

# 東屋の建設と微気候の測定

渡辺 菊真<sup>1\*</sup> 赤塚 慎<sup>1</sup> 楠本 建<sup>2</sup>  
毛利 匡志<sup>2</sup> 依光 剛志<sup>2</sup> 田島 昌樹<sup>1</sup>

(受領日：2018年5月9日)

<sup>1</sup> 高知工科大学システム工学群  
〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185

<sup>2</sup> 高知工科大学大学院工学研究科社会システム工学コース  
〒782-8502 高知県香美市土佐山田町宮ノ口185

\* E-mail: watanabe.kikuma@kochi-tech.ac.jp

**要約：**本稿は、高知県香美市の中山間地域に立地する古民家周辺の環境が人体や建築物に与える影響について把握することを目的に実測調査を行い、熱的安全性について検討を行ったので報告する。現在の古民家は躯体の木材で腐朽が著しく目立つようになっており、居住者がいないことや雨漏り、森林などによる多湿の影響が一因だと考えられる。また古民家周辺で作業をする人々の利用できる休憩スペースがほとんどない。そのため夏期には熱中症などの危険性が考えられることから一時的な避難場所となる東屋モデルの建設を行い、東屋モデルとその周辺の環境測定を行った。周辺環境である微気候を測定するために東屋モデルの近くに自記録式気象観測ユニットを設置し、気象庁の地域気象観測システムの測定結果と比較を行い、作業者の熱的安全性および古民家周辺の地域特性の把握を試みた。

## 1. はじめに

現在、都道府県レベルでの熱中症発生状況の把握は行われている<sup>1)</sup>。しかしながら、対象地域である高知県香美市の中山間地域に立地する古民家周辺などでは、測定器を使用してWBGT値などを測定する以外に熱中症への警戒を促すすべはない。

そこで、本稿では高知県香美市土佐山田町佐岡中後入（東経133度43.04分北緯33.38分標高133m）にある古民家の東に位置する休耕地を対象敷地とし、対象地域の環境が人々や建築物にどのような影響を与えているのかを把握することを目的に実測調査を行った。

対象地域の特性を把握するために実測調査は、自記録式気象観測ユニット（温度、湿度、日照、雨量、風速、風向を自動記録する測定機器）の一式（以降、気象ステーションと表す）を用いて温熱環境を測定した。

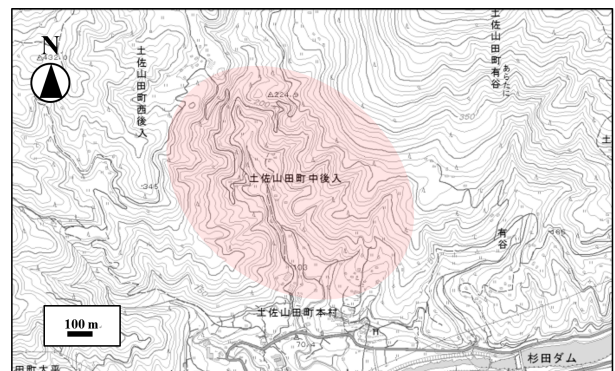


図1. 対象敷地周辺地図<sup>2)</sup>

比較対象地域として高知県高知市と南国市後免、香美市大栃の3地域を設定し、気象庁の地域気象観測システム（以降、アメダスと表す）によって測定された気象観測データと比較した。図1に対象地域の周辺地図を示している。なお、アメダスの位置や検討に用いたデータについては次章で説明する。

表 1. 熱中症予防運動指針<sup>5,6)</sup>

	WBGT [°C]	乾球温度 TA [°C]	湿球温度 WET [°C]
運動は原則中止	WBGT ≤ 31	TA ≤ 35	WET ≤ 27
嚴重警戒（激しい運動は中止）	28 ≤ WBGT < 31	31 ≤ TA < 35	24 ≤ WET < 27
警戒（積極的に休息）	25 ≤ WBGT < 28	28 ≤ TA < 31	21 ≤ WET < 24
注意（積極的に水分補給）	21 ≤ WBGT < 25	24 ≤ TA < 28	18 ≤ WET < 21
ほぼ安全（適宜水分補給）	WBGT < 21	TA < 24	WET < 18

