

多様な触覚を生成する 触覚刺激パターン作成方法

京都大学 医学研究科 医学専攻
助教 山口 健治

2026年7月23日

従来技術とその問題点

- 従来の触覚提示技術
 - 振動触覚提示による柔らかい触感の生成が困難
 - 独自のシステムや大がかりな触覚提示デバイス
を必要とする技術が多い
 - 自然な触感の違いを評価する指標の不足

新技術の特徴・従来技術との比較

- 本触覚提示技術

- 振動触覚提示による柔らかい触感の生成が困難

- ⇒ 低周波数 × 加速度操作による柔らかい触感
(もわもわ感、うねうね感) を実現

- 独自のシステムや大がかりな触覚提示デバイスを必要とする技術が多い

- ⇒ 単点の圧電素子で自然な触感を提示可能

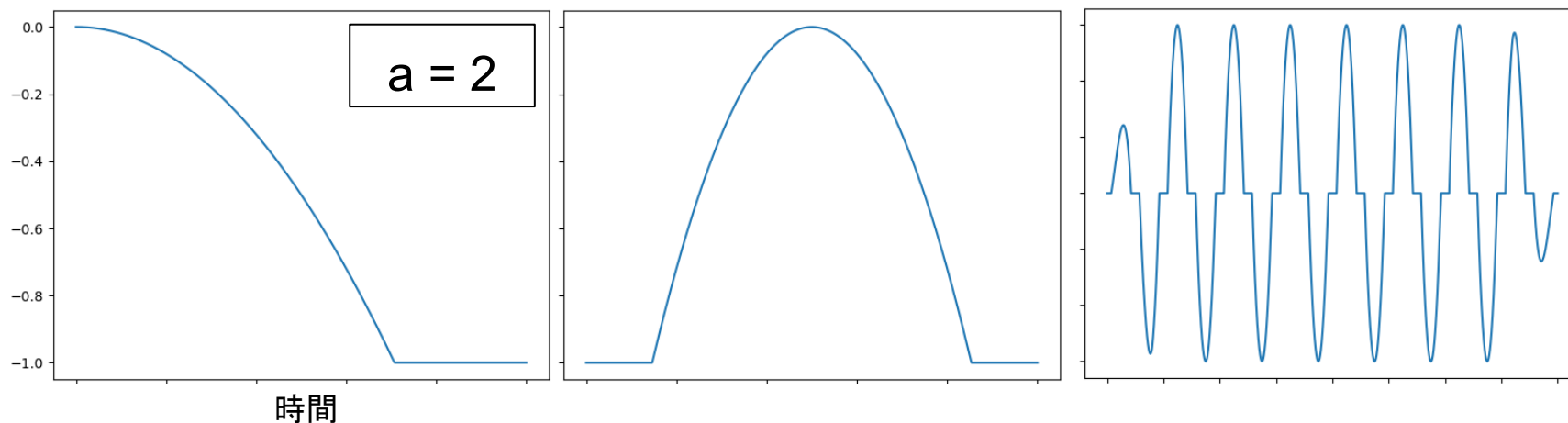
- 自然な触感の違いを評価する指標の不足

- ⇒ 日本語オノマトペによって自然な触感を評価

低周波・加速度操作波形による振動触覚刺激の生成方法

