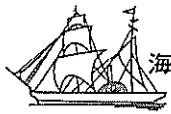


レーザー核融合研究における日米協力



海外交流

田中和夫*

1. はじめに

レーザー核融合の研究分野における日米協力について少し紙面をいただきたいと思えます。今レーザー核融合研究では、アメリカ、フランスにおいて国家プロジェクトが進行中で、核融合反応点火実現に向けて巨大なレーザーシステムが建設されています。一方日本も大阪大学レーザー核融合研究センターが、自身提唱する「高速点火」手法のモデル実験を成功させ世界から注目を集めています。阪大の実験成功の影響でアメリカも建設中のシステムに「高速点火」手法に対応できるようシステムオプションを急遽検

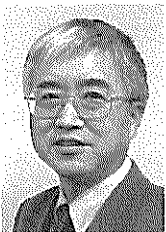


ロチェスター大学の研究者と筆者が回折格子に関して打合せ中

討開始したり、ロチェスター大学では、現行システムでは世界最大のレーザー「オメガ」に「高速点火」用のレーザー建設を決めるなど研究は大幅な展開を示しています。核融合では、超大型の[ITER]と言う磁場核融合方式の実験炉建設が世界規模の協力で進められていることは広く知られています。しかし以外に知られていないのがレーザー核融合研究が大きく進展しており、磁場核融合より早く実用化の高い可能性を持っている点です。さらに、大阪大学オリジナルの「高速点火」が成功するとアメリカが進めるレーザー核融合より、コンパクトなレーザー核融合実現が可能となるのです。こうした状況の中日米協力がどのように行われており、その協力がどのように研究の発展に貢献しているかを説明したいと思います。

2. 歴史的経緯

レーザー核融合の研究分野における日米協力の歴史は古く1978年から続いています。当時大阪大学レーザー核融合研究センター長山中千代衛とロチェスター大学レーザーエネルギー研究所長Moshe Lubinとが好敵手でありながら互いに認め合う研究者であった関係がベースにあり、筆者が、大阪大学から大学院生としてロチェスター大学に入学し、PhD取得後研究員としてレーザープラズマ相互作用の研究活動及びグループ立ち上げた貢献したことが日米協力の実質的なスタートではないかと思えます。その後、大阪大学の先生がサバティカルで何人かロチェスター大学などのアメリカの大学、研究所に滞在したり、大学院生がPhDを取得したり、大阪大学からレーザー核融合の重要な技術であるターゲット製作技術をアメリカ側に指導するなど常に交流が続いてきました。アメリカでは、ローレンスリヴァモア国立研究所、ロチェスター大学等に於いて大型レーザーシステムが相次いで建設されレーザー核融合研究が強気に推進されはじめ、研究は大きく進展しました。



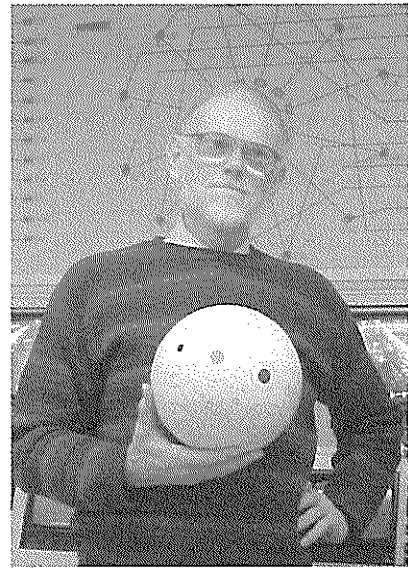
* Kazuo TANAKA
1951年4月生
昭和49年大阪大学工学部電気工学科卒業
昭和57年米国ロチェスター大学PhD修了
現在、大阪大学大学院工学研究科電子情報エネルギー工学専攻/レーザー核融合研究センター、教授、レーザー核融合、レーザープラズマ相互作用、状態方程式、超高強度レーザー装置
TEL 06-6879-7232
FAX 06-6879-7936
E-Mail katanaka@eie.eng.osaka-u.ac.jp

レーザー核融合は、米国に於いて磁場核融合を凌ぐ予算規模で推進されるに至り2013年には、レーザー核融合最初の核融合反応点火を予定してローレンスリヴァモア国立研究所に「国家レーザー点火施設」が順調に建設されています。

3. 高速点火における日米協力

山中龍彦前レーザー核融合研究センター長が1983年に世界で初めて高速点火の原理をセンター内文書で明らかにしました。その時点では、高速点火実験を実現できるレーザーシステムが存在せずこのアイデアは一時お蔵入りとなっていました。1985年にロチェスター大学のGerard Mourou博士がチャープパルス増幅手法を発明し、ピークパワーがペタワットに達するレーザーシステム建設が可能となり、1995年にアメリカから高速点火の概念が論文として出され、1998年には、ついにペタワット(10^{15} ワット)レーザーシステムがリヴァモア研究所に建設されたのとはほぼ同時に大阪大学にも100テラワット(0.1ペタワット)のレーザーシステムが建設されこうした超高強度レーザーシステムを使った「高速点火」に向けた研究が開始されました。また、こうした超高強度レーザーを使った実験では、レーザー電界内で加速される電子の速度が光速に達するため扱う現象は相対論的となりレーザー核融合研究から相対論物理、宇宙物理、医療、先進加速器などにも貢献することが出来ており新しい展開を与え、研究は活況を呈しています。

