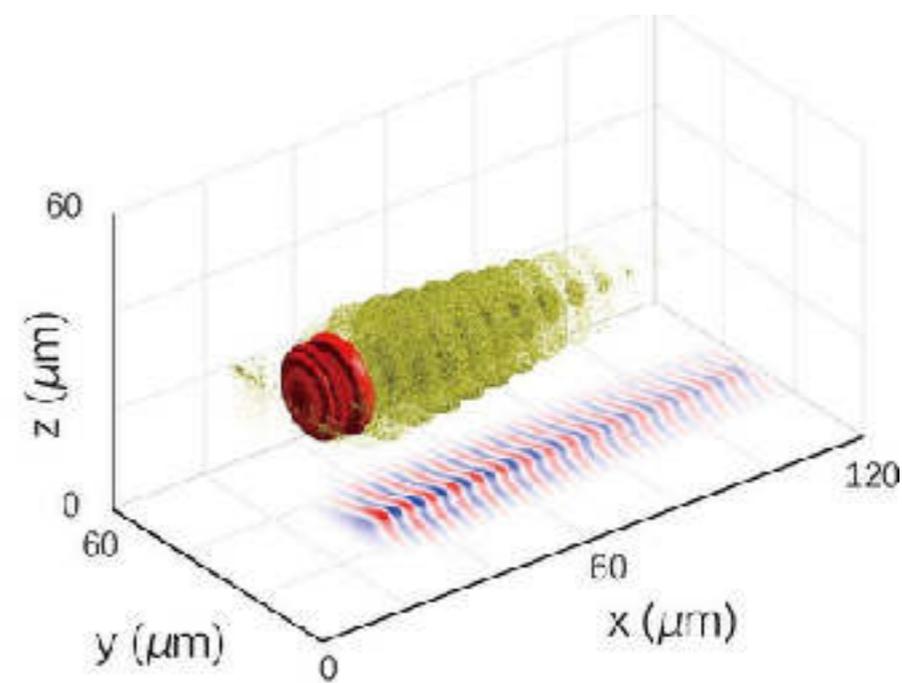
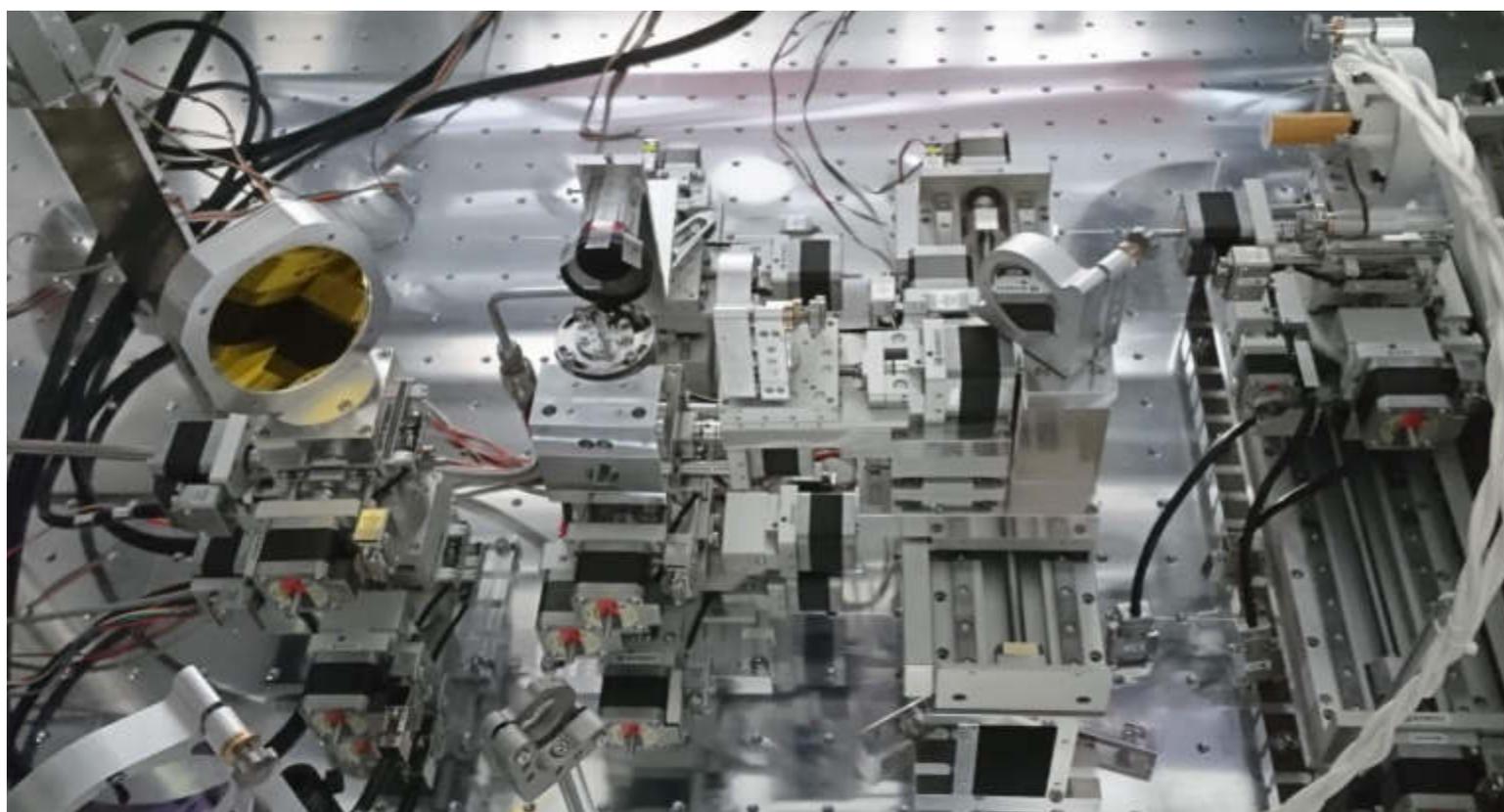


大学院理学研究科 物理学専攻 協力講座
産業科学研究所 第2研究部門

量子ビーム物理グループ
(細貝研究室)

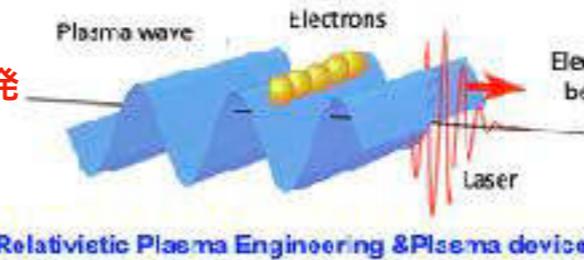


レーザープラズマ加速
 Laser Plasma Acceleration

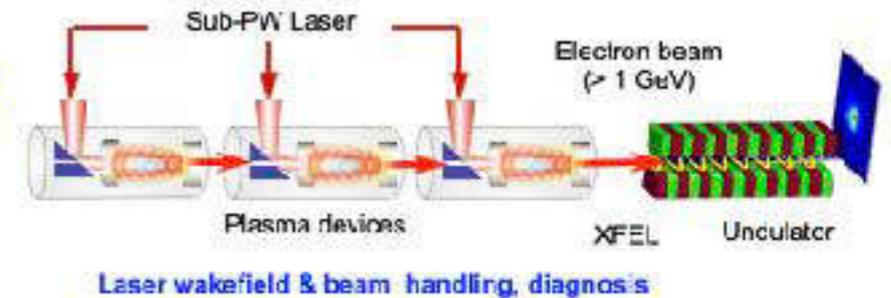
GeV級レーザー加速器の実現を目指した研究開発

- ・ 実験・理論・数値計算
- ・ 装置開発

Laser acceleration elemental technologies
 Electron acceleration exceeding 1 GeV and modularize it as a plasma device

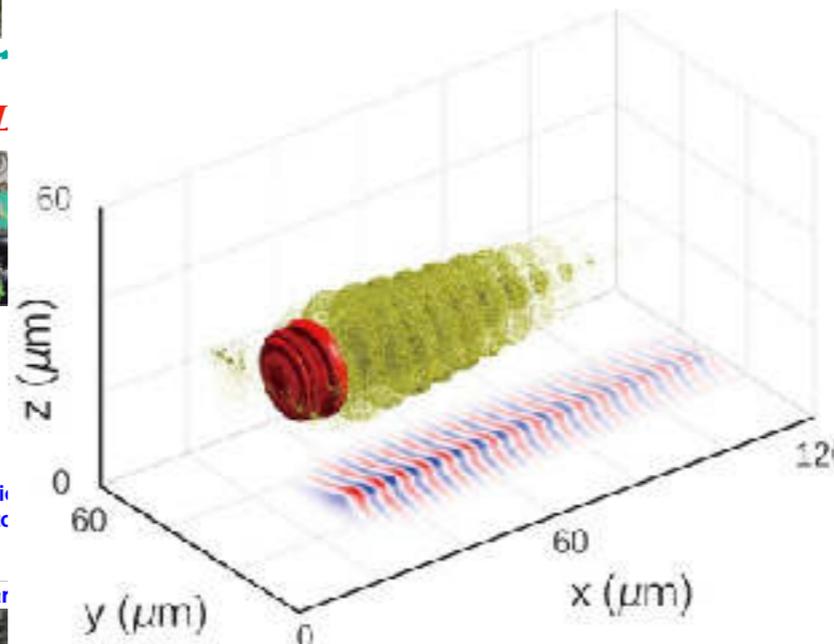


Integrated platform for laser-driven acceleration
 Multi-GeV-class multi-stage acceleration aiming for XFEL



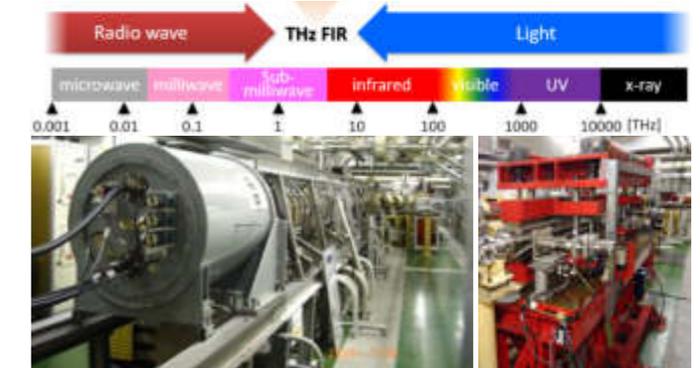
量子ビーム・プラズマ
 数値シミュレーション
 Numerical Simulation of
 Quantum beams & Plasmas

