料理を作る

Cooking

山肩洋子　舩冨卓哉　上田博唯　辻　秀典
美濃導彦　中内　靖　宮脇健三郎　中村裕一　椎尾一郎

Abstract

食材を用意して調理を始めてから，調理を終えて盛り付け作業に移る前までの一連の作業を支援するため，様々な研究がなされている．本稿では，調理の手順について情報提示を行うことで調理者を支援するシステムや，調理技術の伝達をねらいとした人と人のコミュニケーションを支援するシステムに関する研究を紹介する．

キーワード：料理メディア，調理行動モデル，調理支援，コミュニケーション支援

1. まえがき

ライフスタイルの変化により家事を一手に担う存在が少なくなっている昨今，料理の初心者でも健康的でおいしい料理ができるよう支援するシステムに対する要求が高まっている．また，核家族化や単身世帯の増加に伴い，従来家族内で一緒に調理することで伝承されてきた様々な技術や知識の断絶が起きている．このような背景を受け，調理の手順について情報提示を行うことで調理を支援するシステムの構築や，調理技術の伝達をねらいとした人と人のコミュニケーションを支援するシステムの構築が幾つか試みられている．そこで本稿では，調理支援システムの構築に関する研究を4件，調理コミュニケーション支援システムの構築に関する研究を2件紹介する．

調理支援システムの構築に関する研究は，システムから人への調理支援を目的とした試みである．まず2.1では，調理支援の実現に必要となる，調理者が行うべき作業やその順序といった，調理ドメイン知識の記述に関する研究を紹介する．次に2.2と2.3では，調理者が必要とする支援を推定するため，調理者の行動を観測し，知識と照合することで，調理の進行を把握する研究について紹介する．また2.4では，より使いやすいシステムを目指し，調理者の内部状態に基づいて支援をユーザに適応する研究について紹介する．

調理コミュニケーション支援システムの構築に関する研究は，調理技術の伝達をねらいとした人と人のコミュニケーションを支援する試みである．レシピだけから調理を学ぶことは困難であり，実際に人が調理している様子を収録した映像を参照することや，直接人に教えてもらうことが効果的である．そこで3.1では，一般の人が自分で調理映像を作成・編集できるよう支援するシステムを紹介する．また3.2では，遠隔地のキッチン同士を接続することで，人が人に調理支援を行うコミュニケーションを支援するシステムについて紹介する．

（山肩洋子，舩冨卓哉）

山肩洋子　正員　独立行政法人情報通信研究機構ユニバーサルメディア研究センター　E-mail　yamakata@nict.go.jp
舩冨卓哉　正員　京都大学学術情報メディアセンター
E-mail　funatomi@media.kyoto-u.ac.jp
上田博唯　正員：フェロー　京都産業大学コンピュータ理工学部インテリジェントシステム学科
E-mail　ueda@cc.kyoto-su.ac.jp
辻　秀典　(株)情報技研
E-mail　hide@iit.jp
美濃導彦　正員：フェロー　京都大学学術情報メディアセンター
E-mail　minoh@media.kyoto-u.ac.jp
中内　靖　正員　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
E-mail　nakauchi@iit.tsukuba.ac.jp
宮脇健三郎　正員　大阪工業大学情報科学部コンピュータ科学科
E-mail　miyawaki@is.oit.ac.jp
中村裕一　正員　京都大学学術情報メディアセンター
E-mail　yuichi@media.kyoto-u.ac.jp
椎尾一郎　お茶の水女子大学大学院人間文化創成科学研究科先端融合系
E-mail　siio@acm.org
Yoko YAMAKATA, Member (Universal Media Research Center, National Institute of Information and Communications Technology, Koganei-shi, 184-8795 Japan), Takuya FUNATOMI, Yuichi NAKAMURA, Members, Michihiko MINOH, Fellow (Academic Center for Computing and Media Studies, Kyoto University, Kyoto-shi, 606-8501 Japan), Hirotada UEDA, Fellow (Faculty of Computer Science and Engineering, Kyoto Sangyo University, Kyoto-shi, 603-8555 Japan), Hidenori TSUJI, Nonmember (Institute of Information Technology, Inc., Tokyo, 103-0024 Japan), Yasushi NAKAUCHI, Member (Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba, Tsukuba-shi, 305-8573 Japan), Kenzaburo MIYAWAKI, Member (Faculty of Information Science and Technology, Osaka Institute of Technology, Hirakata-shi, 573-0196 Japan), and Itiro SIIO, Nonmember (The Graduate School of Humanities and Sciences, Ochanomizu University, Tokyo, 112-8610 Japan).
電子情報通信学会誌　Vol.93 No.1 pp.39-47 2010年1月
©電子情報通信学会 2010

2. システムから人への調理支援

2.1 調理行動モデルの記述

本節では，料理番組の教材から，調理行動モデルを生成する方法について述べる．食材を別のもので代用したり，加工手順を入れ替えたり，調理者の裁量に任されている部分が多いということは料理の本質であり，調理の手順は単純なステップバイステップのタスクではない．料理ドメインに固有の知識を適切に記述し，調理の自由度を十分に許容できるタスクモデルとして設計する必要がある．適切な調理行動モデルの記述は，センシングによる調理行動・状況認識，献立決定支援，調理作業支援，調理映像記録，調理や食事の場でのコミュニケーションなどにかかわるすべてのシステムの設計の基本として，認識精度の向上，システムの柔軟性や拡張性の拡大，ユーザの使い勝手の向上に大きな貢献を果たす．

