

令和 6 年 5 月 22 日現在

機関番号：10101

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2018～2022

課題番号：18H05413

研究課題名（和文）細胞集団とシンギュラリティ細胞のデータ駆動型数理解析技術の開発

研究課題名（英文）Development of Data-driven Mathematical Analysis for Single Cells and Singularity Cells

研究代表者

小松崎 民樹（Komatsuzaki, Tamiki）

北海道大学・電子科学研究所・教授

研究者番号：30270549

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 75,600,000円

研究成果の概要（和文）：（細胞などの）要素間の多体の相互作用を、因果関係を推定する情報理論を改良することで、従来法に比して主従関係をより正しく評価できるとともに、2つの要素の軌跡データだけを用いて分析できる手法を開発した。ラマン分光計測に対して、人工知能を計測過程に介入操作させることで、励起照射の形・パターンを自律的に制御し、無駄を省き必要な分光情報を重点的に獲得することで、精度を保証したレア細胞などの異常検知診断を数百から数千倍迅速化することに成功した。計測に関与する様々なノイズ存在下、スパース性と区分的平滑性と呼ばれる前提条件のもと、画像内に存在する細胞画像を高精度で抽出する手法を考案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

多体のあいだの主従関係や因果関係を推定することは要素間の組み合わせの数が膨大になり、データ科学における難問であった。従来法に比して、背後の因果関係をより正しく評価が可能となり、シンギュラリティ細胞を含む複雑な要素間の多体の相互作用を分析できる手法として期待される。これまで計測に時間が掛かりすぎるため、多くの細胞群への応用が困難であったラマン分光計測を飛躍的に迅速化するものであり、従来の細胞診では判定困難な病気診断への応用、半導体における迅速異常検知などに繋がるものと期待される。様々な計測ノイズをもつ画像に対して、深層ニューラルネットワークに代わる画像再構成法として期待される。

研究成果の概要（英文）：Based on information theory to estimate causal and leader-follower relationship, we developed a method to analyze many-body interactions between elements (such as cells) using only trajectory data of two agents, while being able to evaluate the principal-agent relationship more correctly compared to conventional methods. By using artificial intelligence to intervene in the Raman spectroscopy measurement process, the appropriate shape and pattern of the excitation irradiation are designed autonomously, and the necessary spectroscopic information is focused on obtaining the necessary spectroscopic information without waste. In the presence of various noises involved in the measurement, we devised a method to extract cell images existing in the image with high accuracy under the preconditions called sparsity and segmental smoothness.

研究分野：化学物理・生物物理

キーワード：因果推論 主従関係 細胞性粘菌 数理モデル 多腕バンディット手法 強化学習 ラマン計測

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

膨大な「構成要素」から構成される「システム」の機能を論じる従来のシステム生物学は、同種の構成要素を「濃度」として表現するに留まっており、構成要素に対して“個性”は殆ど議論してこなかった。しかしながら、細胞集団のなかから周囲を先導するリーダー細胞とそれに追従するフォロワー細胞に機能分化する現象 (Reffay ら *Biophys. J.* 2011; *Nature Cell Bio.* 2014) や枯草菌のクローン集団に生じる、細胞内のタンパク質の発現量などの表現型の違いで抗生物質に対する耐性を獲得するパーシスタ現象 (Balaban ら *Science* 2004, Wakamoto ら *Science* 2013) などが知られていた。集団的な描像に収まりきらない“個 (= シンギュラリティ細胞)”がどのように生まれてシステム全体に影響を与えうるかが重要となる。しかし、何を観て、どう解析すればシンギュラリティ細胞を同定できるのか？ 換言すると、膨大な数の特徴量の時系列データ集合からシステム (機能) に影響を及ぼしうるシンギュラリティ細胞をどのように抽出、かつシンギュラリティ現象を予測し得るか？ に応える情報計測解析手法が存在していなかった。また、希少なシンギュラリティ細胞を見出すためにどのように計測と情報科学が連動し得るか、例えば、希少細胞がそもそも存在するか否かを迅速に判定する観測技術や観測ノイズに強く、自動で動的な前景成分 (細胞や組織) と背景を効果的に分離できる解析技術が未開拓であった。

2. 研究の目的

情報科学的な視点から必要とされる前提条件は、(1) 対象毎にシンギュラリティ現象が何を指すのが仮定されていること (例: リーダー細胞 (シンギュラリティ) が出現し、他の細胞が追従する新たな動きが生まれる)、(2) その現象が一回限りのイベントではなく、複数回観測されて統計解析が可能であること、(3) システム全体の変化を時々刻々追跡でき、各時刻における細胞のアイデンティティ (例: リーダー/フォロワー細胞の区別 (ラベル)) ないし、少なくともシンギュラリティ現象の前後の時間帯が同定できること、(4) 観測により得られる膨大な計測データ集合のなかにそれらを識別できる要素を陰に含んでいること、である。それらの条件の下、リーダー・フォロワー細胞を数理的に事前にモデル化し、細胞の動態、トラッキングデータのみから、その主従関係、また、その相互作用域を情報理論に基づいて推定する情報計測解析手法を開発することを第一の目的と設定した。また、希少なシンギュラリティ細胞モデルとして、甲状腺上皮細胞に含まれる希少な甲状腺濾胞がん細胞を設定し、試料中に希少細胞が存在するか否かを高精度で判別するための情報計測技術を、ラマン分光法に基づいて開発することを第二の目的とした。既存の前景・背景分離技術は、時間方向に形状が変わる物体や高速に動く物体を正確に特徴づけることが困難であり、様々なノイズに汚染されている顕微鏡動画データを扱う上での頑健性を大きく欠いていた。ノイズに汚染された顕微鏡動画の前景成分と背景成分を自動的にかつ正確に分離するための新しい数理モデルと最適化アルゴリズムを開発することを第三の目的とした。

3. 研究の方法

-1 ある細胞と別の細胞の主従関係を推定する場合、それら2つの細胞の軌跡データなどを用いて評価されてきた。主従関係の“見取り図”を作成する際には、すべての細胞対の軌跡データを調べることになるが2つの細胞の振る舞いを決める因子が、その2つの細胞以外にも、第3の細胞が介在する状況なども考えられる。そのため、因果関係における“原因”と“結果”を推定するためには、単純な二対の組み合わせで表現できない多体の相互作用から成り立っている。しかしながら、多体のあいだの因果関係を推定することは要素間の組み合わせの数が膨大になるため、データ科学における難問であった。

データから因果関係を推定する手法が情報理論において移動エントロピーと呼ばれる量が提案され、これまでも様々な分野において広く用いられてきた。これは2つの変数の時間変化を入力として、一方の変数のそれまでの履歴を知ること、もう一つの変数の次の時刻での出力がどれくらい予測し得るかを定量することで情報の流れ (= 因果関係) を推定するものである。近年、移動エントロピーには欠陥があること、送受信者間で安全な通信を実現するための鍵 (パスワード) を共有する情報理論的暗号の考えを導入し、移動エントロピーを本来、定量しなかった固有の情報の流れのほかに、相乗情報量と呼ぶべき量に近似的に分解できることが知られていたが、どのような新たな知見を与え得るかについては不明瞭なままであった。そこで、細胞などの集団運動を模倣する主従関係モデルを構成し、リーダー細胞、リーダーに追従するフォロワー細胞を導入し、フォロワー細胞の動きがリーダー細胞だけでなく近傍のフォロワー細胞からも影響を受ける多体の相互作用が無視できない状況を構成し、移動エントロピーに内在している固有の情報の流れと相乗情報量を評価した。