パルス変動関数: $y = \pm ax^2$

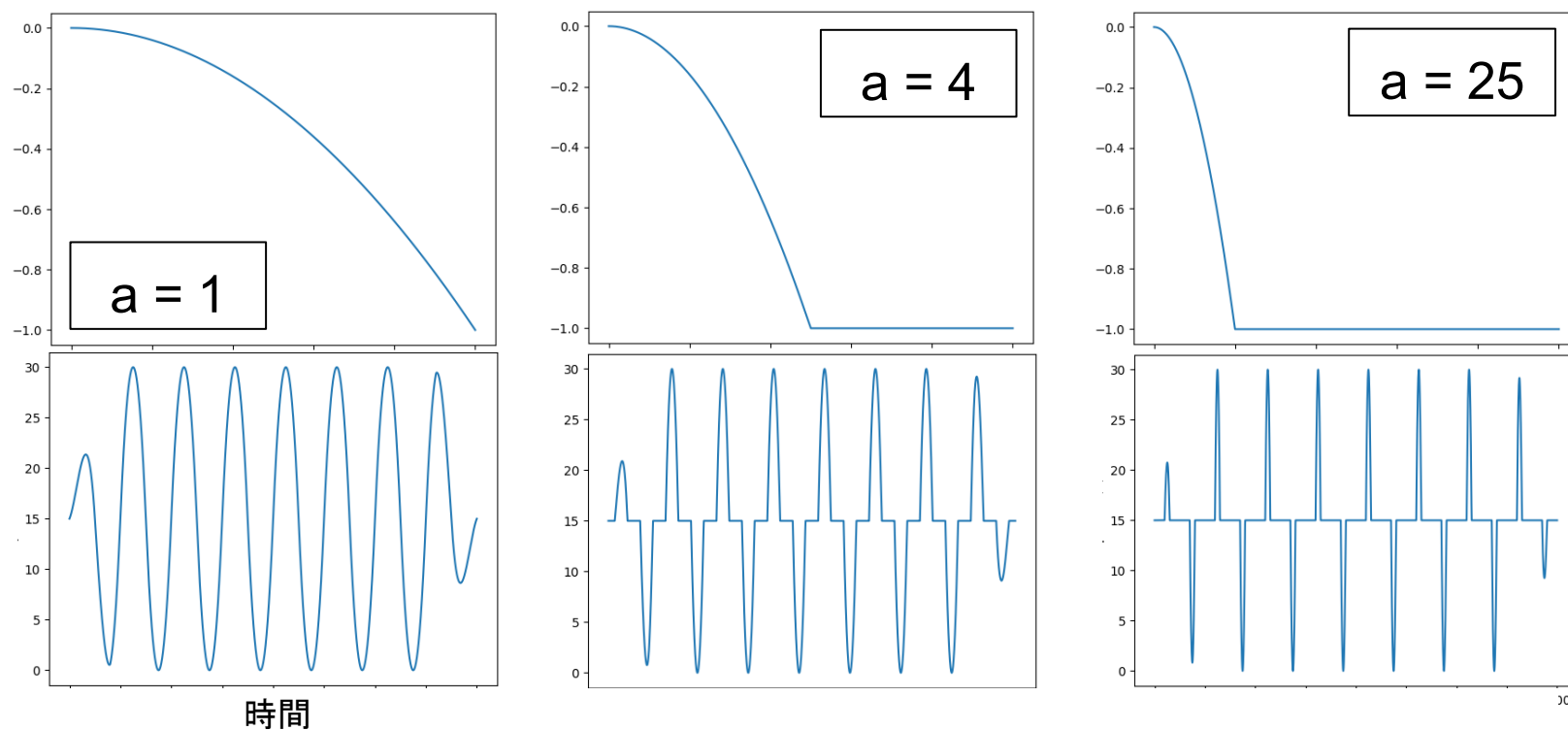
周波数: 20-45 Hz



- 加速度係数“ a ”を変数とし、パルス曲線を生成してそれらを接続
- 周波数を決めて規則的な周期パターンを作成

加速度操作
曲線

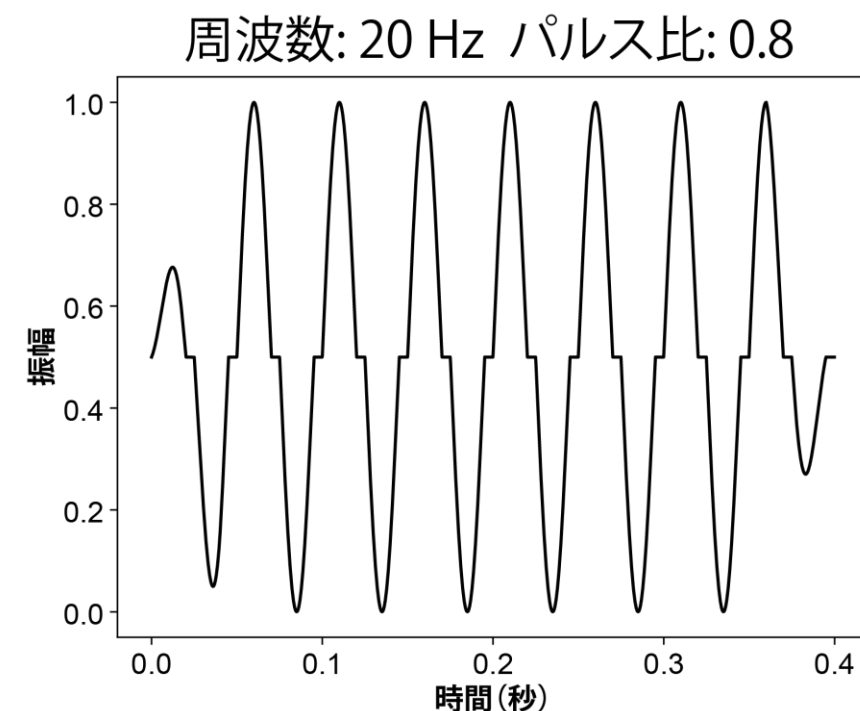
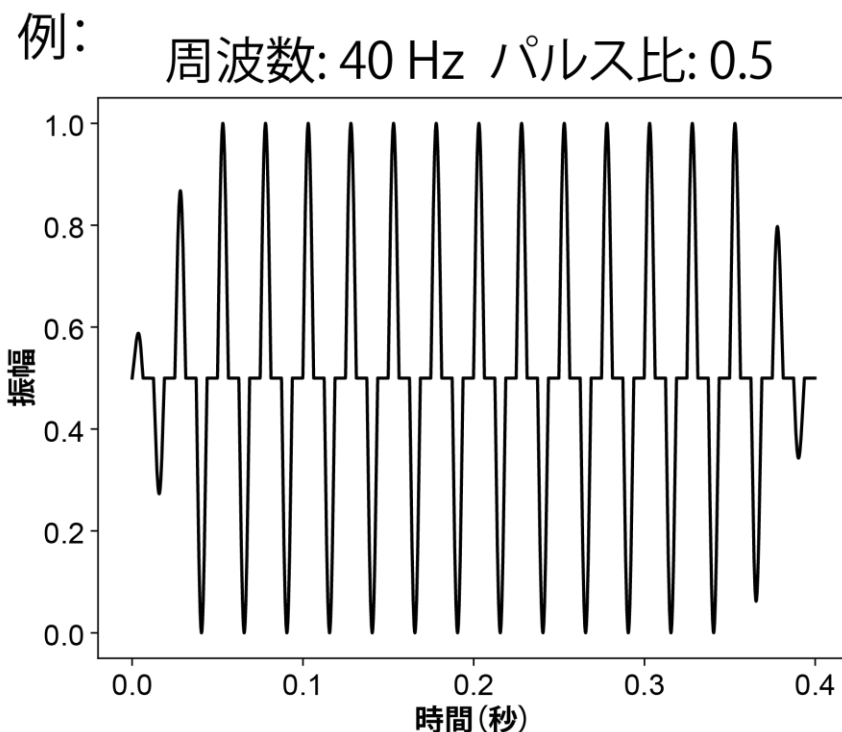
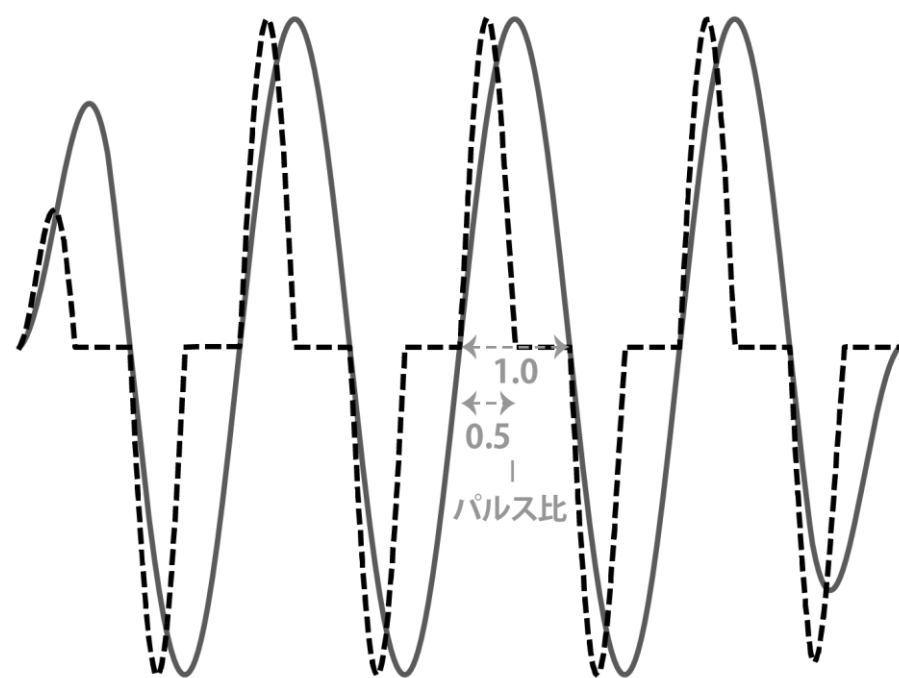
実際の振動
刺激波形



加速度変数を用いない振動触覚刺激波形の生成方法 – パルス比を用いた方法

- 基準波形(正弦波)のパルスに対して、正弦波パルスの比率を1として所定比率を乗じた幅を有するパルスを作る方法
- 所定比率及び周波数を制御することで波形の加速度を操作し、触感の変化を作ることが可能

