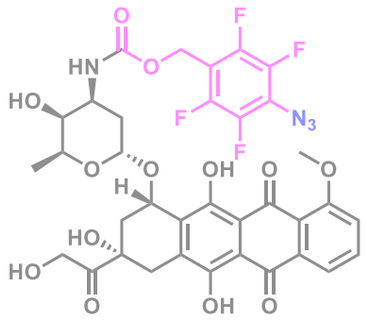
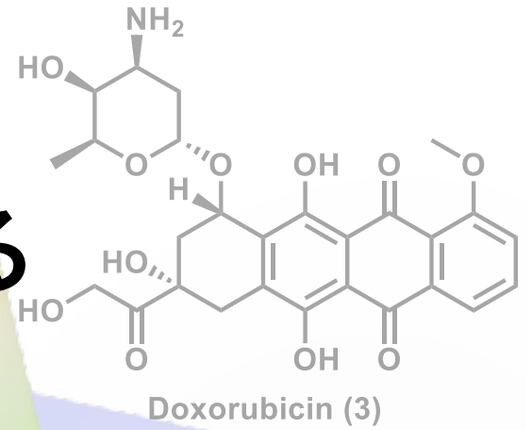


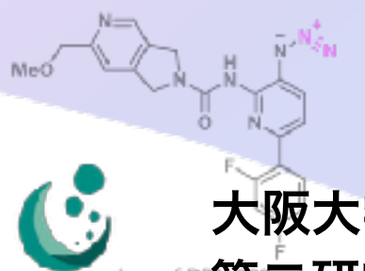




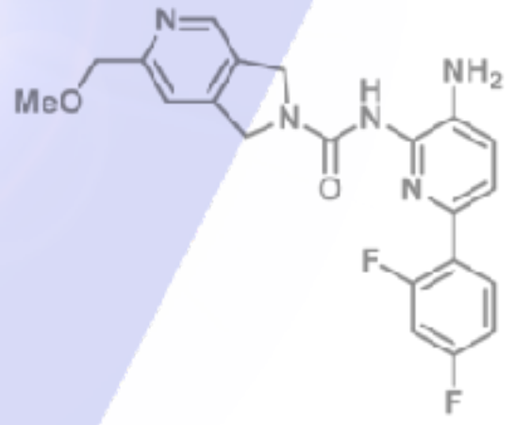
産業を強くする

光で粒子を加速する

ー先端科学から産業基盤へー







大阪大学 産業科学研究所
第二研究部門　量子ビーム物理研究分野
量子ビーム科学研究施設

理化学研究所
放射光科学研究センター
レーザー加速開発チーム

細貝 知直
hosokai@sanken.osaka-u.ac.jp

共催　キャノングローバル戦略研究所 2026. 11.13
大阪大学産業科学研究所シンポジウム

内容

1. 先端科学としての光駆動粒子加速

2. コンパクトな高エネルギー電子ビーム源の新しい応用例
ー　電子ビーム創薬　ー

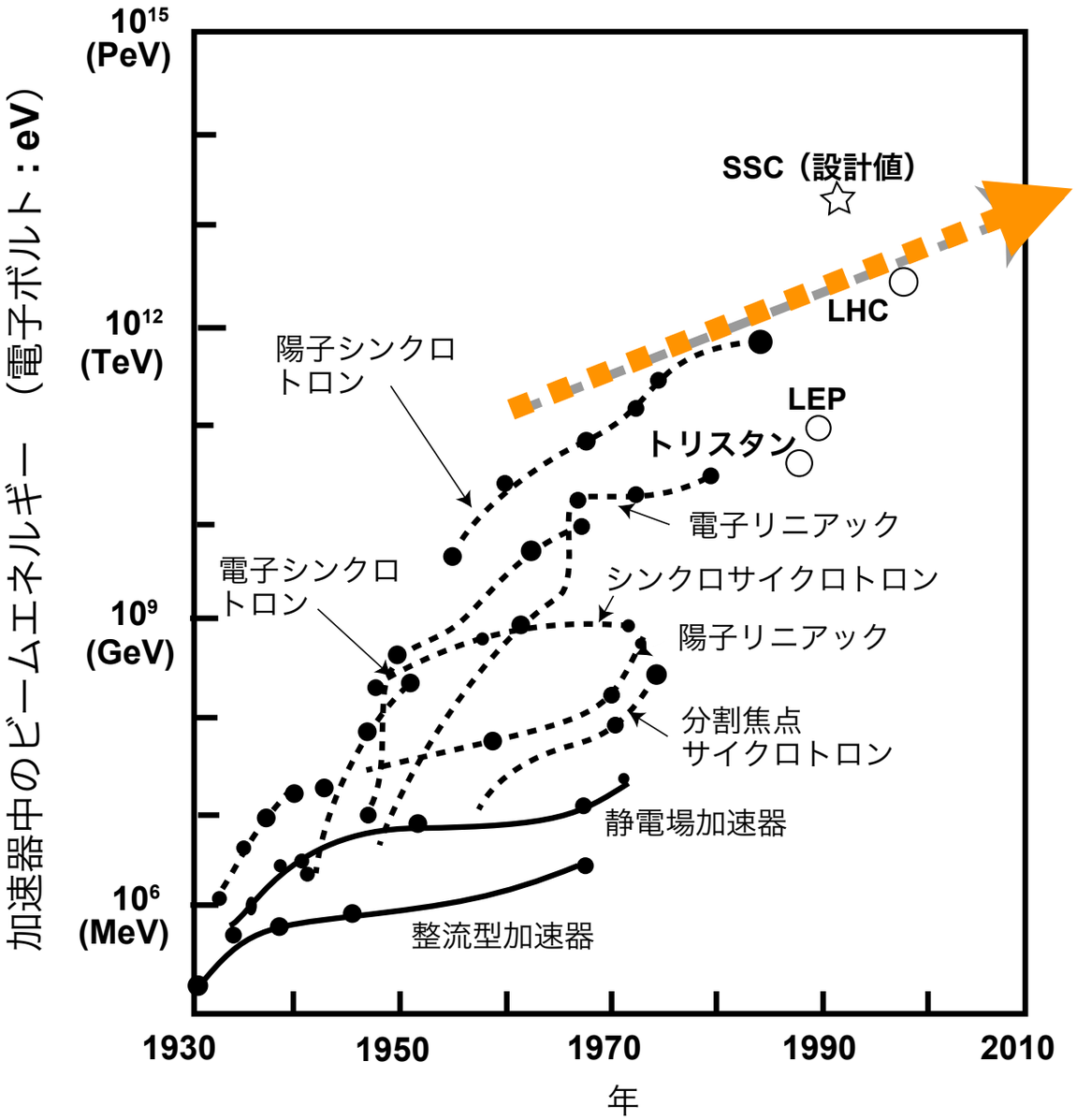
高エネルギー物理学研究には高エネルギー加速器が必要

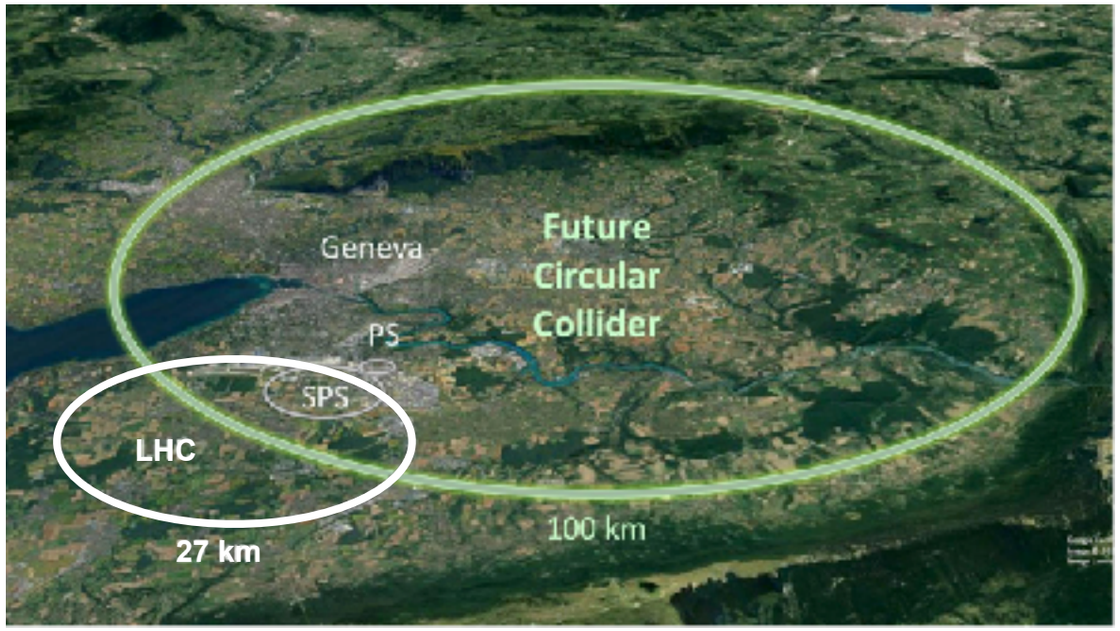


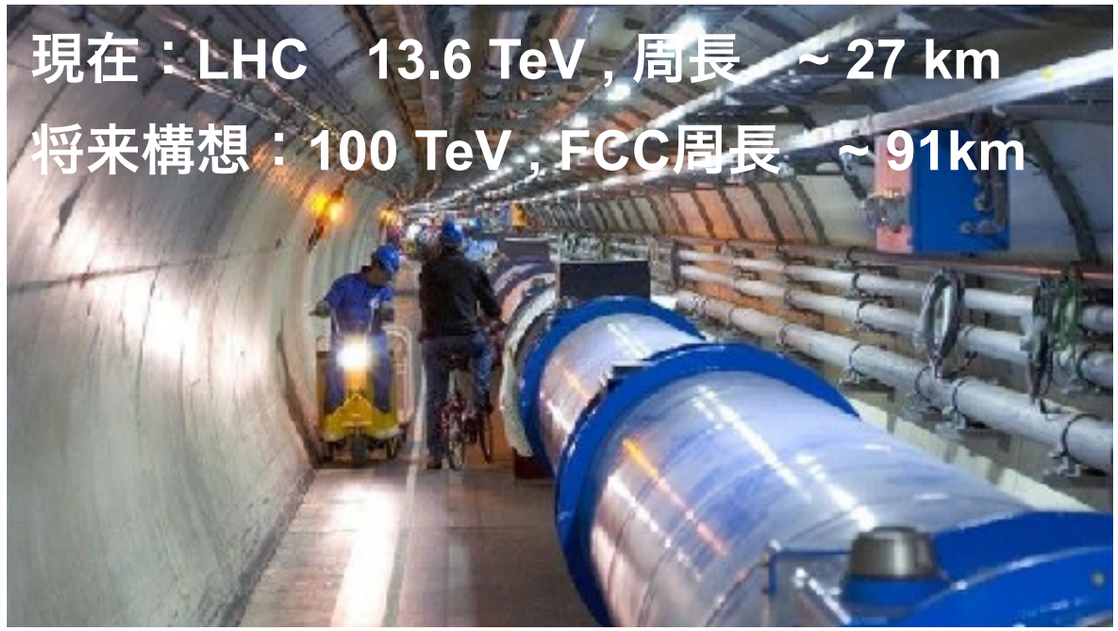


共催　キャノングローバル戦略研究所 2026. 11.13
大阪大学産業科学研究所シンポジウム

高いエネルギーのビームを求めるほど、加速器は巨大化してきた







レーザー航跡場加速

ー従来加速器の1000倍以上の加速場ー

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,†]

[1]*Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, California 94720, USA*
[2]*University of California, Berkeley, California 94720, USA*
[3]*Keldysh Institute of Applied Mathematics RAS, Moscow 125047, Russia*
[4]*National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute), Mos*
[5]*Faculty of Nuclear Science and Physical Engineering, CTU in Prague, Brehova 7*
[6]*Institute of Physics ASCR, v.v.i. (FZU), ELI-Beamlines Project*

(Received 7 December 2018; revised manuscript

Guiding of relativistically intense l
was demonstrated by increasing the
inverse bremsstrahlung heating. This a
nergetic peaks up to 7.8 GeV, double th
7.8 GeV and up to 62 pC in 6 GeV pea
laser
with quasimonoe-
onstrated. Charge was 5 pC at
divergence was 0.2 mrad.

