

SenseChair による会話者間の同調傾向検出

宮崎 陽平^{†1} 伊藤 雄一^{†1} 藤原 健^{†2} 高嶋 和毅^{†3} 尾上 孝雄^{†1}

概要: 我々は、ユーザの状態や状況を、ユーザに意識させることなくセンシングするために、座面下に4つの圧力センサを備え、非装着・非侵襲に座面の重心位置と重量を取得できる椅子型デバイス SenseChair を実装し、検討を進めている。本稿では、SenseChair を複数台用いて、着座しながら会話をしている会話者の身体的な同調傾向を検出する手法について検討する。データ取得をする為に、実際の会話場面を想定した実験を行った。SenseChair によって得られた会話者それぞれの時系列重心・重量データに窓関数を用いて周波数解析し、各データにおける周波数成分の時間変化を求め、話者一人分の揺動の周波数成分の時間変化を抽出する。さらに、会話者全員が揺動している部分のみ抜き出すことで、会話時間における同調傾向値を抽出した。実際の会話場面を設定し、議論後に行ったアンケート調査の結果と同調傾向の関連を検討した結果、同調傾向が大きいほど、「場が盛り上がった」、「課題に夢中になった」と報告されていることが明らかになった。これにより、会話者の着座時揺動による同調傾向の検出ができる可能性が示された。

A Method for Sensing Synchrony between Communicating Persons by SenseChair

YOHEI MIYAZAKI^{†1} YUICHI ITOH^{†1} KEN FUJIWARA^{†2}
KAZUKI TAKASHIMA^{†3} TAKAO ONOYE^{†1}

Abstract: We have proposed the office chair-shaped sensing device, SenseChair that enables to unconsciously measure sitting body sway of a user by using four pressure sensors embedded inside its seat for estimation of user's situation and condition. In this paper, we propose a method to detect physical synchrony between multiple sitting users during a conversation by using multiple SenseChairs. We conducted a conversation experiment to acquire data. A short-time frequency analysis with Hanning window function was carried out on the detected body sway data to extract the short-time frequency data of each participants' body sway during the period of the experiment. We calculated the value of synchrony in the conversation from the sway data of when synchronized body sways of all participants' were detected. We found a positive relationship between the calculated synchrony and participants' subjective ratings by post-questions reflecting on their excitement and engagement during the conversation. This result suggests possibility of automatic detection of synchrony between multiple users from their synchronized sway behaviors. We also discussed further usage scenarios of SenseChairs that expands existing social awareness technologies.

1. はじめに

対人コミュニケーションに関する研究は古くからなされており、会話場面における行動の調査など、実際の会話を解析することによる様々な研究が行われてきた。これらは、人とのコミュニケーションを円滑に進めたり、組織を円滑に機能させるための指針を得るのに有用である。

他方、近年の情報技術の発達により、マイクや赤外線センサなど様々なセンサを用いた会話状況の認識がなされ、情報技術を用いたコミュニケーション支援のための研究が盛んに行われつつある[1]。そういった研究の中には、表情、視線方向、会話音量、身体行動などの非言語情報に注目し、これらの情報を用いてコミュニケーションの質の認識を行う研究がある。これには例えば、Kinect を用いて会話参加

者の各身体部位の座標点から関節の角度を計測し、身体行動の同調傾向を求める研究がある[2]。この研究では、得られた同調傾向と会話中に生み出された創造性の量と質について検討することで、両者の間に正の相関関係を見出している。こうした研究は、身体行動の同調傾向を計測することによって、議論の質を評価することができるシステムの実現可能性を示しているといえる。

情報技術を用いた会話状況の認識は、会話者や環境をセンシングし、それらの状況を認識することでコンテキストを抽出する。センシング手法は主に2種類に分けられ、ユーザが装着したウェアラブルセンサを用いる方法と環境にあらかじめ配置されたカメラやセンサを用いる方法がある。ウェアラブルセンサを用いる方法では、環境に設置する方法に比べて、会話者の移動や動きに関係なく常時計測できる利点があるが、センサの脱着に手間がかかるほか、装着位置によってはユーザの自然な行動を妨げる可能性がある。これに対して環境設置型センサを用いる方法では、センサを装着する必要がないので、脱着する手間は省け、ユーザ

^{†1} 大阪大学

Osaka University

^{†2} 大阪経済大学

Osaka University of Economics

^{†3} 東北大学電気通信研究所

Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University

の自然な行動を妨げにくい。

しかし、Wonら[2]が指摘するように、環境設置型のセンサを用いる手法でも、行動のセンシングが行われているという事実がユーザに明らかになるとストレスを感じさせてしまい、円滑なコミュニケーションを阻害してしまう可能性がある。こうした問題は、例えば教育現場やパーティなど、短時間の中でコミュニケーションの活性化が優先される場では致命的となり、本末転倒な結果をもたらしかねない。会話者の感じるセンシングによるストレスを可能な限り小さくし、出来る限り日常生活に近い形でセンシングする手法が理想的であるといえよう。

