

令和 6 年 6 月 21 日現在

機関番号：12401

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2021～2023

課題番号：21H01837

研究課題名（和文）周波数領域光相関によるワンショット/広範囲/超高分解光波形計測法の研究

研究課題名（英文）Study of one-shot/long time range/ultrafast optical waveform measurement system using frequency domain optical correlation technique

研究代表者

塩田 達俊（Shioda, Tatsutoshi）

埼玉大学・理工学研究科・准教授

研究者番号：10376858

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 13,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では新たな光波形計測手法として周波数領域光相関法(FDOC)を提案した。この手法では、周波数領域で被計測信号のスペクトルを走査し、源信号との相関値を取得する。取得した相関スペクトルに逆フーリエ変換処理を施すことで信号の波形情報を取得する。周波数領域での信号処理であるから、光電変換器などの電子デバイスの遮断周波数に制限されず、超高速な任意光波形を計測することが可能となる。本課題では、信号の連続的なスペクトル走査にSSB光変調器をループ回路に設置した光周波数シフターを構築して、100GHz台の周波数走査を可能とし、シミュレーションと実験の両面で検討し、原理確認を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義

ピコ秒やフェムト秒時間領域を扱う超高速光技術は、光化学反応の反応素過程やレーザー加工の動力学の解析などの応用が必要とされている。ポンプ・プローブ法や自己相関器、光サンプリングオシロスコープは光パルスの光波形を捉えることができる。ところが、任意波形やシングルショット計測は困難である。そこで、我々は周波数領域の相関法を新たに提案してスペクトル領域で高密度に光波形を測定できる手法を開発した。本手法は原理的にサブピコ秒からピコ秒時間分解能で、数10～100 ps程度の長い時間領域の性能が得られると期待されている。本課題では単一の光検出器でピコ秒前後の分解能をもったシングルショット波形計測法を提案した。

研究成果の概要（英文）：This study proposed the frequency-domain optical correlation (FDOC) technology as a new optical waveform measurement method. By using the FDOC, the spectrum of the signal under test is scanned in the frequency domain and the correlation value with the source signal is obtained. The optical waveform is obtained by applying inverse Fourier transformation to the acquired correlation spectrum. Since the signal is processed in the frequency domain, it will not be limited by the cutoff frequency of electronic devices such as photoelectric converters, and it becomes possible to measure arbitrary optical waveform at ultrahigh speed. In this project, an SSB optical modulator as an optical frequency shifter was installed in an optical loop circuit for continuous spectral scanning of signals. It was constructed to enable frequency scanning in the 100 GHz range, and both simulations and experiments were conducted to investigate and confirm the principle.

研究分野：光計測システム

キーワード：光計測

1. 研究開始当初の背景

化学反応は、フェムト秒からピコ秒の全時間領域で複数の反応素過程が連なって進行する。プラスチック製造の様な工業化学では、たった1%の不要な副生成物が生成しても年間数10億円規模の損失になるため、反応を制御して副生成物を減少する技術が求められている。しかし、現在反応素過程を観測する手段がなく、打つ手がない。そこで研究の第1目標を、**フェムト秒の時間分解能を持つ“ワンショット光波形計測”**を実現することとする。

また、連鎖する化学反応の反応素過程は、ピコ秒の全時間領域で進行するため比較的長時間の観測が必要である。つまり**フェムト秒時間分解能とピコ秒全時間領域の計測を両立した手法が求められる**。しかし、既存の手法はその時間領域に不感領域（ギャップ）を持つ（図1と表1）。本課題では、イメージセンサや空間・時間並列化変換回路を必要とせず、単一の光検出器でピコ秒前後の分解能をもったシングルショット計測法を提案する。

2. 研究の目的

不確定性関係にとらわれない新規な計測法として、周波数領域相関法によるワンショット光波形計測の動作原理を実験的に実証する。

3. 研究の方法

光技術の研究分野で相互相関関数といえば、波動関数を前提とするため一般に時間または位置を独立変数とする場合が多いが、本研究では、信号光 (s) と参照光 (r) の光電界に対して、式(1)の様な周波数を独立変数とした周波数領域での相互相関関数 $R_{sr}(\Delta f)$ を扱う。

$$R_{sr}(\Delta f) = \int_{-\infty}^{\infty} E_s(f + \Delta f) \cdot E_r^*(f) df \quad (1)$$

