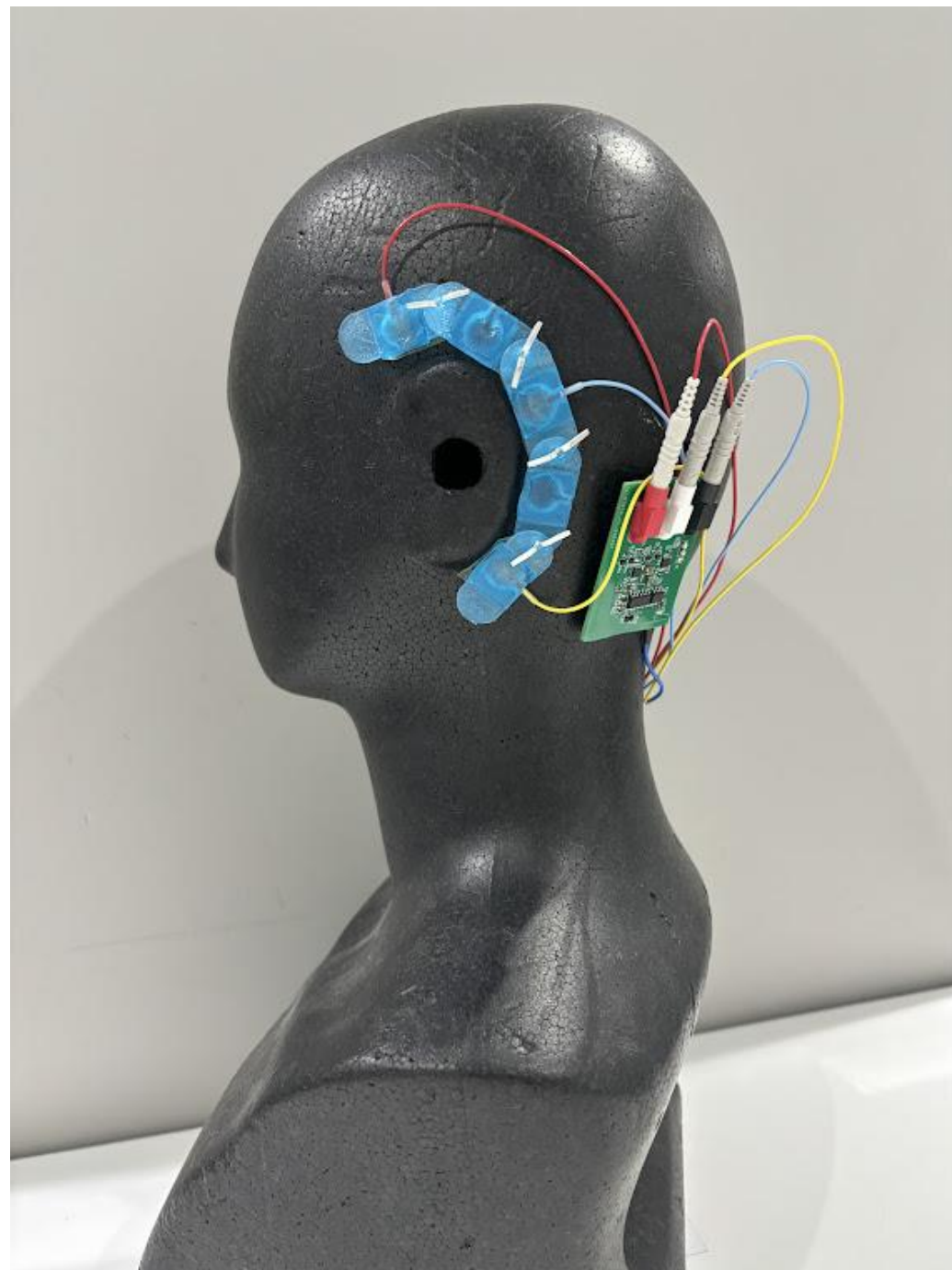


# 耳脳波を 日常計測できる電極

工学院大学 情報学部  
情報デザイン学科  
教授 田中 久弥

2024年7月11日



# ブレインテック市場とは何か

- ・ 脳と技術を組み合わせた分野
- ・ 医療やヘルスケアに応用(認知症, てんかんなど)
- ・ 自動車などの非医療分野にも応用(眠気など)
- ・ 市場規模は25兆円程度と予測(日本総研2022)
- ・ 日常環境に近い状態での脳情報計測が課題

# 市場にはどんな脳計測機器があるか

- 頭部装着や耳穴装着のものがある
- 日常環境で使いづらい
- 精度が低い場合があり医学的知見が応用しにくい



(出所) VIE STYLE HP  
(<https://www.viestyle.co.jp/hardware>)



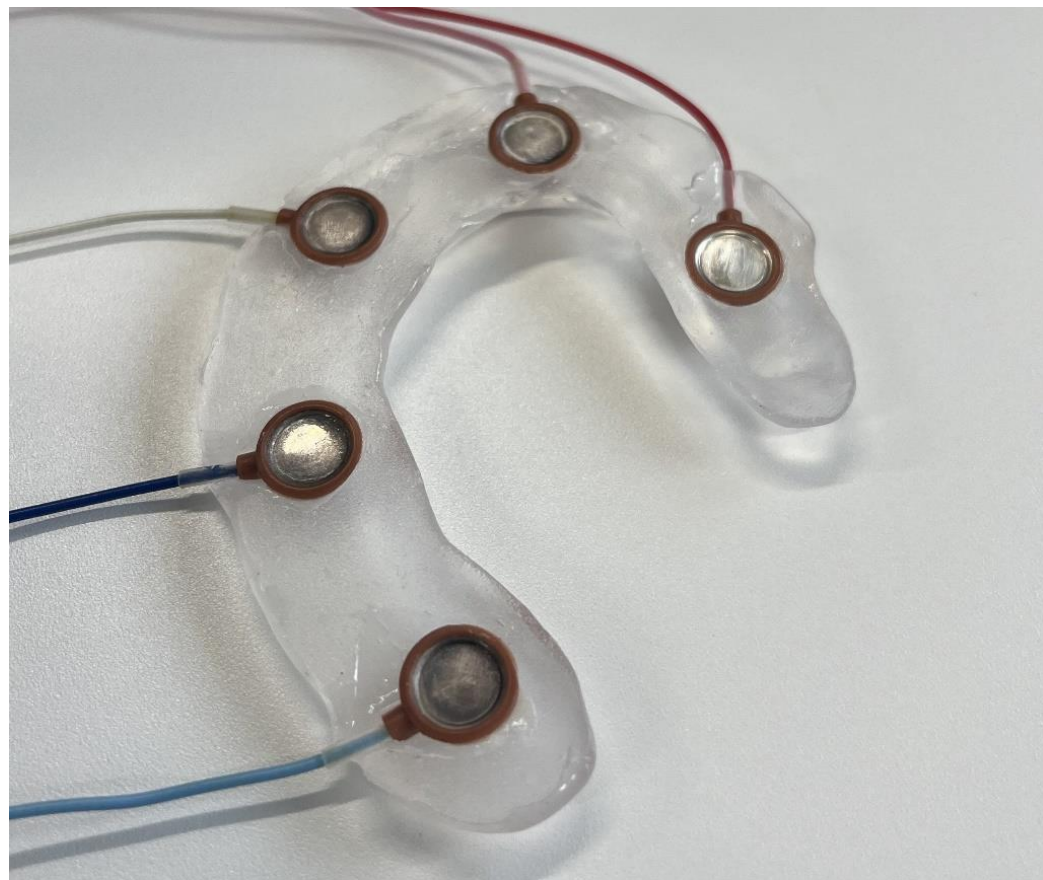
(出所) ハコスコ HP  
(<https://hacosco.com/2021/07/focuscalm/>)



