

量子インターネットを実現する半導体量子ドット量子インターフェースの開発



産業科学研究所 量子システム創成研究分野

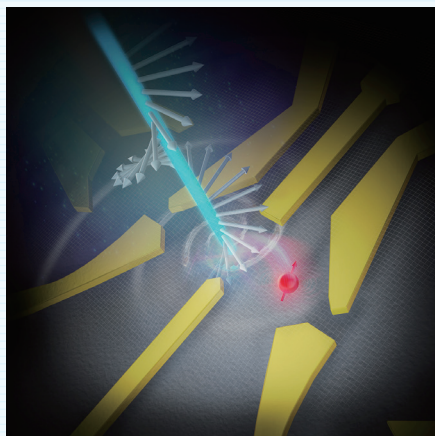
教授 大岩 顕

特徴・独自性

既存光ファイバー網などによる長距離の量子情報通信のネットワークは、量子鍵配送など絶対に安全な通信をもたらすなど今後のIoT社会に不可欠な社会インフラである。この実現のためには量子中継という技術が必要で、私たちの研究は電気的に高い制御性を持つ量子ドット中の電子スピンを使ってこの量子中継器を実現する独自の発想に基づいた研究開発を行っている。通信波長との整合性、伝令付きもつれ配信、中継地点での完全ベル測定、そして将来的には誤り訂正の導入など、量子ドットのスピンの電気制御性と集積性の高さを生かした様々な利点を持ち、量子中継器として有望な系である。現在は量子インターフェースとしての原理実証が達成されつつあるところで、5年から10年にわたり量子中継の原理実証から実地試験を目指している。

研究の先に見据えるビジョン

本研究の先には、まず量子中継器として長距離量子情報通信が可能になり、是帯に安全な通信がもたらされる。さらにその先には、量子コンピュータや量子センサなど量子デバイスが量子力学的に接続された量子情報のインターネットの構築がある。このいわば量子インターネットは将来、より高度な量子情報の利活用には必須のインフラであり、一層、安全・安心で豊かな社会の実現とともに、経済・産業・安全保障が飛躍的に発展することが期待される。



偏光単一光子の量子情報を量子ドット中の単一電子スピンへ変換する量子インターフェースの概念図：黄色のパターンが量子ドットを形成するゲート電極を表す。量子ドットの大きさは数百nm (10⁻⁹m) 程度である。照射された円偏光を持つ単一光子が量子ドットに吸収されると単一電子が生成される。光子の偏光に載せた量子情報は電子スピンへ転写される。

特許

論文

"Angular momentum transfer from photon polarization to an electron spin in a gate-defined quantum dot", T. Fujita, K. Morimoto, H. Kiyama, G. Allison, M. Larsson, A. Ludwig, S. R. Valentin, A. D. Wieck, A. Oiwa and S. Tarucha, Nature Communications 10, 2991 1-6 (2019).
 "Photogeneration of a single electron from a single Zeeman-resolved light-hole exciton with preserved angular momentum", K. Kuroyama, M. Larsson, C. Y. Chang, J. Muramoto, K. Heya, T. Fujita, G. Allison, S. R. Valentin, A. Ludwig, A. D. Wieck, S. Matsuo, A. Oiwa, and S. Tarucha, Physical Review B 99, 085203-1 - 085203-5 (2019).
 "Design of bull's eye structures on gate-defined lateral quantum dots", R. Fukai, T. Nakagawa, H. Kiyama and A. Oiwa, Japanese Journal of Applied Physics 56, 04CK04 (2017).

