

# 家庭内の行動推定のためのスマートカメラシステムの開発

中村 勇貴<sup>†</sup> 宵 憲治<sup>†</sup> 前中 省吾<sup>†</sup> 岩口 堯史<sup>†</sup> 柏本 幸俊<sup>†</sup> 安本 慶一<sup>†</sup>

奈良先端科学技術大学院大学<sup>†</sup>

## 1. はじめに

近年、家庭内において、温度や湿度などの環境情報や消費電力、個々のデバイスの使用状況や住人の位置情報等のセンサデータから、住人の生活行動を推定し、省エネ家電制御や高齢者の見守りサービス等に応用する研究が盛んに行われている[1][2].

先行研究[1]は、スマートホームにおいて取得したセンサデータから機械学習を用いて居住者の生活行動を識別するシステムを提案している。この研究は、家庭内における基本的な生活行動を網羅する20種類の行動を認識の対象とし、消費電力センサと位置情報のみを用いることで、導入コストを抑え、プライバシーの侵害が少ない行動認識システムの実現を目指している。機械学習を用いて行動を認識するためには教師データが必要であり、取得した様々なセンサデータに対し、実際に行われていた生活行動を対応付ける必要がある。また、機械学習モデルによる認識結果が正しいかどうかを確認するためには、任意の区間のセンサデータに対応する正解データ（グラウンドトゥルース）が必要になる。

本研究では、機械学習を用いて生活行動認識モデルを構築するために必要な教師データおよびグラウンドトゥルースの取得容易化を目的に、住人の行動を録画し、任意の時間区間の住人の行動を動画で確認できるスマートカメラシステムを開発する。システムは、家庭内に設置するホームサーバ内で動作する。カメラは可動範囲120度のサーボモータを2台用いて操作され、住人の位置情報とカメラの位置から回転角を導出する。また、専用のWebアプリにより、遠隔からカメラの映像の確認、カメラの操作を行うことが出来る。

## 2. システムアーキテクチャ

### 2.1 実験環境

スマートカメラシステムのシステムアーキテクチャの概要を図1に示す。本研究は、スマートホーム（奈良先端大内に設置されている1LDKの実験用住宅設備）において行う。スマー

Development of Smart Camera System for Behaviors Estimation in the Home.

Yuki Nakamura<sup>†</sup>, Kenji Yoi<sup>†</sup>, Syogo Maenaka<sup>†</sup>, Takafumi Iwaguchi<sup>†</sup>, Yukitoshi Kashimoto<sup>†</sup>, Keiichi Yasumoto<sup>†</sup>

<sup>†</sup>Nara Institute of Science and Technology

トホームには、多数のセンサが設置されている。このうち、本研究で使用するセンサは、超音波位置センサである。このセンサでは、計測したデータは ZigBee で天井裏の中継機に送信され、サーバに自動蓄積される。

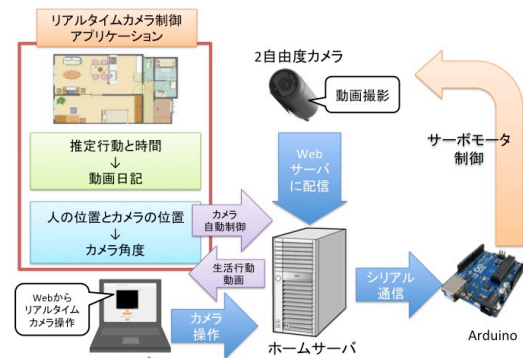


図1: システムアーキテクチャ

### 2.2 スマートカメラシステム

本システムは、(1)リアルタイムカメラ制御アプリケーション、(2)Webアプリケーション、(3)2自由度カメラ雲台で構成されている。(1)は、家庭内の位置測位センサにより取得した住人の位置情報をリアルタイムに取得し、カメラとの位置関係からサーボモータの回転角を導出し、シリアル通信によりArduinoに送信している。カメラはホームサーバ上でLinux motionによりリアルタイム配信されており、(2)により住人の生活行動の動画を随時確認可能であり、Webアプリ上で任意の角度にカメラを操作することも出来る。(3)は、シリアル通信により、ホームサーバから送信された回転角を読み取り、2台のサーボモータを回転させることで、リアルタイムに住人に追従しながら撮影を行っている。

## 3. システム設計

### 3.1 リアルタイムカメラ制御アプリケーション

カメラはサーボモータにより、2つの回転軸について撮影角度を変えられるハードウェアを備える。家庭内の行動の把握のために利用するには、室内の任意の位置を撮影するために角度指示が必要である。この節では、観察対象を撮影するための撮影方向のソフトウェア制御について述べる。

家庭内の位置測位センサは、位置情報とその記録時間をホームサーバ内のデータベース(SQL

サーバ)に逐次記録している. 一般に, SQL サーバから取得したデータは時系列順に並んでいることは保証されないため, 最新の位置情報を効率よく取得するために以下の手順を採用し高速化した.

