

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 4 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2011～2013

課題番号：23244080

研究課題名(和文)アダプティブホモダイン測定の研究

研究課題名(英文)Research on adaptive homodyne measurements

研究代表者

古澤 明 (FURUSAWA, AKIRA)

東京大学・工学(系)研究科(研究院)・教授

研究者番号：90332569

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 37,700,000円、(間接経費) 11,310,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、スクイズド光を用いたアダプティブホモダイン測定に成功し、その成果がScience誌に掲載された(H. Yonezawa et al., Science 337, 1514 (2012))。また、共振器長48mmの超小型リング共振器パラメトリック発振器および超広帯域ホモダイン測定器の開発に成功し、高レベル・広帯域のスクイズド光生成および測定に成功した。

研究成果の概要(英文)：We succeeded in optical phase tracking with squeezed light and getting the resolution beyond the standard quantum limit (H. Yonezawa et al., Science 337, 1514 (2012)). We also succeeded in generation and measurement of broadband and high-level squeezed light.

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学・原子・分子・量子エレクトロニクス

キーワード：量子情報 量子制御

## 1. 研究開始当初の背景

現在、種々の科学技術分野において、基本的性能が古典物理的限界値に到達しつつある。例えば、光通信の波長あたりの通信容量・速度は、ほぼ古典物理的限界値に達しており、さらなる高性能化を図ろうとすると量子論的取り扱いが必須となる。また、長さの精密測定（光干渉計）に必要な光の位相測定・推定の精度においても、基本的性能は古典物理的限界値に到達しつつあり、ここでもさらなる高性能化を図ろうとすると量子論的取り扱いが必須となる。

このように種々の科学技術分野で基本的性能が古典物理的限界値に到達しつつあるが、それを突破し非古典的なパフォーマンスを発揮させる方法論（アプローチ）として、量子制御と呼ばれる、量子力学と制御理論を融合した分野が生まれつつある。量子制御の代表例は、光のホモダイン測定にフィードバックを組み合わせたアダプティブホモダイン測定であり、古典物理学的限界値を破って、位相測定・推定の精度を高めることができる。

本研究代表者の古澤らは、量子制御の分野で非常に重要な実験を成功させている。それは、前述したアダプティブホモダイン測定と、データ処理を組み合わせた量子スミージング実験であり、古典物理学的限界を破るだけでなく、アダプティブホモダイン測定単独の場合をも上回った精度で位相推定に成功している(T. A. Wheatley et al., Phys. Rev. Lett. **104**, 093601 (2010))。この結果はアメリカ物理学会(APS)のホームページでも取り上げられ <http://physics.aps.org/synopsis-for/10.1103/PhysRevLett.104.093601>

現在大きな注目を集めている。この位相測定・推定の手法は、光干渉計を用いた長さの超精密測定（重力波干渉計含む）、光の位相に情報を載せ大容量通信を可能にするコヒーレント光通信、コヒーレント光通信の量子版でさらなる大容量通信を可能にする量子通信、究極の安全性を与える量子暗号などにも応用が可能で、これらの分野に非常に大きなインパクトを与える。

ここで、アダプティブホモダイン測定（および量子スミージング）の精度をさらに高めるためには、利用する光を非古典スクイーズド光とすることが必要である。本研究代表者らは 2007 年までスクイーズングレベルの世界記録（9 デシベル）を有しており(Y. Takeno et al., Opt. Exp. **15**, 4321 (2007))、現在でも世界一を争っている。したがって、本研究代表者の持つ、アダプティブホモダイン測定および量子スミージングの技術と非古典スクイーズド光生成技術を組み合わせれば、世界最高の超精密位相測定・推定が可能となると考えられた。

