

追加料理推薦システム Another Dish Recommender における 実時間食事状況認識

瀬戸 優貴*1 松坂 要佐*2 井上 智雄*1*3

*1 筑波大学大学院図書館情報メディア研究科
*2 産業技術総合研究所 *3 国立情報学研究所

近年、実世界における人の活動をコンピュータによって支援する様々な研究が行われている。我々は実世界の活動として食事に着目し、適切なタイミングで適切な追加料理を推薦するシステム Another Dish Recommender を提案する。本システムは、食器に箸を伸ばす手の動作を食事行動として実時間で認識し、それを食事履歴として得る。その履歴から食事の状況を判断し、そこから適切な追加料理を選択し食卓上に提示する。本稿では、本システムの手の認識方法の変更とそれによって得られた認識率の向上について報告する。本システムは実物体履歴の活用の可能性を示すものであり、食事サービスでの利用が期待される。

Realtime dining activity recognition in Another Dish Recommender

Yuuki Seto*1, Yosuke Matsusaka*2 and Tomoo Inoue*1*3

*1 Graduate School of Library, Information and Media Studies, University of Tsukuba,

*2 National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)

*3 National Institute of Informatics

This paper presents Another Dish Recommender, a system that recommends another dish in the right time during dinner. The system recognizes dining activity in real time, which is regarded as movement of a hand to dishes. It stores history of dining activity to know current status of dining. Automatically selected another dish is recommended by displaying its picture on the dining table. The system is a prototype showing possibilities of using history of physical objects. It is expected to be useful as a substitute of a food serve.

1 はじめに

現在、社会のあらゆる領域において情報技術の利活用が進められており、ビジネスだけでなく、我々の日常生活にも入り込み、「情報化」以前の環境を変えつつある [1][2]。食事は、我々にとって不可欠で重要な活動である。食事は食器をはじめとする実物体を用いる活動であるが、実物体を含む環境における情報技術の活用は、実世界指向、タンジブルユーザインタフェース、ユビキタスコンピューティング等の名称で研究が盛んに行われているものの、ソフトウェアに限定された環境に比べてまだ十分ではない。中でも食卓という場は情報化が進んでいない。

本論文では、食事行動を認識し、食事状況に応じて、適当なタイミングで追加料理の推薦を行うシステ

ムを提案する。これは、透明な天板の食卓型システムで、天板上に置かれたマーカ付きの皿と摂食動作をする手を実時間で認識し、その履歴に基づいて食事状況を判断している。推薦される料理は天板上に画像で提示される。提案システムは、実物体の履歴を利用した人の行動支援システムであるといえる。

飲食店等の追加注文の発生する食事環境において、常に客の食事状況を把握し、タイミングよく適切な追加料理の推薦を行うことのできる優秀な店員を確保維持することは、労働力の減少もあり、将来ますます困難であると考えられる。提案システムは、将来この役割を店員の代わりに担うことを想定して研究している。

以下、本稿では 2 章で関連研究、3 章では提案システム ADR の概要を述べ、4 章から 6 章では ADR

の各部を説明し、7章では ADR の食事行動認識部の評価について述べる。最後に 8 章でまとめる。

2 関連研究

2.1 テーブル型システムと実物体利用

人の活動の大半は実世界で行われており、多くの実物体と関わっている。そこでより自然で直感的なインタフェースとして、実物体を用いたタンジブルユーザインタフェースの研究が行われている[3]。また、人の作業ではテーブルがごく一般的に使われ身近であるため、テーブル上への情報表示が研究されている[4][5]。テーブルの持つ特徴の一つに実物体を置くことができる点がある。人は多くの作業で実物体を使うため、この点でテーブル型システムは作業支援との親和性が高い。

