

# マシンルーム内空間温度情報可視化のための 自律移動型ロボットの開発

鈴木朔矢<sup>†1</sup> 千川尚人<sup>†1</sup> 日里友幸<sup>†2</sup> 西辻崇<sup>†3</sup> 伊藤智義<sup>†4</sup>

国立高等専門学校機構 小山工業高等専門学校<sup>†</sup> ケーブルテレビ株式会社<sup>†2</sup> 東京都立大学<sup>†3</sup>  
千葉大学<sup>†4</sup>

## 1. はじめに

マシンルーム内において特定箇所を設置された温度センサだけでは発見が難しい局所的な機器の温度異常が発生する場合がある。しかし、この温度異常を対処するためにマシンルーム全体を冷やすと、その空調にかかる消費電力効率が悪化する点が課題である。このような温度異常は一部の空間に熱が滞留する「熱だまり」の発生が疑われるが、この発生箇所が可視化できれば空調設計の見直しが可能である。そこで本研究では温度センサの常設が難しい通路も含めた空間温度の可視化する、三次元空間の温度を測定する移動型ロボットの開発を行う。

## 2. マシンルーム内の熱だまりと空間温度測定

本研究において、「熱だまり」は何らかの理由で局所的に熱が滞留する現象と定義する。この発生原因は外気温、冷房のエアフロー設計、ラックのレイアウト、機器の種類や密集度など様々な要因が考えられるが、現状の一般的なマシンルーム設備ではこれを可視化することが難しい。なぜならば、一般的なマシンルームではいくつかのポイントに固定の室温計測用のセンサを敷設している[1]が、通常その数は限られているため、大まかな温度情報しか得られないためである。ただし、サーバやネットワークアプライアンスの温度異常は個々の機器が備える温度センサで検出できるため、室温は補助的な役回りでしかないため、例えばラック単位のような細かさで室温を計測する必要性はない。仮に一部の機器に高い温度異常が発生しても、それが故障でない限りは冷却を強化することで運用上問題はない。

しかし、空調電力の省エネルギー化を目的としたとき、一部の冷却を面全体で行うことは非常に非効率であるため、問題のポイントである熱だまりの発見が不可欠である。そのためにはラック単位の空間温度分布情報が必要になるが、機器内の温度センサだけでは情報量が不足している。なぜならば機器の温度は周辺の室温だけでなく、機器の動作状況や固有の故障有無にも依存するため、冷却設計の問題と機器の異常と切り分けが難しいためである。固定センサを設置することで詳細な室温情報を取得する、例えばラックの設置場所やラッキングの高さ位置ごとに敷設するアプローチも考えられる。しかし、熱だまりは一度適切な冷却設計に修正できれば基本的に再発はしないと考えられるため、このために常設のセンサをマシンルーム全面に敷設することは負担が大きい。更に、固定のセンサは通路のような自由空間に設置ができないため、取得できる空間温度の情報が限られてしまう課題がある。

このようなマシンルームの自由空間の温度を測定するために大島らはセンサ搭載型移動ロボットを提案している[2]。このロボットはマシンルーム内の移動に適した小型移動ロボットの上部にセンサを搭載し、これを移動させることで3次元空間の温度情報を取得している。しかし、1つの温度センサを垂直方向に移動しながら測定するため、過渡的な温度変化が無くなるまで測定を続ける必要があり、計測効率が非常に悪い点が課題である。更に、走行手段が手動操作であったため、その自動化も課題である。

## 3. 提案システムと測定手法

### 3.1. 提案システム

先行研究の課題であった温度測定効率と自動化の課題を解決するために、新たな垂直方向に複数のセンサを実装し、更に自律移動を可能とするロボット温度測定システムを提案する。図1は開発したロボットシステムの全景であり、示しているように下部に移動機構、上部に5個の温度センサ機能を配備しており、垂直方向の測定効率化を図っている。また、ロボット下部前方

Development of an Autonomous Mobile Measuring Robot for Visualization of Space Temperature Information in a Machine Room

