椅子型体動センサを用いた 会議中の体動と心理的安全性の関係性調査

林田 宗樹1 福嶋 政期2 中村 優吾2 崔 赫秦2 池田 浩3 荒川 豊2

概要:本論文では、会議中の会議参加者の体動と心理的安全性との関係性を調査する。実際の会議において、会議参加者に負担を与えずに自然な動きを収集するために、椅子型体動センサによるシステムを用いて複数人のデータを同時に収集した。また、会議後に心理的安全性に関するアンケートを回答してもらい、心理的安全性スコアを算出した。そして、得られたデータから頷きの回数や平均、最大値、分散、周波数変換後の最大周波数といった特徴量を抽出し心理的安全性スコアとの相関関係を調査した。結果は、頷きの回数と心理的安全性スコアとの相関は 0.327、体の左右移動の分散と心理的安全性スコアとの相関が 0.331 とあまり良い結果は得られなかったが、頷いた回数が特に多い参加者の心理的安全性は高い傾向にあることが確認できた。また、会議参加者の役割や種類によって会議参加者の行動と心理的安全性との関係が変化する可能性を示唆している。

1. はじめに

近年、オンライン会議やハイブリッド会議の普及により一日に実施される会議の回数が増加している。加えて、労働時間短縮を推奨する方針によって、会議の質や価値が会議参加者の労働時間に直接影響を与えるようになっている。社会科学の研究によると、会議中の参加者の行動や心理状態が会議の質や価値に影響を与えていることが判明している [1], [2]. 心理状態の中でも特に心理的安全性の高さが会議の生産性を向上させると考えられている。心理的安全性とは、Edmondsonがチームの他のメンバーが自分の発言を拒絶したり、罰したりしないと確信できる状態と定義し、各参加者に対する7つの質問によって調査することができる [3].

会議における参加者の心理的安全性と会議中に行った行動との関係性についての調査は現在実施されておらず定量的な指標も明らかにされていない.これは、実際の会議で参加者の負担を考慮しながら参加者の心理的安全性と行動を同時にセンシングする環境を構築することが難しかったからである.また、会議における心理的安全性の主な調査方法は、会議後に心理的安全性に関する質問を行うといっ

たように事後分析である。そのため、会議中にリアルタイムでユーザの心理的安全性を把握し高めることが困難であることが課題であるとされている。このことから、我々は会議参加者の行動から心理的安全性といった心理状態をすることが可能かというリサーチクエスチョンを設定し、以下の2点の仮説を立てた。

- 会議参加者の体動が大きければ大きいほど、心理的安全性が高い
- 会議参加者が無意識に行う頷きの回数が多ければ多い ほど、その参加者の心理的安全性が高い

これらの仮説を検証するために、本研究では実際の会議中の参加者の体動と心理的安全性を収集し、その関係性を調査した.しかし、体動を収集する際にカメラやウェアラブルデバイスを用いるとプライバシやユーザが違和感を感じ自然な動きを行わない可能性があり、参加者に負担を与えない方法でセンシングする手法が必要である.この課題を解消するために、椅子の背もたれに IMU センサを取り付けた椅子型体動センサによる座っている人の体動や頷きを認識するシステム [4] を用いた.このシステムによって、我々はユーザに負担を与えずに会議中の参加者の自然な体動を同時に複数人収集することに達成した.また、心理的安全性を調べるために、会議後に会議参加者に5段階の心理的安全性に関する質問に回答してもらい心理的安全性スコアを算出した.最後に、収集した体動データや頷きの回数と心理的安全性スコアとの関係性を調査した.

