

FEATURE

脳情報科学が拓く未来社会のICT



CONTENTS



1 2019年 年頭のご挨拶 理事長 徳田 英幸

FEATURE

脳情報科学が拓く未来社会のICT

2 INTERVIEW

脳の計測を通して、「こころ」を伝える
質の高いコミュニケーションを目指す!

柳田 敏雄

4 脳情報を読み解く

西本 伸志

6 社会脳を知り個人の社会個性を予測する

春野 雅彦

8 非侵襲脳活動変調技術の開発とその応用

アルファ波の新たな機能を解明

天野 薫

10 脳波を用いたニューロフィードバックトレーニングによる
英語リスニング能力の強化

成瀬 康／常 明

TOPICS

12 直径0.16mmの4コア・3モード光ファイバで每秒1.2ペタビット伝送成功
～次世代の光通信インフラ基盤技術の確立に向けた取組～13 NICTのチャレンジャー File 2
ヒトの脳の情報伝達経路を測る
竹村 浩昌

INFORMATION

14 nano tech 2019 開催のお知らせ
第23回「震災対策技術展」横浜 開催のお知らせ

表紙写真

脳情報通信融合研究センター（CiNet）の研究棟1階には、「おもしろ研究」と書かれた大きな額があり、研究員は毎日これを見ながら実験室へ向かいます。柳田敏雄研究センター長（写真中央）は、日頃から研究員に「おもしろ研究」をするように、と声をかけています。「おもしろ」とは、単に面白い、という意味ではなく、根源的な問いに答えを出すような、ワクワクする研究であり、そのような研究を目指すことにより、社会を変革するような大きな成果が生まれるものと信じています。

左上写真は、CiNetの地下2階に設置されている 7T-MRI装置。



国立研究開発法人情報通信研究機構
理事長 徳田 英幸

明けましておめでとうございます。

大阪府北部・北海道胆振東部を震源とする大地震、西日本を中心とした平成30年7月豪雨により、被害を受けられた皆さまには、心からお見舞い申し上げます。

昨年は、東京オリンピック・パラリンピックを2年後に控え、激増するIoT機器に対するサイバー攻撃に対し、サイバーセキュリティ対策の強化への取組が進められました。また、IoT・ビッグデータ・AI、自動運転など情報通信分野の先端技術について、社会的信頼性・受容性を高めるとともに、データのセキュリティやプライバシー保護を強化するといった「人と機械の共創による未来社会」の在り方が一層強く認識された一年となりました。

NICTは、情報通信分野における我が国で唯一の国立研究開発法人として、ICTの高度化による社会課題の解決や新たな価値の創造を使命とし、その実現のために、日々、世界最先端技術の研究開発へのチャレンジと、その社会展開・実装のためのコラボレーション／オープンイノベーション推進の取組を一体的に進めております。

研究開発においては、センシング基盤分野・統合ICT基盤分野・データ利活用基盤分野・サイバーセキュリティ分野・フロンティア研究分野の5分野を重点的に推進し、着実な成果が出ております。特に、量子情報通信、新型光ファイバによる大容量通信、脳情報処理・通信、マルチパラメータフェーズドアレイ気象レーダ、耐量子計算機暗号、プライバシー保護技術などにおいて、世界初となる成果も出ています。コラボレーション／オープンイノベーション推進の取組としては、ナショナルサイバートレーニングセンターにおいて、東京2020オリンピック・パラリンピック競技大会開催時を想定した模擬環境下で行う実践的なサイバー演習（サイバーコロッセオ）を開始し、セキュリティ人材育成を加速しています。データ利活用分野でのコラボレーションでは、一昨年9月に総務省と共同で「翻訳バンク」の運用を開始しました。様々な分野の翻訳データの集積・活用を進め、製薬会社との連携により医療分野における翻訳精度の更なる向上を目指すなど自動翻訳システムの高精度化を推進しました。また、国内外において、研究機関・企業・大学・地方自治体等と共同研究・実証プロジェクトを進めるとともに、NICTが開発した様々な先端技術を企業等に活用いただく

活動や、ITU・IEEE・IETF等での国際標準化活動も推進しています。

運営方針として掲げている、コラボレーション、オープンマインド・オープンイノベーション、チャレンジャー精神の3点について、これらを有機的に連動させ実体化させるためNICTオープンサミットやオープンチャレンジを推進してまいります。また、一昨年機構内で開始したアイデアソンの取組を機構外に広げ、昨年は北九州、北陸、仙台などで開催しております。今後も国内での開催を進め、皆様のアイデアを集結しICTによる地域社会の課題解決にむけての一層の貢献を目指します。海外機関との連携に関しても、欧米、ASEAN諸国との連携を強化していきます。また、今後重点的に取り組むべき研究開発課題等について、皆様からの意見募集を継続し機構の運営に活かすとともに、NICTで創出された研究成果データについては、可能な限りのオープン化を進め、データ利活用環境を整備してまいります。

NICTの第4期中長期計画の4年目にあたる本年は、計画達成に向けて、あらゆるリソースを集中して研究開発の推進及び研究開発成果の最大化にしっかり取り組んでまいります。それと同時に、NICTの更なる業務効率化をはかるとともに、研究成果が社会の要請に的確に対応し、国立研究開発法人としての社会的責務を効果的に果たしてまいります。

NICTでは、幅広く国民の皆様からのご意見も頂き、関係者の皆様と協力・切磋琢磨させていただきながら産学官連携活動を推進し、引き続きICT分野の更なる発展のために邁進してまいります。今後とも変わらぬご支援、ご協力を頂きますようお願い申し上げます。

最後になりましたが、本年が皆様にとって素晴らしい年になりますよう祈念いたしまして、年頭のご挨拶とさせていただきます。

INTERVIEW

脳の計測を通して、「こころ」を伝える 質の高いコミュニケーションを目指す！



柳田 敏雄 (やなぎだ としお)

脳情報通信融合研究センター
研究センター長

大学院博士課程中退後、大阪大学教授、
NICT 主管研究員を経て、2013年から現
職。「ゆらぎ」を基礎とした生命のしくみ
を研究。2013年文化功労者。工学博士。

脳情報通信融合研究センター (CiNet) は、情報通信研究機構 (NICT) が大阪大学と共に設立した人間の脳機能についての基礎研究を行う研究センターである。2011年に創設され、2013年に大阪大学吹田キャンパス内に研究棟が完成、次世代の情報通信技術、ブレイン・マシン・インターフェース、脳機能計測、ロボット工学などの研究を行っている。日本に数台しかない7テスラのMRI (磁気共鳴画像装置) をはじめ、脳機能を測定・解析する最先端の装置がそろっており、研究者が自由に使うことができる。

CiNetの狙いは何か。当研究センターの開
設から現在に至るまで研究の現場をリードし
ている柳田敏雄研究センター長に話を聞いた。

——脳情報通信融合とはどのようなものでしょ
うか。

柳田 現在、情報通信技術が非常に進んで
きて、大量のデータを高速でやりとりできる
ようになりました。しかし、一方で情報疲れ
という現象が起こっています。次第に、情報
は多ければいい、速ければいいという時代
ではなくなってきているのです。当研究セン
ターが目指しているのは、量よりも質を重視
した情報通信です。

——質を重視とは、具体的にはどういうこと
でしょう。

柳田 脳が気持ちいいと感じる情報通信で
す。心地いい情報のやりとりをできるように
したいのです。人間が情報を送り出すときも
受け取る時も、間に脳が介在しています。
であるならば、その情報伝達の要である脳
を研究しようということです。情報を受け取
ることで脳がどう感じるか、また、相手に気
持ち良さを感じてもらうためにはどのように
情報を送ればいいのか、ということを研究し
ています。

センター名に入っている「融合」という言
葉の意味は、脳科学と情報科学の融合であ
り、認知科学、心理学、医学・生理学など

異分野との融合でもあるのです。

——こういった研究は海外でも進んでいるの
でしょうか。

柳田 海外にはまだほとんどありません。脳
やAIの研究はアメリカでは大規模に行われ
ていますが、情報通信技術と脳機能を融合
させているところはありませんね。

——研究者は何人くらい、いるのですか。

柳田 全部で250人くらいです。大阪大学と
兼任の者もいますし、外国人研究者も大勢
います。

計測装置として、7テスラのMRI 1台、3
テスラのMRI 3台、その他MEG (脳磁界計
測装置) などがあり、装置を操作する高度
な専門知識を持った技術者がいるため、研
究者の複雑な要求にこたえてくれます。脳機
能研究の環境としては、世界のトップに位置
するといっているでしょう。