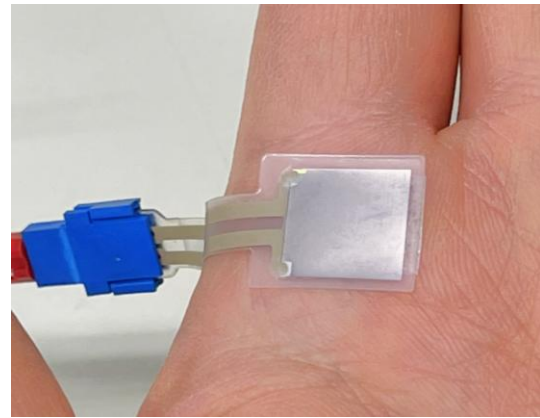
—— パルス比 = 1.0
----- パルス比 = 0.5



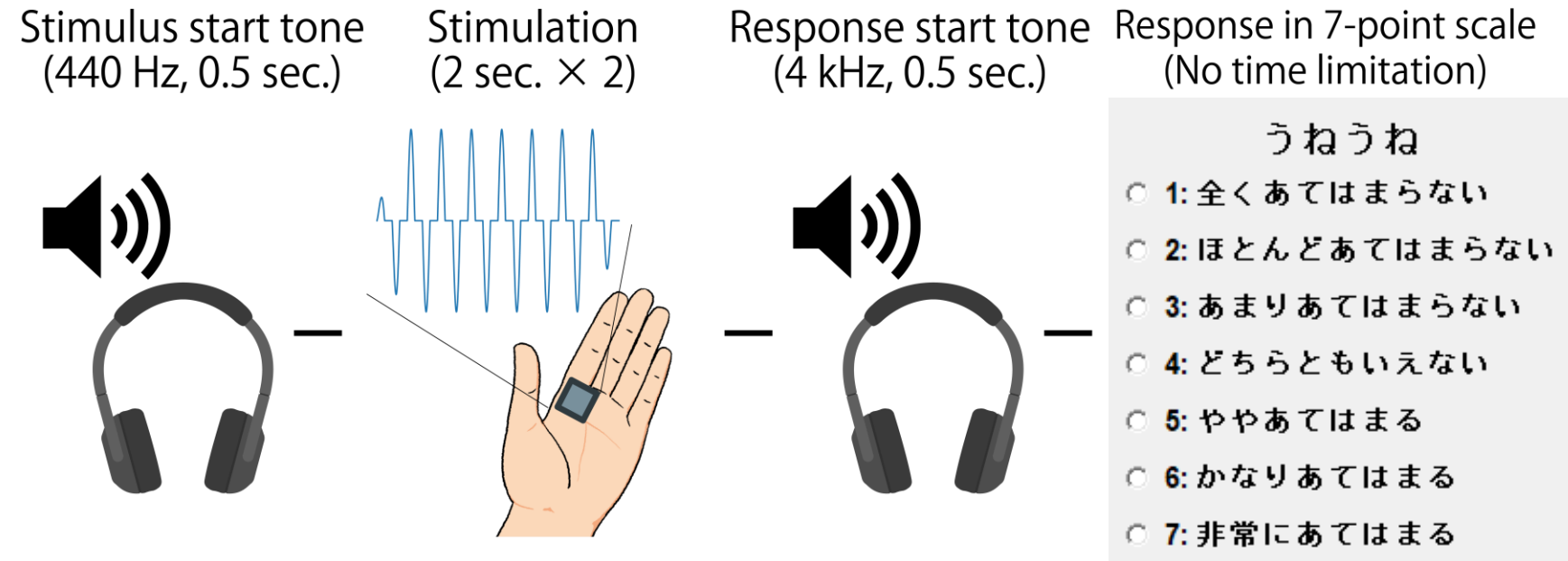
低周波・加速度操作波形による振動触覚刺激が誘発する主観的触感知覚の調査

心理物理実験

1試行の流れ



極薄piezo振動素子
ハプティクスフィルム
(産業技術総合研究所)



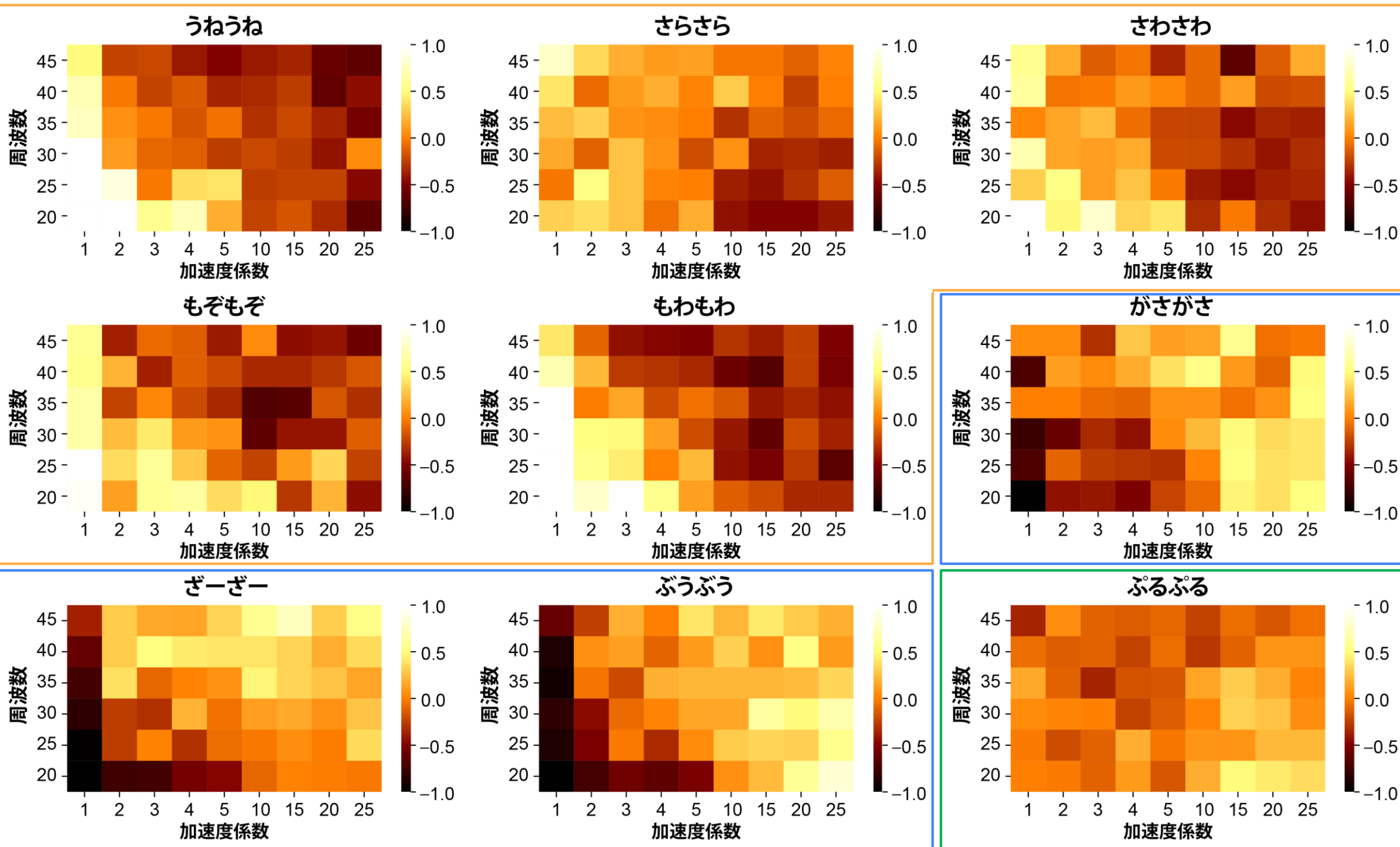
◇ 振動触覚刺激を提示し、触感(オノマトペ)のイメージにどの程度当てはまるか回答

