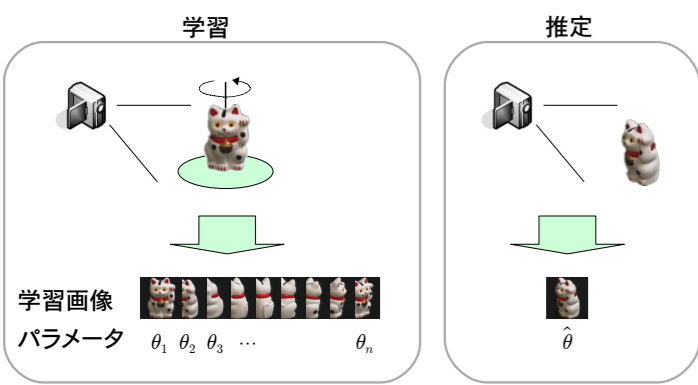


1. 見えに基づく認識問題: 姿勢推定

■ 物体の見えに基づく姿勢推定とは

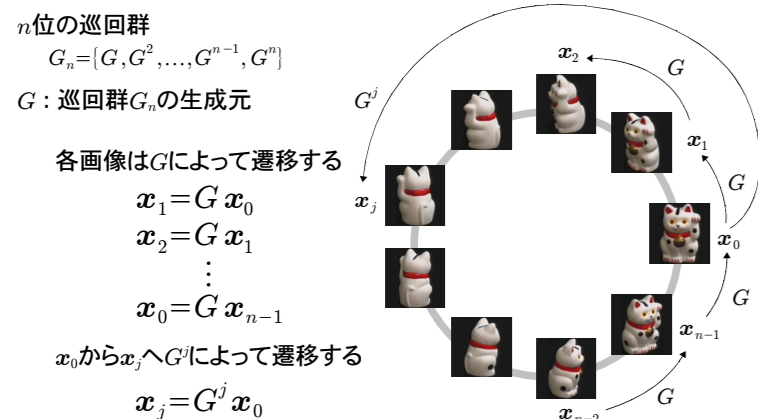


■ 従来手法

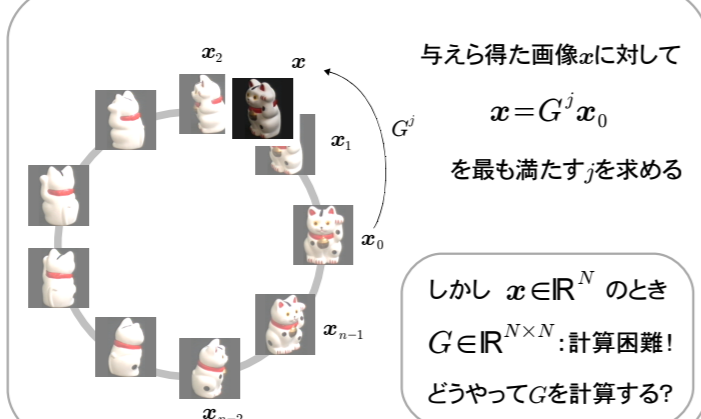
- 線形手法: CCA, PCR, PLSR, 線形重回帰, EbC
非線形手法: kernel CCA, kernel PLSR, Support Vector 回帰, kernel Ridge 回帰
Misc.: パラメトリック固有空間法, View Bubble

2. アイデア

■ 画像系列に巡回群Gnが働くと考え



■ 巡回群の元を推定する



3. 定式化

■ 巡回群の行列表現

Equations for the matrix representation of the cyclic group: [x1 x2 ... xn-1 x0] = G [x0 x1 ... xn-2 xn-1] and X1 = G X0

■ 列置換行列

Equation for the column permutation matrix: X1 = X0 M

■ 最小ノルム型一般化逆行列による解

Equation for the generalized inverse: G = X1 X0+

■ 列置換行列の対角化

Equation for diagonalization: M = W^T D W

■ 巡回群行列の分解

Equation for decomposition: G = X1 X0+ = X0 M X0+ = X0 W^T D W X0+ = U2 D U1

■ 巡回群行列の冪

Equation for powers: G^j = U2 D^j U1

4. 複素対角化 (IS3-11)

