

情報の熱力学

Thermodynamics of information

東京大学大学院工学系研究科・教授

沙川 貴大



● 授賞理由

情報と熱力学との間に密接な関係が存在することは、19世紀、マクスウェルの悪魔のパラドクスにより示唆された。これは、情報を使って第2種の永久機関形成しうるかに見える実体であり、その存在は熱力学第2法則の基礎に関わる基本的で重要な問題として議論されてきた。しかし、20世紀までの研究は簡単で特殊なモデルでの思考実験によるものであった。

21世紀に入って、発展・整備された量子情報理論、非平衡統計力学の成果を踏まえ、沙川貴大氏は、情報と熱や仕事に関する現代的な情報熱力学を構築することに成功した。これは物理系の詳細によらない、極めて普遍的な理論であり、古典系と量子系の垣根すら越えて成立する。この情報熱力学の確立にあたり、沙川氏は、熱力学第二法則の拡張、帰還操作による熱機関からの仕事の限界の特定、更には情報により熱機関から取り出せる仕事と相互情報量の同等性の証明など、多くの業績を積み重ね、「量子情報流」のような新奇な概念を生み出してきた。

沙川氏による情報熱力学のめざましい成果の一つは、マクスウェルの悪魔のパラドクスの完全解決である。端的には情報による帰還操作を行うために必要な測定と情報消去に要する仕事の下限が、測定で得た相互情報量に等しくなる、というもので、マクスウェルの悪魔は熱力学第2法則と矛盾しない。この結果は、20世紀のランダウア原理に基づく理解が、極めて特殊な場合に限られるものであることを示し、普遍的で質の異なる理解が得られた。沙川氏は、更に実験家との協力により、マクスウェルの悪魔デバイスの実現にも世界で初めて成功している。新しい情報熱力学は生体情報処理や量

● 職 歴

- 2011年 4月 京都大学白眉センター・特定助教
- 2013年 1月 東京大学大学院総合文化研究科・准教授
- 2015年 5月 東京大学大学院工学系研究科・准教授
- 2020年10月 東京大学大学院工学系研究科・教授

● 受 賞

- 2013年 7月 Young Scientist Prize of the C3 Commission of IUPAP
- 2015年11月 西宮湯川記念賞
- 2018年 3月 ヤマト科学賞
- 2018年 9月 永瀬賞特別賞
- 2019年 4月 文部科学大臣表彰若手科学者賞
- 2021年 9月 久保亮五記念賞

子多体系の熱力学など多彩な分野へ極めて大きなインパクトを与えており、沙川氏はこれらの拡張においても先導的な役割を果たしている。

以上、21世紀に入り、現在までの物理学の十指に入るとも言える成果をあげた沙川氏は井上學術賞を授けるにふさわしいと判断された。

第41回（2024年度）井上學術賞・井上研究奨励賞及び
第17回（2025年度）井上リサーチアワード受賞者の決定について

2024年12月17日
公益財団法人井上科学振興財団

公益財団法人井上科学振興財団(理事長：小間篤)では、財団設立の1984年度から井上學術賞及び井上研究奨励賞の贈呈事業を、2009年度から井上リサーチアワードを実施しています。

これらの事業については、本財団選考委員会(委員長：大越慎一 東京大学大学院理学系研究科長・教授)における選考結果を受けて本財団理事会において受賞者を決定しましたので、別紙のとおり受賞者をお知らせします。

1. 井上學術賞 Inoue Prize for Science

自然科学の基礎的研究で特に顕著な業績を挙げた50歳未満(申込締切日現在)の研究者に対し、第41回井上學術賞(賞状及び金メダル、副賞200万円)を贈呈する。

関係38学会及び本財団の元選考委員、井上學術賞既受賞者など179人に候補者の推薦を依頼、35件の推薦を受け、選考委員会における選考を経て5件を採択した。

2. 井上研究奨励賞 Inoue Research Award for Young Scientists

自然科学の分野で過去3年間に博士の学位を取得した37歳未満(申込締切日現在)の研究者で、優れた博士論文を提出した研究者に対し、第41回井上研究奨励賞(賞状及び銅メダル、副賞50万円)を贈呈する。

