

実施研究機関：大阪大学、日本電気(株) 研究開発期間：H23年度～H27年度

研究開発費：H23年1.16億円、H24年0.94億円、H25年1.45億円、H26年0.87億円、H27年0.49億円

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

### 1. 目的

省エネで信頼性の高い新世代のICTインフラを実現するため、極めて低エネルギーで柔軟な「脳の仕組み」を応用した制御技術(変動している通信状況を環境情報として取得し、適応的かつ即応的にネットワーク経路を探索して、エネルギー消費が少ない経路制御を行う技術等)の研究開発を実施することにより、新世代の情報通信ネットワーク制御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

「ICT維新ビジョン」(平成22年5月2日 総務省)、「脳とICTに関する懇談会 中間取りまとめ」(平成22年8月25日 総務省)、「第4期科学技術基本計画」(平成23年8月19日閣議決定)、「日本経済再生に向けた緊急経済対策」(平成25年1月11日閣議決定)等において、情報通信ネットワーク基盤技術に係る研究開発等の重要性について示されている。

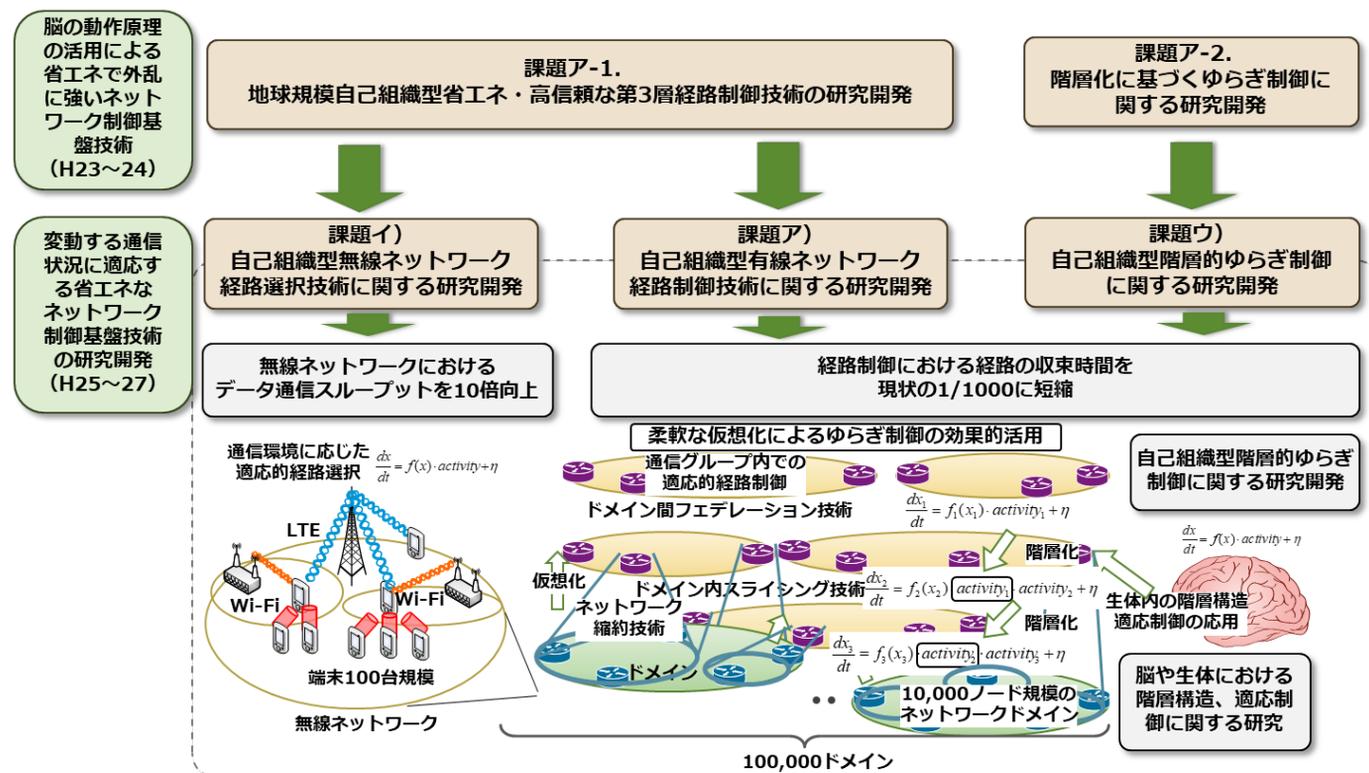
### 3. 目標

#### (1) 政策目標

近年の複雑で大規模なネットワークシステムは、膨大な計算を行うことで多くのエネルギーを消費し続けている。ネットワークシステムの低消費エネルギー化という重要課題の解決や、情報通信ネットワークに流れる通信量(トラフィック)の制御能力の向上のため、本研究開発を実施し、極めて低エネルギーで柔軟な「脳や生体の仕組み」を応用した自己組織型ネットワーク制御技術を確立することで、変動する通信状況に適應する省エネなネットワーク制御基盤の利活用による新たなサービス市場の創出を目指す。

#### (2) 研究開発目標

脳や生体は、大局的な情報交換による全体最適化を行わず、局所的な情報交換によって、予測困難な環境変動にも適応的に動作することが可能な自己組織的制御を行っており、その結果、省エネルギーかつ高信頼なシステムを構成していることが分かってきた。本研究開発では、このような自己組織的制御によって、トラフィック変動や故障に対して、有線ネットワークにおいては、現行技術に比較して1000分の1以下の計算時間で良好な通信相手間の経路を導出し、また、無線ネットワークにおいては、通信スループットを10倍向上できる、自己組織型ネットワーク制御基盤技術の確立を目指す。