参考URL <https://www.sanken.osaka-u.ac.jp/labs/qse/>

キーワード 量子ドット、量子インターフェース、量子インターネット

振動量子の制御と情報処理への応用

先導的学際研究機構 量子情報・量子生命研究センター

特任准教授 豊田 健二



情報通信

特徴・独自性

近年量子力学の原理を情報処理・計算に応用する量子情報処理が注目されており、特定の種類の計算を既存の計算機を上回る速度で行うことを可能とする量子計算などの研究開発が進展している。これまでの量子情報処理においては、物質中の二つのエネルギー状態を用いて情報を保持する量子ビットと呼ばれるものに基づく手法が主流であった。トラップされたイオンの振動自由度を用いることにより、一つの自由度で通常の量子ビットよりも多い情報量を保持することが可能となる。その結果、より少ない計算資源で複雑な計算を行うことができるようになり、一つの自由度に誤り訂正を組み込むことなども可能となる。

このような振動自由度を用いた量子情報処理にむけてのステップとして、今回原子の振動運動の最小単位に対応するエネルギーのかたまり（振動量子）が原子間を伝わっていく様子を画像化することに成功した。これにより、振動量子がこれまで量子情報処理の研究に用いられてきた量子ビットや光子と同様に高い制御性・再現性を持っていることを示した。

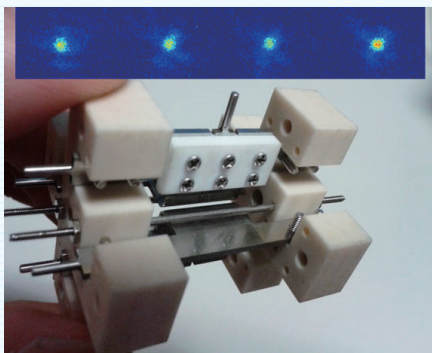


図 イオントラップと4個のカルシウム原子イオン

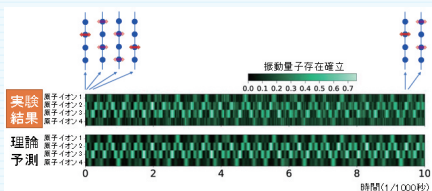


図 振動量子の量子ウォークに関する実験結果と理論予測

研究の先に見据えるビジョン

振動量子を用いた大規模な量子計算・量子シミュレーションを実現することにより、量子化学計算などへの応用が広がることが期待される。



特 許

論 文

Masaya Tamura, Takashi Mukaiyama, and Kenji Toyoda, "Quantum walks of a phonon in trapped ions", Phys. Rev. Lett. 124, 200501 (2020).
Kenji Toyoda, Ryoto Hiji, Atsushi Noguchi and Shinji Urabe, "Hong-Ou-Mandel interference of two phonons in trapped ions", Nature 527, 74-77(2015).

参考URL

<https://qiqb.otri.osaka-u.ac.jp/labs/toyoda-gr/>

キーワード 量子エレクトロニクス、量子情報処理、量子計算、振動量子、フォノン

研究分野以外の関心分野・テーマ AI、材料、エネルギー

分子通信による新しい情報通信 パラダイムの創生

データリテリフロンティア機構

特任准教授 中野 賢



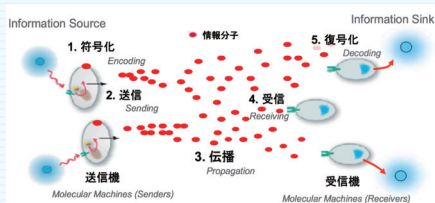
特徴・独自性

分子通信とは、生体内における細胞間の情報伝達を模倣した新しい情報通信パラダイムです。従来の光や電気による通信とは異なり、分子通信では、情報を生体分子に載せて伝達します。分子通信は、酵素やタンパク質などの生体素材で構成されるバイオナノマシンどうしの通信に利用できると考えられています。バイオナノマシンが生体内において分子通信を介してお互いに会話をしたり、体内の細胞と会話をしたりすることによって、病気の診断や治療が行えると考えられています。

