

# スマートホーム環境における 発話者の位置・姿勢推定を用いたロボットの音声操作

16C1115 松永達人

## Voice operated robot using estimation of position and posture of speaking person in the Smart home environment

Tatsuto MATSUNAGA

In recent years, the idea of the Smart home that offers the convenience of a home by combining various devices using IoT and AI technologies has been promoted. In addition, many autonomous robots, such as robot furniture and cooking robots, are active in human living environment. By using these systems mutually, it is thought that the range of cooperative activities between autonomous robots and humans in the living environment is expanded. In this research, we propose a robot voice operation method using the position and posture estimation of the speaker in the Smart home environment.

**Key Words :** Smart home, OpenPose, ROS

### 1. 緒 言

近年, IoT や AI の技術を用いた多様なデバイスの組み合わせにより, 住居の利便性を提供するスマートホームという考えが進められている. また, ロボット家具や料理ロボットなど, 人間の生活環境内で活動する自律型ロボットが登場している. これらのシステムを相互に利用することで, 生活環境内の自律型ロボットと人間との協調活動の幅が広がると考えられる.

本研究では, スマートホームの環境を利用して, 発話者の位置・姿勢推定を用いた, ロボットの音声操作手法の提案を行う.

### 2. スマートホーム環境におけるロボット操作

**2・1 スマートホーム環境** スマートホームに利用されることの多いデバイスとして, ホームオートメーションの中で用いられるスマートスピーカーと, 見守りシステムで用いられる屋内用のカメラがある. 本研究では, これらのデバイスを利用できる環境を想定し, スマートホーム環境として扱う.

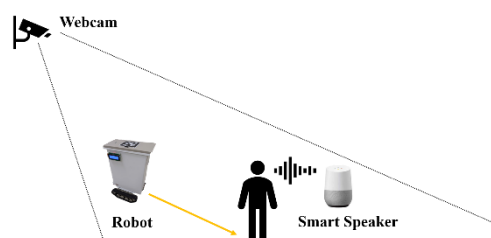


Fig.1 Smart home environment

**2・2 システム概要** スマートスピーカーから得た音声データをテキストに変換し, そのテキストによってカメラ側からロボット側に送信するデータを選択する. 各ノード間の通信にはROSを利用した.

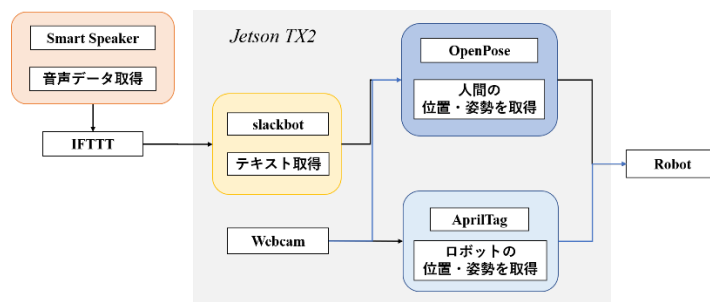


Fig.2 System overview

**2・3 スマートスピーカーと Slack の通信** IFTTT というスマートスピーカーやSNSを連携するWEB サービスを用いて, GoogleHome と Slack を通信.

**2・4 Slack とロボットの通信** slackbot という Slack で取得したテキストを送受信する python2 系のライブラリを用いて, Slack とロボットを通信.

**2・5 発話者の位置・姿勢推定** OpenPose<sup>(1)</sup> という深層学習を利用した骨格情報検出手法を用いる.

**2・6 ロボットの自己位置推定** AprilTag<sup>(2)</sup> という AR マーカーをロボットに設置し, カメラに対するロボットの位置・姿勢を推定.

### 3. 製作したゴミ箱ロボット

本研究のシステムを実装するにあたり、ゴミ箱ロボット「TrashBot」を製作した。蓋の開閉にはリンク機構を用いた。また、ゴミ箱の容量を通知するために、内部に重量センサを設置した。

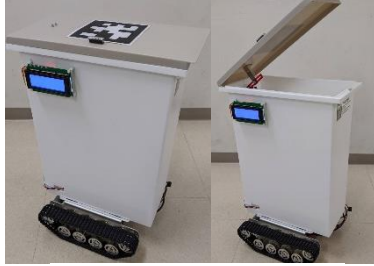


Fig.3 TrashBot

Table1 Robot size

Width	260 [mm]
Depth	365 [mm]
Height	530 [mm]
Capacity	20 [L]

