

知識創造活動が行われる対面コミュニケーションの活性化手法の開発 — 会議状況に応じた音環境のフィードバック制御に関する検討 —

Development of Activation Method for Face-to-Face Communication on Knowledge Creative Activity

(Consideration of Feedback Control of Sound Environment According to Conference Situation)

佐藤 考 浩^{*1}
Takahiro Sato

小林 真 人^{*1}
Masahito Kobayashi

兵藤 伸 也^{*1}
Shinya Hyodo

辻村 壮 平^{*2}
Sohei Tsujimura

【要旨】

本研究では、会議状況に応じた音環境のフィードバック制御により知識創造活動が行われる会議を活性化する方法を構築することを目的として、会議を模擬した被験者実験により会話の途切れ目で音環境を変化させることによる会話の促進効果を検討した。さらに会議のモニタリング手法として、会議参加者の身体動作から会議状況を把握する方法を検討した。ワーカーと学生が含まれる4名1組のグループを5組作成して被験者実験を行った結果、学生においては会話が途切れたときに音環境が変化することによって会話しやすさや精神的負担に関する評価が向上する傾向がみられ、他の参加者との関係性により緊張感が高い属性の人に対しては、会話が途切れたときの音環境の変化が良い効果を与えることが示唆された。また被験者実験での被験者の動作を分析した結果、他の被験者の顔の方向を見た回数（視線移動数）や被験者同士が顔を向き合わせた回数（アイコンタクト数）によって、会議の活性度や発話しにくさを感じている被験者の存在を把握できる可能性がみられた。

【キーワード】 知識創造活動 対面コミュニケーション 環境制御 会議モニタリング 身体動作

1. はじめに

日本では少子高齢化を背景として労働生産性の向上が叫ばれており、特にGDPの約7割を占めるサービス産業の生産性の向上が求められている。サービス産業の生産性を向上させるポイントとして、新たな顧客の獲得や付加価値の高いサービスの拡大、ITを活用した業務の効率化などが挙げられており¹⁾、組織内での知識創造による解決策の創出が必要である。一方現在の日本におけるワーカーの働き方に着目すると、新型コロナウイルス感染症の感染拡大を契機として、オフィスワークとテレワークを併用する新たな働き方が浸透している。既往研究では、在宅時のコミュニケーション行動に関する満足度が出勤時に比べて低減したこと²⁾や、オフィスでのコミュニケーションのしやすさがワーク・エンゲージメントに影響を与えること³⁾が示されており、働く場が点在する現在において、メインのオフィス空間では対面でのコミュニケーションを行うことが重視されると考えられる。対面コミュニケーションの中でも知識創造活動を行う会議では、より多く、かつ幅広い意見が出されることが望ましく、発話の促進が会議の活性化に繋がると考えられる。また、意見があるにも関わらず発話できない参加者が存在する状況では会議の生産性が低下する恐れがあり、このような参加者を把握し、発話しやすくなるよう働き

かける仕組みも必要である。

知識創造活動と室内音環境の関係が調べられた既往研究では、打合せしやすさに関する評価構造において適度なざわつきがあることが評価項目として挙げられたこと⁴⁾や、騒音レベルが45dBから50dBの環境が、知識創造活動において会議しやすさに繋がること⁵⁾が示されている。したがって静穏化が進む日本のオフィス空間では、知識創造活動の際に静かすぎない印象となるように音環境を制御することで参加者の発話を促すことができる可能性がある。

そこで本研究では、会議のモニタリング結果に応じた音環境のフィードバック制御により、知識創造活動が行われる対面コミュニケーションを活性化する方法を構築することを目的とする。本稿では、会議を模擬した被験者実験により、会話の途切れ目で音環境を変化させることによる発話の促進効果を検討した結果を報告する。さらに会議のモニタリング手法として、会議参加者の身体動作から会議状況を把握する方法を検討した結果を示す。

