

Title	熱流動を伴う環境制御のための数値解析の応用研究
Author(s)	古藤, 悟
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	https://doi.org/10.11501/3086293
DOI	10.11501/3086293
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名	古 藤 悟
博士の専攻分野 の 名 称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 9 9 5 1 号
学位授与年月日	平成 3 年 11 月 29 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 2 項該当
学 位 論 文 名	熱流動を伴う環境制御のための数値解析の応用研究
論文審査委員	(主査) 教 授 高城 敏美 (副査) 教 授 水谷 幸夫 教 授 三宅 裕

博 士 論 文 の 要 旨

本論文は熱流動を伴う環境制御のための数値解析の応用研究に関する成果をまとめたものであり、9章から構成した。

第1章は緒言で、本論文の背景ならびに関連する従来の研究について概説し、本論文の目的と意義を述べた。

第2章では、本論文において用いた基礎方程式である質量、運動量、エネルギー及び成分の保存式、微粒子の挙動に関する支配方程式、及び乱流モデルについて記述した。

第3章では、基礎方程式の数値解析法、即ち空間・時間差分スキーム及び解法について記述した。特に、三次元傾斜流れにおいて精度の良い三次元傾斜風上差分スキーム (SUDS-3D) 及び重み付き三次元傾斜風上差分スキーム (SUWDS-3D) を提案した。これらの差分スキームの偽拡散抑制効果を数値実験により検証すると共に、他の差分スキームに対する優位性を示した。

第4章では、外気遮断のためのエアカーテンの熱・気流解析と外気遮断性能の評価について述べた。二次元境界層流と仮定し、静圧分布モデル、棚効果モデル及び背面下降流モデルを導入した数値計算によりエアカーテン挙動の予測法を確立し、模型実験により精度の検証を行った。またエアカーテンの外気遮断性能の評価法を提案し、模型実験により評価法の妥当性を検証した。更に、エアカーテンの設計パラメータの最適構成を提示した。

第5章では、空調室内機による吹出し気流と室内温度分布の解析を行った。まず室内機の吹出し口境界に対して最適モデルを提案し、新しいスキーム (SUDS-3D) を用いて解析し、測定結果と比較して解析精度の検証を行った。更に空調システムにおいて吹出し口での温度、速度、吹出し方向、吸込み口位置等のパラメータが室内温度均一性に及ぼす影響を検討し、室内温度均一化に対する有効策を

示した。

第6章では、高層ビル間の各階ベランダに設置された空調室外機の吸排気短絡に及ぼすビル風の影響を解析した。吸排気短絡の危険性の高い風向・風速条件を選定し、ビル風と室外機吸排気温度の関連性を解析した。その結果、最適設置構造を採用すれば、ビル風によって吸排気短絡は回避できることを示した。更に、実測を行って解析結果と比較し、実際の吸込み温度は地上風の風向・風速変動の影響を受け、異なる風向・風速条件での解析結果の重ね合わせの範囲に分布することを示した。

第7章では、自動車道路トンネル内火災時における気流と煙の流動を解析した。まず、模型トンネルを用いた換気流加熱実験により本数値解析法の予測精度を検証した。次に、火皿火災モデルを導入し、火災時の煙流動を解析した結果、煙の流動は火災源の発熱量により層状流動と一様拡散的流動の二つに分類できることを示した。更に、実用的な簡易解析モデルの予測精度について検討し、層状流動を予測するには断面内二次流れを考慮できる三次元長方形断面モデルが必要であることを示した。

第8章では、湿式半導体洗浄プロセスにおけるウエハカセット内の微粒子挙動や槽内の薬液流動を解析した。即ちブラウン運動や静電気力等の外力を考慮した微粒子の拡散方程式を、液の熱流動数値解析と連立させて解き、ウエハへの微粒子沈着量分布を予測し、微粒子がウエハ端部分程多く付着すること、微粒子径が小さい程微粒子付着量が多いこと等を示した。更に処理槽全体系内で発生した微粒子が系外へ排出される状況を明らかにし、洗浄液の注入方法と槽全体の洗浄特性の関係を調べた。その結果、数種の洗浄液注入方法を処理経過時間によって使い分けることで高い洗浄特性が得られることを明らかにした。

第9章では、本論文で得られた結果を総括した。

論文審査の結果の要旨

本論文は、熱流動を伴う環境制御対象に生じる現象の解明とそれに基づく最適化の方策を数値解析の手法を用いて明確にする研究をまとめたもので、主として次のような成果をあげている。

- (1) 三次元傾斜流れにおいても精度のよい三次元傾斜風上差分スキームおよび重み付き三次元傾斜風上差分スキームを提案し、これらの差分スキームによる偽拡散抑制効果を明かにし、他の差分スキームより優れていることを検証している。
- (2) エアーカーテンの熱・気流解析を行い、外気遮断性能評価手法を提案し、模型実験と比較することによりその妥当性を検証している。また、エアーカーテンの設計パラメータの最適構成を提示している。
- (3) 空調室内機による吹き出し気流と室内温度分布の解析を行い、測定結果と比較して解析精度の検証を行っている。さらに、空調システムにおいて吹き出し口でのパラメータが室内温度均一性に及ぼす影響を明かにし、室内温度均一化に対する有効策を示している。
- (4) 高層ビル間に設置される空調室外機の吸排気短絡に及ぼすビル風の影響を解析し、ビル風と室外

機吸排気温度の関連性を明かにしている。また、最適設置構造を採用すれば、ビル風によって吸排気短絡は回避できることを示している。さらに、実地測定と比較し、解析の有効性を示している。

- (5) 道路トンネル内火災時における熱・気流および煙の流動を解析し、火災源の発熱量により層状流動と一様拡散的流動に分類できることを示している。また、モデル実験により予測精度を検証している。
- (6) ブラウン運動や静電気力等の外力を考慮した微粒子の拡散方程式を、流動解析と連立させて解き、半導体洗浄プロセスにおける微粒子の挙動およびウエハへの微粒子の沈着量を予測し、その特性を明確にしている。また、微粒子が系外へ排出される状況を明らかにし、高い洗浄特性が得られる流動様式を提示している。

以上のように、本論文は数値解析のための精度の高い差分スキームを確立するとともに、数値解析の手法によって熱流動を伴う環境制御に関するいくつかの重要な問題における現象の解明と最適化の方策を明らかにしたもので、熱流動の数値解析および環境制御の発展に寄与するところが大きい。よって本論文は博士論文として価値あるものと認める。