## 2. 研究の目的

量子力学的制御によって実現される超精密位相測定 = アダプティブホモダイン測定

の研究を行う。それにより、メトロロジのみならずコヒーレント光通信、さらにはその量子版である量子コヒーレント光通信の分野創出に貢献する。

## 3. 研究の方法

広帯域・高レベルスクイーズド光生成方法を開発すると同時に、アダプティブホモダイン測定の最適化法を研究する。

## 4. 研究成果

**[平成 23 年 4 月-7 月]**・状況に応じた最適フィードバック系（制御論では最適「フィルター」と呼ぶ）を構築するためのデジタルフィルター製作した。・4 枚ミラーを用いたリング型共振器を用い、非線形光学媒体として周期分極反転 KTiOPO4 (PPKTP) 素子を用いた光パラメトリック発振器 (OPO) を改良することにより、スクイーズングレベルのさらなる向上および広帯域化を目指す。特に、広帯域化のため共振器の小型化および低フィネス化を行った。具体的には、共振器全長 30cm のリング型共振器の作製に成功し、従来の共振器全長 50cm のものに比べ大幅な広帯域化に成功した。**[平成 23 年 8 月-12 月]**・作製したデジタルフィルターを用いて、アダプティブホモダイン測定実験を開始した。実験結果を用いてデジタルフィルターの最適化を行った。・広帯域化した OPO の性能を評価し、この実験結果を用いて OPO から生成されるスクイーズド光の最適化を行った。**[平成 24 年 1 月-3 月]**・最適化したデジタルフィルターを用いて、ミラーが動くマッハ・ツェンダー干渉計においてアダプティブホモダイン測定を行い、ミラー位置の最適推定を行った。ミラー位置の測定を行い、アダプティブホモダイン測定における最適推定が達成されていることを確認した。**[平成 24 年 4 月-12 月]**・位相スクイーズド状態を用いた広帯域アダプティブホモダイン測定である位相追跡に関して論文にまとめ、その論文が Science に掲載された(H. Yonezawa et al., Science **337**, 1514 (2012))。これは、時間的に変化する光の位相を、標準量子限界を破って測定できるため、量子版コヒーレント光通信に応用することができる。また、この手法を応用して、ミラーが時間的に変動するマッハ・ツェンダー干渉計において、ミラー位置、速度、およびそれに掛かる力を、標準量子限界を超えて推定することに成功した。**[平成 25 年 1 月-3 月]**・導波路 OPA から発生するスクイーズド光のうち、最大スクイーズ空間モードを選択する方法を開発した。その方法は、アニーリング法と呼ばれるもので、スクイーズレベルが増加するようにホモダイン測定のローカルオシレーター光の空間モードを空間位相変調器(SLM)で逐次変化させ、最大スクイーズの空間モードを最終的に割り出す方法である。今年度は、アニーリング法により、ローカルオシレーター光の空間モードを

TEM01 に近づけることができることを確認した。【平成 25 年 4 月-10 月】平成 24 年度は、ミラーが動くマッハ・ツェンダー干渉計において、アダプティブホモダイン測定を行い、ミラー位置、ミラー運動量、ミラーに掛かっている力の最適推定を行った。平成 25 年度はこれらを理論的に解析し、昨年度の結果がどの程度古典物理学的限界を破り、さらにどの程度量子物理学的限界に迫っているかを明らかにした。具体的には、本研究で行った、プローブとしてコヒーレント状態を用いたアダプティブホモダイン測定は、量子物理学的限界値である Cramer-Rao 限界を達成していることを明らかにした。これをまとめて論文にした(K. Iwasawa et al., Phys. Rev. Lett. 111, 163602 (2013))。導波路を用いたユニバーサルスクイザーを作製し、スクイーズ動作を確認した。【平成 25 年 11 月-平成 26 年 3 月】共振器長 48mm の極小リング共振器 OPO を作製し、半値半幅約 50MHz、最高スクイージングレベル 8dB 超のスーパースクイザーの実現に成功した。また、これを測定するための超広帯域ホモダイン測定器の開発にも成功し、200MHz においてもスクイーズの観測に成功した。以上のように、本研究では、スクイーズド光を用いたアダプティブホモダイン測定に成功し、高レベル・広帯域のスクイーズド光生成および測定にも成功した。したがって、当初の目的を達成することができた。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 15 件)

