

# 国際脳Traveling Subjectデータセットの 概要、利用方法

2020.9.27

第2回国際脳MRI・臨床データ解析チュートリアル

小池進介

Shinsuke Koike

東京大学こころの多様性と適応の統合的研究機構(UTIDAHM)

東京大学大学院総合文化研究科進化認知科学研究センター

東京大学ニューロインテリジェンス国際研究機構(IRCN)

東京大学人間行動科学研究拠点(CiSHuB)

# 関連情報

AMED Brain/MINDS Beyond human brain MRI study portal

## 国際脳ヒト脳MRI研究ポータルサイト

HOME ▾ BMB HBM ▾ データ利用申請 技術開発 ▾ 普及教育 Contact LINKS English

### AMED国際脳 ヒト脳MRI研究ポータルサイト

© 2020.03.31 © 2019.04.30

国際脳ヒト脳MRI研究プロジェクト (BMB HBM) ポータルサイトは、BMB HBMで策定されたデータ取得手順、データ集約と共有化、前処理技術開発、Traveling subject project、倫理的配慮などの情報を集約し、国内のヒト脳MRI研究を発展させることを目的としたウェブサイトです。

#### 新着記事

国際脳ヒト脳MRI研究プロジェクト



## 国際脳ヒト脳MRI研究ポータル

<http://mriportal.umin.jp/>

## Protocol Paper manuscript



**bioRxiv**  
THE PREPRINT SERVER FOR BIOLOGY

HOME | ABOUT

bioRxiv is receiving many new papers on coronavirus SARS-CoV-2. A reminder: these are preliminary reports that have not been certified by peer review and should not be used to guide clinical practice/health-related behavior, or be reported in news media as established information.

New Results [Comment on this paper](#)

**Brain/MINDS Beyond Human Brain MRI Project: A Protocol for Multi-Site Harmonization across Brain Disorders Throughout the Lifespan**

Shinsuke Koike, Saori C Tanaka, Tomohisa Okada, Toshihiko Aso, Michiko Asano, Norihide Maikusa, Kentaro Morita, Naohiro Okada, Masaki Fukunaga, Akiko Uematsu, Hiroki Togo, Atsushi Miyazaki, Katsutoshi Murata, Yuta Urushibata, Joonas Autio, Takayuki Ose, Junichiro Yoshimoto, Toshiyuki Araki, Matthew F Glasser, David C Van Essen, Megumi Maruyama, Norihiro Sadato, Mitsuo Kawato, Kiyoto Kasai, Yasumasa Okamoto, Takashi Hanakawa,  Takuya Hayashi, Brain/MINDS Beyond Human Brain MRI Group

doi: <https://doi.org/10.1101/2020.05.05.076273>

This article is a preprint and has not been certified by peer review [what does this mean?].

**Abstract**
Full Text
Info/History
Metrics
 Preview PDF

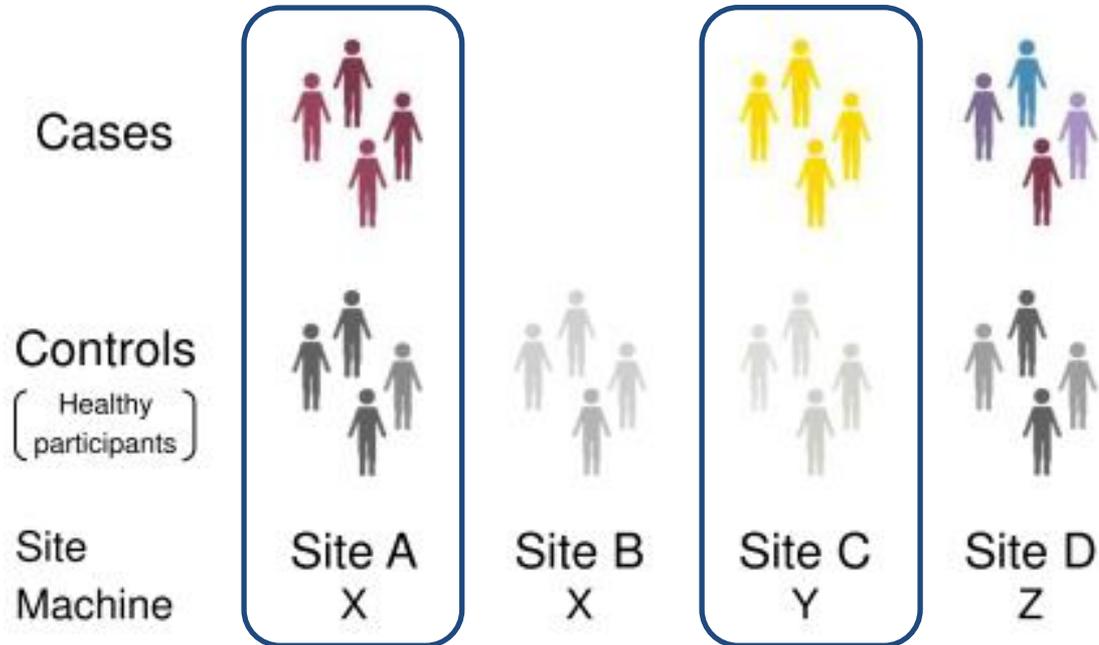
## 既存の機種間差解消法は機器由来の計測バイアスと リクルート由来のサンプリングバイアスを分離することができない

計測バイアス: MRI機器、計測パラメータ、計測手順に関連するバイアス

サンプリングバイアス: 被験者のリクルート、被験者特徴に関連するバイアス

ケース・コントロール研究:

多くのサイトでは特定のケースに応じてコントロールをリクルート



既存の機種間差補正法では、2つのバイアスを分離不能  
→ 疾患横断検討では重大な問題 (=過小評価 or 過剰に補正)

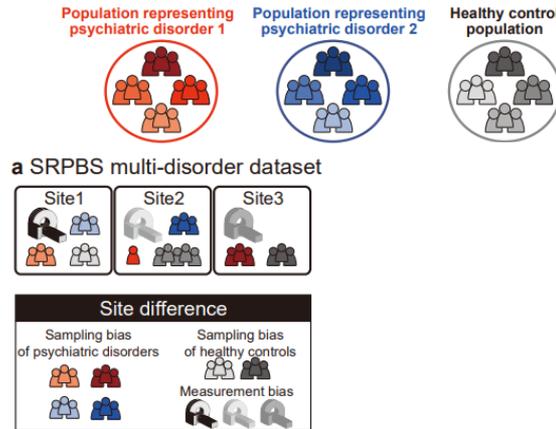
Yamashita et al. PLOS Biol 2019;