■精密な計測技術が脳研究を急加速した

——ここ数十年で脳科学が急速に進歩しまし
た。fMRIの貢献は大きいですね。

柳田 fMRIは、人の脳の活動を、電極を
差し込むことなくほぼリアルタイムで知ること
ができる画期的な手法です。当研究センタ
ーのR&D アドバイザーでもある小川誠二博
士が発明したものです。脳の微小な血管の
中では脳活動の変化によってヘモグロビンと
結合している酸素の量が変わります。すると
周囲の磁場環境が変化します。この変化を
読み取ることで脳の機能を測るのです。

——脳の測定技術というものがまず根底に
あって、そこから各研究分野が広がっている
のですね。研究分野は具体的にどのようなも
のがありますか。

柳田 主に4つの融合領域を設定しています。



脳情報通信融合研究センター (CiNet) の外観

1つは、ここところをつなぐ技術です。質のコミュニケーションを目指す研究です。2つめが、脳に学んだ情報ネットワーク技術です。脳の頑強性・自律性・自己修復性・環境適応性などに学び、低エネルギー消費のネットワークを実現する研究です。3つめは、ここと機械のコミュニケーションです。脳の働きによって、外部の機械を動かすためのブレイン・マシン・インターフェース技術です。高齢化などによって衰えた機能を復活させたり、リハビリをより高度なものにしたりします。4つめが、計測基盤技術。fMRIなどを更に高性能にし、時間分解能・空間分解能も高めて、研究目的に応じて素早かつ確に計測できるような計測技術の確立を目指しています。

■「おもしろい研究」

——これらの研究はどのように社会に役立つのでしょうか。

柳田 我々は「役に立つ」ということは考えていません。役に立つ研究をしようとするという基礎研究はできません。目的が目の前に見えると研究が浅くなってしまうのです。役に立つなんてことを考えず、好奇心のままに深く研究していけば、いつか大ブレイクする。そうなれば、誰かが自ずと役に立つようにしてくれるものです。

——それが、柳田研究センター長の言う「おもしろい研究」なんですね。

柳田 そうです。大阪の人が言う「おもしろい」と東京の人が言う「面白い」は違います。おもしろいというのは、こころの底から湧き出てくるようなワクワク感のことです。これに対して、面白いというのは、言葉で説明できる面白さです。面白いなんておもしろくないのですよ。

研究も、言葉で何の役に立つなどといちいち説明なくていいから、とにかく心の底からおもしろいと思う研究をやろう。そういう考えなのです。

——おもしろいという脳の働きは、様々な異分野と複雑に融合したものなんですね。

柳田 そうです。脳は「最後のフロンティア」と呼ばれるほど、非常に複雑な組織で、解剖学的に細かく調べても何もわかりません。そこで、私たちは、構成論的研究法を取っています。人間の脳と同じ機能をコンピュータでモデルを作り、入力された情報と脳の



ディスカッションする若手研究者たち

機能の関係を順番に調べていこうとしています。作って調べるというやりかたです。

——脳神経細胞の数は膨大ですからね。

柳田 諸説ありますが、小脳だけで1,000億個、大脳で150億個あります。1個の細胞ごとに数千のシナプスが出ていて互いに結合していますから、シナプス結合の数は100兆個くらいです。これを二進数の0と1で制御すると、組合せの数は2の100兆乗にもなり、とても全体を理解することなどできません。

こういう計算をコンピュータで無理やり計算しようとする、使う電力量が膨大になり、それこそ原発が何台あっても足りません。

——脳はどうやってそんなすごい計算をやっているのでしょうか。

柳田 脳を測定してみると、脳の消費エネルギーは20Wがベースで、一生懸命仕事をしているときでも21Wですから、僅か1Wのエネルギーで考えているのです。アメリカの大手ECサイトのクラウドでは1拠点だけで数十MWを使うそうです。スーパーコンピュータ「京」は13MWくらい使います、これは一般家庭3万世帯分に相当します。

こう見ると、脳はいかにエネルギーを使わないで働いているかがわかるでしょう。

——脳とは一体どういう仕組みなのでしょう。

柳田 僕はそれを知りたくて脳研究の世界に入ったのです。コンピュータが大きなエネルギーを使う最大の理由は、雑音を消すことなんです。信号を取り出すために、雑音は邪魔なので大電力を入れて雑音を消す。このときに熱が出る。しかし、脳は大きなエネルギーを必要としない。

コンピュータはすべてを完璧に計算して答えを出します。だけど、脳は、ふらふらと試行錯誤をしながら最適な答えを求めています。100%正しくはないけど、一番良さそうな答えが出てきたらこれと決める。アナロ

グ的なのです。

■企業との連携と将来の展望

——企業は、脳研究の中でもどのような分野に興味を持っているのでしょうか。

柳田 基礎研究は民間企業ではなかなかできないこともあって、随分興味を持っていたいています。企業にとって、気持ちのいいコミュニケーションは重要です。

例えば、これから自動運転の車が増えてきます。車に行先を告げるときの受け答えも、感じ方がユーザごとに違いますから、それぞれに合った気持ちのいい対応が必要になってきます。そういうヒントが脳研究の中にあるのです。

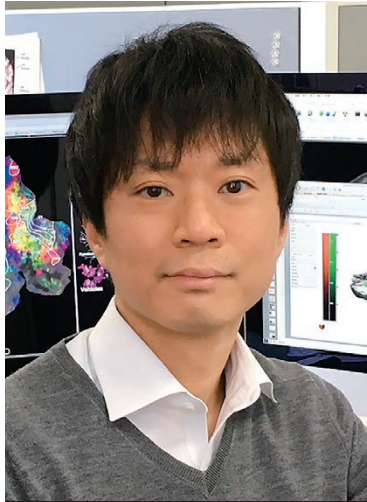
——最後に、CiNetの今後の展望についてお願いします。

柳田 技術的には、より精度良く脳の測定ができるようにすること。そして脳に関するたくさんのデータを集めることです。大規模なデータを持っていると研究にもビジネスにも有効になるでしょう。先ほど、基礎研究は役に立つことばかり考えてはだめだと言いましたが、社会への実装に関しては体制を整えていく必要があると考えています。

研究者にはあくまでも、役に立つことなど考えなくて、自分が信じたおもしろい研究をやってもらいます。新しい研究を切り拓いていくのは若い人たちなので、若い研究者が集まってくれるような環境づくりをしていきたいですね。若い研究者を取り巻く環境は、待遇などで厳しい面もありますが、能力を存分に発揮し自由な発想でアプローチしていけるようにバックアップしていきたいと考えています。

当研究センターは、国立の研究機関ですから、ともかく企業ができないような基礎研究をしっかりとやっていきたい。そして、社会や企業とうまく協業していけるようなシステムをつくって、おもしろい研究を世界に広めていきたいと考えています。

脳情報を読み解く



西本 伸志 (にしもと しんじ)

脳情報通信融合研究センター
脳情報通信融合研究室
主任研究員

大学院修了後、カリフォルニア大学バークレー校博士研究員等を経て、2013年NICT入所。脳情報表現の定量モデル構築及び脳情報解読などに関する研究に従事。大阪大学大学院医学系研究科・招へい教授、ERATO池谷脳AI融合プロジェクト・グループリーダーなどを兼任。博士（理学）。

私 たちは日常生活の中で目や耳などを介して多様で膨大な情報を受け取っています。脳はそれらの情報を処理することで、「雪が積もっているので気をつけて運転しないと」「この新しい製品はかっこいいな」等の客観的・主観的な体験内容を生み出します。私たちの研究グループでは、このような日常的な体験下の脳の働きを調べることで、人工脳モデルや脳・機械インターフェースの数理的基盤形成に向けた研究を進めています。

