

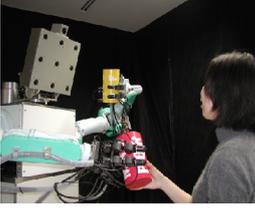
# 人間の教示動作の視覚処理に基づく物体機能の抽出

佐藤啓宏<sup>†</sup> 小川原光一<sup>‡</sup> 田貫富和<sup>\*</sup> 木村浩<sup>†</sup> 池内克史<sup>†</sup>

<sup>†</sup> 電気通信大学大学院 情報システム運用学専攻  
<sup>\*</sup> 小松製作所  
<sup>‡</sup> 東京大学 生産技術研究所

## 背景 ~ 人とロボットの協調作業 ~

視覚による動作理解に基づく人とロボットの協調作業



パーツやツール上に設定された機能(触、穴、ネジ)へのハンドの操作を自動抽出(1996木村)

タスクモデルを自動生成し、作業モデルと補助動作計画に基づいて、人の動作に対してロボットの協調動作を生成(1998堀内)

## 本研究の目的

1. パーツやツール上の機能 (= 座標と操作) の抽出
2. タスクモデルの枠組みの拡張

## 3次元認識

- ・見え方モデルと微小テンプレートクラスタリング(1996)
- ・カラー・トラッキングビジョンシステム(CTRV)を用いた3次元処理の基礎実験(1997)
- ・固有空間法による手形状認識(1998)

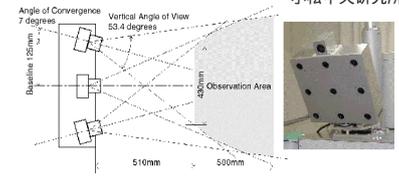
## 3次元トラッキングシステムの開発

## TOPICS

3次元テンプレートマッチング MarkDWheeler(1995)

M推定法を利用したCP(Iterative closest point)法による物体認識アルゴリズム

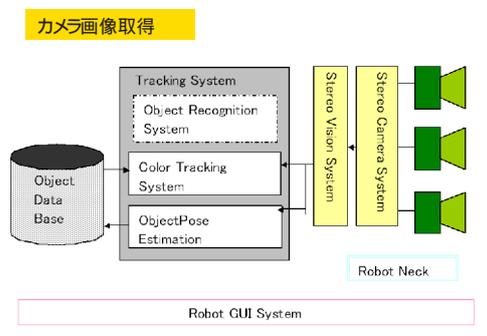
リアルタイム9眼ステレオビジョンシステム 小松中央研究所(1999)



ハードウェアにより毎秒3枚の距離画像を出力可能

## 機能部レベルのタスクモデルの提案

## システム構成と処理の流れ

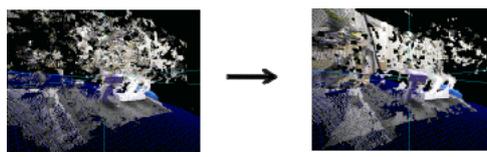


## 問題点と解決

問題点  
 ステレオ計測のブロックマッチングの影響による距離画像の物体輪郭が膨張  
 計測領域範囲外の誤対応

## 膨張確度係数による補正

SSAD2-SSAD1 < Thresho 比の画像を無効化



## 色ヒストグラムによる物体領域の切り抜き

- ①モデルと入力画像のヒストグラムを求める
- ②ヒストグラムの比を求める
- ③入力画像をRに置き換える

Pixel

モデルヒストグラム

入力画像ヒストグラム

$$R_i = \min\left(\frac{M_i}{I_i}, 1\right)$$

R: ヒストグラムの比  
 M: モデルヒストグラム  
 I: 入力画像ヒストグラム

モデルに近い色ほど白くなる

## 実験結果

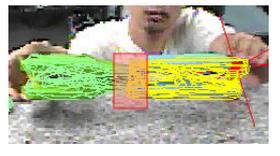
2つのおもちゃのブロックをドライバーを使い組み付ける作業を観察



Flare0, Flare70, Flare152, Flare229, Flare260, Flare304, Flare333, Flare407, Flare477, Flare512, Flare730, Flare784

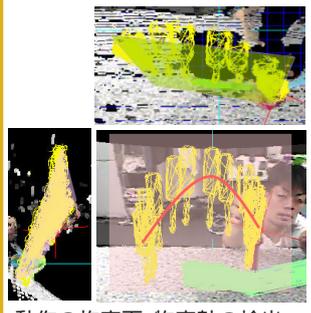
## 物体機能の抽出

接触状態の解析



物体の接触位置の特定  
 Octreeを使った高速かつラフな衝突判定  
 精密な物体幾何モデルによる面接触解析

動作要素の切り分け



動作の拘束面/拘束軸の検出

視覚処理の誤差補正  
 拡張カルマンフィルタにより補正

曲率・掠率の計算

$$\kappa^2 = \frac{|\dot{r}^2 \ddot{r}^2 - (\dot{r} \cdot \ddot{r})^2}{|\dot{r}^6}, \tau = \frac{(\dot{r} \cdot \ddot{r})}{\kappa^2 |\dot{r}^6} = \frac{(\dot{r} \cdot \ddot{r})}{|\dot{r}^2 \ddot{r}^2 - (\dot{r} \cdot \ddot{r})^2}$$

曲率 掠率

曲率・掠率の評価

軌道が直線 全ての点で曲率 = 0  
 軌道が円弧 全ての点で曲率化 = 一定  
 軌道が平面曲線 全ての点で掠率 = 0

## まとめ

- ・リアルタイム9眼ステレオビジョン
- ・3次元テンプレートマッチング

を利用して、高速・高精度な自由曲面物体の3次元トラッキングを実現した。

低レベルの視覚情報からボトムアップにシンボリックな表現で物体機能を記述する方法の一例を示した。

### 発展

物体機能表現の拡張  
 機能部レベルのタスクモデルのロボットへの実装