

相溶性の2液滴の衝突過程に現れる準安定界面の動的挙動

(学習院大学) ○穴原 和真, 河野 淳也

Metastable interface of colliding miscible two droplets

(Gakushuin University) ○Kazuma Anahara, Jun-ya Kohno

[序] 2液混合による反応過程を明らかにするために、液滴衝突の観測を行っている。これまでの研究で、水とエタノールのような相溶性の2液滴の衝突初期過程を表面張力波から議論した[1]。しかし、衝突過程の全体像を明らかにするためには、2液滴が均一な単一液滴になるまでの詳細な解析が必要である。そこで、本研究では相溶性液滴の衝突の際に生じる動的界面に着目し、衝突過程を長時間観測した。2液滴の表面張力差を制御し、衝突液滴の準安定界面の挙動を観測した。

[実験] 実験は顕微鏡下で行った。パルス駆動のノズルから液滴を射出し、衝突過程を観測した。試料としては1 M Na_2SO_4 水溶液と0-3 wt%エタノール水溶液を用いた。 Na_2SO_4 は、2液滴に屈折率差を与え、界面の観測を光学的に行うために添加した。衝突過程はパルス駆動のLEDでストロボ写真として観測した。測定的时间分解能はLEDのパルス幅である1 μs であった。衝突径数が0になるように液滴位置を調整した。得られた実験室系の画像から一部を抽出し、重心系の画像に変換した。

[結果] 1 M Na_2SO_4 水溶液の液滴と水の液滴の衝突過程を図1に示す。画像上の値は衝突からの経過時間を示している。衝突後、液滴は30 μs かけて扁平の形になった。その後、扁平になる過程で界面が現れた。その界面は水液滴側に偏って現れた。その後、液滴は扁平形になる過程

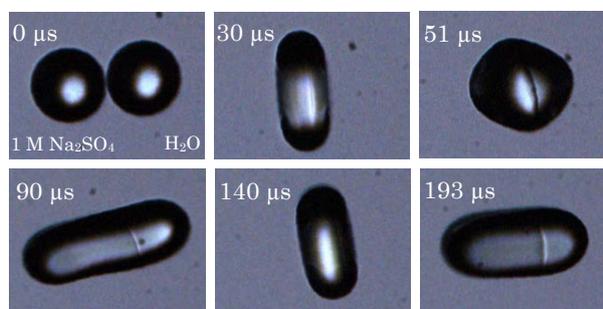
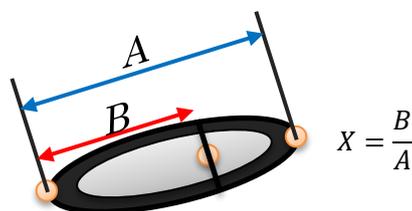
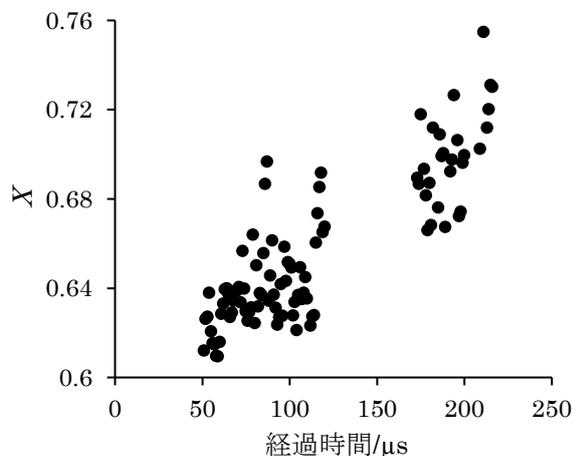
図1 1 M $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ の衝突過程 50 μm 

図2 界面と端点座標の読み取り方

図3 1 M $\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$ の界面の経過時間依存性

で界面は見えなくなり、再び扁長になる過程で界面が現れた。測定した画像から衝突軸方向の液滴端点の座標と界面の座標を読み取り(図2)、液滴の長さ L と1 M Na₂SO₄側の端から界面までの距離 X の比

$$X = \frac{B}{A} \dots (1)$$

として界面の位置を算出した。界面位置 X の時間依存性を図3に示す。経過時間の増加に伴い X は増加した。すなわち界面は水液滴側に移動した。

次に1 M Na₂SO₄水溶液の液滴とエタノール水溶液の液滴を衝突させ、界面位置のエタノール濃度依存性を調べた。衝突から100 μs後の結果を図4に示す。エタノール濃度が増加するにつれて

