



1m MSBSセンサー系LED検討

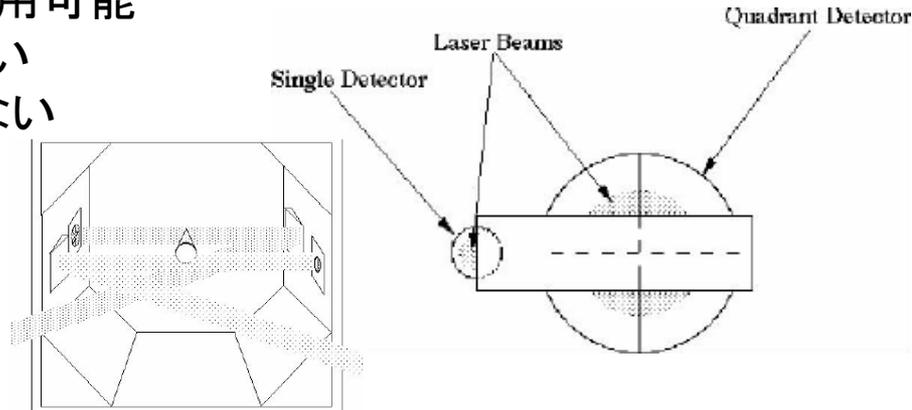
東北大学 流体科学研究所
大林研究室 修士2年 高木 良規



1. MSBSに用いられるセンサー

制御量を算出するために、模型の位置・姿勢を計測するセンサーが必要
条件

- 非接触
- 各軸で計測の分解能、高速性が確保できる
- 様々な模型形状に適用可能
- 磁場の影響を受けない
- コイル配置に影響しない



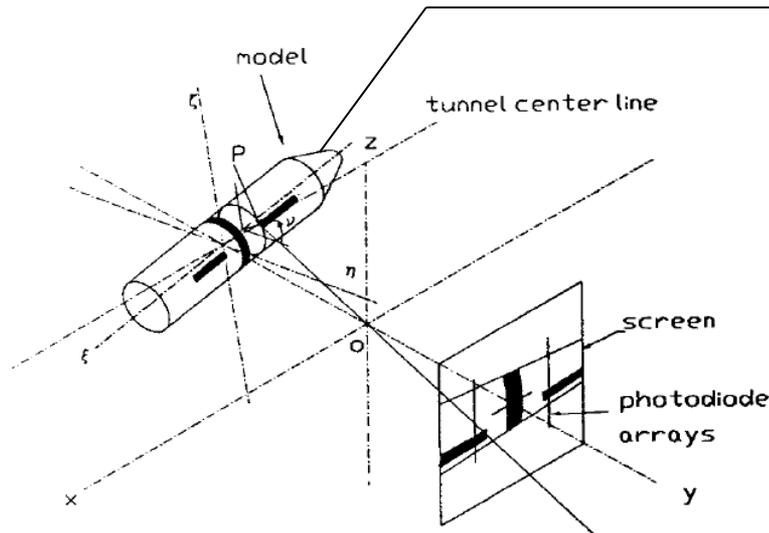
現在のMSBSでは撮像素子 (フォトダイオード、CCD) を利用したものが主流

- 遮蔽 : 欧米で広く利用
単純で安価
模型形状に強く依存
- 反射 : 日本で利用
マーカーで特徴点を作る → 自由度が高い
照射光に比べ、利用できる反射光はわずか
→ 使用光源の検討が必要

