

# オンライン授業におけるコミュニケーション機会の差異が 精神状態に与える効果の脳波・心拍変動を用いた客観的評価

中川 友梨\*<sup>1</sup>, 谷田川 ルミ\*<sup>1</sup>, Peeraya Sripiyan \*<sup>1</sup>, 菅谷 みどり\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> 芝浦工業大学

## Objective Evaluation of the Effect of Different Communication Opportunities on Mental State in Online Classes Using EEG and Heart Rate Variability

Yuri Nakagawa\*<sup>1</sup>, Rumi Yatagawa\*<sup>1</sup>, Peeraya Sripiyan \*<sup>1</sup>, Midori Sugaya\*<sup>1</sup>

\*<sup>1</sup> Shibaura Institute of Technology

Due to the expansion of COVID-19, many students are now taking online classes. Online class is favored by student's because it allows them to take classes at their own convenience. However, the disadvantage of online class is that it is difficult to communicate with other students. This can lead to a sense of loneliness and a decrease in motivation to learn. In order to clarify the forms of communication in online classes that can solve this problem, it is necessary to evaluate the effect of communication forms to student's mental status. However, the traditional method of evaluation uses questionnaire, which is not an objective method. In this paper, we objectively evaluated the effect of communication forms in online classes using biometric information. As a result, we found that there was no significant changes in the student's concentration and nervousness due to different forms of communication. However, it was suggested that there may be difference among individuals.

キーワード: 遠隔教育, オンラインコミュニケーション, 生体情報

### 1. はじめに

#### 1.1 背景

オンライン授業は COVID-19 というパンデミック下でも学生が授業を受けることを可能にした。2020年の3月11日に COVID-19 がパンデミックと世界保健機関 WHO から評された [1]。1年後の2021年度前期の時点で全面的に対面授業を実施するとした大学は36.4%である[2]。このことから、半数以上の大学がオンライン授業の実施を必要としていることがわかる。

また、実際に授業を受けた学生による前向きな評価として、学生の79.3%が、個人にあわせて授業を受けられることに満足している、と回答している [3]。このように、オンライン授業は、COVID-19 のみならず、授業として満足度が得られる点があることから、今後

もその需要は継続すると考えられる。

一方、学生の53%が不満として「友人などと一緒に授業を受けられず、寂しい」と回答している[3]。また、「孤独や学修への意欲の低下を感じる」との意見も存在する。このように、オンライン授業に対し、友人など他の学生とのコミュニケーション機会が少ないと感じている学生が過半数存在している。

Yuらによると、オンライン授業における学生同士のコミュニケーションの有無は精神状態に関与し、コミュニケーションをとることで学生の学習意欲が高まるとしている[4]。このことから、学生がオンライン授業でのコミュニケーション機会が少ないと感じている現状は、学生の学習意欲の低下に繋がる可能性がある。

これまでにも、オンライン授業における学生同士の

コミュニケーション（以下、オンライン授業コミュニケーションとする）に焦点を当てた研究がされてきた。例えば、松下らの研究では、学生は小人数グループに分けられオンライン授業を受講し、学生に相互の声かけなどの行動を生起させたところ、受講ストレスが軽減される可能性が示唆されたとしている[5]。また、Watanabe はオンライン授業コミュニケーションを取り合う空間（教室）に当たるビデオ会議システムに焦点を当て、ビデオ会議システムのビデオ表示インタフェースとして円卓型インタフェースを提案した[6]。これらのように、これまでの研究ではグループに分けや、インタフェースを工夫することでオンライン授業コミュニケーションの促進を図る研究などが提案されている。

## 1.2 課題

先に述べたオンライン授業コミュニケーションに関する研究について、我々は2つの課題があると考えた。その2つの課題について次の(1)、(2)にまとめた。

### (1) オンライン授業コミュニケーション形態の比較不足

オンライン授業コミュニケーションと一言でいっても、様々な形態が存在している。例えば、松下らの研究ではテキストチャットによるコミュニケーションをオンライン授業コミュニケーションとして取り上げた[5]。これに対して、Watanabe や Yu らの研究では映像と音声を用いたやり取りをオンライン授業コミュニケーションとしている[6]。このように様々な形態が提案されているが、その形態の違いが学生の精神状態をどのように変化させるかの比較評価が不足しているという課題がある。

