

エージェント共食システムにおける  
同期手法の検討

GU YouQi

筑波大学

図書館情報メディア研究科

2019年3月

# 目次

第1章	序論	1
1.1	研究背景	1
1.2	研究目的	1
1.3	構成	2
第2章	関連研究	3
2.1	共食支援システム	3
2.2	同調	3
2.3	共食における食事行動の特徴	4
第3章	共食エージェントによる食事行動同期の効果	6
3.1	食事行動の分析	6
3.2	システム	7
3.2.1	インタフェース	8
3.2.2	食事行動	9
3.3	実験	11
3.3.1	参加者	11
3.3.2	実験デザイン	11
3.3.3	実験環境	12
3.3.4	実験手順	13
3.3.4	取得データ	14
3.4	実験結果	14
3.4.1	摂食行動と視線に関する基本的指標による分析	14
3.4.2	摂食行動に関するジェスチャフェーズ単位の分析	17
3.4.3	摂食行動の誤認識と摂食タイミングの同期におけるタイムラグ	18
第4章	ユーザによる食事行動同期の効果	22
4.1	ユーザによる摂食タイミング同期実験	22
4.1.1	参加者	22
4.1.2	実験デザイン	22
4.1.3	実験環境	23
4.1.4	実施手順	24
4.1.5	取得データ	24

4.2 実験結果.....	25
4.2.1 摂食行動と視線に関する基本的指標による分析 .....	25
4.2.2 食事行動に関する分析.....	26
4.2.3 質問紙調査.....	28
第5章    検討 .....	30
5.1 共食エージェントによる食事行動同期の効果について .....	30
5.2 ユーザによる食事行動同期の効果について .....	30
5.3 両実験について .....	32
第6章    まとめ.....	33
謝辞.....	34
参考文献.....	35

## 図表の目次

図 1	ジェスチャと食事行動状態の対応図.....	7
図 2	エージェント動作と外見.....	9
図 3	実験の様子 .....	13
図 4	ラベリング画面 .....	15
図 5	摂食と視線に関する分析結果.....	16
図 6	質問紙調査の結果 .....	20
図 7	実験の様子 .....	23
図 8	摂食と視線に関する分析結果.....	26
図 9	質問紙調査の結果.....	28
図 10	両実験の 4 条件における摂食行動のジェスチャフェーズ毎の割合 .....	31
表 1	実験条件の実施順 .....	12
表 2	摂食行動のジェスチャフェーズ毎の平均長とそれぞれが占める割合 .....	18
表 3	9 段階の質問紙調査における質問項目と各条件の平均得点 .....	20
表 4	実験条件の実施順 .....	23
表 5	摂食行動のジェスチャフェーズ毎の平均長とそれぞれが占める割合 .....	26
表 6	9 段階の質問紙調査における質問項目と各条件の平均得点 .....	28

# 第1章 序論

## 1.1 研究背景

食事では栄養摂取といった生理的な意義のみでなく、人との関係を維持し円滑にすると  
いった社会的な意義もある[1]. また、1人で食事することより、誰かと一緒に食事のほうが  
よりリラックスでより味わうことができることがわかった[2]. しかし、近年では、個々の生  
活リズムの多様化や家族と離れて生活するなどといった時間的また距離的な制約により、  
単独で食事をするを余儀なくされる状況も多くなっている.

孤食者を支援するため、共食支援という研究がある[1]. それらの研究では、主に情報技術  
を利用している. 例えば、ビデオ会議システムを導入して共食相手がお互いに見える共食の  
場を作る. ビデオ会議システムのように同じ時間に都合よく共食相手が見つかるに限らな  
い研究もある. 仮想な相手やビデオメッセージなどの手法を応用して時間的に制限があっ  
ても一緒に共食できるように支援する[3]. それらの研究では、それぞれ違う手法を利用し  
たが、孤食者に誰かと一緒に共食している感覚を体験させることを目的とする.

そのなか、摂食行動に注目し、井上ら [3]は擬人化エージェントを用い、食事行動の行  
うと行われない手法が視聴者に与える影響を明らかにした. また、塩原ら[4]は同じくエー  
ジェントを用いて、行われた食事行動頻度が視聴者に与える影響について研究した. そ  
こで、本研究では、食事行動の行われるタイミングに着目し、孤食者の行われた食事行動と同調す  
るという同期手法の効果について検討する. 本研究では、先行研究に用いられた擬人化エー  
ジェントを利用し、視聴者と同調する環境を設置した.

## 1.2 研究目的

本稿では、(a) 食事行動の開始タイミングが一致したエージェントが視聴者の食事行動  
と食事満足度に与える影響を調べた. 食事行動が同調されたエージェントの場合、エー  
ジェントに向けた視線量がより多く、共食感やエージェントへ印象が向上したことがわかった.  
実験で得られた結果をふまえて、食事相手が視聴者に同調したことがもたらす効果であるか、  
または同調のみからもたらす効果であるかの疑問ができた.

(b)そこで、エージェントを食事行動の開始タイミングさせることでなく、視聴者が意図  
的にエージェントの食事行動のタイミングを合わせるという同期手法について検討  
した. 実験したところ、その同期手法は同期でない手法よりエージェントに向けた視線量が  
より多く、ゆっくり食事ができる、エージェントへの印象、エージェントの行動への印象が  
良くなることがわかった. また、食事行動の特徴が共食と類似していたことが示唆された.

### 1.3 構成

本稿では、6つの章にわけて述べる。1章においては研究の背景と目的を記述する、2章においては関連研究と本研究の位置を紹介する、3章では従来提案システムを用いて食事の同調手法がもたらす効果について述べる。4章では、その他の同期手法の検討と予備実験を述べる。5章では、3章と4章の結果をふまえ、検討を行う。6章では、以上の内容のまとめとする。

## 第2章 関連研究

### 2.1 共食支援システム

アクセンチュア社が試作した **Virtual Family Dinner** [5]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できる。ビデオ会議システム利用した研究のほか、時間的な制限が検討された研究もあった。**VideoPassage**[6]では、異なる時間と空間を配慮したシステムの1つである。これは、再生された古いビデオメッセージに新しいビデオ録画をオーバーレイすることにより、ビデオメッセージの非同期交換が可能にし、お互いに食事することができる。また、食事相手に限らなく、エージェントやロボットなどを食事相手にして共食支援する研究もあった。**McColl**ら[7]は高齢者のため、高齢者の行動によってロボットがリアクションを行い、食事の促進に貢献した。

しかし、これらの研究では共食支援システムを構築に注目し、食事行動と支援方法の関係の解明を目的とする研究は少ない。本研究では、支援方法と共食のリレーションシップを明らかにする。

### 2.2 同調

同調傾向とは、対人相互作用場面において、相互作用者の非言語行動が相手のそれと同期・類似する現象である[8]。**Condon & Ogston**(1966)や **Kendon**(1970)は、話し手の音声の流れに同期して、話し手や聞き手の身体動作が連動して起きること、ならびに話し手と聞き手の身体動作が同期することを観察し、**synchrony** や **interactional synchrony** という用語で呼ぶ。

同調傾向は非言語行動的な現象であるが、同調では共食支援システムの開発に欠くことのできないことである。野口ら[9]は **KIZUNA** というビデオメッセージを利用した共食支援システムを構築した。**KIZUNA** では、事前に録画したビデオメッセージ(食事動画)を参加者に見せ、リアルタイムで測った参加者の食事残量を合わせてビデオメッセージの再生速度をコントロールし、双方の食事速度を同調する。野口らは同調したシステムと同調しないシステムの比較を行った。しかし、野口らは食事残量のみを同調し、ユーザやシステムが行った食事行動の同調に踏まえなかった。

井上らは、**co-dining**[3]という共食のためのインタフェースエージェントシステムを提案した。**co-dining** システムでは、視聴者の前に、自動的に食事行動を行う擬人化エージェントの表示されたディスプレイを置き、摂食行動が視聴者に与える影響を調べるためであった。そのなか、エージェントの行った食事行動では、人間同士の共食で取られた摂食行動の平均

データであった。つまり、エージェントが人間の食事行動を模倣し、少なくとも行動の面において視聴者と同調した。

本研究では、食事行動のタイミングを基づく同調と非同調の手法が視聴者に対する影響の比較を目的とした。先行研究とした `co-dining`[3]のエージェント共食システムを利用し、同調と非同調のシステムを設置した。同調システムでは、視聴者の摂食行動を認識したすぐにエージェントが摂食行動を行う；非同調システムでは、一定のリズムでエージェントが自動的に摂食行動を行う。

## 2.3 共食における食事行動の特徴

人間やシステムが行われた食事行動は注目が集まっている。食器[10]やウェアラブルデバイス[11]、カメラ[12]などから食事行動をとり、そのデータが健康の維持、食事の促進などに貢献している。しかし、これらの研究は食事に参加する人の行動に着眼したが、インタラクショ構造を取り込んでいなかった。本稿ではインタラクショ構造を踏まえ、食事行動を解剖し、同調という手法がシステムと視聴者の食事行動に与えられた影響を解明する。以下に行動のインタラクショ構造分析方法を用いた食事行動に関する研究を紹介する。

Den ら[13]は、発話の含まれる食事の分析にジェスチャ分析方法を導入した。彼らは食事行動を4つの状態に分けてそれぞれをジェスチャの単位に当てはまり、4つの状態の比較を行った。本稿では同じくジェスチャ分析方法を用いる。その詳細は3.1節に示す。

また、徳永[14]らもジェスチャ分析方法で食事行動を分析し、孤食と共食の2条件の食事行動を比較した。共食条件では、友達とペアを組んで同じテーブルの両端に座り、事前に選んだテーマについて相手と会話しながら食事を行う。孤食条件では、被験者が1人ずつ同じ個室で食事を行う。なお、孤食条件では、被験者は共食相手との会話の代わりに、テレビを視聴しながら食事を行う。また、孤食条件では通話以外の携帯電話の操作が許可された。撮影されたビデオ映像は `Elan`[15]を用いて、食事行動と視線について分析された。この結果、孤食について、スプーンを持ったまま動作を停止する時間(3.1節にて示す `Ho`)が長いことを孤食の特徴として述べた。共食について、食器で食べ物を「寄せ集め」る時間(3.1節にて示す `Htb`)が孤食時より長かったこと、食べ物を食器にて把持し、口に運び、食器を口から出すまでの時間(3.1節にて示す `Hf+E`)が孤食時より短かったことを共食条件の特徴として述べた。また、孤食中にテレビや携帯向いた時間が長くなり手の動きが止まる一方で、共食中に自分の食事を見続ける時間が長くなり、食べ物を「寄せ集め」る時間が長くなったことを説明している。なお、共食中の食べ物を「寄せ集め」る時間が長くなることは、共食相手を見続けることによる心理的な負担を軽減する役割を務めていると解釈されている。

