

進捗報告

局所型SGSモデルのテスト

北風 慎吾

shingo0323northwind@gmail.com

SGSモデルのカスタマイズ

1) WALEモデル

4.11.2.3. Wall-Adapting Local Eddy-Viscosity (WALE) Model

In the WALE model [273] (p. 691), the eddy viscosity is modeled by

$$\mu_t = \rho L_s^2 \frac{(S_{ij}^d S_{ij}^d)^{3/2}}{(\bar{S}_y \bar{S}_y)^{5/2} + (S_{ij}^d S_{ij}^d)^{5/4}}$$

where L_s and S_{ij}^d in the WALE model are defined, respectively, as

$$L_s = \min(\kappa d, C_w V^{1/3})$$

$$S_{ij}^d = \frac{1}{2} \left(\bar{g}_{ij}^2 + \bar{g}_{ji}^2 \right) - \frac{1}{3} \delta_{ij} \bar{g}_{kk}^2, \quad \bar{g}_{ij} = \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j}$$

Fluent 13 Theory Manual より

```
void oneKEddyWale::correct(const tmp<volTensorField>& gradU) ↓
{ ↓
    GenEddyVisc::correct(gradU); ↓
    ↓
    volTensorField GijGij = gradU & gradU; ↓
    volSymmTensorField Sij = symm(gradU); ↓
    volScalarField SijSij = Sij && Sij; ↓
    volTensorField SijD = dev(GijGij) - skew(GijGij); ↓
    volScalarField SijDSijD = SijD && SijD; ↓
    ↓
    nuSgs_ = ↓
    (sar(cw_*delta())*SijDSijD*sart(SijDSijD)) / (sar(SijSij)*sart(SijSij)+SijDSijD*sart(sart(SijDSijD))); ↓
    ↓
}
```

SGSモデルのカスタマイズ

2) コヒーレント構造 Smagorinsky モデル

$$F_{CS} = Q/E$$

$$Q = \frac{1}{2}(\overline{W_{ij}W_{ij}} - \overline{S_{ij}S_{ij}}) = -\frac{1}{2} \frac{\partial \overline{u}_j}{\partial x_i} \frac{\partial \overline{u}_i}{\partial x_j}$$

$$E = \frac{1}{2}(\overline{W_{ij}W_{ij}} + \overline{S_{ij}S_{ij}}) = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial \overline{u}_j}{\partial x_i} \right)^2$$

