

# 次世代人工知能技術の研究開発（課題Ⅰ）

実施研究機関：大阪大学

研究開発期間：H29年度～R元年度

研究開発費：H29年2.7億円、H30年1.4億円、R元年1.4億円、計5.5億円

担当課室名：国際戦略局 技術政策課 研究推進室

## 1. 研究開発概要

### 目的

深層学習等の人工知能技術は大量の学習データ、莫大な計算資源や消費電力で実現されているが、活用条件の制約により、十分に活用できていない分野が多い。少データ、省エネで動作する人間の脳活動メカニズムに倣い、脳の認知メカニズムの研究成果を応用した「脳型演算処理技術」による次世代人工知能技術を確立し、Society5.0の実現や社会的課題の解決に寄与する。

### 政策的位置付け

- 「日本再興戦略2016」（平成28年6月2日閣議決定）：人工知能の社会実装の加速、研究開発から社会実装までを一元的に推進
- 「科学技術イノベーション総合戦略2016」（平成28年5月24日閣議決定）：自ら特徴を捉え進化する人工知能の研究開発と脳科学や革新的な人工知能研究開発の推進、府省連携による政府全体での更なる新産業・イノベーション創出や国際競争力強化の牽引
- 「世界最先端IT国家創造宣言」（平成28年5月20日閣議決定）：人工知能等の革新的な基盤技術の研究開発を強力に推進
- 「人工知能技術戦略会議」（平成28年設置）：省庁連携による人工知能の研究開発目標の中で、総務省が担当する脳科学の知見を取り入れた次世代人工知能技術開発に期待
- 「新たな情報通信技術戦略の在り方 第2次中間答申」（平成28年7月7日 情報通信審議会）：脳科学の知見を基にした次世代人工知能の研究開発等の推進、社会実装による産業競争力・国際競争力の強化と社会貢献

### 目標

#### （1）政策目標

次世代人工知能技術として、脳の認知メカニズムに倣い、少数のデータからでも学習し柔軟な認知を可能とする「脳型認知分類技術」を確立することで、様々な分野・業種での人工知能技術の活用を加速化、新産業・ビジネスの創出に貢献し、我が国の国際競争力の維持・向上に貢献する。

#### （2）研究開発目標（アウトプット目標）

脳型認知分類技術により次世代人工知能技術を確立し、技術の国際標準化、特許申請等を通じて人工知能技術分野における我が国の国際競争力の強化を図る。



## 2. 研究開発成果概要

### 全体成果

ヒト脳の識別分類モデル化機構、統合処理機構を解明し、その成果をゆらぎ学習基盤技術および高度化技術に展開  
**基本計画書の到達目標を全て達成**

| 基本計画に基づく到達目標                            | 達成状況  |
|---|---|
| 1. 10種類以上の入力データへの対応                     | モーダル非依存な特徴量表現モデル（特徴量ベクトル）を定義、 <b>認知分類機能の汎用性を実現。</b>   |
| 2. 非定型データについて識別率50%程度の認知を可能とする          | ベイジアンアトラクタモデルを認知分類モデルに拡張し、整形されていない画像、眼球運動の非定形データについて、 <b>少数の学習量（40以下）で80%以上の精度で認知分類することに成功。</b>   |
| 3. 深層学習と比べ1/100以下のデータ量で同精度のカテゴリ分類を可能とする | 整形されていない画像やバラツキ、ノイズを含む眼球運動に関して <b>学習量5個において70%以上の分類精度を実現。</b>   |
| 4. 入力データの当該判断目的等に応じたカテゴリに分類することを可能とする   | 認知分類システムアーキテクチャを「入力データ空間」「アトラクタ（知識）空間」の2階層構造とすることで <b>同一の特徴量データに対して目的別の「アトラクタ空間」を定義</b> 、目的別にアトラクタ空間を切替ることにより目的や環境毎に認知分類を実行することができるシステムを実現。 |
| 5. 判断目的等の変更に応じて既に形成されたカテゴリの再構成を可能とする    | 入力特徴量傾向変動（または学習量増）に応じて、 <b>既存アトラクタ（カテゴリ）を自動再構成</b> 、新たな傾向を検知した場合に <b>新規アトラクタを自動追加する「発達」機能を実現。</b>   |
| 6. 判断目的等の入力から10秒以内で適切なカテゴリ分類・再構成を可能とする  | モバイルノートPCクラス（i5）を用い、アトラクタ空間設定 + 特徴量ベクトル（300x300pixel画像：1280次元、眼球運動：76次元）の <b>入力から結果出力まで1秒未満の処理時間性能を実現。</b>                                  |
| 7. 判断目的等に基づくカテゴリ生成再構成過程を記録し、可視化を可能とする   | 入出力、カテゴリ分類状態遷移と識別結果を記録、GUIを介して制御・修正・表示可能とする <b>XAI（ExplainableAI）機能を有する脳型認知分類システムを実現。</b>   |

