

バイオフィリックデザイン空間における自然通風利用促進のための「積極的快適域」の確立と省エネルギー技術の連動に関する研究

茨城大学 ○吉田 友紀子*

バイオフィリック 自然通風 疑似自然風
積極的快適域 省エネルギー BD空間

研究の目的

本研究では、室内緑化と関係づけたバイオフィリックデザイン手法の1つとしての自然通風利用の可能性を、被験者実験による快適性申告と環境シミュレーション(CFD等)から定量的に把握する。

快適性指標であるASHRAE55 快適域やPMVは温熱環境分野が開発したもので、バイオフィリックデザイン空間などの視覚的情報を含む、において、音など五感に関わる総合的な快適指標を構築できれば、バイオフィリックデザイン手法への応用が可能になると考えられる。

研究の内容

本研究では、視覚的情報は緑量の異なる室内緑化されたバイオフィリックデザイン空間をVR技術上に表示させる。そのうえで、室内気流(人体全面に風を一方向に受ける風、以下、疑似自然風)を変化させた被験者実験を行う。簡易風洞実験室を、疑似自然風(ファン1:大型ファン4台, ファン2:小型ファン12台+2台)による被験者実験用に構築した。本研究のバイオフィリックデザイン空間における座席評価は、オフィス空間におい座席の目線位置(床上1.2m)に、360°カメラ(RICOH THETA V)を設置し、遠隔操作して取得した動画である。大空間(昼光が入らない地下のオフィス空間, 株式会社プラネット社, W6.5m×D6.7m×H4.3:室容積178.3m³)及び茨城大学S2棟403号室の小空間(昼光が入るもの直射日光が入らない時間帯のオフィス空間, W4.0m×D5.4m×H2.4m:室容積51.8m³)である。表1, 表2に示すとおり、夏期から秋期にかけて、室内環境と人体周辺の気流速度を変化(0.8m/s~1.6m/s)させううえで、快適性申告を得るための被験者実験(実験I~III)を実施した。

1) 実験I:「快適」及び「開放的である」の印象評価が有意差に高いCas 1-1では、疑似自然風有の条件が疑似自然風無よりポジティブ側の回答をえている。「自然を感じる」では疑似自然風有の影響がいずれも見られ、温熱評価における「気流を感じる」は同様の回答であるため、視覚的影響によるものと考えられた。音環境評価は「静か-うるさい」, 「気になる-気にならない」, 「煩わしい-煩わしくない」に有意差が認められたものの、ネガティブ側回答となっておらず、被験者実験は有効と判断した。

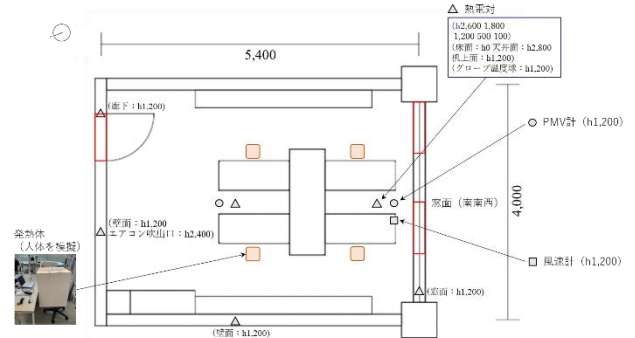


図1 長期室内環境計測室(茨城大学S2棟403号室)

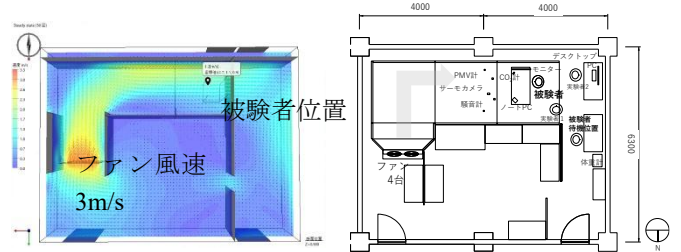


図2 簡易風洞実験室(茨城大学N3棟205室)

