

April 13, 2008

## APS Spring Meeting 2008 Report (2)

初日 (11日) 午前の報告

H. Takabe

4月11日から15日まで、米国物理学会(APS)の Spring Meeting に来ています。APS 主催で第1回 HEDP/第7回 HEDLA 国際会議(以下 HEDP/HEDLA)を並行して主催しています。HEDP/HEDLA は招待講演(25min. Aural)が 50 件、ポスターが 105 件です。

HEDP/HEDLA のセッションのプログラムとアブストラクトの PDF は以下で download できます。

[http://flux.aps.org/meetings/YR08/APR08/Unit\\_APR08\\_HEDP-HEDLA.pdf](http://flux.aps.org/meetings/YR08/APR08/Unit_APR08_HEDP-HEDLA.pdf)

また、APS-Spring Meeting の全部で 20 ほどあるセッションごとの Program, Abstract は下記で download できます。

<http://meetings.aps.org/Meeting/APR08/Content/1083>

それでは HEDP/HEDLA の初日 (11日) の話題を紹介しましょう。会場の雰囲気は初日の午後が下の写真のごとく。



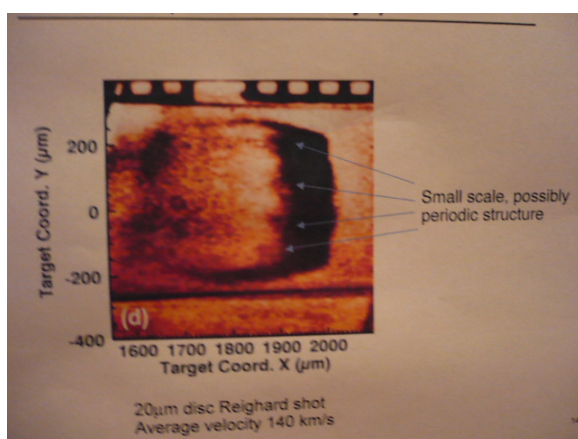
### 1. Stellar Explosion, Turbulence, and Instabilities (8:30-11:00)

1HE-1 David Myrehofer, U of R

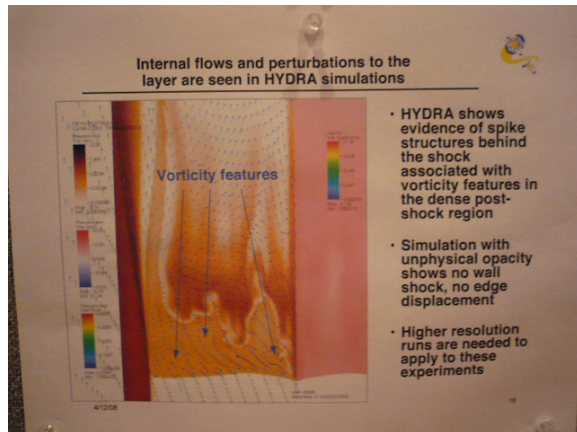
すでに Report(1)で書きしました。省略します。

### 1HE-2 Paul Drake の学生(欧州の研究者が AA の問題で到着できず、急遽入れた)

Xe ガスチューブの端を 40 $\mu\text{m}$  の Be をアブレータとして、Radiative Shock Wave を発生させ X 線バックライトでイメージを取り、その密度分布の変化を HYDRA(LLNL の Marinalk が開発した 3 次元爆縮コード)の 2 次元シミュレーションと比較した。



実験の写真が上で、HYDRA のシミュレーション結果が下。縦横で見にくいですが、上の写真、黒い部分が衝撃波で左から右に進む。波面の近辺は輻射冷却で温度が下がり、密度は全面の 10 倍以上になっている。衝撃波面の後ろの黒いところに Periodic Structure が見える。シミュレーションでも確認できている。



上の写真でガス保持のためのパイプが黒く見える。このパイプ材料とのエッジ効果が顕著に見える。これもシミュレーションで確認した。衝撃波面が歪み、壁から斜め衝撃波が発生している様子が観測され、シミュレーションでも確認した。

