

熱中症指数モニタリングシステムの研究開発

教育学部 小山智史
koyama@cc.hirosaki-u.ac.jp

附属中学校養護教諭 森菜穂子
na-mori@cc.hirosaki-u.ac.jp

附属小学校養護教諭(元) 前田洋子

附属幼稚園養護教諭 今井直子

附属特別支援学校養護教諭 淋代香織

教育学部 田中勝則

教育学研究科(院生) 佐藤ゆかり

1. はじめに

学校管理下における熱中症の発生件数は増加傾向にあり、平成25年度においては5283件であった(表1)[1]。計上されない軽微なものを含めると相当件数に上ると予想される。

表1: 全国の学校での熱中症の発生状況[1]

H20	H21	H22	H23	H24	H25
3336人	1933人	4606人	4694人	4971人	5283人

附属中学校における平成24～26年の各月別の保健室の利用状況(内科的症状)は表2のようであった。この中に熱中症様症状での利用が占める割合が少なくない。

表2: 附属中学校の保健室の利用状況(内科的症状)

	4月	5月	6月	7月	8月	9月
平成24年	27人	91人	69人	44人	101人 [※]	82人
平成25年	31人	81人	56人	51人	42人	59人
平成26年	39人	77人	83人	103人	76人	83人

※ 平成24年8月は授業日10日間で101名の生徒が利用し、内38名が熱中症様症状(だるい・気持ち悪い・めまい・立ちくらみ等、熱疲労や熱けいれんなどの症状)

熱中症対策の指標として熱中症指数(WBGT)が広く用いられるようになった[2]。WBGT(単位は℃)の測定方法はJIS規格(JIS Z8504)により
[屋内、及び屋外で太陽照射のない場合]

$$WBGT=0.7\times\text{湿球温度}+0.3\times\text{黒球温度}$$

[屋外で太陽照射のある場合]

$$WBGT=0.7\times\text{湿球温度}+0.2\times\text{黒球温度}+0.1\times\text{乾球温度}$$

のように定められている。また、温度と相対湿度から推定値を求める簡便な方法(付録A-1)も用いられている[3]。WBGT値の活用のための資料としては、日本気象学会による「日常生活における熱中症予防指針」(付録A-2)[3]や日本体育協会による「熱中症予防のための運動指針」(付録A-3)[4]がある。

環境省では平成18年度から熱中症予防情報の提供を行っており、平成26年度は全国840地点の情報提供されている[5]。これは基礎的な情報として有益であることはもちろんであるが、学校の事情を考えた場合、それぞれの学校の所在地により暑さは異なり、また校内の場所によっても温熱環境は異なる。学校では、児童生徒が活動する場所のWBGTを掌握しなければならない。熱中症が懸念される場合には運動を制限するなどの具体的な対応策をとる必要があるからである[4]。

学校の教室等には温湿度計が設置され、携帯型熱中症指数計が用意されている場合もある。温熱環境は場所により少なからず異なるため、時々刻々変化するWBGTを掌握するには、校内の要所をしばしば巡回すべきである。しかしながら、実際問題としては困難である。これまで、種々のWBGTの計測システムが開発されているが(例えば[6][7])、多地点をリアルタイムでモニタできるシステムはまだ実用化されておらず、取組みの途上である。

そこで、筆者らは体育館や教室など校内数箇所に設置したセンサで気温と相対湿度を計測し、その値をLAN経由でサーバに送ってデータを記録し、保健室や職員室のパソコンやタブレット端末で気温、相対湿度、WBGT値(気温と相対湿度から求めた推定値)の変化をリアルタイムでモニタできるシステムを開発した。以下にその概要を示す。

2. システムの概要

2.1 全体構成

システムの構成を図1に示す。2013年6月から9月までの間に、弘前大学教育学部附属四校園に計16台のセンサ端末を順次取り付けた(付録B)。センサ端末で観測した温度及び湿度のデータは学内LANを経由して教育学部サーバに送られ、蓄積される。保健室や職員室など任意のパソコンから、教育学部のWebページを閲覧することにより、蓄積された温湿度の値あるいはそれから算出されるWBGT値はリアルタイムでグラフ表示される。また、表示は自動更新される。

