

Kitchen of the Future: コンピュータ強化キッチンとその応用

椎尾 一郎 浜田 玲子 美馬 のゆり

キッチンは生産の場であり、調理を媒介とした教育とコミュニケーションの場でもある。このため、家庭環境の中でも、実用的なユビキタスコンピュータアプリケーションの可能性が高い場所と考えられる。そこで筆者らは、コンピュータ、ネットワーク、センサを組み込んだ未来のキッチン、Kitchen of the Future を開発している。このコンピュータ強化されたキッチンにより、単に調理の効率を向上させるだけではなく、キッチンを学びと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と考えている。本論文では、Kitchen of the Future を利用して実装した、調理の記録とネットワークでの公開と共有、調理過程の再生、遠隔地キッチンを接続しての調理支援、調理教材の効果的な提示を実現するアプリケーションについて報告する。

A kitchen is a place of food production, education, and communication. As it is more active place than other parts of a house, there are lot of potential ubiquitous computing applications in a kitchen. We are developing a computer-augmented kitchen environment: the Kitchen of the Future that embeds various computing elements into a standard kitchen unit. In this paper, we will describe overview of the Kitchen of the Future system and its three applications, i.e, web-ready recipe pages generator, video conference system for cooking instruction, and interactive cooking navigation system.

1 はじめに

近年の計算機や周辺機器の価格の低下に伴い、生活のあらゆる場でコンピュータを利用するユビキタスコンピューティングが注目されている。たとえば、家庭内におけるセンサやディスプレイを豊富に利用した生活支援が現実的になりつつある。このような流れを受け、今後は家庭におけるユビキタスコンピューティングに関する研究がますます盛んになるものと考えられる。家庭における生活支援のために、すでに、

様々なコンピュータアプリケーションが提案されている。中でも、キッチンは、家の他の部分と比較してコンピュータによる生活支援が容易な場所と言える。キッチンは生産の場であるので、工場やオフィスでの在庫管理、工程管理、共同作業支援などと類似のアプリケーションが受け入れられる可能性がある。

一方、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。調理は、単なる労働ではなく、食物や栄養について学び、健康を維持するうえで非常に大切な活動である。また、料理はその地域や家庭の文化を伝える重要な媒体でもある。食に関する文化はキッチンの場で伝達され形成されてきたと言える。このような活動を行うキッチンは、単に1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。現代では生活形態が変わり、調理済み食材が普及したことにより、労働としての調理の負担が軽減しつつあ

Kitchen of the Future and its applications.

Itiro SHIO, お茶の水女子大学理学部情報科学科, Department of Information Sciences, Ochanomizu University. Reiko HAMADA, 東京大学情報理工学系研究科, Graduate School of Information Science and Technology, The University of Tokyo. Noyuri MIMA, 公立はこだて未来大学システム情報科学部, School of Systems Information Science, Future University-Hakodate.

コンピュータソフトウェア, Vol.23, No.4 (2006), pp.78-83.
[論文] 2006年2月21日受付.



図1 Kitchen of the Future システム全体像。吊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。

る一方で、キッチンにおける学びとコミュニケーションの機会は減少している。

筆者らは、キッチンにコンピュータテクノロジーを導入する事により、単に調理の効率を向上させるだけではなく、キッチンを学びと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と考えている。たとえば、遠隔地の友人/家族とのコミュニケーション機能や、インタラクティブなマルチメディア調理指導コンテンツを導入することで、料理することの楽しさを手軽に味わえるように支援するシステムが構築できるであろう。

この目的のために、筆者らはカメラ、ディスプレイ、マイクロフォン、スイッチ、センサ、ネットワークなどを組み込んだ、コンピュータ強化されたキッチン環境を試作している[7], [8]。この未来のキッチン(Kitchen of the Future)により、調理過程をWWWなどで公開してコミュニケーションを促進する、その調理過程を提示して調理の学習をする、遠隔地のキッチンとビデオ会議によりコミュニケーションや学習を支援する、マルチメディアを利用して調理をインタラクティブに支援する、などのアプリケーションが実現可能である[7], [3]。本論文では、これらのアプリケーションを実装して、実際の調理を行い有用性を確認したので報告する。

2 Kitchen of the Future

各種のキッチン向けアプリケーション試作と評価を行うハードウェアプラットフォームとして、図1に示すKitchen of the Futureを試作した。これは、市販されているシステムキッチンカウンター^{†1}にコンピュータ機能を組み込んだ、コンピュータ強化キッチンカウンターである。遠隔地にあるキッチンを結んで、遠隔調理支援などのコミュニケーションシステムの実装と実験を行う目的で、このようなキッチンカウンターを3カ所^{†2}に実装した。