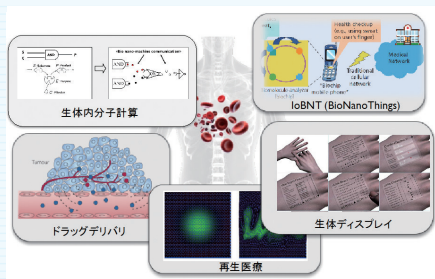
私たちの研究室では、分子通信の理論的な研究（例えば、分子通信によってどの程度の量の情報を伝達できるのか）、実験的な研究（例えば、生体の細胞はどのような仕組みで分子通信を行っているのか）、さらには、応用的な研究（例えば、分子通信を利用した協調的な薬剤送達システム的设计）を行っています。

研究の先に見据えるビジョン

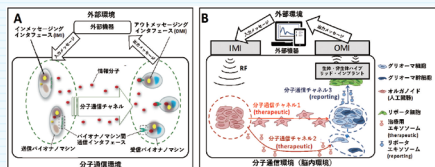
分子通信の研究開発が進展すると、生体内に人工的な情報ネットワークを創ることができるようになって考えています。これを既存のインターネット、あるいは、IoTの枠組みと統合することができれば、生体内の分子や細胞レベルの情報をインターネットで共有できるようになります。このような新しい情報通信基盤を利用すると、感染症の流行を予測することや、感染経路を特定することなどもできるようになるかもしれません。



分子通信の概要



分子通信の応用分野



分子通信を利用した脳腫瘍監視制御システム



特 許

論 文

参考URL

"Methods and Applications of Mobile Molecular Communication", Proceedings of the IEEE, 2019
<https://ieeexplore.ieee.org/document/8735961>

https://www.fbs.osaka-u.ac.jp/labs/tadashi_nakano/index.html

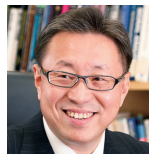
キーワード 分子通信、バイオICT、ネットワーク応用

研究分野以外の関心分野・テーマ ライフサイエンス (健康・医療)、生命科学

内心プライバシーの漏洩を防ぐ 画像認識フレームワーク

工学研究科 電気電子情報通信工学専攻

教授 馬場 登 助教 中村 和晃



特徴・独自性

AI技術の進展により、利用者から送信された写真に対し画像認識を実行し結果を返送するクラウドサービスが登場しつつある(図1)。しかし、このサービスでは、サービス提供側が画像認識の結果を全て把握できるため、人々が気軽に撮影した様々な写真に対する画像認識結果を蓄積し統計解析を行うことにより、個人の趣味や嗜好といった「内心プライバシー」がサービス提供側に漏洩する危険がある。例えば、写真中の建物の名称や品物の銘柄がAIにより認識・解析されれば、写真の持ち主がどの時間どの場所におり、どのようなモノを好む傾向がある、といった情報が詳らかとなる(図2)。本研究では、この問題を世界で初めて明示的に指摘し、その解決策として新たな画像認識フレームワークを提案した。送信する写真に予め独自の画像変換処理を施すことによりサービス提供側に認識結果を特定させず、その候補を絞ることしかできないようにする一方、利用者側では返送された候補を変換前の元の写真と照合することにより正しい認識結果が得られる(図3)。

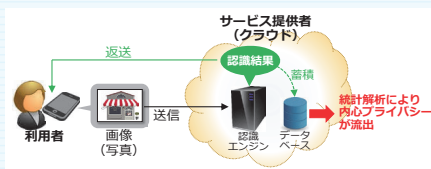


図1 クラウド上の画像認識サービス



図2 画像認識に伴う内心プライバシー漏洩の例

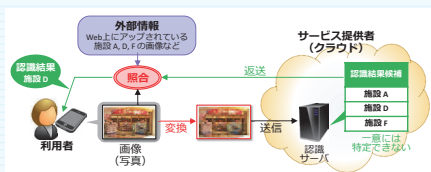


図3 提案フレームワークの概要

研究の先に見据えるビジョン

携帯端末の進化とAI技術の進展により、類似のクラウドサービスは今後も次々登場すると予想される。本研究は、それらのサービスの安心安全な運用と利活用に資するほか、サービス開発者がプライバシーやセキュリティ上の懸念を常に意識する機運の醸成にもつながると期待される。



特 許

論 文

Kazuaki Nakamura, Naoko Nitta, and Noboru Babaguchi: "Encryption-Free Framework of Privacy-Preserving Image Recognition for Photo-Based Information Services," IEEE Transactions on Information Forensics and Security, Vol.14, No.5, pp.1264-1279, 2019.