1. J. Yoshikawa, K. Makino, S. Kurata, P. van Loock, and A. Furusawa, "Creation, storage, and on-demand release of optical quantum states with a negative Wigner function", Phys. Rev. X 3, 041028-1-7 (2013), 10.1103/PhysRevX.3.041028.
2. S. Takeda, T. Mizuta, M. Fuwa, H. Yonezawa, P. van Loock, and A. Furusawa, "Gain tuning for continuous-variable quantum teleportation of discrete-variable states", Phys. Rev. A 88, 042327-1-10 (2013), 10.1103/PhysRevA.88.042327
3. S. Takeda, T. Mizuta, M. Fuwa, P. van Loock and A. Furusawa, "Deterministic quantum teleportation of photonic quantum bits by a hybrid technique", Nature 500, 315-318 (2013), 10.1038/nature12366
4. S. Yokoyama, R. Ukai, S. C. Armstrong, C. Sornphiphatphong, T. Kaji, S. Suzuki, J. Yoshikawa, H. Yonezawa, N. C. Menicucci, and A. Furusawa, "Ultra-large-scale continuous-variable cluster states multiplexed in the time domain", Nature Photonics 7, 982-986 (2013), 10.1038/NPHOTON.2013.287
5. M. Yukawa, K. Miyata, H. Yonezawa, P. Marek, R. Filip, and A. Furusawa, "Emulating quantum cubic nonlinearity" Phys. Rev. A 88, 053816-1-5 (2013), 10.1103/PhysRevA.88.053816
6. K. Iwasawa, K. Makino, H. Yonezawa, M. Tsang, A. Davidovic, E. Huntington, and A. Furusawa, "Quantum-limited mirror-motion estimation", Phys. Rev. Lett. 111, 163602-1-5 (2013), 10.1103/PhysRevLett.111.163602.
7. M. Yukawa, K. Miyata, T. Mizuta, H. Yonezawa, P. Marek, R. Filip, and A. Furusawa, "Generating superposition of up-to three photons for continuous variable quantum information processing" Optics Express 21, 5529-5535 (2013), 10.1364/OE.21.005529.
8. H. Yonezawa, D. Nakane, T. A. Wheatley, K. Iwasawa, S. Takeda, H. Arao, K. Ohki, K. Tsumura, D. W. Berry, T. C. Ralph, H. M. Wiseman, E. H. Huntington, and A. Furusawa, "Quantum-enhanced optical phase tracking", Science 337, 1514-1517 (2012), 10.1126/science.1225258.
9. S. Takeda, T. Mizuta, M. Fuwa, J. Yoshikawa, H. Yonezawa and A. Furusawa, "Generation and eight-port homodyne characterization of time-bin qubits for continuous-variable quantum information processing", Phys. Rev. A 87, 043803-1-5 (2013), 10.1103/PhysRevA.87.043803
10. S. Takeda, H. Benichi, T. Mizuta, N. Lee, J. Yoshikawa, and A. Furusawa, "Quantum mode filtering of non-Gaussian states for teleportation-based quantum information processing", Phys. Rev. A 85, 053824-1-7 (2012), 10.1103/PhysRevA.85.053824.
11. R. Ukai, S. Yokoyama, J. Yoshikawa, P. van Loock and A. Furusawa, "Demonstration of a controlled-phase gate for continuous-variable one-way quantum computation", Phys. Rev. Lett. 107, 250501-1-5 (2011), 10.1103/PhysRevLett.107.250501.
12. H. Benichi and A. Furusawa, "Optical homodyne tomography with polynomial series expansion", Phys. Rev. A 84, 032104-1-12 (2011).
13. P. Marek, R. Filip, and A. Furusawa, "Deterministic implementation of weak quantum cubic nonlinearity", Phys. Rev. A 84, 053802-1-5 (2011), 10.1103/PhysRevA.84.053802.
14. H. Benichi, S. Takeda, N. Lee, and A. Furusawa, "Quantum teleportation of non-classical wave-packets, an effective multimode theory", Phys. Rev. A 84, 012308-1-9 (2011), 10.1103/PhysRevA.84.012308.
15. N. Lee, H. Benichi, Y. Takeno, S. Takeda, J. Webb, E. Huntington, and A. Furusawa, "Teleportation of Non-Classical

Wave-Packets of light", Science 332, 330-333 (2011), 10.1126/science.1201034.

[学会発表](計 67 件)

