

脳情報から知覚情報を推定するAI技術

官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）

「AI技術領域」

令和3年度成果

令和4年3月

総務省

資料1 「脳情報から知覚情報を推定するAI技術」の概要

アドオン額:90,000千円(総務省)

元施策・有/PRISM事業・新規

課題と目標

- (課題) 脳情報科学とAIの組み合わせは大きな経済的ポテンシャルを有するが、多種・大規模な人の感覚情報(脳情報)を民間企業が独自に取扱うのは困難である。このため国立研究開発法人が中心となり、**様々な民間企業がビジネスにおいて、このような技術を活用できるように、AIのオープンソース化をする等しないとこの分野の発展は難しい。**
- (目標) f-MRI(磁気共鳴機能画像法)によるデータ収集を通じて、様々な民間企業が利活用可能な**AIモデルとして「汎用型脳モデル」の確立と公開を目指す。**あわせて、より広範な産業分野での応用展開に対応するための**脳活動データセットの構築**をする。また、民間企業向けのガイドライン作成を念頭に、脳情報通信が社会的に健全に受容されるための**ELSI※に関して検討**する。 ※ethical, legal and social implications

「脳情報から知覚情報を推定するAI技術」の概要

■元施策:「映像等を視聴した際に人が知覚する内容を直接推定する技術」(NICT運営費交付金282.5億円(R4予算案)の内数)

■PRISMで実施する理由:

元施策は、**AI戦略2019において基盤技術の研究開発**として位置づけられており、米人工知能学会において優秀な論文に採択される等、**AI戦略における目標は想定以上に進捗**している。また、この基盤技術について民間企業が関心を持ち、共同研究を経て、一部の領域で商用化につながった。この成果はイノベーション転換が期待されるが、一部の企業だけでなく**広い企業が活用できるようにし、民間投資を加速させることはPRISMの趣旨に合致**する。

■テーマの全体像:

①NICTにおいて原理解明と
基盤技術確立(基礎研究)

AI戦略2019
に基づく

②NICTとAIベンダー企業
との共同研究
(応用研究)

アメリカ人工知能学会
@2020 優れた論文

元施策+αの成果

PRISM施策によって、
利活用の加速化

③AI戦略に紐づく元施策(①)の成果の
社会利活用をPRISMにより加速(実用研究)

◆総合知としての社会科学的議論(ELSI議論)

◆多くの企業が利用可能な環境の構築(オープン化)

◆ユーザー企業が参画した実用研究

(快適な住環境・素材の推定等) ※初年度はfs調査

PRISM実施内容

出口戦略

NICTにおいて安全に元の脳活動データは保管し、「汎用型脳モデル」はオープンソース化する等の取組を進め、民間利活用を促す。

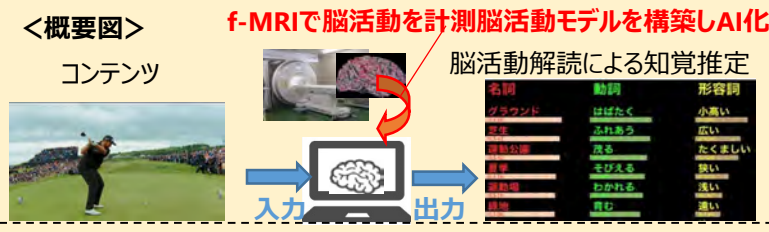
民間研究開発投資誘発効果等

- オープンソース化等により**官民間問わず脳活動データを広くビジネスに活用できる環境を整備**し、これまでの作業の効率化や新規産業の創出等を促進する。
- 民間企業が有する感覚に関する貴重なデータ(素材のテクスチャ等)を「汎用型脳モデル」のための**学習データ**として活用することや**研究開発投資**が期待される。
- 脳情報活用した、**ものづくりを中心とした商品企画や関連したソフトウェア産業の開発投資が見込める**(2030年に1.1兆円規模の市場が見込まれると試算)。

アドオン（総務省）：90,000千円
元施策名：
「映像等を視聴した際に人が知覚する内容を直接推定する技術」
（NICT運営費交付金282.5 億円（R4予算案）の内数）