Koike et al. Revision under review; <http://mriportal.umin.jp/>

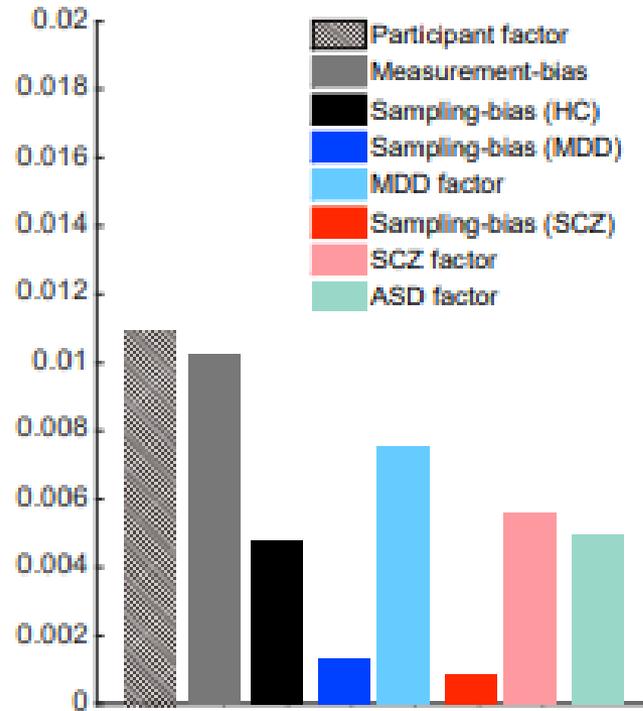
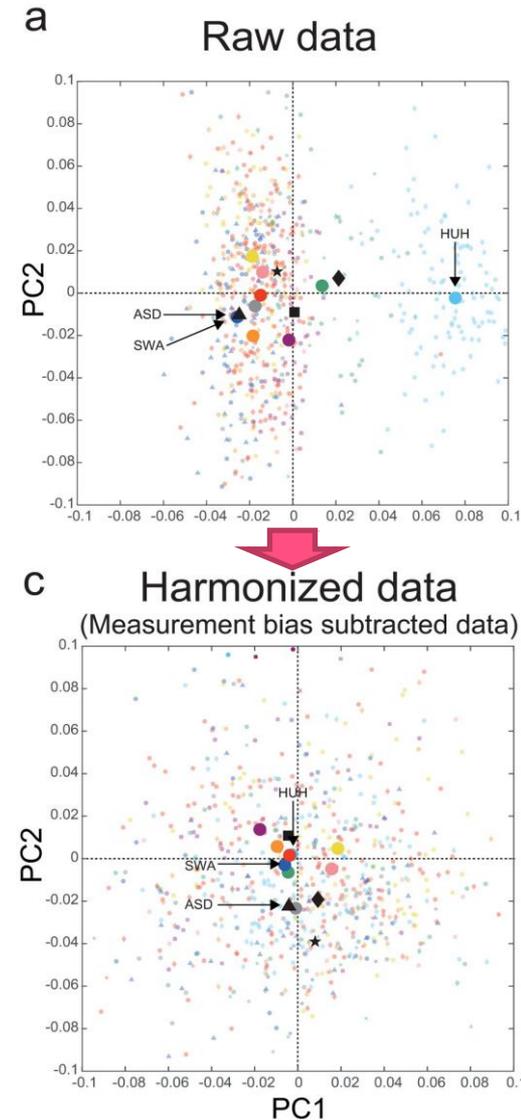
# 多施設共同研究による脳MRI信号バイアスの検討

Harmonization of resting-state functional MRI data across multiple imaging sites via the separation of site differences into sampling bias and measurement bias

Ayumu Yamashita<sup>1\*</sup>, Noriaki Yahata<sup>1,2,3</sup>, Takashi Itahashi<sup>4</sup>, Giuseppe Lisi<sup>1</sup>, Takashi Yamada<sup>1,4</sup>, Naho Ichikawa<sup>5</sup>, Masahiro Takamura<sup>5</sup>, Yujiro Yoshihara<sup>6</sup>, Akira Kunimatsu<sup>7,8</sup>, Naohiro Okada<sup>2,9</sup>, Hiroataka Yamagata<sup>10</sup>, Koji Matsuo<sup>10,11</sup>, Ryuichiro Hashimoto<sup>1,4,12</sup>, Go Okada<sup>5</sup>, Yuki Sakai<sup>1,15</sup>, Jun Morimoto<sup>1</sup>, Jin Narumoto<sup>1,13</sup>, Yasuhiro Shimada<sup>14</sup>, Kiyoto Kasai<sup>1,2,9</sup>, Nobumasa Kato<sup>1,4</sup>, Hidehiko Takahashi<sup>6</sup>, Yasumasa Okamoto<sup>5</sup>, Saori C. Tanaka<sup>1</sup>, Mitsuo Kawato<sup>1,15</sup>, Okito Yamashita<sup>1,15\*</sup>, Hiroshi Imamizu<sup>1,16\*</sup>

