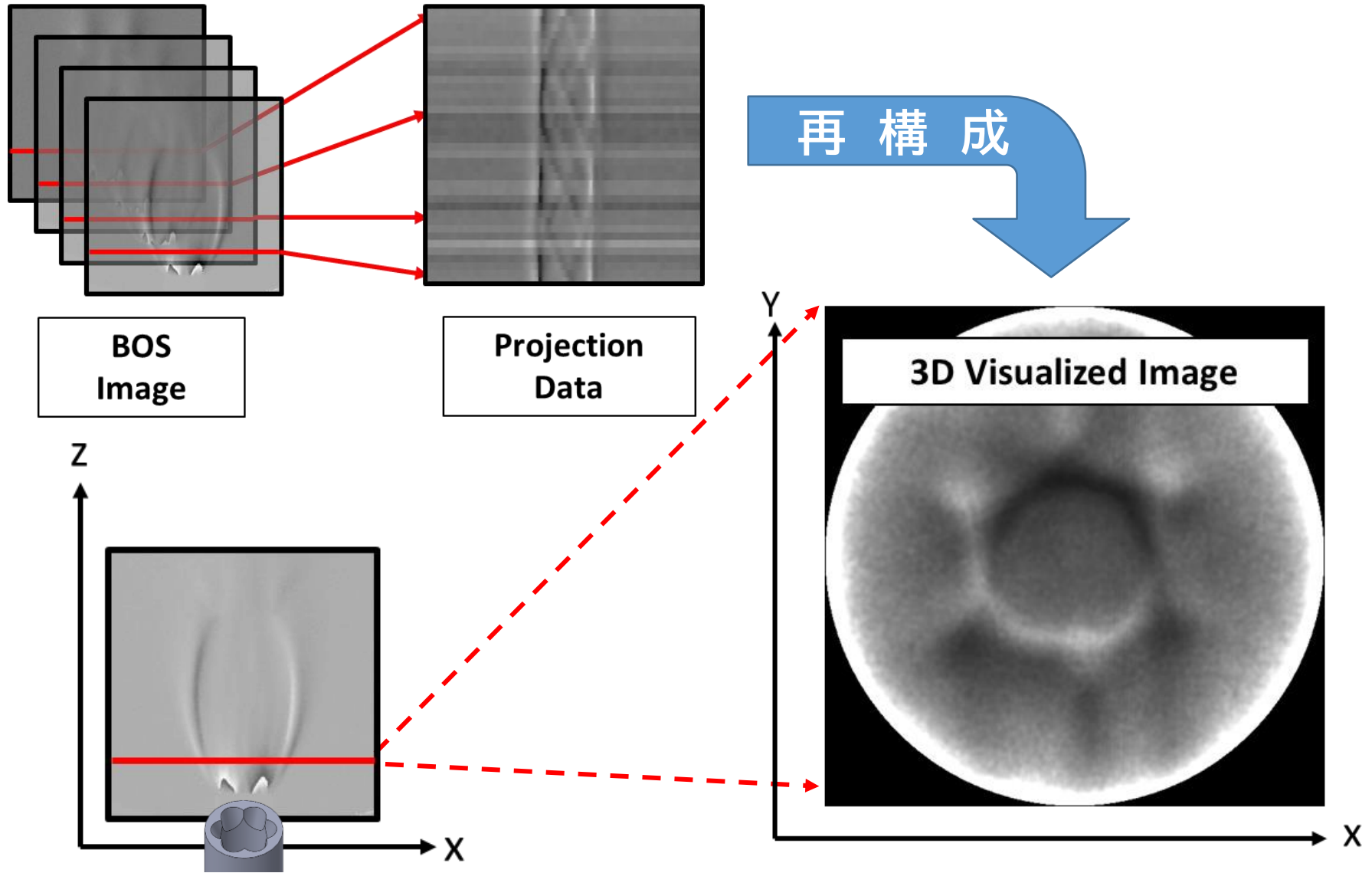


## 可視化結果

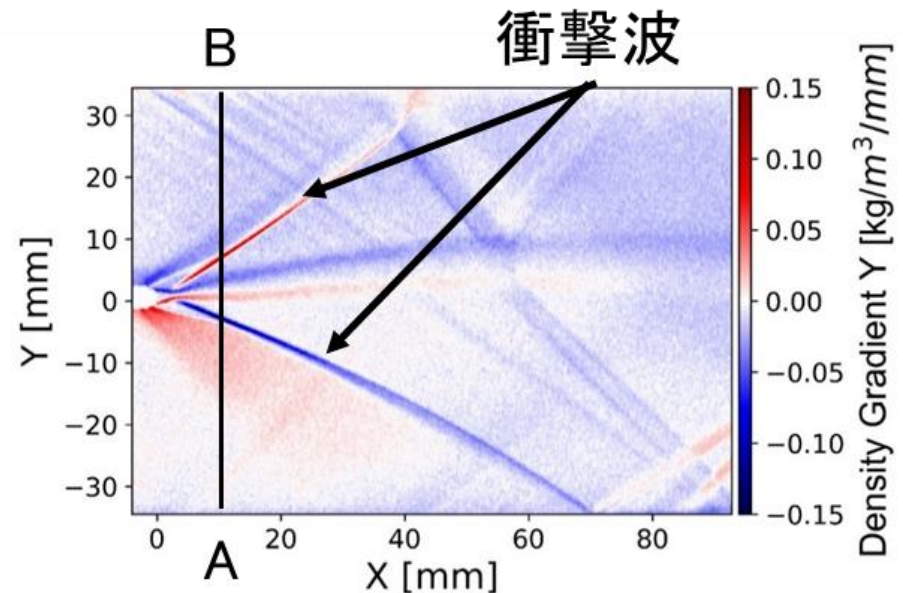
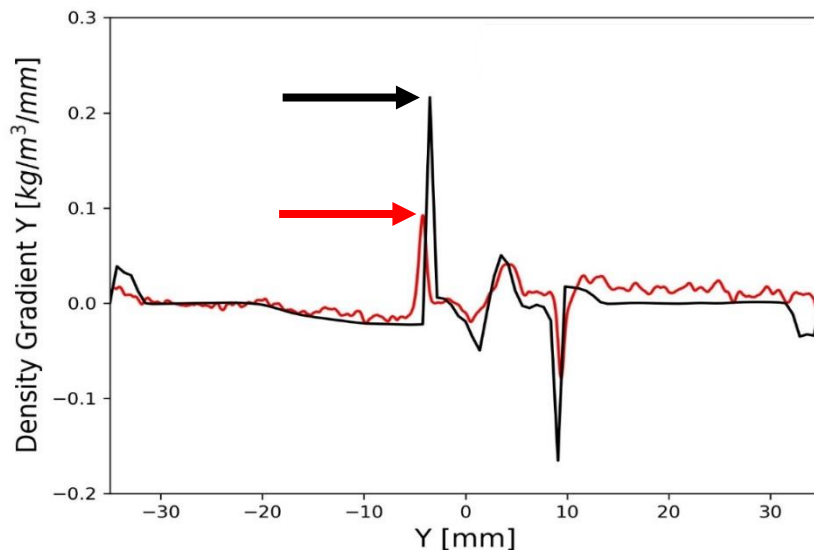


- 現象を複数の角度から撮影





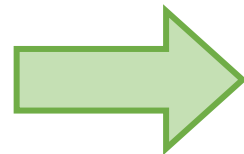
- BOS法は、測定の空間分解能が背景の波長(本研究では **0.5mm**) 程度に制限される。
- 衝撃波に現れるような急峻な密度変化は平滑化され、**定量測定の精度悪化につながる。**
- BOSの簡便さを損なわずに空間分解能を上げる手法が望まれている。



