

推薦研究論文

遠隔非食事者との疑似共食コミュニケーションのための インタフェースエージェント Surrogate Diner

塩原 拓人^{1,a)} 井上 智雄²

受付日 2014年1月15日, 採録日 2014年5月26日

概要: 近年 1 人で食事することを余儀なくされる「孤食」が問題となっている。孤食者支援のための従来研究では、参加者全員が食事をするのが想定されてきた。これに対して本研究では、これまでに考慮されていない、遠隔地間の一方だけが食事をする状況があることに着目した。そして、非食事者の代わりに食事行動をとるインタフェースエージェントによる疑似的な共食を実現した。Surrogate Diner と呼ぶこのインタフェースエージェントの食事行動は、実際の共食場面の映像分析に基づいている。評価実験では、Surrogate Diner を用いる共食条件、食事行動のないインタフェースエージェントを用いる会話エージェント条件、相手の実映像を用いる会話映像条件の 3 条件を比較し、質問紙とインタビューから、孤食者支援について Surrogate Diner の有効性が確認された。

キーワード: 疑似共食, 遠隔コミュニケーション, 食事エージェント, アバタ, 孤食

Surrogate Diner: An Interface Agent for Pseudo Co-dining with a Remote Person

TAKUTO SHIOHARA^{1,a)} TOMOO INOUE²

Received: January 15, 2014, Accepted: May 26, 2014

Abstract: “Eating alone” has been one of the serious problems in our society as more elderly people live alone, more people work and live separately, and people’s rhythms of lives become more diverse. Although all the existing research assumed that every participant of social dining had a meal, we found the setting that only a part of the participant has a meal is probable and acceptable for solving the problem. Surrogate Diner, an interface agent that performs eating behavior as a surrogate for a non-eating participant, is introduced in this paper. The eating behavior of Surrogate Diner is based on the actual eating behavior from recorded videos of co-dining. Evaluation study was conducted with the Surrogate Diner condition, the conversational agent condition, and the conversational video condition. Effectiveness of the proposed Surrogate Diner was indicated regarding the alleviation of “eating alone” problem from a questionnaire and interview.

Keywords: pseudo co-dining, remote communication, dining agent, avatar, solitary eating

1. はじめに

だれかと食事の席を共にする「共食」には、人間関係の円滑化 [1] や家族間のコミュニケーションの促進 [2] など、

単なる栄養摂取にとどまらない社会的意義が認められている。また、会話の席での食事の有無は会話の印象に影響を与え、食事をともなった会話の方がより明るく魅力的な印象を持たれることが分かっている [3]。行動科学的研究からも、共食にはリラックス効果や、食事をより深く味わうことができるといった効果が認められている [4]。

¹ 筑波大学大学院図書館情報メディア研究科
Graduate School of Library, Information and Media Studies,
University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki 305-8550, Japan

² 筑波大学図書館情報メディア系
Faculty of Library, Information and Media Science, Univer-
sity of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki 305-8550, Japan

a) RhetoricalBird2@gmail.com

本論文の内容は 2013 年 7 月のマルチメディア、分散、協調とモバイル (DICOMO2013) シンポジウムにて報告され、DCC 研究会主催により DCON への掲載が推薦された論文である。

しかし、近年では「孤食」と呼ばれる問題が生じており、個々の生活リズムの多様化やそれまで共食のパートナーを担っていた家族と離れて生活するなど、生活様態や環境の変化から生じる時間的また距離的な制約により、1人で食事することを余議なくされる状況も多くなった。これまでも共食コミュニケーションを支援する研究が行われてきたが、いずれの研究でも参加者が皆食事をするのが前提となっている [5], [6], [7], [8]。しかし、現実の状況を考えてみると、一方が食事をするとき、遠隔の他方の相手が同様に食事をする時間帯でないとしても会話には参加できる場合もある。このような遠隔地間にて一方は食事をしており他方は食事をしていない状況がコミュニケーションに与える影響については、これまで考慮されていない。

本研究では、片側にしか食事のない状況における研究がこれまで行われていないことに着目し、遠隔地にいる食事者に共食によって得られるメリットを享受してもらうことを目的として、共食時のコミュニケーションを支援するシステムを提案する。そのため本研究では遠隔地間で一方だけが食事をする状況を対象とする。そして、食事をしている側から見て、実際は食事をしていない相手が食事をしているかのように見せる仕組みによって疑似的な共食を実現した。評価実験の結果、孤食解消について有効な点のあることが確認できた。

本論文は、本章を含め6つの章で構成されている。2章では、システムの提案とその設計について、3章ではシステムの実装について述べる。そして、4章では提案システムの評価実験について述べる。また、5章では関連する研究について述べ、6章で本研究のまとめを行う。

2. システムの提案と設計

2.1 システムの提案

遠隔地間にて一方は食事をしているが、他方は食事をせず会話にのみ参加するといった状況において疑似的な共食を実現し、実際の共食に近い効果を実現するため、食事をしていない非食事者の分身となり食事者と共食するインタフェースエージェント Surrogate Diner を提案する。

2.2 システムの設計

2.2.1 システムの要件

提案システムの要件は次の4つである。

- 1) エージェントは遠隔にいる参加者であると認識してもらえること
- 2) エージェントは自然な食事行動が可能であること
- 3) エージェントは非食事者の発話に応じて発話行動を行うことが可能であること
- 4) エージェントは食事者が食事を終了した時点で自身の食事行動を終了すること

1) は、人体に近い頭身のモデルをディスプレイ上に等身



図 1 分析の対象とした遠隔共食場面

Fig. 1 Actual remote dining scene for the analysis.