テーブル型システムにおける実物体の認識では、バーコード等のマークが一般的に使われる。机型実世界指向システム EnhancedDesk 上で開発されたアプリケーションである Interactive Textbook では、認識対象の実物体である教科書のページの隅にバーコードを貼ることで各ページを識別している[6]。SmartSkin では、テーブル面に電極を埋め込むことでユーザの手指による操作やテーブル上に置かれた実物体の認識を行っている。SmartSkin では、実物体にある特定のパターンを付与した金属片を貼り付けることでその物体が何であるかを識別している[7]。

さらに、実物体の履歴を考慮する研究も見られはじめています。コンピュータの特長である情報の蓄積機能を活かして、履歴情報を活用する多くの研究がこれまでになされているが、実物体履歴の研究は始まったばかりである。渡辺らは、タッチセンサディスプレイ上の実物体と複数ユーザを RF タグで識別して、誰がどの物体に触れたかを取得し、その履歴を協調作業に役立てるよう表示している[8]。

本研究のテーブル型システムでも実物体を使用し、その認識にはマークを用いている。本研究では食事を対象として、食器を認識しており、その履歴を食事状況を示すものとして活用する点に特長がある。実世界における人の活動のコンピュータによる支援の枠組みとして、実物体の履歴の種々の活用を考えることは今後重要であり、人の活動支援領域を拡げることにつながると考えている。

2.2 食事場面の認識と支援

食事場面对象とした研究として、天野らの六の膳がある[9]。食卓上の空の皿の上に携帯電話で撮影した画像を投影することによって、食事時における話題提供を行うシステムである。食事行動の認識は

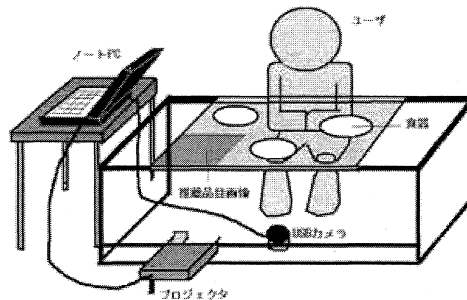


図1 システム構成

Fig.1 Schematic diagram of the system

しておらず、特に食事状況と投影される写真とは関係がない。

福祉情報の分野では、食事の記録を自動的に行う研究や、食事行動の分析に関する研究がある。食事活動を分析する試みとして Gao らの研究では食堂に設置したカメラによって食事の様子を撮影し、画像中の手の動きの相対的な動きを検出して、シンプルな HMM モデルを適用することで摂食動作の認識を行っている[10]。しかし、摂食動作で何を食べたのかは分からない。川嶋らはセンシングトレイとIDウェアを用いた摂食モニタリングシステムを提案している。この研究では、食事を一口単位の摂食動作のイベントシーケンスであると考え、このシーケンスを推定するためのセンシングシステムを開発している。このシステムによる摂食実験によって、摂食パターンは同一被験者では再現性があり、被験者間では個性がみられることが分かっている[11]。

これらの研究では食事行動の認識に留まっているのに対し、本研究は実時間で食事状況を判断して、それに続いて追加料理の推薦というサービスを行う点に特長がある。

3 ADR の概要

食卓上の食器に箸を伸ばすという動作を摂食行動と認識し、その履歴情報から食事の状況を判断し、それに応じた料理を推薦するシステム Another Dish Recommender (ADR) を開発している。

ADR の構成を図 1 に、利用風景を図 2 に示す。本システムは一人のユーザを対象としたテーブル型のシステムであり、図 2 のようにテーブル面に食器を配して、食事を行うことができる。システムはユーザの摂食行動を実時間で認識し、履歴として記録する。その履歴情報から食事の進行具合やユーザの摂食傾向などの食事に関する状況を判断する。食事状況に基づいて、適切な追加注文料理の推薦を、料理写真