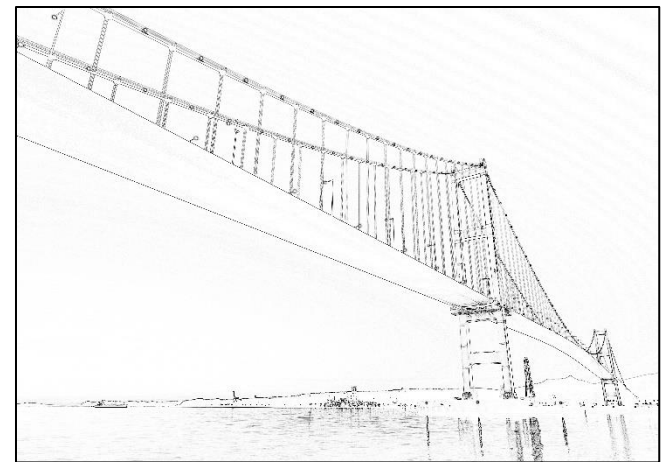
## ■ 分解能向上手法

### エッジ抽出BOS

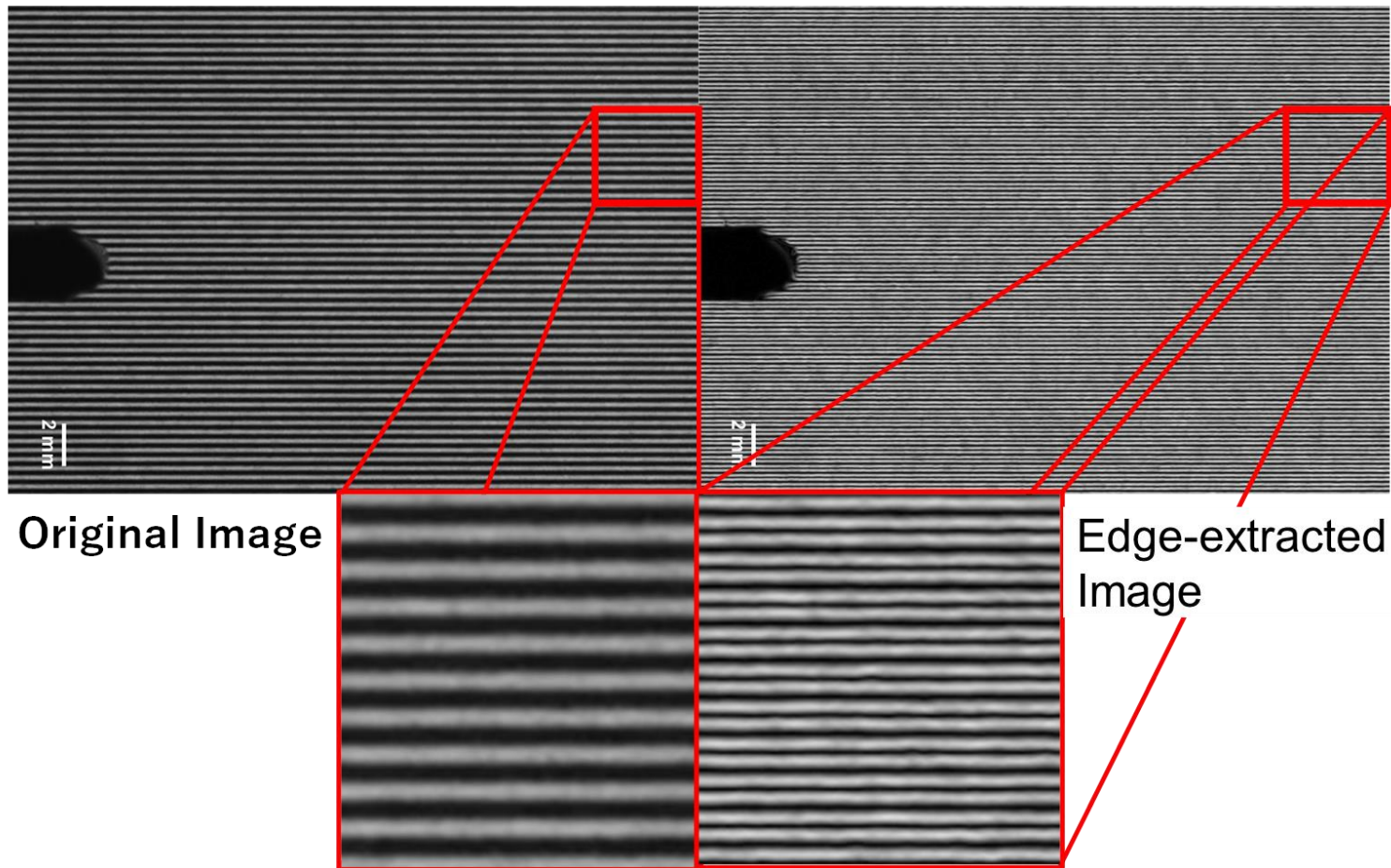
- 印刷による背景画像の波長の短さには限界  
⇒画像処理により波長を短く
- エッジ抽出：画像のエッジのみを抽出



