

2024 年度年次報告書

生体マルチセンシングシステムの究明と活用技術の創出

2021 年度採択研究代表者

花川 隆

京都大学 大学院医学研究科  
教授

ハプティクスメッシュと脳脊髄活動計測によるヒト触覚統合システムの究明

主たる共同研究者：

阿部 十也（国立精神・神経医療研究センター 脳病態統合イメージングセンター 部長）

竹井 裕介（産業技術総合研究所 センシングシステム研究センター 研究チーム長）

山本 洋紀（京都大学 大学院人間・環境学研究科 助教）

## 研究成果の概要

### A. マルチモーダル (MM) グループ (京都大学・花川)

MM グループでは①自然な触感を生成する振動刺激法確立、②感覚刺激時の脳活動計測による触感ネットワークの解明、③感覚刺激知覚に関わる脳幹活動の可視化に取り組んだ。

- ① 自然な触感を生成する振動刺激法確立：極薄圧電振動素子ハプティクスフィルムの通電パターンを操作し、自然な触感の生成法を追究した。通電パターンの特定の要素を操作することで“もわもわ”や“がさがさ”といった異なる触感を生み出すことを確認し、知的財産権取得の出願を完了した。触感の普遍的な表現を共有化するため、オノマトペから連想される視覚イメージと触感との対応を調査する研究も進めている。
- ② 感覚刺激時の脳活動計測による触感ネットワークの解明：7テスラ MRI 内で、特定の触感を誘発するハプティクスフィルム刺激中の脳活動を fMRI 計測した。予備的には“がさがさ”と感じた場合に比べ、“もわもわ”と感じた場合には頭頂葉の一部の活動が両側対称性に増加していたことを確認しており、更に解析を進めている。
- ③ 感覚刺激知覚に関わる脳幹活動の可視化：四肢への感覚刺激に伴う脳幹の活動を可視化することを目指し、高解像度機能的 MRI 撮像と解析技術の開発を行っている。

### B. デバイスグループ (産総研・竹井)

デバイスグループは、①極薄圧電振動素子の高伝達化と多チャンネル化によるハプティクスメッシュの開発、②ハプティクスメッシュ振動制御システムの開発に取り組んだ。

- ① 極薄圧電振動素子の高伝達化と多チャンネル化によるハプティクスメッシュの開発：極薄圧電振動素子について、振動の駆動用と検知用の素子を同一平面上に配置する構造と厚み方向に積層する構造の比較実験を行い、積層構造の優位性を明らかにした。
- ② ハプティクスメッシュ振動制御システムの開発：3×3 行列配置のハプティクスメッシュを作製した。ポリウレタン基板上に素子を 9 個固定し、個別駆動できるよう設計したことで、多様なパターン刺激や周波数・電圧変調による制御が可能となった。

### C. 表在覚グループ (NCNP・阿部)

表在覚グループは、主に①触覚ネットワークとペインマトリクス of 相互作用の理解、②極薄圧電振動素子による痛覚修飾技術開発に取り組んだ。

- ① 触覚ネットワークとペインマトリクス of 相互作用の理解：リアルタイム疼痛評価により触覚刺激開始から疼痛軽減の時間経過を観察した。疼痛軽減効果に関わる脳脊髄神経回路の fMRI 実験を進め、一次・二次体性感覚野と島回及び触覚・痛覚刺激を与えた皮膚デルマトームに一致して脊髄髄節に活動を認めた。
- ② 極薄圧電振動素子による痛覚修飾技術開発：デバイスグループと連携し毛幹に刺激を与えるデバイスを開発した。従来手法と比べ、毛幹を振動させる手法の方が柔らかな触感が得られることがわかった。

### D. 触感グループ (京都大学・山本)

触感グループは触覚に関する心理計測と皮質層別計測を実施した。積層型センサー機能付ハプティクスフィルムを用いて、振動ピッチに関する実験を行い、振動振幅の効果とセンサーの活用に関する検討を行った。層別計測はマーモセットを対象に計測を行った。