【国際】1. A. Furusawa (Invited), "Time-domain multiplexing for hybrid quantum information processing", Asia-Pacific Conference & Workshop on Quantum Information Science 2013, Seoul, Korea, (Dec 18, 2013) 2. S. Takeda, M. Fuwa, P. van Loock, and A. Furusawa, "Continuous-Variable Quantum Teleportation of Discrete-Variable Entanglement", FiO 2013/LS XXIX, Orlando, U.S.A., (Oct. 9, 2013) 3. A. Furusawa (Invited), "Quantum gate teleportation for hybrid quantum information processing", The Principles and Applications of Control in Quantum Systems 2013, Monterrey, U.S.A., (Aug. 22, 2013) 4. A. Furusawa (Invited), "Hybrid quantum information processing", Coherence and Quantum Optics/ Quantum Information and Measurement, Rochester, USA (June 19, 2013) 5. A. Furusawa (Invited), "Quantum information processing for coherent communication", RIKEN-wide seminar, RIKEN, Saitama (May 31, 2013) 6. A. Furusawa (Invited), "Quantum teleportation and its applications", Russia Quantum Center Seminar, Moscow, (May 15, 2013) 7. J. Yoshikawa (Invited), "All-Optical Storage and On-Demand Release of Heralded Single Photons", Photon Beyond Qubits-Workshop on Quantum Information Processing, Palacky University, Olomouc, Czech (Apr. 9, 2013) 8. A. Furusawa (Invited), "Hybrid quantum information processing", 11th US-Japan Joint Seminar, Nara, (Apr. 9, 2013) 9. S. Armstrong, R. Ukai, S. Yokoyama and A. Furusawa, "Shortening of Measurement-Based Quantum Computation Algorithms Using Temporal-Mode Continuous-Variable Cluster States", 20<sup>th</sup> Australian institute of physics congress, 778, p5, Sydney, Australia, (Dec. 10, 2012) 10. A. Furusawa (Invited), "Hybrid Quantum Information Processing", Quantum Optics , Piriapolis, Uruguay, (Nov. 12, 2012) 11. K. Makino, J. Yoshikawa, S. Kurata, P. van Loock, and A. Furusawa, "Timing Control of a Heralded Single Photon Emission", Frontiers in Optics 2012, Rochester, U.S.A., (Oct. 18, 2012) 12. K. Miyata, M. Yukawa, T. Mizuta, H. Yonezawa, P. Marek, R. Filip and Akira Furusawa, "Generation of arbitrary superpositions of zero- to three-photon-number states toward realization of non-gaussian quantum Gates", Frontiers in Optics 2012,

Rochester, U.S.A., (Oct. 18, 2012) 13. A. Furusawa (Invited), "Hybrid quantum information processing", The Principles and Applications for Control of Quantum Systems 2012, Tokyo, Japan, (Sep. 10, 2012) 14. S. Takeda, T. Mizuta, M. Fuwa, J. Yoshikawa, H. Yonezawa, and A. Furusawa, "Generation of time-bin qubits for continuous-variable quantum information processing" (Poster), QCMC2012, Wien, Austria, (Aug 2, 2012) 15. A. Furusawa (Invited), "Hybrid quantum information processing", QCMC2012, Wien, Austria, (Aug 2, 2012) 16. H. Benichi, S. Takeda, L. Mista Jr., R. Filip and A. Furusawa, "Conditional quantum teleportation of non-Gaussian non-classical states of light" (Poster), QCMC2012, Wien, Austria, (July 30, 2012) 17. H. Benichi and A. Furusawa, "Optical homodyne tomography with polynomial series expansion" (Poster), QCMC2012, Wien, Austria, (July 30, 2012) 18. G. Masada, K. Miyata, A. Politi, J. L. O'Brien, H. Takahashi and A. Furusawa, "Generation and characterization of EPR beams with a photonic chip" (Poster), QCMC2012, Wien, Austria, (July 31, 2012) 19. S. Armstrong, S. Yokoyama, R. Ukai, J. Yoshikawa, P. van Loock, A. Furusawa, "Experimental demonstration of a fully tuneable entangling gate for one-way quantum computation" (Poster), The 19th Central European Workshop on Quantum Optics, 03, Sinaia, Romania, (3 July 2012) 20. Y. Miwa, J. Yoshikawa, N. Iwata, M. Endo, P. Marek, R. Filip, P. van Loock, and A. Furusawa, "Unconditional Conversion between a Single-Photon State and a Coherent-State Superposition via Squeezing Operation", CLEO 2012, San Jose, U.S.A., (May 7, 2012) 21. H. Benichi, S. Takeda, T. Mizuta, L. Mista Jr., R. Filip, and A. Furusawa, "Conditional quantum teleportation of non-Gaussian states of light: improvement to output state non-classicality", CLEO 2012, San Jose, U.S.A., (May 7, 2012) 22. S. Yokoyama, R. Ukai, J. Yoshikawa, P. van Loock, and A. Furusawa, "Demonstration of a Controlled-Phase Gate for Continuous-Variable Cluster Computation", CLEO 2012, San Jose, U.S.A., (May 7, 2012) 23. S. Takeda, H. Benichi, T. Mizuta, J. Yoshikawa, and A. Furusawa, "Quantum Mode Filtering for Robust Non-Gaussian States" (Poster), CLEO 2012, San Jose, U.S.A., (May 9, 2012) 24. T. Mori, K. Agatsuma, S. Ballmer, S. Sakata, O. Miyakawa, S. Kawamura, A. Furusawa and N. Mio, "Development of a high power optical