-2 各細胞の状態を0(発火していない)1(発火している)の2状態で表し、その2値の時系列をアライメントすることにより、対応関係から細胞間の伝達方向を推定し、伝達関係のグラフを構築し、そのグラフを層に分けることにより、起点となった細胞 (リーダー) を推定する方法を開発した。個々の細胞の2状態時

系列を2つずつアライメントすることにより伝達方向と伝達遅延の大きさを推定する。遅延の大きさを辺の重みにした有向グラフを作成し、遅延の大きさの分布を推定して、ちょうど1段階の伝達の遅延の大きさを推定する。それを閾値として、1段階伝達の関係辺のみのグラフを推定し、伝達の順番を推定することにより、どの細胞を起点としてどのように伝わっていったのかが推定できる。その起点となった細胞をリーダーと推定する。

ラマン分光計測に対して、人工知能(AI)を計測過程に介入操作させることで、励起照射の形・パターンを自律的に制御し、無駄を省いた必要な分光情報を重点的に獲得することで、精度を保証した診断を飛躍的に迅速化するアルゴリズムならびにオンザフライラマン顕微鏡を新規に開発することに成功した。観測ユーザーが最大許容できる誤診断の割合を事前に設定することでユーザーの多様なニーズに応答することも可能とした。具体的には、計測する試料を小区画に分割し、異常を示す小区画領域があるか否かをできるだけ迅速に識別する問題を設定する。各々の小区画に対して、その小区画領域をすべて限なく計測した場合にのみ異常度合いの真値がラマンスペクトルから評価されることで、異常の有無を判定する。しかしながら、すべての領域を限なく計測することにより、異常検知において無駄な計測が含まれる可能性があることになる。強化学習のアルゴリズムの一つである多腕バンディット手法により、探索とそれまで獲得した知識を活用することで、できる限り少ない試行回数で識別することができる。ここで、多腕バンディット手法とは、選択肢(ここでは試料の小区画)の集合から一つを選択し、その選択肢からは報酬(ラマンスペクトルによる悪性度合いの数値)が得られるが他の選択肢からは情報が得られないプロセスを繰り返す設定において、得られる報酬の最大化を目指すための逐次的な方策のことを指す。このような設定は多腕バンディットと呼ばれ、各選択肢は腕と呼ばれる(広義には、報酬の最大化のみならず、多腕バンディットの設定での他の目的、たとえば最も期待報酬の高い腕を識別する問題(最良腕識別)などに対する手法もバンディット手法と呼ばれる)。

そのアルゴリズムを基に、AIが自律的に各小区画領域の異常の確率の標本平均、その信頼上界、信頼下界を算出し、異常が存在する可能性がある領域を同定し、対応する照射パターンをAIが生成し、装置系へフィードバックする。ここで信頼上界、下界に挟まれた区間を信頼区間と呼ぶ。有限の値を持つ真の平均値 μ があると、この平均値 μ は(観測しようとする)背後に存在する(母)集団による平均を指す。実際には一部の母集団のサンプルを行い、信頼区間を推定することになる。95%信頼区間とは、一部の母集団のサンプルを行い、信頼区間を推定するというを繰り返し行った際、その信頼区間の95%が真の平均値 μ を含むように計算される区間のことを意味する。

この操作を繰り返すことで、異常の確率が高い領域を少ない照射点数で、効率よく迅速に診断精度を保証した上で計測するアルゴリズムを構築した。さらに、当該アルゴリズムをプログラムで動作制御可能な照明系へ実装したオン・ザ・フライラマン顕微鏡を新規に開発した。

また、小区画間のがん指標の相関を考慮した方法の開発も行った。これは、がん指標値を領域上のなめらかな連続関数と仮定することにより、計測した点を含む小区画のみでなく、近傍の小区画に対する信頼区間情報も更新可能となり、より早い診断を可能とするものである。2次元領域上の関数の事前分布としてガウシアンプロセスを用いて事後分布を推定し、その事後分布に従って信頼区間を推定する方式を採用する。がん指標関数値が閾値以上の小区画の存在だけでなく、そのような小区画がある割合以上存在することを判定する分類バンディットの設定で癌診断をする方式を提案した。

前景背景分離に関する多くの既存研究は、計測データがノイズにあまり汚染されていないことを仮定している。しかし、顕微鏡動画のような特殊な計測データは、ガウス性のランダムノイズに加えて外れ値、欠損値、ストライプノイズなど、数種類の高レベルノイズによって汚染されていることが多く、これは既存技術の分離性能を著しく低下させる。このような状況では、学習データとして使用する高品質なデータが不足するため、ノイズの多い映像と前景/背景成分のペアから前景背景分離用の深層ニューラルネットワークを学習する等のアプローチが困難となる。そこで本研究では、学習データを必要とせず、かつ、信頼性の高い解析を実現するため、各成分を特徴付ける数理的指標を組み込んだ最適化問題を解く、スパース表現学習(SR)に基づく方法論を開発した。SRは、まず成分を基底とスパース係数の線形結合としてモデル化し、次にデータから基底と係数を同時に求める。前景背景の文脈では、ノイズのない映像の背景成分の静的性質を捉えるためにSRを導入した既存研究が存在するものの、多くの解決すべき困難を抱えている。例えばSRを含む最適化問題は非凸であるため、意味のある前景・背景成分と基底を持つ解に収束する最適化アルゴリズムを容易に開発することができないことが挙げられる。

本研究では畳み込みスパース表現学習(CSR)に基づく前景モデリングを用いた手法(RFBS-CRSF)を考案した。主な貢献としては、前景モデリングにCSRを導入する点である。CSRは撮像データに散在する特有の空間構造を捉えるために特化された辞書学習技術である。前景オブジェクトは複数のフレームに散在しているため、RFBS-CRSFはそれらの形状とエッジを適応的に捉えることができ、その結果、ノイズが多くフレームレートが低い状況下でも、それらを正確に分離することができる。

4. 研究成果

-1 リーダー細胞からフォロワー細胞への移動エントロピーに含まれる相乗情報量を調べた結果、フォロワー細胞同士は互いに相互作用しないモデルではフォロワー細胞の数に依存しないこと、フォロワー細胞が互いに相互作用するモデルではフォロワー細胞の数が増えるにつれて、相乗情報量は小さくなる。この相乗情報量は、リーダー細胞とフォロワー細胞の両方の履歴情報がフォロワー細胞の次の時刻の運動の振る舞いをどれくらい予測できるかを定量化している。すなわち、後者のモデルでは、フォロワー細胞はリーダー細胞に加えて他のフォロワー細胞の影響も受けるため、フォロワー細胞の数が増えるにつれて、リーダー細胞からフォロワー細胞の動きを予測する性能が急激に減少する。このことは、リーダー細胞とフォロワー細胞のあいだの 2 体の軌跡データだけから構成される相乗情報量を評価することで、第 3 のフォロワー細胞の影響を推定できることに対応している。このほか、相乗情報量と相互作用ネットワークにおける次数(相互作用の入出力)の関係なども明らかになり、多体の相互作用を二対の情報量から推定できる可能性が高いことを明らかにした。

