



脳・医工学研究センター  
Center for Neuroscience and Biomedical Engineering

# 2020.4 – 2021.3 年報 ANNUAL REPORT



CENTER FOR NEUROSCIENCE AND  
BIOMEDICAL ENGINEERING  
(CNBE)

脳・医工学研究センター



電気通信大学

## はじめに

2020年、世界の常識は覆され人類の生活様式は大きく転換した。社会の枠組みが根底から見直される一方で、科学の力は脅威に対して未熟である現実も露呈した。本研究センターは、医工学研究を看板に掲げているにも関わらず、研究活動を制限せざるを得ないもどかしい1年となった。本研究センターの活動の中心でもある医工学分野の人材を育成するという目標も達成することができたか検証が必要である。未だ大きな犠牲が払われるなか、ものづくりや医工学技術に関する研究開発及び本分野における人材育成が困難を克服するための最善の手段になると願い、僅かであるが年次報告として令和2年度の成果をまとめさせていただいた。

今年度は、引き続き基礎研究及び新技術の開発に邁進することで本研究センターの存在意義を高める所存である。また、最終年度に向けて若干の体制の強化も予定しており、未来に継続する形での取り組みと成果を発信できればと考えている。引き続き当研究センターの活動に対するご理解とご支援を戴ければ幸いである。

令和 3年 6月

脳・医工学研究センター  
センター長 正本和人

## メンバー 2021.5.1 現在

### 研究センター教員：

正本 和人	教授	センター長
安藤 創一	准教授	
岡田 英孝	教授	
櫻森 与志樹	教授	
狩野 豊	教授	
小池 卓二	教授	
小泉 憲裕	准教授	
佐藤 俊治	准教授	
姜 銀来	准教授	
庄野 逸	教授	
孫 光鎬	准教授	
田中 繁	特任教授	
東郷 俊太	准教授	
仲村 厚志	助教	
牧 昌次郎	准教授	
松田 信爾	准教授	
宮脇 陽一	教授	
山崎 匡	准教授	
横井 浩史	教授	

### 客員教員

山田 幸生	電気通信大学・名誉教授
丹羽 治樹	電気通信大学・名誉教授
中村 整	電気通信大学・名誉教授
小林 孝嘉	東京大学・名誉教授
高山 真一郎	社会福祉法人日本心身障害児協会 島田療育センター 副院長
山村 修	福井大学医学部 地域医療推進講座 講師
星 詳子	浜松医科大学・光先端医学教育研究センター 教授
瀧田 正寿	産業技術総合研究所 産業技術総合研究所 健康医工学研究部門・シニアスタッフ
神作 憲司	獨協医科大学 医学部 生理学(生体情報)講座 主任教授
兪 文偉	千葉大学 フロンティア医工学センター 教授
加藤 龍	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
呂 宝糧	上海交通大学 Shanghai Education Commission ディレクター
高木 岳彦	国立成育医療研究センター 臓器・運動器病態外科部 整形外科 診療部長
曹 其新	School of Mechanical Engineering, Shanghai Jiao Tong University Professor
陳 衛東	Institute of Medical Robotics, Shanghai Jiao Tong University Dean
楊 俊友	School of Electrical Engineering, Shenyang University of Technology Professor
孫 柏青	School of Electrical Engineering, Shenyang University of Technology Professor
荒牧 勇	中京大学 スポーツ科学部 教授
黄 強	北京理工大学 知能ロボティクス研究所 教授
段 峰	南開大学大学院工学研究科 教授
Nguyen Vu Trung	National Hospital of Tropical Diseases, Hanoi, Vietnam Vice Director
原田 竜彦	国際医療福祉大学 教授
新井 健生	北京理工大学 教授

## 目次

<b>光計測基礎技術開発グループ</b> -----	<b>4</b>
牧、仲村	
<b>生体脳解析研究グループ</b> -----	<b>8</b>
正本、宮脇、庄野、松田、安藤	
<b>運動機能福祉技術開発グループ</b> -----	<b>16</b>
小池、横井、狩野、岡田、小泉、姜、孫、東郷	
<b>理論神経科学研究グループ</b> -----	<b>27</b>
檜森、田中、山崎、佐藤	
<b>特任・客員教員</b> -----	<b>33</b>
山田、丹羽、小林	
<b>セミナー</b> -----	<b>35</b>

## 光計測基礎技術開発グループ（牧，仲村）

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する。

### 牧 昌次郎 准教授（東 6-827）

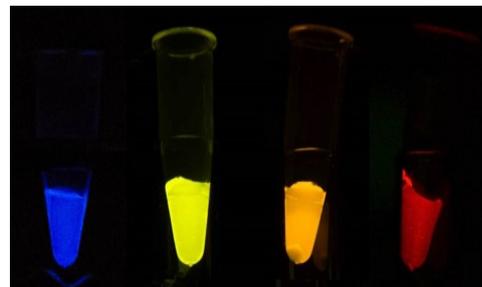


**専門分野：** 有機合成，生物有機化学

**研究テーマ：** ホタル生物発光型 in vivo イメージング用標識材料の創製

**メッセージ：** 光イメージングは，ライフサイエンスの基盤技術であり，ライフサイエンスのレベルを決めると言われています。

私たちは，高い技術レベルに留まらず，実用的標識材料の開発を追求しています。アカルミネとトケオニは，既に実用化（市販）されています。



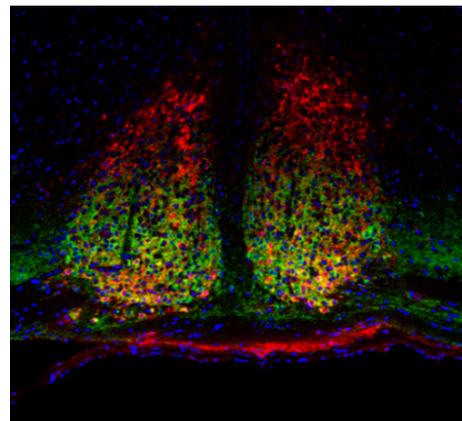
### 仲村 厚志 助教（東 6 - 639）



**専門分野：** 神経科学，生化学

**研究テーマ：** 体内時計メカニズムの解明，in vivo イメージングシステムの開発

**メッセージ：** ホタル発光遺伝子導入マウスを用いて，体内時計の仕組みの解明を目指しています。また，牧研究室と共同で，新しい in vivo イメージングシステムの開発を試みています。



マウス脳の時計中枢の顕微鏡写真

### 研究のまとめ (2020年4月~2021年3月)

生体内深部可視化技術の競争(長波長発光材料の開発競争)が世界で激しくなっている。2019年末にホタル生物系では、米国プロメガ社が2018年に論文で公開したca.740 nmの人工材料を超える、世界最長波長となるNIR人工発光基質“GeKiaka”(ca. 760 nm)を創製し、その技術の権利化と発表を行った。2020年度はこの権利化とデータ収集を行なった。また、ホタル生物発光酵素(ca. 62 kDa)が大きくウィルスの標識には不適であることが長年指摘されていた。しかし、海ホタル系では発光酵素は小さい(ca. 19 kDa)ものの、天然系は短波長(ca.480 nm)でありインフルエンザ等のウィルスの生体内動態の可視化には全く不十分であった。そこで海ホタル発光基質もホタルの系に倣って人工化することで、近赤外発光領域(650-900 nm)の発光(ca.670 nm)を実現した。

Shojiro Maki Laboratory <http://www.firefly.pc.uec.ac.jp/>

### Summary (April, 2020–March, 2021)

Every year, in vivo imaging technology is witnessing intensifying competition globally. In 2019, we innovated near-infrared (NIR) luciferin “GeKiaka”, which has the longest wavelength in the world (ca. 760 nm). Its wavelength is much longer than that of the NIR luciferin (ca. 740 nm) produced and reported by Promega Corporation (USA) in 2018. We have obtained a patent for “GeKiaka” and presented it. In this year (4 / 2020 – 3 / 2021), we collected data to apply for the patent. Further, firefly luciferase (ca. 62 kDa) is inconvenient for virus labeling as it is too large. Although *Cypridina luciferase* is sufficiently small (NanoLuc®: ca. 19 kDa) for virus labeling, its bioluminescence has an insufficient wavelength (ca. 480 nm) for in vivo imaging. We innovated NIR coelenterazines with ca. 670 nm by molecular modeling of *Cypridina luciferin* (coelenterazine), as with NIR luciferin.

### 主な研究業績 (論文, 特許など) Research achievements

1. (IF: 2.572) Chihiro Yoshida, Tomoya Higashi, Yoshifumi Hachiro, Takuya Yagi, Azusa Takechi, Chihiro Nakata, Kazuya Miyashita, Nobuo Kitada, Ryohei Saito, Rika Obata, Takashi Hirano, Takahiko Hara, and Shojiro A. Maki\*, “Synthesis of polyenylpyrrole derivatives with selective growth inhibitory activity against T-cell acute lymphoblastic leukemia cells”, *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, **37**, 127837 (2021).
2. (IF: 4.556) Ryohei Saito\*, Jun Nakayama, Genta Kamiya, Nobuo Kitada, Rika Obata, Shojiro A. Maki, Hiroshi Aoyama, “How to select the firefly luciferin analogues for in vivo imaging”, *International Journal of Molecular Sciences*, **22(4)**, 1848 (2021).
3. (IF: 4.120) Shota Tamaki, Nobuo Kitada, Masahiro Kiyama, Rika Fujii, Takashi Hirano, Sung Bae Kim,\* Shojiro Maki\*, *Scientific Reports*, **11**, 2219 (2021).
4. (IF: 4.556) Jun Nakayama, Ryohei Saito, Yusuke Hayashi, Nobuo Kitada, Shota Tamaki, Yuxuan Han, Kentaro Semba and Shojiro A. Maki, “High sensitivity in vivo imaging of cancer metastasis using a near-infrared luciferin analogue seMpai”, *International Journal of Molecular Sciences*, **21**, 7896 (2020).
5. (IF: 4.58) Mamoru Fukuchi\*, Ryohei Saito, Shojiro Maki, Nami Hagiwara, Yumena Nakajima, Satoru Mitazaki, Hironori Izumi and Hisashi Mori, “Visualization of activity-regulated BDNF expression in living mouse brain using non-invasive near-infrared bioluminescence imaging”, *Molecular Brain*, **13**, 122-132 (2020).
6. (IF: 2.171) Nobuo Kitada, Ryohei Saito, Rika Obata, Satoshi Iwano, Kazuma Karube, Atsushi Miyawaki, Takashi Hirano and Shojiro A. Maki\*, “Development of near-infrared firefly luciferin analogue reacted with wild type and mutant luciferases”, *Chirality*, **32** (7), 922–931 (2020).
7. (IF: 5.996) Matsuhashi, Chihiro; Ueno, Takuya; Uekusa, Hidehiro; Sato-Tomita, Ayana; Ichianagi, Kouhei; Maki, Shojiro; Hirano, Takashi, Isomeric difference in the crystalline-state chemiluminescence property of an adamantlylideneadamantane 1,2-dioxetane with a phthalimide chromophore. *Chemical Communications* (Chem.

・特許

1. 特願 2021-032167, 「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, 北田 昇雄, 森屋 亮平  
出願人：国立大学法人 電気通信大学, 黒金化成株式会社  
出願日 2021年3月1日
2. 特願 2020-148548, 「発光システム及びシトクロム P 4 5 0 の定量方法」  
発明者：仲村 厚志, 牧 昌次郎, 齊藤 亮平, 北田 昇雄  
出願人：国立大学法人 電気通信大学, 黒金化成株式会社  
出願日 2020年9月3日
3. 特願 2020-123183, 「検出装置、検出方法、及び検出器」  
発明者：山田 幸生, 西村 吾朗, 丹羽 治樹, 牧 昌次郎, 道脇 幸博, 小池 卓二, 鈴木 崇弘, 田代 剛大  
出願人：国立大学法人 電気通信大学, 国立大学法人 北海道大学, 学校法人 昭和大学  
出願日 2020年7月17日
4. 特願 2020-112102, 「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, 北田 昇雄, 齊藤 亮平, 青山 洋史, 伊集院 良祐  
出願人：学校法人 東京薬科大学, 国立大学法人電気通信大学  
出願日 2020年6月29日

・報道・プレス発表等

1. A-STEP 成果集 (科学技術振興機構: JST) 特集 2 「実験動物の生体内深部を可視化する発光イメージング技術の開発に成功」: 2020年4月23日
2. 日刊工業新聞 「ホタル発光系で最長波長 電通大、生命科学向け試薬」: 2020年7月7日
3. 化学工業日報「ウィルスの光イメージング技術の技術展望」～合成化学で光を創る～: 2020年8月26日
4. プレス発表 (産業技術総合研究所 筑波・電気通信大学) 「全可視光領域で発色する虹色発光標識のポトフォリオを開発」 - 医療・環境診断のマルチカラー発光イメージング手段として期待 - : 2021年1月26日

**2020 仲村 厚志 研究室** <http://kaeru.pc.uec.ac.jp/>

**研究のまとめ (2020 年 4 月～2021 年 3 月)**

ホタルルシフェリン誘導体, アカルミネ及びトケオニは, ヘモグロビンなどの吸収を受けにくい近赤外領域に発光ピークをもつため, これまで生体深部の in vivo イメージング実験で成果をあげている. 一方で, これらの試薬をマウスに投与すると, ホタルルシフェラーゼ遺伝子を導入していないにもかかわらず肝臓に発光が検出される現象が観察されている. 本研究ではこの現象に, シトクロム p450 (CYP) と呼ばれる酵素群が関与していることを明らかにした.