大表示することができ、エージェントの顔貌が遠隔にいる非食事者の顔貌と同一であると共食相手が判別できることを指す。また、2) の理由は、エージェントが非食事者の代わりとして食事を行うことで、食事者との疑似的な共食を実現するためである。そして、3) の理由については、非食事者の発話に応じてエージェントが口の開閉動作を行うことで、食事者と非食事者とのエージェントを介したより自然な会話を実現するためである。最後に 4) の理由については、食事者が食事を終了してからもエージェントが食事続けることによる不自然さを回避するためである。

2.2.2 遠隔共食場面の分析

食事行動を行うエージェントを作成するにあたって、その動作をあらかじめ妥当なものにするために、実際の遠隔共食場面の映像から食事者の行動の分析を行い、実際の人の行動に即した自然なエージェントによる食事行動を設計した。

(1) 分析対象データ

分析の対象とした遠隔共食映像では、互いの姿と声が確認できない異なる2部屋に存在する2者が、ビデオ会議システムのように、ディスプレイに映る相手の映像とスピーカーからの音声を通して共に食事をしている。食事内容はカレーライスであり、食器はスプーンを用いた。相手の様子は、画面の人物像に重ならず参加者同士の視線と大きく外れない位置 (図 1 の赤丸) から解像度 640×480 ピクセルの USB カメラで参加者の正面の映像を取得し、それを PC でフルスクリーン表示した画面を相手側のディスプレイに表示した。映像の表示サイズは $827.3 \text{ mm} \times 620.5 \text{ mm}$ 、解像度は 640×480 ピクセル、フレームレートは 30 fps であった。表示する人物の映像は等身大映像とし [9], [10]、画面と参加者との距離を 120 cm [11] とした。音声については、参加者同士が支障なく会話できる音量と音質のマイクとスピーカーを使用した。図 1 に実際の様子を示す。

参加者は大学生 2 名のペア 6 組、合計 12 名 (男性 4 名、女性 8 名) であり、各ペアの参加者は友人同士であった。

また、性差に着目しないため性別による統制は行わなかった。1回の撮影時間は約16分～25分であった。

(2) 分析方法

対象とした映像について、会話分析ソフト iCorpus Studio を用いて食事者の状態を分類しタグ付けした。スプーンを把持していない状態、および空のまま把持している状態をともに Ho (Home) 状態、また、スプーンで料理を把持している状態を Hf (Hold food) 状態、そして、把持している料理を口に運んだ状態を E (Eat) 状態と定義した。

全データに対して、食事者1人につき Ho, Hf, E の3通りの状態のタグ付けを行った。タグ付け時間は、1人あたり5分程度、合計12名分で約1時間である。会話の開始直後は通常の会話とは異なり発話が少ない様子が観察された。そこで実験者の主観ではあるが、食事者の発話が安定し会話に慣れてきたと思われた時点から5分間をタグ付けの範囲とした。この開始時点は実際には撮影開始からおおよそ60秒であった。

(3) 分析結果

分析の結果、食事者の行動には、Ho 状態を起点とし、Ho 状態から Hf 状態へ、Hf 状態から E 状態へ移り、その後、Ho 状態に戻るといった遷移 (Ho→Hf→E→Ho) と、Ho 状態を起点とし、Ho 状態から Hf 状態へ、Hf 状態から E を経ずに再び Ho へと戻る遷移 (Ho→Hf→Ho) の2種類の行動がみられた。分析映像中食事行動は合計244回起こったが、うち213回 (87.3%) では Ho→Hf→E→Ho と E 状態を経由して遷移し、Ho→Hf→Ho と再び Ho 状態へ戻ったのは31回 (12.7%) だった。9割近くが Ho から Hf, Hf から E という推移をたどったため、エージェントに適用するパターンとしてはこの Ho→Hf→E→Ho の遷移を用いた。各状態の平均継続時間および、発話を含む各状態の平均継続時間、発話を含まない各状態の平均継続時間を求めた。その結果を表1に示す。また、Ho 状態から Hf 状態への遷移に要する平均時間は1.5秒、Hf 状態から E 状態への遷移に要する平均時間は1.0秒、E 状態から Ho 状態への遷移に要する平均時間は0.8秒だった。発話を含むとは、その状態にあるとき食事者の発話が1回以上みられることであり、発話を含まないとは、その状態にあるとき食事者の発話がまったくないことであるとした。発話を含む E 状態が存在しなかったが、その理由は、料理を口に運んでいる状態では通常会話ができないことに起因すると考えられる。また、Ho, Hf 状態において、発話がみられる場合はそれぞれの状態の平均状態継続時間が長く、発話がみ

表1 各状態における平均状態継続時間

Table 1 Average duration of each condition.