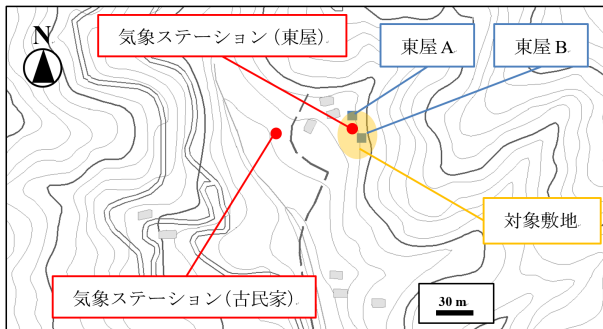


図 2. 気象ステーションおよび東屋の設置位置<sup>2)</sup>

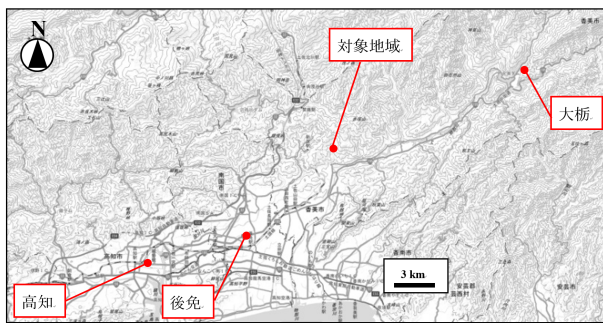


図 3. アメダス（表 5）および気象ステーションの位置<sup>2)</sup>

また休耕地に建設した東屋モデル内の温熱環境を測定し、アメダス観測データと比較を行い、東屋モデル周辺の微気候および建築物内に対する影響を把握することを試みた。

## 2. 対象地域概要および気象データの整理

### 2.1 概要

本稿では、熱的安全性について検討を行うために対象敷地に 2 基の東屋モデルを建設した。古民家に近い気象ステーションを気象ステーション（古民家）、東屋に近い気象ステーション（東屋）と呼び、また北側に建設した東屋モデルを A、南側を B と呼ぶこととした。対象敷地の気象ステーションおよび東屋の設置位置を図 2 に、アメダスの設置場所を図 3 に示す。東屋モデルの設計概要などについては

表 2. 夏期および冬期の測定項目（2016 年度）

	温度 [°C]	相対湿度 [%RH]	平均風速 [m/s]	風向 [-]
古民家	○	○	○	○
大栃*	○	-	○	○
後免*	○	-	○	○
高知*	○	○	○	○

\* 気象庁よりデータを取得<sup>3)</sup>

次章で説明する。

気象ステーション（古民家）は 2016 年 6 月より 15 分間隔で測定しており、対象地域の夏期および冬期の温熱環境を把握するために 2016 年 8 月（以降、夏期と示す）と 12 月（以降、冬期と示す）の乾球温度（以降、温度と示す）や相対湿度、風速などの環境測定結果の整理を行った。

厚生労働省が示す熱中症予防運動指針<sup>6)</sup>を表 1 に、2016 年の夏期および冬期の測定項目を表 2 に、気象ステーションの測定機器概要を表 3 に、測定期間を表 4 に示す。

### 2.2 2016 年度の気象観測データの整理

2016 年度の古民家周辺の環境の把握を目的に夏期および冬期の気象観測データの整理を行った。

2016 年度は WBGT 値を測定していなかったため WBGT 値の代わりに乾球温度の測定結果を表 1 の熱中症予防運動指針にあてはめて熱中症の危険性について検討を行った。また気象観測データは 1 時間間隔に整理して検討を行った。

