

図書館情報メディア研究科修士論文

食事行動をとるインタフェースエージェント
を利用した発想支援の研究

2014 年 7 月

201221617

劉 蕊

目次

第1章 はじめに.....	5
1.1 研究背景.....	5
1.2 研究目的.....	6
1.3 本論文の構成.....	6
第2章 関連研究.....	7
2.1 思考の外化.....	7
2.2 対話エージェント.....	8
2.2.1 情報提示を目的とした対話エージェント.....	8
2.2.2 説得を目的とした対話エージェント.....	10
2.3 発想支援.....	12
2.3.1 創造技法.....	12
2.3.2 発想法の分類.....	12
2.3.3 発想支援システム.....	14
2.4 本研究の動機と意義.....	17
第3章 食事エージェント.....	18
3.1 対面共食分析.....	18
3.1.1 分析目的.....	18
3.1.2 分析対象データ.....	18
3.1.3 分析方法.....	19
3.1.4 分析結果.....	21
3.2 エージェント開発環境.....	22
3.3 エージェント作成.....	22
3.4 エージェントの食事行動の作成.....	23
第4章 評価実験.....	24
4.1 実験目的.....	24
4.2 実験デザイン.....	24
4.3 実験参加者.....	27
4.4 実験環境.....	27
4.5 実験手順.....	29
4.6 データ取得.....	29
4.6.1 質問紙.....	29
4.6.2 ビデオ録画.....	32
4.7 アイデアの評価.....	32
4.7.1 アイデアデータの取得.....	32
4.7.2 生産性(アイデアの量).....	32
4.7.3 創造性(アイデアの質).....	33
4.8 データ分析.....	35
4.8.1 発話の分析方法.....	35
4.8.2 視線の分析方法.....	36
4.8.3 発話と視線の相互分析.....	36
第5章 評価結果.....	37
5.1 質問紙の評価結果.....	37

5.1.1 アイデア創出質問紙結果.....	37
5.1.2 エージェントの印象の質問紙結果.....	38
5.2 アイデアの評価結果.....	40
5.2.1 生産性(アイデアの量)の評価結果.....	40
5.2.2 創造性(アイデアの質)の評価結果.....	41
5.3 ビデオ分析の結果.....	43
5.3.1 発話分析の結果.....	43
5.3.2 視線分析の結果.....	45
5.3.3 発話と視線の相互関係.....	47
第6章 考察.....	51
謝辞.....	53
参考文献.....	54

第1章 はじめに

本章では、本研究の背景及び目的を述べ、最後に本論文の構成について説明する。

1.1 研究背景

創造力は、新しい手法や解決案を発見するために非常に重要な能力であると言われており[1]。創造性は、人間の社会的、文化的、また、日常的活動を支える重要な能力である[2]。例えば、企業活動においてはビジネスプランやビジネスアイデアが社運の核ともいえる内容であったり、会議において議論される内容は今後の方針を決める重要な内容であったりすることがほとんどである。創造性に関して、収束的思考(論理的に1つの答えを導くときの思考)と発散的思考(様々な答えを考え出すような思考)に分類し、発散的思考が創造的活動の基礎となると言われている[3]。これに応じる発想法には発散的思考を用いてアイデアを発想する発散技法、収束的思考を用いてアイデアを発想する収束的技法、その両方を併せ持つ統合技法等に分類される[4]。

対話は、新たな発想を得るために非常に有効な創造的行為である[5]。人間同士の対話の場合で、対話中に相手の発話をきっかけとして話し手の発想が刺激され、具体的な目的が徐々に明確になり、話題が展開していくという現象が見られる[6]。対話的状況は考える力や発想力を培う絶好の舞台であり、「絶えず問いの原点に返って問い返すこと」や「他者との関わりの中で自己の思考を展開すること」、それらの訓練は想定外の事態や不確定要因の多い現代社会において有用である[7]。一人より、相手と話し合いながらアイデア創出した結果は独創性が高いということが示唆されている[8]。なお、話す本質に関して、人からの情報を収集だけでなく、自分自身が考えながら話すこと自体が知識の構築に貢献していることを意味している。また、お話をする機会が多ければ、新しい話題を物語として再整理しながら話しチャンスとして知識創造の構築に繋がることが予想できる[9]。これらの知見から、相手との対話はそうであるが、相手に話しかけることによって自身の考えを外化し、新たな考えの着想に結びついたり、考えの深化に役立ったりすることと考えられる。外化は思考に役に立つ論拠としては、学習効果の向上を目的とするCSCL[10]における相互作用の支援には、「外化過程の支援」「共有過程の支援」「個人の内省の支援」がある[11]。

一方で、情報技術を人間の創造性の拡張に利用する試みのはじまりとして、Vannevar Bushは1945年に「MEMEX」(MEMory EXtention:記憶の拡張)が発表された[12]、現在も多くの研究がなされている。アラン・チューリングは1950年に提案した「チューリングテスト」[13]をはじめ、相手となる対話エージェントに着目する研究も数多くなされているが、情報を提供したり[14][15][16]、説得したり[17][18]することを行う対話エージェントに着目する研究がほとんどである。近年は福祉の面から対話の相手となるエージェントの研究が盛んになっており、そこでは傾聴することが重要な役割となると考えられる[19]。傾聴することを目的とした対話エージェントに向けた研究も始まっているが、どのように設計すべきかについてはまだ発展途上である[20]。

人同士の対面対話において、その一方のみが食事を行う状況では、食事側が聞き役に回りやすく、非食事側は積極的に話すようになる傾向があるという、傾聴スタイルのコミュ

ニケーションが誘発されるということが知られている[20]。また，創造活動に際して発話者にとってアイデアを否定されることがないことや，自由闊達に話せることなども重要であると考えられているが，そのような点からは，ここで見られた傾向は望ましい可能性がある。本研究は，食事行動をとるエージェントがいる環境を「話す場」として利用し，参加者の発話を促進することによって創造性の支援効果に着目する。つまり，食事をしている傾聴者がいることによって，発話者のアイデア創出に作用できるのかと考え，食事行動をとるか無発話の傾聴エージェントを提案している。

1.2 研究目的

本研究では，発想支援を目的とした傾聴エージェントの設計するにあたり，人間がアイデア創出タスクを行う際に，エージェントが発話者に対してどのような影響を与えるのかを調査する。また，アイデア創出に際してエージェントの食事行動がどのような印象を与えるのかを調査する。つまり，食事行動をとるインタフェースエージェントを利用した発想支援手法について有用性の検討を本研究の目的としている。

1.3 本論文の構成

本論文は，本章を含め6つの章で構成されている。第2章では関連研究を挙げながら，本研究の動機と意義について述べる。第3章では実験用の食事インタフェースエージェントの設計指針や実装について述べる。第4章では実験および評価方法について述べる，その次に第5章では結果について述べる。第6章では本研究のまとめと今後の課題について述べる。

第2章 関連研究

本章において発想支援の全体像および発想支援における以前に進められた関連研究について報告する。

2.1 思考の外化

対話は、協働に欠かせないスキルであり、協働による多様な視点からの意思決定や、付加価値を創造する技術プロセスには欠かせないものである[21]。対話で、相手に話しかけることによって自分の考えを外化し、思考に役に立つと考えられる。本節では思考の外化に着目する関連研究を説明する。

清水・山浦らは、予想時に単に口頭により議論させることに比べ、自分の書いた物を示しながら議論させることは、概念的知識の一般化有効であることを明らかにしている[22]。三宅は、協調的な問題解決では参加者各自が考えていることや、やろうとしていることが「見え」たほうがよく、そのうえで互いに自由に様々なやり方が試せることが大切であるとする。また、協調的な課程で理解が深化するためには、他人の視点があることに気がつくこと、互いの考え方が「見える」形で外の世界に表現されていることも相互作用が起きるために大切な要素であるとする[23]。これらの「示す」や「見える」といった行為は、思考を外化する手法と捉える。

情報技術による思考外化の支援が研究されている。楠らは、学習者の視点を取り入れた手法として、コンピュータだけでなく、子供の活動の文脈に合った人工物を利用することにより、学習者の参加意欲を高め、より自然な形で学習者間の相互作用を支援するシステムを提案する[24]。CSCLにおける相互作用の支援に「外化過程の支援」を中心に、学習者の意見の外化を支援し、学習者間の競争を積極的に誘発する仕掛けとともに、学習者全体で理解を共有する過程を可視化により支援するシステムを目指す。具体的には、ボードゲームとシミュレーションツールをセンサを用いて統合するシステムを提案する。そのシステムでは、開発者が基本的なパーツとしてのコマをあらかじめ用意している。更に、学習者自身が自分自身の活動の中から思考した結果、コマを追加したい場合には、そのコマもシステムの中に組み込めるようになっている。

もう一つ、金西らは、学習者の理科離れがクローズアップという複合的な社会問題に対して、理数系的な思考方法を習得するため、理数系教育において学習者の学習活動を支援するツールを提案している[25]。メタレベルの学びの支援に関して、外化と内省に着目した。自らの思考過程を、外部に表現すること、自らの認知過程を見直すこと、科学的な思考方法を深いレベルから学ぶことになると述べている。具体的には、ある科学的な事象や仮説をコンピュータ上で描画し（外化）、描画過程を見直させる（内省）リフレクションツール pDraw を構築した。小学校等で試行し、有効性の実証を予定している。

2.2 対話エージェント

本節では、話しかける「相手」となる対話エージェントに着目する関連研究を説明する。

2.2.1 情報提示を目的とした対話エージェント

西本らは、グループによる発散的思考過程の支援を目的として構築した自律的情報提供エージェント“Conversatlionalis”を提案している[14]。ブレインストーミングなどグループが新しいアイデアを創造しようとする対話の場に Conversatlionalis を参加させ、データベースから対話に関連する情報を提供することで、同様の「気づき」を作業者に与えられるのではないかと考えるためである。Conversatlionalis の介入の方法として4種類の情報検索手段を準備し、どのような情報検索手法が発散的思考触発に効果的かについて主に検討する。加えて、Conversatlionalis の対話への介入タイミングに関する知見の獲得も目指されている。非対面同期的環境におけるブレインストーミングでのアイデア断片の生成は、Conversatlionalis が空白直接手法で情報検索した場合に最も促進され、アイデアの質的にも最も良くなり、話題直接、話題連想の両手法で情報検索する場合にも、わずかに促進されるが、Conversatlionalis が空白連想手法で情報検索する場合には、逆に阻害されることがわかっている。

田淵らは、処理による検索結果を表示するまでの遅延を考慮し、ある表示タイミングにおけるエージェントから人への働きかけと、人とエージェントとのインタラクションにおける動作・発声のタイミングを検討している[15]。まず、人の情報を提示する動作をモーションキャプチャシステムを用いて計測し、その特性を分析している。次に、人への働きかけにおいて、検索結果表示タイミングにおける動作に対する発声遅延のコミュニケーション効果を示している。ここでは身体をもつエージェントを用いた情報提示タイミング制御合成システムを開発し、被験者実験により合成的解析を行っている。さらに、エージェントとのインタラクションを対象に、インタラクション可能な情報提示タイミング制御合成システムを開発し、コミュニケーション動作と発声の生成タイミングを合成的に解析している。最後に、これらの結果からエージェントとのインタラクションにおいて発声遅延のコミュニケーション特性と効果を示し、発声遅延の意義を考察している。

角薫らは、子どもを対象にコンテンツの理解を支援するシステム Interactive e-Hon の情報提示モデルについて研究されている[16]。Interactive e-Hon は、電子コンテンツのテキスト情報をもとに、アニメーションと対話表現での分かりやすい絵本の世界へのメディア変換を行い、親子エージェントの情報提示モデルによりコンテンツを説明する。ここでは、意味情報処理による意味タグ付与、アニメーションアーカイブとアニメーションテーブルによるアニメーションの生成、意味タグによる対話表現の生成、および比喻表現のアニメーションによる概念の説明が行われる。親子エージェントによる情報提示モデルの効果について実験を行い、親子エージェントによる情報提示モデルが視聴・理解を妨げない有効な特徴であることを示した。

2.2.2 説得を目的とした対話エージェント

小林らは、複数の擬人化エージェントが顧客にWeb上のeショッピングサイトを説得する状況を想定し、効果的な説得を行うことができる条件について議論する[17]。説得を成功させるには、言葉の言い回しだけでなく、説得者と被説得者の社会的関係も大きな役割を果たしている。ここでは、この社会的関係に着目し、画面上に登場するエージェントの数が説得効果に与える影響を調査した。実験では、擬人化エージェントの数を1体、2体、3体に設定し、ユーザや他のエージェントに対して友好的もしくは敵対的な発言を行うことで社会的関係を構築した。その上で、ユーザに対してエージェントがアイテムの推薦を行い、受け入れられた推薦の数を説得成功回数として計測した。その結果、エージェントの数が増加するほど説得効果が低下することがわかった。さらに、条件ごとに詳細な分析を行ったところ、ユーザに対する複数のエージェントの発言が友好的、または敵対的に統一されている方が説得効果が比較的高くなる傾向が示された。

鈴木らは、人間の日常的な社会活動の中で他者との視点の共有が必要な場面は多いが、認知的制約や態度の違いがこれを難しくすることが多いという問題点に対し、ユーザと社会的な他者としての身体化エージェントとの視点共有が、入力フォームとしての吹き出しの形状の違いによりいかに変化するかを実験で考察する[18]。実験参加者(N=39)は(1)発話の風船による身体化エージェントの発話内容を読むのみ(2)身体化エージェントの発する発話の風船の内容を予測し入力する(3)内省の風船の内容を予測し入力する、のいずれかを行った。その結果、身体化エージェントが発する内省の風船の内容をユーザが予測し、入力することでユーザと身体化エージェントとの視点共有が進むことが示唆された。以上をまとめて、実験環境と現実問題との摺り合わせ、参加者の実験環境に対する理解の程度から身体化エージェントによるユーザと他者との視点共有のためのテクノロジーの可能性について論じられる。

