

関係維持を指向した意思決定場面における会話
状況に基づくグループ状態の推定

河野 進

博士（情報学）

総合研究大学院大学

複合科学研究科

情報学専攻

平成29（2017）年度

博士論文

関係維持を指向した意思決定場面における
会話状況に基づくグループ状態の推定

河野進



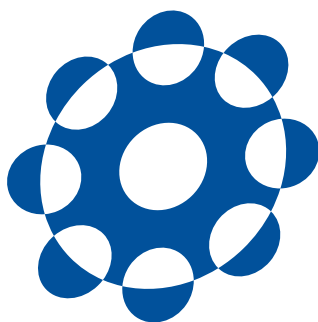
総合研究大学院大学

平成29年度（2018年03月）

Dessertation

**A Estimation of Group Status
based on the Conversation Situation
for Communication Support**

Susumu Kono



SOKENDAI (The Graduate University for Advanced Studies)

March 2018

本論文は総合研究大学院大学 複合科学研究科 情報学専攻に
博士（情報学）授与の要件として提出した博士論文である

Submitted to the Department of Informatics, SOKENDAI
(The Graduate University for Advanced Studies) in partial fulfillment
of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy.

審査委員

主任指導教員・アドバイザー 相原 健郎 (Kenro Aihara) 准教授
国立情報学研究所 / 総合研究大学院大学

指導教員・サブアドバイザー 神門 典子 (Noriko Kando) 教授
国立情報学研究所 / 総合研究大学院大学

サブアドバイザー 曽根原 登 (Noboru Sonehara) 教授
津田塾大学

高須 淳宏 (Atsuhiko Takasu) 教授
国立情報学研究所 / 総合研究大学院大学

藤田 欣也 (Kinya Fujita) 教授
東京農工大学

小野 順貴 (Nobutaka Ono) 教授
首都大学東京

概要

本論文では、グループにおいて良好なコミュニケーションが継続的に行われ、グループ・メンバ間の関係が維持されるように支援するため、グループ・ダイナミックスや、音声処理、自然言語処理等の関連研究をふまえ、発話の特徴量分析、発話意図推定、関係性や親密度に基づくグループ種別の推定等を行い、会話を行うグループのメンバ満足度やグループ状態を把握する手法を提案する。

現在、自動車の自動運転の実用化に向け、自動車メーカーやIT企業等による実証が世界各地で進められているが、完全自動運転となるレベル5においては、運転者による運転操作が不要となるため、今後、自動運転の本格導入により、車内空間で搭乗者が対面して着座する機会が増え、車内空間でのグループのコミュニケーションが重要になると推測される。一方、クルマで一緒に出かけるような、家族、友達同士、職場やサークルの仲間等のグループでは、子供が親とのコミュニケーションに不満である、親が子供とのコミュニケーションに悩んでいる、同僚や上司等とのコミュニケーションが苦手である等、日常のコミュニケーションが円滑でなかったり、コミュニケーションに満足できていなかったりという問題があることが、各種の調査結果として示されている。

そこで、本論文では、一緒に旅行する等、行動を共にするような3～6人程度の小グループを主たる対象とし、食事場所や立ち寄り先等を決めるような軽微な意思決定の場面における満足度の維持・向上に着目した。会話に参加する各メンバの満足度を測り、それらを集計して得られた全グループ・メンバの満足度と提案討議状況から、グループ全体の状態を推定した。特に、意見を表明できない等、会話において弱い立場にいるメンバを見つけ出し、当該メンバを支援して状態を改善することにより、グループ全体の満足度を高

めることをめざしている。

満足度の推定に必要なユーザの状態やコンテキストを獲得するための方法論は、グループが存在する閉空間（例：移動する自動車内）における音声データを収集して、獲得される音声から、認識テキスト、音響特徴量を抽出し、それらとユーザ状態との関連性等を特定することとし、実験データを分析したところ、以下の結果が得られた。

- 1) 自らの意見が結論として採用されることよりも、まず議論されたかどうかはそのメンバの満足度には重要であること。
- 2) グループ種別ごとに差異が見られるため、種別ごとの推定モデルが必要であること。
- 3) 音声認識テキスト（誤りを含む）のみでの推定手法と比べ、音響的特徴量を用いた音声認識自体の正誤判定結果を併用する推定手法によって、発話意図推定の精度が向上すること。
- 4) 脳波から得られたストレス度と、被験者の自己申告による満足度との間には、やや負の相関が見られること。

これらの実験結果をふまえて、満足度を推定する2段階モデル、すなわち、グループ種別を判定した上でグループごとのモデルで満足度を推定するモデルを提案する。まず、会話を行うグループ・メンバの中心性や言葉使いに関連するデータに基づき、会話グループの種別を推定する。次に、推定したグループ種別に応じて、提案・討議状況等に関する特徴量を選定した分類モデルの学習によって、メンバの発話に対する満足度を推定し、最後に全メンバの満足度と提案討議状況によってグループ状態を把握する手法となる。

各グループにおいて一律の関連特徴量を学習して発話に対する満足度を推定するモデル（従来モデル）をベースラインとし、グループ種別に応じた特徴量を学習して発話に対する満足度を推定する提案モデルについて、各発話に対するメンバの満足度の推定精度を比較検証した。その結果、グループ種別に応じた特徴量を用いる提案モデルは、ベースラインと比較して全体の推定精度はやや改善された程度であるが、ベースラインは満足度のレベルによって精度にばらつきがあるのに対し、提案モデルでは全満足度のレベルで高い精度を得たことから、提案モデルの有用性を確認することができた。これ

らの検証結果から、会話中の提案・討議状況等において、グループ全体の中で特に満足度の低いメンバを特定できることも明らかとなった。

提案モデルによって推定されるグループ・メンバの状態と満足度の情報を用いて、提案ができていなくて満足度が低いと推定されたメンバに対しては意見の提案ができるように、また、提案した意見が討議されていなくて満足度が低いと推定されたメンバに対しては提案した意見が討議されるように、会話へ介入してグループ・メンバへ働きかける等の支援を行う見通しが得られた。これにより、車内空間における意思決定会話等の場面において、快適なコミュニケーションを創成し、グループ・メンバの関係維持につながれると考える。随時状態が変化しているグループに対して、より適切なタイミングで効果的な支援を行ない、グループ全体の満足度の最大化を促進していくことが今後の課題であり、今般の実験結果や関連研究での事例をふまえて、詳細なコミュニケーション支援方法を継続して検討していく。

Abstract

In this dissertation, I propose a model of an estimation of group status and satisfaction in discussion using the conversation situation based on related previous studies such as group dynamics, speech processing, and natural language processing for supporting appropriate communication and maintaining continuous relationships in groups.

It is assumed that face-to-face communication in cars will be increasing in the near future following the introduction of autonomous driving. However, many groups that travel together in cars, such as family members, friends, coworkers, and circle associates have various problems in terms of communication between members. According to various surveys, these problems include lack of communication and dissatisfaction with the communication that occurs.

Therefore, in this dissertation, I focus on maintaining and improving the degree of satisfaction in small groups consisting of three to six members who travel together, particularly in relation to a relatively unimportant decision-making situations such as deciding on the destination for either eating or visiting. I measured the satisfaction of each group member participating in the conversation and estimated the group status based on the satisfaction level of the entire group, which was obtained by aggregating their individual satisfaction levels. It is possible to raise the satisfaction level of the entire group by identifying members who are in a weak position in conversation, such as experiencing disapproval of their opinions, and supporting them in improving their status.

It is necessary to collect voice data in the closed space where the group is located (e.g. within a moving car) to extract the acoustic feature values and to analyze the experimental data in terms of the relationship between them and the member's status. This method is used to estimate the satisfaction level as a means of understanding the

condition and context of the conversation.

The analysis led to the following findings.

- 1) It is important for the satisfaction of members that their own opinion is discussed, rather than necessarily being adopted as the final decision.
- 2) A presumptive model is required for each group type, because differences were found between each type.
- 3) Intention estimation accuracy was improved by matching the results of the speech recognition itself using the acoustic feature values, rather than using only speech recognition text, which includes errors.
- 4) It was shown that there is a small degree of correlation between the level of stress as shown on the users' electroencephalograms and the subjective satisfaction of users.

Based on the results of the analysis summarized above, I propose a two-stage model that estimates the degree of satisfaction for each group after judging the group type. It has been shown in experimental results that the overall estimation accuracy is somewhat improved compared with the baseline. In addition, the baseline has variations in the level of satisfaction depending on the group type, whereas the proposed model has few variations in the overall level of satisfaction in each group type. It was possible to confirm the usefulness of the proposed model because of its high degree of accuracy.

Using the above results, based on the estimated group status, it is possible to support group members with particularly low satisfaction levels by allowing them to express their opinion or encouraging the group to discuss their opinion. Hence, the prospect of a comfortable communication environment was enhanced.

The task in the next step is to support the group members at the appropriate time when there are occasional changes in conditions to promote maximization of the overall level of satisfaction of the entire group. I will continue to examine the detailed communication support method in relation to this issue.

目次

概要	v
Abstract	viii
目次	xv
図目次	xvii
表目次	xix
アルゴリズム目次	xxiii
1 序論	1
1.1 研究の概要	1
1.2 本論文の構成	4
2 研究の背景と主題	7
2.1 研究の背景	7
2.1.1 自動運転車の車内空間	7
2.1.2 車内で一緒に過ごす搭乗者グループ	9
2.2 日常のコミュニケーションにおける問題	9
2.2.1 夫婦間のコミュニケーションにおける問題	10
2.2.2 親子間のコミュニケーションにおける問題	10
2.2.3 職場でのコミュニケーションにおける問題	10
2.2.4 討議会話参加者のコミュニケーション上の不満	11

2.2.5	コミュニケーション機会の不足	11
2.3	研究の主題	12
3	関連研究	13
3.1	関連研究の領域	13
3.2	人間関係・グループ関連	14
3.2.1	グループ・ダイナミックス	15
3.2.2	グループにおける意思決定と討議	17
3.2.3	グループ・コミュニケーション支援	25
3.3	音声処理関連	26
3.3.1	音声処理関連の用語	26
3.3.2	発話音声の音源（話者）分離	31
3.3.3	発話区間検出	32
3.3.4	発話の音響的特徴量	32
3.3.5	発話の音声認識	35
3.4	自然言語処理関連	36
3.4.1	自然言語処理関連の用語	36
3.4.2	発話テキストから話題等の抽出	41
3.4.3	言葉使いを特定する語彙	44
3.4.4	発話意図	46
3.4.5	会話状況，討議状況	47
3.4.6	会話エージェント	52
3.5	感性和満足度	52
3.5.1	脳波による感性の計測	52
3.5.2	会話における満足度	53
4	研究の課題とアプローチ	55
4.1	研究の課題	55
4.2	対象グループと対象会話等	56
4.2.1	対象グループと対象会話	56
4.2.2	対象グループ状態	57
4.3	課題に対するアプローチ	58
4.4	研究の到達目標	60

4.5	会話におけるグループ状態・メンバ満足度の推定	60
4.5.1	会話におけるグループ状態・メンバ満足度と関連影響因子	60
4.5.2	会話における音声・テキストとグループ状態等の関係	62
4.5.3	会話におけるメンバ満足度の推定モデル概要	63
5	グループ状態推定のための会話実験と分析	67
5.1	実験の目的	68
5.1.1	実験データによる会話状況の分析	69
5.1.2	発話意図推定手法の検証	70
5.2	実験の設定	70
5.2.1	会話状況把握・状態推定の流れ	70
5.2.2	関係性・親密度に基づくグループ種別	71
5.2.3	実験参加グループ	71
5.2.4	被験者の役割とテスト会話の進行	72
5.2.5	会話音声の測定環境	74
5.2.6	会話における音声データの処理	75
5.2.7	分析対象の会話データ	77
5.3	発話データの整理, 集計	78
5.3.1	会話音声の音源(話者)分離	78
5.3.2	会話音声からの発話の検出	80
5.3.3	発話の音響的特徴量の抽出	80
5.3.4	発話内容のテキスト化	84
5.3.5	発話からの関連語彙の抽出	85
5.3.6	討議会話における発話意図の推定	91
5.4	発話の宛先とグループ・メンバのつながり	93
5.5	提案・討議等の状況	96
5.5.1	提案・討議等の状況	96
5.5.2	メンバの提案・討議等に関わる時間と時間率	97
5.5.3	メンバ区間ごと, 発話意図ごとの発話状況	100
5.6	会話グループの特性	101
5.6.1	グループ・メンバの中心性	101
5.6.2	特定語彙を含む発話の時間率, 発話数率	102
5.6.3	グループ種別とグループ特性の関係	105

5.7	会話における満足度	106
5.7.1	発話に対する満足度	106
5.7.2	テスト会話における被験者の感性	108
5.7.3	満足度と感性	110
5.7.4	会話全体における満足度	112
5.7.5	討議テーマによる満足度の差異	112
5.7.6	意見の採否による満足度の差異	116
5.7.7	意見の取扱いによる満足度の差異	117
5.7.8	会話におけるメンバの満足要因	119
5.7.9	会話におけるメンバの不満要因	120
5.7.10	満足度とグループ種別	121
5.8	会話における発話意図	129
5.8.1	発話意図推定の手順	129
5.8.2	テキストからの発話意図推定	131
5.8.3	音響的特徴量からの発話意図推定	136
5.8.4	テキスト+音響的特徴量からの発話意図推定	139
5.8.5	発話意図の正解データ	142
5.8.6	意図推定結果と考察	144
5.9	会話グループ状態の関連特徴量	145
6	会話におけるグループ状態に基づく満足度の推定	151
6.1	グループ状態に基づく満足度の推定モデル	151
6.1.1	会話における満足度推定の流れ	152
6.1.2	グループ種別の推定モデル	155
6.1.3	メンバの発話満足度の推定モデル	158
6.1.4	メンバ満足度からグループ全体の状態把握	160
6.2	会話におけるメンバ満足度の関連特徴量	161
6.2.1	グループ種別に関連する特徴量	162
6.2.2	提案・討議等の状況に関連する特徴量	167
6.2.3	関係特徴量の独立性	170
6.2.4	メンバ満足度に関連する特徴量	175
6.3	メンバ満足度推定モデルの比較検証	176
6.3.1	討議状況等による満足度推定（比較モデル1）	176

6.3.2	発話数率等による満足度推定（比較モデル2）	178
6.3.3	メンバの発話満足推定モデルの比較検証	178
6.4	会話におけるグループ状態の推定結果と考察	182
6.4.1	会話におけるグループ状態の推定結果	182
6.4.2	会話におけるグループ状態推定についての考察	184
7	結論	185
7.1	本研究における成果	185
7.1.1	会話におけるグループ状態に基づく満足度の推定	185
7.1.2	会話における発話意図の活用	187
7.1.3	会話グループ特性の活用	188
7.2	会話におけるグループ状態推定に基づく支援	188
7.3	他種グループのコミュニケーション支援	189
	参考文献	191

目次

3.1	関連研究領域，関連技術分野，本研究の位置付け.	14
3.2	親密度と関係性によるグループの種別分け.	17
3.3	各種討議でのプロセスと決議の重要性.	23
3.4	発話音声の音源（話者）分離，発話区間検出のイメージ.	32
3.5	メンバの提案・討議等の状況遷移.	48
4.1	討議会話についての評価での主眼と評価指標.	57
4.2	会話におけるグループ状態・メンバ満足度と関連影響因子.	61
4.3	音声・テキスト・意図とメンバ満足度等の関係.	63
4.4	会話中の発話に対するメンバの満足度 5段階スコア.	64
4.5	会話におけるメンバ満足度の推定モデル概要.	65
4.6	グループ状態に基づく満足度推定モデルでの処理の流れ.	65
5.1	グループ状態推定までの集計・推定の流れ.	68
5.2	発話データ，テキストを活用したグループ状態推定への流れ.	69
5.3	テスト会話収録の模様.	74
5.4	会話にける音声およびテキストのデータ処理等の概要.	75
5.5	会話参加メンバの感性スコアの測定.	108
5.6	テスト会話中の被験者の感性レベルの変化.	110
5.7	発話意図推定手法（提案手法）でのデータ処理の流れ.	130
5.8	提案手法により意図推定結果を補完するイメージ.	139
6.1	会話におけるグループ状態推定での処理フロー.	153

表目次

1.1	本論文の構成	4
3.1	各種グループでの討議・意思決定等の事例比較.	22
3.2	特定語を抽出する専用辞書の概要.	42
3.3	カテゴリを抽出する語の例.	43
3.4	場所を抽出する語の例.	43
3.5	意図を抽出する語の例.	44
3.6	親密・丁寧・命令を抽出する語の例.	45
5.1	テスト会話でのメンバの役割.	72
5.2	テスト会話での討議テーマ.	72
5.3	テスト会話の進行パターン.	73
5.4	音声およびテキストのデータ処理内容と利用ツール・データ等.	76
5.5	分析対象のグループとその会話概要.	77
5.6	収集・集計したデータの項目.	79
5.7	テスト会話での発話検出・音声認識結果.	81
5.8	テスト会話No.13における音響的特徴量の結果.	82
5.9	テスト会話No.13における音声認識の正誤判定の一例.	86
5.10	辞書照合による意図, 場所, カテゴリの抽出結果の正誤判定例.	87
5.11	辞書照合による親密語, 丁寧語, 命令語の抽出結果の正誤判定例.	88
5.12	辞書照合による意図, カテゴリ, 場所, 親密語, 丁寧語, 命令語の抽出結果.	88
5.13	特定語彙 (『カテゴリ』, 『場所』) 等から討議の話題を特定した例.	89
5.14	テスト会話No.13での発話意図の推定結果の一例.	92

5.15	グループのメンバ間のつながり推定結果の例.	94
5.16	テスト会話における提案・討議等状況の推定結果.	97
5.17	テスト会話No.13における提案・討議等の時間・時間率の算出例.	99
5.18	テスト会話における提案・討議等の時間(率)の推定結果.	100
5.19	グループ種別とグループ特性（中心性，特定語彙）の相関係数.	106
5.20	テスト会話No.10における会話参加者の満足度とストレス度の例.	109
5.21	感性測定値・集計値と満足度の相関.	111
5.22	テスト会話全般における満足度.	113
5.23	討議テーマごとの会話満足度.	114
5.24	討議結果ごとの会話満足度.	116
5.25	意見の取り上げ有無による会話満足度の差異.	117
5.26	テスト会話における満足度の要因.	119
5.27	テスト会話における不満の要因.	119
5.28	テスト会話における満足度とグループ種別・特性の状況.	123
5.29	テスト会話における時間帯ごとの発話状況等（グループ種別1）.	126
5.30	テスト会話における時間帯ごとの発話状況等（グループ種別2）.	127
5.31	テスト会話における時間帯ごとの発話状況等（グループ種別3）.	128
5.32	名大コーパスでの発話意図推定の検証結果.	134
5.33	テキストによる発話意図推定の検証結果.	134
5.34	テキスト+音響的特徴量による発話意図推定の検証結果.	135
5.35	音響的特徴量の機械学習による発話意図推定（推定精度）の比較.	138
5.36	テスト(会話No.13)における意図推定結果の例.	141
5.37	評定者による発話意図の初回判定の状況.	143
5.38	発話意図正解データの確定状況と機械学習による推定結果.	143
6.1	テスト会話におけるグループ種別の推定結果.	158
6.2	満足度推定に利用する関係特徴量のデータ項目.	163
6.3	関係特徴量の集計例.	166
6.4	関係特徴量（発話状況関連等）の独立性の検定.	171
6.5	関係特徴量（提案・討議等の状況関連）の独立性の検定.	173
6.6	関係特徴量（グループ特性関連）の独立性の検定.	174
6.7	メンバ満足度推定に用いる関連特徴量.	175
6.8	グループ状態に基づく満足度推定モデル案の比較.	177

6.9	メンバの発話満足度推定モデルの比較検証結果.	179
6.10	テスト会話でのメンバの発話満足度の推定結果.	181
6.11	テスト会話での発話満足度と提案・討議状況の推定結果.	183
7.1	本研究での検証項目と結果.	186

アルゴリズム目次

3.1	メンバ x の提案 U_{pro-x} へのメンバ y の反応有無の判定	50
3.2	メンバ x の提案 U_{pro-x} についてのメンバ y による討議有無の判定 . .	51
3.3	討議結果の集約有無の判定	51
5.1	話者 m の発話 u_n の宛先 D_n の判定	95

謝辞

本論文は、筆者が総合研究大学院大学 情報学専攻 博士課程に在学中に行った研究を取り纏めたものである。

総合研究大学院大学 相原 健郎 准教授には、本研究の遂行ならびに本論文の取り纏めにあたり、終始適切なご教示とご鞭撻を賜りましたことに深甚なる謝意を表します。

また、総合研究大学院大学 高須 淳宏 教授、神門 典子 教授、津田塾大学 曾根原 登 教授、東京農工大学 藤田 欣也 教授、首都大学東京 小野 順貴 教授には、本論文の執筆にあたり、格別なるご教示とご鞭撻を賜りましたことに深甚なる謝意を表します。

更に、トヨタIT開発センターの皆様には、本研究の遂行にあたり、実験へのご協力ならびに多大なご助言、ご支援を賜りましたことに深甚なる謝意を表します。

1

序論

論文「関係維持を指向した意思決定場面における会話状況に基づくグループ状態の推定」（以下、「本論文」という）では，このグループ状態の推定について，関連する先行研究（以下，「関連研究」という）をふまえ，被験者による会話実験で得られたデータに基づいて分析し，検証した結果をまとめて説明し，会話状況に基づくグループ状態の推定手法とその活用方法および，これらについての考察を述べる．

本章では，本論文に示す「関係維持を指向した意思決定場面における会話状況に基づくグループ状態の推定」に関する研究（以下，「本研究」という）の概要，本論文の構成について，以下に述べる．

1.1 研究の概要

本研究では，グループにおいて良好なコミュニケーションが継続的に行われ，グループ・メンバー間の関係が維持されるように支援するため，グループ・ダイナミックスや，音声処理，自然言語処理等の関連研究をふまえ，発話の特

微量分析，発話意図推定，関係性や親密度に基づくグループ種別の推定等を行い，会話を行うグループのメンバ満足度やグループ状態を把握する手法を提案する．以下に本研究の概要を示す．

現在，自動車の自動運転の実用化に向け，自動車メーカーやIT企業等による実証が世界各地で進められているが，完全自動運転となるレベル5においては，運転者による運転操作が不要となるため，今後，自動運転の本格導入により，車内空間で搭乗者が対面して着座する機会が増え，車内空間でのグループのコミュニケーションが重要になると推測される（2.1.1節）．一方，クルマで一緒に出かけるような，家族，友達同士，職場やサークルの仲間等のグループでは，子供が親とのコミュニケーションに不満である，親が子供とのコミュニケーションに悩んでいる，同僚や上司等とのコミュニケーションが苦手である等，日常のコミュニケーションが円滑でなかったり，コミュニケーションに満足できていなかったりという問題があることが，各種の調査結果として示されている（2.2節）．

そこで，本研究では，一緒に旅行する等，行動を共にするような3～6人程度の小グループを主たる対象とし，食事場所や立ち寄り先等を決めるような軽微な意思決定の場面における満足度の維持・向上に着目した（4.2.1節）．会話に参加する各メンバの満足度を測り，それらを集計して得られた全グループ・メンバの満足度と提案討議状況から，グループ全体の状態を推定した（4.5.3節）．特に，意見を表明できない等，会話において弱い立場にいるメンバを見つけ出し，当該メンバを支援して状態を改善することにより，グループ全体の満足度を高めることをめざしている．

満足度の推定に必要なユーザの状態やコンテキストを獲得するための方法論は，グループが存在する閉空間（例：移動する自動車内）における音声データを収集して，獲得される音声から，認識テキスト，音響特徴量を抽出し，それらとユーザ状態との関連性等を特定することとし，実験データを分析したところ，以下の結果が得られた（5.3～5.7節）．

- 1) 自らの意見が結論として採用されることよりも，まず議論されたかどうか
がそのメンバの満足度には重要であること．
- 2) グループ種別ごとに差異が見られるため，種別ごとの推定モデルが必要であること．

- 3) 音声認識テキスト（誤りを含む）のみでの推定手法と比べ、音響的特徴量を用いた音声認識自体の正誤判定結果を併用する推定手法によって、発話意図推定の精度が向上すること。
- 4) 脳波から得られたストレス度と、被験者の自己申告による満足度との間には、やや負の相関が見られること。

これらの実験結果をふまえて、満足度を推定する2段階モデル、すなわち、グループ種別を判定した上でグループごとのモデルで満足度を推定するモデルを提案する。まず、会話を行うグループ・メンバの中心性や言葉使いに関連するデータに基づき、会話グループの種別を推定する。次に、推定したグループ種別に応じて、提案・討議状況等に関する特徴量を選定した分類モデルの学習によって、メンバの発話に対する満足度を推定し、最後に全メンバの満足度と提案討議状況によってグループ状態を把握する手法となる(6.1.1節)。

各グループにおいて一律の関連特徴量を学習して発話に対する満足度を推定するモデル（従来モデル）をベースラインとし、グループ種別に応じた特徴量を学習して発話に対する満足度を推定する提案モデルについて、各発話に対するメンバの満足度の推定精度を比較検証した。その結果、グループ種別に応じた特徴量を用いる提案モデルは、ベースラインと比較して全体の推定精度はやや改善された程度であるが、ベースラインは満足度のレベルによって精度にばらつきがあるのに対し、提案モデルでは全満足度のレベルで高い精度を得たことから、提案モデルの有用性を確認することができた。これらの検証結果から、会話中の提案・討議等の状況下において、グループ中で特に満足度の低いメンバを特定できることも明らかとなった(6.3～6.4節)。

提案モデルによって推定されるグループ・メンバの状態と満足度の情報を用いて、提案ができていなくて満足度が低いと推定されたメンバに対しては意見の提案ができるように、また、提案した意見が討議されていなくて満足度が低いと推定されたメンバに対しては提案した意見が討議されるように、会話へ介入してグループ・メンバへ働きかける等の支援を行う見通しが得られた。これにより、車内空間における意思決定会話等の場面において、快適なコミュニケーションを創成し、グループ・メンバの関係維持につながれると考える。随時状態が変化しているグループに対して、より適切なタイミングで効果的な支援を行ない、グループ全体の満足度の最大化を促進してい

くことが今後の課題であり、今般の実験結果や関連研究での事例をふまえて、詳細なコミュニケーション支援方法を継続して検討していく（7.1～7.3節）。

1.2 本論文の構成

本論文の構成、および各章で説明する項目を、以下および、表1.1に示す。

本論文では、まず、この第1章で本論文で示す研究の概要、本論文の構成を示し、次に、第2章で研究の背景、コミュニケーションにおける問題、主題について述べる。そして、第3章では、本研究に関連する研究領域、関連用語、関連研究について、人間関係・グループ関連、音声処理関連、自然言語処理関連、感性・満足度関連を中心に述べる。

第4章では、研究の課題、対象グループと対象会話等、課題に対するアプローチ、研究の到達目標、会話におけるグループ状態推定手法の概要について述べる。第5章では、グループ状態推定のための会話実験と、実験で取得したデータ分析に関して、発話の宛先とグループ・メンバのつながり、提案・討

表 1.1: 本論文の構成

第1章 序論	第5章 グループ状態推定のための会話実験と分析
1.1 研究の概要	5.1 実験の目的
1.2 本論文の構成	5.2 実験の設定
第2章 研究の背景と主題	5.3 発話データの整理, 集計
2.1 研究の背景	5.4 発話の宛先とグループ・メンバのつながり
2.2 日常のコミュニケーションにおける問題	5.5 提案・討議等の状況
2.3 研究の主題	5.6 会話グループの特性
第3章 関連研究	5.7 会話における満足度
3.1 関連研究の領域	5.8 会話における発話意図
3.2 人間関係・グループ関連	5.9 会話グループ状態の関連特徴量
3.3 音声処理関連	第6章 会話におけるグループ状態に基づく満足度の推定
3.4 自然言語処理関連	6.1 グループ状態に基づく満足度の推定モデル
3.5 感性と満足度	6.2 会話におけるメンバ満足度の関連特徴量
第4章 研究の課題とアプローチ	6.3 メンバ満足度推定モデルの比較検証
4.1 研究の課題	6.4 会話におけるグループ状態の推定結果と考察
4.2 対象グループと対象会話等	第7章 結論
4.3 課題に対するアプローチ	7.1 本論文における成果
4.4 研究の到達目標	7.2 会話におけるグループ状態推定に基づく支援
4.5 会話におけるグループ状態・メンバ満足度の推定	7.3 他種グループのコミュニケーション支援

議等の状況，会話グループの特性，会話における満足度および，発話意図の推定等について述べる。

更に，第6章で，研究の核となる「会話におけるグループ状態推定手法」について述べる。実験で収集・分析したテスト会話のデータや推定した発話意図を用いた，会話におけるグループ状態に基づく満足度の推定について，推定モデルの内容，関連特徴量，比較検証の結果等を説明する。最後に，第7章で，結論として，本研究における成果，会話におけるグループ状態推定に基づく支援，他種グループのコミュニケーション支援への適用について述べる。

2

研究の背景と主題

本章では、今後予想される自動運転時代の車内空間やそこで一緒に過ごすグループ等の本研究の背景、本研究に関連するコミュニケーションにおける問題を示し、それらの背景やコミュニケーションにおける問題をふまえた、本研究の主題について、以下に述べる。

2.1 研究の背景

2.1節では、本研究の背景として、今後予想される自動運転時代の車内空間と、車内で一緒に過ごす搭乗者グループについて、以下に説明する。

2.1.1 自動運転車の車内空間

現在、自動車の自動運転の実用化に向け、国内外の自動車メーカーやIT企業等による実証実験が世界各地で進められている。自動運転のレベルは、自動ブレーキなどの安全運転支援システムによって、特定の操作についてドライバを

支援する極めて限定的な自動運転であるレベル1から、システムが全ての運転操作を実施しドライバ不要となる完全自動運転であるレベル5までの5段階に分類される¹。特に完全自動運転となるレベル5においては、運転者の運転に対する負荷が軽減されるだけでなく、自動車に乗る人たちの運転者、助手（ナビ役）、後部乗員といったような運転操作に関連する役割がなくなることが考えられている。レベル5が実現される車内では、座席は、前部にセパレートシートの運転席、助手席、後部に2～3人用のベンチシートといったような従来の配置ではなく、全席が可動式のセパレートシートとなり、前と後ろの搭乗者が向き合って座るようなケースが増えると予想されている^{2, 3}。そして、細谷は、このような状況から、自動運転車が家でもオフィスでもない「第3の空間」となり、単なる移動手段から生活空間に進化するという未来を予想している[35]。

また、トヨタ自動車は、自動運転が本格化する未来のモビリティ社会に向けた、コンセプトカーを発表している。その車内では、会話エージェント技術を活用して、搭乗者の感情や嗜好に応じてクルマ側から提案したり、会話を誘導するといったことによって、搭乗者をサポートすることをめざしている⁴。これまで運転者の支援に重点が置かれていた車内システムが、車内の複数の搭乗者の支援へとシフトしていく傾向がみられる。

これらをふまえると、今後、自動運転の導入により、車内空間で搭乗者が対面して過ごす機会が増え、車内空間がグループがコミュニケーションをとる重要な場所となると予測される。

¹米国SAE International (Society of Automotive Engineers, Inc.): 自動車の自動運転レベル区分. SAE J3016, 2016年9月 http://www.sae.org/misc/pdfs/automated_driving.pdf (2018年2月19日現在)

²日経テクノロジーオンライン: Adient社が自動運転車の座席などを披露. (株)日経BP, webニュース, 2017年4月19日 <http://techon.nikkeibp.co.jp/atcl/event/15/040500113/041900006/> (2018年2月19日現在)

³日経テクノロジーオンライン: 自動運転車, 「動くシート」で安全確保へ. webニュース, (株)日経BP, 2016年11月18日 <http://techon.nikkeibp.co.jp/atcl/news/16/111705097/> (2018年2月19日現在)

⁴Toyota Global News: 「未来の愛車」を具現化したコンセプトカー「TOYOTA Concept-愛i」シリーズを東京モーターショーで公開. ニュースリリース, トヨタ自動車, 2017年10月16日 <http://newsroom.toyota.co.jp/jp/detail/19121005/> (2018年2月19日現在)

2.1.2 車内で一緒に過ごす搭乗者グループ

上記のように、自動運転が導入される今後は、これまで以上に、車内空間での搭乗者の過ごし方や、車内空間での搭乗者間の関わり方が、重要になってくる。

タクシーやバス等で、たまたま乗り合わせた搭乗者同士のつながりは一時的なものであることが多く、これらの人たちのつながりについての重要性は低いと考えられる。しかし、家族、友達同士、職場やサークルの仲間等の、一緒にクルマで出かけるようなグループでは、そのグループ活動やメンバー間の関係が継続的であり、車内コミュニケーションが重要であると考えられることから、本研究では、これらのグループの車内コミュニケーションについて取り扱うこととした。

車内コミュニケーションに関しては、角らは、過去にその場所を通る際に行われた他者の車内会話の音声配信することによって、会話を共起する手法を提案している[38, 87, 88, 121, 151]。佐藤らは、車内会話と運転行動の相互作用を分析し、運転者の情報処理モデルを提案している[130]。また、大濱らは、自動車の車載センサと車内に持ち込んだ液晶プロジェクタ、シンセサイザといったIoT機器を連携させた車内でのコミュニケーション手法について述べている[120]。

このように関連研究では、車内コミュニケーションに関して、多様な研究が行われているが、本研究では、下記に示すようなコミュニケーションの問題に対処することを考慮して、特に車内空間での会話を通じたグループの支援のために、そのグループの状態（4.2.2, 4.5節）を推定することとした。

2.2 日常のコミュニケーションにおける問題

2.2節では、本研究における問題点として、コミュニケーションの問題について述べる。2.1.2節で述べた、一緒にクルマで出かけるグループを構成するような、家族、友達同士、職場やサークルの仲間等では、日常のコミュニケーションが円滑でなかったり、コミュニケーションに満足できなかったり、会話時間が不足しているという問題があることが、各種の調査結果として示されている。このような日常のコミュニケーションにおける問題について、以下に説明する。

2.2.1 夫婦間のコミュニケーションにおける問題

夫婦間のコミュニケーションにおいては、マインドシェア社が2013年に実施したアンケート調査結果では、夫婦の28.0%はあまり会話していないことが示されている⁵。

また、伊藤らは2001～2003年に実施した調査結果として、特に中年期の夫が妻に対して、うまく気持ちを開示できないために良好な関係が築けない夫婦が多数いることを示唆している[49]。

2.2.2 親子間のコミュニケーションにおける問題

親子間のコミュニケーションについては、富士通テン社が2012年に実施したアンケート調査結果で、「4割以上の子供が親とのコミュニケーションに不満で、半分以上の親が子供とのコミュニケーションに悩んでいる」ことが示された⁶。

2.2.3 職場でのコミュニケーションにおける問題

職場でのコミュニケーションについては、マイナビ社の2014年のアンケート調査で、職場の同僚や上司等とのコミュニケーションが苦手という人が77.4%いることが示された⁷。

GABA社の2014年のアンケート調査結果では、「職場内でコミュニケーションが取れていない」と答えたのが全体の14.8%で、うち62.8%が「コミュニケーションを取りたい」と思っていることが示された⁸。

コーチ・エィ社の2016年のアンケート調査結果では、59%の人が上司と異なる意見であってもいつも、あるいは大抵、率直に伝えている、31%の人がとき

⁵ママこえ編集部: ママと「いい夫婦の日」に関するアンケート調査, (株)マインドシェア, 2013年11月22日 <http://www.mindshare.co.jp/research/2013/11/1122iifuufu.html> (2018年2月19日現在)

⁶富士通テン(株): ドライブでの親子コミュニケーションに関する調査. 2012年5月16日 https://www.denso-ten.com/jp/release/2012/05/20120516_03.pdf (2018年2月19日現在)

⁷マイナビニュース: 72.4%の人がコミュニケーションに苦手意識 - 「言葉に詰まる」「緊張する」. (株)マイナビ, 2014年5月6日 <http://news.mynavi.jp/news/2014/05/06/063/> (2018年2月19日現在)

⁸マイナビウーマン: 社内コミュニケーション度は職場の満足度に影響!?～英会話のGaba調べ. (株)マイナビ, 2014年10月24日 <https://woman.mynavi.jp/article/141024-36/> (2018年2月19日現在)

どき伝えている、9%の人が、ほとんど、あるいは、全く伝えていないと回答しており、40%の人が自分の意見を率直に伝えられないことがあることが示された⁹。

2.2.4 討議会話参加者のコミュニケーション上の不満

筆者が会話実験（5.2.3節）の参加者14名（家族、友達同士、職場やサークルの仲間等のグループに属する）にアンケート調査した結果（5.7.9節，表5.27）では、不満を感じた要因として、「自分の提案（希望）について討議されない」が14人中9人（69.2%）で最も多く、次いで、「自分の希望について発言できない（提案できない）」が14人中6人（46.2%）であった。

その他には、「他メンバの提案に対して肯定的な反応を返すが、自身の本心（希望）を明かしてくれない」（14人中2人，14.2%）、「社交辞令的に肯定の反応が返されるが、最後には違う意見に集約されてしまう」（14人中1人，7.1%）、「自分の意見に対して反応されるものの、討議の中心は他の意見に移ってしまう」（14人中1人，7.1%）といったコミュニケーション上の不満が挙げられた。

2.2.5 コミュニケーション機会の不足

2.2.1～2.2.4節に示したように、家族、友達同士、職場やサークルの仲間等では、日常のコミュニケーションが円滑でなかったり、コミュニケーションに満足できなかったりというような問題があることに加えて、特に家族の中では会話を行う時間が不足しているということが、以下のように調査結果として示された。

ソフトブレン・フィールド社が2015年に実施した「母子のコミュニケーション」についてのアンケート調査の結果では、「会話時間が取れない」が40.7%，さらに、「子供との会話時間を増やしたい」が55.8%であった¹⁰。また、主婦の友社が2016年に実施した「夫婦の実態」のアンケート調査の結果で

⁹(株)コーチ・エィ: 率直な意見に関するアンケート調査. 2016年12月20日 <https://coach.co.jp/data/20161220.html> (2018年2月19日現在)

¹⁰ソフトブレン・フィールド(株): 半数以上のママが子供との会話時間を「増やしたい」と思っている！～母と子のコミュニケーション実態調査～. プレスリリース, 2015年5月1日 <https://www.sbfield.co.jp/press/20150501-6119/> (2018年2月19日現在)

は、「夫婦で会話する時間がない」が47%であった¹¹。

2.3 研究の主題

2.3節では、2.1、2.2節に示した背景やコミュニケーションにおける問題をふまえて、本研究の主題について、以下に述べる。

本研究では、一緒に旅行する等、行動を共にする、家族、友達同士、職場やサークルの仲間のような3～6人程度の小グループを対象グループとし、車内等の空間にて、食事場所や立ち寄り先等を決めるような、軽微な意思決定の会話を対象会話とする（2.1.2、3.2.1、3.2.2、4.2.1節）。

2.2.5節で述べたように、家族などのグループにおいては、会話を行う機会が不足していることが明らかになっているが、2.1.1節で示したように、今後、自動運転の導入によって、グループが対面して会話を行ことができる重要な空間（車内空間）が創出されることも予想される。また、2.2.1～2.2.4節で述べたように、様々なメンバ間でコミュニケーションにおける問題が発生し、討議の会話において、自分の希望を発言できないことや、自分の希望が討議されないことなどが、会話参加者が不満を感じる主な要因となっている。

そこで、上記のような背景をふまえ、今後、重要な時間共有の場所となると予測される車内空間等での討議会話を対象として、グループが適切なコミュニケーションを継続的に行い、そのグループ・メンバ間の良好な関係維持を支援するため、会話におけるグループ状態・メンバ満足度を推定することをめざした。具体的には、車内等の空間でグループがどのように討議を行っているのかの状態を把握し、その状態に応じてメンバ全員が自分の意見を表明して、それらの意見について十分な討議が行われるように介入して、グループ・メンバ全員の満足度を高めることによって、グループの良好な関係維持につながると仮定した。そして、このようなグループにおいて、いずれのメンバへの支援（意見表明や意見に対する討議の促進等）が望まれるのかを把握するために、会話におけるグループの状態やグループ・メンバの満足度をとらえることを本研究の主題とする。本研究では、会話に参加する各メンバの満足度を推定し、それらを集約したグループ内全メンバの満足度からグループ状態を推定する手法を明らかにすることとする（4.5.3、5.7.1、6.1.4節）。

¹¹ ダ・ヴィンチニュース: 4割の夫婦が1日の会話時間30分以下!? イマドキ夫婦が抱える悩みとは. (株)KADOKAWA, 2016年7月23日 <https://ddnavi.com/news/312480/a/> (2018年2月19日現在)

3

関連研究

本章では、3.1節で本研究に関連する研究領域と本研究の位置付けについて説明し、3.2～3.5節で、人間関係・グループ関連、音声処理関連、自然言語処理関連、感性・満足度関連の分野ごとに、関連用語、関連研究の内容、本研究との関わり、本研究での扱い方について述べる。

3.1 関連研究の領域

3.1節では、本研究に関連する研究領域、関連技術分野と本研究の位置付けについて説明する。

本研究に関連する研究領域は、図3.1に示すとおりで、本研究は、主に(1)人間関係(3.2節)、(2)音声処理(3.3節)および、(3)自然言語処理(3.4節)の技術領域に関係し、これらの技術領域における関連研究で明らかになっている複数の技術や手法等を統合的に活用し、会話におけるグループ状態の推定手法を提案している。

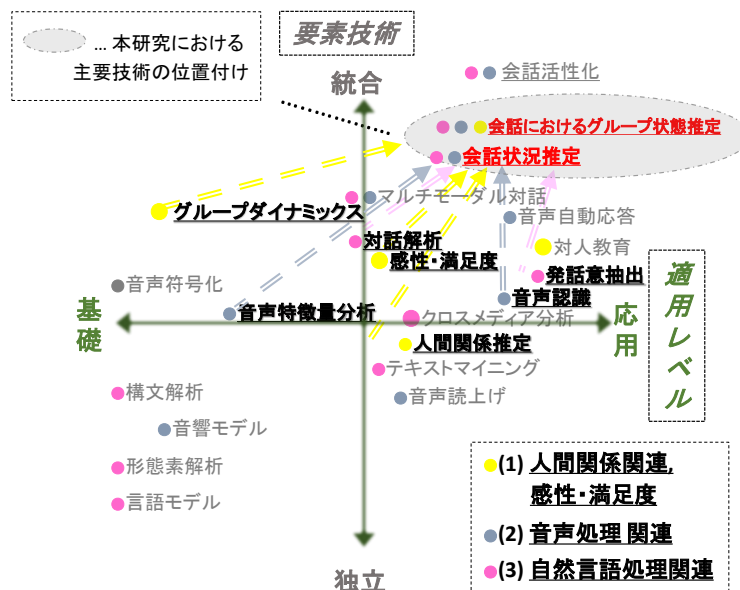


図 3.1: 関連研究領域，関連技術分野，本研究の位置付け。

また，関連技術領域での本研究の活用技術分野は，同じく図3.1に示すとおりで，本研究は (1)人間関係，(2)音声処理および，(3)自然言語処理の各技術領域における関連研究で明らかになっている要素技術を組み合わせて活用し，会話における発話意図やグループ状態の推定において，従来よりも高い精度の推定の実現をめざした。

具体的には，音声認識によるテキストからの意図抽出と，音響的特徴量を活用した意図推定手法を併用して，会話における発話意図を推定し，推定した発話意図を用いて，会話状況や会話におけるグループの満足度（グループ状態）を推定する手法となる．その他，会話におけるメンバの状態を把握するうえで，話者の感情や満足度に関連する研究についても本研究において考慮した（3.5.2節）．これらの関連研究の内容について，以下に説明する．

3.2 人間関係・グループ関連

3.2節では，グループ・ダイナミクス，意思決定・討議，グループ・コミュニケーション支援に関して，関連研究や，本研究で用いる用語の定義，本研

究との関わり，本研究での扱い方について，以下に述べる。

3.2.1 グループ・ダイナミックス

1) グループ・ダイナミックス

グループ・ダイナミックス（Group Dynamics）は，グループの形態や構造等を考察して，グループにおけるコミュニケーション，リーダーシップ，モラル等の問題を解明する理論であり，Lewinらによって広められた[79]。Forsythらは，様々なグループを動いていくものであり，また変化していく存在でもあるととらえ，そのグループの内外で起こる行動と心理への対人的な影響力のプロセスやシステムを考える研究が，グループ・ダイナミックスであると述べている[13, 148]。そして，本間は，グループを，メンバ相互に依存関係を持つことで関係をつくる2人以上の個人の集まりととらえ，グループを通して，そのグループの中の個人個人（member，メンバ）に焦点を当て，そこでの人の情動・認知・態度・思考，行動を理解し説明する心理学的研究が，グループ・ダイナミックスであると説明している[34]。

Scheinらは，グループ内の関係維持を促進するためには，メンバが相互理解してメンバ間の調和（Harmonizing）がとれていて，個々のメンバにとっては自分が受け入れられているという同一視（Identity）が必要であり，意思決定では必ずしも全員一致で決議されなくてよいが，本質的にメンバ全員が同意しているということが重要であることを述べている[131, 163]。

本研究では，上記のようなグループ・ダイナミックスの関連研究での理論をふまえ，「グループ」（group）を，共通のメンバ意識や目標を持ち，相互作用や影響を及ぼし合う一緒に活動する個人の集合体，「メンバ」（member）を，グループに属する個人であると定める。2.3節で述べたように，利益拡大や社会貢献といったような高度な目標を追及する企業内のタスクグループのような組織ではなく，特に，旅行やレジャーに自動車と一緒に出かけるような3～6人程度のメンバで構成されるグループを対象とした。

本研究では，「グループ状態」（state of group）は，ある時点でのグループの様子，様態，具合のことで，特に討議会話において，会話内容等から読み取れるグループの様子，グループ内の各メンバの様子を示すこととする。

(4.2.2節). 「グループの置かれている状況」(situation of group) は、グループの周囲で移り変わる物事の様子のこと、特に討議会話における、提案・討議等の様子を示すこととする(3.4.1節(27)項, 3.4.5節). 会話におけるグループ状態を示す指標としては、会話中の発話に対するメンバの満足度を設定する(3.5.2節).

そして、2.2節で示したように、ふだんからコミュニケーションに満足できていないメンバがいることや、上記に示した関連研究で述べられているようにメンバ全員が納得感を得ていることがグループの関係維持のために重要であることをふまえて、グループ全員の満足度を最大化することをめざすこととした.

2) グループの関係性と種別

Forsythらは、グループ・ダイナミックスの研究において、グループは、そのメンバ間の関係性 (relations), 親密性 (intimacy), 構造 (structure), タスク (tasks) の内容 (例: メンバが興味のあるタスク, 全メンバの協力が必要なタスク) によって様々に影響を受けて、異なる状態や挙動を表すことを示している[13]. また、そのグループの状態は、メンバ間のやりとりや相互理解を経て快適なメンバ関係に向かおうとして、動的に変化することや、グループをその親密度 (degree of intimacy), タスクや社会的関係性に着目して種別分けができることが明らかになっている[13, 168].

本研究では、このようなグループ・ダイナミックスの研究で明らかになっているグループの特性をふまえて、グループにおいて、長期的に築かれたメンバ間の関係、特に親密度、関係性によって分類されるグループの種類を「グループ種別」(group classification) と定義する. また、「親密度」は、親しさの度合を示し、高低で表すものとし、「関係性」は、メンバのつながりや結びつきを示すものとする. 特に本研究では、メンバ間に上下関係 (家族や組織での地位が上のものと下のものとの関係) があるのか、メンバが互いにフラットな関係 (親子、師弟等の上下関係ではなく、友人、同僚等、互いに対等に接することができる関係) であるのかに着目することとする.

2.3節, 3.2.1節 1)項で述べたように、本研究では、旅行やレジャーに自動車等で一緒に出かけ、楽しく時間を過ごすといったような、当該グループ内で決めた緩やかな目標を持つ小グループを対象としたが、上述の関連研究での

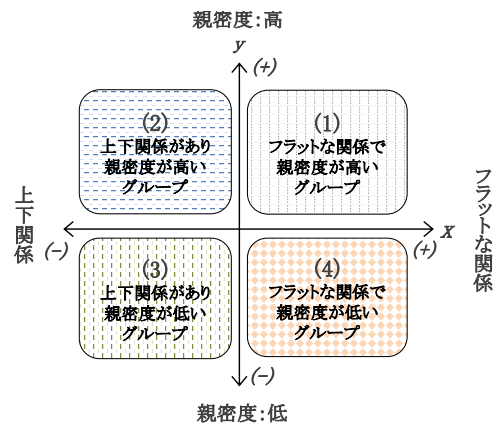


図 3.2: 親密度と関係性によるグループの種別分け.

考え方にに基づき、対象グループの特徴をとらえるため、関係性・親密度に基づいてグループを種別分けすることとした。

図3.2に示すように、x軸方向にメンバ間の関係（正の方向：フラットな関係，負の方向：上下関係）を，y軸方向にメンバ間の親密度（正の方向：親密度・高，負の方向：親密度・低）をとり，2軸で区切られる4つの領域ごとに，以下の(1)～(4)のグループ種別に分類することとした．そして，特に一定の発話量が見込まれ，グループ状態等の推定が可能であると見込まれる以下の種別(1)～(3)を，会話状況からグループ状態を推定する対象のグループ種別とする．そして，本研究では，上記に示したような種別のグループが行う討議の会話を扱い，その会話におけるグループ状態の推定をめざした。

- ・種別(1)：フラットな関係で親密度が高いグループ
- ・種別(2)：上下関係がある親密度が高いグループ
- ・種別(3)：上下関係がある親密度が低いグループ
- ・種別(4)：フラットな関係で親密度が低いグループ

3.2.2 グループにおける意思決定と討議

1)意思決定や討議の用語

グループで行われる討議や意思決定に関する用語について，本研究での定義

を以下に説明する。

(1) 意思決定 (decision making)

藤本らの定義に従い、「意思決定」は、個人やグループが特定の目標を達成するために、与えられた条件下で考えられる複数の案から、最善の案を求めようとする活動であると定義する[16]。意思決定は企業戦略の策定から日常業務の遂行に至るまでの幅広い分野に適用され、特に企業戦略の分野ではきわめて重要な概念となっているが[103]、本研究では比較的重要性が低い事項を話し合って決めるような意思決定（以下、「軽微な意思決定」という）を対象とする。

(2) 合意形成 (consensus building)

加藤らの定義に従い、「合意形成」は、利害関係者や問題の当事者等が議論等を通じて、関係者の根底にある価値や課題を顕在化させ、相互の意見の一致を図る意思決定におけるプロセスであると定義する[54]。

(3) 合議 (consultation; agreement)

「合議」は、二人以上の者が集まって、課題について議論することと定義する。長瀬は、企業では、責任ある立場の者たちが集まり、合議によって意思決定することがあるが、均等に発言する機会が乏しく、リーダーの発言力が強い場合に、バイアスが働きやすくなることを示している[103]。

(4) 協働 (coproduction)

世古らの定義に従い、「協働」は、複数の主体が特定の目標を共有し、互いに力を合わせて行う活動であると定義する。たとえば、地域の課題解決に向けて、行政単独、あるいは市民だけでは解決できない問題について、相互に互いの不足を補い合い、ともに協力して課題解決に向けて取り組む活動が、この一例となる。協働を実施するにあたり、複数の主体者が討議等により意思決定を行っている[133, 171]。

(5) 討議 (discussion)

Habermasによれば、討議は、問題化した妥当性要求をテーマとし、その正統性をめざして試みられる議論という特徴を持つコミュニケーション

ン形態を意味するとされ[24], 鈴木は, 討議は, 予め決められたテーマに対してグループ内で議論することであるとしている[152]. 後者のグループ内の議論であるとする定義が本研究で取り扱う討議と合致するため, 本研究での「討議」は, 予め決められたテーマに対しグループ内で議論し, 意見の集約を進めることと定義する.

(6) 会話 (conversation)

中田らの定義に従い, 「会話」は, 複数人が, 互いに話したり聞いたりして, 共通の話を進める行為や, その話のこととする[92, 104, 153]. また, 会話において, 会話参加メンバー間で, どのように話のやりとりが行われているかといった状況を「会話状況」と定める.

(7) プロセス (process)

加藤らの定義に従い, 「プロセス」(process)は, 物事が変化するときの経過や物事が進む過程を意味し, 「意思決定プロセス」や「討議プロセス」は, それぞれ, 意思決定や討議の経過や進捗している過程であると定義する[55, 68, 143, 144].

本研究では, 2.3節で述べたように, 企業等が行うような事業的な意思決定ではなく, 一緒に旅行に出かけるグループが食事場所等を決めるといった, 比較的重要性が低い事項を話し合って決めるような軽微な意思決定を対象とし, 特に日本語の話し言葉によって行われる意思決定の会話を取り扱う. 意思決定や討議のプロセスについての関連研究等は下記2)項に, 各種の意思決定の事例比較については, 下記3)項に示す.

2)意思決定や討議のプロセス

意思決定や討議のプロセスと結果について, 関連研究では, 以下のように述べられている.

Simonは, 意思決定のプロセスは, 情報活動, 設計活動, 選択活動に分けられ, 情報活動で意思決定のための情報を収集して問題点を明確にし, 設計活動で問題解決のための提案を行い, 選択活動でそれらを評価して実施解を得る流れであると説明している[143, 144].

津村らは, このような意思決定を行う際のプロセスにおいて, グループ・メンバーの関係性やグループの構造, タスク等によって, 特有の傾向があるこ

とを明らかにしている[28, 33, 68, 163]. そして、津村は、活動が継続的なグループに対しては、親密度等の対人関係を考慮して意思決定のプロセスに介入することが望ましく、プロジェクトの目的によっては、結果や中身よりも討議のプロセスに比重を置くべきであることを示している[163].

これらをふまえて、意思決定や討議の会話におけるグループの状態や満足度を評価する場合について、プロセスに主眼を置く場合と、決議（意思決定や討議の結果）に主眼を置く場合の2つの観点を、以下にまとめた。

(1) 討議プロセスに主眼を置く場合

討議中の任意の時点までのプロセスである、意見の表明（提案）、意見に対する質問やコメント、意見についての議論、決議の集約といった討議プロセスに主眼を置いた評価や、その効果等については、関連研究で以下のように述べられている。

Reddyらは、グループがめざすゴール（目標）によって、プロセスに対する比重を変える評価方法を示している。相互理解を深めて継続的な関係維持をめざすグループでは、討議の中身や結果よりも討議プロセスに重点を置いた評価の方が適し、討議プロセスに重点を置く方が、グループに相互作用を起こすための介入の効果が高いと述べている[124, 163].

藤澤らは、地域課題の解決に向けた住民討議、住民と行政の協働に向けた討議等、合意形成や相互理解による決議をめざす場合には、プロセスに主眼を置いて評価すべきであり、討議のプロセスがどのように進むのかが、討議の内容に本質的な影響を与えるとことを示している[18].

また、豊田は、地域協働による自然環境の保全活動での事例を取り上げ、妥協点を見い出す話し合いだという合意形成の一般的なイメージを改め、合意形成のプロセスにおいてアイディアを進化させ、よりよい提案をまとめていくという視点が不可欠であると述べている[159]. 上記から、継続的な関係維持をめざすグループでの討議や地域課題や協働の討議では、討議プロセスに主眼を置いた評価が適しているといえる。

(2) 決議に主眼を置く場合

討議結果の集約である決議に主眼を置いた評価等については、関連研究で以下のように述べられている。

Reddyらは、課題を達成することを目的とするプロジェクトチームのよ

うなグループでは、グループの効果性、効率性、仕事の達成が優先されるため、プロセスよりも討議の中身や結果に高い比重を置いた評価が適していることを示している[124, 163].

藤井らは、公害問題を伴うような高速道路や原子力発電所の建設等の公共事業についての討議では、行政と地域住民の間で合意形成がされずに、社会的合意が得られないまま、立地が進められることが多く、このような事例では、討議プロセスではなく、決議に対する満足感で評価すべきであることを示している[15, 160].

木下は、企業の経営に関する意思決定のプロセスでは、複数の関係者が、幅広い視点の複数の代替案について、自由で忌憚ない議論を行ったうえで決議することが重要であるが、実際には十分な議論をつくすことなく決議され、結果が重視される場合が多いことを指摘している[61]. これは、決断のスピードが求められていることの表れであるとみられる.

これらの事例をまとめると、ビジネスでは、討議の中身や結果に主眼が置かれ、公共事業等では利害関係者間で相互理解を得るべく調整し、合意形成をめざしていて、プロセスがある程度は重視されている. しかし、公共事業等においても、実態としては結果がより重視されることが多く、これらの事例では結果に主眼を置いた評価が適しているといえる.

上記のように、討議プロセス、決議をどのように扱って評価すべきなのかは、そのグループの目標や、討議の位置付けによって異なる. 以下の 3)項には、各種グループでの討議プロセスや決議の重要性等について整理し、本研究で対象とするグループの位置付けをまとめる.

3)意思決定や討議の比較

関連研究をふまえ、本研究で扱う(1)旅行やレジャー等を楽しむグループを含めた5種類のグループが行う意思決定や、討議の事例における討議プロセスと決議（討議結果）の重要性等を整理した各事例における特徴を、以下および表3.1に示す. また、これらの5種類のグループが行う意思決定や討議の事例における、討議プロセスと決議（討議結果）の重要性の位置付けを図3.3に示す.

表 3.1: 各種グループでの討議・意思決定等の事例比較.

	本研究の対象事例	その他の事例			
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
グループ・活動等の種類	旅行やレジャー等を楽しむグループ	地域の自治会活動	地域課題(協働, 技術的対処)	公共事業(特定の施設建設等)	企業の事業活動
グループ構成	家族・友人・知人・同僚等	・同じ地域の関係者	地域課題に関心を持つ市民と行政	利害関係を持つ市民と行政	企業の役員・社員
取り扱うテーマ・課題	立ち寄り先や食事場所等	・地域の行事 ・地域の防犯・安全等	・地域の課題・問題 ・市民活動	・公共事業	企業活動の方針・実行プラン
取り扱うテーマ・課題の重要性	△メンバーの関心時ではあるが、重要性が低いものが多い	△メンバーの関心時ではあるが、重要性が低いものもある	○重要性が高いものが多い	○重要性が高いものが多い	○重要性が高いものが多い
プロセスの重要性	○重要である。しかし、メンバーによっては重視されず不満を感じることがある	○相互理解、コミュニティ形成の観点からプロセスが重要である	○重要であり、プロセスが重視される	△あまり重視されない場合がある	△案件によってはスピード優先等で、あまり重視されない場合がある
決議の重要性	△重要ではない場合が多い	△重要ではない場合がある	○重要であるが、市民が自主的に実施できる解決策を中心に決議される	○重要であるが、対立があっても決議されることがある	○重要である
決議手段	会話形式の討議	討議	Civic Tech: ハッカソン・アイデアソン, 討議, 協働等	Public Comment, 公聴会, 審議会, 議会等	文書回議, 討議, 審議会等
決議方法	・合議, 多数決 ・年功序列 ・子供優先 ・主導者の独断 他	合議, 多数決	合議	合議, 多数決	・トップダウン ・合議, 多数決 ・稟議(ボトムアップ)
円満な決議に向けた案	討議のプロセスに重点をおき、十分な討議がなされて、討議に対して全員が納得感を得られるようにする	当初の提案への同意が得られにくい場合、折衷案等、より多くの同意が得られる案を指向する	市民が自主的に実施できる解決策を中心に考え、当事者での対立を避けられる案を指向する	当初の提案への同意が得られにくい場合、折衷案等、より多くの同意が得られる案を指向する	当初の提案に対して賛同が得られない場合、社長、役員等の上層部の同意が得られる指向する
1テーマの決議までに要する時間	1～60分	数分～数週間	半日～数週間	数日～数年	半日～数週間
討議での役割(進行・決議)	△明確に決まっていなくてもあるが、関係性等によって、討議を主導する者が現れる	○明確に決まっている	○明確に決まっている	○明確に決まっている	○明確に決まっている
討議方法	・主導者が各メンバーに意見を確認し、討議を進め、決議を図る(ファシリテータ的) ・主導者が利己的に、あるいは強制的に決議する(自己中心的)	・役割担う役員が各メンバーの意見を確認し、討議を進め、決議を図る(ファシリテータ的)	・役割担う役員が各メンバーの意見を確認し、討議を進め、決議を図る(ファシリテータ的な調整)	・役割担う役員が各メンバーの意見を確認し、討議を進め、決議を図る(ファシリテータ的な調整)	・上層部(社長、役員等)で決議され、決定事項とされる(上層部での合議, トップダウン) ・下位職社員から提案された案件を中間管理職が確認し、最終的には決定権を持つ役員が決議する(稟議:ボトムアップ) ・企業への影響が大きい案件について、委員会等において、討議を図り、最終的には多数決で決める(合議, 多数決)
支援対象・方法	(提案する手法) 討議内容を把握した上で、 ・提案ができていない者の意見表明促進 ・討議されていない意見の討議促進	課題, 議案, 討議内容を把握した上で、 ・議案に関連する情報の共有促進 ・討議内容の記録, 整理	課題, 討議内容を把握した上で、 ・地域課題, 対処案に関連する情報共有の促進 ・討議内容の記録, 整理 ・行政や市民の活動の認知促進	課題, 議案, 討議内容を把握した上で、 ・議案, 事業, 地域課題に関連する情報の共有促進 ・討議内容, 利害関係者の論点等の記録, 整理	課題, 討議内容を把握した上で、 ・課題, 事業, 対処案に関連する情報共有の促進 ・討議内容の記録, 整理 ・社内の事業や活動認知の促進
支援事例の新規性	・旅行や食事のプラン作成を支援する事例は多い ・各メンバーの討議状況に応じた支援の事例は少ない	・討議プロセスにおいて、情報共有, 討議内容の記録・整理等における支援事例が多数ある			・企業の業務フローに合わせた支援システムの事例が多い ・意思決定プロセスについても配慮されたシステム事例もある

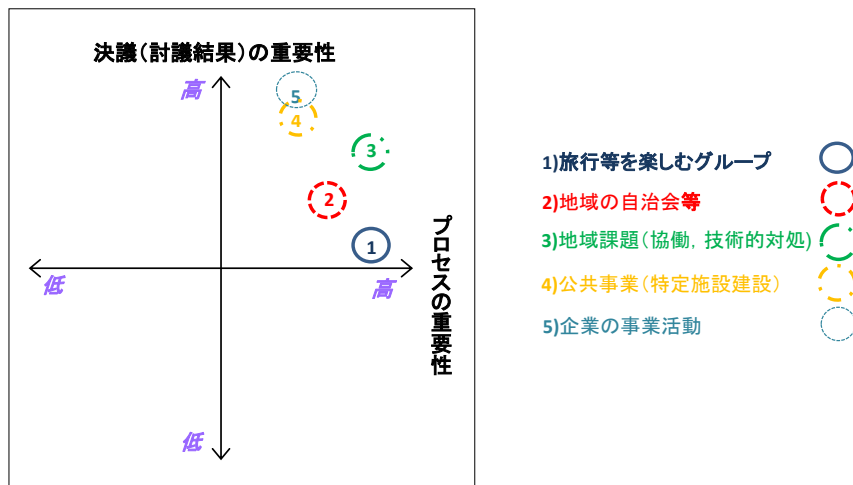


図 3.3: 各種討議でのプロセスと決議の重要性.

