

高速点火実証実験FIREXと 米国立点火施設NIFの現状

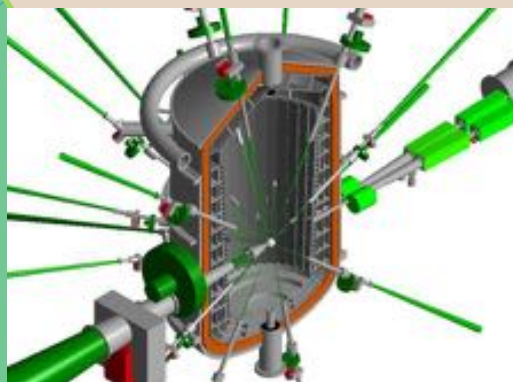
レーザーエネルギー学

大型レーザー開発



高エネルギー密度科学

核融合科学

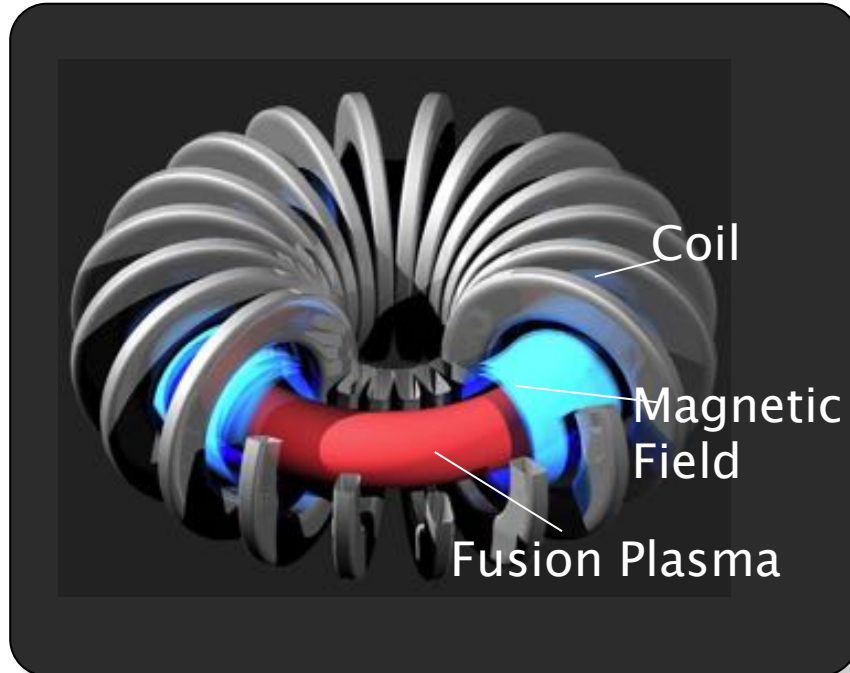


レーザー宇宙・惑星



2015.3.26 核融合科学技術委員会
大阪大学レーザーエネルギー学研究センター
疇地 宏

