

先端レーザー開発研究部門（分子制御レーザー開発研究センター）

平 等 拓 範（准教授）（1998年2月1日着任）

A-1) 専門領域：量子エレクトロニクス，光エレクトロニクス，レーザー物理，非線形光学

A-2) 研究課題：

- a) マイクロドメイン構造制御に関する研究
- b) マイクロドメイン光制御に関する研究
- c) マイクロ固体フォトリソグラフィの展開

A-3) 研究活動の概略と主な成果

分子科学に関連して重要な波長域にレーザーの高輝度光を展開する為の固体レーザー，非線形波長変換法につき包括的な研究を進めている。特に近年のマイクロ固体フォトリソグラフィ [マイクロチップ Nd:YVO₄ レーザー（1990年），Yb:YAG レーザー（1993年），セラミックレーザー（1997年），バルク擬位相整合（QPM）素子：大口径周期分極反転 MgO:LiNbO₃（PPMgLN）] を先導すると共に，共同研究を通し赤外域分子分光などにその展開を図っている。国際誌の雑誌編集，特集号企画から国際シンポジウム・会議の企画提案，開催に積極的に参加する事でその成果を内外に発信している。

- a) マイクロドメイン構造，界面（粒界面，結晶界面，さらには自発分極界面）を微細に制御する固相反応制御法の研究として，レーザーセラミックス，レーザー素子，分極反転素子の作製プロセスの高度化を図っている。特に，固体レーザーの発光中心である希土類イオンのスピン・軌道角運動量を利用したマイクロドメインの配向制御は，これまで不可能だった異方性セラミックスによるレーザー発振を成功させただけでなく原理的にはイオンレベルでの複合構造を可能とするなど，新たなフォトリソグラフィを創出するものと期待される。
- b) 光の発生，増幅，変換の高度制御を可能とする為の研究として，希土類イオンの発光・緩和機構の解明，固体中の光，エネルギー伝搬，さらにはマイクロドメイン構造と光子及び音子の相互作用機構解明，非線形光学過程の解明，モデル化を進めている。Yb レーザーの機構解明，Nd レーザーの直接励起可能性，希土類レーザーの励起光飽和特性，YVO₄ の高熱伝導率特性の発見，実証に繋がったばかりでなく，マイクロ共振器の高輝度効果，レーザー利得と非線形光学過程の量子相関などの興味深い展開も見せている。
- c) 開発した光素子を用いた新規レーザー，波長変換システムの開発と展開を図っている。エッジ励起セラミック Yb:YAG マイクロチップレーザーにおける連続波（CW）414W 発生（出力密度 200 kW/cm²），手のひらサイズ高輝度温度マイクロチップ Q スイッチレーザー（エネルギー：～4 mJ，光強度：～15 MW），200mJ 級の高効率・高出力のナノ秒光パラメトリック発生，波長 5 ～ 12 μm に至る広帯域波長可変中赤外光発生，マイクロチップレーザーからの UV 光（波長：266 nm）からテラヘルツ波（波長：100～300 μm），さらには2サイクル中赤外光からのコヒーレント軟X線（波長：～5 nm）・アト秒（200～300 as）発生などをマイクロ固体フォトリソグラフィで実証した。特に広帯域波長可変赤外光源が超音速ジェット中の化学種に対する振動分光に有用である事を検証した。今後，分子の振動状態についてのより詳細な分光学的情報を得ることが出来ると期待される。

B-1) 学術論文

- H. ISHIZUKI and T. TAIRA**, “High Energy Quasi-Phase Matched Optical Parametric Oscillation Using Mg-Doped Congruent LiTaO₃ Crystal,” *Opt. Express* **18**, 253–258 (2010).
- M. TSUNEKANE, T. INOHARA, A. ANDO, N. KIDO, K. KANEHARA and T. TAIRA**, “High Peak Power, Passively Q-Switched Microlaser for Ignition of Engines,” *IEEE J. Quantum Electron.* **46**, 277–284 (2010).
- N. PAVEL, M. TSUNEKANE and T. TAIRA**, “Enhancing Performances of a Passively Q-Switched Nd:YAG/Cr⁴⁺:YAG Microlaser with a Volume Bragg Grating Output Coupler,” *Opt. Lett.* **35**, 1617–1619 (2010).
- G. MASADA, T. SUZUDO, Y. SATOH, H. ISHIZUKI, T. TAIRA and A. FURUSAWA**, “Efficient Generation of Highly Squeezed Light with Periodically Poled MgO: LiNbO₃,” *Opt. Express* **18**, 13114–13121 (2010).
- J. AKIYAMA, Y. SATO and T. TAIRA**, “Laser Ceramics with Rare-Earth-Doped Anisotropic Materials,” *Opt. Lett.* **35**, 3598–3600 (2010).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

