

審査の結果の要旨

氏名 渡辺 壮亮

本論文は、大気の状態設定が系統的に可能な温度成層風洞を用い、様々な温度成層条件下で乱流統計量の特徴を精緻に同時計測し、そのデータを検証用として数値シミュレーションと比較することで様々な温度成層下で利用可能かつ簡便で汎用性のある新しい乱流モデルを提案することを目的としている。

近年の大気汚染の悪化は、交通量の増加もさることながら、市街地の高層化や道路の複層化など、高密度な空間利用による風通しの悪さにより都市域の換気効率が低下すると共に、自動車排ガスがストリートキャニオン内で滞留するためと考えられる。

しかしながら、種々の政策にもかかわらず、地域によっては環境基準値を超越したまま未だ改善できていない項目もある。

大都市における大気汚染に多大な影響を与えるヒートアイランドによる都市循環流といった不安定成層や放射冷却、逆転層などの安定成層に関する大気境界層の物理的構造の解明は、未だ十分とはいえず大気汚染だけでなく、ヒートアイランド現象等を改善していく上でも非常に重要である。

そのために大気境界層の特性を把握するため様々な実測が行われているが、気象条件の変化や測定場所等の制約から、測定結果に幾らかのノイズを含む可能性がある。

そこで、本論文では大気の状態設定が系統的にできる温度成層風洞を用い、様々な温度成層条件下で乱流統計量の特徴を精緻に同時計測し、そのデータを検証用として数値シミュレーションと比較することで様々な温度成層下で利用可能かつ簡便で汎用性のある新しい乱流モデルを提案し、実験結果と比較しその有用性を検証した。

本論文の構成は以下の通りである。

第1章では、本論文での背景、目的及び研究内容の概要を述べており、本論文の構成を示している。

第2章では、本研究に関わる既往の研究に関して説明しており、主に大気境界層の物理的構造解明に関して行われた実測、風洞実験、数値シミュレーションについて一部の研究

例を示している。

第3章では、本研究で行った風洞実験の概要として、風洞実験の性能と測定機器の原理・本研究での機器選定理由、本研究での実験条件・計測パターンを示し説明している。風速と気温に関する同時計測の説明を行っており、風速の計測データを温度変動の影響を考慮し補正の方法を説明している。さらに、空間相関、時間相関による検討を行っており、同時計測データの信頼性を確認している。

第4章では、本研究で行った数値シミュレーションの概要を説明している。本研究での流れ場モデルと計算・境界条件を示している。壁面境界条件に関しては、 Z_0 型の対数則による床表面での熱フラックスの平均値と剪断応力の平均値での評価を検討している。

第5章で、風洞実験結果と標準 $k-\epsilon$ モデルとの比較を行なっている。平均風速分布、レイノルズシアストレス分布、運動方程式中乱流粘性項分布、平均温度分布、乱流熱フラックス分布、渦動粘性係数分布、熱渦拡散係数分布の結果を示し、現状の標準 $k-\epsilon$ の問題点を確認しており、安定条件と不安定条件の間で、標準 $k-\epsilon$ モデルによる大気安定度の差がわずかしかないと記述している。

また運動方程式中乱流粘性項分布によって、風洞実験と同様の傾向を示す数値解析結果を援用し、考察を行っている。

第6章では、実測との比較による種々の特性値の妥当性の検討を行っている。実測値と風洞実験値は、既往の文献と比較的良好一致を示しており、風洞実験値を検証用データとして用いる有効性に関して検討している。

第7章では、新しいモデルの提案とその精度検証を行っている。新しく提案する乱流モデルの解説を行い、風洞実験との比較を行っており、その結果から新しいモデルの有効性・適用可能性に関して検討している。全体的に改善がみられるが問題点も残しており、その解説を行っている。

第8章では、本論文の総括を示し、今後の研究課題を示している。

以上を要約するに、本論文は精緻な風洞実験結果を検証データとし様々な温度成層下で利用可能かつ簡便で汎用性のある新しい乱流モデルを初めて提案し、その有用性・適用可能性を示している。これは大気環境問題を解決する上で必要な大気境界層の特性の把握とそれを簡易に予測するための基本となるものである。本研究は、大気環境問題の対策上、長く求められながら、温度成層を用いた風洞実験による同時計測が非常に困難であったため、その検証用データを基にした様々な温度成層下で利用可能かつ簡便で汎用性のある新しい乱流モデルを初めて提案するもので、建築環境工学の発展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。