(出所) NeU HP  
(<https://neu-brains.co.jp/solution/nirs/>)

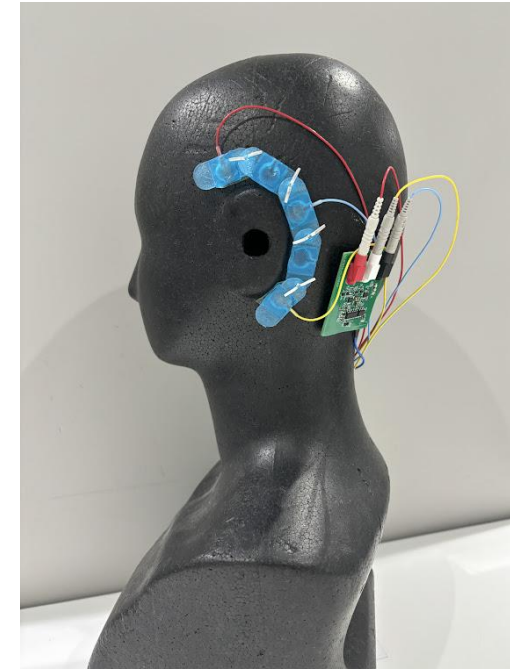
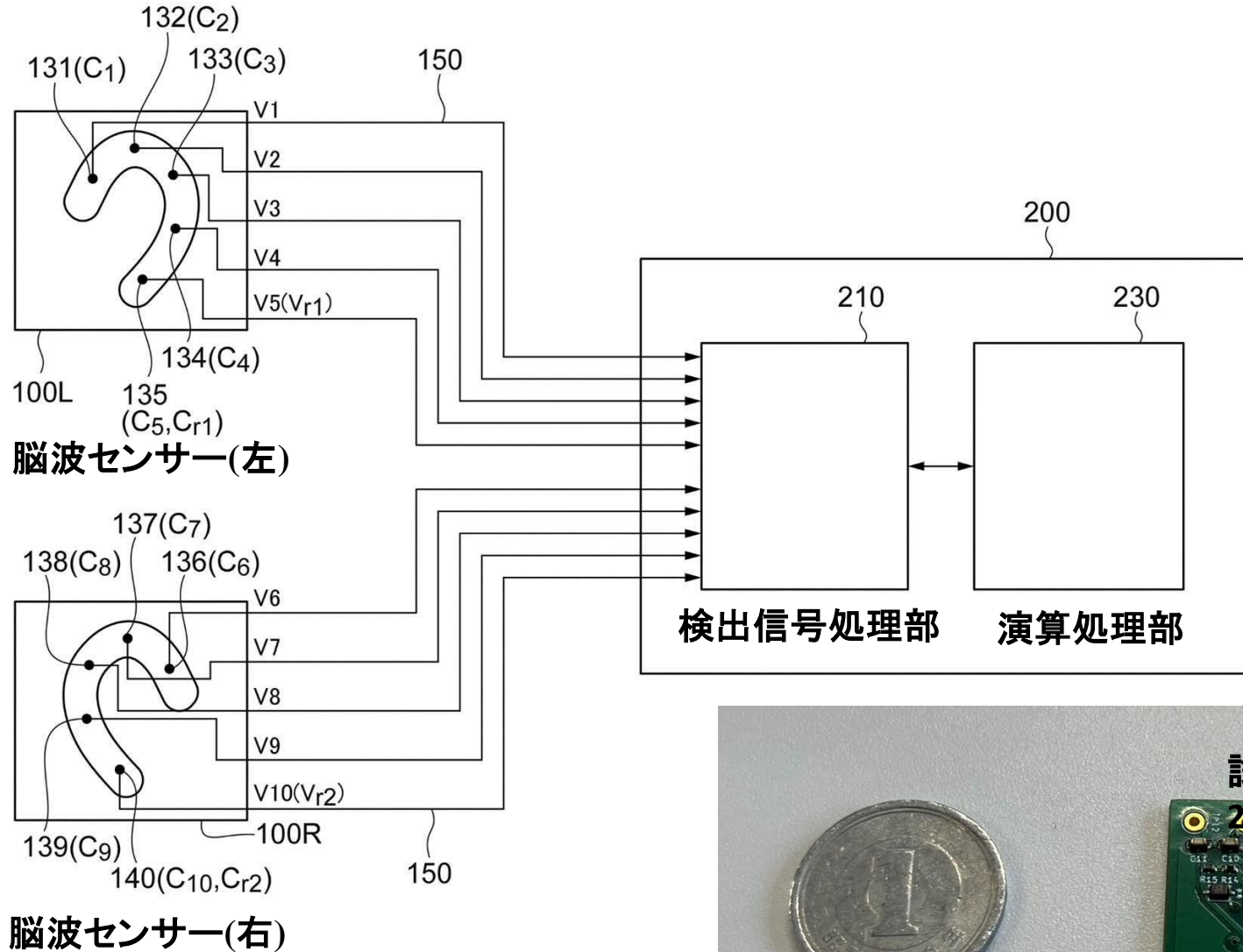
# 耳の裏側で測れる脳波センサ