（a） 料理ドメイン知識の記述

料理番組の教材等の文章を解析して調理行動モデルを生成する際の解析精度を上げるためには，できる限り豊富な料理ドメイン知識（料理手順記述独特の規則，素材や調理動作に関する知識など）をテーブル形式の辞書として記述しておく必要がある．この辞書の内容は専門知識（料理に関する名詞辞書と動詞辞書）と常識的知識（料理手順の記述を解析するための手がかり語の辞書）からなる．

表1に文献(1)で作成された名詞辞書の例を示す．属性は6種類に分類されており，それぞれに具体的な単語の一覧が構成されている．これらの単語の抽出は次のような手順で行われた．まずインターネット上の料理番組のページから約880件のレシピを取得し，HTMLのタグを利用して文章を「材料」部と「手順」部に分離した後，その「材料」部に含まれる「素材」の候補語を抽出する．次いで，形態素解析によって「手順」部の文章を構成する各単語，及びその品詞を推定し，その中から名詞と判定された単語を「素材」の候補語と人手で照合することで最終的な「素材」の単語と素材以外の単語に分類する．このときに「道具」や「容器」に該当する単語が人手によって選別される．「動作」については「手順」部分の解析において「する」という動詞と共起する確率が高いものを抽出する．また調理手順の記述においては，代名詞的な単語が重要な役割を持つことが多いので，これも単独の属性として定義している．動詞辞書については「手順」部の形態素解析で得られた動詞を人手によって分類して表2のように分類された．手がかり語辞書については文献(2)を参考に表3のように分類された．

調理行動モデルは，次のような処理によって生成される．上述の「手順」部を形態素解析し，名詞（素材）と動詞（調理動作）の係り受けを調べて，一つの調理ステップであると判定される部分がセットとして抽出される．次いで，セット中の動詞が取るべき格（対象格，目標格など）がセット中で省略されていないかを調べる．省略されている場合には，直前のセットの結果を暗黙的に指しており，これら連続したセットは順序を入れ替えたり，途中に割り込んだりすることが許されない一連のステップであると扱われ，ブロックにまとめられる．最後にブロック間の名詞（素材）のマッチングを行うことで，関

表1 料理ドメイン知識―名詞辞書の例

属性	例	説明
素材	にんじん，鶏肉	構造解析の対象
調味料	塩，こしょう	
容器	器，なべ	解析の際に状況を示すための補助的情報として利用
道具	オーブン，包丁	
代名詞的	ここ，全体	素材や料理を示す可能性のあるもの
動作	角切り，油通し	調理動作の名詞化したもの

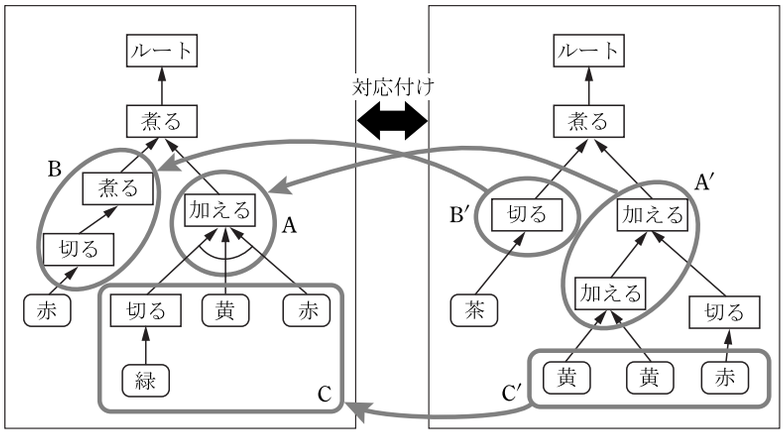
表2 料理ドメイン知識―動詞辞書の例

属性	例	説明
単一	焼く，切る	単一の素材を調理・加工する動作
混合	加える，振る	複数の素材を混合する可能性のある動作
分離	分ける，むく	素材を分割したり，分離する語
設置	置く，入れる	場所や容器の中に食材を置く動作
多義	伸ばす，戻す	複数の属性にわたる意味を持つ語
使役	させる	様々な語と結合し調理動作を表す

表3 料理ドメイン知識―手がかり語辞書の例

属性	例
添加	更に・ともに
条件	たら・だら・きたら・まで・ように・ところ　等
時相	直前・直後・まえ・あと・最初・最後・時　等
否定	ない
助詞	が・の・を・に・へ・と・より・から・で　等
接続	た・だ・て・で（動詞の直後）

図1 調理行動モデルをロボット対話と組み合わせた事例



(a) レシピトリー　　(b) 映像トリー

図2　誤りを含む映像トリーとレシピトリーとのノード間マッピング

連するブロックがつなぎ合わされ，調理行動モデルのフローグラフが完成する．

（b） 応用例

上述の調理行動モデルは，NICT のゆかりプロジェクトの生活実証実験用住宅（ユビキタスホーム）の調理支援サービスに実装された[(3),(4)]．キッチンのスクリーンに投影された画面の様子を図1に示す．画面の右半分がデータフローグラフ的に表示された調理手順（調理者は好きなブロックを先に実行したりできる）である．この図は調理の進行に合わせてスクロールし，実行中のブロックが着色される（共同作業者がいる場合には，その人の作業ステップも別色で表示される）と同時に，そのブロックに該当する先生によるお手本の動画が表示される．

