



ムーンショット目標 1

2050年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から
解放された社会を実現

実施状況報告書

2020年度版

2020年12月～2021年3月

身体的能力と知覚能力の拡張による身体

の制約からの解放

金井 良太

株式会社国際電気通信基礎技術研究所

事業開発室



研究開発プロジェクト概要

人の意図が推定できれば、思い通りに操作できる究極の CA が可能になります。推定には脳活動の内部だけでなく脳表面情報や他人とのインタラクション情報も重要な手がかりになります。これらを AI 技術で統合し、ブレインマシンインタフェース (BMI) 機能を持つ CA (BMI-CA) を倫理的課題を考慮して開発します。2050 年には、人の思い通りに操作できる究極の BMI-CA を実現します。

https://www.jst.go.jp/moonshot/program/goal1/12_kanai.html

課題推進者一覧

課題推進者	所属	役職
牛場潤一	慶應義塾大学 理工学部	准教授
古屋晋一	株式会社ソニーコンピュータサイエンス研究所	研究員
渡邊克巳	早稲田大学 大学院基幹理工学研究科	教授
中澤公孝	東京大学 大学院総合文化研究科	教授
小泉愛	株式会社ソニーコンピュータサイエンス研究所	研究員
笹井俊太郎	株式会社アラヤ リサーチ室	チームリーダー
林隆介	産業技術総合研究所 人間情報インタラクション研究部門	主任研究員
大泉匡史	東京大学 大学院総合文化研究科	准教授
Arulkumaran Kai	株式会社アラヤ リサーチ室	チームリーダー
小松三佐子	理化学研究所 脳神経科学研究センター	研究員
西村幸男	公益財団法人東京都医学総合研究所 脳機能再建プロジェクト	プロジェクトリーダー
柳澤琢史	大阪大学 高等共創研究院	教授
金井良太	株式会社アラヤ	CEO

1. 当該年度における研究開発プロジェクトの実施概要

研究開発項目 1:IoB インターフェース開発

令和2年度の本研究開発項目の進捗概要は以下の通りである。

- 1. 脳情報オミックス解析による精神、身体状態の推定アルゴリズムの開発**
脳波、筋電図、眼球運動などの多様な生体由来信号を時間同期的に収録し、得られた脳情報オミックスデータからユーザの精神と身体状態を 100 ミリ秒以下の時間窓で推定するための概念実証用小規模プログラムを構築し、10 分間の連続使用において安定動作することとタイムスタンプの精度が 1 秒以下であることを確認した。
- 2. 脳疾患の予防と有病社会復帰者の脳状態管理を実現する非侵襲 BMI の社会実験**
非侵襲 BMI デバイスを用いて精神・身体状態を推定するアルゴリズムの開発に必要な脳指標の選定を実施した。脳指標の抽出とエビデンスレベルの判定を実現するため、診療ガイドライン作成に関する有識者2名へのヒアリングを通じて解析パイプラインを整備した。
- 3. 表面情報からの心身状態の推定に向けた知的基盤技術**
身体表面から非接触センシング技術で精神状態推定・予測する技術を確立するため、被験者による主観報告やログ、認知課題パフォーマンスの最適化や選定に向けた議論と予備的検討を進めた。
- 4. 日常生活環境下での心身状態非侵襲推定に向けた社会実験**
ユーザの表面情報を日常環境のなかで恒常的に計測して精神状態を推定・予測できるシステム基盤を開発するため、研究開発におけるターゲットユーザの選定とその後の社会実験へ流れについて議論した。

研究開発項目 2:IoB ミドルウェア開発

令和2年度の本研究開発項目の進捗概要は以下の通りである。

- 1. データ解析環境の構築**
令和 3 年度から本格的に開始する予定の他グループとの共同研究に向け、データ解析サーバーの設置と動物の姿勢を動画から判別するためのニューラルネットワークの構築を行った。その結果、たしかに動画から動物の姿勢推定ができることをデモデータで確認した。
- 2. 脳状態遷移コストを定量化するための理論研究の実施**
脳活動から客観的に精神的な疲労度を定量化するため、脳状態遷移コストを定量化する理論的枠組みの構築に取り組んだ。具体的には、制御理論の枠組みから、ある脳状態から別の脳状態に遷移させるために必要な制御コストを求める枠組みを提案した。
- 3. 脳状態遷移コストと認知負荷との関連を調べる応用研究の実施**
上記の理論研究によって定義した制御コストが、認知負荷とどのような関係性にあるか、実際の脳活動データを用いて妥当性を検証した。具体的には、fMRI データの大規模な公開データである Human Connectome Project を使って検証した。その結果、難易度が高いタスクでは難易度が低いタスクよりも遷移コストが有意に高いことを示し、提案した制御コストが認知負荷と対応している可能性が示唆された。

