

## 4-5 光分子科学研究領域

### 光分子科学第二研究部門

大森 賢治（教授）（2003年9月1日着任）

DE LÉSÉLEUC, Sylvain（特任准教授）

富田 隆文（助教）

周 鳥居 諭来（特任助教）

松原 卓也（特任助教）

田村 光（特任助教）

CHAUHAN, Vikas Singh（特任研究員）

JAUNET-LAHARY, Titouan（特任研究員）

KUMAR SINGH, Pushpander（特任研究員）

SRAKAEW, Kritsana（特任研究員）

TIRUMALASETTY PANDURANGA, Mahesh（特任研究員）

LIENHARD, Vincent（招へい研究員）

岡田 満哉（特別訪問研究員）

藤川 武敏（特命専門員）

川本 美奈子（特任専門員）

鈴井 光一（特任専門員）

牧野 茜（特任専門員）

松尾 友紀子（特任専門員）

犬飼 和久（特任専門員）

酒井 志帆（特任専門員）

伊神 賢人（特任専門員）

西岡 稚子（特任専門員）

GANESAN, Karthikeyan（インターンシップ）

MAITY, Arnab（インターンシップ）

KETAIAM, Kittisak（インターンシップ）

SIRIWORAKOONCHAI, Phatwarach（インターンシップ）

BRAUN, Eduard（インターンシップ）

ROUSSEL, Mathis（インターンシップ）

LERICHE, Axel-Ugo（インターンシップ）

DUPERON, Isaline（インターンシップ）

石坂 晴（インターンシップ）

SCHMID, Otto（インターンシップ）

MEMBREZ, Gaetan（インターンシップ）

BROSIG, Jule（インターンシップ）

KOCIK, Robin（大学院生）

DENECKER, Tom（大学院生）

HASSANALY, Sapna（大学院生）

KECIR, Omar（大学院生）

田中 愛登（大学院生）

ANTONIO, Jorge (大学院生)  
渡部 元輝 (大学院生)  
中井 愛里 (技術支援員 (派遣))  
鶴田 笑子 (技術支援員 (派遣))  
越田 陽子 (事務支援員)  
山岸 芽衣 (事務支援員)  
久樂 由莉耶 (事務支援員)  
武井 美緒 (事務支援員 (派遣))  
八幡 菜穂子 (事務支援員 (派遣))

A-1) 専門領域：量子物理学，量子コンピュータ，量子シミュレータ，原子分子光 (AMO) 物理学，物理化学

A-2) 研究課題：

- a) アト秒精度のコヒーレント制御法の開発
- b) 量子論の検証実験
- c) コヒーレント分子メモリーの開発
- d) 分子ベースの量子情報科学
- e) 強レーザー場非線形過程の制御
- f) バルク固体の極限コヒーレント制御
- g) 超高速量子シミュレータの開発
- h) 超高速量子コンピュータの開発

A-3) 研究活動の概略と主な成果

- a) コヒーレント制御は、物質の波動関数の位相を操作する技術である。その応用は、量子コンピューティングや結合選択的な化学反応制御といった新たなテクノロジーの開発に密接に結び付いている。コヒーレント制御を実現するための有望な戦略の一つとして、物質の波動関数に波としての光の位相を転写する方法が考えられる。例えば、二原子分子に核の振動周期よりも短い光パルスを照射すると、「振動波束」と呼ばれる局在波が結合軸上を行ったり来たりするような状態を造り出す事ができる。波束の発生に際して、数フェムト秒からアト秒のサイクルで振動する光電場の位相は波束を構成する各々の振動固有状態の量子位相として分子内に保存されるので、光学サイクルを凌駕する精度で光の位相を操作すれば波束の量子位相を操作することができる。我々はこの考えに基づき、独自に開発したアト秒位相変調器 (APM) を用いて、二つのフェムト秒レーザーパルス間の相対位相をアト秒精度で操作するとともに、このパルス対によって分子内に発生した二つの波束の相対位相を同様の精度で操作する事に成功した。さらに、これらの高度に制御された波束干渉の様子を、ピコメートルレベルの空間分解能とフェムト秒レベルの時間分解能で観測する事に成功した。
- b) APM を用いて、分子内の 2 個の波束の量子干渉を自在に制御する事に成功した。また、この高精度量子干渉をデコヒーレンス検出器として用いる事によって、熱的な分子集団や固体中の電子的なデコヒーレンスを実験的に検証した。さらに、固体パラ水素中の非局在化した量子状態 (vibron) の干渉を観測し制御する事に成功した。
- c) 光子場の振幅情報を分子の振動固有状態の量子振幅として転写する量子メモリーの開発を行なった。ここでは、フェムト秒光パルス対によって分子内に生成した 2 個の波束間の量子位相差をアト秒精度で操作し、これらの干渉の結果生成した第 3 の波束を構成する各振動固有状態のポピュレーションを観測することによって、光子場の振幅情報が高精度で分子内に転

写されていることを証明することができた。また、フェムト秒光パルス対の時間間隔をアト秒精度で変化させることによって波束内の固有状態のポピュレーションの比率を操作できることを実証した。さらに、固体パラ水素中の振動量子状態 (vibron) の位相情報の2次元分布を操作し可視化することによって、固体2次元位相メモリーの可能性を実証することに成功した。

