

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：マイクロ固体フォトニクスの研究

- 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ニクスの展開

A-3) 研究活動の概略と主な成果

近年のマイクロ固体フォトニクスの進展 [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) パルク擬似位相整合 (QPM) 素子: 大口径周期分極反転 MgO:LiNbO₃ (PPMgLN)] を先導すると共に, 固体レーザー, 非線形光学波長変換に関し最も権威ある *Advanced Solid-State Photonics* (OSA のトピカルミーティング) を初めてアジアに誘致し, 奈良で開催することで研究室の成果を世界に紹介すると共に日本の当該分野における先進性を世界に示した。

- a) マイクロドメイン構造, 界面 (粒界面, 結晶界面, さらに自発分極界面) を微細に制御する固相反応制御法の研究であり, 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。
- 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/cm³), 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: ~16 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: ~200 μm), さらに 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ニクスで実証した。さらには, 新素子は高品質スクイーズド光の高効率発生も可能と期待されており, 量子テレポーテーションなどの量子光学などの分野へも展開されつつある。

B-1) 学術論文

R. BHUSHAN, H. YOSHIDA, K. TSUBAKIMOTO, H. FUJITA, M. NAKATSUKA, N. MIYANAGA, Y. IZAWA, H. ISHIZUKI and T. TAIRA, "Generation of High Efficiency 2μm Laser Pulse from a Periodically Poled 5 mol% MgO-Doped LiNbO₃ Optical Parametric Oscillator," *Appl. Phys. Express* **1**, 022007 (3 pages) (2008).

R. BHUSHAN, H. YOSHIDA, K. TSUBAKIMOTO, H. FUJITA, M. NAKATSUKA, N. MIYANAGA, Y. IZAWA, H. ISHIZUKI and T. TAIRA, “High Efficiency and High Energy Parametric Wavelength Conversion Using a Large Aperture Periodically Poled MgO:LiNbO₃,” *Opt. Commun.* **281**, 3902–3905 (2008).

J. SAIKAWA, M. MIYAZAKI, M. FUJII, H. ISHIZUKI and T. TAIRA, “High-Energy, Broadly Tunable, Narrow-Bandwidth Mid-Infrared Optical Parametric System Pumped by Quasi-Phase-Matched Devices,” *Opt. Lett.* **33**, 1699–1701 (2008).

H. ISHIZUKI and T. TAIRA, “Mg-Doped Congruent LiTaO₃ Crystal for Large-Aperture Quasi-Phase Matching Device,” *Opt. Express* **16**, 16963–16970 (2008).

K. XU, P. LOISEAU, G. AKA, R. MAILLARD, A. MAILLARD and T. TAIRA, “Nonlinear Optical Properties of Ca₅(BO₃)₃F Crystal,” *Opt. Express* **16**, 17735–17744 (2008).

H. SAKAI, H. KAN and T. TAIRA, “>1 MW Peak Power Single-Mode High-Brightness Passively Q-Switched Nd³⁺:YAG Microchip Laser,” *Opt. Express* **16**, 19891–19899 (2008).

Y. SATO, H. ISHIZUKI and T. TAIRA, “Novel Model of Thermal Conductivity for Optical Materials,” *Rev. Laser Eng. Supplemental Volume 2008*, **36**, 1081–1084 (2008).

B-2) 国際会議のプロシーディングス

M. TSUNEKANE, T. INOHARA, A. ANDO, K. KANEHARA and T. TAIRA, “High Peak Power, Passively Q-Switched Cr:YAG/Nd:YAG Micro-Laser for Ignition of Engines,” *OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Photonics*, MB4 (2008).

Y. OISHI, T. DASCALU, K. MIDORIKAWA and T. TAIRA, “Thermal-Birefringence-Induced Local Depolarization in Thin YAG Ceramics,” *OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Photonics*, MC15 (2008).

