

曲がりチャネル内乱流の空間発展DNS ($Re_{\tau 0}=300$ の場合)

Spatially Advancing DNS of Curved Channel Turbulent Flow ($Re_{\tau 0}=300$)

- 竹田 真, 新潟大, 新潟市西区五十嵐二の町 8050 番地, E-mail: f10b094k@mail.cc.niigata-u.ac.jp
 松原幸治, 新潟大, 新潟市西区五十嵐二の町 8050 番地, E-mail: matsu@eng.niigata-u.ac.jp
 三浦貴広, 新潟大, 新潟市西区五十嵐二の町 8050 番地, E-mail: f09k008c@mail.cc.niigata-u.ac.jp
 櫻井 篤, 新潟大, 新潟市西区五十嵐二の町 8050 番地, E-mail: sakurai@eng.niigata-u.ac.jp
 Makoto TAKEDA, Niigata University, Ikarashi 2-nocho 8050, Nishi-ku, Niigata City
 Koji MATSUBARA, Niigata University, Ikarashi 2-nocho 8050, Nishi-ku, Niigata City
 Takahiro MIURA, Niigata University, Ikarashi 2-nocho 8050, Nishi-ku, Niigata City
 Atsushi SAKURAI, Niigata University, Ikarashi 2-nocho 8050, Nishi-ku, Niigata City

Direct numerical simulation was performed for a spatially advancing turbulent flow in a two-dimensional curved channel. The radius ratio of the curved part, α , was set at 0.92, the same as Kobayashi et al.'s experiment. However, the friction Reynolds number, $Re_{\tau 0}$, was assigned at 300, which was roughly half the experiment. Numerically solved mean velocity showed trends consistent with the experiment in spite of the Reynolds number difference. Numerical data of mean velocity field illustrated that large scale vortices grew along curved channel. Instantaneous flow field and power spectrum analysis implied that micro structures near the outer wall were related to the birth and formation of large scale vortices.

1. 緒言

タービン翼に沿う流れや熱交換器の内部の流れに見られるように、工業装置において曲率を有する流れは多く存在する。したがって、様々な機器の設計、開発において曲がり部における流れの知見は役立つと考えられる。このため、これまでに二次元曲がり流路内流れについて多くの研究がなされてきた^(1,2,3,4,5)。

本研究では二次元曲がり流路に対して摩擦レイノルズ数 $Re_{\tau 0}=300$ の空間発展型DNSを行ない、レイノルズ数の影響による相違について検討する。

2. 計算手法

図1に計算領域を示す。小林ら^(1,2)の実験と同様に、真っ直ぐな二次元流路で発達させた乱流を、壁面が曲がった流路の流入条件として与える手法を用いた。真直部では流れ方向とスパン方向、曲がり部ではスパン方向のみに周期境界条件を与えた。壁面は速度について粘着条件とした。また、曲がり流路の入口には 7.85δ (x方向格子数128)の真直流路を取り付けている。流路出口には対流流出条件を与えた。基礎方程式として、非圧縮性流体のNavier-Stokes方程式と連続の式を用い、フラクショナル・ステップ型の時間進行を行った。空間差分を4次精度中心差分、時間差分を2次精度Adams-Bashforth法とCrank-Nicolson法とした。ただし、壁垂直方向には4次精度コンパクト差分を併用した。

表1, 2に真直, 曲がり部の計算条件を今回比較する山崎⁽⁵⁾のものと併せて示す。真直部摩擦レイノルズ数 $Re_{\tau 0} (=U_{\tau 0} \delta / \nu)$ は300であり、松井ら⁽³⁾, 山崎の2倍とした。バレル速度と流路幅基準のレイノルズ数 Re_m は10,050であり、山崎 ($Re_m = 4,560$) の約2倍であり、小林らの $Re_m = 20,000$ の約1/2である。

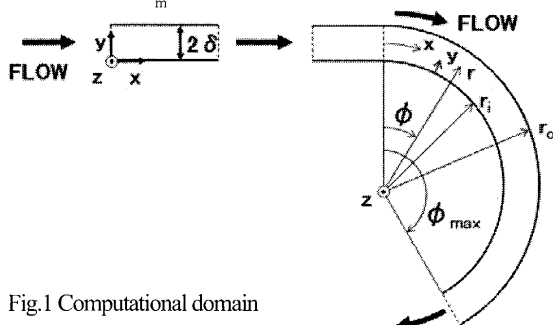


Fig.1 Computational domain

Table 1 Computational condition of straight channel

	$Re_{\tau 0}$	L_x	L_y	L_z	resolution
Present	300	7.85	2	7.2	128x127x256
Yamazaki	150	15.7	2	7.2	128x91x128

Table 2 Computational condition of curved channel

	α	ϕ_{max}	average time	resolution
Present	0.92	150°	100 $\delta / U_{\tau 0}$	1024x127x256
Yamazaki	0.92	180°	100 $\delta / U_{\tau 0}$	616x91x128

3. パワースペクトル

半径方向速度Vの実効パワースペクトルの検討を行った。これより本計算の真直部におけるピークが松井ら⁽³⁾の論文 ($Re_{\tau 0}=150$) と比べ小さくなっているが、曲がり部に沿って外壁側の渦は成長し $\phi=75^\circ$ 以降では同程度のピークとなっており、同程度の大規模渦が生成されていると考えられる。また、松井らと異なり本計算では内壁側の微細な渦のピークが発達側の最後まで残る。

4. 結言

空間的に発達する二次元曲がり流路内乱流のレイノルズ数の影響を考察し以下の知見を得た。

- (1) 摩擦係数, 平均流速, 流れ方向速度変動強さよりレイノルズ数による変化が内壁側で顕著に見られた。これはレイノルズ数による内壁側での層流化の程度の違いによるものと考えられる。
- (2) パワースペクトルより $Re_{\tau 0}=300, 150$ の発達領域での大規模渦の大きさは $\phi=75^\circ$ 以降で同程度となるが、 $Re_{\tau 0}=300$ では150に比べ発達領域でも内壁側で微細な渦が強いことが示された。
- (3) 低レイノルズ数の場合と同様に、本研究でも、真直部外壁側の微細なイジェクション運動が曲がり部において大きくなり、大規模渦へ発展する現象が見られた。

参考文献

- (1) 小林ら, 機論 B, Vol. 57, No. 544, pp.4064-4071(1991)
- (2) 小林ら, 機論 B, Vol. 58, No. 547, pp.857-864(1992)
- (3) 松井ら, 機論 B, Vol. 74, No. 747, pp.2372-2379(2008)
- (4) 松原ら, 機論 B, Vol. 75, No. 754, pp.1336-1343(2009)
- (5) 山崎, 新潟大学大学院自然科学研究科修論(2010)