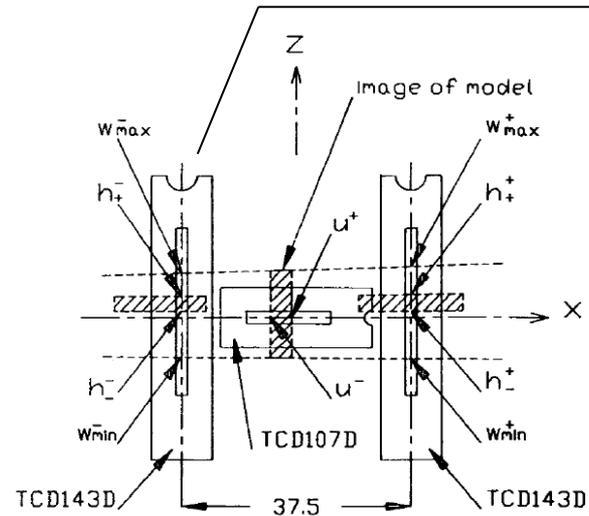


2. JAXAで使用されているセンサー

✓ マーカーで特徴点を作れる



✓ ラインセンサーをH型に配置

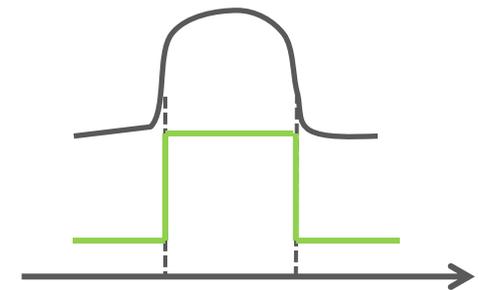


$$x = \frac{u^+ + u^-}{2} + r\psi$$

$$y = z = \frac{w_{\max}^+ + w_{\min}^+ + w_{\max}^- + w_{\min}^-}{4}$$

$$\theta = \psi = \frac{w_{\max}^+ + w_{\min}^+ - w_{\max}^- - w_{\min}^-}{4u_0}$$

$$\phi = \frac{(w_{\max}^+ + w_{\min}^+ + w_{\max}^- + w_{\min}^-) - (h_+^+ + h_-^+ + h_+^- + h_-^-)}{4r}$$