加速媒体の相対論プラズマの詳細理解



RF電子ライナック&THz-FELの利用
 Application of RF-LINAC & THz FEL

光・量子ビームの利用開拓



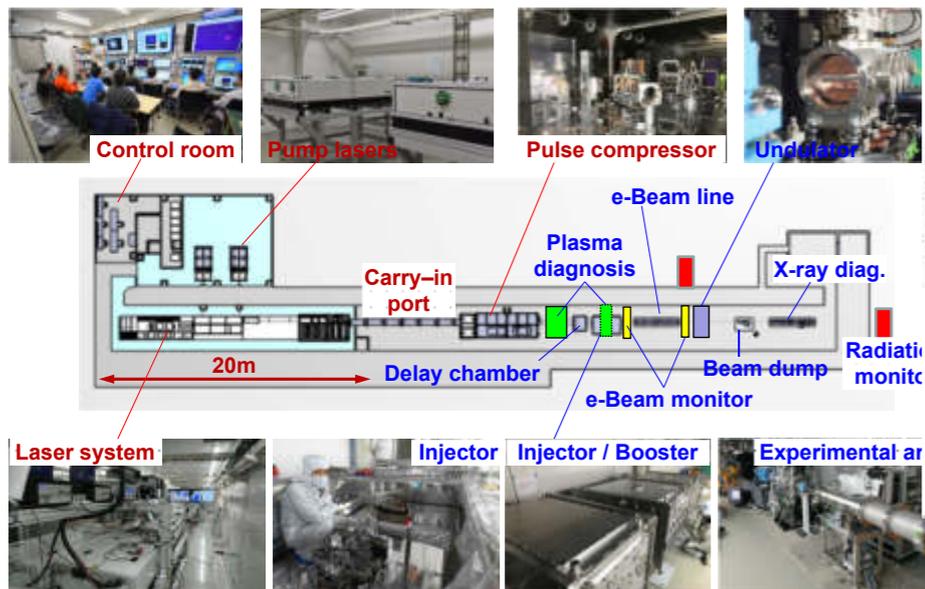
産業科学研究所 量子ビーム科学研究施設

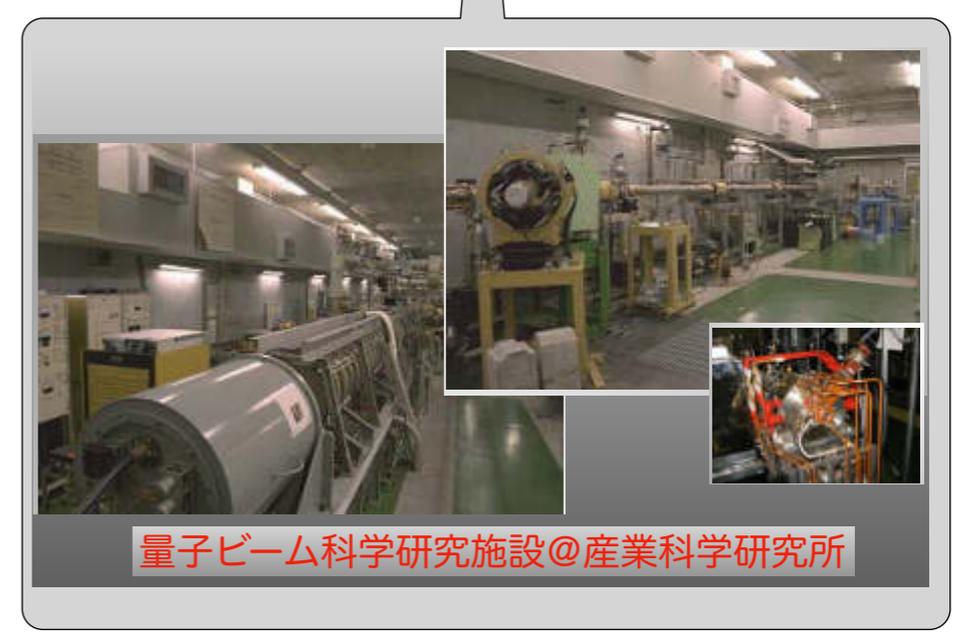
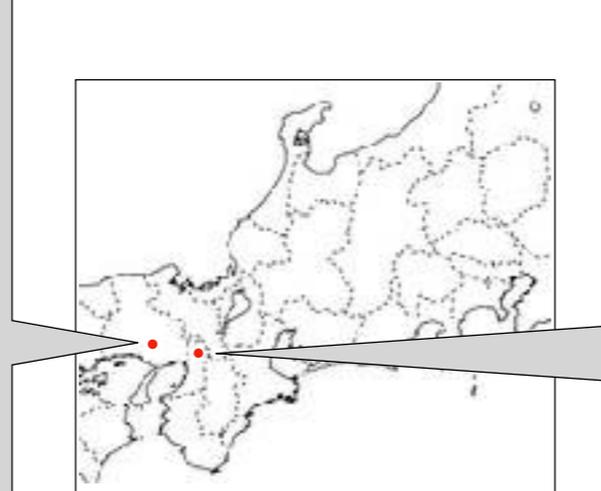
光・量子ビーム技術の産業展開を探索
 Explore for industrial application of
 quantum beam technologies

社会実装を目指した活動



レーザー加速プラットフォーム@SPring-8

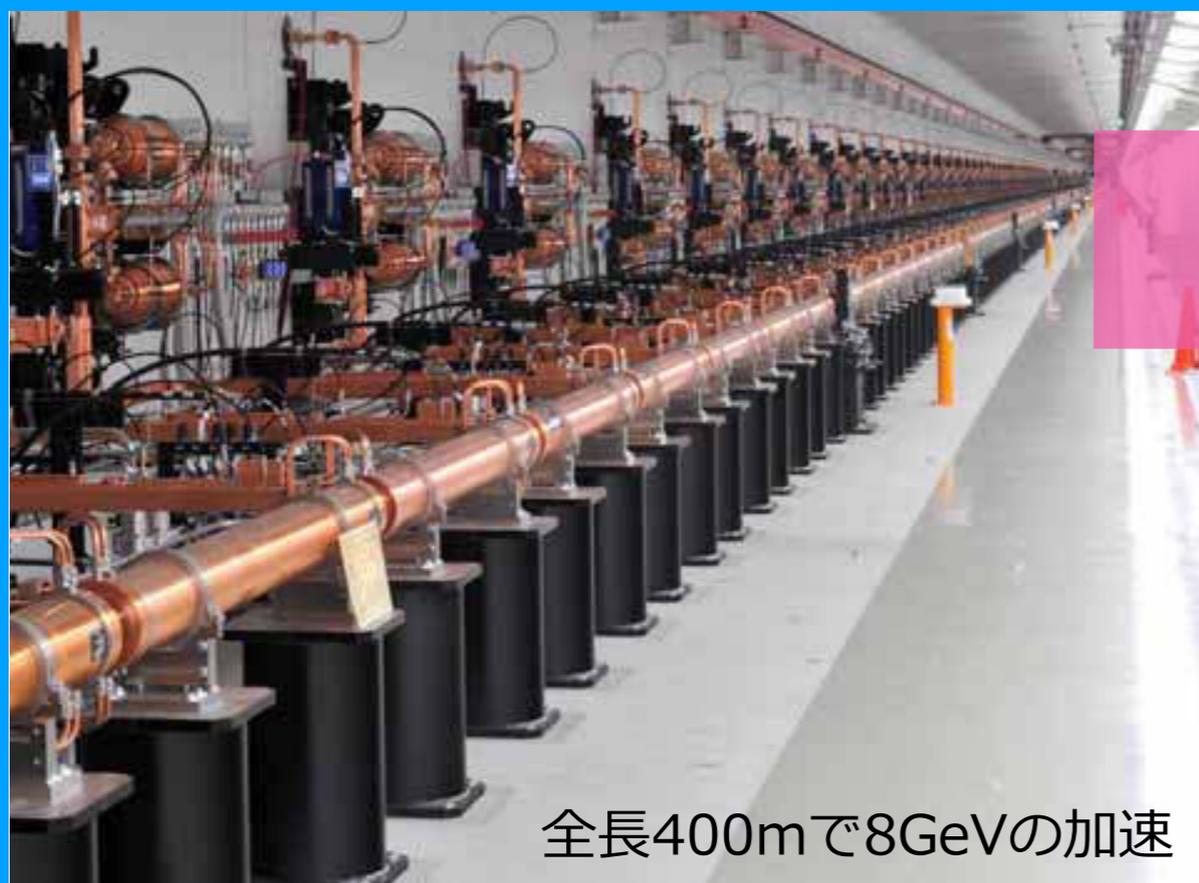




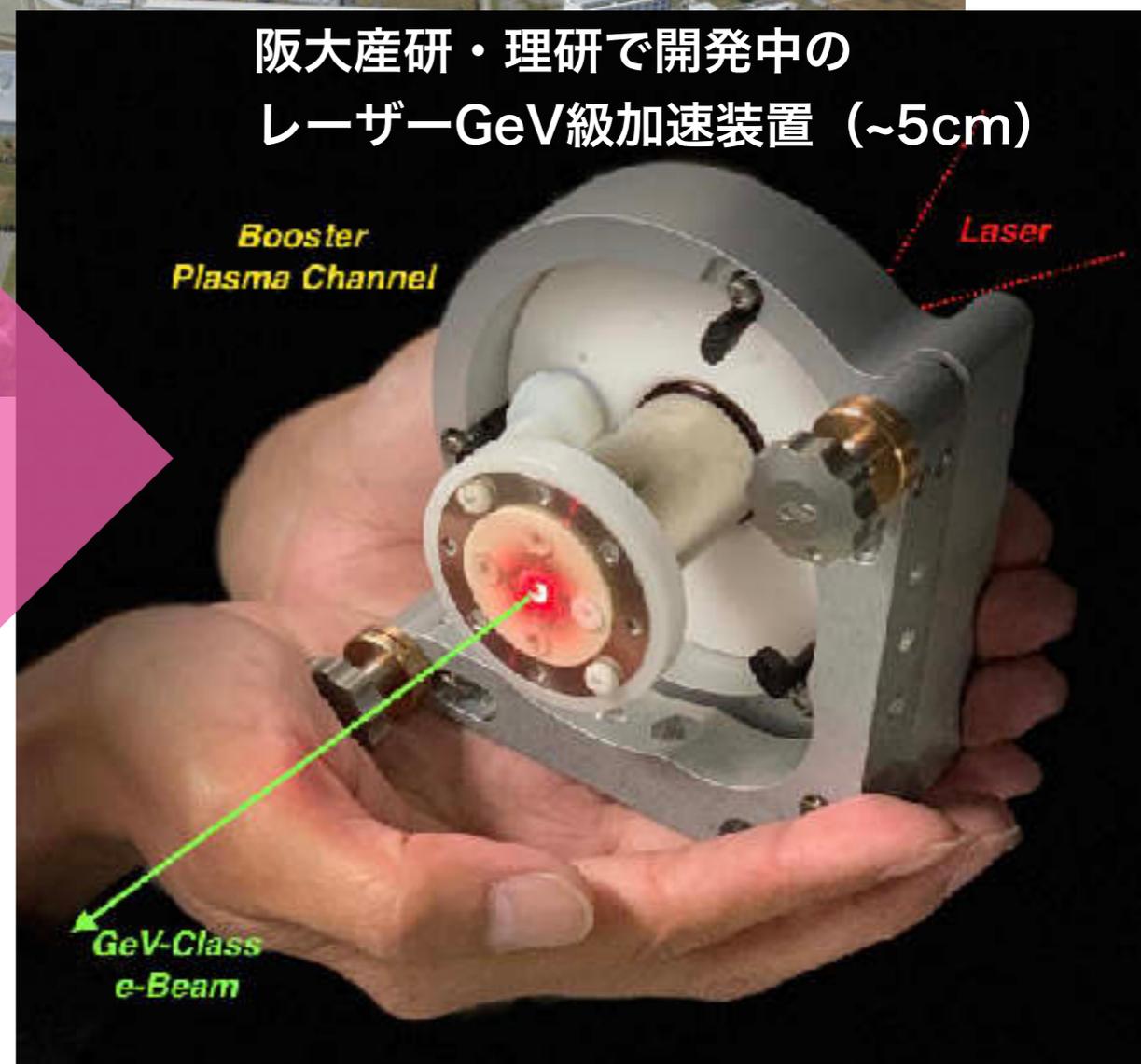
研究紹介

- **レーザープラズマ加速**
- **光・量子ビーム・プラズマ数値シミュレーション**
- RF電子ライナック & THz自由電子レーザー利用
- 光・量子ビーム技術の社会実装への展開

