

# 大規模言語モデル駆動の都市交通シミュレーション基盤

情報科学研究科 情報ネットワーク学専攻

助教 天野 辰哉

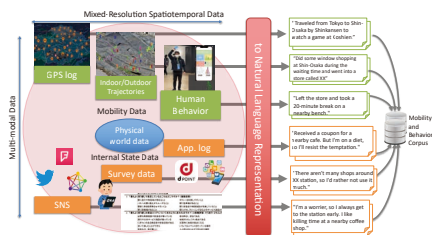
<https://researchmap.jp/tatsuya-amano>



## 研究の概要

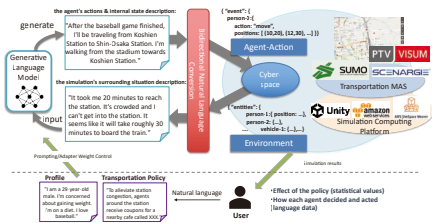
少子高齢化に伴う地方交通の維持、災害時の堅牢性、混雑緩和など、都市交通の高度化が求められている。実地での施策検証には制約が大きく、実世界データに基づくシミュレーションが不可欠であるものの、従来法は観測された移動パターンの再現に偏り、データの乏しい新条件下で人の「目的」や「意図」を踏まえた予測が困難である。そこで本研究は大規模言語モデル (LLM) をエージェントとして用い、GPSや運行情報などの移動データとSNS・アンケート等の行動動機を自然言語に正規化して統合学習する基盤を構築する。人間らしい意思決定を内包するエージェント群により、条件変更に応じた次世代の都市交通シミュレーションを実現する。

測や運行計画、避難誘導などの施策空間をAIが自動探索し、効果と副作用を同時に提示する「都市空間AIサービス」へ拡張する。オープンデータや既存シミュレータとの連携を進め、自治体・交通事業者の日常業務に根付く実運用プラットフォームとして展開する。



## 研究の意義と将来展望

本基盤は、エージェントの判断過程を自然言語で提示できるため、シミュレーション結果の妥当性検証と合意形成を支援する。専門家だけでなく「津波でこの道路が使えない」「運行頻度を増やす」などの条件を文章で与えるだけで、渋滞や迂回、需要変化を含む都市の反応を試行可能にする。将来は、需要予



特 許	
論 文	Yasuda, Yu; Amano, Tatsuya; Yamaguchi, Hirozumi. A digital twin approach for crowd flow modeling on railway station platforms. 2025 IEEE International Conference on Smart Computing (SMARTCOMP). 2025, 82-89. doi: 10.1109/SMARTCOMP65954.2025.00069
参 考 URL	Uegaki, Masashi; Amano, Tatsuya; Yamaguchi, Hirozumi. Simulating urban pedestrian flows by fusing wide-area location data and spot pedestrian counts. EAI Mobile/Ubiquitous Computing, Networking and Services. 2024. doi: 10.1007/978-3-032-10554-7_29
参 考 URL	<a href="https://mc.net.ist.osaka-u.ac.jp/ja/">https://mc.net.ist.osaka-u.ac.jp/ja/</a>
キ ー ワ ー ド	大規模言語モデル (LLM)、都市交通シミュレーション、マルチエージェントシステム、人流・行動モデリング、デジタルツイン



# エネルギー代謝から紐解く疾患生物学 ～ヒアルロン酸に着目した新たなアプローチ～

歯学研究科 顎顔面口腔矯正学講座 / 歯学部附属病院 矯正科

研究准教授 犬伏 俊博

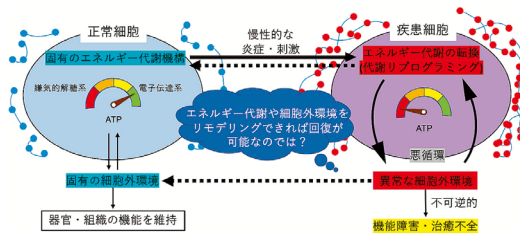
 <https://researchmap.jp/opathone0141>

## 研究の概要

我々はこれまでに、世界に先駆けて新規細胞外ヒアルロン酸分解酵素 Tmem2 を見出し、ヒアルロン酸を積極的に分解する新たな機構が存在することを示した (図1)。ヒアルロン酸は2糖の繰り返し構造からなり、生合成は解糖系といわれるエネルギー代謝と密接に関係している。さらに、代謝性疾患である2型糖尿病患者や肝疾患患者ではヒアルロン酸の量が増えることが分かっている。そこで、本研究では、エネルギー代謝という新たな視点から、ヒト疾患におけるヒアルロン酸の合成・分解機構の異常を明確にし、疾患特異的にヒアルロン酸の合成・分解異常を制御することで、これら疾患を根本的に治療する革新的治療法の開発を目指している。

## 研究の意義と将来展望

本研究は、生命科学の根源の理解につながり、またヒト難治性疾患の診断・治療体系のパラダイムシフトを引き起こすことが期待される。特に、我々が研究課題として取り組んでいる口唇口蓋裂は、先天性奇形の中でも最も頻度が高い難治性の疾患であり、本研究課題を通して、口唇口蓋裂の発症を予防する革新的な治療法の開発を目指す。また、ヒアルロン酸代謝の異常は変形性関節症、線維化、加齢やがんなどの難治性疾患の発症や増悪に関わっている可能性があり、分野を超えた研究者や産学との融合や連携によるイノベーションの創出が期待される。



