

Title	様々な流れ場における乱流の非等方サブグリッドスケールモデルの検討
Sub Title	Study on anisotropic subgrid-scale model for various turbulent flows
Author	小林, 宏充(Kobayashi, Hiromichi)
Publisher	慶應義塾大学
Publication year	2020
Jtitle	学事振興資金研究成果実績報告書 (2019.)
JaLC DOI	
Abstract	<p>平行平板間流、境界層剥離流、電磁流体(MHD)など様々な乱流中では乱れに起因した大きな粘性が発生し、壁面から離れた場所ではlog則に従う速度分布になる。このような予測を行うための乱流モデルとして、乱流を粗視化し、解像できる乱れは直接計算し、解像度以下のサブグリッドスケールの乱れをモデル化するサブグリッドスケールモデルがある。これまで乱流中の渦構造に着目し、その周りでエネルギーが散逸することに基づく、等方的な渦粘性モデルを構築し、良好な結果が得られている。しかしながら、テンソルレベルやベクトルレベルにおいて瞬時の空間相関は低いままであり、非等方項の付加による安定的な性能向上が望まれてきた。近年非等方項をエネルギー収支には影響を与えないように加え、サブグリッドスケールエネルギーに関する1方程式を解くことで、低解像度でも良好な結果が得られるブレークスルーがあったが、なぜ性能向上するかについて、根本理由が不明のため、その後のモデル化が停滞している。そこで、本研究では、非等方項の種類を変え、非等方項の役割を解明すること、ならびに1方程式を利用せずにサブグリッドスケールエネルギーの予測を行う0方程式モデルの構築を目的とした。</p> <p>まずは単純な平行平板間乱流において、非等方項の種類を変え、その役割を理解した。サブグリッドスケール応力項のテーラー展開の第1項に相当するClark項、スケール相似則を適用した修正Leonard項では、低解像度において、乱流構造が大きく、速度相関が計算領域内でゼロにならないが、サブグリッドスケール速度相関に相当するReynolds項をモデル化したBardinaモデルでは、乱流構造が細くなり、速度相関も計算領域内でゼロに落ちることが分かった。乱流エネルギーの高波数成分が再現されていることも分かった。</p> <p>サブグリッドスケールエネルギーのゼロ方程式化に関しては、乱流生成項と散逸項の釣り合いからサブグリッドスケールエネルギーを予測すると、壁近くで大きく予測するため、その領域でのエネルギーを抑制する補正を加えることで、サブグリッドスケールエネルギーが良く再現されることが分かった。</p> <p>In various turbulent flows such as a flow between parallel plates, a boundary layer separation flow, and a magnetohydrodynamic (MHD) flow, a large viscosity is generated due to the turbulence, and a log-law velocity distribution is obtained at a position away from the wall surface. As a turbulence model for performing such prediction, there is a subgrid scale model in which turbulence is coarse-grained, turbulence that can be resolved is directly calculated, and turbulence of a subgrid scale smaller than the grid resolution is modeled.</p> <p>In recent years, by adding anisotropic term so as not to affect the energy balance and solving one equation related to subgrid scale energy, there has been a breakthrough to obtain good results even at low resolution, but it is unknown why performance is improved. Thus, the purpose of this study is to elucidate the role of anisotropic term by changing the type of anisotropic term, and to construct a zero equation model that predicts subgrid scale energy without using one equation. First, in simple turbulent flow between parallel plates, we changed the type of anisotropic term and understood its role. In the Clark term corresponding to the first term of the Taylor expansion of the subgrid scale stress term and the modified Leonard term applying the scale similarity rule, the large turbulence structures appear at low resolution, and the velocity correlation does not become zero in the calculation domain. In the Bardina model, which modeled the Reynolds term corresponding to the subgrid scale velocity correlation, it was found that the turbulence structures become finer and the velocity correlation falls to zero in the calculation domain. It was also found that the high wavenumber component of the turbulent energy is reproduced. Regarding the change of the one-equation for sub-grid scale energy to zero equation, when the sub-grid scale energy is predicted from the balance between the turbulence production term and the dissipation term, the prediction is large energy near the wall. It was found that the subgrid scale energy is well reproduced when the large energy is suppressed by adding some correction.</p>
Notes	
Genre	Research Paper
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=2019000007-20190253

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)						
