

Title	連続的データ同化法を用いた室内環境の逆解析手法の開発に関する研究
Author(s)	松尾, 智仁
Citation	大阪大学, 2016, 博士論文
Version Type	VoR
URL	<a href="https://doi.org/10.18910/59614">https://doi.org/10.18910/59614</a>
rights	
Note	

*Osaka University Knowledge Archive : OUKA*

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

Osaka University

## 論文内容の要旨

氏名 ( 松尾 智仁 )

論文題名

連続的データ同化法を用いた室内環境の逆解析手法の開発に関する研究

## 論文内容の要旨

本論文では、室内環境を高精度に推定するため、測定によって得られた少数の観測データを数値シミュレーションに同化することで、観測データと数値シミュレーションによる計算値の間の差分を最小化するように数値シミュレーションに修正を加える手法である連続的データ同化法に修正を加え、室内環境の推定に適用した。また同手法の有効性を確認するために数値実験を行うとともに、流れ場と観測点位置の関係が推定精度に及ぼす影響について数値実験により評価した。加えて、連続的データ同化法の修正項に物理的意味を与えることができることを示し、これを反映した制約条件を課すことで同手法による推定精度が向上しうることを示した。

第1章では、室内環境を高精度かつ効率的に制御するためには室内環境をその空間的分布を含めて高精度に把握することが必要であるのに対し、現在の観測、数値シミュレーション手法ではそれができないことを指摘した。そして、この問題の解決のために観測データを用いて数値シミュレーションの計算値やモデルを修正するデータ同化法が利用しうることを指摘し、データ同化法に関する既往研究を概観、分類し、その長所、短所を比較することで、本研究の目的に合致する手法として連続的データ同化法を挙げた。

第2章では、連続的データ同化法の基本式を導出し、また同手法の適用アルゴリズムを示した。加えて、同手法の修正項が観測データと数値シミュレーションによる計算値の差分の原因に対応した物理的意味を持つことを示し、そのような物理的意味の考察によって連続的データ同化法の適用時に推定精度を高めるための制約条件を与えることができることを示した。

第3章では、連続的データ同化法の有効性の検証のため、室内空間を対象として、室内に汚染物質放出源が発生した場合に、少数の汚染物質濃度の観測データから室内の緯線物質濃度分布とその放出源の位置、強度を推定する数値実験を行った。また、流れ場と観測点配置を固定したまま放出源位置を変更して数値実験を行うことで、流れ場における観測点と放出源の位置関係が連続的データ同化法による推定精度に与える影響を評価した。その結果を踏まえて、発生した汚染物質が連続放出である場合に、観測点の位置を変更しながら2段階の推定を行うことで、より高精度に汚染物質濃度、放出源分布の推定ができることを確認する数値実験を行った。数値実験の結果、連続的データ同化法を適用することで少数の観測データから室内の濃度分布や放出源位置が推定可能であること、推定に用いる観測データは、流れ場において放出源と同一流線上風下にあることが望ましいこと、特に汚染物質放出が連続的に行われる場合、観測点は放出源と同一流線上の風下で、放出源に近い位置に置かれた場合に推定精度が向上することなどを確認した。

第4章では、観測データと数値シミュレーションによる計算値の間の差分の原因を踏まえて連続的データ同化法の修正項に物理的意味を与えることで、その物理的意味を反映した制約条件を作成し、この制約条件をデータ同化時に用いることで推定精度が向上することを確認した。また、3次元場を対象に同手法を適用することで、同手法が3次元場に対しても適用可能であることを確認した。

第5章では以上の内容を要約し、残された課題と今後の展望について述べた。

## 論文審査の結果の要旨及び担当者

氏 名 ( 松尾 智仁 )			
論文審査担当者	(職)	氏 名	
	主 査	教 授	近藤 明
	副 査	教 授	下田 吉之
	副 査	教 授	矢吹 信喜

## 論文審査の結果の要旨

本論文では、室内環境を高精度に推定するため、測定によって得られた少数の観測データを数値シミュレーションに同化することで、観測データと数値シミュレーションによる計算値の間の差分を最小化するように数値シミュレーションに修正を加える手法である連続的データ同化法に修正を加え、室内環境の推定に適用している。また同手法の有効性を確認するために数値実験を行うとともに、流れ場と観測点位置の関係が推定精度に及ぼす影響について数値実験により評価している。加えて、連続的データ同化法の修正項に物理的意味を与えることができることを示し、これを反映した制約条件を課すことで同手法による推定精度が向上しうること示している。

これらの成果を要約すると以下のようになる。

(1)連続的データ同化法の基本式を導出し、また同手法の適用アルゴリズムを示し、加えて、同手法の修正項が観測データと数値シミュレーションによる計算値の差分の原因に対応した物理的意味を持つことを示し、そのような物理的意味の考察によって連続的データ同化法の適用時に推定精度を高めるための制約条件を与えることができることを明らかにしている。

(2)連続的データ同化法の有効性の検証のため、室内空間を対象として、室内に汚染物質放出源が発生した場合に、少数の汚染物質濃度の観測データから室内の緯線物質濃度分布とその放出源の位置、強度を推定する数値実験を実施し、また、流れ場と観測点配置を固定したまま放出源位置を変更して数値実験を行うことで、流れ場における観測点と放出源の位置関係が連続的データ同化法による推定精度に与える影響を明らかにしている。その結果を踏まえて、発生した汚染物質が連続放出である場合に、観測点の位置を変更しながら2段階の推定を行うことで、より高精度に汚染物質濃度、放出源分布の推定ができることを確認する数値実験を実施し、連続的データ同化法を適用することで少数の観測データから室内の濃度分布や放出源位置が推定可能であること、推定に用いる観測データは、流れ場において放出源と同一流線上風下にあることが望ましいこと、特に汚染物質放出が連続的に行われる場合、観測点は放出源と同一流線上の風下で、放出源に近い位置に置かれた場合に推定精度が向上することなどを明らかにしている。

(3)観測データと数値シミュレーションによる計算値の間の差分の原因を踏まえて連続的データ同化法の修正項に物理的意味を与えることで、その物理的意味を反映した制約条件を作成し、この制約条件をデータ同化時に用いることで推定精度が向上することを明らかにし、3次元場を対象に同手法を適用することで、同手法が3次元場に対しても適用可能であることも明らかにしている。

以上のように、本論文は環境・エネルギー工学、特に室内環境分野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。