本キッチンカウンターには、流し、コンロ、2カ所の調理スペースの合計4カ所の作業エリアがある。そこで、それぞれのエリアでの作業や遠隔コミュニケーションを支援する目的で、エリアごとにビデオカメラ、マイクロフォン、フットスイッチ、液晶ディスプレイ(LCD)を、合計4組組み込んだ。さらにスピーカも設置している。ビデオカメラ、マイクロフォン、LCD、スピーカは、調理の手順の記録や遠隔地とのビデオ対話などに利用する。また、LCDとスピーカは、調理手順を説明するマルチメディアコンテンツの表示にも使用される。

カメラとマイクロフォンは吊り戸棚の下に取り付けた。カメラは下方を向いており、ユーザの手元を撮影する。これにより調理手順を明瞭に撮影することができる。このようなカメラ取り付け位置は、他システム[9]でも採用されている構成であり、手元のみを撮影して、ユーザの顔や部屋の様子を撮影しないので、家庭内に設置するカメラが引き起こすプライバシー問題を、回避することができるとされている。本システムで遠隔ビデオ対話を実現する場合においても、プライバシーを気にするユーザには、手元の映像だけを撮影するカメラ位置が好まれると考えた。

ユーザがコンピュータに入力を行えるように、足元にスイッチを設置した。このフットスイッチにより、調理手順を説明する映像や音声の記録の開始、遠隔

†1 クリナップ社：S.S.
<http://www.cleanup.co.jp/Ss/ss.htm>

†2 玉川大学(東京都町田市)、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)



図2 下部引き出し部分。つま先で押し込むことで操作するスイッチを前面に組み込んだ。

地と対話するカメラやディスプレイの切り替え、調理手順のマルチメディアコンテンツの制御などを行う。このような操作は、両手がふさがっていたり、濡れていたりする調理中に行われるので、ハンズフリーな入力方法が望ましい。調理の妨げにならない入力方式として、音声認識、視線入力、ジェスチャー入力が考えられ、実際に採用されている例もある[2]が、筆者らは確実に操作できるフットスイッチが適していると考えた。そこで、4カ所の作業エリアそれぞれにある下部引き出しの前面の凹部(蹴り込み)に、つま先で押し込む方式のフットスイッチを図2のように設置した^{†3}。

以上の装置は、パーソナルコンピュータ(PC)^{†4}に接続される。4台のマイクロフォンとカメラからの信号は、アナログスイッチで構成されたセレクトタにより、1つが選択されて、PCに取り込まれる。このアナログスイッチの制御と、フットスイッチの入力のために、ワンチップコンピュータ^{†5}を使用したハードウェアを制作して、PCのシリアルポート経由でコントロールしている。4個のLCDを駆動するために、PCには4枚のグラフィックカードを設置した。X WindowもしくはWindowsの環境で、仮想的に1

枚の横長ディスプレイとして動作している。

キッチンには、調理に伴う水しぶき、水蒸気、油、煙などが発生し、電子機器にとっては過酷な環境である。現在、カメラにドーム型のカバーをかぶせている以外、とくに防水・防塵対策は施していない。実験として調理を行っている現状では、ディスプレイやカメラの汚れは生じていないが、日々利用する実用的な道具とするためには、ディスプレイに防護ガラスをかぶせて、拭き掃除可能な構成にするなどの対策が必要であると考えている。

完成したKitchen of the Futureは、図1に示すように、4カ所の作業エリアそれぞれに入出力装置を設置したキッチンとなった。キッチンカウンターに比べて、コンピュータ装置は近年急速に低価格化が進んでいるため、このような構成は、現時点でも十分に実用的であると考えている^{†6}。ディスプレイの数を減らすことにより、さらに安価なシステムとすることも可能ではある。しかしながら、マルチメディア調理支援システムの章で後述するように、シングルディスプレイによるシステムでは、ユーザが加熱中の料理を数秒間ほど放置して、入出力装置に歩み寄ったり気をとられたりする行動がしばしば観察されていて、タイミングが重要な調理作業に支障が生じていた。また、遠隔調理支援システムの章で後述するように、遠隔地キッチンに居る指導者がどの作業エリアに居るかを表示し、その場所での作業に関する的確な指示を伝達するためにも、作業エリアごとのディスプレイが有用であった。以上の点から、マルチディスプレイの構成は、本システムの利点を担う重要な仕様であると考えている。

以下の節では、このKitchen of the Futureに実装した3種類のアプリケーション、調理の記録、公開、閲覧システム、遠隔調理支援システム、マルチメディア調理支援システムについて紹介する。

†3 お茶の水女子大に設置したキッチンは蹴り込み部分に余裕がなかったため、床に貼付けるタイプのテープ式フットスイッチを採用した。

†4 OSはLinuxまたはWindows

†5 秋月電子：PIC-BASIC, AKI-PIC877

†6 本システム構築時点で、コンピュータ機器関係の価格は、キッチンカウンター本体価格および設置工事費用合計の15%程度であった。

3 調理の記録公開閲覧システム

3.1 調理の記録と公開

インターネット上に公開される料理のレシピは増加しており、公開されたレシピをテーマにした掲示板機能により、参加者のコミュニティが形成されている WWW サイトもある^{†7}。