	Ho状態	Hf状態	E状態
発話を含む場合の平均状態継続時間	8.2秒	7.0秒	0.7秒
発話を含まない場合の平均状態継続時間	2.5秒	1.3秒	0.7秒
発話を含む/含まないを合わせた平均状態継続時間	7.0秒	5.6秒	0.7秒

られない場合はそれぞれの状態の平均状態継続時間が短いことが分かる。

3. システムの実装

3.1 システムの構成

システムの構成を図2に示す。本システムでは、食事者および非食事者の音声を取得するために、ユーザの服に装着可能なピンマイクを使用した。また、マイクから取得した音声を PC に入力し、相手側のディスプレイの下に置いたスピーカーから出力した。マイク、PC およびスピーカーは両地点に1台ずつ設置した。さらに、非食事者に提示する食事者の映像を取得するため、1台の USB カメラを食事者側に設置した。USB カメラはユーザ同士の視線を合わせられるように食事者の目の高さ、またディスプレイに表示したエージェントと重ならないように画面の中心から右に10cm ずらした位置に固定した。USB カメラから取得した映像は、ノート PC でフルスクリーン表示し、非食事側に設置したディスプレイに人物が等身大になるようミラーリング表示した。ディスプレイに表示した映像のサイズは1018mm × 573mm、解像度は640 × 480、フレームレートは30fps とした。また、食事者側のディスプレイには、ノート PC 上の非食事者のエージェントをミラーリング表示した。映像のサイズは1018mm × 573mm とした。また、食事者が食事を終了したか否かを判断するため食事者側のテーブルの125cm 上方に USB カメラを設置した。食事状況取得用の USB カメラの解像度も食事者映像取得用の USB カメラの解像度と同じ640 × 480ピクセルとした。

3.2 エージェントの作成

(1) 開発環境

本研究で提案するエージェントは非食事者の代理として、非食事者と同等の見かけを持ち、また3次元仮想空間で食事行動を行う必要がある。本研究では、これらを容易に実現できる、TVML (TV Program Making Language) [12] を

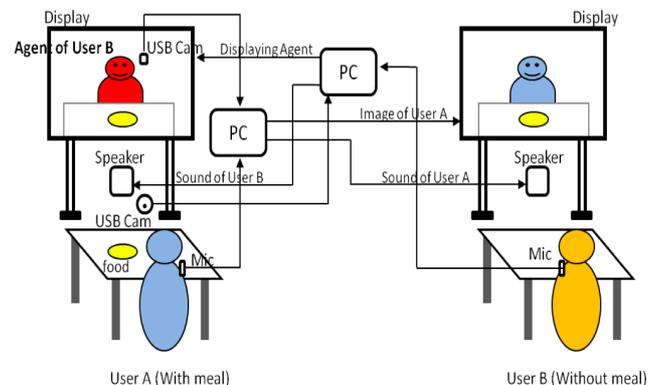


図2 システムの構成

Fig. 2 System configuration diagram.

採用した。

(2) エージェントの作成

エージェントのモデルには TVML が用意している 3D キャラクターから 1 体を選び使用した。また非食事者と同等の外観を持たせるため、モデルの頭部にあらかじめ撮影した非食事者の顔写真をテクスチャとして貼り付けた。これによって 2.2 節で示したシステムの要件 1) を満たした。ただし、そのまま貼り付けた場合、モデルの頭部に凹凸があるため、顔写真を違和感なく重ね合わせることが難しい。そのため、3D グラフィックスソフトである Blender [13] を用いてあらかじめ用意されているモデルの頭部を顔写真と違和感なく重なるようにその凹凸を減らし、より滑らかな形状に編集してから貼り付けを行った。また、撮影した顔写真の顔部分をモデルの頭部に貼り付けるため、顔部分以外はトリミング処理によりあらかじめ取り除いた。

エージェントが食事する際の料理として皿に盛られたカレー、食器としてスプーン CG を用いた。これらは、フリーで利用できる素材として提供されているものを活用した [14]。エージェントを配置する背景は、TVML で用意されているテーブルが置かれているだけの仮想空間を利用した。

(3) エージェントの食事行動の作成

2.2.2 項 (3) で示した分析の結果を踏まえて状態遷移アルゴリズムを作成し、状態の遷移にともないエージェントの姿勢を変化させることで食事行動を実現した。これによって 2.2 節で示したシステムの要件 2) である自然な食事行動を行うエージェントを作成することができた。

まず、エージェントの現在の状態が何かを判断し、もし Ho 状態であった場合、2.5 秒間経過するまでに非食事者が発話を行わなかった場合は 2.5 秒間経過後 Hf 状態へ遷移させ、2.5 秒間経過するまでに発話が行われた場合は 8.2 秒間経過後 Hf 状態へ遷移させる。また、現在の状態が Hf 状態であった場合、1.3 秒間経過するまでに非食事者が発話を行わなかった場合は 1.3 秒経過後 E 状態へ遷移させ、1.3 秒経過するまでに発話が行われた場合は 7.0 秒経過後に E 状態へ遷移させる。さらに、現在の状態が E 状態であった場合、0.7 秒経過した後に Ho 状態へ遷移させる。Ho 状態におけるエージェントの姿勢は、右手にスプーンを持ち、両手をテーブルに置いた状態とする。そして、Hf 状態におけるエージェントの姿勢は、右手を料理方向へ料理とスプーンが重なる位置まで伸ばした状態とする。最後に、E 状態はスプーンを口元へ運んだ状態とする。各状態のエージェントの姿勢を図 3 に示す。

本研究では事前の分析に基づいて自然な食事行動を行うエージェントを作成したが、作成後のエージェントの動作のタイミングの適切性を検討することも課題となりうる。

(4) エージェントの発話行動の作成

口を閉じたモデルと開いたモデルの両方を作成してお



図 3 各状態におけるエージェントの姿勢
Fig. 3 Posture of the agent in each condition.