手のひらサイズの超高エネルギー 加速を目指して



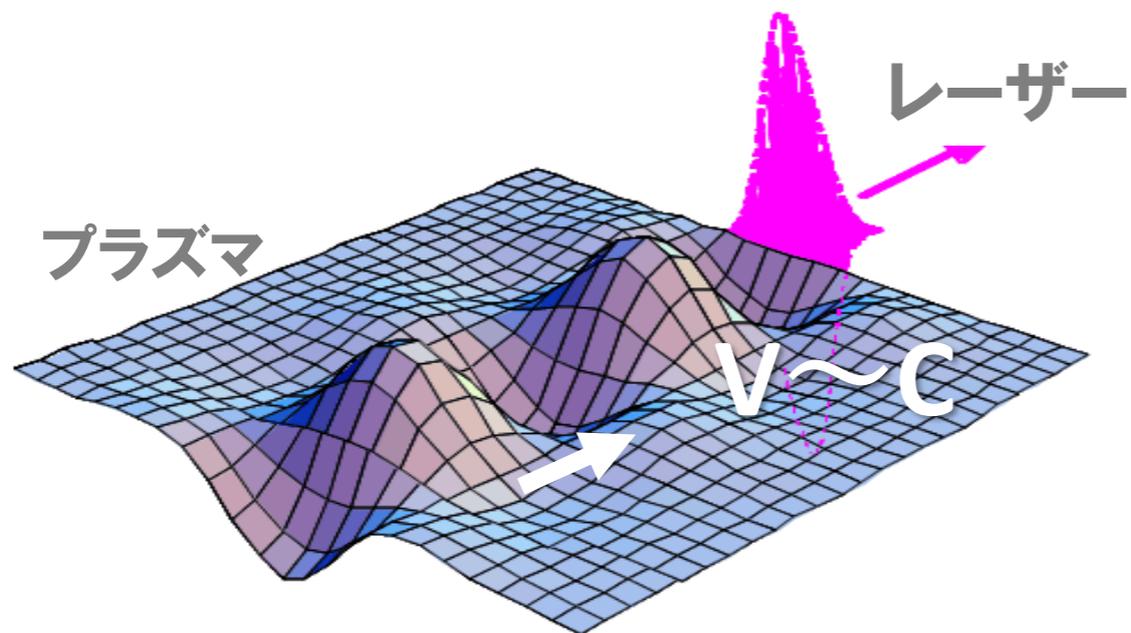
全長400mで8GeVの加速



レーザー航跡場加速の原理

レーザーの力でプラズマに光速に近い速度の波をつくり粒子を加速

● レーザーで立てられでプラズマの波



● ボートで立てられで海の波



プラズマ波に捕獲された電子が加速される

→波乗り加速

- 波からエネルギーをもらう
- 電子は、レーザーで作られたプラズマの波(航跡場)から**エネルギーとコヒーレンス**をもらう。

研究の最先端では：加速距離 30cmで 8GeVの電子加速を観測

PHYSICAL REVIEW LETTERS **122**, 084801 (2019)

Editors' Suggestion

Featured in Physics

Petawatt Laser Guiding and Electron Beam Acceleration to 8 GeV in a Laser-Heated Capillary Discharge Waveguide

A. J. Gonsalves,^{1,*} K. Nakamura,¹ J. Daniels,¹ C. Benedetti,¹ C. Pieronek,^{1,2} T. C. H. de Raadt,¹ S. Steinke,¹ J. H. Bin,¹ S. S. Bulanov,¹ J. van Tilborg,¹ C. G. R. Geddes,¹ C. B. Schroeder,^{1,2} Cs. Tóth,¹ E. Esarey,¹ K. Swanson,^{1,2} L. Fan-Chiang,^{1,2} G. Bagdasarov,^{3,4} N. Bobrova,^{3,5} V. Gasilov,^{3,4} G. Korn,⁶ P. Sasorov,^{3,6} and W. P. Leemans^{1,2,†}

¹Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, California 94720, USA

²University of California, Berkeley, California 94720, USA

³Keldysh Institute of Applied Mathematics RAS, Moscow 125047, Russia

⁴National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute), Moscow 115409, Russia

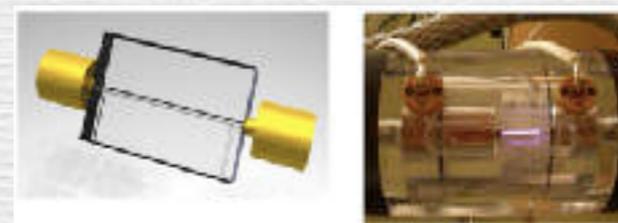
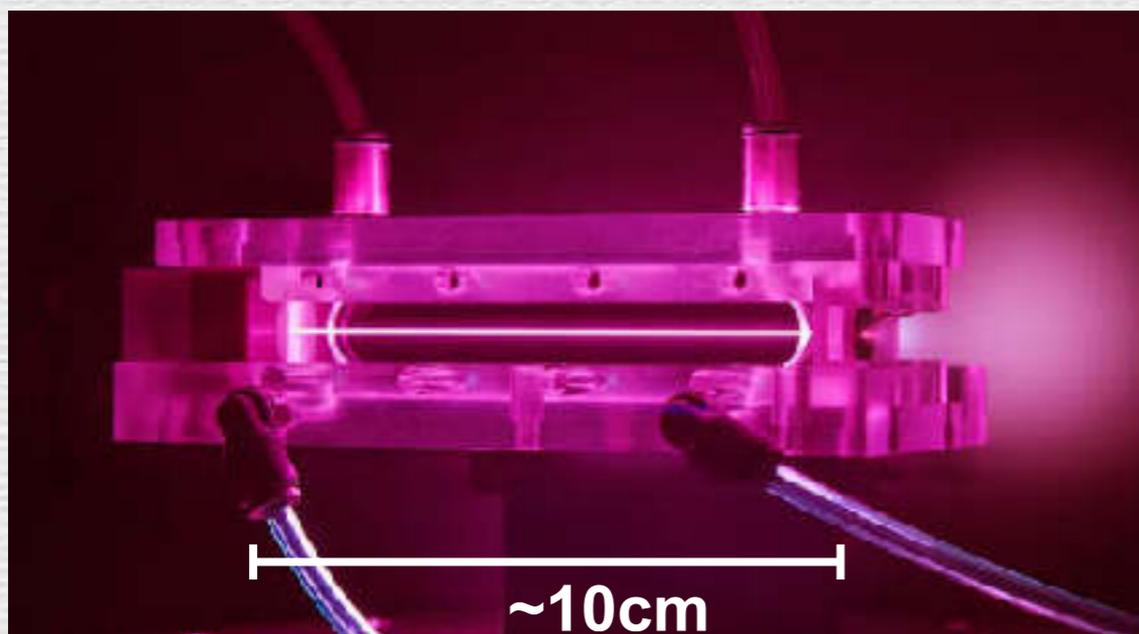
⁵Faculty of Nuclear Science and Physical Engineering, CTU in Prague, Brehova 7, Prague 1, Czech Republic

⁶Institute of Physics ASCR, v.v.i. (FZU), ELI-Beamlines Project, 182 21 Prague, Czech Republic

(Received 7 December 2018; revised manuscript received 30 January 2019; published 25 February 2019)

Guiding of relativistically intense laser pulses with peak power of 0.85 PW over 15 diffraction lengths was demonstrated by increasing the focusing strength of a capillary discharge waveguide using laser inverse bremsstrahlung heating. This allowed for the production of electron beams with quasimonochromatic peaks up to 7.8 GeV, double the energy that was previously demonstrated. Charge was 5 pC at 7.8 GeV and up to 62 pC in 6 GeV peaks, and typical beam divergence was 0.2 mrad.

DOI: 10.1103/PhysRevLett.122.084801



S. Hironaka
 IIR-Japan Workshop on High Energy Density Science, September 2007, Tokyo
<http://www.slac-stanford.edu/science/facilities/xfel/highenergydensity/index.html>