- 耳裏に貼るだけ
- ひとりで貼れる
- 耳裏なら目立たない
- 髪が邪魔にならない
- 日常生活に支障ない

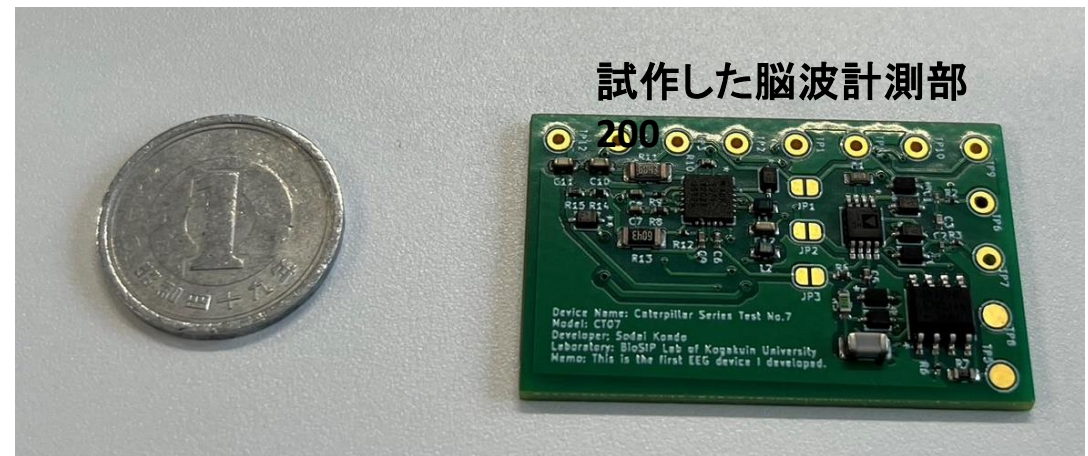


特許出願中 2023-135002

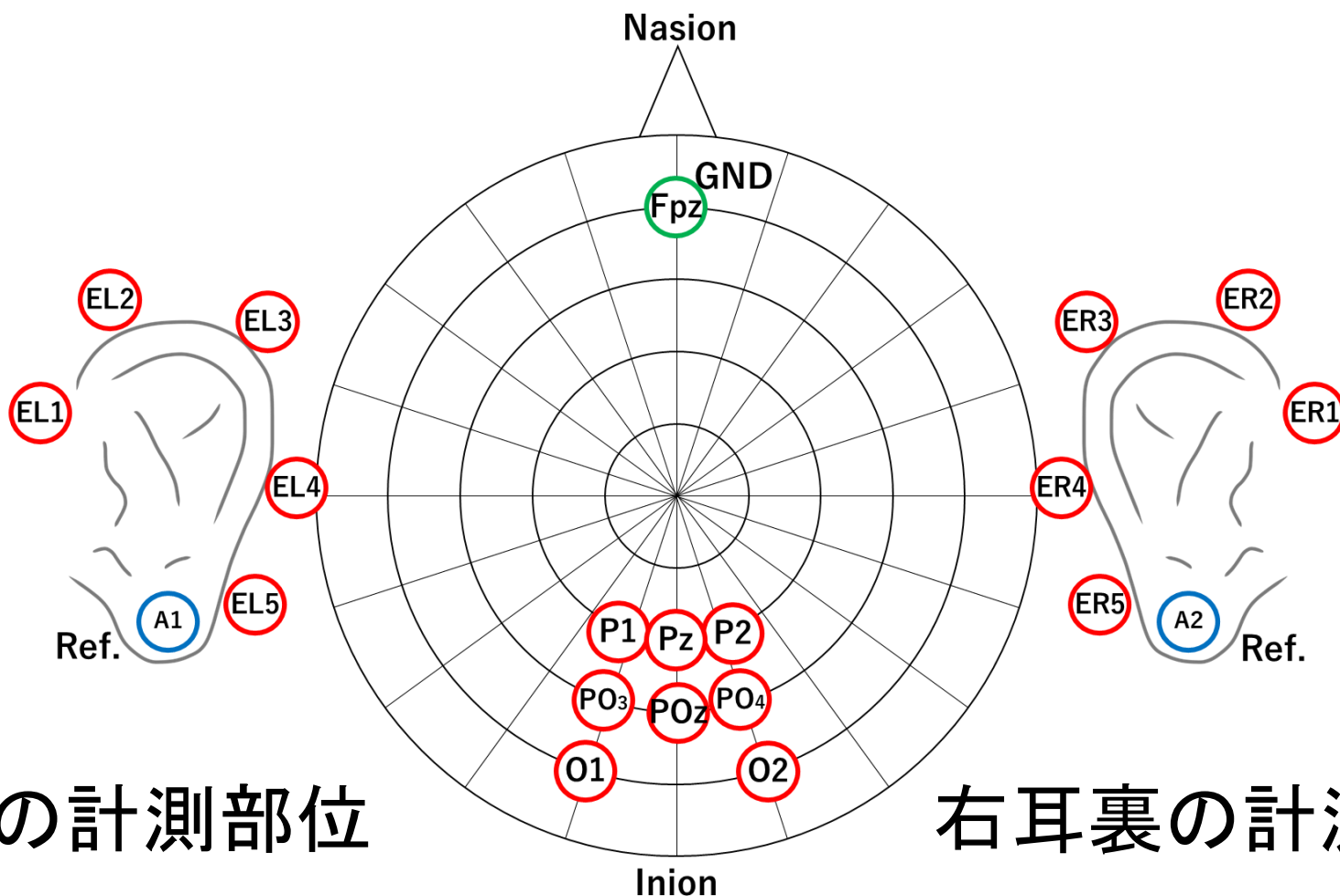
# 脳波センサーと脳波計測部の接続方法



脳波計測部の接続例



# 頭部脳波計測と耳裏脳波計測の違い



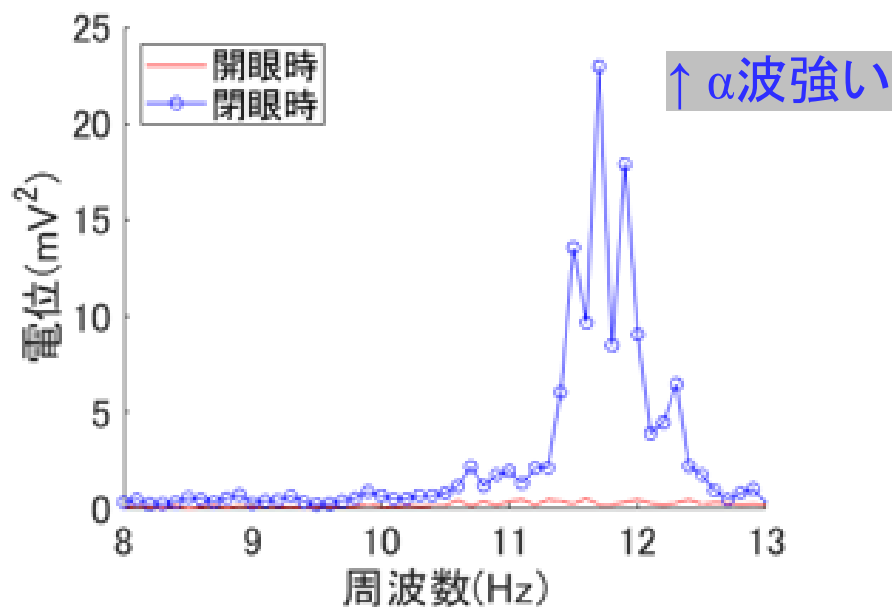
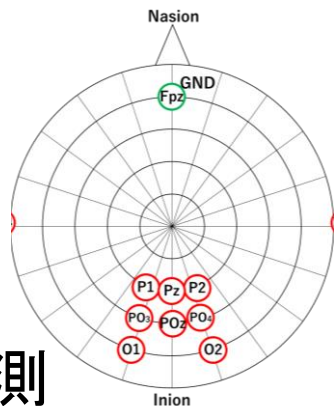