Atsushi NAKAMURA Laboratory <http://kaeru.pc.uec.ac.jp/>

**Summary (April, 2020–March, 2021)**

Since firefly luciferin analogues, AkaLumine and TokeOni have luminescence peaks in the near infrared region, which is difficult to be absorbed by hemoglobin and water, they have been successful in in vivo imaging experiments in the deep part of the body. On the other hand, it has been observed that when these reagents are administered to mice, luminescence is detected in the liver even though the firefly luciferase gene has not been introduced. In this study, we found that a group of enzymes called cytochrome p450 (CYP) is involved in this phenomenon.

主な研究業績 (論文, 特許など) Research achievements (published papers, patents, etc.)

1. 特許出願 2020-148548・発光システム及びシトクロム P450 の定量方法・発明者: 仲村 厚志、牧 昌次郎、齊藤 亮平、北田 昇雄、2020 年 09 月 3 日

## 生体脳解析研究グループ（正本，宮脇，庄野，松田，安藤）

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を推進する。

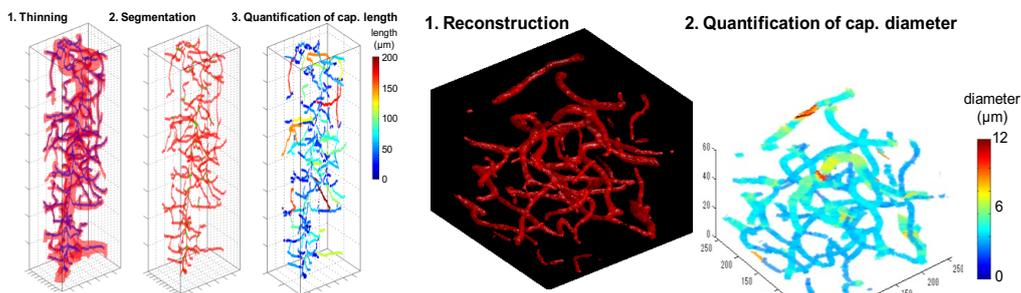
### 正本 和人 教授（副センター長）（東 4-830）



**専門分野：** 脳計測科学・生体医用工学・神経血管工学

**研究テーマ：** 神経血管連関・生体光イメージング・脳微小循環・酸素輸送・光遺伝学

**メッセージ：** 神経血管連関という研究分野で，脳の病気に対する治療・予防法の確立と脳の活動を簡易的にモニターするための「脳活計」の開発研究を行っています。



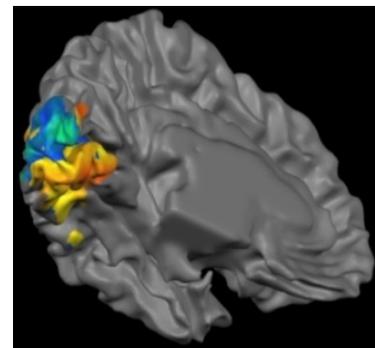
### 宮脇 陽一 教授（東 4-620）



**専門分野：** 計算論的神経科学，非侵襲脳活動計測（fMRI, MEG, EEG）

**研究テーマ：** 脳神経系における情報処理原理の計算論的理解とその工学的応用。具体的には，感覚・知覚や運動機能に対応する脳活動計測実験，機械学習を用いた脳活動データ解析，ブレイン-マシン-インタフェース，コンピュータ・ビジョン，医用生体工学など

**メッセージ：** 私たちの研究室では，ヒトの知覚および生理データの計算論的解析を通して，高等生物一般における知的な情報処理システムの普遍原理を探求し，その知見を実社会へと還元することを目指しています。



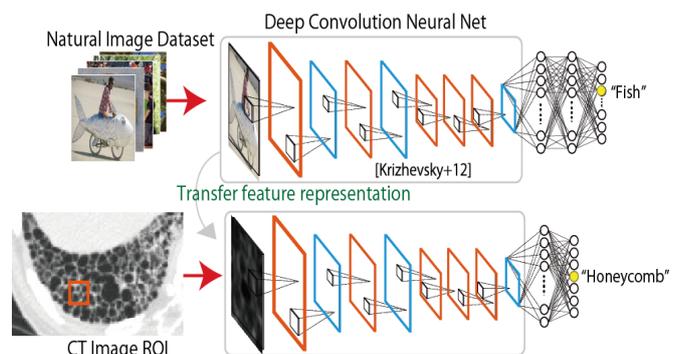
### 庄野 逸 教授（西 3-313）



**専門分野：** 機械学習，画像処理

**研究テーマ：** 医用画像に基づいた画像診断支援，Bayes アプローチに基づいた画像再構成

**メッセージ：** ディープラーニングなどの機械学習に基づいた医用画像の診断支援や，医用画像の再構成を主なテーマとして取り扱っています。

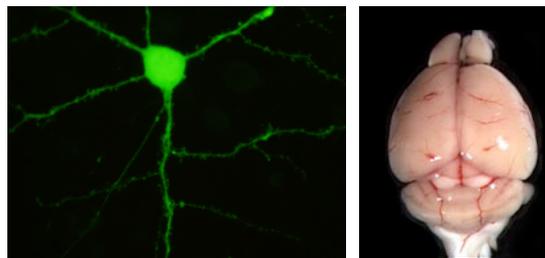


**松田 信爾 准教授** (東6-716)



**専門分野:** 神経科学・細胞生物学  
**研究テーマ:** シナプス可塑性の分子機構の解明と制御方法の開発  
**メッセージ:** 記憶や学習の細胞レベルの基盤と考えられている神経細胞のシナプス可塑性の分子メカニズム

を解明し、さらに、その制御方法の開発を目指して研究を行っています。



**安藤 創一 准教授** (東1-401)



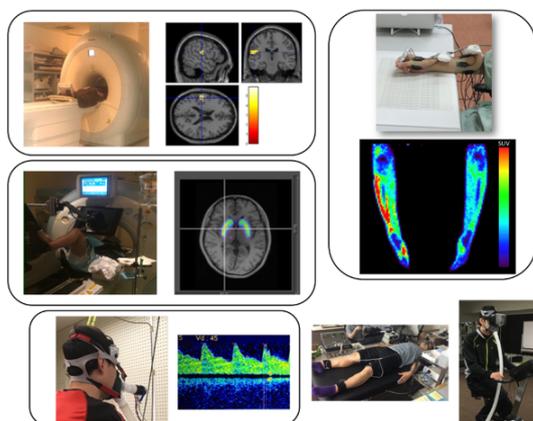
**専門分野:** 健康・スポーツ科学, 運動生理学

**研究テーマ:** 運動と認知

骨格筋への電気刺激, VR 運動

**メッセージ:** “身体を動かすとヒトの脳や筋では何が起こるのか?” という疑問に対して、様々なイメージング機器 (PET, MRI など) を用いて検討しています。

研究の最終目標は、健康の維持・増進やスポーツのパフォーマンス向上につながるエビデンスを提供し、それを実践することです。



### 研究のまとめ (2020年4月~2021年3月)

コロナによる入構制限のため、実験系はほとんど進捗無し。これまでにに行った実験データに対してリモートで再解析を進めて以下の知見を得た。生体二光子顕微鏡で撮像した脳微小血管3次元構造画像の解析においては、血管の分布による局所的な吸光度の変動および深部観察特有の入射光および蛍光の減衰によって従来から知られている通り、画像内のSN比が空間的に極めて不均質である。そのため、形態抽出を目的とした二値化画像の作成においてピクセル輝度に対する閾値を一義的に決められないことが問題となる。この問題に対して、サイズ既知の蛍光ビーズファントムモデルを用いて生体計測で想定されるSN比に対してあらかじめ真値を与える閾値を校正し、血管画像の位置毎に変わるSN比に対して適切な閾値設定を適用するプログラムを作成した。目視によるセグメンテーションを真値とし、提案法と従来法を比較し、提案法では誤差が1ピクセル程度に抑えられることを確認した。

Masamoto Kazuto Laboratory <http://www.nvu.mi.uec.ac.jp/>

### Summary (April, 2020–March, 2021)

In this physical year, we had no progress on the projects that need animal experiments due to restricted conditions during pandemics. As a remote work besides the laboratory, reexamination of 3D extraction for cerebral microvasculature captured with two-photon microscopy was conducted. In principle, the images captured with two-photon microscopy consist of variable signal to noise because of variable optical properties through in vivo brain tissue. Hemoglobin in blood largely absorb excitation and emission light, and tissue scattering effects increased with an increase in depth of tissue scanning. Those absorption and scatter of light variably modulate the signal to noise ratio in the two-photon image. To overcome these limitations, the phantom model made with a known-size of the microsphere was used and ideal binarization threshold that provide the true size of the imaged object was preliminary determined. The software developed automatically measure the signal to noise ratio and adjusted the binarization threshold in each location of the vessels. The results showed improved accuracy of the 3D extraction of the microvessels compared with the manually segmented true image objects.

### 主な研究業績 (論文, 特許など) Research achievements (published papers, patents, etc.)

1. Takuma Sugashi, Hiroya Yuki, Tomoya Niizawa, Hiroyuki Takuwa, Iwao Kanno, Kazuto Masamoto: Three-dimensional microvascular network reconstruction from in vivo images with adaptation of the regional inhomogeneity in the signal-to-noise ratio. *Microcirculation* (in press) [IF:2.110]
2. Nao Hatakeyama, Miyuki Unekawa, Juri Murata, Yutaka Tomita, Norihiro Suzuki, Jin Nakahara, Hiroyuki Takuwa, Iwao Kanno, Ko Matsui, Kenji F. Tanaka, Kazuto Masamoto: Differential Pial and Penetrating Arterial Responses Examined by Optogenetic Activation of Astrocytes and Neurons. *Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism* (in press)[IF:5.681]
3. Niizawa T, Hachiya R, Sugashi T, Terao S, Nagai M, Ishikawa M, Masamoto K. Mapping of flow velocity using spatiotemporal changes in time-intensity curves from indocyanine green videoangiography. *Microcirculation*. e12685. (2021) [IF:2.110]
4. Ishikawa M, Masamoto K, Hachiya R, Kagami H, Inaba M, Naritaka H, Katoh S. Neurosurgical intraoperative ultrasonography using contrast enhanced superb microvascular imaging -vessel density and appearance time of the contrast agent. *Br J Neurosurg*. 2020 Jul 10:1-10. doi: 10.1080/02688697.2020.1772958. Epub ahead of print. PMID: 32648779.
5. Natsubori A, Tsunematsu T, Karashima A, Imamura H, Kabe N, Trevisiol A, Hirrlinger J, Kodama T, Sanagi T, Masamoto K, Takata N, Nave KA, Matsui K, Tanaka KF, Honda M. Intracellular ATP levels in mouse cortical excitatory neurons varies with sleep-wake states. *Commun Biol*. 2020 Sep 7;3(1):491. doi: 10.1038/s42003-020-01215-6. PMID: 32895482; PMCID: PMC7477120.

[Invited lectures]

Masamoto K: Two-photon imaging of BOLD fMRI physiology. International Stroke Conference (ISC) 2020, Pre-Con II. Stroke in the Lab World: Novel Approaches in Studying Brain Metabolism and Function (2020.2.18) Los Angeles Convention Center, Los Angeles, California, USA

【招待講演・特別講演】

- 1) 正本和人【特別講演】脳梗塞亜急性期におけるグリアー脳血管連関の破綻と修復 第38回山梨神経科学研究会 (2020.9.9) 山梨大学医学部 (山梨)
- 2) 正本和人、村田樹里、畝川美悠紀、富田裕、菅野巖：(教育講演) 光を用いた脳微小循環動態のイメージングと操作 第37回スパズムシンポジウム 2021.3.11. 福岡国際会議場 (福岡)

### 研究のまとめ (2020 年 4 月～2021 年 3 月)

2020 年度は以下の研究成果を得た。1) 文脈情報を排した状態で高次画像特徴量を純粹に提示可能な刺激に対する視線優先性は、タスクの有無に関係なく見られる一般的な現象であることを発見した。2) 情報拡散現象を抑制するための脳磁場信号源推定手法として構造化スパースモデリングを用いた手法を実データに対して適用した。まだ十分な有効性は確認できていないものの、その原因は突き止めつつあり、改良法の開発に着手した。3) 超高磁場 fMRI 信号の超高速計測データの解析を進め、情報抽出と静脈位置との関係の解析をすすめた。4) 拡張身体に対する脳活動の変容を調査する予備実験を開始し、基礎的データを得ることに成功した。

Yoichi MIYAWAKI Laboratory <http://www.cns.mi.uec.ac.jp>

### Summary (April, 2019 - March, 2020)

We obtained the following research results in FY2020. 1) We discovered that the human gaze is preferentially directed to higher-order image features without contextual/semantic information irrespective of the task given to subjects. 2) We applied structured sparse modeling as a source estimation method for real magnetoencephalography data to suppress information spreading phenomenon. We haven't observed successful results but started to develop a method to improve source estimation performance. 3) We performed analysis of ultra-high field fMRI signals acquired at ultra-fast sampling rate and examined relationship between information representation and venous location in the human brain. 4) We have started preliminary experiments to explore brain activity changes for an augmented body part.

