

令和 3 年 6 月 24 日現在

機関番号：16101

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18H01898

研究課題名(和文) アト秒科学を身近にする光電場任意波形発生器の実現

研究課題名(英文) Development of an optical function generator toward attosecond science

研究代表者

吉井 一倫 (YOSHII, Kazumichi)

徳島大学・ポストLEDフォトリクス研究所・特任准教授

研究者番号：90582627

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、我々の提案した新規の振幅・位相制御手法を用いてアト秒域のパルス幅を持つ任意電場波形を整形できる高出力な光ファンクションジェネレーター(Optical function generator: OFG)の開発を行った。その結果、パルス幅1.4 fsのフーリエ変換限界パルス幅を持つ超短パルス光列発生に成功した。また、パルス幅400 asの超短パルス光列の発生が可能であるOFGの主要装置を構築した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究成果は光軸上にガラスを配置し光を空間的に分けることなく同軸上で物質分散(正分散)を加えることのみにより、アト秒域の光電場を生成できることである。この学術的意義は、本手法が分散補償の限界というパラダイムを打破できることである。これまで装置の複雑・高価さと限られた相互作用環境を理由にごく一部の研究グループでしか行われていなかったアト秒科学が他分野の多くの研究者にとって身近に広く展開されていくと期待される。

研究成果の概要(英文)：In this research, we have developed an optical function generator (OFG) that can shape an arbitrary electric field waveform with a pulse width in the attosecond range using the novel amplitude / phase control method proposed by our group. We experimentally demonstrated generation of a train of ultrashort pulses with a Fourier transform limit pulse duration of 1.4 fs. We also constructed the main device of OFG that can generate a train of ultrashort pulses with a pulse duration of 400 as.

研究分野：レーザー科学

キーワード：超短パルスレーザー

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

いわゆる光と呼ばれる波長域(赤外—可視—紫外)の周波数はおよそ数百テラヘルツにあり、それら全帯域を合成した超短パルス光の電場 1 サイクルはアト秒域に達する。このような超高速光は物質が本質的に持つ分散によるパルス時間幅の拡がりのために「発生」そのものが非常に難しい。もう 1 つの課題は、既存のアト秒光源に限られた環境下の限られた試料としか相互作用できないことである。アト秒パルス光は大気や試料自身の分散によるパルス伸長を極力抑えるために、気相か固体試料のごく表面近傍での相互作用に限られる。これらの課題の克服のためには、既存の分散補償の概念に変わる全く新しい原理が必要である。光の波長域において様々な環境下の応用に耐えられる実用的なアト秒パルス光源をいかに実現するかが、超高速科学分野での核心的な問いである。本研究は光軸上にガラスを配置し光を空間的に分けることなく同軸上で物質分散(正分散)を加えることのみにより、アト秒域の光電場を生成することを目指す。本研究の意義は、分散補償の限界というパラダイムを打ち破ることである。これまで装置の複雑・高価さと限られた相互作用環境を理由にごく一部の研究グループでしか行われていなかったアト秒科学が他分野の多くの研究者にとって身近に広く展開されていくことを目指す。

### 2. 研究の目的

本研究では、J 級のパルスエネルギーを持つナノ秒パルス光を基本波光とするハーモニクスを対象に、研究代表者らが 2012 年からの一連の研究で考案・実証した新規のスペクトル位相・振幅制御手法を適用し、パルス幅約 400 as の任意電場波形を整形できる高出力な光ファンクションジェネレーター(Optical function generator: OFG)の開発を第一の目的とする。次に、開発した OFG の特長を活かした応用研究を行う。高出力性を示すために、高ピーク強度でのみ発現する HHG を実証する。また、任意の分散媒質中でも使用できることを示すため、厚い誘電体中の光誘起電流の測定をデモする。

### 3. 研究の方法

#### (1) OFG開発

波長 1064 nm の注入同期型 Q-switched Nd:YAG レーザーから出力されるナノ秒パルス光を基本波光とし、非線形光学結晶(BBO 結晶)のセットを用い倍波及び和周波発生により合計 5 本のモードを持つハーモニクス光を同軸上に発生させる( $\omega$ : 1064 nm ~  $5\omega$ : 213 nm)。振幅制御(AM)部には複屈折媒質である水晶と偏光子のセットを、位相制御(PM)部には無水合成石英とフッ化カルシウムの基板を用い、各周波数成分の振幅と位相を任意に制御し、約 10 ns のエンベロープ中に 280 THz 間隔で繰り返すパルス幅 400 as の任意光電場を生成する。出力 0.5 J のレーザーを用いた場合、典型的な BBO 結晶の波長変換効率から最終的なエネルギーは 300 mJ 程度と見積もられる。パルス列中の 1 つのパルス光のエネルギーは約 1  $\mu$ J 程度と見積もられるため、アト秒パルス光のピークパワーは約 3 GW (=  $10^9$  W)に達する。ここで、Q-switched レーザー特有のジッターの影響や光学系への機械・熱的な擾乱は、ハーモニクス発生から位相制御まで全て同軸で行われるためキャンセルされる。