DOI: 10.1103/PhysRevLett.122.084801

極短パルス・超高強度レーザーで
超高エネルギーまで電子を加速する！

近年の研究成果：

加速距離 30cm で 10GeVの 電子加速を確認

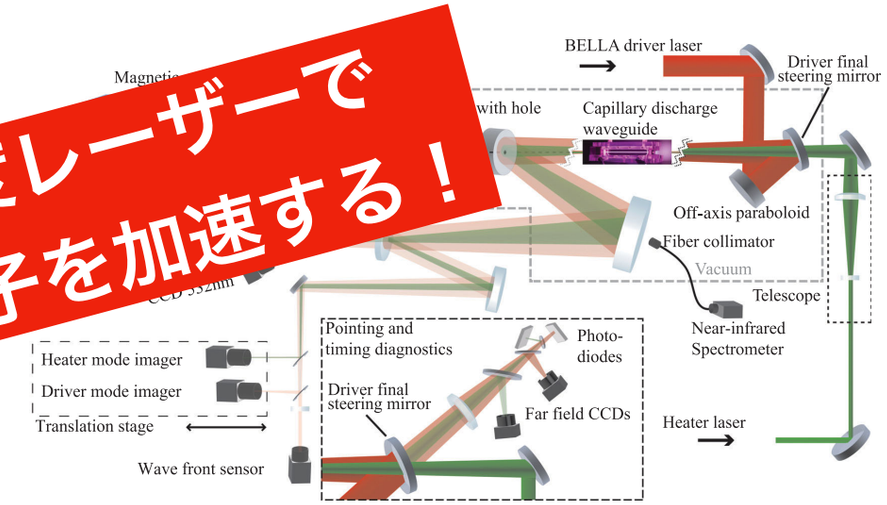
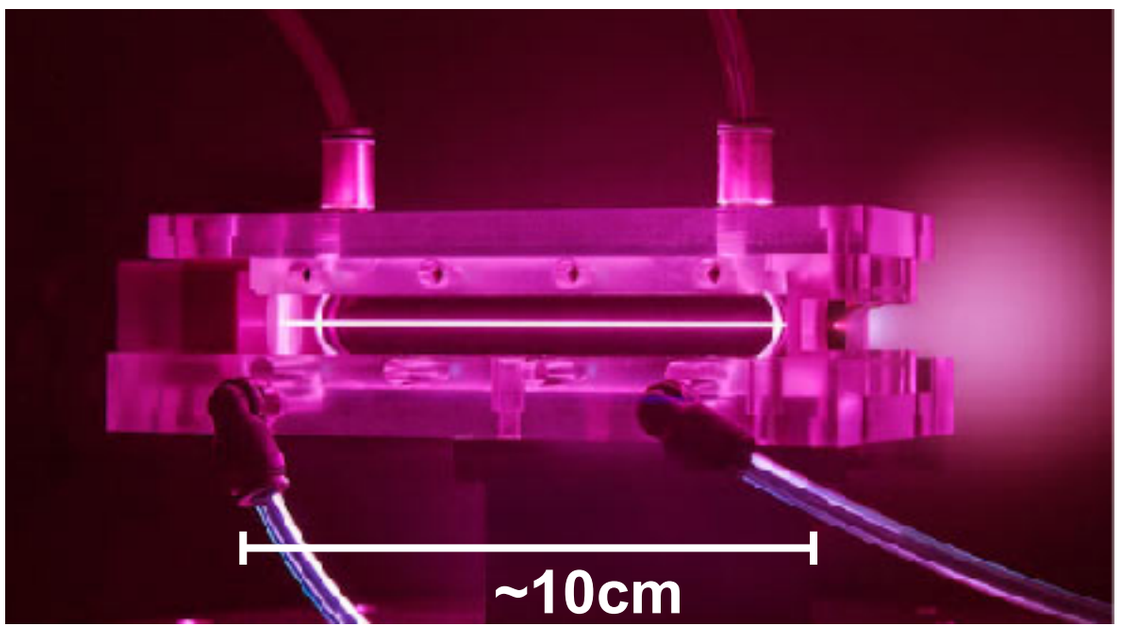
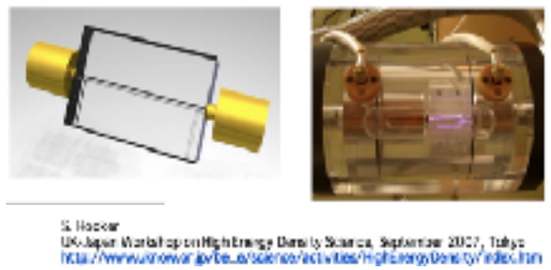
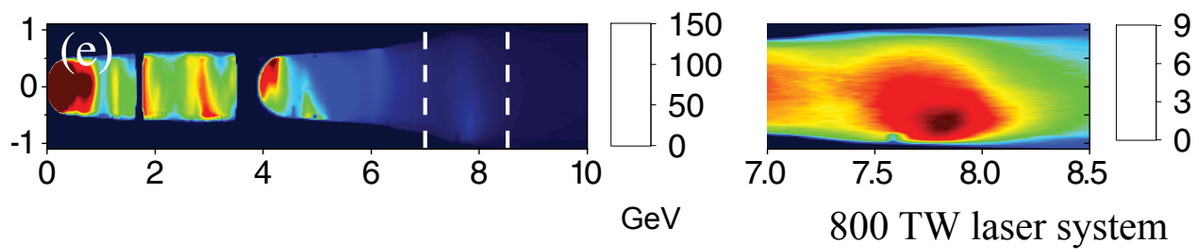


FIG. 2. Schematic layout of the BELLA LPA, including the heater laser system for enhancing the capillary discharge waveguide.





S. Hooker
UK-Japan Workshop on High Energy Density Science, September 2007, Tokyo
http://www.oxwarg.ox.ac.uk/science/activities/HighEnergyDensity/index.htm



800 TW laser system
@ LBNL, California

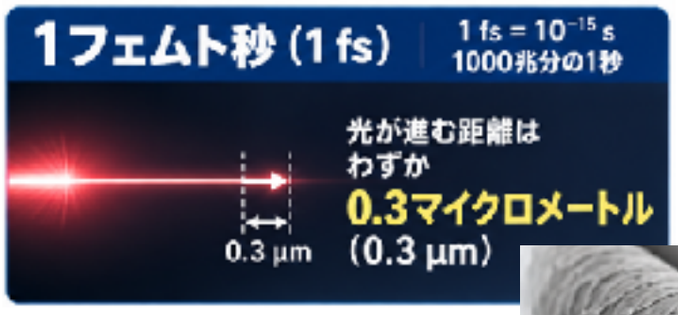
共催　キャノングローバル戦略研究所 2026. 11.13
大阪大学産業科学研究所シンポジウム

極短パルス光（レーザー）の生み出す極限の世界

1フェムト秒は1000兆分の1秒

光でさえ 0.3マイクロメートルしか進めないほど短い時間







レーザーの瞬間出力は 原発 約10万基分！

$$\text{パワー } P \text{（W：ワット）} = \frac{\text{エネルギー } E \text{（J：ジュール）}}{\text{時間 } t \text{（s：秒）}}$$

同じエネルギーでも
時間を短くすると、
パワーは大きくなる







同じ10 Jのエネルギーでも

1秒間で使うと
10 W

100 fs（フェムト秒）で使うと
100兆 W

$$P = \frac{10\ \mathrm{J}}{1\ \mathrm{s}}$$

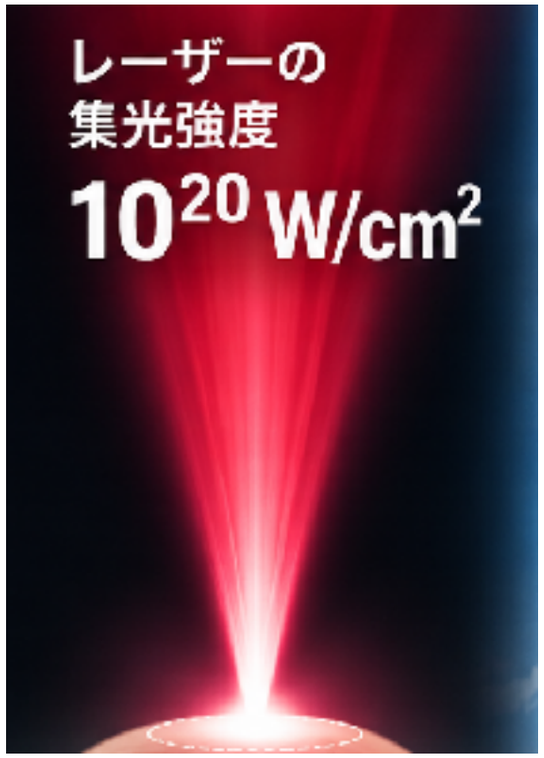
$$P = \frac{10\ \mathrm{J}}{100 \times 10^{-15}\ \mathrm{s}}$$

