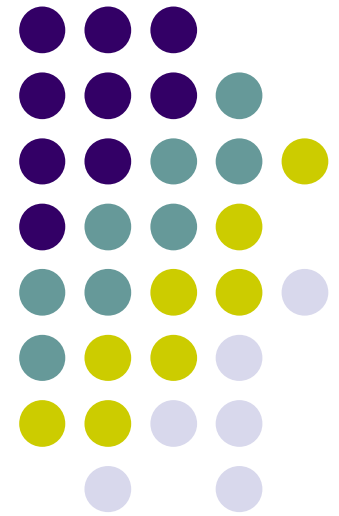
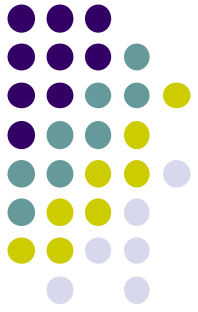


OpenFOAM(R)による 軸対称流の解析5 第15回オープンCAE初心者勉強会

IT, 2012年7月14日



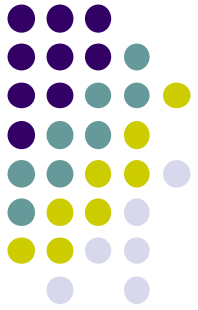


発表内容

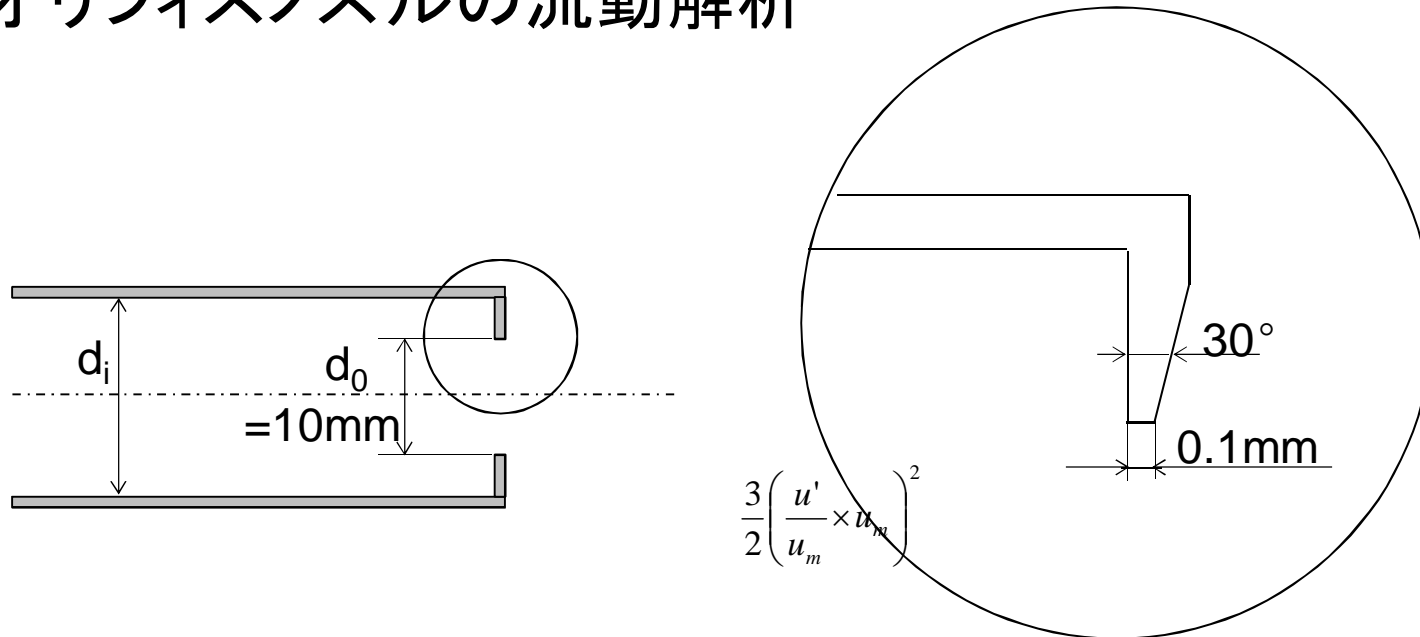
- 解析対象
- 計算領域、メッシュ例
- 解析条件(計算case)
- 解析結果
- まとめ