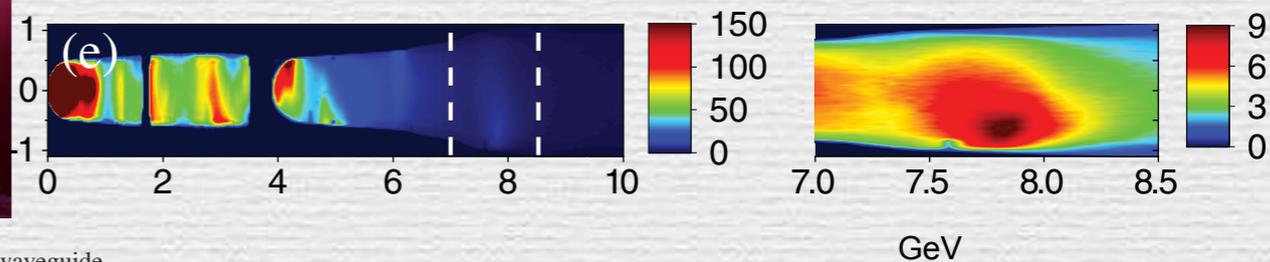
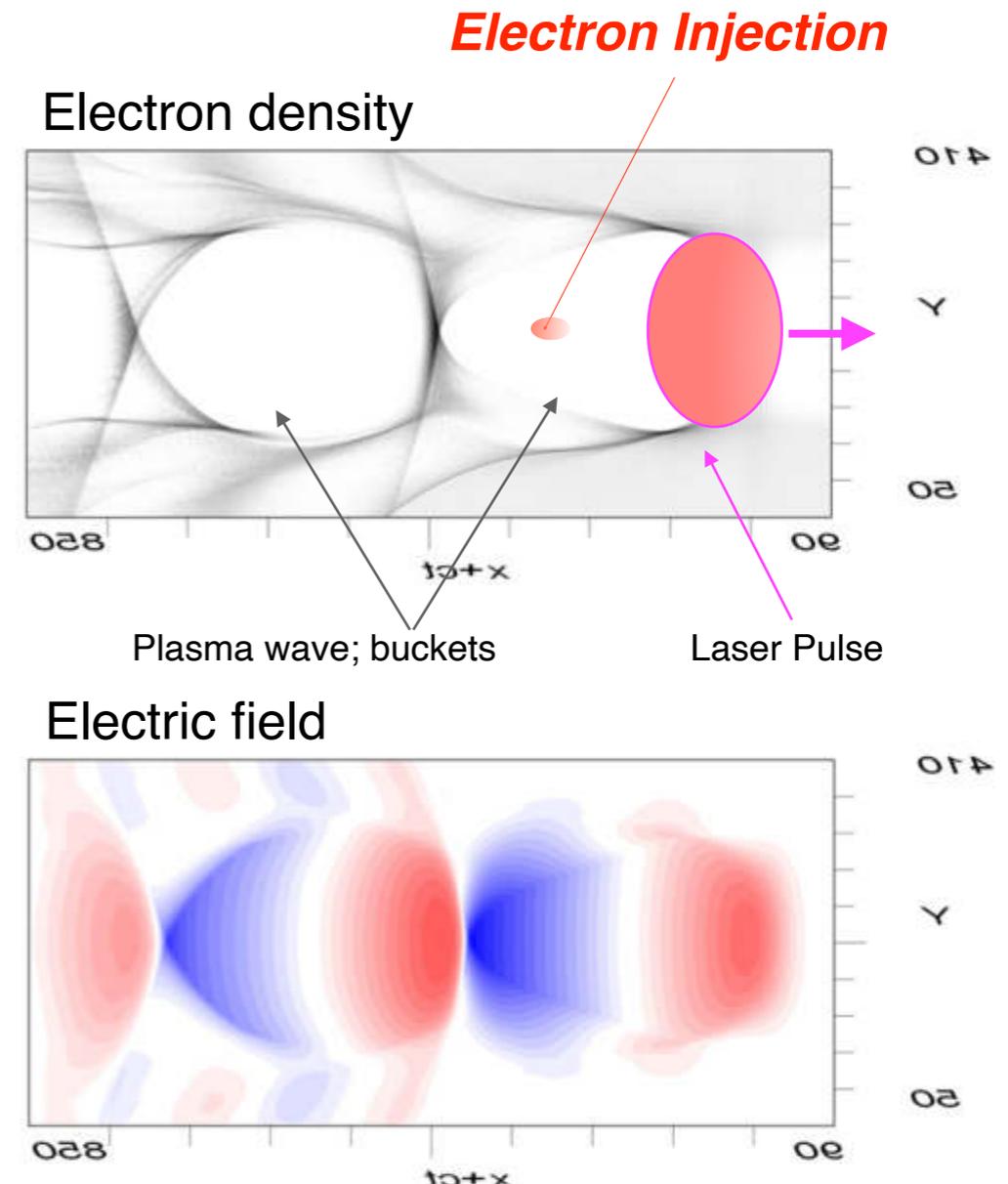
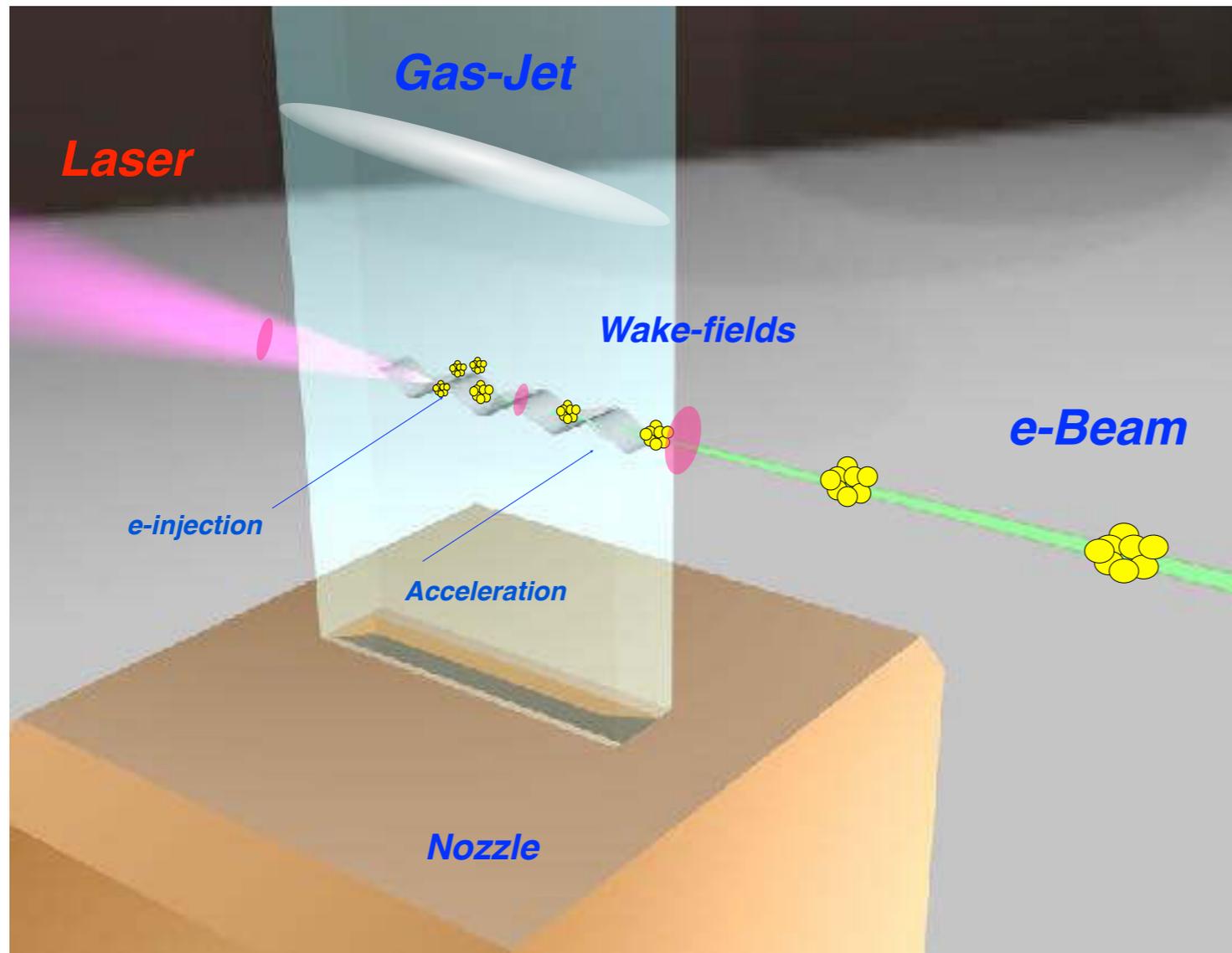


FIG. 2. Schematic layout of the BELLA LPA, including the heater laser system for enhancing the capillary discharge waveguide.

レーザー航跡場加速の原理（電子の発生と加速）



特徴

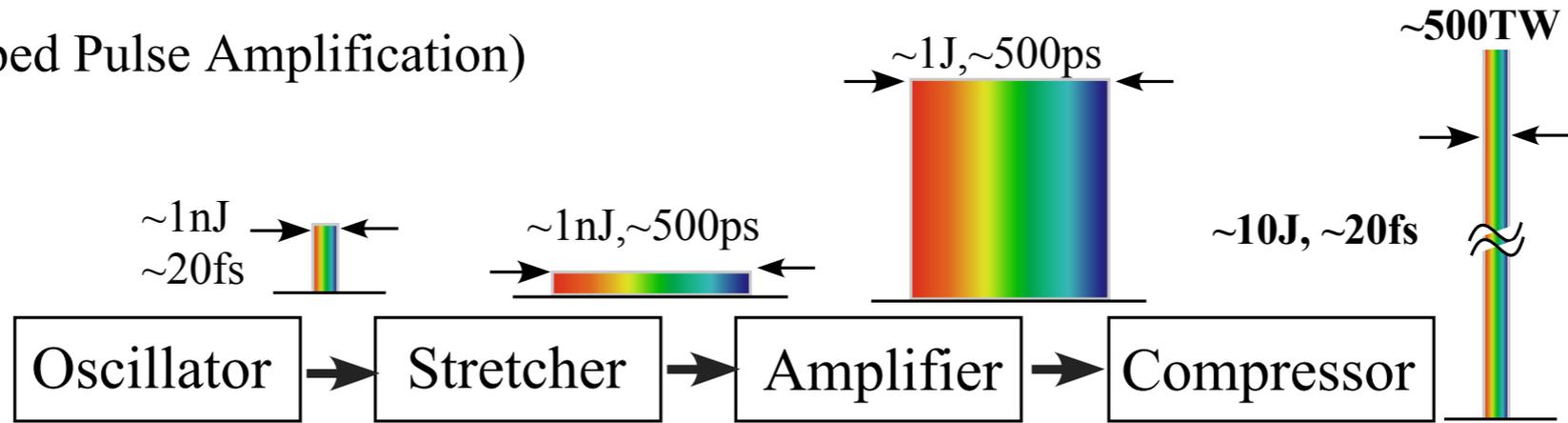
超高強度レーザーで作るプラズマで加速する

- 超高電界 $> 100 \text{ GV/m}$ （従来加速器の1000倍以上の加速電場）
- 極短パルス $< \sim$ 数フェムト秒

超高電界電子加速を可能にする超高強度レーザー

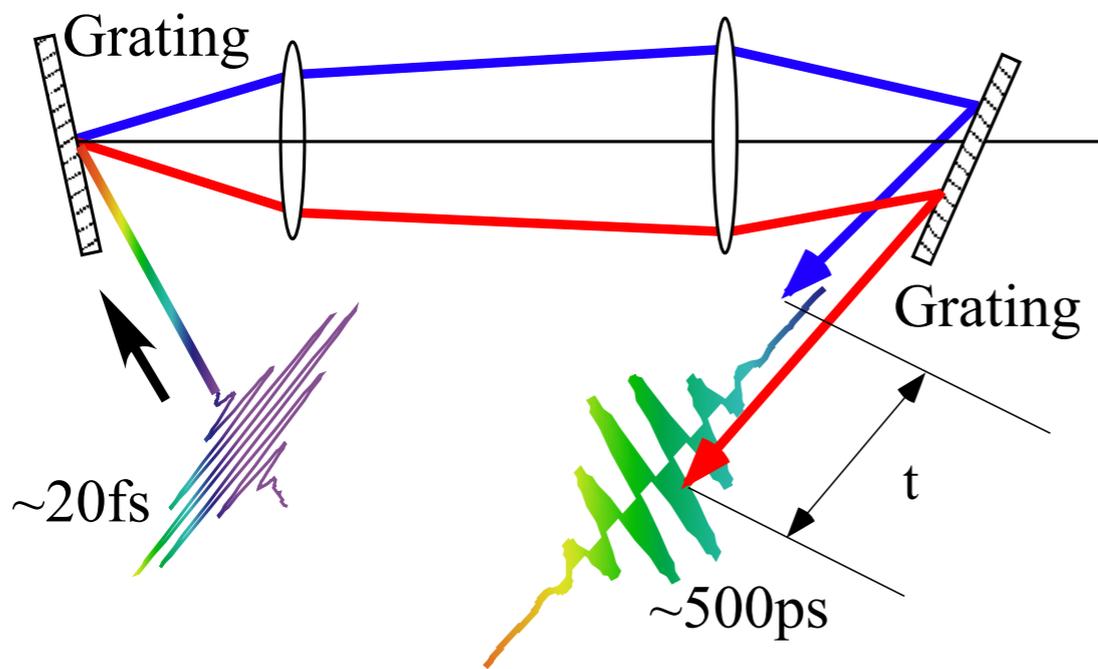
1000兆ワットの光を作り出すチャープパルス増幅法

CPA (Chirped Pulse Amplification)

