

脳の仕組みを活かしたイノベーション創成型研究開発

(高精度脳情報センシング技術・脳情報伝送技術、

実時間脳情報抽出・解読技術

及び 脳情報解読に基づく生活支援機器制御技術)

基本計画書

1. 目的

高齢者・障がい者自立社会（「自立した生活を過ごせる」）の実現に役立つ科学・技術を開発し、「心身ともに健やかで長寿を迎えたい」という人類共通の願いを実現するため、「念じるだけで動く」生活・介護支援ロボット（ライフサポート型ロボット）及びコミュニケーション支援機器への応用を念頭に、簡単な動作や方向、感情等を「強く念じる」ことで機器に伝えることを日常的に可能とする技術について基本技術の確立を目指す。

2. 政策的位置付け

「新成長戦略」（平成22年6月18日 閣議決定）において、「ライフ・イノベーション」による健康大国戦略として、医療・介護・健康関連産業を成長牽引産業へと位置付け、高齢者が安心して健康な生活が送れるようになることによる、新たなシニア向けサービスの需要創造、高齢者の起業や雇用、高齢者が有する技術・知識等の次世代への継承等を可能とする環境を整備していくことが展望されているほか、「科学・技術・情報通信立国戦略」として、官民連携による高齢者・障がい者等に優しいハード・ソフトの検討・開発・普及の実現が提示されている。

「平成23年度科学・技術重要施策アクション・プラン」（平成22年7月 総合科学技術会議）において、心身健康活力社会、高齢者・障がい者自立社会（「病気にならない」、「病気に罹っても苦しまずに治る」、「自立した生活を過ごせる」）の実現に役立つ科学・技術を開発し、「心身ともに健やかで長寿を迎えたい」という人類共通の願いを実現し、我が国が急速に少子・高齢化時代を迎える中でこのような社会を実現することにより、世界共通の課題解決へ貢献すると同時に、この分野における我が国の新産業の育成・成長、雇用の拡大を図ることが展望されている。そのため、施策パッケージ「高齢者・障がい者の生活支援技術の開発」として、高齢者・障がい者の認知機能・身体的機能を補助・代償する機器・システムを開発することにより、高齢者・

障がい者の自立と社会参加の支援を行うこと、文部科学省が政策課題対応型研究開発や目的基礎研究を行った成果を活かしつつ、総務省、経済産業省、厚生労働省が機器・システムの研究開発を推進し、必要に応じて実証実験、機器・システム利用のための指導者の育成を行い、早期に社会へ導入すること、在宅における見守り・コミュニケーション支援・健康情報サービス等による介護の質の向上と効率化のため、経済産業省、総務省により機器・システムの研究開発を行い、厚生労働省が必要に応じて実証等を行い、早期に社会への導入を実施することが提示されている。

3. 目 標

(1) 政策目標

我が国は世界でも最も高い水準で少子高齢化が急速に進行している。2000年に256万人だった要介護者等（要介護及び要支援認定者）が2009年7月末時点では475万人へと増加の一途をたどっており、今後も増加することが見込まれる。これらの方々が自立した生活を過ごせるようになり、自由な社会活動への参画を容易にすることができれば、我が国全体の社会経済の活性化が期待できる。さらに、生活支援機器・サービスの分野の産業の育成・雇用の拡大にも貢献する。また、発話やジェスチャーによる意思伝達が困難な方であっても、意思の伝達及びコミュニケーションを現状より容易に行えるようにすることで、これらの方々のQOLの大幅な向上にも寄与すると考えられる。

このような中、近年の脳科学の発展により、脳の活動の仕組みや機能がより明確になりつつあり、「脳から直接意思などを伝達」するBMI(Brain Machine Interface)等の技術の発展が期待されている。

本研究開発は、脳卒中の後遺症等により発話など直接的なコミュニケーションが困難な障がい者の意思及び感情を相手に伝えたり、意志により対象物を操作する際の手助けを提供する等の生活支援サービス実用化のための基盤技術の確立である。このような手助けは、障がい者等と周囲とのコミュニケーションの充実を図り、障がい者等が暮らしやすい環境作りや社会復帰に貢献するだけでなく、介護者の負担を軽減する技術として、実用化の社会的効果が極めて大きい。