参考URL

https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/research/2018/20181105_2

キーワード 画像認識、プライバシー保護、人工知能、機械学習

研究分野以外の関心分野・テーマ 認知心理、地球環境

SNSによるリスク情報の 拡散メカニズムの解明

人間科学研究科

教授 三浦 麻子



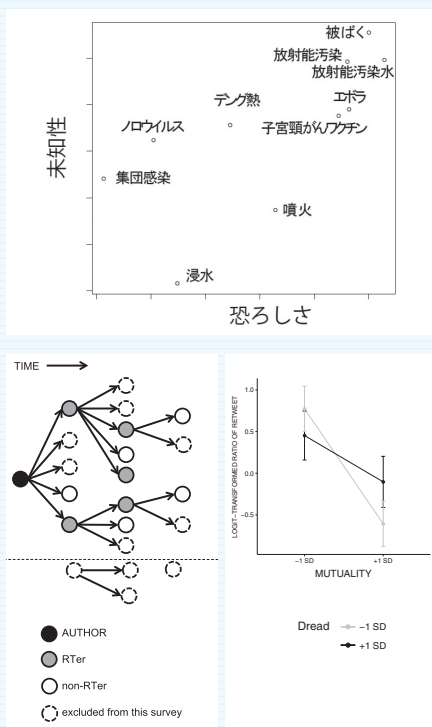
特徴・独自性

SNS上のリスク情報拡散メカニズムを解明するために、実際に広く拡散したツイートの伝達経路を追跡して、リスクのタイプと利用者個人のネットワーク特性に注目して分析した。SNS上に利用者同士のつながりをあまり持たない利用者は、リスクのタイプにかかわらず多くのリスク情報を拡散させる傾向があったが、多くのつながりを持つ利用者は、全体としてはリスク情報をあまり拡散させない一方で、「恐ろしさ」が強く感じられる情報については拡散させやすい傾向があった。これは従来の理論モデルでは説明できないSNSにおける情報拡散メカニズムの存在を示す知見である。

研究の先に見据えるビジョン

災害大国と呼ばれる日本では、災害が発生するたびに、インターネット上、特にSNSで様々なリスク情報が大量に飛び交うことについて賛否両論が渦巻く。実際のところは「デマばかりが溢れている」わけではないが、結果的に間違いだと判明するような不確実な情報が少なくないのは事実である。本研究の結果は、SNS特有の情報拡散メカニズムの存在を示唆すると共に、虚偽情報の拡散を抑制するには信頼性をきちんと確認する「ハブ」の存在が重要であることを示唆している。こうした知見は、政府機関や官公庁、地方自治体など一次情報の発信元から市民への情報伝達方法の提案に活かせる。

最後にこの研究の責任著者である大阪電気通信大学情報通信工学部・小森政嗣先生にこの場を借りて深く御礼申し上げます。



特許

論文

Komori, M., Miura, A., Matsumura, N., Hiraishi, K., & Maeda, K. (2019). Spread of risk information through microblogs: Twitter users with more mutual connections relay news that is more dreadful. *Japanese Psychological Research*, 63(1).
 三浦麻子・小森政嗣・松村真宏・平石界 (2019). ソーシャルメディアにおけるネガティブ情動の社会的共有—東日本大震災関連ツイートの長期的変化—, *エモーション・スタディーズ*, 4, Si, 26-32.
 三浦麻子・鳥海不二夫・小森政嗣・松村真宏・平石界 (2016). ソーシャルメディアにおける災害情報の伝播と感情: 東日本大震災に際する事例. *人工知能学会論文誌*, 31(1), NFC-A, 1-9.
 三浦麻子・小森政嗣・松村真宏・前田和甫 (2015). 東日本大震災時のネガティブ感情反応表出—大規模データによる検討—, *心理学研究*, 86(2), 102-111.
 小森政嗣・前田和甫・三浦麻子・松村真宏 (2014). マイクロブログにおけるパーソナルネットワークの特性と流言拡散行動の関係. *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, 16(4), 277-284.

