

共起・共助関係の解析による  
円滑なコミュニケーションに向けた  
対話支援システム

五味 怜央奈

# 目次

第1章 緒言 .....	4
1.1 背景と目的 .....	4
1.2 本論文の構成.....	6
第2章 円滑なコミュニケーションに向けた共起・共助関係の解析と生体的評価指標 .....	9
2.1 対話支援に用いる話題とユーザ本人から獲得する個人属性との関係.....	9
2.1.1 従来研究に基づくカテゴリベースによる個人属性項目の選定 .....	9
2.1.2 二者間の対話に向けた話題としての個人属性項目の選定 .....	10
2.2 対話の円滑さを評価するために用いた生体的評価指標 .....	12
2.2.1 対話中に取得した音声データと心拍データ .....	13
2.2.2 心拍データを用いて算出する LF/HF .....	16
第3章 ユーザから獲得した個人属性を用いた共起・共助関係の構築手法 .....	19
3.1 対話支援システムに適した共起・共助関係構築のための個人属性項目に対する軸の選定 .....	19
3.2 共起・共助関係構築手法の提案.....	22
3.3 まとめ .....	28
第4章 遠隔対話テレプレゼンスロボットにおける頭部動作を用いた対話支援.....	29
4.1 遠隔対話テレプレゼンスロボットのシステム概要.....	29
4.2 対話における共起・共助関係とエンタテインメント現象.....	33
4.3 頭部動作を用いた対話支援技術の提案.....	35
4.3.1 遠隔対話テレプレゼンスロボットにおける画面の揺れ.....	35
4.3.2 画面の揺れが対話者に与える影響を調査する事前実験.....	36
4.3.3 聞き手の頷きを伝達するテレプレゼンスロボットの開発 .....	37
4.3.4 聞き手の頷きのみを伝達するテレプレゼンスロボットと全頭部動作を伝達するテレプレゼンスロボットの比較実験 .....	39
4.3.5 比較実験における対話者個人の状態観測による LF/HF の解析.....	39
4.4 まとめ .....	41
第5章 メディエータロボットにおける話題提示に対する生体的評価指標の解析 .....	42
5.1 メディエータロボットのシステム概要.....	42
5.2 話題提示に対する生体的評価指標の解析 .....	44
5.2.1 話題提示手法 1—3 秒間の沈黙発生時に話題提示 .....	45
5.2.2 話題提示手法 2—10 分経過毎に仲介役の人間による話題提示 .....	47
5.2.3 話題提示手法 3—10 分経過毎にメディエータロボットによる話題提示.....	60

5.3 まとめ .....	69
<b>第6章 結言</b> .....	<b>71</b>
<b>謝辞</b> .....	<b>74</b>
参考文献 .....	76
<b>付録</b> .....	<b>82</b>
表 5.1 の共起・共助関係構築に使用した被験者の得意不得意に関する回答 [4] .....	82
表 5.1 の共起・共助関係構築に使用した被験者の興味の度合いに関する回答 [4] .....	83
表 5.6 の共起・共助関係構築に使用した被験者の得意不得意に関する回答 [4] .....	84
表 5.6 の共起・共助関係構築に使用した被験者の興味の度合いに関する回答 [4] .....	85
個人属性項目 C の選定にあたって行なった事前アンケート 112 項目の集計結果 .....	86
話題提示手法 3 で獲得した話しやすい話題 30 項目に対する user1 の個人属性リスト .....	90
話題提示手法 3 で獲得した話しやすい話題 30 項目に対する user2 の個人属性リスト .....	91
話題提示手法 3 で獲得した話しやすい話題 30 項目に対する user3 の個人属性リスト .....	92
話題提示手法 3 で獲得した話しやすい話題 30 項目に対する user4 の個人属性リスト .....	93
話題提示手法 3 で獲得した話しやすい話題 30 項目に対する user5 の個人属性リスト .....	94
話題提示手法 3 で獲得した話しやすい話題 30 項目に対する user6 の個人属性リスト .....	95
話題提示手法 3 で獲得した話しやすい話題 30 項目に対する user7 の個人属性リスト .....	96
話題提示手法 3 で獲得した話しやすい話題 30 項目に対する user8 の個人属性リスト .....	97
話題提示手法 3 で獲得した話しやすい話題 30 項目に対する user9 の個人属性リスト .....	98
話題提示手法 3 で獲得した話しやすい話題 30 項目に対する user10 の個人属性リスト .....	99

# 第1章 緒言

## 1.1 背景と目的

近年、社会からの孤立や周囲とのコミュニケーション不足といった問題を抱える人々への支援が必要とされている [1] [2]. そのため、家庭内に入り人同士のコミュニケーションを活性化させることで人間関係構築支援の役割を果たす存在として対話支援システムが重要視されてきている. こうした人々の一例として、近年増加が注目されている独居高齢者<sup>1</sup>があげられる. こうした独居高齢者について、定期的に誰かと対話をし、地域コミュニティのような社会とのつながりを作っていくことで、高齢者に起こりがちな認知機能の低下を見落とすことが少なくなると考えられる. 更に、この日常生活において作られた人間関係やコミュニティは、災害時のコミュニティ形成へ役立てることが可能となる. しかし、誰かと対話するためのきっかけや、新しく人間関係を構築するためのある程度の時間が必要である. こうしたコミュニティ形成のベースとなる人間関係構築支援として、共通の趣味嗜好によって結び付けられる共起関係、苦手なことについて互いに助け合う共助関係の構築を行なった [3] [4]. また、こうした人間関係構築のためには、円滑なコミュニケーションが必要である. しかし、既存の対話支援システムの問題点として、共起・共助関係などユーザが持つ人間関係を理解できず円滑なコミュニケーションを妨げている点、離れている個人同士のコミュニケーションを活性化させるために必要な自然な遠隔対話におけるノンバーバルな対話感覚が不十分である点 [5]、円滑なコミュニケーションに見られる対話活性化による持続的な対話のための支援技術が不十分である点などがあげられる. これらの問題解決のため、円滑なコミュニケーションに見られる対話の活性化と、円滑なコミュニケーションに必要な非言語情報の伝達に着目した. 本論文では、まず個人属性獲得による共起・共助関係の構築手法を示す. そして、遠隔対話において対話相手とその場で対面しているような対話感覚を伝達する技術(テレプレゼンス)を用いたロボットにおける頭部動作を用いた円滑な対話支援技術の提案を行なう. さらに、二者対話の仲介役を務めるロボット(メデイエータロボット)における話題提示に対する対話の円滑さに関連する生体的評価指標の解析を行なう. 対話支援システムによる円滑なコミュニケーションの実現に向けて、本論文では大きく分けて二つの取り組みを行なう. 一つは対話支援システムによる話題提示のためのユーザの個人属性と人間関係の解析、もう一つは対話支援システムの構築である. 個人属性については2章、人間関係の把握のための共起・共助関係の解析については3章でそれぞれ詳細を述べる. また、対話支援システムについて、離れた個人同士における非言語情報伝達のための遠隔対話テレプレゼンスロボットについては4章、メデイエータロボットによる話題提示に対する生体的評価指標の解析については5章で詳細を述べる.

まず、円滑なコミュニケーションに見られる対話活性化に着目する. 全てのユーザが必ずしも円滑なコミュニケーションを行なうことが可能とは限らない. 共起・共助関係といった対話のきっかけを得ることができたとしても、持続的な対話につながらない場合も考えられる. 円滑なコミュニケーションに見られる持続的な対話のためには、対話の活性化が有効である. この対話活性化のための手法の一つとして、ユーザが興味を持つ話題を提示することが有効と考えられる. ユーザの興味に合わせた話題提示の方法については様々な既存研究が見られるが、本論文ではロボットと人の対話ではなく人同士の対話を円滑なものにし向上させることを目的

<sup>1</sup> 内閣府HP [[https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2016/html/zenbun/s1\\_2\\_1.html](https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2016/html/zenbun/s1_2_1.html)] (最終アクセス 2019/01)

としている。また、ユーザ同士の対話による人間関係構築とコミュニティ形成・活性化にむけた対話支援を目標としている。共起・共助関係となったユーザ同士のために対話する二者に関わりのある話題を提示することが、関係を深めていくために有効と考える。また、こうしたユーザ同士に関わりのある話題を把握するために、まず対話支援システム側が対話者同士の人間関係を把握する必要がある。そこで、まず対話支援に向けた共起・共助関係の構築を行なう。さらに話題提示につなげるため、「誰と誰がどういった項目によって結び付けられているのか」について共起・共助関係といったユーザの人間関係を解析する。本論文では、個人属性獲得による共起・共助関係の構築手法において、はじめにユーザ本人から個人属性を獲得する。その後、対話支援に用いる話題決定のため、獲得した個人属性を用いたマッチング処理により共起・共助関係を発見する。更に、個人属性の項目と種類を洗練したマッチング処理を行なう。このことで、対話支援システムにおける話題提示に向けた共起・共助関係を構築できる。

次に、離れた個人同士の対話活性化に必要な、自然な遠隔対話における非言語情報の伝達に着目する。非言語情報は人同士のコミュニケーションにおいて、他人に与える印象の9割以上を占める [6]とされている。この非言語情報の中でも更に重要とされている頭部動作に着目する。遠隔対話テレプレゼンスロボットにおける頭部動作を用いた円滑な対話支援技術 [7]を提案する。その後、提案ロボット [7]を用いて共起・共助関係となった被験者間で遠隔対話を行なった。対話中に対話への興味が高くなり対話へ引き込まれていくことで、対話者間で呼吸や身体動作など生体・心理現象のリズムが同期していく現象をエントレインメント現象と呼ぶ。共起・共助関係が対話中のユーザに与える影響について生体的側面から調べるために、心拍データのエントレインメント現象について解析した。この提案ロボット [7]のように、頭部にカメラが付いているテレプレゼンスロボットは、全ての動作を伝達すると対話相手の顔を映す画面の揺れが頻繁に発生する。アイコンタクトのずれの発生や話し手による聞き手の様子の確認を妨げるなどの問題が起き、円滑なコミュニケーションの妨げになると考えられる。そこで本論文では、以前の提案ロボット [7]から伝達する頭部動作を削減し、新たに聞き手の頭部動作を伝達する遠隔対話テレプレゼンスロボットを提案する [8]。伝達する頭部動作の削減が有用であるかを調べるため、以前の提案ロボット [7]と聞き手の頷きのみを伝達する提案ロボット [8]との比較実験を行なった。ロボットによる頭部動作の各伝達パターンに対する被験者のストレスを調べるため、心拍データから算出する LF/HF をストレス指標として用いた。これらの結果から、共起・共助関係の話題を提示することによりエントレインメント現象を誘発させる現象、また伝達する頭部動作を聞き手の頷きのみで削減することで、対話中のユーザのストレスが減少する現象が見られた。

さらに、円滑なコミュニケーションにみられる要素の一つとして持続的な対話であることがあげられる。この持続的な対話のためには盛り下がり状態を減らし、対話を活性化へ導くことが有効と考えられる。そこで本論文では、盛り下がり状態が少なく対話が活性化し長く続いていくことを持続的な対話と定義する。対話活性化のための手法の一つとして、ユーザが興味を持つ話題を提示することが有効である。ユーザの興味に合わせた話題提示の方法については様々な既存研究が見られるが、本論文ではロボットと人の対話ではなく人同士の対話を円滑なものにし向上させることを目的としている。また、ユーザ同士の対話による人間関係構築とコミュニティ形成・活性化にむけた対話支援を目標としている。共起・共助関係となったユーザ同士に関わりのある話題を提示することが、関係を深めていくために有効と考えるためである。しかし、ただ話題提示をするだけでは対話の活性化を妨げ、結果的に円滑なコミュニケーションを妨げてしまう。そこで、こうした話題提示のためには、対話支援システムが適切なタイミングで話題提示をしていくことが重要となる。話題提示に適切なタイミングを測るためには、対話中のユーザの状態を観測することが必要と考えられる。ユーザの状態の観

測手法としては、視線や表情、身振り手振りなどの身体動作などがあげられる。しかし、こうした目に見える情報に関する観測のみではユーザ本人による動作の癖を考慮する必要があると考えられる。特に、表情では愛想笑いなどによりユーザが本当に対話に興味を持って参加しているか判別が難しいといったことも考えられる。そのため、将来的にこれらの観測に対しユーザの生体的側面の観測も加えることで、ユーザの状態をより細かく観測しやすくなると考えられる。したがって本論文では、メディエータロボットによる話題提示に向けて、対話中のユーザの状態について生体的評価指標を用いて観測する。メディエータロボットにおける話題提示に対する対話の円滑さに関連する生体的評価指標の解析において、前述の提案手法にて構築した共起・共助関係を用いてメディエータロボットによる3パターンの対話実験を行なった。更に、二者間における対話への影響と対話者個人の状態を観測するため、対話中に測定した被験者の生体的評価指標を解析した。この解析により、メディエータロボットによる共起・共助関係に基づく話題提示における持続的な会話への有効性を示す。

## 1.2 本論文の構成

本論文は本章を含めて6章から構成されている。

本章では、本研究の背景及び、対話支援システムによる人同士における円滑なコミュニケーションの実現にあたって解決すべき問題点を明らかにし、目的と本論文の構成について述べた。2章では、本論文の基礎となる対話支援に用いる話題とユーザ本人から獲得する個人属性との関係について述べる。次に、対話支援に用いる話題として適するよう選定した個人属性の項目数・種類について述べる。その後、対話の円滑さを評価するために用いた生体的評価指標について述べる。本論文では、対話する二者間における対話への影響と、対話中における対話者個人ごとの盛り上がり・盛り下がり状態の推移を観測するため、対話中に測定した音声データとLF/HFを生体的評価指標として用いて解析する。2章以降の各章の位置付けについて図1.1に示す。

3章では、対話支援に用いる話題決定のため、ユーザから獲得した個人属性を用いた共起・共助関係の構築手法を提案する。また、対話支援システムに適した共起・共助関係構築のため、2章で選定した個人属性項目においてユーザから獲得する必要がある軸について検討する。4章では、はじめに遠隔対話テレプレゼンスロボットのシステム概要について述べる。共起・共助関係による遠隔対話における対話への影響について、心拍データの解析によりエントレインメント現象の発生について調べる。更に、伝達する頭部動作の限定によりシステムを改善し、聞き手の頷きのみを伝達する遠隔対話テレプレゼンスロボットを提案する。こうした工夫により、共起・共助関係に基づく話題提示がエントレインメント現象を誘発し、伝達する頭部動作を聞き手の頷きのみで限定することでユーザのストレスが軽減され、円滑なコミュニケーションの実現に有効であることを示す。5章では、はじめにメディエータロボットの概要について述べる。メディエータロボットによる3パターンの話題提示手法による各対話実験について、対話の円滑さに関連する生体的評価指標を解析する。二者間における対話への影響について、LF/HF平均の二者間における相関とオーバーラップ現象の解析により、LF/HFの二者間における相関とオーバーラップ発生時間との間に見られる現象について述べる。また、対話者個人ごとの状態推移について、各話題におけるLF/HF推移の解析により、メディエータロボットによる共起・共助関係に基づく話題提示と対話活性化による持続的な対話との関連性について述べる。6章では本論文で論じたことを総括的にまとめる。

本論文で得る成果を以下に述べる。4章では、遠隔対話テレプレゼンスロボットにおける頭部動作を用いた対話支援において、共起・共助関係がエントレインメント現象を誘発することから、遠隔対話においても円滑なコミュニケーションの実現に有効であるという可能性を示す。また、伝達する頭部動作の情報量を聞き手の

顔きのみ削減することが遠隔対話テレプレゼンスロボットを使用するユーザのストレス減少につながり、遠隔対話における円滑なコミュニケーションの実現に有用であることを示す。5章では、話題提示を行なうタイミングを測るための生体的評価指標として、最も特徴が表れていた LF/HF が指標として有効である可能性を示す。また、LF/HF の解析により、共起・共助関係といった個人属性に基づく話題提示がユーザの対話への興味・興奮度合いを高くすることで対話活性化に繋がり、円滑なコミュニケーションに見られる持続的な対話に有効である可能性を示す。

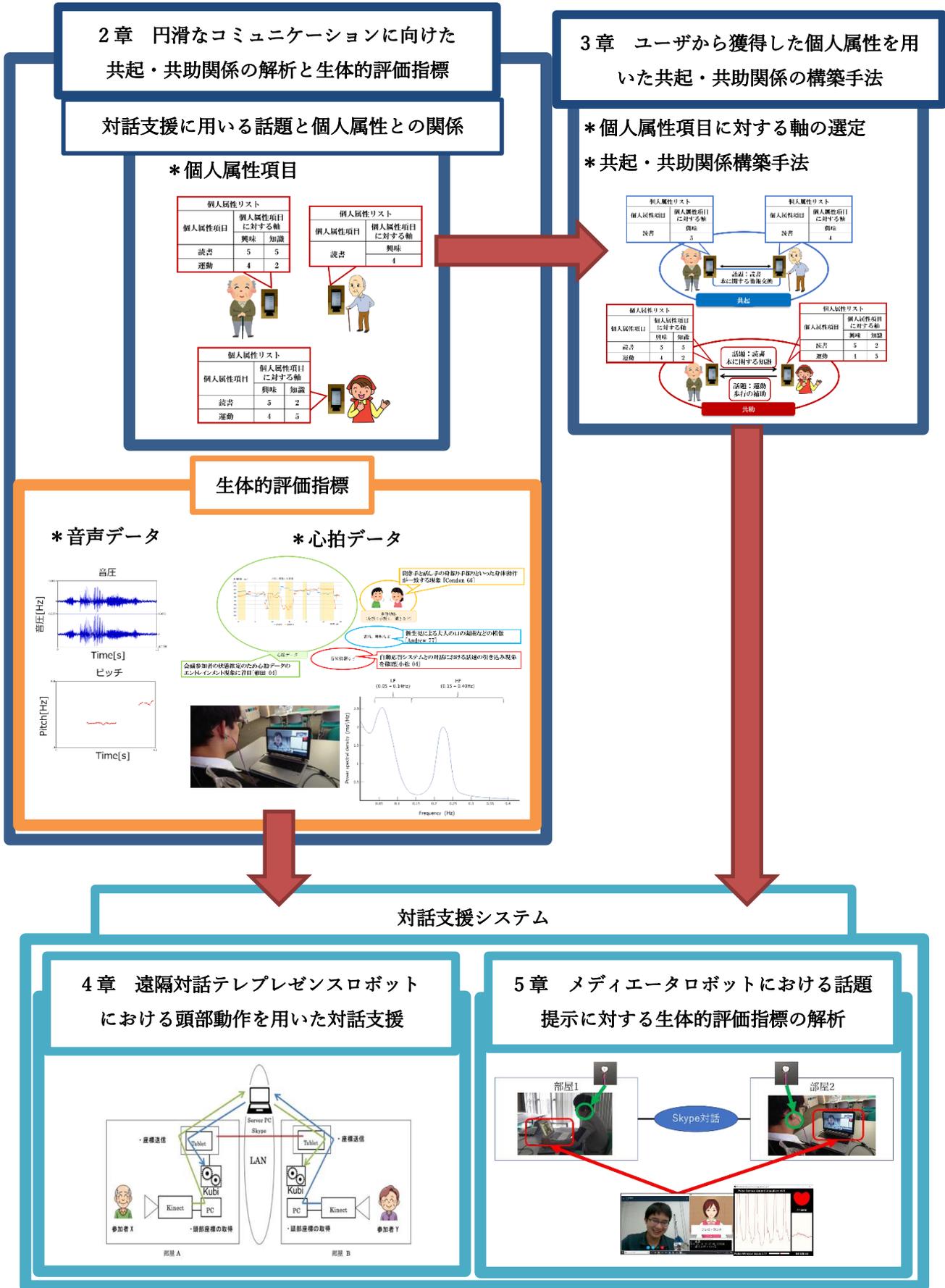


図 1.1 各章の位置付け

## 第2章 円滑なコミュニケーションに向けた共起・共助関係の解析と生体的評価指標

本章では、本論文の基礎となる対話支援に用いる話題とユーザ本人から獲得する個人属性との関係について述べる。その後、対話の円滑さを評価するために用いた生体的評価指標について述べる。本論文では、二者間における対話への影響を観測するため、対話中に測定した心拍データと音響情報を生体的評価指標として用いて、エントレインメント現象について解析する。また、対話中における対話者個人ごとの状態を観測するため、心拍データを用いて算出する交感神経と副交感神経のバランス値 LF/HF を生体的評価指標として用いる。

### 2.1 対話支援に用いる話題とユーザ本人から獲得する個人属性との関係

共起・共助関係の構築に向けて、はじめにユーザ本人から個人属性を獲得する。個人属性とは、「何が好きか?」、「何が得意/不得意か?」などといったユーザの趣味嗜好・能力を指す。本研究で目指す対話支援システムは、こういった個人属性を獲得しこれを用いて共起・共助関係を構築した後に、共起・共助関係の個人属性を対話において提示する話題として活用する流れとなっている。共起・共助関係発見後、実際に対話をする機会や、対話のきっかけとなる話題を用意することで、人間関係を深めていくための支援となる。このためにまず、個人属性項目を選定し、次にこの個人属性項目に対する軸を選定する。そして、これら二つを用いて個人属性獲得のためのアンケートを作成し、このアンケートに対する回答から作成した個人属性リストを用いてマッチング処理を行なう。本節では個人属性項目の選定について詳細を述べ、軸の選定とマッチング処理の流れについては3章で詳細を述べる。

#### 2.1.1 従来研究に基づくカテゴリベースによる個人属性項目の選定

本論文の先行研究において、アンケート形式とロボットとの対話形式の2パターンによる個人属性獲得調査を行なった [9]。2パターンによって獲得した個人属性の結果には大きな差は見られなかった。ロボットと人との会話から、特徴となるキーワードを抽出し、興味関心の情報を得る手法についても検討している [10] [11]。こうした手法によりロボットの対話をコントロールすることで、ユーザに対して直接的に「好きですか?」「興味はありますか?」と尋ねることも可能となり、より必要な情報に絞って抽出することが可能となる。アンケートの欠点としては頻繁に行うことが難しく、体調などのような移り変わりのある要素への対応が困難となる点である。しかし、直接的に本人の好みを知ることが可能となる。アンケートやインタビューなどの形式から始め、どのような聞き方をすれば特徴を抽出しやすいのかといった知見を得て、ロボットの対話生成やユーザへの質問のコントロールへの応用が期待できる。システムの質問コントロールに関する関連研究としては、質問への回答者の意欲・回答に対する回答者の専門知識を予測し、回答者ごとにより適した質問への回答を推薦するシステムを提案するものがあげられる [12]。こうした関連研究のような手法により、ユーザの興味が高い質問に比重をおき掘り下げていくことも可能となる。しかし本論文では、二者間の対話における話題提示に

向けた共起・共助関係を構築するため、確実に本人から回答が得られるアンケート形式により個人属性獲得を行なった。はじめに、共起・共助関係を発見することを目的として、ユーザから獲得する個人属性項目の選定をおこなった。野村ら [13]は雑談対話ロボットのカテゴリ推定を目的として、学生 10 人で 313 文作成した定型文を同じ 10 人でカテゴリ分けし、カテゴリを 18 個作成した。しかし、本論文で目的としている共起・共助関係の発見に向かないものであること、また作成した 18 カテゴリの中で重複が考えられるもの(例：料理と食事)があったため、カテゴリの再考が必要である。本論文において、同一研究室のメンバ 20 代学生を対象として個人属性の獲得を行なっているため、まず学生のコミュニティを対象としたカテゴリに変更した。更に、少人数のコミュニティでは 30 個前後であればマッチングの可能性が高くなることが分かっている [14]。こうした理由から、変更した前述のカテゴリをベースにコミュニティ規模に合わせて項目数を全 30 項目に増やした。各カテゴリに対して偏りが出ないように、なるべく均等になるよう項目を決定した。これらを表 2.1 に示す [3] [15]。しかし、勉強カテゴリの項目は共起・共助関係構築後の対話実験において対話しづらくなっていると思われる場面がしばしば見られた。このことから、カテゴリをベースにしたことによって、個人属性獲得のための項目としては適していたが、実際の対話における話題としては適していなかったことが分かった。したがって次節では、項目数 30 個をそのままに、個人属性獲得に加え、ユーザにとって馴染みがあり提示する話題としても適するように改めて項目を選定する。

表 2.1 カテゴリベースで検討した個人属性 30 項目 [3]

カテゴリ	項目
勉強	国語, 数学, 化学, 物理, 生物, 地理, 歴史, 公民, 英語, 美術, プログラミング
趣味	運動など体を動かすこと, 読書, 動物, 音楽を聴く, 歌を歌う, ゲーム, お祭りなどイベント参加, 映画, お酒, 海, 山
日常生活	料理, 旅行などの外出, 掃除, 洗濯, テレビを見る, 買い物, 外食, 車の運転

### 2.1.2 二者間の対話に向けた話題としての個人属性項目の選定

前節で述べた理由から、個人属性の項目を改めて選定する。個人属性の項目は、Yahoo!知恵袋<sup>2</sup>の質問における大・中カテゴリと、Facebook の個人プロフィールにおける趣味・関心カテゴリ<sup>3</sup>を参考とした。改めて選定した個人属性項目を表 2.2 に示す [4]。表 2.2 に示した 30 項目について被験者の個人属性を獲得するためにアンケートを行なった。表 2.2 に示した各項目に対して、被験者の能力を獲得するための得意不得意、興味を持つレベルを獲得するための興味の度合いの二種類の軸について回答してもらった。各個人属性項目に対する軸の種類については、3 章で詳細を述べる。また、アンケートの回答者として、同一研究室のメンバ 20 代学生 12 名を集めた。実際の生活において共起・共助関係を構築する際に、近所・隣人同士程度の規模の小さい

<sup>2</sup> yahoo!知恵袋カテゴリ一覧 [https://chiebukuro.yahoo.co.jp/dir/dir\_list.php] (最終アクセス 2019/01)

<sup>3</sup> Facebook広告の詳細ターゲット設定～趣味・関心編～(2016.11.09) [https://marketer.jp/target-setting-hobby\_interest-3433.html] (最終アクセス 2017/10)

表 2.2 二者間の対話に向けた話題としての個人属性 30 項目 [4]

料理	掃除	洗濯	早起き	裁縫
車の運転	整理整頓	人と話すこと	お酒	アイロンがけ
読書	カラオケ	細かい作業	写真を撮ること	ゲーム
楽器演奏	プログラミング	DIY	買い物	アウトドア
人に教えること	スポーツ	日記・ブログ	計画を立てる	イベント参加
資格	語学	フィットネス	絵を描くこと	ペットの世話

コミュニティが対象となる。近所・近隣同士は、最低でもほぼ一度は顔を合わせたことがある程度の顔見知りの関係から何度も会話をしたことがある程度までの関係までが含まれていると考えられる。そのため、本論文における個人属性獲得のためのアンケート・マッチング・対話実験の被験者には、これらの関係性が含まれていると考えられる同一研究室に所属する学生を対象とした。アンケート回答者には、各項目に対して 5 段階評価で回答してもらい、5 に近いほど得意/興味レベルが高い、1 に近いほど苦手/興味レベルが低いことを表す。

本論文では、獲得した個人属性を用いて共起・共助関係を構築し、構築した二者間の対話において二者に関連する個人属性を話題として提示する。表 2.2 において、カテゴリによる制約がなくなったことにより、話題として提示可能な個人属性項目に改善された。しかし、表 2.2 の項目の中で被験者にとってあまり馴染みがなく話題として話しづらいと感じてしまう項目(例：人と話すこと、計画を立てること)があり、共起・共助関係の話題として提示された場合でも対話が長続きしないという問題があった。したがって、個人属性としてだけでなく、話題としてもより適した項目を探す必要がある。そこで、対話実験で使用する話題として被験者にとって馴染みのある項目を選定することを目的として事前アンケートを行なった。表 2.2 に示した項目選定と同様の理由により、アンケート回答者として同一研究室に所属する 20 代学生 12 名を集めた。内訳は男子学生 9 名、女子学生 3 名である。事前アンケートには、あらかじめ話題として不適当と判断した項目(例：投稿練習)を除く Yahoo!知恵袋の中カテゴリ 112 個を使用した。これらの項目に対して、「各項目について顔見知り・知人と話すことを想定した場合、どの程度話しやすいか」という想定の下に、話しやすい(5 点)/どちらでもない(3 点)/話しにくい(1 点)の 3 択で回答してもらい、その中でスコアが上位 30 位までのものを選定した。話しやすい 30 項目を表 2.3 に示す。表 2.3 に示した各項目に対して、被験者の知識量のレベルを獲得するための知識の度合い、興味を持つレベルを獲得するための興味の度合いの二軸について回答してもらった。各項目に対する回答の軸については、3 章で詳細を述べる。また、表 2.3 に示した話しやすい話題としての個人属性項目と比較を行なうため、スコアが下位 10 位のもの話しづらい話題としての個人属性項目として選定した。選んだ 10 項目を表 2.4 に示す。被験者集団の年齢層により話しやすい話題・話しづらい話題は異なると考えられるが、本論文では、学生の小規模なコミュニティ内(10 名前後)における共起・共助関係の発見とそれらの関係性に基づく話題提示を想定している。また、表 2.3、表 2.4 の項目について、二者間の対話における話題提示による対話中の盛り上がり・盛り下りの観測に焦点を当てるため、共起・共助関係構築には用いていな

い、5章で詳細を述べる。

表 2.3 話しやすい話題としての個人属性 30 項目

テレビ・ラジオ	音楽
映画	アニメ・コミック
ゲーム	趣味
本・雑誌	ファッション
クリスマス	正月・年末年始
プログラミング	国内旅行
料理・レシピ	家事
ショッピング	スマホアプリ
画像・写真共有	ニュース・事件
言葉・語学	サイエンス
日用品・生活雑貨	派遣・アルバイト・パート
生き方・人生相談	数学
大学・短大・大学院	受験・進学
パソコン	スポーツ
ユーモア・ネタ	フィットネス

表 2.4 話しづらい話題としての個人属性 10 項目

おもちゃ	マナー
災害	携帯電話キャリア
インターネット接続	インターネットサービス
オークション・フリマサービス	宿題
健康・病気・病院	家計・貯金

## 2.2 対話の円滑さを評価するために用いた生体的評価指標

対話の円滑さを評価するために4章、5章において用いた生体的評価指標について述べる。本論文では、二つの視点から生体的評価指標の解析を行なった。生体的指標は大きく分けて、音声データと心拍データの二つを使用した。音声データは音響特徴量とオーバーラップ現象の二つを使用し、心拍データはエントレイメント現象と心拍データから算出する交感神経と副交感神経のバランス値 LF/HF を使用した。4章では、心拍データのエントレイメント現象と LF/HF 平均をストレス指標として用いている。また5章では、音響特徴量とオーバーラップ現象、LF/HF 平均を対話活性化の指標として用いている。LF/HF の解釈としては、値が高いほどストレスが高く、値が低いほどストレスが低くリラックス状態にあるとされている。しかし、ストレスが高いだけではなく興奮している状態においても値が高くなるといった場合もあり、個人の体調や体の動きなど様々な要因により影響を受ける。そのため、LF/HF については様々な方向性から解釈する必要があるもの

である。本論文において LF/HF は、二者間における対話への影響と対話者個人ごとの状態における対話への影響の二つの視点で使用した。4 章では、対話中のストレス値観測として、二者間における対話への影響を観測するため LF/HF を使用した。また 5 章では、対話中の二者間の状態観測のために二者間における LF/HF 平均の相関を使用し、対話者個人ごとの状態観測のために個別の LF/HF 平均推移を使用した。使用した結果についての詳細はそれぞれ 4 章と 5 章で述べる。

### 2.2.1 対話中に取得した音声データと心拍データ

本論文では、対話中のユーザの状態を調べるための生体的評価指標として音声データと心拍データの二種類を用いた。実際にこれらを生体的評価指標として用いて解析した詳細については 4 章と 5 章にて述べる。

まず音声データについて、対話音声から数値として抽出される音響特徴量と、対話活性化時に見られるオーバーラップ現象の二種類に着目する。メディアエータロボットが人同士の対話への介入を判断するために、対話中は一定時間ごとにユーザの状態を観測しなければならない。そこで本論文では、一定時間を 5 秒間としてこれを 1 フレームと数えることとし、取得した対話音声を 5 秒間ごとに分割する前処理を行なう。その後、音響特徴量は対話音声から音声解析ソフト Praat [16]により算出される。音圧実効値、最大音圧、最小音圧、音圧レンジ、平均ピッチ、最大ピッチ、最小ピッチ、ピッチレンジの 8 種類である。音響情報を用いた雑談対話システムについて多くの研究がされている。太田ら [17]は、人と雑談対話システムとの対話の継続率改善を目的として、ユーザの発話に対する適切な応答の種類をシステムが自動的に判別する手法を提案している。単語を複数の特徴と数値で表した言語特徴量である単語の分散表現と音響特徴量を組み合わせて学習させて判定させるものである。また、阿部ら [18]は雑談対話システムとユーザの自然な対話の実現を目的として、ユーザの発話に対するシステムの不適切な応答による対話破綻の検出手法を提案している。ユーザ発話とシステム発話の類似度を算出することで対話破綻の可否を判定するものであり、この研究においても言語特徴量に加え音響特徴量を使用している。本論文は、持続的かつ円滑な対話の実現を目的としている点において、これらの関連研究と類似している。しかし、本論文は人同士の対話が持続的かつ円滑な対話となることを目的としており、システムと人との対話が持続的かつ円滑な対話となることを目的としているこれらの関連研究とは異なる。

また、人同士がコミュニケーションを行う際、対話内容への興味が高くなり、対話者は共に対話に引き込まれていく。このとき、心拍や頷き・呼吸などの生理・心理現象のリズムが対話している二者間で同期する傾向が見られることがわかっている [19]。この現象はエントレインメント現象と呼ばれる。エントレインメント現象について図 2.1 に示す。エントレインメント現象は社会心理学や言語学など幅広い分野で研究されている。具体的な例としては、写真などによって他者の表情刺激を受けることで同じ表情を作るための顔面筋の活動を示す現象 [20]や、新生児による大人の口の開閉などの模倣 [21]といった表情に関する現象のほか、聞き手と話し手の身振り手振りといった身体動作が一致する現象 [22]に加え、呼吸タイミングの同期現象 [23]があげられる。更に、このエントレインメント現象と対話との関連に着目した研究が多くみられる。杉山ら [24]は、音声対話システムにおいて高い音声認識率を達成させるための対話音声データ収集を目的として、ユーザから発話を引き出すように音響的なエントレインメント現象に着目した。ユーザからの発話を引き出すことで発話数が増え、ユーザと対話システムとの対話活性化につながると考えられる。エントレインメント現象を対話の活性化に生かすという点においては、本論文と類似している。しかし、本論文は適切なタイミングにおける話題提示によって人同士の対話を活性化させることを目的としているため、音声対話システムにおいて高い音声認識率を達成させるための対話音声データ収集を目的としているこの関連研究とは異なる。また、細田ら [25]