2.3 発想支援

20世紀初頭に、Graham WallasはHenri Poincaréの創造的思考過程に関する試験を経験したことによって、彼自身の発想プロセスをモデル化した[26][27]。準備、孵化、啓示、および検証という4段階のモデルであり、ほかのモデルの基盤となった[28]。

1940年代に、Alex Osbornがアイデアは人間誰でも生活する上で必要であり、想像する能力は人間誰でも持つ能力であることを主張し、広く人々に知られ始めた[29]。その後、代表的なアイデア発想法であるブレインストーミングが登場し、ブレインストーミングを中心とする創造技法や創造的問題解決のプロセスが体系化された[30]。

2.3.1 創造技法

杉山らの著書で、創造技法について以下のように述べている[31]。

日本創造学会によると、創造性とは「異質の情報を組み合わせ、結合することによって、社会的に新しい価値を生み出すこと」と定義されている。ここでそれぞれの組織体(個人、チーム、組織等)にとって未知の問題に対して、創造性を発揮して問題解決することが、本来要求される創造活動である。

創造技法は、世界中で 300 種以上のものが知られている。世界中で最も多く利用されているのが発散技法であるブレインストーミング方であるが、日本で最も普及しているのは収束技法である KJ 法である。チェックリスト法や形態分析法も、世界的によく使われている。

2.3.2 発想法の分類

発想法は様々な創造的活動を支援する創造技法に含まれ、多く存在する。「アイデア発想法の分類」について様々な議論があるが、由井薫らは、著書で以下のように述べている [32]。

2.3.2.1 高橋による分類[4]

日本においては有名なものは、高橋による分類である。そこでは、アイデア発想法は、発散型、収束型、統合型(発散型と収束型)、態度技法と大きく分けられる。

発散技法は多くのアイデアを出す方法であり、自由連想法としてブレインストーミング、強制連想法としてチェックリスト法、類比発想法としてシネクティクス、NM 法、ゴードン法が代表的な技法とされる。

収束法はアイデアをまとめていく方法であり、空間型と系列に別れる。空間型は演繹法として図書分類法、帰納法として KJ 法があるとされる。系列型には因果法として因果分析法、時系列法として PERT 法が知られている。

統合型技法は、発散型と収束型の双方を含むものとされている。ワークデザイン法があげられている。態度技法としては、瞑想法として催眠、交流法としてカウンセリング、演劇法として心理劇があるとされている。

ここで、由井薫らは KJ 法を統合型技法とみなし、KJ 法の指針にはアイデア発想法としての態度技法も含むと述べている。

2.3.2.2 創造的問題解決プロセスによる分類

創造性教育財団を中心とする CPS の開発的思考と収束的思考の両方が重要となっている。そこで、それぞれの思考のためのツールが開発されている [33] [34]。

発散的思考を行うためにアイデアを出す道具として、属性リスティング、ブレインストーミング、ふせん紙を用いたブレインストーミング、ブレインライティング、強制関連、想像上冒険、抽象のはしご、形態マトリックス、SCAMPER、視覚的関連特定が取り上げられている。

収束的思考を行う焦点を合わせる道具として、ALUo (Advantages, Limitations, Unique Qualities, and Overcoming Limitations) : Provides an affirmative approach to strengthen new options, 評価マトリクス、判定基準、ヒット選択、Musts/Wants 分析、一対比較分析 (Paired comparison analysis)、ハイライト法、スケジュール分析(短期間、中期間、長期間)があるとされる。

2.3.2.3 上野や星野による分類

オズボーンの考えやブレインストーミングなどの技術を日本で普及された上野陽一は 1958 年に書いたアイデア発想に関する教科書において、アイデアを出す技法を問題解決プロセスにあてはめている [35]。問題発見には、特性列举法、欠点列举法をあげている。独創性開発のてがかりを得るためには、希望列举法、設問法をあげている。てがかりに基づいて設計立案するには、入力・出力法、オズボーン法(ブレインストーミング)、ゴードン法をあげている。そして、広告文などの創作のためには焦点法、1 対関連法、カタログ法をあげている。

星野はアイデア発想法を4つに分類しており、それは、連想による刺激を用いるもの、発想の枠組みを変えるもの、情報の組み合わせを用いるもの、そして、グループ作業によるものと、に分けている[36]。これまで説明した多くが創造的問題解決プロセスを指向していたことに対して、星野による分類はアイデアを出すことに注目している。

2.3.3 発想支援システム

杉山らの著書で、発想支援システムについて以下のように述べている[31]。

2.3.3.1 創造的問題解決プロセス

人間の創造的問題解決、あるいは思考のプロセスのモデルの関係を表1のように述べている。川喜田のW型問題解決学、ワラスの四段階説、パースの三分論モデル、および市川等の二分論モデル、高橋のモデルを参考に、新たな分類軸で国藤のモデルがある。

表1 創造的問題解決プロセス

川喜田二朗	ワラス	パース	ブルーナー	市川亀久弥	デボノ	ヴェルトハイマー	國藤のモデル
問題提起	準備	発想	直感的思考	アナログ思考	水平思考	生産的思考	発散的思考
現状把握	あたため						収束的思考
本質追求	ひらめき						
仮説評価・決断	評価・検証						演繹
構想計画							
具体策							
手順の計画		帰納					
実施							
結果の検証							
総括・味わい							

創造的問題解決支援システムを構築するには、従来の企業研究ではほとんど研究開発されていないこの表1の上半分のプロセスを支援する機能を詳細に検討することが必要である。我々が「発想支援システム」と呼ぶのは、これらの「発散的思考、収束的思考、アイデア結晶化」までの人間の創造的問題解決プロセスを支援するコンピュータシステムのことである。

2.3.3.2 発想支援システムの分類

発想支援システムは主としてこれらの創造技法をコンピュータ上で実現する支援システムを構築することである。そこで国藤は発想支援システムの体系的分類を行い、発散的思考支援システム、収束的思考支援システム、アイデア結晶化支援システム、アイデア検証支援システムという4つの分類を示した。

2.3.3.3 創造技法をベースにした発想支援

南野らはグループでの発想法をコンピュータによって支援するシステムの提案をしている[37]。電子化によって紙ではなく画面を集中的に見ることでコミュニケーションが減少するという問題解決のために、チャットによるコミュニケーション補助機能を備え、さらにアイデアに点数付けすることで発想の評価を行った。その結果、この機能はアイデアを発想するコミュニケーションに有効であることが分かっている。

古川らは相槌機能を用いた分散ブレインストーミング支援システムを提案している

[38]. その中で、あいづちの機能を用いると、アイデアの量や質は向上し、あいづちの数が多いほど、アイデアの質の評価指標である流暢性や実現可能性が高いアイデア数が増えることが示唆されている。

Wang らは人間の認識、思考およびコミュニケーションの相互作用の理論に基づいてグループブレインストーミングで参加者の会話内容によって自動的に関連な画像を検索し提示する IdeaExpangder を開発した[39]. 図 1 は IdeaExpangder のインタフェースである。



図 1 IdeaExpangder のインタフェース[39]

大橋らは、複数人が KJ 法で協調作業を行う場面に従来の手法で同一の画面を共有できないといった問題点に着目した. 異なる方向を向いた作業者らが同一方向の画面を共有できる方向依存ディスプレイテーブル“Lumisight-Table”を用いて計算機型 KJ 法支援システムを構築した[40]. 評価としては、提案手法を実装したシステムを用いて行った計算機型 KJ 法の結果と既存手法による結果を比較した. 提案手法では作業時間が短縮され、発言回数が増加されたという結果が得られた.

三浦らは、ハイブリッド型 KJ 法の入出力を拡張し利便性を高めるため、ジェスチャーでコマンド入力と仮想図解を実作業領域へ直接投影することによる直感的な編集操作確認インタフェースを提案している[41]. 図 2 は実際の投影画面である.



図 2 投影画面 [41]

桜井らは、改善を目的とする発想法において、KJ 法を可能とするアイデア出しシステム GUNGEN-Web を使用し、動画を見ながらアイデア出しを実施した場合と、写真を見なが

らアイデア出しを実施した場合に生成されたアイデアを比較した[42]。その結果、アイデアの量や質といったアイデアの評価により、動画が優位であることが示唆されている。一方で、実験参加者の質問紙回答により、動画はアイデア出しにとって有用ではなく、写真のほうがアイデアを出しやすいということがわかった。

2.3.3.4 感情に注目した発想支援システム

Russ は一連の研究によって感情プロセスは発散的思考能力と転換能力に影響を及ぼし、また感情が思考の幅を広くすることを示唆している[43]。Amabile は、創造的問題解決プロセスを楽しむことによる創造性が本質的に動機づけられることがわかった[44][45]。

Lewis らはデジタル刺激を用いて感情の操作手法— Affective Computational Priming を提案している[46]。従来には研究されていなく、創造性支援ツールを利用して情感要因がどのように創造性に影響を検討した。ポジティブな誘導、中立またネガティブな誘導という3つの実験条件を比較した。図3は実験で提示内容の例を示す。その結果、ポジティブな誘導によって発想の生産性が向上されることがわかっている。



図3 実験で提示内容の例：槌(中立)，乳児(ポジティブ)[46]

Nakazato らは顔の表情を変えることで創造性の向上を試みるビデオ会議システム Smart Face を開発している[47]．心理学では感情が創造性に影響するとされていることから，リアルタイムで表情を変える機能を開発することにより，相手の協力なしに創造性を高め，親和性の低い話題への協調効果を向上することに成功している．図 4 は Smart Face システムの利用風景を示す．



図 4 Smart Face システムの利用風景[47]

2.4 本研究の動機と意義

以上は思考の外化，対話エージェントおよび発想支援について説明した．今までの発想支援においては，紙上で行われていた発想法をコンピュータに置き換え，ネットワークやスマートデバイスによって遠隔地でも発想法が実施できるようになった．さらにコンピュータの機能を活かして単なる紙面上の発想法の延長ではなく，感情など人間情報に注目した発想支援システムの効果を検討する研究が行われている．しかし，対話エージェントを用いて人間の思考を外化させることにより，発想支援を行う研究はなかった．本研究では，人間同士の対面対話にその一方のみが食事をする状況で見られた傾聴スタイルのコミュニケーションから啓発を受け，人間対エージェントでも有効と考えます．従来の対話エージェントのあり方と違って，新しい対話エージェントの形を追求する．具体的には，食事行動をとるエージェントがいる環境を「話す場」として利用し，参加者の発話を促進することによって創造性の支援効果を検討する．

第3章 食事エージェント

本章では、本研究で提案する食事インタフェースエージェントの設計方針を示し、実装方法について説明する。

3.1 対面共食分析

3.1.1 分析目的

本研究では、提案する食事エージェントが実際の人間の行動に即した自然な食事行動を摂るようにするために、食事中的人の行動の定量的な分析を行い、その結果に基づいてエージェントの設計を行った。人同士による対面共食場面の映像を用いて、特に対面会話をを行う際の人の会話への参与役割に注目し、話し手である時と聞き手である時の発話や食事行動を分析した。

3.1.2 分析対象データ

本研究では、食事エージェントが実際の人間の行動に即したものにするために、食事中的人の行動の定量的な分析を行い、その結果に基づいてエージェントの設計を行った。

二者対面共食場面における実験データを用い、大学生2名のペア8組、合計16名の二者対面共食場面の映像を分析対象とした。参加者の内、男性が11名、女性が5名で、男性同士のペアが5組、女性同士のペアが2組、男女のペアが1組であった。各ペアの参加者は上下関係のない友人同士であり、性差に着目はしないため性別による統制は行っていない。図5は各ペアの2人が同室で対面する形で食事をする様子を示すものである。ビデオカメラは、各参加者の正面を撮影する2台や、全部情景を撮影する1台の計3台を使用した。2人間の距離は友人同士で一般的とされる120cmとした[48]。自然な会話になるように、話題や食事時間の指定は行わず、普段通りふるまってもらうように指示をした。食事は2人で「頂きます」と言って始めてもらう。食事の種類による影響をなくすため、料理をカレーライスとお茶、使う食器をスプーンに統一した。参加者には自由なタイミングで食事を始めてもらい、2人とも食べ終わったことを確認して撮影を終了した。1回の撮影時間は約16～25分であった。



図5 対面共食場面の様子

3.1.3 分析方法

実験で取得した対面共食映像データをもとに、ビデオ分析ツールELAN[49]を使用して分析を行った。各ペアが実験環境に慣れると思われる食事開始から1分後を開始点にして5分間ずつを分析した。本研究の目的に応じて、発話行動と食事行動、そして会話中の役割についてラベル付けを行い、定量的な分析を行った。分析の作業画面は図6のように示す。

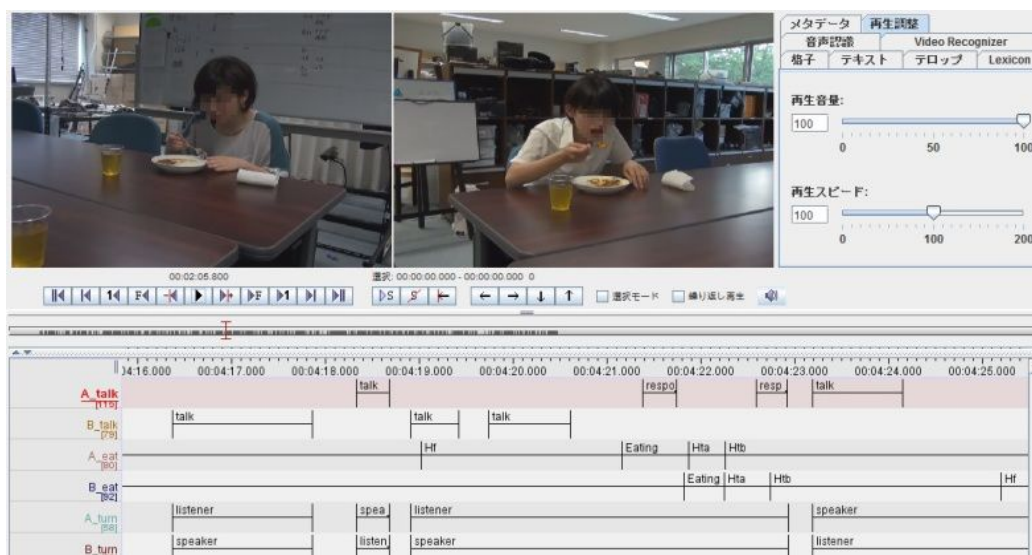


図6 ELAN を用いた分析の様子

3.1.3.1 食事行動の分析

大武らは、ホームポジションから準備、ストローク、ストロークの前後にホールド、復帰という動作を経てホームポジションに戻るというジェスチャフェーズをもとに、食事行動を分類している[50].

