



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——



機構長 ヘンシュ 貴雄  
ご挨拶

ヒトの知性(H.I.)の形成は、大きく異なる二つの時間スケールの過程を経ています。個体としてのヒトは、幼児期や児童期での成長を経て、素早く柔軟に、現代のコンピューターを超えるような沢山の能力や知識を身に着けることができます。一方、このような驚くべき能力の生物学的基盤は、気の遠くなる年月をかけた進化で出来たものです。動物にも学習、予測、あるいは睡眠、思考などの能力はありますが、ヒト知性に見られる天才的な創造力から精神疾患にまでわたる広範な多様性は他の動物には見当たりません。このような、私たちの内なるフロンティアの驚嘆すべき深みは、太陽系・銀河を越えた宇宙の深淵な広がりにも匹敵すると言えましょう。

私たち人類は、言語と文字の力を使って個々人の能力や空間・時間的な制約を越えた集合知を拡大してきました。そして今、人工知能(A.I.)を創造することができる唯一の種として、私たちの進化における新たな時代が始まろうとしています。もしヒト知性の忠実なデジタルコピーが実現されれば、深海や宇宙に私たちの視野を更に広げ、また精神の健康をより適切に予測することによって病める人に最適な支援を提供できるようになるかも知れません。社会におけるA.I.とのコミュニケーションも、偏ったものではなく、公平で実りあるものへと発展させる必要があります。しかしながら現在は、神経科学の本質的理解を踏まえたA.I.はまだ実現していません。

ニューロインテリジェンス国際研究機構(WPI-IRC/N)は、そのようなヒト知性のブラックボックスを開き、それに似たA.I.を創

造しよう、という融合研究のために設立されました。私たちは、生命科学(生物学)と情報科学(数学)の交差点にあって神経回路形成の基本原則を探り脳疾患の病因を研究しながら、より広い社会科学分野の研究者とも発見を共有しようとしています。こうした探求を通して革新的なA.I.の実現につなげることが出来れば、私たちの日常生活が豊かになるだけでなく、「人間の脳は自分自身を理解できるのか?」という根源的問いへの答えにもつながっていきます。

日独米の多文化環境で育った私は、私たちのアイデンティティ形成や多様性が年少期(臨界期)の脳発達に強く依存することに長い間強い興味をもってきました。生物において普遍的な「成長する知性」、それに基づくヒトの知性の多様性はこれまでA.I.には取り入れられてきませんでした。私たちは、新しい研究分野および応用科学として、H.I.とA.I.の境界領域にニューロインテリジェンスという新しい学問分野を確立しようとしています。H.I.がどのようにして生じ、どのようにして歪むのか、という問題に取り組む私たちの旅は、私たち自身の脳にとってのおそらく最大の挑戦であり、私たちを前進させるものでもあります。

ようこそ、ニューロインテリジェンスの世界へ!

2022年9月30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

ヒトの脳は、私たちが知る宇宙における生物進化の頂点にあります。脳の高次機能は、最大かつ最速のスーパーコンピュータの能力をも凌いでいます。それにも増して驚くべきは、ひとつの胚に始まり何百万ものシナプス回路結合を作り出す複雑で不思議な脳の発達過程であり、現代のコンピューターサイエンスをもってしても真似することさえできないものです。そして、このダイナミックな神経ネットワークから認知と知能が生まれるのです。WPI-IRCINでは、脳の基本的発達原理を理解し、それを使ってニューロインテリジェンスと呼ばれるヒトの知能と新型人工知能の融合分野を構築しようとしています。

