

コミュニケーション脳科学

Communication Brain Science

榎原健生 Takeru Sakakibara

1. 背景

昨今、新型コロナウイルス感染症拡大による社会活動のオンライン化などの影響を受けて、オンラインでのコミュニケーションへの関心が高まっている。特に、学生生活においても、様々な場面で zoom などを用いた授業や会議が行われ、オンライン上で人と会話をする機会が増えてきている。しかし、このような社会の動きは以前からあったようなものではなく、つい最近のうちに起こった変化であり、オンラインであることによって発生する問題や障害を把握できていないというのが現状である。

そこで、本プロジェクトは、こういったオンライン上での人間同士のコミュニケーションにおける脳波を計測し、脳科学的な視点から考察することを目標として活動を行った。また、この目標を達成するため、オンライン上及び対面でのコミュニケーションにおける「理解度」というものを、脳波やテストによって測定し、それらを定量化、考察する、というテーマを掲げた。

2. 課題の設定と到達目標

私たちは、オンラインコミュニケーションにおける理解度の測定と考察という目標を達成するために、実験班、解析班の2つの班に分かれ、それぞれの課題を設定した。全体の課題としては、テーマの通り、対面でのコミュニケーションとオンラインでのコミュニケーションにおける差異を脳波などの情報をもとに見つけ出し、それについて考察するという課題を設定した。具体的には、コミュニケーションの中でも「大学での講義」というものに焦点を当て、オンラインと対面での違いを見つけるという課題であった。この課題の達成のため、2つの班ではこれに内包する形で課題を設定した。実験班では、オンライン及び対面での

違いを見つけるために必要なデータの調査、実験プランの考案と設計、実験の準備、実行、そしてそこで使用するテストの作成とテストの難易度調査、統計情報のまとめなどを課題として設定した。解析班では、実験によって得た情報を処理、解析し、可視化できる形を出力するプログラムの作成、またこのプログラムの出力結果から考察を行うというものを課題として設定した。

3. 課題解決のためのプロセスとその結果

ここまで説明した目標、課題を解決するために、2つの班それぞれで活動を行った。以下に、それぞれの班での活動を報告する。

3.1 実験班

3.1.1 概要

実験班では、対面及びオンライン上で行われる講義形式の談話で、会話中の聴衆の脳波特徴に差が現れるか、また理解度の指標として扱えるパラメータがあるかどうかを調べる実験を計画した。この実験では、発話者が決められた内容の文章を一方向的に話し続け、その内容に関する質問(筆記テスト)と聞き取り中の脳波データを照らし合わせて特徴を検出することを前提とし、話し合いを進める上で修正していった。脳波測定での電極の設置位置については、班員で話し合った結果、この実験では言語処理に関する分野の脳波に変化があるのではないかと見当をつけ、国際 10-20 法に従って、眼球運動の電位計測のため目の周辺 3ch と、脳波全体の傾向を調べるため Cz、言語処理に関わる分野の左右差を計測するため F3,F4,P3,P4(運動野と感覚野)の計 8ch に決定した。

3.1.2 実験準備

実験材料として、実際の講義を想定した読み上げ用の文章とテストを用意した。仮案として、読み上げ用

の文章は、内容の難しさの違う3分間程度の童話を2つずつ設定した。テストは、心理学の見地から、採点基準が明確で出題箇所も揃えやすい、再生問題と再認問題の2つのテストを採用した。再生問題とは、記述式問題のように、脳内記憶のみを判断材料に回答する問題で、再認問題とは、正誤選択や語群選択式問題のように、提示された情報と脳内記憶の適合度を判断材料に回答する問題である。実験では、用意された4種類の文章を対面とZoom上で2種類ずつ読み上げ、その内容を聞いてもらった後にテストに答えてもらうという方式をとることにした。

3.1.3 予備実験(前期)