本研究では、食事行動のタグ付けの際に、Home position (Ho) :「食事に関与していない状態」、Hold tableware before eating (Htb) :「食物を取っている状態」、Hold foods (Hf) :「手に持った「料理を保持している状態」、Eating (E) :「料理を口に入れている状態」、Hold tableware after eating (Hta) :「口から手を下ろしている状態」、Hold drink (Hd) :「コップを手に持っている状態」、Drinking (D) :「飲み物を飲んでいる状態」と分類した. この一連の動作の各段階について表2のようにタグ付けをした.

表2 食事行動のラベリング

ラベル名	説明
Hp (Home position)	スプーンの把持・非把持問わず、手の力が抜けている状態
Htb (Hold tableware before eating)	手にスプーンを把持し、食べる準備をしている状態またカレーを混ぜている状態
Hf (Hold food)	手にスプーンを把持し、かつ、スプーンにカレーが乗っている状態
Eating	口に食べ物を入れる瞬間から、スプーンを口から出すまで
Hta (Hold tableware after eating)	Eating を終えた、直後のスプーンを持っている状態
Hd (Hold drink)	コップを把持している状態
Drinking	飲み物を口に入れる瞬間から、コップを口から離すまで

3.1.3.2 発話行動の分析

発話行動のタグ付けの際には、基本的な構造として、間休止単位[51]に基づき「100ms以上の無音区間によって区切られている単一話者の連続する音声区間」は、「発話」、無音区間を「沈黙」とみなした. 参加者の発話は内容によって「通常の発話」、「相槌」、「フィラー」、「笑い」、計4種類に分類しタグ付けをした[52].

また会話中の役割について、話し手と聞き手の2種類の参与役割が存在し、その役割は次々に変化していくことが知られている. Sacksらは、話者交替の結果を分類し発話移行の仕組みを社会的秩序に即してルール化している[53]. 話者交替システムはターン構成部とターン割り当て部の2つからなるものである.

ターンとは1人が話を開始してから終了するまでの連続した単位のこと、本筋の話に関連する実質的な発話から構成されている[54]. ターンが終了するのは(1) 話し手(ター

ン保有者)が話すのをやめる, (2) 他の参加者に譲る, (3) 他の参加者の発話の開始でターンを遮られる場合である。

これに基づいて以下のように発話行動に基づいてターンのタグ付けの開始点と終了点を定義した。

ターンの開始点：話し手の最初の通常発話(またはフィラー)の開始点。

ターンの終了点：話し手の最後の通常発話の末まで, または次話者がターンの途中で発話を開始した場合は次話者の通常発話(またはフィラー)開始まで。

1つのターンにおいて参加者は話し手または聞き手となる。当該研究では以上の定義を用いて参加者の参与役割について「speaker」や「listener」の2種類タグ付けをした。表3のように示す。

表3 会話中の役割のラベリング

ラベル名	説明
speaker	話し手である状態
listener	聞き手である状態

3.1.4 分析結果

本研究では, 各参加者ごとに, 各食事行動のタグと発話で参与役割のタグを合わせて分析した。図7は参与役割別の各食事行動の平均継続時間を示す。参与役割別によって食事行動の継続時間の平均値を算出したものである。エラーバーは最大値と最小値を示す。各食事行動について, データはペアではないため, エクセル統計を用いてMann-Whitney のU検定による比較した。その結果, 話し手(speaker)である時には聞き手(listener)である時に比べて, 「食物を把持する状態」(Hf)の平均継続時間が長くなることが分かった($U=46$, $Z=-3.09$, $p=0.002$, $p<0.01$)。これは, 話し手である時には食べ物を把持したまま, 口に入れる前に発話行為を行うために食物を把持する時間が長くなっていると推測できる。

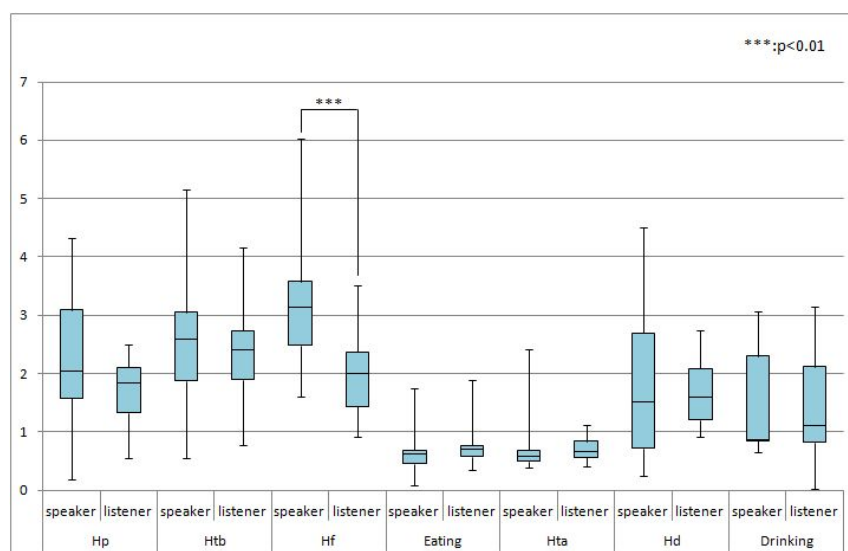


図7 各食事行動の平均持続時間

3.2 エージェント開発環境

インタフェースエージェントの開発環境はいくつかある。日本国内の十数の大学が共同で開発を進めている擬人化音声対話エージェントを開発するためのGalatea Toolkit[55]や、石塚らの、キャラクターエージェントによりプレゼンター不在でも効果的プレゼンテーションを作成するためのMPML (Multimodal Presentation Markup Language) [56]、NHK放送技術研究所が開発した、三次元仮想空間でテレビ番組を容易に作成することのできるTVML (TV Program Making Language) [57]、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の構築ツールキットMMDAgent[58]などがある。

本研究で提案するエージェントはユーザの発想の聞き手役として人間に近い外見を持ち、三次元仮想空間で自然な食事行動を行う必要がある。そこで、本研究では人間に近い外見を持つエージェントが多数無償提供されている中で実際に対面食事場面を分析したデータをモーションデータとして使用できるMMDAgentを開発環境として採用した。

3.3 エージェント作成

エージェントのモデルにはMMDAgentにデフォルトのエージェントとして用意されている3Dキャラクターモデルを起用した。エージェントは一般的な女性の外見を持ち、これは人間の聞き手役として相手に極端な拒絶感を持たず、心理的な負担を軽減するようにしたためである。

また、提案するエージェントを評価するために、料理を食べるという食事エージェントの比較対象として、料理を食べないという非食事エージェントの二種類を作成した。

食事の種類による影響をなくするため、提案するエージェントに表示する料理は全実験を通してカレーライスとした。エージェントが食事する際に、料理として皿のカレー、スプーン、背景に机および椅子のCGを用いた。これらは、MMDAgentと交換性のあるMMD (MikuMikuDance) [59]で提供されるフリー素材を活用した。

3.4 エージェントの食事行動の作成

本研究で提案するエージェントは食事行動を取りながら相手の話を聞くという機能を有している，ユーザにとってエージェントは聞き手の立場となる．そのため，3.1節の分析で得られた分析結果のうち，参与役割が聞き手である状態，つまり「listener」のタグで付けた時の分析結果を，モーションデータとして使用しエージェントの動作を実装した．

表4は3.1節で示した二者対面共食会話から得られた，各参与役割に食事行動中の各動作の平均継続時間の具体的な数値である．提案するエージェントの食事行動の作成には，

「listener」状態における，Hp=1.7秒，Htb=2.4秒，Hf=2.0秒，Eating=0.7秒，Hta=0.7秒 という5つタグ付けた動作の数値を使用した．本研究では提案するエージェントは食事行動では飲む動作を設計されなかったため，Hd，Drinkingという2つタグ付けた動作の数値は除いた．

表4 平均継続時間の具体的な数値

平均継続時間(秒)	speaker	listener
Hp	2.20	1.70
Htb	2.60	2.40
Hf	3.10	2.00
Eating	0.60	0.70
Hf	0.70	0.70
Hd	1.80	1.70
Drinking	1.50	1.40

第4章 評価実験

本書では提案するエージェントを用いて評価実験の実施や評価方法について説明する。

4.1 実験目的

本実験は、対面共食場面で人間の食事行動データに基づいて実装された食事エージェントが仮想的な話し相手として、人間がアイデア創出に際してエージェントが発話者に対してどのような影響を与えるのか、また、エージェントの食事行動がどのような印象を与えるのかを調べることで、提案する食事エージェントの有用性を検討することを目的として評価実験を行った。

人間同士の対面対話において、その一方のみが食事をする状況では、食事側が多く聞き役に回され、非食事側は積極的に話すようになる傾向があるという、傾聴スタイルのコミュニケーションが誘発されるということが知られている[12]。人間とエージェントの間でも、傾聴という行為によるコミュニケーションを促進すると考えたため、発想支援における食事エージェントの利用を検討する。

4.2 実験デザイン

本実験では、エージェントの有無による違い、エージェントの食事行動の有無による違いをそれぞれ検討するために、以下の3条件を設定した。

①食事エージェント条件

②非食事エージェント条件

③無エージェント条件

①食事エージェント条件では、話し相手としてカレーを食べるという食事行動をとりながら傾聴を行うエージェントを、アイデア創出タスクを行う参加者に提示する。図8に食事エージェントの外見を示す。

②非食事エージェント条件では、話し相手として食事行動をとらずに傾聴を行うエージェントを、アイデア創出タスクを行う参加者に提示する。図9に非食事エージェントの外見を示す。

③無エージェント条件では、傾聴するエージェントを提示せず、参加者は一人でアイデア創出タスクを行う。

上記のように実験デザインの理由としては、①と③の比較によって、エージェントの食事行動の有無が参加者に印象やアイデア創出に与える影響を分析する。また、②と③の比較によってエージェントの存在が参加者に印象やアイデア創出に与える影響を分析する。

各実験条件では、参加者に5分間の創出タスクに取り組んでもらった。タスクの内容は、与えるテーマについてアイデア創出を行うことである。このタスクにはメモ用紙などは与えず、発話のみで行わせた。テーマの設定方法は古川らの研究[38]を参考し、「新しい机の機能やデザイン」、「新しいベッドの機能やデザイン」また「新しい本棚の機能やデザイン」の3つのテーマを設定した。各実験条件の間に5分の休憩時間を設けた。

順序効果や塩原らの研究[60]で指摘されたエージェントへの慣れの影響を相殺するため、3つの実験条件は参加者毎に実施順序を入れ替えカウンターバランスをとった。被験者内実験であった。表5のように示す。