スクリーンの右横には対話ロボットが存在する．その役割は，調理者が入れ替え不可能な手順の順序を間違えたり，手順をうっかり忘れたりすることと，システムがセンシングによって把握している調理行動モデルの進行位置と調理者の実際の調理の進行との対応付けにずれが発生したりすることを，調理者との対話によって事前に防止することにある．この調理支援システムでは，調理がうまくいかなかった場合，調理者は心当たりのある調理手順の個所を対話型ロボットとの対話により絞り込み，天井カメラにより録画された自分の調理場面（レシピ内のステップにリンクされている）をお手本動画とサイドバイサイドで再生してどこがまずかったかということを詳細にチェックすることまでもが可能となっている．　（上田博唯，辻　秀典）

2.2　調理観測映像からの調理状況認識

本節では，調理者がレシピに従い調理を行う様子を可視光カメラと赤外線カメラで収録した調理観測映像より，調理状況を認識する研究について紹介する．この調理観測映像には，シンク・調理台・コンロ等を含むキッチン全域が上方から撮影されている．この高々 1m × 2m 程度のごく限られた領域では，多種多様な食材が持ち込まれては様々な加工が加えられ，形も色も温度も変えて他の食材と混ざり合いながら一つの料理に仕上げられていくというドラマチックな場面が展開される．このような映像の各場面において，調理者がレシピ中の「どの食材」に「どの加工」を加えているかを認識することが課題である．従来の物体認識問題において，認識対象物体の特徴がこれほどまでに変化することはなかったことをかんがみれば，この課題がいかに新しく，また野心的であるかが御理解頂けると思う．

このような課題に対し，筆者らは次のような手法を提案した[(5)]．まず，2.1 で紹介したような手法により，調理者が従っているレシピテキストを図2(a)に示すようなトリー形式のフローグラフに変換する．これを「レシピトリー」と呼ぶ．一つのレシピトリーは一つの料理に相当し，葉ノードは使用する食材，節ノードはその枝に連なる食材に対し加える加工操作，根ノードは完成品の料理にそれぞれ対応する．複数の枝が付いている節ノードに対応する調理操作では，その枝に連なる食材が混ぜられてひとまとまりの食材になることを意味する．

次に，調理観測映像からもレシピトリーと同じ形式のフローグラフを生成する．これを「映像トリー」と呼ぶ．映像トリーでは，葉ノードは観測領域外から持ち込まれた，似た特徴から成るひとまとまりの食材領域に相当する．それらの食材領域をそれぞれ観測映像中で追跡し，それに加えられた加工操作を「切る・むく」「焼く・いためる」「煮る・ゆでる」「揚げる」「混ぜる」の5種類で認識する．その結果をラベルとして持つ節ノードを，その加工対象であった食材に対応する枝に連結する．これを料理1品が完成するまで続けることによって，図2(b)に示すようなトリーが生成される．

映像トリーは以下のような手続きにより自動で生成した．可視光カメラと赤外線カメラにより同時撮影した調

理観測映像より，調理台の領域を切り出したショットを図３に示す．可視光カメラ画像では画像処理の簡単のため，食材の色としてあり得ない色である青色のシート・まな板・容器を使用することで，クロマキー処理により前景領域を抽出する（図４(a)，(b)）．赤外線カメラ画像では，体温の温度帯に相当する明度を持つ領域を手領域として抽出する（図４(c)，(d)）．最後に，前景領域から手領域を差し引くことで，食材領域（図４(e)）を抽出する．家庭では調理は一人で行う場合が多いため，一度に生じる変化は，１種類の食材が加工されるか，あるいは複数の食材が一つに混ぜ合わされるかのどちらかであり，その他の食材領域は位置・視覚特徴共に変化しないと想定することで，食材領域の追跡を実現した．

以上のような映像処理により自動生成された映像トリーには，混同・見落とし・わき出し誤りが含まれるため，本来同形であるはずのレシピトリーと一致しない．そこで，誤りを許容した最適マッピング決定アルゴリズム[6]を適用して，映像トリーとレシピトリーとの間で最適なノード間の対応付けを行う（図２）ことにより，レシピの食材名や加工操作名と，それらが映っている映像の各場面との対応付けを行った．

以上の手法は，キッチンを映像処理に適した環境に整え，調理者がレシピどおり迷わず完璧に調理した場合はそれなりに動作する．しかし現実には調理環境は家庭によってばらばらで，調理者は間違う上に，独自のアレンジを加えたり手を抜いたりするものである．このような自由な調理を許容できるよう，調理における人間の行動を深く理解し，システムを寄り添わせることが今後の課題である．　（山肩洋子，舩冨卓哉，美濃導彦）

(a) 可視光カメラ画像

(b) 赤外線カメラ画像

図３　調理観測映像

2.3　環境知能化による調理行動認識

現在スーパマーケットで売られている，すべての食材・調理器具にはバーコードが付与されている．近い将来，これらは一般に IC タグと呼ばれている，RFID (Radio Frequency Identification) タグに置き換わる．商品の種別情報だけでなく，製造工場 ID，製造年月日等を RFID タグに記録・管理することにより，食のトレーサビリティを向上させることが流通業界における目的ではあるが，これにより，家庭内におけるすべての食材に RFID タグが付与されることになる．そこで，冷蔵庫並びにパントリーに RFID アンテナを配置することにより，賞味期限等の情報とともに食材管理ができるようになることはもとより，食材・調理器具の移動の様子より，調理者の調理行動を把握することが可能となるものと考えられる．環境内にセンサを遍在させる環境知能化では，環境内で活動するユーザの状況をいかに把握し，また，把握された状況に基づき，いかにサービスを行うかが鍵となる．一般に調理作業は，「切る・むく」，「あえる」，「いためる・焼く」，「煮る・ゆでる」，「蒸す」，「揚げる」というプロセスから構成される．そこで筆者らは，これらの調理作業を認識するために，RFID アンテナに加えて，水道利用の様子を知るための蛇口センサ，扉並びに引出