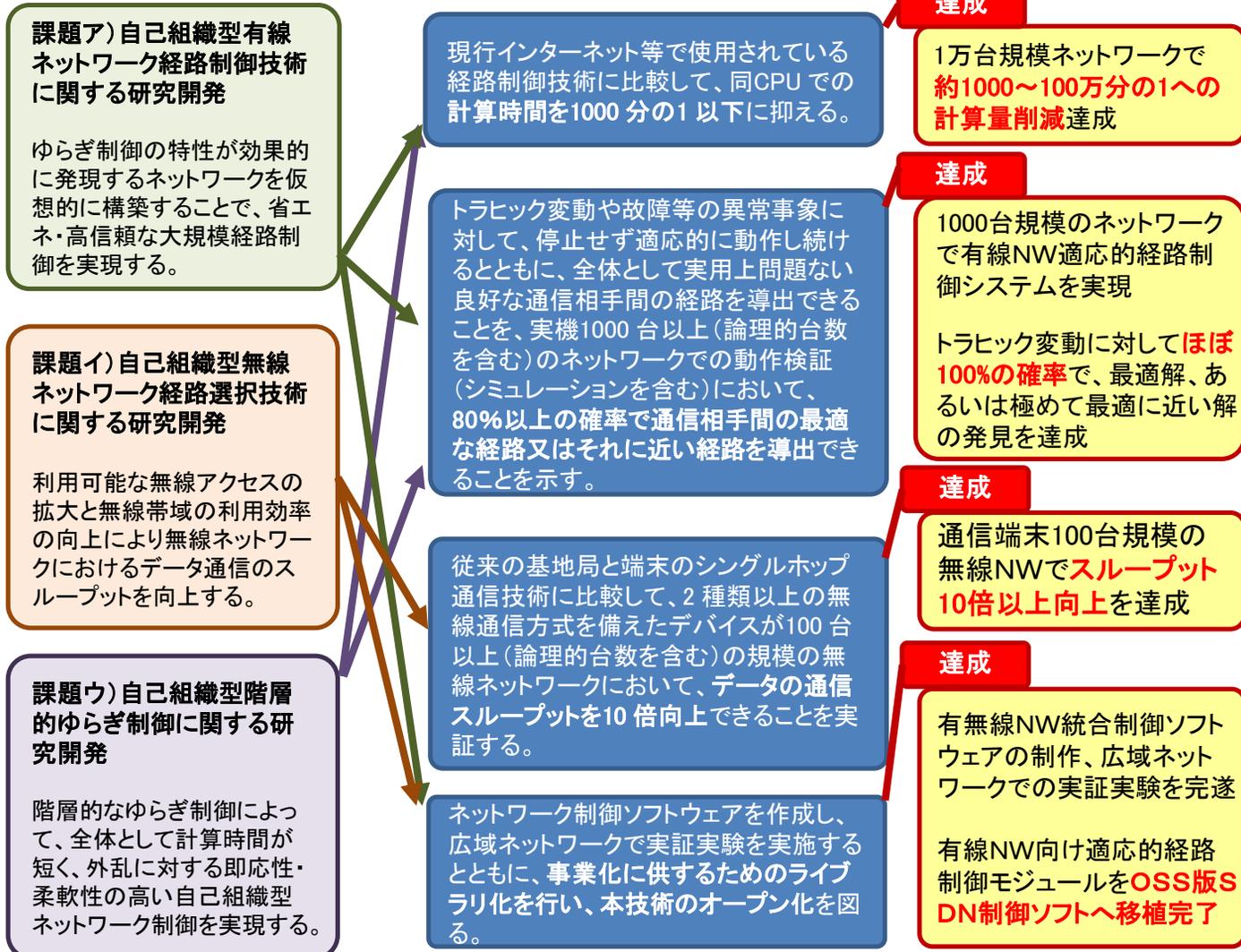


## 2. 研究開発成果概要

大規模、複雑かつ変動するネットワークにおいては、膨大な解候補の組み合わせの中から、適応的かつ即応的に最適または最適に近い解を導出し、制御に反映することが求められる。しかしながら、従来手法は専ら大域的情報にもとづく最適化アルゴリズムを用いているため、収集情報量の爆発、計算量の爆発の問題を有していた。

本研究開発では、脳や生体における「大局的な情報交換による全体最適化を行わず、局所的な情報交換によって、予測困難な環境変動にも適応的かつ即応的に対処することが可能な、低エネルギーで柔軟な仕組み」を応用することにより、外乱に強く省エネな、すなわち、トラヒック変動や故障等が発生した場合にも、その状況に基づいた全体最適化を必要とせず、新しい状況に適応して最適解またはそれに近い解を探索することが可能な自己組織型ネットワーク制御技術を確立した。

### 基本計画書における到達目標



### ○基本計画を超える成果

有線ネットワークにおいて、ストリーム系とデータ系にトラヒックを分離、制御することで、**遅延短縮(75%)、輻輳回避(35%)**を達成

無線NWにおいて、ゆらぎ制御式に残余電力量を組み込んだ経路選択方式に拡張し、**通信可能時間の2.5%延長**を達成

将来の階層的なゆらぎ制御機構の理論基盤となる、**生体や脳における階層的ゆらぎ制御の基礎メカニズム**を解明