き、非食事者が発話をした際には、口を閉じたモデルから口を開いたモデルへと滑らかに変化させることによって口の開閉動作を実現した。これによって 2.2 節で示したシステムの要件 3) を満たした。

3.3 システムの処理

本システムは、状況取得モジュール、エージェント動作制御モジュール、エージェント動作生成モジュールの 3 つから構成される。状況取得モジュールでは、非食事者の発話の有無および食事者の食事状況を認識し、エージェント動作制御モジュールにこれらの情報を送信する。エージェント動作制御モジュールでは、状況取得モジュールから受け取った情報をもとに、エージェントの食事行動および発話行動の呼び出しを行う。エージェント動作生成モジュールでは、各行動の呼び出しがなされたときにエージェントのその動作を実行する。

(1) 状況取得モジュール

本モジュールでは、非食事者の発話状況の取得および食事者の食事状況の取得を行う。発話状況の取得は、非食事者が装着しているピンマイクから取得した音声信号に基づいて発話の有無を判断することで行う。

食事状況の取得は、食事者側のテーブルの上方に設置した USB カメラによりテーブル上に置かれた料理面積を検出することで行う。本システムでは、縁にカラーテープを付与した白色の皿を用いる。この色を画像処理により抽出することで皿領域の認識を行う。認識した皿領域のうちで白色以外の領域を料理の領域として、その面積を求める。食事開始前の料理に対して、食事経過にともなう料理残量を百分率で求める。

取得した発話情報は取得するごとに後述するエージェント動作制御モジュールに送られる。また、食事情報については、食事者の料理残量が 0% になった時点でエージェント動作制御モジュールに送られる。

(2) エージェント動作制御モジュール

本モジュールでは、状況取得モジュールから取得した非食事者の発話情報および食事者の食事情報に基づいて、エージェントの食事行動および発話行動を制御する。

まず、エージェントの食事行動については、食事者が食事をしている間エージェントも食事行動を行い、食事者の

食事が終了した時点でエージェントも食事行動を行わないようにする。これによって2.2節で示したシステムの要件4)を満たした。エージェントの食事行動は、3.2節(3)で述べた状態遷移のアルゴリズムに基づき現在の状態から次の状態へ遷移する動作を呼び出すことで制御される。また、エージェントの発話行動については、非食事者の発話があるときのみ口の開閉動作を呼び出すことで制御される。

(3) エージェント動作生成モジュール

本モジュールでは、エージェント動作制御モジュールから、エージェントの状態遷移および発話行動の呼び出しがあったとき、それに応じたエージェントの動作を再生するモジュールである。エージェントの状態遷移が呼び出された際には、現在のエージェントの状態から呼び出された状態へ姿勢を変化させる動作を実行する。また、発話行動が呼び出された際には、エージェントの口の開閉動作を実行する。また、エージェントの動作を実行している間の時間も、状況取得モジュールによる状態取得を行わなければならない。そのため、エージェント動作生成モジュールは、状況取得モジュールおよびエージェント制御モジュールとは別のスレッドに実装する。

4. 評価実験

4.1 目的

提案システムを用いることで、会話の質および食事の満足度が向上するか評価した。

4.2 実験デザイン

実験の条件は次の3条件とした。また、被験者が全実験条件に参加する被験者内実験である。

- 1) 共食エージェント条件
- 2) 会話エージェント条件
- 3) 会話映像条件

1) は食事者側に対して本研究で提案するエージェントを提示し、非食事者側に対して食事者の実映像を提示する条件である。2) は食事者側に対して食事行動を行わないエージェントを提示し、非食事者側に対して食事者の実映像を提示する条件である。ここでのエージェントは、食事行動を行わず非食事者が発話をしたときそれに応じて口の開閉動作のみを行うエージェントである。3) は食事者側に非食事者の実映像を、非食事側に食事者の実映像を提示する条件である。

1) と2) の比較によって、エージェントの食事行動の有無が食事者に与える影響を分析する。また2) と3) の比較によって、実映像に代えてエージェントを表示することが食事者に与える影響を分析する。1) と3) の比較は、現時点での提案環境と従来の遠隔映像通話の差異を明らかにするものである。

本実験で用いるエージェントの外見は簡易なものである

表 2 参加者

Table 2 Participants.