■背景

脳は映像、匂い、言語等を含む多様な情報を統合的に処理する中枢器官です。脳がどのように情報を処理し、表現し、また生成するかを理解することで、より効果的で豊かな情報伝達を実現するための基盤が得られると考えられます。2010年代に入り、機能的磁気共鳴画像法（functional Magnetic Resonance Imaging: fMRI）を代表とする大規模・高精度な脳活動計測技術の発展、及び記録した大規模脳活動を解析するための統計・機械学習手法の高度化に伴い、私たちが日常で触れるような多様で複雑な体験下（例：動画視聴時や各種認

知課題遂行時等）における脳活動を定量的に解析することが可能となりました。これにより、映像を見ているときの脳活動から感じている内容を推定したり、多様な認知活動を遂行中の全脳活動を説明したりする等、学術的な知見から実社会における応用までを見据えた様々な成果が生み出されつつあります。本稿では、これらの研究の枠組みと具体的研究例についてご紹介します。

■脳情報モデルの枠組み

私たちの研究プロジェクトでは、私たちが日常で接するような多様で複雑な体験下における脳の働きを理解するため、例えば動画視聴等の一般的な条件下における脳活動をfMRI等によって記録する実験を行っています（図1）。このようにして得られた脳活動パターン（図1右）は一見すると乱雑なノイズのようにしか見えませんが、私たちはこの脳活動を体験内容が何らかの形で反映された脳の暗号のようなものと考えます。この観点からは、私たちの研究は複雑な体験内容と脳活動の関係性を読み解く暗号解読に似たものととらえることができます。このうち、体験内容のどのような特徴が脳活動として符号化（エンコード）

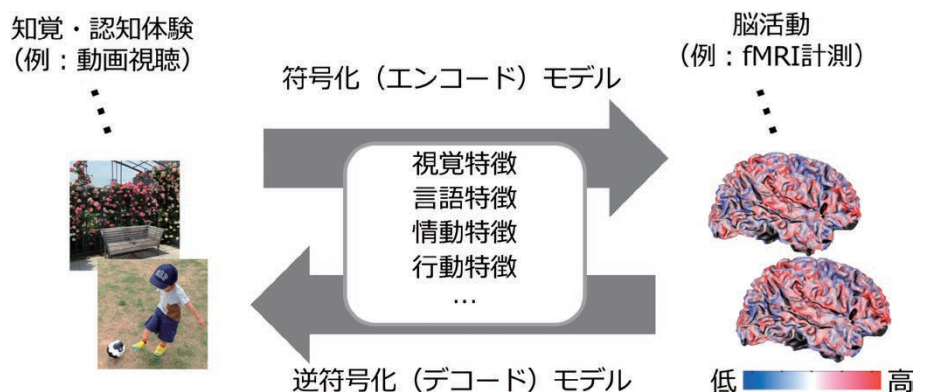


図1 脳活動の符号化・逆符号化モデルの概念図



図2 動画（左）視聴時の知覚意味内容推定例。中央：脳活動から逆符号化モデルを用いて得られた推定例。右：逆符号化モデルと符号化モデルを用いて得られた推定例（Nishida and Nishimoto 2018）。

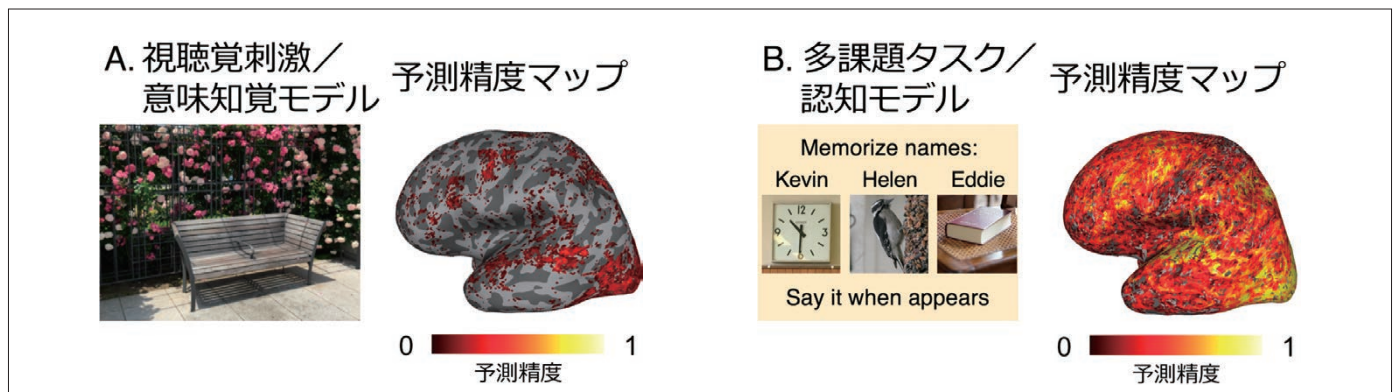


図3 受動的意味知覚モデル（A）と能動的認知モデル（B）の比較。意味知覚モデルは後頭葉や側頭葉等の活動を予測するのに対し、認知モデルはほぼ大脳全域の活動を説明・予測する（Nakai and Nishimoto 2018）。

されているかを計算するモデルを符号化モデル、逆にある脳活動がどのような体験内容を表しているかを説明するモデルを逆符号化（デコード）モデルと呼びます。符号化モデルの構築は脳と同じ振る舞いをするシステム（人工脳）を構築することにほかならず、ここからより脳に近い人工知能を構築するための知見を得ること等が期待されます。また、逆符号化モデルは言わば脳活動の解読機ととらえることができ、人が何を感じて／考えて／意図しているかを推定する脳・機械インターフェースの数理基盤としてとらえることができます。

■脳活動の解読

上記の枠組みの下で、私たちは動画等の視聴覚素材を見ているときの脳活動から、被験者が知覚している意味内容を単語ごとの確度として推定する技術を開発しました（図2左・中央）。従来においても、あらかじめ指定された数百程度の物体・動作について脳活動から知覚内容を推定する技術はありました。私たちは、新たに開発した自然言語処理技術に由来する特徴空間を介した逆符号化モデルを構築することで、

物体・動作・印象を含む約10,000単語について有意な知覚内容の推定を実現しました。この技術は、映像素材等が製作者の意図した内容を伝えているかを定量的に検証するための基盤としても利用することができ、企業へのライセンス供与を介した商用サービスが開始されています。

さらには、一定量の脳活動データから符号化モデルと逆符号化モデルの双方を構築し、これによって新たなfMRI実験を行わずに映像から知覚内容を推定する技術も開発しました（図2右）。前述の逆符号化モデルを用いた推定技術は、新たな視聴覚素材等についての知覚内容推定の度に時間的・金銭的コストのかかるfMRI実験を必要としましたが、符号化モデル（人工脳モデル）による脳活動の予測を行うことで新たな実験を省略することが可能です。このようなシステムは、ニーズに即応した素材評価等、より社会的応用価値の高い技術として期待されています。

■能動的脳活動の定量的理解

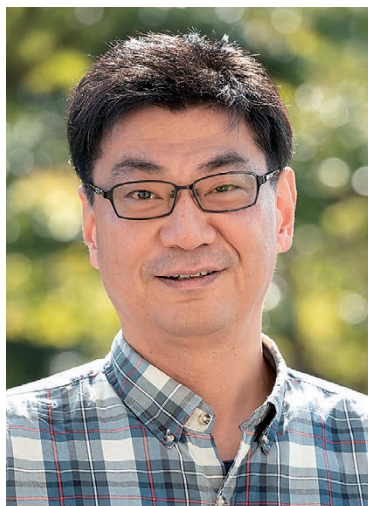
私たちの日常は、受動的に視聴覚情報を処理するだけでなく、能動的な判断や行

動（意思決定、発話等）を行うことによって成立します。上記の例では、動画視聴等の受動的な条件下における脳活動のモデル構築と解読についてご紹介しましたが、同様の枠組みは能動的な認知課題を遂行中の脳活動に応用することも可能です。私たちは、100種類を超える様々な日常的課題（価値判断、計算等）を遂行中の脳活動について、認知特徴を介したモデル（認知モデル）を構築することで、ほぼ全域の活動に適用可能な符号化モデルを開発しました（図3）。このようなモデルは、多様な認知情報を統合する脳機能の理解、またそれを模した人工知能技術の開発等、様々な分野において応用可能な知見を与えるものと期待されます。