極短パルス光（レーザー）の生み出す極限の世界

さらに光を集めると

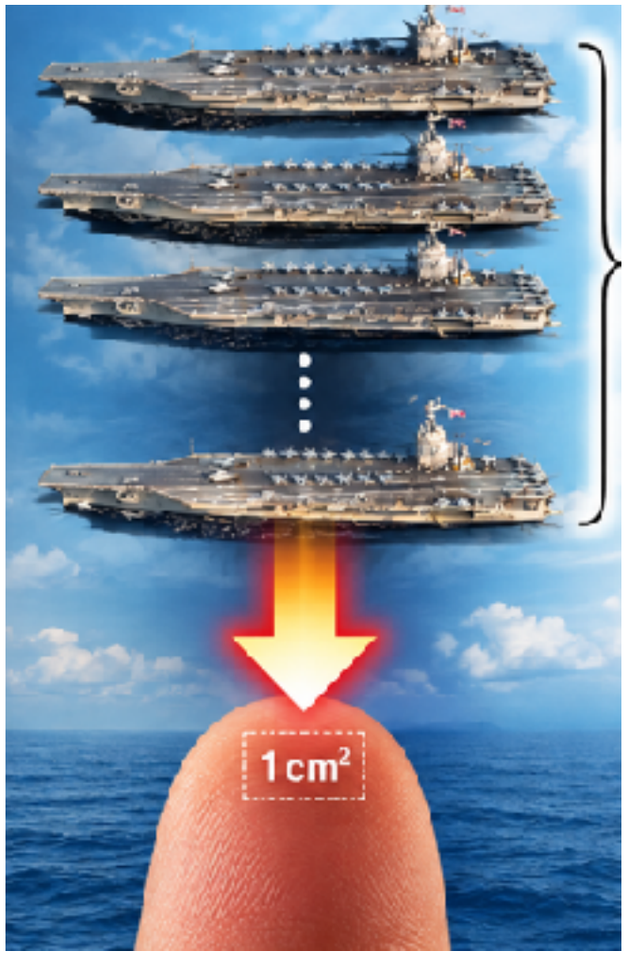


~ 10 μm のスポットに集光すると、



指先 1 cm² にかかる重さに換算
約3,400万トン重
（約340億kg重）

光強度 10^{20} W/cm² による
放射圧（光の圧力）
約 3.3×10^{15} Pa



航空母艦 約340隻分

大型航空母艦の
満載排水量約10万t

レーザーの放射圧

光が吸収される場合、放射圧は

$$P = \frac{I}{c}$$

光強度

$$I = 10^{20}\ \mathrm{W/cm^2} = 10^{24}\ \mathrm{W/m^2}$$

とすると、

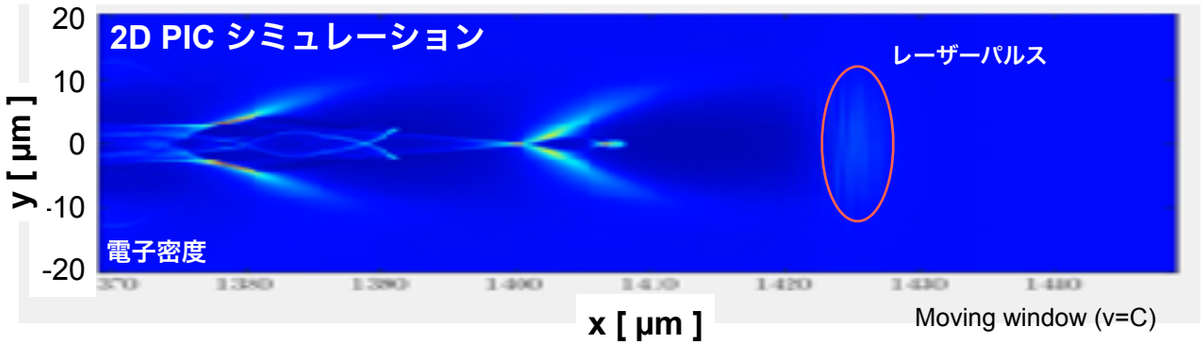
$$P \approx 3.3 \times 10^{15}\ \mathrm{Pa}$$