回数	参加ペア	実験条件の実施順序		
1回目	ペア1 参加者A(非食事者側) 参加者B(食事者側)	会話映像条件	共食エージェント条件	会話エージェント条件
2回目	ペア1 参加者A(食事者側) 参加者B(非食事者側)	会話映像条件	会話エージェント条件	共食エージェント条件
3回目	ペア2 参加者C(食事者側) 参加者D(非食事者側)	会話エージェント条件	共食エージェント条件	会話映像条件
4回目	ペア2 参加者C(非食事者側) 参加者D(食事者側)	会話エージェント条件	会話映像条件	共食エージェント条件
5回目	ペア3 参加者E(食事者側) 参加者F(非食事者側)	共食エージェント条件	会話エージェント条件	会話映像条件
6回目	ペア3 参加者E(非食事者側) 参加者F(食事者側)	共食エージェント条件	会話映像条件	会話エージェント条件
7回目	ペア4 参加者G(食事者側) 参加者H(非食事者側)	会話エージェント条件	会話映像条件	共食エージェント条件
8回目	ペア4 参加者G(非食事者側) 参加者H(食事者側)	会話エージェント条件	共食エージェント条件	会話映像条件
9回目	ペア5 参加者I(食事者側) 参加者J(非食事者側)	会話映像条件	共食エージェント条件	会話エージェント条件
10回目	ペア5 参加者I(非食事者側) 参加者J(食事者側)	会話映像条件	会話エージェント条件	共食エージェント条件
11回目	ペア6 参加者K(非食事者側) 参加者L(食事者側)	共食エージェント条件	会話エージェント条件	会話映像条件
12回目	ペア6 参加者K(食事者側) 参加者L(非食事者側)	共食エージェント条件	会話映像条件	会話エージェント条件

が、現在ではユーザの表情をマーカレスで認識し、実際の人間に限りなく近い外見のCG人物に反映できるようなシステムが開発されている [15], [16]。そのため本実験では実映像に代えてエージェントを表示することで生じる影響は今後解消される可能性のある影響であると考え、エージェントの食事行動の有無による影響とは分けて分析するため、このような3つの実験条件による比較を行った。

4.3 参加者

本実験では、大学生または大学院生が2名1組のペアとなり、計6組のペア(計12名)が参加した。

各回に参加したペアおよびペア内での食事者と非食事者の割り振り、実験条件の実施順序を表2に示す。

4.4 実験環境

実験は3.1節で示したシステムを用い、参加者同士が互いに姿も声も確認できない遠隔2地点間で行った。また、参加者の行動を撮影するために、各地点にカメラを2台設置した。1台のカメラを参加者の前方に設置し、上半身およびテーブル上の食事が写るようにした。またもう1台のカメラを参加者の後方に設置し、ディスプレイの映像と参加者の行動があわせて写るようにした。条件1)における実験の風景を図4に、また条件2)における実験の風景を図5に、そして条件3)における実験の風景を図6に示す。



図 4 共食エージェント条件
Fig. 4 Co-dining agent condition.



図 5 会話エージェント条件
Fig. 5 Conversational agent condition.



図 6 会話映像条件
Fig. 6 Conversational video condition.

表 3 話題シート
Table 3 Set of topics.

一押しの映画	最近ハマったゲーム
挑戦したいスポーツ	ここ最近の大学生活
読み続けている漫画	旅行で行くなら何処？
こだわりのファッション	地元自慢
休日の過ごし方	家族に対する愚痴、不満
いつも聞いている曲	仕事、バイトについて
恋の話	友人関係での悩み
ニュースを聞いて考えたこと	近頃欲しくなったもの
中学・高校の思い出	研究の苦労話
許せない性格	食べてみたいもの

違いを明らかにするため、食事者に対して質問紙調査を実施する。会話の質については、会話の満足度を問うためのものと参与役割を問うためのものを設定した。会話の満足度を問う質問項目には、木村らのラポール測定項目の3項目（協力的に会話が進んだ、会話はしにくいものだった、相互に興味を持って会話できた）を設定し [17]、さらに会話の楽しさを問う質問を1項目設定した。また、会話の参与役割を問う質問項目には、藤本の研究から能動的参与を問うためのものと受動的参与を問うためのものを1項目ずつ2項目を設定した [18]。また、食事の満足度に与える要因を検討した岡本の研究 [19] によれば、食事の満足度を与える要因には食事の楽しさ、食事の美味しさがあるとされている。さらに、食事の美味しさと咀嚼の関係を検討した山下の研究 [20] によれば、ゆっくりとよく噛んで食事することで、より味わって食事ができ幸福度が増すとされている。これらから、食事の満足度について、食事は美味しかったか、ゆっくりと食事ができたか、よく噛んで食事ができたか、味わって食事ができたかを問う質問項目を設定した。そして、相手と共食しているように感じるかを問う質問項目と親近感を問う質問項目、さらに相手の様子が会話や食事を与える影響を知るための質問項目を2項目設定した。これらの全14項目について、9段階尺度で食事者側の参加者から回答を得た。実際の質問項目を表4の左に示す。

4.5 データ取得

4.5.1 話題および食事内容

実験開始前に、20個の話題を書いた話題シート（表3）を提示し、参加者2人が相談して話題を決めることを求めた。そして、この話題は会話のきっかけに過ぎず、会話はその話題から外れても構わないことを説明した。また、食事の種類による会話への影響を除くために、すべての参加者の食事をカレーライスとお茶、食器をスプーンに統一した。カレーとライスは1条件ごとに各約67g、お茶はカップ1杯とした。

4.5.2 質問紙

実験条件間における会話の質、食事の満足度についての

4.6 結果

4.6.1 会話内容

実験の録画ビデオを用いて会話内容を分析した。食事中の会話のきっかけは話題シートによって提示されているが、最初の話題以降の会話は参加者によって様々に推移していった。会話中に現れた「読書について」や「就活について」といった話題を数え上げたところ、全36回の食事中、話題シートで提示された話題のうち8つを含む39の話題がみられた。その中でも出現頻度が高かった話題は「食事の内容（カレー）について」が10回、「実験用エージェントについて」「ここ最近の大学生活について」がそれぞれ6回、「食事の進行度合いや食べ方について」「旅行で行く

表 4 質問紙による実験結果
Table 4 Result of the questionnaire.