#### (2) OFGの周波数高安定化

OFG の周波数精度は基本波光の周波数安定性に依存している。光周波数標準(ヨウ素安定化 Nd:YAG レーザー)に安定化された Er ファイバー光周波数コムに注入同期用シードレーザーをロックする。これによりフリーランニングと比較し数千倍の周波数安定度向上と長期的な CEP 制御を行う。研究代表者は研究分担者である洪鋒雷教授(横浜国立大学)と協力し、安定化レーザーの開発を行う。研究分担者は光周波数安定化や光周波数コム of 要素技術に関する豊富な知識・技術・装置を有しており、本研究パートをスムーズに推進できる。

#### (3)パルス幅測定装置及び電場波形測定装置の構築・測定

研究代表者らが開発した SPIDER-DS 装置と先行研究[A. H. Kung, *et al.*, *Science*, **331**, 1166 (2011)] で用いられた線形相互相関法を用いて、パルス幅及び電場波形の測定を行い、OFG を完成させる。

#### (4) OFGを用いたアト秒科学の応用研究

完成した OFG の出力光をビーム直径 50  $\mu$ m 程に集光するとピーク強度は  $10^{14}$  W/cm<sup>2</sup> に達し、非摂動的な非線形現象を発現できる。気相原子(Xe, Kr 等)を試料とし HHG 発生の実証実験を行い、OFG の高出力性を示す。研究代表者は京都大学在籍時、高強度レーザーによる原子分子からの HHG 研究に従事し豊富な経験と知識を有しており、本応用研究を確実に推進できる。また、マイクロ電極が実装された SiO<sub>2</sub> 誘電体基板に OFG を照射し、光電場により誘起される電流を測定する。先行研究[F. Krausz, *et al.*, *Nature*, **493**, 70 (2013)]は基板表面近傍でしか行われていないが、本研究では数百  $\mu$ m の位置でアト秒相互作用が可能なことを示す。

#### 4. 研究成果

##### (1)本原理の正当性の実証

周波数間隔 125 THz の 7 本のモードで構成される帯域 750 THz の離散スペクトルを対象に本研究構想と同様の振幅・位相制御を行い、SPIDER-DS 装置にてパルス幅を評価した。その結果、分散媒質長に対する位相の変化は計算と非常によく一致する周期構造を示した。強度時間波形のピーク値がフーリエ変換限界の 98.8%まで回復し、パルス幅 1.2 fs で 8.02 fs 周期で繰り返すパルス列の発生に成功した(図 1)。これらの結果をまとめ、*Physical Review A* 誌に投稿し掲載された [研究成果論文 1]。この結果は、本 OFG が実現可能であることを強く支持する。

##### (2)振幅・位相操作原理を用いた OFG の構築

###### OFG 構築の結果

OFG 構成図と構築したセットアップ写真を図 2 に示す。

###### ① 注入同期型 Q-switched Nd:YAG ナノ秒パルスレーザー

Continuum 社製 Surelote I-10 を基本波光源として用いた。パルスエネルギー：460 mJ, パルス幅: 10 ns, 繰返し周期：10 Hz。

###### ② 注入同期用シードレーザー光源&キャビティ制御システム

シード光源として用いる予定の波長 1064 nm ヨウ素安定化半導体レーザーを開発した。図 3 にレーザーの周波数安定度を示す。平均時間 1 秒での周波数安定度が  $2.8 \times 10^{-13}$  に到達し、絶対周波数が既知のシード光源として用いられる。この結果を *Optics Letters* 誌に投稿し掲載された[研究成果論文 2]。

注入同期を維持するキャビティ制御システムとして、Continuum 社製の SI-2000 を用いた。

###### ③ エルビウム添加モードロックファイバーレーザーを基本光源とした光周波数コム

シード光レーザーにロックが可能な高速制御型光周波数コムの開発を行った。その結果を *JJAP* 誌に投稿し掲載された[研究成果論文 3]。また、関連する成果として、光コムの波長帯域を導波路型周期分極反転ニオブ酸リチウム結晶を用い広帯域化させる研究を行い、そ