エネルギー代謝の異常

図1

### 特 許

Inubushi, Toshihiro; Nag, Priyanka; Sasaki, Jun-Ichi et al. The significant role of glycosaminoglycans in tooth development. *Glycobiology*. 2024, 34(5), cwae024. doi: 10.1093/glycob/cwae024

Nag, Priyanka; Inubushi, Toshihiro; Sasaki, Jun-Ichi et al. Tmem2 deficiency leads to enamel hypoplasia and soft enamel in mouse. *J Dent Res*. 2023, 102(10), 1162-1171. doi: 10.1177/00220345231182355

### 論 文

Inubushi, Toshihiro. In vitro investigation of the effects of the hyaluronan-rich extracellular matrix on neural crest cell migration. *J Vis Exp*. 2023, 192, e64749. doi: 10.3791/64749

Inubushi, Toshihiro; Nakanishi, Yuichiro; Abe, Makoto et al. The cell surface hyaluronidase TMEM2 plays an essential role in mouse neural crest cell development and survival. *PLoS Genetics*. 2022, 18(7), e1009765. doi: 10.1371/journal.pgen.1009765

Yamamoto, Hayato; Tobisawa, Yuki; Inubushi, Toshihiro et al. A mammalian homolog of the zebrafish transmembrane protein 2 (TMEM2) is the long-sought-after cell-surface hyaluronidase. *Journal of Biological Chemistry*. 2017, 292(18), 7304-7313. doi: 10.1074/jbc.M116.770149

### 参考URL

### キーワード

ヒアルロン酸、細胞外基質、口唇口蓋裂、変形性関節症、ヒアルロン酸分解酵素

# 価値観モデルに基づき多様な社会関係を 媒介する対話エージェント

基礎工学研究科 システム創成専攻

助教 内田 貴久

 <https://researchmap.jp/TakahisaUchida>



## 研究の概要

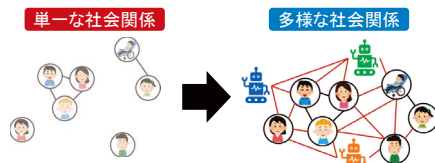
本研究の目的は、人間の多様な社会関係を媒介する対話エージェント（人間中心インタラクション）の実現である。まず、自己開示を引き出すエージェントの理論（研究1）及び価値観のモデル化手法（研究2）を確立する。さらに、個人及びコミュニティレベルで多様な社会関係を促進する技術を開発し、小学校高学年を対象として実証する（研究3）。本研究は、AI・ロボット技術と人文・社会科学を融合させた研究アプローチを採用し、「AIロボット社会関係学」を創成する。

## 研究の意義と将来展望

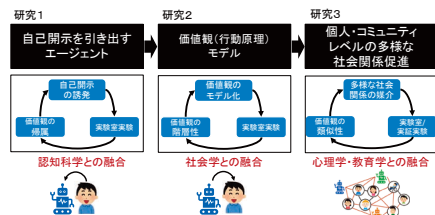
学術研究としての成果の将来展開として、AIやロボット工学には、人の命令を聞く方法から、人間社会に関与して社会関係を促進する新しい方法論を提供する。また、認知科学・社会学・心理学・教育学には、人間を観察することによって人間や社会を理解する方法から、対話エージェントを社会関係に関与させることによって理解する新しい方法論をもたらす。

研究成果と社会との将来の接点として、本

研究で開発する技術は、小学校における実証実験を通して、分断や孤立、いじめの根本にある差別や偏見という、重大な社会課題を解決するための新たな方法論となる可能性をもつ。このように本研究は、人間中心のAIロボット共生社会の実現に寄与する基盤技術を創出する。



対話エージェントによる多様な社会関係の促進



研究の進め方

### 特許

### 論文

Uchida, Takahisa; Minato, Takashi; Ishiguro, Hiroshi. Opinion attribution improves motivation to exchange subjective opinions with humanoid robots. *Frontiers in Robotics and AI*. 2024, 11, 1175879. doi: 10.3389/frobt.2024.1175879  
Sakamoto, Yuki; Uchida, Takahisa; Ban, Midori et al. Factors influencing subjective opinion attribution to conversational robots. *Frontiers in Robotics and AI*. 2025, 12, 1521169. doi: 10.3389/frobt.2025.1521169  
Uchida, Takahisa; Kameo, Nahoko; Ishiguro, Hiroshi. Improving the closing sequences of interaction between human and robot through conversation analysis. *Scientific Reports*. 2024, 14(1), 29554. doi: 10.1038/s41598-024-81353-7  
Sakamoto, Yuki; Uchida, Takahisa; Ishiguro, Hiroshi. Effectiveness of conversational robots capable of estimating and modeling user values. *International Journal of Social Robotics*. 2025, 17, 1003-1017. doi: 10.1007/s12369-025-01258-x

参考URL <https://www.irl.sys.es.osaka-u.ac.jp/>

キーワード 自己開示、価値観、社会関係、対話エージェント、ヒューマンロボットインタラクション (HRI)