### 主な研究業績 (論文, 特許など) Research achievements (published papers, patents, etc.)

1. Yoichi Miyawaki, Daniel Handwerker, Javier Gonzalez-Castillo, Laurentius Huber, Arman Khojandi, Yuhui Chai, Peter Bandettini, "Time-resolved fast neural decoding independent of variation in hemodynamic response latency," Organization for Human Brain Mapping (OHBM) 2020 (online, 2020/06-07).
2. Naoki Ishibashi, Kazuaki Akamatsu, Shun Nirasawa, Yoichi Miyawaki, "Reduction of Information Spreading in MEG Source Estimation Using a Structured Model," Organization for Human Brain Mapping (OHBM) 2020 (online, 2020/06-07).
3. Yoichi Miyawaki, Daniel A Handwerker, Javier Gonzalez-Castillo, Laurentius Huber, Arman Khojandi, Yuhui Chai, and Peter A Bandettini, "超高磁場 fMRI 信号の超高速計測による血流動態反応の遅延から独立した神経情報表現のデコーディング," 第 43 回日本神経科学大会 (オンライン, 2020/07-08). **【第 43 回日本神経科学大会「いいね」獲得第 9 位表彰】**
4. Yoichi Miyawaki, Daniel Handwerker, Javier Gonzalez-Castillo, Laurentius Huber, Arman Khojandi, Yuhui Chai, and Peter A Bandettini, "Event-related decoding of visual stimulus information using short-TR BOLD fMRI at 7T," 2020 ISMRM & SMRT VIRTUAL CONFERENCE & EXHIBITION (online, 2020/08).
5. 宮崎海, 葺澤駿, 赤松和昌, 宮脇陽一, "構造化スパースモデルを用いた脳磁場信号源推定における信号源ノイズの影響の評価," ニューロコンピューティング研究会 (オンライン, 2021/03) .
6. 宮脇陽一, "超高磁場 fMRI 信号の超高速計測による血行動態と神経情報表現の時間的分離," 第 4 回ヒト脳イメージング研究会 (オンライン, 2020/09).
7. 稲見昌彦, 北崎充晃, 宮脇陽一, ゴウリシャンカー・ガネッシュ, 岩田浩康, 杉本麻樹, 笠原俊一, 瓜生大輔, "自在化身論—超感覚・超身体・変身・分身・合体が織りなす人類の未来," エヌ・ティー・エス (2021/2/19).

### 研究のまとめ (2020 年 4 月～2021 年 3 月)

2020 年の研究成果としては、心理視覚的な特徴量である Portilla-Simoncelli 統計量 (PSS)を中心にテクスチャ画像記述に関する特徴量研究を行った。テクスチャ画像の PSS 統計量に対して深層学習機械から得られる特徴表現を回帰し、深層学習機械(VGG)内部にどのような特徴が発現しているかを調べた。この結果、深層学習内部の表現とサル高次視覚野(V4 野)に発現している PSS 特徴の間に類似性があることを見出した[1].

また PSS 特徴量を用いた磁性材料画像の解析に着手した。解析に用いた磁性材料は、一定の条件下で、テクスチャパターンを表出するのでこれを定量的に評価する手法が求められている。このテクスチャ画像に対して PSS 特徴解析を行い、得られた特徴量を、パターン画像を生成する物理システム (時間依存 Ginzburg-Landau 方程式) のハイパーパラメータへ回帰を行った。この結果、画像から物理系のシステムを支配するハイパーパラメータの回帰が可能であることがわかった[2].

Hayaru SHOUNO Laboratory <http://daemon.inf.uec.ac.jp/>

### Summary (April 2020 - March 2021)

In 2020, we conducted a feature engineering on texture image description, focusing on the Portilla-Simoncelli statistic (PSS) that is a psycho-physical feature. We apply a LASSO regression from the feature obtained with a deep learning machines called VGG on the PSS statistic of texture images in order to investigate what features are expressed in the deep learning machines. As a result, we found that there is a similarity between the representation inside the deep learning machine and the macaque higher-order visual cortex of V4 [1].

We also started to analyze the images of magnetic materials using PSS features. The magnetic material used in the analysis shows several texture patterns, and a quantitative evaluation method of the texture image is required. We performed PSS feature analysis on the texture images and regressed the obtained features on the hyper-parameters of the physical system that generates the patterned images (time-dependent Ginzburg-Landau equation). The results show that it is possible to regress the hyperparameters governing the physical system from the image [2].

主な研究業績 (論文, 特許など) Research achievements (published papers, patents, etc.)

1. "Analysis of Texture Representation in Convolution Neural Network Using Wavelet Based Joint Statistics", Y.Hamano and H.Shouno, LNCS, 12532, Intl.Conf.Neural Information Processing 2020.
2. "Texture Analysis of Magnetic Domain Images Using Statistics Based on Human Visual Perception", R.Murakami et al., J. Phys. Soc. J.(IF 1.579)
3. "Development of spectral decomposition based on Bayesian information criterion with estimation of confidence interval", H.Shinotsuka et al., Sci.Tech.Adv.Mat.(IF 5.866)
4. "Development of multiple core-level XPS spectra decomposition method based on the Bayesian information criterion", R. Murakami, et al., J.Elec.Spec.Relat. Pheno.(IF 1.468)

**研究のまとめ (2020 年 4 月～2021 年 3 月)**

私は、2018 年度に AMPA 受容体のエンドサイトーシスと記憶・学習を直接的に制御することを、エンドサイトーシスを光によって阻害する技術を用いて明らかにした。さらに LTP の誘導に必須の役割を果たすリソソームに光駆動性プロトンポンプを発現させることにも成功し 2020 年度にはこのプロトンポンプを組み込んだ遺伝子改変マウスを完成させた。現在このマウスを用いて LTP と脳機能との関連性を解析中である。さらに AMPA 受容体 GluA1 サブユニットの膜直下の領域(MPR)のリン酸化が LTD 誘導時のエンドサイトーシスを制御していることも明らかにした。MPR が脱リン酸化状態の時、アダプタータンパク質複合体 (AP-3) と Transmembrane AMPA receptor Regulatory Protein (TARP)との結合が增強され LTD 誘導刺激を受けた際に AMPA 受容体を後期末ドソームまで輸送して細胞表面の AMPA 受容体数の減少に重要な役割を果たすことが示された。

Shinji Matsuda Laboratory <http://www.matsuda-lab.es.uec.ac.jp/>

**Summary (April, 2020 - March, 2021)**

In 2018, we reported that the cerebellar LTD plays critical roles for certain kinds of motor learning in Neuron. We also generated the light driven proton pump which can targeted to lysosome which play essential roles for long term potentiation (LTP) induction. We have already generated lysosomal light driven proton pump knock in mice to directly examine the relationship between LTP and brain function in vivo. We also examined the function of the phosphorylation at membrane proximal region (MPR) of GluA1. We showed that the phosphorylation of MPR regulate the interaction between Adaptor protein complex-3 (AP-3) and Transmembrane AMPA receptor Regulatory Protein (TARP). When the MPR is dephosphorylated the interaction between AP-3 and TARP is enhanced and the AMPA receptors are transported to the late endosomes during the LTD induction.

主な研究業績 (論文, 特許など) Research achievements (published papers, patents, etc.)

1. Matsuda S and Yuzaki M. Subunit-dependent and independent rules of AMPA receptor trafficking during long-term depression in hippocampal neurons. bioRxiv (2020) <https://www.biorxiv.org/content/10.1101/2020.11.12.379867v1>

### 研究のまとめ (2020年4月~2021年3月)

骨格筋への電気刺激は運動の代替となることが期待されている。しかし、骨格筋への電気刺激が脳循環や脳機能にもたらす効果は十分には明らかになっていない。本年度は、骨格筋への電気刺激が脳循環と認知パフォーマンスにもたらす効果を検討した。最初に、電気刺激中に内頸動脈血流量と椎骨動脈血流量を計測したところ、内頸動脈血流量は増加したのに対して椎骨動脈血流量に変化はみられなかった。この結果は、二酸化炭素反応性と局所的な神経活動の違いを反映していると考えられる。また、骨格筋への電気刺激により認知パフォーマンスに変化はみられなかった。しかし、電気刺激に腕エルゴメーターによる随意運動を組み合わせると認知パフォーマンスは向上した。この結果は、骨格筋への電気刺激だけでは認知パフォーマンスは向上しないが、随意運動を組み合わせることで認知パフォーマンスが向上することを示している。

Soichi ANDO Laboratory <https://www.sports.lab.uec.ac.jp/>

### Summary (April, 2019 - March, 2020)

Electrical muscle stimulation (EMS) induces involuntary muscle contraction. Recent studies suggest that EMS has the potential to be an alternative method of voluntary exercise. However, the effects of EMS of large muscles on cerebral blood flow and cognitive performance are poorly understood. First, we measured the internal carotid artery (ICA) and vertebral artery (VA) blood flow during EMS. The ICA blood flow increased during EMS, while the VA blood flow did not change. The results suggest that the differential responses to EMS are primarily ascribed to the differences in cerebrovascular response to CO<sub>2</sub> and neural activation. Second, we assessed cognitive performance after EMS or the combination of EMS and moderate arm exercise. Cognitive performance was not affected by EMS alone. However, cognitive performance improved after the combination of EMS and moderate arm exercise. These results suggest that combination of EMS and moderate arm exercise improves cognitive performance independently of the effects of EMS alone.

主な研究業績 (論文, 特許など) Research achievements (published papers, patents, etc.)

1. Saito S, Washio T, Watanabe H, Ando S, Ogoh S. (2021) Effect of intermittent isometric handgrip exercise protocol with short exercise duration on cognitive performance. *J Physiol Sci*. In press. (IF 2.804)
2. Yasukawa K, Koike Y, Konno T, Sudo M, Ohkawara K, Ando S. (2021) Effects of alterations in visual flow on psychophysiological responses to virtual reality exercise. *Percept Mot Skills*. In press. (IF 1.245)
3. Washio T, Suzuki K, Saito S, Watanabe H, Ando S, Brothers RM, Ogoh S. Effects of acute interval handgrip exercise on cognitive performance. *Physiol Behav*. In press. (IF 2.826)
4. Tsukamoto H, Ishibashi A, Marley C, Shinohara Y, Ando S, Bailey D, Hashimoto T, Ogoh S. (2021) Plasma brain-derived neurotrophic factor and dynamic cerebral autoregulation in acute response to glycemic control following breakfast in young men. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 320(1), R69-R79. (IF 3.026) 2021年1月
5. Costello JT, McMorris T, Ando S, Willams TB, Corbett J. (2020) Hypoxia and cognitive performance – the role of barometric pressure. *J Physiol*, Comment on CrossTalk debate. (IF 4.547) 2020年9月

## 運動機能福祉技術開発グループ（小池，横井，狩野，岡田，小泉，姜，孫，東郷）

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を推進する。

### 小池 卓二 教授（東 4-729）

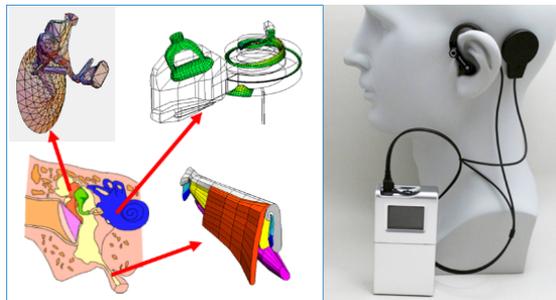


**専門分野：** 医用生体工学，機械力学，計測・制御

**研究テーマ：** 埋め込み型骨導補聴器の開発，耳小骨可動性計測，聴覚のモデル化，副鼻腔内視鏡手術リスク低減システム，胎児の聴カスクリーニング

**メッセージ：** 主として耳鼻咽喉科領域の医工連携研究を行っています。具体的には，聴覚器官をモデル化し，その振動を解析することで，耳疾患のメカニズムの解明やその効果的治療法の提案を行っています。また，診断装置・治療装置の開発も行っています。

