

戦略的創造研究推進事業 CREST
研究領域「先進的統合センシング技術」
研究課題「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」

研究終了報告書

研究期間 平成19年10月～平成25年3月

研究代表者: 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)

§ 1 研究実施の概要

(1) 実施概要

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。しかし、脳深部に位置する基幹脳の活動をモニタするためには、従来は大規模な医療画像装置を必要としてきた。本研究では、安全・安心な情報環境の創出に資するために、脳波計測を中核とする小型軽量で高確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基幹脳の活性状態をモニタできるシステムの開発を目的とした研究を遂行してきた。そのために各研究グループが有機的に連携して4つのサブテーマにとり組み、以下の成果を上げた。

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をもちいて、ポジトロン断層法または磁気共鳴機能画像といった医療用の大規模画像装置をもちいて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: FBA-index)を開発した。磁気共鳴画像-脳波同時計測システムを構築して、人間を対象としたデータを収集し、基幹脳活性指標を再構成するために必要な、頭皮上自発脳波と基幹脳活性との時間的関連性を検討した結果、後頭部から記録された脳波 α 波パワーの 25 秒以上のゆっくりとした周期をもつ変動が、特異的に基幹脳活性を反映することを明らかにした。

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、FBA-index の計測が可能なセンサシステムを開発した。生活環境下で取得する脳波から FBA-index を導出するため必要な雑音除去技術および装着の容易なドライ電極に発生する雑音除去技術を開発するとともに、それを組み込んだ 2.4GHz 帯無線伝送用チップをもちいた小型低電力 RF-EEG 送受信モジュールとデータ欠損部分の補完技術を開発した。臨床試験用 ES 品として、これらの要素および電源を搭載したスタンドアロン型のウェアラブル脳波センサー(ヘッドバンド型、カチューシャ型)を開発した。加えて、FBA-index の導出アルゴリズムを搭載したソフトウェアを開発し、クラウドを利用した携帯端末による基幹脳活性呈示システムを試作した。簡易センサシステムをシリアルバス接続することによりウェアラブルな多チャンネル脳波システムへと拡張するようにデザインし、医療応用も視野に入れた開発をおこなった。

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： 基幹脳活性を上昇または低下させる視聴覚情報の信号構造の複雑性をフラクタル構造や情報エントロピー密度をもちいて定量的に記述するとともに、周波数帯域の違いによる基幹脳活性変動効果の違いを明らかにした。それらを用いた視聴覚コンテンツを作成するとともに、日常生活空間で生理計測が可能な基幹脳活性変動シミュレータを構築した。加えて、被験者を拘束することなく脳活性を計測することが可能な小型軽量のポジトロン断層撮像装置(PET-Hat)を開発した。その結果、視聴覚情報コンテンツにより導かれる基幹脳活性の変動を、開発したセンサシステムと FBA-index が良好に反映していることを明らかにした。

4. 臨床試験の実施： 開発した FBA-index の臨床的意義を明らかにするために、ストレスの程度を鋭敏に反映すると考えられる心理検査(STAI)の状態不安尺度との相関を検討した結果、両者の間に強い負の相関があることが見いだされた。これにもとづき、FBA-index の要注意範囲を定義することが可能になった。

以上の成果に基づき、協力企業との間で開発したシステムの社会実装に向けた調整を進めている。

(2) 顕著な成果

1. 基幹脳機能を計測するウェアラブル脳波センサーの試作

概要:研究成果の特許(特願 2009-113547、2010-177666)に基づき、いつでもどこでも簡便に装着可能な超小型ウェアラブル脳波センサーを試作し、日常生活空間の中での基幹脳活動の簡便な提示が可能であることを実証した。試作機は国際フロンティア産業メッセ 2012 で展示し、民間企業とクラウド型サービスを前提とした実用化試作の共同開発を進めている。

2. 基幹脳活性変動効果をもった空気振動の信号構造の同定

概要:脳幹・視床などの基幹脳の活性を上昇または低下させる空気振動の信号構造の複雑性をフラクタル指標および情報エントロピー密度を用いて定量化するとともに、32kHz 以下の超高周波成分は基幹脳活性を低下させ、それ以上の成分は上昇させることを発見。その成果は、特許出願し、一件は日本と米国で特許査定された。

3. 低拘束開放型ポジトロン断層撮像装置 PET-Hat の開発

概要:被験者を装置に固定するのではなく、被験者頭部に超小型検出器を装着する全く新しい頭部用 PET 装置を発明し試作した。その成果は、論文発表・特許査定されるとともに、2009年6月北米核医学会の会長講演 Highlights Lecture で紹介された。

§ 2. 研究構想

(1) 当初の研究構想

【研究のねらい・コンセプト】

人間情報センシングの一環として、人間の心身の健康に直結し、ストレス性病理の元栓となる基幹脳の機能をモニタすることが可能になれば、情報環境不適合によって発生するストレスを低減し、心身の病理を未然に防ぐことが可能になり、安全・安心・健康・快適な情報環境を創出する上で、大きく貢献することが期待される。一方、安全・安心な情報環境を創出するには、いわばポータブル血圧計のように、日常の生活空間の情報環境において、日常的生活行動をとる人間の基幹脳機能を、簡便かつ正確にセンシングする技術が不可欠である。しかし、医療目的に開発された従来技術そのままでは、それを実現することは難しい。

この研究では、日常的な情報環境の中で日常的生活行動をとる被験者から基幹脳機能を簡便かつ正確に捉えるウェアラブル基幹脳機能統合センシングシステムを開発する。具体的には、まず脳波記録手法の再開発により、日常生活環境で簡便に脳波を記録・伝送・保存することを可能にする。次に、この手法を用いて記録される 1 ないし 2 チャンネルの限定された脳波データを用いて、基幹脳活性を再構成する実用的指標を開発する。さらに、日常生活空間をモデル化した環境下で、開発するウェアラブル基幹脳機能統合センシングシステムの高確度校正をおこなう。この研究計画のゴールとして、上記のセンシングシステムをもちいて代表的ストレス性疾患を対象とした臨床試験を実施し、社会還元のためのスキームを確立する。

【研究項目】

1. 基幹脳活性指標再構成技術の開発

本研究の中核となる要素技術である。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ヴァイタル・シグナルを加味し、数理的手法により再構成して、ポジトロン断層法または磁気共鳴機能画像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: FBA-index) を求める解析技術を構築する。

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生活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。

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

システム校正と臨床評価のために必要なヴァイタル・シグナルや脳血流などの生理指標を計測することが可能でありながら、日常生活環境をシミュレートできるモデル空間を構築し、開発したシ

システムの校正を行う。システムの校正のためには、実際に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。そこで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。

4. 臨床試験の実施

上記の研究開発の成果を用いて、健常者およびストレス性疾患患者を対象として、有用性・信頼性の検討を行う。国立精神・神経センター内に構築した上記シミュレータを活用し、同センターが中心となって実施する。また、国立精神・神経センターで進行中の情報医療プロジェクトと連携して、臨床的効果判定上の有用性を検討する。

【研究の進め方】

研究開発計画全体は、大まかには下記の通りのマイルストーンに従って進める。

研究項目 \ 年度	初年度	2年度	3年度	4年度	5年度	最終年度
マイルストーン	基礎計測システム確立	限定されたバイタル信号から基幹脳活性指標再構成完了	センサを含めたシステム中核部の開発完了	システムの校正終了	ES品完成	臨床試験／信頼性試験の実施
基幹脳活性指標再構成技術	fMRI/PET-脳波-バイタル信号同時計測	バイタル信号から基幹脳活性指標再構成手法を開発				
ウェアラブルセンサシステム	センサ最適配置法の検討 雑音除去技術の開発 電極意匠の開発	データ伝送手段/表示機能等実装		再検討	再検討	
システム校正	校正・評価用シミュレータの構築		非拘束PETを用いたモデル空間でのシステム校正			
臨床試験				最適化設計 小型・省電力化	ES品試作	臨床試験／信頼性試験の実施

(2) 新たに追加・修正など変更した研究構想

中間評価において、「今後の研究においては、ウェアラブルセンサー実用化に向けた効率的な体制を構築しなおす必要があると思われる。」との助言をいただいた。そこで、最終成果に向けて、実用化に向けたセンサー開発に研究資源を再配分し体制を強化するとともに、下記の追加開発をおこなった。

< 多人数同時脳波計測システムの開発 >

日常生活空間下ではメディア情報のみならず人と人との間のコミュニケーションによって発生する情報により大きなストレスを誘発することが精神科領域の臨床試験により判明した。このため複数の被験者から同時測定が可能な多人数同時脳波計測システムを開発した。

< 高信頼多元移動体無線接続技術の開発 >

試験領域を実社会に拡張するため、多人数に分散配置したセンサーを遠隔で制御する高信頼多元移動体無線接続技術およびそれに基づくシステムの開発を試みた。開発したこれらのシステムは多数の人を対象とするバイタルセンサーネットワークの基盤となり、多様なサービスの提供が可能なクラウド型の基幹脳活動指数提示システム(最終年度完成予定)に発展させた。

<簡易装着のための静電容量結合型ドライ電極の検討>

本研究成果の社会実装を加速するため、日常生活空間で簡易に脳波センサーを活用するための必須課題である導電性ジェルを使わないドライ電極を組み込んだウェアラブル脳波センサーを開発した。

§ 3 研究実施体制

本研究は、基幹脳機能統合センシングシステムの開発のために必要とされる前述の4つの研究サブテーマに対して、縦割りで研究機関を割り当てるのではなく、それぞれの研究機関が複数のサブテーマを同時に担当し、すべての研究参加機関が有機的に連携して研究を遂行する体制をとった。

(1) 国立精神・神経医療研究センター 本田グループ

① 研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
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	H19.10～
森本 雅子	(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	第二研究室長	H19.10～H24.11
花川 隆	(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	第一研究室長	H19.10～
上野 修	(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	特任研究員	H19.11～
小俣 圭	(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 浜松医科大学医学部	流動研究員 助教	H20.1～H23.3 H23.4～
設楽 仁	(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	研究生(博士課程 学生)	H19.10～H22.3
細田 千尋	(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 ATR 脳情報研究所	研究生(博士課程 学生)、流動研究員 専任研究員	H19.10～H23.12 H24.1～
田中 智子	(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	流動研究員	H23.4～

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

- ・基幹脳活性指標構成法の開発
- ・ウェアラブルセンサーの開発(情報通信研究機構グループと共同)
- ・システム校正・臨床評価用シミュレータの情報環境制御システムにおける音響呈示装置製作(アクション・リサーチグループと共同)
- ・基幹脳機能シミュレータをもちいたシステム校正(全グループと共同)
- ・臨床試験/信頼性試験の実施(全グループと共同)

(2) 情報通信研究機構 片桐グループ

① 研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
片桐 祥雅	(独)情報通信研究機構・未来 ICT 研究センター	専攻研究員	H19.10～
相田 和夫	静岡大学・システム工学科	教授	H20.1～
長嶋 祐二	工学院大学・電子工学科	教授	H20.1～
田中 秀吉	(独)情報通信研究機構・未来 ICT 研究センター	主任研究員	H19.10～H23.3
横山 士吉	九州大学・先端物質科学研究所	教授	H19.10～
金子 俊一	北海道大学・情報科学研究科	教授	H21.4～
竹内 晃一	(独)情報通信研究機構・未来 ICT 研究センター	グループリーダー	H21.2～H22.3
関 啓子	神戸大学・保健学研究科	教授	H23.4～
川又 敏夫	神戸大学・保健学研究科	教授	H23.4～
植野 彰規	東京電機大学大学院先端科学技術研究科	准教授	H24.4～

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

- ・センサー基本技術の開発(雑音除去技術・データ伝送システム等)
- ・基幹脳活性指標再構成技術の実装
- ・システムの最適化設計
- ・多人数同時計測システムの試作
- ・最適意匠の設計・製作
- ・臨床試験用 ES 品試作(支援)

(3) 国際科学振興財団 大橋グループ

① 研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
大橋 力	財団法人国際科学振興財団	主席研究員	H19.10～
河合 徳枝	財団法人国際科学振興財団	主任研究員	H19.10～
八木 玲子	財団法人国際科学振興財団 東京成徳短期大学	専任研究員 准教授	H19.11～H24.3 H24.4～
仁科 エミ	放送大学	教授	H23.4～

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

- ・基幹脳活性化ソフトウェア設計
- ・基幹脳活性の変動効果をもった情報源の高忠実度収集
- ・システム校正用音響映像統合ソフトウェアの制作
- ・臨床評価用音響映像統合ソフトウェアの制作
- ・脳波センサーの電極意匠の設計(情報通信研究機構グループと共同)
- ・臨床試験の実施(国立精神・神経医療研究センターグループと共同)
- ・臨床評価用映像ソフトウェアの制作と運用
- ・臨床試験におけるデータ解析(国立精神・神経医療研究センターグループと共同)

なお、研究開始時点では下記の放送大学 仁科グループがあったが、主たる共同研究者の他研究費との重複制限により、平成 23 年度以降、大橋グループと統合した。

① 研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
仁科 エミ	放送大学	教授	H19.10～H23.3
福島 亜理子	東京大学大学院工学系研究科	研究補助(博士課程学生)	H20.4～H23.3

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

- ・視覚情報呈示システム設計
- ・システム校正用映像ソフトウェアの制作と運用

(4) アクション・リサーチ 前川グループ

① 研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
前川 督雄	(株)アクション・リサーチ研究開発部	部長	H19.10～
谷島 公子	(株)アクション・リサーチ研究開発部	研究員	H19.10～

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

- ・校正・評価用シミュレータのシステムデザイン
- ・PET 装置非拘束化開発(神戸高专グループと共同)
- ・システム校正用シミュレータの構築(国立精神・神経医療研究センターグループと共同)
- ・シミュレータの運用と臨床評価のための調整

(5) 神戸工業高等専門学校 山本グループ

① 研究参加者

氏名	所属	役職	参加時期
山本 誠一	神戸市立工業高等専門学校電気工学科 名古屋大学医学部保健学科	教授 教授	H19.10～H24.3 H24.4～

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

- ・PET 非拘束化実施設計(アクション・リサーチグループと共同)
- ・PET 非拘束化組立ての監督指導
- ・非拘束化 PET の運用とメンテナンス

§ 4 研究実施内容及び成果

本研究では、研究内容を研究機関ごとに縦割りにするのではなく、基幹脳機能統合センシングシステムの構築に向けて、複数の研究機関が有機的に連携して研究を実施する体制をとったため、それぞれの研究機関が強みを活かして複数のサブテーマに関わっている。こうした研究実施体制の特徴を反映するため、研究実施内容及び成果については、§ 2. 研究構想に述べた4つのサブテーマ毎にまとめて述べ、その中の研究項目ごとに、担当した研究機関を明記した。

4.1 基幹脳活性指標再構成技術の開発(国立精神・神経医療研究センター 本田グループ)

(1) 研究実施内容及び成果

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

ヴァイタル・シグナルを加味し、数的手法により再構成して、ポジトロン断層法または磁気共鳴機能画像をもちいて同時計測された基幹脳の活性と相関の高い簡易基幹脳活性指標 (Fundamental Brain Activity index: FBA-index) を求める解析技術を構築することを目標とした。

<fMRI-脳波同時計測計の構築>

まず、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・神経医療研究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、高磁場磁気共鳴画像装置が誘導する非常に大きな電磁誘導ノイズもきれいに除去され、実用水準の SN 比で自発脳波を記録することが可能になった (図1)。

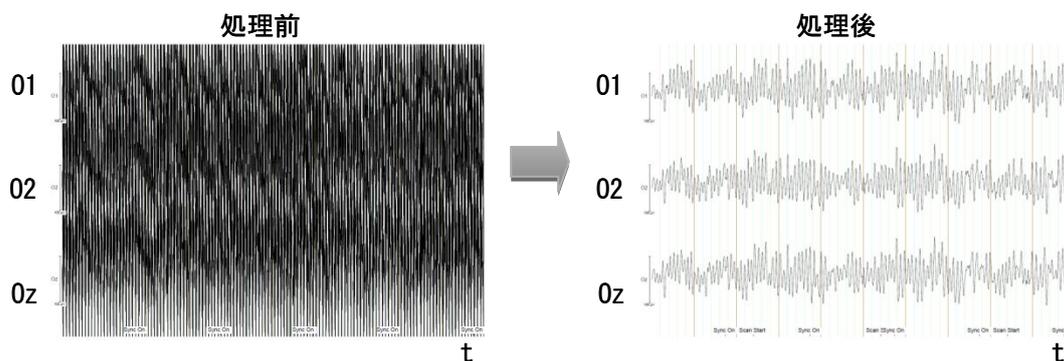


図 1 磁気共鳴画像撮像中に頭皮上後頭部から同時記録された脳波

<基幹脳活性を反映する脳波指標の抽出>

ウェアラブルセンサーから時々刻々と計測される脳波をもちいて、基幹脳活性の代替指標をリアルタイムで導くために、頭皮上の後頭部から記録される自発脳波 α 帯域成分と fMRI によって記録される基幹脳活性との間の時間的關係に着目して解析をおこなった。

fMRI との同時計測により後頭部 (国際 10-20 法における O1 および O2 の位置) から導出された自発脳波について、3 秒ごとに α 帯域 (8-13Hz) 成分のパワーを算出し、その 20 分間の α 成分時系列の中にどのような変動成分が含まれているかを周波数解析した。

その結果、 α 帯域成分の時間的な変動は、概ね 0.04Hz 以下のゆっくりした変動成分と、0.04Hz 以上の速い成分に分けられることが示唆された。そこで、脳波 α 波パワーの変動を、その周期に応じて、0.04Hz 以下の遅い変動と 0.04Hz 以上の速い変動に分離し、それぞれの変動成分と正の相関を示す脳活動を fMRI から抽出した。

その結果、fMRI によって計測された視床、脳幹など基幹脳の活性は、後頭部から記録された α 波の時系列のうち、0.04Hz 以下の変動成分、すなわち 25 秒よりも長い周期でゆっくりと変動する成分に対してのみ、選択的に正の相関を示すことが示された(図 2)。

さらに、速い変動成分と遅い変動成分との境界を明らかにするために、Empirical Mode Decomposition 法をもちいてデータに基づいて α 成分時系列を周波数帯域ごとに分割し、各成分と fMRI 信号との相関を検討した。その結果、EMD 法によって抽出された第 1 および第 2 の速い変動成分は視床の外側部と相関を示すのに対して、第 3 成分以降の遅い変動成分は視床内側部および脳幹の信号と相関を示した。また第 2 成分と第 3 成分との境界は 0.04Hz に相当していた。