界面位置がエタノール水溶液の液滴側へのずれが増加した。濃度が2.6 wt%以上のとき界面は観測されなかった。また、界面の形はエタノールの濃度の増加につれて曲率が大きくなった。これらの結果は経過時間が異なっても同様であった。

[考察] Na₂SO₄は負の界面活性剤であるため水の表面張力を高める。エタノールは界面活性剤であるため水の表面張力を下げる。準安定界面がエタノール水溶液の液滴側に現れ、界面位置がエタノール水溶液の濃度に依存して移動していくことから、準安定界面の位置の偏りは、2液滴の表面張力差によって生じていると考えた。表面張力差がある2液滴の衝突モデルを図5に示す。液滴の振動とともにエタノール水溶液の液滴は、衝突に伴う慣性力によって1 M Na₂SO₄水溶液の液滴を包み込むように広がる(図5b)。その後、液滴の振動とともに一定の速度で界面が移動する。2液滴の表面張力差が大きいほど衝突時にエタノール水溶液が包む面積が大きくなるため、観測している界面の曲率が大きくなる(図5c)。今後このモデルにもとづく定量的な解析を行う。

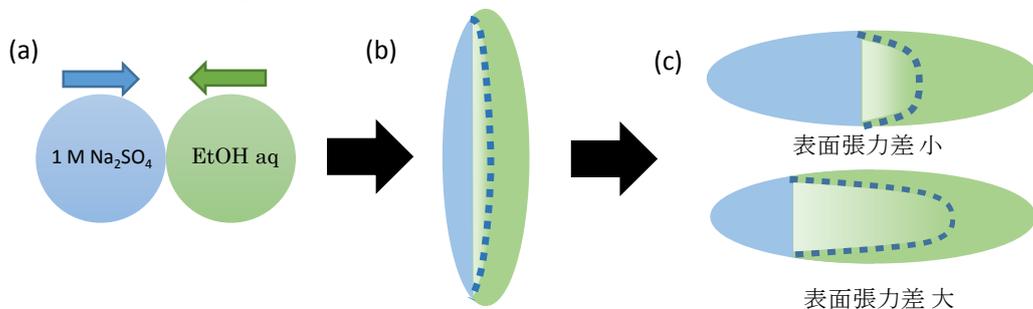


図5 表面張力差のある2液滴の衝突モデル

(a)衝突前 (b)衝突後の扁平の形 (c)衝突後の扁長の形 点線はエタノール水溶液に包まれている1 M Na₂SO₄の位置

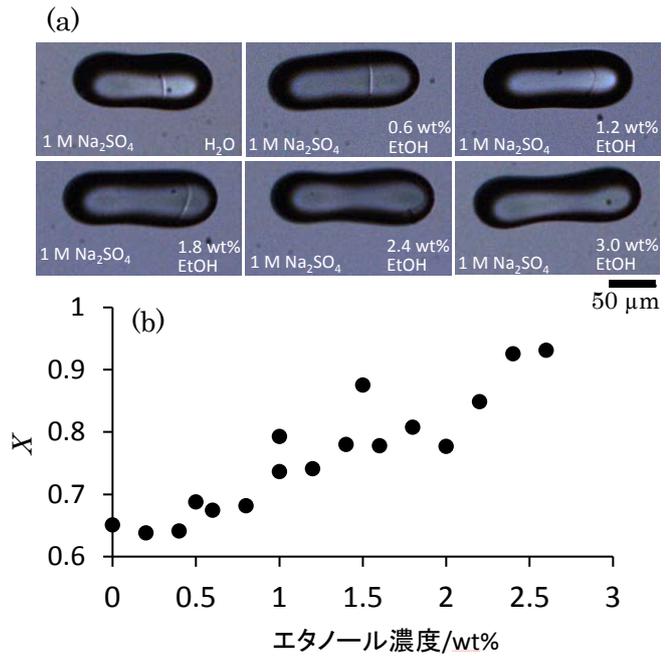


図4 界面位置のエタノール濃度依存性(100 μs 後)
(a) 液滴画像 (b) 界面位置