

2019年10月11日(金), 13:30-13:40,  
於: 分子研



# 第6回レーザー学会 「ユビキタス・パワーレーザー」専門委員会

## 第6回科学技術交流財団 「マイクロ固体フォトンクス」研究会

平等拓範

[taira@spring8.or.jp](mailto:taira@spring8.or.jp), [taira@ims.ac.jp](mailto:taira@ims.ac.jp)

理化学研究所 放射光科学研究センター (RSC)

自然科学研究機構 分子科学研究所 (IMS)

OSA, SPIE, IEEE, IAPLE, and LSJ Fellow

# レーザー学会「ユビキタス・パワーレーザー」専門委員会

## ● 主査 (Chief)

平等拓範 (Takunori Taira) taira@ims.ac.jp  
理化学研究所放射光科学研究センター (RSC)  
自然科学研究機構分子科学研究所 (IMS)

## ● 副主査 (Sub-Chief)

庄司一郎 (Ichiro Shoji) ishoji@elect.chuo-u.ac.jp  
中央大学理工学部電気電子情報通信工学科 (Chuo University)

## ● 幹事 (Leader)

石月秀貴 (Hideki Ishizuki) ishizuki@ims.ac.jp  
理化学研究所放射光科学研究センター (RSC)

## ● 委員 (Committee)

大学, 国研, 企業

# 目的・活動趣意

- いつでも、どこでも使えるパワーレーザーの実現とその普及のため、物質・材料の性質をマイクロメータ（光の波長）オーダーで制御し、固体レーザーや非線形光学波長変換などの光学特性を強調、さらに新たな機能発現を目指した**マイクロ固体フォトンクス**の議論を深化させる。特に、微細な秩序制御（高度な物質制御）を施した物質の集積によるジャイアント光（高輝度光・高輝度温度光）の発生・制御が望める**ジャイアントマイクロフォトンクス**（Giant Micro-photonics）によるユビキタス・パワーレーザーの可能性や期待される応用につき展開を図る

# 背景・ねらい

- 本専門委員会では、パワーレーザーのユビキタス化に求められる**要素技術の開発**と、その普及のための**応用分野発掘**を目指し、マイクロ材料加工・制御法とこれら先端的なレーザー光源にまつわるマイクロ固体フォトンクスの深化、さらに光波の極限的制御、高輝度化を目指す基礎研究から、**光源の高性能化**（高輝度・広帯域波長可変性）と**ダウンサイジング**により拓かれるエネルギー・環境、ディスプレイ、バイオから農業まで幅広く新たな可能性につき議論する。特に、これまでの活動の中から生まれたレーザー点火や粒子加速など高強度光の利用に関し国際会議の支援を含めた活動などの調査研究を推進する。

# 科学技術交流財団「マイクロ固体フォトンクス」研究会

<http://www.astf.or.jp/soumu/foundation.html>

当財団は、産・学・行政の連携と協力の基、世界にも目を向けた研究者のネットワークを構築し、21世紀を担う新しい科学技術を創出し、産業活動の発展を目指して、愛知県地域を拠点として活動しています。

当地域は、「中部国際空港」、「第二東名・名神高速道路」、「2005年日本国際博覧会」等のプロジェクト、「リニア中央新幹線」、あいち学術研究開発ゾーンの中核地区としての「交流未来都市」構想など夢あふれる計画が着実に進行しています。

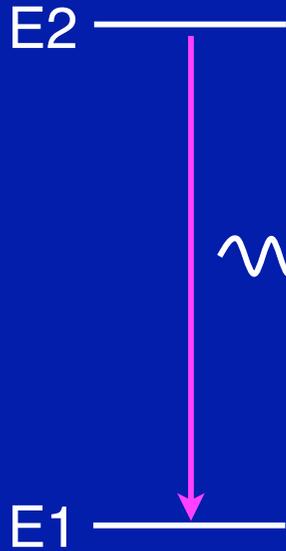
科学技術交流センター計画は、学術研究の交流拠点エリアの核となるプロジェクトです。

