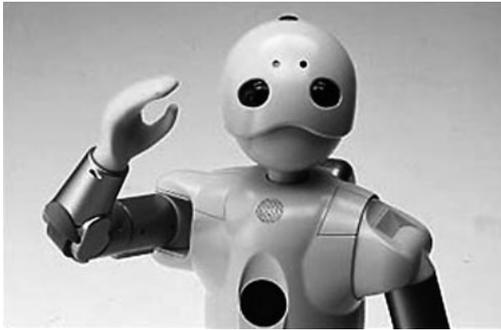


# ホームユースロボットwakamaruの 環境認識技術

## Computer Vision Technologies for Home-use Robot "wakamaru"



塘中 哲也\*1  
Tetsuya Tomonaka

古結 義浩\*2  
Yoshihiro Koketsu

日浦 亮太\*3  
Ryohta Hiura

杉本 喜一\*4  
Kiichi Sugimoto

大西 献\*5  
Ken Ohnishi

### 1. はじめに

我々は“人と暮らすロボット”を目指してホームユースロボットwakamaruを開発している<sup>(1)</sup>。コンセプトは、一日の生活リズムをもち、人に話しかけ、家族と一緒に生活するロボットであり、家庭生活に役に立つロボットを目指している。

wakamaruは、図1に示すような種々のセンサを利用して、人を見つけて自分から話しかけ、留守番や見守りを行う。また、バッテリー残量が少なくなると充電ステーションに移動し自動充電を行うことで、24時間自律して行動することが可能である。

このような家庭向けロボットは、産業用ロボットと異なり周囲の環境条件をロボット用に整えることができない。よって様々な家庭環境や照明変動などの外乱のある環境下でも、周囲環境を正しく把握する環境認識を実現し安全・安心な行動を保证する必要がある。

そこで、我々は額部にある人識別用カメラや頭頂部の全方位カメラなど、様々なセンサデータを組み合わせることにより、安定した自己位置の推定や人物検出を実現した。その概要を紹介する。

### 2. 家庭環境における画像認識術

家庭環境において、カメラで得られる画像は日照条

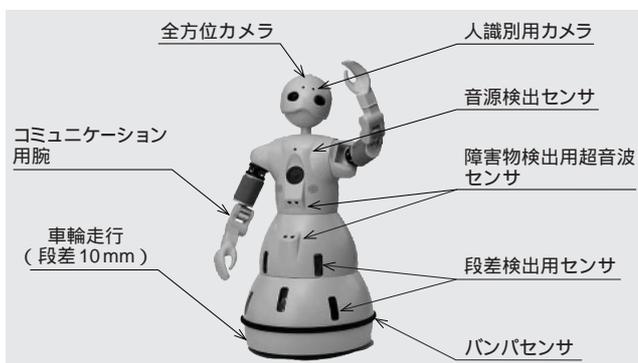


図1 ホームユースロボットwakamaruの構成

件や照明変動や、その場にいる人などの影響を受けて見え方が大きく変化する。広い開口部を有するリビングルームでは太陽光が強くなるため、季節や天候、時間によって変化が大きい。カーテンの揺れや開け閉め、照明のON/OFFなど、様々な外乱要因が存在する。

#### (1) 自己位置標定

ロボットが家庭内で自律して移動するためには、家庭内における自己位置と姿勢（進行方向）を求める必要がある。オドメトリ（車輪の回転角から走行距離や旋回角度を求める）による自己位置推定は、車輪の滑りによる誤差が累積する課題がある。特にカーペットなどは滑りやすく、誤差が大きくなる。

このため、全方位カメラで得られる周囲の壁や天井等の見え方の情報を事前に登録し、移動時にその情報を参照しながら自己位置を補正している。

日照・照明変動で見え方が大きく異なったり、周囲にいる人で壁や天井が遮蔽されても正しく位置推定を行う技術が必要である。

#### (2) 人物検知・識別

wakamaruは、全方位カメラで移動体を検知して移動、人識別用カメラで顔を見つけて近寄り、顔認識する、の一連の動作によって個人を特定しその人に応じた話題で話しかけすることを狙っている。

従来の移動体検知技術では、揺れるカーテンを誤検出したり、また顔検出技術では肌色に似たランプや小物を誤検出する可能性があった。よって、個別の技術の信頼性を増すと同時に、一連の処理を組み合わせることにより正しく人物検知・識別を行う必要がある。

### 3. 確率モデルを用いた状態推定

産業ロボットのように設置環境を整えられない家庭向けのロボットでは、複数のセンサデータや画像処理結果を個別に扱うのではなく、それらを融合して信頼度を向上させる必要がある。そのためにwakamaruでは、

