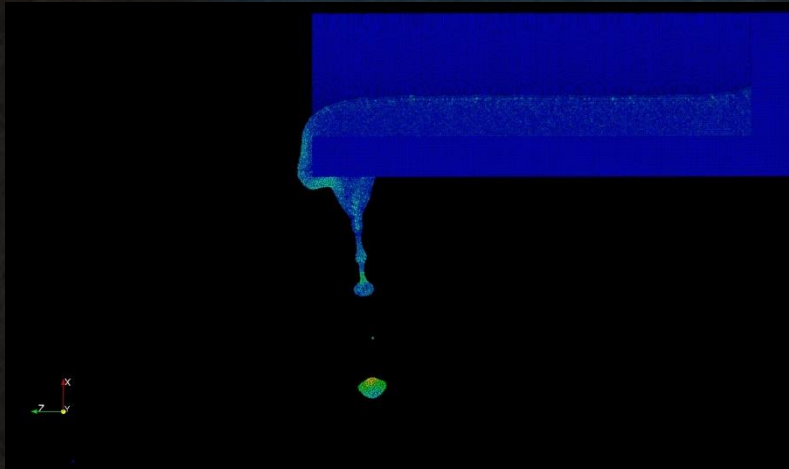




容器口の形状に着目した液だれ防止方法の提案

Prevention of adhesion of liquid on an edge of cup

横山真男(明星大、東洋大計算力学センター)

瀬田陽平、矢川元基

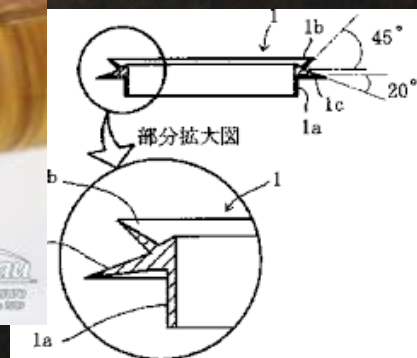
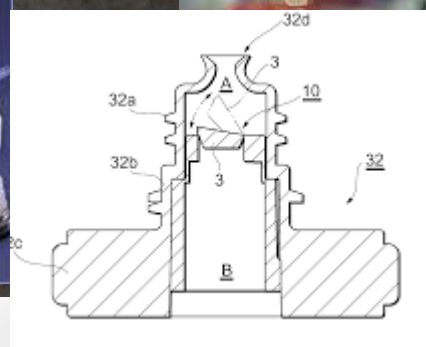
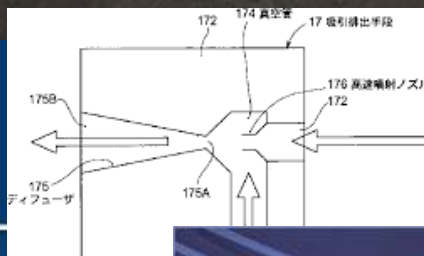
困った液だれ現象

- スープや醤油などを注ぐときに
- 鍋やボトルのふちを伝わり落ちる
- テーブル等が汚れる



様々な商品がでている

- 様々なメーカーが液だれ防止商品を開発・販売をしている



もっと簡単にできないか？

- 液体・容器の素材に依存し万能ではない
- 商品ごとに都度開発が必要
- 鋭利な形状
- 構造が複雑
- 安くない（ワイン用のボトルキャップ：500円～2000円）

もっと手軽に簡単な液だれ防止の容器が作れないか？

ウェンゼルの式とカッシーの式

- ヤングの式（理想的な平面）

$$f_s = f_l \cos \theta + f_{sl}$$

- ウェンゼルの式

$$\cos \theta = S \cos \theta_w$$

- カッシーの式

$$\cos \theta_c = A_1 \cos \theta_1 + A_2 \cos \theta_2$$

見かけの接触角 θ_w に対してヤングの式が成り立つ接触角は液体が接する理想的な平面の面積を1としたとき、実際の凹凸を含めた表面積 S を用いた補正式を提案。濡れやすいものはより濡れやすく、濡れにくいものはより濡れにくいことを示す。