cavity for optomechanical QND experiment", The 9th Edoardo Amaldi Conference on Gravitational Waves, and the 2011 Numerical Relativity - Data Analysis meeting, Cardiff, UK, (July 10-15, 2011) **25.** A. Furusawa (Invited), "Teleportation based quantum information processing for coherent communication", Palacky University, Olomouc, Czech, (Aug. 24, 2011) **26.** H. Yonezawa, D. Nakane, T. A. Wheatley, K. Iwasawa, S. Takeda, H. Arao, D. W. Berry, T. Ralph, H. Wiseman, E. Huntington, and A. Furusawa, "Squeezing-enhanced adaptive optical phase estimation", CLEO:QELS, Baltimore, U.S.A, (May 6, 2011.) **27.** H. Benichi, S. Takeda, N. Lee, L. Mista, R. Filip, E. Huntington, and A. Furusawa, "Quantum teleportation of Schrödinger's cat wave-packets of light", CLEO:QELS, Baltimore, U.S.A, (May 3, 2011.) **【国内】28.** 橋本洋輔、牧野兼三、大段秀顕、吉川純一、古澤明, "連続共振器によりタイミング制御された二光子干渉の研究", 日本物理学会第 69 回年次大会、東海大学 湘南キャンパス (2014 年 3 月 27 日) **29.** 不破麻里亜、鳥羽駿介、武田俊太郎、古澤明, "単一光子の条件付き量子テレポーテーション", 日本物理学会第 69 回年次大会、東海大学 湘南キャンパス (2014 年 3 月 27 日) **30.** 古澤明, "量子ゲートテレポーテーションを用いた極限コヒーレント光通信", 電子情報通信学会 2014 年総合大会、新潟大学 五十嵐キャンパス (2014 年 3 月 20 日) **31.** 政田 元太, J. Meinecke, J. L. O'Brien, 古澤明, "ユニバーサルスクイザーの光集積化", 61 回応用物理学会春季学術講演会 春季大会、青山学院大学相模原キャンパス (2014 年 3 月 17 日) **32.** 古澤明, "量子ゲートテレポーテーションを用いた極限コヒーレント光通信", 第 14 回先端フォトンテクノロジー研究センターシンポジウム、豊田工業大学 (2014 年 3 月 7 日) **33.** 古澤明, "Time-domain multiplexing for hybrid quantum information processing", 量子情報処理プロジェクト全体会議 2013、東京大学小柴ホール (2013 年 12 月 9 日) **34.** 阪田紫帆里、Daniel Friedrich、中野雅之、我妻一博、古澤明、川村静児, "レーザー干渉計重力波検出器における量子非破壊計測の研究 X V", 日本物理学会第 68 回秋季大会、徳島大学 常三島キャンパス (2013 年 9 月 22 日) **35.** 不破麻里亜、武田俊太郎、水田貴裕、Howard Wiseman, Marcin Zwiertz, 古澤明, "単一光子を用いた決定論的 EPR-Steering の検証 II", 日本物理学会第 68 回秋季大会、徳島大学 常三島キャンパス (2013 年 9 月 26 日) **36.** 加治俊之、横山翔竜、ソーンピパットポン チャーノン、吉川純一、古澤明, "大規模量子エンタングルド状態の生成", 日

