

オノマトペによる発話イメージを用いた ブレインコンピュータインタフェース

2024-6-25 | 新技術説明会 | オンライン

渡 邊 恵 太

明治大学 総合数理学部 先端メディアサイエンス学科 准教授

背景

- ・ BCIとは
 - ・ Brain Computer Interface(脳(脳波) -コンピュータの接続)
- ・ センシング手軽化
 - ・ 軽量化、着脱性の向上、多様化(前頭葉のみ、イヤフォン型etc)
 - ・ 価格についても低価格化

研究室所有の
Emotiv社 EPOC X (14ch) \$999



BCIの種類

- SSVEP-BCI
 - 画面などに視覚刺激を提示しその後頭部の脳反応取得し利用
- P300-BCI
 - 特定の刺激や注意に対する反応として約300ミリ秒後に現れる特徴を利用する
- MT-BCI
 - MT＝メンタルタスク、いわゆる頭で何かをイメージする活動（心的イメージ）を利用する

MT-BCI

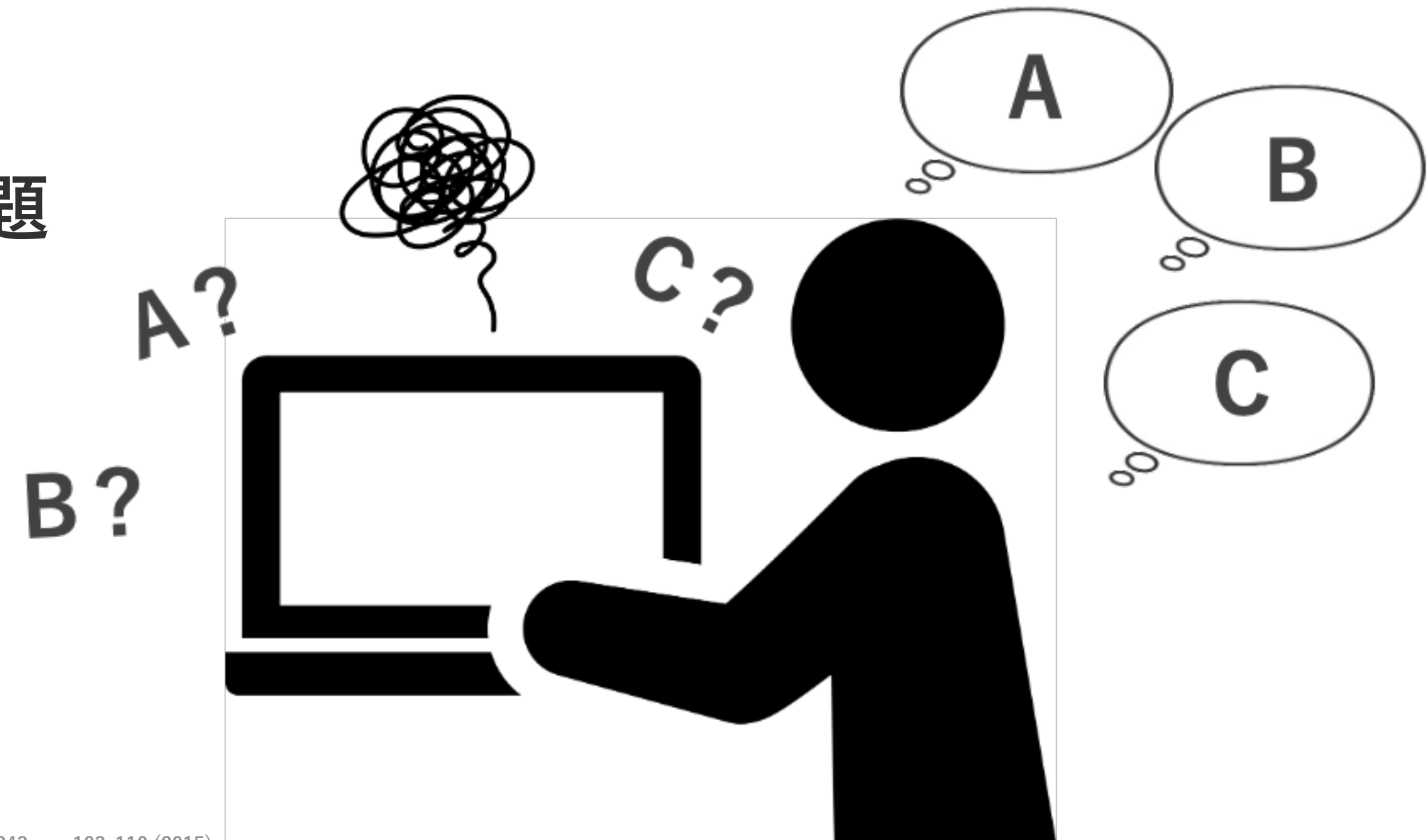
- ・ 脳波を利用して、心的イメージで外部機器を操作する [1][2]
- ・ 何かを思い浮かべる → 特定の脳波パターンが発生
 - ・ よく使われる方法として「運動イメージ」がある
 - ・ 例：自分の右手を上を上げることをイメージする → 特定の脳波
 - ・ このイメージとその特定の脳波を利用しロボットアームが上を上げる動作制御に利用する [1]
- ・ SSVEPやP300に比べてユーザーが能動に制御しやすい。

