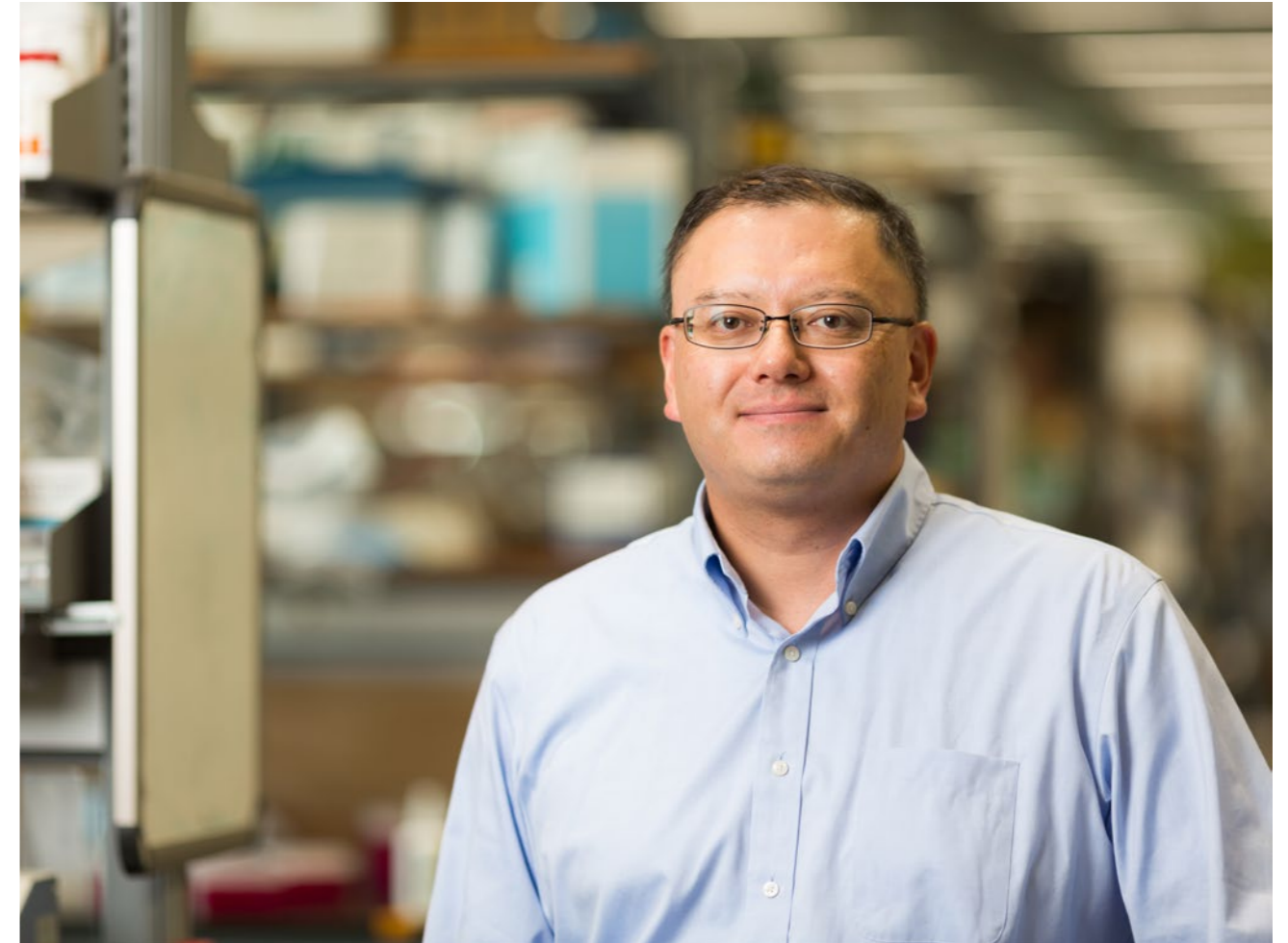




東京大学 国際高等研究所 ニューロインテリジェンス国際研究機構

International Research Center for Neurointelligence The University of Tokyo Institutes for Advanced Study