図8 食事エージェント

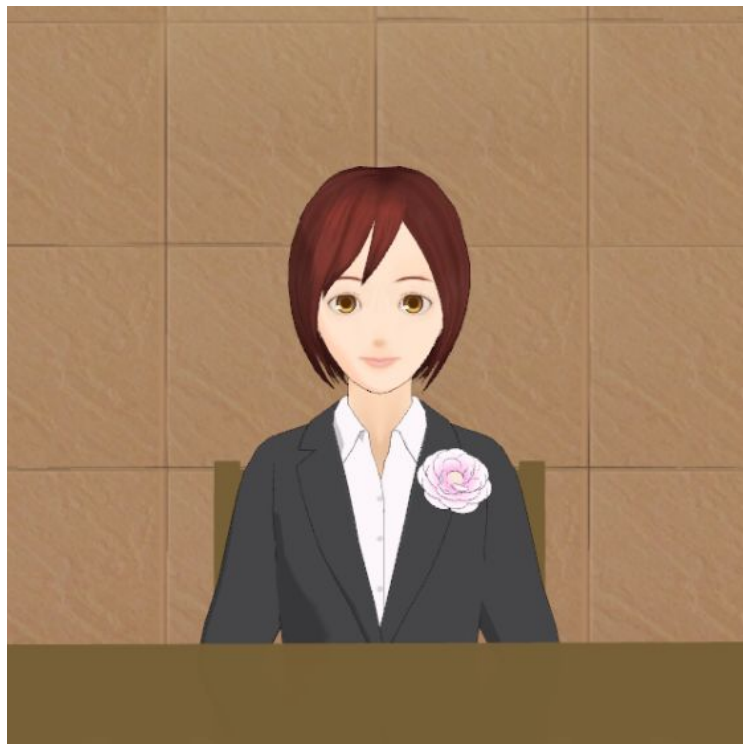


図9 非食事エージェント

表5 参加者ごとの実験条件の実施順序

被験者 ID	実施順序	実験条件	アイデア創出のテーマ
20140204_1	3	食事エージェント	本棚の新しい機能とデザイン
20140204_2	3	食事エージェント	本棚の新しい機能とデザイン
20140205_1	1	食事エージェント	机の新しい機能とデザイン
20140205_2	2	食事エージェント	ベッドの新しい機能とデザイン
20140206	2	食事エージェント	ベッドの新しい機能とデザイン
20140207	2	食事エージェント	ベッドの新しい機能とデザイン
20140218	1	食事エージェント	机の新しい機能とデザイン
20140220_1	2	食事エージェント	ベッドの新しい機能とデザイン
20140220_2	3	食事エージェント	本棚の新しい機能とデザイン
20140221	1	食事エージェント	机の新しい機能とデザイン
20140224	3	食事エージェント	本棚の新しい機能とデザイン
20140225	1	食事エージェント	机の新しい機能とデザイン
20140204_1	2	非食事エージェント	ベッドの新しい機能とデザイン
20140204_2	1	非食事エージェント	机の新しい機能とデザイン
20140205_1	3	非食事エージェント	本棚の新しい機能とデザイン
20140205_2	1	非食事エージェント	机の新しい機能とデザイン
20140206	1	非食事エージェント	机の新しい機能とデザイン
20140207	3	非食事エージェント	本棚の新しい機能とデザイン
20140218	2	非食事エージェント	ベッドの新しい機能とデザイン
20140220_1	3	非食事エージェント	本棚の新しい機能とデザイン
20140220_2	1	非食事エージェント	机の新しい機能とデザイン
20140221	3	非食事エージェント	本棚の新しい機能とデザイン
20140224	2	非食事エージェント	ベッドの新しい機能とデザイン
20140225	2	非食事エージェント	ベッドの新しい機能とデザイン
20140204_1	1	無エージェント	机の新しい機能とデザイン
20140204_2	2	無エージェント	ベッドの新しい機能とデザイン
20140205_1	2	無エージェント	ベッドの新しい機能とデザイン
20140205_2	3	無エージェント	本棚の新しい機能とデザイン
20140206	3	無エージェント	本棚の新しい機能とデザイン
20140207	1	無エージェント	机の新しい機能とデザイン
20140218	3	無エージェント	本棚の新しい機能とデザイン
20140220_1	1	無エージェント	机の新しい機能とデザイン
20140220_2	2	無エージェント	ベッドの新しい機能とデザイン
20140221	2	無エージェント	ベッドの新しい機能とデザイン
20140224	1	無エージェント	机の新しい機能とデザイン
20140225	3	無エージェント	本棚の新しい機能とデザイン

4.3 実験参加者

研究室以外の学生を対象にし、実験参加者を募集した。男性8名、女性4名の合計12名(年齢の平均は22.42、標準偏差は3.59)が参加した。謝礼としては500円分の図書カードを渡した。

4.4 実験環境

本実験は筑波大学春日エリア実施された。

図10は実験環境全体の構成を示すものである。食事エージェント条件、非食事エージェント条件では、大型ディスプレイを利用してエージェントを人間と等身大で表示した。実験参加者とディスプレイの距離は120cmとし、その間にテーブルを置いた。また、無エージェントの実験条件ではエージェントが存在しないため、ディスプレイを使用しなかった。参加者を撮影するために参加者の斜め前方に1台のビデオカメラを設置した、また実験の全景を撮影するために参加者の斜め後ろにもう1台を設置し、ディスプレイの画面と参加者の行動が併せて写るようにした。扱う課題への影響を避けるために、全実験を通してエージェントの背景と実験の実施場所は統一した。実験の様子は図11のように示す。

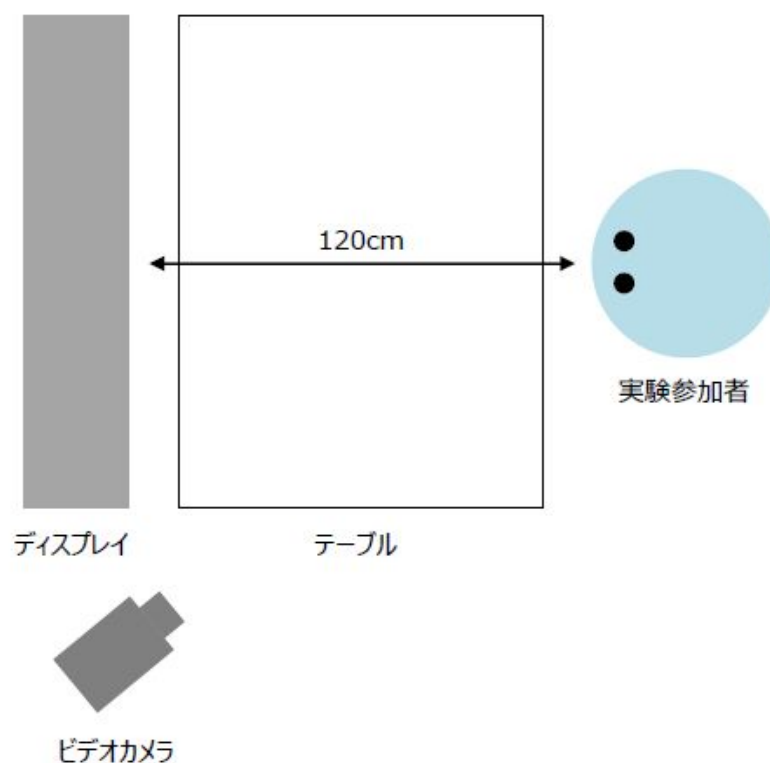


図10 は実験環境全体の構成



図11 実験の様子

実験装置

NEC LCD-V462液晶： 50型

映像入力 1チャンネル

音声入力 1チャンネル

映像のサイズは827.3mm×620.5mm,

解像度は1024×768, (MAX1440×900)

フレームレートは30.00fps

撮影機器：

SONY HDR-CX560V 1台 (横から参加者を撮影する),

撮影する画像の比率：4:3

解像度720 x 480 STD

フレームレート 30fps

カメラマイク オート

Sanyo xacti2000 1台 (参加者の斜め後ろから参加者の上半身とディスプレイの画面を撮影する)

撮影する画像の比率：4:3

解像度640 x 480

フレームレート 30fps

4.5 実験手順

本実験では、提案する食事エージェント条件は、対照条件となる非食事エージェント条件や無エージェント条件でアイデア創出タスクを行い、各実験条件の結果を比較した。

実験手順としては、まず参加者に実験参加同意書を配布し、同意書を読み上げ、記入をしてもらった。実験説明と実験前質問紙を配布し、実験方法について説明した。実験前質問紙に性別と年齢を記入してもらい回収した。そのあとで実験環境へ移動し、エージェントが表示されたディスプレイの前に座ってもらった。「ある家具メーカーの社員である」という設定でアイデア創出タスクに取り組んでもらうことを説明したことで、扱う課題への影響を避けるために背景を統一した。参加者には4.2で示す3つの実験条件でアイデア創出課題に取り組んでもらい、アイデアを出すことを求めた。課題にはそれぞれ5分間の制限時間を設けた。実験中の様子はビデオカメラで録画し記録した。各実験条件の終了後に休憩に入り、質問紙の回答の記入を依頼した。食事エージェントと非食事エージェントでは2つ種類の質問紙を配布し、無エージェントで1つ種類の質問紙を配布した。すべての実験条件が終わったら、謝礼を渡し実験を終了することとした。

4.6 データ取得

4.6.1 質問紙

各実験条件の間にアイデア創出タスクの感想や、エージェントの印象について違いを明らかにするために、質問用紙調査を実施した。質問紙にはアイデア創出の印象を問うものと、エージェントの印象を問うものの2種類を用意した。各実験条件が終了後の間に、参加者に質問紙の回答を依頼した。アイデア創出の感想についての質問項目は、一方的にアイデア創出を行いエージェントに語りかける状況を傾聴スタイルのコミュニケーションであるととらえ、会話者のコミュニケーション参与スタイルを検討した藤本の研究[61]のうち、能動的参与を問う項目と会話マネージメントを問う項目を参考として設定した。

能動的参与に関する項目として、アイデアを遠慮せずに言えた(能動的参与)、自分のアイデアを主張できた(能動的参与)、アイデアを広げていくことができた(会話マネージメント)、沈黙を作らないようにした(会話マネージメント)の4項目を設定した。また、アイデア創出の満足度に関する項目として、アイデア出しを楽しむことが出来た、アイデア出しはしやすいものだった、アイデア出しは緊張感を伴うものだった、アイデア出しは価値のあるものだったなど8項目を設けた。実際の質問紙を図12に示す。以上の項目について、7段階尺度で参加者から回答を得た。

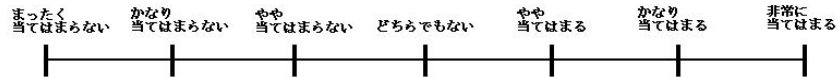
また、エージェントがある条件(食事エージェントと非食事エージェント)では、アイデア創出の印象を問うアンケートに加えてエージェントの印象についての質問紙を行った。質問項目は、「日本のパーソナリティ認知によく用いられる形容詞対49組」から適切なものを引用した[62]。さらに、本研究ではエージェントを聞き手役とする設計に応じて、「人間的な-機械的な」という形容詞対を追加し、全部で30項目とした。実際の質問紙を図13に示す。

以上形容詞対の項目について、SD法[63]を用いて7段階尺度で参加者から回答を得た。

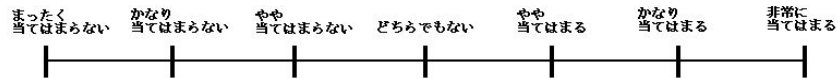
図 12 アイデア創出の印象について質問紙

下記の各設問に対してどれくらいそう思うか、7段階でもっとも当てはまるところに○をつけてください。

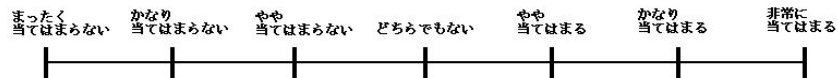
1. アイデア出しを楽しむことが出来た



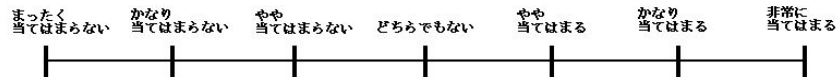
2. アイデア出しはしやすいものだった



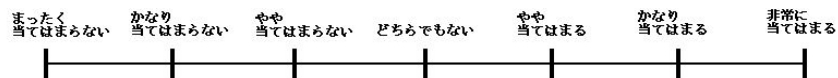
3. アイデア出しは緊張感を伴うものだった



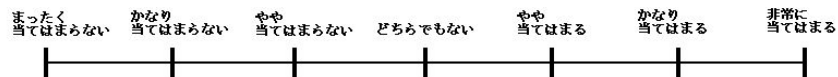
4. アイデア出しは価値のあるものだった



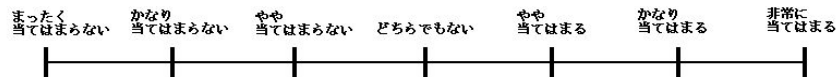
5. アイデアを遠慮せずに言えた



6. 自分のアイデアを主張できた



7. アイデアを広げていくことができた



8. 沈黙を作らないようにした

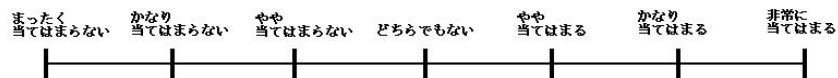


図13 エージェントの印象について質問紙

実験中提示されたエージェントの印象について、
7段階でもっとも当てはまるところに○をつけてください。

	非常に	かなり	やや	どちらでもない	やや	かなり	非常に	
活発な								不活発な
好きな								嫌いな
良い								悪い
親切な								不親切な
気持ちの良い								気持ちの悪い
頼もしい								頼りない
愉快的な								不愉快的な
素直な								強情な
責任感のある								無責任な
落ち着いた								落ち着きのない
理性的な								感情的な
意欲的な								無気力な
かわいらしい								にこらしい
のんびりした								こせこせした
優しい								厳しい
強気な								弱気な
思いやりのある								わがままな
外交的な								内向的な
元気な								疲れた
面白い								つまらない
慎重な								軽率な
社交的な								非社交的な
感じのよい								感じの悪い
親しみやすい								親しみにくい
充実した								空虚な
人間的な								機械的な
明るい								暗い
あたたかい								つめたい
積極的な								消極的な
陽気な								陰気な

4.6.2 ビデオ録画

参加者を撮影するためのビデオカメラと全部情景を撮影するためのビデオカメラにより、実験の様子を録画しビデオデータを取得した

4.7 アイデアの評価

各実験条件で創出されたアイデアについて、生産性(アイデアの量)や創造性(アイデアの質)という二つの評価基準を用いて評価を行った。

4.7.1 アイデアデータの取得

実験で取得した録画ビデオデータを視聴しながら、参加者の発話内容を書き起こすことにより、アイデアデータの取得を行った。

4.7.2 生産性(アイデアの量)

多くの関連研究では、アイデアの量と品質が高い相関関係を持つ[64]ため、アイデアの回答数という指標を用いてアイデア創出における生産性を測定する[65]。本研究では、各実験条件で創出されたアイデアの回答数を集計した。

4.7.3 創造性(アイデアの質)