元施策概要

- 本技術の中核をなす、ヒトの脳を媒介する転移学習の手法「Brain-mediated Transfer Learning（BTL）」は、国立研究開発法人情報通信研究機構（NICT）の脳情報融合研究センター（CiNet）において基礎・基盤研究として実施し、民間企業と共同研究で実用化した。これは、**2020年にAAAI（米国人工知能学会）においても優れた成果として取り上げられている**。従来のAIが苦手とした「感覚の推定」やそれに基づく製品設計を可能とした。データセットが充実することで、様々な入力情報（画像、音、匂いなど）に対する脳の反応情報を取得して、人間の感じ方のシミュレーターとして機能しうるポテンシャルを有する。
- **NICTと一部民間企業において共同研究を実施し、技術移転**をして、一部の機能（比較的単純な視聴覚を取り扱うAI）の社会展開も実施している。



PRISM施策により大規模データ収集と民間のデータ利活用体制整備

脳情報民間利活用促進

① 脳情報活用の社会展開に関する調査研究を踏まえて、産業利用のための「基本モデル」作成やオープン化を目指す

② 産業応用のためのBTLの汎用性向上のためのデータセット整備等

③ 脳情報関連技術の社会受容に関する調査研究（ELSI等）

PRISMで加速化

社会利用

「汎用型脳モデル」による製品・サービス評価システム企業の製品開発に活用

「汎用型脳モデル」の作成・オープン化

ELSI 新しい社会での倫理的・法的規範の構築

R3年度 企業群組織化・FS調査

データの汎用性向上や民間企業の脳情報取得支援体制強化

【開発のイメージ】

主な取組	2021年度	2022年度	2023年度
PRISM 取組概要	・ POC事業及びFS調査の実施 ・ ELSI検討体制構築 予算額 0.9億円	・ 刺激データの拡充 ・ エンコード/デコードモデルの構築 ・ ELSIガイドライン検討 予算額 1.8億円	・ データ公開基盤運用 ・ 民間計測環境整備 ・ ELSIガイドライン中間案検討 予算額 4.8億円
PRISM施策における各テーマの取組事項	・ 民間利活用ユースケースを整理の調査・会議（FS調査） ・ 人間行動特性対応データ整備（POC事業） ・ ELSI規範構築のための体制構築・研究開始	・ 視聴覚に対応した脳活動情報の大量取得とAI化 ・ 大規模データ整備 ・ ELSIガイドライン検討	・ マルチモーダル対応の脳情報を使った転移学習AIモデル構築 ・ 様々な感覚認知刺激情報データベース整備 ・ ELSIガイドライン中間案提示と関係者からの意見聴取
感性分野ごとの取組	実証モデルの構築（POC事業） 視聴覚評価モデルの高度化 空間評価モデルの構築 視覚・触覚クロスモーダル脳モデルの構築		
視聴覚	民間企業が広く利用可能な画像・動画に対する評価モデルを開発 ・ 民間企業が広く利用可能なデータセットとアルゴリズムを構築/エスロジカルデータの有用性を実証 「さわり心地」予測モデルの開発		
空間感性価値	空間に対する評価モデルを開発 「より立体的に感じられる視覚刺激の作成」 ・ 空間評価に係る脳活動データセットの構築 ・ 空間評価に係る脳モデルの開発		
視覚・触覚感性価値	マルチモーダル化 2023年度の目標は五感のうち「視覚×聴覚」、「視覚×触覚」等のクロス・モーダルの産業応用 ・ 視覚/触覚刺激材料の選定 ・ 視覚/触覚に係る脳活動データセットの構築 ・ 視覚/触覚に係る脳モデルの開発		

○脳情報の取扱や権利関係といったビジネスモデル上の留意点を整理しつつ、ユーザー企業が参画した実用研究（快適な住環境・素材の推定）等を進め、多くの企業が利用可能な環境の構築（「汎用型脳モデル」のオープン化）を実施し、民間研究開発投資の促進と、新しい産業市場の形成を行うことを目指す。このために以下の3点の事業項目に取り組む。