解析条件までは、第14回の発表資料と同一。初期条件の修正後の解析結果を追加した。

解析対象



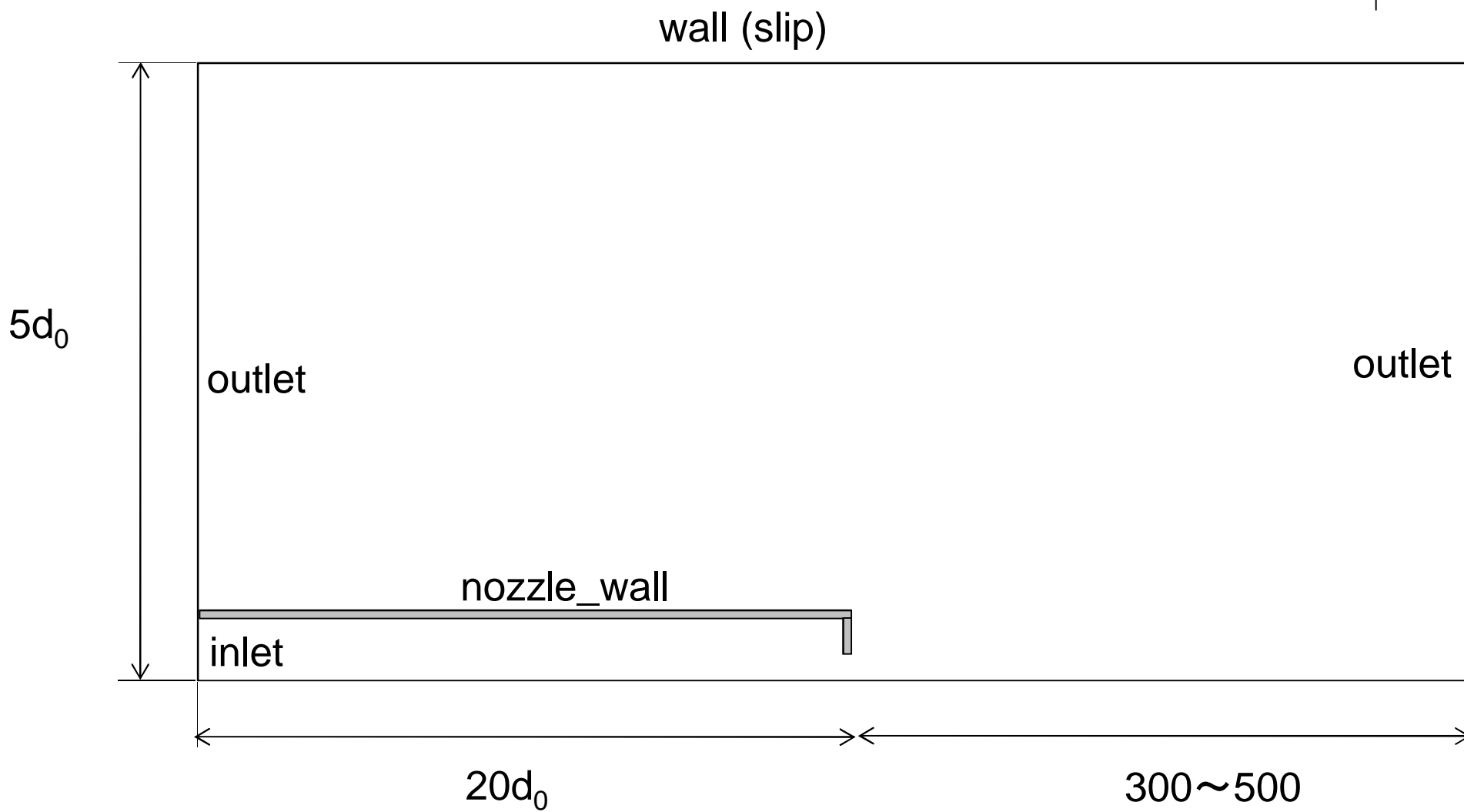
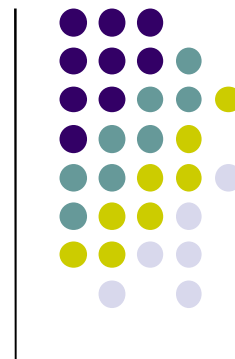
● オリフィスノズルの流動解析



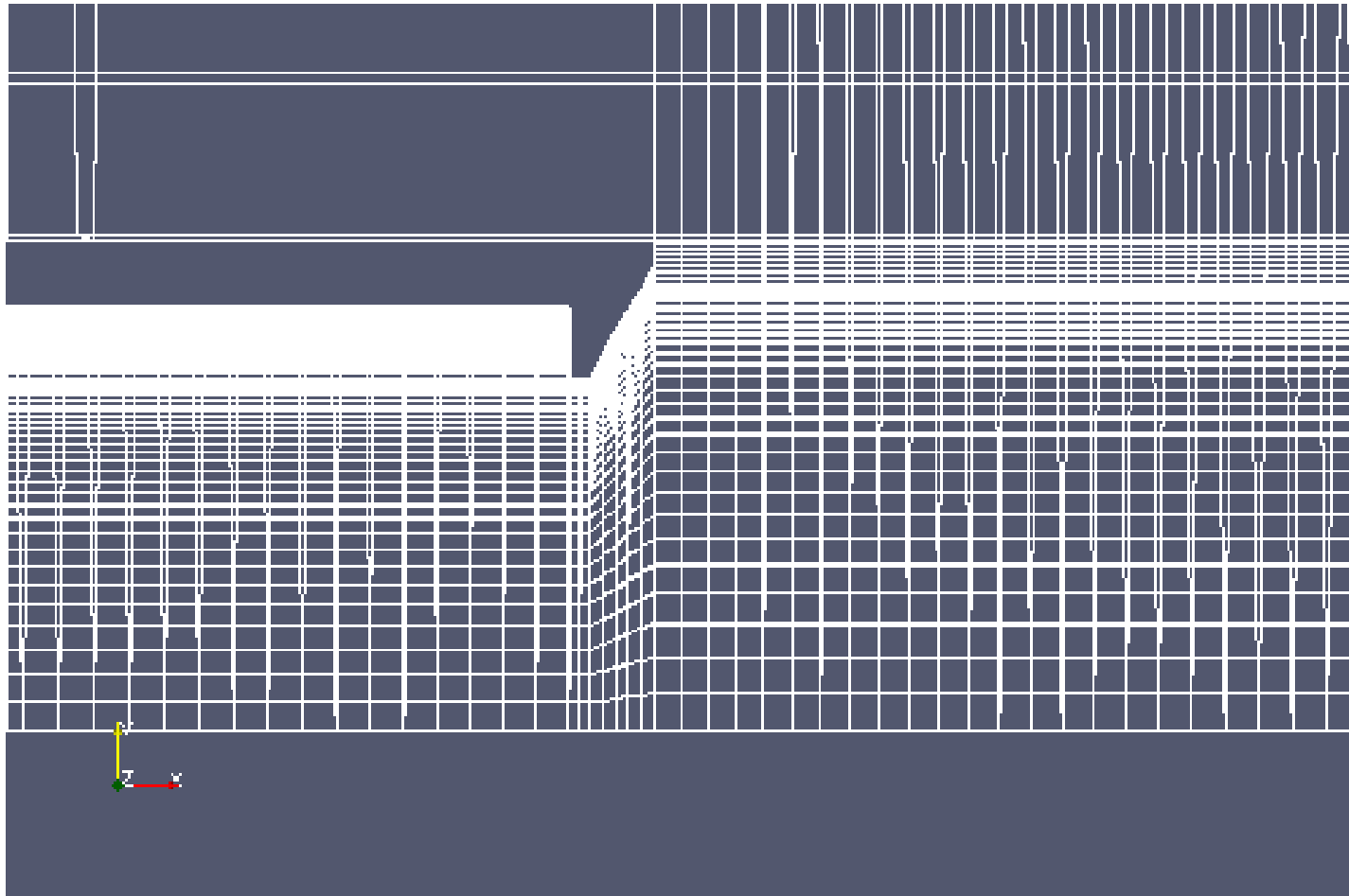
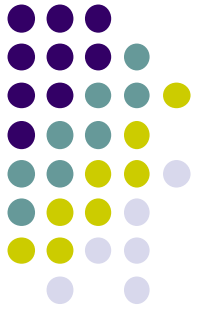
- 実験結果:オリフィス自由噴流の流動解析 機論(B)74巻737号(2008)
 - 絞り面積比CR (d_0/d_i)=1.00(pipe), 0.69, 0.44, 0.11
 - $Re = u_m \cdot d_0 / \nu = 3000, 5000, 7000, 10000, 15000$
 - u_m (Standard k-eにて、ノズル出口平均速度 ≈ 23.1 m/sとなるように u_0 を調整した
 - 実験結果の乱流強度 (u'/u_m)を乱流エネルギーに換算して、比較した。