(a) 可視光画像　(b) 前景画像

(c) 赤外線画像　(d) 手領域　(e) 食材領域

図４　可視光及び赤外線画像による食材領域抽出

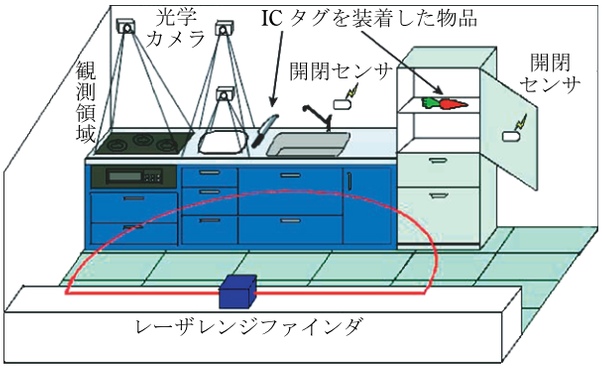


図5　Vivid Room Ⅱ（センサが埋め込まれたキッチン）

図6　調理者に指示をする移動ロボット並びにキッチンモニタ

しの開閉状況を知るためのマグネット式開閉センサ，調理者の立ち位置を知るためのレーザレンジセンサ，調理対象物の代表色を取得するためのまな板上方の CCD カメラをシステムキッチンに埋め込んだ部屋として Vivid Room II（図5）を構成し，機械学習に基づく調理作業認識システムを構築した[7]．

これらのセンサにより得られる個々の情報はささいなものであるが，調理作業を認識するためのヒントを多く含んでいる．そこで，統計学的クラス分類器である ID3 に基づく学習アルゴリズムを利用し，被験者に実際に調理作業を行ってもらい，得られたセンサ情報を学習インスタンスとして，調理作業を識別するための決定木を生成させた．なお，学習インスタンスの作成では，あるイベントが発生した際に，その一つ前にどのようなイベントがあったのかを含ませるよう工夫した．新たな被験者を用いて調理作業の状態認識を行わせたところ，約 85％の認識率にて調理作業を認識できることが確認できた．現在進行中の調理作業を認識することにより，調理のコンテキストに応じて，例えば単に「どこ？」というユーザからの問い掛けに対して，調理のコンテキストに応じて，そのときに調理者が必要としている食材のありかを適切に教示できる音声対話システムを実現することができる[8]．

上述したシステム ID3 に基づく学習アルゴリズムにより，調理者が現在行っている作業を認識することができた．しかしながら，今，調理者が玉ねぎを切っていることが分かったとしても，「次はルーを取り出してなべに入れましょう」といった指示を行うことはできない．人は一連の調理作業の観察により，それまでに知り得た一般的な調理手順（コンテキスト）に基づいて，次に行うべき作業を予測し，指示することができる．そこで，時系列情報の頻度パターンを抽出することのできるデータマイニングの手法を応用し，調理作業の予測アルゴリズムを開発した[9]．これにより，調理者が次に行うべき作業は「ルーを取り出す」ということが予測され，ロボットは音声にて「ルーを棚から取り出しましょう」と発話しつつ，ルーのありかをジェスチャにより指示することが可能となる．また，いわゆるレシピ本で説明がなされているように，写真やテキストを使用した解説が不可欠であることから，これらをコンテンツ化しておき，予測された行動に応じて，次々と自動的にスクロールさせながらキッチンモニタに表示することができる（図6）．

調理作業の支援では，更には，調理者の熟達度に適応した支援，並びに安全への配慮が必要であると考えている．また，ネットワーク化された情報家電との連携により，支援の幅を増やし，商品としての実用化を目指したいと考えている．　（中内　靖）

2.4　調理作業支援のためのインタラクションデザイン

筆者らは，これまでにセンサによる認識技術を応用した調理支援システムを多数開発してきた[3],[10]．これらの研究は，調理器具の位置情報などを利用して調理の進行状況を認識し，音声や映像で情報提示を行うことを基本的なコンセプトとしている．しかし，より使いやすい調理作業支援を提供するには，調理中のユーザの内部状態（調理手順の理解度など）や，調理の熟練度・認知能力といった個人の特性に応じて適切なインタラクションを行うユーザ適応化が重要と考えられる．2.4 では，筆者らが検討を進めているユーザの内部状態推定手法[11]について述べる．

図7に調理支援システムの構成を示す．調理支援システムとユーザのインタラクションは対話型ロボットとキッチンに設置されたディスプレイをインタフェースとして行われる．タスク進行制御部はセンサで検出されたイベントと，調理の種類ごとにあらかじめ用意された状態遷移モデル（調理タスクモデル）に基づいてユーザの調理動作を認識し，調理の進行状態を把握する．そして，システム全体とユーザのインタラクションを制御するのがインタラクション制御部であり，ロボット発話や表示メディアを制御する．インタラクション制御部は調理の進行状態とユーザの状態に応じて適切なインタラクショ