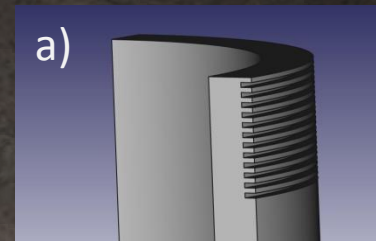
不均一である複合面の見かけの接触角 θ_c 。 θ_1 、 θ_2 は物質1、2の滑らかな面に対するヤングの接触角で、 A_1 、 A_2 は、実際の表面を物質1、2が占める割合。細かな突起もしくは多くの細かな溝があるような物体の場合 A_2 は1に近づき、 θ_c が大きくなり濡れにくくなる。蓮の葉や水鳥の羽の超撥水性はこの効果によって説明される。

表面性状を細かくする

⇒刻みを入れれば表面張力が上がり、液体の切れが良くなるのでは？

容器口の縁の加工

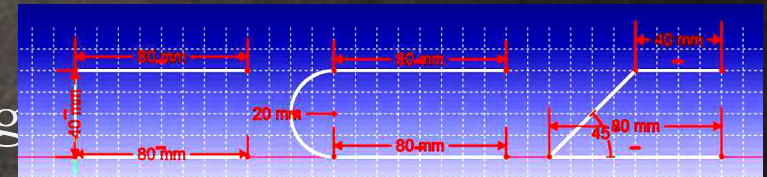
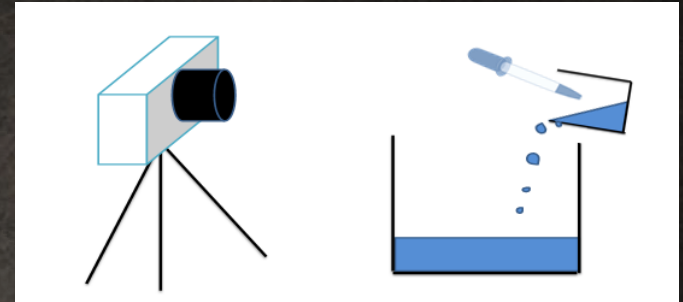
- 3Dプリンタによる容器の作成
- 4mmの厚さのPLA樹脂 (ポリ乳酸)
- 溝幅0.4mm、深さ0.4mm
- 容器の縁から約1cmの間、円周方向に切り込み
- ディビジョン・エンジニアリング社のDS.1000



a) outside
b) inside
c) outside & inside
d) inside & top
e) outside & top
width of channel =
0.4mm

実験環境

- 一定量(3ml/sec)で水を注入
- 注ぎ始めから注ぎ終わりまで、液滴の落下および付着の様子をハイスピードカメラ (1/1000 秒) で撮影
- 縁の形状：丸、角、斜め45度
- スタンドに固定した角度(setting angle)： 0° 、 10° 、 30°
- 全パターンを10回ずつ試行
- 容器縁の形状×溝の位置×設置角度でそれぞれについて液だれの発生の有無を観測。



実験結果 溝無しの場合

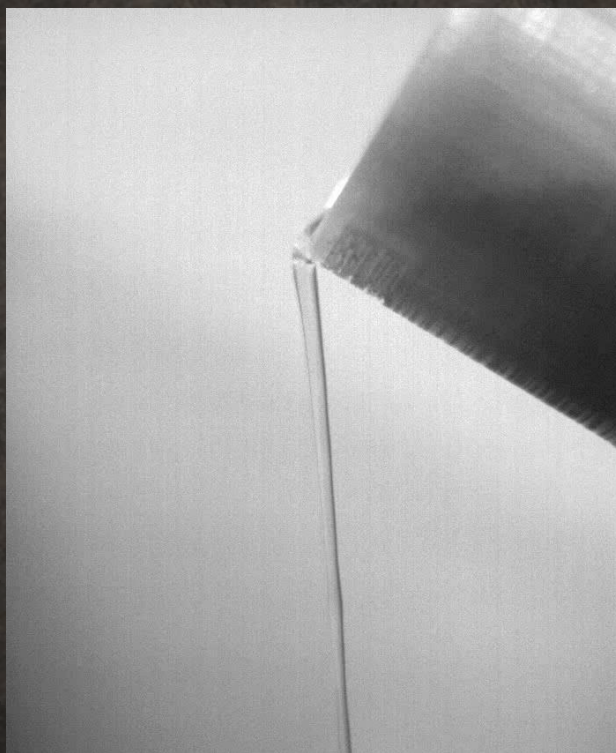
- 液だれの起きやすい条件
 - 四角や丸といった鈍い形状
 - 口を上を持ちあげた時
 - 最後に液体がなくなる時
 - 流速が遅くなった時etc
- 影響
 - 形状
 - 接触角（界面張力）
 - 流速
 - 粘性