### 課題ア) 識別分類モデル化技術

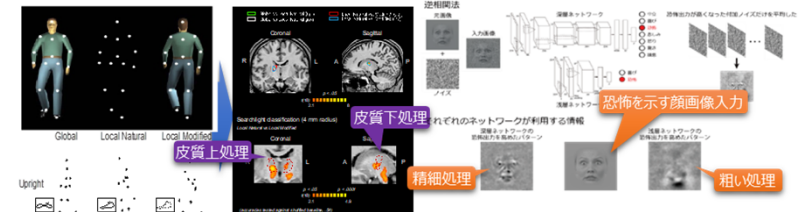
#### (1) バイオロジカル・モーション知覚、危険信号処理機構の解明

2経路（低精細/高速と高精細/低速）の視覚認知機構を解明、成果をゆらぎ学習のFast-pathway / Slow-pathway機構に展開。

#### (2) 脳活動と眼球運動特徴関連機構の解明

眼球運動の特徴抽出モデルを確立、成果をゆらぎ学習による統合失調症診断に展開しベテラン医師に匹敵する80%以上の精度での診断精度を実現。

上記、研究成果を課題イおよび課題ウに展開



バイオロジカル・モーション知覚における脳情報処理機構（経路）の解明

視覚情報危険信号処理における脳情報処理機構（経路）の解明

## 2. 研究開発成果概要 (つづき)

### 課題イ) 統合処理技術

#### (1) カテゴリ選択切替とフィードバックによる改変機構の解明

嚥下における自律・随意運動の切替機構を解明、モデル化し、成果をゆらぎ学習の入力データレート最適化制御メカニズムに展開、少計算資源での性能目標を達成。

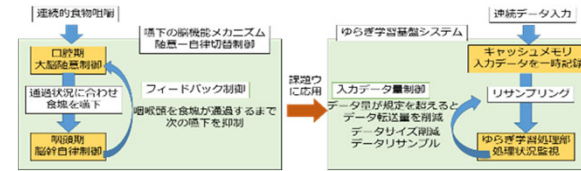
#### (2) カテゴリ分解統合機構の解明

ヒト脳の発達機構、機能分化機構を解明、成果となる知見をゆらぎ学習の発達機構（新規カテゴリ生成、カテゴリ再編成）に展開。学習を必要としない新知識獲得機能を実現。

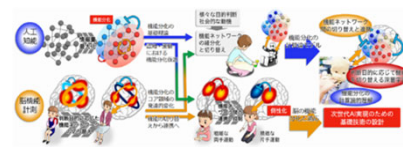
#### (3) モダリティ非依存な脳内表現機構の解明

研究成果の脳の動作モデル、メカニズムを活用し、「カテゴリ最適化技術」においてベイジアンアトラクタモデルを拡張、ゆらぎ学習の汎用性を実現。

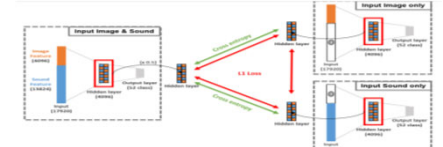
上記、研究成果を課題ウのゆらぎ学習技術の高度化に適用



嚥下運動制御機構のゆらぎ学習制御機構への適用



ヒト脳の発達に伴うカテゴリ分解統合機構



脳内情報のマルチモーダル連携機構の再現

### 課題ウ) カテゴリ適正化技術

#### (1) 脳情報処理モデルが計算機上で実行可能な統合システムの実現

① 脳型認知分類技術「ゆらぎ学習」の実現とゆらぎ学習プラットフォームアーキテクチャの完成  
 ベイジアンアトラクタモデルを基盤とし、課題ア)、課題イ) の研究成果を用いた高度化により人工知能として利用可能、かつPC、組み込みシステム等でも動作可能な脳型認知分類技術「ゆらぎ学習(Yuragi Learning)」を確立。