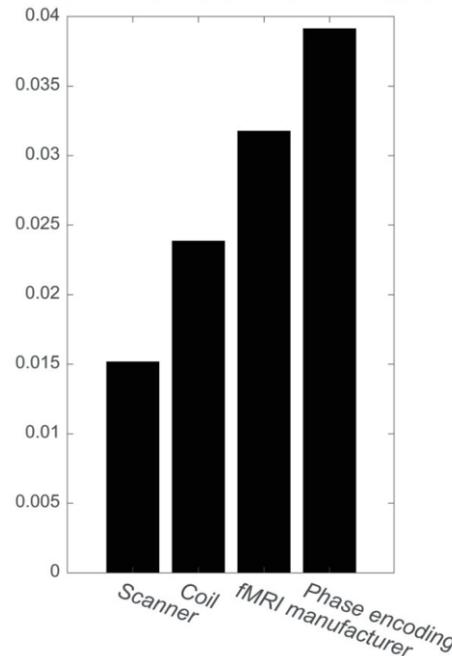


## 脳fMRI信号の主成分分析



Yamashita et al. *PLOS Biol* 2019

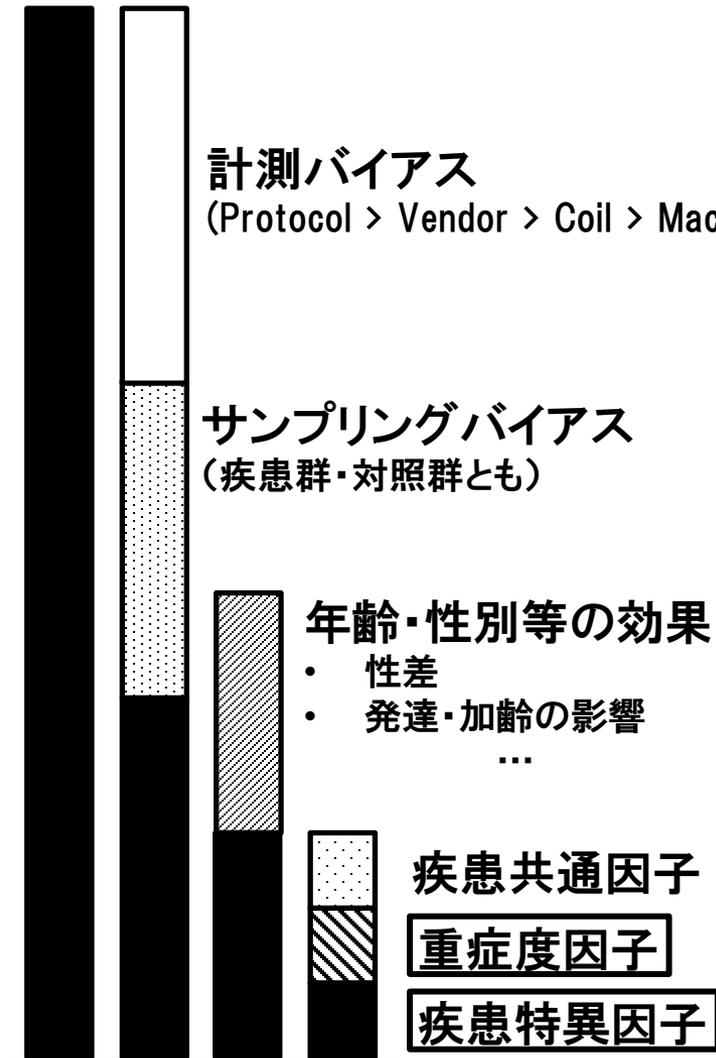
## 計測バイアスの重要度



# 脳イメージングを臨床精神医学に応用するために

臨床応用のためには、多施設で同じような結果が出る必要がある(妥当性と信頼性)