K. YAMAOKA, M. SASAKI, R. KOSEKI and T. TAIRA, “AO Q-Switching Operation in Edge-Pumped Composite All-Ceramic Yb:YAG Microchip Laser,” *OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Photonics*, MC17 (2008).

R. BHUSHAN, H. YOSHIDA, K. TSUBAKIMOTO, H. FUJITA, M. NAKATSUKA, N. MIYANAGA, Y. IZAWA, H. ISHIZUKI and T. TAIRA, “Efficient Wavelength Conversion Based on Periodically Poled MgO:LiNbO₃ Optical Parametric Oscillator,” *OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Photonics*, MC27 (2008).

S. HAYASHI, T. SHIBUYA, H. SAKAI, H. KAN, T. TAIRA, Y. OGAWA, C. OTANI and K. KAWASE, “Tunable Terahertz-Wave Parametric Generation Pumped by Microchip Nd:YAG Laser,” *OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Photonics*, MC30 (2008).

J. SAIKAWA, M. MIYAZAKI, M. FUJII, H. ISHIZUKI and T. TAIRA, “Tunable, Narrow-Bandwidth Mid-IR Generation in ZnGeP₂ Crystals Pumped by a Large Aperture Periodically Poled Mg Doped LiNbO₃ Optical Parametric System,” *OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Photonics*, MC46 (2008).

X. GU, G. MARCUS, Y. DENG, N. ISHII, T. FUJI, M. SCHULTZE, T. TAIRA, R. HARTMANN, S. ROITHER, M. KITZLER, A. BALTUSKA, R. KIENBERGER and F. KRAUSZ, “A Few-Cycle Sub-Millijoule Infrared OPCPA System and its Application in High-Harmonic Generation,” *OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Photonics*, TuA4 (2008).

T. SUZUDO, M. HIROI, Y. HIGASHI, Y. SATOH, Y. SATO, H. ISHIZUKI, T. TAIRA and Y. FURUKAWA, “9.6-W CW Green Output from Diode Edge-Pumped Composite Vanadate Microchip Laser with Small Packaged Volume,” *OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Photonics*, WD4 (2008).