式(1)を逆フーリエ変換すると、式(2)の様に信号と参照の光電界の時間波形の積が与えられる。

$$IF[R_{sr}(\Delta f)] = e_s(t) \cdot e_r^*(t) \quad (2)$$

実際に実験を行うことを考慮して、相互相関関数の実部 ($Re\{\dots\}$) のみについて、信号の時間波形 $|Re\{e_s(t)\}|^2$ を表すと、

$$|Re\{e_s(t)\}|^2 = \frac{|IF[Re\{R_{sr}(\Delta f)\}]|^2}{|Re\{e_r(t)\}|^2} \quad (3)$$

となる。

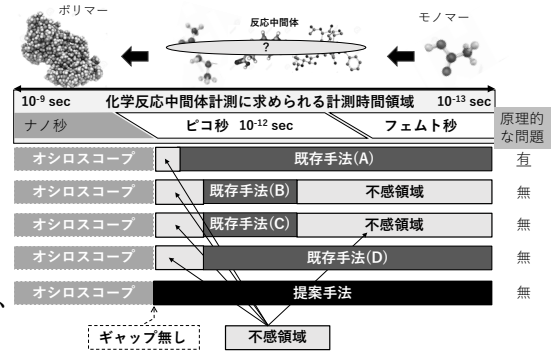


図1. 既存のワンショット計測の時間領域にはギャップがある。
表1. 既存のワンショット光波形計測法の原理と課題。

既存技術	時間分解能	時間範囲	原理	学術的な「問い」
(A) エシェロン時空間イメージング ¹⁾	100 fs	20 ps	時間差をつけた光パルスを空間展開し、異なる角度でサンプルに集光	・時間ごとに試料への入射角が異なる ・エシェロンのサイズ制限で時間差20psが限界
(B) 高速フレームシングルショット分光 ²⁾	1 ps	20 ps	スペクトルの波長毎に情報を載せ、延伸後オシロスコープで観測	・分光器の分解能により時間分解能と計測範囲の比を向上できない
(C) STAMP法 ³⁾	1 ps	20 ps	チャープスペクトルをパルスに載せ、延伸後カメラで観測	・分光器の分解能により時間分解能と計測範囲の比を向上できない
(D) 多波長同時ヘテロダイ検査法 ⁴⁾	150 fs	40 ps	振幅・位相スペクトルを測定し、逆フーリエ変換	・光電界を観測できるが、システム構成が複雑
本提案手法	100 fs	1 ns	周波数領域自己相関波形を逆フーリエ変換	・fsからpsまで幅広い時間領域の計測が可能 ・構成が簡単

1) I. Katayama *et al.*: Jpn. J. Appl. Phys., **50**, 102701 (2011).
2) M. Kobayashi *et al.*: Sci. Rep., **6**, 37614 (2016).
3) K. Nakagawa *et al.*: Nat. Photon., **8**, pp. 695-700 (2014).
4) T. Shioda *et al.*: Opt. Commun. **28**, pp.4733-4740 (2010).

周波数領域光相関法(Frequency Domain Optical Correlation: FDOC 法)の原理を示す。図 2 の様なダイアグラムにおいて、光電界信号の検出信号は周波数領域の相互相関の実関数を与える。サンプルとなる光源の光電界 $e_s(t)$ を周波数シフタにより周波数 Δf だけ走査し、光電界 $e_r(t)$ の参照信号と合波して、PD で検出する。このとき、PD の出力 I_{PD} は、

$$I_{PD} = |e_s(t)e^{-i2\pi\Delta ft} + e_r(t)|^2$$

$$= |e_s(t)e^{-i2\pi\Delta ft}|^2 + |e_r(t)|^2 + \text{Re}(e_s(t)e^{-i2\pi\Delta ft}e_r(t)) \quad (4)$$

と表される。ただし、 $e_s(t)$ は、PD でも検出できない高速信号であるため、一定値とみなされる。これを、有限の時間幅において積分すると一定値以外に次の様な Δf を独立変数とした関数(デジタイザの出力 I_{DT})が得られる。

$$I_{DT} = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} I dt = AVE + \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} \text{Re}(e_s(t)e^{-i2\pi\Delta ft}e_r(t)) dt \quad (5)$$