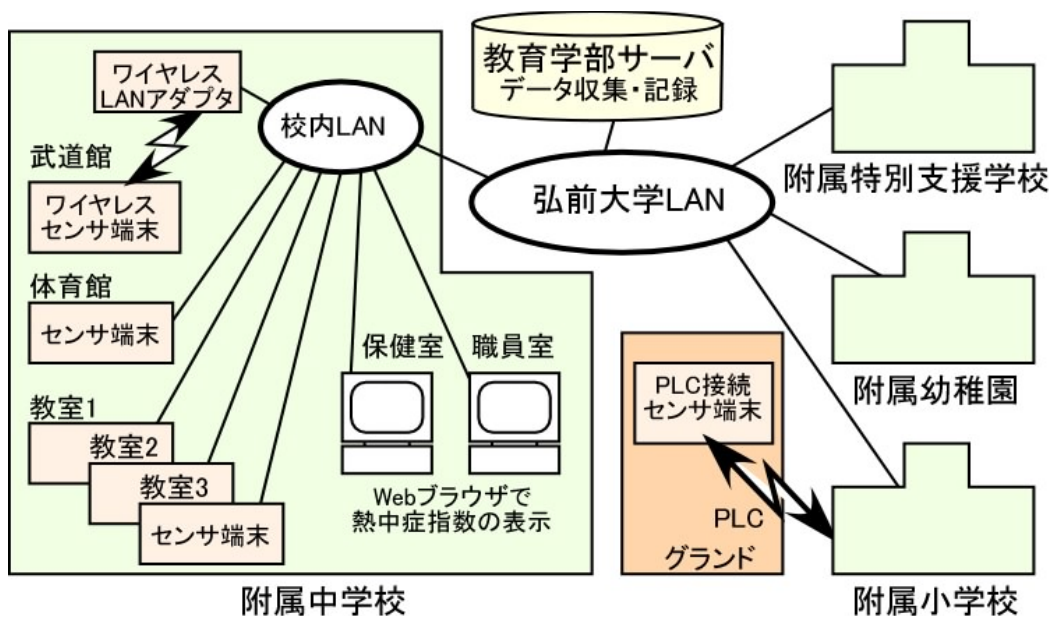


図1 WBGTモニタリングシステムの構成

2.2 センサ端末

センサ端末の主な仕様は表3のとおりである。接続方法は、直接LAN接続したものが13台、微弱電波による無線通信を介してLAN接続したものが2台、PLC(電力線通信)を介して接続したものが1台である。センサはいずれも床から1～1.5mの高さに取り付けられた。

センサ端末は10分毎に温度と相対湿度を計測し、その値をLANを経由し、教育学部サーバに送信する。

表3: センサ端末の概要

	有線LAN接続のセンサ	無線LAN接続のセンサ
計測間隔	正10分	10分毎
電源	ACアダプタ	送は単四電池2本(約2ヶ月稼動)、受はACアダプタ
内部	 有線LAN接続のセンサ端末	 無線LAN接続のセンサ端末(送受)
センサと精度	Sensirion社 SHT11, 温度 $\pm 1^{\circ}\text{C}$ (0 \sim 50 $^{\circ}\text{C}$), 湿度 $\pm 3\%$ (20 \sim 80%)	
大きさ	10cm \times 6.5cm \times 3.5cm	
コントローラ	ATmega328P	
開発方法	ArduinoIDEを利用し、センサ(SHT11)やワイヤレスモジュール(nRF24L01)の公開ライブラリを活用	

2.3 サーバプログラム

サーバのPHPプログラムが各センサ端末から送られたデータを受け取り、ログファイル(CSV形式)に追加し、蓄積する。データのフォーマットは

年月日, 時刻, 学校コード, 場所コード, 温度, 湿度

で、以下はその例である。

2013/07/23, 12:39:56, 1, 1, 24.8, 72.7
2013/07/23, 12:41:06, 2, 0, 25.7, 69.5

2.4 モニタ用のWebページ

パソコンのブラウザで本システムのWebページ

<http://siva.cc.hirosaki-u.ac.jp/fuzoku/wbgt/>

を表示し、先頭行の **ピタリ表示!!** ボタンを押すと、図2の表示が現れる。WindowsXP/7/8.1, iPadで問題なく表示されることを確認している。

