優秀賞 賞金10万円

ウェザーボックス

-Salesiorama-

サレジオ工業高等専門学校



ウェザーボックス —Salesiorama—

廣瀬匠海、相川未弥、溝口紗蘭 指導教員 吉田将司 サレジオ工業高等専門学校 情報通信工学研究室

1. はじめに

近年、平均気温の上昇などが影響し熱中症による救急搬送が増加している。今年は 54220 人であり、昨年に比べ 2.03 倍も増加している。さらに、教育機関での救急搬送人数は昨年の 2063 人に比べ 3881 人と 1.88 倍増加している[1]。そのため、多くの学校では今年度からエアコンの設置・増設、猛暑による体育祭の中止、修了式を体育館ではなく教室でおこなうなどの対応に追われている。現在の教育現場での熱中症対策は教員や学生の主観的判断によるものが多く、指導には限界がある。熱中症を未然に防ぐためには、学校内の温湿度環境や空調管理状態がどの様になっているかを知る必要がある。本研究では、学校内の暑熱環境を把握するためにセンサネットワークを構築した。観測機器(以降、ノード)を 1 階~4 階の北校舎と南校舎、校庭、体育館に配置し、気象や場所、エアコンの使用の有無など条件を変えながら暑熱環境を評価した。暑熱環境の評価は気温と湿度より算出可能な不快指数を使用した。そして、学校内の暑熱環境が一目で分かるように、本校をモデルにした箱庭を製作し、LED を用いて場所ごとに不快指数を表示させるシステムを構築した。

2. 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[2]。表 1 は熱中症の症例をレベル別に示したものである[3]。

レベル	症例
1	めまいや顔の火照り
2	筋肉痛や筋肉の痙攣
3	からだのだるさや吐き気
4	汗のかき方が異常 (拭いても汗が出る、汗を全くかかない等)
5	体温が高い、皮膚の異常 (皮膚の色が赤く、乾いてる等)
6	呼びかけに応じない、まっすぐ歩けない
7	水分補給ができない

表1 熱中症のレベル別症例

3. 熱中症暑さ指数(WBGT)

熱中症暑さ指数(WBGT: Wet Bulb Globe Temperature)は熱中症の予防を目的として湿度、日射・輻射などの周辺熱環境、気温の3つを取り入れた指標である[4]。WBGT 値は ISO 等の国際規格でもある[5]。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気温と湿度より表で求めることもできる。表2に WBGT 値を用いた熱中症予防運動指針を示す[6]。表3には WBGT 値を用いた日常生活に関する指針を示す[6]。また、表4に日本気象学会が発表した早見表を示す[7]。早見表は、乾球温度(気温)と相対湿度から求めることができる。屋内における WBGT 値を求める式を(1)に、屋外での式を(2)に示す。

WBGT
$$ilde{u} = 0.7 \times \text{Tw} + 0.3 \times \text{Tg}$$
 [°C] (1)

WBGT 値 =
$$0.7 \times \text{Tw} + 0.2 \times \text{Tg} + 0.1 \times \text{Ta}$$
 [°C] (2)

ただし、Tw を湿球温度 $[^{\circ}C]$ 、Ta を乾球温度 $[^{\circ}C]$ 、Tg を黒球温度 $[^{\circ}C]$ とする。

表 2 熱中症予防運動指針

WBGT 値[℃]	項目	具体例
WDOI IEL C	70.0	
31~	 運動は原則中止	特別の場合以外は運動を中止する。特に子供の場合は中
31 -	连到14/5·50	止すべき。
		激しい運動や持久走など体温が上昇する運動は避ける。
29~31	 厳重警戒	運動する場合には、頻繁に休息をとり、水分・塩分の補
29. 031		給を行う。体力の低い人暑さに慣れていない人は運動を
		中止する。
		熱中症の危険が増すため、積極的に休息をとり、適宜、
26~28	警戒	水分・塩分を補給する。激しい運動では30分おきに休
		憩を取る必要がある。
		熱中症による死亡事故が発生する可能性がある。熱中症
22~25	注意	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	はばか人	通常は熱中症の危険は小さいが、適宜水分・塩分の補給
~21	ほぼ安全	は必要である。

表3 日常生活に関する指針

WBGT 値[°C]	項目	生活すべき生活活動の目安	注意事項				
			高齢者においては安静状態でも発				
31~	危険		生する危険性が大きい。外出はなる				
		すべての生活活動で起こる危険性	べく避け、涼しい室内に移動する。				
28~31	厳重警戒		外出時は炎天下を避け、室内では室				
26~31			温の上昇に注意する。				
25~28	警戒	中等度以上の生活活動でおこる	運動や激しい作業をする際は定期				
23~26		音 双	危険性	的に充分に休息を取り入れる。			
			一般的に危険性は少ないが、激しい				
~25	注意	強い生活活動でおこる危険性	運動や重労働時には発生する危険				
			性がある。				

表 4 熱中症暑さ指数早見表

	相対温度(%)																	
	==="	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
	40	29	30	31	32	33	34	35	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
	39	28	29	30	31	32	33	34	35	35	36	37	38	39	40	41	42	43
	38	28	28	29	30	31	32	33	34	35	35	36	37	38	39	40	41	42
	37	27	28	29	29	30	31	32	33	34	35	35	36	37	38	39	40	41
	36	26	27	28	29	29	30	31	32	33	34	34	35	36	37	38	39	39
	35	25	26	27	28	29	29	30	31	32	33	33	34	35	36	37	38	38
	34	25	25	26	27	28	29	29	30	31	32	33	33	34	35	36	37	37
度	33	24	25	25	26	27	28	28	29	30	31	32	32	33	34	35	35	36
気温(で)(乾珠温	32	23	24	25	25	26	27	28	28	29	30	31	31	32	33	34	34	35
乾	31	22	23	24	24	25	26	27	27	28	29	30	30	31	32	33	33	34
6	30	21	22	23	24	24	25	26	27	27	28	29	29	30	31	32	32	33
<u>ي</u>	29	21	21	22	23	24	24	25	26	26	27	28	29	29	30	31	31	32
河流	28	20	21	21	22	23	23	24	25	25	26	27	28	28	29	30	30	31
	27	19	20	21	21	22	23	23	24	25	25	26	27	27	28	29	29	30
	26	18	19	20	20	21	22	22	23	24	24	25	26	26	27	28	28	29
	25	18	18	19	20	20	21	22	22	23	23	24	25	25	26	27	27	28
	24	17	18	18	19	19	20	21	21	22	22	23	24	24	25	26	26	27
	23	16	17	17	18	19	19	20	20	21	22	22	23	23	24	25	25	26
	22	15	16	17	17	18	18	19	13	20	21	21	22	22	23	24	24	25
	21	15	15	16	16	17	17	18	19	19	20	20	21	21	22	23	23	24
	W	BGT	値) 2	<u>‡</u> 5℃:	意 末満		25°	! C~2	戒 28℃	1000	厳 1 28℃	~3	戒 1℃		危 31°	隊 C以_	į Ł

4. 不快指数とは

不快指数とは人間が生活するうえで不快を感じるような体感を、気温と湿度で表した指数のことである[8]。WBGT 値が「暑さ」のみの指標なのに対し、不快指数は「寒さ」の体感も含まれる。ただし、体に感じる蒸し暑さや肌寒さは気温と湿度に加えて風速等の条件によっても異なり、気温と湿度のみから算出される不快指数は必ずしも体感とは一致しない[9]。不快指数を算出する式を(3)に示す。また、表 5 は求められた指数に対しての体感を示す。夏季は、指数が 70~74 で不快感を抱く人が出始め、75~79 で半数以上が、80~85 で全員が不快と感じる。さらに指数が 86 を超えると我慢ができなくなり、不快感を訴えるとされている。

不快指数 =
$$0.81 \times T + 0.01 \times RH \times (0.99 \times T - 14.3) + 46.3$$
 (3)