丸縁 溝無し 1/1000sec

容器口まわり外側の溝有り

- 容器口まわりに溝をいれることで液だれが解消



丸縁 外側に溝有り 1/1000sec

外側と先端 溝有り

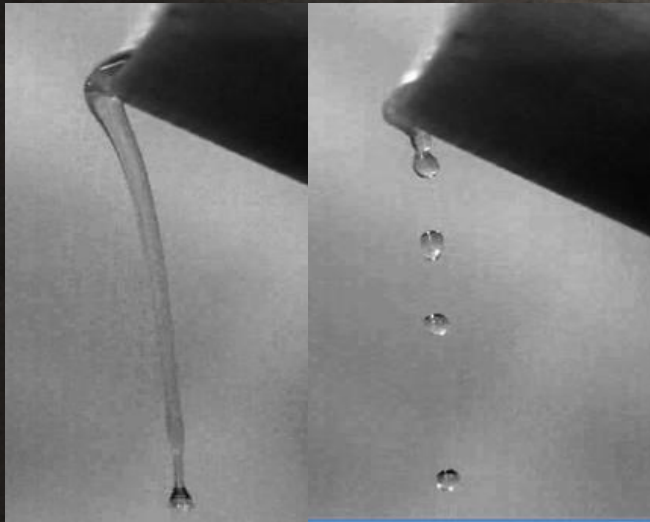
- 先端上部に溝を追加、同様に液だれが解消できた



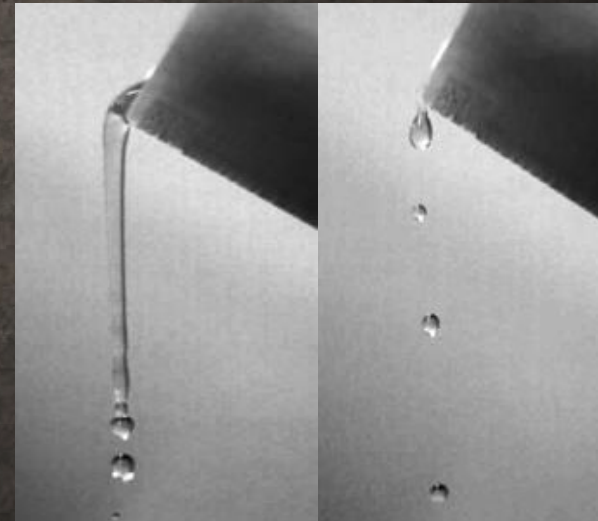
丸縁 外側に溝有り 1/1000sec

接触角の増加と流れの方向

- 界面張力の増加により接触角が増加
- 液体の流れ落ちる方向が変わる
- 溝無し⇒壁面に湾曲して落下
- 溝有り⇒垂直に落下



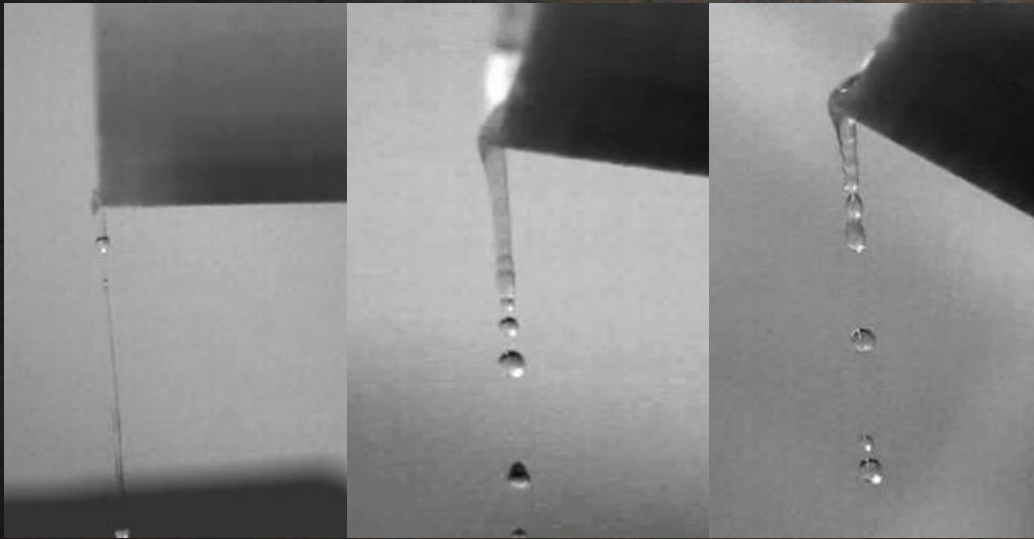
丸縁：溝無し
(壁面へ引っ張られる)