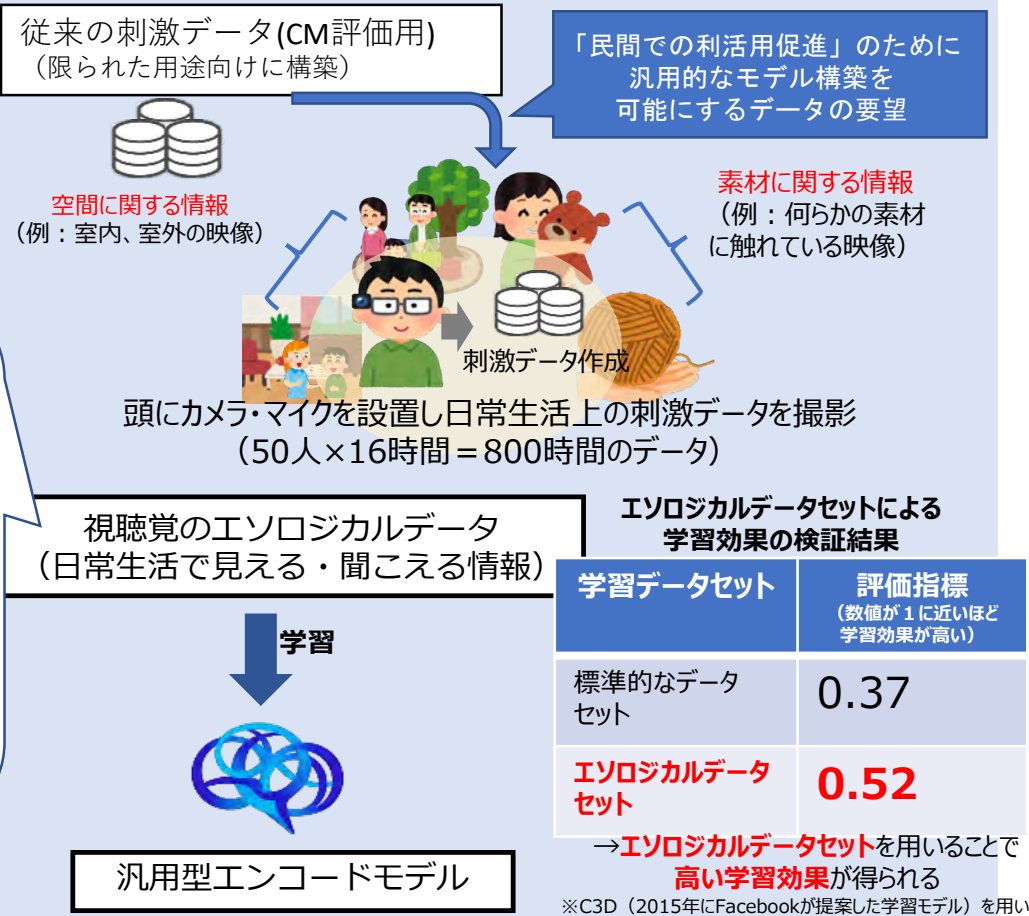
事業名等（※個別に目標を設定している場合）	当年度目標	目標の達成状況
①民間企業が手軽に利活用可能で、様々な脳情報を学習した「汎用型脳モデル」の確立・拡張とその公開に向けた検討（適用範囲の拡大）	本事業でのユーザー企業のニーズの整理やビジネスモデルについての調査研究を行うとともに、脳情報を生かしたAIの民間利用の課題を抽出する。（FS調査）また、同時にA I 関連中核センター群（理研・産総研）の連携も目指す。	脳情報から知覚情報を推定するAI技術を用いたソリューション・サービス等を開発・提供しうるAIベンダーやユーザー企業等、合計約25企業・団体等へのヒアリング等により情報収集。脳情報を扱う市場について、現状の課題やニーズ等の観点から調査を実施。本技術のニーズがある産業領域を9分野特定し、2030年には1.1兆円規模の市場があることを推計した。 研究者・有識者7名、民間事業者8名、関係団体1名からなる「脳情報から知覚情報を推定するAI技術等の社会実装加速化に向けた検討会（FS検討会）」を開催し、ビジネスモデルに係る調査研究を実施、脳情報を生かしたAIの民間利用の課題を抽出。 当該検討会には、AI中核センターの産総研や理研ベンチャー制度により創業された企業が参画するほか、関係省庁（文部科学省、厚生労働省、農林水産省、経済産業省、国土交通省、環境省等）がオブザーバーとして幅広く参加。FS検討会において、民間利用促進に向けた課題を整理し、社会実装加速化に向けた取組案をとりまとめた。 また、当初目標を超える成果として、R3年度時点で、企業との資金提供型共同研究契約を締結し、民間資金の提供を受けながら、脳情報を活用した感覚情報の推定技術のモデル化の取組を開始した。
②より広範な産業分野での応用展開に対応するための脳活動データセットの構築（汎用性の向上）	ある程度の規模を有する自然な情報（人間の生活環境下）を考慮したデータセットを構築し、多様な刺激に対する評価を可能にする汎用型エンコードモデルを試作。これにより自然な人間の感覚や判断に近い汎用型脳モデルが実現可能であること示す（POC事業）	自然な情報（人間の生活環境下）を考慮したエソロジカルデータ（日常生活で見える・聞こえる情報）のデータセットを構築するため、エンコードモデル構築に必要な視聴覚の動画を800時間分作製、当該データセット（400時間分）を用いて汎用型エンコードモデルを構築、エソロジカルデータの有用性、汎用型脳モデルの実現可能性に係る検証を実施した。エソロジカルデータセット（400時間分）と標準的な人物動作認識データセットによる学習効果を比較したところ、エソロジカルデータを用いた学習モデルの方が、定量的に優れた性能を有するという結果を得た。全データ（800時間分）を用いた解析も進行中。データ処理やモデル構築の大幅高速化を実現する最新の計算機器導入を完了。
③民間企業向けのガイドライン作成を念頭に、脳情報通信技術が社会に健全に受容されるためのELSI (ethical, legal and social implications)に関する調査研究	国研・大学・民間企業等からなる「脳情報解読技術に関するELSI検討委員会（仮称）」を組織し、国内外の対応状況の調査研究を実施。A I 関連中核センター群とも連携しつつ、人文社会系の研究者を加えた「総合知」としてのELSI関連事項に取り組んでいく。	脳情報を活用したAI・関連技術のELSIについて、これまでOECDや国内外の学術機関にて実施されてきた議論のまとめと論点整理を実施。哲学、社会科学、医事法学等の人文社会系を含む研究者11名、民間事業者3名、関係団体1名からなる「脳情報を活用し知覚情報を推定するAI技術等の社会受容性確保に向けた調査研究検討会（ELSI検討会）」を開催し、脳情報関連のELSIに関わる国内外の状況等を踏まえ、民間企業が脳AIを活用する際に留意すべき事項等、脳AIの普及に向け、来年度以降の議論に繋がる論点を取りまとめた。 当該検討会には研究者にはAI中核センターの産総研から林隆介委員、理研から中川裕志委員が参画。文科省、経産省もオブザーバーとして参加。

