

# 今後の脳科学研究の方向性について 中間とりまとめ

令和5年6月29日

科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会

ライフサイエンス委員会 脳科学作業部会

## 内容

<b>1. はじめに</b> .....	1
<b>2. 脳科学研究の現状と課題</b> .....	2
(1) 脳科学研究の世界的動向 .....	2
(2) 神経疾患・精神疾患の状況について .....	3
(3) 脳科学研究の現状及び主な成果 .....	4
(4) これまでの脳科学研究における課題について .....	11
<b>3. 今後の脳科学研究の方向性</b> .....	12
(1) 研究目標について .....	12
(2) 重要研究課題例 .....	14
(3) 研究実施体制 .....	17
(4) 研究推進方策 .....	19
(5) その他 .....	23

## 1. はじめに

高齢化や社会課題の複雑化が進む現代社会において、国民が健康で長く暮らせる社会を形成するためには、脳が関連する認知症やうつ病などの神経疾患・精神疾患を克服することは重要な課題の一つである。また、例えば、認知症に関する我が国の状況は、2025年（令和7年）に、認知症の患者が700万人前後になり、このうち、65歳以上の高齢者に対する割合は、現在の約7人に1人から約5人に1人に上昇する見込みとの推計もされている。令和4年9月に、エーザイ株式会社より、認知症治療薬「レカネマブ」において有意な効果（認知症原因の一つであるアミロイドβの除去）があったと公表され、令和5年1月に、アルツハイマー病の進行を抑える治療薬としてアメリカで迅速承認され、世界で初めて本格的なグローバル展開が期待される。このように、我が国はこの領域で世界をリードしている一方で、今後、特に先進諸国の急速な高齢化の進展等に伴い、創薬・治療法等の研究開発競争がより一層激化することが想定される。また、認知症については、レカネマブのターゲットであるアミロイドβ以外にも、タウタンパク質の蓄積や、レビー小体の出現といった原因もあり、認知症の根本治療に向けては、疾患メカニズムの更なる解明、これをもとにした画期的な診断・治療等のシーズ開発が求められている。

神経疾患・精神疾患を克服するためには、疾患メカニズムを解明するだけでなく、人間が人間らしく生きるための「こころ」の基盤である、脳の機能を理解することも重要である。脳は他の臓器とは異なる性質を多く持ち、多様な神経細胞が複雑なネットワークを構築し、情報処理をするという特有の機能がある。このため、脳科学研究においては、脳神経ネットワークの情報を大規模かつ効率良く読み出す技術の開発や、これらの技術により得られた情報の蓄積と、データベース化によるデータ活用の加速が求められている。

諸外国においては、米国では「BRAIN Initiative」、欧州では「Human Brain Project」といった大型プロジェクトがあるなど、欧米をはじめとした世界各国が脳機能を解明するための研究開発にしのぎを削っている。

このような背景の下、文部科学省では、社会に貢献する脳科学を目指し、霊長類の高次脳機能を担う神経回路の全容をニューロンレベルで解明し、神経疾患・精神疾患の克服につながるヒトの高次脳機能の解明のための研究開発・基盤整備をするため、「脳とこころの研究推進プログラム」を推進してきた。また、脳神経疾患研究を効果的に進めるため、厚生労働省の「認知症研究開発事業」や「障害者対策総合研究開発事業（精神障害分野）」との連携に向けた検討が進められている。

また、「脳とこころの研究推進プログラム」で推進してきた脳の機能解明は、幅広い分野にイノベーションを創出する原動力であり、健康医療のみならず、AI、

ブレイン・マシン・インターフェース（BMI）、ニューロビジネス、量子コンピューター等への応用が期待されている。

今般、「脳とこころの研究推進プログラム」のうち、「革新的技術による脳機能ネットワークの全容解明プロジェクト」（以下「革新脳」という。）及び「戦略的国際脳科学研究推進プログラム」（以下「国際脳」という。）が令和5年度に終了する予定である。これまでの成果や課題を整理しつつ、健康・医療への貢献や近年の解析・計測技術の発展によるドライ実験（数理科学・情報科学）とウェット実験（動物実験、遺伝子操作など）の融合などの世界的な潮流も踏まえ、双方向トランスレーショナル研究の体制強化等による画期的な診断・治療等のシーズ開発に向けた新たな脳科学研究の方向性をとりまとめた。

## 2. 脳科学研究の現状と課題

### （1）脳科学研究の世界的動向

#### ①米国の状況

BRAIN Initiative は、2013年に発表され、脳を理解するための革新的な技術開発とシナプスから全脳レベルに至るネットワークの包括的な解明を目的としている。プロジェクト運営のための政府側の資金提供は National Institutes of Health (NIH)、National Science Foundation (NSF)、Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) 等により実施され、各機関が独自の目的を保持しつつ、全体目標にプログラムを集束させる体制である。政府予算規模は、初年度（2014年度）は約1.1億ドルであったが、これまでの総額は約24億ドルであり、2026年までに総額合計50億ドル以上の予算規模が見込まれている。

今後は、Brain2.0として、2025年まで、(1)包括的なヒトの脳細胞アトラスの構築、(2)哺乳類の脳全体のマイクロコネクティビティマップを完成させるために必要なツールの開発、(3)脳細胞に正確にアクセスするためのツールの開発、という3つの柱を展開することで、神経科学の変革を進めることとしている。

#### ②欧州の状況

EU FET (Future and Emerging Technologies) フラッグシップ・プログラムとして Human Brain Project (HBP) を2013年に開始した。HBPは、10か年計画で約6.1億ユーロ、16か国の123機関が参加。生物学的な研究と情報通信技術の融合を実現して、ヒト脳の神経回路のシミュレーションを実現することを最終ゴールとして掲げている。

HBPの設立当初はその前身がスーパーコンピューターによるげっ歯類大脳皮質の局所神経回路の動作をシミュレーションする Blue Brain Project であったため、情報科学、計算機科学の比重を強めた研究計画となっていたが、その後

大幅な研究プログラムの見直しが実施され、より神経科学的なアプローチを重視して、欧州連合の中の多様な脳科学リソースを活用してヒトの脳の理解を目指すという方向性になった。

### ③中国の状況

「中国脳計画」は2016年に策定し、「一体両翼」のスキームに基づき研究を実施している。「一体」は脳の認知機能の原理（脳の認知機能を理解するため、神経基盤を研究主体とする）を指し、「両翼」は脳型コンピューティング及びブレイン・マシン・インテリジェンス技術と、脳の重大疾病の診療を指している。2021年からの5カ年計画で50億元の予算<sup>1</sup>を計上している。

#### （2）神経疾患・精神疾患の状況について

認知症については、WHOによれば、世界で2030年には8,200万人、2050年には1億5,200万人が罹患すると推定されている。社会負担も2015年は8,180億ドルだったところ、2030年には2兆ドルになると推定されている。また、我が国では、2025年（令和7年）に、認知症の患者が700万人前後になり、このうち、65歳以上の高齢者に対する割合は、現在の約7人に1人から約5人に1人に上昇する見込みとの推計もされている。さらに、認知症の社会的コストは、2014年において、14.5兆円と推計され、2030年には、21.4兆円にまで増加する見込みもある。この課題に対応するため、政府一体となって総合的に対策を推進することを目的として、「認知症施策推進大綱（令和元年6月 認知症施策推進関係閣僚会議）」がとりまとめられ、本年6月に、認知症の施策を総合的に推進するため、「認知症基本法」が成立した。