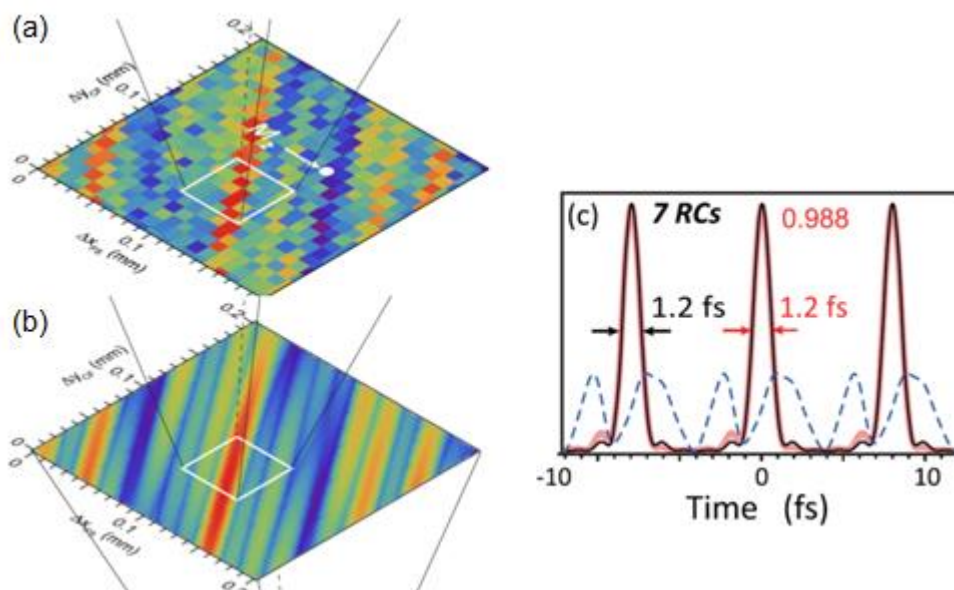


図 1. 新規の光波形制御技術の実証実験結果。物質長に対するパルスピーク強度の変化((a):実験値, (b):計算値)。 (c):最短パルス位置でのパルス波形 (測定値)。 [研究成果論文 1]より引用。

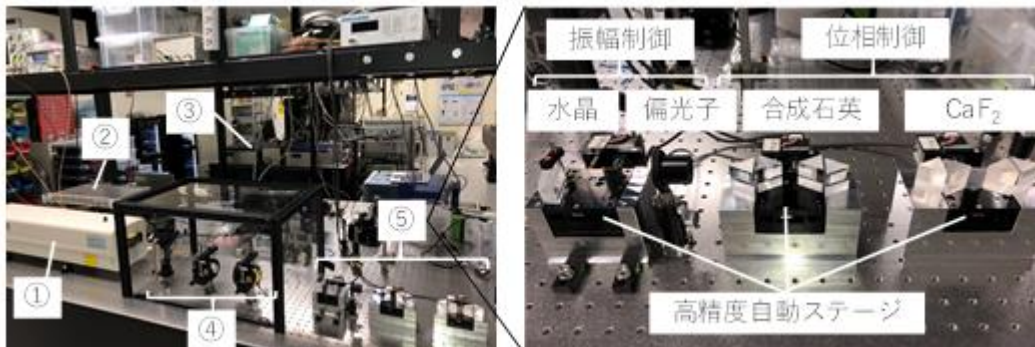
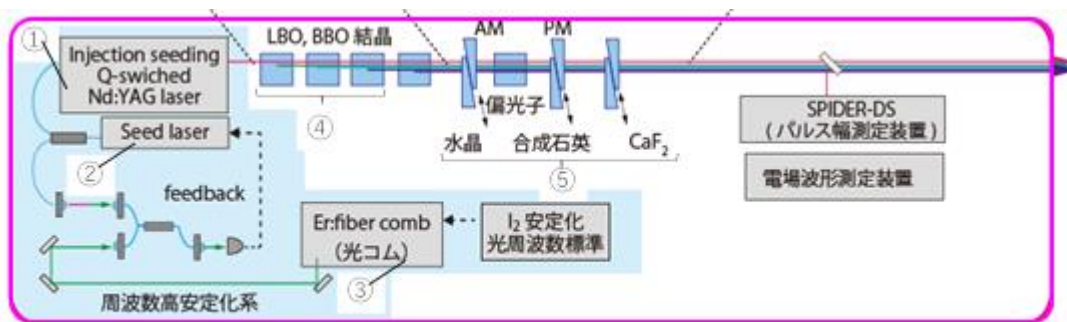


図2. 光ファンクションジェネレーターの構想図と構築したセットアップ.

