

12. 8. 25 (Sat.)

中国国家天文台との共同実験打ち合わせ

高部英明

(本原稿は北京着 2 日目の土曜日に NAOC にて行った、阪大での 10 月の実験室宇宙物理実験に関する打ち合わせの報告である)

北京の 2 日目、ホテル近くのモールで蔵満君とランチを食べた。昨夜の宴会の料理でお腹は一杯。コーヒーとパン一つで充分。今回選んだホテルはメゾネット (2 階建ての部屋) で値段もとても安い。場所は北京の北西、隣の地下鉄駅が頤和園という場所。頤和園は海軍が戦艦を買うはずだった予算を西太后が流用して贅をこらした離宮。そのために清朝海軍は黄海海戦で日本帝国海軍に敗れ、日清戦争は終結。下関会議に臨んだ伊藤博文は清朝代表の李鴻章に 2 億両の賠償金を要求し、勝利宣言をした。これを契機に清朝は上海交通大学の、、、また、賠償金の一部は京都帝国大学設立の資金となった、、、などと書き出すと道がそれる。

初日の IAPCM 所長、Zhu Shao-ping はこのホテルの直ぐ近くに住んでいる。この周りは新興住宅地であり北京で物価が一番高いそうだ。確かにモールの中で window shopping をしたが、ほとんどの衣料品は日本と (私の住む高槻と比べ) 同程度か高い。蔵満君と歩きながら、二人で同時に「この辺りを走っている車は高級車が多いね」との感想をもつ。私が最初に北京に来た 1997 年に比べ、隔世の感がある。このまま中国がどんどん成長すると、近いうち、日本の GDP の 2 倍、3 倍、4 倍となりそうだ。

2 時に Feilu がホテルに迎えに来た。中国国家天文台 (NAOC) は、オリンピック記念公園の水泳競技場の直ぐ隣。所員 700 人で中国に散在する天文台の総本部でもある。Feilu とは 2004 年の夏以来の付き合い。彼女は JSPS 特別研究員で 2 年間、私の所にいた。彼女のボスが G. Zhao 副台長。彼とも 8 年の付き合いだ。彼の肝いりで NAOC に実験室宇宙物理のグループが出来ている。その一人、J-Y Zhong がレーザーの実験家である。今回は宇宙やプラズマ物理で長く研究されてきた「磁気リコネクション (MR)」の共同実験を阪大でする。

以前から Weibel 不安定が非線型発展し無衝突衝撃波形成される際、磁場構造が大きくなるのは MR が重要な鍵を握ると考えていた。特に、その際に形成される高エネルギー粒子が、衝撃波による宇宙線加速の種になるのではないかと考えてきた (いわゆる injection 問題)。それを実験で解明する MR の実験がようやくできる運びとなった。幸運だったのは、NAOC が研究テーマを MR に移し、その共同実験を呼び掛けて来たことである。良いタイミングで両者の興味が一致

し、実験をすることになった。幸運である。

さらにこの日は物理研究所の共同研究者 Yuton と彼のスタッフ・院生 3 名、加えて、IAU 総会に参加している Princeton 大学の MR の専門家、Hanton Ji も参加してくれた。太陽観測や磁場閉じ込めプラズマや理論・シミュレーションでの研究など MR は 50 年近く研究されて来たが、未だにホットな話題が生まれている。Ji はその当たりの専門家であり、レーザー実験が Ji の鑑賞にかなうだけの質でなければいけないと私は考えている。この意味で、今年度からやはり MR の専門家である東大・小野靖教授に招聘教授になって頂き、5 月に一度会合を開いた。彼の研究室にも実験に参加して頂く。

まず、J-Y が NAOC 側の実験計画を具体的に説明。計測に関連して蔵満君がどんどん質問、コメントしていく（実際、彼の英語力には脱帽だ）。実験の原理は簡単である。2 本のレーザーを 1mm 程度離して集光する。そうすると膨張するプラズマは ballooning 項により温度と密度の傾きが平行でない時に磁場が膨張プラズマをドーナツ状に取り囲むように出来る。これ自体は私が学生の頃から実験・理論研究がされていた。それを二つ並べることで磁場同士が触れ合う面で磁場が打ち消し合い磁場のトポロジーが変わる。二つのドーナツが一つのドーナツになる。これが、一番簡単な MR である。（会議の様子は最後の写真参照）