年月日と校名を指定すると、サーバにリクエストが送られる。サーバのPHPプログラムがこれを受け取り、該当するデータを抽出して返す。ブラウザはこのデータをもとに、選択された表示方法(温度グラフ、湿度グラフ、WBGTグラフ、一覧表示のいずれか)で表示する(図2は一例)。

WBGT値は(付録A-1)に掲載した日本生気象学会の換算表[3]から算出した。

グラフ表示にはGoogleChartを用いた。データを所定の形式でGoogleサイトに送信し、グラフを画像データ(png形式)として受け取り表示する。データ量には上限が設けられており、それを超える場合は直近データを表示するようにした(図2は11時以降のデータ表示となっている)。表示が待たされることは無かった。

表示は10分毎に自動更新される。

なお、グラフ画像の作成にはGoogleChartを用いた。データを所定の形式でGoogleサイトに送信し、グラフを画像データ(png形式)として受け取り表示する。データ量には上限が設けられているため、それを超える場合は直近データを表示するようにした(図2ではこの理由で11時からの表示となっている)。

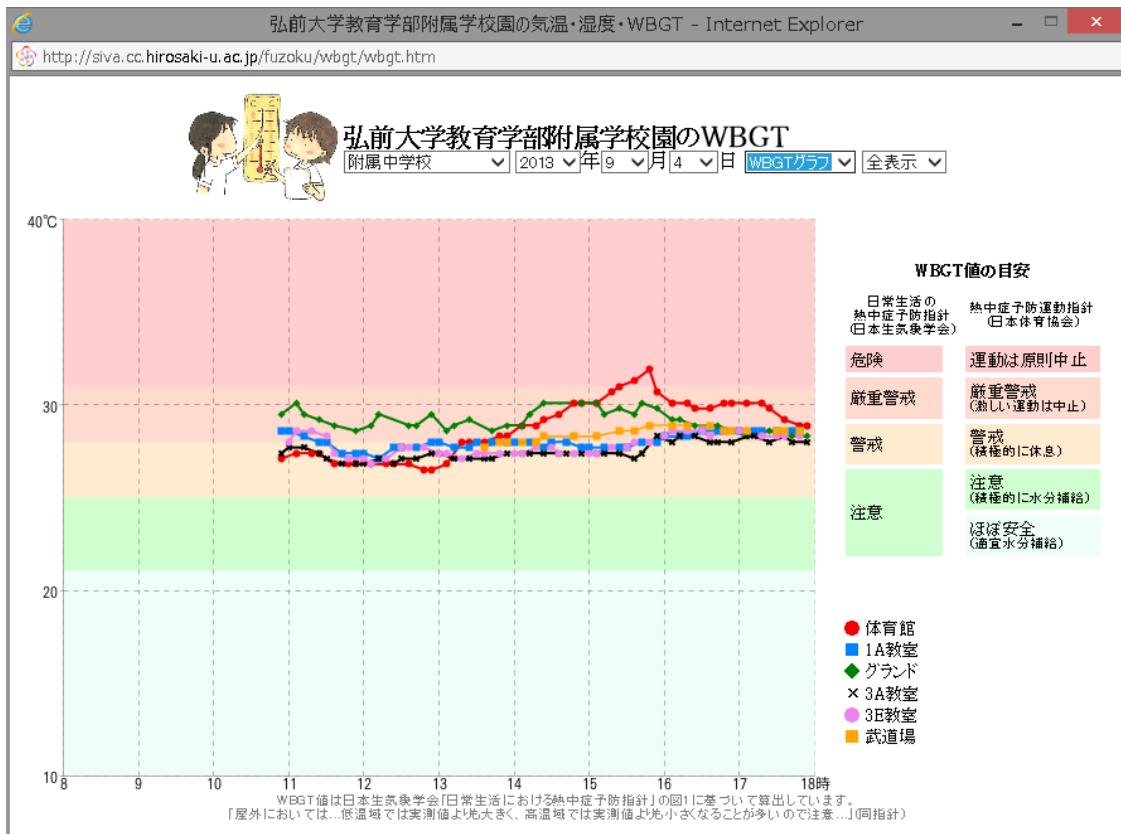


図2 WBGT のグラフ表示の例

3. モニタリングシステムの活用

弘前大学教育学部附属四校園では、2013年6月から9月の間に計16台のセンサ端末を順次取り付けるとともに、システムが利用できるようになったことを教職員に周知し、熱中症の予防と対応について共通理解を図った。

熱中症が懸念される時期・時間帯には、保健室や職員室でモニタ画面を常時表示しておき、あるいは活動場所でモバイル端末でモニタしながら、必要な予防策をとった。以下はその一例である。
[附属中学校の例] 上掲の図2は2013年9月4日の附属中学校におけるWBGTグラフの表示画面である。気象庁のデータによれば、この日の弘前市は曇り、最高気温は31.4℃であった。午前中、グラウンドのWBGT値は30℃前後の嚴重警戒値を示し、屋外で活動中の生徒1名が軽度の熱中症様症状を訴えた。この日は文化祭初日で、午後からは体育館に全校生徒と教職員計600人以上が集まった。教職員はスマートフォンで図2の画面をモニタリングし、WBGT値はすでに嚴重警戒域(28℃以上)に達していたため、軽装や水筒持参、水分補給を指示するなどの対策を講じた。14時頃から窓と暗幕を閉め切った状態となり、15時30分頃には体育館のWBGT値が危険域に達したため、休憩時間をとるとともに窓を全開にした。