一方で、エーザイ株式会社では、世界で初めて本格的なグローバル展開が期待される初のアルツハイマー病認知症の進行を抑える治療薬を開発し、アメリカで迅速承認されるなど、この分野において国際競争力を有している状況である。

また、これまで4大疾病として、がん、脳卒中、急性心筋梗塞、糖尿病が指定されてきた日本の医療計画の対象に、2013年に精神疾患が加えられ、患者数の増大とともに、就学・就労困難など生活障害の原因、自殺の背景となる等、大きな障害をもたらす重要疾患であるとの認識が高まっている。WHOによれば、2030年には世界で最も社会的負担の大きな疾患がうつ病になると推定されており、このような予測を踏まえて精神疾患の原因を解明することが、ますます重要視されている。

---

<sup>1</sup> China bets big on brain research with massive cash infusion and openness to monkey studies | Science | AAAS

### (3) 脳科学研究の現状及び主な成果

#### ①論文動向

脳とこころの研究推進プログラムでは、直近3年間でインパクトファクター5以上の論文<sup>2</sup>を243件(2021年)、203件(2020年)、116件(2019年)発表し、着実に成果を創出している。

過去5年間の国別の論文数<sup>3</sup>では、日本は神経科学の分野で9位を保持しており、米国以外は、ほぼ横並びの状況である。これまで革新脳で推進してきたマーモセット研究関連(神経科学×マーモセット、マーモセット×脳×ゲノム、マーモセット×モデル×疾病)の論文数については、日本が1位又は2位となっており、他国と比べて強みがある。また、国際脳で推進してきたヒトと非ヒト霊長類の相同比較や神経科学×AIなどは中位を保持している。

#### ②脳とこころの研究推進プログラムの進捗状況

令和3年度より、脳科学研究の更なる発展に向けて、

- ・革新脳の霊長類モデルと国際脳のヒト脳研究を有機的につなげた脳病態の基礎研究推進が重要
- ・基礎と臨床の融合、疾患・病態を軸にした分野横断的な研究体制の構築が必須

との観点から、革新脳、国際脳、精神・神経疾患メカニズム解明プロジェクト(以下「疾患メカ」という。)及び領域横断的かつ萌芽的脳研究プロジェクト(以下「横断萌芽」という。)、柔軟な環境適応を可能とする意思決定・行動選択の神経システムの研究(以下「意思決定」という。)を一括り化し、脳とこころの研究推進プログラムとして推進してきた。

また、脳とこころの研究推進プログラムは、日本医療研究開発機構(以下「AMED」という。)を通じて予算執行がされている。AMEDにおいては、主に予算執行等の事業管理が行われている。

脳とこころの研究推進プログラムにおける個別プロジェクトの進捗状況については、以下の通りである。

##### (i) 革新脳

平成26年度に、非ヒト霊長類(マーモセット)の高次脳機能を担う神経回路の全容をニューロンレベルで解明することを目的に10年間のプロジェクトとして開始した。理化学研究所の脳科学総合研究センター(理研BSI、現:脳神経科学研究センター(以下「理研CBS」という。))が中核拠点として本プ

<sup>2</sup> 日本医療研究開発機構(AMED)調べ

<sup>3</sup> クラリベイト社 Web of Science XML(2023年4月時点)を基に集計

プロジェクトの中心的な役割を担い、中核拠点と連携するヒト疾患研究チーム、神経変性モデルマーマセットなどの複数のチームに様々な研究機関が参画する研究体制の下で、本プロジェクトを実施した。

本プロジェクトは、以下の2段階の目標が設定された。

- ・ 5年後の目標： マーマセットの全脳に関するマクロレベルの構造と活動マップの完成
- ・ 10年後の目標： ヒトの精神活動にとって重要な神経回路に対応するマーマセット神経回路機能のニューロンレベルでの全容解明

平成30年度の間評価では、中核拠点によるマネジメント体制、疾患モデルマーマセット作成及び繁殖の体制、データベース等の研究体制の改善などの指摘を受けた。その後、抜本的な研究体制の見直しを行い、概ね計画通り進捗しており、ヒト脳解明を飛躍的に加速させる世界最先端のマーマセット研究基盤を構築し、以下のような国際競争力の高い成果を創出している。

- ・ 世界唯一のマーマセット脳画像の統合データベースの開発  
組織染色画像、構造MRI、トレーサー注入実験等を統合し、ミクロレベル（遺伝子レベル）、メゾレベル（回路／トレーサー）、マクロレベル（脳構造）をつなぐ、世界初の網羅・統合的マーマセットデータベースを整備・公開し、多数のユーザー<sup>4</sup>に利用されている。

- ・ ミクロ（細胞レベル）からマクロ（全脳レベル）への階層のギャップを超える技術の開発

世界的に優位性のある革新技術として、世界最大・最速の広視野2光子顕微鏡、自由行動下で計測可能な神経活動計測技術（発光プローブ）、多色カルシウムイオンセンサー、生体内高解像度イメージング技術などを開発した。

また、脳内でのアミロイド $\beta$ 、タウ、 $\alpha$ シヌクレインの蓄積を画像化し、疾患の検出・鑑別を可能にする次世代タウPET薬剤の開発に成功し、疾患患者を対象とした臨床研究が進行している。

- ・ 神経疾患・精神疾患の診断・治療に役立つ疾患モデルの作出・活用  
神経疾患・精神疾患領域における創薬研究のブレークスルーとなることが期待される、アルツハイマー病モデルマウス（家族性アルツハイマー病

<sup>4</sup> 約5年間で国内外の利用者が1万5千人以上

の原因遺伝子変異)、パーキンソン病モデルマーマーモセット ( $\alpha$ シヌクレイン過剰発現動物)、レット症候群モデルマーマーモセット (MECP2 遺伝子変異)、脆弱 X 症候群モデルマーマーモセット (FMR1 変異動物) などの遺伝子改変動物を開発した。

一方で、神経疾患・精神疾患の回路研究や大規模データを活用したモデル研究については、一定の成果を挙げているものの、研究体制の課題が挙げられている。

・ 神経疾患・精神疾患の回路研究

病態の本質を理解することを目的として研究が進められ、統合失調症に関して、淡蒼球の体積変化からの病態理解などに関する成果が得られた。また、パーキンソン病に関して、コホート研究における画像データや認知機能データ等を活用することで、被殻—小脳間の機能結合などが候補バイオマーカーとして同定されるなどの成果が得られた。

また、 $\alpha$ シヌクレイン凝集体の嗅球接種により、マウスやマーマーモセットにおいて、嗅覚経路に沿って異常な $\alpha$ シヌクレインが伝播するという、分子と病態回路をつなぐ研究成果もでてきている。