一方、欧米では脳に関する研究が国家的に取り組まれており、特に米国で進展が顕著である。本研究開発は非侵襲な脳情報センシング技術など日本が強みとする技術に関係しているため、本研究開発を行わない場合、日本が強みを発揮する技術の開発が遅れるだけでなく、実用化段階における市場獲得も困難となる可能性があり、我が国の経済の活性化及び新規の市場や雇用の創出に関して不利となる。

これらの課題に対応するため、本研究開発により、2020年（平成32年）頃の「念じるだけで動く」生活・介護支援ロボット（ライフサポート型ロボット）及びコミュニケーション支援機器への応用を念頭に、日常生活における行動・コミュニケーション支援において必要となる簡単な動作や方向、感情等を「強く念じる」ことで機器に伝えることを可能とする技術について2015年（平成27年）頃に基本技術の確立を目

指す。

(2) 研究開発目標

政策の主旨に鑑み、従来の BMI の適用範囲を自宅や診療所等、日常的な生活環境に拡張し、日常的に装着できる小型・軽量の計測装置により計測したデータを短時間にネットワークを通じて分析装置へ伝送してデータを解読することで、要介護者等の日常的な動作やコミュニケーションの支援を可能とする BMI (ネットワーク型 BMI) の実現を目指す。円滑な生活支援に向け、高齢者等、軽度の運動機能障害を有する方が、自宅や診療所等において、数百ミリ秒以下の時間遅れで、独力で移動支援機器や家電機器の操作を可能とし、また、軽度のコミュニケーション障害を有する方が、2~3 秒以下の遅れで、感情、情動等に関して介助者等との意思伝達を可能とする。また、実生活環境における様々な利用者・状況に対する BMI 性能の向上のために、実環境計測による複数人・長時間の情報を含む大規模脳活動データベースを整備する。この「実環境計測」と「大規模データベース」を組み合わせ、環境情報を参照しながら解析するというフレームワークは、今後の情報通信技術全般において様々な活用が期待されるものである。加えて、脳情報通信が社会で実用化される際に生ずることが想定される問題点及びその解決法に関し、調査研究を行う。

以上について、「高精度脳情報センシング技術・脳情報伝送技術に関する研究開発」、「実時間脳情報抽出・解読技術に関する研究開発」及び「脳情報解読に基づく生活支援機器制御技術」における情報通信技術の開発・結集により実現する。

4. 研究開発内容

(1) 高精度脳情報センシング技術・脳情報伝送技術に関する研究開発

① 概要

利用者の意図を解読するために必要な脳活動を、日常生活環境において利用者の負担や制約が少なく計測するための技術、及びネットワーク型 BMI を可能とするため、脳活動と実環境情報とを低遅延でネットワーク結合するための技術の開発を進める。すなわち、日常生活時の脳活動データを、長時間にわたり、高精度で、非侵襲的にセンシングできる「携帯型装置による脳情報の非侵襲・高精度・継続的計測技術」及び脳情報と実環境情報を統合して扱うことのできる「脳情報・実環境情報統合に関するネットワーク技術」の研究開発を実施する。

② 技術課題

ア) 携帯型装置による脳情報の非侵襲・高精度・継続的計測技術

NIRS (近赤外分光法) や EEG (脳波、脳電図) 等、複数の脳活動計測モダリティに基づき、日常生活の中に計測した高精度の脳活動データを、それと同時に記録した生体信号とともに、無線伝送することを可能とする携帯型の脳活動計測技術

の研究開発を行う。

イ) 脳情報・実環境情報統合に関するネットワーク技術

クライアントでは、無線通信を用いて、脳活動データ及び生体信号と環境情報の送信及び出力機器の制御指令の受信を行い、サーバでは、複数人・長時間の脳活動データを環境情報とともに蓄積するクライアントサーバ方式において、サーバ上に構築されたデータベースを統合的に検索することで、移動支援・家電機器制御等のクライアントからの要求に応じた出力機器への応答を低遅延に実行することができ、かつ実用化を念頭にフェイルセーフを考慮した技術の研究開発を行う。

