

## 【研究の内容】

### 1. 背景

#### ■ ステレオ内視鏡を用いた診断・治療

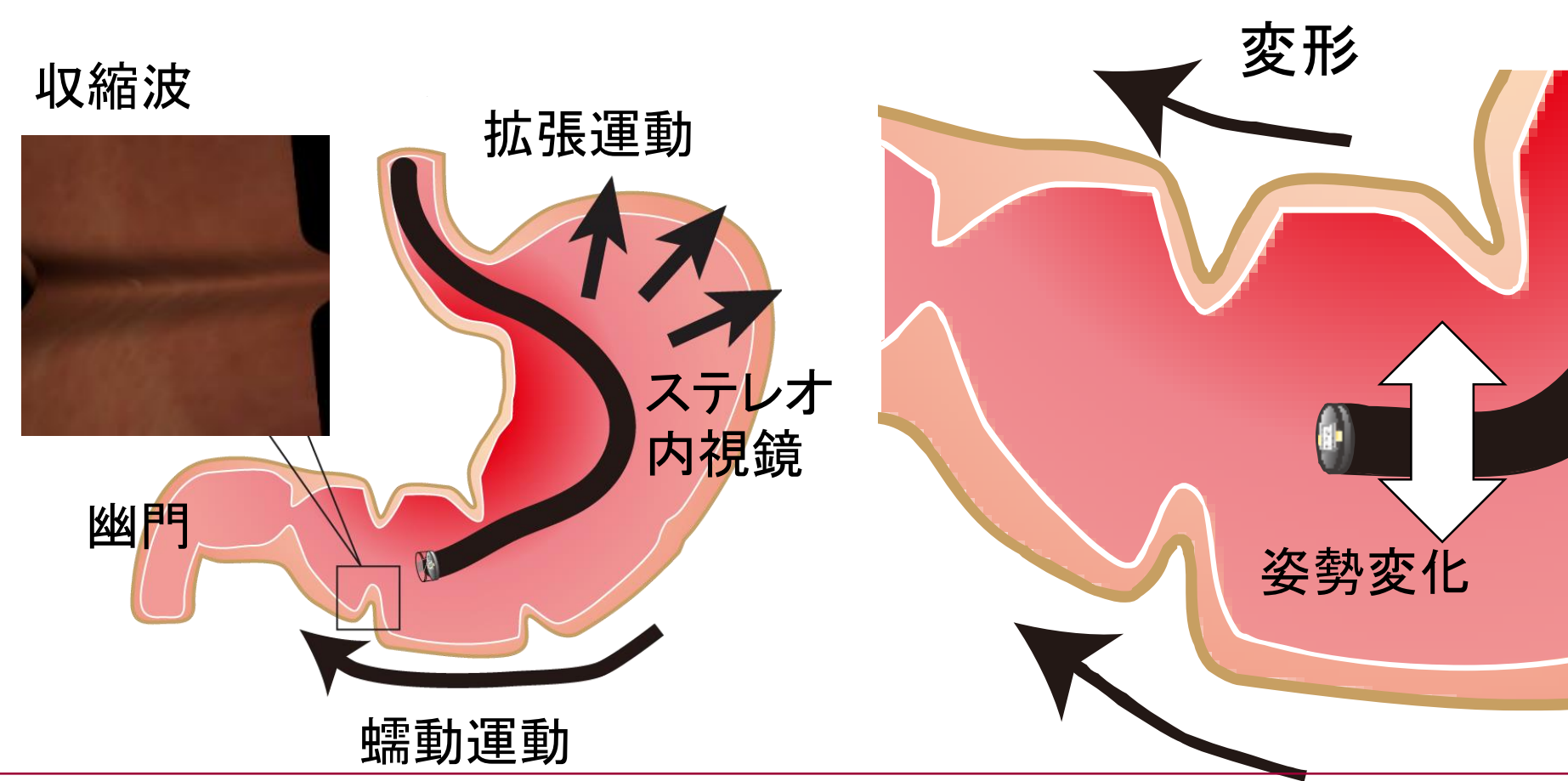
- ▶ 自然な立体画像の提示は商品化済み (da Vinciなど)
- ▶ 3次元計測・解析, AR表示などによる手術支援への利用も期待できる