財団はその推進を担い、幅広い研究者の交流から生まれる発想を大切に、地域から全国・世界に向けて創造的科学技术を発信していきます。

愛知県地域の技術資源をフルに活用し、新しい科学技術を生み出すための人的交流のインターフェイス作りをするとともに、コーディネート活動を重視し、各種の研究・開発プロジェクト、共同研究を推進、次世代の産業・社会の基盤形成を図っていきます。

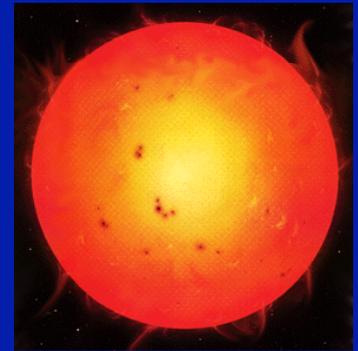


# 光子 (フォトン)



フォトンを介しエネルギーが変化

フォトン1個のエネルギーに対応する温度  $\gg$   
 $\Delta E = h\nu$  (可視域)  $\sim 2.5 \text{ eV} = 30,000 \text{ K}$



光は集めることができる  $\Rightarrow$  光エネルギーの利用価値

- 空間モード (強度と偏光分布) の制御性
- スペクトル (波長と単色性) の制御性
- 時間波形 (超低雑音からアト秒まで) の制御性
- この様な光子の束をどこまで増強できるか

によって大きく左右される

# The National Ignition Facility of LLNL

2MJ (355nm) focus to 250-300 $\mu$ m (target) toward laser fusion ( $>10^8$  K)



**3 x Game Stadium Size**

Beampath infrastructure

optics

Line rep  
units (LF



## ● Calorie of Chocolate

» 259 kcal

Energy conversion

» 259 kcal x 4.186 J/cal

= 1.0842 x 10<sup>6</sup> J

~1 MJ

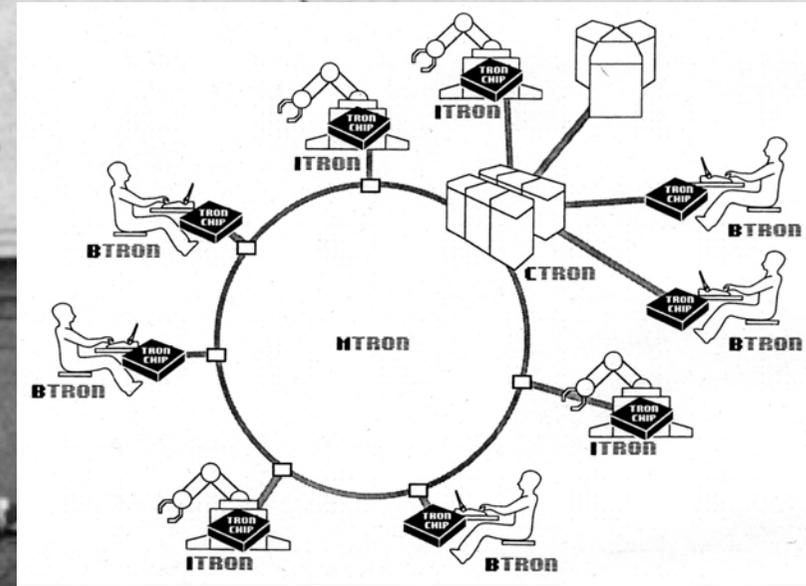
(a) Construction progress in 1997, (b) the completed NIF conventional facility, and (c) a cut-away showing NIF's interior. Installation of optics and diagnostic instruments will continue through 2008.



