

解析事例>管路流れ>エルボ一部での圧損増大とガイドベーンによる圧損低減

はじめに

ビルなどの空調設備では、矩形管路が広く用いられている。中でも、管路が 90 度に曲がるエルボ一部は、圧損増大の大きな要因である。今回は、エルボ一部とガイドベーンを含む矩形管路の流れ場を流体シミュレーションで予測することで、エルボによる圧損の増大およびガイドベーンによる圧損の低減のメカニズムの理解に役立てる。

計算条件

矩形管路の断面寸法は、一辺が 1 [m] の正方形である。図 1 に示すように、エルボの曲率半径は、内周が 20 [cm]、外周が 120 [cm] である。また、1 番目のガイドベーンの曲率半径が 70 [cm]、2 番目のガイドベーンの曲率半径が 45 [cm] である。今回は、(a) ガイドベーンを取り付けない場合、(b) 1 番目のガイドベーンのみ取り付ける場合、(c) 1 番目と 2 番目のガイドベーンを両方とも取り付ける場合、の 3 ケースを取り扱う。流入面はエルボ一部から 100 [cm]、流出面はエルボ一部から 400 [cm] の位置とし、流入面での境界条件は流速一定 ($u = 0$ [m/s], $w = 1$ [m/s])、流出面の境界条件は圧力一定 ($p = 0$ [Pa]) とする。

圧力分布

図 2 に矩形管路の中央断面での時間平均圧力分布を示す。図 2a では、エルボ一部の外周側で $p \cong 0.9$ [Pa] の高圧領域、内周側の下流では $p \cong -0.7$ [Pa] の低圧領域が生じている。この圧力差がエルボ前後の圧力差に大きく寄与する。ここでは流出面を基準圧 ($p = 0$ [Pa]) としているため、圧力差が生じると流入面での圧力が上昇する。従って、流入面での圧力が計算領域における圧損である。続いて、図 2b を見ると、ガイドベーンを取り付けた場合には受圧面積が増えるため、エルボ一部での高圧と低圧がそれぞれ緩和され、圧損が低減されている。この傾向は、ガイドベーンをさらに増やした図 2c でも確認出来る。

流速分布

図 3 に矩形管路の中央断面での時間平均流速分布を示す。図 3a のエルボ部分の内周付近では流速が大きく、管路壁面から流れが剥離している。剥離した流れが管路壁面に再付着するまでの領域では、流速がほぼゼロとなる死水領域が現れる。死水領域では流体がほぼ静止しており管路が部分的に塞がれたような状態になるため、その上流では圧力が増加し、下流では圧力が低下する (圧損が増大する)。図 3b と図 3c に示すようにガイドベーンを取り付けた場合には、流れの剥離を抑制し、死水領域が縮小されるため、圧損が低減される。