は心拍データのエントレインメント現象に着目し、会議中の参加者の状態を推定する手法を提案している。対話における参加者の状態を推定するために心拍データのエントレインメント現象を活用するという点においては、本論文と類似している。しかし、本論文では1対1の対話における参加者の状態を推定し、システムによる適切なタイミングでの話題提示を目的としているため、多対多の対話における参加者の状態推定を目的としているこの関連研究とは異なる。更に、小松ら [26]は人と自動応答システムとの対話において、話速の引き込み現象を確認した。また、基本周波数や発話速度などといった音響特徴量に関してもエントレインメント現象が生じることも明らかにされている [27]。このように、対話とエントレインメント現象は強い関連があることが示唆されている。

そこで本論文では、音響情報と心拍データそれぞれにおけるエントレインメント現象に着目した。音響情報からは対話が活性化した際に発生するオーバーラップ現象と対話中に取得した心拍データを用いることで、提供する話題によって二者間の対話中の心理状態に同期現象が起こっているのかなどの特徴があるかどうかを調べた。本研究で着目した対話活性化に繋がるユーザの対話への興味に対して、共起・共助関係の話題がどういった影響を与えるかを音声データ以外の側面から観測するため、対話中に取得した心拍データからエントレインメント現象について解析する。本論文におけるエントレインメント現象の確認手法は4章にて詳細を述べる。

心拍データでは、図 2.2 に示す心拍の R-R 間隔を用いた<sup>4</sup>。R-R 間隔とは、R 波の発生時刻と、一つ前の R 波の発生時刻の差を指す。R-R 間隔は、運動した時や緊張した時に間隔が狭くなり、安静状態の時は間隔が広がる性質を持つ。心拍に基づくエントレインメント現象の研究では、R-R 間隔が指標として多く用いられている [25]。本論文では、対話実験の際にユーザの耳に心拍センサを装着して心拍変動を測定した。心拍変動の測定アプリケーション Processing Visualization App<sup>5</sup>と、Arduino 用の Sparkfun 社製の心拍センサを用いた。使用したセンサと測定中の画面について図 2.3 に示す。測定した心拍変動から 1Hz のサンプリングレートで R-R 間隔を選択した。パワースペクトル密度は 100 秒間の R-R 間隔データを 1 秒ごとに移動させて算出した。心拍データにおけるエントレインメント現象の観測については、4 章で詳細を述べる。



図 2.1 エントレインメント現象

<sup>4</sup> 心電図の基本波形 [https://nurseful.jp/article/magazine/正常心電図を「解剖」しよう!](最終アクセス 2019/01)

<sup>5</sup> Processing Visualization App [https://pulsesensor.com/pages/processing-visualization](最終アクセス 2018/12)

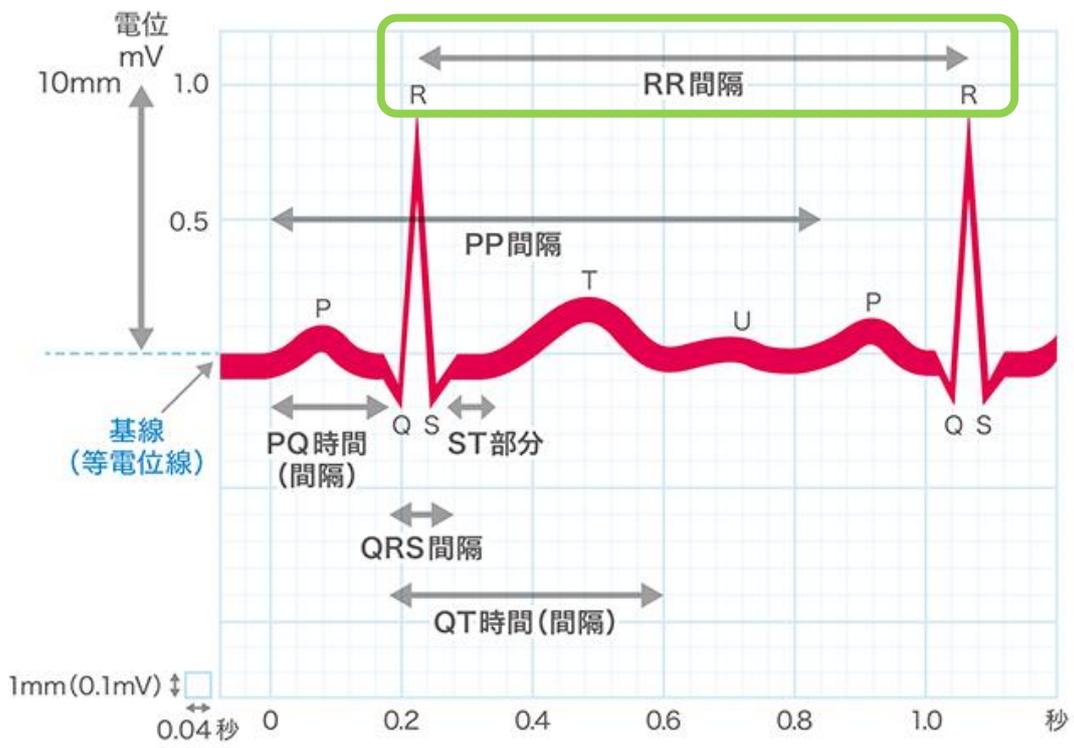


図 2.2 R-R 間隔

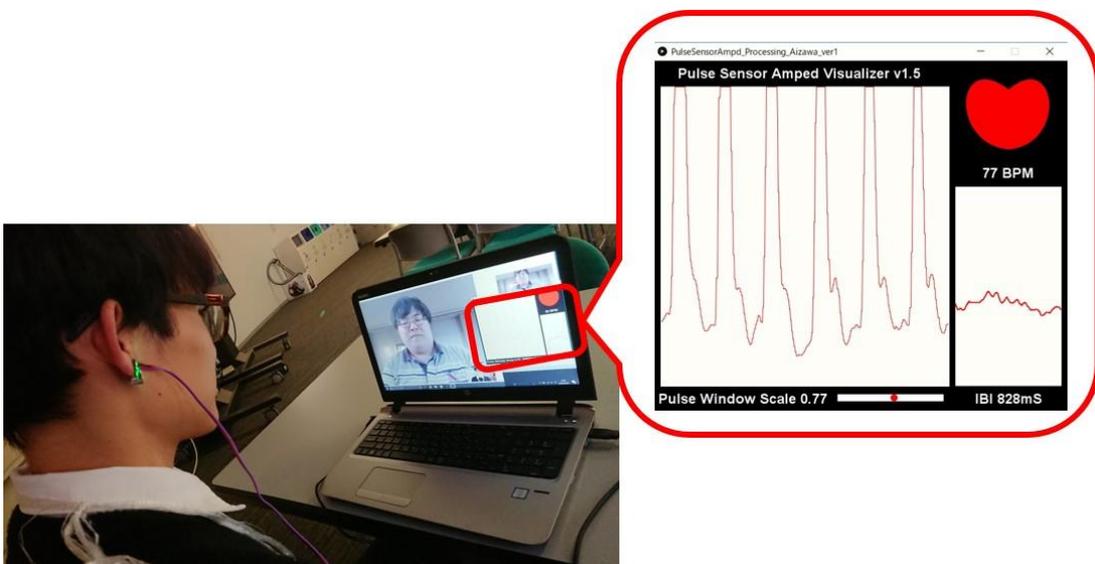


図 2.3 実験に使用した心拍センサ(装着時)と測定中の画面

## 2.2.2 心拍データを用いて算出する LF/HF

2.2.1 で述べた心拍データの解析により、対話中における二者間の状態を観測する。心拍データにおけるエントレインメント現象から、対話中の二者における対話への引き込みが確認でき、二者共に盛り上がり近づいている状態にあることが推定される。しかし、心拍データにおけるエントレインメント現象のみでは、対話者それぞれが異なる状態に近づいている場合について知ることができない。そこで本論文では、2.2.1 で述べたデータに加え、心拍データから算出する LF/HF にも着目した。LF/HF に着目した関連研究として、LF/HF の解析によりうつ病の可否を判断可能であることを示した研究があげられる [28]。このように、LF/HF を用いることで人のその時の気分や状態について判断することが可能である。また、LF/HF を指標として用いる際に考慮する要素の一つとして時間の制約があるとされており、制約事項としては長時間・短時間・特定の時間帯といったものがあげられている [29]。長時間のスパンで見える場合は長期的に LF/HF へ影響を及ぼす事象に対する指標となり、短時間のスパンで見える場合は LF/HF に対して瞬間的に影響を与える事象に対する指標となる。さらに、LF/HF の解釈としては、値が高いほどストレスが高く、値が低いほどストレスが低くリラックス状態にあるとされている。しかし、ストレスが高いだけではなく興奮している状態においても値が高くなるといった場合もあり、個人の体調や体の動きなど様々な要因により影響を受ける。そのため、LF/HF については様々な方向性から解釈する必要がある。したがって本論文では、対話中に蓄積されるストレスを観測する場合は、観測窓を 10 分間の長時間としている。また、対話中に頻繁に変化する対話活性化による興奮度合いを観測する場合は、観測窓を 100 秒間もしくは 2 分間の短時間としている。実際にこれらを用いて LF/HF の観測を行なった詳細については、4 章と 5 章にて述べる。

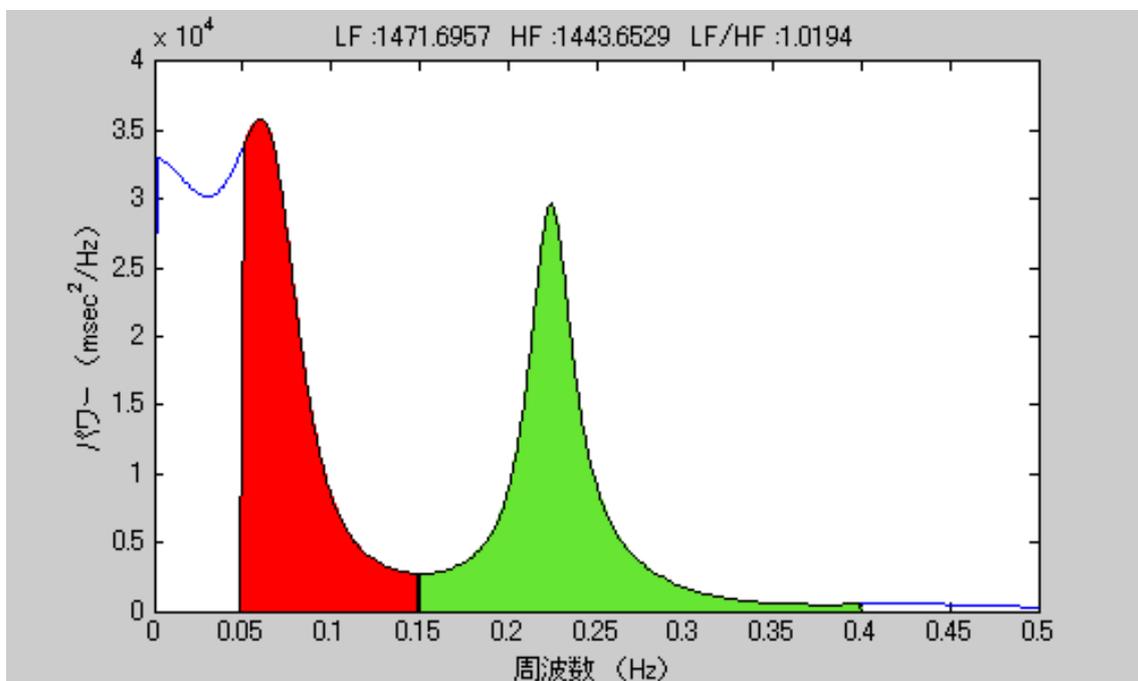


図 2.4 変動時系列データのスペクトル解析の例

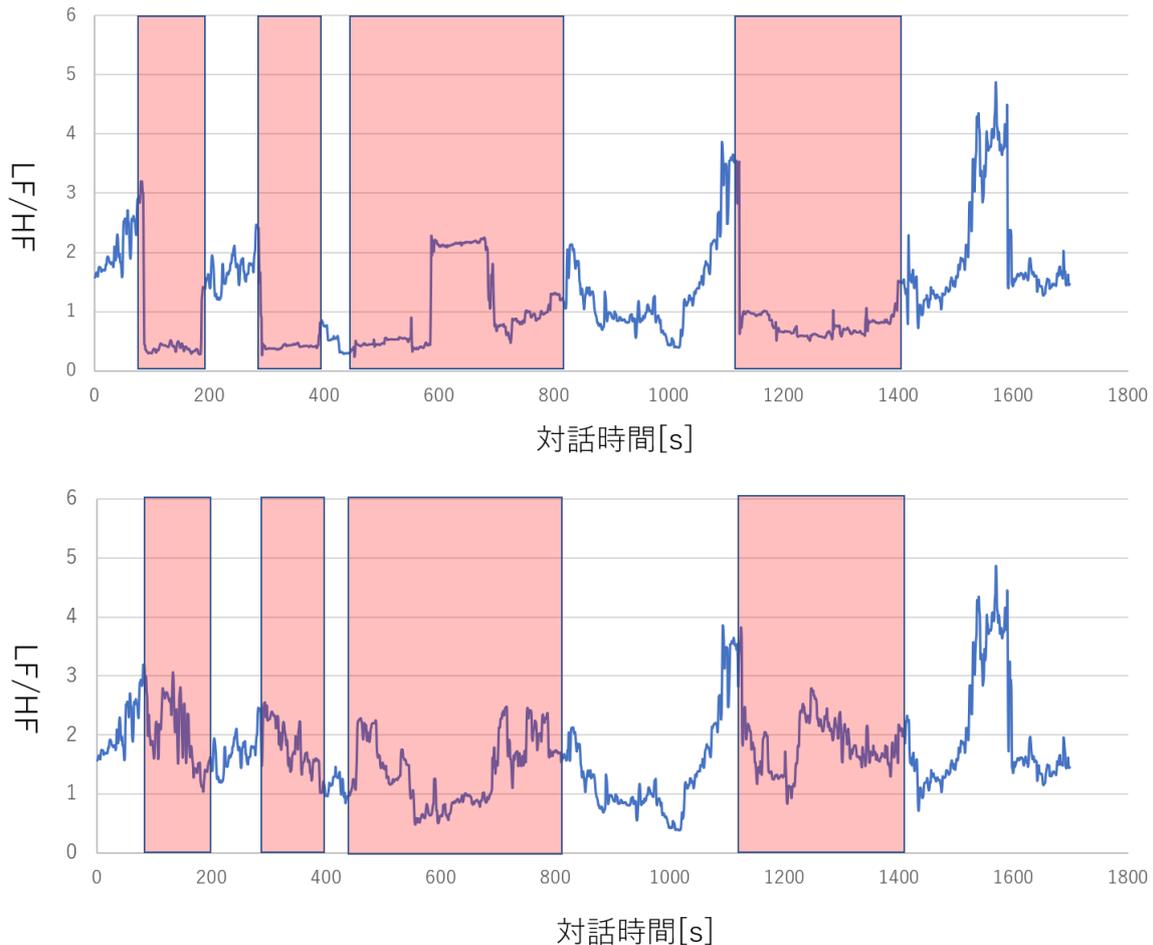


図 2.5 補間前(上部)と補間後(下部)の例

2.2.1 で述べた心拍間隔の変動時系列データをスペクトル解析することで、周波数成分に 2 つのピークが存在することが確認されている [30]. 変動時系列データのスペクトル解析結果の例<sup>6</sup>を図 2.4 に示す. まず、心拍変動データを 100 点ごとに切り出し、パワースペクトル密度のグラフを算出する. ピークのうち低周波領域 (0.05Hz-0.14Hz)において、合成 simpson 則の数値積分を行ない、算出された値は LF と呼ばれる. LF は血圧変動に対応し、交感神経と副交感神経の両方の緊張を反映する. 一方、高周波領域(0.15Hz-0.40Hz)においても、同様に合成 simpson 則の数値積分を行ない、算出された値は HF と呼ばれる. HF は呼吸変動に対応し、副交感神経のみの緊張を反映する. この 2 つの比をとった LF/HF が交感神経ストレスの評価に用いられている [31]. この LF/HF をリアルタイムに算出して使用する研究 [32]があり、対話支援システムが対話音声における評価に加えて対話者の心理状態をリアルタイムで把握し、より適したサポートにつなげることが可能であると考えられる.

今回の環境においては、心拍取得時の被験者による頷きなどの動きから、心拍間隔としては不適な数値が出力されることがあった. 正常範囲としては、心拍数 40 以下もしくは 120 以上は病的な徐脈・頻脈であるため [33], これを心拍間隔に直し、500ms~1333ms までの間を正常な範囲とした. 不適な数値の例として、センサが顔の動きに影響されてしまったと考えられる部分では 252ms を計測していた. そのため、心拍間隔とし

<sup>6</sup> 自律神経機能のバランスを計測するストレス指標 LF/HF [[http://hclab.sakura.ne.jp/stress\\_novice\\_LFHF.html](http://hclab.sakura.ne.jp/stress_novice_LFHF.html)] (最終アクセス 2019/01)

て不適な数値が見られた際には線形補間によってノイズの除去を行なった。LF/HF を導出する際の補間としては、線形補間のほかにスプライン補間が採用されている [32]。今回はリアルタイム処理に向けた簡単化のため、線形補間を採用した。補間前と補間後の LF/HF 波形の例を図 2.5 に示す。補間前の上のグラフではノイズの影響により周囲と比べて明らかに変化が少なくなっているが、補間後の下のグラフでは他と繋がる自然な波形となっている。心拍データから算出した LF/HF の観測について、5 章で詳細を述べる。

## 第3章 ユーザから獲得した個人属性を用いた共起・共助関係の構築手法

本章では、対話支援に向けた共起・共助関係構築のため、2章で選定した個人属性項目に対してユーザから獲得する必要がある個人属性の軸について検討する。また、対話支援において個人属性に基づいた話題提示を行なうため、本章ではユーザから獲得した個人属性を用いた共起・共助関係の構築手法を提案する。

### 3.1 対話支援システムに適した共起・共助関係構築のための個人属性項目に対する軸の選定

本研究で目指す対話支援システムは、ユーザから獲得した個人属性を用いて共起・共助関係を構築した後に、共起・共助関係の個人属性を対話において提示する話題として活用する流れとなっている。これを図 3.1 に示す。このために本節では、2章で選定した個人属性項目に対する軸を選定する。そして、個人属性項目と個人属性項目に対する軸の2つを用いて個人属性獲得のためのアンケートを作成し、このアンケートに対する回答から作成した個人属性リストを用いてマッチング処理を行なう。

個人属性項目を対話支援に用いる話題として活用できるよう、2章で述べたように個人属性項目の個数を変更し、個人属性項目の中身について改めて選定した。この節では、これらの選定した個人属性項目に対する軸について述べる。2章で述べた従来研究に基づくカテゴリベースの個人属性項目に対する軸(表 2.1)、二者間の対話に向けた話題としての個人属性項目に対する軸二つ(表 2.2, 表 2.3)の計三つの選定の流れについて図 3.2 に示す。表 2.1 の個人属性項目に対する軸は、好き嫌い・得意不得意・興味の度合いの三軸である。また表 2.2 の個人属性項目に対する軸は、得意不得意・興味の度合いの二軸とし、さらに表 2.3 の個人属性項目に対する軸は興味の度合い・知識の度合いの二軸とした。

はじめに、従来研究に基づくカテゴリベースの個人属性項目に対する軸として、共起関係構築については好き嫌い・得意不得意の二軸、共助関係構築については得意不得意・興味の度合いの二軸を使用していた [3]。共助関係は、ユーザが苦手と感じていることに対して助け合いをする関係である。しかし、ユーザが苦手と感じていたとしても、好きではないもしくは興味がなければ助け合いが苦痛なものとなってしまい、共助関係として成立しているとは言えない。そのため、共助関係構築に向けて興味の度合いを新たな軸として採用した。しかし、好き嫌いと興味の度合いは意味合いが重複していると考えられる。例えば、料理に対してユーザの興味の度合いが高ければ、自然と料理をする頻度が上がり、料理が得意になっていくと考えられる。また、料理が好きであっても同様の流れにより料理が得意になっていくと考えられる。したがって、好き嫌いと興味の度合いはほぼ同義のものであるため統合する必要がある。そこで、個人属性の各項目に対して属性を獲得する軸として、得意不得意・興味の度合いの二軸とした。

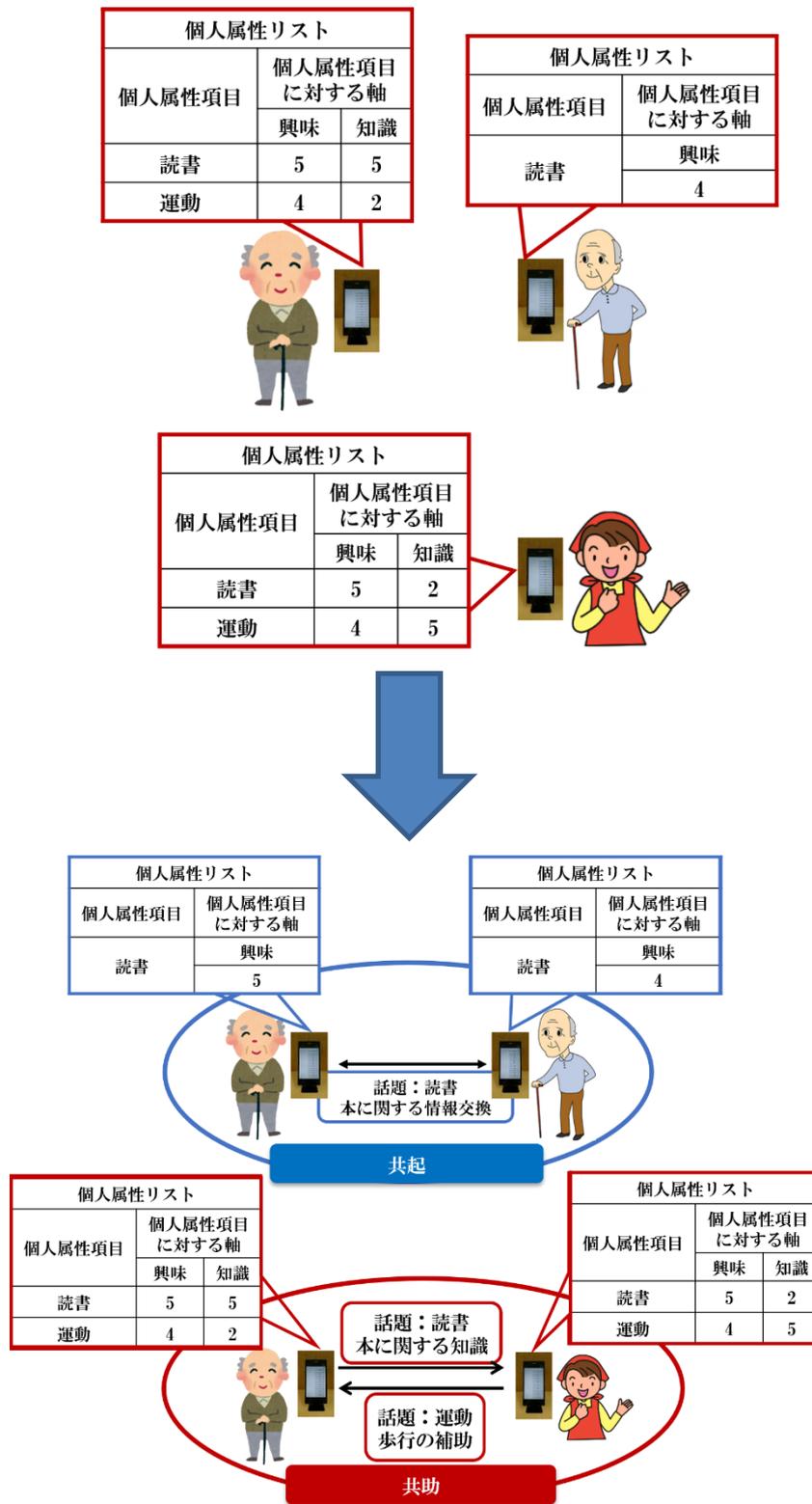


図 3.1 個人属性獲得から対話における話題としての活用までの流れ

更に、対話支援における話題として活用するために、個人属性の軸を改めて選定した。得意不得意として「～は得意ですか？」と聞いた場合、自身の能力に対する自己評価が高くないため、実際の能力のレベルよりも低い回答をしてしまうユーザーが一部存在した。これにより、ユーザーが持つ個人属性としての能力を人間関係構築

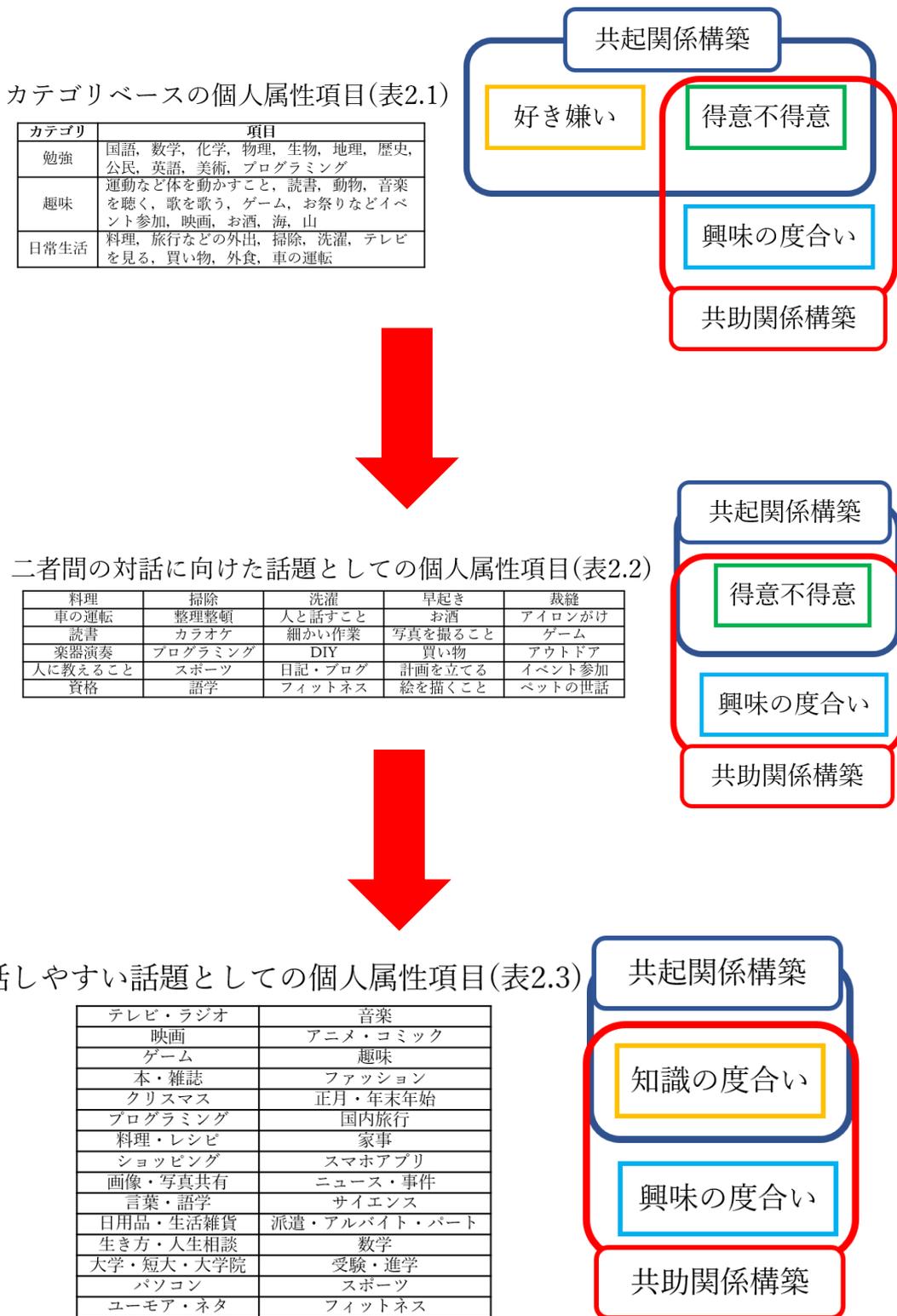


図 3.2 個人属性項目に対する軸の選定の流れ

のために活用することが難しい。特に共助関係構築において、助けを求めるユーザが必要とする能力レベルに対して、そのレベルに適したユーザをマッチングさせることが困難となることが考えられる。そのため、ユーザに対して得意不得意の視点から質問するのではなく、「～についてどのくらい知っていますか？/知識があり

ますか?」といった知識量視点の質問に変えることで、ユーザにとって回答しやすくなると考えられる。また多くの場合、互いの共通点を知った後、まず対話によって互いのことを知り、それから行動を共にして一緒に何かをするもしくはどこかへ出かけるといった流れとなる。つまり、対話によって互いのことを知る段階は、知識の共有や交換が行われる場であると言える。このことから、対話の段階における共起関係は、知識を共有する関係と考えられる。また、対話の段階における共助関係は「興味を持っているが知識は乏しいため、もっと知りたい」とユーザ自身が感じる内容について、知識を交換する関係と考えられる。これらの理由から、「ある項目についてどの程度の知識を持ち、対話相手に対して提供できるか」といった知識量の視点に変更し、獲得する個人属性の軸として知識の度合いを加え、興味の度合い・知識の度合いの二軸を新たな個人属性獲得の軸とした。こうした個人属性の軸を使用して構築した共起・共助関係に関連する話題を用いた対話実験については5章にて詳細を述べる。

## 3.2 共起・共助関係構築手法の提案

本論文が目的としている持続的かつ円滑なコミュニケーションの実現のためには、人同士の対話における対話の活性化が必要である。対話の活性化には、対話者同士の人間関係と話題が大きく影響を与えると考えられる。本章では、対話者同士の人間関係について着目する。

近年、人間関係構築支援に関わる研究は数多く見られる。例えば、複雑なネットワーク理論とパレート最適の遺伝的アルゴリズムを組み合わせた友人推薦システムの研究がある [34]。アルゴリズムの組み合わせとソーシャルネットワーク上の友人関係により、個々が会いたいと思うような新しい友人を推薦することが可能である。他の研究としては、SNS 内の信頼関係に基づいて推薦システムの改良を行なったものもある [35]。また、論文の共著者ネットワークの特徴から共著関係を予測し、研究グループの発展につなげようとするものもある [36]。LinkedIn において性別や所属などの情報に加え、検出した写真の共通の特徴も合わせた推薦手法 [37] や、SNS 内におけるユーザの行動に基づいたユーザ自身の興味に対する推薦手法についての研究もある [38]。このように SNS ベースの情報推薦に関する研究は多くみられる。しかし本研究では、ユーザの日常生活に焦点を当てている。そのため、趣味嗜好・能力といったユーザのプライベートな情報が必要である。人と人とを結びつける要素の一つとして、興味関心や能力に着目している。例えば、能力を推定するために、資格や職歴などといったプライベートな内容をどう聞き出すかが重要である。ロボットの対話をコントロールすれば、「好きですか?」「興味はありますか?」と尋ねることができる。したがって、より必要な情報に絞って抽出することが可能となる。

個人属性の調査で最も古典的な方法はアンケートであるが、アンケートは一般的に回収率やユーザにかかる負担の問題などから頻繁に行うことが難しく、体調など日々移り変わる要素に対応することができない。先行研究 [39] により、体調などといった動的な要素は趣味嗜好といった個人属性のような静的な要素と比べてその日によって変化が見られるため、日常生活におけるロボットとの対話形式により、個人属性を獲得するのが良いと考えられる。しかし個人属性については、先行研究 [15] により、アンケート形式とロボットとの対話形式では、獲得できた内容についてほぼ同様の結果を得られている。また、ロボットとの対話形式による個人属性獲得に向けて、ロボットがユーザに対しどういった内容について質問を投げかけるかを調べるために、個人属性項目の内容や項目数などを考慮する必要がある。そこで本論文では、ロボットとの対話形式の前段階として、ロボットによる音声認識の間違いなどに左右されず本人から回答が得られやすいアンケート形式により

個人属性獲得を行なう。

先行研究では共助関係構築に向けた共起マッチングシステム [40]を開発した。このシステムを用いて、被験者のペアを選び対話実験を行なった。また、先行研究 [41]では、マッチングにより結び付けられた被験者同士と仲介役の人間で対話実験をした。心拍データにおけるエントレインメント現象の観測により、仲介役の人間による共起・共助関係に関わる話題提示は、円滑なコミュニケーションを支援するという可能性が示唆された。心拍データにおけるエントレインメント現象の観測については4章、対話実験については5章でそれぞれ詳細を述べる。

はじめに、共起関係の構築手法を図3.3に擬似言語によるコードとして示す。2章で述べた個人属性項目と個人属性項目に対する軸の二つを用いて、アンケートによりユーザごとに獲得した個人属性から作成したものをユーザの個人属性リストとする。個人属性リストの詳細については3.2節にて詳細を述べる。全ユーザ分の個人属性リストを読み込み、ある一人のユーザの個人属性リストを選択する。選択したユーザ以外から一人ずつ個人属性リストを参照し、式3.1に示したピアソン相関係数によって共起度を算出していく。ピアソン相関とは、二つの変数にどの程度相関があるかを測る指標である。-1に近いほど共起度が低く、1に近いほど共起度が高いといった指標とした。その後、はじめに選択したユーザとの共起度が高いユーザから順番に算出される。

#共起度の計算

共起度の結果表 = []

for x in range(被験者数):

個人属性リスト1を作成

共起度の結果表(x + 1, 0) = 被験者番号

for a in range(項目数):

