

「脳」宇宙解明のための国際拠点・「脳」天文台の整備

① ビジョンの概要

宇宙で最も複雑なシステムと言われる脳は、苦しみと幸せの源泉であり、また、生活を支えるすべての社会活動を制御・実現するメカニズムでもある。私たち自身に内在する深淵な小宇宙の振る舞いを、近年進化が著しい高度な技術で徹底的に観測し、その機能と破綻の普遍原理の理解を通じて、疾患克服と幸福感の向上、ヒト型の人工知能開発などの産業応用に資することを旨とする。

② ビジョンの内容

哺乳類の脳は、小宇宙に喩えられるように膨大な数のシナプスと神経細胞から構成される。本ビジョンでは、あらゆる先端手法を駆使して脳を徹底的に観測し、大規模データを蓄積・公開し、その活用を加速させる「脳」天文台を設置することを提言する。「脳」天文台では、正常な脳と疾患に罹患した脳に対して先端的観測技術を用い、誕生から死に至るまでのライフコースの各ステージで、マイクロからマクロまでの多階層データを系統的に取得・公開する。観測された各種の大規模データを活用しつつ、種を超えた脳の普遍原理と霊長類で深化した高次脳機能についての仮説構築、脳の機能を計算機の中でまるで双子のように模倣し再現した「脳のデジタルツイン」の開発も行う。国内外の分野を超えた研究者がこの施設とデータベースを利用する。国内外の研究拠点と連携したネットワークのハブとして、精神・神経疾患の解明と治療、生涯を通じての幸福感の向上、ヒトの脳機能の代替えと拡張を始めとする関連産業での応用など、ヒトのための脳科学研究を推進する。

③ 学術研究構想の名称

「脳」宇宙解明のための国際拠点・「脳」天文台の整備

④ 学術研究構想の概要

ヒト正常および疾患脳とともに、疾患モデル動物（遺伝子異常や環境/身体要因を反映させた各種モデル等）の脳、iPS細胞由来の脳のオルガノイド等を対象とする。疾患がどのようにトリガーされそれぞれの病態にどのように遷移していくのかについてのデータを、これらを予防・治療すると期待される物質・技術などの効果も合わせ、系統的・網羅的に取得し公開する。先端技術の開発も同時に行う。観測された大規模データを活用しつつ、脳の普遍原理と高次脳機能についての仮説構築、脳のデジタルツイン（創薬に活用できる細胞内構造/神経回路のバーチャル疾患モデル、脳機能の一部を代替えるデジタルデバイス等）の開発を進め、将来的にはヒト脳全体のモデル化を目指す。脳のようにエネルギー効率に優れた人工知能の開発も視野に入れる。

⑤ 学術的な意義

提案の背景：脳の先端的観測技術は劇的に進歩・大規模化し

ており、一研究室がそれらを備えることが困難となり、若手研究者の育成方法も大きな問題となっている。近年、優れた疾患モデル動物が多く開発されているが、個別の研究室による研究は断片的である傾向も強い。AI等の技術発展により、デジタルツインの開発が現実味を帯びてきたが、脳のふるまいを統合的・網羅的に観測したデータが不足している。そこで、脳活動を大規模に記録し、データを解析・共有するための集中型脳科学研究施設が国際的に提案されている。

学術的重要性：脳は、全身の臓器・細胞の隅々と密接に繋がり、高度に組織化されたネットワークとして、全身からの情報入力とその制御、複雑な行動、そして苦しみや幸せを含む心の創発まですべての脳機能を生み出す。これまで個別の分野の科学者は通常、1つの脳領域、特定の行動の文脈で、1つまたは少数の細胞から断片的に活動を記録してきたが、近年、複数の脳領域にわたって数千～数万の細胞の活動を記録することができるようになってきた。この種の大規模観測手法は、高度な機器とデータインフラに依存しており、

