Unique & Exciting Campus

Brain Science Inspired
Life Support Research Center

2015 年度活動報告

国立大学法人電気通信大学

脳科学ライフサポート研究センター

巻頭言

我が国は，急速に高齢化・少子化が進んだ結果，世界に類を見ない超高齢社会・人口減少社会となり，社会の活力維持に大きな課題を抱えている．しかし，高齢者が心身共に健康で働き続けることが可能になれば，医療・福祉予算の増大を抑制でき，生産年齢人口の減少を補って社会全体の活力向上が期待できる．

高齢者が心身共に健康で人生を謳歌できる，健康長寿社会の実現を目指すためには，大きく①予防医学・医療の発展，②医療の質の向上，③加療・施術後の回復・復帰医療の高度化が必須である．いずれも，その中心は医学・医療の専門分野の課題であるが，近年その発展が著しい脳神経科学・情報工学・ロボット工学・人間工学など理工学分野等の知見を取り入れた，医学への総合的な支援体制を確立する必要がある．特に，上記③の術後に残る障害に苦しむ人や，事故等で身体に欠損が生じた人の機能回復には，包括的かつ統合的な医工連携の必要性が高まっている．

電気通信大学は，情報工学，生体工学，人間工学，ロボット工学，光科学などの広い分野の研究者が活発な研究活動を展開しているが，最近は脳活動や筋活動に由来する信号を応用した研究も盛んである．たとえば、筋電義手に取り付けた接触センサーから脳活動へのフィードバックを活用した、自己所有感や運動の主体感を創発する筋電義手の開発なども注目を浴びている．そこで，これらの専門分野の異なる研究者が結集し、緊密に連携し，医療や福祉の現場で必要とする支援技術を研究・開発し，同時にこのような異分野協働のできる新しいタイプの、創造力・実践力のある技術者を育成することこそ本学の使命と考え，2013 年に脳科学ライフサポート研究センターを設立するに至った．

脳科学ライフサポート研究センター設立以来，センター組織運営体制の整備に忙殺され発行できなかったため，2015 年度のみならず 2013 年度と 2014 年度も含めた，過去 3 年分の総括的報告書である。

今後とも、本研究センターの活動にご理解とご支援をいただければ望外の喜びである。

平成 29 年 3 月

脳科学ライフサポート研究センター

センター長　横井 浩史

目次

１．　ミッションと事業経費
２．　グループ構成
３．　人員
４．　イベントとセミナー
５．　各研究室の活動報告
（１）横井浩史／姜銀来／森下壮一郎 研究室
（２）小池卓二 研究室
（３）岡田英孝 研究室
（４）樫森与志樹 研究室
（５）狩野豊 研究室
（６）庄野逸 研究室
（７）田中繁 研究室
（８）丹羽治樹 研究室
（９）山田幸生 研究室
（１０）　正本和人 研究室
（１１）　宮脇陽一 研究室
（１２）　松田信爾 研究室
（１３）　牧昌次郎 研究室
（１４）　山﨑匡 研究室

脳科学ライフサポート研究センターのミッション

本研究センターが目指すものは，「豊かに生きるために必要な科学・技術」，すなわち，身体から痛みを除き，行動の不自由から解放し，人間らしく生きていくために必要な、医工連携による総合科学・技術の構築と，それを担う人材の育成である．

高齢化に伴う知覚認知機能・身体能力・コミュニケーション機能等の衰えにより，不安を抱えて不自由と隣り合わせで生きている人たちの機能を補助あるいは増強し，本来の能力を発揮できるような先進テクノロジーを提供することこそ，本研究センターの第一の使命である．この使命を全うするために，学内の様々な研究者が結集した結果，極めて多様性の高いヘテロな分野からなる研究センターが本研究センターである．

現在の医療は，何らかの診断基準を用いて対象者の病態を識別し，医療の範疇に入るか否かを判断している．そのため，この診断基準から外れた人々は，未病として医学的治療の対象になりにくいという問題があるが，予防医療の観点からは，こうした人々を対象とする健康増進技術の開発が求められている．したがって，要治療の範疇の外に位置する課題，例えば，高齢者の運動・知覚・認知機能の補助や回復支援，ならびにそのための実践的トレーニングなども本研究センターで取り組む教育・研究活動の対象である．

事業経費

「脳科学ライフサポートイノベーションで超高齢化社会を支える
新しい人材開発プログラム」

H25 年度　特別経費 20,868 千円　学内負担 3,000 千円
H26 年度　特別経費 14,959 千円　学内負担 3,000 千円
H27 年度　特別経費 11,219 千円　学内負担 3,000 千円

脳科学ライフサポート研究センターのグループ構成

本研究センターは、本学に属する情報理工学研究科、情報システム学研究科に属する医療・福祉に関係する研究者が横断的に連携し、医療・福祉現場の多様なニーズに対応できるイノベーティブな人材育成を目指し、プロジェクトベースの課題設定による教育研究を実施する。そのために、以下に示す３つの研究グループを設置する。学生は，課題解決に向けて取り組むプロジェクトベースの教育研究環境のもとで、専門性やイノベーティブな実践力を培う。

【光計測基礎技術開発グループ】

生体機能が持つ可塑性、自己回復、再生能力を評価するための新規光プローブの開発基礎研究、及び光を用いたイメージング技術、多次元画像解析に関する教育研究を推進。

【生体脳解析研究グループ】

外界刺激に対する細胞機能の解析研究、及び運動刺激による局所的・全脳的な生体多細胞のイメージング技術の開発及び解析、またＢＭＩを用いた運動制御と脳活動のモニタリングに関する教育研究の推進。

【運動機能福祉技術開発グループ】

各種運動機能の計測、運動制御モデルによる脳活動への波及効果の検討、運動制御技術の開発研究、及び脳活動のモニタリングに基づいた各種リハビリテーション福祉に関する教育研究の推進。

脳科学ライフサポート研究センター人員（2016 年 3 月現在）

氏名	個人サイト または 所属	
下条 誠 教授		センター長(2013-2014)
横井 浩史 教授	http://www.hi.mce.uec.ac.jp/yklab/	センター長(2015-)
小池 卓二 教授	http://www.bio.mce.uec.ac.jp/index.html	協力教員
岡田 英孝 教授	http://www.hb.mce.uec.ac.jp/	協力教員
樫森 与志樹 教授	http://granule.pc.uec.ac.jp/wiki/wiki.cgi	協力教員
狩野 豊 教授	http://www.ecc.es.uec.ac.jp/	協力教員
庄野 逸 教授	http://daemon.inf.uec.ac.jp/ja/	協力教員
田中 繁 特任教授	http://tanaka-lab.net/jp/	専任教員
丹羽 治樹 特任教授	http://www.firefly.pc.uec.ac.jp/	特任教員
山田 幸生 特任教授	http://www.nvu.mi.uec.ac.jp/old_html/index.html	特任教員
正本 和人 准教授	http://kjk.office.uec.ac.jp/Profiles/55/005461/profile.html	協力教員
宮脇 陽一 准教授	http://www.nvu.mi.uec.ac.jp	協力教員
松田 信爾 准教授	http://www.matsuda-lab.es.uec.ac.jp/	協力教員
姜 銀来 特任准教授	http://kjk.office.uec.ac.jp/Profiles/67/006631/profile.html	専任教員
牧 昌次郎 助教	http://www.firefly.pc.uec.ac.jp/	協力教員
山﨑 匡 助教	http://numericalbrain.org/	協力教員
森下 壮一郎 助教		特任教員
荒牧 勇 教授	中京大学大学院体育学研究科・教授	客員教授
加藤 龍 准教授	横浜国立大学 大学院工学研究院 システムの創生部門・准教授	客員准教授
神作 憲司 教授	国立障害者リハビリテーションセンター研究所・脳機能系障害研究部・脳神経科学研究室・室長	客員教授

小林 孝嘉　特任教授	電気通信大学先端超高速レーザー研究センター	客員教授
高木 岳彦 教授	東海大学　医学部　外科学系整形外科学・講師	客員教授
高山 真一郎　教授	国立研究開発法人国立成育医療研究センター　臓器・運動器病態外科部・部長	客員教授
瀧田 正寿　教授	国立研究開発法人 産業技術総合研究所 人間情報研究部門 脳機能計測研究グループ・主任研究員	客員教授
中村 整　教授	電気通信大学・名誉教授	客員教授
星 詳子　教授	浜松医科大学・光尖端医学教育研究センター・フォトニクス医学研究部・ 生体医用光学研究室・教授	客員教授
山村 修　教授	福井大学　医学部　地域医療推進講座・講師	客員教授
兪 文偉　教授	千葉大学　大学院工学研究科　メディカル機器工学講座・教授	客員教授
呂 宝糧(LU Baoliang)　教授	上海交通大学電子情報と電気工程学院・教授	客員教授
曹 其新(CAO Qixin)　教授	上海交通大学機械と動力工程学院・教授	客員教授

イベントとセミナー

本研究センターでは，当該年度に多くのイベントとセミナーの開催を行った．それらは主に，特別講演会，体験型授業（主担当：丹羽），BLSC セミナー（主担当：山田），スプリングスクール（主担当：丹羽）などである．以下に概要を記す（詳細は，本研究センターのホームページ(http://blsc-uec.net/）を参照されたい).

１．脳科学ライフサポート研究センター特別講演会（キックオフミーティング）

日時：平成 25 年 5 月 14 日（火）　13:00~18:00

場所：電気通信大学東 3 号館 301 室

プログラム：

13:15~13:30	開会の辞　　学長　梶谷　誠
13:30~14:30	「脳血流のバイオメカニクス」　谷下一夫教授（早稲田大学）
14:30~15:30	「医工連携研究の実用化に向けた課題---低侵襲治療デバイス開発の経験から---」 佐久間一郎教授（東京大学）
15:45~16:15	「ホタル生物発光型長波長発光材料の創製と実用化」　牧　昌次郎
16:15~16:45	「バイオイメージングによる筋機能の評価とその応用」　狩野　豊
16:45~17:15	「ヒトの思考プロセスの解明を目的とするワーキングメモリの研究」　田中　繁
17:15~17:45	「BMI を用いた運動機能回復への取り組み」　横井浩史
17:45~18:00	閉会の辞　センター長　下条　誠
18:00~	懇親会

２．大学院体験型授業（担当：丹羽、山田）

センターの目的の一つは脳の可塑性を理解して医療・福祉現場の技術ニーズに対応した学際的新技術を開発しうるイノベーティブな人材育成である．そこで大学院生がさまざまな関連分野の大学院レベルの実験を体験できる，体験型授業のカリキュラムを設計した．次いで詳細な実験マニュアルを作成し，数人の大学院生を対象に体験型授業を試行した.

第1回目

日時：2104 年 5 月 22 日（木）13:00-16:10

場所：電気通信大学　東 3 号館 701b →東 6 号館 737 実験室

担当：丹羽治樹　特任教授（Teaching Assistant：軽部一磨）

テーマ 1：ホタル生物発光基質の合成（一日目）

第2回目

日時：2104 年 5 月 23 日（金）13:00-16:10

場所：電気通信大学　東 3 号館 701b →東 6 号館 737 実験室

担当：丹羽治樹　特任教授（Teaching Assistant：軽部一磨）

テーマ 1：ホタル生物発光基質の合成（二日目）

第3回目

日時：2104年5月29日（木）13:00-16:10

場所：電気通信大学　東 3 号館 701b →東 6 号館 737 実験室

担当：丹羽治樹　特任教授（Teaching Assistant：齋藤亮平）

テーマ 2：ホタル生物発光の計測（一日目）

第4回目

日時：2104年6月5日（木）13:00-16:10

場所：電気通信大学　東 3 号館 701b →東 6 号館 737 実験室

担当：丹羽治樹　特任教授（Teaching Assistant：齋藤亮平）

テーマ 2：ホタル生物発光の計測（二日目）

第5回目

日時：2104年6月13日（金）13:00-16:10

場所：電気通信大学　武道館２階演習室

担当：岡田英孝（Teaching Assistant：栗田崇平）

テーマ 6：Motion Capture による身体運動計測（一日目）

第6回目

日時：2104年6月20日（金）13:00-16:10

場所：電気通信大学　武道館２階演習室

担当：岡田英孝（Teaching Assistant：栗田崇平）

テーマ 6：Motion Capture による身体運動計測（二日目）

第7回目

日時：2104年6月26日（木）13:00-16:10

場所：電気通信大学　東 3 号館 701b →東 3 号館 726 実験室

担当：森下壮一郎　特任助教，姜　銀来　准教授（Teaching Assistants：大平美里，關　達也）

テーマ 5：NIRS による脳活動部計測（一日目）

第8回目

日時：2104年7月 3日（木）13:00-16:10

場所：電気通信大学　東 3 号館 701b →東 3 号館 726 実験室

担当：森下壮一郎　特任助教，姜　銀来　准教授（Teaching Assistants：大平美里，關　達也）

テーマ 5：NIRS による脳活動部計測（二日目）

第9回目

日時：2104年7月10日（木）13:00-16:10

場所：電気通信大学　東 3 号館 701b →東 4 号館 129 実験室

担当：小池卓二　教授（Teaching Assistant：田中絵里）

テーマ 7：聴性脳幹反応の計測（一日目）

第10回目

日時：2104年7月17日（木）13:00-16:10

場所：電気通信大学　東 4 号館 129 実験室

担当：小池卓二　教授（Teaching Assistant：田中絵里）

テーマ 7：聴性脳幹反応の計測（二日目）

第11回目

日時：2104年7月24日（木）13:00-16:10

場所：電気通信大学　東 4 号館 129 実験室

担当：小池卓二　教授（Teaching Assistant：田中絵里）

テーマ 8：歪成分耳音響放射の計測（一日目）

第12回目

日時：2104年7月31日（木）13:00-16:10

場所：電気通信大学　東 4 号館 129 実験室

担当：小池卓二　教授（Teaching Assistant：田中絵里）

テーマ 8：歪成分耳音響放射の計測（二日目）

第13回目

日時：2104年7月31日（木）13:00-16:10

場所：電気通信大学　東 3 号館 618 実験室

担当：宮脇陽一　准教授（Teaching Assistant：佐藤　匡）

テーマ 10：fMRI による脳活動部位同定（一日目）

第14回目

日時：2104年8月22日（金）14:40-17:45

場所：電気通信大学　東 3 号館 618 実験室

担当：宮脇陽一　准教授（Teaching Assistant：佐藤　匡）

テーマ 10：fMRI による脳活動部位同定（二日目）

第15回目

日時：2104年8月28日（木）13:00-16:10

場所：電気通信大学　東 3 号館 701b →東 4 号館 263 実験室

担当：横井浩史　教授，森下壮一郎　特任助教（Teaching Assistant：粕谷昌宏）

テーマ 12：3D プリンターによる実験器具試作（一日目）

第16回目

日時：2104年8月29日（金）14:40-17:45

場所：電気通信大学　東 3 号館 701b →東 4 号館 263 実験室

担当：横井浩史　教授，森下壮一郎　特任助教（Teaching Assistant：粕谷昌宏）

テーマ 12：3D プリンターによる実験器具試作（二日目）

第17回目

日時：2104年9月18日（木）13:00-16:10

場所：電気通信大学　東 3 号館 701b →東 3 号館 726 実験室

担当：横井浩史　教授（Teaching Assistant：大平美里）

テーマ 11：電気刺激装置による運動補助（一日目）

第18回目

日時：2104年9月19日（金）14:40-17:45
場所：電気通信大学　東 3 号館 701b →東 3 号館 726 実験室
担当：横井浩史　教授（Teaching Assistant：大平美里）
テーマ 11：電気刺激装置による運動補助（二日目）

第19回目
日時：2104年9月25日（木）13:00-16:10
場所：電気通信大学　東 1 号館 306 実験室
担当：狩野　豊　教授（Teaching Assistant：田中嘉法）
テーマ 9：筋疲労計測実験（一日目）

第20回目
日時：2104年9月26日（金）14:40-17:45
場所：電気通信大学　東 1 号館 306 実験室
担当：狩野　豊　教授（Teaching Assistant：田中嘉法）
テーマ 9：筋疲労計測実験（二日目）

第21回目
日時：2104年10月31日（金）14:40-17:45
場所：電気通信大学　東 3 号館 618 実験室
担当：宮脇陽一　准教授（Teaching Assistant：佐藤　匡）
テーマ 14：視覚心理物理実験基礎（一日目）

第22回目
日時：2104年11月 7日（金）14:40-17:45
場所：電気通信大学　東 3 号館 618 実験室
担当：宮脇陽一　准教授（Teaching Assistant：佐藤　匡）
テーマ 14：視覚心理物理実験基礎（二日目）

第23回目
日時：2104年11月14日（金）14:40-17:45
場所：電気通信大学　東 3 号館 701b →東 3 号館 726 実験室
担当：横井浩史　教授，森下壮一郎　特任助教（Teaching Assistant：關　達也）
テーマ 13：EMG を用いた外部機器の制御（一日目）

第24回目
日時：2104年11月28日（金）14:40-17:45
場所：電気通信大学　東 3 号館 701b →東 3 号館 726 実験室
担当：横井浩史　教授，森下壮一郎　特任助教（Teaching Assistant：關　達也）
テーマ 13：EMG を用いた外部機器の制御（二日目）

第25回目
日時：2104年12月 4日（木）14:40-17:45
場所：電気通信大学　東 3 号館 701b →東 3 号館 726 実験室
担当：山田幸生　特任教授（Teaching Assistant：村田　澪，齋藤亮平）

テーマ 3：生物発光イメージング（一日目）

第26回目

日時：2104年12月11日（木）14:40-17:45

場所：電気通信大学　東 3 号館 701b →東 3 号館 726 実験室

担当：山田幸生　特任教授（Teaching Assistant：村田　澪，齋藤亮平）

テーマ 3：生物発光イメージング（二日目）

第27回目

日時：2104年12月19日（金）14:40-17:45

場所：電気通信大学　東 3 号館 701b →東 3 号館 726 実験室

担当：森下壮一郎　特任准教授

テーマ 4：脳波解析によるブレイン・コンピュータインターフェイスの実習（一日目）

第28回目

日時：2104年12月26日（金）14:40-17:45

場所：電気通信大学　東 3 号館 701b →東 3 号館 726 実験室

担当：森下壮一郎　特任准教授

テーマ 4：脳波解析によるブレイン・コンピュータインターフェイスの実習（二日目）

３．日本医工ものづくりコモンズ・電気通信大学ＢＬＳＣ共催シンポジウム（担当：山田、正本）

「ライフサポート分野における医療機器開発の実践」

実行委員会：谷下一夫，横井浩史，柏野聡彦，Prof. Bao-Liang Lu，山田幸生，丹羽治樹，姜　銀来，森下壮一郎，矢吹佳子，正本和人

日時：平成 27 年 11 月 26 日（木）　13:10 ~18:00

場所：電気通信大学　東 3 号館　301 会議室

プログラム：(敬称略)

13:10　開会の挨拶　電気通信大学長　福田 喬

13:15　「医工ものづくりコモンズによる医工マッチング」　日本医工ものづくりコモンズ 谷下 一夫，柏野 聡彦

13:45　「医療機器産業の実情 : 現況と将来展望」　ケイ・アンド・ケイ ジャパン株式会社　久保田 博南

14:30　「高齢者の食品による窒息事故と重症肺炎の低減を支援する医療機器の開発」　武蔵野赤十字病院 特殊歯科・口腔外科　道脇 幸博

15:00　「耳科領域における診断・治療機器開発」　電気通信大学 脳科学ライフサポート研究センター・知能機械工学専攻　小池 卓二

15:40　「運動企図による促通を応用した片麻痺治療システムと末梢神経磁気刺激装置の開発」東北大学大学院 医工学研究科 リハビリテーション医工学分野　出江 紳一

16:10　「脳科学ライフサポート研究センターにおける医工連携の取組み」　電気通信大学 脳科学ライフサポート研究センター・知能機械工学専攻　横井 浩史

16:50　「Emotion Recognition and Driving Fatigue Detection from EEG」　上海交通大学

Bao-Liang Lu

17:50　閉会の挨拶　日本医工ものづくりコモンズ 理事　谷下 一夫

18:30　交流会

４．ワークショップ「脳，こころ，ライフサポート技術」（担当：山田、正本）

"Pre-symposium workshop: Brain, Mind, and Life Support Technology@BLSC"

実行委員会：谷下一夫，横井浩史，柏野聡彦，Prof. Bao-Liang Lu，山田幸生，丹羽治樹，姜　銀来，森下壮一郎，矢吹佳子，正本和人

日時：2015 年 11 月 25 日　（水）13:00-18:00

場所：電気通信大学　東 3 号館 306 室

プログラム：

13：00　招待講演１：「社会脳における感情の生成・制御の神経メカニズム」　浜松医科大学　メディカルフォトニクス研究センター　星詳子　教授

14：00　招待講演２：「脳を育む社会に向けて」　日立製作所　研究開発グループ　牧 敦 氏

15：15　BLSC セッション 1

大塚さん（先進理工学専攻　牧研）

佐藤さん（先端領域教育研究センター　宮脇研）

村越さん（知能機械工学専攻　橋本研）

17：00　BLSC セッション 2

姜　銀来　准教授（脳科学ライフサポート研究センター）

正本和人　准教授（知能機械工学専攻）

18：00　全体懇親会

５．セミナー（世話人：山田）

本研究センターが主催するセミナーは，研究センターの主メンバーが担当となってほぼ月に 1 回の頻度で企画し，実施した.

第 1 回

日時：2013 年 7 月 18 日（木）　13：30～14：30

場所：東 4 号館 802 室

講師：宮脇陽一（先端領域教育研究センター 准教授）

題目：ヒト脳内における感覚知覚情報の神経表現

第 2 回

日時：2013 年 8 月 29 日（木）　13：30～14：30

場所：東 3 号館 301 室

講師：橋本卓弥（知能機械工学専攻 助教）

司会：小池卓二 教授

題目：人の生活を支援するロボット技術

第 3 回

日時：2013 年 9 月 12 日（木） 13：30～14：30
場所：東 4 号館 802 室
講師：星 詳子（東京都医学総合研究所 ヒト統合脳機能プロジェクト プロジェクトリーダー）
司会：山田幸生 特任教授
題目：感情の神経機構と光脳機能イメージング

第 4 回
日時：2013 年 10 月 25 日（金） 13：30～14：30
場所：東 4 号館 802 室
講師：森下壮一郎（脳科学ライフサポート研究センター 特任助教）
司会：横井浩史 教授
題目：ブレイン-マシン インタフェースの思想と設計

第 5 回
日時：2013 年 11 月 29 日（金） 14：00～15：00
場所：東 4 号館 802 室
講師：佐藤好幸（情報メディアシステム学専攻 人間情報学講座 助教）
司会：阪口 豊 教授
題目：ヒトの知覚運動機能のベイズモデル

第 6 回
日時：2014 年 12 月 7 日（土） 13：00～14：00
場所：総合研究棟 3 階
講師：征矢英昭（筑波大学 教授）
題目：脳フィットネスと運動（第 159 回日本体力医学会関東地方会 特別講演）

第 7 回（非公開）
日時：2013 年 12 月 20 日（金） 13:00～
場所：東 4 号館 802 室
講師：姜 銀来（高知工科大学 総合研究所 特任講師）
司会：横井浩史 教授
題目：超高齢社会における健康づくり ―認知機能と歩行機能に着目して―

第 8 回
日時：2014 年 1 月 17 日（金） 13:00～14:30
場所：東 4 号館 802 室
講師：臼井正樹（神奈川県立保健福祉大学 教授）
司会：横井浩史 教授
題目：介護福祉の目指すこと―韓国の介護問題を通して考える―

第 9 回
日時：2014 年 2 月 24 日（月）13:00～14:30
場所：東 4 号館 802 室

講師：惣谷和広（独立行政法人理化学研究所　脳科学総合研究センター　大脳皮質回路可塑性研究チーム・専門職研究員）

司会：田中　繁　特任教授

題目：抑制回路を介したコリン作動性ニューロンによる覚醒脳の動作制御機構

第 10 回

日時：2014 年 4 月 25 日（金）13：00-14：30

場所：東 3-306 号室

講師：正本和人（知能機械工学専攻　准教授）

司会：山田幸生　特任教授

題目：光と脳血流～可視化から操作に向けて～

第 11 回

日時：2014 年 5 月 30 日（金）15:00-16:30

場所：東 3 号館 306 会議室

講師：中村　整（先進理工学専攻　教授）

司会：丹羽治樹　特任教授

題目：化学感覚の情報変換および関連神経機構

第 12 回

日時：2014 年 6 月 27 日（金）

場所：東 3 号館 306 会議室

講師：瀧田正寿（産業技術総合研究所・ヒューマンライフテクノロジー研究部門　主任研究員）

司会：下条　誠　教授

題目：高次脳機能の仕組みを考える–前頭前野の生物学的構造から–

第 13 回

日時：2014 年 7 月 25 日（金）

場所：電気通信大学　東 3 号館 306 会議室

講師：松本有央（産業技術総合研究所・ヒューマンライフテクノロジー研究部門　主任研究員）

司会：宮脇陽一　特任准教授

題目：サル下側頭葉における階層的なカテゴリー分類

第 14 回

日時：2014 年 9 月 26 日（金）

場所：電気通信大学　東 3 号館 306 会議室

講師：神谷和作（順天堂大学医学部耳鼻咽喉科学講座　准教授）

司会：小池卓二　教授

題目：遺伝子と神経疾患・聴覚障害の分子メカニズム

第 15 回

日時：2014 年 10 月 25 日（金）

場所：電気通信大学　東 3 号館 306 会議室

講師：牛田多加志（東京大学大学院医学系研究科疾患生命工学センター　再生医療工学部門・教

授）

司会：山田幸生　特任教授

題目：再生医療における 3 要素＋1 要素

第 16 回

日時：2014 年 11 月 13 日（木）

場所：電気通信大学　東 3 号館 306 会議室

講師：Dr. Andrew Subduhi (Associate Professor, Department of Biology, University of Colorado, Colorado Springs)

司会：狩野　豊　教授

題目：Acute mountain sickness: mechanisms and prevention（急性高山病：メカニズムと予防）

第 17 回

日時：2014 年 11 月 25 日（火）

場所：電気通信大学　東 4 号館 802 室

講師：兪　文偉（千葉大学・フロンティア医工学センター・教授）

司会：横井浩史　教授

題目：日常生活で使用できる生体機能補助機器を目指して

第 18 回

日時：2014 年 12 月 19 日（金）　13:00～14:30

場所：電気通信大学　東 3 号館 306 会議室

講師：関　喜一（産業技術総合研究所　ヒューマンライフテクノロジー研究部門　身体適応支援工学グループ・主任研究員）

司会：阪口　豊　教授

題目：視覚障害者と音

第 19 回

日時：2015 年 1 月 30 日（金）　13:00～14:30

場所：電気通信大学　東 3 号館 306 会議室

講師：松田信爾（先進理工学研究科　准教授）

司会：狩野　豊　教授

題目：シナプス可塑性の分子機構の解明と制御法の開発

第 20 回

日時：2015 年 2 月 16 日（月）　16:00～17:00

場所：電気通信大学　東 3 号館 306 会議室

講師：Gregory T. Clement（Case Western 大学 Lerner College of Medicine 准教授，本学産学官連携センター・特任准教授）

司会：鎌倉友男　教授

題目：Sound Medicine: Some contemporary and prospective uses of acoustics in medicine

第 21 回

日時：2015 年 2 月 23 日（月）　13:00～14:30

場所：電気通信大学　東 3 号館 301 会議室

講師：神作憲司（国立障害者リハビリテーションセンター研究所・脳機能系障害研究部・脳神経科学研究室長）

司会：横井浩史　教授

題目：ブレインーマシン・インターフェイス（BMI）の医療福祉応用に向けて

第 22 回

日時：2015 年 4 月 10 日（金）13:00-14:30

場所：電気通信大学　東 3 号館 306 会議室

講師：堀田晴美（東京都健康長寿医療センター　研究所・研究副部長　老化脳神経科学研究チーム　自律神経機能研究室）

司会：正本和人　准教授

題目：身体への刺激が脳機能を支えるメカニズム

第 23 回

日時：2015 年 4 月 24 日（金）13:00-14:30

場所：電気通信大学　東 3 号館 306 会議室

講師：樫森与志喜（先進理工学専攻・教授）

司会：丹羽治樹　特任教授

題目：感覚情報の階層的処理機構

第 24 回

日時：2015 年 4 月 28 日（火）13:00-14:30

場所：電気通信大学　東 3 号館 306 会議室

講師：山田勝也（弘前大学　大学院医学研究科・統合機能生理講座・准教授）

司会：小林孝嘉　特任教授

題目：蛍光 L-ブドウ糖 fLG によるがん診断法の開発

第 25 回

日時：2015 年 5 月 28 日（木）16:30 - 18:00

場所：電気通信大学　東 4 号館 802 会議室

講師：酒谷　薫（日本大学　工学部・次世代工学技術研究センター，医学部・脳神経外科・教授）

司会：山田幸生　特任教授

題目：NIRS の臨床応用：現状と未来

第 26 回

日時：2015 年 6 月 26 日（金）13:00-14:30

場所：電気通信大学　東 3 号館 306 会議室

講師：赤松幹之（産業技術総合研究所　自動車ヒューマンファクター研究センター・首席研究員）

司会：下条　誠　教授

題目：自動車運転研究から脳科学に期待すること

第 27 回

日時：2015 年 7 月 17 日（金）13:00-14:30

場所：電気通信大学　東 4 号館 802 会議室

講師：田嶋達裕（ジュネーブ大学 Lab of Cognitive Computational Neuroscience　博士研究員）

司会：宮脇陽一　准教授

題目：Untangling complex brain dynamics（複雑な脳のダイナミクスを"解きほぐす"）

第 28 回

日時：2015 年 7 月 24 日（金）13:00-14:30

場所：電気通信大学　東 3 号館 306 会議室

講師：高畑　亨（Zhejiang University, Interdisciplinary Institute of Neuroscience and Technology (ZIINT), Hangzhou, China, 教授）

司会：田中　繁　教授

題目：遺伝子発現パターンを指標にした霊長類大脳皮質視覚野の比較解剖学

第 29 回

日時：2015 年 8 月 25 日（火）13:00-14:30

場所：電気通信大学　東 3 号館 306 会議室

講師：Gowrishankar Ganesh（産業技術総合研究所　知能システム研究部門 Intelligent Systems Research Institute, Senior Researcher）

司会：宮脇　陽一　准教授

題目：Human Centric Robotics: from neuroscience to robot control during human-robot interactions

第 30 回

日時：2015 年 9 月 11 日（金）13:00-14:30

場所：電気通信大学　東 3 号館 306 会議室

講師：饗庭絵里子（情報システム学研究科　情報メディアシステム学専攻 人間情報学講座・助教）

司会：小池　卓二　教授

題目：演奏家とその聴覚

第 31 回

日時：2015 年 10 月 15 日（木）13:00-14:30

場所：電気通信大学　東 3 号館 306 会議室

講師：羅　志偉 (Zhiwei Luo)（神戸大学　自然科学系先端融合研究環・教授）

司会：姜　銀来　准教授

題目：高齢社会を支える人間と接するロボットの研究開発（Development of Human Interactive Robots for Aging Society）

第 32 回

日時：2015 年 12 月 17 日（木）13:00-14:30

場所：電気通信大学　東 3 号館 306 会議室

講師：田中　繁（脳科学ライフサポート研究センター・教授）

司会：山田幸生　特任教授

題目：一次視覚野自己組織化における未解決問題に対する試論

第 33 回

日時：2016 年 1 月 21 日（木）13:00-14:30
場所：電気通信大学　東 3 号館 306 会議室
講師：工藤　佳久（東京薬科大学・名誉教授）
司会：丹羽　治樹　特任教授
題目：脳機能発現におけるグリア細胞の役割

第 34 回
日時：2016 年 2 月 26 日（金）13:00-14:30
場所：電気通信大学　東 3 号館 306 会議室
講師：張　定国（上海交通大学　機械工学科・准教授）(Dingguo Zhang, Ph.D, Associate Professor, Institute of Robotics, School of Mechanical Engineering, Shanghai Jiao Tong University, China)
司会：姜　銀来　特任准教授
題目：Electromyography (EMG) Applications for Rehabilitation and Prosthesis（リハビリと義肢に対する表面筋電図の応用）（英語で講演）

第 35 回
日時：2016 年 3 月 1 日（火）13:00-14:30
場所：電気通信大学　東 3 号館 306 会議室
講師：神崎亮平（東京大学先端科学技術研究センター　副所長・教授）
司会：中村　整　教授
題目：昆虫とロボットの融合で探る脳科学～脳を創り，理解し，活用する～

第 36 回
日時：2016 年 3 月 24 日（木）13:00-14:30
場所：電気通信大学　東 3 号館 306 会議室
講師：高木岳彦（東海大学　医学部　外科学系整形外科学　講師．本センター客員准教授）
司会：横井浩史　教授
題目：Nerve-Machine Interface と手外科

６．特別招待講演・交換講義（主担当：横井）
脳科学ライフサポート研究センター及び知能機械工学専攻大学院技術英語　共催
日時 平成 27 年 7 月 2 日（木） 5 限(16:15～17:45)
場所：情報基盤センター演習室
司会：横井浩史
講演・講義１.
講師：曹其新（Qixin CAO）（Professor, Director, Engineering Training Center, Shanghai Jiao Tong University）
演題: Robotics and Digital Factory
講演・講義２.
講師：陳衛東（Weidong CHEN）（Professor, Department of Automation, School of Electronic, Information and Electrical Engineering, Shanghai Jiao Tong University）
演題：Topic: Improving Safety and Autonomy of intelligent Wheelchair in Dynamic Environments

７．研究会「眼球運動を制御する小脳中枢機構の理解へのデータ駆動型アプローチ」

主催：日本神経回路学会および電気通信大学脳科学ライフサポート研究センター（主担当：山崎）

日時：2015 年 8 月 1 日 10:00-17:00

場所：電気通信大学 東 3 号館 3 階 マルチメディアホール

座長：Akira Katoh (Tokai Univ), Tadashi Yamazaki (UEC Tokyo)

プログラム：

10:00-10:05 Opening remarks

10:05-10:35 Kenichiro Miura (Kyoto Univ), Visual control of eye movements in mice: the optokinetic response

10:35-11:05 Shuntaro Miki (Chubu Univ), Cerebellar dependent predictive optokinetic response associated with oculomotor velocity storage mechanism in goldfish, carp, zebrafish, medaka, and human

11:05-11:20 Coffee break & Open discussion

11:20-11:50 Naoko Inaba (Kyoto Univ), The role of the cortical areas MT and MST in coding of visual motion during pursuit eye movements

11:50-12:20 Pablo M Blazquez (Washington Univ St. Louis), Thinking inside the box. Signal processing by cerebellar cortex interneurons in the macaque ventralparaflocculus

12:20-13:30 Lunch (and a meeting for speakers with organizers)

13:30-14:00 Tatyana Yakusheva (Washington Univ St. Louis), Role of GABAergic inhibition in the vestibular signal transformation carried out by the cerebellar nodulus and uvula

14:00-14:30 Aya Takemura (AIST), Neural activity in monkey's cortical area MST Represents Retinal Error during Motor Learning

14:30-14:45 Coffee break & Open discussion

14:45-15:15 Yoshiko Kojima (Univ Washington)., ubstantia nigra pars reticulata influences the error signals for the saccade adaptation

15:15-15:45 Shinji Matsuda (UEC Tokyo), Understanding and controlling synaptic plasticity

15:45-16:00 Coffee break & Open discussion

16:00-16:30 Seiji Ono (Tsukuba Univ), Role of visual velocity and position error signals in smooth pursuit adaptation

16:30-17:00 Yutaka Hirata (Chubu Univ), Promoted motor learning of oculomotor velocity to position neural integrator under hyper-gravity and brighter visual stimulation

17:00- Closing remarks

８．International Symposium on Object Vision in Human, Monkey, and Machine（主担当：宮脇）

Sponsored by The University of Electro-Communications

Co-sponsored by: RIKEN Brain Science Institute, Grant-in-Aid for Scientific Research on Innovative Areas "Initiative for high-dimensional data-driven science based on sparse modeling," and Brain Science Inspired Life Support Research Center

Date and time: November 5-6, 2015, 13:00-19:00

Venue: 80th Anniversary Memorial Hall 3F, The University of Electro-Communications

Organizers: Manabu Tanifuji (RIKEN Brain Science Institute), Yoichi Miyawaki (The University of Electro-Communications)

Program:

【Nov. 5, 2015】

13:00-13:05 Opening remarks

Session 1

13:05-13:40 Jun Kawaguchi (Nagoya University), "Implicit influence of memory on object recognition"

13:40-14:15 Isamu Motoyoshi (The University of Tokyo), "Visual perception of objects and materials"

14:15-14:50 Tsutomu Murata (Center for Information and Neural Networks), "Emergent recognition: how does the brain disambiguate objects hidden in degraded images?"