関係299大学に候補者の推薦を依頼、34大学から145件の推薦があり、選考委員会における選考を経て40件を採択した。

3. 井上リサーチアワード Inoue Science Research Award

自然科学の基礎的研究で優れた業績を挙げ、更に開拓的発展を目指す若手研究者の独創性を育み、自立を支援することを目的とし、博士の学位取得後9年未満で国内の国公立大学及び大学共同利用機関に所属(予定を含む)する研究者に対し、第17回井上リサーチアワード(賞状と500万円の研究助成金)を贈呈する。

公募に対して71件の申請があり、選考委員会における選考を経て4件を採択した。

なお、井上學術賞、井上研究奨励賞及び井上リサーチアワードの過去の受賞者については、本財団のホームページ(<http://www.inoue-zaidan.or.jp>)に掲載されていますのでご参照ください。

贈呈式

日 時 2025年2月5日(水) 15時～16時30分
場 所 KKR ホテル東京 10階 瑞宝の間

本件問い合わせ先

公益財団法人井上科学振興財団 Tel:03-3477-2738
東京都渋谷区南平台町 15-15 南平台今井ビル 601
e-mail: inoue-fs@inoue-zaidan.or.jp

第41回（2024年度）井上學術賞 受賞者

〈賞状・金メダル及び副賞200万円〉

氏名	年齢	所属・職	研究題目	推薦者
いがらし けい 五十嵐 啓	(46)	カリフォルニア大学アーバイン校・医学部・総長特別准教授	対象物記憶をつかさどる脳機構とその認知症における破綻の研究	日本神経科学学会
いのうえ しげよし 井上 茂義	(44)	ミュンヘン工科大学・化学科・教授	ユビキタス元素を用いた新規典型元素機能性分子及び触媒の開発	推薦委員
さかわ たかひろ 沙川 貴大	(41)	東京大学大学院・工学系研究科・教授	情報の熱力学	推薦委員
ただ みづき 唯 美津木	(45)	名古屋大学・物質科学国際研究センター・教授	可視化に基づく触媒科学の革新	推薦委員
なんご えりこ 南後 恵理子	(49)	東北大学・多元物質科学研究所・教授	光感受性タンパク質の動的構造と分子機構解明	日本生物物理学会

井上學術賞 5件5名（注）年齢は受賞日現在

第17回（2025年度）井上リサーチアワード受賞者

〈賞状・研究助成金500万円〉

氏名	年齢	所属・職	研究題目
かみもと けんじ 神元 健児	(38)	大阪大学微生物病研究所・招へい准教授	光学と単一細胞計測の統合技術による細胞運命ダイナミクスの解明
にしむら ともみ 西村 友美	(41)	京都大学大学院・医学研究科・乳腺外科・客員研究員	胚細胞系列BRCA1/2変異保有者における乳癌発生メカニズムの解明
ひがしきゆり 東 小百合	(32)	岐阜大学高等研究院・連合創薬医療情報研究科・特任助教	効率的な薬剤送達を実現する生体内環境応答性コアセルベートの創製
やまだ じゅんぺい 山田 純平	(33)	大阪大学大学院・工学研究科・助教	超高強度7nm集光X線レーザーによるX線領域の高次非線形光学の開拓

