

アマゾン・ロボティクス・チャレンジ 取組報告

～ ロボットビジョン技術の課題と展望 ～

中京大学 工学部 機械システム工学科
橋本 学

mana@isl.sist.chukyo-u.ac.jp

http://isl.sist.chukyo-u.ac.jp/

本日の話題

1. ロボットビジョン技術の概要
2. Amazonチャレンジの課題・技術・結果
 - 第1回 シアトル大会
 - 第2回 ライプツィヒ大会
 - 第3回 名古屋大会

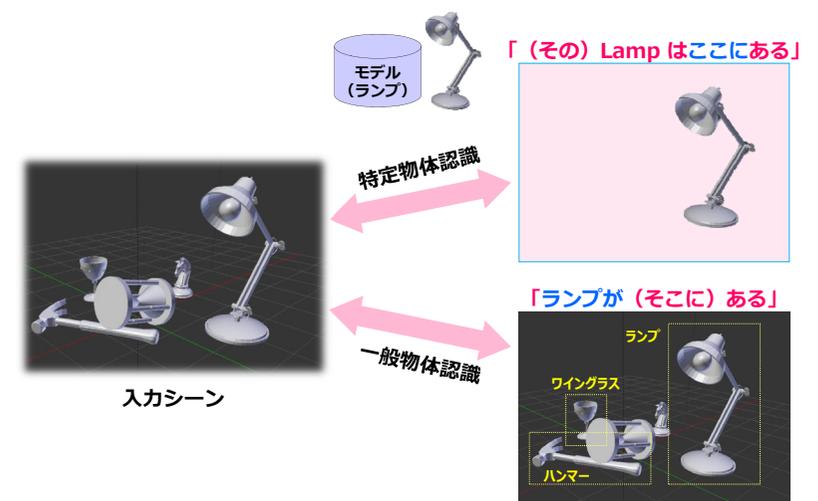
補足 ロボットビジョンの新展開

～物体認識から機能認識へ～

ロボットビジョンの主な利用分野



特定物体認識 と 一般物体認識

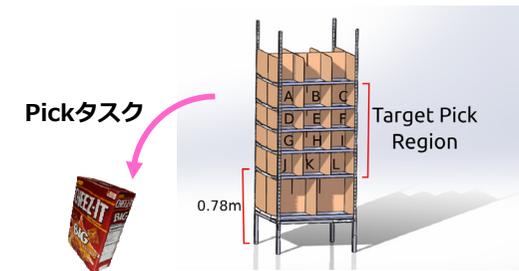


第1回 Amazon Picking Challenge

Seattle, USA
2015年5月

APC2015 ルール概要

- 目標
 - 配送センターを想定した自動ピッキング装置の開発
- 1m×1mの範囲の計12ビンからピッキング



- 時間内にどれだけアイテムをピッキングできたかを競う
 - 商品の誤選択, 落下による破損は減点

ビンの構成と得点

- Single-item Bins:(10points)
 - 最低でも2つのビンに1種類のアイテム
- Double-item Bins:(15points)
 - 最低でも2つのビンに2種類のアイテム
- Multi-item Bins:(20points)
 - 最低でも2つのビンに3種類以上のアイテム



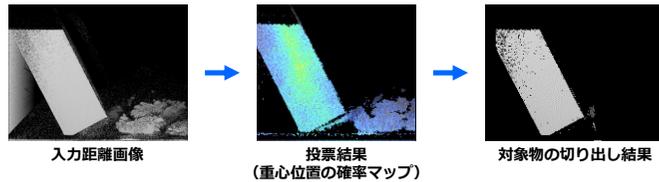
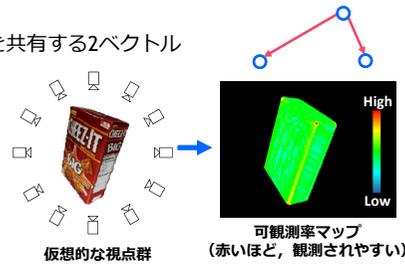
ピッキング対象