■今後の展望

本稿では、脳の符号化・逆符号化モデル構築による研究の枠組みと具体例を紹介しました。同枠組みは、動画視聴下や多様な課題遂行下等の日常生活に近い条件における脳の働きの理解を促すものです。このため、基礎から応用への距離が比較的短く、今後とも学術から社会実装を横断した多様な展開を目指します。

社会脳を知り個人の社会個性を予測する



春野 雅彦 (はるの まさひこ)

脳情報通信融合研究センター
脳情報工学研究室
研究マネージャー

大学院修了後、NTT コミュニケーション科学基礎研究所入所。その後国際電気通信基礎技術研究所、ロンドン大学神経学研究所、ケンブリッジ大学工学部、玉川大学脳科学研究所を経て2011年、NICT入所。計算論的神経科学、社会脳科学の研究に従事。大阪大学生命機能研究科招へい教授。博士（工学）。

情 報通信技術の飛躍的發展で世界がますます小さくなり、私たちはface-to-faceのレベルをはるかに越えた巨大な社会ネットワークの中で生きています。しかし、あくまでヒトは生物であり、機械とは異なる特有の社会的意思決定をし、様々なストレスを感じます。ヒトの「社会脳」を知ること、ヒトに優しい社会ネットワークの設計や、ストレスの予測に基づく使い勝手の良いサービスや製品の提供が可能ではないかと考えています。本稿では、「社会脳」を知り、個人の社会特性を予測するために私達が行っている研究について紹介します。

■社会行動の個人差と扁桃体

社会行動の重要な基盤の1つに、他者と自分で資源や情報をどう配分するかを決める「分配行動」があります。公平に分ける、自分の取り分を多くするといった個人差はどういう脳のメカニズムから生じるのでしょうか？ ここに見られる個人差は、投票行動や寄付行動といった多くの社会的選択と

も関係することが知られ、極めて重要な問題です。

これまで利己的に振る舞おうとする脳の情動・報酬システムを、熟慮を行う前頭葉の認知システムが抑制することで公平な分配が生じると考えられてきました。しかし、情動・報酬システムが無意識的に不公平を避け公平な行動を選択する可能性もあります。

私たちはこの2つの可能性を調べる実験を行いました（図1）。まず被験者の社会価値志向性（social value orientation）と呼ばれる分配の個人差を測定しました。具体的には、匿名の相手とのお金の分け方を、約10秒で3択から選んでもらいます（図1a）。選択肢1は自分と相手の報酬の和を多くして差を小さくするので向社会的、選択肢2は自分の報酬を多くするので個人的、選択肢3は自分がどれだけ多いかを大切にするので競争的な選択と呼ばれます。8回中6回以上一貫した選択をした39名の被験者（向社会的 25名、個人的 14名）に、脳活動を調べる機能的磁気共鳴画像法（fMRI）実験に参加していただきました。

fMRI実験（図1b）では、被験者は自分と相手の報酬の組合せを提示された後、できるだけ早くその好ましさを評価し、ボタンを押しました。この課題では、各被験者の評価に“自分の報酬”、“相手の報酬”、“不公平さ（報酬の差の絶対値）”という3種類の変数がどう影響するか定量的に決めることが可能です。これら変数と相関する脳活動を探し、被験者グループ間に違いがあるか調べたところ、向社会的な被験者では、扁桃体の脳活動と“報酬の差の絶対値”の相関が見つかりました（図1c）。扁桃体は脳の深部にあるアーモンド状の構造で、我々がへびを見て逃げる、相手の顔の表情を読み取るなど、素早い（直観的な）危機管理行動に関与することが知られています。我々の研究によって、高度な社会行動

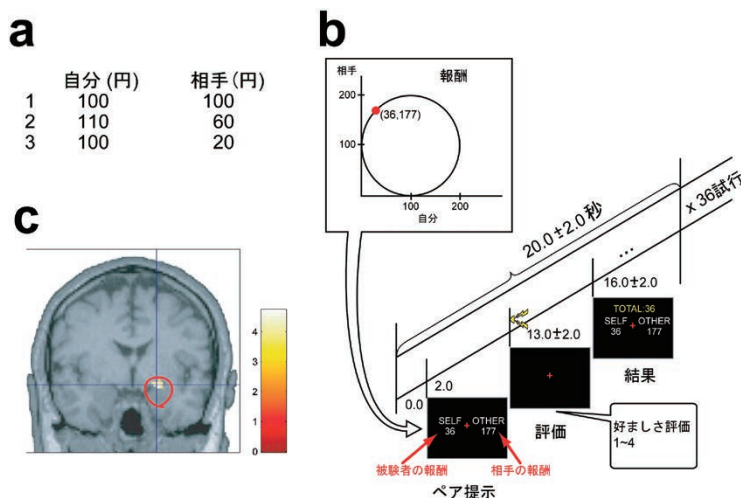


図1 社会価値志向性の神経基盤特定に用いた実験課題と結果

a 被験者のグループ分けのための選択課題 1 向社会的 2 個人的 3 競争的選択 b 脳活動を計測するfMRI実験のための課題 報酬の組合せの好ましさを4段階で評価 c 向社会的グループは扁桃体が自分と相手の報酬差の絶対値と相関する活動を示した。

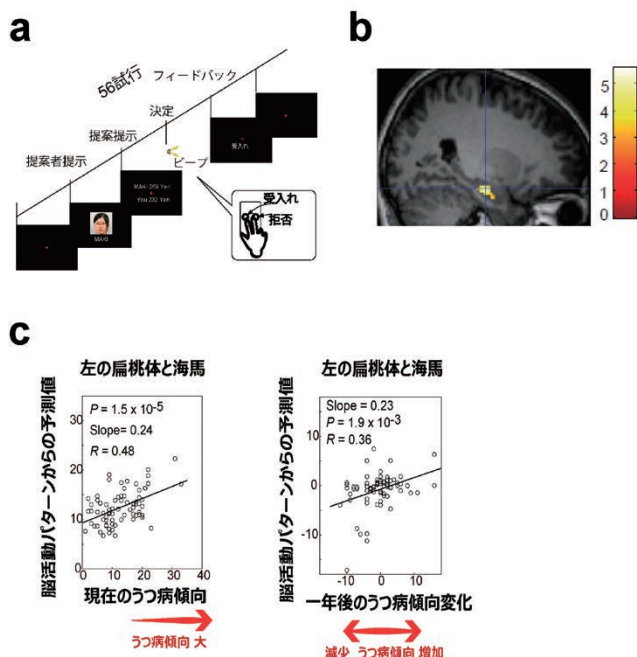


図2 不公平に対する扁桃体の脳活動パターンから現在と将来のうつ病傾向を予測
a 被験者と提案者のお金の分け方に関する提案を受入れるか拒否するかを決める最終提案ゲーム b 最終提案ゲーム中の不公平に対する扁桃体/海馬の活動パターン c 各被験者（1つの○）の不公平に対する左扁桃体/海馬の活動パターンから現在（左）と1年後（右）のうつ病傾向を予測した結果、実測値（横軸）と予測値（縦軸）の間に正の相関が見られ予測が可能であることを示す。

の基盤に前頭葉があるという従来の支配的な考え方に反し、魚やネズミから発達している脳構造である扁桃体が不公平を避けるという一見極めて高度な決定にも関与していることが示されました。

■不公平に対する扁桃体の活動パターンから将来のうつ傾向を予測

いくつかのコホート研究（人々の質問票や行動を追跡調査する研究）で、経済的な不公平とうつ病症状の相関関係が示されています。この知見から、我々は不公平に対する扁桃体の脳活動パターンから現在と将来のうつ病傾向を予測できないかと考え、実験を行いました。

実験課題（最終提案ゲーム）では、最初に提案者がお金の分配を提案し（例えば提案者自身に269円、返答者に232円 図2a）、次に返答者がその提案を受入れるか拒否するか決定します。返答者が受け入れればお金は提案どおりに分配され、拒否すればどちらの取り分も0円となります。もし自分の取り分をできるだけ多くすることを考えるなら、どんな提案でも受入れる方が得ですが、ヒトは取り分が20%より少ない不公平な条件では拒否することが多くなるのが面白いところです。提案が示される段階での不公平に対する脳活動を調べたところ、私たちのこれまでの研究と同様