14:50-15:25 Satoshi Eifuku (Fukushima Medical University), "Symbolic representation of individual identities in the anterior inferior temporal cortex of monkeys"

15:25-16:00 Yasuko Sugase-Miyamoto (National Institute of Advanced Industrial Science and Technology), "Face inversion decreased information about facial identity and expression in macaque area TE"

16:00-16:20 Coffee break

Session 2

16:20-16:55 Kowa Koida (Toyohashi University of Technology), "Contextual effect on brightness perception and coding in macaque area TE"

16:55-17:30 Toshiyuki Hirabayashi (National Institute of Radiological Sciences (NIRS)), "Microcircuit mechanisms for representation and retrieval of associative object memory in macaque temporal cortex"

17:30-18:05 Manabu Tanifuji (RIKEN Brain Science Institute), "Searching for visual features driving face neurons in inferior temporal cortex"

18:05-18:40 Daniel L. K. Yamins (Massachusetts Institute of Technology), "Using computational models to predict neural responses in higher visual cortex"

19:00- Reception

【Nov. 6, 2015】

Session 3

9:00-9:35 Hayaru Shouno (The University of Electro-Communications), "Novel texture classification with Deep Convolution Neural Network-Evaluation with Lung CT Images-"

9:35-10:10 Ryo Karakida (The University of Tokyo), "On the capability of restricted Boltzmann machine learning to extract appropriate input features"

10:10-10:45 Ilker Yildirim (Massachusetts Institute of Technology), "Efficient analysis-by-synthesis in primate face processing"

10:45-11:05 Coffee break

Session 4

11:05-11:40　Shinji Nishimoto (Center for Information and Neural Networks), "Modeling of brain activity during natural vision: object and beyond"

11:40-12:15　Yoichi Miyawaki (The University of Electro-Communications), "Neural dynamics of object representation in the human brain"

Session 5

12:15-12:45　Panel discussion

12:45-12:50　Closing remarks (Masato Okada, The University of Tokyo)

９．電気生理学に基づいたライフサポート技術を通じた研究交流（主担当：横井）

支援：JST サクラサイエンスプラン

招へい対象者：中国・南開大学情報制御工学院 10 名（大学院生 9 名，教員 1 名）

日時：平成 28 年 2 月 26 日~3 月 6 日

場所：電気通信大学　情報理工学研究科，脳科学ライフサポート研究センター

内容：

さくらサイエンスプランによる交流をきっかけに，ライフサポート技術分野における共同研究につなげる目的で実施した．招へい対象者を 2 グループに分けてそれぞれ筋電義手の製作と機能的電気刺激に関する脳活動計測を体験してもらった．また，学生間の交流と理解を深めるため，グループ毎に対応する本学の学生担当者を決め，計 16 名の学生が交流活動に参加した．この交流活動を通して，招へい対象者が日本の科学技術と自然・文化を体験でき，双方の学生のたがいに対する理解も深められた．実施プログラムは招へい対象者全員に高く評価され，今後の共同研究の展開が期待される．

１０．高校生体験型授業：スプリングスクール（運営：丹羽）

平成28年3月28日～月31日の4日間，脳科学ライフサポート研究センタースプリングスクール体験型授業（実験）を実施した．東京，神奈川，静岡，茨城，栃木，秋田各県から計１6名の高校生が参加した．実験時間は１日４時間半とし，一テーマにつき２日間の実験を行った．テーマは大学院生用の体験講義テーマの中から２つ用意し，高校生向きに平易な実験マニュアルを別途作成した．

●前半日程

日時：2016 年 3 月 28 日（月）13:00-17:30 および 3 月 29 日（火）13:00-17:30

テーマ１：レーザー顕微鏡で立体画像を撮ってみよう

場所：電気通信大学　東 4 号館 267 実験室

担当：正本和人准教授

Teaching Assistants：栗原唯花，結城浩弥，武田寛史，新タ雅啓

参加人数：４名

テーマ 2：サイボーグ義手を操ってみよう

場所：電気通信大学　東 9 号館 203 実験室 →東 4 号館 263 実験室

担当：姜　銀来　准教授・森下壮一郎　特任助教

Teaching Assistants：粕谷昌宏，日吉祐太郎

参加人数：５名

●後半日程

日時：2016 年 3 月 30 日（水）13:00-17:30 および 3 月 31 日（木）13:00-17:30

テーマ 1：レーザー顕微鏡で立体画像を撮ってみよう

場所：電気通信大学　東 4 号館 267 実験室

担当：正本和人准教授

Teaching Assistants：栗原唯花，結城浩弥，武田寛史，新タ雅啓

参加人数：４名

テーマ 2：サイボーグ義手を操ってみよう

場所：電気通信大学　東 4 号館 701b →東 6 号館 737 実験室

担当：姜　銀来　准教授・森下壮一郎　特任助教

Teaching Assistants：粕谷昌宏，日吉祐太郎

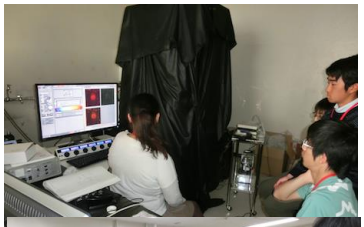
参加人数：６名

以下に，スプリングスクールの様子を示した．

1-1) レーザー顕微鏡で立体画像を撮ってみよう(一日目)（担当：正本和人准教授）

・実験概要の説明．ＴＡ院生から蛍光とレーザー顕微鏡の原理の説明を受ける．緊張した面持ちで話に聞き入る．ＴＡ院生が簡潔にわかりやすく説明してくれる．話の中身は濃い．

・実験に用いる蛍光ビーズを混入させたゼラチンファントムモデル（脳組織のモデル）を作成．真剣なまなざしで慎重にゼラチン溶液と蛍光ビーズ懸濁液をはかり取る様子．やや緊張気味にピペット操作．使用する実験器具は研究用のもの．



・遺伝子操作により GFP（緑色蛍光タンパク質）を発現させた生きたマウス大脳を二光子レーザー顕微鏡で観察．暗幕の中に遺伝子導入マウスが置いてある.このマウスは操作するＴＡさんが実際に使用している，きわめて高価な研究材料とのこと．最先端研究の現場を垣間みる一瞬．

・

・実験の合間にＴＡさんと歓談，大学生活や研究についていろいろ質問．

1-2) レーザー顕微鏡で立体画像を撮ってみよう二日目)（担当：正本和人准教授）

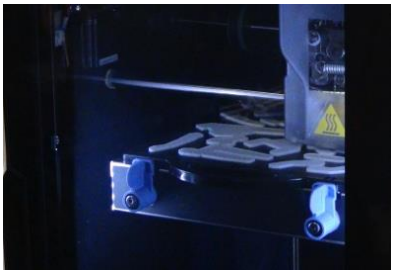
・昨日、自作した蛍光ビーズの入ったファントム(左)をレーザー顕微鏡で観察（右）.

・ＭＡＴＬＡＢというデータ解析ソフトを用いて蛍光ビーズ画像の３次元解析実習．ＴＡの指導で研究室のパソコンを使って自分のファントムモデル中の蛍光ビーズの位置を求める.

2-1) サイボーグ義手を操ってみよう(一日目)（担当：姜准教授・森下助教）

・実験概要の説明ののち，ＣＡＤを使ってサイボーグ義手のデザイン実習.

・初めてのＣＡＤ操作に興味津々．お皿，茶碗，ペットボトル，ボール，ビー玉．どうしたらどんなものでもつかめる形状の義手となるかシミュレーションし，指の形状を決定.



・デザインした義手を3Dプリンタで造形.

・義手は明朝に完成.

・サイボーグ義手に取り付ける駆動サーボモーターの組立て.

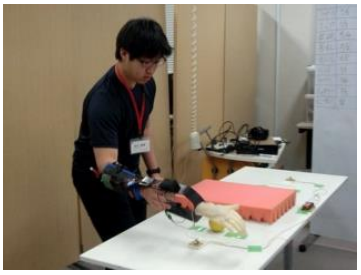
・久しぶりの工作に無心に取り組む.

・１日目最後は自分たちが設計したサイボーグ義手を造形している３Dプリンターを見学して解散.

2-2) サイボーグ義手を操ってみよう(一日目)（担当：姜准教授・森下助教）

・３Dプリンターで造形したサイボーグ義手の部品を組み合わせ，駆動サーボモーターを取り付け義手の完成．生まれて初めてねじ穴にねじを切る．

・サイボーグ義手を実際に自分の筋電信号で動かす訓練．作成した形状に合わせて制御プログラムを編集．自分の筋電信号で義手を動かすのは意外と難しい．



・日常生活にある物体の把持実験（Pick and Place実験）により作成した義手の性能を評価．うまくつかんで移動できたときは思わずにっこり．ビー玉が難しい．

◎事後アンケートの評価：
大学での研究の雰囲気を味わうことができた．
貴重な体験ができた．
進路を考えるうえで参考になった．
今後も続けてほしいなど，
大変好評であった．

横井浩史／姜銀来／森下壮一郎 研究室

1. 教育研究の概略

1. 1 教育研究における基本方針

横井・姜・森下研究室の主目的は，ヒトを中心にすえた工学の理論体系及びその周辺技術の再構築であり，ヒトや生物そのものを工学的視点から科学することから始まり，ヒト・機械および社会と機械の自然なインターフェースやそれらの融合技術に関する探究を行う．

当研究室では，人と機械の融合システムの開発を中心として，ロボティクス分野の計測と制御に関わる理論と技術の開発と，その応用展開を行っている．理論的バックボーンは，情報処理学習，進化計算論，組合せ最適化理論をベースとして，人工知能，生体電気活動計測と解析，および，干渉駆動型機械システムの設計と開発を対象とする．応用分野は，福祉医用機械の応用展開を目指して，筋電義手，パワーアシスト機器，運動機能回復のためのニューロリハビリテーションなど医工連携を主務とする．

1.2 2013-2015 年度における成果と進捗状況

(1) 筋電義手の開発と実用化

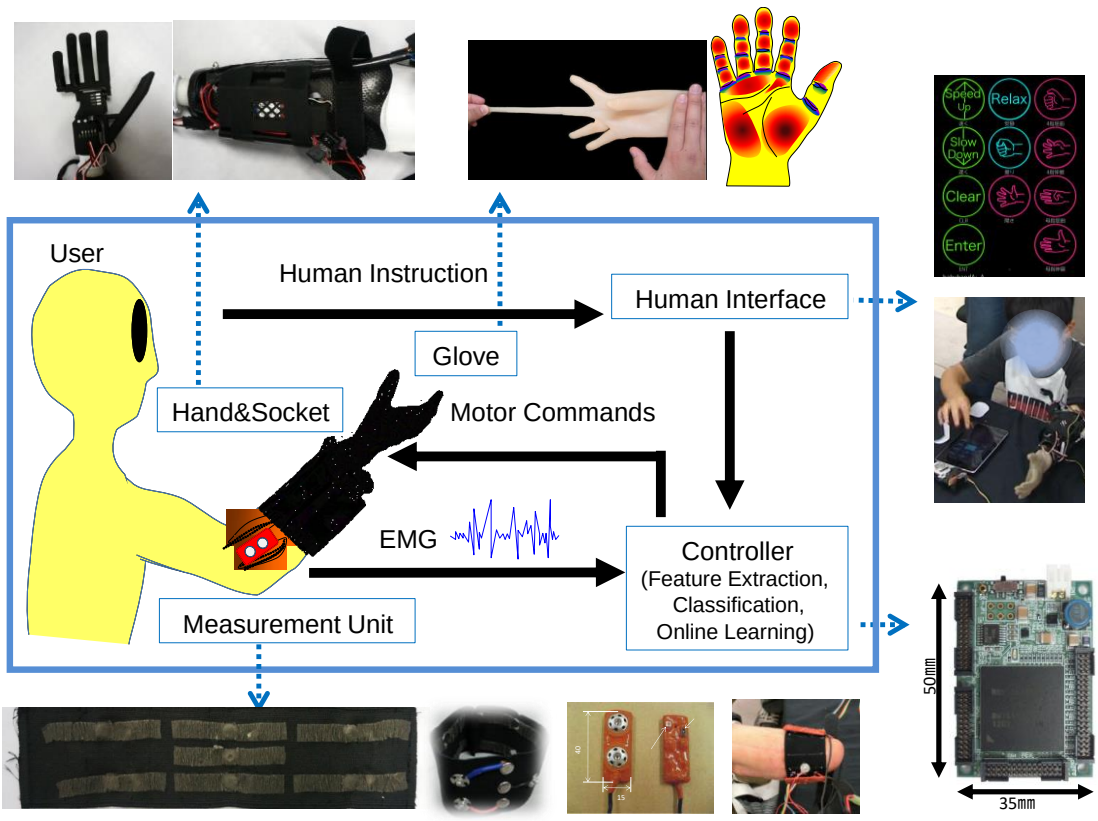


図 1 簡易型義手のシステム構成

筋電義手は上肢機能を再建するものとして，見た目が人間の手に近い装飾性，必要な生活動作を

実現できる機能性と，身体的負担が少ない軽量性と，誰でも使いこなせる使用性が要求される．本研究室は，これらの要求を満たすために，図 1 の簡易型義手を開発した．これシステムは，下記の 5 つの部分で構成される．

(a)軽量化したロボットハンドと支持部：ヒトの手には多くの関節が存在し多様な手の形状が実現できる．一方，ADL（日常生活動作）のうち握力把握，精密把握，側面把握との 3 種の把持姿勢で ADL の 85%を占めているので，我々は連動した 4 指の MP 関節と母指の CM 関節の 2 自由度で 3 種の把握を可能とするロボットハンドを開発した．断端に装着するための支持部は，カーボンファイバーを用いることで軽量化し，片手による装着が可能な開閉機構を採用した．

(b) エラストマーゲルを用いた筋電義手のための装飾手袋：義手用装飾手袋の要件を外観，把持性能，耐久性，質感，柔軟性の 5 種類に分類し，各々は，人の手指の身体的特徴を模倣する外観を有すること，把持性能については把持対象物への馴染みを実現する厚みを有すること，そして，日常生活利用に対する耐久性と，ヒトの皮膚の粘弾性に近い質感，および，関節の駆動を妨げないスムーズな動きを実現することである．本研究室はこれらの要件を満たしながら 1300%の伸縮率を持つエラストマーゲル製装飾手袋の開発に成功した．

(c)利用者が使い易い操作インターフェース：本研究室で開発された個性適応型筋電制御系を誰でも使えるようにするため，スマートホンやタブレットによる操作インターフェースを開発した．切断者による片手操作を考慮して，無線端末側の GUI 設計を行った．使用者に試用してもらい，片手でも画面を操作して，筋電義手のキャリブレーションができることを検証した．

(d) 高計算能力と低消費電力を両立した筋電コントローラ：筋電信号の高速計測・解析およびロボットハンドの制御を低電力で実現するために，SH72544R（(株) ルネサス エレクトロニクス製）を用いたコントローラを開発した．コントローラと無線端末インターフェース間の通信規格を策定し，筋電義手キャリブレーションの通信プログラムが可能なプログラム群を作成した．また，時系列に着目した筋電パターン識別アルゴリズムを開発し実装した．

(e) 皮膚密着性，カスタマイズ性，装着性の高い筋電計測系：筋電センサの電極素材として柔軟な導電性高分子材料（ポリピロールと導電性シリコン）を採用し，皮膚と密着性を高めることで計測の安定化することに成功した．デジタルポテンショメータを用いたインピーダンス成分を調整可能な補正回路を作成して，電極-アンプ間と電極―電極間に実装することにより，筋電コントローラからインピーダンス整合の調整が可能とした．

更に，幅広い年齢層と様々な症状の切断者に対応するため，乳幼児用義手（図 2），手部義手（図 3），肩義手のための干渉駆動ロボットアームの開発と臨床試験も進めている．

図 2　乳幼児義手

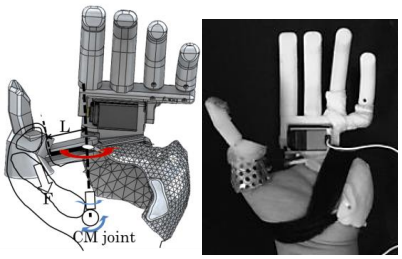


図 3　手部義手

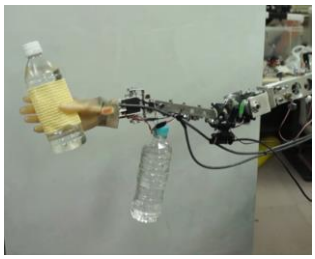


図 4　干渉駆動ロボットアーム

(2) 多点表面電極を持つ機能的電気刺激

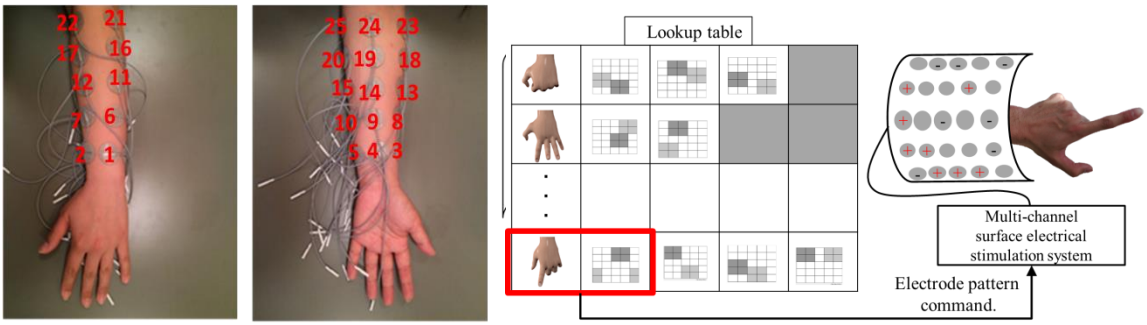


図 5　自動パターン探索機能を持つ多点電極電気刺激

本研究では，患者自身が介護者の立会いを必要とせずに自宅で運動機能回復のリハビリテーションを行えるようにすることを目指して，上肢の運動機能回復に焦点をあて，多点電極を用いた表面電気刺激による上肢運動機能回復システムを開発する．表面電極法による FES の場合，特定の筋を狙って刺激することが難しいとの課題を解決するため，多点表面電極と刺激電極選択装置“FES Selector device”を合わせて開発した（図 5）．さらに，目的姿勢を発現させ得る電極パターンを見出すため，ニューラルネットワークを用いて電極パターンから各関節角度を推定した．17～31 パターン程度の手指動作を発現させられることが確認でき，多様な運動を介助なしに発現させることが可能であることが示された．

(3) 運動機能代替および機能回復手法の評価のための脳活動計測・評価

既存の脳活動計測機器や関節角計測装置等を連動させてそれぞれのデータを同時に記録可能で，かつロボット義手等の電動支援装置をオンラインで制御できるシステム環境の整備を開始した．具体的には、fNIRS の計測データをオンラインで収集しながら同時に筋電位を記録し，かつそれに基づく電動補助装置の制御を 1 台の PC で行えるシステムを構築した（図 6）．

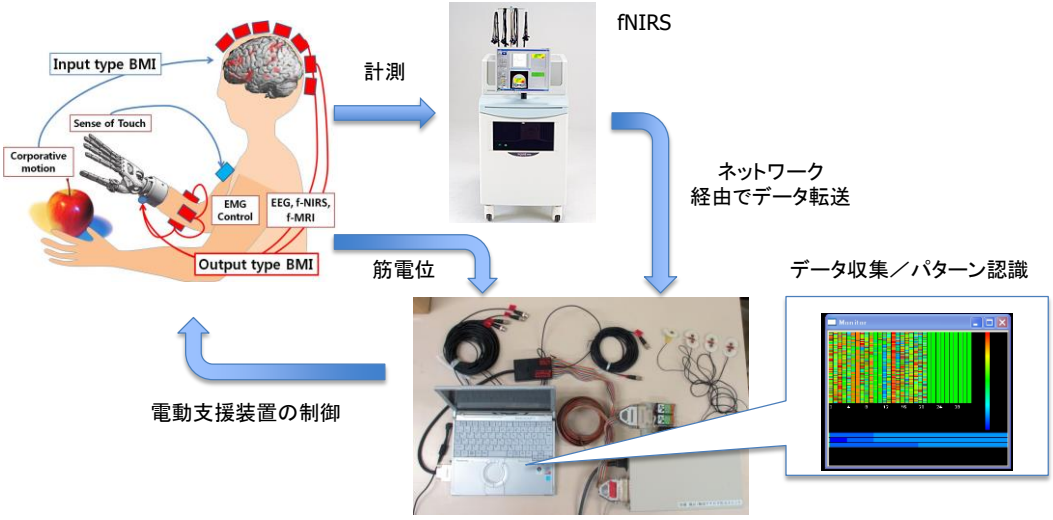


図 6　脳活動および筋活動計測と電動補助装置制御の統合システムの概略図

上記のシステムで筋電義手適用時の脳活動評価を行った結果を図 7 に示す．被験者は右前腕切断の男性で，前述の簡易型義手を装着している．脳活動の測定開始後の 15 秒間（図 7 の 1 行目）は被験者は安静にしており，脳活動の変化は見られない．タスク開始直後から，運動野および前頭前野が賦活し始め，タスク遂行中はその状態が続く（図 7 の 2,3 行目）．タスクが終了して被験者が安静状態になると，脳活動の賦活も小さくなる（図 7 の 4 行目）．

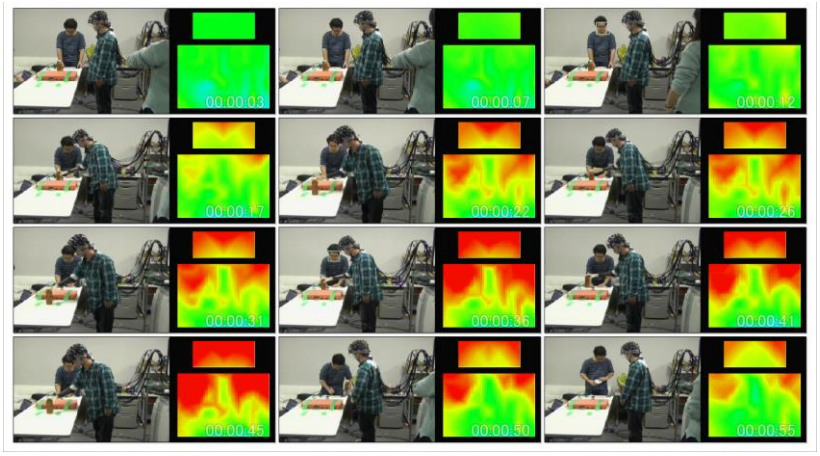


図 7　筋電義手によるピックアンドプレイスタスク中の脳活動の変化

さらに機能的電気刺激（FES）による運動回復に関する研究について，FES で促される筋収縮による運動補助および感覚刺激を周期的に行うことで賦活する脳の領野を fNIRS で同定する手法を確立した（図 8）．さらに、筋の相対不応期を考慮に入れた仮説に基づく刺激波形パラメータの最適化モデルを考案し，被験者実験によりモデルの妥当性を検証した．さらに山村修客員准教授（福井大学医学部医師）の協力の下，PET による脳活動計測に基づく FES リハビリ効果の確認を行った（図 9）．

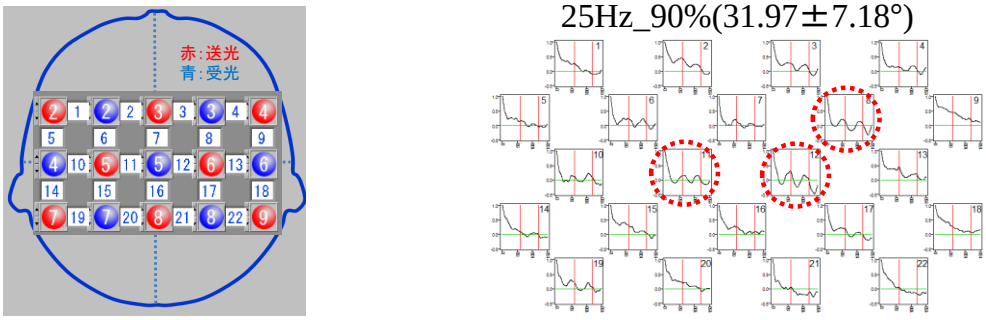


図 8　FES による感覚刺激に伴う脳活動変化の検出

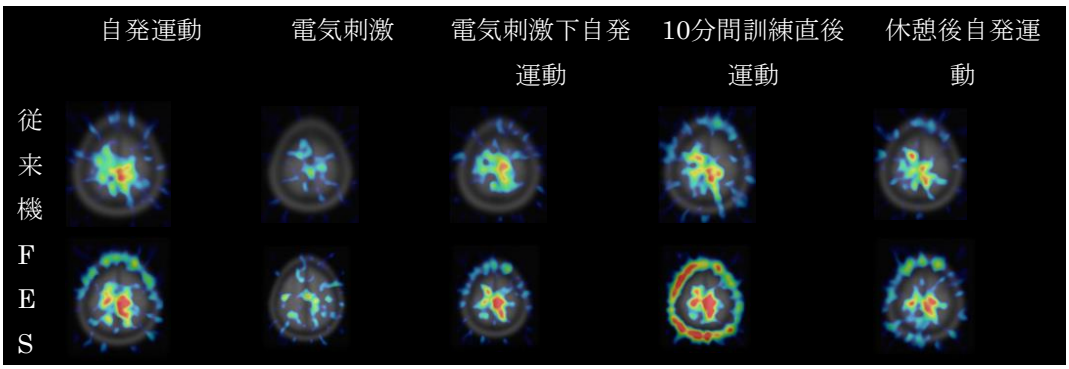


図 9　FES リハビリにおける従来機と新型装置の脳賦活の比較

1.3 今後の計画

筋電義手と機能的電気刺激を中心として，具体的に下記の課題に取り組む.

(1)障害の程度に応じたインテリジェント制御

切断者の残存機能に合わせて，脳波および頭部と肩の筋電位に加えて，慣性センサによる姿勢検知，近接覚センサによる衝突回避，AR マーカーによる環境認識などを利用することで，残存機能を最大限に利用する義手のインテリジェント制御法を開発する．肩離断，上腕切断，前腕切断，手部切断の患者に適用する.

(2)感覚フィードバック機能の追加

手の運動機能の代替とともに，感覚機能ももつ筋電義手を実現するために，手指のフィットできる全方位感圧センサの開発と電気刺激・振動による感覚刺激装置の開発を行う.

(3)自動パターン探索の確立

多点表面電極を持つ機能的電気刺激の刺激パターンを効率的に探索できるアルゴリズムを構築するため，電極パターンの高速的な探索法と，電極パターンを考慮した手指姿勢のクラスタリング法を開発する.

(4)脳計測による義手と電気刺激の評価

筋電義手と機能的電気刺激の有用性を評価するため，パフォーマンス実験に加え，利用者の脳活動計測による身体所有感の評価や，長期利用に伴う脳活動パターンの変化の観察も，fNIRS または fMRI を用いて行う.

2. 研究の成果

2.1 発表論文（査読有）[インパクトファクタが 4 以上のものには番号を〇で囲む]

研究論文

(1) 矢吹佳子，棚橋一将，星川英，中村達弘，姜銀来，加藤龍，横井浩史（2016）.エラストマーゲルを用いた筋電義手のための装飾手袋の開発.日本義肢装具学会誌,32巻(3号),2016（in press）

(2) 星川英，迫田辰太郎，山野井佑介，加藤龍，森下壮一郎，中村達弘，關達也，姜銀来，横井浩史（2015）.基本把持機能を有する簡易型筋電義手の開発と評価．知能と情報，27巻(6号):885-897

(3) 粕谷昌宏，加藤龍，横井浩史（2015）.時系列情報を用いた筋電パターン識別精度向上フィルタの提案．生体医工学誌, 53巻(4号): 217-224

(4) Ryohei Fukuma, Takufumi Yanagisawa , Shiro Yorifuji, Ryu Kato, Hiroshi Yokoi, Masayuki Hirata, Youichi Saitoh, Haruhiko Kishima, Yukiyasu Kamitani, Toshiki Yoshimine (2015) .Closed-Loop Control of a Neuroprosthetic Hand by Magnetoencephalographic Signals. PLoS ONE, Vol.10/ No.7

(5) Soichiro Morishita, Keita Sato, Hidenori Watanabe, Yukio Nishimura, Tadashi Isa, Ryu Kato, Tatsuhiro Nakamura and Hiroshi Yokoi (2014). Brain-Machine Interface to Control a Prosthetic Arm with Monkey ECoGs during Periodic Movements (submitted). Frontiers in Neuroscience, Volume 8/ Article 417, 1-9

(6) Tatsuya Seki, Tatsuhiro Nakamura, Ryu Kato, Soichiro Morishita, and Hiroshi Yokoi (2014). Development of Five-Finger Multi-DoF Myoelectric Hands with a Power Allocation Mechanism. Journal of Mechanics Engineering and Automation 4, 97-105

(7) 久保田 雅史，山村 修，神澤 朋子，五十嵐 千秋，松尾 英明，成瀬 寛亮，嶋田 誠一郎，加藤 龍，横井 浩史，内田 研造，馬場 久敏（2014）．急性期脳梗塞患者に対する歩行中の機能的電気刺激治療が歩容及び内側感覚運動皮質へのヘモグロビン濃度へ及ぼす即時的効果．理学療法学, Vol.41/ No.1, 13-20

(8) Yinlai Jiang, Isao Hayashi, Shuoyu Wang (2014) Knowledge acquisition method based on singular value decomposition for human motion analysis, IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering, Vol.26, No.12, 3038-3050.

(9) Yinlai Jiang, Shuoyu Wang, Kenji Ishida, Yo Kobayashi, and Masakatsu G. Fujie(2014) Directional control of an omnidirectional walking support walker: Adaptation to individual differences with fuzzy learning, Advanced Robotics, Vol.28, Issue 7, 479-485.

国際会議論文（プロシーディングス）

(1) Yinlai Jiang, Shintaro Sakoda, Masami Togane, Soichiro Morishita, Hiroshi Yokoi, One-handed Wearable sEMG Sensor for Myoelectric Control of Prosthetic Hands, The International Conference on Wearable Sensor and Robot（ICWSR2015）, No.56,2015/10/18.

(2) Yinlai Jiang, Shintaro Sakoda, Takeru Togane, Soichiro Morishita, Bao-Liang Lu, Hiroshi Yokoi ,A Highly Usable and Customizable sEMG Sensor for Prosthetic Limb Control Using Polypyrrole-Coated Nonwoven Fabric Sheet, IEEE Sensors 2015:Nov,1-4, 2015/11/03

(3) Yusuke Yamanoi, Soichiro Morishita, Ryu Kato, Hiroshi Yokoi, Selective Linear-Regression Model for Hand Posture Discrimination and Grip Force Estimation using Surface Electromyogram Signals, 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC15):4812-4815, 2015/08/27

(4) Hesong Ye, Shintaro Sakoda, Yinlai Jiang, Soichiro Morishita, Hiroshi Yokoi, Pinch-Force-Magnification Mechanism of Low Degree of Freedom EMG Prosthetic Hand for Children,

The 37th Annual International Conference of theIEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC2015):2466-2469, 2015/08/27

(5) Suguru Hoshikawa, Yinlai Jiang, Ryu Kato, Soichiro Morishita, Tatsuhiro Nakamura, Yoshiko Yabuki,and Hiroshi Yokoi , Structure design for a two-DoF myoelectric prosthetic hand to realize basic hand functions in ADLs (submitted), The 37th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC2015):4781-4784, 2015/08/27

(6) Masahiro Kasuya, Ryu Kato, Hiroshi Yokoi, Analysis and Optimization of Novel Post-processing Method for Myoelectric Pattern Recognition, International Conference on Rehabilitation Robotics(ICORR): 985-990, 2015/08/14

(7) Misato Ohdaira, Tomoko Kamisawa, Soichiro Morishita, Yinlai Jiang, Masao Sugi, Osamu Yamamura, Hiroshi Yokoi, fNIRS-based analysis of temporal changes of brain activation during long-term conditioning with functional electrical stimulation, international Convention on Rehabilitation Engineering&Assistive Technology(i-CREATe) 2015:P4,3-,2015/08/11

(8) Misato Ohdaira, Tomoko Kamisawa, Soichiro Morishita, Yinlai Jiang, Osamu Yamamura, Hiroshi Yokoi , fNIRS-based analysis of brain activation with knee extension induced by functional electrical stimulation, IUPESM 2015 World Congress on medical physics & biomedical engineering, IFMBE Proceedings :Vol,51, 1137-1141, 2015/06

(9) Daiki Suzuki, Yusuke Yamanoi, Hiroshi Yamada, Ko Wakita, Ryu Kato, Hiroshi Yokoi , Grasping-posture classification using myoelectric signal on hand pre-shaping for natural control of myoelectric hand, 2015 IEEE International Conference on Technologies for Practical Robot Applications (TePRA2015), 2015/05

(10) Tatsuya Seki, Yinlai Jiang and Hiroshi Yokoi, Approximate model for interactive-tendon driven mechanism of a multiple-DoFs myoelectric prosthetic hand, Proceedings of the 2014 IEEE International Conference on Robitics and Biomimetics：999-1004, 2014/12/14

(11) Yinlai Jiang, Shintaro Sakoda, Suguru Hoshigawa, Hesong Ye, Yoshiko Yabuki, Tatsuhiro Nakamura, Masahiro Ishihara, Takehiko Takagi, Shinichiro Takayama, and Hiroshi Yokoi, Development and evaluation of simplified EMG prosthetic hands , Proceedings of the 2014 IEEE International Conference on Robitics and Biomimetics：1368-1383, 2014/12/14

(12) Yuki Shimizu, Masao Sugi, Misato Ohdaira, Soichiro Morishita, Tatsuhiro Nakamura, Ryu Kato, and Hiroshi Yokoi: Force Estimation by Surface Electromyography during Functional Electrical Stimulation, Proceedings of the 2014 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics (ROBIO2014), pp.1345-1350, 2014.

(13) Osamu Yamamura, Tomoko Kamisawa, Masahumi Kubota, Chiaki Igarashi, Yudai Watabe, Seiichiro Shimada, Tetsuya Tsujikawa, Hidehiko Okazawa, Ryu Kato, Hiroshi Yokoi, Kenzo Uchida, Hisatoshi Baba, Tadanori Hamano, Yasunari Nakamoto, Effect of burst stimulation by high frequency biphasic square-wave pulse on cortical perfusion after stroke: A pilot study, American Society of Neurorehabilitation Annual Meeting, 2014/11

(14) Xiaobei Jing, Xu Yong, Yinlai Jiang, Hiroshi Yokoi, and Ryu Kato, A low-degree of freedom EMG prosthetic hand with nails and springs to improve grasp ability, Proceedings of the 2014 7th

International Conference on BioMedical Engineering and Informatics：466-471, 2014/10/14

(15) Xu Yong, Xiaobei Jing, Yinlai Jiang, Hiroshi Yokoi, and Ryu Kato, Tendon drive finger mechanisms for an EMG prosthetic hand with two motors, Proceedings of the 2014 7th International Conference on BioMedical Engineering and Informatics：472-476, 2014/10/14

(16) Masahiro Kasuya, Masatoshi Seki, Kazuya Kawamura, Yo Kobayashi,Masakatsu G. Fujie, Hiroshi Yokoi, Robust grip force estimation under electric feedback using muscle
stiffness and electromyography for powered prosthetic hand, (ICRA2013)2013 IEEE International Conference on Robotics and Automation：93-98, 2013/05

(17) Tatsuya SEKI, Tatsuhiro NAKAMURA, Ryu KATO, Soichiro MORISHITA and Hiroshi YOKOI, Development of Five-Finger Multi-DoF Myoelectric Hands with a Power Allocation Mechanism, 2013 IEEE International Conference on Robotics and Automation(ICRA2013)：2046-2051, 2013/05

2.2 著書

(1) Hiroshi Yokoi, Yuki Sato, Minako Suzuki, Yoshiko Yabuki, Tatsuhro Nakamura, Takashi Mori, Soichiro Morishita，Ryu Kato，Osamu Yamamura，Masafumi Kubota，Tomoko Kamisawa，Chiaki Igarashi，Tadashi Isa，Tatsuya Umeda，Hidenori Watanabe，Yukio Nishimura，Katsunori Ikoma，and Tamaki Miyamoto ,Engineering Approach for Functional Recovery Based on Body Image Adjustment by Using Biofeedback of Electrical Stimulation, Chapter 12 Clinical Systems Neuroscience: pp.203-247, Springer Japan ,2015（分担執筆）

(2) 森下 壮一郎，横井 浩史、ロボティクスによる上肢運動機能再建のためのBMI、医歯薬出版株式会社: 99-104 、2014/01

(3) 横井浩史, 他、2章　日常生活のサポート技術, 2.2 節 移動支援, 2.2.6 項 義肢(義手・義足), 電気学会125年史（1888-2013)、一般社団法人電気学会:471-473、2013/10（分担執筆）

(4) 横井浩史，加藤龍，中村達弘，森下壮一郎、福祉技術ハンドブックー健康な暮らしを支えるために、朝倉書店: 218-225、2013/10/24（分担執筆）

2.3 解説記事・翻訳

(1) 加藤龍, 横井浩史,人の精密な手指機能を再建する五指型筋電義手,精密工学会誌:80/ 3, pp.259-264，2014/03

(2) 横井浩史，矢吹佳子，關達也，中村達弘，森下壮一郎，加藤龍，高木岳彦，高山真一郎，筋電制御型の義手，バイオメカニズム学会誌：Vol.38/ No.1, pp.39-46，2014/01

(3) 森下壮一郎，横井浩史，ロボティクスによる上肢運動機能再建のためのBMI，週刊医学のあゆみ：Vol.246/ No.13, pp.1117-1122，2013/09/01

(4) 中村達弘，加藤龍，森下壮一郎，横井浩史，学習型筋電ハンドの製作，インターフェース/コンピュータ・サイエンス&テクノロジ専門誌：第39/ 第7, pp.62-73，2013/07/01

2.4 招待講演

(1) 姜 銀来,「ロボットによる身体機能の補助と代替―歩行支援機と筋電義手について―」，計測自動制御学会 システム・情報部門 ヒューマンマシンシステム部会，2014/11.