(1) 旅行やレジャー等を楽しむグループ

同グループは、本研究で対象とするグループであるが、藺田らは、このようなグループの一つであるハイキングツアー等のレクリエーション・イベントを楽しむグループでは、ふだんは体験できないことを体験したり、周りのメンバと交流したりして、相互の認識を広げることが期待していると述べている[145].

また、旅行や食事場所等をテーマとした会話実験（5.2.3節）の参加者14人に筆者がアンケート調査した結果（5.7.9節）では、自分の意見が否決された場合に、「グループとしての意見がまとまったので、不満は感じない」（14人中9人，64.2%）、「他のメンバの希望するところと一緒にいけるので、満足である」（14人中4人，28.6%）と回答され、自分の意見よりも、グループの他のメンバの意見を尊重したい傾向が示唆された。

これらをふまえると、当該グループでは、決議（討議結果）がどのようなものになるのかよりも、全メンバの意見を出しあい、議論の上、グループの意見が集約されたかどうかという観点で評価すべきであり、討議プロセスが重要であるといえる。

(2) 地域の自治会活動

田口らは、地域の自治会等の活動は、コミュニティ形成を大きな役割と

していることを示している[157]. ここで討議される事項には、地域の重要課題だけでなく、住民の交流や相互理解を主目的とし、決議自体が重要ではない事項もある。

これらをふまえると、地域の活動での討議は、コミュニティ内の相互理解を深める意味合いが強く、十分な意見交換が図れるかどうかという観点で、討議プロセスを重視して評価すべきであるといえる。

(3) 地域課題（協働、技術的対処）

室井は、住民討議や協働等では、積極的な市民の参加により市民性を高めることが期待されることを示している[102].

藤澤らは、3.2.2節 2) (1)項で述べたとおり、討議のプロセスがどのように進むかが、討議の内容に本質的な影響を与えているとして[18]. ここでは、市民が自主的に実施できる解決策を中心に決議を進めている。

そして、豊田は、地域協働による活動では、合意形成のプロセスにおいてアイデアを進化させ、よりよい提案をまとめていくという視点が不可欠であると述べている[159].

これらをふまえると、協働等での地域課題の討議では、市民がどのように討議に参加したのかという観点で討議プロセスが重要であり、また、市民が実施できる解決策を模索しているのかどうかという観点で決議も重要であり、プロセスと決議の両方で評価すべきであるといえる。

(4) 公共事業（特定の施設建設等）

3.2.2節 2) (2)項で述べたとおり、藤井らは、公害問題を伴うような高速道路や原子力発電所の建設等の公共事業についての討議では、行政と地域住民の間で合意形成されないまま、立地が進められることが多く、このような事例では、討議プロセスではなく、決議に対する満足感で評価すべきであることを示している[15, 160].

これをふまえると、公共事業に関する討議は利害関係者双方の合意形成が望ましいものの、結果的に対立意見を押し切って決議されることがあるため、討議プロセスを配慮するとともに、決議（討議結果）を重視して評価すべきであるといえる。

(5) 企業の事業活動

長瀬は、企業とはいえ、人間が行う意思決定プロセスにおいては、バイアスが生じることがほとんどであるから、それを取り除き、経営層による的確な判断に導くべきであることが述べられている[103].

また、3.2.2節 2) (2)項で述べたとおり、木下は、企業の経営に関する意思決定のプロセスでは、幅広い議論を行ったうえで決議することが重要であるが、実際には十分な議論をつくすことなく決議され、結果が重視される場合が多いことを指摘している[61].

これらの関連研究をふまえると、企業の事業活動に関する討議では、プロセスが重要であるものの、最終的な結論を出す決議（討議結果）の方がより重要であるといえる。

本研究では、2.3節で述べたような一緒に旅行に出かけるグループが食事場所等を決めるような討議会話を対象とするが、上記の関連研究での事例をふまえると、このようなグループでは、グループ・メンバの相互理解や関係維持に重点が置かれることから、討議の結果でその討議を評価することが必ずしも適さず、決議よりも討議プロセスが重要であるといえる。本研究では、討議プロセスに対する満足度を高めて、会話を通してグループ・メンバの良好な関係維持につなげるために、討議プロセスにおけるグループ状態や、討議プロセスに対する満足度を、推定の対象として設定した。

3.2.3 グループ・コミュニケーション支援

本研究では、グループにおいて、構成メンバ相互間で行われるコミュニケーションを「グループ・コミュニケーション」と定め、特に、討議の会話におけるグループ・コミュニケーションを対象とする。3.2.2節 2) (1)項で述べたように、本研究では、討議結果を高めることよりも、討議プロセスを充足させられるように、グループ・コミュニケーションを支援することをめざしている。関連研究においては、以下のような、コミュニケーションのプロセス向上を意図したコミュニケーション支援の手法が明らかになっている。

西田は、映像コミュニケーションツール、会話エージェントシステム、参加型自動放送システム、政策論議支援システム等を用いて、会話における知識取得のプロセスを援助することにより、社会における相互理解・知識共有・合意形成をシームレスに支援することを提案している[112]。平井らは、境

界連結者と呼ばれるコミュニケーション活性化の役割を担う個人を支援することにより、グループ間コミュニケーションのプロセスを向上し、コミュニケーションの円滑化を図るインターグループウェア（Inter-groupware）を提案している[31].

小柴らは、判断メタ情報により、各グループ構成員が有する知識や価値観に対する気づきを促し、互いの思惑が伝わりやすくなるようにし、グループ構成員間のコミュニケーションのプロセスが向上するように支援する機能を提案している[71]. 古賀らは、発話権を参加者全員に等しく与えることにより、参加者間の発話量を等しくし、会議の参加者の内の数人に発話権が偏ることをなくす提案をしている[66]. また、小川は、対人関係と対人コミュニケーションが循環的な関係にあり、相互に影響を与え合い、常にダイナミックに展開し、多様な要因が絡み合い、多様なとらえ方が可能であることを示している[118].

上記のような関連研究で示されている、コミュニケーションのプロセス向上のための支援手法をふまえて、本研究では、メンバから意見を引き出し、十分な討議ができるように支援することによって、討議のプロセスに対する満足度を高めることをめざした（3.2.2節 2）(1)項）。グループメンバが満足/不満を感じる要因については、5.7.8, 5.7.9節に示す。

3.3 音声処理関連

3.3節では、本研究で扱う音声処理に関して、関連研究や、本研究で用いる用語の定義、本研究との関わり、本研究での扱い方について、以下に述べる。

3.3.1 音声処理関連の用語

本研究での音声処理の関連用語の定義や取扱い等を、以下に説明する。

(1) 音声、音声信号

「音声」は、人が出す声、すなわち人が発声器官を通じて発する音であると定義する[21, 37]. また、「音声信号」は、声帯の振動や摩擦による乱流等の音源信号に、声道、口腔、鼻腔の形状等によって決まる「調音フィルタ」が畳み込まれたものである。一般に、音源信号のパワースペク

トルが微細な構造を持っているのに対して、調音フィルタの振幅伝達特性は滑らかな形状をしている（(13)項「ケプストラム」参照）。

(2) 発話

「発話」は、人が音声言語を話す行動の結果生じる音声であると定義する[110]。

(3) 話者

「話者」は、音声言語を話している人、すなわち話し手であると定義する[39]。

(4) 音源分離

「音源分離」は、妨害音（ここでは雑音や他話者の声）が存在する中で、目的の音声（当該話者の声）だけに焦点を当てて、音源を分離して、目的の音声を切り出す処理であると定義する[139]。本研究では、3.3.2節に示すような、遅延和型ビームフォーマをベースにしたマイクアレイ方式のマイクユニットを用いて、音源分離の処理を行った。

(5) 発話区間

「発話区間」は、連続して行われている会話の中で前後の間隔によって区切られる、1話者が発声する1つの連続した発言の区間であると定義する[47]。本研究における発話区間の検出では、単一話者の発話音声において、0.4sec以上の無音区間によって区切られる連続する音声区間を発話区間として検出した（3.3.3節）。

(6) モーラ

「モーラ」は、一定の時間長を持つ音の分節単位で、拍とも呼ばれる。本研究では、日本語の仮名文字1文字（拗音は小さい「ャ、ュ、ョ」と一緒の2文字）の仮名で示される発音上の単位をモーラと定義する[21, 37]。本研究での集計では、音声認識の結果に基づき、テキスト化した発話文を仮名に変換し、発話区間ごとにモーラ数（単位：mora）を算出した。

(7) 音素

「音素」は、語を区別できる音の最小単位であると定義する。日本語の母音音素（/a/ /i/ /u/ /e/ /o/）は、単独でもモーラを形成し、「あ」、「い」、「う」、…といった語が音素となる。日本語の子音音素（/k/ /g/ /s/ /z/ /t/ /d/ /c/ /n/ /h/ /p/ /b/ /m/ /j/ /r/ /w/）は、単独ではモーラになれないで、必ず他の（母音）音素と組み合わせさせてモーラを形成する [21, 37, 135].

(8) 発話時間

発話区間検出に基づいた、1つの発話区間の開始から終了までの個々の発話の所要時間を、「発話時間」（単位：msec）と定義する。これは発話長や、発話時間長とも呼ばれるものである[158]。会話に参加した各話者、あるいは全話者の1つの会話での発話時間の合計を会話全体における合計発話時間として集計し、その他に、特定の意図の発話や、特定の話者区間等の合計発話時間を集計した。

(9) 発話速度

「発話速度」（単位：mora/sec）は、各発話における1secあたりのモーラ数であると定義する。各発話のモーラ数[mora]と発話時間[sec]を用いて、モーラ数[mora]/発話時間[sec]で算出する。

(10) 発話の重なり

「発話の重なり」は、会話参加者（話者）同士の発話の一部や全体が同時に現れることによって生じる、複数の話者の発話の重なりであると定義する[14]。本研究では、個々の発話について、他の発話と重なりが生じている時間（単位：msec）の合計を発話の重なりとして測定する。

(11) 発話の間隔

「発話の間隔」は、会話内の各話者の発話の終了時から、次に他の話者が発話の開始時までの時間（単位：msec）であると定義する[97].

(12) 音声周波数スペクトル

「音声周波数スペクトル」（speech frequency spectrum）は、音声に含まれる各周波数成分の強さを表すものであり、グラフなどで表されることが多い。

(13) ケプストラム

「ケプストラム」(Cepstrum)は、音声波形をフーリエ変換して得たパワースペクトルについて、その値の対数を取り、さらに逆フーリエ変換した結果である。この逆フーリエ変換した結果において、周波数領域での変化の滑らかさに着目して、調音フィルタの振幅伝達特性（細かな変化：声帯振動）と、音源信号のパワースペクトル（滑らかな変化：声帯情報）に分離する分析方法を「ケプストラム分析」という（(1)項「音声，音声信号」参照）。

(14) 線形予測符号（LPC）分析

「線形予測符号（LPC, linear predictive coding）分析」は、LPCを用いた音声の分析方法である。全極形の伝達関数を規定するパラメータであるLPC係数を決定することにより、信号のスペクトルの概形を決定するものである[138]。本研究では、このLPC分析のアルゴリズムを用いて、音圧レベル、基本周波数、フォルマント周波数を測定した。

(15) 音圧レベル

「音圧レベル」(sound pressure level, 単位：dB)は、音の大きさを基準値との比の常用対数によって表現した量（レベル）で、対象となる声の音圧を表す。値が大きい程大きな声、値が小さい程小さな声として認識される。音圧レベルの基準値 $p_0(0\text{dB})$ は健康な人間の最小可聴音圧レベルとされ、また、通常の会話での音圧レベルは60dB程度となる(3.3.4節 1)項)。

(16) 基本周波数

「音声の基本周波数」(fundamental frequency, F_0 , 単位：Hz)は、声帯が1秒間に振動する回数（声帯の振動周期）で、声の高低（音程）を表すものである。有声音の場合、音声の心理的な高さを表すピッチとこの基本周波数とは一致するが、無声音の場合、声帯が振動しないため基本周波数は発生しない。言語的特徴としては、単語のアクセント、イントネーションが現れる[21] (3.3.4節 2)項)。

(17) フォルマント周波数

「フォルマント周波数」(formant frequency, F_1, F_2, F_3, F_4 , 単位: Hz) は, 音声スペクトル包絡の複数のピーク周波数であると定義される. ケプストラム分析により, スペクトル包絡と微細構造を分離し, スペクトル包絡においてピーク周波数の出現する低い順に, 「第1フォルマント」: F_1 , 「第2フォルマント」: F_2 , 「第3フォルマント」: F_3 , 「第4フォルマント」: F_4 を抽出する (3.3.4節 3)項).

「フォルマント周波数」は, 声の質(音色)を表し, 発音する音韻が同じであれば, 各フォルマント周波数は近い値になるが, 発声者の声道の形状と関係して, 個体差や性差が生じる. F_1 は顎の開きと関係し, 顎が開くと F_1 の周波数は上昇する. たとえば, 「あ」は F_1 の周波数が高く, 「え」→「お」→「う」→「い」と顎の開きが狭くなるにつれ, F_1 の周波数が下がっていく. 日本語の母音は, F_1 と F_2 でほぼ決定され, F_3, F_4 の分布」によって, 声質を判別できるとされている[4].

(18) メル尺度

「メル尺度」(mel scale) は, 音高の知覚的尺度で, メル尺度の差が同じであれば, 人間が感じる音高の差が同じになることが意図されている.

(19) メル周波数ケプストラム係数

「メル周波数ケプストラム係数」(Mel-Frequency Cepstrum Coefficients, MFCC, 単位: mel) は, 音声周波数スペクトルをメル尺度を使って変換し, 人の聴覚としてとらえられるスペクトルの特徴を表すものである.

音声周波数に対してフーリエ変換して対数振幅スペクトルを求め, メル尺度上に等間隔に配置された帯域フィルタバンク分析により得られた L 個の帯域におけるパワーを離散コサイン変換し得られるケプストラム係数であり, 次式によって算出される[6, 138].

$$c_{mfcc}(i) = \sqrt{\frac{2}{N}} \sum_{l=1}^L \log m(l) \cos \left\{ (l - 0.5) \frac{i\pi}{L} \right\} \quad (3.1)$$

ここで

L : フィルタバンク分析により得られた帯域の数

N : フィルタバンクチャンネルの数

$m(l)$: 周波数帯域の信号パワー

l : $1, 2, 3, \dots, L$

である

3.3.2 発話音声の音源（話者）分離

発話音声抽出の前処理として、行われる「音源（話者）分離」（3.3.1節(4)項）については、多くの処理技術が確立している。音源（話者）分離の関連研究を、次に示す。Allgueraらは、遅延和型（Delay & Sum）ビームフォーマにて、話者音声を強調する方法を示している[1]。この方法では、GGC-PHAT法[64]を用いて、参照マイクと各マイク m の信号間の到来時間差（TDOA : time difference of arrival）を推定し、遅延和型ビームフォーマを用いて、1チャンネル分の強調音声 $y(t)$ を得ることができる。2つのマイクロホンで受信した信号の到来時間差（Time Difference Of Arrival : TDOA）を d_m 、マイク m における観測信号を x_m 、マイク数を M 、各音声チャンネルにおける重みを w_m 、 n を話者数とすると、1チャンネル分の強調音声 $y(t)$ は、次式で与えられる[5]。

$$y(t) = \sum_{m=1}^M w_m x_m(t - d_m) \quad (3.2)$$

会話音声の複数のマイク入力信号から、音源（話者）分離、発話区間検出を行うイメージを図3.4に示す。本研究で扱う音源分離では、この遅延和型ビームフォーマをベースにしたマイクアレイ方式のマイクユニットを用いて、話者の分離を行った。

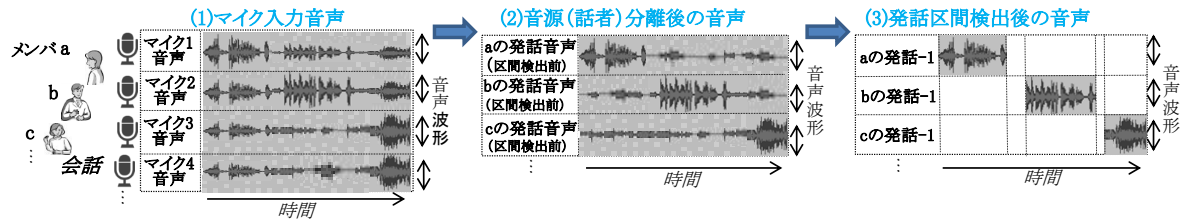


図 3.4: 発話音声の音源（話者）分離，発話区間検出のイメージ。

3.3.3 発話区間検出

3.3.1節 (5)項で述べたとおり，発話の区間は，連続して行われている会話の中で前後の間隔によって区切られる1話者が発声する1つの区間とする．関連研究において，Leeらは，音声信号の振幅レベルの零交差数が一定数を越えたときを発話開始とし，値が一定以下になったときを発話終了とする発話区間の検出の方法を示している[78]．

本研究においては，上記の関連研究をふまえ，実験環境での雑音の影響を考慮した信号対雑音比（S/N比）により，発話区間検出を行った．会話開始前の0.2sec間に測定したS/N比（0.55～0.62程度）を未発話の閾値に設定して，発話区間を検出した．

3.3.4 発話の音響的特徴量

発話の音響的特徴量に関する関連研究を，次に示す．飯田らは，発話音声の基本周波数，音圧レベル，発話長，発話速度を利用し，個人の感情表現の程度を推定できることを示し[36]，武田らは，怒りの感情が発話速度に現れることを示している[26, 155]．

また，西村らは，会話での同調傾向，親しさ，会話の盛り上がり等の状況が，音圧レベル，基本周波数，発話速度，重なりの変化に現れることを[114, 166]，Gongらは，会話における局所的な発話速度変化には話者の強い意図が現れる傾向があり，当該発話では発話速度だけでなく音圧レベルや基本周波数にも変化が現れることを示している[22]．

本研究では，上記のような関連研究をふまえて，発話音声の音響的特徴を収集し，その収集データを発話意図の推定に活用することとした．LPC分析ア

ルゴリズムに基づき，10msecの音声区間ごとに「音圧レベル」[dB]，「基本周波数」[Hz]，「フォルマント周波数」[Hz]を以下のように測定した．

1) 音圧レベル

音圧レベル（3.3.1節 (15)項， L_p [dB]）は，LPC分析アルゴリズムを用いて，サンプル数が N の16 bit PCMデータ列 x_0, x_1, \dots, x_N ($-32768 \leq x_i < 32768$)に対して，以下の式によって算出した．

$$L_p = 10 \log_{10} \frac{\sum_{i=1}^N \hat{x}_i^2}{N} \quad (3.3)$$

ここで

N : サンプル数

x_i : 16bit PCMデータ列の値

$\hat{x}_i = x_i / 32768$

である

2) 音声基本周波数

基本周波数（3.3.1節 (16)項）は，音声波形を10msecのフレームとして切り出し，その区間に存在する周期を抽出した．音声波形は，基本周期 T_0 で声帯振動が繰り返され，パワースペクトルは F_0 の基本波を示すピークに加え，その整数倍にもピークを持つ調波構造となる．このため，パワースペクトルの調波構造に着目し，パワースペクトルの対数の逆フーリエ変換によりスペクトル包絡と微細構造を分離し，微細構造から F_0 を抽出した．自己相関関数のピーク的位置 n を用いると，以下の式で算出される．

$$F_0 = \frac{f_s}{n} \quad (3.4)$$

ここで

n : 自己相関関数のピークの位置

f_s : サンプリング周波数

である

3) フォルマント周波数

まず、音声波形を10msecのフレームとして切り出し、フーリエ変換して得たパワースペクトルについて、その値の対数を取り、更に逆フーリエ変換し、スペクトル包絡を得る。そして、LPC分析のアルゴリズムを用いて、スペクトル包絡からピーク周波数が出現する低い順に、フォルマント周波数（3.3.1節(17)項） F_1, F_2, F_3, F_4 を抽出する。

なお、フォルマント周波数は、3.3.1節(17)項に述べたように、発音しようとする音素（「あ」、「い」、「う」・・・、3.3.1節(7)項）によって異なるものであり、分析に利用するためには、測定したフォルマント周波数のデータを発話テキストの音素と結び付けた集計が必要である。しかしながら、本研究では、フォルマント周波数の抽出データを音素と紐づけて集計する合理的な手段を見出すことができなかったため、フォルマント周波数のデータを会話状況の分析に活用することを見送ることとした。

そして、本研究では、上述の関連研究で、発話時の話者の意向が表れやすいとされ、かつ、音素ごとに紐づけた集計が不要である、発話の「音圧レベル」、「基本周波数」、「発話速度」、「発話の重なり」といった音響的特徴量の変化特性を活用して、音声認識できなかった発話の意図推定を行うこととした。音響的特徴量の抽出結果は5.3.3節に、音響的特徴量変化特性を活用した発話意図推定については5.8節に示す。

3.3.5 発話の音声認識

3.3.2節で示したような手法で検出された発話音声から、発話内容を機械的に書き起こし、テキスト化する音声認識の技術が、関連研究において、確立している。音声認識の処理では、音声データをそのまま使わず、上記のMFCCを用いて音響的特徴量を抽出する方法がよく利用されている[58]。これは、MFCCが生みの音声データよりも声道特性（発生したときに、どのような口の形をしていたか）等の音素ごとの違いが顕著な特徴を表現することができ、音声認識に適しているからである。

また、音声認識の手法としては、既存の会話音声から学習して生成された音響モデルおよび言語（話し言葉）モデルを発話音声と照合し、その発話内容を機械的に書き起こし、テキスト化する音声認識の技術が関連研究において明らかにされている[105, 113]。この音響モデルの学習には、混合正規分布（GMM）に基づく隠れマルコフモデル（HMM）がよく利用されてきた[138]。宇津呂らは、複数の音声認識モデルによる認識結果を混合することによって、音声認識率を向上させる手法を提案している[167]。

そして、最近では、スマートフォンでの音声による検索サービス等において、音声認識が広く利用されるようになり、大量の言語モデルや音響モデルをクラウド（サーバ）側に持ち、クライアント側だけでは対応できないような大語彙の音声認識ができるようになっている[162]。更に、認識モデルの学習には、ディープニューラルネットワーク（DNN）が利用されるようになり、従来のGMM-HMMによる学習を上回る認識精度が得られるようになった[59]。

しかしながら、あらゆる条件下で音声認識ができるまでには至っておらず、特に雑音や反響が発生する環境での自由発話のような、学習環境と利用環境に差異が生じる場合には、高い認識精度が得られないのが現状である。今後、自然言語処理技術と音声認識技術の連携によって、音声認識精度が向上することが期待されている[115]。

本研究の実験において利用したシステムでは、上述したような関連研究の流れを経て、昨今の主流となっている、DNNによる認識モデルに基づくクラウド接続型の音声認識エンジンを利用した。テスト会話における発話の音声認識結果については、5.3.4節に示す。

3.4 自然言語処理関連

3.4節では，本研究で扱う自然言語処理の関連研究や，本研究で用いる用語の定義，本研究との関わり，本研究での扱い方について，以下に述べる．

3.4.1 自然言語処理関連の用語

自然言語処理の関連用語について，本研究での定義や取扱い等を，以下に説明する．

(1) 発話テキスト

「発話テキスト」は，発話の内容を文字によって表したものと定義する．本研究では，発話音声をもとに音声認識して取得したテキストについて，人手により書き起こしたテキストを正解データとして，音声認識テキストの正誤判定を行った．また，音声認識による発話テキストを，その発話意図を推定する際に利用した．

(2) 形態素

「形態素」は，意味を担う最小の言語要素（それ以上分割できない語の単位）である[135, 172]．また，「形態素解析」は，テキストの文字列を形態素に分解してテキストの内容を解析することである．

本研究では，発話テキストの内容を意味的に把握するために，単語と単語の間に空白を入れる，分かち書き処理[172]を実施した．分かち書き処理のツールとしては，オープンソース形態素解析エンジンMeCab 0.996¹を用いて，形態素ごとに発話テキストを区切った．また，本研究では，発話意図推定の従来手法として，この形態素を活用した発話意図推定手法を検証した（3.4.4，5.3.6，5.8.2節）．

(3) 係り受け

「係り受け」は，文章において，「文節」（名詞，動詞，形容詞といった「自立語」と，助詞，助動詞といった「付属語」からなる単位）の修飾と

¹京都大学情報学研究科-日本電信電話株式会社コミュニケーション科学基礎研究所共同研究ユニットプロジェクト, 2013年2月18日 <http://taku910.github.io/mecab/>（2018年2月19日現在）

被修飾の関係のことである。また、「係り受け解析」は、このような文節のつながりや構文の解析のことである[73]。

(4) Nグラム

「Nグラム」(N-gram)は、文字の意味は考慮せずに、文章を一定の長さ(文字数) N で区切る分割方法、あるいは区切られた文字列のことである。また、「Nグラムモデル解析」は、検索対象を N 文字単位で分解し、後続の $N-1$ 文字を含めた状態で、文字や語の出現頻度等を解析することである。関連研究では、このNグラムを活用した発話意図推定手法が示されている[85, 100] (3.4.4節)。

(5) ベクトル空間モデル

「ベクトル空間モデル」は、文書中の単語の重要度を利用して文書をベクトルとして表現し、文書同士をそのベクトル空間上で比較することによって、2文書間の類似度を計算する方法である[29] (3.4.2節)。

(6) 語彙

「語彙」は、ある特定の範囲や分野（たとえば、特定の「場所」を示す語彙や、「食事・料理」、「スポーツ」、「音楽」等の特定の分野を示す語彙等）において使われる単語の総体であると定義する。本研究では、専用辞書を用意し、発話テキストに含まれているこれらの語彙を抽出した(3.4.2, 5.3.5節)。

(7) 話題

「話題」は、会話中で、述べられている事柄や題材であると定義する。たとえば、昼食場所を決めることがテーマの会話で、話者aが、「中華料理を食べに行こうよ」と提案した後、中華料理を食べに行くのかどうかについての討議が続いた場合、話者aの提案以後、中華料理が話題になっていると推定する。本研究では、「提案に対する討議時間」を推定する際の情報の一つとして、この「話題」を用いた。『カテゴリ』、『場所』の辞書を利用した、会話内での話題の特定の手順等については、5.3.5節で詳細を述べる。

(8) 話題のカテゴリ

話題となっている『カテゴリ』は、「飲食」、「旅行」、「音楽」、「天候」、「スポーツ」等、会話の中で話題となっている特定の分野や領域のカテゴリであると定義する。本研究では、これらのカテゴリとの関連する語彙を収録した専用辞書を作成し、発話テキストを、これらの辞書と照合して、話題となっている『カテゴリ』を抽出した (3.4.2, 5.3.5節)。

(9) 話題の場所

話題となっている『場所』は、「地域名」、「地名」、「ランドマーク名」等、会話の中で話題となっている特定の場所であると定義する。本研究では、上記の話題のカテゴリと同様に専用辞書と照合して、話題となっている『場所』を抽出した (3.4.2, 5.3.5節)。

(10) 親密語

「親密語」は、親密な間柄で使われる言葉使いを示す語と定義する (3.4.3, 5.3.5, 5.6.2節)。

(11) 丁寧語

「丁寧語」は、ていねいな言葉使いを示す語と定義する (3.4.3, 5.3.5, 5.6.2節)。

(12) 命令語

「命令語」は、命令表現を示す語と定義する (3.4.3, 5.3.5, 5.6.2節)。

(13) 発話ターン交替

「発話ターン交替」は、連続して行われている会話の中で、話者が入れ替わり、交替することをいう。そして、前の話者から異なる話者（自身）への交替を獲得して、発話を開始することを「発話ターン獲得数」、全発話ターン数に占める、当該話者が獲得した発話ターンの獲得数の比率を「発話ターン獲得数率」(%)とする[173]。

本研究では、発話満足度推定の提案モデルを検証するために、発話ターン獲得数率を用いた満足度推定を試行した。なお、本研究で算出した発話ターン獲得数は、話者が自らの意思で発話した場合のみでなく、前

の話者等から促されたことにより発話ターンを獲得した場合を含めた(6.3.2節).

(14) 発話意図

「発話意図」は、話者がその発話において意図したものと定義する。本研究で扱う「発話意図の区分」については、以下の(15)～(23)項に示す(5.3.6, 5.8節).

(15) 発話意図の区分

「発話意図の区分」は、i)「話題の切出し」、ii)「提案・希望・依頼」、iii)「質問・疑問」、iv)「回答・反応」(肯定・了解・否定・反対を除く)、v)「肯定・了解」、vi)「否定・反対」、vii)「集約」、viii)「その他」の8区分とする。本研究では、会話中の各発話について、いずれに該当するのかを推定した。

(16) 発話意図 i) 話題の切出し

「話題の切出し」は、会話の冒頭等において、何らかの話題やテーマについて、他メンバに討議を始めるように促すことと定義する。

(17) 発話意図 ii) 提案・希望・依頼

発話意図「提案・希望・依頼」は、自分の希望していることや依頼事項等についての意見を述べることと定義する。

(18) 発話意図 iii) 質問・疑問

発話意図「質問・疑問」は、他メンバの意見等へ質問する、あるいは疑問を呈することと定義する。

(19) 発話意図 iv) 回答・反応 (肯定・否定を除く)

発話意図「回答・反応」(肯定・否定を除く)は、他メンバの意見や質問等へ回答やコメントを述べることとする。

(20) 発話意図 v) 肯定・了解

発話意図「肯定・了解」は、他メンバの意見等を肯定、あるいは了解する旨のコメント等を述べることと定義する。

(21) 発話意図 vi)否定・反対

発話意図「否定・反対」は，他メンバの意見等を否定，あるいは反対する旨のコメント等を述べることに定義する。

(22) 発話意図 vii)集約

発話意図「集約」は，討議結果等についての集約を述べることに定義する。

(23) 発話意図 viii)その他

発話意図「その他」は，上記のi)～vii)に該当しない，その他の発話意図であると定義する。

(24) 提案

「提案」は，メンバが発話意図「提案・希望・依頼」の発言をすること，すなわち，自分が希望していることや依頼事項等についての意見を述べることに定義する。

(25) 提案への反応

「提案への被反応」は，メンバの「提案」（発話意図「提案・希望・依頼」の発言）に対して，他のメンバが，発話意図が「質問・疑問」，「回答・反応」，「肯定・了解」，「否定・反対」のいずれかである発言を行うこと，すなわち，メンバの「提案」に対して，反応の発言があったことに定義する。

(26) 提案についての討議

3.2.2節 1) (5)項では，広義の意味での「討議」として，グループ内で議論し，意見の集約を進めることを「討議」と定義したが，狭義の意味での「討議」として，一連の討議の会話の中で，個別の提案について議論することを，「提案についての討議」と定義する。

(27) 提案・討議等の状況

「提案・討議等の状況」は，討議の会話において，各メンバが自分の希望や依頼等の提案，各提案への反応・討議，グループとしての討議結果

の集約等を行う状況であると定義する。この「提案・討議等の状況」における状況の段階分け等については、3.4.5節および、図3.5に示す。

3.4.2 発話テキストから話題等の抽出

発話テキストから特定の語彙等を抽出することにより、会話中の話題等を把握したり、発言を分類する手法が提案されている。榊原らは、討議会話での発話をテキスト化し、そのテキストに含まれる名詞の語彙を抽出することにより、話題の内容や討議の遷移状況を把握する手法を示している[127]。また、難波らは、討議の会話のテキストから抽出されたキーワードの中で、一方の語が出現するときに、他方の語の共起のしやすさを表す共起関係を把握して、発言を分類し、意見の推移や発言者の推移を分析する手法を明らかにしている[108]。

発話のテキストデータを専用の辞書と照合し、発話の意図を抽出する手法としては、白木らは、ベクトル空間モデル（3.4.1節(5)項）等に基づく話し言葉特有の表現を網羅した辞書を[141]、河原らは、用言とその直前の格要素の組を単位とした用例ベースの格フレーム辞書を[57]、それぞれ提案し、発話の意図等を抽出している。

【本研究での発話テキストからの話題等の抽出方法】

上記の関連研究における発話テキストからの語彙等の抽出手法をふまえ、本研究では、音声認識により得られた発話テキストと、抽出用辞書との照合により、発話テキストから「話題のカテゴリ」や「話題の場所」、あるいは、「発話意図」や「言葉使い」（親密語、丁寧語、命令語）を示す語を抽出することとした。このため、本研究では、表3.2に示すように、これらの特定語を抽出する専用辞書を用意した。以下に、これらの辞書の内容を説明する。

本研究では、まず、主な討議テーマとして設定する食事や旅行に関連する語彙を中心に、話題となっている『カテゴリ』（「飲食」、「旅行」、「音楽」、「天候」、「スポーツ」他）、話題となっている『場所』（「地域名」、「地名」、「ランドマーク名」他）の関連語彙を収録した専用辞書を作成した。そして、発話テキストを、これらの辞書と照合し、話題となっている『カテゴリ』や『場所』を抽出した。これらの『カテゴリ』や『場所』の抽出結果を用いて、提案や討議における話題を特定し（5.3.5節）、各提案に対する討議の

表 3.2: 特定語を抽出する専用辞書の概要.

辞書の種類	辞書の利用目的	収録内容	収録語数 (品詞等)
話題のカテゴリ	提案や提案に対する討議において、話題となっている『カテゴリ』を特定し、各提案に対する討議の発話を選別するために用いる.	話題となっている『カテゴリ』(「飲食」, 「音楽」, 「天候」他)の関連語彙を収録.	1763語 (名詞, 述語)
話題の場所	提案や提案に対する討議において、話題となっている『場所』を特定するのに用いた. 特に発話テキストから話題の『カテゴリ』が抽出できない場合に、該当発話が提案に対する討議と同じ話題であるのかどうかを判別するために用いる.	話題となっている『場所』(「地域名」, 「地名」他)の関連語彙を収録.	2553語 (名詞)
発話意図	発話テキストに意図を示す語が含まれているのかどうかを判別するために用いる.	i)「話題の切出し」, ii)「提案・希望・依頼」, iii)「質問・疑問」, iv)「回答・反応」(肯定・否定を除く), v)「肯定・了解」, vi)「否定・反対」, vii)「集約」の意図を示す語彙を収録.	359語 (名詞句, 形容詞句, 副詞句, 述語等)
親密語	メンバー間(話し手・聞き手間)の関係性, 特に親密度を推定するために用いる.	親密な間柄で使われる語(親密語)を収録.	121語 (名詞句, 形容詞句, 述語)
丁寧語	メンバー間(話し手・聞き手間)の関係性, 特に上下関係の有無を推定するために用いる.	ていねいな言葉使いを示す語(丁寧語)を収録.	118語 (名詞句, 形容詞句, 述語)
命令語	メンバー間(話し手・聞き手間)の関係性, 特に上下関係の有無を推定するために用いる.	命令表現を示す語(命令語)を収録.	81語 (述語)

発話を選別して、各提案に対する討議時間を推定するのに利用した(5.5.2節). 特に、『場所』の抽出結果は、発話テキストから話題の『カテゴリ』が抽出できない場合に、該当発話が提案に対する討議と同じ話題であるのかどうかを判別するために用いた.

また、本研究では『意図』として、3.4.4節で示すようなi)「話題の切出し」、ii)「提案・希望・依頼」、iii)「質問・疑問」、iv)「回答・反応」(肯定・否定を除く)、v)「肯定・了解」、vi)「否定・反対」、vii)「集約」、viii)「その他」の8区分の大まかな発話意図を設定し、5.8.4節で示すような、テキストの形態素および音響的特徴量による推定手法を利用して『意図』を推定した. この意図推定の前段として、発話テキストに意図を示す語が含まれているのかどうかを判別するため、専用辞書との照合を行うこととした. このため、意図が表れる語彙を収録した専用辞書を作成し、発話テキストを同辞書と照合して、発話テキストに意図を示す語が含まれているのかどうかを判別した.

各辞書では、『話題のカテゴリ』、『話題の場所』等を、できる限り一意に特定することをめざして、判別するための抽出用語彙を選定した. 関連研究で示される辞書作成方法をふまえて、テスト会話の発話テキスト文例や、『話

表 3.3: カテゴリを抽出する語の例.

大分類	中分類	小分類
飲食	和食	—
		やよい軒 …
	イタリアン	—
		タケル クインディチ …
	海鮮料理	—
		アールズハウス …
	洋食	—
		つばめグリル …
音楽	中華	—
		北京飯店 …
	昼食	—
		ランチビュッフェ …
	カラオケ	—
		カラオケボックス …
天候	—	—
	天気	晴れ …

表 3.4: 場所を抽出する語の例.

区分	大分類	中分類	小分類
地名	神奈川	鎌倉	—
			北鎌倉
			由比ヶ浜 …
	埼玉	さいたま	—
			浦和
			大宮 …
施設・ランドマーク	東京	墨田	スカイツリー
	栃木	日光	東照宮
場所	野外	海	—
		山	—

表 3.5: 意図を抽出する語の例.

意図	抽出語(例)
話題切り出し	それじゃー～
提案	～いかが
同意	いいね
反対	いやー
質問	～どうなのかなあ
回答	それはね～
集約	～にしよう

しことばの文型(1)』[67]に示される意図表現や意図を示す語彙、『分類語彙表増補改訂版データベース』²,『飲食店・料理に関する語彙一覧』³に示されるカテゴリを示す語彙、『郵便番号データ』⁴や、『駅データ』⁵に示される場所を示す語彙を収集して、『カテゴリ』(名詞, 述語, 1763語),『場所』(名詞, 2553語),『意図』(名詞句, 形容詞句, 副詞句, 述語等, 359語)の抽出用辞書を作成した. 各辞書は, 会話エージェント活用について研究している研究者3人のクロスチェックにより内容を確認の上, とりまとめた. 辞書に収録した『カテゴリ』や『場所』,『意図』を抽出する語の例を, 表3.3, 3.4, 3.5に示す.

3.4.3 言葉使いを特定する語彙

言葉使いに関する関連研究として, 井上は, 話し手・聞き手の位置付け, 年齢差や, 会話の場面等によって, 敬語等の言葉使いに違いが表れることを示している[48].

²国立国語研究所: 分類語彙表増補改訂版データベース. ver.1.0, 2004.

³ホットペッパーグルメ: 飲食店・料理に関する語彙一覧. <https://www.hotpepper.jp/> (2018年2月19日現在)

⁴日本郵便(株): 郵便番号データ. 2015年1月版, 2015年1月. <http://www.post.japanpost.jp/zipcode/download.html> (2018年2月19日現在)

⁵ekidata.jp: 日本全国駅データ. 2015年1月版, (株)コードプラス, 2015年1月. <https://www.ekidata.jp/> (2018年2月19日現在)

表 3.6: 親密・丁寧・命令を抽出する語の例.

種別	抽出語
親密語	高いやん
	だよね
	なんぼ
	安いとこ
	安いやん …
丁寧語	お伺い
	お尋ね
	お願いします
	ください
	くださって …
命令語	考えてよ
	考えてくれよ
	早くして
	早くしろ
	任せろ …

【本研究での発話テキストからの特定語彙の抽出方法】

上記のように関連研究で示されているような言葉使いに表れる特徴をふまえ、本研究では、特にメンバ間（話し手・聞き手間）の関係性を抽出することとした。3.4.1節で述べたように、親密な間柄で使われる語を「親密語」、ていねいな言葉使いを示す語を「丁寧語」、命令表現を示す語を「命令語」とし、これらの語彙を発話テキストから抽出するため、テスト会話の発話テキスト文例や『話しことばの文型(1)』[67]に示される関連語彙を参照し、それぞれの抽出用専用辞書を用意した。会話を行うグループの親密度や関係性（上下関係やフラットな関係）は、発話における親密語・丁寧語・命令語の出現状況と関連するため、これらの語彙の出現状況を用いて、親密度や関係性に基づくグループ種別を推定した。

言葉使い（親密語、丁寧語、命令語）の抽出用専用辞書は、『カテゴリ』等の専用辞書と同様に、会話エージェント活用について研究している研究者3人のクロスチェックにより内容を確認の上、とりまとめ、「親密語」（121語、名詞句、形容詞句、述語）、「丁寧語」（118語、名詞句、形容詞句、述語）、「命令語」（81語、述語）を収録した。辞書と照合する抽出語の例を、表3.6に、これらの特定語彙（親密語、丁寧語、命令語）を含む発話の時間率、発話数率の算

出については5.6.2節に述べる。

3.4.4 発話意図

発話意図に関する関連研究を、次に示す。Searleは、「意図」とは聞き手に対して命令や謝罪といった意図を話者が伝えようとする行為ととらえられることを示し[132]、国立国語研究所では、「表現意図」は言語主体が文全体にこめるところの、いわゆる命令・質問・叙述・応答等の内容のことと定義し、文の表現形式と対応させている[67]。また、乾らは、アンケートの自由回答において、「意図」は表層の情報から得られる回答先に対する態度ととらえ、「要望・提案」、「疑問」、「賛成」、「反対」、「事実」、「メタ」といった6区分で、回答者の意図を反映してテキストを分類できることを示している[41]。そして、Sacksらは、発話ターン交換の原則として、通常の会話においては、発話ごとに話者が交替し、各発話は意図的につながることをまとめている[125, 126]。

発話意図を推定する方法としては、3.3.5節に示した音声認識によりテキスト化した発話内容のデータを元にし、各発話の中の語彙を分析して意図を推定する技術が、関連研究において明らかにされている。松本は、Nグラムモデル（3.4.1節(4)項）や、文末特徴、前発話での形態素（3.4.1節(2)項）の包含度を用いた意図推定手法を示している[85, 86]。

木村らは、名古屋大学統合音響情報研究拠点（CIAIR）で収録した実走行車内音声対話コーパスの発話テキスト文に、人手で発話意図タグを付与して、意図タグ付きの音声対話コーパスを構築した[56, 60]。この意図タグ付きの音声対話コーパスを利用して、発話テキストの形態素解析（3.4.1節(2)項）や係り受け解析（3.4.1節(3)項）を行い、過去の会話における発話事例と該当の発話との類似度や、発話意図の生起確率等を算定して、発話意図を推定する方法を明らかにしている[42, 56, 60]。

入江らは、更に上記の意図タグ付きの対話コーパスを利用し、複数の決定木を組み合わせて単語の関連性の強さから意図を抽出する手法や、意図を意味的なレベルによって階層分けする手法を明らかにしている[43, 44, 45, 46, 84]。

上述した関連研究の事例の多くでは、「～を～する/した」（対象＋アクション）といったような具体的な意図を、音声認識した発話テキストから抽出することを目的としている。一方、本研究では、会話において、意見の表明・提案や、提案に対する討議が発生しているかどうかを把握することを目的と

したため、回答者（話者）の意見表明や意見への反応の有無をとらえるという観点で、上記の入江や乾らの研究で示されているのと同様な大分類の意図で十分であると仮定し、i)「話題の切出し」、ii)「提案・希望・依頼」、iii)「質問・疑問」、iv)「回答・反応」（肯定・否定を除く）、v)「肯定・了解」、vi)「否定・反対」、vii)「集約」、viii)「その他」といった8区分の大まかな意図を抽出の対象とした。

本研究では、関連研究をふまえて、音声認識された発話テキストから意図を抽出するとともに、これに加え、音響的特徴量（3.3.4節）を利用して音声認識できなかった発話の意図を推定する手法を提案する（5.8.1節）。また、推定した発話意図等の情報を活用して、提案・討議の状況を把握することとした（3.4.1節(27)項、5.5.1節）。

3.4.5 会話状況，討議状況

会話や討議等のコミュニケーションの状況把握，状況理解等に関する関連研究を，次に示す。

角らは，会話の流通を促すシステムとして，特定の状況に依存した会話の形態や状況理解のための方法について[151]，小川は，会話セッションの進展に伴う発話の変化と対人関係の発展過程の関連について述べている[117]。また，松坂らは，画像処理，音響処理等を併用することで会話の場に関する状況を理解するとともに，身体表現によって会話状況への働きかけを行う機能について述べている[92]。

【本研究での提案・討議状況の把握方法等】

本研究では，上記のような関連研究をふまえ，発話テキストから関連語彙の抽出や，発話意図推定の結果を用いて，討議を行う会話において，「提案（意見の表明）」、「提案（意見）への反応」，「提案（意見）に対する討議」，「集約」，「決議」といったようなプロセスに着目し，これらのプロセスを中心に，提案・討議状況（3.4.1節(27)項）を把握することとした。3.2.2節 2)項で述べたように，討議会話における討議プロセスの，(i)討議開始・未提案，(ii)意見の表明（提案）・未反応，(iii)意見への反応，(iv)意見の討議，(v)グループとしての意見集約・決議の状況をとらえ，この提案・討議状況を会話におけるグループの満足度やグループ状態の推定（6.1節）に活用することとした。

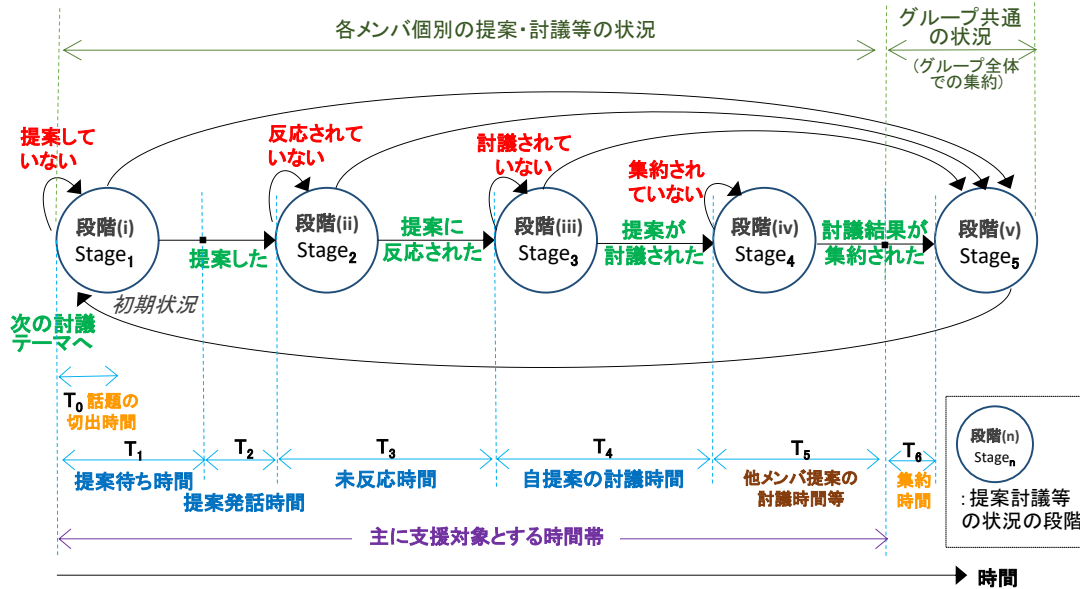


図 3.5: メンバの提案・討議等の状況遷移.

この「提案・討議等の状況」は、以下および図3.5に示すように、段階(i) (Stage₁)～段階(v) (Stage₅)の5段階に分け、それぞれの状況をとらえることとした。また、この提案・討議等の状況において、討議プロセスにおけるメンバーの状態や満足度をとらえる特徴量として、以下に示すような「提案待ち時間率」、「提案発話時間率」、「未反応時間率」、「討議発話時間率」といった特徴量を算出した（5.5.2節）。その他、3.4.4節で述べた発話意図の情報をを用いて、各メンバーが「話題の切出し」、「質問」、「集約」といった発話を述べている時間の比率（会話開始から会話中の任意タイミングまでの会話時間に占める時間比率）を集計し（5.5.3節）、これらを討議の会話において、各メンバーの状態や満足度をとらえる特徴量としてまとめた（5.9節）。

段階(i) ($Stage_1$, 初期状況) : 討議開始～メンバが提案できていない状況.

同状況は, 当該メンバ・話者 x から, 意図「提案・希望・依頼」 pro の発話 U_{pro-x} が発生していないことにより判定され, 判定式は次のようになる.

$$\text{意図「提案・希望・依頼」の発話数 } U_{pro-x} = 0 \quad (3.5)$$

なお, 段階(i)で, メンバが提案できていない状況である時間, すなわち, 会話開始からメンバが発話意図「提案・希望・依頼」の発言を開始する前までの時間を「提案待ち時間」と定義する. 会話時間に占める提案待ち時間の割合・提案待ち時間率については, 5.5.2節 (1)項に示す.

段階(ii) ($Stage_2$) : メンバが提案した状況.

同状況は, 段階(i)から段階(ii)へ遷移しているかどうかを, 当該メンバ・話者 x からの, 意図「提案・希望・依頼」 pro の発話 U_{pro-x} の発生によって判定され, 判定式は次のようになる.

$$\text{意図「提案・希望・依頼」の発話数 } U_{pro-x} \geq 1 \quad (3.6)$$

なお, 討議の会話での討議等の状況 (図3.5) における, 段階(i)から段階(ii)へ遷移するタイミングで, メンバが提案 (発話意図「提案・希望・依頼」の発言) を開始し, 終了するまでの時間, すなわち, 該当する発話意図「提案・希望・依頼」の発話時間を「提案発話時間」と定義する. 会話時間に占める提案の発話時間の割合・提案発話時間率については, 5.5.2節 (2)項に示す.

また, 討議の会話での討議等の状況 (図3.5) における段階(ii)で, 当該メンバの提案に対して, 他メンバがまだ反応 (発話意図「質問・疑問」, 「回答・反応」, 「肯定・了解」, 「否定・反対」) の発言を行っていない時間を「未反応時間」と定義する. 会話時間に占める未反応時間の割合・未反応時間率については, 5.5.2節 (3)項に示す.

段階(iii) ($Stage_3$) : メンバの提案に反応された状況.

同状況は, 段階(ii)から段階(iii)へ遷移しているかどうかを, 当該メンバが意図「提案・希望・依頼」 pro の発話 U_{pro-x} を発した後 (当該発話数 ≥ 1), 次の話題に移る前までの期間に, 他メンバから意図「質問・疑問」 $ques$ の発

話 U_{ques-y} 、「回答・反応」 ans の発話 U_{ans-y} 、「肯定・了解」 pos の発話 U_{pos-y} 、「否定・反対」 neg の発話 U_{neg-y} のいずれかの発話が発生したこと（当該発話数 ≥ 1 ）から判定する。判定アルゴリズムは以下のAlgorithm3.1に、話題の特定手順は5.3.5節に示す。

Algorithm 3.1 メンバ x の提案 U_{pro-x} へのメンバ y の反応有無の判定

```

1: procedure  $U_{pro-x}$ への反応          ▶  $U_{pro-x}$ 発話後 $\sim U_{pro-x}$ と同一話題終了まで
2:   if ( $U_{ques-y} \geq 1$  OR  $U_{ans-y} \geq 1$  OR  $U_{pos-y} \geq 1$  OR  $U_{neg-y} \geq 1$ ) then
3:     ▶ メンバ $x$ の提案は反応された
4:   else ( $U_{ques-y} = 0$  AND  $U_{ans-y} = 0$  AND  $U_{pos-y} = 0$  AND  $U_{neg-y} = 0$ )
5:     ▶ メンバ $x$ の提案は反応されていない
6:   end if
7: end procedure

```

段階(iv) ($Stage_4$) : メンバの提案が討議された状況。

同状況は、段階(iii)から段階(iv)へ遷移しているかどうかを、当該メンバが意図「提案・希望・依頼」 pro の発話 U_{pro-x} を発した後(当該発話数 ≥ 1)、次の話題に移る前までの期間に、他メンバから意図「質問・疑問」 $ques$ の発話 U_{ques-y} 、「回答・反応」 ans の発話 U_{ans-y} 、「肯定・了解」 pos の発話 U_{pos-y} 、「否定・反対」 neg の発話 U_{neg-y} のいずれかの発話が発生し(当該発話数 ≥ 1)、かつ、その後に、当該メンバから「回答・反応」 ans の発話 U_{ans-x} 、「肯定・了解」 pos の発話 U_{pos-x} 、「否定・反対」 neg の発話 U_{neg-x} のいずれかの発話が返されたこと（当該発話数 ≥ 1 ）から判定する。判定アルゴリズムは、以下のAlgorithm3.2に示す通りとなる。

なお、討議の会話での討議等の状況（図3.5）の段階(iii)～(iv)において、当該メンバの提案について、他メンバが討議している（発話意図「質問・疑問」、「回答・反応」、「肯定・了解」、「否定・反対」の発言を行っている）時間を「討議発話時間」と定義する。会話時間に占める討議発話時間の割合・討議発話時間率については、5.5.2節(4)項に示す。

段階(v) ($Stage_5$) : グループ全体の討議結果が集約された状況。

同状況は、段階(i)～(iv)に置かれているメンバが、段階(v)へ遷移しようとして

Algorithm 3.2 メンバ x の提案 U_{pro-x} についてのメンバ y による討議有無の判定

```

1: procedure  $U_{pro-x}$ の討議      ▶  $U_{pro-x}$ 発話後～ $U_{pro-x}$ と同一話題終了まで
2:   if
       $(U_{ques-y} \geq 1 \text{ OR } U_{ans-y} \geq 1 \text{ OR } U_{pos-y} \geq 1 \text{ OR } U_{neg-y} \geq 1)$ 
       $\text{AND } (U_{ans-x} \geq 1 \text{ OR } U_{pos-x} \geq 1 \text{ OR } U_{neg-x} \geq 1)$ 
      then
        ▶ メンバ $x$ の提案は討議された
3:   else
       $(U_{ques-y} = 0 \text{ AND } U_{ans-y} = 0 \text{ AND } U_{pos-y} = 0 \text{ AND } U_{neg-y} = 0)$ 
       $\text{OR } (U_{ans-x} = 0 \text{ AND } U_{pos-x} = 0 \text{ AND } U_{neg-x} = 0)$ 
      ▶ メンバ $x$ の提案は討議されていない
4:   end if
5: end procedure

```

いるかどうかを、いずれかのメンバから意図が「集約」 fin の発話 U_{fin-x} を発した後(当該発話数 ≥ 1)，次の話題に移る前までの期間に，他メンバから「回答・反応」 ans の発話 U_{ans-y} ，「肯定・了解」 pos の発話 U_{pos-y} ，「集約」 fin の発話 U_{fin-y} のいずれかの発話が返されたこと（当該発話数 ≥ 1 ）から判定し，判定アルゴリズムは以下のAlgorithm3.3に示す通りとなる．

Algorithm 3.3 討議結果の集約有無の判定

```

1: procedure 討議結果の集約      ▶  $U_{fin-x}$ 発話後～ $U_{fin-x}$ と同一話題終了まで
2:   if  $(U_{ans-y} \geq 1 \text{ OR } U_{pos-y} \geq 1 \text{ OR } U_{fin-y} \geq 1)$  then
3:     ▶ 討議結果は集約された
4:   else  $(U_{ans-y} = 0 \text{ AND } U_{pos-y} = 0 \text{ AND } U_{fin-y} = 0)$ 
5:     ▶ 討議結果は集約されていない
6:   end if
7: end procedure

```

なお，段階(i)～(iv)では，メンバごとに状況段階が順次遷移していくことを基本としているが，段階(v)については，メンバが提案や討議ができたかどうかに関わらず，グループとして討議結果が集約された状況になる（段階(v)へ遷移する）場合があると仮定する．また，決議までにメンバが複数の提案を行う場合は，2回目以降の提案前に，再び段階(i)へ遷移すると仮定する．

3.4.6 会話エージェント

「会話エージェント」は、人が介在せずに、自動的に音声による受け答えを行うユーザーインターフェースで、会話に介入して、質問に答えたり、情報を提示したり、あるいは、会話参加者の1人となって、会話に参加する役割を果たすものである。会話エージェント等に関する関連研究を、以下に示す。

林らは、会話エージェントは、会話エージェントと人とのコミュニケーションにおける、心理的特性への影響について[27]、倉本らは、会話エージェントに個性を付与した場合の意思決定支援システムに対する影響について[75]、八城らは、会話参加者の優位性を考慮した会話エージェントによる多人数会話への介入の影響等について分析している[173]。

また、高津らは、ある性格の人があるトピックに対してどういう意見を抱くかということを予測する性格モデルを導入し、特定の主義主張に対して矛盾した発話を抑制したり、異なった発話傾向を楽しめるようにする手法を[154]、Hodjatらは、発話意図を推定する機能を、会話エージェントシステムに組み入れて、推定意図に基づいて話者が求めている情報を返す手法を提案している[32, 162]。

そして、中野らは、ユーザの傾向や属性を同定して、それに応じて振舞いを適応させる音声対話システムを提案している[107]。本研究で提案するような会話グループの状態推定の機能についても、上記のような関連研究をふまえて、会話エージェントに組み入れ、会話エージェントが、グループの会話に介入して、会話において発言ができないでいる等、弱い立場であるメンバを支援することをめざした(7.2節)。

3.5 感性和満足度

本研究で取り扱う、脳波による感性の計測、会話における満足度に関する用語の定義、関連研究、本研究での扱い等について、以下に述べる。

3.5.1 脳波による感性の計測

脳波による感性の計測等の関連研究について、次に示す。松永らは、感情、意識、認識等を司っている脳の脳波（生理情報）を計測することにより、感性に基づいた満足度を評価できることを[91]、宮田らは、 α 波や β 波が複雑に絡

み合った時系列信号である脳波データを周波数的に分解して、人間の感性を観測できることを示している[98].

満倉らは、被験者の頭部から脳波データを測定し、それらの分析によって、(1) ストレス度（瞬時的な心的負荷）、(2) 興味度（もっと聴きたいと思うような興味）、(3) 好き度（これが好きと思うような好意）、(4) 集中度（物事への意識の注力）、(5) 眠気（単調行動から現れる眠さ）といった5種類の感性を計測する方法をまとめている[50, 95, 96, 119]. そして、この感性計測の機能を実装し、被験者の頭部に装着することにより感性変化を測定できるヘッドセット型の簡易型脳波計「感性アナライザ」が、電通サイエンスジャム社より提供されている⁶.

本研究では、「感性」を、外界からの刺激を受けることによって、人が感じる感情、衝動、欲望、ストレス等のことであると定義し、上記5種類の感性のうち、「ストレス度」は、人の心的負荷を示す指標であると定める。

また、藤原らは、話者の会話行動が会話相手の感情に影響を与えることを示し[20]、大山らは、簡易型脳波計で計測した会話参加者の脳波変動から、会話において意見が対立する場合に緊張感がみられ、脳波計測によって会話参加者のストレス度を把握できることを示唆している[123].

これらをふまえて、本研究では、会話参加者の感性を脳波計で計測して、会話参加者が自ら評価する各発話時の満足度と、同じタイミングの脳波計測による感性との関係を分析することとした。上記の感性アナライザを用いて、会話参加者の上記5種類の感性を計測し、特に会話中のストレス度と満足度の関係に着目した。被験者の感性レベルの測定結果は5.7.1, 5.7.2節に示す。

3.5.2 会話における満足度

会話における満足度に関する関連研究を、次に述べる。

会話における満足度を測る方法としては、関連研究においては、藤原らは、「協力的に会話が進んだか」、「会話はしにくいものであったか」、「相互に興味を持って会話ができたか」といった質問を会話参加者に回答させることにより、会話における満足度を調査する方法を示している[19]. また、土屋は、「自分の話した内容について満足したか」、「上手く話ができたか」、「リラックスして話ができたか」、「話をしているときに気まずさを感じたか」とい

⁶電通サイエンスジャム: 感性アナライザ. <https://kansei-analyzer.com/> (2018年2月19日現在)

った質問によって、会話における満足度を測ることを提案している[161]。いずれも、満足度に影響する因子を仮定して、それらの因子に関連する質問により満足度を測るものになる。

3.2.2節 2)項で述べたように、討議会話での満足度には、討議の結果（決議）に対する満足度と、提案・討議における「意見の提案」、「意見への反応」、「意見の討議」といったプロセスに対する満足度が考えられるが、本研究では、後者の討議等のプロセスを対象とすることとした。

上記のような関連研究における満足度の調査方法をふまえ、本研究では、「発話満足度」を討議会話で各発話が行われたタイミングにおいて、会話参加メンバが満足や不満を感じている度合いであると定義した。「意見を表明（提案）する」、「意見に対して質問やコメントを返す」、「グループとしての意見を集約する」といったような提案・討議の状況に従って、発話満足度（討議等のプロセスに対する満足度）が変化すると仮定した。

いずれかのメンバが発話するごとに、各メンバの満足度が変化すると想定し、発話ごとに、会話参加メンバの満足度を1：不満～5：満足の5段階のスコア値でとえられることとした（5.7.1節）。このメンバの発話満足度を会話におけるグループ状態を示す指標であると位置づけた。

本研究で実施した、テスト会話における満足度のアンケート調査結果は、表5.20 (1)、5.22に示す。また、満足度と提案・討議状況等との関係については、5.7.4～5.7.10節に、満足度と感性の関係については5.7.3節に説明する。

4

研究の課題とアプローチ

本章では，第2章に示した背景等に基づいた本研究の課題，対象グループと対象会話，対象グループ状態，第3章に示した関連研究をふまえた課題に対するアプローチ，本研究の到達目標，グループ状態に基づく満足度の推定手法（グループ状態と関連影響因子，満足度の推定モデル概要等）について述べる．

4.1 研究の課題

4.1節では，本研究の課題について，以下に述べる．

2.1節で述べたように，今後，車内空間は，大切な時間共有の場所となり，そこでグループが行うコミュニケーションについても重要になると予測される．また，家族や友人，同僚等の間において，円滑なコミュニケーションができないといった問題が表面化している．このような背景をふまえて，本研究では，車内空間等において，グループが適切なコミュニケーションをとれるように支援するために，会話におけるグループ状態やメンバ満足度の推定手法を明らかにすることを課題とする．本研究では，会話におけるグルー

プ状態を示す指標として、会話中の発話に対するメンバの満足度を設定する(3.5.2節).