本物理学会第 68 回秋季大会、徳島大学 常三島キャンパス (2013 年 9 月 26 日) **37.** 小川尚史、宮田一徳、米澤英宏、古澤明, "非ガウス型ゲート実現に向けたゲイン可変 2 次位相ゲートの研究 2", 日本物理学会第 68 回秋季大会、徳島大学 常三島キャンパス (2013 年 9 月 26 日) **38.** 橋本洋輔、牧野兼三、吉川純一、P. van Loock、古澤明, "伝令付き単一光子源に対する時間遅延付与の研究 IV", 日本物理学会第 68 回秋季大会、徳島大学 常三島キャンパス (2013 年 9 月 26 日) **39.** 古澤明, "極限コヒーレント光通信を目指した量子ゲートテレポーテーションの研究", 第 19 回ナノ量子機構全体会議およびセミナー、東京大学生産技術研究所 (2013 年 6 月 24 日) **40.** 古澤明 (invited), "量子テレポーテーション", 2013 年電子情報通信学会 光エレクトロニクス研究会 4 月期研究会リゾーピア熱海、(2013 年 4 月 26 日) **41.** 吉川純一, "伝令付き単一光子状態の共振器内閉じ込めとオンデマンド取り出しの研究" (ポスター), 第三回先端フォトンクスシンポジウム、(2013 年 4 月 26 日) **42.** 政田元太、宮田一徳、A. Politi, J. L. O'Brien、高橋浩、古澤明, "導波路干渉計を用いた EPR ビームの生成 IV", 第 60 回応用物理学会春季学術講演会 春季講演会、神奈川工科大学、厚木市 (2013 年 3 月 30 日) **43.** 中野雅之、D. Friedrich、我妻一博、阪田紫帆里、宮川治、沼田健司、古澤明、川村静児、黒田和明、LCGT Collaboration, "レーザー干渉計重力波検出器における量子非破壊計測の研究 (12)", 日本物理学会第 68 回年次大会、広島大学 東広島キャンパス、(2013 年 3 月 26 日) **44.** 牧野兼三、吉川純一、橋本洋輔、P. van Loock、古澤明, "伝令付き単一光子源に対する時間遅延付与の研究 III", 日本物理学会第 68 回年次大会、広島大学 東広島キャンパス (2013 年 3 月 27 日) **45.** 宮田一徳、小川尚史、湯川光彬、米澤英宏、古澤明, "非ガウス型ゲート実現に向けたゲイン可変 2 次位相ゲートの研究", 日本物理学会第 68 回年次大会、広島大学 東広島キャンパス (2013 年 3 月 27 日) **46.** 武田俊太郎、不破麻里亜、水田貴裕、古澤明, "連続量の手法を用いた量子ビットのエンタングルメントスワッピング", 日本物理学会第 68 回年次大会、広島大学 東広島キャンパス (2013 年 3 月 27 日) **47.** 不破麻里亜、武田俊太郎、水田貴裕、H. Wiseman, M. Zwiertz, 古澤明, "単一光子を用いた決定論的 EPR-steering の検証", 日本物理学会第 68 回年次大会、広島大学 東広島キャンパス (2013 年 3 月 27 日) **48.** ソーンピパットポン チャーノン、横山翔竜、鵜飼竜志、Armstrong 聖士、加治俊之、鈴木重成、吉川純一、N. Menicucci、古澤明, "時系列エンタングルメントを用いた測定誘起型量子状態操作", 日本物理学会第 68 回年次大会、広島大学 東広島キャンパス (2013 年 3 月