(2) Hiroshi Yokoi，Robotics rehabilitation projects based on mutual adaptation，16th International Graphonomics Society Conference (IGS2013)，Nara, Japan，2013/06

(3) 横井　浩史，個性適応型筋電義手に関する研究（乳幼児への適用事例），日本機械学会第25回バイオエンジニアリング講演会，2013/01

2.5　メディアリリース

(1) 手足の機能を模倣する～義肢の最新技術を追う～、BSフジ、2016/02/14

(2) 学習機能付きの筋電義手　個人差動きに反映、日刊工業新聞、2015/12/09

(3) くらし解説「どう共存？ロボットと人間　ロボット法学会誕生へ」、NHK教育、2015/11/24

(4) 思い通りに動く義手　筋肉の電気信号利用、読売新聞、2015/11/12

(5) 革新のイズム～イノベーターの暴論～、BSフジ、2015/07/03

(6) サキどり↗、NHK総合、2015/06/07

(7) 拝啓！ガリレオ様、フジテレビ、2015/05/31

(8) 夢★夢Engine!　TBSラジオ、2015/05/30

(9) テレビ未来遺産　私たちはこんな難病と闘っています2015 涙と感動…10年の記録、TBSテレビ、2015/04/01

(10)テレビ未来遺産　生命38億年スペシャル最新脳科学ミステリー”人間とは何だ・・！？　TBSテレビ、2015/02/11

(11)3Dプリンターで簡単作成　筋肉の動き電気信号化、日刊工業新聞、2014/12/02

(12)[ニッポンのロボット]サイボーグ技術最前線　ホントにすごい！日本の科学技術図鑑、双葉社、2014/02/06

(13)三菱UFJビジネススクエア SQUET Front Runner　～知のパイオニアたち～、三菱UFJリサーチ＆コンサルティング株式会社、2013/08/01

(14)語れ！仮面ライダー 「改造人間」実現の可能性を探る、KKベストセラーズ、2013/04/01

2.6　展示会等への出展

(1) 夢ナビライブ2014出展，2014年7月12日，東京ビッグサイト

(2) JSTサイエンスアゴラ2014出展，2014年11月7日-9日，日本科学未来館

(3) 第29回日本医学会総会学術展示・テーマ展示出展，2015年4月10日-13日，京都国際会館

(4) JSTフェア2015出展，2015年8月27日-28日，東京ビッグサイト（東京国際展示場）

(5) ICTイノベーションフォーラム2015出展，2015年10月7日，幕張メッセ国際会議場

2.7　出願特許

(1) 粕谷　昌宏，横井　浩史，加藤　龍.特許 ,時糸列情報を用いた筋電パターン識別方法及び筋電義手,国立大学法人電気通信大学，株式会社メルティン MMI，特願，2015-212840 ，2015/10/29

(2) 横井浩史，布山陽介.特許 ,プローブのホルダー，国立大学法人電気通信大学，特願,2015-188245 ，2015/09/25

(3) 横井浩史，叶鶴松，姜銀来，森下壮一郎，迫田辰太郎.特許,モータ駆動ハンド,国立大学法人電気通信大学，特願，2015-165296，2015/08/24

(4) 横井浩史，姜銀来，矢吹佳子，迫田辰太郎，棚橋一成，棚橋一将.特許,インターフェイス部品，インターフェイス装置，および，アシスト装置,国立大学法人電気通信大学，株式会社タナック， 特願，2015-163683， 2015/08/21

(5) 秋場　猛，横井　浩史. 気刺激装置、トレーニング装置、および電気刺激方法，システム・インスツルメンツ株式会社，国立大学法人電気通信大学，PCT/JP2014/069429， 2014/07/23，WO2016/013067，2016/01/28

(6) 横井浩史，石原正博. 指部残存機能を利用した義指屈伸機構，国立大学法人電気通信大学，東名ブレース株式会社 ，特願 2014-022903，2014/02/08，特開 2015-146998，2015/08/20

(7) 横井　浩史，石原　正博，平井　健二. 掌部残存機能を利用した摘み機構，国立大学法人電気通信大学, 東名ブレース株式会社 ，特願 2014-019858, 2014/02/04, 特開 2015-146839, 2015/08/20

(8) 佐藤祐樹，鈴木美奈子，横井浩史，加藤龍，中村達弘，森下壮一郎. 電気刺激システム及び計測システム，国立大学法人電気通信大学 ，特願 2013-259481，2013/12/16，特開 2014-133123，2014/07/24

2.8 受賞（教員、学生の順）

(1) 姜銀来，日本知能情報ファジィ学会 奨励賞，2013

2.9 学生指導

(1) 粕谷 昌宏、2015 年度、博士（工学）
(2) 星川 英、2015 年度、修士（工学）
(3) 山野井 佑介、2015 年度、修士（工学）
(4) 迫田 辰太郎、2015 年度、修士（工学）
(5) 鈴木 悠汰、2015 年度、学士（工学）
(6) 谷 直行、2015 年度、学士（工学）
(7) 馮 翔、2015 年度、学士（工学）
(8) 日吉 祐太郎、2015 年度、学士（工学）
(9) 木村圭太、2014 年度、学士（工学）
(10)上平倫太郎、2014 年度、学士（工学）
(11)野櫻舞、2014 年度、学士（工学）
(12)當金將見、2014 年度、学士（工学）
(13)佐藤佑樹、2014 年度、修士（工学）
(14)鈴木大輝、2014 年度、修士（工学）
(15)高澤駿介、2014 年度、修士（工学）
(16)雍旭、2014 年度、修士（工学）
(17)樽木孝至、2013 年度、学士（工学）
(18)千田暁慧、2013 年度、学士（工学）
(19)鈴木美奈子、2013 年度、修士（工学）
(20)田中啓太、2013 年度、修士（工学）

2.10 海外研究者・学生の受け入れ

(1) 白殿春　干渉駆動を用いたインテリジェントロボットアームの開発、2015.7.20-2015.8.19
(2) 張定国　筋電義手と機能的電気刺激を用いた身体機能の代替と補助、2016.1.25-2016.2.28
(3) 朱笑笑　自律走行ロボットのための環境計測、2015.11.23-2015.11.28
(4) 曹其新、陳衛東　生活支援ロボット、2015.6.30-2015.7.3
(5) 呂宝糧　Emotion Recognition and Driving Fatigue Detection from EEG
(6) 北京理工大学学生 3 名　簡易型義手の実用化、2015.6.7-2015.8.28
(7) 南開大学学生 10 名　電気生理学に基づいたライフサポート技術を通じた研究交流（JST さくらサイエンスプラン）、2016.2.26-2016.3.6

2.11 海外研究機関への学生の派遣・留学

(1) 上平倫太郎、ストラスクライド大学、2015 年 9 月-2016 年 2 月

3. 研究資金獲得

3.1 科研費

(1) 横井 浩史（代表者)、脳の適応を誘導する人・機械・相互適応技術の開拓、基盤研究(A)、2013 年 4 月 1 日～2016 年 3 月 31 日、総額 : 45630 千円　2013 年度 : 19630 千円 (直接経費 : 15100 千円, 間接経費 : 4530 千円)　2014 年度 : 15470 千円 (直接経費 : 11900 千円, 間接経費 : 3570 千円)　2015 年度 : 10530 千円 (直接経費 : 8100 千円, 間接経費 : 2430 千円)

(2) 横井 浩史（代表者)、筋疲労・筋電位導関数の導出と機能回復を促す機能的電気刺激、挑戦的萌芽研究、2012 年 4 月 1 日～2015 年 3 月 31 日、配分額 : 2012 年度 : 1430 千円 (直接経費 : 1100 千円, 間接経費 : 330 千円)　計画額 : 2013 年度 : 1430 千円 (直接経費 : 1100 千円, 間接経費 : 330 千円)　2014 年度 : 1040 千円 (直接経費 : 800 千円, 間接経費 : 240 千円)

(3) 横井 浩史（分担者)、ホロン（全体子）を埋め込んだ自己成長型教育システム、挑戦的萌芽研究、2011 年 4 月 28 日～2014 年 3 月 31 日、配分額　2011 年度 : 1820 千円 (直接経費 : 1400 千円, 間接経費 : 420 千円)　計画額 : 2012 年度 : 1300 千円 (直接経費 : 1000 千円, 間接経費 : 300 千円)　2013 年度 : 650 千円 (直接経費 : 500 千円, 間接経費 : 150 千円)

(4) 横井 浩史（分担者)、統合型触覚センサアーキテェクチャーの研究開発、基盤研究(A)、2010 年 4 月 1 日～2014 年 3 月 31 日、総額 : 44070 千円　2010 年度 : 13910 千円 (直接経費 : 10700 千円, 間接経費 : 3210 千円)　2011 年度 : 12740 千円 (直接経費 : 9800 千円, 間接経費 : 2940 千円)　2012 年度 : 10010 千円 (直接経費 : 7700 千円, 間接経費 : 2310 千円)　2013 年度 : 7410 千円 (直接経費 : 5700 千円, 間接経費 : 1710 千円)

(5) 姜銀来（代表者)，断片文字の認知における心理学的・神経生理学的モデルの構築および応用，若手研究（B)，2013 年 4 月 1 日～2016 年 3 月 31 日，総額 : 4,030 千円（直接経費 3,100 千円，間接経費 930 千円）

3.2 外部資金

(1) 横井 浩史（代表者)、入力型 BMI 電気刺激を用いた運動と感覚の再生法の研究開発、総務省（戦略的情報通信研究開発推進制度（SCOPE))、2012-2014、15,918,500 円

(2) 横井 浩史（研究代表者)、乳幼児・小児用 5 指筋電義手の開発と一般流通化、独立行政法人科学技術振興機構（A-ｓｔｅｐ)、2012-2016、 44,230,000 円

(3) 横井 浩史（代表者)、日本の特長を活かした BMI の統合的研究開発（BMI のための入出力系デバイス技術開発と脳神経倫理学的検討、文部科学省、2012-2017、25,600,000 円

4. 共同研究・共同開発を実施した相手

4.1 学外

(1) システムインスツメンツ株式会社，民間企業，ニューロリハビリテーションのための多チャンネル型電気刺激装置の開発，2014年11月1日～2017年3月31日

(2) 株式会社メルティンMMI，民間企業，筋電義手の開発，2015年3月1日～2017年2月28日

(3) 棚橋一将，（株）タナック（民間企業），生体組織の多層構造及び感触を再現した医療用模擬臓器とロボットハンドを実現する疑似生体ゲルとその多層成形技術の開発，2013年4月～

2015年3月.

5. 社会貢献

5.1 学術誌エディタ

(1)姜銀来，Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, editorial member, 2016 年 3 月～.

(2)姜銀来，知能と情報，編集委員, 2015 年 9 月～

小池 卓二 研究室

1. 教育研究の概略

1. 1. 教育研究における基本方針

現代社会では、各種情報の重要性が日々に増大しており、聴覚を中心とする情報交換にかかわる能力の低下が、身体面のみでなく精神面においても個人の生活の質の低下に大きな影響を及ぼすようになってきている。情報交換能力の低下は、その人個人だけではなく、その人を取り巻く社会にもまた、種々の不利益をもたらす。よって、聴覚障害を予防し、効率よく治療する事、また、障害を持った人を如何に社会に取り込み共生するかは現代社会の最も重要な課題である。

聴覚器官は耳介と外耳道からなる外耳、鼓膜と耳小骨などからなる中耳、および感覚細胞が存在する内耳（蝸牛）により構成されている（図 1)。内耳内部はリンパ液で満たされており、空気中の音波は、リンパ液の振動に変換され感覚細胞により知覚されている。中耳は、音が伝播してくる空気と蝸牛内リンパ液とのインピーダンス整合器として機能し、音のエネルギーを効率よく蝸牛内へと伝達する機能を有している。耳小骨は靭帯や筋腱で鼓室中に振動しやすいように保持されているが、これら靭帯・筋腱が病的に硬化すると、耳小骨の振動が妨げられ、伝音性難聴が生じる。また、蝸牛機能およびさらに中枢側の聴覚神経に問題がある場合には感音性難聴が生じる。

このような病変発生時の中耳振動の変化や、癒着の程度と聴力低下量の関係は、現在のところ、十分に明らかとなってはいない。その理由として、聴覚器官は頭蓋内の奥まった部位に位置し、その振動振幅は、会話音程度の音圧に対してナノメータのオーダーと非常に微小であることが挙げら

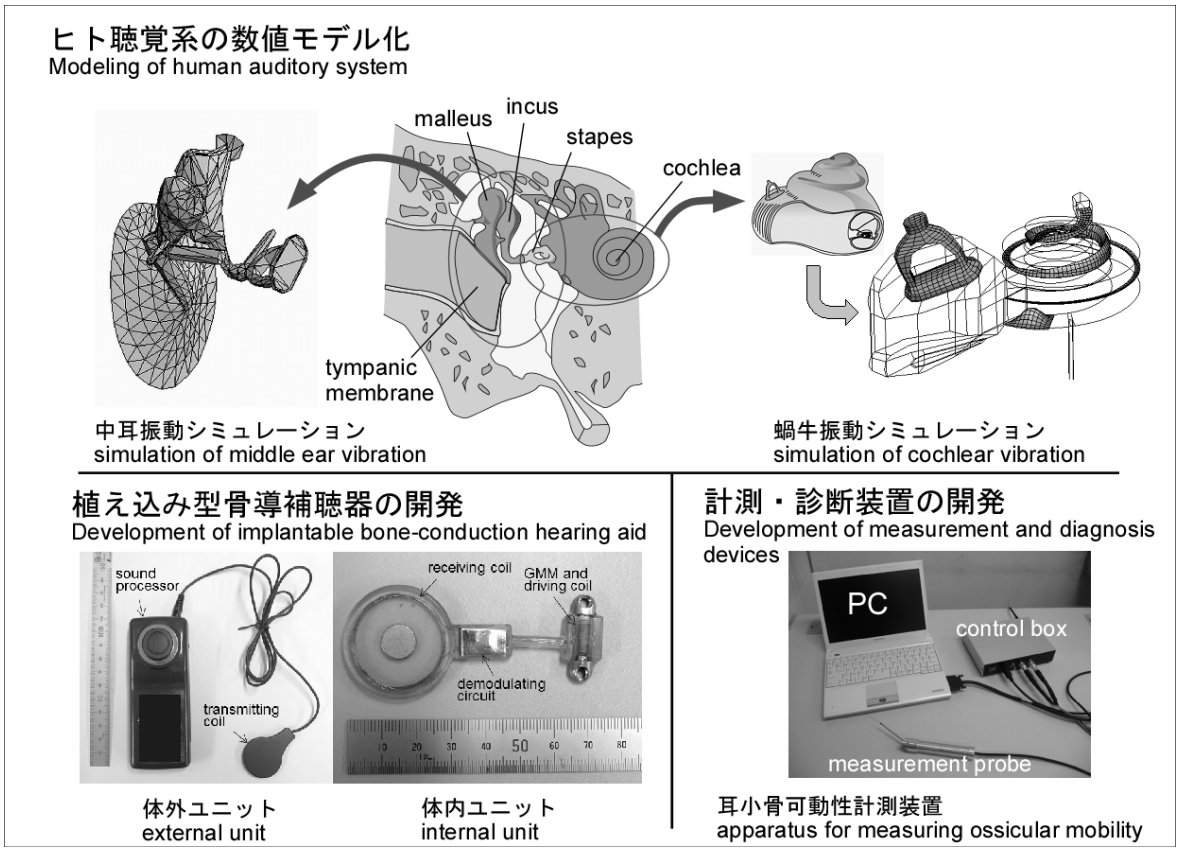


図 1　聴覚に関する研究分野

れる。以上の点から、聴覚系疾患の機序の解明およびその克服方法について、近隣の医学系研究施設・病院と連携しながら、以下の項目について教育研究を行っている。

- 聴覚系の数値モデル化：　末梢聴覚器の振動様式の解明、および様々な疾患による振動様式の変化とその効果的治療法の開発
- 植え込み型骨導補聴器の開発：　既存の補聴器では補聴が困難な症例を補聴し、更に術後のQOL を大幅に向上させる高音質・低侵襲補聴器の開発
- 手術アシストのための計測・診断装置の開発：　術者の経験に依らず術後成績を向上させるための計測装置の開発

1. 2　2013-2015 年度における成果と進捗状況

聴覚系の数値モデル化

コンピュータ上に再現した末梢聴覚器、すなわち Virtual Ear により、従来の臨床研究や標本研究では困難であった聴覚器の機能障害発生機序の解明、および効果的治療法の開発を行う事を目的としたものである。蝸牛内有毛細胞の能動的な動きを考慮した蝸牛モデルを構築し、モデルにより得られた結果と、過去に得られた限定的な計測データとを比較することにより、モデルの信頼性を確認した。本モデルにより、蝸牛内のリンパ液や基底板全体の振動状態の解析が可能となり、蝸牛に於ける伝音システムが解明されつつある。また、本モデルの臨床応用として、耳硬化症や内リンパ水腫等の内耳状態変化による聴力低下機序の解明を行った。更に人工内耳の最適設計も行い、電極の長さや挿入位置、材質の違いが残存聴力に及ぼす影響を明らかにした。本件については、医学系の学会より 2 件の招待講演を受けた。

植え込み型骨導補聴器の開発

超磁歪素子（Giant Magnetostrictive Material、GMM）を体内埋め込み振動子として用いた骨導補聴器を試作した。振動子のデザインや経皮伝送方式の改良を行うことで、既存の骨導補聴器よりも特に高音域で高い補聴効率を得た。この特性は、対象者の多い高齢者の混合性難聴への適応を示すもので、本補聴器の実用性は高いものと考えられた。本補聴器の基本構成、動作については国際特許が取れており、また、企業との協力ものと、実用化へ向けた研究を行うことが決定した。

手術アシストのための計測・診断装置の開発

耳科手術中に耳小骨可動性を定量的に計測可能な装置を開発し、実際の鼓室形成術中に耳小骨の可動性計測を行った。その結果、耳小骨の可動性をコンプライアンス値で定量的に評価することが可能であり、この指標は、可動性が良好な被験者と耳小骨固着患者との間で、有意な違いがみられた。耳小骨可動性の定量化の実現により、最適手術計画の立案、術後成績の向上、再手術率低減が可能となるものと考えられた。本件については、医療機器メーカー、および近隣の医療機関等の協力のもと、製品化を開始した。

1. 3 今後の計画

聴覚系の数値モデル化については、蝸牛内有毛細胞の能動的な動きに加え、有毛細胞・コルチ器

細胞群に於けるイオンチャネル、gap junction、ラセン靭帯、血管条細胞群の細胞間のイオン流動を考慮したネットワークモデルを作成し、蝸牛の機械的な振動モデルとイオンネットワークモデルとをカップリングすることで、蝸牛に於ける機械―電気変換機構モデルを構築する。本モデルにより、蝸牛内伝音システムの解析から、蝸牛内各細胞・組織内の電気的なイオンの流れやその結果として生成される各部の電位変化が解析可能となり、各種疾病メカニズムの解析が更に進むものと思われる。

植え込み型骨導補聴器、および計測・診断装置については、実用化をキーワードに開発研究を行っていく。耳鼻科関連企業と共に積極的に外部資金獲得に動きつつ、定期的に勉強会を開催しながら、医療機器開発のガイドラインに沿った試作と開発研究を行っていく。

2. 研究の成果

2.1 発表論文（査読有）[インパクトファクタが 4 以上のものには番号を○で囲む]

(1) 小池卓二、望月秀行、坂下輔 (2013)、蝸牛のモデル化とその臨床応用、日本音響学会聴覚研究会、43(3)、 207-211

(2) 小池卓二 (2013)、哺乳類末梢聴覚器の振動挙動シミュレーション、生物科学、 65(2)、 75-81

(3) Tsukasa Ito, Hideyuki Mochizuki, Tomoo Watanabe, Toshinori Kubota, Takatoshi Furukawa, Takuji Koike, Seiji Kakehata (2014), Safety of Ultrasonic Bone Curette in Ear Surgery by Measuring Skull Bone Vibrations, Otology & Neurotology, 35(4), e135-9

2.2 著書

(1) 共著、研究者が教える動物実験（共立出版、2015）

2.3 招待講演

(1) 小池卓二、耳鼻咽喉科領域における医工連携研究、第28回 愛媛ヒアリング研究会、2016年3月6日、愛媛大学(松山市)

(2) Takuji Koike: Transfer functions of normal and pathologic middle ears - theoretical analysis -, International Symposium on Middle-Ear Mechanics in Research and Minimally Invasive Otology, Beijing, China, April 20-21 (2013)

(3) Takuji Koike, Eri Tanaka, Naoki Hayashi, Takuya Hashimoto, Sho Kanzaki, Naohito Hato, Development of semi-implantable bone-conduction hearing aid using giant magnetostrictive material, The 4th Japan-Switzerland Workshop on Biomechanics, Sept. 1-4, Shima, Mie, Japan (2014)

2.4 出願特許

(1) 登録番号：米国特許8、520、867号（登録日2013/08/27） 出願国：PCT経由アメリカ 発明の名称：「埋込み型骨導補聴器」 発明者(敬称略)：小池 卓二、 *山本 顕生、 羽藤 直人 出願人：電気通信大学、愛媛大学 Koike et al。、EMBEDDED AUDIPHONE、United States Patent、Patent No。 8、520、867、 Date of Patent Aug。 27、2013。

(2) 登録番号：特許第5391374号（登録日2013/10/25） 発明の名称：「マイクロホン装置」 発明

者(4名)(敬称略)：Rajkishore Prasad、 小池　卓二、 *高橋　紀成、 松野　文俊　出願人：国立大学法人電気通信大学

(3) 登録番号：特許第5867813号（登録日2016/1/15）　発明の名称：「振動により害虫を防除する方法」　発明者(7名)(敬称略)：高梨　琢磨、大村　和香子、大谷　英児、久保島　吉貴、森　輝夫、小池　卓二、西野　浩史、出願人：国立研究開発法人森林総合研究所、国立大学法人電気通信大学、国立大学法人北海道大学

2.5　受賞（教員、学生の順）

(1) 田中絵里（学生）、機械学会フェロー賞、2015年

2.6　学生指導

(1) 黒田亮太、2016 年、学士（工学）
(2) 佐藤美帆、2016 年、学士（工学）
(3) 趙　岩、2016 年、学士（工学）
(4) 村上大和、2016 年、学士（工学）
(5) 吉村友汰、2016 年、学士（工学）
(6) 林直輝、2016 年、修士（工学）
(7) 村越温子、2016 年、修士（工学）

3　研究資金獲得

3.1 科研費

(1) 小池卓二（代表）、「能動的基底板振動と蝸牛内イオン流動の相互作用を解析可能な蝸牛モデル開発と臨床応用」、科学研究費補助金（基盤研究 C）、平成 25～27 年度、 150 万円(25 年度分)、120 万円(26 年度分) 、 120 万円(27 年度分)

(2) 小池卓二（分担）、「中高度難聴者への超磁歪素子を用いた埋め込み型骨導人工中耳の開発」、厚生労働科学研究費（障害者対策総合研究開発事業　感覚器障害分野）、平成 25～27 年度、300 万円(25 年度分)、300 万円(26 年度分)

(3) 小池卓二（分担）、カミキリムシにおける基質付着の制御機構の解明」、科学研究費補助金（基盤研究 B）、26 年度、116 万円

3.2. 外部資金

(1) 小池卓二（分担）、「持続可能な農業生産のための新たな総合的植物保護技術の開発」、戦略的イノベーション創造プログラム、平成 26～30 年度、213 万円(26 年度分) 、168 万円(27 年度分)

4. 共同研究・共同開発を実施した相手

4.1 学外

(1) 池田勝久、順天堂大学医学部（大学、医療機関）、胎児の聴力検査、鼻腔内視鏡手術ナビゲ

ーション、2013年～

(2) 羽藤直人、愛媛大学医学部（大学、医療機関）、植え込み型骨導補聴器の開発、2013年度～

(3) 神崎　晶、慶應大学医学部（大学、医療機関）、植え込み型骨導補聴器の開発、2013年度～

5. 社会貢献

5.1 学術誌エディタ

(1) Journal of Biomechanical Science and Engineering、2 年間

5.2. 学術論文審査

(1) Applied Bionics and Biomechanics、1 年間

(2) Computational and Mathematical Methods in Medicine、1 年間

(3) Computer Methods and Programs in Biomedicine、1 年間

岡田 英孝 研究室

1. 教育研究の概略

1. 1. 教育研究における基本方針

運動器，呼吸循環器などの身体諸器官はその活動の結果として身体運動を生じさせる．我々の研究室では，ヒトの基礎的動作を力学的に解析し，加齢にともなう歩行動作の変容やアスリートの合理的な運動技術の解明など，日常生活の維持・改善やスポーツのコーチングに活かせる知見を発信することを目的として研究を行っている．

身体運動の力学的解析（動作分析法）では，身体各部の動きを映像やモーションキャプチャシステムなどにより取得し，同時に身体に加わる外力を計測する．映像やモーションキャプチャシステムから得られた身体標点の位置座標から身体をモデル化し，モデルの振る舞いを記述することで身体各部の姿勢（キネマティクス）を表す．また，身体各部の姿勢と地面反力などの外力から，逆動力学的手法により関節トルクやパワーなどの生体内力（キネティクス）を算出する（図 1）．このような手法による解析結果を応用することにより，アスリートの優れた運動技術や加齢にともなう歩行動作の変容を明らかにすることができる．

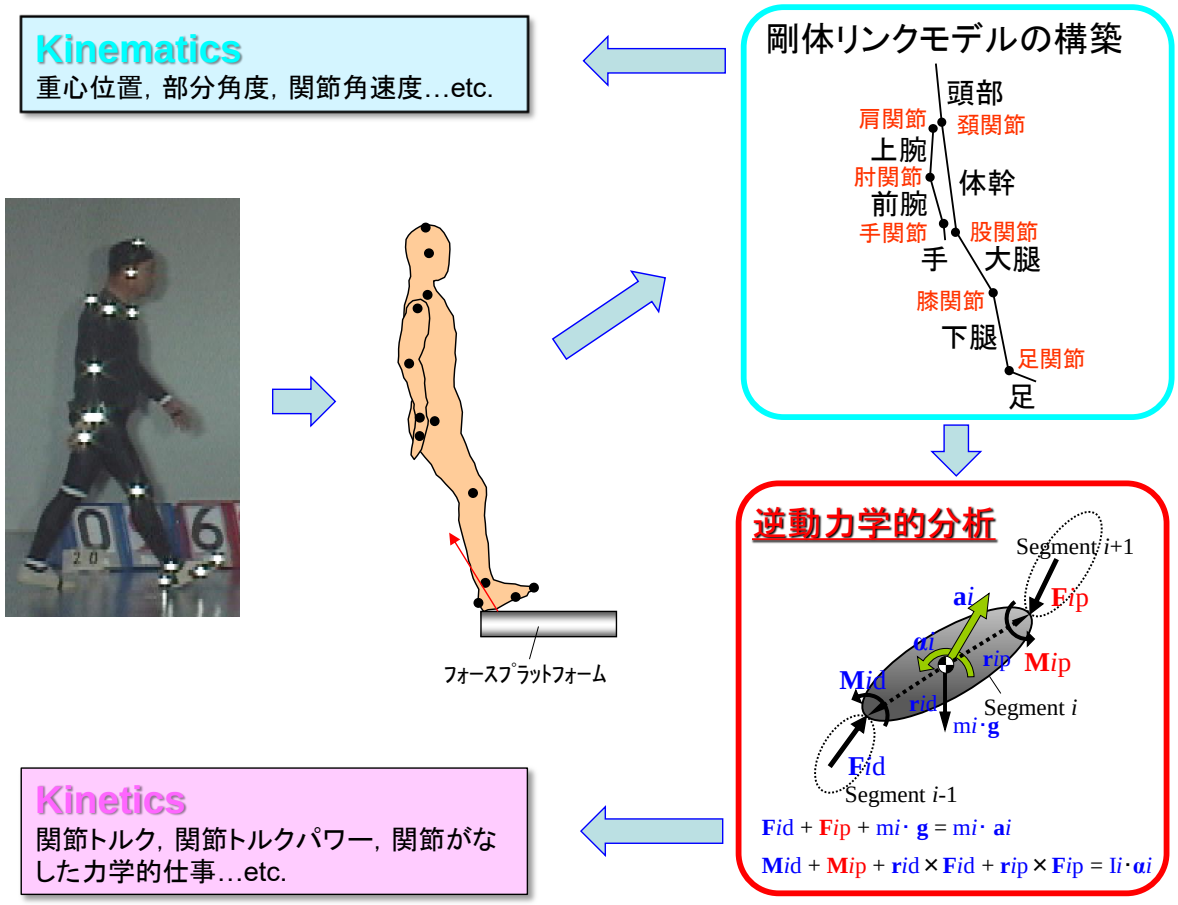


図1 動作解析の概要

教育においては，科学的知識や技術に基づいて社会や個々人の豊かな生活に貢献する人材を育成したいと考えている．学生には力学や工学の基礎知識および研究を実践する応用的な能力を身につけて欲しいと考えている．しかし，それ以上に重要なこととして，学問の追究や研究のプロセスを通じて得られる問題解決の手法，深い考察の繰り返しから得られる思考力の高まり，周囲との協働によるチームワークなどを大いに学んで欲しいと考えている．これらを身につけることは，様々な研究とその応用あるいは研究以外の分野においても必ず要求されるものである．

1. 2. 2013-2015 年度における成果と進捗状況

3 つの研究テーマについて研究を進めてきた．以下にその概要と成果について述べる．

（1）歩行動作解析とその応用

日常生活動作（ADL）を遂行することは生活の質（QOL）を維持する上で不可欠である．超高齢社会を迎えた我が国においてはこのことは特に重要である．ADL のなかでも歩行に代表される移動動作（ロコモーション）は生活の様々な場面において，様々な活動を行う上での基盤ともいえる．歩行能力および歩行動作は身体諸機能の加齢変化にともない変容する．これらの変容を明らかにすること，歩行能力および歩行動作の維持・向上の方略を検討することは重要であり，社会的なニーズでもある．

これまでに 294 名の成人男女の歩行動作について解析し，加齢にともない歩幅が減少すること，下肢三関節の姿勢がより屈曲位になること，下肢三関節の仕事および下肢全体の仕事に占める各関節の仕事の割合（貢献度）が変化すること，これらの加齢変化には性差がみられることなどが明らかになった．

（2）アスリートの運動技術の解明

投球動作や合気道の基本動作のキネマティクス解析を行い，優れた競技者の特徴を明らかにした．

投球動作の研究では，実戦に近い状況で一流投手の投球動作を三次元解析し，体幹の動きを左右軸まわりの前後傾，鉛直軸まわりの回旋，前後軸まわりの左右傾の 3 つの回転運動の観点から解析した．その結果，特に優れた投手はストライド長を小さくすることによって体幹のひねり動作を大きくし，腰と肩の回旋の連動をうまく使っていることが示唆された．

合気道においては，基本的な体捌きの一つである「転換」の三次元動作解析を行い，習熟度の差による動作の違いを明らかにした．上級者では，転換の回転前半における身体重心の下降量を小さくし，回転中に足関節を固定することによって足裏の狭い範囲を中心として回転していることなどが示唆された．

（3）トップアスリートの生体定数の算出

動作解析において，身体重心や関節トルク，関節トルクパワー，角運動量などのキネティクスを算出する際には身体部分慣性係数（BSP）が必須となる．BSP とは身体部分の質量，質量中心位置，慣性モーメントの総称であり，トップアスリートの BSP を知ることは形態に関する競技特性の把握に寄与すると考えられる．また，動作解析の対象となるアスリート

の BSP を精度良く算出することは解析結果の精度向上に寄与する.

3 次元スキャナーおよび 3 次元 CAD を用いて日本人トップアスリート 683 名の精密な身体部分慣性係数を算出し，その競技別平均値を提示した．これにより，アスリートを対象として身体重心やキネティクスを分析する際には，当該種目のアスリートの身体部分慣性係数平均値を利用することが可能となった.

1. 3. 今後の計画

今後も上記の 3 つのテーマについて，継続して研究を推進していきたい.

歩行動作解析については，これまでに蓄積されたデータに基づき，日本人成人男女の各年代における標準値を算出したいと考えている．また，標準的な加齢変化をもとに，歩行動作の加齢度の評価方法について検討していきたい.

アスリートの運動技術の解明については，ランニング（長距離走）中のランニングエコノミーの決定因子を動作学的に検討していくことを計画している.

身体部分慣性係数の研究については一定の成果を得た．今後は形態の分類や簡易的な形態計測値から身体部分慣性係数を推定する方法について検討していきたい.

2. 研究の成果

2. 1 発表論文（査読有）[インパクトファクタが 4 以上のものには番号を○で囲む]

(1) 横澤俊治, 辻村諒太, 窪康之, 髙橋英幸, 岡田英孝 (2016) 国内一流競技者の競技別身体部分慣性係数. JAPANESE JOURNAL OF ELITE SPORTS SUPPORT, 8:11-27.

(2) 齊藤昌幸, 射手矢岬, 岡田英孝, 柳澤久, 齋藤悟, 増地千代里, 岡田弘隆, 木村昌彦 (2015) 柔道選手の押し動作におけるパワー発揮. 講道館柔道科学研究会紀要, 15: 83-93.

(3) Kikkawa, K., Okada, H., and Oishi, R. (2014) Age-associated changes of walking parameters in Japanese adult women. Rejuvenation Research, 17(2): 229-234.

(4) 吉川和利, 岡田英孝, 森崇, 金丸純二 (2013) 高校生期の合気道稽古が身体に及ぼす効果. 発育発達研究, 59:20-26.

