

脳科学研究の現状について

平成27年4月

研究振興局ライフサイエンス課

脳科学研究戦略推進プログラム・ 脳機能ネットワークの全容解明プロジェクト

平成27年度予算額：5,837百万円
(平成26年度予算額：5,483百万円)

概要

高齢化、多様化、複雑化が進む現代社会が直面する様々な課題の克服に向けて、脳科学に対する社会からの期待が高まっている。このような状況の中、脳科学委員会における議論を踏まえ、『社会に貢献する脳科学』の実現を目指し、脳科学研究を戦略的に推進する。
また、欧米が相次いで脳科学研究の大型プロジェクトを立ち上げる中、我が国として「脳機能ネットワークの全容解明」という目標を掲げ、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、精神・神経疾患の克服や情報処理技術の高度化等につなげるための基盤を構築する。

脳科学委員会

(主査：金澤 一郎 日本学術会議会長(当時))

◆平成19年10月、文部科学大臣から科学技術・学術審議会に対し、「長期的展望に立つ脳科学研究の基本的構想及び推進方策について」諮問

◆これを受け、同審議会の下に「脳科学委員会」を設置、平成21年6月23日に第1次の答申

◆本答申では、重点的に推進すべき研究領域等を設定し、社会への明確な応用を見据えて対応が急務とされる課題について、戦略的に研究を推進することを提言

◆平成25年7月、欧米の動向を踏まえ、我が国の強みを生かした革新的技術による脳科学研究を戦略的に推進するため、「革新的技術による脳機能ネットワークの全容解明」を基本的な構想として調査検討を実施し、報告書を取りまとめ

【平成27年度の取組】

- ・平成26年度に構築した研究体制により本格的にプロジェクトを推進
- ・神経回路のニューロンレベルでの高効率な解析を可能とするシステムの整備によるミクロマップ作成の加速化



ミクロマップ作成加速化のための高効率な電子顕微鏡像再構成法

BMI技術を用いた自立支援、精神・神経疾患等の克服に向けた研究開発 (BMI技術)

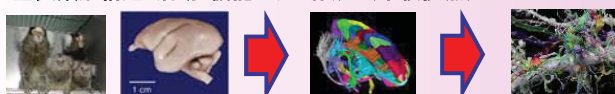
精神・神経疾患の発生の仕組み解明、診断・治療・予防法の開発 (課題F)

霊長類モデル動物の創出・普及体制の整備 (霊長類モデル)

脳機能ネットワークの全容解明プロジェクト

ヒトの精神・神経疾患の克服に向けた研究開発 (臨床研究グループ)

霊長類脳構造・活動・機能マップ作成 (中核拠点)



革新的な解析技術の開発 (技術開発個別課題)