エッジ抽出

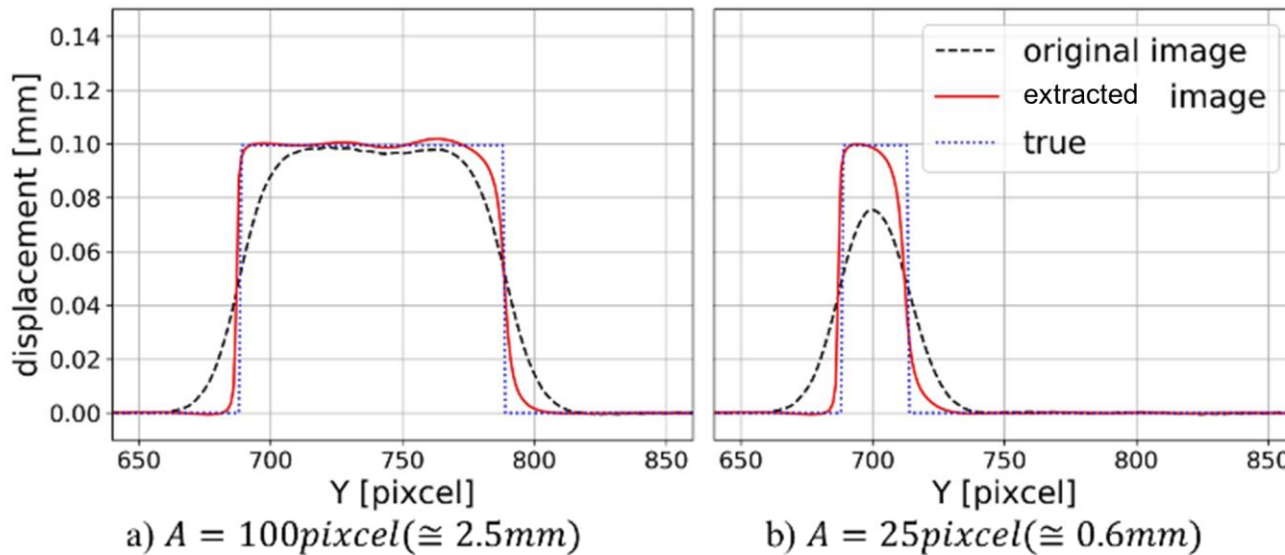
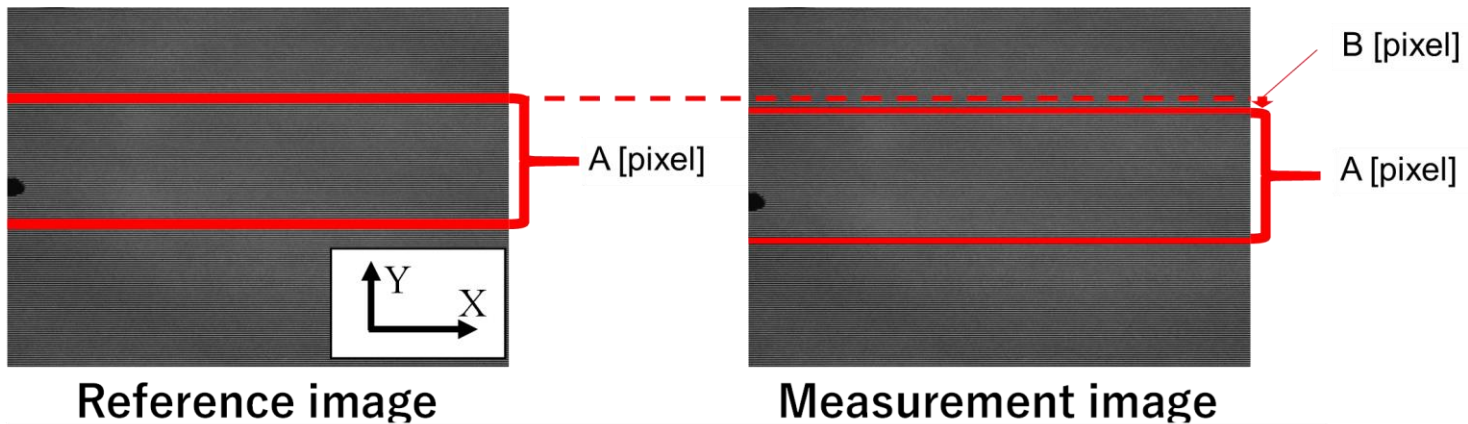