文章の内容や展開によっても、テストの結果が左右されてしまう可能性があるため、文章構成の統一が必要だと考え、小説の抜粋とニュースをジャンルの候補とし、本実験で扱う文章のジャンルの選定を目的とした予備実験を実験班内で3度行った。この予備実験は、本実験を想定しつつ、脳波測定を必要としないものに規模を縮小、簡略化しオンライン上で行った。使用した題材と予備実験で得られた認知テストの結果を比較しながら、文章内容での公平性が保たれるものの選定と絞り込みを繰り返し、結果としてニュースを採用した。

3.1.4 本実験(前期)

本実験では、文章内容の難しさによる条件分岐をなくし、テストの出題内容でも、より採点基準が明確で出題箇所の揃えやすい再認テストだけを実施した。本実験の結果、脳波データに何らかの有意差が見られる可能性が示唆されたため、この実験を土台として再調整し、実験の再現性や信頼性を向上させることに重点を置くことにした。

3.1.5 予備実験(後期)

脳波計の設置作業や実験の進行に慣れるための、本実験と全く条件の同じ再現実験と、本実験で使用する認知テストの正答率の算出や、問題の改善案の検討のための予備実験の2つの実験を計画・実行した。予備実験では、前回の予備実験と同様の形式でZoom上の完全オンラインで実施し、話者の顔が見えるかどうかの区別は付けずに、予め録音した読み上げ音声をし

た後に、一斉にテストに回答してもらうものとした。

予備実験の終了後は、集まった16名分のテスト結果の整理を行った。結果として、今回用意したテストに大きな難易度の差はなく、得られた得点の分布も、凡そ正規分布に従うものであることがわかったので、特に問題に変更は加えなかった。平行して、データの統計処理の方法についても検討し、対面/オンライン条件がテスト得点に与える影響を数値化するために、得点の標準化に着目、被験者のそれぞれ10問の素点を実験調査で得た得点分布を元に標準化し、その10問の平均値を、解析班での多変量解析に使用するテスト結果の条件別代表値として採用することに決定した。

3.1.6 本実験(後期)

これまでの結果を踏まえ、実験の実施方法を改善した新しい本実験を計画・実行した。今回の実験では、筆記テスト中の身体の揺れなどによって脳波データ内に混ざるノイズを低減したり、回答の記入スピードなどの個人差が得点に与える影響を減らすため、認知テストの実施方法を、これまでの実験で採用していた筆記テストタイプのものから、問題が載ったスライドを見せながら口頭で回答を発言させる口頭試問タイプに変更した。実験の終了後は、思考中脳波抽出のためのタイムスタンプの作成と、予め作成したExcelテンプレートへの回答データの入力・統計処理を行い、得られたテストのまとめ値と脳波データを解析班へ提出し、解析班の脳波解析結果とテスト結果の有意差の相関を検討することで結論を得た。

3.2 解析班

解析班では、まずプログラム作成のための勉強と、デモプログラムの翻訳から行った。今回の活動では処理プログラムをPythonで作成した。しかし、デモプログラムや過去の活動で使用されたプログラムはMATLABによって作成されていたため、これを翻訳する必要があった。

今回構築したプログラムは、フィルタ、高速フーリエ変換(FFT)、ヒートマップ描画、統計処理グラフ描画、眼球運動の検出・低減、帯域ごとの分割グラフ描画、2変数重回帰分析を行うものであった(図1)。フ