- d) 分子メモリーを量子コンピュータに発展させるためには、c)で行ったポピュレーション測定だけでなく、位相の測定を行う必要がある。そこで我々は、c)の第3の波束の時間発展を別のフェムト秒パルスを用いて実時間観測した。これによって、ポピュレーション情報と位相情報の両方を分子に書き込んで保存し、読み出すことが可能であることを実証した。振動固有状態の組を量子ビットとして用いる量子コンピュータの可能性が示された。さらに、分子波束を用いた量子フーリエ変換を開発した。
- e) 分子の振動波束を構成する振動固有状態の振幅と位相を強レーザー場で制御することに成功した。
- f) バルク固体中の原子の超高速2次元運動をフェムト秒単位で制御し画像化する新しい光技術を開発した。
- g) ほぼ絶対零度 (~50 ナノケルビン) まで冷やした極低温のルビジウム原子をミクロンレベルで整列させた人工原子結晶にアト秒精度のコヒーレント制御法を適用することによって、3万個の粒子の量子多体問題を近似無しに1ナノ秒 (ナノ =  $10^{-9}$ ) 以内でシミュレートできる世界唯一・最速の「超高速量子シミュレータ」を開発することに成功した。それぞれ異なる研究分野で発展してきた「超高速化学」と「極低温物理」の手法を融合させた世界初の試みであり、材料科学・固体物理・溶液化学など広範囲の領域に波及効果を及ぼす新しい方法論として期待されている。
- h) 上記の人工原子結晶とアト秒精度のコヒーレント制御法を組み合わせた世界唯一・最速の「超高速量子コンピュータ」の開発を進めており、新規特許出願2件を行っている。

#### B-1) 学術論文

**T. P. MAHESH, T. MATSUBARA, Y. T. CHEW, T. TOMITA, S. DE LÉSÉLEUC and K. OHMORI**, “Generation of 480 nm Picosecond Pulses for Ultrafast Excitation of Rydberg Atoms,” *Opt. Lett.* **50(2)**, 403–406 (2025). DOI: 10.1364/OL.538707

**Y. CHEW, M. POITRINAL, T. TOMITA, S. KITADE, J. MAURICIO, K. OHMORI and S. DE LÉSÉLEUC**, “Ultra-Precise Holographic Optical Tweezers Array,” *Phys. Rev. A* **110**, 053518 (2024). DOI: 10.1103/PhysRevA.110.053518

**M. KUNIMI, T. TOMITA, H. KATSURA and Y. KATO**, “Proposal for Simulating Quantum Spin Models with the Dzyaloshinskii-Moriya Interaction Using Rydberg Atoms and the Construction of Asymptotic Quantum Many-Body Scar States,” *Phys. Rev. A* **110**, 043312 (2024). DOI: 10.1103/PhysRevA.110.043312

**V. BHARTI, S. SUGAWA, M. KUNIMI, V. S. CHAUHAN, T. P. MAHESH, M. MIZOGUCHI, T. MATSUBARA, T. TOMITA, S. DE LÉSÉLEUC and K. OHMORI**, “Strong Spin-Motion Coupling in the Ultrafast Dynamics of Rydberg Atoms,” *Phys. Rev. Lett.* **133(9)**, 093405 (2024). DOI: 10.1103/PhysRevLett.133.093405

**X. ZHOU, H. TAMURA, T. H. CHANG and C. L. HUNG**, “Trapped Atoms and Superradiance on an Integrated Nanophotonic Microring Circuit,” *Phys. Rev. X* **14(3)**, 031004 (2024). DOI: 10.1103/PhysRevX.14.031004

#### B-2) 国際会議のプロシーディングス他

**C. NILL, S. DE LÉSÉLEUC, C. GROß and I. LESANOVSKY**, “Resonant Stroboscopic Rydberg Dressing: Electron-Motion Coupling and Multi-Body Interactions,” *arXiv* 2411.10090 (2024).

**K. NISHIMURA, H. SAKAI, T. TOMITA, S. DE LÉSÉLEUC and T. ANDO**, “Super-Resolution Holographic Optical Tweezers Array,” *arXiv* 2411.03564 (2024).

**T. TOMITA, Y. CHEW, R. VILLELA, T. P. MAHESH, H. SAKAI, K. NISHIMURA, T. ANDO, S. DE LÉSÉLEUC and K. OHMORI**, “Atom Camera: Super-Resolution Scanning Microscope of a Light Pattern with a Single Ultracold Atom,” *arXiv* 2410.03241 (2024).

B-3) 総説, 著書

大森賢治, 「量子コンピュータ概観, “巻頭言”」, *表面と真空*, **68(3)**, 127–128 (2025).

B-4) 招待講演 (\* 基調講演)

大森賢治, 「大規模・高コヒーレンスな動的原子アレー型・誤り耐性量子コンピュータ」, ムーンショット目標 6 公開シンポジウム 2025, ベルサール秋葉原, 東京都千代田区, 2025 年 3 月.

大森賢治, 「量子スピード限界で動作する冷却原子型・超高速量子コンピュータ」, 応用物理学会超伝導分科会第 70 回研究会「量子コンピュータの現状と展望」, 同志社大学東京オフィス セミナー室, 東京都中央区, 2024 年 12 月.

