

平成 28 年度 風工学研究拠点 共同研究成果報告書

研究分野：室内環境

研究期間：平成 28 年度

課題番号：152005

研究課題名（和文）：自然通風環境における気持ちよさ評価モデルに関する研究

研究課題名（英文）：Study on evaluation model of pleasant sensation under the cross-ventilated environment

研究代表者：森上伸也

交付決定額（当該年度）：370,000 円

※ページ数の制限はありません。

※成果等の説明に図表を使用していただいて構いません。（カラーも可）

※提出して頂いた成果報告書をホームページでの公開を予定しております。

1. 研究の目的

日本の住宅は伝統的な木造軸組工法の影響を受けており、大きな開口部をとることが可能である。実際の自然通風には心地よい周波数成分とされる「 $1/f$ ゆらぎ」や「風のゆらぎ」と呼ばれる変動特性がある。風のゆらぎは、気流のパワースペクトルが変動周波数に反比例する気流といわれている。自然通風環境における温熱快適性のメカニズムは、風のゆらぎや人体の温熱生理反応が複合的に影響するので、未だ解明されていない。通風気流環境下における温熱快適性を詳細に調べることで、通風の積極的利用および温熱環境評価法への活用が考えられる。飯野¹⁾が行った実測のスペクトル解析結果から、自然通風時の室内気流は、扇風機風やエアコンからの気流よりも低周波数成分の割合が多いことがわかっている。梅宮²⁾は温熱快適性と風速のスペクトルについて考察し、自然風が最も「快適さ」を強く感じるとしているが、必ずしも $1/f$ ゆらぎのみによって生じるものではないと述べている。佐藤³⁾は自然通風を模擬した実験室における被験者実験から、変動気流により、暑熱環境においても許容可能な環境を再現できるとしている。多くの既往研究で、変動する気流と温熱快適性について検討がなされており、変動気流による温熱快適性の向上が示唆されている。森上⁴⁾は風速がステップ変化した場合において気持ちよさが生じることを明らかにし、気持ちよさ評価モデルを提案しているが、自然通風環境への適用性は検討されていない。

本研究では矩形波変動風環境における気持ちよさ評価を測定するために、通風型人工気候室を用いた被験者による主観申告実験を行う。矩形波で変動する風速の周期が気持ちよさ評価に及ぼす影響を検討し、人体が心地よいと感じる気流の特性を明らかにすることを目的とする。

2. 研究の方法

主観申告実験は自然風の変動に焦点をあてて、気温および風速の変動周期の条件を変化させて行った。表 1 に実験の環境条件を示す。実験は表に示すケースを二つ組み合わせて 1 ケース 60 分間、計 120 分間で実施した。気温は日本の夏を想定して 28°C と 32°C の 2 パターンとした。風速の変動波形は矩形波とした。変動周期は 2 分、10 分および 30 分の 3 パターンとした。風

速の変動は気流感を得るために最小風速を 0.1m/s（静穏）、最大風速を 1.0m/s とした。被験者は 19 歳から 22 歳の男性 12 名で身長の前平均値は 1.7m、体重の前平均値は 62kg であった。図 1 に被験者実験の写真を示す。被験者の衣服は下着以外を指定の T シャツとハーフパンツのみとした。被験者は実験中常に椅子座を保ち、会話等の活動は許可した。

図 2 に通風型人工気候室と測定点を示す。実験は東京工芸大学の通風型人工気候室で 2016 年 8 月 16 日から 8 月 23 日の期間に行った。被験者は正面から風がくるように配置し、同時に 2 名の被験者の測定を行った。室内物理量は温熱四要素である気温、湿度、風速、壁面温度を被験者前方または周辺で測定した。壁面温度は被験者の側方と後方の壁面の高さ方向に 4 か所および床と天井面の 3 か所に T 型熱電対を貼付して測定した。心理量は小型のスライド抵抗器で作成した申告装置のレバーを被験者に操作してもらい、1 秒間隔で電圧を記録した。被験者には全身の心理量について任意の時刻で申告させた。図 3 に主観申告スケールを示す。本報における気持ちよき評価は気持ちよい側のみの 4 段階を目安として被験者に無段階で申告させた。

表 1 主観申告実験の環境条件

ケース	気温	相対湿度	平均風速	最小風速	最大風速	周期	波形	着衣量	姿勢
	°C	%	m/s	m/s	m/s	分	-	clo	-
A	28	70	0.55	0.1	1.0	2	矩形波	0.4	椅子座 安静
B						10			
C						30			
D	32	70	0.55	0.1	1.0	2	矩形波	0.4	椅子座 安静
E						10			
F						30			