- 全25アイテム (アイテムの種類によって加点あり)



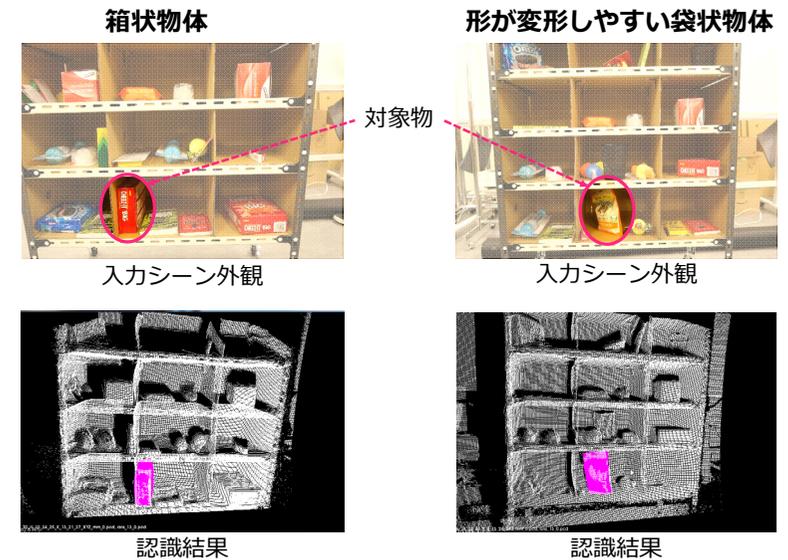
VPMアルゴリズム

- 特徴量 (ベクトルペア)
 - 3点の3次元点で構成された, 視点を共有する2ベクトル
- ベクトルペア選択
 - 物体モデルのまわりに設置した仮想的な視点群から, 安定的に観測可能 (高可観測率) なベクトルペアのみを照合に利用
- マッチング
 - 投票型マッチングによって, 物体の重心位置を推定



[1]秋月秀一, 橋本学, 特徴的3-Dベクトルペアを用いたばら積み部品の高速位置姿勢認識, 電気学会論文誌C, Vol.133, No.9, pp.1853-1854, 2013.
 [2]Shuichi Akizuki, Manabu Hashimoto, Position and Pose Recognition of Randomly Stacked Objects using Highly Observable 3D Vector Pairs, Proceedings of the 40th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON), pp.5266-5271, Dallas, U.S.A., 2014/10/30.

VPMアルゴリズム 認識結果例



APC2015 : 28 Finalists



第2回 Amazon Picking Challenge

Leipzig, Germany
2016年6月

APC2015と比べて難しくなった課題

1. タスクの増大
Pickタスクのみ → **Pickタスク+Stowタスク**
2. アイテム（対象物）の個数が増大
24種 → **39種**
3. アイテムのバリエーションが劇的に増大
→ **センシング**（ペットボトル飲料水、黒い布、金属の灰皿……）
→ **認識**（スポンジボール、メッシュ素材のペン立て……）
→ **把持**（Tシャツ、2kgのダンベル、薄い封筒……）
4. 置かれ方の複雑化
最大3個 → **無制限**
5. 制限時間の短縮
20分 → **15分**