一方で、ヒト臨床データから病態関連回路を同定し、その研究成果を動物モデルにおいて検証するという体制構築ができず、これらの成果を更に発展できなかった。

・ 大規模脳回路データを活用した研究

神経回路に関する大規模データを活用し、マーマーモセット脳の構造・機能の統合的なアトラスの完成という成果は得られつつある。また、大規模脳回路データを活用した個別研究は進展しているものの、ドライ実験（数理学・情報科学）とウェット実験（動物実験、遺伝子操作など）との融合を効率的に推進する体制構築ができず、全脳レベルでの数理モデルの開発という更なる成果創出には至らなかった。

(ii) 国際脳

平成 30 年度に、国際連携により、健常から疾患に至る脳画像等の総合的解析、AI による脳科学技術開発、ヒトと非ヒト霊長類動物との神経回路比較研究を推進することで、人間の心を生み出す知性、感性や社会性などのしくみを神経回路レベルで解明し、神経疾患・精神疾患の早期発見、早期介入に導くことを目指すことを目的に、6 年間のプロジェクトとして開始した。自然科学研究機構生理学研究所が事務局的役割として中核的組織を担い、以下の 3 つの研究



グループに様々な研究機関が参画し、本プロジェクトを実施した。

- ・グループ1：ライフステージ（発達期・成人期・高齢期）に応じた健常から疾患に至る脳画像等の総合的解析研究
- ・グループ2：ヒト脳と非ヒト霊長類脳の種間比較研究
- ・グループ3：人工知能（AI）研究との連携によるニューロフィードバック等の技術開発とその応用等

新型コロナ感染症の影響により、患者の症例数が予定通り得られていない課題はあるものの、概ね計画通り進捗し、米国の BRAIN Initiative や Human Connectome Project との連携等も行い、革新脳の成果をヒトの神経回路機能と疾患解明につなぐ研究基盤・基礎技術を確立するなどの、以下のような国際競争力の高い成果を創出している。

- ・世界標準の MRI データプラットフォームの整備、公開と共有  
機種間差・個人差を調和（ハーモナイゼーション）した撮像プロトコル（HARP）により、神経疾患・精神疾患の発症前後を含む横断かつ縦断的な MRI データ（fMRI を含む）の共有化を実現し、数千例のデータを公開。症例と疾患の多様性で世界に比肩するものがないデータプラットフォームとなっている。

- ・高齢者におけるパーキンソン病やアルツハイマー病の患者に係るコホート（PADNI）の整備

東北メディカルメガバンクの健常人コホートデータとも連携し、パーキンソン病やアルツハイマー病の患者及び健康な高齢者を対象として、数年の間に脳や体に生じる変化（MRI や PET による異常タンパク質の計測データなどの臨床データ）を調べるコホートを整備した。

- ・ヒト脳と非ヒト霊長類脳の構造及び機能の領域化と相同性解析を可能とする技術を確立

回路操作（光・化学遺伝学、ウイルスベクター等）と fMRI を活用した神経回路機能同定・操作技術、マルチモーダル画像解析による脳コネクトーム技術や、超高磁場 7T MRI を基盤とするサル・ヒトイメージング解析技術を確立した。

- ・新しい脳型アルゴリズム開発

大規模データに AI による機械学習を適用して、複数の精神疾患の回路マーカーを抽出し、健常者と大うつ病患者を判断する回路マーカーを開発し、医療機器として PMDA に承認申請を行うなど、実用化に向けた取組を進めて

いる。また、デコーディッド・ニューロフィードバックを活用した新たな精神疾患治療により改善を認めるなどの成果がでている。さらに、新しい脳型アルゴリズムとして、非線形因果解析法、動的ニューラルネットワークなどの数理モデルを開発した。

・国際連携

各国<sup>5</sup>のブレインプロジェクトが参画する IBI (International Brain Initiative) に参画し、特に、データベースの共有化に関する国際ルール策定の検討などを主導的に進めている。一方で、米国は参画しているものの、研究者ではなく、ファンディングエージェンシーが参加しているなど、関与の在り方が変わってきている。

また、米国の BRAIN Initiative などとの連携や、ENIGMA (The Enhancing Neuroimaging Genetics through Meta-Analysis) などの国際共同プロジェクトに参画し、特に MRI 画像データを用いた精神疾患研究においては、統合失調症における淡蒼球の体積変化に関する研究をはじめとした国際競争力の高い研究を実施している。

(iii) 疾患メカ

令和3年度に、神経疾患・精神疾患のメカニズムの解明に向けて、データサイエンスとの連携や、基礎から実用化まで一貫した循環型の研究を支える基礎的な研究基盤を構築することで臨床上の課題を取り込んだ研究開発を推進するため、4年間のプロジェクトとして開始した。

以下の8つテーマを設定し、ボトムアップ型の研究体制により推進することで、各連携による効果や基盤の成果が創出されてきている。

- ・分野1：精神・神経疾患の分子的機序の解明
- ・分野2：【大規模データ探索型】精神疾患領域
- ・分野3：【大規模データ探索型】神経変性疾患領域
- ・分野4：精神疾患領域
- ・分野5：神経変性疾患領域
- ・分野6：睡眠障害、依存症、知的障害 等、および境界領域
- ・分野7：ヒト臨床リソース・データを用いた研究基盤強化
- ・分野8：脳科学分野の倫理問題研究

・データサイエンスとの連携

分野7及び8以外の18課題に対して、公募において、データサイエンテ

<sup>5</sup> 日本、韓国、EU、米国、オーストラリア、中国、カナダ

イストを研究参画者に含めることを採択の要件とした。これにより、GWAS (Genome-Wide Association Study) 等のデータベースや数理モデルの構築に関する研究などが進んでいる。また、新たにデータサイエンティストを雇用した事例もあり、若手の育成も促進されている。

- ・ 双方向トランスレーショナル研究

双方向トランスレーショナル研究を推進する 13 課題を採択し、基礎と臨床の連携体制の構築を進めている。例えば、疾患モデル動物、iPS 細胞等を用いた疾患メカニズム解明等の基礎研究と、臨床検体を用いた臨床研究を結びつける双方向トランスレーショナル研究も順調に進行している。この成果として、筋萎縮性側索硬化症 (ALS) 患者の体液バイオマーカー (代謝物質、蛋白質、miRNA) の解析により、特定の代謝経路が ALS 病態に関与している可能性を見だし、薬理的な進行抑制が可能なことを ALS 動物モデルで見出す等の成果が得られている。

- ・ ブレインバンクネットワークの整備

ヒト死後脳の活用は、認知症などの脳神経疾患を理解していくための重要な基盤である。ブレインバンクネットワークとして拠点数の拡大に加え、自動免疫染色装置やハイスループットスライドスキャナーを整備し、国際標準に匹敵する高品質のヒト死後脳試料の提供が可能となる体制構築を進めている。また、英国の MRC との国際共同研究により、加齢依存的に形成される新規蛋白質凝集体を発見するなどの成果を創出している。

#### (iv) 横断萌芽

令和 3 年度に、若手を含めた研究者の独創性、革新性及び先進性を強く支援・促進することを目的に、3 年間のプロジェクトとして開始した。若手<sup>6</sup> 枠 3 割の設定や異分野からの参画を促す公募課題とするなど、脳科学研究の裾野拡大プロジェクトとして推進している。

若手採択課題は、令和 3 年度が 32 課題中 14 課題、令和 4 年度が 5 課題中 3 課題であり、若手の研究参画の拡大が図られている。また、採択率は、令和 3 年度が 15.6%、令和 4 年度が 3.7% であり、脳科学研究の若手研究者、異分野からの参画等のニーズは高い状況である。