個人属性リスト1.append(元のアンケート回答(x + 1, a + 1))

for y in range(被験者数 - x - 1):

個人属性リスト2を作成

for b in range(項目数):

個人属性リスト2.append(元のアンケート回答(x + y + 2, b + 1))

個人属性リスト1を表示

個人属性リスト2を表示

計算結果 = ピアソン相関の計算(個人属性リスト1, 個人属性リスト2)

共起度の結果表(x, y + 1) = 計算結果

#共起度の計算結果を元に共起ペアを構築

得意な項目リスト = []

共起度結果リスト = []

```

全ペア数 = 0

for i in range(被験者数 - 1):

    for j in range(被験者数 - i - 1):
        共起度結果リスト.append(ユーザ a とユーザ b の共起度,ユーザ a の ID,ユーザ b の ID)
        全ペア数 += 1

共起度結果リストを降順に並び替え
for i in range(被験者数):
    得意不得意リスト = []

    for j in range(項目数):
        if ユーザ[i]の得意不得意リスト[j]の値 >= "得意"とする範囲の下限値:
            得意な項目リスト.append(j) # 得意項目 ID を追加
    得意な項目リスト.append(得意不得意リスト)

カウント = 0
for i in range(全ペア数):
    ユーザ a = int(ユーザ a の ID)
    ユーザ b = int(ユーザ a の ID) + int(ユーザ b の ID) + 1
    話題リスト = []

    for j in range(len(得意な項目リスト[ユーザ a])):
        if ユーザ a の得意な項目リスト[j]の値が ユーザ b の得意な項目リストに存在する場合:
            話題リスト.append(ユーザ a の得意項目名)

    if 話題リストの項目数 >= 2:
        カウント += 1
        print(ユーザ a 名)
        print(ユーザ b 名)
        print("共起度：" + 共起度結果リスト[i][0])
        print(話題リスト)
    if カウント >= 作成予定のペア数:

        終了

```

図 3.3 共起度算出による共起関係構築の擬似言語コード

$$r = \frac{\Sigma XY - \frac{\Sigma X \Sigma Y}{N}}{\sqrt{\left(\Sigma X^2 - \frac{(\Sigma X)^2}{N}\right)\left(\Sigma Y^2 - \frac{(\Sigma Y)^2}{N}\right)}} \dots (\text{式 3.1})$$

共助関係を構築するためには、共起関係とは異なり、得意不得意などといった個人属性の類似性が低いユーザ同士を探す必要がある。図 3.3 に示す共起関係の構築手法では、この個人属性の類似性を共起度とし、この共起度を算出することによって共起関係を構築していた。このことから、共助関係構築のためには、この共起度が低いユーザ同士を発見することが第一段階となる。そこで、共起マッチングの結果である共起度に加え、更に個人属性の各項目に対する興味の度合いを利用した共助マッチング手法を提案する。共助関係構築の提案手法を図 3.4 に擬似言語のコードとして示す。

```
得意項目リスト = []
不得意項目リスト = []
#興味はあるが不得意な項目を探して不得意項目リストを作成
for i in range(被験者数):
    リスト = []
    for j in range(項目数):
        if ユーザ[i]の項目[j]の興味の度合いの数値 >= "興味がある"とする範囲の下限值
            and ユーザ[i]の項目[j]の得意不得意の数値 <= "不得意"とする範囲の上限値:
                リスト.append(j);
    不得意項目リスト.append(リスト)

#興味があり得意である項目を探して得意項目リストを作成
for i in range(被験者数):
    リスト = []
    for j in range(項目数):
        if ユーザ[i]の項目[j]の興味の度合いの数値 >= "興味がある"とする範囲の下限值
            and ユーザ[i]の項目[j]の得意不得意の値 >= "得意"とする範囲の下限值:
                リスト.append(j);
    得意項目リスト.append(リスト)

x = 0
for i in 不得意項目リスト:
    x += 1
y = 0
```

```

for j in 得意項目リスト:
    リスト x = []
    リスト y = []
    y += 1
    if x >= y : continue

    for k in range(j の長さ):
        if j[k] in i:
            for l in range(得意項目リスト[x - 1]の長さ):
                if 得意な項目リスト[x - 1][l] in 不得意な項目リスト[y - 1]
                    and 被験者 x 番目と y 番目の共起度結果表の値 <= 共起度のボーダー:

                    if 興味の数値シート(0, 得意項目リスト[x - 1][l] + 1)の値 not in リスト x:
                        リスト x.append(得意不得意シート(0, 得意項目リスト[x - 1][l] + 1)の値)

                    if 得意不得意シート(0, j[k] + 1)の値 not in リスト y:
                        リスト y.append(得意不得意シート(0, j[k] + 1)の値)

if リスト x の長さ != 0 and リスト y の長さ != 0:
    print(得意不得意シート(x, 0)の値)
    print(得意不得意シート(y, 0)の値)
    print("共起度：" + 共起度結果表(x - 1, y - x)の値)
    print(リスト x)
    print(リスト y)

```

図 3.4 共助関係構築の提案手法

表 3.1 共起マッチング結果(アンケート形式による個人属性獲得)

	被験者 2	被験者 3	被験者 4	被験者 5	被験者 6	被験者 7
被験者 1	0.22	0.14	0.30	0.15	0.05	0.34
被験者 2		-0.07	0.16	-0.13	-0.13	0.54
被験者 3			0.30	0.21	0.23	-0.06
被験者 4				0.40	0.21	0.45
被験者 5					0.32	0.30
被験者 6						-0.11
被験者 7						

表 3.2 好き嫌いに関するアンケート回答例

	被験者 1	被験者 2	被験者 3	被験者 4	被験者 5	被験者 6	被験者 7
英語	5	4	4	3	1	3	1
掃除	5	4	1	2	1	3	3
車の運転	5	4	3	3	1	4	3

表 3.3 得意不得意に関するアンケート回答例

	被験者 1	被験者 2	被験者 3	被験者 4	被験者 5	被験者 6	被験者 7
英語	5	4	3	2	1	3	1
裁縫	1	1	2	3	5	2	2
車の運転	5	4	3	3	1	3	3

表 3.4 興味の度合いに関するアンケート回答の例

	被験者 1	被験者 2	被験者 3	被験者 4	被験者 5	被験者 6	被験者 7
英語	5	4	4	3	5	5	1
裁縫	4	1	2	4	5	5	3
車の運転	4	4	3	5	4	5	3

実際の例として、図 3.3 と図 3.4 に示す手法を用いて、共起・共助関係の構築の流れについて説明する [15]. はじめに、同一研究室所属の 20 代学生 7 名を対象として、アンケート形式により 2 章の表 2.1 に示した 30 項目について被験者ごとに個人属性を獲得した. 各個人属性項目に対して、好き嫌い・得意不得意・興味の度合いの三軸でアンケートを行なった. まず、好き嫌い・得意不得意の二軸を用いて、図 3.2 の手法によって共起度を算出して共起関係を構築した. 共起度を表 3.1 に示す. 次に、表 3.1 において被験者 1 との共起度に着目する. 表 3.1 より、被験者 1 との共起度が高い被験者は順番に被験者 7、被験者 4、被験者 2 であることが分かる. しかし、表 3.2 に示す好き嫌いに関する回答例を見ると、被験者 1 と好き嫌いの度合いが近く共通項が最も多いのは、橙色で示した通り被験者 2 である. したがって、この場合最も共起関係として適しているのは、

被験者 1 と被験者 2 である。次に、表 3.1 に示す共起マッチング結果を元に図 3.3 に示す手法により共助関係を構築する。この際に、得意不得意・興味の度合いの二軸を用いる。興味の度合いについての回答を参照する。参照するアンケート回答例として、好き嫌いの回答例を表 3.2、得意不得意の回答例を表 3.3 に、興味の度合いの例を表 3.4 にそれぞれ示す。被験者 1 との共起度が低い被験者から順に共起マッチング結果を参照する。表 3.1 の場合、被験者 1 との共起度が低い順に被験者 5、被験者 7、被験者 4 である。ここで、得意不得意の回答と興味の度合いの回答を参照する。例として、表 3.3 と表 3.4 に挙げた三項目を参照する。ここで被験者 1 と被験者 5 に着目すると、表 3.3 と表 3.4 における緑色の箇所から、被験者 5 は被験者 1 が得意とする英語に対して不得意だが興味を持っていることが分かる。また、被験者 1 は、被験者 5 が得意とした裁縫に対して不得意だが興味を持っていることが分かる。したがってこの場合、被験者 1 と被験者 5 が共助関係として提示される。

こうして構築した共起・共助関係を用いて、共起・共助関係の対話への影響を調べるために 4 章で実験を行なった。また、共起・共助関係の話題を提示したときの対話中のユーザの状態を調べるため、5 章で対話実験を行なった。詳細については各章で述べる。

### 3.3 まとめ

本章では、対話支援システムに適した共起・共助関係構築のため、2 章で選定した個人属性項目においてユーザから獲得する必要がある軸について選定した。また、対話支援に用いる話題決定に向けて、ユーザから獲得した個人属性を用いた共起・共助関係の構築手法を提案した。

# 第4章 遠隔対話テレプレゼンスロボットにおける頭部動作を用いた対話支援

本章では、はじめに遠隔対話テレプレゼンスロボットのシステム概要について述べる。共起・共助関係による遠隔対話における対話への影響について、心拍データの解析によりエンタテインメント現象の発生を確認する。更に、伝達する頭部動作の限定によりシステムを改善し、聞き手の頷きのみを伝達する遠隔対話テレプレゼンスロボットを提案する [8]。こうした工夫により、共起・共助関係に基づく話題提示が会話への引き込み現象を誘発し、伝達する頭部動作を聞き手の頷きのみで削減することでユーザのストレスが軽減され、円滑なコミュニケーションに有効であることを示す。

## 4.1 遠隔対話テレプレゼンスロボットのシステム概要

テレプレゼンスとは、遠隔対話において対話相手とその場で対面しているような対話感覚を伝達する技術を指す。その場で対面しているような対話感覚とは、身振り手振りなどといった非言語情報である。コミュニケーションにおいて、発話といった言語情報に加え、身ぶり手ぶりなどの動作・表情などから構成される非言語情報の伝達も頻繁に行われている [42]。そして、コミュニケーションは大きく二つに分類され、言語情報を

表 4.1 非言語コミュニケーションの分類(Vargas [44])

The human body (人体)
Kinesics (動作)
The eyes (目)
Paralanguage (周辺言語)
Silence (沈黙・間)
Tactics and stroking (身体接触)
Proxemics (对人的空間)
Chronemics (時間)
Color (色彩)

表 4.2 動作と表情の分類(Ekman [45])

Emblems (表象動作)
Illustrators (例示動作)
Affect displays (感情表出動作)
Regulators (言語調整動作)
Adapters (適応動作)

用いたコミュニケーションは言語コミュニケーション、非言語情報を用いたコミュニケーションは非言語コミュニケーションと呼ばれている。メラビアン [6]によると、コミュニケーションにおいて他人に与える印象は、非言語情報が90%以上を占めている。また、R. L. Birdwhistell [43]も、人間の情報判断は言語による情報判断が3分の1であり、残りの3分の2が非言語コミュニケーションによる情報判断だとしている。こうした非言語コミュニケーションについて、Vargas [44]やEkman [45]などにより複数に分類される。Vargas [44]による分類を表4.1に、Ekman [45]による分類を表4.2に示す。このように、非言語コミュニケーションは様々な方法によって伝達される。またPatterson [46]は、社会的に果たす非言語コミュニケーションの役割として、情報提供・相互作用の調整・親密さ表出機能・社会的統制機能・サービスと仕事などの機能があると述べている。したがって、非言語コミュニケーションは対話において非常に重要な役割を果たしていることが分かる。更に、頭部動作は表4.1に示した分類において“Kinesics (動作)”に分類される。また、表4.2に示した分類においては、“Illustrators (例示動作)”と“Regulators (言語調整動作)”の二つにまたがって分類される。このように、頭部動作は対話において大きな役割を持つ非言語情報の一つである。そこで本章では、非言語情報の中でも頭部動作に注目した。

遠隔対話テレプレゼンスロボットは、遠隔地にいる人との擬似的な対面対話を可能にする。テレプレゼンスロボットは様々な用途で利用可能であり、教育を支援するもの [47]、対話を支援するもの [48]等がある。また、ヒューマノイド型などの人型をテレプレゼンスロボットと示すものもあれば、対話中における対話者の体の一部分についてのテレプレゼンス向上を目的としたテレプレゼンスロボットも存在する。対話を支援するためのテレプレゼンスロボットに関して、様々な既存研究が見られる。長谷川ら [49]は、KHR-3HV と呼ばれる頭部、腕部と腰部に自由度をもつヒューマノイドロボットに無意識的な身振りを表出させることが、対話中の発話衝突回避に有効であると確認した。このロボットは複数の部位による複合的な動作により対話を支援するものである。またAdalgeirssonら [50]は、MeBot と呼ばれる卓上型サイズのロボットを開発した。このロボットは、表情、視線方向、対人距離、身振りの表出を可能としている。MeBot の身振りは、腕と同じ機構のコントローラで操作する方法で行われる。しかし、この方法のみではロボット操作時に対話から意識が外れ、対話へ集中しづらくなってしまうことが考えられる。更に、上記 [49] [50]を含む多くのテレプレゼンスロボットの研究に共通していることは、対面対話に近い感覚の遠隔対話を目的としているにも関わらず、対話している両者が操作者と参加者という別々の役割をもち、片方向の非言語情報の伝達を行っていることである。対面対話と遠隔対話における非言語情報の伝達について図4.1に示す。片方向の非言語情報の伝達は、プレゼンテーションなどといったような片方向の情報伝達の場面であれば有用であると考えられる。しかし、テレビ会議といった議論を行う場、テレビ電話といった他者と会話をするような場では双方向の対人コミュニケーションが必要となる。深田 [51]は、対人コミュニケーション(二者間あるいは少人数間の情報交換過程)の本質的特徴に双方向的過程を挙げている。

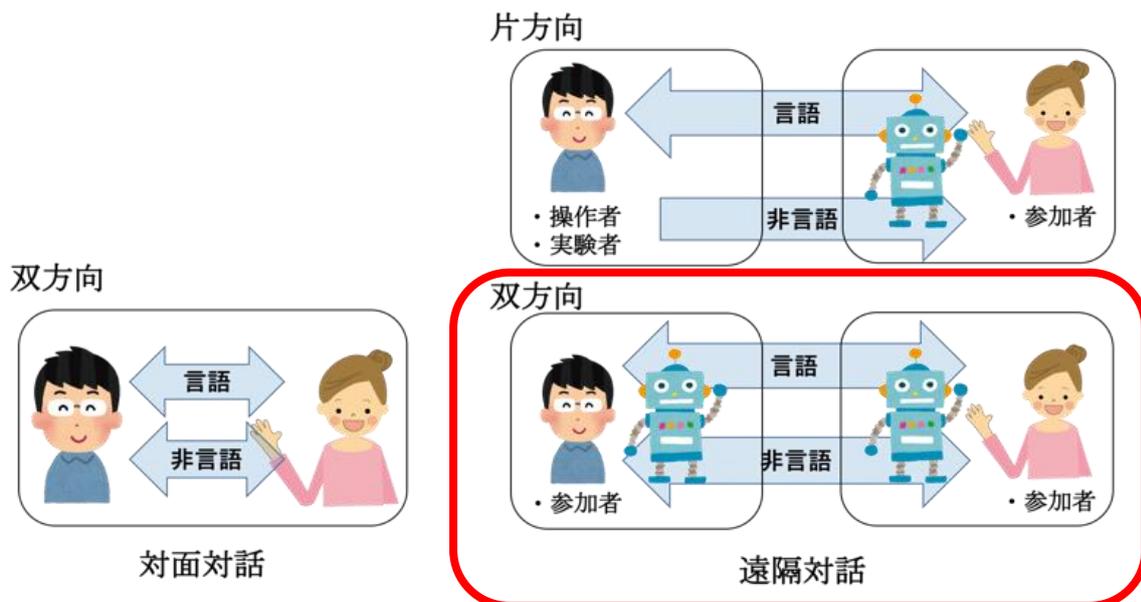


図 4.1 非言語情報の伝達

また、遠隔対話テレプレゼンスロボットには、カメラがロボットの頭部に装着されているものも存在する [52]。テレプレゼンス技術についての検証はされているが、ロボットの頭部動作時に起こる画面の揺れの影響については言及されていない。本研究では、画面の揺れが多いロボットと少ないロボットで比較実験をしたところ、画面の揺れが多いロボットでは、実験参加者のストレスが上昇することが確認できている。詳細は 4.3 で述べる。

本論文では、リアルタイムな人の頭部情報を遠隔地にいる対話者側のロボットに送信することにより、ロボットが人のうなずきと首振りの頭部動作を実現する。そして、開発したロボットを用いた対話を行うことで、コミュニケーションの活性化と機能の有用性を示す [53]。実際には、人の頭部動作を Kinect for Windows v2 (Xbox One とセンサ機能は同じ) を用いてセンシングをする。センシングして得られたチルト角パン角を、対話者側のタブレット端末に送信し、Bluetooth でテレプレゼンスロボットに通信するシステムを開発する。そのシステム構成を図 4.2 に示す。システムのベースに用いるロボットは、Revolve Robotics 社の Kubi である。そのロボットを図 4.3 に示す。対話者同士の会話は、タブレット端末による Skype を用いたビデオ通信とする。また、図 4.4 にシステム利用のイメージを示す。話し手の前方に、Kinect for Windows v2 を置く。この装置の人物検知の範囲は 0.5 - 4.5 m のため、本実験では 0.5 m 離して行う。そして、Kinect for Windows v2 の後方に Kubi<sup>7</sup> と呼ばれるパンチルト動作を行うことが出来るロボットを置く。Kubi は、上部にタブレットを挟むことが出来るので、本実験では Android タブレットを挟む。このタブレットから送られた指令値によって Kubi が操作される。

本実験で用いる装置の基本構成を以下に示す。

#### (1) Kubi

Revolve Robotics 社が開発したロボットである。

可動域は、パン角 300°、チルト角 +/-90° である。本実験では、Android タブレットと Bluetooth4.0 を用いて接続し、操作する。

<sup>7</sup> kubi [<https://www.revolverobotics.com/>] (最終アクセス 2018/01)

(2) Kinect for Windows v2

Microsoft 社が開発したセンサである。

深度，人物領域，人物姿勢，関節，手の開閉状態，水平音源方向などを取得することができる。

(3) タブレット端末

本実験では，SONYのAndroidタブレットを用いる。

アプリケーションのSkypeを画面に写し，実験を行う。

タブレットは，KubiとBluetoothで接続されていて，指令値を送信する役割をもつ。

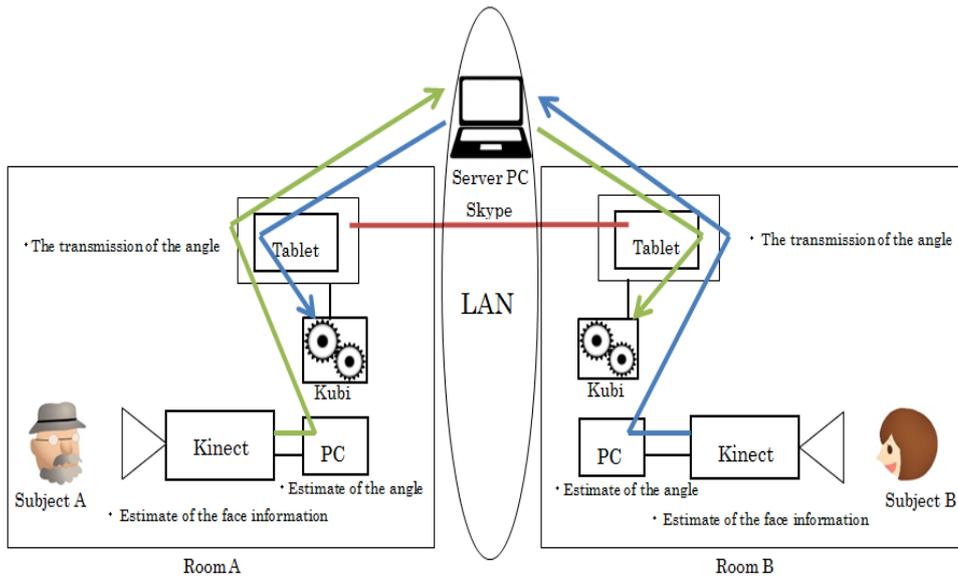


図 4.2 システム構成



図 4.3 Kubi



図 4.4 利用イメージ

## 4.2 対話における共起・共助関係とエントレインメント現象

はじめに、共起・共助関係による遠隔対話への影響を調べるため、図4.2に示した遠隔対話テレプレゼンスロボット [54]を用いた対話実験を行なった [3]。共起・共助関係による対話への影響を測るために、生体的評価指標として対話中に心拍の測定を行なった。2章で述べた心拍センサをユーザの耳に装着し、心拍変動の測定アプリケーションを使用して心拍データを取得した。被験者は同一研究室所属の20代学生で、3章の表3.1から表3.4に示した結果により構築された共起関係1組と共助関係1組の計2組である。共起関係は男子学生2名であり、表3.1における被験者1と被験者2である。被験者のペアは、2章の表2.1に示した個人属性項目を用いて3章で述べた手法により構築した。実験前に、共起関係のペアでは、3章の表3.2において橙色の箇所を示した英語・洗濯・車の運転の三項目が共起関係の項目であることを双方に開示した。また、共助関係は男子学生1名と女子学生1名であり、表3.1における被験者1と被験者5である。共助関係のペアでは、3章の表3.3と表3.4において緑色の箇所として示した英語と裁縫の二項目が共助関係の項目であることを双方に開示した。対話中に取得した心拍変動から得られたR-R間隔のエントレインメント現象について調べた。

本論文では、R-R間隔において4秒間ごとに二者のデータについてピアソン相関(3章の式3.1)で計算する。この4秒間の窓を1秒ずつずらしこの計算を繰り返す。この相関が0.6以上となった箇所をエントレインメント現象1回とした。共起関係のペアにおけるR-R間隔のエントレインメント現象の例を図4.5に、共起関係におけるR-R間隔のエントレインメント現象の例を図4.6に示す。図4.5、図4.6ともに、縦軸はR-R間隔[ms]、横軸は対話時間[s]を表す。エントレインメント現象が確認された区間について、両グラフともに黄色で示している。また、この区間の中で、相関が0.6以上となっていた4秒間の窓の個数を黄色の各区間上部に示している。この結果から二組ともに心拍変動のエントレインメント現象が確認された。そこで、ペア数を共起・共助関係各3組、計6組に増やし、同じ条件下で再度実験を行なった。図4.5、図4.6と同様の手法で1分間当たりのR-R間隔のエントレインメント現象の発生回数を調べたところ、共起関係のペア三組中二組において、共起の話題における同期回数がそれ以外の話題における同期回数より多いことが確認された。データの欠損のない共助関係二組について見ると、片方の共助の話題における同期回数はそれ以外の話題における同期回数より多いことが確認された。共起関係と比べ、共助関係は「教える・教えられる」といった立場に分かれることが多く、そのため聞き手・話し手に分かれることが考えられる。そのため、共起関係の場合と比べてエントレインメント現象の発生が少なくなると推測される。しかし、少なくとも共助の話題の片方においてエントレインメント現象の発生が確認されている。したがって、共起・共助関係が円滑なコミュニケーション実現のための対話支援に有効である可能性が示唆された。

ユーザの対話への興味が高まることによって起きるエントレインメント現象は対話活性化と関連があると考えられる。そこで、エントレインメント現象についてより詳しく解析するため、オーバーラップ現象やLF/HFの相関などについても考慮する必要がある。詳細は5章で述べる。

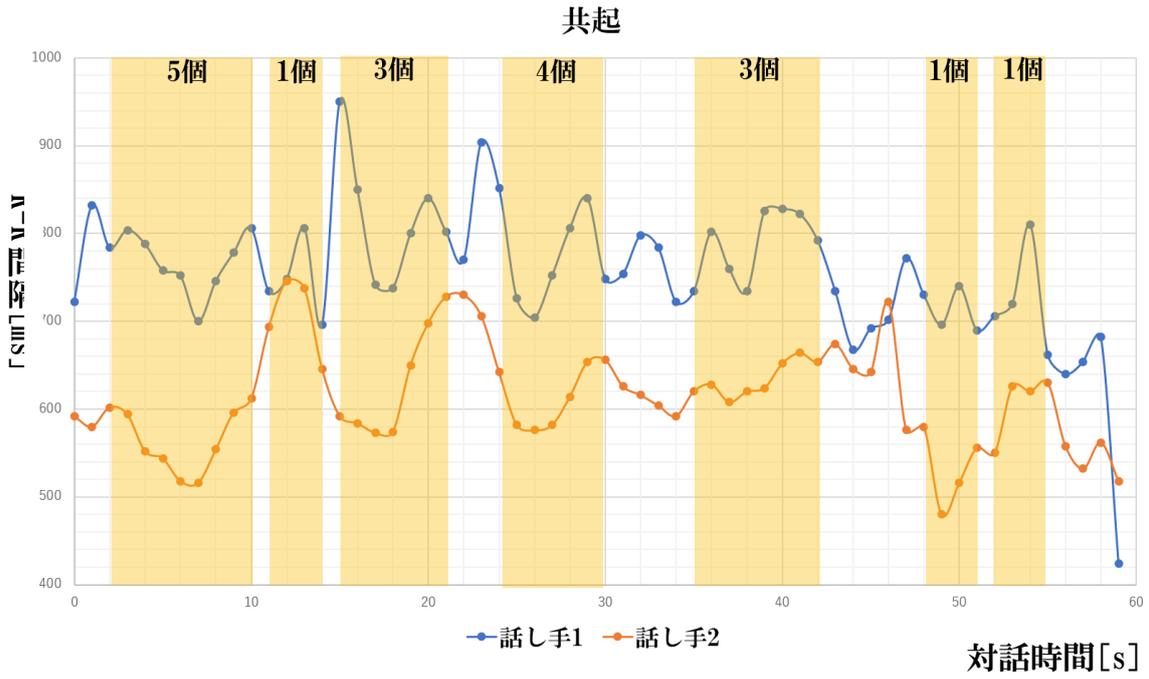


図 4.5 共起関係のペアにおける R-R 間隔のエントレインメント現象の例

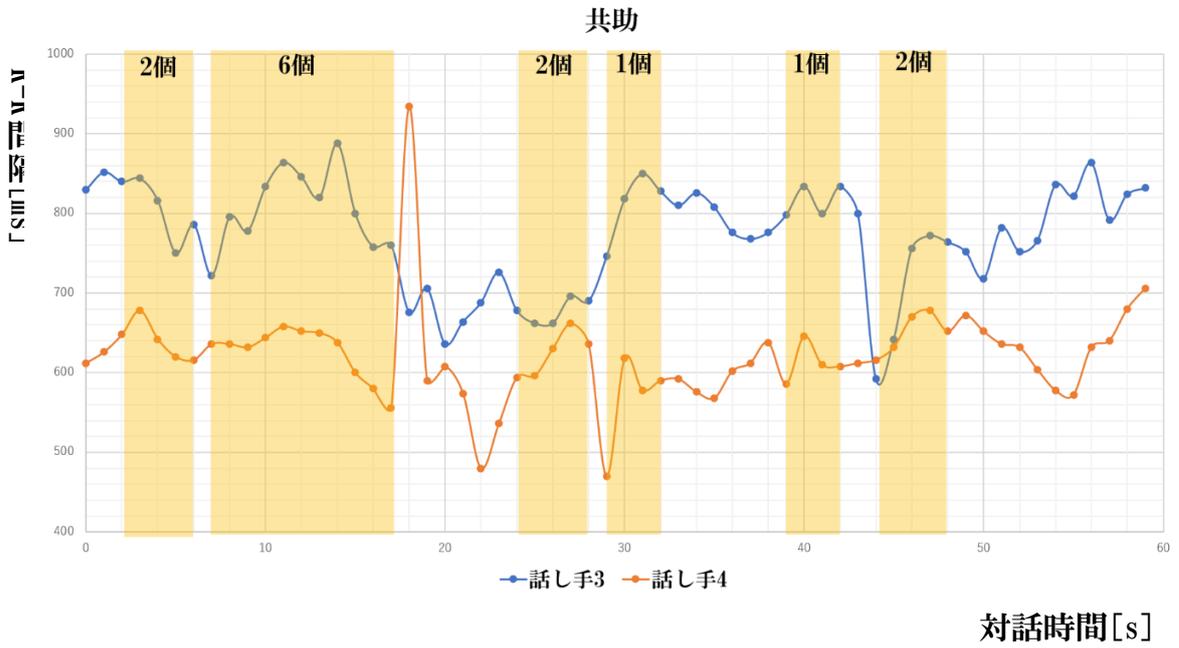


図 4.6 共助関係のペアにおける R-R 間隔のエントレインメント現象の例

## 4.3 頭部動作を用いた対話支援技術の提案

テレプレゼンスロボットの主な伝達動作として頭部動作が挙げられる。しかし、多くの研究はテレプレゼンスロボットによる頭部動作の伝達について言及はあるものの、頭部動作がもたらす「画面の揺れ」について述べていない。全ての頭部動作を伝達する遠隔対話テレプレゼンスロボットでは、この画面の揺れにより円滑なコミュニケーションが妨げられる。そのために、伝達する頭部動作の情報量削減が必要となる。そこで本論文では、画面の揺れが対話中のユーザのストレスに影響を与えていることを示すとともに、画面の揺れを減少させるために伝達動作を聞き手の顔のみとしたテレプレゼンスロボットを開発する [8]。そして、画面の揺れが多いロボットとの比較実験から開発テレプレゼンスロボットの有用性を示す。

### 4.3.1 遠隔対話テレプレゼンスロボットにおける画面の揺れ

テレプレゼンスロボットの多くは、基本的にカメラを用いて相手の顔情報を獲得する。このカメラに位置について、ロボットの頭部に付いているタイプと Web カメラがロボットとは別に設置されているタイプに分かれる。本研究では、前者である頭部にカメラが付いているテレプレゼンスロボットを用いて対話支援を行う。後者は Web カメラをロボットと別に設置するため、設置場所に制限が出てしまい、利用する場所ごとにカメラの設置場所を決定することがユーザの負担となる。一方、前者はカメラとロボットが一体化しているため、ユーザにかかる利用負担が少ない。これを裏付けるように、市販されているテレプレゼンスロボットの多くはカメラが頭部に付いている。カメラが頭部についているテレプレゼンスロボットで有名なものとして、Adalgeirsson らが開発した Mebot が挙げられる [50]。これは、pan-tilt 及び前後動作が可能な頭部を持ち、更に腕部も操作可能であり身振りも伝達可能である。頭部は検出された注視方向と同期して動作する。iRIS というロボットもまた、頭部が遠隔者の頭部動作と連動して動く仕組みになっている [55]。これらの研究では、人の頭部動作と共にロボットの頭部が動くことは言及されているが、頭部動作によって生じる画面の揺れについて述べられていない。

画面の揺れはロボットの頭部動作によって生じる。画面の揺れを図 4.7 に示す。まず、相手の顔情報を取得するカメラがロボットの可動部位(頭部など)に付いていることが前提である。次に、遠隔者の動作とともに、そのロボットが動きカメラも連動して動く。こうしたカメラの動きにより、相手の顔情報を映し出している画面を揺らしてしまう。これが、画面の揺れ発生の流れである。画面の揺れは、対話で重要とされている対話者間のアイコンタクトや相手の表情の認識を困難にさせるため、円滑なコミュニケーションを妨げてしまうと考えられる。そこで本研究では、画面の揺れが対話中の参加者に与える影響を調査する事前実験を行った。

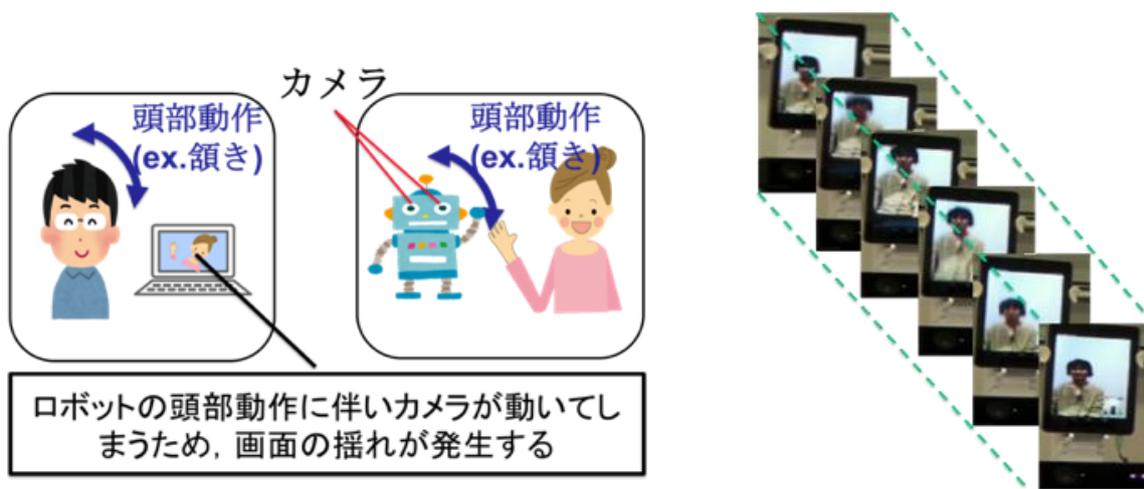


図 4.7 画面の揺れ (右：実際の様子)

#### 4.3.2 画面の揺れが対話者に与える影響を調査する事前実験

事前実験は、図 4.2 に示すシステム上で動作するテレプレゼンスロボットを用いた対話実験とした [7] [56]. システムは、Revolve Robotics 社製の Kubi と ASUS 社製の Nexus7, Microsoft 社製の Kinect v2 そして情報伝達をするサーバ PC によって構成される. ユーザが認識するテレプレゼンスロボットは、このシステム中の Kubi とタブレットで構成されている. このテレプレゼンスロボットでは、図 4.1 の緑または青の矢印にあるように、頭部動作の伝達は、Kinect v2 で取得できる頭部座標を対話相手の前に設置したテレプレゼンスロボットへ伝達することで行った. しかし、頷きにおいては他の動作と比較すると座標移動距離が大きく、速度が速いため単に座標を送るだけではロボットの動作がぎこちなくなり伝達が困難であった. そこで、Kinect v2 で取得した頭部座標を伝達させるのではなく頷きを認識した際に信号を送り、ロボットが予め決められた動作をすることで頷きを可能とした. つまり、全ての頭部動作を伝達するため画面の揺れが多く発生するテレプレゼンスロボットである. 事前実験の参加者は、20 代の学生 2 ペア 4 名を同研究室の学生から無作為に選択した. 対話時間は計 30 分 (一話題あたり 10 分×三話題) とし、話題は表 2.1 に示した話題一覧 [40] から無作為に選んだものを実験者が 10 分ごとに提示した. また本実験では生体的評価指標に LF/HF を用いた. LF/HF は、ストレス負荷などによる交感神経活性・副交感神経抑制時には値が増加することが知られている [57]. また、従来研究において 30 分の対話であれば時間経過と共に LF/HF が減少し、対話者のストレスが減少する傾向が見られたことを確認している [58]. このことからロボットの頭部動作伝達に対するユーザのストレス指標として、LF/HF が上昇しないことをストレスが低いと定義する.