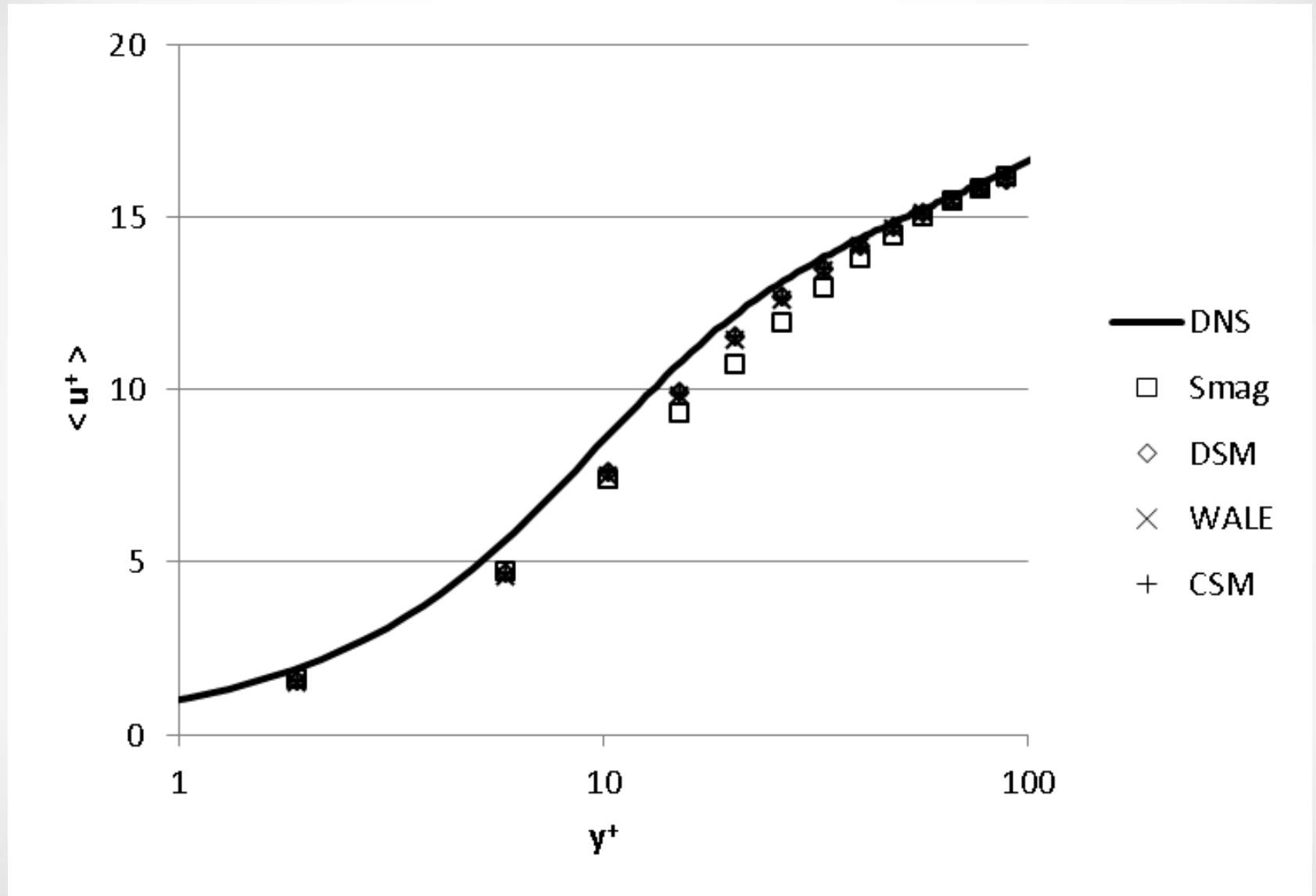
$$\tau_{ij} = -2C\overline{\Delta}^2 |\overline{S}| \overline{S}_{ij}, \quad |\overline{S}| = \sqrt{2\overline{S_{ij}S_{ij}}}$$

$$\text{CSM: } C = C_2 |F_{CS}|^{3/2} F_{\Omega}, \quad F_{\Omega} = 1 - F_{CS}, \\ C_2 = 1/22$$

