

(都立大院理)○野村雅人、西出龍弘、Firoz A Rajgara、城丸春夫、阿知波洋次、小林信夫

[序]

多価イオンを気体分子に衝突させることにより、気体分子から多価イオンへ多電子移行が起こり、気体分子は爆発的に解離する。この解離がエチレンやベンゼンのような平面型分子において、ゼロ点振動の効果が無視できるほど小さく、かつ純粋なクーロン爆発によって起こるものならば、フラグメントイオンの飛跡から速度ベクトルを解析すると、すべての速度ベクトルは同一平面上にあるはずである。今回、平面型分子としてエチレンとベンゼン、およびそれらの D 置換体を用いて、位置敏感 TOF 測定を行い、フラグメントイオンの飛跡が解離前分子の平面構造を反映しているかを検討した。また対照実験として C_2H_6 を用いて実験を行った。

[方法]

ECR イオン源で生成した Ar^{8+} を 120keV に加速し、標的分子に衝突させた。衝突により生成したフラグメントイオンを静電場で引き出して加速し、入射イオンから放出されるオージェ電子をトリガーとして、二次元検出器によりイオンの位置と TOF を同時に測定した。

[結果・考察]

今回の実験では、各標的分子について 3 重コインシデンスイベントが得られたものについて解析を行った。図 1 に C_2D_4 を標的分子として用いたときに得られた 3 重コインシデンスマップを示す。 D^+ は TOF の短いものと長いものに分かれているが、これは、TOF 軸に対して垂直に配向した分子が解離したときに得られる D^+ の捕獲効率が低いためである。3 重コインシデンスイベントの内、特定の解離チャネルにおいては、フラグメントイオンの速度ベクトルを解析し、フラグメントがどのような角度相関をもって解離したのかを観測した。例えば、 C_2D_4 の衝突実験における (D^+ , D^+ , C^{2+}) 解離チャネルについて、フラグメントの角度相関の解析には以下の式で定義される $\cos \theta$ を指標とした。

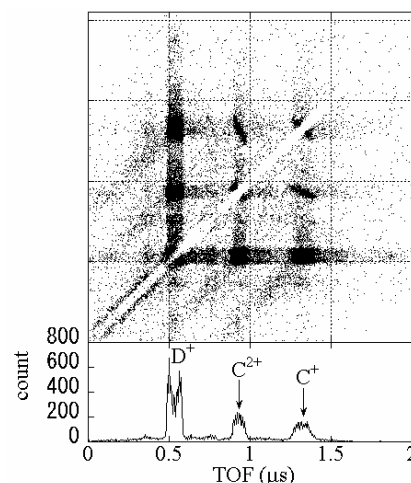


図 1 C_2D_4 の 3 重コインシデンスマップ

$$\{\vec{v}(D_1^+) \times \vec{v}(C^{2+})\} \cdot \vec{v}(D_2^+) = |\vec{v}(D_1^+) \times \vec{v}(C^{2+})| |\vec{v}(D_2^+)| \cos \theta$$

ここで、TOF 上で先に検出された D^+ を D_1^+ とし、遅れて検出された D^+ を D_2^+ とした。 $\vec{v}(D_1^+), \vec{v}(D_2^+), \vec{v}(C^{2+})$ は、各フラグメントイオンの速度ベクトルである。各ベクトルと角 θ の関係を図 2 に示す。各ベクトルがすべて同一平面上にあるとき、 θ は 90° となり、 $\cos \theta$ は 0 となるはずである。図 3 はこの解析結果である。 C_2D_4 の解析結果では、ヒストグラムは $\cos \theta = 0$ にピークを持っていたが、 C_2H_6 の解析結果ではヒストグラムはピークを持たず、角度相関は見られなかった。これらの結果はそれぞれの分子構造をよく反映しており、エチレンにおいて、解離によって得られたフラグメントイオンの速度ベクトルは、解離前の平面構造を保持するような角度相関があった。