モデル化し，その振動を解析することで，耳疾患のメカニズムの解明やその効果的治療法の提案を行っています。また，診断装置・治療装置の開発も行っています。



### 横井 浩史 教授（東 4-602）



**専門分野：** リハビリテーション科学・福祉工学，知能機械学・機械システム

**研究テーマ：** 個性適応型筋電義手の開発，表面筋電位からの運動推定，ブレインマシンインターフェース，相互適応，筋電義手，fMRI，パターン認識

**メッセージ：** 医療・福祉の現場で必要となる支援技術の研究開発や，これらの分野を担う研究者，技術者，医療従事者の育成を図り，ライフサポート研究分野における世界的な教育・研究拠点を目指すことを目的としています。

担う研究者，技術者，医療従事者の育成を図り，ライフサポート研究分野における世界的な教育・研究拠点を目指すことを目的としています。

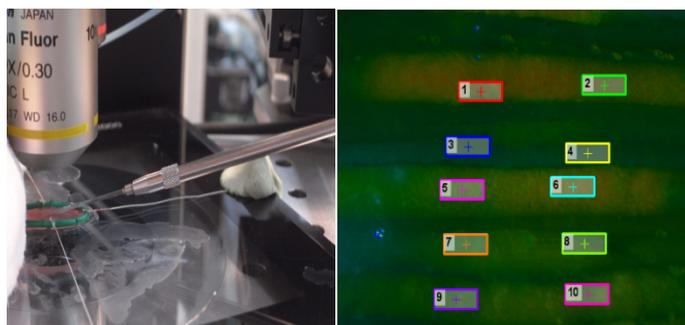


### 狩野 豊 教授（センター長）（東 6-907）

**専門分野：** スポーツ科学，運動生理学

**研究テーマ：** 筋収縮と in vivo バイオイメージング，筋機能とカルシウムイオンチャネル，酸素環境（高圧高酸素，低酸素）と骨格筋の適応

**メッセージ：** 筋疲労，筋損傷，筋萎縮（加齢，糖尿病）のメカニズムを探求しています。



**岡田 英孝 教授** (東 1-407)

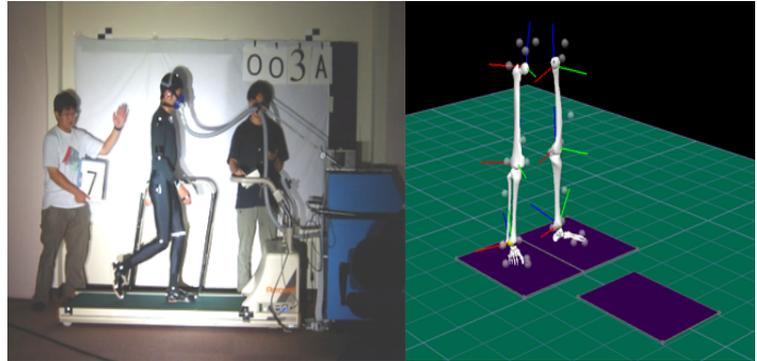


**専門分野:** スポーツ科学, ヒューマンバイオメカニクス

**研究テーマ:** 身体運動のキネマティクス・キネティクス解析, アスリートの身体部分慣性特性, ロコモーションにおける下肢の動作と筋機能

**メッセージ:** モーションキャプチャ, 映像, 各種センサを用

いてヒトの身体運動を力学的に計測・解析しています。歩行動作の加齢度評価やアスリートの合理的な運動技術の解明を目指して研究を行っています。



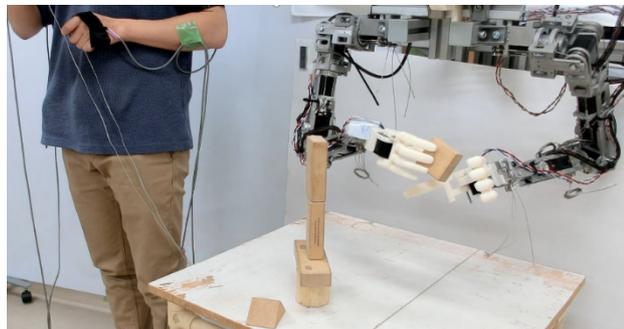
**姜 銀来 准教授** (東 4-603)



**専門分野:** 知能ロボティクス, 福祉工学

**研究テーマ:** Humanoid Robot, Human Robot Interface, ワイヤ干渉駆動, 歩行解析と歩行支援.

**メッセージ:** ヒューマンフレンドリーで安全性が高く、人と密に接することができるロボットの開発とその実用化を行っています。



**小泉 憲裕 准教授** (東 4-6 2 4)

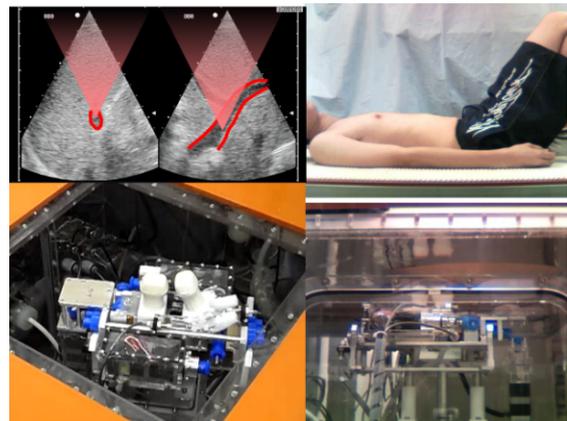


**専門分野:** 医療ロボティクス, 超音波診断・治療ロボット, 医デジ化

**研究テーマ:** 医デジ化による超高精度な超音波診断・治療の実現

**メッセージ:** IT 技術, なかでもロボット技術を医療分野に展開して質の高い医療機器を効率よく生み出す

ための方法論を医工融合の学術基盤として確立できればと期待しています。



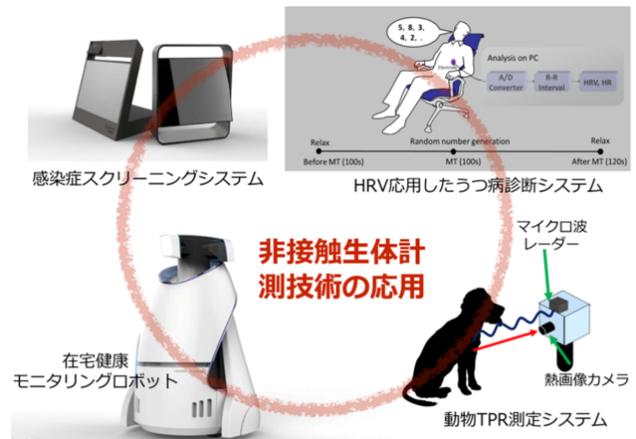
**孫 光鎬 准教授** (西2-207)



**専門分野**：非接触生体計測，生体信号処理，医用生体工学

**研究テーマ**：非接触生体計測技術を活用した感染症スクリーニングシステム・在宅健康モニタリングシステム（睡眠とストレス評価）・動物 TPR の計測システムの実用化開発

**メッセージ**：小型マイクロ波レーダーや熱画像サーモグラフィ等の生体センサーを用いたバイタルサイン（心拍数・呼吸数・体温）非接触計測に関する研究を行っています。



**東郷俊太 准教授** (東4-604)



**専門分野**：ロボティクス，計算論的神経科学

**研究テーマ**：筋電肩義手の開発，ヒトの多筋・多関節制御メカニズムの解明，生体信号のシナジー解析

**メッセージ**：ヒトの脳が冗長な身体をどのように制御しているのかに興味を持ち，心理物理実験などの行動実験と計算論に基づいて問題へアプローチしています。

また，得られた知見をヒト-機械協調システムへの開発へと応用する研究も行っています。



### 研究のまとめ (2020 年 4 月～2021 年 3 月)

2020 年度では、中耳振動系の数値解析モデルを用い、中耳疾患による可動性変化の特徴を明らかにするとともに、機械学習により診断が困難であった耳小骨病変の診断プロトコルの提言を行った。また、胎児の聴覚検査システムにより得られたデータを用い、妊娠後 2～3 か月の胎児の音波に誘発される心拍数の変化を詳細に解析し、胎児の聴覚検査実施に適した時期とその方法について明示した[1]。さらに、有毛細胞の能動性を起源とすると考えられている耳音響放射を高 S/N で計測可能なシステムを開発し、計測結果を基に、内耳の有限要素モデルを構築した[2]。加えて、近赤外光を体外から放射することにより、咽頭部に残留した食物を検出する装置を開発し、動物実験により性能評価を行った結果、本装置で咽頭残留食物を非侵襲で計測可能であることを示し、装置の特許申請を行った[3]。

Takuji KOIKE Laboratory

### Summary (April, 2020- March, 2021)

In 2020, we clarified characteristics in changes of middle ear mobility caused by middle ear diseases using a numerical analysis model of the middle ear, and proposed a diagnostic protocol for ossicular diseases, that were difficult to diagnose, by machine learning. In addition, we analyzed the data obtained with the fetal hearing test system. The changes in the heart rate of fetuses 2-3 months after pregnancy induced by the sound waves were analyzed in detail, and suitable period for the fetal hearing test and its method were proposed [1]. Furthermore, we developed a measurement system with high S/N for otoacoustic emissions, which is thought to originate from the activity of hair cells in the inner ear, and constructed a finite element model of the inner ear based on the measurement results [2]. We have also been developing a device that detects food remaining in the pharynx by applying near-infrared light from outside the body, and evaluated its performance through animal experiments. As a result, the food remaining in the pharynx was able to be non-invasively detected with this device. We applied for a patent for the device [3].

主な研究業績 (論文, 特許など) Research achievements (published papers, patents, etc.)

1. Remi Hibiya-Motegi, Marina Nakayama, Rina Matsuoka, Jun Takeda, Shuko Nojiri, Atsuo Itakura, Takuji Koike, Katsuhisa Ikeda, Use of sound-elicited fetal heart rate accelerations to assess fetal hearing in the second and third trimester, International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology, 133, 110001 (2020), DOI: 10.1016/j.ijporl.2020.110001 (IF=1.241)
2. 李 信英, 小池 卓二, 外有毛細胞の部分的機能低下による DPOAE および純音聴力変化: ヒト蝸牛有限要素モデルによる数値解析, Otology Japan, 64-2, 印刷中
3. 出願番号: 特願 2020-123183 (2020/07/17)  
発明の名称: 検出装置, 検出方法, 及び検出器  
発明者: 山田 幸生, 西村 吾朗, 丹羽 治樹, 牧 昌次郎, 道脇 幸博, 小池 卓二, 鈴木 崇弘, 田代 剛大. 出願人: 国立大学法人電気通信大学, 国立大学法人北海道大学, 学校法人 昭和大学

### 研究のまとめ (2020年4月~2021年3月)

当研究室では、サイボーグ技術の開発を目指して、福祉機器への応用展開を目指した取り組みを行ってきている。そこでの課題は、義手の機構部、制御部、外装などの設計開発と利用者への適用実験、および、電気刺激装置を用いた運動器リハビリテーションへの応用など、多岐にわたるメカトロニクスやロボット工学系の技術により構成される。2020年度は、手掌欠損者用の筋電義手の開発と手指欠損者用の能動指義手の開発、近接覚センサを用いた電動義手等幼児用義手の開発に成功した。これらの研究成果は、国立成育医療研究センターの協力を得て行われたものである。また、多自由度筋電義手の制御に関連する知財の申請も行い、これらの市場展開を目指して、北京理工大学と国際共同研究を行い、製品開発に着手した。

Yokoi Laboratory URL <http://www.hi.mce.uec.ac.jp/yklab/>

### Summary (April, 2020- March, 2021)

The aim of our lab is developing a cyborg technology for the welfare applications. The cyborg technology consists of multiple directions of mechatronics and robotics issues those are robot hand mechanics design and production, control theory and software development, outer devices and covering gloves or sleeves, and usability evaluation for the usage based on experiment for amputee. Furthermore, the issues of functional rehabilitation of sensory motor system of impairment is another target. For this purpose, the functional electrical stimulation system with 25 channels of electrodes has been developed which is able to select any combinations of electrodes pair of cathode and anode. In 2020, the mechanics and controllers for the partial prosthetic hand and small hand for congenital defects are developed under the collaboration with the national center for child health. The partial prosthetic hand has been registered as a commercial product to the Ministry of Health, Labor and Welfare completed parts. The multi-DOFs prosthetic hand with five fingers has been developed as main result of collaborative work with Beijing Institute of Technology, and has succeeded to control with adaptable control method by using continuous machine learning technology.

### 主な研究業績 (論文) Research achievements (published papers, patents, etc.)

1. Wenyang Li, Peng Chen, Dianchun Bai, Xiaoxiao Zhu, Shunta Togo, [Hiroshi Yokoi](#), Yinlai Jiang, Modularization of 2- and 3-DoF coupled tendon-driven joints, 1 - 13, IEEE Transactions on Robotics, 2020, DOI: 10.1109/TRO.2020.3038687
2. Susumu Kimizuka, Yohei Tanaka, Shunta Togo, Yinlai Jiang, [Hiroshi Yokoi](#), Development of a shoulder disarticulation prosthesis system intuitively controlled with the trunk surface electromyogram, 14/ 542033, 1-10, Frontiers in Neurorobotics, 2020
3. 姜 銀来, 李文揚, 陳 鵬, 東郷 俊太, 横井 浩史, モジュール化したワイヤ干涉駆動型ヒューマノイド・ロボットアーム, 日本ロボット学会誌 38/7, 657-666, 2020

### 特許

1. 秋場 猛, 横井 浩史, 電気刺激装置、トレーニング装置、および電気刺激方法, 特許第 10-2225119 号 (2021/03/03)
2. 横井 浩史, 姜 銀来, 矢吹 佳子, 迫田 辰太郎, 棚橋 一成, 棚橋 一将, 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, 特許第 6792259 号 (2020/11/10)
3. 横井 浩史, 石原 正博, 山野井 佑介, 高木 岳彦, 義手, 特願 2020-169821
4. 横井 浩史, 石原 正博, 山野井 佑介, 矢吹 佳子, 高木 岳彦, 小野 祐真, 義肢装具取り付け用ソケット装置, 特願 2020-067259
5. 横井 浩史, 石 源康, 東郷 俊太, 姜 銀来, 山野井 佑介, 変換プログラムおよび変換装置, 特願 2020-002645

**研究のまとめ (2020年4月~2021年3月)**

2020年度では、小動物用の *in vivo* カルシウムイメージング手法を用いて、筋収縮によるカルシウムイオン( $\text{Ca}^{2+}$ )の流入経路や温熱・冷却ストレスについて研究を実施した。筋細胞質内  $\text{Ca}^{2+}$ の増加はタンパク質の分解と合成率の変化を引き起こす可能性のある細胞内シグナル伝達メカニズムを構成する。温熱および冷却のストレスによって、細胞質内にカルシウムイオンが蓄積する動態を解明した。これらのカルシウムイオン恒常性の変化は、骨格筋細胞の再生能力や修復プロセスを制御する細胞内シグナルとしての役割が考えられる。これらの知見は骨格筋の理学療法的な視点から、温熱・冷却リハビリテーションへの応用が期待される。

Yutaka KANO Laboratory <http://www.ecc.es.uec.ac.jp/englishver2.htm>

**Summary (April, 2018 - March, 2019)**

In 2020, we performed studies on  $\text{Ca}^{2+}$  influx pathways and heat/cold stress due to muscle contractions by *in vivo*  $\text{Ca}^{2+}$  imaging method. Myoplasmic  $\text{Ca}^{2+}$  increases constitute intracellular signaling mechanism that can induce changes in protein degradation and synthesis. We elucidated the dynamics of  $\text{Ca}^{2+}$  accumulation in the cytoplasm due to physical heating and cooling stress. These  $\text{Ca}^{2+}$  homeostasis dynamics may play a role as intracellular signals that control the regeneration and repair processes in myocyte. Therefore, these findings are expected to be applied to thermal /cooling rehabilitation of skeletal muscle.