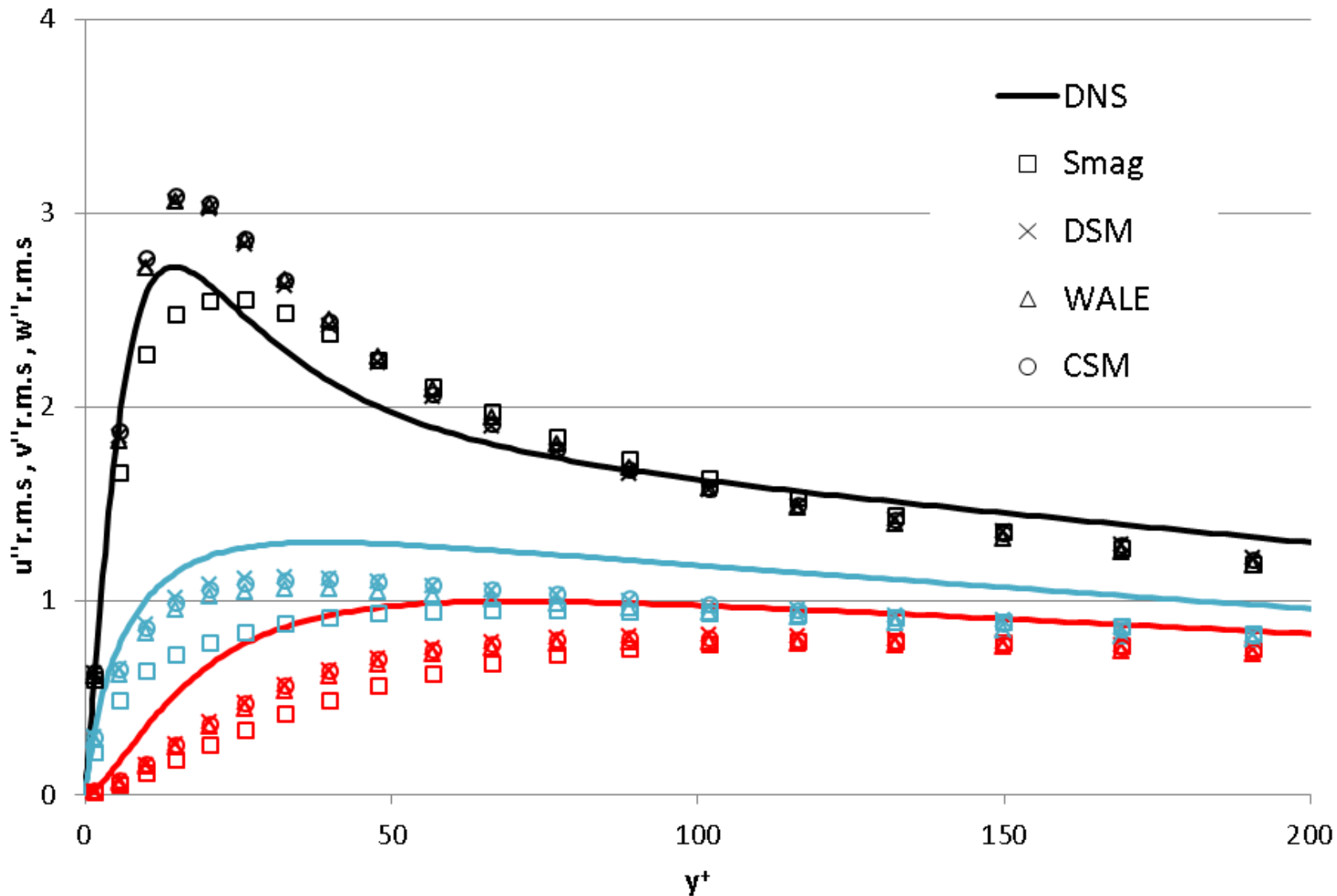
ながれ29(2010)157 – 160 小林先生
竜門賞受賞記念解説記事より抜粋

```
void CSM::correct(const tmp<volTensorField>& gradU)↓
{↓
  GenEddyVisc::correct(gradU);↓
↓
  volSymmTensorField Sij = symm(gradU);↓
  volScalarField SijSij = Sij && Sij;↓
↓
  volSymmTensorField S(symm(gradU)); // symmetric part of tensor↓
  volTensorField W(skew(gradU)); // anti-symmetric part↓
↓
  volScalarField SS(S && S);↓
  volScalarField WW(W && W);↓
  volScalarField Q(0.5*(WW - SS));↓
  volScalarField E(0.5*(WW + SS));↓
  volScalarField Fcs(Q/E);↓
↓
  nuSgs_ = C2_ * sqr(Fcs)*sart(Fcs) * sqr(delta()) * (scalar(1) - Fcs) * sqr(SijSij)*sart(SijSij);↓
```