そこで我々は、圧力センサによって装着者の重心・重量の時系列的な変化を計測できるオフィスチェア型デバイス SenseChair を用いた会話状況の認識手法を提案し、検討を進めている[3-5]。SenseChair は、図1に示すように、座り心地や見た目は一般的なオフィスチェアと変わらず、座ったユーザの重量と重心位置の変化をセンシングできる非装着・非侵襲なセンシングツールである。そのため、外部センサを会話場に設置する必要がなく、日常的な会話シーンと何ら変わらない状態でのセンシングが可能である。これにより、コミュニケーションを阻害することなく会話状況を認識することが可能となる。これまでの検討では、座面にかかる重量と重心位置の時間変化が着座姿勢の特徴を反映していることが分かっている。また、傾き等の頭部運動やジェスチャ等の身体行動といった、これまでの研究で会話状況を取得するために注目されてきた指標も、座面にかかる重心や重量変化にも表れる可能性がある。

本稿では、SenseChair を用いて、着座状態のユーザ同士を対象に、会話中における身体行動の同調傾向を検出する手法について検討する。SenseChair によって得られる会話者の重心・重量の時系列データから揺動を抽出し、全会話者の揺動を重ね合わせることで身体行動の同調傾向を検出することを試みる。また、実際のグループ会話で得られた身体行動の同調傾向のデータと会話者の内観報告との関連についても検討する。最後にこの技術を用いた応用例について述べる。

2. 関連研究

2.1 非言語情報のセンシングによる会話状況の認識

会話状況を認識する研究には、一般的にマイク、カメラを用いて音量や韻律、ジェスチャ、視線方向などの非言語情報をセンシングすることが一般的である。それらのセンシング手法は主に2種類分けられ、ユーザにウェアラブルデバイスとしてセンサを装着する方法と環境にあらかじめ配置したセンサを用いる手法がある。

ウェアラブルデバイスを用いたセンシングの方法では、ユーザの移動に関係なく常時計測をすることが可能である。角らは、マイク、アイマークレコーダ、モーションセンサ、

脈拍センサ等を装着した会話者が、IMADE ルームと呼ばれる部屋内で自由に動き回り、ポスター発表等の共同作業を行う際のコミュニケーションの分析を行っている[6]。Olguinらは音量、加速度センサ、赤外線センサを搭載したデバイス Sociometric Badges を開発し、日常的にそれを着けた人達の対面コミュニケーションや位置関係などのデータから日常的なコミュニケーション能力の評価を行っている[7]。しかし、ウェアラブルデバイスを装着した手法は、デバイスの脱着の手間がかかる場合があり、装着位置によってはユーザの自然な行動を妨げる可能性がある。

環境にあらかじめ配置したセンサを用いる手法では、ウェアラブルデバイスを用いる手法に比べ、脱着の手間がかからず、また、デバイスを装着することによるユーザの行動阻害が生じづらい。Kennedyらは、マイクを環境に設置することで、音の高さからミーティングの中で重要な会話を切り出すシステムを提案した[8]。Wredeらは、マイクによって会話時の発生に韻律的な特徴を捉え、会話内の盛り上がりを検出する手法を提案した[9]。Stiefelhagenらは、カメラを会話場に設置し、画像データから頭部方向を捉え、さらに視線方向の推定を行って会話構造のモデル化をしている[10]。大塚らは、ビデオの視線から話し手と聞き手の構造化をした[11]。熊野らは、表情の認識をすることでグループミーティング内での対人感情分析を行った[12]。Wonらは、Kinectで議論中の会話者の身体の各関節の同調傾向(Synchrony)を測定し、議論の末に生み出した発想の量と質(Creativity)との関連を検討することで、身体行動の同調傾向と議論の質に正の相関があることを示した[2]。

このように、これまでの研究では、環境にセンサを設置して会話状況を解析するシステムの提案は様々になされている。先にも指摘したように、センシングされているという事実が自明になるとユーザにストレスを与え、円滑なコミュニケーションを阻害してしまう可能性があるため、可能な限り日常生活に近い状態でのセンシング手法の実現が望まれる。本研究ではこれを目指し、話し合いの場で日常的に利用される椅子によるセンシングに着目する。

2.2 椅子型デバイスを用いたユーザ状況取得手法

会話状況の認識において、椅子型デバイスによるセンシング手法は非常に有効であると考えられる。椅子は、日常生活に馴染みのある存在であり、その存在はユーザにストレスを与えない。ミーティングや議論などでは、椅子に座って会話することは極めて自然であるため、ユーザの日常的なコミュニケーションの姿や様子をセンシング可能であると考えられる。また、ウェアラブルデバイスとは異なり、椅子から立ち上がるだけで脱着が可能となり、日常的に利用する際の利便性も高いと考えられる。