# 量子技術応用に向けた炭化ケイ素色中心の研究

工学研究科 物理学系専攻

准教授 小林 拓真

<https://researchmap.jp/takumakobayashi>

## 研究の概要

炭化ケイ素 (SiC) は優れた材料物性を有し、結晶成長や微細加工、プロセス技術が進展していることから、スケラブルな量子デバイスを実現する材料として期待される。著者は SiC の量子技術応用に向け、色中心の解明と制御の研究に取り組んでいる。本稿では特に、SiC と絶縁膜との界面に局在する色中心 (界面色中心) に関する研究成果を紹介する。界面色中心は室温で極めて高輝度な発光を示すものの、その基礎物性の理解が十分に進んでいない。本研究では、界面色中心の詳細な光学特性評価と電気的評価を通して、その重要な物性であるエネルギー準位の解明に成功した。

## 研究の意義と将来展望

本研究の成果は、不明であった界面色中心の起源の理解に直結し、その制御指針を切り拓くものであり、量子技術の実用化に向けた大きな進展といえる。SiC 界面発光中心は代表的な色中心であるダイヤモンド窒素-空孔 (NV) センターを凌ぐ発光強度を示すことが知られており、応用への期待が高まっている。また、絶縁膜/半導体界面は、人類の発展を支えてきた半導体技術の最も重要な構成要素であり、例えばコンピュータの CPU に組み込まれる半導体トランジスタの心臓部である。このため、界面発光中心は発展してきた半導体製造プロセスとの親和性が高く、量産性や集積性に優れることが期待される。熱酸化で容易に形成できる点も、応用上の大きな利点

となる。本研究で確立した色中心の基礎的理理解を基に、今後色中心の制御が進展すれば、量子技術のオンチップ実装や集積化に繋がることが期待される。

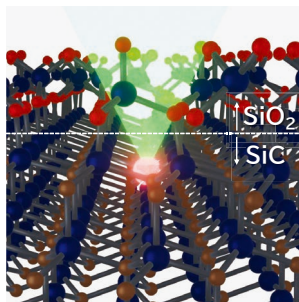


図1: 絶縁膜/SiC 界面色中心の模式図

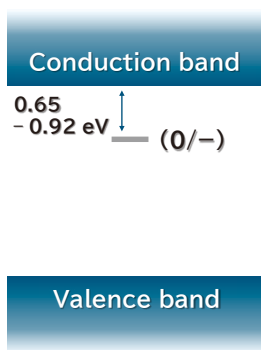


図2: 界面色中心のエネルギー準位

特許	
論文	Onishi, Kentaro; Kobayashi, Takuma et al. Insight into the energy level structure and luminescence process of color centers at SiO <sub>2</sub> /SiC interfaces. APL Materials. 2025, 13(2), 021119-1 - 021119-8. doi: 10.1063/5.0253294
参考URL	
キーワード	ワイドギャップ半導体、炭化ケイ素、点欠陥、色中心

# 材料と流動・輸送現象の協創ものづくりの原理解明

工学研究科 機械工学専攻

講師 鈴木 崇弘

Researchmap <https://researchmap.jp/90711630>



## 研究の概要

スラリー乾燥による構造形成は燃料電池や二次電池の多孔質電極をはじめとした種々のものづくりに利用される基幹技術ですが、従来の作製技術開発は経験に依存しており、科学的な現象理解が求められています。本研究では、スラリー乾燥過程の流動と誘電緩和挙動の同時計測手法を確立し、分子スケールから材料と流動の関係を明らかにするための基盤を構築します。そして、燃料電池電極を事例とした材料と流動の協創による構造形成メカニズムの解明を行います。

## 研究の意義と将来展望

この研究を進めることにより、従来ブラックボックスとなっている材料分散液（スラリー）の塗布・乾燥による構造形成過程における流動や材料挙動を評価できるようになります。これを基盤として、内部で生じている現象と構造形成メカニズムの解明を目指します。このような研究を通じて、ものづくりの過程における現象の理解に基づく材料や作製条件の設定が可能となり、スラリーからのものづくりにおける試行錯誤からの脱却や、所望のかたちと材料分布の実現、かたちと機能

の関係解明による未踏機能の発現につながると期待されます。これらは、燃料電池、電解装置や二次電池の電極製造をはじめ、微小な粉体や高分子材料の空間配置技術として次世代のものづくりに広く貢献できる可能性があります。

