

局所冷房による古民家の夏季温熱環境改善効果

小嶋 悠斗
指導教員 佐藤 理人パーソナル空調 温冷感 半屋外空間
快適性 温熱環境 古民家

1. 研究背景と目的

わが国では少子高齢化と都市部への人口集中により地方の過疎化が進行し、それに伴って空き地・空き家が全国的に増加している。特に中山間地域では、かつて生活の基盤であった古民家が維持されないまま放置されている例が多く、防災や景観、地域文化の継承といった観点から再生・活用の必要性が高まっている。他方で2016年には改正省エネルギー基準(平成28年基準)が施工され、新築だけでなく既存建築物の増改築部分にも省エネ性能の評価が求められるようになった。また2025年4月施行の改正では、原則すべての新築住宅・非住宅に省エネ基準適合が義務化され、省エネ規制の強化が進んでいる。

しかしながら伝統的構法による古民家は、断熱性・気密性の不足から外気温や日射の影響を受けやすく、室温が大きく変動する。また開放的な大開口をもつため計画的な換気が難しい一方、厚い土壁や深い軒、通風を前提とした開口部配置など優れたパッシブ性能も備えている。このため、古民家の特性を活かしつつ温熱環境を現代的に整える技術的検討が求められる。

これまでも伝統的な古民家の温熱環境に関する研究は多くあり、本坊ら¹⁾は古民家に輻射冷暖房パネルを導入し温熱環境改善を図り、ゾーニングによる空調効率向上の可能性を指摘した。しかし、これらの研究の多くは空調機による全館制御を前提とし、古民家の大空間性や開放性に対して必ずしも効率的とは言えない。

そこで本研究では、夏季において局所空調機を導入した古民家を対象に、空間全体の温熱環境を把握するとともに、居住者周りの熱的快適性を評価することで、古民家の持つパッシブ性能を活かした局所空調による熱的快適性改善効果を明らかにすることを目的とする。

2. 建物概要

本研究で対象とする古民家の外観を写真1に、建物及び実測概要を表1に示す。対象古民家は、高知県香美市内に立地しており、1906年に建設された建物で、2018年に一部改修されている²⁾。改修後は大学における学生のフィールドワークの拠点として利用されている。

古民家の延床面積は約75m²であり、改修にあたっては床下組の腐食や損傷した柱、足固めを取り替え、曳家工事を実施した後、床、壁、屋根の修復を行った。

3. 実測概要

夏季温熱環境実測は、2025年7月22日~7月28日に実施した。調査の測定項目及び測定機器を表2に示す。対象空間は改修を行った母屋の居間にあたる休憩スペースとし、測定機器は床上0.6mを基準として設置した。対象室の実測点及び平面図を図1に、実測点及び断面図を図2に示す。室中央と縁側を中心に、空気温度、床天井の表面温度、グローブ温度、風速、相対湿度を10秒間隔で測定した。また、床下及び古民家裏の温湿度の測定も行った。



写真1 古民家の外観

表1 建物及び実測概要³⁾

所在地	高知県香美市土佐山田町佐岡中後入
竣工年	1906年 (改修年2018年)
構造・階数	在来軸組工法・平屋
延床面積	約75m ²
部位仕様	開口部：和障子+木製引き戸 外壁：土塗り壁+断熱材(ロックウール55mm) 床：合板(12mm)+フローリング 屋根：いぶし瓦+野地板
測定期間	2025/7/22-2025/7/28

表2 測定項目及び測定機器

測定項目	測定機器
日射量	全天日射計, ML-01, EKO
空気温度	温湿度計, RTR-505B, T&D (空調機, 家裏)
相対湿度	(温度:サーミスタ, 湿度:高分子式)
空気温度・表面温度	T熱電対Φ0.3mm (室中央, 縁側)
室内相対湿度	高分子湿度センサ, GHS-UGS TDK (室中央, 縁側)
グローブ温度	T熱電対Φ0.3mm, グローブ球Φ150mm (室中央, 縁側)
風速	熱線式風速計, DT-8880, EMケサイエティック (室中央, 縁側)

