

調理支援のためのインタラクティブ調理シミュレータ

加藤 史洋*¹ 三武 裕玄*² 青木 孝文*² 長谷川 晶一*¹

InteractiveCookingSimulator -for understanding the cooking theoritically-

Fumihiko Kato,*¹ Hironori Mitake,*² Takafumi Aoki,*³ and Shoichi Hasegawa*⁴

Abstract – We propose “Interactive Cooking Simulator” which provides users with information about physical and chemical reaction state during cooking process. Using this simulator, users can practice cooking without worrying about failing because users can literally undo a procedure to accumulate experience. Finally, this system enables users to theoretically understand cooking efficiently.

Keywords : Edible computing, Real-Time Graphics, Thermal simulation

1. はじめに

食にはエンタティメント性がある。人間の三大欲求の一つ食欲は、生命の活動を維持していく上で重要で、定期的に食物を摂取している。食欲を満たすことそのものがエンタティメント性を帯びている。この食欲を満たすため、我々人間は食物の栄養価を高め食味や体内への消化吸収を良くするために古来さまざまな調理加工を行ってきた。また、祝い事や儀式、客人をもてなすことのような社会的かかわり合いの中で食文化は形成され、営まれてきた。ここには人とのかかわり合いの中で生み出される食のエンタティメント性がある。これら食のエンタティメント性には、a) 自分が調理をし腕を上げて、よりおいしい料理を他人に食べてもらった感想などのフィードバックをもらうことで調理への知識を深めるというエンタティメント性と、b) 他人が調理してくれたものを食べて楽しみ、感性を磨くエンタティメント性がある。b) のためには、作ってくれた料理を理解し楽しむために、自分自身も調理を知っている必要があり、そのために、自ら調理をする必要がある。

このように自らも調理をするということは重要であるが、料理を思った通りに作ることはたやすいことではない。これは、調理が直接目に見えない

要素が複雑に絡み合った物理化学的反應の集合であるためである。調理というものを分解して考えてみると、我々は五感を用いて、調理中の食品の状態を認識し、その情報に基づいて次の調理手順を決定し、実行するということを繰り返している。こうして積み上げた経験を使って、直接感覚できない情報を推測する。本提案では、従来、直接感覚する事ができる少ない情報と経験からの推測に頼っていた調理状況において、より強固な経験則を補うことで的確な判断に基づいた調理状況の推測ができる。これにより、容易に楽しんで調理を上達させることができるので、社会的かかわり合いの中でエンタティメント性を向上させることができる。

2. 先行研究

現実での調理支援の研究として、山肩ら [1] や椎尾ら [2]、中内ら [3] は、カメラやマイクなどセンシング機器を埋め込み、ディスプレイを設置するなど情報化したキッチン環境を用意し、調理者の行動を認識することで、調理の記録コンテンツの作成や既存の固定化されたレシピ情報から調理者に対して次の操作を指示する調理支援を研究している。これらが、現実の調理操作の支援であることに対して本提案では、現実では計測できない調理操作の決定に有益な情報を提示した調理シミュレーション環境内で、調理者の抱くイメージに合わせた調理を作るためのトレーニングを積み上げることで、現実での調理の支援を行うことになる提案をしている。

料理を体験できる作品として、大田黒ら [4] は「香る料理ゲーム」でカレー作りを体験しながら、香り

*1: 電気通信大学, {fumihiko.k, hase}@hi.mce.uec.ac.jp

*2: 東京工業大学, {mitake, aoki}@hi.pi.titech.ac.jp

*1: Graduate School, University of Electro-Communications

*2: Graduate School, Tokyo Institute of Technology

*3: Graduate School, Tokyo Institute of Technology

*4: University of Electro-Communications

提示装置による香りを嗅ぐことで、嗅覚のリアリティを高めるコンテンツを提案している。また、タイトル [5] の「クッキングママ」というゲームでは、おまごとのコンセプトで、料理体験ゲームを提供している。一般的な料理の流れを体験するインタラクティブなゲームである。これらに対して、本提案ではレシピに捉われない料理をユーザが材料を選び、人間が調理で認識できない物理化学的な状況を参照しながら各人のイメージに合わせてインタラクティブに体験できるシミュレーションを提案する。