比較対象地域はアメダスが設置されている高知市、南国市後免、香美市大栃とし、設置場所については表 5 に示す。夏期および冬期の測定結果は次頁に、温度 [°C] を図 4 に、相対湿度 [%RH] を図 5 に、平均風速 [m/s] を図 6, 7 に、風向 [-] を図 8, 9 に、絶対湿度 [g/kg(DA)] を図 10 に示す。

表 3. 気象ステーションの測定機器概要

	測定範囲 (精度: 測定範囲)	使用機器
乾球温度 [°C]	-40 ~ 75 (±0.21 : 0 ~ 50)	S-THB-M002 (ONSET)
相対湿度 [%RH]	0 ~ 100 (±2.5 : 10 ~ 90)	
風速 [m/s]	0 ~ 76 (±1.1)	S-WSET-B (ONSET)
風向 [-]	0 ~ 355 (±5)	
降水量 [cm]	0 ~ 12.7 (±5 %)	S-RGB-M002 (ONSET)

表 4. 2016 年度の夏期・冬期の測定期間

	測定期間
夏期	8月1日~31日
冬期	12月1日~31日

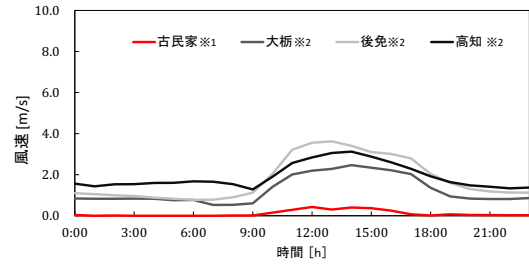


図 6.1 時間毎の平均風速 [m/s] (夏期)

表 5. アメダスの設置場所<sup>3,4)</sup>

地名	緯度 (度, 分)	経度 (度, 分)	標高 (m)
高知	33,34.0	133,32.9	1.0
後免	33,35.4	133,38.6	12.0
大栃	33,41.9	133,52.5	210.0

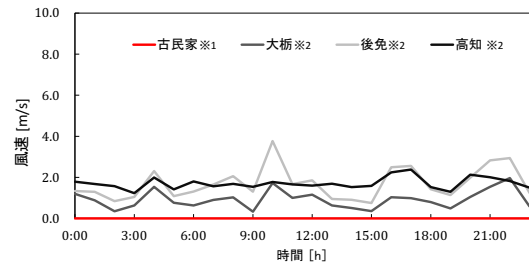


図 7.1 時間毎の平均風速 [m/s] (冬期)

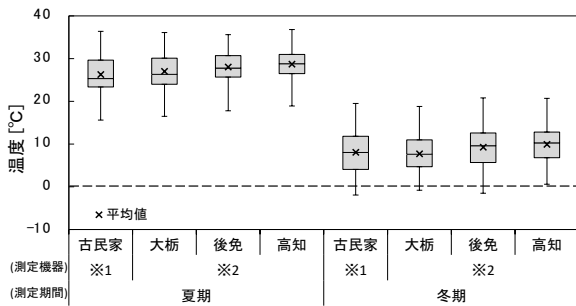


図 4. 温度 [°C]

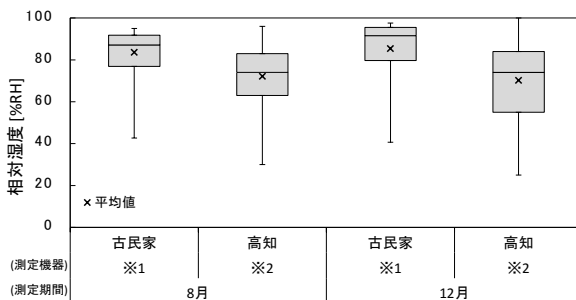


図 5. 相対湿度 [%RH]