- 周波数 : 20, 25, 30, 35, 40, 45 Hz
- 加速度係数 (a値): 1, 2, 3, 4, 5, 10, 15, 20, 25
 - 周波数 6種 × 加速度係数 9種 = 54振動波形パターン

結果: 各触覚刺激に対する各オノマトペの評定点

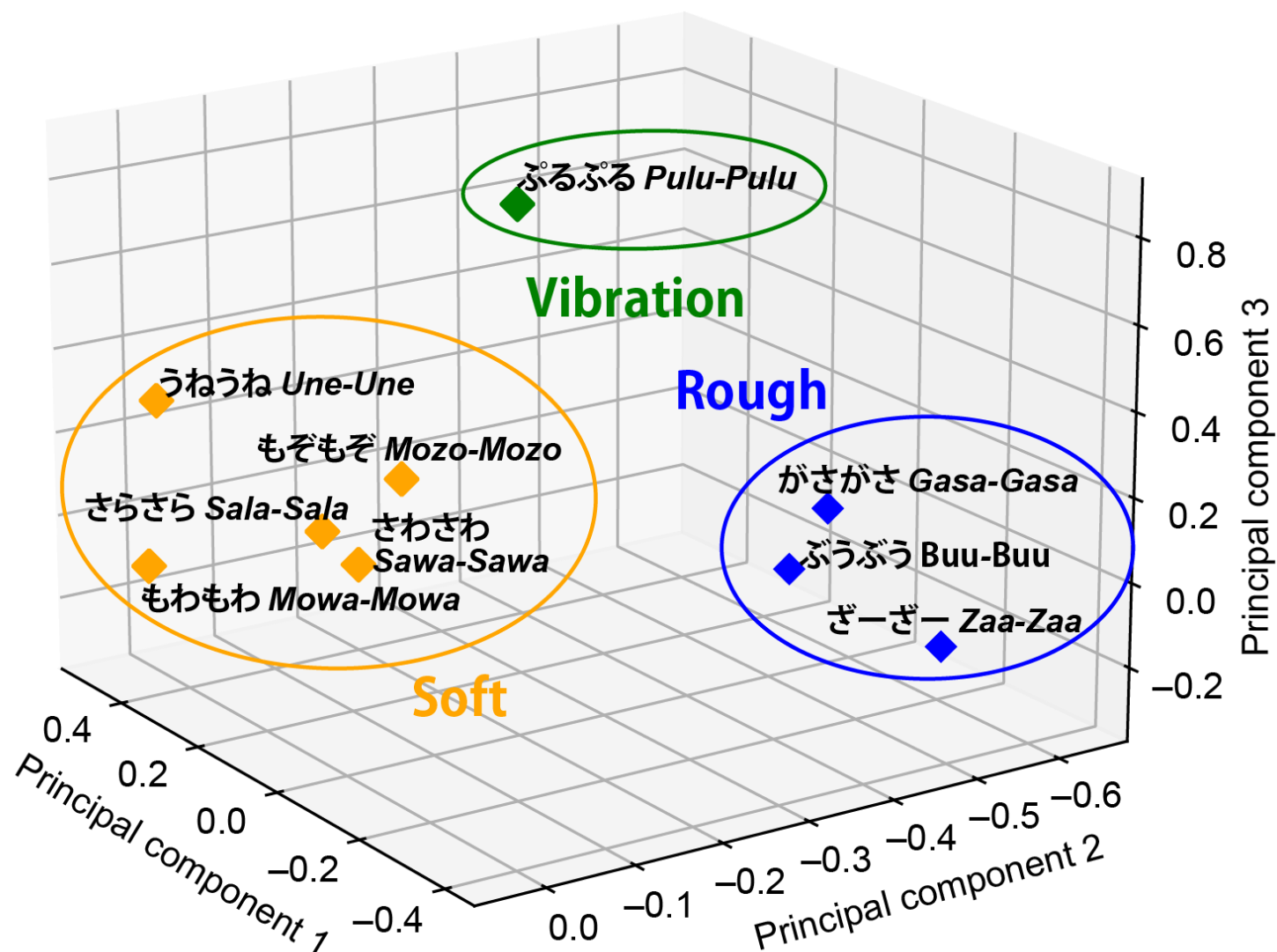
*明るい領域ほど触覚とオノマトペの印象が一致していると評価された

- 各オノマトペの印象と一致する触覚刺激パラメータの傾向が明らかになった
- 大まかに3パターンの傾向が見られた