本研究成果により、それまで組み合わせの数が爆発することで困難であった多体の相互作用存在下における主従関係を二対の要素の軌跡データから推定できることが示唆された。また、提案された理論的枠組みと用いられたデータ分析法は、二対の要素の軌跡データの振る舞いに影響を与えるものが、第三の要素(例: その二対の細胞以外の別の細胞)である必要は必ずしもなく、要素間の多体の相互作用を分析する有力なデータ駆動型手法として期待される。

本研究は *Sci. Adv.* 8, abj1720 (2022) (オンライン注目論文に選出)、*Biophys. Physicobio.* (2024) (招待)、*Scientific Reports* 13, (2023), *Biophys. Physicobio.* 18, 131-144 (2021) (招待)、*J. Chem. Phys.* 154, 034901 (2021) *Phys. Rev. E* 102(1), 012404 (2020)などに発表した。

-2 各細胞の発火時系列(発火のあるなしの二値)データからどういう順番で情報が伝わっていたのかを推定した。144 細胞の発火時系列を4つの区分に時系列を分割し、伝達の順番を推定し、順番で層別した。発火の同期が起こり、右下から左上に向けて空間的に伝達していることを可視化し、リーダー細胞を推測することに成功した。提案手法は細胞の位置を用いないため、位置情報のない株価等にも応用可能である。

本研究成果は、*Scientific reports* 12, 6078 (2022)、*Array* 15, 100240 (2022)などに発表した。

甲状腺濾胞がん細胞株(がん)のラマン AI 計測のシミュレーション結果を図1に示す。上図のラマン分光画像は事前にフルスキャンして得られたものであり、シミュレーションではどこに細胞が存在するかなどの情報は与えず、照射した点のラマンスペクトルだけを用いて、自律的にどの小区画にがん細胞が存在する確率が高いかを計測する度に推定しながら、AI が自律的に無駄を省き、効率的にがんの確率が高い小区間を計測できることを示している。さらに、ポリスチレン(PS)及びポリメタクリル酸メチル樹脂(PMMA)の混合ポリマービーズモデルを用い、PMMA を悪性部位に見立てたがん組織モデル(PS+PMMA 混合系)及び正常組織モデル(PSのみ)に対して、前者では、従来の点照明型ラマン装置

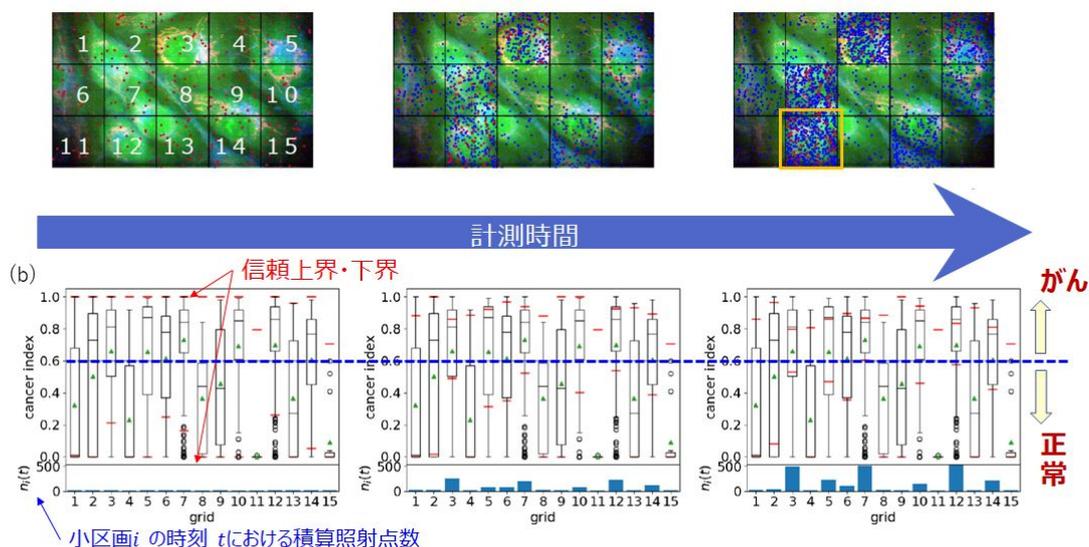


図1. 甲状腺濾胞がん細胞株(がん)のラマン AI 計測のシミュレーション結果。上図のラマン分光画像は事前にフルスキャンして得られたもの。シミュレーションではどこに細胞が存在するかなどの情報は与えず、照射した点(赤点)、それまでに照射した点(青点)上のラマンスペクトルだけを用いて、自律的かつ効率的にがんの確率が高い小区間を計測。

に比して悪性部位が存在することを 2,160 ~ 8,160 倍、後者では、悪性部位が存在しないことを 450 ~ 600 倍迅速に計測することを成功した。これらの倍率は、全点照射する場合に得られる診断精度に対して、許容誤診断率が 0.01 ~ 10% 以内であることを数学的に保証しています。この結果は、計測過程に介入した AI により、逐次的に最適な実験条件を計測装置にフィードバックされ、無駄を省くこと並びに必要な分光情報を重点的に獲得することが可能になり、診断精度を保証した計測の迅速化を実現できることを示している。小区画の相関を考慮した方法の効果を検討するシミュレーションも行い、提案法はより早い診断が可能であることが実証できた。

本成果は計測時間が大幅に掛かり、生物試料への応用が困難であるラマン分光計測を飛躍的に迅速化するものであり、シンギュラリティ細胞を迅速に検出するための基盤計測技術と位置づけることができる。

本研究成果は、田畑ら *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 121(12), e2304866121 (2024)、*Mach. Learn.* 109, 327-372 (2020)、*Pattern Recognition* 149, 110224 (2024)などに発表した。

構築したアルゴリズムの詳細、既存法と提案法の前背景分離性能の系統的な比較解析を子になったが、提案法を実際の顕微鏡動画に応用し分離した前景と背景を可視化した図 2 に示す。

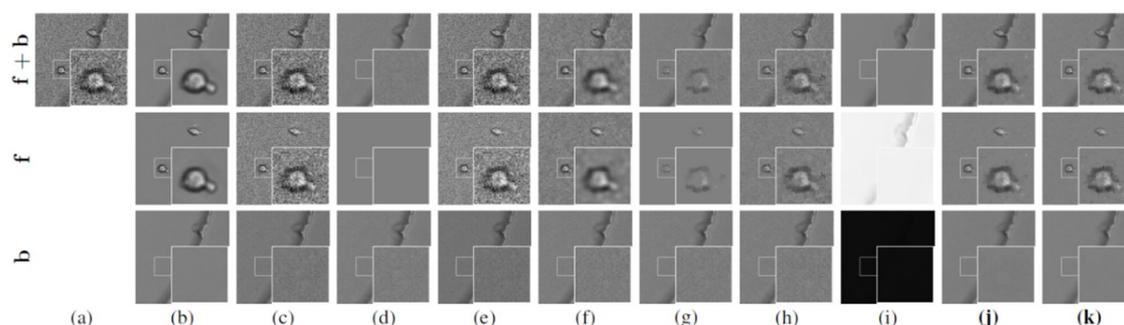


図 2 細胞の明視野画像に対するノイズ除去分離例

図 2 の(a)が計測データ、(b)が評価用にノイズなしデータから別に生成した正解成分である。可視化した結果から確認できるように、既存法(c) ~ (i)が前景と背景の正確な分離に失敗していることに加えて、ノイズの影響を大きく受けているのに対し、提案法(j)、(k)は強いノイズが重畳していても、正解成分に近い分離を実現できていることが確認できる。