<sup>†1</sup> Sakuya SUZUKI, Naoto HOSHIKAWA,

<sup>†2</sup> Tomoyuki NISSATO,

<sup>†3</sup> Takashi NISHITSUJI,

<sup>†4</sup> Tomoyoshi ITO

<sup>†</sup> National Institute of Technology, Oyama College

<sup>†2</sup> CableTV Co.,LTD

<sup>†3</sup> Tokyo Metropolitan University <sup>†4</sup> Chiba University

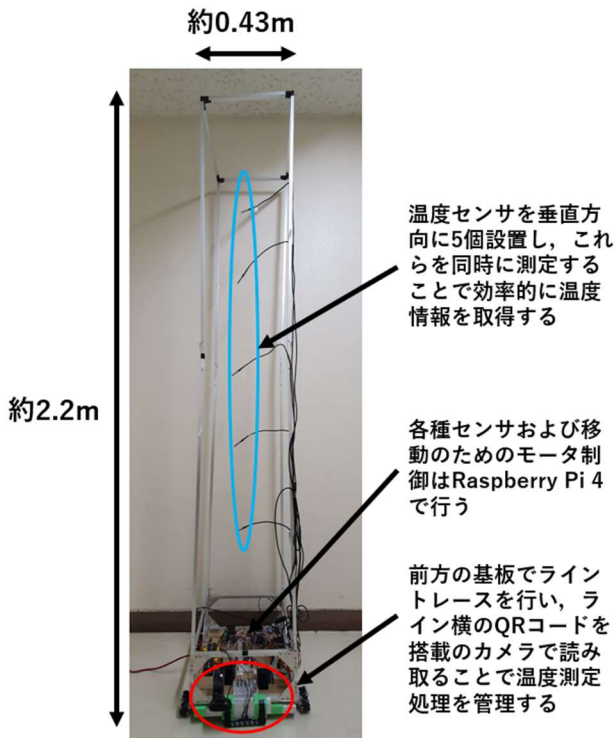


図1 測定ロボットシステム

にライントレース用センサと QR コード読み取り用のカメラを取り付け、これら2つを用いて自律移動および温度測定処理の管理を行う (図2)。

### 3.2. 測定手法

ライントレース用のラインの横へサーバラックごとに一定の間隔で座標を示した QR コードのマーカーを設置する。ロボットはライントレース中に搭載しているカメラでマーカーを読み取ると温度測定を行い、マーカーの座標とセンサの高さから3次元の座標を構成し空間温度分布図を作成する。

### 4. 空間環境測定の機能確認

空間温度分布の測定を表1の環境で行った。温度センサの過渡特性を考慮し、測定点に移動した後30秒待機してから測定する。図3に空間温度分布の測定結果を示す。実験の結果より、本研究のロボットでは、ライントレースによる自律移動に加えて垂直方向に複数設置したセンサによって先行研究のロボット[2]と比べて約5倍程度高速に測定することができ、また縦方向の測定範囲も広げることができたため、より高速かつ正確に空間温度分布が得られるようになった。

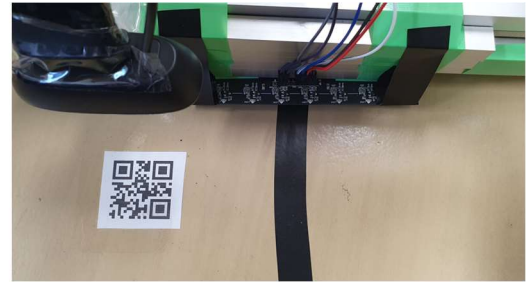


図2 ライントレース部分

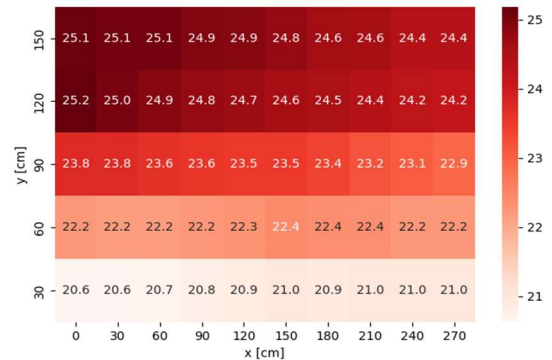


図3 温度分布の測定結果

表1 測定条件

実験環境	暖房の効いた室内(25°C)
温度センサ	DS18B20 x 5 個
測定領域	0.5 x 3.0 x 1.8 [m]
測定点数	50
測定待機時間	30 [s]

### 5. 結論

本研究で実装した計測システムは温度の3次元空間分布に関しては正しく計測できることが確認できた。今後は実地での計測データをもとに空調の改良点を明確にし、消費電力の省力化の改善を行っていく。

### 謝辞

本研究は矢崎財団 (Yazaki Memorial Foundation for Science and Technology) の支援を受けて進められた。

### 文献

- [1] クリスチャン・コーワン, “データセンタにおける物理的脅威の監視手法”, APC White Paper #102 p.14
- [2] 大島 達也, “データセンタでの空間温度分布の測定とエアフローの評価”, 小山工業高等専門学校 電気電子創造工学科 令和2年度 卒業論文