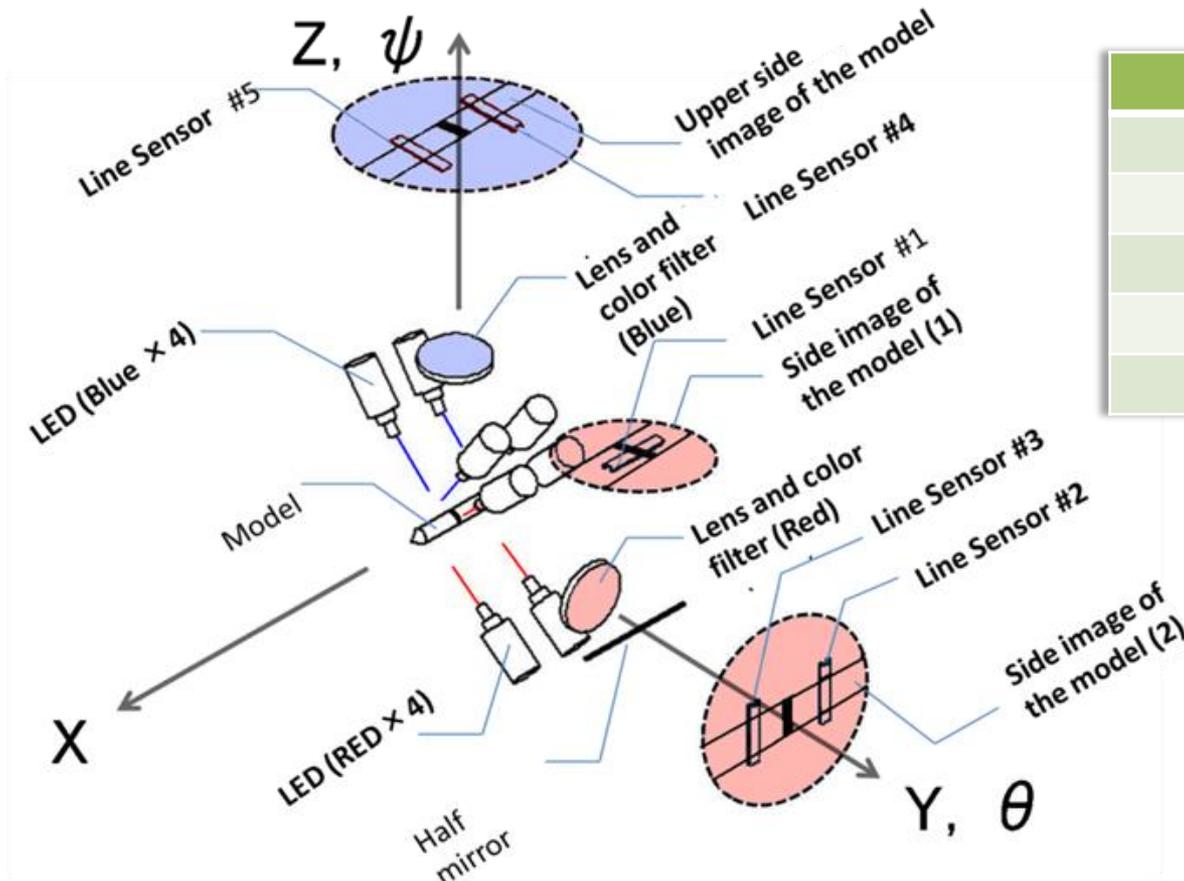
素子番号

※ コンパレータによってデジタル値に変換



2. 東北大で使用されているセンサー

～超音速MSBSの場合～



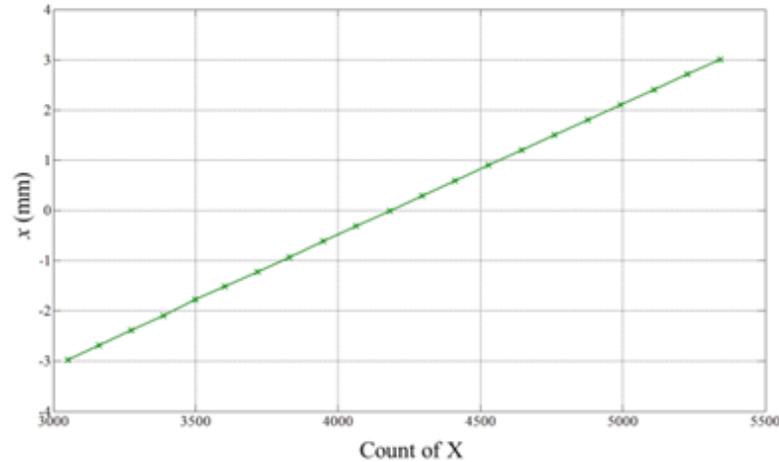
TL7450S 仕様	
素子数	7450
素子サイズ	4.7 × 4.7 μm
素子長	35 mm
計測周波数	300 ~ 5kHz
感度	50 V/lx·sec



- ✓ 経年劣化の少ないLED光源を使用
- ✓ 市販のラインセンサカメラを使用