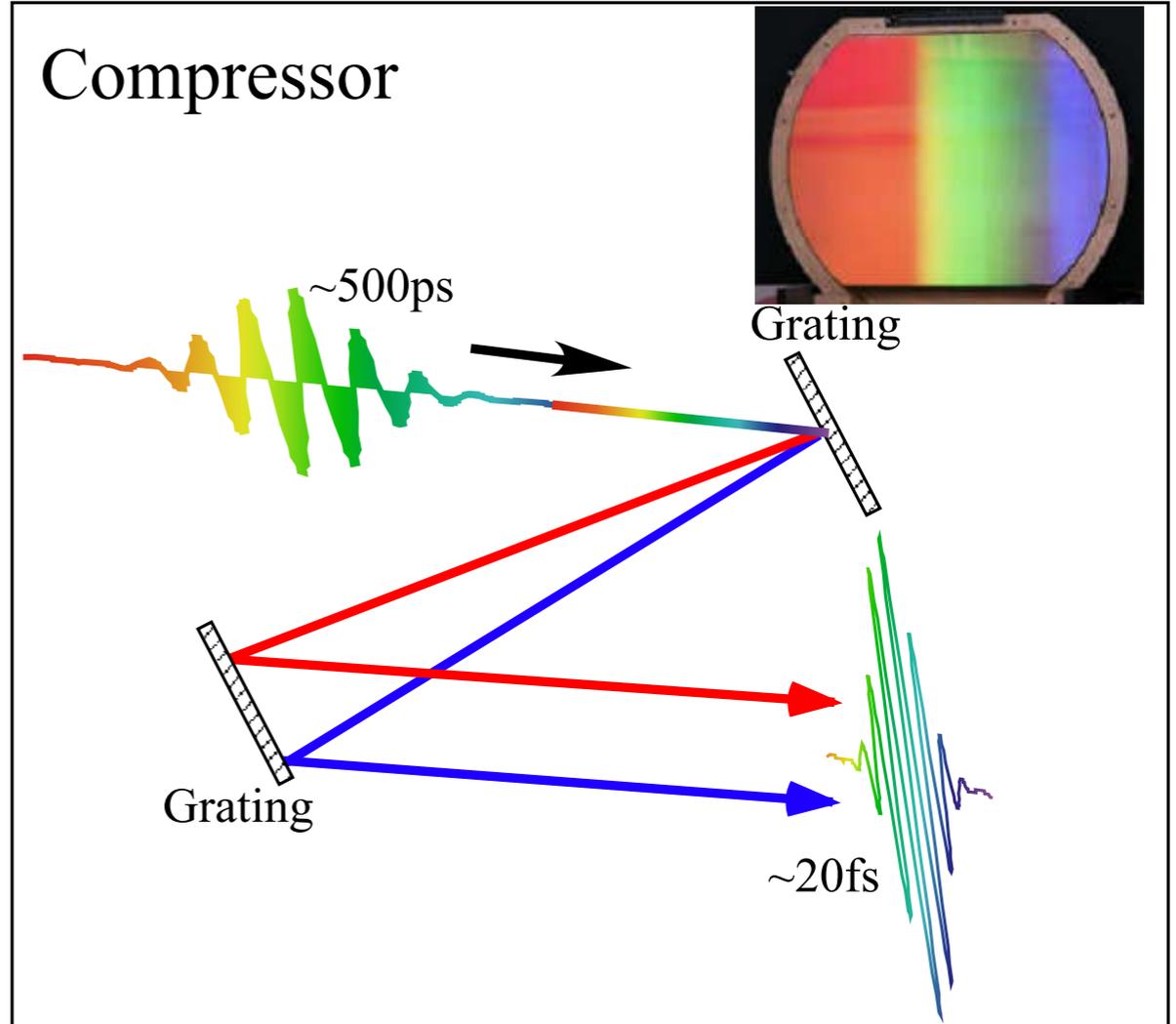


Dr. Gerard Mourou
2018 ノーベル物理学賞

Stretcher

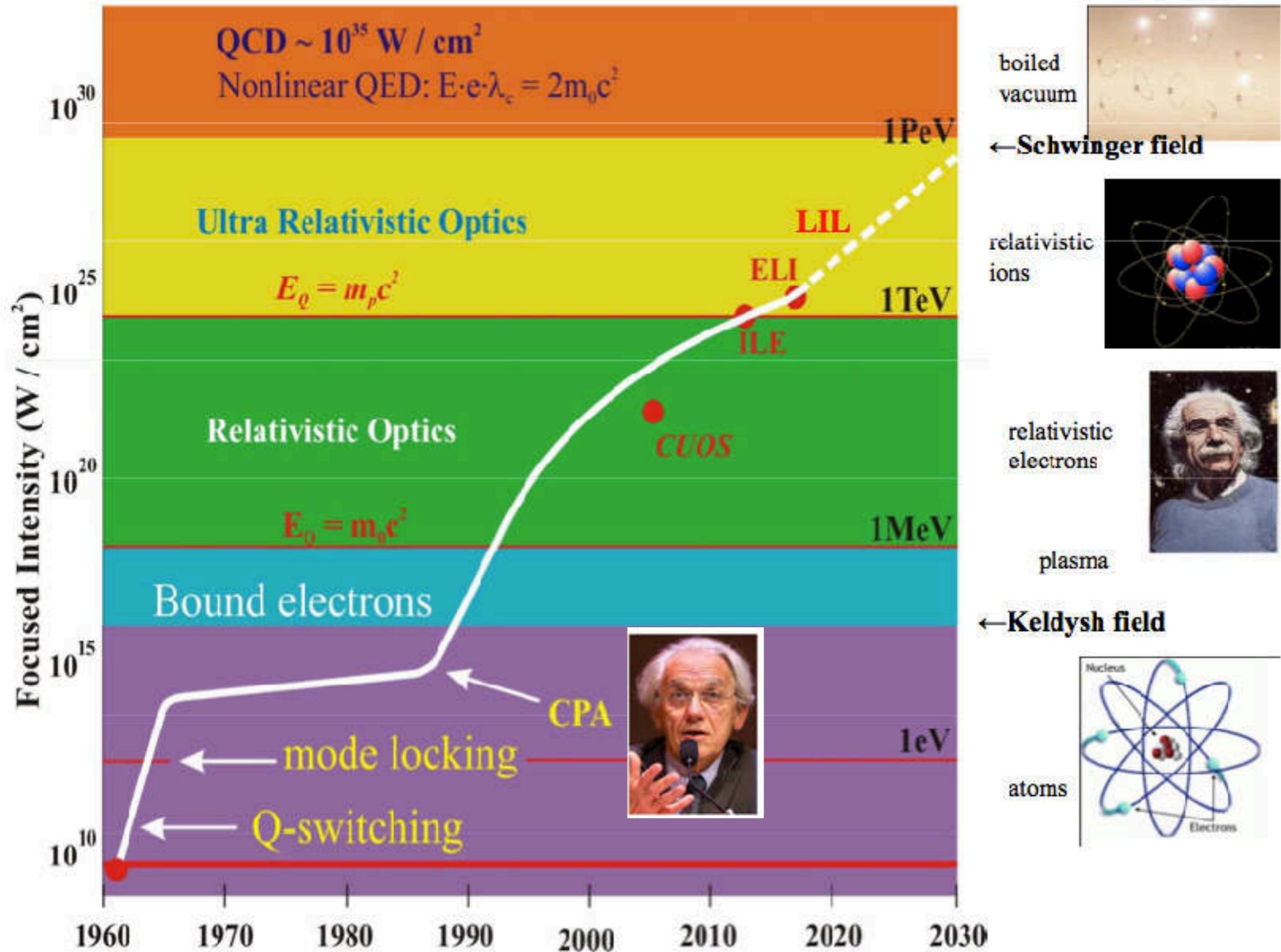


Compressor



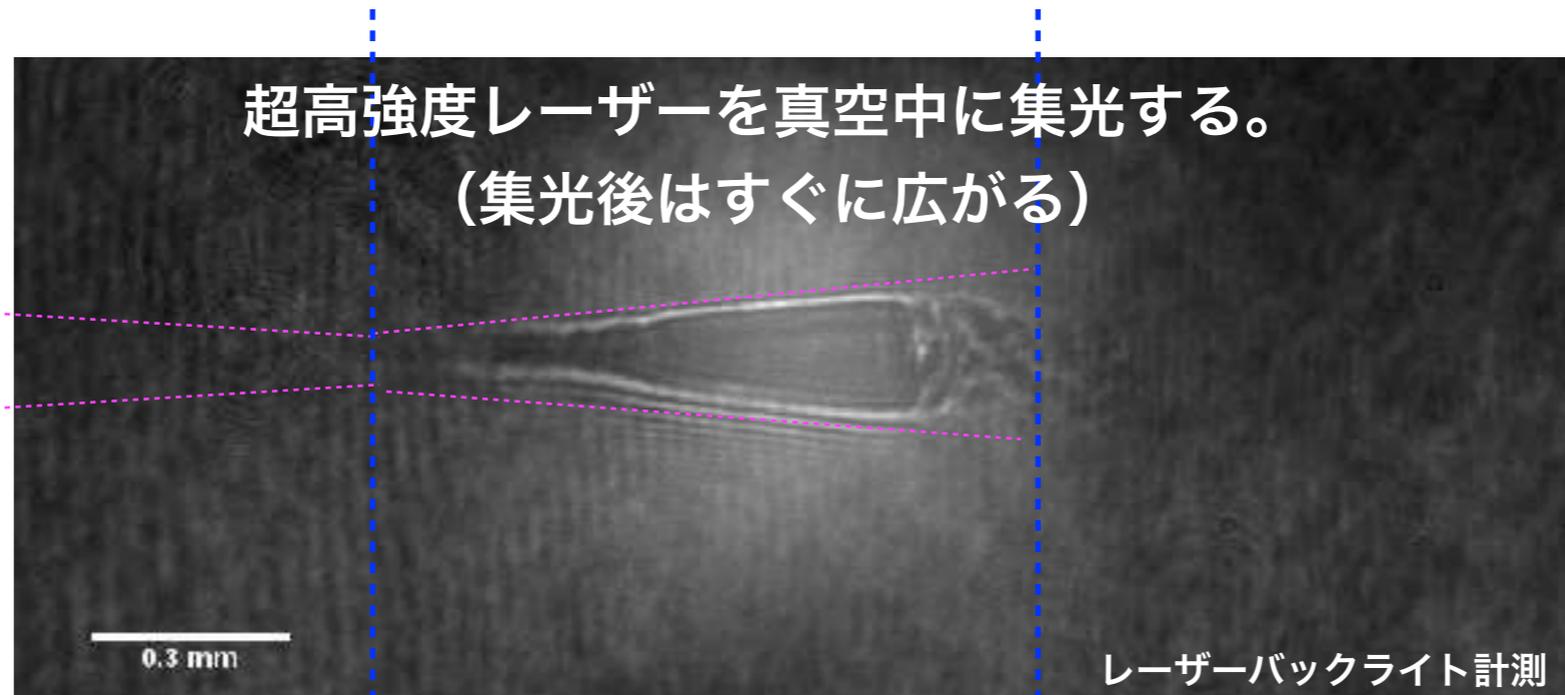
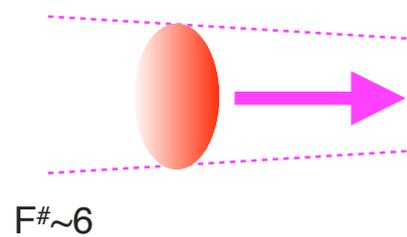
超高強度レーザーが拓くサイエンス