事前実験における話題ごとの LF/HF 推移の結果を図 4.8 に示す. 2 章で述べたように、ここでは対話中に使用したロボットに対して蓄積されるストレスを観測するため、一話題 10 分間毎の LF/HF の観測を行なった. 横軸は話題、縦軸は LF/HF を示す. 話題は、一話題目→二話題目→三話題目と時系列順になっている. つまり、この図 4.7 は全ての頭部動作を伝達するテレプレゼンスロボット使用時における参加者のストレス推移を示す. 結果から、参加者\_2 を除いた 3 名でストレスの上昇がみられた. 更に、平均においてもストレスの単調増加がみられた. したがって、単に頭部動作を伝達するテレプレゼンスロボットは、対話者のストレスを上昇させる可能性があることが分かった. このことからテレプレゼンスロボットによる全ての頭部動作の伝達は画

面の揺れを多く生じさせ、話し手が聞き手の状態を確認しながら話すことを妨げてしまう。その結果、遠隔対話における円滑なコミュニケーションの妨げとなると考えられる。

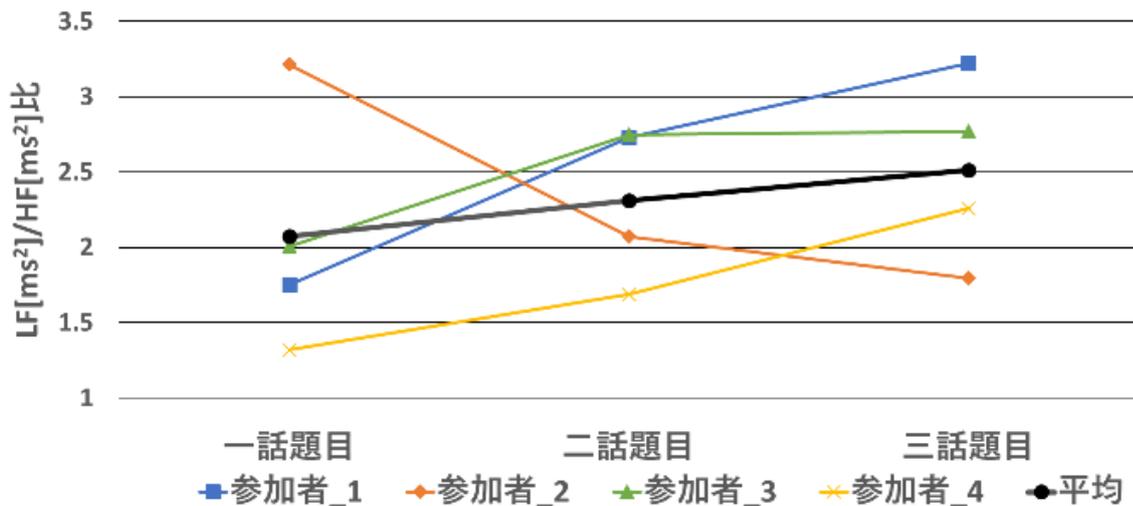


図 4.8 ロボット使用時における参加者のストレス推移

#### 4.3.3 聞き手の頷きを伝達するテレプレゼンスロボットの開発

事前実験の結果から、単純に頭部動作をテレプレゼンスロボットに伝達することは、画面の揺れによりアイコンタクトや対話者が相手対話者の状態を確認することを妨げ、円滑なコミュニケーションに支障をきたすことが分かった。そこで、ロボットへ伝達する頭部動作の情報量を削減することが有効であると考え、非言語情報の一部をロボットが表出することで、遠隔対話におけるテレプレゼンスの向上を実現させる研究も見られる [59] [60]。本論文では、遠隔対話における円滑なコミュニケーションの実現に向けて、頭部動作のうち聞き手による頭部動作に着目した。そして、その中でも会話で重要な役割を果たすとされる聞き手の頷きを伝達するテレプレゼンスロボットの開発を行なった。聞き手の頷きは、ノンバーバルコミュニケーションの典型的な動作であり、会話の流れを制御するとされている [61]。さらに川名ら [62]によると、話し手は相槌をうつまたは頷きをする聞き手に対し感情的・社会的な魅力を感じ好意を持つとしている。このテレプレゼンスロボットを使用することで、聞き手は対話において重要な頷きを伝達することが可能である。更に、話し手の頭部動作時には、聞き手側のロボットを動かさないようにするため、話し手は聞き手の状態を確認しながら話すことも可能となる。聞き手の頷きを判別しロボットへ伝達するフローチャートを図 4.9 に示す。

聞き手の頷きを伝達するテレプレゼンスロボットの開発には、二つの重要な要素がある。一つは、頷きの特徴の認識、もう一つは頷きの動作主が聞き手かどうかの判別である。まず、頷きの特徴について、Kinect v2で取得しやすい鼻の頭の座標を利用した。頷き動作では、急な下方向への移動→微小な移動→急な上方向への移動という流れの特徴が見られる。こうした頷き動作の流れを認識し、頷き信号を作成する。次に、頷きを伝達する際に頷きの動作主が聞き手であるかどうかを判別しなければならない。そのため、聞き手の判別機能が必要である。聞き手の判別機能は、Kinect v2で獲得できる音声入力と音声方向そして音声方向信頼度の三つの情報で構成した。音声入力の条件は、雑音等による誤認識を軽減するため Kinect v2の正面から音声方向が左右±30°とし、音声方向信頼度(0から1の範囲で0が低く1が高い)が0.5以上とした。また、判別機能は音声入力がない時だけでなく、相槌のように音声を含む場合も聞き手として判別する必要がある。従来研究から、相槌の平均発話時間は1.3秒から1.5秒以内であることを確認した [53]。これより、聞き手の判別機能は音声入力がない状態を聞き手と判別するだけでなく、音声入力がある場合でもそれが1.5秒未満であれば相槌とし聞き手と判別することとした。この聞き手の判別機能をシステムに加えることで、テレプレゼンスロボッ

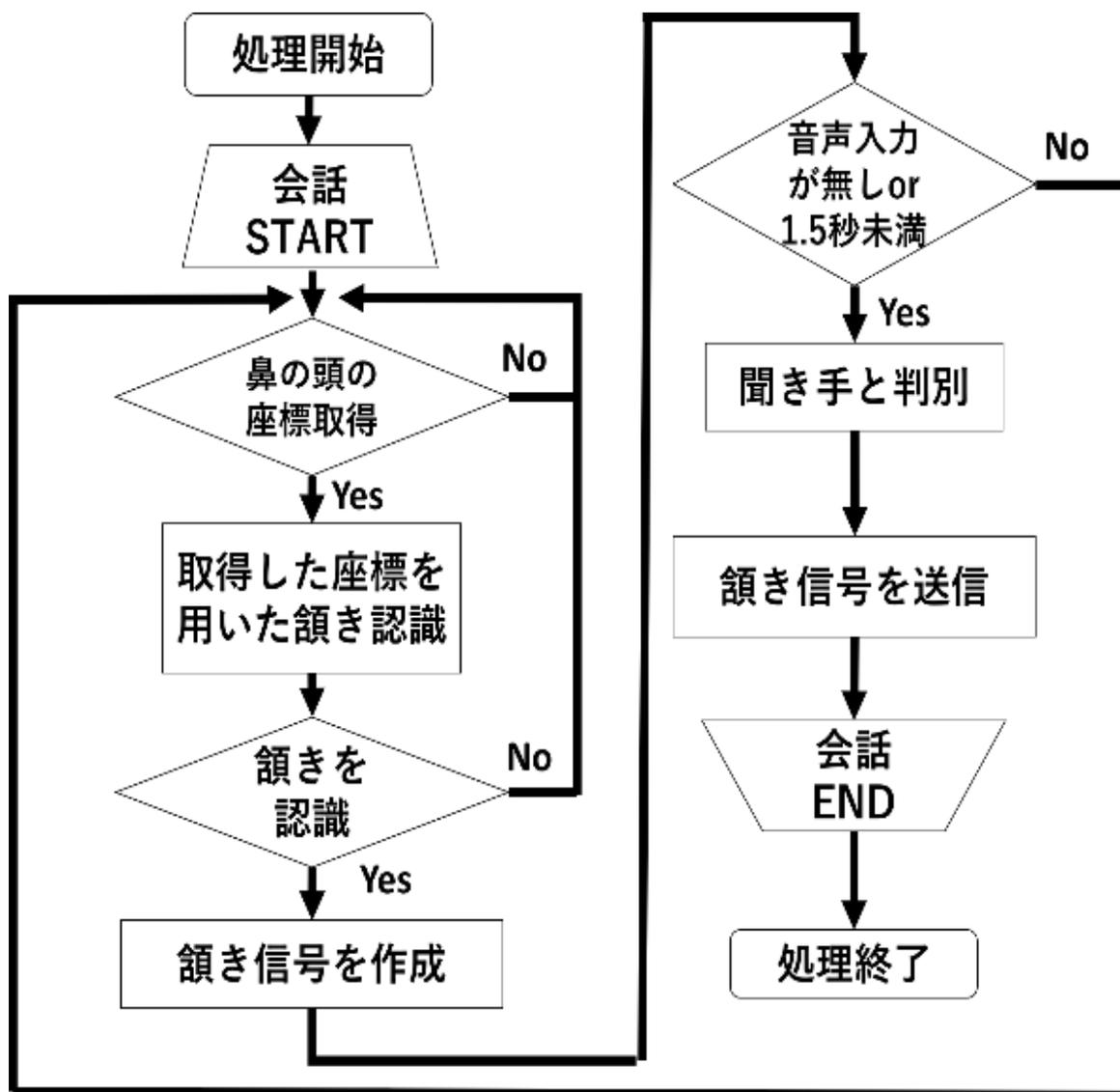


図 4.9 聞き手の頷きをロボットへ伝達するフローチャート

トは聞き手の頷きの伝達を可能とする。

#### 4.3.4 聞き手の頷きのみを伝達するテレプレゼンスロボットと全頭部動作を伝達するテレプレゼンスロボットの比較実験

前節で開発した聞き手の頷きのみを伝達するテレプレゼンスロボットの有用性を評価するため、全頭部動作を伝達するテレプレゼンスロボットとの比較実験を行なった。比較実験の参加者は20代の同研究室の学生、参加者数は4ペア8名とした。対話時間とペア選択は事前実験と同様に三話題で計30分、ペアは無作為に選択した。話題については、話題一覧 [40]の中から話しやすい話題を対話ペアに選択してもらった。また本実験は、計30分間同じテレプレゼンスロボットを用いるのではなく、表4.3に示すように、二話題目または三話題目で使用するテレプレゼンスロボットを変えた。Aグループは一話題目と二話題目に開発テレプレゼンスロボットを使用し、三話題目に全ての頭部動作を伝達するテレプレゼンスロボットを使用した。Bグループでは一話題目と三話題目に開発テレプレゼンスロボットを使用し、二話題目に全ての頭部動作を伝達するテレプレゼンスロボットを使用した。こうすることで、両テレプレゼンスロボットを同一のペアで比較できる。更に、時間と共にストレスが減少する影響 [58]も両テレプレゼンスロボットが同様に受けることができるため、同等の条件で両テレプレゼンスロボットの比較を行うことができる。各テレプレゼンスロボットに対してユーザが感じたストレスを測るための生体的評価指標としてLF/HFを使用した。

表 4.3 各グループにおけるロボットの使用順序

	一話題目	二話題目	三話題目
A	聞き手の頷きのみ	聞き手の頷きのみ	全頭部動作伝達
B	聞き手の頷きのみ	全頭部動作伝達	聞き手の頷きのみ

#### 4.3.5 比較実験における対話者個人の状態観測によるLF/HFの解析

AグループとBグループにおける参加者のストレス推移を図4.10に示す。また、二話題目から三話題目にかけてテレプレゼンスロボットを変えた際の各テレプレゼンスロボットによるストレス減少値の平均を図4.11に示す。実験中のセンサの不具合により、図4.10の結果は7名のものとする。4.3.2の結果と同様に、2章で述べたように、対話中に使用したロボットに対して蓄積されるストレスを観測するため、一話目10分間毎のLF/HFの観測を行なった。図4.10から、全ての頭部動作を伝達するテレプレゼンスロボット使用時には7名中6名でストレス上昇が見られた。更に、ロボットを切り替えた際のストレス減少値について、図4.11を見ると全ての頭部動作を伝達するテレプレゼンスロボットはストレス減少値が約-0.5となっており、ストレスが増加している。これに対し、聞き手の頷きのみを伝達するテレプレゼンスロボットはストレス減少値が約0.35となっている。この結果から、伝達する頭部動作を聞き手の頷きのみで削減したことは、対話中におけるユーザにかかるストレス減少への貢献が大きいことが分かった。

この結果から、対話を円滑にするためにロボットに伝達する頭部動作は全てでなく、聞き手の頷きが有用であることが分かった。これは、ロボットへの伝達動作を削減したことによる画面の揺れの減少が貢献していると考えられる。また、ストレス上昇がみられた参加者の中には、テレプレゼンスロボットの動作の遅れに不満を持つ者もいた。本研究のテレプレゼンスロボットにおける動作伝達の遅れは平均2.68秒である [53]。本研究は、画面の揺れについて言及をしたが、動作の遅れも円滑な対話に支障をきたすものであると考えられ、今

後のテレプレゼンスロボットを開発する上で言及が必要であると考えられる。

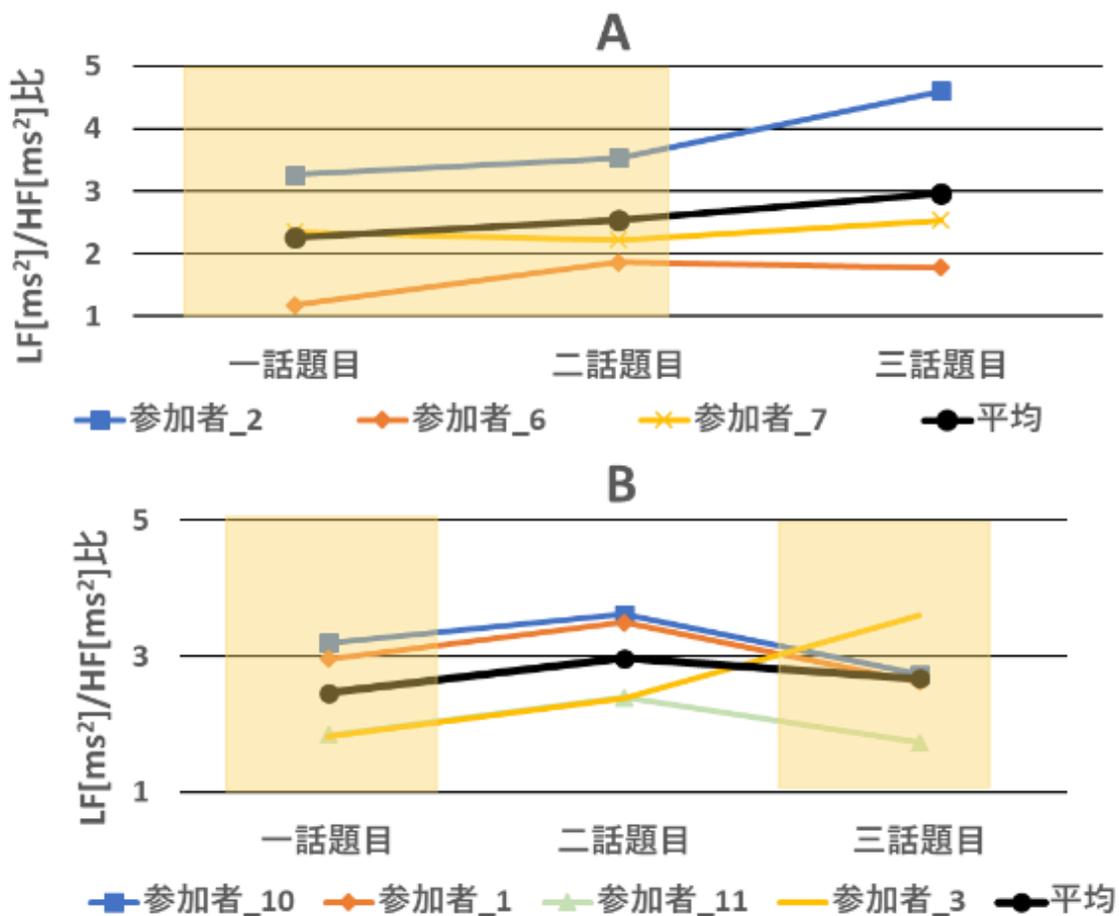


図 4.10 A グループと B グループにおける参加者のストレス推移  
(黄色の箇所が聞き手の頷きのみを伝達するテレプレゼンスロボット)

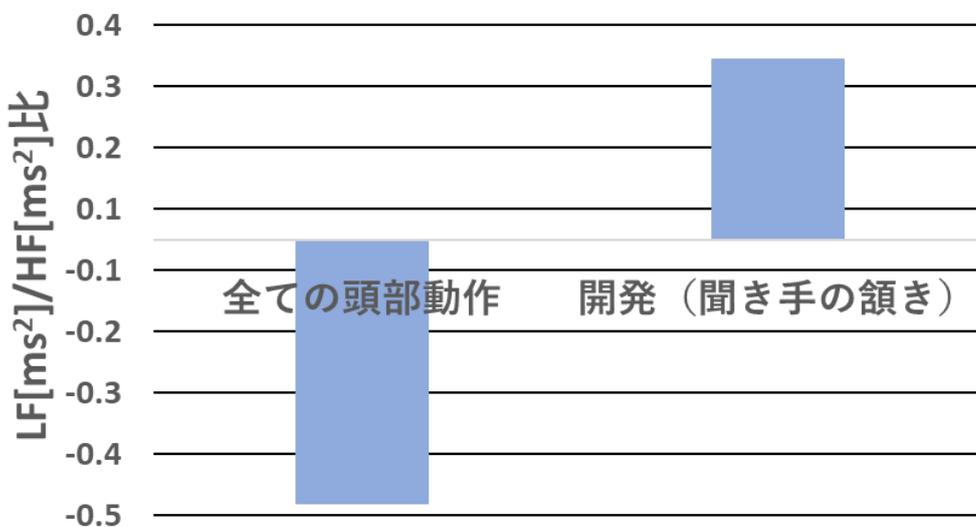


図 4.11 各テレプレゼンスロボットによるストレス減少値の平均

## 4.4 まとめ

はじめに遠隔対話テレプレゼンスロボットのシステム概要について述べた。共起・共助関係による遠隔対話における対話への影響について、心拍データの解析によりエンタテインメント現象が確認された。また、対話中のテレプレゼンスロボットの頭部動作による画面の揺れを減少する方法は多々存在する。その一つの方法として、本章では全ての頭部動作でなく、聞き手の頷きを伝達するという伝達動作の削減を行った。伝達動作の削減は、簡易的ではあるが頭部が可動なロボットであれば実現可能であり、汎用性が高いと考えられる。この頭部動作の限定により、聞き手の頷きのみを伝達する遠隔対話テレプレゼンスロボットを提案した。これらの工夫により、共起・共助関係に基づく話題によるエンタテインメント現象の誘発によって遠隔対話支援においても共起・共助関係が有効である可能性を示した。また、伝達する頭部動作を聞き手の頷きのみ削減することで、ロボット使用時におけるユーザのストレスを軽減し、遠隔対話における円滑なコミュニケーションの実現に有効であることを示した。

# 第5章 メディエータロボットにおける話題提示に対する生体的評価指標の解析

本章では、はじめにメディエータロボットの概要について述べる。メディエータロボットのシステムを用いた3パターンのお話提示に対して、対話の円滑さに関連する生体的評価指標を解析する。本章では、2章で述べた二者間の対話に向けた話題としての個人属性項目二種類とそれぞれに対する軸を用いた。また、生体的評価指標としては、音声データの音響特徴量とオーバーラップ現象、心拍データのLF/HFを用いた。用いたこれらの個人属性項目とそれに対する軸、そして生体的評価指標の詳細は各対話実験の箇所にて詳細を述べる。二者間における対話への影響について、心拍データから算出したLF/HF平均の二者間における相関と発話のオーバーラップ現象の解析を行なう。また、対話者個人の状態について、対話者本人のリアルタイム評価とあわせてLF/HF推移、被験者の個人属性と合わせた各話題におけるLF/HF平均の解析を行なう。

## 5.1 メディエータロボットのシステム概要

3章で述べた手法により共起・共助関係を構築したのち、こうした人間関係を深めていくためには円滑なコミュニケーションが有効である。しかし、全てのユーザが必ずしも円滑なコミュニケーションを行なうことが可能とは限らない。例えば、挨拶と自己紹介以降どういった内容を話すべきか困ってしまい、対話が長続きしないといった場合も考えられる。したがって、円滑なコミュニケーションに必要とされる要素として対話が持続的であることがあげられる。持続的な対話により、挨拶と自己紹介の段階から、互いに自身のことを相手に開示し仲を深めていく段階へ進みやすくなると考えられる。また、ユーザが対話内容に対して興味を持ち、これが対話の活性化を誘発させることで、持続的な対話につながる。したがって、ユーザが対話に対して盛り下がりを感じていると考えられるタイミングで、ユーザが興味を持つ話題を提示することが有効である。そこで本論文では、人同士のコミュニケーションにメディエータとして参加し、生体的評価指標によって観測したユーザの状態に合わせて話題を提示するメディエータロボットの開発を最終目標として考えている。メディエータロボットによる話題提示の判断について図5.1に、メディエータロボットのシステム概要を図5.2に示す。ユーザはPCを通じたSkypeビデオ通話で繋がり対話する。対話中は、2章で述べた心拍センサを耳に装着し、測定アプリケーションを用いて心拍データを取得する。取得した心拍データからLF/HFを算出し、ユーザの状態を観測する生体的評価指標として用いる。2章で述べたように、LF/HFの解釈としては、値が高いほどストレスが高く、値が低いほどストレスが低くリラックス状態にあるとされている。しかし、ストレスが高いだけでなく興奮している状態においても値が高くなるといった場合もあり、個人の体調や体の動きなど様々な要因により影響を受ける。そのため、LF/HFについては様々な方向性から解釈する必要がある。また、2章で述べたように、LF/HFを指標として用いる際に考慮する要素の一つとして時間の制約があるとされており、制約事項としては長時間・短時間・特定の時間帯といったものがあげられている[29]。長時間のスパンで見える場合は長期的にLF/HFへ影響を及ぼす事象に対する指標となり、短時間のスパンで見える場合はLF/HFに対して瞬間的に影響を与える事象に対する指標となる。さらに、LF/HFの解釈としては、値が高いほどストレスが高く、値が低いほどストレスが低くリラックス状態にあるとされている。しかし、ストレスが高いだけ

ではなく興奮している状態においても値が高くなるといった場合もあり、個人の体調や体の動きなど様々な要因により影響を受ける。そのため、LF/HF については様々な方向性から解釈する必要がある。したがって本論文では、対話中に蓄積されるストレスを観測する場合は、観測窓を 10 分間の長時間としている。また、対話中に頻繁に変化する対話活性化による興奮度合いを観測する場合は、観測窓を 100 秒間もしくは 2 分間の短時間としている。

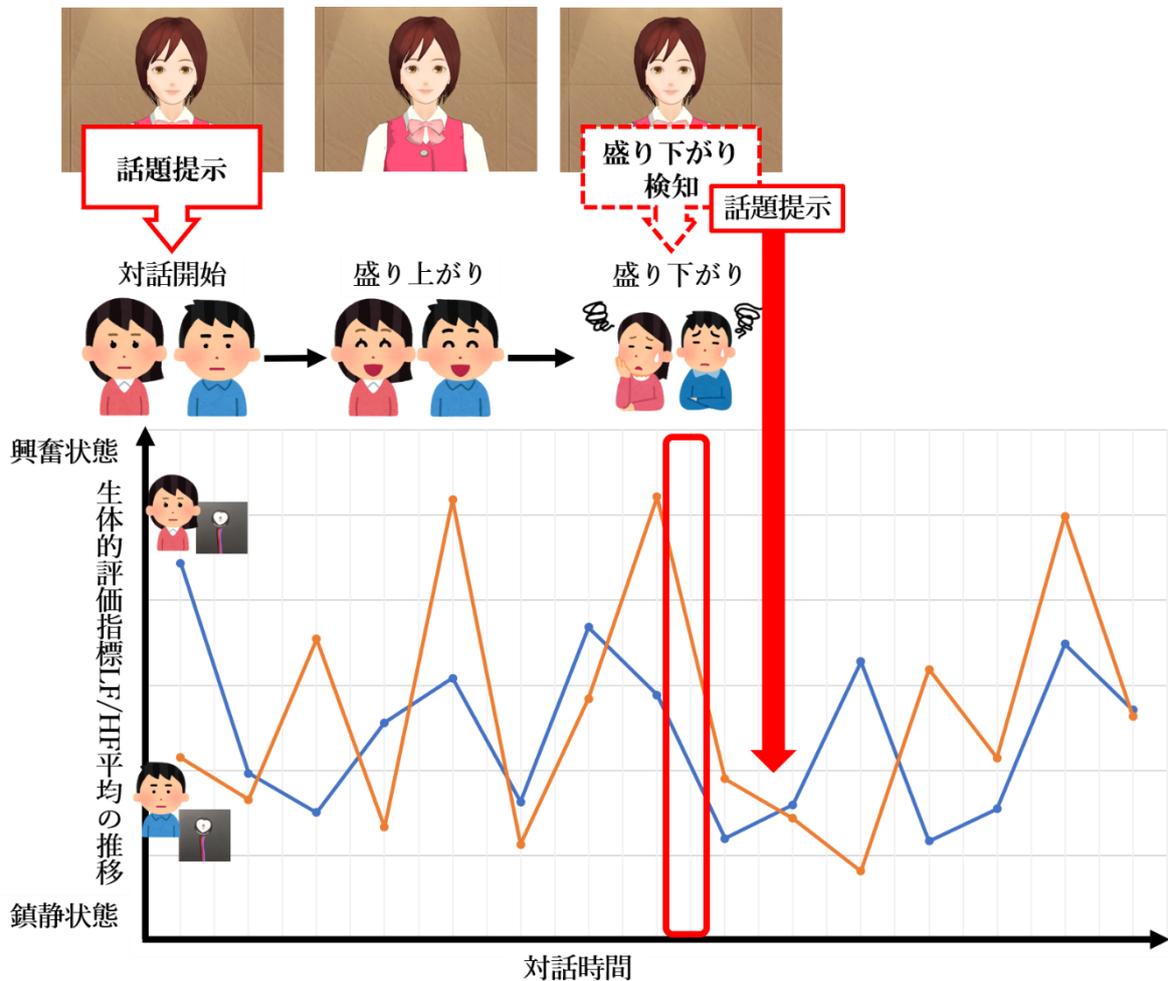


図 5.1 メディエータロボットによる話題提示の判断

対話支援ロボットの関連研究として、それぞれ異なる状況においても自然な対話を行なうロボットの研究があげられる [63]. このロボットは日常対話や情報提供のような複数の状況によって異なる発話が可能である。また、人と会話をするためにどのような特徴を持つロボットが良いかということについても研究されている [64]. また、最近では人の感情モデルに基づいてロボットの感情モデルを計算する手法も提案されている [65]. このように、人との円滑な対話のために、ロボットがどのように非言語情報を表出し、状況ごとに使い分けるかといった研究も多くなされている。また、人と対話をする会話ロボットとしては、一人暮らしの高齢者のように、他者とのコミュニケーションの機会がない人を支援する対話ロボットの研究もある [66]. ユーザが TV を見ながら雑談をし、ユーザが話をするようにロボットが働きかける。同様に、認知症の人が過去の経験を共有する対話ロボットの研究もある [67]. これらの研究のように、ユーザの話し相手となる対話ロボットに関する研究は多く見られる。

本研究では、ロボットとユーザとの対話形式による個人属性獲得を目標としている。個人属性獲得段階において人の話し相手となる対話ロボットとなり得る点においては、こうした関連研究と本研究は類似している。しかし、人同士の対話を円滑に長続きさせるためには、話し相手として対話をするだけでは不十分である。話題提示を行なうにあたり、ユーザがロボットと話す話題に対して本当に興味を持っているかどうかを把握している必要がある。特に人同士の対話では、システムが人同士の対話にただ介入し話題提示を行なうだけでは、ユーザにとって興味のない話題を提示してしまう等、対話の活性化を妨げてしまう。したがって、対話中のユーザの状態を観測し、話題提示による対話への介入のための指標を探るため、対話音声から得られる音響情報と生体的評価指標である心拍データを解析する。田中ら [68]は雑談対話システムと人との円滑な対話の実現を目的として、ユーザが興味のある話題を提供するために、システムがユーザの発話から興味のある語を特定する手法を提案している。このユーザの興味推定のために、興味の有無について対話音声に対してアノテーションを行なう。また、多田ら [69]は、ユーザの音声対話システムに対する印象の向上を目的として、個人的な情報を他者に知らせる自己開示に着目した。対話を支援するロボットシステムとして、ユーザの音声韻律情報に着目した研究も行われている。話者の音声情報を元に、視線や表情といった非言語情報をアバターに自動で表す手法を提案している [70]。こうした研究は人とロボットをつなげることを主な目的としているが、人同士の仲介をするロボットシステムを目指す本研究とは異なる。

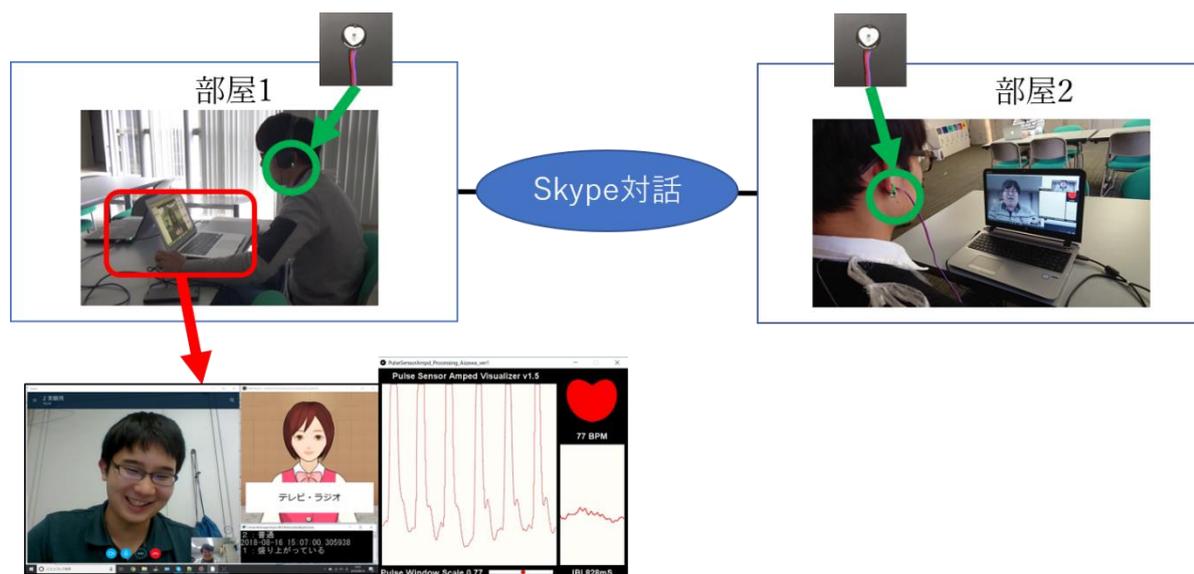


図 5.2 メディエータロボットのシステム概要

## 5.2 話題提示に対する生体的評価指標の解析

3章で述べた手法により構築した共起・共助関係を用いてメディエータロボットのシステムを用いた3パターンの話題提示による対話実験を行なった。話題提示手法1と話題提示手法2においては、メディエータロボットによる話題提示の前段階として、仲介役となる人間による話題提示を行なった。また、二者間における対話への影響と対話者個人の状態を観測するため、対話中に測定した被験者の生体的評価指標を解析した。この解析により、メディエータロボットによる共起・共助関係に基づく話題提示における持続的な会話への有効性を示す。

表 5.1 共起度の結果 [4]

		被験者番号												
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
被験者番号	1	0.43	0.20	0.19	0.17	0.19	0.05	0.28	0.38	0.27	0.00	0.18	-0.14	0.02
	2		0.46	0.20	0.39	0.00	-0.10	0.24	0.07	0.12	0.10	0.32	0.28	0.21
	3			0.27	0.32	0.04	0.27	0.32	0.27	0.04	-0.18	0.63	0.14	-0.08
	4				0.29	0.48	0.46	0.13	-0.36	-0.13	-0.44	0.13	0.08	0.10
	5					0.14	-0.03	0.26	-0.02	-0.06	-0.23	0.26	-0.10	0.20
	6						0.29	-0.04	-0.13	-0.21	-0.26	0.00	-0.10	0.06
	7							0.30	0.02	-0.07	-0.18	0.37	-0.08	-0.16
	8								0.14	0.51	0.00	0.41	-0.04	0.08
	9									-0.11	0.47	0.34	-0.05	-0.35
	10										-0.17	0.17	-0.14	0.06
	11											0.00	0.46	0.00
	12												-0.06	-0.26
	13													0.03
	14													

表 5.2 各ペアに提示した話題の例

	共起	共助	その他
被験者ペア	<b>users 4,6</b>	<b>users 2,6</b>	<b>users 4,10</b>
話題 1	<u>人に教えること</u>	<u>ゲーム</u>	資格
話題 2	<u>日記・ブログ</u>	<u>人に教えること</u>	洗濯
話題 3	ペットの世話	掃除	プログラミング