	質問項目	共食エージェント	会話エージェント	会話映像	有意差
1	会話を楽しむことができたと思いますか	6.9	7.0	7.8	
2	協力的に会話は進んだと思いますか	6.9	6.9	7.6	
3	会話はしにくいものだったと思いますか	5.8	5.4	6.0	
4	相互に興味を持って会話できたと思いますか	6.5	6.5	7.6	会話エージェント<会話映像**
5	沈黙を作らないようにしたと思いますか	6.2	5.9	6.3	
6	相手の話を聞くようにしたと思いますか	7.1	7.2	7.0	
7	食事は美味しかったと思いますか	6.4	6.3	6.3	
8	良く噛んで食事をすることができたと思いますか	5.6	6.0	5.7	
9	味わって食事をすることができたと思いますか	6.3	6.0	6.0	
10	ゆっくりと食事をすることができたと思いますか	6.3	6.3	5.9	
11	一緒に食事しているように感じましたか	5.8	3.9	4.5	共食エージェント>会話エージェント**
12	会話をするのに相手の様子が気になったと思いますか	6.4	5.7	5.4	
13	食事をするのに相手の様子が気になったと思いますか	6.3	5.8	5.7	
14	相手に親しみを感じましたか	5.7	5.6	7.3	

(N = 12; ***: p < 0.01, **: p < 0.05, *: p < 0.10)

なら何処？」がそれぞれ5回と、会話の内容は話題シートが提示したテーマから多岐にわたるテーマへ推移し、自然な会話が行われていたことが確認された。

4.6.2 質問紙の結果

全然そう思わないを1点、そう思わないを2点、ややそう思わないを3点、どちらかというそう思わないを4点、どちらともいえないを5点、どちらかというそう思うを6点、ややそう思うを7点、そう思うを8点、非常にそうおもうを9点として回答を得点化し、各質問項目に対する各条件の平均得点を表4に示す。

会話の満足度を問う項目1から項目4については、すべての項目において会話映像条件が他の2条件に比べて得点が高い。また、共食感を問う項目11については、共食エージェント条件の方が他の条件よりも得点が高い。そして、親近感を問う項目14については、会話映像条件の方が他の条件に比べて大きい結果となった。

各質問項目の得点は正規分布していなかったため、ノンパラメトリック法による多重比較(Steel-Dwass法)により3条件間の差異を検定した。その結果、会話エージェント条件に比べて会話映像条件では、会話映像条件の方が相互に興味を持って会話を行えることが分かった(項目4: N = 12, t = -2.35, p < 0.05)。また会話映像条件に比べ共食エージェント条件では、より共食感が得られることが分かった(項目11: N = 12, t = 2.40, p < 0.05)。

4.6.3 インタビュー結果

質問紙への回答後に、回答の補足的説明や自由なコメントを得るために数分のインタビューを行った。

会話の印象について、会話映像条件では「相手の様子、特に表情などがよく分かるため会話しやすかった」という意見が12人中7人から得られた。また、会話エージェント条件では、「動きが少なかつたため話すときあまり見なかった」という意見が12人中4人から得られた。

また、食事の印象について、会話映像条件では「食事を

していない相手を前にすると食事しづらかった」という意見が12人中7人から、「食事をしていない相手を前にして話しながら食べるタイミングを計るのが難しかった」という意見が12人中2人から得られた。

そして、3条件のうち会話または食事をするにあたりどれが良かったかという質問について、会話をするにあたっては、「表情の見える会話映像が良かった」という意見が12人中10人から、「共食エージェントが良かった」という意見が12人中2人から得られた。また、食事をするにあたっては、「共食エージェントが良かった」という意見が12人中7人から、「実映像が良かった」という意見が12人中3人から、「会話エージェントが良かった」という意見、「共食エージェントと会話エージェントが同じくらい良かった」という意見がそれぞれ12人中1人ずつから得られた。共食エージェントでは、相手の表情やリアクションが見えないことが気になるという意見が12人中3人から得られ、うち1人は「電話で喋るときのような感じ」とコメントしていた。

4.7 考察

実映像と比べてエージェントの外見が会話の印象に対してマイナスに働いていることが、会話映像条件と会話エージェント条件、共食エージェント条件を比べることで分かった。エージェントの外見のマイナス要因としては、インタビューの結果から非食事者の表情や発話に対するリアクションがエージェントに反映されないことなどが考えられる。

