

回転円すいの外表面を上昇する液膜流れの数値シミュレーション

平澤 貴典* (秋田大)

足立 高弘 (秋田大)

Numerical Simulation of liquid film flow rising along the outer surface of a rotating cone

Takanori Hirasawa* (Akita University)

Takahiro Adachi (Akita University)

Key Words : Rotating Cone, InterFoam(VOF), Atomization, Film Flow, Boundary Layer Theory

1. 緒言

円すい体の頂角を水に浸した状態で高速回転させると、図 1 に示すように円すい体の外表面を液膜が上昇する現象が足立等⁽¹⁾により見出された。図 1(a)は円すいが静止した状態である。円すいが回転を始めると図 1(b)から図 1(c)に示すように水面位置が高くなり溶液が半径方向に飛散する。水面先端が飛散した後は、図 1(d)の様に円すい外表面に沿った薄い液膜流が形成される。その後、上昇した液膜は円すいの底面に取り付けられた円盤に沿って移動し、円盤の縁から空気中へ噴霧される。この現象では、円すいの回転数と揚水量との関係や円すい外表面に形成される液膜厚さなど不明な点が多い。特に膜厚は薄く実験による計測が困難なため数値計算に負うところが大きい。

そこで、本研究ではオープンソースソフトウェアとして公開されている OpenFOAM を利用して、この現象をシミュレーションし計算結果と理論値との比較および考察を行う。

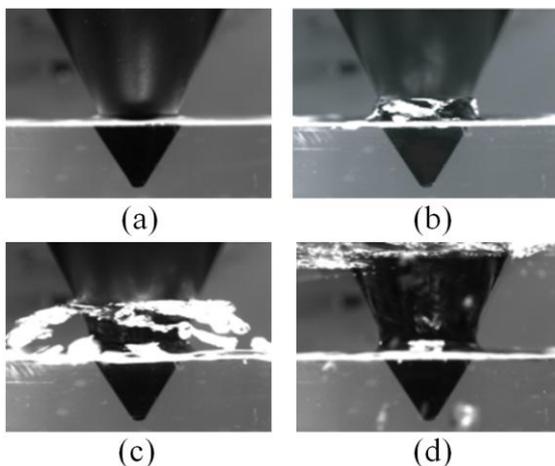


Fig.1 Visualization photographs of rising film flow

2. シミュレーションモデル

図 2 に本研究で行うシミュレーションのモデル図を示す。テストセクション中心に設置された回転円すいにより揚水された水は、上部の回転円盤を伝い、外部に流出するモデルとなっている。テストセクション中の円すいの半頂角は $\theta=25^\circ$ とする。また、 $H=122[\text{mm}]$, $R_1=38[\text{mm}]$, $R_2=70[\text{mm}]$, $h=80[\text{mm}]$ とする。

速度の境界条件として、壁面では滑りなし条件、円すいは角速度 $\omega[\text{rad/s}]$ で回転しており、円すい外表面では接線速度 $r\omega$ を与える。また、出口の条件として、自由

流出を許すゾンマーフェルト放射条件を採用する。一方、圧力に関しては壁面で勾配なし、出口では圧力 0 と課す。水の壁面との接触角は、各壁面上で 60° と与える。

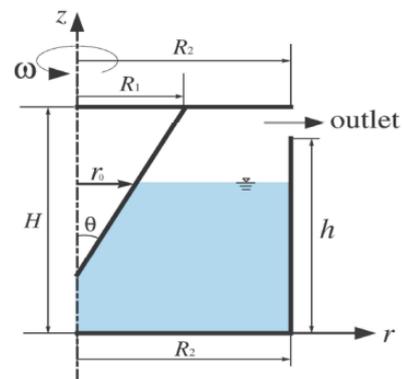
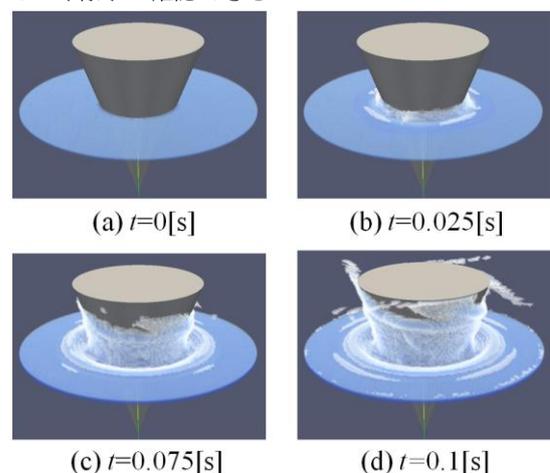


Fig.2 Physical model and co-ordinates

3. 結果

図 3 にシミュレーション結果を示す。図 3(a)は初期状態を示す。角速度 $\omega=150[\text{rad/s}]$ を円すいに与えることで、図 3(b)では水面の変形が始まり、図 3(c)で円すい外表面に沿って揚水現象が確認できる。図 3(d)では円すい外表面に薄膜が形成され、テストセクション外部へ水が流出していく様子が確認できる。

Fig.3 The simulation results of the OpenFOAM
($\omega=150[\text{rad/s}]$)

参考文献

- (1) 足立高弘, 佐藤直也, 小針直人, 堀紀弘, 回転円すい体の外表面を上昇する液膜流れ, 日本機械学会論文集(B編), 第76巻761号, pp. 161-163(2010).