情報入力に対して瞬時に反応する感覚運動系とは異なり、脳幹部に高密度で含まれるモノアミン系神経などの情動神経系は、情報の入力に対して反応の立ち上がりも消失も数秒から数十秒くらいの遅れをもつことが知られている。今回の検討によって得られた結果は、脳波 α 波から基幹脳活性指標を再構成するにあたっては、モノアミン神経系の活動を反映する周期 25 秒以上のゆっくりとした変動成分に注目して指標化する必要があることを示している。そこでこの指標を簡易基幹脳活性指標 (Fundamental Brain Activity Index: FBA-index) と定義した。

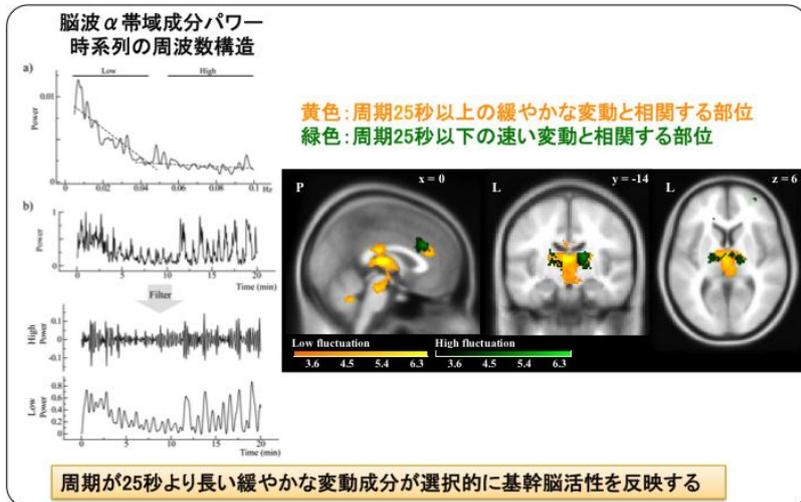


図 2 脳波 α 帯域成分の変動と基幹脳活性との相関

<心拍・呼吸などのヴァイタル・シグナルと脳活動との相関の検討>

呼吸や心拍など簡便に記録可能なヴァイタルデータは、自律神経系の活動を反映すると言われてきている。そこで、これらの指標を統合することによって基幹脳活性のより正確な推定が可能になる可能性がある。この点について検討するために、呼吸及び心電図の位相および振幅データが脳のどの部位の活性と相関するかを上述した同時計測システムを用いて検討した。その結果、呼吸および心拍の位相成分は、脳の中の髄液の信号と、

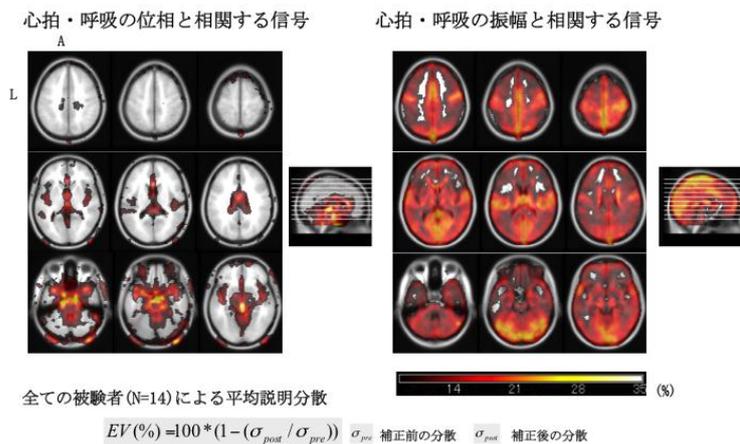


図 3 呼吸・心拍のヴァイタル・シグナルと相関する脳活動

また振幅成分は、ほぼ脳実質全体の信号と非特異的に相関することが示された(図 3)。このことは、通常的相关解析における説明変数として単に心拍や呼吸のデータを組み込むことは、脳全体の活性を反映する点では有効であるものの、脳のどこか特異的な部位、特に基幹脳の活性をピンポイントで特定するには適していないことを示している。したがって、呼吸や心拍変動などのヴァイタル・シグナルについては、基幹脳活性の推定には直接的に寄与せず、今回の手法を用いた場合には、むしろその影響をできるだけ排除した方が、推定精度が上昇することが示された。

(2)成果の位置づけと今後期待される展開

古典的な神経診断学の分野では、古くから後頭部から記録される自発脳波に α 帯域の周波数成分が現れ、時間とともに増減することが知られており、Waxing and Waningと呼ばれてきた。その一方で、脳波 α 波は快適性の指標として、たとえばニューロマーケティング分野などで広く応用されている。しかし、 α 波と脳活動との詳細な関係については、不明のままブラックボックス的な指標として使われていることが多い。 α 波が脳深部の神経組織の活動と正の相関を示すことは、1995年に私たちの研究グループが世界ではじめての脳イメージングと脳波の同時記録をもちいて発見・報告して以来、世界中の研究室で追試が行われてきた。しかし、脳波学の教科書に掲載されるような α 波のWaxing and Waning現象の基盤となる神経メカニズムと、快適性の指標としての α 波との間には大きな距離があった。今回の私たちの発見は、Waxing and Waningのように周期の短い α 波の変動は、視床の外側核と大脳皮質とのループ回路の活性に依存しているのに対して、 α 波が出やすい状態、出にくい状態といった周期の長い変動は、快適性と関連の深い基幹脳を中心とする脳の報酬系の活動と特異的に関連することを示した。これは、快適性の指標としての α 波の有用性をはじめ神経基盤として明らかにしたものであり、脳機能センシングを社会実装していくうえでの学術的基盤として、重要な知見と考えられる。

また、今回のアプローチは、脳波のもつ時間的分解能のよさや脳全体の包括的な活動状態を反映するという特徴を活かしながら、空間解像度に劣るという短所を、正反対の特徴をもったMRIと組み合わせることによってカバーし、簡便に計測可能な脳波の成分が、脳のどこの活動を反映するかを明らかにするというアプローチであった。脳機能計測手法の多くは、医療分野で発達してきたため、大規模な計測装置を必要とするなど一般社会で応用することが困難なことが多い。今回、私たちが用いた同時計測によってあらかじめ脳波成分の基盤となる神経活動を明らかにしたうえで、簡便な代用指標として脳波をもちいるという戦略は、健康産業を含む人間センシングに広く発展応用可能であると考えられる。

4.2 ウェアラブルセンサシステムの開発(情報通信研究機構 片桐グループ)

(1)研究実施内容及び成果

ウェアラブル基幹脳機能統合センシングシステムを開発するにあたり、医学・生理学的領域で明らかとなった知見に基づいて、実際にセンサーから得られる脳波やヴァイタル・シグナルから基幹脳活性指標を算出するとともに、それらの情報を日常生活で利用可能なように工学的に処理するシステムを構築する必要がある。本研究では、ウェアラブルセンサーから得られる信号の伝送・保存・計算処理・結果表示といった情報処理システムの設計・開発およびウェアラブル化を担当するとともに、システムの試作を行った。設計と試作にあたっては、片桐グループが中心となり、本田グループならびに協力企業との密接な打合せを行いつつ、前項で述べたFBA-indexの開発ならびに次項で述べるシステム校正と有効性の確認からのフィードバックをうけつつ遂行した。

<雑音除去技術の開発>

医学・生理学的領域で明らかとなった知見に基づき、生活環境下で取得する脳波からFBA-indexを導出するため必用な雑音除去技術の開発を実施した。

i) 周波数弁別による電極雑音の除去

一般に頭皮上に発生する微弱な電位を高入力インピーダンス($\sim 10^9 \Omega$)の計装アンプ(同相雑音抑圧比 $\sim 100\text{dB}$)で検出する脳波センサーでは、頭皮とセンサーの電氣的接触が不十分である場合、体動による接触抵抗変動による雑音や電源雑音が脳波信号に重畳する。しかし、頭部上で信号検出を行いデジタル化して無線で記録装置にデータ伝送を行うワイヤレス脳波センサーでは、臨床で供される脳波計と比較してこのような電極雑音が大幅に小さくなることが明らかとなった(図5)。これは電源からの完全な隔絶及び体動に影響を受けにくいコンパクトな頭部上配線によるものと考えている。なお、脳波信号には眼電、筋電および心電といった脳波以外の電気生理現象が一般に重畳する。しかし、FBA indexが対象とする脳波帯域は α 律動を含む8~13Hz帯域であるため、心臓の胸郭前面と後面に配置した複数の電極信号の相関により心電信号をキャンセルする

Balanced noncephalic electrodes(BNE)法の適用を必用とすることなく、周波数空間で弁別する単純な雑音除去で対処できる。なお、BNE は脳波と心電とが共通のボディアースを必用とすることから、雑音除去という点においてはワイヤレスでの脳波単独センシングよりも不利である。

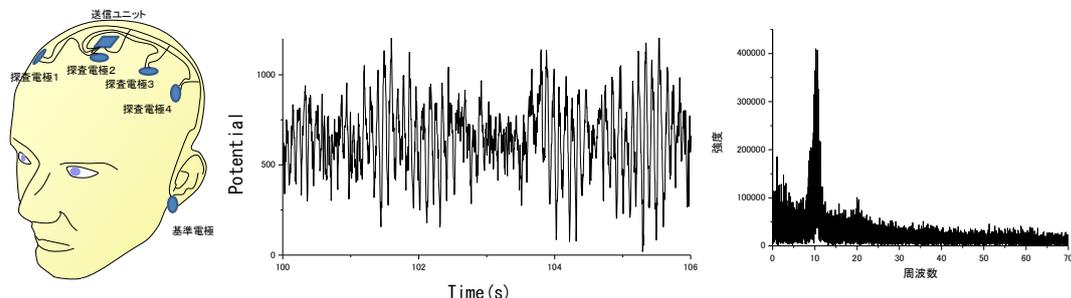


図5 ワイヤレス脳波センサーの構成と検出信号例(後頭部双極誘導、電極 Ag/AgCl 導電性ジェル使用)

ii) ドライ電極に発生する雑音の除去

簡便に脳波モニタが可能なワイヤレス脳波計測システムは日常生活空間のみならず院内外医療における生体管理にも有望である。臨床の場で実用化するためには、測定精度を劣化させず装着簡易性を大幅に向上することが必要である。このため臨床用脳波計測システムの超小型・ワイヤレス化とともに、ジェルを使わずに脳波計測が可能なドライ電極の検討を行った。当初、ドライ電極では電氣的コンタクトが通常脳波計測で使用するウェット型電極(導電性ジェル使用)から劣化することで発生する雑音が懸念されたが、周波数弁別による雑音除去法により meta data から脳波が抽出可能であることを実験的に明らかにした。図6 は頭髪の影響を受けにくいマルチピンタイプの電極を用いてヘアバンド型脳波計を構成しての検討した結果であり、デジタル信号処理のみで脳波抽出が可能であることを示している。



図6 マルチピン型ドライ電極による脳波検出例

<データ伝送システムの設計・試作>

日常生活でシステムを活用するための小型・低消費電力のデータ伝送システムの設計・試作を実施した。

i) 2.4GHz 帯無線伝送用チップによるウェアラブル脳波センサー基板の設計・試作

・プロトタイプ試作

モバイル通信機器の浸透に伴いギガヘルツ帯高速無線デジタル伝送技術が成熟して様々な通信チップが利用可能となっている。そこで、これらのチップを用いワイヤレス脳波センシングシステムの設計・試作を行った。試作した脳波センサー基板はボタン電池搭載でも 30g 程度と小型であり、またボタン電池1個で数日の連続動作が可能となるなどの低消費電力の実現も果たした。このような小型・低消費電力の特徴からヘアバンド型脳波計を実現することができた(図7)。



図7 ギガヘルツ帯トランシーバ(2.4GHz)を用いたワイヤレス脳波センサー基板とそれを組み込んだヘアバンド型脳波センサー(プロトタイプ)

・改良試作による高速逐次データ伝送技術の検討

民生技術により実現されている 2.4GHz 帯トランシーバは大容量のデータを一方向にリアルタイムで伝送する用途を目的に開発されたものではないため、高速逐次データ伝送ではいくつかの問題が発生することが判明している。具体的には、通信品質を保障するためのパリティチェック機能や Cyclic Redundancy Check(CRC)によるエラー検出機能であり、受信感度変動やマルチパスによるフェージング等が原因で発生するビットエラーにより伝送パケット破棄が生じるため、データ欠損量が著しく増大し信号解析に影響を及ぼす。従来このような通信エラーに対しては自動再送制御(Automatic Repeat Request, ARQ) や 誤り訂正 (Forward Error Correction, FEC)が適用されているが、リアルタイム性を阻害するために適用範囲に限界があった。そこで、新たにビットエラーを前後のデータで補完する仕組みを伝送システムに実装することを試みた(図 8)。その結果、この補完法は突発的な通信エラーに対して十分に機能し、脳波解析上も問題がないことを確認した。なお、長時間のパケット欠損についてはバッテリー低下などシステム保守を示唆するものとして別途警告する仕組みの組込を試みている。図 9 はパケット欠損部補完機能を有する伝送システムを試作した例である。

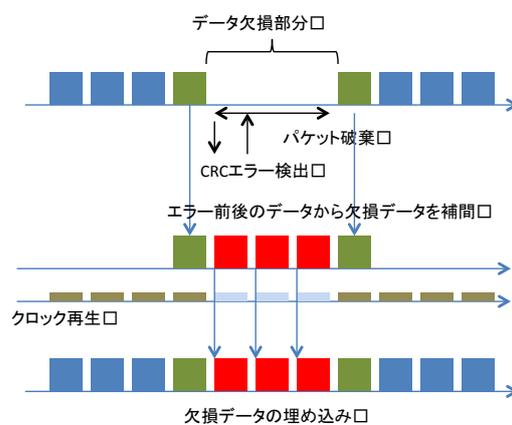


図8 パケット破棄の補償

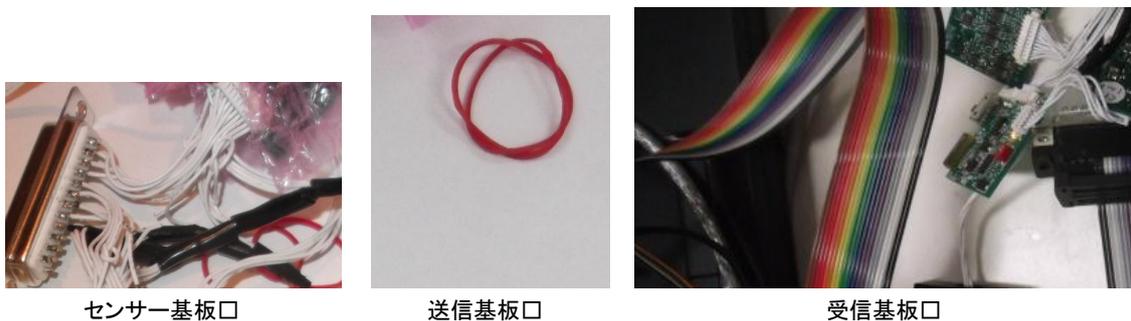


図9 試作した8チャンネル対応のセンサー基板および送受信基板の外観

ii) 多人数同時測定システム

オフィスなど多人数が同一空間を占有する生活環境では、ストレス感受性の個人差の評価や人と人との相互作用により発生するストレス等、多様なストレスの影響を多人数で同時に測定・評価することにより、ストレス性疾患の本質的な原因を探る必要がある。このため、多人数同時測定システ

ムの開発を行った。図 10 はプロトタイプ(4チャンネル基板搭載)の脳波センサーの送信周波数を多重化して 4 人同時に計測することが可能なシステムの構成である。

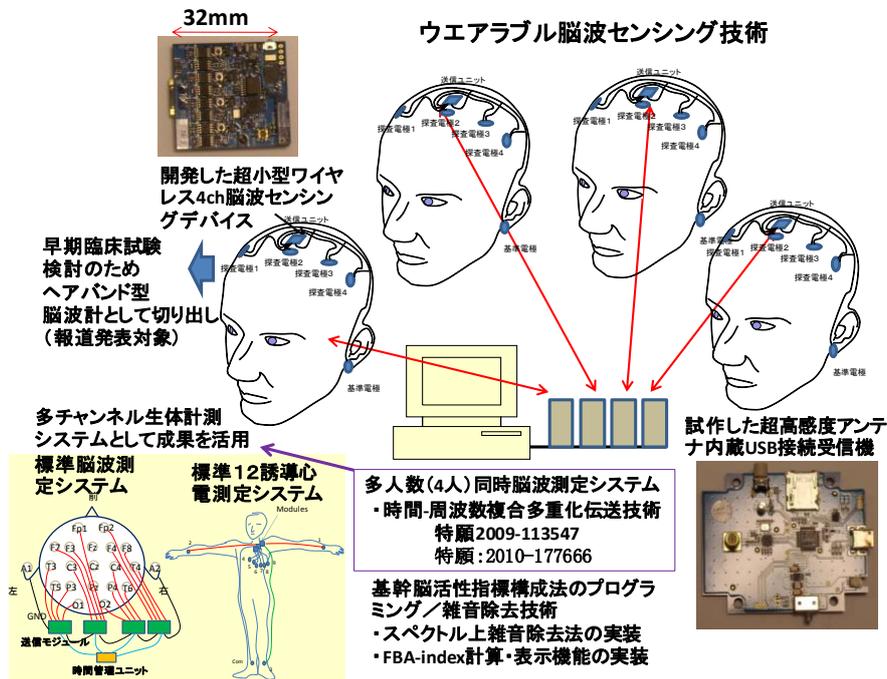


図 10 多人数同時計測システム

<FBA-index 再構成法の実装>

機能的核磁気共鳴画像法(fMRI)や陽電子放射断層撮像法(PET)による基幹脳のヘモダイナミクス計測と脳波の同時測定から得られる相関成分から、基幹脳の活動を表す脳波の特定の成分を抽出することが可能となった。この知見に基づき、ウェアラブル脳波センシングシステムに基幹脳の活動度をリアルタイムで示す FBA-index 算出アルゴリズムの組込を試みた。図 11 に 4ch 脳波計測データから FBA-index を算出するアルゴリズムと臨床応用のために試作したリアルタイムモニタ画面の構成例を示す。FBA-index は基幹脳におけるモノアミン神経活動の長周期のリズムを反映するもので、脳波の α 成分に重畳する。このため、ここでは双極誘導で取得した 4チャンネルの脳波から各々独立に α 成分のスペクトルパワーを抽出し、さらに低域通過フィルタ(LPF)により基幹脳の神経活動成分を抽出し、適当なチャンネル間を加算平均することにより FBA-index を導出した。なお、このアルゴリズムの各過程において、計測が適切に進行しているか確認するためのモニタ機能を付与しており、4ch 脳波の同時時間波計表示、FFT による 1 秒毎のスペクトル表示(1チャンネルを選択)、 α パワー(α 帯域でスペクトル波形を二乗加算したもの)モニタ(FFT と同じチャンネル)

