

研究課題別 事後評価結果

1. 研究課題名: 超分散マイクロアクティブセンシング

2. 研究代表者: 橋本 浩一 (東北大学 大学院情報科学研究科 教授)

3. 研究概要:

本研究の目的は、多数の微生物を情報処理機構と結合することで微生物の運動の制御、体内センサの利用を可能にし、柔軟かつ多様なセンシング機能を提供する大規模分散アクティブセンシングシステムを実現することである。

超分散マイクロアクティブセンシングシステムを実現するためには、機械工学、制御工学、光学、分子生物学、物理学の方法を総合的に用いることが必要である。SORSTにおける研究では、さきがけ研究で得られた知見をもとに、ゾウリムシをモデル生物として、刺激に対する挙動解析・モデリング等を実施し、その過程で3次元トラッキング蛍光顕微鏡システムを開発した(特許出願)。

以後この装置を用いて多くの生物系科学者と共同で応用検討に入った。

以下それらの要点をまとめる。

3-1. 微生物内部の反応の数理モデル

a. 微生物の運動の制御

ゾウリムシに機械刺激を与えるためシリコンオイルで囲まれたメチルセルロース内にゾウリムシをトラップした。この時の体内の Ca^{2+} イオン濃度を可視化することにより、機械刺激に対する反応の可視化を行った。

b. 運動する微生物のトラッキング/トラッキング蛍光顕微鏡の開発

運動するゾウリムシ1匹の形状を継続的に観測するのみならず、蛍光観察も同時に行える顕微鏡システムを開発した。そのシステムと蛍光試薬Indolを用いて、運動するゾウリムシの細胞内 Ca^{2+} イオンを継続的に蛍光観察することに成功し、この細胞内 Ca^{2+} イオンの蛍光強度変化から機械刺激時刻を推定(センサ)することが出来た。ここで開発したトラッキング機能付き蛍光顕微鏡システムは、動く細胞の扱いにくさというライブセルイメージング分野における普遍的な問題を解決した初めての手法である。

3-2. 3次元トラッキングのための高速可変焦点レンズの開発

高速応答を実現する駆動原理と、実用的な収差量の可変屈折面である液体界面とを組み合わせることで、容量可変型可変焦点レンズを開発した。これを用い、微生物に光を当てた際に出来る干渉パターンを計測することで、自動焦点合わせが可能な画像処理アルゴリズムを開発した。これらの成果を踏まえ、多様な生物系研究者と協同してこのシステムの意味・価値を探った。

フジツボ幼虫、心筋細胞、白血球、線虫等、大きさも形も動きも異なる生物試料等についてそれぞれの運動軌跡を追跡し、運動に関する解析を行った。

以上の成果は微生物等の運動機能をセンシング手段とする種々の材料開発や情報制御等に役立つものといえる。

4. 事後評価結果

4-1. 外部発表(論文、口頭発表等)、特許、研究を通じての新たな知見の取得等の研究成果の状況

発表論文: (邦文) 0 件 / (英文) 11 件

口頭発表: (国内) 13 件 / (海外) 4 件

特許出願: (国内) 3 件 / (海外) 1 件

走行する特定の単細胞生物を蛍光標識で3次元的にトラッキングしながら、その体内イオン挙動を3msの時間分解能で動的に観察出来る「蛍光顕微鏡」開発において、2次元視野に拡大したこと、および外部エネルギーの摂動に対する挙動の把握を可能とするアルゴリズムを開発したことによりオリジナリティーの高いシステムを生み出した。

この機器システムを用い、多様な微生物、細胞の挙動解析へ発展させたことも評価出来る。外的刺激に対する応答と全体の運動性の仕組みをロボティクスの視点から体系的に把握する試みは生物学のみならずモノづくりにおけるナノ挙動の追跡にも役立つと考えられる。今後ターゲットに合わせたシステム構成をしていくことで、多面的な展開が期待出来る。成果の割に発表論文等が少ないのは機器開発に時間が必要だったと想定するが、特許も確立しており、今後は応用編も含めて情報発信が求められる。

4-2. 成果の科学技術への貢献

ビジュアルサーボ技術を基盤としたロックオン蛍光観察システムの構築等、微生物の体内センサを利用したセンシング機能を実現する超分散アクティブセンシングシステムの構築に向けて、独創的な成果を生み出した。従来、蛍光顕微鏡では運動性を持った微生物の捕捉は困難であると考えられていたが、本技術の応用により多様な生物系試料の挙動解析が可能となり、実用展開が期待される。また、高感度のラマン分光等の計測技術との複合で、微粒子等の動的挙動解明への応用が出来れば、物質利用の世界に広がり、将来の重要技術の一つに位置づけられるであろう。

4-3. その他の特記事項

本研究で開発された「トラッキング機能つき蛍光顕微鏡システム」は非常に独創性の高い機器で有用性もあり、企業からの熱い視線を注がれている。ただしSORSTが終了したことにより企業が求めているシステムの合理性等更なる開発要素へのサポートが切れた状況にある。今後は、応用展開先を絞り、企業と共同での先端計測機器開発等を通してステージアップすることが望まれる。