「ヒトの知性」はどのように生じるか——



私たちの脳はきわめて柔軟な知性を持っていますが、なぜそのような知性を持つことができたのか、ほとんど分かっていません。これが人類全体の大きな疑問であることは言うまでもないことでしょう。私も過去の個人的な経験からずっと脳の不思議を考えてきました。

未だブラックボックスである「脳」に対する根源的な問いに答えることを究極の目標として、ニューロインテリジェンス国際研究機構 (IRCNI) は設立されました。このIRCNIでは、脳 (神経回路) の発達の基本原理を解き明かしながら、脳の障害による病気の病理を探っていきます。そして、それらの知見に基づいて革新的な人工知能 (A.I.) の開発を目指します。さらに、脳とA.I.の研究成果から「人の知性はどのように生じるか」という究極の問いに迫ります。これらの一連の研究により、生命科学、医学、人文社会科学、数理科学、情報科学といった幅広い学術分野が融合され、新分野「ニューロインテリジェンス」が創造されていくのです。

米国で育った私は、母とは日本語、父とはドイツ語、家の外では英語、の3つの言語を普通に使っていて、それを「当たり前」のこととして幼少期を過ごしました。しかし、小学生になって初めて、友だちの家ではそうでないことを知り、外国語を習得す

るうえでの級友たちの苦勞を見て、とても驚きました。予め3つの言語を使っていた私にとって4つめの言語を覚えることはさほど苦ではなく、「ぼくの脳は一体、どうなっているのだろうか?」と思ったのです。これが、脳に関する大いなる疑問の出発点でした。

脳という「ヒトの中の宇宙」を探索する旅はまだ始まったばかりです。生物 (生命科学) と数理 (情報科学) を結びつけることができるようになった今、子供の頃に感じた「脳に関する不思議」を少しずつ追究していける時代となっています。また、「脳を知る」ことは「脳の病を知る」メリットをも有しており、IRCNIが大きく社会貢献できる可能性を秘めています。新分野「ニューロインテリジェンス」は実学としても発展していくことでしょう。知性の成り立ちを解き明かす日を夢見て、私たちはこの旅を続けていこうと思っています。

2019年1月24日

ニューロインテリジェンス国際研究機構 機構長

ヘンシュ 貴雄

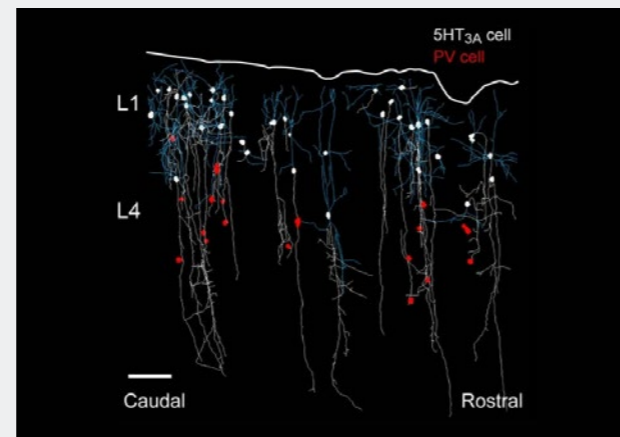
## ニューロインテリジェンスという分野を創り出すために

「ニューロインテリジェンス」という学問分野の創成を目指すIRCNは4つの連携研究ユニットで構成されています。それぞれのユニットは他のユニットとの共同研究により、日々、新たな研究成果を創り出しています。

### 発生／発達研究ユニット

#### 脳神経回路が形成されていく仕組みを見つけ出す

脳は、ニューロン（神経細胞）が多数のシナプスを介して複雑に連結した神経回路で構成されています。発生／発達研究ユニットは、この神経回路形成の原理を解明していきます。脳の神経回路は、出生までは基本的に遺伝子プログラミングに従って形成されますが、生育過程のある「限定された期間」の経験等に影響されて、新たなシナプスが生まれたり消失するなどカスタマイズされていきます。この期間を「臨界期」と呼んでいます。発生（生まれるまで）段階の研究では遺伝子プログラミングによる脳の成立の原理を、発達（臨界期）段階の研究では経験依存的、神経活動依存的に変わっていく神経回路の原理を、それぞれ見つけていくわけです。このユニットが見つげ出す様々な原理は、脳の臨床研究を行ううえでの大きなアドバースとなり、脳の数理モデルを作っていくうえでの前提情報になります。いふならば、発生／発達研究ユニットはIRCNの土台となるユニットです。