本稿では、こうしたジェスチャ分析方法を利用し、共食エージェントと一緒に食事をした場合に、孤食時よりも共食時に近い行動が観測されることを期待し、共食エージェントを用



いたシステムの孤食者への効果について検討を行う。

## 第3章 共食エージェントによる食事行動同期の効果

本章では、孤食者支援として、共食エージェントがシステムユーザと同じタイミングで摂食行動を行うシステムを提案する。また、このようなシステムのユーザに与える影響について実験的に検討する。

### 3.1 食事行動の分析

人間の食事に行われる行動は、咀嚼のみならず、手の動きも重要な部分と考えられる。本研究では、食事の手の動きに着目し、手の行動から食事時のインタラクション構造を解明する。

ジェスチャは重要な非言語行動の一要素として報告されている[16]。本研究では先行研究であるジェスチャ研究に従い、食事の手の動きに着目した指標について分析する。現在、ジェスチャ研究[16]は、大きく2つ分析方法に分けられる。それは、カテゴリカルアプローチと構造的なアプローチである。

カテゴリカルアプローチは、一連の行動を分類することで、頻度を調査することに優れた手法である。本章で説明する実験では、共食エージェントがシステムユーザの摂食タイミングに合わせて摂食行動を行うが、特に発言は行わない。つまり、システムユーザは一緒に食事をするエージェントを見ながら黙々と食べるのみであり、会話が発生しない。すなわち、行われる行動も通常の間食会話と違い、単調なものとなる。本章において分析対象とする行動は、咀嚼を含む摂食行動、視線のみである。

もう一つの構造的アプローチは、時系列に従って次々と連なる行動を分解して分析する手法である。一つの完全な行動をジェスチャの1単位とし、このジェスチャー一つに対し、その行動の中の短い停止点や方向転換点を用いてさらなる分解したものを、ジェスチャフェーズと呼ぶ。ジェスチャフェーズは準備、ホールド、ストローク、復帰に大別される。ジェスチャの開始あるいは終了点であるホームポジションを加え、以下のようにまとめることができる。

- ホームポジション(HO)：ジェスチャが行われない状態であり、手は休止位置（力を入れず手を休めている状態）にある。ジェスチャは休止位置から開始され、一連の動作を行った後、休止位置に戻ってくる。
- 準備(P)：手がホームポジションより上方もしくは遠方に向かう準備をしている状態をさす。
- ストローク(S)：準備の後すぐに行われる動作を行なっている状態をさす。
- 復帰(R)：ストローク終了後、手がホームポジションに戻るまでの過程にある状態をさす。

- ホールド(H)：ストロークの最中あるいはその前後で、手の動きを一時中断し、静止している状態をさす。

本研究では食事手の動きを構造的アプローチによって時系列で状態ごとに分解し、条件間の比較を行うことで食事行動を分析する。本研究において、食事者の摂食行動をジェスチャフェーズの考え方によって分解し、定義した内容を以下に示す。

- Ho (Home position)：手手がリラックスしている状態。ジェスチャフェーズのなかのホームポジションに当てはまる。
- Htb (Hold tableware before)：次の Hf に対する準備であり、食器を使って食べ物を寄せ集めている状態。ジェスチャフェーズのなかの準備に当てはまる。
- Hf (Hold food)：食器で食べ物を把持している状態。ジェスチャフェーズのなかのストロークの一部に当てはまる。
- E (Eat)：食器で把持した食べ物を口に入れ、口から食器を出すまでの状態。ジェスチャフェーズのなかのストロークの一部に当てはまる。Hf と E を合わせてストロークと呼ぶ。
- Hta (Hold tableware after)：手手が Ho に復帰するまでの状態。ジェスチャフェーズのなかの復帰を当てはまる。

上記で定めた食事行動とジェスチャ構造との対応を図 1 に示す。なお、本研究では「食べる」という行為のみに着目して分析を行うため、飲水行動は分析対象外とした。

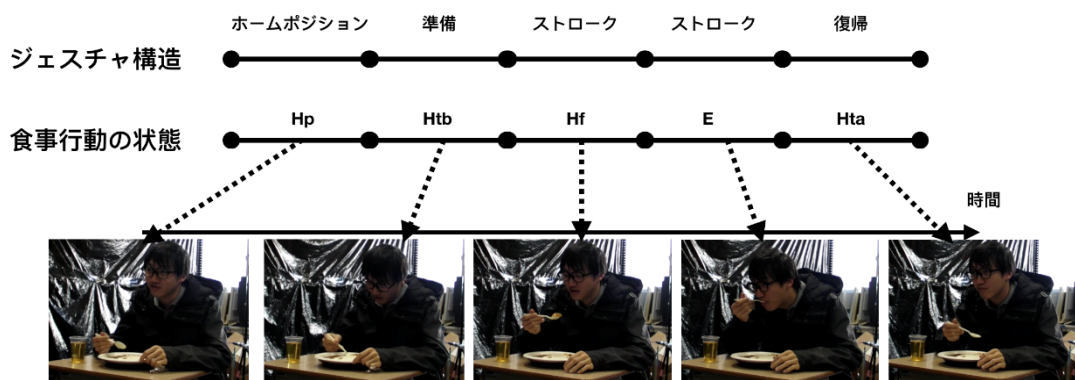


図 1 ジェスチャと食事行動状態の対応図

### 3.2 システム

共食エージェントがシステムユーザの摂食タイミングに同期させた形で摂食行動を行なった場合のユーザの食事行動に与える効果を検討するため、実験用システムの構築を行っ

た. 本システムでは, 共食エージェントが人間の行動と同じように動くことができるという機能と, 視聴者の行動と同じタイミングで摂食することができるという機能が必要である. 本節では, インタフェースの部分と行動デザインの部分に分けてシステムの詳細を述べる.

### 3.2.1 インタフェース

人間の共食相手の代わりとなる共食エージェントを見ながらシステムユーザは食事を行う. 以下にエージェントを作成するために使用可能なモデリングツールを示す.

- Galatea Toolkit [17]: 国内の十数の大学が共同で開発した擬人化音声対話エージェント.
- MPML(Multimodal Presentation Markup Language) [18]: 石塚らが開発したプレゼンテーションを作成するためのキャラクターエージェント.
- TVML(TV Program Making Language) [19]: NHK 放送技術研究所が開発した, テキスト言語でテレビ番組を作成するための多言語対応の言語.
- MMDAgent[20]: 名古屋工業大学国際音声技術研究所が開発した音声インタラクションシステム構築ツール.

人間の食事相手の代わりとするため, 人間の外見を持つ必要がある. また, 本研究は食事行動を分析の対象とするため, ユーザに自然な食事行動を見せることができる必要がある. そこで, 先行研究と同様, 3次元仮想空間内で動かすことの可能な MMDAgent を利用した [3]. なお, MMDAgent は, Kinect for windows を使用して人間の摂食行動から取り出したモーションデータを用いることで, キャラクターモデルを作成できる. どのように人間の摂食行動を共食エージェントに反映したかについては次節にて詳述する.

キャラクターの外見については, MMDAgent 内で標準のエージェントとして用意されている一般的な女性モデルを使用する. また, エージェントを映す仮想空間内では, エージェントが食事をするために使用する椅子, テーブル, 食器の CG をフリー素材[21]で作成し, 配置する.



図 2 エージェント動作と外見

### 3.2.2 食事行動

エージェントが食事行動を行うために、食事行動時の各関節の座標データが必要となる。本研究では、先行研究と同一のデータを利用する[3]。これは **Kinect for Windows** センサを使用し、実験者の食事時に取得した各関節の座標データである。データ取得時にモデルである実験者が実際に行った食事動作は、スプーンで料理を掬って口元に運び、スプーンを下ろす動作のみである。エージェントに、実験者の動作から取得された座標データを適用、再生することで、エージェントに実験者と同一の動作を行わせることができる。実装したエージェントの外見と食事動作を行っている様子を図 2 に示す。図 2 は左上,右上,左真ん中,右真ん中,左下,右下の順に動作している様子を表している。まずホームポジション (図 2 左上) からスプーンでカレーを掬い (図 2 右上)、口に運んで (図 2 左真ん中)、スプーンが口に到達し (図 2 右真ん中)、スプーンを下ろし (図 2 左下,右下)、またホームポジションに戻る (図 2 左上)。

3.1 節で示したように食事行動はジェスチャフェーズで分類することができるが、共食エージェントの食事行動は以下のように分類できる。

- **Ho:** ホームポジション。本システムでは手をテーブルの上に出していない状態 (図 2 の左上)

- **Htb**: カレーをスプーンで混ぜたり、寄せたりする行為があたるが、実装していない
- **Hf**: スプーンで料理を掬って口元に運ぶ動作 (図 2 右上, 左真ん中, 右真ん中)
- **E**: 口にスプーンを入れている状態をさすが, 本システムで実装した共食エージェントではスプーンを口に近づけて擬似的にカレーを食べているように見せているだけであり, 実際にスプーンを口に含むわけではないため, 実装していない
- **Hta**: スプーンを下ろす動作 (図 2 の左下, 右下)

本来であれば **Htb** や **E** の状態も再現することが望ましいが, 本システムではまず共食エージェントが食事をしているように見える状態を目指し, 上記のような共食エージェントの表示方法とした.

