

「先進的統合センシング技術」

平成 19 年度採択研究代表者

本田 学

国立精神・神経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. 研究実施の概要

情報環境と脳との不適合によって発生する特異なストレスは、生命活動を制御する基幹脳(脳幹・視床・視床下部などからなる生命の基幹的機能を担う脳部位)の機能異常を導き、情動・自律神経系や内分泌・免疫系の不調を介して様々な現代病の原因となる。本研究では、安全・安心な情報環境の創出に資するために、多チャンネルバイタルセンサからのシグナルを統合することにより、小型軽量で高精度なウェアラブル基幹脳機能センシング技術を創成し、日常生活空間で簡便に使用できるシステムの実用化を目的とする。

研究初年度にあたる平成 19 年度は、研究の円滑な立ち上げのために、すべての開発要素について基本的な設計をおこなうとともに、研究開発環境を整備することを目標として研究を遂行し、概ね計画通りの成果を得た。具体的には、基幹脳活性指標再構成技術を開発するために不可欠の磁気共鳴画像－脳波同時計測システムを構築し、データ収集を開始した。またウェアラブルセンサシステムの基本的な回路設計を実施するとともに、新しい雑音除去技術を考案し、試作に入った。システム校正・臨床評価用シミュレータのシステム・デザインを終え、それに従ってシミュレータ用ベースを構築した。シミュレータ用の音響呈示装置と低拘束度 PET 装置の基本設計を終え、前倒しで試作に入るとともに、パイロットスタディ用の音響映像ソフトウェアの試験的製作を行った。

今後は、基幹脳活性指標再構成技術を開発するとともに、それを組み込んだウェアラブルセンサを試作し、システム校正・臨床評価用シミュレータを用いて実証試験を実施する予定である。

2. 研究実施内容

(文中にある参照番号は 4. (1)に対応する)

本研究は、研究全体を大きく 4 項目に整理して推進する(1. 基幹脳活性指標再構成技術の開発、2. ウェアラブルセンサシステムの開発、3. システム校正・臨床評価用シミュレータを用いたシ

システム校正とフィードバック、4. 臨床試験の実施)。このうち「4. 臨床試験の実施」はシステム試作と校正が完了する平成 23 年度以降に実施する予定である。残り 3 項目について、平成 19 年度の研究実施内容を項目ごとに述べる。なお、本研究開発の理論的背景となる情報環境との不適合によって引き起こされる自己解体現象に関して、細胞生物学と人工生命を用いて検討した論文が in press となっている(原著論文1)。

1. 基幹脳活性指標再構成技術の開発

頭皮上の限定された電極から記録されたシグナルに必要な応じて心拍変動や皮膚抵抗などのバイタルシグナルを加味し、数的手法により再構成して、ポジトロン断層撮像法または磁気共鳴機能画像法をもちいて同時計測された基幹脳の活性と相関の高い基幹脳活性指標 (Fundamental Brain Activity index) を算出する解析技術を構築することが目標である。

平成 19 年度は、基幹脳活性指標算出の基盤となるデータを収集するために、時間分解能の比較的良好な磁気共鳴機能画像と多チャンネル頭皮上脳波とを同時に計測するシステムを構築し、データ収集を開始した。磁気共鳴画像装置は急速に変動する傾斜磁場を発生させることにより画像を得るため、画像装置内に設置した脳波電極には電磁誘導によって大きなノイズが混入する。一方、この撮像法は核磁気共鳴現象を利用するため、磁場変化が時間的に厳密に制御されており、磁場が大きく変動する区間とそうでない区間とが明瞭に分けられる。そこで、磁気共鳴画像装置を制御するクロックを用いて脳波データをサンプリングする A/D コンバータを外部制御し、磁場が大きく変化しない区間で脳波データをサンプリングすることにより、電磁誘導によって発生するノイズを著しく軽減することが可能になる (Stepping Stone Sampling 法)。またノイズが混入した場合にも、画像装置と脳波データサンプリング装置を同一のクロックで制御することによりノイズ波形が一定となるため、記録されたデータからノイズ波形を加算平均したテンプレートを差し引く (Template Subtraction 法) ことにより、ノイズ除去の精度が上昇する。そこで Stepping Stone Sampling 法の原理を開発した国立精神・神経センター武蔵病院の穴見公隆博士との共同研究により、本プロジェクトで使用する高磁場磁気共鳴画像装置において上記のノイズ除去法を実現するためのシステムを構築した。その結果、図1に示すように実用水準でノイズ除去が可能となった。現在、基幹脳活性指標再構成技術開発のためのデータを蓄積中である。