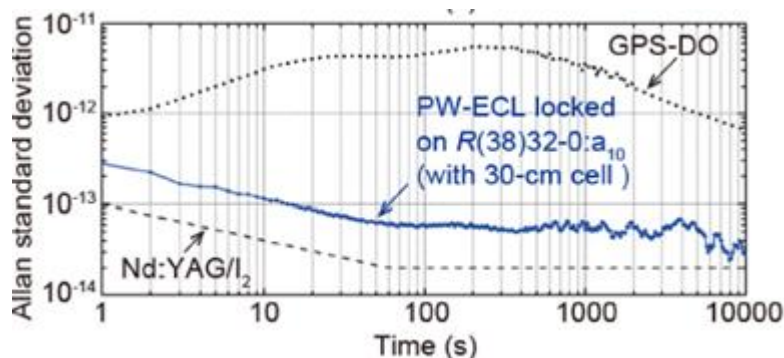


図3. ヨウ素安定化半導体レーザーの周波数安定度. [研究成果論文2]より引用.

の結果を *Physical Review Applied* 誌に投稿し掲載された[研究成果論文4]. この研究は、2倍波などの可視光の周波数安定度を可視光コムを用いて計測するときには有用である.

- ④ 高調波発生用非線形光学結晶  
第2, 3次高調波用に KTP 結晶を用いた. 第4, 5次高調波用に BBO 結晶を用いた.  
2次高調波: 210 mJ, 3次高調波: 80 mJ, 4次高調波: 70 mJ, 5次高調波: 数 mJ を達成した.
- ⑤ 振幅・位相制御部  
振幅制御部は複屈折媒質である水晶のくさびペアと偏光子で構築した.  
位相制御部は等方媒質である合成石英プリズムペアと CaF<sub>2</sub> プリズムペアで構築した.  
それぞれのプリズムは数十 nm オーダーの精度と数十 mm オーダーの掃引長を有する高精度自動ステージ(FS-1020X, シグマ光機)にて移動される.

### (3) 実際の実験条件を想定した振幅・位相制御の計算結果

図4に提案する独自の振幅制御手法を用いた振幅操作の検討結果を示す. 5本のハーモニックスの波長と偏光関係, 並びに水晶の屈折率を用いてガウシアン型の振幅分布をターゲットとして探索を行った. 図4(a)の横軸は水晶の結晶長, 縦軸はターゲット振幅からの差分を示している. 図4(b)は初期条件の振幅分布と偏光関係を示している. 図4(c)は結晶長 15 mm 付近に見つかったターゲット振幅の探索結果である. 偏光がすべて平行に揃い, かつガウシアン分布を取ることがわかる. この結果は結晶長掃引長さ数十 mm 程度の探索範囲を確保することで任意の振幅分布を探索できることを示している.



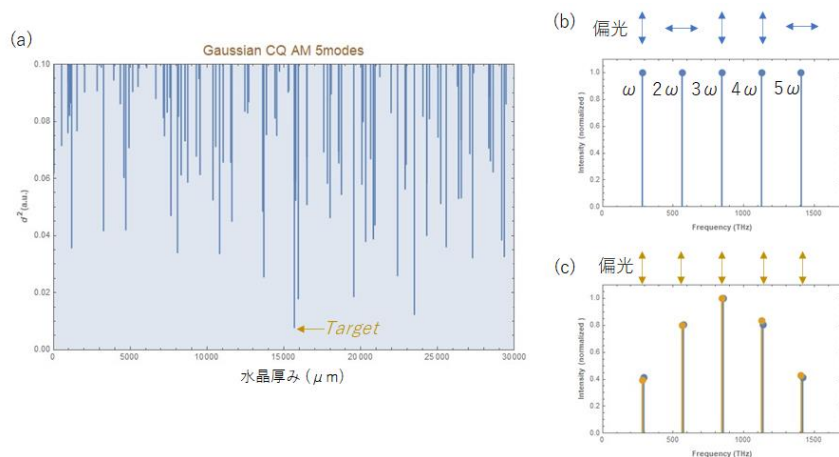


図 4. 提案した振幅制御手法の検討結果図.