**“Laser”** is the Energy Quality Converter

# Back Ground: 1985-1989 Mitsubishi Electric Co., LSI Inst.

TRON system Architecture  
The Realtime Operating system Nucleus



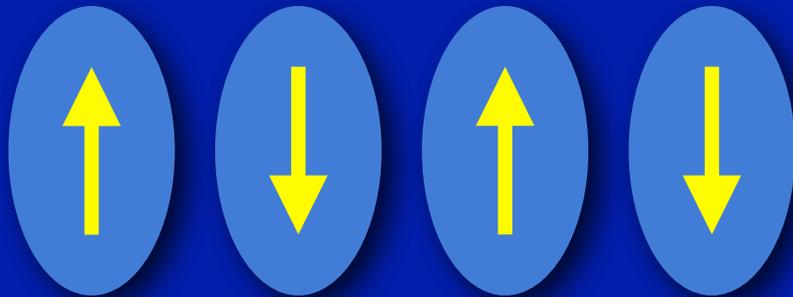
TRON Chip/G<sub>MICRO</sub>100 (Mitsubishi Electric Co.)

System on a chip ⇒ Ubiquitous Computing

Ubiquitous power lasers ⇒ Downsizing +  $\alpha$  : new values ?

# マイクロ固体フォトンクス

- ・ドメイン（双極子の揃った単位）の制御で光を効率的に制御する
- ・光の波長であるマイクロメートル単位でのドメイン制御が重要



マイクロドメインを整列

外部からの光電界 → 巨視的誘電分極

$$P(t) = \underbrace{\varepsilon_0 \chi^{(1)}}_{\text{線形項}} E(t) + \underbrace{\varepsilon_0 \chi^{(2)}}_{\text{非線形項}} E^2(t) + \varepsilon_0 \chi^{(3)} E^3(t) + \dots$$

$P_{NL}(t)$  : 非線形項

$$\chi^{(1)} = \chi'_e - j\underline{\chi''_e}$$

発光・吸収

非線形光学波長変換  
SHG/OPG/DFG...

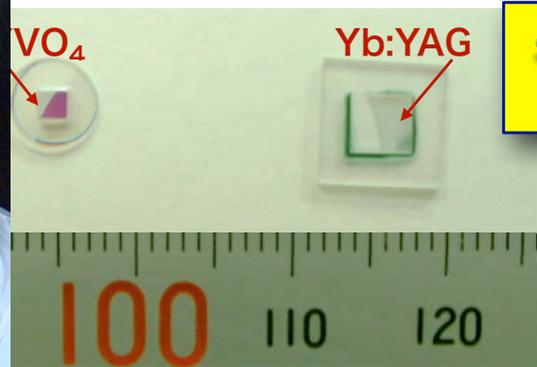
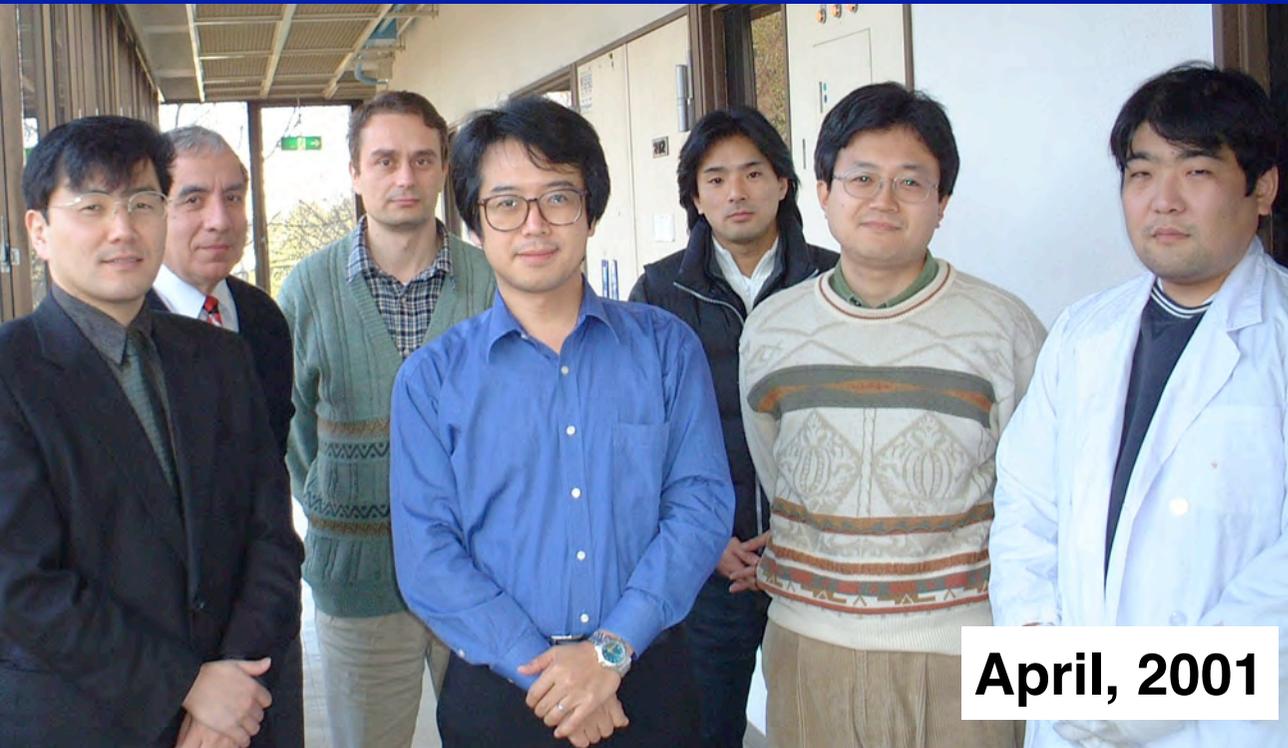
マイクロドメインの整列により光機能を強調，新機能を発現させる