- T. TAIRA**, “Bulk Quasi-Phase-Matched Device: Large Aperture PPMgLN and PPMgLT,” *SPIE Photonics West*, 7582-37 (2010). (*Invited Paper*)
- J. AKIYAMA and T. TAIRA**, “Development of Anisotropic Transparent Ceramics for Laser Media,” *OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Photonics 2010*, ATub3 (2010).
- N. PAVEL, M. TSUNEKANE and T. TAIRA**, “Passively Q-Switched Nd:YAG/Cr⁴⁺:YAG Laser with a Volume Bragg Gratings Output Coupler,” *OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Photonics 2010*, AWB18 (2010).
- A. SUGITA, T. MATSUSHITA and T. TAIRA**, “Design of High Average Power Mode-Locked Oscillator Based on Edge-Pumped all Ceramic Yb:YAG/YAG Microchip,” *OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Photonics 2010*, AWB24 (2010).
- M. TSUNEKANE, T. TAIRA, T. INOHARA and K. KANEHARA**, “Efficient Ignition of a Real Automobile Engine by a High Brightness, Passively Q-Switched Cr:YAG/Nd:YAG Micro-Laser,” *OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Photonics 2010*, AWE7 (2010).
- T. TAIRA**, “The Promise of Giant Micro Photonics,” *SOLID STATE LASERS. 50 YEARS AFTER* (2010). (*Invited*)
- T. TAIRA**, “Next Generation of Laser Ceramics Toward Giant Micro-Photonics,” *The 7th Asia Pacific Laser Symposium (APLS2010)*, Fr-R2-1 (2010). (*Invited*)
- Y. SATO, T. TAIRA, V. SMIRNOV, L. GLEBOVA and L. GLEBOV**, “Laser Oscillation of Nd³⁺-Doped Photo-Thermo-Refractive Glass under Diode Laser Pumping,” *The Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO 2010)*, CTuJ4 (2010).
- H. ISHIZUKI and T. TAIRA**, “Continuously Tunable, High-Energy Mid-Infrared Optical-Parametric Oscillation by Angular Tuning of PPMgLN with Tilted QPM Structures,” *The Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO 2010)*, JTuD73 (2010).
- N. PAVEL, M. TSUNEKANE and T. TAIRA**, “Diode-Pumped Passively Q-Switched Nd:YAG/Cr⁴⁺:YAG Micro-Laser Controlled by Volume Bragg Gratings,” *The Conference on Lasers and Electro-Optics (CLEO 2010)*, JTuD117 (2010).
- T. TAIRA**, “Giant Micro-Photonics: Domain Controlled Optical Materials,” *4th International Workshop on Photonic and Electronic Materials*, 40–41 (2010). (*Invited*)

- T. TAIRA**, “Advanced Laser Ceramics Toward Giant Micro Photonics,” *The 16th international conference on crystal growth/ 14th international conference on vapor growth and epitaxy (ICCG-16/ICVGE-14)* (2010). (Invited)
- N. PAVEL, M. TSUNEKANE and T. TAIRA**, “Passively Q-Switched Nd:YAG/Cr⁴⁺:YAG Laser with Enhanced Performances and Wavelength Tuning by a Volume Bragg Grating,” *4th EPS-QEOD Europhoton Conference*, TuP1 (2010).
- M. TSUNEKANE and T. TAIRA**, “Diode Edge-Pumped, Composite Ceramic Nd:YAG Microchip Laser with Sm:YAG Pump Waveguide,” *4th EPS-QEOD Europhoton Conference*, WeP8 (2010).
- T. TAIRA**, “Micro Solid-State Photonics—New Photonics by Micro-Domain Controlled Materials,” *E-MRS 2010 Fall Meeting* (2010). (Invited)
- T. TAIRA**, “Laser Ignition of Combustion Engines for Cleaner Vehicles (Plenary),” *ICALEO—International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics*, P2 (2010). (Plenary Talk)
- M. TSUNEKANE and T. TAIRA**, “Diode Edge-Pumped, Composite Ceramic Nd:YAG/Sm:YAG Microchip Lasers,” *Frontiers in Optics 2010*, FThG3 (2010).
- T. TAIRA**, “Anisotropic Ceramics as a Next Generation Laser,” *6th Laser Ceramics Symposium* (2010). (Invited)