着座中のユーザの状況を認識する方法としては、椅子に埋め込んだセンサを用いる方法が一般的である。伊藤は車内シートに圧力センサを設置し、ドライバの足の位置や状

況を推定している[13]. デスクワーク中のユーザを対象としたものでは、椅子と机に計 970 個の圧力センサを設置した環境で、椅子や机の振動からユーザの動作を識別する方法が検討されている[14]. Tan らは家庭やオフィスの椅子を想定し、座面と背もたれにかかる圧力分布を 2016 個(42 x 48)の圧力センサで取得し、着座姿勢を識別する方法を提案している[15]. 身体の傾きや足を組むなど 14 種の姿勢識別に関しては、デバイス利用の訓練をしたユーザで 96%, 未訓練のユーザで 79%の識別率が示されている. Multu らは, Tan らが用いた姿勢をより少ないセンサ数で識別している[16]. Vanhala らは, 高感度感圧センサを椅子に設置して, コンピュータエージェントの表情変化に対するユーザの体動の変化を調べている[17]. このように座面や背もたれの圧力分布はユーザの行動および姿勢の推定に有効であると考えられる.

我々はこれまで、座面にかかる重心位置と重量をセンシングできる椅子型デバイス SenseChair を提案し、姿勢識別や個人識別の方法を検討してきた[3-5]. 他の椅子型デバイスを用いたユーザ状態認識手法に比べてセンサ数が少なく、設置や導入にかかるコストが小さいという利点があり、システムを日常的な利用を実現する可能性が極めて高い. また, センサの設置位置に関して複雑な計算を必要としない.

過去の検討から、座面にかかる重量と重心位置の波形が、ユーザの着座姿勢や個人の座り方の特徴をよく反映していることが分かっている[3-5]. また、傾き等の頭部運動やジェスチャ等の身体行動も座面にかかる重心や重量変化に表れると考えられるため、SenseChair を用いて会話状況をセンシングすることも十分可能であると考えられる. 本稿では、椅子の座面にかかる重量と重心位置のデータから身体行動の同調傾向を取得する方法を検討する.

3. SenseChair を用いた会話者の同調傾向検出

3.1 オフィスチェア型デバイス SenseChair

SenseChairの仕様について説明する. 概要を図1に示す. SenseChairは、座面下の4隅に圧力センサを持ち、座面にかか

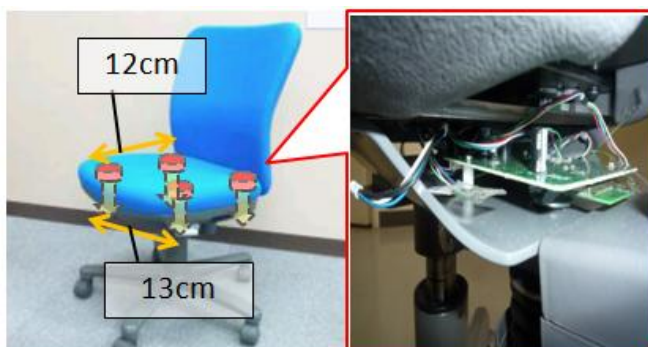


図1 SenseChair の概要
Fig.1 Overview of SenseChair.

る重量と重心位置をリアルタイムに最大100Hzで取得できる. 重心位置は、重心のX座標(椅子の正面から左右に延びる方向)とY座標(椅子の正面方向)からなる. SenseChairから得られる重心位置をX[cm]とY[cm], 重量変化をW[kg]として利用する.

使用している圧力センサはミネベア製のストレインゲージ式フォースセンサである. これは定格容量が50kgであるので, 成人男性が着座する場合, 一つ一つのセンサに集中して圧力がかかりすぎることを防ぐ必要があり, 圧力センサを設置する面は水平かつ均一な高さにする必要がある. そこで SenseChairは, 図2に示すように厚さ5mmの鉄板2枚を組み込み, 圧力センサを挟むような配置で圧力センサを4隅に装着することで, センサを水平に固定しつつ圧力を適度に分散して, 椅子にかかるユーザの体重を全て計測している. 組み込まれた圧力センサから得られた信号は制御基板に送られ, ブリッジ回路によりノイズ除去を行った後, 約300倍に増幅される. 増幅された信号はBluetoothを使ってPCに送信される. センサの信号を取得する制御基板は, 鉄板と座面を支えている高さ調節機構のための金型との間に取り付けているが, 鉄板はBluetoothの電波を遮断するため, Bluetoothの端子のみ, 通信可能な程度に露出させている.