チャンネル流 $Re_{\tau} = 395$ (channelFoam) 平均流速

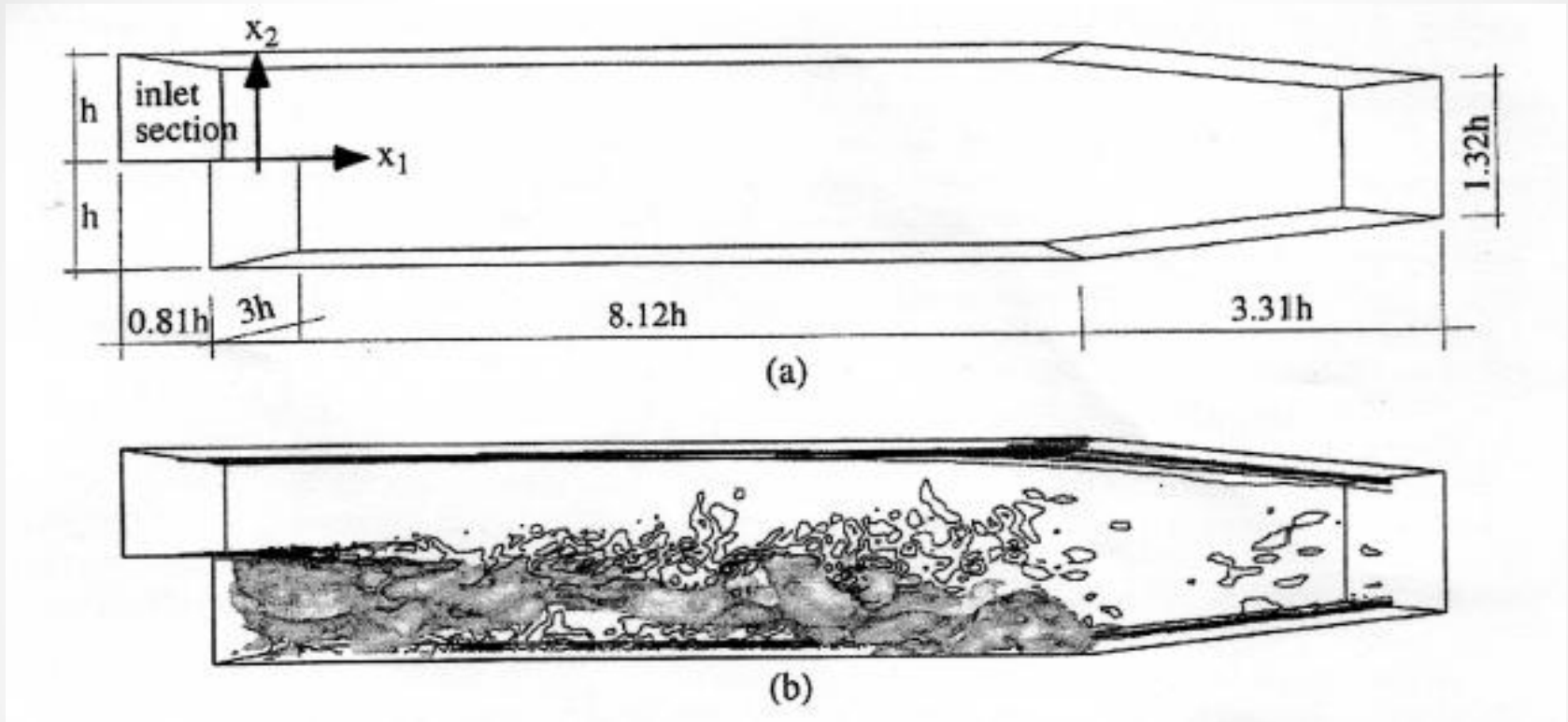


チャンネル流 $Re\tau = 395$ (channelFoam) 速度変動



■例題 Pitz Daily(AIAA Journal 1983)

24th Symposium on Combustion /The Combustion Institute ,1998, p599-607
Weller et al,