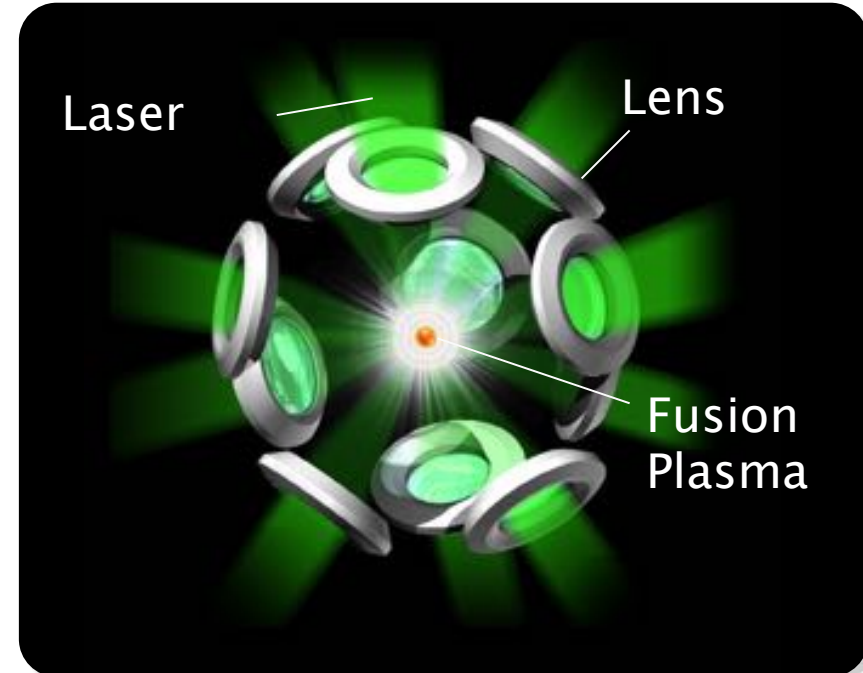
磁場核融合



固体密度の10億分の1 (10^{-9})
 燃料の直径: 10 m
 定常炉 → 定常負荷へ対応

ITER 機構
 原子力研究開発機構
 核融合科学研究所

レーザー核融合

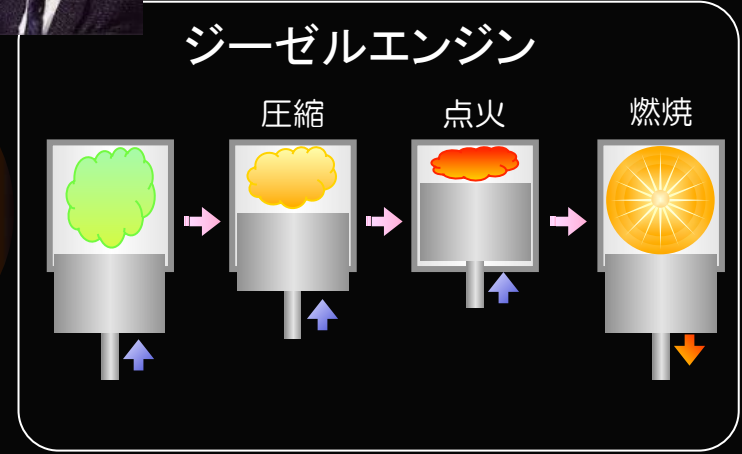
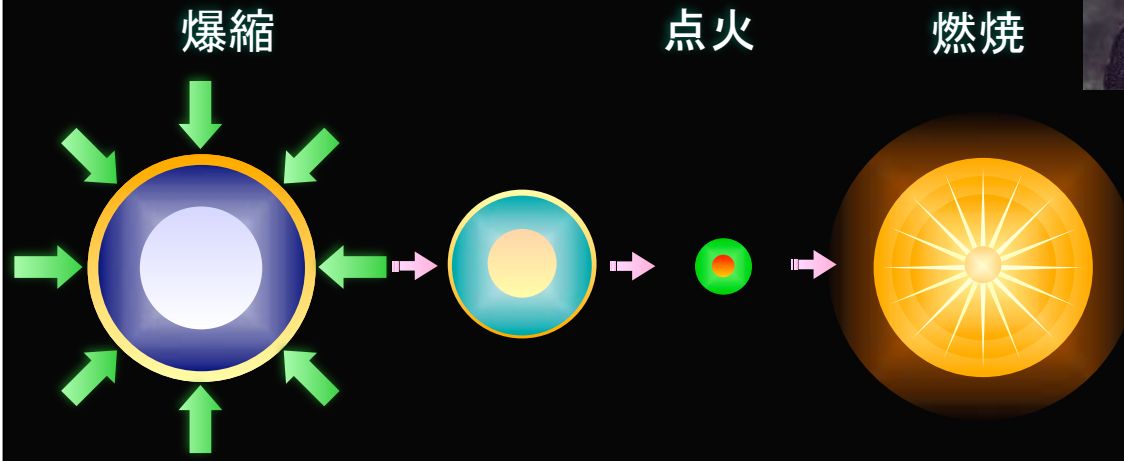


