

高密度実装された電子機器内の扁平曲がり部で発生する 圧力損失特性の OpenFOAM を用いた分析

小林 恒太* (岩手大)
福江 高志 (岩手大)
日下部 文亮 (岩手大)

畑 陽介 (ブラザー工業)
廣瀬 宏一 (岩手大)
石川 博幸 (ブラザー工業)

Pressure Drop Characteristics in Curved Rectangular Ducts with Change of Cross Sectional Area in High-Density Packaging Electronic Equipment using OpenFOAM

Kota KOBAYASHI* (Iwate Univ.)
Takashi FUKUE (Iwate Univ.)
Fumiaki KUSAKABE (Iwate Univ.)

Yosuke HATA (Brother Industries, Ltd.)
Koichi HIROSE (Iwate Univ.)
Hiroyuki ISHIKAWA (Brother Industries, Ltd.)

Key Words : Elbow, High-Density Packaging Electronic Equipment, Pressure Drop Characteristic, Rectangular Duct

1. 諸言

電子機器内部の冷却流路に散見されるような、複雑かつ狭隘な流路における圧力損失については、詳細なデータが少ないのが現状である。熱設計の高速化が強く望まれている昨今の現状で、より簡易に電子機器の流れ場を分析する一連の技術が求められている。

本研究では、高密度実装機器の圧力損失データベースの構築を目的とする^[1]。ケースバイケースの流路形状に対する圧力損失の分析を広範に実施することを念頭に、オープンソース CAE に着目した。本稿では、電子機器で散見される断面積変化を伴う曲がり部に着目し、この圧力損失特性の評価をオープンソース CAE にて試みた。実験結果と比較し、解析結果の妥当性を評価した。

2. 検証モデルおよび評価方法

2.1 扁平曲がり部 本稿で検証した曲がり部を図 1 に示す。発熱する実装部品の上部の隙間に空気を流して冷却し、下流側にある排気ダクトに送る形態を想定している。空気は部品上部の隙間を想定した扁平流路 (以下 A-part とする) から流入し、排気ダクトを想定した狭隘な流路 (以下 B-part とする) から流出する。A-part から B-part への流入時に、曲がりと断面積変化による圧損が発生する。

2.2 数値解析 解析コードは OpenFOAM Ver.2.3.1 を使用し、VINAS Pointwise Ver.17.2 で作成した格子を用いた。評価の高速化を企図し、乱流モデルは $k-\omega$ SST を用い、ソルバは simpleFoam を用いて 3 次元定常解析を実施した。作動流体は空気 (20°C) とした。境界条件として、流路内壁は滑り無し壁面、流入側は全圧一定および速度勾配ゼロ、流出側は圧力勾配ゼロおよび流量一定とした。

2.3 流路寸法 流路断面積 A_A は A-part の幅 b_A を 50 mm から 300 mm まで 50 mm 毎に変化させ、計 6 条件として設定した。B-part は、流路幅 $b_B=50$ mm とし断面積 A_B 一定とした。A-part と B-part の流路高さ h_A, h_B はともに 10 mm 一定とした。

2.4 評価方法 本研究に用いた流量を表 1 に示す。各流量条件において、実験、解析ともに曲がり部 (図 1 黒点) から上流側 420 mm、下流側 430 mm における静圧差を比較した。解析では Integrate Variables を用いて断面平均圧力を算出した。実験は定常法とし、幅方向に 4 点計測し、その平均を断面平均静圧として評価に用いた。

3. 結果及び考察

図 2 (a) に実験と解析の圧力損失差、図 2 (b) に ΔP と A_A/A_B の関係を示す。実験値と解析値が最大 15% ($Re_B=6000$ 前後) で一致している。全体的に解析が実験

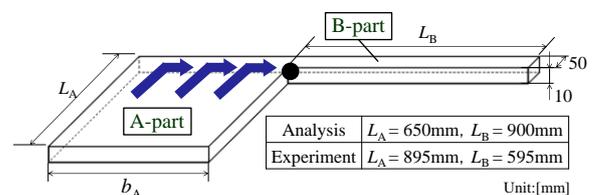
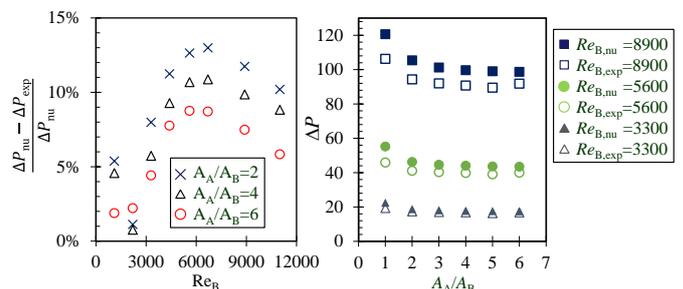


Fig. 1 Image of a bend of rectangular duct.

Table 1 Flow rate conditions.

Q [$\times 10^{-3}\text{m}^3/\text{s}$]	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	4.0	5.0
V_B [m/s]	1.0	2.0	3.0	4.0	5.0	6.0	8.0	10.0
B-part Reynolds number	1100	2200	3300	4400	5600	6700	8900	11000



(a) Error evaluation of experiment and numerical simulation (b) Relation between ΔP and A_A/A_B

Fig. 2 Comparison between experiment and numerical simulation.

よりも高い圧損を予測している。これは解析の鋭角は完全に 90° としてモデルを構築しているのに対し、実験では加工精度の影響で完全な鋭角を再現できず、圧力損失が低くなっていると考えている。また、曲がり後の圧力分布には解析結果から偏りを確認しており、実験の計測点の空間分解能が低いことも誤差の一因であると思われる。しかし解析条件を問わず、15% 以内の誤差で圧力損失を予測できたことから、設計の初期段階における圧力損失要素の見積りに、OpenFOAM による解析が十分に適用可能である感触を得た。一方、流路面積比 A_A/A_B が小さくなるにつれて解析と実験の差が大きくなった。これは A_A/A_B が小さい、すなわち A-part から B-part への面積変化が小さいほど、曲がり後の流れが偏ること、また 2 次流れの非定常性が強くなることで解析精度が低下したと考えている。このようなケースでは、定常解析で分析することは困難である。非定常解析を必要とする条件の抽出や、非定常解析実施時の圧力損失特性の予測結果の信頼性について検証することが、今後の課題である。

参考文献

[1] 日下部・他 4 名, 第 52 回伝熱シンポ (2015), E314.