

偏心軸を有する密閉円筒容器内の 渦崩壊現象数値解析

正 杉山 均

(宇都宮大学大学院工学研究科)

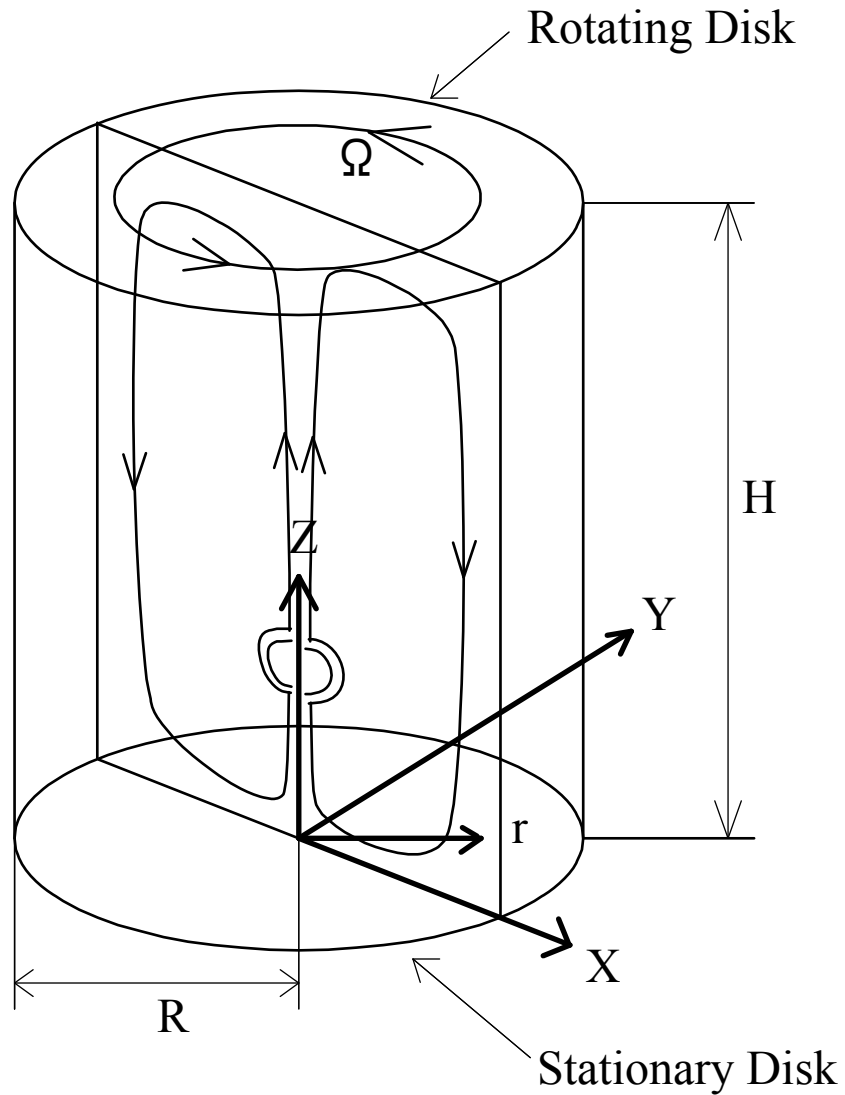
○ 大石文高

(宇都宮大学大学院工学研究科)

目的

密閉円筒容器内の上壁，あるいは下壁を回転させると円筒容器の中心線上での急激な逆圧力勾配の生成により，崩壊渦を形成する．

本解析では軸対称の仮定を設けず三次元非定常計算をすることを考え，かつ上下壁中心位置に任意の偏心量を設定できるようにするため境界適合座標系を導入して解析を行う．その際に，計算手法の妥当性を検証するためFujimuraらの示した実験結果を予測して比較検討を行う．さらに，偏心量を変えた計算を行い渦崩壊現象，圧力場がどのように変化するかを検討し，渦崩壊現象における軸対称の影響について検討することを目的とする．