研究の方向性（1998.2.15 当時）

- マイクロチップレーザー：高強度レーザーの小型化
- レーザーセラミックス：Nd, Ybを中心に
- 擬似位相整合素子：LA-PPMgLN, QPM-水晶・GaAs



# マイクロドメイン制御により創られた高輝度レーザー素子



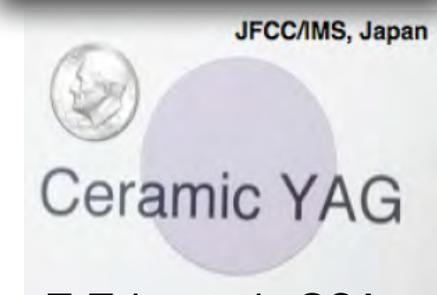
**Yb マイクロチップレーザー**

T. Taira et al.  
 JSAP **21aE7**, 893  
 (1994), IEEE JSTQE.  
**3**, 100 (1997)

$$\sum_i V_i \gamma_{GB} d \left( \frac{1}{r_i} \right) + V \sum e_{ij} d\sigma_{ij} - \mathbf{P} \cdot d\mathbf{E} - \mathbf{M} \cdot d\mathbf{B}$$

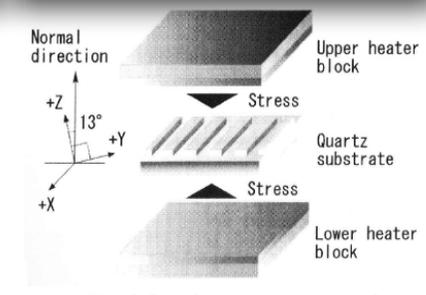
$\sum_i V_i \gamma_{GB} d \left( \frac{1}{r_i} \right)$  粒成長 界面制御  
 $V \sum e_{ij} d\sigma_{ij}$  圧力制御  
 $-\mathbf{P} \cdot d\mathbf{E} - \mathbf{M} \cdot d\mathbf{B}$  電界制御 磁界制御

**セラミックマイクロチップレーザー**



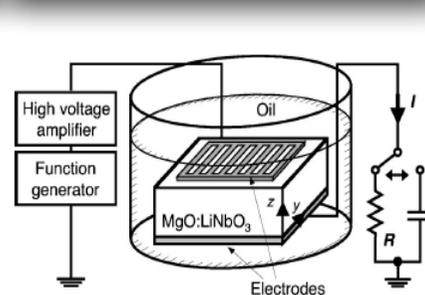
T. Taira et al., OSA  
 TOPS **19**, 430 (1998),  
 I. Shoji et al., Appl.  
 Phys. Lett. **77**, 939  
 (2000).