図2 システム利用風景

Fig.2 System in use

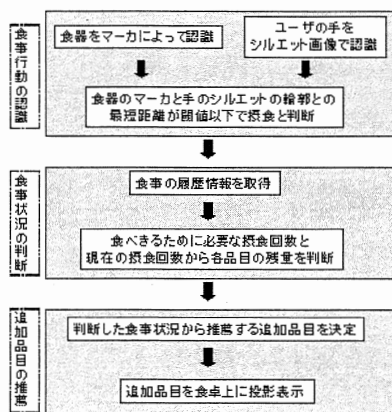


図3 ADR の 3つのモジュール

Fig.3 3 modules of the system

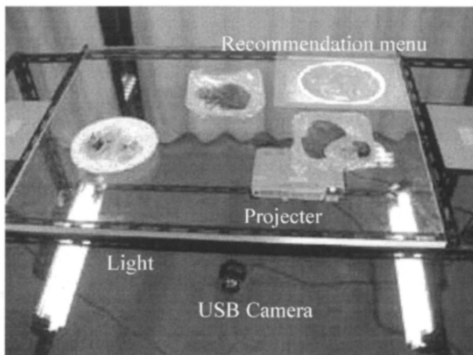


図4 装置外観

Fig.4 Appearance of the system

のテーブル面への提示という形で実時間で行う。

本システムは図3のように、食事行動の認識、食事状況の判断、追加料理の推薦、の3つのモジュール

から構成される。次章からこの3つのモジュールに沿って本システムを説明する。

4 食事行動の認識

4.1 食器の認識

本システムは、図4に示す装置からなる。食卓は、透明な15mm厚アクリル板と支柱によって構成される。アクリル板の一部にプロジェクタ用透明スクリーン(きもと社ディラッドスクリーン T40SI-40)を貼付し、情報の投影を可能にした。各食器の底部には、各々IDパターンの異なるARToolKit[13]のマーカ(1辺5cmの正方形)を貼り付けた。

後述する食事状況の判断には、何をどれだけ食べているかを知ることが必要であるが、何を食べているかという料理の種類を知ることは食器を識別することによる。食器の識別と配置場所の取得は、食器の裏面にIDマーカを貼り付け、それを透明な食卓の下から、USBカメラ(Logicool社、QVR-13R)を用いて認識することで行っている。

カメラは画像の解像度320x240、フレームレート15fpsに設定し、食卓の幅75cm、奥行き60cmの領域を取得した。ここで画像中の1ピクセル分の距離は実世界の0.2cm余りに相当する。マーカ認識を確実にするため、本システムでは、食器は食卓に常に置かれているものとした。また、それによりマーカ貼付面が下(地面)方向に向くので、影が生じてマーカが認識しづらくなることを防ぐために、図4にあるように食卓の両脇に光源を設置し下方向から食卓面を照らした。光源にはデスク用スタンドライト(1170ルーメン)を2つ使い、マーカ面が正常に認識される明るさを確保した。また、ライト自体がカメラ映像へ映り込みマーカ認識の妨げにならないように位置を調整した。

4.2 手の認識

我々が開発した初期プロトタイプでは、食器と同様に手首にマーカを装着し、手の位置を特定していた[12]。しかし、単一のマーカを手首に固定して装着していたためにユーザへの装着の負担があるとともに、手首の角度変化、動作の緩急に弱く、安定した認識を行うことが難しかった。また、下方からのカメラ撮影において、手首のマーカはテーブル上の実物体とのオクルージョンも多かった。

そのような認識上の問題点を改善するために、現在のシステムでは、画像処理による手領域の切り出しを行うことで、食事中の手を認識する方法を採っている。前述のように単一のマーカを使用する方法ではオクルージョンによる認識漏れが多くなる。それに対して、手領域自体を切り出す場合、仮にオクルージョ

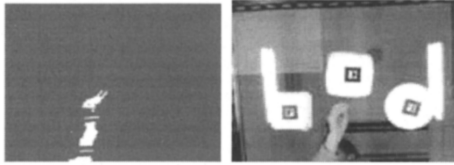


図5 手の認識

Fig.5 Recognition of a hand

ンが生じて、それは領域の大きさの変化として影響するのみであり、ここでの目的である手領域の位置の取得に関する認識漏れにはなり難い利点がある。また、手首の角度変化や動作の緩急による影響も少ない。