[1] Liu, Y., Su, W., Li, Z., Shi, G., Chu, X., Kang, Y., & Shang, W. (2018). Motor-imagery-based teleoperation of a dual-arm robot performing manipulation tasks. IEEE Transactions on Cognitive and Developmental Systems, 11(3), 414-424.

[2] Bonnet, L., Lotte, F., & Lécuyer, A. (2013). Two brains, one game: design and evaluation of a multiuser BCI video game based on motor imagery. IEEE Transactions on Computational Intelligence and AI in Games, 5(2), 185-198.

MT-BCIの課題

- ・ 研究室・実験以外での利用は十分な信頼性がない
- ・ ユーザーの10%～30%はMT-BCIを全く制御できないと推定されている^[3]
- ・ 実験室では統制されている環境も
日常利用となるとノイズや使い方に課題
- ・ トレーニングが必要かつ重要



トレーニングの重要性とそのための教示の重要性

- ・ 心的イメージを制御・操作することに慣れていない
- ・ MT-BCIの信頼性を高めるために機械学習アプローチが主流^[4]
- ・ 脳波制御はトレーニング過程で学習した分類器に依存する^[5]
- ・ ユーザは**特定の脳波パターンを安定して生成する能力**が必要
- ・ 手を上げるイメージ「運動イメージ」の教示、活用はその1つのテクニックだがそこそこ難しい。
- ・ **脳波パターン安定に貢献する心的イメージのための「教示のデザイン」**が必要

[4] Lotte et al. A review of classification algorithms for EEG-based braincomputer interfaces: a 10 year update, Journal of neural engineering, Vol. 15, No. 3, p. 031005 (2018).

[5] Vidaurre, C., Schlogl, A., Cabeza, R., Scherer, R. and Pfurtscheller, G.: A fully on-line adaptive BCI, IEEE Transactions on biomedical engineering, Vol. 53, No. 6, pp. 1214–1219 (2006).

脳波パターン安定に貢献する
心的イメージのための教示のデザインが必要



オノマトペの内言（発話イメージ）の利用

オノマトペ（擬態語、擬音語）

- ・ オノマトペとは？
 - ・ 音や動きを表現する言葉
 - ・ 擬音語（音の模倣）：ドキドキ、ワンワン、トコトコ、ピョンピョン
 - ・ 擬態語（動きや状態の模倣）：ニコニコ、キラキラ、クルクル
 - ・ 言語の音によって、物音や様子、心情などを象徴的に描写する [6]
 - ・ 音と意味の間に密接な結びつきがある（音象徴性）[7]
- ・ オノマトペの効果
 - ・ システムの入出力に利用することで、認知負荷の軽減を実現できる可能性 [8]
 - ・ オノマトペが特定の脳の部位の活性化を促すことが明らかになった [9]
 - ・ オノマトペの単語の図像性と関連性が脳波に影響を与えた [10]

[6] 石黒 圭: オノマトペとは (特集 おのまとペ), 國文學 : 解釈と教材の研究, Vol. 53, No. 14, pp. 24-32 (2008).