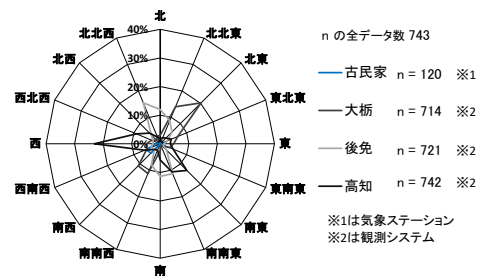


図 8. 夏期の風向分布図

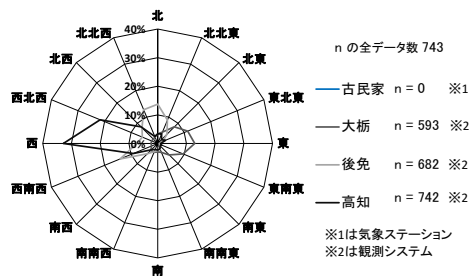


図 9. 冬期の風向分布図

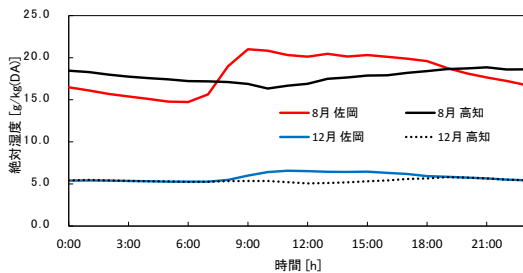


図 10. 絶対湿度 [g/kg(DA)]

### (1) 温度・相対湿度

測定結果（図 4, 5）より古民家周辺の最高温度は 35℃を超えており、平均温度は 24℃を超えているため表 1 の熱中症予防運動指針より熱中症に対して嚴重警戒であることが確認でき、相対湿度の平均値も 80%RHを超えているため熱中症の危険性が高いと考えられる。また冬期の相対湿度は夏期とほとんど変わらないため冬期でも相対湿度について考える必要があることが確認できた。

### (2) 平均風速・風向

比較対象地域では、夏期の日中と夜間で南北の風向が確認でき、風速が記録されていたが、古民家の測定結果はほとんど風速が観測されておらず、静穏状態（ここでは 0.5 m/s 以下のことを示す）であることが多いことが確認できた。冬期ではそれぞれの地域で一方方向に風が吹いていることが確認できた。平均風速を確認した結果、古民家ではほとんどの時間で静穏であったが、これは風速計および風向計が故障していたと考えられ、次々章の測定では測定器の交換を行い、温熱環境の測定を行った。

### (3) 絶対湿度

温度と相対湿度の測定結果（図 10）を用いて絶対湿度の算出を行った。日中の古民家周辺の絶対湿度は高知市よりも夏期・冬期ともに高い結果となり、これは植物の蒸散や川の近くであることが一因であると考えられる。

表 6. 測定機器の設置位置

	設置場所	使用機器
東屋	床上（地面から 160 cm）	HI-2000SD
	床上（地面から 220 cm）	RTR-53A

※床上の高さは地面から 80 cm

## 3. 東屋モデルの建設について

### 3.1 東屋モデルの概要

前々章で述べた対象地域にある古民家は湿気や日当たりの悪さにより一部躯体が腐食しており、倒壊の危機性が懸念されている。そこで、佐岡の微気候を測定し、建築物および人体に与える影響を把握することを目的に可変性のある東屋モデルを二基建設し、対象実験および環境測定を行うことにした。

東屋モデルの構造は、躯体を軽量足場単管とし、床は垂木および厚板で、屋根にはさらに、ポリカーボネート波板により防水を施し、建設した。屋根の傾きの調整は支点を屋根の中央に持つことにより、軽々と可動させることができる。ヤジロベエのように左右でバランスをとり、テコの原理で動かすことでこの動きを可能にした。可動後は上の三角形と下の三角形の交点をクランプで止めて固定し、屋根の重量を基礎に伝える。図 11 に東屋の概要を示し、東屋の立面図を図 12 に、平面図を図 13 に、図 14 に調整した東屋屋根を示す。

### 3.2 設計条件

- (1) 床高を地盤面より 300 mm～800 mm の間の任意の位置で固定できるようにする
- (2) 屋根勾配を任意の傾きに固定できるようにし、日射量をコントロールする
- (3) 普段は東屋として使用できるようにする