これは、(2)式の実関数をフーリエ変換した形とであるため、式(5)を逆フーリエ変換すると、相互相関の実関数、つまり、 $e_s(t) \cdot e_r^*(t)$ の実関数となることがわかる。結局、出力信号から(3)式、つまり信号の時間波形を得ることができる。ここで、測定したい時間領域をあらゆる積分時間範囲以外の領域には光は存在しないという仮定のもと積分時間を規格化することを前提にしている。また、実際の実験では、予め平均光パワーを測定しておく必要がある。

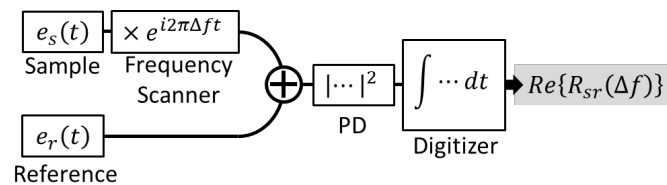


図 2 周波数領域光相関法の動作

4. 研究成果

(1) 周波数シフトループ回路による周波数シフト量拡大

SSB 変調器を用いたループ回路を作成することで機械掃引を不要として周波数シフト量を拡大する回路を作成した。その実験系を図 3 とした。

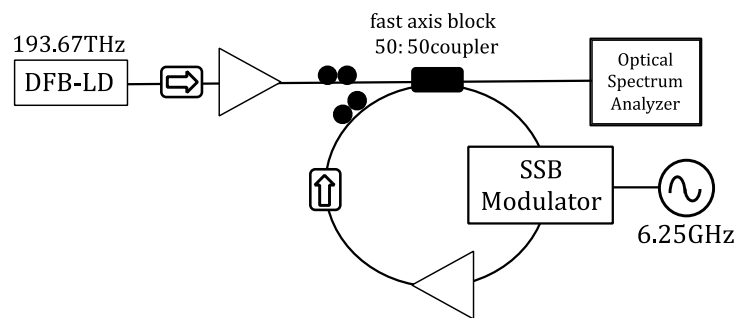


図 3 SSB 変調器を用いた周波数シフト量拡大のループ回路

光源は中心周波数 193.76THz の分布帰還型レーザーを信号とした。ループ回路の入出力には分岐比 50:50 のカプラーを使用した。そのループ回路内には、6.25GHz の RF 信号で駆動した SSB 変調器と、SSB 変調器での損失を補填できるように光アンプを配置した。カプラーの前後には偏波コントローラーを設置し、ループした信号も偏光状態が固定されるように調整を行い、信号を光スペクトルアナライザで確認した。

実験で得られたスペクトルを図 4 と図 5 に示す。これらの結果から 1.13THz の帯域に 6.25GHz 間隔のピークが光コム状に広がっている様子がわかる。つまり、ループ内で周波

数シフトを繰返しSSB変調器に一度入力して得られる光周波数シフト量6.25GHzの181倍に相当する帯域に周波数シフトが広がったことを意味する。

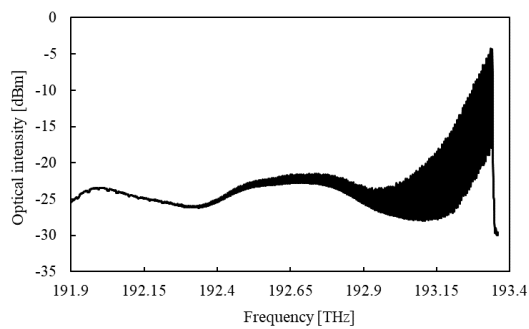


図4 スペクトル全体

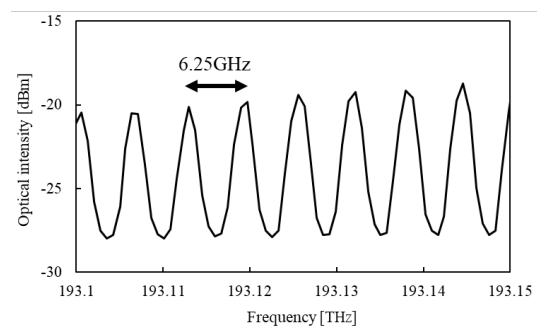


図5 拡大したスペクトル

(2) 波形計測実験

実際に光学システムを構築し波形計測を行った。ループ回路を構成する光カプラー入力直前の光パワーと光SSB変調器直後の光パワーの比率を周回毎に累乗することで損失を補正した値に対して、漸化式を用いた解析処理を行い取得した。また、再現波形は相関値を逆フーリエ変換して取得した。取得した相関値と再現波形をそれぞれ図6と図7に示す。