$$\frac{3}{2} \left(\frac{u'}{u_m} \cdot u_m \right)^2 = k$$

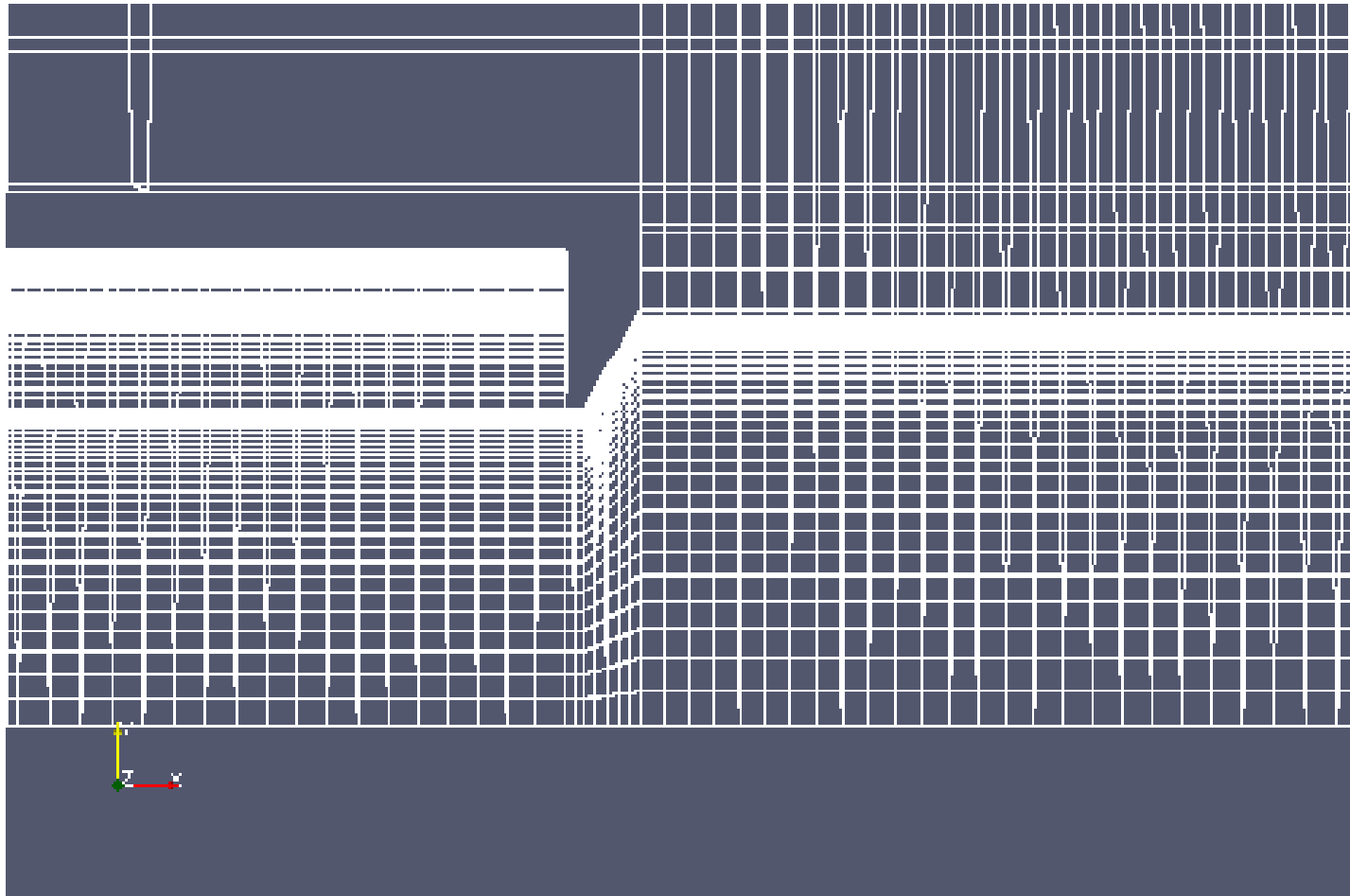
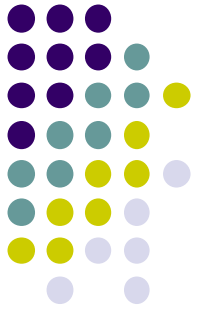
計算領域