### 3.3 作業工程

作業工程は、大きく分けて下記の 3 つである。

- ① 不陸調整（草抜き、ゴミや灰の除去、どんつき（地面を平らにするための道具）による地面の締固め）
- ② 資材の購入および搬入
- ③ 施工（構造躯体、垂木、厚板、波板、屋根と床の動作確認）



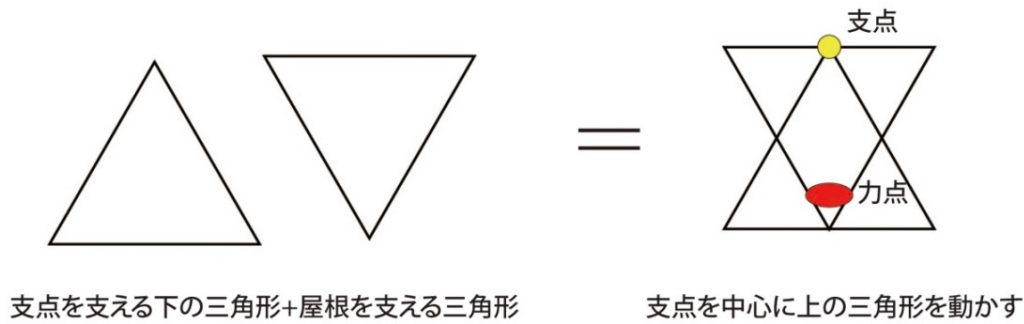


図 11. 東屋の概要図

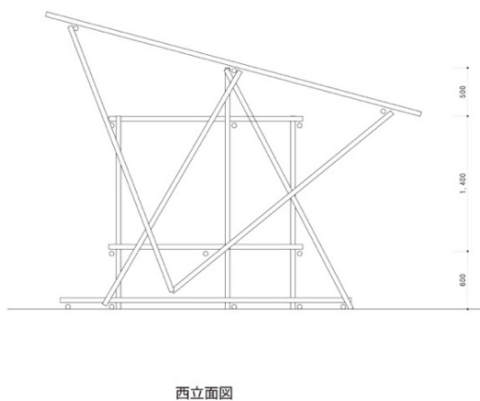


図 12. 東屋の立面図（西側視点）

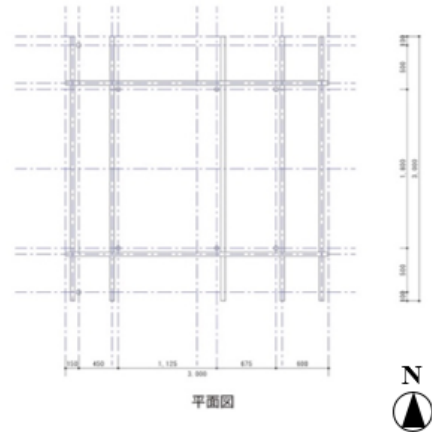


図 13. 東屋の平面図



図 14. 東屋 B 屋根の調整後の写真（左：約  $-16^\circ$ 、中央：  $0^\circ$ （水平）、右：約  $16^\circ$ ）

### 3.4 東屋モデルの建設

2017年の8月、9月の計9日間（54時間）で、作業員8人で東屋二基を建設した。

## 4. 東屋モデルと周辺環境測定について

### 4.1 環境測定概要

はじめに述べた本稿の目的である熱的安全性についての環境測定を夏期に行う予定であったが、東屋モデルの建設が遅れたため夏期期間での実測を行うことができなかった。また中間期には気象ステーションの温度の測定値が異常値（他の気象ステーションやおんどりの値と乖離していた）を示していたため測定器の交換を行い、2017年1月12日～1月16日に環境測定を行った。使用した測定器