に扁桃体の活動が見られました（図2b）。被験者にはこのfMRI実験の同時期と1年後の2回、Beck Depression Inventory II (BDI) といううつ病傾向テストを受けていただきました。

AI技術を用いて各被験者の不公平に対する扁桃体の脳活動パターンからfMRI実験と同時期と1年後のうつ病傾向予測するという難しい検証を行いました（図2c）。その結果、同時期（左）と1年後（右）の両方においてうつ病傾向の実測値と予測値の間に正の相関が見られ、不公平に対する扁桃体の脳活動パターンからうつ病傾向を予測できることが分かりました。この発見は不公平がヒトの精神状態に強い影響を与え、その重要なプロセスに扁桃体が関わることを示します。

■実社会行動ビッグデータと予測

社会行動の個人差の分布を知るには年齢、性別あるいは居住地までを考慮したビッグデータを収集し分析する必要があります。我々の研究グループではオンラインデータ収集システムを構築し、1万人程度の日本人の行動データ、性格テストデータ、同じ被験者のSNSデータ及び脳活動・脳構造データを大量に収集し、解析し脳情報処理モデルを構築するプロジェクトを進めています（図3a）。

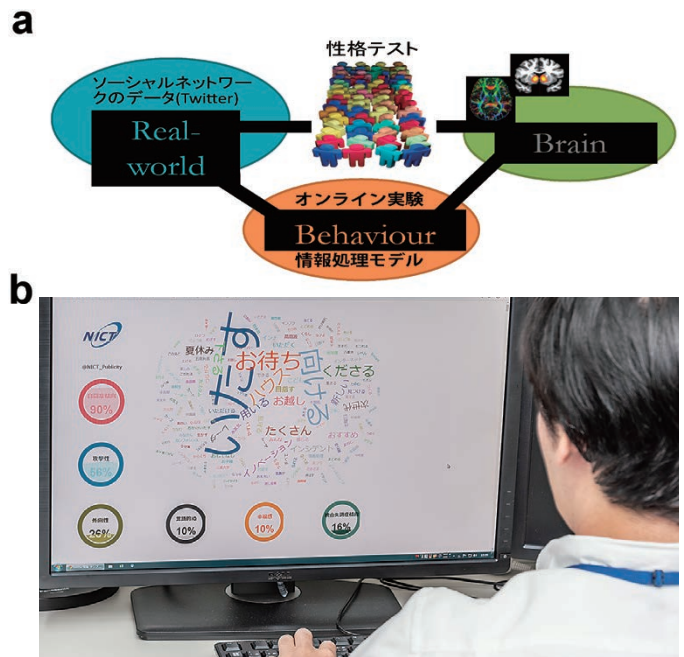


図3 社会行動脳・行動ビッグデータによる研究

a オンライン実験システムにより収集した大規模な行動データ、性格テスト、ソーシャルネットワークデータ及び脳情報データから実社会の社会行動に即した脳情報処理モデルを構築 b SNSデータから各人の社会特性を予測するシステムを作成した（NICTの公式IDに適用した例）。

このデータから、上で説明した不公平を避けるなどの社会特性に大きな男女差があることが明らかになってきました。社会性の男女差は今後の社会システムの設計や人材配置などに大きな影響を及ぼす可能性があります。

SNSのデータと性格テストデータにAI技術を適用することで、個人の様々な社会特性を予測できることも分かってきました（図3b）。それと並行して、SNSデータから予測の方が良い特性と上記の将来のうつ病傾向など脳活動を使わないと予測できない特性との違いも明らかになっています。

■今後の展望

社会行動ビッグデータを収集することで、社会特性の個人差が年齢、性別、居住地などの属性にどう依存するか急速に明らかにされ、そこで見つかった個人差の背後にある脳情報処理の特定も期待されます。その結果、今までの脳科学とは違う次元で、脳活動やSNSのデータから個人の様々な社会特性を予測できると考えられます。したがって、今後の研究開発では精度の良い予測手法の確立、その手法をどの問題に適用するのが有効かといった研究者側の問いは当然重要ですが、何をどこまで行うのが妥当かといった公共の視点が常に求められるでしょう。

非侵襲脳活動変調技術の開発とその応用

アルファ波の新たな機能を解明



天野 薫 (あまのかおる)
脳情報通信融合研究センター
脳情報通信融合研究室
主任研究員

大学院修了後、2013年NICT入所。同年より現職。ニューロフィードバック、経頭蓋電流刺激などを利用して、ヒトの知覚を生み出す脳活動を明らかにする研究に従事。博士（科学）。

2 つの事象が相関している場合に、どちらが原因でどちらが結果かの因果関係は自明ではありません。我々の知覚や行動と脳活動の相関（例えばある画像を見ている時に、ある脳部位が活動）についても同様の問題が存在し、その脳活動が知覚や行動を生み出している（因果関係がある）のか、知覚や行動に付随して生じている（因果関係がない）のかの切り分けが困難です。我々は因果関係に迫るため、ヒトの脳活動を非侵襲的に変調する手法を開発し、脳活動の変化に伴う知覚・行動の変化を調べる研究を進めています。

■アルファ波とは

アルファ波とは脳から発生する8～13 Hz（1秒間に約10回）程度の電気的な振動（脳波）のことで、目を閉じたり、リラクセスしたりする時に顕著に現れることから、従来は積極的な機能を果たしていないと考えられてきました。ところが、最近の研究から、ものを見る機能、すなわち視覚情報処理への関与が報告され、例えば、見ている対象に注意を向ける機能などと密接に関係していることが分かってきました。しかしながら、先行研究で報告されてきた視知覚とアルファ波の関係は相関関係

の議論の域を出ず、アルファ波が「原因」として視知覚に関与しているという証拠は、明確に示されてきませんでした。

■ジター錯視の見えの周波数の個人差がアルファ波周波数の個人差を反映

本研究では、ジター錯視（図1）と呼ばれる現象に着目して実験を行いました。ジター錯視とは、黒い背景の中で、明るさの等しい赤と緑からなる図形を動かすと、本来揺れていないはずの緑の図形が1秒間に10回（10 Hz）程度の頻度で揺れて見える現象です。赤・緑の境界線の動きが実際には同じ速度で動いている赤・黒の境界線よりもゆっくり感じられるため、相対的に緑の図形の位置が赤の図形より遅れがちになるが、実際には遅れていないため脳が遅れを補正する、というプロセスを周期的に繰り返すことでジターが知覚されると考えられます。我々の研究から、被験者が感じるジター錯視の周波数の個人差が、アルファ波の周波数の個人差をそのまま反映することが明らかになりました。つまり、アルファ波の周波数が元々速い人はジター錯視も速く、遅い人は遅く見えるということが分かったのです（図2左）。また、アルファ波の周波数は個人内でも僅かに揺らぎます