本研究成果は *Proceedings of IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP)*, Rhodes Island, Greece, pp. 1-5, Jun. 2023. *Proceedings of APSIPA Annual Summit and Conference (APSIPA ASC)*, Tokyo, Japan, pp. 779-783, Oct. 2023.などに発表した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計23件（うち査読付論文 19件／うち国際共著 2件／うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Helal Khalifa Mohammad, Cahyadi Harsono, Taylor J. Nicholas, Okajima Akira, Tabata Koji, Kumamoto Yasuaki, Mochizuki Kentaro, Itoh Yoshito, Takamatsu Tetsuro, Tanaka Hideo, Fujita Katsumasa, Komatsuzaki Tamiki, Harada Yoshinori	4. 巻 -
2. 論文標題 Raman imaging of rat nonalcoholic fatty liver tissues reveals distinct biomolecular states	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 FEBS Letters	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/1873-3468.14600	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 Ferdous Zannatul, Clément Jean-Emmanuel, Gong Jian Ping, Tanaka Shinya, Komatsuzaki Tamiki, Tsuda Masumi	4. 巻 642
2. 論文標題 Geometrical analysis identified morphological features of hydrogel-induced cancer stem cells in synovial sarcoma model cells	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Biochemical and Biophysical Research Communications	6. 最初と最後の頁 41 ~ 49
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bbrc.2022.12.040	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hayakawa Michiyo, Taylor J. Nicholas, Nakao Ryuta, Mochizuki Kentaro, Sawai Yuki, Hashimoto Kosuke, Tabata Koji, Kumamoto Yasuaki, Fujita Katsumasa, Konishi Eiichi, Hirano Shigeru, Tanaka Hideo, Komatsuzaki Tamiki, Harada Yoshinori	4. 巻 640
2. 論文標題 Lipid droplet accumulation and adipophilin expression in follicular thyroid carcinoma	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Biochemical and Biophysical Research Communications	6. 最初と最後の頁 192 ~ 201
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.bbrc.2022.12.007	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Hirota Akira, Clément Jean-Emmanuel, Tanikawa Satoshi, Nonoyama Takayuki, Komatsuzaki Tamiki, Gong Jian Ping, Tanaka Shinya, Imajo Masamichi	4. 巻 14
2. 論文標題 ERK MAP Kinase Signaling Regulates RAR Signaling to Confer Retinoid Resistance on Breast Cancer Cells	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Cancers	6. 最初と最後の頁 5890 ~ 5890
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/cancers14235890	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 近藤 僚哉、水野 雄太、小松崎 民樹	4. 巻 4
2. 論文標題 ラマン分光組織学ーラマン顕微計測とデータ科学の融合ー	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 理論化学会誌「フロンティア」	6. 最初と最後の頁 130 ~ 138
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Basak Udoy S., Sattari Sulimon, Horikawa Kazuki, Komatsuzaki Tamiki	4. 巻 102
2. 論文標題 Inferring domain of interactions among particles from ensemble of trajectories	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Physical Review E	6. 最初と最後の頁 012404-1-9
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevE.102.012404	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Shimamoto Nobuo, Toda Mikito, Nara Shigetoshi, Komatsuzaki Tamiki, Kamagata Kiyoto, Kinebuchi Takashi, Tomizawa Jun-ichi	4. 巻 10
2. 論文標題 Dependence of DNA length on binding affinity between TrpR and trpO of DNA	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Scientific Reports	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-020-71598-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Basak Udoy S., Sattari Sulimon, Hossain Md. Motalieb, Horikawa Kazuki, Komatsuzaki Tamiki	4. 巻 154
2. 論文標題 An information-theoretic approach to infer the underlying interaction domain among elements from finite length trajectories in a noisy environment	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Journal of Chemical Physics	6. 最初と最後の頁 034901 ~ 034901
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/5.0034467	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Basak Udoy S., Sattari Sulimon, Hossain Motaleb, Horikawa Kazuki, Komatsuzaki Tamiki	4. 巻 18
2. 論文標題 Transfer entropy dependent on distance among agents in quantifying leader-follower relationships	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Biophysics and Physicobiology	6. 最初と最後の頁 131 ~ 144
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2142/biophysico.bppb-v18.015	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tabata Koji, Nakamura Atsuyoshi, Komatsuzaki Tamiki	4. 巻 -
2. 論文標題 Classification Bandits: Classification Using Expected Rewards as Imperfect Discriminators	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Pacific-Asia Conference on Knowledge Discovery and Data Mining, Workshop on Machine Learning for MEasurement INformatics	6. 最初と最後の頁 57 ~ 69
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-3-030-75015-2_6	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sulimon Sattari, Udoy S. Basak, Ryan G. James, Louis W. Perrin, James P. Crutchfield, Tamiki Komatsuzaki	4. 巻 8
2. 論文標題 Modes of information flow in collective cohesion	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Science Advances	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1126/sciadv.abj1720	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 該当する

1. 著者名 林 達也、中村 篤祥	4. 巻 114
2. 論文標題 時系列データのペアワイズアライメントによる伝播グラフの推定	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 人工知能学会研究会資料 人工知能基本問題研究会	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11517/jsaifpai.114.0_01	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Mitsuki Maekawa, Atsuyoshi Nakamura, Mineichi Kudo	4. 巻 -
2. 論文標題 Data-Dependent Conversion to a Compact Integer-Weighted Representation of a Weighted Voting Classifier.	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of The 12th Asian Conference on Machine Learning (ACML 2020)	6. 最初と最後の頁 241-256
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takeyama Saori, Ono Shunsuke, Kumazawa Itsuo	4. 巻 12
2. 論文標題 A Constrained Convex Optimization Approach to Hyperspectral Image Restoration with Hybrid Spatio-Spectral Regularization	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Remote Sensing	6. 最初と最後の頁 3541 ~ 3541
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/rs12213541	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takeyama Saori, Ono Shunsuke	4. 巻 1
2. 論文標題 Joint Mixed-Noise Removal and Compressed Sensing Reconstruction of Hyperspectral Images via Convex Optimization	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS)	6. 最初と最後の頁 1492-1495
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IGARSS39084.2020.9323489	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 武山彩織, 小野峻佑	4. 巻 -
2. 論文標題 ハイパースペクトル画像復元のための低ランク正則化と空間-波長正則化の融合	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 第35回信号処理シンポジウム	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Koji Tabata, Atsuyoshi Nakamura, Junya Honda, Tamiki Komatsuzaki	4. 巻 108
2. 論文標題 A bad arm existence checking problem: How to utilize asymmetric problem structure?	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Machine Learning	6. 最初と最後の頁 327,372
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10994-019-05854-7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Khalifa Mohammad Helal, James Nicholas Taylor, Harsono Cahyadi, Akira Okajima, Koji Tabata, Yoshito Itoh, Hideo Tanaka, Katsumasa Fujita, Yoshinori Harada, Tamiki Komatsuzaki	4. 巻 593
2. 論文標題 Raman spectroscopic histology using machine learning for nonalcoholic fatty liver disease	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 FEBS Letters	6. 最初と最後の頁 2535,2544
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1002/1873-3468.13520	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 J. Nicholas Taylor, Kentaro Mochizuki, Kosuke Hashimoto, Yasuaki Kumamoto, Yoshinori Harada, Katsumasa Fujita, Tamiki Komatsuzaki	4. 巻 123
2. 論文標題 High-Resolution Raman Microscopic Detection of Follicular Thyroid Cancer Cells with Unsupervised Machine Learning	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 The Journal of Physical Chemistry B	6. 最初と最後の頁 4358-4372
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.9b01159	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Pelissier A, Nakamura A, Tabata K	4. 巻 -
2. 論文標題 Feature selection as Monte-Carlo Search in Growing Single Rooted Directed Acyclic Graph by Best Leaf Identification	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 SIAM International Conference on Data Mining(SDM2019)	6. 最初と最後の頁 450, 458
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1137/1.9781611975673.51	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Komatsuzaki T, Press S, Senet P	4. 巻 123
2. 論文標題 Deciphering Molecular Complexity in Dynamics and Kinetics - From the Single Molecule to the Single Cell Level	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 J. Phys. Chem. B	6. 最初と最後の頁 2535, 2544
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1021/acs.jpcc.9b05382	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Takeyama Saori, Ono Shunsuke, Kumazawa Itsuo	4. 巻 -
2. 論文標題 Mixed Noise Removal for Hyperspectral Images Using Hybrid Spatio-Spectral Total Variation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ICIP	6. 最初と最後の頁 3128, 3132
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICIP.2019.8803239	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ono Shunsuke	4. 巻 -
2. 論文標題 Efficient Constrained Signal Reconstruction by Randomized Epigraphical Projection	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 ICASSP	6. 最初と最後の頁 4993, 4997
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/ICASSP.2019.8682191	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計90件 (うち招待講演 21件 / うち国際学会 28件)