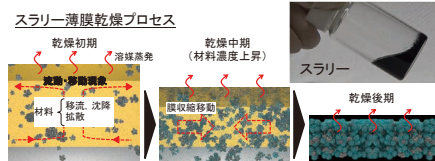


図1 スラリー・プロセスにおける複雑流動輸送現象と構造形成

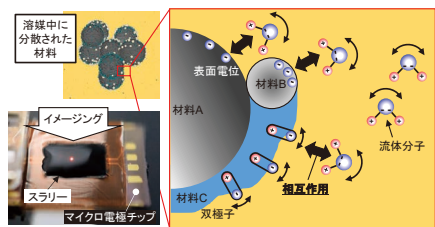


図2 スラリー乾燥過程のその場計測

特 許	鈴木崇弘, 津島将司. スラリーを用いたものづくりの基礎と多孔質電極形成への応用. スマートプロセス学会誌. 2023, 12(3), 131-140. doi: 10.7791/jspmee.12.131
論 文	Suzuki, Takahiro; Nagai, Tatsuaki; Tushima, Shohji. Simultaneous in situ measurements and numerical analysis of mass transfer in polymer electrolyte fuel cell electrode slurries during drying. J. Therm. Sci. Technol. 2021, 16(1), 20-00259. doi: 10.1299/jtst.2021jtst0012 Suzuki, Takahiro; Tanaka, Hiroki; Masanori, Hayase et al. Investigation of porous structure formation of catalyst layers for proton exchange membrane fuel cells and their effect on cell performance. Int. J. Hydrogen Energy. 2016, 41(44), 20326-20335. doi: 10.1016/j.ijhydene.2016.09.078
参考URL	<a href="http://www.ene.mech.eng.osaka-u.ac.jp/research.html">http://www.ene.mech.eng.osaka-u.ac.jp/research.html</a> <a href="https://www.jst.go.jp/kisoken/presto/project/1112100/1112100_2022.html">https://www.jst.go.jp/kisoken/presto/project/1112100/1112100_2022.html</a>
キーワード	スラリー、その場計測、複雑流動輸送現象、水素・燃料電池



# 準結晶の物性研究と量子アルゴリズム開発の融合による量子多体系の新展開

理学研究科 物理学専攻

准教授 竹森 那由多

Researchmap <https://researchmap.jp/takenaya>

## 研究の概要

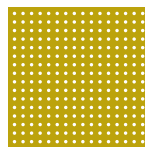
準結晶は、周期性を持たないにもかかわらず長距離秩序を示す特異な物質であり、従来の結晶やアモルファスでは得られない新しい物性を示します。本研究では、準結晶の電子的・光学的特性の解明に加え、量子コンピュータで動作する新しい量子アルゴリズムを開発し、強相関量子多体系の効率的な解析を目指しています。物質科学と量子計算科学を融合することで、従来困難であった大規模シミュレーションを可能にし、新たな物性の創出と、量子アルゴリズムを通じた物性理解の深化を同時に実現します。

## 研究の意義と将来展望

準結晶が示す異常な熱伝導や電子状態は、従来の周期系では得られない物性として注目されており、将来的には廃熱利用や光学制御材料の設計への応用が期待されます。一方、本研究で開発する量子アルゴリズムは、強相関量子多体系の解析に特化したものであり、量子コンピュータを活用した新たな物質設計の基盤となる可能性を持っています。ナノ材料科学と量子情報科学という異なる分野を架

橋する本研究は、物性理解と情報処理の境界領域に位置しており、量子誤り訂正や量子技術の基礎にも波及効果をもたらすことが期待されています。

従来のフォトニック結晶



超均質なフォトニック物質

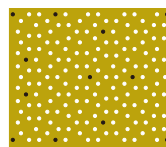
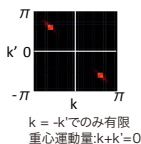


図1：準周期構造と超均質性が可能にする光学制御材料の設計

正方格子(BCS)

 $k = -k'$ でのみ有限  
重心運動量: $k+k'=0$ 

準周期系(非BCS)

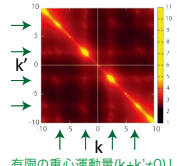
有限の重心運動量( $k+k' \neq 0$ )! $|\langle c_{k\uparrow} c_{k'\downarrow} \rangle|$  : フーリエ変換したサイト間秩序変数  $OP_{ij} = \langle c_{i\uparrow} c_{j\downarrow} \rangle$ 

図2：準結晶で現れる有限重心運動量ペア：従来理論の枠組みを超えて

特許

論文

Takemori, Nayuta; Arita, Ryotaro; Sakai, Shiro. Physical properties of weak-coupling quasiperiodic superconductors. Physical Review B. 2020, 102(11), 115108. doi: 10.1103/PhysRevB.102.115108

Takemori, Nayuta; Yamamoto, Akiji. Photonic band gaps in quasiperiodic approximants with a consideration of hyperuniformity. Journal of Physics: Condensed Matter. 2025, 37(35), 355701. DOI: 10.1088/1361-648X/adfbb9

Yoshida, Yuichiro; Takemori, Nayuta; Mizukami, Wataru. Ab initio extended Hubbard model of short polyenes for efficient quantum computing. The Journal of Chemical Physics. 2024, 161(8), 084303. doi: 10.1063/5.0213525

参考URL <https://cmqc-lab.jp>

キーワード 準結晶、超伝導、量子アルゴリズム

## 乱流中の情報の流れ

理学研究科 宇宙地球科学専攻

助教 田之上 智宏

Researchmap <https://researchmap.jp/TomohiroTanogami>

## 研究の概要

乱流には普遍的統計則が宿っていると予想されているが、乱流ゆらぎが示す強い非線形性・非平衡性ゆえに、その証明は古くからの難問である。近年、熱力学と情報理論を統合した情報熱力学が確立し、非平衡状態にあるゆらぐ系が従う普遍的統計則の解明が進展している。本研究では、この情報熱力学を乱流に適用することで、乱流ゆらぎが示す普遍的性質の一端を解明した。具体的には、速度場に関するゆらぎの情報がマクロスケールからミクロスケールへと伝搬されていることを証明した。さらに、このスケール間の情報伝搬によって、乱流ゆらぎが増幅されうること明らかとなった。これらの結果は、乱流の新たな性質を解明したものであると同時に、情報熱力学的観点が流体現象を理解するための新たなアプローチをもたらしていることを示している。