特に、意見を言えないでいる、意見を言っても取り合ってもらえない等、会話において弱い立場にいる会話参加メンバは、低い満足度を示すものと仮定し、このような参加メンバを見つけ出して支援することにより、グループ全体の満足度を高めることをめざした.

4.2 対象グループと対象会話等

4.2節では、本研究で対象とするグループ、会話、グループ状態について、以下に述べる.

4.2.1 対象グループと対象会話

本研究では、2.1.2、2.3節、3.2.1節 1)項で述べたように、一緒に旅行する等、行動をともにする、家族、友達同士、職場やサークルの仲間等で構成されるような、3~6人程度の小グループを対象グループとした. また、企業や自治体が行うような事業等の意思決定ではなく、車内等の空間にて、食事場所や立ち寄り先等を決めるような軽微な意思決定の討議会話を対象会話とした.

そして、3.2.1節 2)項で述べたように、本研究では特に一定の発話量が見込まれ、グループ状態等の推定が可能であると推測される以下の種別(1)~(3)を、会話状況からグループ状態を推定する対象のグループ種別として設定した.

グループメンバ間の親密度や関係性は、グループの継続的な活動においてメンバ間に築かれたもので、会話開始時には既にできあがった状態であり、親密度の高さや、関係性がフラットな関係であるのか、上下関係を持つのかによって、メンバの提案や討議の進めやすさに差異が生じ、グループ会話での発話遷移や、グループ会話の提案・討議状況に影響すると仮定する.

このようなグループの親密度や関係性に関係する特徴量として、発話テキストから抽出した特定語彙(親密語、丁寧語、命令語)の発生状況(5.3.5、5.6.2節)、会話におけるメンバのつながりに基づくメンバの中心性(5.6.1節)があり、会話から取得したこれらのデータを用いて、親密度・関係性に基づくグループ種別を推定することとした(5.6.3節、5.9節 1)項、6.1.2、6.2.1節).

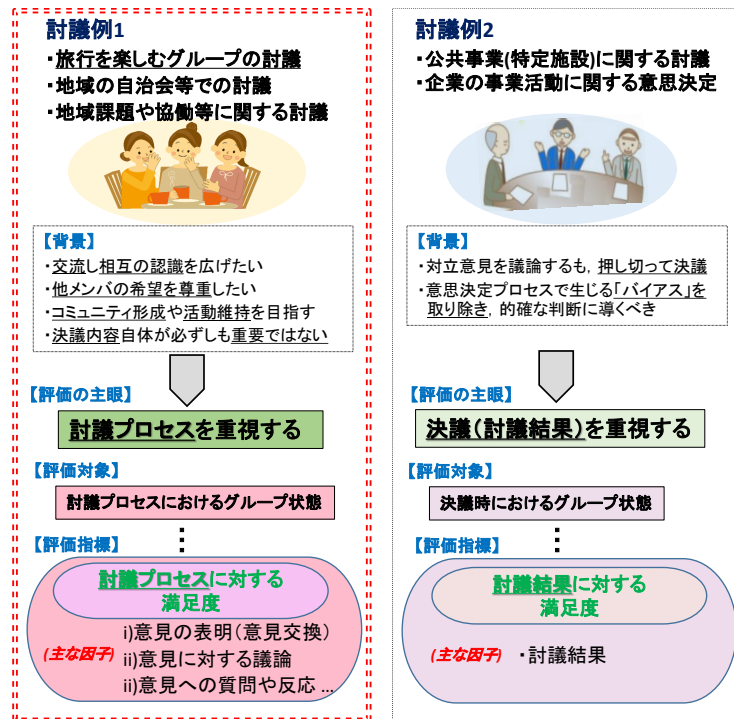


図 4.1: 討議会話についての評価での主眼と評価指標。

種別(1): フラットな関係で親密度が高いグループ

種別(2): 上下関係がある親密度が高いグループ

種別(3): 上下関係がある親密度が低いグループ

本研究では、上記に示したような種別のグループが、決められたテーマについて話し合い、最終的にはグループとしての意見の集約を行うような討議の会話を取り扱い(2.3節)、その討議会話におけるグループ状態の推定をめざす。本研究で取り扱うグループ状態については、以下の4.2.2節で説明する。

4.2.2 対象グループ状態

図4.1に、討議会話についての評価での主眼と評価指標について示す。3.2.2節2)項で述べたように、意思決定や討議の会話におけるグループの状態や満足度は、プロセスに主眼を置いてとらえる場合(討議例1)と、決議(意思決定や討議

の結果)に主眼を置いてとらえる場合(討議例2)の2つの観点が考えられる。本研究で取り扱うような旅行グループの討議では、討議結果でその討議を評価することが必ずしも適さず、相互理解による円満な決議を指向することから、討議プロセスを重視し、討議プロセスにおけるグループ状態を評価対象として扱う。そして、そのグループ状態の評価指標としては討議会話における満足度(討議プロセスに着目)を設定した。

本研究では、討議会話におけるグループ状態は、会話内容等から読み取れるある時点でのグループの様子であると定義するが(3.2.1節 1)項)、特に、討議会話に参加するメンバ全員が討議プロセスに満足している状態(良い状態)にあるのか、あるいは、いずれかのメンバが討議プロセスに満足していない状態(悪い状態)であるのかといった討議プロセスでとらえることとした。

そして、会話の変遷に伴って、(i)討議開始・未提案、(ii)意見の表明(提案)・未反応、(iii)意見への反応、(iv)意見の討議、(v)グループとしての意見集約・決議といったような、会話グループ内の各メンバの状況(5.5節)がどのように変化するかをとらえ、メンバ全員が自身の意見を表明し、その意見が討議されて、全員が納得感を得られるように支援し、グループの満足度を高めることを指向する。

なお、対象とするような討議の会話において、決議(討議結果、自身の意見の採否)が決議時のメンバの満足度に影響することも明らかになっているが(5.7.6, 5.7.8, 5.7.9節)、決議のタイミングで満足度が低い状態をとらえても、本研究で意図しているようなメンバ支援を行うタイミングとしては遅いと考えられることから、特に上記の(v)グループとしての意見集約・決議の前の(i)討議開始～(iv)意見に対する討議までの4段階(3.4.5節)におけるメンバの満足度・グループ状態に着目することとした。また、討議プロセスに主眼を置くこととしたため、以下に示す満足度推定の提案モデルでは、討議や決議の具体的な内容は状況把握の対象外とした。

4.3 課題に対するアプローチ

4.1節で示したように、本研究では、車内空間等において、グループが適切なコミュニケーションをとれるように支援するために、会話におけるグループ状態やメンバ満足度の推定手法を明らかにすることを課題とする。4.3節では、この本研究における課題に対するアプローチを、以下に説明する。

車内のような空間での会話シーンでは、会話の内容等によっては、車内にいる全員が会話に参加する動機がない場合がある。例えば、グループが同じ空間にいる場合でも、読書したい、眠りたい等、自由に過ごしたいメンバは会話に参加しないことがあり、また、会話に参加していても、雑談のような会話では、興味がない話題となると、メンバによっては、その会話に参加しなくなることがある。

一方、旅行の楽しみであるような食事の場所や、立ち寄り先を決めるといったような会話では、各メンバの興味をひきやすく、車内にいる全員が会話に参加する契機となりやすいと考えられる。しかし、コミュニケーションの問題(2.2節)や、グループ・メンバの関係性(3.2.1節)等の要因により、メンバ全員が会話に参加する場合、メンバによってコミュニケーションの量や内容に差が現れることが懸念されるので、本研究では、このような会話において、グループ内で適切なコミュニケーションがとれるように支援することをめざした。

また、被験者アンケート結果では、会話において不満を感じるケースとして、意見の否決よりも、意見が言えない場合、意見が討議がされない場合をあげる人が多かった(5.7.9節)。実験会話で、会話参加者のストレス度を測定した結果、否決された時よりも、意見が言えない場合にストレス度が上昇する傾向がみられた(5.7.3節)。これらのアンケートやストレス度測定の結果をふまえ、会話での討議等の状況を把握することにより、会話における満足度を推定する手法を設定した。

そして、2.2節で示したように、ふだんからコミュニケーションに満足できていないメンバがいることから、個々のメンバの満足度に配慮する必要がある、関連研究(3.2.1節 1)項)で示されているように、グループの関係維持のためにはメンバ全員が納得感を得ていることが重要であることをふまえて、グループ全員の満足度を最大化することをめざすこととした。

そこで、会話のテキストや音響的特徴量等を用いて発話意図やメンバのつながり等を推定し、更に推定した発話意図等を用いてグループ種別(グループの特性)や会話における提案・討議等の状況を把握し、そのグループ種別等に応じて会話参加メンバの満足度を推定するアプローチを設定した。会話におけるグループ状態や満足度の推定モデルについては、4.5、6.1節に示す。

4.4 研究の到達目標

4.4節では、本研究の到達目標として掲げる2つの目標を、以下に説明する。

本研究では、特に一緒に旅行する等、行動をともにするような3～6人程度の小グループが、食事場所や立ち寄り先等を決めるような軽微な意思決定を対象とした。このような活動を継続していくグループにおいて、そのメンバー間の良好な関係を維持していくためには、グループ内で互いに意見を表明し合い、十分に討議されるような適切なコミュニケーションが望まれると推測される。

上記のような適切なコミュニケーションが行われるように支援するためには、会話におけるグループの状態を把握する必要があると考えられ、本研究では、グループ・ダイナミックスや会話分析の関連研究をふまえ、発話意図抽出、発話の特徴量分析、グループの関係性抽出等によって、会話におけるグループ状態・メンバ満足度を推定する手法を明らかにすることとした。そして、本研究の到達目標として以下2つの目標を定めた。

- (1) 会話におけるメンバ満足度推定の提案モデルが、他の推定手法よりも有意であることを明らかにすること。
- (2) 会話におけるグループ状態・メンバ満足度推定の提案モデルを用いて、支援すべき会話参加メンバを抽出する方法、およびその実現性の見通しを明らかにすること。

4.5 会話におけるグループ状態・メンバ満足度の推定

4.5節では、会話におけるグループ状態と関連影響因子、グループ状態推定の手法、満足度推定の提案モデル（概要）について、以下に述べる。

4.5.1 会話におけるグループ状態・メンバ満足度と関連影響因子

複数人から構成されるグループのコンテキストを捉えるには、単に複数の個人のコンテキストをとらえるだけではなく、グループ内のメンバー間の関係

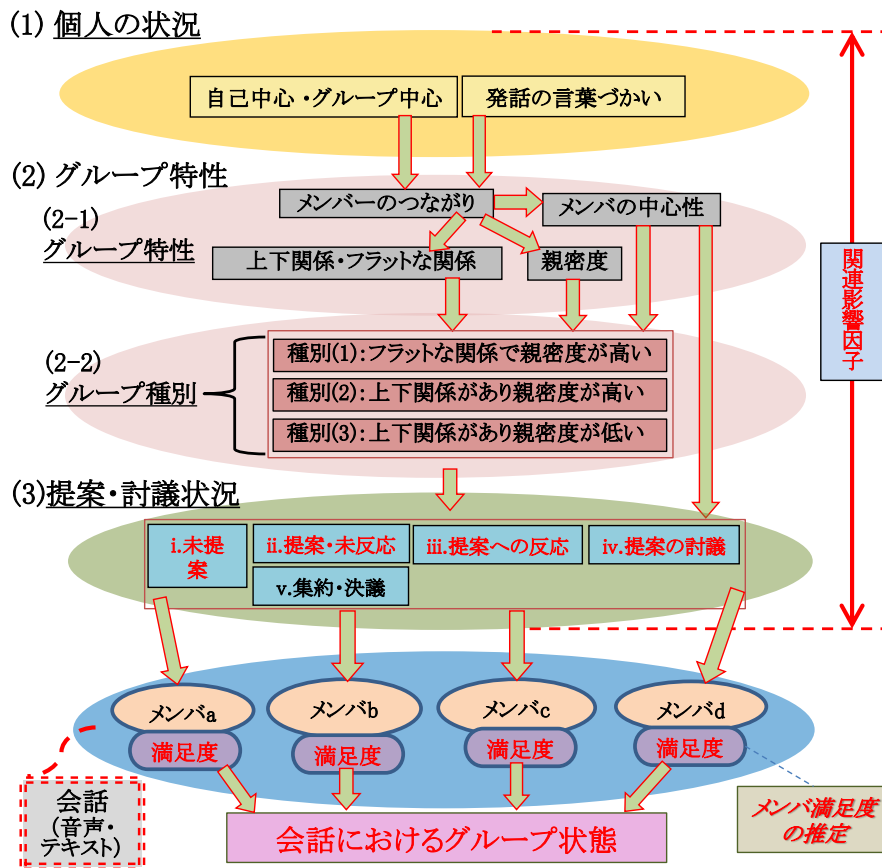


図 4.2: 会話におけるグループ状態・メンバ満足度と関連影響因子.

性や調和を考慮して、総合的にグループの状態をとらえる必要がある。このため、グループ・ダイナミックスや発話意図推定等の関連研究（3.2～3.4節）をふまえ、会話内の発話特徴量等を活用して、グループの関係性や討議状況を把握し、その状況等に基づいてグループ状態を推定する手法をまとめた。

会話におけるグループ状態やメンバ満足度と関連影響因子のイメージを、図4.2に示す。会話におけるグループ状態やメンバ満足度に影響する因子をとらえる場合、まず、1) 個人の状況としてグループに属するメンバ個々が置かれている状況がある。次に、これらのメンバのつながりに基づいた2) グループの特性として、グループ内で築かれた関係性や親密度があり、そのグループ特性によってグループが分別され、3.2.1節に示したような3) グループ種別が示される。そして、グループ種別に応じて、4) 提案・討議の状況変化に差異が生じると仮定した。

1) 個人の状況は2) グループの特性、3) グループ種別に影響を及ぼし、更に、2) グループの特性、3) グループ種別は、4) 提案・討議の状況に影響を与えるものとして、この4) 提案・討議の状況を元に、各メンバの発話に対する満足度をとらえることとした。特に、4.2.2節に示したように、本研究で対象とするような討議プロセスを重視するグループにおいては、討議プロセスに基づいて、会話の状況・内容を分析することによって、メンバ満足度・グループ状態を推定できるものと仮定した。

4.5.2 会話における音声・テキストとグループ状態等の関係

図4.3に、会話における発話音声・発話テキスト・発話意図と満足度・グループ状態等との関係のイメージを示す。まず、図4.3の上部(A)実際のグループ会話では、実際の会話での発話と満足度の関係を示している。会話で各話者（メンバ）が発話した(1)音声には、コンテキストとして、(2)発話テキストや、(3)話者の発話意図が含まれていて、グループ内でいずれかのメンバが発話している間、各メンバの(II)発話満足度が、会話の内容等に応じて変化すると仮定した。また、5.7.3節に分析結果を示すように、会話実験では、各メンバの(II)発話満足度と(8)会話中のストレス度との間に、やや負の相関がみられ、会話参加者の発話に対する満足度は、会話参加者の心的負荷の少なさを示すと考えられる。

次に、図4.3の下部(B)満足度推定のための機械的処理では、発話音声から機

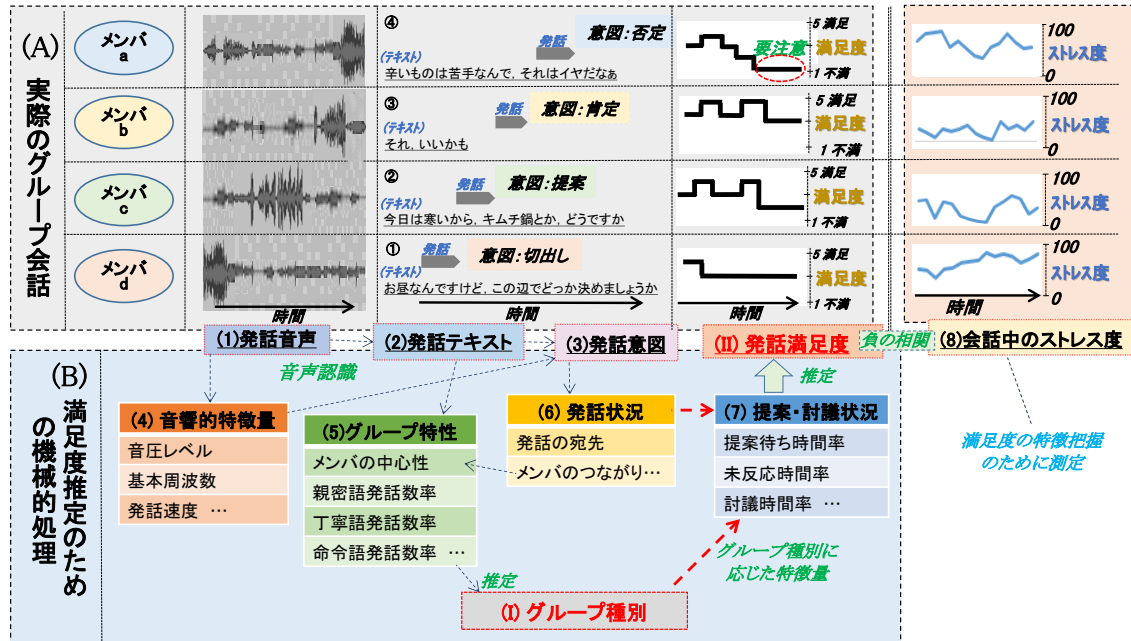


図 4.3: 音声・テキスト・意図とメンバ満足度等の関係.

機械的に満足度を推定するまでに、必要となるデータのつながり等を示している。各メンバの(1)発話音声から(4)音響的特徴量を抽出し、また、音声認識により(2)発話をテキスト化して、それらのデータを元に、(3)発話意図、(6)発話状況、(7)提案・討議状況が、順次、推定される。そして、グループ特性に関する特徴量として、(6)発話状況の「メンバのつながり」から(5)グループ特性の「メンバの中心性」を、(2)発話テキストから(5)グループ特性の「特定語彙（親密語、丁寧語、命令語、5.3.5節）の発話数率」を集計し、これらを学習データとして機械学習によって(I)グループ種別を推定する。最後に、(I)グループ種別に応じて、(7)提案・討議状況の推定結果から得られる「提案待ち時間率」、「提案発話時間率」、「未反応時間率」、「討議時間率」といった、提案・討議状況に関する特徴量(5.5.2節)や、これらの集計データを説明変数として選定して、機械学習によって、各メンバの(II)発話満足度を推定する。

4.5.3 会話におけるメンバ満足度の推定モデル概要

本研究では、会話におけるグループ状態の優劣が、各メンバの満足度となっ

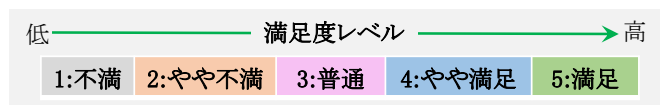


図 4.4: 会話中の発話に対するメンバの満足度 5段階スコア。

て現れるものと仮定し、会話におけるグループ状態を示す指標として、会話グループ・メンバの満足度を設定した。自ら発言しているときだけでなく、他メンバの発言を聞いているときも含めて、各発話時のタイミングにおけるメンバの満足度を、図4.4に示すように、1:不満、2:やや不満、3:普通、4:やや満足、5:満足の5段階のスコアで表し、発話ごとに満足度を評価することとした(3.5.2, 5.7.1節)。

そして、上記の会話における参加メンバの満足度を推定するモデルの概要を図4.5に示す。本研究の会話実験のテスト会話データ(5.2.7節)では、関係性や親密度に基づくグループ種別によって、会話における発言のしやすさ等に違いがみられ、グループ種別1(フラットな関係で親密度が高いグループ)では提案への未反応が発生せず、グループ種別3(上下関係がある親密度が低いグループ)では、メンバの入次数中心性が提案・討議等の時間帯(提案待ち時間、提案時間、未反応時間、討議時間)ごとに変化する傾向がみられた(5.7.10節 3)項)。このような状況をふまえて、グループ種別ごとに利用する特徴量を設定し、メンバの満足度推定を行うこととした。このため、満足度推定の第1段階としてグループ種別を推定し、第2段階で、その推定したグループ種別に応じた特徴量により、メンバの満足度を推定する手順とした。

第1段階では、特定語彙(親密語、丁寧語、命令語、5.3.5節)の発生状況や、メンバの中心性のデータを説明変数として、サポートベクタマシン(SVM)の分類器によるクラス分類によって、会話グループの種別が1)フラットな関係で親密度が高いグループ、2)上下関係がある親密度が高いグループ、3)上下関係がある親密度が低いグループのいずれであるのかを推定する(6.1.2節)。次に、第2段階では、推定されたグループ種別に応じて、説明変数を選定して、提案・討議状況ごとに、メンバの満足度を推定する手法となる。

以下および、図4.6に、グループ状態に基づく満足度推定の提案モデルにおける処理の概要を示す。

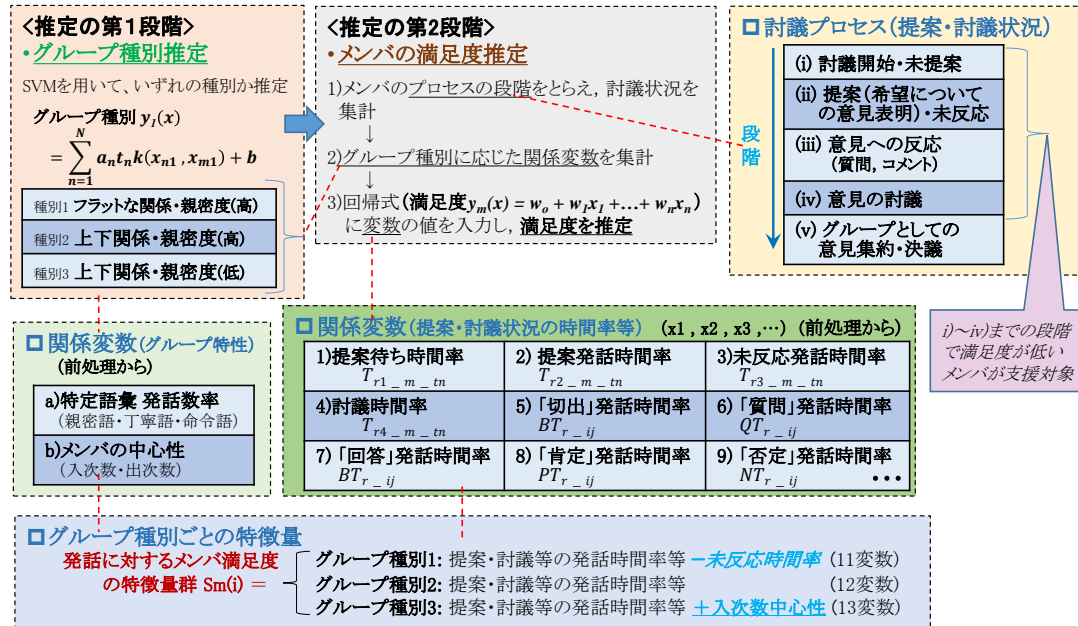


図 4.5: 会話におけるメンバ満足度の推定モデル概要.

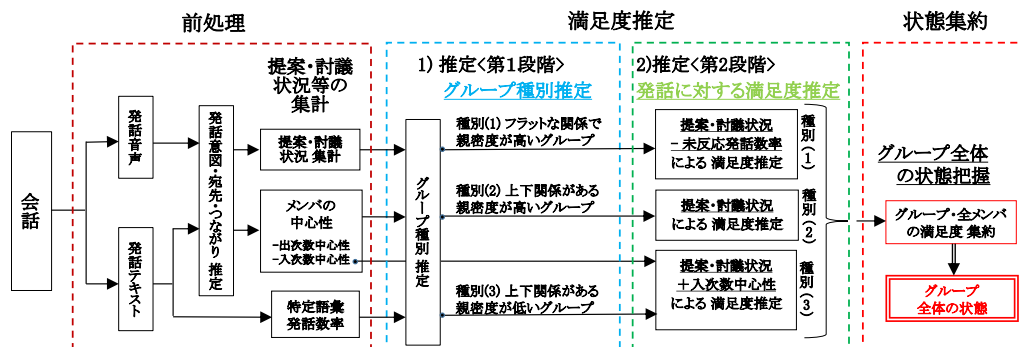


図 4.6: グループ状態に基づく満足度推定モデルでの処理の流れ.

1) 前処理：発話意図推定，関連特徴量の抽出

会話から取得した発話音声，発話テキストの情報を用いて，発話意図，発話の宛先，メンバのつながりを推定する．そして，発話の意図，発話の宛先等のデータから，各発話時のタイミングにおける，各メンバの提案・討議等の状況（5.5節）を推定する．また，上記の発話テキスト，発話意図，発話の宛先，メンバのつながり，提案・討議等の状況等のデータを用いて，グループ特性関連の特徴量として，会話参加関連メンバの中心性，特定語彙（親密語・丁寧語・命令語）の発生状況（各語を含む発話数の比率）のデータを集計する（5.6節）．

2) 状態推定・第1段階 グループ種別の推定

1)で集計したメンバの中心性，特定語彙（親密語・丁寧語・命令語）の発生状況のデータから，グループ種別（(1)フラットな関係で親密度が高いグループ，(2)上下関係がある親密度が高いグループ，(3)上下関係がある親密度の低いグループ）のいずれであるのかを推定する．

3) 状態推定・第2段階 発話に対する満足度の推定

2)で推定されたグループ種別に応じて，説明変数を選定して，提案・討議状況とともに，メンバの満足度を推定する．そして，推定したグループ・全メンバの満足度からグループの状態を把握し，特に(i)討議開始～(iv)意見に対する討議 までの段階において低い満足度（スコアが「1」または「2」）のメンバをみつけ，意見の表明や意見の討議を促進する支援につなげる（4.2.2，6.1.4節）．

なお，関連データの算出方法等については第5章に，満足度推定やグループ種別推定の具体的な処理は6.1節に示す．上記の手順1)の提案・討議等の状況およびグループ特性のデータ内容や独立性の検定結果，手順3)のグループ状態推定の具体的な内容等は，6.2節で，会話におけるメンバの満足度推定の提案モデルに関して，そのモデルの内容を6.1.2節で，他のモデルとの比較検証等の結果を6.3節で，テスト会話でのメンバの発話満足度の推定の検証結果を6.4節で述べる．

5

グループ状態推定のための会話実験 と分析

会話における発話状況や会話参加者の満足度に関するデータを分析し、会話満足度やグループ状態の推定手法を明らかにするため、被験者グループによるテスト会話を行う実験（以下、「本実験」という）を実施した。

本章では、本実験に関して、実験の環境・設定・実施方法、実験における会話データの収集・集計・分析、発話意図推定の手法の検証について述べる。まず、実験の概要や収集・集計したデータについて、5.1節 実験の目的、5.2節 実験の設定の各節で説明する。そして、実験の主目的となる、会話を行うグループおよび参加メンバの状態や満足度に関わる分析について、5.3節 発話データの整理、集計、5.4節 発話の宛先とグループ・メンバのつながり、5.5節 提案・討議等の状況、5.6節 グループ特性に関わるデータ、5.7節 会話における満足度の各節で述べる。もう一つの実験目的である、発話意図推定手法の検証については、5.8節で述べ、最後に5.9節で、会話グループ状態とメンバ満足度に関連する特徴量について述べる。

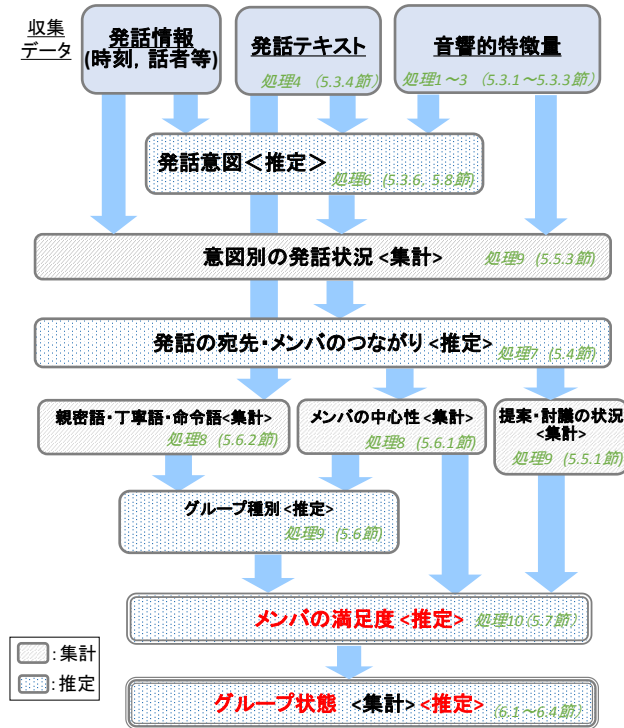


図 5.1: グループ状態推定までの集計・推定の流れ.

5.1 実験の目的

第3章で述べた関連研究をふまえ、本研究では、グループによる討議の会話の音声を測定し、各話者の発話の音響的特徴量抽出や、音声認識、意図推定の結果を集計したデータを用いて、会話を行うグループの状態や満足度を推定することとした。このため、会話の発話に関するデータの収集、集計、分析を行くことを主目的として、被験者グループによる討議の会話（以下、「テスト会話」という）を行なう実験（本実験）を実施した。

5.1節では、本実験の主目的である会話の発話に関するデータの収集、集計、分析（5.1.1節）と、もう一つの目的である発話テキストや音響的特徴量のデータを用いた発話意図の推定手法の検証（5.1.2節）について、以下に述べる。

図5.1に示すように、本実験では、会話におけるデータの収集、データ分析による会話状況の把握から、会話におけるグループ状態の推定までの流れで、

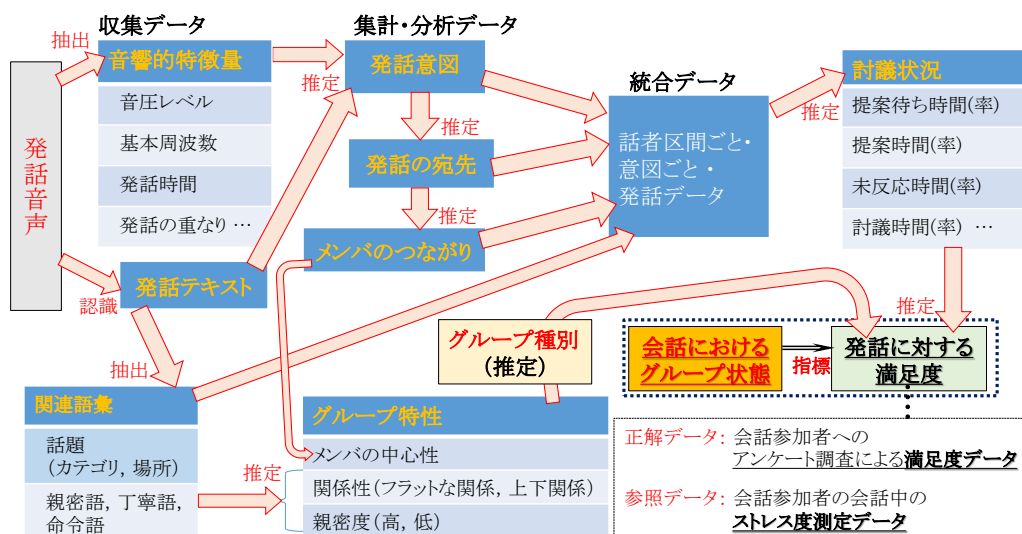


図 5.2: 発話データ，テキストを活用したグループ状態推定への流れ。

発話テキスト，音響的特徴量等のデータから発話状況を集計，分析して，話者（メンバ）のつながりや提案・討議等の状況等を明らかにすることを実験の主目的とした．併せて，本実験では，会話の発話テキストや音響的特徴量のデータを用いた発話意図の推定手法について，その有効性を検証した．

5.1.1 実験データによる会話状況の分析

本実験では，被験者グループによるテスト会話において，発話や会話参加メンバの状態に関連するデータを収集，集計し，会話を行うグループおよび参加メンバの状態や満足度を分析することを主目的とした．特に，発話意図ごと，話者ごとに集計した発話状況のデータや，アンケート調査した満足度，参加メンバの感性測定値を用いて，会話を行うグループおよび参加メンバの状態や，満足度の変化の特徴を明らかにすることをめざした．

会話にて収集した発話音声や音声認識したテキストを活用し，グループ状態を推定するまでのデータ処理の流れを，図5.2に示す．発話音声から音響的特徴量を抽出し，音声認識により発話テキストを得る．そして，これらのデータを集計，分析して，発話意図，発話の宛先，メンバーのつながり等を推定する．更に，これらの推定結果や集計データから，討議状況に関する特徴量（提案待ち時間率等）を算出する．また，発話テキスト中の関連語彙やメンバ

のつながりからグループ・メンバの特性を推定して、これらのグループ・メンバの特性と討議状況の特徴量から、最終的にグループ状態の指標となる発話に対する満足度を推定する流れとした。

会話グループおよび参加メンバの状態や満足度に関するデータの集計や分析については5.3～5.7節に、実験データの分析から得られた会話グループおよび参加メンバの状態や満足度の特徴については5.9節で述べる。

5.1.2 発話意図推定手法の検証

本研究では、3.4.4節で述べたように、テスト会話のデータのうち、発話テキストや音響的特徴量を活用して発話意図を推定し、更にその発話意図データを利用して、グループ状態を推定する。そこで、このグループ状態推定の元となる「発話意図推定の手法」を検証することを、本実験の2つ目の目的とした。

まず、5.8.1節で筆者が提案する発話意図推定手法の概要を説明する。次に、発話テキストを用いた意図推定手法の検証として、5.8.2節 1)項で、名古屋大学で作成された「意図タグつき車内対話コーパス」（以下、「名大コーパス」と記す）のデータを活用し、関連研究で明らかにされている発話テキストから発話意図を推定する手法を再現して検証した結果を示す。そして、5.8.2節 2)項～5.8.5節で、本実験のテスト会話データを用いて、発話意図推定の提案手法を検証した結果を示し、5.8.6節に、検証結果をふまえた発話意図推定手法についての考察を示す。

5.2 実験の設定

5.2節では、本実験の「環境・設定・実施方法」について、以下に述べる。

5.2.1 会話状況把握・状態推定の流れ

5.1節で述べたように、グループ状態や会話満足度に関するデータを分析し、会話満足度やグループ状態の推定手法を明らかにするため、2015年11月24～30日に東京都内の民間研究施設において、被験者グループによるテスト会話を行う実験を実施した。本実験において討議会話の発話テキスト、音響的特徴量

等のデータを収集し、それらのデータを分析して会話状況を把握し、会話におけるグループ状態の推定につなげることをめざした。

本実験における会話におけるデータの収集、データ分析による会話状況の把握から、グループ状態の推定までの処理の流れを図5.1に示す。まず、発話情報（時刻、話者等）、発話テキスト、音響的特徴量といったデータを収集し、それらのデータを元に、発話意図を推定する。次に、意図別の発話状況を集計し、話者（メンバ）のつながりや、提案・討議の状況、メンバの中心性等のグループ特性の推定を行う。最後には、第6章で示すように、メンバの満足度、そして、グループ状態を推定する。

5.2.2 関係性・親密度に基づくグループ種別

2.3節、3.2.1節 2)項で述べたように、本研究では、旅行やレジャに自動車等で一緒に出かけ、楽しく時間を過ごすといったような、当該グループ内で決めた緩やかな目標を持つ小グループを対象とした。そして、このような各グループの特徴をとらえるため、3.2.1節 2)項で述べたように、グループ・ダイナミックスの関連研究に基づき、メンバ間の親密度、メンバ間の関係性に基づく種別の(1)～(3)を、会話状況からグループ状態を推定する対象のグループ種別とした。

種別(1)：フラットな関係で親密度が高いグループ

種別(2)：上下関係がある親密度が高いグループ

種別(3)：上下関係がある親密度が低いグループ

5.2.3 実験参加グループ

テスト会話は、調査会社を通じて募集した20歳から70歳の4人の男女で構成される24組のグループにおいて、2015年11月に実施した。上記5.2.2節に示したグループ種別に当てはめると、24組のうち、種別(1)フラットな関係で親密度が高いグループが9組、種別(2)上下関係があり親密度が高いグループが8組、種別(3)上下関係があり親密度が低いグループが7組であった。また、グループの性別構成では、男性のみが7組、女性のみが5組、男女混合が11組であった。収集したデータのうち、分析対象とした会話については、5.2.7節に示す。

表 5.1: テスト会話でのメンバの役割.

	メンバ	役割 (各グループでの人数)	実施内容
i)	a	主被験者(1人)	進行パターンを知らされないで会話に参加. ストレス度を測定
ii)	b, c	進行補助者(2人)	進行役の進行通りに討議が進むように協力
iii)	d	進行役(1人)	指定された進行パターンに従って討議を進行

表 5.2: テスト会話での討議テーマ.

	討議テーマ
i)	食事(昼食または夕食)の場所
ii)	懇親会のプラン
iii)	日帰り旅行の行先

5.2.4 被験者の役割とテスト会話の進行

本実験におけるテスト会話は、前述のように4人で構成される24組のグループにおいて実施したが、各グループでの被験者（会話参加メンバ）4人の役割は、i)メンバaを主被験者：1人（進行パターンを知らされないで会話に参加. 会話中のストレス度を測定）、ii)メンバb, cを進行補助者：2人（進行役の進行と併せて討議が進むように協力）、iii)メンバdを進行役：1人（指定された進行パターンに従って討議を進行）と定めた（表5.1）。なお、各グループにおいて、メンバをいずれの役割とするのかは、テスト会話前にメンバにヒアリングした結果に基づき、ふだんの会話や討議において、自分の意見を主張する傾向が低い人1人を主被験者に、会話や討議をリードする傾向が高い人1人を進行役とし、残りの2人を進行補助者とした。

本テスト会話は各グループで3回ずつ実施した。各会話で討議して決めるテーマは、i)食事（昼食または夕食）の場所、ii)懇親会のプラン、iii)日帰り旅行の行先の3つとし、これらの各テーマについて各メンバの意見（希望の行き先等）を重複しないように提示させたうえで、いずれか1つの意見をグループとして採択するという流れとした（表5.2）。

表 5.3: テスト会話の進行パターン.

パターン	メンバaの意見についての進行パターン
A	メンバaの意見をあまり討議せずに否決 (a以外の意見を採用)
B	メンバaの意見を討議するが、否決 (a以外の意見を採用)
C	メンバaの意見を討議した上で採択

そして、会話（討議）の進行は、i)メンバaの意見をあまり討議せず、かつ、明確な理由を示さないで否決（a以外の意見を採用）、ii)メンバaの意見を討議して明確な理由を示したうえで否決（a以外の意見を採用）、iii)メンバaの意見を討議したうえでaの意見を採用の3パターンで実施した。この3つの進行パターンは、進行状況によって発話における特徴量を多様に変化させるために用意したもので、メンバa以外の残りのメンバ3人は、いずれのパターンで各会話が進行するのかをあらかじめ把握していたが、メンバaはこの進行パターンを知らずに会話に参加した。なお、各グループは、上記3種類の進行パターンで、3件のテーマについて討議する会話を実施したが、討議テーマや進行パターンの順番によって、各発話の音響的特徴量変化やメンバaの感性測定値等に偏りが生じないように、グループごとに、討議テーマと進行パターンの順番を指定した（表5.3）。

このように会話のテーマ、進行パターンを指定したうえで、各8分以内を目安に決議が得られるようにメンバdが討議を進行して、テスト会話を実施した。時間内に各メンバが意見を提示して議論しやすいようにするため、会話中に飲食店や旅行に関するガイドブック（実験運営側で用意）や、スマートフォンでのweb検索を参照してよいこととし、テーマや進行パターン、目安時間、各メンバが重複しない意見を提示すること、なるべくマイクに近づいて発言すること等の制約は設けたが、それ以外の点ではふだんと変わらない会話となるように各メンバに指示した。また、ふだんと変わらない話し方ができるようにするため、テーマ討議の会話の前に2、3分程度の雑談を実施し、その後、3つのテーマについての討議の会話を実施した。

なお、本実験では、上記のようにメンバb,c,dは決まったパターンに従って会話を進行・進行補助する立場で、会話の展開をあらかじめ予測できていた



図 5.3: テスト会話収録の様様.

が、メンバaは進行パターンを知らずに会話に参加したことから、メンバの満足度推定のための分析は主としてメンバaの満足度（自己申告）のデータを利用した。

5.2.5 会話音声の測定環境

本研究で提案するグループ状態推定モデル（6.1.2節）は自動車内での会話への適用をめざしているが、今般は、音声認識や特徴量抽出により適した会話音声にて検証することとし、比較的雑音等が少ない屋内の会議室内にて、テスト会話を実施した。図5.3に示すような、幅4m×奥行5m×高さ2.5m程度のサイズで壁、天井で遮蔽された会議室内で、部屋の中央部に0.6m×1.2m程度のサイズの四角形のテーブルを配置し、被験者（会話の参加者）は、テーブルの各角に1人ずつ互いに向き合うように椅子に着座した。また、テーブルの左右の端（床面からの高さ0.9m）にマイクアレイ方式のマイクユニット（5.3.1節）をアームにより固定した。

会議室内での会話となったが、被験者には、自動車で旅行や食事に出かけるようなつもりで、会話に臨んでもらった。今後、車内環境に適した雑音除去機能や、音源（話者）分離機能を整えれば、本研究で提案する会話グループの状態推定の手法を、車内会話にも応用できると考える。

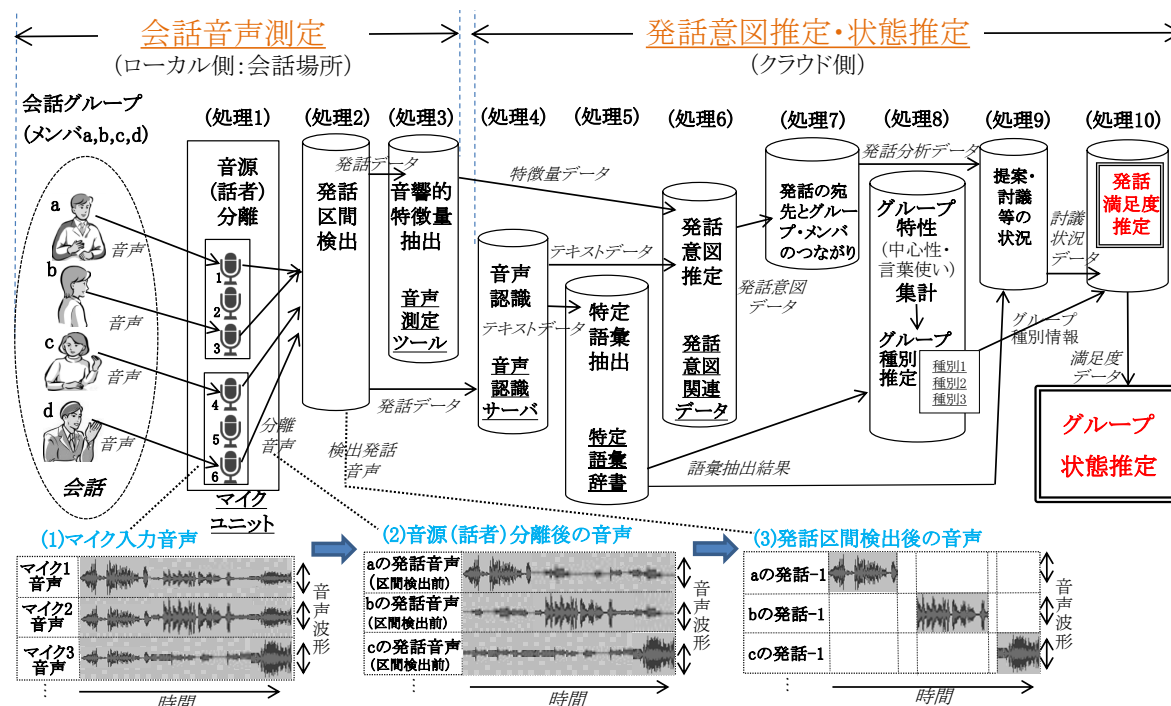


図 5.4: 会話にける音声およびテキストのデータ処理等の概要。

5.2.6 会話における音声データの処理

本実験のテスト会話における音声およびテキストのデータの処理等の概要を、図 5.4 に、データ処理内容と利用ツール・データ等について、表 5.4 に示す。グループ状態を推定するまでの処理の流れは、まず、マイクユニットに入力された会話音声を音源（話者）分離（処理1）、発話検出（処理2）し、音響的特徴量を抽出（処理3）するとともに、音声認識により発話をテキスト化する（処理4）。処理3で得られた発話の音響的特徴量データと、処理4で得られた発話テキストデータを用いて、関連語彙の抽出（処理5）や、発話意図の推定（処理6）を行う。

そして、処理5で得られた関連語彙や処理6で得られた発話意図等を用いて、発話の宛先やグループ・メンバーのつながり（処理7）、更に、会話グループの種別（処理8）、提案・討議等の状況（処理9）を推定する。最後に、これらの推定結果から、会話参加メンバーそれぞれの満足度をとらえることにより、会話グループ全体の満足度を推定する（処理10）。会話におけるグループ状態は、

表 5.4: 音声およびテキストのデータ処理内容と利用ツール・データ等.

処理 No.	処理事項	実施概要	利用ツール・データ等	本論文の 節番号
1	前 処理 (1) 会話音声の 音源(話者) 分離	ビームフォーミング処理により, 話者ごとに音声 を分離	マイクアレイ方式マイク ユニット	5.3.1
↓				
2	前 処理 (2) 会話音声から の発話の検出	目的音声(S)と雑音(N)のレベル比を算出し, 話 者ごとの音声から各発話区間を検出	音声測定ツール	5.3.2
↓				
3	発話の音響的 特徴量の抽出	線形予測分析アルゴリズムにより, 音声基本周 波数[Hz]および音圧レベル[dB]を, 発話検出情 報, 音声認識結果に基づいて, 発話時間(msec) と発話速度(mora/sec)を算出	音声測定ツール	5.3.3
↓				
4	発話内容の テキスト化	処理3で検出した個々の発話音声テキスト化	音声認識サーバ	5.3.4
↓				
5	発話からの関連 語彙の抽出	処理4で得られた発話テキストと, 語彙抽出用辞 書を照合して, 発話テキストから「話題のカテゴリ・場所」, 「意図関連語彙」, 「親密語」, 「丁寧語」, 「命令語」を抽出	語彙抽出用辞書	5.3.5
6	討議会話における 発話意図の推定	「テキスト(形態素, 処理4)および音響的特徴量 (処理3)による推定手法」(提案手法)を利用して, 各発話の意図を推定	発話テキスト, 音響的特 徴量データ, 機械学習 ツール「Weka」	5.3.6, 5.8
↓				
7	発話の宛先と グループ・メンバ のつながり	処理6で推定した発話意図等のデータを集計し た意図別の発話発生状況から, グループのメン バ間のつながりを推定	発話データ(話者情報, 推定発話意図等)	5.4
↓				
8	提案・討議等の 状況	処理6, 7で推定した発話意図や発話の宛先とグ ループ・メンバのつながり等のデータを活用し て, 提案・討議状況を推定	発話意図, 発話の宛先, メンバのつながり等の データ	5.5
9	会話グループ の特性, グループ種別	処理5で推定した発話の語彙(親密語, 丁寧語, 命令語)の発生状況や, 処理7で推定した発話 のつながりから得られる, メンバの中心性といった グループ特性を集計. また, これらのデータから, 関係性・親密度に基づくグループ種別を推定	発話の語彙(親密語, 丁 寧語, 命令語), 発話の 宛先, メンバのつながり 等のデータ	5.6
↓				
10	会話における メンバの満足度	会話終了後に, 会話・発話に対する満足度等を 被験者にアンケート調査. 併せて, 被験者の会 話中のストレス度を簡易型脳波計により測定し, 満足度の相関を調査	アンケート調査(満足 度), 簡易型脳波計 (ストレス度)	5.7
↓				
会話グループの満足度 … 会話におけるグループ状態				6.1 ~6.2

表 5.5: 分析対象のグループとその会話概要.

グループ			会話				
グループ No.	グループ 種別	男女 構成	会話 No	会話 テーマ	会話パターン		発話数
1	親密度:高 フラットな関係	女性 4名	1	旅行先	B	aの意見を討議するが否決	471
			2	食事場所	C	aの意見を討議して採択	472
			3	懇親会	A	aの意見を討議せずに否決	322
2		男女 混合	4	食事場所	B	aの意見を討議するが否決	339
			5	懇親会	A	aの意見を討議せずに否決	310
			6	旅行先	C	aの意見を討議して採択	275
3	親密度:高 上下関係	男女 混合	7	食事場所	C	aの意見を討議して採択	260
			8	懇親会	A	aの意見を討議せずに否決	233
			9	旅行先	B	aの意見を討議するが否決	256
4		男女 混合	10	食事場所	A	aの意見を討議せずに否決	278
			11	懇親会	B	aの意見を討議するが否決	217
			12	旅行先	C	aの意見を討議して採択	157
5	親密度:低 上下関係	女性 4名	13	食事場所	A	aの意見を討議せずに否決	349
			14	懇親会	C	aの意見を討議して採択	271
			15	旅行先	B	aの意見を討議するが否決	369
6		男女 混合	16	旅行先	C	aの意見を討議して採択	127
			17	食事場所	B	aの意見を討議するが否決	175
			18	懇親会	A	aの意見を討議せずに否決	234
合計発話数							5115

会話グループの満足度を指標としてとらえることとし、この満足度の推定によりグループ状態を推定する。音声およびテキストのデータの具体的な処理については、下記の5.3.1～5.5節で述べる。

5.2.7 分析対象の会話データ

上記に示したように、2015年11月に実施した会話実験において、合計24組のグループにより72会話を実施した。しかしながら、測定機器の不調により、一部に測定データの欠損がみられた。このため、欠損なくデータが取得できた会話データ群の中から、会話グループの親密度や関係性、男女構成、会話テーマ・パターンの順序が特定の層に偏らないように、6組のグループの合計18会話（各5～8分、合計5115発話）にて収集されたデータセットを分析対象として選定した。分析対象としたグループと会話の概略を、表5.5に示す。

5.2.2節に示したグループ種別に当てはめると、18組のうち、種別(1)フラットな関係で親密度が高いグループが2組、種別(2)上下関係があり親密度が高いグループが2組、種別(3)上下関係があり親密度が低いグループが2組である。

また、グループの性別構成では、女性のみが2組、男女混合が6組であった。また、本実験の対象会話から収集・集計したデータ項目は、表5.6に示す(1)グループID～(32)眠気度までの合計32項目になる。各データ項目については、関連するデータ処理とともに、以下の5.3～5.7節で説明する。

5.3 発話データの整理，集計

5.3節では、本実験でのテスト会話における「会話データの収集，集計，分析」について、以下に述べる。

5.3.1 会話音声の音源（話者）分離

音声データの最初の処理である処理1（図5.4）では、会話音声の前処理の1つとして、マイクアレイ方式のマイクユニットにてビームフォーミング処理し、話者ごとに音声を分離する。本実験では3本のマイクを7cm×5cmの基板上にセットとしたマイクユニット2式を、メンバaーメンバb間と、メンバcーメンバd間に配置し、4人の話者の個々の発話を取り出せるようにした（3.3.2節）。マイクユニット上の個々のマイク素子は、周波数特性:20Hz～16KHz，感度：-65dBの単一指向性の小型マイクを利用した。

3.3.2節で述べたように、関連研究で明らかになっている遅延和型のビームフォーマにより、各マイク（1チャンネル分）の強調音声 $y(t)$ を抽出する。2つのマイクで受音した信号の到来時間差（Time Difference Of Arrival：TDOA）を d_m ，マイク m における観測信号を x_m ， M をマイク数， $w_m(t)$ を各音声チャンネルにおける重み，話者数を n とし，1チャンネル分の強調音声 $y(t)$ を次式により算出した[5]。

$$y(t) = \sum_{m=1}^M w_m x_m(t - d_m) \quad (5.1)$$

測定したデータ項目は、表5.6に示すとおりで、項目(1)，(2)はグループ・会話のIDで、テスト会話に参加したグループや実施された会話を識別する番号を、(7)は話者のIDで、マイクユニットで分離した音源ごとに4人の話者を識別するアルファベット（a,b,c,d）を付与した。

なお、上記のマイクアレイ方式のマイクユニットは、通信系ソリューション

表 5.6: 収集・集計したデータの項目.

区分	No.	(i) 項目名	(ii) 値の型	(iii) 種類数	(iv) 算出方法, 用途等
グループ・会話・発話ID	(1)	グループID	6値 (1~6)	グループごと, 1種類.	
	(2)	会話ID	18値 (1~18)	会話ごと, 1種類.	
	(3)	発話ID (発話シーケンス番号)	連続値		
時刻, 時間	(4)	発話開始時刻	連続値 (hh:mm:ss.mm)		
	(5)	発話終了時刻	連続値 (hh:mm:ss.mm)	発話ごと, 1種類.	
	(6)	会話開始後の経過時間(sec)	連続値 (sec)		
話者等	(7)	話者ID	4値 (a,b,c,d)	発話ごと, 1種類.	分離音源ごとに, 話者のID(a,b,c,d)を付与
	(8)	発話の宛先	4値 (a,b,c,d)		(14)意図等を用いて推定
グループ特性	(9)	当該発話までのメンバーの入次中心性, 出次中心性	連続値 (0.0~1.0)	発話ごと, メンバ4人ごと, 4種類.	上記(7), (8)に基づき集計
	(10)	親密度・関係性に基づくグループ種別 <正解データ>	3値	グループごと, 1種類.	被験者グループメンバーの自己申告
会話・発話内容	(11)	討議テーマ (食事場所, 懇親会, 日帰り旅行)	3値		事前設定に基づく
	(12)	発話テキスト <測定データ・正解データ>	テキスト	会話ごと, 1種類.	音声認識テキストを書き起こしテキストとの照合によって正誤判定. 意図等の推定には音声認識テキストを利用して評価
	(13)	発話意図 (切出し, 質問, 回答, 提案, 同意, 反対, 集約, その他) 前3発話を含む4発話分の意図情報 <測定データ・正解データ>	8値		提案手法により意図推定. 正誤判定のための正解データは人手で作成. 発話状況の集計には推定データを利用
	(14)	話題の 카테고리・場所, 意図関連語彙 親密語, 丁寧語, 命令語	テキスト	発話ごと, 1種類×6.	討議時間等(20)の推定に利用
発話状況集計	(15)	当該発話までの意図別の合計発話数, 発話数率, 発話時間率	連続値 パーセンテージ		意図(14)に基づき集計
	(16)	当該発話までの話者区間 (a→b, a→c …) などの親密語・丁寧語・命令語を含む合計発話数, 発話数率	パーセンテージ	発話ごと, メンバ4人ごと, 4種類.	グループ種別の推定に利用
	(17)	当該発話までの話者の区間 (a→b, a→c …) ごと, 意図 (上記) などの合計発話数, 発話数率, 発話時間率	連続値 (sec) パーセンテージ		意図(14)等を用いて推定
	(18)	当該発話までのメンバーの提案待ち・提案・被反応待ち・討議待ち・討議の合計時間(sec), 時間率(%)	連続値 (sec) パーセンテージ		意図(14), 関連語彙(15)等を用いて推定
音響的特徴量	(19)	発話時間長	連続値 (msec)		
	(20)	発話速度	連続値 (mora/msec)	発話ごと, メンバ4人ごと, 4種類.	測定ツールでの発話区間検出情報と, 音声認識テキストから算出
	(21)	発話重なり	連続値 (msec)		
	(22)	音声・基本周波数 F0	連続値 (Hz)		
	(23)	音声・フォルマント周波数F1~F4	連続値 (Hz)	測定ツールにより10msecごとに算出された値を正規化し, 発話ごとの平均値, 最大値, 最小値, 分散, 線形回帰近似直線傾き, 同切片, 250msecごとの移動平均を算出したデータを意図推定 (補充) に利用	
	(24)	音声・音圧レベル	連続値 (dB)		
満足度	(25)	満足度スコア <正解データ>	5値 (1~5)	メンバa,bのみ. 発話・会話ごとの2種類.	被験者の自己申告 (アンケート調査)
感性 (ストレス度等)	(26)	脳波計測による感性・「好きさ」			
	(27)	脳波計測による感性・「興味度」			
	(28)	脳波計測による感性・「集中度」	連続値 (毎秒, 0~100)	メンバaのみ, 1種類.	直近3値の平均・分散, 直近3値区間の線形回帰近似直線傾き, 同切片, 直近2値の変動(上昇・下降)率を集計し, 発話の満足度との相関係数算出に利用. ストレス度と発話満足度との間にはやや相関がみられた.
	(29)	脳波計測による感性・「眠気度」			
	(30)	脳波計測による感性・「ストレス度」			

ン事業会社から提供されたもので、各種の会議音声記録等で利用され、安定的に話者音声の分離を行った実績があるものである。

5.3.2 会話音声からの発話の検出

音声データの処理2（図5.4）では、会話音声の前処理の2つ目として、3.3.3で示したように、目的音声信号(S)と雑音(N)のレベル比（S/N比）を算出して、話者ごとの音声から各発話の区間を検出した。会話開始前の0.2sec間の音声S/N比を測定して、このS/N比を未発話の閾値に設定し、閾値を上回るS/N比を発話区間として検出した。テスト会話では、各発話の検出開始の閾値（S/N比）は0.65～0.83、検出終了の閾値（S/N比）は0.55～0.62となった。開始閾値以上のS/N比が0.1sec以上続いた場合に発話開始とし、終了閾値以下のS/N比が0.4sec以上続いた場合に発話終了として発話区間を検出した。

音声信号Sの電力を P_S 、信号電圧（電流）の実効値を A_S 、雑音Nの電力を P_N 、雑音電圧（電流）の実効値を A_N とすると、音声のS/N比は次式で示される。

$$S/N[dB] = 10\log_{10} \frac{P_S}{P_N} = 20\log_{10} \frac{A_S}{A_N} \quad (5.2)$$

対象テスト会話の音声信号から会話参加メンバーの個々の発話を検出した結果、表5.7 (1)に示すように、5115発話中4989発話（95.0%）が検出できた。一部の発話では、他話者の声が回り込み雑音となる場合や、発話の一部が欠落する場合があり、適切に検出できなかった。

表5.6の測定データ項目では、項目(3)発話IDはテスト会話において検出された各発話に対して発生した順番に番号を付与したもので、(4)、(5)は発話開始・終了の時刻、(6)は会話開始からの経過時間を示す。

5.3.3 発話の音響的特徴量の抽出

音声データの処理3（図5.4）では、3.3.4節に示したような手法により、音声測定ツール（5.2.6節）を用いて、各発話の音響的特徴量を測定した。まず、LPC分析アルゴリズムに基づいて、10msecの音声区間ごとに、音圧レベル[dB]および、基本周波数[Hz]、フォルマント周波数[Hz]を測定し、各発話において250msecごとに、最大値、最小値、分散値、線形回帰近似直線傾き、同切片を算出するとともに、10msec間隔250msecごとの移動平均を算出した。そ

表 5.7: テスト会話での発話検出・音声認識結果.

会話No	発話数	(1) 発話検出		(2) 音声認識	
		検出発話数	発話検出率	認識正解 発話数	音声認識率 (意味正解率)
1	471	409	86.8%	181	38.4%
2	472	435	92.2%	172	36.4%
3	322	299	92.9%	170	52.8%
4	339	314	92.6%	232	68.4%
5	310	296	95.5%	162	52.3%
6	275	270	98.2%	148	53.8%
7	260	253	97.3%	185	71.2%
8	233	229	98.3%	191	82.0%
9	256	243	94.9%	169	66.0%
10	278	271	97.5%	132	47.5%
11	217	209	96.3%	173	79.7%
12	157	151	96.2%	128	81.5%
13	349	346	99.1%	127	36.4%
14	271	268	98.9%	105	38.7%
15	369	354	95.9%	183	49.6%
16	127	127	100.0%	97	76.4%
17	175	165	94.3%	68	38.9%
18	234	221	94.4%	70	29.9%
合計	5115	4860	95.0%	2693	52.6%

して、テスト会話全体での分析においては、各話者ごとの測定値を正規化した値を算出して分析に利用した。続いて、情報と音声認識テキストを用いて、発話区間ごとに発話時間[msec]、発話速度[mora/sec]、発話重なり時間[msec]（各発話時間中に他の発話が発生している時間）を算出した。

表5.6の測定データ項目では、項目(19)発話時間長、(20)発話速度、(21)発話重なり時間、(22)基本周波数、(23)フォルマント周波数、(24)音圧レベルが該当する。なお、3.3.4節に述べたように、(23)フォルマント周波数のデータは、特徴上、発話テキストの音素と結び付けた集計が必要であるが、そのような集計を実施することが困難であったため、会話状況の分析においてフォルマント周波数のデータを活用することは見送った。本研究では、3.3.4節に述べたように関連研究で、発話時の話者の意向が表れやすいとされる、発話の音圧レベル、基本周波数、発話速度、発話の重なりといった音響的特徴量の変化特性を活用して、音声認識できなかった発話の意図推定を行うこととした。音響的特徴量変化特性を活用した発話意図推定については5.8節に示す。

音圧レベルおよび、基本周波数の算出方法を以下に、テスト会話No.13において測定、抽出した音響的特徴量の一例を表5.8に示す。発話検出ができなかった発話の全測定項目、および音声認識ができなかった発話の発話速度が算

表 5.8: テスト会話No.13における音響的特徴量の結果.