研究開発項目 3:IoB コア技術

令和2年度の本研究開発項目の進捗概要は以下の通りである。

- 1. 電極埋め込みマーマセットからの神経活動記録**

既に電極埋め込み済みの 2 匹のマーマセットから行動情報と神経活動を記録し、他グループとデータを共有した。

2. マカクサルへの脳電気刺激を行うための環境設計とその検証

マカクサルへの脳電気刺激を行うためのソフトウェアならびにハードウェアを作成し検証を行った。その結果、マカクサルの脳に情報を書き込むための技術開発に成功したことを確認した。

3. ヒトへの電極埋め込みによる意図・注意情報の推定と意思伝達技術の実現

頭蓋内脳波電極を留置された患者 16 名を対象として、動画を視聴している際の皮質脳波計測を行った。林グループと連携し、同じ動画を視聴した際の脳活動をヒトとサルとで比較するプロジェクトを開始した。さらに、ヒトの皮質脳波計測データを林グループ、大泉グループ、暦本グループと共有するために、大阪大学医学部附属病院倫理委員会に申請を行い、承認を得た。

研究開発項目4： 共通基盤技術開発

令和2年度の本研究開発項目の進捗概要は以下の通りである。

1. 脳へ詳細な情報を伝達するための入力インターフェイス技術調査

脳への高精細な情報入力のための新規技術発掘に向けた調査を計画するため、探索の対象となる研究分野のリスト化、及び探索をシステムティックに実施した。

2. 研究チーム間で共通の実験基盤として社会実装を推進するメカニズムの実施

一般の人が非侵襲・非接触 BMI の体験と実験参加ができ、BMI に触れることができる実験スペースの要件を検討し、施設の運営体制についてミーティングを重ね、物件を検討した。

3. AI 支援型 BMI-CA の開発におけるビジョンデザインとアプリプロトタイプ制作実施

本プロジェクトで作成する脳アプリケーションの具体的なイメージに関して、一般利用者の目線で検討し、ビジョンを明確化した。

2. 当該年度の研究開発プロジェクトの実施内容

(1) 研究開発項目1:IoB インターフェイス開発

研究開発課題1-1-1:非侵襲 BMI による精神・身体状態の推定

当該年度実施内容:

1. 脳情報オミックス解析による精神、身体状態の推定アルゴリズムの開発

本研究開発課題では、脳波、筋電図、眼球運動などの多様な生体由来信号を時間同期的に収録できる「脳情報シーケンサー」を構築し、得られた脳情報オミックスデータの解析を通じて、ユーザの精神と身体状態をキャリブレーションが不要で100 ミリ秒以下の即応性が担保された形で推定するアルゴリズムを開発することを目標としている。令和 2 年度は、必要な機材と人員の選定を精緻化するとともに、令和 3 年度に購入する設備・備品から出力される複数のデータ packets をインターネット上で時間同期するためのプログラムを実装する計画であった。これに対し、本テーマの担当者として2名の研究参加者を割り当て、開発に必要な設備・備品(脳波計、筋電計、カメラ式モーションセンサ、視線検出装置、手指センサグローブ、音声、多目的入力装置等、全 11 製品)のリストを作成した。次に、シーケンサーの利用シーンを想定した上で筐体構造の仕様を特定した。各種装置の仕様を分析し、時間同期下でのデータの実時間突合を可能にする通信機構を考案した。具体的には、各種装置を子機 PC により制御し、LabStreamingLayer (LSL) 機構を使ったイントラネット上でのパケット同期を実現させながら、親機 PC には LSL 対応実時間信号処理プラットフォームであるソフトウェア OpenVibe、LabRecorder、XDF Reader を組み込むこととした。複数の子機 PC を集中制御するためにロボティック・オートメーション・プラットフォーム(RPA)を用いた制御方式を考案した。

2. 脳疾患の予防と有病社会復帰者の脳状態管理を実現する非侵襲 BMI の社会実験

本研究開発課題では、装脱着が簡便な非侵襲 BMI デバイスに精神・身体状態の推定アルゴリズムを組み込み、ユーザが日常環境のなかで精神・身体状態を把握して、健康管理に役立てたり(Brain Assistant)、サービスロボット、パーソナルモビリティ、VR 空間アバターを操縦したりする(Think Communication)アプリケーションを、一般商用レベルの UI/UX 下で構築することを目標としている。有病社会復帰者コミュニティおよび一般市民コミュニティと連携して、開発したアプリケーションを配布し、大規模な社会実験を推進することも目標である。令和 2 年度は、脳指標の抽出とエビデンスレベルの判定を実現するための解析パイプラインを作成し、実働人員の確保を完了する計画であった。実際に複数件の脳指標の抽出を実施し、令和 3 年度に実施するアプリケーション開発に必要な脳指標の確定を完了する計画であった。これに対し、実際の稼働結果は次の通りであった。診療ガイドライン作成に関する有識者2名へのヒアリングを実施して要点整理をおこない、解析パイプラインを整備した。