#### ■ 3次元計測・解析時の問題点

- ▶ 内視鏡位置の固定は困難
- ▶ 正確な計測のためには, “内視鏡画像から” 内視鏡の姿勢変化を推定することが必須

#### ■ 以前の検討

- ▶ 内視鏡画像中には, 「消化管の動き」と「内視鏡の姿勢変化」の両方が含まれる
- 内視鏡の姿勢変化のみを抽出し, 姿勢変化を推定する手法を提案

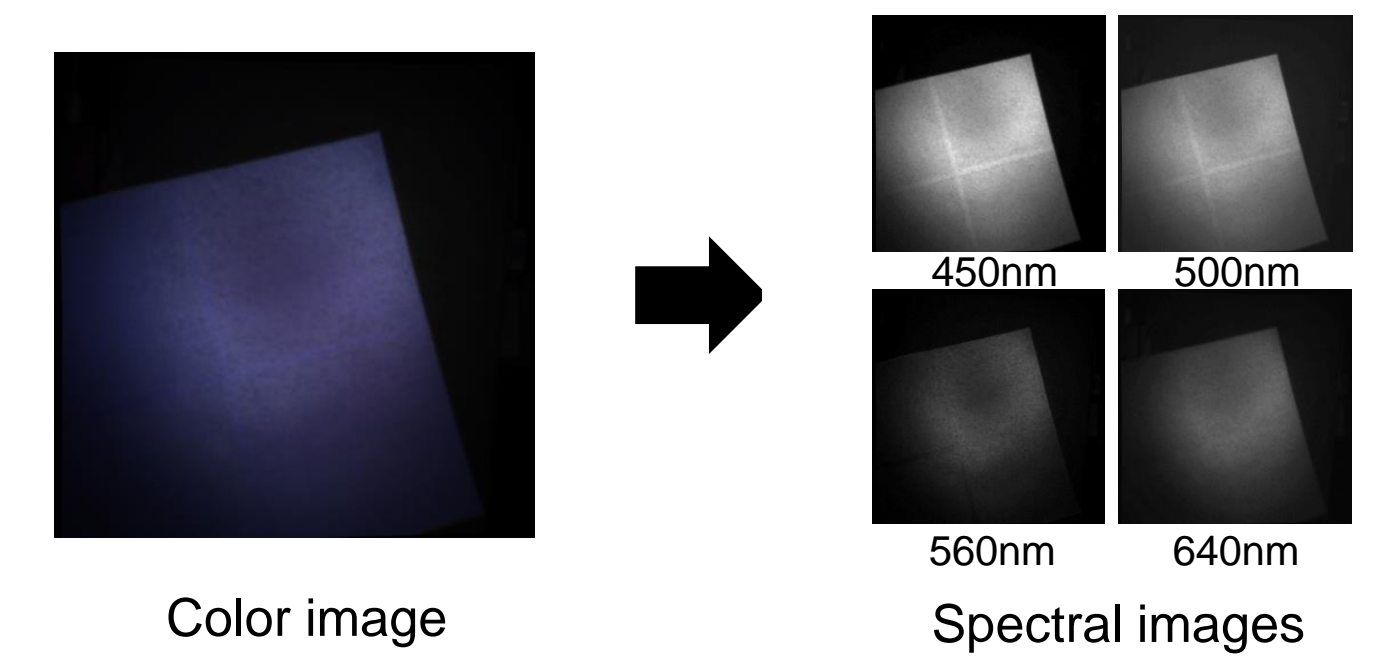


#### ■ 課題: 粘膜のフレーム間マッチング

- ▶ 粘膜は色が類似
- ▶ 特徴が少ない
- 位置合わせを行うためのフレーム間のマッチングが難しい

#### ■ マルチスペクトル画像

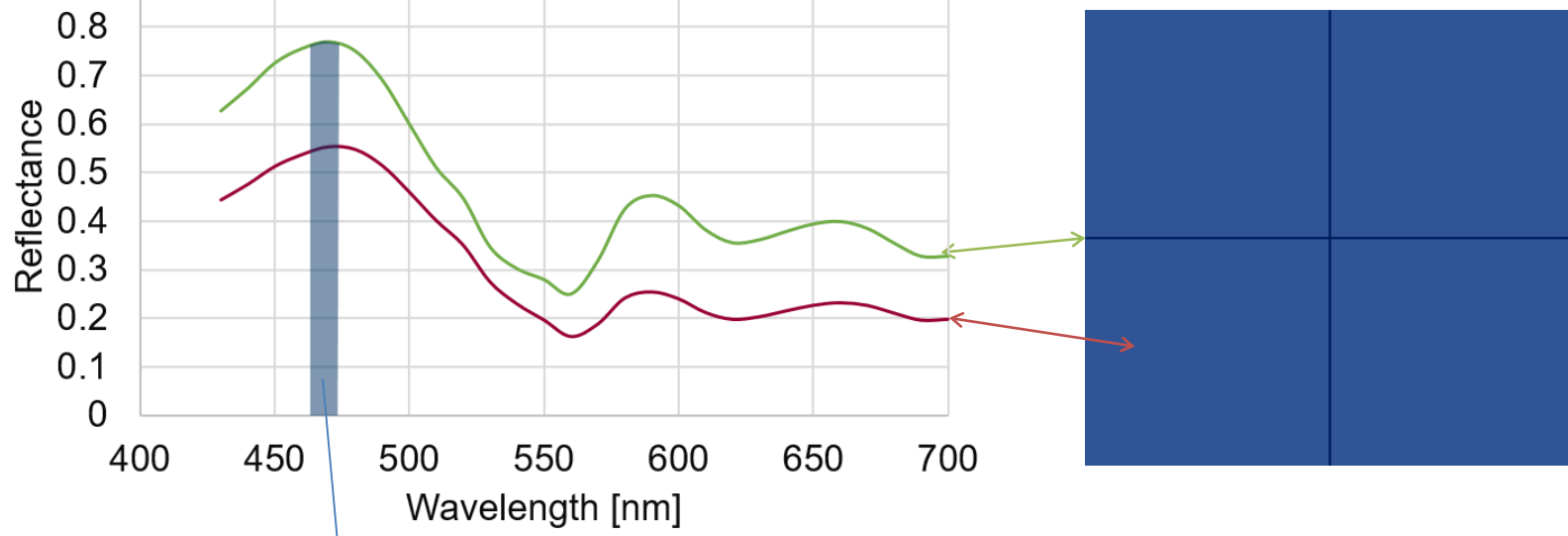