共食エージェントの摂食行動を表示する際, 1 回の摂食行動のモーションデータを繰り返し再生するためのタイミングの設定が必要となる. 遠隔共食における食事行動を分析した先行研究を参照し, 摂食行動のタイミングと各動作にかかる時間を設定した. 先行研究では, 実験の環境で 12 名の協力者 6 ペアがビデオ会話ツールで共食を行い, その様子を映したビデオ映像から行動分析を行っている. ただし, この実験においては食事相手が見える状態だが, 会話は行われぬ状態で食事を行っている. **Ho**, **Hf**, **E** の平均継続時間をそれぞれ算出した結果, ホームポジション **Ho** は 2.5 秒, 料理を把持してから口へ運ぶまでの動作 **Hf** は 1.3 秒, スプーンを口に入れてから出すまでの動作 **E** は 0.7 秒と報告されている[4]. 先行研究では **Htb**, **Hta** の動作については報告されていないが, 一回の摂食行動において **Ho**, **Hf**, **E** の合計で 4.5 秒かかることがわかる. 本システムでは実装していない **Htb**, **E** を除く, **Ho**, **Hf**, **Hta** それぞれにかかる時間を設定できるように実装した. なお, **Ho** 状態ではより人間らしく見えるよう, 4.0 秒のサイクルでエージェントが体幹を前後左右に眼球位置における 8mm 程度の揺らす動作を繰り返して行わせる.

システムユーザの摂食タイミングに合わせた摂食行動を共食エージェントに行わせることができるよう, システムユーザの状態をリアルタイムで取得するために **Kinect for windows** を使用した. **Kinect for windows SDK**[22]では, 取得した映像から人間の部位ごとの座標が取得できる. 3.1 節にて記述した食事行動は, 主に口と手に関わるため, それぞれの座標データを取得する. また, 食事行動の開始タイミングを把握するための情報として, 口の座標ではなく, 首の座標を利用した. 具体的には, 首と右手の距離が 30cm 以下となったら, ユーザが食事行動を開始したと判断した. ユーザが摂食を開始したと判断した後, **Socket** 通信で **MMDAgent**[23]に 1 回の摂食行動を行う指令を送る. 共食エージェントは **Ho** 状態で待機し, 任意のタイミングで **Hf**, **Hta** の行動を行うことが可能となる.

### 3.3 実験

実験参加者とエージェントが共食を行う実験を行う。実験参加者は他に誰もいない空間で食事を行い、その目の前に設置したディスプレイに共食エージェントを移すという形で人間とエージェントの共食を実現する。共食エージェントの摂食タイミングについて2種類用意した。実験参加者の摂食タイミングに合わせて摂食行動を行う場合と、実験参加者の摂食タイミングに関係なく一定の時間間隔で摂食行動を行う場合である。被験者内計画で実験を行った場合、共食エージェントの摂食タイミングが実験参加者の摂食行動にどのような影響を与えるかについて実験的に検討する。

#### 3.3.1 参加者

本実験には大学生および大学院生 10 名(男性 4 名, 女性 6 名)が参加した。

#### 3.3.2 実験デザイン

実験は以下の 2 条件を設定し、実施した。

1) 同期条件 エージェントの摂食タイミングを食事者の摂食タイミングに同期させる条件。食事開始後、エージェントは  $H_0$  状態で待機しており、参加者の摂食行動を検知するとそのタイミングで摂食行動を開始する。 $H_f$  に 1.3 秒、 $H_{ta}$  には 0.7 秒かけて表示する。

2) 非同期条件 対照条件であり、エージェントは一定の時間間隔で摂食行動をとる以外は条件と同一とした条件。食事開始後、実験被験者の行動とは関係なく一定の時間間隔で  $H_0$ 、 $H_f$ 、 $H_{ta}$  の状態を順に遷移する。 $H_0$  に 2.5 秒、 $H_f$  に 1.3 秒、 $H_{ta}$  には 0.7 秒かけて表示する。

参加者は 1 回の食事で 1 条件のエージェントと向き合って食事を行う。参加者の空腹の状態や心理的な負担に配慮し、参加者は 1 日に 1 条件、2 日に渡って実験に参加し、被験者内実験を実施した。カウンターバランスをとるため、同期条件に先に参加した人数と非同期条件に先に参加した人数を等しくした。実施順の詳細を表 1 に示す。

表 1 実験条件の実施順

参加者	第 1 日	第 2 日
参加者 1	同期条件	非同期条件
参加者 2	非同期条件	同期条件
参加者 3	同期条件	非同期条件
参加者 4	非同期条件	同期条件
参加者 5	同期条件	非同期条件
参加者 6	非同期条件	同期条件
参加者 7	同期条件	非同期条件
参加者 8	非同期条件	同期条件
参加者 9	同期条件	非同期条件
参加者 10	非同期条件	同期条件

実験条件間でモデルの外見から受ける印象の違いや影響を抑止するため、同一のエージェントの顔、服装、テーブル、食器などを表示した。エージェントの食事はカレーで統一されており、皿の上に表示される残量は終始変わらない。実験中、参加者には飲み物が提供されるが、本実験では「食べる」という摂食行動のみに焦点をあてるため、エージェントの食卓には飲料を配置しない。

### 3.3.3 実験環境

実験用システムを設置した様子を図 3 に示す。エージェントを映しているディスプレイの大きさは 827mm x 621mm、解像度は 640 x 480 ピクセル、フレームレートは 30fps である。実験参加者が食事をするテーブルの前方にディスプレイを設置し、その裏に PC を設置した。





図 3 実験の様子

実験は条件間で共通の環境である。実験環境では研究室内にテーブルを設置し、参加者が座る席の前方のディスプレイを設置し、共食エージェントが等身大となるように表示する。参加者とディスプレイの距離は社会的距離の 120cm[24]とした。ディスプレイの中央上部に設置された Kinect for windows 経由で、参加者の行動情報を取得する。また、参加者の行動を記録するため、参加者の席の前後にカメラを 2 台設置した。前方に設置したカメラにて、参加者の上半身およびテーブル上の食事の様子を撮影した。後方に設置したカメラにて、ディスプレイに映った映像と参加者の行動を撮影できるようにした。

食事の種類による食事継続時間やエージェントの印象への影響をなるべく抑止するため、すべての参加者の食器と食事メニューを同一にした。使用した食器はプラスチック製スプーンと紙皿であった。なるべく参加者の注意をひかないよう、無地の食器を利用した。食事メニューはカレーライスとお茶とした。食事の量はカレー230g (中辛)、ライス 200g、お茶はコップ一杯(緑茶、約 180ml)とした。

### 3.3.4 実験手順

実験を行なった手順は以下の通りである。

- 1) はじめに参加者に対し、エージェントが表示されたディスプレイの前に座って食事をしてもらう旨を説明する。エージェントに関する説明は特に行わなかった。
- 2) 実験者が退出したら好きなタイミングで食事を始めて良いこと、食事終了時には実験者に合図するよう指示し、食事の用意が完了した後、ビデオカメラの撮影を開始し、実験者は退室した。
- 3) 実験参加者から食事終了の合図があったら実験の終了を知らせ、ビデオカメラの撮影を終了した。その後、参加者は質問紙への回答を行った。質問紙調査は各条件終了時に行った。

4) 2回目の参加時には1)を省略し、2)～3)の手順で実施した。

なお、条件間に説明の違いが無いよう説明文のシナリオを用意し読み上げることで手続きを統制した。

### 3.3.4 取得データ

実験参加者10名が2条件に参加したため、合計20名分の食事の様子を撮影した映像データを取得した。分析対象としたデータは、参加者が食べ始めた時点から食べ終わった時点までとした。厳密には、参加者の把持したスプーンがカレーライスと接触した瞬間を開始時点、食べ終わってスプーンを置いた瞬間を終了時点とした。2条件で得られた合計20名分の映像データの平均長は405.5秒であった。実験参加者1名、1条件につき被験者の前後から撮影した映像データ2本を取得した。取得した映像データを用いて、参加者の摂食行動の分析を行なった。さらに、実験終了後に取得した質問紙への回答結果から、主観的評価についても分析を行なった。

## 3.4 実験結果

### 3.4.1 摂食行動と視線に関する基本的指標による分析

ビデオカメラを用いて取得した共食映像をもとに、参加者の摂食行動と視線について分析する。具体的には、同期条件、非同期条件の両条件について、咀嚼を含めた摂食行動の頻度や時間、実験中に参加者がエージェントに向けた視線量について比較する。

共食における行動分析における基本的な指標となる「摂食」と「視線」について、ビデオアノテーションツールELAN[17]を用いてラベリングを行い、条件間の差異について検討した。図4にラベリング時の画面例を示す。実験参加者の前方から撮影した映像および後方から撮影した映像の映像内の時間を一致させ、摂食頻度、咀嚼時間、咀嚼頻度、エージェントに視線を向けた頻度、時間についてコーディングを行なった。

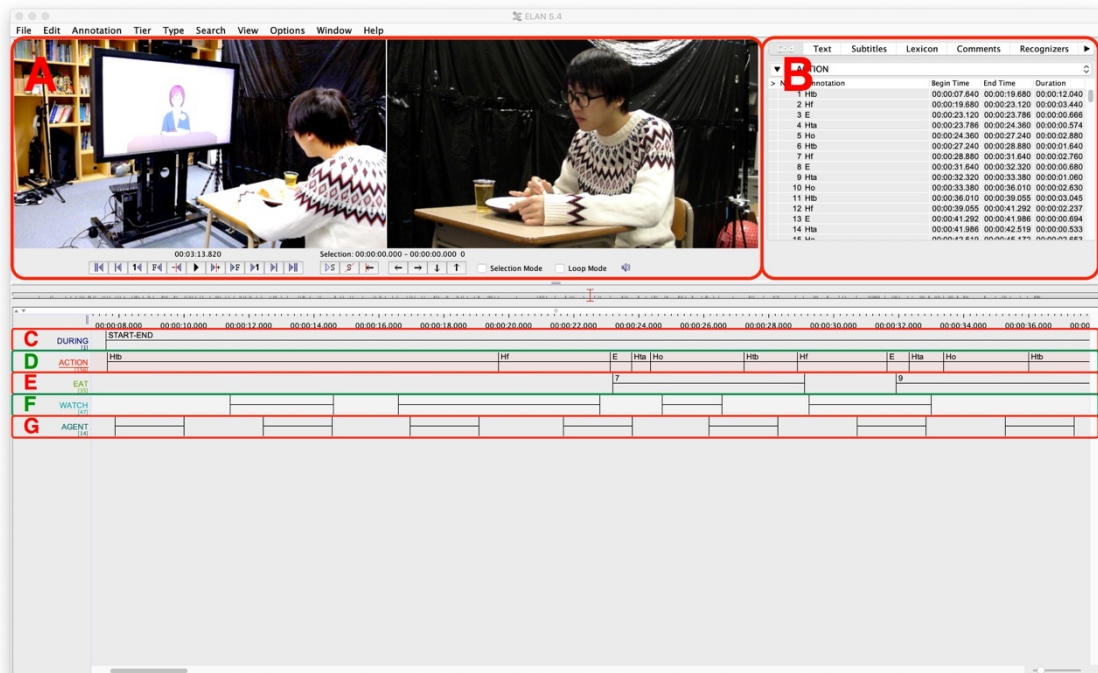


図 4 ラベリング画面：映像データ(A)，ラベリングした区間のリスト(B)，食事継続区間(C)，参加者の食事行動区間(D)，参加者の咀嚼区間(E)，参加者の視線がディスプレイ方向に向いた区間(F)，エージェントの食事行動区間(G)