大森賢治, 「冷却原子の量子コンピュータへの展開」, 量子フォーラムシンポジウム「冷却原子が拓く量子技術の最前線」, 赤坂インターシティコンファレンス 301, 東京都港区, 2024 年 11 月.

大森賢治, 「量子コンピューティングの最新研究開発の状況と今後の展望」, 第 5 回量子コンピューティング EXPO 【秋】, 幕張メッセ, 千葉県千葉市, 2024 年 11 月.

大森賢治, 「量子スピード限界で動作する冷却原子型・超高速量子コンピュータ」, DBJ iHub 量子コンピュータ実現への道, 大手町プレイスホール&カンファレンス 2F ホール A, 東京都千代田区, 2024 年 11 月.

大森賢治, 「量子スピード限界で動作する冷却原子型・超高速量子コンピュータ」, 自然科学研究機構シンポジウム「量子はめぐる」, 一橋大学一橋講堂, 東京都千代田区, 2024 年 10 月.

大森賢治, 「量子力学 100 年の謎と超高速量子コンピュータへの挑戦」, 名古屋大学総長がナビゲートする科学最前線「知の地平線未来への挑戦」, 中日ホール&カンファレンス, 名古屋市中区, 2024 年 10 月.

大森賢治, 「量子スピード限界で動作する冷却原子型・超高速量子コンピュータ」, 令和 6 年度第 3 回量子技術研究会 JATES 科学技術と経済の会, ベルサール飯田橋駅前, 東京都千代田区, 2024 年 7 月.

大森賢治, 「量子スピード限界で動作する冷却原子型・超高速量子コンピュータ」, Q2B2024 Tokyo サテライトイベント「量子グローバルイノベーション・サミット 東京 2024」, Deloitte Tohmatsum Innovation Park, 東京都千代田区, 2024 年 7 月.\*

大森賢治, 「量子力学 100 年の謎と超高速量子コンピュータへの挑戦」, 第 13 回 JACI/GSC シンポジウム, 一橋講堂, 東京都千代田区, 2024 年 6 月.\*

大森賢治, 「世界に羽ばたく大森量子コンピュータ・スタートアップいよいよ始動へ 2」, 政策アクション会議, 神戸大学東京六甲クラブ, 東京都千代田区, 2024 年 6 月.

大森賢治, 「量子力学 100 年の謎と超高速量子コンピュータへの挑戦」, 日本表面真空学会特別講演会, 東京大学武田ホール, 東京都文京区, 2024 年 5 月.\*

大森賢治, 「量子スピード限界で動作する冷却原子型・超高速量子コンピュータ」, 一般社団法人量子技術による新産業創出協議会 (Q-STAR) 講演会, 分子科学研究所, 愛知県岡崎市, 2024 年 5 月.

大森賢治, 「世界に羽ばたく大森量子コンピュータ・スタートアップいよいよ始動へ」, 政策アクション会議, 神戸大学東京六甲クラブ, 東京都千代田区, 2024 年 4 月.

**K. OHMORI**, “Ultrafast quantum simulation and quantum computing with ultracold atom arrays at quantum speed limit,” CESQ Colloquium, Centre Européen de Sciences Quantiques (CESQ), Strasbourg (France), March 2025.

**K. OHMORI**, “Ultrafast quantum simulation and quantum computing with ultracold atom arrays at quantum speed limit,” SXSW 2025 Quantum Session, South by Southwest (SXSW) Conference & Festivals, Austin Convention Center, Austin (USA), March 2025.

**K. OHMORI**, “Ultrafast quantum simulation and quantum computing with ultracold atom arrays at quantum speed limit,” International Year of Quantum Science and Technology (IYQ)-2025, The Centre for Quantum Engineering, Research and Education (CQuERE), TCG Centres for Research and Education in Science and Technology (TCG CREST), Kolkata (India), February 2025.

**K. OHMORI**, “Ultrafast quantum computing with ultracold atom arrays at quantum speed limit,” iSAP-Hamamatsu 2024, Invited Lecture and Symposium Chair, International Symposium on Advanced Photonics(iSAP), Okura Act City Hotel, Hamamatsu (Japan), November 2024.

**K. OHMORI**, “Ultrafast quantum simulation and quantum computing with ultracold atom arrays at quantum speed limit,” Center for Quantum Dynamics Colloquium, Universität Heidelberg, Heidelberg (Germany), October 2024.

**K. OHMORI**, “Ultrafast quantum simulation and quantum computing with ultracold atom arrays at quantum speed limit,” QUP Colloquium, International Center for Quantum-field Measurement Systems for Studies of the Universe and Particles (QUP), KEK, Tsukuba (Japan), October 2024.

**K. OHMORI**, “Ultrafast quantum simulation and quantum computing with ultracold atom arrays at quantum speed limit,” Okinawa School in Physics 2024: Coherent Quantum Dynamics, OIST Seaside House, Okinawa (Japan), September 2024.

**K. OHMORI**, “Ultrafast quantum computing with ultracold atom arrays at quantum speed limit,” The 14th Japan-US Joint Seminar on Quantum Electronics and Laser Spectroscopy, Stanford University, Stanford, CA (USA), September 2024.