- ▶ わずかな色差を可視化可能
- ▶ 血管構造の強調が可能



### 2. 分光反射率推定

#### ■ 物体の分光反射率

- ▶ 物体は種類ごとに異なる分光反射率を持つ
- ▶ この特性を利用することで, 特定の物質のみを抽出することができる

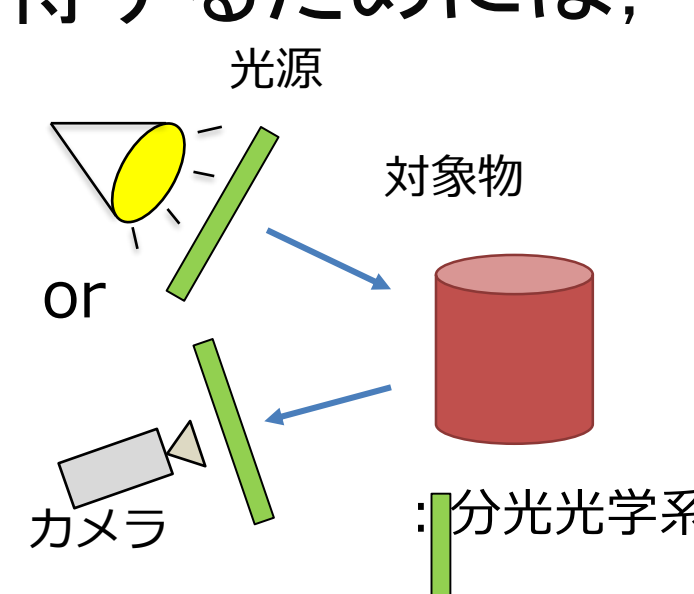


$$\text{狭帯域画像の輝度値} : Y = \int r(\lambda)E(\lambda)d\lambda$$

- ▶ 特定波長の近傍の反射率を積分して画像化すると, 狭帯域画像となる

