

## レーザーと宇宙

大阪大学大学院工学研究科 電気電子情報工学専攻

先進電磁エネルギー工学講座 極限プラズマ工学領域 教授 蔵満 康浩

### 1. はじめに

筆者は、九州大学で宇宙プラズマ中の荷電粒子の加速に関する理論的研究で学位を取り、その後フランス CNRS で研究員として引き続き宇宙プラズマ中の粒子加速の研究を行った。いわゆる優秀な学生ではなかった自分が、たまたま学振に通って博士課程に進学し、なんとなくフランスに着いた最初の夜、やってしまったかもしれないと言う不安感を今でも良く覚えている。日本から送った荷物が届かずに、フランスの郵便局に何度も通った挙句、住所がわからないから届けられないとの手紙が、荷物が届けられるべき住所に届けられたときには、さすがに許せないと思い CNRS の事務所に強く抗議を要請した。そこで言われた言葉が最初の夜の不安を打ち砕き、その後の人生の難しい局面を支えてきた。"C'est la vie!"それが人生だと。宇宙の研究をしていたが、これほど宇宙スケールの衝撃を受けたことは無かった。それ以来、うまくいかない物事や自分自身に寛容になれたと感じている。フランスでは時間がゆっくりと流れており、人生の豊かさというものを感じることができた。ゆっくりした時間の中で、人生を楽しみながらも、研究では日本以上の成果をあげることができた。

それでも宇宙では食い詰めて、次に訪れたのが台湾であった。国立中央大学 (NCU) で、当時の世界最高強度を目指す 100 TW レーザーを建設するプロジェクトが進行しており、超高強度レーザーによる相対論的電子加速の理論・数値計算を用いた研究をプロジェクトのポスドクとして始めた。やすやすと分野を変えてしまったと、またしてもやってしまったかもしれないという不安を、空港から NCU に向かう車の中で感じていたことを、やはりよく覚えている。台湾では、研究というよりは、自分にとって新しい分野の勉強が主になってしまった。それでも、日本ではケネルの弟子に教わり、フランスではガレーフとサグディエフの弟子と研究し、台湾ではローゼンブルースの弟子にレーザープラズマについて学べたのは、非常に幸運な事であったと思う。研究者としてのキャリアの早い段階で、問題の本質を捉え研究に正面から向き合えたことが、自分を確立すること

に繋がった。

宇宙と実験室両方のプラズマの知見を生かし、2007年より阪大レーザー研で実験室宇宙物理の立ち上げに参加した。実験室宇宙物理については後で詳しく述べるが、ここでの新しいチャレンジは実験と分野そのものが新しいということであった。なかなか成果が上がらないながらも、長期的に研究に専念できる環境を与えてもらったことに、今でも感謝している。成果がで始めたところで古巣からオファーをもらい、2013年から NCU に准教授として戻った。レーザー研での研究を発展させ、NCU 100 TW レーザーを用いて相対論的実験室宇宙物理を展開した。ここでもまた成果がで始めたところで、日本に戻ることで、2017年9月1日より工学研究科電気電子情報工学専攻先進電磁エネルギー工学講座の教授に着任した。宇宙からレーザー、理論・シミュレーションから実験と、世界を転々としながら、様々な分野で、様々な手法を用いて研究してきたが、その中から実験室宇宙物理とその応用について紹介する。

### 2. 実験室宇宙物理

実験室宇宙物理は、比較的新しい分野で、もともと阪大で生まれ、世界的に大きく発展してきた分野である。超新星爆発などの宇宙の極限現象を大型レーザーで模擬することで、これまで直接測ることのできなかった様々な物理を、実験室で計測し、宇宙の謎の解明につなげることを目的としている。宇宙の物理的な現象としての根本的で普遍的な構成要素の一つは衝撃波である。宇宙の衝撃波を研究する学問に space plasma、日本語で宇宙プラズマや宇宙空間プラズマと呼ばれる領域と、astrophysical plasma、日本語ではこちらも宇宙プラズマや天体プラズマと呼ばれる領域がある。馴染みが薄く、紛らわしいかもしれないが、前者は地球物理系の学会で、人工衛星に搭載された計測器で「その場」で直接プラズマや電磁場の情報を得る。これに対し、後者は天文学系の学会で、遠方の天体からの光を観測する。宇宙空間プラズマでは地球近傍のその場観測により、微視的データが得られるが、全体像が得られない。一方で、天体プラズマでは、現象の巨視的な全体像が得られ