本研究では、各実験条件で創出されたアイデアに対して、アイデアの質の評価を実施した。

評価目的として、本実験で取得したアイデアデータについて、アイデアの質の評価を行うことで提案条件の効果を検証するためである。

評価対象は取得したアイデアデータから重複したもの[65][66]を除外しアイデア項目に分けて整理したものである。本実験でアイデア創出テーマによって3つのテーマセットを分けた。

本実験のアイデアを評価できる能力のある者、4名を評価者とし、アイデア評価の作業に協力してもらった。

評価方法として、評価対象となるアイデアの内容について、5段階で尺度による評価してもらった。アイデアはどの条件で創出されたのを知らせないようにした。評価作業は、1つのテーマセットを1セッションに配布するという3セッションが分け、セッションの間に5分の休憩時間を設けた。それぞれ評価者に異なるテーマセット順序で配布した。

本実験で創出されたすべてアイデアに対して1個ずつを、独自性(originality)、実現可能性(feasibility)、有効性(effectiveness)という3つの指標[67]を用いて5段階尺度で評価を行った。評価指標の定義について、独自性(originality)はアイデアの新規性を問うもの、実現可能性(feasibility)はアイデアが実現可能かどうかを問うもの、有効性(effectiveness)はアイデアが課題において有効であるかどうかを問うものを示している。図14はアイデア評価用紙を示す。

評価作業の実施について説明する。評価者の適性を判断するに足る評価者情報を取得した。評価対象のアイデアやアイデア評価用紙を配布し、評価指標や評価方法について説明した。評価対象となるアイデアの内容について、規定の指標を用いてアイデア評価用紙で質問項目を回答するように指示した。その後で、評価作業を開始することとした。1つのセッションごとに休憩し、すべてのセッションが終わったら、謝礼を渡し実験を終了することとした。

図14 アイデア評価用紙

アイデア 1

- a.創出されたアイデアは、その課題において独自性があると思いますか

- b.創出されたアイデアは、その課題において実現可能性があると思いますか

- c.創出されたアイデアは、その課題において有効性があると思いますか

アイデア 2

- a.創出されたアイデアは、その課題において独自性があると思いますか

- b.創出されたアイデアは、その課題において実現可能性があると思いますか

- c.創出されたアイデアは、その課題において有効性があると思いますか

アイデア 3

- a.創出されたアイデアは、その課題において独自性があると思いますか

- b.創出されたアイデアは、その課題において実現可能性があると思いますか

- c.創出されたアイデアは、その課題において有効性があると思いますか

(以下同じ項目が重複するため略)

4.8 データ分析

各実験条件の間に参加者が行動の違いを明らかにするために、ビデオ分析を行った。

評価実験による取得したビデオデータに不備があったものを分析対象から除外し、10人分のビデオデータを対象として分析を行った。3.1節と同様にビデオ分析ツールのELAN[30]を使用し、各実験条件で開始から終了までの5分間ずつを分析した。本実験で特に参加者の言語行動として「発話」と「視線」に注目し、映像から判断して各行動の開始時間から終了時間までタグを付け、定量的な分析を行った。

4.8.1 発話の分析方法

発話行動のタグ付けについて、第3章で述べた発話単位と同じようにした。また、「発話」の中には会話の内容に関わる「通常の発話」の他に、話者に対する了承や話を続けて欲しいというシグナルとして機能する「あいづち」、会話の間を埋めたり発話の意思はあるが思考中であるというシグナルとして機能したりする「フィラー」、心理的同調性を示したり、あいづちの代わりになったりする「笑い」といったものがある[52]。

本研究の場合に、発話者として参加者しかいないため、「通常の発話」と「フィラー」という2種類に分類しタグ付けをした。

4.8.2 視線の分析方法

視線は感情や相手への態度の表現, 情報収集, 会話の流れを調整する機能を備えている。また, 視線を用いることのできる対面の会話では, 視線によるコミュニケーションが言語行動の果たす役割を補っている[68]。エージェントがある実験条件(食事エージェント条件, 非食事エージェント条件)で視線について分析を行った。エージェントをどれぐらい見ているのかを調べるために, 参加者の視線方向によって「エージェントを見ている」と「エージェントを見ていない」の2種類に分類しラベル付けをした。なお, 無エージェント条件ではエージェントが存在しないため, 視線について分析を行わなかった。

4.8.3 発話と視線の相互分析

人間同士の対面会話では, 言語情報[69]ではなく, 発話と同時に表出される視線や表情などのノンバーバル情報の相互理解が重要な役割を果たすと言われている[70][71]。本研究では言語行動である発話と, ノンバーバル情報である視線を相互分析した。具体的には, 「エージェントを見ている」「エージェントを見てない」という2種類の視線状態において, 発話行動が同時に行われたかどうかを抽出し分析した。

第5章 評価結果

本書では評価実験から得た結果について説明する。

5.1 質問紙の評価結果

5.1.1 アイデア創出質問紙結果

アイデア創出の印象に関しての質問紙結果を表6に示す。各質問項目について、「まったく当てはまらない」を1点、「非常に当てはまる」を7とし、7段階で回答を点数化し、各質問項目に対する各条件の平均得点を表6に示す。IBM 統計解析ソフトウェア SPSS[72]を利用して各質問項目に対する各条件の得点について、順序尺度比較のフリードマン検定を行った。その結果、項目6「自分のアイデアが主張できた」においては3条件の間に有意差傾向が見られた。参加者は無エージェント条件では他の2条件に比べ、より自分のアイデアを主張できたと感じていることが分かった ($N=12$, $\chi^2=5.083$, $df=2$, $p=0.079$, $p<0.01$)。

表6 アイデア創出タスクに関する回答

	質問項目	食事エージェント	非食事エージェント	無エージェント	p 値
1	アイデア出しを楽しむことが出来た	5.08	4.83	5.00	0.56
2	アイデア出しはしやすいものだった	4.08	3.83	4.75	0.42
3	アイデア出しは緊張感を伴うものだった	3.83	4.08	3.92	0.98
4	アイデア出しは価値のあるものだった	4.50	4.67	4.83	0.52
5	アイデアを遠慮せずに言えた	5.17	5.17	5.25	0.76
6	自分のアイデアを主張できた	4.67	4.67	5.33	*0.079
7	アイデアを広げていくことができた	3.83	3.75	4.33	0.42
8	沈黙を作らないようにした	3.42	3.42	3.33	0.67

($N=12$; *** : $p<0.01$, ** : $p<0.05$, * : $p<0.1$)

5.1.2 エージェントの印象の質問紙結果

エージェントの印象についてのアンケート結果を表 7 に示す。形容詞対の下左側にある形容詞を 1 点、右側にある形容詞を 7 点とし、7 段階で回答を点数化し、各質問項目に対する各条件の平均得点を表 7 に示す。食事エージェントと非食事エージェントを比較した。SPSS を利用して各質問項目に対する各条件の得点について、順序尺度比較のウィルコクソンの符号付き順位検定を行った。その結果、非食事エージェントは、落ち着いた ($N=12$, $Z=-2.39$, $p=0.017$, $p<0.05$)、理性的な ($N=12$, $Z=-2.13$, $p=0.033$, $p<0.05$)、のんびりした ($N=12$, $Z=-1.72$, $p=0.085$, $p<0.1$)、思いやりのある ($N=12$, $Z=-2.124$, $p=0.034$, $p<0.05$) といった印象を持たれた。それに対して、食事エージェントでは、意欲的な ($N=12$, $Z=-2.177$, $p=0.029$, $p<0.05$)、面白い ($N=12$, $Z=-2.724$, $p=0.006$, $p<0.05$)、陽気な ($N=12$, $Z=-2.640$, $p=0.008$, $p<0.05$)、といった印象を持たれていたことが分かった。

表7 エージェントの印象に関する回答

	形容詞対		食事エージェント	非食事エージェント	p 値
1	活発な	不活発な	3.58	4.17	0.40
2	好きな	嫌いな	3.75	3.42	0.39
3	良い	悪い	4.00	3.50	0.42
4	親切的な	不親切的な	4.33	4.00	0.36
5	気持ちの良い	気持ちの悪い	3.92	3.67	0.68
6	頼もしい	頼りない	4.17	4.75	0.25
7	愉快的な	不愉快的な	4.17	4.33	0.67
8	素直な	強情な	3.92	3.67	0.50
9	責任感のある	無責任な	4.08	3.75	0.39
10	落ち着いた	落ち着きのない	4.17	2.67	**0.017
11	理性的な	感情的な	3.75	2.92	**0.033
12	意欲的な	無気力な	3.67	4.67	**0.029
13	かわいらしい	にくらしい	3.25	3.08	0.49
14	のんびりした	こせこせした	4.08	3.17	*0.085
15	優しい	厳しい	3.67	3.33	0.34
16	強気な	弱気な	3.83	4.33	0.14
17	思いやりのある	わがままな	4.42	3.58	**0.034
18	外交的な	内向的な	3.67	4.08	0.27
19	元気な	疲れた	3.42	4.00	0.17
20	面白い	つまらない	3.75	4.92	***0.006
21	慎重な	軽率な	4.33	3.17	**0.01
22	社交的な	非社交的な	3.75	4.00	0.59
23	感じのよい	感じの悪い	4.33	3.58	0.15
24	親しみやすい	親しみにくい	3.58	3.75	0.77
25	充実した	空虚な	3.83	4.42	0.18
26	人間的な	機械的な	4.33	4.42	0.96
27	明るい	暗い	3.50	3.67	0.57
28	あたたかい	つめたい	3.92	3.75	0.72
29	積極的な	消極的な	4.08	4.08	1.00
30	陽気な	陰気な	3.17	4.00	***0.008

(N=12 ; *** : p<0.01, ** : p<0.05, * : p<0.1)

5.2 アイデアの評価結果

各実験条件で創出されたアイデアについて、評価結果について説明する。

5.2.1 生産性(アイデアの量)の評価結果

アイデアの量について、各実験条件で参加者が創出されたアイデアの回答数を集計し、参加者全員の平均回答数を求めた。表 8 のように示している。食事エージェントで平均回答数は 7.60 個、非食事エージェントで平均回答数は 6.60 個、無エージェントで平均回答数は 7.00 個であった。

3 実験条件で平均回答数を比較したところ、食事エージェント条件は非食事エージェント条件より、平均回答数が 1 ポイント大きかったが、有意差は見られなかった。

表 8 各実験条件で創出されたアイデアとその平均回答数

ID	食事エージェント	非食事エージェント	無エージェント
20140207	5	5	4
20140218	13	11	12
20140220_2	4	4	4
20140221	9	8	9
20140224	11	7	8
20140225	4	8	5
20140204_2	7	7	6
20140205_1	8	7	10
20140205_2	10	3	7
20140206	5	6	5
平均回答数	7.60	6.60	7.00

5.2.2 創造性(アイデアの質)の評価結果

アイデアの質について、独自性(originality)、実現可能性(feasibility)、有効性(effectiveness)という3つの指標[42]を用いて評価を行った。各質問項目について、「まったくそう思わない」を1点、「非常にそう思う」を5点とし、5段階で回答を点数化し比較した。本実験のアイデアを評価できる能力のある者、4名を評価者とした。表9は各評価者の評価結果の詳細数値を示す。各実験条件で参加者ごとにすべて創出されたアイデアの平均点数を求め、さらに条件内に平均値を取ったものである。

表9 は各評価者がアイデアの質について評価結果

評価者	評価指標	食事エージェント	非食事エージェント	無エージェント
評価者 A	独自性	2.06	2.22	2.24
	実現可能性	3.57	3.69	3.69
	有効性	2.67	2.63	3.36
評価者 B	独自性	3.75	3.98	3.67
	実現可能性	3.87	3.95	3.84
	有効性	3.36	3.58	3.41
評価者 C	独自性	2.97	2.99	3.00
	実現可能性	3.94	4.15	3.90
	有効性	3.40	3.38	3.22
評価者 D	独自性	2.86	3.01	3.05
	実現可能性	2.68	3.20	2.88
	有効性	2.63	3.00	2.83

図15は各評価者の評価結果の平均値を取ったものであり、その詳細数値は表10のように示す。「独自性」について、食事エージェント条件では2.91点、非食事条件では3.05点、無エージェント条件では2.99点が得られた。「実現可能性」について、食事エージェント条件では3.51点、非食事条件では3.75点、無エージェント条件では3.58点が得られた。「有効性」について、食事エージェント条件では3.01点、非食事条件では3.15点、無エージェント条件では3.21点が得られた。

3実験条件を比較したところ、いずれ評価指標においても条件間に有意差があるとは言えなかった。

表10 アイデアの質について評価結果

評価指標	食事エージェント	非食事エージェント	無エージェント
独自性	2.91	3.05	2.99
実現可能性	3.51	3.75	3.58
有効性	3.01	3.15	3.21

