

# ユビキタスセンサによるインタラクティブな調理支援システム

Interactive Cooking Support System by using Ubiquitous Sensors

鈴木 拓央 徳舛 彰 中内 靖 村上 奨\*

**Summary.** In this paper, we propose cooking support system by using ubiquitous sensors. We developed machine learning algorithm that recognizes cooking procedures by taking account of huge sensor information and past human behaviors. In order to provide appropriate instructions to a user, we also developed Markov-model based human behavior prediction algorithm. By employing these algorithms, we developed cooking support system that automatically displays cooking instruction movies according to user's progresses. We conducted experiments with subjects and the experimental results confirmed the feasibility of the proposed cooking support system.

## 1 はじめに

近年、ネットワークに接続された多種多様なセンサを用いることにより、ユビキタスコンピューティングに基づく様々なサービスが現実のものとなってきている。特に、生活空間内にセンサを埋め込み、その中で生活する人を支援する研究は環境知能化とよばれ、Aware Home [1] や Robotic Room [2] など、国内外で研究が行われている。

その中で我々は、調理作業を支援するため、キッチンを対象とした環境知能化を行っている。これまでの成果として、食材と調理器具の移動を RFID タグにより認識することで、次に利用される食材や調理器具を予測し、調理者に利用を促す調理支援システムの開発がある [3]。しかし、このシステムでは、RFID タグの移動を伴わない調理作業を認識することができず、支援可能な調理作業も限定されていた。

そこで本研究では、キッチンに様々なセンサを埋め込むことにより作業中の調理作業を認識し、次の調理作業を予測することで支援を行う調理支援システムを提案する。このシステムにより、調理者は調理作業に有用な情報を適切なタイミングで受けることが可能となると考えた。

## 2 調理支援システム

本研究の調理支援システムは、膨大なセンサ情報を用いて機械学習を行うことで、作業中の調理作業を推定し、次の調理作業を確率的に予測する。そして、予測された確率を元に、調理者に対して情動的支援を行う。

Copyright is held by the author(s).

\* Takuo Suzuki and Akira Tokumasu and Yasushi Nakauchi, 筑波大学大学院 システム情報工学研究科 知能機能システム専攻, Sho Murakami, 日立製作所 オートモティブシステムグループ

認識・予測する調理作業は、料理本から典型的なものを抽出し、「洗う」「切る」「炒める」などの 12 個にまとめた。その他、次の調理作業を予測するために重要な「食材の取得」、調理作業を行っていない「移動中」も認識した。

### 2.1 調理作業のセンシング

本研究では、複雑な調理作業を認識・予測するため、図 1 のようにキッチン内に多種多様なセンサを配置した。食材や調理器具の場所は RFID タグ、引き出しや扉の開閉状況はマグネットセンサ、水道の開閉状況はリミットスイッチで検出した。また、調理者の立ち位置はレーザレンジファインダ、鍋底の温度は温度センサで測定した。調理している食材は RFID タグに加えて、色カメラと温度カメラを用いることで精度よく検出した。カメラは、調理台やクッキングヒータにおける調理者の手の動きの測定にも利用した。本研究では、これらのセンサ群をユビキタスセンサと呼ぶ。ユビキタスセンサのセンサ情報は処理・圧縮し、1 秒ごとにデータベースに蓄積する。

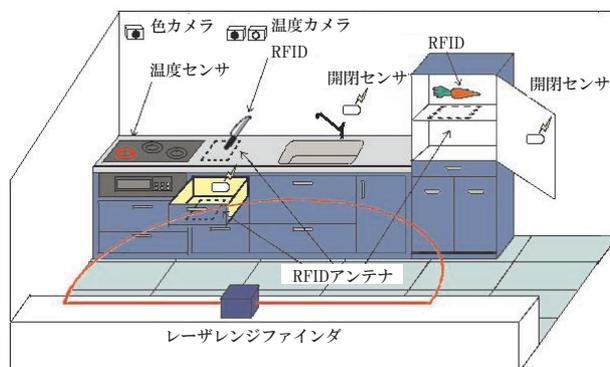


図 1. キッチンに配置したユビキタスセンサ

## 2.2 調理作業の認識

本研究では、センサ構成に柔軟に対応するため、強化学習を用いて作業中の調理作業を認識する。まず、決定木アルゴリズム C5.0 を用いて、データベースのセンサ情報から、調理作業を分別する決定木を作成する。この決定木の葉は、作業中の調理作業の候補であり、各候補は確率で表現される。次に、候補の確率を求めるため、作成した決定木ですべての学習インスタンスを分別する。学習インスタンスとは、データベースのセンサ情報に、調理作業の教師付けを行ったものである。葉に分類された学習インスタンス数から、ある候補の確率は、 $[\text{ある候補の学習インスタンス数}] / [\text{全候補の学習インスタンス数}]$  で求まる。ただし、全学習インスタンス数が少ない葉は信頼性が低いと削除する。