**K. OHMORI**, “Ultrafast quantum simulation and quantum computing with ultracold atom arrays at quantum speed limit,” R. G. Herb Condensed Matter Seminar, Chicago Quantum Exchange, Physics Department 2320 Chamberlin Hall 1150, University of Wisconsin, Madison, WI (USA), July 2024.

**K. OHMORI**, “Ultrafast quantum simulation and quantum computing with ultracold atom arrays at quantum speed limit,” Laboratoire Kastler Brossel (LKB) Seminar 2024, Collège de France, Paris (France), June 2024.

**K. OHMORI**, “Ultrafast quantum simulation and quantum computing with ultracold atom arrays at quantum speed limit,” Colloquium, Laboratoire Charles Fabry, Institut d'optique, Palaiseau (France), June 2024.

**K. OHMORI**, “Ultrafast quantum simulation and quantum computing with ultracold atom arrays at quantum speed limit,” Swiss-Japanese Quantum Symposium 2024, University of Tokyo Yayoi Auditorium, Tokyo (Japan), June 2024.

**K. OHMORI**, “Ultrafast quantum simulation and quantum computing with ultracold atom arrays at quantum speed limit,” Colloquium at Stewart Blusson Quantum Matter Institute, University of British Columbia, Vancouver (Canada), May 2024.

**K. OHMORI**, “Ultrafast quantum simulation and quantum computing with ultracold atom arrays at quantum speed limit,” 26th Photonics North 2024, Vancouver Convention & Exhibition Centre, Vancouver (Canada), May 2024.\*

**K. OHMORI**, “Ultrafast quantum simulation and quantum computing with ultracold atom arrays at quantum speed limit,” Innsbruck Physics Colloquium, Innsbruck Physics Research Center, Universität Innsbruck, Innsbruck (Germany), April 2024.

**K. OHMORI**, “Ultrafast quantum simulation and quantum computing with ultracold atom arrays at quantum speed limit,” Quantum Simulation of Novel Phenomena with Ultracold Atoms and Molecules, University of Kyoto Panasonic Auditorium, Yukawa Hall, Kyoto (Japan), April 2024.

## B-5) 特許出願

### 登録

特許第 7511839 号, 「量子シミュレータおよび量子シミュレーション方法 (Quantum Simulator and Quantum Simulation Method)」, 酒井寛人 (浜松ホトニクス), 大森賢治 (自然科学研究機構), 安藤太郎 (浜松ホトニクス), シルヴァンド レゼルック, 富田隆文, 素川靖司 (自然科学研究機構), 大竹良幸, 豊田晴義 (浜松ホトニクス), 2020 年. (登録日 2024 年 6 月 28 日)

特許第 7511838 号, 「量子シミュレータおよび量子シミュレーション方法 (Quantum Simulator and Quantum Simulation Method)」, 酒井寛人 (浜松ホトニクス), 大森賢治 (自然科学研究機構), 安藤太郎 (浜松ホトニクス), シルヴァンド レゼルック, 富田隆文, 素川靖司 (自然科学研究機構), 大竹良幸, 豊田晴義 (浜松ホトニクス), 2020 年. (登録日 2024 年 6 月 28 日)

WO2025/063038(A1)(PCT), 「レーザー制御装置, 光ピンセット生成システム, レーザー制御方法, 光ピンセット生成方法及びプログラム」, シルヴァンド レゼルック, 大森賢治, 富田隆文 (自然科学研究機構), 2023 年. (公開日 2025 年 3 月 27 日)

## B-6) 受賞, 表彰

**TIRUMALASETTY PANDURANGA, Mahesh**, The Dean's Award of the Physical Sciences Graduate School (2024).

## B-7) 学会および社会的活動

### 学協会役員等

European Science Foundation (ESF), ESF College of Expert Reviewers (2018–).

Center for Quantum Engineering, Research and Education (CQuERE), TCG, CREST (India), Scientific Advisory Board (2021–), 委員長 (2024–).

日本分光学会代議員 (2022–).

欧州研究会議 (European Research Council: ERC, EU) 外部評価者 (2007–).

### 学会の組織委員等

原子・分子・光科学 (AMO) 討論会プログラム委員 (2003–).

iSAP HAMAMATSU (International Symposium on Advanced Photonics) 組織委員 (2016–), 議長 (2024).

### 文部科学省, 学術振興会, 大学共同利用機関等の委員等

文部科学省 科学技術・学術審議会 専門委員 (2015–).

文部科学省 科学技術・学術審議会 量子科学技術委員会 主査代理 (2015–2023), 主査 (2023–2025).

文部科学省 研究計画・評価分科会 臨時委員 (2023–2025).

### 学会誌編集委員

*Journal of Physics B: Atomic, Molecular and Optical Physics*, IOP, UK, Section Editor for Quantum Technologies (2019–) and Executive Editorial Board (2021–).

### 競争的資金等の領域長等

文部科学省「光・量子飛躍フラッグシッププログラム (Q-LEAP)」量子情報処理・大規模基礎基盤研究, 「アト秒ナノメートル領域の時空間光制御に基づく冷却原子量子シミュレータの開発と量子計算への応用」, 研究代表者 (2018–).