次に、前記 Brain Assistant、Think Communication アプリケーションの開発に必要な脳指標の選定を実施した。具体的には、身体状態に関する体調変化を自己調節することをスコープとして各種文献の narrative review を実施検討し、3 種類のアプリケーションを開発目標として設定した。当該アプリの実現に必要な脳指標を検討していたところ、2021 年度に改訂予定の脳卒中診療ガイドライン(日本脳卒中学会)において、ブレイン・マシン・インターフェース技術に関する記載が初掲載されることを確認した。そこで被引用文献 3 件の内容を確認したところ、脳波所見として感覚運動リズム(sensorimotor rhythm、以後 SMR)、および SMR の事象関連脱同

期(event-related desynchronization、以後 ERD)の2つが用いられていたことから、SMRとSMR-ERDをアプリ開発に必要な脳指標として選定した。

課題推進者:牛場 潤一(慶應義塾大学)

研究開発課題1-1-2:非接触表面情報による心身状態の推定

当該年度実施内容:

1. マルチモーダル脳・生体・行動情報を用いた精神・身体のコンディショニング技術の開発

既に Sony CSL が保有するマルチモーダル演奏技能計測システムと同期して脳波を計測可能な脳波デバイスの選定や、同期システムの開発パイプラインの設計を行った。牛場グループと連携し、疲労を評価する上で、脳神経系の中枢疲労と筋疲労に分け、それぞれを評価する上でのバイオマーカーや、評価のためのバッテリーテスト(運動課題, 認知課題)および疲労アラートシステム開発について検討した。脳情報と生体情報を包括的に計測可能なシステムの開発を委託した。複数の患者と統制群となる健常者の生理データと行動データの計測が必要であるために、浜松市リハビリテーション病院や、ハノーファー音楽演劇大学音楽生理学音楽家医学研究所、マウントサイナイ病院と連携するための手続きを行った。

2. 精神・身体のコンディショニングを実現する非侵襲 BMI・非接触 BMI の社会実験

ムーンショット目標1の身体的能力を拡張できる技術を開発・普及する上で、最適なパフォーマンスを発揮するためのコンディショニングに有用な非侵襲 BMI・非接触 BMI を明らかにするために、日常生活や職業生活を妨げずに現在のコンディションを簡便に評価できるシステムが必要である。コンディションを推定・最適化するシステムを開発することにより、身体的能力および脳の制約からの解放による QOL 向上に寄与することが期待される。さらに、当該システムを普及させることで、コンディショニングによる QOL の向上のみならず、健常者の異常検知による疾患発症予防やパフォーマンス向上に寄与することも期待される。そのため、簡便なセンシングに基づくコンディションや症状を推定するアプリケーションを開発することに取り組む。スマートフォンで収録した楽器音信号に対して、信号処理を行い、疾患の症状を定量化するスマホアプリの開発のパイプラインの設計を行った。当該アプリの開発とユーザーテスト、POC を行った後、BA アプリに統合することで、コンディション・症状と脳神経状態の同時推定が可能になり、より信頼性の高いコンディショニングが実現可能になると考えられる。

課題推進者:古屋 晋一((株)Sony CSL)

研究開発課題1-2-1:非接触表面情報による心身状態の推定

当該年度実施内容:

1. 表面情報からの心身状態の推定に向けた知的基盤技術

本研究開発課題では、身体表面から非接触センシング技術で精神状態推定・予測する技術を確立することを目的とする。具体的には、既存の接触技術による生理指標を併用しながら、非接触技術による新しい計測技術の精度を速やかに上げる。小泉グループ・中澤グループと密な連絡と議論によって、サーフェス情報から予測する教師情報となる精神状態計測そのものの精度も上げるため、被験者による主

観報告やログ、認知課題パフォーマンスの最適化と選定のための議論と予備的検討を小泉グループ・中澤グループと連携して進めた。

2. 日常生活環境下での心身状態非侵襲推定に向けた社会実験

本研究開発課題では、ユーザの表面情報を日常環境のなかで恒常的に計測して精神状態を推定・予測できるシステム基盤を開発することを目的とする。令和2年度では、小泉グループ・中澤グループとのミーティングと議論によって、研究開発のターゲットユーザとなる被験者プールとして、渡邊グループがもつ健常学生被験者プール(全体で500名以上;今後拡大予定)、中澤グループがパイプをもつスポーツ関係・医療関係・リハビリテーション関係(詳細は中澤グループの報告を参照)、小泉グループが連携を可能にする女性向けアプリ大手企業(詳細は小泉グループの報告を参照)などを組み合わせて、社会実験につなげることを企画した。対象が障がい者の場合や配慮が必要な場合もあることを再確認し、被験者プールの扱い方や情報の統合については、令和3年度に事務局及びJSTと相談しながら進めることとした。

課題推進者: 渡邊 克巳(早稲田大学)

研究開発課題1-2-2: 非接触表面情報からの身体運動を伴う場合の心身状態の推定

当該年度実施内容:

