

# 3次元可視化システムと WSN を用いた視覚的評価手法の提案

柴田 瞬<sup>†</sup> 丸島 晃明<sup>†</sup> 峰野 博史<sup>††</sup>

<sup>†</sup> 静岡大学情報学部 <sup>††</sup> 静岡大学大学院情報学研究科

## 1. はじめに

これまで、空調設備の性能は流体シミュレーション等を用いて評価することが主流であった。一方で、WSN (Wireless Sensor Network: 無線センサネットワーク) の普及によって、住環境内の温度や湿度等を簡単に収集可能となった。住環境に設置されている WSN を用いることで、空調設備の性能を従来のシミュレーション基準の評価ではなく、実環境で評価することが可能となった。

本研究では、温湿度センサを搭載した無線センサノードを用いて、部屋内の温湿度変化状況を可視化できる3次元可視化システムを用いた視覚的評価手法を提案する。提案手法を用いて性能評価を行うことで、住居ごとに特化した機器の開発や設定が可能となる。

## 2. 関連研究

空調設備が発する気流をシミュレーションで可視化する試みが行われている[1]。空調設備の評価実験に多大な時間と労力を要する省エネルギー住宅では、シミュレーションによる検証は有効な手法であり、多くの研究が行われている。しかし、数値シミュレーションはコストや時間的制約を無視できる一方で、実環境との誤差が存在する。そのため、実環境での評価環境の構築が困難な場合はシミュレーションを用いた可視化は有効な手法であるが、実環境の構築が可能な場合、実環境での評価が適切であると考えられる。実環境であれば、WSN を用いて温湿度データを収集できるため、収集データを3次的に可視化することで実環境に近い可視化環境を容易に構築できる。

## 3. 3次元可視化システムの提案

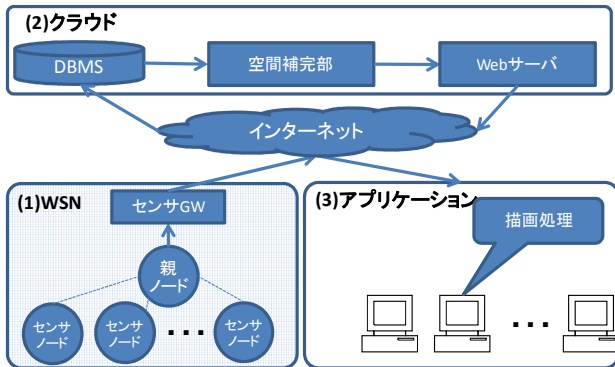


図1 システムアーキテクチャ

本研究では、空調設備の性能や効果を実環境で手軽に評価するため、WSN を用いて温湿度を収集し、温湿度分布を可視化する3次元可視化システムを提案する。図1に3次元可視化システムのシステムアーキテクチャを示す。本システムは温湿度のセンシングを行う(1)WSN 部とクラウド上でセンサデータを蓄積し DBMS とセンサノード間のデータを補完する処理を行う(2)ク

ラウド部、クライアント上で3次元モデルを描画する(3)アプリケーション部から構成される。

(1)WSN 部は、3次元空間の可視化に必要な住環境データを取得する。無線通信を用いることで、センサノードを任意の位置に高密度で設置できるため、より実環境に近い可視化環境を容易に構築可能である。また WSN の構築には、アクセスポイントを必要としないアドホックネットワークを採用することで、敷設作業の軽減も可能となる[2]。

(2)クラウド部は、WSN で収集したデータを用いて空間パターンをモデル化することで計測点以外の値を推定する。空間補間をすることで、物理的コストや空間的制約等から十分な量のセンサを設置できない場合でも、有効な可視化を実現する。補間方法には、IDW (Inverse Distance Weighted: 逆距離加重法)、クリギング (Kriging)、スプライン (Spline) 等がある[3]。中でも、IDW は局所パターンの複雑性を保存し、実空間に近い空間パターンをマッピングできるため、提案システムでは IDW を採用した。

(3)アプリケーション部は、補間処理後の各ノードを格子点とみなした格子空間を描画し、各単位格子をデータに基づいて着色することで温湿度分布を直感的に把握可能な3次元可視化空間をユーザに提供する。また、各単位格子に透過処理をすることで、奥行きの状態も把握可能にした。