\*1 技術本部先進技術研究センター情報・電子グループ主席

\*2 技術本部先進技術研究センター情報・電子グループ

\*3 神戸造船所新製品・宇宙部ロボットグループ

\*4 技術本部高砂研究所電子技術研究室

\*5 神戸造船所新製品・宇宙部ロボットグループ主席

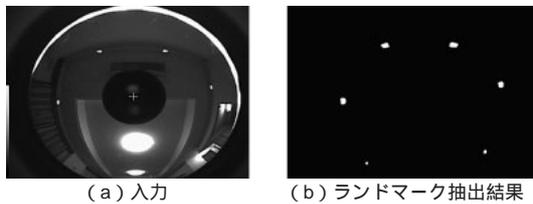


図2 全方位カメラによるランドマーク抽出例

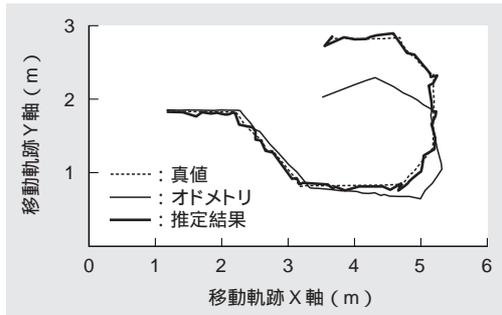


図3 自己位置標定結果例

状態推定を確率モデルを用いて逐次推定するパーティクルフィルタ<sup>(2)</sup>手法を適用して、複数の処理結果を融合した環境認識の高信頼度化を図っている。

状態推定では、時刻 $t$ における人やロボットの三次元位置姿勢を状態ベクトル $X_t$ 、画像処理結果を観測ベクトル $Z_t$ 、その履歴を $Z_t = \{Z_1, Z_2, \dots, Z_t\}$ として、状態ベクトル $X_t$ の確率密度関数 $p(X_t | Z_t)$ を推定する問題として定式化する。パーティクルフィルタは、この確率密度を $N$ 個の重みつきサンプルセットで表し、予測と観測の2つの処理ステップでサンプルセットを更新しながら逐次推定を行う。wakamaruはこの推定処理をリアルタイムで実行することで、次に示すような高信頼性を獲得できるようになった。

#### 4. 自己位置標定の高信頼度化

自己位置標定ではロボットの位置姿勢を状態ベクトルとしてパーティクルフィルタで推定している。予測ステップでは、オドメトリをつかって各サンプルの位置を予測する。観測ステップでは、図2の全方位カメラから得られるランドマークの検出結果を観測ベクトルとして、ランドマーク位置の確率密度から各サンプルの尤度を求めて重みを更新する。図3は自己位置標定結果の例である。オドメトリの累積誤差を補正してほぼ真値に近い自己位置が得られている。

#### 5. 人物検知の高信頼度化

人物検知では人の頭部の三次元位置を状態ベクトルとしてパーティクルフィルタで逐次推定している。予測ステップでは人の運動モデルによって位置を予測している。観測ステップでは、図4に示すような全方位



図4 wakamaruのカメラで得られる人物画像例

表1 人物検知のための画像処理の例

入力画像	画像処理
全方位カメラ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・移動領域抽出</li> <li>・トラッキング</li> </ul>
人物識別用カメラ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・移動領域抽出</li> <li>・トラッキング</li> <li>・色抽出</li> <li>・顔形状識別</li> </ul>

カメラと人物識別用カメラ画像を入力して、表1に示す画像処理結果を観測ベクトルとして、確率密度関数の推定を行っている。

これにより、個別の処理で誤検出や誤認識が生じても、全体として安定した顔の追跡が可能になった。

## 6. ま と め

現在開発中のwakamaruは、“人と一緒に暮らすロボット”を目指している。家庭環境では日照や照明条件、周囲の人による遮蔽などの外乱要因が多数存在するため、複数のセンサや画像処理結果を融合して、誤検出や誤認識を抑止する対策が重要である。

wakamaruは全方位カメラと人識別用カメラ画像を用いた種々の検出・識別処理結果から、確率モデルを用いた状態推定をリアルタイムで行うことにより、信頼度の高い人物検知や自己位置標定を達成している。

#### 参 考 文 献

- (1) 川内ほか, ホームユースロボット"wakamaru", 三菱重工技報 Vol.40 No.5 (2003)
- (2) M.Isard et al., Condensation-conditional density propagation for visual tracking, IJCV, Vol.29, No.1 (1998)



塘中哲也



古結義浩



日浦亮太



杉本喜一



大西献