領域横断的な基礎脳科学研究を推進する課題としては、令和 3 年度、令和 4 年度合わせて 20 課題採択した。これらの課題には、情報科学・工学など他研

<sup>6</sup> 採択年度 4 月 1 日において、年齢が男性の場合は満 40 歳未満、女性の場合は満 43 歳未満の者、又は博士号取得後 10 年未満の者を指す。

究領域の研究者も参加し、従来の脳科学の枠を超えた独創的な研究が行われている。

#### (v) 意思決定

平成 28 年 11 月に、霊長類特有の意思決定の神経回路機構を新しい回路操作技術や神経活動のイメージング技術を駆使して解明し、新しい認知行動療法の基礎となる知識を創生することを目的に以下のチームで研究を開始し、令和 2 年度に終了した。ただし、うち 3 課題<sup>7</sup>については令和 2 年に行われた事後評価において、「研究開発期間を 1 年延長すべき課題」と評価され、令和 3 年度を最終年度として研究開発を実施した。

- ・ヒトの行動選択の基盤となる神経システムの研究（意思基盤）チーム
- ・意思決定関連システムの機能検証技術の開発（意思機能）チーム
- ・柔軟な意思決定・行動選択の解析・手法の開発（意思評価）チーム

意思基盤チームでは、報酬による意思決定および環境変化への適応機構についてチーム内で連携し、アイコンタクトや共同注視、協力行動などの二个体間の相互作用に関与する脳領域を絞り込み、ギャンブル依存症の神経メカニズムなど、意思決定に関与する脳領域の知見を得た。

意思機能チームでは、新規 DREADD リガンド PET によって化学遺伝学的手法とイメージングを組み合わせた独創的かつ先駆的な手法を用いて意思決定のメカニズムに関して先進的な知見を得た。また、2 光子カルシウムイメージングを応用し、二択意思決定課題で報酬関連機能の回路制御を明らかにするなどの知見も得た。

意思評価チームでは、マーモセットの子育て・親子コミュニケーション行動を定量的に解析し、子育てと子の愛着の相互作用に関する基礎的知見や、機能的解析やデコーディングなどの積極的な導入により、霊長類特有の本能行動の意思決定に係る神経回路基盤の一端が解明された。

本事業では、柔軟な環境適応を可能とするヒト・非ヒト霊長類動物の意思決定と行動選択の神経システムについて多くの先進的な成果を挙げると共に、ギャンブル依存患者などの神経疾患・精神疾患の病態理解に貢献する成果を挙げた。

### ③研究の裾野拡大の状況

脳科学研究の今後の発展に向けては、若手研究者等を含めた裾野拡大は必須

<sup>7</sup> 化学遺伝学イメージング：神経路の可視化と操作による意思決定ネットワークの解明（南本課題）、霊長類大脳基底核の意思決定最終出力表現の検証技術開発（松崎課題）、社会的な意思決定と行動制御のシステムの理解に向けた研究手法の開発（磯田課題）

である。このため、革新脳と国際脳では、将来の脳科学研究を担う大学院生の参画を促した結果、これまで 300 人以上<sup>8</sup>が参画している。また、教授・准教授クラスへのキャリアアップは 90 名程度<sup>9</sup>であり、脳科学分野全体の底上げに寄与した。

また、上述のとおり、横断萌芽を通じて若手の参画などが拡大し、脳科学研究の裾野拡大が図られている。

さらに、革新的先端研究開発支援事業<sup>10</sup>との共同ワークショップの開催などにより、主に若手を対象とした連携が進むような取組が進められた。

#### (4) これまでの脳科学研究における課題について

革新脳では、マーモセット実験の研究環境の整備や疾患マーモセットの開発、革新的な計測技術やイメージング技術の開発や、これらを活用してヒト脳の理解につながる脳の神経回路レベルの機能解明を中心に進められてきた。国際脳では、神経疾患・精神疾患に関するヒト MRI 画像データベースの構築、ヒトと霊長類の相同性比較、脳モデル開発といった基盤技術開発を中心に進められてきた。このように、これまでは研究基盤の整備や革新的な技術の開発、脳の神経回路レベルの機能解明が中心に推進されてきたが、健康医療への貢献や昨今の研究動向などを踏まえ、以下の課題が挙げられる。

- ・脳の神経回路レベルの機能解明や研究基盤の成果が神経疾患・精神疾患の診断・治療等に十分につながっていない。
- ・基礎と臨床の連携や、大学等の研究機関と産業界との連携・協力が十分ではない。
- ・各プロジェクトで創出されたデータがそれぞれ別のデータベースで整備され、また、これまでの研究ではウェット実験が中心であり、世界的な潮流である数理科学や情報科学との融合が十分ではないなど、データの効果的な利活用がされていない。

上述の課題のうち、神経回路レベルの機能解明の成果が疾患研究に十分につながっていないことについて、例えば、認知症のような神経変性疾患は、細胞が壊れていく病気であるため、疾患の診断・治療に向けて、細胞を研究することに注力されてきたこともあると考えられる。

革新脳では、 $\alpha$ シヌクレイン凝集体の嗅球接種により、マウスやマーモセット

<sup>8</sup> 2022 年までの参加人数、AMED 調べ

<sup>9</sup> 2022 年までの累積人数、AMED 調べ

<sup>10</sup> マルチセンシングネットワークの統合的理解と制御機構の解明による革新的医療技術開発、健康・医療の向上に向けた早期ライフステージにおける生命現象の解明

において、嗅覚経路に沿って異常な $\alpha$ シヌクレイン凝集体が伝播するという、分子と病態回路をつなぐ研究成果<sup>9</sup>もでている。また、 $\alpha$ シヌクレイン凝集体に着目すると、線維形成の前の不安定なオリゴマーなどの段階で毒性があり、オリゴマーがシナプス機能を障害するという研究成果<sup>11</sup>もでている。さらに、タウ凝集体についても、神経回路に沿ってマウス脳内を伝播するという成果<sup>9</sup>もでている。

また、革新脳で開発したタウタンパク質の病変を可視化する技術と正常脳の機能的・解剖的連結（コネクトーム）に関するオープンデータベースを組み合わせることで、病変のデータからコア領域を同定する手法<sup>12</sup>も活用されてきている。これを活用することにより、タウタンパク質が蓄積していない領域を含む神経回路システムで病気が発生している可能性が示唆されている。

このように、これまでの研究の進展により基礎的な回路研究が疾患の治療に役立つ段階にきていると考えられる。また、回路異常に影響を及ぼすとされているオリゴマーなどの *in vivo* で検出できないものを可視化する技術開発や回路や分子をつなぐシナプスの役割解明などの理解が進めば、更なる研究の進展が期待される。

### 3. 今後の脳科学研究の方向性

「脳とこころの研究推進プログラム」における成果や課題、国内外の動向等を踏まえ、現代社会が直面する認知症やうつ病といった神経疾患・精神疾患等の課題の克服やイノベーションの創出に向けて、今後の脳科学研究の方向性を以下の通り示す。