2.2 著書

(1) 共著（宮西智久，岡田英孝，藤井範久）、スポーツバイオメカニクス、化学同人、2016

(2) 共著（長澤純一，鶴ヶ野しのぶ，田中健滋，岡田英孝，狩野豊，安藤創一，深澤浩洋，大河原一憲，黒谷佳代）、大学生のための「健康」論: 健康・運動・スポーツの基礎知識、道和書院、2016

2.3 解説記事・翻訳

(1) 岡田英孝、いかに正しく走るか-ランニングフォームを考える-、ランニングの世界、16: 72-81、2013

(2) 狩野豊, 榎本靖士, 忠鉢信一, 岡田英孝、〔第24回ランニング学会大会 シンポジウムI〕 マラソン2時間を考える、ランニング学研究、24(2): 19-42、2013

(3) 岡田英孝、スキップランRUN！ランエコUP！補強運動（監修）、ランナーズ、 2013年9月号、20、2013

2.4 受賞（教員、学生の順）

(1) Kurita, S., Okada, H. 5th Conference of the Asia Society of Sport Biomechanics Excellent Oral Paper Award, 2014

2.5 学生指導

(1) 栗田崇平、2016、修士（工学）
(2) 江藤主樹、2015、修士（工学）
(3) 上田翔大、2016、学士（工学）
(4) 椎原彬、2016、学士（工学）
(5) 倉富燿、2016、学士（工学）
(6) 山岸大騎、2016、学士（工学）
(7) 脇山楓、2016、学士（工学）
(8) 新井駿、2015、学士（工学）
(9) 般若麗沙、2015、学士（工学）
(10) 屋比久将吾、2015、学士（工学）
(11) 上村洋行、2014、学士（工学）
(12) 小田部一樹、2014、学士（工学）
(13) 栗田崇平、2014、学士（工学）

3 研究資金獲得

3.1. 科研費

(1) 岡田英孝(代表)、長距離走における下肢の動作および筋活動に関する包括的研究、基盤研究(C)、平成 24～26 年度、5,330,000 円
(2) 岡田英孝（分担）、合気道技能の習熟に伴う技術要素の同期関係の変容に関する研究（研究代表者: 吉川和利）、基盤研究(C)、平成 25～27 年度、150,000 円
(3) 岡田英孝（分担）、次世代型筋力・パワートレーニングアセスメントの開発（研究代表者: 図子浩二）、基盤研究(B)、平成 25～27 年度、200,000 円

3.2. 外部資金

(1) 岡田英孝（代表）、Body segment inertial properties of elite athletes in various competitive events、日本科学協会海外発表促進助成、平成 25 年度、293,000 円
(2) 岡田英孝 （分担）、入力型 BMI 電気刺激を用いた運動と感覚の再生法の研究開発（研究代表者: 横井浩史）、戦略的情報通信研究開発推進事業(SCOPE) ICT イノベーション創出型研究開発、平成 25～26 年度、500,000 円

4. 共同研究・共同開発を実施した相手

4.1 学外

(1) 岡田弘隆、筑波大学（大学）、柔道に特化した特殊筋力強化トレーニング器具の開発に関する研究、平成22～27年度

5. 社会貢献

5.1 学術論文審査

(1) コーチング学研究、2013-2014
(2) Human Factors、2013
(3) バイオメカニクス研究、2015
(4) ランニング学研究、2013, 2015
(5) 体育学研究、2014-2015

5.2 その他社会貢献

(1) 学識経験者としての行政機関への参加
調布市スポーツ推進審議会 副会長（平成 25 年～）
(2) 自治体や学校などでの普及啓蒙活動
日本陸上競技連盟普及育成委員会ランニング普及部会委員（平成 25 年～）

樫森 与志樹 研究室

1. 教育研究の概略

1. 1 教育研究における基本方針

研究

我々は、視覚、聴覚、味覚、電気感覚などの感覚システムにおける情報処理の神経機構を研究している。我々のアプローチは、モデリングとシミュレーションによる研究に基づいている。我々の研究では、脳システムに対して 2 つの見方をとっている(Fig. 1)。一つはシステムレベルの見方であり、それは脳が情報のフィードフォワードとフィードバックの流れから成る複雑なシステムであるという考えを与える。もう一つはダイナミックシステムの見方であり、それは神経集団の動的性質が感覚情報のコーディングや記憶形成に重要な役割を演じているという魅力的な考えを与える。この 2 つの見方を使って、我々は、感覚知覚や認識の神経メカニズムの研究に取り組んでいる。

教育

これまで、5 人の修士学生を指導してきた（2013~2015)。これからも、計算神経科学分野において活躍できる大学院生を指導していきたい。

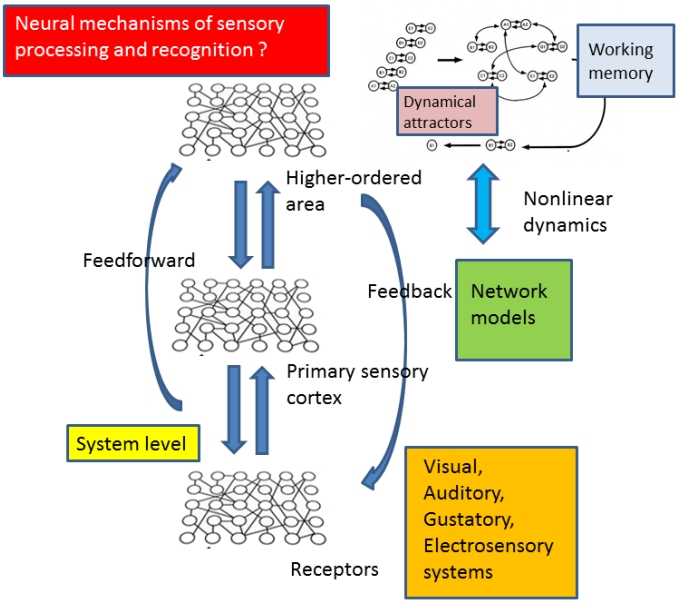


Fig.1 the strategy of our research

1. 2 2013-2015 年度における成果と進捗状況

我々の研究はこれまで 3 つの感覚システムに対して主に 4 つの成果を上げている。第一は視覚システムに関する研究である。ある実験は、サルの下側頭葉の神経活動を計測し、顔物体に対しては高いスパイク相関を示すが、顔でない物体についてはそのような相関を生じないことを報告している。この相関が生じる神経メカニズムを研究するため、我々は、下側頭葉(IT)と V4 を含む視覚系

の神経モデルを作成した(Fig. 2)。このモデルを用いて顔図形に対する IT ニューロンの相関応答が生じる神経メカニズムを調べ、どのように IT ニューロンが図形の意味情報を表現するかについてメカニズムを示した。

第 2 は、聴覚系に関する研究である。一次聴覚野の実験は、音刺激に対して神経活動が時空間的に変化していることを示した。しかし、この時空間的活動にどのような音情報が表現されているのかまだわかっていない。我々は、一次聴覚野とその上位核を含む 3 層ネットワークモデルを提案した(Fig. 3)。我々は、アトラクタモデルを使って、どのように一次視覚野の時空間活動が意味を持つ音節や単語に変換されるのか、その神経メカニズムを示した。さらに、コウモリの聴覚研究において、下丘のニューロンが音圧の周期変動にどのように位相同期するかについてその神経メカニズムを示した。

第 3 は味知覚における研究である。味は化学的な刺激だけではなく、ほかの感覚から大きな影響を受ける。この味覚を風味と呼ぶ。風味が味覚回路でどのように生じるかを探るため、我々は、一次味覚野と眼窩前頭皮質のネットワークモデルを作成し、どのように風味がこれら 2 つの領野の相互作用によって生じるかを示した。

視覚、聴覚、味覚研究で得られた我々の成果は、感覚処理研究におけるシステムレベルとダイナミックの観点の重要性を示す。

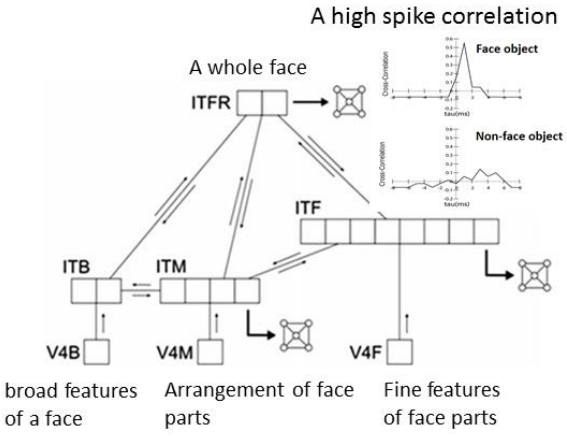


Fig. 2 The network model of IT

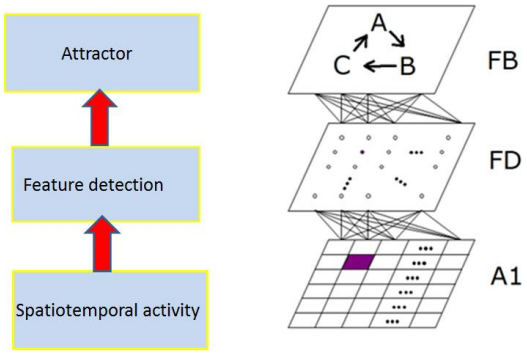


Fig. 3 The model of auditory network

1. 3 今後の計画

脳リズムは感覚情報のゲーティングや行動に対応する刺激特徴に対する神経応答の増強に重要な役割を持つ。領域間の相互作用はアルファやベータリズムのような低周波数の振動を介して行われ、行動に適した感覚情報のゲーティングに重要な役割を演じている。一方で、皮質内の相互作用は、ガンマリズムのような速い振動によって媒介され、感覚情報の表現に関与している。しかし、脳で見られる様々なリズムが感覚処理や認識にどのように寄与しているかはまだ明らかではない。この問題を明らかにするために、我々は知覚学習におけるＶ１応答に対するトップダウン効果を研究する。トップダウン効果は脳内のリズムによって媒介される。我々は、タスクに適した情報がトップダウン信号と多重の脳リズムによってどのようにゲートされるのか、そのメカニズムを調べる。また、聴覚や味知覚などの他の感覚系におけるリズム振動の機能的役割も調べる。聴覚については一次聴覚野で生じる時空間活動から音素情報を取り出す際に、リズム振動がどのような役割を果た

しているのかを研究する。

さらに、我々は、電気感覚システムの研究に関するプロジェクト（科研費）を遂行している。電気感覚システムは視覚、聴覚に比べて簡単な回路構造を有し、感覚コーディングはよく定義されている。それゆえ、GPGPU 計算のような大規模並列計算法を使って感覚処理を研究する理想的なシステムを与える。我々は、GPGPU によって、魚の周りの電場形態や中枢神経系の感覚処理機構を研究する。

2. 研究の成果

2. 1 発表論文（査読有）[インパクトファクターが 4 以上のものには番号を○で囲む]

(1) Takahiro Shimemura, Kazuhisa Fujita, Yoshiki Kashimori (2016). A neural mechanism of taste perception modulated by odor information. Chemical Senses. doi:10.1093/chemse/bjw062

(2) Kazuhisa Fujita and Yoshiki Kashimori (2016). Neural mechanism of corticofugal modulation of tuning property in frequency domain of bat's auditory system. Neural Processing Letters, 43:537-551

(3) Takayuki Kato, Kazuhisa Fujita, and Yoshiki Kashimori (2015). A neural mechanism of phase-locked responses to sinusoidally amplitude-modulated signals in the inferior colliculus. BioSystems, 134, 24-36

(4) Kazuhisa Fujita, Yusuke Hara, Yoichi Suzukawa, Yoshiki Kashimori (2014). Decoding word information from spatiotemporal activity of sensory neurons. Cognitive Computation, 6:145-157

(5) Yuichiro Yamada,Yoshiki Kashimori (2013) Neural mechanism of dynamic responses of neurons in inferior temporal cortex in face perception. Cognitive Neurodynamics, 7, 23-38

2.2 著書

(1) 共著、Chap.4-29執筆担当「研究者が教える動物実験」第2巻 - 神経、筋 -、共立出版、2015

2.3 招待講演

(1) 樫森与志喜、「感覚情報と記憶のダイナミックコーディング」第38回日本神経科学会、シンポジウム：理論系と実験系の両面から迫る脳機能、神戸、2015年7月

2.4 学生指導

卒業者名、卒業年、学士 （12 名）

(1) 米倉洸 2013
(2) 高澤明 2013
(3) 深田裕人 2013
(4) 示村隆広 2013
(5) 青島初帆 2014
(6) 阿部祐貴 2014
(7) 飯田隆司 2014
(8) 小野寺洸哉 2014

(9) 奥野舜　2015
(10)武井健児 2015
(11)吉野康平 2015
(12)谷　遼 2015

修士修了者（5 名）
(13)会田昇　2013
(14)加藤貴之 2013
(15)松岡俊輔 2013
(16)上山彬 2014
(17)示村隆広 2015

3. 研究資金獲得

3.1. 科研費

(1) 名前（代表・分担・連携の別)、課題名、資金名、期間、金額
樫森与志喜（代表)、電気感覚系における情報処理機構のシステム的理解を目指す理論的研究、科研費　基盤（Ｃ)、Ｈ２７～Ｈ２９，4,420,000 円

4. 共同研究・共同開発を実施した相手

4.1 学外

(1) 相手方担当者、所属（大学、国公立研究機関、医療機関、民間企業の別）、課題名、期間
藤田一寿、津山高専、科研費基盤研究（Ｃ）（項目３．１）の連携研究者　H27 ~ H29.

5. 社会貢献

5.1. 学術誌エディタ

(1) Cognitive Neurodynamics, 2006~

5.2. 学術論文審査

(1) Cognitive Neurodynamics, May. 2015
(2) Cognitive Neurodynamics, Oct, 2014
(3) Cognitive Neurodynamics, Sep., 2013

狩野 豊 研究室

1. 教育研究の概略

1. 1　教育研究における基本方針

加齢や寝たきりなどの不活動状態，あるいは代謝的疾患（糖尿病など）に関連した筋肉量の減少は，Quality of Life(QOL)や健康寿命などに直結するリスクファクターである．ところが，筋肉量を維持するための筋細胞適応のメカニズムについては十分な理解が得られていない．本研究室は，運動器としての骨格筋が受ける様々な外界刺激（ストレス）に対する生体応答・情報処理の生理学的・生体工学的解析を実施している．当研究室のこれまでの研究成果は，小動物(ラット，マウス)を対象として独自に開発した *in vivo* バイオイメージングによって証明されており，生きたままの個体で細胞内の物質動態をリアルタイムに評価できる初めての研究モデルとして国内外から大きな注目を集めている．運動は複合的な生体ストレスとして身体に作用する．このストレスは内因性(成長ホルモンなど)と外因性（メカニカル，低酸素，熱など）因子に大別できる．我々の研究グループでは，これら多くの生体ストレス因子が細胞質内のイオンバランスや酸素動態を変化させることを明らかにしている．生体内における各種イオンや酸素の変動は，骨格筋細胞の適応現象を解明する大きな手がかりとなる．したがって，これらの基礎研究は，筋肉量を維持するためのトレーニング方法の開発，寝たきりやエイジングによる筋萎縮に対する効果的な予防法の作成に発展することが期待できる．

1. 2　2013-2015 年度における成果と進捗状況

近年，我々はストレスに対する細胞内イオン動態において，カルシウムイオン(Ca^{2+})に着目してきた．筋細胞内 Ca^{2+}の役割として，最もよく知られている作用は興奮収縮連関(筋収縮と弛緩)の制御である．これは，1960 年以降の江橋らを中心とした日本の研究者らによって明らかにされた機構として有名である．これに加えて，近年では細胞質内 Ca^{2+}は様々な細胞の適応を調節するシグナル伝達物質としての重要な役割が報告されてる．例えば，培養細胞などの *in vitro*(生体外)実験によって，Ca^{2+}はタンパク合成(mTOR 経路)や分解(カルパイン経路)の両方に寄与することが示されている．我々は，*in vivo* モデルによって運動，熱，低酸素などの生体ストレス時において，細胞外から細胞質内に流入する Ca^{2+}経路を明らかにした．メカニカルストレスによって，Ca^{2+}は細胞膜のイオンチャネル(stretch-activated channels: SAC)を介して細胞外から細胞内に流入することを明らかにしている．SAC チャネルを薬理的に阻害した環境下において，Ca^{2+}流入が抑制されることを確認した．また，この Ca^{2+}流入には性差があり，メスの動物（ラット）では，Ca^{2+}流入量がオスよりも少ないことが示された．筋損傷は男性が女性よりも顕著であることが知られている．Ca^{2+}と筋損傷は密接な関係があり，Ca^{2+}の流入量の違いが筋損傷の性差を生じる原因になっていることが考えられる．また，我々は筋萎縮が進行する糖尿病モデルを用いた研究を進めてきた．糖尿病状態では，筋収縮時において細胞質内に Ca^{2+}が留まりやすいことを明らかにした．糖尿病によって進行する筋萎縮は，Ca^{2+}の制御機構が上手く働かないことが関係していると予想しており，その機構の解明に取り組んでいる．

細胞内の Ca^{2+}動態に加えて，本研究室では *in vivo* モデルによって，筋組織の酸素分圧動態を酸

素クエンチング法によって解明することに取り組んでいる．とくに酸素供給と消費バランスの生体システムに注目している．これまでに，筋収縮などによって増加する AMP によって活性化される AMP キナーゼ（AMPK）が，細胞のエネルギー恒常性（エネルギー源の ATP を細胞内で一定に保つ働き）に加えて，酸素の供給と消費のバランスに寄与する酸素センサーとしての役割を担うことを明らかにした．さらに，Peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator 1-alpha (PGC-1α) はミトコンドリアや毛細血管の発達を促す遺伝子を調節する因子として注目をされているが，PGC-1α を過剰に発現したマウスでは，筋肉の持久力が大幅にアップすることが報告されている．我々は，この特殊な遺伝子改変マウスを用いて，この要因を調べたところ，ミトコンドリアによる酸素利用の能力が増加した結果であることを明らかにした．これらの結果は，ミトコンドリアの酸素利用能力が持久力を決定する因子であることを示している．

本研究室は *in vivo* バイオイメージング法を骨格筋へ応用している．そして，生きたままの個体で細胞内の物質動態をリアルタイムに評価できるモデルを構築し，生体恒常性が維持した環境下での生化学的な知見を得ることに成功している．この研究手法は生理学研究において大きなアドバンテージとなっており，国内外から大きな注目を集めている．

1. 3 今後の計画

現在，取り組んでいる研究課題は Ca^{2+}評価法の新展開と運動後の Ca^{2+}ダイナミクスに着目した２点である．新規に取り組んでいるバイオイメージング法は，我々が考案した *in vivo* モデル(*Sonobe et al. 2008,2010, Eshima et al. 2013, 2015*)とレーザー顕微鏡（2 光子，フォトサーマル）を組み合わせた生物学領域における最先端のシステム(時間的，空間的な分解能の最高性能)を用いる．その結果，細胞質中の Ca^{2+}ダイナミクスに加えて，小胞体とミトコンドリアでの Ca^{2+}ダイナミクス評価が *in vivo* 環境下で同時に実現できる可能性がある．これは細胞内小器官レベルで Ca^{2+}の調節機構を浮き彫りにする初めての動物実験モデルとなり，当該領域の研究を飛躍的に前進させることが期待できる．

2. 研究の成果

2.1 発表論文（査読有）[インパクトファクタが 4 以上のものには番号を○で囲む]

(1) Yoshinori Tanaka, Tadakatsu Inagaki, David C. Poole and Yutaka Kano. pH buffering of single rat skeletal muscle fibers in the in vivo environment. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol. 2016 Mar in press. IF 3.529

(2) Kohei Yamakoshi, Kazuyoshi Yagishita, Hirotsugu Tsuchimochi, Tadakatsu Inagaki, Mikiyasu Shirai, David C Poole and Yutaka Kano. Microvascular oxygen partial pressure during hyperbaric oxygen in diabetic rat skeletal muscle. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol. 2015 Dec 15;309(12):R1512-20. IF 3.529

(3) Yoshinori Tanaka, David C. Poole and Yutaka Kano. pH homeostasis in contracting and recovering skeletal muscle: Integrated function of the microcirculation with the interstitium and intramyocyte milieu. Curr Top Med Chem. 2015, in press IF 3.402

(4) Mizuki Sudo, Soichi Ando, David C. Poole and Yutaka Kano. Blood flow restriction prevents muscle

damage but not protein synthesis signaling following eccentric contractions. Physiol Rep. 2015 Jul;3(7). pii: e12449.

(5) Hiroaki Eshima, David C. Poole, and Yutaka Kano. In vivo Ca2+ buffering capacity and microvascular oxygen pressures following muscle contractions in diabetic rat skeletal muscles: fiber-type specific effects. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol. 2015 Jul 15;309(2):R128-37. IF 3.529

(6) Hiroaki Eshima, David C. Poole, and Yutaka Kano. In vivo calcium regulation in diabetic skeletal muscle. Cell Calcium. 2014 Nov;56(5):381-9. IF 3.513

(7) Yutaka Kano, Shinji Miura, Hiroaki Eshima, Osamu Ezaki and David C. Poole. The effects of PGC-1α on control of microvascular PO2 kinetics following onset of muscle contractions. J Appl Physiol (1985). 2014 Jul 15;117(2):163-70. IF 3.434

(8) Hiroaki Eshima, Yoshinori Tanaka, Takashi Sonobe, Tadakatsu Inagaki, Toshiaki Nakajima, David C. Poole, and Yutaka Kano. In vivo imaging of intracellular Ca2+ after muscle contractions and direct Ca2+ injection in rat skeletal muscle in diabetes. Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol. 2013 Sep 15;305(6):R610-8. IF 3.529

(9) Yutaka Kano and Kunihiro Sakuma. Effect of aging on the relationship between capillary supply and muscle fiber size. Adv. Aging Res. 2: 37-42, 2013.

(10)Tomonobu Sakurai, Osamu Kashimura, Yutaka Kano, Hideki Ohno, Li Li Ji, Tetsuya Izawa, Thomas M. Best. Role of nitric oxide in muscle regeneration following eccentric muscle contractions in rat skeletal muscle. J Physiol Sci. 2013 Jul;63(4):263-70. IF 1.899

2.2 著書

(1) 共著、運動生理学20講、朝倉書店、2015

(2) 共著、大学生のための「健康」論、道和書院、2015

2.3 解説記事・翻訳

(1) 狩野豊、田中嘉法、HITに対する骨格筋微小循環の適応、体育の科学、63(9): 695－700、2013年

2.4 招待講演

(1) 狩野豊．伸張性収縮による筋損傷と細胞内カルシウムイオン．日本体力医学会関東地方会，東京 (2013,3)

(2) 狩野豊．運動時の微小循環血流と酸素分圧動態．日本運動生理学会、埼玉 (2013,7)

(3) 狩野豊. バイオイメージングによる筋機能の評価とその応用. 医療イノベーションフォーラム、東京 (2013,7)

(4) 狩野豊．骨格筋の毛細血管リモデリングと運動プログラム．日本体力医学会，東京 (2013,9).

2.5 学生指導

(1) 齋藤拓也、河野裕貴、脇坂馬里雄、2013、学士（工学）

(2) 小出誠一郎、2013、修士（工学）

(3) 金澤将利、井上直己、新谷直輝、真尾拓郎、野上俊輔、2014、学士（工学）
(4) 石黒知定、山越康平、2014、修士（工学）
(5) 江島弘晃、2014、博士（理学）
(6) 小泉柾夫、畠山幸二、渡辺藍子、2015、学士（工学）
(7) 脇坂馬里雄、2015、修士（工学）

3 研究資金獲得

3.1 科研費

(1) 狩野豊（代表）、筋細胞内酸素環境に対するミトコンドリア挙動の可視化、挑戦的萌芽研究、2013-2014、3,770,000 円
(2) 狩野豊（代表）、多核細胞である骨格筋が筋線維タイプ変化を生じる機構の解明、挑戦的萌芽研究、2015-2016、3,770,000 円
(3) 狩野豊（代表）、筋細胞の適応を決定する運動後のカルシウムイオンダイナミクスの重要性、基盤研究 (B)、2016-2019、17,030,000 円

3.2 外部資金

(1) 狩野（代表）、骨格筋サイズを制御する細胞内 Ca イオンと運動ストレス、上原記念生命科学財団、2013、5,000,000 円
(2) 狩野（代表）、筋力トレーニングに対する筋損傷と筋肥大は細胞質カルシウムイオン動態が決定する、中富健康科学振興財団、2015、1,500,000 円

4. 共同研究・共同開発を実施した相手

4.1 BLSC 内

(1) 岡田英孝、ハイスピードカメラによる筋腱複合体の評価、2013−現在

4.2 BLSC 以外の学内

(1) 小林孝嘉、高性能レーザーによる生体イメージング方法の開発、先端超高速レーザー研究センター、2015−現在

4.3 学外

(1) 三浦進司、静岡県立大学、PGC1モデルマウスによる筋機能の評価、2013−現在
(2) 中島敏明、獨協医科大学病院ハートセンター、骨格筋量を維持するための加圧負荷方法の開発、2013−現在
(3) 白井幹康、土持裕胤、稲垣薫克、国立循環器病研究センター研究所心臓生理機能部、高圧高酸素環境下の心臓血管動態の評価、2013−現在
(4) 柳下和慶、東京医科歯科大学スポーツ医歯学診療センター、高圧高酸素治療の基礎研究、2013−現在

(5) David C. Poole, Kansas state university College of veterinary medicine, 微小循環動態と筋機能、2003−現在

5. 社会貢献

5.1 学術論文審査

(1) Biotechnic & Histochemistry、2013

(2) BioMed Research International、2014

(3) Cardiology、2014

(4) European Journal of Applied Physiology、2014

(5) The Japanese Journal of Physical Fitness and Sports Medicine、2014

(6) トレーニング科学、2014

(7) Age、2015

(8) Journal of Applied Physiology、2015

(9) PLOS ONE、2015

(10) ランニング学研究、2015

5.3 外部審査委員

(1) 日本学術振興会　科学研究費委員会専門委員、平成 25 年～平成 27 年

5.4 他大学での学位審査における副査

(1) 山田達也、金沢大学、平成２７年１月２７日

(2) 石澤里枝、金沢大学、平成２７年１月２７日

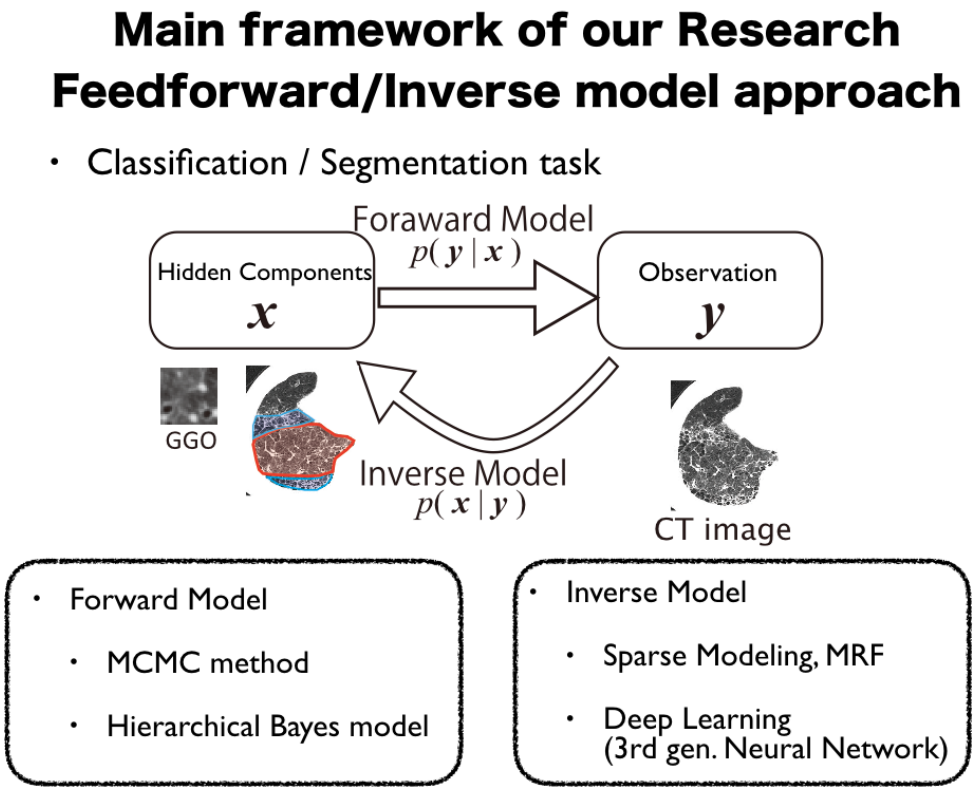
(3) Ronald D. Ray Hamidie、金沢大学、平成２７年８月３日

庄野 逸 研究室

1. 教育研究の概略

1. 1　教育研究における基本方針

我々の研究室は主にディープラーニング，スパースモデリングやベイズ推定といった人工知能技術を医学応用していくことを主眼として教育研究を行っている．最近の研究対象としては肺 CT 画像からの病巣部の識別・検出問題や，PET や CT といった医用画像再構成手法におけるノイズ除去の問題といった問題を取り扱っている．我々の問題解決アプローチは生成モデルと呼ばれる一つの単純な原理にもとづいて問題の枠組みを設定して，問題解決に取り組んでいる．下図は，その概念を模式的に表したものである．生成モデルにおける問題解決の枠組みは，隠れた構成要素 x から，観測データ y が構築され，この観測課程においてノイズが重畳されるというモデルである．このモデルは確率モデルとして記述すると p(y|x) とかける．我々の解決したい問題の大部分は，この因果を遡り，観測データ y から，原因や特徴といった隠れた構成要素 x を推定することが問題設定となる．これらのモデルは順モデル(forward model) と逆モデル(inverse model) と呼ばれる．我々はこれらの順逆のモデルに対して，機械学習で培われてきている技術を適用することで問題解決にあたっている．例えば肺画像の診断といったタスクについて考える場合，肺疾患を表現する特徴といった要素を推定し，どの程度その要素が画像に含まれているのかを推測することで，識別を行っていく．



1. 2　2013-2015 年度における成果と進捗状況

(1) Deep Convolution Neural Network を用いたびまん性肺疾患画像の識別

Deep Convolution Neural Network(DCNN) は人工ニューラルネットワークの一種で人の視覚システムに着想を得て構成されたモデルである. DCNN は多層のニューラルネットワークモデルであり, 畳み込みによる特徴抽出と局所的な位置不変性担保するようなアーキテクチャを持つ. 近年のコンピュータビジョンの応用において DCNN は, 画像識別モデルのデファクトスタンダードになりつつある. 画像の識別を行う DCNN の学習において, 学習データとして大量の自然画像が必要となる. しかしながら医用画像のようなデータの収集コストが高い画像では大量の画像を収集することは困難な作業であり, DCNN を直接適用することは過学習といった現象を引き起こすことになる. 一方, 人間の視覚システムは, 少数の学習データを学習させるだけで比較的精度の高い識別を行うことができる. 我々は DCNN を生物の学習過程と同じように, まず自然画像を用いて DCNN の初期状態を作り出し, その後にびまん性肺疾患画像を学習させるという転移学習の手法を適用した. その結果, びまん性肺疾患画像のみを学習させた DCNN（識別精度 75.78%）に対し, 自然画像を先に学習させる我々の手法では識別精度を 80.04%程度にまで向上させることに成功した. さらに DCNN の中間層においてテストデータがどのような特徴を構築しているかの確認を行い, びまん性肺疾患のみを学習させた DCNN では, 同一クラスのデータが構成する特徴空間のクラスタは, 自然画像を学習させたものに比べて, 広がりが大きく, パターンの変形等に関して十分な不変性をもたないことを示した.

(2) もう一方のアプリケーションとしては画像からのノイズ除去を取り扱った. ノイズ除去は画像処理の分野の前処理として重要な技術である. 通常コントラストが十分に高い画像であれば, 加法的なガウスノイズを考えることで観測課程を記述出来ると考えられるが, 観測光子数が減ってくると, ガウスノイズではなくポアソンノイズ的な性質が観測課程を支配する容認なることが知られている. ポアソンノイズを重畳した画像は, 画像のコントラストが悪い暗いところを撮像した画像に現れるが, これは PET や CT といった医用画像においてもきちんと取り扱う必要がある. 我々は前述の生成モデルアプローチにしたがってベイズモデルを構築し, ノイズ除去を行うことを提案した. 事前知識としては画素の近傍類似性を規定したガウス型マルコフ確率場(Gaussian Markov Random Field)を仮定し, 事後確率を構成した. 事後確率に対する解析計算を行う為に, 局所変分法を導入し, ポアソン分布の密度関数を, ガウス関数の上限として近似し, 期待値最大化手法(Expectation Maximization)をもちいることで, 事前分布に含まれるハイパーパラメータを推定することに成功した. さらに, 計算速度の高速化おこなうためにメッセージ伝搬法を導入し, 比較的高速に画像からノイズを除去するようなアプリケーションを構築した.

1. 3 今後の計画

今後の計画としては, 要素技術の統合などが考えられる. 我々は DCNN を用いた識別器を構築することに成功しているが, どの特徴が識別に有効なのかに関しては未だに十分な議論を行っていない. このような中間層として抽出された特徴がどのような特性をもつのかを調査することが次のステップとなる. その一方で, 我々が用いた DCNN の学習手法は他のテクスチャ解析を行うようなフィールドにおいても十分有効であると考えられるので, 他の分野応用も視野にいれている.
また, ノイズ除去問題の応用としては現在 PET 画像のノイズ除去に取り組んでいる. PET イメージは Poisson ノイズで記述されるような系であり, ノイズ除去をおこなうことで診断に対して有用

な画像生成することが出来ると考えられる.

2. 研究の成果

2. 1 発表論文（査読有）[インパクトファクタが 4 以上のものには番号を○で囲む]

(1) Li, Yibing, Fu, Qiang, Ye, Fang, Hayaru Shouno, Dark channel prior based blurred image restoration method using total variation and morphology, Journal of Systems Engineering and Electronics, No.4, pp.177-184, (2015).

(2) Hayaru Shouno, Bayesian Restoration for Poisson Corrupted Image using a Latent Variational Method with Gaussian MRF, IPSJ Transactions on Mathematical Modeling and Its Applications, Vol.8 (1), pp.62-71, (2015).

(3) Yoshinori Ohno, Kenji Nagata, Hayaru Shouno, Masto Okada. Distribution estimation of hyperparameters in Markov random field models, Journal of Physics A: Mathematical Theoretical 47, 045001, (2014).

(4) Hiroaki Sasaki, Michael U. Gutmann, Hayaru Shouno, Aapo Hyvärinen. Correlated Topographic Analysis: Estimating an Ordering of Correlated Components. Machine Learning, 92: 285-317, (2013).

2.2 招待講演

(1) (invited talk) The 11th Asia-Pacific Conference on Vision APCV 2015, Diffuse Lung Disease Pattern Recognition with Deep Convolutional Neural Network, Jul.11, 2015, Singapore.

(2) (invited talk) International Symposium on Object Vision in Human, Monkey, and Machine, Novel texture classification with Deep Convolution Neural Network-Evaluation with Lung CT Images-, Nov. 6, 2015.

2.3 受賞（教員、学生の順）

鈴木聡志 IEEE Young Researcher Awards Mar. 2015

2.4 学生指導

(1) 2013 年度 学士 6 名，修士 1 名

(2) 2014 年度 学士 4 名，修士 2 名

(3) 2015 年度 学士 6 名，修士 1 名

2.5 海外研究者・学生の受け入れ

(1) 2015 年度 短期交換留学生 2 名

(2) 2014 年度 短期交換留学生 2 名

3. 研究資金獲得

3.1 科研費

(1) 基盤研究（C）（代表） 25330285、2013−2015 年度

(2) 新学術領域研究（代表）、26120515, 2014-2015 年度
(3) 新学術領域研究（分担） 21103008, 2009-2014 年度

4. 共同研究・共同開発を実施した相手

4.1 学外

(1) 木戸尚治，山口大学大学院応用医工学研究科
(2) 岡田真人，東京大学大学院新領域創成科学研究科
(3) 坂田宗之，東京都健康長寿研究所
(4) 木村祐一，近畿大学
(5) 岡田知久，京都大学医学部
(6) 原一之，日本大学 生産工学部
(7) 福島邦彦，ファジィシステム研究所
(8) 三好誠司，関西大学工学部

5. 社会貢献

5.1 学術誌エディタ

(1) 情報処理学会「数理モデル化と問題解決研究会」副編集長

5.2 学術論文審査

(1) 電子情報通信学会論文誌

田中 繁 研究室

1. 教育研究の概略

1. 1. 教育研究における基本方針

我が国のような高齢社会では，必然的に多数の高齢者およびその家族が高次認知機能の衰えに苦しんでいる．そういう人々の不自由を軽減するとともに，その治療に伴う国費の支出を抑制するために，予防医学を支える低コストのテクノロジーの開発は急務である．しかしながら，脳が高次認知機能の発現のためにどのように働いているのかについては，十分に理解しているとは言い難い．このことが，脳に障がいを持つ人々の生活の質を保つために効果的で役立つ技術の開発を困難にしている．一方では最近，人工知能（AI）技術がデータマイニング，パターン認識，モノのネットワーク（IoT）にとって重要なテクノロジーであると言われている．人工知能の理論的基盤は，深層学習（deep learning）やスパースモデリングを搭載した人工ニューラルネットワークを用いたいわゆる計算論的知能（computational intelligence）である．より人間に近いAIを開発するためには，脳が毎秒膨大な量の情報を処理して，環境の変化に応じて適切なタイミングで適切な行動を行うための意思決定の方法をさらに深く学ぶ必要がある．本研究室は，脳の働きを支えている機序を研究している．本研究室の主な研究目標の一つは，図１に示すように，視覚情報を表現する機能的構築の発達機序をよりよく理解することである．

もう一つの研究目標は，ワーキングメモリのモデル化である．Baddeleyのワーキングメモリに

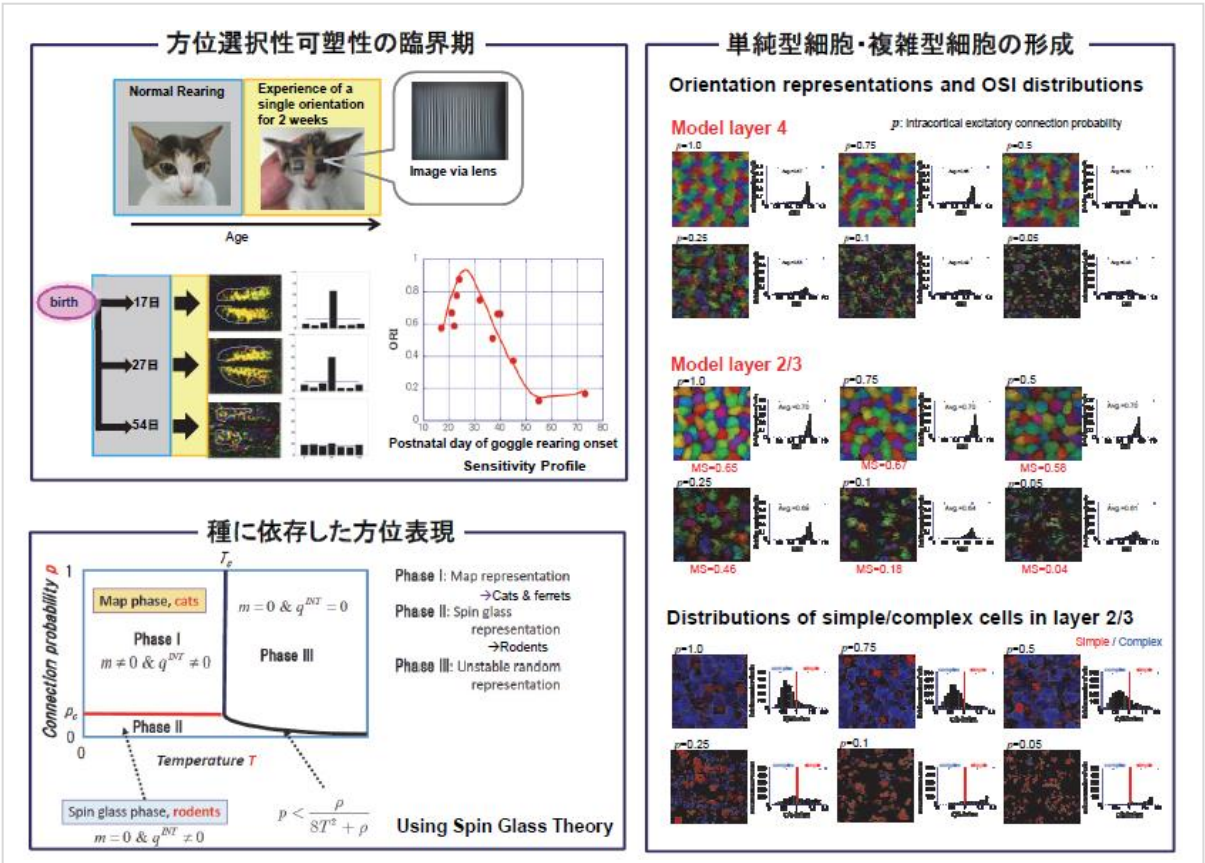


Fig. 1 視覚情報表現に関する理論研究の例

関する概念モデルは，音韻ループ， 視空間スケッチ帳，エピソードバッファ，それとシステムの監督として情報の流れを制御している中央実行系から構成される．このモデルは，ワーキングメモリの神経心理学的研究において広く受け入れられているが，モデルの中の中央実行系は脳の中のどこかにいて，すべての脳機能を支配している「小人(ホムンクルス)」と見做されるかもしれない．中央実行系の存在を先験的に仮定することは，理論が無限退行に陥る．この問題を回避するために，本研究室では，ワーキングメモリの中央実行系という推論，反省，計画，スケジューリングなどの思考の中核に相関した脳活動とその神経基盤を研究する。