3.2 会話者の同調傾向検出

SenseChair を用いた会話状況のセンシング手法を検討するにあたり, 我々はユーザの同調傾向, 特に行動の同期性に着目する. 行動の同期性とは身体行動の同調傾向の一つであり, 人はコミュニケーションする際に相手の身体的な動きを潜在的に模倣するというもので, 会話がスムーズに行われるとき, 人は相手の動きを無意識的に模倣し同調するという現象のことを言う[18]. 同調傾向を検出することで, 会話内の協調性の評価や議論から生み出された創造性の評価まで可能であると考えられている[2]. 我々は, SenseChair を用いて座った状態で会話する人の重心位置と重量のデータを取得し解析することで, 身体行動の同調傾向を抽出することを試みる.

4. 実験

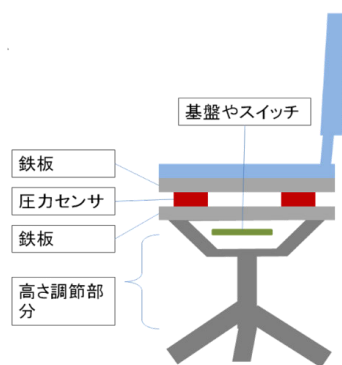


図2 SenseChair の構成
Fig.2 Configuration of SenseChair.

本稿では SenseChair の取得データから同調傾向を捉えるために、複数のグループによる 15 分間のチームワーク課題実験を行った。実験課題は議論で生み出された創造性評価も行えるように意見発散型の議題を採用した。意見発散型の課題では時間内に協力して議題について考え込む必要があるため、会話内で複数人が同調傾向を示す時間帯とそうでない時間帯が明確に分かれると考えられる。

4.1 実験参加者・環境

同性同士の 3 人 1 組による会話を行った。実験参加者は大学生、または短大生の 42 名(平均年齢 20.21 ± 0.79 歳)であり、内訳は、男性 21 名(平均年齢 19.95 ± 0.71 歳)女性 21 名(平均年齢 20.48 ± 0.76 歳)であった。会話場所は日常的に授業や会議等で使用される約 30 m^2 ($10\text{m} \times 3\text{m}$)の教室で、部屋の中央部に丸机(半径約 30cm, 高さ約 80cm)を配置し、机の周りに 120° の等間隔で SenseChair を 3 台配置して着座させた。より日常に近い自然な形での会話環境を形成するために椅子の固定は行わず、背もたれと椅子の回転も固定しなかった。

4.2 データ取得

4.2.1 会話中の非言語行動

会話中は、SenseChairによる全参加者の時系列重心・重量データの取得を行った。データ取得時の周波数は25Hzで行った。これは、人の生理的現象である「震え」の主要周波数が10Hz程度であることが分かっており[19]、会話中の体動は「震え」よりも低い周波数で構成されると考えたためである。25Hzのデータでは、フーリエ変換時に12.5Hzまでの周波数成分の抽出が可能となるので、25Hzによるデータ取得で着座時の揺動を十分にセンシング可能であると考えた。SenseChairによるデータ取得と同時に、実験参加者には目立たないように置いたビデオカメラによって、参加者の動きと会話音声を記録した。

4.2.2 質問紙

参加者の会話やSenseChairに対する印象を評価するために、課題後、実験後アンケートへの回答を参加者に求めた。実験後アンケートは、7段階のリッカート尺度(1:全く当てはまらない~7:非常に当てはまる)の6項目で構成した。質問項目を以下に示す。

[話に対する質問項目]

- Q1. 課題中は、場が盛り上がった。
- Q2. 課題に夢中になった。
- Q3. 会話はしにくいものであった。
- Q4. 会話に緊張を伴うものだった。

なお、参加者同士があらかじめ知り合いで親しかった場合、初対面同士の参加者よりもアンケートに対して肯定的に回答すると考えられた。そこで、実験参加前の親しさについて、7段階のリッカート尺度(1:全く親しくない~7:とても親しい)へも回答を求めた。

4.3 実験手順

参加者には、まず、入室した後に実験者が課題内容とルールを説明し同意書に記入を求めた。そしてSenseChairとカメラによる記録を開始したうえで、15分間の議論を開始させた。議論終了後、実験後アンケートに回答するよう求めた。

課題は「出来る限り多く、レンガの使い方を挙げよ」とした。これは意見発散型の課題であり、個人やグループの議論の創造性を評価する際に用いられる議題である[21]。グループ内のチームワークのみで議論をさせるため、議論中はメモ書きや情報端末等の道具の使用を禁止し、立ち上がって風景を見て外部刺激を受ける等の行為も禁止した。なお、自然なコミュニケーションを促すため、参加者には椅子によってセンシングされているという事実を実験前には伝えなかった。

5. データ解析

5.1 会話時間内での時系列同調傾向データの算出

得られた時系列重心・重量データを解析する前に、危険度を5%として、ノイズにより生じた外れ値を除去した。外れ値除去にはスミルノフ・グラブス検定を用いた[22]。除去したデータには、外れ値処理した後の平均値を代入することで、時系列データの個数を保持した。

