

Title	SGS乱流エネルギーの局所モデルを用いたLESの実証研究
Sub Title	Empirical study of LES using locally balanced model for SGS turbulence energy
Author	小林, 宏充(Kobayashi, Hiromichi)
Publisher	慶應義塾大学
Publication year	2023
Jtitle	学事振興資金研究成果実績報告書 (2022.)
JaLC DOI	
Abstract	<p>乱流はμmから数kmのスケールまで、自由度が多く、その数値計算には、モデル化が必要である。計算格子で解像できる渦は直接計算し、その格子より小さいスケール (subgrid-scale: SGS) の渦はモデル化を行うlarge-eddy simulation (LES) では、乱流の非定常な振舞いなど、格子点数を大きく減らして物理現象をよく再現する。最近、そのモデル化において、SGSの乱流エネルギー式を簡便かつ局所的に決定できるモデルを開発し、非等方性を取り込むことで、格子点数をさらに大幅に削減することに成功した。複雑物体周りの流れ場での性能評価を実証することが望まれたが、その前に、なぜ非等方項を取り込むことで、より粗い格子でも性能がでるのか、つまり、どのような非等方項の役割が必要とされているのかを実証することを目的とした。</p> <p>平行平板間乱流において、モデル化を施さない直接計算 (DNS) を実施し、速度場にフィルタをかけることで、粗い格子を想定した速度場を得た。その速度場を用いて理想的な等方的渦粘性を求め、実際のSGS応力テンソルからその等方的渦粘性より寄与を取り除くことで、理想的な非等方テンソルを求めた。その結果、非等方テンソルの役割は、流れと垂直かつ壁に平行なspanwise方向の乱れを増やすことであり、粗い格子ではその役割がさらに強調され、主流方向から多方向へ乱れの再分配が促進することが明らかになった。</p> <p>Turbulent flows have many degrees of freedom from micrometer to several km, and their numerical calculation requires modeling. In a large-eddy simulation (LES), eddies that can be resolved by a computational grid are directly calculated, and eddies with a scale smaller than the grid (subgrid-scale: SGS) are modeled. LES well reproduces physical phenomena with unsteady behavior by greatly reducing the number of grid points. Recently, we have developed a model that can easily and locally determine the SGS turbulent energy in its transport equation. Moreover, by incorporating anisotropy, we have succeeded in further reducing the number of grid points. It was desired to demonstrate the performance evaluation in a flow field around a complex object. Before the evaluation, we aimed to demonstrate why the anisotropic SGS stress tensor works well in a coarse grid.</p> <p>We conducted the direct numerical simulation (DNS) and obtained the filtered velocity field by taking the filter operation. By using the filtered velocity, we obtained the ideal isotropic-eddy-viscosity. By subtracting it from the SGS stress tensor, we could generate the ideal anisotropic-SGS stress tensor. It was found that the role of the anisotropic-SGS stress tensor is increasing the fluctuations in the spanwise direction and is enhanced in a coarse grid. Furthermore, it was revealed that the anisotropic-SGS stress tensor promotes the redistribution of fluctuations from the streamwise direction to other directions.</p>
Notes	
Genre	Research Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=2022000010-20220197

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the Keio Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

研究代表者	所属	法学部	職名	教授	補助額	300 (A) 千円
	氏名	小林 宏充	氏名 (英語)	Hiromichi Kobayashi		
研究課題 (日本語)						
SGS 乱流エネルギーの局所モデルを用いた LES の実証研究						
研究課題 (英訳)						
Empirical study of LES using locally balanced model for SGS turbulence energy						
1. 研究成果実績の概要						
<p>乱流は μm から数 km のスケールまで、自由度が多く、その数値計算には、モデル化が必要である。計算格子で解像できる渦は直接計算し、その格子より小さいスケール (subgrid-scale: SGS) の渦はモデル化を行う large-eddy simulation (LES) では、乱流の非定常な振舞いなど、格子点数を大きく減らして物理現象をよく再現する。最近、そのモデル化において、SGS の乱流エネルギー式を簡便かつ局所的に決定できるモデルを開発し、非等方性を取り込むことで、格子点数をさらに大幅に削減することに成功した。複雑物体周りの流れ場での性能評価を実証することが望まれたが、その前に、なぜ非等方項を取り込むことで、より粗い格子でも性能がでるのか、つまり、どのような非等方項の役割が必要とされているのかを実証することを目的とした。</p> <p>平行平板間乱流において、モデル化を施さない直接計算 (DNS) を実施し、速度場にフィルタをかけることで、粗い格子を想定した速度場を得た。その速度場を用いて理想的な等方的渦粘性を求め、実際の SGS 応力テンソルからその等方的渦粘性による寄与を取り除くことで、理想的な非等方テンソルを求めた。その結果、非等方テンソルの役割は、流れと垂直かつ壁に平行な spanwise 方向の乱れを増やすことであり、粗い格子ではその役割がさらに強調され、主流方向から多方向へ乱れの再分配が促進することが明らかになった。</p>						
2. 研究成果実績の概要 (英訳)						
<p>Turbulent flows have many degrees of freedom from micrometer to several km, and their numerical calculation requires modeling. In a large-eddy simulation (LES), eddies that can be resolved by a computational grid are directly calculated, and eddies with a scale smaller than the grid (subgrid-scale: SGS) are modeled. LES well reproduces physical phenomena with unsteady behavior by greatly reducing the number of grid points. Recently, we have developed a model that can easily and locally determine the SGS turbulent energy in its transport equation. Moreover, by incorporating anisotropy, we have succeeded in further reducing the number of grid points. It was desired to demonstrate the performance evaluation in a flow field around a complex object. Before the evaluation, we aimed to demonstrate why the anisotropic SGS stress tensor works well in a coarse grid.</p> <p>We conducted the direct numerical simulation (DNS) and obtained the filtered velocity field by taking the filter operation. By using the filtered velocity, we obtained the ideal isotropic-eddy-viscosity. By subtracting it from the SGS stress tensor, we could generate the ideal anisotropic-SGS stress tensor. It was found that the role of the anisotropic-SGS stress tensor is increasing the fluctuations in the spanwise direction and is enhanced in a coarse grid. Furthermore, it was revealed that the anisotropic-SGS stress tensor promotes the redistribution of fluctuations from the streamwise direction to other directions.</p>						
3. 本研究課題に関する発表						
発表者氏名 (著者・講演者)	発表課題名 (著書名・演題)	発表学術誌名 (著書発行所・講演学会)	学術誌発行年月 (著書発行年月・講演年月)			
Kazuhiro Inagaki, Hiromichi Kobayashi	Investigation of Subgrid-scale Turbulent Kinetic Energy in Channel Flows	The 12th Symposium on Turbulence and Shear Flow Phenomena (TSFP-12)	2022.7			
稲垣和寛、小林宏充	渦粘性モデルが適用できない粗い格子における LES の開発に向けて	流体力学会年会	2022.9			
稲垣和寛、小林宏充	チャネル乱流における非渦粘性型サブグリッドスケール応力の Reynolds 応力収支に与える効果	日本物理学会 2022 年秋季大会	2022.9			
稲垣和寛、小林宏充	エネルギー輸送だけでは説明できないサブグリッドスケール応力の物理的役割について	京大 数理解析研究所 RIMS 共同研究	2022.7			