



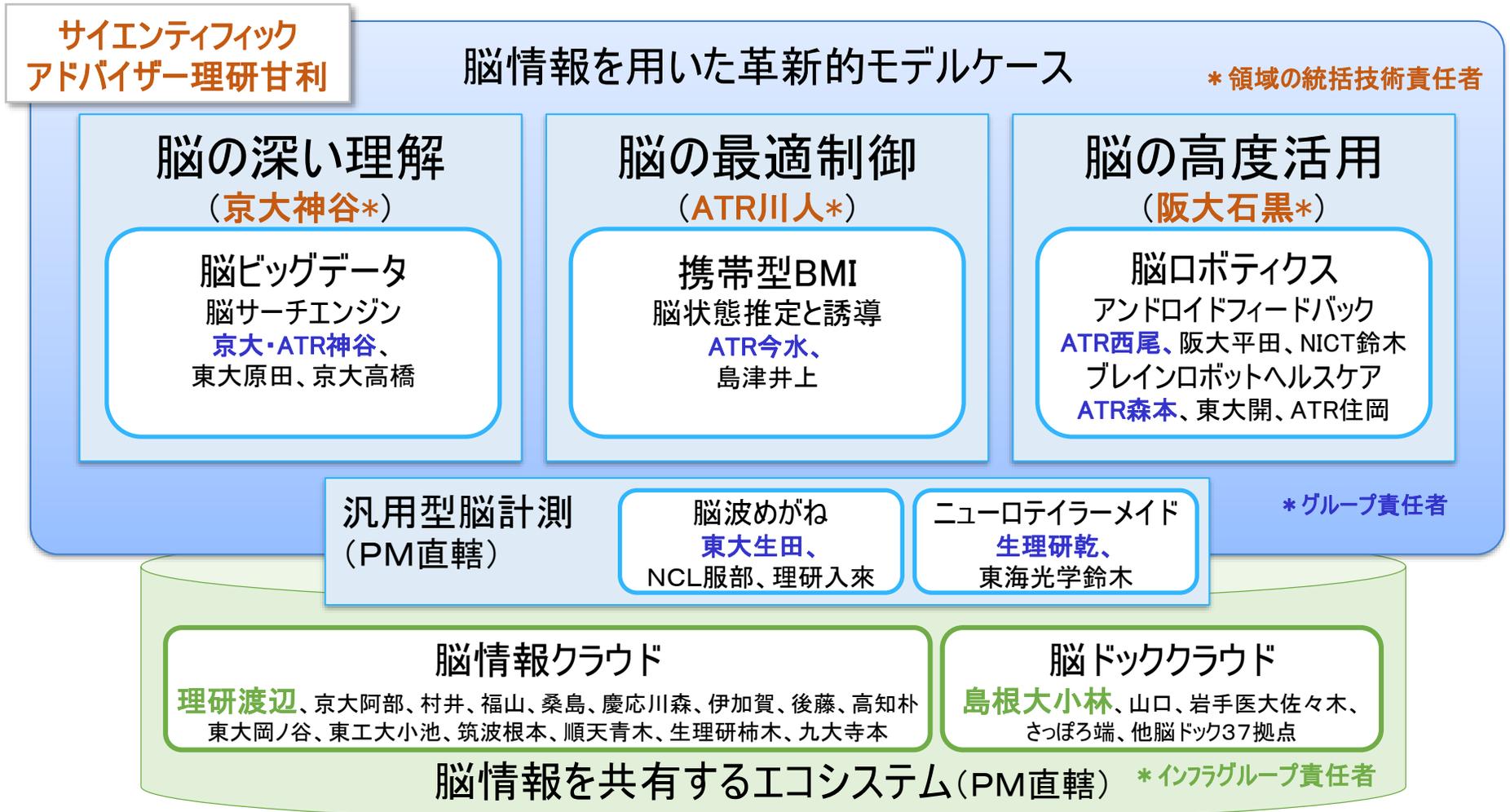
# 脳情報の可視化と制御による 活力溢れる生活の実現

2018年3月1日

内閣府 革新的研究開発推進プログラム(ImPACT)  
プログラムマネージャー 山川義徳

# ステージ3（2017年10月～）の研究開発体制

モデルケース領域は、22グループからスタートアップに繋がる6グループを選抜し、『脳の深い理解を目指す脳ビッグデータ』、『脳の最適制御を目指す携帯型BMI』、『脳の高度利用を目指す脳ロボティクス』の3つ柱の研究開発を推進。一方、それを支えるエコシステム領域は、4グループから2グループに統廃合。