2. 音環境の変化による発話促進効果に関する被験者実験

2.1 実験概要

被験者実験は、図-1に示す会議室において2022年12

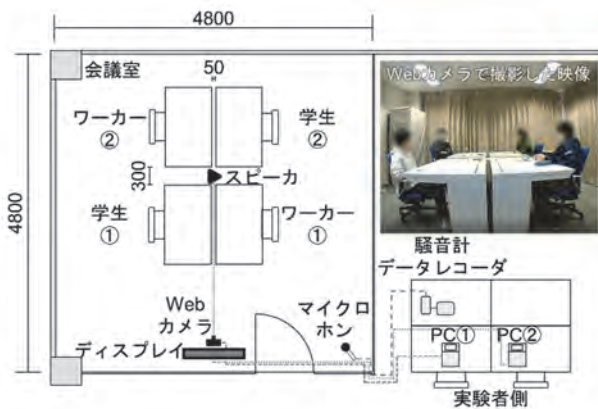


図-1 被験者実験を実施した会議室のレイアウト

表-1 実験に用いた知識創造課題

No.	知識創造課題
1	おでんを売るためのキャッチコピー
2	レタスとキャベツの違いの説明
3	使えなくなったマジックペンの再利用法
4	針金ハンガーの使用方法
5	年賀状の売り上げを伸ばすための方法
6	3日間で有名になるための方法
7	天気予報番組を視聴率80%にする方法

月に実施した。被験者は総合建設業の企業に勤務する20代から40代のワーカー11名（男性9名、女性2名）と、20代の大学生9名（男性4名、女性5名）とし、社会的属性の異なる被験者同士で会議を行うため、ワーカー2名、大学生2名の組み合わせで4組、ワーカー3名、大学生1名の組み合わせで1組の被験者グループを構成した。なおいずれのグループでもワーカーと大学生は初対面であった。被験者グループには、知識創造活動として用意した表-1に示す7つの課題に関する会議をそれぞれ10分間実施させた。試験音にはブラウンノイズ、会話雑音、自然音の3種類を用い、提示レベルは30dBと40dBの2水準とした。試験音の提示レベルは、空調が稼働する会議室の暗騒音下で被験者の着座位置における $L_{Aeq,12min}$ が各提示レベルになるように調整した。これらの試験音の種類および提示レベルの組み合わせ6条件に加えて、実験中に試験音を再生しない室内暗騒音のみの条件 ($L_{Aeq,10min}$ 29 dB) を加えた計7条件を音環境条件とした(表-2)。会議課題7テーマと音環境条件7水準は各被験者グループで偏りなく割り付け、ランダムに提示した。

本実験では、会議室内に設置したWebカメラによって実験者が会議映像および音声をモニタリングし、会議中に会話が途切れたタイミングで、被験者が作業する机に囲まれるように床面に設置されたスピーカから試験音を再生し、会話が再開したタイミングで試験音を停止した。

表-2 音環境条件

No.	試験音の種類	提示レベル
1	ブラウンノイズ	30 dB
2		40 dB
3	会話雑音 ※内容は聴き取れない	30 dB
4		40 dB
5	自然音 ※鳥の鳴き声+波の音	30 dB
6		40 dB
7	暗騒音 ※ $L_{Aeq,10min}$ 29 dB (空調稼働時)	

表-3 評価項目

No.	A		B
1	会話しにくい	—	会話しやすい
2	聴き取りにくい	—	聴き取りやすい
3	話しかけにくい	—	話しかけやすい
4	緊張する	—	緊張しない
5	親しみにくい	—	親しみやすい
6	気が散る	—	集中できる
7	騒がしい	—	静かな
8	落ち着かない	—	落ち着く
9	つまらない	—	楽しい
10	気を遣う	—	気を遣わない
11	疲れやすい	—	疲れにくい
12	発想しにくい	—	発想しやすい
13	効率が悪い	—	効率が良い

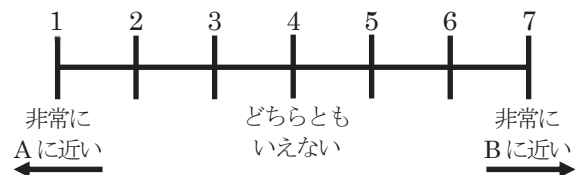


図-2 7段階評定尺度

各条件での会議終了後、会議の印象に関する表-3の13項目について、7段階の評定尺度(図-2)で被験者に評価を求めた。

2.2 実験結果

評価項目のうち、会話に関連する評価項目として、“会話しやすさ”および“話しかけやすさ”の評価結果を図-3に示す。いずれの評価項目においても、室内暗騒音のみの条件ではワーカーに比べて学生のほうが評価は低い傾向がみられた。また試験音を再生したときの効果をみると、ワーカーでは室内暗騒音のみの条件と試験音を再生したときの評価に大きな違いはみられないが、学生の結果では自然音を提示した条件で、室内暗騒音のみの条