## 研究の意義と将来展望

本研究は、情報熱力学を流体現象に適用した世界で初めての例である。この学際的なアプローチをさらに推し進めていくことで、乱流に限らず、さまざまな流動現象の予測・制御の普遍的限界を解明する「情報流体力学」とでもいべき新しい流体科学を構築できる可能性がある。特に、この情報熱力学的観

を従来のデータ同化や機械学習と組み合わせることで、気象予測・制御の精度向上に繋げていくことができると期待される。

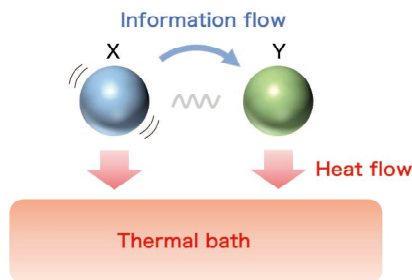


図1：情報熱力学の典型的な設定。マクロな平衡熱浴に接した部分系XとYのゆらぎの性質が部分系間の情報の流れによって普遍的に制限される。

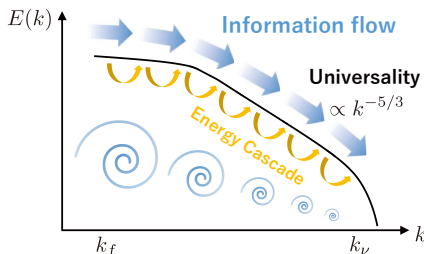


図2：乱流が示すエネルギースペクトルの波数依存性およびスケール間の情報伝搬の概念図。

## 特許

## 論文

## 参考URL

## キーワード

Tanogami, Tomohiro; Araki, Ryo. Information-thermodynamic bound on information flow in turbulent cascade. *Physical Review Research*. 2024, 6, 013090. doi: 10.1103/PhysRevResearch.6.013090  
 Tanogami, Tomohiro; Araki, Ryo. Scale-to-scale information flow amplifies turbulent fluctuations. *Physical Review Research*. 2025, 7, 023078. doi: 10.1103/PhysRevResearch.7.023078  
 Tanogami, Tomohiro. Scale locality of information flow in shell models of turbulence. *Journal of Statistical Mechanics*. 2025, 093405. doi: 10.1088/1742-5468/adff66

<https://sites.google.com/view/tomohiro-tanogami/%E3%83%9B%E3%83%BC%E3%83%A0japanese>

乱流、情報熱力学、統計物理



# 情報理論を用いた 不確実性に関する学習理論の展開

基礎工学研究科 システム創成専攻

准教授 二見 太

<https://researchmap.jp/ffutami>



## 研究の概要

機械学習の応用先が広がるにつれ、単に高い予測性能を達成するためだけに確率的推論を用いるのではなく、予測の不確実性の定量化や、潜在変数モデルによる知識の抽出・生成など、多様な活用が進んでいる。しかし、これらの手法に対する理論的理解は十分ではない。本研究では、このような機械学習アルゴリズムを情報理論に基づく手法で解析し、予測の不確実性や潜在変数の振る舞いに対する統計的学習理論を体系的に構築することを目指す。

## 研究の意義と将来展望

本研究は、機械学習の信頼性を支える上で不可欠な要素であるアルゴリズムの予測やモ

デルに内在する不確実性に着目し、その適切な定量化と理論的体系の構築を目的とする。不確実性は、予測のばらつき、信頼区間、クラス事後確率、さらにエンコーダ型モデルによって得られる潜在変数表現などの形で現れ、意思決定において中心的な役割を果たし、AIの安全性および信頼性の確保に直結する。しかし既存の理論は、分類精度や二乗誤差といった損失最小化に主眼が置かれており、不確実性に対する理論的保証や潜在変数の挙動に関する理解は十分に確立されていない。本研究では、情報理論とPACベイズ理論を融合することで、不確実性評価に焦点を当てた新しい統計的学習理論を構築し、将来的には高信頼なAIシステムの設計指針へと発展させることを目指す。

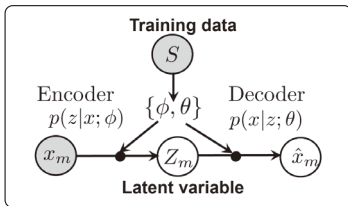


図1: Encoderを用いた隠れ変数モデル (変分オートエンコーダなど)