結果として、最も良い場合が体の左右移動の分散と心理

¹ 九州大学大学院 システム情報科学府

^{〒 819–0395} 福岡県福岡市西区元岡 744

² 九州大学大学院 システム情報科学研究院 〒 819–0395 福岡県福岡市西区元岡 744

³ 九州大学大学院 人間環境学研究院 〒 819-0395 福岡県福岡市西区元岡 744

的安全性スコアとの相関の 0.331 と会議参加者の体動と心理的安全性スコアとの間にはあまり関係が見られなかった. また, 頷きの回数と心理的安全性スコアとの相関は 0.327 と, 頷きの回数と心理的安全性スコアとの間にもあまり関係が見られなかった. しかし, 頷きの回数と心理的安全性スコアとの間において, 頷いた回数が特に多い参加者の心理的安全性スコアは高い傾向にあることが確認できた. しかし, 会議における参加者の役割によって行動が異なることが確認でき, 役割によって行動と心理的安全性スコアとの関係性が異なることが確認できた.

2. 関連研究

2.1 会議参加者の心理状態と会議の質や価値との関係性

いくつかの研究では、会議中の参加者の心理状態と会議の質や価値との関係について調査されている。心理的安全性は、「チームメンバーが対人リスクを取ることがチーム内で安全であると共有される信念」と定義されている。これは、Edmondsonの7つの質問への回答を分析することによって評価される[3],[5],[6]. 心理的安全性が高くなることで、会議中の参加者間の知識共有の向上[7],[8],[9],参加者の発言行動の増加[10],[11],[12],沈黙行動の減少[13]に繋がり、結果としてチームのパフォーマンスの向上に繋がると考えられている[14]. しかしながら、どのような行動を行った場合にどの程度心理的安全性が向上するかといった研究は実施されていない.

また、チームの事前会議の雰囲気は、会議中に行われる 肯定的および否定的な発言の量と関連していると考えられ ている [15]. 会議の雰囲気を調べる方法の一つに、参加者 に PANAS 質問紙を答えさせ、会議中の感情を採点・分析 するものがある. PANAS 質問紙と act4teams を用いた研 究では、ポジティブなエンゲイジメントがチームの感情に 大きく肯定的な影響を与えると示している [2].

他にも、会議中の参加者の感情と会議の質との関係に関する研究も実施されている。例えば、一日に出席する会議の数が増えると生産性が向上するが、参加者のエンゲイジメントレベルが低下することが確認されている。これは、会議負荷が大きくなればなるほど会議結果が悪くなるという関係があることを示唆している[16]。加えて、会議の満足度とエンゲイジメントの間には正の相関があると考えられている[17]。しかしながら、非生産的な会議行動は、会議参加者のエンゲイジメントの低下と感情的疲労の増加と関連している[18]。

2.2 会議参加者の非言語情報に基づく会議分析

参加者の非言語情報に基づいて会議を分析する研究の多くは、顔の表情や目の動き、頭の動きから出席者の関心や動機、会議内容の理解を解釈することに焦点を当てている。これらの従来研究では、カメラ [19], [20], [21], [22], [23] や



図 1 椅子型体動センサ [4]

マイク [24], [25], ウェアラブルセンサ [26], [27], [28] を用いるのが一般的である. 他にも,マイクを使用して参加者の話し声のトーンを評価したり,腕の動きの速度や心拍数を測定する研究も存在する [29], [30], [31].

カメラとマイクを使用する利点は、詳細なデータを収集できることである。しかし、これらの手法の重大な課題としてプライバシの問題が挙げられる。企業の会議や教育の場では、発話や参加者の顔の情報といった記録すべきでない機密情報や個人情報が含まれている場合がある。加えて、録音されていることを知ることで参加者の行動が抑制される恐れがあると考えられている。この課題を解決する手法としてウェアラブルセンサがある。しかし、ウェアラブルセンサはプライバシを考慮した手法ではあるが、着脱を毎回強いるため煩わしく感じさせ、参加者にストレスを与える恐れがあるという課題がある。

3. リサーチクエスチョン

会議における参加者の心理的安全性と会議中に行った行動との関係性についての調査は現在実施されておらず定量的な指標も明らかにされていない.このことから,本研究では以下のリサーチクエスチョンを設定した.