**主な研究業績 (論文, 特許など) Research achievements (published papers, patents, etc.)**

1. Ikegami R, Eshima H, Nakajima T, Toyoda S, Poole DC, Kano Y. Type I diabetes suppresses intracellular calcium ion increase normally evoked by heat stress in rat skeletal muscle. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2021 Apr 1;320(4):R384-R392. Epub 2021 Jan 6. (IF=3.068)
2. Poole DC, Kano Y, Koga S, Musch TI. August Krogh: Muscle capillary function and oxygen delivery. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol.* 2021 Mar;253:110852. (IF=2.219)
3. Takagi R, Tabuchi A, Asamura T, Hirayama S, Ikegami R, Tanaka Y, Hoshino D, Poole DC, Kano Y. *In vivo*  $\text{Ca}^{2+}$  dynamics during cooling after eccentric contractions in rat skeletal muscle. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2021 Feb 1;320(2):R129-R137. (IF=3.068)
4. Amano Y, Nonaka Y, Takeda R, Kano Y, Hoshino D. Effects of electrical stimulation-induced resistance exercise training on white and brown adipose tissues and plasma meteorin-like concentration in rats. *Physiol Rep.* 2020 Aug;8(16):e14540.
5. Tabuchi A, Craig JC, Hirai DM, Colburn TD, Kano Y, Poole DC, Musch TI. Systemic NOS inhibition reduces contracting muscle oxygenation more in intact female than male rats. *Nitric Oxide.* 2020 Aug 1;100-101:38-44. (IF=3.311)

### 研究のまとめ (2020 年 4 月～2021 年 3 月)

2020 年度は、マーカーレスモーションキャプチャを用いた歩行動作計測・解析精度の検証を行った。また、機械学習を用いた下肢関節キネティクス推定方法の検討を行った。TOF カメラを用いたマーカーレスモーションキャプチャでは足部の骨格認識に改善を要することが明らかとなり、Open-pose を用いる方法への転換を行った。Open-pose を用いることで足関節角度の推定精度が向上し、下肢三関節のキネマティクスをマーカーレスで得られることが明らかとなった。また、機械学習を用いて、地面反力を得ずにキネマティクスのみから関節キネティクスを推定する方法について検討し、良好な推定結果が得られた。これについては、今後も学習モデルの修正や入力変数の最適化などを検討する必要があるが、映像のみから下肢関節のキネティクスを推定できる可能性が示された。

Hidetaka OKADA Laboratory <http://www.hb.mce.uec.ac.jp/index.html>

### Summary (April, 2020 - March, 2021)

In 2020, we verified the accuracy of gait motion measurement and analysis using markerless motion capture. In addition, we investigated a method for estimating the kinetics of lower limb joints using machine learning. We found that markerless motion capture using a TOF camera requires improvement in foot skeletal recognition, so we switched to a method using Open-pose. The accuracy of the ankle joint angle estimation was improved by using Open-pose, and the kinematics of the three joints of the lower limb could be obtained without markers. In addition, a method for estimating joint kinetics from kinematics alone without obtaining ground reaction forces was investigated using machine learning, and good estimation results were obtained. Although it is necessary to modify the learning model and optimize the input variables, the possibility of estimating the kinetics of lower limb joints from video images alone was demonstrated.

主な研究業績 (論文, 特許など) Research achievements (published papers, patents, etc.)

1. 岡田英孝, 横澤俊治, 高橋英幸, MRI 画像を用いた日本人アスリートの身体部分密度の推定, バイオメカニズム学会誌, 44(3), 162-170, 2020.
2. Onishi, Y., and Okada, H., Determination of heel strike and toe-off timing during gait using kinematic data by a logistic regression model, The 2020 Yokohama Sport Conference, September 8, 2020, Online.
3. 大西陽一, 岡田英孝, ロジスティック回帰モデルによる歩行の接地および離地判別方法の検討, 第 41 回バイオメカニズム学術講演会, 2020 年 12 月 6 日, オンライン.
4. Sakurai, T., and Okada, H., Accuracy verification of a markerless gait motion capture system using TOF camera, The 2020 Yokohama Sport Conference, September 8, 2020, Online.
5. 櫻井隆, 岡田英孝, TOF カメラを用いたマーカーレス歩行動作計測システムの適用範囲の検討, 第 41 回バイオメカニズム学術講演会, 2020 年 12 月 6 日, オンライン.

### 研究のまとめ (2020年4月~2021年3月)

われわれの研究室では、医療技能の技術化・デジタル化（医デジ化）により医療技能をデジタル機能関数として機器側にとり込み、医療機器システム上で医療技能を高度・最適化するためのロボット機構・制御・画像処理・アルゴリズムの分野を開拓する。このうち、当該年度は、深層学習技術を援用して治療モニタリング画像を適正化するロボット機構・制御・画像処理・アルゴリズム技術を新規に提案した。これに関連して日本超音波医学会 93 回学術集会において本研究プロジェクトに関する研究成果発表を行ない、第 21 回日本超音波医学会奨励賞を受賞した。

Koizumi Norihiro Laboratory <http://www.medigit.mi.uec.ac.jp/>

### Summary (April, 2020 - March, 2021)

In our laboratory, the robot mechanism for incorporating medical skills into the device side as a digitalized function, and reconstructing the medical professional skills on the robotic system utilizing mechanism technology, control technology, image processing algorithm technology. In the current fiscal year, we proposed a new robot mechanism, control, image processing, and algorithm technology that optimizes treatment monitoring images by using deep learning technology.

主な研究業績（論文，特許など） Research achievements (published papers, patents, etc.)

1. M.Kumagawa, N.Matsumoto, K.Miura, M.Ogawa, H.Takahashi, Y.Hatta, R.Kondo, N.Koizumi, M.Takei, M.Moriyama, "Correlation between alterations in blood flow of malignant lymphomas after induction chemotherapies and clinical outcomes: a pilot study utilising contrast-enhanced ultrasonography for early interim evaluation of lymphoma treatment," *Clinical Radiol.*, 2021. IF=2.1
2. F.Wang, K.Numata, M.Chuma, H.Nihonmatsu, S.Moriya, A.Nozaiki, K.Ogushi, H.Fukuda, M.Okada, L.Ruan, W.Luo, N.Koizumi, M.Nakano, M.Otani, Y.Inayama, S.Maeda, "The value of hepatobiliary phase in EOB-MRI in predicting hypervascularization outcome of non-hypervascular hypointense lesions in high-risk patients for hepatocellular carcinoma," *Abdom Radiol.*, 2021. <https://doi.org/10.1007/s00261-020-02881-0> IF=2.4
3. Shiho Yagasaki, Norihiro Koizumi, Yu Nishiyama, Ryosuke Kondo, Tsubasa Imaizumi, Naoki Matsumoto, Masahiro Ogawa, Kazushi Numata, "Estimating 3-dimensional liver motion using deep learning and 2-dimensional ultrasound images," *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery (IJCARS)*, Vol.15, No.12, pp.1989-1995, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11548-020-02265-1> IF=2.5
4. Feiqian Wang, Kazushi Numata, Hiromi Nihonmatsu, Makoto Chuma, Satoshi Moriya, Akito Nozaiki, Katsuaki Ogushi, Hiroyuki Fukuda, Litao Ruan, Masahiro Okada, Wen Luo, Norihiro Koizumi, Masayuki Nakano, Masako Otani, Yoshiaki Inayama, and Shin Maeda, Intra-procedurally EOB-MRI/US fusion imaging focusing on hepatobiliary phase findings can help to reduce the recurrence of hepatocellular carcinoma after radiofrequency ablation, *International Journal of Hyperthermia (IJH)*, Vol.37, No.1, pp.1149-1158, 2020. <https://doi.org/10.1080/02656736.2020.1825837> IF=4.0
5. 五十嵐立樹, 富田恭平, 小泉憲裕, 西山悠, "CNN を用いた高速な超音波画像上の臓器検出手法の比較・検証," 計測自動制御学会論文集, Vol.56, No.12, pp. 560-569.

### 研究のまとめ (2020年4月~2021年3月)

2020年度では、(1) 本研究室が提案したワイヤ干渉駆動のモジュールを用いて、ヒューマノイドロボットの開発を進めた。7自由度のロボットアームのペーロードの向上とともに、ロボットの体幹となる3自由度腰関節を完成した。(2) 機能的電気刺激におけるモーターポイント追従の密度と精度を高めるために、肘関節に連動した上腕二頭筋のモーターポイント追従刺激装置を評価し、モーターポイント追従刺激の有効性を確認できた。上腕二頭筋のモーターポイントの移動についても調べた。

(3) 義手の筋電制御における切断者の残存筋への依存を減らすために、マルチモーダル信号(筋電信号と皮膚・筋電センサ間圧力)の有効性を検証し、単一信号より高い識別精度と安定性が確認できた。(4) 歩行支援機の利用者の制御意図を自動的に検出するために、頭部姿勢より方向意図を同定する方法を導入し、動画よりリアルタイムに頭部姿勢を推定する方法を開発した。

Yinlai JIANG Laboratory <http://www.hi.mce.uec.ac.jp/yklab/>

### Summary (April, 2020 - March, 2021)

In 2020, (1) we have been developing humanoid robot using the tendon-driven modules that we proposed. The payload of the 7 degrees-of-freedom robot arm was enhanced, and a 3 degrees-of-freedom waist joint was implemented for the torso of the humanoid robot. (2) A motor point tracking device for biceps brachii was evaluated to improve the tracking density and accuracy to reduce muscle fatigue caused by functional electrical stimulation. The results suggested the effectiveness of motor point tracking based on the relationship between the elbow joint angle and the motor point position of biceps brachii. We also investigated the motor point shift of triceps brachii. (3) Multimodal biosignals (myoelectric signals and the pressure between skin and the sensor circuit board) was proved to lead to higher accuracy and stability for myoelectric control to reduce the dependency on the residual muscles of the amputee. (4) Head pose was introduced into the recognition of a user's control intents to control a walking support machine, and a real-time head pose estimation was developed based on robot vision.

主な研究業績 (論文, 特許など) Research achievements (published papers, patents, etc.)

1. Kento Ichikawa, Yinlai Jiang, Masao Sugi, Shunta Togo, Hiroshi Yokoi, Joint Angle Based Motor Point Tracking Stimulation for Surface FES: A Study on Biceps Brachii, Medical Engineering & Physics, Vol. 88, pp.9-18, 2021. (IF 1.737)
2. Shunta Togo, Kazuaki Matsumoto, Susumu Kimizuka, Yilai Jiang, and Hiroshi Yokoi, Semi-automated control system for reaching movements in EMG shoulder disarticulation prosthesis based on mixed reality device, IEEE Open Journal of Engineering in Medicine and Biology, Vol. 2, pp. 55-64, Feb. 2021.
3. Wenyang Li, Peng Chen, Dianchun Bai, Xiaoxiao Zhu, Shunta Togo, Hiroshi Yokoi, and Yinlai Jiang, Modularization of 2- and 3-DoF Coupled Tendon-Driven Joints, IEEE Transactions on Robotics, Dec. 2020. (IF 6.123)
4. Susumu Kimizuka, Yohei Tanaka, Shunta Togo, Yinlai Jiang, Hiroshi Yokoi, Development of a shoulder disarticulation prosthesis system intuitively controlled with the trunk surface electromyogram, Frontiers in Neurobotics, vol.14, no.542033, pp.74, Oct. 2020. (IF 2.574)
5. 姜銀来, 李文揚, 陳鵬, 東郷俊太, 横井浩史, モジュール化したワイヤ干渉駆動型ヒューマノイド・ロボットアーム, 日本ロボット学会誌, Vol.38, No.7, pp.657-666, 2020年9月.