ヒトの知性の起源とは

子供の脳:生物学的学習「機械」

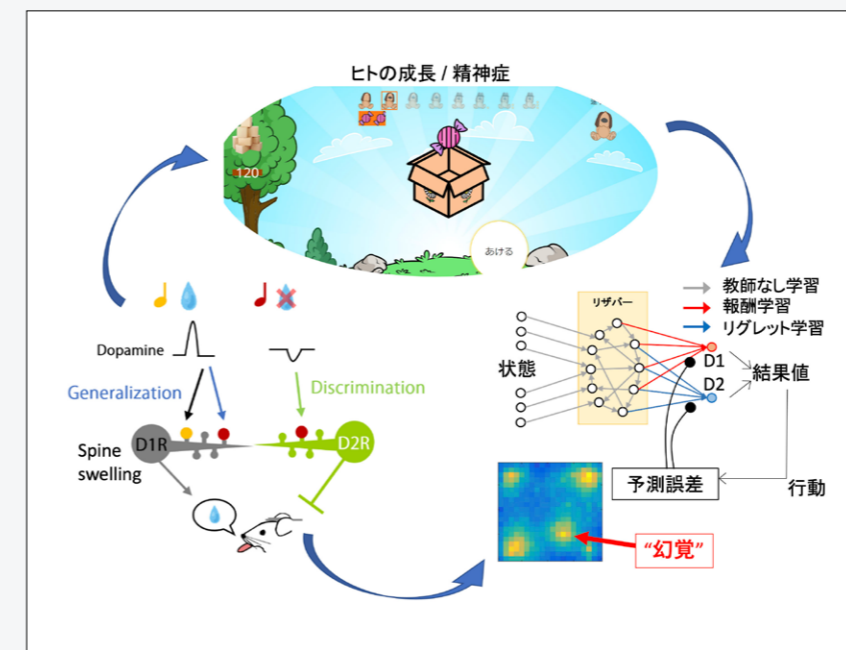
ヒトの知性はどのようにして生まれるのでしょうか。その答えは、発達中の脳に出現する無数の神経回路にあります。知性の根源である神経回路の発達は、神経幹細胞に備わる遺伝的プログラムやエピジェネティックな制御による脳の初期形成に始まります。次に、神経細胞から伸びる突起が精緻化されシナプス回路が可塑的变化を受けて作られていきます。このようにしてできた回路は、臨界期と呼ばれる時期に幼少期の感覚入力により整理され、ネットワークが成熟していきます。最後に、各個人の社会的・文化的環境が、言語、学習、記憶などの高次認知機能を強化するのです。当然ながら、脳の発達過程の様々な段階で問題が生じることもあり、認知機能を損なう障害が発生することもあります。WPI-IRCINでは、このような多様な

視点から脳の発達と機能の原理を探り、それを応用して社会に役立てようとしています。



コラボレーションで拓く学際フロンティア

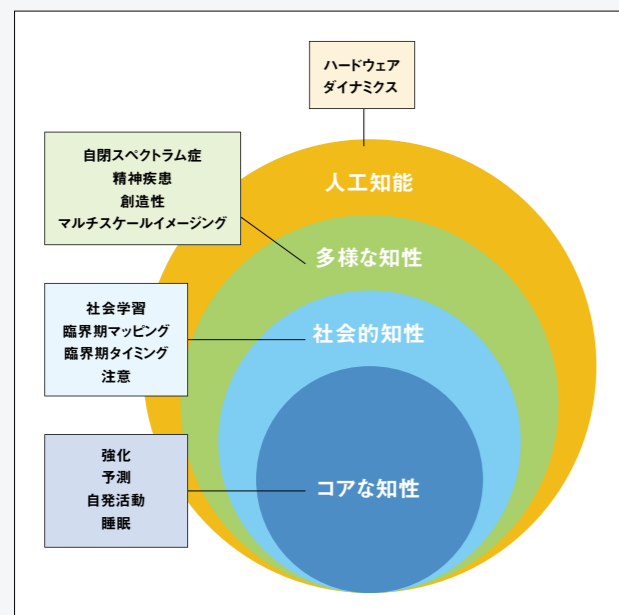
チームサイエンスによる融合研究分野の創出



WPI-IRCINは、神経回路の発達とその計測技術に関する基礎研究と、脳の発達に着想を得たA.I.研究を使命としています。これには、自然科学、社会科学、医学、数学、工学、計算/情報科学の統合研究を進めることが必要になります。そこで、WPI-IRCINでは関連する様々な分野の研究者の力を結集し「チームサイエンス」と呼ぶ協力体制を組むことによって、人類や臨床の問題解決に迫る学際的な研究を推進しています。各チームは、IRCIN指導部の調整のもとで自律的に、野心的で相互補完的なH.I.研究プロジェクトに取り組んでいます。WPI-IRCINには、東京大学からの研究者やポスドクとともに、世界中のパートナー機関からの研究者が参加しています。