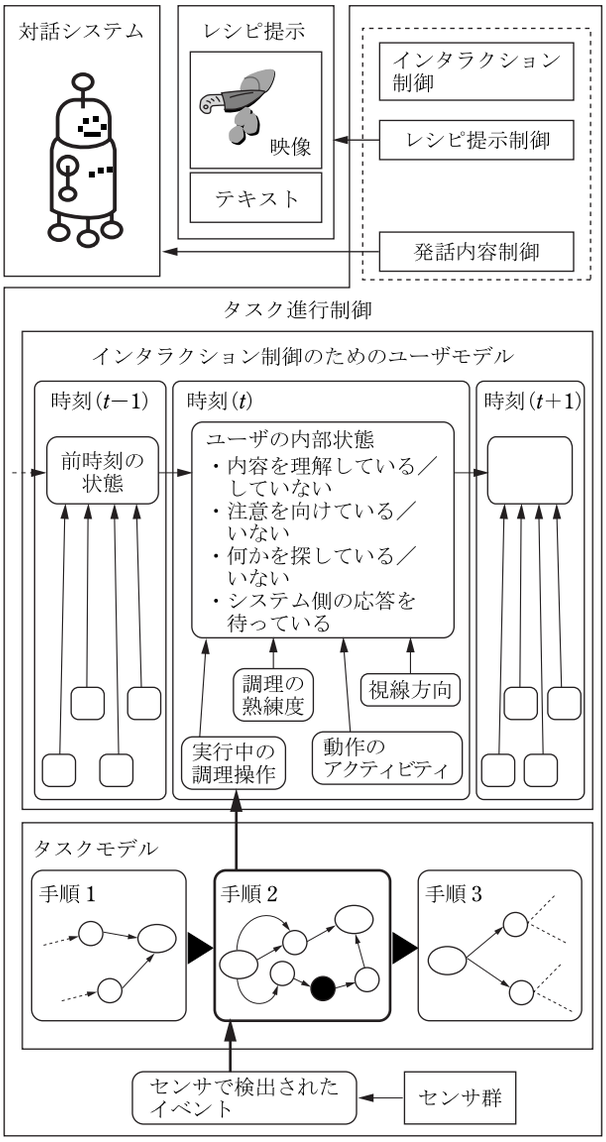


図7　ユーザの内部状態を推定する調理支援システム

ンを生成する．

ユーザの内部状態としては，以下のようなものが考えられる．

- 調理手順の内容を理解している／していない．
- 作業対象に注意を向けている／いない．
- 何かを探している．
- システム側の応答を待っている．

これらの状態を推定することにより，例えば，「加熱操作をしているときに，不注意で目を離した場合にメッセージを出す.」，「応答を待っているときに，ナビゲーションを進める.」，「何かを探そうとしているときに，収納場所を教える.」，「ナビゲーションの内容が分かっていないと推測されるときは，もう一度案内するか提示メディアを変える.」など，より高度なインタラクションを生成できる．このような状態理解のためには，ユーザの視線やアクティビティの度合い，熟練度などが重要な手がかりとなる．本研究ではダイナミックベイジアンネットワークによって，これらの特徴量とユーザの内部状態の関係をモデル化しようと試みている．特徴抽出については，ヘッドマウントカメラと調理器具にちょう付したマークを利用した視線方向推定，及び注視対象オブジェクトの検出や，手元カメラによる腕の運動量検出など，比較的簡便な方法を利用している．

今後は以上に述べたようなユーザモデルの妥当性を検証していく．また，現在，認知症や高次脳機能障害等の患者も視野に入れたデザインも検討を進めている．これらのユーザは，テキストの読解が困難，使用する器具・食材を理解しにくい，一度に処理できる情報量が限られる，などの様々な症状を持つため，ユーザに対して提示する情報と，そのメディアの選択が極めて重要である．このような多様な特性を持つユーザへも適応可能なようにモデル構築を進める予定である．　（宮脇健三郎）

3.　人から人への調理支援

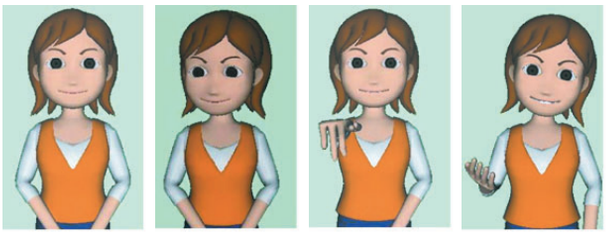
3.1　仮想アシスタントによる料理映像取得支援

自慢の料理や我が家の味を記録したり，伝えることを考えてみよう．料理に関する情報を豊かに記録・伝達する手段としては映像が有力な候補となる．様々な料理番組がTV放映されていることからも，その効果が高いことは実証されている．しかし，撮影や編集は技術や経験を要する知的作業であり，素人には荷が重いのが現状である．映像の撮影や編集を支援する研究も多く行われてきているが[(12),(13)]，「どのような情報をどのように映像に含めるか」という問題については，現場の人間の経験や勘に頼るしかない．