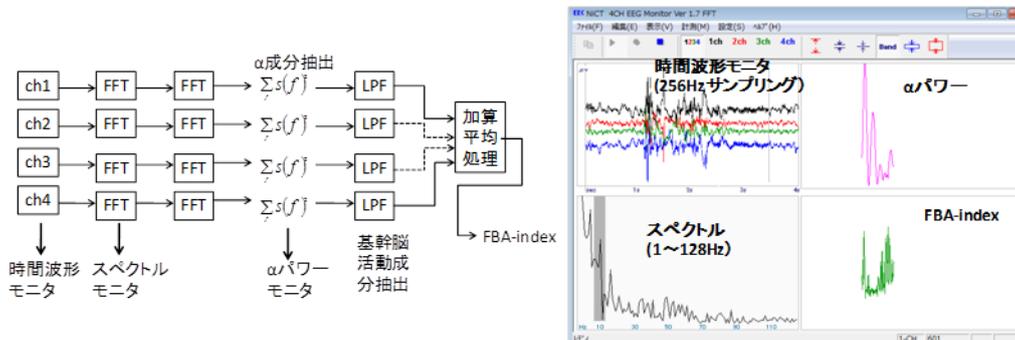


図 11 FBA-index をリアルタイムモニタするためのアルゴリズムと表示画面

が FBA-index とともにリアルタイムでモニタが可能となっている。加算平均処理では、基幹脳における神経活動がどのチャンネルに最も強く反映するのか臨床的な知見から最適化できるように加算処理をするチャンネルを選択できるようにした。

<FBA index 提示システムの構築>

リアルタイムに表示された FBA index からユーザが基幹脳の活動度を知り、さらに活動度を高めるように自らの行動を調整するニューロフィードバック法は、有効なストレスマネジメント法の一つと考えられる。この方法を広く普及させるためには、脳波解析や FBA index 算出のための計算機リソースをデータセンターが集約的に担務するクラウド型の FBA index 提示システムが郵送である。このようなクラウド型システムの採用はユーザの経済的・技術的負担を大幅に軽減しさらにシステム更新の容易性を担保する。

そこで、実用ネットワーク上の仮想サーバを使ってプロトタイプシステムを構築し、商用サービスを受けている携帯端末(スマートフォン)によりリアルタイムでクライアントが自分自身の FBA index をモニタできることを実証した(図 12)。この実証実験によりグリッド化によるデータセンターへの集中アクセスの回避など実用ネットワーク運用上の課題はあるものの、ウェアラブル脳波計を用いた FBA-index の自己モニタリングサービスが実用可能であるとの見通しを得た。

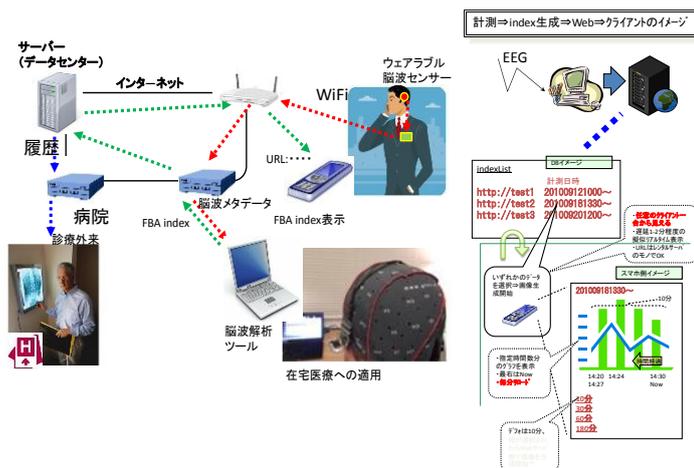


図 12 データセンターを活用するクラウド型の基幹脳活動指数提示システムおよび院内外でのデータの活用モデルとその実証

<臨床試験用 ES 品試作>

i) 改良型ドライ電極を搭載する脳波センサー

ウェアラブル脳波センシングシステムを構築する上で簡便な装着を可能とするドライ電極は必須であるが、マルチピン型電極は転倒に伴う頭部打撲により頭蓋骨貫通の危険性があることからより安全なドライ電極の実現が望まれている。そこで、脳外科・心臓外科領域で使用されている電気生理計測用プローブの先端凹凸構造を採用する脳波電極の設計・試作を試みた。この電極の凹凸の高さは血管のある真皮に到達しないように厳密に高さ制御されており、安全性の確保を確保している。また、ナノインプリント技術による大量生産可能による経済化により、ディスプレイザブルな電極チップ供給も可能である。

ii) 臨床用ウェアラブル脳波センサーの試作

・カチューシャ型

高速逐次データ伝送可能な改良型脳波センサー基板と硬質プラスチックに導電性炭素繊維を分散させて形成した小型ドライ電極を用い、臨床試験への適用を目的としたカチューシャ型の脳波センサーの設計・製作を試みた。センサー基板と送信基板(35×40mm)とカメラ用小型バッテリー(充電可能)から成る簡易な構成でありながら 16bit、256Hz サンプリング/チャンネルで 8 チャンネルの脳波測定が可能となっている。総重量は約 80g(腕時計 2 個分)である。電極一回路基板間配線は透明基板に張り付けたリード線によるものであり、機械的変動の影響が極めて小さい実装形態の実現を可能としている。カチューシャ直下での電極実装という制限の下では計測対象となる電極も制限される(Cz, C3, C4, T3, T4, A1, A2 など)ものの FBA-index の導出は可能であることが、国立精神・神経医療研究センターでの検討により明らかになっている。

・その他の意匠

意匠による適用範囲の限定を回避するため、ヘアバンド型を発展させた小型のメガネ型脳波計の検討を進め、そのプロトタイプを実現した。電極には簡易型のドライ電極が組み込まれている。頭皮上での電極の固定圧がメガネ装着感に干渉するものの、通常の執務室空間内で問題なく脳波の常時モニターが可能であることが実験的にも示された。

(2)成果の位置づけと今後期待される展開

当サブテーマで開発したウェアラブル脳波センシングシステムは、後頭部に出現する脳波から脳深部に位置する基幹脳の活性を簡易にセンシングできる世界で唯一のシステムとなっている。近年、脳科学分野でブレイン・マシン・インタフェースやブレイン・コンピュータ・インタフェース技術が進展するに伴い、様々な簡易脳波センサーを組み込んだ玩具が今日リリースされている。それらの多くは前頭部あるいは中心部に出現する律動をターゲットとしており、主に大脳皮質局所の活動を反映している。また、それらのシステム使用されている電極は毛髪のない前額部への装着を前提として開発されたドライ電極であり、後頭部を含む毛髪を問題とする領域への適用は困難である。

今後、ウェアラブル脳波センサーと臨床脳波計との互換性を確保することにより、健康増進から遠隔医療まで様々な用途に脳波センシングを日常生活の中で活用することができるよう展開していくことが期待される。特に、発症時の脳波を捉えることが診断のキーポイントとなるてんかんの診断においては、日常生活で気軽に計測できるモバイル型多チャンネルのウェアラブル標準脳波センサーのニーズも高まりつつある。本研究で開発したウェアラブル脳波センサーは、シリアルバス接続によりデータリレーを行うアドホック型のシステムアーキテクチャを採用しているため、容易に多チャンネル標準脳波センサーへ拡張可能である(図 13)。



図 13 多チャンネル脳波センシングシステムにおける脳波解析の画面。脳波の時間波形および1秒毎のデータブロックを用いたスペクトルおよび FBA-index がすべてのチャンネルに組み込まれリアルタイムで表示されている。

また、多チャンネル化に伴う脳波キャップ装着性の劣化については、ドライ電極の採用により大幅に軽減できることを確認した。図 14 にプロトタイプウェアラブル脳波センサー(4チャンネル)を2台組み込んだ8チャンネルの脳波キャップ(マルチポール型ドライ電極を使用)によるフィジビリティ確認実験の結果を示す。8チャンネル EEG のセットアップ時間は約 10 秒程度(キャップをかぶせて電極の位置を微修正する時間)であり、従来の EEG のセットアップ時間を大幅に短縮できることを確認した。

加えて、様々なアプリケーションを収容するためのスマートフォンやタブレット型コンピュータなどが急速に普及する中、クラウド型ヘルスケアシステムビジネスの展開が見込まれている。このようなビジネスは、本研究が当初想定していた個人のストレスマネジメントにとどまらず、遠隔医療、遠

隔リハビリテーション、及び遠隔心理カウンセリングをも対象とするものである。本研究で開発したウェアラブル脳波センシングシステムは、このようなビジネスの展開を加速するものとして期待される。

図15 は現在具体的に本研究において具体的に進めている技術移転のスキームである。基幹脳活動指数を使ったビジネスを統括するセットメーカーを中心に、脳波センサーを製造し OEM 供給するためのメーカー体制を記載している。基幹脳活動指数を活用するアプリケーション開発に係るライセンスはセットメーカーのみならず脳波センサーを製造するメーカーにも提供し、ビジネスが広範囲に拡張できるようにしている。

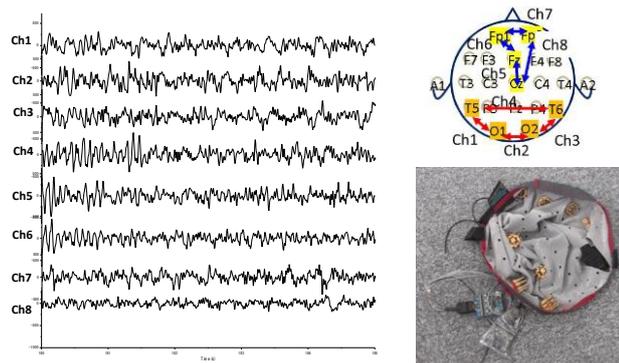


図 14 ドライ電極によるマルチチャンネル脳波センサーキャップの簡易装着

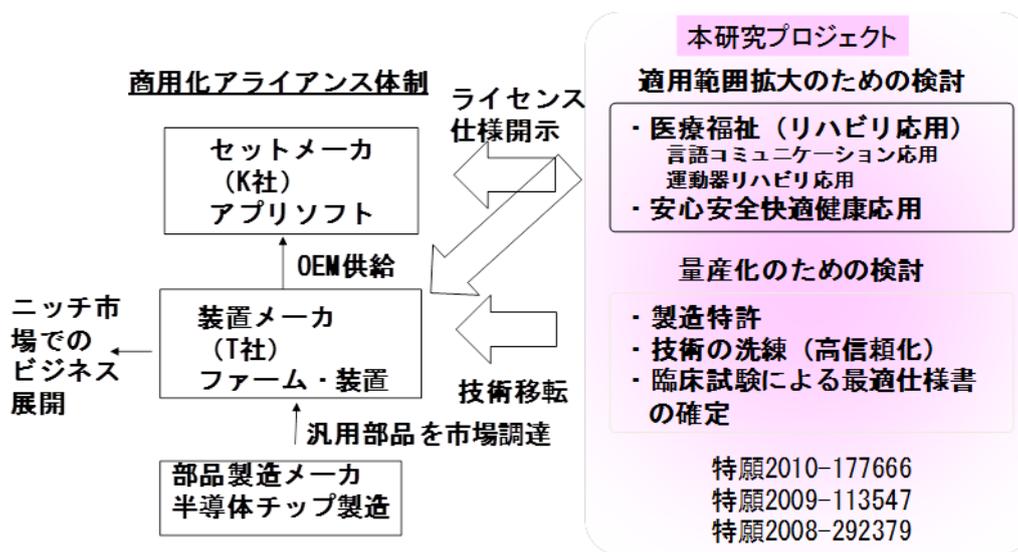


図 15 技術移転による商用化展開

4.3 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(国際科学振興財団 大橋グループ、アクション・リサーチ 前川グループ、神戸工専 山本グループ、国立精神・神経医療研究センター 本田グループ)

(1)研究実施内容及び成果

ウェアラブル基幹脳機能統合センシングシステムの開発にあたっては、薬物でなく視聴覚情報によって発生する基幹脳活性の変動が、実際に開発したセンシングシステムによって評価可能であるかどうかを検証し、フィードバックをする必要がある。そこで、基幹脳変動効果をもった視聴覚情報の信号構造を明らかにし、それに基づいて視聴覚コンテンツを設計・制作した。また、被験者の拘束度を著しく低減した開放型のポジトロン断層撮像装置を開発した。加えて、システム校正と臨床評価のために必要なヴァイタル・シグナルや脳血流などの生理指標を計測することが可能でありながら、日常生活環境をシミュレートできるモデル空間を構築し、実際に開発したシステムおよび指標の有効性を検討した。

<基幹脳活性変動効果をもつ音響映像コンテンツの設計と制作>(国際科学振興財団 大橋グループ)

自然音源に由来する高複雑性の非定常なゆらぎをもった音響成分を有するとともに、基幹脳活性の増大あるいは低下をある程度任意に導くことが可能な周波数構造を有し、かつ、内容の反復なしに基幹脳機能をモニタするのに十分な時間長をもった基幹脳活性変動効果をもった音響コンテンツの設計と制作を行った。

基幹脳活性変動コンテンツを設計するにあたり、まず、基幹脳活性の変動を導くために空気振動情報がどのような特性を備えているべきか検討した。人間の可聴域上限をこえる超高周波成分を豊富に含む空気振動情報が、基幹脳を強力に活性化するのに対して、ホワイトノイズなど人工的な信号を超高周波成分として可聴周波数範囲の振動成分である可聴域成分とともに聴取者に呈示した場合には、超高周波成分が十分に含まれていても、基幹脳活性を低下させることが知られている。したがって、基幹脳活性変動効果をもつ超高周波空気振動成分は、固有の複雑性を有していると考えられる。そこで、基幹脳活性を変動させる空気振動の複雑性を定量的に記述することを試みた。

まず、超高周波成分の周波数構造の複雑性を定量化するために、振動信号の 20kHz をこえる成分の三次元パワースペクトルアレイのフラクタル性を検討した。三次元パワースペクトルアレイを曲面と見なし、フラクタル次元局所指数を用いて評価した。ここで、フラクタル次元局所指数が一定であることは、よりフラクタル性が高いことを示す。

その結果、基幹脳活性化効果をもつ振動の 20kHz をこえる成分の三次元パワースペクトルアレイのフラクタル次元局所指数は、それを計測する基準尺度となる「時間周波数構造指標」ST-index が 2^{-1} ~ 2^{-5} の範囲で変化しても、常に、面状の図形がもつ位相次元の次元数 2 より大きな 2.2 以上 2.8 以下の値をとり、かつ、その変動幅は 0.4 以内に収まっていることが示された(図 16)。一方、ホワイトノイズ、ピンクノイズ、サイン波など基幹脳活性を低下させる振動は、これらの条件を満たさないことが明らかとなった(図 17)。

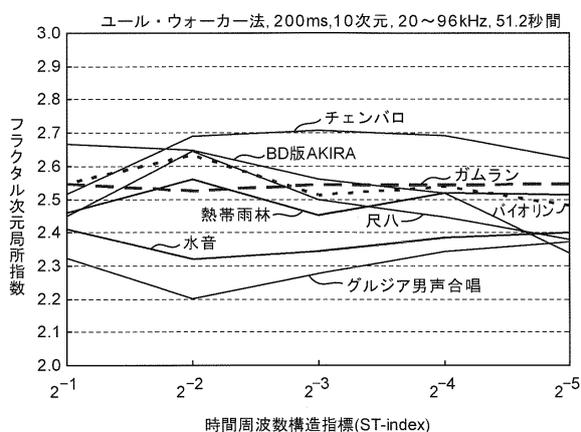


図 16 基幹脳活性上昇効果をもつ超高周波空気振動の三次元スペクトルアレイのフラクタル次元局所指数

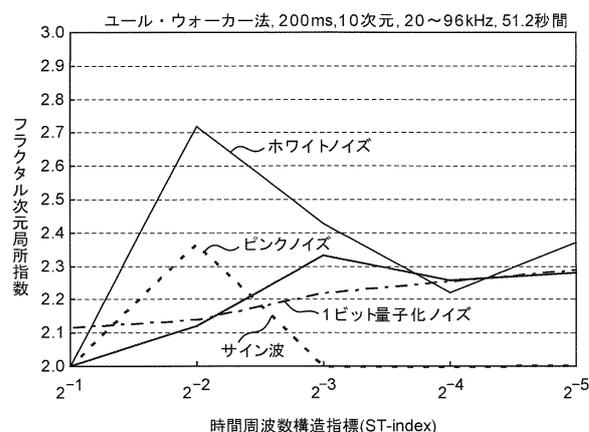


図 17 基幹脳活性低下効果をもつ超高周波空気振動の三次元スペクトルアレイのフラクタル次元局所指数

次に、空気振動の時間構造に注目し、信号の不規則性の指標である「情報エントロピー密度」をもちいて、基幹脳活性変動効果との関連を検討した。

その結果、基幹脳活性上昇効果をもつ信号は、情報エントロピー密度が、常に-5 以上 0 未満の範囲内の値をとり(図 18)、時間的变化が大きく、その分散である EV-index(エントロピー変動指標)が 0.001 以上の値をとることが明らかとなった。これに対して、基幹脳活性低下効果をもつ振動のうち、ホワイトノイズは常に情報エントロピー密度が 0、サイン波は常に-5 以下の値をとるとともに(図 19)、しかも時間変化が見られず平坦であり EV-index が 0.001 未満の値をとることを明らかにした。本成果は、特許出願済であり、既に日本と米国において特許査定されている。

