

CCD カメラを用いた解離粒子測定システムの開発

(環境計測) 宗田隆宏

本研究の目的は、イオン・光・電子と分子との相互作用で生成する解離粒子の解離パターンと解離エネルギーを測定するためのイメージングシステムを開発することである。

最初に開発中のシステムの測定原理を図 1 に従って説明する。図は、入射速度 v_0 の分子が衝突によ

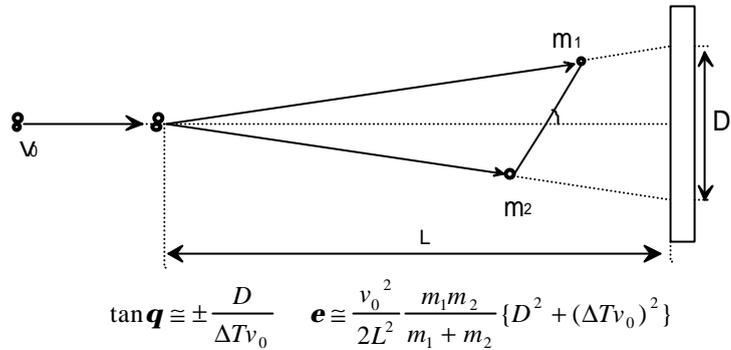


図 1. システムの測定原理

って解離し、解離地点から L 離れた位置に置かれた検出器で測定する場合を想定している。検出器上で測定された解離粒子間の距離を D 、解離粒子の検出器までの飛行時間差を T とする。解離する瞬間の分子の分子軸と入射方向の間の角度を θ 、解離エネルギーを E とすると、あらかじめ L と v_0 はわかるので、 θ と E は D と T によって与えられる。よって D と T を測定することで衝突の分子軸方向依存性や解離エネルギーを測定することができる。

現時点で、CCD カメラと二次電子増倍プレート(MCP)および蛍光スクリーンを用いて解離粒子間距離 D を測定するシステムを開発した。その概略を図 2 に示す。解離粒子が MCP に衝突すると、衝突位置で二次電子が発生し増倍される。この増倍電子は 2 kV の電位差で加速され、蛍光スクリーン上に像を作る。その像を CCD カメラで撮像する。通常の CCD カメラは 1/30 秒間ずつ露光した後、その画像信号を出力する。一方、1 組 1 組の解離粒子は、1/30 秒よりも短い時間間隔でやってくる場合もある。この場合に通常の方法で撮像しては、1 組の解離粒子の像を 1 画面に収めることができない。それを解決するために、蛍光スクリーンに像が写った瞬間に MCP の電圧を落とし、蛍光スクリーンに次の組の解離粒子の像が写らないようにした。CCD で撮った像を PC/AT 互換機のキャプチャーボード上のメモリに 256 強度階調で取り入れる。その後、ネットワークで繋がれた Linux サーバー上の samba で共有されているハードディスク(HDD)に保存する。Linux サーバー側の HDD に保存するのは、データのオンライン処理が、リアルタイムデータ転送を請け負っている PC/AT 互換機の負荷にならないようにするためと、インターネットを用いたデータ提供を行いやすくするためである。

今回のシステムでは、以下の 2 点を工夫した。

1 つ目は、HDD 容量の削減である。例えば、上記システムで 10,000 枚の画像を保存しなければならないとした場合、18GB の HDD 容量を使ってしまう。保存した画像には、どの画素にも強度 60 程度のバックグラウンドがある。そこで、取り込み処理の際に Threshold 処理をして、60 以下のノイズを保存しないようにした。Threshold 処理をすれば、1 枚あたりの解離粒子の像は 90 画素程度なので、必要な画素のみを保存すると、10,000 枚の画像でも 54MB の容量で