しかしながら、両手がふさがっている実際の調理の場で、写真付きのレシピを作成する作業は困難である。筆者らは、Kitchen of the Future を利用すれば、このようなレシピの作成を支援できると考え、アプリケーションを試作した。このアプリケーションは、フットスイッチの操作をモニターして、これが押されると、作業中の手元の写真を撮影する。同時に、音声メモによる作業の説明を、マイクロフォンを使用して5秒間収録する。こうして得られた写真と音声データファイルは、秒単位のタイムスタンプと4台のカメラ/マイクロフォン識別番号により、一意の名前のファイルとして、PCのWWW公開ディレクトリに格納される。

写真と音声は、PCのWWWサーバ機能により、図3のようなレシピのページとして公開される。これはPHPスクリプトにより動的にフォーマットされたページで、調理の様子を写真で閲覧し、ボタンをクリックすることで音声のメモを聞くことができる。さらに、不要な写真/音声を削除したり、写真をクリックすることで手書きメモを書き込める編集機能なども提供した。

実際に Kitchen of the Future を使って調理を行い、試作した2つのアプリケーションを用いて、調理過程の記録を試みた。具体的には、市販の固形ルー^{†8}を利用したカレーを作り、記録した(図4)。

ルーの箱に印刷された調理手順は、

- 厚手の鍋にサラダ油を熱し、適当な大きさに切った肉、野菜をよく炒める。
- 水を加え、沸騰したらあくを取り、材料がやわ

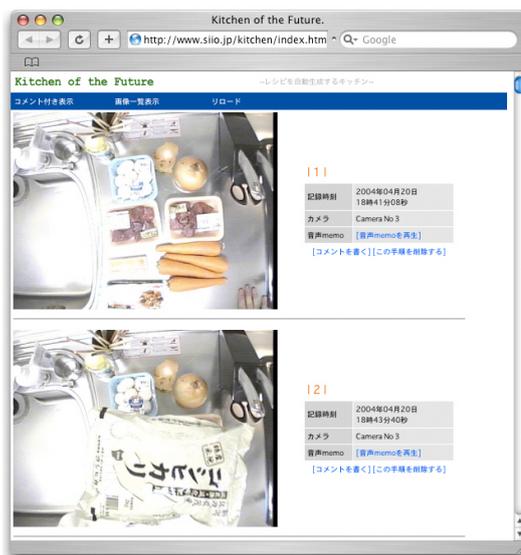


図3 記録された調理過程の写真と音声ファイルから作られたレシピ WWW ページ。削除やメモ書き等の編集機能も実現している。

らかくなるまで弱火～中火で煮込む(約20分間)。

- いったん火を止めてルーを割り入れ、充分に溶かして再び弱火で煮込む。

と簡単であり逐次的である。これに対して実際に記録された調理手順は、最初に肉に下味を付けておく、タマネギを炒めている間に別の鍋で肉も焦げ目を付ける、固い具を煮込んでいる間に柔らかい具の下ごしらえをする、煮込んでいる間に炊飯を行う、などの工夫が取り入れられた、並列的な調理手順となった。

フットスイッチの操作は容易で、傍らに居る人に調理手順を教えるように、気軽に写真を撮影できた。このため、撮影した写真は全部で67枚になった。ただ、込み入った手順を記録するために、作業によっては動画の必要性を感じる場面もあった。音声記録は5秒間の固定長であったが、だいたいの場面で必要充分であった。ただし、これも込み入った状況では、説明する言葉をまとめる必要があり、簡便な操作を維持したまま、自由なタイミングと長さで発話できるよう工夫の余地があると感じた。

^{†7} <http://cookpad.com/>ではレシピが10万品公開されており、月間100万人の利用者がある。

^{†8} エスピー食品株式会社：ディナーカレー



図4 調理を記録している様子。フットスイッチの操作で、上方のカメラを使って手元の写真を撮影し、音声メモを記録する。

3.2 調理の閲覧

サーバに保存されたレシピ情報をコンピュータ画面で閲覧するだけでなく、調理を行う場である Kitchen of the Future のディスプレイに表示すれば、調理過程を円滑に再現できるであろう。またレシピ情報には、時間情報や、カメラ位置情報なども含まれているので、作業が行われるべき場所にタイミングよく表示することが可能である。下味を付けている間に別の作業を行う、などの調理の「段取り」をわかりやすく学ぶシステムが実現できる。そこで、先のアプリケーションで取得した調理過程の情報を、Kitchen of the Future の4カ所のディスプレイに表示するアプリケーションを試作した。