得られた脳画像信号



バイアスによって補正する手法は異なる

機種間差の低減・解消

- ・ 標準プロトコル
- ・ 機種間差補正法

Traveling subject

サンプリングバイアスの考慮

- ・ 年齢や性別の影響の除外
- ・ 疾患横断計測

精神疾患以外の影響

- ・ 思春期コホート(TTC)
- ・ 環境因・治療因の除外

Data-drive approach

例: 疾患横断データの機械学習

Hypothesis-driven approach

例: 中脳辺縁・皮質系の安静時機能結合

# AMED国際脳プロジェクト

## 戦略的国際脳科学研究推進プログラム



国際脳について

ニュース一覧

研究紹介

リソース

お問い合わせ

English

LOGIN



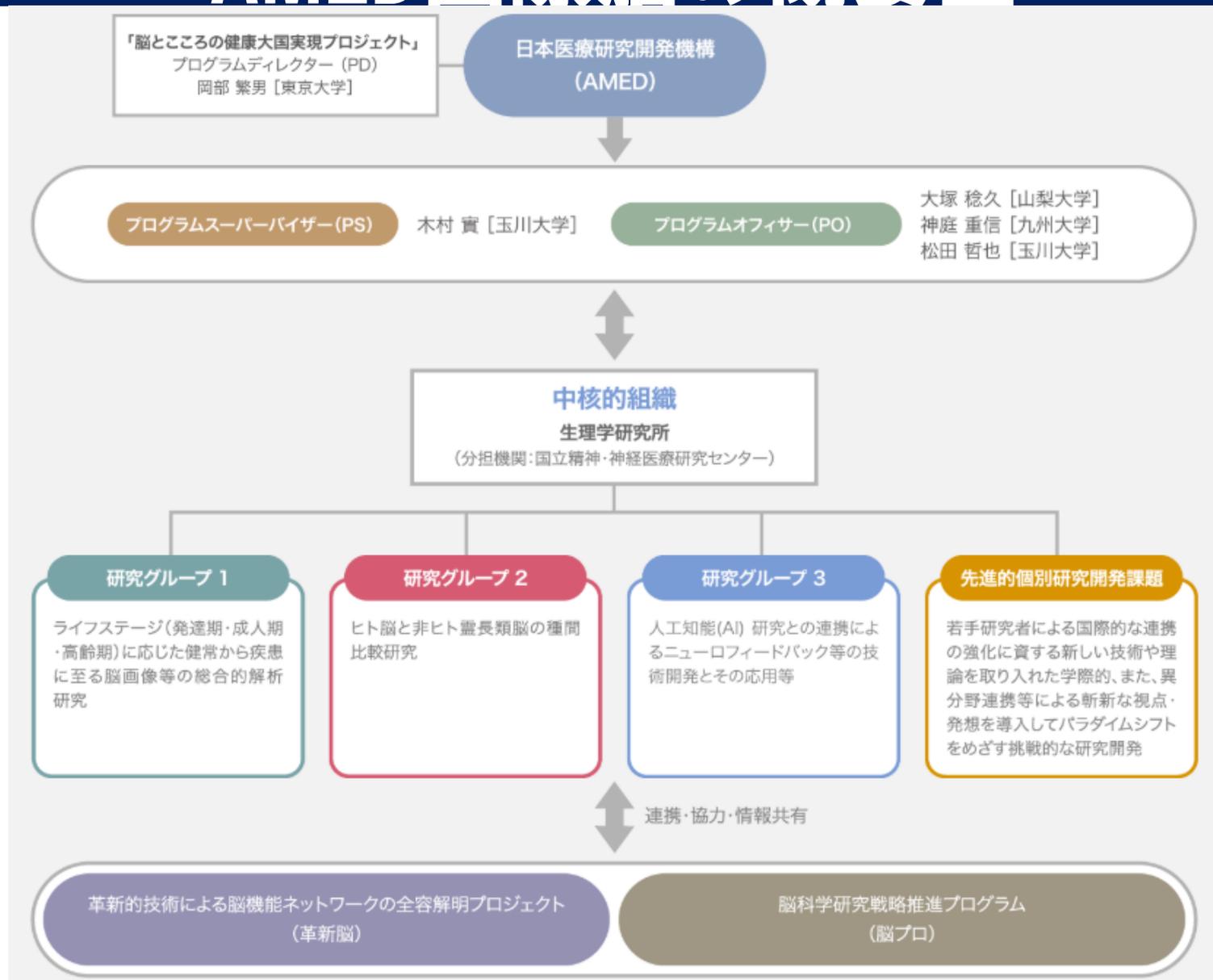
<https://brainminds-beyond.jp/>

# 国際脳プロジェクトの特徴

FY2018—2023

- **国際脳プロトコルの策定**
  - I. HARP: 推奨45分、最短25分
  - II. Prisma CRHD(≒ HCP style): 65分
  - III. HCP pipeline, grayordinate-based analysis に対応
  - IV. 国際連携
- **ALL Japanの研究体制**
  - I. MRI解析研究者: プロトコル策定、データベース構築、パイプライン運用
  - II. 臨床研究者: データ取得、臨床仮説の設定、臨床応用化
  - III. 神経科学研究者: ヒト—NHPの対応
  - IV. 数理科学研究者: AI解析
- **Traveling subject project**
- **チュートリアルによる研究者支援**

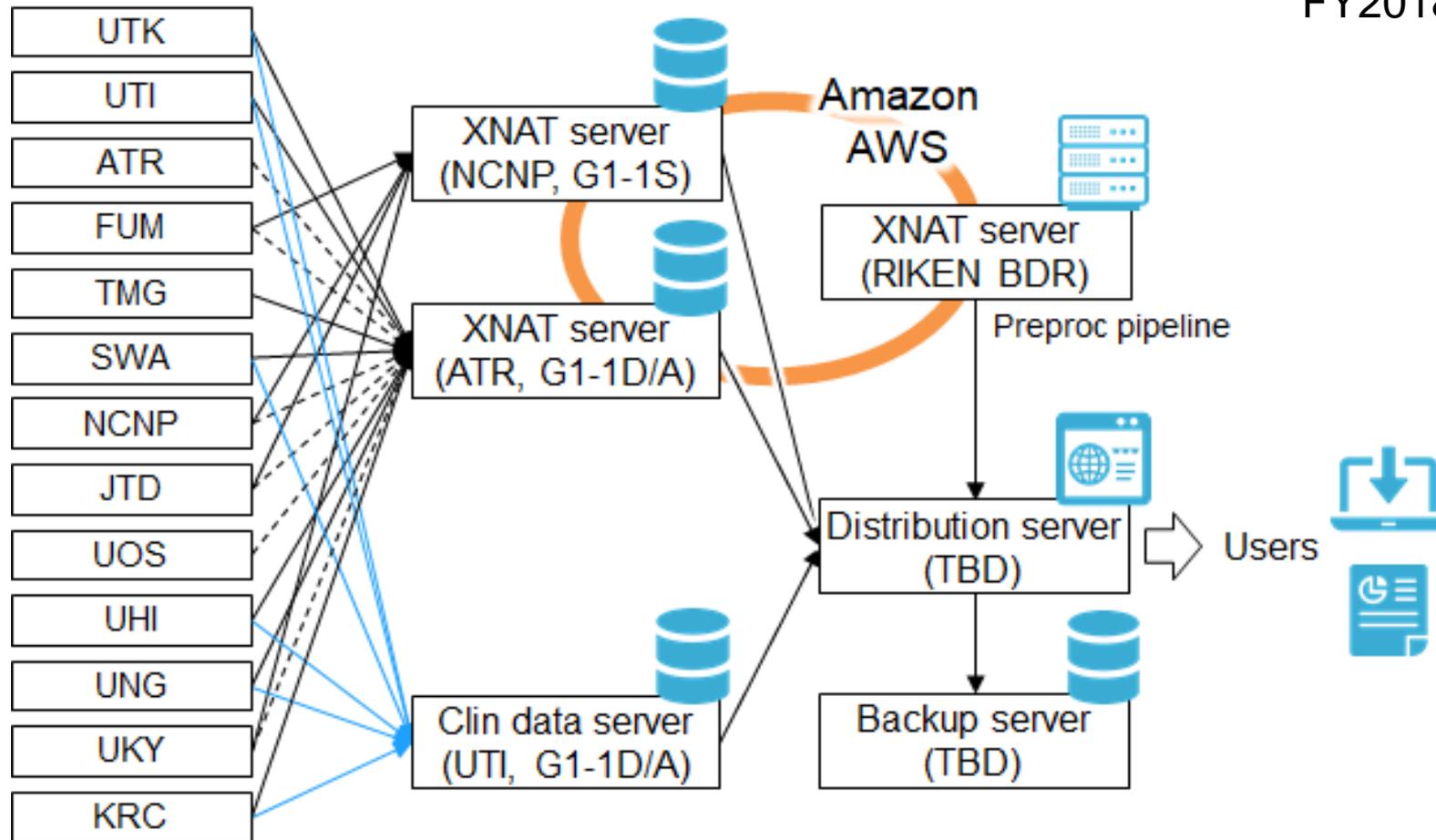
# AMED国際脳の概要図





# 国際脳G1-2: 人生ステージに沿った健常および精神・神経疾患の 統合MRIデータベースの構築にもとづく国際脳科学連携

FY2018—2023



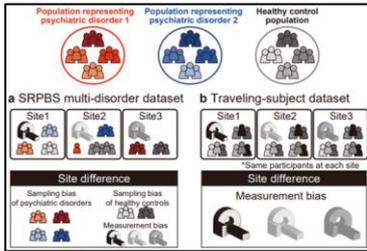
代表: 笠井清登(東京大学)

分担: 小池進介(東京大学)、田中沙織(ATR)、  
花川隆(京都大学)、林拓也(理化学研究所)

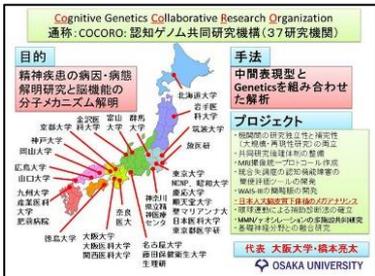
# 革新脳・脳プロトコル(SRPB)と国際脳プロトコル(CRHD, HARP)

## SRPB protocol (Strategic Research Program for Brain Science)

- 多くのMRI機種で適用可能
- T1W と rsfMRI のみ



DecNef with 9 traveling subjects dataset  
Yamashita et al. *PLOS Biol* 2019



### COCORO SRPB dataset

- Okada et al. *Mol Psychiatry* 2016
- Hashimoto et al. *Neuroimage Clin* 2018
- Koshiyama et al. *Mol Psychiatry* in press