**水晶 QPM 非線形光学素子**



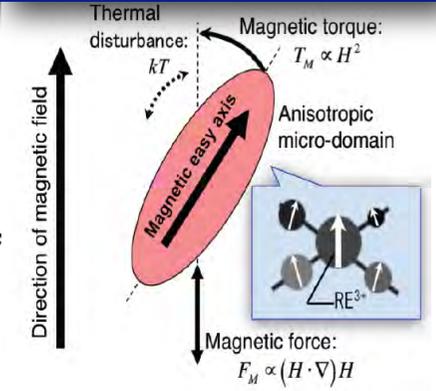
S. Kurimura et al.,  
 OYOBUTURI, **69**, 548  
 (2000),  
 M. Harada et al., J. Materi.  
 Res. **19**, 969 (2004).

**大口徑 QPM 非線形光学素子**



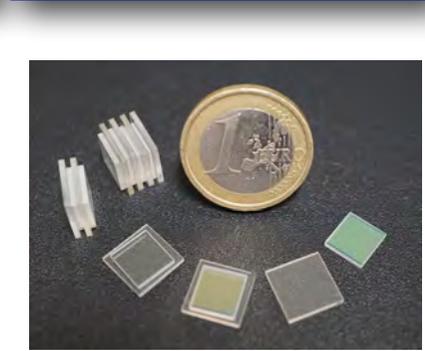
H. Ishizuki et al., Appl.  
 Phys. Lett. **82**, 4062  
 (2003).

**異方性セラミックレーザー**



J. Akiyama et al., Opt.  
 Lett. **35**, 3598 (2010).

**接合によるDFCモジュール**



L. Zheng, et al., Opt.  
 Mater. Express **7**, 3214  
 (2017).

# JST MIRAI Project : Development and demonstration of laser-driven quantum beam accelerators

[https://www.jst.go.jp/mirai/jp/uploads/saitaku2017/JPMJMI17A1\\_kumagai.pdf](https://www.jst.go.jp/mirai/jp/uploads/saitaku2017/JPMJMI17A1_kumagai.pdf)