CREDIT: AE Takesian

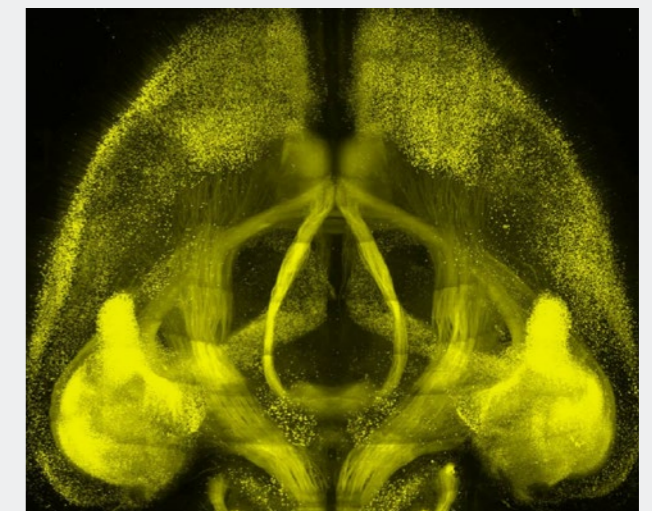
#### KEYWORD

- 臨界期 ●神経新生 ●幹細胞 ●嗜好性の個性 ●方位選択性
- 鳥の歌学習 ●内因性カンナビノイド ●抑制性ニューロン

### 技術開発ユニット

#### 脳の秘密を浮かび上がらせる新しい計測・分析の開発・提供を目指す

技術開発ユニットは、脳のブラックボックスを解き明かしていくために必要な「道具」を開発していくユニットです。発生／発達研究ユニットやヒト／臨床研究ユニットの専門的研究を支えるべく、動物に遺伝子操作を加える方法、生理学的データの新たな記録法、脳の内部を非侵襲的にモニターできるイメージング法、画像解析ツールや顕微鏡、蛍光および生物発光プローブなど、単一ニューロンから脳全体におよぶ神経活動を計測・分析するための革新的な最先端技術を開発・提供します。新たな「道具」の開発は脳科学の次なる発見をうながす鍵となります。



CREDIT: HR Ueda

#### KEYWORD

- 2光子カルシウムイメージング ●LOTOS法 ●細胞内のカーナビ
- バイオハイブリッドシステム ●トリプルCRISPR法
- CUBIC(組織透明化法)

### 計算論的研究ユニット

#### 脳の仕組みを数理モデル化し、その原理に基づく次世代のA.I.を創り出す



計算論的研究ユニットは、発生/発達研究ユニットと協力し、脳の神経回路形成の仕組みに基づいた計算・解析モデルやA.I.を創り出します。数理モデルならびにA.I.を活用することによりビッグデータの体系的解析を可能にし、さらにはそれらの知見をヒト／臨床研究ユニットが行う計算論的精神医学などの臨床応用に活かせるような研究を進めていきます。現在、精神医学では患者のデータから臨床医自らの経験に基づいて診断を行っていますが、今後計算論的精神医学が発展するとビッグデータの時代にふさわしい「データを収集してモデル化することにより人間（臨床医）が認識できない診断力を生み出す」というアプローチが進んでいきます。計算論的研究ユニットの研究成果は新世代A.I.の創出とヒトの知性の理解に向けて大きく貢献していくことでしょう。

#### KEYWORD

- 複雑系数理モデリング ●神経科学に基づいた機械学習

### ヒト／臨床研究ユニット

#### 発達過程に起因する脳の病気を探り、やがてはヒトの知性の起源に迫る

自閉症や統合失調症など若年者に多い精神疾患は、脳の発達初期に受けた何らかのストレスの影響で後々に発症することが分かってきています。ヒト／臨床研究ユニットでは、発生／発達研究ユニットが見つげ出した「脳の発達期の原理」を理解したうえで「脱線した発達（脳の病気）」を解明していきます。また、ヒト／臨床研究ユニットでは計算論的研究ユニットと協力し、高