1. 表面情報からの心身状態の推定に向けた知的基盤技術

本研究開発課題では、身体表面から非接触センシング技術で精神状態推定・予測する技術を確立することを目的としている。具体的には、既存の接触技術による生理指標を併用しながら、非接触技術による新しい計測技術の精度を速やかに上げる。渡邊グループ・小泉グループと密な連絡と議論を進め、試行的測定として、通所リハ施設、高校野球部、中学クラブチームを対象とし、日常の精神状態評価指標の記録を実施した。

2. 日常生活環境下での心身状態非侵襲推定に向けた社会実験

本研究開発課題では、ユーザの表面情報を日常環境のなかで恒常的に計測して精神状態を推定・予測できるシステム基盤を開発することを目的としている。令和2年度では、渡邊グループ・小泉グループとのミーティングと議論によって、研究開発のターゲットユーザとなる被験者プールとして、渡邊グループがもつ健常学生被験者プール(全体で500名以上)、小泉グループが連携を可能にする女性向けアプリ大手企業、中澤 G 関係の通所リハ施設、高齢者団体、大学運動部、中学野球クラブチームなどを組み合わせて、社会実験につなげることを企画した。対象が障がい者の場合や配慮が必要な場合もあることを再確認し、被験者プールの扱い方や情報の統合については、令和3年度に事務局及びJSTと相談しながら進めることとした。

課題推進者: 中澤 公孝(東京大学)

研究開発課題1-2-3: 非接触表面情報からの気分の推定

当該年度実施内容:

1. 表面情報からの気分の推定に向けた知的基盤技術

本研究開発課題では、身体表面から非接触センシング技術で精神状態推定・予測する技術を確立することを目的としている。具体的には、既存の接触技術による生理指標を併用しながら、非接触技術による新しい計測技術の精度を速やかに上げ

る。渡邊グループ・中澤グループと密な連絡と議論を行い、身体表面情報から予測する教師情報となる精神状態計測そのものの精度も上げるため、被験者による主観報告やログ、認知課題パフォーマンスの最適化と選定のための議論と予備的検討を進めた。

2. 日常生活環境下での心身状態非侵襲推定に向けた社会実験

本研究開発課題では、ユーザの表面情報を日常環境のなかで恒常的に計測して精神状態を推定・予測できるシステム基盤を開発することを目的としている。令和2年度では、渡邊グループ・中澤グループとのミーティングと議論、および新たに採用したポスドク研究員と共同研究者・協働予定企業との議論によって、研究開発のターゲットユーザとなる被験者プールとして、女性向けアプリ大手企業などを組み合わせて、社会実験につなげることを企画した。対象が障がい者の場合や配慮が必要な場合もあることを再確認し、被験者プールの扱い方や情報の統合については、令和3年度に事務局及びJSTと相談しながら進めることとした。

課題推進者:小泉 愛((株)Sony CSL)

(2) 研究開発項目2:IoBミドルウェア開発

研究開発課題2-1-1:脳情報の共有と統合のための数理基盤技術の開発

当該年度実施内容:

本課題では、小松グループ、および林グループとの共同研究を計画している。小松グループが取得したデータの解析を迅速に行うため、データ解析サーバーの設置と動物の姿勢を動画から判別するためのニューラルネットワークを構築した。その結果、たしかに動画から動物の姿勢推定ができることをデモデータで確認した。この解析手法は脳活動から姿勢などの情報を解読するニューラルネットワークの構築にも応用できるため、令和3年度以降の研究推進を予定通り進める。

課題推進者:笹井 俊太郎((株)アラヤ)

研究開発課題2-1-2:脳内情報表現の解読と数理基盤技術の開発

当該年度実施内容:

脳情報解析を専門とする所内研究員ならびに、アバターシステム構築技術をもつ所内研究員にチーム参加を呼びかけ、役割分担と今後の研究推進に関して打合せた。さらに、研究スペース確保ならびにコロナ感染対策と研究推進の両立に向けて、所内関係部署に連絡し、研究推進に支障がでないよう調整した。

課題推進者:林 隆介(産業技術総合研究所)

研究開発課題2-1-3:脳状態遷移コストの定量化と最適制御のための数理基盤技術の開発

当該年度実施内容:

1. 脳状態遷移コストを定量化するための理論研究の実施

脳活動から客観的に精神的な疲労度を定量化することに向けて、脳状態遷移コストを定量化する理論的枠組みを構築することであった。具体的には、制御理論の枠組みから、ある脳状態から別の脳状態に遷移させるために必要な制御コストを求める枠組みを提案した。従来研究で、決定論的な系で制御コストを定量化する理論は既に提案されていたが、この枠組みでは神経系の確率的な振る舞いを捉えることができず、制御コストの推定が不正確になってしまう問題があった。本研究では、