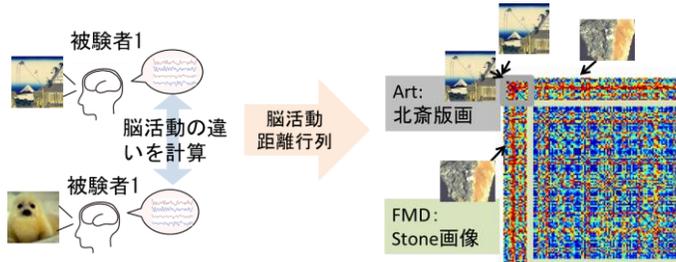
# 脳を深く理解する脳ビッグデータ（京都大学神谷統括技術責任者）

これまでに、MRIデータを用いた多次元デコーディング技術により心的表象の可視化を実装してきた。現在、蓄積データを用いて脳内イメージ解読技術と脳活動予測モデルによりブレインロイドを作成中。これにより、いつでも自分の脳の状態を把握でき、健康な脳の状態にするサポートを可能にする。

ステージ①

## 脳活動ベースの画像間の類似度評価による心的表象の可視化

脳活動の違いから脳活動距離行列を作成



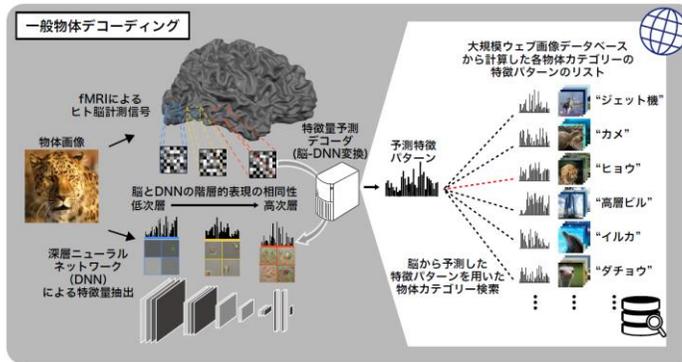
多次元のデコーディング技術により類似画像の検索や類似印象をもつ形容詞の抽出を実現（特許出願済み）



ステージ②

## 脳内イメージ解読技術

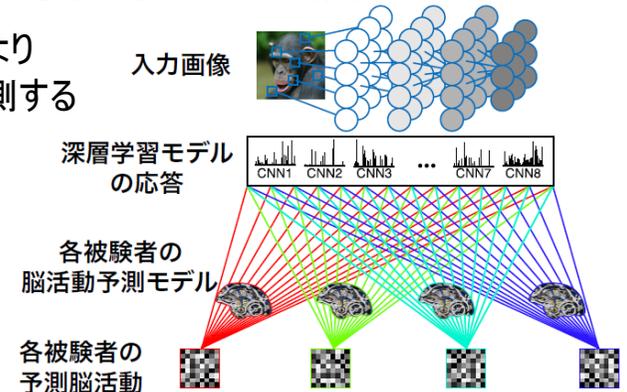
脳から深層ニューラルネットワークへの信号変換による脳内イメージ解読技術の実現



ここまでの成果を民間企業と新規事業化

## 個人の脳活動予測モデルの構築

転移学習により  
脳活動を予測する  
DNNの構築



ステージ③

Horikawa & Kamitani. *Nature Communications* (2017)

追加のMRI撮像を必要としないブレインロイド\*による個人向け脳情報サービスの提供

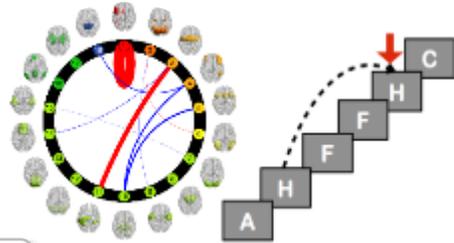
\* 個人化された脳のエミュレーター

# 脳の最適制御を目指した携帯型BMI（ATR川人統括技術責任者）

これまで、大型装置であるMRIによる認知・情動機能の改善技術に関する革新的成果が得られている。今後、携帯型BMIの開発に向けてNIRSやEEGを用いたニューロフィードバックの技術開発を進める。これにより、脳の病気になっていない元気な時から、認知機能の維持とストレスの緩和を実現する。