## 4. プロトタイプの実装

温湿度センサ3個と親ノード1個を有線接続したものを18個(縦3個、横6個)天井から吊り下げた WSN を構築した。各センサノードは、収集した温湿度データを I<sup>2</sup>C 方式による有線通信で親ノードへ送信し、各親ノードは、受信データを 2.4GHz 帯 IEEE802.15.4 方式による無線通信で研究室の中央に設置されたセンサ GW へ送信する。

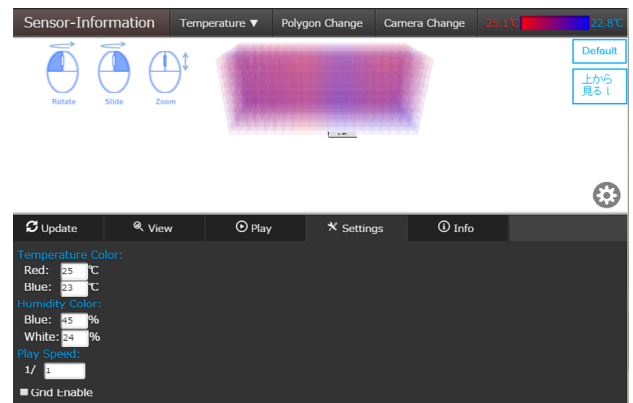


図2 インタフェース

図2に実装したプロトタイプのインタフェースを示す。インタフェースは、画面上部と下部にある設定部分、画面中央部に存在する可視化部分から構成される。画面中央部には WSN のデータを補完することで生成された住環境3次元可視化モデルが描写されている。3次元可視化モデルはユーザが直感的に住環境を把握しやすいように住環境の場所毎に環境データが色分けされている。例えば温度を用いて生成した3次元モデルの場合、温度が高い場所ほど赤く、低い場所ほど青く描写されている。画面上部と下部設定部分に存在する設定部分には、Polygon Change, Play, Setting がある。各設定項目に値を入力すること

### Proposal to visual estimation method using 3D visualization system and WSN

Shun Shibata<sup>†</sup>, Koumei Marushima<sup>†</sup>, Hiroshi Mineno<sup>††</sup>

<sup>†</sup> Faculty of Informatics, Shizuoka University

<sup>††</sup> Graduate school of Informatics, Shizuoka University

で、任意の 3 次元モデルを生成することが可能である。例えば Play を実行することで、時間経過による住環境の温湿度分布の推移を動画で再生することが可能となる。本機能により、住環境の地域や立地条件から発生する固有の温湿度分布の推移を把握することが可能となる。

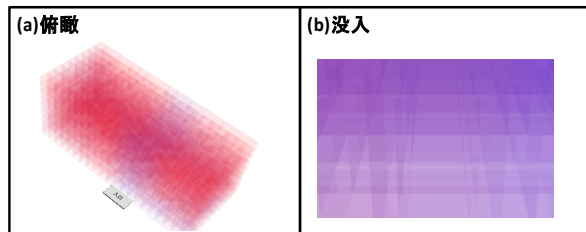


図 3 可視化モデル例

図 3 に生成した 3 次元モデルの利用例を示す。3 次元可視化モデルは住環境全体の温湿度分布を俯瞰的に分析したり(図 3(a)), 局所的な温湿度分布を分析したりすることが可能である(図 3(b))。本機能を用いることで、住環境の環境変化を多角的に把握することが可能となり、空調機器の性能をより詳細に評価できる。

## 5. 視覚的評価

### 5.1 概要

実装したプロトタイプを用いて住環境の温湿度分布を可視化可能であるかどうかを評価した。図 4 に実験に利用した機器の設置図を示す。峰野研究室(縦 5450mm×横 13800mm×2600mm)で噴霧器と扇風機を稼働させた時の温湿度と風向と風速を収集し、収集した風向風速データを用いて、温湿度の可視化モデルを評価することで、可視化結果が実空間の温湿度分布を再現出来ているかどうかを確認する。

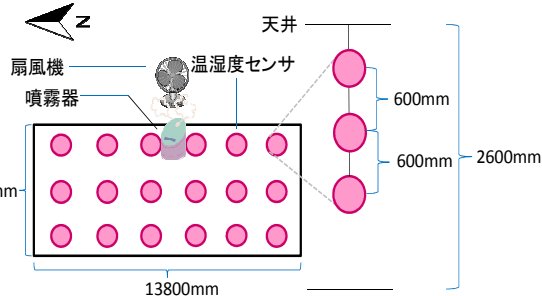


図 4 実験機器設置図

表 1 に実験環境の各種設定項目を示す。実験では、噴霧器を 40 分間(2014 年 11 月 14 日 21 時 50 分～22 時 30 分)稼働させ、WSN を用いて稼働時間内の温湿度データを収集し、風向風速計を用いて各センサノード付近の風向と風速を 1 分間周期で計測した。また、室内に扇風機を用いて人工的に風を発生させた。人工的に発生させた気流による温湿度の遷移が正しく可視化できているかどうかを確認することで、本提案システムの性能を評価することができる。

