

# Petawatters

May 31, 2004

ペタワットレーザーによる  
高エネルギー密度プラズマの研究

## 御挨拶

昨年5月の研究プロジェクトの発足以来、多くの方々の支援を受けて、研究活動を軌道に乗せることが出来たことを感謝しております。統合シミュレーションコードの開発では、流体、相対論、フォッカープランク、及び粒子シミュレーションコードの間でシミュレーションデータを交換し、コーンターゲットによる高速点火実験結果の再現を試みました。その結果、超高エネルギー密度の電子流の乱流による異常緩和が実験において重要な役割を演じていることが明らかになりました。一方、超高強度レーザープラズマ実験では、激光MIIレーザー高性能に着手し、高いコントラスト比を持つレーザーパルスによる高精度プラズマ実験を実施する準備が整いました。今夏より高エネルギー電子やイオンの発生に向けた実験を計画しております。また、京大グループのフェムト秒T<sup>6</sup>レーザーも今年度末までにはクラスターイオン源等レーザー核科学の実験研究を開始する予定となっております。

今秋には研究成果の報告をおこなうとともに、今後の研究計画について討論をおこなうため研究会の開催を予定しております。参加して御意見を賜れば幸いです。今年も引き続き、我々のプロジェクトの御支援とペタワッターズへのご寄稿をよろしくお願い申し上げます。

大阪大学レーザーエネルギー学研究センター※  
学術創成研究者代表

三間 圀興

※2004年4月より名称が新しくなりました

## ■ FIHFP2004 会議報告

大阪大学大学院工学研究科  
田中 和夫

近年、進展の著しい超高強度レーザーを用いた高エネルギー密度科学と高速点火の研究分野に関する国際ワークショップ「高密度エネルギー科学と高速点火に関する国際ワークショップ」(Fast Ignition and High Field Physics (FIHFP))が4月25日から5日間に渡り、京都東急ホテルにて開催された。前回の米国ドルフィンビーチに続き、今回で第7回目、日本では初の開催となった。トピックスとしては、高エネルギー密度科学の集大成であるレーザー核融合の新概念「高速点火」手法の研究に関するものを主体とし、超高強度レーザーによる高エネルギー密度科学分野の超高強度レーザーによる粒子(ポジトロン、電子、イオン、中性子、アルファ粒子)生成X線やガンマ線発生、超高強度レーザーがより拓く新しい核科学医療応用、レーザーによるコンパクト電子加速器など様々な応用分野を網羅した。国外からの参加者は米国、英国、中国、フランス、ドイツ、オーストラリア、イスラエル、セルビアから計42名、また国内からは連休前にもかかわらず59名、合計101名の参加者があり活発な議論が行われた。

午前と夕食後のオーラルセッションに加え、午後は2日間のポスターセッションが行われた。オーラルセッションでは、朝一番のプレナリーとオーバービュートークに続き、一般講演が行われた。各セッションとも非常に活発な議論が展開されたが、特にポスターが午後2時から5時までの3時間の長丁場であるにもかかわらず、会場は常に熱気を帯びていたのが印象的であった。

オリジナリティーにあふれた発表も多く見受けられ、例えば英国ラザフォード研のポスターでは、レーザー加速実験では通常白色の分布を示す高速電子スペクトルに、モノスペクトル成分が出る事が示された。この結果は今後のレーザー加速研究に大きな影響を与えるものと考えられる。また阪大レーザー研村上助教授から高速点火に対する新提案がなされ注目を集めていた。さらに3日目の児玉助教授によるオーバービュートークにおいて、コーンワイヤーターゲットを用いた高速電子の指向性制御の実験結果が示され、大きな印象を与えた。

理論・シミュレーションに関しては、コーンターゲットや半球ターゲットに対する2D輻射・流体コードによる爆縮シミュレーション結果が示され、また超高強度レーザープラズマ相互作用から高速粒子の伝播・エネルギー緩和過程に関しては、粒子コードやHybridコード、Fokker-Planckコード等、種々の手法による解析結果が示され相互に活発な議論が行われた。また最終日の一般講演ではフランスCEA、阪大レーザー研、米国ロチェスター、及びローレンスリバモア研からそれぞれの研究所における高速点火用大型ペタワットレーザー装置の開発状況が示され注目を集めた。フロントエンドは高出力のOPCPA、パルス圧縮器は組み合わせ回折格子を使用、レーザーベイトとパルス圧縮器に大きな場所を準備し、建設が進みつつある様子はある程度共通しており、高速点火実験へ向けた苛烈な競争を印象付けられた。