左耳裏の計測部位

右耳裏の計測部位

一般的な頭部の計測部位

# 医療用脳波計でα波の特性を検証

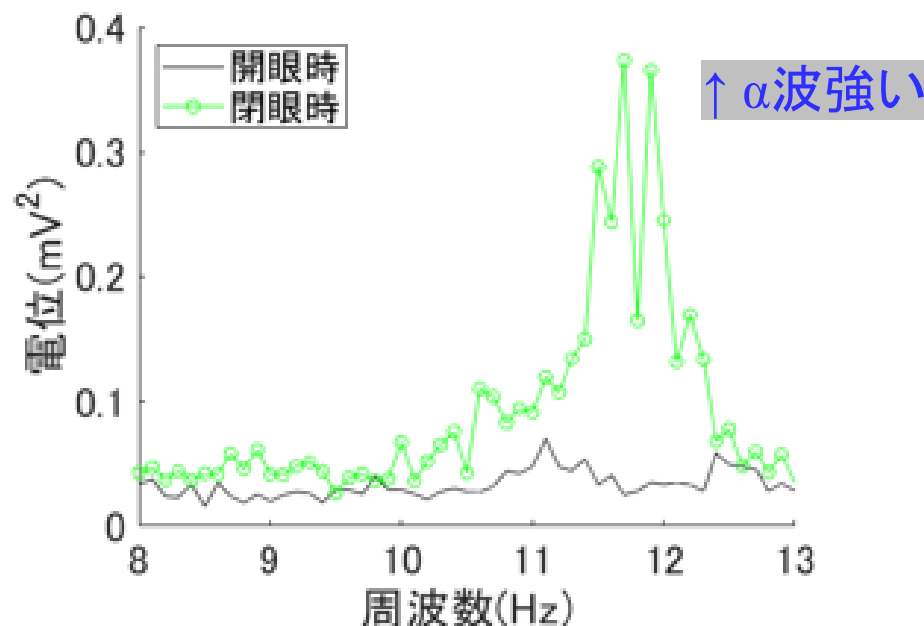
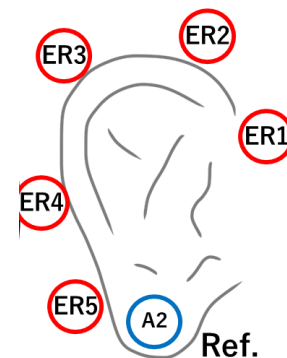
一般的な  
頭部のα波計測



後頭部EEGのα波成分(被験者S.9)

特性は同程度

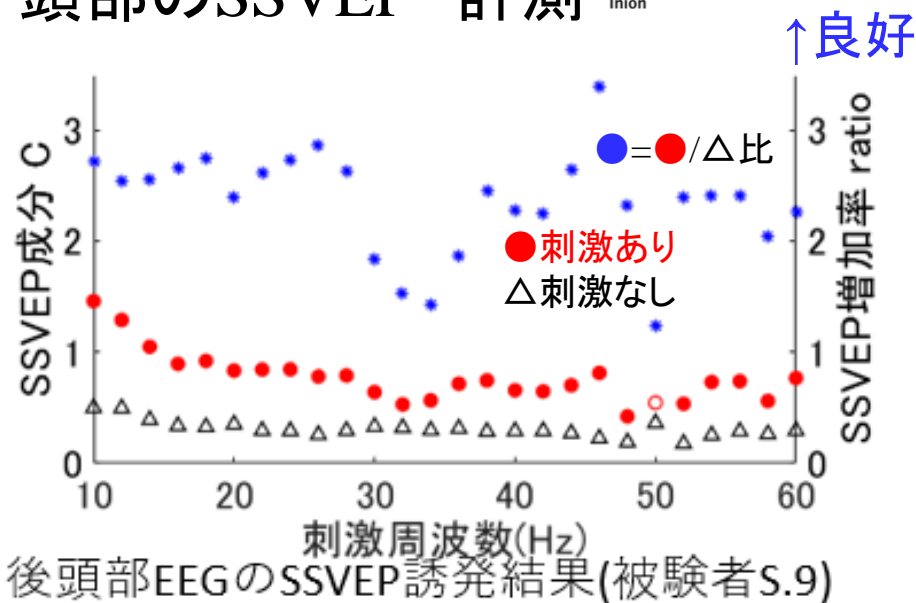
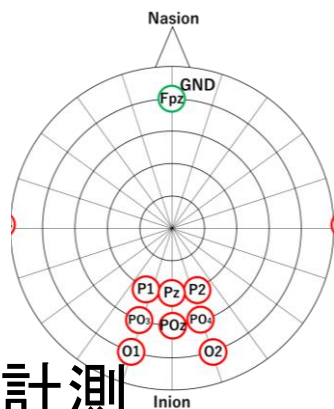
提案する  
耳裏のα波計測



ear EEGのα波成分(被験者S.9)