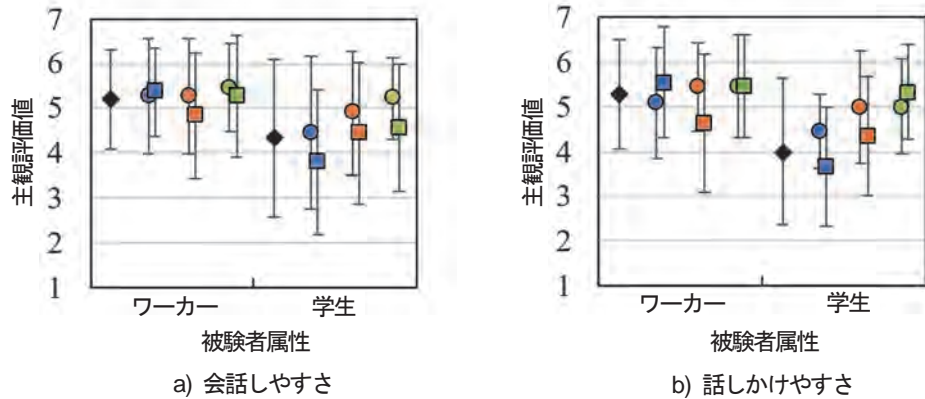


図-3 会話しやすさに関する評価

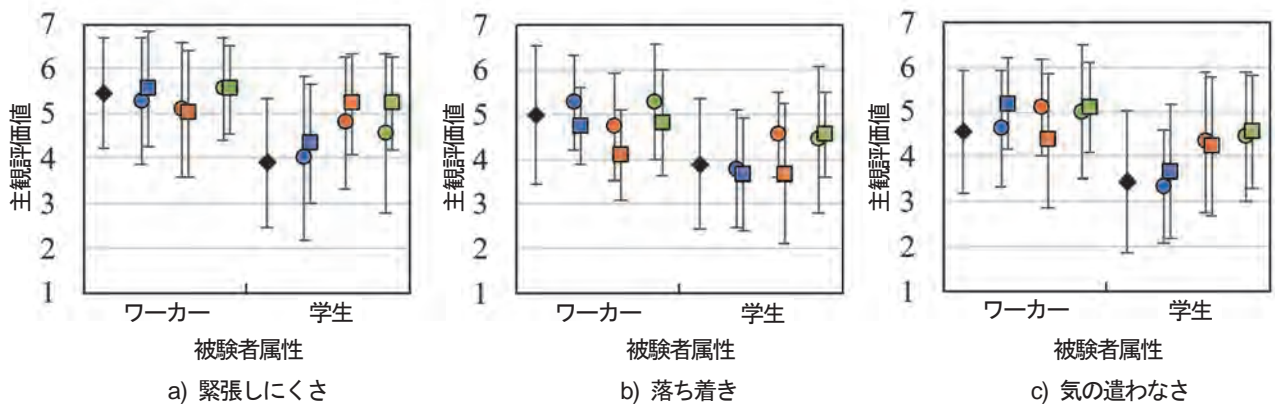


図-4 精神的負担に関する評価

件に比べて評定尺度の1カテゴリ程度評価が向上していることがわかる。

続いて、精神的負担に関連する評価項目として、“緊張しにくさ”、“落ち着き”、“気の遣わなさ”の評価結果を図-4に示す。会話に関連する評価項目の結果と同様に、いずれの評価項目においても、室内暗騒音のみの条件でワーカーよりも学生のほうが評価は低く悪い側の印象となっている。また試験音の提示効果を見ると、学生では会話雑音や自然音を提示することにより良い側の印象が変わっていることがわかる。

以上の会話と精神的な負担に関連する評価項目の結果より、従来の会議環境のように試験音を提示しない条件においては、ワーカーに比べて学生のほうが話しにくく、緊張感のある印象となっていたことが示唆される。この原因として、ワーカーと学生が初対面であったことや、社会的属性が異なることが考えられる。また、会議しにくい状況であったと思われる学生で試験音を提示することによる効果がみられたことから、他の参加者との関係性により緊張感が高い属性の人に対しては、会話が途切れたときの音環境の変化が良い効果を与える可能性があると考えられる。