3300兆 Pa

レーザー航跡場加速

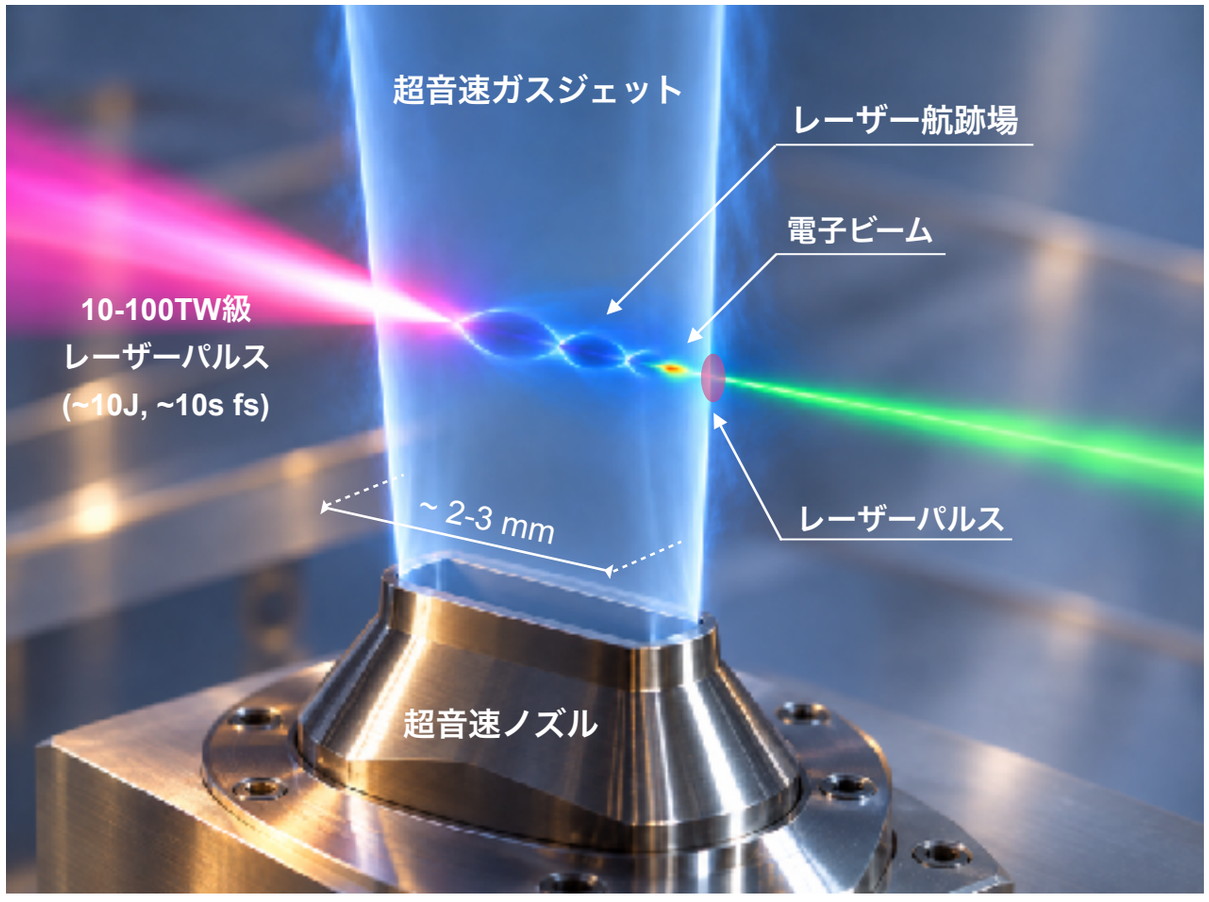
Laser Wakefield Acceleration: LWFA

電子はレーザーパルスの後ろに励起されるプラズマ波からエネルギーを得て加速



10-100 TW (テラワット)級 レーザー
- **パルスエネルギー：~10J,**
- **パルス幅 ~10s fs（フェムト秒）**

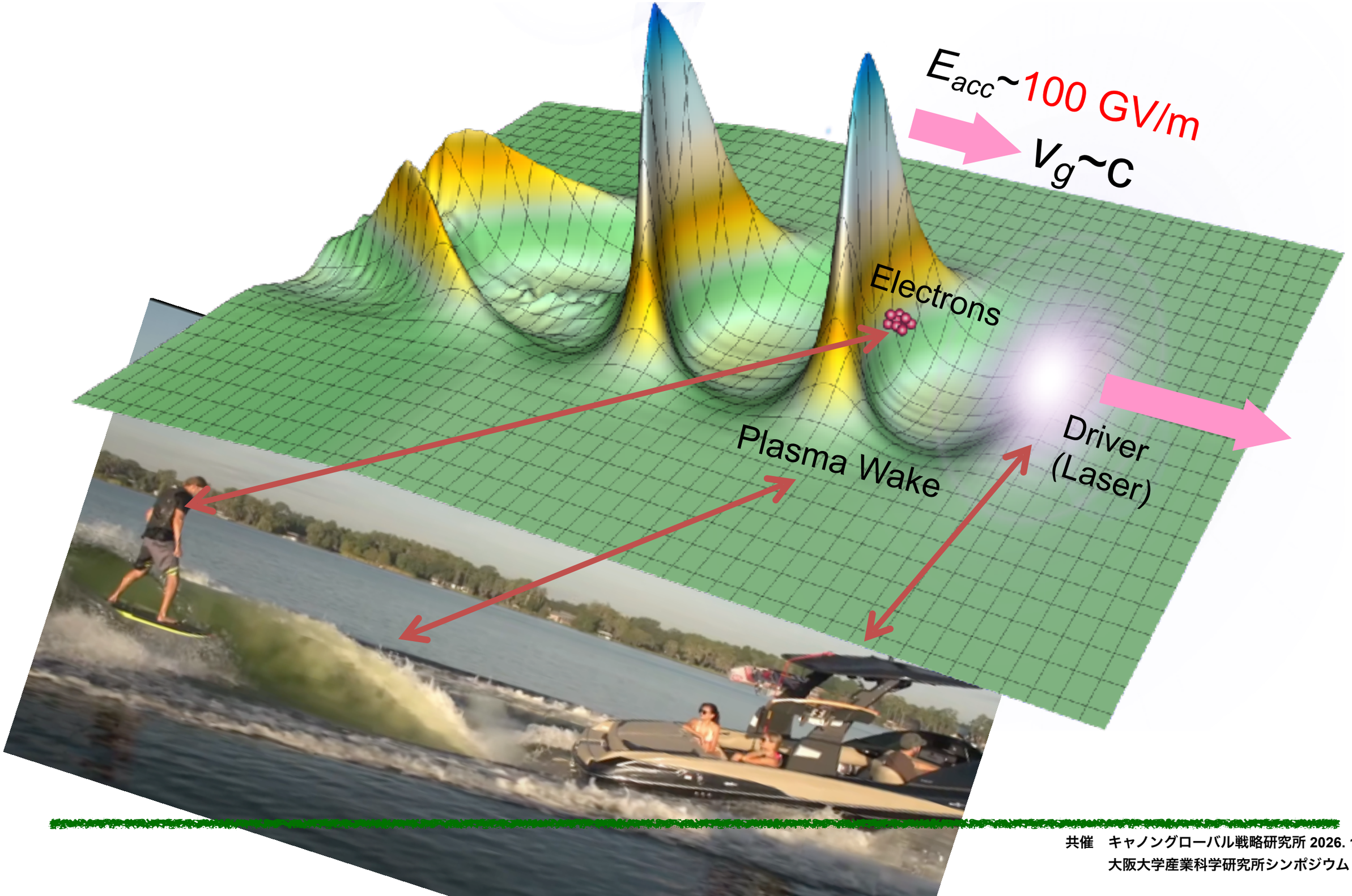
T（テラ）：　10^{12} (1兆)
F（フェムト）：10^{-15} (1/1000兆)