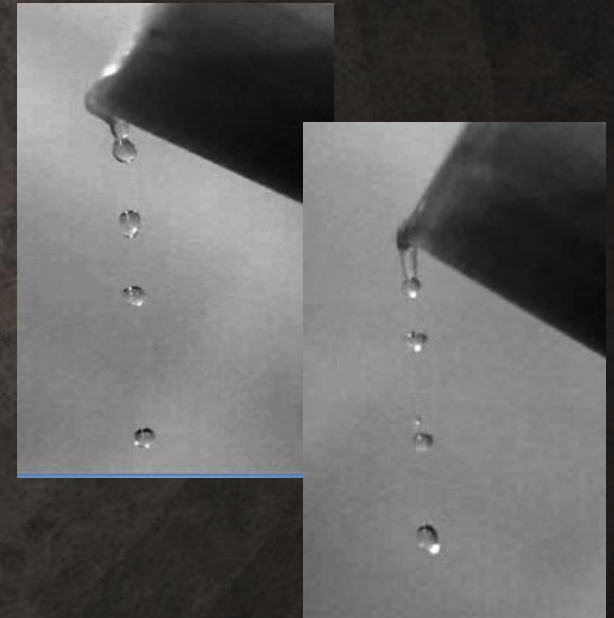
丸縁：溝有り
(接触角の増加)

形状や角度の違い

- 角縁や丸縁：液だれが起こりやすい⇒溝の効果が大
- 傾斜角（尖っている縁）：液だれは少ないが、容器の口を持ち上げる時に液だれが起きる⇒溝の効果がある



角縁：溝無し、設置角度：左から0度、10度、30度
（壁面へ引っ張られ液だれが起きる）



丸縁（左）と45度傾斜角
設置角度30度
（どちらも液だれあり）

形状・溝・角度実験結果まとめ

- ・ 外側(Outside)と縁の上(Top)に刻みを入れると効果的
- ・ 内側の溝は効果が見られない

Table 1 Ratio of adhesion on cup's wall

	Rectangular			Circle			45 degree		
	Setting angle (degree)								
	0	10	30	0	10	30	0	10	30
No Channel	○ 60%	○ 50%	◎ 100%	◎ 100%	◎ 100%	◎ 100%	×	×	△ 30%
Out side	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Inside	○ 40%	○ 70%	○ 80%	○ 70%	○ 70%	○ 90%	×	×	○ 40%
Out & In side	×	×	×	×	×	△ 20%	×	×	×
Top & In side	△ 30%	○ 60%	○ 80%	○ 50%	○ 90%	○ 90%	×	×	△ 30%
Top & Outside	×	×	×	×	×	×	×	×	×