APC2016における対象アイテム（39種類）



APC2016における対象アイテム（39種類）



- 形状や重量、表面の硬さが異なる多様なアイテム
- 認識や把持が困難なアイテムには加点あり

配点

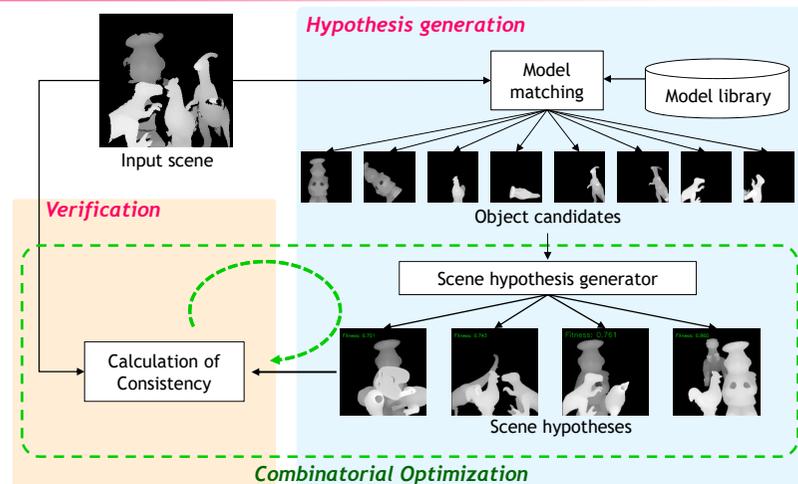
Picking または Stowing した Bin の中 of アイテム数により得点を決定

アイテム数 1~2 個の Bin	+10 point
アイテム数 3~4 個の Bin	+15 point
アイテム数 5 個以上の Bin	+20 point

ペナルティ

誤った JSON ファイルの記述 ^[1] (アイテムの誤認識)	-10 point
30cm 以上の高さから落下	-5 point
アイテムまたは shelf を傷つける	- 5 point
アイテムまたは shelf を破損	-20 point
0.5cm 以上 shelf からはみ出す	- 5 point
アイテムが床に落下	-10 point

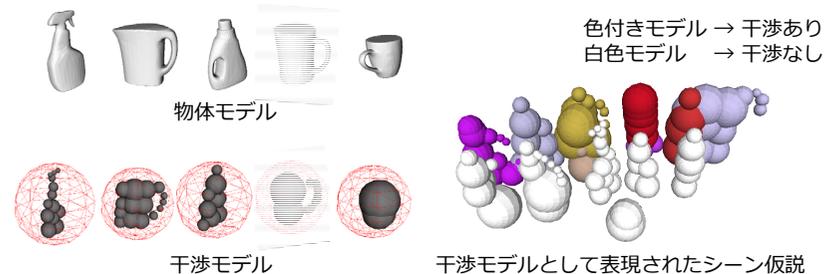
複数物体の同時位置姿勢認識 (中京大学)



- シーン全体 (大局的) の整合性を計算するため, 誤認識が発生しにくい
- × 過検出が発生しやすい.

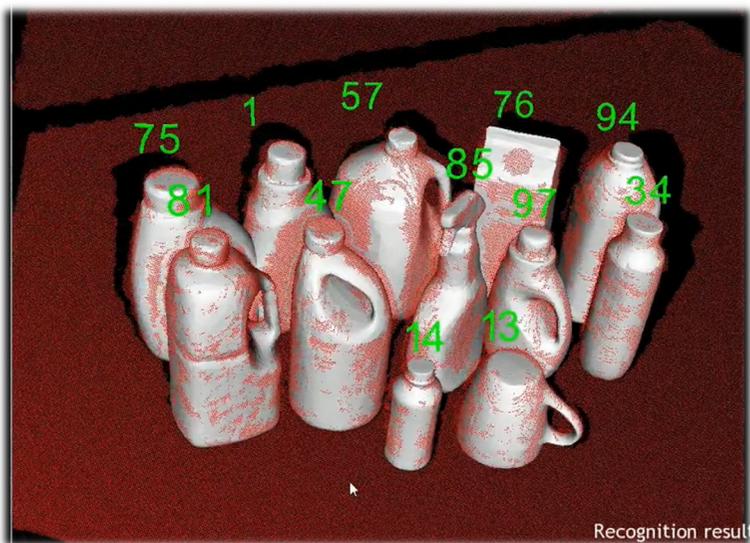
複数物体の同時位置姿勢認識 (中京大学)

- 高速な干渉判定が可能なモデルを提案
 - 物体の外形を単純な形状によって近似表現
 - 球体が最も単純な基本形状 → 高速な干渉判定が可能
 - 外接球 (赤) と内接球群 (グレー) の 2 段構成
 - 外接球の干渉判定によって, 干渉の疎精探索が可能



Shuichi Akizuki, Manabu Hashimoto, Multiple 3D Object Recognition using RGB-D Data and Physical Consistency for Automated Warehousing Robots, In Proceedings of the 11th Joint Conference on Computer Vision, Imaging and Computer Graphics Theory and Applications (VISAPP), pp. 605-609, Rome, Italy, 2016.