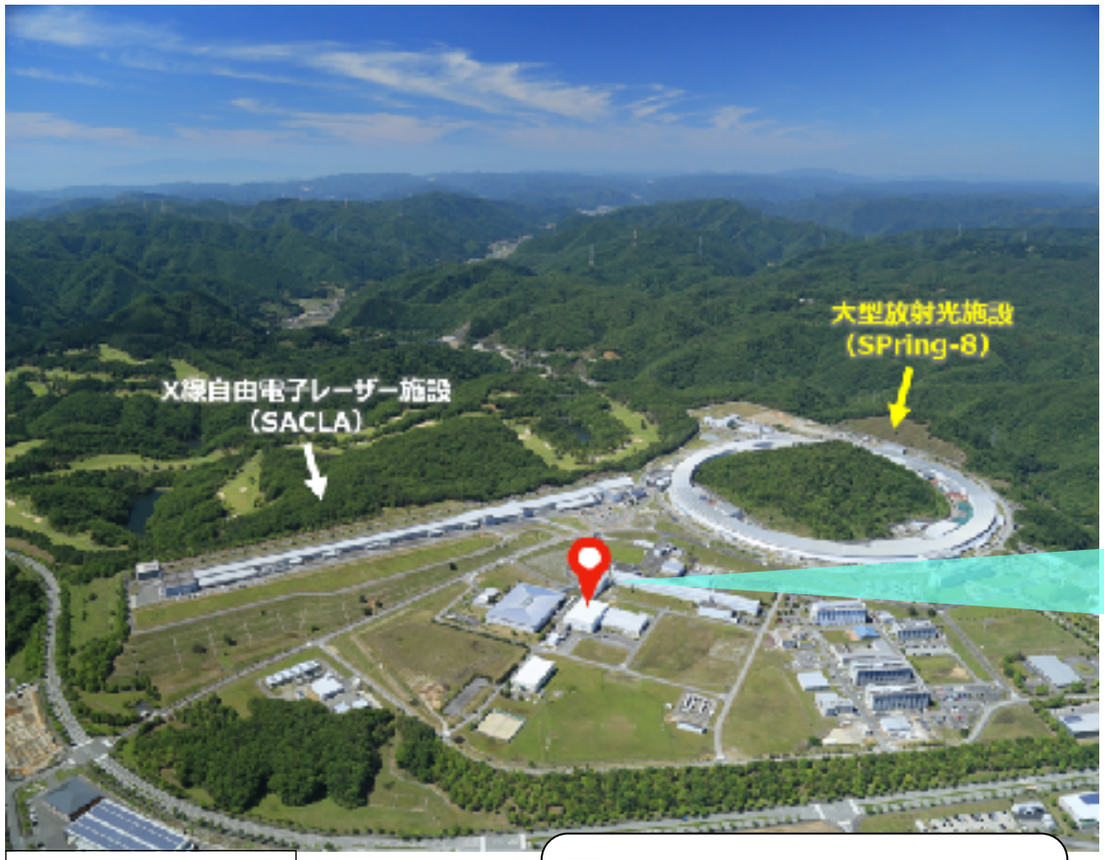
レーザー航跡場加速

Laser Wakefield Acceleration: LWFA

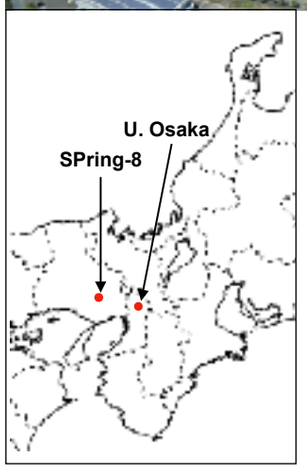
電子はレーザーパルスの後ろに励起されるプラズマ波からエネルギーを得て加速



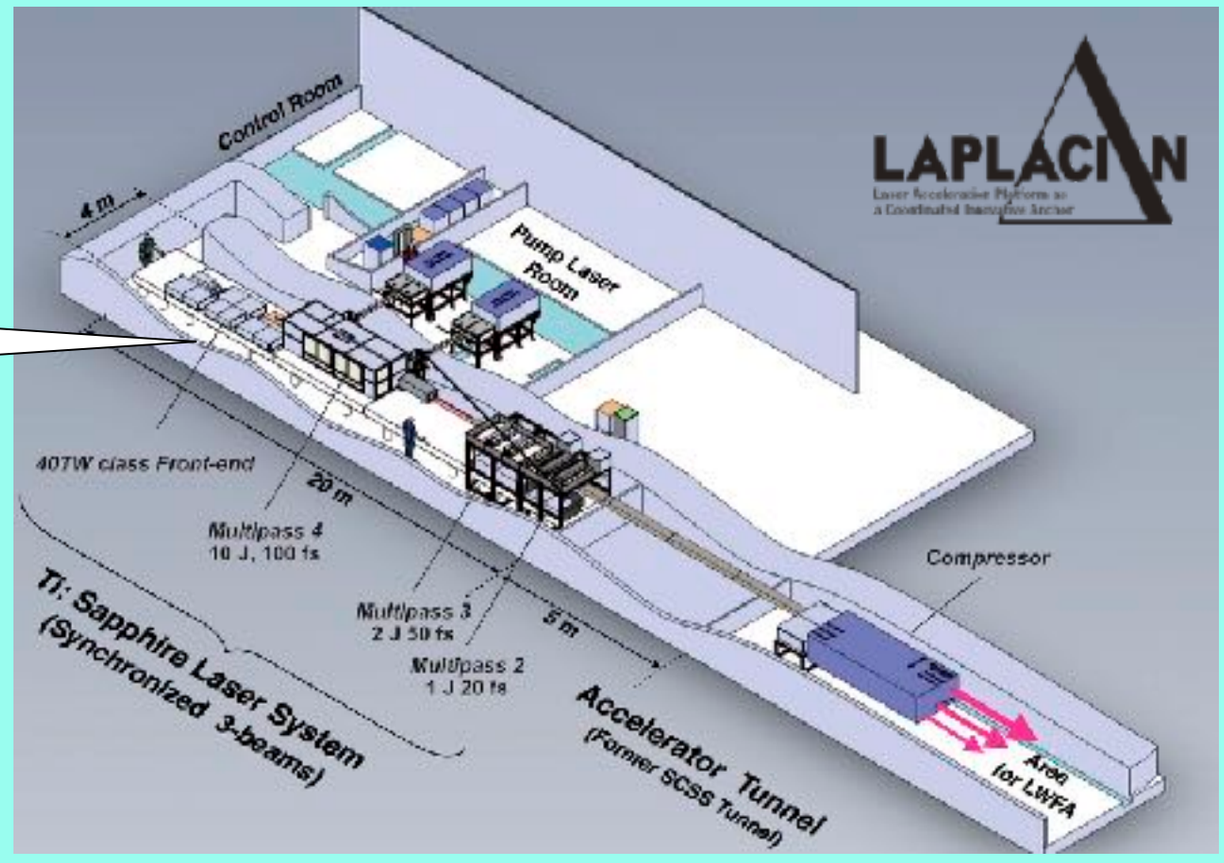
レーザー加速実験プラットフォーム‘LAPLACIAN’ @ SPring-8











共催　キャノングローバル戦略研究所 2026. 11.13
大阪大学産業科学研究所シンポジウム

2026.02.26 新聞発表

YAHOO! JAPAN ニュース Dでもっと便利に新規取得 ログイン アプリはじめて利用限定、お得な半額クーポン

キーワードを入力 | マイページ | 購入履歴

トップ | 速報 | ライブ | エキスパート | オリジナル | みんなの意見 | ランキング | 有料

主要 | 国内 | 国際 | 経済 | エンタメ | スポーツ | IT | 科学 | ライフ | 地域 | トピックス一覧

加速器を卓上に　自由電子レーザー発振に成功、実用化前進　阪大など

2/26(木) 14:30 配信 2

朝日新聞



中央で噴出しているガスにレーザーを当て、プラズマをつくって電子ビームを生成する=大阪大提供

大型施設の加速器の役割を卓上サイズで実現する――。

そんな課題に取り組む理化学研究所や大阪大などのチームが、実用化が可能だと見極められる段階にきたと発表した。大型施設を必要とする加速器は、物理学の研究やがん治療などさまざまな用途で使われており、チームは医療装置などを小型化する開発につなげたいとしている。

【画像】巨大で複雑な加速器

加速器のかわりに、レーザーを使って電子を加速できるという理論はあった。強いレーザーで気体の中に陽イオンと電子が分離した「プラズマ」の波を作る。このプラズマの中に強力な電場を利用して、電子を急速に加速するというものだ。数十から数百メートル規模の加速器を数ミリから数センチまで小型化できる可能性がある。