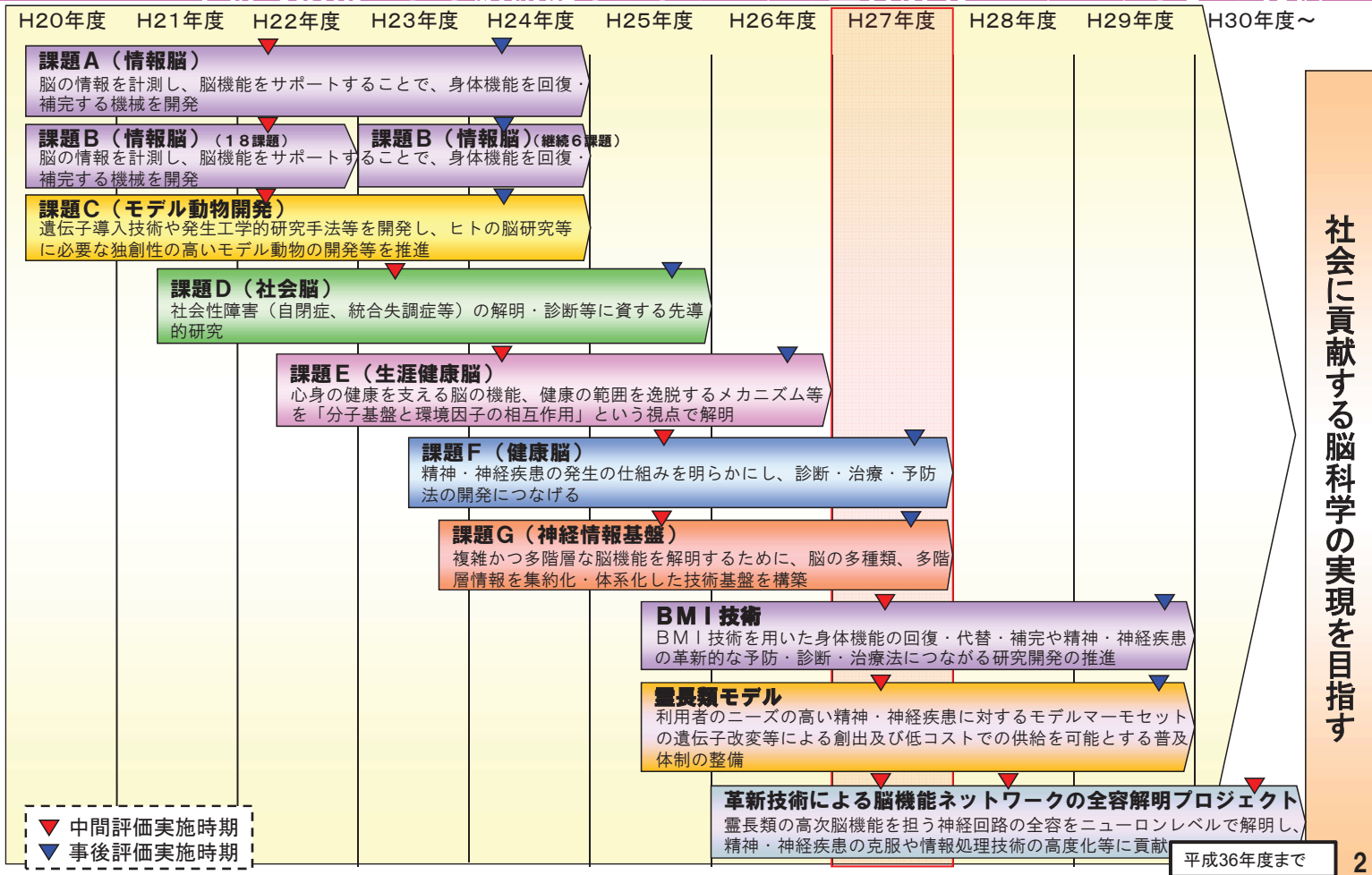
『社会に貢献する脳科学』
の実現へ

脳の情報処理理論の
確立と応用

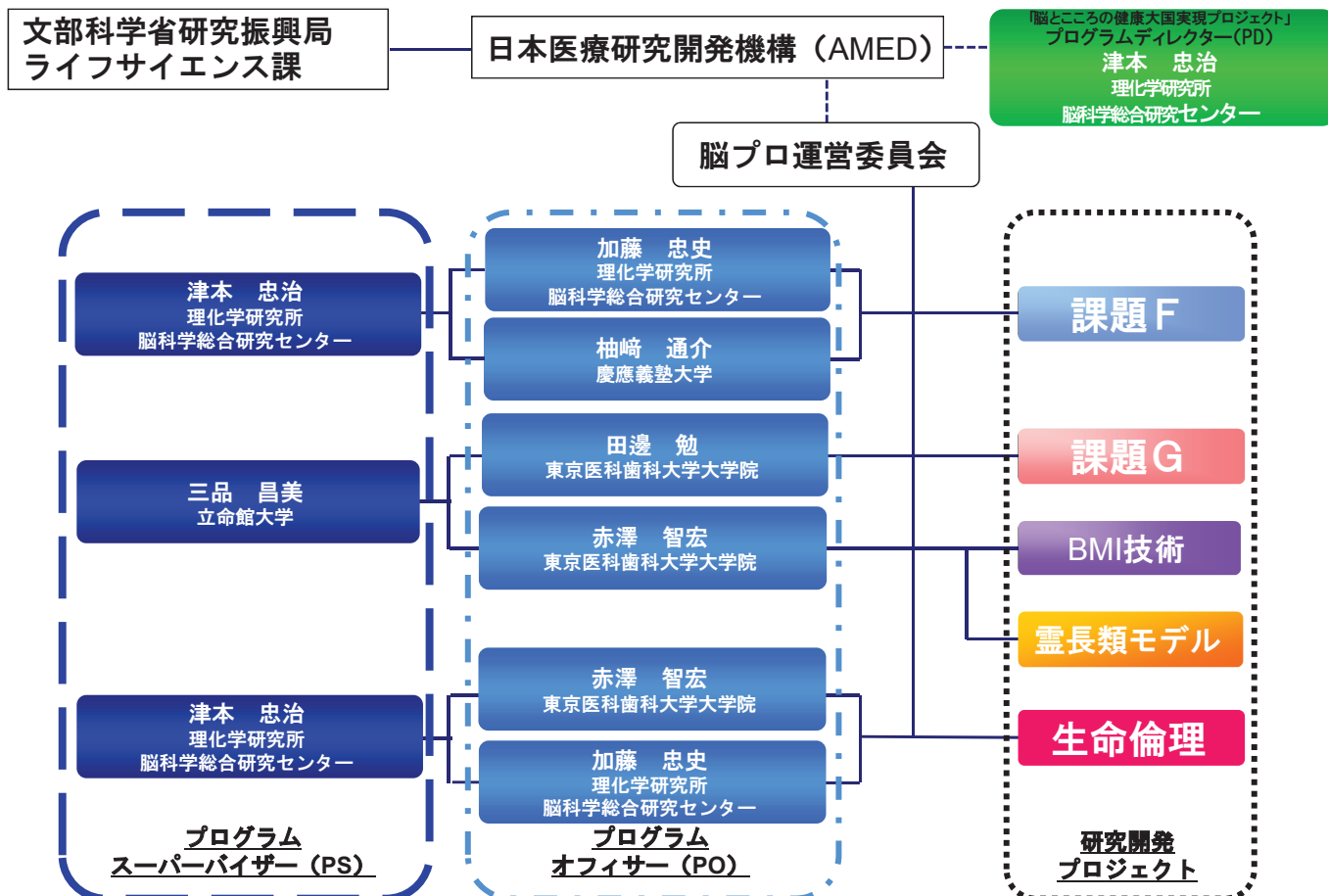
ヒトの高次脳機能と
その障害としての
精神神経疾患の
理解と治療戦略

脳科学研究を支える集約的・体系的な情報基盤の構築(課題G) 等

「脳科学研究戦略推進プログラム・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」の現状



「脳科学研究戦略推進プログラム」体制図



「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」の目標設定

「革新的技術による脳機能ネットワークの全容解明(革新脳)」における目標設定

5年後の目標

マーモセット全脳回路に関する
マクロレベルの構造と活動のマップを完成

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
マーモセット神経回路機能のニューロンレベルでの全容解明

