

# センサネットワークを用いた学内暑熱環境の観測

## Observation of Thermal Environment in Campus Using Sensor Network

相川未弥

指導教員 吉田将司

サレジオ工業高等専門学校 機械電子工学科 情報通信工学研究室

熱中症対策として学校内の暑熱環境をモニタリングし、暑熱環境を評価した。暑熱環境の評価には気温と湿度から算出できる不快指数を用いた。実験の結果より、学校のような大きい建物では、方角や階、エアコンの使用の有無によって熱中症の危険性が大きく異なっており、場所ごとに適切な対応が必要であることが分かった。よって、学校内の暑熱環境の危険度を、数値を用いて可視化し、リアルタイムでモニタリングすることは有効であると考えられる。

キーワード：熱中症，不快指数，暑熱環境，センサネットワーク，学習環境

### 1. はじめに

近年、平均気温の上昇などが影響し、学校等の屋内において熱中症にかかる危険性が高まっている。教育現場における熱中症対策は、教育監督者や児童・生徒の主観的判断によるものが多く、指導には限界がある。また、屋外で発生する熱中症は予防意識向上や注意喚起により年々減少傾向にあるが、屋内の熱中症は毎年増加している[1]。屋内の熱中症を未然に防ぐためには、暑熱環境の危険度を把握し、場所ごとに適切な対応を取る必要がある。

本研究室では、平成26年より、学校内にセンサネットワークを構築して学習環境の調査を行ってきた。その結果簡易的なシステムで十分な精度の温度・湿度が観測できることが確認された[2]。また、温度と湿度のみから算出できる不快指数がWBGT値と同じ傾向を示していることも確認された。今年度はセンサネットワークの通信手段をXBeeから長距離通信が可能なLoRaモジュールに変更した。また、観測ができていなかった7月から9月中旬にかけての学校内の暑熱環境を調査した。

### 2. 不快指数

不快指数は、人間が生活するうえで不快に感じるような体感を数値で表した指標である[3]。WBGT値と異なり不快指数は気温と湿度のみから算出可能である。不快指数を算出する式を(1)に示す。ただし、Tを気温、RHを湿度とする。

$$\text{不快指数} = 0.81 \times T + 0.01 \times RH \times (0.99 \times T - 14.3) + 46.3 \quad (1)$$

体感は風速等の条件によっても変わってくるため、必ずしも一致しない[4]ことがあるが、本実験は殆どの観測場所が屋内であり、無風状態のため有効だと考えられる。よって、本研究では不快指数を用いて暑熱環境の評価を行う。

### 3. 観測実験

#### 3.1. 実験概要

暑熱環境がどの様になっているかを把握するために、学校内の温湿度環境や空調管理状態を調査した。観測用センサノード(以下、ノード)を学校内の6か所に設置し、気温と湿度を観測した。暑熱環境を「気象」、「場所」、「エアコンの使用の有無」の観点から考察するために、観測場所を追加する等観測条件を適宜変更しながら実施した。また、得られた観測データより不快指数を算出した。ノードにはBME280が搭載されている温湿度気圧センサ(以下、センサ)を使用して、気温と湿度の観測を行った。図1はノードの設置場所を示す。基地局は3階303である。LoRaを使用してスター型センサネットワークを構築した。また、ノードから送信される観測データはターミナルソフトであるTera Termで保存した。



図1 ノードの設置場所

#### 3.2. 気象

気象が屋内の気温・湿度に与える影響及び、各気象における熱中症の危険度を比較した。図2は気象ごとの不快指数の変化を示す。観測は学校が休みの日に実施したため、エアコンの使用は無かった。また、比較には3階303に設置したノードより得られた観測データを用いた。晴れの日と曇りの日は日光による気温の上昇に伴って不快指数

も上昇した。気温が下がる夕方以降も不快指数は80以上と高く、体感は「暑くて汗が出る」のままだった。雨の日は、気温と湿度がどちらも高い朝方は不快指数が80以上と高く「暑くて汗が出る」環境であった。しかし、日が昇る6時以降は気温が大きく上昇せず、気温が最高になる14時以降は不快指数が減少した。以上より、日が出ている晴れの日だけではなく、曇りの日や雨の日であっても不快指数が高くなる時間帯があり、熱中症になる危険性が高いことが分かった。