③ 到達目標

ア) 携帯型装置による脳情報の非侵襲・高精度・継続的計測技術

脳活動データと生体情報を日常的に取得し送信する技術として、NIRS と EEG の脳活動同時計測が継続的に可能な携帯型脳活動計測装置について、日常生活において適切な無線方式による取得データ伝送機能を実現する。また、複数の計測装置のパラメータ設定やキャリブレーション等の制御を1台の計測制御装置で行い、複数台の計測を同時に行うための技術を確立する。

イ) 脳情報・実環境情報統合に関するネットワーク技術

脳活動データ及び環境情報を効率的に通信し、複数人・長時間（3～4人・24時間以上）の脳活動データと環境情報とともに蓄積し、移動支援・家電操作においては数百ミリ秒以下、感情・情動伝達においては2～3秒以下の遅延でサービス要求に応じた出力を返す事を可能とするネットワーク技術を確立する。また、その技術を実装するクライアントサーバ方式のネットワークシステムを試作する。

(2) 実時間脳情報抽出・解読技術に関する研究開発

① 概要

日常生活を自然に営みつつ、脳・感覚刺激・行動データの取得が可能な環境及びデータ取得技術を確立し、それに基づき、脳活動データに同時に取得した環境情報等を参照可能とするタグを付与した「日常生活時のタグ付き脳活動データベース」の構築を進めると共に、上記データベースを利用することで、状況に応じた適切な応答時間（実時間又は低遅延）で、日常生活上の外乱を抑えつつ、運動・意図・感情等の精度の良い脳情報解読を可能とする「日常生活時計測データからの脳情報解読技術」の研究開発、個人情報である脳情報の適切な運用と社会へのアウトリーチのあり方を案出するための「脳情報通信の応用・実用化にあたっての社会調査」を実施する。

② 技術課題

ア) 日常生活時のタグ付き脳活動データベース

利用者による日常生活時の脳活動データ及び感覚刺激・行動データ等環境情報の取得が可能な環境及びデータ取得技術を確立し、そこでの計測実験に基づいた、

脳活動データをそれと同時に取得した生体情報、環境情報を参照しながら解析することを可能とするタグ付きデータベースに関する技術開発を進め、その技術に基づいた大規模データベースを構築する。また、関係団体との意見調整、シンポジウム開催による社会への周知等、データベースの標準化に関する活動を行う。

イ) 日常生活時計測データからの脳情報解読技術

利用者の障がい等の程度に依存せず、必要な機能の実現を行うための基礎技術開発として、利用者の動作・意図・感情を実時間あるいは低遅延で精度良く解読可能とする脳活動データ解析技術の開発を行う。具体的には、fMRI、MEG等の大型脳活動計測装置を用いた脳活動計測実験により、利用者の動作・意図・感情を実時間あるいは低遅延で精度良く解読可能とする脳活動データ解析技術の開発を行い、その技術をもとに、ア)の「タグ付き脳活動データベース」を利用し、実環境下でも動作する脳活動データ解読法の開発を行う。その際、実環境下で問題となる多様なアーチファクト・ノイズへの対応及び脳活動に影響を与える可能性があるが、脳活動のみからは解読不可能な周囲の状況への対処については、大型計測機器を用いて開発された手法を、最新の統計科学技法を駆使して質的に拡張する。また、個別の利用者に適用した形での運用法について、以下の項目ウ)との連携の下で検討を進める。

ウ) 脳情報通信の応用・実用化にあたっての社会調査

イ)の研究開発と平行し、脳情報通信が社会で実用化される際に生ずることが想定される問題点及びその解決法に関し、調査研究及び提言を行うとともに、安全性等について、技術開発にフィードバックする。