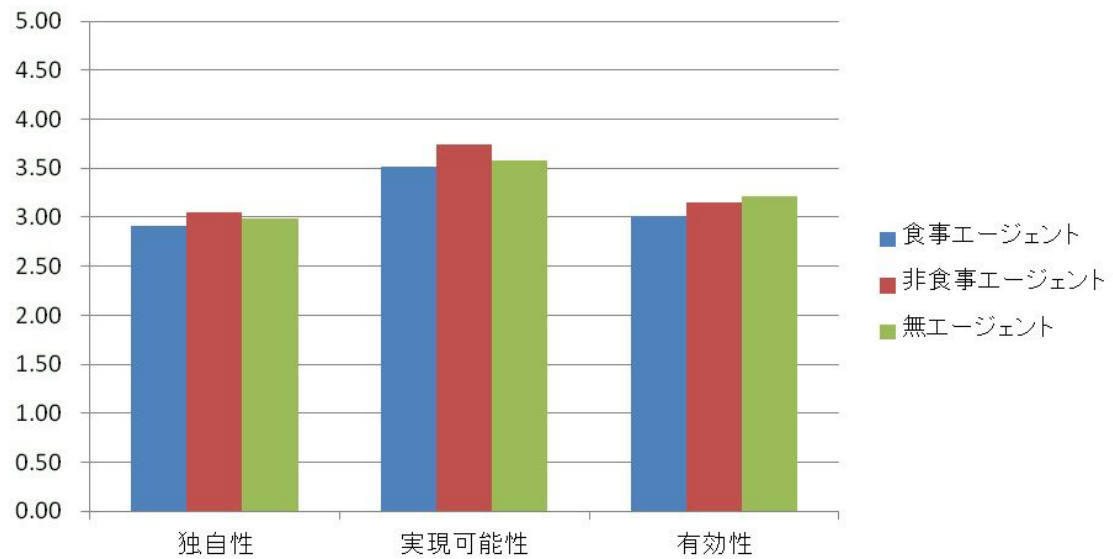


図 15 アイデアの質について評価結果

5.3 ビデオ分析の結果

5.3.1 発話分析の結果

各実験条件の発話に関して、分析対象とした1条件あたりの300秒の間に「通常の発話」と「フィラー」各自の合計時間(総時間長)や平均長を調べ、全員分の平均値を求めた。また、全体分析時間(300s)から「通常の発話」と「フィラー」の合計時間を引くことで「沈黙」の総時間長を算出し、全員分の平均値を求めた。また、各発話行動の総時間長で分析区間の総時間長(300s)を割ることで言語行動に占める割合を算出した。発話行動の分析結果の詳細数値は表11のように示す。

「通常の発話」の総時間長について、食事エージェント条件では113.65秒、非食事条件では120.39秒、無エージェント条件では123.38秒であった。「フィラー」の総時間長について、食事エージェント条件では5.43秒、非食事条件では7.47秒、無エージェント条件では5.94秒であった。「沈黙」の総時間長について、食事エージェント条件では180.91秒、非食事条件では172.14秒、無エージェント条件では170.68秒であった。図16のように示す。

「通常の発話」の平均長について、食事エージェント条件では1.61秒、非食事条件では1.75秒、無エージェント条件では1.69秒であった。「フィラー」の平均長について、食事エージェント条件では0.60秒、非食事条件では0.98秒、無エージェント条件では0.77秒であった。図17のように示す。

言語行動に占める割合について、食事エージェント条件では「通常の発話」は37.89%、「フィラー」は1.81%、「沈黙」は60.3%で、非食事エージェント条件では「通常の発話」は40.13%、「フィラー」は2.49%、「沈黙」は57.38%で、無エージェント条件では「通常の発話」は41.13%、「フィラー」は1.98%、「沈黙」は56.89%であった。

発話行動に関しては、3実験条件を比較したところ、いずれにおいても条件間に有意差があるとは言えなかった。

表11 発話行動の分析結果

タグ	分析指標	食事エージェント	非食事エージェント	無エージェント
通常の発話	合計時間(s)	113.65	120.39	123.38
	平均長	1.61	1.75	1.69
	割合(%)	37.89	40.13	41.13
フィラー	合計時間(s)	5.43	7.47	5.94
	平均長	0.60	0.98	0.77
	割合(%)	1.81	2.49	1.98
沈黙	割合(%)	60.3	57.38	56.89
	合計時間(s)	180.91	172.14	170.68

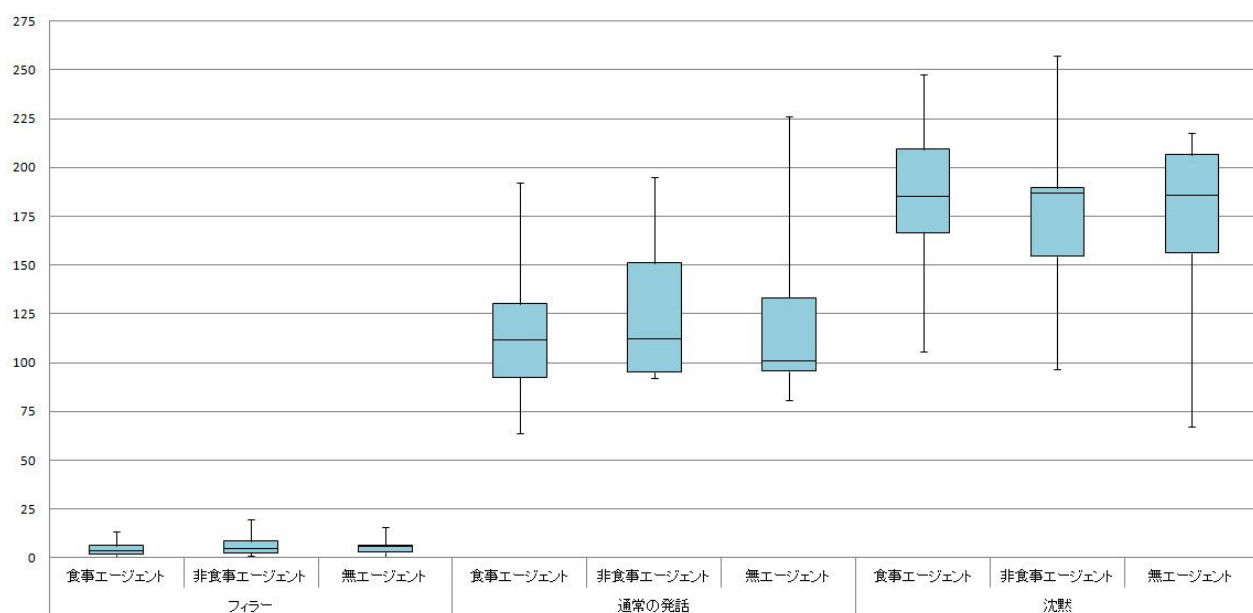


図 16 各発話行動の総時間長(秒)

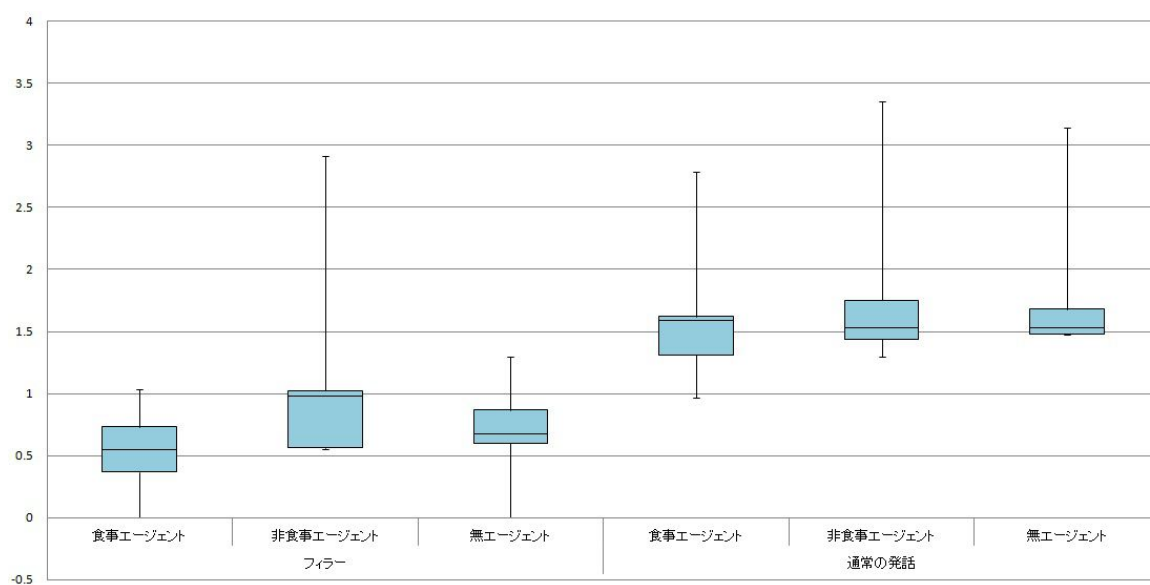


図 17 各発話行動に1回発話の平均時間長(秒/回)

5.3.2 視線分析の結果

食事エージェント条件及び非食事エージェント条件のユーザの視線に関して、「エージェントを見ている」視線の1回の持続時間や総持続時間を調べ、全員分の平均値を求めた。

SPSS を利用して正規性の検定結果は全部正規分布に従うと言えず(表 12)、かつデータが対応のあるため、順序尺度比較のウィルコクソンの符号付き順位検定で行った。1回の視線持続時間について、食事エージェント条件では 25.56 秒、非食事エージェント条件では 6.62 秒と、食事エージェントの方が 18.94 秒長いという結果になり、有意差が認められた ($N=10$, $Z=-2.39$, $p=0.022$, $p<0.05$)。図 18 のように示す。また視線の総持続時間についても、食事エージェント条件では 181.45 秒、非食事エージェント条件では 119.01 秒となり、食事エージェントの方が 62.44 秒長く、有意差が認められた ($N=10$, $Z=-2.39$, $p=0.017$, $p<0.05$)。図 19 のように示す。これらのことから、ユーザの視線について、食事エージェント条件では非食事エージェント条件と比較しエージェントを見ている時間が有意に長いことがわかった。

表 12 視線データの正規性の検定

	Kolmogorov-Smirnov の正規性の検定 (探索的) ^a			Shapiro-Wilk		
	統計	自由度	有意確率.	統計	自由度	有意確率.
(食) 平均	.359	10	.001	.599	10	.000
(食) 総量	.152	10	.200*	.938	10	.536
(非) 平均	.306	10	.008	.824	10	.028
(非) 総量	.177	10	.200*	.921	10	.362

(食):食事エージェント (非):非食事エージェント

有意水準 (通常は 0.050) 以上であれば、正規分布をしている

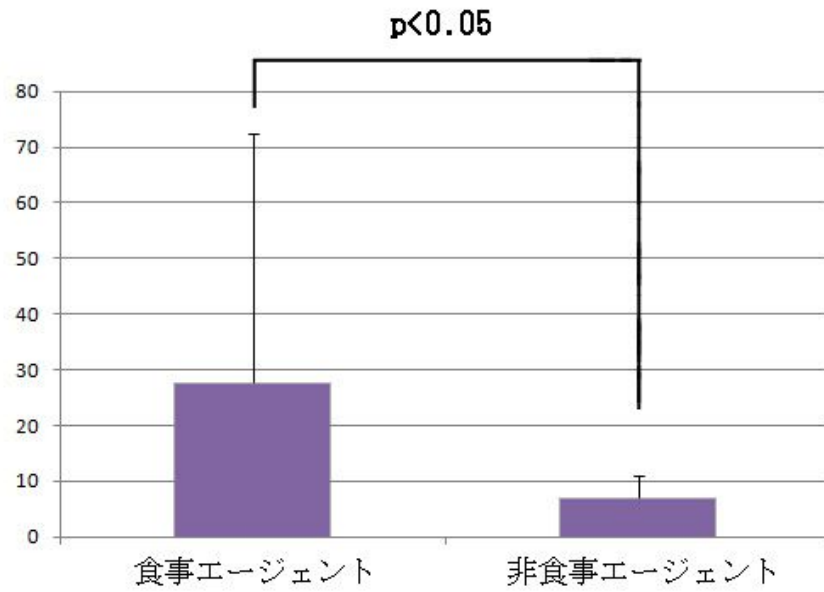


図 18 エージェントを見ている視線の 1 回の平均持続時間 (秒/回)

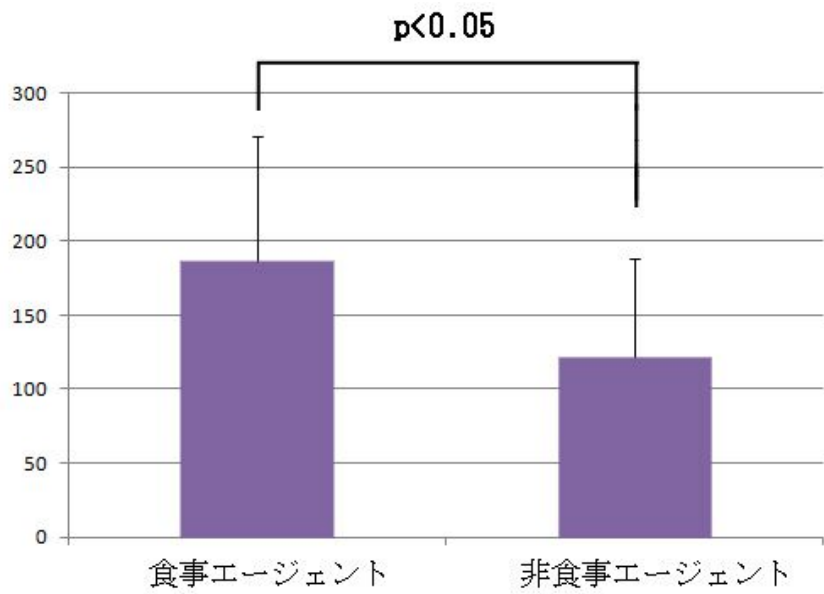


図 19 エージェントを見ている視線の総持続時間 (秒)

5.3.3 発話と視線の相互関係

食事エージェント条件と非食事エージェント条件におけるユーザの視線に関して、1回実験条件の300秒の間に「エージェントを見ている」と「エージェントを見ていない」という2種類の視線状態それぞれについて、同時に行われた「通常の発話」「フィラー」「沈黙」各自の合計時間(総時間長)を調べ、全員分の平均値を求めた。また、両条件の視線の持続時間は同じではないため、各発話行動の総時間長で各視線状態の総時間長を割ることで言語行動に占める割合を算出した。