### (2) オンライン受講時の精神状態の客観的評価

2つ目の課題としてオンライン授業を受講している最中の学生の精神状態の客観的評価が不足していることが挙げられる。関連研究含めた多くの学生の受講時の精神状態の評価として用いられているアンケートは、受講者自身の状態を、受講者が主観的に振り返ることによって評価をする。しかし、振り返りにもとづく主観評価のため、バイアスのかかった評価となってしまう可能性がある。また、事後評価となるため授業中の状態の評価として十分でない可能性がある。そのため、オン

ライン授業受講時に、アンケートだけではなく客観的、かつ授業中の状態の評価が必要である。

## 2. 提案

### 2.1 目的

本研究では(1)、(2)に示した課題を解決するためにオンライン授業コミュニケーション形態の違いが、学生の精神状態をどのように変化させるか客観的に比較評価することを目的とした。目的を実現するために、2つの課題に対する提案をそれぞれ以下のようにまとめた。

### 2.2 オンライン授業コミュニケーション形態の比較

オンライン授業コミュニケーション形態の違いが、学生の精神状態をどのように変化させるかの比較をするために、まずはオンラインコミュニケーションの定義について述べる。また、それを元にオンライン授業コミュニケーションの形態について 2.1.2 にて、それをもとに比較をするオンライン授業コミュニケーションのレベルについて 2.1.3 で述べる。

#### 2.2.1 オンラインコミュニケーションの定義

オンラインコミュニケーションの定義について述べる前に、まずコミュニケーションの定義から述べる。コミュニケーションとは、人が人との間で行う知覚・感情・思考の伝達を指す[7]。そして、知覚等の伝達の際は視覚や聴覚に訴えるものを媒介するとされている。ここで、このコミュニケーションの定義をオンラインコミュニケーションの定義に置き換えて考える。すると、オンラインにおいては、知覚等の伝達の媒体は映像や音声であると考えられる。映像は表情や動きといった視覚情報を伝え、音声は声のトーンや声量といった聴覚情報を伝えることができる。したがって、本研究においてオンラインコミュニケーションとは「人が人との間で行う、映像や音声を媒介した知覚・感情・思考の伝達」と定義できる。これを図 1 に示した。

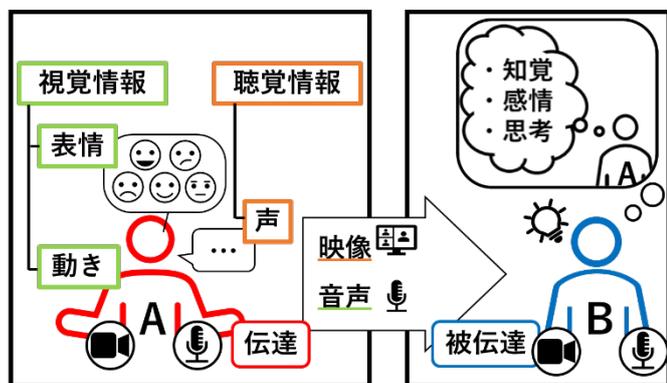


図 1 オンラインコミュニケーション

オンラインコミュニケーションにおいて図 1 中の A, B のように、情報(視覚情報・聴覚情報)の伝達をする伝達者と伝達をされる被伝達者が存在する。ただし、コミュニケーションをとる際に伝達者であるか被伝達者であるか固定ではない。オンラインコミュニケーションは伝達者が被伝達者に対して情報を映像や音声を媒介して送ることで、伝達者の知覚等を伝達することを指す。

### 2.2.2 オンライン授業コミュニケーションの形態

オンライン授業コミュニケーション形態の違いが、学生の精神状態をどのように変化させるか評価するために、まずはオンライン授業コミュニケーションを形成する要素について考え、それを元にオンライン授業コミュニケーションの形態を分ける。2.1.1 にて述べた通り、オンラインコミュニケーションは直接的に知覚等を伝えるのではなく、映像や音声を介して視覚情報や聴覚情報を伝えることを指す。そのため伝達者から被伝達者に送る「情報」が重要な要素であると考えられる。またその情報が独立して存在しているだけではコミュニケーションとはいえない。情報に対して伝達する(伝達)、伝達される(被伝達)という役割を持つ人々が存在する。これを元に、オンライン授業コミュニケーションの形態を分けることができると考えた。