次脳機能障害を伴うコホート（患者群）に対して計算論的精神医学のアプローチを展開していきます。さらに、疾患状態にある脳の発達過程との対比もふまえて、健常人における脳の発達過程の研究も推し進めていきます。たとえば、言語習得において「どの時期にどのような教育を受けるとバイリンガルなどの認知機能を獲得できるのか」といった、脳の可能性をより広げるための研究を行います。それらの研究により得られた様々な知見をもって、人文社会科学、さらにはロボティクスも含めた脳神経科学に基づく工学技術とのコラボレーションを実現し、「人とは何か」、「人の知性はどのように生じるか」、「人はなぜ、自分の脳を使って自分を理解できるのか」といった哲学にも通底する究極の問いに迫っていきます。学術と社会を繋げるための研究もIRCNの重要な責務と考えています。



CREDIT: M Dee

#### KEYWORD

- 臨界期 ●可塑性 ●東京ティーンコホート
- 近赤外線スペクトロスコピー ●文法中枢 ●核磁気共鳴法画像法

# IRCINの研究を 力強くサポートするプロフェッショナルたち

IRCINでは各ユニットによる研究をより効率的・効果的に進めるために、現在5つのコアファシリティを設置し、サポートを行なっています。「ES-マウス/ウイルス開発コア」、「イメージングコア」、「ヒューマンfMRIコア」、「データサイエンスコア」は研究の流れを繋ぎ、学際的な仮説の構築や検証手段を可能にするプラットフォームを提供します。さらに「サイエンスライティングコア」は研究成果発信をサポートする役目を担い、また論文執筆や学会発表のための指導にも携わっています。

作る

## ES-マウス/ウイルス開発コア

### 十分な数の実験用遺伝子組換えマウスやウイルスを短期間に供給

**【ミッション】** IRCINの研究者が使用する遺伝子組換え(改変)マウスやウイルスを迅速に供給します。その効率的な作製を支える技術として、ES細胞内の遺伝子を改変する(ゲノム編集)技術の開発も行なっています。

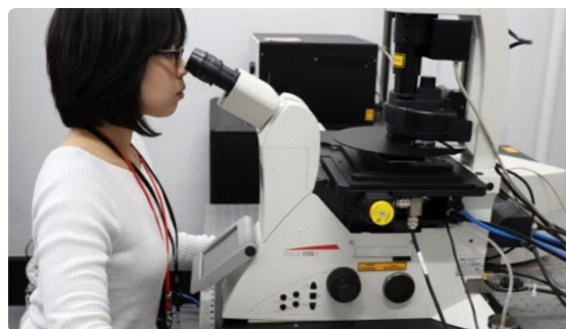
究に必要なノックインマウスをいち早く研究者の元へ届けることができます。



**【技術】** 目的の遺伝子をマウスゲノムに挿入し作製する「ノックインマウス」の作製過程において、初期ステップのノックインES細胞の作製手法を大幅に改良し、多種類のノックインES細胞を同時に短期間(約1カ月)で作製する技術を確立しました。また、従来の「ノックインマウス」作製手法ではキメラマウスの交配を介するため、ES細胞から必要なマウスを得るまでに通常1~2年を要しましたが、体の全細胞がES細胞に由来する「ES-マウス」を直接作製する方法を用いることにより2~3カ月のうちに多種類のノックインマウスを同時進行で作製することが可能となり、研