は表3に示す気象ステーションと表7に示す測定器を用いて測定を行った。

東屋モデルの条件は床上80cm、屋根の傾き  $16^\circ$  と設定して測定を行った。冬期間で熱中症の危険性は低いと考えられるが、WBGT値の測定も行った。WBGT値は式(4-1)から計算される。

$$\text{WBGT} = \text{湿球温度} [^\circ\text{C}] \times 0.7 + \text{黒球温度} [^\circ\text{C}] \times 0.2 + \text{乾球温度} [^\circ\text{C}] \times 0.1 \quad (4-1)$$

### 4.2 東屋モデル周辺の環境測定結果

#### (1) 気象ステーションの測定結果比較

気象ステーション（東屋）と比較対象地域の測定結果の比較を行った。温度を図15、相対湿度を図16、絶対湿度を図17、風速を図18、風向を図19に

表 7. 測定機器概要

測定項目	測定範囲（精度：測定範囲）	使用機器
WBGT（屋外）[°C]	0～56（±1.5：15～56）	HI-2000SD
乾球温度 [°C]	0～50（±0.8：15～40）	
相対湿度 [%RH]	5～95（±3：70以下）	
黒球温度 [°C]	0～80（±0.6：15～40）	
乾球温度 [°C]	0～55（±0.3）	RTR-53A
相対湿度 [%RH]	10～95（±5（25°C 50%RH））	

表 8. 冬期の測定項目（2017 年度）

	温度 [°C]	相対湿度 [%RH]	平均風速 [m/s]	風向 [-]
東屋	○	○	○	○
古民家	○	○	○	○
大栃*	○	—	○	○
後免*	○	—	○	○
高知*	○	○	○	○

\* 気象庁よりデータを取得<sup>3)</sup>

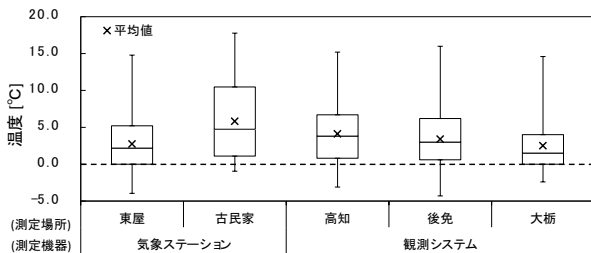


図 15. 温度 [°C]

示す。

東屋で測定された温度および相対湿度は比較対象地域との差はほとんど見られなかった。しかし、古民家の測定結果では、どちらの値もほかの対象地域より大きい結果となり、絶対湿度も高い値であった。測定期間の途中から測定器の値が異常値を出していたため故障していたと考えられる。

風速および風向では、今回の測定期間中ほとんど風が吹いていなかったようで、風速はほとんどデータが取れていなかった。また風向分布図は高知のみ西北西向きが30%を超える結果となっており、対象敷地の風向は特徴が見られない結果であった。

(2) 東屋モデルでの測定結果比較

温度を図 20 に、相対湿度を図 21 に、絶対湿度を図 22 に、WBGT 値 [°C] を図 23 に示す。

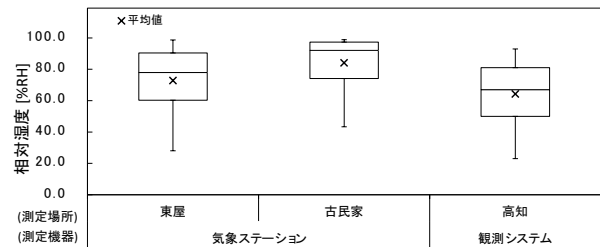


図 16. 相対湿度 [%RH]

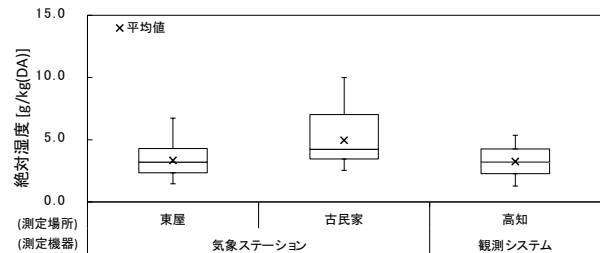


図 17. 絶対湿度 [g/kg(DA)]

