

内面照射型高速点火核融合の点火計算
**Calculation of thermonuclear ignition
 in the inner- direct-laser irradiated fast ignition**

砂原淳¹ 城崎知至、安部勇輝、坂上仁志、尾崎哲、長友英夫、李昇浩、有川安信、藤岡慎介、中井光男、白神宏之、疇地宏、FIREX Project

Atsushi SUNAHARA, Tomoyuki JOHZAKI, Yuki ABE, Hitoshi SAKAGAMI, Tetsuo OZAKI, Hideo NAGATOMO, Lee SEUNGHO, Yasunobu ARIKAWA, Shinsuke FUJIOKA, Mitsuo NAKAI, Hiroyuki SHIRAGA, Hiroshi AZECHI, FIREX project

レーザー総研¹ 広大院工²、阪大レーザー研³、核融合研⁴
 ILT¹, Graduate school of Engineering, Hiroshima Univ.², ILE³, NIFS⁴

大阪大学では高速点火実験（FIREX 実験）を推進しており、爆縮プラズマを核融合点火温度である 5 keV に加熱することを目指して研究を推進している。目下の課題は加熱効率、即ち、「高密度爆縮コアにデポジットされた外部からの加熱エネルギー」/ 「加熱用レーザーエネルギー」の向上である。FIREX 実験で用いられる典型的なターゲットは加熱用超高強度レーザーの通り道を真空に保つためのプラズマよけであるコンターゲットが核融合燃料球に取り付けられた形となっている。最初に爆縮レーザーにより燃料球を圧縮した後、超高強度レーザーをコンターゲット内部先端部に集光し、高速電子を発生させ、高速電子により爆縮プラズマコアを加熱する。高速点火方式が中心点火方式など他の点火と比べて優位となるためには、高い加熱効率が必要であり、流体力学的効率の理論限界である 10% 以上にならないといけない。そこで加熱効率を飛躍的に向上させるため、爆縮コアへの直接照射と、加熱のエネルギーキャリアーである高速電子の勾配温度の低下を目指したスキームを考案した。考案したスキームの概要図を図 1 に示す。

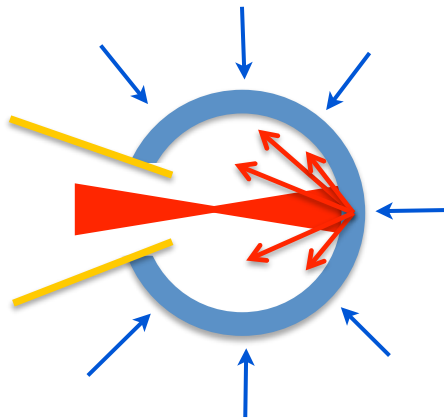


Fig 1. Schematic of our new igniteion sheme

爆縮コアの減速相開始直前に加熱用レーザーをコア内部に照射する。発生する高速電子により爆縮途上のシェルは先行加熱され、加熱されたシェルは減速相を迎える。高速電子によるシェルの加熱は質量あたりのデポジションエネルギーがほぼ等しいと仮定すると、密度分布に寄らず、加熱温度は空間的に一定である。このため、密度分布に応じた圧力分布が生じ、シェルは内側と外側の両方向に向かって衝撃波をともなって密度低下が生じる。このとき、ターゲット中心部ではホットスパークが形成される。本方式では加熱用レーザーを直接爆縮コアの内部に入れるため、反射、散乱光を無視出来るとすれば、加熱効率を飛躍的に大きくすることが可能である。燃料の加熱は加熱用レーザーを燃料球内面に照射する際に発生する高速電子と爆縮の面密度で決まるが、100keV 程度の高速電子の飛程は 0.05g/cm^2 程度であり、GXII における減速相開始直前の面密度は現在、 0.01g/cm^2 のオーダーであるから、100keV 程度の高速電子の発生による加熱を考えると、加熱効率 20% の達成が可能である。新方式の重要な要素の一つは既に述べた直接内面照射である。従来の高速点火では外部から加熱をしていたため、幾何的ファクターによる効率の低下が生じてしまうが、新方式では爆縮コアの内面照射、もしくはコアに極近い場所からのコア加熱により、幾何的ファクターを最大化できる可能性がある。しかしながら、爆縮途上のシェル内面にレーザーを入れることが出来るのか、爆縮への影響はどの程度か、点火に必要なエネルギーはいくらか、等、見積もらなければいけないパラメータは数多くある。これらのパラメータを流体シミュレーションで明らかにして、本スキームがレーザー核融合の新方式として有用であることを示す。