## イメージングコア

### 高性能顕微鏡による観察と時空間画像解析を提供



**【ミッション】** 最先端の光学イメージング装置を用い、様々な空間的および時間的解像度によるデータ集積を可能にすることにより、さらなる脳の機能や構造の理解に迫ります。

**【技術】** イメージングコアでは国内でも最高レベルの顕微鏡装置を揃えています。マウス脳内の神経活動が1マイクロン単位で見えるものから脳全体を観察する顕微鏡もあり、幅広い時空間画像解析が可能です。

見る

見る

## ヒューマンfMRIコア

### fMRIを駆使して様々な脳の活動を計測、画像化



**【ミッション】** ヒューマンfMRIコアは、最先端の核磁気共鳴画像法(MRI)装置とその撮像技術を提供する施設です。

**【技術】** 本コア施設にはシーメンス社製のハイエンド3T MRI Prisma装置を設置しています。本装置を用いることにより、ヒトの安静時や課題遂行時などにおける様々な脳機能(脳の活動)の計測が可能であり、疾病による脳機能変化を健常状態と比較をする臨床研究も支援します。また、この施設が国内外の関係機関との連携による大規模国際共同研究を先導していきます。

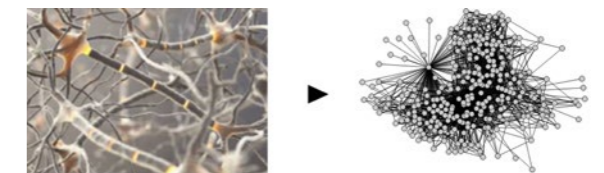
考える

## データサイエンスコア

### スーパーコンピューターで統計的解析を行い、数理モデルを提案

**【ミッション】** データサイエンスコアでは、脳の性質を数理情報学の立場から理解する研究基盤技術を提供します。IRCINの研究者がイメージングコア等で計測した脳の機能や構造に関するデータ(ビッグデータ)を、保存・管理し、そのデータをスーパーコンピューター上で統計的に解析するとともに、数理モデルを用いて脳の性質に適合するアルゴリズムを導き出すことを目指しています。

した解析手法により、データが持つ性質を抽出することができます。データの性質に沿った新たな統計解析法の開発も研究分野のひとつです。また、実験で得られる断片的な数値データから脳機能全体の理解が進むよう、様々な数理モデルを提案していきます。



**【技術】** 脳の機能や構造に関するデータ(ビッグデータ)から、様々な数学的手法やMATLAB等のソフトウェアを駆使

伝える

## サイエンスライティングコア

### 論文執筆、研究成果発信、グラント申請などで研究者を支援

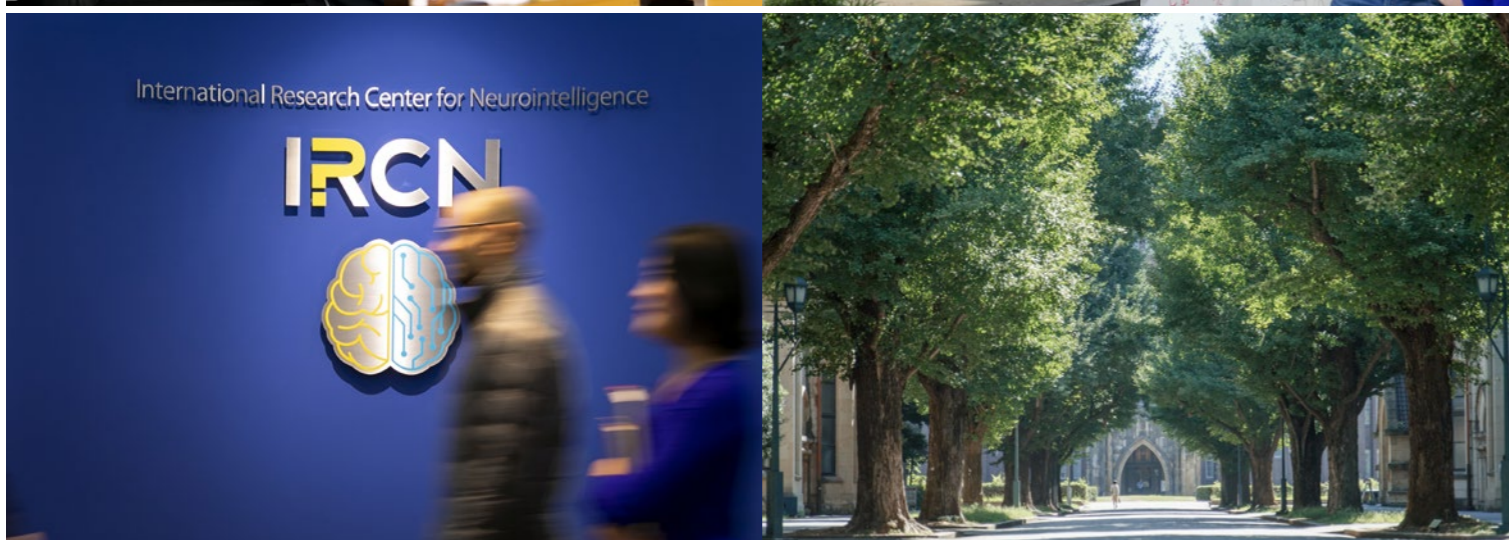
**【ミッション】** 世界レベルの国際的研究・学際的研究を促進するため、競争的研究資金の獲得や研究論文の作成を支援し、効果的な研究成果の発信にも全面的に協力します。