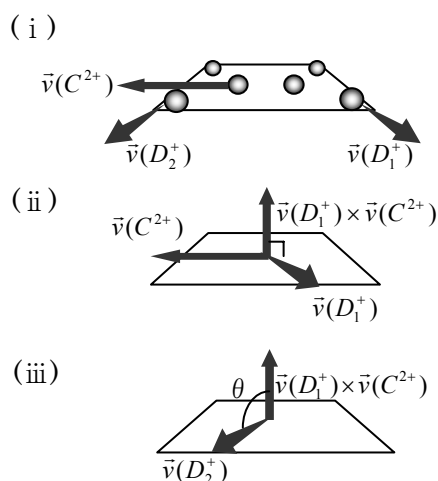


図2 (i)(ii)(iii)各フラグメントイオンの速度ベクトルと角度相関

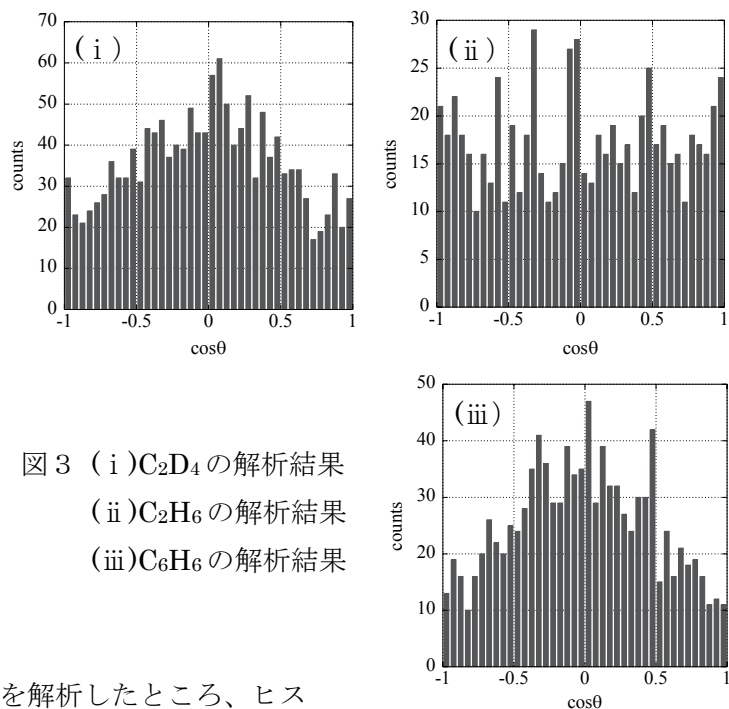


図3 (i) C_2D_4 の解析結果
(ii) C_2H_6 の解析結果
(iii) C_6H_6 の解析結果

また、ベンゼンについても同様の指標を解析したところ、ヒストグラムは $\cos \theta = 0$ にピークを持ち、エチレンと同様の角度相関を持っていた。このことは、ベンゼンのような原子の数の大きな分子においても、フラグメントイオンの速度ベクトルは解離前の分子の構造の情報を保持していることを示す。

また、ベンゼンの実験結果より得られた(D^+ , C^{2+} , C^+)解離チャネルでのフラグメントイオンの速度ベクトル情報より、二つのフラグメントイオンが成すベクトル角(ϕ)を調べた。 C^+ と C^{2+} のベクトル角の解析結果を図4に示す。 $\cos \phi$ が0.5以上のもの、つまり 60° 以上の角度相関を持っているものがほとんどであり、これもまたベンゼンの分子構造を反映する結果となった。

これらの結果より、解離後のフラグメントイオンの飛跡を解析することによって得られた速度ベクトル情報は、ベンゼン程度の大きさまでは解離前の分子構造を反映した角度相関をもっていることがわかった。今後、どれほどの大きな分子までが同様の角度相関を示すかを検討していく予定である。

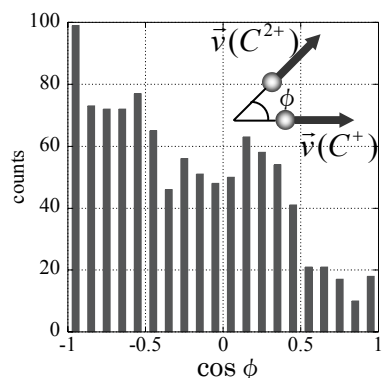


図4 $\vec{v}(C^+)$, $\vec{v}(C^{2+})$ の角度相関