ただ、プラズマの制御が難しく、不安定で実用化にはほど遠かった。チームは30年近くかけて、課題を克服した。

レーザーの乱れを抑え、レーザーを打ち込むガスのゆがみを除き、超音速でガスを噴き出す技術を開発し、超高品質の電子ビームを出せるようにした。

朝日新聞社

17 9 5

アクセスランキング（科学）

1 「軽度認知障害の前兆となる初期症状」はご存知ですか？末期症状も医師が解説！
メディカルドック 2/28(木) 20:00

2 乳がんと診断されたら～後悔しないための病院選び～
時事通信 2/26(木) 14:00

3 「高血圧」の治療をしても効果が見えない…それ『二次性高血圧』かも!? 医師が徹底解説
メディカルドック 2/26(木) 22:00

4 「飼える魚」あえて展示しない三田　海なし県・埼玉の水族館　学校プールにたまっている水で生き物調査
withnews 2/27(金) 7:00

5 高齢女性もやっぱり大事なのは"筋肉"――運動不足でも"筋力が高い"と死亡リスク低下　米国チームが発表
ITmedia NEWS 2/27(金) 8:05

Yahoo!ニュース オリジナル
Yahoo!ニュースでしか出会えないコンテンツ

雑誌アクセスランキング（IT・科学）

1 Chromeブラウザーに新たな危険性、すぐにアップデートして更新を
Forbes JAPAN 2/26(木) 16:00

2 ビットコイン、量子コンピューターの脅威に対抗する「歴史的な」

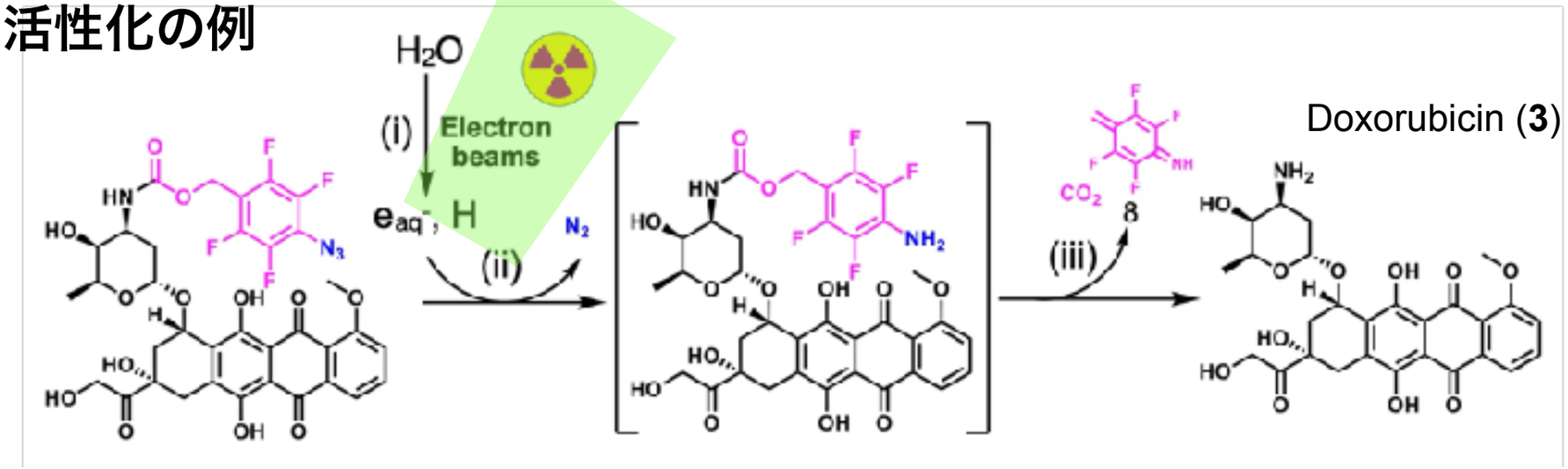
内容

1. 先端科学としての光駆動粒子加速

2. コンパクトな高エネルギー電子ビーム源の新しい応用例
ー　電子ビーム創薬　ー

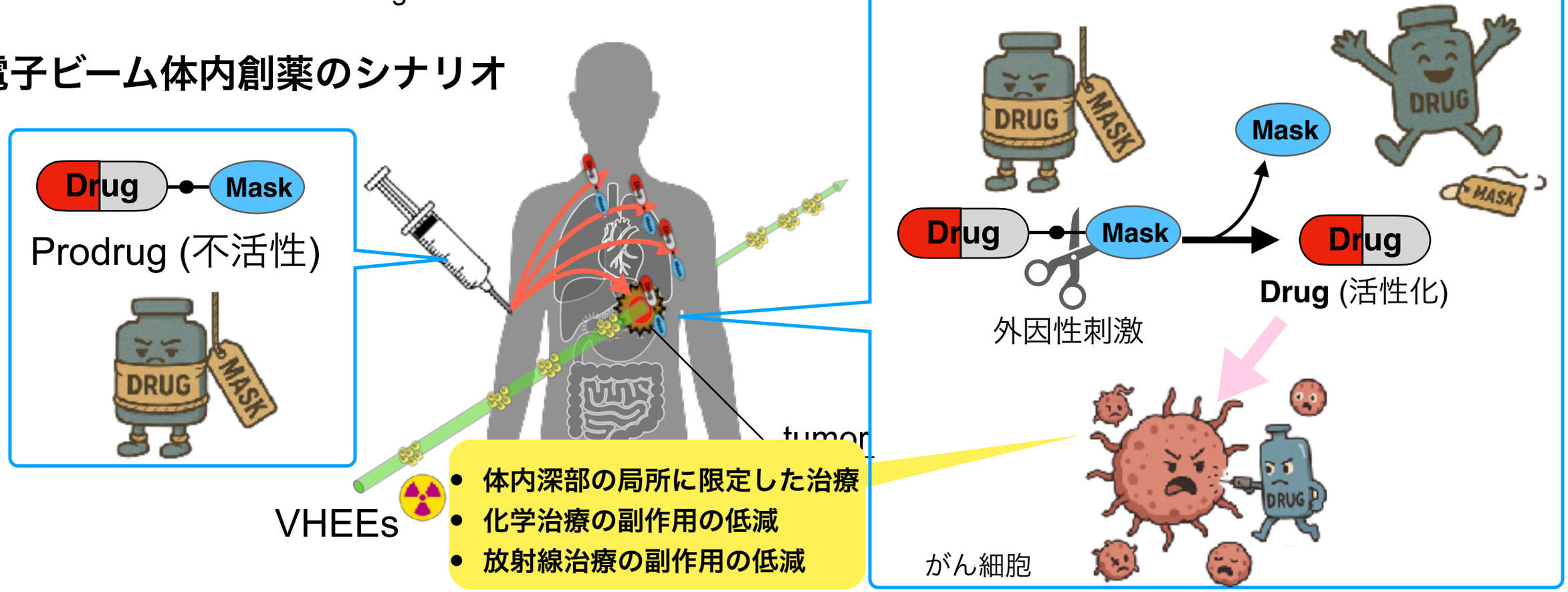
電子ビームトリガーによる薬剤活性化（電子ビーム創薬）

プロドラック活性化の例



Prodrug **1**

電子ビーム体内創薬のシナリオ

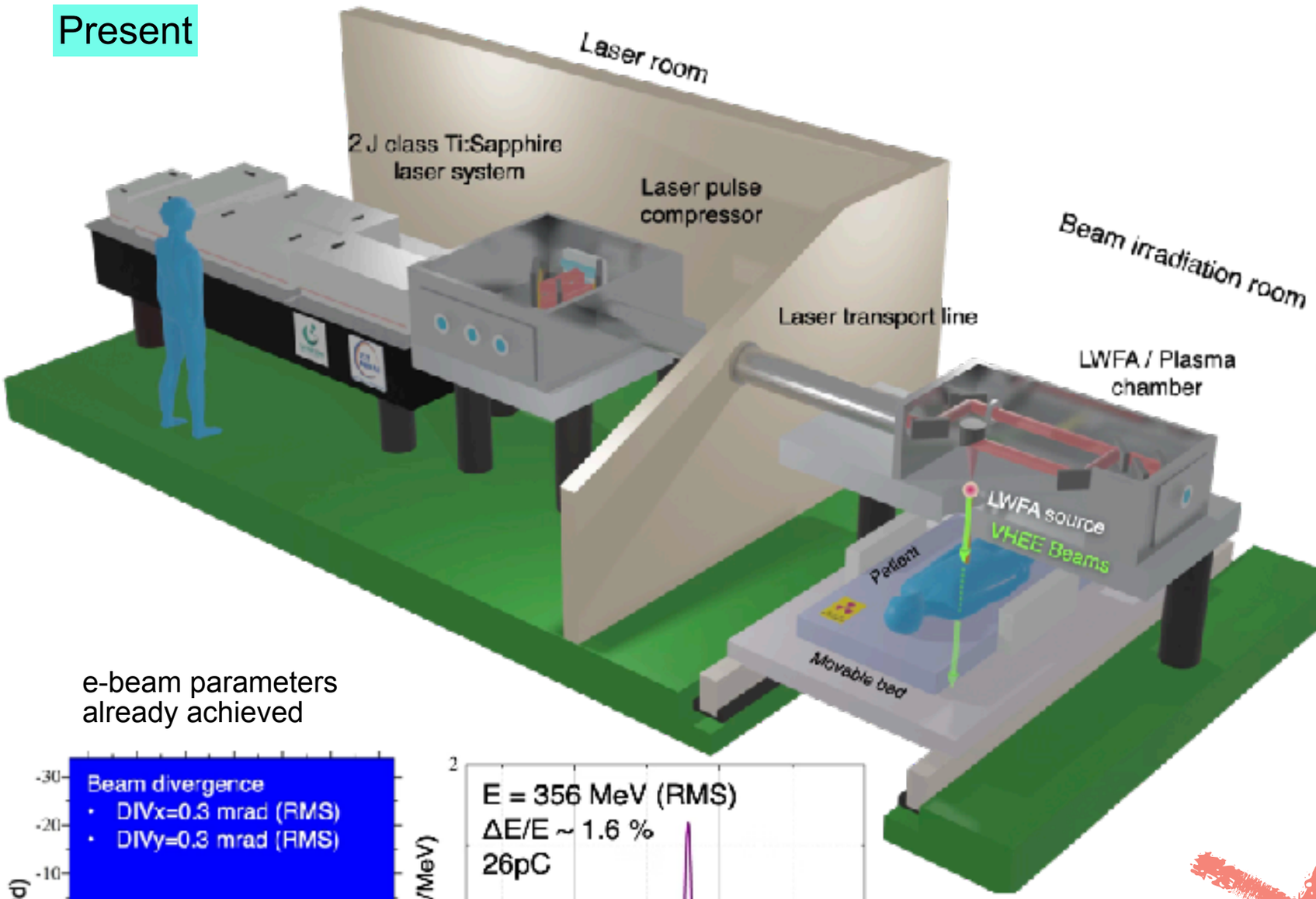


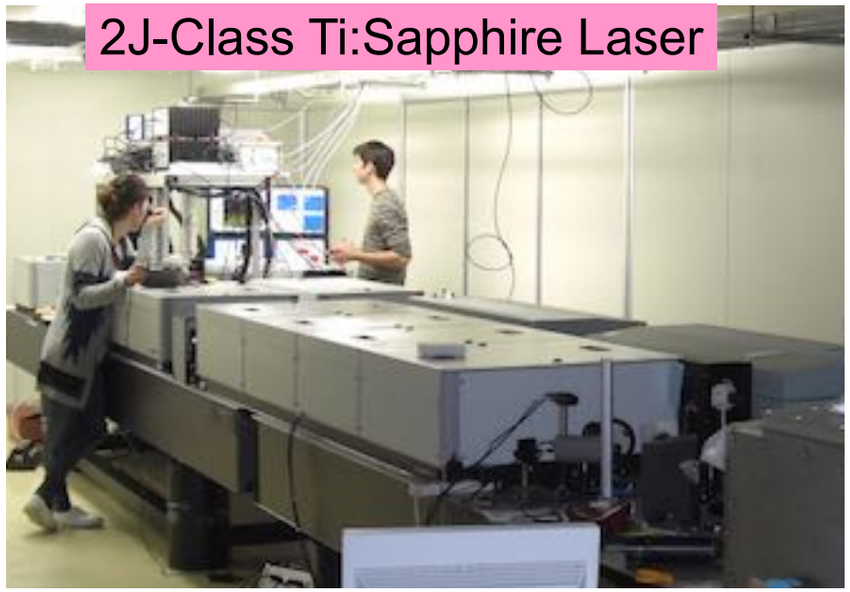
- 体内深部の局所に限定した治療
- 化学治療の副作用の低減
- 放射線治療の副作用の低減

将来展望：LWFAベースの電子ビーム創薬治療器

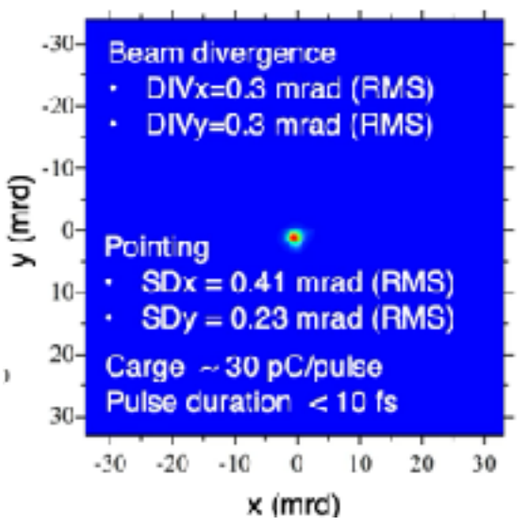
Future Prospect: A conceptual illustration of an LWFA-based B3D.

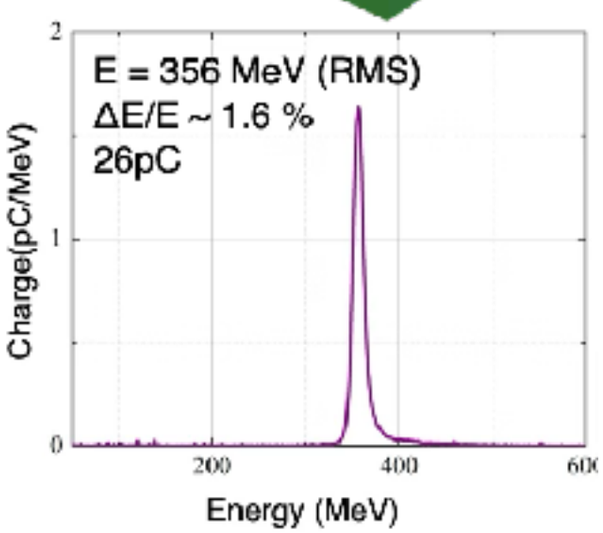
Present





e-beam parameters
