

主 論 文 要 旨

報告番号	㊦ 乙 第	号	氏 名	横田 理央
主 論 文 題 目 :				
Validation of Vortex Methods as a Direct Numerical Simulation of Turbulence (乱流の直接数値解析法としての渦法の検証)				
<p>渦法は近年急速な発展を遂げており、非定常な渦運動が支配的な外部流などを解析する際に有限差分法やスペクトル法に代わる新しい乱流解析法として注目されている。しかし、既存の渦法の研究例の多くは基礎的な乱流場における検証を行わないまま、渦法が得意とするような複雑な3次元剥離流のみを対象としてきた。本研究は、乱流の基礎的なベンチマーク問題において系統的な検証を行うことで、渦法の信頼性を向上することを目的とする。</p> <p>1章では、本研究の背景と目的を述べ、2章では、渦法の基礎方程式と離散化手法について述べる。</p> <p>3章では、一様等方性乱流において、渦法の粘性拡散スキームをせん断や壁面の影響と切り離して検証した。乱流エネルギーの減衰率は、渦法とスペクトル法の間で良好に一致した。エネルギースペクトルも消散スケールまで一致しており、渦法の拡散スキームが散逸過程を正しく再現できていることが明らかになった。</p> <p>4章では、一様せん断流において、壁面近傍に見られる強いせん断自体が渦法計算にどのような影響を及ぼすのかを壁面境界条件の問題と切り離して評価した。変形速度テンソルの第二不変量の等値面に見られる非等方な渦構造が有限差分法と渦法の間で定性的な一致を示した。レイノルズ応力の非等方テンソルの時間変化は手法間で定量的に一致しており、本手法が強いせん断によって生じる非等方的な乱流変動を正しく再現できていることが分かった。また、エネルギースペクトル方程式の収支などからも、渦法が乱流エネルギーの生成、輸送、消散の各々を正しく計算できていることが確認された。</p> <p>5章では、チャンネル流において、層流計算による壁面境界条件のみの検証と乱流計算による渦法の総合的な検証を行った。層流計算による壁面境界条件の検証において、本手法は Poiseuille 解と定量的に一致した。また、乱流チャンネルの計算も渦法と差分法の間で平均流速分布とレイノルズ応力分布が比較的長時間定量的な一致を示した。</p> <p>6章に全体の結論を示す。いずれの流れ場においても、本手法の計算結果は比較対象のスペクトル法や有限差分法の結果と定量的な一致を示した。上記の結果から、渦法は格子を全く用いることなく従来の乱流の直接数値解析法とほぼ同等の計算結果を出すことができたといえる。計算時間も、高速多重極法と専用(準汎用)計算機のクラスタを併用することで、上記のような不利な流れ場においてもスペクトル法と同じオーダーに抑えることができた。</p>				