RQ 会議参加者の非言語情報から心理的安全性といった 会議参加者の心理状態を推定することが可能か

従来の研究では、会議に関するデータを収集するときは、 条件や環境等が決められた会議に対して会議参加者のデータを収集し、参加者の発言や行動、雰囲気に着目して研究を実施している。しかし我々は、会議において参加者がリラックスしている場合、他の参加者と議論をするときに体の向きを変えたり、椅子を左右に動かしたり、伸びや椅子の背もたれにもたれかかるといった姿勢の変化や頷きといった無意識に行う動作が頻繁に行われることに気づいた。そこで、以下の2つの仮説を立てた。

仮説1 会議参加者の体動が大きければ大きいほど,心理 的安全性が高いのではないか

仮説 2 会議参加者が無意識に行う頷きの回数が多ければ

表 1 心理的安全性を評価するためのアンケートの評価項目

設問番号	会議における心理的安全性を評価する設問
1	会議で、全体の方向性とは異なる意見を発言すると、非難されてしまう.
2	会議の出席メンバーは,問題や難しい課題であっても指摘し合うことができる.
3	会議の出席メンバーは,自分とは異なる意見や考えという理由で拒絶することがある.
4	会議における発言で,無知や無能,邪魔をしているなど出席メンバーからネガティブに思われる不安がない.
5	会議で,他のメンバーに同意や支援を求めることは難しい.
6	会議の出席メンバーは誰も, 私の意見や提案を意図的に陥れるようなことはしない.
7	会議中,自分の意見や発言が尊重され,生かされていると感じる.

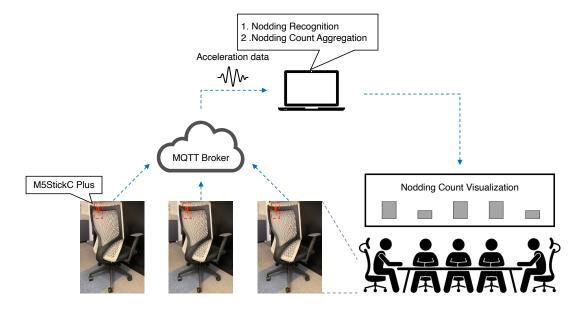


図 2 椅子型体動センサを用いたシステム構成図

多いほど, その参加者の心理的安全性が高いのではないか

4. データの収集方法

本研究で設定した仮説を検証するためには、制限された 条件ではなく、日常的に行われている実際の会議での参加 者の体動を調査する必要がある。そのため、実際の会議に おける心理的安全性と参加者の体動の関係性を調査するた めに、実際の企業で実施されている会議を対象に会議参加 者の会議後の心理的安全性と体動の収集を依頼した。

本研究では、データ収集対象の会議を実際の企業における進捗報告や取り組み内容、相談事項について発表する定例ミーティングと進捗報告や欠陥報告、提案を行うレビュー会とした。また、各会議の参加人数は2人から6人で必ず管理職と非管理職の従業員がそれぞれ1人以上含む会議とした。

4.1 心理的安全性の調査方法

会議参加者の心理的安全性を調査するために、会議ごとに会議参加者に心理的安全性に関するアンケートを実施し心理的安全性のスコアを算出した. 心理的安全性に関するアンケートの設問は Edmondson の 7 つの質問 [3] を元に

作成した.表 1 は実際に会議参加者に回答してもらった設問の一覧である.各設問における設問の選択肢は,「とてもそう思う」,「ややそう思う」,「どちらともいえない」,「あまりそう思わない」,「まったくそう思わない」の 5 段階のリッカート尺度を用いた.そして,各設問の選択肢を 1 から 5 の数値とし合計することで心理的安全性スコアを算出した.

