

非平衡エネルギースペクトルの導入による subgrid-scale モデルの開発

東京工業大学 理工学研究科 機械宇宙システム専攻 堀内潔

目的 統計理論でその存在が予測され、DNSデータで実際に検出された非平衡エネルギースペクトルを導入した **large-eddy simulation (LES)** における **subgrid-scale (SGS)** モデルの開発を図る。

内容 (1)式の非平衡エネルギースペクトルの-7/3乗成分が与える**SGS**エネルギーを、**Smagorinsky**モデルに付加した (2)式に示す非平衡**Smagorinsky**モデルを提案し、その検証を行った。

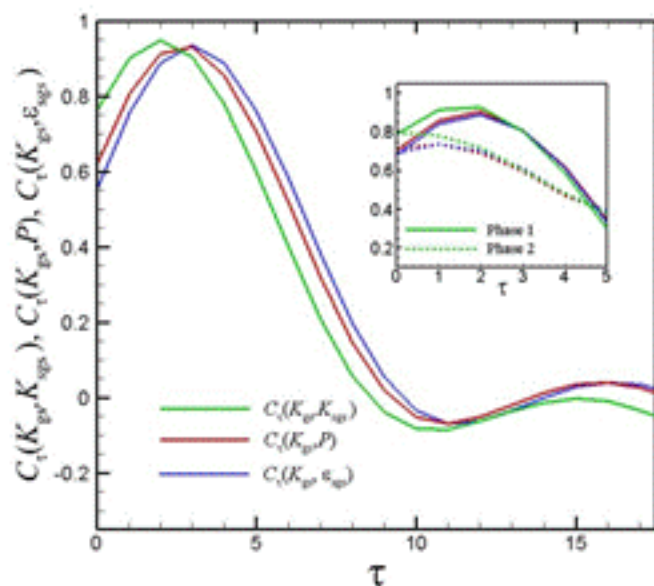
$$E(k) \approx C_K \langle \bar{\varepsilon}^{-2/3} \rangle k^{-5/3} + C_1 \langle \dot{\bar{\varepsilon}} \bar{\varepsilon}^{-2/3} \rangle k^{-7/3} + C_2 \langle \ddot{\bar{\varepsilon}} \bar{\varepsilon}^{-1} - \dot{\bar{\varepsilon}}^2 \bar{\varepsilon}^{-2} \rangle k^{-9/3} + \dots \quad (1)$$

$$K_G = K_0 + K_1 = K_0 + 2 \frac{\Delta}{C_\varepsilon} \dot{K}_0 K_0^{-1/2}, \quad K_0 = \frac{C_\nu}{C_\varepsilon} \Delta^2 (2 \bar{S}_{ij} \bar{S}_{ij}), \quad \nu_e = C_\nu \Delta (K_G)^{1/2} \quad (2)$$

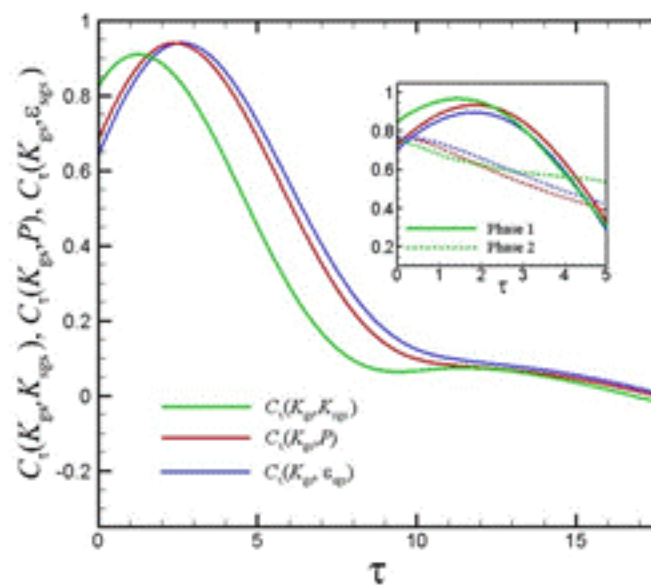
結果 64³の格子点を用いた**LES**計算によるモデルの検証結果を図に示す。

図は、**grid-scale**エネルギーと**SGS**エネルギー、**SGS**生成項、**SGS**散逸項の2時刻相関を示す。DNSデータから求めた厳密値と非平衡**Smagorinsky**モデルによる予測値は良く一致する。

フィルターを施したDNSデータ



LESデータ(非平衡Smagorinskyモデル)



まとめ

- ・ 非平衡スペクトルの-7/3乗成分に対応する**SGS**エネルギーを**Smagorinsky**モデルに付加した**SGS**モデルを提案した。
- ・ 提案したモデルが、従来の**SGS**モデルに比べて、非平衡・非定常乱流挙動のより高い予測精度を有する事を示した。

(submitted to Phys. Fluids)