ステージ①

## 作業記憶(ワーキングメモリ)能力を規定する脳内ネットワークの特定

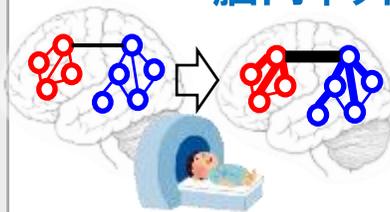


作業記憶課題  
3つ前に示された文字と  
同じならボタンを押す  
Yamashita et al.  
*Scientific Reports* (2015)

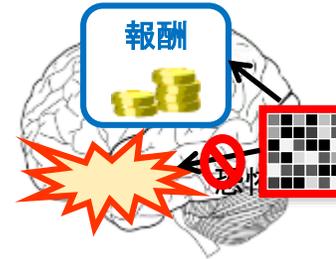
青: 認知機能系  
橙: 情動機能系

ステージ②

## 脳内ネットワークの操作と脳機能の変更



結合操作可能性の検証  
Yamashita et al.  
*Cerebral Cortex* (2017)



## 恐怖記憶の消去

DecNefによる反対条件付け  
Koizumi et al. *Nature Human Behaviour* (2016)

ここまでの成果をニューロベンチャー“XNef”  
として創業(川人社長、2017年8月)

ステージ③



元気な時から認知機能の維持とストレスの緩和を可能にする  
NIRSニューロフィードバック、EEGニューロフィードバックの提供

## NIRSデータから認知機能を予測

NIRS結合解析ソフト開発  
認知機能の予測 ( $r = 0.69$ )

## EEGからfMRI信号の予測



EEGの電極間共分散パターンから  
扁桃体のBOLD信号を予測

# 脳の高度活用のための脳ロボティクス（阪大石黒統括技術責任者）

アンドロイドとニューロフィードバックを組み合わせた追加肢を用いることで、マルチタスク能力に関わる脳活動を制御できることを解明。その成果を通じて、マルチタスク能力をより効率よく訓練する手法を開発。これにより、マルチタスクを多く求められるデジタル社会でも健康を失わない脳を作れるようにする。

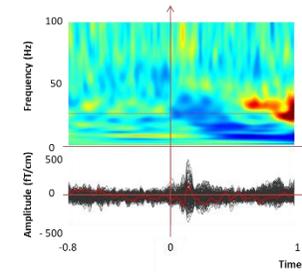
ステージ①



## アンドロイドBMI制御の効果を確認

アンドロイドをBMI制御することで、脳がBMIに適した方向へ、より強く変化する

Alimardani et al. *Sci. Rep* (2016)  
Alimardani et al. *PLoS One* (2016)  
Penaloza et al. *IEEE TNSE* (accepted)



## 両手運動時の脳活動を解明

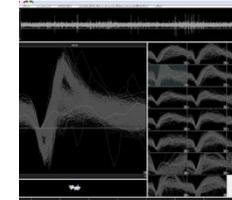
両手を握る・開く際の脳磁界、電流分布を解明

ステージ②



## アンドロイドMEG-BMI制御

両手運動の推定精度50%、  
アンドロイドを脳信号で遠隔操作  
Belkacem et al. *IEEE Neural Sys Rehab Eng* (submitted)

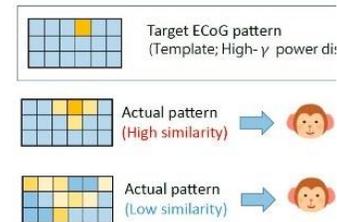


マルチタスク処理の座  
前頭連合野にてマルチタスク  
処理に選択的な神経活動  
上昇を確認



## 第3の腕をBMIでマルチタスク制御することに成功

自分の両腕を使いつつ、ロボットアームをBMI制御で動かす方式を実現



## 動物での追加肢制御による脳の変化を確認

動物での皮質脳波BMIでの追加肢制御と、脳の適応的变化を確認  
Kaiju et al. *SfN* (2017)