粗い全容解明

高解像度での
全容解明

アメリカ BRAIN Initiative

- 神経回路の全細胞の全活動を記録・解析
- ナノテクノロジーを活用
- モデル動物を段階的に解析
- 今後3億ドル以上の政府予算
- 民間財団からの支援も活用

欧州 Human Brain Project

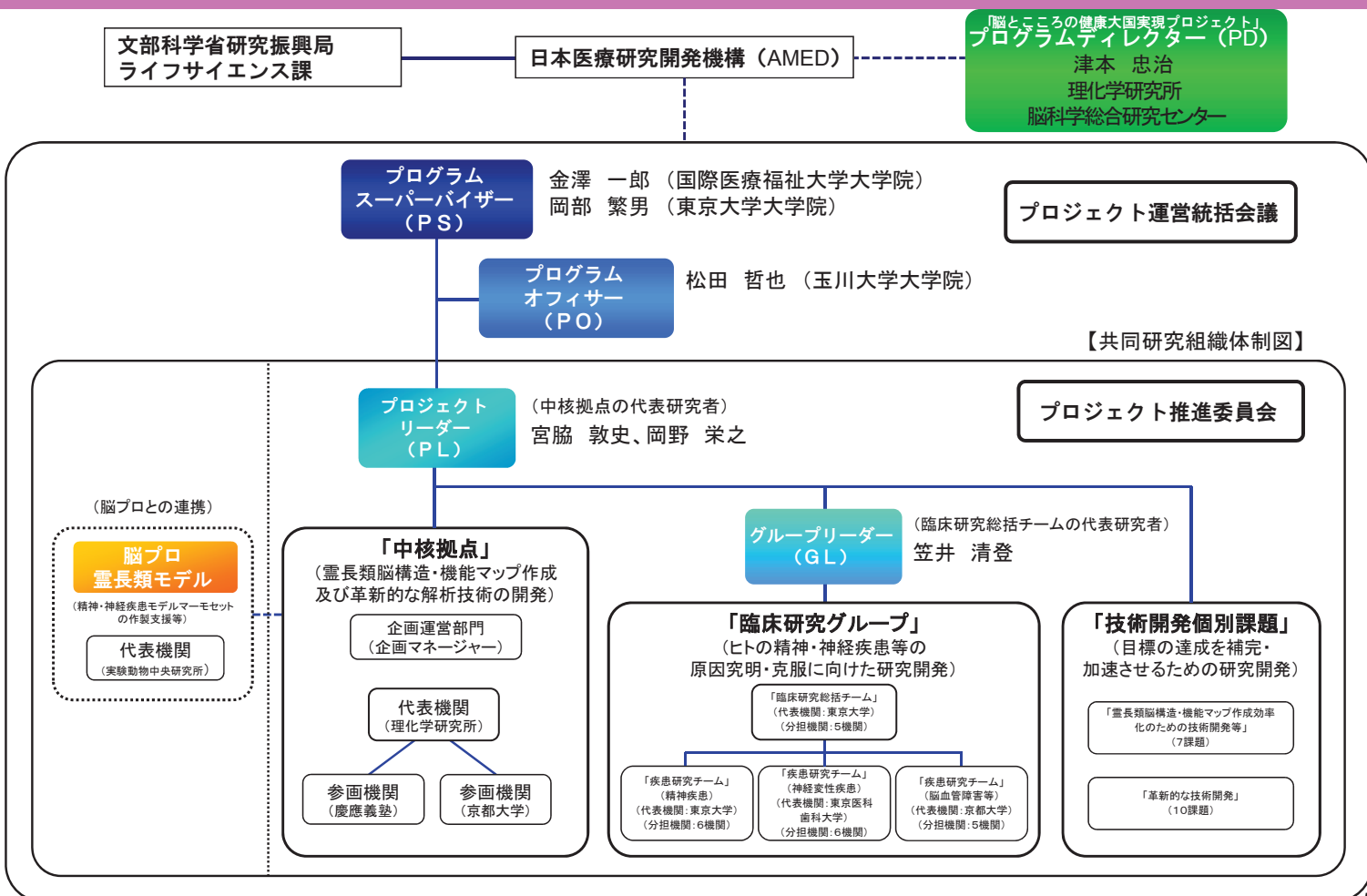
- 脳科学、情報通信技術、医療を統合
- ICT統合基盤研究プラットフォームへのデータ統合
- 10年計画
- 予算総額11.9億ユーロ
- 予算の20%を公募研究へ充てる

日本 神経回路機能全容解明構想

- 脳のマクロレベル・ミクロレベルの研究を融合
- マクロとミクロの階層を結ぶ革新的な技術を開発
- 精神神経疾患の理解と克服に貢献する神経回路データベースの開発
- 霊長類モデル動物についてのリソース・技術を活用
- 10年計画