[附属小学校の例] 附属小学校では9月初めに運動会が行われるため、夏休み明けすぐからその練習が始まる。事前に体育館やグラウンドのWBGT値をモニタリングし、運動に適しているかどうかを判断して練習を早めに切り上げるなどの対策を講じた。

以上はいずれも予防策に活用した例であるが、児童生徒の活動場所や活動内容を変更したり、休憩回数や休憩時間を増やしたり、こまめに水分補給をするよう指示したり、さまざまな場面で判断を下すための一助となった。また、保健室に体調不良の児童生徒が来室した際も、活動場所の状況把握に活用でき、熱中症の迅速な判断・対応の一助となった。

また、本システムは熱中症が懸念される夏の期間だけの活用を考えていたが、冬期間においても感染症予防のための温湿度管理に活用されつつある。

4. おわりに

リアルタイム熱中症指数モニタリングシステムを開発し、附属四校園において有効に活用中である。

今後は(1)グラフ表示方法のHTML5 Canvasへの移行、(2)屋外(グラウンド)のWBGT値の算出方法の再検討、(3)公私立学校や広く職場の安全衛生管理に利用できるようシステムのパッケージ化、(4)同一教室内の場所による温熱環境の違いの調査研究などに取り組んでいきたいと考えている。

なお、2014年11月のネットワーク工事以降システムが停止しているため、その原因の究明と対策が喫緊の課題である。

本システムの詳細は下記に公開している。

<http://siva.cc.hirosaki-u.ac.jp/fuzoku/wbgt/>

附属学校園における本システムの活用状況については[8]に寄稿した。

[参考文献]

- [1] 学校管理下における熱中症の発生件数，独立行政法人日本スポーツ振興センター
- [2] 熱中症環境保健マニュアル，環境省(2011)
- [3] 日常生活における熱中症予防指針Ver. 3(確定版)，日本生気象学会(2013)
- [4] 熱中症予防ガイドブック，p. 16，日本体育協会(2012)

[5] 環境省熱中症予防情報サイト，環境省，<http://www.wbgt.env.go.jp/>

[6] 伊藤武彦・三村由香里・鈴木久雄：熱中症予防対策のための湿球黒球温度の簡便な自動測定記録装置，岡山大学大学院教育学研究科研究集録，第140号，pp. 7-11(2009)