## CRHD and HARP protocols (Connectome Related Human Disease; HARmonized Protocol)



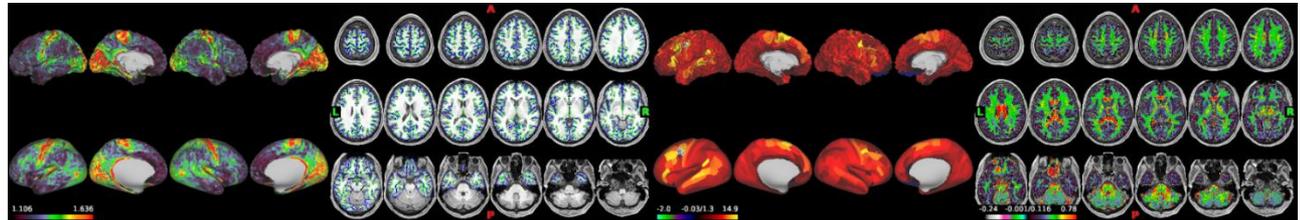
FY2018-2023

- 高性能機種に限定
  - Siemens Prisma, Skyra, Trio A Tim, Verio dot, Verio
  - 32ch Head Coil
  - Multiband 6

- T1W, T2W, DWI, rsfMRI, ASL, QSM および Task fMRI で策定



- 国際連携
  - Human Connectome Project (HCP)
  - Adolescent Brain Cognitive Development (ABCD) study



- Traveling subject project

- 75名の研究参加者、のべ455計測
- 一般線形混合モデルを適用

共通データサーバー(ATR, NCNP, 東京大)  
前処理パイプライン(理研BDR)

Koike et al. Revision under review; <http://mriportal.umin.jp/>

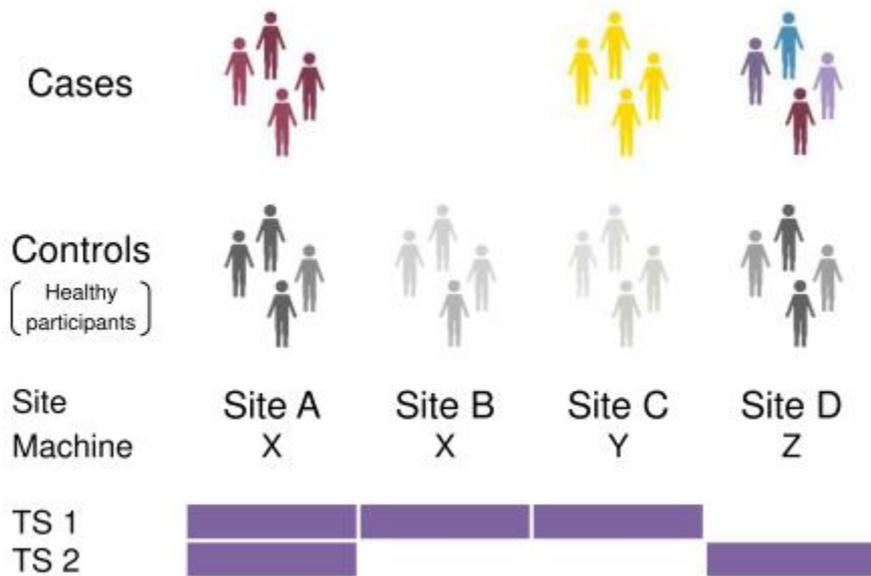
# Overview of the CRHD and HARP protocols

Subset	Sequence	Duration			Participant instruction
		Prisma	Skyra, Trio, Verio		
		CRHD	HARP	HARP	
rsfMRI 1	SEF AP	0:32	0:06		Fixation
	BOLD AP	5:46	5:08		Fixation
	SEF PA	0:32	0:06		Fixation
	BOLD PA	5:46	5:08		Fixation
Structure	T1 MPR	6:38	5:22		Rest
	T2 SPC	5:57	5:31	5:22-6:26	Rest
<i>Subtotal</i>		<i>25 min</i>	<i>22 min</i>	<i>22-23 min</i>	
ASL		NA		2:45 <sup>b</sup>	Rest
QSM		NA		5:03 <sup>c</sup>	Rest
DWI	AP	6:07	3:29	4:50	Rest
	PA	6:05	3:32	4:54	Rest
	AP	5:39	NA	NA	Rest
	PA	5:39	NA	NA	Rest
rsfMRI 2	See rsfMRI 1 <sup>a</sup>	13 min	11 min		Fixation
rsfMRI 3	See rsfMRI 1 <sup>a</sup>	NA	11 min		Fixation
Task fMRI	SEF AP	NA	0.06		Task
EMOTION	SEF PA	NA	0.06		Task
	BOLD PA	NA	4.08		Task
	SEF AP	NA	0.06		Task
Task fMRI CARIT	SEF PA	NA	0.06		Task
	BOLD PA	NA	4.08		Task
	SEF AP	NA	0.06		Task
<i>Total</i>		<i>61 min</i>	<i>68 min</i>	<i>59-68 min</i>	