先行研究では、摂食の回数および時間、視線のディスプレイに向いた回数および時間という指標を用いて分析を行なっている[3]。これに準じ、本研究でも同様の分析を行う。以下に分析対象とした指標の定義を示す。

- 摂食頻度：1分間あたりの参加者の摂食回数。料理を口に入れる動作を1回の摂食行動としてカウントする。
- 咀嚼時間長：1回あたりの参加者の咀嚼継続時間。咀嚼の回数および時間は、料理を口に入れた時点から飲み込むまで、口を縦または横に反復運動させていることを視認できた回数や時間をさす。
- エージェントに視線を向けた頻度：1分間あたりのエージェントに視線を向けた回数。参加者を前方から映した映像において、参加者の目の黒い部分がディスプレイ方法に向いたと判断できた回数。
- エージェントに視線を向けた時間：1分間あたりのエージェントに視線を向けた時間。参加者を前方から映した映像において、参加者の目の黒い部分がディスプレイ方法に向いたと判断できた時間。

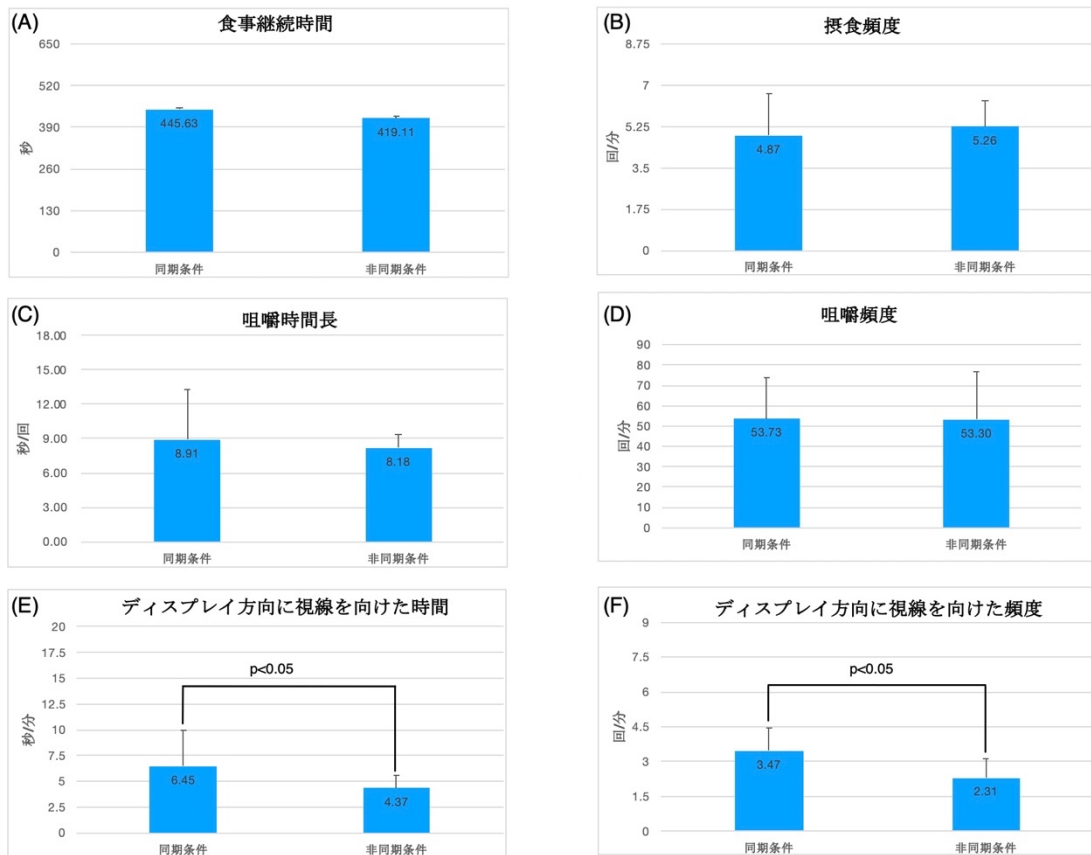


図 5 摂食と視線に関する分析結果(N=10): 食事継続時間(A),摂食頻度(B),咀嚼時間長(C),咀嚼頻度(D),ディスプレイ方向に視線を向いた時間(F),ディスプレイ方向に視線を向いた頻度(F)

行動分析を行なった結果を図 5 に示す. 摂食頻度については同期条件で 4.65 回/分であったのに対し, 非同期条件では 5.17 回/分であった. 咀嚼時間長については同期条件で 8.91 秒/回であったのに対し, 非同期条件では 8.18 秒/回であった. エージェントに視線を向けた時間については同期条件で 6.45 秒/分であったのに対し, 非同期条件では 4.37 秒/分であった. エージェントに視線を向けた回数については同期条件で 3.47 回/分であったのに対し, 非同期条件では 2.31 回/分であった. 食事継続時間については同期条件で 445.6 秒であったのに対し, 非同期条件では 419.1 秒であった. t 検定を用いて両条件間比較を行ったところ, エージェントに視線を向けた時間, 回数ともに, 同期条件の方が非同期条件よりも時間が長く, 回数が多いことがわかった (時間:  $t(9)=2.49, p=0.035, SD=2.65$ , 回数:  $t(9)=2.75, p=0.023, SD=1.34$ ). すなわち, 同期条件の方が非同期条件よりも食事者が共食エージェントに視線を送る量が多く, より多くの注意を払っていることがわかる. なお, 食事継続時間 [ $t(9)=0.89, p=0.397, SD=94.37$ ], 摂食回数 [ $t(9)=-0.54, p=0.602, SD=8.18$ ], 咀嚼

時間[t(9)=0.64, p=0.539,SD=71.81], 咀嚼回数[t(9)=0.67, p=0.522, SD=126.84], 一口あたり咀嚼回数[t(9)=1.47, p=0.176, SD=3.29], 一口あたり咀嚼時間[t(9)=0.95, p=0.365, SD=2.40]については, 有意差が観測されなかった.

### 3.4.2 摂食行動に関するジェスチャフェーズ単位の分析

ビデオカメラを用いて取得した共食映像をもとに, 参加者の摂食行動について詳細な分析する. 具体的には, 同期条件, 非同期条件の両条件について, ジェスチャフェーズ単位で分類し, 各行動の持続時間について比較する.

実験参加者の摂食行動をジェスチャーフェーズ単位に分類し, 各状態の平均長とそれぞれが占める割合を求めた. 結果を表 2 に示す. まず両条件の結果を合わせた全体の結果としては, 「ホームポジション」スプーンから手を離しているあるいは空のスプーンを把持している **Ho** は, 全部で 295 回行われ, 平均長は 3.09 秒, 標準偏差は 2.46 秒であった. **Htb** は全部で 695 回行われ, 平均長は 7.00 秒, 標準偏差は 4.46 秒であった. 「ストローク」の中でも, スプーンでカレーを掬い口元まで運ぶ **Hf** は, 全部で 690 回行われ, 平均長は 1.64 秒, 標準偏差は 1.25 秒であった. 「ストローク」の中でもスプーンを口の中に入れ(同時にカレーを口内に入れ)引き続き空のスプーンを口から出す **E** は, 全部で 686 回行われ, 平均長は 1.10 秒, 標準偏差は 1.09 秒であった. **Hta** は全部で 682 回行われ, 平均長は 0.91 秒, 標準偏差は 0.58 秒であった. 同期条件では **Ho** 状態が 3.04 秒, **Htb** 状態が 6.86 秒, **Hf** 状態が 1.51 秒, **E** 状態が 1.02 秒, **Hta** 状態が 0.88 秒であった. これに対し, 非同期条件では **Ho** 状態が 3.16 秒, **Htb** 状態が 7.14 秒, **Hf** 状態が 1.77 秒, **E** 状態が 1.18 秒, **Hta** 状態が 0.94 秒であった. それぞれの平均長が同期条件, 非同期条件であまり差が見られない結果であった. これはそれぞれ状態が全体に占める割合で比較したところ, 非同期条件より同期条件の **Ho** 状態がより高く, **Hf** 状態がより低いことがわかった. それ以外の状態に明確な差は観測されなかった.