力強化を図り、IRCINのミッションである異分野融合研究の創成を促進します。

**【技術】** 論文執筆、国内外グラントのリサーチ・申請書作成、学会発表、広報、ウェブ配信など、研究情報発信に関連する活動全般の活性化を図り、伝わりやすさに重点を置いた指導で研究者をサポートします。この上で組織の研究



研究者たちの充実した日々が  
ニューロインテリジェンスという新たな潮流を創り出していく



国際連携機関

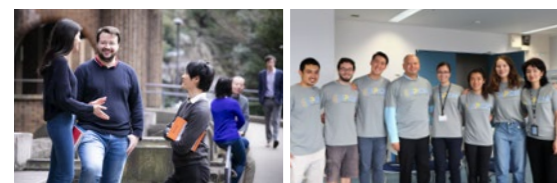
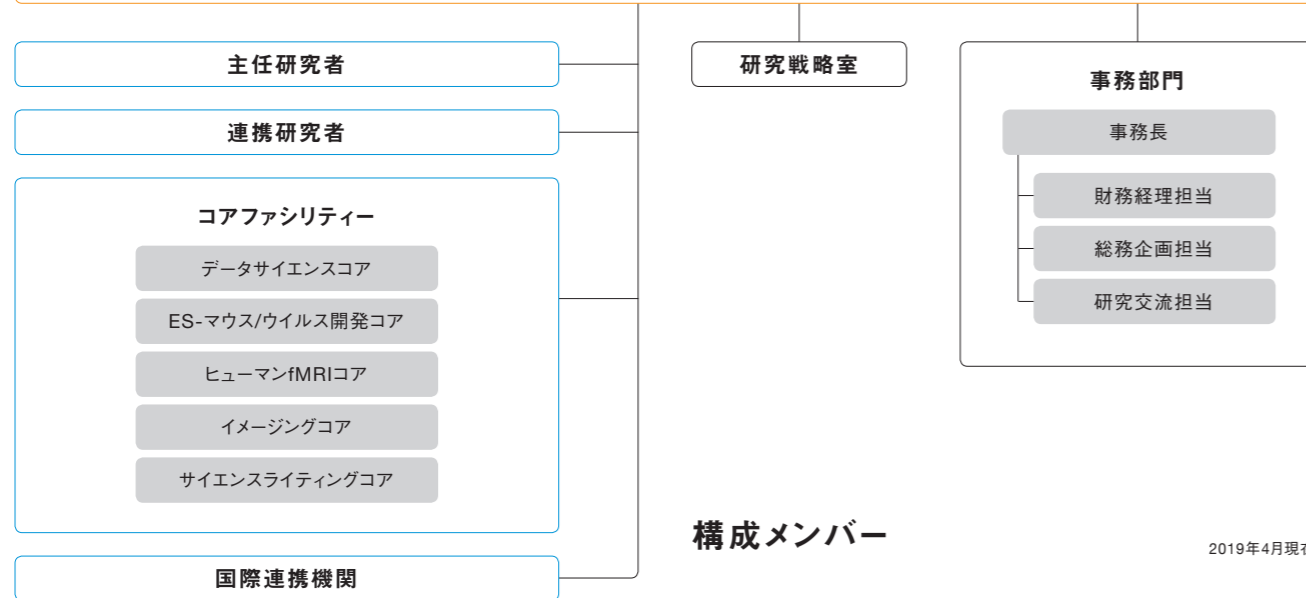
## IRCINを起点とする世界の連携研究ネットワーク