#### ② ゆらぎ学習 (少量学習) と深層学習 (CNN) のベンチマークを実施

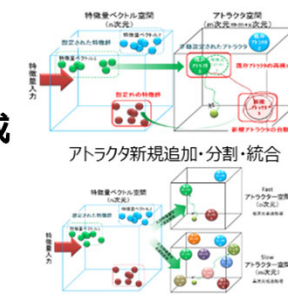
画像識別 (CIFER10/100を使用) を用いた識別精度を評価。少量学習でのゆらぎ学習の優位性を確認。但し、ゆらぎ学習の識別精度は学習量を増やした場合でも識別精度は80-90%程度に留まることが判明。アルゴリズム改良を含め今後の課題とした。

#### (2) 処理結果の可視化と操作を可能とするインターフェースの実現

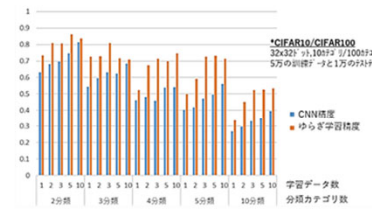
専門の知識やスキルを必要とせず、データベース言語であるSQLクエリにより様々な分野でプログラミングできるフレームワーク、さらにGUIを用いてSQLクエリを自動生成し容易にゆらぎ学習データ分析システムを利用できるインターフェースを実現。

#### (3) 脳型認知分類システムの医療診断応用/ネットワーク運用管理応用における実証

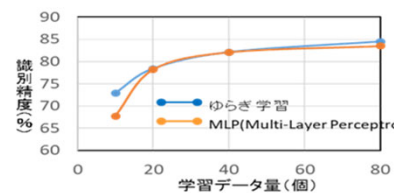
課題アの成果を用いたゆらぎ学習による、医療分野での統合失調症診断とネットワーク運用管理における実証検証を実施。前者はシステムの最適化チューニングをせず84.5%精度での診断精度を達成、後者は50%以上の帯域利用率の改善を達成。



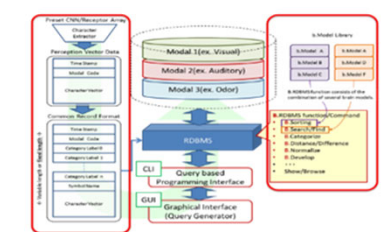
Fast/Slow-pathway処理機構



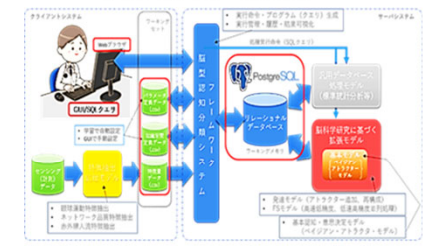
ゆらぎ学習、深層学習の少量学習時の画像識別精度ベンチマーク  
 1-10の学習量でゆらぎ学習の優位性を確認



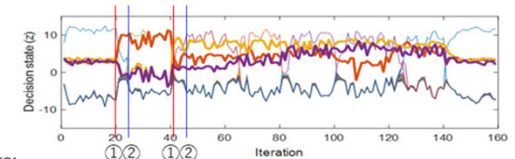
統合失調症診断精度-学習量ベンチマーク  
 MLPは各学習量において最大の精度となるようチューニング実施、ゆらぎ学習はチューニングなしで学習データの中心座標計算のみ



PostgreSQL互換のゆらぎ学習プラットフォームアーキテクチャ



ゆらぎ学習データ分析システム



ゆらぎ学習によるネットワーク状態認知の変化  
 ①コアネットワーク状態認知 (太線) : Fast-Pathway  
 ②EtoE状態認知 (細線) : Slow-Pathway  
 1~2回の観測でCoarse認知の後、4~5回の観測でFine認知している