様々な流れ場における乱流の非等方サブグリッドスケールモデルの検討						
研究課題 (英訳)						
Study on anisotropic subgrid-scale model for various turbulent flows						
1. 研究成果実績の概要						
<p>平行平板間流、境界層剥離流、電磁流体(MHD)など様々な乱流中では乱れに起因した大きな粘性が発生し、壁面から離れた場所では log 則に従う速度分布になる。このような予測を行うための乱流モデルとして、乱流を粗視化し、解像できる乱れは直接計算し、解像度以下のサブグリッドスケールの乱れをモデル化するサブグリッドスケールモデルがある。これまで乱流中の渦構造に着目し、その周りでエネルギーが散逸することに基づく、等方的な渦粘性モデルを構築し、良好な結果が得られている。しかしながら、テンソルレベルやベクトルレベルにおいて瞬時の空間相関は低いままであり、非等方項の付加による安定的な性能向上が望まれてきた。近年非等方項をエネルギー収支には影響を与えないように加え、サブグリッドスケールエネルギーに関する 1 方程式を解くことで、低解像度でも良好な結果が得られるブレイクスルーがあったが、なぜ性能向上するかについて、根本理由が不明のため、その後のモデル化が停滞している。そこで、本研究では、非等方項の種類を変え、非等方項の役割を解明すること、ならびに 1 方程式を利用せずにサブグリッドスケールエネルギーの予測を行う 0 方程式モデルの構築を目的とした。</p> <p>まずは単純な平行平板間乱流において、非等方項の種類を変え、その役割を理解した。サブグリッドスケール応力項のテラー展開の第 1 項に相当する Clark 項、スケール相似則を適用した修正 Leonard 項では、低解像度において、乱流構造が大きく、速度相関が計算領域内でゼロにならないが、サブグリッドスケール速度相関に相当する Reynolds 項をモデル化した Bardina モデルでは、乱流構造が細くなり、速度相関も計算領域内でゼロに落ちることが分かった。乱流エネルギーの高波数成分が再現されていることも分かった。</p> <p>サブグリッドスケールエネルギーのゼロ方程式化に関しては、乱流生成項と散逸項の釣り合いからサブグリッドスケールエネルギーを予測すると、壁近くで大きく予測するため、その領域でのエネルギーを抑制する補正を加えることで、サブグリッドスケールエネルギーが良く再現されることが分かった。</p>						
2. 研究成果実績の概要 (英訳)						
<p>In various turbulent flows such as a flow between parallel plates, a boundary layer separation flow, and a magnetohydrodynamic (MHD) flow, a large viscosity is generated due to the turbulence, and a log-law velocity distribution is obtained at a position away from the wall surface. As a turbulence model for performing such prediction, there is a subgrid scale model in which turbulence is coarse-grained, turbulence that can be resolved is directly calculated, and turbulence of a subgrid scale smaller than the grid resolution is modeled.</p> <p>In recent years, by adding anisotropic term so as not to affect the energy balance and solving one equation related to subgrid scale energy, there has been a breakthrough to obtain good results even at low resolution, but it is unknown why performance is improved. Thus, the purpose of this study is to elucidate the role of anisotropic term by changing the type of anisotropic term, and to construct a zero equation model that predicts subgrid scale energy without using one equation.</p> <p>First, in simple turbulent flow between parallel plates, we changed the type of anisotropic term and understood its role. In the Clark term corresponding to the first term of the Taylor expansion of the subgrid scale stress term and the modified Leonard term applying the scale similarity rule, the large turbulence structures appear at low resolution, and the velocity correlation does not become zero in the calculation domain. In the Bardina model, which modeled the Reynolds term corresponding to the subgrid scale velocity correlation, it was found that the turbulence structures become finer and the velocity correlation falls to zero in the calculation domain. It was also found that the high wavenumber component of the turbulent energy is reproduced. Regarding the change of the one-equation for sub-grid scale energy to zero equation, when the sub-grid scale energy is predicted from the balance between the turbulence production term and the dissipation term, the prediction is large energy near the wall. It was found that the subgrid scale energy is well reproduced when the large energy is suppressed by adding some correction.</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)			
稲垣和寛、小林宏充	サブグリッドスケール乱流モデルにおける生成散逸非平衡効果の検討	流体力学会年会 2019	2019 年 9 月			
稲垣和寛、小林宏充	非等方解像 SGS 乱流モデルにおける非等方項の物理的役割	第 33 回数値流体力学シンポジウム	2019 年 11 月			