続いて、図 5 に提案する独自の位相制御手法を用いた位相操作の検討結果を示す. 5 本のハーモニックスの波長, 並びに合成石英とフッ化カルシウム屈折率を用いてフーリエ変換境界の位相分布をターゲットとして探索を行った. 図 5 の横軸は合成石英の結晶長, 縦軸はフッ化カルシウムの結晶長, 色は規格化したパルスピーク強度を示している. 探索した  $100 \mu\text{m}$  四方の中にフーリエ変換境界を示す 1 に近いピーク強度まで回復する点が数か所見つかっている. この結果は数 mm 程度の探索範囲を確保することで任意の位相分布を探索できることを示している.

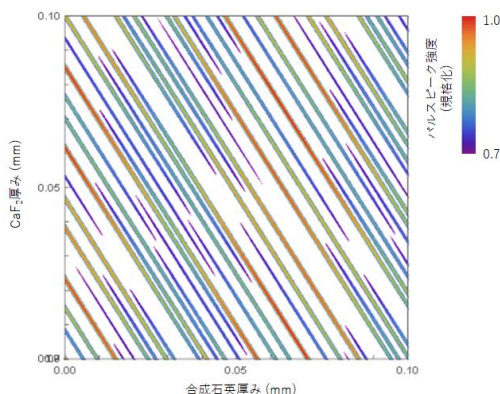


図 5. 提案した位相制御手法の検討結果.

H31年4月より代表者の所属が横浜国立大学から徳島大学へ変わり, それに伴い本実験を遂行する主要な場所も徳島大学ポストLEDフォトンクス研究所へと移動した. 該当年度の当初は装置の移動や実験室自体の立ち上げに研究エフォートが費やされた. また, 当初の計画よりも周波数安定化レーザーと光周波数コムの開発に経費がかかり, Nd:YAGレーザーの基本波から第5次高調波までを発生させる波長変換ユニットの調達に遅れが生じた. その結果, 研究方法(1)の励起光を十分に高強度化する作業の進展に遅れが生じ最終年度内に研究目的であるアト秒パルス光発生の実証には至ることができなかった. しかしながら, 提案した分散補償方法の実証は行うことができ研究目的の90%は達成できたと考えている. パルス幅400 asのOFGの主要装置も各部分は構築が完了し, 後は各パラメーターの測定を行う段階に至っている高強度化にも支障は無く, ごく近い内に当初の目標値を達成できると考える.

本研究成果からは, 筆頭著者 2 件, 非筆頭著者 11 件の査読付き国際誌への採択がなされた. また, レーザー光科学分野で世界最大級の国際会議の 1 つである CLEO:2020 にて, 採択率が約 20%程度である口頭発表に採択された.

[研究成果論文]

1. C. Zhang, K. Yoshii, D. Tregubov, C. Ohae, J. Zheng, M. Suzuki, K. Minoshima, M. Katsuragawa, *Physical Review A*, **100**, 053836-1-10 (2019).
2. K. Yoshii, H. Sakagami, H. Yamamoto, S. Okubo, H. Inaba, and F.-L. Hong, *Optics Letters*, **45**, 129-132 (2020).
3. Y. Asahina, K. Yoshii, Y. Yamada, Y. Hisai, S. Okubo, M. Wada, H. Inaba, T. Hasegawa, Y. Yamamoto and F.-L. Hong, *Japanese Journal of Applied Physics*, **58**, 038003-1-3 (2019).
4. K. Yoshii, J. Nomura, K. Taguchi, Y. Hisai, and F.-L. Hong, *Physical Review Applied*, **11**, 054031-1-8 (2019).