解析では、得られた時系列重心・重量データを短時間ごとに周波数解析し、時系列振幅スペクトルを特徴量として用いた。これには、先行研究[5]において、着座者の状態変化は着座揺動の大きさや周期性にみられることが分かっており、ここで得られた知見が本研究にも利用できると考えたためである。3人分の時系列重心・重量変化のデータに窓関数を用いて短時間フーリエ変換をすることで、時系列振幅スペクトルデータを算出した。この時、窓関数にはハニング窓を用い、約10秒間分の256個のデータを抽出してフーリエ変換を行った。その際に、255個の重複をしながらずらして計算し、0-12.5Hzの時系列振幅スペクトルのデータを得た。短時間ごとにフーリエ変換をすることで、時系列振幅スペクトルと時系列位相スペクトルが得られる。ある周波数帯域での位相の時間変化が一致していても、振幅スペクトルが小さければ着座者はその周波数帯の振動をほとんどしていないことに等しくなると考え、我々は振幅スペクトルにのみ注目した。

次に、会話者1人につき得られた $X \cdot Y \cdot W$ の3つの時系列振幅スペクトルデータを正規化し、重ね合わせ計算を行って会話者1人分の揺動を表す時系列振幅スペクトルデータを作成した。正規化計算は、

$$P' = P / \max(P) \quad (1)$$

とした。ここで P は同時刻における振幅スペクトルであり、 P' は取得した全会話14組内の各要素における振幅スペクトルの全集合とする。これは揺動する方向によって各要素に影響を与える振幅値にはばらつきが生じると考えられる。各要素の最大の振幅は全会話内で生じた最大の振れ幅であり、各振幅スペクトルデータを割る事で要素ごとのスケールを統一でき

ると考えた。これにより、 $X \cdot Y \cdot W$ のデータの特徴差を取り除いて解析を行う事が可能となる。次に、重ね合わせ計算をした。振幅スペクトル P を、

$$P = \max(P_X', P_Y', P_W') \quad (2)$$

とした。ここで $P_X' \cdot P_Y' \cdot P_W'$ はそれぞれ対応する $X \cdot Y \cdot W$ の同時刻における振幅スペクトルのことである。これにより、重心か重量のいずれかの振幅スペクトルが高ければそれを観察でき、参加者が何らかの揺動を起こしたと判断できる。これを会話者1人の揺動データとした。最後に、参加者3人分の揺動データを乗算して3人の同調傾向の時系列振幅スペクトルデータとした。その際、ある時刻におけるある周波数の振幅値 P は、

$$P = P_A \times P_B \times P_C \quad (3)$$

とした。ここで P_A, P_B, P_C は参加者それぞれの揺動データである。こうすることで、参加者全員が同時に揺動を起こしている周波数成分のみが抽出されると考えた。これで、会話内で参加者全員が揺動した時の周波数成分のみが算出され、同調傾向データが取得される。

5.2 会話グループごとの同調傾向盛り上がりの算出

次に、各会話の同調傾向の頻度を表す同調傾向値の算出を行う。前章では会話内での同調傾向を算出するために、 $X \cdot Y \cdot W$ の振幅がかかる方向に関係なく、会話内での揺動の周波数的な同調を抽出する処理を行った。しかし、盛り上がりや協力姿勢があったかどうかなどの、会話間でコミュニケーションの特徴を比較するためには、方向的な特徴が関与してくると思われる。例えば、頷きや前かがみなどは前後方向に強く影響する動きである笑いなどは重力方向に強く影響する動きであると考えられ、方向的な特徴の一致を考慮する必要があると考えた。そこで、式(1)と式(3)を利用して、 $X \cdot Y \cdot W$ それぞれの会話者間の振幅の一致度を算出し、同時刻帯における各周波数帯域における振幅の総和を算出し、その平均値を出した。こうすることで、得られた同調傾向値の濃淡を三つの変数で表すことができる。得られた $X \cdot Y \cdot W$ のそれぞれの同調傾向値がアンケート結果を導く説明変数となるように、重回帰分析を行う。

6. 結果と考察

ここで、ある会話グループ(8組目, 13組目)から得られた会話時間内の同調傾向値を図3に示す。ヒートマップとなっており、色が赤に近いほど会話参加者が一致した振幅が大きく、青に近いほど振幅が小さい。撮影した動画と比較した結果、例えば盛り上がりによって参加者全員が揺動を起こすシーンでは画像上の縦筋として可視化されており、全員が沈黙したり一人だけが話したりしている場合には参加者全員の揺動が発生せず、青色に近い縦筋が見られることが確認できた。図示したグループ以外の他グループでも同様の結果が見られることから、会話時の時系列重心・重量データを短時間フーリエ変換して、振幅スペクトルの時系列データを算出した後、参加者間での振幅スペクトルが大きいタイミングを時系列で比較することで、揺動による同調傾向の検出が可能であることが示唆された。

