電子機器冷却への応用に向けた間欠衝突噴流の伝熱に関する基礎的研究

Basic Study on Heat Transfer of Intermittent Impingement Jet for Electronic Equipment Cooling

○正 宮藤 義孝 (岐阜高専) 正 福江 高志 (金沢工大) 正 白川 英観 (富山高専)
平塚 わかな (岩手大) 学 早川 慎太郎 (金沢工大)

Yoshitaka Miyafuji¹, Takashi Fukue², Hidemi Shirakawa³, Wakana Hiratsuka⁴ and Shintaro Hayakawa²

¹ National Institute of Technology, Gifu College, 2236-2 Kamimakuwa, Motosu-city, Gifu 501-0495, Japan

² Kanazawa Institute of Technology, 3-1 Yatsukaho, Hakusan, Ishikawa 924-0838, Japan

³ National Institute of Technology, Toyama College, 13 Hongo-machi, Toyoma, Toyama 939-8630, Japan

⁴ Former student, Iwate University, 4-3-5 Ueda, Morioka, Iwate 020-8551, Japan

Key Words: Forced Convection, Heat Transfer Enhancement, Intermittent Impingement Jet, Thermal Design

1. はじめに 冷却面へ噴流を衝突させる衝突噴流による強制対流冷却は、高い冷却能力が期待できることから様々な熱機器に応用される。電子機器においても CPU に実装するファン一体型ヒートシンクなどの事例に見られる。本研究は、自然界で散見される間欠泉のような間欠噴流により、冷却デバイスの伝熱促進技術の構築を狙う。実験的検証により、時間平均の風量を抑制しながら、衝突噴流の時間平均熱伝達率を維持できる可能性が明らかになった (Furusawa et al., ICEP2017)。そこで本稿では、間欠衝突噴流による冷却面の伝熱促進に向けた、間欠噴流の加速期間・冷却期間それぞれの伝熱特性の変化を評価し、伝熱効率を最適化するための最適な間欠制御のための知見の獲得を目的とした。特に本稿では、オープンソース CFD “OpenFOAM 4.1” の軸対称を仮定した二次元の流れ解析を実施して、間欠衝突噴流の伝熱性能の評価を試みた。

2. 数値解析 図 1 に示すように軸対称性を持たせた 2 次元のモデルを用いて解析を行った。流れは層流として、ノズル直径を代表寸法とした時間平均の Reynolds 数が 3,000 となる値とした。半径 50 mm の一様熱流束条件で加熱している面の中央に、半径 5 mm のノズルを高さ 10 mm (= ノズル直径) の位置に取り付け、間欠噴流を台形波 (1 Hz, 加速期間 0.5 s, 減速期間 0.5 s) で付与した。解析領域は加熱面半径の 2 倍 (100 mm) とした。準定常化した状態の、2 周期分の冷却面上の平均 Nusselt 数の変遷を図 2 に示す。なお、破線は時間平均流量が同じ場合の定常流の結果である。加速期間では最大流速が速い分、間欠噴流が高い Nusselt 数を示すが、減速期間での Nusselt 数の低下が顕著であった。この点は脈動化による冷却チャンネル内の伝熱促進 (早川ほか, 熱コン 2019 講論) とは傾向が異なり、伝熱促進を十分に得るための減速期間の制御が極めて重要である感触を得た。

Fig. 1 Schematic of analytical model

Fig. 2 Transient change of averaged Nusselt number