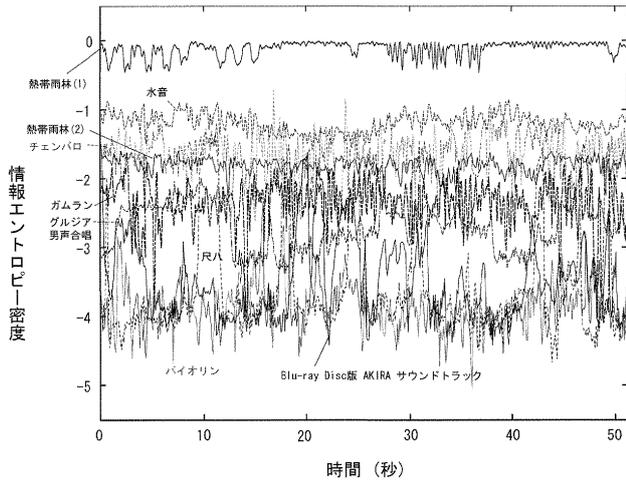


図 18 基幹脳活性上昇効果をもつ超高周波空気振動の情報エントロピー密度とその時間変化

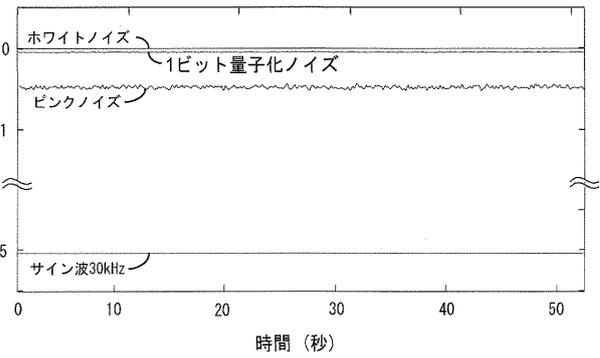


図 19 基幹脳活性低下効果をもつ超高周波空気振動の情報エントロピー密度とその時間変化

つぎに、空気振動の基幹脳活性の増大あるいは低下効果について、周波数帯域構造の観点から検討を試みた。可聴域上限を超える超高周波帯域を細かい周波数帯域に分割して被験者に呈示し、先行研究で基幹脳活性と正の相関が明らかとなっている後頭部7電極から記録されたα波ポテンシャルの平均値をFBA-indexとして用いた。すなわち、16kHz以上の超高周波成分をほぼ8kHz帯域ごとに分割して、可聴音とともに呈示した。図20は、そのときの標準化したFBA-indexの値と、可聴音を単独で呈示したときの標準化FBA-indexの値の差分を示している(ΔFBA-index)。その結果、32kHzよりも低い帯域では基幹脳活性の低下が、32kHzよりも高い帯域では基幹脳活性の上昇が認められた。統計検定の結果、24-32kHzの超高周波を付加した条件では、[可聴音のみ]よりもFBA-indexが統計的有意に減少した($p < 0.05$)。一方、80-88kHzの帯域と88-96kHzの帯域をそれぞれ付加した実験では、FBA-indexが統計的有意に上昇した(それぞれ $p < 0.01$, $p < 0.05$)。これらの結果から、基幹脳活性の増大と低下は、呈示する超高周波振動の周波数帯域に依存し、可聴音に隣接した比較的低い周波数帯域の超高周波成分は基幹脳活性を低下させる可能性があることが示唆され、基幹脳活性変動効果をもつコンテンツを設計する上で非常に有用な知見が得られた。本成果は、特許出願済(日本)であり、原著論文投稿中である。

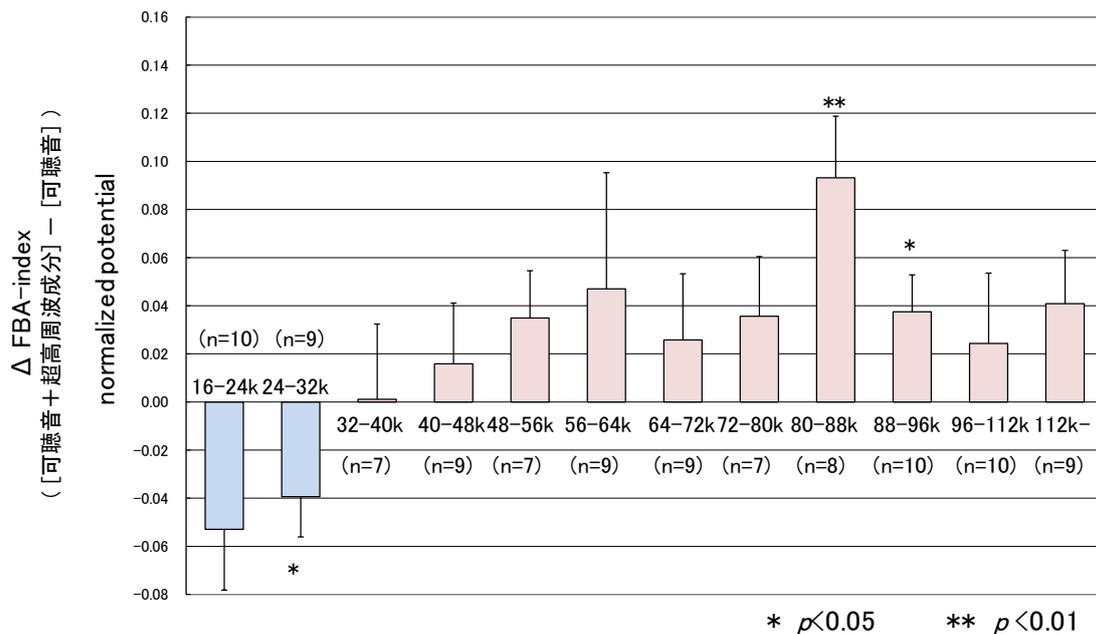


図 20 [可聴音] に対する [可聴音+超高周波成分] の FBA-index の変化量

これらの知見をもとに、基幹脳活性の変動効果をもった音響情報源の高忠実度収集を行った。基幹脳活性を強力に活性化させる効果をもった複雑に変容する超高周波成分は、熱帯雨林環境や一部の文化圏の楽器音などに豊富に含まれる。そこで、基幹脳活性上昇効果をもった超高周波成分を豊富に含む音源を収録するために、マレーシア・ボルネオ島ダナンバレー国立公園ならびにカメルーン・ジャー国立公園にて熱帯雨林環境音収録を実施した。特に人類の遺伝子が進化的に形成されたと考えられているアフリカ熱帯雨林の自然環境音は、可聴域上限をこえる超高周波成分が非常に豊富に含まれており、150kHzを超え200kHzに達することが明らかになった(図21)。

一方、基幹脳活性低下効果をもつ音環境として駅環境音、電車内騒音を収録した。

上記で収集した音源ならびに、上記検討に基づく固有の複雑性と周波数帯域を有する人工合成音を用いて、基幹脳活性変動効果をもった音響コンテンツを制作し、放送大学で制作した映像コンテンツと統合した。

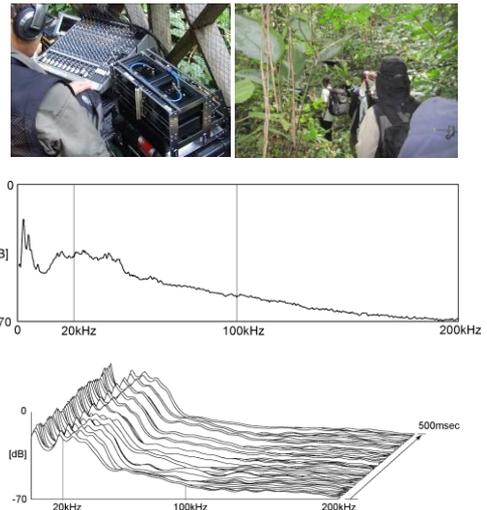


図21 ボルネオとカメルーンでの環境音収録(上)。カメルーン熱帯雨林自然環境音のFFTによる時間平均パワースペクトル(中)と最大エントロピー法により求めた三次元パワースペクトルアレイ(下)

<視覚情報呈示システムの設計と映像コンテンツの制作>(放送大学 仁科グループ、平成23年度から大橋グループと統合)

本研究では、国立精神・神経医療研究センター内に構築するシステム校正・臨床評価用シミュレータにおいて映像情報を呈示するにあたり、現在一般的に利用可能なフォーマットを具えた映像機器を用いて、シミュレータの限られた大きさのスペースの中で基幹脳活性を変動させることが可能な呈示条件を明らかにする必要がある。そこで、すでに一般的に普及しているハイビジョンフォーマットの映像機器を用いてシミュレータ内で呈示可能な条件の下で、空間密度を変えることにより基幹脳活性がどのように変動するかを検討した。

先行研究において制作した映像素材をもちいて、それを異なる空間密度で呈示したものを視聴中の被験者の脳波を計測した。基幹脳活性の指標として、先行研究で基幹脳活性と正の相関が明らかとなっている後頭部7電極から記録されたα波ポテンシャルの平均値を指標として用いた。各映像呈示時の後頭部脳波α波ポテンシャルは、映像を呈示せずに自然に目に入る視覚情報を受容しているときが1になるよう標準化した。なお本検討では、基幹脳活性変動効果をもった呈示条件を決定することが目的であるため、当プロジェクトにおいて開発中のシステムではなく、先行研究において既に基幹脳活性の代用指標としての有用性があきらかになっている研究用の多チャンネル・テレメトリ脳波計測システムをもちいた。

その結果、高精細度映像試聴時(視覚1分あたり0.8pixel)には低精細度映像試聴時(視覚1分あたり0.4pixel)あるいは自然視覚像を受容しているときと比較して、基幹脳活性の指標となる後頭部脳波α波ポテンシャルが増強することが示された(図22)。

以上の結果に基づき、視覚1分あたり0.8pixelの精細度をもつように、校正用シミュレータの映像呈示システムを最適化するよう設計した。具体的には、映像ソフトウェアは1920×1080のハイビジョンフォーマットとし、タイムコードにより音響呈示

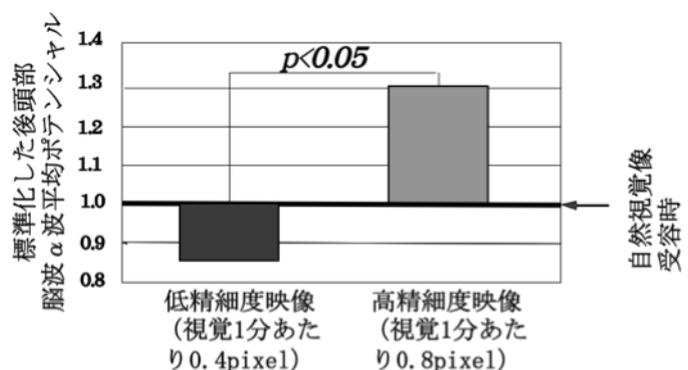


図22 精細度の違いによる基幹脳活性の変動(後頭部脳波α波ポテンシャルを指標)

装置と同期できる SONY HDW-500 を用いて再生した映像を HD プロジェクタ (Victor DLA-HD950) を使用して Stewart 社製 100 インチスクリーンに投影し、視覚精細度が 1 分あたり 0.8pixel 以上を確保できるよう、画角とスクリーンからの視聴距離を調整した。

これまでの先行研究により、映像刺激により基幹脳活性を十分に変動させるためには、少なくとも 20 分以上のソフトウェアの長さが必要であることがわかっている。同時に、信頼性を有する生理学的評価のためには、同一被験者に対して適切に設計されたプロトコルに従って試料を反復視聴させ、それを多数の被験者において反復し、得られた多量のデータについて統計検定をおこなってその有意性を導きだすことが必要となる。そこで、生理学的評価実験に使う呈示試料は、ストーリー性をもったドラマのように、繰り返し見る過程で感覚神経系と脳に及ぼす影響が、逐次変化するものであってはならない。また、反復して見る意欲を喚起できないもの、あるいは反復して見ることに苦痛を伴うものであってはならない。そこで、これまでに収録した映像コンテンツライブラリから、自然環境映像を中心に編集し、システム校正用および臨床試験用の映像コンテンツを制作した。

<非拘束型ポジトロン断層撮像装置 PET-Hat の開発> (神戸工専 山本グループ、アクション・リサーチ 前川グループ)

アクション・リサーチグループおよび国際科学振興財団グループが既に特許取得しているウェアラブルポジトロン断層撮像装置のコンセプトに基づき、頭部用 PET 装置を、脳幹部機能の測定において被検者を自然な状態で測定可能にするよう実施設計と試作を行った。自然な状態での測定を可能にするために、検出器リングを被検者が帽子のように装着する構造(この構造を PET-Hat と呼ぶ)とした。この構造により、座位での測定が可能になるとともに、検出器リングが被検者とともにも多少動いても得られる断層画像への影響を減少させることが可能となる。図 23 に本構造の模型によるテスト風景を、図 24 に概念図を示す。リングの上部に PET 用検出器が 16 ブロック配置される。



図 23 模型によるテスト

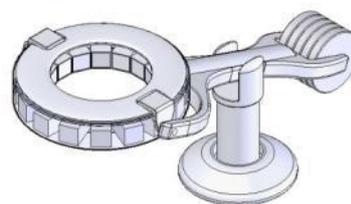


図 24 低拘束度頭部用 PET の鳥瞰図

本 PET 装置に用いるために検出器ブロックの改良試作も行った。検出器ブロックは浜松ホトニクス製フラットパネル光電子増倍管 (H8500) にテーパ状のライトガイドを介して 4.9mmx5.9mm の GSOZ を 11x8 のマトリクスに配置した。GSOZ は Ce 濃度が 1.5mol%と 0.4mol%のものを深さ方向に積層し、2 種の GSOZ の発光減衰時間が違うことを利用して 2 層の深さ方向弁別を可能とした。図 25 に検出器ブロックの写真を、また図 26 に Cs-137(662keV)ガンマ線に対する 2 次元位置応答関数を示す。各 GSOZ のセルを弁別でき、エネルギー分解能も優れていることが確認できた。以上より、被検者を自然な状態で測定可能にするための頭部用 PET 装置を設計できた。



図 25 検出器ブロックの写真

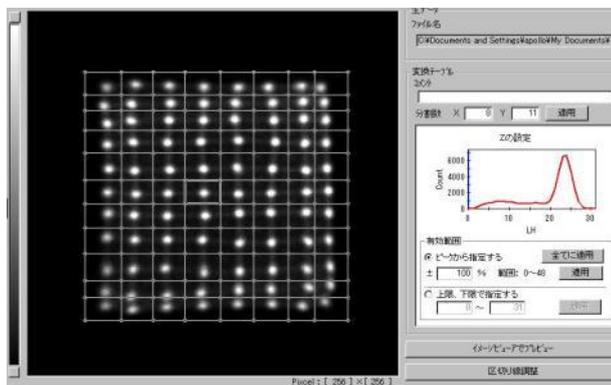


図 26 検出器ブロックの 2 次元位置応答関数

上記設計に基づき、拘束度を低減した PET 装置を開発した。ウェアラブルな装置を実現するために、図 27 に示すように、PET 装置の検出器リングを 2 重のカウンターバランス方式にし、ある程度自由に被験者が動くことが可能な状態で PET 測定ができる。また装置の計測、制御をノート型パーソナルコンピュータで可能とし、被験者自身が測定制御を行うこともできる。この PET 装置の検出器部分が帽子 (Hat) に似ているので PET-Hat と命名した。



図 27 PET-Hat を被験者に装着した様子

この装置の空間分解能は 4mmFWHM 程度、感度は視野中心で 1%程度であった。また図 28 に示すように、良好な画像を得ることができた。さらに装置の音響的騒音は 40dB 程度に抑え、市販の PET 装置と比較して 20dB 程度低くすることができた。機能測定における、聴覚刺激に対して効果的であることが期待される。本 PET 装置は、特許出願をおこない既に特許査定されている。

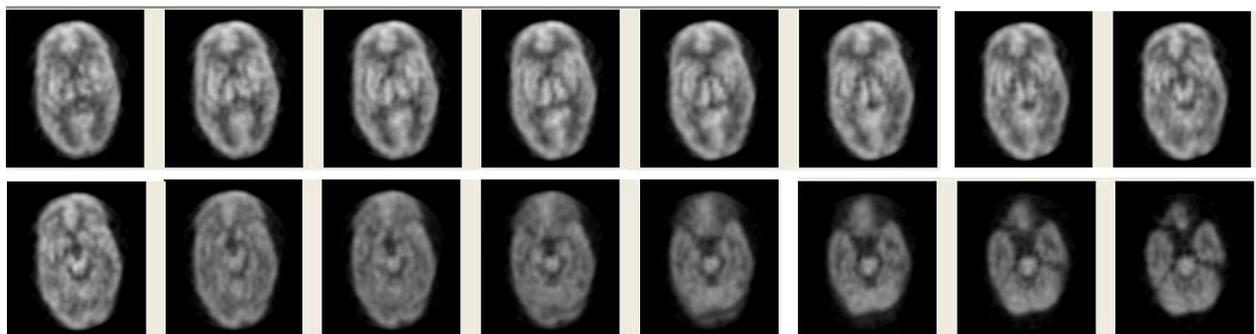


図 28 PET-Hat で撮像した画像

<校正・評価用シミュレータの設計と構築> (株式会社アクション・リサーチ 前川グループ)

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。そこで可聴域上限をこえる超高周波空気振動を呈示可能で、同時に基幹脳活性変動効果をもった映像情報を統御して呈示することのできるシステム校正・臨床評価用シミュレータを設計し、実際に国立精神・神経医療研究センター内にシミュレータ・ブースを構築した。

特に、超高周波空気振動成分による基幹脳活性変動効果を発揮するうえで重要となるシミュレータの音響特性については、すでに当グループが国際科学振興財団グループなどと共同で特許出願している、音響パネルモジュール方式をもちいたスタジオ設計をおこなった。これは、ベニヤ板の両面にグラスウールを貼りつけたパネルを、ブースの遮音壁に平行になるようレールに吊り下げて可動化するものである。この方法では、まず、グラスウールによる吸音効果とともに、パネルそのものの板共振による吸音効果が期待できる。また、パネルの大きさや配置を始めとする設計上の自由度が高く、デザイン的にも優れ、設置後の移動、取付け、取外しが容易で、経費的にも安価である。また、PET-Hat を含む放射性同位元素を使用する脳イメージングとウェアラブルセンサーとの同時計測を行う場合や、模擬車両のように国立精神・神経医療研究センター外の施設の中に日常生活をシミュレートする空間を一時的に仮設する場合には、可動性に優れた音響パネルモジュール方式がきわめて高い有効性を発揮する。

以上の設計に基づいて上記の基本性能を備えたブースを国立精神・神経医療研究センターに構築した(図 29)。このブースは日常生活環境をシミュレートしつつ、同時に脳波やヴァイタル・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

ることが可能になっている。

また、シミュレータに実装する要素として、可聴域上限をこえる超高周波成分による基幹脳活性化変動効果を十分に発揮するために必要な、100kHz 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ーを設計し試作をおこなった。円形リング型スーパーツイーターによって可聴域上限をこえる空気振動まで広い指向性を確保するとともに、電気信号から空気振動への変換器として、過渡応答特性、位相特性などの物理特性の向上をはかった(図 30)。同時に、システム校正シミュレータに必要な基幹脳活性化を導き得る感覚感性面の表現能力の向上をはかった。



図 29 国立精神・神経医療研究センターに構築したシステム校正・臨床評価用シミュレータ

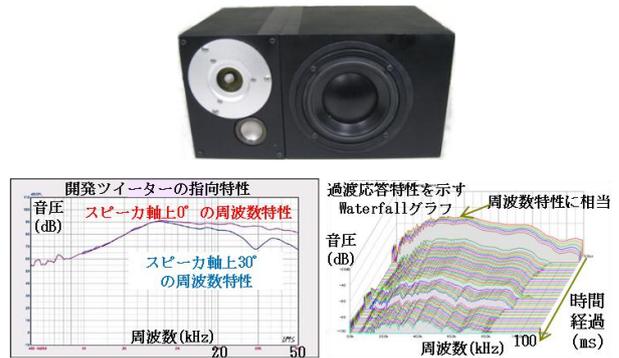


図 30 試作した超広帯域音響呈示用スピーカーとその指向特性および過渡応答特性

<校正・評価用シミュレータをもちいたウェアラブル基幹脳センシングシステムの検証> (国際科学振興財団 大橋グループ)