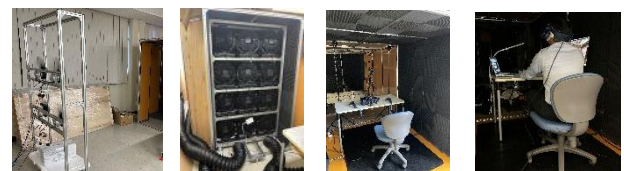


図3 写真左からファン1, ファン2, 被験者位置, 被験者

表1 被験者実験概要 実験I~III

被験者実験名称	室内環境設定	被験者数	評価座席	茨城大学工学生命倫理委員会承認
実験I ファン1 2023年10月13日~24日 (平均外気温18.3°C)	室内温度 28°C 湿度 なりゆき 平均風速 1.0m/s 風有・騒音レベル 約58dB (L _{eq,1min}) 暗騒音約45dB (L _{eq,1min})	19歳から24歳の 実験内容を知らない大学生 合計12名 男子6名, 女子6名	大空間 5種 Case1-1-2-5	許可番号 23T0800
実験II ファン1 2024年5月27日~6月10日 (平均外気温19.6°C)	室内温度 30°C 湿度 なりゆき 平均風速 1.56m/s 風有・騒音レベル 約58dB (L _{eq,1min}) 暗騒音約45dB (L _{eq,1min})	19歳から24歳の 実験内容を知らない大学生 合計14名 男子7名, 女子7名	大空間 3種 Case1-1,1-2,2-5 小空間 2種 Case1-3',1-4'	許可番号 24T0400
実験III ファン2 2024年10月21日~24日 (平均外気温22.5°C)	室内温度 30°C 湿度 なりゆき 平均風速 0.8m/s 風有・騒音レベル 約55dB (L _{eq,1min}) 暗騒音45dB (L _{eq,1min})	18歳から22歳の 実験内容を知らない大学生 男子8名	大空間 3種 Case1-1,1-2,2-5 小空間 2種 Case1-3',1-4'	

2) 実験Ⅱ：緑量が同等な大空間Case1-2と小空間1-3の比較を行うと、「快適」「開放的である」「親しみやすい」「幸福感を感じる」「たのしい」「やる気が出る」「リラックスした」の項目で大空間1-2の評価が有意ポジティブ側を示した。緑有（緑率：20%）+大空間（178.3 m³）+疑似自然風有（平均風速 1.6m/s）条件下にて、総合的快適性が向上する可能性が示された。

3) 実験Ⅲ：ASHRAE55 快適域上限を超えてもなお「快適」の申告が確認され、発汗による気流感が、緑量の視覚刺激に伴い総合的快適性を向上させると考えられる。最も自然を感じる大空間 Case1-2（赤線）が全体的にポジティブ側を示し、最も自然を感じない小空間 Case1-4 ではネガティブを示した。緑量が同等である大空間 1-2 が小空間 1-3 よりも印象評価が高く、実験Ⅱと同様の傾向を示し、BD 空間特有の「開放感」の定義があると考えられる。これらは、主観的快適性を向上させ、吉田が提唱した総合的快適性モデル（吉田，2025 年 2 月日本建築学会環境系論文集）を裏付ける結果を示した。

研究の成果, 新知見

緑率 20%の BD 空間において、ASHRAE55 快適域上限を超えてもなお「快適」の申告が確認され、発汗による気流感が、緑量の視覚刺激に伴い総合的快適性を向上させると考えられる。屋外にいるかのような「開放感」を開発することで、自然通風利用促進による「積極的快適域」が創出される。

今後の予定

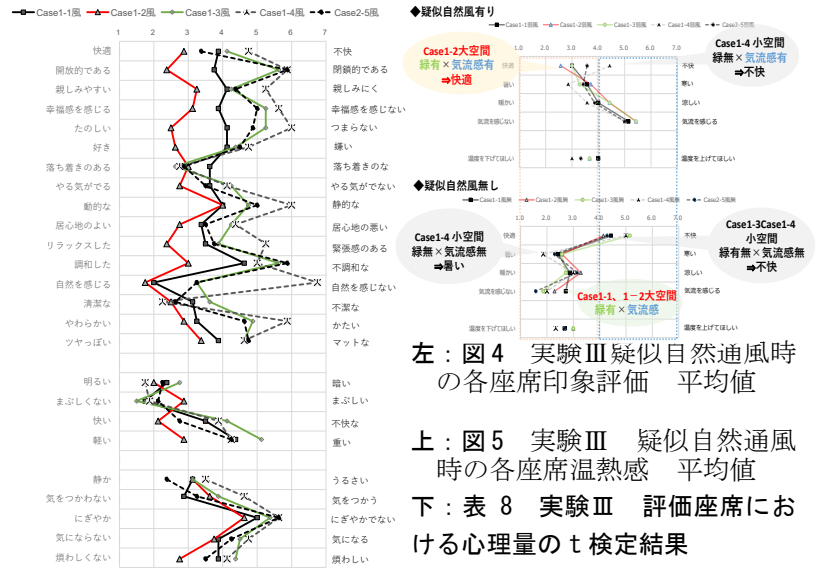
これまで建築家や意匠デザイナーが感覚的・主観的にデザインしてきた光、熱、風を用いた心地よい空間を、緑化率や快適性指標などの定量的な空間づくりによりよい客観的空間を構築する目安として開発を進めることで、Well-being でスマートな社会構築に向けた貢献が期待できる