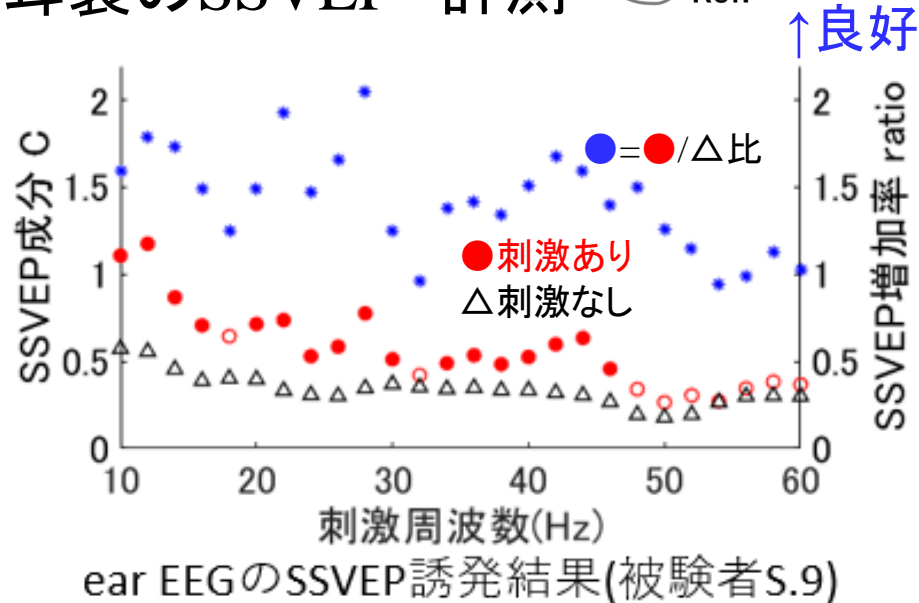
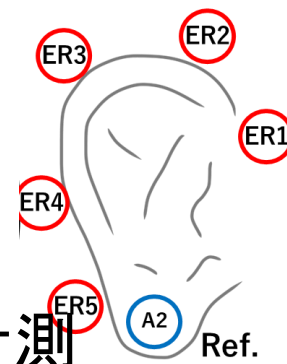
# 医療用脳波計で複数の周波数特性を検証

一般的な  
頭部のSSVEP※計測



特性は同程度

提案する  
耳裏のSSVEP※計測



※SSVEP: 光点滅刺激に対する脳の反応。刺激周波数と同じ応答周波数が観察される



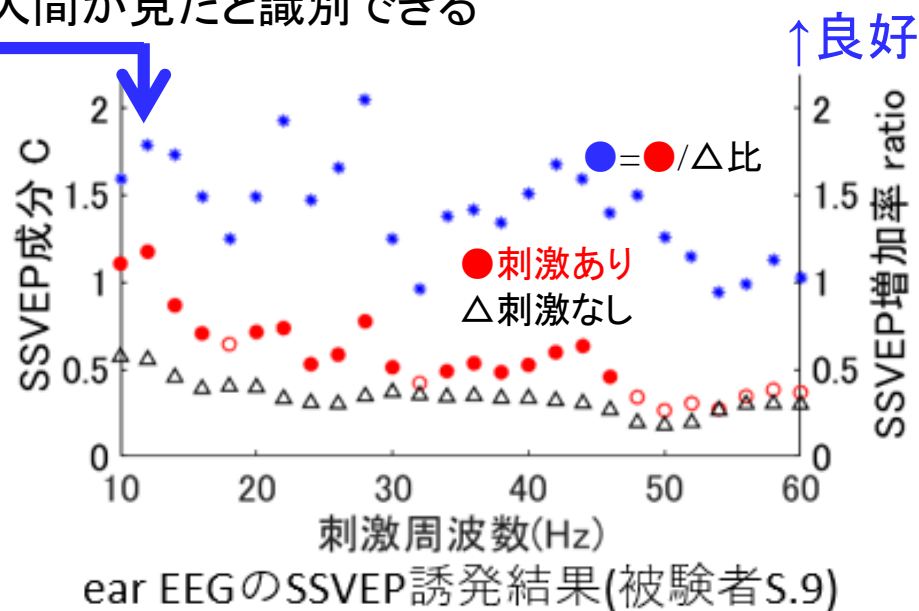
# 複数の周波数で脳とコンピュータが繋がる



例えば人間が11.0Hzの点滅を注視すると



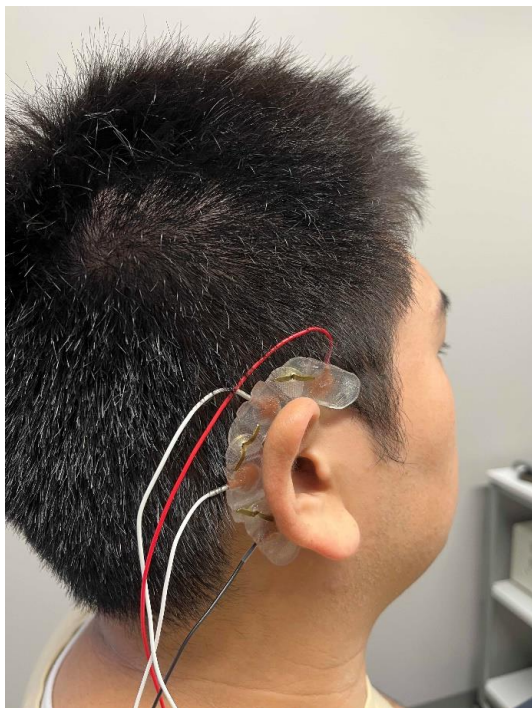
コンピュータは11.0Hzの点滅を人間が見たと識別できる



11.0Hz, 11.1Hz, 11.2Hz・・・, 15.9Hzと  
50個の点滅への注視を脳波から識別できる

※SSVEP: 光点滅刺激に対する脳の反応。刺激周波数と同じ応答周波数が観察される

# 耳裏脳波+SSVEP=福祉機器



耳裏の脳波計測

ケーブル・送信機も組み込み可能



50通りの点滅刺激装置

見ている点滅はどれか脳波周波数から分かるので意思が確認できる

失語症, ALS, 認知症などの対話支援に役立つ

※SSVEP: 光点滅刺激に対する脳の反応。刺激周波数と応答脳波の周波数が同じ

# 資料1: ヒューマンインタフェース学会シンポジウム2023発表ポスター 新技術説明会のスライドの学術的な説明が書かれています

## 耳の裏側に取り付ける脳波センサー

田中久弥<sup>[1]</sup>, 近藤蒼大<sup>[2]</sup> (hisaya@cc.kogakuin.ac.jp, em22012@ns.kogakuin.ac.jp)