「エージェントを見ている」状態では、「通常の発話」について、食事エージェント条件では68.52秒、非食事条件では52.86秒、「フィラー」について、食事エージェント条件では2.92秒、非食事条件では2.59秒、「沈黙」について、食事エージェント条件では110.02秒、非食事条件では63.56秒であった。図20のように示す。SPSSを利用して正規性の検定結果は全部正規分布に従うと言えず(表13)、かつデータが対応のあるため、順序尺度比較のウィルコクソンの符号付き順位検定で行った。その結果、「エージェントを見ている」状態では、食事エージェントでは非食事エージェントに比べて46.85秒「沈黙」の総時間長が長く、有意差が認められた($N=10$, $Z=2.39$, $p=0.016$, $p<0.05$)。図21のように示す。しかし、言語行動に占める割合について、両条件を比較したところ、食事エージェント条件と非食事エージェント条件の間で差は見られなかった。図22のように示す。つまり、「エージェントを見ている」状態では参加者の沈黙が多いとは言えなかった。

それに対して、「エージェントを見ていない」状態では、「通常の発話」について、食事エージェント条件では45.14秒、非食事条件では67.53秒、「フィラー」について、食事エージェント条件では2.52秒、非食事条件では4.88秒、「沈黙」について、食事エージェント条件では70.50秒、非食事条件では108.58秒であった。

表13 視線データの正規性の検定

	Kolmogorov-Smirnov の正規性の検定(探索的) ^a			Shapiro-Wilk		
	統計	自由度	有意確率.	統計	自由度	有意確率.
(食)総量	.188	10	.200*	.911	10	.289
(非)総量	.293	10	.015	.862	10	.080
(食)割合	.173	10	.200*	.964	10	.826
(非)割合	.173	10	.200*	.895	10	.195

(食):食事エージェント (非):非食事エージェント
有意水準(通常は 0.050) 以上であれば、正規分布をしている

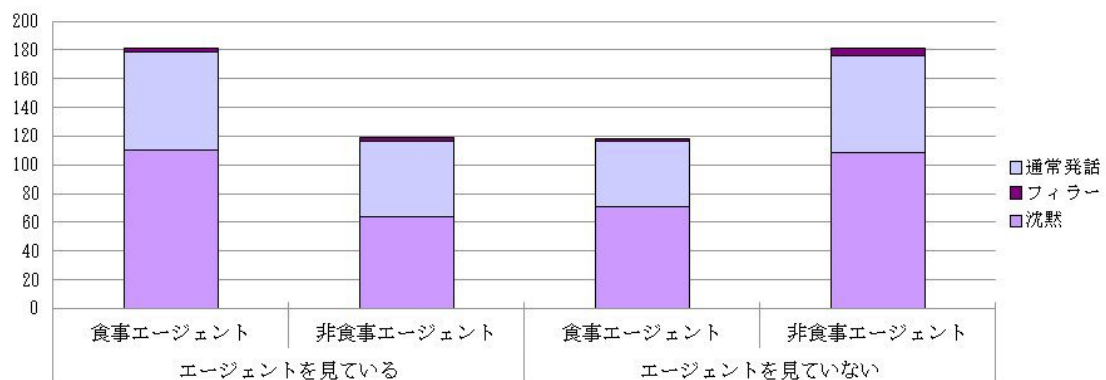


図20 「食事エージェント条件」と「非食事エージェント条件」状態で各発話状態の総時間長(s)

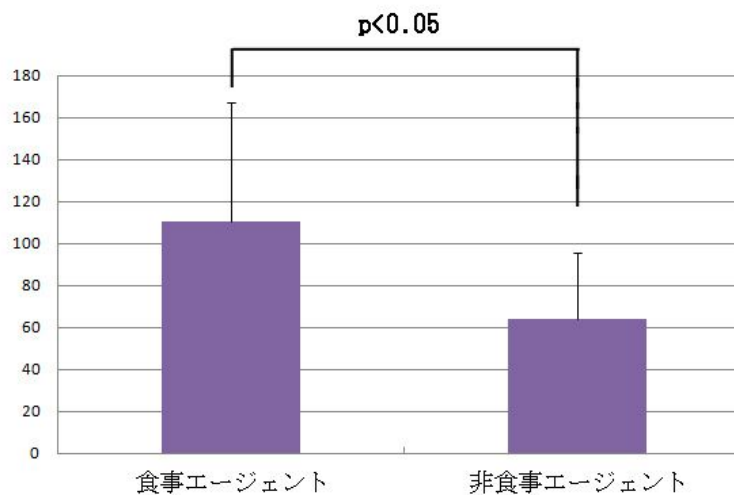


図21 「エージェントを見ている」状態での沈黙長(s)

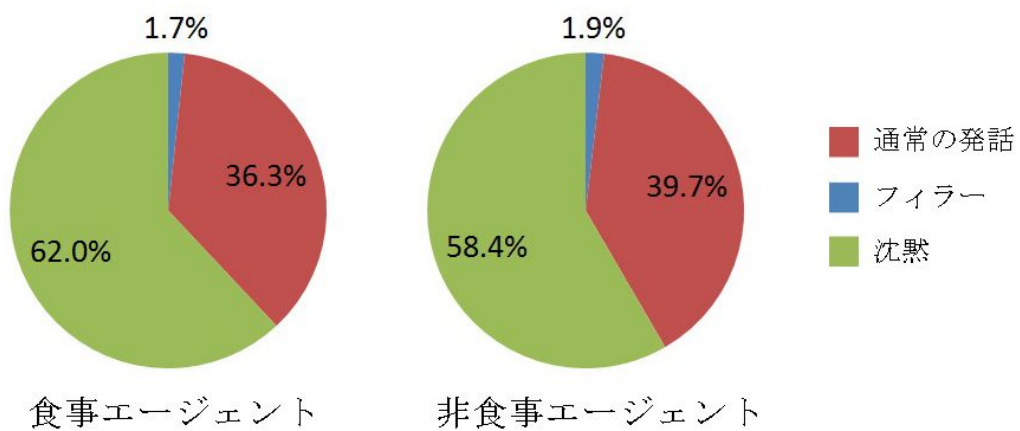


図22 「食事エージェント条件」と「非食事エージェント条件」状態で各発話行動が言語行動に占める割合

さらに, 食事エージェント条件と非食事エージェント条件をエージェントある条件として統一し, 「エージェントを見ている」と「エージェントを見ていない」状態での言語行動を分析した. SPSSを利用して正規性の検定結果は全部正規分布に従うと言えず(表14), かつデータが対応のあるため, 順序尺度比較のウィルコクソンの符号付き順位検定で行った. その結果, 特に「フィラー」が言語行動に占める割合について, 「エージェントを見ている」状態では全言語行動中フィラーが占める割合が1.78%, 「エージェントを見ていない」状態では全言語行動中フィラーが占める割合が2.94%となり, 「エージェントを見ていない」状態の方が1.16%多くなった ($N=10$, $Z=1.85$, $p=0.064$, $p<0.1$). 図23のように示す. このことから, 「エージェントを見ていない」状態では参加者はフィラーを出しやすい傾向にあることがわかった.

表14 視線データの正規性の検定

	Kolmogorov-Smirnov の正規性の検定 (探索的) ^a			Shapiro-Wilk		
	統計	自由度	有意確率.	統計	自由度	有意確率.
見ている	.172	20	.122	.869	20	.011
見ていない	.225	20	.009	.829	20	.002

有意水準 (通常は 0.050) 以上であれば, 正規分布をしている

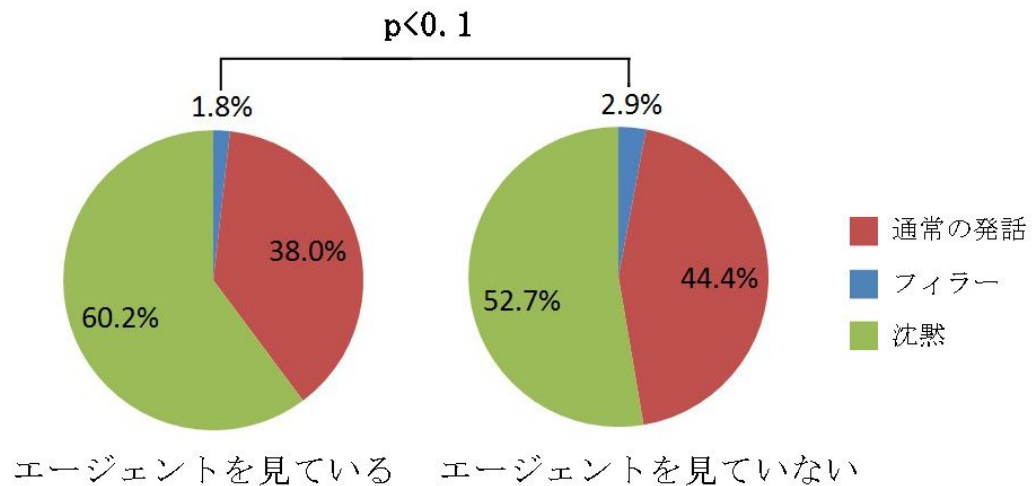


図23 「エージェントを見ている」と「エージェントを見ていない」状態で
各発話行動が言語行動に占める割合

「エージェントを見ていない」状態はエージェントを目に入れず、エージェントがいない状況と「無エージェント」条件と近似な結果が得られるという仮説を立てた。データはペアではないため、Mann-Whitney のU検定を行った。比較したところ、「無エージェント」条件では全言語行動中フィラーが占める割合が1.98%, 「エージェントを見ていない」状態より数値的には0.96%少なくなったが、有意差が認められなかった ($U=96, Z=0.18, p=0.86$)。ほかは、全言語行動中の通常発話と沈黙にも差異が見られなかった。つまり、仮説と一致した結果であった。

第6章 考察

よいアイデアをいかに出すかということは大変重要であるので、これまで様々の発想支援研究が行われてきた。本研究では食事行動を行うエージェントを発想支援に利用することについて検討した。

アイデア創出についての質問紙の結果、無エージェント条件の方が「自分のアイデアを主張できた」という項目の点数が高かった。このことは、相手がいるところで一方的に主張することに対して遠慮が生じたと考えられる。人間同士の場合には、自己主張をしすぎると、周囲に威圧感を与えたり、ともすれば嫌われたり、周囲への配慮ができない人だと思われることが知られている。また、吉武は、日本人の対人場面における自己主張について、自己をきちんとアピールしない傾向があり、自己主張について許容度が低く、自己抑制(例えばひくこと)によって、長期的展望で自分の主張が通るようにしようとする傾向があると述べている[73]。このような点から見ると、第一、本実験の参加者は全員日本人であり、そしてエージェントがいる時に参加者が自分のアイデアを主張できなかったということから、エージェントを相手として認識したことによる可能性があると考えられる。

視線に関する分析結果から、食事エージェント条件では非食事エージェント条件に比べて、よりエージェントを見ている視線の平均継続時間が長いということがわかった。

Kendonは、視線活動は「相手に注意を向け、伝達する用意があることを相手に知らせる働き」があることを指摘すると共に、以下の機能があることを述べている[70]。

- 感情表出を中心とする対人的態度の表出(他者への関与、親和性、好意を示す動きによるもの)
- 自分の働きかけに対するフィードバックを求めることを含む情報収集
- 会話の流れを調整する機能

平山らの研究による、人間同士で対面対話を行う場面では、心的状態が明確に反映した振る舞いを表出させる働きかけとしては、自己の意図主張や相手の意図確認のための発話とともに相手を「見る」ことが効果的であることを明らかにされている[74]。なお、檜垣らの研究による、食事は相手の視線を集める傾向があることが示唆されている[75]。

本研究では、食事エージェントに対してより視線を向けていることについて以下の考察がある。一つは、アイデア創出を行う場合、食事エージェントの食事行動でも人間同士の場合と同様の傾向が見られたと解釈し、エージェントを人間として同様な扱いをしていることが推測する。もうひとつは、視線の機能に参照すると、食事エージェントを相手にするときに、参加者はアイデアを伝達したいたり、相手と関与したいたり、意図を確認したいたりすることが多くと考えられる。食事エージェントの方は相手としての存在感が強いと推測する。加えて、エージェントの印象を問う質問紙の結果による、食事エージェントはより意欲的で面白いという印象をもたれたことから、エージェントが食事行動をとる動作自体はよりユーザの注意を引いたと考えられる。

発話と視線を合わせて検討したところ、「エージェントを見ていない」状態で参加者はフィラーを出しやすい傾向があることがわかった。発話の意思はあるが思考中であるというときなどに発する「あー」や「えーと」といった間を埋める言葉であるフィラー [52] は発話権の保持[76]、後続発話に対する知識の検索[77]、時間稼ぎなど談話上の機能があることが指摘されている[78]。このことから、アイデアについて思考している最中には無意識に視線をエージェントから逸らし、次の発話について考えを巡らせていることが考え

られる。また、Kendonによる「フィラー表出時は聞き手から視線がそれやすい」ということが指摘されている[70]。人が相手の場合でも話しかける時により相手に視線を向ける。フィラーは相手に話しかけるものではなく、ここでは特に考えている時に頻出していた。エージェントに視線を向けずにフィラーを発するという行為もしたがって、エージェントを人と見なしていることの現れであると考えられる。

以上のいくつかの結果を総合すると、参加者はエージェントを相手として認識したと考えられる。一方、アイデア評価の結果から、発想支援に対しての有効性は確認できなかったため、今後発想支援を目的とした身体的インタフェースエージェントを開発していくにあたっては、本研究の結果を踏まえた改良が必要であると考えられる。