固体密度の1000倍 (10^3)
 燃料の直径: mm → コンパクト
 パルス炉 → 負荷変動へ対応

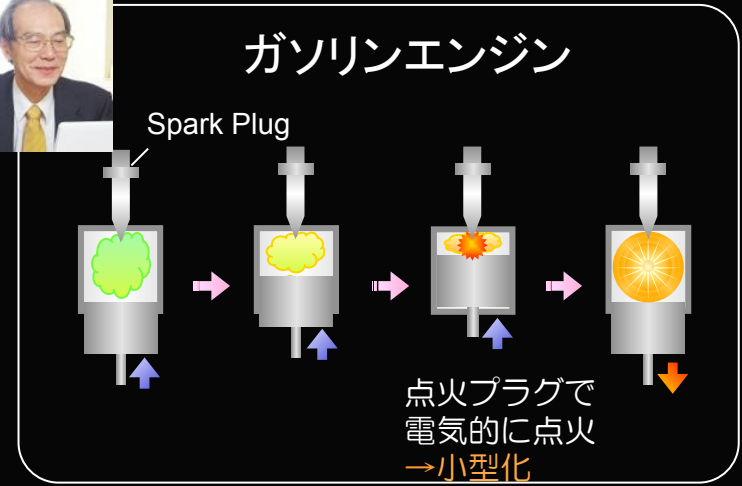
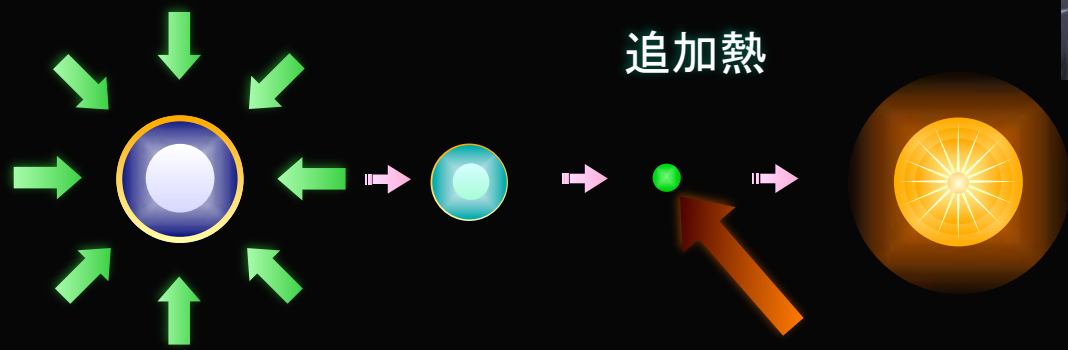
ローレンスリバモア国立研究所
 フランス原子力庁
 大阪大学