発話ID	話者	発話時間 [sec]	発話速度 [mora/sec]	発話量なり時間 [msec]	音声・基本周波数F0[Hz]						音声・音圧レベル[dB]					
					平均	最大値	最小値	分散値	近似直線傾き	近似直線切片	平均	最大値	最小値	分散値	近似直線傾き	近似直線切片
1	d	2.2	5.8	0	62.0	112.7	42.8	939.3	-0.1	67.3	37.7	31.0	25.0	233717	-1.8	388.9
2	d	1.2	6.0	0	100.8	117.6	58.0	2654.6	0.0	102.9	42.3	62.0	47.2	266954	-0.6	415.9
3	d	2.3	NA	0	98.1	112.7	86.0	2446.0	-0.3	114.7	42.9	41.0	36.8	1012247	-8.9	1093.1
4	d	1.4	NA	0	80.6	117.6	44.7	1695.0	0.0	81.1	36.8	93.0	62.0	4398	0.6	107.2
5	d	1.3	NA	0	82.3	115.9	34.9	1732.1	0.1	69.7	42.5	37.0	31.0	144009	-0.7	322.6
6	d	1.1	6.0	0	100.8	117.6	58.0	2654.6	0.0	102.9	42.3	62.0	47.2	266954	-0.6	415.9
7	c	2.0	NA	0	84.3	117.6	33.3	1741.5	0.2	63.4	34.2	62.0	19.0	38257	-0.9	305.7
8	b	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
9	b	1.5	NA	0	78.9	101.3	43.7	1674.9	0.3	45.0	42.5	62.0	36.8	13646	-3.4	264.3
10	b	1.1	2.7	0	98.1	112.7	86.0	2446.0	-0.3	114.7	42.9	41.0	36.8	1012247	-8.9	1093.1
11	d	1.3	NA	0	99.4	115.9	70.8	2142.1	0.1	93.3	41.9	31.0	29.0	1102620	-5.4	1285.4
12	d	1.2	NA	0	75.5	117.6	39.0	1505.3	0.2	51.4	30.4	62.0	36.9	235755	-2.7	524.7
13	d	1.0	4.6	1640	80.6	117.6	44.7	1695.0	0.0	81.1	36.8	93.0	62.0	4398	0.6	107.2
14	b	1.8	5.3	1640	82.3	115.9	34.9	1732.1	0.1	69.7	42.5	37.0	31.0	144009	-0.7	322.6
15	b	1.6	5.3	0	84.3	117.6	33.3	1741.5	0.2	63.4	34.2	62.0	31.9	38257	-0.9	305.7
16	b	1.7	NA	0	86.5	117.6	48.8	2148.1	-0.2	105.3	46.3	79.2	35.9	108	0.0	-56.6
17	b	1.2	5.1	0	88.4	117.6	40.8	1965.8	-0.1	96.5	29.6	51.0	37.1	286070	1.4	99.3
18	b	1.4	4.0	1830	92.1	117.6	30.2	2066.5	0.0	95.5	34.6	79.4	24.5	281	0.0	-53.8
19	b	2.1	NA	0	99.4	115.9	70.8	2142.1	0.1	93.3	41.9	31.0	36.9	1102620	-5.4	1285.4
20	d	0.6	2.5	1830	94.0	114.3	41.5	1371.6	-0.2	108.2	42.6	62.0	17.1	17778	-0.7	187.4
21	c	1.9	NA	0	75.5	117.6	39.0	1505.3	0.2	51.4	30.4	62.0	36.9	235755	-2.7	524.7
22	a	1.5	NA	0	80.6	117.6	44.7	1695.0	0.0	81.1	36.8	93.0	62.0	4398	0.6	107.2
23	d	2.2	NA	0	62.0	112.7	42.8	939.3	-0.1	67.3	37.7	31.0	25.0	233717	-1.8	388.9
24	a	2.7	4.1	0	78.9	101.3	43.7	1674.9	0.3	45.0	42.5	62.0	36.8	213646	-3.4	570.8
25	a	1.6	1.0	0	84.3	117.6	33.3	1741.5	0.2	63.4	34.2	62.0	31.9	38257	-0.9	305.7
26	a	1.1	4.0	0	92.1	117.6	30.2	2066.5	0.0	95.5	34.6	79.4	24.5	281	0.0	-53.8
27	b	1.4	4.5	0	99.4	115.9	70.8	2142.1	0.1	93.3	41.9	31.0	38.2	1102620	-5.4	1285.4
28	a	2.3	1.1	1510	75.5	117.6	39.0	1505.3	0.2	51.4	30.4	62.0	39.1	235755	-2.7	524.7
29	a	1.3	NA	0	71.7	117.5	32.1	1763.9	-0.1	78.6	38.8	93.0	30.0	50405	-1.6	361.4
30	b	2.0	5.4	0	92.1	117.6	30.2	2066.5	0.0	95.5	34.6	79.4	34.5	281	0.0	-53.8
31	b	1.0	2.3	1450	82.4	117.6	48.2	1864.8	0.1	60.1	35.0	61.1	30.9	228241	0.2	299.1
32	b	1.0	NA	0	85.3	117.6	30.5	1332.6	-0.1	94.0	32.8	62.0	25.1	75	-0.4	300.8
33	b	1.0	NA	0	78.9	101.3	43.7	1674.9	0.3	45.0	42.5	62.0	36.8	213646	-3.4	570.8
34	b	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA
35	b	1.0	NA	0	84.3	117.6	33.3	1741.5	0.2	63.4	34.2	62.0	31.9	38257	-0.9	305.7
36	d	0.7	NA	0	86.0	115.9	37.6	1435.3	-0.1	94.5	38.1	93.0	26.4	235363	-0.7	318.9
37	b	2.6	3.3	0	81.6	117.6	30.2	1465.5	0.0	77.2	32.1	93.0	37.2	129889	-0.4	329.2
38	b	1.6	5.1	0	85.3	117.6	30.5	1332.6	-0.1	94.0	32.8	62.0	25.1	75	-0.4	300.8
39	b	1.1	NA	0	84.3	117.6	33.3	1741.5	0.2	63.4	34.2	62.0	31.9	8257	-0.9	305.7
40	c	1.4	2.8	1940	83.2	117.8	46.8	1133.0	0.0	87.7	40.4	124.0	403.0	7732	-0.8	287.2
41	b	1.0	3.2	1940	98.0	117.6	52.6	1170.6	0.1	91.9	36.0	93.0	1519.0	28209	0.5	148.8
42	c	1.6	NA	0	86.3	117.6	40.8	2011.7	0.0	79.6	36.6	51.0	36.6	291778	-0.6	448.4
43	c	1.1	NA	0	92.1	117.6	30.2	2066.5	0.0	95.5	34.6	79.4	24.5	281	0.0	-53.8
44	c	1.4	3.3	0	88.1	117.6	39.6	1027.0	0.0	86.4	30.6	62.0	527.0	12564	-0.7	247.4
45	c	1.0	NA	0	82.6	117.6	31.5	1853.1	-0.1	105.5	34.7	61.0	37.5	247649	-0.7	430.2
46	c	1.0	NA	0	84.3	117.6	33.3	1741.5	0.2	63.4	34.2	62.0	31.9	38257	-0.9	305.7
47	b	1.2	4.5	0	86.0	115.9	37.6	1435.3	-0.1	94.5	38.1	93.0	26.4	235363	-0.7	318.9
48	b	1.5	3.5	0	84.3	117.6	33.3	1741.5	0.2	63.4	34.2	62.0	31.9	38257	-0.9	305.7
49	b	0.5	NA	0	80.2	117.6	31.0	1720.8	0.1	63.2	34.8	62.0	32.4	95049	0.6	141.3
50	b	1.8	NA	0	78.3	115.9	45.7	1553.8	-0.1	90.8	41.6	31.0	26.0	476211	-2.5	765.8

出ができなかったが、それ以外については、各発話の発話時間長、発話速度、発話重なり時間、基本周波数、フォルマント周波数、音圧レベルの各データ値を測定、集計することができた。

また、上記の発話区間検出（5.3.2節）、音響的特徴量の抽出（本5.3.3節）には、高速演算処理して基本周波数や音圧レベル等を測定できる音声測定ツールを利用した。同音声測定ツールは、コールセンタでの会話の分析等で長年使われ、安定的に音響的特徴量の抽出を行った実績を持つ、情報通信関連のソリューション事業会社が提供するものである。

1) 音圧レベル

音圧レベル L_p [dB]は、3.3.4節 1)項で示したように、LPC分析アルゴリズムを用いて、サンプル数が N の16 bit PCMデータ列 x_0, x_1, \dots, x_N ($-32768 \leq x_i < 32768$)に対して、以下の式によって算出した。

$$L_p = 10 \log_{10} \frac{\sum_{i=1}^N \acute{x}_i^2}{N} \quad (5.3)$$

ここで

N : サンプル数

x_i : 16bit PCMデータ列の値

$\acute{x}_i = x_i / 32768$

である

2) 音声基本周波数

基本周波数（3.3.4節 2)項）は、音声波形を10msecのフレームとして切り出し、その区間に存在する周期を抽出した。音声波形は、基本周期 T_0 で声帯振動が繰り返され、パワースペクトルは F_0 の基本波を示すピークに加え、その整数倍にもピークを持つ調波構造となる。このため、パワースペクトルの調波構造に着目し、パワースペクトルの対数の逆フーリエ変換によりスペクトル包絡と微細構造を分離し、微細構造から F_0 を抽出した。自己相関関数のピーク的位置 n を用いると、以下の式で算出される。

$$F_0 = \frac{f_s}{n} \quad (5.4)$$

ここで

n : 自己相関関数のピークの位置

f_s : サンプリング周波数

である

5.3.4 発話内容のテキスト化

音声データの処理4（図5.4）では、5.3.2節に示したように検出した個々の発話音声を、音声認識サーバにてテキスト化した（3.3.5節）。表5.6に示す測定データ項目では、項目(12)発話テキストがこのデータに該当する。

上記の音声認識サーバでは、音声系ソリューション事業会社が提供する、DNNによる認識モデルに基づくクラウド接続型の音声認識エンジンを利用した。一般会話及び車内会話での約100万語の語彙に基づいた言語モデル及び音響モデルを学習して構築され、自由発話や大語彙に対応し、国内携帯電話事業会社の検索サービスで数千万人規模のユーザに利用された実績を持つものである。

音声認識結果は、電子情報技術産業協会が策定した『音声認識エンジン性能評価方法のガイドライン』¹に基づき、意味正解率（意味正解発話数/全発話数×100[%]）で評価した。音声認識したテキストについては、書き起こしテキスト（正解データ）を作成して正誤判定を行なった（5.3.4節）。まず、テスト会話中の発話について、人手による書き起こしを行い、正解テキストを作成した。3人の担当者により、会話音声の録音データを繰り返し聞き取り、内容を相互に確認し、正解テキストをまとめた。

次に、音声認識の結果について、上記の正解データと照合して、正誤判定を実施した。前述のとおり、音声認識結果は意味正解で正誤判定した。その

¹音声認識エンジン性能評価方法のガイドライン. 電子情報技術産業協会インダストリ・システム部音声入出力方式標準化専門委員会, JEITA IT-4005, 2008. <http://www.jeita.or.jp/japanese/standard/book/IT-4005/index.html> (2017年.12月20日現在)

一例として, テスト会話No.13の最初の50発話を, 表5.9に示す. 「発話テキスト (正解)」は, 上述の正解テキストで, 「発話テキスト (音声認識)」は音声認識サーバでの音声認識結果で, 「-」は検出できなかった発話, 「NA」は音声認識できなかった発話になる. 全テスト会話において, 検出した発話について音声認識した結果は, 表5.7 (2)に示すように, 発話テキストの5115発話中1627発話しか音声認識されず, 認識率は31.5% (意味正解率) となった.

3.3.5節で述べたように, 現在の関連技術では, 雑音を含む自由発話の音声認識率が高くないが, 音声認識テキストの活用方法の見直しや, 音声認識データ以外に音響的特徴量を活用することにより, 対象会話における発話意図や討議状況等を把握することができると仮定した. 5.3.5, 5.3.6, 5.5 節に, その他の音声認識テキストの活用方法や, 音響的特徴量の併用により, 発話意図推定や提案・討議状況を推定する手法について述べる.

5.3.5 発話からの関連語彙の抽出

音声データの処理5 (図5.4) では, 音声認識により得られた発話テキスト (表5.6項目(12)) を, 語彙抽出用辞書と照合して, 発話テキストから「話題のカテゴリ・場所」, 「意図関連語彙」, 「親密語」, 「丁寧語」, 「命令語」を抽出した. 表5.6の測定データ項目では, 「(14)話題のカテゴリ・場所, 意図関連語彙, 親密語, 丁寧語, 命令語」が, この発話テキストと語彙抽出用辞書との照合により抽出した関連語彙のデータになる.

表5.6の測定データ項目「(11)討議テーマ」は, 5.2.4節に示したように会話開始前に決めた「討議テーマ」の情報になる. i)食事 (昼食または夕食) の場所, ii)懇親会のプラン, iii)日帰り旅行の行先の3つの討議テーマを用意し, 各会話の中でいずれかのテーマについて討議した. これらの討議テーマによる会話に対する満足度の差異の有無については, 5.7.5節で述べる.

3.4.2節で述べたように, 本研究では, 発話の『意図』や, 話題となっている『カテゴリ』(「飲食」, 「旅行」, 「音楽」, 「天候」, 「スポーツ」他), 話題となっている『場所』(「地域名」, 「地名」, 「ランドマーク名」他)を抽出するため, それぞれの語彙を収録した専用辞書と発話テキストを照合し, 話題となっている『カテゴリ』, 話題となっている『場所』や, 『意図』を示す語を抽出した.

また, 3.4.3節で述べたように, 「親密語」, 「丁寧語」, 「命令語」の出現状況

表 5.9: テスト会話No.13における音声認識の正誤判定の一例.

発話ID	話者	発話テキスト (正解)	発話テキスト (音声認識)	発話検出 OK/NG	音声認識・意味正解 OK/NG
1	d	お昼なんです	昼なんです	OK	OK
2	d	けどー	けどー	OK	OK
3	d	このへんで	N/A	OK	NG
4	d	どっか	N/A	OK	NG
5	d	何か	N/A	OK	NG
6	d	食べますか	食べますか	OK	OK
7	c	うーん	N/A	OK	NG
8	b	何	-	NG	NG
9	b	食べたいですか	N/A	OK	NG
10	b	何か	なんか	OK	OK
11	d	このへん	N/A	OK	NG
12	d	全然	N/A	OK	NG
13	d	わかんないんですよー	わかんないんですよ	OK	OK
14	b	私も	私も	OK	OK
15	b	わからないんで	わかんないんで	OK	OK
16	b	今日	N/A	OK	NG
17	b	寒いから	寒いから	OK	OK
18	b	温かいものが	あったかいものが	OK	OK
19	b	いいかなと思うんですけど	N/A	OK	NG
20	d	うーん	うーん	OK	OK
21	c	確かに	N/A	OK	NG
22	a	そうだね	N/A	OK	NG
23	d	温かいもの	N/A	OK	NG
24	a	からいもの	からいもの	OK	OK
25	a	どかって大丈夫	N/A	OK	NG
26	a	ですかね	N/A	OK	NG
27	b	からいの好きです	大好きです	OK	OK
28	a	ねー何か韓国のが	韓国のが	OK	OK
29	a	出てきたよ	N/A	OK	NG
30	b	私も	わたしも	OK	OK
31	b	調べたら	調べたら	OK	OK
32	b	中華系	N/A	OK	NG
33	b	いっぱい	N/A	OK	NG
34	b	出て	-	NG	NG
35	b	きて	N/A	OK	NG
36	d	ふーん	N/A	OK	NG
37	b	子どもがいたら	子供がいたら	OK	OK
38	b	からいものって	からいものって	OK	OK
39	b	食べられないから	N/A	OK	NG
40	c	そうーん	そう	OK	OK
41	b	いいかも	ハイカモ	OK	NG
42	c	食べられないよね	N/A	OK	NG
43	c	キムチ鍋	N/A	OK	NG
44	c	とかねー	あの一	OK	NG
45	c	食べたく	N/A	OK	NG
46	c	なつてもねー	N/A	OK	NG
47	b	無理	無理	OK	OK
48	b	ですよーねー	ですよーね	OK	OK
49	b	ねー	N/A	OK	NG
50	b	タイ料理とか	N/A	OK	NG

表 5.10: 辞書照合による意図, 場所, カテゴリの抽出結果の正誤判定例.

発話 ID	話者	意図 辞書照合			場所 辞書照合			カテゴリ 辞書照合		
		正解テキスト	音認識テキスト	OK/NG	正解テキスト	音認識テキスト	OK/NG	正解テキスト	音認識テキスト	OK/NG
1	d									
2	d									
3	d									
4	d									
5	d									
6	d	食べますか :質問	食べますか :質問	OK						
7	c									
8	b									
9	b	ですか :質問		NG						
10	b									
11	d									
12	d									
13	d									
14	b									
15	b									
16	b									
17	b									
18	b							温かいもの :料理	あったかいもの :料理	OK
19	b	かな :質問		NG						
20	d									
21	c									
22	a	そうだね :肯定		NG						
23	d							温かいもの :料理		NG
24	a							からいもの :料理	からいもの :料理	OK
25	a									
26	a	ですか :質問		NG						
27	b	好きです :肯定	好きです :肯定	OK						
28	a				韓国:アジア	韓国:アジア	OK	からいもの :料理		NG
29	a									
30	b									
31	b									
32	b							中華系 :中華		NG
33	b									
34	b									
35	b									
36	d									
37	b									
38	b									
39	b									
40	c									
41	b	いいかも :肯定		OK						
42	c	よね :質問		NG						
43	c							キムチ 鍋 :韓国料理		NG
44	c									
45	c									
46	c									
47	b									
48	b	よね :質問	よね :質問	OK	タイ:アジア		NG	タイ料理 :タイ料理		NG
49	b									
50	b									

(これらの語を含む発話数率)を, グループの親密度や関係性を推定するために利用した. これらの語彙についても, それぞれ, 専用辞書を用意し, 発話テキストに含まれる該当語を抽出した.

テスト会話中の発話の音声認識テキストおよび正解テキストを, 各辞書と照合して, 『意図』, 話題となっている『カテゴリ』, 『場所』, 「親密語」, 「丁寧語」, 「命令語」を抽出した. 辞書照合による, 『意図』, 話題となっている『カテゴリ』, 『場所』の抽出結果の正誤判定例(テスト会話No.13の最初の50発話)は表5.10に, 「丁寧語」, 「命令語」の抽出結果の正誤判定例(テスト会話No.13の発話からの抜粋)は表5.11に示すようになった.

テスト会話全体では, 表5.12に示すように, 『意図』は正解発話テキストから57.4% (5115発話中2937発話), 音声認識テキストから38.9% (5115発話

表 5.11: 辞書照合による親密語, 丁寧語, 命令語の抽出結果の正誤判定例.

発話 ID	話者	宛先	親密語 辞書照合			丁寧語 辞書照合			命令語 辞書照合		
			正解テキスト	音認識テキスト	抽出 OK/NG	正解テキスト	音認識テキスト	抽出 OK/NG	正解テキスト	音認識テキスト	抽出 OK/NG
1	d	all									
2	d	all	け どー	け どー	OK						
3	d	all									
4	d	all	どっか	NA	NG						
5	d	all									
6	d	all									
7	c	d	うーん	NA	NG						
8	b	all									
18	b	all									
19	b	all	かな	NA	NG						
20	d	d	うーん	うーん	OK						
21	c	b									
22	a	b	そうだね	NA	NG						
23	d	all									
24	a	b									
25	a	b									
26	a	all	ですかね	NA							
27	b	all									
28	a	all									
29	a	all	出てきたよ	NA	NG						
30	b	a									
41	b	d	いいかも	ハイカモ	NG						
42	c	d	よね	NA	NG						
43	c	d									
47	b	all									
48	b	c	よね	よね	OK						
49	b	d									
50	b	all									
61	d	0							くれよ	くれよ	OK
72	c	0				ございます	ございます	OK			

表 5.12: 辞書照合による意図, カテゴリ, 場所, 親密語, 丁寧語, 命令語の抽出結果.

	(1)正解発話テキスト		(2)音声認識発話テキスト	
意図	2937 / 5115	57.4%	1989 / 5115	38.9%
カテゴリ	1844 / 5115	36.1%	1321 / 5115	25.8%
場所	1071 / 5115	20.9%	670 / 5115	13.1%
親密語	1546 / 5115	30.2%	721 / 5115	14.1%
丁寧語	115 / 5115	2.3%	40 / 5115	0.8%
命令語	78 / 5115	1.5%	32 / 5115	0.6%

表 5.13: 特定語彙（『カテゴリ』, 『場所』）等から討議の話題を特定した例.

時刻	発話ID	話者	発話テキスト (正解データ)	意図 (正解データ)	抽出した「話題のカテゴリ」			抽出した「話題の場所」			特定した 話題
					大分類	中分類	小分類	大分類	中分類	小分類	
11:59:15	1	d	昼食場所をどこにするか、決めようよ。	話題 切り出し	飲食	昼食	—	—	—	—	↑ 昼食
11:59:23	2	b	北鎌倉のイタリアン「タケル クインディチ」はどおー。	提案	飲食	イタリアン	タケル クインディチ	—	神奈川	鎌倉	↑ イタリアン
11:59:32	3	c	イタリアンよりは、由比ヶ浜海岸沿いの海鮮料理がいいなあ。	提案	飲食	イタリアン	海鮮料理	—	神奈川	由比ヶ浜	↑ 海鮮料理
11:59:42	4	a	そうだね、海の近くの店がいいね。	肯定	飲食	—	—	野外	海	—	
11:59:51	5	d	それなら、おお勧めは、「アールズハウス」だよ。	肯定	飲食	海鮮料理	アールズハウス	—	—	—	
12:00:02	5	b	わかった。じゃあ、お勧めの「アールズハウス」に行こう。	肯定	飲食	海鮮料理	アールズハウス	—	—	—	
12:00:10	6	d	じゃー、由比ヶ浜へ行くことにするよー。	集約	—	—	—	—	神奈川	由比ヶ浜	↑ 天気
12:00:21	7	a	ところで、天気はどうかなあ。	質問	天気	—	—	—	—	—	
12:00:27	8	c	ずっと晴れるって、天気予報がでてるよ。	—	天気	—	—	—	—	—	
12:00:35	9	a	それはいい。心配ないね。	肯定	—	—	—	—	—	—	↑ カラオケ
12:00:42	10	d	今晚、カラオケに行かないかい？	提案	音楽	カラオケ	—	—	—	—	
12:00:49	11	b	それいいね、久しぶりにカラオケ行きたいね。	肯定	音楽	カラオケ	—	—	—	—	

中1989発話), 『カテゴリ』は正解発話テキストから36.1% (5115発話中1844発話), 音声認識テキストから25.8% (5115発話中1321発話), 『場所』は正解発話テキストから20.9% (5115発話中1071発話), 音声認識テキストから13.1% (5115発話中670発話), 「親密語」は正解発話テキストから30.2% (5115発話中1546発話), 音声認識テキストから14.1% (5115発話中721発話), 「丁寧語」は正解発話テキストから2.3% (5115発話中115発話), 音声認識テキストから0.8% (5115発話中40発話), 「命令語」は正解発話テキストから1.5% (5115発話中78発話), 音声認識テキストから0.6% (5115発話中32発話), それぞれ抽出することができた。

【「会話内での話題」の特定, 「提案に対する討議」の発話の選別手順】

推定した発話意図の情報と, 専用辞書を用いて, 発話テキストから抽出した「話題となっている『カテゴリ』」や「話題となっている『場所』」を用いて, 会話内での話題を特定した. この「特定した話題」の情報は, 3.4.5節 段階(iv)で示す各メンバの意図「提案」の発話に対する討議の発話時間 (討議発話時間) を推定する際に, 同じ話題が続いているのかどうかを判別するために利用した.

個々の「提案」に対する「討議時間」は、意図「提案」の次の発話から、次の意図「提案」の前の発話までとすることを基本とするが、意図「提案」の発話意図が推定できない場合や、「提案」に対する「討議」の後に、「雑談的な発話」（討議以外の内容の発話）が入る場合があり、特定した話題の情報を併用して、「討議時間」を推定することとした。

会話参加メンバの意図「提案」の発話に対する「討議」の話題の特定し、提案に対する討議の発話を選別する手順を以下に、また、発話テキストの特定語彙（『カテゴリ』、『場所』を示す語）から話題を特定した一例を、表5.13に示す。

- 1) 『カテゴリ』、『場所』の抽出用辞書には、表3.3, 3.4に示すように、「大分類」、「中分類」、「小分類」の階層ごとに語彙を登録する。たとえば、「大分類」が「食物・飲食」の場合、その「中分類」には、「イタリアン」、「海鮮料理」、「中華料理」といった料理の種類等、「小分類」には「北京飯店」、「アールズハウス」、「つばめグリル」といった店舗名等の語を登録する。
- 2) 意図「提案」の発話および、それ以降の発話のテキストを、『カテゴリ』の抽出用辞書と照合して、『カテゴリ』の語を抽出する。

『カテゴリ』が大分類の語だけと一致した場合はその大分類を、中分類または小分類の語で一致した場合はその中分類が、当該提案に対する討議での話題であると特定する。

小分類よりも中分類を優先する理由は、意図「提案」の後、同じ中分類（同じ種類の料理等）で、小分類（具体的な店舗名等）が異なる発話（意図「提案」以外）が行われる場合、意図「提案」の発話をきっかけとして、同じ種類の料理等について、具体的な話し合いが行われ、討議が続いていると推測されるからである。

なお、同じ発話に複数の抽出語が含まれている場合、発話内の最後に出てくる抽出語により、『カテゴリ』を抽出する。これは、以下の『場所』を抽出する場合でも同様とする。

- 3) 意図「提案」の発話および、それ以降の発話のテキストを、『場所』の抽出用辞書と照合して、『場所』の語を抽出する。上記1)項と同様に、『場所』

が大分類の語だけと一致した場合はその大分類を, 中分類または小分類の語で一致した場合はその中分類を話題の場所であると特定する.

- 4) テキストに『カテゴリ』の抽出語が含まれていない発話では, 『場所』の抽出語が含まれていないかを確認し, 含まれている場合は, その前の意図「提案」の発話の『場所』と当該発話の『場所』が一致すれば, 「提案」の発話以降, 同じ話題が継続していると推定する. また, 『カテゴリ』の抽出語が含まれていない複数の発話で連続して『場所』が一致しない場合は, 会話中の話題が変わり, 異なる『場所』の前の発話で, 当該提案に対する討議が終了したと推定する.
- 5) テキストに『カテゴリ』および『場所』の抽出語が含まれていない発話では「話題: 不明」とし, 前の発話での話題が継続していると推定する.
- 6) 「提案」の発話発生後, いずれかのメンバから, 『カテゴリ』の異なる大分類の語が, 複数回, 発せられた場合は, 会話中の話題が変わり, 異なる大分類の前の発話で, 当該提案に対する討議が終了したと推定する.
- 7) 上記5)項に該当することなく, 次の意図「提案」の発話が発生した場合は, その話題が何であるかに関わらず, 次の意図「提案」の前の発話で, 当該提案に対する討議が終了したと推定する.

5.3.6 討議会話における発話意図の推定

本研究では討議の会話を対象とし, 3.4.4節で述べたように, i)話題の切出し, ii)提案・希望・依頼, iii)質問・疑問, iv)回答・反応 (肯定・否定を除く), v)肯定・了解, vi)否定・反対, vii)集約, viii)その他の8区分の大まかな発話意図を設定し, 各発話の意図がいずれであるかを判別した. そして, 音声データの処理⁶ (図5.4) では, 5.8.1, 5.8.4節で示すような, テキストの形態素および音響的特徴量による推定手法 (提案手法) を利用して, 各発話の意図を推定した. 表5.6に示す測定データ項目では (13)発話意図が該当し, このデータが提案手法により, 各発話の意図を推定した結果となる. なお, 発話意図の推定手法については, 5.8節に示す.

テスト会話での発話意図推定の一例として, テスト会話No.13の最初の50発話での意図推定結果を表5.14に示す. 本表では, 発話意図を, i)話題の切出

発話テキスト	音素一覧	推定音素	推定の	推定音図(再掲)
--------	------	------	-----	----------

発話ID	話者	発話テキスト (正解)	意図正解	推定意図	推定の 正(1)誤(0)	推定意図 (再掲)								
						i)切出しbe	ii)提案pr	iii)質問qu	iv)回答an	v)肯定po	vi)否定ne	vii)集約fi	viii)その他	
1	d	お昼なんです	be	be	1	1	0	0	0	0	0	0	0	
2	d	けどー	be	ne	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
3	d	このへん で	pr	pr	1	0	1	0	0	0	0	0	0	
4	d	どっか	pr	qu	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
5	d	何か	pr	qu	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
6	d	食べますか	pr	qu	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
7	e	うーん	an	an	1	0	0	0	1	0	0	0	0	
8	b	何	qu	ot	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
9	b	食べたいですか	qu	qu	1	0	0	1	0	0	0	0	0	
10	b	何か	an	an	1	0	0	0	1	0	0	0	0	
11	d	このへん	an	an	1	0	0	0	1	0	0	0	0	
12	d	全然	an	an	1	0	0	0	1	0	0	0	0	
13	d	わかんないん ですよー	an	an	1	0	0	0	1	0	0	0	0	
14	b	私も	pr	pr	1	0	1	0	0	0	0	0	0	
15	b	わからないんで	pr	pr	1	0	1	0	0	0	0	0	0	
16	b	今日	pr	qu	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
17	b	寒いから	pr	pr	1	0	1	0	0	0	0	0	0	
18	b	温かいものが	pr	pr	1	0	1	0	0	0	0	0	0	
19	b	いいかなと思うんですけど	pr	pr	1	0	1	0	0	0	0	0	0	
20	d	うーん	an	an	1	0	0	0	1	0	0	0	0	
21	c	確かに	po	ot	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
22	a	そうだね	po	po	1	0	0	0	0	1	0	0	0	
23	d	温かいもの	pr	pr	1	0	1	0	0	0	0	0	0	
24	a	からいもの	qu	qu	1	0	0	1	0	0	0	0	0	
25	a	とかって大丈夫	qu	qu	1	0	0	1	0	0	0	0	0	
26	a	ですかね	qu	ot	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
27	b	からの好きです	po	po	1	0	0	0	0	1	0	0	0	
28	a	ねー 何か 韓国 の が	pr	pr	1	0	1	0	0	0	0	0	0	
29	a	出てきたよ	pr	pr	1	0	1	0	0	0	0	0	0	
30	b	私も	an	an	1	0	0	0	1	0	0	0	0	
31	b	調べたら	an	an	1	0	0	0	1	0	0	0	0	
32	b	中華系	an	qu	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
33	b	いっぱい	an	an	1	0	0	0	1	0	0	0	0	
34	b	出て	an	ot	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
35	b	きて	an	an	1	0	0	0	1	0	0	0	0	
36	d	ふーん	an	an	1	0	0	0	1	0	0	0	0	
37	b	子どもがいると	an	an	1	0	0	0	1	0	0	0	0	
38	b	からいものって	an	an	1	0	0	0	1	0	0	0	0	
39	b	食べられないから	an	an	1	0	0	0	1	0	0	0	0	
40	c	そううーん	po	po	1	0	0	0	0	1	0	0	0	
41	b	いかめ	po	po	1	0	0	0	0	1	0	0	0	
42	c	食べられないよね	an	qu	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
43	c	キムチ 鍋	an	qu	0	0	0	1	1	0	0	0	0	
44	c	とかねー	an	an	1	0	0	0	1	0	0	0	0	
45	c	食べたく	pr	pr	1	0	1	0	0	0	0	0	0	
46	c	なってもねー	pr	pr	1	0	1	0	0	0	0	0	0	
47	b	無理	ne	ne	1	0	0	0	0	0	1	0	0	
48	b	ですよーねー	ne	po	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
49	b	ねー	ot	qu	0	0	0	1	0	0	0	0	0	
50	b	タイ料理 とか	pr	pr	1	0	1	0	0	0	0	0	0	
			推定正解率		72.0%	1	12	10	合計発話数		5	2	0	4

し: *beg*, ii) 提案・希望・依頼: *pro*, iii) 質問・疑問: *ques*, iv) 回答・反応(肯定・否定を除く): *ans*, v) 肯定・了解: *pos*, vi) 否定・反対: *neg*, vii) 集約: *fin*, viii) その他: *oth*の略称で示した。テスト会話での各発話が、これら8区分のいずれの意図と推定されたのか等の状況を取りまとめた。当該50発話では意図推定の正解率は72.0%となった。ここで得られた発話意図の情報を用いて、発話の宛先とグループ・メンバのつながりや、提案・討議等の状況の推定を行う(5.4～5.5節)。なお、テスト会話全体での意図推定の検証結果については、5.8.1～5.8.4節に、正解データと比較して正誤判定を行った結果については、5.8.5節(表5.38)に示す。

5.4 発話の宛先とグループ・メンバのつながり

5.4節では、本実験の会話データから推定された発話意図(5.3.6節)を用いて、発話の宛先とグループ・メンバのつながりを推定した結果について、以下に述べる。

音声データの処理5(図5.4)では、処理4で推定した発話意図等のデータを集計した意図別の発話発生状況から、発話の宛先(メンバa → メンバb宛, メンバb → メンバa宛等, どのメンバに向けた発話であるのかを示す)や、会話におけるメンバ間のつながり(メンバa → メンバb, メンバb → メンバa等, 方向性を含めてメンバ間での発話の有無によりつながりを示す)を、以下の手順により推定する。なお、表5.6に示す測定データ項目では、項目(8)発話の宛先が、ここで推定する発話の宛先のデータになる。

1) 意図が「提案」、「切出し」、「集約」である発話の宛先

話者 m の発話 u_n の意図 I_n が、提案 pro , 切出し beg , 集約 fin のいずれかである場合は、その発話 u_n の宛先 D_n は、話者 m 以外の全員宛であるとみなし、発話の宛先を特定した。全員宛であると特定した発話は、1つの発話で全メンバ宛として、複数の宛先を持つ発話として集計した。

2) 意図が「質問」、「回答・反応」、「肯定」、「否定」、「その他」の発話の宛先

話者 m の発話 u_n の意図 I_n が、質問 $ques$, 回答・反応 ans , 肯定 pos , 否定 neg , その他 oth である場合、その発話 u_n の宛先 D_n は、その前の提案 pro の発話 u_{n-1} の話者 x_{n-1} であるとみなした。

表 5.15: グループのメンバ間のつながり推定結果の例.

発話 ID	発話テキスト (正解)	正解意図	推定意図	推定の正誤	話者	発話の宛先 (意図から推定)	a→b 発話数	a→c 発話数	a→d 発話数	b→a 発話数	b→c 発話数	b→d 発話数	c→a 発話数	c→b 発話数	c→d 発話数	d→a 発話数	d→b 発話数	d→c 発話数
1	お昼なんです	be	be	OK	d	all	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
2	けどー	be	ne	NG	d	all	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
3	このへんで	pr	pr	OK	d	all	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
4	どっか	pr	qu	NG	d	all	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
5	何か	pr	qu	NG	d	all	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
6	食べますか	pr	qu	NG	d	all	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
7	うーん	an	an	OK	c	d	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
8	何	qu	ot	NG	b	all	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
9	食べたいですか	qu	qu	OK	b	d	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
10	何か	an	an	OK	b	all	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
11	このへん	an	an	OK	d	b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
12	全然	an	an	OK	d	all	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
13	わかんないんですよー	an	an	OK	d	all	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
14	私も	pr	pr	OK	b	all	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
15	わからないんで	pr	pr	OK	b	all	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
16	今日	pr	qu	NG	b	all	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
17	寒いから	pr	pr	OK	b	all	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
18	温かいものが	pr	pr	OK	b	all	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
19	いいかなと思うんですけど	pr	pr	OK	b	all	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
20	うーん	an	an	OK	d	b	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	確かに	po	ot	NG	c	b	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
22	そうだね	po	po	OK	a	b	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	温かいもの	pr	pr	OK	d	all	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
24	からいもの	qu	qu	OK	a	b	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	とかって大丈夫	qu	qu	OK	a	b	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	ですかね	qu	ot	NG	a	all	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	からの好きです	po	po	OK	b	all	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
28	ねー何か韓国のが	pr	pr	OK	a	all	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	出てきたよ	pr	pr	OK	a	all	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	私も	an	an	OK	b	a	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
31	調べたら	an	an	OK	b	a	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
32	中華系	an	qu	NG	b	a	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
33	いっぱい	an	an	OK	b	d	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
34	出て	an	ot	NG	b	all	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
35	きて	an	an	OK	b	d	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
36	ふーん	an	an	OK	d	d	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	子どもがいますと	an	an	OK	b	d	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
38	からいものって	an	an	OK	b	d	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
39	食べられないから	an	an	OK	b	d	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
40	そううーん	po	po	OK	c	d	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	いいかも	po	po	OK	b	d	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
42	食べられないよね	an	qu	NG	c	d	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
43	キムチ鍋	an	qu	NG	c	d	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
44	とかねー	an	an	OK	c	a	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
45	食べたく	pr	pr	OK	c	all	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
46	なってもねー	pr	pr	OK	c	all	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
47	無理	ne	ne	OK	b	all	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
48	ですよーねー	ne	po	NG	b	c	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
49	ねー	ot	qu	NG	b	d	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
50	タイ料理とか	pr	pr	OK	b	all	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0
		推定正解率		72.0%		合計発話数	6	3	3	15	13	20	3	3	5	9	10	9

ここで話者 $m : i, j, \dots, k$ (ただし, 当該発話の話者は, 宛先 D_n の対象から除く), n, l は任意の数とすると, これら 1), 2) の発話宛先の判定は, 以下の Algorithm 5.1 に示される.

3) 発話によるメンバのつながり

上記の 1), 2) 項により, 各発話のつながり (いずれのメンバ宛に発せられたのか) を特定し, 各メンバ区間ごとに発生した発話を集計した. これにより, 会話における各メンバのつながりとしてまとめた.

Algorithm 5.1 話者 m の発話 u_n の宛先 D_n の判定

```

1: procedure 発話  $u_n$  の意図  $I_n$  の判定
2:   if 意図  $I_n$  = 提案 pro OR 切出し beg OR 集約 fin then
3:     ▶ 発話  $u_n$  の宛先は話者  $m$  を除く全員宛
4:   else
5:     意図  $I_n$  = 質問 ques OR 回答・反応 ans OR 肯定 pos OR 否定 neg
6:       OR その他 oth
7:     ▶ 発話  $u_n$  の宛先  $D_n$  は, その前の提案 pro の発話  $u_{n-l}$  の話者  $x_{n-l}$ 
8:   end if
9: end procedure

```

上記の手順を実施し, 各発話の宛先と, 会話における各メンバのつながりを推定した. テスト会話において, 各発話の宛先, メンバ区間ごとの発話数等を集計した一例は, 表 5.15 に示すとおりである. これは, テスト会話 No.13 の最初の 50 発話での, 各発話の宛先等の集計結果を示す. 本表では, 発話意図を, i) 話題の切出し: *beg*, ii) 提案・希望・依頼: *pro*, iii) 質問・疑問: *ques*, iv) 回答・反応 (肯定・否定を除く): *ans*, v) 肯定・了解: *pos*, vi) 否定・反対: *neg*, vii) 集約: *fin*, viii) その他: *oth* の略称で示した. 上記の手順に従い, テスト会話での各発話が, どのメンバ宛の発話と推定されたのか, 各メンバ間でどれくらいの発話数が発生しているのかの状況を取りまとめた. このようにして得られた「発話の宛先とグループ・メンバのつながり」の情報をを用いて, 以下の「提案・討議等の状況」の推定を行う.

5.5 提案・討議等の状況

5.5節では、本実験のデータから推定した発話意図（5.3.6節）や、発話の宛先とグループ・メンバのつながり（5.4節）のデータ等を用いて、会話において、メンバが各自の希望や依頼を提案したり、各提案について討議したり、意見を集約したりしている状況（以下、「提案・討議等の状況」という）を推定した結果について、以下に述べる。

5.5.1 提案・討議等の状況

3.4.1節 (27)項、3.2.2節で述べたように、本研究では、提案・討議状況として、討議会話における、(i)討議開始・未提案、(ii)意見の表明（提案）・未反応、(iii)意見への反応、(vi)意見の討議、(v)グループとしての意見集約・決議の状況に着目して、グループ内の状況をとらえる。発話の宛先とグループ・メンバのつながり（5.4節）のデータや、発話テキストから関連語彙を抽出した結果から、提案・討議状況を推定する（3.4.4節）。

音声データの処理8（図5.4）では、処理6、7で推定した発話意図や発話の宛先とグループ・メンバのつながり等のデータを活用して、推定を行う。

討議の会話での各メンバの意見の表明や意見への反応・討議等の状況は、3.4.1節 (27)項で示したように、段階(i)自身の意見を提案できていない状況（初期状況）、段階(ii)提案後、自身の提案に対して反応されていない状況、段階(iii)自身の提案が討議されていない状況、段階(iv)グループ全体の討議結果が集約されていない状況、段階(v)グループ全体の討議結果が集約された状況の5段階に分けてとらえる。

書き起こしテキストに基づいて人手によって作成した発話意図の正解データと、話題の『カテゴリ』等の抽出結果を用いて、テスト会話での提案・討議状況の推定結果を、正誤判定すると、表5.16に示すとおりとなった。評価データ（18会話5115発話）から得られた意図ごとの発話集計データ、発話の宛先・つながり推定結果を利用して提案・討議等の状況を推定し、それを正解データに基づき、正誤判定した。その結果、評価データの88.2%（総計270/306）の提案・討議等の状況を推定することができた。

表 5.16: テスト会話における提案・討議等状況の推定結果.

段階	提案・討議等状況の段階 推定結果									
	メンバa		メンバb		メンバc		メンバd		合計	
段階(i) Stage ₁	16/18	88.9%	14/18	77.8%	16/18	88.9%	17/18	94.4%	63 / 72	87.5%
段階(ii) Stage ₂	18/18	100.0%	16/18	88.9%	15/18	83.3%	16/18	88.9%	65 / 72	90.3%
段階(iii) Stage ₃	17/18	94.4%	16/18	88.9%	15/18	83.3%	15/18	83.3%	63 / 72	87.5%
段階(iv) Stage ₄	16/18	94.4%	16/18	88.9%	15/18	83.3%	17/18	94.4%	64 / 72	88.9%
段階(v) Stage ₅	(グループ共通)								15 / 18	83.3%
総計									270 / 306	88.2%

5.5.2 メンバの提案・討議等に関わる時間と時間率

討議の会話での各メンバの意見の表明や意見への反応・討議等の状況(3.4.1節 (27)項)は、図3.5に示すように、段階(i) (初期状況)：自身の意見を提案できていない状況，段階(ii)：自身の提案に対して反応されていない状況，段階(iii)：自身の提案が討議されていない状況，段階(iv)：自身の提案が討議されていない状況，段階(v)：グループ全体の討議結果が集約された状況の、段階(i)～段階(v)の5段階に分けてとらえた。

そして、5.4節に示した発話の宛先や、5.5.1節に示した提案・討議等の状況の推定結果に基づき、グループ状態や満足度に関する特徴量データのうち、提案・討議等の状況を示す特徴量として、各テスト会話でのメンバの提案待ち時間率、提案発話時間率、提案発話数率、未反応時間率、討議時間率、討議発話数率を、以下のように算出した。

(1)提案待ち時間率

会話中の任意タイミング t_n におけるメンバ m の「提案待ち時間率」 $T_{r1-m-tn}$ は、会話開始から任意タイミング t_n までの提案待ち時間を T_{1-m-tn} 、会話開始から任意タイミング t_n までの会話時間を T_{all-tn} とした場合の、会話時間に占める提案待ち時間の割合(%)である。

$$\text{提案待ち時間率 } T_{r1-m-tn} = \text{提案待ち時間 } T_{1-m-tn} / \text{会話時間 } T_{all-tn} \quad (5.5)$$

(2)提案発話時間率, 提案発話数率

会話中の任意タイミング t_n におけるメンバ m の「提案発話時間率」 T_{r2-m-t_n} は, 会話開始から任意タイミング t_n までの提案の発話時間を T_{2-m-t_n} , 会話開始から任意タイミング t_n までの会話時間を T_{all-t_n} とした場合の, 会話時間に占める提案の発話時間の割合(%)である. なお, これは, 発話意図が「提案」である発話の時間率(全発話に占める「提案」の発話数の割合(%))と等しいものとなる.

$$\text{提案発話時間率 } T_{r2-m-t_n} = \text{提案発話時間 } T_{2-m-t_n} / \text{会話時間 } T_{all-t_n} \quad (5.6)$$

また, メンバ m の提案発話数率は, 会話開始から任意タイミング t_n までの全発話に占める, 提案の発話数の割合(%)である.

$$\text{提案発話数率 } PU_{r-m-t_n} = \text{提案発話数 } PU_{m-t_n} / \text{累計発話数 } PU_{all-t_n} \quad (5.7)$$

(3)未反応時間率

会話中の任意タイミング t_n におけるメンバ m の「未反応時間率」 T_{r3-m-t_n} は, 会話開始から任意タイミング t_n までにおいて, 提案に対して未反応である時間を T_{3-m-t_n} , 会話開始から任意タイミング t_n までの会話時間を T_{all-t_n} とした場合の, 会話時間に占める未反応時間の割合(%)である.

$$\text{未反応時間率 } T_{r3-m-t_n} = \text{未反応時間 } T_{3-m-t_n} / \text{会話時間 } T_{all-t_n} \quad (5.8)$$

(4)討議発話時間率, 討議発話数率

会話中の任意タイミング t_n におけるメンバ m の「討議発話時間率」 T_{r4-m-t_n} は, 会話開始から任意タイミング t_n までの, 提案に対する討議の発話時間を T_{4-m-t_n} , 会話開始から任意タイミング t_n までの会話時間を T_{all-t_n} とした場合の, 会話時間に占める討議発話時間の割合(%)である.

$$\text{討議時間率 } T_{r4-m-t_n} = \text{討議時間(msec) } T_{4-m-t_n} / \text{会話時間 } T_{all-t_n} \quad (5.9)$$

表 5.17: テスト会話No.13における提案・討議等の時間・時間率の算出例.

発話ID	話者	発話テキスト (音声認識)	推定意図	推定の 正(1)誤(0)	抽出した「話題カテゴリ」		特定した 話題	話題推定の 正(1)誤(0)	メンバーa 談話時間 (sec)				メンバーb 談話時間率(%) [談話時間/経過時間]			
					大分類	中分類			提案待ち	提案	未反応	討議	提案待ち	提案	未反応	討議
1	d	昼なんです	切出	1	飲食	昼食	昼食	1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
2	d	けどー	否定	0					2.2	0.0	0.0	0.0	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%
3	d	N/A	提案	1					3.4	0.0	0.0	0.0	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%
4	d	N/A	質問	0					5.7	0.0	0.0	0.0	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%
5	d	N/A	質問	0					7.1	0.0	0.0	0.0	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%
6	d	食べますか	質問	1	飲食	食事	食事	1	8.4	0.0	0.0	0.0	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%
7	c	N/A	回答	0					9.5	0.0	0.0	0.0	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%
8	b	-	-	0					11.5	0.0	0.0	0.0	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%
9	b	N/A	質問	0	飲食	食事	-	0	13.3	0.0	0.0	0.0	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%
10	b	なんか	回答	1					14.8	0.0	0.0	0.0	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%
11	d	N/A	回答	0					15.9	0.0	0.0	0.0	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%
12	d	N/A	回答	0					17.2	0.0	0.0	0.0	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%
13	d	わかんないんですよ	回答	1					19.4	0.0	0.0	0.0	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%
14	b	私も	提案	1					19.4	1.8	0.0	0.0	100.0%	10.2%	0.0%	0.0%
15	b	わかんないんで	提案	1					19.4	3.4	0.0	0.0	100.0%	17.5%	0.0%	0.0%
16	b	N/A	質問	0					19.4	5.1	0.0	0.0	92.4%	24.3%	0.0%	0.0%
17	b	寒いから	提案	1					19.4	6.3	0.0	0.0	85.5%	27.8%	0.0%	0.0%
18	b	あったかいものが	提案	1	飲食	温かいもの	温かいもの	1	19.4	7.7	0.0	0.0	81.2%	32.2%	0.0%	0.0%
19	b	N/A	提案	1					19.4	9.8	0.0	0.0	76.7%	38.7%	0.0%	0.0%
20	d	うーん	回答	0					19.4	9.8	0.6	2.5	70.8%	35.8%	2.2%	8.9%
21	c	N/A	他	0					19.4	9.8	0.6	4.0	69.3%	35.0%	2.1%	13.4%
22	a	N/A	肯定	0					19.4	9.8	0.6	6.2	64.9%	32.8%	2.0%	19.7%
23	d	N/A	提案	1	飲食	温かいもの	-	1	21.6	9.8	0.6	6.2	68.8%	31.2%	1.9%	19.7%
24	a	からいもの	質問	0	飲食	からいもの	からいもの	0	24.3	9.8	0.6	6.2	72.3%	29.2%	1.8%	18.5%
25	a	N/A	質問	0					25.9	9.8	0.6	6.2	71.3%	27.0%	1.7%	17.1%
26	a	N/A	他	0					27.0	9.8	0.6	6.2	71.2%	25.9%	1.6%	16.4%
27	b	大好きです	肯定	1					28.4	9.8	0.6	6.2	72.8%	25.1%	1.5%	15.9%
28	a	韓国のが	回答	1					30.7	9.8	0.6	6.2	76.0%	24.3%	1.5%	15.3%
29	a	N/A	回答	1					32.0	9.8	0.6	6.2	74.9%	23.0%	1.4%	14.5%
30	b	わたしも	回答	1					34.0	9.8	0.6	6.2	77.3%	22.3%	1.4%	14.1%
31	b	調べたら	回答	1					35.0	9.8	0.6	6.2	76.1%	21.3%	1.3%	13.5%
32	b	N/A	質問	0					36.0	9.8	0.6	6.2	76.6%	20.9%	1.3%	13.2%
33	b	N/A	回答	1					37.0	9.8	0.6	6.2	77.1%	20.4%	1.3%	12.9%
34	b	-	他	0					37.0	9.8	0.6	6.2	75.5%	20.0%	1.2%	12.7%
35	b	N/A	回答	1					38.0	9.8	0.6	6.2	77.6%	20.0%	1.2%	12.7%
36	d	N/A	回答	1					38.7	9.8	0.6	6.2	77.4%	19.6%	1.2%	12.4%
37	b	子供がいると	回答	1					41.3	9.8	0.6	6.2	81.5%	19.3%	1.2%	12.2%
38	b	からいものって	回答	1					42.9	9.8	0.6	6.2	80.5%	18.4%	1.1%	11.6%
39	b	N/A	回答	1					44.0	9.8	0.6	6.2	80.1%	17.9%	1.1%	11.3%
40	c	そう	肯定	1					45.4	9.8	0.6	6.2	81.1%	17.5%	1.1%	11.1%
41	b	ハイカモ	肯定	1					46.4	9.8	0.6	6.2	80.8%	17.1%	1.0%	10.8%
42	c	N/A	質問	1					48.0	9.8	0.6	6.2	82.2%	16.8%	1.0%	10.6%
43	c	N/A	質問	0					49.1	9.8	0.6	6.2	81.8%	16.3%	1.0%	10.3%
44	c	あの一	回答	1					50.5	9.8	0.6	6.2	82.7%	16.0%	1.0%	10.1%
45	c	N/A	提案	1					51.5	9.8	0.6	6.2	82.4%	15.7%	1.0%	9.9%
46	c	N/A	提案	1					52.5	9.8	0.6	6.2	82.7%	15.4%	0.9%	9.8%
47	b	無理	否定	1					53.7	9.8	0.6	6.2	83.3%	15.2%	0.9%	9.6%
48	b	ですよ	肯定	1					55.2	9.8	0.6	6.2	84.0%	14.9%	0.9%	9.4%
49	b	N/A	質問	1					55.7	9.8	0.6	6.2	82.9%	14.6%	0.9%	9.2%
50	b	N/A	提案	1	飲食	タイ料理	タイ料理	1	57.5	9.8	0.6	6.2	84.9%	14.5%	0.9%	9.2%
			発話検出率	96.0%				カテゴリ抽出率	10.0%							
			推定意図正解率	64.0%				推定カテゴリ正解率	71.4%							

また、メンバ m の討議発話数率は、会話開始から任意タイミング t_n までの全発話に占める、提案に対する討議発話数の割合(%)である。

$$\text{討議発話数率 } DU_{r-m-t_n} = \text{討議発話数率 } DU_{m-t_n} / \text{累計発話数 } DU_{all-t_n} \quad (5.10)$$

各テスト会話での提案待ち時間・時間率、提案時間・時間率、未反応時間・時間率、討議時間・時間率を算出した例を、表5.17に示す。テスト会話No.13の最初50発話において、会話参加者の一人であるメンバbの各該当時間および該当時間率を算出したものになる。そして、テスト会話18会話において、メンバa,b,c,dの4人の提案・討議等の該当時間を推定した結果、5.18に

表 5.18: テスト会話における提案・討議等の時間(率)の推定結果.

時間区分	提案・討議等の時間の推定精度									
	メンバーa		メンバーb		メンバーc		メンバーd		合計	
提案待ち時間	14/18	77.8%	12/18	66.7%	11/18	61.1%	12/18	66.7%	49 / 72	68.1%
提案時間	16/18	88.9%	15/18	83.3%	13/18	72.2%	14/18	77.8%	58 / 72	80.6%
未反応時間	14/18	77.8%	10/18	55.6%	10/18	55.6%	13/18	72.2%	47 / 72	65.3%
討議時間	13/18	72.2%	13/18	72.2%	12/18	66.7%	11/18	61.1%	49 / 72	68.1%
総計									203 / 288	70.5%

示すように、当時間の始まりとなる発話と終わりとなる発話の両方を推定できたものを正解とすると、全会話において、提案待ち時間・時間率の68.1%, 提案時間・時間率の80.6%, 未反応時間・時間率の65.3%, 討議時間・時間率の68.1%, 各時間の平均では70.5%を適切に推定することができた.

5.5.3 メンバ区間ごと、発話意図ごとの発話状況

表5.6に示すデータ項目(15)~(18)の発話状況集計データは、意図ごと、メンバ(話者)区間ごとに発話状況を集計したデータになる.

5.3.6節で示した発話意図、5.4節で示した発話の宛先とグループ・メンバのつながりを用いて、以下の、メンバ区間ごと、発話意図(「提案」, 「質問」, 「切出」, 「集約」)ごとの発話時間率(会話開始から会話中の任意タイミング t_n までの会話時間に占める時間比率. 単位: %)を算出した. これらは、グループ状態推定のための特徴量として用いる(6.2.2節(5)項).

- (1) メンバ区間 ij ごとの「切出」発話数率 BU_{r-ij}
- (2) メンバ区間 ij ごとの「切出」発話時間率 BT_{r-ij}
- (3) メンバ区間 ij ごとの「質問」発話数率 QU_{r-ij}
- (4) メンバ区間 ij ごとの「質問」発話時間率 QT_{r-ij}
- (5) メンバ区間 ij ごとの「回答」発話数率 RU_{r-ij}
- (6) メンバ区間 ij ごとの「回答」発話時間率 RT_{r-ij}
- (7) メンバ区間 ij ごとの「肯定」発話数率 PU_{r-ij}

- (8) メンバ区間 ij ごとの「肯定」発話時間率 PT_{r-ij}
- (9) メンバ区間 ij ごとの「否定」発話数率 NU_{r-ij}
- (10) メンバ区間 ij ごとの「否定」発話時間率 NT_{r-ij}
- (11) メンバ区間 ij ごとの「集約」発話数率 FU_{r-ij}
- (12) メンバ区間 ij ごとの「集約」発話時間率 FT_{r-ij}
- (13) メンバ区間 ij ごとの「その他」発話数率 OU_{r-ij}
- (14) メンバ区間 ij ごとの「その他」発話時間率 OT_{r-ij}

5.6 会話グループの特性

3.2.1節 2)項, 4.2.1節で述べたように, 本研究では, 親密度の高さや, 関係性がフラットな関係であるのか, 上下関係を持つのかによって, メンバの提案や討議の進めやすさに差異が生じ, グループ会話での発話遷移や, グループ会話の提案・討議状況に影響すると仮定する.

5.6節では, グループ状態や満足度に関する特徴量データのうち, 会話グループの特性に関連する特徴量として, 発話テキストから抽出した特定語彙(親密語, 丁寧語, 命令語)の発生状況(5.3.5節), 会話におけるメンバ間のつながりに基づく各メンバの中心性や, これらのデータと親密度・関係性に基づくグループ種別との関係等について, 以下に述べる.

5.6.1 グループ・メンバの中心性

「次数中心性」(degree centrality)は, ネットワーク内のノードと直接つながっている割合を示す指標であるが[52], 本研究では会話におけるメンバ間のつながりをとらえる値として用いる. 表5.6に示すデータ項目では, (9)メンバの入次数中心性, 出次数中心性が該当し, これらは, 会話における発話の宛先の推定結果(5.4節)を用いて, 各メンバ間のつながりの有無を集計して算出した.

(1) 入次数中心性

本研究では、「入次数中心性」(in-degree centrality)を、各メンバから特定メンバへの発話の発話者数(次数)の比率で算出し、任意のタイミング t_n におけるメンバ m の入次数中心性 $C_{in-D-t_n}(m)$ は、話者数(ノード数)を v 、任意のタイミング t_n において m 宛に発話している発話者数(次数)を $d_{in-t_n}(m)$ 、全メンバ数(次数の最大値)を $\max d_{in}(v)$ とすると、次のように示される。

$$C_{in-D-t_n}(m) = d_{in-t_n}(m) / [\max d_{in}(v) - 1] \quad (5.11)$$

(例)メンバ4人のグループで、任意のタイミング t_n において、他の全メンバ3人からメンバ m 宛に発話がある場合

$$C_{in-D-t_n}(m) = d_{in-t_n}(m) / [\max d_{in}(v) - 1] = 3 / (4 - 3) = 1$$

(2) 出次数中心性

「出次数中心性」(out-degree centrality)は、特定メンバから各メンバへの発話の宛先数(次数)の比率で算出し、任意のタイミング t_n におけるメンバ m の出次数中心性 $C_{out-D-t_n}(m)$ は、話者数(ノード数)を v 、任意のタイミング t_n において、メンバ m から各メンバへの発話の宛先数を $d_{out-t_n}(m)$ とすると、次のように示される。

$$C_{out-D-t_n}(m) = d_{out-t_n}(m) / [\max d_{out}(v) - 1] \quad (5.12)$$

(例)メンバ4人のグループで、任意のタイミング t_n において、他のメンバの2人宛へメンバ m が発話が行われている場合

$$C_{out-D-t_n}(m) = d_{out-t_n}(m) / [\max d_{out}(v) - 1] = 2 / 3 = 0.67$$

5.6.2 特定語彙を含む発話の時間率、発話数率

5.3.5節に示した、発話テキストから抽出された「親密語」、「丁寧語」、「命令語」といった特定語彙について、その発生状況を発話時間率、発話数率として、以下のとおり算出する。これらの特定語彙の発話における発生状況には、グループの親密度や関係性が表れると仮定する。

(1) メンバ m の「親密語」発話時間率, 発話数率

会話開始からの任意タイミング t_n までの, メンバ m 発 (a発, b発, ...), およびメンバ m 宛 (a宛, b宛, ...) の親密語を含む発話の, 全メンバの発話時間累計 T_{all-t_n} に占める時間比率(%)「親密語発話時間率」 $T_{r\ int-m-t_n}$, 全メンバの発話数累計に占める発話数比率(%)「親密語発話数率」 $U_{r\ int-m-t_n}$ は, 以下の式で算出される.

$$\text{親密語・発発話時間率 } T_{r\ int-m-out-t_n} = \text{親密語発話時間 } T_{int-m-out-t_n} / \text{全発話時間 } T_{all-t_n} \quad (5.13)$$

$$\text{親密語・着発話時間率 } T_{r\ int-m-in-t_n} = \text{親密語発話時間 } T_{int-m-in-t_n} / \text{全発話時間 } T_{all-t_n} \quad (5.14)$$

$$\text{親密語・発発話数率 } U_{r\ int-m-out-t_n} = \text{親密語発話数 } U_{int-m-out-t_n} / \text{全発話数 } U_{all-t_n} \quad (5.15)$$

$$\text{親密語・着発話数率 } U_{r\ int-m-in-t_n} = \text{親密語発話数 } U_{int-m-in-t_n} / \text{全発話数 } U_{all-t_n} \quad (5.16)$$

(2) メンバ m の「丁寧語」発話時間率, 発話数率

会話開始からの任意タイミング t_n までの, メンバ m 発 (a発, b発, ...), およびメンバ m 宛 (a宛, b宛, ...) の丁寧語を含む発話の, 全メンバの発話時間累計 T_{all-t_n} に占める時間比率(%)「丁寧語発話時間率」 $T_{r\ int-m-t_n}$, 全メンバの発話数累計に占める発話数比率(%)「丁寧語発話数率」 $U_{r\ int-m-t_n}$ は, 以下の式で

算出される.

$$\text{丁寧語・発話時間率 } T_{r\text{ pol-m-out-tn}} = \text{丁寧語発話時間 } T_{\text{pol-m-out-tn}} / \text{全発話時間 } T_{\text{all-tn}} \quad (5.17)$$

$$\text{丁寧語・着発話時間率 } T_{r\text{ pol-m-in-tn}} = \text{丁寧語発話時間 } T_{\text{pol-m-in-tn}} / \text{全発話時間 } T_{\text{all-tn}} \quad (5.18)$$

$$\text{丁寧語・発話数率 } U_{r\text{ pol-m-out-tn}} = \text{丁寧語発話数 } U_{\text{pol-m-out-tn}} / \text{全発話数 } U_{\text{all-tn}} \quad (5.19)$$

$$\text{丁寧語・着発話数率 } U_{r\text{ pol-m-in-tn}} = \text{丁寧語発話数 } U_{\text{pol-m-in-tn}} / \text{全発話数 } U_{\text{all-tn}} \quad (5.20)$$

(3) メンバ m ごとの「命令語」発話時間率，発話数率

会話開始からの任意タイミング t_n までの，メンバ m 発（a発，b発，...），およびメンバ m 宛（a宛，b宛，...）の命令語を含む発話の，全メンバの発話時間累計 $T_{\text{all-tn}}$ に占める時間比率(%)「命令語発話時間率」 $T_{r\text{ ord-m-tn}}$ ，全メンバの発話数累計に占める発話数比率(%)「命令語発話数率」 $U_{r\text{ ord-m-tn}}$ は，以下の式で算出される.

$$\text{命令語・発話時間率 } T_{r\text{ ord-m-out-tn}} = \text{命令語発話時間 } T_{\text{ord-m-out-tn}} / \text{全発話時間 } T_{\text{all-tn}} \quad (5.21)$$

$$\text{命令語・着発話時間率 } T_{r\text{ ord-m-in-tn}} = \text{命令語発話時間 } T_{\text{ord-m-in-tn}} / \text{全発話時間 } T_{\text{all-tn}} \quad (5.22)$$

$$\text{命令語・発話数率 } U_{r\text{ ord-m-out-tn}} = \text{命令語発話数 } U_{\text{ord-m-out-tn}} / \text{全発話数 } U_{\text{all-tn}} \quad (5.23)$$

$$\text{命令語・着発話数率 } U_{r\text{ ord-m-in-tn}} = \text{命令語発話数 } U_{\text{ord-m-in-tn}} / \text{全発話数 } U_{\text{all-tn}} \quad (5.24)$$

5.6.3 グループ種別とグループ特性の関係

3.2.1節 2)項, 5.2.2節で述べたように, 本研究では, メンバ間の親密度, メンバ間の関係性によるグループ種別 ((1)フラットな関係で親密度が高いグループ, (2)上下関係がある親密度が高いグループ, (3)上下関係がある親密度が低いグループ) を設定し, 会話状況からグループ状態を推定する際のリファレンスとした. 表5.6に示すデータ項目(10)親密度・関係性に基づくグループ種別が, テスト会話に参加するグループに事前にヒアリングして確認したグループ種別に該当する. このグループ種別は, 参加グループに確認した情報を正解データとし, 会話中にグループ種別は変化しないものとして集計した.