$$Re = \Omega R^2 / \nu :$$

回転レイノルズ数

H/R : 容器縦横比

Ω : 回転角速度

R : 円筒容器半径

H : 円筒容器高さ

ν : 作動流体の
動粘性係数

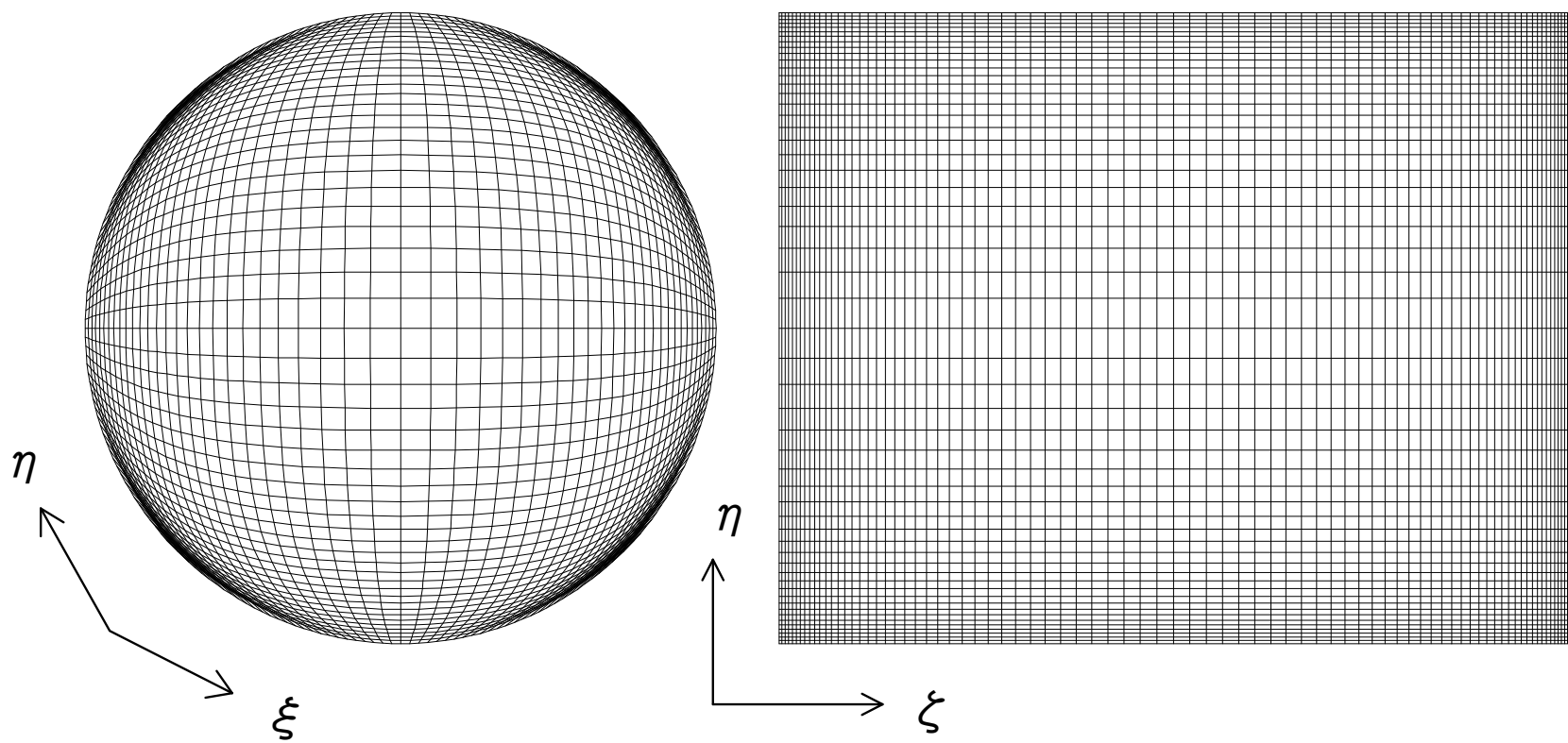
供試空間

支配方程式

$$\frac{\partial U_i}{\partial t} + U_j \frac{\partial U_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\nu \frac{\partial U_i}{\partial x_j} \right)$$