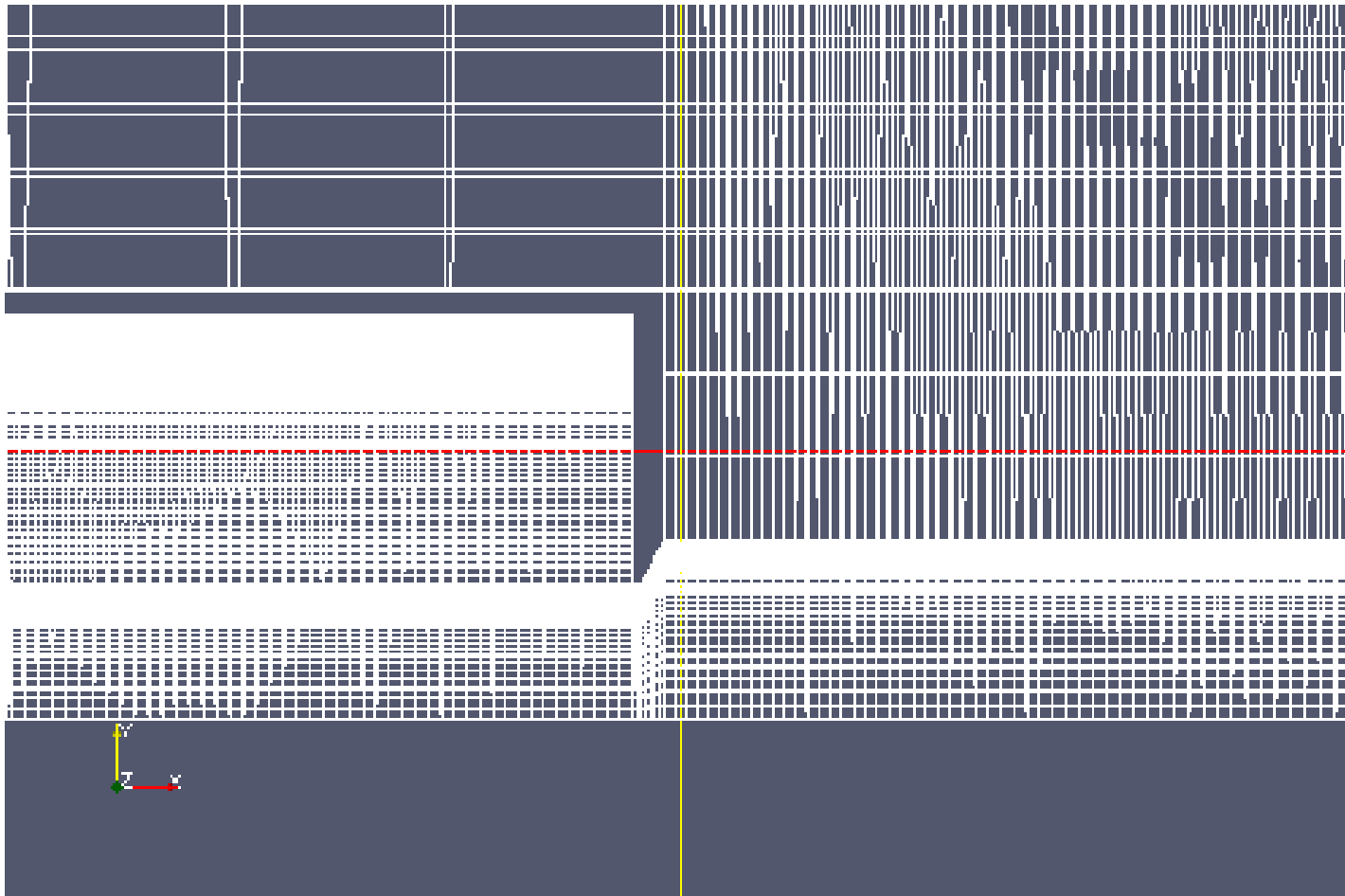
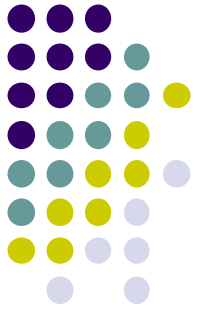
CR:0.69 (di=12, d0=10)

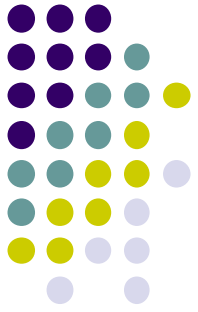


CR:0.44 ($d_i=15$, $d_0=10$)



CR:0.11 ($d_i=29.75$, $d_0=10$)





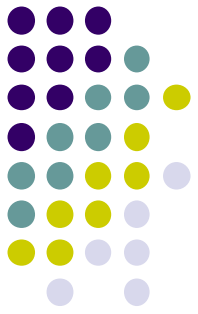
解析条件 (解析case)

	CR	RANS model	fvSchemes	relaxationFactors
case1-1	0.69	Standard k-epsilon	upwind	0.3, 0.7, 0.7, 0.7
case1-2	0.69	Standard k-epsilon	linear	0.1, 0.1, 0.1, 0.1
case1-3	0.69	k-omega SST	upwind	0.3, 0.7, 0.7, 0.7
case1-4	0.69	k-omega SST	linear	0.3, 0.5, 0.4, 0.4
case2-1	0.44	Standard k-epsilon	upwind	0.3, 0.7, 0.7, 0.7
case2-2	0.44	Standard k-epsilon	linear	0.1, 0.1, 0.1, 0.1
case2-3	0.44	k-omega SST	upwind	0.3, 0.7, 0.7, 0.7
case2-4	0.44	k-omega SST	upwind	0.3, 0.5, 0.4, 0.4
case4-1	0.11	Standard k-epsilon	upwind	0.3, 0.5, 0.4, 0.4
case4-2	0.11	Standard k-epsilon	linear	0.1, 0.1, 0.1, 0.1
case4-3	0.11	k-omega SST	upwind	0.3, 0.7, 0.7, 0.7
case4-4	0.11	k-omega SST	linear	0.3, 0.5, 0.4, 0.4

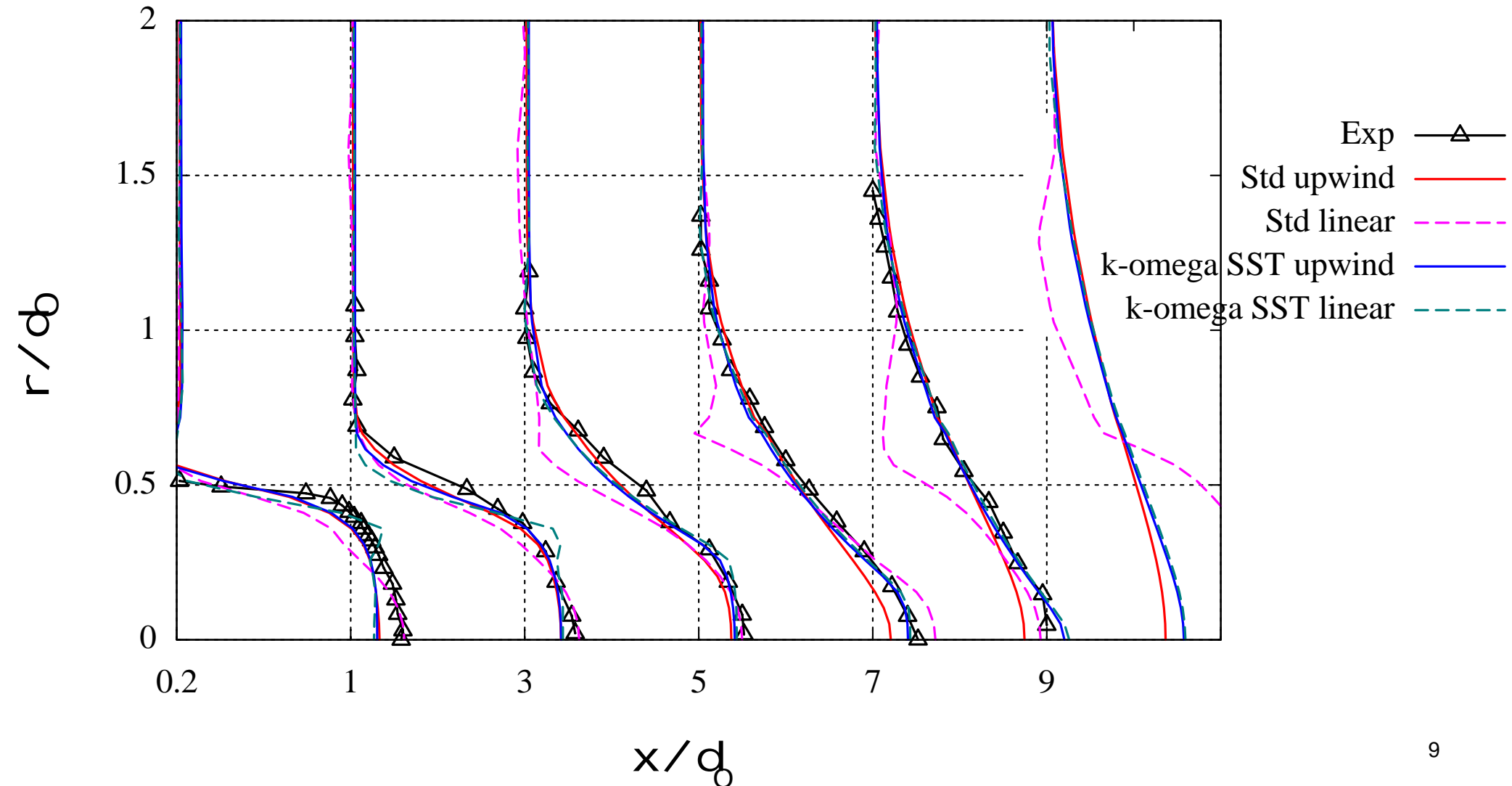
- fvSolution: GAMG
- ステップ数: 2000, case4-2のみupwind2000ステップの結果を初期値とした
- 解析環境: OpenFOAM® 1.7.x (DEXCS2010)