そして, テスト会話から, メンバ間のつながりが表れると考えられる会話参加メンバの中心性 (入次数中心性, 出次数中心性, 5.6.1節) や, グループの関係性や親密度が表れると考えられる特定語彙 (親密語, 丁寧語, 命令語) の発話状況 (5.6.2節) のデータを取得した.

ここで, テスト会話データから抽出した特定語彙 (親密語, 丁寧語, 命令語) の使用状況, 会話参加メンバの入次中心性, 出次中心性と, 親密度・関係性に基づくグループ種別との相関を調べた. 各メンバ発およびメンバ宛の発話に親密語, 丁寧語, 命令語が含まれる発話数, 会話参加メンバの入次数中心性, 出次数中心性の集計値と, 親密度・関係性に基づくグループ種別とのピアソン積率相関係数 (Pearson product-moment correlation coefficient, [3, 65]) を算出した. 相関係数 r_{xy} の算出式は, n 組のデータ $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ があり, それぞれの平均を \bar{x}, \bar{y} とする場合, 次式となる. 算出結果は, 表5.19に示すとおりとなった.

$$r_{xy} = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} = \frac{s_{xy}}{s_x s_y} \quad (5.25)$$

親密度・関係性に基づくグループ種別ごとに, 親密語等が含まれる発話数, 会話参加メンバの入次数中心性, 出次数中心性との相関係数を算出した結果, それぞれのデータ項目間で相関係数: 0.13~0.28が得られた. 特に, 命令語の発話数 (各メンバ発), 出次数中心性および, 入次数中心性との相関では, いずれのグループ種別においても, 相関係数: 0.18以上のやや弱い相関がみられた.

表 5.19: グループ種別とグループ特性（中心性，特定語彙）の相関係数.

満足度	親密語 発話数		丁寧語 発話数		命令語 発話数		入次数 中心性	出次数 中心性
	(着)	(発)	(着)	(発)	(着)	(発)		
(1)フラットな関係で 親密度が高いグループ	0.18	0.25	0.13	0.18	0.13	0.20	0.24	0.23
(2)上下関係がある 親密度が高いグループ	0.17	0.17	0.26	0.27	0.28	0.20	0.18	0.19
(3)上下関係がある 親密度が低いグループ	0.14	0.18	0.25	0.25	0.19	0.24	0.18	0.24

上記のように，グループ種別とグループ特性（中心性，特定語彙）の間に相関がみられたことから，本研究では，これらのグループ特性を示す特徴量を用いて，会話を行うグループのグループ種別を推定し，そのグループ種別に応じて，会話におけるメンバの満足度を推定することとした．満足度とグループ種別，グループ特性等の関係については 5.7.10 節に，グループ特性を用いてグループの種別を推定するモデルについては 6.1.2 節に示す．

5.7 会話における満足度

5.7 節では，本実験の主目的となる会話を行うグループの状態の指標となる，会話における満足度について説明する．被験者からアンケート調査により取得した満足度（5.7.1 節），被験者のストレス度等の感性（5.7.2 節），満足度とストレス度等の感性との相関（5.7.3 節），会話全体における満足度（5.7.4 節），討議テーマ等による満足度の差異（5.7.5～5.7.7 節），会話においてメンバが満足・不満を感じる要因（5.7.8，5.7.9 節），満足度とグループ種別（5.7.10 節）について，以下に述べる．

5.7.1 発話に対する満足度

本研究では，討議会話におけるグループ状態は，討議会話に参加するメンバ全員が討議プロセスに満足している状態（良い状態）にあるのか，あるいは，いずれかのメンバが討議プロセスに満足していない状態（悪い状態）であるのかでとらえることとした．そして，3.5.2 節で述べたように，討議会話におけるメンバの満足度を，会話におけるグループ状態を表す指標とし，メンバの満足度を，発話ごとに，1：不満～5：満足の5段階のスコア値で示した．

テスト会話でのメンバの満足度は、テスト会話終了後に、テスト会話に参加した被験者（メンバa,b）のうち14人に、テスト会話（各3会話に参加）における発話ごとの満足度等をアンケート調査した。各グループのテスト会話において、ストレス度を測定した会話参加メンバであるメンバaおよび、進行補助役の一人であるメンバbに、当該会話の音声ファイルを配布し、それぞれが参加した会話（各3会話）の音声を聞いて会話当時の自分の気持ちを振り返りながら、以下に示す満足度等について回答した。表5.6に示す測定したデータ項目では、項目(25)がこの被験者へのアンケート調査によってヒアリングした発話に対する満足度に該当する。

(1)発話に対する満足度（発話に対する気持ち）テスト会話の各発話（150～500発話程度）について、次のような5段階のスコアで評価する。

- 1: 不満・不快・気分が悪い
- 2: やや不満・やや不快・やや気分が悪い
- 3: 普通・どちらでもない
- 4: やや満足・やや快適・やや気分が良い
- 5: 満足・快適・気分が良い

(2)特に不満/満足の変化を感じた発話各テスト会話で、特に不満や満足の変化を感じた発話を、それぞれ1～5発話（少なくとも1発話）を選択する。

(3)会話全体での満足度（会話に対する気持ち）各テスト会話（被験者ごとに3会話）について、次のような5段階のスコアで評価する。

- 1: 不満・不快・気分が悪い
- 2: やや不満・やや不快・やや気分が悪い
- 3: 普通・どちらでもない
- 4: やや満足・やや快適・やや気分が良い
- 5: 満足・快適・気分が良い

(4)各発話、あるいは会話全体において、特に感じたこと（気持ち）や、気づいたことを回答する（自由記述）。

上記のアンケート調査で得られた、被験者（メンバa）のテスト会話の各発話に対する満足度等の一例は、表5.20 (1)のとおりで、i) 各発話に対して特に

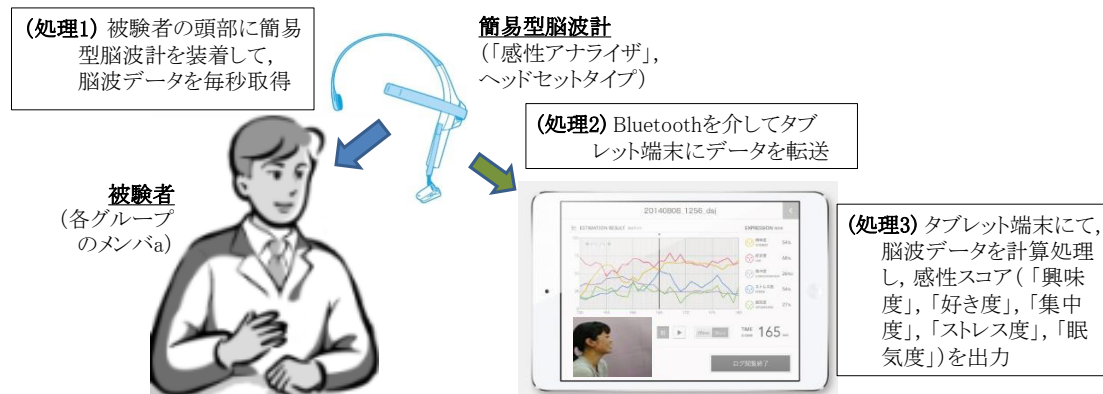


図 5.5: 会話参加メンバの感性スコアの測定.

感じたこと (気持ち), ii) 発話に対する満足度 (5段階のスコア), iii) 特に不満(-)/満足(+)の変化を感じた発話を示す. この結果から, 会話の進行や発話の内容に応じて, 会話参加メンバの満足度が変化していることがうかがえる.

満足度と感性の関係については5.7.3節で, 満足度と提案・討議状況等との関係については5.7.4～5.7.10節で, 提案・討議状況等から発話に対する満足度を推定するモデルや比較検証の結果等は6.1～6.4節で, それぞれ説明する.

5.7.2 テスト会話における被験者の感性

会話参加者が自己申告する満足度 (アンケート調査) と, 脳波計測による感性の関係を調査するため, 本実験では, 3.5.1節で述べた簡易型脳波計「感性アナライザ」を各グループの被験者1人 (メンバa) の頭部に装着して, 会話参加者の脳波を測定した. 図5.5に示すように, 簡易型脳波計「感性アナライザ」は, ヘッドセット型になっており, 2極の接点を, それぞれ, 被験者の額と耳に接触させることにより, 脳波データが測定されるようになっている. 測定された脳波のデータは, bluetoothを介してタブレット端末に送出され, 端末内のプログラムによって, 当該被験者の会話中の(1) ストレス度 (瞬時的な心的負荷), (2) 興味度 (もっと聴きたいと思うような興味), (3) 好き度 (これが好きと思うような好意), (4) 集中度 (物事への意識の注力), (5) 眠気 (単調行動から現れる眠さ) といった5種類の感性のスコア (最高値: 100～最低値: 0, 毎秒) が算出される.

表 5.20: テスト会話No.10における会話参加者の満足度とストレス度の例.

発話 id	話者	発話テキスト (正解)	(1) メンバaの発話に対する満足度等 (アンケート結果)				(2) メンバaのストレス度 (測定値・集計値)									
			i) メンバaの気持ち	ii) 発話満足度	iii) 満足度変化	iv) 発話開始時	v) 1秒後	vi) 2秒後	vii) 平均	viii) 分散	ix) 近似直線・傾き	x) 近似直線・切片	xi) 変動率			
1	d	先ほど皆さん、ご飯食べたんだけど、		3		20	20	22	20.7	1.3	1.0	18.7	10.0%			
2	d	ここでちょっと夕方、		3		22	23	24	23.0	1.0	1.0	21.0	4.3%			
3	d	お腹すいたんですけど、 軽く食したいと思うんだけど	私も食事をしたと思っていたので満足	4		23	24	20	22.3	4.3	-1.5	25.3	-16.7%			
4	d	どこか奥さんなんか行きたいなと 思うようなところはあります	最初に私に聞いてほしかった	2		24	20	19	21.0	7.0	-2.5	26.0	-5.0%			
5	b	ちょっと軽いついていうのが難しくて		3		16	16	14	15.3	1.3	-1.0	17.3	-12.5%			
6	d	さっきちょっとマクドナルドを食べたから		3		22	19	16	19.0	9.0	-3.0	25.0	-15.8%			
7	b	そうなんですよ		3		21	28	26	25.0	13.0	2.5	20.0	-7.1%			
8	d	重い食事はもうやだ		3		28	26	18	24.0	28.0	-5.0	34.0	-30.8%			
9	b	重いとおれなので		3		18	18	27	21.0	27.0	4.5	12.0	50.0%			
10	b	まあ知っているところはあそこの		3		27	38	23	29.3	60.3	-2.0	33.3	-39.5%			
11	b	なんだったかしら		3		23	25	39	29.0	76.0	8.0	13.0	56.0%			
28	d	軽めでいいんですよ		3		21	20	29	23.3	24.3	4.0	15.3	45.0%			
29	c	私はどっちかついたら		3		29	26	42	32.3	72.3	6.5	19.3	61.5%			
30	c	今日は和食食べたい	私も和食がいいなあと思っていた	4		26	42	33	33.7	64.3	3.5	26.7	-21.4%			
31	d	和食食べたいの		4		33	16	21	23.3	76.3	-6.0	35.3	31.3%			
32	c	和食のところがいいなということと		4		16	21	34	23.7	86.3	9.0	5.7	61.9%			
33	c	久々に		4		37	20	17	24.7	116.3	-10.0	44.7	-15.0%			
34	c	久しぶりに4人も会ったので		4		18	21	18	19.0	3.0	0.0	19.0	-14.3%			
35	c	個室で		4		25	39	25	29.7	65.3	0.0	29.7	-35.9%			
36	c	あのテーブルのある		4		21	21	13	18.3	21.3	-4.0	26.3	-38.1%			
37	c	そういうところがないかなと思って		4		23	37	22	27.3	70.3	-0.5	28.3	-40.5%			
38	c	赤坂で今		3		22	29	31	27.3	22.3	4.5	18.3	6.9%			
39	c	ぐるなびで見ているんですけど		3		29	31	16	25.3	66.3	-6.5	38.3	-48.4%			
40	d	軽い食事をしたいのに		2		16	10	23	16.3	42.3	3.5	9.3	130.0%			
41	b	軽い食事だからね		2		10	23	22	18.3	52.3	6.0	6.3	-4.3%			
42	c	うん 和食じゃだめね		2		23	20	24	22.3	4.3	0.5	21.3	20.0%			
43	c	じゃあ和食じゃだめね		2		20	24	23	22.3	4.3	1.5	19.3	-4.2%			
101	c	和食で入れてんだけど		3		44	16	18	26.0	244.0	-13.0	52.0	12.5%			
102	d	じゃないと出てこないかもしれない		3		16	18	16	16.7	1.3	0.0	16.7	-11.1%			
103	d	軽い食事なのに		3		16	18	13	15.7	6.3	-1.5	18.7	-27.8%			
104	c	予算とかが先になっちゃうのよね		3		27	37	15	26.3	121.3	-6.0	38.3	-59.5%			
105	d	軽めでだからさ		3		15	41	17	24.3	209.3	1.0	22.3	-58.5%			
106	a	こことこ	自分が主体的に説明出来てやや満足。	4	+	14	15	23	17.3	24.3	4.5	8.3	53.3%			
107	a	2番目に出ているよ	初めて会話に参加した気分。	4	+	15	23	23	20.3	21.3	4.0	12.3	0.0%			
108	c	うそ		4		23	23	34	26.7	40.3	5.5	15.7	47.8%			
109	a	カンナバーロAセット500円		4		23	34	36	31.0	49.0	6.5	18.0	5.9%			
110	a	1150円が500円		4		30	26	31	29.0	7.0	0.5	28.0	19.2%			
111	a	安いなー		4		53	44	26	41.0	189.0	-13.5	68.0	-40.9%			
112	c	安いね それもまた		4		44	26	32	34.0	84.0	-6.0	46.0	23.1%			
159	c	個室で入れちゃったからいけない		3		33	24	19	25.3	50.3	-7.0	39.3	-20.8%			
160	d	そうだよ		3		24	19	21	21.3	6.3	-1.5	24.3	10.5%			
161	c	3、4メートルなんて入れたりね		3		21	29	36	28.7	56.3	7.5	13.7	24.1%			
162	c	それを外せばいいよね	軽い食事というので折角ビザを紹介したのに	2	-	30	29	46	35.0	91.0	8.0	19.0	58.6%			
163	d	ビザは軽過ぎるから外しましょう	否定されてムッとした	1	-	22	26	46	31.3	165.3	12.0	7.3	76.9%			
164	c	食事って感じにする		3		26	29	30	28.3	4.3	2.0	24.3	3.4%			
165	d	ナポリス は		3		29	30	28	29.0	1.0	-0.5	30.0	-6.7%			
166	d	軽い食事って		3		30	28	26	28.0	4.0	-2.0	32.0	-7.1%			
167	c	軽いついていうのを入れるのがないの		3		26	24	33	27.7	22.3	3.5	20.7	37.5%			
168	a	軽食		3		33	24	28	28.3	20.3	-2.5	33.3	16.7%			
169	c	あ 軽食 か		3		24	28	36	29.3	37.3	6.0	17.3	28.6%			
221	a	天ぷらそば		4		19	18	37	24.7	114.3	9.0	6.7	105.6%			
222	c	お蕎麦屋さんで天ぷらとか		4		37	39	42	39.3	6.3	2.5	34.3	7.7%			
223	a	こだわりの		4		39	42	40	40.3	2.3	0.5	39.3	-4.8%			
224	c	お蕎麦屋さん		4		26	23	25	24.7	2.3	-0.5	25.7	8.7%			
225	a	大海 老天が乗った蕎麦屋さん	大好きな食事の希望が叶えて満足	4	+	30	61	0	30.3	930.3	-15.0	60.3	-100.0%			
226	c	麺ね、麺		3		0	35	52	29.0	703.0	26.0	-23.0	48.6%			
265	b	インド料理		2		30	36	19	28.3	74.3	-5.5	39.3	-47.2%			
266	a	コースじゃなくてもう		3		36	19	24	26.3	76.3	-6.0	38.3	26.3%			
267	a	単品だな		3		24	27	41	30.7	82.3	8.5	13.7	51.9%			
268	b	単品だと思うんだけどね		2		41	33	40	38.0	19.0	-0.5	39.0	21.2%			
269	b	まあディナーっていうものもあるから		2		40	35	36	37.0	7.0	-2.0	41.0	2.9%			
270	b	でもディナー1,800円からだから		2		28	39	34	33.7	30.3	3.0	27.7	-12.8%			
271	b	大したそんなにね		2		39	34	18	30.3	120.3	-10.5	51.3	-47.1%			
272	b	多くなくて		2		34	18	31	27.7	72.3	-1.5	30.7	72.2%			
273	b	軽いんじゃないかなと思うけど		2		31	31	31	31.0	0.0	0.0	31.0	0.0%			
274	d	じゃあそこ行きましょうか	余り行きたくないインド料理に決って不満大	1	-	31	31	41	34.3	33.3	5.0	24.3	32.3%			
275	b	そこがいいですかね		1		41	37	25	34.3	69.3	-8.0	50.3	-32.4%			
276	b	ええ		1		37	25	20	27.3	76.3	-8.5	44.3	-20.0%			
277	c	はい		1		25	20	17	20.7	16.3	-4.0	28.7	-15.0%			
278	d	じゃそこ行きます		1		17	18	18	17.7	0.3	0.5	16.7	0.0%			

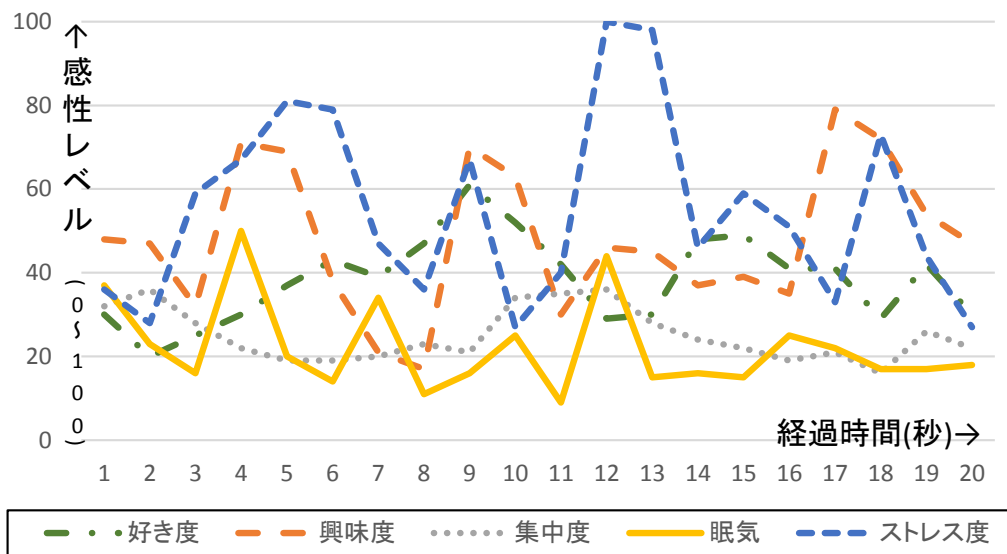


図 5.6: テスト会話中の被験者の感性レベルの変化.

テスト会話において測定したデータ項目では表5.6の項目(26)～(30)が、各グループの被験者・メンバaの会話中の感性で、(26)好き度、(27)興味度、(28)集中度、(29)眠気度、(30)ストレス度について、0～100の101段階で示されるレベルを毎秒測定した。集計値としては、(i)発話開始時の感性レベル、(ii)発話開始1秒後の感性レベル、(iii)発話開始2秒後の感性レベル、(iv)発話開始から3秒間の感性レベルの平均、(v)発話開始から3秒間の感性レベルの分散、(vi)発話開始3秒間の感性レベルの線形回帰近似直線の傾き、(vii)発話開始3秒間の感性レベルの線形回帰近似直線の切片、(viii)発話開始から1秒間の感性レベルからの変化率をまとめた。

テスト会話における被験者（メンバa）の感性のレベル変化の一例は、図5.6に示すとおりで、会話の進行状況に従って、感性のレベルが変動する様子がうかがえる。感性レベルと満足度との関係や、感性のうち、ストレス度の変化の測定結果は、以下の5.7.3節に示す。

5.7.3 満足度と感性

上記の5.7.1節に示した被験者の5種類の感性のレベル（各8種の集計値）と、アンケートによる各発話に対する被験者の満足度（5段階のスコア）とのピアソ

表 5.21: 感性測定値・集計値と満足度の相関.

		「現在の発話に対する満足度」と 「感性の測定値・集計値」の相関係数				
		「満足度」と 「(1)ストレス度」	「満足度」と 「(2)興味度」	「満足度」と 「(3)好き度」	「満足度」と 「(4)眠気度」	「満足度」と 「(5)集中度」
感性の 測定値・ 集計値	i) 発話開始時の感性レベル	-0.25	0.00	0.13	-0.01	-0.04
	ii) 発話開始1秒後の感性レベル	-0.19	0.01	0.12	0.00	-0.03
	iii) 発話開始2秒後の感性レベル	-0.20	0.01	0.12	0.00	-0.05
	iv) 感性レベル・平均 (発話開始3秒間)	-0.25	0.00	0.13	0.00	-0.04
	v) 感性レベル・分散 (発話開始3秒間)	-0.22	0.02	0.00	0.06	0.01
	vi) 感性レベル・近似直線 の傾き(発話開始3秒間)	0.01	0.00	-0.01	0.00	-0.02
	vii) 感性レベル・近似直線 の切片(3秒間)	-0.06	-0.02	0.04	-0.01	0.05
	viii) 感性レベル・変化率 (発話開始1秒間)	-0.02	0.00	0.01	0.01	-0.01

ン積率相関係数を算出した（算出式は5.6.3節に示したとおり）。

相関係数の算出結果は、表5.21に示すようになった。特に、(1)ストレス度の(i)発話開始時の感性レベル～(v)発話開始から3秒間の感性レベルの分散と、発話の満足度の相関係数が-0.19～-0.25となり、やや負の相関がみられた。その他の感性である(2)興味度、(3)好き度、(4)眠気度、(5)集中度と、発話の満足度では、ほとんど相関がみられなかった。

また、テスト会話No.10における被験者（メンバa）の発話に対するストレス度（測定値・集計値）の変化の一例は、表5.20 (2)に示すとおりである。(i)は発話開始時のストレス度、(ii)は発話開始1秒後のストレス度、(iii)は発話開始2秒後のストレス度、(iv)は発話開始から3秒間のストレス度の平均、(v)発話開始から3秒間のストレス度の分散、(vi)は発話開始から3秒間のストレス度の近似直線の傾き、(vii)は発話開始から3秒間のストレス度の近似直線の切片、(viii)は発話開始から3秒間のストレス度の変動率を示す。この被験者のストレス度の変化例では、会話の進行とともにストレス度が増加しており、特に強い満足度変化が感じられた発話において、ストレス度の変動率が大きい状況がみられた。被験者14人のストレス度測定の結果では、自分の意見が否決された場合（14人中4人、30.8%）よりも、意見が言えない場合（14人中6人、46.2%）に、ストレス度が上昇する傾向がみられた。

本研究では、3.5.2節で述べたように、会話における提案・討議等の状況に応じて、会話参加者の発話に対する満足度が変化すると仮定した。そして、会話参加者の自己申告（アンケート調査）によって得られた発話に対する満足度を、発話に対する満足度の正解データとして扱うが、脳波計測によるストレス度を、この満足度を説明するための一つの観点として設定した。上記の相関係数の算出結果等から、テスト会話における発話に対する満足度は、会話参加者のストレス度と負の相関があり、発話に対する満足度の高さは会話参加者の心的負荷の低さを示し、ストレス度が低い状態が満足度が高い状態であると考えられる。

5.7.4 会話全体における満足度

5.7.1節で述べたように、各グループで3つのテーマのテスト会話を実施し、アンケートによって、そのテスト会話に参加した被験者14人（メンバa,b）から発話や会話に対する満足度等を調査した。表5.22にアンケート調査で得られた、各会話全体を通じた満足度、各会話全体に対する所感（要約）、発話の満足度スコア（1～5の5段階）がつけられた発話数とその全体比率を示す。

なお、テスト会話（各グループ3会話）は、討議テーマや進行パターンの順番によって、満足度の結果への影響や偏りが現れないようにするため、5.2.4節で述べたように各グループごとに、討議テーマと進行パターンを異なる順番で実施した。各会話全体を通じた満足度スコアは、平均3.3となった。発話の満足度スコアでは、スコア3（普通）となった発話が最も多く、6634発話中5128発話（77.3%）を占め、スコア1（不満）となった発話は最も少なく、6634発話中16発話（0.2%）であった。

5.7.5 討議テーマによる満足度の差異

テスト会話に参加した被験者14人（各グループのメンバa,b）の討議テーマの違いによる満足度の傾向は、表5.23に示すとおりである。ここでは、アンケートによって収集した会話全体を通じた満足度スコア（1～5の5段階）が、1：不満、2：やや不満である会話を「0」（不満）とし、3：普通、4：やや満足、5：満足である会話を「1」（不満でない）として、討議テーマがi)食事場所、ii)懇親会、iii)旅行先のいずれであるのかによって、満足度に違いが現れるといえるのかを検定した。

表 5.22: テスト会話全般における満足度.

グループ ID	性別 属性	関係 属性	回	全 部 N 数	進行 パターン	対話 テーマ	発話 数	全 部 満足 度	所 感 (要約)	メンバー										全 部 満足 度	所 感 (要約)	メンバー																				
										「発話の満足度スコア別」発話数・全体比率												「発話の満足度スコア別」発話数・全体比率																				
										1	2	3	4	5	1	2	3	4	5			1	2	3	4	5																
1	親密度：高 フラットな関係	女性のみ	1	1	B	aの意見を討議するが否決	旅行先	490	3	特になし	0	0.0%	10	2.0%	468	94.9%	6	1.2%	0	0.0%	4	最初は自分と進行役の意見が合っていたが、進行役が意見を言っていない。意見がまとまり満足	6	1.2%	57	11.6%	336	67.2%	100	20.4%	51	10.4%										
			2	2	C	aの意見を討議して採択	食事場所	477	3	特になし	0	0.0%	0	0.0%	467	96.6%	14	2.9%	1	0.2%	3	他の意見や様子を客観的に見て聞いていた。自分の意見を言っていない。意見がまとまり満足	0	0.0%	19	4.0%	447	93.7%	40	8.4%	1	0.2%										
			3	3	A	aの意見を討議せずに否決	懇親会	323	3	特になし	0	0.0%	0	0.0%	314	97.2%	7	2.2%	0	0.0%	3	特に会話の中で満足感を感じていない。日常的な会話の中で場所が決まらなかった。	0	0.0%	1	0.3%	309	95.7%	11	3.4%	0	0.0%										
2	親密度：高 フラットな関係	男女混合	1	4	B	aの意見を討議するが否決	食事場所	343	3	途中で意見に賛成し、最後には自分から意見を入れたため、普通程度の満足	0	0.0%	3	0.9%	336	97.7%	1	0.3%	0	0.0%	2	みんな自分となく進んでいく。自分の意見を言っていない。意見がまとまり満足	13	3.8%	32	9.3%	288	83.7%	91	26.5%	101	29.4%										
			2	5	A	aの意見を討議せずに否決	懇親会	310	2	自分の意見が、最終的に聞き入れられず、決定前に意見撤回したため、普通程度の満足	0	0.0%	3	1.0%	303	97.7%	4	1.3%	0	0.0%	4	私の意見をすべて聞いてくれたので満足できた	0	0.0%	10	3.2%	53	17.1%	155	50.0%	92	29.7%										
			3	6	C	aの意見を討議して採択	旅行先	276	4	自分の意見も、全員の意見も取り入れられて採択されたので満足感を感じて自分も満足	0	0.0%	1	0.4%	268	97.1%	6	2.2%	0	0.0%	3	自分の意見があまり聞かれていない。終わってしまった感じがするので普通	0	0.0%	3	1.1%	266	96.2%	75	27.2%	96	34.8%										
3	親密度：高 上下関係	男女混合	1	7	C	aの意見を討議して採択	食事場所	259	5	全体的に自分の発言に対する反応が良く、満足感を感じて採択されたので満足していた	0	0.0%	4	1.5%	86	33.2%	73	28.2%	97	37.6%	5	自分の伝えたいことは全て伝えられたので、中々良いと感じた。楽しかった	2	0.8%	8	3.1%	246	95.2%	22	8.5%	98	37.8%										
			2	8	A	aの意見を討議せずに否決	懇親会	232	2	自分が話していないため発言に対する反応が良く、満足感を感じて採択されたので満足していた	0	0.0%	0	0.0%	204	87.9%	24	10.3%	5	2.2%	4	A君の話を聞きながら自分の意見を言うことができた。自分の意見が聞き取れず、楽しい会話で決められた。楽しかった	0	0.0%	2	0.9%	205	88.8%	29	12.5%	99	42.7%										
			3	9	B	aの意見を討議するが否決	旅行先	257	4	自身の意見は聞き入れられなかったが、採択されたので満足感を感じて自分も満足	0	0.0%	0	0.0%	174	67.7%	78	30.4%	4	1.6%	4	反対や不満の人がいなくて意見がまとまり、楽しい会話で決められた。楽しかった	0	0.0%	0	0.0%	256	99.2%	35	13.6%	32	12.5%										
4	親密度：高 上下関係	男女混合	1	10	A	aの意見を討議せずに否決	食事場所	279	2	最初は聞き流し、せめて自分の意見を言うことができた。自分の意見が聞き取れず、満足感を感じて採択されたので満足していた	6	2.2%	56	20.1%	160	57.4%	36	12.9%	0	0.0%	4	非常に楽しく、面白い。自分の意見を言うことができた。自分の意見が聞き取れず、満足感を感じて採択されたので満足していた	8	2.9%	35	12.5%	205	73.6%	46	16.5%	7	2.5%										
			2	11	B	aの意見を討議するが否決	懇親会	217	4	各話の意見は聞き入れられなかったが、採択されたので満足感を感じて自分も満足	0	0.0%	16	7.4%	92	42.4%	103	47.6%	6	2.8%	4	中絶から和気、ふたふた、自分の意見を言うことができた。自分の意見が聞き取れず、満足感を感じて採択されたので満足していた	1	0.5%	12	5.5%	203	93.2%	69	31.8%	8	3.7%										
			3	12	C	aの意見を討議して採択	旅行先	157	4	全体的に自分自身が主体的に発言したため、満足感を感じて採択されたので満足していた	0	0.0%	1	0.6%	127	80.9%	17	10.8%	12	7.6%	4	具体的な話ができ、私の意見が聞き取れず、満足感を感じて採択されたので満足していた	0	0.0%	15	9.6%	93	59.2%	42	26.8%	7	4.5%										
5	親密度：低 上下関係	女性のみ	1	13	A	aの意見を討議せずに否決	食事場所	353	3	自分の意見が聞き取れず、反応が良く、満足感を感じて採択されたので満足していた	0	0.0%	38	10.9%	273	77.9%	31	8.9%	1	0.3%	4	特に満足せずに会話できた。結果的には自分の意見が聞き取れず、満足感を感じて採択されたので満足していた	0	0.0%	6	1.7%	273	77.4%	60	17.2%	13	3.7%										
			2	14	C	aの意見を討議して採択	懇親会	271	5	全体的に普通にできた。最後には自分の意見が聞き取れたので満足感を感じて自分も満足	0	0.0%	0	0.0%	249	91.9%	13	4.8%	9	3.3%	4	自分たちのためではなく校長先生の話を聞いて、満足感を感じて採択されたので満足していた	0	0.0%	7	2.6%	264	97.4%	60	22.1%	15	5.5%										
			3	15	B	aの意見を討議するが否決	旅行先	370	2	最初は自分の話を聞いてくれた。後半は進み行き先が、意見がまとまり満足	0	0.0%	63	17.1%	276	74.6%	29	7.9%	1	0.3%	5	興味ある話だったため、不満点はない。自分も満足感を感じて採択されたので満足していた	0	0.0%	2	0.5%	268	72.7%	97	26.3%	11	3.0%										
6	親密度：低 男女混合	男女混合	1	16	C	aの意見を討議して採択	旅行先	128	5	自分の意見や提案に関心を持ってもらえて、満足感を感じて採択されたので満足していた	0	0.0%	1	0.8%	73	57.0%	35	27.3%	0	0.0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
			2	17	B	aの意見を討議するが否決	食事場所	183	3	全員の話を聞いてくれた。自分の意見が聞き取れず、満足感を感じて採択されたので満足していた	0	0.0%	15	8.2%	103	56.3%	51	27.9%	6	3.3%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
			3	18	A	aの意見を討議せずに否決	懇親会	240	2	自分の意見は聞き取れなかったが、採択されたので満足感を感じて自分も満足	2	0.8%	13	5.4%	143	59.6%	75	31.3%	1	0.4%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
7	親密度：低 上下関係	男女混合	1	19	B	aの意見を討議するが否決	食事場所	253	2	意見を否定される感じがして、満足感を感じて採択されたので満足していた	7	2.8%	10	4.0%	210	83.0%	22	8.7%	2	0.8%	3	自分の発言を肯定された。自分の意見が聞き取れず、満足感を感じて採択されたので満足していた	0	0.0%	5	2.0%	216	85.4%	25	9.9%	4	1.6%										
			2	20	A	aの意見を討議せずに否決	懇親会	231	3	他の意見に賛同し、自分の意見も聞き取れた。最後は自分の意見が聞き取れず、満足感を感じて採択されたので満足していた	0	0.0%	0	0.0%	198	85.7%	32	13.9%	1	0.4%	4	最終的に意見が聞き取れた。満足感を感じた。自分の意見が聞き取れず、満足感を感じて採択されたので満足していた	2	0.9%	8	3.5%	200	86.2%	22	9.5%	1	0.4%										
			3	21	C	aの意見を討議して採択	旅行先	255	4	発言数は多くないが、自分の意見が聞き取れず、満足感を感じて採択されたので満足していた	0	0.0%	2	0.8%	206	80.8%	46	18.0%	1	0.4%	4	沈黙の時間が多かった。自分の意見が聞き取れず、満足感を感じて採択されたので満足していた	0	0.0%	10	3.9%	200	78.0%	39	15.3%	3	1.2%										
8	親密度：低 上下関係	男女混合	1	22	A	aの意見を討議せずに否決	旅行先	282	2	話に入り込めない感じがして、満足感を感じて採択されたので満足していた	1	0.4%	6	2.1%	273	96.8%	0	0.0%	0	0.0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
			2	23	B	aの意見を討議するが否決	食事場所	188	4	自分の発言で会話が進み、全員の意見が聞き取れた。満足感を感じて採択されたので満足していた	0	0.0%	0	0.0%	69	36.7%	119	63.3%	0	0.0%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
			3	24	C	aの意見を討議して採択	懇親会	260	4	紹介した話が面白かった。他の人の意見が聞き取れず、満足感を感じて採択されたので満足していた	0	0.0%	0	0.0%	53	20.4%	133	51.2%	74	28.5%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-								
合計									平均	6634	3.3																															
										16	0.2%	242	3.6%	5127	77.3%	955	14.4%	221	3.3%	3.8													32	0.5%	232	3.5%	3374	50.9%	1018	15.3%	639	9.6%

満足度のスコア: 1 (不満) 2 (普通) 3 (普通) 4 (満足) 5 (満足)

*網掛け1: 各会話中で満足度スコア(平均)が最も高かった「発話の満足度スコア」

*網掛け2: 各会話中で最も全体比率が高かった「発話の満足度スコア」

*網掛け3: 各会話中で最も全体比率が高かった「発話の満足度スコア」

表 5.23: 討議テーマごとの会話満足度.

被験者			満足度			メンバーごとの 合計 (A_i)	メンバーごとの 合計の2乗 (A_i^2)
メンバーid	グループid	メンバー属性	テーマ: 食事場所	テーマ: 懇親会	テーマ: 旅行先		
1	1	a	1	1	1	3	9
2		b	1	1	1	3	9
3	2	a	1	0	1	2	4
4		b	0	1	1	2	4
5	3	a	1	0	1	2	4
6		b	1	1	1	3	9
7	4	a	0	1	1	2	4
8		b	1	1	1	2	4
9	5	a	1	1	0	2	4
10		b	1	1	1	3	9
11	6	a	1	0	1	2	4
12		b	0	1	1	2	4
13	7	b	1	1	1	3	9
14	8	b	1	1	0	2	4
討議テーマごとの合計 (B_j)			11	11	12	33	-
討議テーマごとの合計の2乗 (B_j^2)			121	121	144	-	-

互いに独立で正規分布に従う k 個の確率変数 χ_1, \dots, χ_k があるとき、次式で示される統計量 Z が従う分布は、自由度 $f = k$ の χ^2 （カイ二乗）分布と呼ばれる[77, 165].

$$Z = \sum_{i=1}^k \chi_i^2 \quad (5.26)$$

また、コ克兰のQ検定（Cochran's Q test）は、この χ^2 分布を活用し、3つ以上の処理（ $k \geq 3$ ）の名義尺度データにおける「比率の差」の判定に用いる検定方法である．表5.23のようなデータ群 D_{ij} （ $i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, k$ ）があるとき、組（被験者）ごとのデータの合計 $A_i = \sum_{j=1}^k D_{ij}$ ，処理（討議テーマ）ごとのデータの合計 $B_j = \sum_{i=1}^n D_{ij}$ とおくと、自由度 $f = k - 1$ の χ^2 分布に従う検定統計量 Q は、次式で示される[165].

$$Q = \frac{(k-1)(k \sum_{i=1}^n A_i^2 - (\sum_{i=1}^n A_i)^2)}{k \sum_{j=1}^k B_j - \sum_{j=1}^k B_j^2} \quad (5.27)$$

そして、3つのテーマ（i)食事場所, ii)懇親会, iii)旅行先）の討議に対する被験者14人の満足度（満足（1），不満（0）の2値で表す）の差異を上記のコ克兰のQ検定を用いて検定した結果、次のようになった．

ここでは、(1)帰無仮説 H_0 :3つの討議テーマに対する満足度に差がない、(2)対立仮説 H_1 :3つの討議テーマに対する満足度に差があるとして、次のように計算した。

1) 処理（討議テーマ）の数

$$k = 3 \quad (j = 1, 2, 3)$$

2) 被験者の数

$$n = 14 \quad (i = 1, \dots, 14)$$

3) 組（被験者）ごとのデータの合計

$$\sum_{i=1}^n A_i = A_1 + A_2 + A_3 = 11 + 11 + 12 = 33$$

4) 組（被験者）ごとのデータの合計の2乗

$$\sum_{i=1}^n A_i^2 = A_1^2 + A_2^2 + A_3^2 = 11^2 + 11^2 + 12^2 = 386$$

5) 処理（討議テーマ）ごとのデータの合計

$$\sum_{j=1}^n B_j = B_1 + B_2 + B_3 = 3 + 3 + \dots + 2 = 33$$

6) 処理（討議テーマ）ごとのデータの合計の2乗

$$\sum_{j=1}^n B_j^2 = B_1^2 + B_2^2 + B_3^2 = 3^2 + 3^2 + \dots + 2^2 = 81$$

7) 検定統計量 Q は

$$Q = \frac{(3 - 1) * 3 * 386 - 33^2}{(3 * 33 - 81)} = 7.67$$

8) 棄却域

$\alpha = 0.05$ で自由度 $f = k - 1 = 3 - 1 = 2$ の棄却限界値は、 χ^2 分布表から $\chi^2(2, 0.05) = 5.99146 \rightarrow 5.99$

9) 比較

$Q = 7.67 < 5.99$ なので、帰無仮説 H_0 を棄却しない。

（結論）

有意水準5%で、帰無仮説が立脚され、「3つの討議テーマに対する満足度には差異がある」といえる。しかしながら、今回のテスト会話では、いずれのグループにおいても3つの討議テーマの会話を実施したことから、

表 5.24: 討議結果ごとの会話満足度.

No.	被験者	満足度・平均値		満足度の差 d_i ($X_i - Y_i$)	d_i の絶対値 の順位
	メンバid	意見採択 (X_i)	意見否決 (Y_i)		
1	1	3	3	0	—
2	3	4	2.5	1.5	2
3	5	5	3	2	3
4	7	4	3	1	1
5	9	5	2.5	2.5	4.5
6	11	5	2.5	2.5	4.5
合計				9.5	—

グループごとにみた場合には討議テーマによる満足度への影響はなかったとみられる.

5.7.6 意見の採否による満足度の差異

テスト会話に参加した被験者6人（各グループのメンバa）の討議結果（意見の採択，または否決）による満足度の差異は，表5.24に示すとおりである．討議では，メンバaの意見について取り上げるのか/取り上げないのか，メンバaの意見を採択するのか/否決するのかといった進行パターン（5.2.4節）をあらかじめ決め，そのパターンに従って進行した．

また，ここでは，対応のある2変数の組について，代表値に差があるのかを検定するウィルコクソンの符号付順位和検定[165]を用いて，討議結果に対する満足度の平均値に差があったかどうかについて検定を行った結果，以下のとおりとなった．

1)前提

帰無仮説 H_0 ，対立仮説 H_1 を設定する．

(1) 帰無仮説 H_0 : 「意見の採否に対する満足度（平均値）に差がない」.

(2) 対立仮説 H_1 : 「意見の採否に対する満足度（平均値）に差がある」.

2) n 組（被験者数）の対応のある2変数を X_i （意見が採択された場合の満足度）， Y_i （意見が否決された場合の満足度），両者（満足度）の差 $d_i = X_i - Y_i (i = 1, 2, \dots, n)$ を算出する．ここでは， $n = 6$ （被験者数）， $d_1 = 0$ ， $d_2 = 1.5, \dots, d_6 = 2.5$ である．

表 5.25: 意見の取り上げ有無による会話満足度の差異.

No.	被験者 メンバid	満足度・平均値		満足度の差 d_i ($X_i - Y_i$)	d_i の絶対値 の順位
		意見が取り上げ られた (X_i)	意見が取り上げら れなかった (Y_i)		
1	1	3	3	0	–
2	3	3.5	2	1.5	2
3	5	4.5	2	2.5	5
4	7	4	2	2	3.5
5	9	3.5	3	0.5	1
6	11	4	2	2	3.5
合計				8.5	–

3) $X_i - Y_i$ (満足度の差) の絶対値の小さい方から順位をつける. ただし, $X_i = Y_i$ の組は除外し, 同順位の場合は平均順位をつける.

4) $X_i > Y_i$ の組の順位の和と, $X_i < Y_i$ の組の順位の和のうち, 小さい方を検
定統計量 T_0 とする.

$X_i > Y_i$ の組に付けられた順位の和 T_+ は $T_+ = 0 + 1.5 + 2 + 1 + 2.5 + 2.5 = 9.5$

$X_i < Y_i$ の組に付けられた順位の和 T_- は $T_- = 0$ (該当なし) となるので,

$T_0 = \min(T_+, T_-) = T_- = 0$ となる.

5) 帰無仮説の採否を決める. ウィルコクソンの符号付順位和検定表から,
 $n = 6$ (有意水準 5%, $\alpha = 0.05$) に対応する T は $T = 0$ よって, ここでは,
 $T_0 \geq T$ であるから, 帰無仮説 H_0 は棄却された.

(結論) 対立仮説 H_1 「意見の採否によって, 満足度 (平均値) に差があ
る」 (意見が採択された方が満足度が高い) が立脚された.

5.7.7 意見の取扱いによる満足度の差異

テスト会話に参加した被験者6人 (各グループのメンバa) の提案の意見が, 討
議において取り上げられたかどうか (議論されたかどうか) による会話満足
度の差異は, 表5.25に示すとおりである.

また, ウィルコクソンの符号付順位和検定を用いて, 討議において提案の
意見が取り上げられたかどうかによる, 満足度 (平均値) の差異について検
定を行った結果, 以下のとおりとなった.

1) 前提帰無仮説 H_0 , 対立仮説 H_1 を設定する.

(1) 帰無仮説 H_0 : 意見が取り上げられたかどうかによって, 満足度 (平均

値) に差がない.

- (2) 対立仮説 H_1 : 意見が取り上げられたかどうかによって, 満足度 (平均値) に差がある (意見が取り上げられた方が満足度が高い).

- 2) n 組 (被験者数) の対応のある2変数を X_i (意見が採択された場合の満足度), Y_i (意見が否決された場合の満足度), 両者 (満足度) の差 $d_i = X_i - Y_i (i = 1, 2, \dots, n)$ を算出する. ここでは, $n = 6$ (被験者数), $d_1 = 0, d_2 = 1.5, \dots, d_6 = 2$ である.

- 3) $X_i - Y_i$ (満足度の差) の絶対値の小さい方から順位をつける. ただし, $X_i = Y_i$ の組は除外し, 同順位の場合は平均順位をつける.

- 4) $X_i > Y_i$ の組の順位の和と, $X_i < Y_i$ の組の順位の和のうち, 小さい方を検定統計量 T_0 とする.

$X_i > Y_i$ の組に付けられた順位の和 T_+ は $T_+ = 1.5 + 2.5 + 2 + 0 + 0.5 + 2 = 8.5$
 $X_i < Y_i$ の組に付けられた順位の和 T_- は $T_- = 0$ (該当なし) となるので,
 $T_0 = \min(T_+, T_-) = T_- = 0$ となる.

- 5) 帰無仮説の採否を判定する. ウィルコクソンの符号付順位和検定表から, $n = 6$ (有意水準 5%, $\alpha = 0.05$) に対応する T は $T = 0$ であるが, ここでは, $T_0 \geq T$ であるから, 帰無仮説 H_0 は棄却される.

- 6) 対立仮説 H_1 「意見が取り扱われたかどうかによって, 満足度 (平均値) に差がある」(意見が取り上げられた方が満足度が高い) が立脚された.

上記の検定結果を整理すると, 満足度 (平均値) を用いた検定からは, 次の傾向が確認された.

- (i) 「3つの討議テーマに対する満足度には差異がある」といえる (5.7.5節).
- (ii) 「意見の採否によって, 満足度に差がある」(意見が採択された方が満足度が高い) (5.7.7節).
- (iii) 「意見が取り扱われたかどうかによって, 満足度に差がある」(意見が取り上げられた方が満足度が高い) (5.7.7節).

表 5.26: テスト会話における満足の要因.

満足の要因	意見の表明	討議充分	採択	集約適当
該当人数	10人/14人中	10人/14人中	6人/14人中	4人/14人中
割合	71.4%	71.4%	42.9%	28.6%

表 5.27: テスト会話における不満の要因.

不満の要因	意見の未表明	討議不充分	否決	集約不適当
該当人数	6人/14人中	9人/14人中	3人/14人中	4人/14人中
割合	42.9%	64.3%	21.4%	28.6%

5.7.8 会話におけるメンバの満足要因

テスト会話の被験者（各グループのメンバaおよびb, 表5.1）のうち14人に、テスト会話（各3会話に参加）において、特に満足や不満を感じた理由をアンケート調査した。テスト会話では、3会話のいずれか1会話においては、あまり意見が言えず、かつ意見が討議されず、残り2会話においては討議に参加でき、うち1会話では自分の意見が採択され、もう1つの会話では否決されるという進行パターン（表5.3）で進めた。アンケートでは、満足や不満を感じた要因が複数あった場合には、それぞれ複数回答を可とした。

アンケート結果での「満足」を感じた主な要因は、表5.26に示すとおりで、「自分の希望について発言できた（提案ができた）」および「自分の提案（希望）について討議された」が最も多く、それぞれ14人中10人(71.4%)であった。次いで、「自分の希望が採択された」が14人中6人(42.9%), 「討議の集約が適当であった」が14人中4人(28.6%)となり、発言できたことや討議されたこと（討議プロセス）に対して満足を感じる場合（71.4%）が採択されたこと（討議結果）に対して満足を感じる場合（42.9%）よりも多いことがわかった。

その他の満足を感じた要因としては、「自身は発言していないが、他のメンバが自身の希望を代弁してくれた」（14人中2人, 14.3%）, 「自身の希望と同じ意見を他メンバが発言した」（14人中2人, 14.3%）, 「自身の意見を問う質問をしてくれて、意見が言いやすくなった」（14人中2人, 14.3%）, 「自分の意見は否決されたが、討議によってグループの意見がまとまってよかった」（14人中1人, 7.1%）があげられた。

5.7.9 会話におけるメンバの不満要因

アンケート結果での「不満」を感じた要因は、表5.27に示すように、「自分の提案（希望）について討議されない」が14人中9人（64.3%）で最も多く、次いで、「自分の希望について発言できない（提案できない）」が14人中6人（42.9%）、「討議の集約が不適當であった」が14人中4人（28.6%）、「自分の提案（希望）が否決された」が14人中6人（42.9%）となり、発言できないことや討議されないこと（討議プロセス）に対して満足を感じる場合（42.9%、64.3%）が否決されたこと（討議結果）に対して満足を感じる場合（28.6%）よりも多いことがわかった。

その他の不満を感じた要因としては、「他メンバの提案に対して肯定的な反応を返すが、自身の本心（希望）を明かしてくれない」（14人中2人、14.3%）、「社交辞令的に肯定の反応が返されるが、最後には違う意見に集約されてしまう」（14人中1人、7.1%）、「自分の意見に対して反応されるものの、討議の中心は他の意見に移ってしまう」（14人中1人、7.1%）があげられた。

これらの結果から、3.2.2節 2)項で述べた「討議結果」よりも「討議プロセス」に対する満足度を高めることに対して、受容性があるとみられる。また、会話における満足度等を被験者にアンケート調査した結果から、会話内容と満足度の関係をまとめると次のようになる。

- (1)発話状況と連動して、「自分の意見を述べられた/述べられない」、「自分の意見が討議された/討議されない」、「自分の意見が採択された/否決された」場合に、「満足/不満を感じる」という傾向がみられた（14人中10人）。これらは討議や採否の結果が満足/不満に表れている場合で、このような場合については発話状況から満足度が容易に推定できるといえる。
- (2)発話内容には直接現れないが、「満足を感じる」ケースとしては、「他のメンバが希望を代弁してくれた場合」や、「同じ意見を他メンバが発言した場合」、「意見を問う質問をしてくれて、意見が言いやすくなった場合」があった。メンバの満足度を正確に測るには、このような関連する発話のつながりや遷移を抽出する必要があるといえる。
- (3)自身が意見を述べることができた場合や、自分の意見に対して肯定的な反応が示された場合の例外としては、「社交辞令的に反応が返されるものの、意見の集約では相手にされなかった」や、「自分以外のメンバの希

望が明らかにならないと、不満を感じる」ケースがあった。そもそも、当該グループでは意見が言いやすい状況かどうか（上下関係の有無，親密度等）を把握したうえで，グループ全体での討議状況をとらえていく必要があるといえる。

5.7.10 満足度とグループ種別

1) グループ種別の差異による満足度への影響

5.2.2節で述べたように，本研究では，グループを関係性（フラットな関係/上下関係）や，親密度の高低によって種別分けし，特にメンバ間の親密度，メンバ間の関係性に基づく3つのグループ種別のグループ（(1)フラットな関係で親密度が高いグループ，(2)上下関係がある親密度が高いグループ，(3)上下関係がある親密度が低いグループ）を対象として分析を実施した。

テスト会話での関係性や親密度に基づくグループ種別と，各会話グループの発話に対する満足度との関係を集計した結果は，表5.28に示すとおりとなった。まず，直線回帰の回帰係数のt検定により，グループの種別の差異によって満足度に差異が現れるのかについて検定を行った。満足度とグループ種別について，各グループのメンバaの会話満足度の結果（表5.28）から，グループ種別が会話における満足度に影響しているのかどうかを判定するため，有意水準5%で検定を実施した。検定方法は， t 分布を活用して直線回帰式 $y = a + bx$ における回帰係数 b がゼロではなく， x （説明変数）が実際に y （目的変数）に寄与しているのか，それとも，偶発的であるのかを，式5.28に示すような検定統計量 T により判定し，有意判定の結果は，以下のとおりとなった。

$$\text{検定統計量 } T = \frac{b\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}{\delta_e} \quad (5.28)$$

ここで

b : 回帰係数

δ_e : 誤差項標準偏差 (推定値)

である

(1) 帰無仮説 H_0 : 会話グループの種別 (関係性や親密度) は, 満足度 (平均値) に寄与する.

(2) 対立仮説 H_1 : 会話グループの種別は, 満足度 (平均値) に寄与しない.

(3) 帰無仮説の採否を判定する. 計算の結果, $n = 2$ となり, 検定表から, $n = 2$ (有意水準 5%, $\alpha = 0.05$) に対応する T は $T = 0$ であるが, ここでは, $T_0 \geq T$ であるから, 帰無仮説 H_0 は棄却される.

(結論) 対立仮説 H_1 「グループの種別 (関係性や親密度) の違いによって満足度に差がある」が立脚された.

2) グループ種別, グループ特性, 満足度の関係

グループ種別ごとの, 各グループのメンバaの発話満足度, 特定語彙 (親密語, 丁寧語, 命令語) を含む発話数, 入次数中心性, 出次数中心性の関係について, 表5.28に示す. これらのグループ種別, グループ特性等の関係について, 以下に詳細をまとめた.