### 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>

アウトカム指標	目標数値・年度	H28	H29	H30	H31	R2
成果プロモーション活動 (ハンズオンおよび成果発表件数)	5件 (H28年度)	6件 120%	年度・件数ともに達成			
社外実証推進活動 (他組織への成果提供件数)	5件 (H30年度)	1件 20%		1件 40%	3件 100%	目標件数達成
事業化・製品化活動 (知財の活用件数)	3件 (R2年度)				3件 100%	年度・件数ともに達成

成果プロモーション活動:ハンズオン1件、講義1件、成果発表・展示2件、学会発表2件

社外実証推進活動:慶応大、秋田県立大、関西大、神戸大、大阪府立大の計5件のソフトウェア提供

事業化・製品化活動:3件の特許を活用

#### <新たな市場の形成、売上げの発生（GDP等増大）、国民生活水準の向上>

本研究成果である知的財産を活用した製品が実用化されている。SOFTWARE DEFINED NETWORK(SDN)主要製品(コントローラ)へ知財2件、およびインフラレスネットワークを構築する産業用無線通信装置へ知財1件が活用された。SDN事業は、多数の自治体や企業へ展開されている。IDC Japanが公開する国内SDN市場規模によれば、市場は572億円規模で、さらに拡大傾向にある。また、当該技術を活用した製品を含むNECにおけるSDN関連の事業規模は2018年実績で約250億円に上る(Impress 2020)。