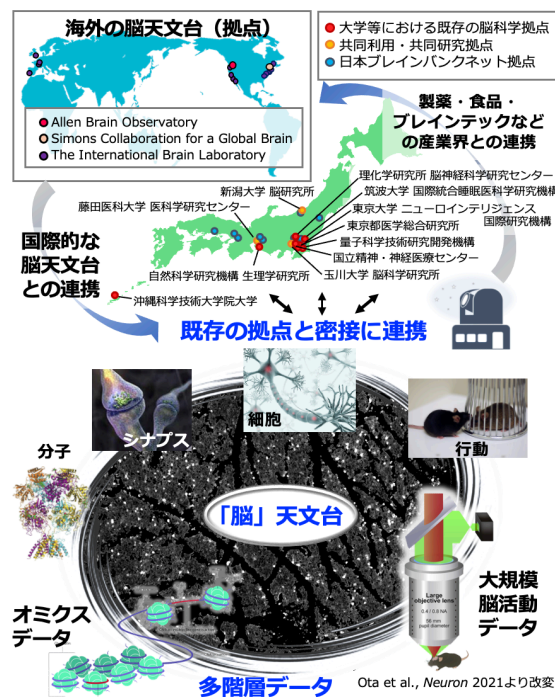


図1 国内外の研究拠点としての「脳」天文台

個々の研究室での導入・運用は困難で非経済的である。脳をより統合的に深く理解しデジタルに再構築するためには、分野を横断し利用される大規模な共同研究設備・体制が必要である。疾患克服や産業応用に加え、人文社会系の研究を進める上での基礎ともなり、生涯にわたるウェルビーイングの向上に寄与する。データサイエンススキルを含む各種技術の習得可能な拠点として若手をバックアップし、世界への雄飛を支援する。期待されるブレークスルーと研究成果は、実施計画の欄の目標を参照。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

昨年、Neuron 誌にて、「次世代型ブレイン・オブザバトリー」として研究所群を設立するべきことが、国際チームによって提唱された。大規模脳科学プロジェクトとして、米国の Brain Initiative や EU の Human Brain Project、EU と米国の 10 の研究室からなる The International Brain Laboratory 等があり、脳天文台の構想もこれらから生まれ、データやツールの解析・共有を進め国際協力体制の構築が提案されている。日本ではこのようなタイプの試みはまだ無く、脳天文台の設立が急務である。

⑦ 社会的価値

少子高齢化社会へむけて、脳の健康維持と疾患克服、生涯にわたって得られる幸福感・ウェルビーイングの向上は喫緊の課題である。労働人口の減少は不可避であり、社会・産業活動の一部を AI やロボットが代替し、脳機能の補助や拡張を行うことが望まれる。消費電力が低く CO2 排出量が少ないヒト型の AI が開発できれば SDGs への貢献は多大である。

⑧ 実施計画等について

実施計画・スケジュール：施設の設置から当初の 2 年で人材のリクルート、機器や動物の導入と稼働準備を行う。5 年後の目標として、1) トランスレータブルな遺伝・環境要因操作による疾患モデル動物のマルチオミクス/神経活動・行動データの標準化・系統的取得と公開、2) オプトジェネティクス/ケモジェネティクスなどを活用した病態回路の解明、3) ヒトにも応用可能な光学・磁気による低侵襲計測・刺激技術、4) 動物モデルとヒトで共通するバイオマーカー・精神神経治療ターゲット候補の抽出、5) 脳機能を代替するようなチップ/電極埋め込み型ブレインマシンインターフェイス、生体応用可能な蛍光化合物標識法、遺伝子導入技術を使った

治療法などの革新的技術のプロトタイプの研究開発、6) 誕生から死までの脳のプログラムとその破綻（脳腸相関や、糖尿病、免疫系の異常や感染症などによるものを含む）の基本原則、霊長類・ヒトで創発する高次機能に関連した本質的な仮説・モデルの考案・提示、7) 細胞内構造/神経回路など素過程や脳の個別機能のデジタルツインの作成、10 年後の目標として、8) 産業界も含め国内外で活用される基盤データベースの運用、2) 上記 5 の革新的技術の汎用化/普及とヒト応用の実現、9) 上記 6 の基本原則・仮説の証明と応用、10) 精神・神経疾患の発症機序の理解と治療ターゲットの同定、11) 消費電力が低く自ら問題設定し研究を行うようなヒト型人工知能の開発、12) デジタルツインの実用化と統合的な脳のデジタルツインの作成を目指す。

実施機関と実施体制：日本の「脳」天文台は、上記国際協力体制と脳科連の提案するネットワーク内の大きな「ノード」の一つとして機能し、個別の研究室や企業（人文系、社会科学系研究室を含む）への研究支援と独自の研究開発を並行して行う。女性比率、外国人比率に数値目標を設定しダイバーシティ確保を目指す。

所要経費 ■ 総予算 300 億円（初期投資 150 億円＋運営費 150 億円）。■ 初期投資 150 億円。研究施設、動物飼育施設、宿泊施設を含む建設費に 60 億円。各種神経活動計測機器・施設の整備・購入に 90 億円（高磁場 MRI、3D 電子顕微鏡、神経活動イメージング用顕微鏡、各種オミクス解析関連装置、行動実験施設、スーパーコンピュータ、サーバーなど）。■ 運営費 年間 15 億円×10 年間＝150 億円。年間の人件費 6 億円、研究開発費 5 億円、動物管理・機器管理と共同利用・共同研究 4 億円の計 15 億円/年。

⑨ 連絡先 山中宏二（名古屋大学・環境医学研究所）



図2 「脳」天文台による幸福向上と産業応用