[7] Hinton, L., Nichols, J. and Ohala, J. J.: Sound symbolism, Cambridge University Press (2006).

[8] 小松孝徳, 秋山広美: ユーザの直感的表現を支援するオノマトペ表現システム, 電子情報通信学会論文誌 A, Vol. 92, No. 11, pp. 752-763 (2009).

[9] Kanero, J., Imai, M., Okuda, J., Okada, H. and Matsuda, T.: How Sound Symbolism Is Processed in the Brain: A Study on Japanese Mimetic Words, PLOS ONE, Vol. 9, No. 5, pp. 1-8 (2014).

[10] Vigliocco, G., Zhang, Y., Del Maschio, N., Todd, R. and Tuomainen, J.: Electrophysiological signatures of English onomatopoeia, Language and Cognition, Vol. 12, No. 1, pp. 15-35 (2020).

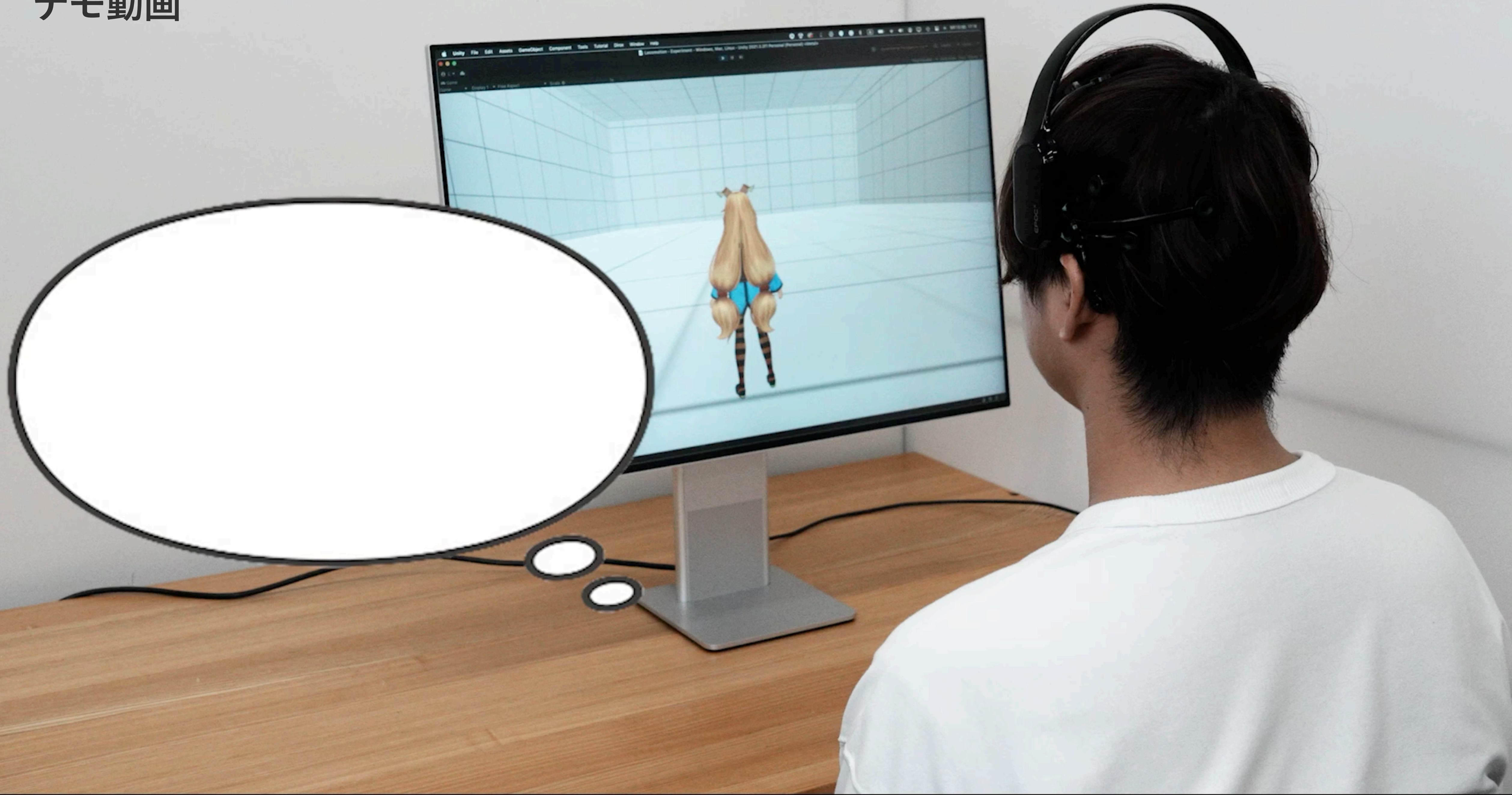
オノマトペの内言（発話イメージ） 教示による脳波パターンの安定な生成

- ・ 作動させたい視覚イメージを見ながら＋オノマトペを内言復唱
- ・ キューブの回転動画＋クルクルクルクル…

- ・ 脳波パターンの安定に寄与可能性
- ・ 機械学習で判別にも◎
- ・ ユーザ体験としても合理的

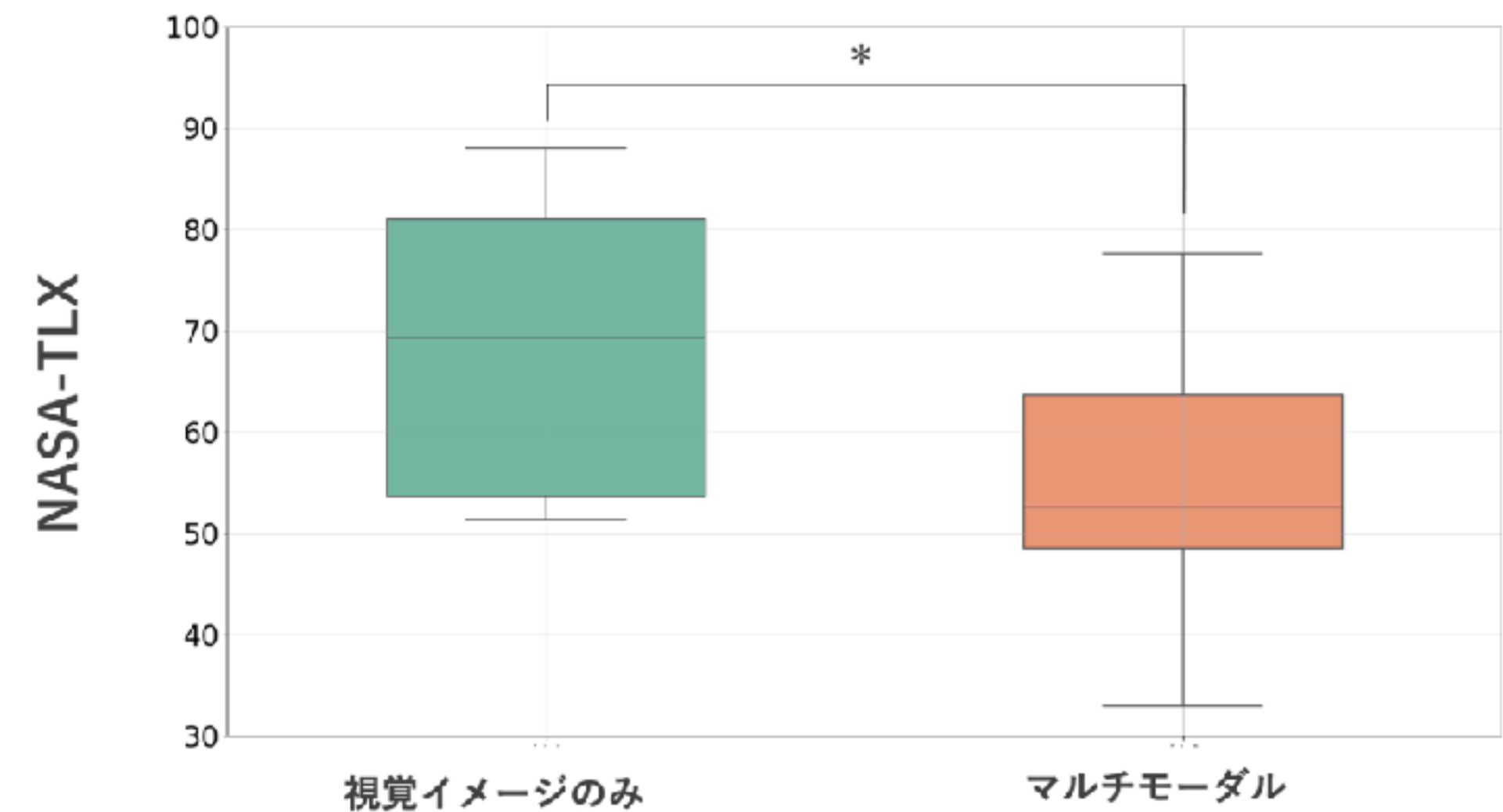
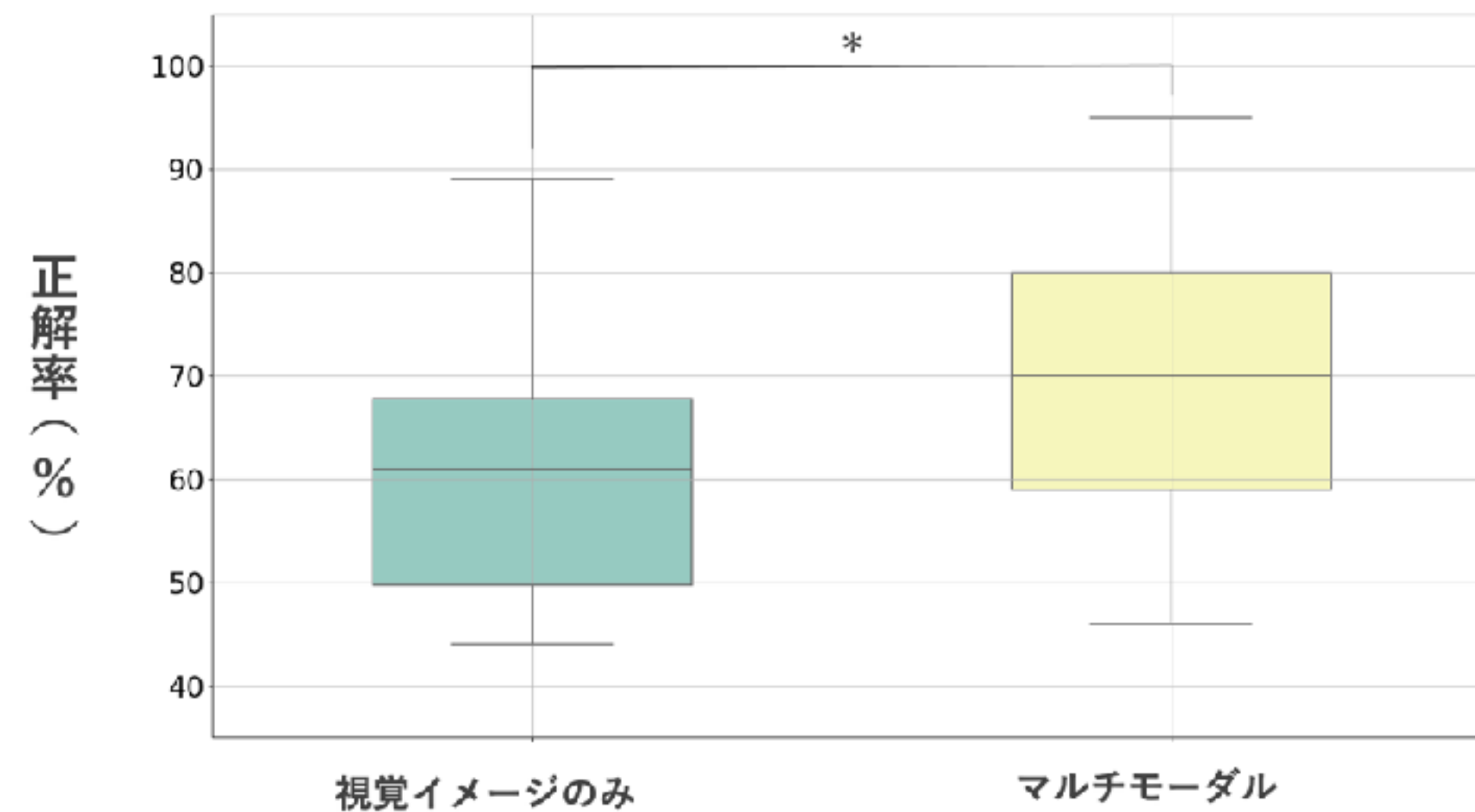