### 3. 政策目標の達成状況（経済的・社会的な効果）等

#### 政策目標（アウトカム目標）の達成状況

| アウトカム目標           | 指標  | 目標年度  | 数値目標等   | 達成状況   |
|-------------------|---|-------|---|--|
| 研究成果の普及展開・社会実装の推進 | セミナー等での技術者拡大  | 令和4年度 | 100名以上<br>(教育修了者数)                            | <b>設定した目標年度までに数値目標を達成</b><br>達成状況：200%<br>1) 大阪大学大学院情報科学研究科の大学院生に対してゆらぎ学習の基礎と応用の特別講義を実施 令和2～6年度で計263名の大学院生が受講<br>2) 技術応用展開先への技術紹介<br>令和2～6年度で計23社と技術マッチングを実施   |
|                   |  教育ツールによる技術者拡大 | 令和3年度 | トレーニングツール・コンテンツ2件以上<br>(発行・出版数)               | <b>設定した目標年度までに数値目標を達成</b><br>達成状況：100%<br>1) 令和2年度にゆらぎ学習のトレーニングコンテンツとなる「Fluctuation-Induced Network Control and Learning～Applying the Yuragi Principle of Brain and Biological Systems」をSpringer社より出版<br>2) トレーニングツールとして入門者向けチュートリアルパッケージを作成し、技術展開先へ提供 |
|                   | 実用化・社会実装  | 令和6年度 | 利活用検討件数30件、<br>実用化10件<br>(検討会議開催件数、<br>製品化件数) | <b>設定した目標年度までに数値目標は未達</b><br>達成状況：50%<br>令和6年度末までに10分野15企業と具体的な実用化、社会実装を見据えたフィージビリティスタディを実施（利活用検討件数15/30）。この中から製品化、サービス運用を見据えた開発に2件発展（実用化2/10）。  |
| 継続的な機能強化と高度化研究の推進 | 脳情報科学・認知科学研究の知見・成果の継続的な組み込み   | 令和6年度 | 数値目標なし  | <b>設定した目標年度までに目標達成</b><br>認知精度向上並びに計算量削減に向け、脳の記憶メカニズムに倣った記憶空間を形成。また機能向上に向けゆらぎ学習モデルをヒト脳の二重過程理論のシステム1、システム2に対応させソフトウェアを再構築   |
|                   | 機能・精度向上   | 令和6年度 | 数値目標なし  | <b>設定した目標年度までに目標達成</b><br>ゆらぎ学習の高精度化、高安定化の取組として記憶（アトラクタ）空間の階層化と正規化により、大規模アトラクタセットにおいて少数入力データで高精度な意思決定システムをソフトウェアとして実装  |
| 標準化               | ゆらぎ学習技術の利用拡大（OSSとして利用を促進）   | 令和6年度 | Githubゆらぎ学習サイト<br>訪問数1000アクセス以上<br>(サイト訪問数)   | <b>設定した目標年度までに数値目標を達成</b><br>達成状況：400%<br>令和6年度末時点で約4000アクセス以上を達成  |

## 4. 研究開発成果（アウトプット目標）から生み出された科学的・技術的な効果

### 新たな科学技術開発の誘引

#### 脱炭素社会に貢献する脳に倣った省エネ型の次世代人工技術の研究開発

- 2020年10月26日に菅内閣総理大臣より2050年までに温室効果ガスである二酸化炭素（CO<sub>2</sub>）ネット排出量ゼロ（カーボンニュートラル）を目指す政策目標が示され、脱炭素社会に貢献する脳に倣った省エネ型の次世代人工知能デバイス関連技術の社会実装に向けた必要な技術の確立に発展。省電力、省計算量、省計算資源で動作可能な人工知能技術の研究開発を誘引
- 本研究で得た知見や成果をもとに、令和3年度総務省ICT重点技術の研究開発プロジェクト「脳の仕組みに倣った省エネ型の人工知能関連技術の開発・実証事業」（環境省連携施策事業）を本学を含む5機関で採択（令和5年度末まで）。
- 上記で「ゆらぎ学習基本モデルの機能拡張と高精度化」「ゆらぎ学習を用いた5Gデジタルツインインフラにおけるクラウド、ネットワーク統合省エネ制御」の研究開発を担当、主な研究成果は下記の通り。