内閣府「ムーンショット型研究開発制度」,「大規模・高コヒーレンスな動的原子アレー型・誤り耐性量子コンピュータ」,プロジェクト・マネージャー (PM) (2022-).

内閣府「ムーンショット型研究開発制度」,「大規模・高コヒーレンスな動的原子アレー型・誤り耐性量子コンピュータ」,「大規模冷却原子型量子コンピュータプラットフォームの開発および統合」,課題推進者 (PI) (2022-).

文部科学省「先端国際共同研究推進事業 (ASPIRE)」量子技術領域,「冷却原子型量子コンピュータ」,日本側研究代表者 (2024-).

#### 理科教育活動

セミナー講師「夢への挑戦～自然科学研究機構の研究者・職員から学ぶ」岡崎市第1回MIRAI オンラインセミナー (2024). (Sylvain de LÉSÉLEUC)

出前授業「未来の量子ネイティブ×ムーンショット研究者」神奈川県立相模原中等教育学校 (2024). (Sylvain de LÉSÉLEUC, 富田隆文)

ワークショップ「Atomic Qubits: Neutral atoms and Trapped ions」量子コンピュータ関連研究者及び学生の技術交流 大阪大学 (2024). (Sylvain de LÉSÉLEUC, 富田隆文, 牧野 茜)

ワークショップ「ASPIRE, Neutral atom QC Winter Camp 2024」量子コンピュータ関連若手研究者及び学生の技術交流 (2024). (Sylvain de LÉSÉLEUC, 富田隆文, 牧野茜)

#### その他

大森賢治個人で年額(換算)およそ17億円にも上る極めて高額的外部資金を獲得(上記の「競争的資金等の領域長等」および下記「B-10 競争的資金」の項を参照)することで,分子研の財政に多大な貢献をもたらすとともに,分子研の世界的な知名度・プレゼンス向上と研究力アピールに大きく貢献.

大森が研究代表者(プロジェクトマネージャー)を務める内閣府・ムーンショット型研究開発プロジェクト「大規模・高コヒーレンスな動的原子アレー型・誤り耐性量子コンピュータ」が,ムーンショット事業の2024年度年次評価において「中性原子量子コンピュータの研究開発で世界トップレベルにあることを,非常に高く評価する」などと絶賛され,総合評価において「最高のS評価」を受けるなど,量子コンピュータ研究開発で世界のトップを牽引しており,分子研の世界的な知名度・プレゼンス向上と研究力アピールに大きく貢献.

米国ホワイトハウスが公表した日米首脳会談(ワシントンD.C. 2024年4月10日)の公式資料「FACT SHEET」において分子研大森グループの強力な量子コンピュータ開発における日米協力がハイライトされた。これによって分子研の世界的な知名度・プレゼンス向上と研究力アピールに大きく貢献.

自然科学研究機構本部と分子科学研究所が中心となり,分子研大森グループの量子コンピュータ開発の成果を用いた事業化のための協議体「事業化検討プラットフォーム」を立ち上げ,日本政策投資銀行(DBJ),日立製作所,富士通,NEC,浜松ホトニクス,豊田通商,岡崎信用金庫,産総研G-QuATをはじめとする13社・1国立研究所の参画を得ている。本件は日本経済新聞の朝刊1面トップ記事として掲載された。これによって,国内外の産業界における分子研の知名度・プレゼンス向上と研究力アピールに大きく貢献.

分子研大森グループによるムーンショット量子コンピュータ開発の最新状況が,日本経済新聞の朝刊1面トップ記事として掲載された。これによって,国内外のアカデミア・政財界における分子研の知名度・プレゼンス向上と研究力アピールに大きく貢献.

8-3 情報発信に記載されている通り、過去1年に限っても読売新聞、日本経済新聞、産経新聞、中日新聞、NHK 総合テレビ全国放送などを始めとする全国的な主要ニュースメディアに度々露出している。これらの極めて頻繁な全国区の報道によって、一般社会に対する分子研の知名度・プレゼンス向上と研究力アピールに大きく貢献。(web ニュース等については、<https://ohmori.ims.ac.jp/kenjihomori/> を参照)

文部科学省・科学技術・学術審議会・量子科学技術委員会の主査(2023-現在)、主査代理・専門委員(2015-2023)、ならびに文部科学省・研究計画・評価分科会・臨時委員(2023-現在)として、量子テクノロジー開発および分子研 UVSOR を含む量子ビーム(放射光施設・大型レーザー施設)利用推進に関する政策検討に大きく貢献。これによって、日本政府における分子研の知名度・プレゼンス向上に大きく貢献。

冷却原子型・量子コンピュータ開発において従来技術を一気に2桁加速する超高速2量子ビットゲート(量子コンピューティングの心臓部である計算素子)を達成し、Nature Photonics 2022年10月号の表紙を飾るとともに、日米欧中を中心に世界中の200件以上のニュース報道(2022年8月以降~現在も継続)でハイライトされ、この成果に関連して、日経サイエンス7月号(2024年5月24日・雑誌)、日経コンピュータ9月5日号(2024年9月5日・雑誌)にも特集されるなど、関連報道が現在も継続している(ニュース報道については、<https://ohmori.ims.ac.jp/kenjihomori/> を参照)。これらの報道によって分子研の世界的な知名度・プレゼンス向上と研究力アピールに大きく貢献。