<sup>[1]</sup>工学院大学情報学部情報デザイン学科, <sup>[2]</sup>工学院大学大学院工学研究科情報学専攻, 東京都八王子市中野町2665-1



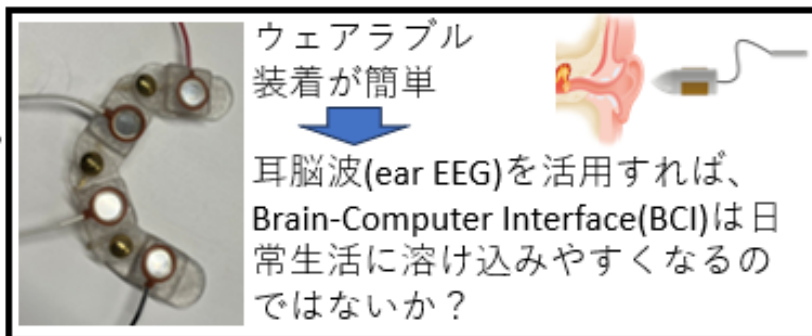
**目的:** 本研究の目的は、我々が開発したear EEG計測電極がSSVEP成分とα波成分を検出可能なのか、後頭部から得られるEEGと比較してどのような特徴を持つのか評価することである。本研究は将来的にear EEGを使用したSSVEP-BCIを実装するための基礎となる。

### SSVEPとは?

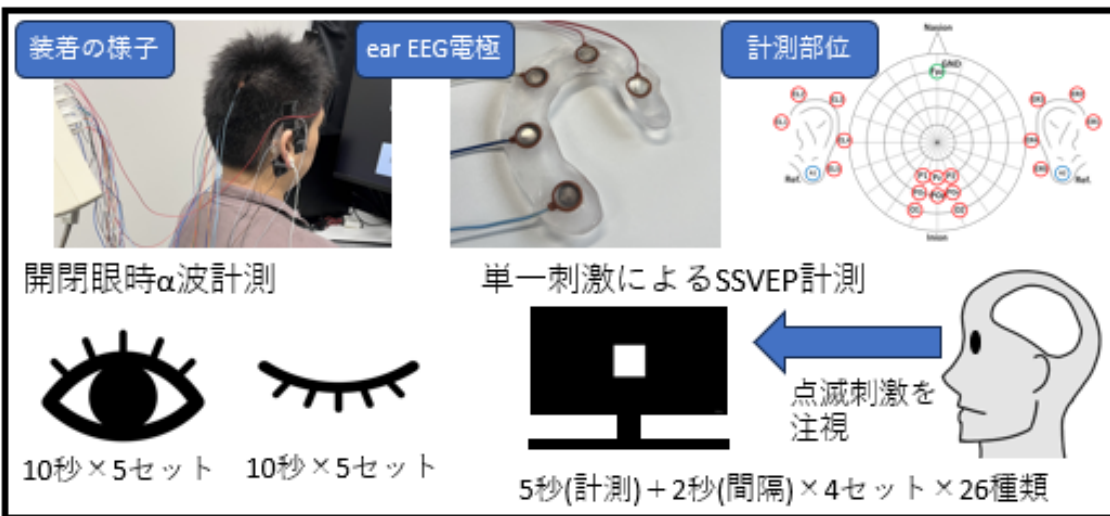
Steady-state visual evoked potentialの略。特定の周波数で点滅する刺激を注視した時に後頭部第一次視覚野を中心に増大する反応

### α波とは?

自発脳波(人間が常に発する脳波)のうち、8-13Hzの周波数帯域のこと。安静時・閉眼時、後頭部にて優位に発現する



ウェアラブル装着が簡単  
↓  
耳脳波(ear EEG)を活用すれば、Brain-Computer Interface(BCI)は日常生活に溶け込みやすくなるのではないかな?