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計13件（うち査読付論文 13件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Goji Yuma, Chen Chaoyun, Ikeda Kohei, Yoshii Kazumichi, Hong Feng-Lei	4. 巻 2
2. 論文標題 Towards generation of optical frequency comb in the short-wavelength visible region using periodically poled lithium niobate waveguides	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Results in Optics	6. 最初と最後の頁 100035-1-3
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.rio.2020.100035	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Kato Hideki, Sugiyama Yohei, Yoshii Kazumichi, Hong Feng-Lei	4. 巻 38
2. 論文標題 Spectral normalization in dual-comb spectroscopy of acetylene using a sealed gas cell and a liquid nitrogen trap	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Journal of the Optical Society of America B	6. 最初と最後の頁 1024-1030
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/JOSAB.418681	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Yoshii Kazumichi, Nomura Junia, Taguchi Kaho, Hisai Yusuke, Hong Feng-Lei	4. 巻 11
2. 論文標題 Optical Frequency Metrology Study on Nonlinear Processes in a Waveguide Device for Ultrabroadband Comb Generation	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review Applied	6. 最初と最後の頁 054031-1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevApplied.11.054031	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Zhang C., Yoshii K., Tregubov D., Ohae C., Zheng J., Suzuki M., Minoshima K., Katsuragawa M.	4. 巻 100
2. 論文標題 Optical technology for arbitrarily manipulating amplitudes and phases of coaxially propagating highly discrete spectra	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Physical Review A	6. 最初と最後の頁 053836-1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevA.100.053836	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Yoshii Kazumichi, Sakagami Haruki, Yamamoto Hiroki, Okubo Sho, Inaba Hajime, Hong Feng-Lei	4. 巻 45
2. 論文標題 High-resolution spectroscopy and laser frequency stabilization using a narrow-linewidth planar-waveguide external cavity diode laser at 1063 nm	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Optics Letters	6. 最初と最後の頁 129-132
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OL.45.000129	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ikeda Kohei, Okubo Sho, Wada Masato, Kashiwagi Ken, Yoshii Kazumichi, Inaba Hajime, Hong Feng-Lei	4. 巻 28
2. 論文標題 Iodine-stabilized laser at telecom wavelength using dual-pitch periodically poled lithium niobate waveguide	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 2166-2178
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.381961	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Ikeda Kousuke, Yamada Yuko, Kato Hideki, Yoshii Kazumichi, Okubo Sho, Inaba Hajime, Hong Feng-Lei	4. 巻 59
2. 論文標題 Development of 19.8 MHz repetition rate optical frequency combs for dual-comb spectroscopy	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 028002-1-4
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.35848/1347-4065/ab6b73	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Sakagami Haruki, Yoshii Kazumichi, Kobayashi Takumi, Hong Feng-Lei	4. 巻 37
2. 論文標題 Absolute frequency and hyperfine structure of 127I2 transitions at 5315??nm by precision spectroscopy using a narrow-linewidth diode laser	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of the Optical Society of America B	6. 最初と最後の頁 1027-1034
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/JOSAB.385779	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Tamura Shuhei, Ikeda Kohei, Okamura Kotaro, Yoshii Kazumichi, Hong Feng-Lei, Horikiri Tomoyuki, Kosaka Hideo	4. 巻 57
2. 論文標題 Two-step frequency conversion for connecting distant quantum memories by transmission through an optical fiber	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 062801-1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/JJAP.57.062801	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hisai Yusuke, Ikeda Kohei, Sakagami Haruki, Horikiri Tomoyuki, Kobayashi Takumi, Yoshii Kazumichi, Hong Feng-Lei	4. 巻 57
2. 論文標題 Evaluation of laser frequency offset locking using an electrical delay line	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Applied Optics	6. 最初と最後の頁 5628-5634
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/AO.57.005628	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Ikeda Kohei, Hisai Yusuke, Yoshii Kazumichi, Kosaka Hideo, Hong Feng-Lei, Horikiri Tomoyuki	4. 巻 35
2. 論文標題 Compact frequency-stabilized pump laser for wavelength conversion in long-distance quantum communication	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Journal of the Optical Society of America B	6. 最初と最後の頁 2023-2028
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/JOSAB.35.002023	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Asahina Yu, Yoshii Kazumichi, Yamada Yuko, Hisai Yusuke, Okubo Sho, Wada Masato, Inaba Hajime, Hasegawa Takemi, Yamamoto Yoshinori, Hong Feng-Lei	4. 巻 58
2. 論文標題 Narrow-linewidth and highly stable optical frequency comb realized with a simple electro-optic modulator system in a mode-locked Er: fiber laser	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Japanese Journal of Applied Physics	6. 最初と最後の頁 038003-1-3
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7567/1347-4065/aafb2a	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -



1. 著者名 Nomura Junia, Yoshii Kazumichi, Hisai Yusuke, Hong Feng-Lei	4. 巻 36
2. 論文標題 Precision spectroscopy and frequency stabilization using coin-sized laser modules	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Journal of the Optical Society of America B	6. 最初と最後の頁 631-637
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/JOSAB.36.000631	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計31件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 11件)

