

学内暑熱環境の観測ネットワークの構築 The Measurement Network of a School Summer Heat Environs

吉田 将司[†] 上川 翼[†]
Masashi Yoshida Tsubasa Kamikawa

1. はじめに

近年、平均気温の上昇などの影響で学校等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、生徒及び教員の主観的判断が主になっている[1]。また、生徒の意識向上及び監督者の注意喚起により屋外における症例報告は年々減少傾向にあるため、屋内における症例が全体の 30% 近くを占めるようになった[2]。屋内における熱中症の対策として、簡易な装置で児童・生徒がいる教室などの暑熱環境をモニタリングすることができれば防止・対策等に有効であると考えられる。

本研究では児童・生徒の体調変化に影響を及ぼす要因として校内の暑熱環境の変化に着目し、教室における学習環境での温度・湿度・WBGT 値を測定した。また、校内のセンサネットワークシステムを構築するために校内の通信環境を調査した。

2. 観測対象と観測方法

2.1 熱中症とは

熱中症は気温の高い環境などで体温を調節する機能が狂い、体内の水分や塩分のバランスが崩れる等の要因でめまいや頭痛、痙攣、意識障害などの症状が起こることを示す。熱中症を引き起こす要因には環境・からだ・行動によるものがある。図 1 に熱中症の主な原因と症状を示す。

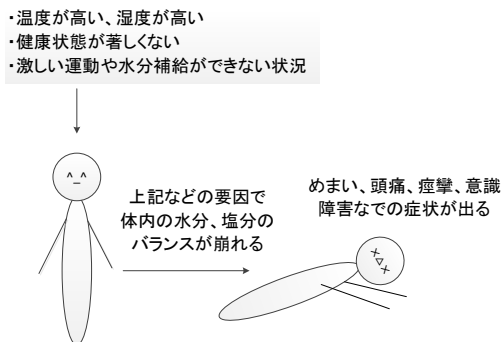


図 1 熱中症の主な原因と症状

2.2 熱中症暑さ指数 (WBGT)

WBGT (Wet Bulb Globe Temperature) 値は暑さ指数と呼ばれる指標である。WBGT 値を求める際は専用の機器を用いる必要があるが、大まかな値であれば乾球温度 (気温) と相対湿度から表で求めることもできる[3]。

本研究では観測値の基準として熱中症暑さ指数計を用いた。この測定器は温度・黒球温度・WBGT 値・湿度を測定することが出来る。指数計が使用している WBGT 値を求める近似式を(1)に示す。

$$\text{WBGT 値} = \text{黒球温度} \times 0.7 + \text{湿球温度} \times 0.3 \quad (1)$$

なお式中の黒球温度は、静穏環境であれば乾球温度で近似可能である。

2.3 ネットワークの構成

センサネットワークとはセンサ付きの無線端末を複数台設置し、それらを互いに通信させることで環境の観測、制御等を行うネットワークのことである。本研究では Digi International 社製 XBee-PRO 及び、Digi 社の独自プロトコルである Digi-Mesh Network を利用した。図 2 は Digi-Mesh Network の構成を示す。C (Coordinator) : 基地局、R(Router) : 中継機、E(End device) : センサノードとなっているが、この構成では Coordinator 以外のノードすべてが中継可能な Router として接続される為、1 機欠けても別のルートを探してネットワークを構築することが出来る。また、ルーティングを考慮する必要が無い為、ノードの変更・追加がしやすい。

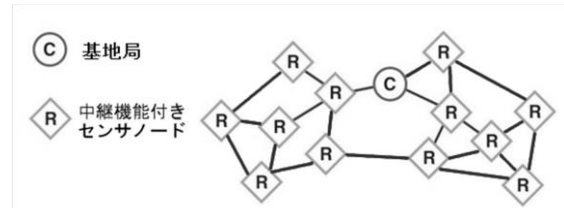


図 2 Digi-Mesh Network の構成

3. 学内暑熱環境の観測実験

3.1 観測モジュールの試作

図 3 は試作した観測モジュール (センサノード) の構成と外観を示す。温度センサは LM35、湿度センサは HIH-4030 を用いた。どちらも入力電圧に対して温度・湿度に比例した電圧を出力する。マイコンの A/D 変換器で測定した電圧を XBee-PRO で基地局に送信する。送信間隔はスリープ機能を用いて任意に設定できるが、今回は通信状態を確認しやすくするため 10 秒間隔とした。