■ Mの複素対角化

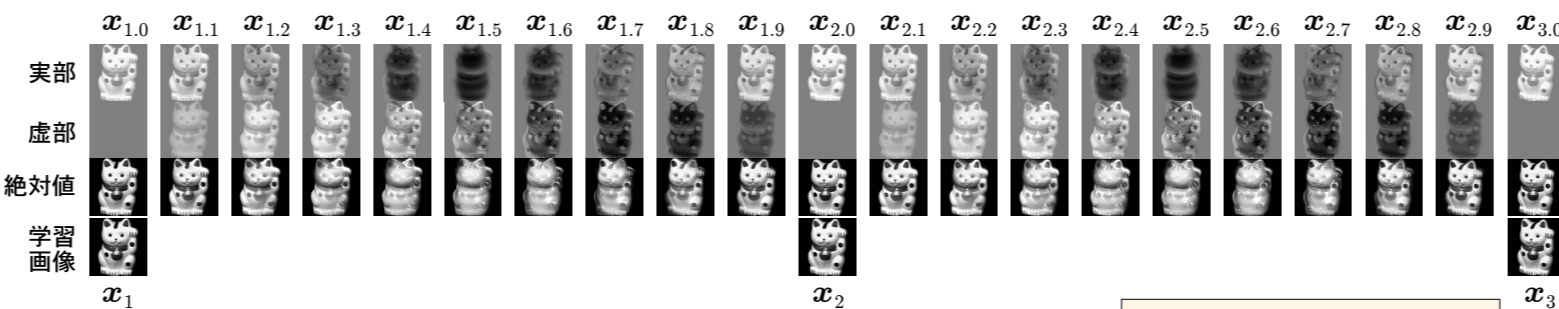
Equation for complex diagonalization: M = W^H D W = W^H W

Mの固有値はn個の異なる1の原始n乗根

■ 対角行列の冪

Equation for powers of diagonal matrix: D^j = [e^{2\pi i j/n}, e^{2\pi i j \cdot 2/n}, ..., e^{2\pi i j \cdot (n-1)/n}]

■ 中間画像の生成(応用) x\_{1+0.1j} = G^{j/10} x\_1 = U2 D^{j/10} U1 x\_1



■ 原因 共役複素固有値を考慮していない

5. 実ブロック対角化 (IS3-10,06)

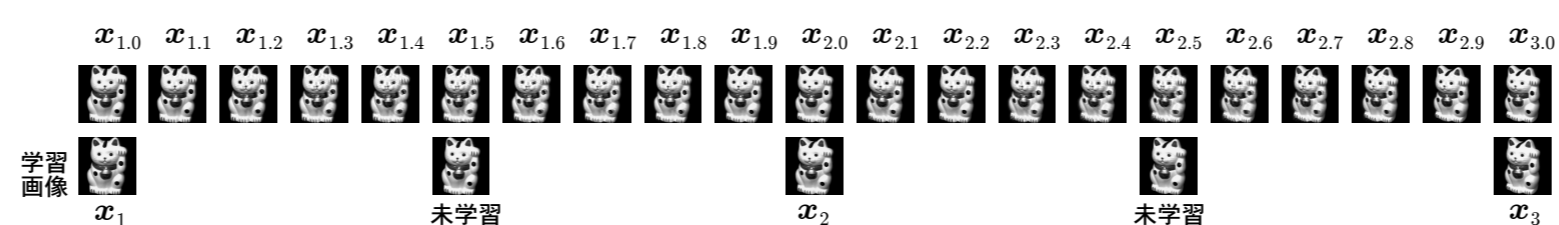
■ Mのブロック対角化

Equation for block diagonalization: M = W^T D W = W^T W

■ ブロック対角行列の冪

Equation for powers of block diagonal matrix: D^j = [A1^j, A2^j, ...]