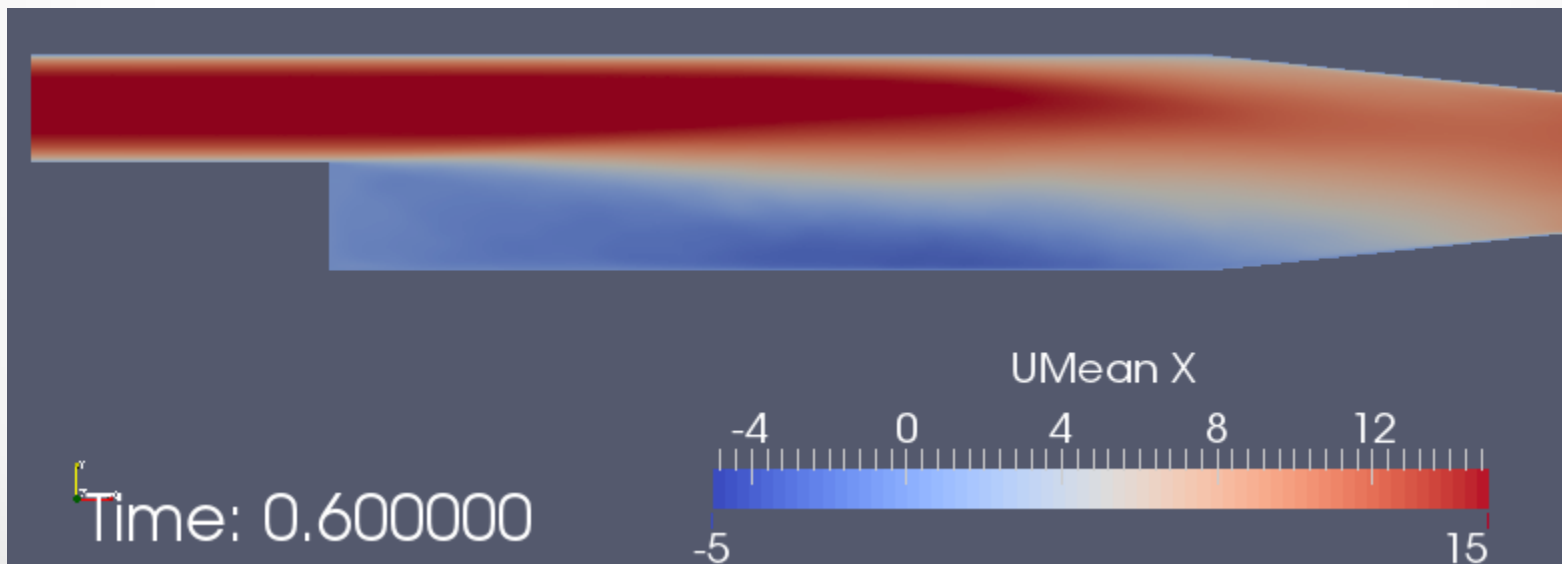
