

3.4.1 未来 ICT 研究センター バイオ ICT グループ

グループリーダー 今水 寛 ほか 62 名

未来のコミュニケーション技術をより快適なものとする萌芽的コア技術の開発

概要

バイオ ICT グループでは、人間の脳機能や生物の生体機能を解明し、その成果を情報通信に利用することを目指しています。具体的には、人間の脳活動を計測することで、コミュニケーションにとって重要な「わかり」や「ひらめき」、感情やストレスを評価する技術を開発したり、脳活動からその人がどのようなことをしようとしているのかを読み取り、通信機器の操作に利用する技術の開発を行っています。また、細胞や生体分子を情報通信に利用することで、超低エネルギーで高機能な通信技術を開発したり、外乱や故障に強い生物の情報処理に学んだ、情報処理アルゴリズムの開発を行っています。

- (1) 脳情報通信技術の研究開発: 脳活動計測の基礎となる計測技術の開発を行っています。複数の計測方法を組み合わせることで、空間分解能 10mm 以下、時間分解能 5ms 以下の精度で脳情報を計測できる技術の開発を目指しています。このような技術を、「わかり」や「ひらめき」、感情やストレスを評価することに応用したり、脳活動からその人がどのようなことをしようとしているのかを正確に読み取ることに応用します。
- (2) 分子通信技術の研究開発: 生物に見られる超低エネルギーで高機能な情報処理・伝達の仕組みに学んだ柔軟性に富むインターフェース技術を開発するために、生体機能の実験を通して自己組織性、自律性、特異的認識能力等の要素技術の抽出を行っています。
- (3) 生物アルゴリズムの研究開発: 生物や人間の優れた特性である適応性や自律性を情報通信システムに生かすために、通信処理を自ら最適化する機能を有する新しいアルゴリズムの研究開発を行っています。

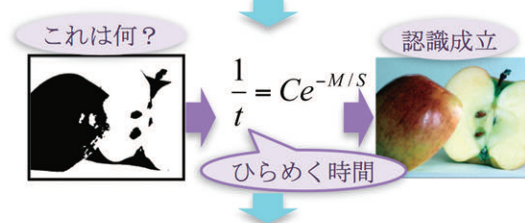
平成 21 年度の成果

(1) 脳情報通信技術の研究開発

- ① 複数の計測方法を組み合わせた脳活動計測においては、10 ms の時間分解能、10 mm の空間分解能を、感覚運動制御に関連する脳活動で検証しました。
- ② 創発的にひらめく脳の情報処理過程について、ゆらぎに基づく理論モデルを構築し、画像認識実験データの解析によって実証しました (図 1)。

また、感情が伴う言語伝達の脳活動計測により、言語処理に続く脳活動部位があることを発見し、感情的表現の受け取り方の定量評価に資する基礎過程を明らかにしました (図 2)。
- ③ 人間の注意状態や準備状態を脳活動から推定する研究では、数理モデルを構築し、準備状態を推定するためには、どの時点の脳活動を調べるべきかを定量的に調べました。

劣化画像の視覚的ひらめき過程が化学反応 (アレニウスの式) と類似していることを発見。



意味がある対象の視覚的理解が、神経集団 (アセンブリ) 活動の自発的なゆらぎによって引き起こされることを理論的に示しました。

図 1 劣化画像 (隠し絵) の認識時間計測

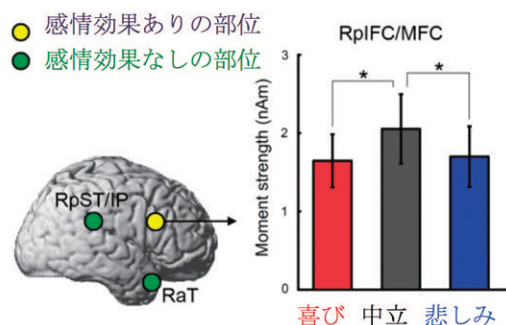


図 2 感情が伴う言語伝達の脳活動計測

(2)分子通信技術の研究開発

① 分子通信の要素技術に関して、細胞内の情報伝達を担う分子複合体の構造や配置、ダイナミクス等を高精度で計測、解析することで、細胞の特異的認識能力による情報ハンドリング戦略と、分子複合体の設計図に関する新知見を得ることに成功しました (図3)。