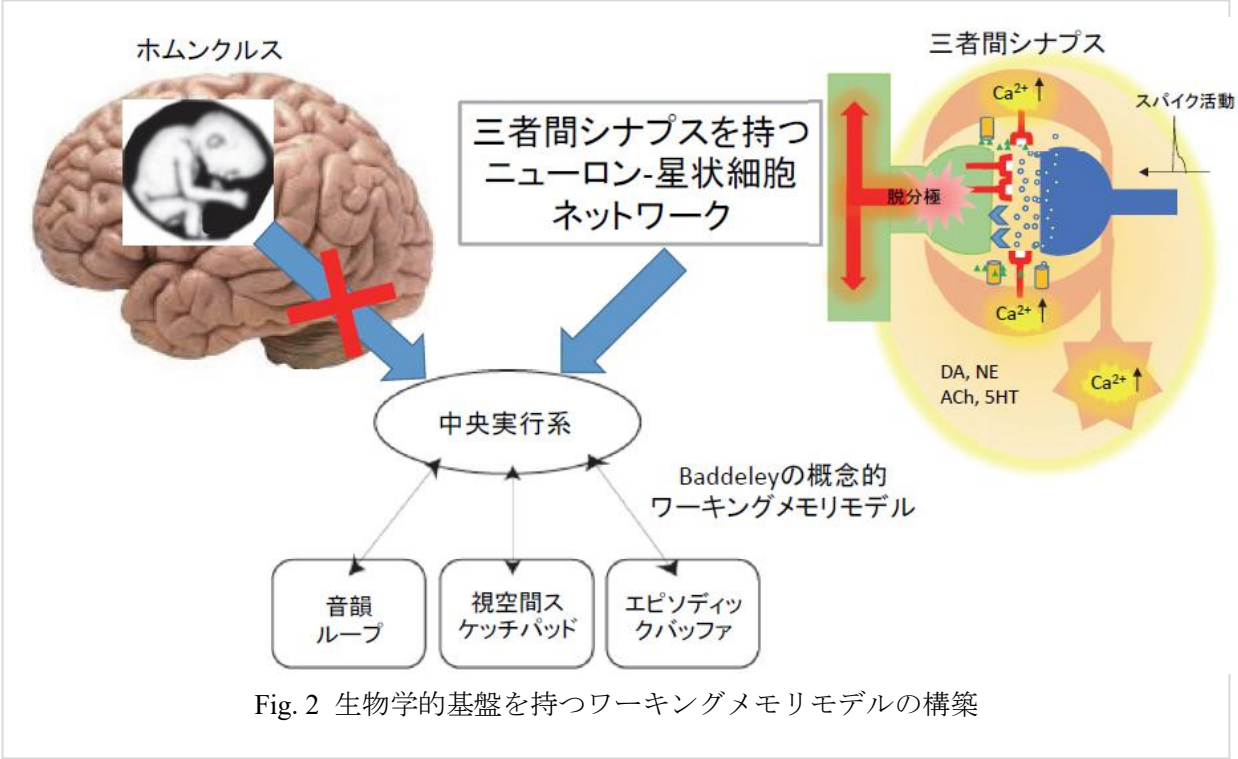


Fig. 2 生物学的基盤を持つワーキングメモリモデルの構築

本研究室には，当該年度に学生指導実績がないので，研究に関する成果のみを以下に述べる．

1. 2 2013-2015 年度における成果と進捗状況

(1) 視覚野における特徴量表現の自己組織化

本研究室では，外部の共同研究者とともに，外側膝状体から一次視覚野 4 層および 4 層から 2/3 層への求心線維の活動依存性自己組織化の数理モデルを用いてシミュレーションを実行した．その結果，4 層の単純型細胞のみならず 2/3 層の複雑型細胞の時空間受容野も再現することに成功した．また，4 層と 2/3 層間で一致した方位・方向・網膜部位対応のジョイントマップを得ることができた．このことは，コラム構造の形成を示唆するものである．シミュレーションで得られたマップの幾何学的またはトポロジカルな構造は，内因性信号光計測によって再現されたネコ視覚野マップの構造を再現するものであった．

次に，視覚野における興奮性ニューロン間に確率的結合を仮定して，同じモデルを用いてシミュレーションを実行した．結合確率 p の値が 0.1 よりも大きいとき，規則的な配列の方位マップが得られた．これに対し，p の値が 0.1 よりも小さいとき，視覚刺激に反応する個々のニューロンは方位・方向の選択性を示すにも拘わらず，方位マップは崩壊し約 20%のモデル視覚野ニューロンは視覚刺激に無反応であった．また，シミュレーションから得られた方位マップは，4 層と 2/3

層間では不一致であった．このことは，方位コラムが形成されないことを示唆する．これらすべての特徴量表現の性質は，二光子顕微鏡を用いたカルシウムイメージングによって観察された性質とよく酷似している．以上のことを総合すると，我々のモデルを用いたシミュレーションは，げっ歯類の視覚野ではネコ視覚野に比べて，興奮性の側方結合は疎であることを示唆している．

上で述べたように, 単一のパラメータ p がどのようにして方位マップの定性的な性質を制御するのかを理解するために，我々の本来の自己組織化モデルから単純化によって導かれる 2 次元 XY スピンモデルを分析した．いわゆるレプリカトリックと平均場近似をその単純化したモデルに適用することによって，方位表現の相図を得ることができた．その相図は，p の小さなある値で，XY スピン系における強磁性相とスピングラス相に対応する，秩序だったマップ相とランダムで凍結した方位表現相の間での相転移が起こることを示した．

私は，前職にて，臨界期の仔ネコに円筒レンズのヘッドマウントゴーグルを通して単一方位を限定的に経験させ，経験した方位の表現が他の方位の表現よりも大きな領域を占めることを発見した．経験方位の過剰表現がどのように起こり，何が幼若期の方位選択性可塑性に対する感受性プロファイルを決定するのかを数学的に解明するために，共同研究者とともに，同じ自己組織化のモデルを用いてシミュレーションを実行した．その際，モデル動物には単一方位を同じシミュレーションステップだけ経験させ，単一方位視体験の開始ステップだけ変えてシミュレーションを行った．その結果，ゴーグル飼育をした仔ネコにおいて見られた方位マップの経験に依存した再編を再現することができた．方位選択性可塑性の感受性は，非経験方位を表現している皮質領域の面積に対する経験方位を表現している皮質領域の面積の比によって定義した．得られた方位選択性可塑性の感受性プロファイルは，ゴーグル飼育をした仔ネコの視覚野における内因性信号光計測で得られたプロファイルとよく似ていた．こうしたシミュレーション結果から，方位選択性可塑性の臨界期はシナプス可塑性を制御する機能性タンパクの発現や消失のタイミングよりも，むしろ方位選択性の先鋭さの度合いによって決定されることが示唆された．

(2) ワーキングメモリの数学的モデル化

以前，大脳皮質と大脳基底核や視床といった皮質下構造の間の大域的ネットワークを考慮して，1-2AX 課題というワーキングメモリ課題に対して正しく作動するネットワークモデルを構築した．特に，静止膜電位に双安定性を呈する，線条体における medium spiny neurons のニューロンモデルがそのネットワークモデルには考慮されていた．ワーキングメモリモデルは，あるアクションの系列が報酬を得るために適切であることが判定されるまで，課題実行中にその系列を一時的に保存する必要がある．しかし残念なことに，そのモデルではアクションの任意の系列を自在に保存することは困難であることが分かった．モデルにおけるこの欠点から，私は，広く信じられている「ニューロンだけが情報を処理し，グリア細胞は情報処理に関与せずニューロンの生存を支えているだけである」という原理に疑問を抱き始めた．最近，ニューロンーグリア間コミュニケーションやこのような細胞間コミュニケーションを媒介したシナプス可塑性に関する報告が増加してきている．こうした新発見は，様々な脳機能は単にニューロンネットワークのみから現れるのではなく，三者間シナプス（tripartite synapses）を持つニューロンとグリアからなるより複雑なネットワークから創発されることを示唆している．そこで私は,「星状膠細胞（アストログリア）は，アクション系列を強化学習するために，数秒間のオーダーで持続する細胞内カルシウム濃度の上

昇によってニューロンの活動パターンを保持する」という仮説を設定した．この仮説に従って，現在，生物学的に妥当なワーキングメモリモデルにとって必須の部品になる三者間シナプスの数理モデルを構築すべく準備を進めている。

1. 3 今後の計画

まず，視覚野の理論研究に基づいて，活動に依存した神経回路の自己組織化に対する一般的枠組みの構築を図る．具体的には，三者間シナプスに関する生物学的発見を考慮して，ワーキングメモリ課題の遂行に伴う神経回路の再編に対する数理モデルを構築する．ワーキングメモリの中央実行系は, 感覚知覚, 運動制御, 認知, 情動等に関係する様々な脳領域における神経活動を連携させる．中央実行系の作用は，覚醒，警戒，報酬，感情に依存して主に中脳神経核群から分泌されるアセチルコリン，ドーパミン，セロトニン，ノルアドレナリン等の神経修飾物質による調節のもとでのニューロン-星状膠細胞ネットワークのダイナミクスから現れると考えられる．感覚，運動，認知に関する脳機能の統一理論の構成に向かって，ワーキングメモリの中央実行系のモデル化の研究に専念する．それによって，ワーキングメモリの概念モデルにおける厄介者であった「ホムンクルス」を駆逐し，神経疾患の予防と治療の糸口を探索する．

2. 研究の成果

2. 1 発表論文（査読有）[インパクトファクタが 4 以上のものには番号を○で囲む]

(1) Sasaki KS, Kimura R, Ninomiya T, Tabuchi Y, Tanaka H, Fukui M, Asada YC, Arai T, Inagaki M, Nakazono T, Baba M, Kato D, Nishimoto S, Sanada TM, Tani T, Imamura K, Tanaka S, Ohzawa I. (2015) Supranormal orientation selectivity of visual neurons in orientation-restricted animals. *Scientific Reports* 10.1038/srep16712.

(2) Yamazaki T, Nagao S, Lennon W, Tanaka S. (2015) Modeling memory consolidation during posttraining periods in cerebellovestibular learning. *Proc Natl Acad Sci USA* **112** (11): 3541–3546.

(3) Takahata T, Miyashita M, Tanaka S, Kaas JH. (2014) Identification of ocular dominance domains in New World owl monkeys by immediate-early gene expression. *Proc Natl Acad Sci USA* **111** (11): 4297-4302.

2.2 解説記事・翻訳

(1) Tanaka S. Activity-dependent self-organization: Mammalian mind mapping. International Innovation (Research Media) 131: 27-29, 2014.

2.3 招待講演

(1) 田中繁 哺乳類一次視覚野の自己組織化に関する未解決問題への試論. 東京薬科大学 宮川研究室セミナー. 2016年2月9日.

(2) 田中繁 ビッグデータを活用した神経科学. 目黒会スマートテクノロジーフォーラム, 電気通信大学, 2014年9月18日.

(3) 田中繁，宮下真信 方位選択性コラム再考: 視体験,臨界期,種差. 生理学シンポジウム “Toward understanding of visual perception: physiological, psychophysical and computational exploration “ 自

然科学研究機構 生理学研究所. 2013年9月12-13日.

3. 研究資金獲得

3.1 科研費

(1) 田中繁 （代表）音象徴性と共感覚の解明を目指した fMRI 計測研究. 挑戦的萌芽研究, 2014 年度-2016 年度, 総額 3,370,000 円.

(2) 田中繁 (分担) 小脳内に分散された複数の可塑性による相補的運動学習メカニズムの解明. 基盤研究 (C), 2014 年度-2016 年度, 総額 5,070,000 円.

(3) 田中繁 (分担) 視覚情報のデコーディングの数理モデル研究. 基盤研究(C), 2013 年度-2015 年度, 総額 5,200,000 円.

(4) 田中繁（分担）計算論的学習理論に基づく脳機能のシミュレーション. 基盤研究(B), 2011 年度-2013 年度, 総額 19,110,000 円.

4. 共同研究・共同開発を実施した相手

4.1 BLSC 内

(1) 山﨑匡, Understanding of complementary motor learning with multiple plasticity sites distributed in the cerebellum. 2013-present.

4.2 BLSC 以外の学内

(1) 久野雅樹, fMRI study for the understanding of sound symbolism and common sense. 2014-present.

4.3 学外

(1) 宮下真信, 沼津工業高等専門学校, Self-organization of visual cortical information representation. 2006年-現在

(2) 高畑亨, Zhejiang University, Interdisciplinary Institute of Neuroscience and Technology (ZIINT)（National university）, Comparative study of monkey visual cortex using immediate early gene expression. 2012年-現在.

(3) Jerome Ribot, College de France, Visual cortical map representation in cats. 2009年-現在.

(4) 深井朋樹, 理化学研究所 脳科学総合研究センター, 音象徴性に基づく主観的印象の脳内表現. 2014-現在.

5. 社会貢献

5.1 学術誌エディタ

(1) ISRN Neuroscience, 2012 年-現在.

(2) Science Postprint, 2013 年-現在.

(3) NeuroInformatics, 2003 年-2014 年.

5.2 学術論文審査

(1) IEICE Transactions on Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, 2013 年 8 月-9 月.

(2) Journal of Eye and Brain, 2013 年 12 月.

(3) Frontiers in Computational Neuroscience, 2014 年 6 月-7 月.

(4) PLoS Computational Biology, 2015 年 3 月-7 月.

(5) International Journal of Neural System, 2015 年 11 月-2016 年 3 月.

(6) Neuroscience Letters, 2015 年 12 月.

5.3 その他社会貢献

高校への出張講義および模擬講義

(1) 都立昭和高校, 2015 年 10 月 9 日.

(2) 都立三鷹中等教育学校, 2015 年 6 月 17 日.

(3) 都立隅田川高校, 2014 年 11 月 5 日.

(4) 私立小野学園女子高等学校, 2014 年 10 月 25 日.

(5) 私立日本橋女学館高等学校, 2014 年 10 月 8 日.

(6) 都立調布北高校, 2014 年 9 月 24 日.

(7) 都立三鷹中等教育学校, 2013 年 11 月 28 日.

(8) 長野県立大町高校, 2013 年 11 月 20 日.

(9) 私立淑徳高校, 2013 年 10 月 24 日.

(10)都立昭和高校, 2013 年 7 月 18 日.

1. 育研究の概要

1.1 教育研究における基本方針

研究

1) 生物発光の分子基盤研究

ホタルやウミホタルは代表的な発光生物である。生物発光はタンパク質（酵素）環境下で起きる一種の化学発光（化学反応による発光現象）である。発光基質ルシフェリンが発光酵素ルシフェラーゼの働きで酸素酸化され、電子的励起状態の酸化生成物（オキシルシフェリン）が生じ、そのものが基底状態に失活する際に、余分なエネルギーが光として発せられる (Fig. 1 and 2)。

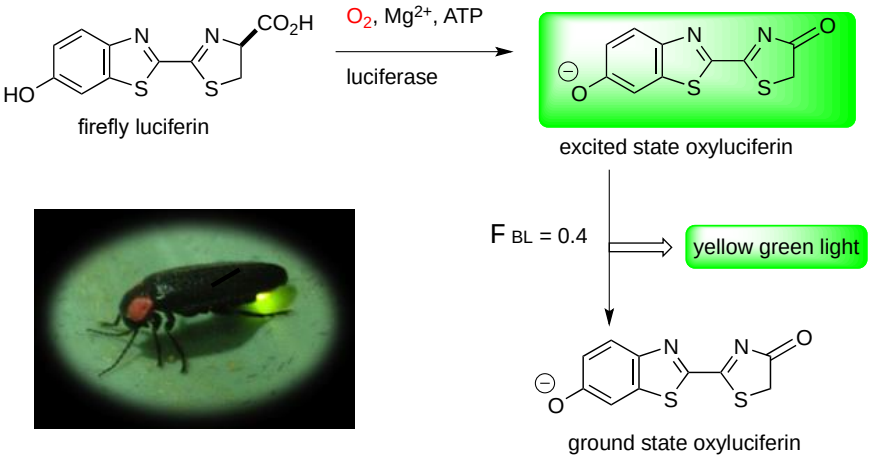


Fig. 1. ホタルの生物発光反応.

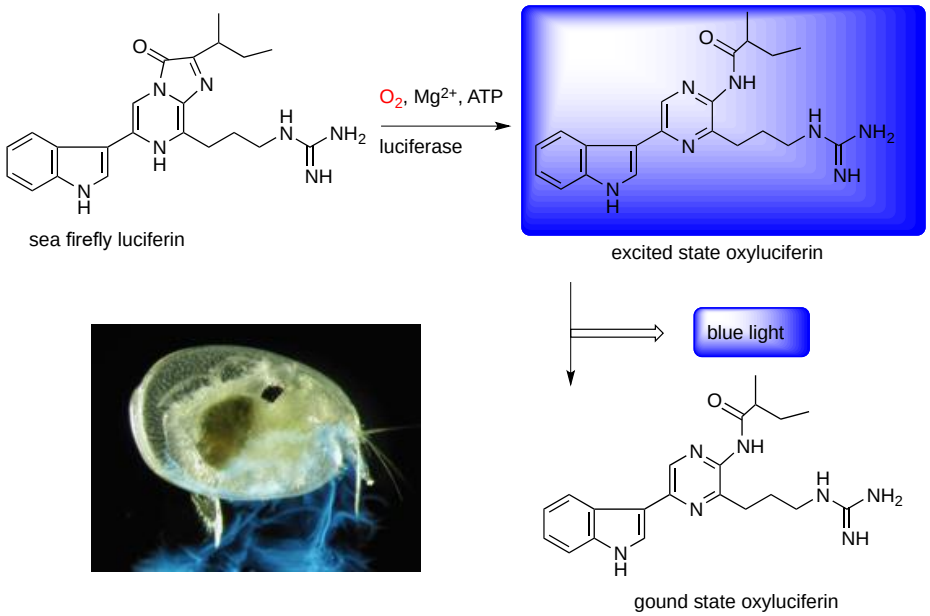


Fig. 2. ウミホタルの生物発光反応.

ルシフェリンの構造が明らかでない発光生物が数多く知られている。我々はそれらのうちで発光キノコ、ヤコウタケや発光ゴカイ *Odontosyllis undecimdonta*）のルシフェリンの構造研究を進めている (Fig. 3)。

Fig. 3. 発光キノコ、ヤコウタケ（左）と発光ゴカイ *Odontosyllis undecimdonta*（左）

2) 生物発光系に基づく新規発光物質の開発

ルシフェリンとオキシルシフェリンの化学的性質および発光特性は様々な電子デバイスの応用しうる新規機能性材料開発のヒントを提供する。そこで我々はウミホタルと発光クラゲのルシフェリンとオキシルシフェリン構造に基づき、新規発光性材料を開発する。

3) 生体深部生命現象を可視化するホタル生物発光イメージング材料の開発

ホタル生物発光系を利用したバイオイメージング技術は生命現象可視化の標準技術として生命科学の分野で広く利用されている。生体深部現象の可視化には生体透過性の高い近赤外領域 (生体窓) の光が最適であるが、そのようなホタル発光基質まだ実用化されていない。そこで我々は近赤外領域で発光する実用的なホタル生物発光基質の開発を行う。

4) 近赤外領域光を利用した非侵襲性誤嚥検出システムの開発。

高齢者のおもな死因の一つは肺炎である。その高齢者の肺炎の 9 割以上は誤嚥によるものである。したがって誤嚥検出は誤嚥性肺炎の予防に極めて重要である。しかし自宅で簡便に誤嚥を探知する実用的な機器はない。そこで我々は生体透過性の高い近赤外領域 (生体窓) の光を利用した非侵襲かつ簡便な誤嚥検出システムを開発する。

教育

1) 大学院体験型実験授業の構築

センター活動の目的の一つは脳の可塑性を理解して医療・福祉現場の技術ニーズに対応した学際的新技術を開発しうるイノベーティブな人材育成である。そこで大学院生がさまざまな関連分野の大学院レベルの実験を体験できる、体験型授業のカリキュラムを設計すする。

2) 高校生対象スプリングスクールの実施

当センターのアウトリーチ活動の一環として、我々は脳科学研究の最前線を高校生が体験するスプリングスクールを設計し実施する。

1.2　2013-2015 年度における成果と進捗状況

研究

1) 生物発光の分子基盤研究

特に研究成果は得られていない。

.

2) 生物発光系に基づく新規発光物質の開発.

(1) 6,8-diaryl-2-methylimidazo[1,2-a]pyrazin-3(7H)-one 類（イミダゾピラジノン型ルシフェリンの類縁体）を合成し、化学発光特性を検討した。 (Fig. 4.発表論文 No. 3). 化学発光極大は513-553 nmに観測され、置換基Rが電子吸引性になるに従い、長波長シフトすることが判明した。

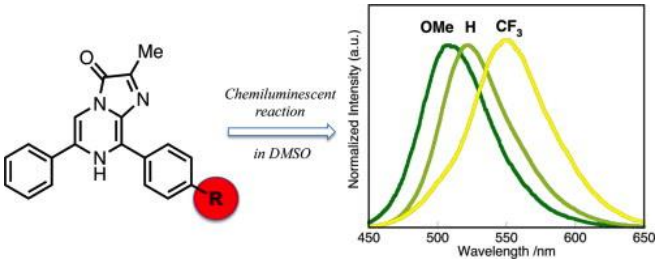


Fig. 4. 6,8-diaryl-2-methylimidazo[1,2-a]pyrazin-3(7H)-one 類の 化学発光スペクトル

(2) ウミホタルのオキシルシフェリンを構造基盤とする新規蛍光物質thiazolo[4,5-b]pyrazine derivative類 (TPys)の蛍光特性置換基効果を検討した(Fig. 5. 発表論文 No. 4)。 TPys は対応するアミドピラジンとLawesson's 試薬との反応で容易に調製できる。2-phenyl 基に電子供与性置換基の導入するとTPysの蛍光量子収率が向上し、ソルバトクロミズム性を示すようになることが判明した。

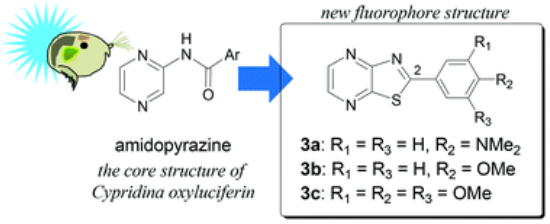


Fig. 5. ウミホタルのオキシルシフェリンを構造基盤とする新規蛍光発色団.

(3) 新規蛍光物質 diphenylthiazolo[4,5-b]pyrazine類を合成し、蛍光特性を検討した。 (Fig. 6. 発表論文No. 5).。2.6-ジフェニル誘導体は2.6-ジフェニル誘導体より効率よく蛍光を発することが判明した。また2.6-ジフェニル誘導体にアノ基をさらに導入するとさらに蛍光性が増すとともに広い範囲で高効率なソルバトクロミズム蛍光を示すことが判明した。

.

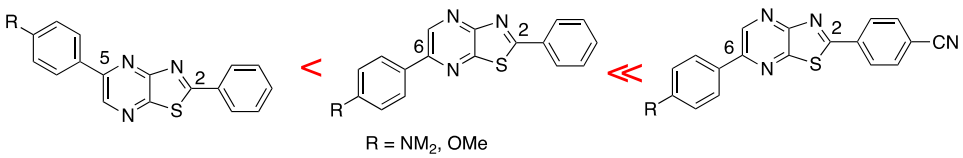


Fig. 6.Diphenylthiazolo[4,5-b]pyrazine類の構造と蛍光効率.

(4) ウミホタルルシフェリンを構造基盤として新規蛍光性 *N*-(5-phenyl-2-pyrazinyl)pivalamide・BF_2 錯体を合成した。この BF_2 錯体は溶液状態ならびに固体状態いずれにおいても強い蛍光性をしますことが判明した。この結果により、固体状態で強い蛍光性を示す材料開発の指針を得ることができた。 (Fig. 7. 発表論文 No. 6).

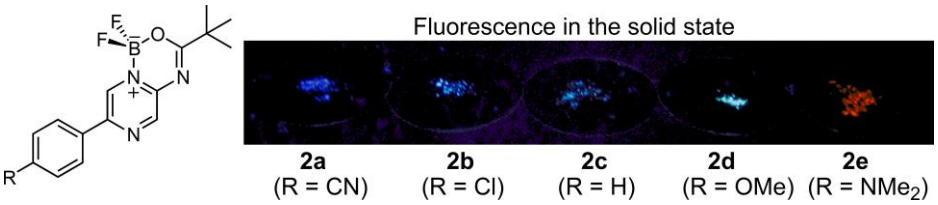


Fig. 7. *N*-(5-phenyl-2-pyrazinyl)pivalamide・BF_2 錯体の固体状態での構造と蛍光色

3) 生体深部生命現象を可視化する生物発光バイオイメージング材料の開発

一連の構造活性相関研究に基づき、生体深部可視化に最適な、近赤外部(生体の窓)に発光極大を有する、実用的なホタル生物発光型発光基質の開発に世界で初めて成功した。この基質は「アカルミネ®」として市販化されるにいたっている (Fig.8, 9, 発表論文 No. 1 および 2)。

今回市販化された「アカルミネ®」は深部現象可視化ホタル発光基質として、生物学分野の基礎研究のみならず、今後再生医療やがん治療研究分野などで活用され、画期的な成果をもたらすものと思われ、この点大変意義深い。

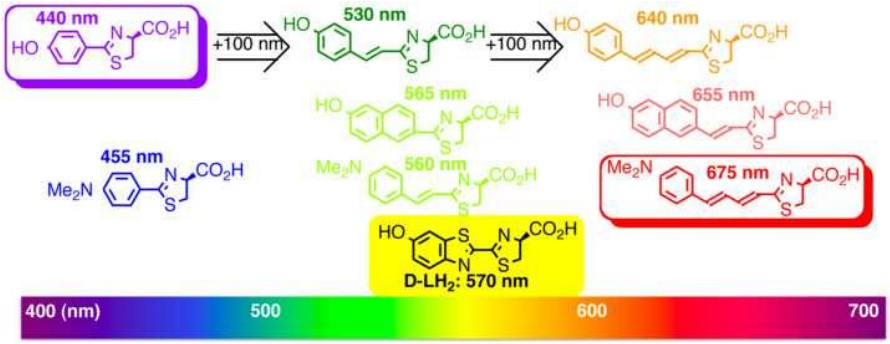


Fig. 8. ホタルルシフェリン類縁体の構造と生物発光極大。

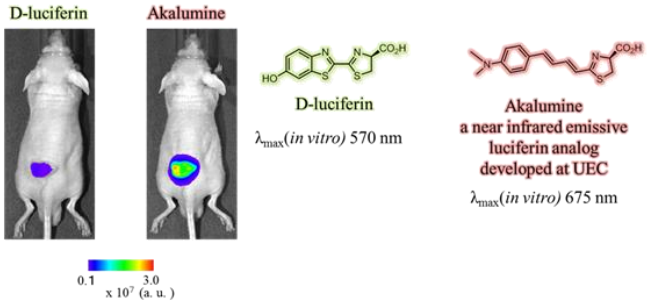


Fig. 9. ホタルルシフェラーアゼを発現させたマウスの生物発光イメージング。マウスにはホタルルシフェラーゼを発現させた腫瘍細胞が投与してある。等モル量のAkaLumineあるいは 天然ホタルルルシフェリンをマウスに投与した。AkaLumine(右)のほうが天然ホタルルルシフェリン (左)よりフォトン検出量が多く、明らかに深部の発光イメージン

グに有効であることがわかる。（写真：東工大生命理工学院 口丸高弘助教、近藤科江教授提供）

4) 近赤外領域光を利用した非侵襲性誤嚥検出システムの開発。

2015 年度 12 月から、武蔵野赤十字病院道脇幸博博士、山田特任教授、森下特任助教、牧助教との共同研究で生体透過性の高い近赤外領域の蛍光を利用した簡便な非侵襲性誤嚥検出システムの開発を開始した。

教育

1) 大学院体験型授業のカリキュラム開発

(1) 2013 年度

山田特任教授、森下特任助教と協力して、体験型授業のカリキュラムを開発した。センターメンバー教員から実験課題を募集した。内容を吟味した後、下記１４の実験テーマを選定した。詳細な実験マニュアルは実験担当者が作成した（括弧内は詳細マニュアル作成者ならびに実験担当者名）。

1. ホタル生物発光基質の合成と機器分析（丹羽治樹）
2. 生物発光測定（丹羽治樹）
3. 生物発光イメージング（山田幸生）
4. レーザー顕微鏡を使って立体画像を撮影しよう（正本和人）
5. 脳波解析によるブレイン・コンピュータ・インタフェースの実習（森下壮一郎）
6. ボードゲーム（将棋など）における脳活動と身体運動計測（森下壮一郎）
7. モーションキャプチャによる身体運動計測・解析実験（岡田英孝）
8. 聴性脳幹反応の計測（小池卓二）
9. 歪成分耳音響放射の計測（小池卓二）
10. 筋疲労と運動単位（運動神経，筋線維）機能の計測（狩野　豊）・・・
11. functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI) による脳活動部位の同定（宮脇陽一）
12. 電気刺激装置による運動補助システム（横井浩史、森下壮一郎）
13. 3Dプリンターを用いた実験機器試作（横井浩史、森下壮一郎）
14. Electromyogram (EMG) を用いた外部機器の制御（横井浩史、森下壮一郎）
15. 視覚心理物理実験基礎（宮脇陽一）

(2) 2014 年度

2013 年版実験マニュアルにもとづき、数名のモニター大学院生を対象に体験型授業を試行した。実験時間は一日３時間（二コマ）とし、一テーマにつき２日間を費やした。

モニター院生は実施テーマの背景と実験手順の説明を受けた後、担当教員とティーチングアシスタントの指導のもとに実験を行った。

この授業は先端基礎研究に関する大学院レベルの実験・実習を専門外の大学院生が実際に手を動かして体験するという、従来には無いユニークな試みであったが、大学院生にとっては初めて触れる先端機器・器具であったなど、新鮮かつ印象的な体験だったようである。院生の旺盛な知的好奇心

を大いに満足させる内容であり、これを機に、自分の専門分野以外にも積極的に視野を広げ、踏み込む切掛けが得られたなど、全体として高い評価が得られた。

(1) 2015 年度

昨年度試行の結果を受け、実験マニュアルの改訂版を作成した。おもな改善点は、個々のテーマの実験内容に関する記述を充実・更新したことと、新たに正本准教授が担当する「２光子レーザー顕微鏡」に関する実験テーマを追加したことである。なお一部、指摘のあった異なるテーマでの内容の重複については実施段階で調整可能と考え、今回は特に内容の修正を行わなかった。また分野にやや偏りがあるとの指摘に関しては、バランスの取れた内容にすべく、今後とも新規テーマの開発を進めていきたい。

1. 3 今後の計画

研究

1) 生体深部生命現象を可視化する生物発光バイオイメージング材料の開発並びに実用化。

今回開発した近赤外近赤外部生物発光基質は既存の発光基質よりある程度の優れた性能を有するが、輝度が低く、水溶性に欠けるなど不十分な点が多々有る。今後とも構造を改変し、高性能発光基質の開発を進める。

2) 近赤外領域光を利用した非侵襲性誤嚥検出システムの開発。

日赤武蔵野病院、道脇先生、山田幸生先生、森下先生、牧先生と共同で近赤外蛍光を利用した誤嚥検出システムの開発を進める。

1) 教育

大学院生向け体験型授業内容の改善とともに新規テーマを開拓を進める。

新規教材によるスプリングスクールを実施する。

2. 研究の成果

2. 1 発表論文（査読有）[インパクトファクタが 4 以上のものには番号を○で囲む]

(1) Satoshi Iwano, Rika Obata, Chihiro Miura, Masahiro Kiyama, Kazutoshi Hama, Mitsuhiro Nakamura, Yoshiharu Amano, Satoshi Kojima, Takashi Hirano, Shojiro Maki, and Haruki Niwa. Development of simple firefly luciferin analogs emitting blue, green, red, and near-infrared biological window. *Tetrahedron*, Vol. 69, No. 19, 3847-3856 (2013).

(2) Chihiro Miura, Masahiro Kiyama, Satoshi Iwano, Kazuto Ito, Rika Obata, Takashi Hirano, Shojiro Maki, and Haruki Niwa. Synthesis and luminescence properties of biphenyl-type firefly luciferin analogs with a new, near-infrared light-emitting bioluminophore. *Tetrahedron*, Vol. 69, No. 46, 9726-9734 (2013).

(3) Ryota Saito, Takashi Hirano, Shojiro Maki, Haruki Niwa. Synthesis and chemiluminescent properties of 6,8-diaryl-2-methylimidazo[1,2-a]pyrazin-3(7H)-ones: Systematic investigation of

substituent effect at para-position of phenyl group at 8-position. *J. Photochem. Photobiol. A: Chemistry*, Vol. 293, 12-25 (2014).

(4) Tatsuki Nakagawa, Minoru Yamaji, Shojiro Maki, Haruki Niwa, and Takashi Hirano. Substituent effects on fluorescence properties of thiazolo[4,5-b]pyrazine derivatives. *Photochem. Photobiol. Sci.*, Vol. 13, No. 12, 1765-1772 (2014).

(5) Tatsuki Nakagawa, Minoru Yamaji, Shojiro Maki, Haruki Niwa, and Takashi Hirano. Fluorescence properties of diphenylthiazolo[4,5-b]pyrazines tuned by donor-acceptor substituent effects. *Photochem. Photobiol., Vol.* 91, No. 4, 807-813 (2015).