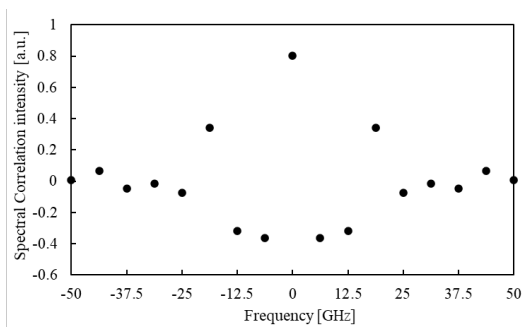


図6 取得した相関値

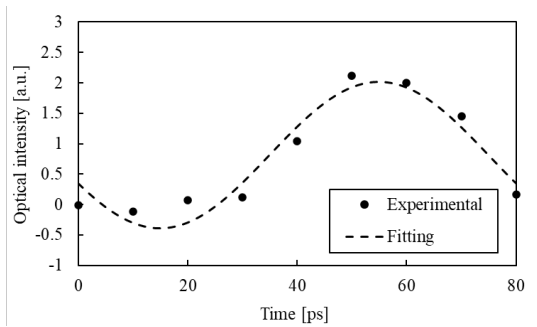


図7 取得した再現波形

図7の測定値を12.5GHzの正弦波でフィッティングした結果を破線で示す。用いた数式は以下の式である。実験値と再現波形の相関係数は0.96と高い値となり、0次と1次周波数掃引を用いたFDOCシステムにより波形計測が可能であることを示す結果を得た。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計10件（うち査読付論文 7件 / うち国際共著 1件 / うちオープンアクセス 2件）

1. 著者名 Dinh Thai Bao, Truong Cong Tuan, Tatsutoshi Shioda	4. 巻 32
2. 論文標題 Improvement of Optical Setup of the Novel 2D Single-Shot Comb-Based Interferometer for High-Resolution Measurement	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 JST: Smart Systems and Devices	6. 最初と最後の頁 39 ~ 46
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.51316/jst.158.ssad.2022.32.2.6	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 該当する

1. 著者名 Nishiura Masanori, Shioda Tatsutoshi	4. 巻 31
2. 論文標題 Wavelength and pulse width programmable mode-locked Yb fiber laser	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 5347 ~ 5347
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.482341	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 Inada Yuki, Shioda Tatsutoshi, Nakamura Ryosuke, Maeyama Mitsuaki, Kumada Akiko, Nakamura Shin, Ono Ryo	4. 巻 55
2. 論文標題 Systematic 1D electric field induced second harmonic measurement on primary-to-secondary transition phase of positive streamer discharge in atmospheric-pressure air	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Physics D: Applied Physics	6. 最初と最後の頁 385201 ~ 385201
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1361-6463/ac7b54	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 Choi Samuel, Ota Takeru, Nin Fumiaki, Shioda Tatsutoshi, Suzuki Takamasa, Hibino Hiroshi	4. 巻 29
2. 論文標題 Rapid optical tomographic vibrometry using a swept multi-gigahertz comb	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Optics Express	6. 最初と最後の頁 16749 ~ 16749
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OE.425972	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 塩田 達俊	4. 巻 72
2. 論文標題 インライン全数検査の実現へ向けた非接触光表面形状計測	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 化学工業	6. 最初と最後の頁 517 ~ 525
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 細田 真希、太田 和哉、志賀 代康、塩田 達俊	4. 巻 32
2. 論文標題 インライン検査用シングルショットOCTの開発	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Optical Alliance	6. 最初と最後の頁 8 ~ 11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 塩田 達俊	4. 巻 33
2. 論文標題 インライン全数検査を目指す光表面形状計測システム	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Optical Alliance	6. 最初と最後の頁 10 ~ 16
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
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 Nishiura Masanori, Kageyama Ryo, Shioda Tatsutoshi	4. 巻 48
2. 論文標題 Efficient use of all ports of a 3? x 3 coupler in a nonlinear amplifying loop mirror-based fiber laser	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Optics Letters	6. 最初と最後の頁 4312 ~ 4312
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1364/OL.496871	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 Dinh Thai Bao, Chiba Keishi, Cong Tuan Truong, Shioda Tatsutoshi	4. 巻 546
2. 論文標題 Nanometer resolution of 2D single-shot low-coherence & comb-based profilometry based on the effect of discrete height of spatial phase modulator surface	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Optics Communications	6. 最初と最後の頁 129802 ~ 129802
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.optcom.2023.129802	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 塩田達俊	4. 巻 53
2. 論文標題 低コヒーレンス光周波数コムを用いた機能的形状計測システム	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 光学	6. 最初と最後の頁 65 ~ 71
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	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48件 (うち招待講演 6件 / うち国際学会 9件)