4

「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」体制図

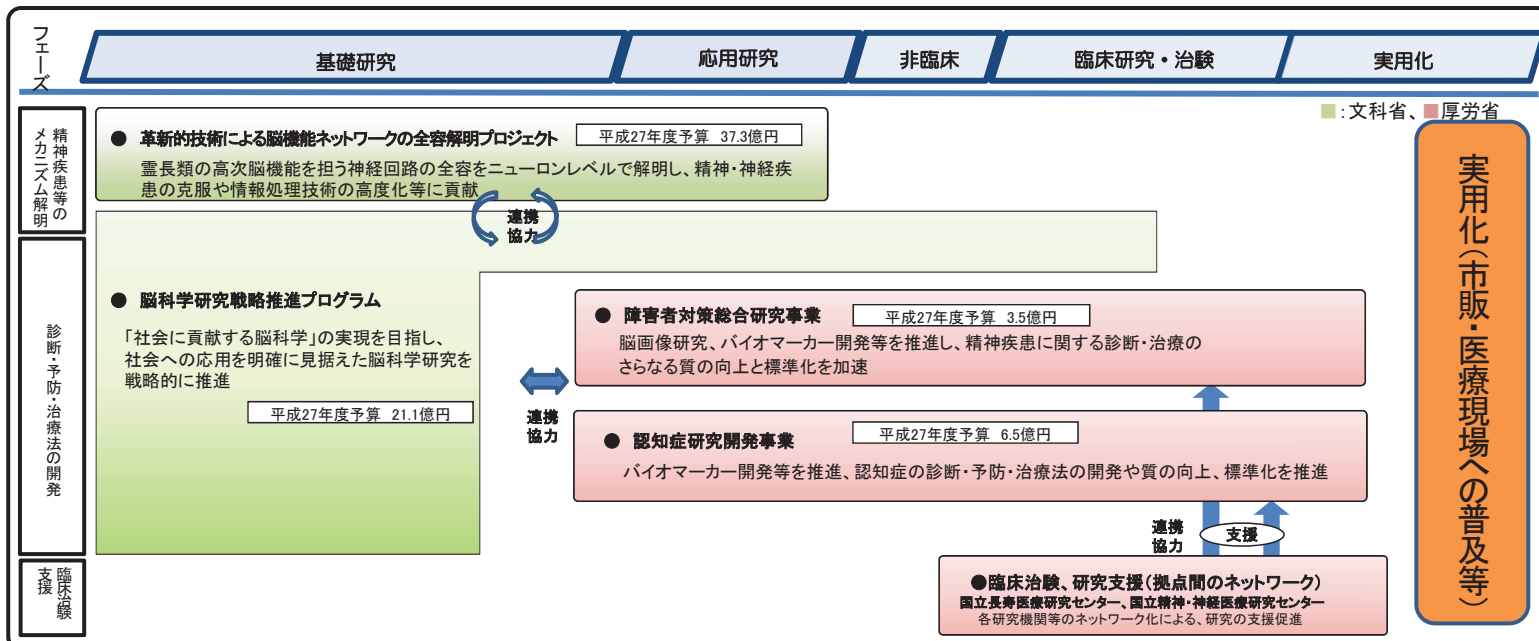


5

7. 脳とこころの健康大国実現プロジェクト

日本医療研究開発機構対象経費
平成27年度予算 68億円

脳全体の神経回路の構造・機能の解明やバイオマーカー開発に向けた研究開発及び基盤整備等を推進するとともに、認知症やうつ病等の精神疾患等の発症メカニズム解明、診断法、適切な治療法の確立を目指す。



【2015年度までの達成目標】

- 分子イメージングによる超早期認知症診断方法を確立
- 精神疾患の診断、薬物治療の反応性及び副作用に関するバイオマーカー候補を新たに少なくとも一つ発見し、同定プロセスのための臨床評価を終了

【2020年頃までの達成目標】

- 日本発の認知症、うつ病等の精神疾患の根本治療薬候補の治験開始
- 精神疾患の客観的診断法の確立
- 精神疾患の適正な薬物治療法の確立
- 脳全体の神経回路の構造と活動に関するマップの完成

6

7. 脳とこころの健康大国実現プロジェクト①

健康・医療戦略推進専門調査会(第八回)
資料4「医療分野研究開発推進計画」の
実行状況について(抜粋)

認知症やうつ病などの精神疾患等の発症に関わる脳神経回路・機能の解明に向けた研究開発及び基盤整備を各省連携の下に強力に進めることにより、革新的診断・予防・治療法を確立し、認知症・精神疾患等を克服する。

【各省連携プロジェクト】

脳全体の神経回路の構造・機能の解明やバイオマーカー開発に向けた研究開発及び基盤整備等を推進するとともに、認知症やうつ病などの精神疾患等の発症メカニズム解明、診断法、適切な治療法の確立を目指す。

【達成目標】

【2015年度までの達成目標】

- ・分子イメージングによる超早期認知症診断方法を確立
- ・精神疾患の診断、薬物治療の反応性及び副作用に関するバイオマーカー候補を新たに少なくとも一つ発見し、同定プロセスのための臨床評価を終了

【2020年頃までの達成目標】

- ・日本発の認知症、うつ病などの精神疾患の根本治療薬候補の治験開始
- ・精神疾患の客観的診断法の確立
- ・精神疾患の適正な薬物治療法の確立
- ・脳全体の神経回路の構造と活動に関するマップの完成

【平成26年度の主な成果】

【障害者対策総合研究事業】

1. 統合失調症患者の見極めに一定程度の有効性を期待できるバイオマーカーを同定し、血液による検査方法を開発した。

【脳科学研究戦略推進プログラム】

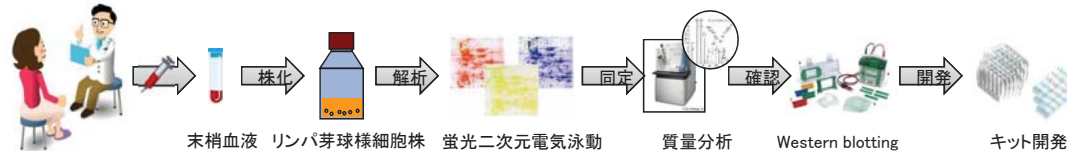
2. 自閉症スペクトラム障害をもつ青年期男性は、健康人と比べて安静状態での脳領域間の機能的連結が弱いことを、MRIの手法を用いて明らかにした。

7

7. 脳とこころの健康大国実現プロジェクト <参考2-①>

<障害者対策総合研究事業>

1. 統合失調症の診断バイオマーカー候補分子を同定 (特許出願済)



統合失調症の見極めのための候補分子

プロテオーム解析 (SCH、CTL各30例)