井上リサーチアワード4名（注）年齢は受賞日現在

第41回（2024年度）井上研究奨励賞 受賞者

（賞状・銅メダルおよび副賞50万円）

候補者氏名	年齢 才	学位授与大学	所属・職	博士論文題目
ありかわ 有川 忍	(29)	大阪大学	日本学術振興会特別研究員(PD) 九州大学大学院工学研究院応用 化学部門	m-キノジメタンを基盤とする非ケクレ型ジラジカ ルの合成と物性
ありさわ 有沢 洋希	(29)	東北大学	東京大学大学院工学系研究科・ 助教	磁気-歪み結合系におけるスピンメカニクス現象 に関する研究
いたい 板井 駿	(29)	慶應義塾大学	日本学術振興会特別研究員 (PD) 東北大学医工学研究科	免疫応答による組織変形を再現した自立型多層人 工血管モデル
いたち 板尾 健司	(28)	東京大学	理化学研究所脳神経科学研究 センター・基礎科学特別研究員	人間社会の多様な構造の生成原理：普遍人類学の 構築
いのうえ 井上 智好	(29)	京都工芸繊維 大学	広島大学大学院統合生命科学研究科 (日本学術振興会特別研究員PD)	光伝播の複数動画像をワンショット記録可能な超 高速動画イメージング技術
おおいえ 大家 広平	(27)	北海道大学	北海道大学大学院工学研究院・ (日本学術振興会特別研究員PD)	流動計測型レオメトリによる不均質流体のマルチ タイムスケールレオロジーに関する研究
おかざき 岡崎 実那子	(27)	筑波大学	日本学術振興会特別研究員 筑波大学・医学医療系	硫化水素産生系は呼吸中枢神経回路の機能を調節 する
おかもと 岡本 英之	(28)	東京薬科大学	東京薬科大学薬学部・助教	光酸素化によるマイオスタチン不活化法の開発研 究
おかもと 岡本 悠希	(28)	立命館大学	東京大学大学院情報理工学系 研究科・特任助教	多様な音を柔軟に生成可能とする統計的環境音合 成の研究
かわさき 川崎 純葉	(32)	京都大学	千葉大学大学院医学研究院・ 特任助教	脊椎動物ゲノムに存在するボルナウイルスの分子 化石を用いた古ウイルス学研究
く 久慈 千栄子	(32)	東北大学	東北大学大学院工学研究科・助教	局在微細組織制御を援用したアモルファス合金の 加工性向上に関する研究
ごとう 後藤 愛佳	(33)	東京大学	東京大学大学院医学系研究科・ 特任助教	自己免疫疾患病態形成における新規加齢関連CD4 陽性T細胞を介した液性免疫応答制御機構の解明
こはた 木幡 愛	(30)	東京大学	東京工業大学生命理工学院・助教	核酸の生医学応用のための分子糊の設計
こむら 小村 真央	(28)	大阪大学	Department of Polymer Science and Engineering ,University of Massachusetts Amherst, Postdoctoral Researchfellow	非対称ヘテロ芳香族 1,2-ジケトン の固体・液体 状態における室温りん光機能と分子配座
さいき 佐伯 龍之介	(31)	京都大学	京都大学大学院医学研究科・助教	クローン性造血における遺伝子変異とコピー数異 常の統合解析
さかもと 坂本 遼太	(30)	九州大学	イェール大学生体医工学科 ポストドクトラルフェロー	細胞サイズ空間に拘束された細胞骨格系が織りな す対称性の破れの非平衡物理学
さとう 佐藤 芳樹	(30)	東北大学	埼玉大学大学院理工学研究科・助教	反転中心のない結晶構造を持つ金属間化合物の単 結晶育成と新奇物性
しまかわ 島川 典	(31)	東京大学	北海道大学大学院薬学研究院・助教	ペバルリン C の全合成研究
しまむら 島村 勇徳	(30)	東京大学	東京大学物性研究所附属極限コヒー レント光科学研究センター・特任助教	超小型Kirkpatrick-Baezミラーによる色収差の無 い軟X線ナノ集光プローブの形成
しらい 白井 雄	(30)	京都大学	Harvard University, Department of Organismic and Evolutionary Biology Postdoctoral Fellow	成虫注射による昆虫ゲノム編集法の開発