本システムにおける手領域の認識の手順は次の通りである。ADR では背景差分として手領域を得る。まず、システム起動時に背景画像として下方からの食卓の画像を取得する。背景画像は時間経過による撮影環境の変化に対応するために、適当な割合 ($a:1-a$, $a=0.01$) で現在の背景と混合し毎フレーム更新する。背景差分を用いる場合、推薦のために投影された料理写真が変化したり食器が移動したりすると、それらの変化が差分として検出されてしまい、正確な手領域の切り出しができなくなる場合がある。そこで、本システムにおいては、50 フレームの間変化がない場合、その前景画像を現在の背景画像と置き換える処理も行う。これにより、食事中に推薦料理画像が変化したり食器が移動したりしても手領域の切り出しに影響が生じなくなる。このようにして得られる背景画像とカメラで取得した現在のフレーム画像との差分を計算し、画像の変化が大きい領域だけを抽出した画像を得る。その画像に対し、オープニング処理(画像中のある領域に対して数回分膨張処理をかけた後、同回数分の収縮処理を行うノイズ除去処理の一つ)を行った後、ラベリング処理によって一定の面積(1000pixel)以上の領域を抽出し、その領域を箸を持つ手の領域とした。図5は食卓下に設置したUSBカメラの画像であり、図左が抽出した手領域のシルエット画像、図右がUSBカメラの原画像である。

4.3 摂食認識

食事行動の認識は、食卓上の食器に対して箸をつけるという動作により行い、この動作を1回の摂食とする。システムは、どの食器に箸をつけたかによって食べた料理を認識するため、迷い箸をしないこと、食器の配置を互いにある程度離す(現状では食器の中心間距離 25cm)ことを制約としている。この制約は通常の食事においては満たすことが難しくないものである。

表1 料理と食べきるための摂食回数

Table 1 Dishes and required number of eating behavior for finishing

料理名	食べきるための摂食回数
唐揚げ	15
サラダ	20
キムチ鍋	30

認識までの流れは次のような手順で行う。まず各マーカーの座標と図5のように抽出した手領域の各輪郭点との距離を計算し、輪郭点の中でそれぞれのマーカーと最も近い各点を求める。その点と対応するマーカーとの距離がマーカー情報より得た各皿の半径と同じないし十分に小さければ、その皿の料理を摂食したと判断する。この差の閾値は、影や画像の揺らぎの影響を踏まえて 10pixel 以下に設定した。輪郭点の算出や各輪郭点とマーカー座標の距離計算など高い解像度を必要としない処理は、負荷の軽減のために画像の解像度を半分にして計算することで 12.2fps(Athlon(tm) 64, 2.21GHz)の処理速度を実現した。

このようにして認識した食事行動は食事履歴として、ADR が常時記録していく。ADR が記録した料理の摂食回数や摂食順序などの履歴情報は、次章で述べる食事状況の判断に利用する。

5 食事状況の判断

食事状況の判断に必要な情報のうち、何を食べたかの認識について 4.1 節で述べた。食事状況を把握するためには、何を食べたかだけでなくもう一つの必要情報である、どれだけ食べているかを認識する必要がある。本システムではこのどれだけ食べているかの情報を、摂食回数により得る。料理全体を食べるのに必要な摂食回数と、ある時点の摂食回数の割合により、その時点の料理の残量が判定できる。料理を食べるために必要な摂食回数は、その料理の種類だけでなく、個人、状況など種々の要因により変動すると考えられるが、ここでは単純化して、数種の料理に対して食べきるのに必要な一般的と考えられる摂食回数をあらかじめ設定した。具体的には表1に示す3種類の料理を用意した。