1. 発表者名 Tamiki Komatsuzaki
2. 発表標題 On-the-fly Raman microscopy guaranteeing the accuracy of diagnosis by reinforcement learning
3. 学会等名 SPIE Photonics West (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Md. Menhazul Abedin, Koji Tabata, Yoshihiro Matsumura, Tamiki Komatsuzaki
2. 発表標題 Linear Bandit Algorithm for the Sequential Experiments of Molecular Properties
3. 学会等名 5th ICRoDD International Symposium (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Zannatul Ferdous, Jean-Emmanuel Clement, Jian Ping Gong, Shinya Tanaka, Tamiki Komatsuzaki, Masami Tsuda
2. 発表標題 Geometrical Analysis of Hydrogel Induced Cancer Stem Cells in Synovial Sarcoma Model Cells
3. 学会等名 5th ICRoDD International Symposium (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Jean-Emmanuel Clement, Zannatul Ferdous, Koji Tabata, Shinya Tanaka, Jian Ping Gong, Katsumasa Fujita, Tamiki Komatsuzaki
2. 発表標題 Establishment of a novel platform of Raman microscope for diagnosis of hydrogel-generated cancer stem cells
3. 学会等名 WPI joint symposium for interdisciplinary life sciences, The 45th Annual Meeting of the Molecular Biology Society of Japan (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tamiki Komatsuzaki
2. 発表標題 強化学習による制度保証付き迅速診断を実現するOn-the-flyラマン計測 (On-the-fly Raman microscopy to accelerate the detection of singularity with guaranteeing the accuracy by reinforcement learning)
3. 学会等名 トランススケールイメージングが拓くシンギュラリティ生物学：生命科学研究の特異点 (Singularity in bio-science research by Trans-Scale Imaging), 第45回日本分子生物学会年会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tamiki Komatsuzaki
2. 発表標題 On-the-fly Raman microscopy with Guaranteeing Accuracy using Reinforcement Learning I: Theory
3. 学会等名 FACSS SciX 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tamiki Komatsuzaki
2. 発表標題 Acceleration of Single Cell Raman Imaging to Guarantee the Accuracy of Diagnosis by Reinforcement Learning
3. 学会等名 Data Modeling and Computation: Capturing Biomolecular Processes (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tamiki Komatsuzaki
2. 発表標題 Single Molecule Biophysics: What do Single Molecules Experience its Energy Landscape?
3. 学会等名 Computational Biophysics of Atomic Force Microscopy (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Jean-Emmanuel Clement, Zannatul Ferdous, James Nicholas Taylor, Koji Tabata, Yoshinori Harada, Masami Tsuda, Shinya Tanaka, Jian Ping Gong, Katsumasa Fujita, Tamiki Komatsuzaki
2. 発表標題 Gaussian Weighted Background Correction for Raman images
3. 学会等名 19th European Conference on the Spectroscopy of Biological Molecules (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名	Taniki Komatsuzaki, Koji Tabata, Hiroyuki Kawagoe, James Nicholas Taylor, Kentaro Mochizuki, Toshiki Kubo, Jean-Emmanuel Clement, Yasuaki Kumamoto, Yoshinori Harada, Atsuyoshi Nakamura, Katsumasa Fujita
2. 発表標題	On-the-fly Raman image microscopy by reinforcement machine learning
3. 学会等名	SPIE Photonics Europe 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年	2022年

1. 発表者名	小松崎 民樹
2. 発表標題	情報科学とラマン計測の展開
3. 学会等名	【公開シンポジウム】データ駆動科学と情報計測の新展開 ~Data Driven Information Measurement Analysis~ (招待講演)
4. 発表年	2023年

1. 発表者名	田畑 公次, 中村 篤祥, 高見 亮佑, Joshua Arenson, 和田 弥生, Walker Peterson, 合田 圭介, 園下 将大, 小松崎 民樹
2. 発表標題	単調増加制約のあるレベルセット推定
3. 学会等名	人工知能学会 第124回人工知能基本問題研究会(SIG-FPA1)
4. 発表年	2023年

1. 発表者名	小松崎 民樹
2. 発表標題	シンギュラリティ生物学のための数理・情報科学戦略
3. 学会等名	新学術新領域「シンギュラリティ生物学」成果報告シンポジウム
4. 発表年	2023年

1. 発表者名 Zannatul Ferdous, Masumi Tsuda, Jean-Emmanuel Clement, Jian Ping Gong, Shinya Tanaka, Tamiki Komatsuzaki, Koji Tabata
2. 発表標題 Morphological Analysis of Hydrogel Induced Cancer Stem Cells in Synovial Sarcoma Model Cells
3. 学会等名 第60回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Md Mohiuddin, Md Motaleb Hossain, Sulimon Sattari, Udoy S. Basak, Mikito Toda, Kazuki Horikawa, Tamiki Komatsuzaki
2. 発表標題 Velocity field dynamics under blurring in fluorescent images of dictyostelium discoideum colonies
3. 学会等名 第60回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Abdul Halim Bhuiyan, Jean-Emmanuel Clement, Kentaro Mochizuki, James Nick Taylor, Koji Tabata, Yuta Mizuno, Atsuyoshi Nakamura, Yoshinori Harada, Katsumasa Fujita, Tamiki Komatsuzaki
2. 発表標題 Understanding the results of black box Convolution Neural Network to identify Follicular thyroid cancer
3. 学会等名 第60回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Md Menhazul Abedin, Koji Tabata, Tamiki Komatsuzaki
2. 発表標題 Absolute Reward in Large Feature Space: Tracking by Linear Bandit
3. 学会等名 第60回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ryoya Kondo, James Nicholas Taylor, Yuta Mizuno, Jean-Emmanuel Clement, Katsumasa Fujita, Yoshinori Harada, Tamiki Komatsuzaki
2. 発表標題 情報理論を使ったラマン画像に含まれる化学情報と形態情報の関係性の定量 Quantification of the relationship between chemical and spatial information in Raman images using information theory
3. 学会等名 第60回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Zannatul Ferdous, Masumi Tsuda, Jean-Emmanuel Clement, Jian Ping Gong, Shinya Tanaka, Tamiki Komatsuzaki, Koji Tabata
2. 発表標題 Morphological Analysis of Hydrogel Induced Cancer Stem Cells in Synovial Sarcoma Model Cells
3. 学会等名 第60回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 近藤 僚哉, James N. Taylor, Jean-Emmanuel CLEMENT, 水野 雄太, 藤田 克昌, 原田 義規, 小松崎 民樹
2. 発表標題 ラマン分光と情報理論を組み合わせた分子データ科学の展開：空間不均一性に基づく病態の再定義
3. 学会等名 第24回理論化学討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Ryoya Kondo, James N Taylor, Jean-emmanuel Clement, Yuta Mizuno, Katsumasa Fujita, Yoshinori Harada, Tamiki Komatsuzaki
2. 発表標題 Classification of Spectra in Raman Microscopic Image by Chemical Heterogeneity
3. 学会等名 The 21st RIES-HOKUDAI International Symposium
4. 発表年 2020年