図 1 実験写真

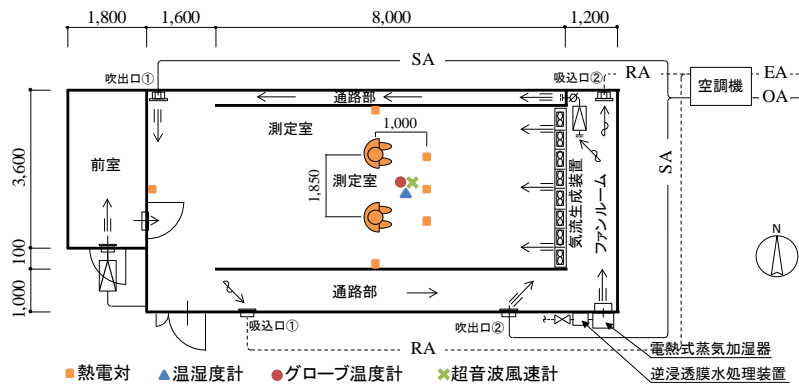


図 2 通風型人工気候室

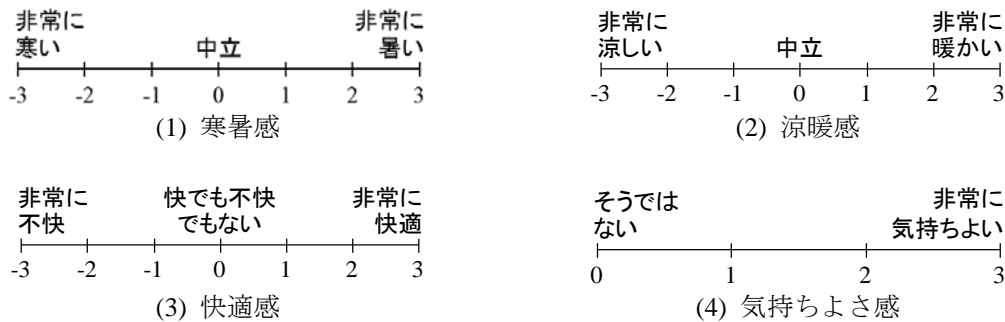


図 3 主観申告スケール

3. 研究成果

3.1 気温と風速の時刻歴波形

図4に気温32°C、風速の変動周期10分のケースEにおける気温と風速の時刻歴波形を示す。気温の60分間平均値は31.7°Cで、風速の60分間平均値は0.50m/sであった。気温の標準偏差は0.05で、実験中ほぼ一定であった。風速の最小値は0.01m/s、最大値は1.12m/sであった。すべてのケースにおいて実験条件は概ね再現されていた。

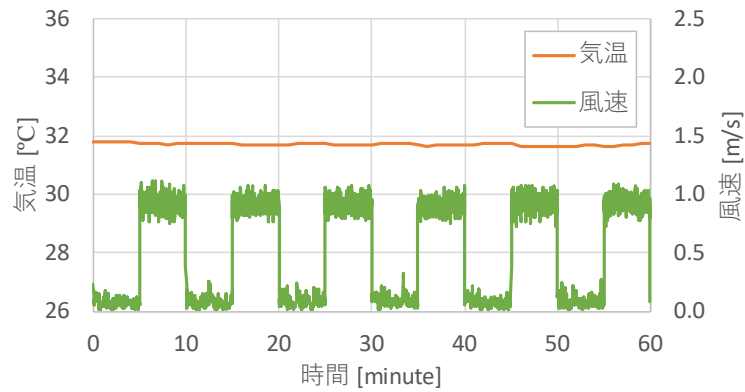


図4 気温と風速の時刻歴波形（ケースE：気温32°C、風速の変動周期10分）

3.2 気持ちよさ評価の実験結果

図5に気温32°Cで風速の変動周期の異なるケースにおける気持ちよさ評価の時刻歴波形を示す。データは各ケースで被験者1人の結果である。気持ちよさ評価の最大値は10分周期のケースEが2.9、30分周期のケースFが2.9で同じ値を示した。2分周期のケースDの気持ちよさの最大値は2.5であった。風速が1.0m/sで生じている間、30分周期のケースFの気持ちよさ評価は減衰する傾向を示し、既往研究⁴⁾と同様の結果となった。一方、2分周期と10分周期のケースDとEでは風速が1.0m/sで生じている間、気持ちよさ評価は高い値を維持する傾向を示した。