数学定理

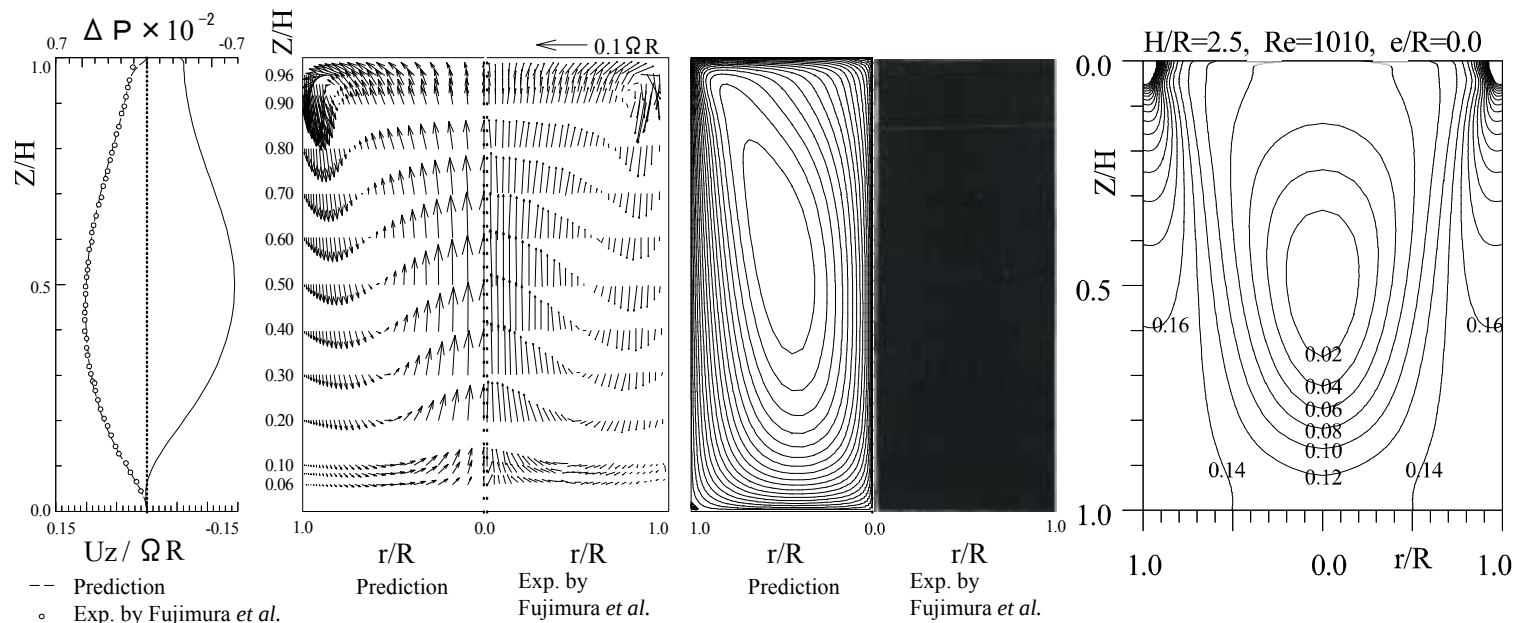
$$\frac{\partial}{\partial X_i} = \frac{\partial \xi}{\partial X_i} \frac{\partial}{\partial \xi} + \frac{\partial \eta}{\partial X_i} \frac{\partial}{\partial \eta} + \frac{\partial \zeta}{\partial X_i} \frac{\partial}{\partial \zeta}$$