- K. XU, P. LOISEAU, G. AKA and T. TAIRA**, "A Promising NLO Crystal for UV Light Generation: $\text{Ca}_5(\text{BO}_3)_3\text{F}$," *OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Photonics*, WD5 (2008).
- T. FUJIKAWA, K. AKIHAMA, M. EBINA and T. TAIRA**, "Laser-Induced Breakdown of Air with Double-Pulse Excitation," *OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Photonics*, WE1 (2008).
- Y. SATO, H. ISHIZUKI and T. TAIRA**, "A Study of a Thermal Conductivity: a General Model for Optical Materials," *OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Photonics*, WE19 (2008).
- K. TOJO, N. ISHIGAKI, A. KADOYA, K. WATANABE, Y. IDO and T. TAIRA**, "Intra-Cavity Frequency Tripling in Actively Q-Switched Miniature Nd:YVO₄ Laser for MALDI/TOFMS," *OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Photonics*, WE35 (2008).
- H. SAKAI, A. SONE, H. KAN and T. TAIRA**, "High Brightness Diode-Pumped Passively Q-Switched Nd:YAG Microchip Laser with Amplifier," *OSA Topical Meeting on Advanced Solid-State Photonics*, WE38 (2008).
- Y. SATO, H. ISHIZUKI and T. TAIRA**, "Novel Model of Thermal Conductivity for Optical Materials," *The 6th Asia Pacific Laser Symposium (APLS 2008)*, 31Bp8 (2008).
- J. SAIKAWA, M. MIYAZAKI, M. FUJII, H. ISHIZUKI and T. TAIRA**, "Tunable, Narrow-Bandwidth Difference Frequency Generation in ZnGeP₂ Crystals Pumped by a Large Aperture Periodically Poled Mg Doped LiNbO₃ Optical Parametric System," *ILLMC2008*, 23-TP1-3 (2008).
- M. TSUNEKANE, T. INOHARA, A. ANDO, K. KANEHARA and T. TAIRA**, "Compact, High Peak Power, Passively Q-Switched Micro-Laser for Ignition of Engines," *CLEO 2008*, CFJ4 (2008).
- Y. SATOH, Y. HIGASHI, M. HIROI, T. SUZUDO, H. ISHIZUKI and T. TAIRA**, "Over 10W Single-Pass Second Harmonic Green Light Generation with Periodically Poled MgO Doped Congruent LiNbO₃," *CLEO 2008*, CFK2 (2008).
- Y. PETIT, B. BOULANGER, P. SEGONDS, P. BRAND, C. FELIX, B. MENAERT, H. ISHIZUKI and T. TAIRA**, "Angular Quasi-Phase-Matching in MgO:PPLN," *CLEO 2008*, CFK7 (2008).
- Y. OISHI, T. DASCALU, K. MIDORIKAWA and T. TAIRA**, "Thermally Induced Local-Depolarization in Thin YAG Ceramics for High-Power Lasers," *CLEO 2008*, CFQ5 (2008).
- K. TOJO, N. ISHIGAKI, A. KADOYA, K. WATANABE, K. TOKUDA and T. TAIRA**, "Intra-Cavity Frequency Tripling in Actively Q-Switched Ceramic Nd:YAG Micro-Laser," *CLEO 2008*, CThX3 (2008).
- S. HAYASHI, T. SHIBUYA, H. SAKAI, T. TAIRA, C. OTANI, Y. OGAWA and K. KAWASE**, "Palmtop Terahertz-Wave Parametric Generator with Wide Tunability," *CLEO 2008*, CTuHH7 (2008).
- J. SAIKAWA, M. MIYAZAKI, M. FUJII, H. ISHIZUKI and T. TAIRA**, "Narrow-Bandwidth Mid-IR Generation Based on a Large Aperture Periodically Poled Mg-Doped LiNbO₃ Optical Parametric Pump System," *CLEO 2008*, CTuII4 (2008).
- Y. SATO, J. AKIYAMA and T. TAIRA**, "Novel Model on Thermal Conductivity in Laser Media: Dependence on Rare-Earth Concentration," *CLEO 2008*, CTuQ7 (2008).
- H. ISHIZUKI and T. TAIRA**, "Mg-Doped Congruent LiTaO₃ Crystal for Large-Aperture Quasi-Phase Matching Device," *CLEO 2008*, CWG1 (2008).
- K. XU, P. LOISEAU, G. AKA, R. MAILLARD, A. MAILLARD and T. TAIRA**, "Nonlinear Optical Properties of $\text{Ca}_5(\text{BO}_3)_3\text{F}$," *3rd EPS-QEOD Europhoton Conference*, tup.11 (2008).

Y. PETIT, B. BOULANGER, P. SEGONDS, P. BRAND, C. FELIX, B. MENAERT, H. ISHIZUKI and T. TAIRA, “Angular Quasi-Phase-Matching : A New Concept,” *3rd EPS-QEOD Europhoton Conference*, thp.20 (2008).

M. TSUNEKANE, T. INOHARA, A. ANDO, K. KANEHARA and T. TAIRA, “Compact and High-Brightness Passively Q-Switched Cr:YAG/Nd:YAG Laser for Ignition of Engines,” *3rd EPS-QEOD Europhoton Conference*, frob.2 (2008).

B-3) 総説, 著書

T. TAIRA and Y. SATO, “Thermal Conductivity Model of Optical Materials,” *SPIE Defense & Security 2008*, 6952-13 (2008).

T. TAIRA, “Giant Micro Photonics,” *Rev. Laser Eng.* **36**, 109 (2008).

T. TAIRA and Y. SATO, “A General Model of a Thermal Conductivity for Optical Materials,” *Proc. SPIE*, **6952**, E-1~3 (2008).