また、食事行動の付与が共食コミュニケーションにプラスに働いていることが共食エージェント条件と会話エージェント条件を比べることで分かった。

これらのことから、食事に関しては共食エージェントが適しているという結果が得られたが、エージェントを介したコミュニケーションにはノンバーバルな情報の伝達の面

で課題があることも分かった。

5. 関連研究

5.1 共食コミュニケーション支援に関する研究

現代では、日常生活のあらゆる場面において ICT (Information and Communication Technology) が応用されてきている。たとえば大塚らの開発する Group FDT (Future Dining Table) は、食事者の食事状況を認識し自動で適切な料理を推薦したり、会話状況の認識に基づき会話に参加していない人に話題となるコンテンツをテーブルに表示する [5], [21]。

また、互いに離れて暮らしている場合でも共食を実現するシステムの開発も進められている。アクセント社が試作した Virtual Family Dinner [6] では、ユーザはテーブルに料理を置いたときに表示されるコンタクトリストから食事をしながら会話したい人に連絡を取ることができ、互いに映像と音声を通して会話をしながら食事することが可能である。また、Wei らは遠隔地間でより相手のプレゼンスを高め共食することを目指した CoDine を開発している [7]。CoDine では、遠隔操作で相手の食器を移動可能な装置をテーブルに埋め込むことで相手のために料理を取り分ける機能、また、テーブルクロスに描いたメッセージを相手のテーブルクロスに表示させる機能などが用意されている。

5.2 時差のある共食コミュニケーション支援

海外との時差などによって同じ時間に食事ができない遠隔非同期環境の場合、共食の実現はより困難になると考えられる。このような環境で、共食の実現を支援する試みに Nawahdah らの提案する KIZUNA [8] がある。このシステムで、ユーザは遠隔地の相手の食事の録画映像を見ながら食事を行う。食事者の食事の進行状況と映像中の相手の食事状況を同調させている点がこのシステムの特徴である。

5.3 食事場面におけるインタフェースエージェント

食事場面におけるインタフェースエージェントとして、佐野らの、食事コミュニケーション活性化のためのエージェントがある [22]。この研究では、食事時のコミュニケーションを活性化させるエージェントを提案してその設計方針を示している。食事時のコミュニケーション支援を実現するには、質問応答の中からエピソードを抽出、蓄積し、コミュニケーションを促進するような対話生成を行うことが必要であるとしている。また、食卓の状態や食事行動を認識し、ストレスを与えない発話タイミングを生成する機能も必要と述べている。

本研究では、これまでの遠隔共食支援システムが全員に食事があることを想定していたのに対して、遠隔環境にて食事時間のずれにより一方が食事するとき他方には食事が

ない状況を対象としている。また、このような状況で食事をしていない非食事者が食事をしているように見せることによって疑似的な共食の状況を作り出し、コミュニケーションの質や食事の満足度を向上させることが目的である。この目的を達成する手段として、本研究では、本人の代理として食事をする非食事者の分身エージェントを用いる。食事場面において、リアルタイムで実在する相手の代わりとして分身エージェントを用いた研究は行われていない。

5.4 視線や表情を模擬する CG モデル

本研究でエージェントに用いた CG モデルは簡易なものであり、実映像に代えてこのエージェントを表示することによって視線や表情などコミュニケーションに影響を与える要素が欠落してしまう可能性がある。

しかし現在 Microsoft 社の Face Tracking SDK [15] や Faceware Technologies 社のソフトウェア [16] のように、人物の表情や視線の動きを認識し CG 人物に反映する製品も登場してきている。Face Tracking SDK は人物の前方に置かれた Kinect カメラによってリアルタイムに、また Faceware Technologies 社のソフトウェアは一般的なカメラで撮影された録画映像をもとに、それぞれマーカレスで人物の表情を認識している。

このような技術が普及し容易に用いられるようになることで、エージェントの精度による表情や視線の欠落の問題は近い将来解決されると考え、本研究ではエージェントの食事行動による影響と、実映像に代えてエージェントを表示することによる影響を分けて考慮し、それぞれ分析を行った。

6. まとめ

本研究では、孤食解消を目的として、遠隔地間の一方は食事をしているが他方は食事をしていない状況において、疑似的な共食を実現するインタフェースエージェント Surrogate Diner を提案した。

提案システムでは、非食事者の代わりに分身となるエージェントが食事者と一緒に食事を行い、非食事者は音声により食事者との会話に参加する。エージェントは食事者が食事をしている間は同じく食事を行う。このエージェントの振舞いは、実際の共食場面の映像分析に基づいている。

評価実験では、食事者に対して Surrogate Diner を提示する共食エージェント条件、食事者に対して食事行動をしない Surrogate Diner を提示する会話エージェント条件、相手の実映像を提示する会話映像条件の 3 条件について、質問紙およびインタビューにより参加者の会話や食事に対する印象を調査した。その結果、提案エージェントを提示する方が会話エージェントを提示するよりも一緒に食事をしている感覚がより大きいことが分かった。一方で会話相手に対する興味に関しては、実映像を用いた方がエージェ

ントよりも高い評価を得た。提案エージェントが共食感について高い評価を得たことから、エージェントの食事行動であっても食事者に対し「一緒に食事をしている」という印象を与えられることが示された。このことから、孤食者が提案エージェントを用いることによって、共食によるメリットを享受できる可能性があるといえる。

謝辞 本研究の一部は、科学研究費補助金 23500158 および 26330218 の支援により行われた。

参考文献

[1] 外山紀子, 食事概念の獲得: 小学生から大学生に対する質問紙調査による検討, 日本家政学会誌, Vol.41, No.8, pp.701-714 (1990).