### 研究のまとめ (2018年4月~2019年3月)

マイクロ波レーダーなどの生体センサーによる非接触バイタルサインの計測技術を活用し、「感染症の疑いがある患者の検出システム」、「うつ病診断のための自律神経指標非接触測定によるストレス評価システム」、「超高齢化社会に向けた在宅健康モニタリングシステム」分野に焦点を当て、医用機器の実用化の研究開発を行っている。2020年度では、より感染症スクリーニングシステムの実用化を目指し、空港検疫で使用されている赤外線・CMOSカメラを用いて、非接触でバイタルサインである呼吸数・心拍数・体温を測定し、画像処理により感染症をスクリーニングするシステムの開発を提案した。

Guanghao Sun Laboratory [https://cargocollective.com/guanghao\\_sun](https://cargocollective.com/guanghao_sun)

### Summary (April, 2018 - March, 2019)

Due to the most competitive advantage in allowing users fully unconstrained, noncontact bio-measurement technology will play a vital role in future clinical practice. Guanghao SUN Laboratory focus on developing novel medical devices based on noncontact bio-measurement technology, such as, infection screening system, home healthcare monitoring system, etc. To promote the widespread use of infection screening system, we have been working on systems with minimum hardware requirements to achieve a system that is more suitable for real world settings. The most reliable solution is to enhance the functionality of the conventional infrared thermography systems that are already installed at international airports. By incorporating the latest advances in image processing techniques, these infrared thermography systems can acquire thermal and visible images together by integrating visible and thermal cameras. In this study, we used high image and temperature resolution infrared thermography that combines visible and thermal images to acquire multiple vital sign measurements from facial images using remote sensing. The benefit of this approach is that it only requires a CMOS camera that is equipped with IRT rather than a large-scale system.

主な研究業績 (論文, 特許など) Research achievements (published papers, patents, etc.)

1. Nguyen Dinh Chinh, Luu Manh Ha, Guanghao Sun, Le Quoc Anh, Pham Viet Huong, Tran Anh Vu, Tran Trong Hieu, Tran Duc Tan, Nguyen Vu Trung, Koichiro Ishibashi, Nguyen Linh Trung. Short Time Cardiovascular Pulses Estimation for Dengue Fever Screening via Continuous-Wave Doppler Radar using Empirical Mode Decomposition and Continuous Wavelet Transform. *Biomedical Signal Processing & Control*, 65, 102361, 2021. [IF: 3.3]
2. Hiroki Takamoto, Hiroki Nishine, Shohei Sato, Guanghao Sun, Sadao Watanabe, Kim Seokjin, Masahito Asai, Masamichi Mineshita, Takemi Matsui. Development and Clinical Application of a Novel Non-contact Early Airflow Limitation Screening System using an Infrared Time-of-flight Depth Image Sensor. *Frontiers in Physiology, Section Respiratory Physiology*, Volume 11, Article 552942, 2020. [IF: 3.3]
3. Guanghao Sun, Nguyen Vu Trung, Le Thi Hoi, Pham Thanh Hiep, Koichiro Ishibashi, Takemi Matsui. Visualization of Epidemiological Map using an Internet of Things Infectious Disease Surveillance Platform. *Critical Care*, 24 Article number: 400, 2020. [IF: 6.9]
4. Takemi Matsui, Tsuyoshi Kobayashi, Masaya Hirano, Masahiro Kanda, Guanghao Sun, Yusuke Otake, Masakazu Okada, Sadao Watanabe, Yuikiya Hakozaki. A Pneumonia Screening System based on Parasympathetic Activity Monitoring in Non-contact Way using Compact Radars Beneath the Bed Mattress. *Journal of Infection*, 81(2), 2020. [IF: 4.8]
5. Shinba Toshikazu, Murotsu Keizo, Usui, Yosuke, Andow Yoshinori, Terada Hiroshi, Takahashi Mami, Takii Rie, Urita Michiko, Sakuragawa Satoshi, Mochizuki Miwa, Kariya Nobutoshi, Matsuda Saori, Obara Yusuke, Matsuda Hanae, Tatebayashi Yoshitaka, Matsuda Yoshiki, Mugishima Go, Nedachi Takaki, Guanghao Sun, Tomoko Inoue, Takemi Matsui. Usefulness of heart rate variability indices in assessing the risk of an unsuccessful return to work after sick leave in depressed patients. *Neuropsychopharmacology Reports*, 2020. [IF: NA]
6. Toshiaki Negishi, Shigeto Abe, Takemi Matsui, He Liu, Masaki Kurosawa, Tetsuo Kirimoto, Guanghao Sun. Contactless vital signs measurement system using RGB-thermal image sensors and its clinical screening test on patients with seasonal influenza. *Sensors*, 20(8), 2020. [IF: 3.2]
7. 呼吸器系疾患判別装置, 特開 2020-92980, 2020年

### 研究のまとめ (2020年4月~2021年3月)

2020年度には以下の研究成果を得た。1. 人と同等の7自由度を持つロボットアームと義手用ロボットハンド、ソケットを組み合わせることで多自由度筋電肩義手システムを構築した。2. 8軸干渉機構ロボットアームをソケットへ取り付け、筋電肩義手として使用できるよう改良した。その結果、多くの日常生活動作を実行することができた。3. 干渉機構モジュールを応用し、二足歩行ロボットを開発した。4. 干渉機構をロボットハンドに応用することで、ロボットハンドのピンチ力を倍加させることができた。5. 体幹の筋電に次元削減の手法を適用することで、6自由度の制御入力情報を抽出することができた。6. 仮想軌道制御を拡張することで、拮抗筋構造を持つロボットアームに対して、線形バネに依存した機械的柔軟性を保持したまま、軌道追従制御を行う方法を開発した。7. 筋電義手とヒトの捕球動作を比較することで、小指と母指の対向性が重要であることを実験で示した。

Shunta TOGO Laboratory <http://www.hi.mce.uec.ac.jp/yklab/>

### Summary (April, 2020 - March, 2021)

In the 2020 year, we achieved the following research results. 1. A multi-DoF EMG shoulder disarticulation prosthesis system was constructed by combining a robotic arm with 7 DoF, a robotic hand for prosthesis, and a socket. 2. An 8-axis coupled tendon driven mechanism robotic arm was attached to the socket and modified to be used as a EMG shoulder disarticulation prosthesis. 3. We developed a biped walking robot by applying the coupled tendon driven mechanism module. 4. By applying the coupled tendon driven mechanism to the robot hand, we could double the pinch force of the robot hand. 5. By applying the dimensionality reduction method to the EMG measured from the trunk, we could extract the control input with 6 DoF. 6. By extending the virtual trajectory control method, we developed control method to track the target trajectory for robotic arm with an agonist and antagonist muscles remaining its mechanical flexibility. 7. The importance of the opposability of the little finger and thumb was empirically demonstrated by comparing the catching motion of a human and a myoelectric prosthetic hand.

### 主な研究業績 (論文, 特許など) Research achievements (published papers, patents, etc.)

1. [Shunta Togo](#), Kazuaki Matsumoto, Susumu Kimizuka, Yinlai Jiang, Hiroshi Yokoi, "Semi-automated control system for reaching movements in EMG shoulder disarticulation prosthesis based on mixed reality device," *IEEE Open Journal of Engineering in Medicine and Biology*, Vol. 2, pp. 55–64, 2021. doi: 10.1109/OJEMB.2021.3058036
2. Wenyang Li, Yiwei Wang, [Shunta Togo](#), Hiroshi Yokoi, Yinlai Jiang, "Development of humanoid shoulder based on 3-motor 3 degrees-of-freedom coupled tendon-driven joint module," *IEEE Robotics and Automation Letters*, Vol. 6, No. 2, pp. 1105–1111, 2021. doi: 10.1109/LRA.2021.3056376 [2019IF: 3.608]
3. Kento Ichikawa, Yinlai Jiang, Masao Sugi, [Shunta Togo](#), Hiroshi Yokoi, "Joint angle based motor point tracking stimulation for surface FES: a study on biceps brachii," *Medical Engineering and Physics*, Vol. 88, No. 2, pp. 9–18, 2021. doi: 10.1016/j.medengphy.2020.11.014 [2019IF: 1.737]
4. Wenyang Li, Peng Chen, Dianchun Bai, Xiaoxiao Zhu, [Shunta Togo](#), Hiroshi Yokoi, Yinlai Jiang, "Modularization of 2- and 3-DoF coupled tendon-driven joints," *IEEE Transactions on Robotics*, 2020. doi: 10.1109/TRO.2020.3038687 [2019IF: 6.123]
5. Susumu Kimizuka, Yohei Tanaka, [Shunta Togo](#), Yinlai Jiang, Hiroshi Yokoi, "Development of a shoulder disarticulation prosthesis system intuitively controlled with the trunk surface electromyogram," *Frontiers in Neurobotics*, Vol.14, No.542033, pp.1–10, 2020. doi: 10.3389/fnbot.2020.542033 [2019IF: 2.574]
6. 姜 銀来, 李文揚, 陳 鵬, [東郷 俊太](#), 横井 浩史, "モジュール化したワイヤ干渉駆動型ヒューマノイド・ロボットアーム", *日本ロボット学会誌*, Vol.38, No.7, pp.657–666, 2020. doi: 10.7210/jrsj.38.657  
特許: 1件 国際会議発表: 1件 国内会議発表: 9件

**理論神経科学研究グループ（榎森，田中，山崎，佐藤）**

脳神経系に関する細胞レベルまたはネットワークレベルでの数理モデルを構築し、次世代 人工知能の開発とニューロリハビリテーションへの工学的応用を目指して、脳の構造・機能・可塑性を理解するための教育研究を推進する。

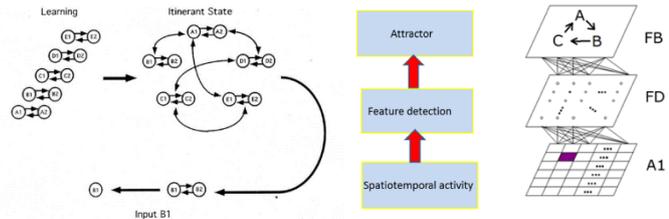
**榎森与志樹 教授（東 6-726）**



**専門分野：**神経科学，生物物理

**研究テーマ：**感覚系（視覚，聴覚，味覚など）の情報処理機構，生物システムの動的秩序創発のメカニズム

**メッセージ：**脳や生物集団がもつ動的秩序構造に興味を持ち，相転移，臨界現象，同期，カオスなどの非線形物理の概念に基づき数理モデルにより研究を行っています。



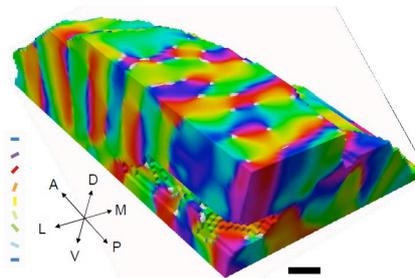
**田中 繁 特任教授（本館 513）**



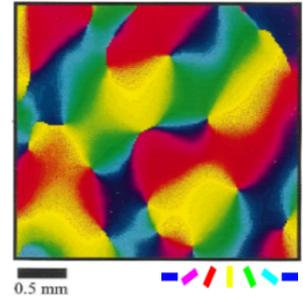
**専門分野：**神経科学・理論神経科学・理論物理学

**研究テーマ：**視覚野の生後発達，視覚・聴覚・時間感覚に関する脳情報表現と処理，作動記憶，意識

**メッセージ：**構造形成，可塑性，機能の解明を目指した理論を行っています。



脳  
の  
塑  
造  
研  
究



**山崎 匡 准教授（西 4-610）**



**専門分野：**神経科学・数値シミュレーション・人工知能

**研究テーマ：**脳神経系の数理モデル化と数値シミュレーション・脳型人工知能の開発

**メッセージ：**脳が何をどのように計算しているのかを解明するために，脳神経回路を精緻にコンピュータ上に再現し，数値シミュレーションによってその挙動を検証する研究を行っています。また脳と同じ原理で動作する人工知能の開発や，それを用いたロボット制御の研究も行っています。



佐藤俊治 准教授 (西10-421)



**専門分野**：視覚情報処理, 計算論的神経科学, 視覚心理, 視覚シミュレーション

**研究テーマ**：工学的観点による視覚情報処理の解明と性質の調査

**メッセージ**：普段何気なく行っている「見る」機能を解明し, 応用することを目指しています.

手

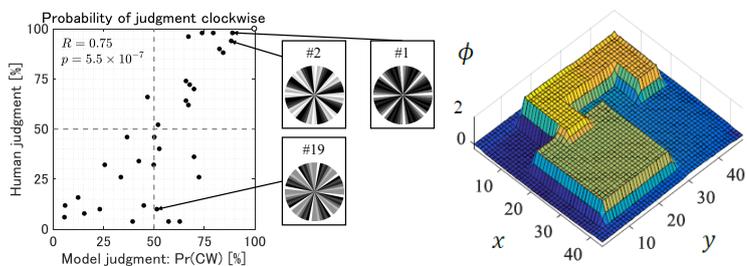
段は理論・実験・

シミュレーショ

ン, 対象としては

錯視・色や運動知覚・立体視・外界像

認識など多岐にわたります.