解析結果 u CR:0.69

- CR:0.69 ($d_i=12$, $d_0=10$), $Re=15000$

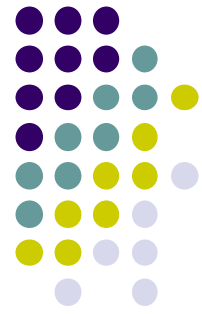


U/U_m
0 0.5 1.0

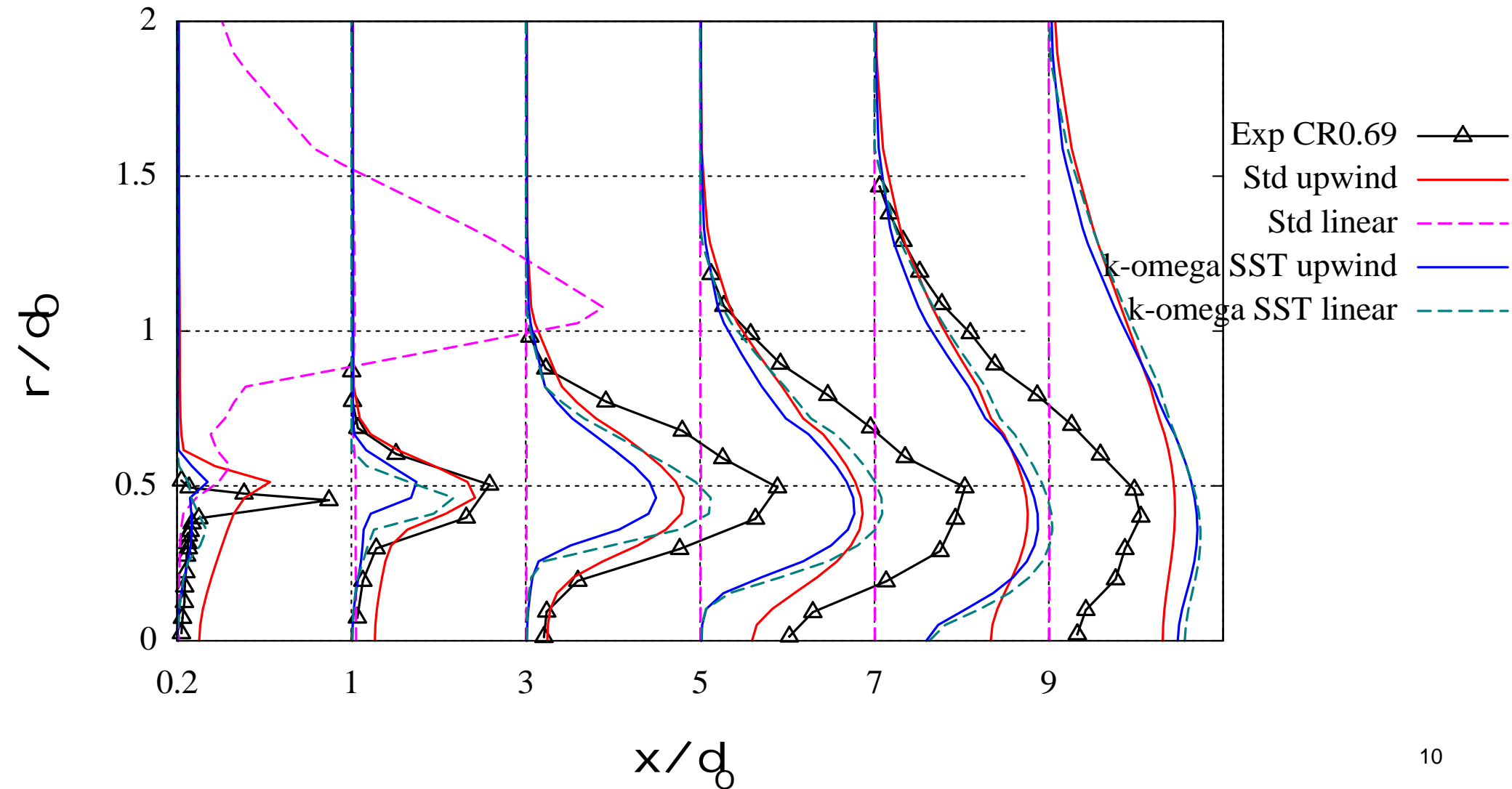


解析結果 k CR:0.69

- CR:0.69 ($d_i=12$, $d_0=10$), $Re=15000$