ステージ③



マルチタスクが増えるネット社会にも負けずに好きなことができるように  
複数肢BMI制御の高精度とマルチタスク能力の可視化と拡大へ

# ブレインロボットヘルスケア（阪大石黒統括技術責任者）

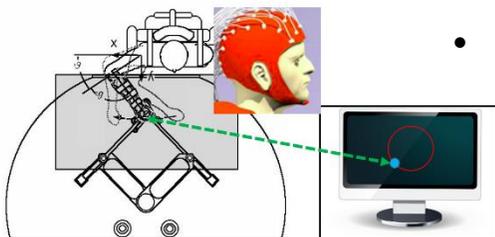
脳活動解析技術とロボティクス技術を融合し、装着型ロボット、セラピーロボット、対話型ロボットからのユーザへの感覚・知覚入力を通じて脳の運動・認知機能を活性化することでヘルスケアに貢献する。これにより、無理のない運動や対話を可能にし、脳も身体もいつまでも健康にする。

ステージ①

運動系

ロボットフィードバックと脳活動の関係を検証

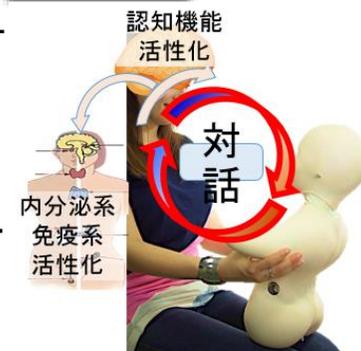
対話系



- ロボットによる教示からの動作学習がユーザの脳活動に依存することを検証。

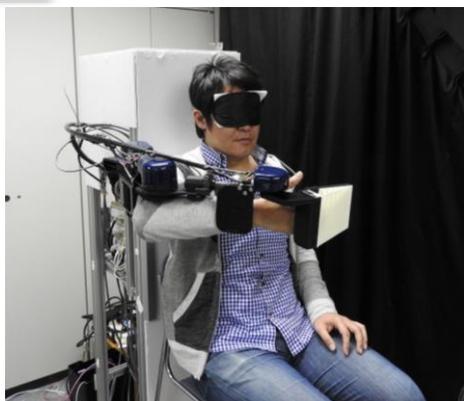
（国内特許出願、PCT出願済）

- 対話ロボットが高齢者の脳や内分泌系に与える効果を検証。
- セラピーロボットのための催眠誘導の応用方法を検討。



ステージ②

ロボットフィードバックの効果を確認



- 装着型ロボットによる教示からの動作学習を通じてユーザの姿勢知覚の向上を確認。ヘルスケア応用に期待。

- ロボットとの対話が高齢者の作業記憶の改善・ストレスの軽減の可能性。
- ユーザの催眠のかかりやすさについて、脳波データから正確に予測可能に。



ステージ③

- 楽しくいつまでも運動ができる**ロボットフィードバック**を事業化。
- 高齢者のいつまでも楽しく会話が弾む**ロボットフィードバック**の実現。

# 脳波めがね (PM直轄：東京大学生田G責任者)

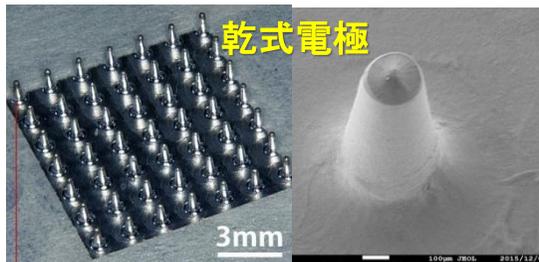
集中カレベルをリアルタイム測定できる簡便・高品位なウェアラブル脳波計の開発と機能実証。  
乾式電極、超小型計測装置、頭部装着デバイス群と副次的成果の高絶縁埋め込み電極も開発。  
これにより、集中力に応じた運転支援などに展開し、いつまでも健康な脳を活かすモデルケースを提供する。