1. 発表者名 Kazumichi Yoshii, Feng-Lei Hong, Takeshi Yasui, Kaoru Minoshima, Naoya Kuse
2. 発表標題 Ultra-Broadband Single-Branch Optical Frequency Comb Using a Periodically Poled Lithium Niobate Waveguide
3. 学会等名 CLEO: 2020, SF2G.6 (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 宮下拓士, 近藤健史, 池田幸平, 吉井一倫, 堀切智之, 洪鋒雷
2. 発表標題 AFC量子メモリ結合に向けたレーザーの周波数安定化
3. 学会等名 第68回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kazumichi Yoshii, Yu Asahina, Yuko Yamada, Yusuke Hisai, Sho Okubo, Masato Wada, Hajime Inaba, Takemi Hasegawa, Yoshinori Yamamoto, and Feng-Lei Hong
2. 発表標題 Narrow-linewidth and highly stable optical frequency comb realized with a simple servo control system in a mode-locked Er: fiber laser
3. 学会等名 CLEO: 2019, SW3G.8 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kohei Ikeda, Chaoyun Chen, Kazumichi Yoshii, Sho Okubo, Ken Kashiwagi, Hajime Inaba, Feng-Lei Hong
2. 発表標題 An iodine-stabilized laser at the telecom wavelength using a dual-pitch PPLN waveguide
3. 学会等名 CLEO: 2019, SW3G.1 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Kohei Ikeda, Chaoyun Chen, Kazumichi Yoshii, Sho Okubo, Ken Kashiwagi, Masato Wada, Hajime Inaba, Feng-Lei Hong
2. 発表標題 An iodine-stabilized laser using a 1542-nm light source
3. 学会等名 CLEO-EU: 2019, ED-P.24 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Chaoyun Chen, 野邑寿仁亜, 坂上春稀, 吉井一倫, 小林拓実, 洪鋒雷
2. 発表標題 コンパクトレーザーを用いたヨウ素分子超微細構造の計測
3. 学会等名 日本物理学会 2019年秋季大会, 11aK14-3
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 池田幸平, Chaoyun Chen, 吉井一倫, 大久保章, 柏木謙, 和田雅人, 稲場肇, 洪鋒雷
2. 発表標題 導波路型PPLNを用いた通信波長帯のヨウ素安定化レーザー
3. 学会等名 日本物理学会 2019年秋季大会, 11aK14-2
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中嶋善晶, 秦祐也, 楠美友悟, 吉井一倫, 美濃島薫
2. 発表標題 デュアルコムファイバレーザの導波路型PPLNによる波長域拡大
3. 学会等名 第80回 応用物理学会秋季学術講演会, 19p-E205-19
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 吉井一倫, 野邑寿仁垂, 田口佳穂, 久井裕介, 洪鋒雷
2. 発表標題 光周波数計測による導波路型デバイス中の非線形光学過程の解明
3. 学会等名 第80回 応用物理学会秋季学術講演会, 20a-E205-12
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 加藤英毅, 池田孝介, 佐藤航己, 郷治侑真, 大久保章, 稲場肇, 吉井一倫, 洪鋒雷
2. 発表標題 デュアルコム分光のための近赤外光周波数コム可視化
3. 学会等名 日本光学会 Optics & Photonics Japan 2019, 3pE3
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 郷治侑真, 池田幸平, 吉井一倫, 大久保章, 柏木謙, 稲場肇, 洪鋒雷
2. 発表標題 導波路型デュアルピッチPPLNによる光周波数コムを広帯域化
3. 学会等名 日本光学会 Optics & Photonics Japan 2019, 3pE4
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 加藤令偉, 坂上春稀, 吉井一倫, 洪鋒雷
2. 発表標題 レーザー分光の位相変調における残留振幅変調の抑制
3. 学会等名 日本光学会 Optics & Photonics Japan 2019, 3pE7
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 中嶋善晶, 秦祐也, 楠美友悟, 吉井一倫, 美濃島薫
2. 発表標題 デュアルコムファイバレーザーの高コヒーレントな非線形波長変換
3. 学会等名 第40回 レーザー学会学術講演会, B06-21p-111-02
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 池田幸平, 坂上春稀, 加藤令偉, 郷治侑真, 吉井一倫, 洪鋒雷
2. 発表標題 2mヨウ素セルを用いたヨウ素安定化Nd:YAGレーザー
3. 学会等名 日本物理学会 第75回年次大会, 19aK23-3
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 郷治侑真, 加藤英毅, 池田孝介, 池田幸平, 吉井一倫, 大久保章, 柏木謙, 稲場肇, 洪鋒雷
2. 発表標題 導波路型デュアルピッチPPLNによる光周波数コムの広帯域化と可視化
3. 学会等名 日本物理学会 第75回年次大会, 19aK23-6
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Kazumichi Yoshii, Junia Nomura, Kaho Taguchi, Yusuke Hisai, Feng-Lei Hong
2. 発表標題 Determination of the offset frequency of a broadband frequency comb generated in a waveguide-type periodically poled lithium niobate crystal
3. 学会等名 CLEO: 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 C. Zhang, K. Yoshii, D. Tregubov, C. Ohae, M. Suzuki, K. Minoshima and M. Katsuragawa
2. 発表標題 Generation of 1.4-fs ultrafast single-cycle pulses with a repetition rate exceeding 100 THz by arbitrarily manipulating amplitude and phase
3. 学会等名 CLEO: 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yu Asahina, Yuko Yamada, Yusuke Hisai, Kazumichi Yoshii, and Feng-Lei Hong
2. 発表標題 A High-Speed-Controllable Fiber Comb Using a Compact Optical-Bench System
3. 学会等名 CLEO-PR: 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Shuhei Tamura, Kohei Ikeda, Kotaro Okamura, Kazumichi Yoshii, Feng-Lei Hong, Tomoyuki Horikiri, and Hideo Kosaka
2. 発表標題 Two-Step Frequency Conversion for Connecting Distant Quantum Memories
3. 学会等名 CLEO-PR: 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Junia Nomura, Kaho Taguchi, Yusuke Hisai, Kazumichi Yoshii, and Feng-Lei Hong
2. 発表標題 Offset Frequency Measurement of a Broadband Optical Comb Generated in a Waveguide-Type Periodically Poled Lithium Niobate Crystal
3. 学会等名 CLEO-PR: 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kohei Ikeda, Yusuke Hisai, Tomoyuki Horikiri, Kazumichi Yoshii, Hideo Kosaka, and Feng-Lei Hong
2. 発表標題 Frequency-Stabilized Pump Laser for Wavelength Conversion in Long-Distance Quantum Communication
3. 学会等名 CLEO-PR: 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Kazumichi Yoshii, Yusuke Hisai, Junia Nomura, and Feng-Lei Hong
2. 発表標題 Ultra-Compact Frequency-Stabilized Lasers at Visible Wavelengths
3. 学会等名 CLEO-PR: 2018 (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 宮下拓士, 田村秀平, 池田幸平, 吉井一倫, 洪鋒雷, 堀切智之
2. 発表標題 長距離量子通信に向けた周波数安定化波長変換システムの開発
3. 学会等名 日本物理学会 2018年秋季大会
4. 発表年 2018年