**装着の様子** ear EEG電極 計測部位

開閉眼時α波計測  
10秒×5セット 10秒×5セット

単一刺激によるSSVEP計測  
5秒(計測)+2秒(間隔)×4セット×26種類  
点滅刺激を注視

### 計測・解析:

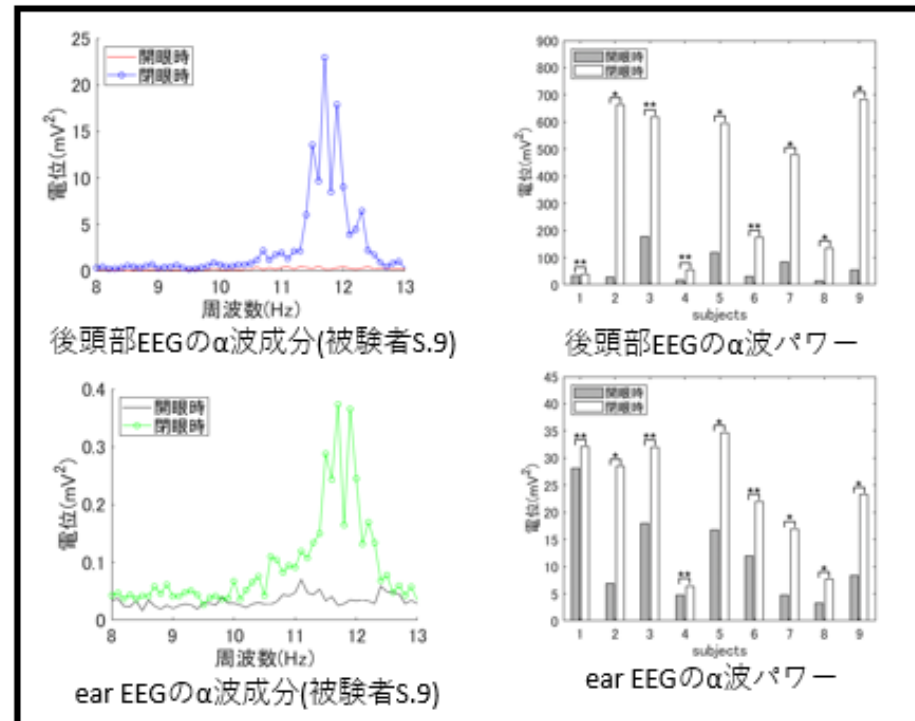
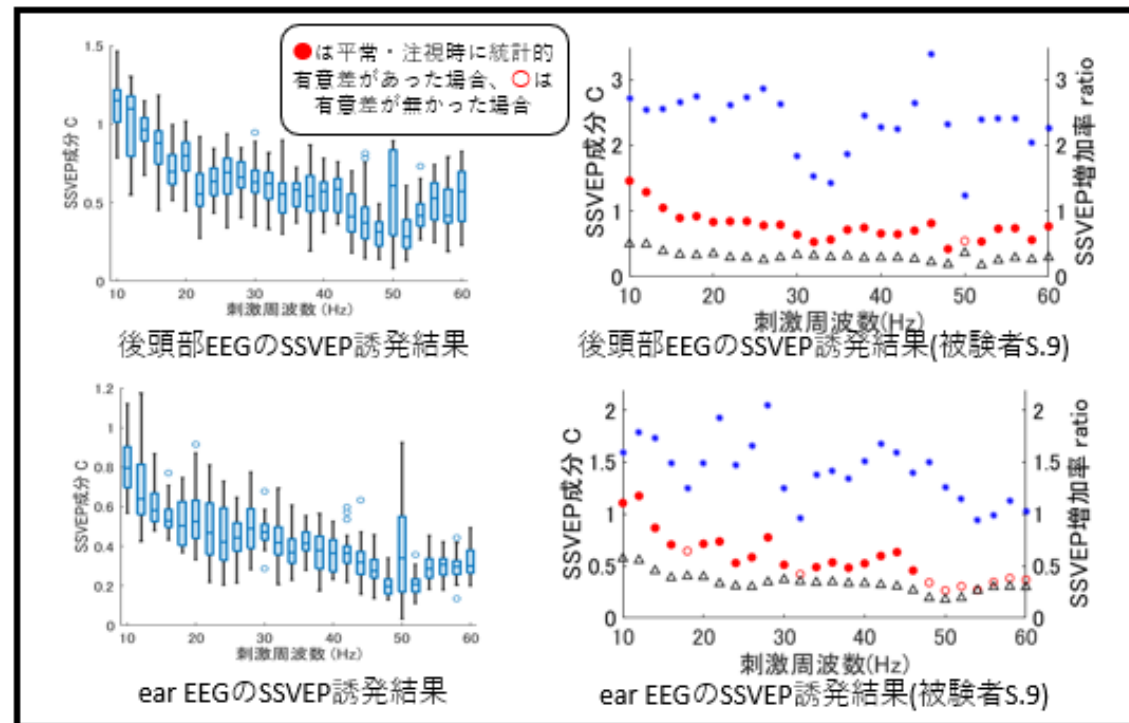
#### ①開閉眼時α波計測、②単一刺激によるSSVEP計測

α波は開眼時に比べ閉眼時に優位になるため、開閉眼時の後頭部EEGとear EEGを計測して評価した。高速フーリエ変換(fast fourier transform: FFT)によって脳波データを周波数成分に変換したのち、8-13Hzの総パワー値をα波パワーとした。SSVEPは一般的に1-75Hz区間で観測され、15Hz付近で成分量がピークとなる。ピークを過ぎるとSSVEP成分は減少し、40Hz以上の高周波区間ではSN比などの個人差が大きくなっていく。本研究では10-60Hz区間を2Hz刻みにした刺激周波数でSSVEPを計測し、後頭部EEGとear EEGの違いなどについて考察した。解析アルゴリズムは主に正準相関分析(canonical correlation analysis: CCA)を使用した。

## 結果・考察：①開閉眼時 $\alpha$ 波計測

$\alpha$ 波計測を通して、ear EEGは後頭部EEGよりも小さかった。そもそもear EEGは後頭部などの従来部位付近から伝播してきたEEGを信号として捉えたものであるため、ある程度減衰していることが分かる。絶対的な成分量はear EEGよりも後頭部EEGの方が大きかったが、開眼時・閉眼時の $\alpha$ 波成分の違いを明確に確認することができた(右図)。

開眼時・閉眼時 $\alpha$ 波パワーの間に統計的有意差が確認できたのは被験者9名中5名だったが、被験者全員で試行全体における開眼時 $\alpha$ 波パワーよりも閉眼時 $\alpha$ 波パワーの方が大きい結果となった。これらの結果から、本研究で提案したear EEG計測電極は $\alpha$ 波成分を明確に検出可能な性能を有していると言える。



## 結果・考察：②単一刺激によるSSVEP計測

ear EEGから得られたSSVEPは後頭部EEGから得られたSSVEPよりも小さかった。これも $\alpha$ 波と同様に想定内である。重要なのは刺激周波数が高くなるにつれSSVEPが減少するペースがear EEGの方が速かったことである。後頭部EEGでは60Hzまで有意な増大が見られた被験者がいたのに対して、ear EEGでは40Hz前後が限界だった。



Ear EEGベースのSSVEP-BCIでは、被験者ごとに使用可能な刺激周波数帯域を計測してから決定することが必要である

## 結論

本研究では $\alpha$ 波・SSVEP共に後頭部EEGよりear EEGの方が小さかった。ただしear EEGでも明瞭な $\alpha$ 波とSSVEPを検出することに成功し、外耳周辺に引っ掛けるタイプのear EEG計測電極を使ったSSVEP-BCI実装の目的が立った。今後は同タイプの電極を用いてSSVEP-BCIの開発と評価を行うと共に、ear EEG電極が持つウェアラブル性や快適性などを追及した脳波計やBCI開発を行っていく。

# 資料2: 新技術説明会の内容に関する公表論文と受賞

Neuroergonomics and Cognitive Engineering, Vol. 102, 2023, 1–10  
<https://doi.org/10.54941/xxxxxx> AHFE International



## Improvement of the Accuracy of SSVEP-BCI With In-Ear EEG Using Multiple Regression Analysis

Sodai Kondo and Hisaya Tanaka

Informatics Major, Kogakuin University Graduate School, Hachioji, TYO 192-0015 Japan

### ABSTRACT

Wearable electroencephalogram (EEG) devices using in-ear EEG are expected to make brain-computer interface (BCI) easier. Previous studies using in-ear EEG to realize steady state visual evoked potential (SSVEP) showed that the number of inputs is limited. In this study, we evaluated the accuracy of SSVEP-BCI with in-ear EEG for alphabetic character input using multiple regression analysis (MRA). The results showed that MRA and CCA and MRA have accurate results. Therefore, further efforts should be made to improve the accuracy of the SSVEP component.