B-3) 総説，著書

- N. PAVEL, M. TSUNEKANE and T. TAIRA**, “High Peak-Power Passively Q-Switched All-Ceramics Nd:YAG/Cr⁴⁺:YAG Lasers,” *ROMOPTO 2009, Proc. of SPIE 7469*, 746903 (12 pages) (2009).
- T. TAIRA**, “High Brightness Microchip Laser and Engine Ignition,” *Rev. Laser Eng.* **38**, 576–584 (2010). (in Japanese).
- 平等拓範, 「光波特性制御マイクロチップレーザー——ジャイアントマイクロフォトリクス」『光科学研究の最前線 2, 強光子場科学研究懇談会』, 42 (2009).
- 石垣直也, 宇野進吾, 齊川次郎, 門谷章之, 東條公資, 徳田勝彦, 渡辺一馬, 井戸豊, 平等拓範, 「全固体UVパルスレーザーの開発とその応用」『島津評論 67』, 13–21 (2010).
- M. TSUNEKANE, T. INOHARA, K. KANEHARA and T. TAIRA**, “Micro-Solid-State Laser for Ignition of Automobile Engines,” in *Advances in Solid-State Lasers: Development and Applications*, Mikhail Grishin, Ed., ISBN 978-953-7619-80-0, INTECH; Croatia, Chapter 10, pp. 195–212 (2010).
- 平等拓範, 「マイクロチップ固体レーザー」「レーザーディスプレイ」黒田和男, 山本和久, 栗村直 編, 第2章 光源技術, 第2.2節 波長変換, オプトロニクス社, 第2.2.2節, pp. 84–104 (2010).

B-4) 招待講演

- T. TAIRA**, “Bulk Quasi-Phase-Matched Device: Large Aperture PPMgLN and PPMgLT,” SPIE Photonics West, San Francisco (U.S.A.), January 2010.
- 平等拓範, 「固体レーザーの新展開：ジャイアントマイクロフォトリクス」第4回光材料・応用技術研究会, 早稲田大学, 東京, 2010年3月.
- T. TAIRA**, “Automobile Engine Ignition by High Brightness Micro-Laser,” First Workshop on Plasma-Assisted Combustion, Osaka University, Osaka, March 2010.
- T. TAIRA**, “The Promise of Giant Micro Photonics,” SOLID STATE LASERS. 50 YEARS AFTER, Tarragona (Spain), March 2010.

T. TAIRA, “Giant Micro-Photonics by New Domain Controlling,” ETH–OPTeth-Laser Seminar, Zurich (Switzerland), March 2010.

平等拓範,「高輝度マイクロチップレーザー」光電相互変換第125委員会「本委員会第208回研究会」日本学術振興会, 東京理科大学, 東京, 2010年5月.

T. TAIRA, “Next Generation of Laser Veramics Toward Giant Micro-Photonics,” The 7th Asia Pacific Laser Symposium (APLS2010), Jeju Island (Korea), May 2010.

T. TAIRA, “Giant Micro-Photonics: Domain Controlled Optical Materials,” 4th International Workshop on Photonic and Electronic Materials, San Sebastian (Spain), July 2010.

T. TAIRA, “Advanced Laser Ceramics Toward Giant Micro Photonics,” The 16th international conference on crystal growth/ 14th international conference on vapor growth and epitaxy (ICCG-16/ICVGE-14), Beijing (China), August 2010.

