

マルチメディア調理支援ソフトウェア「HappyCooking」

浜田 玲子[†] 井手 一郎[‡] 佐藤 真一^{*} 坂井 修一[†]

[†] 東京大学情報理工学系研究科 〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1

[‡] 名古屋大学大学院情報科学研究科 〒464-8601 名古屋市千種区不老町 1

^{*} 国立情報学研究所 〒101-8430 東京都千代田区一ツ橋 2-1-2

E-mail: [†] {reiko, sakai}@mtl.t.u-tokyo.ac.jp, [‡] ide@is.nagoya-u.ac.jp, ^{*} satoh@nii.ac.jp

あらまし 我々は、マルチメディア調理支援ソフトウェアの開発を行っている。本ソフトウェアは初心者でも失敗なく複数の料理を完成させ、上級者についてはその技術をさらに向上させることを目標としている。マルチメディアを最大限に活用し、再計算された調理手順を正しいタイミングでユーザに提示することで、(1) 調理時間、(2) 調理の正確さ、そして(3) 学習効果の最適化を目指す。ユーザはソフトウェアの提示する映像とテキストによる指示に従うだけで、快適かつ正確に料理を完成することができる。実験の結果によれば、様々な料理経験を持つすべての被験者が2品の料理を同時に完成させ、なおかつ通常よりも料理を楽しむことができた。本実験により、調理に対するマルチメディア支援の有効性が確認され、またマルチメディア処理技術に関して多くの課題が引き出された。

キーワード マルチメディア応用, 行動支援アプリケーション, マルチメディア処理

HappyCooking: Multimedia Cooking Navigation Software

Reiko HAMADA[†] Ichiro IDE[‡] Shin'ichi SATOH^{*} and Shuichi SAKAI[†]

[†] Grad. Sch. Information Science and Technology, The University of Tokyo

7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, 133-8656 Japan

[‡] Grad. Sch. Information Science, Nagoya University 1 Furo-cho, Chigusa-ku, Nagoya-shi, Aichi, 565-0456 Japan

^{*} National Institute of Informatics, 2-1-2 Hitotsubashi, Chiyoda-ku, Tokyo, 101-8430 Japan

E-mail: [†] {reiko, sakai}@mtl.t.u-tokyo.ac.jp, [‡] ide@is.nagoya-u.ac.jp, ^{*} satoh@nii.ac.jp

Abstract We are developing a cooking navigation system, which helps even a novice user to cook several recipes in parallel without failure, while improving an advanced user's skill further. To realize this, the system optimizes the cooking procedure considering the following restrictions: (1) Duration of cooking, (2) Accuracy of cooking, and (3) Learning effect, by providing appropriate instructions to users at the right timing, making full use of multimedia information. According to the result of the experiment, all users from novice to experienced cooks could finish two dishes in parallel while enjoying the cooking very much. The result of a questionnaire shows the effectiveness of the multimedia navigation that we propose.

Keyword Multimedia Application, Assistance to Human Activities, Multimedia Processing

1. はじめに

我々は、すべてのユーザを失敗なく料理の完成に導き、さらに技術の向上を促進するマルチメディア調理支援ソフトウェアの開発を行っている。本ソフトウェアは、初心者でも複数レシピを同時に作るといった複雑な作業を可能にするのと同時に、誰でも調理を楽しむことができるシステムを目指している。このため、我々は各レシピに含まれる作業タスクを構造化して扱い、制約条件を明確化する。作業タスクは、「卵を割る」、

「卵を焼く」といったアクションユニット (Action Unit: 以下 AU) から成る。「卵を焼く」が必ず「卵を割る」の後に来るように、AU 同士は論理的な順序関係を持つ。また、各 AU は「ベーコンを5分間炒める」などの時間の制約条件を持つことがある。さらに、料理を完成させるためには「炒めたベーコンに卵を加える」のように、複数の AU の処理結果が正しく統合される必要がある。このような AU 同士の順序の制約条件や統合関係は、フローグラフによって表現すること

ができる。

本ソフトウェアでは実際の調理活動を、与えられた資源の制約条件の下で AU を適切に配置する最適化問題として扱う。そして (1) 調理時間、(2) 調理の正確さ、そして (3) 学習効果の 3 つの条件を最適化することで、ユーザがシステムに提示されるマルチメディア情報に従うだけで快適に正しく調理することができる調理支援ソフトウェアを目指す。