22分子を同定

- MX1, GART, UROD, GLRX3, MAPRE1, TBCB, HSPA4L, IGHM, LCP1, HARS, HSP90AB1, PDXDC1, APRT, LACTB2, TATDN1, ANXA1, EFHD2, PPA1, UCHL1, VPS35, KIF11, EEF1G

【特開2012-13415】統合失調症マーカー及びその利用

Western blotting解析 (SCH、CTL各60例)

8分子の発現変化を再確認

- MX1, GART, UROD, GLRX3, MAPRE1, TBCB, HSPA4L, IGHM

3分子の再現性 (独立検体) を確認

- MX1, GART, HSPA4L

統合失調症と健常者の判別モデルの検証:

4変数、6変数モデルとも高い再現性

	第1サンプルセット (モデル構築)	第2サンプルセット (外部データ検証)
4変数モデル MX1 GART UROD GLRX3	診断精度=77% (AUC=0.86)	診断精度=67% (AUC=0.72)
6変数モデル MAPRE1 TBCB	診断精度=82% (AUC=0.88)	診断精度=62% (AUC=0.66)

*診断精度: 1-誤判別率 [OMR (overall misclassification rate)]

【WO2014061456】統合失調症マーカーセット及びその利用

◆ 統合失調症患者、健常者各30名のプロテオーム解析にて、22種類の診断バイオマーカー候補分子を同定した。

◆ ウェスタンブロッティングの手法により8種類の発現変化を再確認した。

◆ 統合失調症患者の見極めのためのバイオマーカーとして、血液による検査方法を開発した。

◆ 診断キットとしての実用化が期待される。

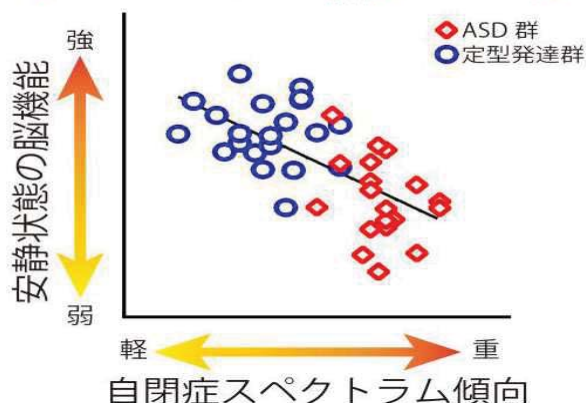
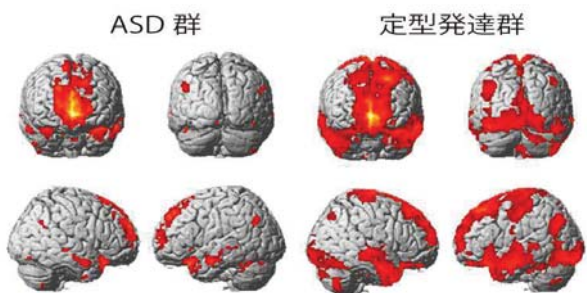
8

7. 脳とこころの健康大国実現プロジェクト <参考2-②>

<脳科学研究戦略推進プログラム>

2. 自閉症の病態研究と新たな診断・予防・治療法の開発

内側前頭前野と機能的連結している脳領域



安静状態の脳活動パターンが自閉症スペクトラム傾向に関与していることを発見

◆ 自閉症スペクトラム障害をもつ青年期男性群 (ASD群) は、健康な青年期群 (定型発達群) と比べて、安静状態での脳活動における脳領域間 (内側前頭前野と後部帯状回など) の機能的連結が弱くなっていることをMRIの手法を用いて明らかにした。

◆ 安静状態での脳活動の脳領域間の機能的連結の強さは自閉症スペクトラム傾向と相関を示し、ASD群や定型発達群のみにおいても相関する脳領域がいくつか認められた。安静状態での脳活動パターンが自閉症スペクトラム傾向のバイオマーカーになる可能性が示された。

◆ 安静状態で脳活動を簡便に調べられる本手法が、幼少児の年齢層にも普及し、自閉症の早期発見・治療につながる手がかりを得ることや、治療的アプローチの効果判定に応用できることが期待される。

(注) 自閉症スペクトラム障害 (ASD) は以下の2つの特徴で定義される

- ・ 社会的コミュニケーションおよび社会的相互作用の障害
- ・ 限定した興味と反復行動ならびに感覚異常

9

～認知症高齢者等にやさしい地域づくりに向けて～の概要

新オレンジプランの基本的考え方

認知症の人の意思が尊重され、できる限り住み慣れた地域のよい環境で自分らしく暮らし続けることができる社会の実現を目指す。

- 厚生労働省が関係府省庁(内閣官房、内閣府、警察庁、金融庁、消費者庁、総務省、法務省、文部科学省、農林水産省、経済産業省、国土交通省)と共同して策定
- 新プランの対象期間は団塊の世代が75歳以上となる2025(平成37)年だが、数値目標は介護保険に合わせて2017(平成29)年度末等
- 策定に当たり認知症の人やその家族など様々な関係者から幅広く意見を聴取

七つの柱

- ①認知症への理解を深めるための普及・啓発の推進
- ②認知症の容態に応じた適時・適切な医療・介護等の提供
- ③若年性認知症施策の強化
- ④認知症の人の介護者への支援
- ⑤認知症の人を含む高齢者にやさしい地域づくりの推進
- ⑥認知症の予防法、診断法、治療法、リハビリテーションモデル、介護モデル等の研究開発及びその成果の普及の推進
- ⑦認知症の人やその家族の視点の重視

- 高品質・高効率なコホートを全国に展開するための研究等を推進
- 認知症の人が容易に研究に参加登録できるような仕組みを構築
- ロボット技術やICT技術を活用した機器等の開発支援・普及促進
- ビッグデータを活用して地域全体で認知症予防に取り組むスキームを開発