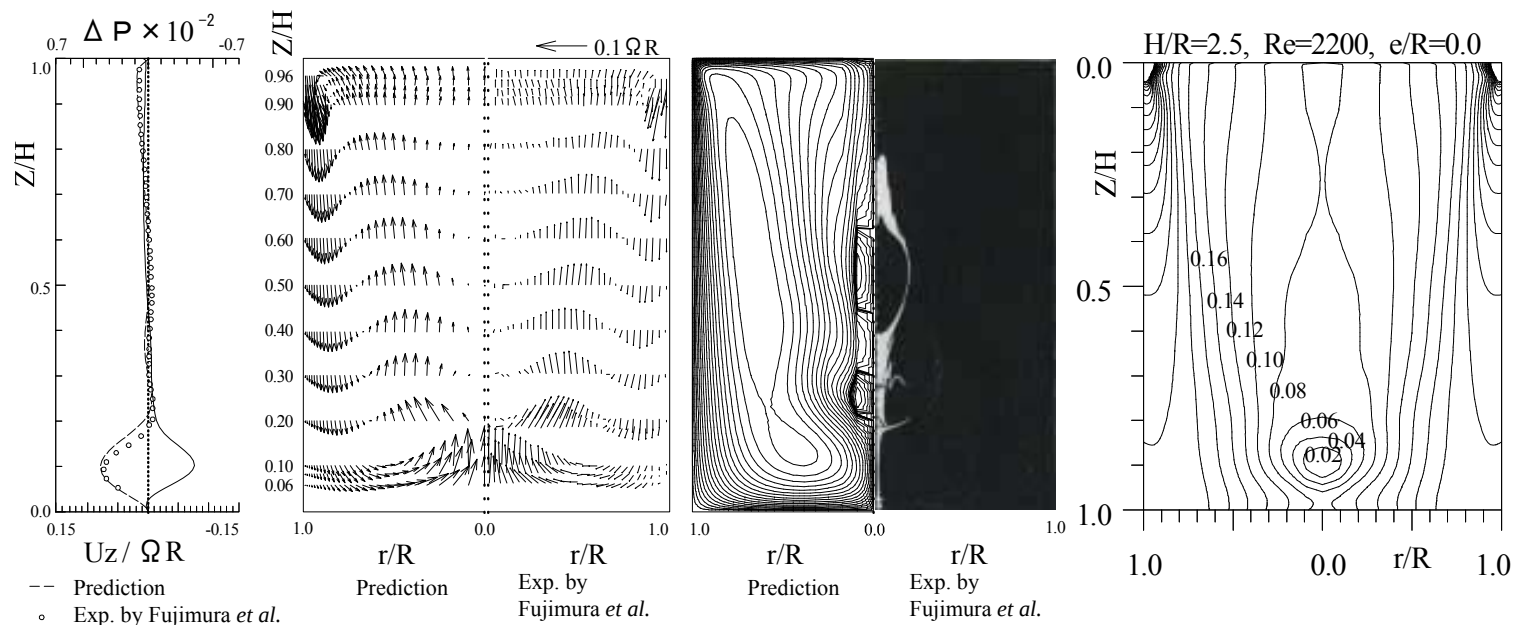
$$\eta \times \xi \times \zeta = 55 \times 55 \times 81 = 245025$$