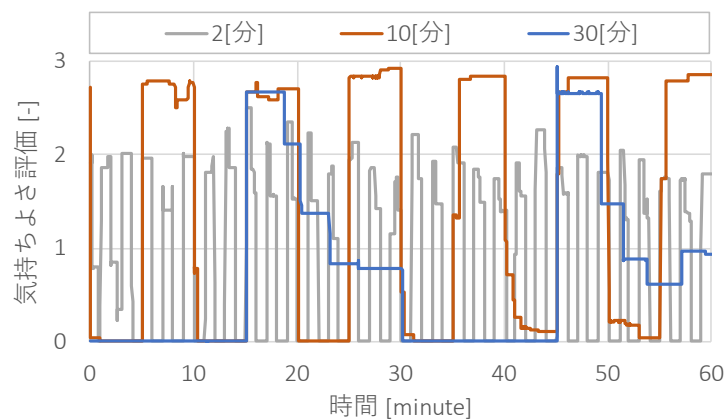


図5 気温32°Cで風速の変動周期の異なるケースにおける気持ちよさ評価の時刻歴波形

図6に気持ちよさ評価の60分間平均値を示す。データはケースごとにおける被験者全員の平均値である。気温が28°Cで風速の変動周期が10分と30分のケースにおける気持ちよさ評価の平均値は0.98と0.96で近い値を示した。気持ちよさ評価の平均値が最も低かったケースは気温32°C、変動周期30分のケースFで0.7であった。最も高かったケースは気温32°C、変動周期10分のケースEで1.3であったのに対して、気温28°C、変動周期10分のケースBにおける気持ちよさ評価の平均値は1.0であった。風速の変動周期が同じでも気温によって気持ちよさ評価の平均値は異なることが分かった。したがって、ゆらぎのような特定の変動周期を持つ自然風が必ずしも高い快適性を生じさせるとはいえないことが考えられる。また、高い快適性を得るための風の変動特性は他の温熱環境の影響を受けると考えられる。

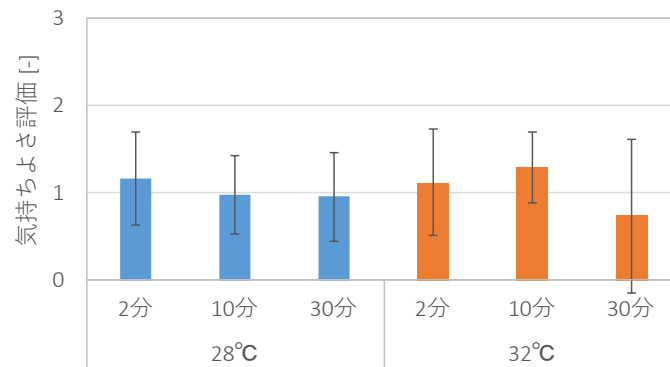


図6 気持ちよさ評価の60分間平均値

3.3 気持ちよさ評価の超過確率

図7に気持ちよさ評価の超過確率を示す。データはケースごとにおける被験者全員の平均値である。気温28°Cの場合における気持ちよさ評価2.0の超過確率は概ね0であった。風速の変動周期が10分と30分の場合における超過確率の分布は概ね同様の傾向を示した。気温32°Cの場合、気持ちよさ評価が2を超える確率もあり、変動周期が10分の場合の超過確率は0.40となった。また、超過確率の分布は風速の変動周期によって異なる傾向を示した。