#### (1) 研究目標について

これまでのプログラムでは神経回路レベルに着目した脳の機能解明を中心に研究が実施されてきたが、上述のとおり、近年、神経回路研究を生かした疾患の診断・治療等に関する研究の進展もみられる。

このような状況において、今後は、これまでの研究を更に発展させ、多種・多次元・多階層データ<sup>13</sup>を創出・統合し、効果的に活用するための研究環境を新たに整備し、神経疾患・精神疾患の診断・治療等へ貢献するための研究を推進すべきである。

具体的には、今後の脳科学研究の方向性については、今後10年程度と今後5年程度の目標を設定し、研究を推進していくこととする。

<sup>11</sup> 第6回脳科学作業部会 高橋先生説明資料

<sup>12</sup> 第6回脳科学作業部会 樋口先生説明資料

<sup>13</sup> ヒトや実験動物等の遺伝子、分子、1細胞、神経回路、構造、疾患の経時変化や行動に係るデータ

<今後 10 年程度の目標>

- 脳とこころの研究推進プログラムで整備してきた国際的に競争力の高い研究基盤・革新的技術<sup>14</sup>等の成果の更なる発展や開発を進める。
- ドライ実験（数理科学・情報科学）とウェット実験（動物実験、遺伝子操作など）との融合や、基礎研究と臨床研究の相互連携（双方向トランスレーショナル研究）の強化等により、脳機能に関するダイナミクス<sup>15</sup>や神経疾患・精神疾患に関する病態メカニズムの解明を進める。
- 多種・多次元・多階層データやこれらの成果をもとに、脳機能や脳疾患に関する数理モデルを開発しデジタル空間上で再現する新たな数理科学的な研究手法による研究基盤（デジタル脳）を整備・活用し、神経疾患・精神疾患等に関する画期的な診断・治療・創薬等の実現を目指す。

<今後 5 年程度の目標>

脳とこころの研究推進プログラムで整備してきた国際的に競争力の高い研究基盤・革新的技術等の成果を更に発展させる。また、ドライ実験（数理科学・情報科学）とウェット実験（動物実験、遺伝子操作など）との融合や、基礎研究と臨床研究の相互連携（双方向トランスレーショナル研究）を強化し、以下を目指す。

- マーモセット統合データベースとヒト MRI データベース等を統合したニューロデータプラットフォームの整備、動物資源の高度化、階層をつなぐ革新的計測・イメージング技術開発等の研究基盤・革新的技術の高度化や開発を行う。
- 実験動物、多種・多次元・多階層データ等を活用し、脳の高次機能のダイナミクス解明や神経疾患・精神疾患に関する病態メカニズムの解明を進める。
- ヒト脳高次機能ダイナミクスや病態メカニズムを、数理モデルを活用しデジタル空間上で再現するとともに、神経回路レベルや細胞レベル、それらをつなぐ多階層の数理モデルを開発しデジタル空間上で再現するなど、数理科学的な研究手法による新たな研究基盤（デジタル脳）を整備する。
- これらの成果をもとに、神経疾患・精神疾患に係る画期的な診断・治療等<sup>16</sup>のシーズ開発につなげる。

<sup>14</sup> 革新脳で整備してきた世界最先端のマーモセット研究基盤、国際脳で整備してきたヒト MRI データベース、疾患メカで整備しているブレインネットワーク、また、各プログラムで開発された革新的計測技術やイメージング技術等

<sup>15</sup> 脳に関わる分子から細胞、回路や領域に関わる全ての要素を含んだ状態の動き

<sup>16</sup> 治療法、創薬、医療機器等を含む

## (2) 重要研究課題例

これまでの成果や課題を踏まえ、脳とこころの研究推進プログラム内のプロジェクトを見直し、大学、研究機関等に対して、革新的で独創的な研究を以下の重要課題研究例に沿って支援を行うべきである。

また、可能な限り最新の研究内容や新しい研究者を取り込み、研究の活性化を図ることを目指し、事業開始から3年度程度までは、原則、毎年新規採択を行うこととする。

なお、疾患メカ、横断萌芽については、当初の計画どおり令和6年度まで実施し、その後、新しい研究プロジェクトに統合する。令和7年度以降の統合を見据え、新しい研究プロジェクトと両プロジェクトとの間では、例えば、PS<sup>17</sup>間や研究者間の意見交換などの成果の共有を含めた連携を進めていくことが必要である。

### (i) 革新的技術・研究基盤の整備・開発・高度化

これまで革新脳や国際脳等で整備したデータベース、疾患モデル動物を含む動物資源、死後脳等の研究基盤の整備・高度化を実施する。多種・多次元・多階層データを創出・統合する革新的技術を開発する。

研究課題例：

- ・特定の立体構造をもつタンパク凝集体<sup>18</sup>・オリゴマー又はシナプス等を可視化する革新的イメージング技術開発
- ・リアルタイムで細胞と回路の関係性を計測する革新的顕微鏡開発
- ・皮質下（例：視床等）を対象とした計測・イメージング技術開発
- ・特定のニューロン種を操作する技術開発
- ・各階層のデータをつなぐ情報科学技術の開発
- ・ヒトMRI データベース、マーモセット脳データベース等を統合したニューロデータプラットフォームの整備
- ・マーモセット・疾患マーモセットの整備・標準化
- ・死後脳ネットワークの高度化
- ・ヒト病態を反映する妥当性の高い動物モデル・ヒト神経組織モデルの開発等

### (ii) ヒト脳高次機能のダイナミクス解明

ヒト脳の高次機能（認知、記憶や学習、情動、意思決定・意思、社会性や他者理解、創造性等）に関して、分子・細胞・回路等の階層ごとでダイ

<sup>17</sup> 事業全体を統括する責任者としてAMEDが任命

<sup>18</sup> アミロイドβ、タウ、αシヌクレイン等



ナミクスを解明し、さらに、各階層をつなぐことで根本的解明につなげる。

研究課題例：

- ・ダイナミクス解明に関連する種間・多次元・多階層データを創出
- ・分子・細胞相互作用のメカニズム解明
- ・皮質と皮質下をつなぐメカニズム解明
- ・分子、細胞、神経回路の各階層のダイナミクス解明
- ・時間分解能ごと<sup>19</sup>のダイナミクス解明
- ・分子・細胞・回路などの各階層を結び付けたダイナミクス解明手法の開発等

(iii) 神経疾患・精神疾患に関するヒト病態メカニズム解明

神経疾患・精神疾患の克服の基盤となる疾患の病態機序を、分子・細胞・組織の各階層で解明する。また、各階層の機序をつなぐことで、病態メカニズムの根本的解明につなげる。さらに、疾患の責任回路や責任分子ネットワークなども解明する。

研究課題例：

- ・疾患に関連する種間・多次元・多階層データを創出し、各階層の病態機序解明
- ・回路障害と症状との関連メカニズム解明
- ・病態と関連する皮質下（例：視床等）のメカニズム解明
- ・病変部位を可視化する PET 画像、正常脳の fMRI データ、モデル動物の回路操作技術を活用し、病態と症状との因果関係の解明
- ・性差に着目した病態メカニズム解明
- ・病態の関連分子ネットワーク（分子群）の解明
- ・病因責任回路と細胞種の同定
- ・神経疾患と精神疾患を関連付けた病態メカニズム解明<sup>20</sup>
- ・疾患マーカー等々のモデル動物を活用し、認知症の超早期ステージを対象とした回路と分子をつなぐシナプスに着目した凝集タンパクの伝播メカニズムの解明
- ・凝集タンパク質の排出・分解促進メカニズム解明
- ・未知の凝集タンパク質の探索等