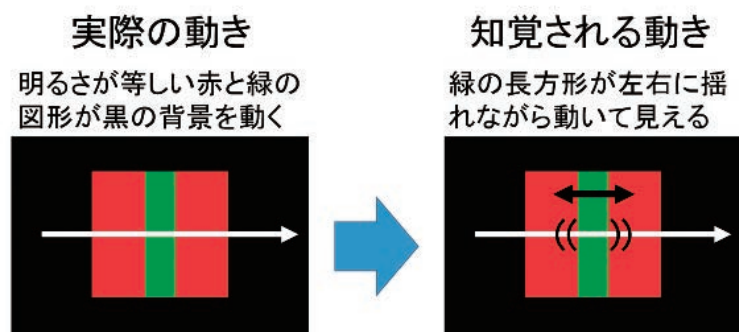


図1 ジター錯視

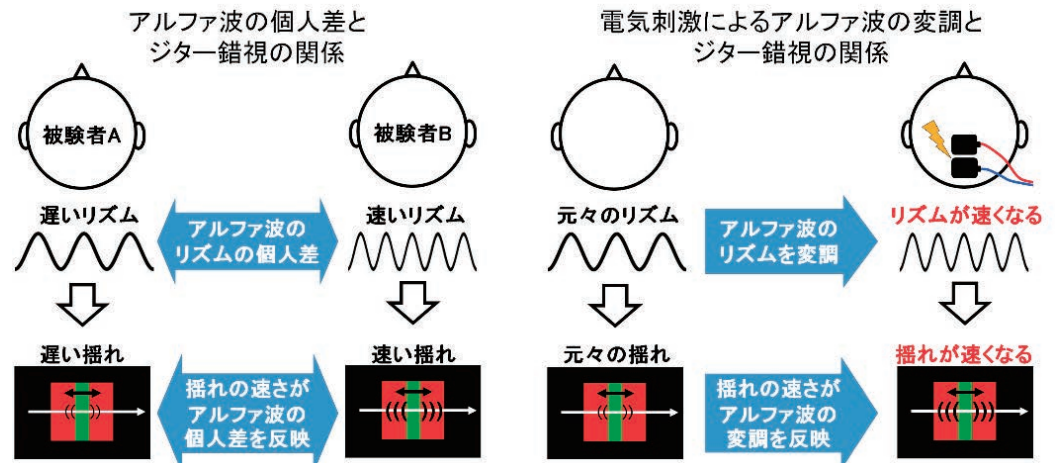


図2 アルファ波の個人差及び電気刺激による変調とジター錯視の関係

が、この揺らぎに応じてジター錯視の見え方も変化することが分かりました。

■アルファ波の周波数の増減に伴いジター錯視の見えの周波数が増減

さらに、人体に害のない微弱な電気刺激（経頭蓋電気刺激）を被験者の後頭部に与えることで、アルファ波の周波数を人工的に変化させる技術を開発し、実際に周波数が速くなったり遅くなったりすることを世界で初めて観測しました。脳に交流電気刺激を与える従来の手法では、電気刺激そのものがノイズとなって、電気刺激を与えている最中の脳活動を脳波（EEG）や脳磁図（MEG）などの脳機能計測法で観測することが困難でした。本研究の特徴は、従来とは異なる特殊な波形（振幅変調）を用いることで、電気刺激のノイズに邪魔されことなくアルファ波の変化を観測できることです。この技術を用いてアルファ波の周波数を人工的に速くしたり遅くしたりしたところ、被験者が感じるジター錯視の揺れも増減しました（図2右）。脳波を変化させることで知覚も変化したことから、アルファ波がジター錯視の知覚の成立に寄与していることが実証されました。

■アルファ波の周波数が視覚情報を統合するタイミングを決定

本研究によって、アルファ波が視覚情報処理に因果的に寄与していることが示唆されました。我々の提案するアルファ波の機

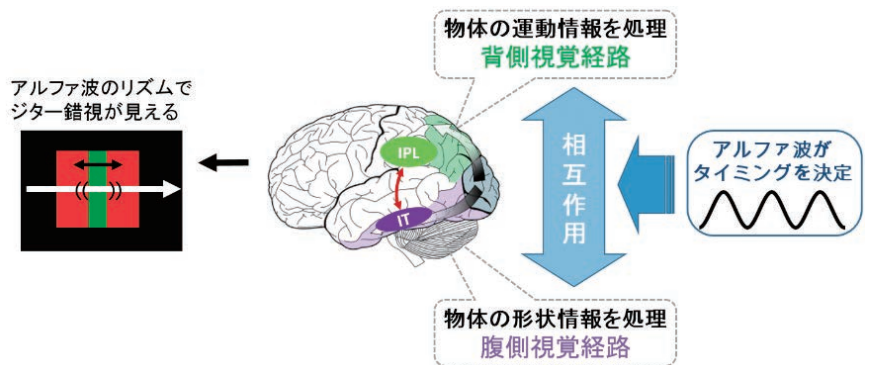


図3 アルファ波のリズムで視覚野間での情報統合が行われる

能を図3に示します。視覚情報処理に関係する経路として、物体の運動や奥行きなどの情報処理を担う背側視覚経路と、物体の形状や色などの情報処理を担う腹側視覚経路が存在します。本研究においてジター錯視を知覚している時の脳活動を計測した結果、この背側視覚経路に属する下頭頂小葉（IPL）と腹側視覚経路に属する下側頭回（IT）がアルファ波帯域で協調して活動することが明らかになりました。ジター錯視においては、背側経路において運動情報を用いて計算された緑の図形の位置遅れを、腹側経路における正確な（赤の中央にある）位置情報を使ってアルファ波のリズムで補正していると考えられます。つまり我々の実験結果は、アルファ波が異なる視覚経路で情報のやり取りを行う際のタイミングを決定する、ある種のペースメーカーとして機能している可能性を示唆しています。

■今後の展望

今回、アルファ波が「原因」でジター錯視が「結果」であるという因果的な関与を実証しましたが、アルファ波と関連する認知機能は視覚、聴覚、記憶をはじめとして多岐にわたる可能性があります。今後は、本研究で開発したアルファ波変調技術を用い、これらの認知機能とアルファ波の、より詳細な関係性の解明を目指します。

例えば、アルファ波の周波数を変えることにより、お年寄りの認知機能を補ったり、短期記憶の能力の向上を図ったりすることが可能になるかもしれません。また、人々が日常生活の中でデスクワークなどを行う際に必要になる認知機能と、アルファ波との関係性を精査することで、私たちの日常行為のパフォーマンスを高めるような研究も進めていく予定です。

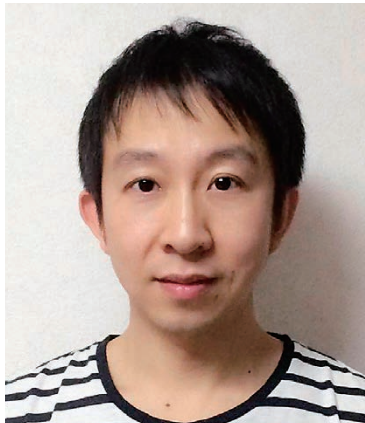
脳波を用いたニューロフィードバックトレーニングによる英語リスニング能力の強化



成瀬 康 (なるせ やすし)

脳情報通信融合研究センター
脳情報工学研究室
室長

大学院博士課程修了後、2007年NICT入所。以来、脳情報通信研究等に従事。博士（科学）。



常明 (ちゃんみん)

脳情報通信融合研究センター
脳情報工学研究室
研究員

大学院博士課程修了後、2016年NICT入所。以来、ニューロフィードバックトレーニングに関する研究に従事。博士（情報科学）。

脳 波というと、脳の病気のときに病院で測るものというイメージを持たれている方が多いのではないのでしょうか。しかし、近年の脳波計測の技術の進歩により、必ずしも病院ではなく、日常生活の中でも脳波を計測できるようになってきました。NICTでも、頭にかぶるだけで簡単に計測できるウェアラブル脳波計の開発を進めています（図1）。このようなデバイスを利用することで、病気の診断のみではなく、家庭でのヘルスケアなどにも応用できる可能性がありますし、さらには、医療を離れて教育やマーケティングにも利用できる可能性があります。ここでは教育への応用として、脳波を用いたニューロフィードバックトレーニングによる英語リスニング能力の強化についてご紹介します。

■背景

多くの日本人にとって、英語のrightとlightの音を聞いたときに聞き分けることは難しいです。なぜならば、日本語では、どちらも「ライト」となってしまう、RとLの音の違いを区別しないからです。しか

し、例えば、light, light, right, light, light, light, right…というように、lightの中に時々rightが入る音列を聞いた場合、日本人がこれらの音をすべて「ライト」と認識していても、脳波を計測すると、時々入っているrightの音を聞いたときの脳活動パターンが、lightの音を聞いたときの脳活動パターンと異なることが知られています。つまり、意識レベルで音の違いがわからず、単に「ライト」という音が続いているなどと思っていたとしても、無意識的に脳は音の違いに反応しているのです。この脳活動パターンは、ミスマッチ陰性電位（MMN）と呼ばれています。そして、このミスマッチ陰性電位は音の違いがきちんとわかるようになればなるほど、大きくなることが知られています。これまでに、この特性を利用して、音の違いを学習した結果、きちんと聞き取れるようになったかどうかをミスマッチ陰性電位が大きくなったか否かで評価するという試みはなされています。しかし、私たちは、発想の転換を行い、このミスマッチ陰性電位を大きくするトレーニングを行うことができれば、いつの間にか、音の違いを聞き取れるようにな