情報理論的な指標を導入することで、確率的な系の中でより正確に制御コストを定量化した。具体的には、制御コストを制御インプットがない時の系の遷移に対する同時確率分布と、制御インプットを入れた時の系の遷移に対する同時確率分布との Kullback-Leibler divergence(KLD)の最小値として定義した。これは、始状態と終状態の確率分布が与えられた時に最適制御経路を求める問題であり、Schrödinger bridge problem と等価であることが知られている。

この研究によって、本節に関する当該年度の目標はおおよそ達成したことになるが、まだ理論的に明らかになっていないことがある。例えば、線形のガウシアンシステムとして神経系を記述した時には、制御コストは状態の(1)平均値の遷移にかかるコストと、(2)共分散の遷移にかかるコストとの2項に分けることができるが、この2項が理論的にどのように振る舞うかが明らかではない。最近我々は、(1)平均値の遷移にかかるコストが実は、決定論的な系における制御コストに対応することを突き止め、この問題の解決に一つの糸口を見出している。ここで定義した情報理論的な制御コストの物理的意味を明らかにすることも重要な課題として残っている。具体的には、近年発展が顕著である確率的な熱力学における制御コスト(エントロピー生成)との関係性を明らかにすることが重要であると考えている。以上のように理論的に明らかになっていない部分を明らかにし、成果を論文にまとめることが次年度の目標と言える。

2. 脳状態遷移コストと認知負荷との関連を調べる応用研究の実施

前節で記述した理論研究によって定義した制御コストが、認知負荷とどのような関係性にあるか、実際の脳活動データを用いて妥当性を検証した。具体的には、fMRI データの大規模な公開データである Human Connectome Project を使って検証を行った。Human Connectome Project においては約 1000 人の被験者が複数の共通のタスクを行っている際の fMRI データが公開されている。我々は脳が安静時にある時から、それぞれのタスク状態に移る時の制御コストを計算した。特に、タスクの難易度が客観的にはっきりしている、ワーキングメモリタスクにおいて、タスクの難易度が高い時と低い時で制御コストが違うかを調べた。その結果、難易度が高いタスクは難易度が低いタスクよりも遷移コストが有意に高いということが分かり、提案した制御コストが認知負荷と対応している可能性が示唆された。

この研究によって、本節に関する当該年度の目標は達成できたことになる。しかしながら、この研究で示したのはあくまで、(1) fMRI データでかつ(2) working memory task に関してのみ、脳状態遷移コストと認知負荷の対応が見ついたということである。より一般に他の種類の脳活動データ (EEG, ECoG など) でも同様に対応が見つくか、あるいは他のタスク一般に関しても認知負荷との対応が見つくかどうかを調べることが来年度の課題となる。特に fMRI データは空間解像度が高いというメリットがあるが、時間解像度が低いという致命的な弱点があるので、EEG, ECoG など時間解像度が高いデータでも、脳状態遷移コストと認知負荷の対応が取れるかどうかを調べることは特に重要となってくる。

課題推進者: 大泉 匡史 (東京大学)

研究開発課題2-2-1: マルチエージェントの協調制御と理論構築

当該年度実施内容:

令和2年度は、主にチームメンバーの雇用と研究計画の緻密化を中心に進めた。

課題推進者: Kai Arulkumaran ((株)アラヤ)

(3) 研究開発項目3: IoB コア技術

研究開発課題3-1-1:意図コミュニケーションのための基盤技術開発

当該年度実施内容:

1. マーモセットのコミュニケーションのオンライン化実験

複数頭のマーモセットの音声コミュニケーションをオンライン上に移行し Think Communication を実現するため、ECoG 電極を埋め込んだマーモセット A,B を離れた 2 箇所には置かれたケージ内で自由行動させる予定である。本年度は既に電極埋設済みの 2 個体のマーモセットを用いて実験環境下で鳴きかわし実験を試験的に実施した。行動観察および神経活動を取得し、笹井グループへデータを提供した。

2. マーモセット用 AI 支援型 BMI-CA の制作

本研究開発課題では、時間と空間を超えるコミュニケーションを行うために、マーモセットが行動する XR 環境が必要となる。そのため、ケージ周辺に 360 度ドームスクリーンを設置し、視覚、聴覚情報を自由に操作することを可能にする予定である。本年度は XR 環境を設置するための施設内スペースの調整を開始した。

課題推進者:小松 三佐子(理化学研究所)

研究開発課題3-2-1:人工神経接続による身体と心の制約からの解放

当該年度実施内容:

末梢への機械的刺激をもとに、運動や体性感覚を司る大脳皮質・情動を司る大脳基底核を刺激することを想定して設計を行った。マルチチャンネルのデジタル信号あるいはアナログ信号を統合し、その結果に基づいて、電気刺激を生成する刺激ためのソフトウェアとハードウェアを作成した。予定より研究が進展し、サルが自分で出した把持力を入力信号として、その力に依存した電気刺激を意欲を司る側坐核へ刺激(力-側坐核)したところサルが把持を頻繁に且つ力をより出すようになった。このことは側坐核へ情報を書き込むための技術開発ができたことを意味している。