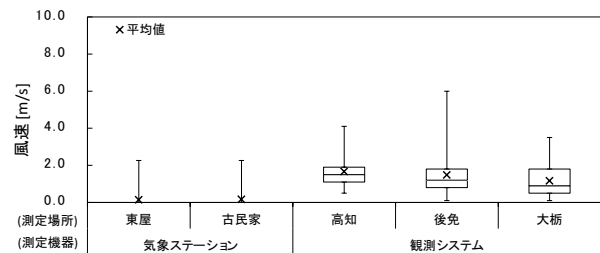


図 18. 風速 [m/s]

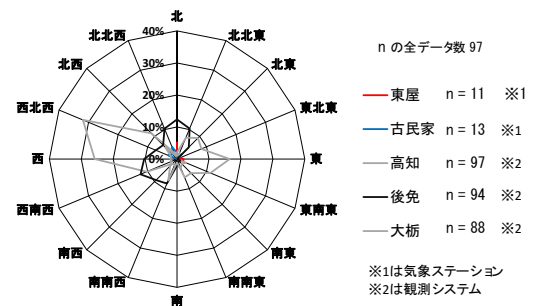


図 19. 風向分布図 [-]

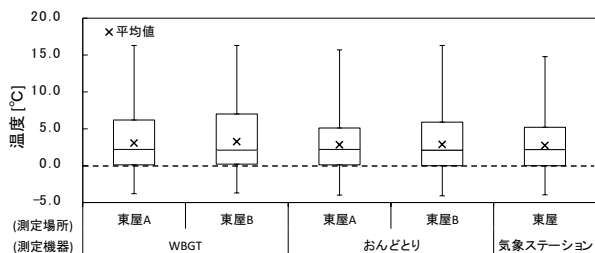


図 20. 温度 [°C]

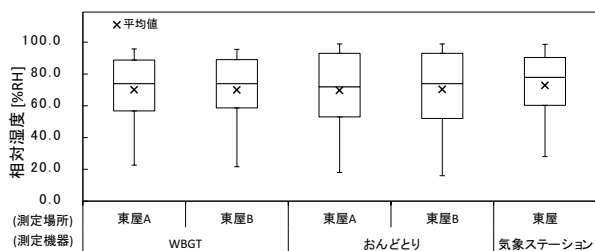


図 21. 相対湿度 [%RH]

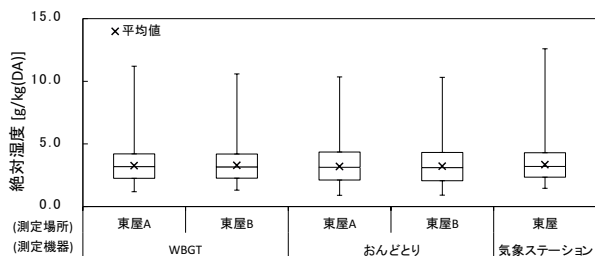


図 22. 絶対湿度 [g/kg(DA)]

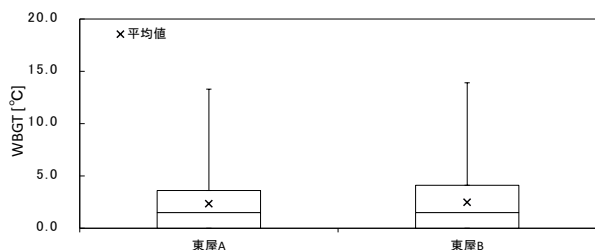


図 23. WBGT 値 [°C]

温度は冬期で寒い日が続いている中での測定であったため測定期間の約 25 % の時間で 0°C を下回る結果となり、相対湿度は平均値が 70 %RH であり冬期でも高い結果となったが、絶対湿度の確認をしたところ平均値が 5.0 [g/kg(DA)] を下回っていたため夏期よりも乾燥していることが確認できた。