レーザー集光強度の変遷



高強度レーザーを集光するとガラスなどの通常材料の光学素子は破壊されるため
高耐力の光学素子が必要

$P < P_{critical}$

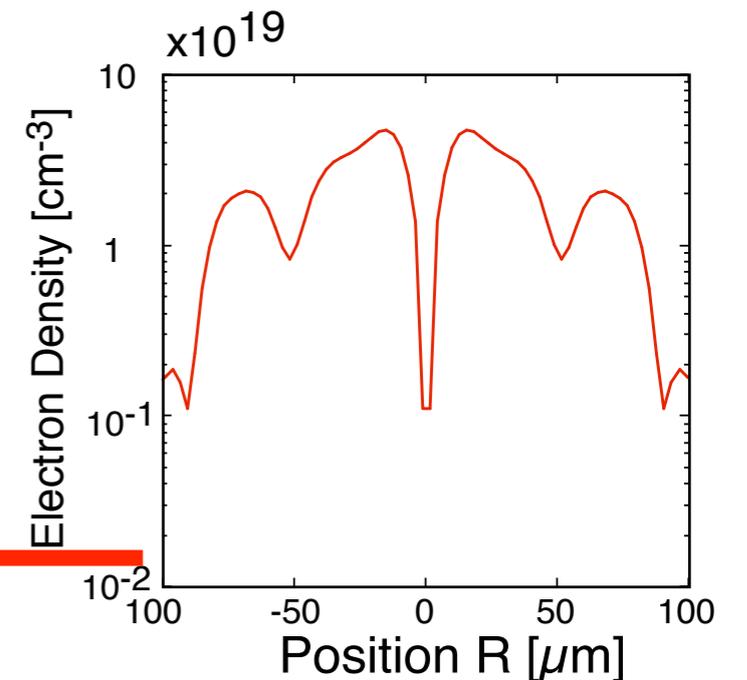
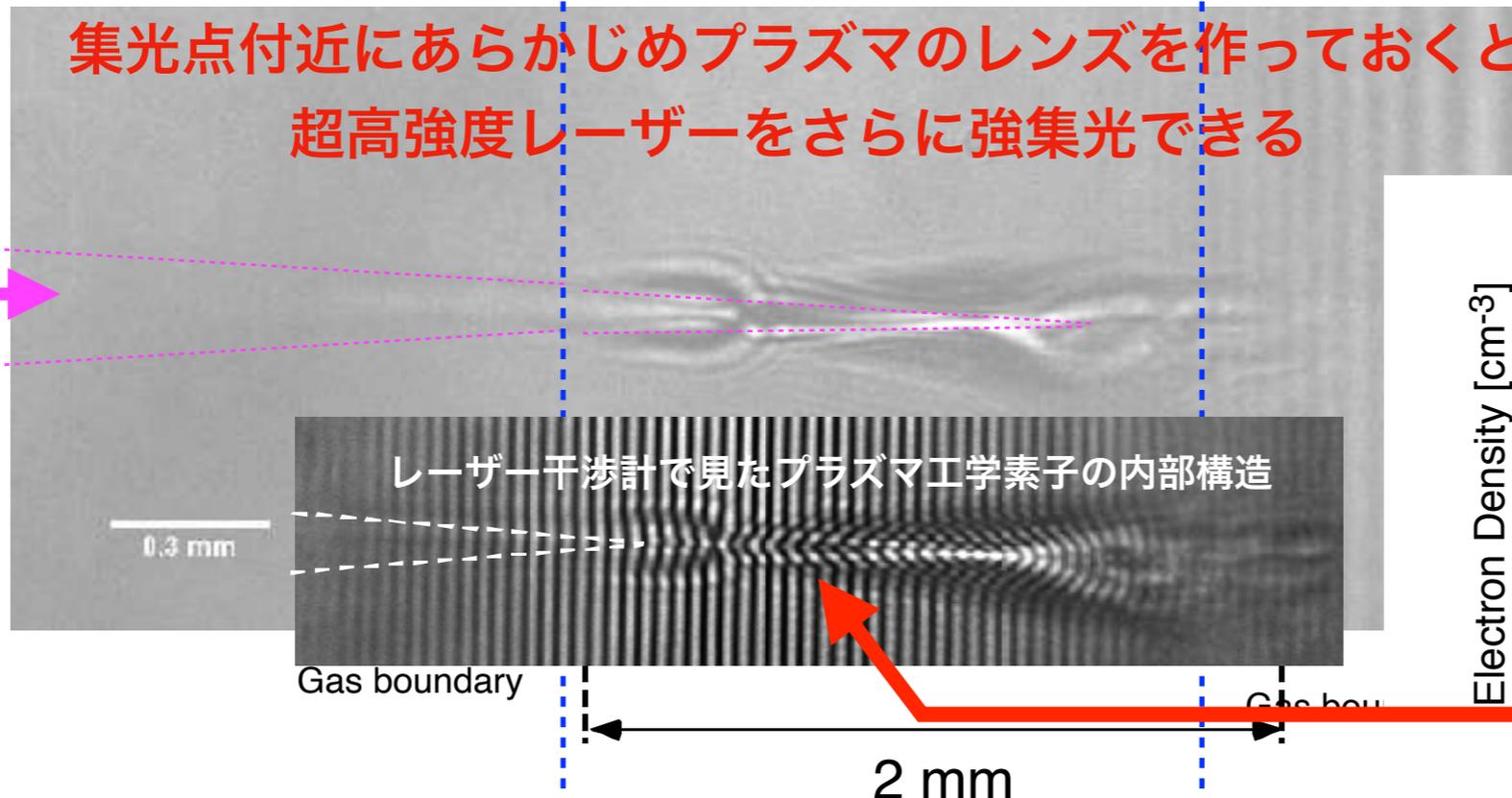
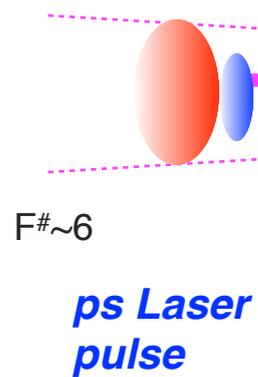


超高強度レーザーを真空中に集光する。
(集光後はすぐに広がる)

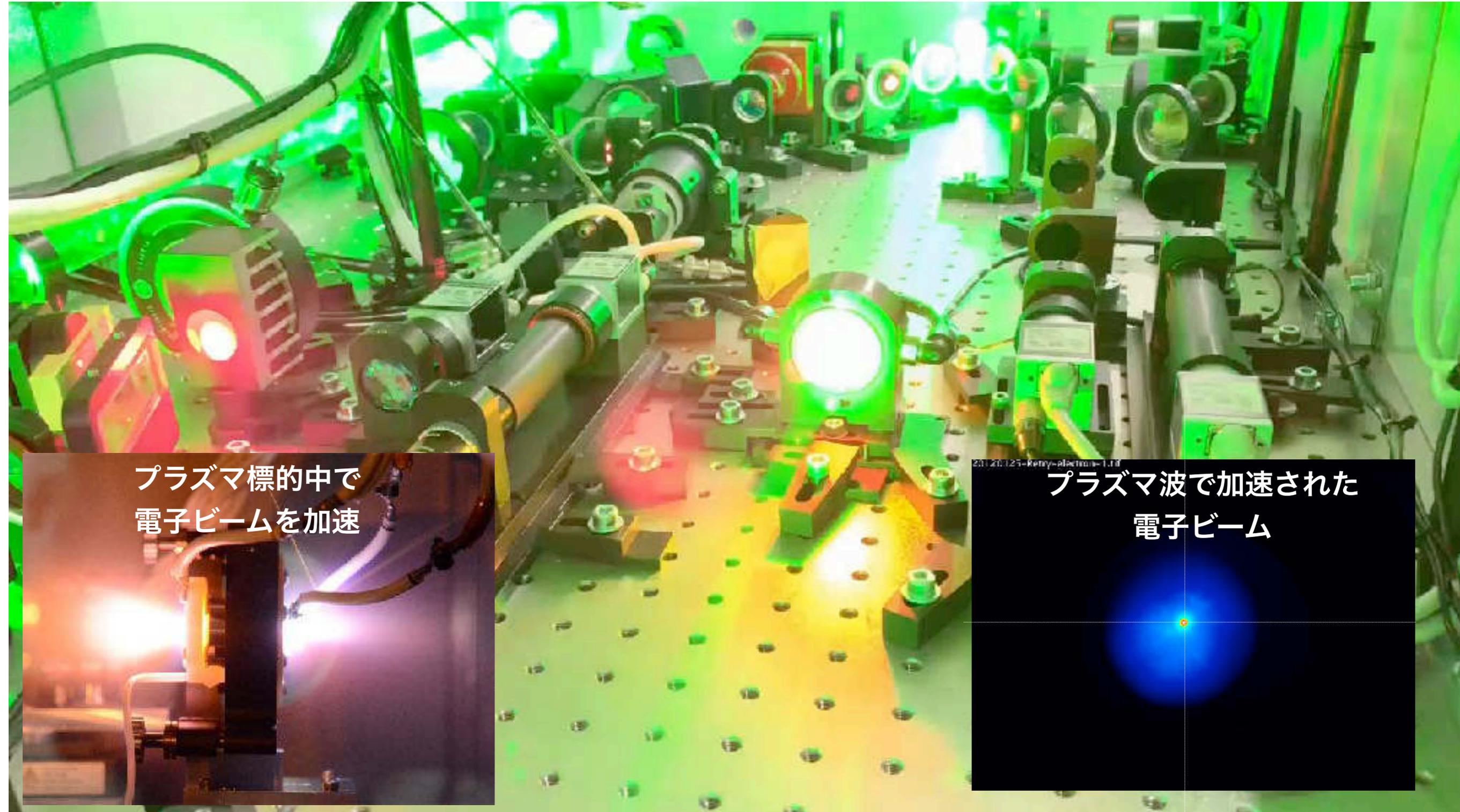
Pulse width ~ 300 fs
Typical contrast ~10⁻³@4ps,
~10⁻⁶@ns
Peak power ~ <10¹⁶ Wcm⁻²
P_{total} ~ 10GW (< P_{critical})
Ar gas-jet: N~2x10¹⁹ cm⁻²

Pulse width ~ 300 fs
Typical contrast ~10⁻³@4ps,
~10⁻⁵@ns
Peak power ~ <10¹⁶ Wcm⁻²
P_{total} ~ 10GW (< P_{critical})
Ar gas-jet: N~2x10¹⁹ cm⁻²