調理学の知見を得る研究として、渡辺ら [6] は、炒め調理過程での伝熱をモデル化し、炒め時の熱伝達率を推算した。また、香西ら [7] は、最適加熱時間に及ぼすジャガイモ形状の影響を熱伝導シミュレーションを用いて検討し、平板型の形状の加熱時間が最も短いという知見を得ている。これらは一般のユーザがそのまま料理で使える情報ではないが、本提案では熱伝達シミュレーションした結果をユーザが調理の進行状況として直接認識可能な情報にして提示する。

また、食品のレンダリング手法に関しては、pixar [8] は、映画の映像表現で用いるリアリティの高い料理の表現手法を提案している。これがオフラインで計算するものであるのに対し、本提案ではインタラクティブに操作できるリアルタイムに表現可能な調理シミュレーションを提案する。また、大和田ら [9] はいろいろな切り口で切った時の食品断面をレンダリングする手法について研究している。この提案の食品を切ったときの食品内部の表現をする提案に対し、本提案では加熱調理における食品内外の変化をリアルタイムに表現する。

3. 提案手法

本提案で掲げる料理支援手法は次のようになる。ユーザは、食材の状態について現実の調理よりも多くの情報（見ため、温度分布、水分の分布）を参照できる『認識の支援された』環境を用いて、作りたい料理のイメージに向けて調理操作を決定し、インタラクティブに操作することができる。さらにその結果、提示される食材の状態の変化が意にそぐわない場合には、以前の食材の状態に戻し、方法を変えてやり直すことができる。この繰り返しのトレーニングにより、抱いている調理イメージに合わなかった結果の原因を究明することができ

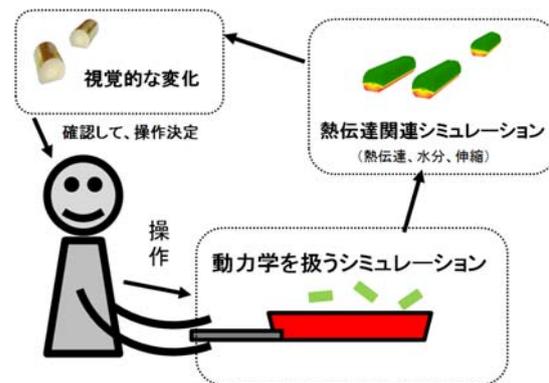


図1 シミュレーションの構成
Fig.1 System of Coonking Simulation

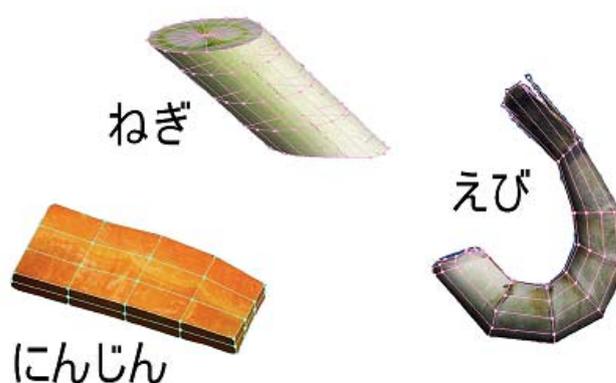


図2 3Dで表現した食品を有限要素で分割
Fig.2 Finite element mesh of food ingredient in 3D

る。また、繰り返し練習することで、実際の料理でも役立つ経験則を得ることができる。

このシミュレーションを次の3つの要素から構成する(図1参照)。

- 『3次元CGモデルと動力学シミュレーション』
- 『熱伝達と水分、化学的変化シミュレーション』
- 『力覚インタラクション』

3.1 3次元CGモデルと動力学シミュレーション

食材は、有限要素で分割されたメッシュ(図2)の節点間に周辺の質量を代表させ、温度、水分量、テクスチャ座標の値を持たせる。調理器具を動かした時の食品の動きをリアルタイム動力学シミュレータによりシミュレーションし、食品の調理器具への接触具合を変えることで、食品の加熱状況を変化させる。