このアプリケーションは、Kitchen of the Future の4カ所の作業エリアのうち、作業を行うべきエリアのディスプレイに、作業を説明する写真と音声を表示する。そのエリアのフットスイッチを押すと、次の手順の情報を該当する作業エリアに表示する。作業者は、写真の現れる作業エリアに移動しつつ、そこでの作業を進めて行くことで、調理過程を残した作業者の段取りを容易に再実行することができる。

本システムで調理手順を閲覧する事で、調理の支援



図5 記録した調理過程を再生し、調理を行っている様子。フットスイッチの操作で、次の手順の写真に切り替わる。

が可能であることを実証するために、調理経験のほとんど無い被験者に、前節で記録したカレー調理の手順を本システムで閲覧しながら調理を行ってもらい(図5)、その後、聞き取り調査を行った。調理作業は簡単ではあるが、下味付け、切る、炊飯する、炒める、煮込むなどの手順が一通り含まれ、前節で述べたように、固い具を煮込んでいる間に柔らかい具の下ごしらえをするなどの並列的な作業や段取りを工夫する余地もあるので、本システムを評価するに十分であると考えた。

被験者は24歳男性、5年間一人暮らしをしている社会人であるが、食事はほとんど外食し、調理経験は、たまに即席ラーメンを作ったり、レトルトパックのカレーを温めたり、冷凍食品をフライパンで加熱する程度である。今回のような固形ルーを使ったカレーを作るのは実験日が初めてであった。

調理の初心者にとっては、調理器具や食材を作業台にどのように並べるかという情報も有用であった。提示された調理過程の写真から、フライパンや鍋の位置、食材をスタンバイさせる位置などが分かり好評であった。また、調理手順がひとつひとつ順番に、作業すべき場所に示されるので、まったく初めての調理経験であったが問題なく調理を完了する事ができた。さらに、2つの作業を同時にすすめるような複雑な手順も、わかりやすく理解でき、その結果、効率的に調理を進められたとの感想も得た。フットスイッチは、手が汚れていても操作可能で、疲れないと評価された。

一方で、問題点もいくつか指摘された。静止画の画質が、状況によっては不十分であり、たとえば、白いまな板の上のタマネギの様子がわかりにくかった。また、水などの分量の情報が詳細に提示されなかったため、ルーの箱の記述を見て確認しなければならない場面もあった。以上の点に関しては、レシピ情報作成段階で、写真への書き込み機能を利用するなどして、レシピをわかりやすくしておく必要があったと思われる。また、調理時間に対する情報が無いため、炒める時間の長さなどを把握する事が困難であった。記録したデータには時刻情報が入っているので、例えば次の手順まで何分ほどというような時間提示の機能が今後必要と思われる。今回のシステムでは、段階ずつの表示を行っているが、全体の流れを表示したり、次のステップが予め分かる手段の要望もあった。また、みじん切り等の込み入った作業を知るために、動画の必要性も指摘された。

4 遠隔調理支援システム

キッチンにコンピュータネットワークを組み込むことで、遠隔地とのコミュニケーションが実現できる。そこで、キッチンの場におけるコミュニケーションを支援する目的で、遠隔地とのビデオ対話システムを実装し、これを利用して遠隔地からの調理支援の実験を行った。キッチンの場でビデオ対話を利用した遠隔コミュニケーションが可能になれば、例えば子が遠隔地に暮らす親に調理方法を教えてもらったり、遠隔地に居る調理指導者から料理を教えてもらうなどの利用が考えられる。

そこで遠隔地に設置した2組の Kitchen of the Future^{†9}システムをネットワーク接続して、そこに組み込まれたLCD、マイクロフォン、スピーカー、フットスイッチを利用して遠隔ビデオ対話システムを実装した。ビデオと音声の送受には、一般に配布されているソフトウェアを使用した。すなわち、ビデオ映像の転送にビデオチャットソフトウェアのMSN Messengerを、音声の転送にIP電話ソフトウェアのSkypeを用



図6 遠隔地で調理する熟達者(上)と初心者(下)、およびそれぞれが調理した料理。

いた^{†10}。

フットスイッチの状態をモニターし、アクセスされたスイッチの場所のビデオカメラに切り替えるソフトウェアを作成し、双方のPCで稼働させた。また、このソフトウェアは、フットスイッチが押された作業エリアの位置を、相手側のPCに知らせるサーバの機能も果たす。双方のPCには、さらに、相手のフットスイッチの状態を受け取るソフトウェアを実装した。このクライアントソフトウェアは、相手のフットスイッチの押されたエリアに対応するディスプレイの場所に、ビデオチャットソフトウェアのウィンドウの位置を移動させる。この仕組みにより、フットスイッチを押した場所の映像が、相手のキッチンの対応する場所のLCDに表示される。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る。

このシステムを使用して、遠隔地のキッチンを接続し、調理支援の実験を行った(図6)。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^{†11}ビデオ対話を利用して調理指導を行った。この実験に先立ってそれぞれが単独でレシピを見ながら調理し、そ