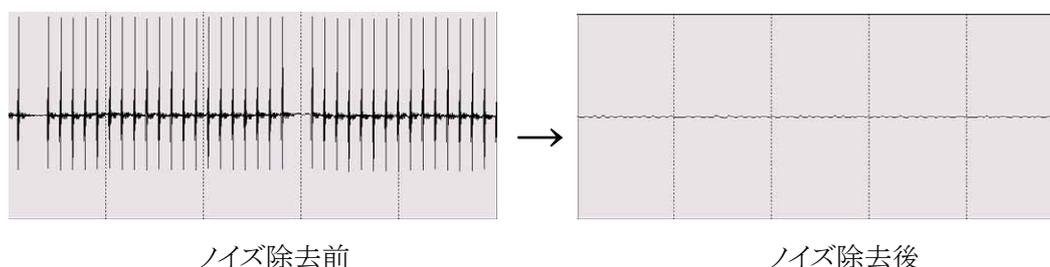


図 1 磁気共鳴画像と脳波の同時計測データ

2. ウェアラブルセンサシステムの開発

日常生活環境において日常的な活動を妨げることなく、脳波、心拍変動、皮膚抵抗などを同時

に計測することが可能なセンサシステムを開発することが目標である。

平成 19 年度は、センサシステムについて回路の基本設計と試作を並行して進めるとともに、雑音除去法についての検討を行った。

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

開発するシステムの校正と臨床評価のために、日常生活環境をシミュレートできるモデル空間を構築する必要がある。提案者らがこれまでに蓄積してきた医学・生理学的知見と技術を活かして、基幹脳機能を活性化するための情報環境制御システムを構築するとともに、超小型ポジットロン断層撮像装置を被験者の拘束度を軽減した状態で計測可能なように改良し、システム校正と臨床評価を行うことが目標である。

平成 19 年度は、システム校正・臨床評価用シミュレータのシステム・デザインを行い、それに基づいて上記の基本性能を備えたブースを国立精神・神経センターに構築した(図2)。このブースは日常生活環境をシミュレートしつつ、同時に脳波やバイタルシグナルなどの生理指標を計測することが可能であり、寛いだ状態の被験者から生理データを計測することが可能なように設計されている。

また、システム校正を行うためには、薬剤を用いずに視聴覚情報によって被験者の基幹脳機能を変動させてデータをサンプリングし、情報入力に対する基幹脳の応答特性を捉える必要がある。そのために、本研究グループが発見したハイパーソニック・エフェクト(人間の可聴域上限をこえる超高周波成分を豊富に含む複雑な音が基幹脳を活性化する現象)を応用する。ハイパーソニック・エフェクトの基幹脳活性変動効果を十分に発揮するために必要な、150kHz以上に及ぶ超高周波成分に対する特性を大幅に改善したスピーカを設計し試作を開始した。またシミュレータの特性調整用に、基幹脳機能モニタに必要十分な時間を反復なしにカバーすることの可能な時間長を備え、基幹脳活性を変動する効果をもった音響映像ソフトウェアの試作を行った。さらに PET 装置を低拘束度化するための基本設計を終え、前倒しで試作に入った。



図2 システム校正・臨床評価用シミュレータ用として
国立精神・神経センターに構築したブース

3. 研究実施体制

(1)「国立精神・神経センター」グループ

① 研究分担グループ長:本田 学 (国立精神・神経センター、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 研究分担グループ長:片桐 祥雅 (情報通信研究機構、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 研究分担グループ長:大橋 力 (国際科学振興財団、理事・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)「メディア教育開発センター」グループ

① 研究分担グループ長:仁科 エミ (メディア教育開発センター、准教授)

② 研究項目

・基幹脳機能統合センシングシステム校正・評価用シミュレータの視覚情報環境構築と運用

(5)「アクション・リサーチ」グループ

① 研究分担グループ長:前川 督雄 ((株)アクション・リサーチ、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

(6)「神戸高専」グループ

① 研究分担グループ長:山本 誠一 (神戸市立工業高等専門学校、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

4. 研究成果の発表等

(1) 論文発表(原著論文)

1. Oohashi T., Ueno O., Maekawa T., Kawai N., Nishina E., Honda M., Effectiveness of hierarchical model for the biomolecular covalent bond: An Approach Integrating Artificial Chemistry and an Actual Terrestrial Life System, *Artificial Life*, in press.