3.2 熱伝達と水分, 化学的变化シミュレーション

食材のメッシュモデルについて, 次式に示す熱の伝達方程式 (フーリエの法則) に基づいた食品の熱の伝達を計算する.

$$\Delta q = \lambda \cdot \frac{\Delta T}{\Delta l} \cdot \Delta A \cdot \Delta t \quad (1)$$

ただし, q は伝達熱量, λ は熱伝達率, T は温度勾配, l は節点間の距離, A は熱流速の断面積, t は単位時間とする.

3.3 化学的变化の表現手法

熱伝達の計算モデルを用いてリアルタイム熱シミュレーションした結果を, 温度や見た目, 水分量パラメータの変化の映像で表示する. この映像の表現に, 本提案では, OpenGL の 3D テクスチャ機能を用いる. 図 3 のように, 従来の 2 次元のテクスチャ座標に奥行き方向のテクスチャを付け加えることで, 2 次元のテクスチャ座標を変えずに, 奥行き方向のテクスチャを変化させることができる. テクスチャとして, 現実の食材を加熱調理する過程で採取したものをを用いることで, リアリティの高い表現を行う. 一例としてネギを加熱したときの水分量の時間的減少とそれに伴い変化する食品表面テクスチャの対応を図 4 に示す.

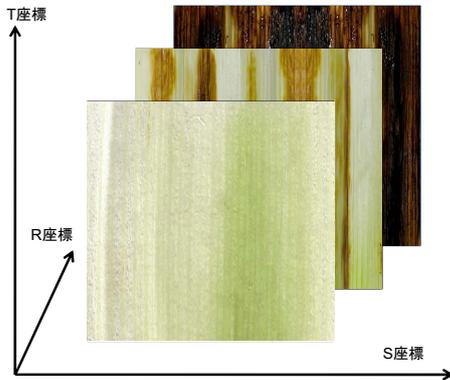
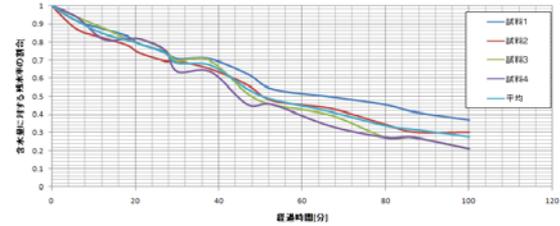


図 3 3次元テクスチャの構成
Fig. 3 Structure of 3DTexture function

3.4 力覚インタラクション

力覚インタフェースを使って調理器具の動きを入力し, 料理の操作や技を学ぶための実際の調理操作を行う (図 5). この操作は『熱伝達と水分, 化学的变化シミュレーション』と『3次元CGモデルと動力学シミュレーション』に反映される. 実際の調理と同じように調理操作とその結果がすぐに反映

弱火で伝導熱だけが加わるように加熱



加熱時間に対する, 残っている水分量の割合の変化

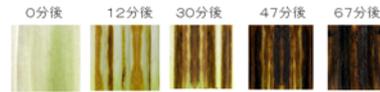


図 4 加熱時間に対する水分量の変化と対応テクスチャ

Fig. 4 Transition of moisture amount of food against heating time and correspond texture

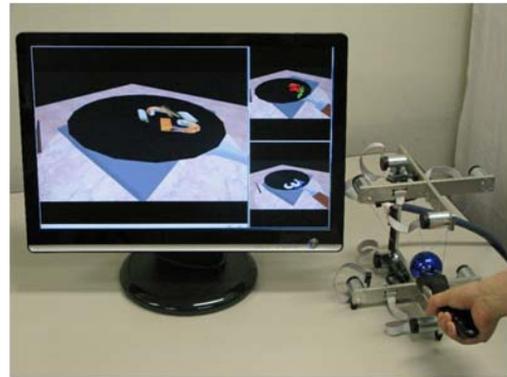


図 5 クッキングシミュレータでのインタラクション

Fig. 5 Interaction in Cooking Simulator

されるインタラクティブな仕組みが, 調理の強固な経験則の形成に役に立つ.