計算格子

Re=1010

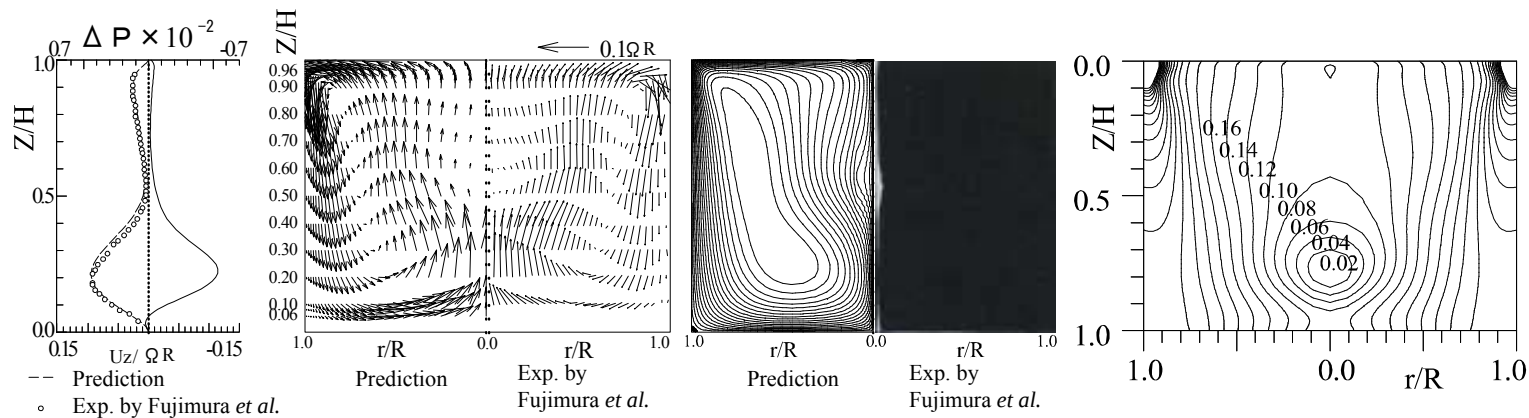


Re=2200

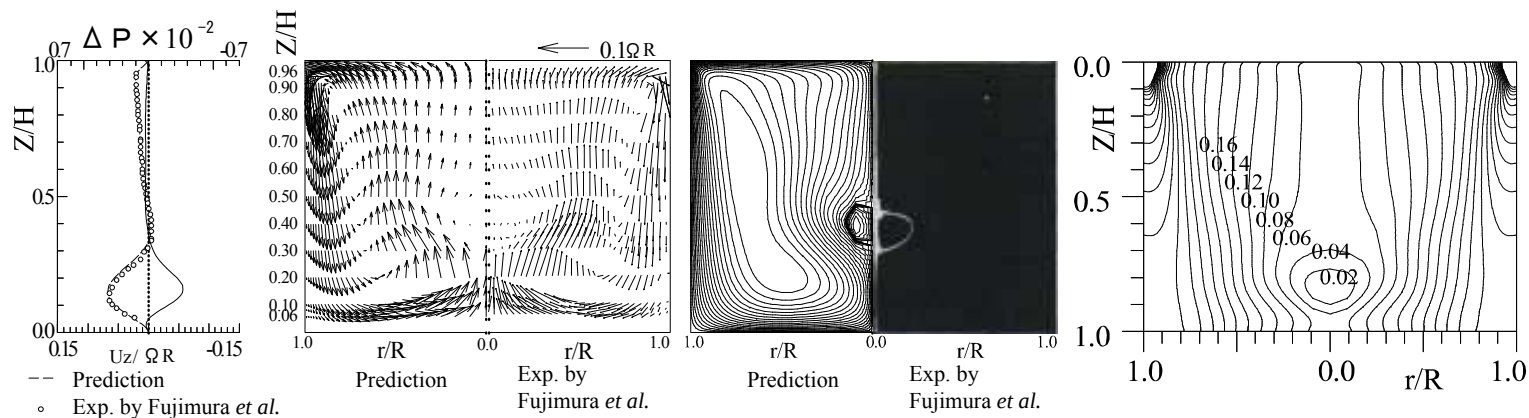


H/R=2.5における比較結果

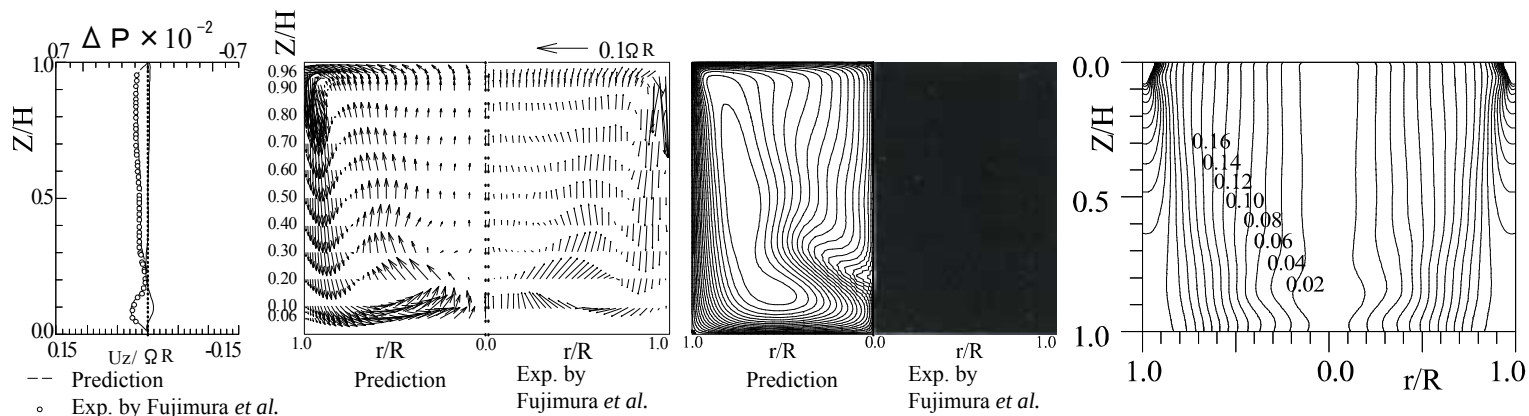