デモ動画



ニュートラルとローテーションのコマンド分類

- ・ 正答率
 - ・ オノマトペ組合せの方が正答率向上
- ・ 認知負荷（NASA-TLX）
 - ・ オノマト組合せが低負荷



オノマトペ発話イメージ+視覚イメージ 教示手法の可能性

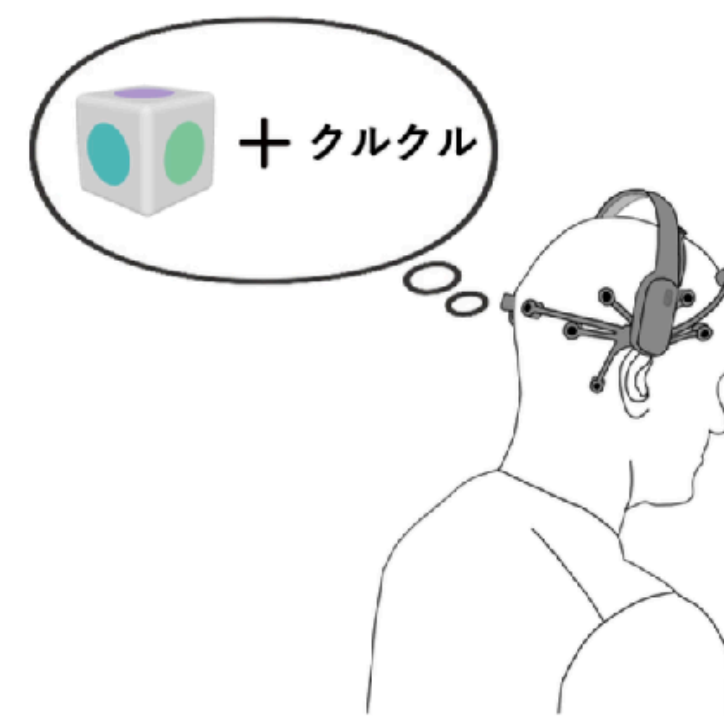
- ・ 現状BCI利用のほとんどはなんらかの事前トレーニングが必要
- ・ このトレーニングにおいて汎用的に使える可能性がある
- ・ 事前トレーニングのためには教示が必要でその「教示手法」としてオノマトペを使うことがポイント

次の動画を見ながらその動作に合うように

「クルクルクル…」

と頭の中で発声を繰り返してください
(5分)

教示



トレーニング



実践利用

ビデオゲームへの応用

- ・ 例「魔法使いになって敵と戦うゲーム」
- ・ 魔法習得と発動のインストラクション
- ・ 脳波の安定化→機械学習の学習データの取得完了→魔法を習得
- ・ 魔法の習得を修行ゲーム的にする

君は今から魔法使い見習いだ
炎の魔法
「メラメラ」
を伝授するぞ
早速トレーニングだ



この炎を見つめながら頭の中で復唱せよ
メラメラメラメラ...