② 分子通信ネットワークについては、微細加工を施した基板の上に、細胞膜表面のチャネルを発現させることで、細胞間コミュニケーション能力を付与した細胞を自律的に配置させ、これらをマイクロメートルからミリメートルにいたる分子通信ネットワーク検証モデルとして機能させることに成功しました (図4)。

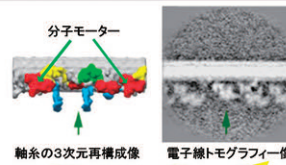
この結果とシミュレーションの結果を比較することにより、細胞における分子通信ネットワーク構築の有効性を検証しました。これらは、分子通信ネットワークの実現可能性について、実際に生物由来のパーツを利用して示した初めての例となりました (図5)。

(3)生物アルゴリズムの研究開発

① 独自に開発した細胞分子イメージング法 (蛋白質局在情報データベース) と遺伝情報発現計測システム (発現量解析法) を使って、生物が外部環境に適応する仕組みや遺伝情報を読み出す仕組みを明らかにしました (図6)。

アルゴリズムを自ら最適化できる「アルゴリズム可変ネットワーク (ATN)」のモデル改良を行い、高次関数への適用可能性を示しました。また、並列処理動作を想定した ATN-P2P プロトタイプを作製し動作確認しました。さらに、自律分散制御への応用として、新世代電力供給網 (Smart Grid) へ適用するため、Smart Grid の基本制御式を導出し、シミュレーション実験により基本動作を確認しました (図7)。

分子通信の要素技術としての細胞・分子システムの高精度解析



生体の自律性の基盤

分子通信技術実現のための要素技術を抽出

電子線トモグラフィによって、生体分子複合体である軸索の設計図 (3次元構造) を抽出しました。(J.Cell. Biol., Nature Struct. Mol. Biol. 誌で発表) (図3)

細胞による分子通信ネットワークの構築

基板上に配列させた細胞での実証実験



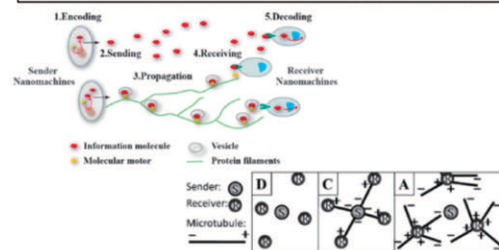
刺激

伝搬するシグナル



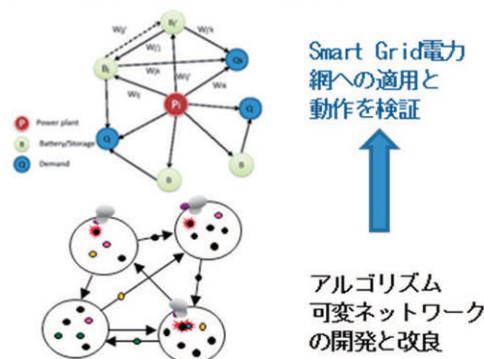
細胞による分子通信ネットワークの構築を行い、その伝送特性と有用性を検証しました (FEBES letters 誌で発表) (図4)

生体分子ネットワークにおける情報伝達速度の解析



分子通信において想定されるネットワーク構成に応じた情報伝達速度の理論解析を行いました (IEEE Trans. Nanobiosci. 誌で発表) (図5)

実世界への応用可能性を実証



Smart Grid電力網への適用と動作を検証

アルゴリズム可変ネットワークの開発と改良

蛋白質局在情報データベース

Fission yeast chromosomally tagged GFP-fusion library

生物の外部環境に適応する仕組みや遺伝情報を読み出す仕組みを解明

図6 蛋白質局在情報データベースの作成

図7 ATNのスマートグリッドへの応用