済む。

2つ目は、システムの高速度である。CCDカメラの1/30秒の露光時間を1コマと呼ぶと、1画像を保存するのに、露光に1コマ、転送に1コマ、保存に2コマで、計4コマ分の測定時間がかかる。そこでキャプチャーボードに1画像撮像できるメモリを2つ積み、その2つのメモリを交互に使うことで転送時間を短縮した。具体的には1つ目のメモリの画像をHDDに保存させている間に、並列して次の画像の露光と転送を開始するようにした。これにより2倍の早さ、すなわち、1画像を保存するのに2コマ分の時間でできるようになった。

最後に、捉えたH₂の解離粒子の像を図3、図4に示す。図の各点は解離した後のH原子が蛍光スクリーン上に作った像である。像の大きさの違いは、MCPでの二次電子の増倍率の違いによるものである。

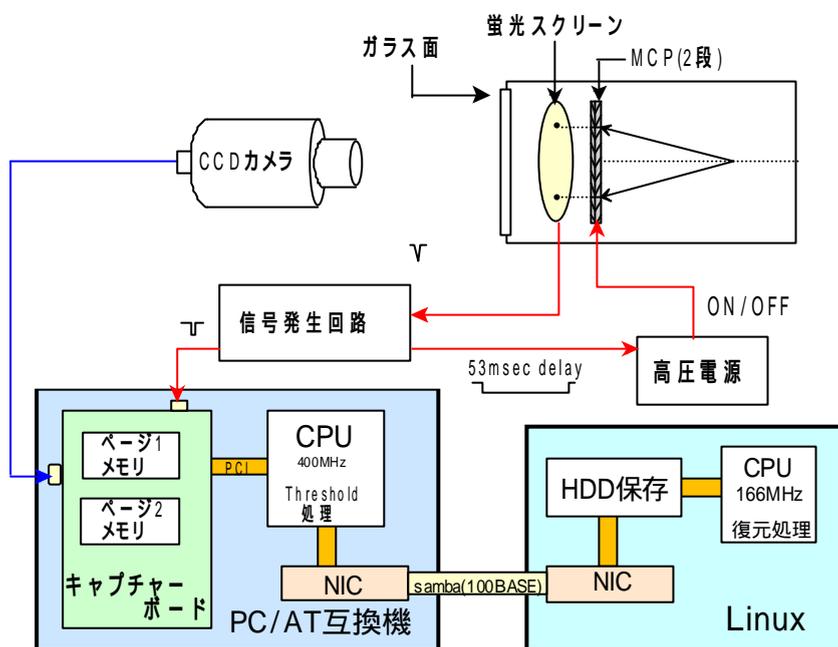


図2.装置の概略図

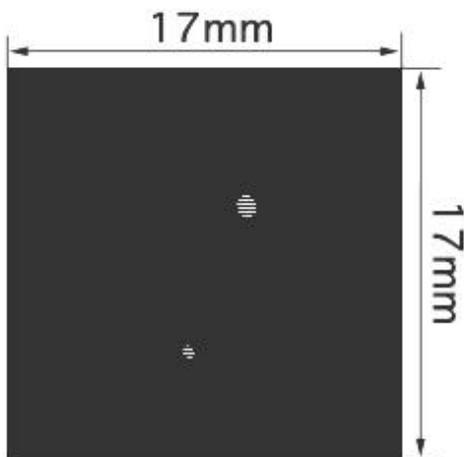


図 3

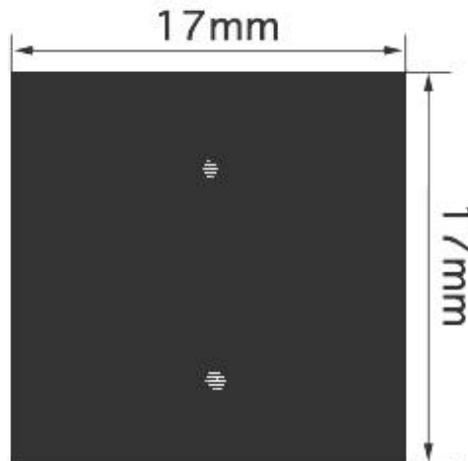


図 4