今回はフランスのパリで開催が予定されている。



写真(上) : 高速点火ワークショップ (FIHFP) の参加者集合写真

## ■ レーザー研にきて

大阪大学レーザーエネルギー学研究センター  
中村龍史

この4月より学術創成研究のPDFとして大阪大学レーザー研で研究させて頂くことになりました、中村龍史（なかむらたつふみ）と申します。昨年度も何度か学術創成の研究会等に参加させて頂いておりましたので全くの新顔というわけではありませんが、ペタワッターズに‘レーザー研にきて’につき何か書いて下さいとのことでしたので、簡単に自己紹介を書かせていただきます。

出身は早稲田大学で、学位取得後、同 大学にて助手として3年間勤めておりましたその後、放射線医学総合研究所のPDFとして産業技術総合研究所にてレーザー加速に関する研究に従事し、この4月よりレーザー研に参りました。これまでは相対論領域のレーザー・プラズマ相互作用をテーマとして、エネルギー異常吸収過程、粒子加速、強磁場発生と高エネルギー電子輸送過程などの現象を説明する理論モデルの提案を中心に研究を進めてきました。レーザー研では、粒子シミュレーションによる高密度プラズマの研究を行っています。これまで計算機をあまり使わずに研究を進めてきたこともあり、自分も含め不安な要素も若干ありましたが、坂上先生の御指導のおかげもあり、意外と良いような感じを勝手に持っており、一刻も早くコードを完成できるよう頑張っております。

最後に、レーザー研にきて、との題目ですのでこの2ヶ月を振り返っての感想を書きたいと思えます。レーザー研では国内外から研究者の方を迎えた研究会や、研究分野を横断したミーティングが頻繁に開かれ非常に活気のある研究所だと感じます。また所外でもインフォーマルなミーティングをすることが頻繁にあり(TS2グループだけなのかもしれませんが)、熱い議論が交わされております。このような恵まれた研究環境を生かし、研究や物理の面で成長できるよう精進し、フィジカルにはあまり成長しないよう健康管理に気を付けつつ実りある研究生活を送れるよう努力してゆきたいと思っております。今後とも、どうぞよろしくお願いたします。



写真(上)：歓迎会で楽しむ中村氏

### ■ レーザー研を去るにあたって

大阪大学レーザーエネルギー学研究中心  
中島健一

新天地に移るために、レーザー研の自分の机で溜まりにたまった書類を片付けていると、だいぶ昔に勉強した本や論文、原稿などが出てきて懐かしくなり、 ついつい片付けの手を休めて見入ってしまった。ちょうどその頃、学術創成研究でPICコード開発の支援をRAとして担当していた関係で、秘書の石川さんから原稿執筆の依頼を受け、大学院生活での自らの研究の履歴を書いてみました。

1998年、阪大理学研究科大学院でレーザー研に配属になり、数値シミュレーションを用いた研究を行う事になりました。砂原さん（現レーザー総研）や大西さん（東北大）、依田さん（現三井住友銀）など明るく楽しい方ばかりで、楽しく大学院生活をスタートさせる事が出来ました。ちょうどその頃、宇宙での $\gamma$ 線バースト現象が話題になっており、研究テーマとして $\gamma$ 線バースト数値シミュレーションを行うことになりました。同じ頃、超高強度レーザーを用いると大量の陽電子を生成できるという話題もあり、この二つをリンクさせる実験室宇宙物理の研究をスタートしました。修士1年の頃は、電子陽電子プラズマの流体コードの勉強をしたり、テストコードを作っ

て過ごしました。それから1年が経って、1999年春頃にLiang等の論文(Liang et al., PRL, 1998)を読み、 $\gamma$ 線バーストではなく、レーザー・プラズマ相互作用における生成陽電子の研究の方に舵を切り直しました。超高強度レーザーによって生成する高エネルギー電子は流体近似できるものではなく、新しくFokker-Planck方程式を用いて高速電子を記述するコードを砂原さんの指導の下で勉強を始めました。