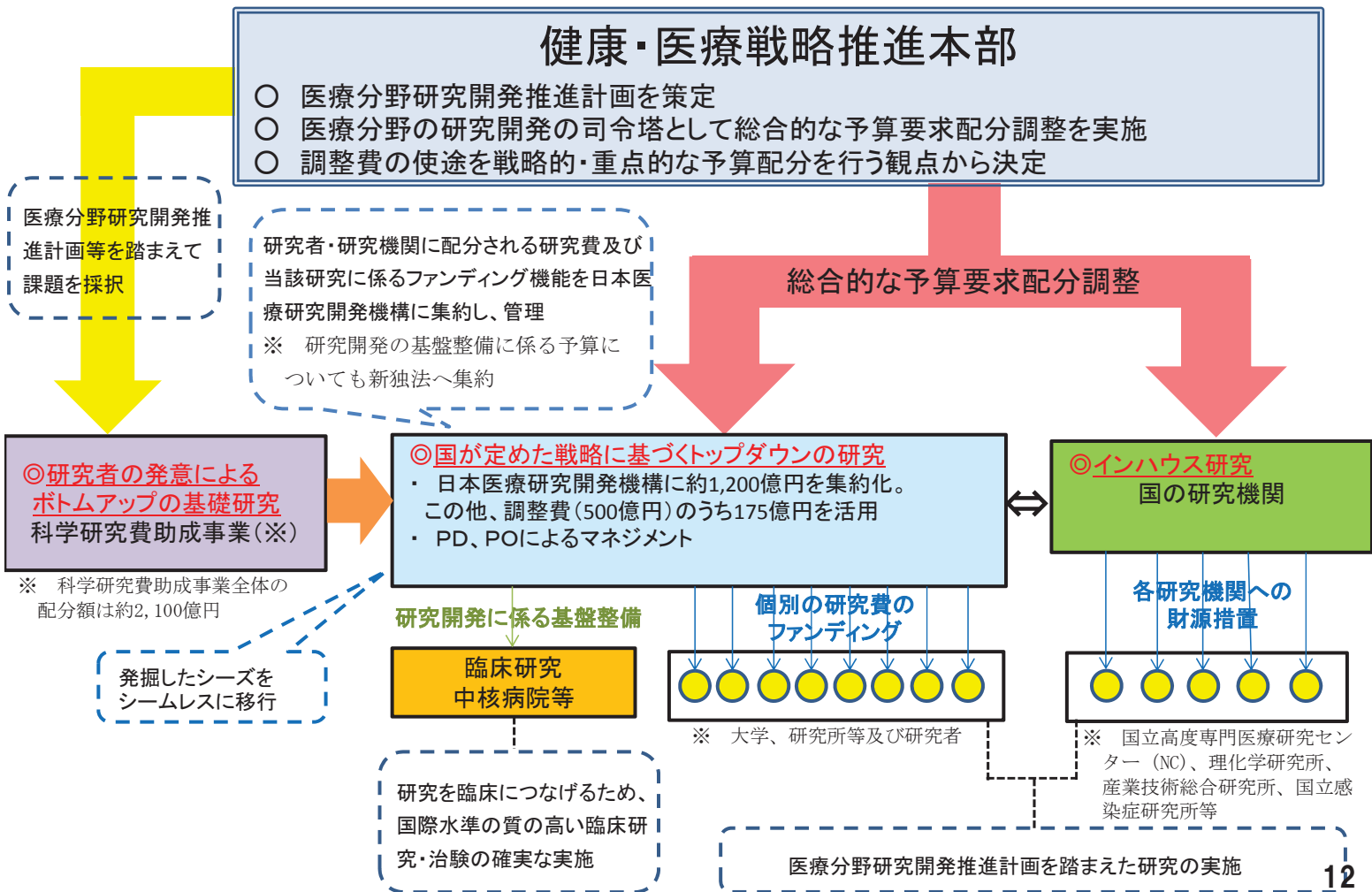
10

日本医療研究開発機構の設立までの経緯等

H25/ 4月	6月	H26/ 2月	3月－5月	6月	7月	8月	10月	H27 11月－3月	4月			
4/2 第6回日本経済再生本部における総理指示	4/23 官房長官取りまとめ（「日本版NIH」の骨子）	6/14 日本再興戦略 閣議決定	2/12 関連法案閣議決定 ・健康・医療戦略推進法案 ・独立行政法人 日本医療研究開発機構法案	5/23 関連法案成立	6/10 推進本部設置	7/22 健康・医療戦略推進本部 健康・医療戦略案 決定 医療分野研究開発推進計画 決定 等	7/22 健康・医療戦略閣議決定	8/29 推進本部 平成27年度医療分野の研究開発 関連予算の要求とりまとめ	10/29 推進本部 理事長・監事となるべき者 付議	10/31 理事長・監事となるべき者の指名	設立委員会	国立研究開発法人日本医療研究開発機構設立

