

審 査 の 結 果 の 要 旨

氏 名 スレンドラナート スリカンス

修士（工学）スレンドラナートスリカンスの論文は「Improving Accuracy of Building-Cube Method Using Upwind Interpolation at Hanging Node Interfaces in Compressible Euler Equation Simulations（圧縮性オイラー方程式シミュレーションのハンギングノードインターフェースでの風上補間を使ったビルディングキューブ法の精度向上について）」と題し、6章からなる。

現在、数値流体シミュレーションを用いた空力設計が産業界において普及しつつあるが、構造格子法や非構造格子法に基づく数値流体シミュレーションでは、航空機全機形状のような複雑形状周りの格子生成が難しいという課題がある。また、近年のコンピュータの多コア化に伴い、高い並列計算効率をもつ数値流体シミュレーション法が必要とされている。これらの背景から、数値流体シミュレーションの一手法として、ビルディングキューブ法（Building-Cube Method, BCM）が注目されている。BCMは計算領域内を分割した小計算領域ごとに同じ格子点数の等間隔直交格子を用いることで、複雑形状周りの計算格子生成、プログラミング、後処理などの簡素化を実現している。また、大規模並列計算時にも計算負荷に偏りが少なく、並列化効率に優れている。そのため近年では航空機まわりの流れ場の解析や自動車まわりの流れ場の解析などに使われ始めている。しかしながら、BCMでは大きさが異なる小計算領域の境界面において格子幅が不連続となる境界面（ハンギングノードインターフェース）が存在するため、そこでの物理量の受け渡しに起因して誤差が発生し流れ場予測精度が低下する可能性がある。

そこで本研究の目的は BCM を用いた数値流体シミュレーションに関連して、異なるサイズの格子が接する格子境界面での物理量受け渡しに起因してどのような計算誤差が発生するのかを明らかにすること、また、風上方向を考慮した物理量受け渡し法を構築し、2次元圧縮性オイラー計算において計算誤差が低減することを明らかにすることである。

第1章は序論であり、本研究の背景と先行研究、関連文献についてまとめた上で、本研究の位置付けと目的、本論文の構成を述べている。

第 2 章では BCM において従来用いられてきた物理量受け渡し法と本研究において提案する風上方向を考慮した物理量受け渡し法が述べられている。

第 3 章では、1 次元波動方程式について、BCM と同様に隣接する格子の幅が 2 倍異なる格子を用いて数値シミュレーションを行い、従来の物理量受け渡し法では正弦波がハンギングノードインターフェースを通過する際に反射波が発生してしまうこと、および、正弦波が減衰してしまうことを明らかにした。また、風上方向を考慮した物理量受け渡し法を用いることで反射波の発生と正弦波の減衰が抑えられることを明らかにした。

第 4 章では、2 次元圧縮性オイラー計算での風上方向を考慮した物理量受け渡し法の有効性を確認するため、BCM と同様に隣接する格子の格子幅が 2 倍異なる格子を用いて 2 次元非粘性渦移流問題の数値流体シミュレーションを実施した。始めに 1 方向の従来の物理量受け渡し法と風上方向を考慮した物理量受け渡し法の比較を行い、風上方向を考慮した物理量受け渡し法を用いた場合の方が計算誤差が小さくなることを示した。また、ハンギングノードが 2 方向に存在する場合でも、風上方向を考慮した物理量受け渡し法の方が計算誤差が低減することを示した。

第 5 章では、衝撃波が発生する流れ場の 2 次元圧縮性オイラー計算においても提案手法が優れていることを示すため、衝撃波管問題について BCM と同様に隣接する格子の格子幅が 2 倍異なる格子を用いて数値シミュレーションを行い、ハンギングノードインターフェースでの物理量の受け渡し法に起因して従来の物理量受け渡し法では計算誤差が発生することを明らかにした。また、風上方向を考慮した物理量受け渡し手法を用いることで計算誤差を抑制できることを示した。

第 6 章は結論であり、BCM で必要とされるハンギングノードでの物理量受け渡し手法に関して、風上方向を考慮した物理量受け渡し手法の構築およびその応用について本論文で得られた知見をまとめている。

以上要するに、本論文は BCM を用いた数値流体シミュレーションにおいて、異なる格子幅の格子が接する格子境界面での物理量受け渡しに起因して計算誤差が発生すること、また、風上方向を考慮した物理量受け渡し法を用いることで BCM の計算誤差が低減できることを明らかにしており、航空宇宙工学上貢献するところが多い。

よって本論文は博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。