また、食事状況に関する情報には摂食の順序もある。システムは、摂食時刻と摂食料理を食事行動履歴として取得しており、摂食順序も得ている。

6 追加料理の推薦

システムは、5章で得た食事状況から適当なタイミングで適当な追加料理をユーザに推薦する。推薦手法は先に述べた履歴を利用したものを含め多種多様なものが考えられるが、本論文では、推薦手法の詳細を検討する前に、本システムの仕組みが有効に機能することを示すことを要点と考え、表2に示す簡単なルールベースを用いて推薦システムを構成している。

推薦する追加料理の提示手法にも多様な手法が考えられる。ここでは、従来のようにメニュー冊子を置く方法あるいはその延長上の表示方法に比べて、より視覚に直接訴える可能性のある方法として、図2にあるように食卓下方に設置したプロジェクタ(CASIO 社XJ-S46)を用いて、食卓上に画像で提示している。

7 摂食認識の評価

7.1 評価実験

ここまで述べてきたように、現在の ADR で使用する食器は箸と皿のみである。ここでは、本システムにおける摂食認識の精度評価実験を示す。

実験は右利きの男子大学生3人を被験者とし、本システムを使用した食事をした。食卓上に配置する皿は3つとし、簡単のため全ての皿には箸でつまみやすい一口サイズの菓子を盛り付けた。各皿の菓子は最初それぞれ8つとした。各被験者は24回の摂食をすることになる。被験者の食事の様子はビデオカメラで撮影し、被験者が実際にどの皿の菓子をその順に食べたかを記録した(図6)。このビデオ記録と本システムが取得した食事行動履歴を比較し、本システムの再現率と適合率を分析した。



図6 評価実験の様子
Fig.6 Evaluation setting

表2 推薦条件と推薦料理

Table 2 Conditions and dishes of recommendation

推薦条件	推薦料理
全料理の残量が20%以下かつ最新摂食履歴15件中3回以上唐揚げが連続	シャーベット
最新摂食履歴15件中10件以上がキムチ鍋	バニラアイス
キムチ鍋の残量25%以下	雑炊

表3 現在の ADR の摂食認識率

Table 3 Eating recognition rate of the current system

被験者	適合率	再現率	F 値
A	0.94	0.94	0.94
B	0.85	0.89	0.87
C	1.0	0.96	0.98
平均	0.93	0.93	0.93

表4 改良前のシステムにおける摂食認識率

Table 4 Eating recognition rate of the previous system

被験者	適合率	再現率	F 値
A'	0.95	0.79	0.86
B'	0.82	0.75	0.78
C'	0.68	0.54	0.60
平均	0.82	0.69	0.75

7.2 実験結果と検討

表3に実験結果を示す。実際とは違う皿から摂食したと記録されると適合率が下がり、摂食が記録されなかった場合に再現率が下がる。F値は適合率と再現率の調和平均である。認識精度は被験者ごとにばらつきがあることが分かった。被験者Bの認識精度が他の2人と比べて低い。視認による原因調査から、この被験者は箸を寝かせてすくい上げるようにして食べるくせがあり、そのような食べ方をすると、手の位置が他の皿と重なり、実際に摂食した皿以外の皿とも接触したと判断され、稀に認識誤りを起こすことが確認された。

手の認識を皿と同様にマーカで行っていた初期システムでの認識精度の結果を表4に示す。表3と表4から、認識精度の向上が分かる。初期システムでは、手首の角度変化によるマーカ認識の不安定さや、被験者の食べ方によって摂食時の手のマーカと皿の距離が大きく変動するために摂食認識が不安定であったが、今回の認識方法でその点が改善した。

8 今後の課題とまとめ

提案したシステム ADR は、ユーザの食事状況を判断し、適切なタイミングで適切な追加料理の推薦を行う。実世界の人の活動である食事という、実物体の操作を対象として、その履歴を活用することで新たな情報サービスが成立することを示した。