##### ・「ゆらぎ学習」技術の高精度化、高安定化

-記憶（アトラクタ）空間の階層化と正規化により、大規模アトラクタセットにおいても少数入力データ（～10程度）で高精度(90%以上)な意思決定システムを実装

##### ・少電力：学習量/計算量削減

-機械学習システムとしての省エネ効果について実証（ソフトウェア版3-10W以下、専用ハード版1W程度\*）

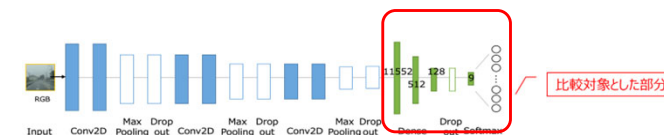
（\*ソフトウェア版→実測、専用ハード版→FPGA版試作機から推定）

-デジタルツインインフラにおける電力・性能の多目的最適化制御への適用により20-50%の省エネ化が可能なことを実証実験にて確認

##### ・社会実装の促進

「ゆらぎ学習」を用いた応用分野でのフィージビリティスタディ容易化に向け、ゆらぎ学習汎用データ分析プラットフォーム「YGAP」を完成。専門的な知識を必要とせず、GUIによる多次元データの分析や教師データの生成、認知実験が可能。共同研究実施機関に提供

- 国際社会への貢献としてプロジェクト全体で特許出願4件、査読付き誌上発表論文8件、査読付き口頭発表論文16件、口頭発表69件を行った。



ゆらぎ学習ならびに深層学習（Google Keras）の計算量ベンチマーク

## 5. 副次的な波及効果

|                  |   |
|------------------|---|
| 複数企業連携           | <ul style="list-style-type: none"><li>● <b>電炉再製鉄事業者の操業溶融溶け落ち判定</b>はベテラン操業者の経験則に依存しており、事業環境から既存のAI技術の適用が困難。ゆらぎ学習を用いた溶融判定の最適制御に向けて本学、AIベンダー1社、電炉再製鉄事業者5社でフィージビリティスタディを実施。現在、商用化に向けAIベンダーで最適操業システムを開発中。人材不足の解消、熟練者の技術継承への貢献も期待されている。また産業新聞、日本経済新聞に取組内容が掲載。</li><li>● <b>火災・爆発リスクが伴い、熟練者の経験則に依存する自動車スクラップの破碎作業</b>において、深刻な人材不足解消案としてAI適用を検討したが既存AI技術の適用が困難であったため、適用候補として後継研究開発課題で連携していた野村総合研究所よりゆらぎ学習の活用提案を受け、自動車スクラップ業者、廃棄物処理分野を得意とするAIベンダーが連携し、令和5年度（独）環境再生保全機構（ERCA）の技術実証予算を獲得、ゆらぎ学習による破碎工程の安全・安定運転に向けた運転制御システムの有用性を示した。</li><li>● <b>下水道処理における下水道処理制御（薬品投入量、曝気量、フィルタ交換時期等）</b>においては<b>天候、下水量、水質のリアルタイムの変化に応じて適切に対処する必要がある</b>。しかしながらベテラン操業者の技能に依存し、24時間の運転監視が必要なため技能継承や自動化による省力化が喫緊の課題である。課題解決に向け、AI適用を検討しているが、運用単位である市町村の蓄積データは少なく、且つ外部環境の急激な変化にも柔軟な制御が必要なため、令和6年度より実証事業を2市の水処理施設にて運転管理事業者と連携してゆらぎ学習によるフィージビリティスタディを開始。社会生活基盤であるインフラ分野での課題解決技術としての適用可能性を見出すことが出来た。</li></ul> |
| 研究・技術開発<br>人材の育成 | 当初は人材育成のターゲットとして、大阪大学大学院生および実証実験、共同研究関係の技術者を想定していたが、当該技術に興味を示したAIベンダー数社のエンジニア向けに技術説明会を実施。エンジニアを対象とすることで、技術の実用化の対象範囲や利活用機会が拡大。   |
| 異分野融合            | ゆらぎ学習の高度化に向けて、情報通信研究機構脳情報融合研究センターの研究者と連携し、ヒト脳の時空間環境認知機構の解明とモデル化に向けて研究連携を実施。   |
| 国際発信             | 令和5年度ERCA事業を通じて、東アジア・ASEAN経済センター（ERIA）とASEAN地域の自動車スクラップ事業に関する意見交換を行い、実証実験内容の説明を通じて、国内に留まらず本分野へのゆらぎ学習の適用可能性を示した。   |