屋内外の上下温度分布については、室中央の床裏表面温度、床表面温度、床上 0.1m、0.6m、1.1m、1.6m、2.5m、3.5m における空気温度、及び天井表面温度、屋根表面温度の測定を行った。室中央と縁側の床上 0.6m における温湿度測定は、感応部への放射の影響を除去するため強制通風（風速 3 m/s 以上）させた二重円筒（アルミテープ巻付）の塩ビパイプ内に T 熱電対（φ 0.3mm）及び高分子式湿度センサを挿入した状態でを行った。また局所空調機（以下、空調機）の吸込、吹出、排熱温湿度についても連続測定を行った。また屋根頂部における水平面全天日射量の測定も行った。実測期間中は、日中南西側の引き戸、西側玄関の引き戸、北側の小窓を全開状態にし、その他の時間帯は全閉状態とした。また 7 月 26 日及び 27 日に関しては、終日全閉状態の測定を行った。以後、空間に関する温熱環境については 25 日に測定したデータを使用し、空調機に関する性能については 24 日に測定したデータを使用する。

4. 実測結果

4.1 空気温度及び相対湿度測定結果

室中央・縁側における空気温度及び相対湿度の日変動を図 3 に示す。室中央における最高気温が 29.2℃、最低気温が 27.0℃であったのに対して、縁側における最高気温は 30.6℃、最低気温は 27.5℃となった。測定期間の 14 時と 17 時を除き、室中央、縁側とも概ね安定した値を示しており、温度差が約 2℃程度生じていた。また室中央における最高相対湿度が 84.5%、最低相対湿度が 73.3%であったのに対して、縁側における最高相対湿度は 82.9%、最低相対湿度は 75.0%となった。

4.2 室中央及び縁側における居住域風速測定結果

室中央・縁側における風速の日変動を図 4 に示す。窓開放時の時間帯に着目すると、室中央及び縁側のいずれにおいても平均風速は 0.2m/s 程度で推移しており、全体として弱風環境であったことが確認できる。一方で、時間帯によっては 0.5m/s を超える風速が観測され、さらに室中央および縁側の双方で最大約 1.0m/s に達する風速が確認された時間帯も存在しており、一定程度の気流感が期待できると考えられる。

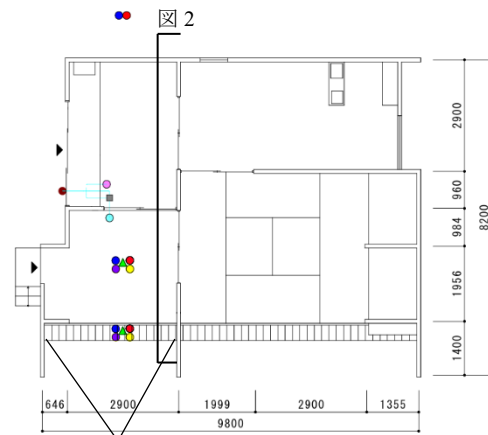


図 5 撮影位置

- : 表面温度 ●: 空気温度 ●: 相対湿度
- : グローブ球温度 ▲: 風速 ●: 日射量
- : 吹出温湿度 ●: 吸込温湿度 ●: 排熱温湿度

図 1 対象室平面図及び実測点

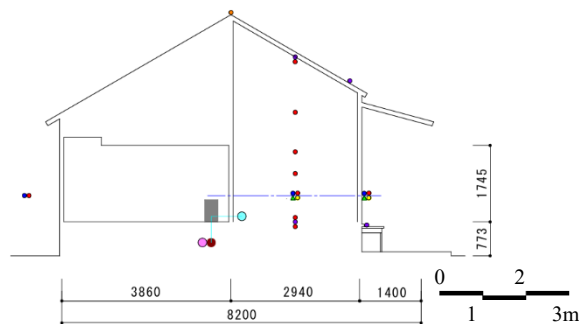


図 2 対象室断面図及び実測点

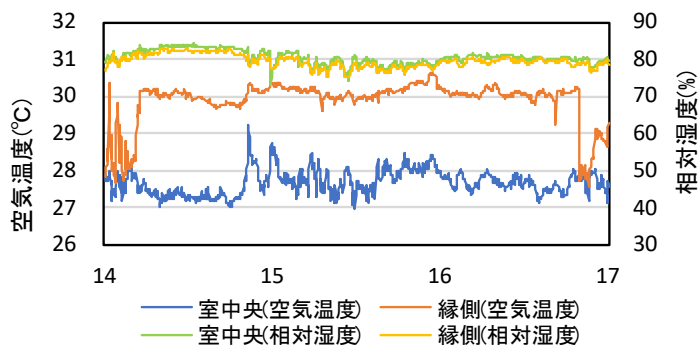
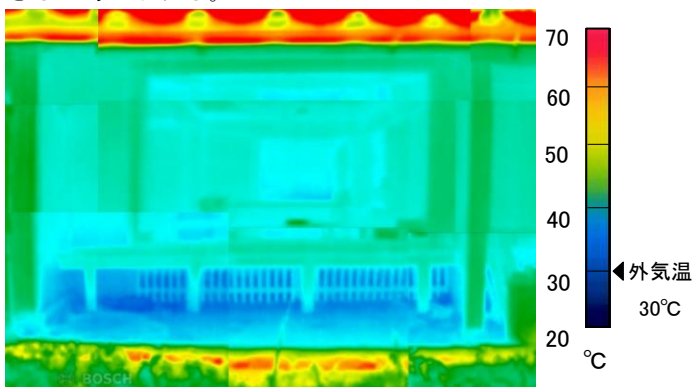