### 2.2.3 コミュニケーションレベル

オンライン授業コミュニケーション形態の違いが、学生の精神状態をどのように変化させるか評価するために、2.1.2 を元にオンライン授業コミュニケーションの形態を分ける。他の学生の存在を感じることができる度合いに応じて 0~4 のレベルを付け、コミュニケーションレベルとした(表 1)。このコミュニケーションレベルごとに比較することで、オンライン授業コミュニケーション形態の違いが、学生の精神状態をどのよ

うに変化させるか評価することができると考えた。

表 1 コミュニケーションレベル

レベル	視覚情報		聴覚情報	
	伝達	被伝達	伝達	被伝達
0	×	×	×	×
1	○	○	×	×
2	○	○	○	×
3	○	○	×	○
4	○	○	○	○

表 1 に示した 1 から 4 までの 4 段階のコミュニケーションレベルは授業におけるコミュニケーションである。聴覚情報に関しては音声を発することで私語に当たりかねない。そのためより手軽にコミュニケーションがとれる視覚情報の伝達のほうが低レベルのコミュニケーションとして定義した。このことから聴覚情報に比べて、コミュニケーションレベルを低く設定した。また、情報が伝達されることで相手の知覚等を認識し、相手を感じることができることから、被伝達者はコミュニケーションレベルが高くなると考え、それぞれ次のような状態をレベルに対応づけた。

- レベル 0：自身と相手共に互いの情報が伝達されない状態を示す。
- レベル 1：自身と相手共に互いの映像を伝達・被伝達することができる状態を示す。
- レベル 2：自身と相手共に映像を伝達・被伝達することができ、自身のみ音声を伝達する状態を指す。ただし相手の声が伝達されることはない。
- レベル 3：自身と相手共に映像を伝達・被伝達することができ、相手の音声が伝達される、自身は相手に音声を伝達することはない状態を指す。
- レベル 4：自身と相手共に映像も音声も伝達・被伝達する状態を指す。

これら 5 つのコミュニケーションレベルごとの学生の精神状態を比較することで、オンライン授業コミュニケーションの形態とレベルの違いが、学生の精神状態をどのように変化させるか比較評価する。

## 2.3 生体情報を用いた学習状態の客観的評価

学生の精神状態を客観的に評価するために、生体情報による評価と分析を行うことを提案する。精神状態の客観的な評価指標として近年では、簡易脳波計や心拍計などの生体センサを用いた研究がなされている[8-10]。これらの研究は、感情推定や、コミュニケーションロボット、セラピーなどの分野での評価には用いられており、こうした簡易生体計測のためのセンサを用いて人の精神状態を計測する研究は近年数多く提案されている[8-10]。池田らは、脳波・心拍の値を組み合わせ、心理学モデルに対応づけて解釈を行った[8]。これに対して、坂本らは、脳波の周波数帯に着目した解釈として、リラックス状態時には $\alpha$ 波の振幅が大きくなり、反対に緊張時には $\alpha$ 波の振幅が小さくなり $\beta$ 波の出現が見られるなどの特徴のみに着目している[9]。また、白岩らは学習意欲向上検証として脳波解析を用いて定量評価した[10]。特に、脳波は集中状態を評価し、心拍の変動は身体の感情的な反応を反映するとされており、我々はこれらを用いることでオンライン授業における異なるコミュニケーションレベルの間に存在する違いを客観的に評価できると考えた。

## 3. 評価実験

実験では、コミュニケーションレベルに応じた精神状態を生体情報により客観的に評価することを目的とした。

実験協力者は計5組(1組2名)の20代の男女に対し実施し、WebミーティングサービスZoomを用いた英語の模擬オンライン授業参加中において、脳波・心拍の計測を行った。脳波計にはNeuroSky社のMindWaveMobile2[11]、心拍計はスイッチサイエンス社のPulsesensor[12]を用いた。

### 3.1 評価指標

#### 3.1.1 主観指標

実験時の主観的な振り返りとして、実験後に主観アンケートをとる。アンケートは実験の各条件に対して表2にある5つの内容を問う質問を設定した。質問に対して、「全くそう思わない」を1、「非常にそう思う」を8、とした8段階の等間隔尺度での回答を求めた。