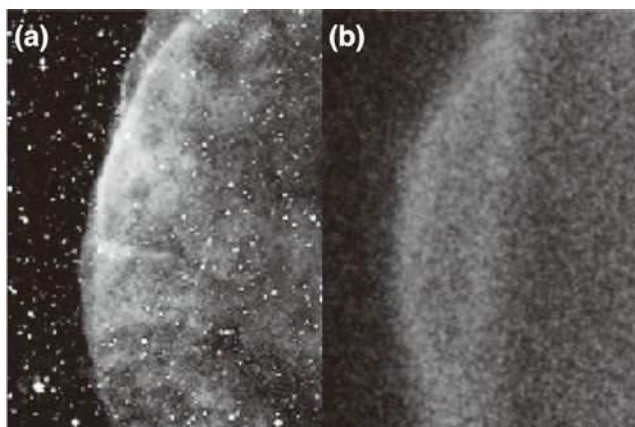


図1 (a)超新星残骸中の無衝突衝撃波のX線撮像 [NASA/NRAO/NOAO]。 (b) レーザープラズマ中の無衝突衝撃波の自発光による撮像 [1]。

るが、ローカルな情報が得られない(図1(a))。このジレンマが、宇宙を研究する2つの異分野連携における長年の課題であった。数値計算を用いた連携はなされていたが、それをどう確かめるのかが大きな問題となっていた。我々が実験室で目指していることは、図1(b)に示す様に、高出力レーザーで高速のプラズマを生成し、宇宙では決してアクセスできなかった現象と物理の解明である。また、その道具として、レーザーや計測技術を確立することである。

### 3. アストロイノベーション

もともと実験室宇宙物理は、慣性核融合のための大型レーザーを用いて、宇宙の極限状態を模擬するもので、将来のエネルギー問題のための技術を学術に応用したものであった。これらの大型レーザーは世界に数カ所しかなく、実験の機会やデータ数も限られたものであった。これをさらにスケールダウンし、より小規模のレーザーで研究の裾を広げることが、台湾で行ってきた研究の一つの目的であった。学術的には、より小型だがパルス幅の短い、より高い強度のレーザーを用いることで、相対論的な領域に研究領域を広げることが目的としてきた。より小型の施設で、人も予算も少ない中で研究をすることで見えてくる問題がある。例えば、レーザーイオン加速では、イオンがレーザーで加速される際に放出される放射線が深刻な問題となる。放射線を防護するためのシールドを作れば良いのだが、小型の施設ではスペースがなかったり、建物の強度足りなかったりする。NCUのレーザーの責任者には、従来のやり方ではイオン加速は現実的に不可能だと言われた。不可能があるところに、研究の種がある。出てきた放射線を防御できないのであれば、放射線そのものを制御すれば良い。そのためには、レーザーと相互作用する原子の数を減らせば良く、ターゲットを薄くすれば良い。また、薄いターゲットほど、高エネ

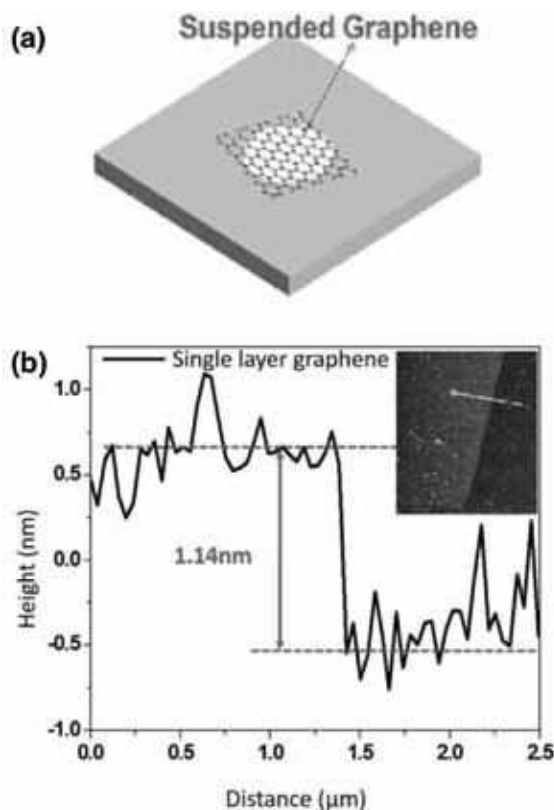


図2 (a) グラフェンターゲットの概念図。(b) 原子間力顕微鏡で測ったターゲットの厚みは1 nm。

ルギーのイオン加速が可能だと考えられており、グラフェンを用いた1原子厚みの両面が自由表面の世界最薄のターゲットを開発した[図2,参考文献2]。後に分かった事だが、放射汚染や建物の問題は、レーザーイオン加速に限った問題ではなく、がんの粒子線治療などにも共通の問題であった。現在は、医療応用を目指して、低放射汚染の重イオン源の開発を研究している。グラフェンターゲットは、もともと衝撃波中の電磁場を計測するために開発したものであったが、今後は宇宙の研究から出てきた技術を、アストロイノベーションとして産業にもつなげて行きたい。

### 参考文献

- [1] Kuramitsu et al., Phys. Rev. Lett., 106, 175002 (2011)
- [2] Khasanah + Kuramitsu, High Power Laser Science and Engineering, 5, e18 (2017)

(学界)