1. 発表者名 Takuma Ono, Yosuke Tanaka, Tatsutoshi Shioda
2. 発表標題 Brillouin Fiber Sensor Based on Optical Frequency Comb and Heterodyne Detection
3. 学会等名 CLEO-PacificRim2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Bao Thai Dinh, Chiba Keishi, Tuan Cong Truong, Shioda Tatsutoshi
2. 発表標題 Investigation of the effect of grating profile on the precision of 2D single-shot comb-based interferometer
3. 学会等名 CLEO-PacificRim2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kaito Fukushi, Tatsutoshi Shioda
2. 発表標題 Common Path Frequency Domain Optical Correlation System for Ultrafast Optical Waveform Analysis
3. 学会等名 CLEO-PacificRim2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Samuel Choi, Takuro Yamazaki, Hiroshi Hibino, Takamasa Suzuki, Tatsutoshi Shioda
2. 発表標題 Phase Sensitive Surface Profile Measurement Using Swept Multigigahertz Supercontinuum Comb
3. 学会等名 CLEO-PacificRim2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 福土 海渡, 青山 直樹, 鈴木 涼介, 塩田 達俊
2. 発表標題 2通倍変調を用いた周波数領域光相関システムによる超高速光波形計測の検討
3. 学会等名 第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小野 拓真、田中 洋介、塩田 達俊
2. 発表標題 光周波数コムとヘテロダイン検波を利用したブリュアンスペクトル計測
3. 学会等名 第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 青山 直樹、土屋 直彰、塩田 達俊
2. 発表標題 光マイクロ波の位相検波による屈折率計測の基礎検討
3. 学会等名 第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西浦 匡則、影山 陵、塩田 達俊
2. 発表標題 NALM型ファイバレーザ発振器とプリアンプの統合
3. 学会等名 第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 影山 稜、西浦 匡則、謝 宜達、塩田 達俊、中村 亮介
2. 発表標題 2波長バンドパスフィルタを用いたシングルゲイン8の字型ファイバレーザ
3. 学会等名 第83回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 福土 海渡、鈴木 涼介、塩田 達俊
2. 発表標題 周波数領域光相関法と2逓倍変調を用いた光周波数コム合成信号の解析
3. 学会等名 日本光学会年次学術講演会OPJ2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 関口 優紀, 高瀬 博章, 横地 界斗, 塩田 達俊
2. 発表標題 FSRの異なるエタロン2台を用いた低コヒーレンスコム干渉による距離計測
3. 学会等名 日本光学会年次学術講演会OPJ2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 青山 直樹, 塩田 達俊
2. 発表標題 スーパーコンティニウム光の縦モード間ビート信号の位相解析による屈折率計測
3. 学会等名 日本光学会年次学術講演会OPJ2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 福田 深人, 塩田 達俊
2. 発表標題 2Dシングルショット光断層計測における振動ロバスト性向上と高感度化
3. 学会等名 日本光学会年次学術講演会OPJ2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小野 拓真, 田中 洋介, 塩田 達俊
2. 発表標題 光周波数コムとヘテロダイン検波による光ファイバブリュアン温度計測
3. 学会等名 日本光学会年次学術講演会OPJ2022
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 塩田 達俊
2. 発表標題 ピコ秒前後で変化する光電界の解析
3. 学会等名 日本磁気学会第239回研究会（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Tatsutoshi Shioda
2. 発表標題 “Single-shot Ultrafast Optical Waveform Measurement System”
3. 学会等名 Optics & Photonics Taiwan International Conference (OPTIC)（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Masanori Nishiura, Ryo Kageyama, Ryosuke Nakamura, Tatsutoshi Shioda
2. 発表標題 Compact NALM-Based Yb Fiber Laser at 1064 nm
3. 学会等名 OPTICA Laser Congress and exhibition（国際学会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西浦 匡則, 影山 陵, 中村 亮介, 塩田 達俊
2. 発表標題 超短パルスレーザーを発生する光ファイバモジュール
3. 学会等名 レーザー学会 第 43 回年次大会（招待講演）
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Masanori Nishiura, Ryo Kageyama, Ryosuke Nakamura, Tatsutoshi Shioda
2. 発表標題 6.5 nJ, 20 MHz compact SESAM-free al-PM ultra-short pulse fiber seed laser pumped by a single butterfly laserdiode
3. 学会等名 SPIE Photonics West (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 鈴木 涼介, 福士 海渡, 塩田 達俊
2. 発表標題 周波数領域光相関法の測定原理に則した計算アルゴリズムの検討
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 福田 深人, 村澤 聡笑, 塩田 達俊
2. 発表標題 2D シングルショット光断層計測における高速化と広い計測範囲の両立
3. 学会等名 第70回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 梶山 貴弘, 塩田 達俊
2. 発表標題 K-K解析によるSD-OCTを用いた多層構造空間分解複素電界分光法
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 千葉 啓史, 塩田 達俊
2. 発表標題 2次元シングルショット OCT の空間位相変調器のステップ長と計測精度の関係
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 青山 直樹, 今井 颯, 塩田 達俊
2. 発表標題 光周波数コムアナライザによるワンショット超高速任意光波形計測
