

## 審査の結果の要旨

論文提出者氏名 今野 雅

本論文は「建物周辺の風環境解析に適した解適合格子生成に関する研究」と題し、検討の対象とする建物の風圧や近傍の領域での流れ場に与える影響が高い領域を、解適合格子生成 (Adaptive mesh refinement: AMR) の過程で得られた暫定的な流れ場の解により、定量的にかつ自動的に求め、その領域外では格子の密度を粗くするよう自動的に制御することにより、少ない格子数で対象とする建物周りの流れ場を精度良く解析できるような格子を自動的に生成する解適合格子生成手法を構築することを目的としたものである。

論文提出者は、非常に複雑な形状周りの流れ場を解析する必要がある航空工学や機械工学の分野では、格子が直方体で概ね直交性が良く、複雑な形状でも境界に概ね適合する格子を自動的に生成できるという利点を持つ直交格子法が用いられることが多く、暫定的に粗く生成した格子を用いて得られた流れ場の解を元に格子を改良していく手法が Berger らによって AMR として提案されてから、現在まで幅広く研究されていること、さらに、建物周りの気流解析では、検討の対象とする建物表面での風圧係数および対象建物の近傍といった限られた領域の気流性状だけに興味があるのが通例であって、対象とする建物から遠く離れた領域での流れ場の予測精度はあまり問題にならないことが多いことに着目し、上記目的を設定しており、論文は、以下の 7 章より構成されている。

第 1 章では、本研究に関連する既往研究の概要、本研究の目的と必要性、論文構成などを示している。

第 2 章では、Jasak によって提案された 3 種類の誤差推定法と Richardson の補外法について、層流 2 次元ステップ流れ、乱流 2 次元バックステップ流れ、単独低層建物周辺流れの 3 種類のベンチマーク的な流れ場を対象とした詳細なケーススタディを行い、AMR で使用する上での総合的な効率の定量的比較から、Jasak が提案した Residual 法が総合的に優れること、4 章以降で行う AMR に十分使用可能であることを示している。

第 3 章では、2 種類の流れ場に対して、Residual 法により推定された誤差を用いた AMR を行った結果を述べている。AMR では、基本的に設定された誤差が設定した細分割閾値より大きい場合に格子を細分割すること、格子の分割手法には、格子を全方向に分割する等方的分割と、流れ場の性状に応じて分割方向を決める方向性分割があるが、後者の分割性状は方向性パラメータによることから、

これら制御パラメータを変化させたケーススタディを行い、生成された格子数と流れ場の誤差の統計値との関連から、各制御パラメータの適切な範囲を調べている。この検討により決定された適切な制御パラメータを用いることにより、AMRにおいて計算効率のよい格子生成が行えることを確認している。

第4章では、風向が建物に対して斜めの場合の単独低層建物周辺流れに、3章で用いたAMR手法を適用した結果から、このような流れ場に対しても、AMRにより効率的な格子が生成できることを確かめている。ただし、風向が格子の軸と一致していない流れ場の場合には、方向性AMRでは、その性能が一部低下することも示している。

第5章では、市街地のように複数の建物が存在するものの、詳細な解析の対象となる建物や領域が限られているような風環境の解析においては、3章、4章で行ったようなAMR手法をそのまま適用することは、計算効率の面で不利になる可能性が高いことをまず示し、より効率的な格子生成ができる非一様型AMR手法を新たに提案している。提案された非一様型AMR手法は、検討対象領域の流れ場に与える影響が強いのは、その領域内を通過する流管の風上側の流管であること、そのような流管は、AMRの過程で近似的にはあるが自動的かつ定量的に求められることに着目し、これまで全解析領域で一様に行っていたAMRにおける格子の制御を、流管の内外で変化させるよう拡張を施したものである。本手法を、低密度の格子状市街地に建つ低層建物周辺気流に対して適用した結果、通常の一様型AMRに比べ、解析領域全体での速度や乱流エネルギーの誤差の標準偏差は多少増加するものの、対象領域における速度や乱流エネルギー、対象建物表面での風圧係数の誤差の標準偏差については、一様型AMRとほぼ同程度となる予測が行なえること、このケースによって生成された最終格子数は、一様型AMRの場合に比べ大幅に削減されることを示している。

第6章では、5章で提案した非一様型AMR手法を、中密度の格子状市街地に建つ低層建物周辺気流、風向22.5度の場合の低密度格子状市街地に建つ低層建物周辺気流およびモデル市街地に建つ高層建物周辺気流に対して適用した結果を示しており、どの流れ場においても、検討対象とする建物の風圧係数および対象領域における風速分布に関する解析精度が、一様型AMRとほぼ同程度を維持しつつ、格子数が大幅に削減できることを示している。

第7章では、全体のまとめおよび今後の課題を示している。

以上のように、本論文は、建物周辺や建物内外での風環境の解析において、近年幅広く用いられている数値流体解析(CFD)における計算効率改善が、計算精度を落とすことなく、また、高度な専門知識がない者にでもできる手法を提案したものであり、建築環境工学に寄与するところが極めて大である。

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。