†9 公立はこだて未来大学と玉川大学に設置したキッチン。LCDは15および14インチ。

†10 ビデオチャットソフトウェアでも音声は送れるが、IP電話ソフトウェアがより高音質で遅延が少なかったため併用した。

†11 函館側が熟達者、東京側が初心者。

の時間を測定したところ、熟達者単独の調理時間は27分、初心者は64分であった。熟達者と初心者が対話しながら調理した時の作業時間は42分であった。

調理の支援は全体に円滑に行われた。熟達者は、調理の指示だけでなく、食器や道具の準備や片付けの指示を出すなどしていた。これにより、紙のレシピだけでは初心者が対応できなかったであろう調理の段取りまで伝えることができ、同じ場所で実際に対面した状況に近い調理指導ができている様子であった。また、切った野菜を水切りする場面で、たまたま初心者側にざるが無いことが判明すると、熟達者からは大皿を使って対処するように指示が与えられた。このような柔軟な手順の指導が可能であった。

筆者らは当初、初心者が調理作業を理解するために、熟達者の様子を表示するビデオ画面が有効であろうと予想していた。しかし、実際には初心者は手元の作業に集中せざるを得ない状況にあり、音声の指示だけで作業を進め、LCDを見る余裕はほとんど無い様子であった。一方、余裕を持って作業を進めている熟達者は、ビデオ画像を頻繁にチェックし、初心者の進行状況を確認し、的確な指示を与えるために活用していた。また初心者の様子を熟達者が知る手段として、会話以外の環境音が重要であった。たとえば、ガスコンロ点火用の電気スパークの音で、初心者がコンロに点火しようとしていることを知り、点火のタイミングが早すぎることを伝えたり、初心者側の油のはねる音で、フライパンの温度を知り、加熱調整の指示をする様子が観察された。

一方で、料理の味付けの段階では、適切な塩味が伝わらなくて、初心者がとまどう状況が見受けられた。最終的な料理の味の濃さが、遠隔地の熟達者の料理と一致しているかどうか不安な様子であった。食品の塩分濃度などの情報をネットワーク経由で伝達するデバイスを用意すれば、このような状況に対応できると思われる。また、フライパンやレンジの温度、火力調整レバーの位置、鍋や包丁など調理器具や食材の位置などの、さまざま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すれば、環境音に加えてさらに明瞭に相手の情報を知ることが可能になるであろう。

5 マルチメディア調理支援システム

筆者らは、マルチメディアを利用した調理支援アプリケーション Happy Cooking を開発してきた[4]。Happy Cooking では、料理レシピをユーザの作業に合わせて1ステップずつ対応する映像と共に提示することで、マルチメディアに含まれる視覚、聴覚、文字情報を駆使してユーザの調理作業の支援を行う。

Happy Cooking はインタラクティブな支援システムであり、ユーザが調理中に利用することを想定している。しかし、キッチン環境下では様々な制約があるため、既存のインタフェースではソフトウェアの使用感を損ねる多くの問題が生じることがわかった。そこで、Kitchen of the Future に組み込まれたLCDやフットスイッチなどを利用して、インタラクティブな調理支援システムにふさわしいインタフェースを実装することにした。

5.1 Happy Cooking

料理を行う際には、いくつかの問題がある。一般に料理する際に参照されるテキスト情報では「作業」を表現するには限界があることである。一方で、従来の料理映像は視覚情報は豊富だが、インタラクティブ性に乏しく、ユーザの実際の調理の進行に合わせて視聴することは困難である。また、数品の料理を作る一般的な状況では、すべての料理が温かい状態で給仕されるよう、複数料理の手順を組み替えなおして調理しなくてはならない。これは特に初心者にとっては非常に難しい作業である。

以上の考察により、調理支援システムに求められるのは「映像も含めた視覚情報の豊富な指示を」「ユーザの進行に合わせてリアルタイムに1ステップずつ」「ユーザの代わりに環境に合わせて適切に最適化した調理手順で指示する」機能であることがわかる。Happy Cooking は、以上の条件を満たす調理支援の実現をめざしている。

Happy Cooking は、テキストレシピ、手順の構造、映像の索引情報などを含むXMLデータおよび料理映像を入力とする。次にテキストの構造情報から、料理全体にかかる時間が最短になり、かつ全料理ができ



図 7 Happy Cooking による調理支援画面 (単一ディスプレイバージョン)

るタイミングが最も揃うように料理手順の自動最適化を行う。そして映像とテキストを最適化された手順に沿って順に提示し、ユーザをナビゲートする。ユーザは指示された作業を終了するごとにシステムに通知し、次の作業の指示を受ける。