T. TAIRA, “State-of-the Art Micro Solid-State Photonics,” University of Twente, Enschede (Netherlands), September 2010.

T. TAIRA, “Micro Solid-State Photonics—New Photonics by Micro-Domain Controlled Materials,” E-MRS 2010 Fall Meeting, Warsaw University of Technology, Warsaw (Poland), September 2010.

T. TAIRA, “Laser Ignition of Combustion Engines for Cleaner Vehicles (Plenary),” ICALEO—International Congress on Applications of Lasers & Electro-Optics, Anaheim (U.S.A.), September 2010.

平等拓範,「自動車産業における光省エネ」第2回光材料・応用技術研究会, パシフィコ横浜, 神奈川, 2010年10月.

平等拓範,「ジャイアントマイクロフォトニクスの開拓世界」レーザー衝撃と応用技術専門委員会, レーザー学会, 浜松ホトニクス東京支店, 東京, 2010年10月.

宮崎充彦, 斎川次郎, 石月秀貴, 平等拓範, 藤井正明,「ZGP/PPLN/色素レーザーによる中赤外波長可変レーザーを用いた超音速分子線レーザー分光」日本光学会年次学術講演会, 中央大学, 東京, 2010年11月.

平等拓範,「マイクロ固体フォトニクスの展開——高輝度マイクロチップレーザーとエンジン点火などの応用——」第78回研究会(第50回レーザ技術セミナー)中部レーザ応用技術研究会, 名古屋, 2010年11月.

平等拓範,「受動Qスイッチ型μチップレーザの高輝度化とエンジン点火」第34回レーザ協会セミナー, レーザ協会, 東京, 2010年11月.

T. TAIRA, “Anisotropic Ceramics as a Next Generation Laser,” 6th Laser Ceramics Symposium, Munster (Germany), December 2010.

B-5) 特許出願

特願 2009-287546,「半導体レーザー励起によるエンジン点火用固体レーザー装置」常包正樹, 平等拓範, 金原賢治(自然科学研究機構, (株)日本自動車部品総合研究所) 2009年.

特願 2010-006562,「半導体レーザー励起固体レーザー装置」常包正樹, 平等拓範(自然科学研究機構) 2010年.

特願 2010-032011,「多点点火用半導体レーザー励起固体レーザーアレイ装置」常包正樹, 平等拓範, 金原賢治(自然科学研究機構, (株)日本自動車部品総合研究所) 2010年.

B-6) 受賞, 表彰

斎川次郎, 応用物理学会北陸支部発表奨励賞 (1998).

平等拓範, 第23回(社)レーザー学会業績賞(論文賞)(1999).

平等拓範, 第1回(財)みやぎ科学技術振興基金研究奨励賞 (1999).

池末明生, 鈴木敏之, 佐々木優吉, 平等拓範, 第51回(社)日本金属学会金属組織写真奨励賞 (2001).

庄司一郎, 第11回(2001年秋季)応用物理学会講演奨励賞 (2001).

池末明生, 平等拓範, 吉田國雄, (社)日本ファインセラミックス協会技術振興賞 (2002).

平等拓範, 文部科学省文部科学大臣賞(第30回研究功績者)(2004).

NICOLAIE PAVEL, The ROMANIAN ACADEMY Awards, The “Constantin Miculescu” Prize (2004).

斎川次郎, 佐藤庸一, 池末明生, 平等拓範, 第29回(社)レーザー学会業績賞(進歩賞)(2005).

秋山 順, 愛知県若手研究者奨励事業第2回「わかしゃち奨励賞(優秀賞)」(2008).

平等拓範, 第24回光産業技術振興協会櫻井健二郎氏記念賞 (2008).

秋山 順, 第26回(2009年春季)応用物理学会講演奨励賞 (2009).

栗村 直, 平等拓範, 谷口浩一, 三菱電線工業(株)平成21年度発明考案表彰(アメリカ特許7106496号「波長変換用, 光演算用素子」他)(2010).

平等拓範, 米国光学会フェロー: 2010 Optical Society of America (OSA) Fellow (2010).

常包正樹, 猪原孝之, 安藤彰浩, 木戸直樹, 金原賢治, 平等拓範, 第34回(社)レーザー学会業績賞(論文賞)オリジナル部門 (2010).

B-7) 学会および社会的活動

学協会役員等

レーザー学会レーザー素子機能性向上に関する専門委員会幹事 (1997–1999).