(6) Sojiro Hachiya, Daisuke Hashizume, Hiroshi Ikeda, Minoru Yamaji, Shojiro Maki, Haruki Niwa, and Takashi Hirano. Spectroscopic properties of BF_2 complexes of N-(5-phenyl-2-pyrazinyl)pivalamides exhibiting fluorescence in solution and solid state. *J. Photochem. Photobiol. A: Chemistry*, in press. (http://dx.doi.org/10.1016/j.jphotochem.2015.10.014)

2.2 出願特許

(1) 特許第5464311号：ルシフェラーゼの発光基質
発明者：牧　昌次郎，小島　哲，丹羽　治樹
出願人：電気通信大学
登録日：2014. 1 .31

(2) 特許第5550035号：波長が制御されたルシフェラーゼの発光基質および製造方法
発明者：牧　昌次郎，小島　哲、丹羽治樹.
出願人：電気通信大学.
登録日：2014/05/30

(3) 特願2013-097755：新規ハロゲン化水素塩
発明者：牧　昌次郎，丹羽治樹.
出願人：電気通信大学.
出願日：2013/05/07.
公開：特開 2014-218456 (2014/11/20)

(4) 特願 2013-198998 新規複素環式化合物及びその塩、並びに、発光基質組成物
発明者：牧　昌次郎，丹羽治樹.
出願人：電気通信大学.
出願日：2013/09/25.
公開：特開 2015-193584 (2015/11/05)

4. 共同研究・共同開発を実施した相手

4.1 BLSC 内

(1) 山田幸生特任教授、森下特任助教：
「近赤外領域光を利用した非侵襲性誤嚥検出システムの開発」(2015~)

4.2 BLSC 以外の学内

(1) 牧昌次郎助教：
「近赤外領域光を利用した非侵襲性誤嚥検出システムの開発」(2015~)

4.3 学外

(1) 道脇幸博（武蔵野赤十字病院）、「近赤外領域光を利用した非侵襲性誤嚥検出システムの開発」(2015~)

5. 社会貢献

5.5. その他社会貢献

(1) 東邦大学大学院理学研究科非常勤講師(2015 年 12 月)

山田 幸生 研究室

1. 教育研究の概略

1. 1　教育研究における基本方針

近赤外光を用いた生体計測を主な研究テーマとしている．具体的には，（１）近赤外光を用いた生体内の血液酸素化度および血液量に関する断層像（拡散光トモグラフィー）の研究，（２）近赤外光を用いて脳機能を画像化する光マッピング（または光トポグラフィー）の研究，（３）近赤外光の蛍光を発する生体内蛍光物質の濃度分布に関する断層像（蛍光トモグラフィー）の研究，（４）近赤外分光法を用いて非侵襲に血糖値を連続的に測定する技術の研究開発，（５）誤嚥の危険性を蛍光により診断する技術の研究開発を行っている．近赤外光を用いた計測としては，生体だけでなく，（６）マイクロ流路などを対象として，水溶液の温度と濃度分布を非接触で計測する技術の研究開発も行っている．以下に各研究テーマの概要を述べる．

（１）拡散光トモグラフィーの研究

波長がおよそ 700 nm～1200 nm の近赤外光は生体組織による吸収が小さいため生物学的光学窓と呼ばれ, 10 cm 程度の生体組織であれば散乱透過した光を検出することができる．この特徴を活かして, 数 cm 以上の大きさを持つ生体組織の断層像を描き出す技術が拡散光トモグラフィーであり，生体組織の近赤外光に対する光学特性値を測定して，それが表す生理学的情報に変換して血液の状態（酸素化ヘモグロビン，脱酸素化ヘモグロビン，および血液量）の変化を画像化する．X 線を用いる X 線 CT では X 線が生体内を直進するのに対し，近赤外光は直進せず強く散乱されるため，X 線 CT の画像再構成アルゴリズムは適用できず，生体内の光伝播現象に関する基礎方程式を基にした逆問題解法によるアルゴリズムの開発が必要である．そのため，生体内の光伝播現象を記述する光輸送方程式や光拡散方程式の数値計算による解法，また，モンテカルロ法による統計的解法などを研究している．図 1 は手のグリップ運動により前腕の筋肉が活動した結果，筋肉内の脱酸素化ヘモグロビン濃度がおよそ 100 μM が増加した結果を示している．このほかにも，未熟児の頭部内酸素化状態の変化を拡散光トモグラフィーにより画像化している．

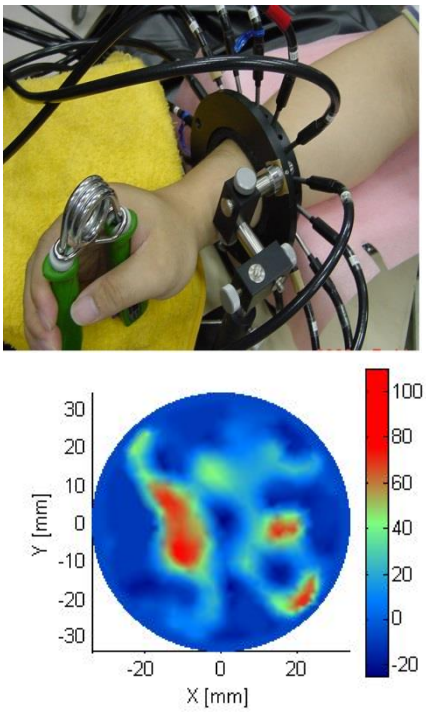
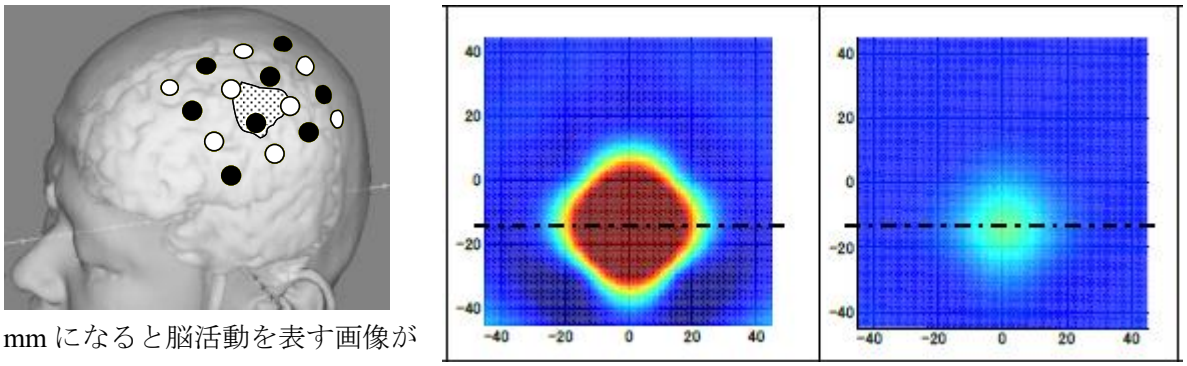


図１．拡散光トモグラフィーの計測風景（上）と前腕筋肉活動による脱酸素化ヘモグロビン濃度の変化を表す拡散光トモグラフィーの画像（下）．

（２）光マッピングの研究

光マッピング（光トポグラフィー）は, 拡散光トモグラフィーと同様に近赤外光を用いて生体内, 特に脳内の血液状態の変化を画像化する技術であるが，拡散光トモグラフィーと異なり，断層画像

を得ることはできず，頭部表面に照射され脳の表面を伝播した後に頭部表面に戻ってきた光の強度を単に 2 次元画像としてマッピングしている．その結果，得られた画像は脳活動に伴う血液状態の変化を反映してはいるが，頭部の部位による頭蓋骨の厚さの変化や，皮膚血液量の変化の影響を受けるため，画像の解釈には注意が必要である．本研究では，各種の因子が光マッピング画像に与える影響を定量的に調べている．図 2 は脳活動が同じであってもその上の頭蓋骨の厚さが 5 mm から



10 mm になると脳活動を表す画像が大きく異なることを示している．

図２．脳活動に伴う光マッピングの概念図（左：日立製作所提供）（●と○はそれぞれ照射点と検出点），および，シミュレーション画像（中と右）．シミュレーション画像は頭蓋骨の厚さが 5 mm（左）と 10 mm（右）の場合．

（３）蛍光トモグラフィーの研究

拡散光トモグラフィーの応用として，生体内の蛍光物質の濃度分布などに関する断層像を描き出す技術が研究開発されている．近赤外域の蛍光を発する物質が生体内に存在する場合に，励起光を生体表面に照射し，生体内で発生した蛍光を生体表面で計測することにより，拡散光トモグラフィーの原理で蛍光物質の濃度分布などの断層像を得ることができる．主に，小動物を対象として新薬開発などを効果的・効率的に行う技術として，また，乳がんなどの早期発見に貢献する技術として期待されている．図３は，マウスに埋め込んだ蛍光体の濃度分布を断層画像として描き出した結果を示している．

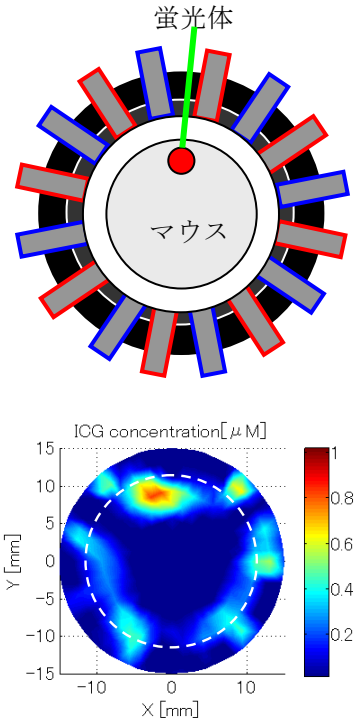


図３．蛍光トモグラフィーの実験結果．マウスに蛍光体（ICG）を埋め込んで装置に設置した様子（上）と得られた蛍光体の濃度に関する断層画像（下）．

（４）近赤外分光法を用いた非侵襲血糖値測定法

指先からの採血により行われている血糖値測定を採血なしに非侵襲で行うことができれば糖尿病患者の苦痛の軽減に大きく貢献する．しかし，非侵襲血糖値測定技術は過去数十年の研究開発によってもいまだ成功していない非常に難しい技術である．本研究では，近赤外光を用いた非侵襲血糖値測定に関する新しい技術の開発を行っている．採血による血糖値測定と皮膚からの反射光スペクトル測定で事前測定された多くのデータから多変量解析を用

いて検量関数を求める従来の手法には限界があることから，新しい方法として，事前測定無しにシミュレーションで多くのデータを得る方法や，血糖値測定に大きな誤差を与える他の要因の変動をキャンセルする方法などを研究開発している．

（５）蛍光を利用した誤嚥診断法の研究

武蔵野赤十字病院の特殊歯科・口腔外科部長の道脇幸博医師が平成 27 年 11 月 15 日に開催した日本医工ものづくりコモンズとの共催シンポジウムにおいて「高齢者の食品による窒息事故と重症肺炎の低減を支援する医療機器の開発」と題して講演を行ったことをきっかけに，誤嚥の兆候となる食材の気道と食道の分岐部への滞留を蛍光により診断する技術の基礎研究を行っている．

（６）水溶液の温度と濃度分布を非接触で計測する技術

近赤外光域における水による光吸収スペクトルが温度によりわずかに変化することを利用して水溶液の温度を完全非接触で計測する技術の研究開発である．光吸収強度が溶質濃度に依存することも利用すると，水溶液の温度と溶質濃度を同時に計測することが可能で，バイオチップやマイクロ化学反応チップなどのマイクロ流路内の温度，濃度，反応速度などを非接触で計測し，画像化する技術を研究開発している．

1. 2　2013-2015 年度における成果と進捗状況

（１）拡散光トモグラフィーの研究

拡散光トモグラフィーについては，その基礎となる生体内光伝播現象の解析を推進し，現象を表す厳密な方程式と考えられている光輸送方程式の数値解法に新たな手法を導入すると共に，気管などの空洞が光伝播に与える影響を明らかにした．これらの成果は国際会議で発表されると共に学術雑誌に掲載された(Ref. 3 and 4)．また，ヒト前腕の筋活動に関する拡散光トモグラフィーの画像を取得し，前腕の MRI 画像との対比を行って，前腕内の特定の筋活動により前腕内の多くの筋のうち，どの筋が活動するかを特定する技術を研究開発した．この研究の成果は博士論文としてまとめられた（本段落後の参考）．さらに，日本光学会からの依頼により，拡散光トモグラフィーの研究に関するレビュー論文を執筆し，学術誌である Optical Review に掲載された(Ref. 2)．本研究に関しては徐々にではあるが，確実に進捗している．

（参考）谷川ゆかり，「拡散光トモグラフィを用いたヒト前腕の筋活動の*in vivo*計測」，博士論文，電通大（2014年12月）

（２）光マッピングの研究

光マッピングについては，各種要因の画像に対する影響をシミュレーションにより定量的に明らかにした．この研究の成果は博士論文としてまとめられた．これらの成果を基に，日本光脳機能イメージング学会では，光マッピングだけでなく一般的に近赤外光を用いた脳機能計測において初心者等が計測時に留意・注意する点に関してパンフレットを作成することとなり，山田幸生がそのための委員会の委員長を務めており，この分野の発展に貢献している．

（参考）Shuping Wang, “Influences of Anatomy and Blood Flow Changes in the Head Layers on Optical Mapping,” Ph.D. Dissertation, UEC, Mar. 2014.

（3）蛍光トモグラフィーの研究

蛍光トモグラフィーに関しては，新たな画像再構成法の開発と，再構成される画像の品質を向上させるための研究を行い，それぞれ学術雑誌に論文が掲載された．また，日本医療研究開発機構(AMED)（平成26年度までは科学技術振興機構(JST)）のプロジェクトに分担研究者または連携研究者として，その進展に貢献した．

（4）近赤外分光法を用いた非侵襲血糖値測定法

本研究に関しては以前より共同研究を行っていた企業と協力して，新しい手法を研究開発し，その内容を学術雑誌に投稿し，論文が掲載された．難しい研究テーマではあるが，着実に進歩していると評価される．

（5）蛍光を利用した誤嚥診断法の研究

平成 27 年 12 月より研究を開始し，用いる蛍光剤，模擬実験や予備実験に関して道脇医師と電気通信大学グループで議論を行った．本研究センター発の新しい技術開発に向けて良いスタートが切れたと評価される．

（6）水溶液の温度と濃度分布を非接触で計測する技術

本研究に関しては，以前，山田幸生研究室で助教を務め，現在，首都大学東京の准教授が主導して研究を進めている．当初は温度分布のみを非接触で計測し画像化する技術を研究していたが，最近は温度分布と濃度分布を同時に計測し画像化する技術に発展している．これらの成果に対して日本伝熱学会および近赤外研究会より受賞し，順調に研究が進展していると評価される．

1. 3 今後の計画

研究課題（1）拡散光トモグラフィーおよび（2）蛍光トモグラフィーに関しては，平成 28 年度までは国立研究開発法人日本医療研究開発機構(AMED)のプロジェクト（産学共創基礎基盤研究「ヒト組織深部のイメージングを可能とする定量的蛍光分子イメージング基盤技術の確立」）の研究協力者として，また，学術振興会の科学研究費補助金（基盤A「医用応用を目指した生体内の光の伝播の数理解析」）の研究協力者として研究を行う．課題（3）光マッピングに関しては，日本光脳機能イメージング学会の委員会等において活動を継続する．課題（4）近赤外分光法を用いた非侵襲血糖値測定法に関しては，関連企業と研究を継続する．課題（5）蛍光を利用した誤嚥診断法の研究に関しては，平成 28 年度より模擬実験やヒトによる試験を通じて本格的に研究を実施する．課題（6）水溶液の温度と濃度分布を非接触で計測する技術に関しては，研究協力を行っている大学研究者と研究を継続する．

2. 研究の成果

2. 1 発表論文（査読有）[インパクトファクタが 4 以上のものには番号を○で囲む]

課題（1）拡散光トモグラフィーの研究

(1) Eduardo Zamora-Rojas, Ana Garrido-Varo, Ben Aernouts, Dolores Pérez-Marín, Wouter Saeys, Yukio Yamada, José Emilio Guerrero-Ginel, “Understanding near infrared radiation propagation in pig skin reflectance measurements,” Innovative Food Science and Emerging Technologies, Vol. 22, pp. 137–146 (2014).

(2) Yukio Yamada and Shinpei Okawa, “Diffuse Optical Tomography: Present Status and Its Future,” Optical Review, Vol. 21, No. 3, pp. 185-205 (2014). (Invited Review Paper)

(3) Hiroyuki Fujii, Shinpei Okawa, Yukio Yamada, and Yoko Hoshi, “Hybrid model of light propagation in random media based on the time-dependent radiative transfer and diffusion equations,” Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer, Vol. 147, pp. 145–154 (2014).

(4) Hiroyuki Fujii, Shinpei Okawa, Ken Nadamoto, Eiji Okada, Yukio Yamada, Yoko Hoshi, and Masao Watanabe, “Numerical Modeling of Photon Migration in Human Neck Based on the Radiative Transport Equation,” Journal of Applied Nonlinear Dynamics, Vol. 5, pp. 117–125 (2016).

課題（３）蛍光トモグラフィーの研究

(5) Shinpei Okawa, Akira Yano, Kazuki Uchida, Yohei Mitsui, Masaki Yoshida, Masashi Takekoshi, Andhi Marjono, Feng Gao, Yoko Hoshi, Ikuhiro Kida, Kazuto Masamoto, and Yukio Yamada, “Phantom and mouse experiments of time-domain fluorescence tomography using total light approach,” Biomedical Optics Express, Vol. 4, No. 4, pp. 635-651 (2013).

(6) Shinpei Okawa, Tatsuya Ikehara, Ichiro Oda, and Yukio Yamada, “Reconstruction of localized fluorescent target from multi-view continuous-wave surface images of small animal with lp sparsity regularization,” Biomedical Optics Express, Vol. 5, Issue 6, pp. 1839-1860 (2014).

課題（４）近赤外分光法を用いた非侵襲血糖値測定法

(7) Katsuhiko Maruo and Yukio Yamada, “Near-infrared noninvasive blood glucose prediction without using multivariate analyses: introduction of imaginary spectra due to scattering change in the skin,” Journal of Biomedical Optics, Vol. 20, No. 4, Paper No. 047003, pp. 1-11 (April, 2015)

課題（６）水溶液の温度と濃度分布を非接触で計測する技術

(8) Naoto Kakuta, Katsuya Kondo, Hidenobu Arimoto, and Yukio Yamada, “Reconstruction of Cross-Sectional Temperature Distributions of Water around a Thin Heating Wire by Inverse Abel Transform of Near-Infrared Absorption Images,” International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 77, pp. 852–859 (2014).

2.2 解説記事・翻訳

(1)角田直人，近藤克哉，有本英伸，山田幸生，「水の近赤外吸収特性を利用した非接触温度イメージング」, システム／制御／情報,（システム制御情報学会誌）, Vol. 57, No. 12, pp. 493-497 (2013).

2.3 招待講演

(1)（研究会講演）山田幸生，「近赤外分光法と拡散光トモグラフィー・蛍光トモグラフィー」，京都大学数理解析研究所研究集会「偏微分方程式に対する逆問題の数学解析と数値解析」，京都市，2013年7月16-18日.

(2)（招待講演）山田幸生，「生体医用光学の発展と産学連携および将来」，第６回BioOpto Japan カンファレンス，横浜市，2014年10月15日.

(3)（特別講義）山田幸生，「光学的生体計測学」，日本大学工学部，郡山市，平成26年7月7日.

(4)（研究会講演）山田幸生，「非侵襲血糖値測定法の開発」，日本大学工学部　次世代工学技術センター，郡山市，平成26年8月21日.

(5)（研究会講演）山田幸生，「時間分解計測法の基礎」，日本大学工学部　次世代工学技術センター，郡山市，平成26年9月28日.

2.4 受賞（教員、学生の順）

(1)日本伝熱学会　名誉会員　山田幸生（2014年5月22日）

(2)日本機械学会バイオエンジニアリング部門　第19回功績賞（2015年1月9日）

2.5 学生指導

(1) Shuping Wang, “Influences of Anatomy and Blood Flow Changes in the Head Layers on Optical Mapping,” Ph.D. Dissertation, UEC, Mar. 2014 （元主指導教員：山田幸生）.

(2) 谷川ゆかり，「拡散光トモグラフィを用いたヒト前腕の筋活動の *in vivo* 計測」，博士論文，電通大（2014 年 12 月）（元主指導教員：山田幸生）.

3. 研究資金獲得

3.1 科研費

(1)山田幸生（分担）（研究代表者：磯　祐介（京都大学)），研究課題名：数値解析・応用数学的アプローチによる高解像光トモグラフィ実現のための基礎研究，基盤研究（B）（一般），期間：平成 25-27 年度（3 年間），研究経費（直接経費）: 平成 25 年度　200,000 円，平成 26 年度　250,000 円，平成 27 年度　200,000 円.

(2)山田幸生（分担）（研究代表者：横井浩史（電気通信大学)），研究課題名：筋疲労・筋電位導関数の導出と機能回復を促す機能的電気刺激，挑戦的萌芽研究，期間 : 平成 24-26 年度（3 年間），研究経費（直接経費）: 平成 24 年度　200,000 円, 平成 25 年度　200,000 円, 平成 26 年度　200,000 円.

3.2 外部資金

(1)山田幸生（分担）（研究代表者：西村吾朗（北海道大学)），研究課題名：ヒト深部組織のイメージングを可能とする定量的蛍光分子イメージング基盤技術の確立，研究種目名：（独）科学技術振興機構　産学共創基礎基盤研究　技術テーマ「ヒト生体イメージングを目指した革新的バイオフォトニクス技術の構築」，期間：平成 23 年 12 月～平成 26 年 3 月，研究経費（直接経費）: 平成 23 年度 769,000 円，平成 24 年度 769,000 円，平成 25 年度 769,000 円.

(2)山田幸生（分担）（研究代表者：角田直人（首都大学東京)），研究課題：近赤外分光法に基づく顕微領域の温度・水分同時イメージング法の開発，研究種目名：キヤノン財団研究助成プログラム「産業基盤の創生」，期間 : 平成 24-25 年度（２年間），研究経費（直接経費）: 分担金 250,000 円

4. 共同研究・共同開発を実施した相手

4.1 BLSC 内

研究課題（５）蛍光を利用した誤嚥診断法の研究に関して, 牧　昌次郎助教, 丹羽治樹特任教授, 森下壮一郎特任助教と共同研究.

4.2 学外

(1) 道脇幸博　特殊歯科・口腔外科部長, 武蔵野赤十字病院, 蛍光を利用した誤嚥診断法の研究, 平成27年12月～平成28年3月.

5. 社会貢献

5.1 学術論文審査

(1) Journal of Biomedical Optics．随時.
(2) Biomedical Optics Express．随時.
(3) Physics in Medicine and Biology，随時.
(4) Computers in Biology and Medicine，随時.
(5) Optical Review，随時.

5.2 その他社会貢献

(1) 学識経験者としての行政機関への参加

・平成 26 年 2 月 20 日～平成 26 年 3 月 31 日，平成 27 年 2 月 1 日～平成 27 年 3 月 31 日，平成 27 年 9 月 1 日～平成 28 年 3 月 31 日：国立研究開発法人　産業技術総合研究所　「医療機器等に関する開発ガイドライン策定事業」　ナビゲーション医療分野　PDT 機器開発ワーキンググループ委員・座長.
・平成 23 年 10 月～平成 28 年 9 月，独立行政法人日本学術振興会　産学協力研究委員会　「生体ひかりイメージング技術と応用第 185 委員会」　委員.
・国立研究開発法人　新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO),「イノベーション実用化ベンチャー支援事業」書面評価審査委員（2014 年 3 月），イノベーション実用化ベンチャー支援事業終了事業者事後評価／書面評価審査委員（2015 年 4 月～5 月），中堅・中小企業への橋渡し研究開発促進事業／書面評価審査委員（2015 年 8 月），シード期の研究開発型ベンチャーに対する事業化支援（STS 支援事業)／書面評価審査委員（2015 年 9 月～10 月）.

(2)学会における各種委員会への参加

・平成 27 年 8 月 1 日～：日本光脳機能イメージング学会　fNIRS 計測上の留意点・注意点に関するパンフレット作成委員会　委員長.

(3)他機関の教員・研究員

・平成 25 年 6 月 1 日～平成 27 年 3 月 31 日，平成 27 年 10 月 1 日～平成 29 年 3 月 31 日：日本大学客員教授（工学部次世代工学技術研究センター）.
・平成 25 年 4 月 1 日～平成 29 年 3 月 31 日：国立研究開発法人　産業技術総合研究所　外来研究員（健康工学研究部門セラノスティックデバイス研究グループ）.

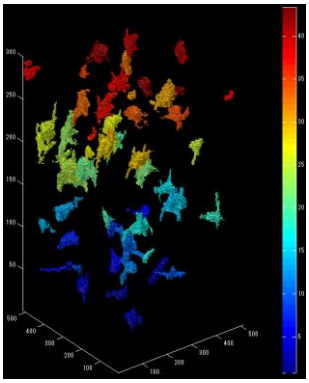
正本 和人 研究室

1. 教育研究の概略

1. 1　教育研究における基本方針

脳科学ライフサポート研究センターで導入した二光子レーザー顕微鏡を用いたミクロレベルの光イメージングの手法により，生体脳の微小な細胞構造や血液の流れを生きたまま観察し，脳内の細胞間のシグナル伝達および物質輸送について研究しています．細胞レベルでの神経血管連関の理解により，脳血管障害，認知症，精神疾患といった脳の病気の原因を解明し，それらの予防法や早期診断技術の確立を目指しています．

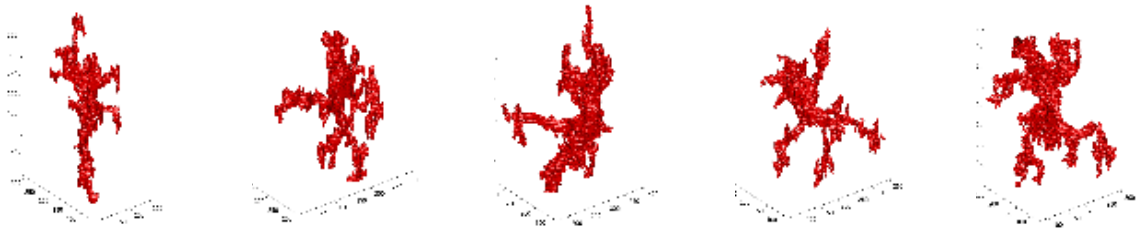
A. 生体光イメージングの手法を用いた神経血管連関の機能的可塑性に関する研究



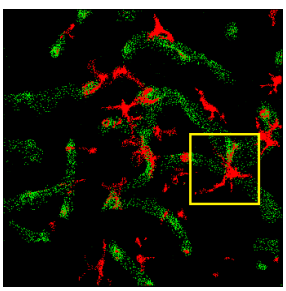
脳では神経・グリア・血管などの様々な細胞が連携し，機能活動を営んでいます．本研究では，神経細胞個々の機能活動のばらつきを細胞の位置情報に関連付け，脳細胞の機能的な可塑性について大規模な画像データを用いて評価解析するための蛍光イメージングおよび画像解析の手法について研究しています（放射線医学総合研究所との共同研究）．（右図：マウス大脳において活動する神経細胞の分布に関する３次元再構成画像）

B. 多次元生体細胞画像を用いた神経血管ユニットのリモデリングに関する研究

脳内の血液の流れと神経活動による熱の産生や栄養物質の消費などによる細胞間の物質輸送をシミュレーションするにあたり，神経血管ユニットのネットワーク構造を精密に計測して画像化する必要があります．本研究では神経血管ユニットに関する３次元空間画像および４次元時系列データに対して，画像空間において自動で再構成し定量解析するためのソフトウエアの開発研究を行っています．（下図：マウス大脳のグリア細胞に関する３次元再構成画像）



C. アストロサイトの多様性に関する形態識別法の研究

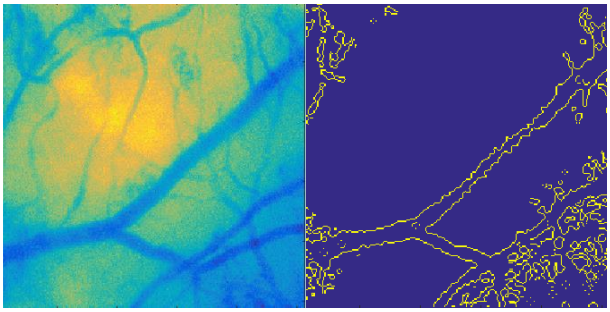


脳においてアストロサイトは神経細胞と血管との間で栄養因子や老廃物の運搬を担っています．通常のアストロサイトは星形をしていますが，神経に異常が生じると肥大します．本研究では，多様なアストロサイトの形態を自動で識別するための画像認識の手法について研究しています．（右図：マウス大脳における血管（緑）とアストロサイト（赤）に関する

２次元スライス画像）

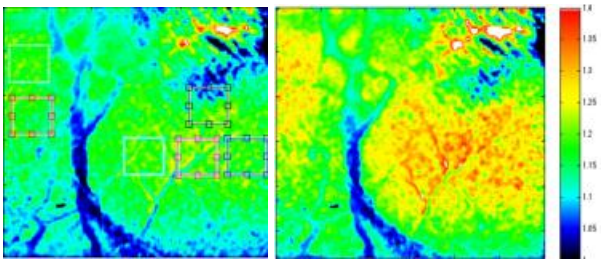
D. 脳ヘルスモニタリング装置の開発に向けた脳微小循環の時空間変動に関する研究

脳の血流量の低下は脳機能の様々な障害に関わることがわかっています．本研究では，脳血流量の変化と細胞環境，細胞活動との相互依存性について調べ，非接触で脳内の血管運動や微小血液循環の状態を計測モニターするための技術の開発研究を行っています．（右図：EM－CCD カメラによって撮像したラット脳表血管と抽出画像）



E. 光遺伝学による脳血流増強および脳血流調節メカニズムに関する研究

脳内のアストロサイトを活性化（脱分極）させると，局所脳血流が広範囲に一過性に増加する事が分かりました．本研究では，脳の細胞を特異的に活性化させる光遺伝学の手法を用いて，アストロサイトおよび神経細胞が脳の微小血液循環の調節においてどのような役割を担っているのか，これらの細胞メカニズムに関して研究しています（慶應義塾大学医学部との共同研究）．（右図：レーザースペックル血流法によって可視化したマウス大脳の血流増加に関する画像例．左：賦活前，右：賦活後）



1. 2　2013-2015 年度における成果と進捗状況

・脳虚血のモデルマウスを用いて，酸素の欠乏によって脳微小血管のリモデリングが生じ（Yoshihata et al., AdvExpMedBiol 2013），神経賦活に対する脳血流反応（Takuwa et al., JCBFM 2013; Tajima et al., JCBFM 2014）および脳血管機能（Sekiguchi et al., JCBFM 2014）が低酸素環境に適応変化することを明らかにした．

・成体脳において毛細血管が新生し，周辺グリア細胞が新生血管を囲むようにリモデリングすることをマウス大脳のライブイメージングによって明らかにした（Masamoto et al., JCBFM 2014）．

・大脳のアストロサイトを賦活することで，脳血流が広範囲に増強されることを明らかにした（Masamoto et al., Sci Rep 2015）．

1. 3 今後の計画

A. Brain Cell Spacing に関する研究

マウス大脳の神経・グリア・血管の立体画像を３次元空間に再構成し，脳微小血管と各細胞との空間的位置関係および個々の細胞の形態的特徴量を定量化し，正常マウスに対する加齢や脳虚血・認知症などの病態モデルマウスでの組織変化について検討する．

B. Blood-Brain Exchange に関する研究

脳血管の新生や脳血流の増強による神経・グリア細胞への機能的な相互作用に関して，血液からの物質輸送および細胞環境の変化に着目して検討する．

C. Brain Health Monitoring に関する研究

脳の機能活動や全身の生理状態を様々なレベルに揺動した際の脳微小循環の時空間変動を計測し，全身状態とは独立した脳の機能活動を追従する血流変動の時間周波数成分を同定する．

2. 研究の成果

2. 1 発表論文（査読有）[インパクトファクタが 4 以上のものには番号を○で囲む]

(①) Masamoto K, Unekawa M, Watanabe T, Toriumi H, Takuwa H, Kawaguchi H, Kanno I, Matsui K, Tanaka KF, Tomita Y, Suzuki N. Unveiling astrocytic control of cerebral blood flow with optogenetics. Sci Rep. Jun 16;5: 11455. (2015)

(②) Unekawa M, Tomita Y, Toriumi H, Osada T, Masamoto K, Kawaguchi H, Itoh Y, Kanno I, Suzuki N. Hyperperfusion counteracted by transient rapid vasoconstriction followed by long-lasting oligemia induced by cortical spreading depression in anesthetized mice. J Cereb Blood Flow Metab. Mar 31; 35(4): 689-98 (2015)

(③) Sekiguchi Y, Takuwa H, Kawaguchi H, Kikuchi T, Okada E, Kanno I, Ito H, Tomita Y, Itoh Y, Suzuki N, Sudo R, Tanishita K, Masamoto K. Pial arteries respond earlier than penetrating arterioles to neural activation in the somatosensory cortex in awake mice exposed to chronic hypoxia: an additional mechanism to proximal integration signaling? J Cereb Blood Flow Metab. Nov; 34(11): 1761-70. (2014)

(④) Tajima Y, Takuwa H, Kokuryo D, Kawaguchi H, Seki C, Masamoto K, Ikoma Y, Taniguchi J, Aoki I, Tomita Y, Suzuki N, Kanno I, Saeki N, Ito H. Changes in cortical microvasculature during misery perfusion measured by two-photon laser scanning microscopy. J Cereb Blood Flow Metab. Aug;34(8): 1363-72. (2014)

(5) Murata R, Takada Y, Takuwa H, Kawaguchi H, Ito H, Kanno I, Tottori N, Yamada Y, Tomita Y, Itoh Y, Suzuki N, Yamada K, Masamoto K. Vessel specific imaging of glucose transfer with fluorescent glucose analogue in anesthetized mouse cortex. Adv Exp Med Biol 812: 241-246 (2014)

(6) Sugashi T, Yoshihara K, Kawaguchi H, Takuwa H, Ito H, Kanno I, Yamada Y, Masamoto K. Automated image analysis for diameters and branching points of cerebral penetrating arteries and veins captured with two-photon microscopy. Adv Exp Med Biol 812: 209-215 (2014)

(7) Tajima Y, Takuwa H, Nishino A, Matsuura T, Kawaguchi H, Ikoma Y, Taniguchi J, Seki C, Masamoto K, Kanno I, Saeki N, Ito H. Cerebral hemodynamic response to acute hyperoxia in awake mice. Brain Res 1557: 155-163 (2014)

(8) Tajima Y, Takuwa H, Kawaguchi H, Masamoto K, Ikoma Y, Seki C, Taniguchi J, Kanno I, Saeki N, Ito H. Reproducibility of measuring cerebral blood flow by laser-Doppler flowmetry in mice. Front Biosci (Elite Ed) 6: 62-68 (2014)

(⑨) Masamoto K, Takuwa H, Seki C, Taniguchi J, Itoh Y, Tomita Y, Toriumi H, Unekawa M, Kawaguchi H, Ito H, Suzuki N, Kanno I. Microvascular sprouting, extension, and creation of new capillary connections with adaptation of the neighboring astrocytes in adult mouse cortex under chronic hypoxia. J Cereb Blood Flow Metab 34: 325-331 (2014)

(10) Masamoto K, Takuwa H, Ito H, Kanno I. Hypoxia-induced adaptation of cerebral microvasculature. Microvascular Reviews and Communications 6: 13-18 (2014)

(11) Takuwa H, Tajima Y, Kokuryo D, Matsuura T, Kawaguchi H, Masamoto K, Taniguchi J, Ikoma Y, Seki C, Aoki I, Tomita Y, Suzuki N, Kanno I, Ito H. Hemodynamic changes during neural deactivation in awake mice: A measurement by laser-Doppler flowmetry in crossed cerebellar diaschisis. Brain Res 1537: 350-355 (2013)

(⑫) Maruyama M, Shimada H, Suhara T, Shinotoh H, Ji B, Maeda J, Zhang MR, Trojanowski JQ, Lee VM, Ono M, Masamoto K, Takano H, Sahara N, Iwata N, Okamura N, Furumoto S, Kudo Y, Chang Q, Saido TC, Takashima A, Lewis J, Jang MK, Aoki I, Ito H, Higuchi M. Imaging of tau pathology in a tauopathy mouse model and in Alzheimer patients compared to normal controls. Neuron 79: 1094-1108 (2013)

(13) Sekiguchi Y, Masamoto K, Takuwa H, Kawaguchi H, Kanno I, Ito H, Tomita Y, Suzuki N, Sudo R, Tanishita K. Measuring the vascular diameter of brain surface and parenchymal arteries in awake mouse. Adv Exp Med Biol 789: 419-425 (2013)

(14) Masamoto K, Takuwa H, Tomita Y, Toriumi H, Unekawa M, Taniguchi J, Kawaguchi H, Itoh Y, Suzuki N, Ito H, Kanno I. Hypoxia-induced cerebral angiogenesis in mouse cortex with two-photon microscopy. Adv Exp Med Biol 789: 15-20 (2013)

(⑮) Hotta H, Masamoto K, Uchida S, Sekiguchi Y, Takuwa H, Kawaguchi H, Shigemoto K, Sudo R, Tanishita K, Ito H, Kanno I. Layer-specific dilation of penetrating arteries induced by stimulation of the nucleus basalis of Meynert in the mouse frontal cortex. J Cereb Blood Flow Metab 33: 1440-1447 (2013)

(16) Okawa S, Yano A, Uchida K, Mitsui Y, Yoshida M, Takekoshi M, Marjono A, Gao F, Hoshi Y, Kida I, Masamoto K, Yamada Y. Phantom and mouse experiments of time-domain fluorescence tomography using total light approach. Biomed Opt Express 4: 635-651 (2013)

(⑰) Takuwa H, Masamoto K, Yamazaki K, Kawaguchi H, Ikoma Y, Tajima Y, Obata T, Tomita Y, Suzuki N, Kanno I, Ito H. Long-term adaptation of cerebral hemodynamic response to somatosensory stimulation during chronic hypoxia in awake mice. J Cereb Blood Flow Metab 33: 774-779 (2013)

(18) Unekawa M, Tomita Y, Toriumi H, Masamoto K, Kanno I, Suzuki N. Potassium-induced cortical spreading depression bilaterally suppresses the electroencephalogram, but only ipsilaterally affects red blood cell velocity in intraparenchymal capillaries. J Neurosci Res 91: 578-584 (2013)

(19) Yoshihara K, Takuwa H, Kanno I, Okawa S, Yamada Y, Masamoto K. 3D analysis of intracortical microvasculature during chronic hypoxia in mouse brains. Adv Exp Med Biol 765: 357-363 (2013)

(20) Masamoto K, Kawaguchi H, Ito H, Kanno I. Dynamic two-photon imaging of cerebral microcirculation using fluorescently labeled red blood cells and plasma. Adv Exp Med Biol 765: 163-168 (2013)

（邦文）

(1) 正本和人，菅野 巖 : 神経血管ユニットの構造的および機能的可塑性に関する生体光イメージング. 脳循環代謝（日本脳循環代謝学会機関誌） 26(2): 99-105 (2015)

(2) 堀田晴美，内田さえ，正本和人，菅野 巖: 前脳基底部の刺激で誘発される大脳皮質の層特異的

な血管拡張反応, 日本脳循環代謝学会機関誌 24, 95-101 (2013)

(3) 伊藤 浩，田桑弘之，川口拓之，正本和人，田島洋佑，茨木正信，菅野 巖: 脳賦活および脳機能抑制による局所脳有効酸素拡散能の変化―毛細血管径の変化からの推定―，日本脳循環代謝学会機関誌 24, 25-28 (2013)

2.2 著書

(1) 正本和人：「呼吸する脳」への招待- 脳の機能を支える血液の流れと物質交換，ユニーク&エキサイティングサイエンスIII (総合コミュニケーション科学シリーズ)（監修：福田喬，編集：田中繁）近代科学社 pp. 69-82 (2014)

2.3 解説記事・翻訳

(1) 正本和人，畝川美悠紀，冨田 裕，菅野 巖，鈴木則宏：アストロサイトによる脳血流調節. 分子精神医学（先端医学社）16(1), pp. 17-24 (2016)

(2) 正本和人, 菅野 巖 : 脳表血管・細胞光イメージング, 分子脳血管病（先端医学社）13(2), pp.19-23 (2014)

(3) 正本和人，菅野 巖 : 二光子顕微鏡法による脳の微小循環の測定・観察，Clinical Neuroscience 月刊「臨床神経科学」 31, pp. 1340-1341 (2013)

2.4 招待講演

(1) Masamoto K. 【Invited speaker】Optical imaging and stimulation of neurovascular coupling. KAIST Program of Brain and Cognitive Engineering Seminar, Nov. 19, 2015, Daejeon, South Korea

(2) Masamoto K, Kanno I. 【Invited speaker】Neurogenic and astrogliogenic perturbation of local CBF. Brain & Brain PET 2015, June 27-30, 2015, Vancouver, Canada

(3) Masamoto K, Kanno I. 【Invited speaker】Astrocytic adaptation during cerebral angiogenesis follows the new vessel formation induced through chronic hypoxia in adult mouse cortex, Proc. SPIE 8928, Optical Techniques in Neurosurgery, Neurophotonics, and Optogenetics, 89281W, Feb. 2014, San Francisco, USA

(国内)

(1) 正本和人，菅野 巖【シンポジウム講演】 Neurovascular unitにおける機能的可塑性イメージング：二光子顕微鏡法による解析. 第28 回 臨床MR 脳機能研究会　2016.3.19 東京

(2) 正本和人，畝川美悠紀，菅野 巖，田中謙二，冨田 裕，鈴木則宏【シンポジウム講演】オプトジェネティクスによる脳血流操作と光イメージング. レーザー学会学術講演会第36回年次大会 2016.1.11 名城大学（名古屋）

(3) 正本和人 【招待講演】生体光イメージングによる脳微小血管機能の定量解析と光による介入. シンポジウム：スポーツ工学・ヒューマンダイナミクス2015 「可視化された生体内情報のヘルス＆スポーツサイエンス応用」 (2015.11) 立命館大学びわ湖キャンパス（滋賀）

(4) 正本和人 【招待講演】二光子レーザー顕微鏡法による神経血管連関の可視化と光による介入 第16回先進レーザー応用技術セミナー「医療・バイオ分野における計測・イメージング技術」テキストpp. 23-27　(2014.11) 慶應義塾大学理工学部矢上キャンパス（横浜）

(5) Masamoto K【シンポジウム講演】In vivo optical imaging of structural and functional plasticity of neurovascular unit. 第26回日本脳循環代謝学会総会 -Translational Researchの実践- 日本脳循環代謝学会総会プログラム抄録号 Cerebral Blood Flow and Metabolism 26 (1) pp. 88 (2014.11) 岡山コンベンションセンター（岡山）

(6) 正本和人【招待講演】脳血管のmetabolic control: 低酸素環境と脳血管のリモデリング. 第24回脳血管シンポジウム 脳血管研究update (2014.9) 千里ライフサイエンスセンター（大阪）

(7) 正本和人，菅野 巖【特別講演】NIRSの基礎となる神経血管カップリング：脳活動時の酸素ダイナミクスと血管反応. 第20回医用近赤外線分光法研究会 (2013.10)東京ステーションコンファレンス（東京）