表 2 摂食行動のジェスチャフェーズ毎の平均長とそれぞれが占める割合

条件	Ho 状態	Htb 状態	Hf 状態	E 状態	Hta 状態
同期	3.04 秒 (12.3%)	6.86 秒 (58.8%)	1.51 秒 (13.0%)	1.02 秒 (8.7%)	0.88 秒 (7.4%)
非同期	3.16 秒 (9.8%)	7.14 秒 (58.7%)	1.77 秒 (14.3%)	1.18 秒 (9.6%)	0.94 秒 (7.6%)
両条件	3.09 秒 (11.0%)	7.00 秒 (58.7%)	1.64 秒 (13.7%)	1.10 秒 (9.1%)	0.91 秒 (7.5%)

### 3.4.3 摂食行動の誤認識と摂食タイミングの同期におけるタイムラグ

本システムは Kinect for windows センサを用いてユーザの摂食行動を認識することで、共食エージェントが摂食するタイミングが決定される仕組みとなっている。よって、システムがユーザの摂食行動を正しく認識できないと、摂食行動の同期も正しく行えないこととなる。実験前半の 10 組で、システムがユーザの摂食行動を認識したのは合計 527 回であり、そのうち、エージェントが摂食行動を開始した時点でユーザが Hf あるいは E の状態でなかったのは 216 回であった。これは全体の 41% が正しいタイミングでエージェントが摂食行動を開始できていないということであり、摂食行動の同期精度向上が今後の大きな課題であることを示す。

続いて、エージェントが摂食行動を開始した時点でユーザが Hf あるいは E の状態出会った摂食合計 311 回について、ユーザが摂食してからエージェントが摂食するまでにどれだけタイムラグが発生していたかについて調べた。この結果、タイムラグの平均時間は 1.33 秒であった。

### 3.4.4 質問紙調査

質問紙では、共食エージェントへの印象、共食感、食事に対する満足度を調査するため、9 項目を設置した。実験条件間における食事の満足度、エージェントの印象、エージェントとの共食感についての違いを調べるため、食事者に対して質問紙調査を実施した。食事の満足度に与える要因を検討した岡本の研究[25]によれば、食事の満足度に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 [26]によれば、ゆっくりとよく噛んで食事をするすることで、より味わって食事ができ幸福度が増すとされている。設定した質問項目を表 3 に示す。これら全 9 項目について、「全然そう思わない」から「非常にそう思う」までの 9 段階で実験参加者から

回答を得た。さらに、質問紙の択一式の質問項目とは別に、実験を通じて感じたことについて自由記述式の質問で回答を得た。また被験者が日本語を母語としていない場合、日本語質問項目紙を用いたが、不明なところについては実験者が適宜説明を行い、質問内容が理解できるように努めた。

	項目	同期条件	非同期条件	p <sup>a</sup>
Q1	食事は美味しかった	7.8	7.1	0.109
Q2	味わって食事することができた	7.7	7.0	0.236
Q3	よく噛んで食事することができた	7.0	6.2	*0.084
Q4	ゆっくりと食事することができた	6.5	6.3	0.778
Q5	エージェントの様子が気になった	6.5	6.3	0.581
Q6	エージェントの印象は良かった	6.8	5.9	**0.047
Q7	エージェントの外見は自然だった	6.4	5.5	*0.094
Q8	エージェントの振る舞いは自然だった	5.5	5.2	0.887
Q9	エージェントと一緒に食事をしているように感じた	6.5	5.3	*0.083

<sup>a</sup> Wilcoxon signed-rank test. (N=10; \*\*\*: p<0.01; \*\*: p<0.05; \*: p<0.1)

表 3 9段階の質問紙調査における質問項目と各条件の平均得点

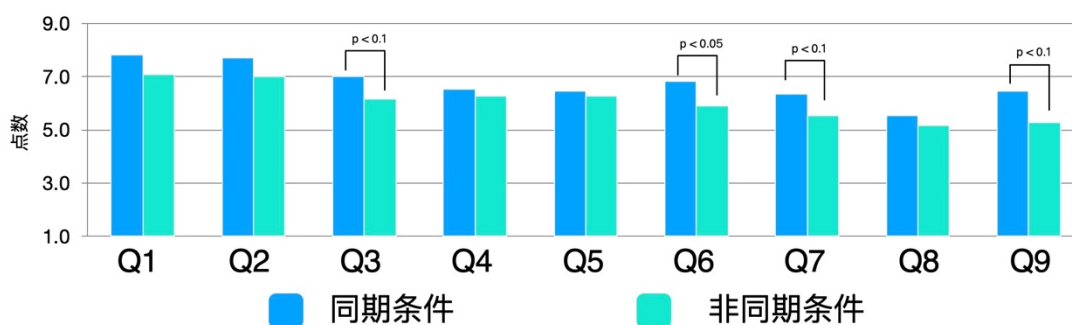


図 6 質問紙調査の結果:質問項目 Q1-Q9(表 3 に参照)

質問紙による調査の結果について、両条件の比較に Wilcoxon の符号付順位和検定を用いた。各質問項目に対する各条件の平均得点および検定結果を平均値と有意差が観測された項目を図 6 に示す。同期条件の方が非同期条件よりも高得点であった項目は、「エージェ



ントの印象は良かった」 $[z=-1.983, p<0.05]$ であった。その他に、「よく噛んで食事することができた」 $[z=-1.725, p<0.1]$ 、「エージェントの外見は自然だった」 $[z=-1.764, p<0.1]$ 、「エージェントと一緒に食事をしているように感じた」 $[z=-1.736, p<0.1]$ については同期条件の方が非同期条件よりも得点が高い傾向にあることがわかった。全ての質問項目において同期条件の方が非同期条件よりも有意に得点が高かったわけではないが、いくつかの項目について得点が高い、あるいは得点が高い傾向にあり、同期条件の方が非同期条件よりも主観的評価においてユーザに良い印象を与えているといえる。

## 第4章 ユーザによる食事行動同期の効果

本章では3章で述べた、エージェントがシステムユーザの摂食タイミングに同期させた形で摂食行動を行う場合とは逆に、一定の時間間隔で摂食行動を行うエージェントに対してユーザが摂食タイミングを合わせて摂食を行った場合について検討する。

3章では、エージェントの摂食行動開始タイミングをユーザの摂食行動の開始タイミングと同期させる手法を用い、その効果として、エージェントに向ける視線量の増大やエージェントに対する主観的評価の向上について述べた。しかしながら、これらの結果は、[摂食行動タイミング一致していること]がもたらす効果か、あるいは[食事相手が摂食行動タイミングを合わせてくる行動]がもたらす効果か、について明らかでない。そこで本章では、人間であるシステムユーザの方が共食エージェントに摂食タイミングを合わせることで、3章で得られたような効果や条件間の違いが観測されるかについて検証する。

### 4.1 ユーザによる摂食タイミング同期実験

#### 4.1.1 参加者

本実験には大学生および大学院生 10 名(男性 6 名, 女性 4 名)が参加した。なお, 本章の実験参加者は 3 章の実験に参加していない。

#### 4.1.2 実験デザイン

実験は以下の 2 条件を設定し, 実施した。

- 1) ユーザ同期条件 ユーザが共食エージェントの摂食タイミングに同期して摂食を行う条件。ユーザは実験のインストラクションにおいてエージェントの摂食タイミングに同期して摂食するように指示される。エージェントは食事開始後, 実験被験者の行動とは関係なく一定の時間間隔で  $H_o$ ,  $H_f$ ,  $H_{ta}$  の状態を順に遷移する。  $H_o$  に 2.5 秒,  $H_f$  に 1.3 秒,  $H_{ta}$  には 0.7 秒かけて表示する。
- 2) ユーザ非同期条件 対照条件であり, ユーザが共食エージェントの摂食タイミングに同期せずに摂食を行う条件。ユーザは実験のインストラクションにおいて自由なタイミングで摂食するよう指示される。エージェントは, ユーザ同期条件と同様の動作をする。食事開始後, 実験被験者の行動とは関係なく一定の時間間隔で  $H_o$ ,  $H_f$ ,  $H_{ta}$  の状態を順に遷移する。  $H_o$  に 2.5 秒,  $H_f$  に 1.3 秒,  $H_{ta}$  には 0.7 秒かけて表示する。

参加者は 1 回の食事で 1 条件の実験に参加する。参加者の空腹の状態や心理的な負担に配慮し, 参加者は 1 日に 1 条件, 2 日に渡って実験に参加し, 被験者内実験を実施した。カウンターバランスをとるため, ユーザ同期条件に先に参加した人数とユーザ非同期条件に先に参加した人数を等しくした。実施順の詳細を表 4 に示す。

表 4 実験条件の実施順

参加者	第 1 日	第 2 日
参加者 1	ユーザ同期条件	ユーザ非同期条件
参加者 2	ユーザ非同期条件	ユーザ同期条件
参加者 3	ユーザ同期条件	ユーザ非同期条件
参加者 4	ユーザ非同期条件	ユーザ同期条件
参加者 5	ユーザ同期条件	ユーザ非同期条件
参加者 6	ユーザ非同期条件	ユーザ同期条件
参加者 7	ユーザ同期条件	ユーザ非同期条件
参加者 8	ユーザ非同期条件	ユーザ同期条件
参加者 9	ユーザ同期条件	ユーザ非同期条件
参加者 10	ユーザ非同期条件	ユーザ同期条件

#### 4.1.3 実験環境

実験用システムを設置した様子を図 7 に示す。実験環境は 3 章の実験時と基本的に同一である。エージェントを映しているディスプレイの大きさは 827mm x 621mm，解像度は 640 x 480 ピクセル，フレームレートは 30fps である。実験参加者が食事をするテーブルの前方にディスプレイを設置し，その裏に PC を設置した。

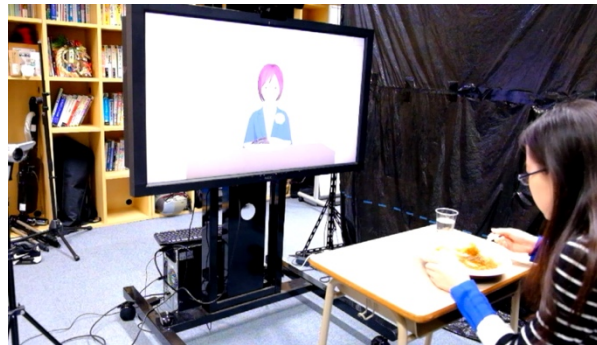


図 7 実験の様子

実験は条件間で共通の環境である。実験環境では研究室内にテーブルを設置し，参加者が座る席の前方のディスプレイを設置し，共食エージェントが等身大となるように表示する。参加者とディスプレイの距離は 120cm とした。また，参加者の行動を記録するため，参加者の席の前後にカメラを 2 台設置した。前方に設置したカメラにて，参加者の上半身およびテーブル上の食事の様子を撮影した。後方に設置したカメラにて，ディスプレイに映った映

像と参加者の行動を撮影できるようにした。

食事の種類による食事継続時間やエージェントの印象への影響をなるべく抑止するため、すべての参加者の食器と食事メニューを同一にした。使用した食器はプラスチック製スプーンと紙皿であった。なるべく参加者の注意をひかないよう、無地の食器を利用した。食事メニューはカレーライスとお茶とした。食事の量はカレー230g (中辛)、ライス 200g、お茶はコップ一杯(緑茶、約 180ml)とした。