<sup>19</sup> 例えば、短期は感情、中期は意思決定、認知、長期は学習行動、など

<sup>20</sup> 例えば、認知症発症前に、うつ病や双極性障害発症があるなど、早期発見に向けた疾患をまたいだ共通メカニズム解明

(iv) デジタル空間上で再現する脳モデル開発・研究基盤（デジタル脳）の構築

革新的技術や研究基盤により創出されたデータ、脳機能・疾患メカニズム解明等の成果を統合し、様々なアプローチからヒト脳の数理モデルや病態モデルを開発し、デジタル空間上で再現することで、研究基盤「デジタル脳」を構築する。また、数理モデルの精度向上のため、ウェット実験での検証等も実施していくこととする。

研究課題例：

- ・ マーモセット等のモデル動物の数理モデルを活用したヒト脳の神経回路マップを数理モデル開発で表現し、デジタル空間上で再現
- ・ 統合データベースを活用した数理モデルを開発し、デジタル空間上で再現。
- ・ 神経回路、細胞、分子をつなぐ数理モデルを開発し、デジタル空間上で再現
- ・ 病態メカニズム等に基づく回路と細胞をつなぐ病態予測モデル開発を行い、デジタル空間上で再現 等

(v) 神経疾患・精神疾患の治療等のシーズ開発

脳の機能解明に基づく疾患の診断・治療シーズ開発を実施する。また、疾患に関する原因分子の同定・解析や、病態メカニズムや数理モデルに基づく診断・治療シーズ開発や、医療機器を活用した治療シーズの開発などを実施する。

研究課題例：

- ・ 変性タンパク質の分子構造に基づく創薬ターゲット因子の開発
- ・ 蓄積した凝集タンパク質の除去や修復法の開発
- ・ 神経回路の再生・修復等による回復治療法等の開発
- ・ 凝集タンパク質の伝播を止める治療法の開発
- ・ 疾患マーモセット等のモデル動物や数理モデルを活用し疾患関連回路に着目した新規治療法開発
- ・ 医療機器を活用し、病態・症状が進展した状態において残された回路機能を活用した治療法の開発
- ・ 性差の病態メカニズムに基づく診断・治療シーズ開発
- ・ ニューロフィードバック等を活用した診断・治療法の開発
- ・ 超早期を対象とした、病態メカニズム等に基づく病変タンパク質や神経炎症等を対象とした簡易バイオマーカー開発（血液、デジタル等） 等

### (3) 研究実施体制

新しいプロジェクトの研究推進体制については、脳機能の解明といった成果を神経疾患・精神疾患の診断・治療等の臨床研究に結びつけていくため、産学官が一体となって研究を推進し、基礎研究と臨床研究との連携・協力や産学連携の枠組みが必要である。

また、新しいプロジェクトの研究成果をとりまとめるための体制も併せて構築していく必要がある。その際、革新脳の間中評価時の指摘も踏まえ、変更した現在の革新脳の体制のような、プロジェクトの研究全体をマネジメントする者と研究代表者を分けた体制とし、プロジェクトの研究全体をマネジメントする者の下で各個別研究を推進することが必要である。

このため、脳科学研究やこれらの成果を活用した神経疾患・精神疾患研究などの政策的な方向性、関連省庁との連携や事業の方向性を主導する役割を担う省庁横断的なガバニングボードを設置する。また、基礎研究の成果を効果的・効率的に実用化に結び付けていくため、産学官コンソーシアム、支援班も設置する。

また、基礎と臨床の連携機能（双方向トランスレーショナル研究体制）、ドライとウェットの融合などの異分野融合、研究基盤の整備・共用、研究成果の取りまとめ機能などをもつ中核拠点を置き、上述の重点研究課題の研究参画者とも有機的に連携していくことが重要である。

さらに、研究マネジメントについては、外部委員から助言を受けつつ、PS・P0<sup>21</sup>が行うことにより、公募、研究進捗、評価が一貫して行われる体制もあわせて構築することが望ましい。また、全体会議（PS、P0、中核拠点代表者、AMED等を定期的に一堂に会する場）や、個別重点研究課題ごとの推進会議（PS、P0、重点研究課題参画者が一同に会する場）などを設置することで、研究成果のとりまとめや連携などを効果的に推進する。

#### ① 省庁横断的なガバニングボード

脳科学研究やこれらの成果を活用した神経疾患・精神疾患研究などの政策的な方向性、関連省庁との連携や事業の方向性を主導し、オールジャパンで一体的に研究を推進するため、省庁横断的なガバニングボードを設置すべきである。具体的には、関係府省、新しいプロジェクトを含めた関連事業のPSやP0などの研究プロジェクト責任者、AMEDなどが一同に会し、研究の方向性や事業全体の見直し等を含めた研究全体のマネジメントを行う。

<sup>21</sup> PSと協力して、各重点研究課題をマネジメントする責任者としてAMEDが任命

## ② 中核拠点について

中核拠点については、一つの機関が中心となり、他の機関とも有機的に連携し、一拠点を設けるべきである。脳機能解明といった基礎の研究成果を神経疾患・精神疾患の診断・治療等につなげていくことを目指すとともに、本プロジェクトのみならず、脳科学研究分野をリードし、脳科学コミュニティの底上げ・拡大を図る観点から、以下の要件を備えるべきである。

- ✓ 様々な分野における第一線級の研究者が集積し、連携する体制
- ✓ ドライとウェットの融合など他分野との融合や企業との連携のハブとなる機能
- ✓ 基礎研究と臨床研究の連携・融合(双方向トランスレーショナル研究体制)
- ✓ 研究基盤(解析機器を含む)の整備・共用(解析支援を含む)
- ✓ 全ての重点研究課題の要素を含めた研究を実施するとともに、本プロジェクトの研究成果をつなげ、とりまとめ、発信する役割
- ✓ 産業界のニーズを取り込む体制
- ✓ 国際連携の推進と支援
- ✓ 人材育成機能
- ✓ 上記の取組を通じた各重点研究課題の研究参加者の支援 等

## ③ 重点研究課題の研究体制について

脳機能解明といった基礎の研究成果を神経疾患・精神疾患の診断・治療等につなげていくこと、数理科学・情報科学等を活用した研究を推進していくことを目指す観点から、チーム型研究、若手枠、異分野枠・萌芽枠などを設定し、重点研究課題の研究内容にあわせて、以下の体制を構築すべきである。

- ✓ 基礎研究者と臨床研究の連携
- ✓ ドライとウェットの融合などの異分野融合<sup>22</sup>
- ✓ 関連分野間(例：神経疾患研究者と精神疾患研究者など)の連携
- ✓ 企業との共同研究(例：コンソーシアム型)
- ✓ 脳研究の裾野拡大を目指し、積極的に若手や異分野の研究者の参加 等

また、各重点研究課題は相互に関連するものであるため、研究参加者は、同じ重点研究課題の研究者のみならず、他の重点研究課題の研究者とも有機的に連携して研究を推進していくことが重要である。