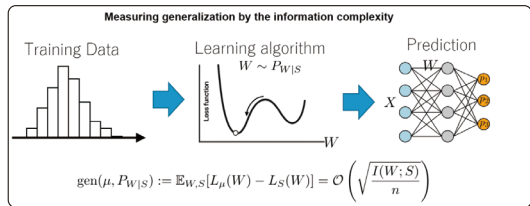


図2: 機械学習における統計的学習理論と情報理論の関係図

特許

論文

- Futami, Futoshi & Fujisawa, Masahiro. Information-theoretic Generalization Analysis for VQ-VAEs: A Role of Latent Variables. Accepted at Advances in Neural Information Processing, 2025.
- Fujisawa, Masahiro & Futami, Futoshi. PAC-Bayes Analysis for Recalibration in Classification. Proceedings of 42nd International Conference on Machine Learning, 267, 17986-18023, 2025. doi: 10.48550/arXiv.2406.06227
- Futami, Futoshi. Epistemic Uncertainty and Excess Risk in Variational Inference. Proceedings of 28th International Conference on Artificial Intelligence and Statistics, 258, 568-576, 2025.
- Futami, Futoshi & Fujisawa, Masahiro. Information-theoretic Generalization Analysis for Expected Calibration Error. Advances in Neural Information Processing Systems 37, 84246-84297, 2024. doi: 10.48550/arXiv.2405.15709
- Futami, Futoshi & Iwata, Tomoharu. Information-theoretic Analysis of Bayesian Test Data Sensitivity. Proceedings of 27th International Conference on Artificial Intelligence and Statistics, 238, 1099-1107, 2024.


参考URL <https://sites.google.com/view/futoshifutami/home>

キーワード 統計的学習理論、機械学習、生成AI、情報理論、ベイズ推論

# 難治性がんの個別化医療を実現する 倍数性診断技術の創出

生命機能研究科 倍数性病態学研究室

准教授 **松本 知訓**

 [https://researchmap.jp/tomo\\_matsumoto](https://researchmap.jp/tomo_matsumoto)



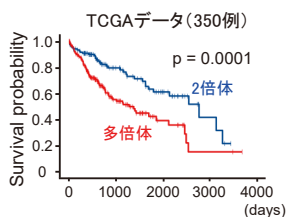
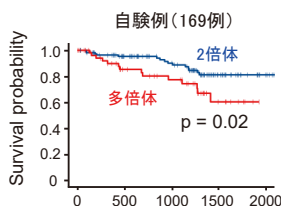
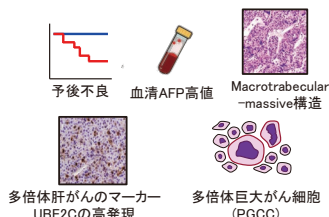
## 研究の概要

人は2倍体のゲノムを持つが、がんでは多倍体化が高頻度に生じ、染色体不安定性を介して悪性進化や薬剤耐性を促進することが知られている。腫瘍細胞の倍数性は予後不良と関連する新しいマーカーとなることが近年明らかとなってきているが、ゲノムシーケンスやフローサイトメトリーなど、従来の倍数性の判定手法は煩雑で高額な上、解釈も難しく臨床現場での利用は困難であった。我々はヒト肝細胞がんを対象に、多倍体肝がんで高発現する分子マーカーUBE2Cなど特徴的な指標を同定し、腫瘍倍数性が予後を予測する重要なマーカーとなることを示した。さらに、AIを用いた深層学習により、HE染色画像から腫瘍の倍数性を簡便に判定する技術も開発した。公共データベースでの検証でも、同モデルによる肝がんの倍数性判定が、精度よく予後を予測することが確認できている。

## 研究の意義と将来展望

本技術は、多倍体がんを迅速に検出し治療効果や予後予測に活用できると見込まれる。特に、近年開発が進められている、多倍体化や染色体不安定性を示すがんに対する治療において、重要なコンパニオン診断法として活用できる。さらに研究の場においても、多倍体化・染色体不安定性に着目した病態解明や創薬研究を進める有用なツールとなり、我々も独自の観点から、多倍体がん・染色体不安定性を示すがんの創薬研究に取り組んでいる。

### 多倍体肝がんの特徴



特許 特願2024-26830、PCT/JP2024/044155

論文 Abe, Masatoshi; Niio, Hirohiko; Matsumoto, Tomonori et al. Selective identification of polyploid hepatocellular carcinomas with poor prognosis by artificial intelligence-based pathological image recognition. *Commun Med (Lond)*. 2025, 5(1), 270. doi: 10.1038/s43856-025-00967-8  
Matsuura, Takanori; Harada, Yoshihide; Matsumoto, Tomonori et al. Histological diagnosis of polyploidy discriminates an aggressive subset of hepatocellular carcinomas with poor prognosis. *Br J Cancer*. 2023, 129(8), 1251-1260. doi: 10.1038/s41416-023-02408-6

参考URL <https://www.matsumoto-ploidylib.com/>

キーワード 倍数性、ゲノム倍加、多倍体化、染色体不安定性、がん



# 生命に関わる結晶のダイナミクスを可視化し読み解く

工学研究科 電気電子情報通信工学専攻

教授 **丸山 美帆子**



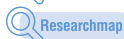
<https://researchmap.jp/marumarumi>

助教 **高橋 秀実**



<https://researchmap.jp/HozumiTakahashi>

特任助教 **田中 勇太郎**



<https://researchmap.jp/yutaro-tanaka>



## 研究の概要

骨や歯、尿路結石、血管石灰化などの体内に形成される「バイオミネラル」は、健康と疾患の境界に位置する重要な材料です。私たちは、結晶工学の視点から、これらの核形成・成長・溶解・相転移といったダイナミクスを、結晶表面の変化としてリアルタイムにとらえることを目指しています。光の干渉を利用した高分解光学手法により、表面のわずかな高さや形状変化を連続的に可視化し、「結晶を通して体内で起きている現象」を読み解きます。また、光を利用した結晶化技術で結晶化場を制御しながら観察し、バイオミネラルに加えて、生命を支える結晶である医薬品化合物なども対象として研究を進めています。