#### 4.1.4 実施手順

実験を行なった手順は以下の通りである。

- 1) はじめに参加者に対し、エージェントが表示されたディスプレイの前に座って食事をしてもらう旨を説明する。ユーザ同期条件では、エージェントの摂食タイミングに同期して摂食行動をするように指示する。具体的には「エージェントと同じタイミングで食べて下さい。またエージェントのスピードに追いかけても構いません」とインストラクションを行なう。ユーザ非同期条件では、自由なタイミングで摂食するよう指示する。具体的には「自由に食べて下さい。」とインストラクションを行う。
- 2) 実験者が退出したら好きなタイミングで食事を始めて良いこと、食事終了時には実験者に合図するよう指示し、食事の用意が完了した後、ビデオカメラの撮影を開始し、実験者は退室した。
- 3) 実験参加者から食事終了の合図があったら実験の終了を知らせ、ビデオカメラの撮影を終了した。その後、参加者は質問紙への回答を行った。質問紙調査は各条件終了時に行った。
- 4) 2 回目の参加時には 1)の摂食タイミングに関する指示をしてから、2)~3)の手順で実施した。

#### 4.1.5 取得データ

実験参加者 10 名が 2 条件に参加したため、合計 20 名分の食事の様子を撮影した映像データを取得した。分析対象としたデータは、参加者が食べ始めた時点から食べ終わった時点までとした。厳密には、参加者の把持したスプーンがカレーライスと接触した瞬間を開始時点、食べ終わってスプーンを置いた瞬間を終了時点とした。2 条件で得られた合計 20 名分の映像データの平均長は 335.2 秒であった。実験参加者 1 名、1 条件につき被験者の前後から撮影した映像データ 2 本を取得した。取得した映像データを用いて、参加者の摂食行動の分析を行なった。さらに、実験終了後に取得した質問紙への回答結果から、主観的評価についても分析を行なった。

## 4.2 実験結果

### 4.2.1 摂食行動と視線に関する基本的指標による分析

ビデオカメラを用いて取得した共食映像をもとに、参加者の摂食行動と視線について分析する。具体的には、ユーザ同期条件、ユーザ非同期条件の両条件について、咀嚼を含めた摂食行動の頻度や時間、実験中に参加者がエージェントに向けた視線量について比較する。

分析に用いた指標や分析方法は 3.4.1 節と共通する。摂食行動と視線に関する基本的指標による分析結果を図 8 に示す。食事継続時間についてはユーザ同期条件で 353.7 秒であったのに対し、ユーザ非同期条件では 316.8 秒であった。摂食頻度についてはユーザ同期条件で 4.6 回/分であったのに対し、ユーザ非同期条件では 6.6 回/分であった。咀嚼時間長についてはユーザ同期条件で 10.18 秒/回であったのに対し、ユーザ非同期条件では 7.37 秒/回であった。エージェントに視線を向けた時間についてはユーザ同期条件で 14.7 秒/分であったのに対し、ユーザ非同期条件では 5.9 秒/分であった。エージェントに視線を向けた回数についてはユーザ同期条件で 4.7 回/分であったのに対し、ユーザ非同期条件では 2.1 回/分であった。t 検定を用いて両条件間比較を行ったところ、エージェントに視線を向けた時間、回数ともに、ユーザ同期条件の方がユーザ非同期条件よりも時間が長く、回数が多いことがわかった（時間： $t(9)=5.62$ ,  $p=0.000$ ,  $SD=5.87$ , 回数： $t(9)=6.719$ ,  $p=0.000$ ,  $SD=1.75$ ）。また、ユーザ同期条件の方がユーザ非同期条件より、咀嚼頻度 [ $t(9)=-2.89$ ,  $p=0.018$ ,  $SD=2.14$ ] が低く、一口あたり咀嚼時間 [ $t(9)=2.72$ ,  $p=0.010$ ,  $SD=2.40$ ] が長くことがわかった。すなわち、ユーザ同期条件の方が非同期条件よりも食事者が共食エージェントに視線を送る量が多く、より多くの注意を払っている、ゆっくり食事ができることが示唆された。ただし、今回の実験では、そもそもユーザ同期条件では参加者にエージェントと摂食タイミングを同期させるよう指示しているため、エージェントを注視する時間や回数が多いのも当然といえる。

なお、食事継続時間 [ $t(9)=1.09$ ,  $p=0.304$ ,  $SD=106.85$ ]、咀嚼時間 [ $t(9)=0.64$ ,  $p=0.539$ ,  $SD=71.81$ ]、咀嚼回数 [ $t(9)=-0.09$ ,  $p=0.930$ ,  $SD=13.93$ ] については、有意差が観測されなかった。

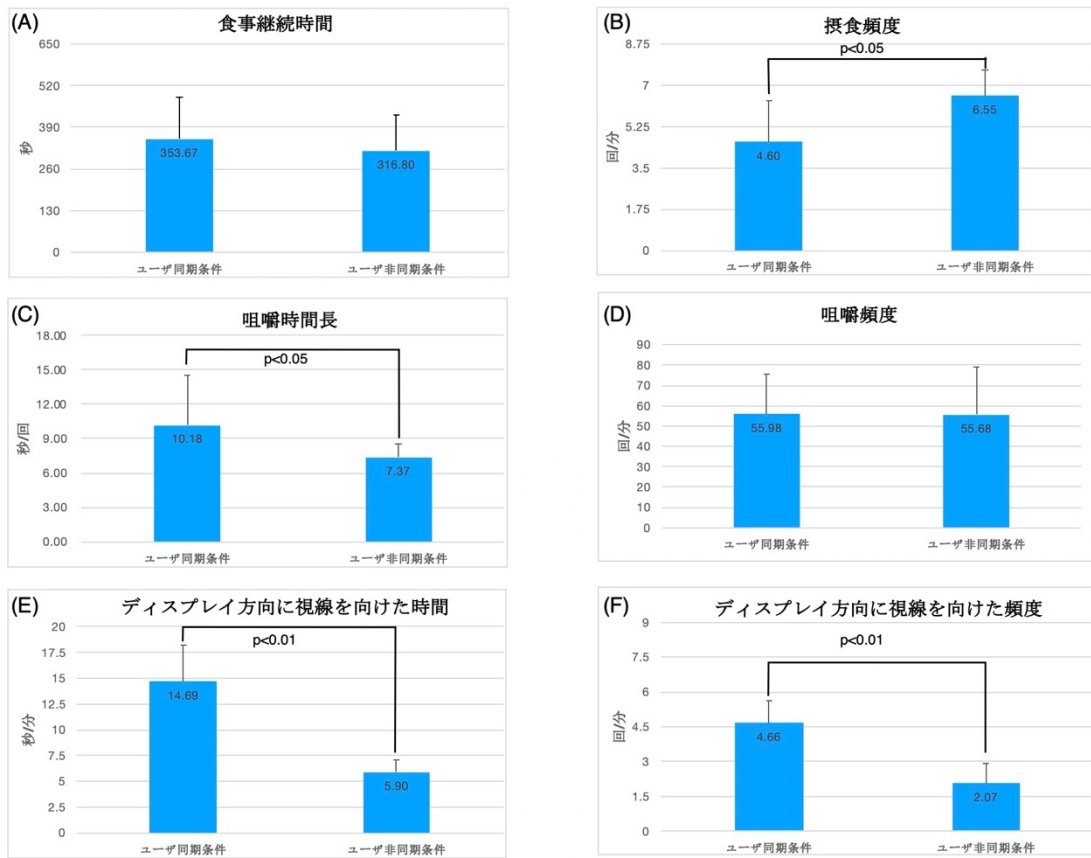


図 8 摂食と視線に関する分析結果(N=10): 食事継続時間(A),摂食頻度(B),咀嚼時間長(C),咀嚼頻度(D),ディスプレイ方向に視線を向いた時間(E),ディスプレイ方向に視線を向いた頻度(F)

#### 4.2.2 食事行動に関する分析

表 5 摂食行動のジェスチャフェーズ毎の平均長とそれぞれが占める割合

条件	Ho 状態	Htb 状態	Hf 状態	E 状態	Hta 状態
ユーザ同期条件	3.65 秒 (13.6%)	8.20 秒 (58.4%)	2.49 秒 (18.1%)	0.75 秒 (5.2%)	0.66 秒 (4.7%)
ユーザ非同期条件	3.62 秒 (14.9%)	5.07 秒 (53.6%)	1.50 秒 (15.7%)	0.83 秒 (8.5%)	0.71 秒 (7.3%)
両条件	3.63 秒 (14.2%)	6.44 秒 (55.12%)	1.93 秒 (17.0%)	0.80 秒 (6.8%)	0.69 秒 (6.0%)

ビデオカメラを用いて取得した共食映像をもとに、参加者の摂食行動について詳細な分析する。具体的には、ユーザ同期条件、ユーザ非同期条件の両条件について、ジェスチャフェーズ単位で分類し、各行動の持続時間について比較する。