## 2.3 調理作業の予測

調理作業の予測は、作業中の調理作業の候補の確率とマルコフモデルを用いて行う。本研究では、直前の調理作業が次の調理作業に最も影響すると考え、単純マルコフ過程とした。予測される次の調理作業は各候補の状態遷移から決定した。また、予測される確率は、候補の確率と状態遷移の確率の掛け合わせを各候補に対して行い、それらを足し合わせることで求めた。なお、マルコフモデルの遷移行列は学習インスタンスの遷移から求めた。

## 2.4 調理者に対する支援

本システムは、予測された調理作業に応じて、「食材の切り方」や「調理器具の位置」といった情理的支援を、タッチディスプレイとスピーカを用いて行う。支援は、予測された確率を蓄積していき、その値が条件を満たした場合に行われる。1つの調理作業が予測された場合は自動的に支援を行い、複数の調理作業が予測された場合は図2のようにタッチディスプレイ上に複数のボタンを表示し、調理者が必要な情報を選択できるようにすることで、インタラクティブなシステムとした。

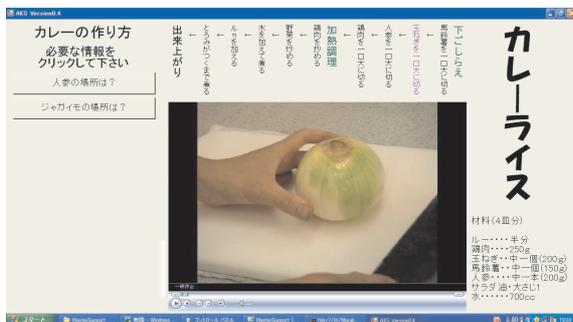


図 2. ボタン選択による調理支援

## 3 検証実験

### 3.1 認識手法の検証

まず、調理作業の認識手法が妥当であるかを確認するために、検証実験を行った。実験は、様々な調理作業を含む「カレー」や「サラダ」を、10人の被験者に調理してもらい、その時データベースに蓄積したセンサ情報から決定木と学習インスタンスを作成し、作業中の調理作業の候補の確率を求めた。教師データと比較した結果、すべての調理作業が高精度に認識できることを確認した。また、複数の調理作業が同時に行われる場合、精度が低下することも確認した。

### 3.2 システムの検証

次に、本研究で提案した調理作業支援システムの有用性を検証する実験を行った。被験者は認識手法の検証とは別の10人とし、調理支援システムを用いながら「カレー」を調理した後、アンケートにより評価させた。なお、決定木とマルコフモデルの作成には、認識手法の検証で蓄積したセンサ情報を用いた。

アンケートの結果、「支援のタイミングは適切でしたか」等、すべての項目で肯定的な意見を得たため、本システムの有用性を確認できた。しかし、「ボタンの使いやすさは適切でしたか」という項目は他に比べると低く、ボタン操作を音声認識などに代替することが検討された。また、「不要な情報が多かった」という意見もあり、調理者の調理技術に合わせて支援内容を変更することの必要性も示唆された。

## 4 まとめ

本研究では、キッチンに配置したコビキタスセンサから作業の情報を取得し、機械学習により作業中の調理作業を認識、さらに次の調理作業を予測することで適切な支援のできる調理支援システムを提案した。本システムの課題として、同時並行的な複数作業への対応や、音声認識によるシステムへの入力、調理者に合わせた支援内容の変更があることを確認した。

## 参考文献

- [1] I. E. D.J. Moore and M. H. III. Exploiting Human Actions and Object Context for Recognition Tasks. In *Proceedings of The 7th IEEE International Conference on Computer Vision*, pp. 80-86, 1999.
- [2] 佐藤知正 森武俊. センシングルーム - 部屋型日常行動計測蓄積環境第2世代ロボティックルーム -. 日本ロボット学会誌, 23(6):665-669, 2005.
- [3] 野口勝則 松原隆 福田司. 自律移動ロボットとタッチパネルを利用した調理作業支援システム. 日本機械学会論文集 C 編, 72(716):201-208, 2006.