表2 アンケートの質問項目と内容

質問項目	質問内容
集中	授業に集中できた
緊張	緊張感を感じた
やる気	授業へのやる気があった
一体感	他の参加者との一体感を感じた
孤独	孤独を感じた

#### 3.1.2 脳波指標

一般的に $\alpha$ 波はリラックス成分、 $\beta$ 波は集中成分とされている[10]。そして、集中・非集中の評価には $\alpha$ 波と $\beta$ 波の比率を測る事が有効とされている。また、白岩らの研究を参考に、 $Low \beta / Low \alpha$  ので算出される値を集中評価の指標とした(表3)。本稿では以降、これを集中指標と表す。この集中指標の値が高くなることでより集中を表す。

表3 使用する脳波の周波数とその心理状態

脳波	周波数(Hz)	心理状態
Low $\alpha$	7.5-9.25	リラックス, 平穏
Low $\beta$	13-16.75	思考 自己及び環境の認識

#### 3.1.3 心拍変動指標

心拍変動とは心電図波形におけるR波同士の間隔(RRI)の変動を指し、RRIのゆらぎなどと表現される[13,14]。心拍変動は交感・副交感神経活動と関係が深く、精神的緊張と相関することが知られている。RRIを元にいくつかのパラメータを計算することができる[15]。そのうちの一つであるpNN50は隣接するRRIの差が50msecを超えた比率を指し、交感神経活動が活性化すると上昇すると言われている[16]。本研究ではそのpNN50の値を用いてリラックスや緊張感を評価する。pNN50が大きいと副交感神経優位すなわちリラックス状態、小さいと緊張状態であると評価をするものとし、本研究においては以降リラックス指標と表す。

## 3.2 実験手順

実験手順を以下に示す。

- ① 2名の実験協力者はそれぞれ1人一部屋ずつに分かれる

- ② 事前アンケートに回答する
- ③ 脳波計, 心拍計を装着
- ④ オンライン授業(Zoom)に参加
- ⑤ 実験者が脳波・心拍ともに計測を開始する
- ⑥ マイクやビデオの調整を行う
- ⑦ マイクやビデオともにオフにする
- ⑧ 120秒間の安静にする
- ⑨ 模擬授業を受ける
- ⑩ アンケートに回答する

オンライン授業を一連の流れとして行うためにアンケートは最後にまとめて回答することとし, 手順⑦～⑨は表4に示す条件にあわせたビデオ機能やマイク機能のオン・オフ状態を変更し, 4回繰り返す。条件1から5にそれぞれコミュニケーションレベルの0から4を対応させ, 条件を設定した。条件3, 4に関しては2名の実験協力者のうち一方が条件3の際に他方は条件4を実施できるものとする。

また, ⑧にある安静時間に計測されるデータの扱いについて, 2回目以降の安静については, 前の条件の影響を次の条件に持ち越すことがないように設けた時間のため, 条件との比較データとしては扱わないものとする。

表4 実験条件

条件	ビデオ	マイク	模擬授業内容
1	オフ	オフ	授業者の解説を聞く
2	オン	オフ	授業者の解説を聞く
3	オン	オン	英文を一人で読む
4			他方が読む英文を聞く
5	オン	オン	英文(会話文)を読み合う

### 3.3 分析方法

主観指標に関しては, 質問項目に対して条件ごとにすべての実験協力者のデータの平均値を一元配置分散分析により平均の比較を行った。

集中指標, 緊張指標についてコミュニケーションレベルに応じた精神状態を評価するために, 安静のデータ(授業開始前の安静時データを指す)と各条件のデータ, すなわち6つの状態におけるすべての実験協力者のデータの平均値を比較する。条件ごとすべての実験協力者のデータの平均値に対して, コミュニケーシ

ョンレベルの違いの影響を調べるために一元配置分散分析により平均を比較した。

### 3.4 結果・考察

#### 3.4.1 主観指標を用いた評価

主観アンケートについて, すべての実験協力者のデータの平均を算出し, 質問項目ごとに一元配置分散分析を行った。有意差が認められた質問項目に関して, Tukeyの多重比較検定を行った。その結果について図2にまとめた。