このような問題意識から，筆者らは「仮想アシスタン

表4　仮想アシスタントのアクション設計
（秒数は評価実験で使用したもの）

アクション	表情	動き	発話
物体名・状態名を尋ねる	眉を上げる ほほえみ	指さす 首を傾げて指さす	それはなぁに？ それは何だろう？
トリガの例	5秒間以上作業し，7秒間以上発話がない		
分量・時間・加減を尋ねる	ほほえみ ほほえみ	首を傾げる 首を傾げる	どれくらい？ どれくらいだっけ？
トリガの例	調味料を持ってから1秒以内に発話を終える		
こつ・ノウハウを尋ねる	眉を上げる	首を傾げて手を出す	こつはある？
トリガの例	5秒間以上作業し，7秒以上発話がない		
理由を尋ねる	眉を上げる ほほえみ	首を傾げて手を出す 首を傾げる	なぜなの？ どうしてなの？
トリガの例	5秒以上持った物体を置いてから1秒以内に発話を終える		



(a) 通常　(b) 見回す（アイドリング）　(c) 物体名・状態名を尋ねる　(d) こつ・ノウハウを尋ねる

図 8　エージェントの動作例

ト」と呼ぶ人工エージェントが料理映像の収録支援をする枠組みを提案した．これは，相づちを打ったり，質問をしたり，進行を促したりといった，人間のアシスタントが料理番組で果たしている役割を人工エージェントにさせるものである．本来，このような役割を果たすためには高度な認識や知的処理が必要であり，これらは現在の技術で簡単に実現できる機能ではない．しかし，必ずしも高度な知能を実現しなくても，上記の機能をある程度発現できる可能性がある．これは「人工無能（脳）」として比較的単純な処理を行うプログラムでも，人間にとってある程度楽しめるものとなることからも示唆される．

筆者らが設計した仮想アシスタントの動作（アクション）例を表 4 に，見かけを図 8 に示す．仮想アシスタントの動作を起こすきっかけとなる説明者の動作を「トリガ」，仮想アシスタントの動作（主に質問）を「アクション」，それに対する説明者の動作を「リアクション」，それに対する仮想アシスタントの相づちなどを「フォロー」とするが，表 4 には，それぞれのアクションに対する発動条件，及び，代表的なトリガの一つを含めている．人

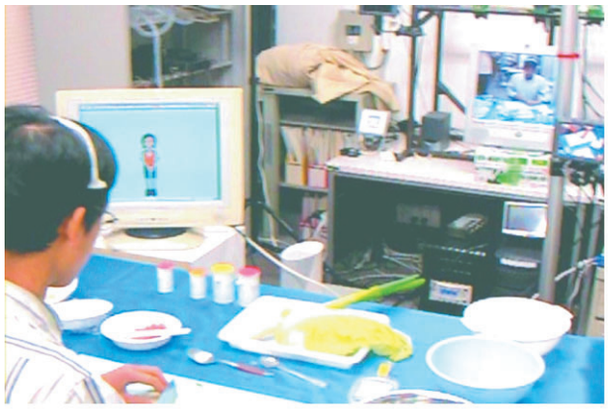


図 10　実験風景（餃子の作り方を説明する）

間のアシスタントはもっと多様な知的な振舞いによって，（1）情報が過不足なく含まれるよう調整する，（2）注意の誘導／注目の共有を行う，（3）テンポ／雰囲気を調整する，等の機能を果たしているが，仮想アシスタントは上記のように，主に「目の前に存在する」ことと「質問をする」ことによってその機能の一部を発現する．

試作システムの概要を図 9 に示す．作業認識モジュールは説明者の動作を認識し，検出したトリガの種類をインタラクション選択モジュールに送る．トリガの情報としては，作業をしているか否か，把持している物体の種類，発話しているか否かという三つの情報の組合せ，例えば，「調味料を持ってから 1 秒以内に発話を終えた」といったものになる．

実験の様子を図 10 に示す．実際の調理を行ってもらった実験から，仮想アシスタントが介在することによって，不足しがちな情報を説明者から引き出すことが可能であることが実証された．特に，「分量・時間・加減」，「こつ・