- 背景画像にエッジ検出フィルターを適用することで、背景の空間周波数を2倍にした。

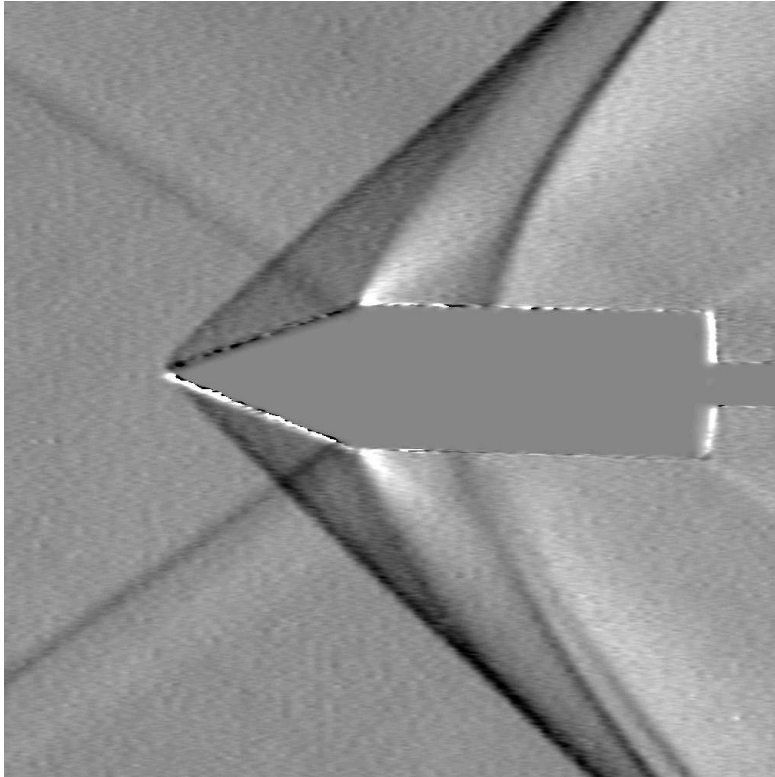




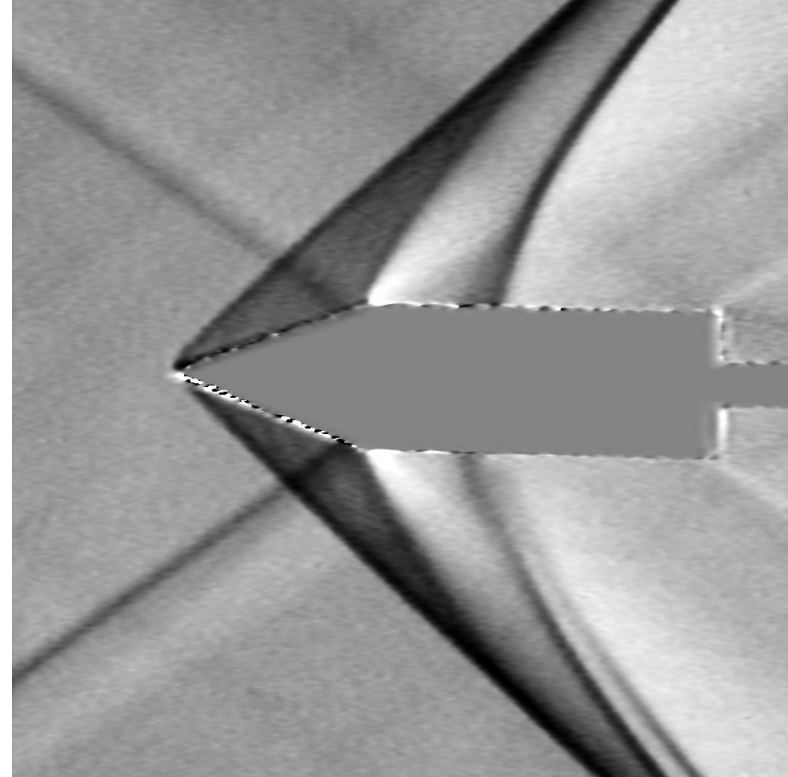
- 微小領域の微小な背景変位をより正確に捉えられることを確認した。



- 衝撃波面をより鮮明に捉えることに成功した。



分解能向上前



分解能向上後

- 従来のBOS法の「空間分解能が低い」という問題点を、背景画像に簡単な画像処理を工夫を施すことで改善した。
- 従来のBOS法と比較してハードウェア的に異なる点はなく、ソフトウェアの変更のみで分解能向上効果を得られる。
- BOS法の簡便性を損なうことなく、測定精度向上を実現。
- 本発明により、定量性を求められる流れ場の測定にBOSが幅広く適用可能になることが期待される。

- 超音速流れ場の可視化・密度値の定量測定
- CTによる流れ場の3次元定量可視化
- 熱対流場の可視化
- 微小ガスリークの検出
- 液体の対流場の可視化

密度変化のある流れ場に幅広く適用可能  
企業様の活用アイデアをお聞かせください！

## ■ 発明の名称:

背景指向シュリーレン法における測定分解能の向上を目的とした流れ場の密度勾配可視化方法、プログラム、システム

■ 出願人: 国立大学法人室蘭工業大学

■ 発明者: 畠中 和明, 廣田 光智, 伊藤 瑞基

■ 出願日: 令和3年7月30日

■ 出願番号: 特願2021-125006

室蘭工業大学

MONOづくりみらい共創機構

内山 智幸

TEL: 0143-46-5860

FAX: 0143-46-5879

e-mail: [crd@muroran-it.ac.jp](mailto:crd@muroran-it.ac.jp)