4.2 参加者の体動

図1で示す椅子型体動センサを用いて会議中の参加者の体動に関するデータを同時に最大6人分収集した. 椅子型体動センサとは、椅子の背もたれにM5StickC Plusを取り付けることで会議参加者の姿勢の変化や移動、頷きといった体動を椅子の揺れや動きから収集するセンサのことである. データの収集には図2に示す複数人のデータを同時に収集するシステムを用いた. 複数人の会議参加者の行動の時間的な関係性を今後調査することも考慮するために、複数のセンサを同時に計測を開始する必要がある. これを解決するために、複数のM5StickC Plus がそれぞれ MQTT 通信を用いて MQTT サーバに送信することで、どの椅子のデータかを区別しつつ同時にデータを収集することを達成した. 会議が行う前に計測用 PC 上で図3に示す UI 画



図 3 システムの UI 画面

面を用いて以下の順で計測開始と終了を行いデータを収集 した. 画面上のボタンはデータを計測するときに, 使いや すくするためにデータの開始・終了の機能に関するボタン は大きくした.

- (1) 会議参加者が座っている椅子に付いている IMU セン サを選択
- (2) 会議が始まる際に UI 画面上の計測ボタンを押す
- (3) 会議が終了したら UI 画面上の終了ボタンを押す データを収集するときのサンプリングレートは $30\,\mathrm{Hz}$ とした.

5. 分析方法と分析結果

4節で記述した収集方法を用いて,13 会議42 人分(重複含む)の心理的安全性スコアと体動に関するのデータを収集することができた.また,会議時間は,最短で23分25秒,最長59分40秒,平均42分64秒であった.

本研究では、得られたデータを用いて以下の2つの点に 着目し分析を行った.

- 会議参加者の体動の大きさと心理的安全性との関係性
- 会議参加者の頷きの回数と心理的安全性との関係性

5.1 会議参加者が座っている体動の大きさと心理的安全 性との関係性

体動の大きさと心理的安全性との関係を調査するために、 分析には収集した会議中の各参加者の IMU センサデータ の体動に関係する前後左右方向の加速度と上下回転のロー ル、左右回転のピッチを用いた. これらのデータに対して 以下の値を算出した. その後, 算出したそれぞれの値とそ の参加者の心理的安全性のスコアとの相関を調査した.

- 平均
- 最大値
- 分散
- 周波数変換後の最も大きい周波数帯

表 2 は会議参加者が座っている体動の大きさとその参加 者の心理的安全性スコアとの相関を示したものである. こ

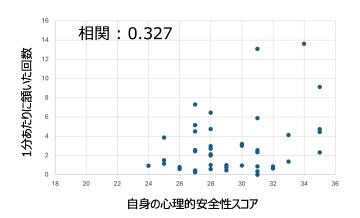


図 4 会議参加者の頷きの回数と心理的安全性スコアとの散布図

の結果から、椅子の左右移動の分散には弱い相関が見られた. しかし、他の特徴量には相関が見られなかった.

5.2 会議参加者の頷きの回数と心理的安全性との関係性

会議参加者が会議中に無意識に行う頷きの回数が多ければ多いほどその参加者の心理的安全性が高いという仮説を検証するために、各参加者の頷きの回数を調査した.しかし、会議の時間が会議ごとに異なるため今回は各参加者の頷き回数を参加した会議の総時間で割り、1分あたりに頷きを何回行ったかを算出し心理的安全性との関係性を調査した.

図4は会議参加者の会議中に1分毎に頷いた回数と心理的安全性との相関を示したものである. 頷きの回数と心理的安全性との相関は0.327と弱い相関であった. しかしながら, 頷いた回数が特に多い参加者の心理的安全性スコアは高い傾向にあることが確認できた. 一方で, 頷いた回数が少ない参加者の心理的安全性スコアは24から35と幅広いスコアであり, 関係性はほとんど見られなかった.

6. 考察

本研究で行った分析から、会議参加者の体動の大きさや 領きの回数と心理的安全性との間にほとんど関係性が見ら れなかったことが確認できた.

