

# 陰影変化がある画像間での局所位相を用いた特徴点の対応付け

## Phase-based feature matching under illumination difference

西野 正彬, 牧 淳人, 松山 隆司

(京都大学大学院情報学研究所)

### 1. 研究背景 – 陰影変化の影響

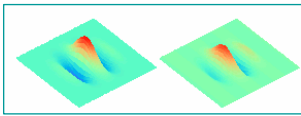
光源の影響による画像間の陰影変化-輝度分布が変化。  
→ 輝度分布が一定であることを仮定したSADなどの手法では対応付けが困難。

→ 位相を特徴点の対応付けに利用。  
位相は振幅に独立であり、直流成分の変化に対し不変。  
安定な対応付けが期待できる。

### 2. 局所位相差を利用した対応付け手法

#### ・局所位相

対応付けには画像の局所的な位相(局所位相)を利用。  
局所位相は画像とGaborフィルタの畳み込みによって得られる。



Gaborフィルタの概観。  
Gaborフィルタは複素関数  
左図が実部, 右図が虚部

#### ・位相差を利用した対応付け

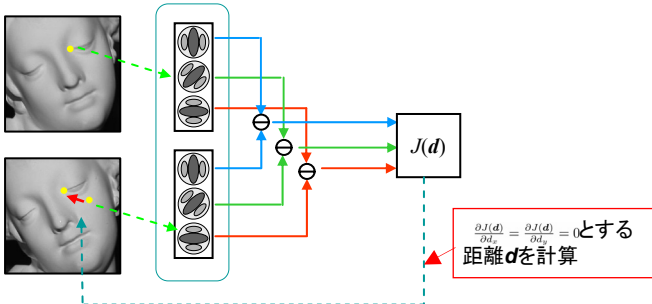
位相差  $\Delta\phi$  と空間領域の位置ずれ  $d$  の間に成り立つ関係:

$$d = \frac{\Delta\phi(\omega_0)}{\omega_0} \quad \left( \text{ただし, } \frac{-\pi}{\omega_0} \leq d \leq \frac{\pi}{\omega_0} \right) \quad \omega_0: \text{フィルタ周波数}$$

位相差から2点間の距離が直接計算可能。

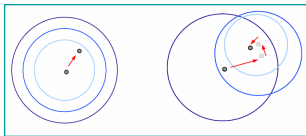
#### ・複数フィルタの出力の統合

画像上での位置ずれを求めるには、複数の位相情報が必要。  
2点間で計算される位置ずれ  $d$  の2次式である評価関数  $J(d)$  を定義し、その値を最小化する  $d$  を2点間の距離として求める(Wiskott et al. 1999)。



#### ・段階的な対応付け

フィルタを中心周波数ごとにいくつかの組に分類。  
分類したフィルタによって、段階的に距離をもとめる。



段階的な対応付けの概念図。  
段階的に補正することにより、  
位相情報をより有効に利用可能。

### 3. 陰影変化に対する位相の振る舞い

特徴点近傍での陰影変化に対する位相の振る舞いを、  
一次元信号を対象として考察。

Lambertian反射モデルに従う点  $x$  の輝度  $f(x)$ :

$$f(x) = \eta(x) \hat{b}(x) \cdot l_0$$

$\eta(x)$ : 表面反射率  
 $\hat{b}(x)$ : 法線方向単位ベクトル  
 $l_0$ : 入射光ベクトル

特徴点: 輝度分布が急激に変化する点。

-テクスチャによる特徴点と、形状による特徴点に分類可能。

#### 平面上のテクスチャによる特徴点

- 陰影変化に対して定数倍に変化。

$$f'(x) = \alpha f(x)$$

振幅が定数倍に変化。

- 位相は不変。

#### 形状による特徴点(反射率は一樣)

- 陰影変化に対して領域毎に異なる変化。

$$f(x) = \begin{cases} \eta_0 |l_0| \cos(\theta_l - \theta_b) & (x \geq 0) \\ \eta_0 |l_0| \cos(\theta_l + \theta_b) & (x < 0) \end{cases}$$

- AとBの大きさが反転しない限り、光源変化の影響は定数項の付加と定数倍で表現可能。  
- 位相は不変。

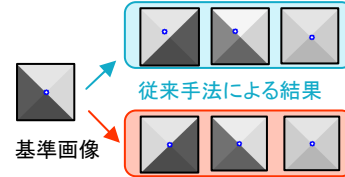


特徴点近傍での位相の安定性が期待される

### 4. 実験

画像の対応付けによって性能を評価。  
比較対象はテンプレートマッチング(直流成分は除去)。

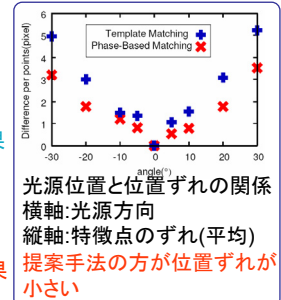
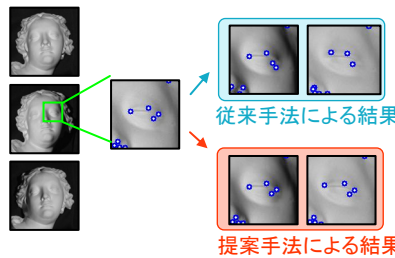
#### ・CGシミュレーション画像



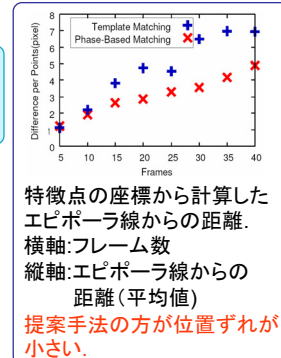
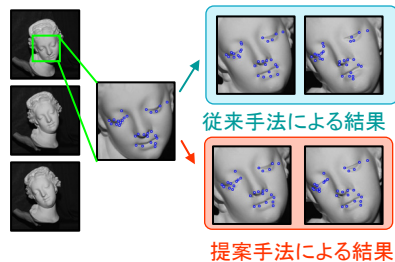
輝度分布の変化が大きい  
場面でも対応付けに成功

提案手法による結果

#### ・光源位置を変化させた実画像



#### ・対象を姿勢変化させた時系列画像



### 5. 結論

局所位相を利用した手法の、陰影変化がある状況での有効性が確認された。

#### ・今後の課題

- より多くの画像による検証。
- 2次元信号での位相の振る舞いについての解析。
- Gaborフィルタの選択, 統合手法についての更なる考察。