レーザー学会研究会委員 (1999–).

電気学会高機能全固体レーザと産業応用調査専門委員会幹事 (1998–2002).

レーザー学会レーザー用先端光学材料に関する専門委員会委員 (2000–2002).

光産業技術振興協会光材料・応用技術研究会幹事 (2004–).

NEDO 評価委員 (2005–2006).

レーザー学会評議員 (2005–).

レーザー学会「マイクロ固体フォトンクス」専門委員会主査 (2006–2009).

財団法人光産業技術振興協会多元技術融合光プロセス研究会幹事 (2009–2011).

米国光学会 Optical Society of America (OSA) 非線形光学テクニカル・グループ議長(米国ワシントンDC)

応用物理学会日本光学会レーザーディスプレイ技術研究グループ顧問 (2008–).

レーザー学会「マイクロ固体フォトンクスの新展開」専門委員会主査 (2009–).

学会の組織委員等

OSA, Advanced Solid-State Photonics (ASSP 2008), 国際会議プログラム委員会共同議長 (2007–2008).

OSA, Nonlinear Optics (NLO 2009), 国際会議プログラム委員会共同議長 (2008–2009).

CLEO/PacificRim 2009, 国際会議分科委員会共同議長 (2008–2009).

OSA, Advanced Solid-State Photonics (ASSP 2009), 国際会議プログラム委員会共同統括議長 (2008–2009).

OSA, Nonlinear Optics (NLO 2011), 国際会議プログラム委員会議長 (2010–).

LASERS 2001, 国際会議プログラム委員 (2001).

レーザー学会学術講演会プログラム委員 (2001, 2004, 2006).

CLEO/PacificRim 2005, 国際会議プログラム委員 (2004–2005).

Advanced Solid-State Photonics, 国際会議プログラム委員 (2005–2010).

23rd International Laser Radar Conference, 国際会議実行委員 (2005–2006).

Int. Conf. “Micro- to Nano-Photonics—ROMOPT 2006,” プログラム委員 (2005–2006).

CLEO, Nonlinear Optics Application, 国際会議分科委員 (2006–2009).

OSA, Nonlinear Optics, 国際会議プログラム委員 (2006–).

3rd Laser Ceramics Symposium: International Symposium on Transparent Ceramics for photonic applications, 国際会議諮問委員 (2006–2007).

APLS 2008, 国際会議プログラム委員 (2007–2008).

3rd EPS Europhoton Conference on Solid-State and Fiber Coherent Light Sources, 国際会議分科委員 (2007–2008).

レーザー学会学術講演会第28回年次大会実行委員会委員 (2007).

レーザー・光波・マイクロ波国際会議2008 (ILLMC2008) 国際学会諮問委員 (2008).

International Workshop on Holographic Memories (IWHM) 2008, プログラム委員会委員 (2008).

OECC2008「CLEO Focus: Frontiers in Photonics」プログラム分科委員会委員 (2008).

4th Laser Ceramics Symposium: International Symposium on Transparent Ceramics for Laser, 国際会議諮問委員 (2008–).

Int. Conf. “Micro- to Nano-Photonics II —ROMOPT 2009,” プログラム委員 (2008–2009).

レーザー学会学術講演会第30回年次大会実行委員会委員 (2009).

4th Europhoton Conference on “Solid-State, Fiber and Waveguide Coherent Light Sources,” 国際会議分科委員 (2009–2010).

International Workshop on Holographic Memories & Display (IWHM&D2010), 国際会議プログラム委員会委員 (2010).

Lasers and Their Applications Symposium, Photonics Global Conference 2010, 国際会議テクニカル・プログラム委員会委員 (2010).

EQEC 2011, Fundamentals of Nonlinear Optics, 国際会議分科委員 (2010–).

Advances in Optical Materials (AIOM 2011), 国際会議プログラム委員会委員 (2010–).

CLEO 2011: Science & Innovations 2: Solid-State, Liquid and Gas Lasers, 国際会議諮問委員 (2010–).

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政策研究所科学技術動向研究センター専門調査員 (2006–).

日本学術振興会特別研究員等審査会専門委員及び国際事業委員会書面審査員 (2008–2009).