●より広範な産業分野での応用展開に対応するための脳活動データセットの構築（汎用性の向上）

7月の運営委員会の議論を踏まえ、汎用型エンコードモデルの構築について、PRISM事業の最終目標である「民間での利活用促進」に照らして、研究の方向性を再度議論・検討した。FS調査を通じて企業のニーズに沿った研究の方向性を精査し、自然な情報（人間の生活環境下）を考慮したエソロジカルデータ（日常生活で見える・聞こえる情報）のデータセットを構築するため、視聴覚の動画を800時間分作製、当該データセット（400時間分）を用いて**汎用型エンコードモデルを構築、エソロジカルデータの有用性、汎用型脳モデルの実現可能性に係る検証を実施**した。エソロジカルデータセット（400時間分）と標準的な人物動作認識データセットによる学習効果を比較したところ、**エソロジカルデータを用いた学習モデルの方が、定量的に優れた性能を有する**という結果を得た。全データ（800時間分）を用いた解析も進行中。データ処理やモデル構築の大幅高速化を実現する最新の計算機器導入を完了。

POC事業の内容

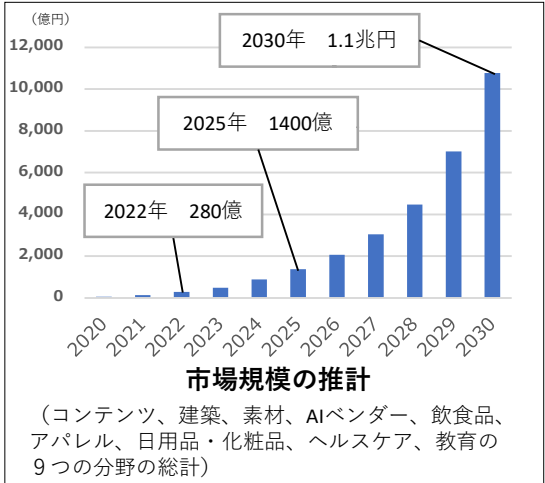
- POC事業では視聴覚の**エソロジカルデータ**（日常生活で見える・聞こえる情報）を用いて、**汎用的なエンコードモデルを構築**
 - なお、エソロジカルデータを用いることで**汎用性とともに脳活動予測精度の向上も期待**※
- エソロジカルデータは**空間や素材に関する情報**も含んでおり、**企業ニーズに柔軟に対応できると期待**
 - 刺激データに状況をタグ付けすることで、特定場面（例：屋外/屋内 等）のデータのみ切り出すことも可能
→**将来的には特定場面に特化したモデル作成も可能**
 - 日常的で多様なデータを対象とすることによりロバストなモデルの構築に対応可能
 - デコードモデルの構築にも寄与