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 八木 達椰, 福士 海渡, 塩田 達俊
2. 発表標題 周波数領域光相関超高速任意光波形計測の実現に向けた光周波数変調器特性の調査
3. 学会等名 第82回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 千葉 啓史, 塩田 達俊
2. 発表標題 シングルショット二次元OCTにおける空間光学的バンドパスフィルタを用いた背景光低減
3. 学会等名 Optics & Photonics Japan 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 今井 颯, 青山 直樹, 塩田 達俊
2. 発表標題 バランス型2波長同時ヘテロダイン検波法による光位相計測の高感度化の検討
3. 学会等名 Optics & Photonics Japan 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 福士 海渡, 八木 達椰, 塩田 達俊
2. 発表標題 超高速光波形計測のための単一方向に伝搬する共通光路周波数領域光相関システム
3. 学会等名 Optics & Photonics Japan 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 八木 達椰, 福士 海渡, 塩田 達俊
2. 発表標題 周波数領域光相関法に向けた変調器の伝搬方向相違性の検討
3. 学会等名 Optics & Photonics Japan 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 梶山 貴弘, 塩田 達俊
2. 発表標題 K-K解析による多層構造空間分解複素電界分光法の原理実証
3. 学会等名 Optics & Photonics Japan 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 崔 森悦, 大田 岳, 日比野 浩, 鈴木 孝昌, 塩田 達俊
2. 発表標題 広帯域GHz光コムを用いた高速断層振動計測
3. 学会等名 Optics & Photonics Japan 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山崎 拓朗, 崔 森悦, 吉水 海斗, 鈴木 孝昌, 塩田 達俊, 日比野 浩
2. 発表標題 光コムを用いた位相変調干渉顕微鏡によるフルフィールド断層計測
3. 学会等名 Optics & Photonics Japan 2021
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 N. Sultana, H. Tada, H. Imai, and T. Shioda
2. 発表標題 25.6 Tbps Pre-Compensated Waveform Propagation Using Optical Frequency Comb Synthesizer/Analyzer
3. 学会等名 Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO 2021) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 塩田 達俊
2. 発表標題 周波数領域光相関法を用いた超高速光波形計測
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第42回年次大会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 西浦 匡則, 塩田 達俊
2. 発表標題 2 波長バンドパスフィルタを用いた セルフスタートモード同期ファイバレーザー
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第42回年次大会 (招待講演)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 福土 海渡, 八木 達椰, 塩田 達俊
2. 発表標題 超高速光波形計測へ向けた共通光路周波数領域光相関システム
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 小野拓真, 田中洋介, 塩田 達俊
2. 発表標題 高周波数コムとヘテロダイン検波を利用したブリュアンセンサ
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 関口 優紀, 高瀬博章, 高橋聖基, 横地界斗, 小笠原隆行, 塩田 達俊
2. 発表標題 低コヒーレンスデュアルコム分光法の提案と距離計測へ向けたシミュレーション
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 青山 直樹, 今井 颯, 内山 遼, 塩田 達俊
2. 発表標題 バランス型二波長同時ヘテロダイン検波法による位相計測精度の向上
3. 学会等名 第69回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Kaito Fukushi, Ryosuke Suzuki, Tatsutoshi Shioda
2. 発表標題 Single-Shot Measurement of Optical Frequency Comb Synthesizing Ultrafast Arbitrary Waveforms Using Novel Technique of Frequency Domain Optical Correlation
3. 学会等名 CLEO2023 (国際学会)
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 内山 遼, 能宗 大輔, 塩田 達俊
2. 発表標題 光周波数コムシンセサイザ/アナライザによる テラヘルツ帯光マイクロ波の発生と距離計測応用への基礎検討
3. 学会等名 第84回応用物理学会秋季学術講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 鈴木涼介, 大森翔, 塩田達俊
2. 発表標題 SSB 光変調器を用いた周波数領域光相関法の共通光路化の検討
3. 学会等名 日本光学会年次学術講演会 OPJ2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 村澤 聡笑, 福田 深人, 塩田 達俊
2. 発表標題 2次元SD-OCTにおけるシングルショットパルス照射による振動ロバスト性の向上
3. 学会等名 日本光学会年次学術講演会 0PJ2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 福田 深人, 村澤 聡笑, 塩田 達俊
2. 発表標題 2Dシングルショット干渉計を用いた表面形状計測への構造化光の適用
3. 学会等名 日本光学会年次学術講演会 0PJ2023
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 能宗 大輔, 内山 遼, 今井 颯, 塩田 達俊
2. 発表標題 光周波数コムシンセサイザ/アナライザにおけるテラヘルツ帯光マイクロ波の波形制御の距離計測応用へ向けた基礎検討
3. 学会等名 第69回光波センシング技術(LST)研究会講演会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 関口 優紀, 塩田 達俊
2. 発表標題 低コヒーレンスデュアルコム分光法を用いた複屈折計測の提案
3. 学会等名 第71回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 塩田 達俊, 崔 森悦
2. 発表標題 3次元空間光センシングの最前線
3. 学会等名 第71回応用物理学会春季学術講演会
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 塩田達俊
2. 発表標題 インライン全数検査の実現へ向けた非接触光表面形状計測
3. 学会等名 OPIE'23 応用物理学会フォトニクス分科会主催セミナー（招待講演）
4. 発表年 2023年