2. 調理支援ソフトウェアの提案

2.1. 最適化問題としての調理支援

図 1 は料理レシピから抽出されるフローグラフの例である。図 1 によって、各材料が各 AU で処理され、統合され、最終的に 1 つの料理として完成する様子がわかる。このようなフローグラフを利用すると、順序の制約条件を容易に把握することができる。例えば、依存のある AU は入れ替えられないが、並列に配置された AU 同士は並列に処理することができる。しかし、一人のユーザが並列に行える作業は限定されるため、ほとんどの AU は 1 直線に配置される必要がある。

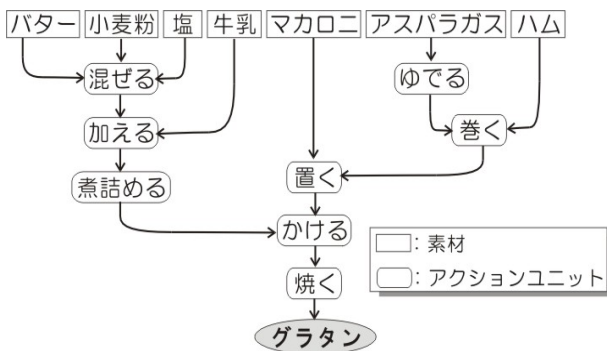


図 1 調理手順のフローグラフ

また実際の調理の際には、多くの場合 2 つかそれ以上のレシピを同時に作る必要があるが、料理を順番に作っていくと最後の料理ができたころには最初の料理は冷めてしまう。そこで我々が複数の料理を作る際には、複数のフロー構造を統合して順序を入れ替え、すべての料理が可能な限り同じタイミングで作られ終えられるように AU の順序を再配置する必要がある (そしてこれは初心者にとっては非常に困難な作業である)。ここでいくつかの AU はユーザが一人であっても並列化することができるため、タイミングを合わせるだけでなく、全体の調理時間を短縮することができる。例えば、我々は米を水につけている間にほかのレシピの作業を並列にこなすことができる。

調理の最適化問題に含まれるリソースには、人的リソースと台所リソースがある。人的リソースは調理人の数であり、多いほど並列度が上がる。一方、台所リ

ソースとして「ガスレンジ」、「まな板」、「流し」および「テーブル」を定義し、それぞれ加熱タスク、切断タスク、水に関するタスク、そしてその他のタスクと対応させた。調理の最適化問題においては、これらのリソースに AU を適切に配置することも制約となる。ユーザは本ソフトウェアを利用する前に各自の台所環境 (各台所リソースの数と配置) を入力する。

加えて、1 章で述べた 3 つの最適化の目標を実現するために、本ソフトウェアは次の条件を考慮する。

調理時間

手順の再配置処理においては、以下の条件を最適化する。(i) 全体の調理時間を最小化する、(ii) すべてのレシピの終了時刻の差を最小化する。

調理の正確さ

我々が調理を失敗する原因の多くは情報不足にある。特に、単なるテキスト情報では調理動作や食材の状態を表現するのに十分ではないことが多い。そこで本ソフトウェアは、料理映像に含まれる視覚情報により調理動作等を具体的に見せ、音声によりユーザがモニターを見ることができない場合にも情報を与える。またテキストで詳細な情報、例えば材料の分量などを示す。このように本ソフトウェアはマルチメディアを最大限に活用し、より正確な調理支援を目指す。

学習効果

ユーザの行動に沿ってリアルタイムに対応する映像が提示されれば、ユーザは常に自分の行っている作業に関する映像をみることができ、学習効果が大幅に高まるものと考えられる。これを実現するため、本システムでは調理手順の再配置を常時リアルタイムで処理する。実際の作業においては、ユーザが 1 つの AU を終了するごとにソフトウェア上のアイコンをクリックすると、システムはこれに合わせて AU の長さを伸縮してユーザのタイミングに合わせてその AU を終了する。同時に手順の最適化を再実行して新しい状況に合わせた再配置を行い、次の AU をユーザに示す。またユーザはシステムの提案と関係なく常に次の手順 (すなわち AU) を選択することができる。

2.2. ソフトウェアの概要

図 2 に本ソフトウェアの概要を示す。

- 入力データ (レシピデータベース)
調理映像ビデオファイル、およびレシピテキストやメタデータを含む XML ファイルを入力とする。これらの情報は事前に作成されている必要がある。またメタデータの作成方法は手動、自動のいずれでもかまわない。
- 調理手順の最適化ユニット
AU のフローグラフを参照して調理手順の最適化と再配置を行う。