知性の研究への取組み

知性の階層構造とその理解

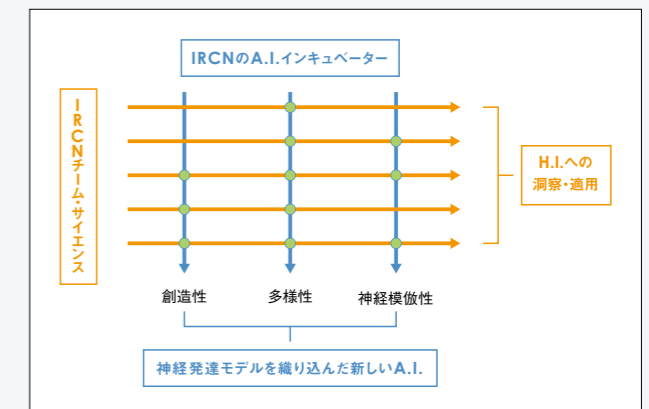


ヒトの知性(H.I.)は、左に描かれた三つの同心円状のカテゴリーで構成されています。これらは、脳の進化によって自然に形成されたものと考えられます。「コアな知性」は、「経験から学ぶ、環境を予測する、自発的な活動を制御する」などの基本的な認知機能を実行する脳の能力です。こうしたコアな機能を有する人々が相互作用すると、他者への注意、臨界期における経験の共有、社会的学習を通じて、「社会的知性」が生まれます。「社会的知性」と「コアな知性」は通常な範囲の認知を規定しますが、知性は集団の中で一様ではなく、創造的な知性から精神疾患まで「多様な知性」が存在します。また、「人工知能(A.I.)」はH.I.を超えた存在であり、H.I.がより良い未来を形作るための追加的な能力を獲得することを可能にします。

一人一人の脳が社会を強くする

神経発達研究がインスパイアする応用と将来

WPI-IRCINはニューロインテリジェンスの分野を創造し、人間の健康・幸福と復元力を向上させることによって社会の大きな課題の解決に貢献していくことを使命としています。「チームサイエンス」で推進するWPI-IRCINの研究は、大きく二つの応用を目指して進められています。ひとつはヒトの知性に関するもので、新たな発見や仮説主導研究によって臨床的あるいは社会的に有用な成果をあげることを目指しています。もうひとつは、幼少期の脳発達の理解に触発されたアルゴリズムを採り入れることで創出する新しいタイプのA.I.です。これによって脳機能が損なわれる異常を予測し緩和することなどを目指します。WPI-IRCINは神経発達モデルを織り込んだ次世代A.I.技術の基盤を作ります。



# WPI-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

WPI-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】 研究に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。

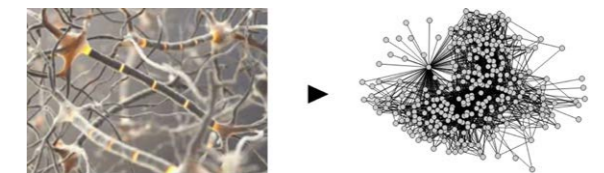
考える

## データサイエンスコア

### 高性能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。WPI-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、そのデータを高性能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