#### ■ 物体の分光反射率の取得方法

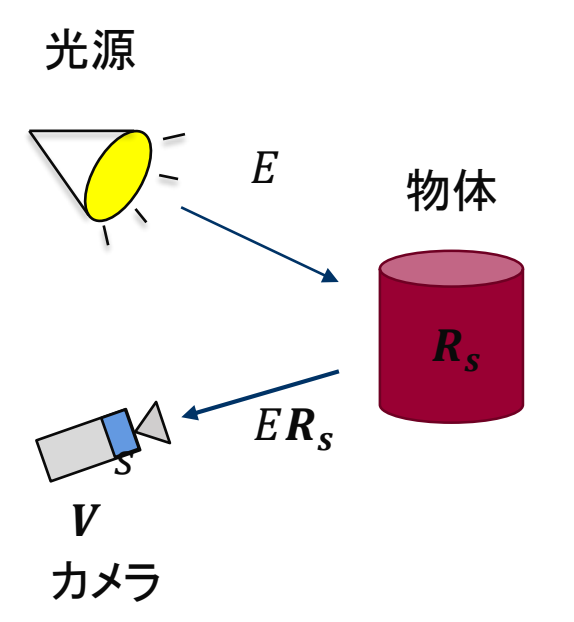
- ▶ 厳密な分光反射率を取得するためには, 分光光学系が必要
- ▶ 装置が大掛かりになる
- ▶ 色情報が失われる



#### ■ カメラの画素値と物体の分光反射率の関係

$$V = HR_s$$

$V$ : カラーカメラの画素情報 (3次元)  
 $H$ : 光源の波長特性  $E$  とカメラの分光感度  $s$  の積 (3×L次元)  
 $R_s$ : 物体の分光反射率 (L次元)



- ▶ 逆問題を解くことで, 物体の分光反射率を推定できる
- ▶ 推定分光反射率の波長数  $L >$  カラーカメラのバンド数 3 のため, 主成分分析を用いて推定を行う