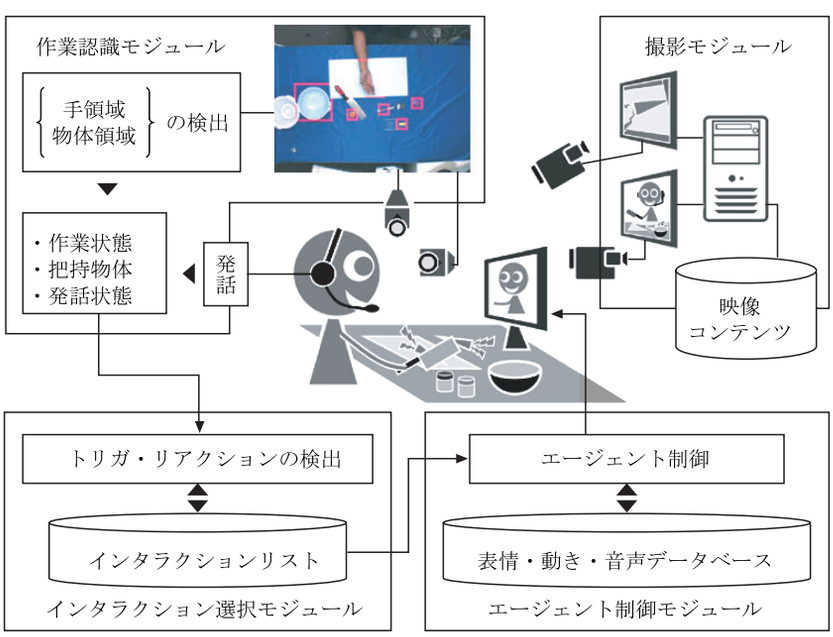


図 9　料理映像収録支援システムの概要と画像認識の結果

図 11　Kitchen of the Future システム全体像　　つり戸棚の下にカメラとマイクロフォン，壁に LCD，足元にスイッチが組み込まれている．

ノウハウ」，「理由」等に関する情報は，一人で話す場合には忘れられることが多く，仮想アシスタントによる補助の効果が大きいことが分かった．ただし，それは仮想アシスタントが適切に動作した効果だけではなく，説明者が仮想アシスタントの不十分な動作に対して臨機応変な対応をした効果にもよる．逆に，「手順・方法」に関しては，説明者が自発的に説明することが多く，補助する必要性が少ないことが分かってきた．また，仮想アシスタントが介在してもそれほど集中力が妨げられなかった，楽しく説明できた等の主観評価も得られている．

以上のように，仮想アシスタントの効果ははっきりと認められたものの，その枠組みは多くの課題を抱えている．料理の熟練者は仮想アシスタントを多少なりとも「煩しい」存在と感じていることが実験から示唆されており，単なる人工無能ではなく，より知的に，さりげなく振る舞うエージェントとなるよう，機能を高めていく必要がある．　（中村裕一）

3.2　調理を介したコミュニケーション支援

有史前から人類にとって，キッチンは調理や食事の場だけではなく，学びの場であり，コミュニケーションの場でもあった．キッチンは，単に一人で調理を行うだけではなく，親から子へと料理の技術や知識を伝える場であり，また，子が親を手伝うことによる家庭内のコミュニケーションの場でもある．キッチンにコンピュータテクノロジーを導入することにより，単に調理の効率を向上させるだけではなく，キッチンをコミュニケーションの場として復活させることができる．

Kitchen of the Future [(14),(15)] は，キッチンカウンタにコンピュータとネットワーク機能を組み込んだ，コンピュータ強化されたキッチンである（図 11）．現在，遠隔地 3 か所 [(注1)] に実装されている．このキッチンにより，キッチン同士のビデオ対話が実現し，遠隔地の親子／家族／友人などに，料理を介したコミュニケーションの機会を提供できる．具体的には，子が遠隔地に暮らす親に調理方法を教えてもらったり，遠隔地にいる調理指導者から料理を教えてもらうなどの利用が可能になるだろう．

図 12　遠隔地で調理する熟達者（上）と初心者（下），及びそれぞれが調理した料理

このシステムのキッチンカウンターには，流し，コンロ，2 か所の調理スペースの合計 4 か所の作業エリアがある．エリアごとにビデオカメラ，マイクロフォン，スピーカ，フットスイッチ，液晶ディスプレイが，合計 4 組組み込まれている．カメラは下方を向いており，ユーザの手元を撮影する．ハンズフリーで操作できるフットスイッチにより，ユーザの立ち位置のカメラ，マイクロフォンを有効にし，手元の様子を遠隔地に伝えることができる．同時に，ユーザの立ち位置に対応する遠隔地のディスプレイが有効になり，そこに手元の様子が表示される．この結果，双方のキッチンで，相手の立ち位置を明確に示すと同時に，相手の作業の様子を表示することが可能になっている．

このシステムを使用して，遠隔地のキッチン [(注2)] を接続し，調理支援の実験を行った様子を，図 12 に示す．一方で調理の熟達者が，もう一方で調理の初心者が調理を行いビデオ対話を利用して調理指導を行っている．熟達者の指示が，遠隔地に対応する作業場所に表示されるので，紙のレシピだけでは初心者が対応できないような調理の段取り，例えば，食器や道具の準備や片付けの指示などが的確に伝達される．同じ場所で実際に対面した状況に近い調理指導が可能である．

一方，ビデオや音声の指示だけでは，適切な料理の味付けを伝えることができない．そこで，食品の塩分濃度情報をネットワーク経由で伝達するデバイスが試作され

（注 1）　玉川大学（東京都町田市）のちに筑波大学（茨城県つくば市）に移設，公立はこだて未来大学（北海道函館市），お茶の水女子大学（東京都文京区）
（注 2）　函館と東京．函館側が熟達者，東京側が初心者．

た[16]．これにより，遠隔地と手元の塩分計による測定結果を画面に表示し，これを見ながら同程度の塩味に調整することが可能になった．また，熟達者は相手側の状況を，映像や会話だけでなく，コンロの点火音や油の跳ねる音など，様々な環境音で把握している．このことから，今後，フライパンやレンジの温度，火力調整レバーの位置，なべや包丁など調理器具や食材の位置などの，更に詳細な調理の状況を遠隔地に伝達して提示するインタフェースを用意し，調理情報を交換することで，調理の場でのコミュニケーションを促進できると思われる．

文　　献

（1） 浜田玲子，井手一郎，坂井修一，田中英彦，“料理テキスト教材における調理手順の構造化，”信学論（D-Ⅱ），vol.J85-D-II, no.1, pp.79-89, Jan. 2002.

（2） 青山文啓，料理の文章における提題化の役割，水谷静夫教授還暦記念会（編），計量国語学と日本語処理・理論と応用，pp.285-303，秋山書店，1987.

（3） 宮脇健三郎，佐野睦夫，近間正樹，上田博唯，“動作同期型調理ナビゲーションのための実世界対応型調理タスクモデル，”画像電子学会誌，vol.36, no.3, pp.252-263, 2007.