平等拓範, 「光シンセサイザーをてのひらに——マイクロ固体フォトニクスの新展開——」 「自然科学研究機構シンポジウム収録集 爆発する光科学の世界——量子から生命体まで——」 (株)クパプロ, pp. 35-66 (2007).

R. WON, “Ceramic Future,” *Nat. Photonics* **2**, 216-217 (2008).

D. G. ROWE, “Lasers for Engine Ignition,” *Nat. Photonics* **2**, 515-517 (2008).

B-4) 招待講演

T. TAIRA, “Micro Solid-State Photonics for Brightness and Wavelength Converters,” Max-Planck-Institut fuer Quantenoptik, Munich (Germany), October 2007.

T. TAIRA, “Ceramic Microchip Lasers,” University of Applied Science, Munster (Germany), February 2008.

T. TAIRA and Y. SATO, “Thermal Conductivity Model of Optical Materials,” SPIE Defense & Security 2008, Orland (U.S.A.), March 2008.

T. TAIRA, “The Promise of Giant Micro-Photonics,” NIPS-JST International Workshop, Okazaki (Japan) April 2008.

T. TAIRA, “Ceramic Lasers and Ceramic-Crystal Lasers,” 4th International Workshop on Crystal Growth Technology (IWCGT-4), Beatenberg (Switzerland), May 2008.

T. TAIRA, “Ceramic Microchip Lasers,” 17th International Laser Physics Workshop (LPHYS'08), NTNU, Trondheim (Norway), June-July 2008.

T. TAIRA, “High Brightness Ceramic Microchip Laser and its Application,” 4th Laser Ceramics Symposium (2008LCS), Shanghai (China), November 2008.

T. TAIRA, “Ceramic Lasers,” The 110th Microoptics Meeting, Microoptics News 26, Tokyo (Japan), December 2008.

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, 平等拓範, 吉田國雄, 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, 鈴木敏之, 佐々木優吉, 平等拓範, (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, 平成16年度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).

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ー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).
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).

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).
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 (2005).
Advanced Solid-State Photonics, 国際会議プログラム委員 (2005-).
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-).
OSA, Nonlinear Optics, 国際会議プログラム委員 (2006-), グループ議長 (2008-).
3rd International Laser Ceramics Symposium, プログラム委員 (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 (2007-2008).
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 (2007-2008).
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).

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-).

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).

文部科学省, 学術振興会, 大学共同利用機関等の委員等

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).

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

豊橋技術科学大学先端フォトニック情報メモリリサーチセンター, 客員教授, 2008年.

東京工業大学統合研究院, 統合研究院ソリューション研究教員, 2008年.

B-10) 競争的資金

奨励研究(A), 「波長多重高密度記録光メモリのための新型青緑域波長可変高コヒーレントレーザーの提案」平等拓範 (1998年-1999年).

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).

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).

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プレーザーの開発研究」平等拓範 (2000年-2002年).

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-).

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-)。

B-11) 産学連携

(株)鳥津製作所，「小型高輝度UV光源の研究」平等拓範(2008年)。

(株)ロンボン研究所，「マイクロ固体フォトニクス基礎研究」平等拓範(2008年)。

浜松ホトニクス(株)「マイクロチップレーザの光増幅に関する研究」平等拓範(2008年)。

(株)リコー，「側面励起型小型高出力レーザ光源の研究」平等拓範(2008年)。

共栄社化学(株)「超短パルスレーザを使ったホログラム記録」平等拓範(2008年)。

(株)日本自動車部品総合研究所，「中赤外4.3 μ mCWレーザの研究」平等拓範(2008年)。

三菱電機(株)情報技術研究所，「導波路型レーザ用固体レーザ材料の研究」平等拓範(2008年)。

C) 研究活動の課題と展望

先端的レーザ光源の中で，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ニクスは，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。