角度があると発生

発生

発生しない

発生しない

発生しない

発生

角度があると発生

発生しない

発生しない

発生しない

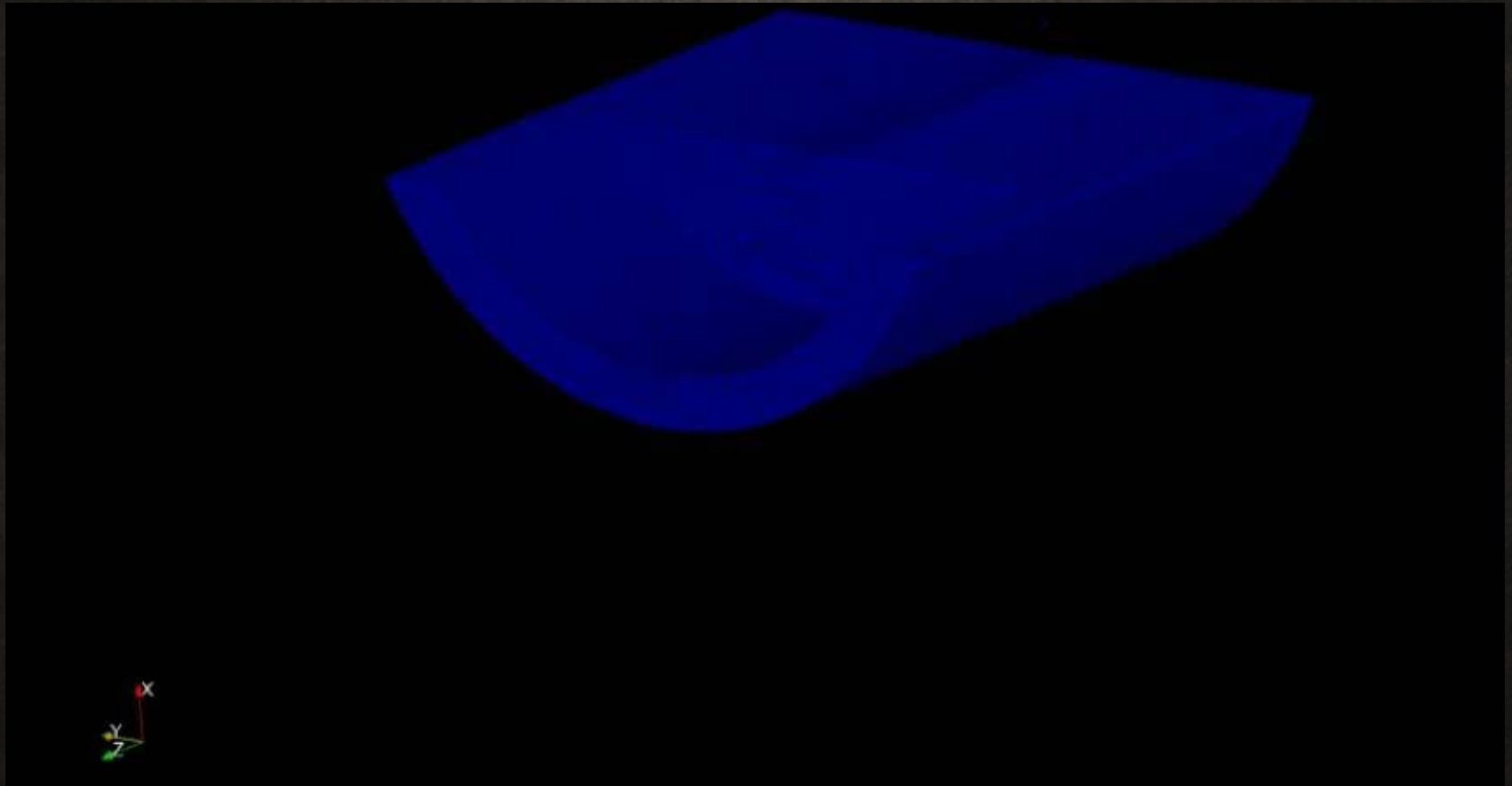
まとめ

- 液だれが大幅に軽減できた
- 口を30度くらいに持ち上げ傾けても液だれがしない
- 尖った口でない丸や四角といった鈍い形状でも効果があり、デザインを制限しない
- 形状や機構がシンプルになりコスト削減
- 試料や材料の注入、混合などの製造現場での利用
- 課題
 - 粘性の大きい流体での検証：完璧ではないが一定の効果がある？
 - 目詰まりによる効果の低下

検証中

粒子法による数値シミュレーション

- MPS法(陽解法、室谷,越塚et al)による大規模計算
- 粒子サイズ0.1mm以下、数千万～億の粒子数、表面張力、濡れ性モデルあり



本研究による手法は特許申請中です。

本研究は科研費、(15K04764, 2015-18)「食器類容器における液垂れ解消のための数値シミュレーション」の支援によるものである。

ご清聴ありがとうございました