- ✓ ハーフミラーを利用して素子の位置を変更可能
 - マーカーと素子の両方を変更できる



較正試験結果



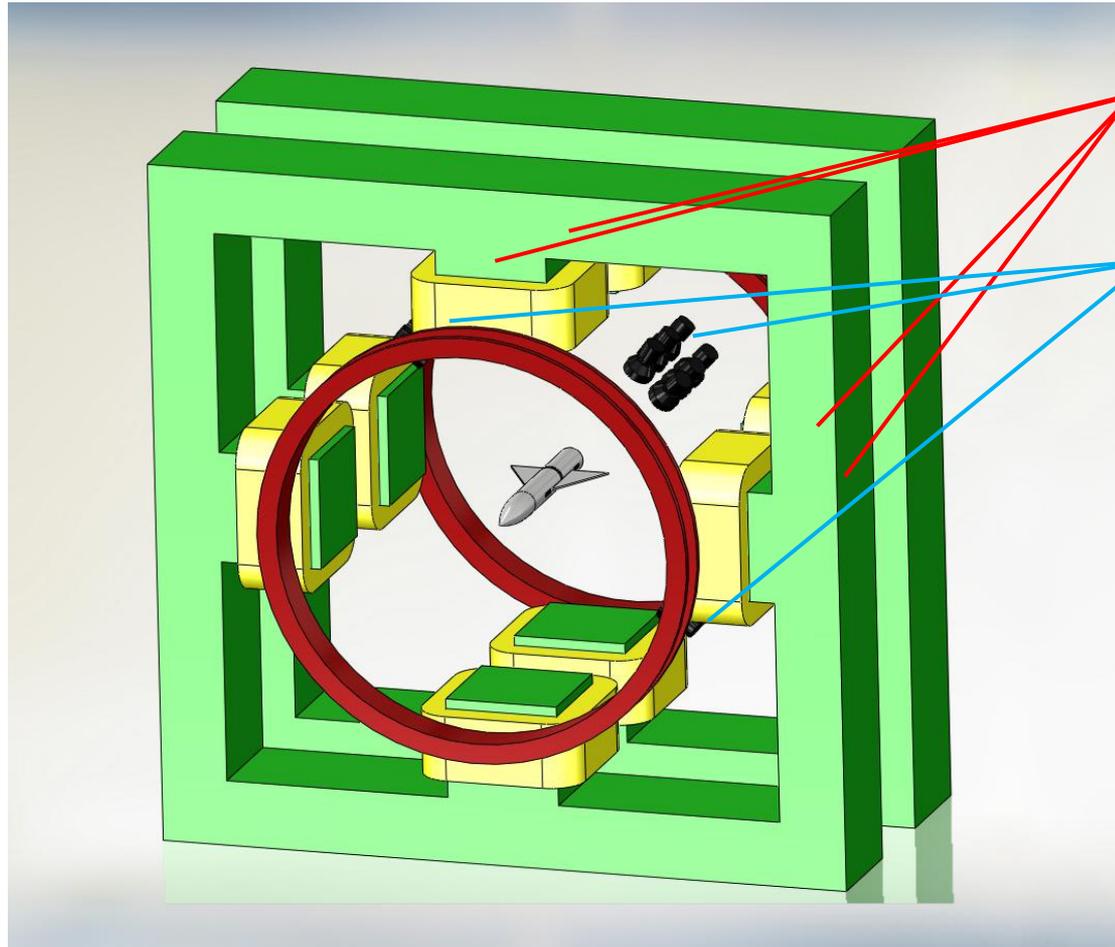
	Φ85mm - MSBS	10cm - MSBS	60cm - MSBS
x (μm)	2.6	7.2	51
y (μm)	3.3	7.8	50
z (μm)	3.3	6.9	53
θ (deg)	0.0080	0.033	0.043
ψ (deg)	0.0082	0.050	0.041
Measurement frequency	1.23kHz	500Hz	240Hz