**Breakdown ⇒ Innovation for Industry**



10J modules for industrial applications  
 Cost down



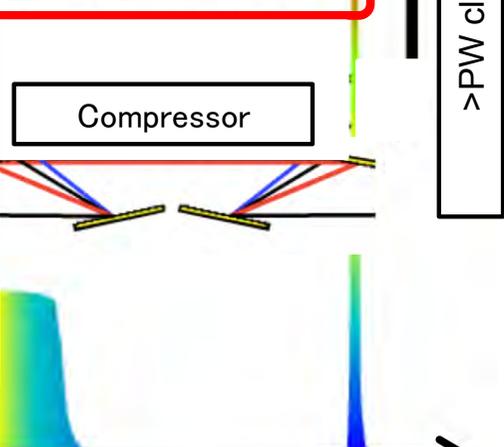
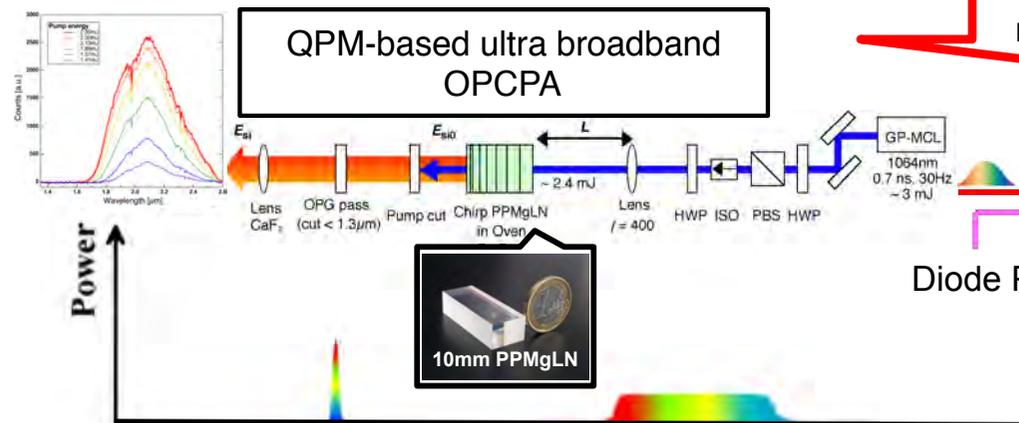
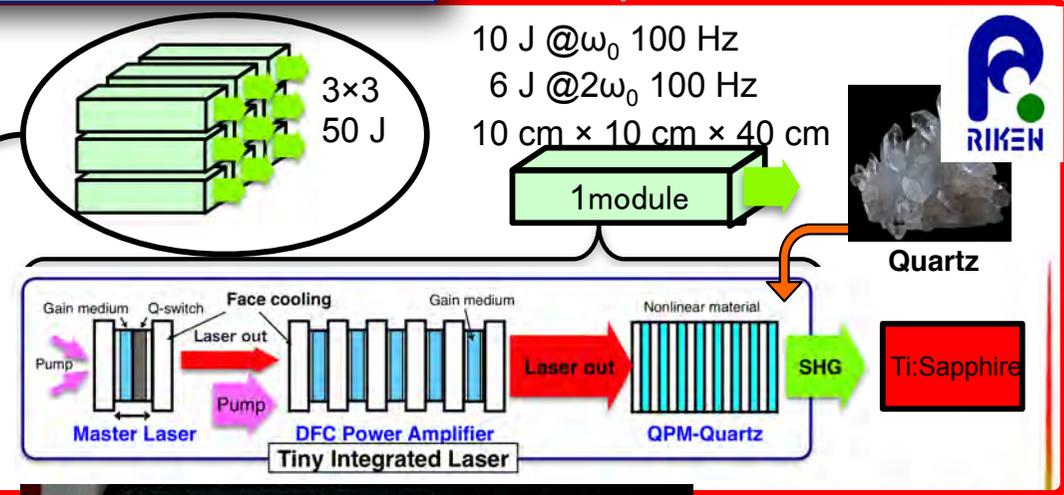
**Laser-Driven Electron-Acceleration ⇒ New Frontier**

**Current Pump glass laser**

25 J @ 0.1 Hz

**Our proposal multi-DFC module for PW-Ti:S pumping**

50 J @ 100 Hz



>PW class laser power

# 小型集積レーザー (Tiny Integrated Laser) の可能性



X線自由電子レーザー (XFEL), SACLA  
~700m



- XFELのトレーラサイズ化
- SACLAの高性能化

**極限的粒子加速の探求 ⇒ 先端科学**

レーザー駆動電子加速技術開発グループ  
(グループディレクター：平等 拓範)

レーザー加速開発チーム  
(リーダー：細貝 知直)

基盤開発チーム  
(リーダー：平等 拓範)

マイクロドメイン制御による光機能の発現・増強



社会連携研究部門  
平等研究グループ

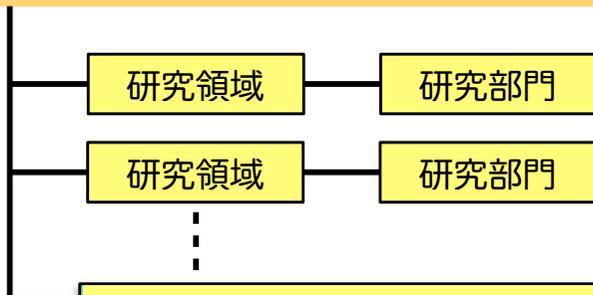
小型集積レーザー (TILA) コンソーシアム  
(代表：分子科学研究所 所長)