1 . 発表者名 Abdul Halim Bhuiyan, Jean-emmanuel Clement, Kentaro Mochizuki, James Nick Taylor, Koji Tabata, Yuta Mizuno, Atsuyoshi Nakamura, Yoshinori Harada, Katsumasa Fujita, Tamiki Komatsuzaki
2 . 発表標題 To classify Raman spectra using Deep Learning Approach
3 . 学会等名 The 21st RIES-HOKUDAI International Symposium
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Md. Menhazul Abedin, Koji Tabata, Jean-Emmanuel Clement, Masumi Tsuda, Shinya Tanaka, Tamiki Komatsuzaki
2 . 発表標題 Application of Linear Bandit in Drug Screening Example
3 . 学会等名 The 21st RIES-HOKUDAI International Symposium
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Udoy S. Basak, Sulimon Sattari, Motaleb M. Hossain, Kazuki Horikawa, Tamiki Komatsuzaki
2 . 発表標題 Inferring domain of Interaction among Dictyostelium discoideum colony from the ensemble of Trajectories of cells
3 . 学会等名 The 21st RIES-HOKUDAI International Symposium
4 . 発表年 2020年

1 . 発表者名 Zannatul Ferdous, Masumi Tsuda, Jean-Emmanuel Clement, Koji Tabata, Yusuke Ishida, Jun Suzuka, Jian Ping Gong, Shinya Tanaka, Tamiki Komatsuzaki
2 . 発表標題 Analysis of Cancer Stem Cells in Sarcoma Model Cells by Deep Neural Network
3 . 学会等名 The 21st RIES-HOKUDAI International Symposium
4 . 発表年 2020年

1. 発表者名 Jean-Emmanuel Clement, Mochizuki Kentaro, Katsumasa Fujita, Tamiki Komatsuzaki
2. 発表標題 Raman Imaging for Exploring Cancer Metabolism
3. 学会等名 The 21st RIES-HOKUDAI International Symposium
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Md. Motaleb Hossain, Sulimon Sattari, Udoy Sankar Basak, Kazuki Horikawa, Tamiki Komatsuzaki
2. 発表標題 Vector analysis of amoeba motion response to a cyclic-AMP wave
3. 学会等名 The 21st RIES-HOKUDAI International Symposium
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Sulimon Sattari, Udoy Basak, Motaleb Md. Hossain, Kazuki Horikawa, Tamiki Komatsuzaki
2. 発表標題 Vector analysis of amoeba motion with respect to the propagation of chemoattractant cyclic-AMP
3. 学会等名 The 21st RIES-HOKUDAI International Symposium
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Zannatul Ferdous, Masumi Tsuda, Jean-Emmanuel Clement, Koji Tabata, Jian Ping Gong, Shinya Tanaka, Tamiki Komatsuzaki
2. 発表標題 Detection of Cancer Stem Cells in Sarcoma Model Cells Using Morphological Features for Developing New Diagnostics Tools
3. 学会等名 ICReDD 3rd International Symposium (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Koji Tabata, Atsuyoshi Nakamura, Tamiki Komatsuzaki
2. 発表標題 Classification Bandits: Classification Using Expected Rewards as Imperfect Discriminators
3. 学会等名 PAKDD2021 Workshop on Machine Learning for MEasurement Informatics (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tamiki Komatsuzaki , Koji Tabata, Hiroyuki Kawagoe, James Nicholas Taylor , Kentaro Mochizuki , Jean-Emmanuel Clement , Yasuaki Kumamoto , Atsuyoshi Nakamura , Yoshinori Harada , Katsumasa Fujita
2. 発表標題 On-the-fly Raman image microscopy by reinforcement machine learning
3. 学会等名 FACSS SciX 2021 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Tamiki Komatsuzaki, Koji Tabata, Hiroyuki Kawagoe, James Nicholas Taylor, Kentaro Mochizuki, Toshiaki Kubo, Jean-Emmanuel Clement, Yasuaki Kumamoto, Yoshinori Harada, Atsuyoshi Nakamura, Katsumasa Fujita
2. 発表標題 On-the-fly Raman image microscopy by reinforcement machine learning
3. 学会等名 SPIE Photonics Europe 2022 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小松崎 民樹
2. 発表標題 シンギュラリティ生物学における情報×計測
3. 学会等名 シンギュラリティ生物学×細胞ダイバース合同ワークショップ (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Sulimon Sattari, Basak Udoy, Motaleb Md. Hossain, 堀川 一樹, 小松崎 民樹
2. 発表標題 Quantifying the length- and time-scales of influence of cells in collective motion
3. 学会等名 第58回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Basak Udoy S, Sattari Sulimon, Hossain Md. Motaleb, Horikawa Kazuki, Komatsuzaki Tamiki
2. 発表標題 Inferring domain of Interactions among Dictyostelium discoideum colony from the Ensemble of Trajectories of cells
3. 学会等名 第58回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Hossain Md. Motaleb, Sattari Sulimon, Basak Udoy S, Horikawa Kazuki, Komatsuzaki Tamiki
2. 発表標題 Vector analysis of amoeba motion with respect to the propagation of chemoattractant cyclic-AMP
3. 学会等名 第58回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Jean-Emmanuel Clement, Kenntaro Mochizuki, Katsumasa Fujita, Tamiki Komatsuzaki
2. 発表標題 Raman imaging for cancer diagnosis
3. 学会等名 第58回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小松崎民樹
2. 発表標題 強化学習を用いたラマン計測迅速化：On-the-fly Raman image microscopy
3. 学会等名 (一社)大阪大学ナノ理工学人材育成産学コンソーシアム 令和2年度第3回ナノ理工学情報交流会(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 近藤僚哉, James N. Taylor, Jean-Emmanuel Clement, 水野雄太, 藤田克昌, 原田義規, 小松崎民樹
2. 発表標題 機械学習を用いた化学的不均一性の情報を含むラマン顕微鏡画像中のスペクトルの分類
3. 学会等名 化学系学協会北海道支部2021年冬季研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 近藤僚哉, James N. Taylor, Jean-Emmanuel Clement, 水野雄太, 藤田克昌, 原田義規, 小松崎民樹
2. 発表標題 化学的不均一性も考慮したラマン顕微鏡画像解析
3. 学会等名 生物物理学学会 北海道支部 - 東北支部合同例会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Md. Motaleb Hossain, Sulimon Sattari, Udoy S. Basak, Kazuki Horikawa, Tamiki Komatsuzaki
2. 発表標題 Analysis Dictyostelium Discoideum cells motion response to a chemoattractant cyclic-AMP wave
3. 学会等名 生物物理学学会 北海道支部 - 東北支部合同例会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Udoy S. Basak, Sulimon Sattari, Md. Motaleb Hossain, Kazuki Horikawa, Tamiki Komatsuzaki
2. 発表標題 Study on Identification of Leader and Follower agents and its Interaction domain from Trajectories in a Collectively Moving Colony
3. 学会等名 生物物理学会学会 北海道支部 - 東北支部合同例会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sulimon Sattari, Udoy Basak, James P. Crutchfield, Tamiki Komatsuzaki
2. 発表標題 Modes of Information Flow in Collective Cohesion
3. 学会等名 生物物理学会学会 北海道支部 - 東北支部合同例会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 近藤 僚哉, James N. Taylor, Jean-Emmanuel Clement, 水野 雄太, 藤田 克昌, 原田 義規, 小松崎 民樹
2. 発表標題 ラマン分光イメージングにおける化学的空間不均一性の情報理論解析
3. 学会等名 第23回理論化学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小松崎 民樹
2. 発表標題 計測介入型AIによる迅速ラマン計測
3. 学会等名 JST情報計測オンラインセミナーシリーズ (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小松崎 民樹
2. 発表標題 化学反応ネットワークにおける時間階層性 (Timescale hierarchies in chemical reaction networks)
3. 学会等名 シンポジウム「化学反応経路探索のニューフロンティア2021」(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 近藤 僚哉, James N.Taylor, Jean-Emmanuel Clement, 水野 雄太, 藤田 克昌, 原田 義規, 小松崎 民樹
2. 発表標題 ラマン分光イメージングにおける化学的空間不均一性 に基づいたファジークラスタリング手法の開発
3. 学会等名 第15回分子科学討論会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小松崎 民樹
2. 発表標題 一分子計測からたんぱく質のエネルギー地形の階層性を抽出する Capturing hierarchical features in protein energy landscape from single molecule time series
3. 学会等名 第59回日本生物物理学会年会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 近藤僚哉, TAYLOR J. Nicholas, CLEMENT Jean-Emmanuel, 水野雄太, 藤田克昌, 原田義規, 小松崎民樹
2. 発表標題 情報理論による化学的空間不均一性に基づくラマン分光イメージングの解析
3. 学会等名 化学系学協会北海道支部2022年冬季研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 近藤僚哉, James N.Taylor, 水野雄太, Jean-Emmanuel Clement, 藤田克昌, 原田義規, 小松崎民樹
2. 発表標題 情報理論とラマン分光イメージングを用いた化学的不均一性の解析
3. 学会等名 2021年度生物物理学会北海道支部-東北支部合同例会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小松崎 民樹
2. 発表標題 シンギュラリティ生物学における情報計測
3. 学会等名 シンギュラリティ生物学×細胞ダイバース合同ワークショップ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Udoy. S Basak, Sulimon Sattari, Tamiki Komatsuzaki
2. 発表標題 An Information-theoretic approach to identify the interaction radius of a group of collectively moving animals
3. 学会等名 The 20th RIES-HOKUDAI International Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sulimon Sattari, Udoy Basak, Sky Nicholson, Jason Green, Mikito Toda, Tamiki Komatsuzaki
2. 発表標題 A sandbox model system for analyzing leadership in collective motion
3. 学会等名 The 20th RIES-HOKUDAI International Symposium (国際学会)
4. 発表年 2019年

