



|              |                                                                                                                                                 |
|--------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Title        | 航空機内空調における吹出し条件の最適化手法の研究                                                                                                                        |
| Author(s)    | 齋藤, 英文                                                                                                                                          |
| Citation     | 大阪大学, 2012, 博士論文                                                                                                                                |
| Version Type |                                                                                                                                                 |
| URL          | <a href="https://hdl.handle.net/11094/59166">https://hdl.handle.net/11094/59166</a>                                                             |
| rights       |                                                                                                                                                 |
| Note         | 著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、<a href="https://www.library.osaka-u.ac.jp/thesis/#closed">大阪大学の博士論文について</a>をご参照ください。 |

*The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA*

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

The University of Osaka

【111】

|               |                                                        |
|---------------|--------------------------------------------------------|
| 氏 名           | さいとう ひでみ<br>齋 藤 英 文                                    |
| 博士の専攻分野の名称    | 博 士（工学）                                                |
| 学 位 記 番 号     | 第 2 5 5 0 2 号                                          |
| 学 位 授 与 年 月 日 | 平 成 24 年 3 月 22 日                                      |
| 学 位 授 与 の 要 件 | 学位規則第4条第1項該当<br>工学研究科機械工学専攻                            |
| 学 位 論 文 名     | 航空機内空調における吹出し条件の最適化手法の研究                               |
| 論 文 審 査 委 員   | (主査)<br>教 授 梶 島 岳 夫<br>(副査)<br>教 授 久 保 司 郎 教 授 山 中 俊 夫 |

## 論 文 内 容 の 要 旨

旅客機の空気調和システムは、地上で使われる室内空調設備とは異なり、搭乗者の安全のために与圧と換気に対してそれぞれ厳格な規定が設けられている。現在、フライトで消費される全エネルギーの2～3%をその客室内空調のために要している。また、高齢者や心肺疾患者へのきめ細かい対応など、個別空調に対する需要が高まっている。以上の背景から、エネルギー消費量を低減しつつ、それぞれの乗客の状況に応じた的確な空調システムの開発が重要な課題となっている。

本研究は、旅客機内の個別空調システムの設計に寄与する基盤技術、すなわち客室内の熱および物質移動を考慮した気流解析、乗客に供給される空気の質に対応する流れ場の指

標の探索、および特定の客席の空気質を向上するための個別供給位置の最適化について、数値シミュレーションを適用した結果をとりまとめたものである。本論文は以下の5章から構成されている。

第1章では、研究の背景と目的を述べ、空気の個別供給口を設定するための最適解を求めることを想定し、熱および物質移動を伴う流れ場における最適化問題に適用される既往の解法を調べ、その解法を航空機の機内空間での評価に適用する場合の課題となる点を明示した。

第2章では、複数の客席を含む複雑な境界形状の場に適用可能で、さらに乗客の呼吸や自然対流も考慮できる非定常乱流場の解析に供するため、Large Eddy Simulation (LES) および埋め込み境界法 (Immersed Boundary Method) を組み合わせた手法を提案し、個々の乗客の呼吸に影響する流れと空気質の算出が可能であることを示した。

第3章では、気流設計に用いるため、個々の乗客の吸気酸素濃度を空気質の評価指標として、1回の呼吸量に相当する体積を検査空間とし、空気質と最も相関の高い流れ場の指標として速度の二次元変動強度を見出すとともに、空気質が低下する場合に生じる大規模な旋回流の特徴を明らかにした。

第4章では、上述の埋め込み境界法を応用した仮想ノズルを設置し、空気質が良好になる吹き出しの位置と流速を探索する方法を提案し、簡易モデルにて手法の有効性を確認の上、客室内流れ場にて個別供給口の解を得て、その効果を論じた。

第5章では、以上の結果を総括した。

本研究の成果は、複雑な境界形状を有し、かつ機器設置の制約が大きい旅客機内の空気質を対象とし、熱および物質移動を伴う非定常乱流場の数値シミュレーションを援用した最適化手法の構築に関する初めての試みであり、多数の人の動員や酸素濃度の測定を介さずに高効率かつ多機能な空気調和システムの設計に寄与するものである。

## 論文審査の結果の要旨

旅客機の空気調和システムは、地上で使われる室内空調設備とは異なり、搭乗者の安全のために与圧と換気に対してそれぞれ厳格な規定が設けられている。現在、フライトで消費される全エネルギーの2～3%をその客室内空調のために要している。また、高齢者や心肺疾患患者へのきめ細かい対応など、個別空調に対する需要が高まっている。以上の背景から、エネルギー消費量を低減しつつ、それぞれの乗客の状況に応じた的確な空調システムの開発が重要な課題となっている。

本論文は、旅客機内の個別空調システムの設計に寄与する基盤技術、すなわち客室内の熱および物質移動を考慮した気流解析、乗客に供給される空気の質に対応する流れ場の指標の探索、および特定の客席の空気質を向上するための個別供給位置の最適化について、数値シミュレーションを適用した研究結果をとりまとめたものである。本論文の成果は次のように要約できる。

1. 多数の客席を含む複雑な境界形状の場において、乗客の呼吸や自然対流も考慮すべき非定常乱流場の解析に供するため、Large Eddy Simulation (LES) および埋め込み境界法 (Immersed Boundary Method) を組み合わせ、個々の乗客の呼吸に影響する流れと空気質を解析する方法を構築している。
2. 気流設計に用いるため、1回の呼吸量に相当する体積を検査空間とし、空気質（個々の乗客の吸気酸素濃度）との相関が高い流れ場の指標として速度の二次元成分の時間平均強度を見出すとともに、空気質が低下場合に生じる大規模な旋回流の特徴を明らかにしている。
3. 埋め込み境界法を応用した仮想ノズルを設置し、空気質が良好になる吹き出しの位置と流速を探索する方法を提案し、簡易モデルを用いて手法の有効性を確認した上で、客室内の流れ場における個別供給の吹き出し設定の解を例証している。

以上のように、本研究は、複雑な境界形状を有し、かつ機器設置の制約が大きい旅客機内の空気質を対象とし、熱および物質移動を伴う非定常乱流場の数値シミュレーションを援用した最適化手法の構築に関する初めての試みであり、多数の人の動員や酸素濃度の測定を伴う大規模実験を介さずに高効率かつ多機能な空気調和システムの設計に寄与するものである。

よって、本論文は博士論文として価値あるものと認める。