5分

1回目のトレーニングは完了だ
マスターまであと4回特訓だ



デモ動画（魔法利用）



コンピュータ操作、ロボット操作、応用

- ・ 肢体不自由者に対するBCI利用のトレーニング
- ・ ロボットの操作
- ・ コンピュータの操作
- ・ VR、HMDとの融合、VR内のインタラクション

実用化と課題

- ・ 視覚イメージ＋オノマトペの組み合わせでも機械学習で脳波パターンの分類が難しいところがある
 - ・ 先行研究でも分類の性能は課題
 - ・ 慣れた利用者であれば4分類以上できるが、通常は3分類程度
 - ・ トレーニングだけで解決できるわけではない
- ・ 脳波パターンの違いの検出、判定方法の検討が必要
 - ・ 特定脳波パターンを安定して出す問題と脳波計測機器と機械学習の特性（性能）の問題
- ・ オノマトペと視覚イメージだけで細かい制御は難しい
 - ・ ある方向の回転はクルクルクルでよいが逆回転に適切なオノマトペがない
 - ・ コロコロコロ分けることはできても、体験が悪い

侵襲型と非侵襲型

- ・ 現状利用されている脳波計測機器は非侵襲型で、頭皮に電極を当てる
- ・ 侵襲型は頭皮内部の深部（脳に近いところ）へ針などでセンシングする
 - ・ ただし手術が必要
- ・ 侵襲型を利用すればよりデータの質が向上し分類性能が向上する可能性



考察

- ・ Q「オノマトペでなくでもいいのでは？」
- ・ A「やっている気分の問題がある」
- ・ 目の前の事象に関係のあるイメージが望ましい
- ・ BCI研究の視点からみると「メンタルタスク」だが、
インタラクショナルデザイン研究の視点からみると
「心的イメージのデザイン」という領域があるように捉えられフロンティア
- ・ そもそも人間の思考やイメージは曖昧
- ・ BCIのための心的イメージ文法、戦略、デザインみたいなものがある
- ・ 念じ方のデザイン（インストラクションとトレーニング）

まとめ

- ・ 心的イメージを利用したBCIにおけるトレーニングと実践のために効率的な方法としてオノマトペ発話イメージ（内言）が効果があるため、その教示が必要になる。その「オノマトペを利用する教示」が本技法部分。

次の動画を見ながらその動作に合うように
「クルクルクル…」
と頭の中で発声を繰り返してください
(5分)

教示



トレーニング



実践利用

コンピュータの歴史に例えると

- ・ 機械語、パンチカード時代から
キーボードで人間がわかる言語でコンピュータを制御できるようになった
- ・ さらに今日のようなGUIで誰でも利用可能になった
- ・ 我々は「人間中心のBCI」フェーズに入ったと捉え重要視している
- ・ 教示法、訓練法（念じ方のデザイン）が大事、新たな言語みたいなもの
- ・ BCIというよりブレインコンピュータインタラクションデザイン(BCIxD)

企業への期待

- ・ ゲームやエンタテインメントシステムへの応用は親和性が高い
- ・ 仕事や社会がDXする中で結果的にあらゆる場面での利用に広がる
- ・ まずはゲームやエンタテインメントに関する業態とともに新しいゲーム体験を作り出したい
- ・ 最終的にはリハビリや医療用途への拡大利用を目指すが最初からやるには精度の品質に課題がある（利用用途を限定すれば可能）

本技術に関する知的財産権

- ・ 発明の名称：
情報処理装置、情報処理システム、情報処理方法及びコンピュータプログラム
- ・ 出願番号：特願2024- 39438
- ・ 出願人：明治大学
- ・ 発明者：平野怜旺、渡邊恵太

問い合わせ先

- 明治大学
- 明治大学 研究推進部 生田研究知財事務室
- tlo-ikuta@mics.meiji.ac.jp
- https://www.meiji.ac.jp/tlo/collaboration_menu.html
- Tel 044-934-7640 | Fax 044-934-7917