一方、作業性に関連する評価項目として、“聴き取りやすさ”、“集中しやすさ”、“静かさ”の評価結果を図-5に示す。いずれの評価項目においても、室内暗騒音のみの条件に比べて試験音を提示した条件のほうが評価は低くなっており、提示レベルが大きいほどより評価は低い傾向がみられる。さらに、ワーカーに比べて学生のほうが試験音を提示することにより評価が下がっていることがわかる。ここで、室内暗騒音のみの条件での各被験者の発話時間を表-4に示すが、各グループともワーカーよりも学生のほうが発話している時間が短いことがわかる。これらの結果より、ワーカーに比べて学生のほうが他被験者の発言を聴取する時間が長くなることに伴い、試験音の提示による作業性への影響を受けやすくなっていたことが示唆される。したがって、会話促進を目的とした音の提示レベルは会話しやすさに対する効果と作業性の低下の兼ね合いから検討する必要があると考えられる。

3. 身体動作による会議評価に関する検討

本章では、会議参加者の身体動作から会議状況を把握する手法を検討するため、既往研究の知見から会議時の発話行動モデルを整理し、前章の被験者実験で得られた

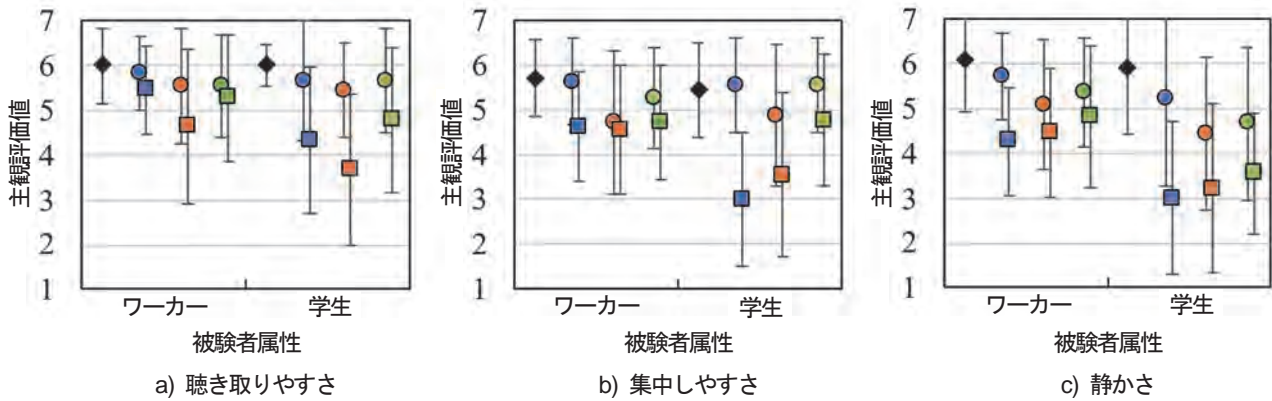


図-5 作業性に関連する評価

被験者の動作をもとに発話行動モデルの検証を行った結果を報告する。

3.1 会議時の発話行動モデルの検討

多人数コミュニケーションにおける話者交替と視線行動に着目した分析を実施した榎本らの研究⁹⁾では、話し手から視線を向けられていた聞き手が次話者になりやすいことが示されているように、参加者相互での視線行動によって発話のタイミングを調整し、発話権を得よう働きかけることが知られている。この知見より、発話が継続されている状況では相互調整のため視線行動が行われるが、意見が滞る場面では発話量に応じて視線行動も減少するという会議時の発話行動モデルが考えられ、視線行動の多さにより会議の活性度を捉えられる可能性がある。さらに、発話意欲のある人は発話権を得るために現在の発話者に視線を向け、発話者とのアイコンタクトに成功すると次の発話者になりやすいが、成功しなければ次の発話者になりにくいことも考えられ、アイコンタクトの状況から発話しにくさを感じる参加者を推定できると予想される。

3.2 発話行動モデルの分析

前節で整理した発話行動モデルを検証することを目的として、前章の被験者実験時における被験者グループ5組の動作分析を実施した。分析は会議室内に設置したWebカメラにより撮影した図-6内に示す映像を用いて実施した。分析では、各被験者の頭部動作に着目し、図-6に示す水平方向(左, 左前, 正面, 右前, 右)および鉛直方向(上, 水平, 下)の3方向における頭部の向きを目視で記録し、実験中の推移を整理した。この頭部動作の推移より、各被験者が他の被験者の顔の方向を見た回数(以下、視線移動数)と被験者同士が顔を向き合わせた回数(以下、アイコンタクト数)を集計した。ま