※エソロジカルデータを用いた学習で刺激への反応精度が向上
(Mehrer J et al., 2021 Feb.)
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33593900/>

※C3D（2015年にFacebookが提案した学習モデル）を用いてエソロジカルデータセットとUCF-101（Youtube動画に人間の行動をラベリングした人物動作認識データセット。標準的なデータセットとして広く利用されている。）による学習効果を比較。

●民間企業が手軽に利活用可能で、様々な脳情報を学習した「汎用型脳モデル」の確立・拡張とその公開に向けた検討（適用範囲の拡大）
AIベンダーやユーザー企業等、合計約25企業・団体等へのヒアリング等により情報収集。脳情報を扱う市場について、現状の課題やニーズ等の観点から調査を実施し、本技術のニーズがある産業領域を9分野特定し、2030年に1.1兆円規模の市場があることを推計した。
さらに、研究者・有識者、民間事業者等からなるFS検討会を開催し、異業種間・同業種間の企業群や個別企業がNICTと共同で脳AIを開発・利活用する際のインセンティブや課題を整理し、想定されるビジネスモデルやユースケースをとりまとめた。更に、脳情報を生かしたAIの民間利用の課題を抽出、**来年度以降の研究の方向性を決定した**。また、R3時点で企業との資金提供型共同研究契約を締結し、感覚情報の推定技術のモデル化の取組を開始する等、**民間融資の誘発効果も見られている**。



- ＜民間利用促進・ビジネスモデル構築に向けた課題＞
- データベースの構築
→マルチモーダルな知覚情報と脳活動データ・アルゴリズムへの拡大、被験者が可能な限り抵抗を感じないスキーム構築 等
 - データベース提供
→API を介した試行しやすいデータ提供等、民間企業が使いやすいスキーム、適応領域が広く汎用性の高いモデル・データセットの整備 等
 - 研究開発環境の整備・提供
→民間企業が自らデータ収集・商品・サービス展開するための研究開発環境 等
 - 研究開発・事業化に係るサポート体制の構築
→サービス精度の共通評価指標の提供、研究者による技術に関するサポート、人材育成・技術開発の継続 等

- 民間融資を受けた共同研究の実施状況
- R3年度は、8件（約1.3億円）の、資金受け入れ型共同研究を実施。具体的には以下の業種の企業と連携した。
- 情報通信関連企業
 - 情報機器関連企業
 - 運動機器関連企業
 - 運輸機器関連企業
 - 電子機器関連企業
 - 音響機器関連企業
 - 一般社団法人
- 等

●民間企業向けのガイドライン作成を念頭に、脳情報通信技術が社会に健全に受容されるためのELSI (ethical, legal and social implications)に関する取組

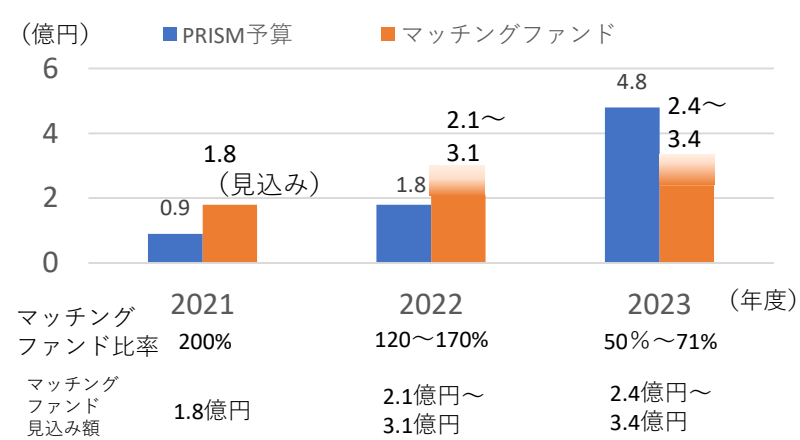
哲学、社会科学、医事法学等の人文社会系を含む研究者、民間事業者等からなるELSI検討会を開催し、脳情報関連のELSIに関わる国内外の状況等を踏まえ、民間企業が脳AIを活用する際に留意すべき事項等、**脳AIの普及に向け、来年度以降の議論に繋がる論点を取りまとめた**。