③ 到達目標

ア) 日常生活時のタグ付き脳活動データベース

ビデオカメラ、マイク、赤外線センサ、床圧力センサ等の分散センサ及び携帯型脳計測装置を有し、データ処理用計算機とネットワーク接続可能、かつ、生活・介護支援ロボットが移動可能な空間を定義する技術を確立するとともに、その技術を実装した実時間データ計測環境を構築し、日常生活時の脳活動データを生体情報とともに取得する。また、日常生活において記録された環境情報・脳活動データ・生体情報の生データを適切に関連付けることでBMIアルゴリズムに資するため、複数人・長時間(数人・24時間以上、及び100人程度・1時間程度)に対するタグ付き脳活動データベースを構築するとともに、タグ付き脳活動データベースの仕様について、プライバシー保全、高い再利用性を満たす方式をまとめるとともに、各種団体に提言を行うこと等により技術仕様の標準化、オープン化を図る。

イ) 日常生活時計測データからの脳情報解読技術

数百ミリ秒以下の遅延での移動支援・家電操作、2~3秒以下の遅延での感情・情動伝達を実現するため、大規模なネットワーク技術((1)のイ)参照)を利用した脳活動データの特徴抽出・解読技術の開発を進めると共に、大型脳活動計測実験からの解析結果を拡張しながら実環境において生じる各種アーチファクト・

ノイズの分類・抑制技術を確立する。またそれらの技術に基づき、利用者の日常的な動作やコミュニケーションに関する脳活動データを長時間使用による訓練効果も考慮し精度良く解読することのできるアルゴリズムを開発する。本技術における脳活動データの符号化(脳活動データから脳情報特徴量への変換)・復号化(脳情報から機器への伝送信号への変換)方式について、標準化を考慮した研究開発を進める。

ウ) 脳情報通信の応用・実用化にあたっての社会調査

脳情報の不適切な運用を避けるための神経倫理、BMI が社会から適切に受容されることを目指すニューロリテラシー育成、BMI の実用化にあたっての脳科学と異分野との連携の在り方について、問題点の具体化と解決方法について明らかにするとともに、ネットワーク型BMI技術の実用化に関して、各種学術シンポジウム等を通じ研究者団体への提言を行う。また、技術の安全性に関する要件等を調査検討し、研究開発にフィードバックを行う。

(3) 脳情報解読に基づく生活支援機器制御技術に関する研究開発

① 概要

高齢者等、軽度の運動機能障害を有する方(利用者)が、診療所等の屋内の日常的生活環境で、脳活動データ解読技術により解読された利用者の意図等に基づいて、利用者が生活支援機器を制御するためには、支援機器が共通のインタフェースを有し、複数の機器が異なる対象者によって同時に利用される状況でも、実際の利用環境の特性に適応した支援及び十分な安全性の確保が必要である。BMI等の信号の入力による移動支援機器の制御の際には、利用者の脳活動データ解読ができない等のエラーが発生する可能性があり、結果として利用者の意図に反する行動や、時には危険な状態に陥る行動が起きるリスクがあり、またネットワーク環境が不安定になる等のリスクも想定される。このようなリスクに対しては、脳活動データによる機器制御だけでなくそれを安全面でサポートする技術の確立が必要である。本研究開発においては、実際の利用環境の特性に適応した支援及び安全性の確保について、脳活動データによる機器制御をサポートする技術の確立を目的とし、移動支援機器自体のセンシング機能による安全制御及び利用環境に設置されたセンサ(レーザーレンジファインダー、カメラ、焦電センサ等。以下環境センサという。)の情報の活用による安全制御を対象とする。具体的には要介護者等の移動支援を対象とし、搭乗型ロボット等の移動支援機器に関して、「移動支援機器の自律的な安全技術」及び「環境センサと連携した移動支援機器安全制御技術」の研究開発を実施する。なお、単に目的地へ安全に移動するだけでなく移動支援機器に搭乗する対象者に恐怖感等を感じさせないことも重要であることから、移動の際に対象者が違和感を感じないような移動を実現する。また、実用化を考慮した際の自律安全制御とBMIによる制御の協調に関する基礎データとして、本研究開発により得られる知見をフィードバックする。

② 技術課題

ア) 移動支援機器の自律的な安全技術

ネットワーク型BMI技術による機器制御の際には、利用環境や対象者の状態によっては機器の制御が要求される応答時間に遅れる場合も想定される。そのような状況では、移動支援機器がなるべく自律的に、安全を確保するように移動できることが重要である。BMIを実利用環境で安全に使用するため、利用環境として想定される屋内の見通しのよい通路等において、数台の移動支援機器が機器自体のセンシング機能により自律的に安全に移動する技術を確立する。