11

新たな医療分野の研究開発体制の全体像

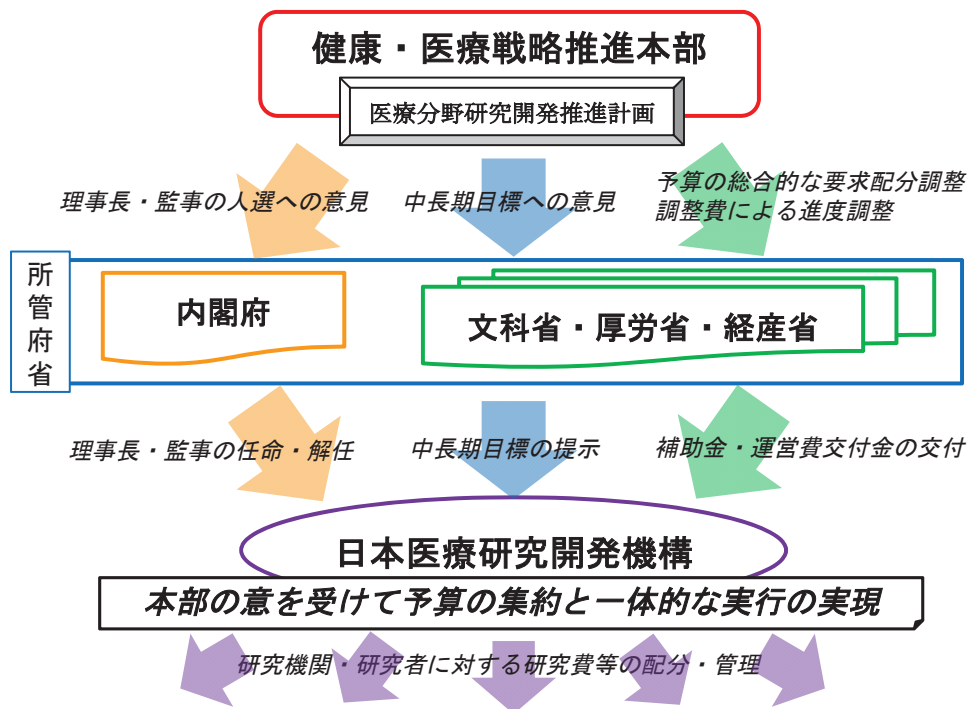


12

医療分野の研究開発等の新たな推進体制について

【本部による総合調整】

【機構による一体的な業務運営】



○研究費等のワンストップサービス化

- ・ 研究支援と研究環境整備の一体的な実施（例えば、国際水準の臨床研究の実施環境の整備を研究支援と体制整備の両面からサポート）
- ・ 研究費等の配分を受ける研究機関・研究者の事務負担の軽減

○基礎から実用化までの一貫した研究管理

- ・ 基礎から実用化までの切れ目のない研究支援の実現（知財戦略等についても基礎段階から総合的にサポート）
- ・ 基礎から実用化までの一貫した研究マネジメントの実現（研究段階に応じた専門的・技術的な助言、公正かつ適正な研究の実施の確保等）

13

参考資料

・「脳科学研究戦略推進プログラム・脳機能ネットワークの全容解明プロジェクト」の予算執行状況

(単位:億円)

課 題 名		期 間	平成26年度	平成27年度 (4月当初)	プログラムの 総計
脳 科 学 研 究 戦 略 推 進 プ ロ グ ラ ム	課題E (生涯健康脳) 心身の健康を維持する脳の分子基盤と環境因子	平成22年度 ～26年度	4. 0	—	21. 9
	課題F (健康脳) 精神・神経疾患の克服を目指す脳科学研究	平成22年度 ～27年度	9. 8	9. 3	47. 4
	課題G (神経情報基盤) 脳科学研究を支える集約的・体系的な情報基盤の構築	平成22年度 ～27年度	3. 5	3. 5	17. 4
	生命倫理等に関する課題の解決に関する研究	平成22年度 ～27年度	0. 5	0. 5	2. 8
	BMI 技術 BMI 技術を用いた自立支援、精神・神経疾患等の克服に向けた研究開発	平成25年度 ～29年度	5. 0	5. 0	16. 2
	霊長類モデル 霊長類モデル動物の普及体制の整備	平成25年度 ～29年度	2. 3	2. 3	7. 5
	全体予算		25. 1	20. 5	—
脳機能ネットワークの全容解明プロジェクト 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、 精神・神経疾患の克服や情報処理技術の高度化等に貢献		平成26年度 ～35年度	28. 2	32. 1	—

「脳科学研究戦略推進プログラム」に関する検討経緯

脳科学研究戦略推進プログラム開始以前の動き

平成 9 年 5 月 科学技術会議ライフサイエンス部会脳科学委員会（委員長：伊藤正男先生）（当時）
報告書「**脳に関する研究開発についての長期的な考え方**」を取りまとめる

- 脳科学に関する研究開発領域を「脳を知る」「脳を守る」「脳を創る」の3領域に分類
- 科学技術振興調整費、戦略的創造研究推進事業（CREST）等を活用した政策課題対応型の脳科学総合研究のプログラムやプロジェクトを推進

平成18年 7 月 研究計画・評価分科会
「**10年が経過しようとしており、戦略的な研究推進方策を再検討する必要あり**」

平成18年12月 脳科学研究の推進に関する懇談会（座長：金澤一郎先生）
報告書「**脳科学研究ルネッサンス**」を取りまとめる（平成19年 5 月）

平成19年10月 文部科学大臣から科学技術・学術審議会に
「**長期的展望に立つ脳科学研究の基本的構想及び推進方策について**」を諮問

平成19年11月 **脳科学委員会**を設置
○我が国における脳科学研究を戦略的に推進するため、その体制整備の在り方、人文・社会科学との融合、さらには大学等における研究体制等を含めた長期的展望に立つ脳科学研究の基本的構想及び推進方策を策定する。