複数物体の同時位置姿勢認識 (中京大学)



APC2016 : 16 Finalists



Amazon Picking Challenge 2016

Pick task 認識率 : **92.5%** (= 50/54)

第3回

Amazon Robotics Challenge

Nagoya, Japan
2017年7月

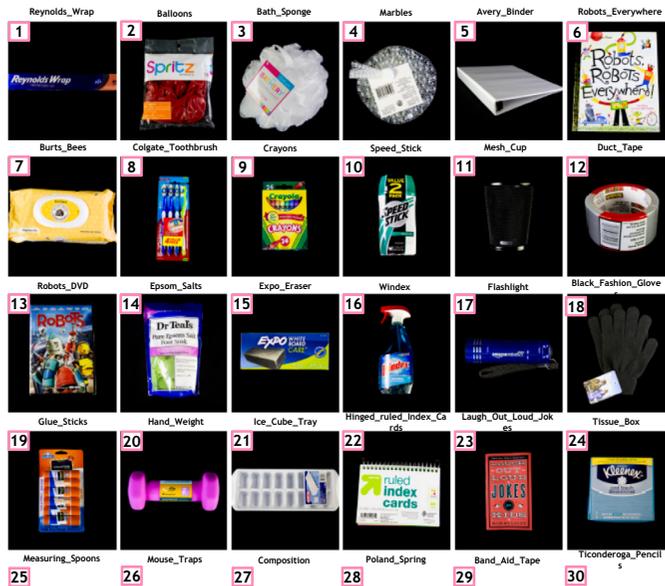
ARC2017 新ルール…… システムとストレージ

ARC2017 新ルール…… アイテム (商品)

- ロボット
吸引ハンドなどのノイズ源は、周りの作業者が効率的に作業できるように静かにすること
- Storage
構造は自由に設計してよいが、以下の条件を満たすこと
 - 各ビンには、1~3 個のアイテムが区別可能に設置できること
 - 2~10 のビンがあること
 - **Storage の体積の合計は、95,000cm³ 未満であること**
 - 床面積の合計は、5,000 cm² 未満であること
 - 縦・横・高さは、125cm 以内であること
 - モーター・アクチュエータは使用不可
 - トータル価格 \$ 50 以下の安価なセンサを仕込むことが可能
 - すべての競技タスクで同じストレージを使用すること

- 事前配布 (既知) アイテム + 当日配布 (未知) アイテム
 - 既知アイテム : 40 個
 - 未知アイテム : 約 100 個 (推定)
- アイテム
 - 未知アイテムは競技開始 45 分前に配布される。
 - ストレージには自分で詰めてよい (ただし、順序はAmazonが決める)

アイテムリスト (事前配布)



アイテムリスト (事前配布)



アイテムリスト (認識・把持が難しい事例)



特徴 (テクスチャ) が少ない



3D センサで撮影できない



認識が難しい
アイテム



小さい, 3D センサで撮影できない



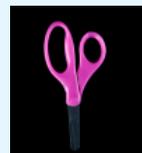
吸着が困難, 3D センサで撮影できない



把持が難しい
アイテム



吸着が困難



小さい

アイテムリスト (当日配布物の例)