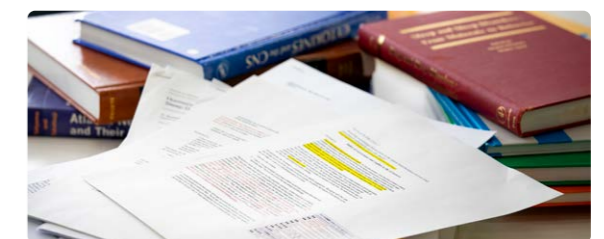
## サイエンスライティングコア

### 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、WPI-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



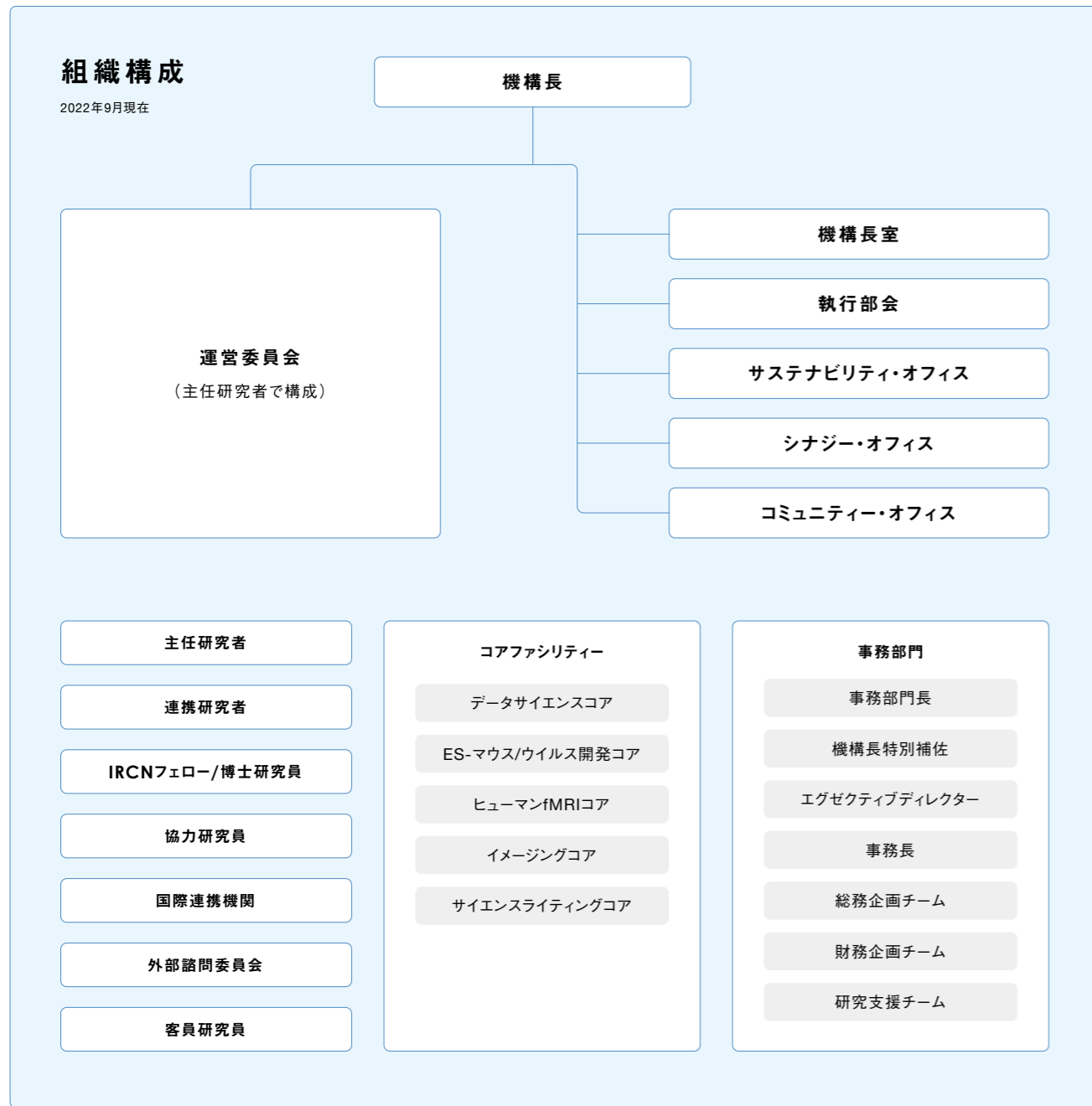
国際連携機関

## IRCN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	マックスプランク研究所 フロリダ		2	ボストン小児病院	
3	シンガポール科学技術研究庁		4	イタリア技術研究所	
5	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 理化学研究所 脳神経科学研究センター		6	ジュネーブ大学 NCCR "SYNAPSY"	
7	ハーバード大学 エドウィン・O・ライシャワー日本研究所		8	アジア精神MRI コンソーシアム	
9	沖縄科学技術大学院大学		10	プリティッシュコロンビア大学	
11	香港科技大学		12	コレージュ・ド・フランス	
13	カナダ先端研究機構		14	ストックホルム大学	
15	スウェーデン王立工科大学		16	カロリンスカ研究所	
17	中国科学院 神経科学研究所 脳科学卓越革新センター		18	清華大学	
19	ビーレフェルト大学		20	パリ高等師範学校	