蔵満君が磁場中へのプラズマジェット伝搬における MR の実験結果とシミュレーションを紹介した。これは、太陽と反対側の地球磁気で起こっている MR である。彼は、このような観点から MR に興味を持っている。私も彼の話は断片的に聞いていたが、ここで初めてまとめてしゃべってもらい「蔵満君。これとても面白いじゃないか」とこういう場で、仲間が何を考えているのか初めて知る。こういうことが年を取るに従い、また、共同研究が広がるに従い良く起こる。この意味でも、外での打ち合わせは大切だ。

その後、総合的な議論を行った。Ji がいてくれたお陰でとても面白い議論が出来た。まず、彼自身が米国 Rochester 大学の OMEGA レーザーで二人のレーザー実験家と MR の実験を進めている。彼自身がレーザーによる実験にとっても興味を持っていることを知った。当然、彼や彼の仲間の Rochester の研究者とも共同研究としていく。加えて、彼が面白い提案をしてきた。最近、京大の柴田君が小さいリコネクションが色々な所で起こりながら、どんどん大きな磁場構造が出来、プラズマが加熱されていく理論の論文を出したそう。これは最近観測された太陽コロナ内のマイクロな MR が原因と思われるコロナ加熱の物理機構を説明しようとした論文に違いない。

とても面白い話だ。そこで、10 月の実験では集光したレーザーの波面ひずみによる強度の斑（むら）をマイクロな磁場形成に利用し、磁場構造の時間発展や、高エネルギー粒子の計測を行うことに決めた。とても面白い。と言うのもこのようなマイクロな構造がマクロな構造に時間的に変化していくのは非線型物理学の典型的な例である。私が研究したテーマでは乱流混合 (turbulent mixing) では、2 流体の界面が短波長の熱ひずみからどんどん大きな泡の集合のように発展し、2 流体の界面を混合させていく。これを「泡の統計力学」として固体物理

の二体相関の概念を応用して基礎式を導出し、解析したのがあの Uri Alon の 1995 年の博士論文である。彼は学位取得後専門分野を生物学に移し、現在、イスラエルの Weizmann 研究所で Bio-computing の大きなグループの長であり、生物計算学の世界的権威である。6 月にイスラエルを訪ねた際、彼を訪問したことは facebook に書いた。

今度は磁場構造の統計力学である。理論的にも大変面白い研究が出来る。実験データが出るのがとても楽しみだ。たぶん、この MR 実験は世界最大のレーザー-NIF での基礎科学枠への応募に繋がると思う。NIF だと 192 本もレーザーがあるので、レーザーだけでマイクロな磁場を沢山作れる。それも制御できるから、それまでに理論計算をしていれば、理論の検証も出来る。太陽の光球の温度が 6000 度なのにその外側にある太陽コロナの温度がその 1000 倍以上も高いのが長年の疑問だった。その物理機構を NIF でクリアに実験的に示すことが出来るかも知れない。審査委員の一人として、他の審査委員にも大変興味を持ちそうな顔ぶれが半分は思いつく。

最後に Ji から提案があった。現在、米国、日本、中国と Ji が関係するグループが MR のレーザー実験を行おうとしている。そこで、来年の 4 月には実験データやその解析も一段落しているであろう。そこで、Princeton 大学で関係者だけの mini-workshop を開催しようという事になった。彼は日本の事情は良く知っているので golden week の前にしましろうと。大いに賛成。大変面白くなりそうだ。