---

<sup>22</sup> 例えば、重点研究課題(iv)において、ウェット研究者も入れた研究体制とし、ウェット実験のデータの活用や検証を進めていく体制とする。

#### ④ 産学官コンソーシアム

企業ニーズを取り込み、アカデミアと企業とのギャップを埋めるため、産学コンソーシアムを新たに設置すべきである。具体的には、関係府省、関係企業、新しいプロジェクトを含めた関連事業のPS、PO、AMEDなどが一同に会し、定期的に対話する。また、この場を積極的に活用することで、基礎の研究成果を疾患の診断・治療等に効果的につなげていくことが期待される。

#### ⑤ 支援班

本プロジェクトの成果をいち早く実用化に結び付けるための伴走支援を行う支援班を複数設けるべきである。具体的には、知財戦略の策定、実用化支援、スタートアップ支援、倫理的・法的・社会的課題(ELSI: Ethical Legal and Social Issues)、AMED 他事業の研究基盤活用など、新しいプロジェクトを横断的に支援する。また、支援班は、新しいプロジェクト研究参画者からの要望を待つのではなく、参画者からの実用化などの相談を積極的に受ける体制を構築することが望ましい。

### (4) 研究推進方策

#### ①基礎研究と臨床研究の相互連携について

基礎研究で得られた知見を臨床研究に応用して神経疾患・精神疾患の克服につなげるためには、双方向トランスレーショナル研究の推進が必要である。特に、疾患研究においては、マウスー非ヒト霊長類ーヒトの3軸のトランスレーショナル研究も推進すべきである。

#### ②研究基盤の在り方

研究基盤については、これまでの成果を高度化するとともに、高額な設備や、一機関においては使用頻度が限られる設備、先進的な技術が必要となる研究基盤等については、研究費の効率的な執行等の観点から、「中核拠点」を中心に整備し、以下の点を考慮して、共用を推進することが重要である。

- ・ヒト臨床データについては、異分野の研究者、企業研究者等の幅広いユーザーが利用できるよう、ユーザーニーズを踏まえ、研究倫理、個人情報保護、セキュリティ対策を含めたソフト面及びハード面を整備すること
- ・これら研究基盤の専門スタッフも整備すること
- ・基盤研究者の研究価値が認められるよう、例えば、同基盤を活用した論文において、その貢献度に応じて共同研究者とするなどの対応を行い、基盤研究者の価値を高めていくこと

## ＜研究基盤の例＞

### ・統合データベース

データ駆動型研究を加速させるために、データの公開・共有を原則とし、NBDC等の既存のデータベースを最大限活用することとする。その上で、本プロジェクトでは、これまでの脳関連のデータベースを統合し、ユーザーニーズを踏まえ、統合データベースとして、統合解析の機能もあわせて一体的に整備すべきである。これにより、ユーザーが一つの窓口から本プロジェクトに関するデータを入手できるようになる。

また、質の高い研究データとし、企業においてもデータ利活用が進められるようなデザインにするとともに、データの量及び質を高める取り組みが必要である。

量の観点から、新しいプロジェクトで創出されたデータは、原則、指定されたデータベースに格納等<sup>23</sup>することとし、質の観点から、例えば、国際脳で開発したハーモナイゼーションや HARP などを活用しデータの標準化を図るとともに、データのクオリティチェックができる仕組みが必要である。

### ・解析・計測機器

高額・大型の機器、高度な技術を要する機器（例えば、オミクス解析装置や脳をリアルタイムで計測できるプローブや広視野顕微鏡など）については、新しいプロジェクトの参画研究者を対象に共用設備として整備・高度化すべきである。

また、脳研究の裾野拡大や効率的・効果的な研究を実施するため、特に若手研究者や異分野からの研究者に対しては、共用設備の利用とあわせて解析支援を行うことが重要である。

### ・実験動物

革新脳で整備してきた野生型マーマセットについては、引き続き、世界を先導するため、日本発の飼育環境・条件等の国際標準化を推進していく必要がある。また、疾患マーマセットについては、将来的に製薬企業における創薬研究に活用されることも念頭に、国際標準もみつつ、非ヒト霊長類としての強み、疾患モデル動物としての有効性を示すとともに、繁殖環境の強化が必要である。

マウスなどについては、疾患研究における評価系としての活用、非ヒト霊長類を用いた研究との連携など、引き続き活用していくことが必要である。

<sup>23</sup> データベースにデータの格納又はリポジトリの登録など

・生体試料（死後脳）

死後脳リソースを用いた研究は、シングルセルレベルでの解析やクライオ電子顕微鏡法を用いた解析など、発展的な研究が期待されており、ヒトの疾患研究を加速させる重要な基盤であるため、臨床情報と紐づいた死後脳サンプルの拡充や提供規模の拡充に向けた取組が必要である。

③異分野との融合・連携

脳は非常に複雑な臓器であり、生命科学、情報科学、人文科学、これらを統合した総合科学であり、学際性の高い融合研究領域である。例えば、神経回路・細胞を計測・構造解析・イメージングする等の基盤技術開発については医学・工学との連携、精神疾患については心理学、教育学、医学等との連携、また、神経疾患研究者と精神疾患研究者、免疫研究者と神経疾患研究者、生体構造学と疾患研究者等との関連分野の連携なども想定される。

特に、データを効果的に利活用するため、ドライとウェットとの融合を中心に連携を推進する。また、工学、心理学・有機化学などの異分野からも参画を促すため、研究課題に対応した連携グループを効果的に設定すべきである。さらに、研究者においては、研究計画の段階から異分野・関連分野間で定期的に意見交換を行うなど、効果的な連携とすべきである。

④産学連携

基礎の研究成果を疾患の診断・治療などにつなげていくためには、研究計画の段階から企業のニーズを取り込むことや、中核拠点や重点研究課題に企業の参画を促す仕組みが必要である。

産学連携の仕組みの例

- ・中核拠点や重点研究課題の研究体制に企業の研究者（特に若手研究者）を派遣
- ・重点研究課題に共同研究枠の設定
- ・産学官コンソーシアムを活用し、定期的な意見交換の実施 等

⑤国際連携

脳科学に関しては、健康・医療のみならず、幅広い分野にイノベーションを生む原動力として、各国が大規模予算を投入し、しのぎを削っている状況である。今後は、世界的な潮流として、ドライとウェットの融合研究が推進されていくことを踏まえると、ますますデータが重要となってくる。

このため、積極的に国際連携を進め、我が国の強みを生かした国際共同研究などに参画し、国際的に競争力の高い研究を推進すべきである。特に、マーモセツ

トや疾患マーカーセットについては、日本の強みを生かし、飼育環境や創薬研究での活用における国際標準化などを推進することが重要である。なお、国際ネットワークである IBI について、当面は参画するものの、海外機関の関与状況、新しい研究プロジェクトとの関係性を踏まえつつ、関与の在り方を含めて検討することが望ましい。

#### ⑥AMED の他事業（関係省庁を含む）との連携

神経疾患・精神疾患関連の研究については、基礎研究の成果を臨床研究に繋げていく観点から、関係省庁が一体となって推進していくべきである。

このため、厚生労働省において推進している認知症等を対象としたコホート研究や疾患研究と積極的に連携する。これにより、基礎の研究成果を次世代バイオマーカー開発や病態メカニズム解明につなげていく研究が期待される。