#### 提案手法:

RGB画像から分光反射率を推定し, 内視鏡の姿勢変化推定に用いる

### 3. 内視鏡の姿勢推定

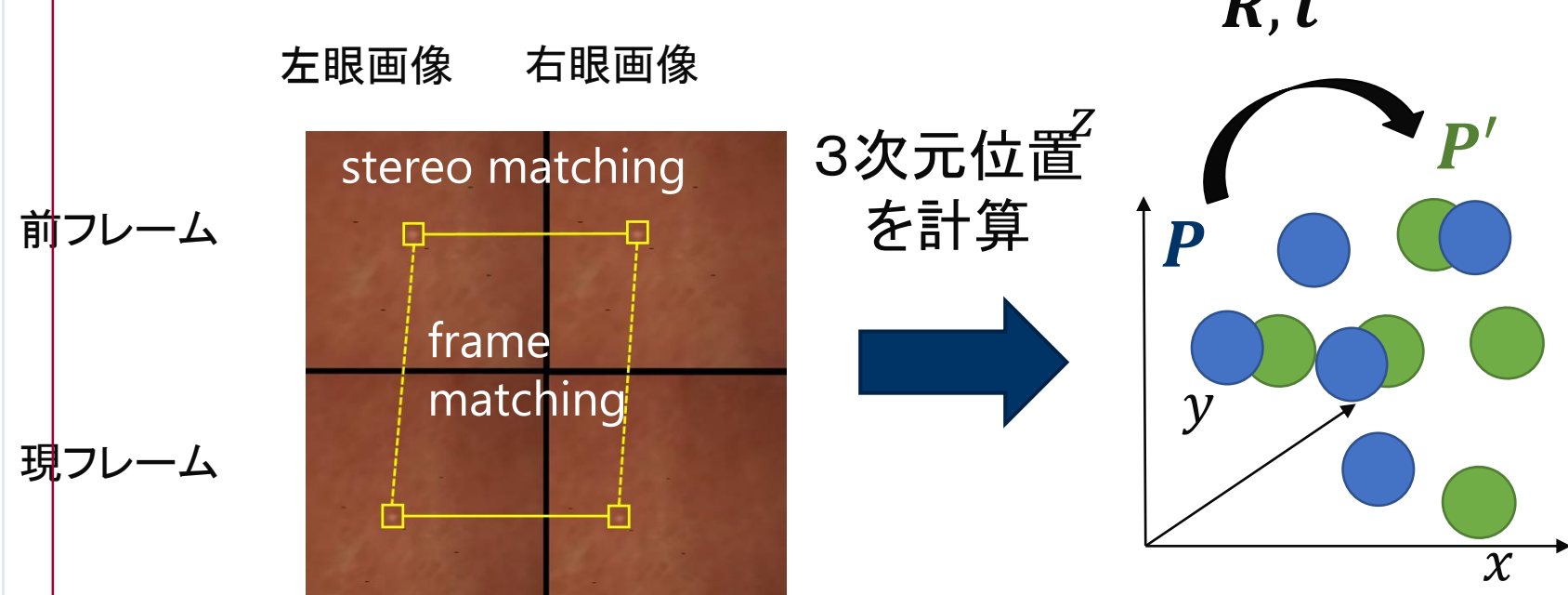
#### ■ 内視鏡のフレーム間の姿勢変化

- ▶ 回転行列  $R$ , 並進ベクトル  $t$  で表現できる