## 6. アウトカム目標の達成に向けた取組計画の達成状況等

### アウトカム目標の達成に向けた取組計画の達成状況

#### 取組計画の有効性

- 「研究成果の普及展開・社会実装の推進」は、技術の裾野拡大に向けて学生、研究者および技術者への技術普及、シンポジウム、展示会、講演活動、本出版等を通じた技術内容の発信を継続して実施することで、研究成果に関心を示す企業数が年々拡大。研究期間終了後も国際会議等での成果発表を継続実施。
- 「継続的な機能強化と高度化研究の推進」は、研究成果に留まることなく実用化も加味した技術の高度化、システム基盤の改良を継続。
- 「標準化」については研究成果のゆらぎ学習の基本ソースコードをGithubに公開し、広く利用機会を創出し、利便性向上のための必要な改修等を継続。

#### アウトカム目標達成に向けた体制の有効性

- 研究期間中は総合ビジネスプロデューサーと研究機関のビジネスプロデューサーが定期的に研究進捗状況の共有を目的として意見交換を実施。本研究技術の特徴、既存の他人工知能技術との差異、優位性の洗い出し、既存AIの課題分析等から、少量データから学習を実現する次世代AI技術として分野別ユースケース例を作成。本取組により具体的な利活用を見据えた技術優位性のある分野、展開先を具現化することが出来た。
- 研究期間終了後もビジネスプロデューサーが技術周知・社会実装に向けた活動を継続したことで、技術の高度化や後継プロジェクトへの展開、他プロジェクトの獲得、企業との共同研究等に繋げることが出来た。