図 3 室中央・縁側における空気温度・相対湿度の日変動



撮影位置は図 1 中に記載

図 4 放射温度分布と可視画像 (12 時) 注 1)

4.5 上下温度分布測定結果

室中央における上下温度分布を図 6 に示す。なお、6 時から 21 時までの 3 時間ごとの結果を示している。6 時、9 時においては、上下温度差は小さく、1~2℃程度となった。12 時においては、床表面温度が 26℃程度に対して、天井表面温度が 40℃程度になっており、上下の温度差は最大となった。その後、上下温度差は緩やかになり、21 時には 5℃程度になった。

12 時における古民家縁側方向から撮影した放射温度分布を図 4 に示す。外気温は 30℃程度だったが、天井表面温度は約 38℃、屋根表面温度は 50℃を超える値となった。一方、床下の温度は 26℃程度と外気温と比べて 3~4℃低い傾向がみられた。

4.6 新標準有効温度 (SET*) 算出結果

室中央・縁側における SET*の日変動(1.0met,0.6clo を推定)を図 7 に示す。測定した時間帯のうち SET*が最も低い値となったのは 15:30 ごろで、風速がやや高い時間帯であり、室中央のみ SET*の快適域^{注2)}に到達する時間帯も見られたが、多くが暑い側となる値を示した。

5. 考察

5.1 空調機の吸込口位置の考察

はじめに空調機の吸込空気として床下空気が適切であったのかを検討するため、高知市内、古民家の縁側、室中央、家裏、床下の計 5カ所における空気温度、絶対湿度、比エンタルピーを指標として妥当性を評価した。各地点の空気温度の日変動を図 8、絶対湿度の日変動を図 9、比エンタルピーの日変動を図 10 に示す。高知市内は AMeDAS による 10 分間隔データを使用し、その他は 1 分間隔のデータを用いた。

その結果、床下では一時的に他地点と同等又は上回る値を示す場面もあったが、最大値と比較すると、空気温度は約 5℃、絶対湿度は約 2g/kg¹⁾、比エンタルピーは約 10KJ/kg¹⁾ほどの違いが確認された。そのため床下空気は熱的負荷が小さく安定しており、空調機の吸込空気として負荷低減に寄与し得る特性を有していると考えられる。なお今回は試験的に床下空気を直接利用したが、今後は空気室を含め、利用可能性を評価していくことを想定している。

5.2 空調機の吸込空気等の温湿度

局所空調各部(吸込・吹出・排熱)の空気状態(空気温度、絶対湿度、相対湿度、比エンタルピー)の日変動を図 11 に示す。吸込温度は一時的に外気温度相当の約 30℃となる時間帯はあるが、概ね 27℃付近を推移していた。また吹出温度は約 24℃と吸込温度より約 3℃、室温より約 4℃低い温度で推移していた(吹出風速 4.5m/s)。また絶対湿度は、吸込が 18g/kg¹⁾付近を推移するのに対し、吹出は 15g/kg¹⁾程度となっており。約 3g/kg¹⁾除湿された空気が給気されていた。