$$P' = RP + t$$

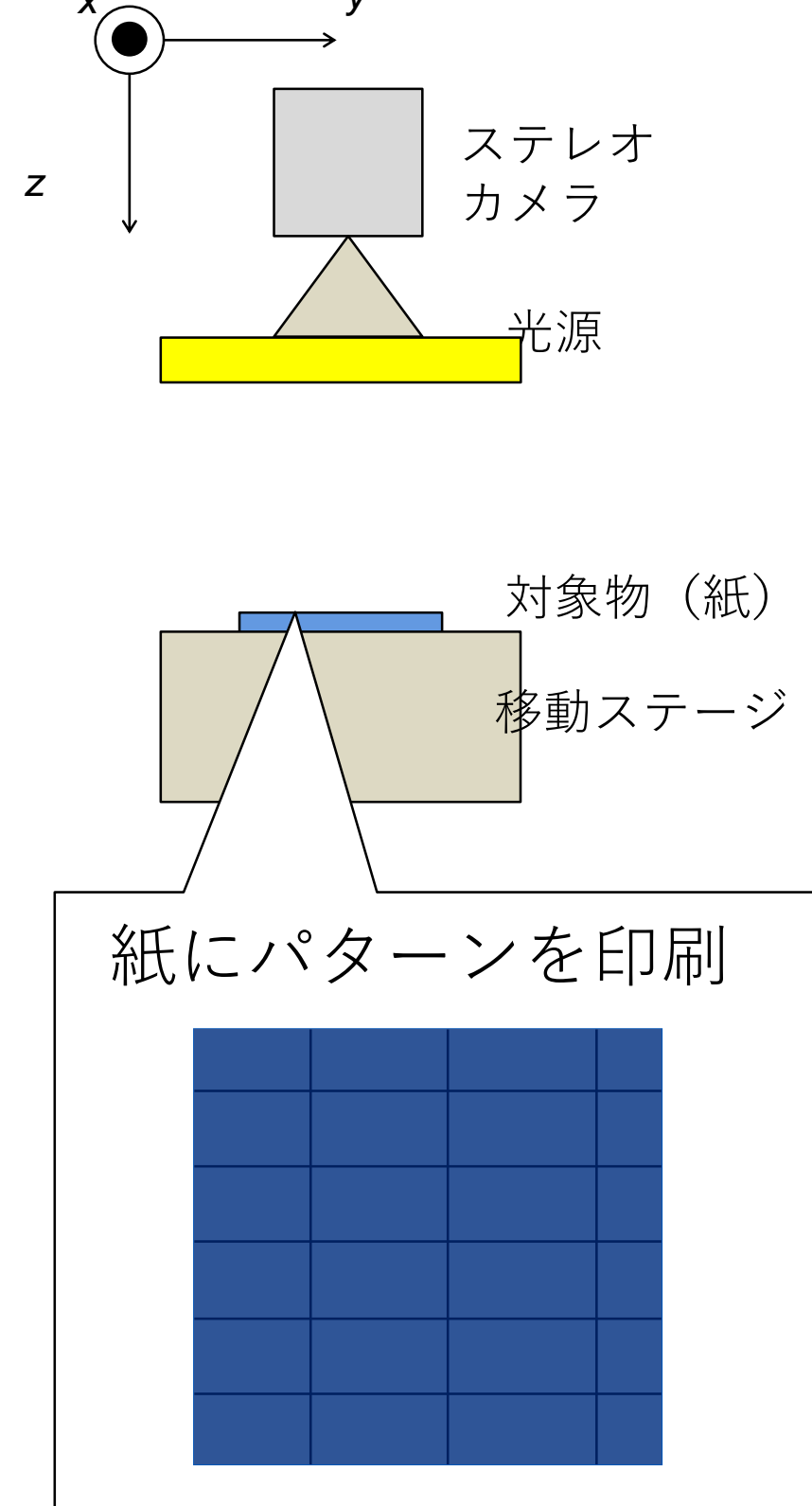
$P$ : 前フレームから得た3次元点群  
 $P'$ : 現フレームから得た3次元点群  
 $R$ : 回転行列  $t$ : 並進ベクトル  
 $\mathbf{1} = [1, 1, \dots, 1]$

