

本田 学

(独)国立精神・神経医療研究センター
神経研究所疾病研究第七部 部長

脳に安全な情報環境をつくるウェアラブル基幹脳機能統合センシングシステム

§1. 研究実施体制

(1)「国立精神・神経医療研究センター」グループ

- ① 研究代表者: 本田 学 (独立行政法人国立精神・神経医療研究センター
神経研究所疾病研究第七部、部長)
- ② 研究項目
 - ・基幹脳機能統合センシングシステムの開発と臨床評価

(2)「情報通信研究機構」グループ

- ① 主たる共同研究者: 片桐 祥雅 (独立行政法人情報通信研究機構未来ICT研究センター、
専攻研究員)
- ② 研究項目
 - ・基幹脳機能統合センシングシステムの設計と試作

(3)「国際科学振興財団」グループ

- ① 主たる共同研究者: 大橋 力 (財団法人国際科学振興財団研究開発部、主席研究員)
- ② 研究項目
 - ・基幹脳機能統合センシングシステム校正・評価用シミュレータにおける基幹脳活性化統合ソフトウェア構築

(4)「アクション・リサーチ」グループ

- ① 主たる共同研究者: 前川 督雄 ((株)アクション・リサーチ研究開発部、部長)
- ② 研究項目

・基幹脳機能統合センシングシステム校正・評価用シミュレータ構築

(5)「神戸高専」グループ

① 主たる共同研究者: 山本 誠一 (神戸市立工業高等専門学校電気工学科、教授)

② 研究項目

・基幹脳機能統合センシングシステム校正用 PET の非拘束化設計と運用

§2. 研究実施内容

(文中に番号がある場合は(3-1)に対応する)

第5年次にあたる平成 23 年度は、商用化で求められる信頼性を担保するためのセンサシステムの設計を行い、ES品相当の試作を進めるとともに、臨床試験および情報環境シミュレータを用いた評価実験を実施し、開発したシステムの有効性を評価した。また、そこで明らかになった課題を基幹脳活性指標再構成技術にフィードバックした。

1. 基幹脳活性指標再構成技術の開発

後述する臨床試験を行った結果、〈簡易深部脳活性指標〉の算出にあたっては、当初設定した 0.04Hz よりもさらに緩やかな変動成分のほうが、基幹脳活性のリアルタイムの変化を忠実に反映している可能性があることが示唆された。また、対象となる脳波の周波数帯域についても 8Hz から 13Hz の α 帯域全体よりも、10Hz から 13Hz の $\alpha 2$ 帯域に絞った方が、より鋭敏な指標となることが示された。こうしたデータに基づき、イメージングと脳波の同時計測データの再解析を開始し、解析指標のブラッシュアップに着手した。

加えて、頭髮がなく電極装着が容易な前額部基準電極の使用について、眼球運動アーチファクトを手動で取り除いた場合とそうでない場合とを比較して基幹脳活性との関連を検討した。その結果、眼球運動アーチファクトを除いた方が推定精度が向上することが明らかになった。

2. ウェアラブルセンサシステムの開発

技術移転対象企業2社(システムセットメーカー1社、ファームウェア開発会社1社)と協議を進め、商用化で求められる信頼性を担保するためのセンサシステムの再設計を行い、ES品相当の試作を進めた。その主なポイントは、多人数同時計測において統一的な時間を実現するための分散制御型方式(図1)であり、長期間連続使用による個別の時間ずれを解消することが可能となった。また、特定小電力無線規格に適合する無線方式、装着感を感じないハード・フレキ混合基板による実装方法、薄型の充電型バッテリー方式を採用し、日常生活の中で違和感なく使用できるような仕様とした。また、クラウドコンピューティング方式によるデータ解析方式の検討を進めるため、汎用脳波解析ソフトへのデータ取り込みの検討を進めた。

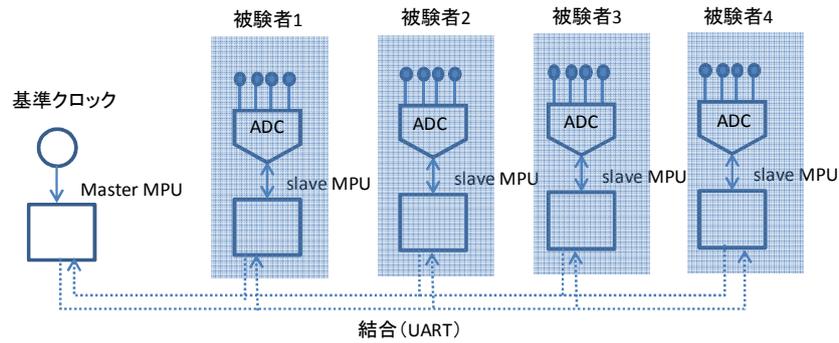


図1 時間基準を担保する分散制御型システム

3. システム校正・臨床評価用シミュレータを用いたシステム校正とフィードバック

車両を模したモデル空間の中に、情報環境シミュレータを構築して、開発したシステムの有効性を評価した。その結果、開発したシステムで計測した基幹脳活性指標は音響情報による基幹脳活性化現象を良好に反映することが検証された(詳細は非公開)