日本学術振興会第130委員会委員 (2007–), 幹事 (2008–).

その他

愛知県産業労働部愛知県若手奨励賞審査員 (2007–).

日本原子力研究開発機構研究業績評価委員会委員 (2008).

B-8) 大学での講義, 客員

豊橋技術科学大学ナノフォトニクス情報テクノロジーリサーチセンター, 客員教授, 2010年.

総合研究大学院大学物理科学研究科, 「光物理」2010年前期.

B-10) 競争的資金

科研費基盤研究(B)(2)(展開)「広帯域波長可変超短パルス光源のための高出力Yb:YAG モードロックレーザーの開発」平等拓範 (1998年–2000年).

科研費特別研究員奨励費,「非線形波長変換に適した高輝度レーザーシステムの開発研究」平等拓範(1999年-2000年).

科研費基盤研究(B)(2)(一般)「大出力小型固体レーザーによる広帯域赤外光発生に関する研究」平等拓範(1999年-2001年).

地域連携推進研究費(2),「界面制御による高機能光計測用波長可変クロマチックレーザーの開発研究」平等拓範(2000年-2002年).

科研費基盤研究(A)(2)(一般)「次世代セラミックレーザー」平等拓範(2003年-2005年).

科学技術振興機構福井県地域結集型共同事業,「光ビームによる機能性材料加工創成技術開発」サブグループ研究代表 平等拓範(2000年-2005年).

産学官共同研究の効果的な推進,「輻射制御直接励起マイクロチップレーザー」平等拓範(2002年-2004年).

地域新生コンソーシアム,「ヒートシンク一体型 Yb:YAG マイクロチップデバイスの開発」平等拓範(2004年-2005年).

NEDO,「カラーリライタブルプリンタ用高効率小型可視光光源“Tri Color Laser”の研究開発」再委託(研究代表 リコー)(2004年-2006年).

科学技術振興機構研究成果活用プラザ東海,実用化のための育成研究,「光波反応制御内燃機関をめざしたマイクロレーザーの研究開発」平等拓範(2006年-2008年).

科学技術振興機構先端計測分析技術・機器開発事業,「イオン化光源としてのマイクロチップレーザーの開発」再委託(研究代表 東京工業大学)(2007年-).

科研費若手研究(B),「マグネシウム添加タンタル酸リチウムを用いた高効率・高出力中赤外レーザー発生」石月秀貴(2007年-2008年).

科学技術振興機構産学共同シーズイノベーション化事業,育成ステージ,「車載型マイクロレーザ点火エンジンの低燃費・高出力特性の実証研究」研究リーダー,平等拓範(シーズ育成プロデューサー(株)日本自動車部品総合研究所)(2008年-).

科研費基盤研究(B),「小型可搬な広帯域波長可変中赤外レーザーの開発研究」平等拓範(2009年-2011年).

科学技術振興機構先端計測分析技術・機器開発事業,「次世代質量イメージングのためのUV マイクロチップレーザーを用いた計測システムの開発」平等拓範(2010年-).

B-11) 産学連携

(株)コンボン研究所,「マイクロ固体フォトリソの基礎研究」平等拓範(2010年).

(株)日本自動車部品総合研究所,「中赤外 4.3 μ m CW レーザによる CO₂ 濃度計測の研究」平等拓範(2010年).

浜松ホトニクス(株),「マイクロチップレーザーの高繰り返し化に関する研究」平等拓範(2010年).

(株)リコー,「面発光型高出力レーザー光源の研究」平等拓範(2010年).

C) 研究活動の課題と展望

先端的レーザー光源の中で,特にビーム高品質化(空間特性制御)ならびに短パルス化(時間特性制御)などの高輝度化,そしてスペクトルの高純度化を広い波長領域(スペクトル特性制御)でコンパクト化と同時に実現することは,極めて重要な課題である。すでに,マイクロ固体フォトリソは,医療,バイオ,エネルギー,環境,ディスプレイ,光メモリ分野での展開が図られつつある。一方で,コヒーレントX線からテラヘルツ波発生,超高速レーザーの極限であるアト秒発生,さらには量子テレポーテーション等の光科学の最先端分野も,このキーワードで深化しつつあり,その学術的拠り所としての基盤構築が必要な時期となっている。