3. 東北大 1mMSBSのセンサー

東北大の超音速MSBSをベースに設計

例. AGARD-B 浮揚試験



超音速MSBSと同じカメラ 6個

大型LEDスポット光源
2色(赤、青) 各6個

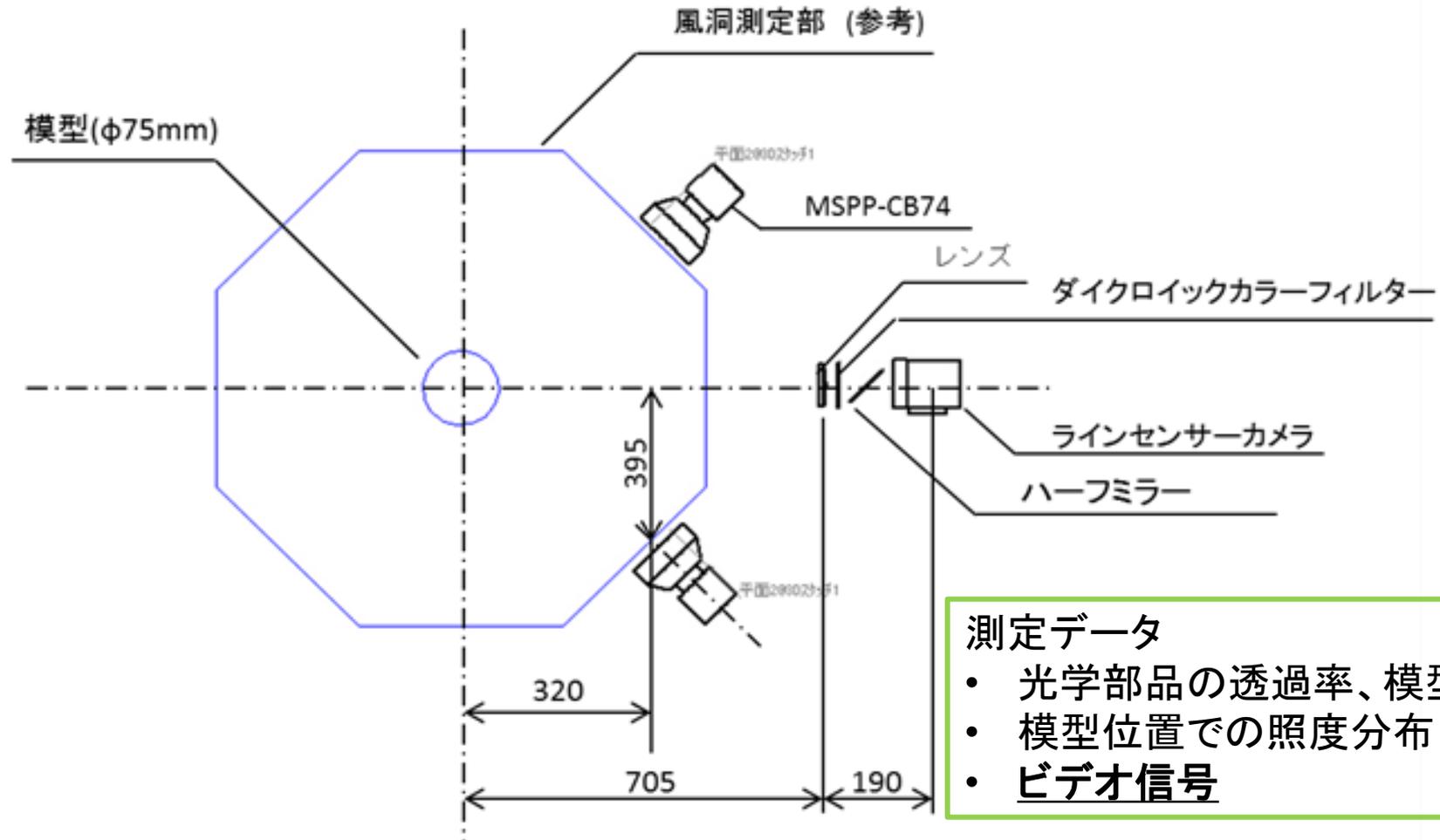
その他
ハーフミラを積極的に利用

光量の検討を目的としたLEDの評価を実施



3. 東北大 1mMSBSのセンサー

設計目安：模型白表面におけるビデオ出力2.5V程度

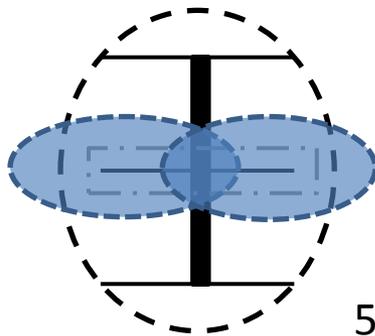
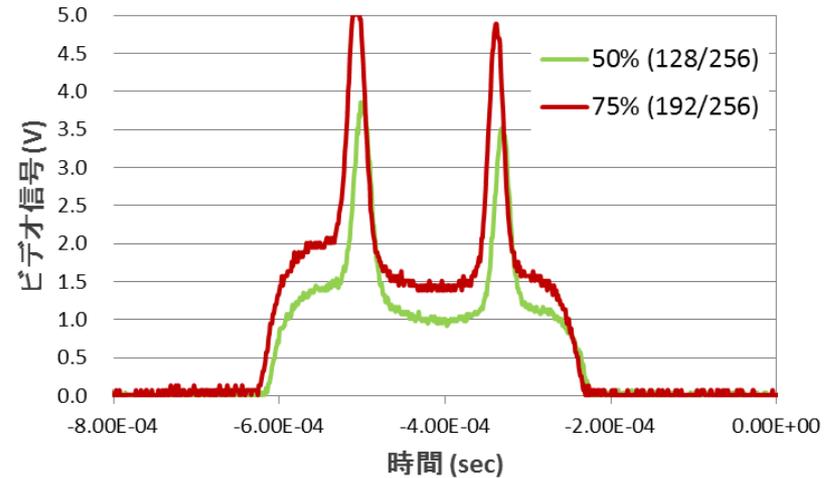
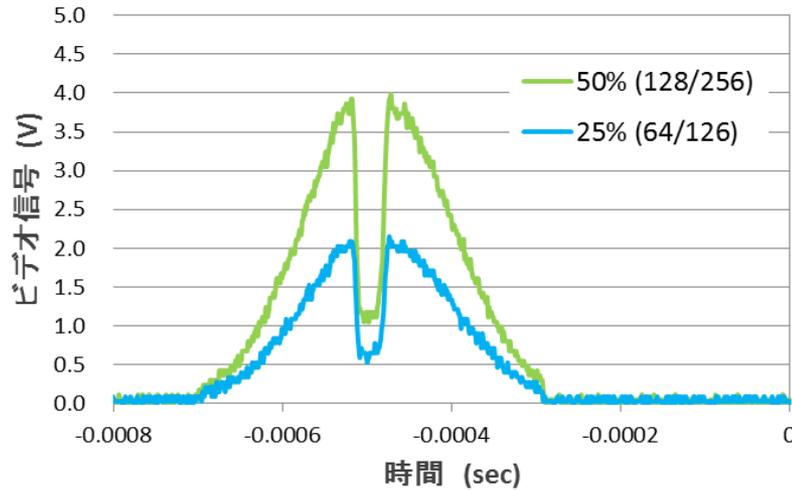