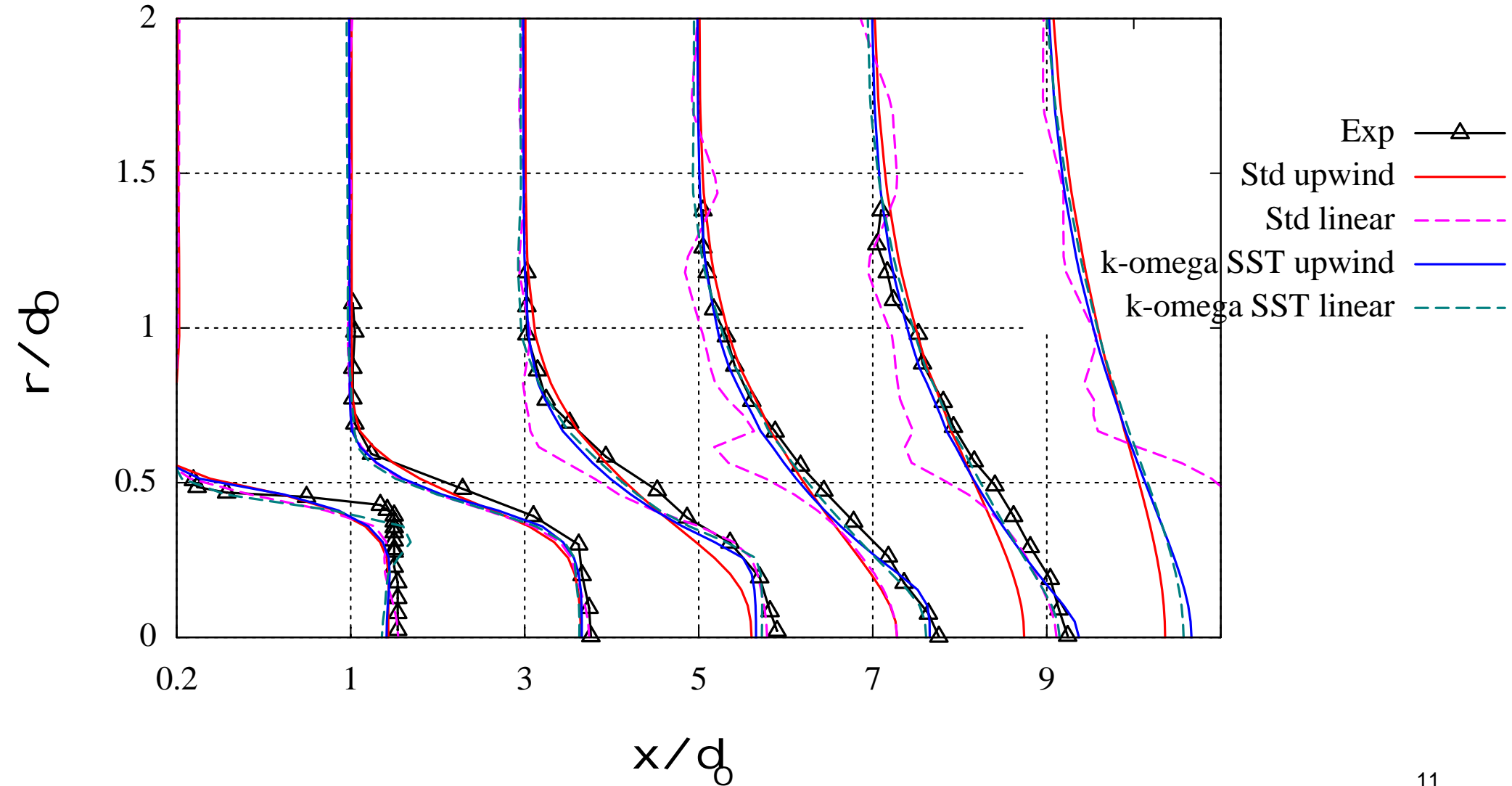
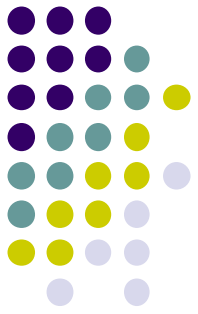
k/U_m^2
0 0.04



解析結果 u CR:0.44

- CR:0.69 ($d_i=15$, $d_0=10$), $Re=15000$

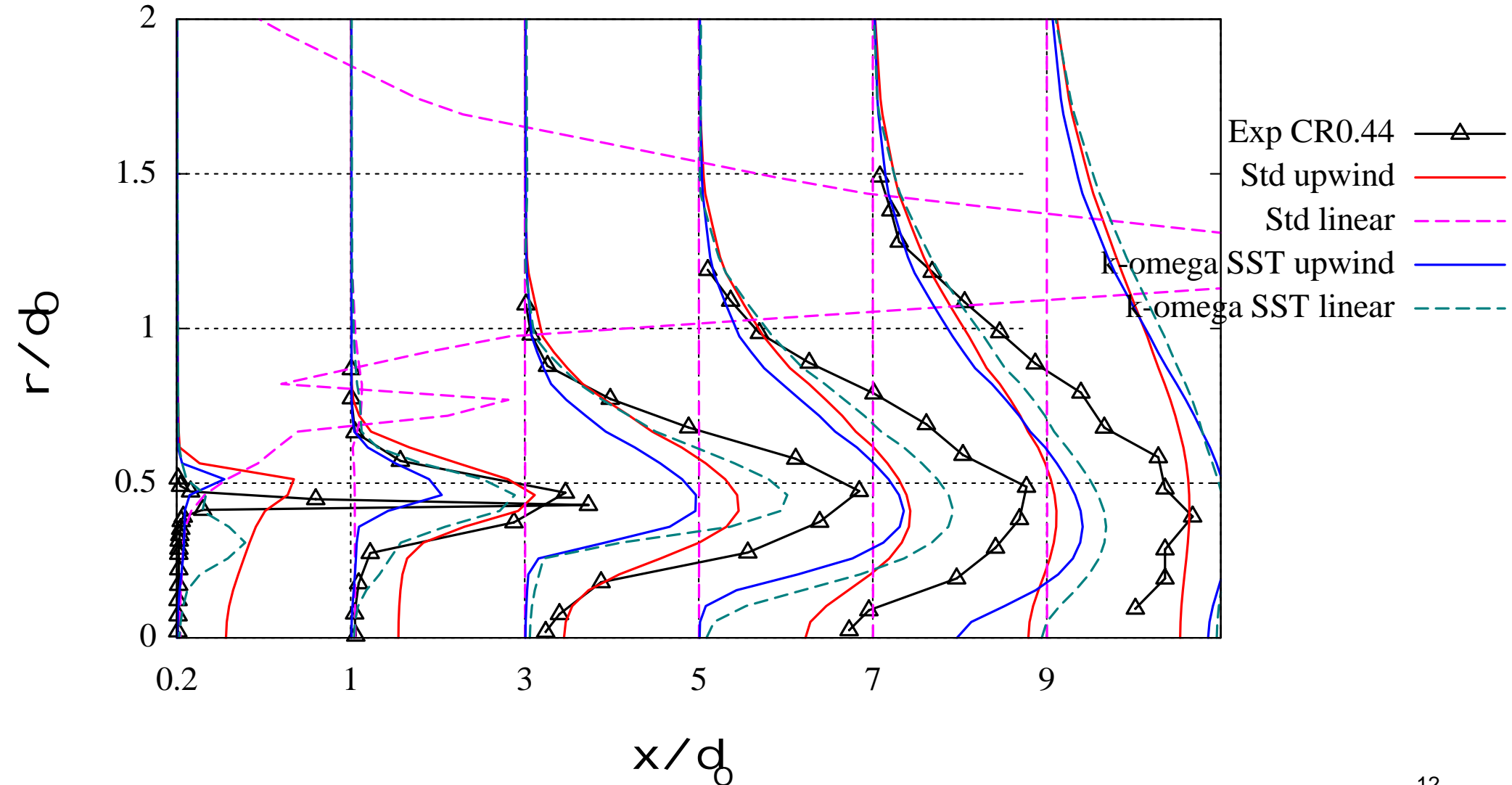
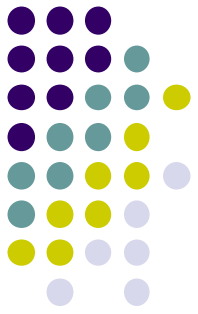
U/U_m
0 0.5 1.0



