

水とエタノールの液滴衝突過程における 水液滴上の表面張力波伝播と微小突起の生成

(学習院大 自然科学研究科) ○鈴木 智子, 小林 誠, 河野 淳也

Protrusion formation during the collisional process of ethanol and water droplets: Capillary wave propagation on the water droplet

(Gakushuin Univ.) ○Tomoko Suzuki, Makoto Kobayashi, Jun-ya Kohno

【序】 2液混合による溶液反応は化学の基本であるが、その分子レベルでの詳細は明らかになっていない。その機構を解明することは極めて重要である。そこで、2つの微小液滴を衝突させ、その混合過程を観測している。今回は、水と水の液滴、水とエタノール(EtOH)の液滴を用いた。水とエタノールの液滴を衝突させると、水側に微小突起が生成することが見いだされた。得られた画像を解析し、微小突起の生成機構について考察を行った。

【実験】 図1に実験装置図を示す。微小液滴を観察するために、顕微鏡下で実験を行った。顕微鏡ステージ上に、XYZステージに乗せた2つのピエゾ素子駆動の液滴ノズルを取り付けた。このノズルから噴出された液滴の衝突過程を、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 $1\ \mu\text{s}$ であった。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。その際、液滴の速度が抽出画像の水平軸と平行になるようにした。

【結果】 水と水の液滴衝突過程を図2に示す。図2(a)は直衝突時、(b)は大きな衝突径数の場合の衝突画像であり、衝突からの経過時間による変化を示している。図2から、両液滴の衝突直後に衝突点付近に変形が生じ(白矢印部分)、その変形が衝突点の対極方向に伝播していくことが分かった。

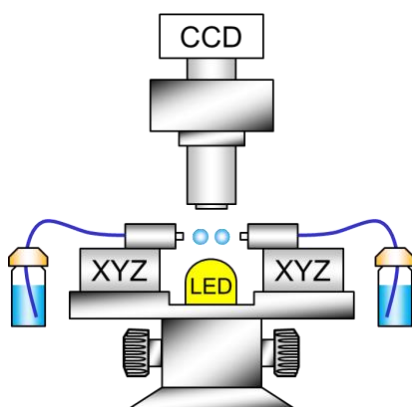


図1 液滴衝突実験装置

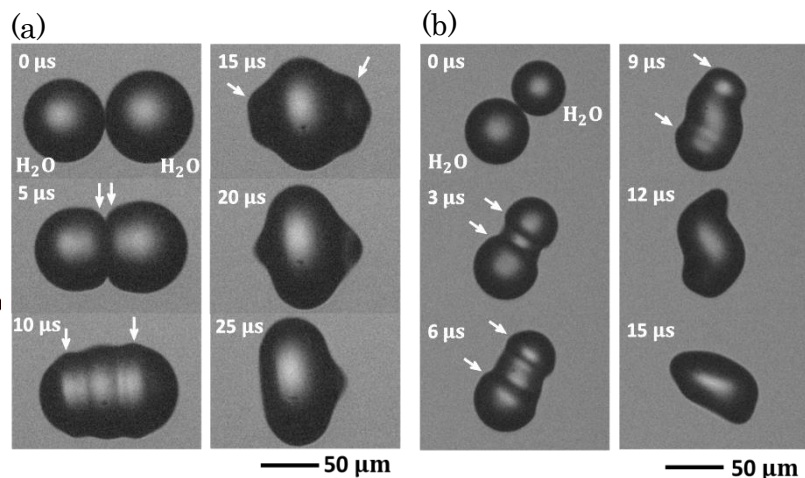


図2 水と水の液滴衝突過程

(a) 液滴直径: (左)71 μm , (右)78 μm (b) 液滴直径: (左)52 μm , (右)44 μm
衝突径数: 3.4 μm 衝突径数: 21 μm
衝突速度: $2.9 \pm 0.6\ \text{m/s}$ 衝突速度: $2.0 \pm 0.7\ \text{m/s}$

エタノール(EtOH)と水の液滴の直衝突過程を図3に示す。3 μs の画像において衝突点を見ると、水液滴側にのみ変形が生じることが分かった(白矢印部分)。6 μs ~12 μs の画像から、変形は水と水の液滴衝突と同様に衝突点の対極方向に伝播した。また、変形が対極まで伝播すると衝突点から対極に向かって微小突起が生成した。この微小突起は、24 μs の画像において最大の長さになるとその後は段々と減少した。