(1) 特定語彙の発話数・発話数率の傾向をみると, vii) メンバa 親密語発話数率 (発, 着) は, グループ種別1 (フラットな関係で親密度が高いグループ) で最も, 高い比率で, 次いでグループ種別2 (上下関係がある親密度が高いグループ) で高い比率が示された. フラットな関係のグループや

表 5.28: テスト会話における満足度とグループ種別・特性の状況.

i) グループ 種別	ii) メンバ 発話 満足度	iii) 全発 話数 (率)	iv) 全発 話時間 (率) (sec)	v) メンバ 発話数(率)		vi) メンバ 発話時間(率) (sec)		vii) メンバ 親密語 発話数(率)		viii) メンバ 丁寧語 発話数(率)		ix) メンバ 命令語 発話数(率)		x) メンバ 入次数中 心性 (平均値)	xi) メンバ 出次数 中心性 (平均値)
				(着)	(発)	(着)	(発)	(着)	(発)	(着)	(発)	(着)	(発)		
(1)フラットな 関係で 親密度 が高い グループ (2組×3会話)	5	2	6	0	2	0	6	0	0	0	0	0	0	1.0	1.0
		0.1%	0.2%	0.0%	0.5%	0.0%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
	4	38	64	23	3	29	12	15	13	0	2	0	0		
		1.7%	2.0%	1.7%	0.8%	1.2%	1.6%	4.2%	18.1%	0.0%	50.0%	0.0%	0.0%		
	3	2132	3164	1342	359	2234	718	330	56	4	2	0	0		
		97.4%	97.1%	97.6%	97.3%	95.5%	95.1%	93.5%	77.8%	80.0%	50.0%	0.0%	0.0%		
	2	17	25	10	5	76	19	8	3	1	0	0	0		
		0.8%	0.8%	0.7%	1.4%	3.2%	2.5%	2.3%	4.2%	20.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
	合計	2189	3259	1375	369	2339	755	353	72	5	4	0	0		
		100.0%	100.0%	26.9%	7.2%	22.7%	7.3%	6.9%	1.4%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%		
(2)上下関係 がある 親密度 が高い グループ (2組×3会話)	5	124	458	72	29	211	129	44	12	3	0	0	0	1.0	1.0
		8.9%	11.8%	7.8%	15.9%	8.2%	16.2%	25.6%	21.8%	25.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
	4	331	1324	210	85	844	315	59	19	3	3	3	0		
		23.6%	34.2%	22.9%	46.7%	33.0%	39.7%	34.3%	34.5%	25.0%	42.9%	50.0%	0.0%		
	3	863	1911	612	67	1398	339	65	24	5	4	1	0		
		61.6%	49.4%	66.7%	36.8%	54.7%	42.7%	37.8%	43.6%	41.7%	57.1%	16.7%	0.0%		
	2	77	178	20	1	76	11	3	0	1	0	2	0		
		5.5%	4.6%	2.2%	0.5%	3.0%	1.4%	1.7%	0.0%	8.3%	0.0%	33.3%	0.0%		
	1	6	0	4	0	29	0	1	0	0	0	0	0		
		0.1%	0.0%	0.4%	0.0%	1.1%	0.0%	0.6%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
	合計	1401	3871	918	182	2558	794	172	55	12	7	6	0		
		100.0%	100.0%	17.9%	3.6%	24.8%	7.7%	3.4%	1.1%	0.2%	0.1%	0.1%	0.0%		
(3)上下関係 がある 親密度 が低い グループ (2組×3会話)	5	21	248	10	8	69	55	5	4	0	2	0	0	0.9	0.9
		1.4%	7.8%	3.3%	7.8%	3.3%	8.2%	3.4%	5.9%	0.0%	16.7%	0.0%	0.0%		
	4	241	478	132	54	678	234	42	21	1	7	0	0		
		15.8%	15.1%	44.0%	52.4%	32.0%	35.1%	28.6%	30.9%	33.3%	58.3%	0.0%	0.0%		
	3	1131	1236	45	28	801	290	39	11	1	2	2	0		
		74.2%	39.1%	15.0%	27.2%	37.7%	43.5%	26.5%	16.2%	33.3%	16.7%	50.0%	0.0%		
	2	603	1203	111	13	565	88	60	32	1	1	2	0		
		39.5%	38.0%	37.0%	12.6%	26.6%	13.2%	40.8%	47.1%	33.3%	8.3%	50.0%	0.0%		
	1	2	0	2	0	9	0	1	0	0	0	0	0		
		0.0%	0.0%	0.7%	0.0%	0.4%	0.0%	0.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
	合計	1525	3165	300	103	2122	667	147	68	3	12	4	0		
		100.0%	100.0%	5.9%	2.0%	20.6%	6.5%	2.9%	1.3%	0.1%	0.2%	0.1%	0.0%		
総計		5115	10295	2593	654	7019	2216	672	195	20	23	10	0	-	-

赤太字: 各グループ種別の、各発話数率・時間率の中で最も高い比率

黒太字: 各グループ種別、満足度別の各発話数率・時間率の中で最も高い比率

親密度が高いグループでは、親密語発話数率が高くなる傾向があるとみられる。

- (2) viii) メンバa 丁寧語発話数率（発，着）は，グループ種別2（上下関係がある親密度が高いグループ）で高く，ix) メンバa 命令語発話数率（発，着）は，グループ種別3（上下関係がある親密度が低いグループ）で高い傾向が示された。上下関係があるグループでは，丁寧語発話数率と命令語発話数率が高くなる傾向があるとみられる。
- (3) メンバの中心性とグループ種別の関係をみると，x) メンバaの入次数中心性(平均値)および，xi) メンバaの出次数中心性は，グループ種別1（フラットな関係で親密度が高いグループ），グループ種別2（上下関係がある親密度が高いグループ）では高く，グループ種別3（上下関係がある親密度が低いグループ）では，やや低い傾向が示された。親密度が高いグループでは，入次数中心性と出次数中心性が高くなる傾向があるとみられる。
- (4) グループ種別1（フラットな関係で親密度が高いグループ），グループ種別2（上下関係がある親密度が高いグループ）では，満足度が3～4の iii) 全発話数率が高く，グループ種別3（上下関係がある親密度が低いグループ）では，満足度が2～3の iii) 全発話数率が高い傾向が示された。親密度が高いグループでは，満足度が高い発話数率が高い傾向があるとみられる。

これらの結果から，フラットな関係のグループや親密度が高いグループ（種別1，種別2）では，メンバaの発話に対する満足度が高くなりやすく，上下関係がある親密度が低いグループ（種別3）では，低くなりやすいとみられる。また，特定語彙（親密語，丁寧語，命令語）を含む発話数率，メンバの中心性（入次数中心性，出次数中心性）の集計結果から，これらのデータを用いてグループの種別を推定できるとみられ，6.1.2節に示すように，グループ種別を推定したうえで，グループ種別に応じて，メンバの発話満足度を推定する手法をまとめた。

3) 提案・討議等の時間帯ごとのグループ特性等

グループ種別ごと、提案・討議等の時間帯（(1)提案待ち時間、(2)提案時間、(3)未反応時間、(4)討議時間）ごとの、メンバaの発話満足度、発話における特定語彙の発生状況、メンバの中心性（入次数中心性、出次数中心性）の状況等を、表5.29～5.31に示す。これらのグループ種別ごと、時間帯ごとの状況における特徴から、満足度推定に利用する特徴量について、以下にまとめた。

(1) グループ種別1 フラットな関係で親密度が高いグループ

表5.29に示す、このグループ種別の発話状況をみると、提案・討議等の時間帯のうち、(3)「未反応時間」が発生していない。このことから、グループ種別1の場合、未反応時間に関わる特徴量である「未反応時間率」には特徴が表れていないとみられるため、「未反応時間率」を除いた、(1)「提案待ち時間」、(2)「提案時間」、(4)「討議時間」の各時間率等から満足度を推定することとする。

(2) グループ種別2 上下関係がある親密度が高いグループ

表5.30に示す、このグループ種別の発話状況をみると、提案・討議等の時間帯のいずれの時間においても、満足度の分布、特徴量の変化が一様ではない。このことから、同種別の場合、4つの時間帯の各時間率等から、満足度を推定することとする。

(3) グループ種別3 上下関係がある親密度が低いグループ

表5.31に示す、このグループ種別の発話状況をみると、提案・討議等の時間帯のいずれの時間においても、満足度の分布、特徴量の変化が一様ではないことに加えて、入次数中心性が時間帯ごとに変化している傾向がみられた。このことから、同種別の場合、4つの時間帯の各時間率等と、それらに加えて、入次数中心性を満足度推定に利用することとする。

上記に示したような、「グループ種別」ごとの特徴に基づき、本研究では、「グループ種別」に応じて、会話におけるメンバの満足度を推定することとした。グループ特性を用いてグループの種別を推定するモデルについては6.1.2節に、グループ種別に応じてメンバ満足度を推定する手法については6.1.3節に示す。

表 5.29: テスト会話における時間帯ごとの発話状況等（グループ種別1）.

i) 提案・討議 等の時間帯	ii) メンバ 発話 満足度	iii) メンバ 発話数(率)		iv) メンバ 発話時間(率) (sec)		v) メンバ 親密語 発話数(率)		vi) メンバ 丁寧語 発話数(率)		vii) メンバ 命令語 発話数(率)		viii) メンバ 入次数中 心性 (平均値)	ix) メンバ 出次数 心性 (平均値)
		(着)	(発)	(着)	(発)	(着)	(発)	(着)	(発)	(着)	(発)		
(1)提案待ち 時間	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9	0.0
		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
	4	18	0	29	0	4	0	0	0	0	0		
		1.5%	0.0%	1.6%	0.0%	2.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
	3	1209	0	1812	0	158	0	0	1	0	0		
		98.1%	0.0%	97.8%	0.0%	95.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
	2	6	0	12	0	3	0	0	0	0	0		
(2)提案時間		0.5%	0.0%	0.6%	0.0%	1.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.9	1.0
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
	合計	1233	0	1853	0	165	0	0	1	0	0		
		24.1%	0.0%	18.0%	0.0%	3.2%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9	1.0
		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
(3)未反応 時間	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
	3	0	263	0	453	38	35	0	0	0	0		
		0.0%	100%	0.0%	98.3%	0.0%	89.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
	2	0	0	7	8	2	4	0	0	0	0		
		0.0%	0.0%	0.0%	1.7%	0.0%	10.3%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
(4)討議時間 および 討議後時間		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0	1.0
	合計	0	263	7	461	40	39	0	0	0	0		
		0.0%	5.1%	0.1%	4.5%	0.8%	0.8%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
(5)討議時間 および 討議後時間	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1.0	1.0
		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
	合計	142	106	479	294	148	33	5	3	0	0		
		2.8%	2.1%	9.4%	5.7%	2.9%	0.6%	0.1%	0.1%	0.0%	0.0%		

赤太字の数値: 各グループ種別の、各発話数率・時間率の中で最も高い比率

黒太字の数値: 各グループ種別、各時間帯、満足度別の各発話数率・時間率の中で最も高い比率

赤太字の項目: 各グループ種別での特徴がみられるデータ項目

表 5.30: テスト会話における時間帯ごとの発話状況等（グループ種別2）.

i) 提案・討議 等の時間帯	ii) メンバ 発話 満足度	v) メンバ 発話数(率)		vi) メンバ 発話時間(率) (sec)		vii) メンバ 親密語 発話数(率)		viii) メンバ 丁寧語 発話数(率)		ix) メンバ 命令語 発話数(率)		x) メンバ 入次数中 心性 (平均値)	xi) メンバ 出次数 心性 (平均値)
		(着)	(発)	(着)	(発)	(着)	(発)	(着)	(発)	(着)	(発)		
(1)提案待ち 時間	5	43 8.1%	0 0.0%	127 8.4%	0 0.0%	26 25.6%	0 0.0%	2 23.7%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0.9	0.0
	4	126 23.5%	0 0.0%	487 32.2%	0 0.0%	35 34.3%	0 0.0%	2 23.7%	0 0.0%	1 33.3%	0 0.0%		
	3	352 65.7%	0 0.0%	839 55.3%	0 0.0%	39 37.8%	0 0.0%	3 39.5%	0 0.0%	1 33.3%	0 0.0%		
	2	12 2.2%	0 0.0%	46 3.0%	0 0.0%	2 1.7%	0 0.0%	1 13.2%	0 0.0%	1 33.3%	0 0.0%		
	1	2 0.4%	0 0.0%	17 1.1%	0 0.0%	1 0.6%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%		
	合計	536 69.5%	0 0.0%	1516 14.7%	0 0.0%	103 13.4%	0 0.0%	8 1.0%	0 0.0%	3 0.4%	0 0.0%		
(2)提案時間	5	0 0.0%	6 15.6%	0 0.0%	26 17.9%	0 0.0%	2 21.8%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0.9	1.0
	4	0 0.0%	10 26.9%	0 0.0%	43 29.9%	0 0.0%	4 34.5%	0 0.0%	1 42.9%	0 0.0%	0 0.0%		
	3	0 0.0%	20 54.8%	0 0.0%	73 50.6%	0 0.0%	5 43.6%	0 0.0%	1 57.1%	0 0.0%	0 0.0%		
	2	0 0.0%	1 2.7%	0 0.0%	2 1.5%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%		
	1	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%		
	合計	0 0.0%	37 0.7%	0 0.0%	144 1.4%	0 0.0%	11 0.2%	0 0.0%	1 0.0%	0 0.0%	0 0.0%		
(3)未反応 時間	5	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0.9	1.0
	4	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%		
	3	18 72.0%	0 0.0%	30 69.8%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%		
	2	7 24.3%	0 0.0%	13 15.4%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%		
	1	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%		
	合計	25 0.5%	0 0.0%	43 0.4%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%		
(4)討議時間 および 討議後時間	5	29 8.1%	23 16.0%	84 8.4%	103 16.2%	18 25.4%	10 21.8%	1 22.2%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	1.0	0.9
	4	84 23.5%	68 46.8%	338 33.8%	252 39.7%	24 34.0%	15 34.5%	1 22.2%	2 42.9%	1 33.3%	0 0.0%		
	3	235 65.7%	53 36.5%	535 53.6%	271 42.7%	26 37.5%	19 43.6%	2 37.0%	3 57.1%	1 33.3%	0 0.0%		
	2	8 0.9%	1 0.7%	30.4 3.0%	8.8 1.4%	1 1.7%	0 0.0%	1 18.5%	0 0.0%	1 33.3%	0 0.0%		
	1	2 0.4%	0 0.0%	12 1.2%	0 0.0%	1 1.4%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%	0 0.0%		
	合計	357 7.0%	145 2.8%	999 9.7%	635 6.2%	69 1.4%	44 0.9%	5 0.1%	6 0.1%	3 0.1%	0 0.0%		

赤太字の数値: 各グループ種別の、各発話数率・時間率の中で最も高い比率

黒太字の数値: 各グループ種別、各時間帯、満足度別の各発話数率・時間率の中で最も高い比率

赤太字の項目: 各グループ種別の特徴がみられるデータ項目

表 5.31: テスト会話における時間帯ごとの発話状況等（グループ種別3）.

i) 提案・討議 等の時間帯	ii) メンバ 発話 満足度	v) メンバ 発話数(率)		vi) メンバ 発話時間(率) (sec)		vii) メンバ 親密語 発話数(率)		viii) メンバ 丁寧語 発話数(率)		ix) メンバ 命令語 発話数(率)		x) メンバ 入次数中 心性 (平均値)	xi) メンバ 出次数 中心性 (平均値)
		(着)	(発)	(着)	(発)	(着)	(発)	(着)	(発)	(着)	(発)		
(1)提案待ち 時間	5	7	0	45	0	3	0	0	0	0	0	0.7	0.0
		3.3%	0.0%	3.3%	0.0%	3.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
	4	36	0	341	0	27	0	0	0	0	0		
		18.4%	0.0%	24.7%	0.0%	28.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
	3	69	0	446	0	25	0	1	0	1	0		
		35.5%	0.0%	32.3%	0.0%	26.4%	0.0%	50.0%	0.0%	33.3%	0.0%		
	2	82	0	542	0	39	0	1	0	2	0		
(2)提案時間		42.1%	0.0%	39.3%	0.0%	40.7%	0.0%	50.0%	0.0%	66.7%	0.0%		
	1	1	0	6	0	1	0	0	0	0	0		
		0.7%	0.0%	0.4%	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
	合計	195	0	1379	0	96	0	2	0	3	0		
		12.8%	0.0%	43.6%	0.0%	6.3%	0.0%	0.1%	0.0%	0.2%	0.0%		
	5	0	4	0	25	0	2	0	1	0	0	0.7	1.0
		0.0%	7.8%	0.0%	8.2%	0.0%	5.9%	0.0%	16.7%	0.0%	0.0%		
	4	0	14	0	105	0	9	0	3	0	0		
		0.0%	30.9%	0.0%	35.1%	0.0%	30.9%	0.0%	58.3%	0.0%	0.0%		
	3	0	13	0	131	0	5	0	1	0	0		
		0.0%	27.2%	0.0%	43.5%	0.0%	16.2%	0.0%	16.7%	0.0%	0.0%		
	2	0	16	0	40	0	14	0	0	0	0		
(3)未反応 時間		0.0%	34.2%	0.0%	13.2%	0.0%	47.1%	0.0%	8.3%	0.0%	0.0%		
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
	合計	0	46	0	300	0	31	0	5	0	0		
		0.0%	3.0%	0.0%	9.5%	0.0%	2.0%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%		
	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.7	1.0
		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
	2	20	0	41	0	0	0	0	0	0	0		
(4)討議時間 および 討議後時間		100%	0.0%	100%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.9	1.0
		0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
	合計	20	0	41	0	0	0	0	0	0	0		
		0.4%	0.0%	0.4%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
	5	4	4	24	30	2	2	0	1	0	0		
		4.1%	7.8%	3.4%	8.2%	3.4%	5.9%	0.0%	16.7%	0.0%	0.0%		
	4	16	30	237	129	15	12	0	4	0	0	0.9	1.0
		19.2%	52.4%	33.8%	35.1%	28.6%	30.9%	0.0%	58.3%	0.0%	0.0%		
	3	36	15	280	160	24	6	0	1	0	0		
		42.3%	27.2%	39.9%	43.5%	46.0%	16.2%	0.0%	16.7%	0.0%	0.0%		
	2	28	7	157	48	11	18	1	1	1	0		
		33.6%	12.6%	22.4%	13.2%	21.4%	47.1%	100.0%	8.3%	100.0%	0.0%		
	1	1	0	3	0	0	0	0	0	0	0		
		0.8%	0.0%	0.4%	0.0%	0.7%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%		
	合計	85	57	702	367	51	37	1	7	1	0		
		5.5%	3.7%	22.2%	11.6%	3.4%	2.5%	0.1%	0.4%	0.1%	0.0%		

赤太字の数値: 各グループ種別の、各発話数率・時間率の中で最も高い比率

黒太字の数値: 各グループ種別、各時間帯、満足度別の各発話数率・時間率の中で最も高い比率

赤太字の項目: 各グループ種別の特徴がみられるデータ項目

5.8 会話における発話意図

5.8節では、本実験の、2つ目の目的である「発話意図推定手法の検証」に関して、従来手法、提案手法、比較検証結果を以下に述べる。

5.8.1 発話意図推定の手順

本研究では、「発話の宛先」、「メンバのつながり」、「提案・討議等の状況」の把握のために、会話における発話意図を推定した。また、3.4.4, 5.3.6節に示したように、本研究では、仔細な意図ではなく、i)「話題の切出し」、ii)「提案・希望・依頼」、iii)「質問・疑問」、iv)「回答・反応」（肯定・否定を除く）、v)「肯定・了解」、vi)「否定・反対」、vii)「集約」、viii)「その他」といった8区分の大まかな発話意図を抽出した。この発話意図推定手法（提案手法）でのデータ処理の流れは、以下および図5.7に示すとおりである。

この発話意図推定の提案手法では、特に、以下の手順(4)、(5)において、発話テキストからの意図推定結果の正誤を機械的に判定し、誤りと判定された発話意図を音響的特徴量からの推定意図結果で補完することに従来手法にはない特徴を持つ。この提案手法により、従来手法の発話テキストからの意図推定よりも高い推定精度を得ることをめざした。

手順(1) 発話テキストからの意図推定

会話音声から発話区間を検出し、発話ごとの音声データを取得する。

手順(2) 発話テキストからの意図推定

次に、発話ごとの音声データを音声認識して、発話をテキスト化する。そして、5.8.2節で述べるような関連研究で示されているテキストの形態素から意図を抽出する手法をふまえ、当該会話以外の発話テキスト（形態素ごとに区切ったテキスト）および、その意図（人手で作成した正解データ）を教師データとして学習し、当該会話の発話テキストを入力データとして、当該会話の発話意図を機械的に推定する。

手順(3) 発話の音響的特徴量の抽出、集計

発話ごとの音声データから、発話音声の基本周波数、音圧レベル、発話速度、発話の重なりといった音響的特徴量を抽出して、集計する。

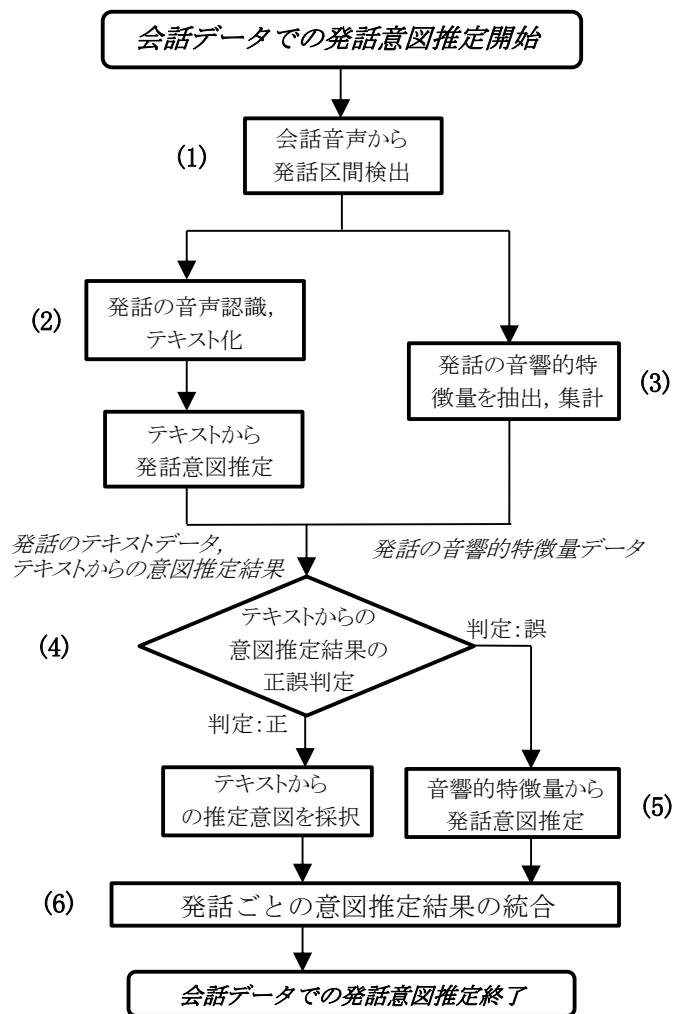


図 5.7: 発話意図推定手法（提案手法）でのデータ処理の流れ.

手順(4) 発話テキストからの推定意図結果の正誤判定

当該会話以外の発話テキストからの意図推定の結果および、その正誤（人手で判定）、発話音声の音響的特徴量（基本周波数、音圧レベル、発話速度、発話の重なり）を教師データとして学習し、当該会話の発話テキスト、発話音声の音響的特徴量を入力データとして、発話テキストからの推定意図結果の正誤を機械的に判定する。発話テキストからの発話意図推定結果が「正しい」と判定された発話について、この発話テキストからの推定意図結果を採用する（5.8.4節 1) (1)項）。

手順(5) 音響的特徴量からの意図推定

当該発話（当該会話のデータを除く）の発話音声の音響的特徴量と、その意図（人手で作成した正解データ）を教師データとして学習し、発話意図を推定する。そして、上記の手順(2)で発話テキストからの発話意図推定結果が「誤り」と判定された発話について、この音響的特徴量からの意図推定結果を採用する（5.8.3節 1)項，5.8.4節 1) (2)項）。

手順(6) 発話テキスト+音響的特徴量による意図推定（結果集約）

最後に、発話テキストからの意図推定結果と、音響的特徴量による発話意図推定結果を集約し、会話全体の発話意図を特定する（5.8.4節 1) (3)項）。

なお、上記の本実験のテスト会話における発話意図の正解データは、（株）トヨタIT開発センターに勤務していた3人の会話エージェント関連の研究者によって、各発話が8区分のいずれの意図であるかを判定したものである。発話意図の正解データの作成手順および評価等については、5.8.5節に、テスト会話での発話意図の推定結果の一例は、表5.14に示す。

5.8.2 テキストからの発話意図推定

1)発話テキストからの意図推定

3.4.4節に示したように、入江らは「名大コーパス」（意図タグ付きの音声対話コーパス）を構築し、発話テキストの形態素や、発話意図の生起確率等に基づいた前の発話意図とのつながりから、発話意図を推定する手法（以下、「名大手法」と記す）を明らかにしている[42]。

【発話テキストから発話意図を推定するモデル（名大手法）】

発話テキストから発話意図を推定するモデルを，以下に示す．当該会話を除くテスト会話における形態素ごとに区切った発話テキストと，その発話意図（正解データ）を学習データとし，SVMによって学習して，クラス分類を行い，当該発話テキストが，いずれの発話意図区分であるかを推定する．テキストからの発話意図推定を行う関数を $y_1(x)$ とすると，クラス分類する発話意図の集合 $y_{1-class}$ は，以下の式で示される．

$$\text{発話意図の分類クラスの集合 } y_{1-class} = \{beg, pro, ques, ans, pos, neg, fin, oth\} \quad (5.29)$$

ここで

- 1)*beg* : 話題の切出し
 - 2)*pro* : 提案・希望・依頼
 - 3)*ques* : 質問・疑問
 - 4)*ans* : 回答・反応(肯定・否定を除く)
 - 5)*pos* : 肯定・了解
 - 6)*neg* : 否定・反対
 - 7)*fin* : 集約
 - 8)*oth* : その他
- である

また，テキストからの発話意図推定に用いる特徴量群 (x_{i1}, x_{j1}) （発話意図推定を行う関数 $y_1(x)$ の説明変数）は，以下の式で示される．

$$\text{発話意図推定に用いる特徴量群}(x_{i1}, x_{j1}) = \{\text{con} - id, \text{utt} - id, \text{text}\} \quad (5.30)$$

ここで

1) $\text{con} - id$: 会話ID

2) $\text{utt} - id$: 発話ID

3) text : 形態素ごとに区切った発話テキストである

なお, SVMによって, 発話意図の推定を行う関数 $y_1(x)$ は, 既存のSVM分類器によるクラス分類の式として以下のように示される.

$$y_1(x) = \sum_{n=1}^N a_n t_n k(x_{n1}, x_{m1}) + b \quad (5.31)$$

ここで

a_n : ラグランジュ乗数

t_n : 入力ベクトルに対応する目標値

$k(x_{i1}, x_{j1})$: カーネル関数

b : バイパスパラメータ

n : $1 \sim N$ (入力データ項目数)

である

2) 名大コーパスの発話テキストからの発話意図推定

筆者においても, 5.8.2節 1項に示した「名大コーパス」を入手し, 入江らによる「発話テキストの形態素等から当該発話の意図を推定する手法」を, 従来手法として検証した. 名大コーパスのうち, 「車内のドライバーと車外のオペレータとの1対1の対話」の正解テキストを利用し, 「質問」, 「回答」, 「依

表 5.32: 名大コーパスでの発話意図推定の検証結果.

評価者	利用データ: 意図タグつき車内対話コーパスの発話テキスト		発話意図推定 正解数 正解率(%)			
	学習データ数	評価データ数	「当該発話の形態素」による推定		「当該発話の形態素」+「前の発話意図」による推定	
1) 名古屋大学の研究グループ	5366発話	171発話	152/171	88.9%	151/171	88.3%
2) 筆者	1715発話	55発話	51/55	92.7%	53/55	96.3%

表 5.33: テキストによる発話意図推定の検証結果.

推定方法	(1) 全5115発話の 正解テキストに基づく推定		(2) 全5115発話の 音声認識に基づく推定 (認識OK:1611発話)		(3) 全5115発話の 関連語彙抽出に基づく推定 (語彙抽出OK:2250発話)	
1) 「当該発話の形態素」による推定	2557 / 5115	50.0%	773 / 5115	15.1%	1294 / 5115	25.3%
2) 「当該発話の形態素+前の発話意図」による推定	2385 / 5115	46.6%	743 / 5115	14.5%	1026 / 5115	20.1%

頼」,「案内(提案)」,「了解(肯定)」の意図区分で推定を試行した結果,以下のとおりとなった.

表5.32に示すように, 1)入江ら(名古屋大学の研究グループ)の実験では, 学習データ: 5366発話, 評価データ: 171発話で, 使用された機械学習のアルゴリズム等は不明であるが, 当該発話の発話テキスト(形態素ごとに区切ったテキストのみを利用した場合と, 当該発話の形態素ごとに区切ったテキストに加えて前の発話意図も利用した場合のいずれにおいても, 88%の発話意図が推定できたことが示されている.

これに対して, 2)筆者が名大手法の再現を試行し, 学習データ: 1715発話, 評価データ: 55発話について, SVMを利用して発話意図を推定した結果, 当該発話の形態素のみを利用した場合が92%, 当該発話の形態素に加えて前の発話意図も利用した場合, 96%の正解率となった. 入手できたコーパスにおいて意図タグ(正解データ)が適切に付与されていないものが含まれていたため, 約3分の1のデータ数での試行となったが, 同等以上の正解率が得られたことから, 名大手法と同様な手法が再現できたといえる. なお, 本研究で筆者が実施した機械学習は, ツールとして, Weka Ver. 3.7.13²を用いた.

²Weka 3 -Data Mining with Open Source Machine Learning Software in Java:
<http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>

表 5.34: テキスト + 音響的特徴量による発話意図推定の検証結果.

1) 発話の音声認識 (全発話中) (発話数, 意味正解率)		2) 発話からの意図関連語の抽出 (発話数, 抽出率)		3) 関連語抽出発話テキストから意図抽出 (発話数, 抽出率)		4)機械学習で意図抽出NGを選別 (発話数, 選別率)		5) 特徴量の機械学習による意図推定 (発話数, 推定成功率)		6)テキスト+特徴量による意図推定 (発話数, 推定成功率)	
音認 OK	1627/5115 31.5%	関連語の抽出OK		抽出OK (正解) 1300/5115 25.4%	選別:No				> 1300/5115 25.4%		
		全文の 意図OK 1627/5115	2272/5115	抽出OK (正解) 7/5115 0.1%	誤選別 7/5115 0.10%	意図推定OK		> + 4/515 0.1%			
音認 NG	3488 / 5115 68.5%	関連語の 抽出OK 645/5115	44.0%	抽出NG 955/5115 18.9%	選別No 167/5115 3.3%	4/5115 0.1%					
					選別:yes 797/5115	意図推定OK 2415/5115 47.2%		→ 2415/5115 46.8%			
		関連語の抽出NG		→ 2893/5115 55.6%	選別:yes 2778/5115	意図推定NG 1160/5115 22.7%					
		2893/5115 56.6%			選別:No 115/5115 2.2%			合計 3719/5115 72.0%			

3) テスト会話の発話テキストによる発話意図推定

本実験で収録したテスト会話データ（4人グループにより旅行の行先や食事場所等を決める18会話5115発話）にて，同手法で発話意図推定を試行した．機械学習のアルゴリズムはSVMを利用し，10点交差検定で評価した．その結果，表5.33に示すように，1)当該発話の発話テキスト（形態素ごとに区切ったテキスト）のみを利用した場合，(1)正解テキストからは50.0%，(2)全文の音声認識ができたテキストの中では15.1%，(3)全文の音声認識ができたテキストと，意図を示す部分（語彙，言い回し）が音声認識できているテキストの中では，25.3%の発話意図を推定できた．この結果から，音声認識されたテキストからの発話意図推定の正解率が非常に低いことと，たとえ，音声認識結果が正解であっても，発話テキストからは50%の発話意図しか推定できなかった．

上記の本研究のテスト会話データでの結果は，名大コーパスで検証した場合と比べて，正解テキストを用いた場合でも低い正解率となっている．これは，名大コーパスでは，運転者からオペレータに予約や調査をお願いする1:1での会話であるの対して，本研究の実験での会話は4人による多様な会話内容であるために，語彙や言い回しが幅広かったためであるとみられる．

また，1)当該発話の形態素ごとに区切ったテキストのみを利用した場合に比べて，2)前の発話意図の情報も併用した場合の正解率が低くなった．これも，幅広い会話内容であるため，発話意図の遷移パターンが多様化しているためであるとみられる．名大手法を本研究でのテスト会話データに適用する場合は，「前の発話意図」を利用せずに「当該発話の形態素ごとに区切ったテキスト」のみを利用した方が，より高い推定が可能であるといえる．

そして，会話での自由発話の音声認識の精度は表5.34 1)に示すとおり，31.5%（意味正解率）と低い状況であり，前述のとおり，全文の音声認識が適

切にできたテキストのみを発話意図推定の評価の対象発話とした場合、15.1% (表5.33 1) (2))と更に低い正解率となる。しかし、書き起こしテキストを作成して、音声認識結果をと照合した結果、発話内容の一部しか音声認識ができていない発話テキストにおいても、5115発話中645発話が、意図を示す語や言い回し等の部分の音声認識ができていた (表5.34 1) 2))。

このため、テキストからの発話意図推定の評価において、全文の音声認識ができた発話に加えて、意図を示す部分 (語、言い回し等) が音声認識できた発話を含めた場合についても、正解率を算出した (表5.33 3))。これは、音声認識結果が全く誤っているが、発話意図が偶発的に正解であるようなケースは、評価上の正解から除外すべきであるが、意図を示す部分のテキストが音声認識できていて、発話意図が正解であるようなケースは、評価上の正解として扱うこととしたものである。

5.8.3 音響的特徴量からの発話意図推定

1) 音響的特徴量からの発話意図推定手法

5.8.2節で述べた発話テキスト (形態素ごとに区切ったテキスト) からの発話意図推定手法は、音声認識による発話テキストを利用することを前提としているため、発話音声を認識できず発話意図が抽出できなかったような場合には、代替の方法により発話意図を推定して不足する部分を補完する必要がある。そこで、音響的特徴量の機械学習によって発話意図を推定することとした。

3.3.4節で示したように、発話音声の i) 基本周波数, ii) 音圧レベル, iii) 発話速度, iv) 発話の重なりといった音響的特徴量の変化に、会話での同調傾向や会話の盛り上がり等の状況が現れることが、関連研究で明らかになっている。そこで、発話音声のこれらの音響的特徴量データを測定、集計し、それらのデータを学習することによって、発話意図を推定することとした。

また、5.3.3節で示したようにテスト会話の発話音声について、パソコンベースの音声測定ツールを用いて、基本周波数、音圧レベル等の音響的特徴量を測定した。発話時間、発話速度、発話の重なりを発話ごとに、基本周波数、音圧レベルについては10msec周期で、それぞれ測定し、発話ごとの平均値、分散値、最大値、最小値、線形回帰近似直線の傾きおよび切片の値を集計して、全話者の測定値を正規化した。音響的特徴量の測定結果の例は、表5.8に示す。

【音響的特徴量から発話意図を推定するモデル】

音響的特徴量から発話意図を推定するモデルを，以下に示す．本実験で収録したテスト会話データ（4人グループにより旅行の行先や食事場所等を決める18会話5115発話）について，発話意図の正解データとして，書き起こした発話テキストに対して手作業で発話意図情報を作成した（5.8.5節）．そして，当該会話を除くテスト会話の発話意図データ（正解データ）と，上記の音響的特徴量の集計値（発話意図の説明変数）を学習データとし，SVMの分類器によって学習データをクラス分類して，当該発話テキストが，いずれの発話意図区分であるかを推定する．

テキストからの発話意図推定を行う関数を $y_2(x)$ とすると，クラス分類する発話意図の集合 $y_{2-class}$ は，以下の式で示される．なお，この発話意図のクラスは，「テキストからの発話意図推定」と同じものである．

$$\text{発話意図の分類クラスの集合 } y_{2-class} = \{beg, pro, ques, ans, pos, neg, fin, oth\} \quad (5.32)$$

ここで

- 1)*beg* : 話題の切出し
 - 2)*pro* : 提案・希望・依頼
 - 3)*ques* : 質問・疑問
 - 4)*ans* : 回答・反応(肯定・否定を除く)
 - 5)*pos* : 肯定・了解
 - 6)*neg* : 否定・反対
 - 7)*fin* : 集約
 - 8)*oth* : その他
- である

また，音響的特徴量からの発話意図推定に用いる特徴量群 (x_{i2}, x_{j2}) （発話意図推定を行う関数 $y_2(x)$ の説明変数）は，以下の式で示される．

表 5.35: 音響的特徴量の機械学習による発話意図推定（推定精度）の比較.

機械学習アルゴリズム	SVM(SMO)		BayesNet (K2)		決定木 (J4.8)	
予測発話数・予測精度	3313 / 5115	64.8%	2953 / 5115	57.7%	3141 / 5115	61.4%

$$\text{特徴量群}(x_{i2}, x_{j2}) = \{con - id, utt - id, f_{0a}, f_{0v}, f_{0max}, f_{0min}, f_{0i}, f_{0s}, \\ l_a, l_v, l_{max}, l_{min}, l_i, l_s, duration, speed, overlap\} \quad (5.33)$$

ここで

1) $con - id$: 会話ID

2) $utt - id$: 発話ID

3)～8) 基本周波数 f_{0a} : 平均値, f_{0v} : 分散値, f_{0max} : 最大値,

f_{0min} : 最小値, f_{0i} : 線形回帰近似直線の傾き, f_{0s} : 同直線の切片

9)～14) : 音圧レベル l_a : 平均値, l_v : 分散値, l_{max} : 最大値,

l_{min} : 最小値, l_i : 線形回帰近似直線の傾き, l_s : 同直線の切片

15) $duration$: 発話時間

16) $speed$: 発話速度

17) $overlap$: 発話の重なり

である

なお, SVMによって, 音響的特徴量から発話意図の推定を行う関数 $y_2(x)$ は, 式5.31と同様となる.

2)テスト会話の音響的特徴量による意図推定

テスト会話データ（4人グループにより旅行の行先や食事場所等を決める18会話5115発話）にて, 上記の機械学習（アルゴリズム：SVM（SMO））による, 発話意図推定を試行し, 10点交差検定で評価した. その結果は, 表5.35に示すように, 64.8%の推定精度となった. 他の機械学習のアルゴリズムで推定した場合は, BayesNet（K2）では57.7%, 決定木（J4.8）では61.4%となった. 各アル

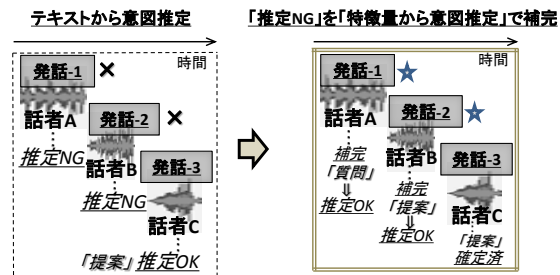


図 5.8: 提案手法により意図推定結果を補完するイメージ。

ゴリズムでの比較では，SVMのアルゴリズムで推定した上記モデルが最も高い推定精度であるが，この音響的特徴量からの発話意図推定としてはやや低い推定精度となった。

5.8.4 テキスト＋音響的特徴量からの発話意図推定

1) テキスト＋音響的特徴量からの発話意図推定（提案手法）

5.8.2，5.8.3節で示したように，テキストからの発話意図推定や音響的特徴量からの発話意図推定では，それぞれ，正解率が低いことから，テキストからは意図が推定できていない発話を機械学習により選別し，更にそれらの発話について，音響的特徴量から発話意図を推定して，テキストでの発話意図推定結果を補完するという2段階の機械学習による推定することとした（提案手法）。

提案手法により，テキストからの意図推定結果を補完するイメージとしては，たとえば，図5.8に示すテスト会話例では，発話No.1, 2は，音声認識によるテキストからの意図推定が「NG」であったが，提案手法では意図推定が「OK」（「肯定」を推定）であり，この結果をふまえて意図推定「NG」を補完して，最終的には意図推定が「OK」となる。

【テキスト＋音響的特徴量から発話意図を推定するモデル】

この発話テキスト＋音響的特徴量から発話意図を推定するモデルを，以下にまとめる。提案手法により，テキスト＋音響的特徴量から発話意図を推定する流れは，図5.7に示すとおりとなる。

- (1) まず，テスト会話において，5.8.2節に示した，発話テキストからの発話意図推定を行った結果データ，発話意図の正解データおよび推定結果の正誤判定結果（当該会話を除く）を学習データとして，SVMのアルゴリズムによる機械学習によって，当該会話についてテキストから発話推定した結果の正誤を推定する．そして，発話テキストからの意図推定結果データのうち，正解であると推定されたデータのみを，発話テキストからの発話意図の推定結果として採択する．
- (2) 次に，5.8.3節に示した音響的特徴量からの発話意図推定を行い，発話テキストからの意図推定結果が不正解と判定された発話については，この音響的特徴量からの発話意図推定の結果を，発話意図の推定結果として採択する．
- (3) そして，これらの2つの手法による推定結果を集約して，会話全体の各発話意図を確定する．テキスト+音響的特徴量から推定する発話意図 I_n は，以下の式で示される．

$$n\text{番目の発話の意図}I_n = \begin{cases} I_{1-n} & (I_{1-n} : \text{True}) \\ I_{2-n} & (I_{1-n} : \text{False}) \end{cases}$$

ここで

n : 発話の順序番号(1, 2, 3, ...))

発話意図のtype 1) 話題の切出し : *beg*, 2) 提案・希望・依頼 : *pro*,

3) 質問・疑問 : *ques*, 4) 回答・反応(肯定・否定を除く) : *ans*,

5) 肯定・了解 : *pos*, 6) 否定・反対 : *neg*, 7) 集約 : *fin*, 8) その他 : *oth*

I_{1-n} : 関数 $y_1(x)$ に基づいてテキストから推定した n 番目の発話の意図

I_{2-n} : 関数 $y_2(x)$ に基づいて音響的特徴量から推定した n 番目の発話の意図である

表 5.36: テスト(会話No.13)における意図推定結果の例.

発話ID	話者	発話テキスト (正解)	発話テキスト (音声認識)	発話意図 抽出語 (正解)	発話意図 抽出語 (音声認識結果)	発話意図 (正解)	テキストから の推定	(1)発話 音声認識 OK/NG	(2)発話意図 抽出語 音声認識 OK/NG	(3)テキスト から発話意 図推定 OK/NG	(4)特徴量学 習に基づく 意図推定	補注	(5)「テキスト+ 特徴量学習」 による意図推定
1	d	おはなんです	はなんです	はなんです	はなんです	切出し	切出し	OK	OK	OK			OK
2	d	げどー	げどー	げどー	げどー	切出し	否定	OK	NG	NG	OK	⇒	NG
3	d	このへん	N/A	N/A	N/A	提案	提案	NG	NG	NG			NG
4	d	どっか	N/A	どっか	N/A	提案	質問	NG	NG	NG			NG
5	d	何か	N/A	何か	N/A	提案	質問	NG	NG	NG	OK	⇒	OK
6	d	食べますか	食べますか	食べますか	食べますか	提案	質問	OK	OK	OK	OK		OK
7	c	うーん	うーん	N/A	N/A	回答	回答	NG	NG	NG	NG		NG
8	b	何	-	何	-	質問	その他	NG	NG	NG	NG		NG
9	b	食べたいですか	N/A	ですか	N/A	質問	質問	NG	NG	OK	OK		OK
10	b	何か	なんか	何か	なんか	回答	回答	OK	OK	OK	NG		OK
11	d	このへん	N/A	-	N/A	回答	回答	NG	NG	NG	OK	⇒	OK
12	d	全然	N/A	-	N/A	回答	回答	NG	NG	NG	OK	⇒	OK
13	d	わかんないですよー	わかんないですよ	わかんないです	わかんないです	回答	回答	OK	OK	OK	OK	⇒	OK
14	b	私も	私も	-	-	提案	提案	OK	NG	OK	OK	⇒	OK
15	b	わかんないんで	わかんないんで	-	-	提案	提案	OK	NG	OK	OK	⇒	OK
16	b	今日	N/A	-	N/A	提案	質問	NG	NG	NG	OK	⇒	OK
17	b	寒いから	寒いから	-	-	提案	提案	OK	NG	NG	NG		NG
18	b	面白いものがあつたかいもの	面白いものがあつたかいもの	面白いものがあつたかいもの	面白いものがあつたかいもの	提案	提案	OK	OK	OK	OK		OK
19	b	いいかなと思うんですけど	いいかなと思うんですけど	いいかなと思うんですけど	いいかなと思うんですけど	提案	提案	NG	NG	NG	OK	⇒	OK
20	d	うーん	うーん	うーん	うーん	回答	回答	OK	OK	OK	OK		OK
								正解率	50.0%	25.0%	45.0%	70.0%	75.0%

2) テキスト + 音響的特徴量からの発話意図推定結果

また、表5.36に、テスト(会話No.13)における意図抽出・推定の例を示す。テキストから意図抽出した結果(表5.36(3))を、音響的特徴量による推定結果(表5.36(4))で補完し、これらの推定結果を集約して、最終的な結果が得られた(表5.36(5))。

機械学習によるテキストからの意図推定できていない発話の推定、および、それらの発話意図の推定について検証した結果から、テキストからは意図推定できていない発話のうち、3575発話（69.2%）を適切に選別し、8発話（0.1%）については誤選別、282発話（5.4%）については選別漏れとなった（表5.34 4）。更に、選別した発話のうち、2419発話（46.9%）の発話意図を推定することができ（表5.34 (5)），テキストによる意図推定推定と合わせて、合計3719発話（72.0%）の意図を推定できることが確認できた（表5.34 (6)）。

従来手法として設定した，4.2.1節の発話テキスト（形態素ごとに区切ったテキスト）からの発話意図推定手法（名大手法）では，表5.33 (3)に示すように，意図関連語彙を含む発話を利用した場合でも25.3%の推定精度であり，それを上回る精度（72.0%）で発話意図を推定することができた．この結果から，テキストに加えて，音響的特徴量を用いた発話意図推定手法の方が有意であったといえる．

5.8.5 発話意図の正解データ

5.8.4節に示すように、発話意図の推定は、まず、発話の音声認識テキスト、および学習データ（発話の正解テキスト）について、形態素ごとに分かち書きを行い、分かち書きしたテキストを学習データ（当該会話以外の発話テキストを学習した）と比較し、その類似度から発話意図を推定する。次に、テキストからでは意図推定できていないと見込まれる発話について、音響的特徴量を用いて意図推定した結果で補完する手法になる。

上記の5.8.4節の発話意図推定手法で推定した意図について、正誤判定を行うために、各発話の意図が8区分のいずれであるかの正解データ（発話意図の分類）を作成した。5.8.1節で述べたように、発話意図の正解データは、トヨタIT開発センターに勤務していた3人の会話エージェントの研究担当者が評定者となり意図を判定したもので、各評定者が最初に判定した発話意図が一致しなかった場合には、当該発話の意図について、3人が協議して、いずれかを正解として確定した。

なお、正解データ作成にあたっては、発話テキストだけにとらわれずに、発話場面での話者の意図をとらえるように留意した。例えば、「いいよ」という発話では、「素晴らしい」という肯定の意図があれば、「不要である」という否定の意図の場合もあり、また、「はい」と発話でも、その前の発言内容に「賛成である」という意図があれば、呼びかけに「返事する」だけというような意図の場合もある。このため、評定者は当該発話の前後の会話内容も把握した上で、適切な発話意図を判断するようにした。

上記の3人の評定者による最初の判定については、評定者間の一致度を示すカッパ係数 k (kappa coefficient) を算出したところ、 $k = 0.94$ となった。カッパ係数 k が0.81～1.00であれば、ほぼ一致しているとされるため、本正解データは、評定者間でほぼ一致しているといえる。

各評定者が最初に判定した発話意図は、表5.37に示すとおりで、発話意図ごとの評価の一致率は、意図i)「話題の切出し」が49発話中39発話（95.1%）、ii)「提案・希望・依頼」が408発話中389発話（96.5%）、iii)「質問・疑問」が910発話中883発話（96.4%）、iv)「回答・反応」（肯定・否定を除く）が2400発話中2381発話（98.6%）、v)「肯定・了解」が922発話中908発話（97.8%）、vi)「否定・反対」が334発話中322発話（98.2%）、vii)「集約」が82発話中72発話（96.0%）、viii)「その他」が38発話中34発話（91.9%）、平均では96.8%となった。

表 5.37: 評定者による発話意図の初回判定の状況.

意図数別発話		評定者xの判定								一致率
		i)切出	ii)提案	iii)質問	iv)回答	v)肯定	vi)否定	vii)集約	viii)その他	
評定者 y, zの 判定 * y, zの判 定が異なる 場合は同一 発話を重複 カウント	i)切出	39	0	2	0	0	0	0	0	95.1%
	ii)提案	1	389	7	0	0	2	4	0	96.5%
	iii)質問	5	9	883	5	9	3	0	2	96.4%
	vi)回答	0	7	7	2381	5	7	6	2	98.6%
	v)肯定	4	0	9	7	908	0	0	0	97.8%
	vi)否定	0	0	2	4	0	322	0	0	98.2%
	vii)集約	0	3	0	0	0	0	72	0	96.0%
	viii)その他	0	0	0	3	0	0	0	34	91.9%
合計		49	408	910	2400	922	334	82	38	(平均) 96.8%

表 5.38: 発話意図正解データの確定状況と機械学習による推定結果.

会話 id	全発 話数	3者見解一致により意図正解を確定できた発話							3者協議により意図正解を確定できた発話						
		発話数	比率	機械学習による意図推定結果					発話数	比率	機械学習による意図推定結果				
				テキストによ り推定でき た発話数	音響的特徴 量により推定 できた発話数	推定OK 発話数 (合計)	推定NG 発話数	正解率			テキストによ り推定でき た発話数	音響的特徴 量により推定 できた発話数	推定OK 発話数 (合計)	推定NG 発話数	正解率
1	471	449	95.3%	97	77	174	275	38.8%	22	4.7%	0	6	6	16	27.3%
2	472	446	94.5%	106	53	159	287	35.7%	26	5.5%	4	5	9	17	34.6%
3	322	306	95.0%	62	94	156	150	51.0%	16	5.0%	3	9	12	4	75.0%
4	339	332	97.9%	104	116	220	112	66.3%	7	2.1%	0	6	6	1	85.7%
5	310	304	98.1%	95	65	160	144	52.6%	6	1.9%	0	2	2	4	33.3%
6	275	271	98.5%	92	52	144	127	53.1%	4	1.5%	0	1	1	3	25.0%
7	260	254	97.7%	75	108	183	71	72.0%	6	2.3%	0	2	2	4	33.3%
8	233	227	97.4%	75	110	185	42	81.5%	6	2.6%	2	4	6	0	100.0%
9	256	253	98.8%	97	68	165	88	65.2%	3	1.2%	0	2	2	1	66.7%
10	278	271	97.5%	69	61	130	141	48.0%	7	2.5%	0	2	2	5	28.6%
11	217	217	100.0%	82	86	168	49	77.4%	0	0.0%	0	0	0	0	0.0%
12	157	157	100.0%	48	79	127	30	80.9%	0	0.0%	0	0	0	0	0.0%
13	349	312	89.4%	60	50	110	202	35.3%	37	10.6%	3	13	16	21	43.2%
14	271	254	93.7%	34	65	99	155	39.0%	17	6.3%	0	13	13	4	76.5%
15	369	360	97.6%	99	79	178	182	49.4%	9	2.4%	4	2	6	3	66.7%
16	127	127	100.0%	66	57	123	4	96.9%	0	0.0%	0	0	0	0	0.0%
17	175	175	100.0%	31	37	68	107	38.9%	0	0.0%	0	0	0	0	0.0%
18	234	234	100.0%	20	47	67	167	28.6%	0	0.0%	0	0	0	0	0.0%
合計	5115	4949	96.8%	1312	1304	2616	2333	47.1%	166	3.2%	16	67	83	83	50.0%

そして、表5.38に示すとおり、担当者の見解が一致し、協議することなく意図の正解を確定した発話は5115発話中4949発話（96.8%）、評定者の見解が当初は一致せず、協議を経て正解を確定した発話は5115発話中166発話（3.2%）となり、96%以上の発話については人手により容易に発話意図を判定できたといえる。そして、これらの発話を機械学習により意図推定した結果をみると、評定者の見解一致により発話意図の正解を確定できた発話では、4949発話中2616発話（47.1%）を、評定者の見解が一致せず協議して正解を確定した発話では、166発話中83発話（50.0%）の意図を機械的に推定することができた。両者の結果には3%程度しか差がなく、人手による意図の判定が容易であったかどうかの状況によって、機械学習による発話意図推定結果にはあまり差異が現れていないといえる。

5.8.6 意図推定結果と考察

本研究では、仔細な意図ではなく、i)「話題の切出し」、ii)「提案・希望・依頼」、iii)「質問・疑問」、iv)「回答・反応」（肯定・否定を除く）、v)「肯定・了解」、vi)「否定・反対」、vii)「集約」、viii)「その他」といった8区分の大まかな発話意図を抽出することとした。

そして、5.8.1～5.8.5節で示したように、本研究では、発話テキストからの推定結果と、音響的特徴量からの意図推定結果を集約して、会話全体の発話意図を推定する提案手法について、テスト会話のデータを用いて検証した。

検証の結果、音声認識されたテキストからの発話意図推定（従来手法）の正解率は15.1%～25.3%と非常に低く、たとえ、音声認識結果が正解であったとしても、発話テキストからは50.0%の発話意図しか推定できなかった。また、音響的特徴量からの発話意図推定においても、正解率は64.8%と決して高いとはいえない（5.8.3節）。

これに対して、発話テキストからの推定と音響的特徴量からの推定を集約した提案手法では、72.0%の精度で発話意図を推定することができた。この結果から、発話テキストのみによる発話意図推定手法よりも、テキストと音響的特徴量を用いた発話意図推定手法が効果的であったといえる。

推定された発話意図は、5.4節に示した発話の宛先や、5.5節に示した提案・討議等の状況の推定に利用し、本研究の主題であるグループ状態・メンバーの満足度の推定につなげる。以下の5.9節では、発話意図データ等を元にして本

実験で得られた特徴量についての総括を述べる。

5.9 会話グループ状態の関連特徴量

5.9節では、本実験のデータ分析によって得られた、グループ状態・メンバの満足度に関係すると仮定した特徴量をまとめた。上記5.3～5.8節で述べたように、本実験では、グループによる討議の会話の音声測定し、各話者の発話の音響的特徴量抽出や、音声認識、発話意図推定の結果を集計、分析し、1) グループ種別に関連する特徴量と、2) 提案・討議等の状況に関連する特徴量を集約した。これらの2種類の特徴量データの概略を、以下に示す。また、これらのデータを活用して、会話を行うグループの状態に基づく満足度を推定する手法における処理、検証結果等については、第6章で述べる。

1) グループ種別に関連する特徴量

グループ状態や満足度に関する特徴量データのうち、グループ特性に関連する特徴量として、メンバの中心性（入次数中心性、入次数中心性）と、特定語彙（親密語、丁寧語、命令語）の発生状況（発話数率、発話時間率）の概略を、以下に示す。これらの特徴量は、5.7.10節に示したようにグループの関係性や親密度と関係があるとみられるため、関係性や親密度に基づくグループ種別を推定するのに用いる。

(1) メンバの入次数中心性

任意のタイミング t_n におけるメンバ m の入次数中心性 $C_{in-D-t_n}(m)$ は、話者数（ノード数）を v 、任意のタイミング t_n において m 宛に発話している発話者数（次数）を $d_{in-t_n}(m)$ 、全メンバ数（次数の最大値）を $maxd_{in}(v)$ として示す。

$$C_{in-D-t_n}(m) = d_{in-t_n}(m) / [max d_{in}(v) - 1] \quad (5.34)$$

(5.6.1節 (1)項)

(2) メンバの出次数中心性

任意のタイミング t_n におけるメンバ m の出次数中心性 $C_{out-D-tn}(m)$ は、話者数（ノード数）を v 、任意のタイミング t_n において、メンバ m から各メンバへの発話の宛先数を $d_{out-tn}(m)$ として示す.

$$C_{out-D-tn}(m) = d_{out-tn}(m) / [\max d_{out}(v) - 1] \quad (5.35)$$

(5.6.1節 (2)項)

(3) メンバ m の「親密語」発話時間率，発話数率

$$\text{親密語・発話時間率 } T_{r \text{ int-m-out-tn}} = \text{親密語発話時間 } T_{\text{int-m-out-tn}} / \text{全発話時間 } T_{\text{all-tn}} \quad (5.36)$$

$$\text{親密語・着発話時間率 } T_{r \text{ int-m-in-tn}} = \text{親密語発話時間 } T_{\text{int-m-in-tn}} / \text{全発話時間 } T_{\text{all-tn}} \quad (5.37)$$

$$\text{親密語・発話数率 } U_{r \text{ int-m-out-tn}} = \text{親密語発話数 } U_{\text{int-m-out-tn}} / \text{全発話数 } U_{\text{all-tn}} \quad (5.38)$$

$$\text{親密語・着発話数率 } U_{r \text{ int-m-in-tn}} = \text{親密語発話数 } U_{\text{int-m-in-tn}} / \text{全発話数 } U_{\text{all-tn}} \quad (5.39)$$

(5.6.2節 (1)項)

(4) メンバ区間 m の「丁寧語」発話時間率，発話数率

$$\text{丁寧語・発話時間率 } T_{r\ pol-m-out-tn} = \text{丁寧語発話時間 } T_{pol-m-out-tn} / \text{全発話時間 } T_{all-tn} \quad (5.40)$$

$$\text{丁寧語・着発話時間率 } T_{r\ pol-m-in-tn} = \text{丁寧語発話時間 } T_{pol-m-in-tn} / \text{全発話時間 } T_{all-tn} \quad (5.41)$$

$$\text{丁寧語・発話数率 } U_{r\ pol-m-out-tn} = \text{丁寧語発話数 } U_{pol-m-out-tn} / \text{全発話数 } U_{all-tn} \quad (5.42)$$

$$\text{丁寧語・着発話数率 } U_{r\ pol-m-in-tn} = \text{丁寧語発話数 } U_{pol-m-in-tn} / \text{全発話数 } U_{all-tn} \quad (5.43)$$

(5.6.2節 (2)項)

(5) メンバ m の「命令語」発話時間率，発話数率

$$\text{命令語・発話時間率 } T_{r\ ord-m-out-tn} = \text{命令語発話時間 } T_{ord-m-out-tn} / \text{全発話時間 } T_{all-tn}$$

$$\text{命令語・着発話時間率 } T_{r\ ord-m-in-tn} = \text{命令語発話時間 } T_{ord-m-in-tn} / \text{全発話時間 } T_{all-tn}$$

$$\text{命令語・発話数率 } U_{r\ ord-m-out-tn} = \text{命令語発話数 } U_{ord-m-out-tn} / \text{全発話数 } U_{all-tn}$$

$$\text{命令語・着発話数率 } U_{r\ ord-m-in-tn} = \text{命令語発話数 } U_{ord-m-in-tn} / \text{全発話数 } U_{all-tn}$$

(5.6.2節 (3)項)

2)提案・討議等の状況に関連する特徴量

グループ状態や満足度に関する特徴量データのうち，提案・討議等の状況に関連する特徴量の概略を，以下に示す。

(1) 提案待ち時間率

会話中の任意タイミング t_n におけるメンバ m の「提案待ち時間率」 $T_{r1-m-tn}$ は，会話開始から任意タイミング t_n までの提案待ち時間を T_{1-m-tn} ，会話開始から任意タイミング t_n までの会話時間を T_{all-tn} とし，会話時間に占める提案待ち時

間の割合(%)である.

$$\text{提案待ち時間率 } T_{r1-m-tn} = \text{提案待ち時間 } T_{1-m-tn} / \text{会話時間 } T_{all-tn} \quad (5.44)$$

(2) 提案発話時間率, 提案発話数率

会話中の任意タイミング t_n におけるメンバ m の「提案時間率」 $T_{r2-m-tn}$ は, 会話開始から任意タイミング t_n までの提案時間を T_{2-m-tn} , 会話開始から任意タイミング t_n までの会話時間を T_{all-tn} とし, 会話時間に占める提案時間の割合(%)である.

$$\text{提案時間率 } T_{r2-m-tn} = \text{提案時間 } T_{2-m-tn} / \text{会話時間 } T_{all-tn} \quad (5.45)$$

また, メンバ m の提案発話数率は, 会話開始から任意タイミング t_n までの全発話に占める, 提案の発話数の割合(%)である.

$$\text{提案発話数率 } PU_{r-m-tn} = \text{提案発話数 } PU_{m-tn} / \text{累計発話数 } PU_{all-tn} \quad (5.46)$$

(3) 未反応時間率

会話中の任意タイミング t_n におけるメンバ m の「未反応時間率」 $T_{r3-m-tn}$ は, 会話開始から任意タイミング t_n までの未反応時間を T_{3-m-tn} , 会話開始から任意タイミング t_n までの会話時間を T_{all-tn} とし, 会話時間に占める未反応時間の割合(%)である.

$$\text{未反応時間率 } T_{r3-m-tn} = \text{未反応時間 } T_{3-m-tn} / \text{会話時間 } T_{all-tn} \quad (5.47)$$

(4) 討議時間率発話時間率, 討議発話数率

会話中の任意タイミング t_n におけるメンバ m の「討議発話時間率」 $T_{r4-m-tn}$ は, 会話開始から任意タイミング t_n までの, 提案に対する討議の発話時間を T_{4-m-tn} , 会話開始から任意タイミング t_n までの会話時間を T_{all-tn} とし, 会話時間に占める討議の発話時間の割合(%)である.

$$\text{討議発話時間率 } T_{r4-m-tn} = \text{討議発話時間 } T_{4-m-tn} / \text{会話時間 } T_{all-tn} \quad (5.48)$$

また、メンバ m の討議発話数率は、会話開始から任意タイミング t_n までの全発話に占める提案に対する討議の発話数の割合(%)で、以下の式で算出した。

$$\text{討議発話数率 } DU_{r-m-t_n} = \text{討議発話数率 } DU_{m-t_n} / \text{累計発話数 } DU_{all-t_n} \quad (5.49)$$

(5) メンバごと、発話意図ごとの発話数率、発話時間率

以下のメンバごと、発話意図(「話題の切出し」、「質問」、「回答」、「肯定」、「否定」、「集約」、「その他」)ごとの「発話数率」(会話開始から会話中の任意タイミング t_n までの全メンバの発話数累計に占める発話数比率. 単位: %), および、「発話時間率」(会話開始から会話中の任意タイミング t_n までの会話時間に占める時間比率. 単位: %)である (6.2節 2)項)。

- (i) メンバ m の「切出」発話数率 BU_{r-m}
- (ii) メンバ m の「切出」発話時間率 BT_{r-m}
- (iii) メンバ m の「質問」発話数率 QU_{r-m}
- (iv) メンバ m の「質問」発話時間率 QT_{r-m}
- (v) メンバ m の「回答」発話数率 RU_{r-m}
- (vi) メンバ m の「回答」発話時間率 RT_{r-m}
- (vii) メンバ m の「肯定」発話数率 PU_{r-m}
- (viii) メンバ m の「肯定」発話時間率 PT_{r-m}
- (ix) メンバ m の「否定」発話数率 NU_{r-m}
- (x) メンバ m の「否定」発話時間率 NT_{r-m}
- (xi) メンバ m の「集約」発話数率 FU_{r-m}
- (xii) メンバ m の「集約」発話時間率 FT_{r-m}
- (xiii) メンバ m の「その他」発話数率 OU_{r-m}
- (xiv) メンバ m の「その他」発話時間率 OT_{r-m}

6

会話におけるグループ状態に基づく 満足度の推定

会話におけるメンバ満足度の推定モデルについては、4.5節で概要を説明したが、本章では、その詳細について、まず、第5章に示した実験データの分析結果に基づいて、会話におけるグループ状態の推定手法、メンバ満足度推定の提案モデルを、6.1節で説明する。次に、6.2節で、会話参加メンバの満足度推定に用いる特徴量の分析について述べ、そして、6.3節で、会話参加メンバの満足度推定モデルと、他のモデルとの比較検証結果を、6.4節で、テスト会話でのメンバの満足度およびグループ状態の推定結果等を示す。

6.1 グループ状態に基づく満足度の推定モデル

6.1節では、会話におけるグループ状態推定における処理フローや手順(6.1.1節)、グループ種別の推定モデル(6.1.2節)、メンバ満足度推定のモデル(6.1.3節)、メンバ満足度からグループ全体の状態把握(6.1.4節)について、

以下に説明する。

6.1.1 会話における満足度推定の流れ

提案モデルにおけるグループ状態推定での処理フローを、図6.1に示す。会話におけるグループ状態推定での処理は、(1)会話音声の前処理として、音声から発話を検出し、(2)関連データの集計・分析として、発話音声からテキストや音響的特徴量を抽出し、それらから提案・討議等の状況やグループ特性を得る。そして、状態推定の第1段階として、(3)グループ種別推定を(6.1.2節)、第2段階として、(4)メンバ満足度推定を実施し(6.1.3節)、最後に、各メンバの満足度を集約して、(5)グループ全体の状態把握(6.1.4節)を行う流れとなる。

状態推定を2段階処理としたのは、5.7.10節 2)項で述べたように、会話データの分析の結果、グループ種別によって、満足度の表れ方に異なる傾向があることが明らかとなり、また、特定語彙(親密語、丁寧語、命令語)を含む発話数率、メンバの中心性(入次数中心性、出次数中心性)のデータを用いてグループ種別を推定できる見通しが得られたためである。6.1.2、6.1.3節に示すように、グループ種別を推定したうえで、グループ種別に応じて、メンバの発話満足度を推定する、2段階処理のモデルをまとめた。

図6.1に示した上記のグループ状態推定における処理手順(1)～(5)の内容を、以下に示す。

手順(1) 発話区間の検出

まず、会話音声から発話区間を検出し、発話ごとに音声を切り出す(5.3.2節)。

手順(2) 発話意図、提案・討議等の状況の推定

次に、上記手順(1)で音声から切り出した発話音声から、音声認識したテキストと、音響的特徴量データを取得し、これらの情報を用いて、会話における発話の意図を推定する(5.8節)。

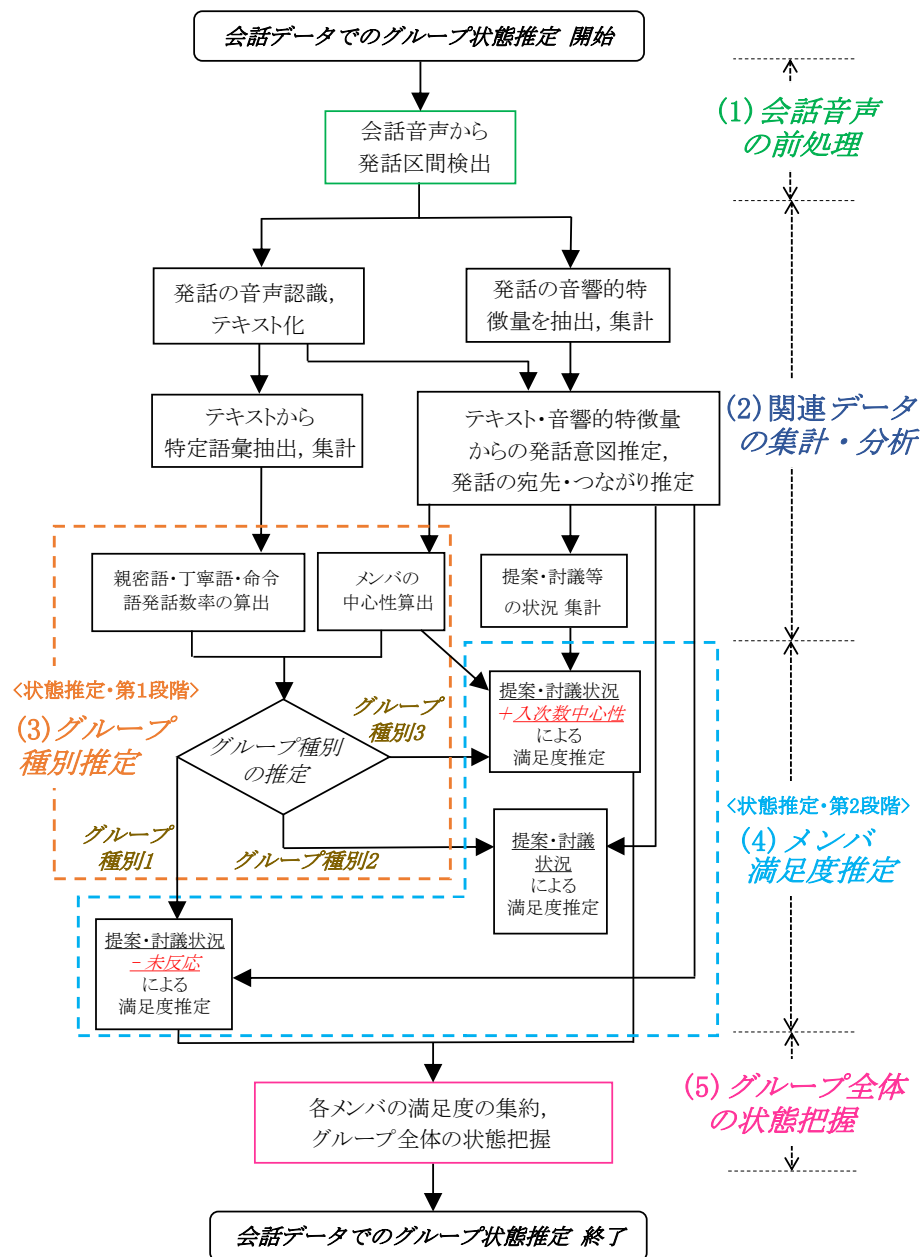


図 6.1: 会話におけるグループ状態推定での処理フロー.