解析結果 k CR:0.44

- CR:0.69 ($d_i=15$, $d_0=10$), $Re=15000$

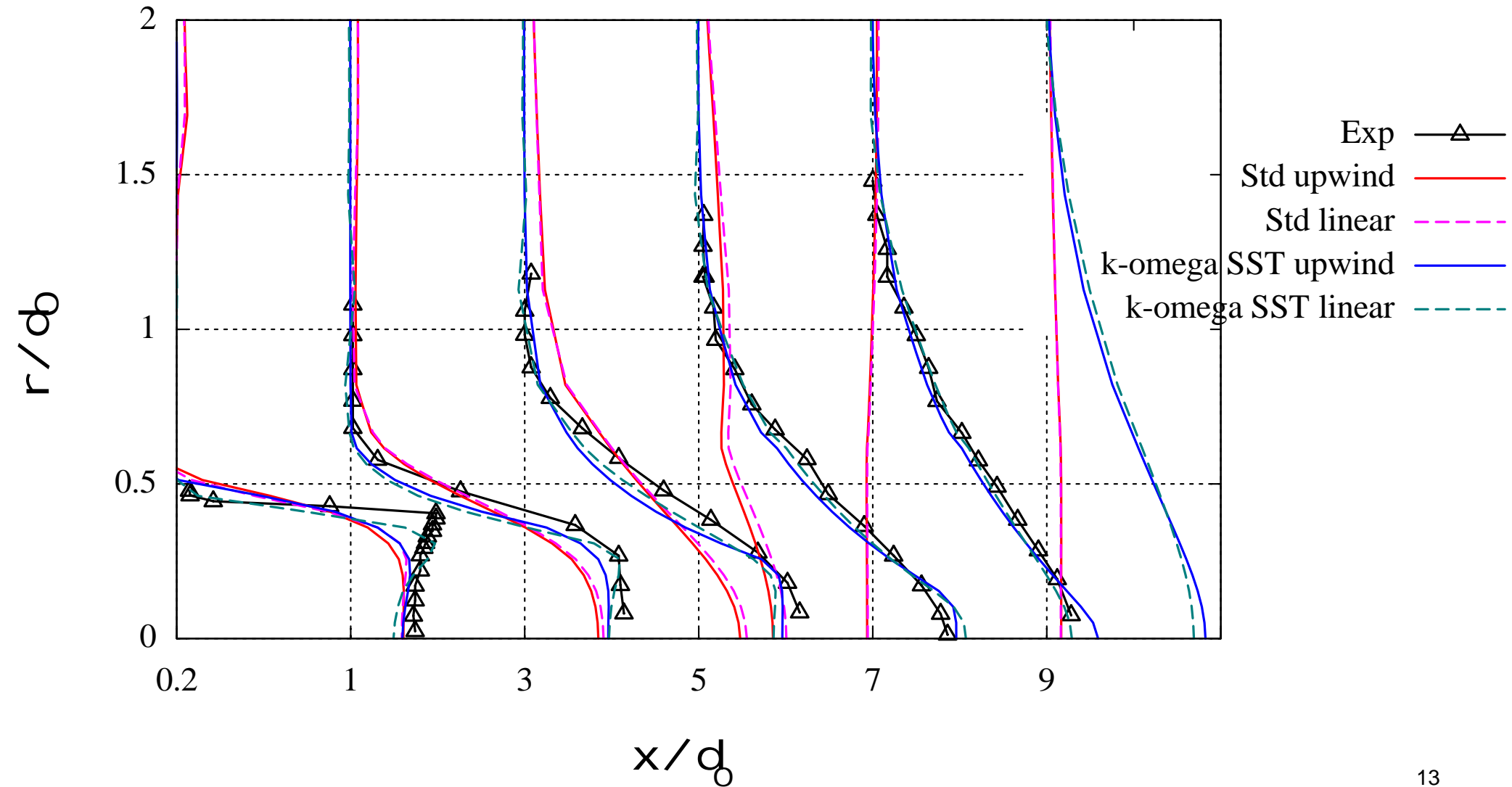
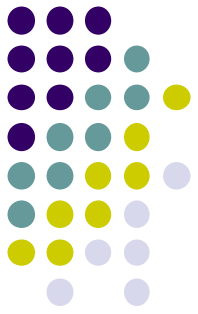
k/U_m^2
0 0.04