中心点火と高速点火

中心点火 提案 J. Nuckolls in 1972



高速点火 提案 山中龍彦 in 1983



コンパクトな高速点火がレーザー核融合エネルギー開発を大きく加速

高速点火実証実験

Fast Ignition Realization EXperiment



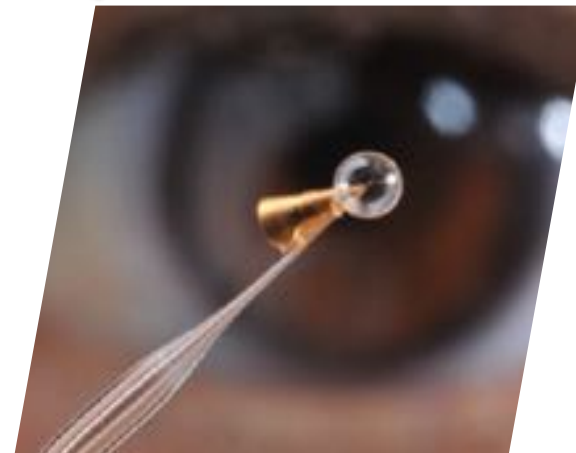
ナノ秒 爆縮用レーザー
GEKKO-XII



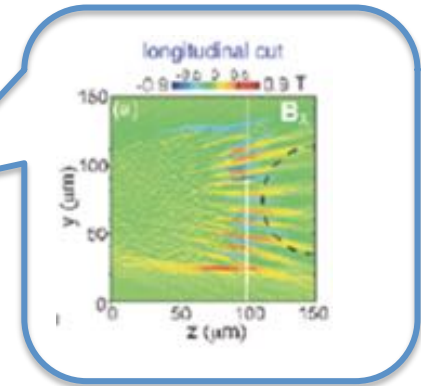
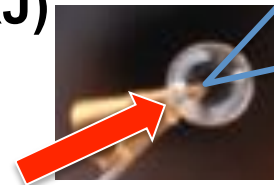
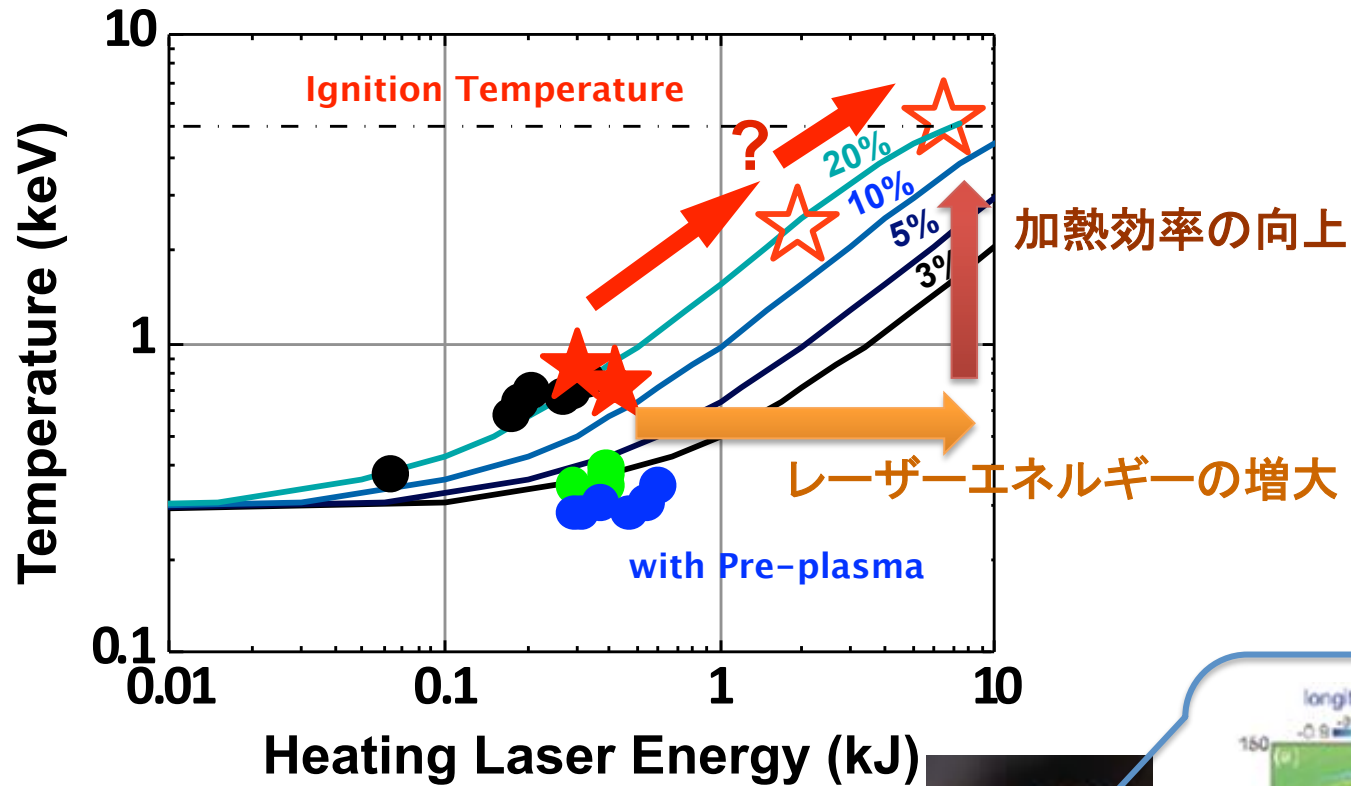
ピコ秒 加熱用レーザー
LFEX: 世界最大のピコ秒レーザー