### 4. 発話者の位置・姿勢推定を用いたロボット制御

OpenPose<sup>(1)</sup>を利用し取得できる人体の各部 25 箇所のことをキーポイントという。「ゴミ箱こっちに来て」という指令をロボットが受信すると、取得したキーポイントから発話者の位置・姿勢を推定し、発話者を中心とする半円領域の円弧上にロボットがアプローチする。

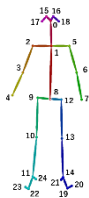


Fig.4 Keypoint

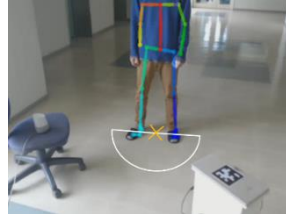


Fig.5 Approach line

#### 4・1 キーポイントの位置推定

画面上のキーポイント座標 $(x_i, y_i)$ とカメラの焦点距離 $f$ から、フィールド上のキーポイント座標 $(X_{key}, Y_{key})$ を推定。

$$X_{key} = \frac{x_i \sqrt{Y_{key}^2 + h^2}}{\sqrt{f^2 + y_i^2}} \quad (1)$$

$$Y_{key} = \frac{h}{\tan\left(\theta - \tan^{-1}\left(\frac{y_i}{f}\right)\right)} \quad (2)$$

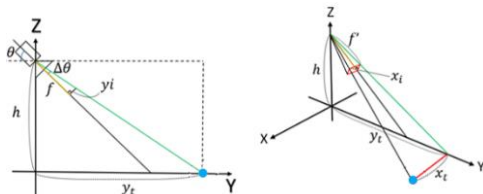


Fig.6 Position estimation of keypoint

#### 4・2 キーポイントの座標変換

カメラ座標系のキーポイント座標 $(X_{key}, Y_{key})$ とロボット座標 $(X_{robot}, Y_{robot})$ から、ロボット座標系のキーポイント座標 $(x_{key}, y_{key})$ を推定。

$$\begin{bmatrix} x_{key} \\ y_{key} \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & \sin\theta & X_{robot} \\ -\sin\theta & \cos\theta & Y_{robot} \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X_{key} \\ Y_{key} \\ 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

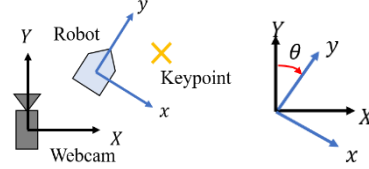


Fig.7 Coordinate system

#### 4・3 発話者の中心座標と領域半径

人間の中心座標について、 $x$ 座標は腰の中心点の $x$ 座標とし、 $y$ 座標は両足のつま先とかかとの 4 点の $y$ 座標の平均値とした。半円領域の半径は、ゴミ箱ロボットにゴミを捨てる時のロボットと人間の距離を計測し、その平均値を用いる。

#### 4・4 ゴミを持つ手に応じた領域選択

ゴミを持つ手を肘より上に持ち上げた場合を判断基準とし、肘関節の角度が $0^\circ \leq \phi \leq 90^\circ$ の範囲内という条件を満たすとき、ロボットのアプローチする距離を半円から四分円の領域の円弧上に絞る。

$$\cos \phi = \frac{a \cdot b}{|a||b|} \geq 0 \quad (4)$$

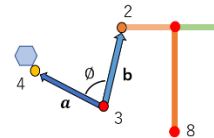


Fig.8 Elbow angle

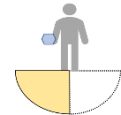


Fig.9 Quarter circle area

## 5. 結 言

本研究では、製作したゴミ箱ロボットを使用し、スマートホーム環境における発話者の位置・姿勢推定を用いたロボットの音声操作を行った。

## 文 献

- (1) Zhe Cao, Gines Hidalgo, Tomas Simon, Shih-En Wei, and Yaser Sheikh, "OpenPose: Realtime Multi-Person 2D Pose Estimation using Part Affinity Fields", 2017
- (2) Edwin Olson, "AprilTag: A robust and flexible visual fiducial system", IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2011