（4） 上田博唯，山崎達也，“ユビキタスホーム：日常生活支援のための住環境知能化への試み，”日本ロボット学会誌，vol.25, no.4, pp.494-500, 2007.

（5） 山肩洋子，角所　考，美濃導彦，“調理コンテンツの自動作成のためのレシピテキストと調理観測映像の対応付け，”信学論（D），vol.J90-D, no.10, pp. 2817-2829, Oct. 2007.

（6） K.-C. Tai, “The tree-to-tree correction problem,” J. ACM, vol.26, no.3, pp.422-433, 1979.

（7） 村上　奨，福田　司，中内　靖，“ユビキタスセンサと機械学習による調理作業認識システムの構築，”日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2006（ROBOMEC ’06），no.2P1-E08, 2006.

（8） 徳舛　彰，中内　靖，“作業の時系列的な順序関係を利用した支援システムの開発，”日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会 2008（ROBOMEC ’08），no.2P1-H02, 2008.

（9） 福田　司，中内　靖，野口勝則，松原　隆，“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，vol.72, no.716, pp.1215-1222, 2006.

（10） 宮脇健三郎，佐野睦夫，西口敏司，池田克夫，“動作同期型調理ナビゲーションのためのユーザ適応型調理タスクモデル，”情処学論，vol.50, no.4, pp.1299-1310, 2009.

（11） 佐野睦夫，“料理支援のためのユーザ適応化技術，”信学技報，MVE2007-78, pp.57-62, 2008.

（12） 三浦宏一，浜田玲子，井手一郎，坂井修一，田中英彦，“動きに基づく料理映像の自動要約，”情処学コンピュータビジョンとイメージメディア研究論，vol.44, no.SIG9, pp.21-29, 2003.

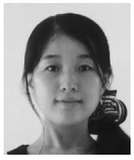
（13） 尾関基行，中村裕一，大田友一，“注目喚起行動に基づいた机上作業映像の編集，”信学論（D-II），vol.J88-D-II, no.5, pp.844-853, May 2005.

（14） 椎尾一郎，浜田玲子，美馬のゆり，“Kitchen of the future ：コンピュータ強化キッチンとその応用，”コンピュータソフトウェア，vol.23, no.4, pp.36-46, 2006.

（15） I. Siio, N. Mima, I. Frank, T. Ono, and H. Weintraub, “Making recipes in the kitchen of the future,” In Extended abstracts of the 2004 conference on Human factors and computing systems, p.1554, ACM Press, 2004.

（16） 村上愛淑，早樋沙織，鈴木　優，佐藤修治，三末和男，田中二郎，椎尾一郎，“塩味センサによる調味支援，”ヒューマンインタフェースシンポジウム 2006 論文集，pp.659-662, Sept. 2006.

（平成 21 年 7 月 31 日受付　平成 21 年 9 月 1 日最終受付）



山肩　洋子（正員）

2005 京大大学院博士後期課程単位認定退学．同年京大学術情報メディアセンター研究員．2006 より情報通信研究機構専攻研究員．博士（情報学）．マルチメディア情報処理，立体音響システムなどの研究に従事．人工知能学会，日本音響学会各会員．

舩冨　卓哉（正員）

2002 京大・工・情報卒．2006 日本学術振興会特別研究員 DC2．2007 京大大学院情報学研究科博士後期課程了．2007 京大学術情報メディアセンター助教．現在に至る．三次元モデル，人間行動観測に関する研究に従事．博士（情報学）．

上田　博唯（正員：フェロー）

1973 阪大大学院通信工学専攻修士課程了．同年日立（中研）入社．NICT，京大を経て 2007 より京産大教授．画像認識，ヒューマンインタフェース，ユビキタス，インテリジェントメディアに関する研究に従事．テレビジョン学会藤尾記念賞等受賞．ACM 学会会員．博士（工学）．

辻　秀典

1996 東工大・工・情報卒．2001 東大大学院工学系研究科情報工学専攻了．博士（工学）．ネット系ベンチャーを経て，2002（株）情報技研を設立．同代表取締役社長．2004 情報セキュリティ大学院大学客員准教授兼任．

美濃　導彦（正員：フェロー）

1983 京大大学院博士課程了．現在，京大学術情報メディアセンター教授，センター長．工博．画像処理，人工知能，知的コミュニケーション関係の研究に従事．

中内　靖（正員）

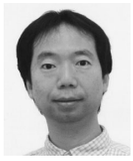
1993 慶大大学院理工学研究科博士課程了．博士（工学）．筑波大大学院システム情報工学研究科准教授．環境知能化，ヒューマン・ロボットインタフェースの研究に従事．

宮脇　健三郎（正員）

2008 阪工大大学院情報科学研究科博士後期課程了．博士（情報学）．現在，同大学情報科学部助手．ユビキタス調理支援などコンテキストアウェアサービスの研究に従事．

中村　裕一（正員）

1985 京大・工・電気第二卒．1990 京大・工・助手．1993 筑波大・電子・情報工学系講師．2004 京大学術情報メディアセンター教授．現在に至る．博士（工学）．画像認識，画像メディア，インタラクションなどの研究に従事．



椎尾　一郎

1979 名大・理・物理卒．1984 東工大大学院総合理工学研究科博士課程了．同年，日本アイ・ビー・エム株式会社東京基礎研究所に入社．1997 玉川大・工・電子・助教授を経て 2005-04 よりお茶の水女子大・理・情報科学・教授．博士（工学）．