1 . 発表者名 Koji Tabata, Atsuyoshi Nakamura, Tamiki Komatsuzaki
2 . 発表標題 Bad Arm Existence Checking Algorithm with Bandit Feedback
3 . 学会等名 The 20th RIES-HOKUDAI International Symposium (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Khalifa Mohammad Helal, Harsono Cahyadi, J. Nicholas Taylor, Akira Okajima, Yasuaki Kumamoto, Hideo Tanaka, Yoshinori Harada, Tamiki Komatsuzaki
2 . 発表標題 Raman Microscopic Histology using Ensemble Learning for Non-alcoholic Fatty Liver Disease
3 . 学会等名 The 20th RIES-HOKUDAI International Symposium (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 J. Nicholas Taylor, Kentaro Mochizuki, Kosuke Hashimoto, Yasuaki Kumamoto, Yoshinori Harada, Katsumasa Fujita, Tamiki Komatsuzaki
2 . 発表標題 High Resolution Raman Microscopic Detection of Follicular Thyroid Cancer Cells with Unsupervised Machine Learning
3 . 学会等名 The 20th RIES-HOKUDAI International Symposium (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1 . 発表者名 Tamiki Komatsuzaki
2 . 発表標題 On-the-fly Raman image microscopy by reinforcement machine learning
3 . 学会等名 Biomedical Raman Imaging 2019 (招待講演) (国際学会)
4 . 発表年 2019年