マルチチャンネルのデジタル信号を統合し、その結果に基づいて、マルチチャンネルの電気刺激を生成する刺激ためのソフトウェアとハードウェアを運動を司る大脳皮質活動をもとに、脊髄を刺激することを想定して作成した。予定より研究が進展し、脊髄損傷モデルサルでリアルタイムに麻痺した筋肉、あるいは脊髄を電気刺激することで麻痺した手の運動を惹起することに成功した。

課題推進者:西村 幸男(東京都医学総合研究所)

研究開発課題3-2-2:侵襲 BMI の臨床応用に向けた開発

当該年度実施内容:

1. 頭蓋内脳波による意図・注意情報の推定と意思伝達技術の実現

様々な映画の一場面を 10-15 秒程度切り抜いた動画を集め、60 分の視覚刺激として作成した。既に、頭蓋内脳波電極を留置された患者が、同動画を視聴している際の皮質脳波計測を 16 名で行なっている。同動画を林グループと共有し、視覚関連領域に電極を留置されたサルに同動画を視聴する課題を行った際のデータを計測しヒトと比較するプロジェクトを開始した。ヒトの皮質脳波計測データを共有するために、大阪大学医学部附属病院倫理委員会に申請を行い、承認を得た。現在、林グループが所属する産業技術研究所のデータ受け入れに関する倫理審査を待っている。同様のデータセットを大泉グループ、暦本グループとも共有を検討し、既に倫理審査を終了している。

2. ヒトへの体内埋め込み型脳波計測装置適用のための医学的検討

動物及びヒトに適用可能な埋め込み型ワイヤレス脳波計測装置を開発・販売している Cortec 社より、計測のデモ装置を借受け、感覚運動野に硬膜下電極を留置した猿から、同装置を用いて皮質脳波を計測した。

3. 皮質電気刺激による情報入力

上記の同装置・同動物について、運動野の電気刺激を行い、筋収縮反応が得られることを確認した。

課題推進者: 柳澤 琢史(大阪大学)

(4) 研究開発項目4: 共通基盤技術開発

研究開発課題4-1-1: 新規研究課題の検討と開発

当該年度実施内容:

1. 脳へ詳細な情報を伝達するための入力インターフェイス技術調査

脳への高精細な情報入力のための新規技術発掘に向けた調査の計画を立てるために、探索の対象となる研究分野のリスト化、及び、探索をシステムティックに実施した。BMI 技術に関する論文を大規模に調査し、現在想定されている情報入力技術として、Transcranial focused ultrasound、オプトジェネティクスが候補に挙げられた。Transcranial focused ultrasound においては、EEG と組み合わせることでヒトからヒトへの Brain-to-brain コミュニケーションを行われたケースがある事が分かった。オプトジェネティクスでは動物において、単一神経細胞毎に刺激する技術が示されている事や、ヒトでも網膜において臨床実験が行われており、蝸牛に適応する試みも試されている事が分かった。

2. 研究チーム間で共通の実験基盤として社会実装を推進するメカニズムの実施

一般の人が非侵襲・非接触 BMI の体験と実験参加ができ、BMI に触れることができる実験スペースの要件の検討、および施設の運営体制についてミーティングで議論を重ねた。各種条件に合致し、かつ各研究施設からのアクセスも比較的良好な条件に基づき、物件を検討した。

3. AI 支援型 BMI-CA の開発におけるビジョンデザインとアプリプロトタイプ制作実施

本プロジェクトで作成する脳アプリケーションの具体的なイメージに関して、牛場研究室主導にてチームメンバーを選定し、一般ユーザの目線で検討しビジョンを明確化した。このことにより、本プロジェクトの出口としてのアプリケーションの有用性を担保し、プロジェクト全体における開発の方針を検討した。

課題推進者: 金井 良太((株)アラヤ)

3. 当該年度のプロジェクトマネジメント実施内容

(1) 研究開発プロジェクトのガバナンス

進捗状況の把握

代表機関として、金井のプロジェクト全体管理(発案・運営・進捗管理・広報企画等)を PM チームとして実施した。

PM チームの体制を、令和 3 年1月より、知財・法務、財務・購買、報告書・予算管理の機能を代表機関で対応可能な体制作りを実施。研究成果の社会へのコミュニケーションの企画・推進と共に ELSE 課題への企画と対策を進める体制を構築した。

金井 PM と課題推進者および必要に応じて参加するオブザーバーからなる会議を設置し、プロジェクト全体の活動に関わる議論し意思決定を行っている。具体的には下記のような事案が議論の対象となる。

- プロジェクト運営上重要な連絡事項の共有
- 課題推進者間での研究開発内容の連携と調整
- 新規課題の設定と課題推進適任者の選定
- 成果報告書取りまとめなどのスケジュールの確認

会議は月に1回程度の頻度で実施しているが、管理運営上の重要事項の連絡等は、代表機関および PM オフィスメンバーより、メール及び Slack により随時おこなった。これらの連絡体制は、作り込み期間においてもすでに運用されており、プロジェクト参加者全体での連携と共同作業を支えるインフラとして機能している。