輻射衝撃波面の安定性解析を行った。その結果、実験の周期的構造はこの不安定の成長率が最も大きな波長 (250 $\mu\text{m}$ ) ほぼ一致

していることが確認できた。

(高部感想：実験のイメージがかなり鮮明になってきたことから、壁からの衝撃波発生など、より細かい構造の議論ができるようになった。すばらしい。これは女性学生の学位論文になるようだ)

### 1 HE-3 Thomas Plewa, Florida State U.

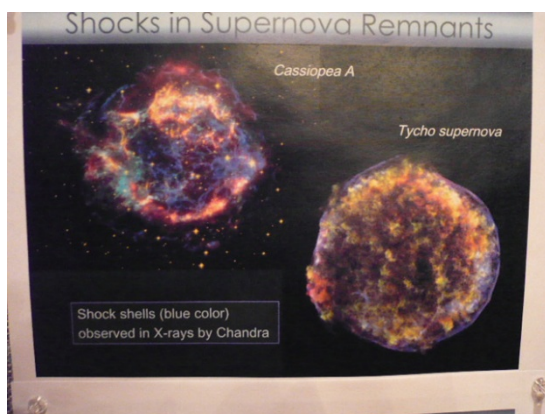
超新星のシミュレーション研究者。現在、LLNL などと共同研究をしており、LA(Laboratory

Astrophysics)にかなり深く関わっている。会議でのよく質問をしていた。彼は超新星爆発のレビューを行った。

#### 1HE-4 C. Kuranz, U of Michigan

論文「C. C. Kuranz, RSI (2006)」に詳しい。超新星爆発の H/He の境界面の流体不安定でスパイクからどれだけ質量が混ざり合うか、実験で調べ、U. Chicago の超新星などの何でもできる 3 次元コード FLASH と比較した。ところが、スパイクの形状が全然合わない。熱伝導のためなのか（温度が低く、密度比も 100 倍位有るから、そうとも思えない）、まだ研究途上。

#### 1HE-5 A. Miles, LLNL



チコの超新星（右下：約 400 年前に爆発）やカシオペア A（写真左上：我が銀河系内でハッブル望遠鏡でイメージが観測されている超新星残骸では一番若い。330 年前に爆発した残骸）を見ると内部ですごい乱流状の不安定が見られる。これを説明する理論とシミュレーションの報告があった。不安定性の論文は Warren, ApJ 634, 336 (2005).

考え方は簡単で、中心に超新星を置き、爆発させる。その際、超新星爆発までに星風で半径  $R$  くらいまで密度の高いところがすでにできていると考える。そして、その海面に擾乱が初期に何らかの理由であったとする。そこに衝撃波が通過すると、Richtmyer-Meshkov 不安定が起これり、その後、球状であることから界面は減速し、Rayleigh-Taylor 不安定でどんどん不均一が成長する。

いろいろな初期擾乱でシミュレーションしていた。基本的に球関数で  $l=6$  の波数の初期擾乱の振幅を変える。 $(ka)=1.0-0.2$  で観測が再現できる。 $(ka)=0$  でも乱流混合は当然起こる。

NIF が完成したらモデル実験を行う予定で、その設計を示していた。半球に NIF を爆発エネルギーとして使い、上のような密度構造と界面に擾乱をつけて実験する。実験で 2 次元、3 次元のシミュレーションコードの確認検証(V&V)を行う。We plan to do in a couple of years.とのこと。

## 1HE-6 Dov Shvarts, Negev, Israel

Dov のグループの一連のこれまでの研究成果のレビュー。久しぶりに聞いたが乱流混合の自己相似解など話題としては私にはあまり新しいものはなかった。(宇宙物理の人へ：Eli Waxman は Dov の弟子です。徴兵免除の秀才集団をいつも抱えている。U. Rochester にいつも入り浸っている)。

## 2. Accretion and Photoionized Plasma (11:15-12:55, 14:25-14:50)

### 2HE-1 James Bailey, Sandia National Lab. (jebaile@sandia.gov)

サンディアは Z-pinch で光電離プラズマの実験をしていることは有名。大電流を金のワイヤー列に流し、1.5MJ のプラズマを作る。大電流による磁場でピンチしたプラズマは中心軸で爆縮し、その 15% が X 線のエネルギーに変換される。これで 156eV の輻射温度の輻射源ができた。それを Fe+Mg, Ne などに照射して光電離プラズマまの原子状態を調べる。