ただし、T を気温[℃]、RH を湿度[%]とする。

体感
寒い
肌寒い
何も感じない
快い
暑くない
やや暑い
暑くて汗が出る
暑くてたまらない

表 5 不快指数体感表

本研究室では過去に熱中症計の WBGT 値と温湿度センサで観測した不快指数の比較実験をおこない、 静穏な屋内において不快指数の体感と WBGT 値の指針はほぼ一致していることが確認された[10]。図 1 はその観測結果を示す。よって、本研究での暑熱環境の評価には、気温と湿度のみから算出することが できる不快指数を使用する。不快指数の評価は、表 6 のように不快指数に合わせて LED の色を変化させ て行う。図 2 と図 3 は実際に LED を光らせた様子である。

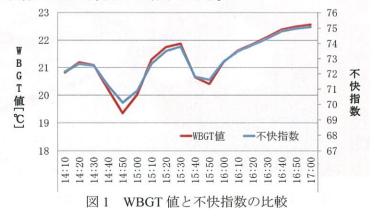


表 6 不快指数に合わせた LED の色

不快指数	体感	LED の色
~55	寒い	青色
55~60	肌寒い	水色
60~65	何も感じない	
65~70	快い	緑色
70~75	暑くない	
75~80	やや暑い	黄色
80~85	暑くて汗が出る	±.4.
85~	暑くてたまらない	赤色

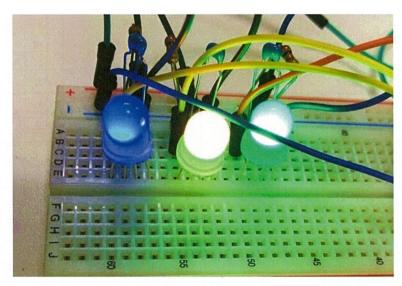


図2 LED 点灯例(左から青色、黄色、緑色)

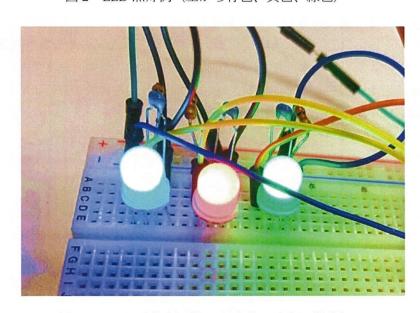


図3 LED の点灯例(左から水色、赤色、緑色)

5. 観測機器の構成

図4は観測から箱庭での不快指数表示までの流れを示す。学校内にノードを設置し、気温と湿度を観測する。取得した気温と湿度を用いて不快指数が算出され、観測データとして基地局に送信される。基地局に送られた観測データは、PCに接続されたディスプレイに表示される。また、不快指数のみ基地局から箱庭に送信され、値によってLEDの色が変化し、学校内の暑熱環境を表示することが可能となる。

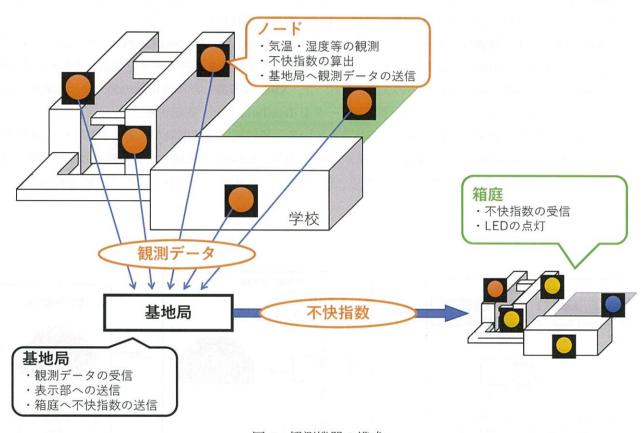


図4 観測機器の構成

5-1. システムの構成

図 5 は製作したシステムの構成図を示す。システムは大きく分けてノード・基地局・箱庭の 3 つに分かれている。

ノードは格納部、通信部、制御部、検出部、GPSより構成されている。検出部には温湿度気圧センサ (以降、センサ)を使用した。格納部ではSDカードを用いて観測データを保存した。制御部にはArduino Nanoを使用した。制御部はセンサより取得した温度と湿度の値より不快指数を算出する。通信部にはLoRa モジュール (以降、LoRa)を使用した。LoRa は処理したデータを制御部が処理したデータを文字列 (ノード名・日付・UTC 時刻・緯度・経度・温度・湿度・不快指数)で5分おきに送信する。

基地局は通信部、制御部、表示部より構成されている。制御部には研究室内の PC を使用した。 PC より表示部と通信部(Xbee)に観測データが送信される。通信部には、観測データを受信するための LoRa と、箱庭に不快指数を送信するための XBee を用いた。 XBee は観測した不快指数のデータのみ箱庭へ送信する。表示部(ディスプレイ)は受信したデータを Tera Term などで表示する。

箱庭は通信部、制御部、表示部より構成されている。通信部には基地局から送信されたデータを受信するために XBee を使用した。制御部にはノードと同様に Arduino を使用した。制御部は不快指数の値を判別して LED にそれぞれの色を表示させる。表示部には、フルカラーLED (以降、LED) を使用した。

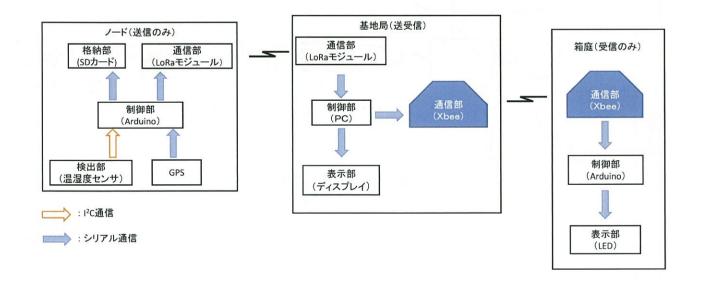


図5 システムの構成

5-2. センサネットワーク構成

図 6 にセンサネットワーク構成を示す。今回使用したネットワークはスター型と呼ばれるもので、図に示す End Device がセンサを搭載したノード、Coordinator が基地局となっている。スター型ネットワークは1つのノードが誇張した場合でもほかのノードの通信に影響を与えない特徴を持っている。

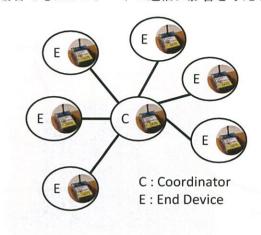


図6 ネットワーク構成

5-3. 学校内のセンサネットワーク構成

図 7 は学校内に構築したセンサネットワークを示す。設置した場所は 1 階 図書館(南側)、3 階 321 (南側)、3 階 303 研究室(北側)、4 階 401 (北側)、校庭、体育館である。また、必要に応じて 3 階 320 (南側)、2 階 プレテックセンターに設置した。基地局は 303 研究室である。

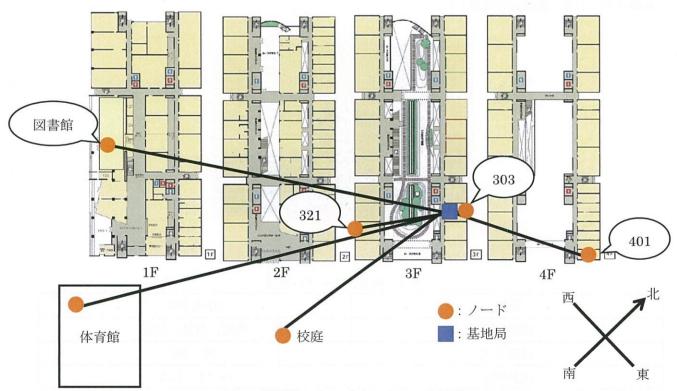


図7 学校内のセンサネットワーク構成

6. 使用機器

図 8 は製作したノードを示す。ノードは LoRa モジュール・GPS・SD カード・温湿度センサ・Arduino Nano と 5 つの部品から構成されている。ノードの大きさは、縦約 8.5cm、横約 11cm、高さ約 10 cm(アンテナ含む)とコンパクトに収まっている。電源は 5V である。以下に使用した各部品の詳細情報を述べる。