表 2 会議参加者の体動に関する特徴量と心理的安全性スコアとの相関

 分析に利用したデータ		データから抽出した特徴量	心理的安全性スコアとの相関値
加速度	前後移動	平均值	0.208
		最大値	0.132
		分散	0.113
		周波数変換後の最大周波数	0.043
	左右移動	平均値	0.054
		最大値	0.230
		分散	0.331
		周波数変換後の最大周波数	0.109
	上下回転 (ロール)	平均値	0.107
		最大値	0.136
		分散	0.095
ジャイロ		周波数変換後の最大周波数	0.022
7 4 1 E	左右回転 (ピッチ)	平均値	0.138
		最大値	0.084
		分散	0.137
		周波数変換後の最大周波数	0.089

表 3 発話者のみにおける体動の大きさに関する特徴量と心理的安全性スコアとの相関

分析に利用したデータ		データから抽出した特徴量	心理的安全性スコアとの相関値
加速度	前後移動	平均值	0.125
		分散	0.147
	左右移動	平均値	0.302
		分散	0.417
	上下回転 (ロール)	平均値	0.137
ジャイロ		分散	0.100
ンヤイロ	左右回転 (ピッチ)	平均値	0.133
		分散	0.237

このような結果になった要因として3つ考えられる.

一つ目は、会議参加者の役割を考慮せずに体動や頷きの 回数と心理的安全性との関係性を調査したことである. ど の会議においても数人は会議中に全く発言を行わずに作業 を行っていることを確認できた. そして, これらの人の心 理的安全性スコアを確認すると比較的高いスコアであるこ とを確認した. このことから、発言を行わずに作業を行っ ている会議参加者は参加した会議に対してあまり貢献する 必要がなかったり、関係があまりないために心理的安全性 スコアが高い可能性がある. つまり、会議における立場な どを考慮して相関を見る必要があると考える. 図5と表3 は収集した会議データにおいて1分以上発言した会議参加 者のみを対象として、体動の平均と分散や頷きの回数と心 理的安全性スコアとの相関を示したものである. 本研究で 行った分析と単純に比較することは難しいが、少しでも発 言を行った参加者を対象とすると、会議参加者全員で相関 を調査したときに比べて、頷きの回数や左右移動と心理的 安全性スコアとの相関があることが示された.

二つ目は、体動の大きさを正しく表現するための指標の不足である。本研究では、会議全体での体動の大きさを平均、最大値、分散、周波数変換で得られる最大周波数を特徴量として心理的安全性スコアとの関係性を調査した。し

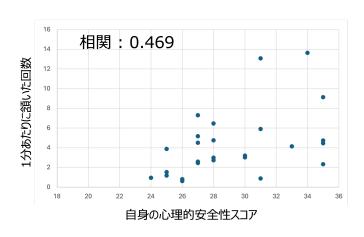


図 5 発話者のみにおける頷きの回数と心理的安全性スコアとの散 布図

かし、会議が盛り上がった時間の割合が小さい場合、特徴量にその変化が反映されにくく会議が盛り上がらなかった場合の特徴量と変化が大差ないことが確認できた. つまり、短い時間でも議論の活発さがより大きくなったかどうかを特徴量に反映するような指標が必要である.

7. まとめ

本研究では、実際の会議において IMU センサを用いて

プライバシを考慮して体動の大きさと顔の動きを収集した. その後、会議参加者の会議における体動や頷きの回数と心理的安全性との関係性を調査した. 結果としては、あまり関係性が見られなかったが、会議参加者の役割によって体動や頷きと心理的安全性スコアとの関係性が異なる可能性が確認できた. 特に、会議において発話を行なっている参加者は、心理的安全性スコアが高いときは体動が大きい、頷きの回数が多くなるといった傾向が確認できた. この結果は、リサーチクエスチョンである会議参加者の非言語情報から参加者の心理状態を推定することが可能かどうかを達成することに大きくつながると考える. 今後としては、会議参加者の役割によって、体動や頷き、その他の動作と心理的安全性スコアとどのような関係性があるかの調査や役割を考慮した関係性の調査を実施する必要があると考える.

謝辞

本研究の一部は、本研究の一部は、文部科学省による Society 5.0 実現化研究拠点支援事業 (グラント番号: JP-MXP0518071489) による支援のもと実施されている.