4. 臨床試験の実施

重要なストレス性障害である「うつ病」を対象として、情報医療「ハイパーソニック・セラピー」のパイロット実験を行い、開発したシステムの有効性を評価した。その結果、開発したシステムで計測した基幹脳活性指標が、主観的ストレスを良好に反映することが検証された(詳細は非公開)。

§3. 成果発表等

(3-1) 原著論文発表

● 論文詳細情報

1. Yamamoto S, Honda M, Oohashi T, Shimizu K, Senda M, Development of a Brain PET System, PET-Hat: A Wearable PET System for Brain Research, IEEE Trans. Nucl. Sci., vol. 56, no. 5, pp. 668-673, 2011. (DOI: 10.1109/TNS.2011.2105502)
本プロジェクトで開発した、被験者が座ったまま計測が可能な PET-Hat についての論文。巨大な装置に頭を固定するのではなく、頭の動きに合わせて装置が動くため、拘束感が少なく開放的な PET 装置として国際学会のハイライトセッションで取り上げられるなど高い注目を集めている。
2. Yamamoto S, Satomi J, Watabe T, Watabe H, Kanai Y, Imaizumi M, Shimosegawa E, Hatazawa J, A temperature-dependent gain control system for improving the stability of Si-PM-based PET systems, Phys. Med. Biol., vol. 56 no. 9, pp. 2873-2882, 2011. (DOI: 10.1088/0031-9155/56/9/015)
3. Maekawa T, Ueno O, Kawai N, Nishina E, Honda M, Oohashi T: Evolutionary acquisition of genetic program for death, Advances in Artificial Life, ECAL 2011: Proceedings of the Eleventh European Conference on the Synthesis and Simulation of Living Systems, MIT Press, pp. 481-486, 2011.
4. Nishina E, Kawai N, Oohashi T, What high density level is required to communicate the essence of Balinese art form and performance via satellite?, IEICE Technical Paper, SANE (Space, Aeronautical and Navigation Electronics) vol. 2011- 63, pp. 1-6, 2011.
5. Yamamoto S, Watabe H, Hatazawa J, Performance comparison of Si-PM-based block detectors with different pixel sizes for an ultrahigh-resolution small-animal PET system, Phys. Med. Biol., vol. 56, no. 20, pp. N227-N236, 2011. (DOI: 10.1088/0031-9155/56/20/N02)
6. Yamamoto S, Watabe H, Kanai Y, Aoki M, Sugiyama E, Watabe T, Imaizumi M, Shimosegawa E, Hatazawa J, Interference between PET and MRI sub-systems in a silicon-photomultiplier-based PET/MRI system. Phys. Med. Biol. vol. 56 issue 13, pp. 4147-4159, 2011. (DOI: 10.1088/0031-9155/56/13/026)
7. Yamamoto S, Watabe H, Kanai Y, Imaizumi M, Watabe T, Shimosegawa E, Hatazawa J, Development of a high-resolution Si-PM-based gamma camera system, Phys. Med. Biol., vol. 56, no. 23, pp. 7555-7567, 2011. (DOI: 10.1088/0031-9155/56/23/014)

8. Yamamoto S, Watabe T, Watabe H, Aoki M, Sugiyama E, Imaizumi M, Kanai Y, Shimosegawa E, Hatazawa J, Simultaneous imaging using Si-PM-based PET and MRI for development of an integrated PET/MRI system, *Phys. Med. Biol.*, Jan 21; vol. 57, no.2, pp. N1-N13, 2012. (DOI: 10.1088/0031-9155/57/2/N1.)
9. Yamamoto S, Watabe H, Kanai Y, Watabe T, Imaizumi M, Shimosegawa E, Hatazawa J, Development of a high-sensitivity BGO well counter for small animal PET studies, *Radiol. Phys. Technol.* vol. 5, no. 1, pp. 59-62, 2012. (DOI: 10.1007/s12194-011-0136-z)
10. Yamamoto S, Investigation of depth-of-interaction (DOI) effects in single- and dual-layer block detectors by the use of light sharing in scintillators, *Radiol. Phys. Technol.* vol. 5, no. 1, pp. 40-45, 2012. (DOI: 10.1007/s12194-011-0133-2)
11. Yamamoto S, Watabe H, Kanai Y, Shimosegawa E, Hatazawa J, Development of a pixelated GSO gamma camera system with tungsten parallel hole collimator for single photon imaging, *Med. Phys.* vol. 39, no. 2, pp. 581-588, 2012. (DOI: 10.1118/1.3673774)

(3-2) 知財出願

- ① 平成 23 年度特許出願件数(国内 0 件)
- ② CREST 研究期間累積件数(国内 8 件)