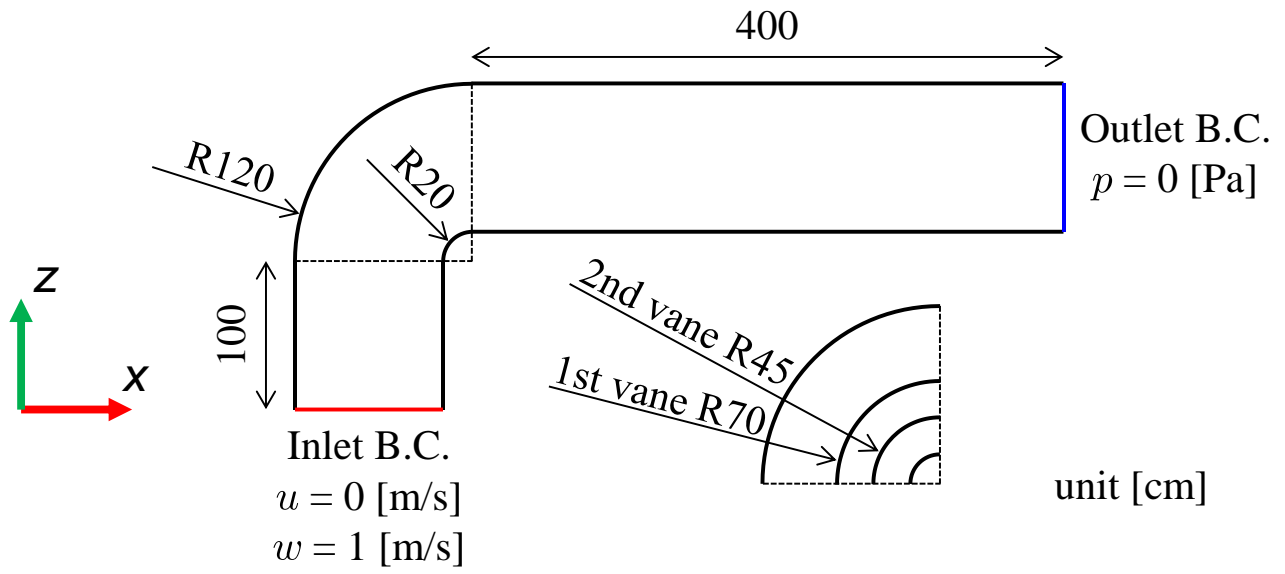


図1 計算領域と境界条件

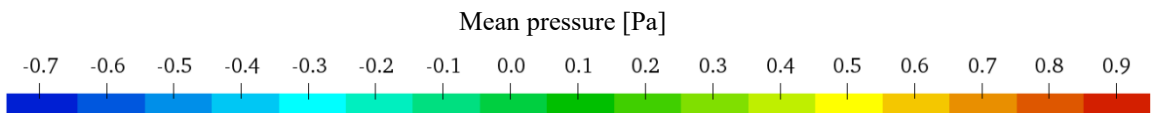