これまでに1千万度までの加熱を実証。
点火温度（5千万度）への見通しを得た。

FIREX-I 点火温度への加熱
FIREX-II 数値点火の実証



点火温度へのアプローチ



年度	項目
平成26 (2014)	加熱レーザー4ビーム化完成 加熱効率の向上 (高速電子の低温化)
平成27 (2015)	加熱効率の向上 (高速電子の収束)
平成28 (2016)	燃料の加熱 チェック・レビュー

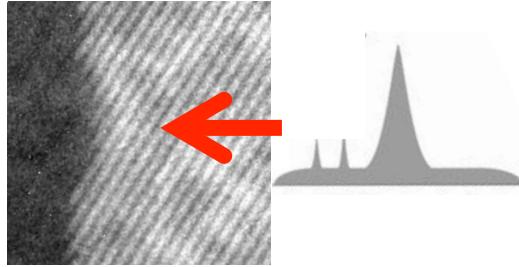
レーザーエネルギー増大

2014 年度4ビーム化完了！

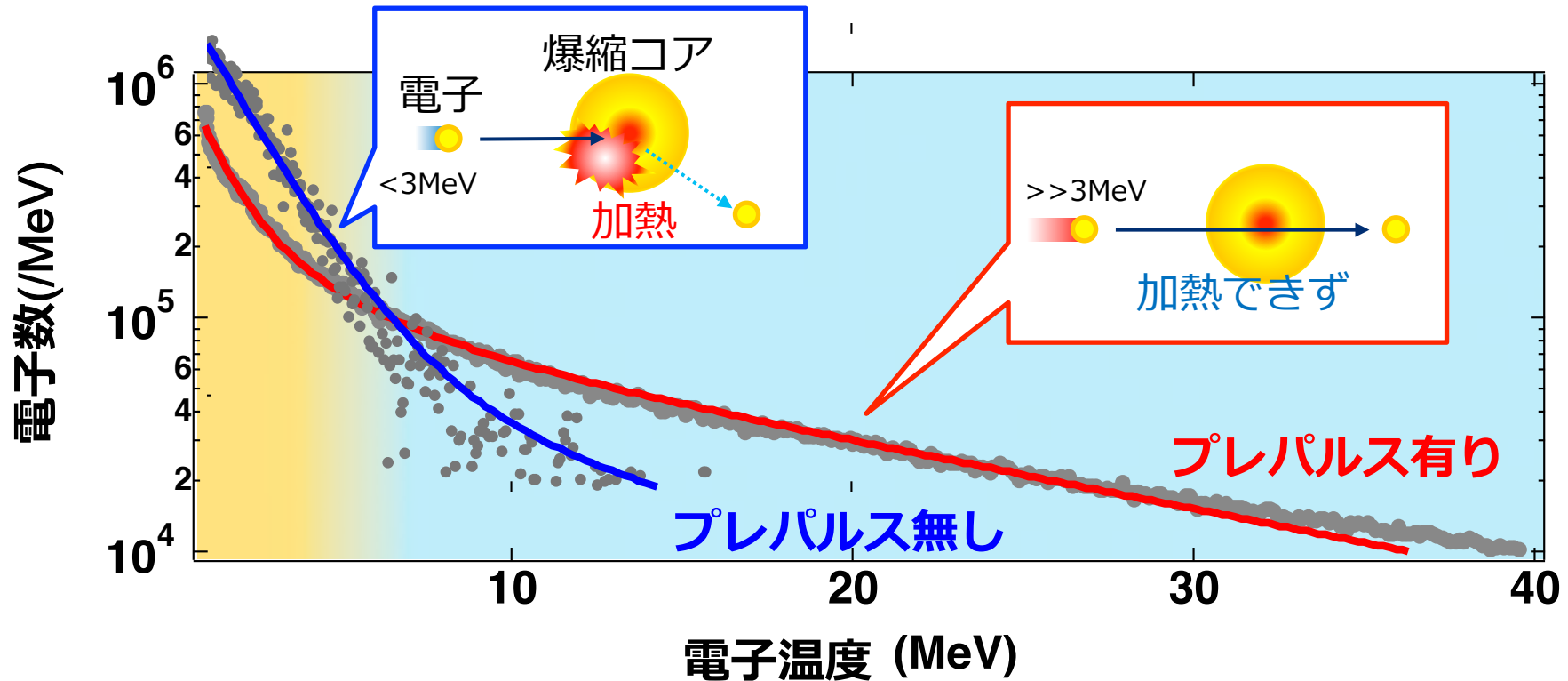
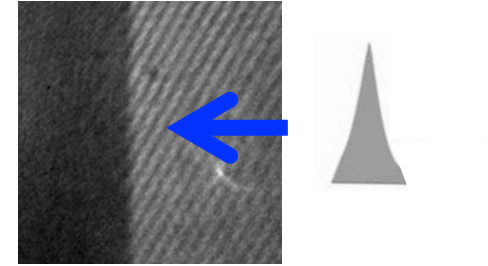