測定データ

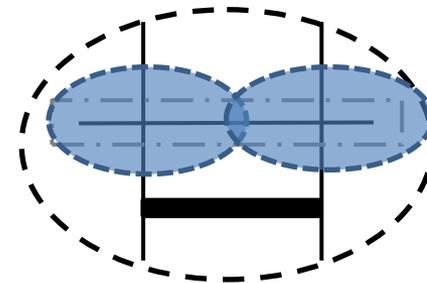
- 光学部品の透過率、模型の反射率
- 模型位置での照度分布
- ビデオ信号



3. 東北大 1mMSBSのセンサー



50%出力でok



80%出力でok

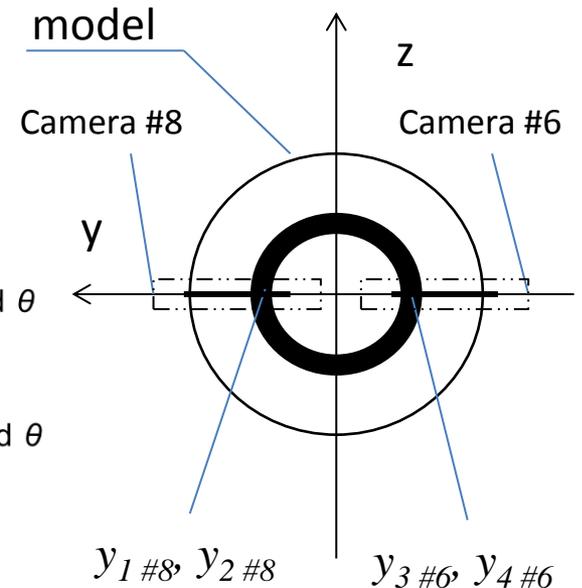
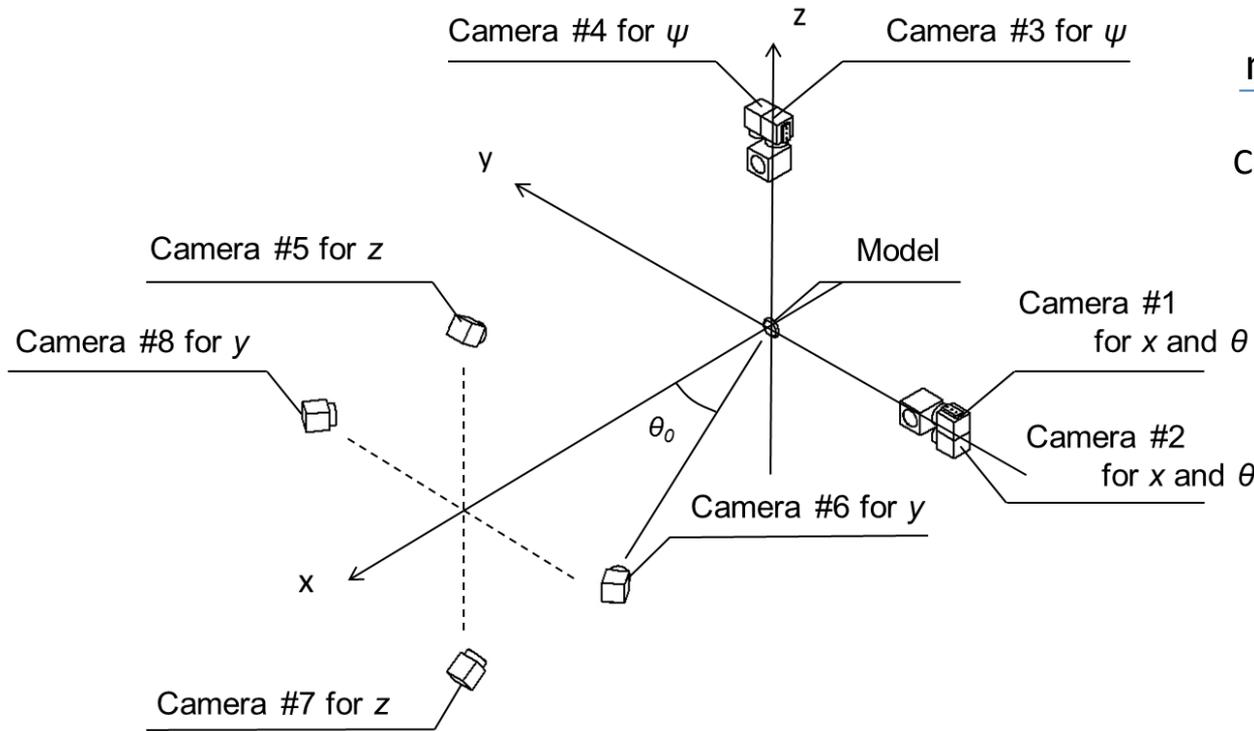
- 2つのスポットの中心間隔によって必要出力の差は見られる。
- ✓ 模型の位置を把握するために必要な信号を取り出すことができる
- ✓ 計測周波数を下げれば更に出力は低くて構わない (例. 20% @ 315Hz)