課題推進者の進捗の確認を目的とした会議を、研究開発項目単位ごとに週次での定例ミーティングを設定した。ここでは、研究開発の進捗、具体的なアウトプットのリスト化、推進にあたって直面している課題の洗い出しを行い、PM の観点から研究の推進を促すフィードバックを随時行う。進捗状況については、各年度の研究計画を策定と照らし合わせて、進捗状況を確認し、解決すべき課題の同定と対策を行っていく。

サイトビジットについては新型コロナウイルスの状況に鑑み、今後の実施に向けた議論を行っていく。

研究開発プロジェクトの展開

本年度は、プロジェクトの目標の共有を課題推進者全員に対して徹底し、それを実現するためのミッション・ビジョン・バリューに基づいた評価を行なっていくことを明確にメッセージングする。その文脈で、各課題推進者には自分の研究開発の位置づけと、期待される成果について確認し、プロジェクト全体での目標への貢献と整合しない研究、または、研究成果が期待される質と量に達していないと判断し、一部廃止とした。

研究開発課題2-3-1の課題推進者として、暦本純一教授(東京大学)への参加を依頼し令和3年度から研究を開始することとした。

(2) 研究成果の展開

以下の内容を含んだ実施規約を課題推進者、所属機関との間で締結し、プロジェクトとしての一貫性、機動性、実効性を担保した。知財運用会議を設置した。

知財出願の計画

1. プロジェクト内での統一を図るため、課題推進者全員と共通の実施規約を締結し、学会や論文での公表に先立つ公表申請書の提出と PM 承認を必須とする。金井 PM は必要に応じて萩田 PD から助言を受け、研究開発成果に基づく特許出願を確実に実施する。

2. 課題推進者の職務発明を所属機関の自己都合で承継しない場合には、発明した課題推進者に充てられた直接経費から知財維持管理費用を執行し、知財権利化を行う。

知財活用戦略

1. 課題推進者と課題推進者が所属する機関の知財担当者を含めた知財運用会議(議長金井 PM)を設置して、知財の実施許諾権の運用に関する協議をおこない、課題推進者の研究成果活用企業(ベンチャー企業)や第三者企業による知財活用、産業化が実施しやすい条件を整備している。
2. 知財運用会議で、本研究開発プロジェクトの知財内容を一元的に把握し、実用化のための導出先の検討や、複数知財のパッケージングなどの戦略的導出方法を検討する。通常実施権の許諾あるいは譲渡の実施に先立っては、知財運用会議による合意を経ることを必須とした。
3. 本研究開発プロジェクトの成果の実用化等に必要になるとして課題推進者の研究成果活用企業(ベンチャー企業)や第三者企業から通常実施権の許諾を希望された場合に、特許権者がみだりにこれを妨げないこととする。
4. 知財運用会議は、国内外の産業動向に関する情報収集を定期的実施し、本プロジェクトの成果物たる知財に抵触する可能性のある内容を把握した場合に、特許権者に差止請求や損害賠償請求をうながす。

(3) 広報、アウトリーチ

アウトリーチ広報活動については、代表機関のPMチームを担当機関とし、サイエンスコミュニケーションの実績と経験のある**外部有識者**の協力とアドバイスをいただきながら、企画運営を行っている。