表-4 暗騒音条件での発話時間

グループ	総発話時間 [s]			
	ワーカー		学生	
1	7	185	38	45
2	45	172	125	58
3	149	135	81	54
4	62	95	143	0
5	241	112	73	50

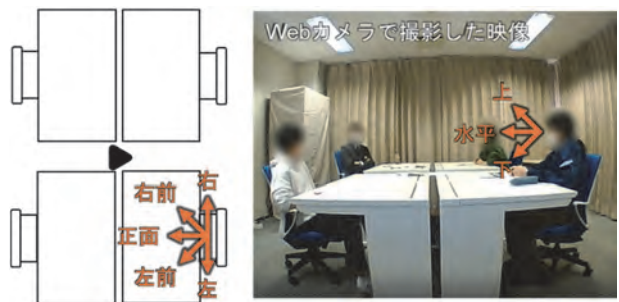


図-6 被験者の頭部動作の記録方法

た、頭部動作と会議状況を照らし合わせて分析するため、同じくWebカメラにより記録した音声から各被験者の発話タイミングも整理した。

3.3 会議活性度の推定に関する検証

会議活性度に関する行動モデルを検証するため、音環境条件のうち試験音を提示しない室内暗騒音のみの条件において、被験者間の会話が継続している区間と発話がなく沈黙が続いている区間それぞれでの被験者4名の視

視線移動数を集計した。各区間における4名の視線移動数の平均値を1名あたりの視線移動数とし、発話区間および沈黙区間における1名あたりの視線移動数をまとめた結果を図-7に示す。なお、図中の実線は発話区間もしくは沈黙区間の結果に対する回帰直線を示し、破線は回帰式の95%信頼区間を示す。図-7より、沈黙区間に比べ発話区間のほうが被験者の視線移動数が多く、会話が継続していくほど視線移動数は増えていく傾向がみられる。一方、沈黙区間の結果では継続時間が長くなっても視線移動数は増えにくいことがわかる。また、回帰式の95%信頼区間の関係を見ると、継続時間が20秒以上の範囲で各信頼区間が重複しておらず、沈黙区間における95%信頼区間の上限をみると、20秒時点での1名あたりの視線移動数は約1.2回となっている。

以上より、本実験では20秒間の被験者1名あたりの視線移動数が2回未満となった場合、会議活性度が低下していると判断できる可能性がみられた。

3.4 発話しにくさを感じる参加者の推定に関する検証

発話しにくさを感じる参加者の行動モデルを検証するため、前節と同じく室内暗騒音のみの条件での各被験者の視線移動数とアイコンタクト数、発話数の関係を整理した。整理結果を図-8に示す。同図より、多くの被験者では視線移動数が増えるほどアイコンタクト数も増える傾向にあり、アイコンタクト数が多い被験者は発話数も多いことがうかがえる。一方、グループ3、5の大学生4名は視線移動数に対してアイコンタクト数が少なく、発話数も比較的少ないことがわかる。これらの被験者は、3.1節で整理した行動モデルのように発話権を得るため発話者に視線を向けているものの、アイコンタクトが達成されないことにより上手く発話できていない状態となっていたことが推察される。以上の結果より、会議中の視線移動数に対するアイコンタクト数の量により発話しにくさを感じる被験者を抽出できることが示唆された。

4. まとめ

会議のモニタリング結果に応じた音環境のフィードバック制御により、知識創造活動が行われる対面コミュニケーションを活性化する方法を構築することを目的として、被験者実験により会話の途切れ目で音環境を変化させることによる発話の促進効果を検討した。さらに、会議のモニタリング手法として会議参加者の身体動作から会議状況を把握する方法を検討した。その結果、他の参加者との関係性により緊張感が高い属性の人においては、会話が途切れたときの音環境の変化により、会話しやすさや精神的負担に関する評価が向上する傾向がみられた。また被験者実験での被験者の動作を分析した結果、視線移動数（他の被験者の顔の方向を見た回数）やアイコン