脳科学研究戦略推進プログラム

平成20年度 少子高齢化を迎える我が国の持続的な発展に資するため、脳科学研究を戦略的に推進し成果を社会に還元することを目指し、本プログラムを開始。

16

「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」に関する検討経緯（1）

○平成25年5月17日

脳科学研究に関する懇談会

「欧米における脳科学関連大型プロジェクトの動向」について説明聴取（日本脳科学関連学会連合 将来構想委員会）

「革新的技術による霊長類の神経回路機能全容解明プロジェクト」について意見交換

○平成25年6月6日

科学技術・学術審議会 脳科学委員会

「革新的技術による霊長類の神経回路機能全容解明に関する作業部会」（主査：岡部 繁男 東京大学大学院医学系研究科 教授）を設置

○平成25年7月23日

科学技術・学術審議会 脳科学委員会 革新的技術による霊長類の神経回路機能全容解明に関する作業部会

「革新的技術による霊長類の神経回路機能全容解明構想の推進方策について（中間取りまとめ）」を取りまとめ

○平成25年7月26日

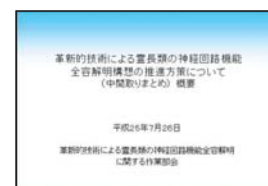
科学技術・学術審議会 脳科学委員会

「革新的技術による霊長類の神経回路機能全容解明に関する作業部会」より、「革新的技術による霊長類の神経回路機能全容解明構想の推進方策について（中間取りまとめ）」を報告

○平成25年8月20日

科学技術・学術審議会 脳科学委員会

「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（革新脳）」に関する事前評価を実施



「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」に関する検討経緯（2）

○平成26年2月5日～26日

革新脳の中核拠点を担う実施機関の公募を実施

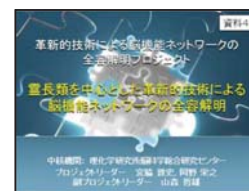
○平成26年3月25日

革新脳の中核拠点を担う実施機関を決定（報道発表）

○平成26年4月25日

科学技術・学術審議会 脳科学委員会

革新脳の中核拠点としての実施計画について、宮脇PL、岡野PLより報告



○平成26年6月20日～7月15日

革新脳の中核拠点の参画機関、臨床研究グループ及び技術開発個別課題を担う実施機関の公募を実施

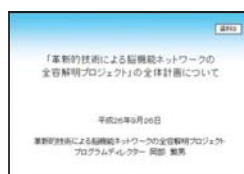
○平成26年9月11日

革新脳の中核拠点の参画機関、臨床研究グループ及び技術開発個別課題を担う実施機関を決定（報道発表）

○平成26年9月26日

科学技術・学術審議会 脳科学委員会

革新脳の全体計画について、岡部PDより報告



18

「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」に関する背景

1990年代 米国「脳の10年」

脳画像・イメージング技術

- ・機能的MRI
- ・PET
- ・脳波、脳磁計

階層のギャップ

分子生物学、電気生理学

- ・ゲノム
- ・タンパク質（情報伝達物質）
- ・シナプス構造、構造分子

脳科学の時代

（平成8年 脳科学の推進に関する研究会）

脳活動を非侵襲的に計測する技術や脳機能をモデル化して計算・構成する技術などが研究手法に加わり、心の動きも脳科学の射程に入りつつある。

分子生物学などの進展は、脳を構成する多数の神経細胞の精緻な構造と機能を分子レベルで明らかにしつつある。

近年の研究から、独立した階層の解析だけでは、**高次脳機能解明**や**精神・神経疾患の克服**には、つながらないことが明らかになりつつある。階層間をつなぐ研究が求められている。

米国

Brain Activity Map
(2012)

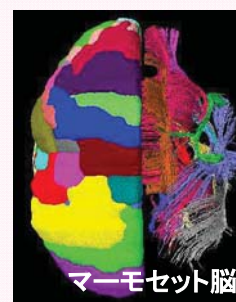
多階層をつなぎ、「回路」によって初めて生み出される脳特有の性質」を明らかにするプロジェクト

- 脳のある領域の全ての神経細胞の全ての活動を記録する技術を開発
- 技術開発と並行して、**単純なモデル動物の解析を先行させ、段階的に解析対象となる神経回路をスケールアップ**する（線虫からショウジョウバエ、小型魚類、マウスなど）

日本

霊長類の**神経回路機能**
全容解明

ヒトに近い霊長類の神経回路の全容解明を目標とし、網羅的な計測や必要な技術開発を計画

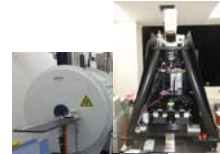


マーモセット脳

日本の強みとなる神経科学基盤技術



霊長類の遺伝子導入技術



光学等計測機器の開発

Sasaki, Nature 2009

19

戦略的に推進すべき脳科学研究に関する 作業部会の設置について（案）

平成27年4月〇日
脳科学委員会

1. 設置の趣旨

我が国においては、脳科学委員会での議論等を踏まえ、社会に貢献する脳科学の実現を目指し、社会への応用を明確に見据えた脳科学研究を戦略的に推進するため、平成20年度より「脳科学研究戦略推進プログラム」が実施されている。同プログラムは間もなく7年を経過しようとしており、研究課題の終了とその後の展開を見据えた事後評価を実施しているところである。また、平成26年度より、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、精神・神経疾患の克服や情報処理技術の高度化等につなげるための基盤構築を目的とした「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」を開始したところであり、「脳科学研究戦略推進プログラム」等の関連事業との連携・協力により実施することとされている。

このような状況を踏まえ、「社会に貢献する脳科学」を今後も着実に推進するため、「科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会／学術分科会脳科学委員会運営規則」第2条第1項の規定に基づき、脳科学委員会に「戦略的に推進すべき脳科学研究に関する作業部会」を設置する。

2. 調査検討事項

- (1) 脳科学研究の現状と課題について
- (2) 戦略的、重点的に推進すべき研究課題について
- (3) 推進体制及び効果的な連携の在り方について
- (4) 脳科学研究の人材育成の在り方について
- (5) 倫理的・法的・社会的課題（E L S I）
- (6) その他

3. 設置期間

作業部会の設置が決定された日から平成28年3月31日までとする。