### IRCNへのご支援のお願い

WPI-IRC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。WPI-IRC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。

WPI-IRC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。

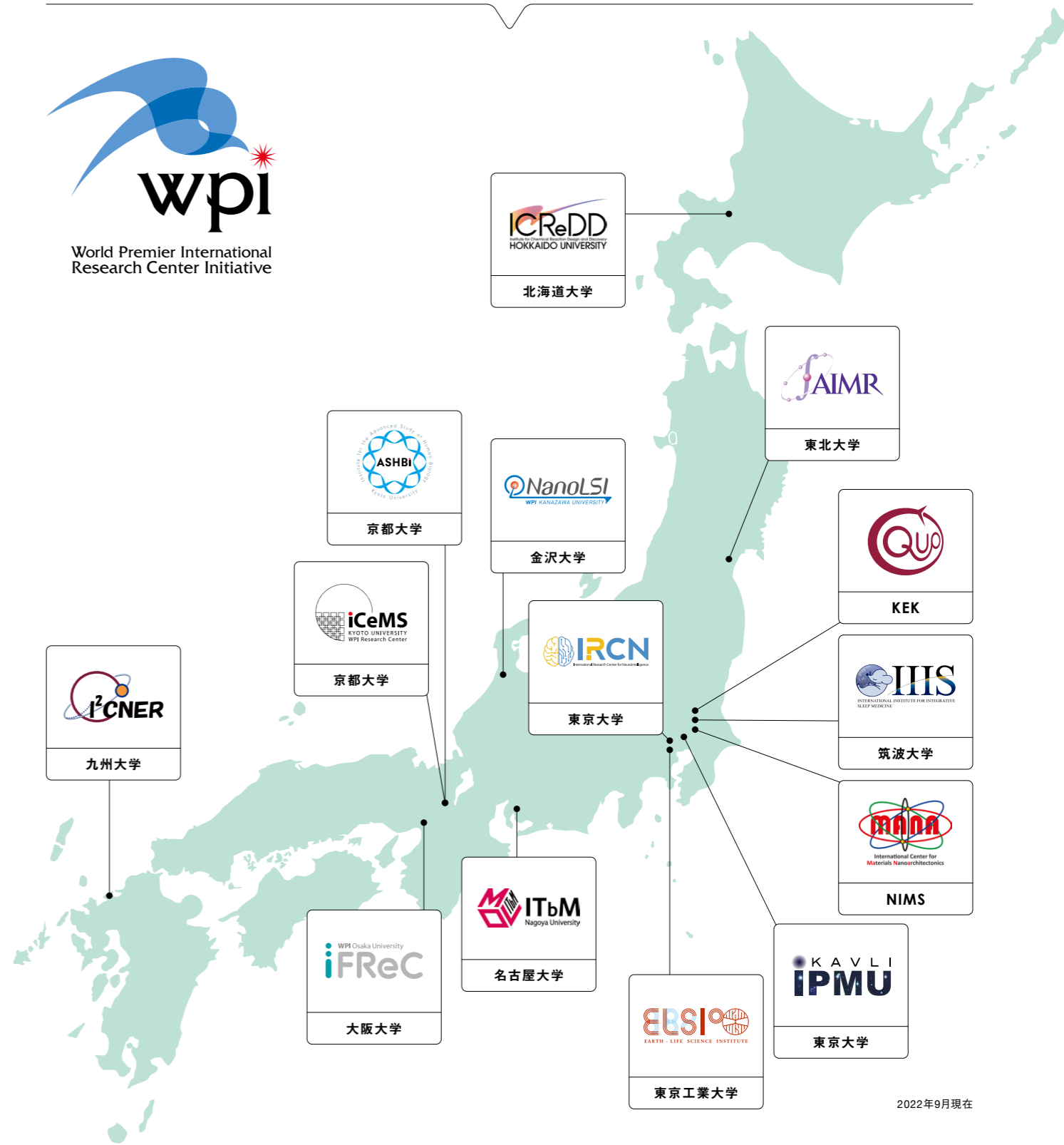
[ご寄附に関するお問い合わせ]  
 東京大学国際高等研究所  
 ニューロインテリジェンス研究機構 事務部  
 電話：03-5841-4861  
 E-mail：donate@ircn.jp  
<https://utf.u-tokyo.ac.jp/project/pjt114>