次に会話時間全体でみたときの、各グループにおける $X \cdot Y \cdot W$ の同調傾向値と、得られた実験後アンケートの結果を表1に示す。実験後アンケートの結果には、各グループ内の会話者の回答の平均を利用した。これらの関連を検討するために、重回帰分析を行った。ただし、 X と Y の同調傾向値で相関係数が高く($r = .76, p = .01$)、多重共線性が生じる可能性があったため、まず $X \cdot Y \cdot W$ を用いて主成分分析を行うこととした。主成分分析の結果を表2に示す。

第1主成分ではすべて同方向で重みも大きく、総合的な同調傾向を反映していると考えられる。これに対して第2主成分では、 W の重みが大きいことから、重量変化における同調傾向を反映していると考えられる。得られた主成分得点を用いて重回帰分析を行った。結果を表3に示す。なお、参加者同士の事前の親しさは、統制変数として説明変数に投入した。

重回帰分析の結果、「Q1. 課題中は、場が盛り上がった」や「Q2. 課題に夢中になった」については、第2主成分(重量変化の同調傾向を反映した成分)が有意に正の影響を与えていた。また「Q3. 会話はしにくいものであった」については、第1主成分(総合的な同調傾向を反映した成分)が負の影響を与える傾向がみられた。これらの結果は、同調傾向が多い会話ほど、盛り上がりしており、参加者が夢中になっていたこと

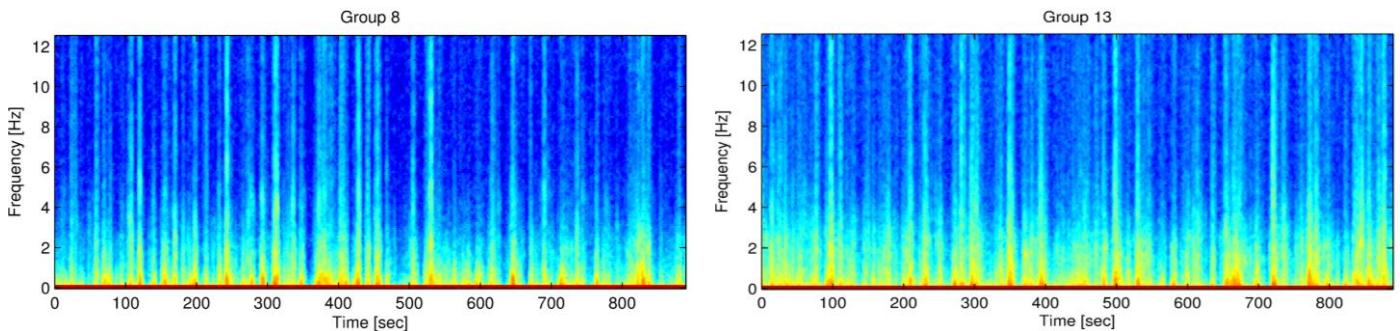


図3 8組目と13組目の同調傾向

Fig.3 Synchrony of Group 8 and Group 13

表1 X・Y・Wの同調傾向値とアンケート調査の結果

Table.1 Result of XYW synchrony value and questionnaire

会話組	同調傾向[dB]			アンケート調査			
	X	Y	W	Q1.	Q2.	Q3.	Q4.
				盛り上がり	夢中度	会話のしづらさ	緊張度
1組目	-4768	-3966	2363	4.67	5.67	3.33	4.33
2組目	-3619	-3574	2223	6	5.33	2.67	3
3組目	-4673	-3636	3159	5	5.33	3.67	2
4組目	-5586	-4757	1801	5	5.67	3.33	3.67
5組目	-5095	-3883	1570	4.33	4	2.33	2.33
6組目	-4135	-2375	1896	3.67	3.33	2	1.33
7組目	-4790	-4236	1883	4.67	5.33	2	2.67
8組目	-4462	-3471	1860	6	5.67	1.67	2
9組目	-5180	-4340	1743	5.67	5	4.33	3
10組目	-4363	-3516	1984	4.67	4.67	3.67	5.33
11組目	-3696	-3017	2384	5.33	5.33	2	2
12組目	-5206	-3689	1455	3	3.33	4	3.33
13組目	-4513	-3433	1679	3.67	4.67	4	3.67
14組目	-3881	-2151	2444	4.67	4.33	1.67	4.33

を示している。心理学の分野では、話者間が親密で会話に満足を感じているときほど、姿勢の一致や身体的な同調がみられると言われている。その知見を支持する結果になったと考えられる。