※正解データが存在しない：正解データが少数、あるいは定義困難なケースを指す

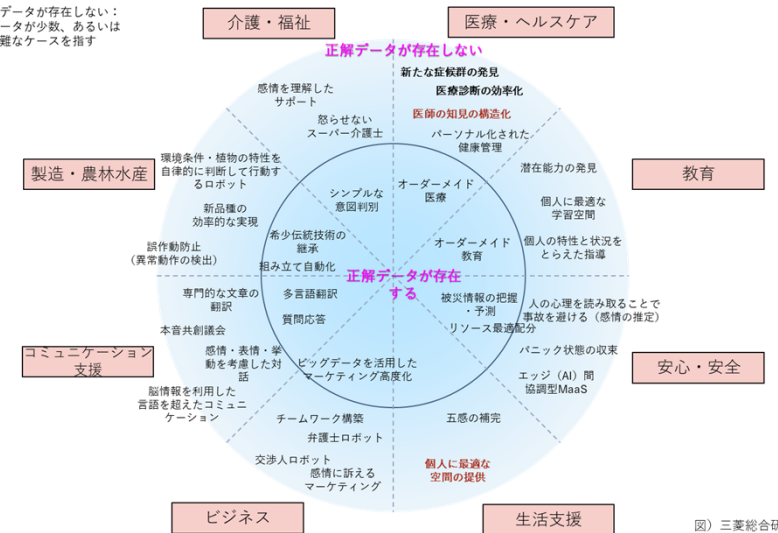


図) 三菱総合研究所作成

出典：三菱総合研究所作成  
「本研究開発の社会実装方策」  
H30年度第2回運営委員会資料

## 6. アウトカム目標の達成に向けた取組計画の達成状況等（つづき）

### 周知活動等の実績

#### ● 論文発表

|               | 提案時計画 |       | 成果実績          |              |
|---------------|-------|-------|---------------|--------------|
|               | 期間中   | 終了後   | 期間中           | 終了後          |
| 査読付き誌上発表論文    | 16(4) | 3(1)  | <b>10(7)</b>  | <b>3(3)</b>  |
| 査読付き口頭発表論文    | 50(8) | 10(2) | <b>13(10)</b> | <b>0(0)</b>  |
| その他誌上発表       | 0(0)  | 0(0)  | <b>0(0)</b>   | <b>0(0)</b>  |
| 口頭発表          | 60(0) | 10(0) | <b>108(9)</b> | <b>2(0)</b>  |
| 特許出願          | 8(2)  | 0(0)  | <b>0(0)</b>   | <b>0(0)</b>  |
| 特許取得          | 0(0)  | 2(1)  | <b>0(0)</b>   | <b>0(0)</b>  |
| 報道発表          | 0(0)  | 0(0)  | <b>1(0)</b>   | <b>1(0)</b>  |
| 報道掲載          | 2(1)  | 0(0)  | <b>0(0)</b>   | <b>0(0)</b>  |
| 受賞            | 0(0)  | 0(0)  | <b>4(2)</b>   | <b>0(0)</b>  |
| WEBサイトによる情報提供 | 0(0)  | 0(0)  | <b>1(0)</b>   | <b>0(0)</b>  |
| その他（講演・セミナー等） | 0(0)  | 0(0)  | <b>6(0)</b>   | <b>11(0)</b> |

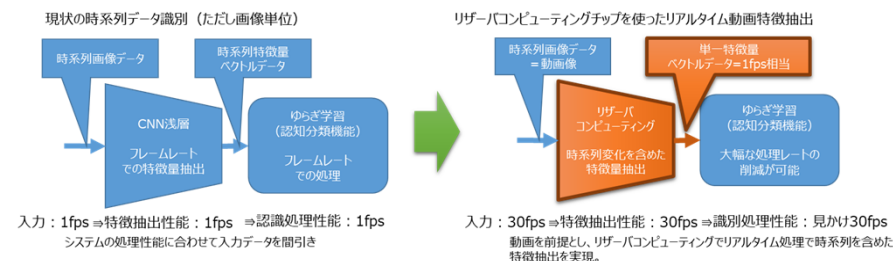
- 研究開発成果は国際会議、国内研究会、シンポジウム、展示会、セミナー講演等を通じて、研究**開発期間中に135件、終了後に21件**行い、**国内外で4件の受賞**を得ている。
- 特許に関しては、受託機関が大学であり技術利活用の機会拡大のため、特許申請は行わずオープンソースとしたため提案時の目標が未達となった。各課題での要素技術についても研究に留まり、特許申請に至らなかった。
- 口頭発表は提案時の目標を大幅に上回ったが、ジャーナル投稿、国際会議発表は目標未達となった。
- 研究期間終了後も研究成果の周知活動を継続して実施した成果として10分野、15企業でフィージビリティスタディを実施した。

表内の各件数は国内と海外の合計数であり、括弧( )の中は合計数に含まれる海外発表件数を示す

### その他の特記事項に係る履行状況

特記事項：課題Ⅰ、課題Ⅱのいずれか又は複数の課題提案が可能であるが、相互に連携、協力した研究開発を進め、課題Ⅰ受託者が全体取り纏めを行った。

実施内容：課題Ⅰ、課題Ⅱ共に本学研究者が受託したため、成果連携に向けて定期的な情報交換を実施。連携成果として課題Ⅱの成果であるリザーバコンピューティング素子をゆらぎ学習の画像の特徴抽出、画像の時系列変化に対する特徴量抽出に用いることで処理負荷（電力、計算資源）を大幅に削減できることが分かった。課題間連携の進捗と成果は実施期間中の報告会等にて定期的な報告を行った。



## 6. アウトカム目標の達成に向けた取組計画の達成状況等（つづき）

### 他プロジェクト・後継プロジェクトへの展開

- 本研究開発技術を継承した**研究開発プロジェクト等の遂行により研究開発を継続**
- 新規プロジェクトの提案、採択を通じて**科学技術の発展、既存のAI技術が困難な適用範囲への利用促進、人材育成を実施**