まず、国立精神・神経医療研究センターに構築したシミュレータの中で、被験者に開発したウェアラブル基幹脳機能センシングシステムを装着し、基幹脳活性化変動効果をもった視聴覚情報を 20 分間呈示した状態で FBA-index を計測した。その結果、図 31 に示すように、呈示時間が長くなるにつれて、徐々に基幹脳活性が上昇していくことが示され、すでに基幹脳機能の代用指標として実績のある脳波成分と同じように、実用レベルで基幹脳活性を繁栄することが確認された。

次に、より日常生活空間に近い計測環境でシミュレートするため、車両を模したモデル空間を構築し、車内を自由に動きまわる被験者に、本プロジェクトで開発したウェアラブル基幹脳機能センシングシステムを装着した。そして、基幹脳変動効果をもった音刺激を呈示して FBA-index の変化を評価した。この結果、基幹脳活性を上昇させる効果をもつ「可聴音+超高周波振動」を呈示した場合、基

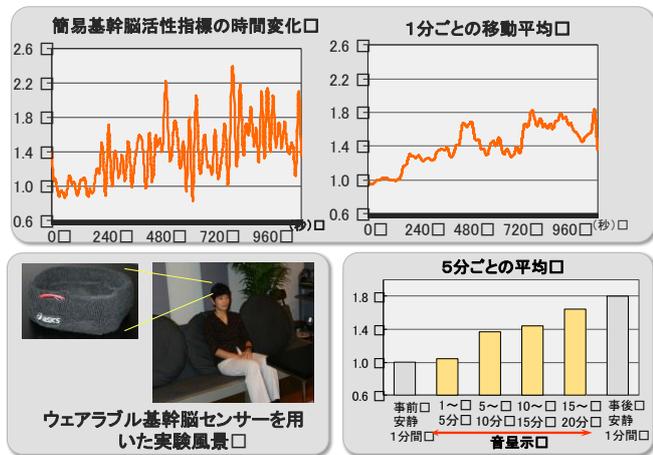


図 31 シミュレータを用いたセンシングシステムの検証

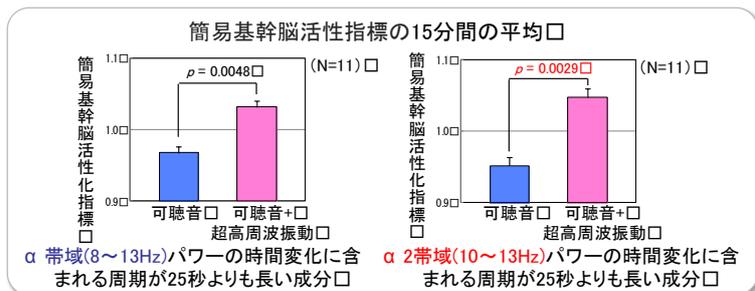


図 32 車両を模した日常生活モデル空間での実証実験結果

幹脳活性を低下させる効果をもつ「可聴音」のみを呈示した場合に比較して、高い有意水準で FBA-index が上昇することが示された(図 32)。この結果、極めて日常生活空間に近いモデル空間内においても、導出された FBA-index は、基幹脳活性変動を鋭敏にとらえることが示された。また、 α 帯域全体よりも $\alpha 2$ 帯域に絞った方が、より鋭敏な指標となることが示唆され、イメージングデータを再解析してより適切な脳波帯域を設定することが課題として見出された。加えて、電極装着が容易な頭髪のない前額部においた電極を基準電極として、両耳朶または乳突部設置した探査電極から記録した脳波をもちいて、基幹脳活性指標の導出を試みた。探査電極を後頭部においた場合に比べて、基幹脳活性の検出力は低下したが、眼球アーチファクトを手動で取り除くことにより、推定精度が改善することが示された。

<ポジトロン断層撮像法をもちいた基幹脳機能センシングシステムの検証> (国立精神・神経医療研究センター 本田グループ)

視聴覚情報によって基幹脳活性を人工的に変動させた場合に、その活性変動が本研究で開発した FBA-index に確かに反映されているかどうかを検証するために、PETと脳波データの同時計測データをもちいた検証をおこなった。基幹脳活性上昇効果をもつ音呈示条件と、基幹脳活性低下効果をもつ音呈示条件、ならびにベースラインの暗騒音条件で、脳活性と FBA-index を含む頭皮上脳波を同時計測し、音呈示条件の違いによる最も顕著な活性変化を、主成分分析を用いて解析した。抽出された主成分の空間パターンを別途撮像した構造 MRI 画像上に重畳してプロットした。この結果、音呈示条件の違いを反映した主成分として、上部脳幹、視床下部および視床を含む脳深部領域を中心として前頭前野と帯状回前部に広がる、基幹脳神経ネットワークが確かに描出された(図 33)。

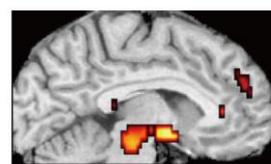
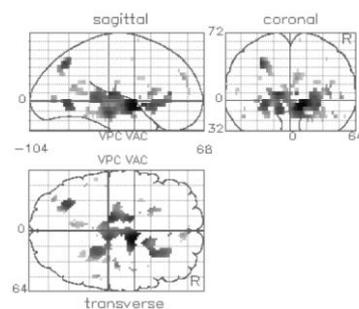


図 33 主成分分析によって描出された血流データの第1主成分

次に、基幹脳ネットワークの活性と、FBA-index との相関を計算したところ、統計的に有意な高い相関があることが検証された(図 34)。さらに、頭皮上に設置された各電極から同時記録された自発脳波との相関を統計的に検定したところ、前記の日常生活環境をシミュレートしたモデル空間における脳波計測においてより鋭敏な相関を示した $\alpha 2$ 帯域成分(10-13Hz)については、FBA-index 算出に用いた後頭部だけでなく、カチューシャ型センサーで使用可能な中心-頭頂部の電極(C3, C4, Pz)から導出された成分も、基幹脳ネットワークの活性と統計的に有意に相関することが示され、カチューシャ型センサーの有効性も支持するものといえる。

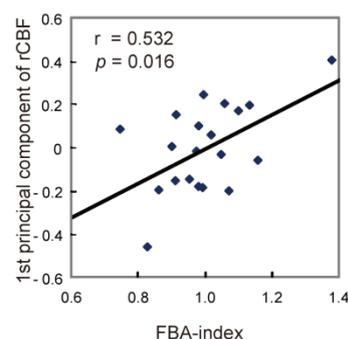


図 34 基幹脳神経ネットワークの活性と FBA-index との相関

さらに FBA-index と相関する脳活性をもつ部位を逆計算したところ、図 35 に示すように、基幹脳を含む脳深部領域の活性と確かに正の相関をすることが確認された。以上により、情報入力による基幹脳活性の変動を FBA-index が有効に反映していることが検証された。

(2)成果の位置づけと今後期待される展開

本研究サブテーマで採用した、薬物や手術的な介入をおこなわず、視聴覚情報によって基幹脳活性を変動させることができるという現象は、本研究者が長年にわたる共同研究によって発見したものである。2000年6月、脳生理学領域で最もオーセンティックな権威をもつアメリカ生理学会脳科学部門公式論文誌 Journal of Neurophysiology に発表したこの現象の中心的な論文は、掲載後3年余りで、同誌のインターネットによる購読論文ベスト50の上位にランク入りし、2003年後半か

ら現在に至るまで常にベスト 10 位以内を維持し、しかも昨年 12 月から本年現在に至るまで第一位を連続して占めるという例のない高い国際的関心を集めている。その最大の原因は、基幹脳活性がメンタルヘルスを中心とするヘルスケアに密接な関連をもっているという認識が非常に広く拡がっており、いかにして副作用の心配な薬物を用いずに基幹脳活性を健康に維持するかということに関心があつまっているためと考えられる。今回の本サブテーマの一連の成果は、基幹脳活性を変動させる音響信号の物理構造の特徴を定量的に明らかにするものであり、上記の流れを加速して、基幹脳活性の健康的なレベルの維持をターゲットとした一連の健康商品の開発を予見するものでもある。

そうした中で、このサブテーマによって徹底的に検証した本研究で開発した基幹脳機能センシングシステムの高い信頼性は、極めて有効性の高いモニタリングシステムとして、広く社会に展開しうる可能性を示唆するものと考えられる。特に、脳波の産業応用が主にブレイン・マシン・インターフェースという大脳皮質の活動変化をデコードする技術に偏って発達しているなかで、本研究のように計測は困難であるが生命活動やメンタルヘルスにとって重要な位置を占める基幹脳活動をモニタリングするために応用しようというアプローチは他には全く見られず、極めて独創性の高いものである。

また、本研究で開発した PET-Hat は、2009 年 6 月北米核医学会の会長講演 Highlights Lecture で紹介されるなど、国際的にも高い注目を集めるとともに、第 9 回産学官連携功労者表彰の厚生労働省からの推薦事例にとりあげられるなど、国内での注目も高く、低拘束イメージングデバイスの開発を促している。

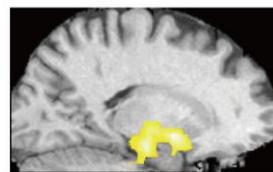
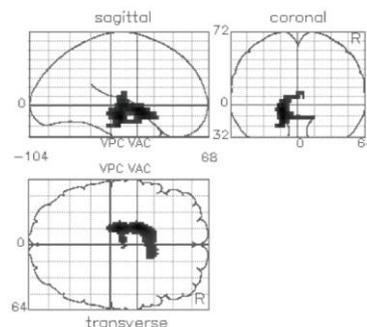


図 35 FBA-index と相関する脳の部位

4. 4 臨床試験の実施(国立精神・神経医療研究センター 本田グループ、国際科学振興財団大橋グループ)

(1)研究実施内容及び成果

これまでに述べた研究サブテーマの成果により、メンタルヘルスに非常に深い関わりがあるにもかかわらず、従来の脳機能計測手法では簡便に計測することが困難であった基幹脳の活性状態を、日常生活空間でも計測可能なウェアラブル脳波センサーを用いて計測することが可能であり、開発したウェアラブルセンサーから導出可能な簡易基幹脳活性指標(FBA-index)は、確かに情報入力による基幹脳の活性変動を反映していることが示された。そこで本サブテーマでは、さらに踏み込んで、このようにして得られた FBA-index がメンタルヘルスにどのようにかわるのか、臨床試験によって明らかにすることを試みた。

<簡易基幹脳活性指標 FBA-index の臨床的意義付け>

まず、さまざまなストレス性疾患ときわめて関わりが深い心理指標として実績のある、その時々不安状態を反映する心理検査の状態不安尺度 STAI(Y-1)と、FBA-index の変動との間にどのような関係性があるかを検討した。被験者に 1 セッションあたり 20 分間、基幹脳活性変動効果をもった視聴覚情報コンテンツを呈示し、その前後に開発した基幹脳機能センシングシステムをもちいて FBA-index を計測するとともに、上記心理検査を実施した。STAI(Y-1)により計測される状態不安尺度は、その質問項目からもわかるように(表 1)、その時々不安状態を評価しているため、比較的短時間の心理状態の変動を反映する指標として適切であり、なおかつ、健常人から軽度の気分障害患者まで広く用いることができるため、早期にメンタルヘルスの異常を検出する手法として極めて有用であると考えられる。

FBA-index と STAI により計測した状態不安尺度とを同時に計測したのべ 76 回のデータセット両者の相関を調べた。この解析では、FBA-index は個人毎に標準化せず、被験者間のばらつきと被

験者内のばらつきのどちらも反映させることとした。これは、FBA-index から導かれる数値が、メンタルヘルス診断における何らかの診断に用いる可能性を考慮したためである。その結果、FBA-index と STAI により計測した状態不安尺度の間には、強い負の相関が存在することが、高い統計的有意性をもって示された ($p < 0.0005$) (図 36)。このことは、FBA-index によって反映される基幹脳活性が低いほど、状態不安の程度が高くなることを示している。また、STAI は、その得点にもとづいて、52 点以上の高不安状態と 40 点以下の低不安状態 (いずれも男性の場合) が定められている。そこで、STAI の状態不安尺度と FBA-index との回帰直線から、高不安に相当する要注意ゾーンと、低不安に相当する安心ゾーンとを FBA-index 上で定義することが可能である。今回のシステムをもちいた場合、FBA-index で 220 以上は低不安の安心ゾーン、196 以下の場合には高不安の要注意ゾーンに該当することを明らかにした。STAI により計測される状態不安尺度は、ストレスによって誘発される不安定な心理状態を反映していると考えられており、その蓄積によってうつ病のリスクが高まると言われている。以上の知見は、開発した基幹脳ウェアラブルセンサーによって計測した簡易基幹脳活性指標が、健康人のメンタルヘルスケアにおいて、ストレスによって誘発される状態不安尺度の客観的な生物学的指標となることを強く示唆しており、本プロジェクトの社会的目的を達成する重要な所見と考えられる。

表 1 STAI を用いた状態不安尺度 (STAI Y-1) の質問項目

No.	質問項目	No.	質問項目
1	おだやかな気持ちだ	11	自信がある
2	安心してしている	12	神経過敏になっている
3	緊張している	13	いらいらしている
4	ストレスを感じている	14	ためらっている
5	気楽である	15	くつろいでいる
6	気が動転している	16	満ち足りた気分だ
7	何かよくないことが起こるのではないかと心配している	17	悩みがある
8	満足している	18	まごついている
9	おびえている	19	安定した気分だ
10	快適である	20	楽しい気分だ

※20項目に4段階(全くあてはまらない/いく分あてはまる/かなりよくあてはまる/非常によくあてはまる)で回答

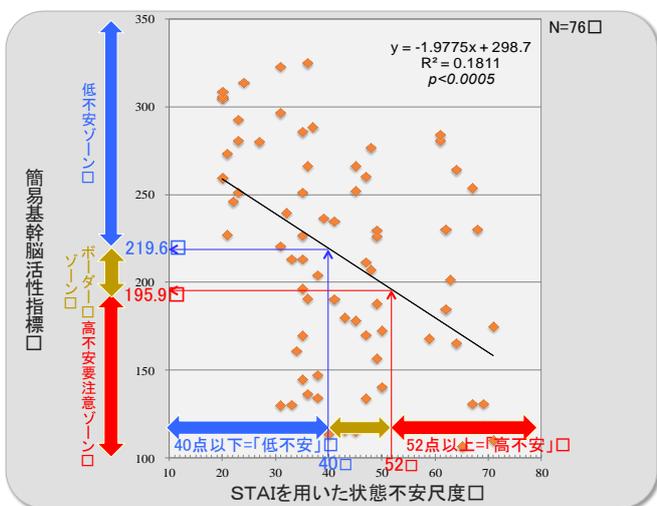


図 36 STAI の状態不安尺度に基づき簡易基幹脳活性指標の要注意ゾーンを算出

(2)成果の位置づけと今後期待される展開

脳の機能を計測する手法や指標には多くの種類があるが、本研究で示したような、計測指標の心理学的な意義が明瞭なものは少ない。その点で、状態不安の程度との高い相関関係が検証された FBA-index は極めて貴重な指標と言える。精神疾患や心理状態の評価は、一般的に主観的な質問紙調査を用いることが多い。しかし、こうした主観に依存する手法は、意識下の変化を捉えることが困難である。本研究で開発した FBA-index とそれを簡便に記録しうるデバイスは、精神疾患や心理状態の生物学的指標、すなわちバイオマーカーとして有用性が高く、さまざまな疾患の診断、健康状態や情報環境の評価への応用展開が期待される。

§ 5 成果発表等

(1)原著論文発表 (国内(和文)誌 3 件、国際(欧文)誌 30 件)

1. Katagiri Y and Aida K: Simulated nonlinear dynamics of laterally interactive arrayed neurons: Proc. SPIE, Vol. 7266, 7266-1-9, 2008.
2. 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, Vol. 15, 29-58, 2009.
3. Nishina E, Morimoto M, Fukushima A, Yagi R: Hypersonic sound track for Blu-ray Disc “AKIRA”, ASIAGRAPH Journal, vol. 4-1, pp. 53-58, 2010.
 4. Yamamoto S, Imaizumi M, Watabe T, Watabe H, Kanai Y, Shimosegawa E, Hatazawa J: Development of a Si-PM-based high-resolution PET system for small animals, Physics in Medicine and Biology, vol. 55, No. 19, pp. 5817-5831, 2010. (DOI:10.1088/0031-9155/55/19/013)
 5. Nishina E, Morimoto M, Kawai N, Yagi R, Honda M, Onodera E, Oohashi T: Hypersonic sounds--a new dimension of digital acoustics indicated by Balinese traditional gamelan music, Proceedings of the Joint International Conference Asia Pacific Conference on Computer Human Interaction and Ergofuture 2010, pp. 1-11, 2010.
 6. Kawai N, Morimoto M, Honda M, Onodera E, Nishina E, Kawai N, Oohashi T: Study on the Sound Structure of Georgian Traditional Polyphony (1): Analysis of the Temperament Structure, Proceedings of the Fifth International Symposium of Traditional Polyphony, 2010.
 7. Morimoto M, Honda M, Nishina E, Kawai N, Oohashi T: Study on the Sound Structure of Georgian Traditional Polyphony (2): Quantitative Analysis of Fluctuation Structure, Proceedings of the Fifth International Symposium of Traditional Polyphony, 2010.
 8. Fukushima A, Nishina E, Oohashi T, Kayahara T, Hirota K, Hirose M: The effect on the perception of sound volume balances by the inclusion of high-frequency components above the human audible range, ASIAGRAPH 2009 in Tokyo Proceedings, pp. 63-64, 2009.
 9. 八木玲子, 中村明一, 仁科エミ: <江戸の音>の超知覚構造——尺八の響きを対象として, 民族藝術, vol. 27, pp. 110-115, 2011.
 10. 森本雅子, 河合徳枝: グルジア伝統ポリフォニーの音律構造について, 民族藝術, vol. 27, pp. 124-129, 2011.
 11. 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)
 12. 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)
 13. 福島亜理子, 仁科エミ, 大橋力, 茅原拓朗, 広田光一, 廣瀬通孝: コンテンツ特性がステレオバランス感覚におよぼす影響についての音量調整行動を指標とする評価, ヒューマンインタフェース学会論文誌, pp. 91-98, Vol. 13, No. 1, 2011.
 14. 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.
 15. 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.
 16. 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)
 17. 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)
18. 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)
 19. 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.)
 20. 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)
 21. 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)
 22. 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)
 23. Yamamoto S and Hatazawa J, Development of an alpha/beta/gamma detector for radiation monitoring, *Review of Scientific Instruments*, 82, 113503-1-113503-6, 2012.
 24. Tatsumi M, Yamamoto S, Imaizumi M, Watabe T, Kanai Y, Aoki M, Kato H, Shimosegawa E, Hatazawa J. Simultaneous PET/MR body imaging in rats: initial experiences with an integrated PET/MRI scanner. *Ann Nucl Med.* June 2012, Volume 26, Issue 5, pp 444-449.
 25. Yamamoto S, Watabe H, Kanai Y, Watabe T, Aoki M, Sugiyama E, Kato K, Hatazawa J, Development of a flexible optical fiber based high resolution integrated PET/MRI system, *Med Phys.* 39 (11): 6660-71, 2012.
 26. Oohashi T, Maekawa Ueno O, T, Kawai N, Nishina E, Honda M, Evolutionary acquisition of an amortal genetic program: The origin of an altruistic gene. *ECAL 2011 Special Issue of Artificial Life*, in-press.
 27. Yamamoto S, Watabe H, Kato K, Hatazawa J. Performance comparison of high quantum efficiency and normal quantum efficiency photomultiplier tubes and position sensitive photomultiplier tubes for high resolution PET and SPECT detectors. *Med Phys.* 39 (11): 6900-7, 2012.
 28. Yamamoto S. Basic performance evaluation of a Si-PM array-based LGSO phoswich DOI block detector for a high-resolution small animal PET system. *Radiol Phys Technol.* 2012 Dec 28. [Epub ahead of print]
 29. Yamamoto S, Higashi T, Senda M. A GSO tweezers-type coincidence detector for tumor detection, *Radiol Phys Technol.* 2013 Jan 3. [Epub ahead of print]
 30. Yeom, J. Y., Yamamoto, S., Derenzo, S. E., Spanoudaki, V. C., Kamada, K., Endo, T., Levin, C. S. First Performance Results of Ce: GAGG Scintillation Crystals With Silicon Photomultipliers *IEEE Trans. Nucl. Sci.* in-press.
 31. Yamamoto S, Watabe H, Kanai Y, Kato K, Hatazawa J. Development of an ultrahigh-resolution Si-PM-based dual-head GAGG coincidence imaging system. *Nucl Instrum Meth-A*: vol. 703, 183-189, 2013.
 32. ONODERA E, NISHINA E, NAKAGAWA T, YAGI R, FUKUSHIMA A, HONDA M, KAWAI N, OOHASHI T, New technology toward improving the acoustic environment of railway passenger cars --An application of the hypersonic effect,

ASIAGRAPH Forum 2013 PROCEEDINGS, in-press.