太陽の標準モデルではオパシティーが重要である。理論的には OP プロジェクトの 1994 年のオパシティーを使って計算している。太陽の半径は観測と 1% のずれがある (1% でも太陽物理の分野では「ずれは大きい」)。OP コードと他の OPAL(LLNL), OPAS(CEA) など近代的なコードではラインの位置など異なるし、特に、Fe の L-shell の 700-900eV のオパシティーがずれている。これを実験で確認。

Fe の Rosseland mfp に関しては OP に比べ実験は 1.5 倍大きくなることがわかった。この実験結果 (吸収スペクトルの比較) は OPAL や OPAS と良く合う。

Ne 実験は AGN の巨大ブラックホールからの X 線がその周りの暖かなプラズマで吸収されるスペクトルの研究が目的で行っている。(AGN の関連論文：J. S. Kaastra A&A 354, L84(2000): 386, 427 (2002), Sako A&A 365, L168 (2001))。

実験では 1cm サイズの立方体のガスセルに Ne-gas を封入して、これに X 線を照射して吸収スペクトルを見る。AGN の分光観測ではこのような吸収スペクトルがたくさん取れているので、それと比較する。実験については D. H. Cohen, RSI 74, 1962 (2003) を参照。

現在、Nevada 大学の Manchini (座長) 達と「NNSA Academic Alliance」に採用されて、共同で進めている。電離パラメータ 600 位の実験までできる。これに関しては Manchini

と話したが、ガスバッグをピンチの上に置くこと（X線源に近づける）でX線の強度を上げることができ、電離パラメータ（X線況度に比例）を大きくできる。

## 2HE-2 Timothy Kallman, NASA/GSFC

Kallman は光電離プラズマの解析コード X-STAR をすでに 30 年以上開発してきている大御所で、講演を楽しみにしていたが、代理の若手がしゃべった。

宇宙物理の中でもブラックホールバイナリーなどのコンパクト星は大変 exotic な研究テーマで研究者を引きつける。しかし、観測手段は分光計測が唯一の手段である。

彼の話は極めて専門家向けの詳細で、あまり面白くなかった。UTA が不可欠。Auger process も大切で、Auger damping を入れた R-matrix の研究をしている。

私が、「貴方の講演内容に対する質問でないが、降着円盤はどのようにしてプラズマになると考えているのか。このような光電離はプラズマ化に重要なのか、それとも別の物理でプラズマになるのか」と質問した。彼は、目を白黒させて、答えることができなかった。そこで、私は後ろを向いて会場の皆に聞いた。しかし、誰も知っている人はいなかった。実は、光電離でプラズマ化するようであれば、大変面白い研究に発展させられるアイデアがあり、確認したが、宇宙の人は誰もこんなことを真面目に考えたことがないようだった。

Kallman のグループでは手分けしてコード開発をしているようで、全体像をつかんでいるのは Kallman と数人のシニアな研究者に限られるようだ。

## 2HE-3 Jhon Hawley, U. Virginia

Balbas-Hawley 不安定性 (Magneto-Rotational Instability : MRI) で有名な Hawley 先生が最近のアクリーションの 2 次元シミュレーションの解説をした。とても大がかりなシミュレーションである。

Accretion という言葉は今では大変普及しているが、最初にこの言葉が宇宙物理に現れたのは 40-50 年前にクエーサーのエネルギー起源を説明するために導入された概念である。現在研究の対象は、コンパクト BH と AGN BH が主。両方とも MRI が異常粘性を説明すると考えて良い。MRI には円盤全体のスケールの不安定とマイクロなレベルの不安定がある。その MHD 乱流の定常スペクトルがコルモゴロフ型になるかは不明。たぶんならないだろう。通常の流体乱流と異なり、不安定の源が長波長から短波長までであるので、「慣性相」が

あるかないかもわからない。さらなる研究が必要。

彼と後で個人的に話した。というのは降着円盤の物質がどのようにしてプラズマになるか、先ほど質問したが、彼の個人的な意見を聞きたかった。彼は「たぶん、BH の降着円盤は乱流加熱でプラズマ化するとおもう。しかし、原始太陽系形成など原始星周りの降着円盤では光電離がとても重要となると思う」とのこと。良いことを聞いた。