1. 発表者名 Khalifa Mohammad Helal, Harsono Cahyadi, J. Nicholas Taylor, Akira Okajima, Yasuaki Kumamoto, Hideo Tanaka, Yoshinori Harada, Tamiki Komatsuzaki
2. 発表標題 Raman Hyperspectral Image Analysis Using Ensemble Learning for Non-alcoholic Fatty Liver Disease
3. 学会等名 Biomedical Raman Imaging 2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tamiki Komatsuzaki
2. 発表標題 Causal inference in Leader-follower relationship
3. 学会等名 ICSB 2019: Singularity Biology: small elements change the function of the whole systems (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sulimon Sattari, Tamiki Komatsuzaki, Mikito Toda, Sky Nicholson, Jason Green, Udoy Basak
2. 発表標題 A leadership-based phase transition in a flocking model with activated and un-activated agents
3. 学会等名 第57回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Basak Udoy Sankar, Sattari Sulimon, Horikawa Kazuki, Komatsuzaki Tamiki
2. 発表標題 An Information-theoretic approach toward identifying the leader(s) and aggregation place in Dictyostelium Discoideum colony
3. 学会等名 第57回日本生物物理学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tamiki Komatsuzaki
2. 発表標題 Raman pathology and its phenotypic landscape for Non-alcoholic fatty liver diseases
3. 学会等名 The Complexity of Dynamics and Kinetics from Single Molecules to Cells (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 James Nicholas Taylor, Menahem Pirchi, Gilad Haran, 小松崎 民樹
2. 発表標題 アデニレートキナーゼの一分子観察データから再構成するエネルギー地形の階層性
3. 学会等名 第22回理論化学討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tamiki Komatsuzaki
2. 発表標題 Deciphering hierarchical features in reaction network and energy landscape
3. 学会等名 Network analysis to elucidate natural system dynamics, diversity and performance (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中村篤祥, ペリシエ オレリアン, 田畑 公次, 小松崎 民樹
2. 発表標題 バンディット問題の方策を用いたモンテカルロ木探索による最適属性集合 探索
3. 学会等名 第19回日本蛋白質科学会年会第71回日本細胞生物学会大会合同年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 白川稜, 中村篤祥, 工藤峰一
2. 発表標題 モンテカルロ木特徴探索に基づく非線形グラフ分類回帰
3. 学会等名 第22回情報論的学習理論ワークショップ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Ryo Shirakawa, Atsuyoshi Nakamura, Mineichi Kudo
2. 発表標題 Learning a Nonlinear Model of Subgraph Features Using Monte Carlo Tree Search
3. 学会等名 ACML 2019 Workshop on Statistics & Machine Learning Researchers in Japan (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 武山 彩織, 小野 峻佑
2. 発表標題 空間-波長正則化を用いた圧縮pansharpening
3. 学会等名 第34回信号処理シンポジウム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Udoy Sankar Basak, Sulimon Sattari, Sosuke Ito, Kazuki Horikawa, Tamiki Komatsuzaki
2. 発表標題 Identification of Leader(s) in a Dictyostelium Discoideum colony: An Information-theoretic Approach
3. 学会等名 生物物理・回折構造生物学 合同研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Sulimon Sattari, Udo Basak, Schuyler Nicholson, Jason Green, Mikito Toda, Tamiki Komatsuzaki
2. 発表標題 A sandbox model system for understanding leadership in collective motion
3. 学会等名 生物物理・回折構造生物学 合同研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Saori Takeyama, Shunsuke Ono, Itsuo Kumazawa
2. 発表標題 ハイパースペクトルイメージングのための圧縮pansharpeningの検討
3. 学会等名 電子情報通信学会信号処理研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Naoki Ito, Atsuyoshi Nakamura, Mineichi Kudo
2. 発表標題 ブラックボックス関数の閾値以上の値の存在チェックのアルゴリズム
3. 学会等名 第11回データ工学と情報マネジメントに関するフォーラム
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Aurelien Pelissier
2. 発表標題 In combining single cell hyperspectral Raman images for the diagnosis of follicular thyroid carcinoma measured at different data
3. 学会等名 バイオ情報計測技術研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nicholas Taylor
2. 発表標題 High resolution Raman microscopic detection of follicular thyroid cancer cells with unsupervised machine learning
3. 学会等名 バイオ情報計測技術研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tamiki Komatsuzaki
2. 発表標題 Mathematical information measurement science: acceleration of Raman spectroscopy by bridging information science
3. 学会等名 バイオ情報計測技術研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Koji Tabata
2. 発表標題 A bad arm existence checking problem: how to utilize asymmetric problem structure?
3. 学会等名 バイオ情報計測技術研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Shunsuke Ono
2. 発表標題 Nonsmooth Convex Optimization and Sparse Regularization in Signal and Information Processing
3. 学会等名 ICMMA ' 18 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tamiki Komatsuzaki
2. 発表標題 1分子時系列情報からどのように背後の反応ネットワークを抽出できるのか？
3. 学会等名 「生命動態の理解と制御のための基盤技術の創出」研究領域第7 回領域会議・第11 回数理デザイン道場（招待講演）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Tamiki Komatsuzaki
2. 発表標題 How can one bridge information science and measurement science to accelerate the measurements?
3. 学会等名 The 22nd SANKEN International Symposium The 17th SANKEN Nanotechnology International Symposium “Next Generation Science and Technology for Super Smart Society”（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Saori Takeyama, Shunsuke Ono, Itsuo Kumazawa
2. 発表標題 Hyperspectral Pansharpening Using Noisy Panchromatic Image
3. 学会等名 Asia-Pacific Signal and Information Processing Association Annual Summit and Conference (APSIPA ASC) 2018（国際学会）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Koji Tabata, Atsuyoshi Nakamura, Tamiki Komatsuzaki
2. 発表標題 非対称性を利用した悪腕存在チェックアルゴリズム
3. 学会等名 第21回情報論的学習理論ワークショップ
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Saori Takeyama, Shunsuke Ono, Itsuo Kumazawa
2. 発表標題 ガウシアンノイズを考慮したハイパスベクトル画像とマルチスペクトル画像の合成法
3. 学会等名 第33回信号処理シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shunsuke Ono
2. 発表標題 A Randomized Epigraphical Projection Approach to Constrained Signal Reconstruction
3. 学会等名 第33回信号処理シンポジウム
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Naoki Ito, Atsuyoshi Nakamura, Mineichi Kudo
2. 発表標題 D00 アルゴリズムの悪腕存在チェック問題への応用
3. 学会等名 情報処理北海道シンポジウム2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Sulimon Sattari, Uday Basak, Schuyler Nicholson, Jason Green, Mikito Toda, Tamiki Komatsuzaki
2. 発表標題 A sandbox model system for studying leadership in collective motion
3. 学会等名 研究会「理論と実験」2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Nicholas Taylor, Kentaro Mochizuki, Katsumasa Fujita, Tamiki Komatsuzaki
2. 発表標題 Classification of Raman Spectra of Healthy and Cancerous Human Follicular Thyroid Cells
3. 学会等名 研究会「理論と実験」2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tamiki Komatsuzaki
2. 発表標題 ラマン計測と情報科学：情報科学は計測を迅速化できるか
3. 学会等名 第1回計測インフォマティクス研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Tamiki Komatsuzaki
2. 発表標題 Information theoretic approach to reveal singularity in biology
3. 学会等名 The 56th Annual Meeting of The Biophysical Society of Japan (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Helal Khalifa Mohammad, Cahyadi Harsono, Taylor J. Nicholas, Okajima Akira, Kumamoto Yasuaki, Tanaka Hideo, Harada Yoshinori, Komatsuzaki Tamiki
2. 発表標題 Machine Learning Approaches to Raman Micro-spectroscopic Images
3. 学会等名 The 56th Annual Meeting of The Biophysical Society of Japan (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Saori Takeyama, Shunsuke Ono, Itsuo Kumazawa
2. 発表標題 ハイパスベクトル画像の混合ノイズ除去におけるパラメータ設定に関する検討
3. 学会等名 2018年電子情報通信学会ソサイエティ大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計2件

1. 著者名 Tamiki Komatsuzaki	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 7
3. 書名 The Personality of Small Numbers: Do Molecules Have Personality?	

1. 著者名 Hideaki Kano, Junya Honda, Kentaro Sakamaki, Kentaro Matsuura, Atsuyoshi Nakamura, Masashi Sugiyama	4. 発行年 2018年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 25
3. 書名 Good arm identification via bandit feedback	

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>細胞などの要素間相互作用の関係をデータ駆動的に解明 https://www.es.hokudai.ac.jp/result/2022-02-10-mIns/ https://www.es.hokudai.ac.jp/result/2022-02-10-mIns/</p> <p>計測過程そのものに人工知能を介入させることで計測を飛躍的に迅速化！ https://www.hokudai.ac.jp/news/2024/03/post-1412.html https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2024/20240318_1 https://www.kpu-m.ac.jp/doc/news/2024/files/35516.pdf</p> <p>AI learns how and what to be measured autonomously https://www.growkudos.com/publications/10.1073%252Fpnas.2304866121/reader</p>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	中村 篤祥 (Nakamura Atsuyoshi) (50344487)	北海道大学・情報科学研究院・教授 (10101)	
研究分担者	小野 峻佑 (Ono Shunsuke) (60752269)	東京工業大学・情報理工学院・准教授 (12608)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	瀧川 一学 (Takigawa Ichigaku)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関