33. NISHINA E, KAWAI N, OOHASHI T, Physiological and psychological effect of high density audio-visual information on traditional performance art of a non-Western culture, ASIAGRAPH Forum 2013 PROCEEDINGS, in-press.

(2)その他の著作物(総説、書籍など)

1. 田中悟志, 花川隆, 本田学: 達人の脳内機構, 神経研究の進歩 BRAIN and NERVE, Vol. 60, 257-262, 2008.
2. 大橋力: 脳の報酬系が導く有限系バリ島の自己組織化(その2), 連載「脳のなかの有限と無限」9回, 科学, Vol. 78, 382-388, 2008.
3. 大橋力: 自己増殖のメカニズム, 連載「犯罪と現代生命科学—遺伝子・脳・行動・音」第2回, 季刊現代警察, Vol. 119, 56-61, 2008.
4. 大橋力: 農耕様式の違いが人類史に導いた世界像の巨大なギャップ, 連載「脳のなかの有限と無限」10回, 科学, Vol. 78, 708-714, 2008.
5. 大橋力: DNA—細胞の司令塔, 連載「犯罪と現代生命科学—遺伝子・脳・行動・音」第3回, 季刊現代警察, Vol. 120, 60-64, 2008.
6. 本田学: 脳機能イメージングは心の理解につながるか, 科学, Vol. 78, 851-856, 2008.
7. 大橋力: 有限系世界像モデルの源流を長江文明に訪ねる, 連載「脳のなかの有限と無限」第11回, 科学, Vol. 78, 1100-1106, 2008.
8. 大橋力: <本来>と<適応>, 連載「犯罪と現代生命科学—遺伝子・脳・行動・音」第4回, 季刊現代警察, Vol. 121, 62-67, 2008.
9. 本田学, 花川隆, 田中悟志: 思考の基盤となる脳内情報操作の神経機構, 入来篤史編: 言語と思考を生む脳, 甘利俊一監修: シリーズ脳科学3, 東京大学出版会, 2008.
10. 大橋力: 至福の音体験と脳—全方位非分化型アプローチの射程から, 脳科学と芸術, 工務舎, 269-290, 2008.
11. 大橋力, 有限系世界像モデルの精華を日本列島に尋ねる(その1), 連載「脳のなかの有限と無限」第13回, 科学, vol. 79, No. 4, 372-378, 2009.
12. 大橋力, 地球生命を制御する<分子通信>と<分子認識>, 連載「犯罪と現代生命科学—遺伝子・脳・行動・音」第5回, 季刊現代警察, Vol. 123, 2009.
13. 大橋力, 有限系世界像モデルの精華を日本列島に尋ねる(その2), 連載「脳のなかの有限と無限」第14回, 科学, vol. 79, No. 7, 724-730, 2009.
14. 大橋力, 動物の行動を司る神経系の仕組, 連載「犯罪と現代生命科学—遺伝子・脳・行動・音」第6回, 季刊現代警察, Vol. 124, 2009.
15. 大橋力, 有限系世界像モデルの精華を日本列島に尋ねる(その3), 連載「脳のなかの有限と無限」第15回, 科学, vol. 79, No. 10, 1078-1084, 2009.
16. 大橋力, <利他的遺伝子>と<超知覚音>の優越性—「こころの未来」への自然科学的接近, こころの謎 kokoro の未来, 京都大学学術出版会, 2009.
17. 大橋力, 神経から脳へ, 連載「犯罪と現代生命科学—遺伝子・脳・行動・音」第7回, 季刊現代警察, Vol. 126, 44-48, 2009.
18. 大橋力, 有限系世界像モデルの精華を日本列島に尋ねる(その4), 連載「脳のなかの有限と無限」第16回, 科学, vol. 80, No. 1, 34-40, 2010.
19. 仁科エミ: ハイパーソニック・エフェクトの発現メカニズムに関する研究の進展, 日本音響学会誌, Vol. 65, 40-45, 2009.
20. 大橋力, 共同体という名の脳機能体系(その1), 連載「脳のなかの有限と無限」第17回, 科学, vol. 80, No. 4, 352-358, 2010.
21. 大橋力, ヒトの脳, 連載「犯罪と現代生命科学—遺伝子・脳・行動・音」第8回, 季刊現代警察, Vol. 127, 44-48, 2010.
22. 大橋力, 共同体という名の脳機能体系(その2), 連載「脳のなかの有限と無限」第18回, 科学, vol. 80, No. 7, 686-692, 2010.

23. 大橋力, 脳の働きの階層構造, 連載「犯罪と現代生命科学——遺伝子・脳・行動・音」第9回, 季刊現代警察, vol. 128, 88-92, 2010.
24. 大橋力, 共同体という名の脳機能体系(その3), 連載「脳のなかの有限と無限」第19回, 科学, vol. 80, No. 10, 982-988, 2010.
25. 大橋力, 共同体という名の脳機能体系(その4), 連載「脳のなかの有限と無限」第20回, 科学, vol. 81, No. 1, 36-41, 2010.
26. 大橋力, 前川督雄, 上野修, 本田学, 利他的遺伝子, その優越性とは—地球生命は[進化の閉塞を打破する進化]を遂げた. 科学, vol. 81, No. 1, 83-90, 2011.
27. 本田学: 脳と情報環境-脳科学から見た環境の安全・安心. 脳の発達と育ち・環境. NPO 法人脳の世紀推進会議編, クバプロ, 東京, pp. 9-45, 2010.
28. 大橋力, 利他の優越するシステムとメタ世界像, 連載「脳のなかの有限と無限」第21回, 科学, vol. 81, no. 4, 岩波書店, pp. 302-308, 2011.
29. 大橋力, 〈プログラムされた自己解体〉と犯罪(その一), 連載「犯罪と現代生命科学—遺伝子・脳・行動・音」第11回, 季刊現代警察, vol. 131, pp. 58-62, 2011.
30. 大橋力/安田喜憲, 森の命が人間を救う, 安田喜憲編『対論 文明の原理を問う』第三章, 麗澤大学出版会, pp. 141-162, 2011.
31. 大橋力, 河合徳枝, ブータン仏教の創る至福の情報空間, 科学, vol. 81, no. 6, 岩波書店, pp. 530-536, 2011.
32. 大橋力, 音楽のなかの有限と無限(1), 連載「脳のなかの有限と無限」第22回, 科学, vol. 81, no. 7, 岩波書店, pp. 626-632, 2011.
33. 八木玲子, 河合徳枝, 持続可能な社会における子育て——生物学的文化人類学の視点から, 早稲田大学総合研究機構『プロジェクト研究』, 第6号, pp. 1-15, 2011.
34. 大橋力, 音楽のなかの有限と無限(2), 連載「脳のなかの有限と無限」第23回, 科学, vol. 81, no. 10, 岩波書店, pp. 992-998, 2011.
35. 大橋力, 〈プログラムされた自己解体〉と犯罪(その二), 連載「犯罪と現代生命科学—遺伝子・脳・行動・音」第12回, 季刊現代警察, vol. 133, pp. 80-84, 2011.
36. 大橋力, 音楽のなかの有限と無限(3), 連載「脳のなかの有限と無限」第24回, 科学, vol. 82, no. 1, 岩波書店, pp. 40-46, 2012.
37. 大橋力, 音楽のなかの有限と無限(4), 連載「脳のなかの有限と無限」第25回, 科学, vol. 82, no. 4, 岩波書店, pp. 402-408, 2012.
38. 本田学, 感性的質感認知への脳科学的アプローチ, 映像情報メディア学会誌, 2012年05月号, pp. 343-348, 2012.
39. 大橋力, 〈プログラムされた自己解体〉と犯罪(その三), 連載「犯罪と現代生命科学—遺伝子・脳・行動・音」第13回, 季刊現代警察, vol. 134, pp. 71-75, 2012.
40. 大橋力, 音楽のなかの有限と無限(5), 連載「脳のなかの有限と無限」第26回, 科学, vol. 82, no. 7, 岩波書店, pp. 724-730, 2012.
41. 大橋力, 音楽のなかの有限と無限(6), 連載「脳のなかの有限と無限」第27回, 科学, vol. 82, no. 10, 岩波書店, pp. 1070-1076, 2012.
42. 大橋力, 音楽のなかの有限と無限(7), 連載「脳のなかの有限と無限」第28回, 科学, vol. 83, no. 1, 岩波書店, pp. 54-60, 2013.
43. 河合徳枝, バリ島の共同体に〈豊かさ〉の指標を探る, 科学, vol. 83, no. 2, 岩波書店, pp. 210-217, 2013.
44. 河合徳枝, 大橋力, ハイパーソニックの光景, 科学, vol. 83, no. 3, 岩波書店, pp. 289-295, 2013.
45. 大橋力, ハイパーソニック・エフェクトへの招待, 科学, vol. 83, no. 3, 岩波書店, pp. 296-301, 2013.
46. 仁科エミ, 文明の病理と本来・適応・自己解体, 科学, vol. 83, no. 3, 岩波書店, pp. 304-310, 2013.
47. 八木玲子, ハイパーソニックは体のどこから受容されるのか——受容経路と二次元知覚

- モデル, 科学, vol. 83, no. 3, 岩波書店, pp. 316-327, 2013.
48. 本田学, ハイパーソニックの脳科学——美と快と脳イメージングが拓いた新しい音世界, 科学, vol. 83, no. 3, 岩波書店, pp. 328-340, 2013.
49. 仁科エミ, 河合徳枝, 音楽・情報・脳, 放送大学教育振興会, 2013.

(3)国際学会発表及び主要な国内学会発表

① 招待講演 (国内会議 54 件、国際会議 3 件)

1. 本田学, 「美と快」の脳をみる, TDC ワークショップ「科学と藝術」第 1 回「見えないものを見る」, 東京, 2007 年 11 月 17 日
2. 本田学, 生存戦略としての美と快, 喫煙科学研究財団研究集会「喫煙行動研究の新たな可能性を探る」, 東京, 2008 年 2 月 1 日
3. 本田学, 脳から観た潜在能力の開発～言語脳・非言語脳の射程～, 社団法人 日本能率協会 提言報告会パネルディスカッション「人と組織の能力を活かしきる経営のあり方」, 名古屋, 2008 年 2 月 27 日
4. 片桐祥雅, メカノフォトニクスと脳・人間研究, 2008 年度精密工学会春季大会シンポジウム「メカノフォトニクス 光関連技術の最新動向」, 明治大学生田キャンパス, 2008 年 3 月 17 日
5. 大橋力, 音と脳と文明, 2008 年日本音響学会春季研究発表会分野横断型スペシャルセッション「音と脳の科学が拓く新しい音響学の地平」, 千葉工業大学キャンパス, 2008 年 3 月 17 日
6. 大橋力, 音と音楽とを区別するもの, 平成 20 年度(第 49 回)科学技術週間特別イベント「科学と音楽の夕べ」, 東京, 2008 年 4 月 15 日
7. 本田学, 脳に安全な情報環境をつくるための基幹脳統合センシング技術, 第 41 回 WIN 定例講演会, 東京, 2008 年 9 月 9 日
8. 本田学, 美と快の脳機能イメージング, 第 48 回日本核医学会学術総会・第 28 回日本核医学技術学会総会学術大会合同シンポジウム「異分野の融合がもたらす新たな世界」, 千葉, 2008 年 10 月 25 日
9. 片桐祥雅, 社会に挑む脳科学, 日本計測自動制御学会, 静岡大学, 2008 年 12 月 8 日
10. 大橋力, 拓かれたハイパーソニック・ワールド～生命文明の地平を展望する～, ものづくり生命文明機構 第1回主催シンポジウム基調講演, 東京, 2009 年 4 月 11 日
11. 大橋力, 近現代文明崩壊のシナリオとそれを回避する方策について, 稲盛財団「環境文明倫理研究会」A 環境部門研究会, 2009 年 4 月
12. 本田学, 脳と情報環境—脳科学からみた環境の安全・安心—, 世界脳週間 2009 公開講座, 小平, 2009 年 5 月 21 日
13. 大橋力, ハイパーソニック・エフェクト研究の最前線と応用展開 ～超高密度高複雑音による基幹脳活性化がもたらす効果～, (財)浜松地域テクノポリス推進機構ライフサイエンス研究会, 浜松, 2009 年 7 月
14. 河合徳枝, バリ島の伝統知と感性脳機能, 花王芸術・科学財団主催 感性科学特別シンポジウム, 東京, 2009 年 8 月 7 日
15. 片桐祥雅, 脳の安全に資する人間情報センシング技術, 電子情報通信学会第 1 回ヒューマンプローブ研究会(第 2 種研究会)講演会, 東京, 2009 年 7 月 13 日
16. 片桐祥雅, 五感感覚を測定する, 平成 21 年度繊維学会第 40 回夏季セミナー講演, 福井, 2009 年 8 月 29 日
17. 本田学, 計測・解析法 3(ニューロイメージング), 第 9 回生理学若手サマースクール 神経生理学の基礎講義(日本生理学会主催), 岡崎, 2009 年 9 月 15 日
18. 仁科エミ, 「感性」の評価—生体計測に関連して, ヒューマンインタフェースシンポジウム 2009, ワークショップ「ヒューマンインタフェースにおける感性的な魅力とは」, 東京, 2009 年 9 月 3 日
19. 大橋力, 生命文明への道, ものづくり生命文明機構ハイパーソニック生命文明協議会主

- 催 第一回大橋道場「パースペクティブ～生命科学が拓く新しい文明＝生命文明の展望～」, 大磯, 2009年9月26日
20. 仁科エミ, 超高精細映像音響の生理的効果を探る, JEITAディスプレイデバイスフォーラム2009(CEATEC JAPAN 2009), 千葉, 2009年10月8日
 21. 河合徳枝, バリ島の水と神々を活かした生存科学, 国際日本文化研究センター共同研究会「日本文明史の再建」平成21年度第3回研究会, 京都, 2009年11月7日
 22. 八木玲子, 高密度メディアを用いた民族藝術の映像音響制作—超細密芸術マデ・ウィアンタ作品のメディア化について, 京都大学総合博物館・学術映像博覧会ワークショップ「共振する音とイメージ」, 京都, 2009年11月14日
 23. 大橋力, 利他的遺伝子の優越性～有限環境の生存戦略～, ものづくり生命文明機構ハイパーソニック生命文明協議会主催 第二回大橋道場, 東京, 2009年12月5日
 24. 河合徳枝, バリ島の感性脳科学～ものところとを架橋し合理的に制御する伝統智, 京都大学こころの未来研究会「バリ文化の基層を知る」, 京都, 2010年2月25日
 25. 八木玲子, 感性脳科学から観るバリ人の活性構築, 京都大学こころの未来研究会「バリ文化の基層を知る」, 京都, 2010年2月25日
 26. 大橋力, 適応から本来へ～逆ビジョンの生命科学～, ものづくり生命文明機構ハイパーソニック生命文明協議会主催 第三回大橋道場, 東京, 2010年3月27日
 27. 仁科エミ, 脳科学からみた<江戸の音>, 民族藝術学会第26回大会シンポジウム「<江戸の音>がひらいた音楽の新しい地平」, 東京, 2010年4月24日
 28. 大橋力, 言語脳から非言語脳へ～共同体の叡智適当制御の脳科学～, ものづくり生命文明機構ハイパーソニック生命文明協議会主催 第四回大橋道場, 東京, 2010年6月26日
 29. 大橋力, 感性脳を飛翔させるチベット仏教の美, ダライ・ラマ法王生誕75年祝賀特別記念行事・チベット砂曼荼羅の世界, 東京, 2010年6月29日
 30. 大橋力, 欲望という脳機能の組換え, ものづくり生命文明機構ハイパーソニック生命文明協議会主催 第五回大橋道場, バリ, インドネシア, 2010年8月22日
 31. 河合徳枝, 大橋力, バリ島の水と祭りの叡智に学ぶ, 公開シンポジウム 京都から世界へ——森里海連環と地球的課題 研究発表, 京都, 2010年9月26日
 32. 仁科エミ, 大橋力, 心と体をいやす熱帯雨林の力—知覚限界を超える環境高周波の効果, 公開シンポジウム 京都から世界へ——森里海連環と地球的課題 研究発表, 京都, 2010年9月26日
 33. 大橋力, 脳とところをとりまく環境, 第29回国際臨床神経生理学会 市民公開講演会「すこやかに育てる たいせつに守る 脳とところ」, 神戸, 2010年10月2日
 34. 仁科エミ, 超高精細映像音響の生理的効果を探る, JEITAディスプレイデバイスフォーラム2010(CEATEC JAPAN 2010), 千葉, 2010年10月6日
 35. 本田学, 言語脳から非言語脳へ. 第47回農業教育研究協議会特別講演. 東京, 2010年12月3日.
 36. 本田学, 非侵襲脳刺激をもちいた身体性脳機能へのアプローチ. 電子情報通信学会身体性情報学研究会 シンポジウム, 小平, 2011年3月10日
 37. 本田学, 生存戦略としての「美と快」の脳機能. 日本学術振興会「ロボット共生社会実現に向けたロボットの知能発達」に関する先導的研究開発委員会研究会, 大阪, 2011年3月11日
 38. 仁科エミ, ハイパーソニック・エフェクトの新展開と1bit オーディオ, 1ビットオーディオコンソーシアム第18回総会特別講演, 東京, 2011年6月10日
 39. 片桐祥雅, 脳と行動, 兵庫県言語聴覚士会年次総会基調講演, 神戸, 2011年6月12日
 40. 片桐祥雅, 危機の予兆を検知する脳波センシング技術, 東京理科大学総合研究機構・危機管理・安全科学技術研究部門第7回シンポジウム, 東京, 2011年6月14日
 41. 本田学, 脳を観る～イメージングの不思議～, 世界脳週間2011@桐朋学園, 東京, 2011