4. 結果

現実の調理でネギを加熱したときの表面の様子とシミュレーションを行い、変化した食品表面を図6に示す。図より、本提案で使用した簡易的な熱伝達シミュレーションを用いることで、加熱調理操作による食品表面の色の変化を表現できることが確認された。また、食品の表現に実際の食品を加熱し採取したテクスチャを用いることで、食品特有の模様などを反映した情報量の多い表現ができることが分かった。



図6 (a) 現実の調理で加熱したネギと (b) シミュレータで表現したネギ

Fig. 6 (a) leap heated in real cooking and (b) leap heated in cooking simulator

5. まとめと今後の展望

温度や水分の分布、見た目の変化が映像として確認できるため、調理操作の決定に必要な食品状態を確認しながらの操作ができる。そのため、調理操作と調理結果の関係を知ることができる。また、これら調理操作を力覚インタフェースにより入力しシミュレータに反映することができたことで、調理シミュレータをインタラクティブに操作できる。本研究では、熱の伝達は主として食品の伝導伝熱を考えた。しかし、現実の調理では、食品間の熱の伝達や、調理器具との間の対流や放射による熱の伝達も考えられる。今後の課題として、調理で本質的に必要な熱の伝達を見極め、再現するのに最も適した熱伝達モデルを構築したい。また、本稿では、調理操作としてフライパンを動かすことを考慮した。これに加え、菜箸など食品の硬さを参照できるような力覚インタフェースを組み合わせ、インタラクティブな要素や参照できる情報を増やした調理シミュレーションを目指したい。

参考文献

- [1] 角所 考 美濃 導彦山肩 洋子. アシスタントエージェントとの音声対話による調理コンテンツの自動生成. 電子情報通信学会技術研究報告. MVE, マ

- ルチメディア・仮想環境基礎, Vol. 105, No. 433, pp. 55–60, 20051117.
- [2] 美馬 のゆり椎尾 一郎. Kitchen of the future : コンピュータ強化キッチンとその応用. Vol. 23, No. 4, pp. 36–46, 20061026.
- [3] 中内靖. 調理作業の予測と支援. 日本機械学会誌, Vol. 109, No. 1056, pp. 880–882, 20061105.
- [4] 中本 高道 長濱 雅彦 石田 多朗 大西 景太 大田 黒 滋 樹. インタラクティブ嗅覚ディスプレイと香る料理体験コンテンツへの応用. 電気学会研究会資料. CHS, ケミカルセンサ研究会, Vol. 2006, No. 19, pp. 63–68, 20061218.
- [5] OFFICE, CREATE, and published by TAITO Wii Licensed by NINTENDO. Cooking mamma:cook off - simulation game - wii - 01487. *RVL-P-RCCJ(JPN)*, 2006.
- [6] 酒井 昇渡辺 学. 炒め調理過程の伝熱モデル. 日本食品工学会誌, Vol. 6-4, pp. 269–278, 2005.
- [7] 畑江 敬子 島田 淳子 香西 みどり. シミュレーションによるジャガイモの最適加熱時間に及ぼす形状の影響. 日本調理科学会誌.
- [8] Cho Jun, Han, Xenakis Athena, Gronskey Stefan, and Shah Apurva. Anyone can cook -inside ratatouille's kitchen. *Siggraph 2007 Course 30*, 2007.
- [9] OWADA Shigeru, NIELSEN Frank, OK-ABE Makoto, and IGARASHI Takeo. Volumetric illustration: Designing 3d models with internal textures. *Proceedings of ACM SIGGRAPH(SIGGRAPH2004)*, pp. 322–328, 2004.