候補者氏名	年齢	学位授与大学	所属・職	博士論文題目
すぎやま まさふみ 松山 真史	(27)	東京大学	東京大学大学院工学系研究科・特任助教	高度にフッ素化されたキュバンの合成と性質
すみ しゅんすけ 角 俊輔	(30)	京都大学	東京大学定量生命科学研究科・特任助教	RNA ファミリー配列の深層生成設計
たきもと かずよし 瀧本 和誉	(31)	愛媛大学	北里大学理学部化学科・助教	配位化学に立脚したキラル構造の構築とその応用：金属錯体の合成と分子キラリティ認識
たけだ ゆたか 竹田 穰	(28)	東京大学	理化学研究所・生命機能科学研究センター・特別研究員	中心小体三連微小管形成促進機構の解明
ついで たかふみ 津久井 崇史	(30)	総合研究大学院大学	Australian National University Research School of Astronomy and Astrophysics Postdoctoral Fellow	ガスおよび星の動力学を用いた銀河の構造形成とその進化の解明
つぼうち しゅんたろう 坪内 俊太郎	(28)	東京大学	東京大学大学院数理科学研究科・特任助教	摂動特異楕円型および放物型方程式に対する正則性理論
どうの した まさき 堂ノ下 将希	(29)	京都大学	九州大学先端物質化学研究所・助教	水素結合を用いた分子性層状共結晶ならびにプロトン-電子混合伝導体における結晶構造設計
なかにし ともこ 中西 智子	(35)	京都大学	東京大学大学院医学系研究科・日本学術振興会特別研究員	ゲノミクスで拓く呼吸器疾患病態解明とその臨床的意義の検討
はぎわら ゆうき 萩原 佑紀	(28)	早稲田大学	Heidelberg University, Institute for Molecular Systems Engineering and Advanced Materials (IMSEAM)・Postdoctoral researche	光熱効果による有機結晶の高速アクチュエーション
はやしだ たけし 林田 健志	(28)	東京大学	東京大学大学院工学系研究科・助教	光学現象を利用した強制的秩序物質における対称性の破れの検出
ふじい いくや 藤井 郁哉	(28)	京都大学	大阪大学・大学院基礎工学研究科・助教	アルミニウム-ロジウム錯体による炭素-フッ素結合の触媒的変換に関する研究
ふじさき ひろと 藤崎 寛人	(29)	筑波大学	東京工業大学物質理工学院・助教	水性媒体中における N-ヘテロ環状カルベン配位子を有する鉄錯体による触媒的酸化反応
べにやま じん 紅山 仁	(28)	東京大学	東京大学大学院理学系研究科(日本学術振興会特別研究員PD)/コトタ*ジャーナル天文台*ランジ*研究所客員研究員	極めて地球に近づく微小地球接近小惑星の測光観測
ま なたぼーる Ma Nattapol	(31)	京都大学	物質・材料研究機構 若手国際研究センター・ICYSリサーチフェロー	配位高分子および金属-有機構造体ガラスにおける電荷移動に関する研究
まつだ けいすけ 松田 佳祐	(31)	大阪大学	大阪大学大学院生命機能研究科・特任研究員	カプトムシ角形成における 2D パターンと 3D 形態をつなぐ物理モデル
みずおち りゅうすけ 水落 隆介	(34)	東京工業大学	JSPS 海外特別研究員 School of Chemical Engineering, The University of Queensland	酸フッ化物アノードを用いた水の酸化反応
もり しゅんすけ 森 竣祐	(30)	東北大学	アスタミューゼ株式会社イノベーション創出事業部・社員	メモリ応用に向けたMnTe。半導体薄膜の多形変化現象に関する研究
やまもと こうへい 山本 航平	(32)	東京大学	量子科学技術研究開発機構 NanoTerasuセンター・研究員	放射光でみる強磁性・反強磁性体薄膜の光誘起磁気ダイナミクス
ゆもと げんき 湯本 原樹	(31)	京都大学	京都大学・生態学研究センター・特定研究員	常緑多年草ハクサンハタザオにおける季節・標高特異的な葉の寿命と機能に関する分子生態学的研究
よしざわ けんすけ 吉澤 研介	(31)	東北大学	長崎大学教育学部・准教授	高階幾何学的変分問題の研究 - Eulerの弾性曲線とその先にある諸問題 -

井上研究奨励賞 40名 *年齢は受賞日現在