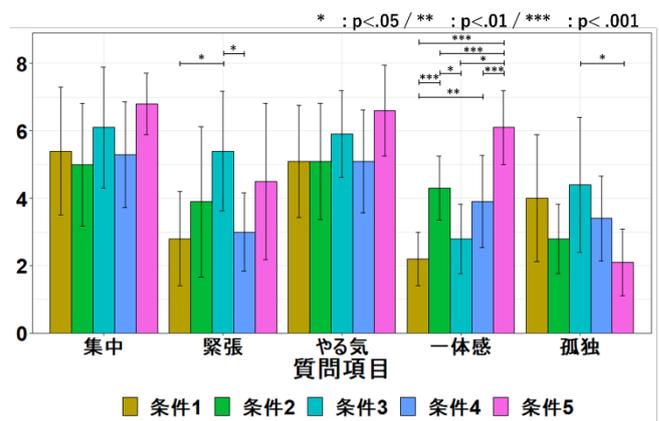


図2 各質問項目の条件ごとの主観評価の平均値

図2のように一体感に関する主観評価では, 複数の条件間で有意な差が認められた。条件2-1, 5-1, 5-3, 5-4間は, 0.1%水準で有意であるとされた。条件4-1間は, 1%水準で有意であるとされた。条件3-2, 5-2間は, 5%水準で有意であるとされた。中でも条件5である会話をする条件はその他のすべての各条件と有意な差が認められている。互いが伝達者, 被伝達者となりコミュニケーションをとることで主観的な一体感が高まることが示された。

緊張に関する主観評価では, 条件3-1, 4-3間は5%水準で有意な差があることが認められた。視覚情報も聴覚情報も伝達したり, されたりすることがないコミュニケーションレベル0に比べて聴覚情報を一方的に伝達するコミュニケーションレベル2のほうが緊張を感じることを示された。また, コミュニケーションレベル2に比べて, 聴覚情報を一方的に伝達されるコミュニケーションレベル3のほうが緊張を感じないことも示された。

孤独に関しての主観評価では, 条件3, 5間に5%水準の有意差が認められた。聴覚情報を一方的に伝達するのではなく, 相手から伝達されることで孤独を感じ

なくなることが示された。

### 3.4.2 脳波指標を用いた集中度の評価

コミュニケーションレベルの違いによる学生の集中状態について脳波を用いた集中指標を用いて評価する。図3に結果を示した。一元配置分散分析の結果、コミュニケーションレベルの集中に対する影響は有意ではなかった( $F(5,54)=0.337, p>.05$ )。

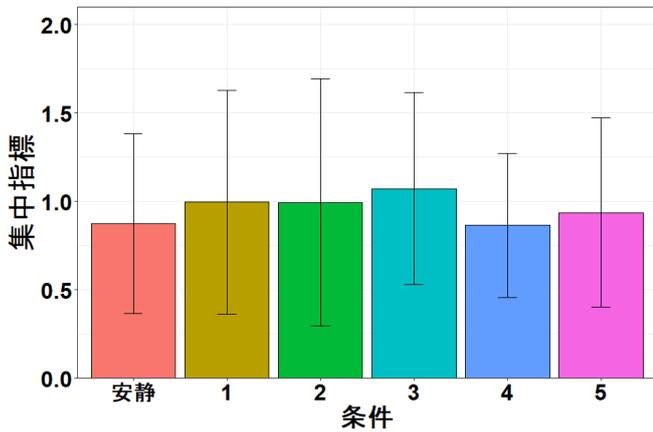


図3 各条件の集中指標の平均値

図3のように条件3と4の間に有意な差は見られなかったが、条件3すなわちコミュニケーションレベル2で最も高い値をとった。それに対して条件4すなわち、コミュニケーションレベル3の条件で最も低い集中指標の値をとった。コミュニケーションレベル2は、視覚情報は互いに伝達しあい、聴覚情報に関しては自身が一方的に伝達する形態を指す。コミュニケーションレベルの2と3の違いは聴覚情報に対して、伝達者であるか被伝達者であるかの違いである。コミュニケーションレベルの2と3はコミュニケーション形態としては近いが、集中状態に異なる影響を与える可能性が示唆された。

脳波を用いた集中状態の評価において全ての学生の集中指標の値は条件間で有意な差は認められなかった。しかし、個人ごとの各条件の集中指標の値を図Xのようにグラフにすると、各条件や、各実験協力者の値にばらつきがみられた。個人ごとにコミュニケーションレベルの違いによる集中を評価すると、変化がみられた。