## 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(World Premier International Research Center Initiative。以下、WPIプログラム)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

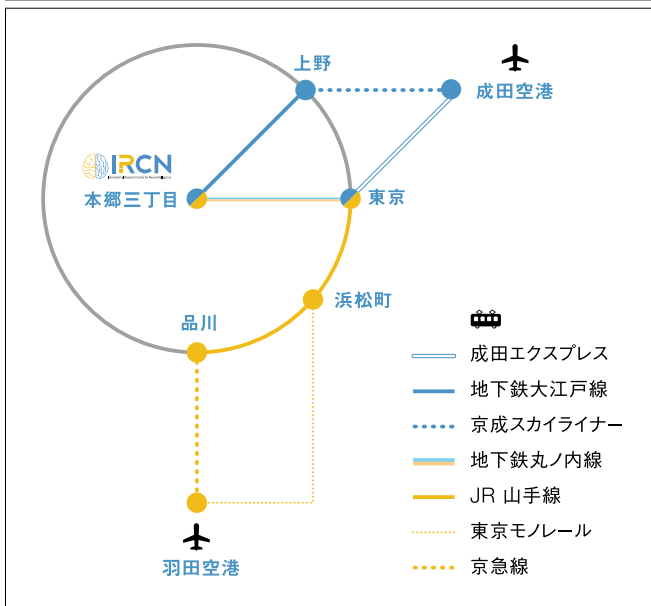
際的な研究環境の実現』、『研究組織の改革』、『融合研究の創出』の4つの要件を満たすことが求められており、現在、以下に示した14拠点が採択されています。ニューロインテリジェンス国際研究機構(WPI-IRC)は2017年に新たなWPIのひとつとして採択され、世界から第一線の研究者を招聘するなど、グローバルな研究環境を実現するために様々な施策によって拠点形成を進めております。



## 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  
 WPI-IRCN  
 電話：03-5841-4861



IRCN

Facebook

Twitter

LinkedIn

YouTube



デザイン：opportune design Inc. / 表紙：佐藤暁子 / 印刷：望月印刷  
 制作・発行：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



# IRCN 研究者紹介

## 主任研究者

 <p><b>合原 一幸</b> IRCNエグゼクティブ・ディレクター／主任研究者 東京大学特別教授</p> <p>計算論的研究</p> <p>複雑系数理モデリングとそのニューロインテリジェンスへの応用</p>	 <p><b>チャオ ジーナス</b> 主任研究者 准教授</p> <p>計算論的研究</p> <p>予測的で創造的な脳</p>
 <p><b>榎本 和生</b> 副機構長／主任研究者 東京大学大学院理学系研究科 生物科学専攻光計測生命科学講座 教授</p> <p>発生／発達研究</p> <p>脳の発生および疾患における神経の形態形成</p>	 <p><b>後藤 由季子</b> 副機構長／主任研究者 東京大学大学院薬学系研究科 薬科学専攻生物薬科学講座 教授</p> <p>発生／発達研究</p> <p>神経発生、神経幹細胞、エピジェネティクス、シグナル伝達</p>
 <p><b>ヘンシュ 貴雄</b> 機構長／主任研究者／特任教授 ハーバード大学 脳科学センター 分子細胞生物学分野 教授 ハーバードメディカルスクール ポストン小児病院 教授</p> <p>ヒト／臨床研究</p> <p>脳発達における臨界期制御のメカニズム解明とその臨床応用</p>	 <p><b>河西 春郎</b> 主任研究者 特任教授</p> <p>技術開発</p> <p>学習と記憶を司るシナプスと神経回路のメカニズム</p>
 <p><b>笠井 清登</b> 主任研究者 東京大学大学院医学系研究科 脳神経医学専攻臨床神経精神医学講座 教授</p> <p>ヒト／臨床研究</p> <p>精神疾患の神経画像・臨床神経生理学的研究</p>	 <p><b>長井 志江</b> 主任研究者 特任教授</p> <p>計算論的研究</p> <p>認知発達ロボティクスによる人間の知能の理解と支援</p>
 <p><b>大木 研一</b> 副機構長／主任研究者 東京大学大学院医学系研究科 機能生物学専攻生理学講座 教授</p> <p>発生／発達研究</p> <p>視覚系の機能構築と発達</p>	 <p><b>岡田 康志</b> 主任研究者 東京大学大学院医学系研究科 分子細胞生物学専攻細胞生物学・解剖学講座 教授</p> <p>技術開発</p> <p>細胞in vivoイメージングのための技術開発</p>
 <p><b>竹内 昌治</b> 主任研究者 東京大学大学院情報理工学系研究科 知能機械情報学専攻知能機械構成学講座 教授</p> <p>技術開発</p> <p>バイオハイブリッドシステムの技術革新</p>	 <p><b>渡部 喬光</b> 主任研究者 教授</p> <p>ヒト／臨床研究</p> <p>ゆらぐ認知を規定する脳神経ネットワーク動態の解明とその臨床応用</p>