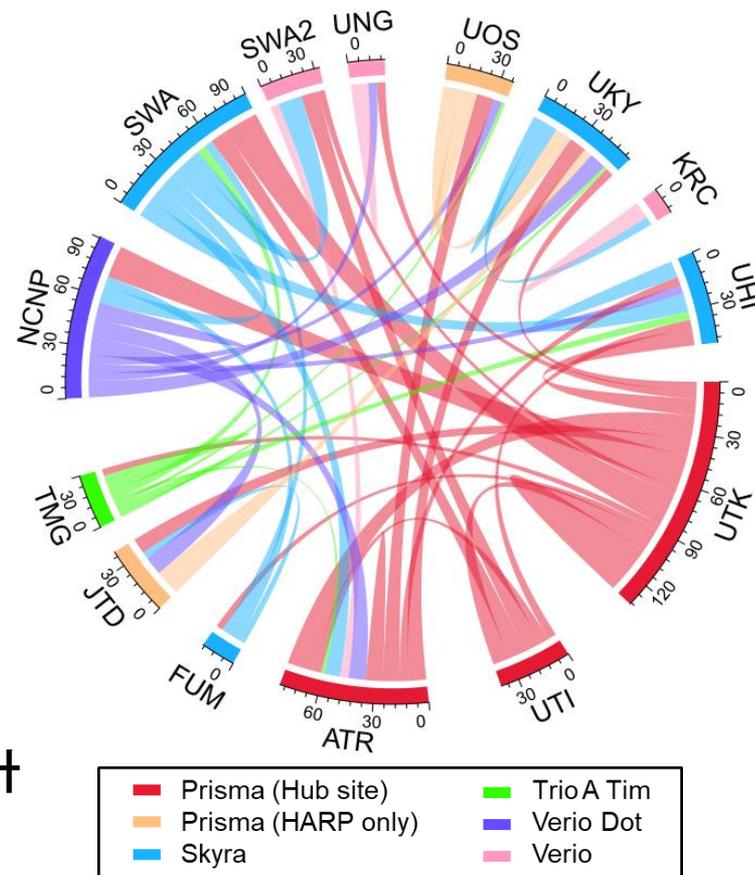


# 国際脳TSデータの取得

## 国際脳TSの方針



## 国際脳TS計測の現状



1スキャンが60分のため、全TS被験者が全施設を回することは不可能

→ 複数のTS計測の組み合わせにより補正する方針

→ 追加の参画が容易に

74名のTS被験者、のべ405スキャン(89.0%), 368 spokes (76.1%)

COVIDの影響で全施設のMRI計測が一時中断したが、ほとんどのTS計測はそれ以前に完了

→ Protocol paperでの検証に利用, 国際脳参画機関へ先行配布・技術開発の促進

# 国際脳TSの現況(2020.9時点)

Site	Protocol for target population	Additional protocol for TS	HARP additional measurement for TS			Other TS measurement sites <sup>a</sup>		Total number of CRHD and HARP measurements
			10-min additional rsfMRI	QSM	ASL	Hub site		
UTK	CRHD	HARP (Prisma), SRPB (Prisma 64-ch head coil)	✓	✓	✓	UTI	UHI	7
UTI	CRHD	HARP, SRPB (GE MR750W)	✓	✓	✓	UTK, ATR		8
ATR	CRHD	HARP (Prisma), HARP (Verio), SRPB (Verio)	✓	✓	✓	UTK	SWA <sup>2</sup>	8
FUM	HARP	NA	✓	✓	✓	UTK	SWA, NCNP	6
TMG	HARP	SRPB	✓			UTK	SWA, UHI	6
SWA	HARP	NA	✓	✓	✓	UTK, UTI		6
	HARP	SRPB (Verio) <sup>b</sup>	✓	✓	✓	UTI		5
NCNP	HARP	SRPB	✓		✓	UTK	JTD, FUM	6
JTD	HARP	NA	✓			UTK	NCNP, UKY	6
UOS	HARP	SRPB (Trio Tim)	✓	✓	✓	ATR	UKY, TMG	6
UHI	HARP	SRPB (Verio) <sup>c</sup>	✓	✓	✓	UTK	NCNP, SWA	6
UNG	HARP	NA	✓			UTK	TMG, NCNP	6
UKY	HARP	NA	✓	✓	✓	ATR	UOS, NCNP	6
KRC	HARP	NA	✓			ATR	UKY, UNG	6

13施設14リクルートサイトに拡大。全施設がOptional scanに対応協力

# TS: 方法の概要

## 【参加施設・機種】

- 国際脳グループ1 (MRI計測G)を中心に、10施設で開始 → 13施設以上に拡大
  - I. 最終的に15~20施設での運用を想定
  - II. 融合脳、革新脳など、ほかのAMED研究費でのMRI研究施設も参画を推奨

## 【施設の概要】

- TS Hub 施設(Prisma): 東大駒場、東大IRCN、ATR
- Prisma HARP施設: 2施設
- Skyra施設: 2施設 → 4施設
- Trio施設: 1施設
- Verio dot施設: 1施設
- Verio施設: 1施設 → 2施設
- その他: 昭和大(8月にVerioからSkyraにアップデートされるため、2系統のTSを実施)

## 【TS中核施設の業務】

- TS事務運営(被験者登録、TS計測計画・管理、謝金・旅費・MRI使用料支払い、データ管理)
- Prisma CRHD, HARP, SRPBの計測
- TS参画施設としての業務の実施
- サイトビジットの実施

## 【TS参画施設の業務】

- 必要な倫理修正、MRIプロトコルインストール、テスト撮像、TS枠の確保など
- TS被験者の確保
- TS中核拠点との連絡
- 自施設被験者のHARP(, SRPB)を用いた繰り返し計測
- TS中核拠点から提示されたサイトへの連絡、TS計測日程調整
- 取得したデータの中核拠点へのアップロード

# TS参画要件

## 国際脳プロトコル(CRHD, HARP)の参画要件

- 必要なMRI機器を有すること
  - I. 臨床計測を行うMRI機器が、Siemens 5機種のうちどれかを有すること(現時点で、Prisma, Skyra, Trio A Tim, Verio, Verio dot)
  - II. 32ch head coilを有すること
  - III. Multi-band 6 (Minnesota大、Siemens社)が利用できること

## 国際脳データベース参画要件

- 必要な倫理整備が可能なこと
  - I. 国際脳のデータベースへ新規取得データを抛出可能
  - II. 完全に個人を識別できないように(匿名加工)したのち、自由に閲覧可能なデータリソースとして使用可能
  - III. 上記、「クラウド上を含む」を追記(2019年度追加提案)
  - IV. データ共有の際にクラウド上にデータが一時的に保管されること
  - V. オープンデータベースが、営利・非営利を問わなくなることの説明
  - VI. ヒトMRIデータと非ヒト霊長類のMRIデータをあわせて解析(種間比較)する説明
  - VII. 知的財産権が研究参加者でなく研究機関・研究者に帰属
  - VIII. 公開前にMRI画像データは、MRI前処理過程で解析に支障がない範囲で顔情報を削除し、個人が特定できない状態になっていることを確認したうえで、データベース上で公開

## 国際脳Traveling subject project参画要件

- 5名以上の被験者(20歳以上の健常対照群)を確保すること
  - I. この被験者は、自施設で2回以上の計測(Test-retest)、他3施設で4~6回の計測を受けること
- 倫理対応
  - I. TSIに関して新規に倫理申請するなど、特別に対応した施設はなかった(上記国際脳データベースに対応できればTSも対応可能)
  - II. TS計測はあくまで、健常被験者の研究計測
  - III. TS解析は共同研究で、同一被験者から得られたデータを解析

# TS参画希望施設およびTS参加者の実体験

## 【TS参画希望施設の実体験】

1. TS中核施設に連絡。MRIハード・ソフトウェアの確認(AMED国際脳参画施設は2019/3のアンケートにて回答済み)
2. 倫理関係の整備(自施設+東大駒場)
3. TS被験者のリクルート
4. TS他施設の計測スケジュール連絡
5. TS他施設からの計測受け入れ(可能であれば)
6. データベースへのアップロード
7. データベースの利用(是非!)