分析に用いた指標や分析方法は 3.4.2 節と共通する。実験参加者の摂食行動をジェスチャフェーズ単位に分類し、各状態の平均長とそれぞれが占める割合を求めた。結果を表 5 に示す。まず両条件の結果を合わせた全体の結果としては、「ホームポジション」スプーンから手を離しているあるいは空のスプーンを把持している **Ho** は、全部で 254 回行われ、平均長さは 3.63 秒、標準偏差は 3.37 秒であった。**Htb** は全部で 590 回行われ、平均長さは 6.44 秒、標準偏差は 5.10 秒であった。「ストローク」の中でも、スプーンでカレーを掬い口元まで運ぶ **Hf** は、全部で 572 回行われ、平均長さは 1.93 秒、標準偏差は 1.79 秒であった。「ストローク」の中でもスプーンを口の中に入れ(同時にカレーを口内に入れ)引き続き空のスプーンを口から出す **E** は、全部で 269 回行われ、平均長さは 0.80 秒、標準偏差は 0.62 秒であった。**Hta** は全部で 566 回行われ、平均長さは 0.69 秒、標準偏差は 0.37 秒であった。ユーザ同期条件では **Ho** 状態が 3.65 秒、**Htb** 状態が 8.20 秒、**Hf** 状態が 2.49 秒、**E** 状態が 0.75 秒、**Hta** 状態が 0.66 秒であった。これに対し、ユーザ非同期条件では **Ho** 状態が 3.62 秒、**Htb** 状態が 5.07 秒、**Hf** 状態が 1.50 秒、**E** 状態が 0.83 秒、**Hta** 状態が 0.71 秒であった。それぞれの平均長がユーザ同期条件、ユーザ非同期条件で著しく変化が見られた。特に **Htb** 状態について、ユーザ同期条件で 8.20 秒であることに対し、ユーザ非同期条件では 5.07 秒であった。**Hf** 状態については、ユーザ同期条件で 2.49 秒であることに対し、ユーザ非同期条件では 1.50 秒であった。それぞれユーザ同期条件の方が著しく長いことが読み取れる。スプーンに食事を乗せ、口には運ぶまでの時間が、ユーザ同期条件の方が長いということがいえる。さらに、各状態の時間が占める割合を比較してみると、ユーザ同期条件の **E** 状態、**Hta** 状態の割合がユーザ非同期条件の割合よりも低いことが読み取れる。**E** 状態については、ユーザ同期条件が 5.2%であるのに対し、ユーザ非同期条件は 8.5%である。**Hta** 状態については、ユーザ同期条件が 4.7%であるのに対し、ユーザ非同期条件は 7.3%である。これらの結果は、ユーザ同期条件の方がスプーンを口に入れてから出し、次の摂食に備えるためにスプーンを下ろすという時間の割合が小さいことを示している。これらの結果は、ユーザ同期条件はユーザの方がエージェントの摂食タイミングに合わせる条件であるため、エージェントの摂食タイミングを待って **Htb** 状態や **Hf** 状態の時間が長くなり、次の摂食になるべく早く備えられるように **E** 状態と **Hta** 状態の割合が小さくなっているものと考えられる。

### 4.2.3 質問紙調査

本実験において実施した質問紙調査の質問項目は 3.4.3 節と共通している。設定した質問項目を表 6 に示す。これら全 9 項目について、「全然そう思わない」から「非常にそう思う」までの 9 段階で実験参加者から回答を得た。さらに、質問紙の択一式の質問項目とは別に、実験を通じて感じたことについて自由記述式の質問で回答を得た。また被験者が日本語を母語としていない場合、日本語質問項目紙を用いたが、不明なところについては実験者が適宜説明を行い、質問内容が理解できるように努めた。

	項目	ユーザ同期条件	ユーザ非同期条件	p <sup>a</sup>
Q1	食事は美味しかった	7.4	7.2	0.589
Q2	味わって食事することができた	7.2	7.2	0.886
Q3	よく噛んで食事することができた	7.1	7.0	0.915
Q4	ゆっくりと食事することができた	6.5	7.0	0.435
Q5	エージェントの様子が気になった	7.0	5.6	0.167
Q6	エージェントの印象は良かった	7.1	6.2	*0.058
Q7	エージェントの外見は自然だった	6.5	5.8	0.233
Q8	エージェントの振る舞いは自然だった	6.4	4.7	**0.011
Q9	エージェントと一緒に食事をしているように感じた	5.9	5.2	0.356

<sup>a</sup>. Wilcoxon signed-rank test. (N=10; \*\*\*: p<0.01; \*\*: p<0.05; \*: p<0.1)

表 6 9 段階の質問紙調査における質問項目と各条件の平均得点

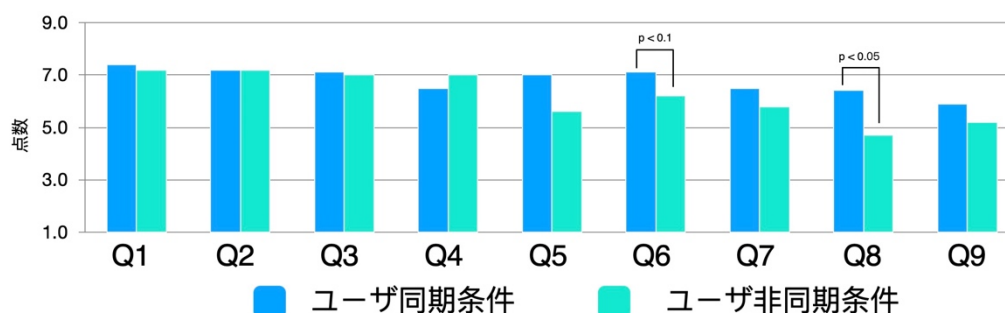


図 9 質問紙調査の結果:質問項目 Q1-Q9(表 6 に参照)



質問紙による調査の結果について、両条件の比較に Wilcoxon の符号付順位和検定を用いた。各質問項目に対する各条件の平均得点および検定結果を平均値と有意差が観測された項目を図 9 に示す。ユーザ同期条件の方がユーザ非同期条件よりも高得点であった項目は、「エージェントの振る舞いは自然だった」 [ $z=-2.555$ ,  $p<0.05$ ]であった。その他、「エージェントの振る舞いは自然だった」 [ $z=-1.897$ ,  $p<0.1$ ]についてはユーザ同期条件の方がユーザ非同期条件よりも得点が高い傾向にあることがわかった。全ての質問項目においてユーザ同期条件の方がユーザ非同期条件よりも有意に得点が高かったわけではないが、全体的に得点が高くことが見える。

## 第5章 検討

### 5.1 共食エージェントによる食事行動同期の効果について

3章の実験結果から、同期条件の方が非同期条件よりもエージェントに視線を向ける回数や時間が多いことが分かった。このことは、エージェントの摂食タイミングをユーザの摂食タイミングに同期させることによって、ユーザの注意をより多く引いた結果だと考える。質問紙調査結果から、質問項目「エージェントと一緒に食事をしているように感じた」について、同期条件のほうが非同期条件よりも得点が高い傾向にあることがわかった。この結果は、エージェントの摂食タイミングをユーザの摂食タイミングに同期させることにより、エージェントの存在感が増したことを示唆するものである。エージェントに向けるユーザの視線量が増大することもこの結果を支持する内容となっている。

本研究ではエージェントの外見や動作を高いレベルで再現することを第一の目的とはしておらず、摂食行動が同期しているかどうかによる摂食行動への影響について調べることに重きを置いている。質問紙調査結果から、エージェントの印象について同期条件の方が非同期条件よりも高いことがわかった。また、外見の自然さについても同期条件の方が非同期条件よりも高い傾向にあることがわかった。質問紙調査後に行われたインタビューでは、非同期条件は「エージェントの動作の時間間隔が一定で機械みたいで不自然に感じる」といった意見が見受けられ、行動の規則性がエージェント自体への印象や外観の自然さの判断に影響を与えていることが示唆された。

さらに、質問項目「よく噛んで食事することができた」についても同期条件の方が非同期条件よりも得点が高い傾向にあった。統計的に明確な差は観測されなかったが、平均咀嚼時間については、非同期条件より同期条件のほうが長かった。なお、参加者は全員食事を完食し、食事量も一定であるため、同期条件では少なくとも意識的には「よく噛んで」食事がされているといえる。「ゆっくり食べる」ことを示唆する評価指標については、参加者の数が十分でなかったために統計的有意差が観測できなかった可能性がある。

### 5.2 ユーザによる食事行動同期の効果について

3章と4章の実験結果を比較するため、2実験の4条件における摂食行動のジェスチャフェーズ毎の割合を図10に示す。

ユーザ同期条件とユーザ非同期条件を比較すると、ユーザ同期条件の方がユーザ非同期条件よりもHtb状態やHf状態の割合が大きく、E状態やHta状態の割合が小さいようにみえる。これはユーザ同期条件の方が1回の摂食において、スプーンを口に入れてから出し、

次の摂食のためにスプーンを下ろすための時間をなるべく短くしていることを表している。また、このような行動により、次のエージェントの摂食タイミングに合わせて摂食できるよう準備する時間を長くするという行動につながっている。ビデオ分析においても、食べ物を把持したまま静止しているケースが多く見られた。ユーザ同期条件ではエージェントに摂食タイミングを合わせる条件であるため、エージェントの摂食タイミングに対応できるよう Htb 状態や Hf 状態の割合が大きくなっていると考えられる。

Hf 状態と E 状態, Hta 状態の合計について (ユーザが摂食行動を動き出す状態), 同期条件は非同期条件よりも, ユーザ同期条件はユーザ非同期条件よりもそれぞれやや割合が少ない。共食時は孤食時に比べ, 摂食を行っている時間 (Hf+E 状態) が短いことが報告されている[27]。同期条件とユーザ同期条件がそれぞれ非同期条件とユーザ非同期条件に比べて摂食時間の割合が少ないことは共食時の行動パターンに近い可能性がある。表 3 および表 6 の質問紙調査の結果から, 同期条件は非同期条件よりも「よく噛んで食事することができた」の対し, ユーザ同期条件はユーザ非同期条件ではそのような差は観測されなかった。ユーザ同期条件ではエージェントの摂食タイミングに合わせなければならないという心理的な緊張感があるため, 「よく噛んで食事をする」のように, ゆっくり食事をしている余裕がなかったものと考えられる。