Best Student Paper Award

## SSVEP-BCI を想定した ear EEG 計測電極の評価

近藤 蒼大\*1 田中 久弥\*1

### Ear EEG Electrode Evaluation for SSVEP-BCI

Sodai Kondo\*1 and Hisaya Tanaka\*1

**Abstract** - Brain-computer interface (BCI) using steady-state visual evoked potential (SSVEP) is BCI used for character input. Recently, SSVEP-BCI using ear EEG obtained. The ear EEG electroencephalograph is easy to wear and suitable for long-term use. In this study, we evaluated the ear EEG and the occipital EEG. In addition, the eyes were opened and closed. Both SSVEP and alpha waves were observed in the ear EEG. The power of the ear EEG SSVEP components with and without gazing at the target (0.05) mainly at low frequencies. A significant difference in the power of the ear EEG alpha wave was observed when the eyes were opened and closed. The power of the ear EEG alpha wave over the entire task was greater for all subjects when the eyes were closed than when the eyes were open. These results suggest that ear EEG SSVEP-BCI manipulation task is possible.

**Keywords:** steady-state visual evoked potential, brain-computer interface

### 1. はじめに

脳波を用いたヘルスケアや生活支援技術の研究を社会実装するためには、脳波計測の難易度を下げ日常的な計測を可能にする必要がある。従来の脳波計測は頭部の特定の部位に導電性ゲルを用いた電極を貼付して計測が行われていた。本研究では、耳に貼付した電極を用いて脳波計測を行い、その精度を評価する。具体的には、耳に貼付した電極を用いて脳波計測を行い、その精度を評価する。具体的には、耳に貼付した電極を用いて脳波計測を行い、その精度を評価する。



優秀プレゼンテーション賞

て表  
面  
は  
る

# 実用化に向けた課題

- 現在、周波数応答の解析法であるC C A法またはT R C A法との組み合わせの有効性は確認済み。例えば $\alpha$ 波や特定の周波数の応答は検出できる。しかし、計測できる応答は医療用脳波計に比べると限られる。
- 実用化に向けて、この脳波センサーの性能範囲と脳ヘルスケアの需要のマッチングを行う必要がある。

# 企業への期待

- 未解決の脳波計測の性能限界については、脳波計測部の信号処理技術の向上により克服できると考えている。
- 生体アンプの開発技術を持つ、企業との共同研究を希望。
- また、脳ヘルスケアのサービス事業展開を考えている企業には、本技術の導入が有効と思われる。

# 企業への貢献、PRポイント

- 本技術はセンサー形状の変更が可能なため、デザインやサービス需要に応じて変形・組み込み化することでより企業に貢献できると考えている。
- 本技術の導入にあたり必要な追加実験を行うことで科学的な裏付けを行うことが可能。
- 本格導入にあたっての技術指導等



# 本技術に関する知的財産権

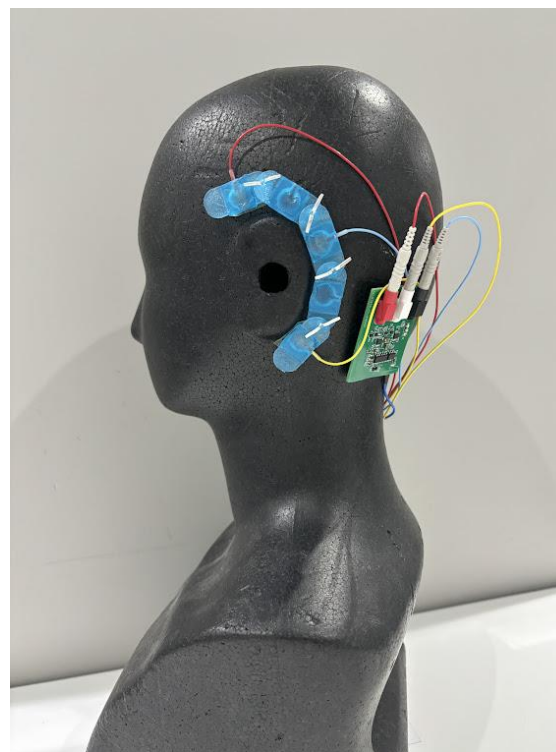
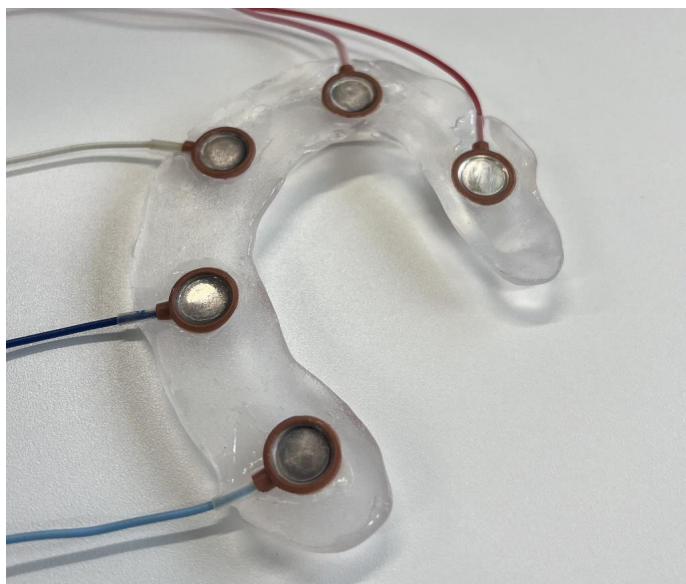
- 発明の名称 : 脳波計測装置
- 出願番号 : 特願2023-135002
- 出願人 : 工学院大学
- 発明者 : 田中久弥、近藤蒼大

## 産学連携の経歴

- 2016年-2023年 東京医科大学と共同研究実施
- 2022年- 科学研究費助成事業基盤Cに採択
- 2023年- フォービス社と共同研究実施
- 2023年 マイソフト社に電極試作委託
- 2024年- JST特別研究員事業に採択(近藤蒼大)

# まとめ

- 耳の裏側で脳波計測できるセンサを開発した
- 装着が簡単、目立たず、耳穴をふさがらない
- 周波数特性は一般的な脳波計測と同程度である
- 福祉応用も可能である



特許出願中 2023-135002

# お問い合わせ先

工学院大学

総合企画部 研究推進課

TEL 03-3340-3440

e-mail [sangaku@sc.kogakuin.ac.jp](mailto:sangaku@sc.kogakuin.ac.jp)