二重下線は共起・共助に関する話題

### 5.2.1 話題提示手法 1—3 秒間の沈黙発生時に話題提示

メデイエーターロボットによる話題提示の前段階として仲介役となる人間からのテキストチャットによる話題提示を行なった。2章の表 2.2 に示した個人属性項目を用いて3章で述べた手法により構築した共起・共助関係各一組、共起・共助関係にないその他のペア一組の計三組を対象に Skype による対話実験を行なった。対象とした被験者の共起度の結果を表 5.1 に示す [4]。対話者となる被験者二名と、話題提示を行なうロボットシステムの代わりとなる仲介者一名の計三名で実験を行なった。静かな部屋を二部屋用意し、対話者となる被験者には一名あたり一部屋ずつ入るように指示をした。被験者は各自の部屋に設置した PC を使い、Skype を通じて対話をしてもらった。同時に PC の横にボイスレコーダーを置き、対話音声を録音した。ボイスレコーダーと被験者との距離はほぼ一定の位置とした。三名は Skype のビデオ通話でつながっており、仲介者は対話者二名の会話を聞き、3 秒の沈黙が発生した場合に次の話題をテキストチャットによって提示する。実験環境

に慣れず緊張状態のままでは、対話中に取得する心拍データと LF/HF に対する影響が考えられるため、可能な限り自然な対話環境にするべく、対話者にははじめにフリートークをしてもらった。フリートーク以降に提示した話題は計三つである。共起・共助関係のペアでは、共起・共助関係に関連する話題を2つとそれ以外からランダムに選んだその他の話題を一つとし、その他のペアではランダムに選んだ三つの話題とした。表 5.2 はフリートーク以降に各ペアに提示した話題を示す。

ユーザ同士の関係性に関わる話題が対話中の盛り上がりとどのような関連を持つかを被験者ごとに調べるため、対話実験中に取得した対話音声から得られる音響特徴量について解析した。対話中に取得した対話音声に対して 2 章で述べたように音声解析ソフト Praat [16]から音響特徴量を抽出する。機械学習ソフト Weka [71]の多層パーセプトロン(10-fold の交差検定, 隠れ層:自動(デフォルト設定), 学習回数:500 回(デフォルト設定))を使用し, 各被験者の音響特徴量について話題ごとの分類を行なった。今回使用した交差検定の設定について, まずある一名の被験者データ(正解付き)を 10 個に分割し, そのうち 1 個をテストデータ, 残りのデータを訓練データとして学習と精度の評価を行なう。これを 10 個のデータの塊にわたり順番に学習と評価を 10 回行ない, その結果を平均し分類正解率として出す。これは, 音響特徴量の分類問題について以前の関連研究 [72]において, 他の分類方法より精度が良かったためである。分類結果を表 5.3 に示す。全体を見てもあまり分類精度はよいとは言えない。したがって, 共起と共助に関する話題とそれ以外のその他の話題との区別を音響特徴量によって見分けることは難しいと考えられる。

そこで, 対話全体を通して盛り上がり・盛り下がりの特徴を調べるために, 対話音声へ新たなタグ付けを行なった。話し始め・盛り上がり・盛り下がりの3種類のタグを新たに作成し, 実際に対話音声を聞いて各区間に該当すると思われる箇所にタグを手動で付けた。話し始めは各話題の導入部分とし, 盛り上がりは導入部分

表 5.3 話題による分類正解率

	被験者	分類正解率
共起	user4	52.3%
	user6	28.4%
共助	user2	52.3%
	user6	39.5%
その他	user4	37.3%
	user10	32.1%

表 5.4 話し始め・盛り上がり・盛り下がりによる分類正解率

	被験者	分類正解率
共起	user4	68.6%
	user6	84.1%
共助	user2	66.7%
	user6	47.6%
その他	user4	55.2%
	user10	64.1%

から話題が詳しくなった箇所とした。また、盛り下がり是对話のやり取りの間に沈黙が多く発話量が少なくなった箇所とした。これらのデータから再び Praat [16]によって音響特徴量を算出し、前述と同様の手法により話し始め・盛り上がり・盛り下がりによって分類した結果を表 5.4 に示す。表 5.4 より、話題ごとによる分類結果よりも全体的に分類精度が高くなった。しかし、被験者の中で user4 と user6 を見ると、それぞれ対話相手によって分類精度が変わっている。安定した結果が得られない理由としてタグ付けの失敗が考えられる。表 5.5 に全被験者分の各タグの個数を混同行列として示す。自然な対話になるよう提示する話題以外の制約を与えなかったため、3 秒間の沈黙が発生するまでの対話時間は話題やペアによってばらつきが大きかった。そのため、被験者ごとの発話数は一定でなく、同じ被験者の場合でも対話相手によって発話量に差が生じている。今回は明らかに盛り下がっていると思われる箇所がなかったため、実質二値分類となったが、表 5.5 の通り盛り上がりとしたタグの個数が多く、タグの偏りによって分類精度が高くなっていると考えられる。

表 5.5 表 5.4 についての混同行列

	話し始め	盛り上がり	盛り下がり
話し始め	2	112	0
盛り上がり	3	508	0
盛り下がり	0	68	0

## 5.2.2 話題提示手法 2—10 分経過毎に仲介役の人間による話題提示

5.2.1 における自然対話による実験結果 [40]に基づき、話題を提示するタイミングを変更した [73]。自然対話では話題によって対話時間や発話数に大きな差があり、話題に関わらず発話数をなるべく均一に揃えるためである。2 章の表 2.2 に示した個人属性を用いて 3 章で述べた手法による共起度の結果 [4]を表 5.6 に示す。表 5.6 に示す結果を元に構築した共起関係三組、共助関係二組、共起・共助関係にないその他のペア二組の計七組を対象に対話実験を行なった。この実験では、対話者二名に加え、話題提示を行なうシステムの代わりに仲介者を一名用意した。静かな部屋を二部屋用意し、対話者となる被験者には一名あたり一部屋ずつ入るように指示をした。被験者は各自の部屋に設置した PC を使い、Skype を通して対話をしてもらった。同時に PC の横にボイスレコーダーを置き、対話音声を録音した。ボイスレコーダーと被験者との距離はほぼ一定の位置とした。また、仲介者は被験者同士の対話を聞くことができる状態とし、10 分経過後に次の話題をテキストチャットによって提示した。構築したペアのうち、user11 が共起・共助関係とその他のペアをそれぞれ一組ずつ構成していたため、共起・共助関係の話題の有無が対話へ与える影響について比較して調べるために user11 を中心としたこの三組に着目する。被験者ペアと各ペアに提示した話題の一覧を表 5.7 に示す。共起・共助ペアについて、二つを共起・共助に該当する話題、残り一つをランダムに選び共起・共助と関連のないその他の話題とした。また、その他のペアについては、三つ全てランダムに選んだその他の話題とした。

対話中に取得した対話音声に対して、2章で述べた前処理を行ない、音声解析ソフト Praat [16]により8つの音響特徴量を算出する。次に、分割した対話音声に対し、会話の始まり・盛り上がり・盛り下がりの3種類のタグを手動で付ける。ここで、分割前の対話音声を聞いて各タグをつけておき、各区間に含まれるフレームに対し、それぞれ該当するタグをつけていく。5.2.1における判断基準を踏まえ、話し始めは各話題の導入部分とし、盛り上がりは導入部分から話題が詳しくなった箇所もしくは笑い声が多く声も大きくなっている箇所とした。また、盛り下がり是对話のやり取りの間に沈黙が多く発話量が少なくなった箇所とした。この盛り上がり区間の発話例をトランスクリプトとして表5.8に、盛り下がり区間の発話例をトランスクリプトとして表5.9に示す。表5.8と表5.9について、[]で囲まれた箇所はオーバーラップ現象の発生箇所を表し、(())はその時の状態の詳細についての記述を表す。表5.8の盛り上がり箇所の発話を見ると、二者ともに笑いながら会話のやり取りをしており、更にオーバーラップ現象が頻発し比較的会話のテンポが速いことが見受けられる。一方、表5.9の盛り下がり箇所の発話を見ると、オーバーラップ現象が見られず、対話のやり取りの間に短時間ではあるが沈黙が見られ、比較的対話のテンポが遅めであることが見受けられる。

表 5.6 共起度の結果 [4]

	user2	user3	user4	user5	user6	user7	user8	user9	user10	user11	user12
user1	0.428	0.172	0.186	0.185	0.372	0.063	-0.136	0.044	0.047	0.201	-0.077
user2		0.218	0.179	0.000	0.060	0.180	0.299	0.115	0.265	0.504	0.230
user3			0.271	0.312	-0.136	-0.030	0.272	0.009	-0.019	0.382	0.475
user4				0.488	-0.379	-0.438	0.238	0.191	0.193	0.069	0.349
user5					-0.131	-0.296	0.085	0.040	0.080	0.037	0.172
user6						0.362	-0.400	0.018	0.004	0.013	-0.215
user7							-0.091	-0.152	0.180	0.370	-0.390
user8								0.308	0.054	0.401	0.158
user9									0.118	0.124	0.030
user10										0.126	0.391
user11											0.264

表 5.7 各ペアに提示した話題の例

	共起 (user2/user11)	共助 (user9/user11)	その他 (user7/user11)
話題 1	料理	<u>フィットネス</u>	イベント参加
話題 2	<u>読書</u>	<u>資格</u>	スポーツ
話題 3	<u>カラオケ</u>	裁縫	ペットの世話

表 5.8 盛り上がりとした箇所のトランスクリプト例

user	発言
B	4時むっちゃ明るいもん, [朝4時]
A	[((笑い声))に寝る]んでしょ?
AB	((AとBの笑い声))
A	[もうきれそうに]なるよね朝4時((笑い声))
B	[そうそうそう]((笑い声))
A	[今から寝るん]だけどみたいな((笑い声))
B	[そうそうそう]((笑い声))
A	なんで明るく[なってる]だよ((笑い声))
B	[そうそうそう][今からさ]
A	[ふざけんなよ]みたいな((笑い声))

“[” = オーバーラップ開始地点, “]” = オーバーラップ終了地点, “(( ))” = 状況の記述

表 5.9 盛り下がりとした箇所のトランスクリプト例

user	発言
B	すごく昔のことですね
A	そうですね, だいぶ前でしたもんね映画自体が
B	はい, そうですね
A	((1秒間の沈黙))Bさんは最近何見ました? ジュラシックワールドですか?
B	ジュラシックも最近見ますけど, この前は, でも最近忙しいですね,
A	あー
B	このあと8月は外国の映画をたくさん見に行きたいです
A	あー
B	((0.8秒間の沈黙))じゃあミッションインポッシブルとか
A	ああはいそれも見たいです

“[” = オーバーラップ開始地点, “]” = オーバーラップ終了地点, “(( ))” = 状況の記述

Praatによって得られた音響特徴量に対し、機械学習ソフト Weka [71]を用いて前述の三種類のタグに基づいて、5.2.1と同様の手法・設定で分類を試みた。手動でタグをつけた音響特徴量に対する被験者ごとの分類結果を表 5.10 に示す。最も高い分類正解率は user1 の 75.9%である。全体的にあまり分類精度が高いとはいえないため、音響特徴量のみで盛り上がり・盛り下がりの判断をすることは難しいといえる。そこで、「盛り

表 5.10 盛り上がり・盛り下がりによる分類結果

共起						共助				その他			
1		2		3		1		2		1		2	
user													
12	3	2	11	1	2	11	9	7	4	2	7	11	7
58.1	51.8	54.1	60.2	75.9	68.2	68.6	62.5	49.7	68.9	59.2	59.2	62.7	67.0
%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%

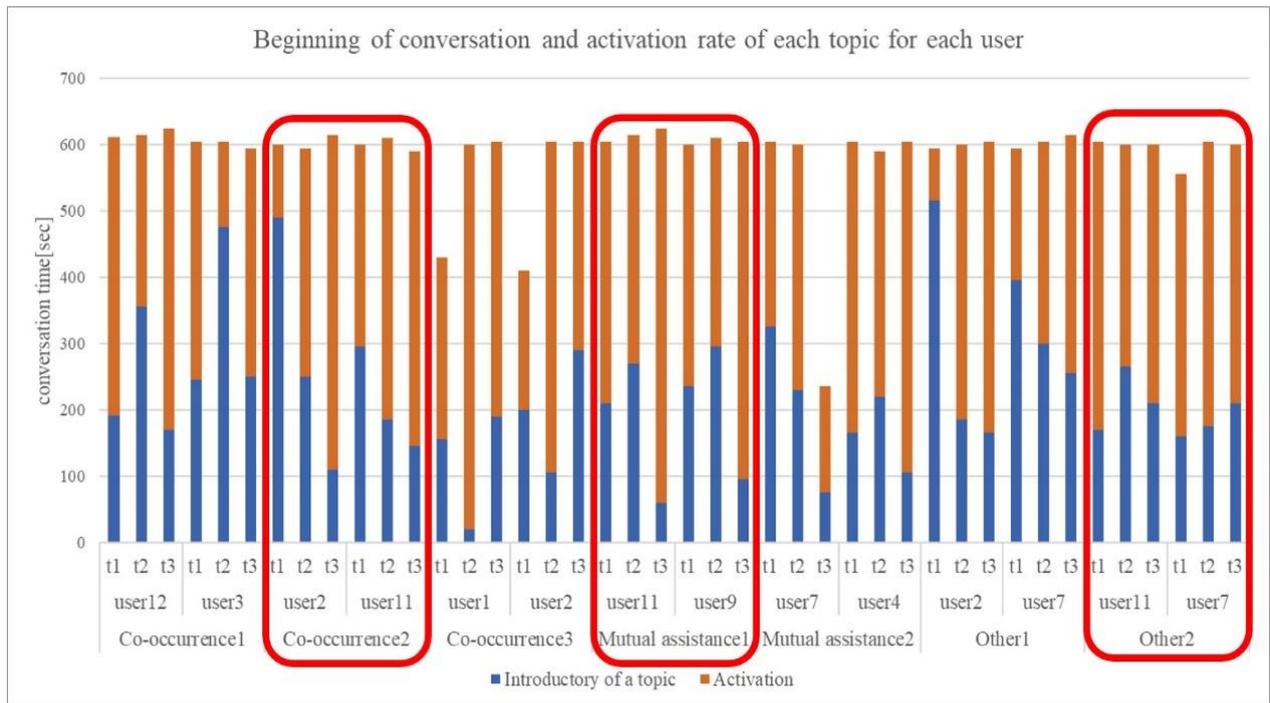


図 5.3 ペアごとに見た盛り上がり到達するまでに要した時間

「上がり到達するまでの時間がどの程度必要か」ということについて、手動でタグをつけたデータを使用し各ユーザーで話題ごとに調べた結果を図 5.3 に示す。図 5.3 の縦軸は時間(単位: sec)を表しており、1 フレーム 5 秒間×タグの個数で計算した。図の青色区間は話し始め区間の秒間を表し、橙色区間は盛り上がり区間の秒間を表す。また“t1”, “t2”, “t3”は提示した各話題順を表す。ここで図 5.3 内の赤枠で囲まれた 3 ペアに着目した。これらのペア全てに user11 が含まれているため、対話相手との関係性によって盛り上がり・盛り下がりには違いが生じるかどうかを調べた。user9 と user11 の共助ペアの場合、共助に関連する話題が 2 つ提示された後にその他の話題が提示されていた。また user2 と user11 の共起ペアの場合では、その他の話題が提示された後に共起に関連する話題が 2 つ提示されていた。ここで、赤枠内の 3 ペアについて、3 番目の話題における盛り上がり到達に要した時間に着目した。3 番目の話題における盛り上がり到達に要した時間は、共起・共助関係の場合のほうがその他のペアの場合と比べて時間が短くなっていた。したがって、共起・共助関係の話題があることによって、対話の活性化に要する時間が短くなる可能性があると考えられる。

表 5.11 ペアごとの話題別盛り上がり・盛り下がり区間長一覧

ペア	区間長(s)	タグ	話題
共起 users 2,11	7.830	盛り上がり	料理
	6.903	盛り上がり	<u>カラオケ</u>
	14.634	盛り上がり	
共助 users 9,11	58.881	盛り下がり	<u>フィットネス</u>
	53.686	盛り上がり	
	24.610	盛り下がり	
	30.198	盛り上がり	<u>資格</u>
	19.374	盛り上がり	裁縫
その他 users 7,11	6.894	盛り下がり	イベント参加
	13.334	盛り上がり	スポーツ
	12.771	盛り上がり	ペットの世話
	23.788	盛り上がり	

二重下線：共起・共助関係の話題

しかし、音響特徴量のみによる盛り上がり・盛り下がりの検出が不十分である可能性、また盛り上がり・盛り下がりのタグ付けを一名で行なっていたことによるタグ付け結果の信頼性といった問題がある。ここでタグ付けをより客観的に行なうため、被験者とならなかった学生1名に対話音声聞いてもらい、同様に話し始め・盛り上がり・盛り下がりのタグ付けを行なってもらった。始めにタグ付けした結果ともう1名によるタグ付けの結果から、2名とも同じタグを付けた区間のみを最終的な話し始め・盛り上がり・盛り下がり区間とした。各区間の区間長(単位：sec)を話題ごとに調べた結果を表 5.13 に示す。区間長は区間終了時間から区間開始時間を引いて計算したものである。実際の対話では、メディエータロボットが生体的評価指標から客観的にタイミングを判断して話題提示を行なう。そこで、対話者同士以外の第三者の視点による盛り上がり・盛り下がり評価をするために、実験者側でこれらの評価を行なった。表 5.11 全体を見ると、盛り上がり区間については評価者の二者間で一致した箇所が多い。一方、盛り下がり区間に関しては、盛り上がり区間と比べて他者から見た場合盛り下がりの特徴がつかみづらく、両者の評価が一致することが少なかった。このことから、特に盛り下がり空間については対話者本人による評価が必要と考えたため、次の話題提示手法3の実験では対話者本人による盛り上がり・盛り下がりのリアルタイム評価を行なうこととした。

表 5.12 ペアごとの各タグ数一覧

	被験者	頷き (回数)	笑い声 (回数)	発言 (回数)
共起	user2	243	53	183
	user11	128	49	243
共助	user9	110	22	177
	user11	81	74	170
その他	user7	169	90	221
	user11	139	58	234

表 5.13 ペアごとの話題別オーバーラップ現象発生回数一覧

共起 users 2,11	話題	料理	<u>読書</u>	<u>カラオケ</u>
	回数	127	127	124
共助 users 9,11	話題	<u>フィットネス</u>	<u>資格</u>	裁縫
	回数	87	85	97
その他 users 7,11	話題	イベント参加	スポーツ	ペットの世話
	回数	120	117	126

二重下線は共起・共助関係の話題

次に、図 5.3 赤枠内の三組について対話中のオーバーラップ・話者交代について調べた。オーバーラップ現象は対話者が対話に引き込まれているときに発生する。また、話者交代が頻繁に起きた時、対話が盛り上がっていると推測できる [70]。特に発言と相槌の回数から、聞き手と話し手の傾向の推定が可能となる。したがって、新たに“発言”・“相槌”・“笑い声”の計 3 種類のタグを作成し、対話音声データに手動でこれらのタグをつけた。各ペアでの各タグ数の内訳を表 5.12 に示す。共起ペアとその他ペアについて、発言と相槌の回数に着目した。この二組では、user11 は他方の被験者と比較して発言回数が多く、相槌回数が少ない。さらに、両パターンともに他方の被験者は user11 と比較して発言回数が少なく、相槌回数が多い。このことから、user11 は話し手となる傾向が強いと推測できる。また、対話活性化についてさらに調べるために、オーバーラップ現象の発生回数について調べた。一方の対話者の発言または相槌が他方の対話者の発言または相槌と重複した場合、これをオーバーラップ 1 回として数えた。各ペアの話題ごとのオーバーラップ現象発生回数の内訳を表 5.13 に示す。この結果について、共助ペアとその他ペアに着目した。両ペアともに三話題目に

おけるオーバーラップ回数が最も多くなっている。特に、一話題目におけるオーバーラップ回数と比較すると、その他ペアよりも共助ペアの増加分の方が大きくなっている。しかし、対話音声のみでは盛り上がり・盛り下がりの明確な特徴を捉えることができなかつたため、心拍データの面からも解析する。

まず心拍データから算出した二者の LF/HF 推移について、エントレインメント現象が起きているとみられ

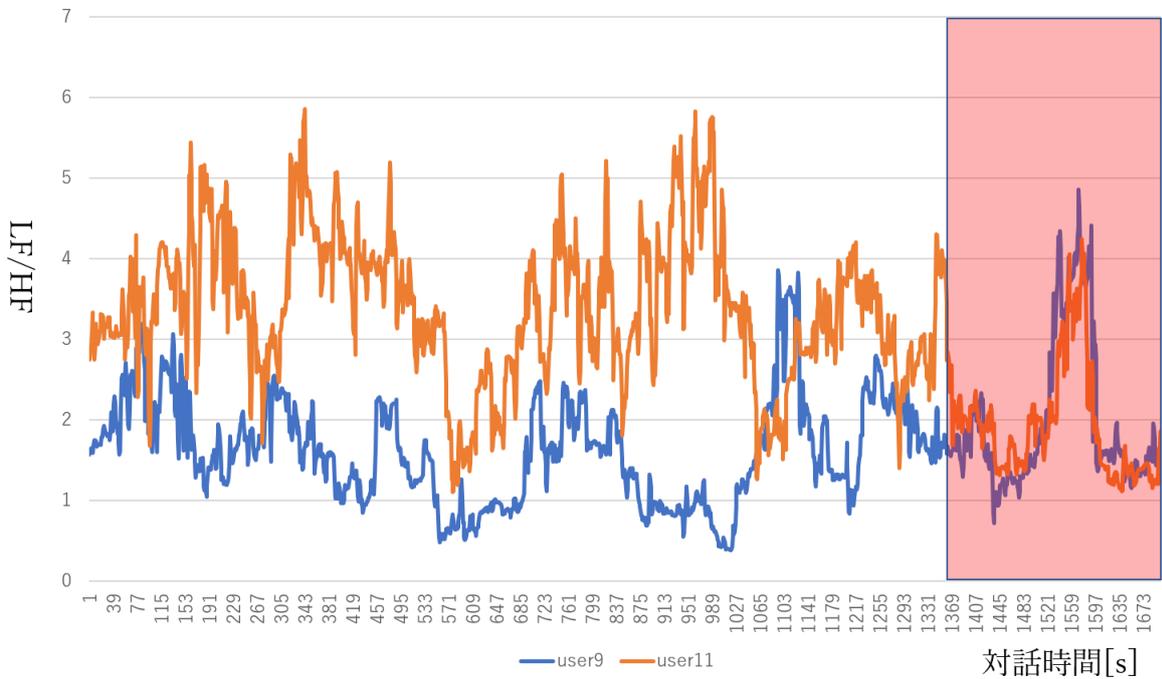


図 5.4 user9-user11 の共助ペアにおける LF/HF の同期

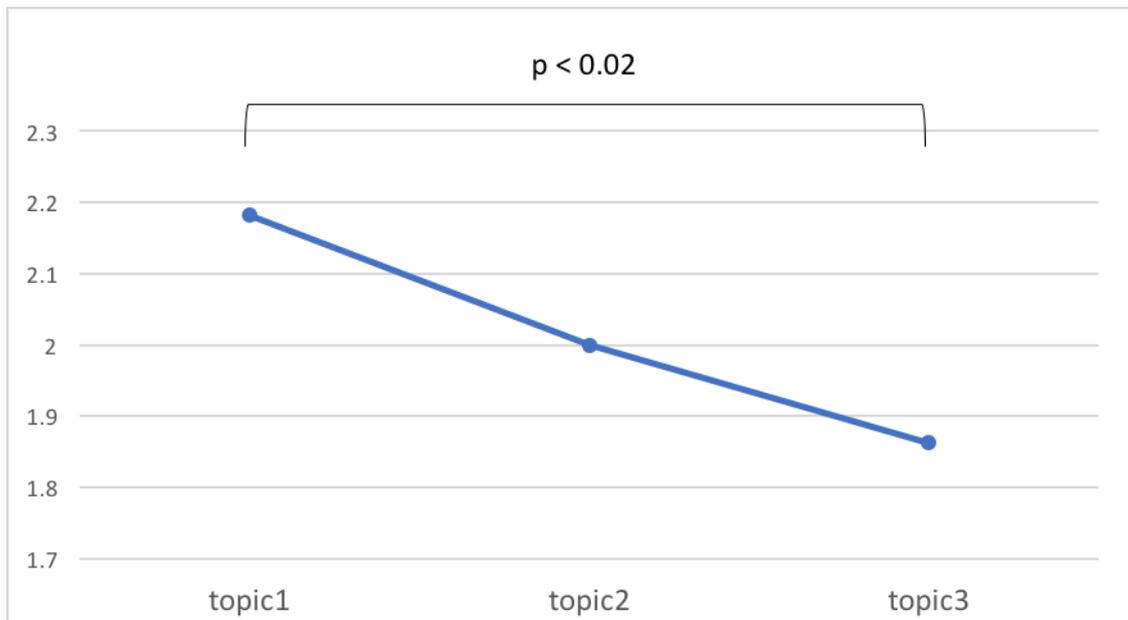


図 5.5 全被験者の話題別 LF/HF 平均の推移

る箇所を図 5.4 に赤背景で示す。これは user9 と user11 のペアの LF/HF の推移である。この箇所では、三番目に提示された“裁縫”について対話していた。この話題は共助関係の話題二つの後に提示されたその他の話題であった。また、アンケートの回答では、興味の度合いは user9 が 3、user11 が 4 と近い回答をしていた。しかし、user11 は裁縫が得意(回答：4)、user9 は裁縫が苦手(回答：1)となっており、このペアにおいて“裁縫”は共助関係に近い話題であったことが分かった。

次に、対話全体を通じた被験者全体の変化を見るため、提示した話題順別の全被験者の LF/HF 平均推移を

表 5.14 共起ペアの話題別 LF/HF 平均

ペア	話題	前者の LF/HF 平均	後者の LF/HF 平均
user3/user12	プログラミング(共起)	2.593	1.819
	早起き(共起)	2.452	2.259
	人と話すこと(その他)	1.830	1.652
user1/user2	掃除(共起)	-	-
	絵を描くこと(その他)	-	-
	ゲーム(共起)	2.267	1.047
user2/user11	料理(その他)	1.612	1.753
	読書(共起)	1.258	1.699
	カラオケ(共起)	1.735	2.060

表 5.15 共助ペアの話題別 LF/HF 平均

ペア	話題	前者の LF/HF 平均	後者の LF/HF 平均
user9/user11	フィットネス(共助)	1.831	3.758
	資格(共助)	1.329	3.324
	裁縫(その他)	1.968	2.339
user4/user7	読書(共助)	2.915	2.023
	資格(その他)	2.258	1.692
	絵を描くこと(その他)	1.970	1.605
user1/user10	細かい作業(その他)	2.652	2.195
	プログラミング(共助)	2.950	1.127
	早起き(共助)	3.012	1.663

表 5.16 その他ペアの話題別 LF/HF 平均

ペア	話題	前者の LF/HF 平均	後者の LF/HF 平均
user3	DIY(その他)	2.386	1.897
	整理整頓(その他)	2.721	1.550
user7	楽器の演奏(その他)	1.825	1.491
user2	日記・ブログ(その他)	2.244	1.626
	裁縫(その他)	1.712	1.637
user7	買い物(その他)	1.702	1.497
user7	イベント参加(その他)	1.776	1.833
	スポーツ(その他)	2.255	1.767
user11	ペットの世話(その他)	2.107	1.340

調べた。2章で述べたように、ここでは対話中に蓄積されるストレスを観測するため、一話題 10 分間毎の LF/HF の観測を行なった。LF/HF は実験開始後 100 秒経過後に測定可能であるため、開始後 100 秒経過時から対話終了の 1800 秒までの推移を 100 秒ごとに調べた。これを図 5.5 に示す。一話題目における全被験者の LF/HF 平均は 2.182, 2 番目の話題における全被験者の LF/HF 平均は 1.999, 3 番目の話題における全被験者の LF/HF 平均は 1.862 であった。(p < 0.02, Wilcoxon の符号付き検定)この結果から、実験前の被験者は副交感神経より交感神経が優位となり緊張状態にあったが、話題が進むにつれてリラックス状態になっていくことを示している。しかし、それぞれの話題の中でユーザの状態がどう推移していくのか知ることができないため、各ペアにおける話題別 LF/HF 平均を調べた。表 5.14 に共起関係のペアの話題別 LF/HF 平均, 表 5.15 に共助関係のペアの LF/HF 平均, 表 5.16 にその他のペアの話題別 LF/HF 平均を示す。また、“-”は欠損値を表す。被験者別に話題ごとの LF/HF 平均を見たが、あまり顕著な変化は見られない。

そこで、対話中のオーバーラップ秒数と LF/HF の両者間の相関の関連について調べた。図 5.6 に user2 と user11 のペア, 図 5.7 に user9 と user11 のペア, 図 5.8 に user7 と user11 のペアのグラフをそれぞれ示す。上部が 100 秒間ごとのオーバーラップ秒数, 下部が 100 秒間ごとの LF/HF 相関の推移を示す。オーバーラップは、両者の発話が重複した時間から算出した。二者間における LF/HF 相関とオーバーラップ秒間の推移について、図 5.6 は共起ペア(user2-user11), 図 5.7 は共助ペア(user9-user11), 図 5.8 はその他ペア(user7-user11) にそれぞれ示す。2章で述べたように、ここでは対話中に変化する活性化による興奮の度合いを観測するため、100 秒毎の LF/HF の観測を行なった。まず、共起ペア(図 5.6)と共助ペア(図 5.7)の二組に着目する。二つのグラフについて赤背景となっている箇所を見ると、上下変動はあるものの、100 秒間あたりのオーバーラップ秒数が長くなっていくにつれて、二者間における LF/HF の相関が強くなっていく現象が見られる。オーバーラップ現象の発生が多いほど対話の活性化状態にあると考えられるため、この二組における赤背景の数カ所では二者ともに盛り上がりを感じている状態と推測される。同じく青背景の箇所を見ると、オーバーラップ秒数が短くなると LF/HF 平均の相関が弱くなっていくことがわかる。このことから、オーバーラップ秒間が長く

なると両者ともに盛り上がり近づき、短くなると両者ともに盛り上がりから遠ざかることが推測できる。次に、その他ペア(図 5.8)の緑背景となっている箇所に着目する。一つ目の区間では、オーバーラップ秒数が短くなっていくと、LF/HF 平均の相関は一度強くなるものの段々弱くなっていく現象が見られる。一方、二つ目の区間ではオーバーラップ秒数が短くなるにつれて、LF/HF 平均の相関が強くなっていく現象が見られる。このように、その他ペアの緑背景二か所では、オーバーラップ現象の発生について前述の二組とは逆の現象が起きており、少なくとも盛り上がり状態ではなく、盛り下がりに近づいている状態にあると推測される。このことから、盛り下がりに近づいている状態では、LF/HF 平均の相関が弱くなる場合と強くなる場合の両方が見られると言える。さらに、その他ペアにおいて、オーバーラップ秒数が長くなっているにも関わらず、1500～1599 秒の 100 秒間のように LF/HF 平均の相関が弱くなっている箇所が複数見られる。これらのことから、LF/HF 平均の相関が強くなる場合は、二者ともに盛り上がりまたは盛り下がりに近づいていると考えられる。しかし、LF/HF 平均の相関が弱くなる場合は、一方が盛り上がり近づき他方が盛り下がりに近づいているなど、二者がそれぞれ異なる状態にあると推測される。ユーザが対話に対して盛り上がり・盛り下がりを感じたタイミングと、その感覚が生体的反応として表出するタイミングには微小な時間差があると考えられている [74]。したがって、複数の生体反応を観測するにあたり微小な時間差を考慮する必要がある。しかし、オーバーラップ秒数と LF/HF 平均相関の推移について、Excel の CORREL 関数を使用したところ 0.4 の弱い相関がみられたため、オーバーラップ現象の発生と LF/HF 平均の相関の間にはある程度関連性があると推測される。これらの結果から、LF/HF 平均の二者間における相関からは二者ともに盛り上がり・盛り下がり状態にある場合の観測が可能であるが、片方の話者のみが盛り上がり近づいているといったような、二者がそれぞれ異なる状態にある場合の観測が困難であることが分かった。また、2 章の個人属性項目で述べたように、提示した話題の中で話しづらい話題が入ってしまっていた。そこで、個人属性に基づく話題提示のため、話しやすい話題と話しづらい話題を可能な限り分けて再度対話実験を行ない、更に対話者個人がそれぞれどういった状態に近づいているかを調べるために個人ごとの LF/HF を解析する。