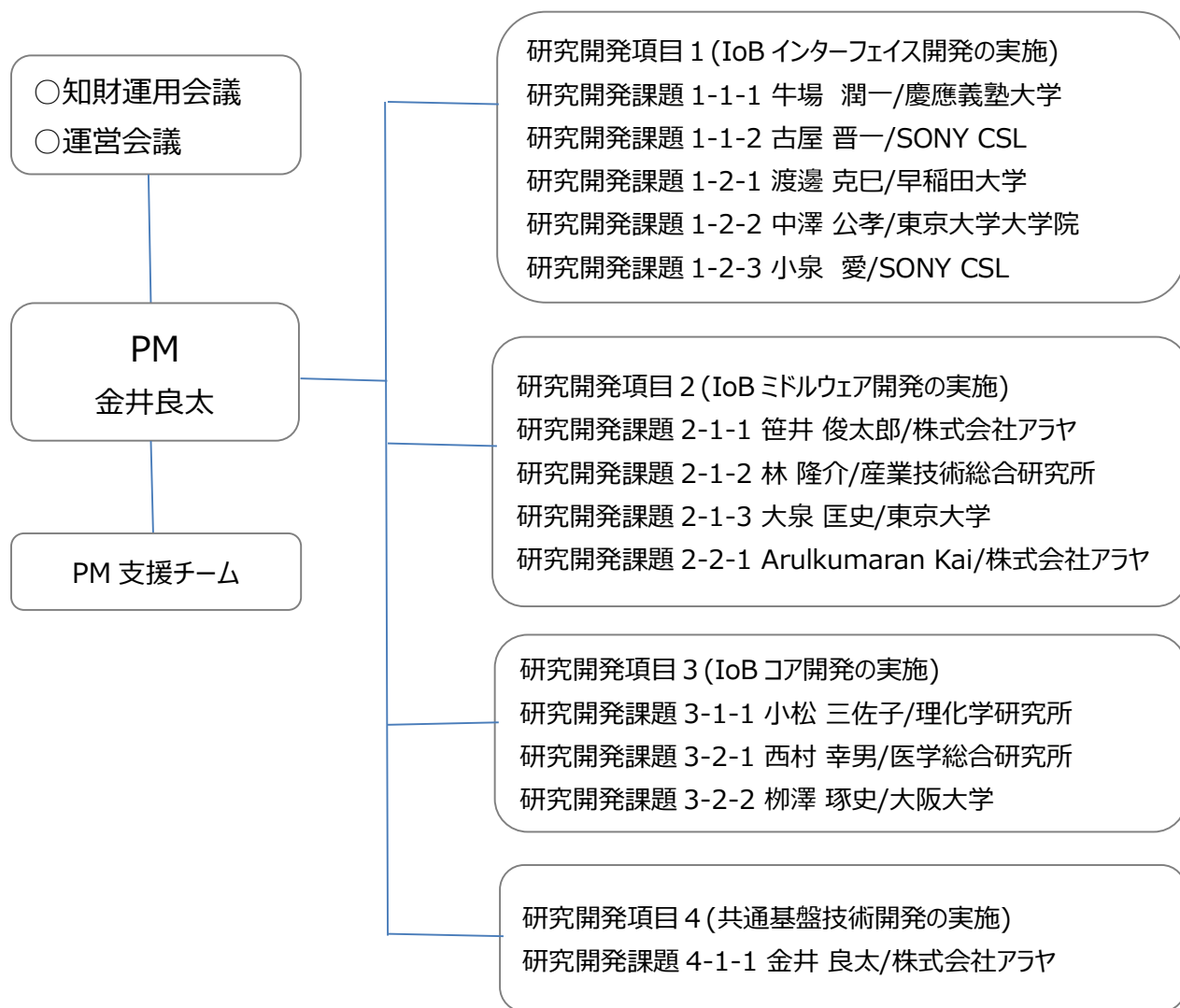
本年度は、プロジェクトの目標と具体的な取り組みを、一般の人に本プロジェクトの発足を伝え、目標実現の意義と、それによってもたらされる未来像を伝えるため、**ホームページを開設**した(<https://brains.link/>)。よりよいホームページとするため、引き続き次年度も継続して取り組む。このホームページを起点として、人材募集の告知、研究成果の発表と開設、イベント開催の予定を発信していく。

長期的なプロジェクトを通して目指す2050年の**未来像を動画により表現**することを目指しているが、本年度中は、動画としてのコンテンツや、一般の人への、本プロジェクトから得られる成果が人類の未来に貢献するものであるかを伝えるためのメッセージの作り込みを行う。

(4) データマネジメントに関する取り組み

研究開発項目1で予定しているヒトでの脳波データ・生体データの収集に向けて、将来的な本プロジェクト内外でのデータシェアリングに向けたシステムの検討を進めた。PD 及びアドバイザーによる本プロジェクトのサイトビジットをオンラインで実施したが、その際に、本プロジェクトで得られるデータの有用性について、有効活用が期待されるとのフィードバックをいただき、そこで望まれる脳の大規模データを適切に管理するために必要な技術的要件の検討を行った。

4. 当該年度の研究開発プロジェクト推進体制図



知財運用会議 構成機関と実施内容

知財運用会議（議長 金井 PM）の元、課題推進者の研究成果活用企業（ベンチャー企業）や第三者企業と共に、知財出願の計画や、知財権利化を行う。

運営会議 実施内容

- プロジェクト運営上重要な連絡事項の共有
- 課題推進者間での研究開発内容の連携と調整
- 新規課題の設定と課題推進適任者の選定
- 成果報告書取りまとめなどのスケジュールの確認

5. 当該年度の成果データ集計

知的財産権件数				
	特許		その他産業財産権	
	国内	国際(PCT含む)	国内	国際
未登録件数	0	0	0	0
登録件数	0	0	0	0
合計(出願件数)	0	0	0	0

会議発表数			
	国内	国際	総数
招待講演	1	0	1
口頭発表 (うち、査読有)	0	0	0
ポスター発表	0	0	0
合計	1	0	1

原著論文数(※proceedingsを含む)			
	国内	国際	総数
件数	0	0	0
(うち、査読有)	0	0	0

その他著作物数(総説、書籍など)			
	国内	国際	総数
総説	0	0	0
書籍	0	0	0
その他	0	0	0
合計	0	0	0

受賞件数		
国内	国際	総数
0	0	0

プレスリリース件数
0

報道件数
0

ワークショップ等、アウトリーチ件数
1