謝辞

長期室内計測機材は、国立環境研究所一瀬俊明主幹研究員（当時）より機材提供を受けた。簡易風洞実験室作成にあたり名古屋大学齋藤輝幸准教授、茨城大学辻村壮平准教授よりアドバイス、BD 空間・株式会社ブラネット及び脳波計・株式会社 CyberneX から多大なる支援を受けた。被験者実験にご協力いただいた茨城大学工学部学生、実験補助・谷村星哉くん、杉村奈南さん、鈴木大斗くん、田村光里さん、増澤立旭くん、草野諒くん、鈴木颯くん、坂入陽海くんに感謝の意を記す。

表 2 被験者実験に用いた評価座席（大空間、小空間）

	Case1-1	Case1-2	Case1-3	Case1-4	Case2-5
大空間+株式会社ブラネット(地下空間)空間構成	手元+壁面緑化	造景緑	手元緑	手元緑なし	パーティション
緑率 (%)	30.5%	20.1%	21.0%	15.5%	3.9%
小空間+茨城大学工学部82棟403号室空間構成			室内側壁面緑化	室内側緑無	
緑率 (%)			19.4%	0%	



左：図 4 実験Ⅲ疑似自然通風時の各座席印象評価 平均値

上：図 5 実験Ⅲ 疑似自然通風時の各座席温熱感 平均値

下：表 8 実験Ⅲ 評価座席における心理量の t 検定結果

評価項目	疑似自然風		緑有		緑無		緑有		緑無		緑有		緑無		
	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	有	無	
空間	大空間(室容積178.3m ³)						小空間(室容積51.8m ³)				大空間(パーティション)				
座席評価	Case 1 - 1		Case 1 - 2		Case 1 - 3		Case 1 - 4		Case 2 - 5		Case 1 - 1		Case 2 - 5		
	手元緑+壁面緑化		造景緑		室内側壁面緑化		室内側緑無								
印象評価	快適-不快	0.689	0.658	0.569	1.000	0.267	0.139	0.788	0.062	0.139	0.281	0.493	0.413	0.013	0.003
	開放的である-閉鎖的である	0.631	0.466	0.283	0.604	0.072	0.091	0.818	0.015	0.091	0.356	0.703	0.631	0.466	0.283
	親しみやすい-親しみにくい	0.766	0.005	0.411	0.078	0.009	0.004	0.736	0.407	0.004	0.829	0.182	0.766	0.005	0.411
	幸福感を感じる-幸福感を感じない	0.047	0.018	0.049	0.604	0.000	0.018	0.736	0.172	0.018	0.457	0.289	0.047	0.018	0.049
	たのしい-つまらない	0.172	0.439	0.478	0.604	0.089	0.106	0.172	0.200	0.106	1.000	0.111	0.172	0.439	0.478
	好き-嫌い	0.078	0.253	0.022	1.000	1.000	0.589	0.111	0.604	0.589	0.280	0.407	0.078	0.253	0.022
	落ち着きのある-落ち着きのない	0.200	1.000	0.356	0.788	0.197	0.535	0.094	0.569	0.535	0.604	0.654	0.200	1.000	0.356
	やる気がある-やる気がない	0.253	0.370	0.001	0.308	0.325	0.002	0.078	0.049	0.002	1.000	0.172	0.253	0.370	0.001
	動的な-静的な	0.289	0.510	0.629	0.654	0.334	0.188	0.689	0.736	0.188	1.000	1.000	0.289	0.510	0.629
	居心地のよい-居心地の悪い	0.555	0.569	0.386	0.715	0.148	0.025	0.788	0.025	0.025	0.356	0.407	0.555	0.569	0.386
	リラックスした-緊張感のある	0.736	0.081	0.772	0.283	0.062	0.162	0.289	0.172	0.162	0.818	0.103	0.736	0.081	0.772
	調和した-不調和な	0.231	0.139	0.005	0.200	0.135	0.010	0.457	0.001	0.010	0.356	0.413	0.231	0.139	0.005
	自然を感じる-自然を感じない	0.631	0.457	0.234	0.604	0.829	0.689	0.736	0.103	0.689	0.111	0.788	0.631	0.457	0.234
	清潔な-不潔な	0.448	0.111	0.022	0.200	0.039	0.007	0.172	0.004	0.007	0.289	1.000	0.448	0.111	0.022