#### <知財や国際標準獲得等の推進>

研究開発中ならびに現在に至るまで26件の特許出願(うち14件は国際出願)を行い、8件(うち5件は国際特許)を取得。

うち無線製品の特定用途向け機能の一部において特許1件、また、SDN製品の特定用途向け機能の一部において特許2件をそれぞれ活用している。

### 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>

本研究以降、脳の動作原理を活用する研究が進展し、「ゆらぎ制御」「ゆらぎ学習」といった分野が確立され、以下のような取組が誘引された。

#### ● 「ゆらぎ」「脳の動作原理」を活用する国プロジェクト

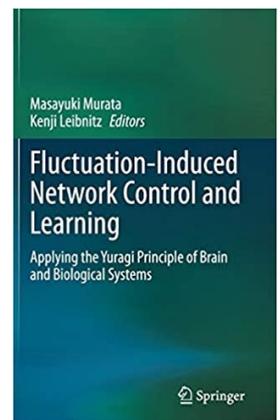
#### <総務省プロジェクト「次世代人工知能技術の研究開発」>

- ・ 「脳型認知分類技術」及び「脳型演算処理技術」の2つを内容とする次世代人工知能技術を確立する。
- ・ 人間の脳の認知メカニズムに倣った脳型認知分類技術の研究開発(H29~H31)
- ・ 研究開発のアウトカムとして「ゆらぎ学習」と呼ばれる新技術がCEATECやIT Week関西での展示、GITHUBでの公開を経て、一般に活用され始めている。
- ・ 人間の脳の演算処理メカニズムに倣った脳型演算処理技術の研究開発(H29~H31)

#### <総務省・環境省連携プロジェクト「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」>

- ・ 「超低消費電力(Green of AI)」、「これまでの人工知能では適用が難しい領域での人工知能による作業等の合理化(Green by AI)」を実現し得る脳の仕組みを生かした人工知能について、技術開発・実証を実施する。
- ・ 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(R3~R5)

- 書籍“Fluctuation-Induced Network Control and Learning”(Springer、2021)の出版による「ゆらぎ」や「脳の動作原理」を活用する情報通信技術研究開発の啓発・普及



## 5. 副次的な波及効果

### <副次的な波及効果>

平成28年に大阪大学とNECとの間でNECブレイン・インスパイアード・コンピューティング協働研究所が設置され、脳の動作原理を活用する新しい「脳型コンピューティング」の研究が推進されている。また、大阪大学は平成25年に設置された脳情報通信融合研究センターとも連携し、脳や「ゆらぎ」にもとづく新たな情報・通信技術に関する研究が進行している。大阪大学においては本研究開発に関与した学生が学位取得後に産学の様々な分野で活躍している。

## 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>

研究開発開始当初より研究責任者の統括のもと総合ビジネスプロデューサ、ビジネスプロデューサ、研究者との緊密な連携を図り、市場調査や想定顧客のヒアリングを行い、将来的な技術展開を進めるビジネスモデル戦略を検討、利用シーンを設定した。

またその着実な事業化に向けてオープン・クローズド戦略を立て、SDN関連技術についてはTremaオープンソースを用いたオープン化戦略とともに、製品への取り込みを行った。無線関連技術では、クローズド戦略に基づき、製品への技術取り込みを行った。

### <周知広報活動の実績>

現在までに査読付誌上発表論文8件(うち6件は国際論文誌)、査読付口頭発表論文10件(すべて国際会議)を含む計65件の成果発表を行った。また、国際会議においてスペシャルセッション2件を企画、開催し、当該研究分野の活性化に努めた。さらに、産学マッチングイベントであるイノベーションジャパンでの展示などのアウトリーチにも取り組んだ。

## 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>

大学と企業が連携して本プロジェクトを推進することで、その成果が研究開発期間後に事業化に結びつくとともに、脳の動作原理を活用する科学技術開発が発展的に実施され、脳型認知分類技術「ゆらぎ学習」が確立され、その中で新たに様々な成果が生み出されており、新規分野を開拓する国家プロジェクトとして有効な施策であったと言える。

また、大規模ネットワークの自律制御という先進的なテーマに取り組むことにより、その実現に必要な要素技術から、SDNの実装効率の向上や複数ネットワーク連携通信技術などを活かした事業化が実現されたことは大きな成果であり、本事業は国家プロジェクトとして、テーマ設定は妥当であったと考える。

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

本研究開発の成果は、その後の脳情報通信研究や継続的な国家プロジェクト等へとつながり、製品開発も行われている等、成果が適切に展開されていると評価できる。脳の仕組みに倣った通信制御技術についてはポテンシャルがあることが示されていることから、引き続きこういった基礎的な研究をサポートしていくことが重要と考えられる。

また、本プロジェクトの研究成果の普及促進に際しては、ソフトウェアのオープン戦略をとったことで、様々な大学への成果展開が可能となり、技術の有用性を実証することができた。本取組は、今後の研究開発の成果展開における参考にできると考える。