年6月17日

42. 大橋力, 協調的世界像の起源と芸術, 「貢献する心の生物・文化的起源と将来」シンポジウム, 東京, 2011年7月17日
43. Honda M, Adverse effect of the non-invasive brain stimulation: A case report, The 34th Annual meeting of the Japanese Neuroscience Society, Neuroethics symposium: Progress in Neuroethics for Human Brain Research, Yokohama, Japan, Sep. 15, 2011.
44. Kawai N, Neurobiological study on altered states of consciousness in Bali, 3rd International Conference on Biosciences and Biotechnology, Denpasar, Indonesia, Sep. 21, 2011.
45. Nishina E, Kawai N, Oohashi T, What density would be necessary to transmit the essence of Balinese art by satellite communication?, International Conference on Space, Aeronautical and Navigational Electronics 2011 (ICSANE 2011), Denpasar, Indonesia, Oct. 17, 2011.
46. 大橋力, 協調的世界像が生み出した音楽, 総合研究大学院大学レクチャー&コンサート「アジア伝統音楽への情報脳科学的接近」, 東京, 2011年10月30日
47. 大橋力, 協調的世界像が生み出した音楽, 総合研究大学院大学レクチャー&コンサート「アジア伝統音楽への情報脳科学的接近」, 東京, 2011年10月30日
48. 河合徳枝, バリ島芸能の表現戦略に秘められた叡智, 総合研究大学院大学レクチャー&コンサート「アジア伝統音楽への情報脳科学的接近」, 東京, 2011年10月30日
49. 仁科エミ, アジア伝統音楽とハイパーソニック・エフェクト—心と体をいやす超高周波の効果—, 総合研究大学院大学レクチャー&コンサート「アジア伝統音楽への情報脳科学的接近」, 東京, 2011年10月30日
50. 片桐祥雅, 情報通信技術が切り開く未来の高度医療福祉社会, 計測自動制御学会 電子情報通信学会共催講演会, 浜松, 2011年11月25日
51. 河合徳枝, 国民総幸福量にもとづく発展戦略, 民族芸術学会第70回東京研究例会「音と映像による研究報告<ブータン仏教の創る至福の情報空間>」, 東京, 2011年12月10日
52. 仁科エミ, 曼荼羅という建物〜ブータン仏教の曼荼羅〜, 民族芸術学会第70回東京研究例会, 東京, 2011年12月10日
53. 八木玲子, ブータン仏教の声明, 民族芸術学会第70回東京研究例会, 東京, 2011年12月10日
54. 本田学, 「人と音と脳の科学」が拓く音響学の地平, 2012年日本音響学会秋季研究発表会, 長野, 2012年9月21日
55. 河合徳枝, (幸福感の脳機能)を測ることは可能か, 「ダライ・ラマ法王と科学者の対話」—日本からの発信—, 2012年11月7日
56. 本田学, 先端メディア技術を活用した情報医療の開発, 名古屋工業大学 脳工学セミナー「工学と脳科学の融合による精神・神経疾患医療研究の最先端」, 名古屋, 2012年12月3日
57. 本田学, 感性的質感認知へのイメージングからのアプローチ, 京都大学こころの未来研究センター連携MRI研究施設開設記念シンポジウム, 京都, 2013年2月17日

② 口頭発表 (国内会議 20件、国際会議 20件)

1. Katagiri Y, Simulated nonlinear dynamics of laterally interactive arrayed neurons, SPIE International Symposium of Optomechatronic Technologies 2008, San Diego (USA), 2008年11月18日
2. 森本雅子, 八木玲子, 本田学, 福島亜理子, 前川督雄, 仁科エミ, アンゾール・エルコマイシビリ, 大橋力, 河合徳枝, ハイパーソニック・サウンドの音響構造について(その1)グルジア伝統ポリフォニー, 日本音響学会 2009年春季研究発表会, 東京, 2009年3月11日

3. 仁科エミ, 森本雅子, 八木玲子, 福島亜理子, 本田学, 前川督雄, 河合徳枝, 大橋力, ハイパーソニック・サウンドの音響構造について(その 2) 日本伝統楽器音の超知覚構造, 日本音響学会 2009 年春季研究発表会, 東京, 2009 年 3 月 11 日
4. 片桐祥雅, 自律分散制御によるスケーラブルワイヤレスヴァイタルセンシングシステムの構築, 第21回日本運動器リハビリテーション学会シンポジウム(生体モニタリング)2-S3-2, 東京, 2009 年 7 月 11 日(抄録:The Journal of Physical Medicine:運動療法と物理療法 2009, Vol. 20, No. 2, p131)
5. 山本誠一, 本田学, 脳研究のための装着型 PET 装置:PET-Hat の開発, 第 49 回日本核医学会学術総会, 旭川, 2009 年 11 月 2 日
6. 小俣圭, 花川隆, 本田学, EEG-fMRI 同時計測における呼吸変動の影響, 第 39 回日本臨床神経生理学会学術大会, 北九州, 2009 年 11 月 18 日
7. 森本雅子, 河合徳枝, グルジア伝統ポリフォニーの音響構造についてー西欧圏の合唱音楽との比較を通してー, 民族芸術学会第 26 回大会, 東京, 2010 年 4 月 24 日
8. 八木玲子, 中村明一, 仁科エミ, 尺八の音の超知覚構造について, 民族芸術学会第 26 回大会, 東京, 2010 年 4 月 24 日
9. 上野修, 前川督雄, 本田学, 仁科エミ, 河合徳枝, 大橋力, プログラムされた自己解体モデル, 2010 年度人工知能学会全国大会 JSAI2010, 長崎, 2010 年 6 月 10 日.
10. Nishina E, Morimoto M, Fukushima A, Yagi R, Hypersonic sound track for Blu-ray Disc "AKIRA", ASIAGRAPH 2010 in Shanghai, Shanghai, China, Jun. 12, 2010.
11. Osu R, Morimoto M, Honda M, Oohashi T, Hypersonic effect - Inaudible high-frequency sounds activate deep brain structure, ASIAGRAPH 2010 in Shanghai, Shanghai, China, Jun. 12, 2010.
12. Nishina E, Morimoto M, Kawai N, Yagi R, Honda M, Oohashi T, Hypersonic Sounds a New Dimension of Digital Acoustics Indicated by Balinese Traditional Gamelan Music, International Joint conference APCHI-ERGOFUTURE 2010, Bali, Indonesia, Aug. 2, 2010.
13. 仁科エミ, 八木玲子, 河合徳枝, 森本雅子, 本田学, 大橋力, ハイパーソニック・エフェクト応用による音響療法の展望, 日本音楽知覚認知学会 2010 年秋季研究発表会, 三重, 2010 年 10 月 3 日
14. 八木玲子, 仁科エミ, 河合徳枝, 森本雅子, 上野修, 本田学, 大橋力, ハイパーソニック・エフェクト応用による音響療法の予備的検討, 日本音楽知覚認知学会 2010 年秋季研究発表会, 三重, 2010 年 10 月 3 日
15. Yamamoto S, Imaizumi M, Watabe T, Watabe H, Kanai Y, Shimosegawa E, Hatazawa J, Development of a Si-PM Based High Resolution DOI-PET System for Small Animals, World Molecular Imaging Conference, Kyoto, Japan, Sep. 9, 2010.
16. Omata K, Influence of cardiac and respiratory artifacts on the relationship between spontaneous EEG and fMRI signals, 29th International Congress of Clinical Neurophysiology (ICCN2010), Kobe, Japan, Oct. 30, 2010.
17. Yamamoto S, Imaizumi M, Watabe T, Watabe H, Kanai Y, Shimosegawa E, Hatazawa J, Development of a Si-PM Based High Resolution DOI-PET System for Small Animals, 2010 IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference, Knoxville, Tennessee, USA, Nov. 2, 2010.
18. Yamamoto S, Watabe H, Watabe T, Kanai Y, Shimosegawa E, Hatazawa J, Development of a high resolution Si-PM based compact gamma camera system, Society of Nuclear Medicine 58th Annual Meeting, San Antonio, Texas, USA, Jun. 4-8, 2011.
19. Omata K, Morimoto M, Hanakawa T, Honda M, Correlation between the activity of deep brain regions and the change of arousal level, The 15th Annual meeting of the Association for the Scientific Study of Consciousness, Kyoto,

- Japan, Jun. 11, 2011.
20. Maekawa T, Ueno O, Kawai N, Nishina E, Honda M, Oohashi T: Evolutionary acquisition of genetic program for death, 20th European Conference on Artificial Life (ECAL2011), Paris, France, Aug. 10, 2011.
 21. 小野寺英子, 河合徳枝, 仁科エミ, 八木玲子, 大橋力, 駅ホーム環境音の広帯域周波数パワースペクトル分布の検討, 2011 年度日本建築学会大会(関東), 東京, 2011 年 8 月 25 日
 22. 川原靖弘, 片桐祥雅, 今井絵美子, 購買行為の神経生理学的アプローチ(I), 電子情報通信学会 HCG シンポジウム 2011, 高松, 2011 年 12 月 7 日
 23. 今井絵美子, 片桐祥雅, 関啓子, 川又敏男, 基幹脳機能活性は音声コミュニケーションにおけるプロソディを制御する, 電子情報通信学会 HCG シンポジウム 2011, 高松, 2011 年 12 月 7 日
 24. 坊垣友美, 片桐祥雅, 川原靖弘, 宇佐美眞, アロマの吸入の脳・循環器生理機能へ及ぼす効果と緩和ケア効用, 電子情報通信学会 HCG シンポジウム 2011, 高松, 2011 年 12 月 7 日
 25. 小野寺英子, 仁科エミ, 八木玲子, 福島亜理子, 河合徳枝, 大橋力, 公共交通機関における音環境改善のための予備的検討, 2012 年日本音響学会秋季研究発表会, 長野, 2012 年 9 月 21 日
 26. 今井絵美子, 桐祥雅, 関啓子, 川又敏男, 音声言語コミュニケーション成立のメカニズムー基幹脳活動仮説の提案と論証ー, 電子情報通信学会・HCG シンポジウム 2012
 27. 川原靖弘, 施嬭, 片桐祥雅, 羅志偉, 高次脳機能評価手法を用いた生活環境の評価, 電子情報通信学会・HCG シンポジウム 2012
 28. 川原靖弘, 片桐祥雅, 感情による和音認知の差異に関する研究, 電子情報通信学会・HCG シンポジウム 2012
 29. Seiichi Yamamoto, Hiroshi Watabe, Yasukazu Kanai, Masao Imaizumi, Tadashi Watabe, Eku Shimosegawa, Jun Hatazawa. Development of an ultrahigh-resolution Si-PM-based dual-head GAGG coincidence imaging system. SNM 2012 Annual Meeting, Miami, FL, June 9-12, 2012
 30. Yasukazu Kanai, Naruto Takahashi, Tadashi Watabe, Hiroshi Watabe, Seiichi Yamamoto, Eku Shimosegawa, Atsushi Shinohara, Kozi Nakai, Jun Hatazawa Rat thyroid gland imaging with ¹²⁴I using semiconductor PET scanner and PET-MR. SNM 2012 Annual Meeting, Miami, FL, June 9-12, 2012
 31. Seiichi Yamamoto, Hiroshi Watabe, Yasukazu Kanai, Eku Shimosegawa, Jun Hatazawa. Effect of radiofrequency (RF) shielding in a silicon-photomultiplier PET/MRI system. SNM 2012 Annual Meeting, Miami, FL, June 9-12, 2012
 32. N. Kawachi, Y.-G. Yin, N. Suzui, S. Ishii, H. Watabe, S. Yamamoto, S. Fujimaki. Planer Gamma Camera Imaging and Analysis of the Dynamics of Radiocesium Pollution in Plants Caused by the Fukushima Daiichi Nuclear Power Plant Accident, Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference, Anaheim, CA, Oct 29 - Nov 3, 2012
 33. S. Yamamoto, H. Watabe, N. Kawachi, S. Fujimaki, K. Kato, J. Hatazawa. Three Layer GSO Depth-of-Interaction Detector for High Energy Gamma Camera, Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference, Anaheim, CA, Oct 29 - Nov 3, 2012
 34. T. Kato, J. Kataoka, T. Nakamori, A. Kishimoto, K. Sato, Y. Ishikawa, K. Yamamura, S. Nakamura, N. Kawabata, S. Yamamoto, H. Ikeda, K. Kamada, High Position Resolution Gamma-Ray Imagers Consisting of a Monolithic MPPC Array with Submillimeter Pixelized Scintillator Crystals, Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference, Anaheim, CA, Oct 29 - Nov 3, 2012
 35. S. Ito, H. Sato, U. Yoshiyuki, M. Miyake, K. Kumagai, M. Baba, M. Ito, S.

- Yamamoto, Fundamental Performance of a New Planer PEM, Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference, Anaheim, CA, Oct 29 - Nov 3, 2012
36. H. Sato, S. Ito, Y. Usuki, M. Miyake, K. Kumagai, M. Baba, M. Ito, S. Yamamoto. Evaluation and Development for Positron Emission Mammography Based on Pr: LuAG Scintillator Crystals, Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference, Anaheim, CA, Oct 29 - Nov 3, 2012
 37. S. Yamamoto, H. Watabe, Y. Kanai, K. Kato, J. Hatazawa, Development of a Ultrahigh Resolution PET System for Small Animals, Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference, Anaheim, CA, Oct 29 - Nov 3, 2012
 38. Seiichi Yamamoto, Hiroshi Watabe, Yasukazu Kanai, Katsuhiko Kato, Jun Hatazawa. Development of an ultrahigh resolution Si-PM based PET system for small animal, World Molecular Imaging Congress, Dublin, Sep 5-8, 2012
 39. 福島亜理子, 森本雅子, 仁科エミ, 河合徳枝, 本田学, 大橋力, 音楽再生音に含まれる超高周波成分の周波数帯域が脳活動に及ぼす影響について, 音楽知覚認知学会, 東京, 2012年11月10日
 40. 小野寺英子, 仁科エミ, 中川剛志, 八木玲子, 福島亜理子, 河合徳枝, 大橋力, 駅ホーム音環境改善のための基礎的研究——高複雑性超高周波成分付加による印象改善効果について*——, 日本音響学会 2013年春季研究発表会, 東京, 2012年3月13日
- ③ ポスター発表 (国内会議 32件、国際会議 10件)
1. Yamamoto S, Honda M, Development of a block detector for a low cost DOI PET system for brain functional studies, World Molecular Imaging Conference, Nice, France, Sep. 10-13, 2008.
 2. Yamamoto S, Honda M, Shimizu K, Senda M, “Development of PET-Hat: wearable PET system for brain research”, Society of Nuclear Medicine 56th Annual Meeting, Toronto, Canada, June 13-17, 2009.
 3. 八木玲子, 岩崎かおる, 植村麻紀, 霜島あゆみ, 気分変調症の通院患者を対象とした音楽療法, 日本音楽療法学会第9回学術大会, 愛媛, 2009年9月12-13日(抄録: 日本音楽療法学会第9回学術大会講演論文集 246)
 4. 小俣圭, 森本雅子, 花川隆, 本田学, 自発脳波と機能的MRIの同時計測における解析, 第32回日本神経科学大会, 名古屋, 2009年9月16日
 5. Yamamoto S, Honda M, Shimizu K, Senda M, “PET-Hat: an wearable PET system for brain research”. World Molecular Imaging Conference, Montreal, Canada, Sep. 19, 2009.
 6. Omata K, Morimoto M, Hanakawa T, Honda M, Simultaneous recording of spontaneous EEG and fMRI, Society of Neuroscience 2009 Annual Meeting, Chicago, USA, October 17-21, 2009.
 7. Yamamoto S, Honda M, Shimizu K, Senda M, “Development of PET-Hat: Wearable PET System for Brain Research”, IEEE Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference, Orland, Florida, Oct. 25-31, 2009.
 8. 片桐祥雅, ウエアラブル多チャンネル脳波センシングシステムの構築と応用, 人間情報学会, 奈良女子大, 2010年9月10日
 9. 片桐祥雅, 相田一夫, 拡散方程式に基づく抑圧結合型神経回路の理論と実験検証, 人間情報学会, 奈良女子大, 2010年9月10日
 10. 今井絵美子, 片桐祥雅, 関啓子, プロソディ表出とその障害に対する神経科学的アプローチ, 人間情報学会, 奈良女子大, 2010年9月10日
 11. Kawai N, Morimoto M, Honda M, Onodera E, Nishina E, Kawai N, Oohashi T, Study on the Sound Structure of Georgian Traditional Polyphony (1): Analysis of the Temperament Structure, The Fifth International Symposium of