料理の推薦システムとしての本システムの摂食認識率は実用上十分に考えられるが、今後さらに認識精度を高めるためには、ARToolKitPlus[14]の使用が考えられる。食器間の距離を確保する制約については、ユーザと食器の位置関係を考慮することによる改善を検討している。食事状況の認識については、料理残量の判定等に改善が必要と考えられ、料理の重量測定による方法等を検討中である。

また、実際の食事の調査に基づいた実用性の向上、複数人対応、推薦機能の改善などが課題であるが、多くの料理がありながら人手不足等で十分なおすすめサービスが難しい居酒屋などへの適用が考えられる。

さらに、適当な料理画像を提示するシステムと考えると、店舗でのおすすめサービスではなく、リアリティの高い仮想料理を飾りとして出すことで、豪華な料理を食べている気分を提供するといった発展も考えられる。

参考文献

- [1] 総務省, ICT 成長力懇談会 最終報告書 “ xICT ” ビ ジ ョ ン , http://www.soumu.go.jp/s-news/2008/pdf/080703_6_bt2.pdf, 2008.
- [2] 情報処理学会論文誌「日常生活におけるコラボレーション支援技術」特集, Vol.50, No.1, 2009.(印刷中)
- [3] Ishii, H., Ullmer, B.: Tangible Bits: Towards Seamless Interfaces between People, Bits and Atoms, *Proc. CHI'97*, pp.234-241 (1997).
- [4] Wellner, P., Interacting with paper on the digital desk, *Communications of the ACM*, vol.36, no.7, pp.86-96, 1993.
- [5] 松下, 土方, 杉原, テーブル型システムの現状, ヒューマンインタフェース学会誌, Vol.9, No.1, pp.35-58, 2007.
- [6] 小池英樹, 小林貴訓, 佐藤洋一, “機型実世界指向システムにおける紙と電子情報の統合および手指による実時間インタラクションの実現”. 情報処理学会論文誌. 情報処理学会, 2001, Vol.42, No.3, p.577-585.
- [7] Rekimoto, J.: SmartSkin : An Infrastructure for Freehand Manipulations on Interactive Surfaces, *Proc. CHI'02*, pp.113-120, 2002.
- [8] 渡辺晃一郎, 竹内達史, 井上智雄, 岡田謙一, 操作者識別を利用した対面協調作業支

- 援システム, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol.J91-D, No.12, pp.2755-2764, 2008.
- [9] 天野健太, 西本一志: 六の膳: 食卓コミュニケーション支援システム, インタラクション 2004 論文集, 情報処理学会シンポジウムシリーズ, Vol.2004, No.5, pp.43-44, 2004.
 - [10] Gao, J., Haupmann, G. A., Bharucha, A. and Wactlar, D. H.: Dining Activity Analysis Using a Hidden Markov Model, *in Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition (ICPR)*, Vol. 2, pp. 915 - 918 (2004).
 - [11] 川嶋稔夫, 谷杉泰苗, 光藤雄一: センシングトレイと ID ウェアを用いた摂食モニタリングシステム, 電子情報通信学会技術研究報告 福祉情報工学, Vol.106, No.285, pp.61-66 (2006).
 - [12] 瀬戸優貴, 野口康人, 登坂繭, 井上智雄: 実物体履歴による食事状況の認識に基づく追加品目推薦システム, 電子情報通信学会技術研究報告. MVE, Vol.107, No.554, pp.55-60 (2008).
 - [13] Lamp, R. P.: ARToolKit Home Page, Human Interface Technology Laboratory (online), available from <http://www.hitl.washington.edu/artoolkit/> (accessed 2007-11-25).
 - [14] Wagner Daniel, Schmalstieg Dieter: ARToolKitPlus for Pose Tracking on Mobile Devices, *Proceedings of 12th Computer Vision Winter Workshop (CVWW'07)*, pp. 139 -146, 2007.