Re=990



Re=1290

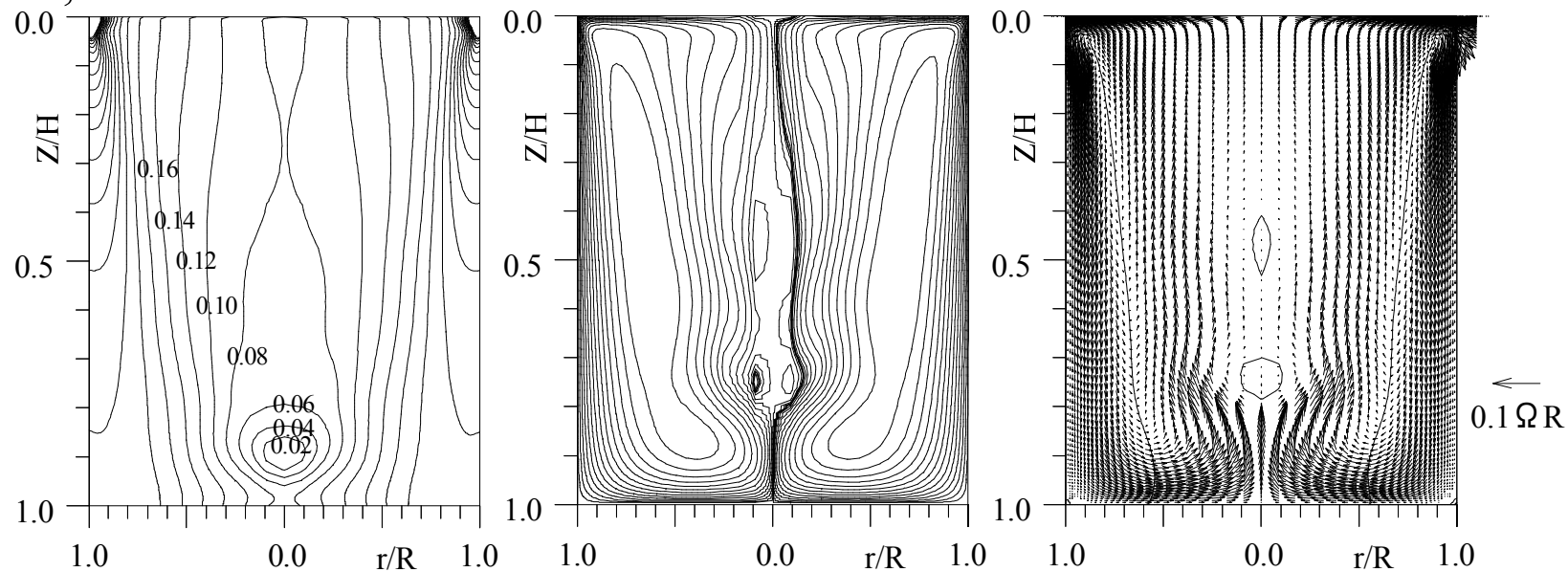


Re=2180

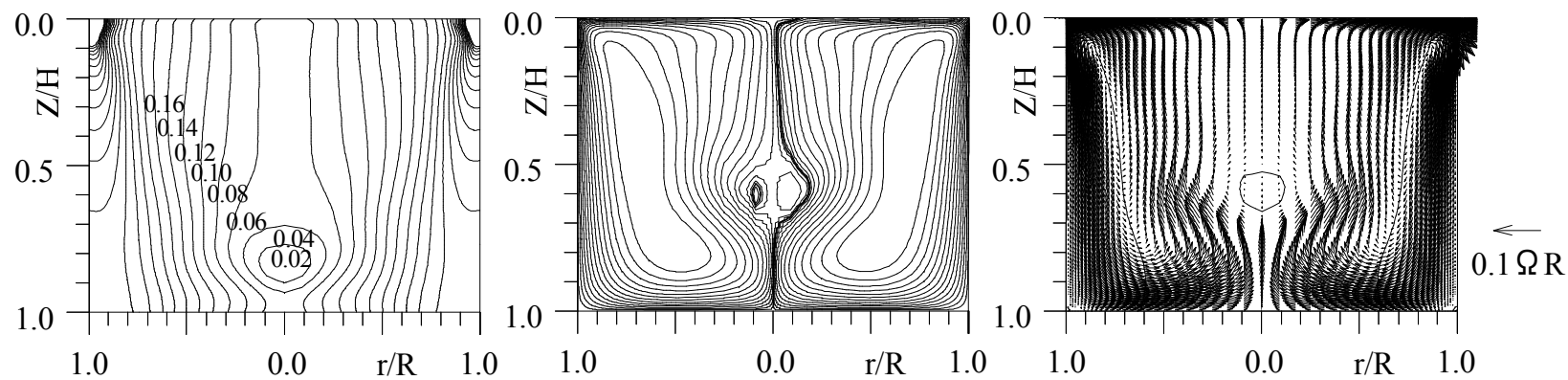


H/R=1.5における比較結果

$H/R=2.5, Re=2200$

