

研究領域名 分子サイバネティクス  
—化学の力によるミニマル人工脳の構築

東北大学・工学研究科・教授

むらた さとし  
村田 智

領域番号： 20A403 研究者番号：10334533

【本研究領域の目的】

本研究領域の目的は、「いかにして個別の分子材料や分子デバイスをシステムとして組み上げるか」に重点を置いて実施した新学術領域「分子ロボティクス」(2012-16年度)の基本理念を継承しつつ、より大規模な分子システムを構築するための新しい方法論を開拓することにあります。

具体的には、センサ、プロセッサ、アクチュエータなどの異なる機能を持つ分子を、リポソームをはじめとするミクロンサイズの人工細胞（コンパートメント）に実装し、更にこれらを結合することにより、複雑な機能を持つシステムを構築する方法論を開発します。これは、部品を配線で組み合わせる通常のロボットやコンピュータとは異なり、全ての機能を溶液中の分子間の反応としてボトムアップに組み立てる「分子システム工学」ともいべきものです。

【本研究領域の内容】

本研究領域では、ミクロンサイズの人工の知的情報処理分子システム(ケミカル AI, ミニマル人工脳)を構築し、情報処理の例として「パブロフの条件反射」のデモンストレーションを行うことにより分子サイバネティクスの方法論を実証します。そのために以下の研究に取り組みます。

1) それぞれセンサ、プロセッサ、アクチュエータを実装した3種の人工細胞を一定の順序に並べることでできるマイクロ流体デバイスを開発します。そして、並べた人工細胞(図1)に様々な分子刺激を印加してその応答を自動記録する遠隔操作可能な実験システムを開発し、これを領域全体で共有することにより、要素技術の統合を進めます。

2) 外部から与えられる刺激に人工細胞が応答したり、人工細胞の内部の情報を次の人工細胞に伝達し

たりするための分子情報伝達デバイスを開発します。多種類の人工細胞を結合するために、内部溶液を混合しない分子情報伝達機構を実現することが必要になります。

3) 人工的に合成された核酸分子を用いて、記憶と学習機能を持つ分子計算系を合目的に設計する技術を開発し、配列された複数の人工細胞により「パブロフの条件反射」を獲得するデモンストレーションを行います。

4) 情報処理能力に拡張性を与えるため、変形により他のミニマル人工脳と2次的結合(シナプス)を形成することのできるアクチュエータ人工細胞を開発します。

5) 市民参加型イベントの開催や、本プロジェクトに対するメディアやネットの反応の分析を通して、分子サイバネティクスの倫理的・法的・社会的影響(ELSI)の研究に取り組みます。

【期待される成果と意義】

分子サイバネティクスは、多様な分子デバイスをシステムとして組み立てるための汎用性の高い方法論の基盤となる学術分野であり、将来これによって様々な応用システムの構築が可能になることが期待されます。分子サイバネティクスの応用として、例えば、記憶・学習機能を利用したバイオセンサーや、人工細胞と生細胞のハイブリッド培養による人工組織作製、分子ロボット群の制御などが考えられます。

分子サイバネティクスは、サイバネティクス(人工知能学)を化学の原理によって再構築することに相当します。これは、サイバネティクスが分子・物質のレベルに到達するということを意味しており、我々の物質観や生命観そのものを革新する可能性を秘めています。

【キーワード】

分子サイバネティクス：個別の分子材料や分子デバイスを大規模に集積して知的情報処理能力を持つ分子システムを構築する方法論。分子・物質レベルからの人工知能学の再構築。

【領域設定期間と研究経費】

令和2年度－6年度 1,131,500千円

【ホームページ等】

<https://molcyber.org>  
[contact@molcyber.org](mailto:contact@molcyber.org)

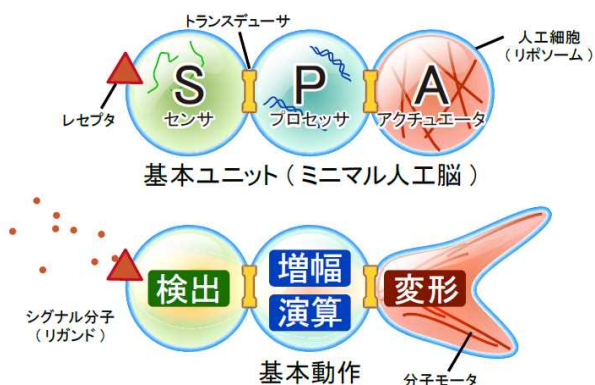


図1 人工知能の化学的な実現