アメリカのペタワットレーザーシステムは、その後国家プロジェクトに集中するため、解体されイギリスに移され実験が続行されることになりました。大阪大学では2002年にペタワットレーザーを建設し高速点火研究を本格化し、2001年、2002年に阪大レーザー研の児玉了祐助教授等がNatureに立て続けにモデル実験成功の報告[参考文献]を行い「高速点火」の実現性が俄に現実のものとなり、アメリカ、ヨーロッパにおいて国家プロジェクトで建設されているレーザーシステムに有力なオプションとして考えられている事は先に述べました。こうした状況の中、アメリカでは、超高強度レーザーを使った「高速点火」に関連する実験が出来ない状態となり、大阪大学もしくは、イギリスのラザフォード研究所においてのみ実験が可能であるために、アメリカは、

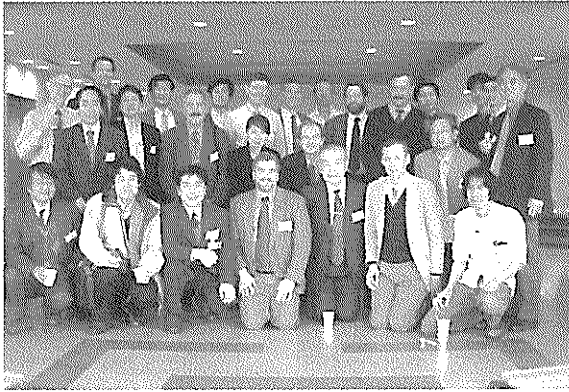


アメリカの高速点火実験チームリーダーのM.Key博士

研究のために日米協力を進めざるをえない状況となっていました。

大阪大学は、こうした状況のもと新しく建設した超高強度ペタワットレーザーを使った日米協力を進めることに同意しつ2001年から2003年まで、「高速点火」の基礎実験を行ってきました。写真は、アメリカの「高速点火」実験チームのリーダーのMike Key博士が大阪大学で実験に参加した際のものです。2003年には2度にわたりアメリカチームが参加する共同実験が生まれ、1トンにも達する実験機器がコンテナで大阪大学に運び込まれ数週間にわたる実験準備期間を経て実験が行われました。数メガエレクトロンボルトのイオンが超高強度レーザーにより発生されそのイオンのフォーカスに成功し、イオンにより加熱された物質の温度は、 10^7 度にまで達しました。こうした結果は、今後国内外の会議において発表される予定です。

日米協力は、アメリカから日本への参加型で、大阪大学の実験施設においてのみ進められている訳ではありません。ロチェスター大学は、現在稼働中のレーザーシステムとしては最大級のレーザーシステム「オメガ」を擁しています。このレーザーは、超高強度レーザーではないが、60本のレーザービームで核融合燃料カプセルを照射して中心部分に高密度プラズマ(太陽の中心部以上の密度)を達成するのに最適なものです。もちろん高速点火でも高密度プラ



第3回高速点火ワークショップ参加者(主な参加は、UCDavis, General Atomic, Rochester大学, 大阪大学, 姫路工業大学, 産業技術総合研究所, 関西光量子研究所)

ズマを達成する必要がある、日米協力を通じて大阪大学から筆者等が参加し、爆縮実験をアメリカのジェネラルアトミック社、ロチェスター大学と共同で実施しています。2003年の実験では、阪大レーザー研の白神宏之助教授が持ち込んだ大阪大学の10ピコ秒(10^{-12} 秒)という世界最高級の性能を持つ高速フレーミングカメラによる爆縮像を取得することが出来、アメリカチームに衝撃を与えました。ここまでの説明でわかるように、日米協力は、効率よく進められており、写真で示すように日米ワークショップ(2002年立命館大学にて開催時のスナップ)を毎年日米で交互に開催してこうした最新情報の交換及び今後の進め方に関する議論も行っています。

こうした活動の利点としてもう一つ大学院生の国際化が挙げられます。日米協力において常に大阪大学において、アメリカ人科学者が実験に参加する状況の中、大学院生も日常的にアメリカ人科学者と接し、打合せも英語で行われ、実験も英語という中で自然と英語でのコミュニケーション能力を身につけています。アメリカの研究施設における実験にも参加し、大きな実験成果をあげるまでになっています。こうした大学院生からは、博士号取得後続いてポストドクとして欧米の大学(デューク大学, ミシガン大学, ローレンスリヴァモア国立研究所(アメリカ), ラザフォード研究所(イギリス), エコールポリテク

ニーク(フランス))に雄飛し研究生活を送る学生が続いており、次世代を担う若手研究者の養成の場としても有効に機能していることを付け加えさせていただきます。

国際共同研究に関する考え方

レーザー核融合研究における国際協力もしくは、共同研究は、今まで日本には、余り例を見なかった形で進行しつつあります。つまり阪大が進める研究内容が世界を引っ張る形で走っていること、アメリカには現在存分に使える実験施設が無いことなどに起因して、アメリカにとって阪大と進める共同研究は、非常に重要な意味を持っています。高速点火実験の成功は、イギリスとの共同研究を通して行われたものです。実験自体は、阪大で行われました。その成果が広く世界中の研究機関に影響を与え、いまや米国、フランス、イギリス、中国の大型レーザー装置すべてに高速点火の実験ができるように、レーザー装置自体の改修計画や、新しくレーザー装置を付加しようという動きが見られます。こうしたことを考慮すると、阪大は、積極的に国際共同研究を進めるべきだという事になります。学術の分野で日本が国際貢献できる機会が与えられていることとなります。

最後に

此处までレーザー核融合研究の分野において、お互いに必要なところを補いながら、お互いの研究を進展させる事が出来るという形で進展してきた日米協力の一面を説明させていただきました。日米協力は、こうした実験だけではなく、レーザー光学の分野、ターゲット技術の分野そして今後は、レーザー核融合の点火・燃焼の先を見越した炉工学の分野においても非常に活発な交流が増えていくものと考えられます。

参考文献

- R. Kodama, *et al.*, Nature 412, 7989(2001);
R. Kodama *et al.*, *ibid.* 418, 933(2002).