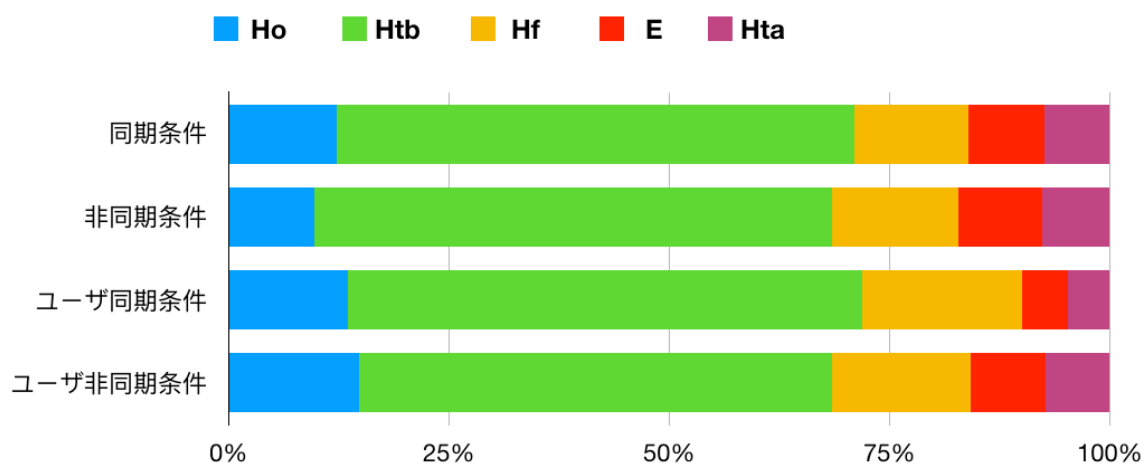


図 10 両実験の 4 条件におけるユーザ食事行動のジェスチャフェーズ毎の時間割合

### 5.3 両実験について

図 6 および図 8 に、両実験の摂食行動と視線に関する基本的指標について示した。この結果から、同期条件は非同期条件よりも、ユーザ同期条件はユーザ非同期条件よりも食事継続時間が長く、摂食頻度が少なく、咀嚼時間が長かった。摂食タイミングが同期している条件の方が同期していない条件よりもゆっくり食事をしている様子が読み取れる。また、視線については、同期条件は非同期条件よりも、ユーザ同期条件はユーザ非同期条件よりも、ディスプレイ方向に視線を向けた頻度が高く、時間も長いことがわかった。ユーザが共食相手であるエージェントにより多くの注意を向けていたことがわかる。一方、表 2 および表 5 から両実験の、摂食行動のジェスチャフェーズ毎の平均長とそれぞれが占める割合を示した。この結果から、同期条件は非同期条件よりも、ユーザ同期条件はユーザ非同期条件よりも摂食行動(E 状態)の平均継続時間が短く、それらの割合が低いことがわかった。エージェントはスプーンを口に入れて出すまでの E 状態の行動を行わないため、摂食行動にかかる時間がその分短くなる。ユーザがエージェントの摂食行動にタイミングを合わせるユーザ同期条件では、このようなエージェントの動作が反映され、E 状態の割合が小さくなった可能性がある。

最後に、表 3 および表 6 の質問紙調査の結果から、質問項目「エージェントの印象は良かった」について、同期条件は非同期条件よりも、ユーザ同期条件はユーザ非同期条件よりもそれぞれ得点が高かった。両実験で同様の結果を示したということから、このような主観的評価に与える影響が、「相手が自分に摂食タイミングを合わせてくる」ことによってではなく、「摂食タイミングが合っている」ことによってもたらされていることを示唆している。共食において、自分が相手に合わせるのか、相手が自分に合わせてくるのかに関わらず、摂食タイミングが合っていることが共食相手の印象を高めることにつながるとも考えられる。さらに、同期条件は非同期条件よりも質問項目「エージェントの外見は自然だった」、「エージェントと一緒に食事をしているように感じた」について得点が高い傾向にあった。相手が自分に摂食タイミングを合わせてくる場合、相手の外見の自然さや、一緒に食事をしている感覚が高まる可能性がある。さらに、ユーザ同期条件はユーザ非同期条件よりも質問項目「エージェントの振る舞いは自然だった」の得点が高かった。ユーザ同期条件とユーザ非同期条件ではエージェントの動作制御は全く同一であるにも関わらず、エージェントに対する印象が異なる結果となったことは非常に興味深い。特に、ユーザ同期条件では明示的に相手の摂食タイミングに合わせるという心理的負担があったにも関わらず、共食相手への印象が良くなっている。これは摂食タイミングが同期することがもたらす効果である可能性があり、本手法の共食への活用可能性を示唆するものとする。

## 第6章 まとめ

本研究では、孤食者支援を目的とした共食エージェント開発に求められる設計デザインを明らかにするにあたり、食事時の食事者間で発生する同調行動に着眼した。まず、エージェントを用いた共食支援システムを利用し、ユーザと摂食タイミングが同期するエージェントと、ユーザの行動に関係なく一定のリズムで摂食行動を行うエージェントについて、ユーザに与える効果について比較を行った。その結果、エージェントの摂食行動をユーザに同期させた場合の方が、ユーザのエージェント方向に向けた視線量が多く、共食をする感覚やエージェントに対する印象が向上することがわかった。

しかしながら、この実験で明らかになった違いは、「摂食行動タイミングが一致したこと」がもたらす効果なのか、「食事相手が摂食行動のタイミングを合わせてくる行動」がもたらす効果なのか、明らかでない。そこで、人間であるシステムユーザの方が共食エージェントに対して意図的に摂食行動タイミングを合わせる場合について、実験的に検討した。この結果、ユーザがエージェントに摂食タイミングを同期させた場合、同期させない場合よりもエージェントに向いた視線量がより多く、ゆっくり食事ができる、エージェントへの印象、エージェントの行動への印象が良くなることが観測された。また、摂食行動内におけるストローク行動の時間的割合が小さくなるなど、一部の食事行動の特徴が、エージェントがユーザの摂食タイミングと同期する場合の共食時と類似することが示唆された。この結果から、エージェントがユーザと摂食タイミングを同期する場合と、逆にユーザがエージェントと摂食タイミングを同期する場合と類似した結果が得られるとも考えられ、摂食タイミングを同期させることが孤食時よりも共食時に近い行動を生み出す可能性があるといえる。

## 謝辞

本論文を進めるにあたり、指導教員の井上智雄先生には、厳しい中にも温かく見守っていただき、御指導御鞭撻を賜りましたことを深く御礼申し上げます。本論文の遂行に当たって、沢山の御助言を頂きました副指導の若林啓先生には心より感謝いたします。

研究室の皆様に、野口康人様に論文をまとめる際に御助言、御協力を賜り、深く感謝いたします。実験に付き合ってくれた人たちにも厚く御礼を申し上げ、感謝の意を表します。

## 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] 徳永弘子, 武川直樹, 木村敦, “共食会話における協力的なコミュニケーション行動形成の仕組み-聞き手はいつ食べ, いつ応答するのか-,” 日本知能情報ファジィ学会誌知能と情報, vol. 26, no. 4, pp. 793-801, 2014.
- [3] 井上智雄, 塩原拓人, “ゆとりある食事のための食事エージェントシステム,” 情報処理学会論文誌デジタルコンテンツ, pp. 29-37, 2014.
- [4] 塩原拓人, “食事行動をとる擬人化エージェントによる食事量の誘導[M],” 筑波大学, 2015.
- [5] “GIZMOD0: Virtual Family Dinne,” [Online]. Available: <http://gizmodo.com/accenture-virtual-family-dinner/>.
- [6] T. Takada, Y. Harada, “Citation-capability of video messages and its supporting system,” Comput. Softw, vol. 16, no. 6, pp. 562-570, 1999.
- [7] D. McColl, G. Nejat, “Meal-time with a socially assistive robot and older adults at a long-term care facility,” Journal of Human-Robot Interaction, vol. 2, no. 1, pp. 152-171, 2013.
- [8] C. Nagaoka, “Mutual influence of nonverbal behavior in interpersonal communication,” Japanese journal of interpersonal and social psychology, vol. 6, pp. 101-112, 2006.
- [9] Y. Noguchi and I. Tomoo, “Automatic Synchronization between Local and Remote Video Persons in Dining Improves Conversation,” The Journal of Universal Computer Science, vol. 22, no. 10, pp. 1418-1435, 2016.
- [10] Kadomura, Azusa, et al, “Sensing fork: eating behavior detection utensil and mobile persuasive game,” CHI’13 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, pp. 1551-1556, 2013.
- [11] Bedri, Abdelkareem, et al, “A wearable system for detecting eating activities with proximity sensors in the outer ear,” Proceedings of the 2015 ACM International Symposium on Wearable Computers, pp. 91-92, 2015.
- [12] Okamoto, Koichi, Keiji Yanai, “Grillcam: A real-time eating action recognition system,” International Conference on Multimedia Modeling, 2016.
- [13] Yasuharu Den, Tomoko Kowak, “i Annotation and preliminary analysis of eating activity in multi-party table talk,” Proceedings of the 8th Workshop on Multimodal Corpora: How Should Multimodal Corpora Deal with the

- Situation?, Istanbul, pp. 30-33, 2012.
- [14] 徳永弘子, 武川直樹, 木村敦, “孤食と共食における食事動作のメカニズム,” 日本食生活学会誌, vol. 27, no. 3, pp. 167-174, 2016.
- [15] “ELAN,” [Online]. Available: <https://tla.mpi.nl/tools/tla-tools/elan/>
- [16] 坊農真弓, 高梨克也, “人数インタラクションの分析手法(知の科学)”, 2009.
- [17] 嵯峨山茂樹, “擬人化音声対話エージェントツールキット Galatea,” 情報処理学会研究報告, pp. 57-64, 2003.
- [18] T. Tsutsui, M. Ishizuka, “A Multimodal Presentation Markup Language MPML with Controlling Functions of Character Agent,” IPSJ transactions, vol. 41, no. 4, pp. 1124-1133, 2000.
- [19] “TVML. NHK Science and Technical Research Laboratories.,” [Online]. Available: <https://www.nhk.or.jp/str1/tvml/index.html>.
- [20] “MMDAgent. Toolkit for building voice interaction systems.,” [Online]. Available: <http://www.mmdagent.jp/>.
- [21] “3DCG Material,” [Online]. Available: <http://gubigubinamachu.blog54.fc2.com/blog-entry-1328.html>.
- [22] “Kinect for Windows SDK v1.8,” [Online]. Available: <https://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=40278> .
- [23] “MMDAgent Socket 通信プラグイン,” [Online]. Available: [http://cube370.wiki.fc2.com/wiki/自作プラグイン](http://http://cube370.wiki.fc2.com/wiki/自作プラグイン).
- [24] 渋谷昌三, “人と人との快適距離”, NHKBooks, 1990.
- [25] 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.
- [26] 山下秀一郎, “咀嚼と「おいしさ」,” 歯科学報, vol. 112, no. 2, pp. 2i-2i, 2012.
- [27] 庄司優, 徳永弘子, 武川直樹, “共食/孤食環境は人の食事行動どう影響を与えるか?: 視線と摂食動作に基づく人の行動分析 (ヒューマンコミュニケーション基礎),” 電子情報通信学会技術研究報告= IEICE technical report: 信学技報, vol. 115, no. 35, pp. 49-54, 2015.