- Traditional Polyphony, Tbilisi, Georgia, Oct. 6, 2010.
12. Morimoto M, Honda M, Nishina E, Kawai N, Oohashi T, Study on the Sound Structure of Georgian Traditional Polyphony (2): Quantitative Analysis of Fluctuation Structure, The Fifth International Symposium of Traditional Polyphony, Tbilisi, Georgia, Oct. 6, 2010.
 13. Omata K, Morimoto M, Hanakawa T, Honda M, Brain activities related to vigilance judgment based on spontaneous EEG: a simultaneous EEG-fMRI study, Society of Neuroscience 2010 Annual Meeting, San Diego, USA, Nov. 13-17, 2010.
 14. 今井恵美子, 片桐祥雅, 関啓子, 川又敏男, 自発脳波・核心温・代謝率モニタリングによるモノアミン神経活動の日内変動評価, 人間情報学会第7回講演会, 東京, 2011年6月15日
 15. Yamamoto S, Watabe T, Watabe H, Kanai Y, Shimosegawa E, Hatazawa J, High resolution coincidence imaging systems using Si-PM based LGSO block detectors, Society of Nuclear Medicine 58th Annual Meeting, San Antonio, Texas, USA, Jun. 4-8, 2011.
 16. 前川督雄, 上野修, 本田学, 仁科エミ, 河合徳枝, 大橋力, <プログラムされた自己解体モデル>の人工生命によるシミュレーションとその細胞生物学的検証, 第20回日本Cell death学会学術集会, 東京, 2011年7月29日
 17. 今井恵美子, 片桐祥雅, 関啓子, 川又敏男, 健常者を対象としたプロソディ障害発生課題実験と脳波計測, 人間情報学会第8回講演会, 東京, 2011年9月6日
 18. 坊垣友美, 片桐祥雅, 川原靖弘, 宇佐美眞: 臨床アロマセラピーの疼痛制御の神経生理学的検討, 人間情報学会第8回講演会, 東京, 2011年9月6日
 19. Imai E, Katagiri Y, Seki K, Kawamata T, Affection of Fundamental Brain Activity By Using Sounds For Patients With Prosodic Disorders: A Pilot Study, IEEE CLMS-11, Toyama, Japan, Oct. 11, 2011.
 20. 坊垣友美, 片桐祥雅, 川原靖弘, 宇佐美眞, 覚醒的匂い刺激による除痛効果, 人間情報学会第9回講演会, 東京, 2011年12月12日
 21. 植谷欣也, 川又敏男, 片桐祥雅, 随伴性陰性変動による運動学習評価法の検討(1)-パイロットスタディ, 人間情報学会第9回講演会, 東京, 2011年12月12日
 22. 今井絵美子, 片桐祥雅, 川原靖宏, 関啓子, 川又敏男, 右半球皮質損傷は感情を喪失させない: モノアミン神経に支えられたデフォルトモードネットワーク仮説, 人間情報学会第9回講演会, 東京, 2011年12月12日
 23. 施嫻, 川原靖弘, 片桐祥雅, 羅志偉, 呼吸センシングの生理学的意義とその日常応用, 人間情報学会第9回講演会, 東京, 2011年12月12日
 24. 川原靖弘, 片桐祥雅, 今井恵美子, 買い物行為の介護予防効果, 人間情報学会第9回講演会, 東京, 2011年12月12日
 25. 片桐祥雅, 今井絵美子, 川又敏男, Fast α 帯域からの深部脳活動抽出法の検討, 人間情報学会第10回講演会, 東京, 2012年3月14日
 26. 片桐祥雅, 今井絵美子, 川又敏男, 局所冷却による全身性温熱ストレス緩和の脳機能ネットワーク, 人間情報学会第10回講演会, 東京, 2012年3月14日
 27. 今井絵美子, 片桐祥雅, 川又敏男, 心理学的検査の成績とストレス耐性との相関に関する基幹脳機能から観た一考察, 人間情報学会第10回講演会, 東京, 2012年3月14日
 28. 坊垣友美, 片桐祥雅, 宇佐美眞, 精油吸入による運動誘発性疲労軽減効果と脳内メカニズム, 人間情報学会第10回講演会, 東京, 2012年3月14日
 29. 坊垣友美, 片桐祥雅, 宇佐美眞, 嗅覚刺激を利用した疼痛制御の深部脳機能モデルと自発脳波による検証, 人間情報学会第11回講演会, 東京, 2012年6月29日
 30. 植谷欣也, 片桐祥雅, 川又敏男, 随伴性陰性変動を利用した大脳基底核-皮質ループによる運動制御の解明(1)-パイロットスタディ, 人間情報学会第11回講演会, 東京,

2012年6月29日

31. 片桐祥雅, 今井絵美子, 植谷欣也, 新木安里子, 川又敏男, 大脳基底核リズムを基盤とする随意運動産生とその障害メカニズム, 人間情報学会第 11 回会講演会, 東京, 2012年6月29日
32. 瀬藤乃理子, 片桐祥雅, 今井絵美子, 自転車エルゴメータによる身体的ストレス負荷下の脳波変容に関する一考察, 人間情報学会第 11 回会講演会, 東京, 2012年6月29日
33. 今井絵美子, 片桐祥雅, 川又敏男, 事象関連電位による発話制御の深部脳機能ネットワーク仮説の検証, 人間情報学会第 11 回会講演会, 東京, 2012年6月29日
34. 今井絵美子, 片桐祥雅, 川又敏男, 日本語動詞産生課題におけるエラー発生と脳活動, 人間情報学会第 12 回会講演会, 東京, 2012年9月11日
35. 片桐祥雅, ドライ電極を搭載する多チャンネルワイヤレス脳波センシングシステム, 人間情報学会第 12 回会講演会, 東京, 2012年9月11日
36. 坊垣友美, 片桐祥雅, 宇佐美眞, 精油の嗅覚投与による高次の注意機能に及ぼす影響, 人間情報学会第 12 回会講演会, 東京, 2012年9月11日
37. 片桐祥雅, 原祐子, 今井絵美子, 川原靖弘, 基幹脳機能の感情発現モデルと実験検証, 人間情報学会・第 13 回講演会, 2012.12.17, 東大
38. 片桐祥雅, 坊垣友美, 注意機能維持効果の基幹脳神経ペプチド仮説と実験検証, 人間情報学会・第 13 回講演会, 2012.12.17, 東大
39. 植谷欣也, 片桐祥雅, 川又敏男, 運動器制御の高次脳ネットワーク解明に向けた脳波一筋電相関解析法の検討, 人間情報学会・第 13 回講演会, 2012.12.17, 東大
40. 今井絵美子, 片桐祥雅, 川又敏男, 平坦な抑揚は無意識下で産生できない: 韻律表出の神経科学的メカニズムについての一考察, 人間情報学会・第 13 回講演会, 2012.12.17, 東大
41. 坊垣友美, 片桐祥雅, 宇佐美眞, 精油による皮質鎮静作用と疼痛緩和および注意機能に対する影響, 人間情報学会・第 13 回講演会, 2012.12.17, 東大
42. 川原靖弘, 施嫻, 片桐祥雅, 羅志偉, SOC スコアと生理指標の相関に関する一検討, 人間情報学会・第 13 回講演会, 2012.12.17, 東大

(4)知財出願

①国内出願 (17 件)

1. 放射線検出ユニットおよびそれを備える PET/MRI 一体型装置, 山本誠一, 青木雅昭, 川上誠, 畑澤順, 日立金属(株), 大阪大学, 2008年3月28日, 特願 2008-88570 号.
2. PET/MRI 一体型装置, 杉山英二, 青木雅昭, 川上誠, 山本誠一, 畑澤順, 日立金属(株), 大阪大学, 2008年3月28日, 特願 2008-88547 号.
3. 放射線検出器, 山本誠一, 湊小太郎, 奈良先端科学技術大学院大学, 2008年4月25日, 特願 2008-116462.
4. 電気音響システム, 鈴木和憲, 大橋力, 河合徳枝, 仁科エミ, (株)アクション・リサーチ, 2008年9月25日, 特願 2008-246080 号.
5. 電流電圧変換装置、電流電圧的情報変換装置、及びプログラム, 相田一夫, 片桐祥雅, 静岡大学, (独)情報通信研究機構, 2008年11月14日, 特願 2008-292379 号.
6. 振動発生装置及び方法、並びに振動判別装置及び方法, 大橋力, 河合徳枝, 仁科エミ, 本田学, 前川督雄, 森本雅子, 八木玲子, 上野修, (株)アクション・リサーチ, 2009年2月3日, 特願 2009-022635 号.
7. PET 支持装置, 山本誠一, 本田学, 大橋力, 前川督雄, (株)アクション・リサーチ, 2009年2月25日, 特願 2009-042691 号. (査定済, 特許第 4610671 号)
8. PET/MRI 一体型装置, 川上誠, 杉山英二, 青木雅昭, 山本誠一, 畑澤順, 日立金属(株), 大阪大学, 2009年3月16日, 特願 2009-62774 号.
9. ワイヤレス生体情報センシングシステム, 片桐祥雅, (独)情報通信研究機構, 2009年5

月 8 日, 特願 2009-113547 号.

10. PET 支持装置, 山本誠一, 本田学, 大橋力, 前川督雄, (株)アクション・リサーチ, 2010 年 2 月 24 日, 特願 2010-191218 号. (査定済, 特許第 4642143 号)
11. 振動発生装置及び方法, 大橋力, 河合徳枝, 仁科エミ, 本田学, 前川督雄, 森本雅子, 八木玲子, 上野修, (株)アクション・リサーチ, 2010 年 6 月 22 日, 特願 2010-524295 号. (査定済, 特許第 4663034 号)
12. ワイヤレス生体情報センシングシステム, 片桐祥雅, (独)情報通信研究機構, 2010 年 8 月, 特願 2010-177666 号.
13. 信号再生装置、電気自動車及び記録媒体, 大橋力, 河合徳枝, 仁科エミ, 本田学, 前川督雄, 森本雅子, 八木玲子, 上野修, (株)アクション・リサーチ, 2011 年 1 月 4 日, 特願 2011- 000038. (査定済, 特許第 5037701 号)
14. 振動体、乗り物、放送受信装置、通信受信装置、信号再生装置、放送送信装置、及び振動発生空間, 大橋力, 河合徳枝, 仁科エミ, 本田学, 前川督雄, 森本雅子, 八木玲子, 上野修, (株)アクション・リサーチ, 2012 年 7 月 4 日, 特願 2012-150444. (査定済, 特許第 5139588 号)
15. 信号再生システム, 大橋力, 河合徳枝, 仁科エミ, 本田学, 前川督雄, 森本雅子, 八木玲子, 上野修, (株)アクション・リサーチ, 2012 年 11 月 15 日, 特願 2012-251342. (査定済, 公報掲載待ち)

②海外出願 (3 件)

1. 振動発生装置及び方法, 大橋力, 河合徳枝, 仁科エミ, 本田学, 前川督雄, 森本雅子, 八木玲子, 上野修, (株)アクション・リサーチ, 2009 年 8 月 5 日, PCT/JP2009/063880 (PCT 出願), 2010 年 5 月 11 日, 米国出願番号 12/742343(米国出願)(査定済, US 8167826 B2)
2. 時空間データ処理装置およびプログラム, 相田一夫, 片桐祥雅, 静岡大学, (独)情報通信研究機構, 2009 年 11 月 13 日, 特許庁整理番号 C0-F-3387-00(PCT 出願, 追加出願国:米国, EU, 勧告:オーストラリア).
3. 環境設定方法および装置並びに環境設定のための情報, 大橋力, 河合徳枝, 仁科エミ, 八木玲子, 本田学, 中村聡, 森本雅子, 前川督雄, (株)アクション・リサーチ, 2010 年 1 月 21 日, 米国出願番号 12/691278(米国出願)

③その他の知的財産権

なし

(5)受賞・報道等

①受賞

1. 第 31 回国立精神・神経センター神経研究所研究発表会 Best Promising 賞, 本田学, 山本誠一, 森本雅子, 上野修, 大橋力, 「超小型開放型ポジトロン断層撮像装置 PET-Hat の開発」, 2010 年 3 月 10 日
2. 日本核医学会 久田賞 金賞, 山本誠一, 平成 23 年 10 月 29 日

②マスコミ(新聞・TV等)報道

1. 読売新聞, 環境ルネッサンス「音は語る」, 2008 年 3 月 28 日
2. 朝日新聞, 日曜ナントカ学「聞こえぬ音を心地よく体感」, 2008 年 6 月 1 日
3. 日刊工業新聞, 「“超高周波音”脳活性に影響」, 2008 年 6 月 19 日
4. 産経新聞, 「集う」, 2008 年 6 月 23 日
5. 日刊工業新聞, 「超高周波音 脳を活性化, 生命文明をいかに構築すべきか(ものづくり生命文明機構第 1 回シンポジウム抄録)」, 2009 年 5 月 15 日
6. 日刊工業新聞, 「核心インタビュー 脳科学から見たモノづくり」, 2009 年 7 月 8 日

7. 朝日新聞, 「もっとある 音の使い道」, 2009年7月11日
8. NHK ゆうどきネットワーク, 「ゆうどきチェック～高周波音の不思議な世界～」, 2009年9月2日
9. 日経産業新聞, 「ヘアバンド型脳波計 日常生活で疾患前兆検知」, 2009年11月10日
10. 朝日新聞, 「絶望から伝統回帰の音階へ」, 2009年11月28日
11. 日刊工業新聞, 「陽電子放射断層撮影装置 座ったまま頭部活動測定」, 2011年1月24日

③その他
なし

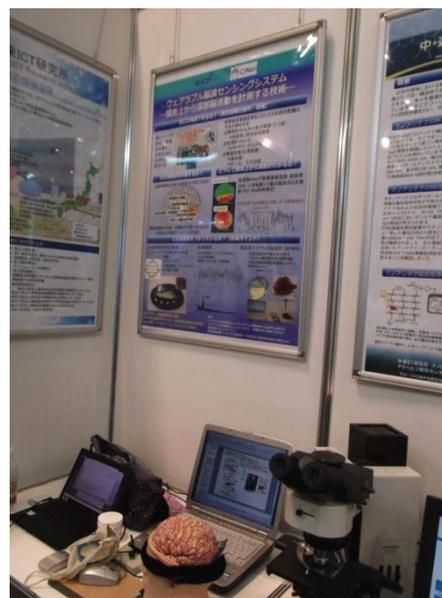
(6)成果展開事例

①実用化に向けての展開

- 特願 2008-292379 号および特許庁整理番号 C0-F-3387-00(外国出願)について、JST および独立行政法人中小企業基盤整備機構合同で開催の新技术説明会(半導体・デバイス、情報通信)(2010年1月21日開催)で民間企業向けに説明を行った。
- 特願 2009-113547 および 2010-177666 について、民間企業に向けて実施許諾を1件交渉中。
- NEDO の「省エネルギー革新技術開発事業」事業に採択され、現在実施中。課題名「先導研究(事前研究一体型)/ 快適・省エネヒューマンファクターに基づく個別適合型冷暖房システムの研究開発」NICT 再委託研究テーマ:脳機能計測に基づく快不快認知機構の研究(H23～25)

②社会還元的な展開活動

- 脳科学の成果を企業活動に応用することを目的に組織された応用脳科学コンソーシアムのステアリングコミティにおいて、特別講演として、ウェアラブル基幹脳機能センシングシステムを用いた感性脳機能の計測技術についてレクチャーを実施した(2012年6月7日)。
- 得られた成果(ウェアラブル脳波センシングシステムの中核部であるワイヤレス脳波センシングデバイス)を、ワイヤレスジャパン 2010(東京ビックサイト、2010年7月14～16日)という展示会に参考出品した。
- 得られた成果(ウェアラブル脳波センシングシステム — 頭皮上から深部脳活動を計測する技術 —)について、国際フロンティア産業技術メッセ 2012(2012年9月5日～6日, 神戸国際展示場)という展示会に出展した。



- 得られた成果(ウェアラブル脳波センシングシステム)を応用して、国立精神・神経医療研究センター病院と連携して、外来の気分障害患者を対象とした臨床研究を進めている。
- 得られた成果(ウェアラブル脳波センシングシステム)を汎用の脳波計測システムとして医療福祉分野での活用を目的に、大学等の保健・リハビリテーション科と連携した臨床研究を進めている。

§ 6 研究期間中の活動

年月日	名称	場所	参加人数	概要
2008年 8月7日	特別セミナー	北海道大学	20人	工学を専攻する大学院の学生を主な対象とし、脳科学研究、社会的意義及び応用について分かりやすく解説するとともに、基幹脳機能計測の意義について述べた。 講演者:片桐祥雅 講演タイトル:脳科学の活用
2008年 10月10日	第一回基礎医学生理学勉強会	東京大学(本郷)	6人	人間情報を取り扱う研究者を対象に、基幹脳機能計測の根幹をなす人間の生理機能と基幹脳機能計測の社会的意義について議論した。
2008年 12月8日	電子情報通信学会・人間の情報と倫理を考える時限研究専門委員会・日本計測自動制御学会東海支部主催ワークショップ「第一回人間を理解するための基礎医学生理学勉強会」	静岡大学	15人	人間の生体情報応用分野について講師を招聘し、技術のみならず社会的意義についても幅広く議論した。 講師およびタイトル (1)梅田智弘(東京大学):バイタルサインを用いた心と体の健康管理, (2)並木幸久(株式会社国際知財ホールディングス):フィットネスにおける人間計測, (3)片桐祥雅(独立行政法人情報通信研究機構):社会に挑む脳科学
2009年 12月14日	特許ミーティング	財団法人国際科学振興財団	3名	特許出願に関する打合せ
2009年 12月21日	新時代の医療制度展望(電子情報通信学会時限研究専門委員会共催)	東京大学・生産技術研究所	50名	モバイル技術を中心に展開されるユビキタスサービスが普及し医療への要求や仕組みが大きく変わろうとしている。当該分野で先行する欧米の事情を踏まえ、今後の日本の方向などを議論し、研究成果社会実装の進め方の参考とする。 主な講演者:社)スウェーデン社会研究所所長 須永昌博氏
2010年 3月15~17日	自然環境音収録	インドネシア共和国	5名	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の素材となる自然環境音を収録

§7 結び

今回のプロジェクトにおいて、互いに異なる背景をもった研究グループの緊密に連携した共同研究により、当初の目標であった簡便に基幹脳機能をモニタリングするセンサシステムの開発を達成できたことは、非常に貴重な経験となった。実用化を重視する工学的な発想と安全性確実性を重視する医学的な発想との差についても、緊密な連携によって、逆にその差が相補的となり互いにポジティブに作用しうることを、今回の研究プロジェクトを通して実体験として学ぶことができた。さらに領域統括による極めて優れた全体のコーディネートにより、自分のプロジェクトが統合センシング技術の全体像のなかのどのあたりに位置づけられるのかを明瞭に把握することができ、その点でも非常に勉強になった。

人間脳のセンシング技術が、昨今流行のブレイン・マシン・インターフェースといったより人工性を高める方向に発達するだけでなく、環境と人間との適合性をモニタリングすることによって、人間にとってより自然性・本来性の高い環境を創出することに繋がっていくことを心から願う。