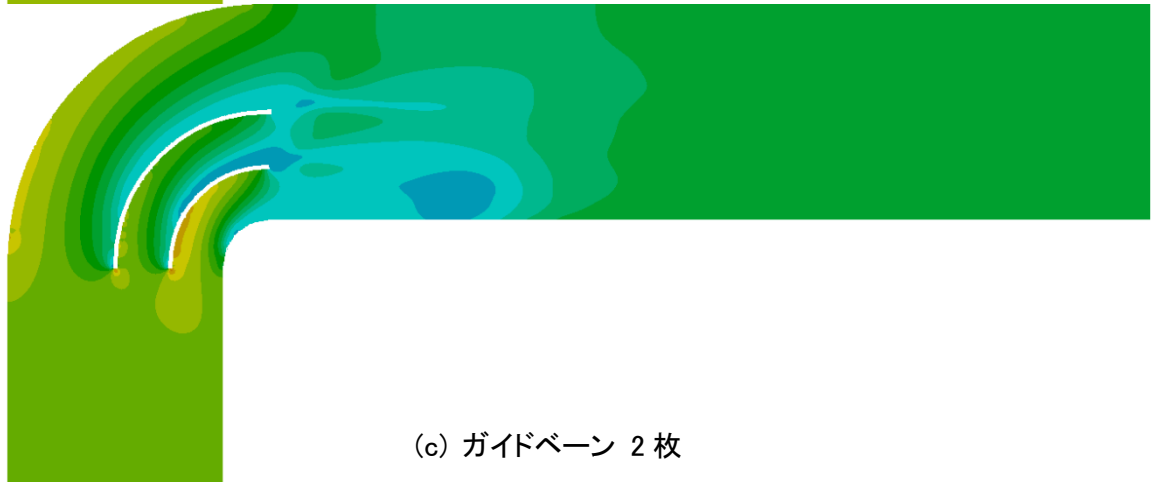
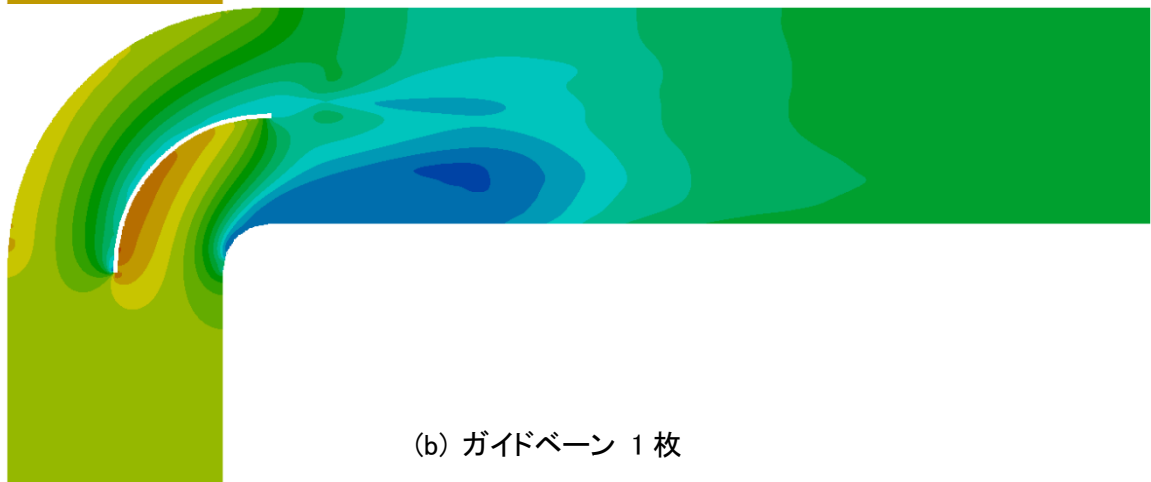
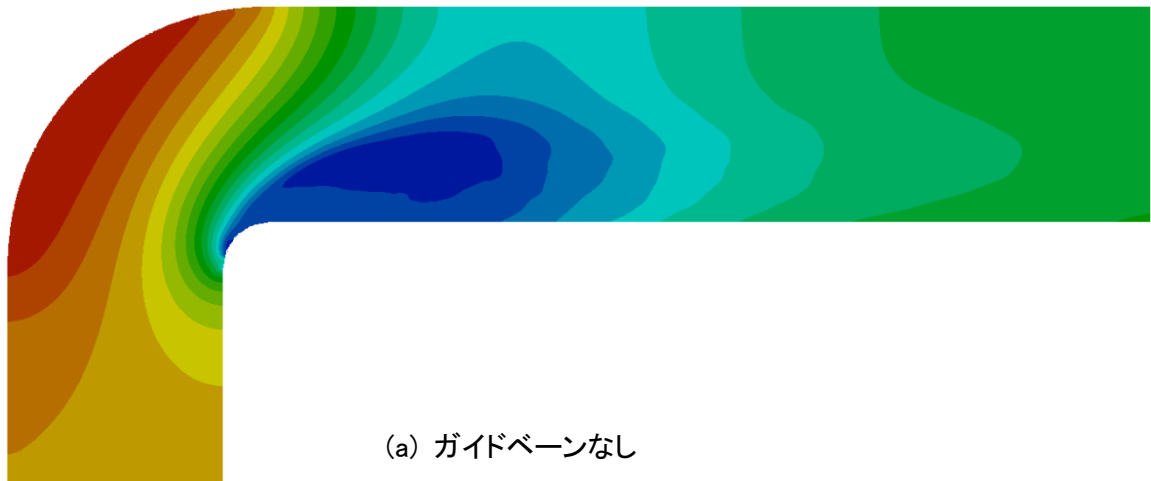