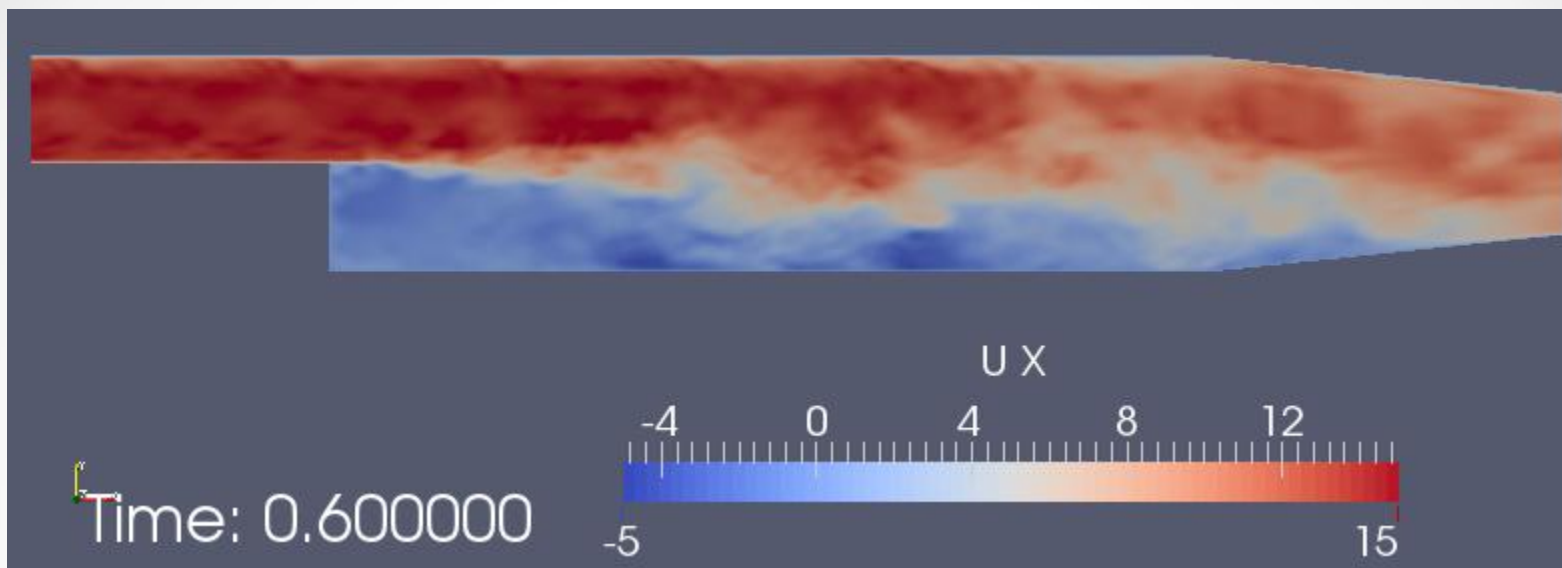