推定した発話の意図，発話テキストに含まれる特定語彙（話題の「カテゴリ」，「場所」を示す語．5.3.5節）等を用いて，発話の宛先，メンバのつながりを推定する（5.4節）．

そして，発話の意図，発話の宛先等のデータから，各発話時のタイミングにおける，各メンバの提案・討議等の状況（5.5節）を集計する．この提案・討議等の状況は，会話参加メンバの満足度に影響を与えることが明らかになったため，関連特徴量をメンバの満足度推定に利用する（5.7.8，5.7.9節）．

なお，本手順(2)で取得する提案・討議等の状況および，グループ特性のデータの内容や独立性の検定の結果等については，6.2節で述べる．

手順(3) グループ種別の推定 （提案モデル (1)）

上記手順(2)で推定した発話の意図，発話テキスト，メンバのつながり，提案・討議等の状況のデータを用いて，会話参加メンバの中心性，特定語彙（親密語，丁寧語，命令語．5.6節）の発生状況のデータを取得する．そして，これらのデータを用いて，親密度・関係性に基づくグループ種別を推定する（6.1.2節）．

なお，本手順(3)では，会話参加者からヒアリングによって取得したグループ種別のデータを，グループ種別の正解データとする．また，本手順(3)で推定したグループ種別は，会話参加メンバの満足度に影響を与えることが明らかになったため，関連特徴量をメンバの満足度推定のために活用する（5.7.10節）．

手順(4) 会話におけるメンバ満足度の推定 （提案モデル (2)）

上記手順(3)で推定したグループ種別に応じ，手順(2)で集計した提案・討議等の状況に関連する特徴量を利用して，当該発話に対するメンバ満足度（1～5の5段階で評価）を推定する（6.1.3節）．グループ種別1（フラットな関係で親密度が高いグループ）では未反応時間が発生しない傾向が，グループ種別3（上下関係がある親密度が低いグループ）では入次数中心性が時間帯ごとに変化する傾向があることをふまえ，グループ種別ごとに満足度推定に利用する特徴量を選定した．

なお、本手順(4)では、会話参加者からヒアリングによって取得した満足度データを、満足度の正解データとする。本手順(4)の会話におけるメンバの満足度推定の提案モデルと、他のモデルとの比較検証等の結果については、6.3.1節で述べる。

手順(5) メンバ満足度からグループ全体の状態把握（提案モデル(3)）

最後に、手順(4)で推定したメンバの発話満足度からグループ全体の状態把握、支援対象のメンバを特定する。グループ全体で、低い満足度（スコアが「1」または「2」）のメンバや、高い満足度（スコアが「4」または「5」）のメンバが存在するかどうかに着目し、当該メンバの満足度スコアと提案・討議状況段階とともに、グループ状態を把握する（6.1.4節）。

これにより、特に自分の意見を言えていないメンバや、意見が討議されていないメンバといった低い満足度のメンバを抽出し、それらのメンバを支援することにつなげる。なお、テスト会話における、本手順(5)のグループ全体の状態把握の結果は、6.4節に示す。

6.1.2 グループ種別の推定モデル

4.5.1節で述べたように、メンバの発話満足度は、グループ内で長期的に築かれた関係性（上下関係、フラットな関係等）や親密度が影響を及ぼすと考えられる。また、3.2.1節2項、5.2.2節で述べたように、グループ・ダイナミックスの関連研究をふまえて、各グループをメンバ間の関係性や親密度に基づいて種別分けし、特に以下の3つのグループ種別を会話状況からグループ状態推定する対象種別とした。

種別(1)：フラットな関係で親密度が高いグループ

種別(2)：上下関係がある親密度が高いグループ

種別(3)：上下関係がある親密度が低いグループ

そして、5.7.10節に示したように、特定語彙（親密語、丁寧語、命令語）を含む発話数率、メンバの中心性（入次数中心性、出次数中心性）の集計結果

から、グループの種別を推定することとした。これらのデータから、グループ種別を推定するモデルを以下のようにまとめた。次のステップとなるメンバの発話満足度推定（6.1.2節）では、ここで推定したグループ種別に応じて、メンバの発話満足度を算定する。

【会話グループの種別の推定モデル - 提案モデル(1)】

当該会話を除くテスト会話における「入次数中心性」、「出次数中心性」、「親密語発話数率」、「丁寧語発話数率」、「命令語発話数率」のデータと、5.6.3節に示した被験者から調査した「グループ種別」の正解データを学習データとし、SVMによって学習し、グループ種別を推定する。

SVMの分類器によるクラス分類によって、当該会話を行うグループが、いずれのグループ種別（type1, type2, type3）であるのかを推定する場合、グループ種別推定の関数を $y_g(x)$ とすると、クラス分類するグループ種別の集合 $y_{g-class}$ は、以下の式で示される。

$$\text{グループ種別の集合 } y_{g-class} = \{G_{type1}, G_{type2}, G_{type3}\} \quad (6.1)$$

ここで

- 1) *type1*: フラットな関係で親密度が高いグループ
 - 2) *type2*: 上下関係がある親密度が高いグループ
 - 3) *type3*: 上下関係がある親密度が低いグループ
- である

また、グループ種別の推定に用いる特徴量群 (x_i, x_j) （グループ種別推定の関数 $y_g(x)$ の説明変数）は、以下の式で示される。

グループ種別推定に用いる特徴量群(x_i, x_j)

$$= \{con-id, utt-id, C_{in-D-tn}(m), C_{out-D-tn}(m), int-i, int-o, pol-i, pol-o, \\ ord-i, ord-o\} \quad (6.2)$$

ここで

- 1) $con-id$: 会話ID
 - 2) $utt-id$: 発話ID
 - 3) $C_{in-D-tn}(m)$: 会話開始から当該発話までのメンバ m の入次数中心性
 - 4) $C_{out-D-tn}(m)$: 会話開始から当該発話までのメンバ m の出次数中心性
 - 5) $U_{r\ int-i}$: 会話開始から各発話までのメンバ m の親密語を含む発話数率 (着)
 - 6) $U_{r\ int-o}$: 会話開始から各発話までのメンバ m の親密語を含む発話数率 (発)
 - 7) $U_{r\ pol-i}$: 会話開始から各発話までのメンバ m の丁寧語を含む発話数率 (着)
 - 8) $U_{r\ pol-o}$: 会話開始から各発話までのメンバ m の丁寧語を含む発話数率 (発)
 - 9) $U_{r\ ord-i}$: 会話開始から各発話までのメンバ m の命令語を含む発話数率 (着)
 - 10) $U_{r\ ord-o}$: 会話開始から各発話までのメンバ m の命令語を含む発話数率 (発)
- である

なお, SVMによって, グループ種別を推定する関数 $y_g(x)$ は, 5.8.2節の式5.31と同様となる. 機械学習によりテスト会話のデータを用いて, グループ種別の推定を試行した結果は, 表6.1に示すとおりで, SVM (SMO) では88.9% (5115発話中4547発話), BayseNetでは83.4% (5115発話中4265発話), 決定木 (J4.8) では68.8% (5115発話中3519発話) のグループ種別が正解となった. 推定精度において, グループ種別によるバラツキはほとんどみられなかった.

本来, グループの関係性や親密度を明確に量ることは容易ではないが, 上記の推定結果から, 本研究の提案手法によって, 討議会話の内容や討議会話における発話特徴量に現れる状況に基づき, 関係性や親密度に基づくグループ種別を, 便宜的に量ることができると考えられる.

表 6.1: テスト会話におけるグループ種別の推定結果.

	SVM(SMO)		BayesNet (K2)		決定木 (J4.8)	
グループ種別1	1973 / 2189	90.1%	1833 / 2189	83.7%	1547 / 2189	70.7%
グループ種別2	1229 / 1401	87.7%	1161 / 1401	82.9%	919 / 1401	65.6%
グループ種別3	1373 / 1525	90.0%	1271 / 1525	83.3%	1053 / 1525	69.0%
合計	4575 / 5115	89.4%	4265 / 5115	83.4%	3519 / 5115	68.8%

6.1.3 メンバの発話満足度の推定モデル

6.1.3節では、メンバの発話満足度の推定モデルについて述べる。まず、メンバの発話満足度の推定モデルの前提条件を説明する。4.2.2節で述べたように、本モデルでは、会話中のプロセスにおけるグループ状態を取扱い、会話におけるグループ状態の優劣が、各メンバの満足度となって現れると仮定し、各メンバの発話満足度を会話におけるグループ状態を表す指標として設定した。3.2.2節 2)項、3.5.2節で述べたように、本研究では、討議会話におけるグループ状態を、会話参加メンバ全員が討議プロセスに満足している状態（良い状態）にあるのか、あるいは、いずれかのメンバが討議プロセスに満足していない状態（悪い状態）であるのかでとらえる。

そして、会話における各メンバ個人の満足度は、各メンバが自ら発言しているか、他メンバが発言しているかに関わらず、会話中の任意の発話について、1:不満、2:やや不満、3:普通、4:やや満足、5:満足の5段階のスコアで評価することし、5章に示すテスト会話において、参加メンバ（各グループのメンバ a 6人、対象会話：合計18会話）へアンケート調査した、発話ごとの満足度（5段階のスコア）のデータを正解データとした（5.7.1節）。

また、討議会話のプロセスでは、提案や討議等の進捗状況に着目し、(i)討議開始・未提案、(ii)意見の表明（提案）・未反応、(iii)意見への反応、(iv)意見の討議、(v)グループとしての意見集約・決議の5段階に分けてとらえる。特に上記の(v)グループとしての意見集約・決議の前の(i)討議開始～(iv)意見に対する討議までの4段階（3.4.5、4.2.2節）におけるメンバの満足度・状態に着目する。なお、討議結果や決議には主眼を置かないこととしたため、この満足度推定モデルでは、討議や決議の内容把握は対象外とした。（3.4.5節（図3.5）、

4.2.2, 5.5.1節).

提案モデルは、関連研究（「重回帰式による会話での優位性推定モデル」[106, 173], 「知覚・感覚の線形/非線形表現」[83]）をふまえ、以下のとおり、回帰式（ロジスティック回帰）を用いて満足度を推定するモデルをまとめた。ロジスティック回帰を含む複数のアルゴリズムによる、満足度の推定結果の比較は、6.3節に示す。

【メンバの発話に対する満足度の推定モデル - 提案モデル(2)】

グループ状態に基づく満足度推定の提案モデルは、6.1.1節（図6.1）に示すような流れで処理を行い、特定語彙（親密語、丁寧語、命令語）を含む発話数率、メンバの中心性（入次数中心性、出次数中心性）から推定されたグループ種別（6.1.2節, 6.2.1節 (1)~(5)項）および、発話意図情報等から集計された提案・討議等の状況のデータを関係変数（関連特徴量）として（6.2.2節）、これらをロジスティック回帰分析のアルゴリズムによって学習し、会話における各メンバの発話満足度スコア（1, 2, 3, 4, 5の5段階）を推定する。メンバ m の満足度を推定する関数を $y_m(x)$ とすると、満足度 $y_m(x)$ のクラス集合 $y_{m-class}$ は、以下のよう示される。

$$\text{満足度 } y_m(x) \text{ のクラス集合 } y_{m-class} = \{1, 2, 3, 4, 5\} \quad (6.3)$$

そして、先に推定したグループ種別に応じて、満足度推定のための機械学習に利用する特徴量の一部を異なるものとする。メンバ m の満足度の関数 $y_m(x)$ の説明変数となる特徴量群 $S_m(i)$ は、以下のよう示される。

$$\text{満足度の特徴量群 } S_m(i) = \begin{cases} \text{グループ種別1: 提案・討議等の発話時間率等} \\ \quad \text{未反応時間率を除く合計11変数} \\ \text{グループ種別2: 提案・討議等の発話時間率等} \\ \quad \text{未反応時間率を含む合計12変数} \\ \text{グループ種別3: 提案・討議等の発話時間率等} \\ \quad \text{未反応時間率, 入次数中心性を含む13変数} \end{cases}$$

(6.4)

なお、ロジスティック回帰分析のアルゴリズムによって、会話における各メンバの満足度スコアを推定する関数は、以下のように示される。

$$\text{満足度 } y_m(x) = w_0 + w_1x_1 + \cdots + w_nx_n \quad (6.5)$$

ここで

m : 任意のメンバ(a, b, c, \dots) (テスト会話では各グループ4人(a, b, c, d)で実施した)

w_0 : $y(x)$ で示される関数の切片

w_1, \dots, w_n : 回帰係数 $y_m(x)$ を導くために、討議状況関連の各変数 x_n に与えられた重み

n : 説明変数の数

である

6.1.4 メンバ満足度からグループ全体の状態把握

6.1.2節に示したモデルによって、メンバ個人の満足度スコアを推定するが、グループ全体の状態をとらえるためには、特に満足度が低いメンバや、ケースによっては満足度が高いメンバが存在するかどうかに着目し、グループ状態を把握する必要がある。また、対象とする討議会話において、討議プロセスに着目しているため、併せて、提案・討議のいずれの状況段階 (i) 討議開始・未提案, (ii) 意見の表明 (提案)・未反応, (iii) 意見への反応, (vi) 意見の討議, (v) グループとしての意見集約・決議) であるかをとらえる (3.4.5, 4.2.2節)。

【会話を行うグループ全体の状態を示すモデル (提案モデル(3))】

会話を行うグループ全体の状態は、任意のタイミング t_n において、満足度が低い (スコアが「1」または「2」) のメンバと、高い満足度 (スコアが「4」または「5」) のメンバを抽出し、それぞれのメンバの集合を $Satis_{tn-bad}$,

$Satis_{tn-good}$ として示す.

$$Satis_{tn-bad} = \{(i : Satis_{i-tn}, Stage_{i-tn}), (j : Satis_{j-tn}, Stage_{j-tn}), \dots\} \quad (6.6)$$

$$Satis_{tn-good} = \{(k : Satis_{k-tn}, Stage_{k-tn}), (l : Satis_{l-tn}, Stage_{l-tn}), \dots\} \quad (6.7)$$

ここで

i, j, k, l, \dots : グループのメンバ

$Satis_{m-tn}$: 任意のタイミング t_n におけるメンバ m の満足度スコア (1, 2, 3, 4, 5)

$Stage_{m-tn}$: 任意のタイミング t_n におけるメンバ m の提案・討議段階 (i, ii, iii, iv, v) である

たとえば, メンバa, bの満足度スコアが1, 2, 提案・討議段階がi, ii, メンバc, dの満足度スコアが4, 5, 提案・討議段階がiii, ivである場合, 次のように示される.

$$Satis_{tn-bad} = \{(a : 1, i), (b : 2, ii)\}$$

$$Satis_{tn-good} = \{(c : 4, iii), (d : 5, iv)\}$$

6.2 会話におけるメンバ満足度の関連特徴量

本研究では, 会話におけるグループ状態の優劣が, 各メンバの満足度となって現れるものと仮定し, 会話におけるグループ状態を示す指標として, 会話グループ・メンバの満足度を設定した. メンバの満足度は, 各発話時のメンバの満足・不満の度合 (快適・不快, 気分が良かった・悪かった等) を5段階のスコアで示し, 発話ごとに満足度を評価することとした (3.5.2, 6.1.1, 5.7.1節).

そして, 4.5.1節で述べたように, 会話中のグループ状態やメンバの満足度に影響する因子として, グループ内で築かれたメンバの関係性や親密度があり, そのグループ特性に基づくグループ種別に応じて, 提案・討議等の状況

変化に差異が生じて、それがメンバの満足度に表れるものと仮定した。

上記に基づき、このメンバ満足度の推定のために、まず、討議の会話におけるメンバの中心性や、発話テキストに含まれる特定語彙（親密語、丁寧語、命令語）の発生状況といったグループ種別に関連する特徴量を集計する。グループ種別に関連する特徴量の算出については、以下の6.2.1節に示す。

次に、提案・討議等の状況（(i)討議開始・未提案、(ii)意見の表明（提案）・未反応、(iii)意見への反応、(iv)意見の討議、(v)グループとしての意見集約・決議）をとらえるため、会話から得られた発話テキストや音響的特徴量等のデータを活用して、発話意図や発話の宛先を推定し、提案・討議等の状況に関連する特徴量を集計した（3.4.1節(27)項、5.5.2節）。提案・討議等の状況に関連する特徴量の算出については、以下6.2.2節に示す。なお、提案モデルや他のモデルで利用する特徴量の概要と、各モデルでの利用項目、満足度推定に利用する場合の値を表6.2に、関係する特徴量を集計した例を表6.3に示す。

6.2.1 グループ種別に関連する特徴量

グループ状態や満足度に関する特徴量データのうち、メンバの中心性、特定語彙（親密語、丁寧語、命令語）の発生状況といった、グループ種別に関連する特徴量を以下のとおり算出した。5.6.3節で示したように、これらのメンバの中心性、特定語彙の発生状況と、関係性や親密度に基づくグループ種別とには、やや相関がみられたため、これらの特徴量には、グループにおけるメンバの関係性やメンバ間の親密度等が現れるものと仮定し、グループ種別やメンバ満足度の推定のための特徴量として用いる。

(1) メンバの中心性

5.6.1節で述べた、会話参加メンバ m 宛の発話が他の何人のメンバから入ってくるのかで測る入次数中心性 $C_{out-m-tn}$ および、メンバ m が他の何人のメンバ宛に発話を発するのかで測る出次数中心性 C_{in-m} を、メンバの状態を示す特徴量として、グループ状態推定に用いる。

(i) 入次数中心性

任意のタイミング t_n におけるメンバ m の入次数中心性 $C_{in-D-tn}(m)$ は、話者数（ノード数）を v 、任意のタイミング t_n において m 宛に発話している発話者数

表 6.2: 満足度推定に利用する関係特徴量のデータ項目.

No.	種別	(1)データ項目	(2)各モデルでの利用項目			(3)値の型	(4)種類数	(5)満足度推定に利用する値
			提案モデル	比較モデル1	比較モデル2			
1	共通	会話id	○ *1	○ *1	○ *1	連続値 (1~18)	1種類.	会話全体に対する値
2		経過時間	○ *2	○ *2	○ *2	連続値 (sec)	1種類.	会話全体に対する値
3		全発話数				連続値	1種類.	会話全体に対する値
4	発話状況関連	発話数				連続値	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
5		発話数率			○ *3	パーセンテージ	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
6		発話時間				連続値 (sec)	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
7		発話時間率				パーセンテージ	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
8		全発話ターン獲得数				連続値	1種類.	会話全体に対する値
9		発話ターン獲得数				連続値	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
10		発話ターン獲得数率			○ *4	パーセンテージ	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
11		提案待ち 発話時間率	○ *5	○ *5		パーセンテージ	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
12		提案 発話数率				パーセンテージ	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
13		提案 発話時間率	○ *6	○ *6		パーセンテージ	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
14	討議状況関連	未反応 発話時間率	○ *7	○ *7		パーセンテージ	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
15		討議 発話数率				パーセンテージ	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
16		討議 発話時間率	○ *8	○ *8		パーセンテージ	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
17		切出 発話数率				パーセンテージ	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
18		切出 発話時間率	○ *9	○ *9		パーセンテージ	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
19		質問 発話数率				パーセンテージ	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
20		質問 発話時間率	○ *10	○ *10		パーセンテージ	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
21		回答 発話数率				パーセンテージ	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
22		回答 発話時間率	○ *11	○ *11		パーセンテージ	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
23		肯定 発話数率				パーセンテージ	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
24	グループ特性・グループ種別関連	肯定 発話時間率	○ *12	○ *12		パーセンテージ	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
25		否定 発話数率				パーセンテージ	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
26		否定 発話時間率	○ *13	○ *13		パーセンテージ	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
27		集約 発話数率				パーセンテージ	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
28		集約 発話時間率	○ *14	○ *14		パーセンテージ	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
29		その他 発話数率				パーセンテージ	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
30		その他 発話時間率				パーセンテージ	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
31		入次数中心性	○ *15, *g1			パーセンテージ	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
32		出次数中心性	○ *g2			パーセンテージ	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
33		親密語(発) 発話数率	○ *g3			パーセンテージ	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
34	グループ種別関連	親密語(発) 発話時間率				パーセンテージ	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
35		親密語(着) 発話数率	○ *g4			パーセンテージ	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
36		親密語(着) 発話時間率				パーセンテージ	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
37		丁寧語(発) 発話数率	○ *g5			パーセンテージ	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
38		丁寧語(発) 発話時間率				パーセンテージ	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
39		丁寧語(着) 発話数率	○ *g6			パーセンテージ	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
40		丁寧語(着) 発話時間率				パーセンテージ	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
41		命令語(発) 発話数率	○ *g7			パーセンテージ	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
42		命令語(発) 発話時間率				パーセンテージ	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
43		命令語(着) 発話数率	○ *g8			パーセンテージ	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
44	グループ種別関連	命令語(着) 発話時間率				パーセンテージ	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ
45		発話満足度(教師データ)	○ *16	○ *16	○ *16	連続値 (1~5)	メンバ4人ごと, 4種類.	当該メンバの値のみ

- ・提案モデル … まず, *g1~*g8(「グループ特性関連」の特徴量)を用いてグループ種別を推定. 次に, 「提案・討議状況関連」の特徴量を主に, 種別1では*1~*4, *6~*12, 種別2では*1~*12, 種別3では*1~*13のデータを用いて, メンバの満足度を推定する.
- ・比較モデル1 … 「提案・討議状況関連」のデータを主に用いて, メンバの満足度を推定する.
- ・比較モデル2 … 「発話状況関連」のデータを主に用いて, メンバの満足度を推定する.

*1~*14 … 満足度推定に用いる特徴量

*g1~*g8 … グループ種別推定に用いる特徴量

(次数) を $d_{in-t_n}(m)$, 全メンバ数 (次数の最大値) を $\max d_{in}(v)$ とし, 次のように示す.

$$C_{in-D-t_n}(m) = d_{in-t_n}(m) / [\max d_{in}(v) - 1] \quad (6.8)$$

(ii) 出次数中心性

「出次数中心性」(out-degree centrality) は, 特定メンバから各メンバへの発話の宛先数 (次数) の比率で算出し, 任意のタイミング t_n におけるメンバ m の出次数中心性 $C_{out-D-t_n}(m)$ は, 話者数 (ノード数) を v , 任意のタイミング t_n において, メンバ m から各メンバへの発話の宛先数を $d_{out-t_n}(m)$ とし, 次のように示す.

$$C_{out-D-t_n}(m) = d_{out-t_n}(m) / [\max d_{out}(v) - 1] \quad (6.9)$$

(iii) メンバ m ごとの「親密語」発話時間率, 発話数率

会話開始からの任意タイミング t_n までの, メンバ m 発 (a 発, b 発, ...), およびメンバ m 宛 (a 宛, b 宛, ...) の親密語を含む発話の, 全メンバの発話時間累計 T_{all-t_n} に占める時間比率 (%) 「親密語発話時間率」 $T_{r \text{ int-}m-t_n}$, 全メンバの発話数累計に占める発話数比率 (%) 「親密語発話数率」 $U_{r \text{ int-}m-t_n}$ を, 以下の式で算出した.

$$\text{親密語・発発話時間率 } T_{r \text{ int-m-out-tn}} = \text{親密語発話時間 } T_{\text{int-m-out-tn}} / \text{全発話時間 } T_{\text{all-tn}} \quad (6.10)$$

$$\text{親密語・着発話時間率 } T_{r \text{ int-m-in-tn}} = \text{親密語発話時間 } T_{\text{int-m-in-tn}} / \text{全発話時間 } T_{\text{all-tn}} \quad (6.11)$$

$$\text{親密語・発発話数率 } U_{r \text{ int-m-out-tn}} = \text{親密語発話数 } U_{\text{int-m-out-tn}} / \text{全発話数 } U_{\text{all-tn}} \quad (6.12)$$

$$\text{親密語・着発話数率 } U_{r \text{ int-m-in-tn}} = \text{親密語発話数 } U_{\text{int-m-in-tn}} / \text{全発話数 } U_{\text{all-tn}} \quad (6.13)$$

(iv) メンバ区間 m の「丁寧語」発話時間率，発話数率

会話開始からの任意タイミング t_n までの，メンバ m 発（a発，b発，…），およびメンバ m 宛（a宛，b宛，…）の丁寧語を含む発話の，全メンバの発話時間累計 $T_{\text{all-tn}}$ に占める時間比率（%）「丁寧語発話時間率」 $T_{r \text{ int-m-tn}}$ ，全メンバの発話数累計に占める発話数比率（%）「丁寧語発話数率」 $U_{r \text{ int-m-tn}}$ を，以下の式で算出した．

$$\text{丁寧語・発発話時間率 } T_{r \text{ pol-m-out-tn}} = \text{丁寧語発話時間 } T_{\text{pol-m-out-tn}} / \text{全発話時間 } T_{\text{all-tn}} \quad (6.14)$$

$$\text{丁寧語・着発話時間率 } T_{r \text{ pol-m-in-tn}} = \text{丁寧語発話時間 } T_{\text{pol-m-in-tn}} / \text{全発話時間 } T_{\text{all-tn}} \quad (6.15)$$

$$\text{丁寧語・発発話数率 } U_{r \text{ pol-m-out-tn}} = \text{丁寧語発話数 } U_{\text{pol-m-out-tn}} / \text{全発話数 } U_{\text{all-tn}} \quad (6.16)$$

$$\text{丁寧語・着発話数率 } U_{r \text{ pol-m-in-tn}} = \text{丁寧語発話数 } U_{\text{pol-m-in-tn}} / \text{全発話数 } U_{\text{all-tn}} \quad (6.17)$$

表 6.3: 関係特徴量の集計例.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
会 話 ID	話 通 時 間 (sec)	提案時も発 言時間率	提案発 言時間率	未反応発 言時間率	討論発 言時間率	切出発 言時間率	質問発 言時間率	回答発 言時間率	肯定発 言時間率	否定発 言時間率	集約発 言時間率	入次数中 心性	出次数 中心性	親密面(受) 発語数率	親密面(受) 発語数率	丁寧面(受) 発語数率	丁寧面(受) 発語数率	命令面(受) 発語数率	命令面(受) 発語数率	発語満足度 (教師データ)
1	0	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3	0.0	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3
1	3	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3	0.0	0.0%	1.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3
1	8	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3	0.0	0.0%	3.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3
1	13	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	6.7%	0.0%	0.7	0.0	0.0%	3.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3
1	15	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	6.7%	6.3%	0.0%	1.0	0.0	0.0%	5.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3
1	16	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	6.7%	6.3%	0.0%	1.0	0.0	0.0%	5.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3
1	17	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	6.7%	11.5%	0.0%	1.0	0.0	6.3%	5.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3
1	19	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	6.7%	11.5%	0.0%	1.0	0.0	11.5%	5.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3
1	20	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	6.7%	11.5%	0.0%	1.0	0.0	11.5%	5.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3
1	21	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	6.7%	11.5%	0.0%	1.0	0.0	11.5%	7.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	3
1	73	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%	0.0%	10.7%	14.9%	0.0%	1.0	1.0	14.9%	12.0%	0.0%	0.0%	2.9%	0.0%	3
1	75	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%	0.0%	10.2%	14.9%	0.0%	1.0	1.0	14.9%	12.0%	0.0%	0.0%	2.9%	0.0%	3
1	76	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%	0.0%	9.7%	14.9%	0.0%	1.0	1.0	14.9%	13.0%	0.0%	0.0%	2.9%	0.0%	3
1	77	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%	0.0%	9.2%	14.9%	0.0%	1.0	1.0	12.0%	13.0%	0.0%	0.0%	4.2%	0.0%	2
1	78	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%	0.0%	8.7%	14.9%	0.0%	1.0	1.0	11.0%	13.0%	0.0%	0.0%	4.2%	0.0%	3
1	79	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%	0.0%	8.2%	14.9%	0.0%	1.0	1.0	10.0%	13.0%	0.0%	0.0%	4.2%	0.0%	3
1	80	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.1%	0.0%	7.7%	14.9%	0.0%	1.0	1.0	8.8%	13.0%	0.0%	0.0%	4.2%	0.0%	3
1	81	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	7.2%	14.9%	0.0%	1.0	1.0	14.9%	13.0%	0.0%	0.0%	4.2%	0.0%	3
1	82	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	1.0%	0.0%	6.7%	13.0%	0.0%	1.0	1.0	11.0%	13.0%	0.0%	0.0%	4.2%	0.0%	3
1	455	21.5%	1.3%	0.0%	21.0%	0.0%	1.1%	0.5%	21.8%	11.0%	0.0%	1.0	1.0	9.0%	18.0%	0.7%	0.0%	5.4%	0.0%	3
1	456	21.5%	1.3%	0.0%	21.0%	0.0%	1.1%	0.5%	21.4%	10.7%	0.0%	1.0	1.0	11.0%	18.0%	0.7%	0.0%	5.4%	0.0%	3
1	458	21.4%	1.3%	0.0%	20.9%	0.0%	1.1%	0.5%	21.0%	10.4%	0.0%	1.0	1.0	9.0%	18.0%	0.7%	0.0%	5.4%	0.0%	2
1	459	21.4%	1.3%	0.0%	20.9%	0.0%	1.1%	0.5%	20.6%	10.1%	0.0%	1.0	1.0	8.0%	18.0%	0.7%	0.0%	5.4%	0.0%	3
1	460	21.3%	1.3%	0.0%	20.8%	0.0%	1.1%	0.5%	20.2%	9.8%	0.0%	1.0	1.0	10.1%	18.0%	0.7%	0.0%	5.4%	0.0%	3
1	461	21.3%	1.3%	0.0%	20.8%	0.0%	1.1%	0.5%	19.8%	9.5%	0.0%	1.0	1.0	10.0%	18.0%	0.7%	0.0%	5.4%	0.0%	3
1	462	21.2%	1.2%	0.0%	20.7%	0.0%	1.1%	0.5%	19.4%	9.2%	0.0%	1.0	1.0	9.0%	18.0%	0.7%	0.0%	5.4%	0.0%	3
1	463	21.1%	1.2%	0.0%	20.6%	0.0%	1.1%	0.5%	19.0%	8.9%	0.0%	1.0	1.0	9.0%	18.0%	0.7%	0.0%	5.4%	0.0%	3
1	464	21.1%	1.2%	0.0%	20.6%	0.0%	1.1%	0.5%	18.6%	8.6%	0.0%	1.0	1.0	8.0%	18.0%	0.7%	0.0%	5.4%	0.0%	2
1	465	21.0%	1.2%	0.0%	20.5%	0.0%	1.1%	0.5%	18.2%	8.3%	0.0%	1.0	1.0	7.6%	18.0%	0.7%	0.0%	5.4%	0.0%	3
1	466	21.0%	1.2%	0.0%	20.5%	0.0%	1.1%	0.5%	17.8%	8.0%	0.0%	1.0	1.0	7.0%	18.0%	0.7%	0.0%	5.4%	0.0%	2
1	467	20.9%	1.2%	0.0%	20.4%	0.0%	1.1%	0.5%	18.0%	7.7%	0.0%	1.0	1.0	7.0%	18.2%	0.7%	0.0%	5.4%	0.0%	2
1	468	20.9%	1.2%	0.0%	20.4%	0.0%	1.1%	0.5%	18.0%	7.4%	0.0%	1.0	1.0	6.8%	18.2%	0.7%	0.0%	5.4%	0.0%	2
1	469	20.8%	1.2%	0.0%	20.3%	0.0%	1.1%	0.5%	17.8%	7.1%	0.0%	1.0	1.0	6.5%	18.2%	0.7%	0.0%	5.4%	0.0%	3
1	470	20.8%	1.2%	0.0%	20.3%	0.0%	1.1%	0.5%	17.6%	6.8%	0.0%	1.0	1.0	7.0%	18.2%	0.7%	0.0%	5.4%	0.0%	3
1	471	20.7%	1.2%	0.0%	20.2%	0.0%	1.1%	0.5%	17.4%	6.5%	0.0%	1.0	1.0	6.8%	18.2%	0.7%	0.0%	5.4%	0.0%	3
1	472	20.7%	1.2%	0.0%	20.2%	0.0%	1.1%	0.5%	17.2%	6.2%	0.0%	1.0	1.0	6.7%	18.2%	0.7%	0.0%	5.4%	0.0%	3
1	476	20.6%	1.2%	0.0%	20.1%	0.0%	1.0%	0.5%	17.0%	5.9%	0.0%	1.0	1.0	6.2%	18.2%	0.7%	0.0%	5.4%	0.0%	3
1	477	20.6%	1.2%	0.0%	20.1%	0.0%	1.0%	0.5%	16.8%	5.6%	0.0%	1.0	1.0	5.9%	18.2%	0.7%	0.0%	5.4%	0.0%	3
1	479	20.5%	1.2%	0.0%	20.0%	0.0%	1.0%	0.5%	16.6%	5.3%	0.0%	1.0	1.0	5.6%	18.2%	0.7%	0.0%	5.4%	0.0%	3
1	480	20.5%	1.2%	0.0%	20.0%	0.0%	1.0%	0.5%	16.4%	5.3%	0.0%	1.0	1.0	5.5%	18.2%	0.7%	0.0%	5.4%	0.0%	3
1	481	20.4%	1.2%	0.0%	20.0%	0.0%	1.0%	0.5%	16.2%	5.3%	0.0%	1.0	1.0	5.3%	18.2%	0.7%	0.0%	5.4%	0.0%	3
1	482	20.4%	1.2%	0.0%	19.9%	0.0%	1.0%	0.5%	16.0%	5.3%	0.0%	1.0	1.0	5.3%	18.2%	0.7%	0.0%	5.4%	0.0%	2
1	483	20.3%	1.2%	0.0%	19.9%	0.0%	1.0%	0.5%	15.8%	5.3%	0.0%	1.0	1.0	5.3%	18.2%	0.7%	0.0%	5.4%	0.0%	3
1	484	20.3%	1.2%	0.0%	19.8%	0.0%	1.0%	0.5%	15.6%	5.7%	0.0%	1.0	1.0	5.5%	18.2%	0.7%	0.0%	5.4%	0.0%	3
1	485	20.2%	1.2%	0.0%	19.8%	0.0%	1.0%	0.5%	15.4%	5.7%	0.0%	1.0	1.0	5.7%	18.2%	0.7%	0.0%	5.4%	0.0%	2
1	486	20.2%	1.2%	0.0%	19.7%	0.0%	1.0%	0.5%	15.2%	5.7%	0.0%	1.0	1.0	5.7%	18.2%	0.7%	0.0%	5.4%	0.0%	2
1	488	20.1%	1.2%	0.0%	19.7%	0.0%	1.0%	0.5%	15.0%	5.7%	0.0%	1.0	1.0	5.7%	18.2%	0.7%	0.0%	5.4%	0.0%	3
1	489	20.1%	1.2%	0.0%	19.6%	0.0%	1.0%	0.5%	14.8%	5.7%	0.0%	1.0	1.0	5.7%	18.2%	0.7%	0.0%	5.4%	0.0%	3
1	490	20.0%	1.2%	0.0%	19.6%	0.0%	1.0%	0.5%	14.6%	5.7%	0.0%	1.0	1.0	5.7%	18.2%	1.1%	0.4%	5.4%	0.0%	2
1	491	20.0%	1.2%	0.0%	19.5%	0.0%	1.0%	0.5%	14.4%	5.7%	0.0%	1.0	1.0	5.7%	18.2%	1.1%	0.4%	5.4%	0.0%	3
1	493	20.0%	1.2%	0.0%	19.5%	0.0%	1.0%	0.5%	14.2%	5.7%	0.0%	1.0	1.0	6.1%	18.2%	1.1%	0.4%	5.4%	0.0%	3
1	496	19.9%	1.2%	0.0%	19.4%	0.0%	1.2%	0.5%	14.0%	5.7%	0.0%	1.0	1.0	5.7%	18.6%	1.1%	0.4%	5.4%	0.0%	3
1	498	19.9%	1.2%	0.0%	19.4%	0.0%	1.2%	0.5%	13.8%	5.7%	0.0%	1.0	1.0	5.7%	18.6%	1.1%	0.4%	5.4%	0.0%	3
1	499	19.8%	1.2%	0.0%	19.3%	0.0%	1.2%	0.5%	13.6%	5.7%	0.0%	1.0	1.0	6.3%	18.6%	1.1%	0.4%	5.4%	0.0%	3
1	501	19.8%	1.2%	0.0%	19.3%	0.0%	1.2%	0.5%	13.4%	5.7%	0.0%	1.0	1.0	5.7%	18.6%	1.1%	0.4%	5.4%	0.0%	3
1	504	19.7%	1.2%	0.0%	19.3%	0.0%	1.2%	0.5%	13.2%	5.9%	0.0%	1.0	1.0	5.7%	18.6%	1.1%	0.4%	5.4%	0.0%	3
1	506	19.7%	1.2%	0.0%	19.2%	0.0%	1.2%	0.5%	13.0%	5.9%	0.0%	1.0	1.0	5.9%	18.6%	1.1%	0.4%	5.4%	0.0%	3
1	507	19.6%	1.2%	0.0%	19.2%	0.0%	1.2%	0.5%	12.8%	5.8%	0.0%	1.0	1.0	6.1%	18.6%	1.1%	0.4%	5.4%	0.0%	3
1	510	19.6%	1.2%	0.0%	19.1%	0.0%	1.1%	0.5%	12.6%	5.7%	0.0%	1.0	1.0	6.6%	19.6%	1.1%	0.4%	5.4%	0.0%	3
1	511	19.5%	1.1%	0.0%	19.1%	0.0%	1.1%	0.5%	12.4%	5.6%	0.0%	1.0	1.0	5.7%	19.6%	1.1%	0.4%	5.4%	0.0%	3
1	515	19.5%	1.1%	0.0%	19.0%	0.0%	1.1%	0.5%	12.2%	5.5%	0.0%	1.0	1.0	5.6%	19.6%	1.1%	0.4%	5.4%	0.0%	3
1	516	19.5%	1.1%	0.0%	19.0%	0.0%	1.1%	0.5%	12.0%	5.4%	0.0%	1.0	1.0	5.5%	19.6%	1.1%	0.4%	5.4%	0.0%	3
1	518	19.4%	1.1%	0.0%	18.9%	0.0%	1.1%	0.5%	11.8%	5.3%	0.0%	1.0	1.0	5.4%	19.6%	1.1%	0.4%	5.4%	0.0%	3
1	519	19.4%	1.1%	0.0%	18.9%	0.0%	1.1%	0.5%	11.6%	5.2%	0.0%	1.0	1.0	5.3%	19.6%	1.1%	0.4%	5.4%	0.0%	3
1	520	19.3%	1.1%	0.0%	18.9%	0.0%	1.1%	0.5%	11.4%	5.1%	0.0%	1.0	1.0	5.2%	19.6%	1.1%	0.4%	5.4%	0.0%	3
1	522	19.3%	1.1%	0.0%	18.8%	0.0%	1.1%	0.5%	11.2%	5.0%	0.0%	1.0	1.0	5.1%	19.6%	1.1%	0.4%	5.4%	0.0%	3
1	523	19.2%	1.1%	0.0%	18.8%	0.0%	1.1%	0.5%	11.0%	4.9%	0.0%	1.0	1.0	5.2%	19.6%	1.1%	0.4%	5.4%	0.0%	3
1	524	19.2%	1.1%	0.0%	18.7%	0.0%	1.1%	0.5%	10.8%	4.8%	0.0%	1.0	1.0	4.9%	19.6%	1.1%	0.4%	5.4%	0.0%	3
1	525	19.1%	1.1%	0.0%	1															

(v) メンバ m の「命令語」発話時間率，発話数率

会話開始からの任意タイミング t_n までの，メンバ m 発（a発，b発，…），およびメンバ m 宛（a宛，b宛，…）の命令語を含む発話の，全メンバの発話時間累計 T_{all-t_n} に占める時間比率(%)「命令語発話時間率」 $T_{r\ ord-m-t_n}$ ，全メンバの発話数累計に占める発話数比率(%)「命令語発話数率」 $U_{r\ ord-m-t_n}$ を，以下の式で算出した。

$$\text{命令語・発話時間率 } T_{r\ ord-m-out-t_n} = \text{命令語発話時間 } T_{ord-m-out-t_n} / \text{全発話時間 } T_{all-t_n} \quad (6.18)$$

$$\text{命令語・着発話時間率 } T_{r\ ord-m-in-t_n} = \text{命令語発話時間 } T_{ord-m-in-t_n} / \text{全発話時間 } T_{all-t_n} \quad (6.19)$$

$$\text{命令語・発話数率 } U_{r\ ord-m-out-t_n} = \text{命令語発話数 } U_{ord-m-out-t_n} / \text{全発話数 } U_{all-t_n} \quad (6.20)$$

$$\text{命令語・着発話数率 } U_{r\ ord-m-in-t_n} = \text{命令語発話数 } U_{ord-m-in-t_n} / \text{全発話数 } U_{all-t_n} \quad (6.21)$$

6.2.2 提案・討議等の状況に関連する特徴量

グループ状態や満足度に関する特徴量データのうち，「提案・討議等の状況に関連する特徴量」として，3.4.1節(26)項に示した「メンバの提案・討議等に関する時間率，発話数率を，以下のとおり算出した。これらの時間率，発話数率には，メンバの提案・討議等の状況が現れるものと仮定し，会話における満足度の推定のための特徴量として用いた。

(1) 提案待ち時間率

会話中の任意タイミング t_n におけるメンバ m の「提案待ち時間率」 T_{r1-m-t_n} は，会話開始から任意タイミング t_n までの提案待ち時間を T_{1-m-t_n} ，会話開始から任意タイミング t_n までの会話時間を T_{all-t_n} とし，会話時間に占める提案待ち時間の割合(%)として，以下の式で算出した。

$$\text{提案待ち時間率 } T_{r1-m-tn} = \text{提案待ち時間 } T_{1-m-tn} / \text{会話時間 } T_{all-tn} \quad (6.22)$$

(2)提案発話時間率, 提案発話数率

会話中の任意タイミング t_n におけるメンバ m の「提案発話時間率」 $T_{r2-m-tn}$ は, 会話開始から任意タイミング t_n までの提案の発話時間を T_{2-m-tn} , 会話開始から任意タイミング t_n までの会話時間を T_{all-tn} とし, 会話時間に占める提案の発話時間の割合(%)として, 以下の式で算出した. なお, これは, 発話意図が「提案」である発話の時間率(全発話に占める, 「提案」の発話数の割合(%))と等しいものとなる.

$$\text{提案発話時間率 } T_{r2-m-tn} = \text{提案発話時間 } T_{2-m-tn} / \text{会話時間 } T_{all-tn} \quad (6.23)$$

また, メンバ m の提案発話数率 PU_{r-m-tn} は, 会話開始から任意タイミング t_n までの全発話に占める, 提案の発話数の割合(%)として, 以下の式で算出した.

$$\text{提案発話数率 } PU_{r-m-tn} = \text{提案発話数 } PU_{m-tn} / \text{累計発話数 } PU_{all-tn} \quad (6.24)$$

(3)未反応時間率

会話中の任意タイミング t_n におけるメンバ m の「未反応時間率」 $T_{r3-m-tn}$ は, 会話開始から任意タイミング t_n までにおいて, 提案に対して未反応である時間を T_{3-m-tn} , 会話開始から任意タイミング t_n までの会話時間を T_{all-tn} とし, 会話時間に占める未反応時間の割合(%)として, 以下の式で算出した.

$$\text{未反応発話時間率 } T_{r3-m-tn} = \text{未反応発話時間 } T_{3-m-tn} / \text{会話時間 } T_{all-tn} \quad (6.25)$$

(4) 討議発話時間率, 討議発話数率

会話中の任意タイミング t_n におけるメンバ m の「討議発話時間率」 T_{r4-m-t_n} は、会話開始から任意タイミング t_n までの、提案に対する討議の発話時間を T_{4-m-t_n} 、会話開始から任意タイミング t_n までの会話時間を T_{all-t_n} とし、会話時間に占める討議の発話時間の割合(%)として、以下の式で算出した。

$$\text{討議発話時間率 } T_{r4-m-t_n} = \text{討議発話時間 } T_{4-m-t_n} / \text{会話時間 } T_{all-t_n} \quad (6.26)$$

また、メンバ m の討議発話数率 DU_{r-m-t_n} は、会話開始から任意タイミング t_n までの全発話に占める、提案に対する討議の発話数の割合(%)として、以下の式で算出した。

$$\text{討議発話数率 } DU_{r-m-t_n} = \text{討議発話数率 } DU_{m-t_n} / \text{累計発話数 } DU_{all-t_n} \quad (6.27)$$

(5) メンバごと, 発話意図ごとの発話数率, 発話時間率

メンバの状態を示す特徴量として、以下の、メンバごと, 発話意図（「話題の切出し」, 「質問」, 「回答」, 「肯定」, 「否定」, 「集約」, 「その他」）ごとの「発話数率」（会話開始から会話中の任意タイミング t_n までの全メンバの発話数累計に占める発話数比率. 単位: %）, および, 「発話時間率」（会話開始から会話中の任意タイミング t_n までの会話時間に占める時間比率. 単位: %）を、グループ状態の推定に用いることとした（6.2節 2)項）。

なお、設定した8種類の発話意図のうち、「提案」については、6.2節1) (2)項に示したように、提案・討議等の状況における「提案発話時間率」, 「提案発話数率」が、発話意図が「提案」である発話数率, および当該発話の時間率と等しいもので重複するため、ここでは記載を割愛した。

- (i) メンバ m の「切出」発話数率 BU_{r-m}
- (ii) メンバ m の「切出」発話時間率 BT_{r-m}
- (iii) メンバ m の「質問」発話数率 QU_{r-m}
- (iv) メンバ m の「質問」発話時間率 QT_{r-m}

- (v) メンバ m の「回答」発話数率 RU_{r-m}
- (vi) メンバ m の「回答」発話時間率 RT_{r-m}
- (vii) メンバ m の「肯定」発話数率 PU_{r-m}
- (viii) メンバ m の「肯定」発話時間率 PT_{r-m}
- (ix) メンバ m の「否定」発話数率 NU_{r-m}
- (x) メンバ m の「否定」発話時間率 NT_{r-m}
- (xi) メンバ m の「集約」発話数率 FU_{r-m}
- (xii) メンバ m の「集約」発話時間率 FT_{r-m}
- (xiii) メンバ m の「その他」発話数率 OU_{r-m}
- (xiv) メンバ m の「その他」発話時間率 OT_{r-m}

6.2.3 関係特徴量の独立性

上記6.2.2, 6.2.1節に示した「提案・討議等の状況関係に関連する特徴量」や、「グループ特性に関連する特徴量」について、テスト会話から集計した該当データの独立性を、 χ^2 （カイ二乗）分布を用いて検定した。検定統計量 T の算出式は、以下のとおりである。

表 6.4: 関係特徴量（発話状況関連等）の独立性の検定.

No.	種別	データ項目	独立・非独立の検定結果									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			共通		発話状況関連							
			会話id	経過時間	全発話数	発話数	発話数率	発話時間	発話時間率	全発話ターン獲得数	発話ターン獲得数	発話ターン獲得数率
1	共通	会話id	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2		経過時間	○	—	×	×	×	×	×	×	○	○
3		全発話数	○	×	—	×	×	○	○	×	○	○
4		発話数	○	×	×	—	○	×	×	○	×	×
5		発話数率	○	×	×	○	—	×	×	○	×	×
6		発話時間	○	×	○	×	×	—	×	○	○	○
7		発話時間率	○	×	○	×	×	×	—	○	○	○
8		全発話ターン獲得数	○	×	×	○	○	○	○	—	○	○
9		発話ターン獲得数	○	○	○	×	×	○	○	○	—	×
10		発話ターン獲得数率	○	○	○	×	×	○	○	○	×	—
11	提案・討議状況関連	提案待ち 発話時間率	○	×	○	○	○	×	×	○	○	○
12		提案 発話数率	○	×	○	×	×	○	○	○	×	×
13		提案 発話時間率	○	×	○	○	○	×	×	○	○	○
14		未反応 発話時間率	○	×	○	○	○	×	×	○	○	○
15		討議 発話数率	○	×	○	×	×	○	○	○	×	×
16		討議 発話時間率	○	×	○	○	○	×	×	○	○	○
17		切出 発話数率	○	×	○	×	×	○	○	○	×	×
18		切出 発話時間率	○	×	○	○	○	×	×	○	○	○
19		質問 発話数率	○	×	○	×	×	○	○	○	×	×
20		質問 発話時間率	○	×	○	○	○	×	×	○	○	○
21		回答 発話数率	○	×	○	×	×	○	○	○	×	×
22		回答 発話時間率	○	×	○	○	○	×	×	○	○	○
23		肯定 発話数率	○	×	○	×	×	○	○	○	×	×
24		肯定 発話時間率	○	×	○	○	○	×	×	○	○	○
25		否定 発話数率	○	×	○	×	×	○	○	○	×	×
26		否定 発話時間率	○	×	○	○	○	×	×	○	○	○
27		集約 発話数率	○	×	○	×	×	○	○	○	×	×
28		集約 発話時間率	○	×	○	○	○	×	×	○	○	○
29		その他 発話数率	○	×	○	×	×	○	○	○	×	×
30		その他 発話時間率	○	×	○	○	○	×	×	○	○	○
31	グループ特性関連	入次数中心性	○	×	×	○	○	○	○	○	○	○
32		出次数中心性	○	×	×	×	×	○	○	○	○	○
33		親密語(発) 発話数率	○	×	○	×	×	○	○	○	×	×
34		親密語(発) 発話時間率	○	×	○	○	○	×	×	○	○	○
35		親密語(着) 発話数率	○	×	○	○	○	○	○	○	×	×
36		親密語(着) 発話時間率	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○
37		丁寧語(発) 発話数率	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○
38		丁寧語(発) 発話時間率	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○
39		丁寧語(着) 発話数率	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○
40		丁寧語(着) 発話時間率	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○
41		命令語(発) 発話数率	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○
42		命令語(発) 発話時間率	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○
43		命令語(着) 発話数率	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○
44		命令語(着) 発話時間率	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○

○: χ^2 独立検定の結果, 「独立している(関係がない)」といえる.×: χ^2 検定の結果, 「独立していない(関係がある)」といえる.

$$T = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{(x_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}} \quad (6.28)$$

ここで, $E_{ij} = \frac{x_i x_j}{x_{ij}}$

E_{ij} : i行j列の期待度数

x_i : i行の合計データ数

x_j : j列の合計データ数

x_{ij} : i行j列の総合計データ数 (実測度数)

である

有意水準0.05で検定した結果, 各特徴量の独立性は, 表6.4, 6.5, 6.6に示すとおりとなった. この結果から, 「経過時間」は, ほとんどの特徴量と「独立していない」こと, そして, 「提案発話時間率」と「提案発話数率」のような, 同じ事象の「発話時間率」と「発話数率」のデータは「独立していない」ことが明らかになった. また, 「提案発話時間率」と「討議発話時間率」のような, 提案・討議等の状況を示す各時間率同士や, 各発話数率同士のデータも, ほとんどが「独立していない」ことが明らかになった.

上記の結果をふまえ, まず, 同じ事象の「発話時間率」と「発話数率」については, 両者が類似する傾向を示すことから, いずれかを満足度推定に用いる特徴量とすることとした. このため, 各事象の「発話時間率」と「発話数率」について, ロジステック回帰等のアルゴリズムによって, 機械学習による満足度推定を試行して, 両者の有意性を確認した. その結果, 「提案・討議等の状況関連」については, いずれも, 「時間率」を用いた方が「発話数率」よりも満足度推定において有意で, また, 「特定語彙 (親密語, 丁寧語, 命令語) の発生状況関連」については, いずれも, 「発話数率」を用いた方が「時

表 6.5: 関係特徴量（提案・討議等の状況関連）の独立性の検定.

No.	種別	データ項目	独立・非独立の検定結果																																		
			11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	提案・討議状況関連						提案・討議状況関連								
			提案・討議状況関連																																		
提案待ち発話時間率	提案発話数率	提案発話時間率	未反応発話時間率	討議発話数率	討議発話時間率	切出発話数率	切出発話時間率	質問発話数率	質問発話時間率	回答発話数率	回答発話時間率	肯定発話数率	肯定発話時間率	否定発話数率	否定発話時間率	集約発話数率	集約発話時間率	その他発話数率	その他発話時間率	提案待ち発話時間率	提案発話数率	提案発話時間率	未反応発話時間率	討議発話数率	討議発話時間率	切出発話数率	切出発話時間率	質問発話数率	質問発話時間率	回答発話数率	回答発話時間率						
1	共通	会話id	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○					
2		経過時間	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×					
3		全発話数	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○				
4		発話数	○	×	○	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×				
5		発話数率	○	×	○	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×				
6		発話時間	×	○	×	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×			
7		発話時間率	×	○	×	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×			
8		全発話ターン獲得数	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○			
9		発話ターン獲得数	○	×	○	○	○	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○			
10		発話ターン獲得数率	○	×	○	○	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×			
11	提案・討議状況関連	提案待ち発話時間率	—	○	×	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×			
12		提案発話数率	○	—	○	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○			
13		提案発話時間率	×	○	—	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○		
14		未反応発話時間率	×	○	×	—	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○		
15		討議発話数率	○	×	○	○	—	×	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×		
16		討議発話時間率	×	○	×	×	×	—	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○	×	○		
17		切出発話数率	○	×	○	○	×	○	○	—	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
18		切出発話時間率	×	○	×	×	○	×	×	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
19		質問発話数率	○	×	○	○	×	○	○	○	—	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		
20		質問発話時間率	×	○	×	×	○	×	○	×	—	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×		
21	グループ特性関連	回答発話数率	○	×	○	○	×	○	○	○	×	○	—	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×			
22		回答発話時間率	×	○	×	×	○	×	○	×	○	×	—	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×			
23		肯定発話数率	○	×	○	○	×	○	○	○	○	×	○	×	—	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×			
24		肯定発話時間率	×	○	×	×	○	×	○	×	○	×	×	×	—	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×			
25		否定発話数率	○	×	○	○	×	○	○	○	○	×	○	×	×	○	×	—	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×			
26		否定発話時間率	×	○	×	×	○	×	○	×	○	×	×	×	×	×	×	×	—	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×			
27		集約発話数率	○	×	○	○	×	○	×	○	○	×	○	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
28		集約発話時間率	×	○	×	×	○	×	○	×	○	×	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
29		その他発話数率	○	×	○	○	×	○	×	○	○	×	○	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
30		その他発話時間率	×	○	×	×	○	×	○	×	○	×	×	×	×	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
31	グループ特性関連	入次数中心性	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
32		出次数中心性	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○		
33		親密語(発)発話数率	○	×	○	○	×	○	○	○	○	×	○	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
34		親密語(発)発話時間率	×	○	×	×	○	×	○	×	○	×	○	×	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
35		親密語(着)発話数率	○	×	○	○	×	○	○	○	○	×	○	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
36		親密語(着)発話時間率	×	○	×	×	○	×	○	×	○	×	○	×	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
37		丁寧語(発)発話数率	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
38		丁寧語(発)発話時間率	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	
39		丁寧語(着)発話数率	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
40		丁寧語(着)発話時間率	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
41		命令語(発)発話数率	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
42		命令語(発)発話時間率	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
43		命令語(着)発話数率	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
44		命令語(着)発話時間率	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

○: χ^2 独立検定の結果,「独立している(関係がない)」といえる。
 ×: χ^2 検定の結果,「独立していない(関係がある)」といえる。

表 6.6: 関係特徴量（グループ特性関連）の独立性の検定.

No.	種別	データ項目	独立・非独立の検定結果													
			31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
			グループ特性関連													
			入次数 中心性	出次数 中心性	親密語(発) 発話数率	親密語(発) 発話時間率	親密語(着) 発話数率	親密語(着) 発話時間率	丁寧語(発) 発話数率	丁寧語(発) 発話時間率	丁寧語(着) 発話数率	丁寧語(着) 発話時間率	命令語(発) 発話数率	命令語(発) 発話時間率	命令語(着) 発話数率	命令語(着) 発話時間率
1	共通	会話id	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2		経過時間	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
3	発話状況 関連	全発話数	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
4		発話数	○	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5		発話数率	○	×	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
6		発話時間	○	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
7		発話時間率	○	○	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
8		全発話ターン獲得数	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
9		発話ターン獲得数	○	○	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○
10		発話ターン獲得数率	○	○	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○
11		提案待ち 発話時間率	○	○	○	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○
12		提案 発話数率	○	○	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○
13	提案・討議 状況関連	提案 発話時間率	○	○	○	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○
14		未反応 発話時間率	○	○	○	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○
15		討議 発話数率	○	○	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○
16		討議 発話時間率	○	○	○	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○
17		切出 発話数率	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
18		切出 発話時間率	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
19		質問 発話数率	○	○	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○
20		質問 発話時間率	○	○	○	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○
21		回答 発話数率	○	○	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○
22		回答 発話時間率	○	○	○	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○
23	グループ 特性関連	肯定 発話数率	○	○	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○
24		肯定 発話時間率	○	○	○	×	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○
25		否定 発話数率	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
26		否定 発話時間率	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
27		集約 発話数率	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
28		集約 発話時間率	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
29		その他 発話数率	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
30		その他 発話時間率	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
31		入次数中心性	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
32		出次数中心性	○	—	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
33	グループ 特性関連	親密語(発) 発話数率	○	○	—	×	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
34		親密語(発) 発話時間率	○	○	×	—	○	×	○	○	○	○	○	○	○	○
35		親密語(着) 発話数率	○	○	○	○	—	×	○	○	○	○	○	○	○	○
36		親密語(着) 発話時間率	○	○	○	×	×	—	○	○	○	○	○	○	○	○
37		丁寧語(発) 発話数率	○	○	○	○	○	○	—	×	○	○	○	○	○	○
38		丁寧語(発) 発話時間率	○	○	○	○	○	○	×	—	○	○	○	○	○	○
39		丁寧語(着) 発話数率	○	○	○	○	○	○	○	○	—	×	○	○	○	○
40		丁寧語(着) 発話時間率	○	○	○	○	○	○	○	×	—	○	○	○	○	○
41		命令語(発) 発話数率	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	×	○	○	○
42		命令語(発) 発話時間率	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	—	○	○	○
43	グループ 特性関連	命令語(着) 発話数率	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	—	×	×
44		命令語(着) 発話時間率	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	×	×	—

○: χ^2 独立検定の結果,「独立している(関係がない)」といえる.×: χ^2 検定の結果,「独立していない(関係がある)」といえる.

表 6.7: メンバ満足度推定に用いる関連特徴量.

No.	種別	(1)データ項目	(2)各モデルでの利用データ項目					(3)値の型
			i. 提案モデル			ii. 比較 モデル1	iii. 比較 モデル2	
			グループ種別1	グループ種別2	グループ種別3			
1)	【学 習 デ ー タ】	数等発話 発話数率					○	パーセンテージ
2)		発話ターン獲得数率					○	パーセンテージ
3)		提案待ち 発話時間率	○	○	○	○		パーセンテージ
4)		提案 発話時間率	○	○	○	○		パーセンテージ
5)		未反応 発話時間率		○	○	○		パーセンテージ
6)		討議 発話時間率	○	○	○	○		パーセンテージ
7)		切出 発話時間率	○	○	○	○		パーセンテージ
8)		質問 発話時間率	○	○	○	○		パーセンテージ
9)		回答 発話時間率	○	○	○	○		パーセンテージ
10)		肯定 発話時間率	○	○	○	○		パーセンテージ
11)		否定 発話時間率	○	○	○	○		パーセンテージ
12)		集約 発話時間率	○	○	○	○		パーセンテージ
13)		中心性 入次数中心性			○			パーセンテージ
14)		共通 会話id	○	○	○	○	○	連続値 (1～18)
15)		経過時間	○	○	○	○	○	連続値 (sec)
16)	【教師データ】	発話満足度	○	○	○	○	○	連続値 (1～5)

間率」よりも有意であることが明らかになった。このため、「提案・討議等の状況関連」については各事象の「発話時間率」を、「特定語彙（親密語、丁寧語、命令語）の発生状況関連」については各事象の「発話数率」を満足度推定に用いることとした。

次に、「提案・討議等の状況」を示す各時間率のデータについては、「意図・その他の発話時間率」が満足度推定にほとんど寄与していないことから、これらは利用する特徴量から除外することとした。しかしながら、これ以外の「提案待ち時間率」、「提案時間率」といったような提案・討議等の状況を示すデータは、いずれも満足度推定に寄与していることが明らかになったため、提案モデルでは、満足度推定のための特徴量として利用することとした。そして、選定した各特徴量を学習データとし、回帰のアルゴリズムを用いた機械学習により、満足度を推定した。選定した特徴量は6.2.4節に、メンバ満足度の推定の比較検証の結果は6.3.3節に示す。

6.2.4 メンバ満足度に関連する特徴量

6.2.3節で述べたように、独立性の検定結果をふまえて、メンバ満足度の推定に用いる特徴量を選定した。提案モデルの他、比較検証のためのモデル（比較モデル1、比較モデル2）で利用した特徴量のデータ項目を、以下および、

表6.7に示す.