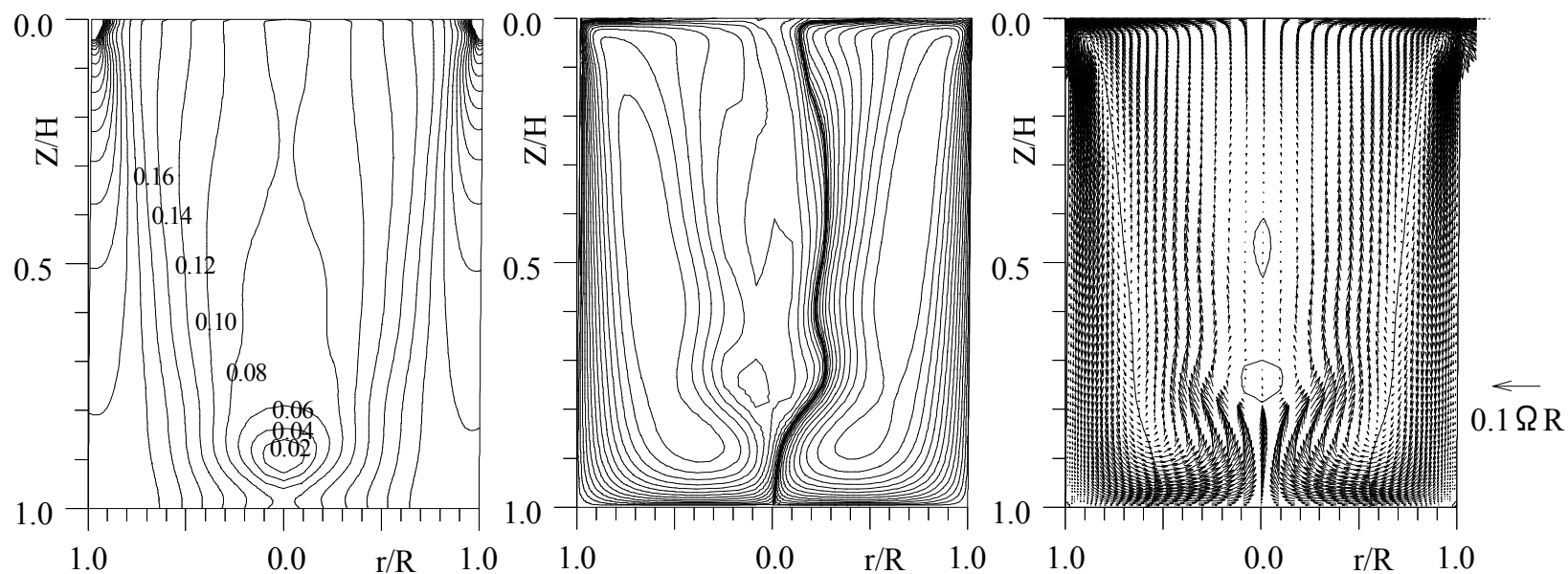


$H/R=1.5, Re=1290$

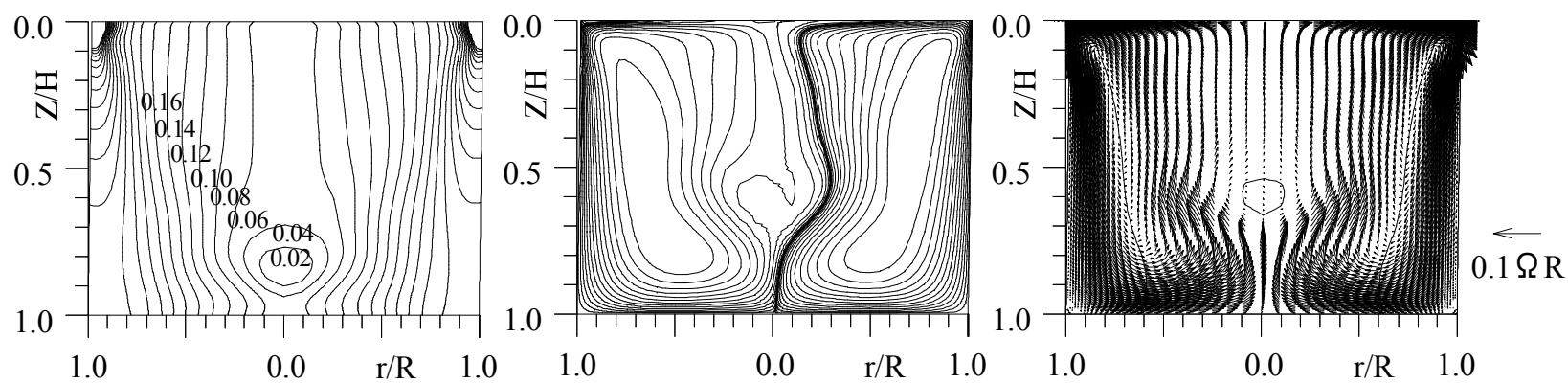


偏心量における影響 $e=0.002R$

$H/R=2.5, Re=2200$



$H/R=1.5, Re=1290$



偏心量における影響 $e=0.02R$

結論

- 本解析手法は定量的に実験値を予測した。
- 偏心させた非軸対称密閉円筒内では渦崩壊も非対称渦対を形成する。偏心量を増加させるとスパイラル状の流れを形成することを予測した。
- 流れ関数分布は、偏心量変化に敏感であるが、圧力分布は大きな変化はない。従って、流れ関数分布、染料等による可視化手法の結果の解釈には注意が必要である。