NAOC から Feilu, J-Y 意外にポスドク 1 人と大学院生 2 人がこの実験と解析に関与する。彼等も参加していた。同時に物理研究所 (IOP) から Yuton と 3 名が参加する。会議の後で Feilu が「Aki の IPC (国際物理特別コース: <http://www.rcnp.osaka-u.ac.jp/~ipc/>) に、内の大学院生を 1 年間留学させたい。可能か?」と聞いて来た。「特に若手にはこれからプラズマ物理学などしっかり勉強させておきたい。しかし、プラズマ物理など物理の基礎を高度に教育してくれる所が中国にはない。Aki の IPC はとても魅力的だ。良いだろうか」と聞いて来た。私は「大いに歓迎だ。ちょうど今、ドイツの Bremen 大学の物理の院生 2 人が同じく 1 年間、IPC で勉強したいと言ってきている。相手の学部長と阪大理学研究科が協定を結ぶ準備をしている。同じように中国国家天文台と協定を結ぼう。そうすれば 5 人までは授業料免除で滞在できる」。Feilu が「講義を受けて単位を取ったら中国科学院の単位に出来るかな」と聞くので「それは、中国科学院が決めること。阪大は単位を出すだけだ」。Feilu が副台長の Gang Zhao に頼めば直ぐに進める。これも大きな副産物。

この日も 3 時から 6 時過ぎまで議論を続けた。大変成果の多い議論であった。2 件とも蔵満・高部の組み合わせで来たことがとても良かった。先の報告に書いたように、私の主目的は 27 日月曜に次ページのポスターにあるように北京大学での公開フォーラムで話題提供し、会場とのパネルを行うことだ。実は、最初、IAU の友人は私に 30 日の招待講演を依頼してきた。しかし、その日は大学院の面接試験の初日で北京には行けない。そこで、「俺の代わりに蔵満を推薦するから彼に招待講演をしゃべらせろ」と返事した。すると「了解。では、お前は 27

日なら来ることが出来るか。27日に北京大学で公開フォーラム開催する。それに出てくれ」と返事が来た。そこで、二人で北京に出かけることになった。

蔵満君と24日、25日の打ち合わせを決め、調整し、実施した。予想以上の大収穫に正直、驚いている。そして、24日には新たな大学院生など3名が、25日にはNAOCの2名の大学院生が共同研究者に加わり、私達の指導を期待している（彼等に私がやりたい計算などをさせて、指導を兼ねた研究も出来る）。これで、中国に北京大学2名、NAOC2名の大学院生が私のグループに加わったことになる。たぶん、今後は年に3回以上は北京に来なければいけないだろう。

議論を終えて、お腹もすいた。晚餐だ。今日は家族連れでの晚餐。Jiは奥さんと3人の男の子。J-Yは奥さんと娘。Feiluは2才の息子(Tiger)を里に預けている。Jiの横なので、彼と色々な話しをした。彼の出身は蘇州。高校の時、鄧小平の「改革開放」宣言があり、国が海外留学を支援してくれることになった。その時、愛媛大学から勧誘があり入学することにした。1980年のこと。大学院は東大。そして、阪大の超高温工学研究センターに職を得た。実は、レーザー研も尋ねたそうだが、ボス(渡辺 vs 山中)が優しそうな方にしたとのこと。「何だ、身近にいたんだ。世の中せまい」。その後、米国Wisconsin大学、Princeton大学と移った。私が知り合ったのは、6年ほど前。深く話したのは初めてだ。



NAOCでの会議風景。手前がJi、立っているのがJ-Y。



Feilu(WANG Feilu)が前の写真ではよく見えないので、彼女の結婚式の時の写真を貼り付けます。



IAU
XXVIII General Assembly
20-31 August, 2012
Beijing, China

PUBLIC FORUM

THE SUN-PLANET RELATIONS

PEKING University
Monday, August 27 -- 20:00 - 22:00



Conveners: Prof. Suiyan Fu, Peking University (PKU),
for IAU: J.-L. Bougeret, A. Chian

Panel: A.S. Brun, C.Y. Tu, S. Solanki, J. Richardson,
J. Linsky, H. Takabe

Address: **Kavli Institute for Astronomy and Astrophysics (KIAA-PKU).**
East Gate of Peking University.
Metro line 4: East Gate of Peking University (North-West exit)

You are all encouraged to attend! 请踊跃参加

Dynamics of the Star-Planet relations, IAU SpS10