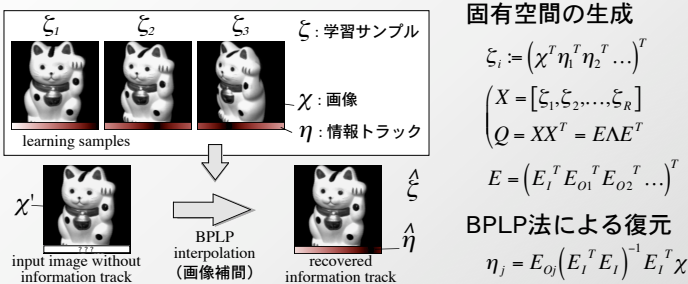


あらまし

本研究では、三次元物体の姿勢パラメータを二次元画像から高速に推定するEbC (Estimation-by-Completion)法を提案する.EbC法はパラメータ推定演算をEbC画像対に集約し、パラメータ推定を**2枚の画像との内積演算と三角関数演算のみ**で実現する。

画像補間による情報トラックの補完

固有空間法による姿勢推定を画像補間で実現できないか？



画像 χ に情報トラック η を付加して ζ を学習
情報トラックをBPLP法により復元→パラメータ推定

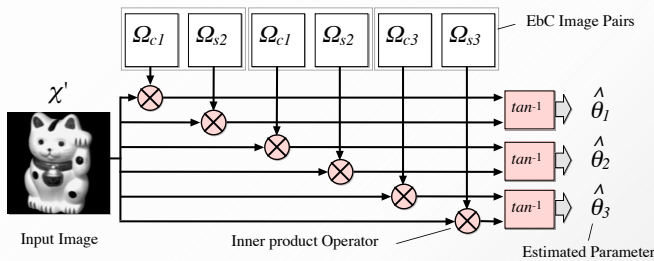
• BPLP法を用いて情報トラックを補完すると

$$c_j = \omega_c^T E_{0j} (E_1^T E_1)^{-1} E_1^T \chi = \Omega_{c,j} \cdot \chi$$

$$s_j = \omega_s^T E_{0j} (E_1^T E_1)^{-1} E_1^T \chi = \Omega_{s,j} \cdot \chi$$

EbC画像対

パラメータはEbC画像対との内積と \arctan のみで推定可能！



EbC法によるパラメータ推定

• 情報トラックの記述として正弦波位相を用いる

$$\eta_{j,i} = K \cos\left(\frac{2\pi}{w} i - \theta_j\right) + C, \quad i = 0, 1, \dots, w-1$$

→周期パラメータも記述可能

$$\text{Posture Angle } \psi \Rightarrow \theta = \psi, \quad 0 \leq \theta < 2\pi$$

$$\text{Displacement } \Delta x \Rightarrow \theta = \frac{\pi}{2d} \Delta x, \quad -d \leq \Delta x \leq d, \quad -\frac{\pi}{2} \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}$$

→位相推定が簡単

$$c_j = \sum_{i=0}^{w-1} \cos\left(\frac{2\pi}{w} i\right) \eta_{j,i} = \omega_c^T \eta_j, \quad s_j = \sum_{i=0}^{w-1} \sin\left(\frac{2\pi}{w} i\right) \eta_{j,i} = \omega_s^T \eta_j$$

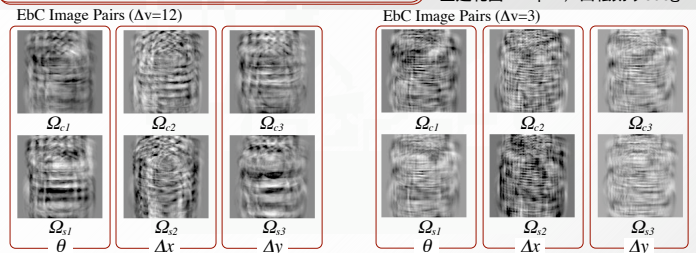
$$\Rightarrow \theta_j = \tan^{-1}(s_j/c_j)$$

EbC画像対の生成

• Coil-20を並進移動して回転・縦横移動の学習サンプルを生成
• 3パラメータの情報トラックを付加してEbC画像対を生成

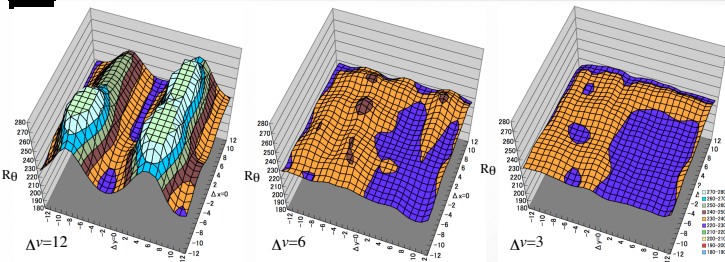
並進刻み ΔV [pix.]	学習サン プル数	固有空間 の次元	Comp. time
12	648	146	1min. 7sec.
6	1800	280	6min. 6sec.
4	3528	361	27min. 1sec.
3	5832	403	93min.

並進範囲±12pix., 回転刻み5deg.

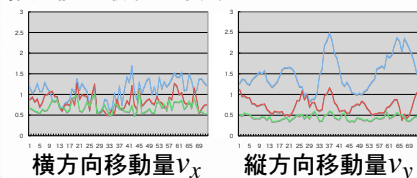


パラメータ推定結果

Exp. input $\Delta x, \Delta y = \{-12, -11, \dots, 12\}$
Set Angle = 230deg.



推定値の最小二乗残差



平均推定精度

ΔV [pix.]	$R\theta$ [deg.]	V_x [pix.]	V_y [pix.]
12	24.8	1.11	1.53
6	7.76	0.833	0.724
4	5.86	0.692	0.490
3	5.31	0.696	0.450

推定時間 533[usec./input]
($R\theta, V_x, V_y$: 3.0GHz CPU)

考察

補間能力について

$$\hat{\chi} = E_1 \alpha$$

$$\alpha = (E_1^T E_1)^{-1} E_1^T \chi$$

$$\hat{\eta}_j = E_{0j} \alpha$$

画像部分を復元する係数を α とする。

係数 α は最良近似として表される。

画像ベクトル χ が多次元空間中の一断面で
情報トラック η と同じ構造を持てば補間可能。

パラメータ推定が可能となる条件

$$\chi \approx \frac{|\theta_2 - \theta_1| \chi_1 + |\theta_1 - \theta_3| \chi_2}{|\theta_2 - \theta_1| + |\theta_1 - \theta_3|}$$

情報トラック η は多次元空間中の断面で円や楕円を描く。
入力パラメータに応じて偏角 θ に投影できれば推定可能。
厳しい条件: サンプルが密であり画像で左式が成立する。

まとめ

- EbC法を提案(EbC法=アピアランススペース+情報トラック+BPLP法)
- 高速位置姿勢推定(533 μ sec:EbC画像対との内積と \tan^{-1} 計算のみ)