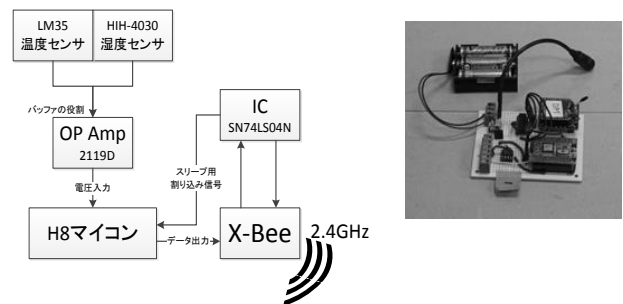


図 3 試作センサノードの構成と外観

3.2 熱中症暑さ指数計との比較結果

試作したセンサノードを用いて教室における温度・湿度の観測実験を行い、熱中症暑さ指数計と比較した。

実験1 式(1)で示したように、WBGT値を求める際に必要な黒球温度を観測するため、指数計で教室の温度を観測した。指数計で得られた温度を同時に出力される黒球温度と比較した。

実験2 センサノードで測定した温度・湿度と熱中症暑さ指数計の測定値を比較し、許容誤差内であるかを確認した。

図4は温度と黒球温度の時刻変動を示す。温度(実線)と黒球温度(破線)がほぼ重なっていることから、屋内においては式(1)が利用可能であることが確認できた。またセンサノードと指数計の温度・湿度を比較した結果、センサICの許容誤差範囲に収まり、センサノードのデータからWBGT値が計算可能であることがわかった。

図5はセンサノードの温度・湿度から早見表を用いたWBGT値と指数計の比較を示す。傾向は指数計と同じだが、バイアス成分があり、また値の変化幅が大きい。誤差は最大で3.0℃、平均で2.4℃生じており、指数計との差が大きくなった。図6はセンサで取得できない湿球温度を計算に