[7] 本間郁男：WBGT(暑さ指数)無線計測システムによる熱中症予防対策，建設の施工企画，2010年7月号，pp. 39-43(2010)

[8] 今井直子・前田洋子・森菜穂子・林代香織：重症度判断に役立つ「熱中症チェックシート」とどこでもチェックできる「モニタリングシステム」，健，第43巻，第4号，pp. 23-26(2014)

(付録A) WBGTとその読み取り

(付録A-1) WBGTと気温・湿度との関係(「日常生活における熱中症予防指針」[3])

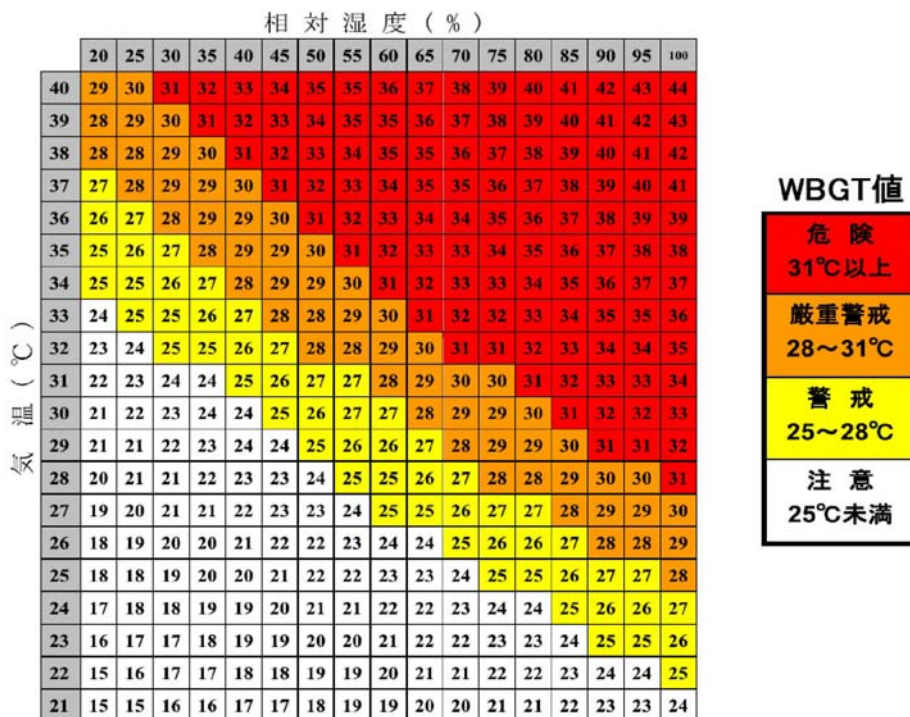


図2. WBGT と気温、湿度との関係

(付録A-2) 日常生活に関する指針(「日常生活における熱中症予防指針」[3])

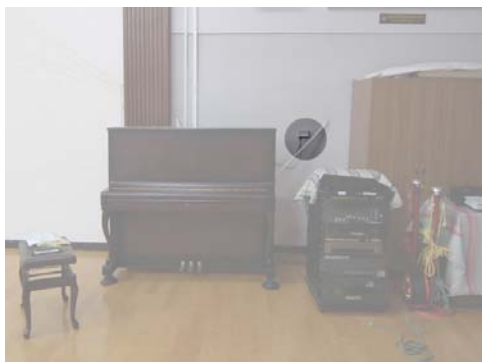
温度基準 WBGT	注意すべき 生活活動の目安	注意事項
危険 31度以上	すべての生活活動で おこる危険性	高齢者においては安静状態でも発生する危険性が大きい。 外出はなるべく避け、涼しい室内に移動する。
嚴重警戒 28~31°C		外出時は炎天下を避け、室内では室温の上昇に注意する。
警戒 25~28°C	中等度以上の生活活 動でおこる危険性	運動や激しい作業をする際は定期的に十分に休息を取り入 れる。
注意 25°C未満	強い生活活動でおこ る危険性	一般に危険性は少ないが激しい運動や重労働時には発生す る危険性がある。