- レシピ選択ウィンドウ (図3)
本ウィンドウはマルチメディアレシピの一覧や、対応する映像およびテキストの内容をブラウザし、レシピの選択をするためのウィンドウである。
- 調理支援ウィンドウ (図4)
ユーザは調理中、本ウィンドウを通してマルチメディアによるナビゲーションを受ける。

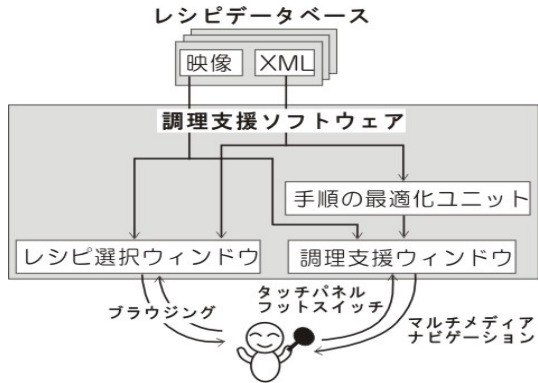


図2 提案ソフトウェアの概要

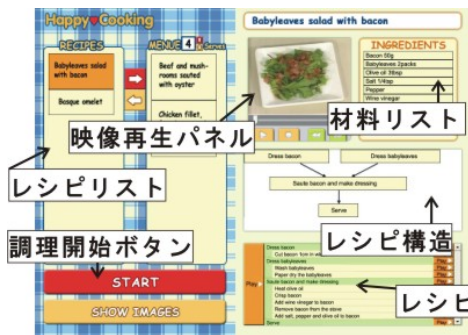


図3 レシピ選択ウィンドウ



図4 調理支援ウィンドウ

2.3. アクションユニット (Action Unit: AU)

「アクションユニット (以下 AU)」は調理作業の単位として定義される。AU の役割はテキストにおける「動詞」と似ているが、しばしば2つかそれ以上の動詞を含むより大きい範囲を示す。そして各 AU は映像における「ショット」と対応し、ユーザが当該 AU を作業中には対応するショットが繰り返し再生される。

1 つの AU は次の情報を含む。

- 作業内容を表すテキスト記述
- 次の AU への依存関係
- 対応する映像のショット番号
- AU が配置されるべき台所リソースの種類
- デフォルト作業時間
- AU が並列に作業可能かどうかをしめすフラグ

2.4. 最適化アルゴリズム

本システムでは並列処理やコンパイラの最適化アルゴリズムとしてしばしば用いられるリストスケジューリングアルゴリズム[4]を用いて調理手順の最適化・再配置を行う。評価関数は各 AU の最早配置時刻と手順フローグラフにおけるパス長の和とし、これが最大の AU を優先的に配置する。また以下のいずれかの場合には重み α が評価関数に加算される。(a) ユーザが直前の作業から連続して同一の台所リソース内にとどまる場合、(b) 同一パス上の連続するノードが連続配置される場合。

2.5. 入力インタフェース

本ソフトウェアのインタフェースに関しては、マルチディスプレイおよびフットスイッチを備えたユビキタスキッチン、Kitchen of The Future プロジェクトと共同で検討を行っている[1]。

一般の台所においては、ユーザが濡れた手でも利用できるシンプルなインタフェースが望ましい。5章における実験では、被験者はマウスの代わりにフットスイッチと防水加工したペンタッチパネルの両方またはどちらかを利用した。

3. マルチメディア処理による自動データ作成

通常の料理映像と料理レシピから入力データを自動で作成するためには、レシピから AU を切り出し、構造解析によって図1のようなフローグラフを自動抽出する必要がある。次に映像ショットと AU の対応付けを行う。我々はすでに、テキストレシピから素材名詞や動詞の依存関係を解析して動詞単位でのフローグラフを抽出する手法[2]、および映像ショットとテキストレシピの対応付け手法[3]を提案している。対応付け手法においては、ショット内の音声の中の単語、映像の背景色によるリソースの推定、そして手順の順序構造などを利用している。

しかし次章で述べる実験などを通して、実用的な調理支援アプリケーションのためには以下のような新たなメディア処理の課題が発生することがわかった。

1 つは、レシピからの AU テキストの自動生成である。人間にとって自然な単位で AU を切り出すには高度な文脈処理および周辺知識が必要となる。映像に関しては、ショット単位よりも細かい粒度での索引が必

要であることがわかった。またユーザにとっては音声も非常に重要であり、特に AU と音声の厳密な同期が必須である。そしてすべての処理に関して、現状よりも高い精度が必要である。今後は、より詳細な内容解析に踏み込む高精度な映像解析手法および自然言語処理技術の検討が必要といえる。