以上より局所空調を活用することで、より冷涼な空気を供給可能であるといえる。

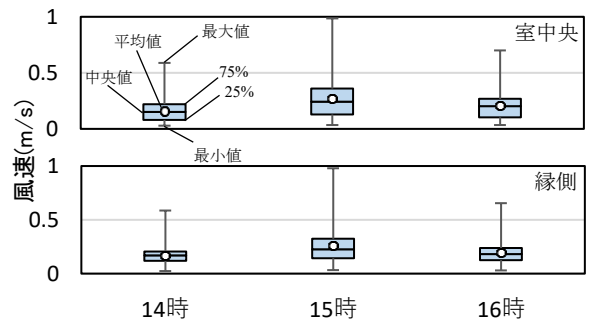


図 5 室中央・縁側における風速の日変動

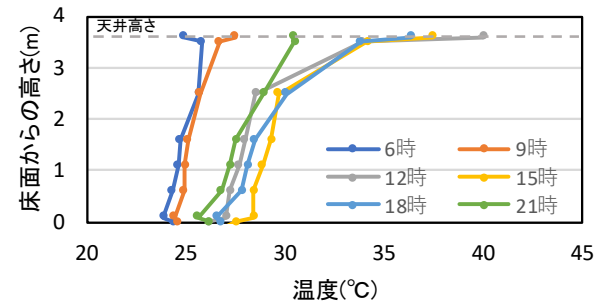


図 6 室中央における上下温度分布

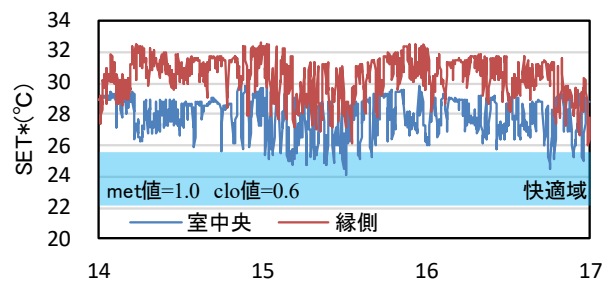


図 7 室中央・縁側における SET*の日変動

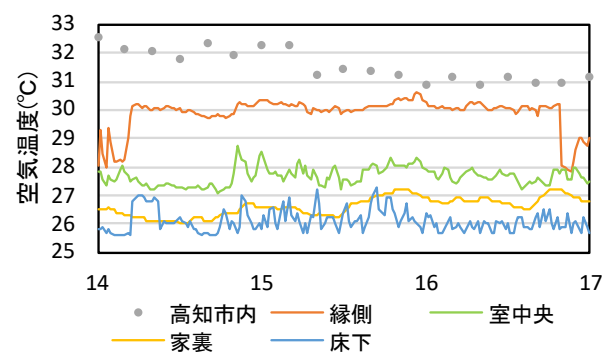


図 8 高知市内及び屋内外空気温度の日変動

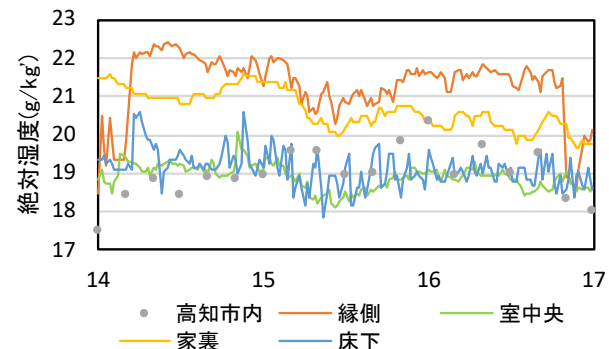


図 9 高知市内及び屋内外絶対湿度の日変動

5.3 空調機の能力分析

使用した局所空調の冷房能力を評価するため、空調機と家庭用エアコン(6畳用)の機器性能を比較した結果を表3に示す。COPを比較すると家庭用エアコンの方が省エネ性能は高いが、定格消費電力は局所空調の方が小さい。そのため家庭用エアコンで空間全体を冷却しようとした場合、古民家特有の低断熱・低気密といった建築特性や高天井空間を考慮すると、電力消費量が増大する可能性がある。また家庭用エアコン室内機においては、吸込空気を冷涼な床下空気とすることは困難であり、省エネかつ熱的快適性を実現するのは困難と考えられる。

一方局所空調のCOPは低いものの、低消費電力で運用可能であり、また冷涼な床下空気を活用することも可能であることから、少人数を対象としたパーソナル空調として個人の好みに応じた適切な運用が可能である。

5.4 空調の有無による人体の放射温度変化

次に局所空調による熱的快適性を評価するため、上方から床座位の被験者に対して送風を行った。使用した空調機と放射温度測定時の可視画像を図12に示す。送風10分後の放射温度分布を比較したものを図13に示す。送風前の放射温度分布は後頭部や後背部で33~35℃程度となっており、発汗もみられた。一方送風10分後には後頭部、後背部とも放射温度が低下し、概ね30℃以下となり、局所的には6~8℃低下し、局所冷房の有効性が示唆された。但し送風方向を固定することで冷却部位が偏ることから、冷え過ぎや足元等の冷却不足が課題として挙げられた。