(付録A-3) 熱中症予防のための運動指針(「スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック」[4])

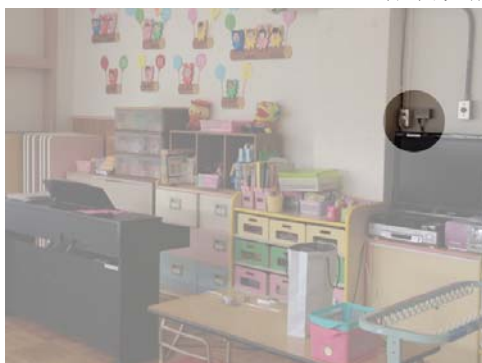
WBGT温度	熱中症予防運動指針	
31℃以上	運動は原則中止	特別の場合以外は運動を中止する。特に子どもの場合は中止すべき。
28～31℃	厳重警戒 (激しい運動は中止)	熱中症の危険性が高いので、激しい運動や持久走など体温が上昇しやすい運動は避ける。運動する場合には、頻繁に休息をとり水分・塩分の補給を行う。体力の低い人、暑さになれていない人は運動中止。
25～28℃	警戒 (積極的に休息)	熱中症の危険が増すので、積極的に休息をとり適宜、水分・塩分を補給する。激しい運動では、30分おきくらいに休息をとる。
21～25℃	注意 (積極的に水分補給)	熱中症による死亡事故が発生する可能性がある。熱中症の兆候に注意するとともに、運動の合間に積極的に水分・塩分を補給する。
21℃未満	ほぼ安全 (適宜水分補給)	通常は熱中症の危険は小さいが、適宜水分・塩分の補給が必要である。市民マラソンなどではこの条件でも熱中症が発生するので注意。

(付録B) センサ端末の設置状況

(付録B-1) 附属幼稚園の設置状況



附属幼稚園ホール



附属幼稚園保育室

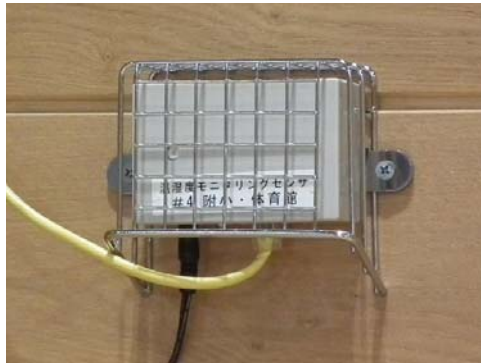


附属幼稚園園庭のワイヤレスセンサ(電池駆動)



附属幼稚園ワイヤレス受信機(LANアダプタ)

(付録B-2) 附属小学校の設置状況



附属小学校体育館のセンサ(ガード付)



附属小学校3階教室のセンサ



附属小学校2階教室のセンサ



附属小学校グラウンドのセンサ(附中グラウンド共通)

(付録B-3) 附属中学校の設置状況



附属中学校体育館のセンサ(ガード付)



附属中学校1A教室のセンサ



附属中学校3A教室のセンサ



附属中学校3E教室のセンサ

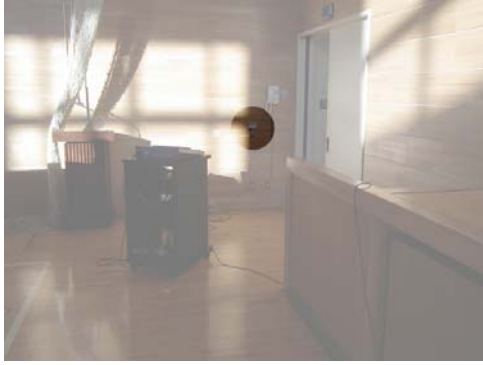


附属中学校武道館のワイヤレスセンサ

(付録B-4) 附属特別支援学校の設置状況



附属特別支援学校第一体育館のセンサ



附属特別支援学校第二体育館のセンサ



附属特別支援学校中二教室のセンサ



附属特別支援学校教生指導室のセンサ