※ $Re=22000$ 、入口平均流速 $U=13.3[m/s]$ 、代表長さ $H=0.0254[m]$

※入口条件はドライバー部設置(6H) 27万セル

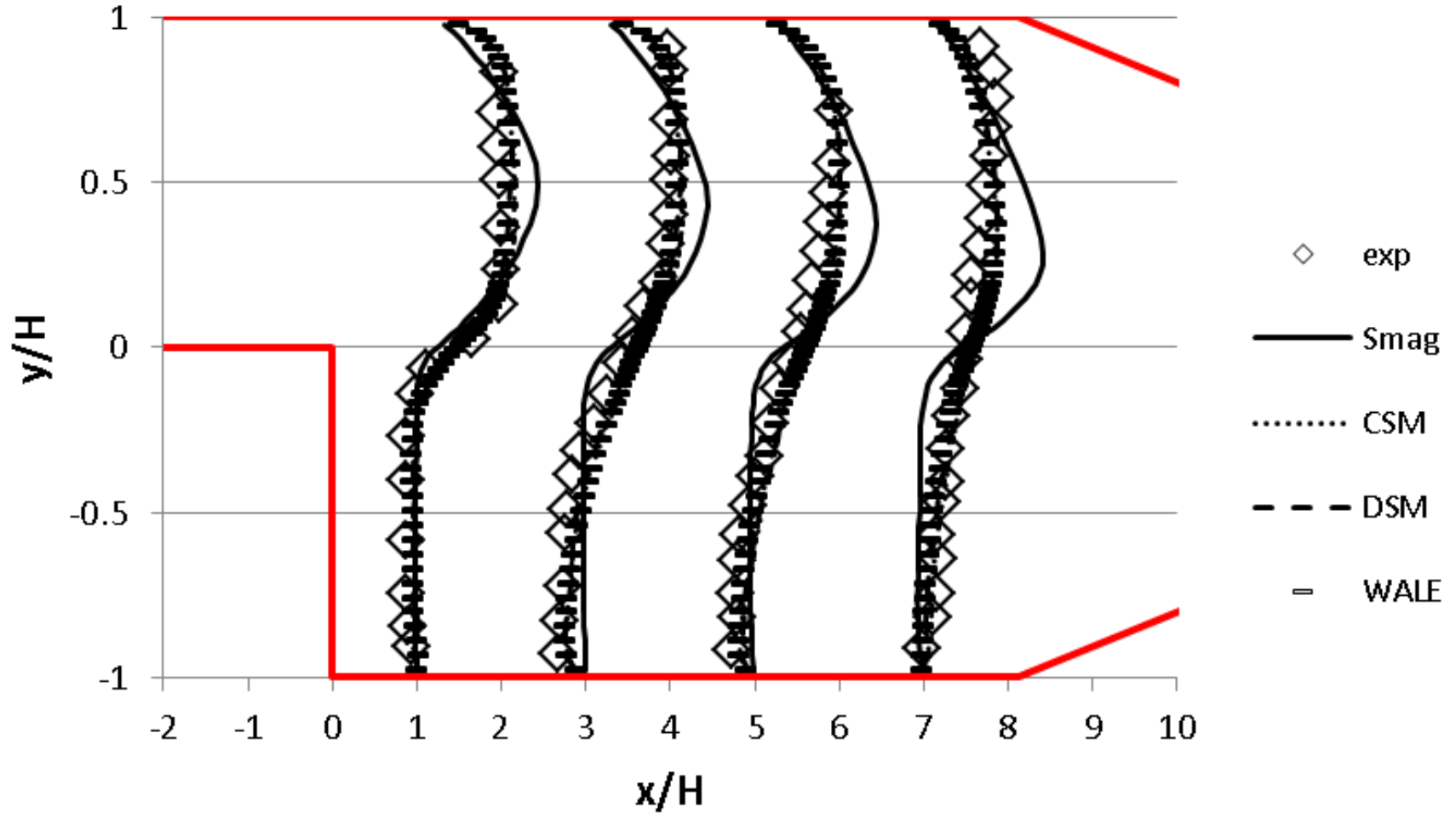
0.4secまで流れ場の発達計算、その後0.2secで統計平均量算出

■速度分布 瞬時値(Top)、平均値(Bottom)