フィルタは、IIR バンドパスフィルタと呼ばれるものを適用した。これは、入力した脳波データのうち、1~40Hz の周波数帯から外れた要素を除去するもので、極端に大きい、または小さいデータを除去する目的で制作した。高速フーリエ変換は、入力した脳波データを周波数帯ごとに分解し、周波数帯ごとのパワーを確認できるようにするもので、今後の処理や解析に必要不可欠である。(図 2)。ヒートマップは、周波数帯ごとのパワーを色で判別できるように可視化したグラフ(図 3)で、統計処理グラフは、標準偏差や分散などの情報をグラフに落とし込み、データのばらつきなどを検出できるようにしたもので、どちらもデータを可視化し、直感的にデータを確認できるようにする目的で制作した。眼球運動の低減は、脳波データに交じりこんだ眼球運動のデータを除去する目的で行った。今回は、眼球電位の導出、シグナルの検出、眼球運動データの低減の三段階に分けて行った。眼球電位の導出は目の左右での電位データと上下での電位データそれぞれでの差を計算することで導出した。シグナルの検出は、導出された眼電位の中でも 50mV 以上 1000mV 以下のものをシグナルとして検出し、低減すべき眼球運動データとして抜き出した(図 4)。そして、このデータを偏回帰係数として回帰分析を行い、眼球運動を低減した脳波データとして出力した(図 5)。帯域ごとのグラフ描画は、周波数帯ごとに分解した脳波データを θ 帯、 α 帯、 β 帯と呼ばれる脳波帯域にまとめ、それを描画したものである。このデータは、周波数帯ごとのデータよりも範囲が大きく、よりデータの特徴をとらえやすいため、考察する際に役立つほか、検定数を減らす目的もあり制作した。2 変数重回帰分析は、複数の独立変数を用いて 1 つの目的変数を予測するための解析の手法であり、今回は、オンラインか、オフラインかという条件を 1 つ目、テストのスコアの結果を 2 つ目の独立変数として偏回帰係数を求めた(図 6)。この際に、 t 検定を利用し、これらの 2 変数に関して t 値を出力した。その結果、最終的な考察をするために必要な t 値のグラフが得られた(図 7)。

3.3 全体考察

この 2 班の結果をもとに、全体で考察を行った。その

結果、左前頭部の θ 帯のテスト要因、正中中心部の θ 帯のオンライン/オフライン要因、左後頭部の β 帯のオンライン/オフライン要因、右後頭部の β 帯の両要因に有意な差が見られた。これにおいて、オンライン・オフライン要因の t 値はオンラインの脳波パワーが高いほど正の方向に大きくなり、テスト得点要因の t 値は、使用したテストの得点が高いほど正の方向に大きくなる。今回の場合は、どの β 帯の t 値も正の値をとっていたため、オンライン条件でのパワーが高かったといえる。さらに、後頭部に位置する P3,P4 の β 帯のパワーが上がっているのも確認できた。加えて、すべての被験者において、オンライン/オフラインの間でのテストの得点に有意差が見られなかった。これらの結果から今回の実験ではオンライン条件において、集中、または認知努力が必要な状態にあったと考察した。

4. 今後の課題

今回の結果では、「オンラインでの課題のほうが認知的負荷がかかり、認知努力が必要な状態であった」と結論付けた。これは、私たちが身の回りで体験するようなオンラインコミュニケーションでの体験を裏付けるような結果であるとする。この結果自体は一つのまとまった成果として達成できたと考えている。しかし、開始当初の目標の一案であった、この活動で得たパラメータや結果を応用して起こりうる問題を解決するシステムを制作するという部分に関しては着手できなかったため、今後はそういった部分に関しての研究活動に期待したい。

また、今回の実験では実験の被験者が不安定な状態であったり、実験プロセスの遂行がスムーズにいかなかった部分もあり、解析においても、解析プログラムの係数や変数の値や眼球運動低減のメソッドの考察が不十分であったと思われる部分があったので、これらの部分に関しては来年度以降の活動への参考となるようにアドバイス等を資料として残していきたいと思う。