を目指しています。私たちは、結晶を通して命のはじまりから終わりまでを見つめ、社会に貢献していきます。

準安定相が安定相へと相転移することで尿路結石は効率よく成長し固くなる

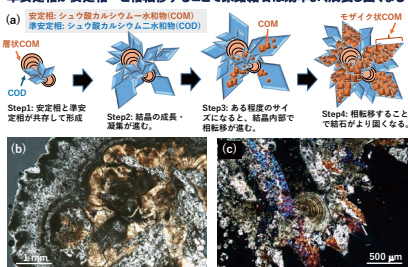


Fig.1 (a) シュウ酸カルシウム尿路結石の形成メカニズムモデル図。(b) シュウ酸カルシウム結石の光学顕微鏡透過像。(c) シュウ酸カルシウム結石の偏光顕微鏡像(クロスニコル)。

## 研究の意義と将来展望

私たちは、体内のバイオミネラルや医薬品結晶を「静的な構造」ではなく「時間とともに変化する構造」として理解することが、健康長寿を支える未来医療イノベーションにつながることを考えて研究を推進しています。具体的には、尿路結石・血管石灰化の予測・予防戦略や、骨や歯の再生・修復材料設計への展開、薬効や安全性を左右する医薬品結晶の構造や形態を適切に選び分ける製剤技術の開発

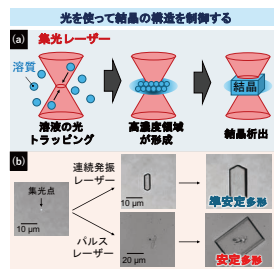


Fig.2 (a) 光トラッピング結晶化の概要。(b) L-システインの結晶多形制御

特許	WO/2025/154584、特願2024-141919
論文	Maruyama, Mihoko; Tanaka, Yutaro et al. Evidence for solution-mediated phase transitions in kidney stones: Phase transition exacerbates kidney stone disease. <i>Crystal Growth &amp; Design</i> . 2023, 23(6), 4285-4293. doi: 10.1021/acs.cgd.3c00108 Takahashi, Hozumi; Maruyama, Mihoko; Yoshikawa, Hiroshi et al. Spatiotemporal control of polymorphic phase transition of glycine crystals by three-dimensional femtosecond laser ablation processing. <i>The Journal of Physical Chemistry Letters</i> . 2024, 15(1), 180-186. doi: 10.1021/acs.jpclett.3c02769 Michibata, Uta; Maruyama, Mihoko et al. The impact of crystal phase transition on the hardness and structure of kidney stones. <i>Urolithiasis</i> . 2024, 52(1), 57. doi: 10.1007/s00240-024-01566-5 Tanaka, Yutaro; Maruyama, Mihoko et al. Cooling-induced brushite crystallization in urine as a predictive risk marker for calcium kidney stone recurrence. <i>Urolithiasis</i> . 2025, 53(1), 172. doi: 10.1007/s00240-025-01820-2
参考URL	<a href="http://www.bio.eei.eng.osaka-u.ac.jp/">http://www.bio.eei.eng.osaka-u.ac.jp/</a>
キーワード	結晶成長、結晶相転移、バイオミネラルイゼーション、レーザートラッピング、医工連携

# 対流熱伝達の上限への挑戦

基礎工学研究科 機能創成専攻

講師 本木 慎吾

 <https://researchmap.jp/s.motoki>



## 研究の概要

流体による熱の輸送現象の解明・予測・制御は、惑星における大気循環やマントル・核の運動、恒星におけるエネルギー輸送といった地球宇宙物理学上の難問解決において高い学術的意義を有すると同時に、様々な工学機器における伝熱技術にも直結し、エネルギー有効利用の観点からも極めて重要です。一般に、流れを乱流化させることで伝熱を促進できることがよく知られています。他方で、最近我々は、乱流による熱伝達を遥かに超える熱伝達（対流熱伝達の上限）を達成する流れが存在することを理論的に見出しました。本研究では、多孔質体や電磁力などを利用して流体を上手く制御することで、この上限の実現を目指しています。

## 研究の意義と将来展望

本研究では、乱流状態の流れに対して多孔質体や電磁力を適切に導入することで、大規模な強い対流運動が生成され、顕著な伝熱促進効果が得られることを明らかにしました。このような流れの状態は、「究極熱伝達」と呼ばれる、壁面熱流束が流体の粘性率や熱伝導率に依存しない熱伝達を達成します。今後は、その複雑な流動のメカニズムを解明することで、地球・宇宙物理学等における新たな知見の創出を目指すとともに、本研究に