27日) 49. 横山翔竜、鶴飼竜志、Armstrong 聖士、N. Menicucci、古澤明, “時系列エンタングルメントを用いた測定誘起型量子状態操作”, 日本物理学会第68回年次大会、広島大学 東広島キャンパス (2013年3月27日) 50. 横山翔竜、鶴飼竜志、Armstrong 聖士、C. Sornphiphatphong、加治俊之、鈴木重成、吉川純一、N. Menicucci、古澤明, “超多者間量子エンタングルメントの生成” (poster), 量子情報処理プロジェクト全体会議2012、東京大学 小柴ホール (2012年12月14日) 51. 古澤明, “ハイブリッド量子情報処理”, 量子情報処理プロジェクト全体会議2012、東京大学小柴ホール、(2012年12月14日) 52. 水田貴裕、武田俊太郎、不破麻里亜、古澤明, “Time-bin qubitの連続量量子テレポーション”, 日本物理学会67回秋季大会、横浜国立大学、(2012年9月18日) 53. 牧野兼三、吉川純一、蔵田真太郎、D. Eppens、P. van Loock、古澤明, “伝令付き単一光子源に対する時間遅延付与の研究II”, 日本物理学会67回秋季大会、横浜国立大学、(2012年9月18日) 54. 吉川純一、牧野兼三、蔵田真太郎、D. Eppens、古澤明, “伝令付き単一光子源に対する時間遅延付与の研究”, 日本物理学会67回年次大会、関西学院大学、(2012年3月24日) 55. 牧野兼三、岩澤浩二郎、米澤英宏、E. Huntington、古澤明, “アダプティブホモダイン測定による位相スクイズド光の位相推定の研究VI”, 日本物理学会67回年次大会、関西学院大学、(2012年3月26日) 56. 横山翔竜、鶴飼竜志、Armstrong 聖士、吉川純一、P. van Loock、古澤明, “連続量クラスター状態を用いたゲイン可変なエンタングリングゲートの構築”, 日本物理学会67回年次大会、関西学院大学、(2012年3月24日) 57. 水田貴裕、武田俊太郎、不破麻里亜、吉川純一、米澤英宏、古澤明, “連続量量子情報処理のためのtime-bin qubit生成”, 日本物理学会67回年次大会、関西学院大学、(2012年3月24日) 58. 宮田一徳、湯川光彬、米澤英宏、古澤明, “変位操作と光子検出を用いた光子数状態の重ね合わせの生成3”, 日本物理学会67回年次大会、関西学院大学、(2012年3月24日) 59. プリヤシール、政田元太、古澤明, “PPLN導波路により生成された連続波スクイズド光の空間モードに関する研究”, 応用物理学会 春季講演会、早稲田大学、18a-E3-2、04-004 (2012年3月18日) 60. 政田元太、宮田一徳、A. Politi、J. L. O'Brien、古澤明, “導波路干渉計を用いたEPRビームの生成III”, 応用物理学会 春季講演会、早稲田大学 (2012年3月18日) 61. 古澤明, “量子テレポーションを基礎にした量子情報処理”, 光量子科学研究センター・レーザーアライアンス合同シンポジウム、東京大学本郷キャンパス (2011年12月5日) 62. 森匠、我妻一博、S. Ballmer、阪田紫帆里、宮川治、沼田健司、古澤明、川

村静児、三尾典克, “極小鏡を用いた輻射圧による鏡の多自由度振動制御”, 日本物理学会 66回秋季大会、弘前大学 (2011年9月18日) 63. 湯川光彬、水田貴裕、宮田一徳、米澤英宏、古澤明, “変位操作と光子検出を用いた光子数状態の重ね合わせの生成”, 日本物理学会 66回秋季大会、富山大学、(2011年9月23日) 64. 岩澤浩二郎、牧野兼三、米澤英宏、T. Wheatly、E. Huntington、古澤明, “アダプティブホモダイン測定による位相推定の研究VI”, 日本物理学会 66回秋季大会、富山大学 (2011年9月24日) 65. 横山翔竜、鶴飼竜志、吉川純一、P. van Loock、古澤明, “クラスター状態を用いた2モードガウシアン操作の研究-”, 日本物理学会 66回秋季大会、富山大学 (2011年9月24日) 66. 武田俊太郎、Hugo Benichi、水田貴裕、吉川純一、古澤明, “量子モードフィルタリングによる非ガウス型状態光パルスの高純度化”, 日本物理学会 66回秋季大会、富山大学 (2011年9月23日) 67. 政田元太、鈴木重成、宮田一徳、A. Politi、J. L. O'Brien、古澤明, “導波路干渉計を用いたEPRビームの生成II”, 2011年秋季 第72回 応用物理学会学術講演会、山形大学 小白川キャンパス、30a-ZR-5 (2011年8月30日)

〔図書〕(計3件)

1. 古澤明 "量子光学の基礎 量子の粒子性と波動性を統合する", 内田老鶴圃 (2013)  
2. 古澤明, "「シュレーディンガーの猫」のパラドックスが解けた!", 講談社ブルーバックス (Sep. 2012) 3. A. Furusawa, P. van Loock, "Quantum Teleportation and Entanglement: A Hybrid Approach to Optical Quantum Information Processing", Wiley -VCH (2011)

〔産業財産権〕

出願状況 (計0件)  
取得状況 (計0件)

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.alice.t.u-tokyo.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

古澤 明 (FURUSAWA, Akira), 東京大学・大学院工学系研究科・教授, 研究者番号: 90332569

(2) 研究分担者

米澤 英宏 (YONEZAWA, Hidehiro), 東京大学・大学院工学系研究科・特任講師, 研究者番号: 50451802

(3) 連携研究者

吉川 純一 (JUN-ICHI, Yoshikawa), 東京大学・大学院工学系研究科・助教, 研究者番号: 60589943