



研究領域名 実世界の奥深い質感情報の分析と生成

京都大学・大学院情報学研究科・教授

にしだ しんや
西田 眞也

領域番号： 20A401 研究者番号： 20396162

【本研究領域の目的】

質感は情報科学及び神経科学にとっての重要な研究テーマであり、産業界からの注目も高い。これまでの質感研究から、質感の本質的理解には、感覚器が捉えた入力情報を質感属性変数や質感カテゴリーの言語ラベルに結び付けるような表層的な質感情報処理だけでなく、その背景にある深奥質感と呼ぶべき処理階層を理解する必要がある、との考えに至った。具体的に我々が想定する深奥質感処理とは、(A)質感情報から事物の多面的な生態学的意味や価値を計算する過程。ここには身体内部に情動的な反応を誘発する過程も含まれる。(B)質感と他の感覚属性の統合により外界モデルを脳内に構築することによって、行動の結果を事前に予測し、適切な行動選択をするような過程。(C)質感情報処理が、処理の主体である人間の個性（例えば年齢、脳機能障害、文化背景、経験）によって影響される過程。(D)実際の事物を出発点として、五感で捉えられた感覚情報の処理を介してリアルとフェイクを見極める過程、である。本研究領域では、人間の深奥質感処理を脳認知科学的に解明し、革新的な質感技術を開発し、その結果として質感の総合的理解を深めることを目的とする。

【本研究領域の内容】

計画研究では三つの研究項目を立て深奥質感の謎に迫る（図1）。研究項目 A01「質感機械認識」では、計算機による深奥質感認識の実現を目指す。西野らは、人・物・場の質感を生み出す物理特性、状態、意図、意味的構造などの深奥質感を計算機で視覚的に計算する。岡谷らは、現在の深層学習の限界を克服して、言語ラベル付けが困難な深奥質感の内部表現を推定する。佐藤らは、先端的な物理計測技術を駆使して、芸術作品の本物と模倣の違いがどこにあるかを解明する。

研究項目 B01「質感生体認識」では、人間や動物による深奥質感認識の科学的解明を目指す。神谷らは、脳デコーディングの技術を駆使して、脳内の三次元の外界モデルを機能的 MRI によって読み解く。南本らは、DREADD などの最新の神経活動操作法を駆使して、質感から価値を計算する脳内機構を解明する。鈴木らは、臨床神経学の立場から脳機能低下による質感認識の変容から質感認知の神経基盤を解明し、質感環境の改善法を探る。西田らは、心理物理、感覚工学の立場から、視覚・触覚・聴覚・言語のマルチモーダル情報から質感を認識する仕組みを多角的に検討する。

研究項目 C01「質感生成」は深奥質感の生成と編集技術を開発する。岩井らは、ウェアラブルな光変調メガネという新しい技術で、実世界の質感を変調する。渡辺らは、現在のプロジェクションマッピング再現の限界を超



図 1: 研究体制

えた深奥質感操作を実現する。質らは、実素材群のマルチモーダル制御による質感生成と、それに対する人間の質感感覚の研究を行う。

公募研究は、D01「深奥質感の情報科学・情報工学」、D02「深奥質感の認知科学・脳神経科学」の二つの研究項目において、計画研究のテーマを補強し、カバーできないテーマを補完する。

【期待される成果と意義】

先端的かつ学際的な質感研究を発展させることにより、個々の個別分野のみではなし得ず、かつ個別分野を飛躍的に発展させる成果を達成する。情報科学としては、人間のように深奥質感を認識する AI や人間には感じ取れない質感まで認識する技術、実世界の深奥質感を思いのままに操作する技術、リモートコミュニケーションの質を向上する技術、などの開発が期待される。アートにおいては、科学との更なる融合や、本物に極限まで近づくクローン芸術の実現が期待される。心理学、脳神経科学に関しては、深奥質感の神経機構、知覚と感情の関係、人間にとって意味のあるリアリティの本質についての理解が大きく進むものと期待される。臨床医学や生活に関しては、脳機能低下者の生活環境の質の改善や、万人に快適な質感環境の解明が期待される。

【キーワード】

質感：一般的に広い意味を持つ語だが、本領域では、事物や事象の物性、材質、状態、さらには感性的価値を推定する人間の能力を反映した感覚と定義している。

【領域設定期間と研究経費】

令和2年度～6年度 1,150,800 千円

【ホームページ等】

https://www.shitsukan.jp/deep/secretariate_shitsukan2020@googlegroups.com



研究領域名 社会変革の源泉となる革新的アルゴリズム基盤の創出と体系化

京都大学・大学院情報学研究科・教授

みなと しんいち
湊 真一

領域番号：20A402 研究者番号：10374612

【本研究領域の目的】

現代の高度情報化社会を動かしているアルゴリズム、すなわち論理的な手続き処理の理論と技法における近年の急速な進展を、様々な分野の科学者・技術者が理解可能な形で広く自由に利用できる学術として体系化し、社会変革の源泉となる基盤研究領域として発展させることを目的とする。近年の圧倒的な計算性能の進歩や未来の革新的デバイス、及び新しい社会的概念や価値観に基づいて、理論と応用を分かりやすく接続する汎用的かつ実用的な定式化モデルを再構築・体系化する。それらを構成する離散構造処理、制約充足、列挙、離散最適化、量子計算理論など、日本が強みを持つ分野を中心としたアルゴリズムの理論と技法の研究を推進し、革新的アルゴリズム基盤として発展させる。