1. 発表者名 都野智暉, 新関和哉, 田村秀平, 朝比奈優, 池田幸平, Ravikant Pandey, 吉井一倫, 洪鋒雷, 堀切智之
2. 発表標題 希土類イオン添加結晶を用いた量子メモリの研究
3. 学会等名 日本物理学会 2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 坂上春稀, 千葉友, 朝比奈優, 大久保章, 稲場肇, 吉井一倫, 洪鋒雷
2. 発表標題 狭線幅半導体レーザーを用いたヨウ素分子の高分解能分光
3. 学会等名 日本物理学会 2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 池田幸平, Chaoyun Chen, 野邑寿仁亜, 田口佳穂, 久井裕介, 吉井一倫, 洪鋒雷
2. 発表標題 導波路型PPLNによる広帯域光コム発生の分極反転周期依存性
3. 学会等名 日本物理学会 2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 池田孝介, 加藤英毅, 山田優子, 朝比奈優, 増田裕行, 大久保章, 稲場肇, 吉井一倫, 洪鋒雷
2. 発表標題 低繰り返し周波数光コムを用いたデュアルコム分光計の開発
3. 学会等名 日本物理学会 2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 加藤英毅, 池田孝介, 朝比奈優, 増田裕行, 大久保章, 稲場肇, 吉井一倫, 洪鋒雷
2. 発表標題 低繰り返し周波数デュアルコム分光計の開発
3. 学会等名 日本光学会 Optics & Photonics Japan 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Chaoyun Chen, 池田幸平, 野邑寿仁亜, 久井裕介, 吉井一倫, 洪鋒雷
2. 発表標題 導波路型PPLNによる短波長可視域光コムの発生
3. 学会等名 日本光学会 Optics & Photonics Japan 2018
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉井一倫, 野邑寿仁亜, 池田幸平, Chaoyun Chen, 田口佳穂, 久井裕介, 洪鋒雷
2. 発表標題 導波路型PPLNを用いた広帯域光コムの発生とそのメカニズム
3. 学会等名 東北大学電気通信研究所 共同プロジェクト研究会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 吉井一倫, 野邑寿仁亜, 池田幸平, Chaoyun Chen, 田口佳穂, 久井裕介, 洪鋒雷
2. 発表標題 導波路型PPLNを用いた広帯域光コムの発生とその発生メカニズム
3. 学会等名 第39回 レーザー学会学術講演会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	洪 鋒雷  (HONG Feng-Lei)  (10260217)	横浜国立大学・大学院工学研究院・教授    (12701)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------