加熱効率の向上 (高速電子の低温化)

プレパルス有り
@加熱レーザー前1.5 ns



プレパルス無し
@加熱レーザー前0.15 ns



加熱に有効なエネルギーの電子の割合が大幅に増大

加熱効率の向上 (高速電子の収束)

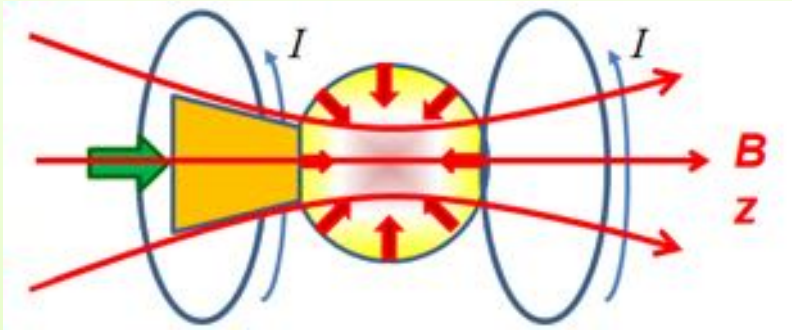
高速点火ターゲット
Nature 2001, 2002



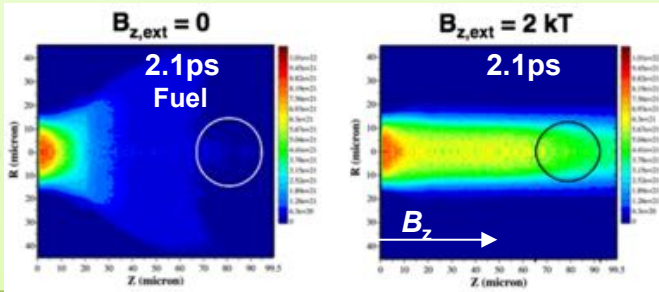
レーザー強磁場発生
Sci. Report 2013



キロテスラ磁場による高速電子の収束