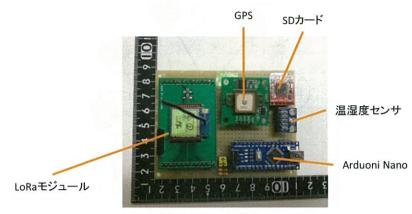


図8 ノード本体

6-1. 温湿度気圧センサ

図9は温湿度気圧センサ(BME-280)の概観を示す。また、表7にセンサの仕様を示す。この測定レンジは温度が-40~+85℃、湿度が0%~100%となっている。また、測定精度は温度が ± 1 ℃、湿度が ± 3 %となっている。通信方式は Γ^2 Cを使用した。センサは学内の暑熱環境を観測するために用いた。ただし、本研究では温度と湿度のみ使用した。

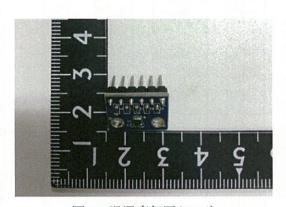


図9 温湿度気圧センサ

表 7	温湿度センサの仕様	
11		1

型番	BME-280
検出範囲	温度、湿度、気圧
通信方式	I ² C、SPI
電源電圧	DC1.8~3.3V

6-2. GPS

図 10 は GPS 受信機の概観を示す。また、表 8 は GPS の仕様を示す。GPS は、NMEA0183 に準拠した 緯度・経度・高度・時刻など各種ナビゲーション情報をシリアル信号で出力する。GPS 衛星追尾中(3 次元追尾中)は、正確な 1PPS(1 秒)信号を出力する。この GPS は、日本の準天頂衛星システム(QZSS) 「みちびき」3 機受信に対応している。本研究では GPS を用いて、日付・UTC 時刻・緯度・経度を取得 している。ノードで観測したデータの送信タイミングは GPS からの時刻を見て判断している。

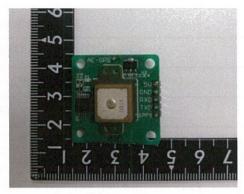


図 10 GPS

X o or o Elli				
型番	AE-GYSFDMAXB			
受信周波数	1575.42MHz			
受信感度	-164dbm			
出力データ形式	NMEA0183			
電源電圧	DC5V			
UART 通信速度	9600bps			

表 8 GPS の仕様

6-3. LoRa モジュール

図 11 は使用した LoRa モジュール (ES920LR) の概観を示す。また、表 9 は LoRa の仕様を示す。LoRa は、LPWA (Low Power Wide Area) 920MHz 帯無線の一つであり、条件のよい見通しのエリアでは、最大 30km 以上の通信を可能とし、市街地エリアでも半径数 km 程度のエリアをカバーできる。

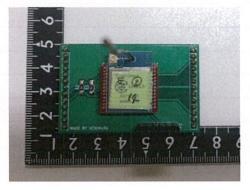


図 11 LoRa モジュール

表 9 LoRa モジュールの仕様

型番	ES920LR
使用周波数	920.6~928.0MHz
変調方式	LoRa 変調(スペクトラム拡散)
帯域幅	62.5kHz~500kHz
拡散率	7~12
送信電力	13dBm(20mW)以下
受信感度	-118dBm~-142dBm
アンテナ	ワイヤーアンテナ、外付けアンテナ
電源電圧	DC2.4~3.6V

6-4. XBee

図 12 は XBee の概観を示す。また、表 10 は XBee の仕様を示す。XBee は、2.4GHz 帯の短距離無線規格 IEEE802.15.4 の無線モジュールである。この無線機は PC-箱庭間のデータ通信を行っている。XBee を使用した理由は、LoRa よりも到達距離が短いが、制御が容易であるためである。

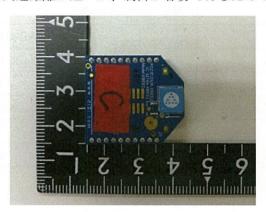


図 12 XBee

表 10 XBee の仕様

使用周波数	2.4GHz
送信電力	10dBm
受信感度	-100dBm
送信データ量	250kbps
アンテナ	RPSMA アンテナ
通信速度	9600bps

6-5. 熱中症暑さ指数計

図 13 は熱中症暑さ指数計(以降指数計)の概観を示す。また、表 11 は指数計の仕様を示す。使用したセンサの精度を確認するために指数計を用いた。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。本実験では温度・湿度のみを使用した。



図13 熱中症暑さ指数計

表 11 熱中症暑さ指数計の仕様

MI MI ALICH MI VEM						
型番	SK-150GT					
9 9	温度	0.0°C~50.0°C				
湘之姓田	黒球温度	0.0°C~80.0°C				
測定範囲	WBGT 指数	0.0°C~50.0°C				
	湿度	10.0%rh~95.0%rh				
	湿度	±0.6°C				
油ウ桂中	黒球温度	±2°C				
測定精度	WBGT 指数	±2°C				
	湿度	±3%rh: 10.0%rh~95.0%rh				

6-6. 箱庭

学校をモデルとした箱庭を製作し、フルカラーLED (以降、LED) を用いて学校内の暑熱環境を表示した。不快指数に合わせて LED の色を変化させることにより、熱中症の危険度を表現した。学校内の暑熱環境を忠実に表現するため、本校の設計図をもとに、スチレンボードを使用して箱庭を製作した。図 14 は実際に製作した箱庭の寸法を示す。また、図 15 は実際に製作した箱庭の概観を示す。

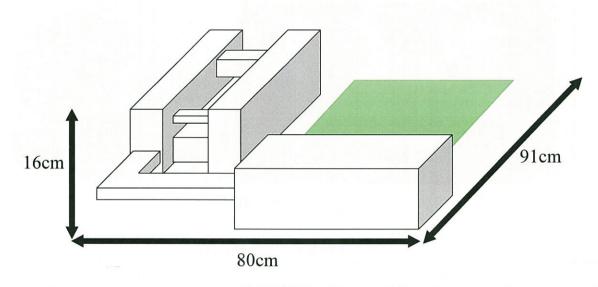


図 14 箱庭の寸法



図15 箱庭の概観

箱庭の体育館の内部に制御基板を内蔵し、内部を通して LED と制御基板を接続した。図 16 は体育館に内蔵した制御基板と受信機の概観を示す。5[V]出力のアダプターを用いて制御基板に搭載された Arduino nano に電源を供給した。図 17 は観測場所ごとの LED 点灯の様子を示す。

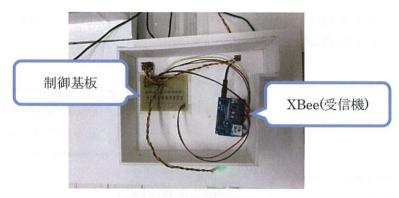


図 16 箱庭内部の概観

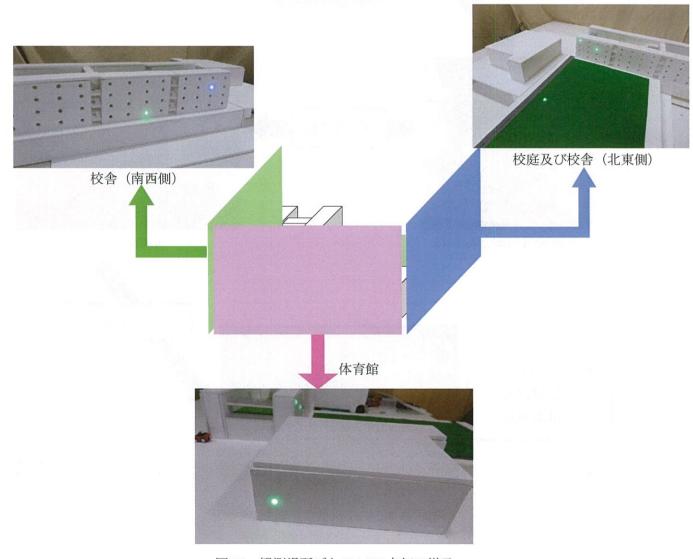


図 17 観測場所ごとの LED 点灯の様子

6-7. 観測から不快指数表示までの流れ

図 18 は、製作した機器の観測から不快指数表示までの流れを示す。ノードより得られた観測データは LoRa を用いて基地局に送信される。基地局では PC の画面上に観測場所ごとの気温、湿度、不快指数を表示する。図 19 は受信したデータを基地局のディスプレイで表示させたときの実際の画面を示す。XBee を用いて不快指数のみを基地局から箱庭に送信する。箱庭では、受信した不快指数の値によって LED の色を変化させ、学校内の暑熱環境を表示する。