参考URL <https://sites.google.com/site/psybigdata/>

キーワード SNS、情報拡散、リスク情報、社会的ネットワーク、社会心理学

単一步行画像による歩容認証

産業科学研究所 複合知能メディア研究分野 高等共創研究院／産業科学研究所

教授 八木 康史

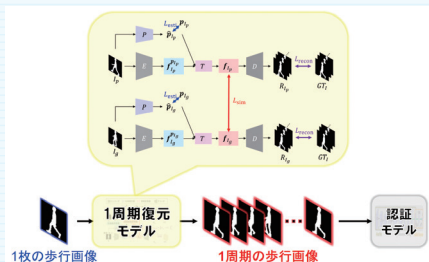
教授 榎原 靖



情報通信

特徴・独自性

歩き方の個性に基づく個人認証（歩容認証）は、カメラから遠く離れた場所でも利用できる唯一の生体認証手法として、防犯カメラ映像を用いた科学捜査への活用が進んできました。しかし、従来手法は、1周期（左右計2歩の約1秒分）の歩行映像を用いるものが主であり、認証までのタイムラグが生じる等の問題がありました。今回、本研究グループは、1枚の歩行画像から、その位相（歩行姿勢）を推定しつつ、1周期分の歩行映像を復元する深層学習モデルを開発しました。認証精度の評価実験により、従来手法と比較して、本人認証における等価誤り率を約15分の1に低減し、個人識別（登録人数を約5,000人とした場合）における1位認証率を約5.5倍に改善することに成功しました。



1枚の歩行画像からの1周期復元による歩容認証

研究の先に見据えるビジョン

本研究成果により、1枚の歩行画像しか利用できない場面や、リアルタイム性が必要とされる場面においても歩容認証が利用可能になります。これにより、入退室を許可された人物が否かをリアルタイムに判断するアクセスコントロールシステム等、様々な応用展開が期待されます。更には、個人認証にとどまらず、歩容による性別・年齢推定に基づくマーケティング応用、歩容による認知機能推定といった医療・健康分野への応用も見据えて、研究を推進しています。



特許

八木 康史、榎原 靖、華 春生、“移動体検出装置、”特願2010-143213、Jun. 2010.

八木 康史、満上 育久、山添 大文、中澤 満、丹羽 真隆、“精神障害評価方法、及び精神障害評価システム、”特願2015-052205、Mar. 2015.

論文

C. Xu, Y. Makihara, X. Li, Y. Yagi, J. Lu, “Gait Recognition from a Single Image using a Phase-Aware Gait Cycle Reconstruction Network,” Prof. of the 16th European Conf. on Computer Vision (ECCV 2020), Glasgow, UK (online), Aug. 2020.

C. Xu, Y. Makihara, R. Liao, H. Niitsuma, X. Li, Y. Yagi, J. Lu, “Real-Time Gait-Based Age Estimation and Gender Classification from a Single Image,” Prof. of the IEEE Winter Conf. on Applications of Computer Vision 2021 (WACV 2021), online, pp. 1-11, Jan. 2021.