- ・起動時に DB サーバから全データを取得し, 最新のタイムスタンプを持つデータを検索する.
- ・以降はフィルタを利用し前回よりタイムスタンプが新しいデータのみ取得する.

前回取得したデータからの差分のみをダウンロードすることにより, 0.5 秒以下の時間で最新の位置情報の取得が可能になり, 取得した位置情報とカメラの相対位置によりカメラを向ける方向を短時間で決定可能になった.

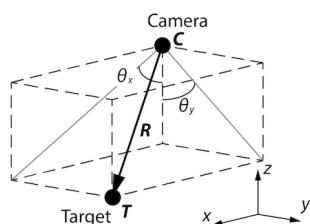


図 2:カメラと撮影対象の位置関係

図 2 に示すように, カメラの位置を  $C = (C_x, C_y, C_z)$ , 撮影対象の位置を  $T = (T_x, T_y, T_z)$  とすると, 相対位置  $R = (R_x, R_y, R_z)$  は

$$R = T - C$$

と計算できる. カメラが向くべき  $x$  軸周りの角度を  $\theta_x$ ,  $y$  軸周りを  $\theta_y$  とすると, それぞれ

$$\theta_x = \sin^{-1}\left(\frac{\|R_y, R_z\|}{R_z}\right), \theta_y = \sin^{-1}\left(\frac{\|R_z, R_x\|}{R_z}\right)$$

の 2 式から計算できる. これらの角度は鉛直下向きを 0 度として計算されるが, 実際には設置角度を考慮した角度をシリアル通信により Arduino に送信する.

実装したアプリケーションを図 3 に示す.



図 3:ユーザインタフェース例

インタフェースは見取り図, 対象に関する情報およびカメラに関する情報から構成されている. 見取り図にはカメラと対象の位置が円で示されている. また, おおよその視野が楕円で表示さ

れており, 撮影される範囲を把握することが出来る. 右上の「ターゲット」欄には, 対象の位置が表示される. 「タグを追跡」がチェックされている場合は, 位置センサから得られた対象位置に追従して撮影する. このとき, レシーバの ID や最新情報の取得時間などが表示される. 右下の「カメラ」欄はモータも送信された角度が表示される. また, カメラ設置位置を入力するフォームも配置している.

### 3.2 Web アプリケーション

ホームサーバ上に node.js というサーバサイド JavaScript 環境を用いて, http サーバと WebSocket サーバ(ws)を立ち上げる. クライアント側の Web アプリケーション(図 4)は HTML で作成し, 家庭内に設置されたカメラ映像をリアルタイムに配信しながら, ユーザが指定したカメラの角度を Arduino へ送信するプログラムを実行するコマンドを, socket 通信によりサーバに送信する. そうすることでリアルタイムに動画を見ながらカメラを操作することを可能にした.



図 1:Web アプリケーション画面例

### 4. おわりに

本研究では, 家庭内行動認識モデル構築のための教師データおよびグラウンドトゥルースの取得容易化を目的に, 住人の行動を動画で確認できるスマートカメラシステムを開発した. 今後, 位置センサの追従精度の評価等を行う予定である.

### 謝辞

本研究は, 戦略的情報通信研究開発推進事業 (SCOPE: Strategic Information and Communications R&D Promotion Programme) の支援のもと行なった.

### 参考文献

- [1] 上田, 玉井, 安本: スマートホームにおける複数のセンシングデータに基づいた生活行動データ抽出システムの提案, DICOMO2014 論文集: 1884-1891, 2014.
- [2] J. Scott, B. Brush, J. Krumm, B. Meyers. : PreHeat: Controlling Home Heating Using Occupancy Prediction, UbiComp 2011: 281-290.