6. まとめ

夏季において里山にある古民家を対象に、開口部を開放した状態で局所空調を導入した際の室内温熱環境改善効果を明らかにすることを目的とした測定を行った。

その結果、外気温より約2~3℃低い床下空気を吸込空気とした場合、外気温30℃、18g/kg¹の環境下で、局所空調の吹出空気は24℃、15g/kg²となり、人体表面温度の低下にも有効であり、家庭用エアコンよりも少ない電力で快適に過ごせる可能性があることが明らかとなった。

今後は古民家移住者が年間を通して熱的に快適に過ごすことが可能で、省電力となるパーソナル空調システムの提案を行っていく。

注1)本研究で用いた放射温度分布画像は昨年度に取得したものであるが、撮影対象、時刻及び外気温・日射条件が本研究の測定時とほぼ同様であったため、参考資料として掲載した。

注2)SET³の快適域はASHERAE(アメリカ暖房冷凍空調学会)が定めているものを参考にし、22.2~25.6℃とした。

参考文献)

- 1)本坊雅樹他：里山環境下における古民家を改修した木造建築における温熱環境評価(第二報)広縁の熱的緩衝空間としての役割, 日本太陽エネルギー学会講演論文集, pp.61-64, 2024.11
- 2)上田悠貴他：地域交流を目指した古民家の改修, 高知工科大学総合研究所紀要, vol14, pp.103-110, 2017.8
- 3)鎌倉秀樹他：古民家の省エネルギー改修に関する事例調査その1, 日本建築学会四国支部研究報告集, vol17, pp.37-38, 2017.5

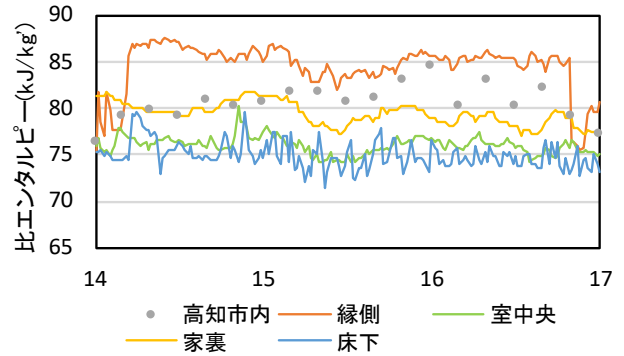


図10 高知市内及び屋内外比エンタルピーの日変動

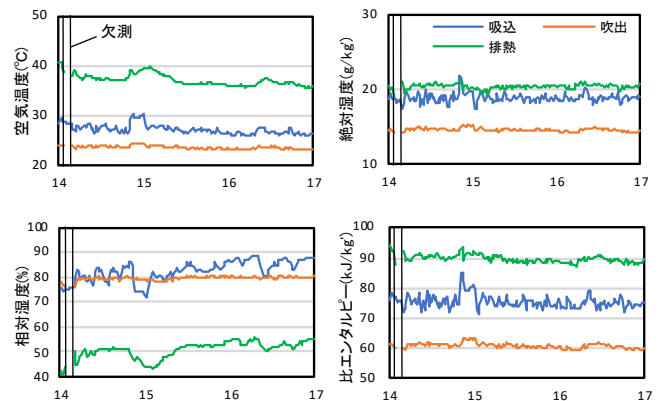


図11 局所空調各部の空気状態の日変動

表3 空調機、家庭用エアコンの機器性能

	スポットクーラー	家庭用エアコン(6畳)	
	局所空調機(本測定)	A社	B社
定格電圧(V)	100	100	100
定格消費電力(W)	350	550	655
定格冷房能力(W)	800	2200	2200
COP	2.29(実測時:2.28)	4.00	3.36



図12 使用した局所空調機と放射温度測定時の可視画像

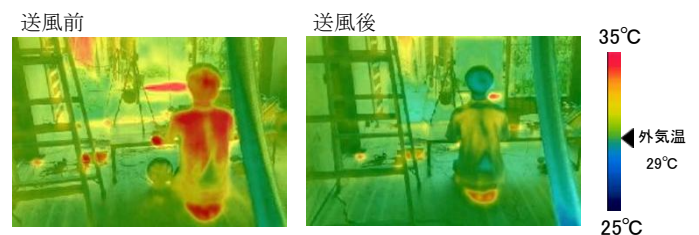


図13 送風前後における人体の放射温度分布