### 3.3. 場所

次に、学校内のさまざまな所にノードを設置し、気温と湿度を観測した。図3は場所ごとの不快指数の変化を示す。屋内よりも気温の高い校庭や、エアコンの無い体育館、日が昇っている時間帯の北東に面した教室(303, 401)は、不快指数が80以上と高く、「暑くて汗が出る」環境であった。それに対し、321や図書館など、校舎の西側に位置する教室は、直射日光が当たらなかったため、エアコンを使用しなくても不快指数が80を大きく上回ることはなかった。以上のことから不快指数の上昇には日光が大きく関わっており、日光の当たりやすい北東、さらに建物の上の階にある教室が熱中症の危険性が高いと考えられる。

### 3.4. エアコンの使用の有無

最後に、エアコンの使用の有無が暑熱環境に与えている影響を調査した。図4は隣接した2つの教室(3階321, 3階320)の不快指数の変化を示す。エアコンを使用していた教室(321)は不快指数が75未満となり、「暑くない」環境であった。それに対しエアコンを使用していなかった教室(320)は不快指数が75以上と「やや暑い」環境であった。以上より、エアコンをつけると気温が5°C近く下がり、不快指数も7~8低下することから、エアコンの使用は熱中症対策に有効であると考えられる。

## 4.まとめ

観測により、学校のような大きい建物は方角や階、エアコンの使用の有無によって熱中症の危険性が大きく異なっており、場所ごとに適切な対応をすべきことが分かった。また、熱中症対策としてエアコンの使用が有効であることが確認された。

空調設備が整った環境下であっても熱中症になってしまうのは、エアコンの設定温度まで気温が下がらないことと、環境省が推進しているエアコンの設定温度が28°Cとやや高めであることが原因であると考えられる。「労働安全衛生法の事務所衛生基準規則」[5]で定められた範囲の室温が17°C~28°Cで、尚且つ最大省エネを図るにはエアコンの設定温度は28°Cが好ましいが、熱中症を防ぐた

めにも、暑いと感じる場合は我慢をせずエアコンの設定温度を下げるか、扇風機を活用して体感温度を下げるべきだと考えられる。さらに、エアコンを使用すると気温だけ下がり、湿度は相対湿度の関係で上昇してしまうため、不快指数が70未満の「快い」環境にするためにはエアコンを入れると同時に除湿をすることが必要であると考えられる。今後はさらに夏季だけでなく冬季も調査を継続して行い、学校内の学習環境を把握する予定である。

## 5. 参考文献

- [1]熱中症による救急搬送状況,総務省消防庁, 2018.
- [2]上川翼,吉田将司,”校内の暑熱環境を観測するためのセンサネットワークの構築”,第7回大学コンソーシアム八王子要旨集 p24,2015.
- [3]E.C. Thom. The Discomfort,1959.
- [4]予報用語,国土交通省 気象庁 HP.
- [5]事務所衛生基準規則,中央労働災害防止協会 安全衛生情報センターHP.

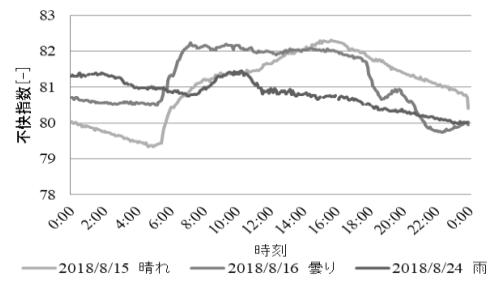


図2 気象ごとの不快指数

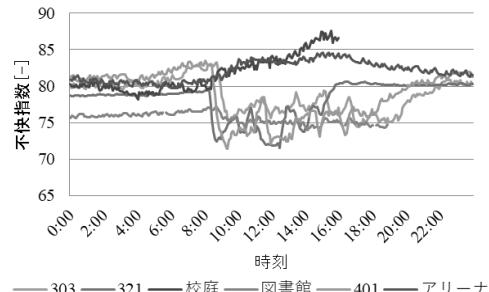


図3 設置場所ごとの不快指数

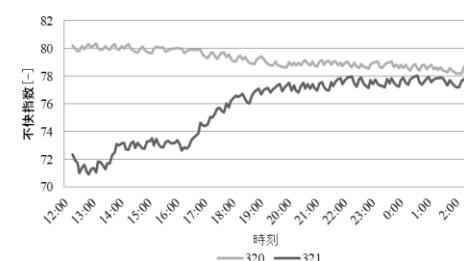


図4 教室内の不快指数