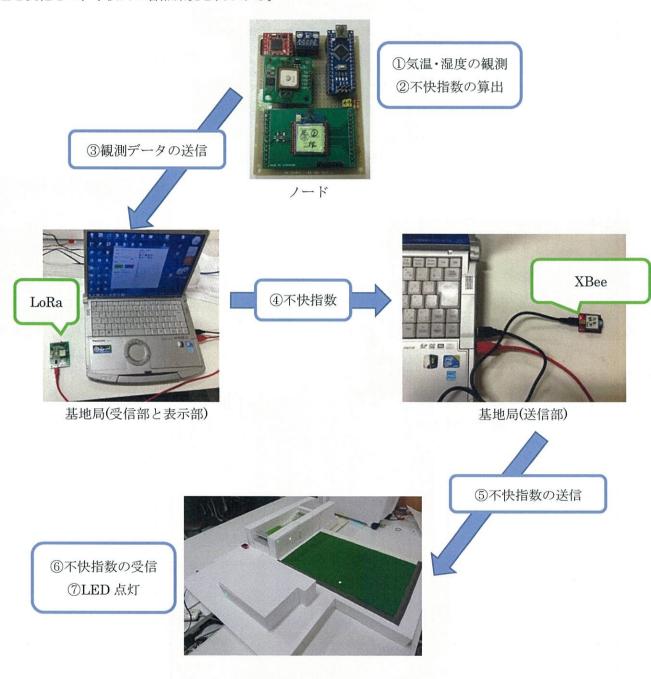


図 18 観測から不快指数表示までの流れ



図 19 基地局のディスプレイ画像

7. 観測実験

7-1. ノードの信頼性評価

観測に使用したセンサが信頼できるか確認するため、センサの精度を調査した。本実験は、8月21日~8月25日の5日間実施した。ノードと精度の基準となる指数計を研究室中央にある机の上に設置した。同じ条件下で観測するため、ノードに搭載されたセンサをリード線で伸ばし、指数計と同じ高さになるよう取り付けた。図20は設置した様子を示す。ノードで取得した観測データはLoRaから送信され、研究室内にあるパソコンに保存される。指数計で取得した観測データはターミナルソフトであるTera Termを用いて直接パソコンに保存した。



図 20 設置の様子

図21と図22は8月23日の気温と湿度の観測データを示す。縦軸はそれぞれ気温[℃]、湿度[%]、横軸は時刻である。また、図23は取得した気温と湿度より算出した不快指数を示す。8月23日は夏季休暇中であったが学校内に学生がいたため、エアコンの使用があった。気象庁が公開している学校近隣の八王子気象台のデータ[10]によると、8月23日は日の出が6時頃、日の入りは19時頃であった。また、20時以降、僅かながら雨が降った。図を見ると、深夜から6時までは気温が低く湿度が高いが、日が出た6時以降気温は上昇し、湿度は減少していることが分かる。また、14時から15時にかけて気温が最高になり、湿度が最低になっていることが確認できる。晴れの日において、気温が上昇すると湿度は下がる傾向にあること、気温は朝方が最低でお昼を過ぎた14時頃に最高になることから、この図は晴れの日の気温・湿度の傾向を正確に示していることが確認できた。さらに、気象庁が公開している情報によると、この日は20時以降雨が降っているが、図より20時以降は気温が大きく下がらず、湿度は高いままという雨の日の気温と湿度の傾向も示していることが確認できた。よって、この図が示す気温と湿度の傾向は正確であるといえる。

次に、ノードと指数計の出力結果を比較する。気温、湿度ともに2つのデータは同じ傾向を示しているが、気温は指数計よりノードの方が約 0.5℃高く、湿度は指数計よりノードの方が約 5%低く観測している。これはノードに搭載したセンサにかかるバイアスが原因だと考えられる。そこで、指数計に対するノードの誤差の標準偏差を算出してみると、気温は約 0.089、湿度は 0.200 であり、誤差のばらつきがほとんど無いことが分かる。つまり、ノードより得られた観測データから一定の値を増減させることにより、正確な気温と湿度が得られる。また、図 23 より、算出した不快指数はノードと指数計どちらもおおよそ同じ値になることが確認できる。この実験は 5 日間にかけて行われたが、全ての日で同じような観測結果が得られた。よって製作したノードはバイアス成分を除することにより信頼できるといえる。



図 21 研究室内の気温(8月23日)

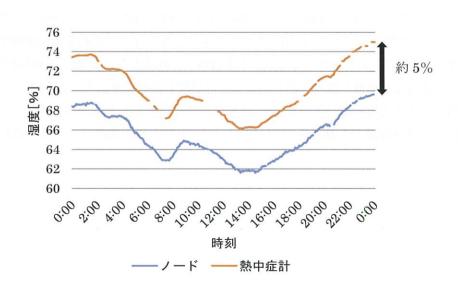


図 22 研究室内の湿度(8月23日)

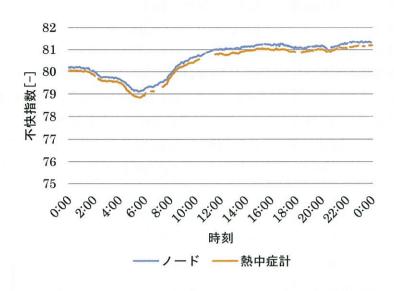


図23 研究室内の不快指数(8月23日)

7-2. 学校内の学習環境の調査

夏季における学校内の学習環境がどのようになっているかを知るために、学校内の温湿度環境や空調管理状態を調査した。学習環境を「気象」、「エアコンの使用の有無」、「場所」の観点から考察するために、観測条件を適宜変えながら実施した。

本実験は、7月末から9月中旬にかけて実施した。ノードを学校内の1階 図書館(南側)、3階 321(南側)、3階 303研究室(北側)、4階 401(北側)、校庭、体育館の6か所に設置し、気温と湿度を観測した。また、気象や場所、エアコンの使用の有無など条件を変えながら暑熱環境を評価するために3階 320(南側)、2階 プレテックセンターにもノードを設置し、観測した。基地局は303研究室である。ノードの制御部には観測した気温と湿度の値を用いて不快指数も同時に算出するようプログラムをした。不快指数を算出する式は前述の通りである。図 24 に学校内に構築したセンサネットワークを示す。また、図25 は実際にノードを配置した様子を示す。各ノードより得られた観測データはLoRaを用いて基地局に送信した。

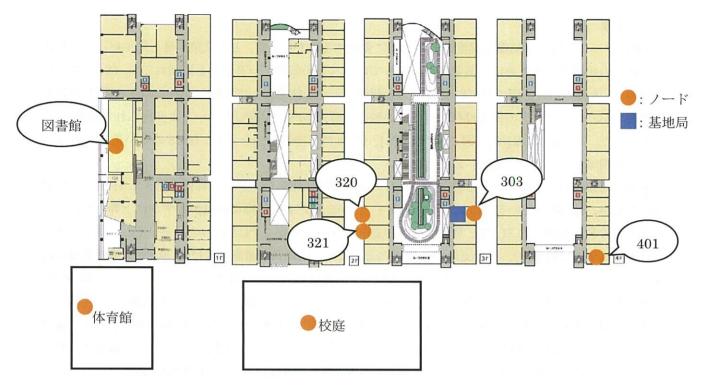


図 24 学内のネットワーク構成



図 25 ノード設置の様子

7-2-1. 気象

気象によって学校内の気温や湿度はどのように変化するのか、また、どの気象が最も熱中症になる危険性が高いのか調査するために、気象庁が公開している八王子気象データをもとに晴れの日(8月15日)、曇りの日(8月16日)、雨の日(8月24日)の観測データを抜き出して比較した。この3日間は学校閉鎖期間であり、エアコンの使用は無かった。比較には研究室内に設置したノードより得られた観測データを用いた。図26は気温[$^{\circ}$ C]、図27は湿度[$^{\circ}$ G]、図28は不快指数[$^{\circ}$ G]を示す。図28の薄い黄色で塗られている範囲は体感が「やや暑い」以上である。