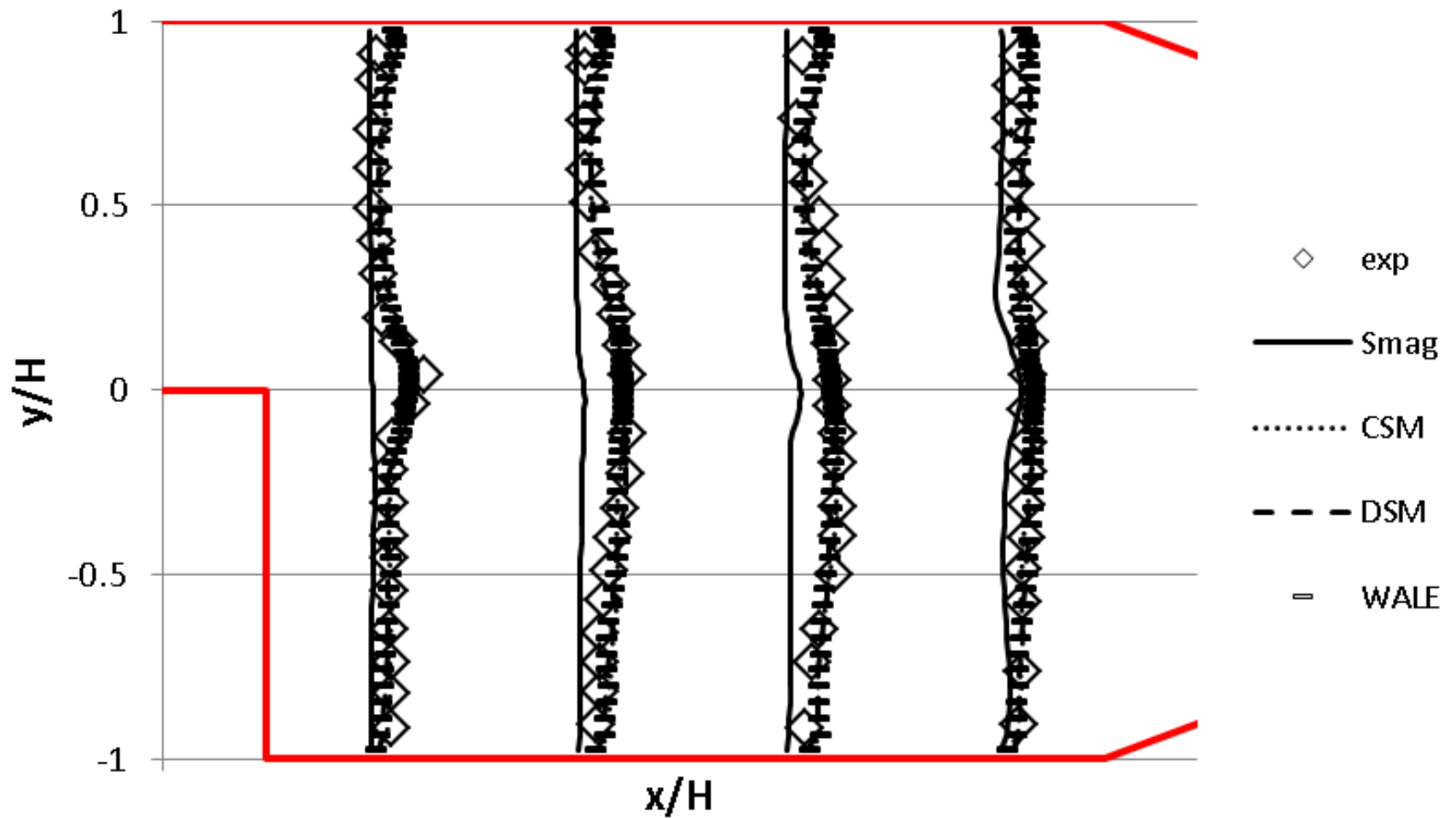
CSMモデル

■ 平均流速 UMean



※スパン方向に平均化せず、スパン方向中心断面で計測

■ 速度変動 u'_{rms}



■ 今後

Vremanモデル(2004)の実装

「An eddy-viscosity subgrid-scale model for turbulent shear flow
Algebraic theory and applications」 Physics of Fluids vol16, num10 , Oct2004

$$v_e = c \sqrt{\frac{B_\beta}{\alpha_{ij}\alpha_{ij}}}, \quad (5)$$

with

$$-2v_e S_{ij} + \tau_{kk} \delta_{ij} / 3, \quad \alpha_{ij} = \partial_i \bar{u}_j = \frac{\partial \bar{u}_j}{\partial x_i}, \quad (6)$$

$$\beta_{ij} = \Delta_m^2 \alpha_{mi} \alpha_{mj}, \quad (7)$$

$$B_\beta = \beta_{11}\beta_{22} - \beta_{12}^2 + \beta_{11}\beta_{33} - \beta_{13}^2 + \beta_{22}\beta_{33} - \beta_{23}^2. \quad (8)$$

⇒wmakeでは(5)式でエラー、 B_β は B_{ij} の第二不変量で記述可能
 $= 0.5 * (\text{sqr}(\text{tr}(\mathbf{B}_{ij})) - \text{tr}(\mathbf{B}_{ij} \& \mathbf{B}_{ij}))$

- Vremanが配布するサブルーチンがあるので、その通りに実装すべき？ ●