参考文献

- [1] Kauffeld, S. and Lehmann-Willenbrock, N.: Meetings matter: Effects of team meetings on team and organizational success, *Small group research*, Vol. 43, No. 2, pp. 130–158 (2012).
- [2] Schneider, K., Klünder, J., Kortum, F., Handke, L., Straube, J. and Kauffeld, S.: Positive affect through interactions in meetings: The role of proactive and supportive statements, *Journal of Systems and Software*, Vol. 143, pp. 59–70 (2018).
- [3] Edmondson, A.: Psychological safety and learning behavior in work teams, Administrative science quarterly, Vol. 44, No. 2, pp. 350–383 (1999).
- [4] Toshiki, H., Yugo, N., Hyuckjin, C. and Yutaka, A.: Design and Implementation of Nodding Recognition System Based on Chair Sway, The 14th International Conference on Mobile Computing and Ubiquitous Networking (ICMU2023) (2023).
- [5] Davis, F. D., Bagozzi, R. P. and Warshaw, P. R.: Extrinsic and intrinsic motivation to use computers in the workplace 1, *Journal of applied social psychology*, Vol. 22, No. 14, pp. 1111–1132 (1992).
- [6] Newman, A., Donohue, R. and Eva, N.: Psychological safety: A systematic review of the literature, *Human re*source management review, Vol. 27, No. 3, pp. 521–535 (2017).
- [7] Mu, S. and Gnyawali, D. R.: Developing synergistic knowledge in student groups, *The Journal of Higher Education*, Vol. 74, No. 6, pp. 689–711 (2003).
- [8] Xu, Y. and Yang, Y.: Student learning in business simulation: An empirical investigation, *Journal of Education for Business*, Vol. 85, No. 4, pp. 223–228 (2010).
- [9] Zhang, Y., Fang, Y., Wei, K.-K. and Chen, H.: Exploring the role of psychological safety in promoting the intention to continue sharing knowledge in virtual communities, *International Journal of Information Manage*-

- ment, Vol. 30, No. 5, pp. 425-436 (2010).
- [10] Liang, J., Farh, C. I. and Farh, J.-L.: Psychological antecedents of promotive and prohibitive voice: A two-wave examination, *Academy of Management journal*, Vol. 55, No. 1, pp. 71–92 (2012).
- [11] Bienefeld, N. and Grote, G.: Speaking up in ad hoc multiteam systems: Individual-level effects of psychological safety, status, and leadership within and across teams, European journal of work and organizational psychology, Vol. 23, No. 6, pp. 930–945 (2014).
- [12] Detert, J. R. and Burris, E. R.: Leadership behavior and employee voice: Is the door really open?, Academy of management journal, Vol. 50, No. 4, pp. 869–884 (2007).
- [13] Brinsfield, C. T.: Employee silence motives: Investigation of dimensionality and development of measures, *Journal of Organizational Behavior*, Vol. 34, No. 5, pp. 671–697 (2013).
- [14] Kirkman, B. L., Cordery, J. L., Mathieu, J., Rosen, B. and Kukenberger, M.: Global organizational communities of practice: The effects of nationality diversity, psychological safety, and media richness on community performance, *Human relations*, Vol. 66, No. 3, pp. 333–362 (2013).
- [15] Klünder, J. and Karras, O.: Meetings and Mood-Related or Not? Insights from Student Software Projects, Proceedings of the 16th ACM/IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement, pp. 148–158 (2022).
- [16] Romney, A. C., Allen, J. A. and Heydarifard, Z.: Meeting load paradox: Balancing the benefits and burdens of work meetings, *Business Horizons* (2023).
- [17] Rogelberg, S. G., Allen, J. A., Shanock, L., Scott, C. and Shuffler, M.: Employee satisfaction with meetings: A contemporary facet of job satisfaction, Human Resource Management: Published in Cooperation with the School of Business Administration, The University of Michigan and in alliance with the Society of Human Resources Management, Vol. 49, No. 2, pp. 149–172 (2010).
- [18] Lehmann-Willenbrock, N., Allen, J. A. and Belyeu, D.: Our love/hate relationship with meetings: Relating good and bad meeting behaviors to meeting outcomes, engagement, and exhaustion, *Management Research Review*, Vol. 39, No. 10, pp. 1293–1312 (2016).
- [19] Watanabe, K., Soneda, Y., Matsuda, Y., Nakamura, Y., Arakawa, Y., Dengel, A. and Ishimaru, S.: Discaas: Micro behavior analysis on discussion by camera as a sensor, Sensors, Vol. 21, No. 17, p. 5719 (2021).
- [20] Watanabe, K., Sathyanarayana, T., Dengel, A. and Ishimaru, S.: EnGauge: Engagement Gauge of Meeting Participants Estimated by Facial Expression and Deep Neural Network, *IEEE Access*, Vol. 11, pp. 52886–52898 (online), DOI: 10.1109/ACCESS.2023.3279428 (2023).
- [21] Chen, C., Arakawa, Y., Watanabe, K. and Ishimaru, S.: Quantitative Evaluation System for Online Meetings Based on Multimodal Microbehavior Analysis., Sensors & Materials, Vol. 34 (2022).
- [22] Artiran, S., Chukoskie, L., Jung, A., Miller, I. and Cosman, P.: HMM-based detection of head nods to evaluate conversational engagement from head motion data, 2021 29th European Signal Processing Conference (EUSIPCO), IEEE, pp. 1301–1305 (2021).
- [23] Otsuka, K. and Tsumori, M.: Analyzing multifunctionality of head movements in face-to-face conversations using deep convolutional neural networks, *IEEE Access*, Vol. 8, pp. 217169–217195 (2020).