気温を比較すると、晴れの日と曇りの日は日の出と同時に気温が上昇し、お昼を過ぎた15時ごろに最高になるが、雨が降っている間は気温が上がらず、雨が止んだ8時以降に気温がわずかに上昇している。晴れの日の最高気温は約31.7℃、最低気温は約29℃であり、差が2.7℃となっている。それに対し、曇りの日の最高気温は約32℃、最低気温が約30℃で差が2℃、雨の日の最高気温は約29.5℃、最低気温が約30.5℃で差が1℃となっており、最高気温と最低気温の差は晴れの日が最大であった。しかし、図26を見ると晴れの日は日の出る前は29℃で、日が昇るにつれて徐々に気温が上昇し、お昼を超えた14時ごろに最高気温に達しているが、曇りの日は日の出る前からすでに30℃近くあり、7時の時点で31℃を超えていた。このことから、晴れの日よりも曇りの日の方が暑くなることもある、ということが確認された。

次に湿度を比較すると、晴れの日と雨の日は日の出と同時に湿度は減少し、15 時頃に最低となったが、雨の日は、雨が降っている間は湿度が高く、雨が止むと徐々に低下した。一般的に晴れの日よりも曇りの日の方が、湿度が高くなる傾向があるが、今回は晴れの日よりも曇りの日の方が、湿度が低くなる時間帯があり、曇りの日が必ずしも湿度が高くなるわけではないという結果が得られた。

最後に不快指数を比較すると、晴れの日と曇りの日は気温の上昇に伴って不快指数も上昇し、湿度が減少しても不快指数は 80 以上と高く、体感は「暑くて汗が出る」のままだった。晴れの日や曇りの日に比べて気温があまり変化しない雨の日は、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」環境であったが、それ以降気温が大きく上昇しなかったため、不快指数は変化せず高いままだった。

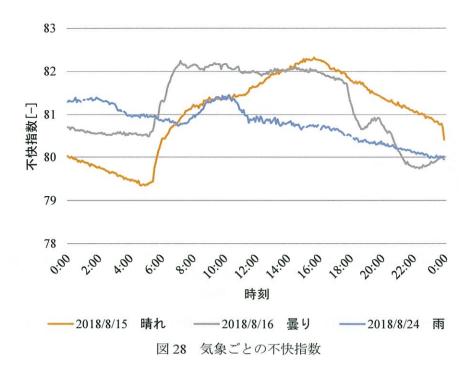
以上より、日が出ている晴れの日だけではなく、日のあまり出ていない曇りの日や雨の日であっても不快指数が高くなり、熱中症になる危険性が高いことが分かった。さらに不快指数は湿度よりも気温に大きく左右されることから、夏季は熱中症を未然に防ぐために、特に気温に注意しなければならないと考えられる。



図 26 気象ごとの気温



図 27 気象ごとの湿度



7-2-2. エアコンの使用の有無

屋内の空調設備が整った環境下であっても熱中症になる事例が多くあることから、エアコンの使用の有無がどれほど暑熱環境に影響を与えているのか調べる実験を行った。実験は 9 月 10 日~11 日の 2 日間実施した。この 2 日間は夏季休暇中であったが学校内に学生がいたため、教室によってエアコンの使用があった。エアコン以外の条件を揃えるため、隣接した 321 (エアコン使用 設定温度 23°C) と 320 (エアコン不使用) の 2 つの教室で観測を行った。図 29 は気温[$^{\circ}$ C]、図 30 は湿度[$^{\circ}$ 6]、図 31 は不快指数[$^{\circ}$ 7]。図 31 の薄い黄色で塗られている範囲は体感が「やや暑い」以上である。

まず気温を比較すると、エアコンを使用した 321 は 26℃以下、エアコンが学校内の設定により自動的 に切れた 16 時以降徐々に気温が上昇し、28℃~29℃で一定となった。エアコンの設定温度は 23℃であったが、23℃まで下がることはなかった。それに対してエアコンを使用しなかった 320 は、日中は 30℃を超え、夕方ごろに 30℃を下回り、29℃前後で一定となった。

次に、湿度を比較すると、エアコンを使用しなかった 320 は湿度が約 60%でほぼ値は変わらず一定であったが、321 はエアコンをつける前は 45%ほどだった湿度が、エアコンを使用すると徐々に増加し、1時間後には 60%になった。これは、湿度が変わらず気温だけ下がると、室内の飽和水蒸気量が減少し、空気中の相対湿度が増加するためである。

最後に不快指数を比較すると、321 では不快指数が 75 未満となり、「暑くない」環境であったが、320 では不快指数が 75 以上と「やや暑い」環境であった。

エアコンを使用すると気温が 5℃近く下がり、不快指数も 7~8 低下することから、エアコンは熱中症対策に有効であると考えられる。また、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℃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」で定められた範囲の室温が 17℃~28℃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℃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る。 さらに、エアコンをいれ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ので、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。

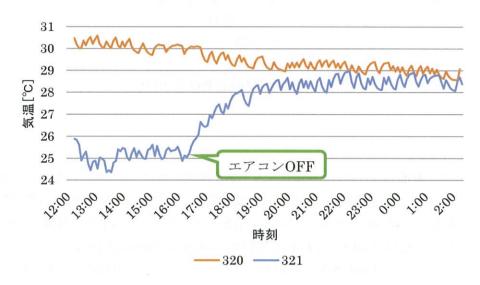


図 29 教室内の気温(9月10日)



図30 教室内の湿度(9月10日)

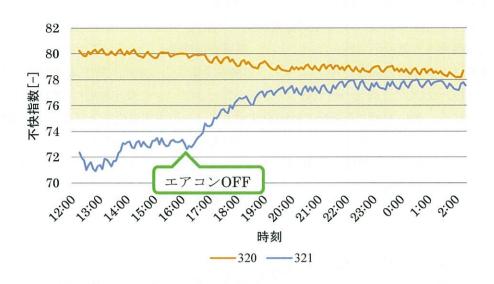


図 31 教室内の不快指数(9月10日)

7-2-3. 場所

学校は建物が大きく敷地も広いため、場所によって暑熱環境が異なっていると予想した。そのため、学校内のさまざまな所にノードを設置し、観測した。設置場所は1階図書館(南西)、3階321(南西)、3階303研究室(北東)、4階401(北東)、校庭、体育館の6か所である。また、観測は晴れの日(7月31日)に実施した。図32は気温[°C]、図33は湿度[%]、図34は不快指数[-]を示す。ただし、校庭と図書館に関しては、バッテリーと通信環境の問題で、夕方ごろにデータが途切れてしまった。図34の薄い黄色で塗られている範囲は不快指数の体感が「やや暑い」以上であり、薄い青色で塗られている範囲は学生が滞在している時間である。

まず気温を比較すると、朝日の当たると4階 401 (北東) と 303 研究室 (北東) は、日の出と同時に徐々に気温が上昇しているが、日の当たらない3階 321 (南西) や図書館は日が昇り始めた朝方は気温があまり上昇しなかった。また、校庭は大きな木が多く生えた場所にノードを設置したため、朝日の影響を受けなかった。体育館に関しても、窓が少なく校庭と同様に朝日の影響を受けなかった。学生や教職員が登校し始める9時ごろ以降の屋内の気温はエアコンによって下がるが、本校は定期的に空調設備の電源が切れるよう集中管理されているため、30℃前後を行ったり来たりしている。また、エアコンの設定温度は23℃であったが、校内のほとんどの教室が一斉に冷房をつけるため、電力の供給が足りず気温があまり下がらなかった。そのため、扇風機を導入するという対策が取られた。空調設備がない校庭や体育館は9時以降上昇し、直射日光が当たる校庭は38℃、直射日光が当たらない屋内の体育館は34℃にまで達した。