集光点付近にあらかじめプラズマのレンズを作っておくと
超高強度レーザーをさらに強集光できる

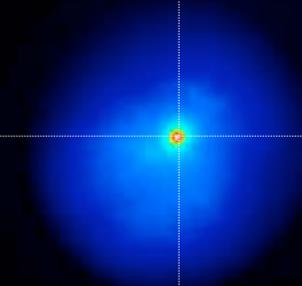


1000兆（1ペタ）ワットの光を作り出す 超高強度レーザー装置・プラズマ・電子ビーム



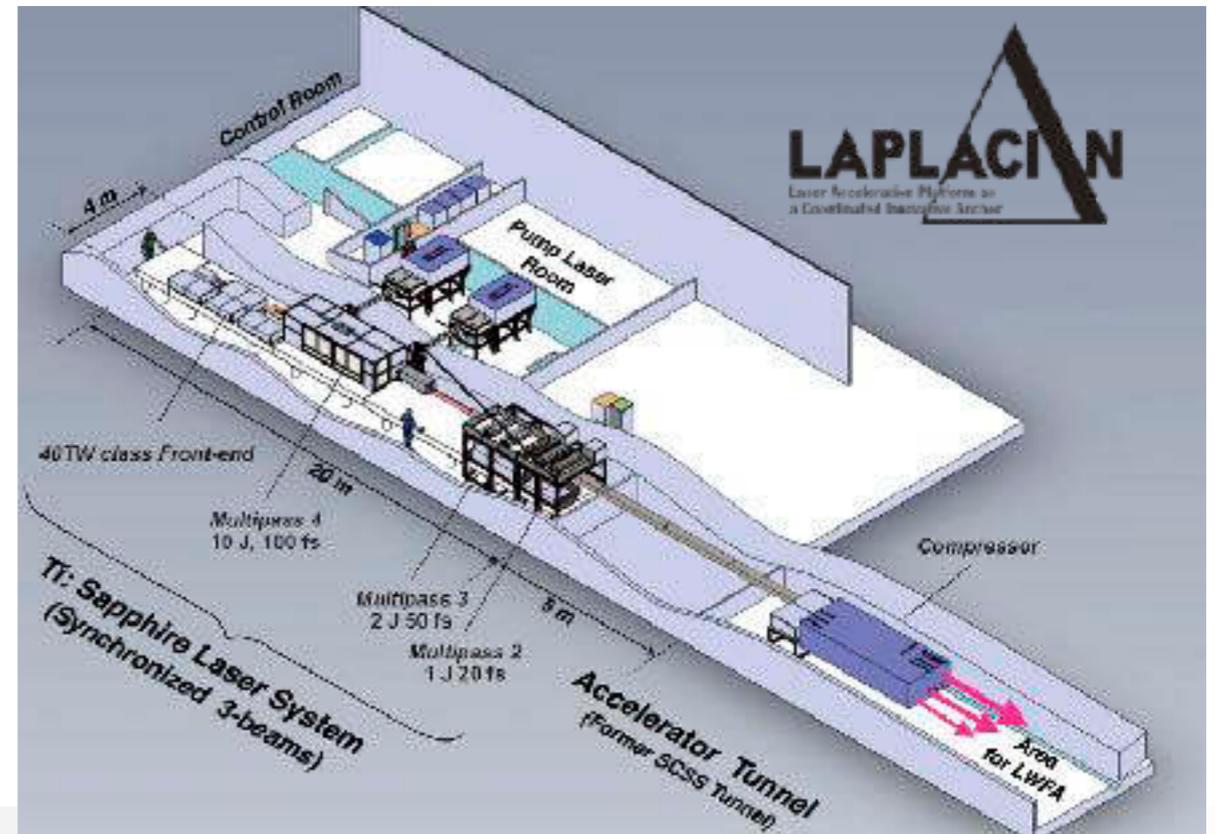
プラズマ標的中で
電子ビームを加速

20120125-Kerry-aladdin-1.14
プラズマ波で加速された
電子ビーム

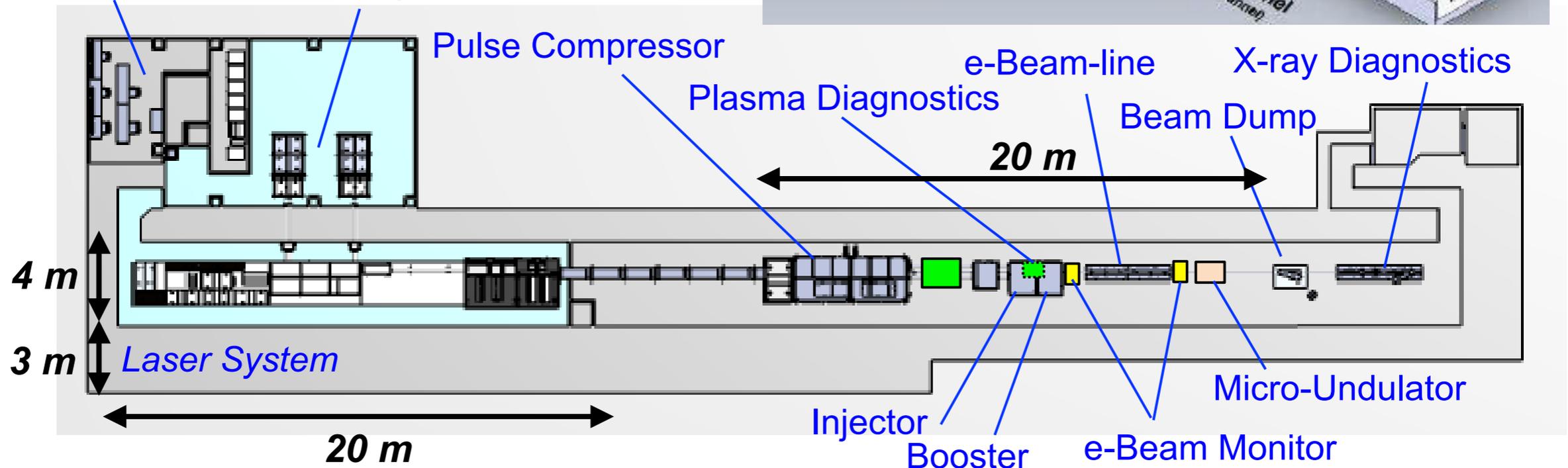


LWFA Platform 'LAPLACIAN' @ SPring-8

細貝研は、このレーザー加速専用プラットフォームを構築・維持・改良しながらレーザー加速研究を推進しています。



Control room Pump lasers



LWFA Platform 'LAPLACIAN' @ SPring-8



レーザー加速プラットフォーム内部の様子は下記の研究室Webサイト上の360°動画でご覧いただけます。

<https://www.sanken.osaka-u.ac.jp/labs/bmp/wordpress/index.php/service/platform/>



研究紹介

- レーザープラズマ加速
- 光・量子ビーム・プラズマ数値シミュレーション
- **RF電子ライナック & THz自由電子レーザー利用**
- 光・量子ビーム技術の社会実装への展開

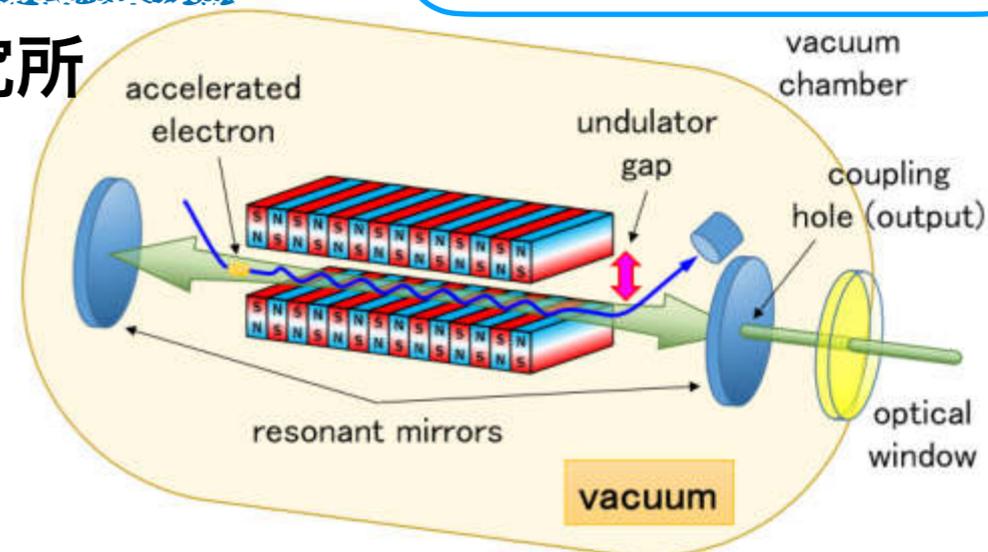
テラヘルツ自由電子レーザー



入澤明典
助教

THz-FELは世界で約9つ稼働
中国、イタリアなど新規建造中

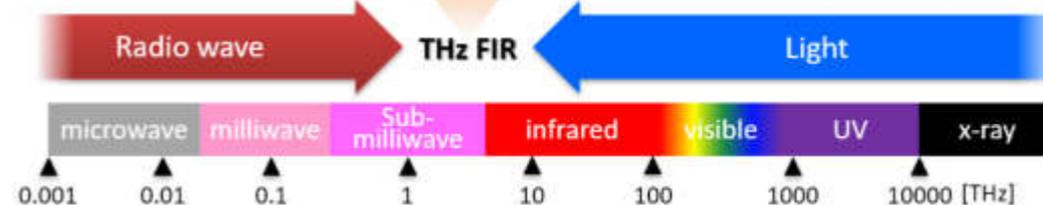
@産業科学研究所



Fusion technology

Physics, Chemistry, Biology, Medicine,
Astronomy, Engineering science, etc...

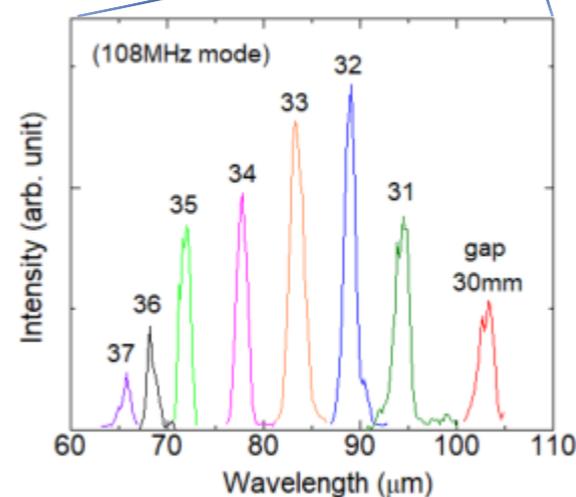
3 THz
=12.4 meV
=100 cm⁻¹
=100 μm



(線形電子加速器)



アンジュレーター



ISIR THz-FEL
(周波数: 2-12 THz)

- ・コヒーレント
- ・単色
- ・波長可変
- ・ピーク強度 ~MW
- ・短パルス
- ・偏光

ISIR THz-FEL
(阪大産研 量子ビーム施設)