## 【TS被験者の実体験】

1. TS参加者登録(東大駒場同意書、謝金・旅費振込先、必要な個人情報等を東大駒場へ送付)
2. 自施設で2回以上、該当施設で定めた撮像をうける(test-retest含む)
3. 担当他施設に出向き、定められた撮像をうける(2. 3. 合計6プロトコル[6時間程度])
4. 個人情報(顔情報含む)が削除されたローデータおよび前処理後のファイルが、公開サーバーによって公開される

【必要な研究費の原則】	MRI費用	交通費(短距離)	交通費(長距離)	謝金
自施設TS参加者	請求書払いが可能であれば、東大駒場から支払う(ATRは除く)	NA	東大駒場で <b>事前に出張手続き</b> 、TS参加者本人に支払可能	このプロジェクト参加として、1人最大3万円を東大駒場よりTS参加者本人へ支払い(各年度末に清算)
他施設TS参加者		各施設のルールに従い、各施設が負担(東大では謝金に含まれるという考え)		

# Protocol check-ups

## ① プロトコルが確実にインストールされたかチェック

HARP\_Parameter\_Check.R

	A	B	C	D	E	F	G	H
1		name	Label	Value_Or	sequence	HeaderPr	ValueAnd	check.result
2	1	NA	Protocol N	##USER%	NA	NA	NA	NA
3	2	NA	Scan time	TA: 5:22	NA	NA	NA	NA
4	3	Properties	Prio recon	Off	T1_MPR	##Study%	Off	1
5	4	Properties	Load imag	On	T1_MPR	##Study%	On	1
6	5	Properties	Inline mov	Off	T1_MPR	##Study%	Off	1
7	6	Properties	Auto store	On	T1_MPR	##Study%	On	1
8	7	Properties	Load imag	On	T1_MPR	##Study%	On	1
9	8	Properties	Load imag	On	T1_MPR	##Study%	On	1
10	9	Properties	Auto open	Off	T1_MPR	##Study%	Off	1
11	10	Properties	Auto close	Off	T1_MPR	##Study%	Off	1
12	11	Properties	Start meas	Off	T1_MPR	##Study%	Off	1
13	12	Properties	Wait for us	Off	T1_MPR	##Study%	Off	1
14	13	Properties	Start meas	Single me	T1_MPR	##Study%	Single me	1
15	14	Routine	Slab group	1	T1_MPR	##Study%	1	1
16	15	Routine	Slabs	1	T1_MPR	##Study%	1	1
17	16	Routine	Dist. facto	0.5	T1_MPR	##Study%	50% NA	
18	17	Routine	Position	Isocenter	T1_MPR	##Study%	Isocenter	1

## ② DWI軸情報が適切に読み込まれて撮像されたかをチェック

bvalbvec\_Parameter\_Check.R

	A	B	C
1		bval	check
2	V1	5	TRUE
3	V2	700	TRUE
4	V3	1995	TRUE
5	V4	1995	TRUE
6	V5	705	TRUE
7	V6	1990	TRUE
8	V7	1990	TRUE
9	V8	695	TRUE
10	V9	2005	TRUE
11	V10	5	TRUE
12	V11	1990	TRUE
13	V12	700	TRUE
14	V13	1985	TRUE
15	V14	2005	TRUE
16	V15	700	TRUE
17	V16	2000	TRUE
18	V17	1995	TRUE

## ③ XNATに格納されたデータをチェック

XNAT\_ATR\_Parameter\_Check.R

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J		
1		series_def	frames	fieldStre	voxelRes.x	voxelRes.y	voxelRes.z	orientatio	fov.x	fov.y	tr	
2	localizer	localizer	3	3	0.488281	0.488281	7	NA	512	512		
3	AAHead_	AAHead_	128	3	1.625	1.625	1.6	Sag	160	160		
4	AAHead_	AAHead_	5	3	1.6	1.6	1.6	Sag	162	162		
5	AAHead_	AAHead_	3	3	1.6	1.6	1.6	Cor	162	162		
6	AAHead_	AAHead_	3	3	1.6	1.6	1.6	Tra	162	162		
7	AC.PC_	se	AC-PC_	se	1	3	2.395349	2.395349	2.4	Tra	688	688
8	SpinEcho	f	SpinEcho	f	3	3	2	2	2	Tra	936	936
9	SpinEcho	f	SpinEcho	f	3	3	2	2	2	Tra	936	936
10	SpinEcho	f	SpinEcho	f	3	3	2	2	2	Tra	936	936
11	SpinEcho	f	SpinEcho	f	3	3	2	2	2	Tra	936	936
12	rfMRI_RE	f	rfMRI_RE	f	1	3	2	2	2	Tra	936	936
13	rfMRI_RE	f	rfMRI_RE	f	420	3	2	2	2	Tra	936	936

①②をプロトコルインストール、バージョンアップデート等で適宜実施、  
③をXNATへアップロード時に適宜実施することで、  
機械のバグやヒューマンエラーによるパラメータの相違を極力排除