次に湿度を比較すると、晴れの日のため、屋内外関わらず気温の上昇に伴って湿度は減少している。 ただし、朝方の校庭の湿度は80%を超え、校舎1階にある図書館の湿度は50%と低くなり、朝の時間帯 だと屋外よりも屋内の方が、湿度が10%以上低くなるという結果が得られた。

最後に不快指数を比較すると、グラフの形は気温のグラフとほぼ一致しており、不快指数には気温が

湿度よりも大きく関係していることが分かる。屋内よりも気温の高い校庭や、日が昇っている9時から18時の時間帯のエアコンがない体育館は、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や図書館は午前中に日光が当たらないため、冷房をつけなくても不快指数が80を大きく上回ることはなかった。

以上より、気温の上昇には日光が大きく影響しており、日光の当たりやすい北東側の教室が南西側の 教室に比べて熱中症の危険性が高いと考えられる。また、校庭や空調設備の無い体育館は、不快指数が 80を大きく超える「暑くてたまらない」環境が長時間続くため、体育の授業や運動部は注意が必要であ る。



図 32 設置場所ごとの気温



図33 設置場所ごとの湿度



図34 設置場所ごとの不快指数

8. まとめ・今後の展望

学校等の屋内でかかる熱中症を未然に防ぐために、学校内の熱中症危険度を可視化し、リアルタイムでモニタリングできる機器が必要と考えた。そこで、学内の温湿度を測定し、不快指数に変換、学校の箱庭上で表示できるシステムを製作した。

初めに、学校内に LoRa モジュールを用いてセンサネットワークを構築し、7月下旬から9月中旬にかけて学校内の気温と湿度を観測した。また、得られた気温と湿度より不快指数を算出した。学校内の暑熱環境は、「気象」、「エアコンの使用の有無」、「場所」の観点から評価した。観点ごとの暑熱環境の評価は以下の通りである。

(1)気象

・晴れの日のみならず、曇りの日や雨の日であっても、気温と湿度ともに高くなる時間帯があり、 熱中症の危険性がある。

(2)エアコンの使用の有無

- ・エアコンを使用すると、気温が5℃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。
- ・エアコンの設定温度まで気温が下がりきらないため、状況に応じてエアコンの設定温度を下げる 必要がある。
- ・不快指数が 70 未満の「快い」環境にするためには、エアコンを使って気温を下げるだけでなく、 除湿を行い、室内の湿度を下げることが必要である。
- ・エアコンを使用してから、不快指数が 75 未満の「暑くない」環境になるのには 30 分の時間を有する。

(3)場所

- ・気温の上昇には日光が大きく影響している。
- ・1 階よりも4階の方が、気温が上昇しやすい。
- ・校舎と方角の関係より、北東に面した教室の方が南西に面する教室より気温が上昇しやすい。
- ・気温に夕日は大きく影響しない。

以上より、気象や場所、エアコンの使用の有無によって適切な対策を取る必要があることが確認された。また、不快指数を用いて屋内の暑熱環境を表示することは、熱中症の危険度を伝える方法として有効であることが確認された。

次に、学校をモデルとした箱庭を製作し、フルカラーLEDを用いて学校内の暑熱環境を表した。不快 指数に合わせて LED の色を変化させることにより、熱中症の危険度を表現できた。

今後は、気温と湿度に加えて風向・風速を可視化させ、屋外の詳細な気象情報を学校内にいる教職員 や学生に提供していく。また、ノードの設置場所を増やし、より多くの暑熱環境情報を箱庭で表示させ る予定である。さらに、他の公共施設の箱庭を製作することが出来れば、本校に限らず様々な施設の暑 熱環境情報を屋内にいる人に提供できると考える。

参考文献

- [1]総務省消防庁,熱中症による救急搬送状況,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,大学コンソーシアム八 王子要旨集 p24,2015.
- [3]一般財団法人日本気象協会,熱中症ゼロへ-日本気象協会推進,(参照 2018 年 8 月).
- [4]環境省,熱中症予防情報「熱中症の予防方法と対処方法」,(参照 2018 年 8 月).
- [5]環境省,熱中症予防情報「暑さ指数(WBGT 値)とは」, (参照 2018 年 8 月).
- [6]環境省,熱中症予防情報「暑さ指数(WBGT値)とは」,(参照 2018 年 8 月).
- [7]厚生労働省労働基準局発行,熱中症を防ごう!2011年3月.
- [8]E.C. Thom. The Discomfort, 1959.
- [9]予報用語,国土交通省気象庁 HP.
- [10]藤島佳祐,吉田将司,センサネットワークを用いた学内暑熱環境の調査,大学コンソーシアム八王 子要旨集 p224,2016.
- [11]国土交通省気象庁,過去の気象データ,(参照 2018 年 9 月)

優秀賞 賞金10万円

AI(愛)

ウォーターリング

鳥羽商船高等専門学校

制御情報工学科



2018年第7回高校・高専気象観測機器コンテスト

AI(愛)ウォーター 報告書

平成 30 年 10 月

鳥羽商船高等専門学校 制御情報工学科

3年 中北 創太

3年 中谷 瑞希

3年 村田 雄斗

4年 岡本 真平

4年 山本 真以

要旨

日本国内の農業は高齢化や後継者不足が問題となっています。その中には、成果を上げている若手農家も存在します。しかし、若手農家の成長過程において、水やり、換気作業の労務負担は非常に大きいです。また、水やり、換気作業には高度な技術を要するため、技術継承が進んでいないことが大きな課題になっています。既存の負担軽減サービスや機器は非常に高価であり、気象に追随した水やりができません。「AI ウォーター」は、遠隔操作用のスマートフォンアプリを使用することで、実際に農場に出向くことなく、誰でも簡単に農場の状態確認、水やり、換気作業を行えます。作業予約機能も付いているため、自動化することも可能です。そして、局地気象観測のために低価格で運用実績豊富な KOSEN ウェザーステーションを使用することで、大幅にコストの削減が可能です。運用実験では実際にビニールハウス 9 棟に本システムを設置し、7 月 1 日に設置開始してから現在に至るまで正常に稼動し続けています。今後、水やりや換気作業のログ、気象情報を収集し、AI に学習させ気象の変化に追随した水やり、換気の頻度や量を提案することも可能になります。将来的には水やり、換気作業の相による完全自動化を目指します。

目次

1.	背景	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1
2.	目的	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1
3.	シス	テ	ム																									
	3	•	1		概	要	į •	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	2
	3	•	2		機	器	説	明																				
				3		2		1			制	街	装	置	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	3
				3		2		2			電	磁	弁	. •	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	4
				3		2		3			巻	き	上	げ	`モ		- タ	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	4
				3		2		4			お	ん	نے ,	ځ`	り	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	5
				3	•	2	•	5			独	立	:電	源	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	5
				3		2		6			モ	ノヾ	イ	ル	W:	i-	Fi	ル	<i>,</i>	- タ	·	•	•	•	•	•	•	6
				3		2		7			KC	SE	N	ウ	I	ザ		ス	テ		シ	Ξ	ン	•	•	•	•	7
				3		2		8			電	重)ポ	ピン	ブ	•	•	٠	•	•	•	•	•	•	•	•	•	7
				3		2		9			We	eb	力	メ	ラ	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	8
				3		2		1.	0		フ	口		・ト	セ	ン	゚゙サ	٠.	•	•		•	•	•	•	•	•	8
	9		໑		津	- K≡	比尔	. <i>II</i> =	: FF	ح ا	·j	ון ^פ	_	_	_	_	_	_		_	_	_			_			0

4. 実験1

	4.	1	方	法	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	0
	4.	2	結	果	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	1
	4.	3	考	察	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	2
5.	実験 2																									
	5.	1	方	法	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	3
	5.	2	結	果	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	4
	5.	3	考	察	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	4
6.	まとめ		•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	5
7.	今後の	展望	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	1	5
Q.	会老 立	***																							1	6