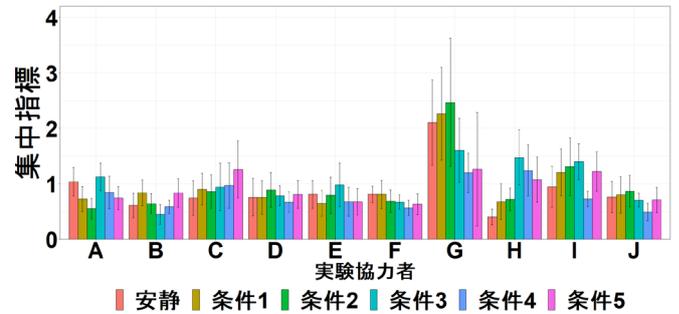


図4 実験協力者ごとの各条件の集中指標の平均値

### 3.4.3 心拍変動指標を用いたリラックス度の評価

次に心拍変動を用いて、コミュニケーションレベルの違いによる学生のリラックス状態を評価する。図5に結果を示した。一元配置分散分析の結果コミュニケーションレベルの影響は有意ではなかった( $F(5,54)=0.5847, p>.05$ )。

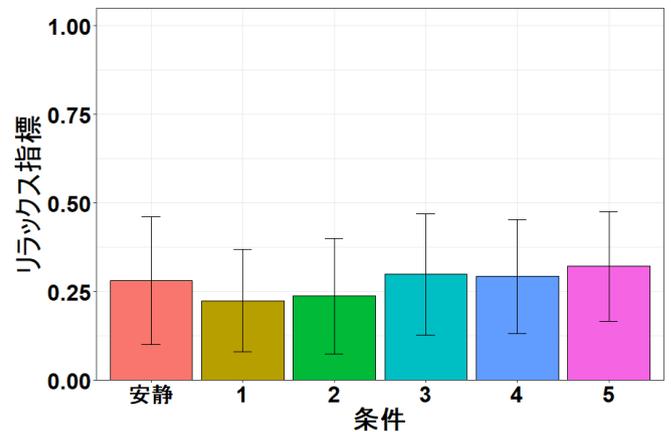


図5 各条件のリラックス指標の平均値

図5のように、条件1と5の間に有意な差は見られなかったが、リラックス指標の値は、条件5すなわちコミュニケーションレベル4で最も高い値をとった。それに対して、コミュニケーションレベル0にあたる条件1でリラックス指標の値が最も高くなった。このことからリラックス指標の値はコミュニケーションレベルに応じて高い値をとる可能性が示唆された。

心拍変動を用いたリラックス評価に関しても、脳波指標と同様に個人ごとの各条件の値を図6のようにグラフにすると、各条件や、各実験協力者のリラックス指標の値にばらつきがみられた。

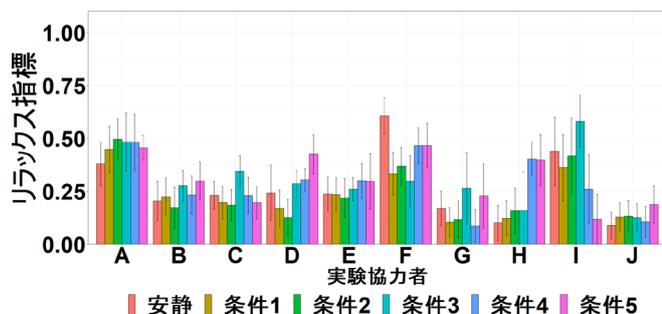


図 6 実権協力者ごとの各条件のリラックス指標の平均値

#### 4. まとめ

本研究ではオンライン授業コミュニケーション形態の違いが、学生の精神状態をどのように変化させるか客観的に比較評価をするために、コミュニケーションレベルを設定し、生体情報を用いた客観的指標を用いて複数のコミュニケーションレベルにおける精神状態を比較した。アンケートを用いた主観的評価では、コミュニケーションレベルの違いが一体感の感じの変化に関与することが示された。また、聴覚情報の伝達者であること、被伝達者であることの違いによって緊張、一体感の感じ方に変化が生じることが示された。また、聴覚情報の伝達において、一方的に伝達するのではなく被伝達者からの伝達が発生することで孤独感が低くなることも示された。客観的評価の結果として集中状態やリラックス状態に対するコミュニケーションレベルの違いの影響は有意ではなかったが、オンラインコミュニケーションツールを用いることによる集中やリラックス状態の変化については、多種多様であり個人ごとに異なる可能性が示唆された。今後は学生ごとに異なるという多様性に注目し、オンライン授業におけるコミュニケーション形態の違いについてより多くの評価をすることで、オンライン授業における孤独感による学習意欲の低下を防ぐコミュニケーション形態について評価していく必要がある。