Happy Cooking を起動し、ユーザがレシピをいくつか選択して「料理を始める」ボタンを押すと、調理開始画面が表示される(図7)。ここではユーザアイコンが現在ユーザが行うべき指示を出し、その作業に対応する部分の映像が繰り返し再生される。また上部のフローグラフでは現在の作業状況を確認することができる。

ユーザの作業終了の合図は、画面下部のユーザアイコンのクリックによって行われる。アイコンが表示されるフィールドはユーザの台所環境に合わせた配置になっており、アイコンは指示中の作業に対応するリソースの位置に表示される。

Happy Cooking は、たとえば「牛肉を10分たれにつける」といった作業を他の作業と並列化することで料理時間の最適化を図っている。この場合は、図7のように2つ目の指示を示すアイコンがその作業の残り時間とともに表示され、キッチンタイマの役割も果たす。

5.2 調理支援インタフェースの検討

Happy Cooking を操作するインタフェースとして、当初は通常のコンピュータ指示装置やタッチパネルを想定していた。ところが調理中の汚れた手や濡れた手でコンピュータや画面に触ることに抵抗を示すユーザが多かったため、フィルムで覆って防水処置したディスプレイとペンデバイスを使用した。しかし、利手に持った箸などの調理器具をいちいちペンと持ち替えなくてはならないという問題が生じた。入力が高頻度であるため、特に火を扱っている時などには、材料を焦がしてはいけないというプレッシャーに加えて道具の持ち替えで慌ててしまうユーザも多かった。

また、ユーザは調理中にはしばしば映像と自分の作業を見比べる傾向がある。ユーザは頻繁にシステムとアクセスし、特に映像からはできる限り目を離さずに調理しようとする傾向が強い。このため、表示デバイスが台所の一カ所に置かれた場合、離れた作業位置から映像や分量の文字を見ようとして台所を頻繁に移動したり、場合によっては加熱中のフライパンを持ったままディスプレイを見るために台所をうろろするといった事態が生じた。すなわち、台所の一カ所に通常の大きさのディスプレイがあるだけでは詳細を確認するには画面が遠すぎるということがわかった。

以上の問題をまとめると、調理支援を行うためのインタフェースとしては、できる限り手や道具を使わない、ハンズフリーに扱える入力インタフェースを持ち、映像のディスプレイが常にユーザの作業場所のできるだけ近くにあり、ユーザがシステムとアクセスするための距離が最低限であることが必要である。

5.3 Kitchen of the Future による調理支援

前節の課題は、Kitchen of the Future のマルチディスプレイやフットスイッチを利用することで解決するであろう。そこで、本研究では Happy Cooking を Kitchen of the Future に実装し評価を行った^{†12}。

キッチンの4カ所の作業領域のそれぞれに設置したLCDに、現在指示している手順を表示することで、

†12 お茶の水女子大に設置した Kitchen of the Future に実装した。これは19インチLCDとテーブル型フットスイッチを備えている。

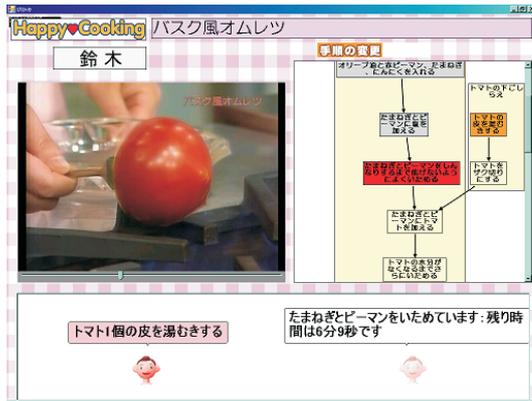


図8 Kitchen of the Future に実装した Happy Cooking の調理支援画面

ディスプレイを見るためにユーザが動く距離を最小限にすることが可能である。たとえば、「玉ねぎのみじん切り」はまな板の画面、「フライパンにバターを熱する」はガスレンジ台の画面に指示と映像を表示することで、作業の場で作業指示を得ることができる。作業に関する映像が目前で再生されることによって模倣が容易になり、学習効果を格段に高めるものと考えられる。Kitchen of the Future のディスプレイの一つに表示される調理支援画面の例を図8に示す。

一方、4カ所の作業エリアの足元にあるフットスイッチを利用することで、調理道具で手がふさがっていたり、濡れたり汚れていても、快適にシステムの操作が行える。通常はフットスイッチのワンブッシュで作業の終了を指示し、図8のように並列処理のために1つのリソースに複数のアイコンが表示されている場合は、フットスイッチの長押しにより選択を切り替える実装を行った。これにより、ユーザは場所をいちいち移動すること無く現在の作業の終了をその場でシステムに知らせることができる。フットスイッチにより手が自由になる上に、ユーザはソフトウェア入力のために姿勢を変える必要さえほとんどなくなり、システムとのインタラクションに伴うストレスが最小限に押さえられるものと考えられる。