イ) 環境センサと連携した移動支援機器安全制御技術

不意に人が飛び出してくる屋内の曲がり角や移動支援機器の周りに人が行き来するようなやや混雑した環境では、移動支援機器単体のセンサを遮蔽する状態が起き、移動支援機器自体のセンシング機能だけでは安全の確保が難しい。このような状況に対処するために、利用者からは把握できない曲がり角等の死角で動いている人々や他の移動支援機器の位置を、利用環境に設置された複数のセンサにより予測し対象者を安全に移動可能にする技術を確立する。具体的には、環境センサが移動支援機器の周囲を移動する人や機器の情報を取得し、数秒程度の将来の位置を予測し、機器自体のセンシング機能と組み合わせて複数の移動支援機の衝突や階段等の危険地帯への進入を回避するような安全な移動制御を実現する技術を確立する。

また、移動支援機器の利用者が他者による機器操作を希望する状況等（利用者の意図したとおりに動作しない場合等）において、遠隔監視においても現地での確認と同等程度の安全性を維持しながら、遠隔操作により安全に制御する技術をあわせて確立する。

③ 到達目標

ア) 移動支援機器の自律的な安全技術

屋内の見通しのよい通路等で、移動支援機器単体のセンシング機能だけを利用して、介助者の助けを借りることなく、3種類（車輪移動型車いす、全方向移動型車いす、自律移動型ベッド）の移動支援機器が衝突等を回避し安全に移動することを実現する。

その際、利用者の視野（通路方向に沿って進んでいる、壁に向かっていないか等）を考慮すること等により、数十人規模の被験者実験において、70%以上の利用者が利用時の恐怖感を感じないことを目標とする。

イ) 環境センサと連携した移動支援機器安全制御技術

診療所内の曲がり角や、やや混雑した屋内環境で、移動支援機器の周囲数mの範囲（移動支援機器単体のセンシング機能では見えない領域も含む）を移動する人々や他の移動支援機器等の属性（健康な歩行者、杖をついた歩行者、車いす、ベッド、台車等）を3台の移動支援機器のセンシング機能と10台以上の環境センサのセンシング機能を併用することで、数秒後のこれらの位置を予測し、移動

支援機器の加減速、停止等を制御することで衝突や階段等の危険地帯への進入等を回避する安全制御技術を開発する。

また、上記の環境において、移動支援機器の利用者が他者による機器操作を希望する状況等（利用者の意図したとおりに動作しない場合等）において、遠隔監視においても現地での確認と同等程度の安全性を維持しながら、遠隔操作により安全に制御することを可能とする。

5. 研究開発期間

平成23年度から平成26年度までの4年間

6. その他 特記事項

(1) 提案及び研究開発に当たっての留意点

提案に当たっては、基本計画書に記されている目標に対する達成度を評価することが可能な具体的な評価項目を設定し、各評価項目に対して可能な限り数値目標を定めるとともに、ネットワーク型BMIシステム及び関連技術の実用化について、実用化目標年度、実用化に至るまでの段階を明示した取組計画等を記載し、提案すること。なお、提案に当たっては目標を達成するための具体的な研究方法について明記すること。研究開発の実施に当たっては、関連する要素技術間の調整、成果の取りまとめ方等、研究開発全体の方針について幅広い観点から助言を頂くと共に、実際の研究開発の進め方について適宜指導を頂くため、学識経験者、有識者等を含んだ研究開発運営委員会等を開催する等、外部の学識経験者、有識者等を参画させること。また、本研究開発において実用的な成果を導出するための共同研究体制又は研究協力体制について研究計画書の中にできるだけ具体的に記載すること。

(2) その他

本研究開発で確立した技術の普及啓発活動を実施すると共に、脳情報を用いることに関する倫理的問題点への取り組みや脳活動データベースの標準化・維持等、実用に向けて必要と思われる研究開発課題への取組も実施し、その活動計画・方策については具体的に提案書に記載すること。