[2] Sellaeg, K. and Chapman, G.E.: Masculinity and food ideals of men who live alone, *Appetite*, Vol.51, No.1, pp.120-128 (2008).

[3] 井上智雄, 大武美香: 多人数会話における食事の有無の影響—会話行動の平準化, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.13, No.3, pp.19-29 (2011).

[4] 坂井信之: 共食することによって生じる「おいしさの亢進」に関する行動科学的研究, 食生活科学・文化及び環境に関する研究助成研究紀要, Vol.25, pp.69-80 (2010).

[5] Otsuka, Y., Hu, J. and Inoue, T.: Tabletop dish recommendation system for social dining: Group FDT design based on the investigation of dish recommendation, *Journal of Information Processing*, Vol.21, No.1, pp.100-108 (2013).

[6] Gizmodo: Virtual Meals Let You Pig Out with Distant Relatives, available from (<http://gizmodo.com/accnture-virtual-family-dinner/>).

[7] Wei, J., Wang, X., Peiris, R.L., Choi, Y., Martinez, X.R., Tache, R., Koh, J.T.K.V., Halupka, V. and Cheok, A.D.: Codine: An interactive multi-sensory system for remote dining, *Proc. 13th international conference on Ubiquitous computing*, pp.21-30 (2011).

[8] Nawahdah, M. and Inoue, T.: Virtually dining together in time-shifted environment: KIZUNA design, *Proc. 2013 Conference on Computer Supported Cooperative Work*, pp.779-788 (2013).

[9] 山下 淳, 葛岡英明, 山崎敬一, 山崎晶子, 加藤 浩, 鈴木栄幸, 三樹弘之: 相互モニタリングが可能な遠隔共同作業支援システムの開発, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.4, No.3, pp.495-504 (1999).

[10] 山下直美, 葛岡英明, 平田圭二, 青柳滋己, 白井良成, 梶克彦, 原田康徳: 身体の動きを伴う遠隔協調作業支援における上半身映像の効果, 情報処理学会論文誌, Vol.51, No.4, pp.1152-1162 (2010).

[11] 渋谷昌三: 人と人との快適距離, NHK Books (1990).

[12] NHK Science and Technical Research Laboratories: WELCOME TO TVML SITE — TV Program Making Language, available from (<http://www.nhk.or.jp/str1/tvml/index.html>).

[13] blender.org — Home of the Blender project — Free and Open 3D Creation Software, available from (<http://www.blender.org>).

[14] 落として使い倒せ! 3DCG モデル & MikuMikuDance フリー素材集 | 【食品】お料理アクセサリ【MMD】, 入手先 (<http://gubiginamachu.blog54.fc2.com/blog-entry-1328.html>).

[15] Microsoft: Face Tracking, available from (<http://msdn.microsoft.com/en-us/library/jj130970.aspx>).

[16] Faceware Technologies: Facial Motion Capture & Animation, available from (<http://www.facewaretech.com/>).

[17] 木村昌紀: 感情エピソードの会話場面における表出性ハロー効果の検討, 感情心理学研究, Vol.28, pp.1-12 (2005).

[18] 藤本 学: 会話者のコミュニケーション参与スタイルを指し示す COMPASS, 社会心理学研究, Vol.23, No.3.

[19] 岡本美紀: 女子大生の食事の満足感に与える要因の検討, 長崎国際大学論叢, Vol.11, pp.105-117 (2011).

[20] 山下秀一郎: 咀嚼と「おいしさ」, 東京歯科大学学会, Vol.112, No.2, p.2i (2012).

[21] Otsuka, Y. and Inoue, T.: Designing a conversation support system in dining together based on the investigation of actual party, *Proc. 2012 IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, pp.1467-1472 (2012).

[22] 佐野睦夫, 宮脇健三郎, 西口敏司: 食事コミュニケーションの活性化のためのエージェント (生活メディア (1): コミュニケーション, 日常生活におけるメディア技術), 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.110, No.35, pp.19-20 (2010).



塩原 拓人 (学生会員)

筑波大学大学院図書館情報メディア研究科博士前期課程在学中。共食コミュニケーションの研究に従事。



井上 智雄 (正会員)

筑波大学図書館情報メディア系教授。博士 (工学)。専門は CSCW, HCI, 学習支援システム。情報処理学会論文賞, 同学会活動貢献賞, 同山下記念研究賞, 他多数受賞。情報処理学会論文誌編集主査, 情報処理学会論文誌: デジタルコンテンツ編集幹事, 情報処理学会グループウェアとネットワーク研究会幹事, 電子情報通信学会ヒューマンコミュニケーション基礎研究会幹事, ACM CSCW 2012-2013 Associate Chair, IEEE TC CSCWD 委員, APSCE SIG CUMTEL 委員等歴任。『アイデア発想法と協同作業支援』(共立出版), 『Communication and Collaboration Support Systems』(IOS Press) 等執筆。