Kitchen of the Future による Happy Cooking インタフェースの最適化の様子を図9に示す。

単一ディスプレイとペンデバイスによる従来のイン

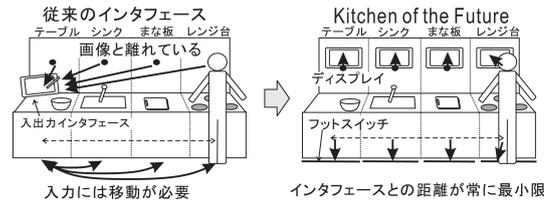


図9 Kitchen of the Future による Happy Cooking インタフェースの最適化

タフェースと、マルチディスプレイとフットスイッチによる Kitchen of the Future のインタフェースを比較する目的で、3名の被験者に実際に調理してもらった。被験者は各々1品ずつを調理した。以下に結果をまとめる。

まず入力インタフェースに関しては、全員が従来のインタフェースよりもフットスイッチが快適であると答えた。「箸とペンの持ちかえなどが必要なく、慌てなくてすむ」「スイッチが線状であるため、多少ずれたところにおいても少し足をのぼすだけで押すことができる」といった好意的な感想を得た。

次に出力インタフェースに関しても、全員が従来のインタフェースよりも Kitchen of the Future が快適であると答えた。こちらも「現在行うべき作業の材料の分量などが大きな字で常に目の前にあり、大変やりやすい」「今までのインタフェースでは背後など姿勢を変えないと見られない位置に画面があったが、自然な姿勢でいつでもみられる」といった好意的な感想を得た。

最後に、調理支援システム全般に関しては、全員が「楽しい」と答えた。コメントとしては、「ゲーム感覚で料理ができる」「事前にレシピを覚えたりする必要がなく、気楽な上に達成感がある」「一人で料理をしているのではなく、映像の中の先生と一緒に料理をしているようだ」といったものがあった。

以上の結果により、Kitchen of the Future により効果的な調理支援のインタフェースが実現できたことが確認できた。

6 関連研究

ユビキタスコンピューティングへの移行にともない、人々が生活の大半を過ごす家庭でのコンピュータ利用が注目されつつある。中でもキッチンには、家庭の中におけるものづくりの場であり、コンピュータ技術が重要な役割を果たすことができる応用分野が多数存在している。

たとえば、Cooks Collage[9]では、調理作業の中断により手順を忘れることに備えて、キッチンカウンター上の写真を撮影している。これに対し、本システムは調理レシピを媒体とした人々のコミュニケーションと学習の支援を目的としている。

また、Counter Intelligence[1]では、キッチンまわりの作業台や壁などの平面への映像投影や、水回りや引き出し取手など様々な場所への情報提示を行い、キッチンでの作業をサポートする提案を行っている。さらに、Intelligent Kitchen[6]では、キッチンで次に必要とされる作業を推測して、移動ロボットの指示により支援を行うシステムを開発している。本研究では、LCDやフットスイッチなどの安定したデバイスを利用することで、実際の調理をサポートする実用的なシステムを目指している。

一方、インタラクティブなレシピの研究においては、例えば、eyeCOOK[2]では、キッチンで使用することを前提に、視線や音声入力で操作するレシピを実現し、CounterActive[5]は、机上投影型のキッチンカウンターによりレシピの提示を実現している。本システムは、実際のキッチン環境で利用できる実用的なアプローチとして、視認性の良い壁面組み込みLCDや、認識に頼らず確実に入力できるフットスイッチなどを採用した。

7 まとめと今後の課題

コンピュータにより強化されたキッチン、Kitchen of the Futureを試作した。Kitchen of the Futureは、複数のディスプレイ、カメラ、マイクロフォン、センサ、スイッチなどを組み込み、ネットワークで接続されたキッチンである。この環境に、調理過程を記録し、公開し、再生するアプリケーション、遠隔地から調理

を支援できるビデオ対話システム、インタラクティブなマルチメディア調理支援システムを実装した。

それぞれのアプリケーションは、デスクトップPCの環境ではすでに実現されている要素技術を利用している。本研究では、これらの技術を使い、調理に関する学びとコミュニケーションをコンピュータにより支援する目的で、キッチンの中で実際に使えるアプリケーションとして構築した。アプリケーションの設計において、Kitchen of the Futureの複数ディスプレイ、センサ、フットスイッチを活用したことにより、調理作業の場に情報を見易く提示し、調理作業の妨げにならない確実な操作を提供することができた。この結果、遠隔地の指導者やインタラクティブな料理教本が提供する手順や段取りの情報を、容易に理解し利用できるシステムとなった。