# 国際脳ヒト脳画像研究プロジェクトのこれまでの成果と今後の戦略

## 【成果】

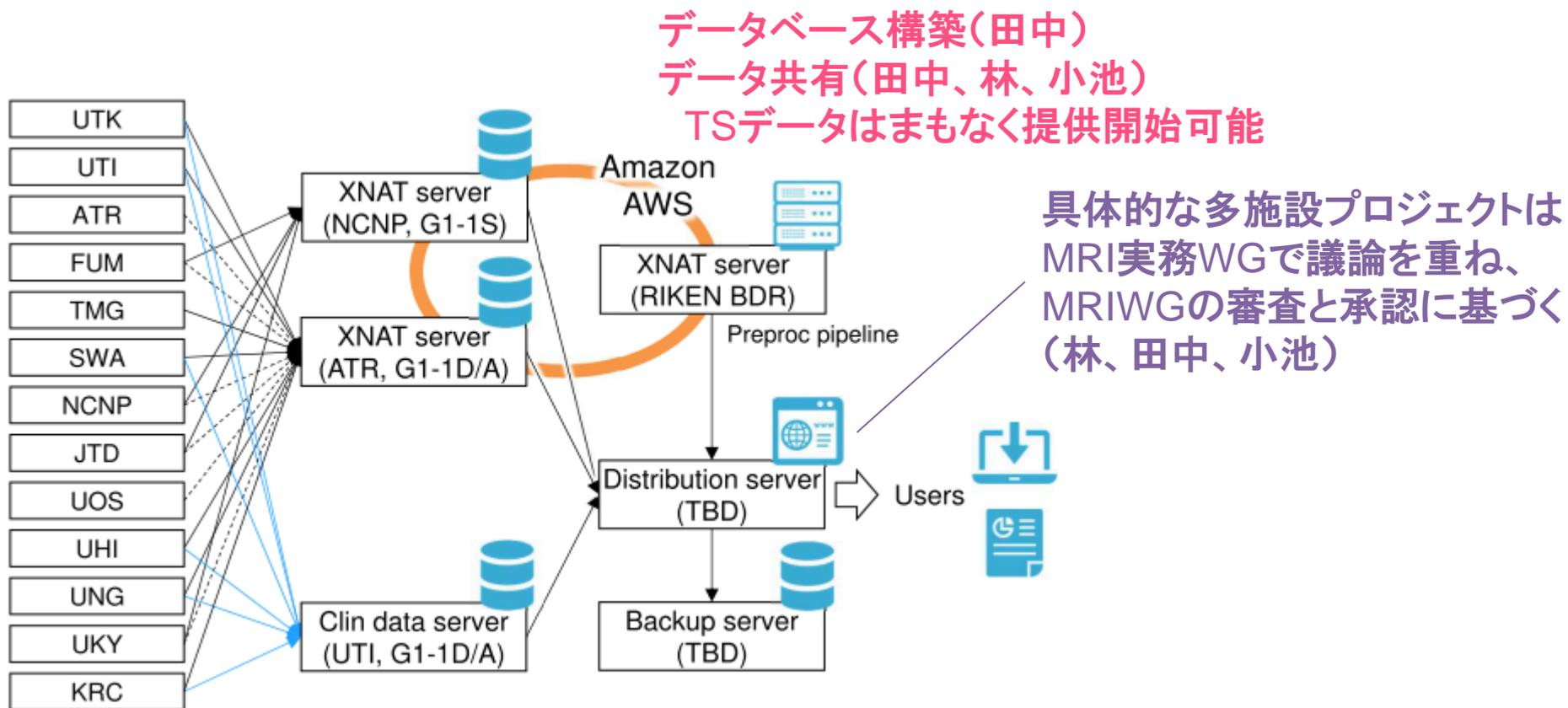
- 国際脳MRIプロトコル(Harmonization protocol; HARP)の策定
- データ共有、前処理方法の策定
- トラベリングサブジェクトの実施とデータ共有
- プロトコル論文の投稿
  - 高品質のデータを多施設共同で取得する仕組みは整った

## 【今後】

- 参画機関の追加(国際脳プロジェクト問わず)
- 機種アップデートへの対応
- QC分担
  - メンテナンス・拡充
- 前処理データの解析、論文化戦略
  - l. 若手研究者の教育
- 精神神経疾患データの統合的解析
  - l. Multi-site, cross-disease, harmonized MR image analysis
- 国際連携
  - 国際脳期間中にいかに参画機関内で利活用し、次につなげるか

# MRIWGとMRI実務WG

- どちらもPS,P0のもとに設置
  - I. MRIWG: PS,P0参画, PI中心
  - II. MRI実務WG: PS,P0いない, 解析実務研究者中心



# TSデータ配布にかかわる(倫理)申請方法

## 倫理的配慮

- TSデータの取得、共有については、東京大学倫理委員会の審査と承認に基づき行われています(研究代表者:小池進介)

## TS参画機関研究者

- 東京大学では倫理変更申請は不要です
- 所属機関での倫理手続きが不要でしたら、小池、ATR田中先生にメールいただければ配布が可能になります
- 小池はデータ提供先の登録(倫理指針に基づく)、ATR田中先生は具体的なダウンロード方法が提供されます

## TS参画機関外の国際脳研究者

- 東京大学での倫理変更申請(研究者追加)が必要になる場合があります
- それ以外の手続きは上記と同様です

## 国際脳参画機関外の研究者

- 「制限共有」外の共有になりますので、MRIWGへの申請と承認が必要になると思われます

# 関連情報

AMED Brain/MINDS Beyond human brain MRI study portal

## 国際脳ヒト脳MRI研究ポータルサイト

HOME ▾ BMB HBM ▾ データ利用申請 技術開発 ▾ 普及教育 Contact LINKS English

### AMED国際脳 ヒト脳MRI研究ポータルサイト

© 2020.03.31 © 2019.04.30

国際脳ヒト脳MRI研究プロジェクト (BMB HBM) ポータルサイトは、BMB HBMで策定されたデータ取得手順、データ集約と共有化、前処理技術開発、Traveling subject project、倫理的配慮などの情報を集約し、国内のヒト脳MRI研究を発展させることを目的としたウェブサイトです。

#### 新着記事

国際脳ヒト脳MRI研究プロジェクト



## 国際脳ヒト脳MRI研究ポータル

<http://mriportal.umin.jp/>

## Protocol Paper manuscript



**bioRxiv**  
THE PREPRINT SERVER FOR BIOLOGY

HOME | ABOUT

bioRxiv is receiving many new papers on coronavirus SARS-CoV-2. A reminder: these are preliminary reports that have not been certified by peer review and should not be used to guide clinical practice/health-related behavior, or be reported in news media as established information.

New Results [Comment on this paper](#)

**Brain/MINDS Beyond Human Brain MRI Project: A Protocol for Multi-Site Harmonization across Brain Disorders Throughout the Lifespan**

Shinsuke Koike, Saori C Tanaka, Tomohisa Okada, Toshihiko Aso, Michiko Asano, Norihide Maikusa, Kentaro Morita, Naohiro Okada, Masaki Fukunaga, Akiko Uematsu, Hiroki Togo, Atsushi Miyazaki, Katsutoshi Murata, Yuta Urushibata, Joonas Autio, Takayuki Ose, Junichiro Yoshimoto, Toshiyuki Araki, Matthew F Glasser, David C Van Essen, Megumi Maruyama, Norihiro Sadato, Mitsuo Kawato, Kiyoto Kasai, Yasumasa Okamoto, Takashi Hanakawa,  Takuya Hayashi, Brain/MINDS Beyond Human Brain MRI Group

doi: <https://doi.org/10.1101/2020.05.05.076273>

This article is a preprint and has not been certified by peer review [what does this mean?].

**Abstract**
Full Text
Info/History
Metrics
 Preview PDF