白い手袋
非剛体のため
多様な見え方が生じる



子供用ストロー
全体的に細く
吸着が困難



ケーキ皿
金属のためサチリやすく
3D センサでも撮影が困難



ラチェット式荷締めベルト
重く、隙間も多いため
吸着が困難



水槽用砂利
中身が動くため多様な見え方が生じる

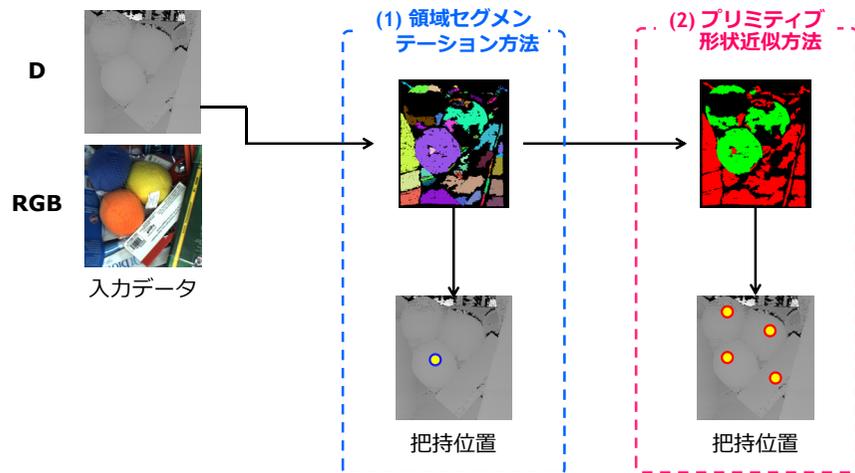


プラスチック製グラス
3D データ取得が困難

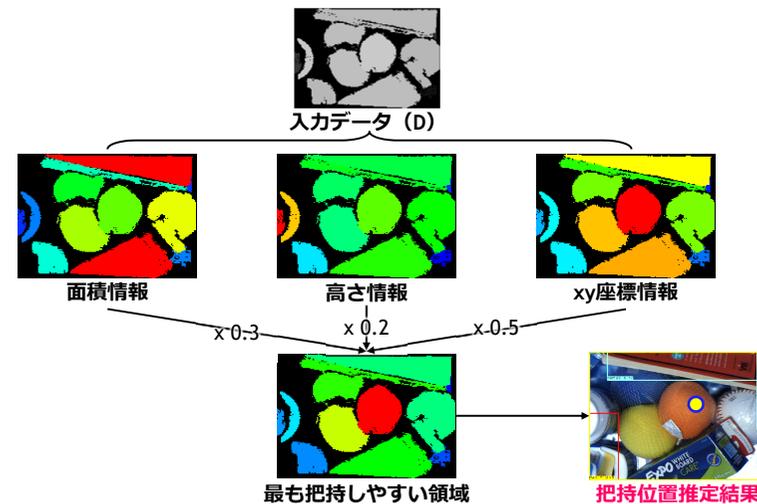


ブラシ
隙間が多く吸着が困難