また、AMED が整備している BINDS（生命科学・創薬研究支援基盤事業）やバイオバンク（東北メディカルメガバンクやバイオバンクジャパンなど）などとの連携を積極的に行い、効果的に研究を推進することが重要である。

#### ⑦ 研究成果の発信

脳科学研究でこれまで多額の研究費が投入されていることや、臨床データの活用や更なる拡充に向けて、研究の目的・価値の理解を得ることが重要であることから、積極的に成果を発信していくことが必要である。

#### ⑧ 脳科学研究の裾野拡大や人材育成

脳科学研究が持続的に発展していくためには、若手、中堅を含めた裾野拡大が重要な課題である。

このため、若手枠、異分野枠・萌芽枠などを設定し、積極的に若手人材育成や異分野からの参画等を推進していくことが必要である。また、若手研究者に対して、中核拠点を中心に解析支援などの研究支援を行うことで、高度な技術が必要となる高精度な機器の活用が可能となるなど、若手研究者の研究力向上、脳科学研究のコミュニティの底上げにつながることを期待される。

#### ⑨ 倫理的・法的・社会的課題（ELSI）

精神・こころに深く関与する学問である脳科学研究は、倫理的問題と表裏一体であり、社会と調和した脳科学研究を推進するためには倫理的問題の継続的な抽出そのものが重要な課題である。また、脳科学研究は、社会変革をもたらすイノベーションの源泉であり、新しい社会的合意やルールの整備が課題となる可能性もある。さらに、動物実験においては、引き続き、倫理面を配慮して、研究



を実施すべきである。

本分野は、研究全体に跨るものであるため、新たに設置する支援班を通じて実施する。

#### (5) その他

本事業では、省庁横断的なガバニングボード、PSP0 会議などがそれぞれの役割分担に応じて、適切に評価し、研究の見直し等を必要に応じて行う。また、研究開発開始後3年程度を目安としてAMEDの課題評価委員会において中間評価を実施し、研究開発計画の達成度や研究開発成果等を評価し、チーム体制の見直し、研究内容の見直し等を必要に応じて行う。

脳科学作業部会の開催実績（主な議題）

第1回：令和4年1月19日（水） 15:00～17:00

- ・ 文部科学省における脳科学研究の取組について
- ・ 脳科学の研究開発動向

第2回：令和4年4月15日（金） 13:30～15:30

- ・ 日本医療研究開発機構による革新脳の間接評価結果について
- ・ 理化学研究所 脳神経科学研究センターの取組について

第3回：令和4年6月7日（火） 13:30～15:30

- ・ 日本医療研究開発機構による国際脳の間接評価結果について
- ・ 脳とこころの研究推進プログラム内連携について

第4回：令和4年11月2日（水） 10:00～12:00

- ・ 今後の脳科学研究の方向性について（有識者からのヒアリング）

東京大学医学部・医学系研究科 教授 岡部 繁男

玉川大学 名誉教授 木村 實

日本脳科学関連学会連合 代表 兼 京都大学大学院医学研究科・医学部  
教授 伊佐 正

第5回：令和4年12月27日（火） 15:00～17:00

- ・ 今後の脳科学研究の方向性について（有識者からのヒアリング）

理化学研究所 脳神経科学研究センター センター長 影山 龍一郎

日本製薬工業協会 研究開発委員会 副委員長 塚原 克平

- ・ 今後の脳科学研究における方向性について（骨子案）

第6回：令和5年5月18日（木） 10:00～12:00

- ・ 今後の脳科学研究の方向性について（有識者からのヒアリング）

京都大学医学研究科 医学専攻脳病態生理学講座 臨床神経学 教授  
高橋 良輔

量子科学技術研究開発機構 量子生命・医学部門 量子医科学研究所  
脳機能イメージング研究部 部長 樋口 真人

- ・ 今後の脳科学研究の方向性に向けた意見交換（個別論点）

第7回：令和5年6月29日（木）10:00～12:00

- ・ 今後の脳科学研究の方向性について（中間とりまとめ）
- ・ 「脳とこころの研究推進プログラム」中間評価について【非公開】

科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 ライフサイエンス委員会  
脳科学作業部会（第11期：令和3年11月26日～令和5年2月14日）  
委員名簿

（敬称略、50音順）

- 磯部 紀子 九州大学大学院 医学研究院神経内科学 教授  
風間 北斗 理化学研究所 脳神経科学研究センター チームリーダー  
◎ 加藤 忠史 順天堂大学医学部・大学院医学研究科 精神・行動科学 主任教授  
○ 後藤 由季子 東京大学大学院 薬学系研究科 教授  
酒井 裕 玉川大学 脳科学研究所 教授  
鈴木 貴之 東京大学大学院 総合文化研究科 教授  
高橋 真理子 科学ジャーナリスト  
塚原 克平 日本製薬工業協会 研究開発委員会 副委員長／  
エーザイ株式会社 上席執行役員 筑波研究所長  
中山 啓子 東北大学大学院 医学系研究科 細胞増殖制御分野 教授  
疋田 貴俊 大阪大学 蛋白質研究所 教授  
牧之段 学 奈良県立医科大学 精神医学講座 准教授  
松本 理器 神戸大学大学院医学研究科 内科学講座 脳神経内科学分野  
教授／診療科長  
三村 将 慶應義塾大学医学部 精神・神経科学教室 教授  
渡部 文子 東京慈恵会医科大学 総合医科学研究センター 臨床医学研究所  
教授

◎主査 ○主査代理

科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 ライフサイエンス委員会  
脳科学作業部会（第12期：令和5年4月28日～令和7年2月14日）  
委員名簿

（敬称略、50音順）

- 磯部 紀子 九州大学大学院医学研究院 神経内科学 教授
- 大武 美保子 理化学研究所 革新知能統合研究センター チームリーダー
- 風間 北斗 理化学研究所 脳神経科学研究センター チームリーダー
- ◎ 加藤 忠史 順天堂大学医学部・大学院医学研究科 精神・行動科学 主任教授
- 小坂橋 律子 日経BP社 日経メディカル編集部 副編集長
- 鈴木 大慈 東京大学大学院 情報理工学系研究科 准教授
- 鈴木 貴之 東京大学大学院 総合文化研究科 教授
- 塚原 克平 日本製薬工業協会 研究開発委員会 副委員長／  
エーザイ株式会社 上席執行役員 筑波研究所長
- 中山 啓子 東北大学大学院医学系研究科 細胞増殖制御分野 教授
- 坂内 博子 早稲田大学 先進理工学部 電気・情報生命工学科 教授
- 疋田 貴俊 大阪大学 蛋白質研究所 教授
- 前川 素子 東北大学大学院医学系研究科 器官解剖学分野 准教授
- 牧之段 学 奈良県立医科大学 精神医学講座 准教授
- 松本 理器 神戸大学大学院医学研究科 内科学講座 脳神経内科学分野  
教授／診療科長
- 渡部 文子 東京慈恵会医科大学 総合医科学研究センター 臨床医学研究所  
教授

◎主査 ○主査代理