

阪大での日々雑感あれやこれや

大阪大学大学院工学研究科
附属原子分子イオン制御理工学センター
太田 雅之

ohta@ppl.eng.osaka-u.ac.jp

原子力機構の特定課題推進員として、約1年半のJ-PARC物質・生命科学実験施設(MLF)のビームライン No.4 での中性子捕獲断面積測定に関連した研究を終了し、平成 22 年 4 月より、大阪大学大学院工学研究科附属の研究施設である原子分子イオン制御理工学センターの特任研究員として赴任いたしました。この度、読者の広場への原稿依頼を頂きまして、「時間もあることだし、なんとかなるだろう」と引き受けてしまったところ、慣れない講義の準備や計画書類の作成に追われ、こうして締切り間際になってその日常を記すことでお茶を濁そうとしている次第です。幾分私的な近況報告になってしまうかもしれませんが、ご了承いただければと思います。

1. 原子分子イオン制御理工学センター

原子分子イオン制御理工学センターは、極限微小構造研究部門、プラズマ粒子制御研究部門、超微細コンポジット研究部門の3研究部門からなる施設で、新規ナノ物質や新規デバイス及び計測法の開発を目的に、旧超高温理工学研究施設などが母体となり平成15年に設立されました。

私が所属するのは、プラズマ粒子制御研究部門のうちの1つであるプラズマ物性分野(岡田研究室)で、教授1名、准教授1名、特任研究員1名、大学院生2名のグループです。現在は、プラズマを用いた材料加工のための制御を目的として研究を行っており、大阪大学大学院工学研究科マテリアル生産科学専攻の協力講座となっています。当研究室では、以前、磁場反転配位と呼ばれる核融合磁場閉じ込め方式の研究を行っており、旧原子力工学専攻の協力講座でした。かくいう私も、センター化されて間もない頃、短い間ですが所属していたことがあり、ある意味古巣に戻ったこととなります。現在、核

融合閉じ込め磁場目的の大型の装置は解体され、その一部は、東大や日大への移管が進められています。

2. 回転磁場を用いたプロセスプラズマ用装置の開発

これまで、磁場反転配位プラズマの生成にはコンデンサーバンク放電が利用されており、簡易に磁場反転配位プラズマを生成することができなかつたのですが、近年、回転磁場を利用し、簡便に磁場反転配位プラズマを生成できる可能性が現れました。このことを受けて、当研究室でも、半導体集積回路作成における微細加工や新素材の合成等の基盤技術であるプロセスプラズマへの磁場反転配位プラズマの応用を研究してきました。

下の**写真 1** は、現在、製作と改良を進めているデスクトップサイズのプラズマ生成装置です。左側の光っている部分にはコイルが巻きつけられており、これに 13.56 MHz の高周波電流を流すことによりプラズマを発生させます。中央部には、矩形状のコイルが二対配置されており、約 1~3 MHz の可変の高周波電流を位相 $\pi/2$ だけ隔てて印加することで回転磁場を発生させ、これに電子を同期させることで制御する仕組みになっています。ちょうど、同期モータの回転原理と同じです。中央から右側と背面には、電子エネルギー分布関数や質量分析のための測定用のポートが備えられています。