| プロジェクト名称   | 委託機関               | 実施概要概要   |
|--|--------------------|--|
| ICT重点技術の研究開発プロジェクト「脳の仕組みに倣った省エネ型の人工知能関連技術の開発・実証事業」<br>令和3年度～令和5年度  | 総務省<br>(環境省連携施策事業) | 脱炭素社会に貢献する脳に倣った省エネ型の次世代人工知能デバイス関連技術の社会実装に向けた必要な技術の確立に発展<br>省電力、省計算量、省計算資源で動作可能な人工知能技術の研究開発 |
| 研究開発とSociety 5.0 との橋渡しプログラム<br>(BRIDGE) 諸外国での金属・自然資源等の再生資源の調達に向けた国際ルールへの対応と海外調査事業<br>「サーキュラーエコノミー(循環経済)の海外調査・技術実証」 令和6年度 | 独立行政法人<br>環境再生保全機構 | 自動車リサイクルにおける脳型AIによる破碎工程の自動化技術の開発と実証、実証成果結果のASEAN展開の可能性を検討                                  |
| 革新的なCO <sub>2</sub> 型環境衛生技術等の実用化加速のための実証事業「揺動式高速MBRに関する技術開発」<br>令和6年度～令和7年度<br>※研究協力機関として参加                              | 環境省                | 水処理に関するCO <sub>2</sub> 排出削減に資する開発・実証事業を対象とした「水処理×デジタル技術×地域(社会)課題解決(貢献)」                    |

## 7. 政策へのフィードバック

### 国家プロジェクトとしての妥当性、プロジェクト設定の妥当性

わが国において、少子高齢化、特に生産年齢人口の減少下でも生産性を大幅に向上させ、経済成長を維持するという重要課題を解決するためには、多くの産業分野において大企業から中小企業に至る企業がそれぞれの事業分野、事業規模、投資力、運用力にあわせた人工知能を導入し、事業のデジタルトランスフォーメーション（DX）を推進することが必要不可欠である。

社会・産業における人工知能の導入、人工知能を活用したDX化は、安定してクレンジングされた大量のデータを保有でき（あるいは大量のデータを整理し、クレンジングできるリソースを保有でき）、莫大な資源投入が可能な大企業を中心に進展している。しかし、わが国の99%を占める中小企業においては、設備投資、人材確保、データ確保、エネルギー消費の観点で人工知能の導入、さらにデジタルトランスフォーメーション（DX）を断念せざるを得ないケースも発生している。特に特定のベテランの技能に依存する産業分野では技術継承を含めて事業継続の存亡にかかわる問題に発展している。

そこで本プロジェクトは総務省が管轄する情報通信研究開発機構・脳情報通信融合研究センターの、ヒトの脳がわずかなデータで記憶・学習し、省エネルギーで動作する情報処理（認知・分類）に関する研究成果を用い、ヒトの脳の認知・分類を再現する人工知能の研究を推進することとした。この取り組みは脳科学（脳医学）と情報科学の異分野融合が必須となり、民間単独や従来型の産学連携だけではテーマ設定並びに実行は不可能である。また、人工知能やDXソリューションを提供する企業は大企業に限られており、前述した中小企業、特に属人的技能に依存する産業分野への新たな人工知能のスクラッチ開発への投資判断は期待できない。そのため、国が産学官連携を主導、異分野融合による研究開発を推進してきた。現在、本研究は複数の産業分野の実証において期待される成果を上げている。

### プロジェクトの企画立案、実施支援、成果展開への取り組み等に関する今後の政策へのフィードバック

国が主導することで脳科学と情報科学を中心とした異分野融合型研究が進展、世界初の人の脳に倣う情報処理モデルが完成し、目標としたアウトプット・アウトカムを達成することができたことは本プロジェクトの成功点といえる。また後継のプロジェクトにより、資源循環分野の中小企業による実証を通じてその有効性が確認され、現在実用化に向けた取り組みが進展していることも成功点と考えられる。

一方、本研究開発は大阪大学単独での実施となり、外部機関連携は情報通信研究機構にとどまった。モデル化、技術の確立が研究開発遂行の目的であったため、研究期間中、民間企業との連携や交流が実施されなかったことから、研究期間内の社会実装に向けた技術移転、社会実装分野の拡大、実用化を見据えた計画立案実行が行われなかった。この結果、社会実装・実用化に向けた取り組みが遅延したことは体制構築面での失敗点と考えられる。

今後、プロジェクト実施体制構築に際しては、民間企業等のプロジェクト体制参画を積極的に促進し、社会実装担当として役割を担うプロジェクト執行体制を構築することが不可欠と考える。