上記の超高速2量子ビットゲートの成果等、大森ムーンショット量子コンピュータの開発の進展を受けて、日本の学術会議や大型の産業展示会等はもとより、オーストリアのインスブルック大学、カナダのプリティッシュ・コロンビア大学、フランス・アカデミアの最高峰であるCollege de France、同じくフランスのInstitut d'Optique、ストラスブール大学、米国のスタンフォード大学、ウィスコンシン大学、ドイツのハイデルベルグ大学、インドのTCG CREST、バンクーバーの国際会議Photonics North、米国オースティンで開催された世界最大級の産業展示会・カンファレンスSXSW などから、次々にコロキウムや招待講演に招かれ、世界のアカデミアや産業界で大反響を呼んでおり、分子研の世界的な知名度・プレゼンス向上と研究力アピールに大きく貢献。

分子研・大森グループと米国を代表する量子テクノロジー企業であるColdQuanta (現Inflektion)社(<https://coldquanta.com>)との間で量子コンピュータ開発における協業を進めており(2022年2月18日-現在)、米国の産業界における分子研の知名度・プレゼンス向上と研究力アピールに大きく貢献。

インドを代表する新しい研究機関TCG CREST, The Center for Quantum Engineering Research and Education (CQuERE)のScientific Advisory Board メンバー(2021-現在)(2024年よりArtur Ekert 英オックスフォード大教授の後任として委員長に就任)として、分子研の知名度・プレゼンス向上と研究力アピールに大きく貢献。

経産省が進める量子コンピュータ関係のヒアリング(2024年3月14日、8月27日)に、冷却原子型量子コンピュータの代表として貢献することによって、経産省における分子研の知名度・プレゼンス向上と研究力アピールに大きく貢献。

財務省関係者を中心とするシンクタンクである政策アクション会議に招かれ(2024年4月4日、6月6日、12月5日)、政財界の実力者らに向けて、大森グループの超高速量子シミュレータ・量子コンピュータラボの研究開発状況や事業化に関するレクチャーを行うとともに、それら実力者らと量子コンピュータ開発の現状と展望および関連政策に関する討論を行うことによって、我が国の政財界における分子研の知名度・プレゼンス向上と研究力アピールに大きく貢献。

Q-STAR (一般社団法人量子技術による新産業創出協議会)メンバーが多数分子研に来所し、これに対して大森が、大森グループの超高速量子シミュレータ・量子コンピュータラボの研究開発状況と事業化に関するレクチャー(2024年5月20日)を行うことによって、日本の産業界に対する分子研の知名度・プレゼンス向上と研究力アピールに大きく貢献。

JACI（公益社団法人新化学技術推進協会）シンポジウムに招かれ大森グループの超高速量子シミュレータ・量子コンピュータラボの研究開発状況と事業化に関する基調講演（2024年6月18日）を行うことによって、従来の電気、情報業界を超えて日本の化学業界における分子研の知名度・プレゼンス向上と研究力アピールに大きく貢献。

世界初の量子超越性の実証（2019年）で有名な John Martinis 教授（UCSB）と彼が新たに立ち上げた米国の量子コンピュータスタートアップ Qolab 社の経営陣主催のコロキウム（2024年7月16日 @ ウィスコンシン大学マディソン）に招かれ大森グループの超高速量子シミュレータ・量子コンピュータラボの研究開発状況と事業化に関するレクチャーを行うことによって、米国の量子コンピュータ業界における分子研の知名度・プレゼンス向上と研究力アピールに大きく貢献。

世界を代表する量子関連企業である NVIDIA 社、Oxford Quantum Circuits 社、QuEra Computing 社、Strangeworks 社の経営陣や、我が国を代表する量子関連企業の研究開発幹部（富士通、NEC、東芝、日立総合計画研究所、東芝デジタルソリューションズ）が登場する Q2B 会議のサテライト会議「Quantum Globalization Summit: Tokyo 2024」（2024年7月22日 @ デロイトトーマツ社、東京・丸の内）における唯一の基調講演に招かれ、大森グループの超高速量子シミュレータ・量子コンピュータラボの研究開発状況と事業化に関するレクチャーを行うことによって、国際的な量子コンピュータ業界における分子研の知名度・プレゼンス向上と研究力アピールに大きく貢献。

JATES（一般社団法人科学技術と経済の会）が主催する講演会「量子技術研究会」（2024年7月26日）に大森が招かれ、大森グループの超高速量子シミュレータ・量子コンピュータラボの研究開発状況と事業化に関するレクチャーを行うことによって、我が国の産業界や政府関係者（総務省など）に対する分子研の知名度・プレゼンス向上と研究力アピールに大きく貢献。

文科省研究振興局長ご一行の分子研来所に際して、大森グループの超高速量子シミュレータ・量子コンピュータラボの研究開発状況に関するレクチャーおよびラボツアー（2024年9月17日）を行うことによって、大学共同利用機関法人としての分子研の知名度・プレゼンス向上と研究力アピールに大きく貢献。