### 研究のまとめ (2020年4月~2021年3月)

2020年度は、V1 応答へのトップダウン効果における神経メカニズムを解明するため、初期視覚野が認知領域からトップダウン効果を受ける視覚システムのモデルを作成した。この研究では、V1 で表現されるタスクに適切な情報が、ソマトスタチン発現性の介在ニューロンとトップダウン信号によって作り出されるプッシュ・プル効果によって制御されることを示した。また、タスクに適切な情報がベータリズムの位相一位相カップリングによって調整されることを示した。もう一つの研究として、眼窩前頭皮質における味覚ワーキングメモリの神経機構について研究した。我々は、味覚ワーキングメモリが眼窩前頭皮質ニューロンの短期シナプス可塑性による相互の神経活動により形成されることを提案した。また、GABA 抑制ニューロンの記憶形成における役割を示した。さらに、眼窩前頭皮質と扁桃核が行動柔軟性にどのように寄与しているか、そのメカニズムについても研究した。

Yoshiki Kashimori Laboratory <http://www.klb.es.uec.ac.jp>

### Summary (April, 2020 - March, 2021)

In 2020 year, to elucidate the neural mechanisms underlying top-down influence on V1 responses in perceptual learning, we developed a model of visual system, in which early visual areas were subjected to top-down influence from a recognition area. We showed that task-relevant information in early visual areas was regulated by a push-pull effect, produced by somatostatin-expressing interneurons and top-down signal. We also showed that task-context information was coordinated by the phase-phase coupling of beta rhythms, while the local, task-relevant stimulus features were enhanced by the phase-amplitude coupling of beta and gamma rhythms. In addition, we worked on the elucidation of the neural mechanisms underlying gustatory working memory in orbitofrontal cortex (OFC). We developed a model of gustatory system that consisted of network models of gustatory cortex (GC) and OFC. We showed that the gustatory working memory was shaped by the recurrent activation mediated by short-term synapses of OFC neurons. We also showed that the suppression of unnecessary memory activation by GABAergic inhibition facilitated the efficient coding of working memory. Furthermore, we offered the mechanism how ABL and OFC works to acquire adaptive behavior in reversal learning and how the lesions of ABL and OFC impair their functions.

主な研究業績 (論文, 特許など) Research achievements (published papers, patents, etc.)

1. R. Tani, Y. Kashimori: Brain rhythms enhance top-down influence on V1 responses in perceptual learning. BMC Neuroscience, 21(Suppl 1), P94, 2020年7月
2. L. Antaket, Y. Kashimori: A functional role of short-term synapses in maintenance of gustatory working memory in orbitofrontal cortex. BMC Neuroscience, 21(Suppl 1), P95, 2020年7月
3. 濱田和貴, 榎森与志喜: 眼窩前頭皮質と扁桃核の相互作用による行動柔軟性の神経機構. 信学技報, IEICE-120 no.331, pp.34-39. 2021年1月

### 研究のまとめ (2018 年 4 月～2019 年 3 月)

本年度は、以下のような未解明の問題に取り組んだ：(1) 秩序だった方位マップが形成される幼若期の視覚野において、どのようにシナプスの繋ぎ替えが起こるのか？(2) 視体験が視覚野ニューロンの方位選択性の成熟と方位マップ再編にどのように寄与するのか？(3) 方位選択性の臨界期がどのように終了するのか？本研究では、以前に実施した仔ネコの視覚野における内因性光学計測によるデータの再検討と我々の数理モデルの改訂を行い、方位マップの経験に依存した形成／再編におけるシナプス繋ぎ替えのメカニズムの理解に迫った。その結果、改訂されたモデルに基づくシミュレーションは、シリンダーレンズゴーグルを装着して育てられた仔ネコの方位選択性に関する臨界期プロファイルの再現に成功した。実験的観察と理論的再現の優れた一致から、BDNF によって誘導された、同一のスパイン上での異なるシナプス結合間の競合的相互作用が方位選択性と方位マップの経験依存の形成／再編にとって重要な因子であることが示唆された。

Shigeru Tanaka Laboratory 研究室 URL <http://tanaka-lab.net/en/>

### Summary (April, 2018 - March, 2019)

This fiscal year, we addressed the following unsolved questions: (1) How does synaptic rewiring occur in the visual cortex during the formation of orderly orientation maps in early life? (2) How does visual experience contribute to the maturation of orientation selectivity of visual cortical neurons and reorganize orientation maps? (3) How does the sensitive period for orientation plasticity end? In this study, we reexamined the data obtained from our previously performed animal experiments and revised our mathematical model to understand the mechanisms underlying synaptic rewiring for experience-dependent formation and reorganization of orientation maps. As a result, simulations based on the revised model reproduced the sensitive period profile for orientation plasticity, which has been obtained from intrinsic signal optical imaging of the visual cortex in kittens reared with cylindrical-lens-fitted goggles. The excellent agreement between experimental observations and theoretical reproductions suggests that the BDNF-induced competitive interaction among synaptic contacts from different axons on the same spine is an important factor for the experience-dependent formation and reorganization of orientation selectivity and orientation maps.

主な研究業績 (論文, 特許など) Research achievements (published papers, patents, etc.)

1. [Tanaka S](#), Miyashita M, Wakabayashi N, O'Hashi K, Tani T, Ribot J. (2020) Development and reorganization of orientation representation in the cat visual cortex: Experience-dependent synaptic rewiring in early life. *Frontiers in Neuroinformatics* 10.3389/fninf.2020.00041 (IF:2.649).

### 研究のまとめ (2020 年 4 月～2021 年 3 月)

2020 年度は大きく以下の 3 つの研究を行った。(1) マルチコンパートメントモデルの数値シミュレーションの高速化: マルチコンパートメントモデルの数値シミュレーションでは数値安定性から従来陰解法が用いられてきたが、あえて陽解法を用いることで必要十分な安定性を確保しつつ、GPU を用いて大幅に計算を高速化することに成功した。(2) 脳・身体シミュレーション: 脳の神経回路モデルと身体の筋骨格系モデルを結合した閉ループ制御のシミュレーションを実行するために、ROS を用いてモデル間を結合する手法を検討し、ネズミの筋骨格系モデルの上肢を CPG モデルで制御することに成功した。(3) 小脳強化学習: 我々が提唱している小脳回路による強化学習の理論を検討するために、小脳のスパイクングネットワークモデルを構築した。また、リアルタイムシミュレーションを実現する小脳のスパイクングネットワークモデルの GPU 実装を開発した。

YAMAZAKI Tadashi Laboratory <https://NumericalBrain.Org/en/>

### Summary (April, 2020 - March, 2021)

In fiscal year 2020, we conducted 3 different researches.

- (1) Acceleration of multi-compartment model simulation: To accelerate simulation of multi-compartment models, we adopted an explicit method to solve diffusion equations. We confirmed that an explicit method achieves faster simulation on cerebellar neuron models than implicit methods, which are widely used for stability.
- (2) Brain-body simulation: To achieve a closed-loop simulation between a neural network model of the brain and a musculoskeletal model of the body, we employed Robot Operating System as a framework for communication between the brain and body models. We succeeded in controlling a forelimb of a mouse model by a central pattern generator model.
- (3) Cerebellar reinforcement learning: To examine our theory of cerebellar reinforcement learning, we built a spiking network model of the cerebellum with multiple synaptic plasticity mechanisms. We also built another cerebellar model on a GPU for realtime simulation.

主な研究業績 (論文, 特許など) Research achievements (published papers, patents, etc.)

(書籍・論文)

1. Hiroshi Yamaura, Jun Igarashi, Tadashi Yamazaki. Simulation of a human-scale cerebellar network model on the K computer. *Frontiers in Neuroinformatics* 14:16, 2020. (IF 3.303)
2. Tadashi Yamazaki, Jun Igarashi, Hiroshi Yamaura. Human-scale brain simulation via supercomputer: A case study on the cerebellum. *Neuroscience*, In Press. (IF 3.056)
3. Tadashi Yamazaki. Evolution of the Marr-Albus-Ito Model. In Book “The cerebellum as a CNS hub” (Eds, Mizusawa and Kakei). Springer, In Press.
4. Rin Kuriyama, Claudia Casellato, Egidio D’Angelo, Tadashi Yamazaki. Real-time simulation of a cerebellar scaffold model on graphics processing units. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, In Press. (IF 3.943)

(招待講演)

5. Tadashi Yamazaki. Supercomputers are ready to simulate human-scale brain models. UH CS Colloquium, University of Hertfordshire, February 17, 2021.

### 研究のまとめ (2020 年 4 月～2021 年 3 月)

物理的には同一色であるが、異なる色として知覚される色を時間的に交互に入れ替えて観察した場合にはどのような色が知覚されるかについて調査した。また主観的に異なる 2 色にはそもそも臨界融合周波数が存在するかを心理物理実験によって調査した。また当研究室で開発した視覚数理モデルに対して大量の異なるパターンを入力し、数理モデルの出力から新たな錯視画像の存在を予測し、この予測がヒト知覚と整合することを見出した。

Shunji Satoh Laboratory <https://human-informatics.jp/>

### Summary (April, 2020 - March, 2021)

We investigated perceived colors that are physically identical but perceived as different colors due to contextual information of temporally flickering surrounds. We also conducted psychophysical experiments to investigate a critical fusion frequency of the two perceptually different colors. We input a huge amount of different visual patterns to our computational model for motion encoding, and predicted novel illusory patterns from the model estimation of the computational model.

主な研究業績 (論文, 特許など) Research achievements (published papers, patents, etc.)

1. 新倉大輔, 佐藤俊治, “錯視的色知覚の臨界融合周波数,” 日本視覚学会冬季大会, 2021 年 1 月
2. 柳田悠介, 佐藤俊治, 策力木格, 吉永努, “視覚数理モデルシミュレーションの高速化と錯視画像の探索,” 電子情報通信学ニューロコンピューティング研究会, 2020 年 3 月

## 学内客員教授

### 2020 山田幸生 研究室 [http://www.nvu.mi.uec.ac.jp/old\\_html/index.html](http://www.nvu.mi.uec.ac.jp/old_html/index.html)

主な研究業績（論文，特許など） Research achievements (published papers, patents, etc.)

1. 田代剛大，山田幸生，丹羽治樹，牧昌次郎，北田昇雄，斎藤亮平，小池卓二，道脇幸博，西村吾朗，「近赤外蛍光を用いた非侵襲咽頭残留検出装置のヒトにおける検出性評価」，2020年度日本機械学会年次大会，オンライン開催，2020年9月16日。
2. 山田幸生，「近赤外光による生体センシング：パルスオキシメータから拡散光トモグラフィまで」，第24回酸素ダイナミクス研究会，オンライン開催，2020年10月10日（招待講演）。
3. 田代剛大，山田幸生，丹羽治樹，牧昌次郎，北田昇雄，斎藤亮平，小池卓二，道脇幸博，西村吾朗，「近赤外蛍光を用いた咽頭残留の非侵襲検出法の開発：ファントムを用いた検出能評価」，日本光学会 OPJ2020，オンライン開催，2020年11月17日。

### 2020 丹羽 治樹 研究室

主な研究業績（論文，特許など） Research achievements (published papers, patents, etc.)

1. 田代剛大，山田幸生，丹羽治樹，牧昌次郎，北田昇雄，斎藤亮平，小池卓二，道脇幸博，西村吾朗，「近赤外蛍光を用いた非侵襲咽頭残留検出装置のヒトにおける検出性評価」，2020年度日本機械学会年次大会，オンライン開催，2020年9月16日。
2. 田代剛大，山田幸生，丹羽治樹，牧昌次郎，北田昇雄，斎藤亮平，小池卓二，道脇幸博，西村吾朗，「近赤外蛍光を用いた咽頭残留の非侵襲検出法の開発：ファントムを用いた検出能評価」，日本光学会 OPJ2020，オンライン開催，2020年11月17日。

### 小林 孝嘉 研究室

#### 研究のまとめ（2020年4月～2021年3月）

我々の研究課題は世界最高時間分解分光装置を用いた超高速過程の研究である。Ti サファイアレーザー（フェムト秒レーザー）と128多チャンネルロックイン増幅器の結合システムを用いた超高速時間分解分光である。この多チャンネルロックイン増幅器は我々の開発した世界トップの装置である。これを用いてニトロベンジル基を持つ化合物の励起状態の緩和過程、及びヘム蛋白であるチトクロームcの電子緩和過程を研究した。このうちニトロベンジル基を持つ化合物は、その誘導体には例えばATPにある様な対紫外光特性を持つ重要な分子である。しかしながら、他のカルボニル化合物と同様に、カルボニル基のため励起電子一重項状態を励起する高速な電子緩和が起きる。チトクロームは鉄という重原子のため、同様に高速電子緩和が起きる。そのために、これらの分子の励起電子一重項寿命はピコ秒域になる。そのため、これらの分子の励起状態のピコ秒-フェムト秒時間領域の動的過程を研究した例はこれまで無かったが、本研究で初めて明らかにされた。

Takayoshi Kobayashi Laboratory

#### Summary (April, 2020 - March, 2021)

We have developed world highest-level femtosecond spectroscopy system composed of the second harmonics(SHG) of Ti: sapphire laser and 128-channel multi-lock in amplifier. Especially the lock-in amplifier is the world largest number channeled lock-in system. The wavelength of SHG is ~400nm. Using the system, we have studied the photochemical reaction mechanisms of 4,5-dimethoxy-2-nitrobenzyl acetate, important in the relaxation mechanism of excited state relevant to photo protections in DNA. We also studied the primary electronic and vibrational dynamics of cytochrome c. The pulse duration of the laser is about ten femtosecond. Due to the difficulty of generation of ultrashort pulse laser in near ultraviolet pulse and the measurement with the 10 femtosecond pulse laser the excited singlet states in these molecules have for the first time studied in our group.