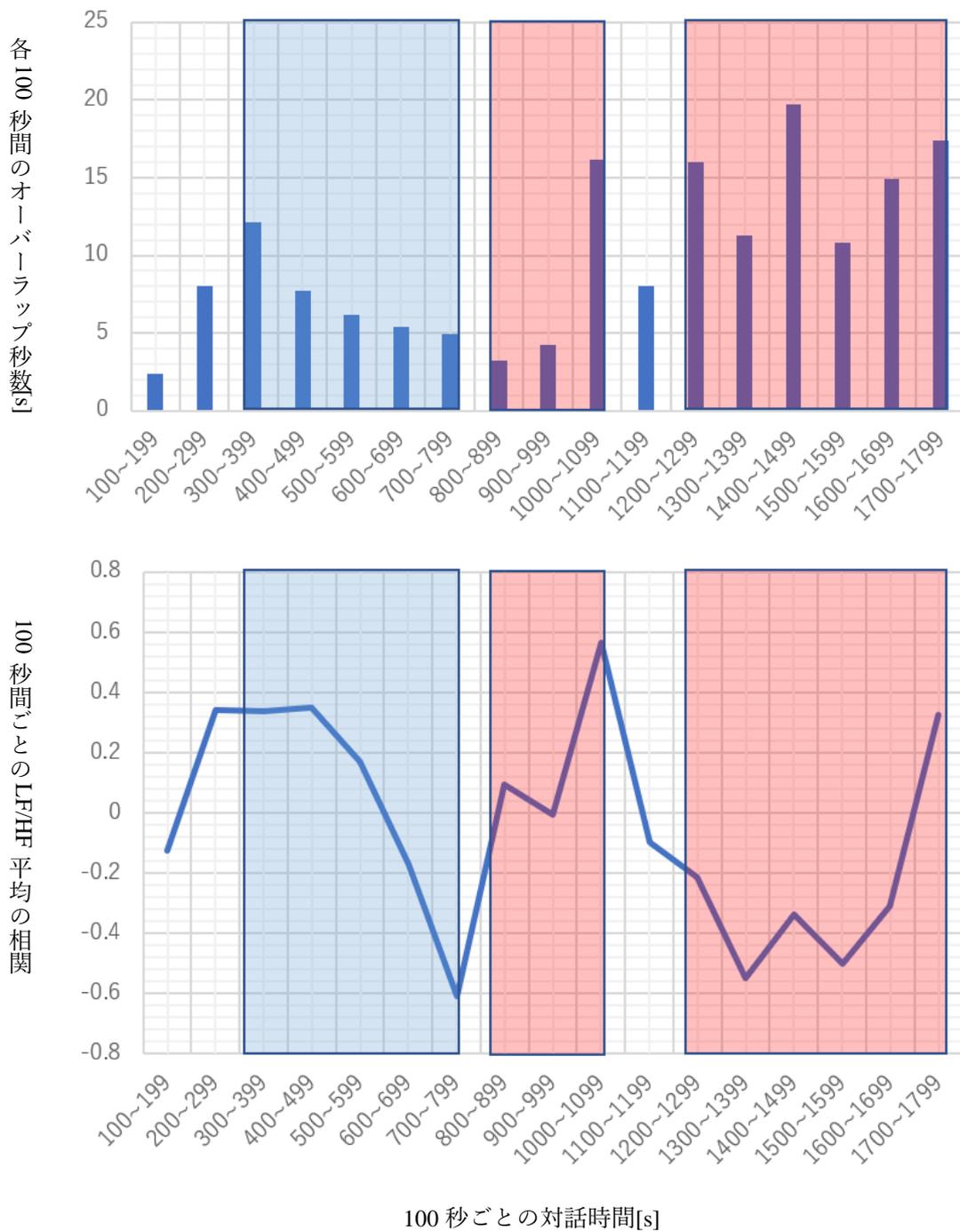


図 5.6 user2,11 について 100 秒間ごとにおけるオーバーラップ秒間推移(上部)と LF/HF 平均相関 (下部)

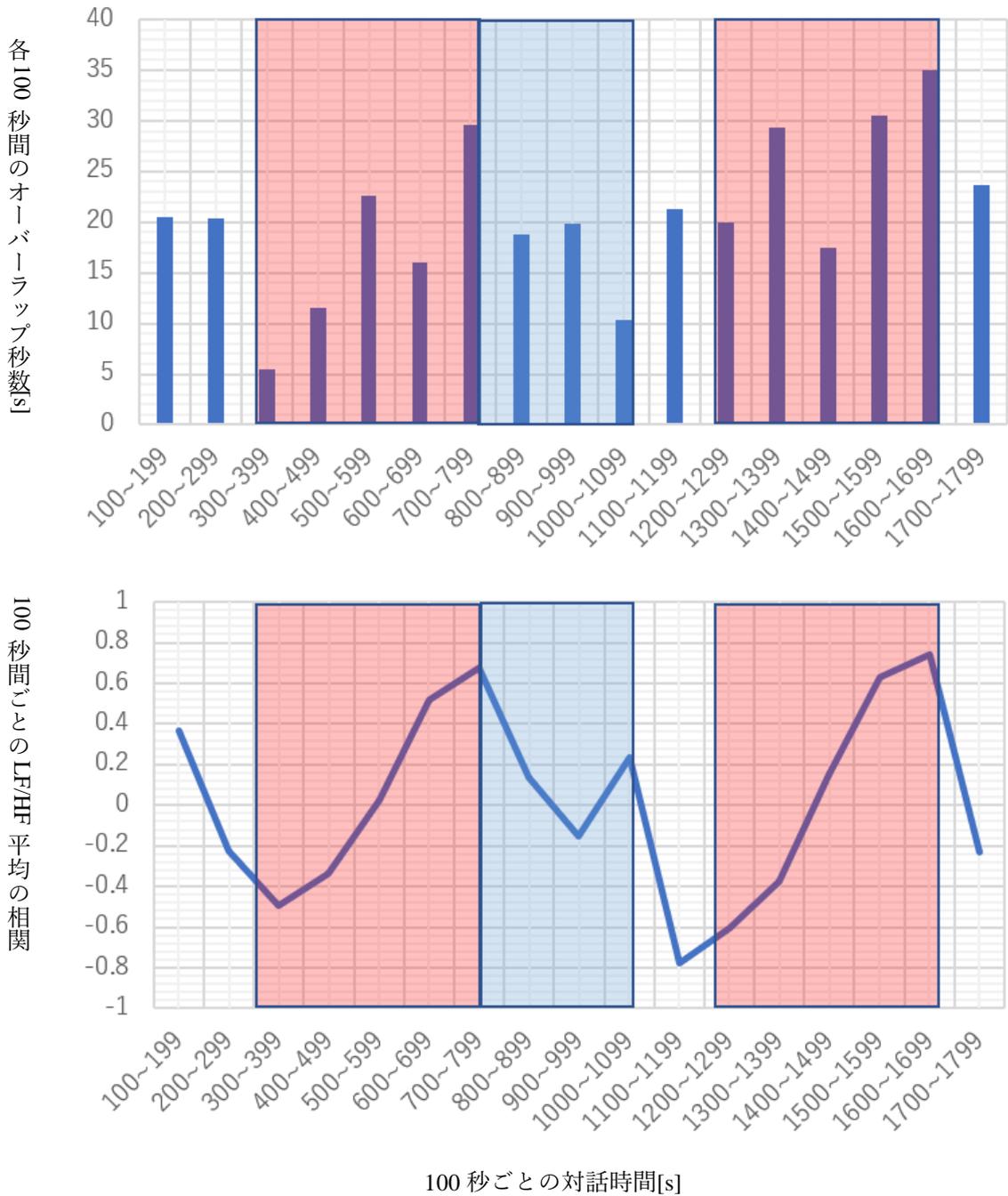


図 5.7 user9,11 について 100 秒間ごとにおけるオーバーラップ秒間推移(上部)と LF/HF 平均相関(下部)

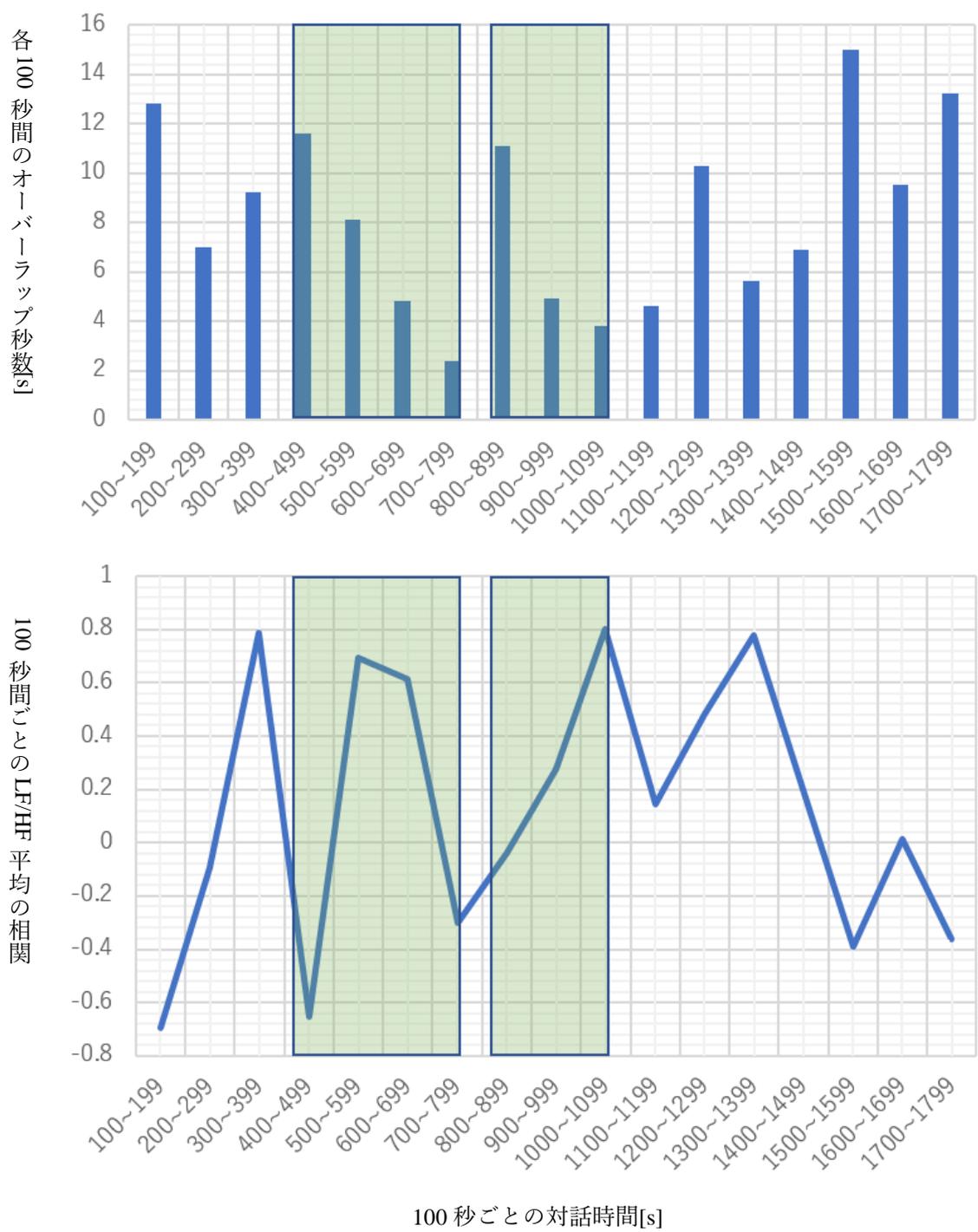


図 5.8 user7,11 について 100 秒間ごとにおけるオーバーラップ秒間推移(上部)と LF/HF 平均相関(下部)

### 5.2.3 話題提示手法 3—10 分経過毎にメディエータロボットによる話題提示

話題の話しやすさが与える対話中の盛り上がり・盛り下がり状態への影響を調べることを目的として、図 5.2 に示したメディエータロボットのシステムを用いて Skype を通した対話実験を行なった。被験者は全 8 組で、男子学生 7 名・女子学生 2 名の延べ 9 名である。被験者ペアの中には、過去の実験において共起・共助関係となっていた組み合わせが一部含まれているが、過去の実験で共起・共助関係となった話題とは全て異なるものを使用している。各ペアには三つの話題を各 10 分ずつ計 30 分間会話してもらった。2 章の表 2.3 に示した話しやすい 30 項目と、表 2.4 に示した話しにくい 10 項目の二種類を提示する話題として使用した。実験の前に、話しやすい話題と話しにくい話題を、ペアとなった被験者同士で相談して決定してもらう形式とした。被験者による話題に対しての先入観を可能な限りなくすため、話しやすい話題・話しづらい話題であることを被験者側に伏せ、話しやすい話題を話題群 X、話しづらい話題を話題群 Y として被験者に提示した。話題の内訳は、表 2.3 に示した話しやすい話題から二つ、表 2.4 に示した話しづらい話題から一つの計三つである。各被験者ペアと話題の組み合わせを表 5.17 に示す。話題の並び順は提示した時系列順となっている。図 5.2 に示すように、対話者は各自静かな部屋の中で PC 上の Skype ビデオ通話を通して対話してもらった。対話中は心拍測定のため、被験者の耳に 2 章で述べた心拍センサを装着し、心拍測定アプリケーションにより心拍データを取得した。対話中の被験者本人の状態を知るため、盛り上がり・普通・盛り下がりと感じた時に各状態に対応する三つのボタンを押してもらった。対話実験中の PC 画面を図 5.9 に示す。図 5.9 左側が Skype 対話画面、右上が MMD エージェントの表示画面、右下が被験者による盛り上がり・盛り下がり評価の表示画面である。対話中は、10 分経過ごとに MMD エージェントが PC 画面上で話題提示を行なう。



図 5.9 対話実験中の PC 画面

表 5.17 被験者ペアと話題の内訳

被験者	話題
user1	テレビ・ラジオ(X)
user2	災害(Y)
	アニメ・コミック(X)
user1	家計・貯金(Y)
user3	本・雑誌(X)
	生き方・人生相談(X)
user1	ゲーム(X)
user4	趣味(X)
	マナー(Y)
user1	派遣・アルバイト・パート(X)
user5	健康・病気・病院(Y)
	スポーツ(X)
user1	おもちゃ(Y)
user6	趣味(X)
	ゲーム(X)
user6	数学(X)
user9	クリスマス(X)
	インターネットサービス(Y)
user7	マナー(Y)
user9	正月・年末年始(X)
	アニメ・コミック(X)
user9	テレビ・ラジオ(X)
user10	国内旅行(X)
	家計・貯金(Y)

男性：user1,2,4,5,6,7,8,10 女性：user3,9

対話中の被験者の状態について、話題ごとの LF/HF 平均を被験者別に調べた。結果を表 5.18 から表 5.25 に示す。しかし、話題提示手法 2 における解析結果同様、話題別 LF/HF 平均の推移にはあまり大きな変化が見られなかった。このため、対話中の 30 分間の心拍データから算出した LF/HF について、2 分間ごとの平均値×15 フレームに分け、この推移について調べることにした。

表 5.18 user1/user2 の話題別 LF/HF 平均

話題	user1	user2
テレビ・ラジオ(X)	1.424	1.518
災害(Y)	1.707	1.866
アニメ・コミック(X)	2.072	-

-は欠損値を表す.

表 5.19 user1/user3 の話題別 LF/HF 平均

話題	user1	user3
家計・貯金(Y)	1.768	1.850
本・雑誌(X)	1.844	1.428
生き方・人生相談(X)	1.495	1.968

表 5.20 user1/user4 の話題別 LF/HF 平均

話題	user1	user4
ゲーム(X)	4.974	3.061
趣味(X)	4.695	2.309
マナー(Y)	4.284	2.220

表 5.21 user1/user5 の話題別 LF/HF 平均

話題	user1	user5
派遣・アルバイト・パート(X)	2.526	1.058
健康・病気・病院(Y)	2.551	1.572
スポーツ(X)	2.733	1.821

表 5.22 user1/user6 の話題別 LF/HF 平均

話題	user1	user6
おもちゃ(Y)	2.158	2.317
趣味(X)	2.328	2.593
ゲーム(X)	2.499	2.755

表 5.23 user6/user9 の話題別 LF/HF 平均

話題	user6	user9
おもちゃ(Y)	2.158	2.317
趣味(X)	2.328	2.593
ゲーム(X)	2.499	2.755

表 5.24 user7/user9 の話題別 LF/HF 平均

話題	user7	user9
マナー(Y)	4.088	1.748
正月・年末年始(X)	3.332	1.994
アニメ・コミック(X)	3.437	2.163

表 5.25 user9/user10 の話題別 LF/HF 平均

話題	user9	user10
テレビ・ラジオ(X)	2.589	2.556
国内旅行(X)	2.883	3.025
家計・貯金(Y)	2.219	2.140

まず、被験者によるリアルタイム評価の結果と LF/HF の推移について比較した。例として表 5.17 の赤枠内の三組について着目し、この結果を図 5.11 から図 5.16 に示す。縦軸は LF/HF、横軸は時刻(単位: sec)を表している。また、図中の赤背景の箇所は対話中の被験者により盛り上がっていると評価された箇所、青背景の箇所は盛り下がっていると評価された区間を表す。被験者によってボタンを押した回数やボタン一回分の時間の長さにばらつきが見られるが、図中の赤枠の箇所のように盛り上がりとしている場合は LF/HF が上昇して

いることが多く、青枠の箇所のように盛り下がりとしている場合には LF/HF が下降している場合が多く見られた。前述したように、LF/HF は個人の体調や体の動きなど様々な要因により影響を受けるため、様々な方法で観察する必要がある。

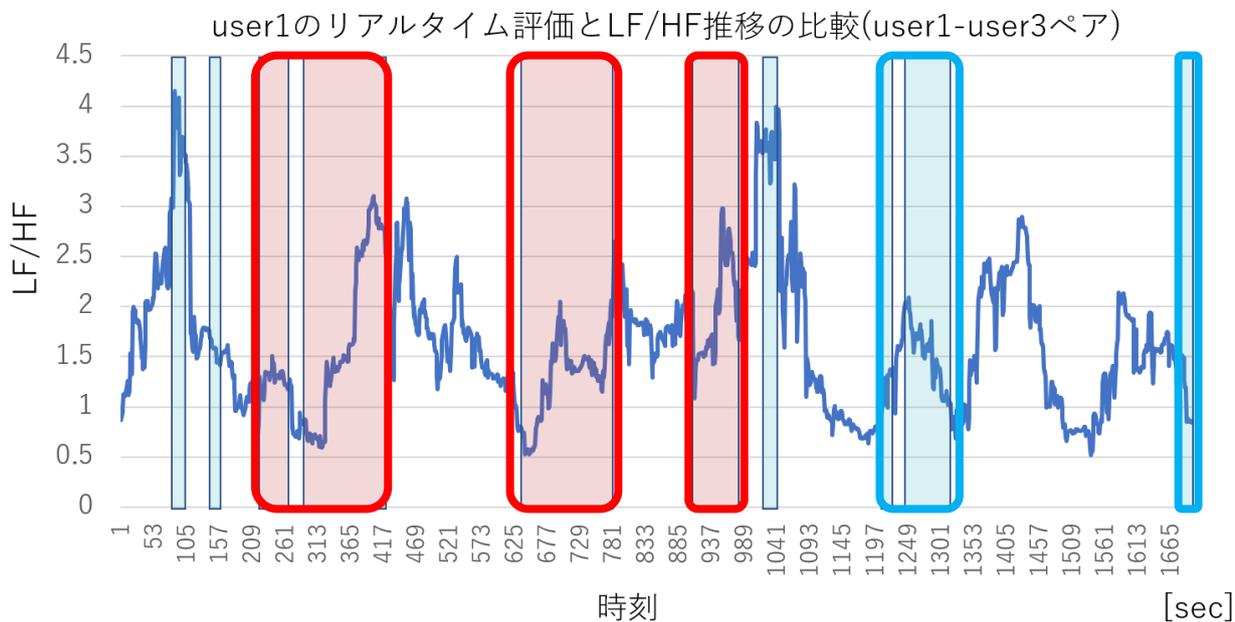


図5.11 user1のリアルタイム評価とLF/HF推移の比較(user1/user3ペア)

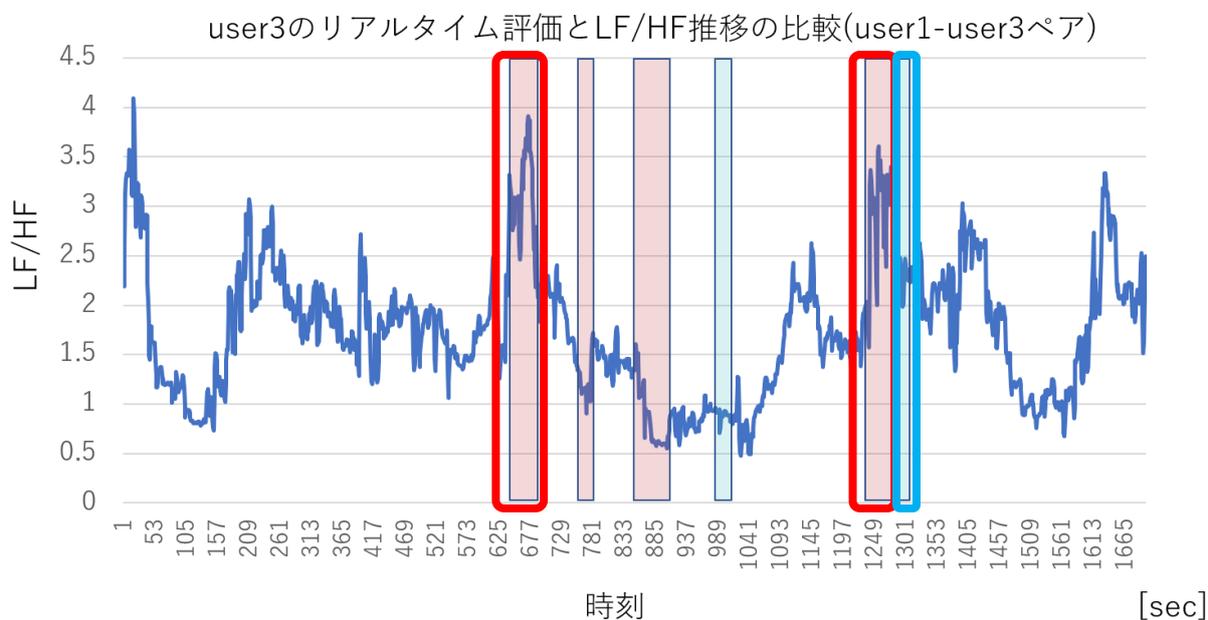


図5.12 user3のリアルタイム評価とLF/HF推移の比較(user1/user3ペア)

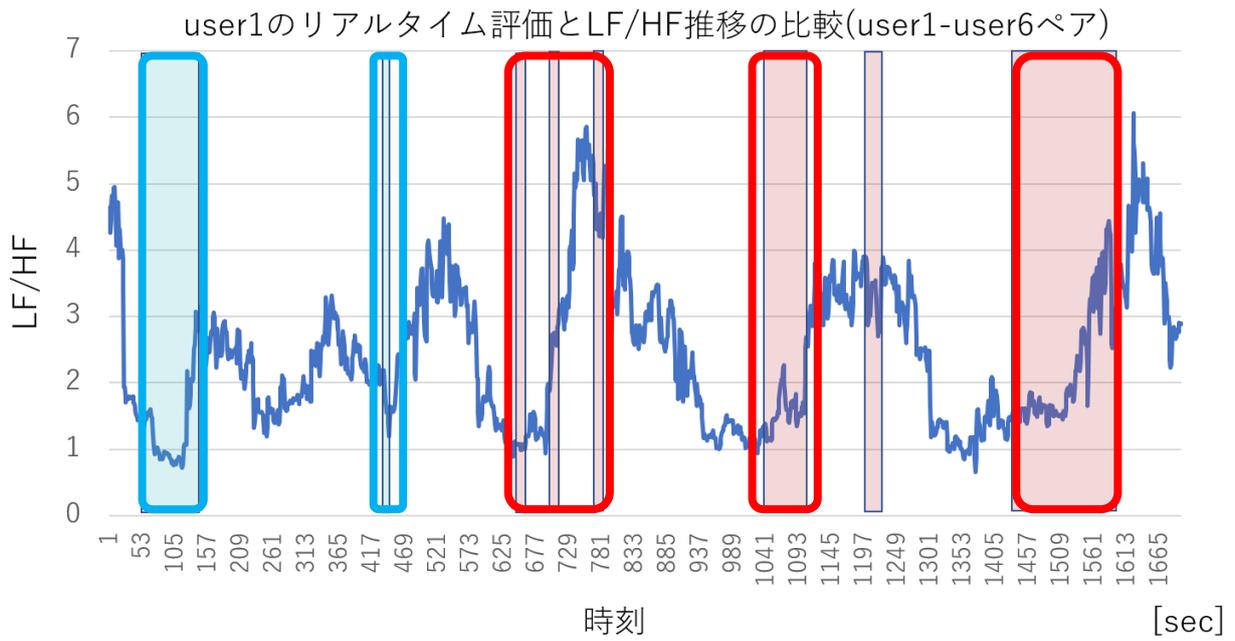


図5.13 user1のリアルタイム評価とLF/HF推移の比較(user1/user6ペア)

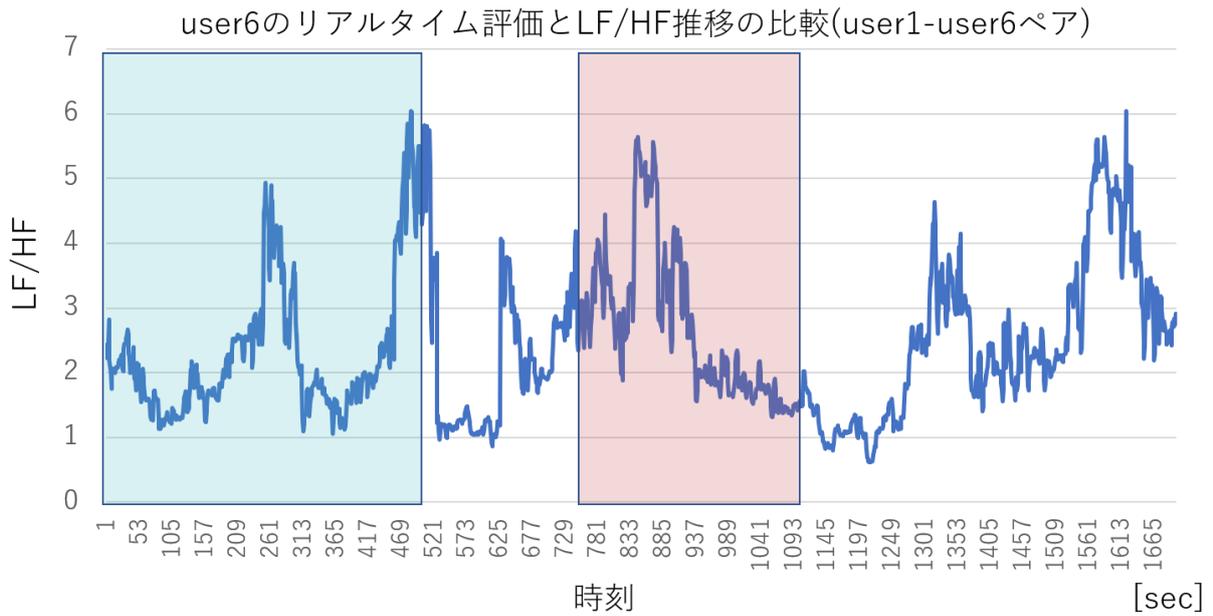


図5.14 user6のリアルタイム評価とLF/HF推移の比較(user1/user6ペア)

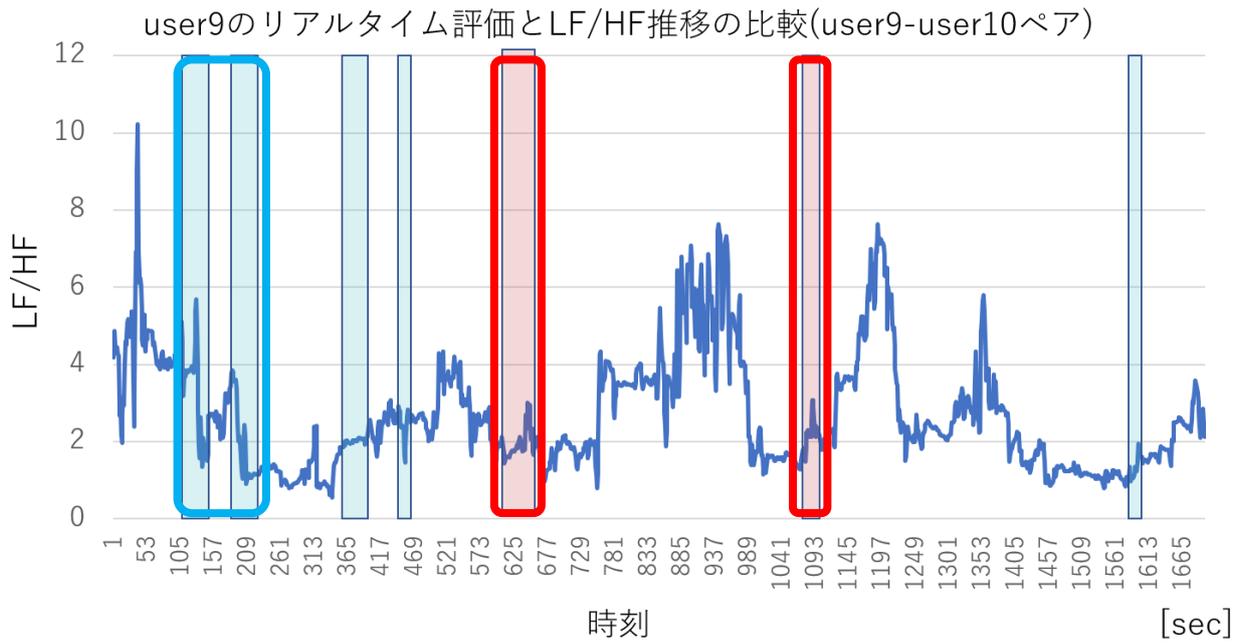


図5.15 user9のリアルタイム評価とLF/HF推移の比較(user9/user10ペア)

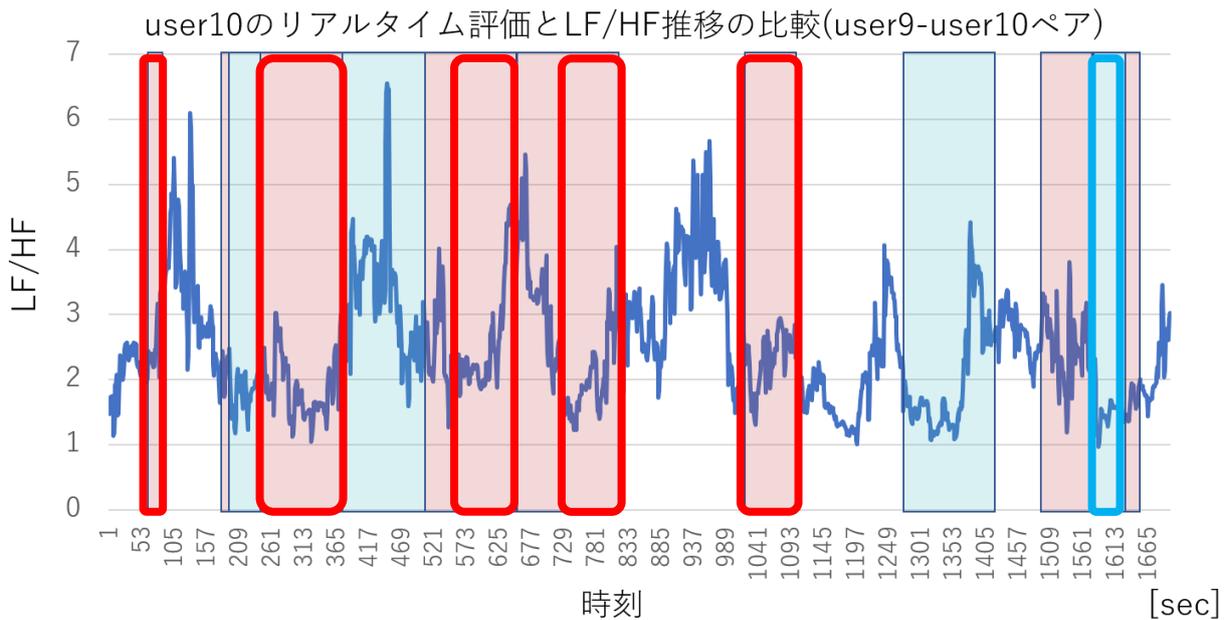


図5.16 user10のリアルタイム評価とLF/HF推移の比較(user9/user10ペア)

そこで、対話中の被験者の状態の推移と事前に獲得した被験者の個人属性とを比較するため、2分毎のLF/HF平均推移を調べた。2章で述べたように、ここでは対話中に変化する活性化による興奮の度合いを観測するため、2分毎のLF/HF平均の観測を行なった。user1とuser3ペアを図5.17, user1とuser6ペアを図5.18, user9とuser10ペアを図5.19にそれぞれ示す。図5.17から図5.19について、縦軸はLF/HF平均を表し、横軸は2分間を1フレームとし時系列順となっている。また、話題群Xの各話題に対する個人属性を表5.26か

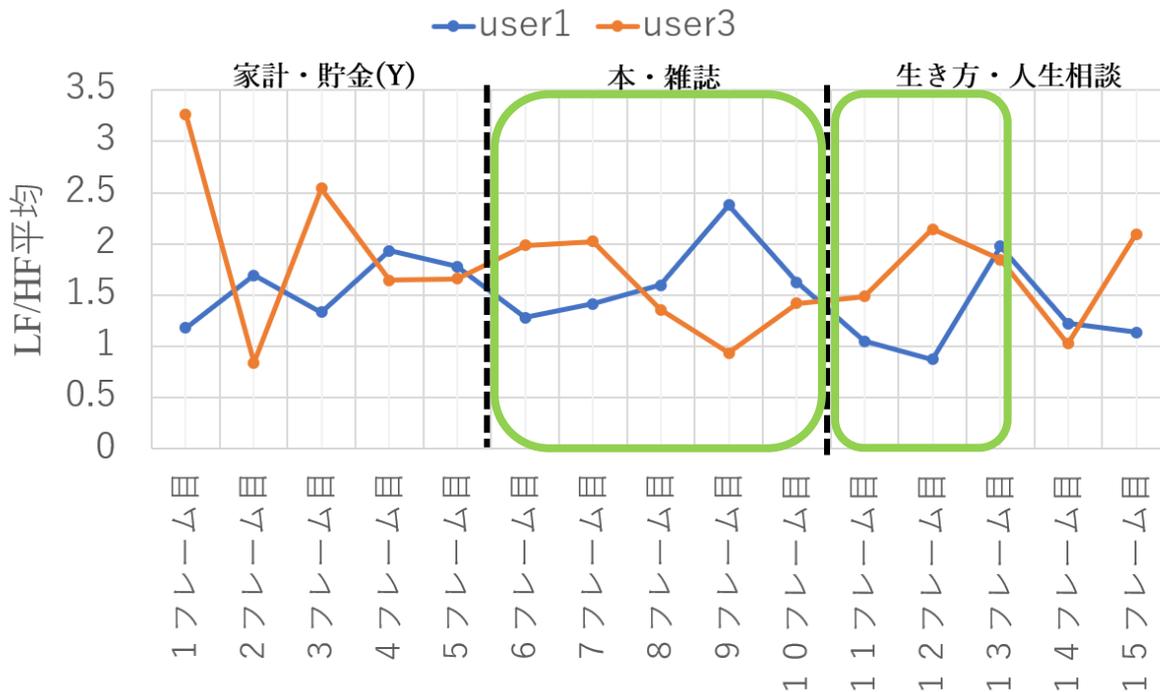


図5.17 user1/user3ペアの2分毎LF/HF平均推移

表 5.26 user1/user3(共助)の話題別個人属性

話題	user1		user3	
	興味	知識	興味	知識
家計・貯金(Y)	-	-	-	-
本・雑誌(X)	4	2	4	4
生き方・人生相談(X)	4	4	4	2