経済産業省ご一行の分子研・大森グループ訪問に際して、大森グループの超高速量子シミュレータ・量子コンピュータラボの研究開発状況に関するレクチャーおよびラボツアー（2024年10月9日）を行うことによって、分子研の知名度・プレゼンス向上と研究力アピールに大きく貢献。

自然科学研究機構シンポジウム（2024年10月20日）で、大森グループの超高速量子コンピュータに関する招待講演を行うことによって、自然科学研究機構と分子研の知名度・プレゼンス向上と研究力アピールに大きく貢献。

経済産業省に招かれ（2024年11月5日）、大森グループの超高速量子コンピュータの研究開発状況に関するレクチャーを行うことによって、分子研の知名度・プレゼンス向上と研究力アピールに大きく貢献。

大森が、浜松ホトニクス社 関連財団である光科学技術研究振興財団が主催する国際会議 第4回 iSAP Hamamatsu（2024年11月11-13日、オークラアクティビティホテル浜松、浜松市）の議長を務めるとともに、招待講演を行った。この会議には、2019年に世界で初めて量子コンピュータの量子超越性を実証した John Martinis 教授（米国・UCSB）をはじめ、Vladan Vuletic 教授（米国・MIT）、Jonathan Home 教授（スイス・ETH Zurich）、Michelle Simmons 教授（オーストラリア・UNSW）、藤井啓祐教授（大阪大学）ら量子コンピュータ分野の世界最高峰の面々が集結した。会議の様子はNHK 総合テレビの「おはよう日本」（全国版）で大きく取り上げられ、大森のインタビュー動画が全国に向けて放映された。これによって、分子研の知名度・プレゼンス向上と研究力アピールに大きく貢献。

財務省傘下の日本政策投資銀行（DBJ）が主催するシンポジウム「DBJ iHub 量子コンピュータ実現への道」（2024年11月14日、大手町プレイスホール&カンファレンス、東京）において、大森グループの超高速量子コンピュータの研究開発状況に関する招待講演を行うことによって、全国の産業界における分子研の知名度・プレゼンス向上と研究力アピールに大きく貢献。

2019年に世界で初めて量子コンピュータの量子超越性を実証したJohn Martinis 教授(米国・UCSB)を分子研に招聘し、同教授による分子研コロキウム(2024年11月18日)を主催することによって、分子研の知名度・プレゼンス向上に大きく貢献。

量子コンピューティングEXPO(2024年11月21日、幕張メッセ)で大森グループの超高速量子コンピュータの研究開発状況に関する招待講演、および量子コンピュータ全般に関するパネルディスカッションを行うことによって、全国の産業界における分子研の知名度・プレゼンス向上と研究力アピールに大きく貢献。

量子フォーラムシンポジウム「冷却原子が拓く量子技術の最前線」(2024年11月27日、赤坂インターシティコンファレンス、東京)で、大森グループの超高速量子コンピュータの研究開発状況に関する招待講演を行うことによって、量子技術関連のアカデミアと産業界における分子研の知名度・プレゼンス向上と研究力アピールに大きく貢献。

三菱ケミカル社ご一行の分子研・大森グループ訪問に際して、大森グループの超高速量子シミュレータ・量子コンピュータラボの研究開発状況に関するレクチャーおよびラボツアー(2025年1月7日)を行うことによって、分子研の知名度・プレゼンス向上と研究力アピールに大きく貢献。

日本経済新聞社記者の分子研・大森グループ訪問・取材に際して、大森グループの超高速量子シミュレータ・量子コンピュータラボの研究開発状況に関するレクチャーおよびラボツアー(2025年1月14日)を行うことによって、分子研の知名度・プレゼンス向上と研究力アピールに大きく貢献。

衆議院議員の分子研・大森グループ訪問に際して、大森グループの超高速量子シミュレータ・量子コンピュータラボの研究開発状況に関するレクチャーおよびラボツアー(2025年1月16日)を行うことによって、分子研の知名度・プレゼンス向上と研究力アピールに大きく貢献。

文部科学省 研究振興局 量子研究推進室室長ご一行の分子研・大森グループ訪問・取材に際して、大森グループの超高速量子コンピュータの研究開発状況に関するレクチャーおよびラボツアー(2025年2月17日)を行うことによって、大学共同利用機関法人としての分子研の知名度・プレゼンス向上と研究力アピールに大きく貢献。

世界最大級のビッグテックカンファレンス/EXPOであるSXSW(2025年3月7-15日、Austin市、Texas州、USA)において、「量子力学100年の謎と大森グループの超高速量子コンピュータの研究開発状況」に関する招待講演を行うことによって、世界中の産業界・マスコミにおける分子研の知名度・プレゼンス向上と研究力アピールに大きく貢献。

読売新聞 東京本社 記者の分子研・大森グループ訪問・取材に際して、大森グループの超高速量子シミュレータ・量子コンピュータラボの研究開発状況に関するレクチャーおよびラボツアー(2025年3月19日)を行うことによって、分子研の知名度・プレゼンス向上と研究力アピールに大きく貢献。

公益社団法人 日本表面真空学会からの依頼で、同学会の会誌「表面と真空」第68巻3月号(特集「量子コンピュータの最前線」)の巻頭言を執筆することによって、大学共同利用機関法人としての分子研の知名度・プレゼンス向上と研究力アピールに大きく貢献。

「欧州研究会議(European Research Council: ERC)」や量子コンピュータ研究開発コンソーシアム「ミュンヘン量子バレー(Munich Quantum Valley: MQV)」などヨーロッパを代表する研究開発助成機関から量子技術関係の数々の大型研究プロジェクトの審査を依頼されるなど、世界的な科学研究コミュニティから大きな信頼を集めており、分子研の知名度・プレゼンス向上と研究力アピールに大きく貢献。

#### B-8) 大学等での講義, 客員

Heidelberg University (ドイツ), 客員教授(フンボルト賞受賞者), 2012年–.