(8) 正本和人【特別講演】脳の神経活動時の微小循環ダイナミクス解析. 第27回呼吸研究会 (2013.9) 電気通信大学（東京）

(9) 正本和人，菅野 巖【シンポジウム講演】NIRSの信号原理を支える神経血管ップリング. 第15回日本ヒト脳機能マッピング学会 プログラム・抄録集 15, 38 (2013.7) 東京大学（東京）

2.5 受賞（教員，学生の順）

(1) 渡部竜志，ニューロフォトニクス研究会 若手研究者奨励賞 2015年11月

(2) 星川 椋，電気通信大学 目黒会賞 2016年3月

(3) 渡部竜志，電気通信大学 目黒会賞 2016年3月

2.6 学生指導

(1) 須貸拓馬，2013 年度，修士（工学） 2011 年度，学士（工学）

(2) 竹越雅史，2013 年度，修士（工学） 2011 年度，学士（工学）

(3) 村田 澪，2014 年度，修士（工学） 2012 年度，学士（工学）

(4) 加藤 拓，2015 年度，修士（工学）

(5) 星川 椋，2015 年度，修士（工学） 2013 年度，学士（工学）

(6) 渡部竜志，2015 年度，修士（工学） 2013 年度，学士（工学）

(7) 鳥取直友，2013 年度，学士（工学）

(8) 前田裕昭，2013 年度，学士（工学）

(9) 鈴木秀明，2014 年度，学士（工学）

(10) 新夕雅啓，2014 年度，学士（工学）

(11) 結城浩弥，2014 年度，学士（工学）

(12) 深澤 稔，2014 年度，学士（工学）

(13) 塩里 岳，2014 年度，学士（工学）

(14) 片倉悟史，2015 年度，学士（工学）

(15) 栗原唯花，2015 年度，学士（工学）

(16) 武田寛史，2015 年度，学士（工学）

(17) 中原智美，2015 年度，学士（工学）

3. 研究資金獲得

3.1 科研費

(1) 正本和人（代表）若手研究（B)「成長過程における神経・グリア・血管の連携メカニズムの獲得とその神経修飾作用の解明」(H25-26: 4,160 千円)

3.2 外部資金

(1) 正本和人(代表), 鈴木謙三記念医科学応用研究財団平成２７年度調査研究助成金(H27-28: 1,000 千円)

(2) 正本和人（代表）電気通信大学　研究・教育活性化支援システム「脳内エネルギー代謝活動を手軽に可視化モニターするための「脳活計」の開発を目的とした基盤研究」(H26: 1,500 千円)

4. 共同研究・共同開発を実施した相手

4.1 BLSC 内

(1) 宮脇陽一，星状グリア細胞の多様な形状の数理科学的記述法の確立とその迅速病態診断への応用，(H27-)

(2) 横井浩史，入力型 BMI 電気刺激を用いた運動と感覚の再生法の研究開発，(H25-H26)

4.2 学外

(1) 菅野巖，伊藤浩，放射線医学総合研究所（国公立研究機関），課題名：生体分子イメージング技術の開発研究，期間：H23-H26

(2) 堀田晴美，東京都健康長寿医療センター研究所（国公立研究機関），課題名：脳活動に対する脳表・脳実質血管拡張メカニズムの解明実験，期間：H26-

5. 社会貢献

5.1 学術誌エディタ

(1) Progress in Brain Research: volume 225, New Horizons in Neurovascular Coupling (2015-2016)

5.2 学術論文審査

(1) 日本脳循環代謝学会機関誌　脳循環代謝，編集委員（2013- ）

(2) Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism，Editorial Board (2007-)

5.3 その他社会貢献

(1) Program Committee member, International Society for Cerebral Blood Flow and Metabolism (ISCBFM) (2013-2015)

(2) Executive Organizing Committee member, European Conference on Biomedical Optics (ECBO, SPIE) (2014-2015)

(3) Program Committee member, Neurophotonics, Progress in Biomedical Optics (2012-2013)

(4) Executive Committee member, International Society on Oxygen Transport to Tissue (ISOTT) (2011-2014)

宮脇 陽一 研究室

1. 教育研究の概略

1. 1　教育研究における基本方針

ヒト脳における感覚知覚情報表現の解明

私たち人間は、ものを見たり、聞いたり、触ったりして感覚情報を得ます。それぞれの感覚情報は、脳に伝わり、情報処理が行われ、どのようなものを見ているのか、 聞いているのか、触っているのかを認識することができます。私たち人間は、これらの処理をいとも自然に、簡単に、日々行っていますが、同じことを機械に行わせようとすると、現在の高速なコンピュータをもってしてもとても難しいことが知られています。果たして、私たち人間の感覚知覚は、どのようにして脳の中で生成され、表現されているのでしょうか？

図１:機能的磁気共鳴画像装置を用いた実験（実験協力 : ATR-Promotions 脳活動イメージングセンタ）

私たちの研究室では、ヒトの脳の感覚知覚情報のメカニズムを解明するための心理物理実験を行っています。心理物理実験では、厳密に制御された視覚刺激、聴覚刺激、触覚刺激などを使って、ヒトの感覚知覚現象を定量的に測定し、その結果を統計学や情報理論の技術を使って解析します。

同時に、ヒトの脳活動も計測します。私たちの研究室では、特に、ヒトの頭部を全く傷つけることなく、頭の外から脳活動を計測する「非侵襲脳活動計測」を行います。中でも、私たちが得意とするのは「磁気共鳴画像（functional magnetic resonance image; fMRI）計測」と「脳磁場（Magnetoencephalography; MEG）計測」です。fMRI 計測では、脳の中で起こる神経活動にともなって生じる血流変化を、ミリメートルオーダーの高い空間分解能で計測することができます。また、MEG 計測を行うことにより、脳の中で起こる神経活動の電気的な変化を頭皮表面からミリ秒オーダーの高い時間分解能で計測することができます。また、実験内容に応じて、これらの方法を使い分け、あるいは同時に併用することによって、調べたい神経活動現象に対して最適な脳活動計測を行います。

図２：脳磁場計測装置を用いた実験（実験協力：ATR-Promotions 脳活動イメージングセンタ）

脳活動データの解析

脳活動計測で得られるデータは極めて大規模であり、これまでの研究ではデータが含む情報を活かした解析がされてきませんでした。標準的な fMRI 計測でも MEG 計測でも、毎秒 10 の 4-5 乗程度の次元を持つデータが得られます。これらデータはあまりにも大規模で高次元なため、従来の研究では、データに含まれる情報の大部分が捨てられていました。例えば、fMRI データのこれまでの典型的な解析方法は、各脳部位ごとでの信号の強弱を独立に調べるものでした。２秒間程度計測すれば、全脳で 10 万点もの脳部位でのデータが同時に得られるにもかかわらず、それぞれの計測点間の相互関係の情報は全く考慮されていないことになります。

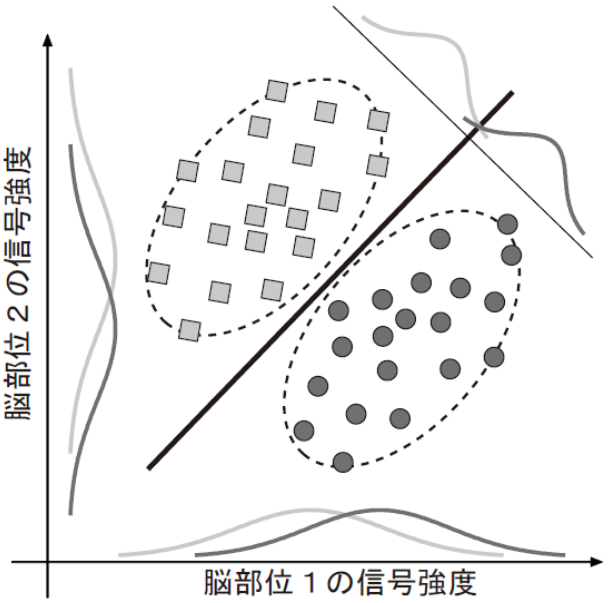


図３：複数の脳部位の信号を活用した判別分析

私たちの研究室では、このような大規模脳活動データが持つ情報を最大限活用した解析を行います。解析の一つの例は、機械学習を用いた脳活動のパターン解析です。脳活動を多次元のパターンとみなして、その脳活動パターンとその脳活動パターンを生成した実験条件との関係をコンピュータに学習させます。コンピュータの学習の仕方を詳細に調べることにより、脳活動にどのように情報が表現されているのかを知ることができます。

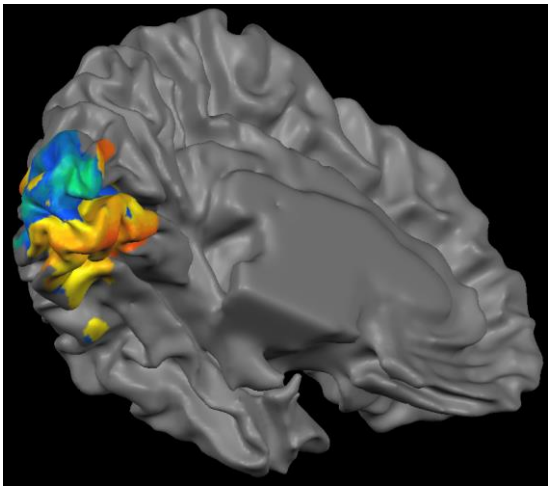


図４：低次視覚野における網膜部位表現

医工学分野への応用

コンピュータは実験条件と脳活動との対応関係を学習しているので、この学習したコンピュータに脳活動を入力すると、その脳活動がどのような実験条件のもとで生じたものかを予測することができるようになります。後者の特長は、ブレインーマシン・インタフェースなどへの応用としても有用なものです。性能のよい解析方法を開発することにより、脳活動で制御する義手や、考えていることを画像化するシステムなどを作ることもできるようになるかもしれません。

1. 2　2013-2015 年度における成果と進捗状況

物体カテゴリの脳内表現ダイナミクスの解明

私たち人間は、眼の前に現れた物体が何であるか、間違うことなく瞬時に認識することができます。ヒトの物体認識は、極めて高速かつ正確であり、計算機で実現することが困難な機能の代表例として知られています。このように高速かつ正確なヒトの物体認識が、どのような脳内情報処理メカニズムで実現されているのかを解明するため、時間分解能に優れた MEG 計測実験と空間分解能に優れた fMRI 計測を組み合わせた実験を行っています。その結果、特定脳部位で物体カテゴリがいつ表現されるのかを部分的に明らかにすることに成功しつつあります（Sato, Miyawaki, 2014 他）。

触覚情報の脳内表現の解明

私たち人間は、触覚を通じて物体の形や表面の凹凸など、外界の空間的な情報を取得することができます。私たちは、ヒトの指先に単純な触覚刺激を与えた際の脳活動を fMRI 装置で計測し、触覚刺激の情報が表現されている脳部位とその表現様式を探索する研究を行っています。これまでの実験と解析の結果、体性感覚野や頭頂後部において運動する線分で構成された触覚刺激の情報が表現されていることが分かってきました（中谷他, 015）。

画像処理技術の開発

自然な物体画像を見せた際の脳活動を解析するうえでは、画像中のどのような特徴が脳活動に影響を与えているのかを調べることが重要になります。そこで、物体画像に表現されている特徴量を効率的に抽出する手法として Deep convolutional neural network（DCNN）を用いた画像解析を行っています（田中他, 2015）。

1. 3 今後の計画

物体カテゴリの脳内表現ダイナミクスの解明

様々な物体カテゴリに対する脳活動のダイナミクスの解析をさらに推し進めます。とくに、物体カテゴリの階層性がどのように脳活動に反映されているのかに着目した実験と解析を行います。

触覚情報の脳内表現の解明

触覚刺激の情報が表現されている脳部位とその表現様式の解明をさらに推し進めます。現在の触覚刺激に加え、他の特徴量で定義された触覚刺激も用い、体系的に実験と解析を進めます。

画像処理およびデータ処理技術の開発

DCNN を用いた画像解析をさらに推し進め、画像特徴と脳活動との関係性を明らかにします。同時に、脳活動データの効率的な解析手法として、スパースモデリングの手法を導入することも計画しています。

2. 研究の成果

2. 1 発表論文（査読有）[インパクトファクタが 4 以上のものには番号を○で囲む]

(1) Miyawaki, Y. (in press), Multivariate analysis of magnetic resonance imaging signals of the human

brain, Current Topics in Medicinal Chemistry.

(2) 宮脇陽一 (2015), 機能的磁気共鳴画像法を用いた神経コードの解読, システム/制御/情報, 59:353 - 359.

(3) Yamada, K., Miyawaki, Y., Kamitani, Y. (2015), Inter-subject neural code converter for visual image representation, NeuroImage, 113:289 - 297.

(4) Horikawa, T., Tamaki, T., Miyawaki, T., Kamitani, Y. (2013), Neural decoding of visual imagery during sleep, Science, 340:639 - 642.

(5) Fujiwara, Y., Miyawaki, Y., Kamitani, Y. (2013), Modular encoding and decoding models derived from Bayesian canonical correlation analysis, Neural Computation, 25:979-1005.

2.2 著書

(1) 宮脇陽一（共著）, あたまの中の情報を映像化せよ, ユニーク・エキサイティングサイエンス II 第 1 章, pp. 7‑37, 近代科学社 (2013).

2.3 解説記事・翻訳

(1) 堀川友慈, 宮脇陽一, 神谷之康 (2014), 脳活動から心を可視化する, 光学, 43:104 – 110.

2.4 招待講演

(1) 宮脇陽一, ヒト視覚系における物体画像表現の時間構造, 東京大学文学部心理学研究室第31回心理学研究室セミナー, 東京大学, 2016年1月.

(2) 佐藤匡, 宮脇陽一, ヒト視覚野における物体カテゴリ表現の時間的構造の解明, Pre-symposium workshop: Brain, Mind, and Life Support Technology, 東京, 2015年11月.

(3) Yoichi Miyawaki, Masashi Sato, Neural dynamics of object representation in the human brain, International Symposium on Object Vision in Human, Monkey, and Machine, UEC Tokyo, Japan, November 2015.

(4) 宮脇陽一, 佐藤匡, 視覚物体カテゴリ表現とカテゴリ抽象度の時間的関係, 立命館大学視覚科学統合研究センターシンポジウム「視覚情報処理の新展開−局所回路から認知へ」, 立命館大学びわこくさつキャンパス, 2014年3月.

(5) 宮脇陽一, 脳情報復号化技術を用いた感覚知覚メカニズムへのアプローチ, ヒューマンサイエンス振興財団研究資源委員会勉強会セミナー, 電気通信大学, 2013年9月.

(6) 宮脇陽一, 視覚野における画像表現基底, 日本心理学会, 札幌コンベンションセンター, 2013年9月.

(7) 宮脇陽一, ヒト脳活動からの感覚知覚情報の復号化, 第2回テレイグジスタンス研究会, 慶應義塾大学, 2013年7月.

(8) 宮脇陽一, ヒト脳内における感覚知覚情報の神経表現, 脳科学ライフサポート研究センタセミナー, 電気通信大学, 2013年7月.

2.5 メディアリリース

(1) わらしべマッドサイエンティスト, “「脳情報」- ヒトの脳から直接情報を読み出す研究”, 週

刊アスキー，2015年3月18日
(2) “本年度、16人に研究助成 矢崎科学技術振興記念財団”， 中部経済新聞10面，2015年3月16日
(3) “最新鋭のひみつ「これな～んだ」，”調布電通大どおり，2014 年 No. 39 autumn 秋号.
(4) “神は雲の中にあられる 最新の脳研究によると、私の 1 ビットがあなたの頭の中にあるかもしれません。”，週刊アスキー，2014 年 7 月 1 日
(5) Tech a GO! GO!, 遠藤諭の『デジタルの、これからを聞く』, "電通大宮脇准教授に聞く、視覚に関する脳研究の最新事情－わたしたちの脳は、目にしたものをどのように認識しているのか”，ASCII.JP，2014年6月19日
(6) "出町中後輩に助言 宮脇電気通信大准教授"，北日本新聞 23 面，2013 年 12 月 19 日
(7) "宮脇准教授脳科学語る 砺波・出町中"，富山新聞 30 面，2013 年 12 月 19 日
(8) "人の夢が見える"，東京新聞朝刊1面，2013年4月5日
(9) "あなたの夢当てます"，読売新聞朝刊34面，2013年4月5日
(10)"夢解読できた"，朝日新聞朝刊38面，2013年4月5日
(11)"見ている夢解読"，毎日新聞朝刊24面，2013年4月5日
(12)"「夢」の解読成功 的中率7割"，産経新聞朝刊1面，2013年4月5日
(13)"「夢」の解読初の成功"，産経新聞朝刊2面，2013年4月5日
(14)"夢の内容ばれる？ "，日本経済新聞朝刊34面，2013年4月5日
(15)"(余録)"，毎日新聞朝刊1面，2013年4月6日
(16)"(編集手帳)"，読売新聞朝刊1面，2013年4月6日
(17)"(春秋)"，日本経済新聞朝刊1面，2013年4月6日
(18)"(産経抄)"，産経新聞朝刊1面，2013年4月6日

2.6 受賞（教員、学生の順）

教員（学生との共同受賞含む）

(1) 佐藤匡（宮脇研究室博士課程1年（現博士課程2年)），宮脇陽一，平成27年度日本神経回路学会優秀研究賞 (2015)
(2) 堀川友慈，玉置應子，宮脇陽一，神谷之康，平成 26 年度日本神経回路学会論文賞受賞 (2014)

学生

(1) 佐藤匡（宮脇研究室修士課程 2 年（現博士課程 2 年)），IEEE CIS Japan Chapter Young Researcher Award 受賞 (2015）
(2) 佐藤匡（宮脇研究室修士課程 2 年（現博士課程 2 年)），平成 26 年度電気通信大学学生表彰受賞 (2015)
(3) 佐藤匡（宮脇研究室学部 4 年（現博士課程 2 年)），平成 24 年度目黒会賞受賞 (2013）

2.7 学生指導

(1) 小幡遼, 2013 年度，学士（工学）, 2015 年度，修士（工学）
(2) 中谷駿, 2013 年度，学士（工学）, 2015 年度，修士（工学）
(3) 新島孝志, 2013 年度，学士（工学）

(4) 赤松和昌, 2014 年度, 学士（工学）
(5) 野崎恵, 2014 年度, 学士（工学）
(6) 佐藤匡, 2014 年度, 修士（工学）, 2014 年度, 修士（工学）
(7) 田中草介, 2015 年度, 学士（工学）
(8) 渕辺章太郎, 学士（工学）

3. 研究資金獲得

3.1 科研費

(1) 宮脇陽一（代表）, スパースモデリングを用いたヒト脳活動の高時空間分解能解析と脳情報源の同定, 科学研究費補助金　新学術領域「スパースモデリング」公募研究,平成 28 年度－平成 29 年度, 5,500 千円
(2) 宮脇陽一（分担）, 人工手指を自分の手指のように動かす：ヒト脳活動を用いた人工手指の自然な学習, 科学研究費補助金　挑戦的萌芽研究,平成 27 年度－平成 28 年度, 800 千円
(3) 宮脇陽一（代表）, スパースモデリングによるヒト脳内での物体画像表現ダイナミクスの解明, 科学研究費補助金　新学術領域「スパースモデリング」公募研究, 平成 26 年度－平成 27 年度, 5,100 千円
(4) 宮脇陽一（代表）, 脳情報復号化技術を用いた視覚野における触覚情報表現の解明, 科学研究費補助金　基盤研究(C), 平成 26 年度－平成 28 年度, 3,500 千円

3.2 外部資金

(1) 宮脇陽一（代表）, 神経情報表現に基づく高速物体画像認識アルゴリズムの研究開発, 総務省戦略的情報通信研究開発推進制度(SCOPE)ICT イノベーション創出型研究開発, 2015 年度, 平成 26 年度（フェーズ I）, 平成 27 年度－平成 28 年度（フェーズ II 選抜採択）, 34,670 千円
(2) 宮脇陽一（代表）, ヒト脳活動からの画像認識情報の高速抽出技術の研究, 矢崎科学技術振興記念財団・特定研究助成,平成 27 年度－平成 29 年度, 10,000 千円
(3) 宮脇陽一（代表）, ヒト脳神経活動の高時空間分解能解析法の開発と応用, 内藤記念科学奨励金・研究助成, 平成 27 年度－平成 28 年度, 3,000 千円
(4) 宮脇陽一（代表 ）, Object Vision in Human, Monkey, and Machine, 電気通信大学 平成２７年度研究活性化支援システム（研究集会開催支援）,平成 27 年度, 869 千円
(5) 宮脇陽一（代表）, ヒト脳の物体表現様式の解明, KDDI 財団調査研究助成, 平成 26 年度－平成 27 年度, 2,750 千円
(6) 宮脇陽一（代表）, ヒト脳における物体認識メカニズムの時間特性の解明, 成茂神経科学研究助成基金, 平成 26 年度, 300 千円
(7) 宮脇陽一（実施担当）, BMI を用いた運動・コミュニケーション機能の代替（BMI 制御のためのインテリジェント電動補助装置の開発）, 脳科学研究戦略推進プログラム, 平成 25 年度－平成 29 年度, 120,000 千円（電通大への配分総額 h）
(8) 宮脇陽一（代表）, 物体カテゴリの神経表現における時間構造の解明, 電気通信大学 平成２６年度研究活性化支援システム（科研費獲得支援）, 平成 26 年度, 1,400 千円

4. 共同研究・共同開発を実施した相手

4.1 BLSC 内

(1) 正本和人、星状グリア細胞の多様な形状の画像解析、平成 27 年度－

(2) 横井浩史、森下壮一郎、BMI を用いた運動・コミュニケーション機能の代替（BMI 制御のためのインテリジェント電動補助装置の開発)、平成 25 年度－

4.2 学外

(1) Gowrishankar Ganesh、CNRS-AIST Joint Robotics Laboratory, CNRS - Institut des sciences de l'ingénierie et des systèmes (INSIS)（大学、国立研究機関）、人工手指を自分の手指のように動かす：ヒト脳活動を用いた人工手指の自然な学習、平成27年度－

(2) 定藤規弘，北田亮、生理学研究所／総研大（国立研究機関／大学）、脳情報復号化技術を用いた視覚野における触覚情報表現の解明、平成26年度－

(3) 神谷之康，京都大学／ATR脳情報通信総合研究所（大学／民間企業）、脳情報復号化技術を用いた視覚野における触覚情報表現の解明、平成26年度－

5. 社会貢献

5.1 学術誌エディタ

(1) 電子情報通信学会情報・システムソサイエティ誌編集委員（平成 25 年－平成 27 年）

5.2 学術論文審査

(1) Cortex誌査読委員

(2) Frontiers in Computational Neuroscience誌査読委員

(3) NeuroImage誌査読委員

(4) Human Brain Mapping誌査読委員

(5) Journal of Neuroscience Methods誌査読委員

(6) VISION誌査読委員

(7) PLOS ONE誌査読委員

(8) 電子情報通信学会英文誌査読委員

5.3 その他社会貢献

学会委員等

(1) 日本神経回路学会理事（戦略企画担当）（2015 – ）

(2) 日本バーチャルリアリティ学会テレイグジスタンス研究会委員（2014 – ）

(3) The 31st International Congress of Psychology (ICP2016), Program Committee（2013 – ）

(4) 第25回日本神経回路学会大会実行委員（2014 – 2015）

(5) Augmentend Human 2014, Senior Reviewer（2014）

(6) 第24回日本神経回路学会大会プログラム委員（2014）

(7) European Coordinated Research on Long-term Challenges in Information and Communication

Sciences & Technologies ERA-Net (Chist-Era), Funding reviewer (2014)

アウトリーチ活動

(1) 埼玉県立越谷北高校出張講義（2013）
(2) 富山県砺波市立出町中学校出張講義（2013）
(3) 夢ナビライブ2014出張講義（2014）
(4) 淑徳高等学校出張講義（2014）
(5) 湘南学園高等学校出張講義（2014）
(6) 東京都立文京高等学校出張講義（2014）

松田 信爾 研究室

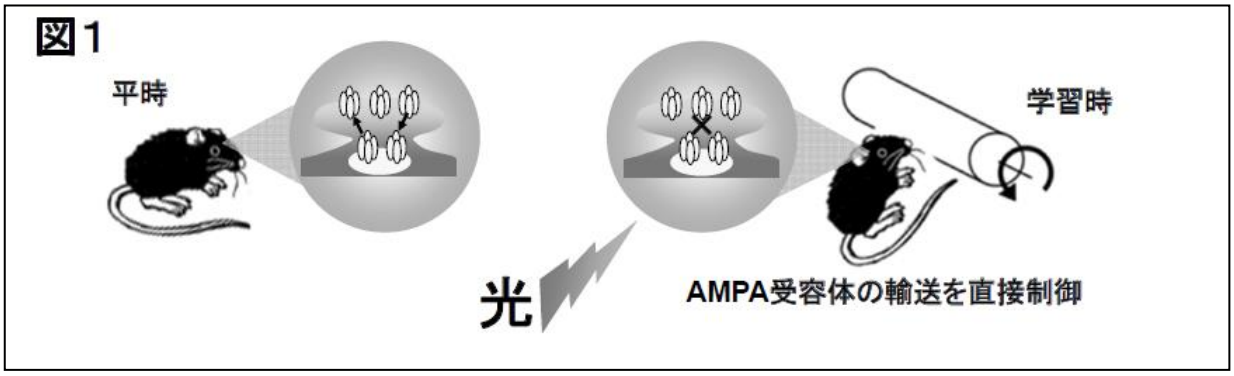
1. 教育研究の概略

1. 1　教育研究における基本方針

研究

脳は多数の神経細胞が互いに情報を伝達し合うことにより、複雑な高次機能を果たしている。神経細胞間の情報伝達効率は神経活動に依存して変化しうることが知られている。この情報伝達効率の変化はシナプス可塑性と呼ばれ、記憶・学習の細胞レベルの基盤ではないかと考えられ、注目されている。

研究に関しては、私はこれまでに、シナプス可塑性の代表的例の１つである長期抑圧（LTD）と呼ばれる現象（神経細胞間の情報伝達効率が長期にわたって低下する現象）の分子機構の解明を目指して研究を行ってきた。また近年ではこの LTD を光によって制御する技術も開発し、LTD と個体レベルの記憶・学習との関連性を直接的に解明しようとしている。またもう一つのシナプス可塑性である長期増強（LTP:神経細胞間の伝達効率が長期にわたって増強する現象）の分子機構の解明も行っている。今後は LTP の制御技術の開発も行っていきたい。



教育

教育に関しては将来の科学の発展に寄与する人材を育成していきたい。そこで、基盤理工学科、基盤理工学専攻の生体機能システムコースの学生には私の専門分野である神経科学のみならず、「生命科学の基本的概念や知識」を幅広く身につけてもらえる講義をしていきたいと考えている。また、そのような概念や知識がどのような研究によって得られてきたのか、さらに、これまでに得られている知識だけではなく「現在どのような研究が行われているか」、そして「これからどのような研究を行っていくべきか」を、共に学び考えていきたい。生体機能システムコース以外の学生には生命科学の基礎的な内容から始め、徐々に最先端の内容へと進めていくことで、生命科学に対する理解を深めてもらいたい。特に近年は、生命科学と他の分野との融合研究が盛んにおこなわれており、例え現在の専攻が生命科学でなくても、将来、生命科学が必要になってくる可能性が大いにあり、将来そのような学際研究が必要となった際に、十分に対応できる知識を身に着けてもらいたいと考えている。

研究室に配属された大学院生および学部学生に対しては、それぞれの興味や適正に応じて、私の研究テーマに主体的に参加してもらい、優れた研究成果を共に生み出して行きたい。また、将来の

生命科学を背負う人材を育成するには、自ら研究計画を立案し、実際にその計画を遂行していく経験を多く積むことが必須であるとも考えている。このため、「基礎的な技術や考え方を習得する」のはもちろんであるが、「自ら研究テーマを考え、それを実行していく」というトレーニングを早い時期から行っていきたい。

1. 2　2013-2015 年度における成果と進捗状況

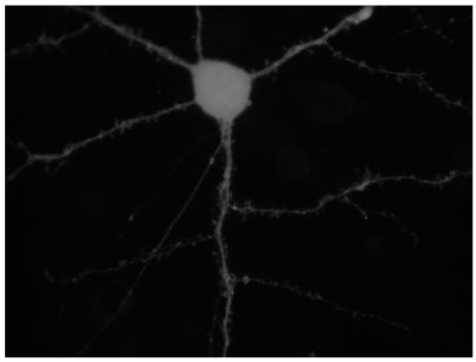
LTD は AMPA 受容体がクラスリン依存的にエンドサイトーシスされることによって起きるが、これまで神経活動が亢進した後、どのようにしてシナプス後部にクラスリンがリクルートされてくるかは全く分かっていなかった。さらに LTD の誘導には AMPA 受容体に強固に結合する TARP(Transmembrane AMPA receptor Regulatory Protein)というタンパク質の脱リン酸化が必要であることが知られていたが、そのメカニズムについては明らかではなかった。私は、ホスファチヂルイノシトール２リン酸（PIP2）を合成する PIP5Kγ という酵素が LTD 誘導刺激（NMDA 刺激）によって活性化されることで、シナプス後部において PIP2 が合成され、そこに AP-2 が引き寄せられることでクラスリンをリクルートすることを初めて明らかにすることに成功した。さらに、2013 年以降、私は AMPA 受容体―TARP 複合体が、エンドサイトーシスを制御する AP-2 や、エンドソームからリソソームへの輸送を司る AP-3 にも結合することを明らかにした。このことは AMPA 受容体が TARP を介した AP-Complex への結合によりクラスリン被覆小孔に取り込まれること、さらにはリソソームへと輸送され分解されることを示している。つまり、神経細胞が LTD 誘導刺激を受けると、TARP が AP-2 と結合することにより AMPA 受容体のクラスリン媒介エンドサイトーシスが起こり、その後、TARP が AP-3 と結合することでリソソームへ送られることで AMPA 受容体はリサイクルされることなく分解され、長期にわたって細胞表面の AMPA 受容体量が減少して LTD が成立するということが明らかにした。さらに私は、AMPA 受容体のエンドサイトーシスと記憶・学習との関連性を直接的に解明することを目的として、エンドサイトーシスを光によって制御する技術開発を行ってきた。これまでに、私はエンドソームに光依存性のプロトンポンプを発現させ、光によってその機能を制御することで LTD の誘導を阻害することに成功している。

1. 3 今後の計画

今後生体脳に光依存性のプロトンポンプを発現させ、LTD を光で阻害した際、その動物の個体レベルの学習にどのような影響が出るかを明らかにしていく。具体的には小脳、海馬、あるいは偏桃体にプロトンポンプを発現させ、生体内で LTD を光により阻害したマウスに様々な学習タスクを課し、どの領域の LTD がどの記憶・学習に直結しているのかを明らかにする。（図２）

このように細胞レベルの研究と個体レベルの行動実験とを組み合わせることによりシナプス可塑性といった細胞レベルの現象と記憶学習といった個体レベルの行動との関連性を直接的に解明し、脳科学の発展に寄与していきたいと考えている。

図２



培養神経細胞

マウスの運動学習実験

2. 研究の成果

2. 1 発表論文（査読有）[インパクトファクタが 4 以上のものには番号を○で囲む]

(1) Takashi Sato, Tomohiko Iwano, Masataka Kunii, Shinji Matsuda, Rumiko Mizoguchi, Yongwook Jung, Haruo Hagiwara, Yoshihiro Yoshihara, Michisuke Yuzaki, Reiko Harada, Akihiko Harada: Rab8a and Rab8b are essential for multiple apical transport pathways but insufficient for ciliogenesis. J Cell Sci (2014) 127: 422-31.

(2) Shinji Matsuda, Wataru Kakegawa, Timotheus Budisantoso, Toshihiro Nomura, Kazuhisa Kohda, Michisuke Yuzaki: Stargazin regulates AMPA receptor trafficking through adaptor protein complexes during long-term depression. Nat Commun, 4: 2759 DOI: 10.1038/ncomms3759 (2013)

2.2 招待講演

(1) Shinji Matsuda　Understanding and controlling synaptic plasticity　日本神経回路学会時限研究会「眼球運動を制御する小脳中枢機構の理解へのデータ駆動型アプローチ」電気通信大学　2015年8月11日

2.3　学生指導

(1) 山嵜紘輝、2016 年、学士（工学）

(2) 坂谷内茉倫、2016 年、学士（工学）

3. 研究資金獲得

3.1 外部資金

(1) 松田信爾（代表）、課題名、JST さきがけ、平成 23~28 年度、91100 千円

4. 共同研究・共同開発を実施した相手

4.1 学外

(1) 柚崎通介、慶應義塾大学、シナプス可塑性の分子機構解明と制御、2013~

(2) 相手方担当者、所属（大学、国公立研究機関、医療機関、民間企業の別）、課題名、期間

牧 昌次郎 研究室

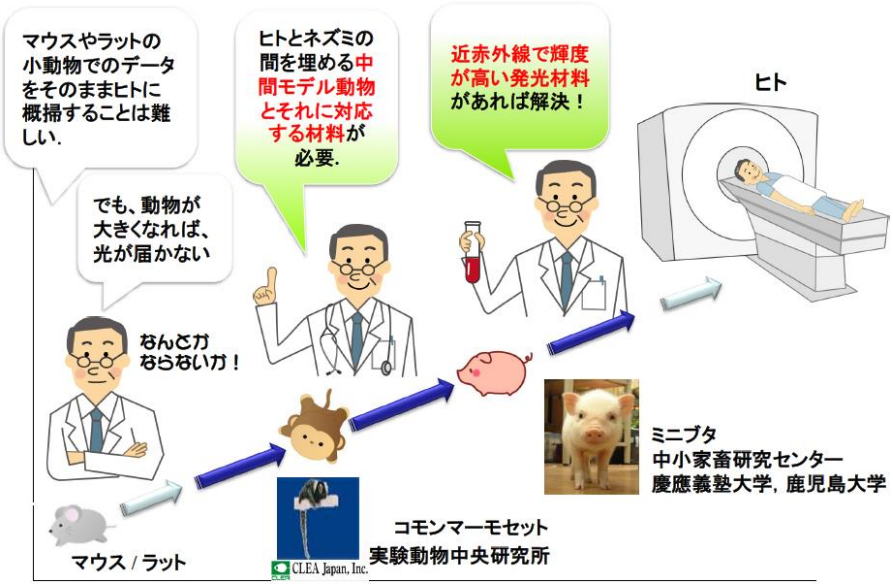
1. 教育研究の概略

1. 1　教育研究における基本方針

ライフサイエンスに関わる，世界最先端標識材料技術（特に「生体内深部可視化に資するインビボ光イメージング技術」）の創製を行う．また希少疾病薬のような，ハイリスクかつ研究者が少ない技術の創製も研究対象としている．

ライフサイエンス分野では，「がんの克服」と「再生医療の実用化」が最も重要な課題である．これらは，ライフサイエンス分野というよりは，全人類的課題と言っても過言ではないであろう．世界中が望みながら，未だに実現しない理由の１つに，これらを精密に観察する技術がないことが挙げられている．実際のところ，発がんやがん転移の研究や個別化医療のための臓器作成などの技術では，MRI や CT, X 線のような従来型の測定機器では，空間分解能が低いため，試行錯誤を繰り返す研究レベルでは，精度が不十分と考える研究者は少なくない．一方，精密な可視化ができるインビボ光イメージング技術は，現状では光の波長が短いため，生体内深部の可視化に困難があるとされている．

そこで当研究室では，生体内深部可視化に資する長波長発光材料の創製と実用化に挑戦している．インビボイメージングでは，蛍光材料が主流であるが，照射光が必要なことと，ターゲットに照射しなければならないため，どこに転移するかわからないがん転移の研究や移植種細胞の増殖の経時観察が必要な再生医療の研究では，蛍光よりも発光標識が好ましい．しかし，現状の発光標識材料は，天然のホタル発光材料（ca. 560 nm）や海ホタル（セレンテラジン系, ca. 480 nm）が利用されているため，生体透過性は低く，先端研究で必要な生体内深部可視化に資する長波長発光材料の創製と，その実用化が強く求められている．



特に，650nm~900nm（生体の窓領域）に発光する近赤外発光材料は，マウスよりも大きい，中大型動物の光イメージングでは必須と考えられている．このため，中大型の実験動物と近赤外領域で発光する材料の創製は，ライフサイエンス分野でイニシアチブをとりたいと考える国々によって，世界中で激しい技術競争がなされている．当研究室では，これまでに近赤外材料アカルミネ®，トケオニと２種類を実用化し，世界最先端の実用技術を保有している．世界で市販されているホタル生物発光型近赤外発光標識材料は，当研究室で創製したアカ

ルミネ®とトケオニの２種類だけである．

1. 2　2013-2015 年度における成果と進捗状況

・2011 年 10 月インビボイメーイング用標識材料「アカルミネ®」の市販（和光純薬工業株式会社）

・2012 年 10 月「平成２３年度大学等における産学連携等実施状況について（文部科学省）」に「アカルミネ®の実用化」が採択された．

・2016 年 3 月インビボイメーイング用標識材料「トケオニ」の市販（米国シグマ・アルドリッチ合同会社）

２つのホタル生物発光型近赤外発光標識材料の創製と社会実装を実現した．これは世界中で望まれていたが，誰も達し得なかった世界初の技術である．この技術の創製と社会実装は，世界最先端技術の実用化であり，産官学を通じて世界最先端水準の研究成果である．

2016 年 3 月インビボイメーイング用標識材料「トケオニ」の市販（米国シグマ・アルドリッチ合同会社）を実現した．すでに 2011 年 10 月に近赤外発光材料アカルミネ®を世界で最初に実用化している．トケオニは，アカルミネ®の後継材料であり，実用性の不具合とユーザーから指摘されていた，水溶性を改善したホタル生物発光型近赤外発光の標識材料である．本技術は，すでに常用されているホタル生物発光型イメージング標識システムの発光基質を天然ルシフェリンから人工材料アカルミネ®に変更するだけで，生体内透過性が高い近赤外発光を可能とすることから，生体内深部可視化が必要な癌研究者と再生医療研究者には世界的に高いニーズがありながら，技術の実現と実用化がされていなかった．

近赤外発光材料アカルミネ®・トケオニは，生体内深部可視化という生命科学分野の最重要課題解決に資する世界最先端技術であり，さらに世界で唯一実用化（市販）されているホタル生物発光型材料である．本研究では単に学術論文上で機能が紹介されているのではなく，実用化されている

ことから，この技術を介して世界中の産官学の先端生命科学者と新技術創製と技術競争を実感できる世界最先端水準研究であると考えている．

実用化研究は，単に技術水準が高いだけではなく，その実用性（使い勝手）や価格，材料の保存性など，複数の課題を総合的に解決することが求められ，かつ，工業生産に耐えうる製造方法の開発も含まれている．技術が高ければ世界中の研究者が技術を欲しがる．実用化（市販）は企業ニーズ以上に研究者ニーズでもある．特にイメージング用標識材料はユーザーである生命科学者には，容易に作ることはできない．研究内容を秘匿したい企業や先端研究者では，市販技術を求める傾向がとても強い．学術論文上の技術では，その機能を応用して生命科学の技術に発展させることは難しい．一方で製造企業は，高度な技術開発は難しく，大学の技術開発を期待するが，開発された技術を工業生産することは容易ではない．本研究の材料技術水準は高いのみならず，実用化を念頭に開発することから，工業製造を意識した合成計画・合成方法で研究室合成も行っている．この点で，本研究が単なる学術研究とは大きく異なった「社会貢献研究」であるといえる．

1. 3 今後の計画

１．トケオニの後継材料の創製と実用化

トケオニはアカルミネ®より優れた水溶性を示すが，塩酸塩のため投与溶液が酸性になり，動物実験等で問題となっている．そこで，ユーザーが満足する水溶性を保持して，ホタル発光酵素と反応し，かつ，アカルミネ®・トケオニと同等の輝度で 650nm 以上の発光波長を有するトケオニの後継材料の創製と実用化を実現する．すでに候補材料の創製は終わっており，動物実験の結果を待っている．動物実験で好結果であれば，工業生産の検討を開始する．

２．中・大型動物のインビボ光イメージング技術の実現

先述通り，マウス・ラットの動物実験結果をヒトにまで適用することはできない．この間を埋めるような，中・大型動物の精密な生体内測定が必要である．特に再生医療の研究段階（個別化臓器作成等）では，MRI, CT, X 線よりも空間分解能が高い光イメージングが適している．それには，移植された臓器等が生着して機能しているかどうかを，高次機能であれば，霊長類のコモンマーモセット，ヒト型であれば豚がイメージング対象動物となろう．これら中・大型動物の生体内深部可視化が可能な光イメージング材料の創製には未だに至っていない．この技術を実用化したい．動物実験施設や研究者との共同研究契約等を順次進めている．

2. 研究の成果

2. 1 発表論文（査読有）[インパクトファクタが 4 以上のものには番号を○で囲む]

(1) Hirano Takashi, Nakagawa Tatsuki, Kodaka Ai, Maki Shojiro, Niwa Haruki and Yamaji Minoru (2013), "5-[4-(Dimethylamino)phenyl]-2-benzamidopyrazines:fluorescent dyes based on Cypridina oxyluciferin", *Research on Chemical Intermediates*, **39**, 233.