参考URL

<http://www.am.sanken.osaka-u.ac.jp/index-j.html>

キーワード 歩容認証、バイオメトリクス、コンピュータビジョン、パターン認識、深層学習

量子情報・量子光学

～量子コンピュータを繋ぐ量子インターネット～

基礎工学研究科 物質創成専攻／先導的学際研究機構 量子情報・量子生命研究センター

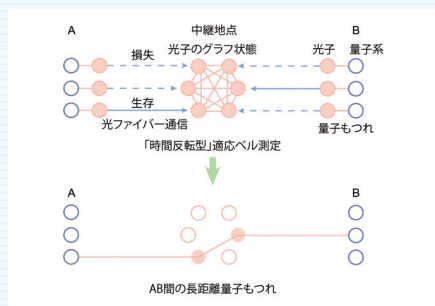
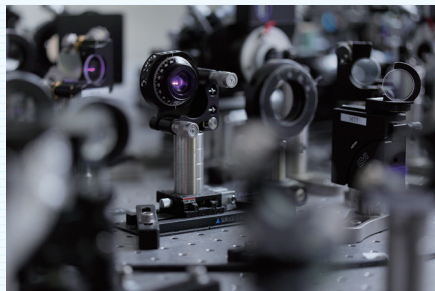
教授 山本 俊 助教 生田 力三



特徴・独自性

光子のような素粒子や原子などのミクロな粒子から、あらゆる自然の振舞いを最も精巧に記述するのが量子力学です。この量子力学で可能な究極のコンピュータが量子コンピュータ、究極の通信が量子通信、それらを融合させたネットワークが量子インターネットです。まさに、我々が現代物理学において実現しうる「究極の情報処理」です。サイエンスとしての量子情報科学はこの「究極の情報処理」を様々な角度から理解し、それによって、この世界をも極限まで理解しようとしています。エンジニアリングとしての量子情報処理は、この「究極の情報処理」を様々な物理を駆使して実現しようとしています。我々の研究室では、量子情報科学をベースに、様々な物理系の量子情報を光で繋いだ量子インターネットの研究を中心に行っています。例えば、真空中にトラップされた原子に量子状態を蓄積する量子メモリ、その量子状態を光子に写して、長距離に送信する量子通信システム[1,2]、それを効率的に中継する量子中継[3]、更に光子を大量に送信するための多重化技術[4]などです。

子計算やクラウド量子計算などの任意の量子コンピューティングを可能にし、原子時計の正確な同期等の量子センサーネットワークにも繋がります。量子サイバースペースと言わなければならない。



研究の先に見据えるビジョン

この量子インターネットは、セキュア通信を提供し、国民投票や首脳会談、金融取引、遺伝情報や生体情報のやり取りを可能にします。また、分散型量



特 許 特開2017-016008 量子演算方法

論 文 R. Ikuta, T. Kobayashi, T. Kawakami, S. Miki, M. Yabuno, T. Yamashita, H. Terai, M. Koashi, T. Mukai, T. Yamamoto, N. Imoto, Nature Communications, 9, 1997 (2018). T. Walker, K. Miyashita, R. Ikuta, H. Takahashi, S. V. Kashanian, Y. Tsujimoto, K. Hayasaka, T. Yamamoto, N. Imoto, and M. Keller, Long-Distance Single Photon Transmission from a Trapped Ion via Quantum Frequency Conversion, Phys. Rev. Lett. 120, 203601 (2018). Y. Hasegawa, R. Ikuta, N. Matsuda, K. Tamaki, H.-K. Lo, T. Yamamoto, K. Azuma, N. Imoto, Nature Communications, 10, 378 (2019). R. Ikuta, R. Tani, M. Ishizaki, S. Miki, M. Yabuno, H. Terai, N. Imoto, T. Yamamoto, "Frequency-Multiplexed Photon Pairs Over 1000 Modes from a Quadratic Nonlinear Optical Waveguide Resonator with a Singly Resonant Configuration", Phys. Rev. Lett. 123, 193603 (2019).

参考URL <http://qi.mp.es.osaka-u.ac.jp/main/>
https://resou.osaka-u.ac.jp/ja/feature/2020/specialite_002_2

キーワード 量子情報、量子通信、量子暗号、量子インターネット、量子コンピュータ