- [24] Hori, T., Araki, S., Yoshioka, T., Fujimoto, M., Watanabe, S., Oba, T., Ogawa, A., Otsuka, K., Mikami, D., Kinoshita, K. et al.: Low-latency real-time meeting recognition and understanding using distant microphones and omni-directional camera, *IEEE transactions on audio, speech, and language processing*, Vol. 20, No. 2, pp. 499–513 (2011).
- [25] Janin, A., Baron, D., Edwards, J., Ellis, D., Gelbart, D., Morgan, N., Peskin, B., Pfau, T., Shriberg, E., Stolcke, A. et al.: The ICSI meeting corpus, 2003 IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, 2003. Proceedings. (ICASSP'03)., Vol. 1, IEEE, pp. I–I (2003).
- [26] Ohnishi, A., Murao, K., Terada, T. and Tsukamoto, M.: A method for structuring meeting logs using wearable sensors, *Internet of Things*, Vol. 5, pp. 140–152 (online), DOI: https://doi.org/10.1016/j.iot.2019.01.005 (2019).
- [27] Ota, S., Taki, S., Jindai, M. and Yasuda, T.: Nodding detection system based on head motion and voice rhythm, Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, Vol. 15, No. 1, pp. JAMDSM0005– JAMDSM0005 (2021).
- [28] Gashi, S., Saeed, A., Vicini, A., Di Lascio, E. and Santini, S.: Hierarchical classification and transfer learning to recognize head gestures and facial expressions using earbuds, *Proceedings of the 2021 International Conference on Multimodal Interaction*, pp. 168–176 (2021).
- [29] Yu, D. and Deng, L.: Automatic speech recognition, Vol. 1, Springer (2016).
- [30] Zhao, R., Li, V., Barbosa, H., Ghoshal, G. and Hoque, M. E.: Semi-automated 8 collaborative online training module for improving communication skills, *Proceedings* of the ACM on interactive, mobile, wearable and ubiquitous technologies, Vol. 1, No. 2, pp. 1–20 (2017).
- [31] Zeyda, M., Stracke, S., Knipfer, K. and Gloor, P. A.: Your body tells more than words-predicting perceived meeting productivity through body signals, *European Journal of Work and Organizational Psychology*, pp. 1–17 (2023).