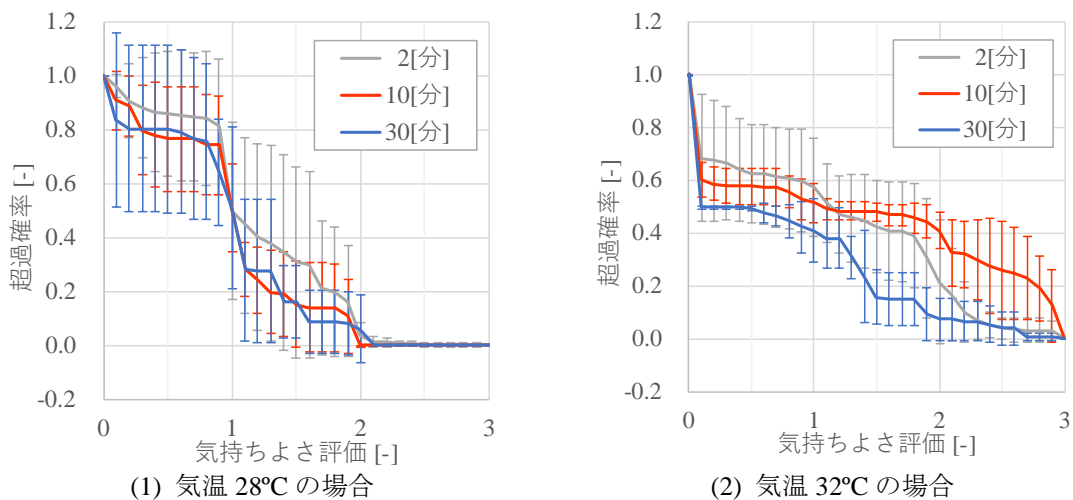


図7 気持ちよさ評価の超過確率

4. まとめ

気温および矩形波で変動する風速の変動周期を変化させた主観申告実験を行い、気温および風速の変動周期と気持ちよさ評価の関係について次の知見が得られた。

- (1) 気温 32°C で風速の変動周期が 30 分の場合、気持ちよさ評価は 10 分程度持続した後、時間の経過とともに減衰する傾向を示した。
- (2) 本研究が実施した実験条件の範囲においては、気持ちよさ評価の 60 分間平均値は気温 32°C で風速の変動周期が 10 分のケースが最も高い値を示した。これは気持ちよさ評価の持続時間と風速の変動周期が概ね一致したことが理由であると考えられる。
- (3) 気持ちよさ評価の超過確率の分布は、気温が 28°C の場合、風速の変動周期が 10 分と 30 分の場合における超過確率の分布は概ね同様の傾向を示した。気温と風速の変動周期の組み合わせによって気持ちよさ評価の申告状況が異なる傾向を示した。

【参考文献】

- 1) 飯野秋成, 大場正昭, 飯野由香利, 安中哲夫, 下地恒英, 小寺定典 : 通風や空調風および扇風機風の気流時における温熱環境評価の特性 その 1 通風や空調風および扇風機風の気流特性, 日本建築学会北陸支部研究報告集第 49 号, 2006 年 7 月
- 2) 梅宮典子, 松浦邦男 : 夏季室内通風環境における快適性評価と気流速度スペクトルについて, 日本建築学会計画系論文集 Vol.59, No.461, pp.51-59, 1994
- 3) 佐藤英樹, 赤林伸一, 坂口淳, 桑原亮一 : 通風時の室内における快適性評価手法に関する基礎的研究, 日本建築学会環境系論文集 Vol.75, No.647, pp.59-66, 2010
- 4) 森上伸也, 大場正昭 : 通風環境における気持ちよさ評価モデルに関する実験的研究 風速がステップ変化した場合における検討, 日本建築学会環境系論文集, Vol.80 No.715, pp.723-730, 2015

4. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者には下線)

[雑誌論文] (計 0 件)

[学会発表] (計 2 件)

1. Shinya Morikami, Kunio Mizutani, Yukari Iino, Kenji Tsukamoto, Masaaki Ohba, Tomonobu Goto : Study on evaporative heat loss by sweating of two-node model under cross-ventilated environment, The Fifth International Conference on Human-Environment System ICHES2016 Nagoya, 2016 (査読有)
2. 森上伸也, 水谷国男, 飯野由香利 : 通風環境における気持ちよさ評価に関する実験的研究 その 1 矩形波変動風環境における気持ちよさ評価について, 日本建築学会大会 (中国), (2017 年 9 月発表予定)
[図書] (計 0 件)
[その他, 産業財産権, ホームページ等]
1. 自然通風環境における気持ちよさ評価モデルに関する研究集会 (2017 年 2 月 23 日)
2. Shinya Morikami : Study on thermoregulation model and thermal pleasant sensation model under the cross-ventilated environment, Joint Usage / Research Center, Tokyo Polytechnic University March 9 ~ 10, 2017 International Workshop on Gusty Wind, Thermal Environment, and Energy Saving, 2017

5. 研究組織

(1)研究代表者

森上伸也 : 豊田工業高等専門学校 建築学科 助教

(2)研究分担者

1. 大場正昭 : 東京工芸大学 名誉教授

2. 水谷国男：東京工芸大学 工学部 建築学科 教授
3. 後藤伴延：東北大学 大学院 工学研究科 都市建築学専攻 准教授
4. 塚本健二：佐藤工業株式会社 技術研究所 建築研究部 研究員
5. 飯野由香利：新潟大学 人文社会・教育科学系 教授
6. 水谷槇男：東京工芸大学大学院 建築学・風工学専攻 大学院生
7. 安嶋明日香：東京工芸大学大学院 建築学・風工学専攻 大学院生
8. 板垣華子：新潟大学教育学部 4年生
9. 西室優作：豊田工業高等専門学校 建築学科 5年生
10. 杉江玄：豊田工業高等専門学校 建築学科 5年生