4. MSBSセンサー系の今後の展開

例. 円盤模型の場合

マーカーで特徴点を作り出す + カメラを増やし自由に配置

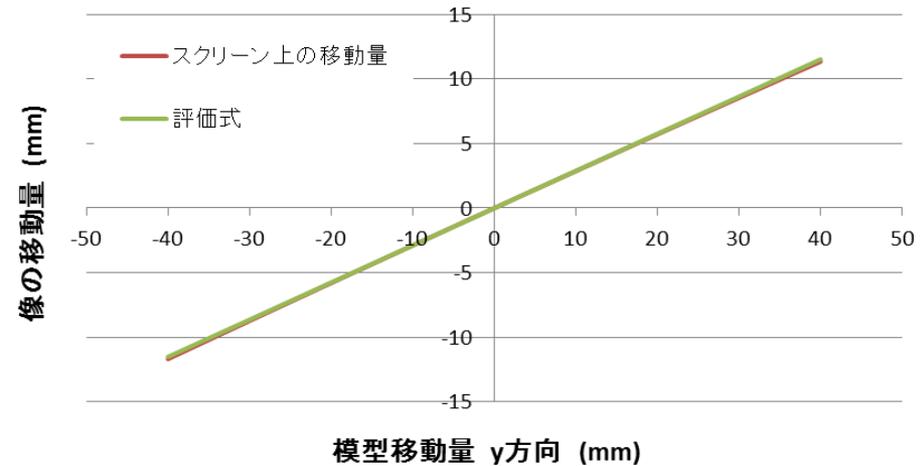
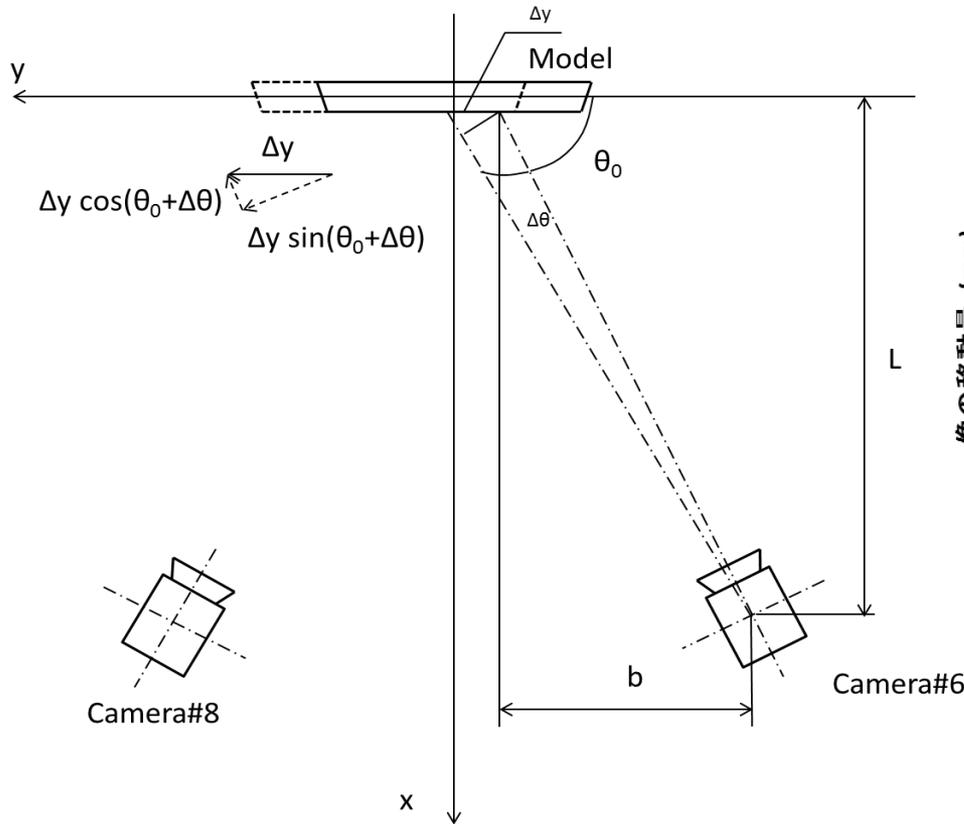


$$y \cong \frac{\sin \theta_0}{4 \alpha} (y_{1 \#8} + y_{2 \#8} + y_{3 \#6} + y_{4 \#6})$$