解析結果 u CR:0.11

- CR:0.69 ($d_i=29.75$, $d_0=10$), $Re=15000$

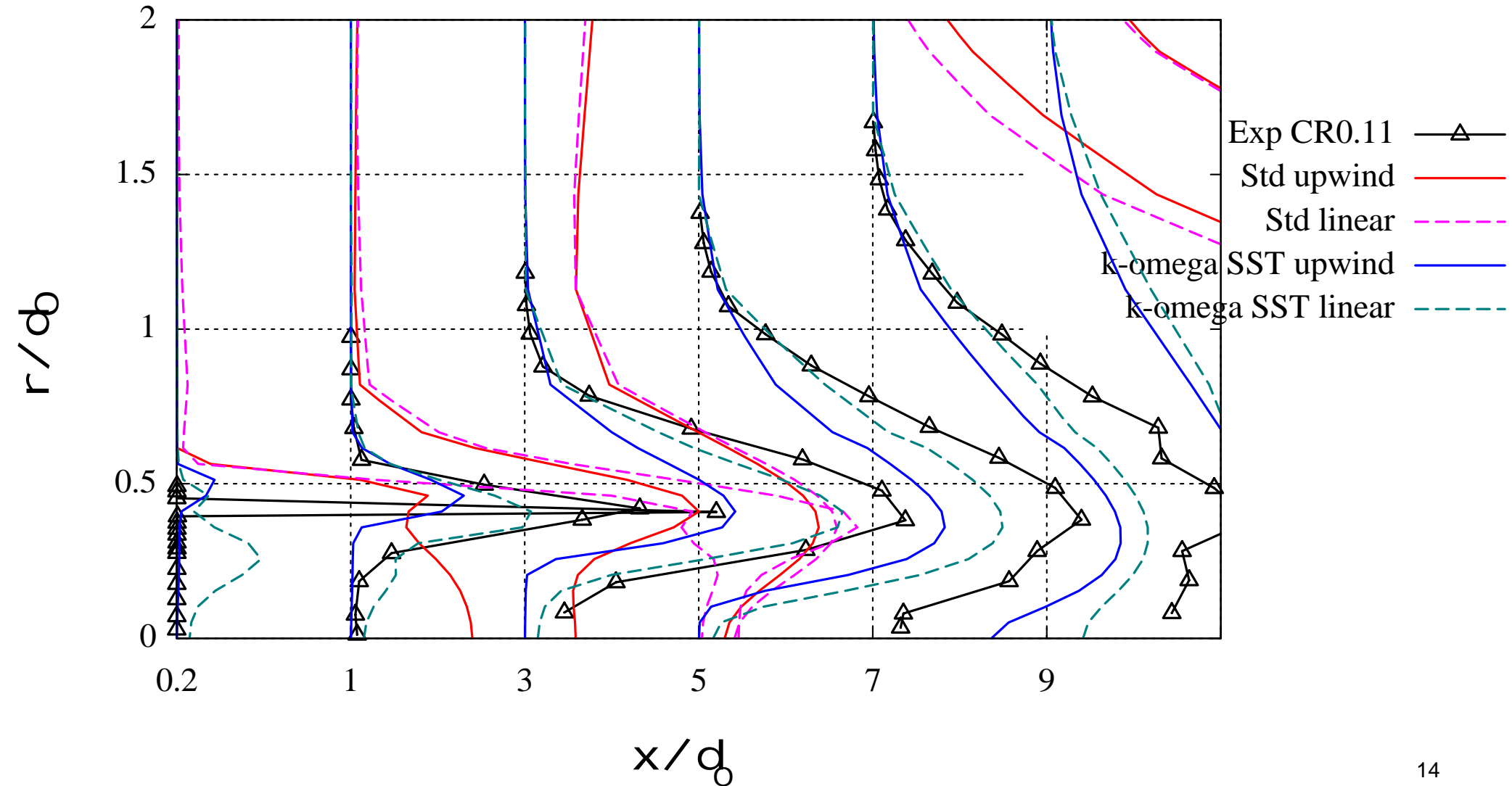
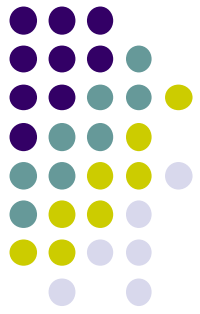
U/U_m
0 0.5 1.0

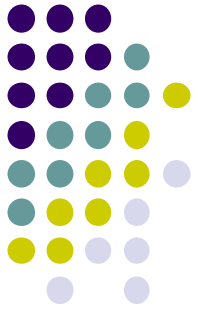


解析結果 k CR:0.11

- CR:0.69 ($d_i=29.75$, $d_0=10$), $Re=15000$

k/U_m^2
0 0.04





解析の初期条件

- 前回、発表資料では、epsilonの計算ミスがあった。また、乱流粘性比:5と根拠なく与えていた。
- 今回、初期条件の推定式は下記を用いた
 - ただし結果として、Standard k-epsilon linear以外は、ほとんど差がなかった。

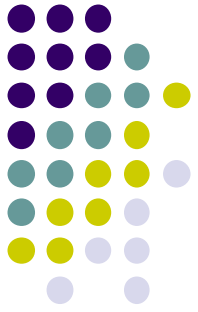
$$k = \frac{3}{2} (u_m \times I)^2$$

$$l = 0.038 \times d_i$$

$$\epsilon = C_\mu^{\frac{3}{4}} \times \frac{k^{\frac{3}{2}}}{l}$$

$$\omega = \frac{k^{\frac{1}{2}}}{C_\mu^{\frac{1}{4}} \times l} \quad \text{or} \quad \omega = \frac{\epsilon}{C_\mu \times k}$$

k: 乱流エネルギー, u_m : 平均流速, l: 乱流強度, d_i : パイプ直径, C_μ : 0.09, l : 水力直径
(参照先: CFD Online, Fluentユーザーガイド,)



まとめ

- 速度 u : k-omega SST linearが最も良い傾向
- 乱流エネルギー k : k-omega SST linearが最も良い傾向
 $x/d_0=0.2$ では予測過少だが、 $x/d_0>1.0$ では実験値に近づく
- 速度 u の結果に比べ、乱流エネルギーの予測精度は全体的に低い
- standard k-epsilon linearの結果が悪い点は、未検証。

次にやること

- 実験値を入口境界とする
 - 参考文献には、パイプ出口(x/d_0)の速度分布のみ
 - NACA report 1174 (The structure of turbulence in fully developed pipe flow)を参考にする予定
- メッシュ分割数による結果の差を確認する
 - ←メッシュサイズが、epsilonやomegaの減衰率に影響を与える。(Effective Inflow Conditions for Turbulence Models in Aerodynamic Calculations)