- ▼第1回ELSI検討会の議題
- 脳情報を活用し知覚情報を推定する技術
 - 脳情報関連のELSIに関わる国際的な状況 等
- ▼第2回ELSI検討会の議題
- 脳情報を活用し知覚情報を推定するAI技術に関連し得る欧州の法規制動向
 - 大学病院の医療DX戦略 等
- ▼第3回ELSI検討会の議題
- 個人遺伝情報事業における個人情報保護法との関わり
 - Neuro Rightの動向 等

- ▼来年度に向けたELSIに係る論点
- 脳情報をモデル化することによる差別・スティグマのリスク
 - データ取得・利用・第三者提供に関する意思決定プロセスについて
 - 事業者課す義務（守秘義務等の範囲の在り方）
 - 公平性・包摂性の課題（データを取得する母集団の偏りによるバイアスリスク）
 - 個人の脳情報の活用時のプライバシー確保に向けた課題
 - 脳情報を利用したAIの利活用・共有・提供にあたっての課題 等

○民間からの貢献額

- ・ 本事業に係る民間の動向として、応用脳科学コンソーシアムが結成され、本事業と関係の深い課題に対して民間企業（現時点で8社）から資金が拠出された。現時点で各社参加時に3000万円を拠出×8社、総額2.4億円について合意しており、3年程度の間で開発に投入される予定。（R3は5000万円分の事業実施）なお、今後更に参画企業拡大の見込み（右グラフは17社まで拡大と仮定）。
- ・ さらにNICT・CiNetが、人間の脳情報解析技術に関して、直接民間企業から資金提供を受ける共同研究も年1億円以上見込まれ、民間の投資比率はさらに高まることが期待される。（R3は1.3億円分の事業実施）
- ・ これらを踏まえると、R3年度のマッチングファンド見込額は1.8億円となる。また、マッチングファンドの比率は2021-3年度の合計額である約7.5億円の84%程度となることが見込まれる。



当年度当初見込み	当年度実績
年間を通して、本事業に係るCiNetにおける民間企業との資金受入型共同研究は、2021年7月時点で6社程度と合意予定。マッチングファンド金額としては、6000万円程度を見込んでおり、CiNetとの連携の元、知覚情報処理モデル構築に資する研究等が実施される見込み	本事業に関わる課題について、応用脳科学コンソーシアムが設立され、その中の脳情報処理型の感覚情報デコーディングプロジェクトには、現時点で8社が参画しており、それらからの拠出でR3-5で合計2.4億円の投資を合意（今後更に参画企業拡大の見込み）。このうち、R3年度は5000万円分の事業が実施された。 また、CiNetの脳情報処理研究開発に関わる民間企業との資金受入型共同研究は、R3年度で8件（約1.3億円）実施された。

○ 出口戦略

- 脳情報のうち未加工の生データは国研で安全に保管し、匿名化した脳活動データセット・「汎用型脳モデル」を民間企業に公開する。
- 民間企業は、それらの脳活動データセット・「汎用型脳モデル」を自社の用途に応じてカスタマイズし、ユーザ企業に付加価値を付けて提供できるようにする。
- NICTは、ユーザ企業から感覚に関するデータ（刺激情報）の提供を受け、脳モデルを更に高度化。国研・民間企業・ユーザによる脳情報利活用の好循環を目指す。

当年度当初見込み	当年度実績
①Brain-mediated TL(BTL)を活用したAIモデルの民間利活用に関する詳細な市場調査・ビジネスモデルを整理するとともに、具体的なユースケースを検討する。 ②BTL汎用性向上のため、人間の特性に合わせた感覚刺激情報セットを用意し、それに対応した脳活動データセットを整備することによる、脳情報モデルの性能に関わる効果実証を実施する。 ③脳情報通信技術のELSIを検討する委員会を組織し、国内外の動向を調査・検討し、脳情報モデルの社会実装における課題を抽出する。	①Brain-mediated TL(BTL)を活用したAIモデルの民間利活用に関する詳細な市場調査・ビジネスモデルを整理するとともに、産業界の委員も交えた検討会(3回開催)を組織し、具体的なユースケースを検討。 ②BTL汎用性向上のため、人間の特性に合わせた感覚刺激情報セットを作製し、高速処理の可能なサーバーを用いて、エンコーディングモデルを構築し、この情報セットの有用性を検証。 ③脳情報通信技術のELSIを検討する委員会を組織し、理研・産総研を含み、また、人文科学系の研究者も含んだ検討体制を構築。検討会を3回実施するとともに、海外のこの分野のELSIに対する動向調査も実施し、社会実装における課題を抽出。