研究の目的は、陽電子生成でしたから、相対論的な高速電子を記述する必要がありましたが、当初、相対論的Fokker-Planck方程式が見つからず、とりあえず非相対論的Fokker-Planck方程式の $m$ を $m\gamma$ にして研究を進めました。次の問題は陽電子はどの様にして生成されるのか、電子陽電子対生成はどのように記述すれば良いのだろうか、という事でした。対生成や制動放射という現象自体は量子力学を学んで知っていたのですが、数値計算上でどの様に記述すれば良いのか分からず、悩んでいました。卒業研究で散乱理論を学んでいた事を思い出して、散乱断面積を用いたMonte-Carlo法的な計算を行いました。この時点で、制動放射線の生成率と陽電子の生成量をなんとか計算できるところまで来たのですが、相対論的Fokker-Planck方程式の部分が気になっていました。

運良く学会発表の直前の9月初めに、レーザー研OBの本田満さんの博士論文中に相対論的Fokker-Planck方程式の文献を発見しました。それがBraams, et al.のPhys. Fluidの論文で、これにポテンシャル形で球座標での相対論的FP方程式が書いてありました。この相対論的FP方程式も高速電子近似を用いて簡単な偏微分方程式に書き直す事が出来ました。この近似式は、非相対論的FP方程式に対して $m \rightarrow m\gamma$ とした時とは異なったものでした。9月末の物理学会に間に合っ

てほっとしました。物理学会では、緊張もあって恐らく非常に分かりにくい発表だったと思いますが、電子と原子核の衝突で起きる対生成は考えなくていいのか、という質問を頂きました。私は、そのような相互作用は起きない、というような答えをしましたが、後にこの対生成過程も重要だという事が分かりました。また、発表後に九大の中尾先生に声をかけていただき、また研究に興味を持って頂き非常に感激しました。中尾先生にはその後いろいろと研究にたいしてアドバイスを頂き、それが研究の支えになりました。

その後、博士課程に進学しました。しかし、レーザープラズマ相互作用における陽

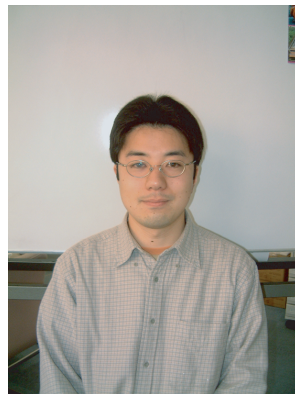
電子生成の研究を今後どの方向に進めれば良いか分からず、暗いトンネルに迷い込んでしまいました。関心を持っていただける研究者の方は少なくないのですが、実際に同じ研究をする人はほとんどおらず、また実験もほとんど行われていないため、一体、何を計算すれば研究になるのか全く見えなくなりました。時には自分の研究が重箱の隅を突いているだけのように思えたりして、ほとんど自信を無くしかけていました。

漫然とした1年が過ぎた後、米国リバモア研でペタワットレーザーを用いた陽電子生成実験を行った事のある Dr.Cowan (当時 General Atomics 社に所属していた) の所に行き、研究できるチャンスが巡ってきました。自分の研究の暗いトンネルに一筋の光が見えてきました。実際に、初めて自分と同じ研究を行った研究者と議論する事ができ、やっと自らの研究の進む方向を見いだす事が出来ました。もし彼のところに行く事がなかったならば、学位論文を書き上げる事は出来ず、未だに暗いトンネル中に居たのではないかと思います。Dr.Cowan と共に研究できた事は私の人生にとって非常に重要な事でした。

同じく、General Atomics 社に滞在していた時に、ドイツ人の Dr.Ruhl と、現ネバダ大の千徳さんの粒子コード (PIC コード) の結果を見る事ができ、レーザー プラズマ・ミュレーションにおける粒子コードの強力さを実感する事になりました。千徳さんにはプラズマ裏面における陽電子加速のシミュレーションをしていただきました。これにより新しい知見が得られ、感謝するとともに、自分では何も出来ない事に虚しさを感じました。この事もあり、日本に帰国後、初歩的ながらも自分の手で粒子コードを作成し、新しい研究を行う事につながりました。

このように紆余曲折を経ながらも、無事に卒業させていただき、4月から財団法人電力中央研究所に職を得る事ができました。ここでは大学で身につけた物理学と数値計算のスキルと活かして、放射線 (中性子線) に強い新材料のコンピュータによるモデリングを行う予定です。

レーザー研内だけでなく多くの方々にお世話になったにも関わらず、時間の計算ミスのために、多くの方々にお礼も述べる暇もなく転居してしまいました。この場をお借りして、お礼を申し上げますとともに、今後ともご指導、ご鞭撻いただけますようお願い申し上げます。



写真(上) 中島さん