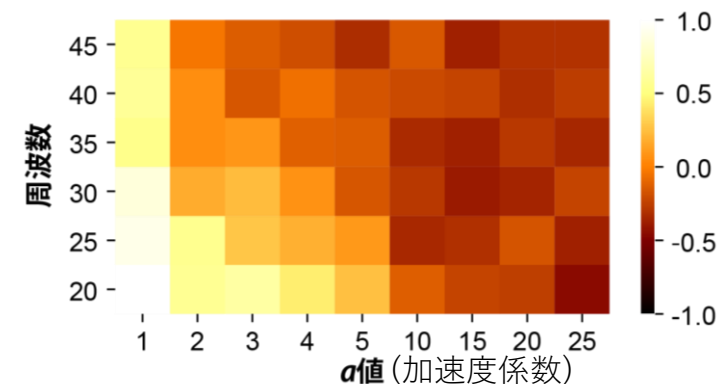
各オノマトペに対する評定の主成分分析による分類

第一～第三主成分における各オノマトペの寄与度

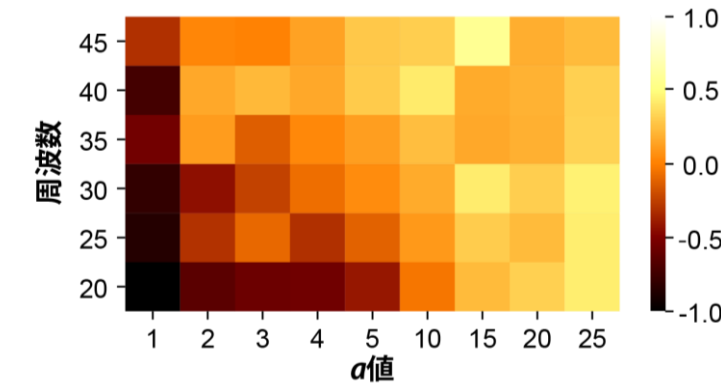


K-means法を用い3種に分類

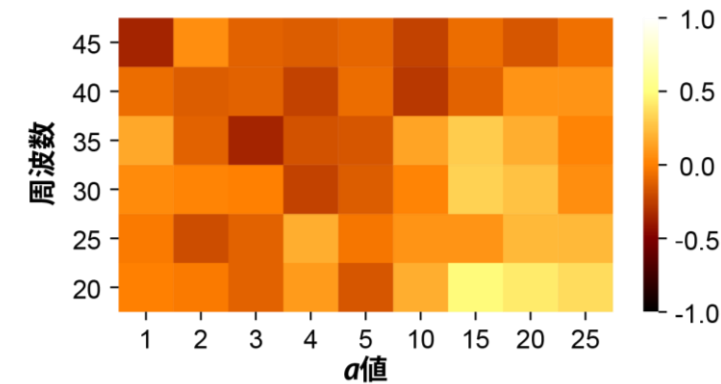
Soft



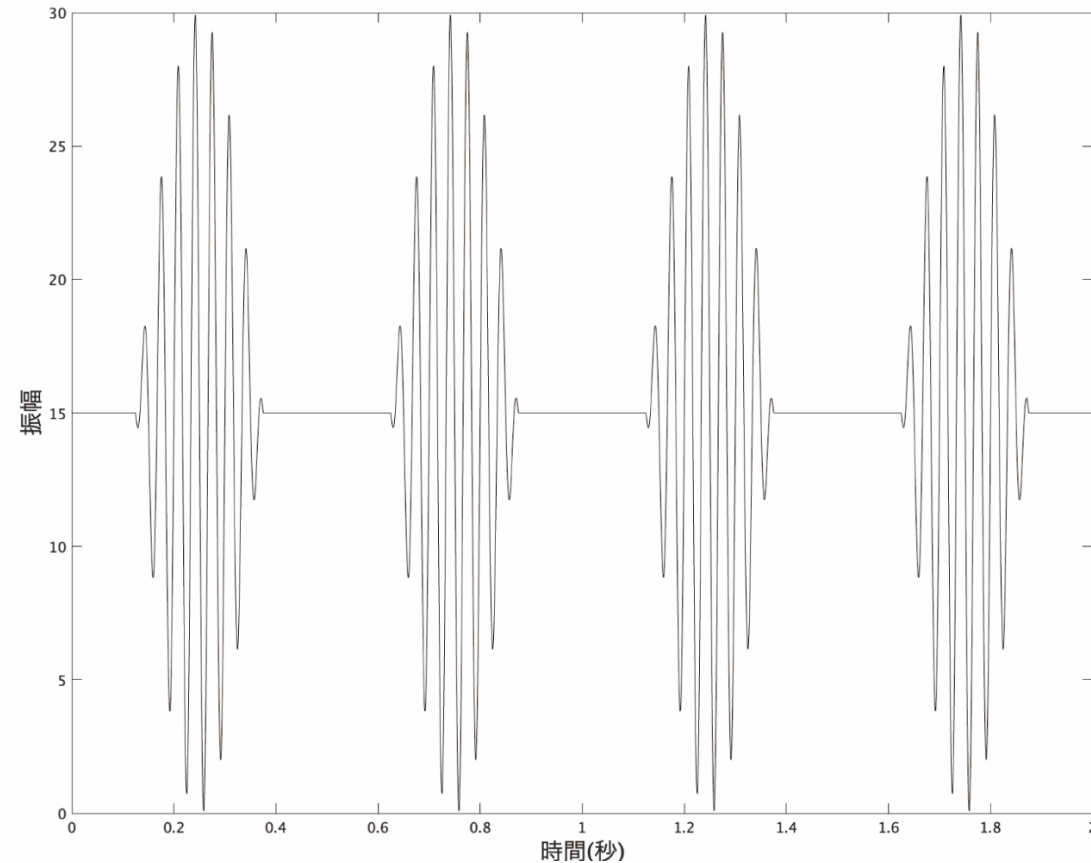
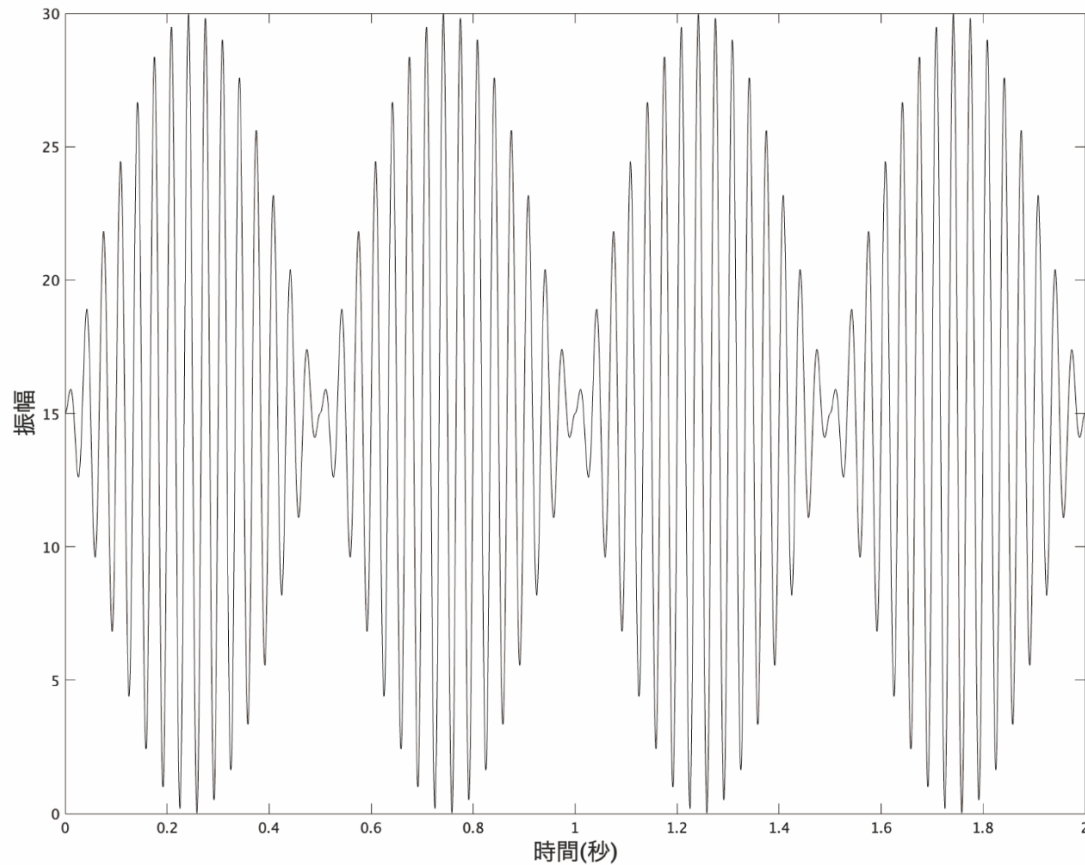
Rough