ら表 5.28 に示す。

まず user1 と user3 について、表 5.26 の二話題目である本・雑誌と三話題目である生き方・人生相談に注目する。このペアは以前の実験において全く別の項目について共助関係とされていた二名である。二話題目である本・雑誌について、user1 は興味・知識の度合いが共に高く、user3 は知識の度合いは低いものの興味の度合いは user1 と同等である。一方、生き方・人生相談の項目では、user3 は興味・知識の度合いが共に高く、user1 は知識の度合いは低いものの興味の度合いは user3 とほぼ同等である。したがって、二話題目である本・

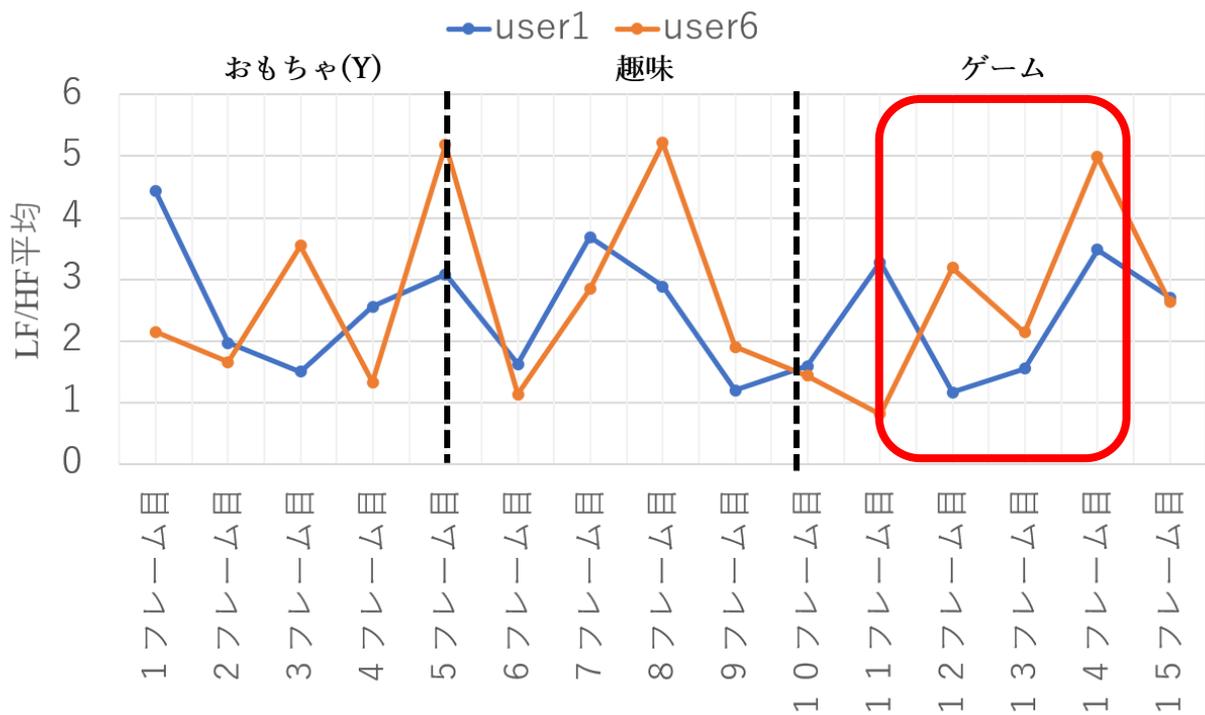


図5.18 user1/user6ペアの2分毎LF/HF平均推移

表 5.27 user1/user6 の話題別個人属性

話題	user1		user6	
	興味	知識	興味	知識
おもちゃ(Y)	-	-	-	-
趣味(X)	4	2	5	4
ゲーム(X)	4	3	4	3

雑誌と三話題目である生き方・人生相談について共助関係に近い関係性にあるといえる。また、図 5.17 において二話題目にあたる 6 フレーム目から 10 フレーム目の LF/HF 平均推移に注目する。二話題目の間では、user1 の LF/HF 平均は時間経過とともに徐々に上昇している。一方 user3 の LF/HF 平均は時間経過とともに徐々に下降している。二話題目の終盤から三話題目の中盤にかけて、user1 の LF/HF 平均は下降し user3 の LF/HF 平均は上昇している。この個人属性の数値と LF/HF 平均の推移から、ユーザ自身が知識を得たいと思いい興味を持って話を聞いていると思われる場合は、LF/HF 平均が上昇するという現象が見られた。特に図 5.11 と図 5.12 を見ると、共助関係に近い話題の一つである二話題目にあたる 600 秒から 720 秒頃の中で二者ともに盛り上がり評価をしている箇所が見られる。このことから、共助関係に近い話題があることで対話の活性化に繋がると考えられる。

次に、user1 と user6 のペアについて、表 5.27 で三話題目にあたるゲームに着目する。三話題目のゲームでは、両者ともに興味・知識の度合いについて全く同じ回答である。したがって、user1 と user6 のペアは三話題目のゲームについて共起関係に近い関係性にあるといえる。図 5.18 において、11 フレーム目以降の LF/HF 平均推移に注目すると、上下変動は見られるものの二者ともに時間経過につれて上昇している。このことから、興味を持って対話をしている場合は興奮状態にあると思われる場合も、LF/HF が上昇していく現象が見られた。さらに、二話題目にあたる趣味において、二者ともに 8 フレーム目から急激に LF/HF が下降している。ここで図 5.13 と図 5.14 で該当する 600 秒から 720 秒付近の LF/HF の推移を見ると、二者ともに LF/HF が

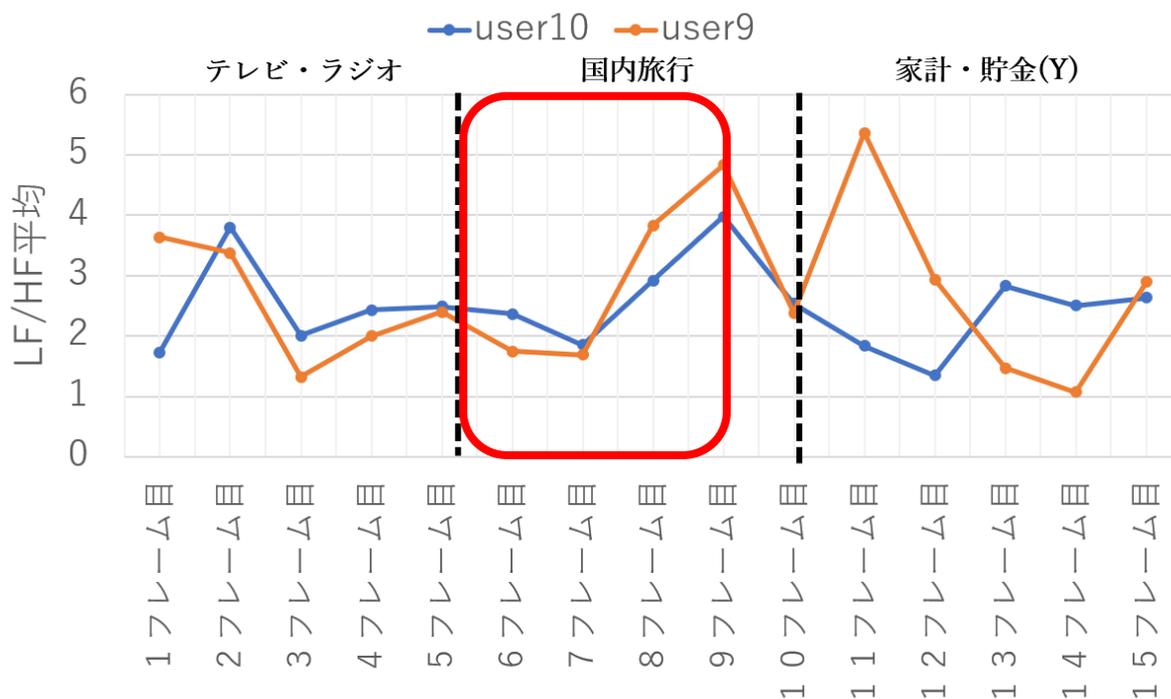


図5.19 user9/user10ペアの2分毎LF/HF平均推移

表 5.28 user9/user10 の話題別個人属性

話題	user9		user10	
	興味	知識	興味	知識
テレビ・ラジオ(X)	4	4	3	3
国内旅行(X)	4	2	4	4
家計・貯金(Y)	-	-	-	-

下降していることが分かる。user1 と user6 はともに盛り上がり・盛り下がりのどちらの評価もしていないが、少なくとも user1 に関しては、前述のように盛り下がり評価において LF/HF が下降しているため本人が意識していない盛り下がり箇所であると推測される。

更に、user9 と user10 のペアについて、表 5.28 で一話題目にあたるテレビ・ラジオに着目する。一話題目にあたるテレビ・ラジオでは、両者ともに興味・知識の度合いについてほぼ近い回答である。したがって、一話題目において user9 と user10 のペアは共起関係に近い関係性と言える。図 5.19 において、まず 7 フレーム目から 9 フレーム目までの LF/HF 平均推移に注目すると、二者ともに上昇していることが分かる。また表 5.28 から知識の度合いに差が見られるものの、二者ともに興味の度合いが高い。このことから、ユーザが興味を持って対話に参加していると思われる場合、LF/HF が上昇するという現象が見られた。さらに、図 5.15 と図 5.16 を見ると、二話題目に該当する 600 秒から 720 秒頃の間で二者ともに盛り上がり評価をしている区間がある。したがって、共起関係に近い話題によって対話の活性化が起きたと考えられる。また、二話題目の終盤から話しづらい話題である三話題目では、上下変動があるものの LF/HF 平均は両者ともに徐々に下降している。したがって、話題に対し話しづらさを感じていると思われる場合は LF/HF 平均が下降するという現象が見られた。

これらの結果から、ユーザが興味を持って対話に参加し興奮状態にある、もしくは興味を持って話を聞いていると思われる場合には LF/HF 自体が上昇し、話しづらさを感じていると思われる場合は LF/HF 自体が下降するという現象が見られた。さらに、本人が意識していない盛り下がりと思われる箇所においても LF/HF 自体が下降していた。LF/HF は様々な要因によって影響を受けるものであるが、活性化した際に饒舌に話す、声が大きくなるなどユーザの対話に対する興奮状態がその要因の一つではないかと考える。LF/HF による対話活性化の可否の判定について、盛り下がりや話しづらさを感じていると思われる場合に LF/HF が下降する現象を指標とし、その下降の傾きや下降の持続時間などを話題提示のタイミングとして用いることができる可能性があると考えられる。また、共起・共助関係に近い関係性にある話題の提示により対話の活性化に繋がり、この活性化による持続的な対話に有効となる可能性が考えられる。

## 5.3 まとめ

本章では、円滑なコミュニケーションに見られる要素の一つとしてあげられる持続的な対話に必要な対話活性化に向けたメディアータロボットによる話題提示について、生体的評価指標を用いて対話中のユーザの状態を解析した。はじめに述べたメディアータロボットのシステムを用いて 3 パターンの話題提示を行なった。二者間における対話への影響について、LF/HF 平均の二者間における相関とオーバーラップ現象の解析により、LF/HF 平均の二者間における相関が強くなると、オーバーラップ現象の発生時間が長くなる現象が見られた。また、対話者個人の状態について、対話者本人のリアルタイム評価と LF/HF 推移を比較した結果、LF/HF が上昇している場合は盛り上がり評価をしており、LF/HF が下降している場合は盛り下がり評価をしていることが多く見られた。さらに、被験者の個人属性と LF/HF 平均の短時間ごとにおける推移により、興味を持って対話に参加する場合や興奮度合いが高くなると LF/HF 平均が上昇していく現象が見られた。

これらの結果から、話題提示のタイミングを測るためにユーザの状態を観測する指標の一つとして、LF/HF が有用であることが示された。また、対話する二者が同じ盛り上がり・盛り下がり状態に近づいている場合は LF/HF 平均の相関を用いることで観測が可能であることが明らかとなった。さらに、一方が盛り上がり

づいているといったような二者がそれぞれ異なる状態に近づいている場合は、対話者個人ごとの LF/HF を用いることで観測が可能であることが明らかとなった。

## 第6章 結言

本論文では、人間関係構築支援のため、対話支援ロボットによる持続的かつ円滑なコミュニケーションの実現に着目した。そのため、個人属性獲得による共起・共助関係の構築手法を示し、遠隔対話テレプレゼンスロボットにおける頭部動作を用いた円滑な対話支援技術の提案と、二者対話の仲介役を務めるロボット(メディエータロボット)における話題提示に対する対話の円滑さに関連する生体的評価指標の解析を行なった。

個人属性獲得による共起・共助関係の構築手法において、はじめにユーザ本人から個人属性を獲得した。その後、対話支援に用いる話題決定のため、獲得した個人属性を用いたマッチング処理により共起・共助関係を発見した。更に、個人属性の項目と種類を洗練したマッチング処理を行なった。このことで、対話支援システムにおける話題提示に適した共起・共助関係を構築できることを示した。

遠隔対話テレプレゼンスロボットにおける頭部動作を用いた円滑な対話支援技術の提案において、本論文では、聞き手の頭部動作を伝達する遠隔対話テレプレゼンスロボットを提案した。その後、提案ロボットを用いて共起・共助関係の遠隔対話を行なった。その際の心拍データを生体的評価指標として解析し、対話への影響を調査した。提案ロボットでは、共起・共助関係に基づく話題を提示することによりエントレインメント現象の誘発が確認された。また、伝達する頭部動作の情報量を削減し聞き手の頷きのみを伝達することで、遠隔対話テレプレゼンスロボットに対するストレスが軽減される現象が見られた。

メディエータロボットにおける話題提示に対する対話の円滑さに関連する生体的評価指標の解析において、前述の提案手法にて構築した共起・共助関係を用いてメディエータロボットによる3パターンの対話実験を行なった。更に、二者間における対話への影響と対話者個人の状態を観測するため、対話中に測定した被験者の生体的評価指標を解析した。この解析により、メディエータロボットによる共起・共助関係に基づく話題提示による対話活性化を確認し、持続的な会話への有効性を示した。

2章では本論文の基礎となる対話支援に用いる話題とユーザ本人から獲得する個人属性との関係について述べた。次に、対話支援に用いる話題として適するよう選定した個人属性の項目数・種類について述べた。その後、対話の円滑さを評価するために用いた生体的評価指標について述べた。本論文では、二者間における対話への影響を観測するため、対話中に測定した心拍データと音響情報を生体的評価指標として用いて、エントレインメント現象について解析した。また、対話中における対話者それぞれの状態を観測するため、LF/HFを生体的評価指標として用いた。

3章では、対話支援システムに適した共起・共助関係構築のため、2章で選定した個人属性項目においてユーザから獲得する必要がある軸について検討した。また、対話支援に用いる話題決定のため、ユーザから獲得した個人属性を用いた共起・共助関係の構築手法を提案した。

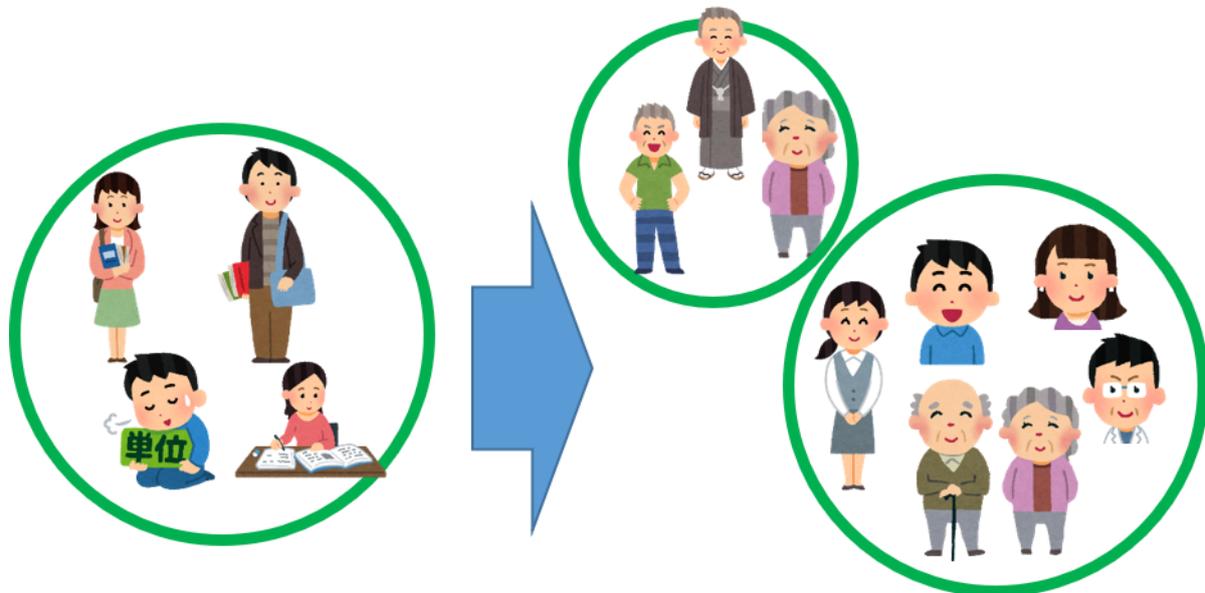
4章では、はじめに遠隔対話テレプレゼンスロボットのシステム概要について述べた。共起・共助関係による遠隔対話における対話への影響について、心拍データの解析によりエントレインメント現象の発生が確認された。更に、頭部動作の限定によりシステムを改善し、聞き手の頷きのみを伝達する遠隔対話テレプレゼンスロボットを提案した。こうした工夫により、共起・共助関係に基づく話題提示がエントレインメント現象を誘発し、聞き手の頷きのみを伝達により遠隔対話テレプレゼンスロボットに対するユーザのストレスが軽減され、遠隔対話においても円滑なコミュニケーションの実現に有効であることを示した。

5章では、はじめにメディエータロボットの概要について述べた。メディエータロボットによる3パターン

の話題提示に対して、対話の円滑さに関連する生体的評価指標を解析した。二者間における対話への影響について、心拍データから算出したストレス値 LF/HF の二者間における相関とオーバーラップ現象の解析により、LF/HF の二者間における相関が高いほどオーバーラップ発生時間が長い傾向が見られた。また、対話者個人の状態について対話者本人のリアルタイム評価と LF/HF の解析により、メデイエータロボットによる共起・共助関係に基づく話題提示が対話を活性化させ、持続的な対話へ有効となる可能性を示した。

本論文で得られた成果について述べる。遠隔対話テレプレゼンスロボットにおける頭部動作を用いた対話支援(4章)において、共起・共助関係がエンタテインメント現象を誘発することから、遠隔対話においても円滑なコミュニケーションの実現に有効であるという可能性を示した。また、伝達する頭部動作の情報量を聞き手の頷きのみで削減することが遠隔対話テレプレゼンスロボットを使用するユーザのストレス減少につながり、遠隔対話における円滑なコミュニケーションの実現に有用であることを示した。メデイエータロボットにおける話題提示に対する対話の円滑さに関連する生体的評価指標の解析(5章)においては、話題提示を行なうタイミングを測るための生体的評価指標として、最も特徴が表れていた LF/HF が指標の一つとして有用であることを示した。また、共起・共助関係といった個人属性に基づく話題提示がユーザの対話への興味・興奮度合いを高くすることで対話活性化に繋がり、円滑なコミュニケーションに見られる持続的な対話に有効である可能性を示した。

今後の対話支援システムの社会的実装に向けて、本論文の成果を踏まえ二つの課題がある。一つは形成するコミュニティ規模の想定である(図 6.1)。従来研究 [14]において、個人属性は約 30 項目であれば人同士のマッチングが可能であることが分かっている。しかし、実際のコミュニティ規模は地域やその中の細かいエリアによって大小さまざまなものが存在すると考えられる。そのため、人数に合わせて項目数の調整を行なっていく必要がある。また、本論文では実験の被験者が学生であったため、学生を対象とした項目と軸の選定を行ってきたが、実際に存在するコミュニティ一つにおいても、年齢層・性別・生活状況など様々な層の人々で構成されている。そのため、個人属性項目と軸について多様な人々に対して対応可能なものとする必要がある。



本論文において想定した学生のコミュニティ

実社会において想定されるコミュニティ

図 6.1 コミュニティ規模の例

しかし、今後こうした課題に対応していくことで、実際の社会においても共起・共助関係の構築が行われ、構築された人間関係が繋がっていくことによりよりよいコミュニティの形成が期待できる。もう一つの課題としては、4章で述べた遠隔対話テレプレゼンスロボットと5章で述べたメディエータロボットを組み合わせた対話支援システムによる話題提示のリアルタイム実装である。本論文の成果により、話題提示の指標としてLF/HFが対話中におけるユーザーの特徴をとらえやすいということがわかった。この成果を踏まえて、話題提示を行なうタイミングについてより定量的な基準を決めることで、話題提示のリアルタイム実装につなげることが可能である。この対話支援システムは構築された共起・共助関係を対話によってより強いつながりにするものである。しかし、日常生活において使用することで、構築された共起・共助関係を通して新しい人間関係が構築されていく可能性が期待できる。将来的に期待される新しい人間関係構築の例を図6.2に示す。この図では共起関係となっているユーザーAとユーザーB、共助関係となっているユーザーAとユーザーCを例とする。それぞれの関係において日常的に対話支援システムを用いて対話をしていくことにより、対話の中でユーザーAがユーザーCに対してユーザーBを紹介し、ユーザーBに対してユーザーCを紹介するという可能性が考えられる。こうして図6.2の黄枠で示すように、共起・共助関係をきっかけとしてユーザーBとユーザーCが新たに人間関係を構築していくといったことが期待できる。

したがって、本論文の成果を元に今後対話支援システムの社会的実装を行なうことで、人間関係構築とコミュニティ形成・活性化の支援による社会への貢献が可能である。

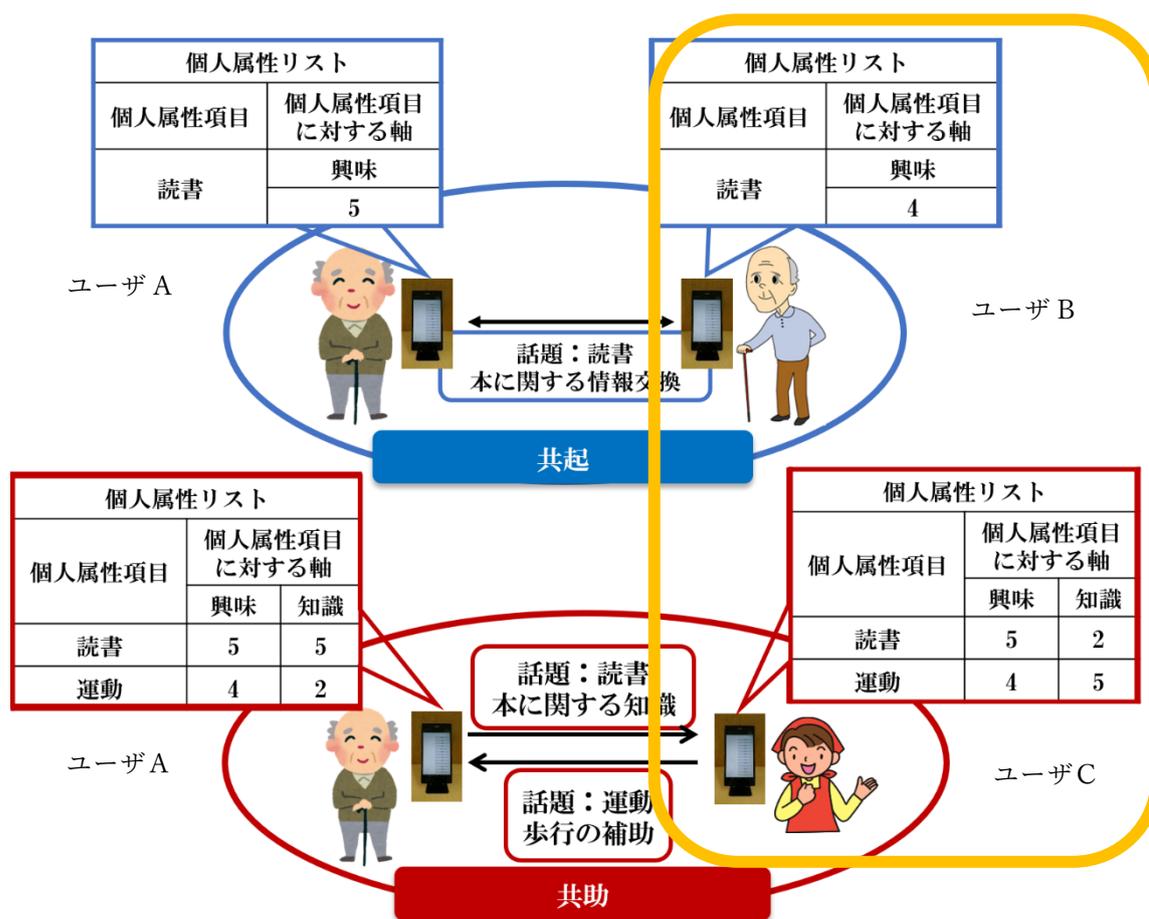


図 6.2 期待される新しい人間関係構築の例

# 謝辞

本論文をまとめるにあたり、終始懇切なる御指導ならびに御校閲を賜りました首都大学東京大学院教授 山口亨先生、同大学院助教 下川原英理先生に衷心より感謝の意を表します。また、同大学院教授 高間康史先生、同大学院准教授 小町守先生には、本研究を進めるにあたりご指導ご鞭撻賜りましたこと、心より感謝申し上げます。首都大学東京大学院の先生方には、学会先においても他大の先生方とお会いする機会を作っていただいたこと、修士入学以前から何度も相談に乗っていただいたことも記憶しております。さらに、本論文をまとめるにあたり、異なる視点から貴重なご意見と激励を頂きました芝浦工業大学教授 松日楽信人先生に深く感謝の意を表します。

本論文において提案した手法および関連する研究は、首都大学東京によるものであります。実験等にご協力いただきました首都大学東京 山口亨研究室の在校生ならびに卒業された皆様に心から感謝いたします。特に、昨年卒業されました岩崎真也君、今年卒業されます相澤秀和君には、共同実験・論文執筆において大変苦勞を掛けてきてしまったことと思います。私から先輩としてできたことは数えるほどもないと思いますが、お二方と研究を進めてくることができたため、本論文をまとめることができました。また、私生活においてあたたかく見守ってきてくれた両親、祖父母、婚約者 K. S.さんに心から感謝いたします。

最後に、修士から今までの5年間は様々な問題を抱えながらの日々でしたが、本論文は様々な方とのご縁により書き上げることができたものです。改めて、ご関係者の皆様に心より感謝申し上げます。

## 参考文献

- [1] 岡本双美子, 河野あゆみ, 津村智恵子, 曾我部ゆかり, “同居家族との死別を体験した在宅高齢者の閉じこもりについての比較検討: 性差による比較,” 日本地域看護学会誌. Vol.11(2), pp. 31-37, 2009.
- [2] 斎藤環, “社会的ひきこもり——終わらない思春期——,” PHP 研究所, 1998.
- [3] Reona Gomi, Shinya Iwasaki, Eri Sato-Shimokawara and Toru Yamaguchi, "Matching of Co-occurrence and Mutual Assistance by Using Personal Characteristics from human-robot Dialogue," 2016 The International Conference on Electrical Engineering 2016, ID 90483, 2016.
- [4] R. Gomi, H. Aizawa, E. Sato-Shimokawara and T. Yamaguchi, "An Analysis of Dialogue based on Co-occurrence and Mutual Assistance to develop Conversation Support Robot," Proceedings of the 5th International Workshop on Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics(IWACIII2017), 2017.
- [5] 大塚和弘, 熊野史郎, 三上弾, 松田昌史, 大和淳司, “MM-Space: 動的投影を用いた頭部運動の物理的補強表現に基づく会話場再構成,” 情報処理学会論文誌,第 54 卷, 第 4 号, pp. 1450-1461, 2013.
- [6] Mehrabian Albert, "Silent messages : implicit communication of emotions and attitudes," Wadsworth Publishing Company, 1981.
- [7] 岩崎 真也, 五味 怜央奈, 下川原 英理, 山口 亨, “個人属性を利用した対話実験の心拍同調を用いた評価,” 日本ロボット学会学術講演会, 1A1-04, 2016.
- [8] 山口亨, 下川原英理, 岩崎真也, 五味怜央奈, “テレプレゼンスシステム”. 日本 特許番号: 整理番号:TMU1802, 特願 2018-103648, 5月30日, 2018(出願中).
- [9] R. Gomi, T. Kaneko, A. Suzuki, E. Sato-Shimokawara and Y. Yamaguchi, "An Analysis of Human-Robot Conversation for acquiring Personal Characteristics toward Mutual Assistance Matching," RISP International Workshop on Nonlinear Circuits, Communications and Signal Processing (NCSP'15), pp. 28PM1-2-1, 2015.
- [10] E. Sato-Shimokawara, A. Suzuki, R. Gomi and T. Yamaguchi, "Obtaining user's preference and ability from human-robot conversation towards mutual assistance," IECON 2015 - 41st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, pp. 3557-3560, 2015.
- [11] A. Suzuki, E. Sato-Shimokawara, T. Yamaguchi and K. Ikehata, "Acquiring personal attributes using communication robots for recommendation system," Lecture Notes in Computer Science(including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics), vol. 9835, pp. 237-246, 2016.
- [12] J. Macina, I. Srba, J. J. Williams and M. Bielikova, "Educational Question Routing in Online Student Communities," RecSys '17 Proceedings of the Eleventh ACM Conference on Recommender Systems, pp. 47-55, 2017.
- [13] 下川原(佐藤)英理, 篠田遥子, 李海妍, 高谷智哉, 和田一義, 山口亨, “高齢者と音声対話ロボットの雑談

履歴の解析,” 日本ロボット学会誌, 第 34 巻, 第 5 号, pp. 309-315, 2016.

- [14] E. Sato-Shimokawara, R. Gomi and T. Yamaguchi, "Simulation and analysis of matching method for co-occurrence and mutual assistance based on personal characteristics," The 7th International Symposium on Computational Intelligence and Industrial Applications (ISCIIA 2016), SM-GS1-02, pp. 1-5, 2016.
- [15] 五味怜央奈, 山口亨, “ロボットの対話により獲得した個人属性による共起・共助マッチングシステム,” 首都大学東京主催 平成 27 年度情報通信システム学域修士論文発表会, 平成 28 年 2 月 5 日, 首都大学東京日野キャンパス 2 号館 404・405 号室.
- [16] B. Paul and W. David, "Praat: doing phonetics by computer [Computer program]. Version 6.0.37," [Online]. [Accessed 20 12 2017].
- [17] 太田健吾, 西村良太, 北岡教英, “発話の分散表現に基づく雑談音声対話システムの応答種別選択,” 情報処理学会研究報告 音声言語情報処理研究会(SLP), Vol.2017-SLP-119, No.1, pp. 1-5, 2017.
- [18] 阿部元樹, 梶井良太, 綱川隆司, 西田昌史, 西村雅史, “システム・ユーザ発話に着目した対話破綻検出,” 情報処理学会研究報告 音楽情報科学研究会(MUS), Vol.2018-MUS-118, No.24, pp. 1-5, 2018.
- [19] 渡辺富夫, 大久保雅史, 黒田勉, “生体情報計測による音声対話における引き込み現象の分析,” 情報処理学会全国大会講演論文集, 第 52 巻, メディア情報処理, pp. 419-420, 1996.
- [20] K. B. Vaughan and J. T. Lanzetta, "Vicarious instigation and conditioning of facial expressive and autonomic responses to a model's expressive display of pain," Journal of Personality & Social Psychology, vol. 38(6), pp. 909-923, 1980.
- [21] A. N. Meltzoff and M. K. Moore, "Imitation of facial and manual gestures by human neonates," Science, vol. 198, pp. 75-78, 1977.
- [22] W.S.Condon and W.D.Ogston, "Sound film analysis of normal and pathological behavior patterns," Journal of Nervous and Mental Disease, vol. 143(4), pp. 338-347, 1966.
- [23] 中村 敏枝, “「間」における演奏者と伴奏者の呼吸の同期,” 日本心理学会第 59 回大会発表論文集, Vol. 631, 1995.
- [24] 杉山昂太郎, グラム ニュービッグ, サクリアニ サクティ, 戸田智基, 中村哲, “音声認識のためのエンブレインメント現象を用いた発話様式誘導,” 電子情報通信学会技術研究報告. SP, 音声, pp. 27-28, 2014.
- [25] 細田真道, 中山彰, 小林稔, 岩城敏, “生体情報に基づく会議状態推定 –心拍変動共鳴現象の観測–,” 情報処理学会研究報告 グループウェアとネットワークサービス研究会(GN), 第 2004 巻, 第 2 号, pp. 43-48, 2004.
- [26] 小松孝徳, 森川幸治, “人間と人工物との対話コミュニケーションにおける発話速度の引き込み現象,” 情報処理学会研究報告 (IPJS SIG Technical Reports), 第 2004 巻, 第 105(ICS-137), pp. 71-78, 2004.
- [27] Rivka Levitan and Julia Hirschberg, "Measuring acoustic-prosodic entrainment with respect to multiple levels and dimensions," Twelfth Annual Conference of the International Speech Communication Association In Proceedings of Interspeech, pp. 3081-3084, 2011.
- [28] G. Sun, T. Shinba, T. Kirimoto and T. Matsui, "An Objective Screening Method for Major Depressive Disorder Using Logistic Regression Analysis of Heart Rate Variability Data Obtained in a Mental Task

Paradigm," *Front in Psychiatry*, 7:180, 2016.