謝辞

最後に本研究を進めるにあたって，指導教員の井上智雄先生に心より感謝申し上げます。また，私を支えてくださった同研究室の皆様，特に同じ研究班として活動した方々に深く感謝の意を述べさせていただきます。

そして本実験に協力してくださった方々に深く感謝申し上げます。
ありがとうございました。

参考文献

- 1) Amabile, T., The social psychology of creativity: A componential conceptualization. *Journal of Personality and Social Psychology* 45, (1983), 357-376.
- 2) Sternberg, R. J., & Lubart, T. I. (1999). The concept of creativity: Prospects and paradigms. In R. J. Sternberg (Ed.), *Handbook of creativity*. New York: Cambridge University Press. pp. 3-15.
- 3) Guilford, J. P. : Three faces of intellect, *American Psychologist*, Vol. 14, pp. 469-479, (1959).
- 4) 高橋誠(編著), 創造力辞典, 日科技連出版社, 2002.
- 5) 西本一志, 角康之, 間瀬健二, 新たな話題を提供し対話を活性化するエージェント, 電子情報通信学会ソサイエティ大会講演論文集 1996年. 基礎・境界, 328-329, 1996-09-18.
- 6) 寺部滋朗, 佐川雄二, 渡邊豊英, 発想支援対話における協調的応答のための発話プランニングモデル, 情報処理学会研究報告, 自然言語処理研究会報告 98(21), 111-118, 1998-03-12.
- 7) 岡島秀隆, 禅的発想法の可能性, *印度學佛教學研究* 61(2), 1058-1051, 2013-03-20.
- 8) 石井成郎, 三輪和久, 創造的問題解決における協調認知プロセス, *認知科学*, 151-168, 2001-06-01.
- 9) 丸山 玄, 人はなぜ語るのか?: 話すことから始める知識創造型ワークスタイルへの考察, *MERA Journal=人間・環境学会誌* 14(1), 49, 2011-08-25.
- 10) T. Koschmann, "Paradigm shifts and instructional technology: An introduction" in *CSSL: Theory and Practice of an Emerging Paradigm*, ed. T. Koschmann, pp1-23, Lawrence Erlbaum Associates, New Jersey, 1996..
- 11) 三宅なほみ, "理解のためのインタラクションを支援する," *Interactive Education' 99 予稿集*, pp36-37, 1999.
- 12) *The Atlantic Monthly*, 1945年7月号.

- 13) A. M. Turing, Computing Machinery and Intelligence, Mind 49, 433-460, 1950.
- 14) 西本一志, 間瀬健二, 中津良平, グループによる発散的思考における自律的情報提供エージェントの影響, 人工知能学会誌 14(1), 58-70, 1999-01-01
- 15) 田淵健太, 山本倫也, 渡辺富夫, 発声の動作に対する音声の遅延効果に着目した身体的エージェントによる情報提示手法の合成的解析, 電子情報通信学会技術研究報告. WIT, 福祉情報工学 106(408), 77-82, 2006-11-29
- 16) 角薫, 長田瑞恵, 田中克己, アニメーションメディア変換システムInteractive e-Honにおける親子エージェント情報提示モデル, 知能と情報: 日本知能情報ファジィ学会誌: Journal of Japan Society for Fuzzy Theory and Intelligent Informatics 18(2), 240-250, 2006-04-15.
- 17) 小林一樹, 門脇克典, 北村泰彦, 擬人化エージェントの数が説得効果に及ぼす影響, 知能と情報, Vol. 21(2009) No. 5 P 713-721.
- 18) 鈴木聡, 武田英明, 吹き出し型入力フォームの形状の違いによるユーザと身体化エージェントとの視点共有の変化, 電子情報通信学会技術研究報告. HCS, ヒューマンコミュニケーション基礎 105(681), 37-42, 2006-03-15.
- 19) 澁澤紗優美, 黄宏軒, 林勇吾, 川越恭二: 傾聴時における対話者の気分と態度の関係の分析 - 高齢者を対象とした傾聴エージェントに向けて -, 信学技報, HCS2012-75, pp. 125-129 (2013).
- 20) 井上智雄, 食事を伴う二者間対面対話の分析に基づく傾聴エージェントの提案, 日本バーチャルリアリティ学会研究報告, VR学研報 vol. 18 no. CS-3, (2013).
- 21) 西本彰文, 田口浩継, 萩嶺直孝, 思考フレームワークと対話を導入した技術科教員向けワークショップの実施, 日本産業技術教育学会九州支部論文集 20, 2013-02.
- 22) 清水誠, 山浦麻紀, 考えを外化し, 話し合いすることが概念的知識の一般化に及ぼす効果 花の働きの学習を事例に, 理科教育学研究, 47(1), 35-43, 2006.
- 23) 三宅なほみ, 「学習における協調」『波多野誼余夫・永野重史・大浦容子: 教授学習過程論 学習の総合科学をめざして』, 101-122, 放送大学教育振興会, 2002.
- 24) 楠房子, 杉本雅則, 橋爪宏達, 思考の外化を支援することによるグループ学習支援システム, 電子情報通信学会論文誌, J83-DI (6) 2000年01月, 580 ~ 587.
- 25) 金西計英, 岡本竜, 三好康夫, 妻鳥貴彦, 松浦 健二, 矢野米雄, 科学的思考の外化をおこなうための内省支援ツールの授業実践に向けて, 電子情報通信学会技術研究報告.

- ET, 教育工学 105(632), 87-90, 2006-02-25.
- 26) Wallas, G. The Art of Thought. New York: Harcourt, Brace, Jovanovich (1926).
- 27) Poincaré, H. The foundations of science. Lancaster, PA: Science Press (1913).
- 28) Evans, R. & Russell, P. The Creative Manager. London: Unwin Hyman (1989).
- 29) Osborn, A. F. : Your Creative Power, Charles Scribner's Sons, 1948.
- 30) Osborn, A. F. Applied Imagination: Principles and Procedures of Creative Thinking, Scribner's, New York, 1963.
- 31) 杉山公造, 『ナレッジサイエンス』, 2002.
- 32) 由井蘭隆也, 宗森純, 井上智雄, 『アイデア発想法と協同作業支援』, 2014.
- 33) ミラー, B., ヴィハー, J., ファイアスティン, R. (弓野憲一 監訳, 南学, 西浦和樹, 宗吉秀樹 訳) 『創造的問題解決』 北大路書房(2006).
- 34) Isaksen, S. G., Dorval, K. B. and Treffinger, D. J.: Creative Approaches to Problem Solving, Third edit., SAGE (2011).
- 35) 上野陽一: 『独創性の開発とその技法』 技法堂(1957).
- 36) 星野匡: 『発想法入門』, 日本経済新聞社(1989).
- 37) 南野謙一, 照井孝幸, 木下哲男, 創造的な課題解決を支援するグループ発想支援システム, 電子情報通信学会論文誌, Vol. 91, No. 2, pp. 166-177, (2008).
- 38) 古川洋章, 羽山鉄彩, 国藤進, あいづち機能を用いた分散ブレインストーミング支援システム, 情報処理学会研究報告, Vol. 2010-GN-75, No. 6, pp. 1-8, (2010).
- 39) Hao-Chuan Wang, Dan Cosley, Susan R. Fussell, Idea Expander: Supporting Group Brainstorming with Conversationally Triggered Visual Thinking Stimuli, CSCW '10 , pp 103-106, (2010).
- 40) 大橋誠, 伊藤淳子, 宗森純[他], 松下光範, テーブルトップインタフェースを用いた発想支援システムの開発と適用, 情報処理学会論文誌 49(1), 105-115, 2008-01-15.
- 41) 三浦元喜, 丹生隆寛, グループ発想支援システムにおける拡張現実感技術の適用とその効果, 情報処理学会論文誌 55(4), 1256-1263, 2014-04-15.
- 42) 桜井一樹, 伊藤淳子, 宗森純, 動画と写真が改善を目的とする発想法のアイデア出しに及ぼす影響, 情報処理学会研究報告. GN, [グループウェアとネットワークサービス] 2014-GN-90(4), 1-8, 2014-01-16.
- 43) Russ, S. W. Affect and Creativity: the role of affect and play in the creative

- process. NJ: Lawrence Erl, 1993.
- 44) Amabile, T. M. The social psychology of creativity. New York: Springer-Verlag, 1983.
- 45) Amabile, T. M. Creativity in Context. Oxford: Westview Press, 1996.
- 46) Sheena Lewis, Mira Dontcheva, Elizabeth Gerber, Affective Computational Priming and Creativity, CHI'11 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, Pages 735-744.
- 47) Naoto Nakazato, Shigeo Yoshida, Sho Sakurai, Tomohiro Tanikawa, Michitaka Hirose, Smart Face: Enhancing Creativity During Video Conferences using Real-time Facial Deformation, CSCW '14, pp 75-83, (2014).
- 48) 渋谷昌三, 人と人との快適距離, NHK Books, (1990).
- 49) ELAN, < <http://tla.mpi.nl/> >
- 50) 大武美香, “3者間共食コミュニケーションにおける発話と食事行動の関係,” 電子情報通信学会技術研究報告, Vol111, No. 393, pp. 33-36, 2012.
- 51) 榎本美香, 石崎雅人, 小磯花絵, 伝康晴, 水上悦雄, 矢野博之, “相互行為分析のための単位に関する検討”, 電子情報通信学会技術研究報告. HCS, ヒューマンコミュニケーション基礎 104(445), pp. 45-50, (2004).
- 52) 水上悦雄, 矢野博之, “対話における間の構造”, 人工智能学会研究会資料. SIG-SLUD-A302-08, pp, 43-48, (2003).
- 53) Sacks, Harvey, Emanuel Schegloff and Gail Jefferson. “A simplest systematics for the organization of turn-taking for conversation” Language, 50(4), 696-735, (1974).
- 54) 中井陽子, 言語・非言語行動によるターンの受け継ぎの表示, 早稲田大学日本語教育研究, Vol. 3, pp. 23-39, (2003).
- 55) 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, 2002-SLP-45-10, pp. 57-64 (2003).
- 56) 筒井貴之, 石塚満: キャラクターエージェント制御機能を有するマルチモーダル・プレゼンテーション記述言語MPML, 情報処理学会論文誌, Vol. 41, No. 4, pp. 1124-1133 (2000).
- 57) WELCOME TO TVML SITE - TV Program Making Language

- <<http://www.nhk.or.jp/str1/tvml/index.html>>
- 58) MMDAgent -Toolkit for building voice interaction systems-
<<http://www.mmdagent.jp/>>
- 59) VPVP, <<http://www.geocities.jp/higuchuu4/>>
- 60) 塩原拓人, 井上智雄, 共食エージェントがユーザの食事に及ぼす影響, 情報処理学会研究報告, Vol.2013-DCC-4, No.12, pp.1-8, (2013).
- 61) 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, pp.290-297, (2008).
- 62) 堀洋直, 心理測定尺度集II, サイエンス社, (2001).
- 63) 井上正明, 小林利宣, 日本におけるSD法による研究分野とその形容詞対尺度構成の概観, Jap. J. of Educ. Psychol., 1985, 33, 253-260.
- 64) Isaksen, Scott G. A review of brainstorming research: Six critical issues for inquiry. Creative Research Unit, Creative Problem Solving Group-Buffalo, (1998).
- 65) Diehl, M., & Stroebe, W. (1987). Productivity loss in brainstorming groups: Toward the solution of a riddle. J. of Personality and Social Psychology, 53(3), 497-509.
- 66) Barki, H., & Pinsonneault, A. (2001). Small group brainstorming and idea quality: Is electronic brainstorming the most effective approach? Small Group Research, 32(2), 158-205.
- 67) Bao, P., Gerber, E., Gergle, D. and Hoffman, D. Momentum, getting and staying on topic during a brainstorm. In Proc. CHI 2010, ACM (2010), 1233-1236.
- 68) 大坊郁夫: しぐさのコミュニケーション: 人は親しみをどう伝え合うか, サイエンス社 (1998).
- 69) 石崎雅人, 伝康晴(編), ” 談話と対話”, 東京大学出版会, pp.146-150 2001.
- 70) Kendon, A. “Some functions of gaze-direction in social interaction”, Acta Psychologica, 26, p22-63, (1967).
- 71) Argyle, M. and Cook, M: Gaze and Mutual Gaze (1976).
- 72) SPSS<<http://www-01.ibm.com/software/jp/analytics/spss/products/statistics/>>
- 73) 吉武 久美子, ひくことが持つ優位性—自己主張と対人関係円滑化を両立させるための対人的コミュニケーション方略—, 心理學研究 62(4), 229-234, 1991.

- 74) 平山高嗣, 大西哲郎, 朴惠宣, 松山隆司, 対話における顔向けを伴う働きかけが同意・不同意応答のタイミングに及ぼす影響, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol. 10, No. 4, pp. 385-394, 2008.
- 75) 檜垣雄也, 古川大智, 井上智雄, 二者間対面对話における食事の偏在に応じたコミュニケーションの差異の分析, 電子情報通信学会研究報告, Vol. 113, No. 72, pp. 91-96, (2013).
- 76) McNeill, D. (1992). Hand and Mind: What Gestures Reveal about Thought. Chicago: University of Chicago Press.
- 77) 中里 収, 田本 真詞, 菊池 英明, 吉村 隆 “課題遂行対話における対話潤滑語の認定” 人工知能学会誌 Vol. 14, No. 5, pp. 900 -906, 1999.
- 78) 山根友恵, “日本語の談話におけるフィラー”, くろしお出版, 東京, 2002.