Vibration



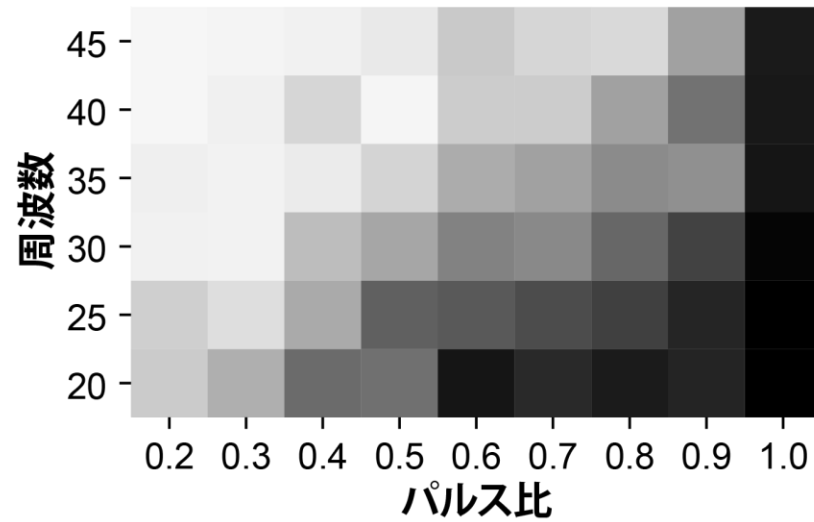
周波数変調を用いた知覚可能低周波数振動刺激の作成



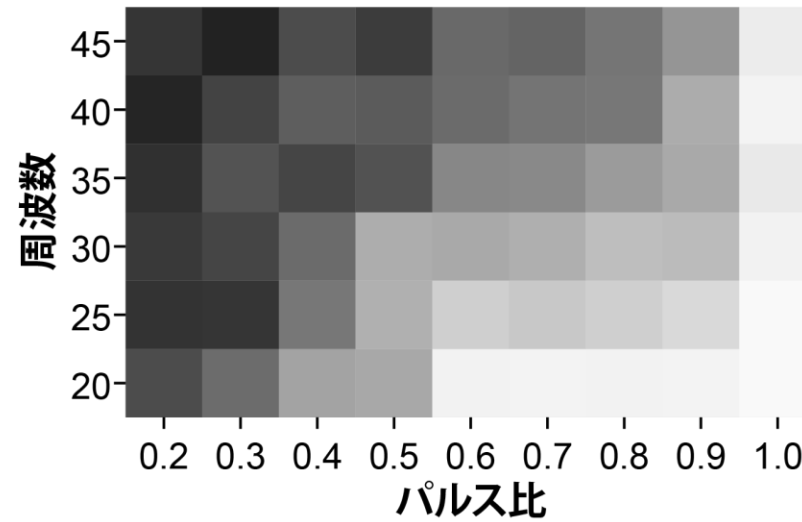
- 人間において、50 Hzを下回るような低周波の触覚刺激は知覚強度が低く、感じられにくいことが知られる
 - ⇒ 100 Hzを越える高周波数の搬送波を振幅変調して低周波数の包絡線を作ることで、低周波数のうなりを知覚することができる
 - ⇒ 低周波うなりのパルス幅を調整して加速度を変化させることで触感に変化

心理物理実験結果

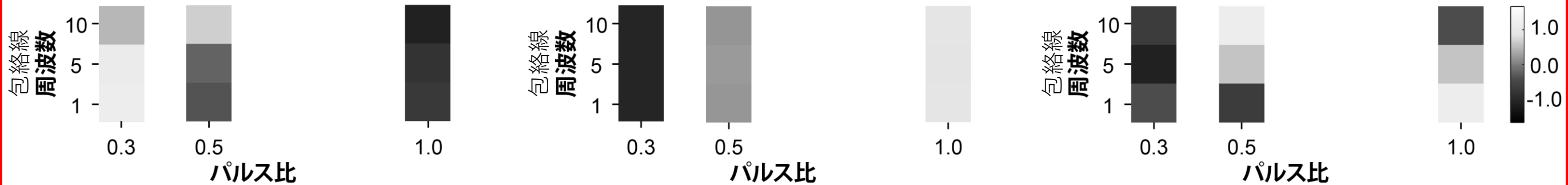
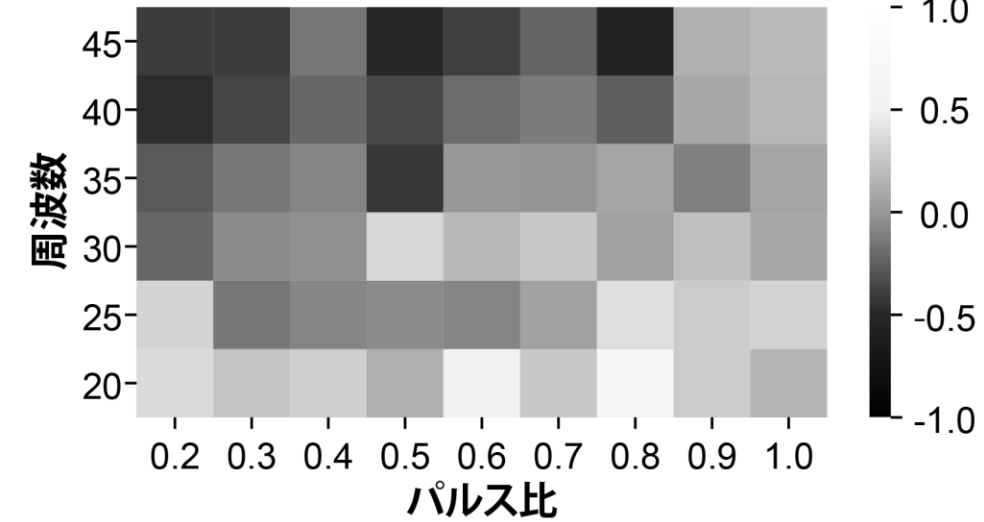
Rough