参考文献

MathWorks: <https://jp.mathworks.com/>

Matplotlib: <https://matplotlib.org/>

Numpy: <https://numpy.org/>

Scipy: <https://docs.scipy.org/>

統計学自習ノート <http://aoki2.si.gunma-u.ac.jp/lecture/index.html>

脳波の手習いシリーズ <https://www.nyu.ac.jp/academic/department/psychology/brain-wave/>

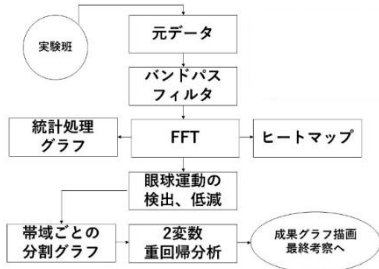


図1. プログラムフローチャート

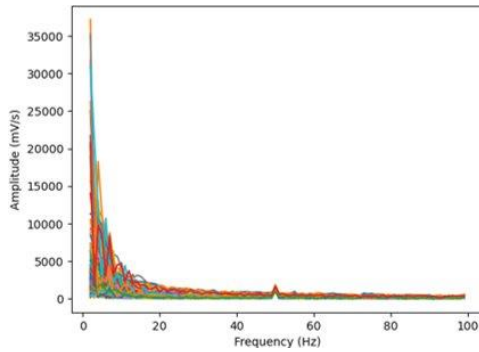


図2. 高速フーリエ変換(FFT)適用グラフの例

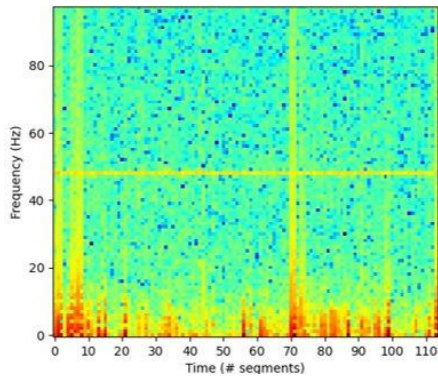


図3. ヒートマップの例

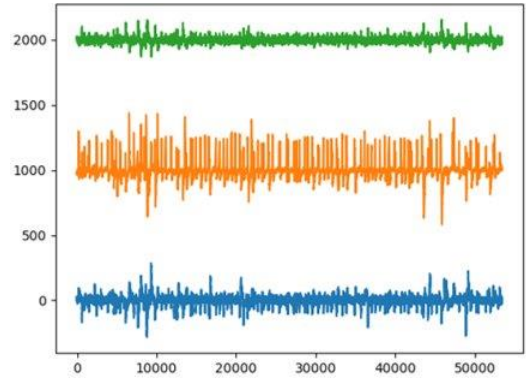


図4. 検出した眼球運動のグラフの例

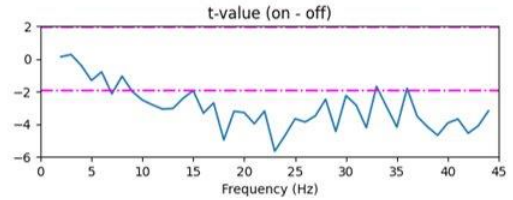
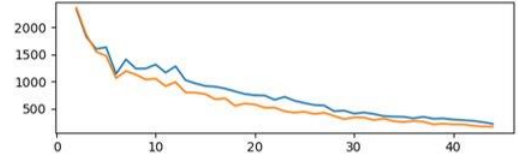


図5. 眼球運動を低減したグラフの例

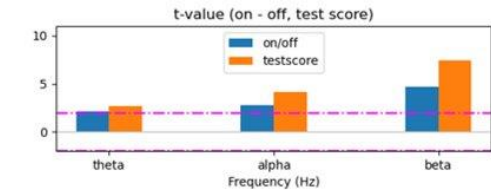
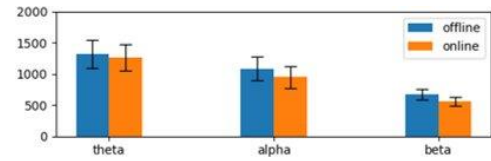


図6. 重回帰分析適用グラフ

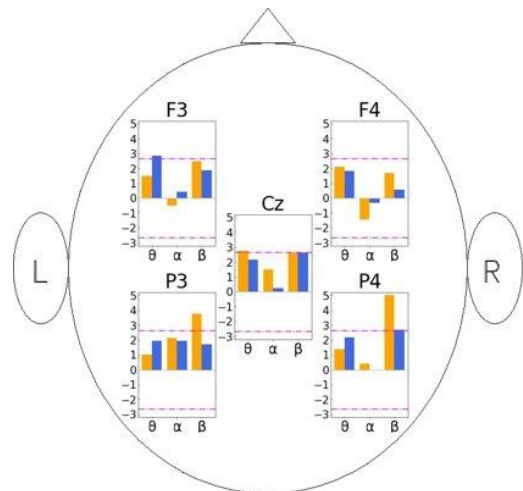


図7. 頭部脳波パワーt値分布グラフ