1. 背景

日本国内の農業は高齢化や後継者不足が問題となっています。それでも農業に積極的に取り組み、成果を上げている若手農家が存在し、若手農家の成長が地方創生の要となっています。しかし、若手農家の成長過程において、水やり、換気作業に関する労務負担や技術継承が大きな課題になっています。農家の収入に直結する品質や生産計画に大きく影響する水やり、換気作業は高度な技術が必要となります。これらの技術は若手農家への継承が進んでいません。

更に、ビニールハウスにおける換気作業等の温度調整管理業務(4~10月54時間/月)が非常に大きな負担となっています。負担軽減のためのサービスや機器は存在しますが、既存の機器は非常に高価であり、気象変化に追随した水やりができません。これらの労務負担の大幅な省力化を安価に実現する技術が待ち望まれています。

2. 目的

「AI ウォーター」では下記の3点を目的とします。

- ・遠隔操作による水やり、換気作業の省力化 ビニールハウスに設置した水やり経路の電磁弁、換気のための屋根開閉用 のモータをスマートフォンで遠隔操作することで実際に圃場に出向くこと なく水やり、換気作業を行うことができます。
- ・スマートフォンアプリを使用した操作の容易化 遠隔操作用のスマートフォンアプリを開発することで、誰でも簡単に農場の 状態を確認し、タップ操作で水やり、換気作業を行うことが出来ます。さら にスケジュール機能により事前に水やり、換気作業を予約しておくことで作 業を自動化することも可能です。
- ・導入時のコスト削減

「AI ウォーター」では局地気象観測のために高専農業 ICT ネットワークによって開発された低価格で運用実績が豊富な気象観測機器である KOSEN ウェザーステーションを使用することで大幅にコストを削減することが可能です。

更に、水やりや換気作業のログ、局地気象観測によって得られる気温、日射、 降雨状況などの気象情報をDBに蓄積します。水やり、換気作業のログと気象情報をAIに学習させることで、気象変化に応じた水やり、換気作業の内容を提案 し若手農家の農作物育成を支援します。

3. システム

3. 1 概要

「AI ウォーター」のシステム概要を図1に示します。

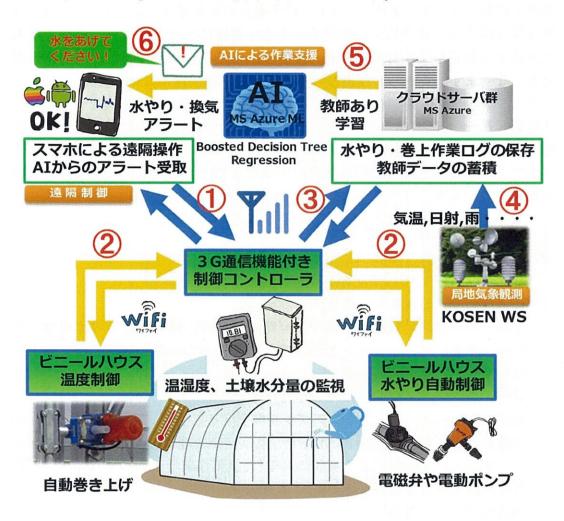


図1.システム概要図

- ① スマートフォンから制御コントローラへ作業内容を送信。 制御コントローラからスマートフォンへ作業ログの送信。
- ② 制御コントローラで電磁弁、巻き上げモータを制御。
- ③ 制御コントローラから DB へ作業ログを送信。
- ④ KOSEN ウェザーステーションから DB へ気象データを送信。
- ⑤ 蓄積した作業ログと気象データを AI が学習。
- ⑥ AI から利用者へ作業内容を提案。

3. 2 機器説明

3. 2. 1 制御装置

スマートフォンからの作業命令を受信して、ビニールハウスの電磁弁、巻き上げモータを制御します。また、スマートフォンへ作業ログを送信します。制御装置はARMプロセッサ搭載のシングルボードコンピュータ RaspberryPi2 ModelB1台と8チャンネルのリレーモジュール2つで構成されており、最大16棟のビニールハウスを管理することが可能です。



図2. 制御装置



図3. RaspberryPi ModelB

- ◆ メモリー:1GB
- ◆ CPU: 4コア 900MHz
- ◆ GPU: Broadcom VideoCore IV 400MHz (3D 250MHz)
- ◆ USB2. 0 ポート:4
- ♦ GPIO: 40pin
- ◆ 消費電力: 350mA
- ◆ 大きさ/質量: 85.6x56.5mm / 45g



図4. リレーモジュール

- ◆ 電源電圧: 5V
- ◆ 許容電圧/電流: AC 250V / 10A
 - DC 30V / 10A
- ◆ 大きさ: 40 x 28 x 19mm

3. 2. 2 電磁弁

通電時に水やり経路の電磁弁を開きます。



図5. 電磁弁

◆ 電圧: DC 12V

3. 2. 3 巻き上げモータ

ビニールハウスの換気のために使用します。

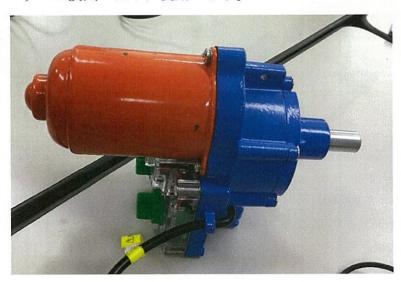


図6.巻き上げモータ

◆ 電圧: DC 24V

3. 2. 4 おんどとり

ビニールハウス内の温度を測定します。24時間モニタリングするデータはWi-Fiでクラウドに蓄積されます。



図7. おんどとり

◆ 測定対象:温度 2ch

◆ 測定範囲:-40 ~ 110℃

◆ 精度: 平均 ±0.3℃

◆ 記録データ:8000x2ch

◆ 記録間隔:15通り 1秒 ~ 60分

◆ 通信:無線 LAN USB

◆ 電源:単三アルカリ x2 AC アダプタ

◆ 大きさ:58 x 78 x 26mm

3. 2. 5 独立電源

農場装置群に電源を供給します。



図8.独立電源

◆ ソーラーパネル + チャージコントローラー + バッテリー

3. 2. 6 モバイル Wi-Fi ルータ

農場装置群をインターネットにつなぎます。

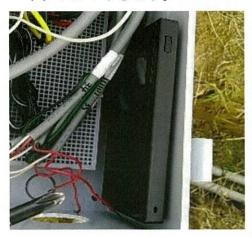


図9. モバイル Wi-Fi ルータ

- ◆ 型番: NEC モバイルルータ MR-05LN
- ◆ 通信方式: IEEE802.11 ac/a/b/g/n
- ◆ 連続通信時間(LTE/3G): Wi-Fi 約14時間、Bluetooth 約30時間
- ◆ 連続待受時間:休止状態時約 500 時間、休止状態時約 1250 時間
- ◆ 充電時間:約3時間
- ◆ 通信速度:LTE 受信 375Mbps / 送信 50Mbps、3G 受信 14Mbps / 受信 5.7Mbps
- ◆ バッテリー: 充電池パック (リチウムイオン電池) 2500mAh (着脱式)
- ◆ 大きさ:63 x 115 x 11mm

3. 2. 7 KOSEN ウェザーステーション

KOSEN ウェザーステーションとは農水省事業 異分野融合補完研究において、研究代表者を含む高専農業 ICT ネットワークによって開発された低価格な気象観測機器です。中小規模農家が導入可能な低コストと測定精度、高稼働率を実現しています。現在までに全国 5 0 箇所以上の導入・稼働実績があります。アメダスが近くに無い農場の局地気象観測に使用します。