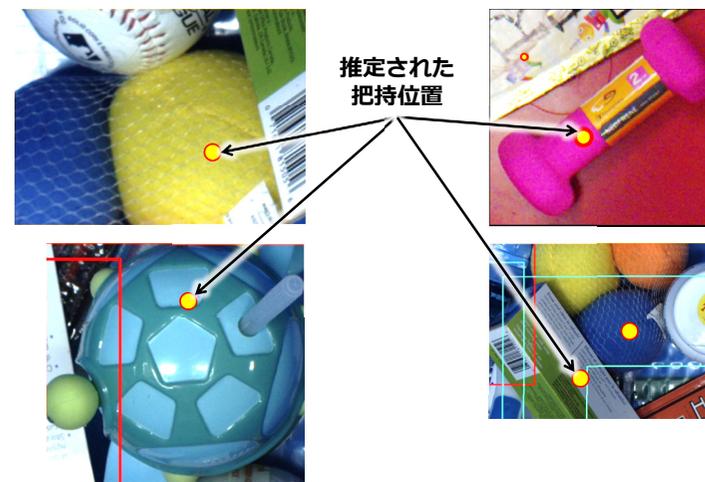
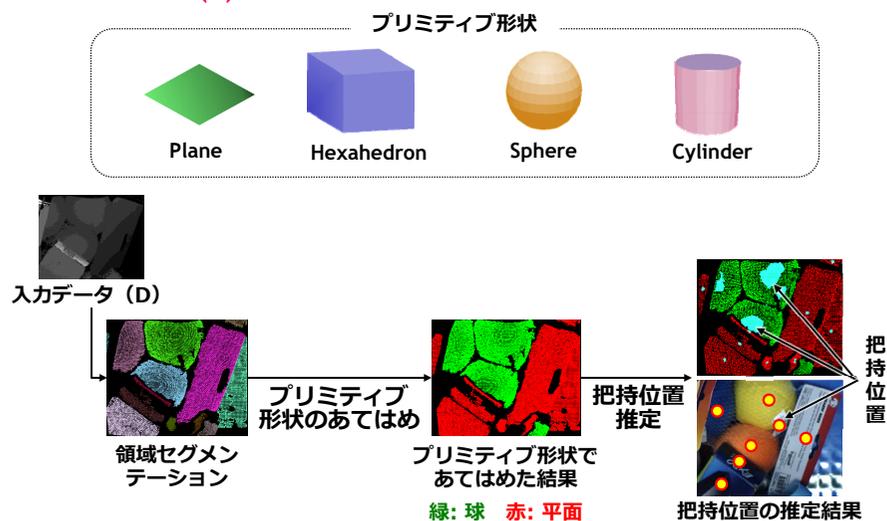
アルゴリズムの概要



(1) 領域セグメンテーションに基づく手法



(2) プリミティブ形状近似に基づく手法



ARC2017 : 16 Finalists

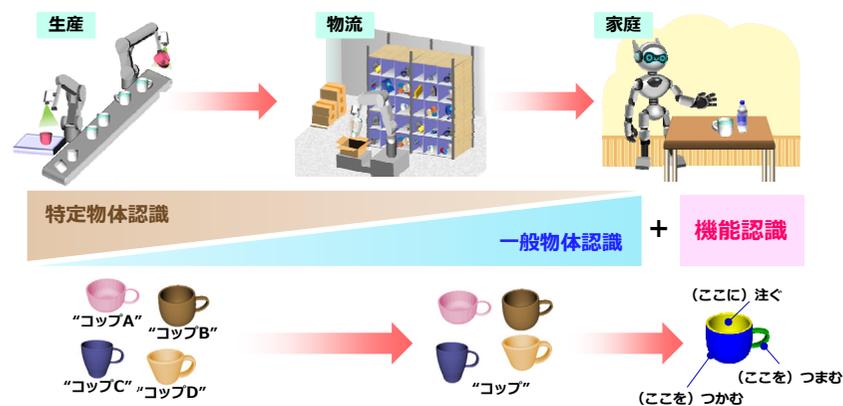


結果

- Stowタスク種目で世界第3位 (Pickタスク種目は振るわず)
(すべての種目において, 3位以内の日本勢は当チームのみ)