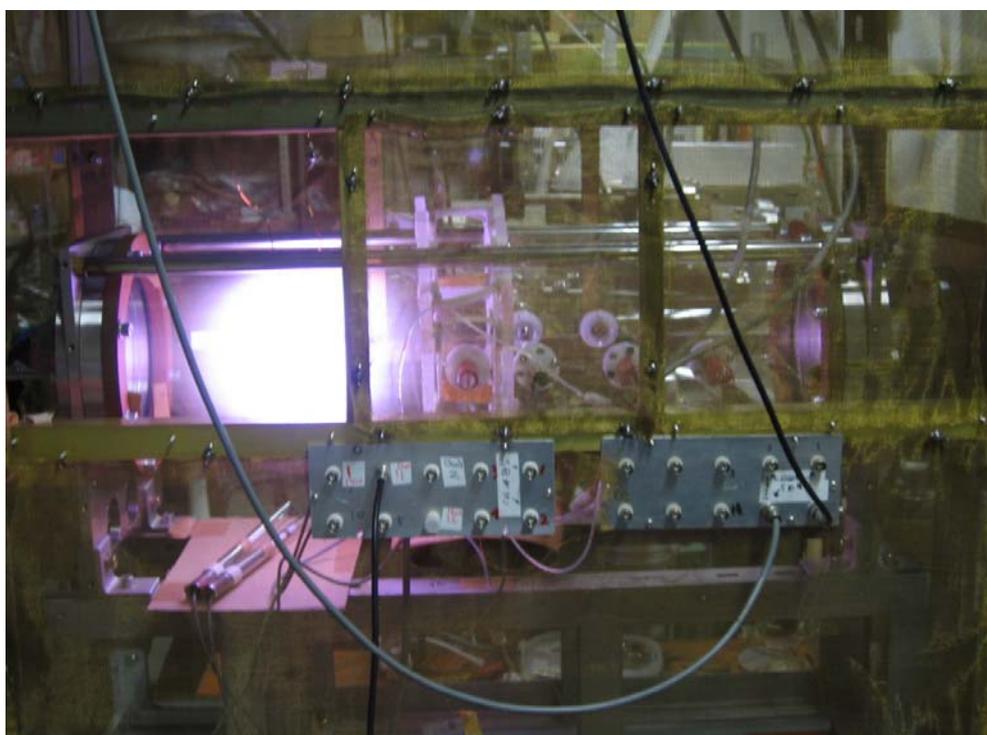


写真 1 現在、開発を進めているデスクトップサイズのプラズマ生成装置

プラズマの測定は、ラングミュアプローブと呼ばれる小さな電極を挿入し電圧をかけ、電流を測定することで行います。その際、プローブ先端が高周波数で変化するプラズマ電流に追随するようにするために、並列共振回路からなるフィルタを用いて高インピーダンスにします。測定では、13.56 MHz の高周波ノイズにずいぶん苦しめられました。この点は、アースとシールドを工夫することで測定できる見通しがつき、現在装置の配置などの変更をおこなっています。低周波とは違う高周波特有の知識やテクニックがあり苦労させられるものの、そこが同時にやりがいでもあります。

現在はアルゴンガスを用いて実験を行っていますが、質量分析器も備え付けられメタングスの分解などの測定も可能になっています。また、装置のさらなる改良が必要ですが、磁場反転配位の形成と保持も測定してみたいところです。

3. プログラミングのこと

大阪大学に赴任したのに合わせて、平成 22 年 4 月より摂南大学理工学部にて、コンピュータ関係の講義を担当させていただくことになりました。前期が 3 年生向けの C 言語（数値計算法）と後期が 1 年生向けの情報リテラシー（Excel）の演習です。そこで、当研究室の大学院生にプログラミングについてたずねてみると、ほとんど経験がないそうなのです。工学部であっても、学科によっては、研究で使わない限りあまり縁がないこともあるようです。

私自身は、サイクル機構（現原子力機構）や大阪大学において、核分裂収率計算やモンテカルロ計算コード MCNP を改良した解析計算を行っていたこともあって、プログラミングには比較的親しんできたのですが、ほぼ独学によるもので、今から考えるとずいぶん遠回りしていたと思える部分もあります。講義を行っている摂南大学の内容と同じであれば、それほど手間もかからないだろうと考えて、当研究室の大学院生 2 人に聞くと、やってみたいとのこと。これに、C 言語はやったことがないのでやりたい、という岡田教授を加えた 3 人を生徒（？）に、研究室ミーティングの付録として週 1 回（2 時間程度）で、当研究室でも C 言語の学習をスタートさせました。

やはり最初は、定番の“hello, world”です。そこから始まり、入出力、分岐、ループ、配列、ポインタなど、一通りのことをやったのち、連立 1 次方程式、最小二乗法、積分、常微分方程式、乱数などの演習を行いました。このあたりまでで約半年。摂南大学で行っている前期の講義の範囲程度です。後期に摂南大学で担当する講義は全く別の内容なので、準備してあるものはネタ切れ。かといって、ここまでやって終わらせてしまうのは非常にもったいない、ということで何か続きになる内容を用意することにしました。

C++や Java に手を広げることも考えたのですが、まだ始めて半年ということで、あれこれやるよりは、C 言語のまま並列計算をやってみることにしました。かつてサイクル機構に所属していた頃、富士通製の大型計算機 HPC2500 が導入され、並列計算に関する利

用講習会が定期的に行われていました。私も何度か参加させていただくことができ、非常に役立つ思い出があります。現在では、ノートパソコンでさえマルチコアが普通になり、以前よりはるかに楽に並列計算を体験するのが可能となっています。そこで、比較的簡単に実装できる **OpenMP** による並列計算を行い、その後 1 人当たり 2 台のパソコンを用いて **MPI** による並列計算を行いました。問題となるのは、昔ほどではないのですが、まだまだ日本語で書かれた教科書が少ないことです。幸い、インターネット上には、適当な分量の入門的なテキストが転がっているので、これを利用させていただきました（間違いを含むものが多いのも事実）。

ここまでの、(執筆時点で) 現在のところ。次は、**OpenGL** で 3D グラフィックスをやることにしています。それが終わったら、これまでの総括として、アルゴンの分子動力学シミュレーションができるのかな、と。自前のプログラムで、アルゴン粒子が画面を飛び回れば、なかなか楽しい経験ができるでしょう。

(H23 年 1 月 12 日記)