図10. KOSEN ウェザーステーション

◆ 1ha(100m x 100m)範囲の局地気象観測装置一式

3. 2. 8 電動ポンプ

苗に水やりを行う目的で使用します。



図11. 電動ポンプ

◆ 型番:SFBPI-G800-040

◆ 流量:800GPH

◆ 流動度:501--1000GPH

◆ ポンプ本体:熱可塑性樹脂

◆ 電圧:12V

◆ 電流: 4.0A

3. 2. 9 Web カメラ

苗と水かさの状態を撮影する目的で使用します。



図12. Web カメラ

◆ 型番: ELP-USB100W05MT-DL36-J

◆ 自動露出 AEC: サポート

◆ USBプロトコル: USB2.0 HS / FS

◆ 有効画素数:1280(H) x 720(V)pixels

◆ 作業温度:-20 ~ 70℃

◆ 大きさ/質量:9.4 x 7.3 x 9.4cm / 531g

◆ 電圧/電流: DC 5V / 150mA

3. 2. 10 フロートセンサ

水やりを行う際、水のやりすぎを防止する目的で使用します。



図13. フロートセンサ

◆ 型番: ZP7510-P

◆ 最大接点定格值:10W

◆ 最大電圧: DC 100V

◆ 最大電流: 0.5A

◆ 最大抵抗:100Ω

3. 3 遠隔操作用アプリ

スマートフォンからの遠隔操作を容易にするため iOS アプリの開発を行いました。図14に遠隔操作用アプリのユーザインターフェースを示します。



図14. AI ウォーターの UI

- ① ビニールハウス内の現在の状態を表示します。
- ② 農場の様子をリアルタイムで表示します。
- ③ 水やりの開始時間と水やり時間を設定します。
- ④ ビニールハウスの屋根を開閉する時間や量を設定します。
- ⑤ 撮影を行う時間を設定します。
- ⑥ すぐに水やりを行います。
- ⑦ 農場の画像を最新の画像に更新します。
- ⑧ すぐにビニールハウスの屋根の開閉、停止を行います。

4. 実験1

4. 1 方法

2017年9月9日から12月まで奈良県宇陀市の農場にあるビニールハウス内の育苗テーブルに「AI ウォーター」を設置します。ログ通知機能などを利用して、システムが正常に動作しているか監視します。また利用者からのフィードバックを受けシステムの改善を行います。

野外でのシステム運用のため防水防塵のプラスチックボックスに制御装置を収納します。また、各センサや電磁弁の導線接合部分には熱収縮テープを用いて防水加工を施します。育苗テーブルを図15、プラスチックボックスの外観と内装を図16に示します。



図15. 育苗テーブル



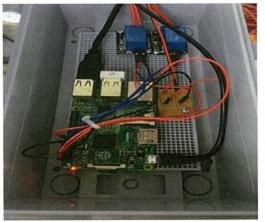


図16. プラスチックボックスの外観と内装

4. 2 結果

Web カメラで撮影された画像が昼前から夕方にかけて白飛びしていました。白飛び時の画像を図17に示します。LINE のログ通知を確認したところ、水やりの停止を繰り返す問題が発生しました。LINE のログ通知の様子を図18に示します。



図17. 白飛び時の Web カメラの画像

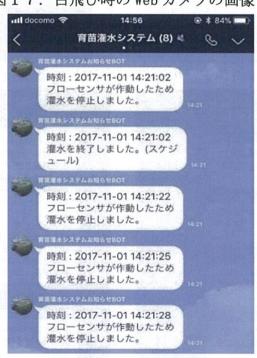


図18.繰り返し停止するログ通知

4. 3 考察

カメラの画像が白飛びする問題では、システムを設置している場所がビニールハウス内であり、太陽光がビニールに乱反射することで白飛びすることが分かりました。カメラのレンズに減光 ND フィルタを取り付けることで改善しました。改善前の Web カメラの画像を図19、改善後を図20に示します。水やりの停止を繰り返す問題では、フロートセンサの故障により水のやりすぎを防止するプログラムがすぐに作動していることが分かりました。新しいフロートセンサに交換することで改善しました。改善前の LINE のログ通知の様子を図21、改善後を図22に示します。

また、水やりには農業用水を使用するため水圧が様々であり、より細かく時間を制御する必要があると考え、分単位から秒単位の制御に変更しました。



図19. 改善前の Web カメラの画像

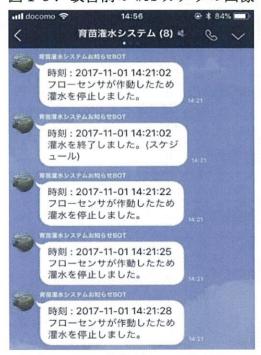


図21. 改善前のログ通知



図20. 改善後のWebカメラの画像



図22. 改善後のログ通知

5. 実験 2

5. 1 方法

2018年7月1日に奈良県宇陀市の農場にあるビニールハウス9棟に「AI ウォーター」を設置しました。前回と同様にログ通知機能を利用し、システムが正常に動作しているか監視します。

規模が育苗テーブル1台からビニールハウス9棟に拡大したため、複数の電磁弁等を制御する必要があり、制御装置のリレーモジュールを2チャンネルから16チャンネルへ増やしました。最大16棟のビニールハウスを制御することが出来ます。変更後の制御装置を図23に示します。

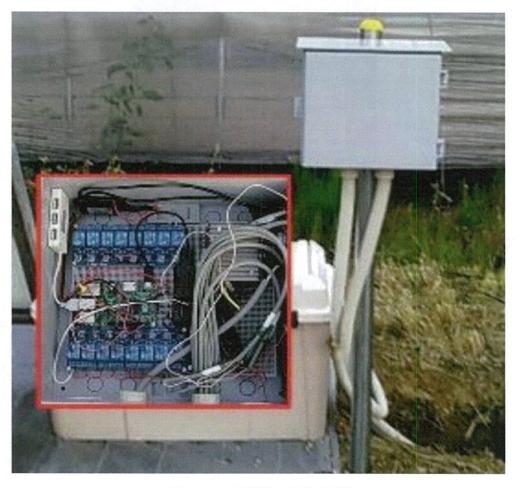


図23.変更後の制御装置

5. 2 結果

設置開始から現在に至るまで、一度も止まらず稼働し続けており、正常に動作していることが確認できました。ログ通知の様子を図24に示します。



図24. LINE のログ通知

5.3 考察

スマートフォンからの遠隔操作で水やりが出来る機能を実現しました。これにより、ビニールハウスまでの移動時間を無くすことができ、労働時間の大幅な削減が見込めると考えています。今後実装を予定しているビニールハウスの換気機能を実現することで更に労働時間の削減が可能です。

また、KOSEN ウェザーステーションを用いて局地観測を行うことで詳細な気象データを得ることができ、より適正な水やり開始時間や水量を設定出来ると考えています。

6. まとめ

「AI ウォーター」を利用することでスマートフォンによる遠隔操作だけで 農作物に水をやることができました。これにより、農家の水やり作業にかかる 労働時間を大幅に削減することが出来ます。また、遠隔操作用アプリの開発に より誰でも簡単に水やりやその予約が出来るようになりました。さらに、KOSEN ウェザーステーションの利用によりコストの大幅な削減を実現しました。

7. 今後の展望

今後の展望としては、まず巻き上げモータを用いてビニールハウスの屋根を開閉する換気機能を実装します。また、「AI ウォーター」の運用を続けることで、水やりや換気作業のログ、気象情報を収集し、AI に学習させ気象の変化に追随した水やり、換気の頻度や量を提案する機能も実装します。AI に学習させるデータはベテラン農家の作業ログを使用するので新規就農者でもベテラン農家と同じように作業が出来るようになり、農業技術を受け継ぐことが出来ます。将来的には水やり、換気作業のAI による完全自動化を目指します。

8. 参考文献

- 1. 農業労働者に関する統計 http://www.maff.go.jp/j/tokei/sihyo/data/08.html
- 2. The Raspberry Pi Internet of Things Toolkit-Now in two Flavors http://webiopi.trouch.com/
- 3. TECHACADEMY

https://techacademy.jp/briefing-lp-iphones?gclid=Cj0KCQjwsMDeBRDMARIsAKr0P7GyYACpo6Dbo1bWS1wG0jt3vuScogcSwPlThfg146fbCoACmE4eloaAivaEALw_wcB

- 4. 初心者向け CocaPods の使い方[導入編] http://developers.goalist.co.jp/entry/2017/04/20/180931
- 5. Firebase でユーザーを管理する https://firebase.google.com/docs/auth/ios/manage-users?hl=ja
- 6. FirebaseUI でログイン画面を作成する http://flatlevel56.blogspot.com/2016/12/firebaseui.html
- 7. swift でwebViewアプリを作ってみた https://qiita.com/drobune/items/17295b2de6663b56785a