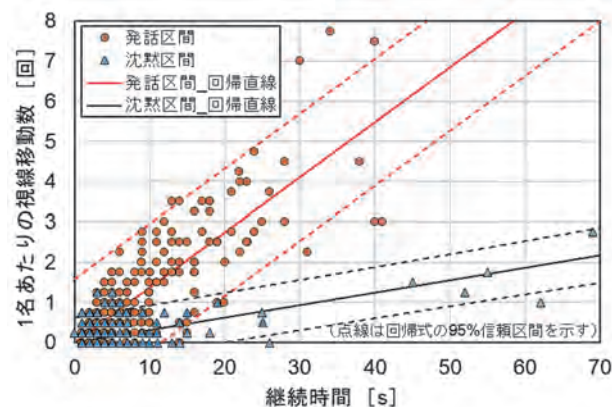


図-7 発話区間および沈黙区間の視線移動数

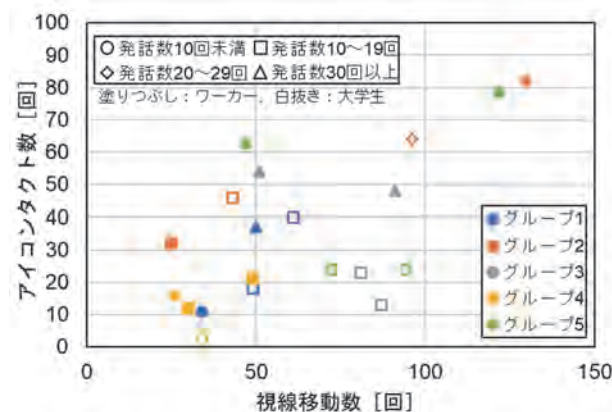


図-8 各被験者の視線移動数およびアイコンタクト数

タクト数（被験者同士が顔を向き合わせた回数）によって、会議の活性度や発話しにくさを感じている被験者の存在を把握できる可能性がみられた。

現在、モーションキャプチャを使用して計測した参加者の動作から会議状況を評価し、音環境を制御するシステムの構築を進めており、今後構築したシステムの会議評価精度やシステムの導入による会話の促進効果を検証していく。

付記：本稿は2023年度日本建築学会大会学術講演会およびThe 52nd International Congress and Exposition on Noise Control Engineeringで発表した内容を再構成したものである。

謝辞：本研究の実施および協力者として、茨城大学卒業論生 押切成実氏（令和4年度）に謝意を表す。

【参考文献】

- 1) 経済産業省：サービス生産性レポート，2022.3
- 2) 徳村朋子，田辺新一，高橋幹雄，黒木友裕，和田一樹，高橋祐樹，桑山絹子，秋山幸穂，高橋秀介，篠田純，中川純：執務空間におけるActive Designがワークスタイルに与える影響に関する研究 その14 ABW 執務者の在宅勤務時における環境満足度・知的生産性の推移，

- 空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集, pp.117-120, 2020.8
- 3) 石山希, 松本裕司: 働く環境とワーク・エンゲイジメントの関係についての研究 オフィス移転による環境変化の心理的影響, 日本建築学会計画系論文集, Vol.86, No.786, pp.2075-2082, 2021.8
 - 4) 八木佳子, 那須聖, 清水寧: 「打合せしやすさ」に関する意識構造と音環境の評価構造, 日本建築学会計画系論文集, Vol.83, No.743, pp.11-19, 2018.1
 - 5) 辻村壮平, 秋田剛, 小島隆矢, 佐野奈緒子: 複数人による知識創造活動を行う会議に及ぼす室内音環境の影響, 日本建築学会環境系論文集, Vo.80, No.711, pp.397-405, 2015.5
 - 6) 榎本美香, 伝康晴: 話し手の視線の向け先は次話者になるか, 社会言語科学, Vol.14, No.1, pp.97-109, 2011.9

Summary This study examined the promotion effect of conversation by changing the sound environment at the breaks in conversation by subject experiments that simulated a conference in order to construct a method to activate the conference where a creative knowledge activity is conducted by feedback control of the sound environment corresponding to the conference situation. Furthermore, as a method of monitoring the conference, this study investigated a method of evaluating the conference situation from the body motion of conference participants. As a result of a subject experiment of creating five groups of four people each, including workers and students, the students tended to improve their evaluation of ease of conversation and mental burden due to changes in the sound environment when the conversation was interrupted, and it was suggested that changes in the sound environment when the conversation was interrupted had a positive effect on people with attributes of high tension due to relationships with other participants. In addition, as a result of analyzing the body motion of the subjects in the subject experiment, it was suggested that it is possible to grasp the activity level of the conference and the participants who experienced difficulty in speaking depending on the number of times the participants looked in the direction of other participants' faces (number of visual line movements) and the number of times participants faced each other (number of eye contacts).

Key Words : Knowledge creative activity, Face-to-face communication, Environment control, Conference monitoring, Body motion