■ 中間画像の生成(応用) x\_{1+0.1j} = G^{j/10} x\_1 = U2 D^{j/10} U1 x\_1



■ 固有空間への投影

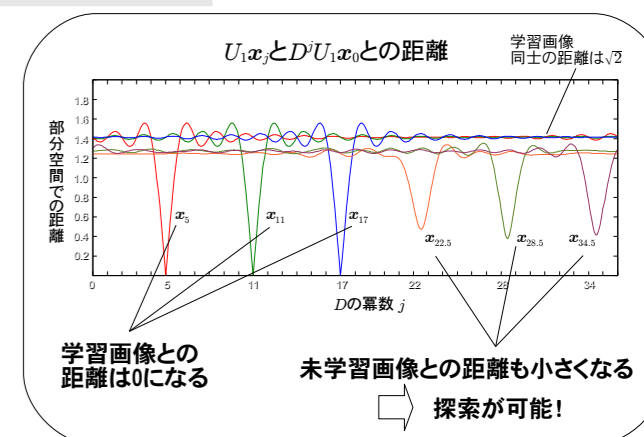


6. 部分空間における距離を用いた姿勢推定

■ U1によるn次元部分空間への投影

Equation for projection and distance minimization: x\_j = G^j x\_0 = U2 D^j U1 x\_0, U1 x\_j = D^j U1 x\_0, min\_j |U1 x - D^j U1 x\_0|^2

■ 問題点 全探索に近いn次元に投影する計算コストが高い



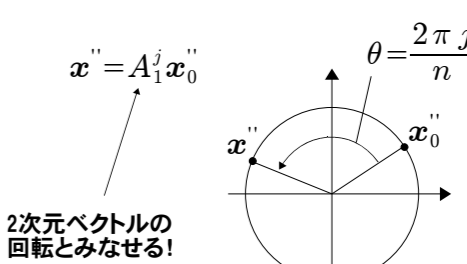
7. 部分空間における角度を用いた姿勢推定

n次元部分空間すべてが必要か?

■ ブロックA1に注目

Equation for block A1: A1^j = [cos(2\pi j/n), sin(2\pi j/n); -sin(2\pi j/n), cos(2\pi j/n)]

■ この2次元部分空間をみると...



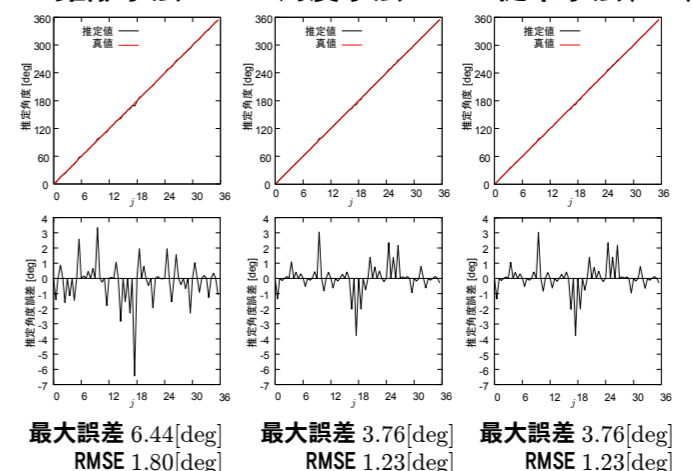
■ 実際の計算は?

Equations for cosine and sine of the angle: cos theta = (u^T x)^T (u^T x\_0) / (|u^T x| |u^T x\_0|), sin theta = (u^T x)^T [0 1] (u^T x\_0) / (|u^T x| |u^T x\_0|)

8. 姿勢推定結果

COIL-20の物体4の画像36枚を学習 残り36枚の姿勢を推定

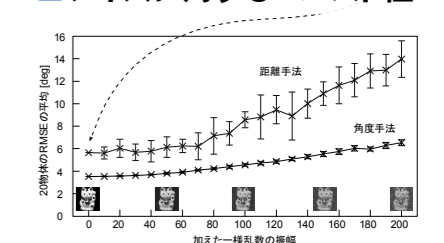
■ 距離手法 ■ 角度手法 ■ 従来手法(EbC)



■ 20物体の姿勢推定結果(RMSE)

Table with 20 columns (object numbers) and 3 rows (distance, angle, EbC methods) showing RMSE values.

■ ノイズに対するロバスト性



9. 今後の予定

■ 3軸回転への拡張

2007年9月 PRMU/CVIM で発表予定 「見えに基づく姿勢推定のための複素部分空間と四元数部分空間の構築について」