テラヘルツ自由電子レーザー利用例

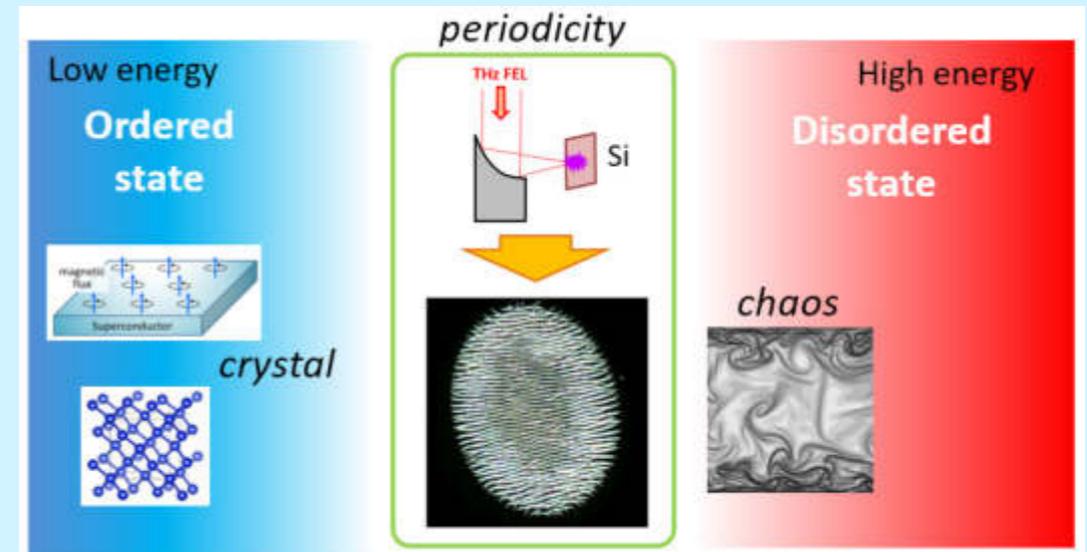
利用形態

- 顕微分光
- 分光イメージング
- 偏光光源
- 非線形応答
- 加工



半導体加工

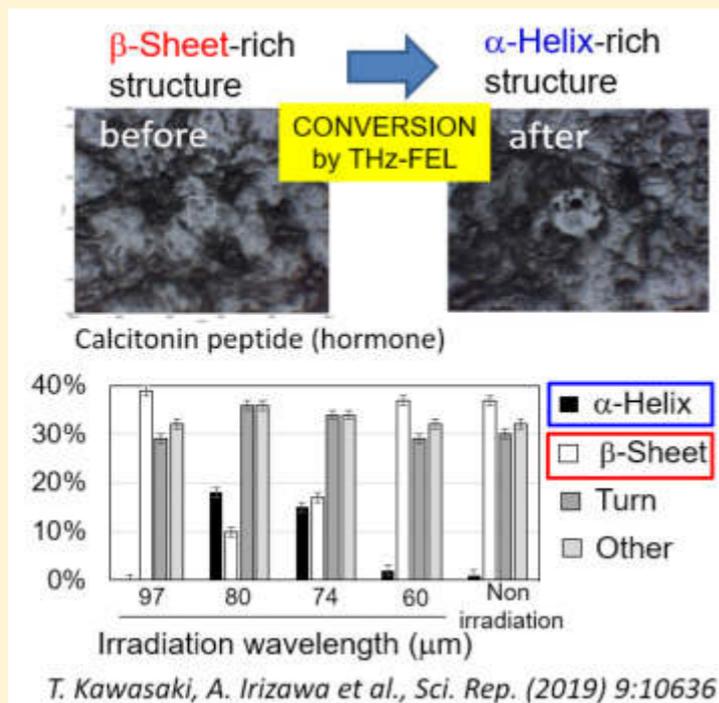
回折限界を超越した加工



A. Irizawa et al., Appl. Phys. Lett. 111, 251602 (2017)

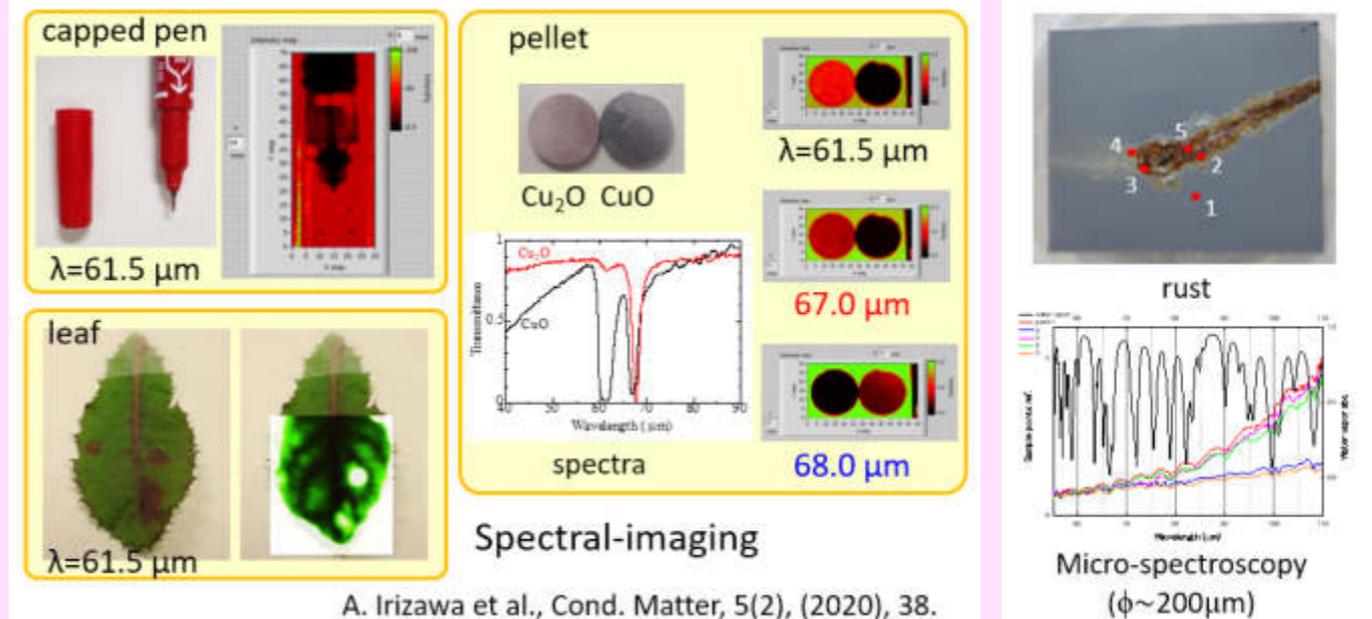
生体物質制御

アミロイドの選択的破壊



高速高分解能分光イメージング

高速な波長選択イメージング・顕微分光



研究紹介

- レーザープラズマ加速
- 光・量子ビーム・プラズマ数値シミュレーション
- RF電子ライナック&THz自由電子レーザー利用
- **光・量子ビーム技術の社会実装への展開**

光・量子ビーム技術の社会実装への展開

ピーニングとは？

金属の表面を叩いて押し飛ばす（塑性変形させる）ことにより、
表面にくっ付け合う力（圧縮残留応力）を与える技術

～ 刀鍛冶の仕事に似ている ～

ショットピーニング



鉄の球（ショット）で強化

<http://icsp9.iitt.com/>



www.nchm.jp/contents02_gyoji/02_kikaku_200405_top.html

レーザーピーニング



光の弾（レーザー）で強化

超小型パワーレーザーによるピーニング



佐野雄二
特任教授

メンテナンス用レーザーピーニング装置
(サポインでLAcubedが開発中)



ロボットでレーザーを動かしながらピーニング

- 安価(数千万円)
- 大きな物も処理可
- 小型で移動が容易
- ファスナ穴内面も可

インフラ (橋梁) のメンテナンス



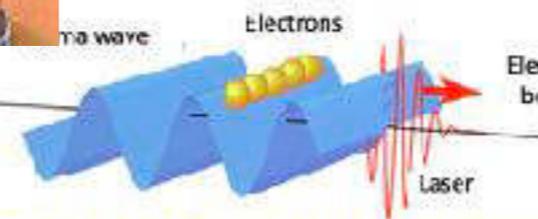
レーザープラズマ加速
 Laser Plasma Acceleration



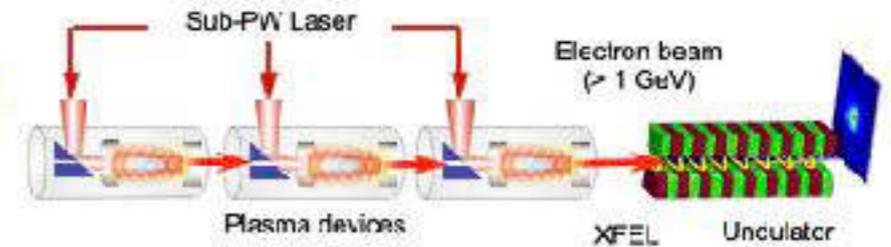
acceleration elemental technologies
 electron acceleration exceeding 1 GeV and
 utilize it as a plasma device

GeV級レーザー加速器の実現を目指した研究開発

- ・ 実験・理論・数値計算
- ・ 装置開発

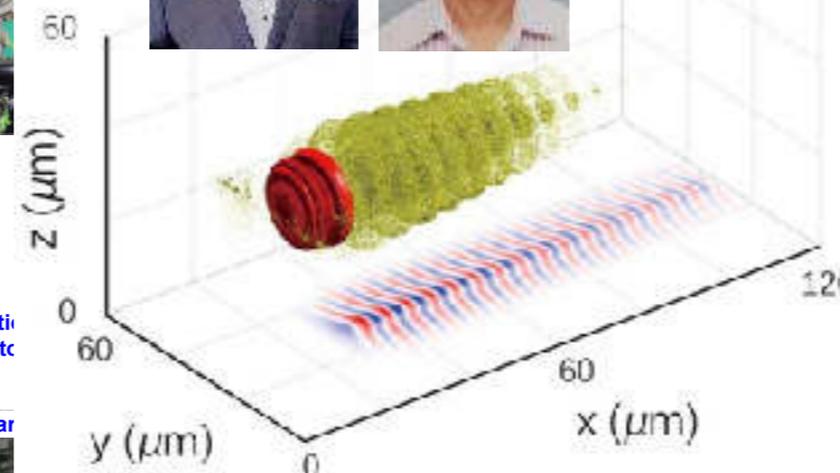


Integrated platform for laser-driven acceleration
 Multi-GeV-class multi-stage acceleration aiming for XFEL



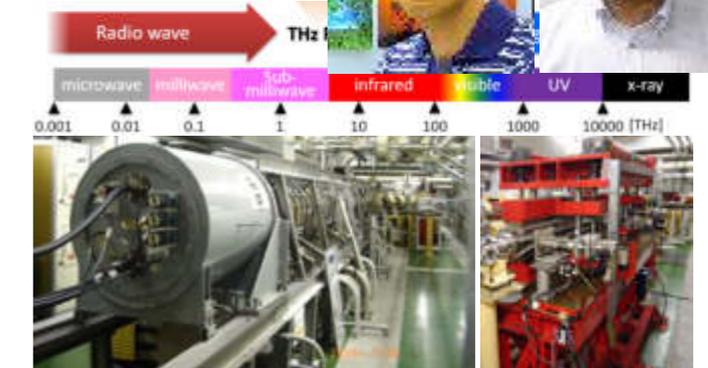
量子ビーム・プラズマ
 数値シミュレーション
 Numerical Simulation of
 Quantum beams & Plasmas

加速媒体の相対論プラズマの詳細理解



RF電子ライナック&THz-FELの利用
 Application of RF

光・量子ビームの



産業科学研究所 量子ビーム科学研究施設

レーザー加速プラットフォーム@SPring-8

光・量子ビーム技術の産業展開を探索

Explore for quantum

社会実装を目指



超小型パワーレーザー
 (20mJ, 100Hz)

量子ビーム物理グループ（細貝研）は、
2020年4月より
大学院理学研究科 物理学専攻の協力講座に加わりました。



基礎物理、大型実験、装置開発、数値シミュレーション、社会実装、もの作り、etc.。

メンバーの半数は外国人のため研究に関するコミュニケーションは、ほぼ英語で行います。

国研、他機関（海外含む）との連携研究を推進しています。

研究室Web.

<https://www.sanken.osaka-u.ac.jp/labs/bmp/wordpress/index.php/home-jp/>

みなさんの参加をお待ちしています！

阪大 細貝研

検索