総合研究大学院大学先端学術院, 集中講義「量子動力学」, 2024年.

総合研究大学院大学先端学術院, 集中講義「量子動力学」, 2024年. (富田隆文)

#### B-9) 学位授与

TIRUMALASETTY PANDURANGA, Mahesh, “Ultrafast excitation of atoms to a Rydberg orbit using picosecond pulsed lasers,” 2025年3月, 博士(理学).

#### B-10) 競争的資金

内閣府「ムーンショット型研究開発制度」, 「大規模・高コヒーレンスな動的原子アレー型・誤り耐性量子コンピュータ」, 大森賢治 (2022年度–2030年度).

内閣府「ムーンショット型研究開発制度」, 「大規模冷却原子型量子コンピュータプラットフォームの開発および結合」, 大森賢治 (2022年度–2030年度).

内閣府「ムーンショット型研究開発制度」, 「Novel techniques and tools for high-fidelity operation of a cold-atom based, fault-tolerant, quantum computer」, Sylvain de LÉSÉLEUC (2022年度–2030年度).

内閣府「ムーンショット型研究開発制度」, 「高忠実度ゲート操作および誤り訂正のための光学的・量子制御技術の開発」, 富田隆文 (2022年度–2030年度).

文部科学省「光・量子飛躍フラッグシッププログラム (Q-LEAP)」量子情報処理・大規模基礎基盤研究, 「アト秒ナノメートル領域の時空間光制御に基づく冷却原子量子シミュレータの開発と量子計算への応用」, 大森賢治 (2018年度–2028年度).

文部科学省 先端国際共同研究推進事業 (ASPIRE) 量子技術領域, 「冷却原子型量子コンピュータ」, 大森賢治 (日本側・研究代表者) (2024年度–2029年度).

#### B-11) 産学連携

共同研究, キュエル (株), 「量子コンピュータの制御」, 大森賢治 (2024年度–).

共同研究, 浜松ホトニクス (株), 「高精度光技術を用いた量子シミュレータの研究」, 大森賢治 (2016年–).

共同研究, (株) 日立製作所, 「動的量子ビットを用いた量子コンピュータの研究」, 大森賢治 (2023年度–).

共同研究, ColdQuanta, Inc. d.b.a. Infleqtion (米国), 「超高速量子コンピュータの開発」, 大森賢治 (2023年度–).

#### C) 研究活動の課題と展望

今後我々の研究グループでは, APM を高感度のデコヒーレンス検出器として量子論の基礎的な検証に用いると共に, より自由度の高い量子位相操作技術への発展を試みる。そしてそれらを希薄な原子分子集団や凝縮相に適用することによって, 「アト秒量子エンジニアリング」と呼ばれる新しい領域の開拓を目指している。当面は以下の5テーマの実現に向けて研究を進めている。

- ① デコヒーレンスの検証と抑制: デコヒーレンスは, 物質の波としての性質が失われて行く過程である。量子論における観測問題と関連し得る基礎的に重要なテーマであるとともに, テクノロジーの観点からは, 反応制御や量子情報処理のエラーを引き起こす主要な要因である。その本質に迫り, 制御法を探索する。

- ② 量子散逸系でのコヒーレント制御の実現：①で得られる知見をもとにデコヒーレンスの激しい凝縮系でのコヒーレント制御法を探索する。
- ③ 原子・分子ベースの量子情報科学の開拓：アト秒精度の超高速コヒーレント制御技術によって、原子・分子内の電子・振動固有状態を用いるユニタリ変換とそれに基づく量子情報処理の確立を目指す。さらに、単一原子・分子の操作・読み出し技術の開発を進める。
- ④ 超高速量子シミュレータの開発：ほぼ絶対零度 (~50 ナノケルビン) まで冷やした極低温のルビジウム原子をマイクロレベルで整列させた人工原子結晶とアト秒精度の超高速コヒーレント制御技術を組み合わせた世界唯一・最速の「超高速量子シミュレータ」のさらなる高機能化を目指す。
- ⑤ 超高速量子コンピュータの開発：極低温のルビジウム原子をマイクロレベルで整列させた人工原子結晶とアト秒精度の超高速コヒーレント制御技術を組み合わせた世界唯一・最速の「超高速量子コンピュータ」の開発を進める。

これらの研究の途上で量子論を深く理解するための何らかのヒントが得られるかもしれない。その理解はテクノロジーの発展を促すだろう。我々が考えている「アト秒量子エンジニアリング」とは、量子論の検証とそのテクノロジー応用の両方を含む概念である。