#### **2HE-4 Steven Rose, Imperial College**

この話は Paul Dirac がエンジニアであった頃の 1930 年代の輻射の幾何学に関する面白い話題。詳しくは Kerr, Rose , ApJ 629, 1091 (2005); ApJ 613, L181 (2004)を参照。

#### **2HE-5 Hideaki Takabe, Osaka University**

光電離プラズマの日中共同実験の結果と理論解析の結果を報告しました。実験は中国で神光 II を用いた吸収実験、阪大で激光 XII を用いた自発光実験です。BH の降着円盤からでる 1keV 近い輻射温度の X 線源を、金キャビティを用いてプランク分布に近い  $T_r = 80\text{eV}$  の輻射源で模擬して、キャビティ内の珪素、窒素の光電離の実験をし、光電離非平衡のレート方程式コードを作成し、比較しました。輻射温度が 80eV に対し、プラズマ温度は 20eV と温度のアンバランスが顕著であることを、スペクトルを比較することで証明しました。

サンディア研究所は未だに熱平衡を仮定した研究をしています。我々の方が遅く出発しましたが、一步、先に出ました。

講演の後、いろいろな人に声を掛けられました。ほめ言葉は良いとして、米国人には中国とこんなに連携して実験をしていることへの驚きの声がありました。「中国は日本の隣人だから共同研究するのは当たり前。時差も 1 時間しかないから連携もしやすい」と答えています。

現在、この実験結果は吸収実験と解析が *Astrophysical Journal* に受理され掲載予定、*Physical Review Letter* に出している論文も査読者から好意的返事で、指示に従い修正すれば受理される見込み。自発光実験・解析は 11 月まで 2 年間、学振の特別フェローで滞在した、中国国家天文台の Wnag, Feilu が書いて、*Physics of Plasmas* に full paper で出している。査読者（書き方から、どうも、この会議の議長の Bruce Remington が査読者らしい）から、1 回目は 9 ページに及ぶ 13 の項目へのコメント、2 回目は 2 ページに及ぶ、9 個のさらなるコメントをいただきました。現在、最終修正して再々投稿したところ。コメント

は「こうしたら論文が良くなる。俺ならこんな文章をここに入れる」という、思いやりの言葉で、査読者には本当に感謝しています。

Bruce に Feilu を紹介し、「おまえ彼女の名前、知てるだろ。そろそろ、彼女の論文 accept してくれ。おまえが査読者というのは、あのコメントから想像できる。充分論文は読みやすく、実験などの記述も丁寧でわかりやすくなっただろ。あんなに丁寧なコメントくれて感謝しているよ」というと、彼はあわてて「名前は知っている。お会いできて光栄だ。Referee?、さあ、知らんな〜〜〜」と、とぼける。「まあいいや、とにかくこの辺で OK にしてくれ。頼むわ」と私が言う。

Imperial College, London の Steve Rose は今回、私を招待講演に推薦してくれた人物。彼の専門はまさに原子過程・非平衡プラズマ。光電離プラズマは非平衡原子コードをチェックする大変良い実験になるので、世界中のコード比較をして、論文と一緒に書こうと言う話になった。彼は自分で作った NIMP code と宇宙で使われている CLOUDY code で計算できる。Feilu は自分で開発した code とリバモア件の FLYCHUK code で計算できる。これに、宇宙研の X 線天文グループが利用している NASA の Kallman を中心に 30 年以上にわたり開発改良してきている X-STAR code を来月の彼らとの会合の際、お願いする予定。

コード比較は、実験データがあるサンディアと大阪の結果を採用して比較。それと、宇宙研の人に協力していただき宇宙での典型的な場合の 3 つについて実施する。そして、論文に仕上げるということで Steve と合意した。Feilu は 5 月からレーザー研に 3 ヶ月滞在するので、その際に、論文を仕上げる。

Feilu もこの会議に参加している。彼女の近況も聞いた。「この前、国家天文台の助教授のポストの口頭試問(defense)を受けた。正式な結果の通知はいただいているが、試験に合格で本採用になると、内々の通知をもらった」と。30 才で助教授。良かった。日本での研究も少しは助けになったかと喜んでいる。