	やわらかい-かたい	0.143	0.078	0.016	1.000	0.070	0.084	0.604	0.689	0.084	0.689	0.172	0.143	0.078	0.016
	ツヤっぱい-マットな	0.356	0.788	1.000	0.788	0.604	1.000	1.000	0.270	1.000	1.000	1.000	0.356	0.788	1.000
	明るい-暗い	0.200	0.200	0.025	0.744	0.454	0.482	0.457	0.231	0.482	0.877	0.047	0.200	0.200	0.025
	まぶしくない-まぶしい	0.448	0.078	0.555	0.106	0.078	0.884	0.231	0.788	0.884	0.094	0.407	0.448	0.078	0.555
	快い-不快な	0.818	0.829	0.482	0.066	0.070	0.182	0.407	0.225	0.182	0.604	0.200	0.818	0.829	0.482
	静か-うるさい	0.689	0.308	0.788	1.000	0.325	0.604	0.673	0.321	0.604	1.000	0.526	0.689	0.308	0.788
	気をつかわない-気をつかう	0.086	0.604	0.689	0.448	0.407	0.309	0.489	0.143	0.309	0.407	0.296	0.086	0.604	0.689
	にぎやか-にぎやかでない	0.216	0.310	0.203	0.673	0.188	0.760	0.654	0.457	0.760	0.172	0.231	0.216	0.310	0.203
	気にならない-気になる	0.476	0.569	0.673	0.441	0.593	1.000	0.441	0.356	1.000	0.589	0.094	0.476	0.569	0.673
	煩わしくない-煩わしい	0.846	0.726	0.217	0.436	0.296	0.457	0.334	0.853	0.457	0.736	0.094	0.846	0.726	0.217
作業性評価	働きやすい-働きにくい	0.066	0.654	0.211	0.689	0.752	0.788	0.015	0.589	0.788	0.407	0.805	0.066	0.654	0.211
	会話をしやすい-会話をしにくい	0.649	0.000	0.020	0.654	0.000	0.002	0.289	0.038	0.002	0.407	0.094	0.649	0.000	0.020
	休憩しやすい-休憩しにくい	0.604	0.482	0.682	1.000	0.589	0.526	0.203	0.407	0.526	0.200	0.103	0.604	0.482	0.682
	集中できる-集中できない	0.172	0.175	0.019	0.386	0.052	0.216	0.736	0.441	0.216	0.150	1.000	0.172	0.175	0.019
	創造的な作業をしやすい-創造的な作業をしにくい	0.573	0.078	0.853	1.000	0.027	0.134	1.000	0.231	0.134	0.805	0.015	0.573	0.078	0.853
	リフレッシュできる-リフレッシュしにくい	0.631	0.045	0.049	0.766	0.034	0.023	0.555	0.025	0.023	0.356	0.604	0.631	0.045	0.049
緑量	多い-少ない	0.356	0.001	0.000	0.289	0.006	0.005	0.289	0.000	0.005	1.000	0.094	0.356	0.001	0.000
	多すぎる-少なすぎる	0.689	0.001	0.004	0.140	0.023	0.012	0.407	0.001	0.012	0.356	0.172	0.689	0.001	0.004
温熱感	快適-不快	0.118	0.321	0.869	0.017	0.111	0.829	0.002	0.035	0.829	0.413	0.356	0.118	0.321	0.869
	暑い-寒い	0.015	0.604	0.604	0.047	0.356	0.457	0.140	0.289	0.457	0.062	0.015	0.015	0.604	0.604
	暖かい-涼しい	0.203	0.788	0.356	0.121	0.321	0.689	0.407	0.045	0.689	0.436	0.182	0.203	0.788	0.356
	気流を感じない-気流を感じる	0.136	0.766	0.084	0.033	0.078	0.140	0.005	0.407	0.140	0.056	0.009	0.136	0.766	0.084
適量	今の気温についてお聞きします(設定温度変更必要有無)	0.030	0.172	1.000	0.172	0.356	0.356	0.172	0.172	0.356	0.172	0.172	0.030	0.172	1.000