また、今回の実験結果からは、第2主成分、つまり重量変化の同調傾向が場の盛り上がりに影響することが明らかになった。これは、実験に用いた課題が意見発散型の課題であり、それぞれの参加者に考え込むことを求めるものであったために、前後左右への大きな揺動が生じにくかったのかもしれない。カメラや赤外線センサといった環境設置型のセンシングデバイスでは視覚的には変化がないような微細な揺動の同調傾向を捉えにくい可能性を考えると、自然な重量変化を捉えることのできる椅子型のセンシングデバイスであるSenseChairだからこそ認識できた同調傾向であり、場の盛り上がり認知との関連であるということができると考える。今回の実験から得られた結果を基準として、今後は課題を変更するなどして、さらなる検討を行っていくことが必要である。

今回の実験では、背もたれや回転を固定せず立ち上がる行為以外は自由にしてもよいという条件で行い、実験中には膝を組んだり、椅子を回転させたりしている参加者も見られたが、上記のように同調傾向と参加者の内観アンケートの値に相関を確認することができた。これは、このデバイスは日常生活で利用する制約は少なく、日常的に利用できる可能性が大きいと考えられる。一方で、先述の通り今回の実験課題は参加者に考え込むことを求めるもので前後左右への大きな揺動が生じにくいものであった可能性があるため、より一般的な使用可能性を示すためには、今後は今回とは異なる方向性の課題を用いて検討していく必要がある。

表2 X・Y・Wの同調傾向値についての主成分分析

Table.2 The principal component of XYW synchrony value

	第1主成分	第2主成分
X	.927	-.156
Y	.867	-.397
Z	.643	.761
固有値	2.02	0.76
累積寄与率	67.42	92.82

表3 同調傾向値が会話の評価に与える影響

Table.3 The influence of synchrony on the evaluation of

	conversation			
	Q1. 盛り上がり	Q2. 夢中度	Q3. 会話しづらさ	Q4. 緊張度
事前の親しさ	.64 *	.35	-.35	-.31
第1主成分	.10	-.11	-.46 †	-.11
第2主成分	.60 *	.75 *	.15	-.05
R ²	.45 *	.41 *	.22	-.16

Note. 回帰係数は標準化済みである。

7. 応用例

本稿で検討した同調傾向の検出は、会話の定量的な評価やグループ内のコミュニケーション支援など様々な分野に応用できると考えられる。例えば会話時間内の同調傾向値を用いれば、会話の定量的評価によって会話の盛り上がった時間帯を検出可能になることから、会議の議事録作成の際に、会話内容だけではない盛り上がりを記録した議事録を作成できる。従来の議事録は発言内容のみを記したものであり、一見すると会話の活性度等は知ることができず、どの時間帯の発言が場の同調を生み出すようなものだったのか等を知ることができない。盛り上がった会話箇所やムードが悪くなった箇所を議事録から知ることができれば、どの参加者がいつ話した内容が他の参加者に響いたのか、また、会議そのものの質の判断が可能となり、議事録の新たな可能性を見出す事ができると考えられる。

また、会話全体の同調傾向から盛り上がり进行评估する手法では、その同調傾向を求める組み合わせのバリエーションを変えることで、パーティなどの最中に一番同調していた人を見つけ出すことができる。同調傾向が他者よりも多く生じていた相手とは少なからず会話がスムーズに弾みやすいと考えられることから、この人たちをピックアップし紹介することで、パーティ後のコミュニケーションを無理なく活性化させるといった支援システムも実現可能になると考えられる。このように、実際には目で分からなくても座面にかかる重心・重量の同調傾向を取得して、カメラや音声で他人が測る事がで

きない内面的な感情を予測し、コミュニケーション支援に用いることができると考えられる。

8. 今後の予定

本稿では、同調傾向値と会話参加者の主観評価との関連を調査したが、今後は、内観評価だけでなくビデオ評定による盛り上がり度合いの調査やアイデアとして述べられた提案数などの会話の客観評価との関連を調査し、結果のより高い信頼性を検証していく。また、実験参加者を増やし、意見集中型の課題などに課題変更をして実験を行うことで、SenseChairによるデータから検出可能な新たな指標を模索していく。

9. おわりに

本稿では、SenseChairを用いて座面にかかる重心・重量に基づき着座者の会話中における同調傾向を取得する手法を提案した。提案した手法によって導かれる会話時間内における同調傾向は、実際の状況と比較した所、同調傾向を示していることが確認された。また、集団ごとの同調傾向値と議論課題後のアンケート結果について重回帰分析を行った結果、「場の盛り上がり」や「課題に夢中になった」程度を定式化できることが分かった。今後は課題を変更したり、実験参加者を増やすなどして、得られた結果の信頼性を検証していく。