生活支援ロボットに必要な機能認識



1. 特定物体認識 から 一般物体認識 へ
2. 物体認識 から 機能認識 へ

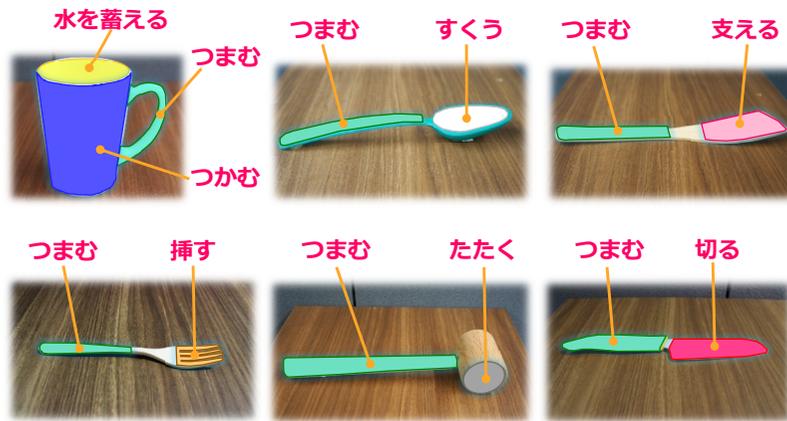
一般物体認識の現状と課題

ディープラーニングによる物体認識結果



- 対象物の名前がわかっただけでは, ロボットは動けない.
- 作用箇所や動作方向などの情報を知ることが不可欠 (しかもモデル無しで)
● 対象物が持っている機能属性

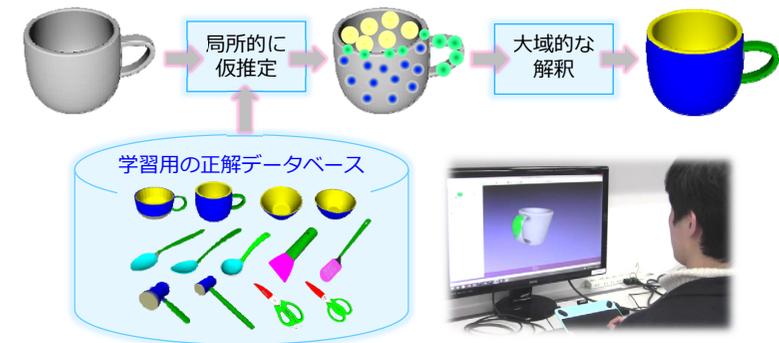
日用品が“形”として持っている機能属性の例



機械学習を用いた機能属性の自動推定

Step1: 局所的な凹凸から、その点を持つ機能属性を仮推定

Step2: さらに大域的な解釈により、パーツごとの機能属性を決定



【主な発表論文】秋月秀一, 飯塚正樹, 橋本学, “3D局所特徴量の統合に基づく物体の機能属性推定手法の提案”, ビジョン技術の実利用ワークショップ (VIEW2016), pp.282-285 (2016)

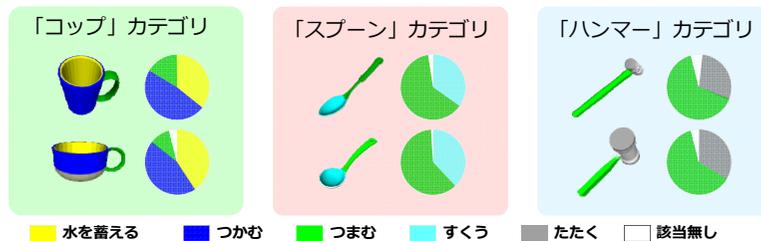
機能属性推定に基づく一般物体認識 (カテゴリ名の認識)

多くの日用品は……

- 1) なんらかの使用目的がある。
- 2) その目的のための機能がある。
- 3) その機能は、形状などに作り込まれていることが多い。

例: コップ		
目的	飲み物を入れて運ぶ	
機能	蓄える	把持される
形状	くぼみ	取っ手

さまざまな機能属性の含有比率を利用してカテゴリ名を推定



【主な発表論文】秋月秀一, 飯塚正樹, 橋本学, “アフォーダンス”に着目した一般物体認識のための特徴量, 第21回知能メカトロニクスワークショップ, pp.94-96 (2016)
【受賞】第21回知能メカトロニクスワークショップ優秀講演賞

まとめ

1. ロボットビジョン技術の概要
2. Amazonチャレンジの課題・技術・結果
 - 第1回 シアトル大会
 - 第2回 ライプツィヒ大会
 - 第3回 名古屋大会

補足 ロボットビジョンの新展開

～物体認識から機能認識へ～

Thank you for your attention!