私たちの研究拠点は世界の学術機関と連携研究ネットワークを結び、  
国際共同研究を牽引しています。



1	 MAX PLANCK FLORIDA INSTITUTE FOR NEUROSCIENCE	2	 Boston Children's Hospital Until every child is well
マックスプランク研究所 フロリダ		ボストン小児病院	
3	 Agency for Science, Technology and Research SINGAPORE	4	 iit ISTITUTO ITALIANO DI TECNOLOGIA
シンガポール科学技術研究庁		イタリア技術研究所	
5	 理化学研究所	6	 synapsy Bringing Together Brain Research and Psychiatry National Center of Excellence in Research
理化学研究所 革新知能統合研究センター 理化学研究所 生命機能科学研究センター		ジュネーブ大学 NCCR "SYNAPSY"	
7	 REISCHAUER INSTITUTE OF JAPANESE STUDIES HARVARD UNIVERSITY	8	 ACMP Asian Consortium on MRI Studies in Psychiatry
ハーバード大学 エドウィン・O・ライシャワー日本研究所		アジア精神病MRI コンソーシアム	
9	 OIST	10	 THE UNIVERSITY OF BRITISH COLUMBIA
沖縄科学技術大学院大学		ブリティッシュコロンビア大学	
11	 香港科大 HKUST	12	 COLLÈGE DE FRANCE FONDÉ EN 1830
香港科技大学		コレージュ・ド・フランス	

(12拠点 2019年6月現在)



構成メンバー

主任研究者	17名
研究戦略室	4名
コアファシリティー	7名
連携研究者	31名
講師/特任講師	2名
博士研究員	11名

IRCnへのご支援のお願い

IRCnは「ヒトの知性はどのように生じるか」という人類共通の究極的な疑問に答えるべく、脳神経回路の障害の克服、新たなA.I.の開発に向けて研究を推進しています。これらの研究を促進するためには継続的な資金の確保が必要となりますが、補助金も政治情勢や景気に大きく影響を受ける可能性があります。IRCnが安定して世界トップレベルの研究拠点として継続・発展していくには、国内外からの優秀な研究者の雇用、基礎分野の研究等への支援

が必須であり、財源の確保が必要不可欠となっております。

IRCnの研究活動につきまして一人でも多くの方にご理解・ご賛同いただき、当機構への温かなご支援とご協力をよろしくお願い申し上げます。

[ご寄附に関するお問い合わせ]