- (1) 提案モデル, 比較モデル1, 比較モデル2の全モデル共通で, 1)会話id, 2)経過時間のデータを利用し, 比較モデル2 (全グループ) では, これに, 5)発話数率, 10)発話ターン獲得数率を加えた合計4種類の特徴量を利用した.
- (2) 提案モデル・グループ種別1では, 共通データの1)会話id, 2)経過時間のデータに加えて, 11)提案待ち発話時間率, 13)提案発話時間率, 16)討議発話時間率, 18)切出發話時間率, 20)質問発話時間率, 22)回答発話時間率, 24)肯定発話時間率, 26)否定発話時間率, 28)集約発話時間率, の合計11種類の特徴量を利用した.
- (3) 提案モデル・グループ種別2, 比較モデル1 (全グループ) では, 上記(2)に, 14)未反応発話時間率を加えた, 12種類の特徴量を学習データとして利用した.
- (4) 提案モデル・グループ種別3では, 更に上記(3)に, 31)メンバの入次数中心性を加えた, 合計13種類の特徴量を学習データとして利用した.

6.3 メンバ満足度推定モデルの比較検証

6.1.2節に示した, 「提案・討議等の状況」や, 「グループ特性」に基づく, 「会話参加メンバの満足度推定」の提案モデルについて, 評価を行うため, 提案モデルとは異なる特徴量を用いる「メンバ満足度推定モデル」を用意し, 比較検証を実施した. 各モデルで利用する特徴量の項目は, 表6.2 (2)に示し, 提案モデルと2つの比較モデルで用いる説明変数 (特徴量群) の違いについては, 表6.8に示す.

6.3.1 討議状況等による満足度推定 (比較モデル1)

まず, 「グループ種別」に応じた特徴量が, メンバ満足度推定に有効であるのかどうかを明らかにするため, 「グループ種別」ごとに特徴量を変えずに, 全グループに対して, 一律に, メンバの提案・討議等の時間率および, 発話意

表 6.8: グループ状態に基づく満足度推定モデル案の比較.

説明変数(特徴量群)		
提案モデル	提案・討議状況	1)グループ種別1 ・共通情報(会話ID, 経過時間) ・提案・討議等の発話時間率(%) (未反応時間率を除く) ・話者・意図ごと 発話時間率(%) 2変数 3変数(メンバごと) 6変数(メンバごと)
		2)グループ種別2 ・共通情報(会話ID, 経過時間) ・提案・討議等の発話時間率(%) ・話者・意図ごと 発話時間率(%) 2変数 4変数(メンバごと) 6変数(メンバごと)
		3)グループ種別3 ・共通情報(会話ID, 経過時間) ・提案・討議等の発話時間率(%) ・話者・意図ごと 発話時間率(%) ・メンバの中心性 (入次数中心性) 2変数 4変数(メンバごと) 6変数(メンバごと) 1変数(メンバごと)
比較モデル(1)		全グループ一律に ・共通情報(会話ID, 経過時間) ・提案・討議等の発話時間率(%) ・話者・意図ごと 発話時間率(%) 2変数 4変数(メンバごと) 6変数(メンバごと)
提案モデル(2)	発話状況	全グループ一律に ・共通情報(会話ID, 経過時間) ・発話数率 ・発話ターン数獲得数率 2変数 1変数(メンバごと) 1変数(メンバごと)

図ごとの発話時間率の特徴量を説明変数として、機械学習によって、メンバの満足度を推定するモデルを考案した。

これは、グループ種別に応じて特徴量を変えずに、全グループ一律に、提案・討議等の状況のデータを用いて満足度を推定しても、十分な推定精度が得られるのではないかという懸念があり、これをベースライン（比較モデル1）とした。すなわち、提案モデルのようなグループ種別と満足度の2段階の推定を行うのではなく、全グループ種別に対して一律（1段階）の満足度推定を行うモデルを比較モデル1とした。比較モデル1を示す数式については、6.1.3節に示した提案モデルの第2段階の推定と同様とし、説明変数（学習に用いる特徴量）だけを異なるものとした。

なお、提案モデルと比較モデル1は、討議発話時間率等の発話意図に基づいた提案・討議等の状況のデータを用いており、発話意図データを活用するモデルと位置付けられる。

6.3.2 発話数率等による満足度推定（比較モデル2）

グループ種別に応じた特徴量だけでなく，メンバの提案・討議等の状況のデータについても利用せずに，その代わりにメンバごとの「発話数率(%)」と「発話ターン獲得数率(%)」(3.4.1節(13)項)といった発話量に関する特徴量を説明変数として用い，機械学習によって，メンバの満足度を推定するモデルを考案した。

これは，提案・討議等の状況，発話意図やメンバ間の発話のつながり等の詳細な発話状況のデータを用いしないで，発話数率や発話ターン獲得数率といった発話量に関する特徴量だけからでも，各メンバの会話への参加状況をとらえ，これによって，メンバの満足度を測れるのではないという懸念があるためで，これを比較モデル2とした。比較モデル2を示す数式は，6.1.3節に示した提案モデルの第2段階の推定と同様とし，上記のように説明変数（学習に用いる特徴量）を異なるものとした。

なお，比較モデル2は，発話数率，発話ターン獲得数率といった発話や発話ターンの発生状況のデータを用いるが，討議発話時間率等の発話意図に基づいた提案・討議等の状況のデータを用いないことから，発話意図データを活用しないモデルと位置付けられる。

6.3.3 メンバの発話満足推定モデルの比較検証

テスト会話で収録したデータ（18会話5115発話のデータのうち，前述の各モデルで対象とするデータ項目）および被験者へのアンケート調査で収集したメンバの満足度（正解データ）を用いて，「提案モデル」と，比較モデル1（ベースライン），比較モデル2の3つのモデルについて，機械学習による満足度の推定を試行した。

テスト会話における発話データを，1発話ごとに，1番目の発話，1～2番目の発話，1～3番目の発話，…，1番目の発話～会話終了までと，会話開始から各発話ごとに集計を行った。それぞれのモデルで利用した特徴量は，表6.7および以下に示すとおりとした。

- (1) 提案モデル，比較モデル1，比較モデル2の全モデル共通で，会話参加者にヒアリングした16)発話満足度を，教師データとした。

表 6.9: メンバの発話満足度推定モデルの比較検証結果.

	アルゴリズム	推定精度
提案モデル	ロジステック回帰	89.5%
	SVM(SMO)	81.5%
	決定木(J4.8)	79.1%
	BayesNet(K2)	70.4%
比較モデル(1)	ロジステック回帰	87.1%
	SVM(SMO)	79.8%
	決定木(J4.8)	78.1%
	BayesNet(K2)	71.0%
比較モデル(2)	ロジステック回帰	80.7%
	SVM(SMO)	80.7%
	決定木(J4.8)	78.6%
	BayesNet(K2)	79.6%

- (2) 全モデル共通の学習データとして, 14)会話id, 15)経過時間のデータを利用した.
- (3) 比較モデル2 (全グループ) では, 上記(2)に, 1)発話数率, 2)発話ターン獲得数率, を加えた合計4種類の特徴量を学習データとして利用した.
- (4) 提案モデル・グループ種別1では, (2)の共通データの14)会話id, 15)経過時間のデータに加えて, 3)提案待ち発話時間率, 4)提案発話時間率, 6)討議発話時間率, 7)切出發話時間率, 8)質問発話時間率, 9)回答発話時間率, 10)肯定発話時間率, 11)否定発話時間率, 12)集約発話時間率, の合計11種類の特徴量を利用した.
- (5) 提案モデル・グループ種別2, 比較モデル1 (全グループ) では, 上記(4)に, 5)未反応発話時間率を加えた合計12種類の特徴量を学習データとして利用した.
- (6) 提案モデル・グループ種別3では, 更に上記(5)に, 13)入次数中心性を加えた, 合計13種類の特徴量を学習データとして利用した.

上記の各モデルごとに, 選定した特徴量と, 正解データとして, アンケートで被験者が回答した各発話の満足度データを, ロジスティック回帰分析,

SVM, BN, 決定木の4つのアルゴリズムによって, 当該会話を除くテスト会話のデータを学習して実施した. そして, 10点交差検定により検証を実施した.

なお, 機械学習は, ツールとして, Weka Ver. 3.7.13 (5.8.6節) を用い, ロジスティック回帰分析 (リッジ係数: $1.0E-8$) の他, SVM (アルゴリズム: SMO, カーネル: 多項式カーネル, パラメータ $C: 1$, $\gamma: 0.001$) や, ベイジアンネットワーク (BN, アルゴリズム: K2, Estimator: SimpleEstimator), 決定木 (アルゴリズム: J4.8, パラメータ最少分割時データ数: 2, 枝刈基準危険率: 0.25, 枝刈: 未実施) の4つのアルゴリズムによって, データの学習を実施した.

検証の結果, 表6.9に示すように, 全発話の満足度推定精度をみると, ロジスティック回帰分析を用いた場合, 提案モデルで89.5%, 比較モデル(1)で87.1%, 比較モデル(2)で80.7%となり, 比較モデル1 (ベースライン) および比較モデル2と比較して, 提案モデルの推定精度はやや改善された程度であった. また, アルゴリズムとしては, ロジスティック回帰分析が最も高い予測精度が得られた.

そして, 表6.10に示すように, ロジスティック回帰分析による推定結果を満足度スコア (1: 不満~5: 満足) ごとにみると, ベースラインでは満足度レベルによって精度にばらつきがあるのに対し, 提案モデルでは満足度の全レベルで高い精度が得られた. これらの結果から, 全グループに対して一律の特徴量を用いるベースライン (比較モデル1) および比較モデル2と比較して, グループ種別ごとに利用する特徴量を変えた提案モデルは, 全体の推定精度はやや改善された程度であるが, 満足度の全レベルで高い推定精度が得られ, 有用性があることを確認できた.

また, 上記の比較検証の結果, 発話数率, 発話ターン獲得数率といった発話や発話ターンの発生状況のデータを利用し, 討議発話時間率等の発話意図に基づく発話時間率のデータを利用しなかった比較モデル2 (80.7%) よりも, 発話意図に基づく発話時間率のデータを利用した提案モデル (89.5%) や比較モデル1 (87.1%) の方が高い推定精度が得られた. このことから, 発話満足度推定において, 発話意図データの活用が有効であるとみられる.

表 6.10: テスト会話でのメンバの発話満足度の推定結果.

	満足度スコア (正解データ)	全発話数	推定OK	推定NG	正解率
提案モデル	(満足) 5	147	129	18	87.8%
	⤴ 4	610	537	73	88.0%
	(普通) 3	3726	3351	375	89.9%
	⤵ 2	624	556	68	89.1%
	(不満) 1	8	7	1	87.5%
	合計	5115	4580	535	89.5%
比較モデル(1)	(満足) 5	147	119	28	81.0%
	⤴ 4	610	534	76	87.5%
	(普通) 3	3726	3248	478	87.2%
	⤵ 2	624	550	74	88.1%
	(不満) 1	8	7	1	87.5%
	合計	5115	4458	657	87.1%
比較モデル(2)	(満足) 5	147	113	34	76.9%
	⤴ 4	610	517	93	84.8%
	(普通) 3	3726	3315	411	89.0%
	⤵ 2	624	498	126	79.8%
	(不満) 1	8	6	2	75.0%
	合計	5115	4449	666	80.7%

6.4 会話におけるグループ状態の推定結果と考察

6.4.1 会話におけるグループ状態の推定結果

6.3節に示したように、テスト会話のデータを用いて、満足度推定モデルを比較検証した結果、グループ種別に応じて、提案・討議等の状況に関連する特徴量を用いた提案モデルが、グループ種別に関係なく一律の特徴量を用いる他の比較モデルよりも有意であることが確認された。

満足度推定のために用いる機械学習のアルゴリズムは、提案モデルにおいて発話ごと集計データを用いた場合の推定精度において、ロジスティック回帰が89.5%、SVM(SMO)が81.5%、決定木(J4.8)が79.1%、BayesNet(K2)が70.4%となり、ロジスティック回帰が最も予測精度が高いことがわかった。この結果から、利用アルゴリズムとしてはロジスティック回帰を選定した。

テスト会話でのメンバの発話満足度の推定結果は、表6.10に示すとおりとなった。満足度スコア「5」の発話は93.9%（147発話中138発話）、「4」の発話は90.7%（610発話中553発話）、「3」の発話は89.1%（4126発話中3677発話）、「2」の発話は93.8%（624発話中585発話）、「1」の発話は87.5%（8発話中7発話）となり、87%以上の発話の満足度を推定することができた。

6.1.4節で述べたように、グループ全体の状態把握（提案モデル(3)）では、特に低い満足度スコア（「1」または「2」）のメンバを見つけ出し、その満足度とともに、提案・討議状況の段階（(i)討議開始・未提案、(ii)意見の表明（提案）・未反応、(iii)意見への反応、(vi)意見の討議、(v)グループとしての意見集約・決議。3.2.2節，5.5.1節）をとらえることとした。テスト会話で満足度を推定した発話について、提案・討議状況段階の推定結果を併せてまとめた結果を、表6.11に示す。4.2.2節で述べたように、適切なタイミングでメンバを支援する観点から、特に上記の(v)グループとしての意見集約・決議の前の(i)討議開始～(iv)意見に対する討議までの4段階におけるメンバの満足度に着目しているが、検証の結果、満足度スコアとともに、会話中の提案・討議等の状況についても概ね推定できていることが確認された。支援対象とする低い満足度スコア（「1」または「2」）のメンバについて、集約・決議の前までの段階(i)～(iv)で、満足度スコア「2」である場合は83.2%、スコア「1」である場合は80.0%の発話について、満足度とともに提案・討議状況段階を特定できるこ

表 6.11: テスト会話での発話満足度と提案・討議状況の推定結果.

満足度スコア (正解データ)	提案・討議状況 (5段階)	全発話数	満足度 推定OK	満足度&状況 推定OK	各段階の 推定正解率	段階(i)-(iv)の 推定正解率
(満足) 5	(i)討議開始・未提案	0	0	0	-	82.1%
	(ii)意見表明・未反応	2	1	1	50.0%	
	(iii)意見への反応	13	13	11	84.6%	
	(vi)意見の討議	102	89	84	82.4%	
	(v)意見集約・決議	30	26	25	83.3%	
	合計	147	129	121	82.3%	
(やや満足) 4	(i)討議開始・未提案	8	5	3	37.5%	83.5%
	(ii)意見表明・未反応	44	25	20	45.5%	
	(iii)意見への反応	96	92	89	92.7%	
	(vi)意見の討議	355	318	308	86.8%	
	(v)意見集約・決議	107	97	92	86.0%	
	合計	610	537	512	83.9%	
(普通) 3	(i)討議開始・未提案	234	190	178	76.1%	83.1%
	(ii)意見表明・未反応	240	192	181	75.4%	
	(iii)意見への反応	1045	911	892	85.4%	
	(vi)意見の討議	1606	1487	1345	83.7%	
	(v)意見集約・決議	601	571	514	85.5%	
	合計	3726	3351	3110	83.5%	
(やや不満) 2	(i)討議開始・未提案	232	211	199	85.8%	83.2%
	(ii)意見表明・未反応	98	88	83	84.7%	
	(iii)意見への反応	43	38	33	76.7%	
	(vi)意見の討議	175	158	141	80.6%	
	(v)意見集約・決議	76	61	58	76.3%	
	合計	624	556	514	82.4%	
(不満) 1	(i)討議開始・未提案	0	0	0	0.0%	80.0%
	(ii)意見表明・未反応	0	0	0	0.0%	
	(iii)意見への反応	1	1	1	100.0%	
	(vi)意見の討議	4	3	3	75.0%	
	(v)意見集約・決議	3	3	2	66.7%	
	合計	8	7	6	75.0%	
総計		5515	4580	8514	83.0%	83.1%

とが明らかとなった。

上記から、6.1.2, 6.1.3節に示したメンバの発話満足度の推定モデル（提案モデル(1), (2)）により、会話中のメンバの発話満足度を推定し、その結果から、6.1.4節に示したように特に満足度スコアが低いメンバとその提案・討議状況を集約し、グループ全体の状態を把握する（提案モデル(3)）ことができた。そして、これにより満足度スコアが低いメンバが、自身の意見を発言したり、討議に参加できるように支援を行って、グループ全体での満足度を高められる見通しが得られた。

6.4.2 会話におけるグループ状態推定についての考察

提案モデルでは討議プロセスに対する満足度に主眼をおき、討議結果に対する満足度を重視していないが、討議プロセスに対する満足度が高くても、討議結果に対する満足度が低い場合が多いのではないかという懸念があった。しかし、会話実験参加者へのアンケート調査の結果（5.7.9節）、自分の意見が否決されたといった討議結果に不満を感じた割合（21.4%, 14人中3人）よりも、意見が十分に討議されなかったといった討議プロセスに不満を感じた割合（64.3%, 14人中9人）の方が高かった。このことから、対象とした軽微な意思決定の討議では、自分の意見を提案して、それに関して十分に討議されるように、討議プロセスを改善した場合は、最終的に自分の意見が否決されたとしても、討議結果に対する不満を抑えられる傾向があるとみられる。

また、提案モデルにおいては、第1段階で関係性や親密度に基づくグループ種別を推定した上で、第2段階でグループ種別ごとに提案・討議の状況に関係する特徴量を定めて発話満足度を推定したが、このような2段階に分けた満足度推定手法が妥当といえるのかどうか不明であった。しかし、テスト会話データを用いた比較検証の結果（6.3.3節）、一括で推定処理を行う比較モデル1よりも、提案モデルの方が満足度の推定精度において有意であったことから、2段階の推定処理による満足度推定を行う提案モデルが妥当であるとみられる。

7

結論

本章では，本研究の結論として，実験結果，検証結果をふまえ，本研究における成果（7.1節），グループ状態推定に基づく支援方法（7.2節），他種のグループのコミュニケーション支援への適用（7.3節）について以下に述べ，本研究を総括する．

7.1 本研究における成果

本研究では，討議の会話におけるグループ・メンバの満足度やグループの状態を推定することに主眼をおき，関連研究をふまえて，会話の音声やテキストのデータを通じて，会話グループの状況を把握することに取り組んできた．本研究における検証項目と結果，成果について，以下に述べる．

7.1.1 会話におけるグループ状態に基づく満足度の推定

本研究で主題とした，会話におけるグループ状態・メンバ満足度の推定につ

表 7.1: 本研究での検証項目と結果.

No.	項目	提案手法	検証結果	本論文の節番号
1	討議会話における 発話意図の推定	<ul style="list-style-type: none"> ・i)「話題の切出し」, ii)「提案・希望・依頼」, iii)「質問・疑問」, iv)「回答・反応」(肯定・否定を除く), v)「肯定・了解」, vi)「否定・反対」, vii)「集約」, viii)「その他」といった8区分の大まかな発話意図を推定 ・「テキスト(形態素)および音響的特徴量による推定手法」(提案手法)を利用して, 各発話の意図を推定 	○ 「発話テキストからの意図推定手法」(従来手法)よりも, 「音響的特徴量を併用する提案手法」が優位であった	・5.3.6, ・5.8
2	会話グループ の種別推定 (提案モデル1)	「特定語彙(親密語, 丁寧語, 命令語)を含む発話数率」, 「メンバの中心性(入次数中心性, 出次数中心性)」の集計結果から, グループの種別を推定	○ 機械学習により, テスト会話の発話の88.9%のグループ種別を推定することができた	・6.1.2
3	会話における メンバの満足度推定 (提案モデル2)	グループ種別に応じた関連特徴量の学習により, メンバの発話に対する満足度を推定	○ 全グループに一律の特徴量を用いる比較モデルよりも, グループ種別に応じて特徴量を変える提案モデルが優位であった	・6.1.3 ・6.3.~6.4
4	会話における グループ状態 (グループ全体の 満足度)の把握 (提案モデル3)	任意のタイミングにおけるメンバの推定満足度において, 特に満足度が低いメンバとその提案・討議状況を把握	○ 満足度スコアが低いメンバと, その提案・討議状況を把握することができた	・6.1.4 ・6.4

いては, 会話実験で得られたテスト会話データの分析により, グループ種別に応じて, 関連性の高い特徴量を選定し, ロジステック回帰分析のアルゴリズムを使った機械学習によって, グループ状態・メンバの発話満足度を推定するモデル(提案モデル)をまとめた(6.1.2, 6.1.3, 6.1.4節). 実験データを用いた検証の結果は, 表7.1に示すとおりである.

6.1.2, 6.3.3, 6.4節に示したように, グループ種別を適切に推定し, そのグループ種別ごとに異なる特徴量を用いた機械学習によって, メンバの発話満足度を推定することができた. 他のモデルとの比較の結果では, グループ種別に応じて, 特徴量を変える提案モデルが有意であることが示された. また, 提案モデルを用いて, 特に満足度の低いメンバ等を把握して, グループ全体の状態を推定できる見通しも得られた. 本研究では, 2.3節で述べたように, 討議会話の意思決定場面において, グループ・メンバ間のコミュニケーション支援をめざし, このために討議会話におけるメンバの満足度を把握することを主題としたが, この主題を解決できたといえる.

2.3節で述べたように、本研究の今後の展開としては、自動運転の本格化に伴い新たに生まれる車内空間で対面して会話する場面において、提案手法を適用することにより、単に会話を促進するだけでなく、会話の状況に応じた支援によるグループ状態の改善により、新たな車内空間の有効活用、グループの継続的な関係維持への貢献といった社会的効果を得ることも考えられる。

また、本研究で対象とした、一緒に旅行する小グループが食事場所や立ち寄り先等を決めるような軽微な意思決定の討議会話で、グループ全体の状態推定の見通しが得られたことから、このようなグループと同様に、メンバーの相互理解や関係維持をめざしているグループにおいて、討議プロセスに重点を置くような討議会話のシーンで、満足度推定の提案モデルを適用できるものとする。

7.1.2 会話における発話意図の活用

5.8.1節に示したように、本研究では、仔細な意図ではなく、i)「話題の切出し」、ii)「提案・希望・依頼」、iii)「質問・疑問」、iv)「回答・反応」（肯定・否定を除く）、v)「肯定・了解」、vi)「否定・反対」、vii)「集約」、viii)「その他」といった8区分の大まかな発話意図を設定した。

そして、5.8.1～5.8.5節で示したように、本研究では、発話テキストからの推定結果と、音響的特徴量からの意図推定結果を統合して、会話全体の発話意図を推定する提案手法について、テスト会話のデータを用いて検証した。

検証の結果、音声認識されたテキストからの発話意図推定（従来手法）の正解率は15.1%～25.3%と非常に低く、たとえ、音声認識結果が正解であったとしても、発話テキストからは50.0%の発話意図しか推定できないことが示された（5.8.6節）。また、音響的特徴量からの発話意図推定においても、正解率は64.8%であった（5.8.3節）。一方、発話テキストからの推定と音響的特徴量からの推定を統合した提案手法では、72.0%の精度で発話意図を推定することができた。この結果から、テキストと音響的特徴量を用いた発話意図推定手法が効果的であったといえる。

複数人が同時発話するような自由な会話の条件下で詳細な会話内容を正確に機械的に把握することは容易ではなく、本研究で取り上げたような大まかな発話意図であっても、会話内容や会話グループの状況把握には有用な情報で

あると考えられる。今後、推定精度を向上させるとともに、併せて、討議状況や会話グループ状態の把握以外での、発話意図の活用方法について検討していく。

7.1.3 会話グループ特性の活用

本研究では、5.2.2節で述べたように、メンバ間の親密度（高低）、メンバ間の関係性（上下関係、フラットな関係）に基づく3種類のグループ種別を設定した。実験参加の各グループには、いずれの種別のグループであるかをヒアリングして、確認した。また、テスト会話のデータから、グループ特性に関連する特徴量として、メンバの中心性（入次数中心性、入次数中心性）と、特定語彙（親密語、丁寧語、命令語）の発生状況（発話数率、発話時間率）を算出した。

そして、親密度や関係性に基づくグループ種別と、メンバの中心性、特定語彙の発生状況との間には相関があることが確認できた。このため、これらの特徴量を用いて、グループ種別を推定し、推定したグループ種別ごとに異なる特徴量を用いて、メンバの発話満足度を推定した。

メンバの中心性、特定語彙の発生状況といった特徴量は、会話での表れ方が常に変化している。これに対して、特に長期にわたって活動しているグループでは、ゆるぎない関係性や高い親密度が既に築かれている場合がある。会話データの中から、変動的な状況と切り分けて、長期的な活動によって築かれたグループの特性を正確に抽出することについては検討する余地がある。このような、会話データの中ではあまり変化が現れないようなグループの特徴と、会話内容に応じて頻繁に変動するような特徴を切り分けて把握する方法を明らかにすることが、今後の課題となる。

7.2 会話におけるグループ状態推定に基づく支援

本研究では、6.4節に示したように、会話におけるグループ状態として、グループの中でいずれかのメンバの満足度が低いといった事象を明らかにできる見通しが得られた。そして、3.4.6節で述べたように、関連研究をふまえて、「会話エージェント」が、会話参加メンバの状況に応じて会話へ介入し、満足度が低いと判定されたメンバを支援することが考えられる。

満足度が低いと判定されたメンバが意見を表明できていなければ、当該メンバから意見を引き出し、更に、意見が討議されていなければ、当該メンバの意見が討議されるように促し、全メンバが意見を表明して、それぞれの意見について十分な討議が行れるようにして、グループ全体の満足度を高めることを提案する。これにより、単に会話を促進するだけでなく、会話の状況に応じた支援によってグループ状態の改善をめざす。

このように、討議の会話において、推定されたメンバの満足度やグループ状態に基づいて、特に満足度が低いメンバの支援をめざしているが、随時状態が変化しているグループに対して、適切なタイミングで支援を行ない、グループ全体の満足度の最大化を促進していくことが今後の課題であり、今般の実験結果や関連研究での事例をふまえて、コミュニケーション支援方法を継続して検討していく。

7.3 他種グループのコミュニケーション支援

前章まででは、一緒に旅行や行動を共にするグループの状態推定等を説明してきたが、これ以外他種グループに、本研究で提案するグループ状態・満足度の推定手法を適用することについて、以下に述べる。

ビジネスグループ等の討議会話において、支援を行うとした場合、仔細な討議等の内容を把握して、会話に介入するようなことが求められるが、そのような討議等の内容を把握することは容易ではない。本研究では、4.2節で述べたように、家族、友達同士、職場やサークルの仲間等、一緒に旅行や行動を共にする3～6人程度の小グループが、食事場所や立ち寄り先等を決めるような軽微な意思決定会話を対象として、そのグループ状態を把握して、グループ支援につなげることを提案した。

提案モデルでは、3.2.2節 3)項で述べたように、提案・討議等の状況に着目して、討議プロセスにおけるグループ状態や、討議プロセスに対する満足度を推定の対象とし、討議結果の具体的内容を把握することは想定していない。このため、提案モデルでは、討議結果や決議内容を把握して、討議結果等をふまえた支援を行うケースへの適用が難しいといえる。

本研究で対象としたグループの軽微な意思決定会話であれば、大まか発言意図情報からでも十分に討議状況やグループ状態を把握し、その状態等に応じて介入することができると考えられる。また、軽微な事項を対象した意

思決定であって、物事を決めるという会話であれば、質問→回答、提案→肯定/否定といったような発話意図のつながりがわかりやすい傾向があるとみられる。

一方、本研究で対象とした一定の提案・討議等の流れで進行する、軽微な意思決定を行う討議であれば、提案モデルにより、提案・討議状況に基づく満足度を把握して、コミュニケーション支援が可能であると考えられる。

上記のような考え方からすると、本研究で得られたような会話におけるグループの状態推定のモデルの適用先は、やはり、軽微な意思決定会話があげられるが、その他では、意思決定と同様にある程度決まったプロセスで会話が進行するような会話を対象にすることが考えられる。たとえば、企業内のビジネスグループのコミュニケーションであっても、日々の作業内容を確認する朝礼ミーティングなど、一定条件で会話が進行するものであれば、会話内容を把握することが可能であると考えられる。今後、会話シーンや条件を拡張し、他の種類の会話等への適用についても検討していく。

参考文献

- [1] Adami, A. G., Burget, L., Dupont, S., Garudadri, H., Grezl, F., Hermansky, H., ... & Sivasdas, S.: Qualcomm-ICSI-OGI features for ASR. In INTERSPEECH, 2002.
- [2] 秋田祐哉, 河原達也: 多数話者モデルを用いた討論音声の教師なし話者インデキシング. 電子情報通信学会論文誌, D 87, 2, 2004.
- [3] Allen L. Edwards: 相関と回帰. 岩淵千明 (訳), 現代数学社, 1993, 26–38.
- [4] 青木直史: ゼロからはじめる音響学. 講談社, 2014.
- [5] 荒木章子, 藤本雅清, 吉岡拓也, 堀貴明, 中谷智広: 複数人会話シーン分析におけるマイクロホンアレイ音声処理 (一般, 音声・音響信号処理, 音声及び一般). 電子情報通信学会技術研究報告. SIP, 信号処理, 111(27), 2011, 83-88.
- [6] 荒木雅弘: フリーソフトでつくる音声認識システム: パターン認識・機械学習の初歩から対話システムまで. 森北出版, 2007.
- [7] Ariga, M., Yano, Y., Doki, S., Okuma, S.: Mental tension detection in the speech based on physiological monitoring. In: Systems, Man and Cybernetics, 2007. ISIC. IEEE International Conference on. IEEE, 2007, 2022–2027.
- [8] Davis, J. H.: Group decision and social interaction –A theory of social decision schemes. American Psychological Association 97, 1973.
- [9] Davis, R. I. and Lovell, B. C.: Comparing and evaluating HMM ensemble training algorithms using train and test and condition number criteria. Formal Pattern Analysis & Applications, 6(4), 2004, 327–335.

- [10] Dehzangi, A., Phon-Amnuaisuk, S. and Dehzangi, O.: Enhancing protein fold prediction accuracy by using ensemble of different classifiers. *Australian Journal of Intelligent Information Processing Systems*, 26(4), 2010, 32–40.
- [11] Deutsch, M. and Gerard, H.B.: A study of normative and informational social influences upon individual judgment. *The journal of abnormal and social psychology*, 51(3), 1955, 629.
- [12] 遠藤由美: 社会心理学-社会で生きる人のいとなみを探る. ミネルヴァ書房, 2009.
- [13] Forsyth, D.: *Group Dynamics*. Forth Edition, THOMSON WADSWORTH, 2006.
- [14] 藤井桂子: 発話の重なりについて:分類の試み. お茶の水女子大学日本言語文化学会, 言語文化と日本語教育, 10, 1995, 13–23.
- [15] 藤井聡, 竹村和久, 吉川肇子: 「決め方」と合意形成-社会的ジレンマにおける利己的動機の抑制にむけて. 土木学会論文集, 709(IV-56), 2002, 13–26.
- [16] 藤本和則, 本村陽一, 松下光範, 庄司裕子: 意思決定支援とネットビジネス. オーム社, 2005.
- [17] 藤本拓, 原隆浩, 西尾章治郎: 自然な発話により操作可能なカーナビゲーションシステムの開発. 電子情報通信学会論文誌, D, 96(11), 2013, 2815–2824.
- [18] 藤澤徹, 秀島栄三, 北村直之: 地域社会の課題解決に向けた住民討議プロセスに関する実験的分析. 社会技術研究論文集, 5, 2008, 88–95.
- [19] 藤原健, 大坊郁夫: 覚醒度の異なるポジティブ感情の対人会話場面における機能. 感情心理学研究, 17(3), 2010, 180–188.
- [20] 藤原健, 大坊郁夫: 感情が会話行動に与える影響および相手の感情による調整効果. 感情心理学研究, 19(2), 2012, 40–51.
- [21] 福盛貴弘: 基礎からの日本語音声学. 東京堂出版, 2010.
- [22] Gong, X., 広重真人, 荒木健治, 栃内香次: 発話速度推定のための多次元音響特徴量について (合成, 韻律, 生成, 一般). 電子情報通信学会技術研究報告, SP, 音声, 103(263), 2003, 25–30.

- [23] 後藤真孝, 伊藤克亘, 速水悟: 自然発話中の有声休止箇所のリアルタイム検出システム. 電子情報通信学会論文誌, D 83, 11, 2000.
- [24] Habermas, J.: *Vorstudien und Ergänzungen zur Theorie des kommunikativen Handelns*, Suhrkamp, 1984, 森元孝, 千川剛史(訳): 意識論から言語論へ, 社会学の言語論的基礎に関する講義, マルジュ社, 1990
- [25] 初鹿野阿れ: 発話ターン交代のテクニクー相手の発話中に自発的にターンを始める場合一. 東京外国語大学留学生日本語教育センター論集, 24 1998, 147-162.
- [26] 橋本和希: 発話速度を考慮した自然発話の感情分析. 修士論文, 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科, 2008.
- [27] 林勇吾, クーパーエリック, クリサノフビクター, 浦尾彰, 小川均: 対話エージェントとのコミュニケーションにおける心理特性. 日本感性工学会論文誌, 11(3), 2012, 459-467
- [28] Herrera-Viedma, E., Martinez, L., Mata, F., Chiclana, F.: A consensus support system model for group decision-making problems with multigranular linguistic preference relations. *Fuzzy Systems, IEEE Transactions on* 13(5), 2005, 644-658.
- [29] 土方嘉徳: 情報推薦・情報フィルタリングのためのユーザプロファイリング技術. 人工知能学会誌, 19(3), 2004, 365-372.
- [30] Hinsz, V.B., Tindale, R.S., Vollrath, D.A.: The emerging conceptualization of groups as information processors: *Psychological bulletin*. 121(1), 1997, 43.
- [31] 平井千秋, 藤波努, 森本由起子: グループ間コミュニケーション支援のためのインターグループウェアの提案. 2007. 情報処理学会, 情報処理学会論文誌, 48(1), 2007, 16-29.
- [32] Hodjat, B. and Amamiya, M.: Introducing the adaptive agent oriented software architecture and its application in natural language user interfaces. In *Agent-Oriented Software Engineering*: Springer, Berlin and Heidelberg, 2001, 285-306.
- [33] Hogg, M.A. and Tindale, S.: *Blackwell handbook of social psychology: Group processes*. John Wiley & Sons, 2008.

- [34] 本間道子: 集団行動の心理学ダイナミックな社会関係のなかで. セレクション社会心理学, サイエンス社, 2011.
- [35] 細谷元: 自動運転車をもたらす移動の革命-車内は「第3の空間」へ. Webマガジン CATALYST, マイクロアド, 9, <http://ja.catalyst.red/articles/self-driving-future/> (2018年3月19日現在), 2017.
- [36] 飯田仁, 有本泰子: 音響的特徴と言語的特徴をパラメータ化して統合的に扱う感情表現の程度推定手法. 語用論研究, 8, 2006, 33-46.
- [37] 猪塚元, 名柄迪, 猪塚恵美子: 日本語の音声入門解説と演習. バベル・プレス, 1993.
- [38] 池田政人, 松村耕平, 角康之: 車内会話を利用した街の生活感の可聴化. Interaction (3EXB-48), 2013.
- [39] 池原悟, 宮崎正弘, 白井諭, 林良彦. 言語における話者の認識と多段翻訳方式. 情報処理学会論文誌, 28(12), 1987, 1269-1279.
- [40] 今川民雄, 外山みどり, 笹尾敏明, 高田利武, 唐沢かおり: 対人知覚と社会的認知の心理. 対人社会心理学重要研究集, 誠信書房, 1988.
- [41] 乾裕子, 村田真樹, 内元清貴, 井佐原均: 表層表現に着目した自由回答アンケートの意図に基づく自動分類. 自然言語処理, 10(2), 2003, 19-42.
- [42] 入江友紀, 松原茂樹, 河口信夫, 山口由紀子, 稲垣康善: 意図タグつきコーパスを用いた発話意図推定手法 (テーマ:一般). 言語・音声理解と対話処理研究会, 人工知能学会, 38, 2003, 7-12.
- [43] 入江友紀, 松原茂樹, 河口信夫, 山口由紀子, 稲垣康善: 対話コーパスに基づく発話意図推定. 言語処理学会, 第10回年次大会発表論文集, 2004.
- [44] 入江友紀, 松原茂樹, 河口信夫, 山口由紀子, 稲垣康善: CLAIR車内音声対話コーパスにおける発話意図タグの設計と評価. 言語処理学会, 第11回年次大会発表論文集, 2005.
- [45] 入江友紀, 松原茂樹, 河口信夫, 山口由紀子, 稲垣康善: 音声対話コーパスにおける発話意図タグの設計と評価. 電子情報通信学会論文誌, 情報・システム, II-パターン処理, J88-D-II(10), 2005, 2169-2173.

- [46] 入江友紀, 松原茂樹, 河口信夫, 山口由紀子, 稲垣康善. 対話コーバスに基づく階層化された発話意図の推定. 情報処理学会研究報告, 音声言語情報処理 (SLP) , 40(2006-SLP-061), 2006, 31–36.
- [47] 稲葉通将, 磯村直樹, 鳥海不二夫, 石井健一郎: 意味ネットワークによる非タスク指向型対話システムの評価. 研究報告知能と複雑系 (ICS), 2009(16), 2009-ICS-154, 2009, 29–34.
- [48] 井上史雄: 言葉づかい新風景:敬語と方言. 秋山書店, 1989.
- [49] 伊藤裕子, 相良順子, 池田政子: 夫婦のコミュニケーションが関係満足度に及ぼす影響-自己開示を中心に. 文京学院大学人間学部研究紀要, 9(1), 2007, 1–15.
- [50] Ito, S. I., Mitsukura, Y., Sato, K., Fujisawa, S., Fukumi, M.: Study on association between user's personality and individual characteristic of left prefrontal pole EEG activity. In Natural Computation (ICNC), Sixth International Conference on, IEEE., 1(4), 2010, 2163–2166.
- [51] 岩下薫, 嶋田和孝, 遠藤勉: 対話システムにおけるユーザの発話意図推定. 火の国シンポジウム2007, CD-ROM, A-3-2, 2007.
- [52] 門阪祥吾: 友人関係ネットワークにおける中心概念に関する分析. 卒業論文, 名古屋工業大学, 情報工学科, 2010.
- [53] 加藤弓子, 釜井孝浩. “Strained Rough Voice”への簡易変換における変調パラメータ. 日本音響学会誌, 66, 12, 2010.
- [54] 加藤直孝, 中條雅庸, 國藤進: 合意形成プロセスを重視したグループ意思決定支援システムの開発. 情報処理学会論文誌, 38(12), 1997, 2629–2639.
- [55] 加藤直孝. 合意形成プロセスにおける参加者の視点情報の共有に基づくグループ意思決定支援システムの研究. 北陸先端科学技術大学院大学, 1998.
- [56] 河口信夫, 松原茂樹, 山口由紀子, 武田一哉, 板倉文忠: CIAIR 実走行車内音声データベース. 情報処理学会研究報告, 2003(124), 2003, 139–144.

- [57] 河原大輔, 黒橋禎夫: 格フレーム辞書の漸次的自動構築. 自然言語処理, 12(2), 2005, 109–131.
- [58] 河原達也, 李晃伸: 連続音声認識ソフトウェア Julius. 人工知能学会誌, 20(1), 2005, 41–49.
- [59] 河原達也: 音声認識の方法論に関する考察—世代交代に向けて—. 情報処理学会研究報告, SLP-100-3, 2014.
- [60] 木村晋一, 松原茂樹, 河口信夫, 山口由紀子, 稲垣康善: 車内音声対話システムのための事例に基づく発話意図推定. 情報処理学会研究報告, 2002(10), 2002, 115–120.
- [61] 木下良治: 企業成長に関する一考察. 日本経営診断学会論集, 8, 2008, 197–202.
- [62] Kitaoka, N., Takeuchi, M., Nishimura, R. and Nakagawa, S.: Response timing detection using prosodic and linguistic information for human-friendly spoken dialog systems. 人工知能学会論文誌, 20, 2005.
- [63] 北岡教英, 赤堀一郎, 中川聖一: スペクトルサブトラクションと時間方向スムージングを用いた雑音環境下音声認識. 電子情報通信学会論文誌, D 83, 2, 2000.
- [64] Knapp, C., Carter, G.: The generalized correlation method for estimation of time delay. IEEE Transactions on Acoustics, Speech, and Signal Processing, 24(4), 1976, 320–327.
- [65] 小林龍一: 相関・回帰分析法入門改訂版. 日科技連出版社, QCシリーズ 22, 1972, 59–63.
- [66] 古賀裕之, 谷口忠大: 情報の非競合性に着目した発話権取引市場の分析. 第39回知能システムシンポジウム, 2012.
- [67] 国立国語研究所: 話しことばの文型(1) 対話資料による研究. 国立国語研究所報告, 18, 秀英出版, 1960.

- [68] 駒形憲彦, 大塚裕子: ディスカッションにおける意思決定プロセスの分析. 第5回対話システムシンポジウムおよび一般, 言語・音声理解と対話処理研究会, 72, 人工知能学会, 2014, 51-56.
- [69] 河野進, 相原健郎: グループにおける意思決定への支援のための発話群からの会話抽出方法の提案. 情報科学技術フォーラム講演論文集, 14(3), 2015, 43-50.
- [70] 河野進, 相原健郎: 会話分析によるグループ状態推定に基づく意思決定支援モデル. 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 (GN), 2015(5), 2015, 1-6.
- [71] 小柴等, 加藤直孝, 國藤進: グループ意思決定支援のためのコミュニケーション支援機能の提案. 情報処理学会, 情報処理学会論文誌, 49(1), 96-104, 2008.
- [72] 小柴等, 相原健郎, 小田朋宏, 星孝哲, 松原伸人, 森純一郎, 武田英明: 説得性に基づく情報推薦手法の提案: 送り手の属性に着目したモデルと検証. 情報処理学会論文誌, 51(8), 2010.
- [73] 工藤拓, 松本裕治: チャンキングの段階適用による日本語係り受け解析. 情報処理学会論文誌, 43(6), 2002, 1834-1842.
- [74] 釘原直樹: グループ・ダイナミックス. 有斐閣, 2011.
- [75] 倉本到, 安田淳志, 山本景子, 水野充, 辻野嘉宏: 対話エージェントへの「個性」の付与: 意思決定支援システムに対する影響. 情報処理学会シンポジウム論文集, 2012(3), 1EXB-15, 2012.
- [76] 倉田岳人, 市川治, 西村雅史: ユーザの発話傾向分析に基づく車載機器操作のための音声入力手法の検討. 電子情報通信学会論文誌 D, 93(10), 2010, 2107-2117.
- [77] 栗原伸一: 入門統計学検定から多変量解析・実験計画法まで. オーム社, 2011.
- [78] Lee, Akinobu: 音声区間検出・入力棄却. 第5章, The Julius book, 名古屋工業大学 Julius開発チーム, <https://julius.osdn.jp/juliusbook/ja/index.html> (2018年3月19日現在)

- [79] Lewin, K.: The dynamics of group action. *Educational leadership*, 1(4), 1944, 195–200.
- [80] Lickel, B., Hamilton, D. L., Wierzchowska, G., Lewis, A., Sherman, S. J. and Uhles, A. N.: Varieties of groups and the perception of group entitativity. *Journal of personality and social psychology* 78(2), 2000, 223.
- [81] 魯中済, 広重真人, 荒木健治, 枋内香次: 発話速度推定のための HMM に基づくパワー変化箇所検出 (合成, 韻律, 生成, 一般). 電子情報通信学会技術研究報告, SP, 音声, 103(263), 2003, 31–36.
- [82] Maekawa, K., Koiso, H., Furui, S., Isahara, H.: Spontaneous speech corpus of Japanese. In: *Proceedings of LREC2000 (Second International Conference on Language Resources and Evaluation)* 2, 2000, 947–952.
- [83] 丸山久美子: 心理学的測定における非線形問題 I. *心理学研究*, 40(4), 1969, 212–220.
- [84] 松原茂樹, 加藤真吾, 山口由紀子, 河口信夫: 大規模音声対話コーパスを用いた対話理解. 情報処理学会研究報告音声言語情報処理 (SLP), 2006(12), 2006-SLP-060, 2006, 61–66.
- [85] 松本宗也: 音声対話システムにおける発話意図推定. 早稲田大学大学院理工学研究科, 2007年度修士論文, 2008.
- [86] 松本宗也, 傅松明, 白井克彦: 音声対話システムにおける発話意図推定. 情報処理学会, 全国大会講演論文集, 70, 2008, 141–142.
- [87] 松村耕平, 池田政人, 角康之. 車内会話を場所に紐付けることによる会話的知識の流通. *マルチメディア, 分散協調とモバイルシンポジウム 2013 論文集*, 2013, 2027–2035.
- [88] 松村耕平, 角康之: 人は車内においてどのような会話をするのか: 「タイムリー」な情報流通のための一考察, 情報処理学会インタラクション2014 論文集, 2014, 33–40
- [89] Matsunaga, H.: A Study on Human-Oriented Manufacturing System (HOMS)-Development of Satisfaction Measurement System (SMS) and Evaluation of Element

- Technologies of HOMS using SMS. In Proc. Int. Conf. on Manufacturing Milestones toward the 21st Century, 1997, 217–222.
- [90] Matsunaga, H.: A Study on Human-Oriented Manufacturing System (HOMS)-Measurement of Worker's Satisfaction by Psychological and Physiological Information. In Proc, 13th Triennial Congress Int, Ergonomics Association, 1, 1997, 507–509.
- [91] 松永久, 中沢弘: 脳波による満足感計測の試み. 日本機械学会論文集, C編, 65(633), 1999, 2135–2140.
- [92] 松坂要佐, 東條剛史, 小林哲則: グループ会話に参加する対話ロボットの構築. 電子情報通信学会論文誌, D, 84(6), 2001, 898–908.
- [93] McGrath, J. E., Arrow, H., Berdahl, J. L.: The study of groups: past, present, and future. *Personality and Social Psychology Review* 4(1), 2000, 95–105.
- [94] 翠輝久, 大竹清敬, 堀智織, 河井恒, 柏岡秀紀, 中村哲: 意志決定を支援す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, SLP, 音声言語情報処理 10, 2011, 1–6.
- [95] 満倉靖恵: 「感性アナライザ」が変えるマーケティングの概念. マーケティング情報サイト [ペリジー], 読売IS, 2015
<https://perigee.yomiuri-is.co.jp/%E3%83%9E%E3%83%BC%E3%82%B1%E3%83%86%E3%82%A3%E3%83%B3%E3%82%B0/HXrOr>(2018年2月19日現在)
- [96] Mitsukura, Yasue: "EEG signal processing for real applications." *Journal of Signal Processing* 20.1, 2016, 1–7.
- [97] 三宅美博, 辰巳勇臣, 杉原史郎: 交互発話における発話長と発話間隔の時間的階層性. 計測自動制御学会論文集, 40(6), 2004, 670–678.
- [98] 宮田章裕: 思考状態推定に基づくコミュニケーション支援. 慶應義塾大学理工学研究科, 2008.
- [99] Moen, R., Norman, C.: Evolution of the PDCA Cycle. 2011.

- [100] 森信介, 長尾眞: nグラム統計によるコーパスからの未知語抽出. 情報処理学会論文誌, 39(7), 1998, 2093–2100.
- [101] 本村陽一: バイジアンネットワーク: 入門からヒューマンモデリングへの応用まで. 日本行動計量学会第7回春のセミナー, 2004.
- [102] 室井力: 住民参加のシステム改革-自治と民主主義のリニューアル. 自治問題研究叢書, 日本評論社, 2003.
- [103] 長瀬勝彦: 意思決定のマネジメント. 東洋経済新報社, 2008.
- [104] 中田智子: 会話の方策としてのくり返し. 研究報告集 Occasional Papers 13, 1992, 267–302.
- [105] 中川聖一: 音声認識研究の動向. 電子情報通信学会論文誌, D 83, 2, 2000.
- [106] Nakano, Y., Fukuhara, Y.: Estimating conversational dominance in multiparty interaction. In Proceedings of the 14th ACM international conference on Multimodal interaction, ACM, 2012, 77–84.
- [107] 中野幹生, 駒谷和範, 船越孝太郎, 中野有紀子, 奥村学: 対話システム. 自然言語処理シリーズ, 7, コロナ社, 2015.
- [108] 難波雄二, 塚井誠人, 桑野将司: 文脈マイニングモデルを用いた討議過程の可視化手法に関する研究. 土木学会論文集, D3 (土木計画学), 67(5), 2011, I_209–I_219.
- [109] 南角吉彦, 全炳河, 徳田恵一, 北村正, 益子貴史: ベイズ的アプローチに基づく HMM 音声合成. 電子情報通信学会技術研究報告, 99, 2003. 19–24.
- [110] 名塩征史: 現実の会話における「発話」の知覚: 発話の何が知覚され, そこでは何が起こるのか. Sauvage: 北海道大学大学院国際広報メディア・観光学院院生論集, Sauvage: Graduate students' bulletin, Graduate School of International Media, Communication and Tourism Studies, Hokkaido University 6, 2010, 7–18.
- [111] 任海因: 遠隔ビデオ環境における二者間共食コミュニケーションの分析. 筑波大学修士 (情報学) 学位論文, 2013.

- [112] 西田豊明: 社会技術を支える先進的コミュニケーション基盤としての会話型知識プロセス支援技術. 社会技術研究論文集, 1, 48-58, 2003.
- [113] 西村雅史, 伊東伸泰: 講義コーパスを用いた自由発話の大語彙連続音声認識. 電子情報通信学会論文誌, D 83, 11, 2000.
- [114] 西村良太, 北岡教英, 中川聖一: 音声対話における韻律変化をもたらす要因分析. 音声研究, 日本音声学会, 13, 3, 2009, 66-84.
- [115] 野村総合研究所デジタルビジネス推進部: ITロードマップ 2016年版: 情報通信技術は5年後こう変わる!. 東洋経済新報社, 2016.
- [116] 野中久典, 正嶋博: 災害時における意思決定支援システム (「AI 技術の産業応用」[第8回]). 人工知能学会誌 15(3), 2000, 469-476.
- [117] 小川一美: 会話セッションの進展に伴う発話の変化: Verbal Response Modes の観点から. 社会心理学研究, 23(3), 2008, 269-280.
- [118] 小川一美: 対人コミュニケーションに関する実験的研究の動向と課題. 教育心理学年報, 50, 2011, 187-198.
- [119] 荻野幹人, 満倉靖恵: スマートフォンを用いた脳波解析システムの構築. [C]電子・情報・システム部門, 知覚情報研究会, 2013, 13-16.
- [120] 大濱吉紘, 安田浩志: 自動車の IoT 化が生み出すユーザ体験のプロトタイプ: 持ち寄ったモノを通じた乗員間コミュニケーション. ヒューマンコミュニケーション基礎, 電子情報通信学会技術研究報告, IEICE technical report 信学技報, 115(471), 2016, 41-46.
- [121] 岡村剛, 久保田秀和, 角康之, 西田豊明, 塚原裕史, 岩崎弘利: 車内会話の量子化と再利用. 情報処理学会論文誌, 48(12), 2007, 3893-3906.
- [122] 大西康伸, 両角光男: 建築協同設計における意志決定を支援する非同期討論ツールの開発と実践的検証. 日本建築学会計画系論文集, 76(659), 2011, 261-269.
- [123] 大山勝徳, 金子正人, 武内惇: 共同作業者間の発話パターンと脳波変動の共起頻度に基づくフォローの量の評価. 研究報告, グループウェアとネットワークサービス(GN), 情報処理学会, 2013(7), 2013, 1-7.

- [124] Reddy, W.Brendan: Intervention skills: Process consultation for small groups and teams. Pfeiffer, 1994.
- [125] Sacks, H., Schegloff, E. A. and Jefferson, G.: A simplest systematics for the organization of turn-taking for conversation. *language*, 1974, 696–735.
- [126] Sacks, H., Schegloff, E. A., Jefferson, G., 西阪仰(訳): 会話分析基本論集順番交替と修復の組織. 世界思想社, 2010.
- [127] 榊原弘之, 長曾我部まどか: テキスト分析を通じたワークショップ討議の評価手法に関する研究. *土木計画学研究・講演集*, 41(15), 2010.
- [128] 榊原健一, 石黒浩, 萩田紀博: Vocal Fry発声区間の自動検出法. *電子情報通信学会論文誌*, D 89, 12, 2006.
- [129] Sarter, N. B., Schroeder, B.: Supporting decision making and action selection under time pressure and uncertainty: The case of in-flight icing. *Human Factors, The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 43(4), 2001, 573–583.
- [130] 佐藤絵里, 間瀬健二, 平野靖, 梶田将司: 車内会話と運転行動の相互作用の分析による運転者モデルの検討 (自然言語・音声・音楽, 一般論文). *情報科学技術フォーラム講演論文集*, 7(2), 2008, 301–302.
- [131] Schein, Edgar H.: What to observe in a group. Reading book for human relations training, Bethel, ME: NTL Institute 1982.
- [132] Searle, J. R.: Speech acts: An essay in the philosophy of language. Vol. 626, Cambridge university press, (1969).
- [133] 世古一穂: 参加と協働のデザイン NPO・行政・企業の役割を再考する. 学芸出版社, 2009.
- [134] 柴崎晃一, 光吉俊二: 抑揚からの感情認識の評価: 感性制御技術(ST)の評価と人間の感情の評価法について. *電子情報通信学会技術研究報告*, TL, 思考と言語, 105, 291, 2005.
- [135] 柴田武: 言語の構造. 講座言語第1巻, 大修館書店, 1980.

- [136] 篠崎隆宏, 古井貞熙: 発話速度変動を考慮した隠れモード HMM による音声のモデル化. 電子情報通信学会技術研究報告, SP2003, 41, 2003, 37-42.
- [137] 重永實: 感情の判別分析からみた感情音声の特性. 電子情報通信学会論文誌, A 83, 6, 2000.
- [138] 鹿野清宏, 伊藤克亘, 河原達也, 武田一哉, 山本幹雄: 音声認識システム. オーム社, 2001.
- [139] 新庄広, 天野明雄, 石橋厚, 山口宇唯, 内部こなぎ, 桑本英樹: マルチモーダル対話技術による知的ユーザーインタフェース: 日立評論, 87, 10, 2005.
- [140] 清水浩二, 小倉加奈代, 西本一志: ノミナルグループ手法の議論構造化特性を活用した意思決定プロセスの振り返り支援手法の提案. インタラクション, 情報処理学会, 2012.
- [141] 白木将幸, 伊藤敏彦, 甲斐充彦, 中谷広正: 自然発話文における統計的な意図理解手法の検討. 情報処理学会研究報告, SLP, 音声言語情報処理, 2004(15), 2004, 69-74.
- [142] Shriberg, E.: Spontaneous speech: how people really talk and why engineers should care. In INTERSPEECH, 2005, 1781-1784.
- [143] Simon, H. A.: The New Science of Management Decision. Prentice Hall PTR, 1977.
- [144] ハーバートサイモン, 稲葉元吉(訳), 倉井武夫(訳): 意思決定の科学. 産業能率大学出版部, 1979.
- [145] 藺田碩哉, 小池和幸, 池良弘, 涌井忠昭: レクリエーション概論. ヘルス・システム研究所, 2004.
- [146] Stasser, G., and Titus, W.: Pooling of unshared information in group decision making: Biased information sampling during discussion. Journal of personality and social psychology, 48(6), 1985, 1467.
- [147] Stolcke, A., Shriberg, E., Bates, R., Coccaro, N., Jurafsky, D., Martin, R., ... Van Ess-Dykema, C.: Dialog act modeling for conversational speech. In AAAI Spring Symposium on Applying Machine Learning to Discourse Processing, 1998, 98-105.

- [148] 杉万俊夫: グループ・ダイナミックス入門-組織と地域を変える実践学. 世界思想社, 2013.
- [149] 杉本航, 大塚裕子: ファシリテーターの有無に着目したグループディスカッションの談話分析 (感情・評価・態度). 電子情報通信学会技術研究報告, NLC, 言語理解とコミュニケーション, 112(268), 2012, 7-12.
- [150] 杉浦孔明, 岩橋直人, 柏岡秀紀, 中村哲: 言語獲得ロボットによる発話理解確率の推定に基づく物体操作対話. 日本ロボット学会誌, 28(8), 2010, 978-988.
- [151] 角康之: 会話インタラクションの理解に基づいた状況認識の流通促進システムの開発 (<特集> アンビエント情報基盤). 人工知能学会誌, 28(2), 2013, 224-229.
- [152] 鈴木孝浩, 金子正人, 武内惇, 蘭田孝造. グループ協調学習における議事録によるグループ討議の活性化の一考察. 平成20年度電気関係学会東北支部連合大会講演論文集, 電気関係学会東北支部連合大会実行委員会, 2008, 92-92.
- [153] 田中妙子: 会話における<先取り>について. 早稲田大学日本語研究教育センター紀要, 10, 1998, 17-40.
- [154] 高津弘明, 小林哲則: 対話エージェントのための性格モデル. 言語処理学会第 21 回年次大会発表論文集, 2015, 191-194.
- [155] 武田昌一, 西澤良博, 大山玄: 「怒り」の音声の特徴分析に関する 1 考察. 電子情報通信学会技術研究報告. SP, 音声, 100(726), 2001, 33-40.
- [156] 竹内真士, 北岡教英, 中川聖一: 韻律・言語情報を素性とした決定木による自然な応答生成タイミングの検出. 日本音響学会研究発表会講演論文集, 1, 2003.
- [157] 田口槇子, 曾根陽子: コミュニティ形成に果たすグループ活動とキーパーソンの役割. 日本建築学会計画系論文集, 75(648), 2010, 343-351.
- [158] 豊田薫, 宮越喜浩, 山西良典, 加藤昇平: 発話時間長に着目した Tree-Augmented Naive Bayes による対話雰囲気推定. 人工知能学会全国大会論文集, 25, 2011, 112-5.

- [159] 豊田光世: 地域協働による保全活動の推進に向けた合意形成. 日本生態学会誌, 67(2), 2017, 247-255.
- [160] 土屋智子, 谷口武俊, 盛岡通: 原子力リスク問題に関する住民参加手法の評価-参加住民は何を重視するのか? 社会経済研究 57 (2009): 3-16.
- [161] 土屋裕希乃: 会話場面における視線行動と満足度および印象評価の検討. 国際経営・文化研究 Cross-cultural business and cultural studies, 国際コミュニケーション学会誌, 21(1), 2016, 153-162.
- [162] 辻野孝輔, 栄藤稔, 磯田佳徳, 飯塚真也: 実サービスにおける音声認識と自然言語インタフェース技術 (<特集>音声対話システムの実用化に向けて). 人工知能学会誌, 28(1), 2013, 75-81.
- [163] 津村俊充: 人間関係における“プロセス”を再考する -Weinstein, E. H. Schein & WB Reddyのプロセスの視点より-. 人間関係研究, 10, 2011, 137-155.
- [164] 津村俊充: グループプロセスに焦点をあてたファシリテーションを学ぶ研修をデザインする. 人間関係研究, 14, 南山大学, 2015, 102-132.
- [165] 上田拓治: 44 の例題で学ぶ統計的検定と推定の解き方. オーム社, 2009.
- [166] 牛田梨恵香, 小川一美, 斎藤和志: 親密性の違いに着目した発話の重なり方と会話事態の認知. 2010.
- [167] 宇津呂武仁, 小玉康広, 渡邊友裕, 西崎博光, 中川聖一: 機械学習を用いた複数の大語彙連続音声認識モデルの出力の混合. 電子情報通信学会論文誌, D, 87(7), 2004, 1428-1440.
- [168] Walster, E.: The effect of self-esteem on romantic liking. *Journal of Experimental Social Psychology*, 1(2), 1965, 184-197.
- [169] Wooters, C., Huijbregts, M.: The ICSI RT07s speaker diarization system. *Multi-modal Technologies for Perception of Humans*, 2008, 509-519.
- [170] Xuedong, H.U.A.N.G., Acero, A., Hsiao-Wuen, H.: *Spoken Language Processing: A Guide to Theory. Algorithm and System Development*, 2001, 800-815.
- [171] 山崎一真: 社会実験市民協働のまちづくり手法. 東洋経済新報社, 1999.

- [172] 保田明夫: 形態素解析と分かち書き処理. テキスト・マイニング研究会, (PDF), http://www.wordminer.org/wp-content/uploads/2013/04/63_30.pdf (2018年2月19日現在), 2006.
- [173] 八城美里, 林佑樹, 中野有紀子: 会話参加者の優位性を考慮した会話エージェントによる多人数会話への介入. 人工知能学会全国大会論文集, 27, 2013, 1-4.
- [174] 吉田道雄: 人間理解のグループ・ダイナミックス. ナカニシヤ出版, 2001.
- [175] 吉村健: シャベってコンシェルと言語処理. 情処学研報. SLP, 音声言語情報処理, 2012(4), 2012, 1-6.
- [176] 吉原智恵子, 飛田操: 集団討議における集団過程と個体間影響過程の関係. 日本福祉大学情報社会科学論集, 8, 2005, 75-81.
- [177] Zhang, Y., Zhang, H., Cai, J., and Yang, B.: A Weighted Voting Classifier Based on Differential Evolution. In Abstract and Applied Analysis, 2014, Hindawi Publishing Corporation, 2014.
- [178] Zhong, G., Hodjat, B., Helmy, T. and Amamiya, M.: Software agent evolution in adaptive agent oriented software architecture. Proceedings of International Workshop on the Principles of Software Evolution (IWPSE 99), Proceedings, 1999.
- [179] W. Strunk and E.B. White. *The Elements of Style, Fourth Edition*. Longman, 1979.