We have published papers entitled “Photochemical reaction mechanisms of 4,5-dimethoxy-2-nitrobenzyl acetate analyzed by a sub-10 fs near-ultraviolet pulse laser,” and “Primary electronic and vibrational dynamics of cytochrome c observed by sub-10fs NUV laser pulses”.

In the study examined the electronic dynamics of 4,5-dimethoxy-2-nitrobenzyl acetate after  $\pi$ - $\pi^*$  excitation. Pump-probe measurement using a near-ultraviolet sub-10 fs pulse laser revealed that the lifetime of the  $S^*(\pi-\pi^*)$  state is 500 fs after photoexcitation to produce the  $S^*(n-\pi^*)$  state and that the lifetime of the  $S^*(n-\pi^*)$  state is 1000 fs. By studying different alpha substituents, the lifetimes of the  $S^*(\pi-\pi^*)$  state and the  $S^*(n-\pi^*)$  were found to be independent on the alpha substituents.

The primary reaction mechanism of cytochrome c (Cyt c) was elucidated for two redox forms of ferric (oxidized) and ferrous (reduced) Cyt c by measuring their transient absorption (TA) spectra using a homemade sub-10 fs broadband NUV laser pulses system. The TA traces measured in the broad probe wavelength region were analyzed by the global analysis method to study the electronic dynamics. The difference of relaxation dynamics dependent on the excitation bandwidth enabled us to elucidate that the 2.5 ps component in ferrous Cyt c can be assigned to intramolecular vibration energy redistribution and not to vibrational cooling, which was not clear until this work. The temporal resolution of 10 fs observes TA signal modulation caused by the molecular vibration in the time domain, which can be used to calculate the instantaneous frequency of the molecular vibration mode. The observed vibrational dynamics has visualized that the heme structure changes in 0.8 ps for ferric Cyt c and in >1.0 ps for ferrous Cyt c. These estimated lifetimes of vibrational dynamics reflect vibrational relaxation in the ground state of ferric Cyt c and electronic transition from the S2 state to the S1 state in ferrous Cyt c, respectively.

#### 主な研究業績（論文，特許など） Research achievements (published papers, patents, etc.)

1. Photochemical reaction mechanisms of 4,5-dimethoxy-2-nitrobenzyl acetate analyzed by a sub-10 fs near-ultraviolet pulse laser, Sena Hashimoto, Kenta Hamada, Izumi Iwakura, Atsushi Yabushita, Takayoshi Kobayashi, Hirotaka Fujita, Kento Takeda, Yuta Ono, Noriko Chikaraishi Kasuga, Kazuo Yamaguchi, *Chemical Physics*, 524, 70-76 (2019)
2. Primary electronic and vibrational dynamics of cytochrome c observed by sub-10fs NUV laser pulses, Ying-Kuan Ko, Atsushi Yabushita, Takayoshi Kobayashi, *Journal of Physical Chemistry B*, 124, 38, 8249-8258 (2020)
3. Femtosecond time-evolution of mid-infrared spectral line shapes of Dirac fermions in topological insulators, Tien-tien Yeh, Chien-Ming Tu, Wen-Hao Lin, Cheng-Maw Cheng, Wen-Yen Tzeng, Chen-Yu Chang, Hideto Shirai, Takao Fuji, Raman Sankar, Fang-Cheng Chou, Marin M. Gospodinov, Takayoshi Kobayashi, Chih-Wei Luo, *Scientific Reports*, 10.1038/s41598d-020-66720-4 (8 pages)
4. Efficient molecular aggregation of rhodamine 6G and pseudoisocyanine by light-induced force. Masayuki Shirakawa, Takayoshi Kobayashi, Eiji Tokunaga, *Appl. Sciences*, 10, 3563, 2020
5. Resolution enhancement of pump-probe microscope with an inverse-annular filter, Takayoshi Kobayashi, Koshi Kawasumi, Jun Miyazaki, Kazuaki Nakata, *Opt. Rev.* 25(18Feb28Accepted),2, 271-294 (2018)
6. Label-free three-dimensional imaging of melanoma with confocal photothermal microscopy: Differentiation between malignant and benign tissue, Takayoshi Kobayashi, Kazuaki Nakata, Ichiro Yajima, Masashi Kato, Hiromichi Tsurui, *MDPI Photonics*, 5, 67 (2018)
7. Efficient Molecular Aggregation of Rhodamine 6G and Pseudoisocyanine by Light-Induced Force, Masayuki, Shirakawa, Takayoshi Kobayashi, and Eiji Tokunaga. *Appl. Sciences*, 10, 2152 (7pages), 2020

## 研究セミナー

### 2020年4月から2021年3月に開催されたセミナー一覧

このセミナーは定期的（毎月）に開催され、学内の教職員、学生をはじめ、学外にもHPを通じて通知され、多くの参加者を集めている。今年度は、新型コロナウイルスへの対応として、4月から10月まで見送りとなったが、11月からオンラインによる開催を実施した。

#### 第86回 セミナー

日時：	2020年11月30日(月) 13:00 - 14:30
場所：	Zoomによるオンライン開催
講師：	石上 玄也 准教授 (慶應義塾大学 理工学部 機械工学科)
司会：	東郷 俊太 助教 (脳・医工学研究センター・機械知能システム学専攻)
題目：	バリアを超える電動車いすを目指して- Cybathlon を通して学んだこと -
	<p>Cybathlon (サイバスロン) とは、障がい者が先端技術に基づいた電動車いすや義手、義足などのアシスト機器を使って、日常生活に必要な動作やタスクをこなし、その達成度およびタイムを競う4年に1度の国際大会です。同大会はスイス連邦工科大学チューリッヒ校が主催しており、2016年の第1回大会では世界25カ国から66チームが参加し、さらに第2回大会が2020年11月13日、14日にオンラインで各参加国を中継し、Global Editionとして開催されました。登壇者の所属組織である慶應義塾大学理工学部サイバスロンチームは、第2回大会の前哨戦として2019年5月に開催された電動車いす部門において、初参加ながら世界3位に入賞しました。</p> <p>本講演では、サイバスロン電動車いす部門の概要と、慶大チームが開発した電動車いすを概説するとともに、第2回大会の結果を紹介します。また、サイバスロンという大会を通して学んだ「ものづくりにおける多様な価値観の重要性」について議論したいと思います。</p>

#### 第87回セミナー

日時：	2020年12月18日(金) 13:00 - 14:30
場所：	Zoomによるオンライン開催
講師：	沼野 利佳 准教授 (豊橋技術科学大学 応用科学・生命工学系 エレクトロニクス先端融合研究所)

司会：	仲村 厚志 助教 (基盤理工学専攻)
題目：	Light-Gated Glutamate Receptor 実験系を用いた概日リズムインプット経路の光刺激
	<p>我々は、これまで、照射する光の波長により化合物の骨格構造が変化する光反応性人工化合物 Maleimide Azobenzene Glutamic acid (MAG)を合成し、これを用いて、神経活動を制御する実験系を確立している。MAG という化合物は、①グルタミン酸受容体のリガンド結合部位の付近に結合し、②UV 領域の光でシス体となり、可視領域の光でトランス体となるアゾベンゼン構造を骨格に有し、③グルタミン酸受容体のリガンドであるグルタミン酸を持ち、UV&amp;可視領域の光を交互に照射することでグルタミン酸作動性神経活動を興奮させることができる。</p> <p>一方、地球上の生物は、約 24 時間周期の概日リズムを持ち、これを用いて自らの生理機能や行動を約 24 時間周期で自律的に駆動し、明暗条件などの外界環境によりその位相をリセットする。哺乳類の概日時計の中枢は、脳内の視床下部に存在する視交叉上核 (SCN)であり、そこで Period1 (Per1)遺伝子をはじめとする時計遺伝子の約 24 時間周期の発現リズムによって、概日リズムが規定される。グルタミン酸受容体が SCN 神経細胞のポストシナプス部位に発現し、目から入ったインプットである光刺激が SCN のグルタミン酸受容体への刺激となり、Per1 遺伝子が発現誘導されることが知られている。今回、MAG の改良型化合物を用いて、SCN の神経細胞を時空間的に光刺激し、その後におこる概日リズムの変化を観察した。具体的には、Per1 遺伝子の発現のタイミングを GFP(緑色蛍光タンパク質)レポーターや luciferase (ホタル蛍光化学発光タンパク質) レポーターで観察できる組換えマウスの脳スライスを用いてタイムラプスにて観察した。その結果、SCN では、概日リズムのインプット情報を様々に調整して、SCN 全体として個々の細胞の時計機能がシンクロし、組織として強い自律的なペースメーカーの役割を担っていることが明らかになった。</p>

## 第 88 回セミナー

日時：	2021 年 1 月 19 日 (火) 13:00 - 14:30
場所：	Zoom によるオンライン開催
講師：	新井 健生氏 (電気通信大学 グローバルアライアンスラボ推進室 客員教授・北京理工大学 教授)
司会：	姜 銀来 准教授 (脳・医工学研究センター)
題目：	<u>マイクロロボティクスのバイオ応用</u>

	<p>マイクロロボティクスはマイクロスケールの微小物体を対象に、微小環境における操作と計測、自動化に関わる工学である。講演者は30年前に2本指で器用に操作を行うマイクロハンドの開発を開始し、画像処理技術や微小力計測センサを統合し、自動高速ハンドリング、細胞剛性計測などを行った。また、微小流路中で細胞を搬送し培養するマイクロフルイデクスなども併用し、オンチップ自動クローニングシステムの開発や、人工3次元細胞組織のアセンブリなどを、バイオや医学分野の研究者と連携して実施している。本講演ではこれら一連の研究開発成果を紹介するとともに、今後の研究課題についても紹介する。</p>
--	--

**第 89 回セミナー**

<b>日時：</b>	2021年2月24日(水) 14:40 - 16:10
<b>場所：</b>	Zoomによるオンライン開催
<b>講師：</b>	原田 竜彦 氏 (国際医療福祉大学熱海病院耳鼻咽喉科 教授)
<b>司会：</b>	小池 卓二 教授 (機械知能システム学専攻)
<b>題目：</b>	生物進化から見た聴覚のメカニズム
	<p>聴覚についてはじめて学ぶとき、音の情報を神経に伝えるだけのしくみがどうしてこれほど複雑な構造となっているのだろうとだれもが感じると思います。すべての生物はひとつの細胞から進化を経た結果現在に至っており、その過程は今も母体の中で出生するまでに繰り返されています。したがって聴覚の仕組みをよく理解するには、聴覚器がどのように進化して今に至っているのかを知ることは不可欠であり、同時に進化という名のイノベーションがいかにして生じてきたのかを知ることは、工学を学び研究されている人たちにとってヒントになることが少なからずあると思います。</p> <p>今回の講義では、脊椎動物における聴覚系の進化を主に扱います。はじめての脊椎動物となった魚類において平衡覚をつかさどる前庭器を用いて水中音響の聴取が可能になったこと、生物の陸上化に伴い出現した両生・爬虫類において中耳構造が出現したこと、鳥類においてこれがさらに発展しより高度な機能を持つようになったこと、他方で哺乳類において顎構造の変化から異なる中耳構造と特有の聴覚器官である蝸牛を持つに至ったことなどを中心とした進化の過程を解説して参ります。それらの途中でなにが得られ、何が失われたのか、何に促されて進化は起きたのか、そしてそれぞれの生物はどのような方略をとった結果進化につながっていったのか、これらについても一緒に考えてゆきたいと思います。</p>

**第 90 回セミナー**

<b>日時：</b>	2021年3月8日(月) 13:00 - 14:30
<b>場所：</b>	Zoomによるオンライン開催
<b>講師：</b>	小河 繁彦 氏 (東洋大学 理工学部 教授・南ウエールズ大学 客員教授)
<b>司会：</b>	安藤 創一 准教授 (情報理工学研究科 共通教育部)
<b>題目：</b>	運動中の脳血流とその調節機能
	<p>運動に対する脳血管反応は、脳の自己調節機能と動脈血の二酸化炭素分圧によって強く調節される。脳の血管応答は、他の末梢血管系とは異なり、血管床は小さく血圧調節機能としての役割を持たない。また他の臓器とは対照的に、方法論的な問題から、脳血流量(CBF)は比較的一定のままであり、運動など様々な生理条件においてほとんど影響を受けないと考えられてきた。しかし、最近の研究では、脳の神経活動やその代謝が運動中のCBFを変化させることを報告している。例えば、漸増負荷運動中のCBFは、最大酸素摂取量の約60%の運動強度までCBFは上昇させることが明らかとなっている。一方、運動強度がさらに高まるとCBFは低下し、激しい運動では脳の代謝の増加にもかかわらず、CBFが逆の反応を示す。つまり、運動中必ずしも脳の代謝が脳血流を決定する主要因になっていないことが推察され、運動におけるCBF応答のメカニズムはいまだ議論の余地がある。本セミナーでは、CBFの評価に関連する方法論や運動中のCBFの調節のメカニズムに関する知見を紹介し、CBFの調節機能に関する疑問点を提示する。</p>