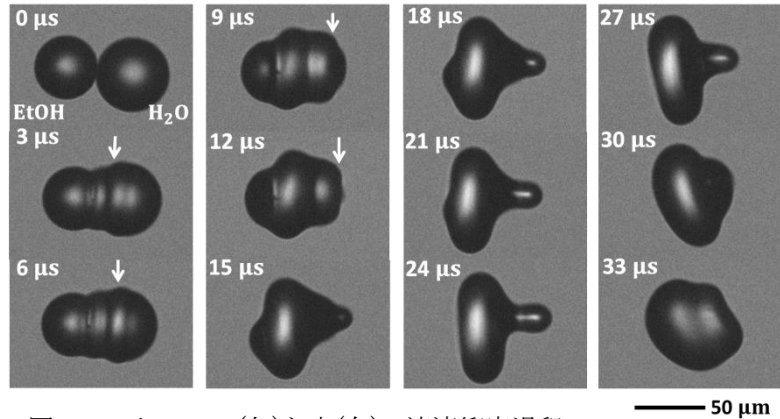


図3 エタノール(左)と水(右)の液滴衝突過程
液滴直径：(左) 44 μm , (右) 50 μm
衝突径数：4.8 μm
衝突速度：2.9 \pm 0.1 m/s

【考察】 水と水の液滴衝突過程において、衝突点の両液滴上に生じた変形は、衝突によって液滴に働いた慣性力によって生じる。この変形が表面張力波として液滴上を伝わるため、衝突点の対極方向に波が伝播していくと考えた。一方、エタノールと水の液滴衝突では、衝突点におけるエタノールとの混合によって、水の表面張力が局所的に大きく減少する[1]。その影響で衝突点付近に変形が生じ、この変形が表面張力波として衝突点の対極へ伝播する。その波が衝突点の対極で強め合うことによって、微小突起が生成すると考えられる[2]。このモデルの詳細を明らかにするために、表面張力波の伝播速度を算出した。すると、図3の水液滴上における表面張力波の伝播速度は6.4 \pm 0.3 m/sとなった。また、図2の左水液滴と右水液滴上における表面張力波をそれぞれ求めると、5.8 \pm 0.2 m/s, 5.2 \pm 0.2 m/sとなり、エタノールと水の液滴衝突過程の場合の伝播速度とほぼ同じ値になった。一方、液滴の衝突速度を変化させ、表面張力波の伝播速度を調べた。図4(a)に水と水、(b)にエタノールと水の液滴衝突過程における表面張力波の衝突速度依存性を示した。すると、表面張力波の伝播速度は衝突速度によらずほぼ一定値(~6 m/s)を示すことが分かった。これらのことから、表面張力波は水液滴の表面張力のみを復元力として伝播すると結論付けた。

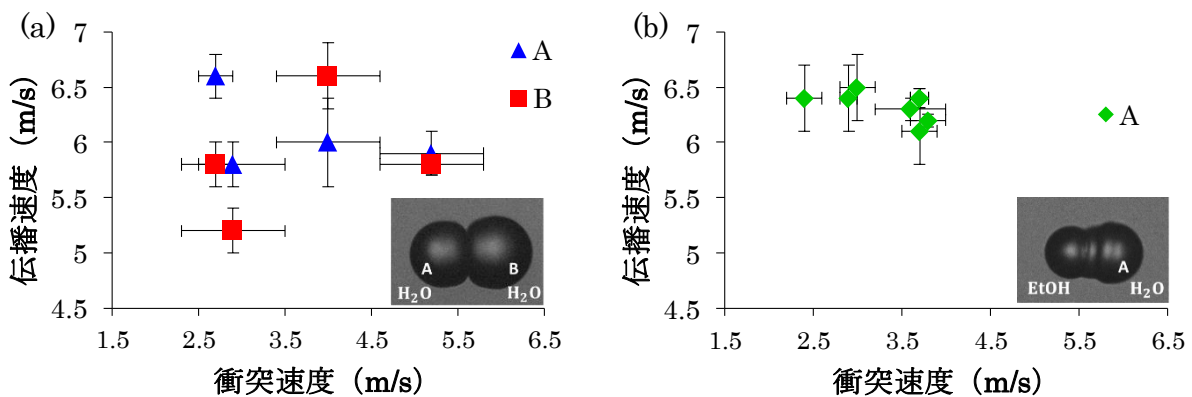


図4 液滴衝突過程における表面張力波の衝突速度依存性
(a)水と水,(b)エタノールと水

- [1] T. -C. Gao, R. -H. Chen, J. -Y. Pu, T. -H. Lin, *Exp. Fluids* 38(2005)731-738.
[2] J. Kohno, M. Kobayashi, T. Suzuki, *Chem. Phys. Lett* 578(2013)15-20.