図2 時間平均圧力分布 (中央断面)
(a) ガイドベーン無し (b) ガイドベーン 1 枚 (c) ガイドベーン 2 枚

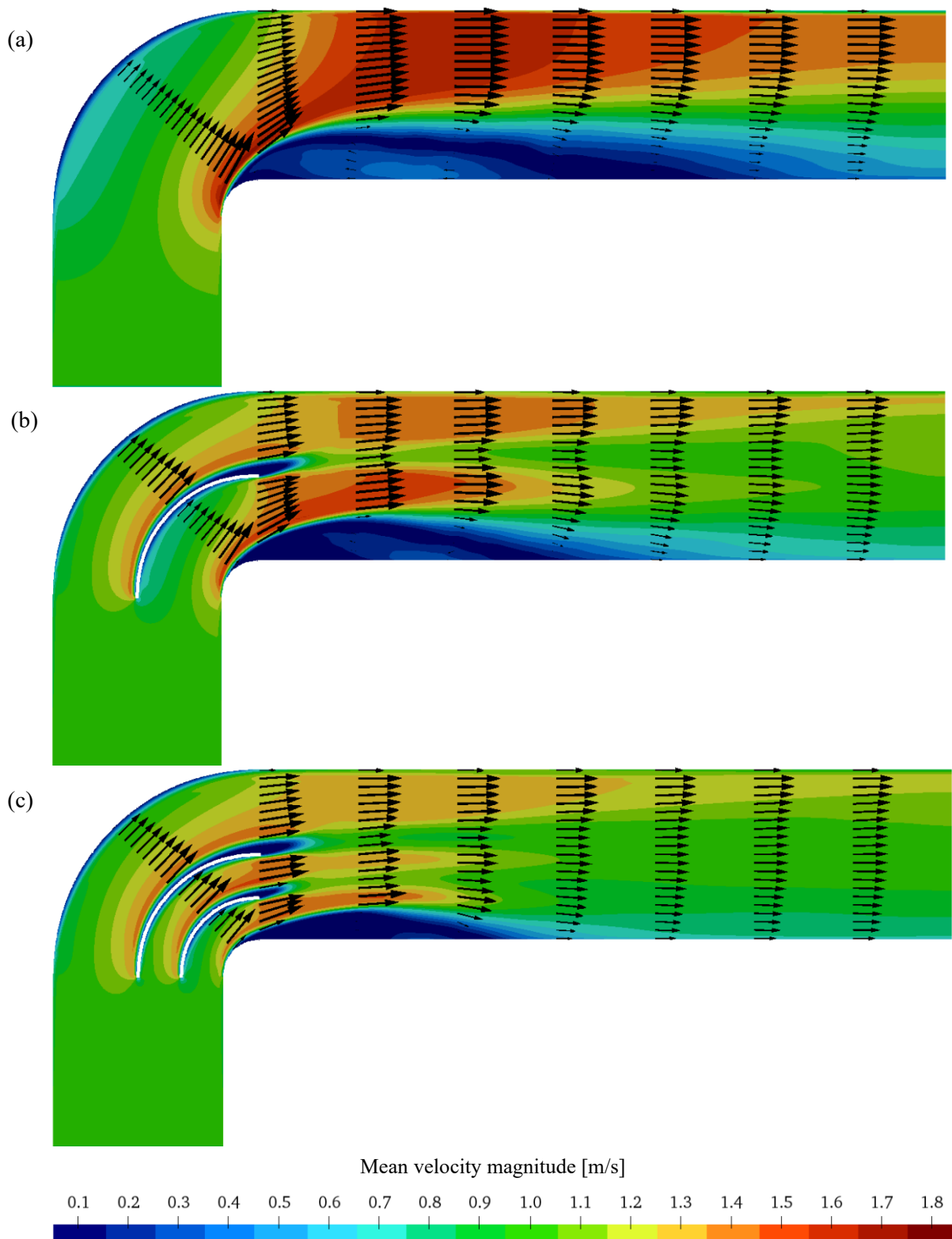


図3 時間平均流速分布 (中央断面)

(a) ガイドベーン無し (b) ガイドベーン1枚 (c) ガイドベーン2枚