ステージ①

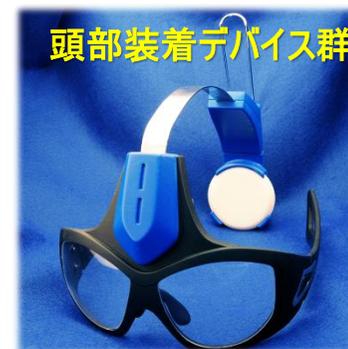
## 要素技術群の開発と集中カレベル計測解析系の原理検証(ヒト&マーマセット)



リアルタイム計測回路



乾式電極



頭部装着デバイス群



ステージ②

## 回路の超小型軽量化と長期安定乾式電極の開発、動物実験による検証

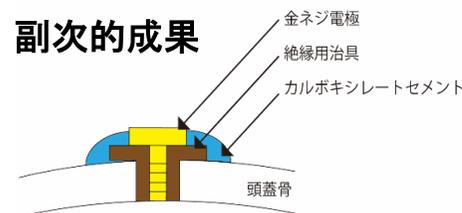


手のひらサイズ電極付き回路



長期安定乾式電極

副次的成果



金ネジ電極  
絶縁用治具  
カルボキシレートセメント

頭蓋骨

動物実験用高絶縁埋め込み電極 (電極間クロストーク無し)

ステージ③

## 小型軽量計測システムと頭部装着デバイスの市販版開発

眼鏡のパリ三城の子会社(なまえ眼鏡)から市販予定



市販モデル例

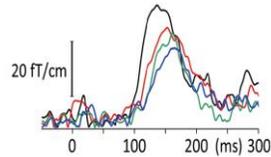
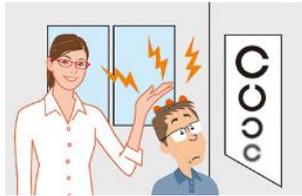
# ニューロテイルメイド (PM直轄：生理研乾G責任者)

脳磁図をベースとした簡易脳波計の成果を展示会出展、民間企業で新部門設立し事業化検討を開始。眼鏡及び様々な製品に適用する評価法を継続開発、ニューロテイルメイド実現に向け研究開発を推進。これにより、自分(の脳の知覚特性)にあった、健康に資するモノづくりのモデルケースを提供する。

ステージ①

## 眼鏡の評価法開発：見え方

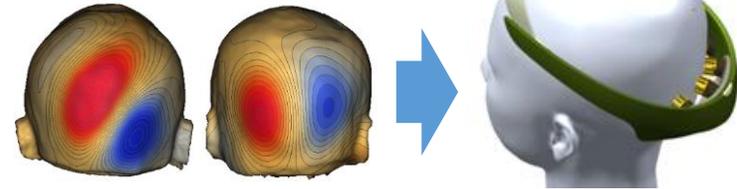
「ぼけ」に対するレンズ度数の効果計測



Suzuki et al.  
*BMC Ophthalmol.* (2015)

## 視覚評価用脳波計を設計試作

脳磁図をベースとして専用の簡易脳波計を設計

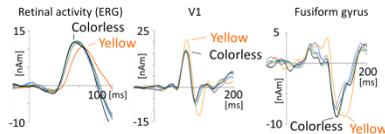


青：評価法開発  
橙：装置開発

ステージ②

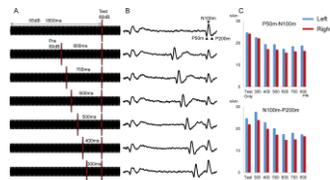
## 眼鏡の評価法開発：まぶしさ

「高輝度光」に対するレンズカラーの効果計測



## 様々な製品の評価法開発

局所抑制性回路機能の反映を示唆

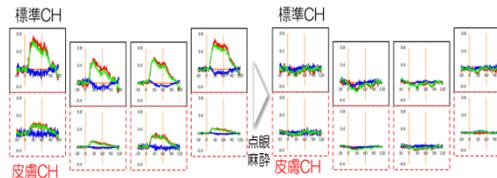


Takeuchi et al.  
*PLoS One.* (2017)

ここまでの成果を展示会に出展。民間企業の事業化検討開始(東海光学 脳科学推進室)

## 眼精疲労の評価法開発

眼表面乾燥による「つらさ」計測



小野 他. *臨眼.* (2016)

## 視覚評価用脳波計の量産技術を確立

量産化デザインにブラッシュアップ



ステージ③



ニューロテイルメイドによる快適・安心な製品の提供