【本研究領域の内容】

本研究領域は、図1に示すとおり、理論と応用を有機的に結合するインタフェースを追究する研究項目A01、A02と、それらを下支えする理論と技法を追究する研究項目B01、B02、B03、B04の合計六つの計画研究、及び全体の企画を行う総括班からなり、さらに17件程度の公募研究を含めて構成する。各計画研究の主な研究内容は以下のとおりである。

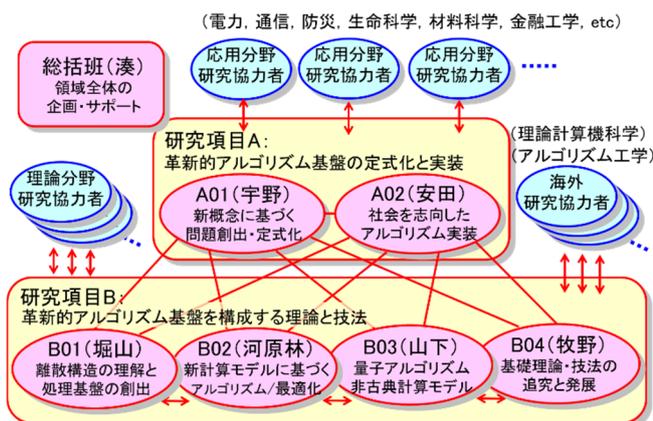


図1 研究体制

A01: 新しい概念に基づいたアルゴリズム・最適化の問題創出とその効率的求解方法の研究 応用分野の研究者の協力を得て、情報学の未来を切り開く新しい問題群を議論し、解くべき課題を定式化する。新しいアプローチによるアルゴリズムを設計する。

A02: 社会を志向した革新的アルゴリズムの実装 領域内で得られた理論的な成果を「社会変革アルゴリズム基盤」として広く社会に利用可能な形として実装し、理論研究者と応用研究者のインタフェース

を構築する。

B01: 大規模離散構造の理解と革新的アルゴリズム基盤の創出 理論及び実装の研究者が互いのマインドを理解しながら、指数関数的に大規模な離散構造に立ち向かい、その構造を利用した列挙、数え上げ、グラフ、文字列処理、SATなどのアルゴリズムの設計技法を研究する。

B02: 新計算モデルにおけるアルゴリズム・最適化 現在の社会課題に適合する新しい計算モデルにおける離散数学・アルゴリズム・最適化分野の基礎研究、及び機械学習分野（主にオンライン最適化、深層学習）の解析、巨大グラフや巨大データを扱う超高速アルゴリズム開発に関する研究を行う。

B03: 量子アルゴリズムの理論と実装を接続する革新的基盤の創出 計算理論の研究知見と量子計算機を実際に利用する研究知見を融合して、古典計算機も活用しながら効果的な量子計算を行うための理論的基盤を創出することを目指す。

B04: アルゴリズム基礎理論の追究・発展

アルゴリズムの性能保証や精度保証、公平性、安定性、均衡性の解析、離散と連続の融合、新しい価値観に基づく計算モデルや計算量解析方法など、計算機科学の基礎理論や技法を追究し、新たな突破口の開拓を目指す。

【期待される成果と意義】

計算機性能の急速な進展や未来の革新的デバイスを見通して、理論と応用を有機的に接続する汎用的な定式化モデルを再構築・体系化する。日本が世界で強みを持つ分野を更に伸ばし、「革新的アルゴリズム基盤」として発展させる。理論と応用が出会う「場」となる研究コミュニティを組織し、競争力の源泉となるアイデアを醸成し続ける。難関国際会議や論文誌等の学術業績はもちろん重要であるが、それだけに留まらず、応用研究者との連携による実問題への適用、様々な学問への間接的貢献、実社会応用による経済的波及効果、及び一般市民への社会的インパクト等を考慮して研究活動を推進する。

【キーワード】

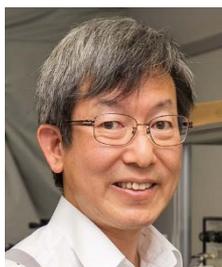
アルゴリズム：計算機のプログラムを正しく効率よく構成するための計算手順や戦略の総称。計算機の処理性能に大きな影響を与える重要技術。

【領域設定期間と研究経費】

令和2年度－6年度 856,800千円

【ホームページ等】

<https://www.afsa.jp/>
afsa-contact@algo.cce.i.kyoto-u.ac.jp



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」ともいうべきものです。

【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

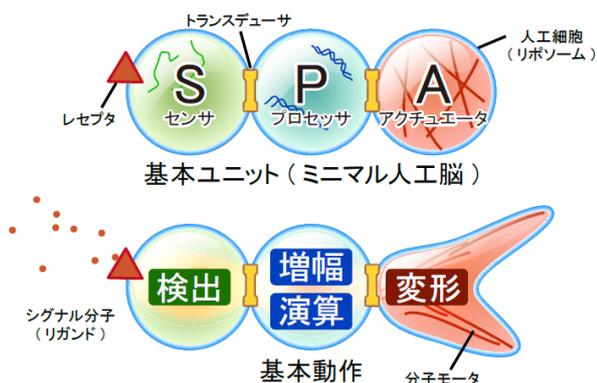


図1 人工知能の化学的な実現