## AIインキュベーター

 <p><b>石井 信</b> 連携主任研究者 京都大学大学院情報学研究所 情報学専攻システム情報論講座 教授</p>	 <p><b>中嶋 浩平</b> 連携主任研究者 東京大学大学院情報理工学系研究科 知能機械情報学専攻人間機械情報学講座 准教授</p>
自然知能と人工知能における意思決定の計算モデル	非線形力学、リザーバ計算
 <p><b>中山 英樹</b> 連携主任研究者 東京大学大学院情報理工学系研究科 創造情報学専攻創造情報学講座 教授</p>	 <p><b>レイモンド ウン</b> 連携研究者 ブリティッシュコロンビア大学 データサイエンス ディレクター コンピューターサイエンス 教授</p>
深層学習に基づくマルチモーダル生成AI	自然言語処理、健康情報学、ゲノミクス
 <p><b>高橋 宏知</b> 連携主任研究者 東京大学大学院情報理工学系研究科 知能機械情報学専攻人間機械情報学講座 教授</p>	 <p><b>田中 剛平</b> 連携主任研究者 名古屋工業大学 大学院工学研究科 知能情報分野知能情報プログラム 教授</p>
神経情報処理機構の多様性と可塑性	リザーバ計算AIとニューロインテリジェンスへの応用


## コアファシリティー

 <p><b>藤原 寛太郎</b> データサイエンスコア コアマネージャー 東京大学大学院医学系研究科 准教授</p>	 <p><b>根東 覚</b> イメージングコア コアマネージャー 特任准教授</p>
計算論的神経科学に基づく数理モデルとその応用	視覚情報処理に関する神経回路の解明
 <p><b>岡田 直大</b> ヒューマンfMRIコア コアマネージャー 東京大学大学院医学系研究科 准教授</p>	 <p><b>鵜飼 英樹</b> ES-マウス/ウイルス開発コア コアマネージャー 特任准教授</p>
精神疾患および思春期発達に関する脳画像研究	次世代型遺伝学の開発
 <p><b>ソン クレメント</b> アントレプレナー・イン・レジデンス (EIR) コア EIR ディレクター</p>	
アントレプレナー・イン・レジデンス (EIR) プログラム	


## 外部諮問委員会

 <p><b>下條 信輔</b> カリフォルニア工科大学生物学・生物工学部 計算神経系 教授 実験心理学 教授</p>	 <p><b>ダフネ バビリエ</b> ジュネーブ大学 キャンパスバイオテック 教育心理学部 認知神経科学 教授</p>
 <p><b>ジャネット ワーカー</b> ブリティッシュコロンビア大学 心理学部 教授</p>	

## 事務部門長

 <p><b>木村 昌由美</b> 事務部門長 特任教授</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 機構長特別補佐

 <p><b>飯野 正光</b> 機構長特別補佐 特任教授</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------