

研究成果報告書

東京理科大学 工学部 機械工学科
助教 福留 功二

着氷現象は、大気中の過冷却液滴が固体表面に衝突して氷層を形成する現象である。着氷は、 $10\mu\text{m}$ から $40\mu\text{m}$ 程度の直径の過冷却液滴が一般的であり、その大気温度によって大きく2種類に分類される。比較的低温の環境 (-10°C 以下) で霧氷、比較的高温の環境 ($-10^{\circ}\text{C}\sim-3^{\circ}\text{C}$) で雨氷が形成される。ここで雨氷は、固体表面に衝突後、液膜を形成してランバックと呼ばれる気流により下流へ液膜が流下しながら凝固する。また過冷却液滴が $40\mu\text{m}$ より大きくなると、Supercooled Large Droplet (SLD) と呼ばれ複雑な現象を伴う。工学的にこれらの着氷形状を正しく予測する手法の開発が求められている。本研究では、格子法と粒子法をカップリングした新しい手法による着氷形状の予測精度の向上を図り、SLD 着氷形状の再現を試みる。特に、本カップリング手法においてランバックの再現性の向上を図る。

ランバックは液膜流と気流のカップリングが重要となる。そこで、粒子法で再現された流下液膜を対象として、気液界面にせん断力を与えた。その結果、流下液膜の層流理論値と良好な一致を得た。

次に、NACA0012 翼の Özgen の着氷実験⁽¹⁾を再現した。ここで、計算の負荷を低減するため液滴直径を 1mm 、計算粒子直径を 0.1mm とした。初期の大気と過冷却液滴、及び翼表面温度は -5°C とする。図1は、60秒後における翼先端部の着氷形状を、気流と液膜の相互作用を考慮する場合と考慮しない場合で示す。着氷は、翼の前縁付近で発生し、気流と液膜の相互作用を考慮しない場合 (図1(a))、表面の凹凸が見られる。ここで、気流の影響がない場合、ランバックを生じず、衝突した場所で液膜を形成しながら氷層を形成する。一方、気流と液膜の相互作用を考慮する場合 (図1(b))、翼前縁で着氷が発生するが、気流により下流へ液膜の移流を生じ、より下流にまで着氷が見られる。特に、翼上面における着氷厚さが増加し、表面が滑らかな氷が形成されている。これは、雨氷着氷で見られる滑らかな氷形成の傾向と一致するものである。

参考文献

- (1) Özgen, S. and Cambek, M. 「Ice accretion simulation on multi-element airfoils using extended Messinger model」, Heat Mass Transfer, 45, 305, 2009.

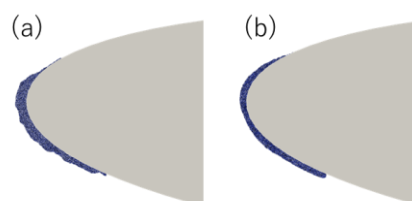


Fig.6 Ice shape with/without consideration of the air and liquid film interaction. Blue particles represents adhered ice particles. (a) without consideration case, (b) with consideration case.