〔図書〕 計0件

〔出願〕 計5件

産業財産権の名称 2つの異なる波長を選択的に用いるモード同期方法、および、当該方法を用いたレーザー装置	発明者 塩田 達俊, 西浦 匡則	権利者 埼玉大学
産業財産権の種類、番号 特許、2021-021465	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 光干渉装置	発明者 塩田 達俊, 太田 和哉, 志賀 代康, 細田 真希	権利者 埼玉大学、シン クランド㈱
産業財産権の種類、番号 特許、2021-183655	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 光干渉光学系および光干渉測定システム	発明者 塩田 達俊, 太田 和哉, 志賀 代康, 細田 真希	権利者 埼玉大学、シン クランド㈱
産業財産権の種類、番号 特許、2021-183656	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 電界計測方法及び電界センサ	発明者 稲田 優貴, 塩田 達俊, 中村 亮介	権利者 埼玉大学
産業財産権の種類、番号 特許、2021-122635	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

産業財産権の名称 計測装置	発明者 塩田 達俊, 横地 界斗	権利者 埼玉大学、ソ ニーセミコンダ クタソリュー
産業財産権の種類、番号 特許、2022-043412	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

塩田研究室ホームページ
<http://optel.ees.saitama-u.ac.jp/>
埼玉大学戦略的研究部門未来光イノベーション領域ホームページ
<http://optel.ees.saitama-u.ac.jp/fill/>

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
--	---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------