⇒加熱効率の向上

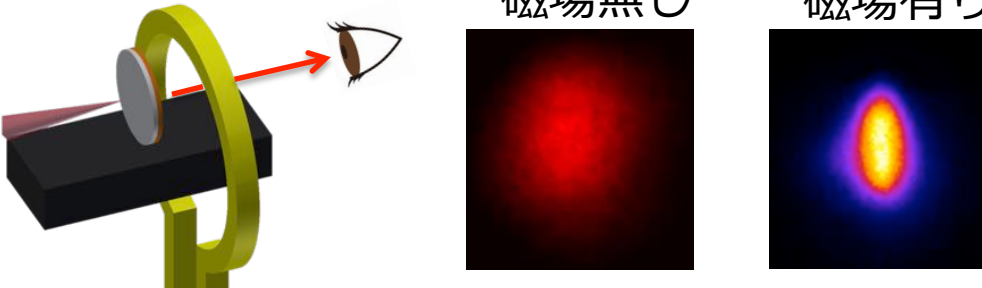


加熱レーザー



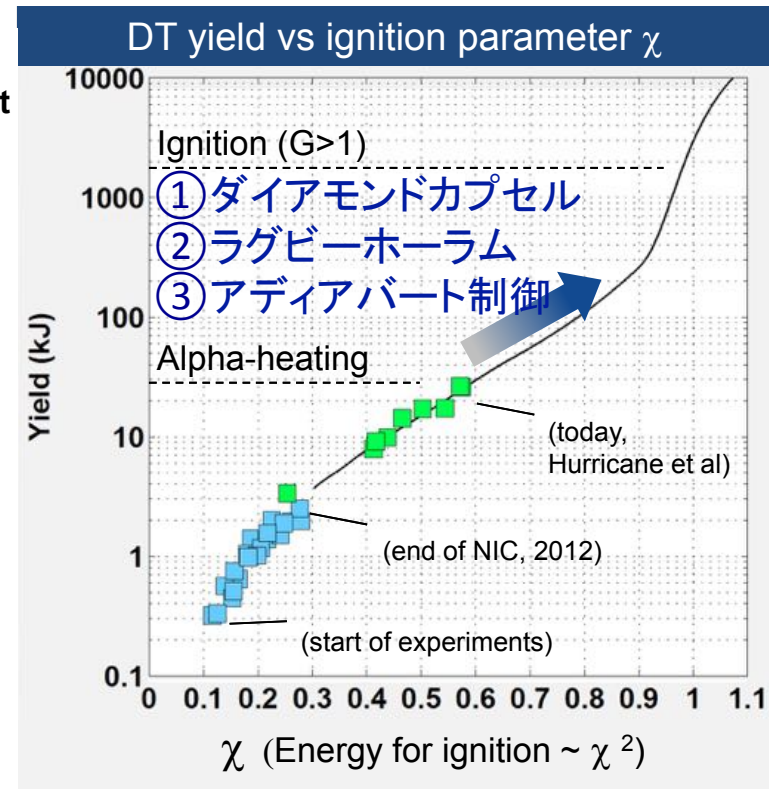
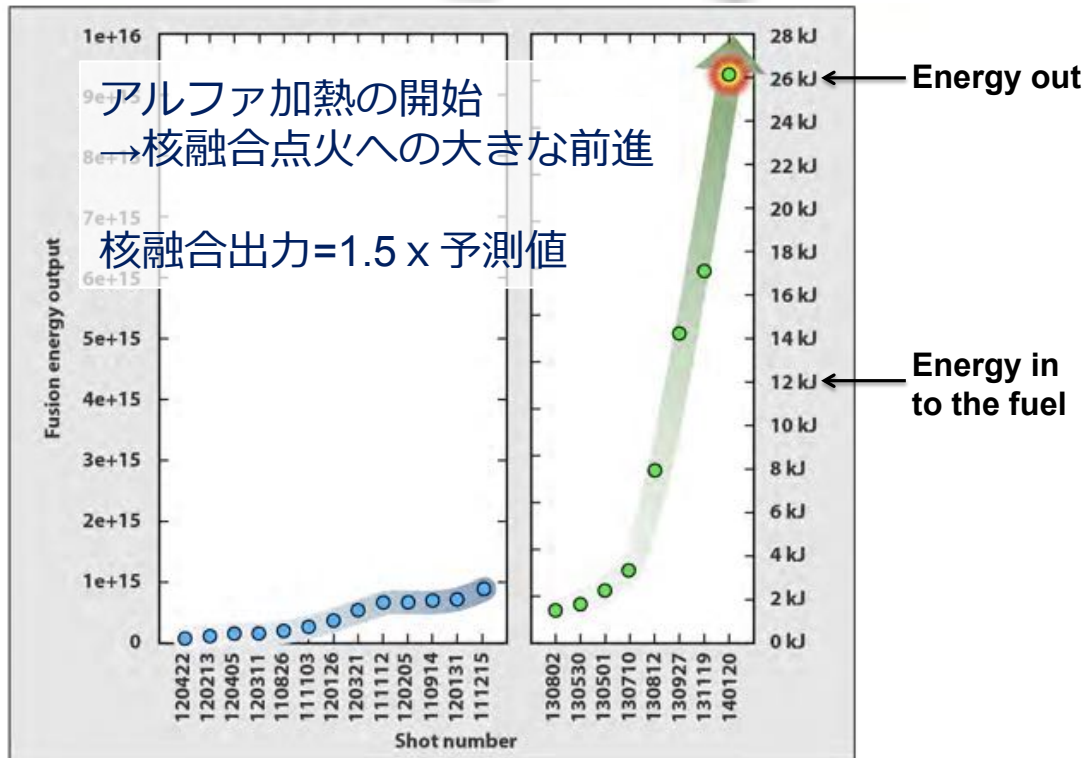
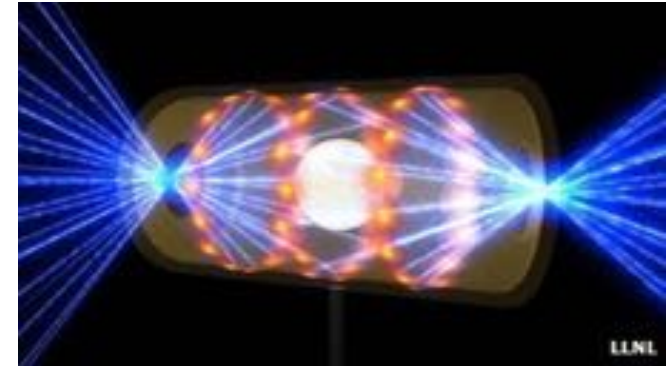
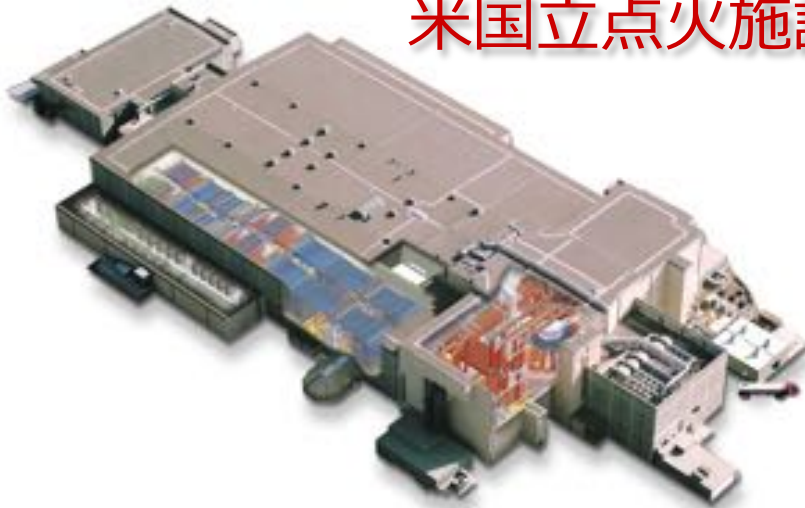
磁場による高速電子の収束を確認

磁場無し 磁場有り



米国での核融合の現状

米国立点火施設NIF



まとめ

- わが国が提案した新しい加熱方式は、高速点火実証実験 FIREX-Iプロジェクトとして進行中。
LFEX加熱レーザーのフル稼働と、
高速電子の低温化と収束による加熱効率の向上により、
5千万度の点火温度達成の見通し。
- 米国立点火施設NIFは、核融合出力の劇的向上と、
ダイヤモンドカプセル等により、人類初の点火実証を
目前としている。
- NIFによる点火実証とFIREX-Iによる点火温度に基づき、
FIREX-IIを開始できる。
FIREX-IIでは、多数の実験により精密に検証した
統合シミュレーションにより数値点火実証を行う。