**光と物質の相互作用の探求 ⇒ 社会展開**



分子科学研究所 (Institute for Molecular Science)

**先端科学の  
社会実装**



公的資金

共同研究

全会員 (課題1)

AD社 (課題2)

B社 (課題N)

社会連携研究部門 (Division of Research, Innovation and Collaboration)  
平等研究グループ (Taira Group: Group of Laser Science and Innovation)

**活動内容**

**職員構成**

- 高輝度パルスレーザー技術の深耕と社会への展開
- 民間企業等との共同プロジェクトの推進
- 高度な人材の育成、企業研究者の再教育・研修
- ユーザーの要求に応じたレーザーの試作・カスタマイズ
- 企業研究者等による高輝度パルスレーザーの利用促進
- 知財の創出と運用・一元管理
- 拠点連携・学協会活動

- 平等特任教授
- 特任研究員 (チームリーダー)
- 特任研究員 (企画マネージャー)
- 共同研究員 (企業等から受入れ)
- 研究員
- 事務支援員

運営経費

共同研究・知財に  
関わる優遇措置

会費

A社

B社

D社

小型集積レーザー (TILA) コンソーシアム (代表: 分子科学研究所 所長)  
Tiny Integrated Laser (TILA) Consortium (Delegate: IMS Director)

**活動内容**

**会員としての利点**

- 社会連携研究部門の諸活動の支援
- 運営委員会 (委員長: 分子科学研究所 所長) の開催
- 社会連携研究部門の活動に対する会員の要望取りまとめ
- 会員間交流活動の企画
- 共同研究プロジェクトへの提言

- 共同研究に関わる優遇措置
- 知財の利用に関わる優遇措置
- 実験スペースの利用
- 実験装置の利用
- 交流スペースの利用
- 随時の技術相談
- 研究会等への参加

**TILA**  
Tiny Integrated Laser

# 小型集積レーザー(TILA)コンソーシアム 会員

(2019.6 現在)

(2019.10 更新)

Future Development 株式会社 **ユニタック**

 **santec**

 Eye & Health Care  
**NIDEK CO., LTD.**

 **OPTOQUEST**

 **MITSUBISHI  
ELECTRIC**  
*Changes for the Better*

**DENSO**  
Crafting the Core

**Panasonic**

 **SANSYU**

 株式会社 **コンボン研究所**  
GENESIS RESEARCH INSTITUTE, INC.

 **TOYOTA CENTRAL R&D LABS**

 **TOKAI**

**IHI**

**HAMAMATSU**  
PHOTON IS OUR BUSINESS

 **LaS**  
LaserSystems

 **JLC** 株式会社  
JAPAN LASER 日本レーザー

 **岡崎信用金庫**

**muRata**  
INNOVATOR IN ELECTRONICS

東芝エネルギーシステム

株式会社ハナムラオプティクス 神島化学 山寿セラミックス

# 検討事項

## ● スケジュール 2019

8/8, JFCAオプトセラミックス研究会

8/30, OITDA多元研究会

9/14-15, LCS2019 (ポーランド)

9/30-10/3, ASSL2019 (ウィーン)

10/23, オプトセラミックス (分子研)

● 国際会議LICだけでなくレーザー学会や燃焼学会などの学術団体におけるレーザー点火を主題としたシンポジウムのサポートを行うと共に、調査結果は「レーザー研究特集号」など学術誌にまとめる。また、マイクロ固体フォトニクス、ジャイアントマイクロフォトニクスをキーワードとし、上記分野間の世界的なネットワークを構築する ⇒ **コンソーシアム**

委員会開催予定：

1回 (6/29, 金), 2回 (9/28, 金), 3回 (11/26, 月), **4回 (2/21, 木)**

**5回 (7/18, 木), 6回 (10/11, 金), 7回 (12/19, 木), 8回 (2/20, 木)**