※ z 方向も同様
 α : 倍率



4. 東北大1mMSBSセンサー系の今後の展開



$$y \cong \frac{\sin\theta_0}{4\alpha} (y_{1\#8} + y_{2\#8} + y_{3\#6} + y_{4\#6})$$

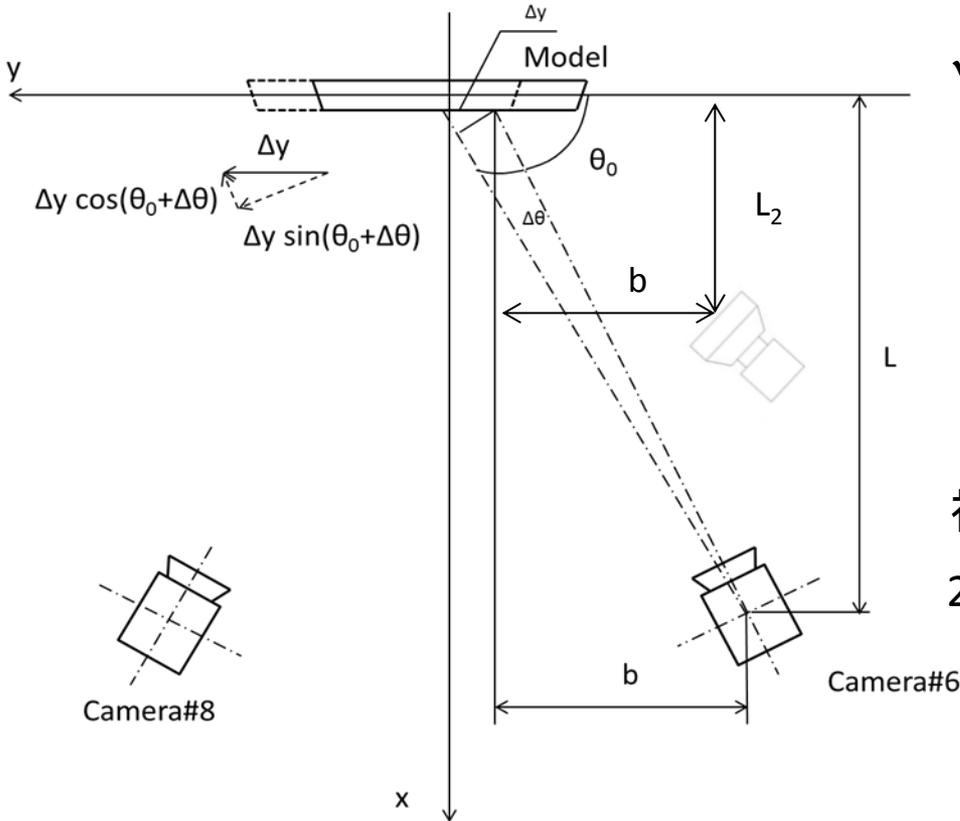
- ✓ 校正試験を行う範囲で高い直線性が期待できる
- 模型からカメラの距離が変化することで模型境界の識別に影響が出る恐れ

→ 被写界深度を考慮した光学部品選定 + 照度の検討が必要



4. 東北大1mMSBSセンサー系の今後の展開

～光量の検討 円盤の場合～



✓ 測定条件

$L = 1200\text{mm}$

$L_2 = 600\text{mm}$

$b = 550\text{mm}$

$f = 250\text{mm}$: レンズ焦点距離

$F = 4$: F値

$F_s = 312.5\text{ Hz}$: 計測周波数

被写界深度18.5mm (許容錯乱円径 0.1mm)

2.5Vのビデオ信号に必要な照度は約1350lx



50%～60%の出力で達成可能

円盤模型の位置計測が可能



5. まとめ

東北大 1m MSBSのセンサー系

- ✓ ラインセンサーカメラを組み合わせ、模型の位置・姿勢を計測
- ✓ 市販のカメラを使用することで従来のH型の素子配置以外の配置が可能
 - ハーフミラーを使用する ex. 東北大学 超音速MSBS
 - 空いたスペースから撮影 ex. 1m MSBS 円盤模型浮揚構想
- ✓ 経年劣化の少ないLED光源を使用
 - 1.25kHzで計測した場合, 80%の出力で十分なビデオ信号を取り出す事が可能
 - カメラの計測周波数を下げることによって、必要照度を下げることができる



- ✓ 本装置は1m MSBSセンサー系として利用可能
- ✓ カメラ配置、マーカー形状を工夫することで様々な模型形状に対応可能である