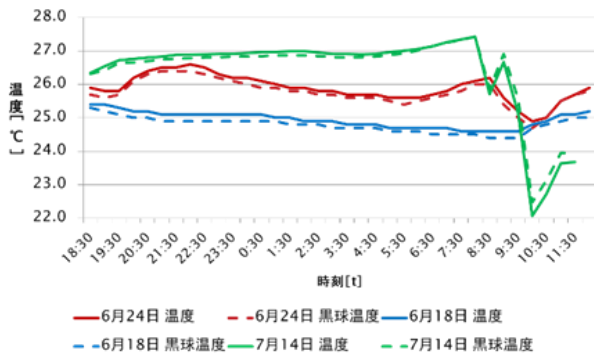


図4 温度と黒球温度の時刻変化

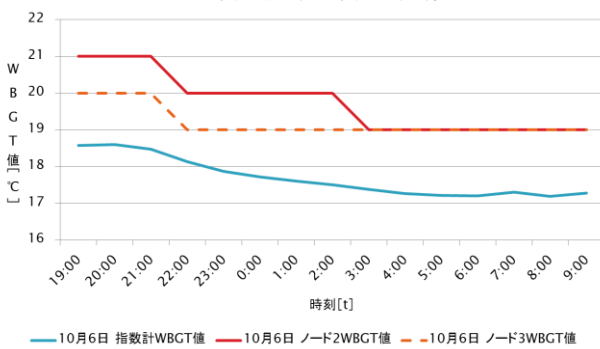


図5 早見表を用いたWBGT値の比較

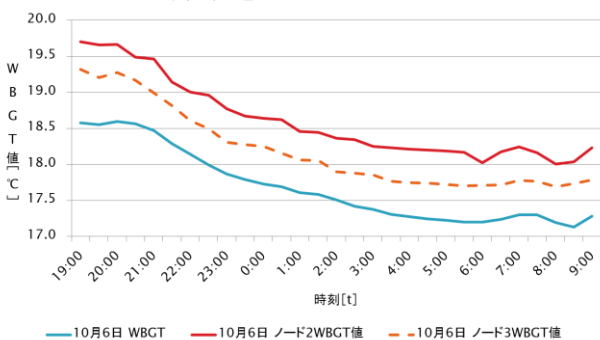


図6 湿球温度計算を考慮したWBGT値の比較

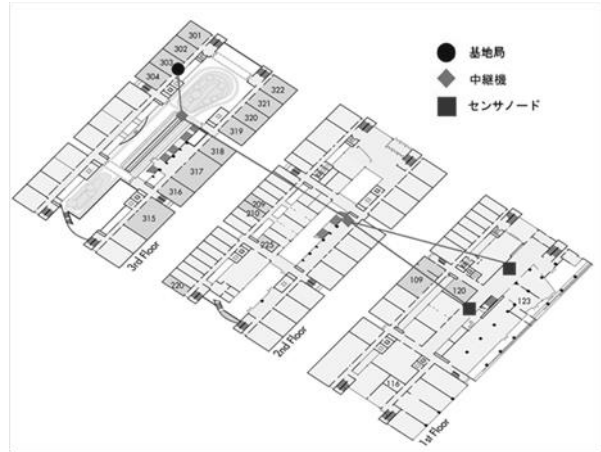


図7 学内上下方向における通信実験

より求めて得られたWBGT値と、指数計のWBGT値の比較結果を示す。まず湿球温度は湿り空気の状態値計算ツール[4]から取得した。次に湿球温度と測定した温度を用いて(1)の式に代入すれば、WBGT値が求められる。指数計の値との誤差は最大で+1.6℃、平均で+0.9℃となり、図5と比較して精度が改善できた。以上の結果から、センサで取得した温度・湿度を使用して簡易的にWBGT値が得られた。また高精度化も可能であることがわかった。

3.3 学内ネットワークの構築実験

学内全体でのセンサデータを取得するために、複数のセンサノードを用いて受信確認実験を行った。まず基地局1機、中継ノード2機、センサノード3機を使用し、中継ノードを通じて全てのセンサノードからのデータ受信状況をサレジオ高専の校舎内で調査した。例として図7は1階から3階まで上下方向にノードを設置した場合のネットワーク構成を示す。適切な中継ノードの配置により上下方向、水平方向ともにセンサデータが受信できたため、学内ネットワークの構築が可能であることがわかった。

4. まとめ

本研究では、学校内の暑熱環境を観測するため、センサノードを用いた観測とセンサネットワークの構築実験を行った。まず、簡易的なセンサノードで十分な精度の温度・湿度が観測できた。さらに大気圧等を追加観測し、湿球温度を算出することで、WBGT値の高精度化が期待できる。次に、校舎内の1階から3階でセンサデータの受信が確認できた。その結果、校内の適切な位置に中継ノードを設置することで、校内全体での観測が可能であることがわかった。

参考文献

- [1] 文部科学省, 学校の管理下における熱中症の発生状況, (2013).
- [2] 日本スポーツ振興センター調査研究報告書, 体育活動における熱中症予防 (2014).
- [3] 環境省, 熱中症予防情報サイト, 暑さ指数(WBGT)とは?
URL: <http://www.wbgt.env.go.jp/wbgt.php>
- [4] 須賀工業株式会社計算ツール, 湿り空気の状態値(2001).
URL: <http://www.suga-kogyo.co.jp/cgi-bin/j30qvd82/ixval1si.cgi>

† サレジオ工業高等専門学校 Salesian Polytechnic