4. 評価実験

我々は、様々なユーザに我々のシステムの支援を利用して実際に料理をしてもらった。被験者の数は8名である。被験者の自己申告によれば、そのうち2名は上級者、3名は中級者、そして3名は初心者であった。実験では、比較的困難と思われる4つのレシピの中から、ランダムに選択された2レシピを1人で同時に作成した。その後、以下の項目を含むアンケートに回答してもらった。各項目の回答は、0（低）から10（高）までの10段階評価となっている。

- A) 調理の際、映像に頼りましたか？
- B) 調理の際、音声に頼りましたか？
- C) 提案された手順は適切だと感じましたか？
- D) 通常の料理番組を利用するときと比べて本システムによる支援は快適に感じましたか？
- E) 通常のテキストレシピを利用するときと比べて本システムによる支援は快適に感じましたか？
- F) 本システムでの料理は楽しかったですか？

表 1 実験アンケート結果

| 調理経験 | (A) | (B) | (C) | (D) | (E) | (F) |
|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| 上級者 | 10 | 10 | 2.0 | 9.5 | 10 | 9.5 |
| 中級者 | 10 | 7.5 | 4.0 | 10 | 10 | 7.7 |
| 初心者 | 8.5 | 9.3 | 4.0 | 8.3 | 9.0 | 9.3 |
| 平均 | 9.5 | 9.0 | 3.5 | 9.3 | 9.6 | 8.8 |

アンケート結果を表1に示す。各値は該当する被験者の回答の平均値である。特に3人の初心者はほとんど初めての料理であったにもかかわらず、2品同時に調理することに成功した。加えて、彼らのうち2人はもしもこれが普通のテキストレシピであったら料理を完成できなかったと思うと答えた。また表1によれば、たとえ上級者にとっても映像と音声は非常に重要であることがわかる。実際に被験者は各メディアに強く依存し、実験中にどれか1つのメディアが中断すると混乱する様子が観察された。そしてほとんどの被験者は本システムでの調理は通常のテキストレシピや調理番組で料理するよりも相当快適であると回答した。さらに、すべてのユーザは本ソフトウェアで料理することは非常に楽しかったと回答した。具体的には「ゲーム感覚で楽しい」、「従っていくと料理が完成して感動した」といった感想を得た。

一方で、再配置された調理手順に対する満足度は一概に低い値となった。これは自動最適化された調理手順がしばしば不自然であるためである。例えば、複数のフライパンを使って並列に加熱調理することは論理的には可能であるが、特に初心者がこれを行うことは困難である。今後、手順の最適化アルゴリズムをより自然で快適なものにするためには、調理に関する経験的知識から抽出される制約条件を導入する必要がある。

5. あとがき

本論文において、我々はマルチメディアによる調理支援を実現する新しいマルチメディア応用ソフトウェアを提案した。実験の結果によれば、初めて料理をするような初心者から上級者までのすべての被験者が2品の料理を同時に完成させ、なおかつ通常よりも料理を楽しむことができた。本実験により、調理に対するマルチメディア支援の有効性が確認された。また本ソフトウェアにより、マルチメディア処理技術に関して多くの課題が引き出された。

「料理」は、飛行機のエンジン整備といった制約の多いルーチンワークと、絵画や作曲といった芸術活動のちょうど中間にあたる活動といえる。現状のシンプルな手順最適化アルゴリズムは、特に調理の芸術的な側面に対しては不十分である。今後、実際の人のふるまいを元に、独創的な活動を支援する方法について検討する予定である。

6. 謝辞

本研究の一部は2003年度IPA未踏ソフトウェア創造事業の援助を受けて実現しました。また本ソフトウェアの開発および実験にあたり多大なご協力をいただいた(株)情報技研の岡部淳氏、鈴木幸敏氏、辻秀典氏に謹んで謝意を表します。

文 献

- [1] 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（WISS2005），pp.49-52（Dec. 2005）
- [2] R. Hamada, I. Ide, S. Sakai, and H. Tanaka: “Structural Analysis of Cooking Preparation Steps in Japanese”. In Proc. Fifth Intl. Workshop on Information Retrieval with Asian Languages, pp. 157-164 (Oct. 2000)
- [3] R. Hamada, K. Miura, I. Ide, S. Satoh S. Sakai, and H. Tanaka: “Multimedia Integration for Cooking Video Indexing”. In Proc. Pacific-Rim Conference on Multimedia, vol. II, pp. 657-664 (Dec. 2004)
- [4] Y. Srikant and P. Shankar: “The Compiler Design Handbook: Optimizations & Machine Code Generation”, CRC Press, 2002.