Smooth



Vibration

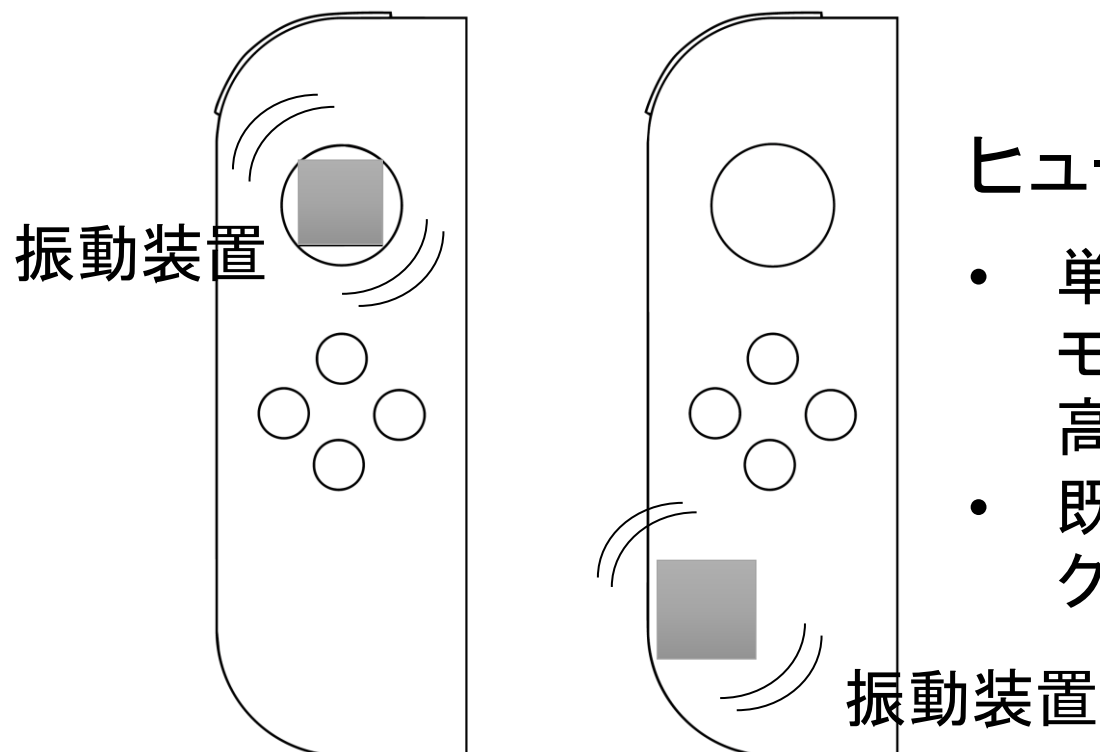


- 包絡線の周波数をそれぞれ10, 5, 1 Hzとしてパルス幅を調整して加速度を変化させると、搬送波を用いない単一の周波数の振動パターンでの操作と同じように触感変化が起こり、パラメータと触感変化の関係も連続的になっていた

想定される用途

- 本技術の触覚提示法を活用すれば、シンプルな振動装置を人が触れる様々なインターフェースに設置することで、触感による情動の付与、触覚に基づいた多様な情報提示、VR/AR知覚の提示が容易に実現出来る
- 触覚の知覚認知に関わる基礎研究への応用（例：触感を生む神経メカニズムの解析・デコーディング等）
- 触知覚の変化を指標とした疾患の早期診断への応用や、触覚刺激による疾患治療法の開発