図1 NICTが開発したウェアラブル脳波計

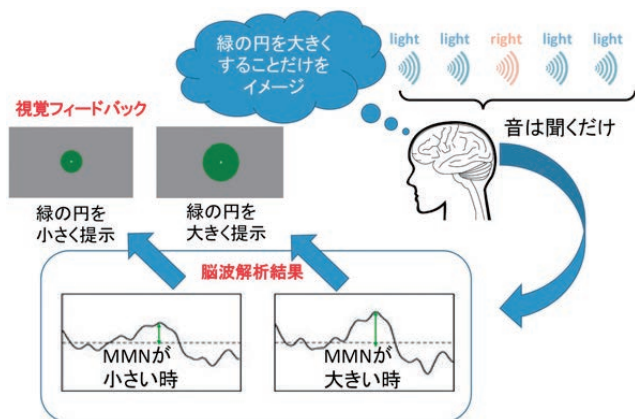


図2 ニューロフィードバックトレーニングの概略図。MMNはミスマッチ陰性電位を表す。



図3 ニューロフィードバックトレーニングの様子

るのではないかと考えました。このトレーニングが、ニューロフィードバックトレーニングトレーニングです。

■ニューロフィードバックトレーニング

ニューロフィードバックトレーニングを行うために、light, light, right, light, light, light, right…という音列を聞いているときの脳波を計測し、その中に含まれるミスマッチ陰性電位の大きさをリアルタイムに解析し、さらに、このミスマッチ陰性電位の大きさを緑の丸の大きさに対応させることで可視化するシステムを開発しました(図2)。実験参加者は、light, light, right, light, light, light, right…という音列を聞き流すだけで、集中するのはこの緑の丸を大きくするイメージをしてもらうことです。実験参加者は、最初は、どのようにしたら緑の丸を大きくできるかがよくわかりません。しかし、試行錯誤を繰り返すことで、緑の丸を大きくすることができるようになる、つまり、ミスマッチ陰性電位を大きくすることができるようになります。脳は、様々なものを学習できますが、脳活動そのものもリアルタイムに視覚化されれば、この脳活動をコントロールする方法も学習できるのです。図3が実際にニューロフィードバックトレーニングを行っている様子です。

■ニューロフィードバックトレーニングの効果

このニューロフィードバックトレーニングを1日1時間程度、これを5日間行いました。このようにニューロフィードバックトレーニングを行った実験参加者をニューロフィードバックトレーニンググループと

呼びます。トレーニングの結果、ニューロフィードバックグループの認知テスト(聞いた音がrightかlightかを答える)の結果は日々向上し、最初は60%程度しか正解できなかったが最終的には約90%正解できるようになりました(図4黒丸)。これに対して、ニューロフィードバックトレーニングを行わなかった実験参加者をコントロールグループと呼びます。コントロールグループの実験参加者には、ニューロフィードバックグループの実験参加者と同様に、

脳波計を装着させ、イヤホンを通して英単語を聞かせましたが、目の前に設置されたディスプレイに提示される緑の丸の大きさは自分のミスマッチ陰性電位の大きさではなく、代わりにニューロフィードバックグループの実験参加者のミスマッチ陰性電位のデータを用いて緑の丸の大きさを変化させました。つまり、コントロールグループの実験参加者に与えられるフィードバックは自分のミスマッチ陰性電位の情報ではないため、いくら努力してもミスマッチ陰性電位を大きくすることができません。コントロールグループの実験参加者も1日1時間、これを5日間行いましたが、認知テストの結果は向上しませんでした(図4白丸)。

コントロールグループの実験参加者もニューロフィードバックグループの実験参加者と同様に英単語を聞いているにもかかわらず、ニューロフィードバックグループの実験参加者のテスト結果のみが向上したということは、単に英単語を聞いているだけでなく、ミスマッチ陰性電位を大きくす

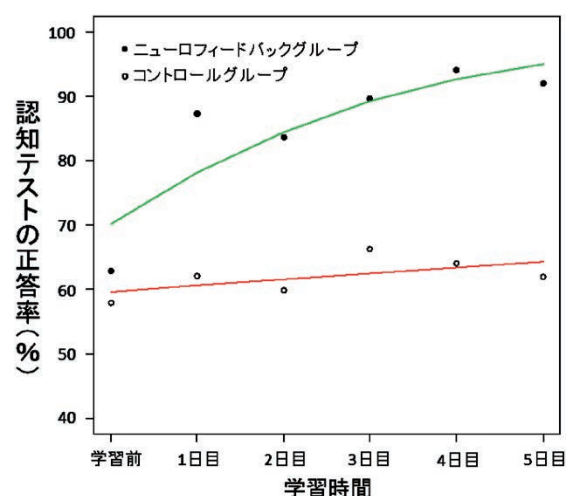


図4 ニューロフィードバックグループとコントロールグループの認知テスト結果

るというニューロフィードバックが英単語の聞き分け能力を向上させるために重要であることを意味しています。

■今後の展望

この技術は、英語のリスニングが苦手な日本人のリスニング能力を向上させることに寄与できると考えています。そこで、私たちは、現在、社会実装に向けた研究開発を行っています。学術的な実験であれば、実験室というコントロールされた環境下で行うことができますが、社会実装となると、ユーザーは日常の環境でニューロフィードバックトレーニングを行うことが想定されます。日常の環境では、様々な外来ノイズが脳波に重畳します。また、より簡易な脳波計の開発も必要となります。私たちは、様々な民間企業と一緒にこれらの問題を一つひとつ解決して、社会実装を目指しています。



直径0.16mmの4コア・3モード光ファイバで 毎秒1.2ペタビット伝送成功

～次世代の光通信インフラ基盤技術の確立に向けた取組～

現在の光通信で広く使用されている光ファイバ（外径0.125mmのシングルコア・シングルモードファイバ）は容量の限界があり、増大し続ける通信トラヒックに対応するため、新型光ファイバと、それを用いた大規模光伝送の研究が世界中で盛んに行われています。

主な新型光ファイバは、光ファイバに複数の通り道（コア）を配置したマルチコアファイバと、1つのコアで複数の伝搬モードに対応したマルチモードファイバです。これまで、マルチコアファイバでは、大容量かつ長距離の伝送実験の成功が報告されていますが、光ファイバが太くなるため曲げや引っ張りの機械的ストレスに弱く、製造性や敷設作業による破断確率の増大、接続施工の難易度などが課題でした。

NICTネットワークシステム研究所と株式会社フジクラは、国立大学法人北海道大学、オーストラリア Macquarie 大学 MQ Photonics Research Centre と共同で、直径0.16mmの4コア・3モードの光ファイバ（図）を用いた伝送システムを構築し、毎秒1.2ペタビットの伝送実験に成功しました。本実験では、この伝送容量を実現するため、コアとモードを一括で多重／分離するカプラを用い、368波長全て256QAMという非常に高密度な多値変調を行いました。

本光ファイバは、既存光ファイバとほぼ同サイズのため、ケーブル化や敷設作業が容易になるなど従来の設備を流用することが可能で、早期実用化が期待できます。また、既存光ファイバに比べて非常に高密度な情報伝送能力を

持ち、さらに空間チャネル数が4の倍数であることからデータセンターなどで使われている入出力方式に親和性が高く、データセンター内外の高密度光配線への適用も期待されます。

ネットワークシステム研究所フォトニックネットワークシステム研究室の淡路祥成研究マネージャーと古川英昭研究マネージャーは、「ビッグデータや5Gサービスなど、今後ますます増加していくトラヒックをスムーズに収容可能な次世代の光通信インフラ基盤技術の確立に向けて取り組んでいく。今回の伝送システムは、データセンターへの適用をはじめ、将来は伝送距離を拡張し、メトロ応用も視野に入れるため、産学官連携による取組を強化していきたい。」と語っています。

なお、本実験の結果は、イタリア ローマで開催された光ファイバ通信関係最大の国際会議のひとつである第44回欧州光通信国際会議（ECOC2018、2018年9月23～27日）で非常に高い評価を得て、最優秀ホットトピック論文（Post Deadline Paper）として採択され、現地時間9月27日に発表しました。

Reference

Ruben S. Luis, Georg Rademacher, Benjamin J. Puttnam, Tobias A. Eriksson, Hideaki Furukawa, Andrew Ross-Adams, Simon Gross, Michael Withford, Nicolas Riesen, Yusuke Sasaki, Kunimasa Saitoh, Kazuhiko Aikawa, Yoshinari Awaji, and Naoya Wada, "1.2 Pb/s Transmission Over a 160 μ m Cladding, 4-Core, 3-Mode Fiber, Using 368 C+L band PDM-256-QAM Channels," in Proc. 44th European Conference on Optical Communication (ECOC), September 2018, paper Th3B.3.