- [29] 内村 麻里奈, 江口 由記, 川寄 美波, 吉井 直子, 梅田 智広, 高田 雅美, 城 和貴, “LF/HF を用いた時空間ストレス指標の提案,” *情報処理学会研究報告 数理モデル化と問題解決研究会(MPS)*, Vol.2012-MPS-91, No.2, 2011.
- [30] B. M. Sayers, "Analysis of heart rate variability," *Ergonomics*16, pp. 17-32, 1973.
- [31] 下野太海, 大須賀美恵子, 寺下裕美, “心拍・呼吸・血圧を用いた緊張・単調作業ストレスの評価手法の検討,” *人間工学*, 34-3, pp. 107-115, 1998.
- [32] T. Iwamoto and S. Masuko, "Lovable couch: Mitigating distrustful feelings for couples by visualizing excitation," *AH '15 Proceedings of the 6th Augmented Human International Conference*, vol. 11, pp. 157-158, 2015.
- [33] 国立循環器病研究センター, “不整脈,” [オンライン]. Available: <http://www.ncvc.go.jp/cvinfo/disease/arrhythmia.html>. [アクセス日: 20 10 2018].
- [34] Naruchitparames, J., Gunes, M.H. and Louis, S.J., "Friend Recommendations in Social Networks using Genetic Algorithms and Network Topology," *IEEE Congress of Evolutionary Computation(CEC 2011)*, 5949888, pp. 2207-2214, 2011.
- [35] Tian, H. and Liang, P. , "Improved Recommendations Based on Trust Relationships in Social Networks," *Future Internet*, vol. 9(1), no. 9, 2017.
- [36] Yu Q, Long C, Lv Y, Shao H, He P and Duan Z, ""Predicting Co-Author Relationship in Medical Co-Authorship Networks"," *PloS one.*, vol. 9(7):e101214, 2014.
- [37] Tifferet, S. and Vilnai-Yavetz, I., "Self-presentation in LinkedIn portraits Common features, gender, and occupational differences," *Computers in Human Behavior*, vol. 80, pp. 33-48, 2018.
- [38] Logesh, R. and Subramaniaswamy, V., "A Reliable Point of Interest Recommendation based on Trust Relevancy between Users," *Wireless Personal Communications*, vol. 97(2), pp. 2751-2780, 2017.
- [39] 金子 哲也, “ユーザの属性獲得による共起・共助マッチングに向けたロボット対話システム,” 首都大学東京主催 平成 26 年度情報通信システム学域修士論文発表会, 平成 27 年 2 月 6 日, 首都大学東京日野キャンパス 2 号館 301・302 教室.
- [40] R. Gomi, A. Suzuki, E. Sato-Shimokawara and T. Yamaguchi, "Analysis of dialogue for acquiring personal characteristics toward co-occurrence matching"," *Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence (TAAI 2015)*, pp. 206-212, 2015.
- [41] R. Gomi, H. Aizawa, E. Sato-Shimokawara and T. Yamaguchi, "Analysis of Dialogue Speech between Users tied by Co-occurrence and Mutual Assistance Matching," *Proceedings of the 2017 JSME Conference on Robotics and Mechatronics(ROBOMECH2017)*, CD-ROM No. 2A1-L09, 2017.
- [42] 原岡 一馬, *人間とコミュニケーション*, ナカニシヤ出版, 1990.
- [43] R. L. Birdwhistell, "Kinesics and Context – Essays on Body Motion Communication -," *University of Pennsylvania Press*, 1970.

- [44] M. F. Vargas, "Louder than words : An Introduction to Nonverbal Communication," Iowa State University Press, 1986.
- [45] P. Ekman and W. Friesen, "Unmasking the face," Prentice-Hall, 1975.
- [46] M. L. Patterson, "Nonverbal behavior a function perspective," Springer-Verlag, 1983.
- [47] F. Tanaka, T. Takahashi, S. Matsuzoe, N. Tazawa and M. Morita, "Telepresence Robot Helps Children in Communicating with Teachers who Speak a Different Language," In Proceedings of the 2014 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, pp. 399-406, 2014.
- [48] N. P. Jouppe, "First Steps Towards Mutually-Immersive Mobile Telepresence," CSCW '02 Proceedings of the 2002 ACM conference on Computer supported cooperative work , pp. 354-363, 2002.
- [49] 長谷川 孔明 , 中内 靖, "テレプレゼンスロボットによる無意識的身ぶりの表出が発話交替に与える影響," 日本機械学会論文集, 第 80 卷, 819 号, 2014.
- [50] S. O. Adalgeirsson and C. Breazeal, "MeBot : A Robotic Platform for Socially Embodied Telepresence," HRI'10 Proceeding of the 5th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, pp. 15-22, 2010.
- [51] 深田博己, インターパーソナル・コミュニケーション-対人コミュニケーションの心理学, 北大路書房, 1998.
- [52] K. Kuwamura, T. Minato, S. Nishio and H. Ishiguro, "Personality distortion in communication through teleoperated robots," Proceedings of the IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (ROMAN 2012), pp. 49-54, 2012.
- [53] 岩崎真也 , 山口亨, "対話を円滑にするための頭部動作を伝達するテレプレゼンスロボット," 首都大学東京主催 平成 29 年度情報通信システム学域修士論文発表会, 平成 30 年 2 月 7 日, 首都大学東京日野キャンパス 2 号館 401・402 教室.
- [54] 五味 怜央奈, 岩崎 真也, 下川原 英理 , 山口 亨, "対話を円滑にするための頭部動作を伝達するテレプレゼンスロボット," 知能と情報, Online ISSN 1881-7203, Print ISSN 1347-7986, 第 30 卷, 第 4, pp. 623-627, 2018.
- [55] H. Kawanobe, Y. Aosaki, H. Kuzuoka and Y. Suzuki, "iRIS: a remote surrogate for mutual reference," Proceeding of the 8th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, pp. 403-404, 2013.
- [56] 岩崎真也, 藤本泰成, 下川原英理 , 山口亨, "対話者の頭部情報に同期した卓上型テレプレゼンスロボットの開発とコミュニケーションの効果," 第 16 回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会, 講演番号 2C2-3, 2015.
- [57] 前田祐佳, 関根正樹, 田村俊世 , 水谷孝一, "脈波を用いた自律神経機能推定に向けた脈波伝播時間の変動に関する検証," 生体医工学, 第 54 卷, 第 6 号, pp. 261-266, 2016.
- [58] H. Aizawa, S. Iwasaki, R. Gomi, E. Shimokawara and T. Yamaguchi, "Heart rate analysis in a conversation on video chat for development of a chat robot supporting to build a relationship," IEEE/SICE International Symposium on System Integration, Paper WeC4.8, 2017.

- [59] H. Nakanishi, K. Tanaka and Y. Wada, "Remote Handshaking: Touch Enhances Video-Mediated Social Telepresence," In Proceeding of International Conference on Human Factors in Computing Systems, pp. 2143-2152, 2014.
- [60] D. Sakamoto, T. Kanda, T. Ono, H. Ishiguro and N. Hagita, "Android as a Telecommunication Medium with a Human-like Presence," 2007 2nd ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction, pp. 193-200, 2007.
- [61] 長井 弘志, 渡辺 富夫, 山本 倫也, "聞き手のうなずき反応を触覚提示する音声駆動型身体的引き込みシステム," 日本機械学会論文集, 75 巻, 755 号, pp. 2059-2067, 2009.
- [62] 川名 好裕, "対話状況における聞き手の相づちが対人魅力に及ぼす効果," 実験社会心理学研究, 26 巻, 1 号, pp. 67-76, 1986-1087.
- [63] T. Obo, T. Takeda, J. Botzheim and N. Kubota, "Human-friendly Communication for Smart Device Interlocked Robot Partners," IFAC-PapersOnLine, vol. 49(19), pp. 132-137, 2016.
- [64] A. Abe and M. Hayashi, "On communication assistance via bots —towards IMDJ," 2016 20th International Conference on Knowledge Based and Intelligent Information and Engineering Systems(KES 2016), Procedia Computer Science, vol. 96, pp. 1657-1665, 2016.
- [65] J. Woo, J. Botzheim and N. Kubota, "Emotional empathy model for robot partners using recurrent spiking neural network model with Hebbian-LMS learning," Malaysian Journal of Computer Science, vol. 30(4), pp. 258-285, 2017.
- [66] M.M.M. Peeters and M.A. Neerinx, "Human-Agent Experience Sharing: Creating Social Agents for Elderly People with Dementia," 24th ACM Conference on User Modeling, Adaptation and Personalisation(UMAP 2016), CEUR Workshop Proceedings, vol. 1618, 2016.
- [67] H. Minami, H. Kawanami, M. Kanbara and N. Hagita, "Chat robot coupling machine responses and social media comments for continuous conversation," IEEE International Conference on Multimedia and Expo Workshop(ICMEW 2016), Category No. CFP16IEW-ART, 2016.
- [68] 田中昂志, 高山隼矢, 荒瀬由紀, "雑談対話システムのための未知語に頑健な興味推定手法," 情報処理学会研究報告 自然言語処理研究会(NL), Vol.2018-NL-235, No.6, pp. 1-5, 2018.
- [69] 多田駿介, 千葉祐弥, 能勢隆, 伊藤彰則, "相互自己開示によりユーザの印象を向上させる音声対話システムの構築と評価," 情報処理学会研究報告 音声言語情報処理研究会(SLP), Vol.2018-SLP-123, No.6, pp. 1-6, 2018.
- [70] 守谷 悠里英, 田中 貴紘, 宮島 俊光, 藤田 欣也, "ボイスチャット中の音声情報に基づく会話活性化推定方法の検討," ヒューマンインターフェース学会論文誌 14(3), pp. 283-292, 2012.
- [71] E. Frank, M. A. Hall and I. H. Written, "The WEKA Workbench. Online Appendix for Data Mining : Practical Machine Learning Tools and Technics, 4 edition," 2016.
- [72] C. Ikuta, E. Sato-Shimokawara and T. Yamaguchi, "Analysis of dialogue speech to detect keyword toward acquiring topics for conversation robot," The 16th SICE System Integration Division Annual Conference (SI2015), CD-ROM No. 2C2-5, pp. 1235-1238, 2015 (In Jananese).

- [73] R. Gomi, H. Aizawa, E. Sato-Shimokawara and T. Yamaguchi, "Analysis of Speech Dialogue to Detect Active Conversation and Lapse in Conversation toward Development of Conversation Support Robot after Co-occurrence and Mutual Assistance Matching," *Journal of Signal Processing*, Vol.23, No.1, pp.9-22, January, 2019.
- [74] 長澤 竜馬, 清水 久恵, 三澤 顕次, 山下 政司, "RSA 抽出心拍変動一呼吸派の遅れ時間を考慮した相互相関係数 -興奮指標の提案-, " *日本生体医工学会論文誌* 48(2), pp. 181-188, 2010.
- [75] 前田陽一郎, "心拍情報に基づくリラクゼーションサウンド生成手法," *日本知能情報ファジィ学会 ファジィ システム シンポジウム 講演論文集* 31(0), pp. 29-34, 2015.
- [76] T.A. Mellman, B.R. Knorr, W.R. Pigeon, J. Leiter and M. Akay, "Heart rate variability during sleep and the early development of posttraumatic stress disorder," *Biological Psychiatry*, vol. 55(9), pp. 953-956, 2004.
- [77] S. Iwasaki, H. Aizawa, H. Wei, E. Sato-Shimokawara and T. Yamaguchi, "Proposal of a robot for conveying nod of listeners in a conversation and evaluation using heart rate analysis," *The 2017 Conference on Technologies and Applications of Artificial Intelligence*, Paper ID-83, 2017.
- [78] 五味 怜央奈, "ロボットとの対話により獲得した個人属性による共起・共助マッチングシステム," 首都大学東京主催 平成 27 年度情報通信システム学域修士論文発表会, 平成 28 年 2 月 5 日, 首都大学東京 日野キャンパス 2 号館 404・405 教室.

# 付録

表 5.1 の共起・共助関係構築に使用した被験者の得意不得意に関する回答 [4]

	被験者番号													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
料理	4	2	1	3	3	3	3	4	4	5	3	1	4	3
掃除	4	5	1	4	4	4	2	2	1	2	3	1	4	4
洗濯	3	2	1	3	2	4	2	2	3	2	3	1	3	2
早起き	1	1	1	2	3	2	3	3	1	5	1	1	2	4
裁縫	3	3	1	1	3	1	1	2	4	4	4	2	2	4
車の運転	3	2	1	3	5	5	3	3	4	2	2	2	1	3
整理整頓	4	3	1	3	4	3	2	2	3	2	3	1	4	5
会話	4	3	2	3	5	4	3	3	3	3	3	3	3	3
お酒	2	1	1	2	2	3	3	1	5	1	4	2	4	2
アイロンがけ	1	2	1	1	2	1	1	2	5	2	4	1	3	2
読書	2	4	3	4	4	2	3	2	2	2	2	2	3	5
プログラミング	5	3	3	3	3	3	3	3	5	3	2	3	3	2
細かい作業	4	3	1	1	4	1	2	4	4	3	5	1	3	4
写真撮影	2	3	1	3	4	2	2	2	3	2	4	1	5	3
ゲーム	4	4	3	2	3	2	4	4	5	3	3	4	4	3
楽器演奏	1	2	1	2	2	1	2	3	1	3	4	2	5	3
DIY	4	3	1	2	4	1	2	2	4	3	3	4	3	2
ショッピング	2	3	3	4	4	3	3	3	2	4	3	5	4	3
アウトドア	4	3	1	2	3	2	3	3	3	4	3	4	2	4
人に教える	2	2	1	4	3	4	5	4	3	2	4	4	3	4
スポーツ	4	3	2	4	4	3	2	3	3	2	3	2	4	5
日記・ブログ	2	1	1	4	3	2	5	2	1	2	2	1	3	2
計画を立てる	3	3	1	3	2	4	3	2	1	3	2	1	3	5
イベント参加	1	4	3	2	5	3	3	3	4	2	3	5	4	2
資格	1	2	1	3	2	2	2	3	1	3	2	2	3	3
語学	1	2	1	3	4	3	3	2	1	1	2	1	3	3
フィットネス	1	1	1	2	5	3	1	2	1	2	2	1	3	5
絵を描くこと	1	1	1	1	1	3	3	1	4	1	5	1	4	4
ペットの世話	3	3	1	2	2	4	2	2	1	4	3	1	4	3

表 5.1 の共起・共助関係構築に使用した被験者の興味の高さに関する回答 [4]

	被験者番号													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
料理	4	5	1	5	3	5	3	5	5	5	4	4	5	5
掃除	2	1	1	4	4	5	1	2	1	3	3	1	5	3
洗濯	2	1	1	2	2	5	1	2	1	2	2	1	5	2
早起き	5	3	1	2	2	5	3	2	1	2	3	5	4	5
裁縫	2	4	1	1	2	1	1	2	5	4	2	2	4	3
車の運転	4	3	1	3	5	5	3	3	5	4	3	1	5	5
整理整頓	5	3	1	2	3	5	1	2	3	2	4	1	5	5
会話	3	5	5	5	5	5	4	3	5	3	3	5	5	4
お酒	1	1	1	4	2	5	3	1	5	1	3	2	5	4
アイロンがけ	1	1	1	1	1	1	1	2	5	1	2	4	3	2
読書	2	5	5	5	4	1	5	3	2	4	2	4	5	5
プログラミング	5	4	5	3	3	5	3	4	5	5	4	5	5	3
細かい作業	5	5	1	2	2	1	2	5	5	4	5	5	4	4
写真撮影	2	3	1	5	3	5	2	2	5	3	3	2	5	5
ゲーム	5	5	4	3	2	5	5	5	5	5	5	5	5	3
楽器演奏	1	5	1	3	1	5	2	3	5	5	5	4	5	4
DIY	1	5	1	3	3	5	1	4	2	4	5	3	5	5
ショッピング	4	3	1	2	4	1	2	2	5	4	4	4	5	3
アウトドア	3	5	5	5	3	5	2	3	2	3	4	4	5	3
人に教える	5	5	1	3	2	1	2	3	5	5	4	4	5	4
スポーツ	3	5	3	5	5	5	2	3	5	3	3	2	5	5
日記・ブログ	1	1	1	4	4	5	5	2	1	1	3	1	5	3
計画を立てる	4	3	1	4	2	5	3	2	1	3	3	1	4	5
イベント参加	1	5	2	3	4	5	3	3	5	3	3	1	5	4
資格	4	3	1	3	3	5	3	2	1	4	2	4	4	4
語学	4	3	1	5	4	5	4	2	2	4	3	1	5	5
フィットネス	2	3	3	2	5	5	1	2	1	3	2	1	5	5
絵を描くこと	1	3	1	4	1	5	4	2	5	3	5	1	5	4
ペットの世話	3	5	1	3	2	5	2	2	3	3	2	1	5	3

表 5.6 の共起・共助関係構築に使用した被験者の得意不得意に関する回答 [4]

	被験者番号											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
料理	4	2	1	3	3	4	3	3	2	3	2	2
掃除	4	5	3	4	4	1	3	4	2	3	3	2
洗濯	3	2	2	3	4	3	3	2	2	3	2	2
早起き	1	1	4	2	2	1	2	4	2	4	1	4
裁縫	3	3	2	1	1	4	4	4	1	2	4	2
運転	3	2	3	3	5	4	2	5	4	1	3	1
整理整頓	4	3	3	3	3	3	3	4	3	3	3	2
会話	4	3	4	3	4	3	4	3	3	4	4	3
お酒	2	1	2	2	3	5	3	2	3	2	2	3
アイロンかけ	1	2	1	1	1	5	3	2	3	3	1	2
読書	2	4	4	4	2	2	2	5	3	1	4	4
プログラミング	5	3	5	3	3	5	2	2	3	1	4	4
細かい作業	4	3	3	1	1	4	5	4	3	3	4	2
写真撮影	2	3	3	3	2	3	4	4	4	3	4	3
ゲーム	4	4	3	2	2	5	4	4	4	4	5	3
楽器演奏	1	2	2	2	1	1	4	3	3	2	4	1
カラオケ	1	4	3	2	2	2	4	5	4	3	4	3
DIY	4	3	3	2	1	4	4	3	3	2	3	2
ショッピング	2	3	3	4	3	2	4	4	4	4	4	3
アウトドア	4	3	2	2	2	3	3	4	5	3	5	2
人に教える	2	2	4	4	4	3	4	4	3	5	5	4
スポーツ	4	3	3	4	3	3	2	5	5	4	4	4
日記・ブログ	2	1	3	4	2	1	2	4	4	1	2	2
計画立て	3	3	4	3	4	1	2	4	4	4	3	4
イベント参加	1	4	3	2	3	4	3	4	4	4	4	4
資格	1	2	3	3	2	1	2	4	2	3	4	4
語学	1	2	2	3	3	1	2	4	2	3	4	4
フィットネス	1	1	2	2	3	1	2	4	5	1	2	2
絵を描く	1	1	4	1	3	4	5	4	2	1	4	1
世話	3	3	4	2	4	1	3	4	2	1	5	4

表 5.6 の共起・共助関係構築に使用した被験者の興味の高さに関する回答 [4]

	被験者番号											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
料理	4	5	4	5	5	5	4	4	3	5	3	4
掃除	2	1	3	4	5	1	3	4	3	3	3	3
洗濯	2	1	2	2	5	1	3	2	3	2	1	2
早起き	5	3	4	2	5	1	3	5	3	4	1	4
裁縫	2	4	2	1	1	5	4	2	3	1	4	3
運転	4	3	4	3	5	5	3	5	4	5	4	5
整理整頓	5	3	4	2	5	3	3	4	3	3	4	5
会話	3	5	5	5	5	5	4	4	4	5	5	5
お酒	1	1	2	4	5	5	4	4	4	5	1	5
アイロンかけ	1	1	2	1	1	5	3	2	2	2	4	2
読書	2	5	4	5	1	2	4	5	3	5	5	5
プログラミング	5	4	5	3	5	5	4	4	4	4	4	5
細かい作業	5	5	4	2	1	5	5	4	2	3	5	2
写真撮影	2	3	2	5	5	5	5	4	4	5	2	5
ゲーム	5	5	5	3	5	5	5	4	4	4	5	5
楽器演奏	1	5	2	3	5	5	5	4	2	4	5	5
カラオケ	1	5	3	3	5	2	5	5	4	4	5	4
DIY	4	3	3	2	1	5	5	3	1	3	4	4
ショッピング	3	5	3	5	5	2	5	4	5	5	2	3
アウトドア	5	5	2	3	1	5	4	4	5	5	5	5
人に教える	2	4	4	4	5	2	4	4	3	5	5	5
スポーツ	3	5	3	5	5	5	4	5	4	4	5	5
日記・ブログ	1	1	4	4	5	1	3	4	4	1	1	2
計画立て	4	3	3	4	5	1	3	4	3	5	4	5
イベント参加	1	5	3	3	5	5	3	4	4	5	4	5
資格	4	3	3	3	5	1	3	4	4	4	4	5
語学	4	3	2	5	5	2	3	4	4	4	2	5
フィットネス	2	3	3	2	5	1	4	5	5	5	4	4
絵を描く	1	3	3	4	5	5	5	4	3	1	4	3
世話	3	5	4	3	5	3	3	4	3	1	5	4

個人属性項目 C の選定にあたって行なった事前アンケート 112 項目の集計結果

回答者：男子学生 9 名，女子学生 3 名の計 12 名

回答の選択肢：話しやすい，普通，話しづらいの三択

	話しやすい(票数)	普通(票数)	話しづらい(票数)
芸能人	6	4	4
テレビ・ラジオ	8	4	4
音楽	8	3	3
映画	8	4	4
演劇・ミュージカル	1	2	2
アニメ・コミック	10	2	2
ゲーム	9	3	3
オンラインゲーム	7	2	2
趣味	9	3	3
おもちゃ	2	8	8
本・雑誌	7	5	5
占い・超常現象	5	3	3
懸賞・くじ	1	7	7
伝統文化・伝統芸能	1	5	5
冠婚葬祭	1	4	4
マナー	2	8	8
年中行事	7	5	5
クリスマス	10	2	2
正月・年末年始	9	3	3
宗教	1	3	3
OS	3	7	7
プログラミング	10	1	1
アプリ開発	4	6	6
データベース	3	2	2
ネットワーク技術	3	5	5
セキュリティ	3	4	4
政治・社会問題	2	7	7
国際情勢	3	4	4
ニュース・事件	6	4	4
災害	2	8	8

	話しやすい(票数)	普通(票数)	話しづらい(票数)
エネルギー・資源	3	5	5
国内	8	3	3
交通・地図	2	7	7
海外	6	3	3
料理・レシピ	7	5	5
家事	8	4	4
住宅	5	4	4
日用品・生活雑貨	8	2	2
ショッピング	10	1	1
法律・消費者問題	0	6	6
公共施設・役所	0	7	7
郵便・宅配	1	7	7
ボランティア・環境問題・国際協力	0	6	6
福祉・介護	0	6	6
ペット	6	4	4
園芸・ガーデニング	1	4	4
海外生活	4	5	5
恋愛相談・人間関係の悩み	6	4	4
生き方・人生相談	7	3	3
携帯電話キャリア	1	9	9
ガラケーサービス	0	7	7
インターネット接続	2	8	8
インターネットサービス	2	9	9
ブラウザ	3	7	7
スマホアプリ	11	1	1
コミュニケーションサービス	4	7	7
ブログサービス	1	6	6
動画サービス	5	5	5
クラウドサービス	2	7	7
画像・写真共有	5	6	6

	話しやすい(票数)	普通(票数)	話しづらい(票数)
インターネットショッピング	7	4	4
オークション・フリマサービス	1	8	8
言葉・語学	6	5	5
生物・動物・植物	4	6	6
歴史	5	4	4
芸術・文学・哲学	4	4	4
サイエンス	7	4	4
数学	6	3	3
天気・天文・宇宙	3	6	6
宿題	2	10	10
一般教養	5	6	6
職業	4	7	7
就職・転職	5	6	6
労働問題・働き方	5	6	6
派遣・アルバイト・パート	8	4	4
資格・習い事	4	5	5
健康・病気・病院	3	9	9
ダイエット・フィットネス	6	4	4
コスメ・美容	2	5	5
ファッション	4	7	7
メンタルヘルス	3	3	3
性の悩み・相談	2	4	4
子育て・出産	3	5	5
幼児教育・幼稚園・保育園	0	6	6
小中学校・高校	4	8	8
大学・短大・大学院	7	5	5
留学・ホームステイ	5	5	5
受験・進学	6	5	5
不登校	0	4	4
スマートデバイス・ガラケー	4	7	7

	話しやすい(票数)	普通(票数)	話しづらい(票数)
OS	3	7	7
パソコン	6	5	5
office系ソフトウェア	5	5	5
ソフトウェア	4	7	7
家電・AV機器	3	8	8
デジタルカメラ	1	8	8
固定電話	1	5	5
企業と経営	1	8	8
株と経済	1	6	6
税金・年金	1	5	5
保険	1	6	6
家計・貯金	1	9	9
決済・ポイントサービス	3	7	7
自動車	4	6	6
バイク	0	8	8
スポーツ	7	5	5
自転車・サイクリング	4	4	4
アウトドア	5	5	5
ユーモア・ネタ	7	5	5
大喜利	2	7	7
クイズ	5	6	6
雑談	8	4	4

話題提示手法 3 で獲得した話しやすい話題 30 項目に対する user1 の個人属性リスト

話題	興味の度合い	知識の度合い
テレビ・ラジオ	5	4
音楽	3	3
映画	4	4
アニメ・コミック	4	4
ゲーム	4	3
趣味	4	2
本・雑誌	4	4
ファッション	2	2
クリスマス	4	3
正月・年末年始	3	3
プログラミング	4	4
国内旅行	4	2
料理・レシピ	4	2
家事	3	2
ショッピング	3	3
スマホアプリ	4	4
画像・写真共有	3	3
ニュース・事件	4	3
言葉・語学	1	1
サイエンス	3	3
日用品・生活雑貨	4	3
派遣・アルバイト・パート	4	3
生き方・人生相談	4	2
数学	3	3
大学・短大・大学院	2	2
受験・進学	2	2
パソコン	3	3
スポーツ	2	2
ユーモア・ネタ	3	3
雑談	4	3

話題提示手法 3 で獲得した話しやすい話題 30 項目に対する user2 の個人属性リスト

話題	興味の度合い	知識の度合い
テレビ・ラジオ	4	4
音楽	5	4
映画	4	4
アニメ・コミック	4	4
ゲーム	4	4
趣味	3	3
本・雑誌	3	3
ファッション	4	3
クリスマス	3	3
正月・年末年始	4	3
プログラミング	3	3
国内旅行	4	3
料理・レシピ	3	3
家事	4	3
ショッピング	3	3
スマホアプリ	4	3
画像・写真共有	4	3
ニュース・事件	4	4
言葉・語学	4	3
サイエンス	4	4
日用品・生活雑貨	3	3
派遣・アルバイト・パート	3	3
生き方・人生相談	4	4
数学	3	3
大学・短大・大学院	3	4
受験・進学	3	4
パソコン	5	4
スポーツ	4	3
ユーモア・ネタ	5	4
雑談	3	3

話題提示手法 3 で獲得した話しやすい話題 30 項目に対する user3 の個人属性リスト

話題	興味の度合い	知識の度合い
テレビ・ラジオ	4	4
音楽	5	4
映画	4	3
アニメ・コミック	3	2
ゲーム	2	2
趣味	3	2
本・雑誌	4	2
ファッション	4	2
クリスマス	3	2
正月・年末年始	4	3
プログラミング	4	3
国内旅行	4	3
料理・レシピ	4	2
家事	4	3
ショッピング	4	4
スマホアプリ	2	2
画像・写真共有	2	2
ニュース・事件	4	3
言葉・語学	4	3
サイエンス	4	3
日用品・生活雑貨	3	2
派遣・アルバイト・パート	3	2
生き方・人生相談	4	4
数学	3	2
大学・短大・大学院	3	2
受験・進学	4	2
パソコン	4	3
スポーツ	4	4
ユーモア・ネタ	4	2
雑談	3	3

話題提示手法 3 で獲得した話しやすい話題 30 項目に対する user4 の個人属性リスト

話題	興味の度合い	知識の度合い
テレビ・ラジオ	3	1
音楽	3	3
映画	4	3
アニメ・コミック	5	5
ゲーム	5	5
趣味	5	3
本・雑誌	3	3
ファッション	5	1
クリスマス	3	3
正月・年末年始	3	1
プログラミング	3	3
国内旅行	5	3
料理・レシピ	5	1
家事	3	3
ショッピング	5	1
スマホアプリ	5	1
画像・写真共有	5	1
ニュース・事件	5	1
言葉・語学	5	1
サイエンス	3	3
日用品・生活雑貨	3	3
派遣・アルバイト・パート	5	3
生き方・人生相談	5	1
数学	3	3
大学・短大・大学院	3	3
受験・進学	3	3
パソコン	5	3
スポーツ	5	1
ユーモア・ネタ	5	3
雑談	5	4

話題提示手法 3 で獲得した話しやすい話題 30 項目に対する user5 の個人属性リスト

話題	興味の度合い	知識の度合い
テレビ・ラジオ	2	2
音楽	4	4
映画	4	3
アニメ・コミック	3	4
ゲーム	2	2
趣味	5	3
本・雑誌	5	4
ファッション	5	3
クリスマス	4	4
正月・年末年始	4	4
プログラミング	4	4
国内旅行	5	3
料理・レシピ	5	4
家事	4	2
ショッピング	2	1
スマホアプリ	4	4
画像・写真共有	2	2
ニュース・事件	4	4
言葉・語学	5	4
サイエンス	4	4
日用品・生活雑貨	4	4
派遣・アルバイト・パート	4	4
生き方・人生相談	5	5
数学	3	4
大学・短大・大学院	4	3
受験・進学	4	4
パソコン	5	4
スポーツ	4	3
ユーモア・ネタ	4	4
雑談	5	4

話題提示手法 3 で獲得した話しやすい話題 30 項目に対する user6 の個人属性リスト

話題	興味の度合い	知識の度合い
テレビ・ラジオ	3	3
音楽	5	4
映画	2	2
アニメ・コミック	3	2
ゲーム	4	3
趣味	5	4
本・雑誌	3	3
ファッション	4	4
クリスマス	5	3
正月・年末年始	4	3
プログラミング	3	3
国内旅行	4	3
料理・レシピ	4	3
家事	3	3
ショッピング	4	4
スマホアプリ	3	2
画像・写真共有	4	3
ニュース・事件	2	1
言葉・語学	3	2
サイエンス	2	1
日用品・生活雑貨	3	2
派遣・アルバイト・パート	2	2
生き方・人生相談	4	3
数学	4	4
大学・短大・大学院	3	3
受験・進学	3	3
パソコン	3	3
スポーツ	3	3
ユーモア・ネタ	4	4
雑談	3	3

話題提示手法 3 で獲得した話しやすい話題 30 項目に対する user7 の個人属性リスト

話題	興味の度合い	知識の度合い
テレビ・ラジオ	1	1
音楽	3	1
映画	3	3
アニメ・コミック	5	3
ゲーム	5	3
趣味	3	3
本・雑誌	3	2
ファッション	2	1
クリスマス	2	2
正月・年末年始	2	2
プログラミング	4	4
国内旅行	4	2
料理・レシピ	4	4
家事	4	4
ショッピング	2	1
スマホアプリ	3	3
画像・写真共有	3	3
ニュース・事件	2	2
言葉・語学	4	2
サイエンス	4	3
日用品・生活雑貨	2	2
派遣・アルバイト・パート	1	1
生き方・人生相談	1	1
数学	4	4
大学・短大・大学院	1	1
受験・進学	1	1
パソコン	4	3
スポーツ	4	3
ユーモア・ネタ	2	2
雑談	2	2

話題提示手法 3 で獲得した話しやすい話題 30 項目に対する user8 の個人属性リスト

話題	興味の度合い	知識の度合い
テレビ・ラジオ	2	2
音楽	5	4
映画	4	3
アニメ・コミック	4	4
ゲーム	3	3
趣味	2	2
本・雑誌	2	2
ファッション	4	2
クリスマス	2	2
正月・年末年始	4	4
プログラミング	4	2
国内旅行	5	4
料理・レシピ	4	3
家事	4	2
ショッピング	3	3
スマホアプリ	4	3
画像・写真共有	4	4
ニュース・事件	2	3
言葉・語学	5	2
サイエンス	4	2
日用品・生活雑貨	3	3
派遣・アルバイト・パート	3	3
生き方・人生相談	3	3
数学	4	2
大学・短大・大学院	2	2
受験・進学	2	3
パソコン	4	2
スポーツ	3	2
ユーモア・ネタ	3	2
雑談	4	2

話題提示手法 3 で獲得した話しやすい話題 30 項目に対する user9 の個人属性リスト

話題	興味の度合い	知識の度合い
テレビ・ラジオ	4	4
音楽	4	3
映画	4	3
アニメ・コミック	5	4
ゲーム	5	3
趣味	3	3
本・雑誌	3	3
ファッション	4	4
クリスマス	3	3
正月・年末年始	3	3
プログラミング	4	3
国内旅行	4	2
料理・レシピ	3	3
家事	2	2
ショッピング	4	3
スマホアプリ	4	3
画像・写真共有	3	3
ニュース・事件	4	3
言葉・語学	2	2
サイエンス	4	3
日用品・生活雑貨	3	2
派遣・アルバイト・パート	3	2
生き方・人生相談	3	2
数学	3	3
大学・短大・大学院	3	3
受験・進学	4	3
パソコン	4	3
スポーツ	1	1
ユーモア・ネタ	3	3
雑談	3	3

話題提示手法 3 で獲得した話しやすい話題 30 項目に対する user10 の個人属性リスト

話題	興味の度合い	知識の度合い
テレビ・ラジオ	3	3
音楽	4	3
映画	4	3
アニメ・コミック	2	2
ゲーム	2	2
趣味	3	3
本・雑誌	4	3
ファッション	2	1
クリスマス	4	3
正月・年末年始	3	3
プログラミング	5	3
国内旅行	4	4
料理・レシピ	3	2
家事	2	2
ショッピング	2	2
スマホアプリ	3	3
画像・写真共有	4	4
ニュース・事件	4	4
言葉・語学	5	3
サイエンス	4	3
日用品・生活雑貨	3	3
派遣・アルバイト・パート	3	3
生き方・人生相談	3	3
数学	2	2
大学・短大・大学院	3	3
受験・進学	3	3
パソコン	5	4
スポーツ	2	2
ユーモア・ネタ	3	3
雑談	3	3