◇ 触覚刺激デバイスへの応用 – デバイスの制約少ない

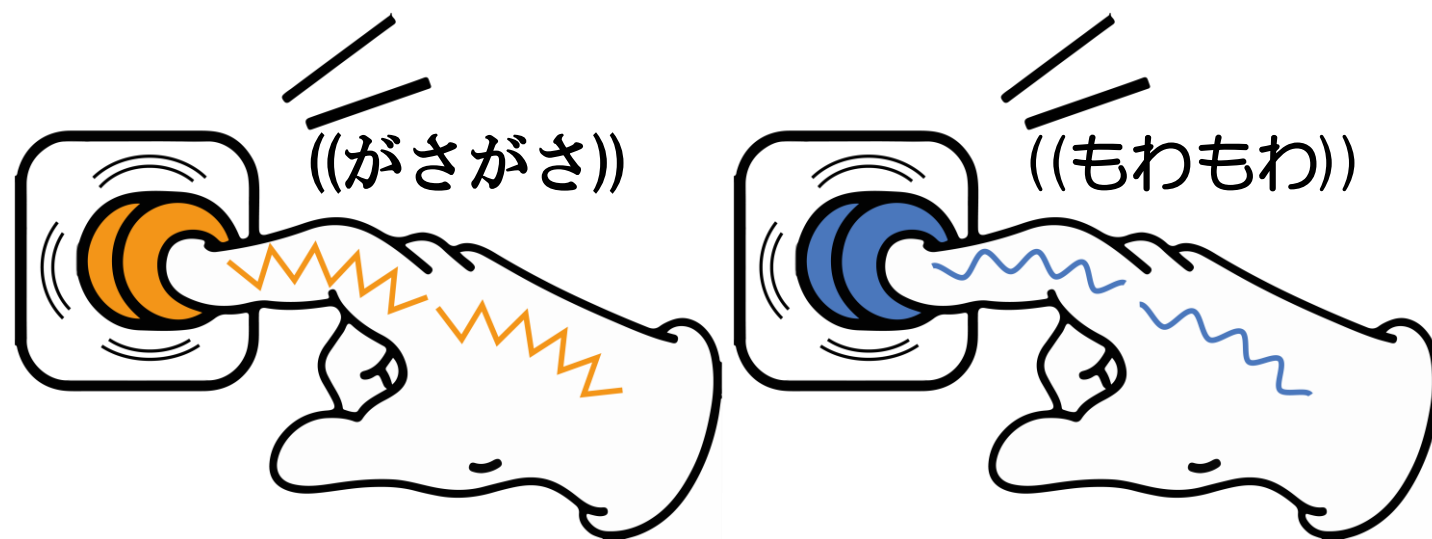


ヒューマンインターフェースデバイスへの適用

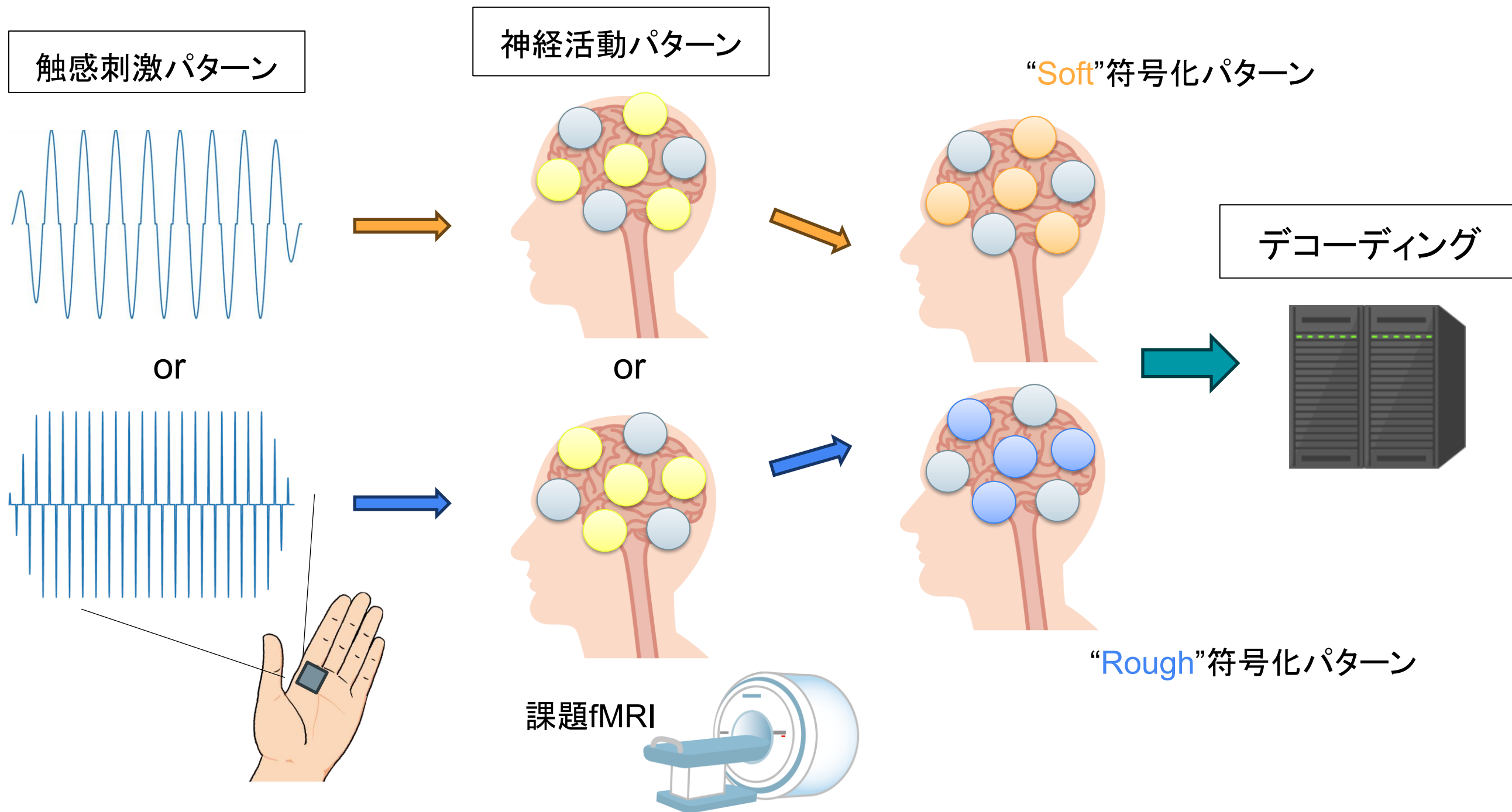
- 単点の振動装置からの刺激で多彩な触感を再現するモジュールを作成し、サイズが限られたデバイスでも高い触覚情報量やリアリティ知覚を実現する
- 既存のコントローラケースのようなものにハプティックデバイスを搭載でき、低コストで商品開発可能

触感変化による意味の伝達

- 多彩な触感を用い、「より直感的な点字」のような、触覚のみを用いた意味伝達システムを構築可能
- 障害者支援やインタラクティブデバイス開発等幅広い分野に応用可能

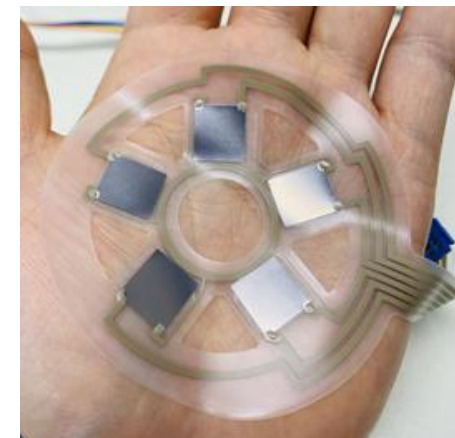


fMRIを用いた触感の神経機序解明／デコーディング



実用化に向けた課題

- 現状、触感との対応を調査済みなのは単点アクチュエータ刺激のみ（複数点にすればより多彩な触感生成可能）
- 本技術は触感を生む振動装置の駆動パターン法で、振動装置は別途用意する必要がある（企業との協力）
 - とりわけ触感を与えるのに十分なパワー（振幅）を生むことが出来るデバイスが必要



社会実装への道筋

時期	取り組む課題や明らかにしたい原理等	社会実装への取り組み
基礎研究	・自然な触感と物理パラメータの対応検証が完了	
現在	・本技術によって生成した触感の知覚・認知を司る神経科学的メカニズムの解析	
1年後	・本技術以外の物理パラメータ操作による新たな触感バリエーションの生成法を確立	派生する新たな特許の申請や基礎研究論文の掲載を目指す
2年後	・触覚感度の変化を指標とした疾患の早期診断への応用 ・多点アクチュエータ振動デバイスを用いたさらに多彩な触感生成方法を確立	ハードウェアサンプル提供の実現
それ以降	・商用化可能なハードウェア系の確立	システムテストサービスの実現

企業への期待

- 新たな振動刺激提示デバイス開発の技術を持つ企業との共同開発
 - 現状より更に多様な触感生成に対応するデバイスの開発
 - 多点刺激デバイスの開発
 - 効率的な振幅を出す振動デバイスの開発
- 多彩な触覚提示を活用する新たなアイデアを持った企業との共同開発

企業への貢献、PRポイント

- 比較的シンプルなハードウェア技術要求のみで、これまでほとんど実用化されていなかった振動刺激による自然な触感の生成を実現
- 本技術の発明に用いた他特許の振動刺激提示装置の利用について検討可能（本特許の先行技術文献参照）
- 本格導入にあたっての技術説明・指導可能

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 触覚提示方法
- 出願番号 : PCT/JP2025/023287
- 出願人 : 国立大学法人京都大学
- 発明者 : 山口健治、花川隆、東口大樹、吉永健二

お問い合わせ先

国立大学法人京都大学
成長戦略本部 統括事業部 イノベーション領域

TEL 075-753-5552
e-mail ip-eng@saci.kyoto-u.ac.jp