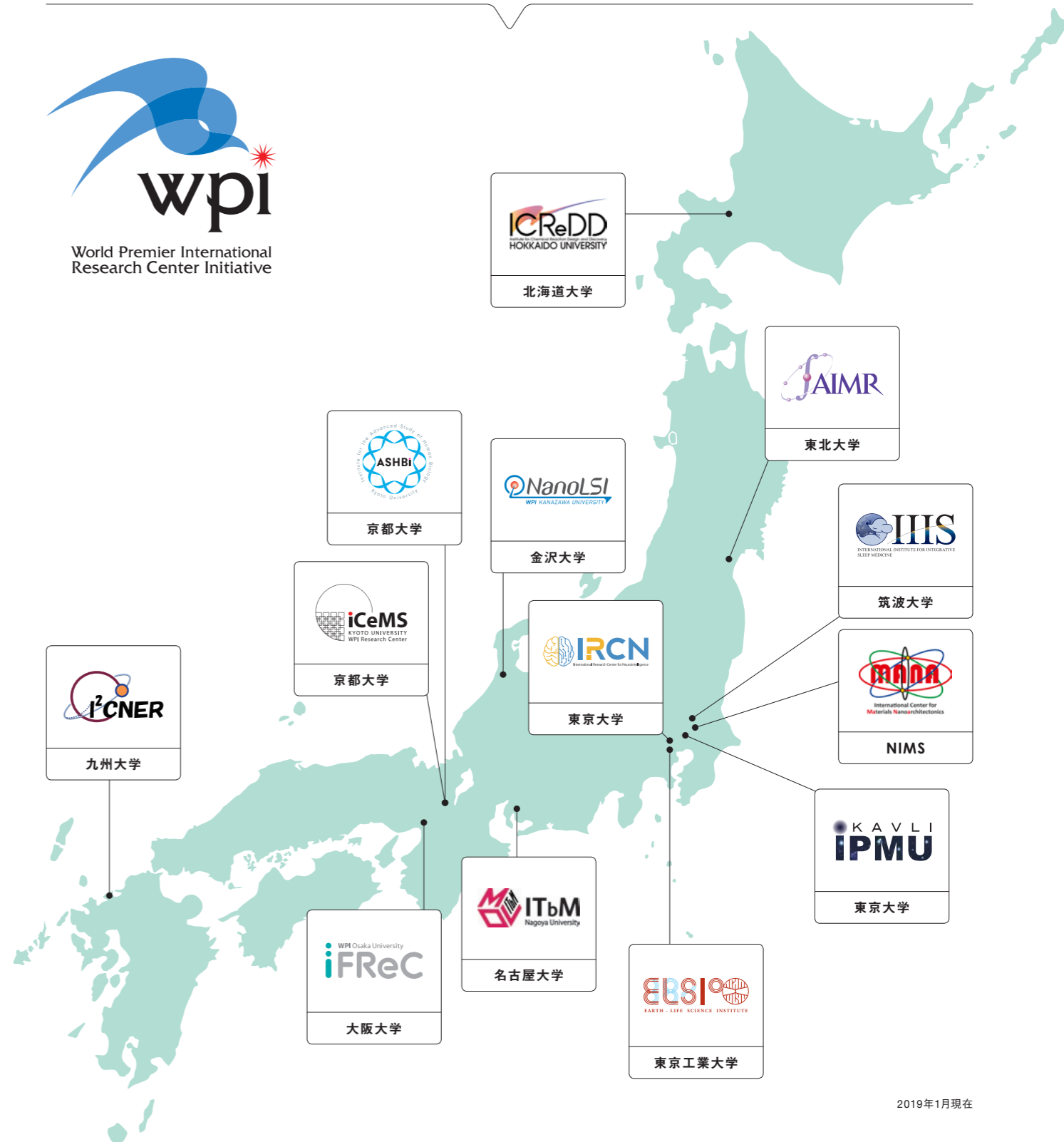
東京大学国際高等研究所ニューロインテリジェンス研究機構 事務部  
電話：03-5841-8691  
E-mail：donate@ircn.jp

世界トップレベル研究拠点プログラム(WPI)とは

世界トップレベル研究拠点プログラム(以下、WPIプログラム。World Premier International Research Center Initiative)は、優れた研究環境と高い研究水準を持ち、世界から第一線の研究者が集まる『目に見える研究拠点』の形成を目指して、2007年に文部科学省が開始した事業です。

このWPIプログラムでは、『世界最高レベルの研究水準』、『国

際的な研究環境の実現』、『研究組織の改革』、『融合研究の創出』の4つの要件を満たすことが求められており、現在、以下に示した13拠点が採択されています。ニューロインテリジェンス国際研究機構(IRCn)は2017年に新たなWPIの1つとして採択され、世界から第一線の研究者を招聘するなど、グローバルな研究環境を実現するために様々な施策によって拠点形成を進めております。



## ACCESS

- 地下鉄丸の内線  
「本郷三丁目駅」から徒歩8分
- 地下鉄大江戸線  
「本郷三丁目駅」から徒歩6分 → 東京大学「医学部1号館」2F

〒113-0033 東京都文京区本郷7-3-1 医学部1号館  
 東京大学国際高等研究所ニューロインテリジェンス国際研究機構  
 電話：03-5841-8691  
 E-mail：contact@ircn.jp