WBGT の測定結果では、測定器の測定範囲が 0°C までであったため測定期間中は日中しか 0°C を超えず、ほとんどの時間で測定ができなかったが、日中は最大値で 15°C になることが確認できた。

## 5. おわりに

本稿では、香美市中後入にある古民家周辺の環境が人体や建築物に与える影響について把握することを目的に実測調査を行い、熱的安全性について検討を行った。

- (1) 昨年度の気象データの整理により、夏期では古民家周辺は高知市よりも水蒸気量が多く、最高気温が 35°C を超えていたため、古民家周辺では都市部と同様に熱中症の危険性が高いことを確認できた。
- (2) 床高および屋根の勾配を変化させることで、半屋外の温熱環境がどのように変化するのかを測定するために東屋モデルを二基建設した。床高と屋根勾配を変化させた場合の温熱環境測定による微気候が建築物に与える影響について把握することが今後の課題の一つである。
- (3) 気象ステーションによる測定では測定期間中に故障することがあった。センサー自体の寿命や精密機械ゆえ小さな要因（例えば虫や豪雨、台風による飛来物の衝突等）でも不具合が生じることに起因するものと考えられた。したがって今後の実測調査では、ひと月やふた月のサイクルで機械が正常に作動しているか確認する必要がある。

## 謝辞

本稿の調査および分析は、今西隆男氏をはじめ、佐岡地区の方々の多大なる協力を得ており、記して謝意を表する。

## 文献

- 1) 環境省, 熱中症予防情報サイト, URL = <http://www.wbgt.env.go.jp/>.
- 2) 国土地理院地理院地図(電子国土 Web), URL = <https://maps.gsi.go.jp>, 2018.1.18 取得.
- 3) 国土交通省 地域気象観測システム 地域気象観測所一覧, 2018.1.18 取得.
- 4) 国土交通省, 気象庁, 過去の気象データ・ダウンロード, URL = <http://www.data.jma.go.jp/gmd/risk/obsdl/index.php>, (2016 年 8 月および 12 月) 2017.5.31 取得. (2017 年 11 月および 2018 年 1 月) 2017.1.13 取得.
- 5) (公財) 日本体育協会「スポーツ活動中の熱中症予防ガイドブック」(2013), 2018.1.23 取得.
- 6) 厚生労働省, 熱中症対策に関する検討会で紹介された熱中症対策について 運動と熱

中症, 中川原貴, URL = <http://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/2r9852000002f13d-att/2r9852000002f1mu.pdf>, 2018.1.23 取得.



# Construction of Pavilions and Measurement of Microclimate

**Kikuma Watanabe<sup>1\*</sup> Shin Akatsuka<sup>1</sup> Takeru Kusumoto<sup>2</sup>**  
**Tadashi Mouri<sup>2</sup> Tsuyoshi Yorimitsu<sup>2</sup> Masaki Tajima<sup>1</sup>**

(Received: May 9th, 2018)

<sup>1</sup>School of Systems Engineering, Kochi University of Technology  
185 Miyanokuchi, Tosayamada, Kami City, Kochi 782–8502, JAPAN

<sup>2</sup>Infrastructure Systems Engineering Course, Kochi University of Technology  
185 Miyanokuchi, Tosayamada, Kami City, Kochi 782–8502, JAPAN

\* E-mail: watanabe.kikuma@kochi-tech.ac.jp

**Abstract:** This report shows our investigation of thermal safety for heatstroke by using real measurement results, in order to evaluate the environment around an old house built in the mountainous area in Kami City. The timber frame of the old house has been deteriorating due to the influence of high humidity originating from rain leaking in or from the surrounding forest. Moreover, there has not been a rest space for workers, so under the circumstances we considered the risk from heatstroke especially in summer. Therefore, small pavilions called “Azumaya Models” were built nearby the old house by the authors, and measurements of the thermal environment of the pavilion and surrounding area were taken. We tried to perceive the microclimate around the old house by comparing out measured data with meteorological data obtained by the Japan Meteorological Agency.