already achieved





Future



科学と技術の好循環が、未来を拓く

― 基礎から応用へ、そして未来の科学へ ―

1 基礎科学の探究
Fundamental Science

未知の現象に挑み、
新しい科学を切り拓く



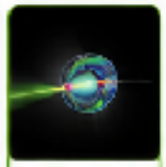
FEL・高エネルギー
ビーム物理
プラズマ物理 など

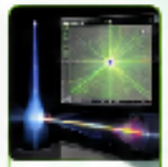
2 要素技術の開発
Core Technologies

研究者自らが必要な技術を創り、
高品質ビームの実現を目指す


ガスジェット技術
(Gas Jet)

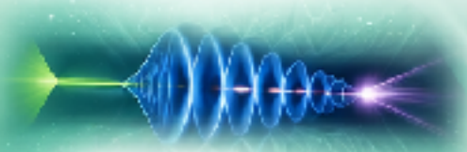

レーザー整形
(Laser Shaping)


衝撃波注入制御
(Shock Injection)


ビーム診断・制御
(Diagnostics)

3 高品質電子ビームの実現
Well-defined Electron Beam

安定・高品質なレーザー航跡場加速
電子ビームを実現



- 高エネルギー
- 低エネルギー・広がり
- 高安定性・再現性
- 制御性

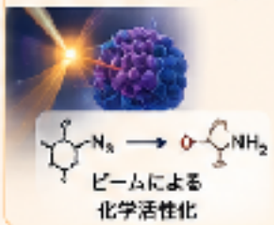
4 新しい応用の創出
Applications

高品質ビームが新しい科学と
社会的価値を生み出す

XUV 自由電子レーザー
(XUV FEL)



ビーム創薬
(Beam Drug Discovery)



ビームによる
化学活性化

5 社会的インパクト・キラーアプリ
Societal Impact / Killer Application

医療・産業などの社会的価値を創出し、
人々の生活に貢献する

医療への貢献　産業への貢献

6 企業による技術開発・実用化
Industrial Development

企業が参入し、装置を成熟化・製品化
使いやすく、安定・低コストに

小型化・高繰返化　高信頼性　低コスト化　保守性・量産性

7 次世代プラットフォームへ
Advanced LWFA Platform

成熟した技術が基礎研究に戻り、
さらに高性能なプラットフォームへ



- 性能向上
- 多様なビーム
- ユーザビリティ向上

**科学と技術の好循環が、
新しい発見と社会的価値を
生み出し続ける**

研究の哲学

基礎研究に必要な装置がなければ自ら作り、
その技術から新しい応用を生み、
応用によって成熟した技術を再び
基礎科学へ還流させる。

これが、持続的なイノベーションを生む原動力。



共催　キャノングローバル戦略研究所 2026. 11.13
大阪大学産業科学研究所シンポジウム