表 1 実験環境

室内面積(m <sup>2</sup> )	75.2
室内容積(m <sup>3</sup> )	195.5
換気回数(人の出入り)	0
噴霧時間(分)	40
扇風機の ON/OFF	ON

### 5.2 実験結果

図 5 に実験開始から 5 分毎の可視化モデルの上面図を示す。図 5 (a) が温度データ、図 5 (b) が湿度データであり、各図は上から順に時系列に並んでいる。また、図 5 のセンサノード部

分に、風向風速計から得られた風向と風速を細い矢印で示し、ノード毎の風向風速データを基に推測した研究室内の気流を太い矢印で示した。

噴霧器で噴霧された水蒸気は気流に沿って拡散すると予想されるため、気流が発生している場所では温度は低く、湿度は高くなる。図 5 の場合、円内 2 箇所で気流の発生が確認できるため、円付近の温度は他の場所に比べて低く、湿度は高くなると考えられる。

実験の結果、円付近の温度が常に他の場所よりも低い値で推移しており、湿度が常に他の場所よりも高いことを示している。この結果は風向風速データを基にした温湿度分布と等しいため、本システムは実環境に近い温湿度分布を示すことが確認できた。

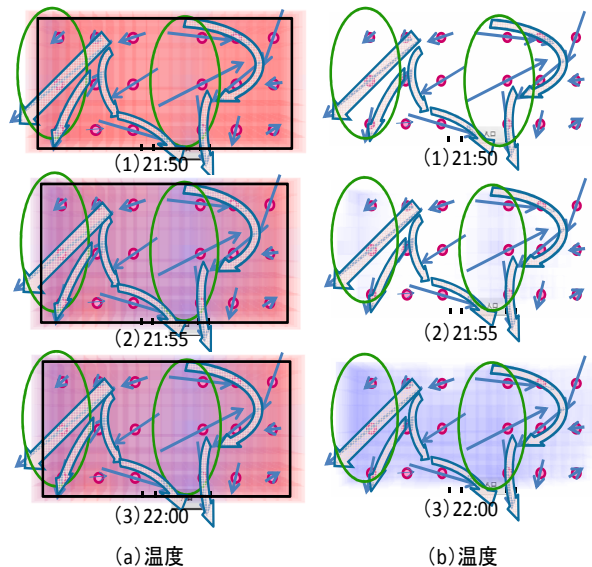


図 5 温湿度分布の推移

## 6. おわりに

本研究では、流体シミュレーションを用いて評価されている空調設備の性能や効果を手軽にかつ適切に評価するため、3 次元可視化システムと WSN を用いた実環境での性能評価手法を提案し、プロトタイプの実装と検証実験を行った。実験の結果、本システムの 3 次元モデルは実環境の温湿度分布を正しく可視化できていることが確認できた。また、温湿度を可視化することで、研究室内に湿度が上昇しやすい場所や温度が上昇しやすい場所が存在することが視認できたため、本システムはスマートハウスで用いられている断熱、屋内空気循環、通風等の性能を評価することも可能であると考えられる。

今後は、本提案手法の有効性を確認するため、3 次元モデルの視認性に対するアンケート調査を行い、スマートハウス等における本システムの有用性を示す実験を行う予定である。また、より実環境に近い可視化モデルの構築のため、空間補間処理に平滑化アルゴリズムであるスプライン法の適用を検討中である。

## 参考文献

- [1] 山本泰寛, 野村太郎, "IBM プロフェッショナル論文 気流・温度シミュレーションを活用した住宅省エネ機能の可視化," Provision, vol. 71, pp. 87-92. (2011).
- [2] 末永俊一郎, "無線センサネットワークの適用可能性と課題," Unisys Technology Review, vol. 95, pp. 451-460. (2008).
- [3] Isaaks, E.H. and Srivastava, R. M, "An introduction to applied geostatistics," Oxford University Press (1989).