参考文献

- 1) Olguin, D. O., Waber, B. N., Kim, T., Mohan, A., Ara, K., Pentland, A.: Sensible Organizations: Technology and Methodology for Automatically Measuring Organizational Behavior; *IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics*, Vol. 39, No. 1, pp.43-55, 2009.
- 2) A.S. Won, J.N. Bailenson, S.C. Stathatos, and W. Dai. Automatically Detected Nonverbal Behavior Predicts Creativity in Collaborating Dyads, *Journal of Nonverbal Behavior*, Vol.38, doi 10.1007/s10919-014-0186-0, 2014.
- 3) 池田和章, 伊藤雄一, 中島康祐, 尾上孝雄, “様々な椅子での重心・重量による姿勢識別率に関する検討”, ヒューマンインタフェース学会研究報告集, Vol. 13, pp. 33-38, 2011.
- 4) 池田和章, 伊藤雄一, 中島康祐, 尾上孝雄, “着座時の座面重心と重量を用いた個人識別に関する検討”, 電子情報通信学会技術研究報告, 信学技報, Vol. 112, No. 221, pp. 11-16, 2012.
- 5) 宮崎陽平, 伊藤雄一, 中島康祐, 尾上孝雄, “SenseChairを用いた眠気検出に関する検討”, インタラクショ 2014 論文集・情報処理学会 2014, A0-3, pp. 143-150, 2014.
- 6) 角康之, 矢野正治, 西田豊明, “マルチモーダルデータに基づいた多人数会話の構造理解”, 社会言語科学 14(1), pp. 82-96, 2011
- 7) D. Olguin, and A. S. Pentland. Sensor-based organisational design and engineering, *Int. J. Organisational Design and Engineering*, Vol. 1, No. 1/2, pp. 69-97. 2010.
- 8) L. Kennedy and D. Ellis. Pitch-based emphasis detection for characterization of meeting recordings. In *Proc. of IEEE workshop on Automatic Speech Recognition and Understanding (ASRU '03)*, pp. 243-248, 2003.
- 9) B. Wrede and E. Shriberg. Spotting “Hot Spots” in meetings: human judgments and prosodic cues. In *Proc. of 8th European conference on speech communication and technology (Eurospeech '03)*, pp. 2805-2808, 2003.
- 10) R. Stiefelbogen, J. Yang, and A. Waibel. Modeling focus of attention for meeting indexing based on multiple cues. *IEEE Transaction on Neural Networks*, Vol. 13, No. 4, pp. 928-938, 2002.
- 11) K. Otsuka, H. Sawada, and J. Yamato. Automatic interface of cross-modal nonverbal interactions in multiparty conversation. In *Proc. of International Conference on Multimodal Interfaces (ICMI '07)*, pp. 255-262, 2007.
- 12) S. Kumano, K. Otsuka, D. Mikami, and J. Yamato. Recognizing communicative facial expressions for discovering interpersonal emotions in group meetings. In *Proc. of International Conference on Multimodal Interfaces (ICMI '09)*, pp. 99-106, 2009.
- 13) M. Itoh, Human monitoring-based driving support. In *Proc. of the World Congress of the International Federation of Automatic Control (IFAC)*, pp. 15076-15087, 2008.
- 14) 齊藤昇, 澤井章代, 森武俊, 佐藤知正, “センサデスクを用いた机上作業の認識”, 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会講演論文集, 2A1, pp. 76-113, 2000.
- 15) Z. H. Tan, A. L. Slivovsky, and A. Pentland, A sensing chair using pressure distributionsensors. *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, Vol. 6, no. 3, pp. 261-268, 2001.
- 16) B. Mutlu, A. Krause, J. Forlizzi, C. Guestrin, and J. Hodgins, Robust, low-cost, noninvasive sensing and recognition of seated postures. In *Proc. of User interface software and technology 2007.*, pp. 149-158, 2007.
- 17) T. Vanhala, V. Surakka, and J. Anttonen, Measuring bodily responses to virtual faces with a pressure sensitive chair. In *Proc. of NordiCHI2008*, pp. 555-558, 2008.
- 18) A. S. cheflen, The significance of posture in communication systems., *Psychiatry*, Vol. 27, pp. 316-331, 1964.
- 19) 坂本和義, 清水豊, 水戸和幸, 高野倉雅人, “生体のふるえと振動知覚 メカニカルバイブレーションの機能評価” パイオメカニズム学会, 東京電機大学出版局, 2009
- 20) F. Bernieri, J. S. Davis, and J. E. Grahe, Dyad rapport and the accuracy of its judgment across situations: A lens model analysis,” *J. of Personality and Social Psychology*, vol. 71, no. 1, pp. 110-129, 1996.
- 21) J. P. Guilford, The nature of human intelligence. *New York: McGraw-Hill.*, 1967
- 22) F.E. Grubbs, Procedures for detecting outlying observations in samples, *Technometrics*, vol. 11, no. 1, pp. 1-21, 1969