#### 参考文献

(1) WHO Director-General's opening remarks at the media briefing on COVID-19 - 11 March 2020, [https://www.who.int/director-](https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19--11-march-2020)

[general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19--11-march-2020](https://www.who.int/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19--11-march-2020) (2021 年 11 月 30 日確認)

(2) 令和 3 年度前期の大学等における授業の実施方針等に関する調査の結果について (令和 3 年 7 月 2 日), [https://www.mext.go.jp/content/20210702-mxt\\_kouhou01-000004520\\_2.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20210702-mxt_kouhou01-000004520_2.pdf) (2021 年 11 月 30 日確認)

(3) 新型コロナウイルス感染症の影響による学生等の学生生活に関する調査 (令和 3 年 5 月 25 日), [https://www.mext.go.jp/content/20210525-mxt\\_kouhou01-000004520\\_1.pdf](https://www.mext.go.jp/content/20210525-mxt_kouhou01-000004520_1.pdf) (2021 年 11 月 30 日確認)

(4) J. Yu, C. Huang, X. Wang and Y. Tu.: "Exploring the Relationships Among Interaction, Emotional Engagement and Learning Persistence in Online Learning Environments," 2020 International Symposium on Educational Technology (ISET), pp. 293-297(2020)

(5) 松下幸司: "大学の遠隔講義におけるアクティブラーニング型授業の試み—グループ・コミュニケーション・ルームと情報共有ツールを併用して—", 香川大学教育実践総合研究, Vol.41, pp.89-98 (2020)

(6) T. Watanabe.: "Viewpoint of Class Subject and Classroom Space on Face-to-face Course and Online Course," 2021 15th International Conference on Ubiquitous Information Management and Communication (IMCOM), pp. 1-8(2021)

(7) 新村出編: "広辞苑 (第 7 版)", 岩波書店 (2018)

(8) Yuhei Ikeda, Ryota Horie, Midori Sugaya.: "Estimate Emotion with Biological Information for Robot Interaction", 21st International Conference on Knowledge-Based and Intelligent Information & Engineering Systems (KES-2017), Marseille, France, 6-8, Procedia Computer Science, Vol.112, pp.1589-1600(2017)

(9) 坂本佑太, 吉田幸二, 宮地功: "簡易脳波計による学習状態の思考比較分析", "マルチメディア, 分散, 協調とモバイル" (DICOMO) シンポジウム論文集, pp. 724 - 729(2012)

(10) 白岩玄気, 菅谷みどり: "ロボットの声かけによる学習意欲向上検証脳波解析による定量的評価", 信学技報, vol. 119, no. 446, CNR2019-45, pp. 1-6 (2020)

(11) MindWave mobile2, <https://www.neurosky.jp/mindwave-mobile2/>(2021 年

11月30日確認)

(12) PulseSensor ,

<https://www.switch-science.com/catalog/1135/>(2021年

11月30日確認)

(13) 米村俊一: “ヒューマンコンピューターインタラクション”,

コロナ社, p62-64 (2021)

(14) 増田 正: “特集③人間工学のための計測手法 第4部:

生体電気現象その他の計測と解析 (1)”, 人間工学, 51

巻, 6号, p. 400-405 (2015)

(15) Rajendra Acharya, U., Paul Joseph, K., Kannathal, N.

et al.: “Heart rate variability: a review”. Med Bio Eng

Comput 44, 1031–1051 (2006)

(16) 角田啓介, 千葉昭宏, 吉田和広, 渡部智樹, 水野理: “心

拍変動を用いた認知能力変化の予測”, “マルチメディア,

分散協調とモバイルシンポジウム 2016 論文集, 925-

933(2016)