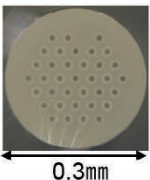
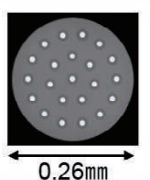
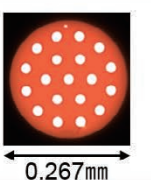
	代表的な研究成果			今回の成果	既存の 光ファイバ
	2015年3月	2015年10月	2017年10月	2018年9月	
容量(bps)		2.15ペタ	10.16ペタ	1.2ペタ	0.15ペタが限界
コア、モード	36コア、3モード	22コア、1モード	19コア、6モード	4コア、3モード	1コア、1モード
クラッドの 直径	 0.3mm	 0.26mm	 0.267mm	 0.16mm	 0.125mm
被覆の直径				0.25mm	0.235～0.265mm

図 4コア・3モード光ファイバと他の光ファイバとの比較

■関連プレスリリース

- ・直径0.16mmの4コア・3モード光ファイバで毎秒1.2ペタビット伝送成功
(2018年10月11日付け <https://www.nict.go.jp/press/2018/10/11-1.html>)



ヒトの脳の情報伝達経路を測る

竹村 浩昌 (たけむら ひろまさ)

脳情報通信融合研究センター(CiNet) 脳機能解析研究室
テニユアトラック研究員 博士(学術)

大 学院在学時は、ヒトの視覚系を対象とした心理学研究を行っていましたが、学位を取ってからは違うテーマの研究に取り組んでみたいという意欲を持っていました。

学位取得後、かねてからの憧れでもあった米国のスタンフォード大学での研究の機会を得て、MRI装置を用いてヒトの脳の情報伝達経路を測るというユニークな分野と出会いました。

情報通信技術の発展には、演算装置やアルゴリズムの発達による計算処理技術の向上と、遠く離れた場所同士を結ぶ光ファイバなどの情報伝達技術の向上の両方が重要です。ヒトの脳も、情報通信技術のアナロジーで考えることができます。ヒトの脳は、大まかに



灰白質と白質から構成されています。灰白質は神経細胞の細胞体から構成される脳活動が観測される領域で、演算装置の役割を果たしていると考えられてい

ます。fMRIやMEG、脳波などの技術は、灰白質の脳活動を計測する手法で、CiNetにおける脳情報通信研究の主力技術です。一方で、白質は遠く離れた脳の場所同士を結ぶ線維の束から構成される領域で、光ファイバのような役割を果たしていると考えられます。脳における効率的な情報処理を理解するヒントは白質にあるかもしれません。

私の研究は、白質に注目するという点でCiNetにおける他の研究と少し毛色が違います。以前の白質研究は死後脳を解剖してスケッチし肉眼で分析するものでした。これに対し、近年では拡散強調MRI(dMRI)というMRI装置を用いた計測手法が発展し、生きているヒトの脳の白質の情報をデジタルデータとして取得し、定量的に分析することが可能となりました。私はこれまで、(1) dMRIデータの解析手法の開発、(2) 古典的死後脳研究で知られながらも見落とされていた線維束の再発見、(3) 白質線維束の定量評価と個人特徴の分析という研究を進めてきました。

これからはdMRI計測を更に発展させ、白質が脳の情報処理においてどのように貢献しているのかを明らかにし、またdMRIを幅広い領域に利活用する礎を作りたいと思います。



■経歴

- 1985年 東京都にて誕生
- 2007年 東京大学教養学部生命・認知科学科卒業
- 2012年 東京大学大学院総合文化研究科博士課程修了後、スタンフォード大学研究員
- 2015年 日本学術振興会特別研究員SPD・NICT特別研究員
- 2018年 現職

■受賞歴など

- 2017年 国際磁気共鳴医学会 Magna Cum Laude Merit Award
- 2011年 日本学術振興会育志賞

「NICTのチャレンジャー」では、様々なことに挑むNICT職員の横顔をご紹介します。

■一問一答

Q：研究者になって良かったことは？

A：研究には苦しいことも多いですが、何より知的な興奮を味わえる瞬間、点と点の知識がつながった線になる瞬間に出会えることが良かったと思います。

Q：今までで最大の失敗は？

A：大学生の時に体育会系の卓球部に所属していて、私が試合に負けたことで伝統のある部を降格させてしまったことが挫折経験として記憶にとどまっています。

Q：最近はまっていること

A：2歳の長男が成長する過程を観察するのにはまっています。最初は1語文や2語文だった会話内容が、どんどん長い単語や文章を話せるようになっていく過程を見るのはとても面白いです。

nano tech 2019

◇ 超スマート社会を実現
するナノテクノロジー ◇

第18回 国際ナノテクノロジー総合展・技術会議



nano tech 2018での様子

NICT未来ICT研究所は、2019年1月30日～2月1日に東京ビッグサイトで開催される国際ナノテクノロジー総合展・技術会議に出展いたします。展示ブースでは、以下の展示を予定しております。ぜひご来場ください。

- ・有機電気光学ポリマーを用いた超高速光制御デバイス
- ・有機電気光学ポリマーを用いたテラヘルツ波発生・検出技術
- ・超伝導ナノワイアを用いた究極の光子検出技術
- ・超伝導単一磁束量子を用いた極低温信号処理技術
- ・中赤外光アンテナ・分布定数回路技術
- ・先端ICTデバイスラボを活用した超高速光・電子融合デバイス技術
- ・テラヘルツ量子カスケードレーザ
- ・深紫外LEDの研究開発
- ・酸化ガリウムデバイス～新半導体が拓く近未来～
- ・ナノテクに不可欠な超高真空装置を小型軽量化する技術
- ・細胞の仕組みを活用したICT
- ・インクジェット法によるバクテリアオロドプシン視覚情報処理デバイスの開発
- ・生きた細胞が持つ外来物質認識機構の解析
- ・"いつでもどこでも簡単に測れるウェアラブル脳波計 Wearable EEG system"

開催日

2019年

1月30日(水) - 2月1日(金)

10:00-17:00

会場

東京ビッグサイト

東4・5・6ホール&会議棟

NICTブース: 東5ホール

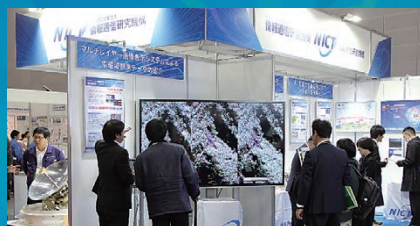
<https://www.nanotechexpo.jp/main/>

第23回

震災対策技術展 横浜

—— 自然災害対策技術展 ——

衛星を用いた災害応急通信技術の紹介や対災害SNS情報分析システムの展示、フェーズドレイ気象レーダーの観測データを用いたゲリラ豪雨の3次元降水データのVR体験など、震災対策技術に関する最新の研究成果を紹介します。



第22回「震災対策技術展」横浜でのNICTブースの様子

開催日 **2019年2月7日(木)・8日(金)**
各日 10:00～17:00

会場 **パシフィコ横浜**

入場方法 **当日登録制**〔受付にて、アンケートに記入後、入場者証と交換。2日間有効〕

同時開催

災害・危機管理ICTシンポジウム2019

<http://ictfss.nict.go.jp/yokohama2019/>

上記 Web サイトにて事前登録をしてください



災害・危機管理ICTシンポジウム2018での講演の様子

開催日: 2019年2月8日(金)
主催: 次世代安心・安全ICTフォーラム
国立研究開発法人情報通信研究機構
会場: パシフィコ横浜 アネックスホール
参加費: 無料

<https://www.shinsaexpo.com/yokohama/about/>