さらに、これらのアプリケーションを使い、実際に調理を行う実験を通してその効果を確認した。これらのフィードバックを元に、調理記録公開システムにおいては、動画への対応、調理時間情報の提示、全体の流れの表示などの実現を検討している。また、遠隔ビデオ対話システムにおいては、画質や音質の改良や、料理の味付けの濃さを遠隔地に伝達するデバイスの開発等を計画している。さらに、マルチメディア調理支援システムにおいては、フットスイッチ以外に様々な入力手段を導入することで、複数ユーザに対する調理支援に対応し、よりきめ細かい映像の操作や調理手順の変更などを実装し、キッチン環境におけるより高度なマルチメディアインタフェースを実現させることをめざしている。また、調理指導の専門家も交えて、キッチンにおけるコンピュータ利用の可能性について検討をすすめている。

今後、キッチン以外においても、家の様々な場所や生活の様々な場面で、本論文で示したような、環境に込み込まれたコンピュータによる支援を実現するアプリケーションが開発されるであろう。また、遠隔地からの調理指導やマルチメディア教材の利用は、レストラン等の業務用のキッチンにおいても有効であろうとの指摘を、専門家からいただいている。さらに、工場でのセル生産の場でも、本システムで実現した、作業場所それぞれに設置されたディスプレイとスイッ

チによるインタラクティブな作業指導が有効だろうとの意見も関係者から寄せられている。

キッチンにディスプレイを置くことで、テレビ番組を視聴したり、ドアフォンの映像を転送するなどの利用も可能である。特に、リビングのテレビと連携することで、リビングからキッチンへの人の移動に従ってシームレスに映像を提示したり、リビングで録画した料理番組を、キッチンのマルチディスプレイに分割して提示するなどのアプリケーションも考えられるであろう。

以上のような様々な応用の可能性についても、今後検討していきたい。

謝辞 本件研究は、科学研究費補助金（基盤研究 C および基盤研究 B）および、クリナップ（株）からの研究奨励金の支援を受けた。Kitchen of the Future システムの開発において、玉川大学の宮澤寛氏の協力を得た。インタラクティブ調理支援システムの開発において、東京大学の坂井 修一氏、（株）情報技研の鈴木 幸敏氏、岡部 淳氏、辻 秀典氏、国立情報学研究所の佐藤 真一氏の協力を得た。本システムで記録した調理手順の提示方法に関して、東京大学の五十嵐 健夫氏から助言を得た。ここに記して謝意を表する。

参考文献

- [1] Bonanni, L., Lee, C.-H., and Selker, T.: Counter-Intelligence: Augmented Reality Kitchen, *Extended Abstracts of Computer Human Interaction (CHI) 2005*, ACM Press, 2005, pp. 2239–2245.
- [2] Bradbury, J. S., Shell, J. S., and Knowles, C. B.: Hands On Cooking: Towards an Attentive Kitchen, *CHI '03 extended abstracts on Human factors in computing systems*, ACM Press, 2003, pp. 996–997.
- [3] 浜田玲子, 宮澤寛, 鈴木幸敏, 岡部淳, 佐藤真一, 坂井修一, 椎尾一郎: コンピュータ強化キッチンによるインタラクティブ調理支援, 第 13 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (*WISS 2005*), No. 38, December 7–9 2005, pp. 49–52. 日本ソフトウェア科学会研究会資料シリーズ.
- [4] Hamada, R., Okabe, J., Ide, I., Satoh, S., Sakai, S., and Tanaka, H.: Cooking navi: assistant for daily cooking in kitchen, *MULTIMEDIA '05: Proceedings of the 13th annual ACM international conference on Multimedia*, New York, NY, USA, ACM Press, November 2005, pp. 371–374.
- [5] Ju, W., Hurwitz, R., Judd, T., and Lee, B.: CounterActive: an interactive cookbook for the kitchen counter, *CHI '01 extended abstracts on Human factors in computing systems*, ACM Press, 2001, pp. 269–270.
- [6] Nakauchi, Y., Fukuda, T., Noguchi, K., and Matsubara, T.: Intelligent Kitchen: Cooking Support by LCD and Mobile Robot with IC-Labeled Objects, *Proc. of the 2005 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2005)*, 2005, pp. 2464–2469.
- [7] 椎尾一郎, 宮澤寛, 美馬のゆり: Kitchen of the Future: 調理を記録・公開・再生するキッチン, 第 12 回インタラクティブシステムとソフトウェアに関するワークショップ (*WISS 2004*), No. 34, December 1–3 2004, pp. 5–8. 日本ソフトウェア科学会研究会資料シリーズ.
- [8] Sio, I., Mima, N., Frank, I., Ono, T., and Weintraub, H.: Making Recipes in the Kitchen of the Future, *Extended abstracts of the 2004 conference on Human factors and computing systems*, ACM Press, 2004, pp. 1554–1554.
- [9] Tran, Q. T., Calcaterra, G., and Mynatt, E. D.: Cook's Collage: Deja Vu Display for a Home Kitchen, *Proceedings of HOIT 2005*, April 13–15 2005, pp. 15–32.