おいて見出された熱流体制御技術を社会に実装することで、持続可能な社会の実現に貢献します。

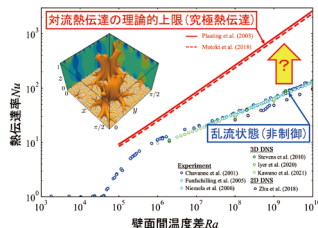


図1 熱対流における熱伝達率と壁面間温度差の関係。

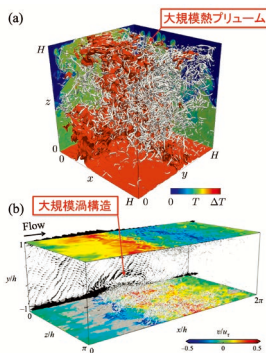


図2 透過性壁面間における究極熱伝達状態。(a) 熱対流、(b) 壁面せん断流。


特 許	
論 文	Motoki, Shingo; Kawahara, Genta; Shimizu, Masaki. Optimal heat transfer enhancement in plane Couette flow. <i>Journal of Fluid Mechanics</i> . 2018, 835, 1157-1198. doi: 10.1017/jfm.2017.779 Motoki, Shingo; Kawahara, Genta; Shimizu, Masaki. Maximal heat transfer between two parallel plates. <i>Journal of Fluid Mechanics</i> . 2018, 851(R4), doi: 10.1017/jfm.2018.557 Kawano, Koki et al. Ultimate heat transfer in 'wall-bounded' convective turbulence. <i>Journal of Fluid Mechanics</i> . 2021, 914(A13), doi: 10.1017/jfm.2020.867 Motoki, Shingo et al. The ultimate state of turbulent permeable-channel flow. <i>Journal of Fluid Mechanics</i> . 2022, 931(R3), doi: 10.1017/jfm.2021.937 Motoki, Shingo; Kawahara, Genta; Shimizu, Masaki. Steady thermal convection representing the ultimate scaling. <i>Philosophical Transactions of the Royal Society A</i> . 2022, 380, 20210037. doi: 10.1098/rsta.2021.0037
参考URL	<a href="https://sites.google.com/view/shingomotoki">https://sites.google.com/view/shingomotoki</a> <a href="https://sites.google.com/view/wwwkawaharalab">https://sites.google.com/view/wwwkawaharalab</a>
キーワード	熱流体制御、エネルギー効率化技術、究極熱伝達、乱流、非線形最適化



# 恒常性システムの起源の解明 —形態形成から恒常性維持へのステージ遷移—

生命機能研究科

准教授 森田 梨津子

 Researchmap <https://researchmap.jp/r-morita>


## 研究の概要

組織幹細胞を中心とした器官の恒常性を維持する仕組みの基盤は、胎児期に形態形成と共に生み出され、生後に引き継がれると考えられているが、その過程は十分に理解されていない (Fig. 1)。私たちは、これまで全く明らかにされてこなかった、幹細胞および器官の形態形成期から恒常性維持期への転換過程を明らかにし、恒常性システムの起源と創出原理を理解することを目指している。さらに、その成果を元に、研究・医療分野への応用に繋がる技術基盤の確立を目指す。

## 研究の意義と将来展望

私たちはこれまで、毛包をモデルに独自のデータ駆動型解析を展開し、発生過程における細胞動態・系譜・状態変化を統合した「毛

包発生4次元細胞系譜アトラス」を構築してきた。この解析により、胎児期の幹細胞は成体幹細胞とは性質も振る舞いも異なり、形態形成期から出生後にかけて自己複製能や静止性といった幹細胞アイデンティティを段階的に獲得していく可能性が示された。こうした幹細胞成熟過程の実体を明らかにすることは、恒常性システムの成立機構や幹細胞ニッチ形成の理解につながる。

さらに、本研究で得られる幹細胞成熟の知見を、私たちが保有する独自の皮膚・毛包の生体外培養系へ導入することで、従来のオルガノイドや器官培養では未達成であった器官の生体外成熟化を実現したいと考えている。器官の生体外成熟化技術は、再生医療モデルの高度化や薬剤スクリーニングの精度向上に寄与し、基礎研究と応用研究の双方に大きな波及効果をもつと期待される。

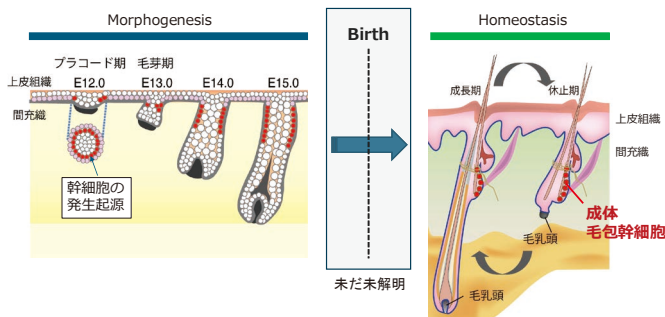


Fig. 1

特 許

論 文

Morita, Ritsuko; Sanzen, Noriko; Sasaki, Hiroko et al. Tracing the origin of hair follicle stem cells. Nature. 2021, 594, 547-552. doi: 10.1038/s41586-021-03638-5  
Morita, Ritsuko; Fujiwara, Hironobu. Tracing the developmental origin of tissue stem cells. Dev Growth Differ. 2022, 64(9), 566-576. doi: 10.1111/dgd.12816

参考URL

[https://www.fbs.osaka-u.ac.jp/en/research\\_group/detail/53](https://www.fbs.osaka-u.ac.jp/en/research_group/detail/53)

キーワード

皮膚、毛包幹細胞、恒常性システム、ライブイメージング、シングルセルオミクス