- ▶ ステレオマッチング及びフレーム間マッチングにより得た対応のある3次元点群から最小二乗法で推定する



### 4. 実験

#### ■ 実験条件

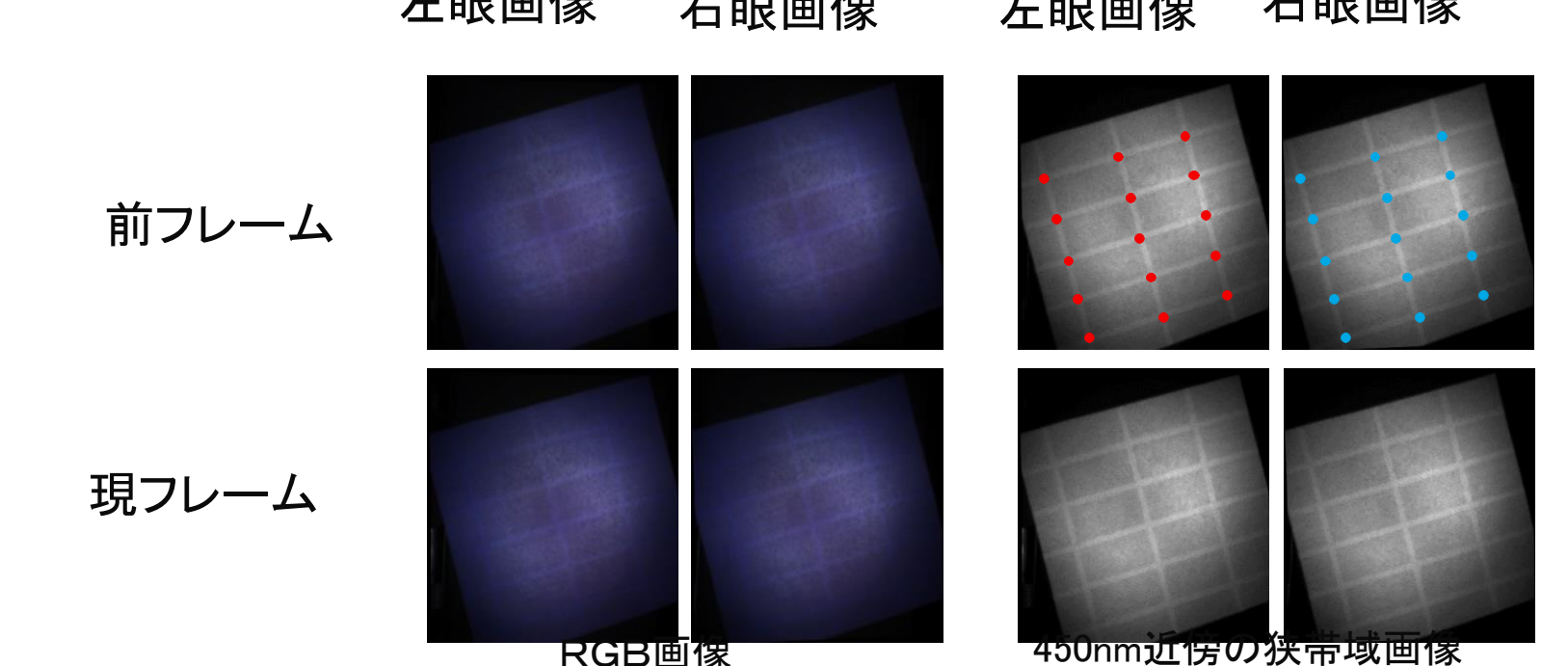


- ▶ 与えた姿勢変化以下の組み合わせ 27通り
- ✓ 並進移動  
x軸方向: 1, 2, 3 mm  
y軸方向: 1, 2, 3 mm
- ✓ 回転移動  
z軸周り: 1, 2, 3°

#### ステレオカメラのスペック

焦点距離	1.5 [mm]
ピクセルサイズ	2.2×2.2 [μm]
ベースライン距離	2.4 [mm]
ピクセル数	420×420

#### ■ 実験結果の一例



- ▶ 狭帯域画像から抽出した格子点より推定したカメラ姿勢の変化量

	並進移動量 [mm]			回転移動量 [°]		
	x	y	z	x	y	z
設定値	1.00	2.00	0.00	0.00	0.00	2.00
推定値	1.41	1.63	-0.05	0.07	-0.30	1.89

- ▶ 位置合わせの平均誤差: 0.25mm (設定した並進・回転移動を与えた点群と推定した並進・回転移動を与えた点群の距離)
- ▶ 27例の平均誤差: 0.83±0.37mm

### 5. まとめ

#### ■ 分光反射率推定を用いた内視鏡の姿勢推定手法の基礎的検討を行った

- ▶ RGBカラー画像から分光反射率を推定することでわずかな色差を可視化し, フレーム間のマッチングを容易にできることを確認した
- ▶ 得られた特徴点から, カメラの姿勢推定を行った結果, 2mm以下の誤差で位置合わせを行えることを確認した

### 参考文献

[1] K. Yoshimoto, K. Yamada, K. Watabe, T. Fujinaga, M. Kido, T. Nagakura, H. Takahashi, H. Iijima, M. Tsujii, T. Takehara, and Y. Ohno, *Proc. SPIE*, **9698**, 969819 (2016).  
 [2] T. Gono, T. Obi, M. Yamaguchi, N. Ohyama, H. Machida, Y. Sano, S. Yoshida, Y. Hamamoto, and T. Endo, *J Biomed Opt.*, **9**(3), pp.568-577 (2004).  
 [3] I. Nishidate, T. Maeda, K. Niizeki, and T. Aizu, *Sensors*, **13**, pp.7902-7915 (2013).  
 [4] 村上百合, *日本写真学会誌*, **65**(4), pp.234-239 (2002).  
 [5] K. S. Arun, T. S. Huang, and S. D. Blostein, *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.*, **PAMI-9** (5), pp. 698-700 (1987).