(2) Iwano Satoshi , Obata Rika , Miura Chihiro , Kiyama Masahiro , Hama Kazutoshi , Nakamura Mitsuhiro , Amano Yoshiharu , Kojima Satoshi , Hirano Takashi , Maki Shojiro , Niwa Haruki (2013), "Development of simple firefly luciferin analogs emitting blue, green, red, and near-infrared biological window light", *Tetrahedron*, **69,** 3847-3856**.**

(3) Iwano Satoshi, Kojima Satoshi, Hirano Takashi, Maki Shojiro, Niwa Haruki, (2013), "Evaluation of Bioluminescence Activity of Firefly Luciferin Nucleotide Derivatives", *ECS Transactions,* **50**, 1-3.

(4) Miura Chihiro, Kiyama Masahiro, Iwano Satoshi, Ito Kazuto, Obata Rika, Hirano Takashi, Maki Shojiro, Niwa Haruki, (2013), "Synthesis and luminescence properties of biphenyl-type firefly luciferin analogs with a new, near-infrared light-emitting bioluminophore", *Tetrahedron,* **69**, 9726-9734.

(5) Saito Ryota, Hirano Takashi, MakiShojiro, Niwa Haruki, (2014), "Synthesis and chemiluminescent properties of 6,8-diaryl -2- methylimidazo [1,2-a] pyrazin -3(7H)-ones: Systematicinvestigation of substituent effect at para-position of phenyl group at 8-position", *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry,* **293** 12–25.

(6) Nakagawa Tatsuki, Yamaji Minoru, Maki Shojiro, Niwa Haruki and Hirano Takashi, (2014), "Substituent effects on fluorescence properties of thiazolo[4,5-b]pyrazine derivatives", *Photochem. Photobiol. Sciences*, **13**, 1765-1772.

(7) Nakagawa Tatsuki, Yamaji Minoru, Maki Shojiro, Niwa Haruki and Hirano Takashi, (2015), "Fluorescence Properties of Diphenylthiazolo [4,5-b]pyrazines Tuned by Donor-Acceptor Substituent Effects", *Photochemistry and Photobiology*, **91**, 807–813.

(8) Suzuki Yoshihisa, Yamaji Minoru, Maki Shojiro, Hirano Takashi (2015), "Enhanced brightness of 2,6-diphenylthiazolo[4,5-b]pyrazines by introducing double electron donating groups", *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry,* in press.

(9) Kiyama Masahiro, Saito Ryohei, Iwano Satoshi, Obata Rika, Niwa Haruki, Maki Shojiro (2015), "Multicolor bioluminescence obtained using firefly luciferin"**,** *Current Topics in Medicinal Chemistry*, in press.

(10) Hachiya Sojiro, Hashizume Daisuke, Ikeda Hiroshi, Yamaji Minoru, Maki Shojiro, Niwa Haruki, Hirano Takashi, (2015) "Spectroscopic properties of BF_2 complexes of N-(5-phenyl-2-pyrazinyl) pivalamides exhibiting fluorescence in solution and solid state", *Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, in press.

(11) Ioka Shuji, Saitoh Tsuyoshi, Iwano Satoshi, Suzuki Koji, Maki Shojiro, Niwa Haruki, Miyawaki Atsushi, Imoto Masaya, Nishiyama Shigeru, (2015) "Synthesis and evaluation of the luminescent properties of firefly luciferin analogues" *Chemistry, A European Journal,* in press.

2.2 著書

(1) 共著, 監修：梶谷　誠　編集：田中　繁, ユニーク&エキサイティングサイエンスII <ISBN978-4-7649-0453-8>, “５章　ホタルの発光現象を医療に活用せよ！” p. 129-158, 近代科学社, 2013年

(2) 共著, 監修：関　満博, たまの力 <ISBN978-4-87751-508-9> p. 36-39, p. 68-71, p. 72-75, p. 80-83, p. 84-87, p. 92-95, p. 108-111, p. 120-123, p. 184-187, p. 210-213, 多摩ブルー・グリーン倶楽部（けやき出版）, 2013年

(3) 共著, がん研究読本３(電子書籍: http://ganshien.umin.jp/research/epub/index.html) ３章 “がん細胞を長波長で赤く光らせ, 生きたまま体外から観察する”, がん研究分野の特性等を踏まえた支援活動（文部科学省）発行, 2014年

2.3 解説記事・翻訳

(1) 牧　昌次郎,「ホタルの光を化学で作る」, 化学と教育（日本化学会）, Vol 61, No. 8, 392-395, (2013)

(2) 牧　昌次郎,「ホタル生物発光型in vivoイメージング標識材料の創製」, ファルマシア（日本薬学会）, Vol 50, No. 2, 117-120 (2014)

(3) 牧　昌次郎,「ホタル生物発光型in vivoイメージング用長波長発光材料の水溶性化」, 光アライアンス（日本工業出版）, 第２５号, 33-35, (2014)

(4) 牧　昌次郎,「ホタル生物発光の多色化への挑戦」, 生物工学会誌（日本生物工学会）, 第９２巻・第８号, 432-436 (2014)

(5) 牧　昌次郎,「ホタル生物発光を利用した長波長発光標識材料の創製」, ケミカルエンジニアリング, 第６０巻・第８号, 28-33 (2015)

2.4 依頼・招待講演

・国際学会等

(1) Maki, Shojiro, “Chemistry on firefly bioluminescence”, The Irago Conference 2015, Irago, Japan, October 22-23, 2015.

・国内学会等

(1) 牧　昌次郎,「ホタル生物発光の化学」機能物性融合科学研究会シリーズ（１）「光機能」, 千葉, ２０１４年１２月４日

(2) 牧　昌次郎,「ホタル生物発光の化学」第１回可視化マウス研究会, 東京・御茶ノ水, ２０１５年１月２０日

(3) 牧　昌次郎,「ホタル生物発光型近赤外発光標識材料の創製」2015 年電気化学秋季大会, 埼玉・埼玉工大, ２０１５年９月１２日

2.5 メディアリリース

(1) 「がん細胞光らせ体外で観察可能に」, 日本経済新聞, ２０１３年３月２６日

(2) 「水溶性2000倍に：動物実験で使い易く」, 日刊工業新聞, ２０１３年５月１７日

(3) 「生体深部観察用の発光試薬：大量合成を実現」, 日刊工業新聞, ２０１６年３月８日

2.6 出願特許

(1) 特開 2014-218456「新規ハロゲン化水素塩」

発明者：牧　昌次郎，丹羽　治樹.

出願人：国立大学法人　電気通信大学

出願日２０１３年５月７日（特願 2013- 97755）

公開日２０１４年１１月２０日

(2) 特開 2015-193584「新規複素環式化合物及びその塩、並びに、発光基質組成物」

発明者：牧　昌次郎，丹羽　治樹.

出願人：国立大学法人　電気通信大学

出願日２０１４年　９月１７日（特願 2014-189314）

公開日２０１５年１１月　５日

(3) 特開 2014-108957「環化化合物の製造方法，及び，環化合物を含有する溶液の発光方法」

発明者：西山　繁，井岡秀二，牧　昌次郎，丹羽　治樹.

出願人：学校法人　慶應義塾，国立大学法人　電気通信大学

出願日２０１２年１２月４日（特願 2012-265382）

公開日２０１４年　６月１２日

2.7 製品化

(1) アカルミネ®、黒金化成株式会社、和光純薬工業株式会社（2011年～）

(2) トケオニ、黒金化成株式会社、米国シグマ・アルドリッチ合同会社（2016年～）

2.8 受賞（教員、学生の順）

(1) 牧　昌次郎　有機電子移動化学奨励賞　有機電子移動化学研究会　2005年

(2) 牧　昌次郎　平成23年度優秀教員賞　電気通信大学　2012年

(3) 軽部　一磨　平成24年度目黒会賞　一般社団法人目黒会（電気通信大学同窓会）2013年

(4) 軽部　一磨　ポスター賞　生物発光化学発光研究会第３０回学術講演会　2013年

(5) 斉藤　亮平　プロジェクト内奨励研究賞　文部科学省科学研究費新学術領域研究がん研究分野の特性等を踏まえた支援活動　2014年

(6) 北田　昇雄　目黒会賞　一般社団法人目黒会（電気通信大学同窓会）2012年

(7) 北田　昇雄　優秀発表賞　電気通信大学　先進理工学専攻　2014年

(8) 北田　昇雄　準ポスター賞　生物発光化学発光研究会　2014年

(9) 北田　昇雄　日本学術振興会特別研究員　日本学術振興会　2016年

(10) 木山　正啓　準ポスター賞　生物発光化学発光研究会　2014年

(11) 岩野　智　優秀ポスター賞　東京農工大学・電気通信大学第9回合同シンポジウム 2011年

(12) 岩野　智　SPI(住商ファーマインターナショナル)賞　in vivo イメージングフォーラム 2013年

(13) 岩野　智　優秀ポスター賞　第3回 CSJ 化学フェスタ 2013　2013年

(14) 岩野　智　電気通信大学学生表彰　電気通信大学　2014年

2.9　学生指導

(1) 齊藤 亮平，2014 年，学士（工学）
(2) 大塚 智史，2015 年，学士（工学）
(3) 盛満　 玲，2016 年，学士（工学）
(4) 小林 義尚，2014 年、修士（工学）
(5) 軽部 一磨，2015 年、修士（工学）
(6) 齊藤 亮平，2016 年，修士（工学）
(7) 岩野　 智，2014 年，博士（理学）

2.10 海外研究者・学生の受け入れ

(1) Winson Lu，新規ホタル生物発光人工基質の合成，2013, 6-9 月（UCLA 化学・生化学学部生化学科２年，インターンシップ）
(2) Winson Lu，新規ホタル生物発光人工基質の合成，2015, 9- 2016, 1 月（JST ハイリスク挑戦研究員）

2.11 海外研究機関への学生の派遣・留学

(1) 岩野　智，カルフォルニア大学バークレイ校（細胞工学 G. Marriott 研究室），2012.3～4
(2) 木山　正啓，カルフォルニア大学バークレイ校（細胞工学 G. Marriott 研究室），2014.9～10
(3) 北田　昇雄，カルフォルニア大学バークレイ校（細胞工学 G. Marriott 研究室），2015.3～8

3. 研究資金獲得

3.1 科研費

(1) 牧　昌次郎（代表），「長波長発光材料創出のための波長制御指標の確立 (24650633)」，挑戦的萌芽研究，平成２４～２６年度，3,000 千円
(2) 牧　昌次郎（分担）「共鳴誘導で革新するバイオイメージング」，新学術領域 3704，平成２７～３１年度，20,000 千円（分担金 4,000 千円/年）

3.2 外部資金

(1) 牧　昌次郎（分担），「生体内深部可視化を可能にする in vivo イメージング用発光材料の開発と工業製法の確立（AS 2614119N）」，JST：ハイリスク挑戦，平成２６～２８年度，34,460 千円
(2) 牧　昌次郎（代表），「標識材料の開発研究」，黒金化成株式会社：共同研究費，平成２４年度～，500 千円

4. 共同研究・共同開発を実施した相手

4.1 BLSC 内

(1) 仲村　厚志,「遺伝子組換えが不要な発光 in vivo 光イメージング技術の創製」, 平成２８年度～

4.2 BLSC 以外の学内

(1) 古川　怜, シールドトンネルの平常時のモニタリングおよび掘削時の安全管理へ向けたセグメント組込型有機導波路の提案, 先進理工学専攻, 平成27年5月1日～平成30年3月31日

4.3 学外

(1) 斉藤　毅　助教, 井本正哉教授他, 国立大学法人　筑波大学, 学校法人　慶應義塾, 「イメージング用標識材料に関する研究」, 平成26年7月1日～平成28年6月30日
(2) 加藤秀典氏, 黒金化成株式会社, 「ホタル生物発光型の長波長発光材料の創成と実用化」, 平成27年4月1日～平成28年3月31日（平成24年から継続）
(3) 加藤太一郎助教, 国立大学法人鹿児島大学, 「新規ホタル生物発光型材料の開発」, 平成26年10月1日～平成28年9月30日
(4) 山野荘太郎助教, 公立大学法人大阪市立大学,「インビボイメージング用標識材料の開発」, 平成26年10月1日～平成28年9月30日
(5) 飯島典生准教授, 学校法人日本医科大学「能・神経のin vivoイメージソングに関する研究」, 平成25年11月1日～平成27年10月30日
(6) 三輪佳宏講師, 国立大学法人筑波大学, 「新規ホタル生物発光材料を用いたイメージング技術の研究」, 平成26年4月1日～平成28年3月31日
(7) 近藤科江教授, 口丸高弘助教, 国立大学法人東京工業大学, 「in vivoイメージング技術の開発」, 平成26年4月1日～平成28年3月31日
(8) 千葉一裕教授, 国立大学法人東京農工大学, 「生体標識材料に関する研究」, 平成27年8月6日～平成28年3月31日
(9) 平山謙二教授, 国立大学法人長崎大学, 「インビボイメージング用標識材料の生体内動態に関する研究」平成27年11月1日～平成29年10月31日
(10) 沼野利佳特任教授, 国立大学法人豊橋技術科学大学, 「ホタル生物発光型標識材料に関する研究」平成27年11月2日～平成29年11月1日

秘密保持契約

(1) 案浦 健 助教, 東京慈恵会医科大学, 「長波長標識材料を提供することと、甲がその材料を評価することに関する秘密保持契約」平成26年1月6日～5年間

MTA契約

(1) 沼野利佳特任准教授, 国立大学法人豊橋技術科学大学, 「ルシフェラーゼ発光現象を用いた生理現象の可視化についての研究のために本研究成果有体物を無償で提供する。対称成果物名称：ジメチルアミノジエン」平成22年12月7日締結　※期間の限定なし

5. 社会貢献

5.1 外部審査委員

(1) 文部科学省　科学技術専門調査員（2007 年~現在）

(2) APEC 産業科学技術部会プロジェクト委員（2007 年 5 月～12 月）
「新興感染症を克服する収斂技術のロードマッピング(Roadmapping Converging Technologies to Combat Emerging Infectious Diseases)」

(3) がん支援活動の支援対象研究者（文部科学省）（2012 年～現在）

(4) 有機電気化学研究会常任幹事（2008 年~現在）

(5) 電気化学会関東支部幹事（電気化学会役員）（2010 年～2012 年）

5.2 その他社会貢献（官公庁・学会委員等含）

(1) 科学技術予測調査ワークショップ「高齢社会の健康と暮らし–持続発展可能な健康サービス産業創造シナリオ–」文部科学省　科学技術政策研究所（2008 年 3 月）

(2) 子ども科学実験講座（2011 年 8 月,12 月）「ホタルの光を科学しよう！」（JST 科学コミュニケーション連携推進事業「草の根プログラム」）

(3) 子ども科学実験講座（2012 年 8 月）「子供と学ぶ科学実験講座！～最先端は身近にあった～」

(4) 「渋谷区科学実験講座の開催」（2015 年 6 月 13 日）

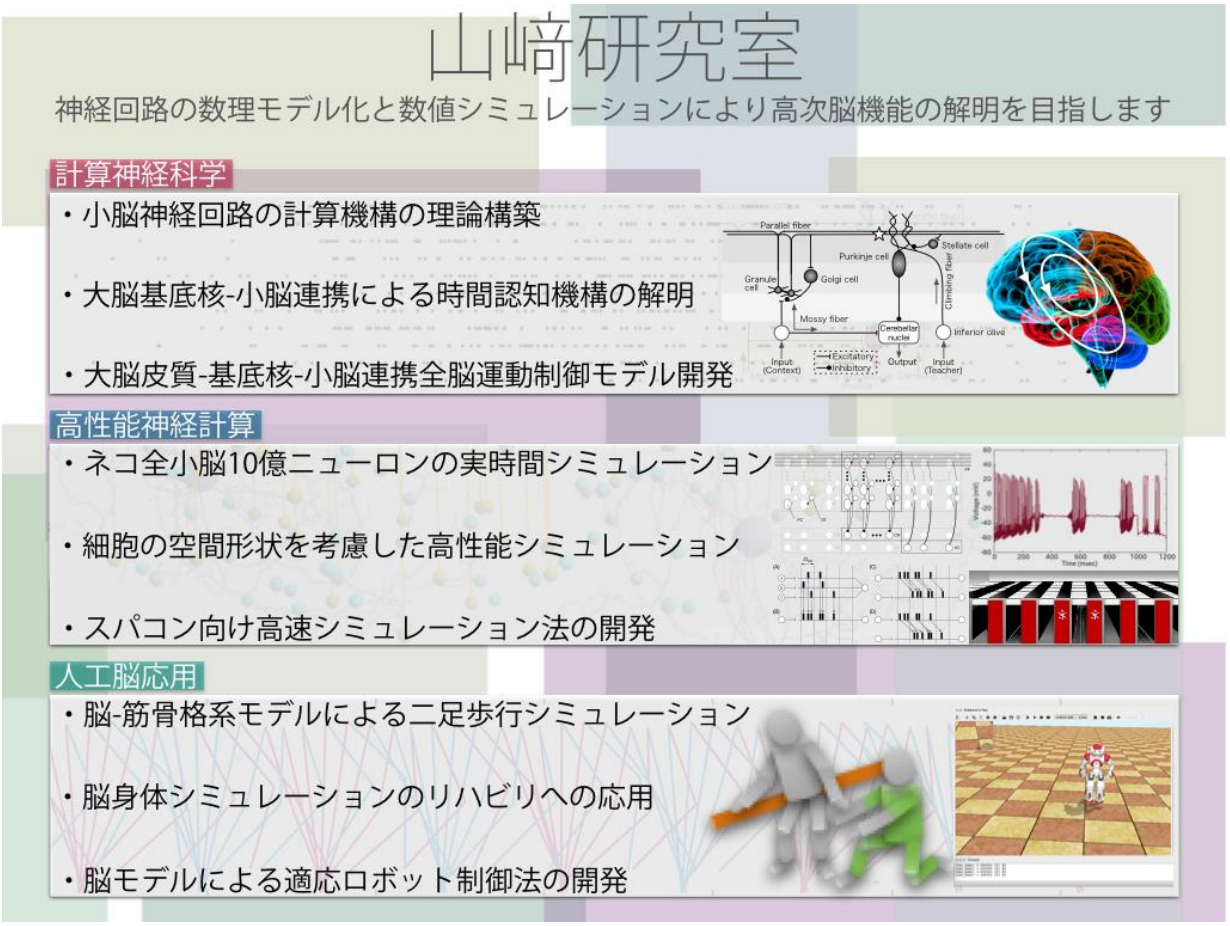
(5) 子供と学ぶ実験講座（2015 年 7 月 30 日）「宇宙の不思議と生命の不思議～天体の話と DNA の抽出実験～」

(6) 「渋谷区科学実験講座の開催」（2015 年 8 月 1 日）

(7) 「渋谷区科学実験講座の開催」（2016 年 1 月 20 日）

山﨑 匡 研究室

1. 教育研究の概略



1. 1　教育研究における基本方針

神経科学と計算科学の融合領域、具体的には脳神経回路の数理モデル化と数値シミュレーションの研究を行っている。研究の最終目標は、ヒト全脳シミュレーションによる二足歩行や言語といったヒト特有の高次脳機能の解明である。現在はその先導研究として、(1) 運動に限定した全脳規模の機能的神経回路モデルの構築、(2) グラフィクスプロセッシングユニット(GPU)等のアクセラレータを用いた、数値シミュレーションを高速・高精度に実施するための技術開発、(3) 筋骨格モデルやロボットを用いた人工脳の応用、の大きく 3 つのプロジェクトを立ち上げ、研究を進めている。

研究の方向性として、これまでは主に小脳に注目して研究を行ってきたが、小脳と大脳皮質、あるいは小脳と大脳基底核のように、複数の脳部位が協調して機能する仕組みの解明に研究の軸足を移しつつある。特に運動制御・運動学習に関わる大脳皮質運動野階層・大脳基底核・小脳を全て数理モデル化した全脳レベルの機能モデルを構築中である。また、全脳の大規模シミュレーション研究も進行中である。さらに、脳モデルと身体の動力学モデルを接続した脳身体モデルによる運動制御やリハビリテーションの研究も行っている。

卒論・修論ではいずれかのプロジェクトに加わり、プロジェクトの一部分を担当することで、その成果を卒論・修論としてまとめていく。こうすることで、学生をいきなり研究の現場に引き込み、大きなストーリーを持つ最先端の研究の一翼を担わせることで、研究者としての実践的な教育を施すことを基本方針としている。特に成果を出すことを強く意識させるようにしている。修士の学生は海外での研究発表を義務としており、査読付論文投稿も強く推奨している。そのための予算を潤沢に確保し、研究に必要な機材も最高のものを与えることで、成果の出せる環境づくりを心がけている。

また教員だけでは指導に限界があるため、博士研究員および研究支援員を雇用し、チームとして研究を強力に推進する体制を整えている。

1. 2　2013-2015 年度における成果と進捗状況

1.　小脳学習における記憶定着の理論

小脳学習における記憶の所在に関しては 30 年に及ぶ議論があり、特に近年の遺伝子改変技術を用いた実験報告によって事態は混迷を極めていたが、これまでのほぼ全ての報告をきれいに説明する単一の数理モデルを構築した。この論文は PNAS 誌に掲載され、本学からプレスリリースを行った。科研費基盤 C の支援を受けている。解説記事を書籍の 1 章と雑誌「臨床神経学」に機構した (ともに分担執筆)。

2.　小脳神経回路の大規模シミュレーション

グラフィクスプロセッシングユニット(GPU)を用いた並列計算により神経回路シミュレーションを高速に行うことが可能である。GPU を 4 枚同時に利用することで、100 万ニューロンからなる小脳回路のシミュレーションを実時間で完了できるようにした。査読付国際誌に論文が採択された。海外の研究室との共同研究により、Field Programmable Gated Array (FPGA)上に小脳回路を構築する研究が査読付国際誌に論文として掲載された。さらに PEZY Computing/Exascaler 社が開発し理研に設置されているスパコン「菖蒲」を用いて、10 億ニューロンからなるネコ全小脳規模の実時間シミュレーションもできており、国際会議に論文を投稿中である。また解説記事を人工知能学会の学会誌に寄稿した。

3.　時間認知の大脳基底核—小脳連携モデル

時間認知はヒトに欠かせない機能であり、大脳基底核は 1 秒以上の時間認知に、小脳は 1 秒未満のタイミング制御にそれぞれ関与していることが知られている。大脳基底核と小脳が連携して機能し、長い時間経過を精度良く表現するための数理モデルを構築した。科研費新学術の支援を受け、論文を準備中である。科研費新学術の支援を受け、査読付英語論文を準備中である。また、解説記事を書籍の 1 章に掲載した。

4.　運動制御に関する全脳機能モデルの開発

大脳基底核—小脳連携モデルに大脳皮質モデルを加え、運動制御に関する全脳レベルの機能モデルを開発している。大脳皮質は運動の表現、基底核は運動の生成、小脳は運動の調節の役割を担い、

全体で統合され機能するモデルである。このプロジェクトのために、今年度から産総研 AI センターとの共同研究を開始し、NEDO の「次世代人工知能技術研究開発」の受託研究費を獲得した。博士研究員と研究支援員を雇用している。

5. リハビリテーションへの応用を目指した脳身体モデルによる歩行シミュレーション
ヒト下肢筋骨格系の動力学モデルを神経振動子で駆動し、2 足歩行をさせる。そのままでは転倒してしまうが、小脳による予測制御を加えることで安定した歩行を実現することに成功した。また片側の小脳だけを停止すると、停止側の脚が高く上がり大きな動作となった。片側小脳損傷の患者でも同様の症状が見られるため、小脳患者で見られる粗雑な運動は小脳による予測制御が損なわれたためと考えられる。またこのモデルを利用して、どのようなリハビリテーションが効果的なのかをシミュレーションによって検証することで、患者の負担を減らすことを検討している。修士の学生の仕事であり査読付国内誌に論文を投稿中である。

6. 人工小脳による小型ヒューマノイドロボットの予測制御
人工小脳の実時間性を利用して、アルデバランロボティクス社製の Nao に卓球をさせる、卓球ロボットを開発している。飛んできたボールの軌道予測と、ラケットをスイングするタイミング学習ができている。人工知能研究振興財団の助成金を受けた。

1. 3 今後の計画

まず運動制御に関する全脳機能モデルを発展させ、言語獲得と生成のようなヒト高次脳機能への展開を計画している。大規模シミュレーションに関しては「京」コンピュータとその後継機での全脳シミュレーションの計画が進行中である。人工脳の応用に関しては、産総研 AI センターとの共同研究により工業用ロボットの適応制御や農業ロボットへの転用が期待でき、さらに脳身体モデルシミュレーションは患者一人一人の筋骨格の状態や脳症状に応じたテーラーメードリハビリテーションへの応用が考えられる。

2. 研究の成果

2. 1 発表論文（査読有）

(1) Masato Gosui, Tadashi Yamazaki (2016) Real-world-time simulation of memory consolidation in a large-scale cerebellar model. Frontiers in Neuroanatomy, 10(21): 1–10.

(2) Junwen Luo, Graeme Coapes, Terrence Mak, Tadashi Yamazaki, Chung Tin, Patrick Degenaar (2016) Real-Time Simulation of Passage-of-Time Encoding in Cerebellum Using a Scalable FPGA-based System. IEEE Transactions on Biomedical Circuits and Systems, 10(3): 742-53.

(3) Tadashi Yamazaki, Soichi Nagao, William Lennon, Shigeru Tanaka (2015) Modeling memory consolidation during post-training periods in cerebellovestibular learning. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 112(11): 3541-3546.

(4) William Lennon, Tadashi Yamazaki, Robert Hecht-Nielsen (2015) A Model of In Vitro Plasticity at the Parallel Fiber – Molecular Layer Interneuron Synapses. Frontiers in Computational Neuroscience,

9(150): doi: 10.3389/fncom.2015.00150.

(5) Leonard F. Koziol, Deborah Budding, Nancy Andreasen, Stefano D'Arrigo, Sara Bulgheroni, Hiroshi Imamizu, Masao Ito, Mario Manto, Cherie Marvel, Krystal Parker, Giovanni Pezzulo, Narender Ramnani, Daria Riva, Jeremy Schmahmann, Larry Vandervert, Tadashi Yamazaki (2014) Consensus Paper: The Cerebellum's Role in Movement and Cognition. The Cerebellum, 13(1):151-177.

(6) William Lennon, Robert Hecht-Nielsen, Tadashi Yamazaki (2014) A spiking network model of cerebellar Purkinje cells and molecular layer interneurons exhibiting irregular firing. Frontiers in Computational Neuroscience, 8(157) :1-10.

(7) Tadashi Yamazaki, Jun Igarashi (2013) Realtime Cerebellum: A large-scale spiking network model of the cerebellum that runs in realtime using a graphics processing unit. Neural Networks, 47: 103-111.

(8) Soichi Nagao, Takeru Honda, Tadashi Yamazaki (2013) Transfer of memory trace of cerebellum-dependent motor learning in human prism adaptation: A model study. Neural Networks, 47: 72-80.

2.2 著書

(1) 単著・Annual Review 神経 2016 (時計と小脳)、中外医学社、2016年

(2) 共著・Cerebellar Learning, Volume 210 (Long-Term Depression as a Model of Cerebellar Plasticity)、Progress in Brain Research、2014年

2.3 解説記事・翻訳

(1) 山﨑 匡、牧野淳一郎、戎崎俊一、パーセプトロンと小脳、臨床神経学、印刷中

(2) 山﨑 匡、小脳の計算機シミュレーション、人工知能学会誌、30(5): 639－646、2015年

(3) 山﨑 匡、小脳内部時計とタイミング制御、神経内科、78(6):635－641、2013年

2.4 招待講演

(1) 山崎 匡、Toward building an artificial cerebellum、Advances in Neuroinformatics 2016、理化学研究所、2016年5月28-29日

(2) 山﨑 匡、人工小脳の構築を目指して、東海大学シンポジウム「若手研究者による小脳研究の最前線」、東海大学高輪キャンパス、2015年1月10日

(3) Tadashi Yamazaki, Building a 1 mm^3 cerebellar module on a computer, INCF Congress Neuroinformatics 2015, Cairns, Australia, 2015年8月20日-22日

(4) 山﨑 匡、順序とタイミングの神経回路モデル、第8回 全脳アーキテクチャ勉強会、グラントウキョウサウスタワー41Fアカデミーホール、2014年11月10日

(5) 山﨑 匡、コンピュータ上に小脳を創る、第6回次世代医師・研究者交流会、自治医科大学、2013年2月19日

(6) 山﨑 匡、コンピュータ上に人工小脳を創る、Neuro 2013サテライトシンポジウム「小脳の神経科学 - 分子生物学から認知科学まで」、京都国際会館、2013年6月22日

(7) Tadashi Yamazaki, Realtime simulation of a cerebellar spiking network model using a GPU, Open Source Brain Kickoff Meeting , Sardina, Italy , 2013年5月13日-15日

(8) Tadashi Yamazaki, Realtime Cerebellum: GPU-accelerated numerical simulation of a cerebellar spiking network model in realtime, Computational Neuroscience (CNS) 2013 Paris, Paris, France, 2013年7月17日-18日

2.5 メディアリリース

(1) Better Batting with CUDA: How GPU-based Brain Research Helped Japanese Robot Swing for the Fences, NVIDIA Blog, 2013年
(2) Scientists Build Baseball-Playing Robot With 100,000-Neuron Fake Brain, WIRED Enterprise, 2013
(3) GPU-based Brain Research Hits it Out of the Park, insideHPC, 2013年
(4) Scientists build baseball-playing robot with 100,000-neuron fake brain, CNN, 2013年
(5) Swing Batter, Batter: GPUs and Baseball, Bio IT World, 2013年
(6) 「GPU制御の人工小脳」：電通大等の野球ロボ、WIRED日本語版、2013年
(7) Artificial intelligence: Brain-training for baseball robot, UEC e-Bulletin vol.4 2014, 2014年
(8) 小脳における記憶の定着過程の理論を提唱 ～「一夜漬けより毎日コツコツと」の仕組み解明へ～、電気通信大学: 【メディアリリース】、2015年
(9) 一夜漬けよりコツコツ学習の方が記憶が定着する仕組みを解明 - 電気通信大学､マイナビニュース、2015年
(10)Motor memory: the long and short of it, UEC e-Bulletin vol.5 2015, 2015年
(11)Research explains the formation of long-term motor memory, MedicalXpress, 2015年
(12)【神経科学トピックス】一夜漬けより毎日コツコツと：小脳における記憶の定着過程の理論モデル、日本神経科学学会、2015年
(13)Neuroscience: Creating realistic computational models of the cerebellum, UEC eBulletin vol.8 2015, 2015年

2.6 データ公開

(1) 小脳PF(Cerebellar Platform) http://cerebellum.neuroinf.jp/ 、2006年
(2) シミュレーションPF(Simulation Platform)http://sim.neuroinf.jp/ 、2009年

2.7 受賞（教員、学生の順）

(1) 山﨑 匡、五十嵐 潤 日本神経回路学会 論文賞 2014年

2.8 学生指導

(1) 稲葉 学、2013 年、修士（工学）
(2) 久保田 守、2013 年、修士（工学）
(3) 安室 脩星、2014 年、学士（工学）
(4) 五水井 柾人、2015 年、修士（工学)
(5) 山本 祐輝、東京医科歯科大学 4 年
(2015 年 6 月 1 日から 11 月 20 日までインターンシップ受け入れ)
(6) 露木 吏、2015 年、学士（工学）修士課程在学中

(7) 片倉 央揮、2014 年、学士（工学）修士課程在学中
(8) 市村 大輔、2014 年、学士（工学）修士課程在学中

2.9 海外研究者・学生の受け入れ

(1) William Lennon、Spiking neural network simulation of plasticity at stellate and basket cells in the cerebellum、2013年6月18日から8月20日

3. 研究資金獲得

3.1 科研費

(1) 山崎 匡（代表）、細胞集団活動の遷移による時間経過表現のモデル研究、新学術領域研究(研究領域提案型)、2014 年 4 月 1 日-2016 年 3 月 31 日(予定)、210 万円
(2) 山崎 匡（代表）、小脳内に分散された複数の可塑性による相補的運動学習メカニズムの解明、基盤研究(C)、2014 年 4 月 1 日-2017 年 3 月 31 日(予定)、390 万円

3.2 外部資金

(1) 山崎 匡（代表）、人工小脳の学習と予測に基づいた小型ヒューマノイドロボットの制御、人工知能研究振興財団　助成金、2014 年 4 月 1 日-2016 年 3 月 31 日、50 万円
(2) 山崎 匡（代表）、人工運動野の研究開発、NEDO 次世代人工知能技術研究開発、2015 年 7 月 1 日-2019 年 3 月 31 日、2000 万円/年
(3) 山崎 匡（代表）、神経情報基盤プラットフォームの開発、理化学研究所 共同研究費、2015 年 4 月 1 日-、100 万円/年

4. 共同研究・共同開発を実施した相手

4.1 BLSC 内

(1) 田中繁、小脳計算機構の理論研究、2013 年 4 月-

4.2 学外

(1) 神経情報基盤センター、理化学研究所（国立研究開発法人）、神経回路シミュレーションの研究、2013年-現在
(2) 人工知能研究センター、産業技術総合研究所（国立研究開発法人）、脳型人工知能の研究開発、2015年-現在
(3) 牧野淳一郎、神戸大学、PEZY-SCでの小脳の大規模シミュレーション、2015年-現在
(4) 戎崎俊一、理化学研究所（国立研究開発法人）、PEZY-SCでの小脳の大規模シミュレーション、2015年-現在
(5) 五十嵐潤、理化学研究所（国立研究開発法人）、GPUを用いた小脳の大規模シミュレーション、2015年-現在
(6) 多摩川病院（医療法人社団）、脳筋骨格系モデルによるリハビリのシミュレーション、2014

年-現在

(7) Chung Tin、City Universyty of HongKong、FPGAによる小脳回路のシミュレーション、2013年-現在

5. 社会貢献

5.1 学術誌エディタ

(1) Frontiers in Computational Neuroscience、2012 年 5 月-現在

(2) Neural Networks、2016 年 1 月 – 2018 年 12 月

5.2 学術論文審査

Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Science 等のトップジャーナルから、Neural Networks, Frontiers in Computational Neuroscience 等の理論専門誌まで多数

5.3 外部審査委員

(1) 総務省情報通信審議会 AI・脳研究 WG、 2015/12—2016/5

(2) 電子情報通信学会 ニューロコンピューティング専門委員会、2014/4-現在

5.4 その他社会貢献

(1) 日本神経回路学会オータムスクール講師（長野県諏訪市）、2014 年 10 月 31 日-11 月 3 日