

2020 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：2020 年度

課題番号：20202009

研究課題名（和文）： 吹き出し性状の異なる局所気流の体感効果に関する研究

研究課題名（英文）： Thermal Comfort of Local Wind with Various Diffuser Characteristics

研究代表者：中野 淳太(東海大学・工学部建築学科・准教授)

交付決定額（当該年度）： 350,000 円

1. 研究の目的

人工気候室実験によって、パーソナル吹出口による局所的な気流とアクティブ制御マルチファンによる全体的な気流による快適性の違いを明らかにする。2019 年度の実験結果を踏まえ、吹き出し方式や風速の変動周期などを変化させた実験を行う。比較は一定風速と変動風速によって行い、快適性への影響を明らかにする。

2. 研究の方法

本年度は新型コロナウイルス感染症（Covid-19）の影響により、合同での被験者実験を実施することが困難であった。よって、工芸大山本研究室において研究課題に関連する被験者実験を行った。昨年度の被験者実験の条件に、吹出温度を変化させた条件を加え、室温 29℃ における局所気流の快適性について確認を行った。

2.1 実験概要

東京工芸大学厚木キャンパス風工学研究センター2 階通風型人工気候室において被験者実験を実施した。ファンとスポットクーラーを併用することにより、室内気温より低い温度の気流を発生させ、アンビエント域は人工気候室の空調機によって暑熱状態に制御し、被験者に当てる冷房気流はファンとスポットクーラーによって制御した。異なる気流に対して被験者からアンケートに回答してもらうことによって、好まれる気流について調査した。スポットクーラーと人工気候室を図 1,2 に示す。また、ファンの吹出位置を図 3 に示す。実験条件は、夏期におけるタスクアンビエント空調を想定し、人工気候室内を室内温度 29℃、相対湿度 50%、被験者に当てる気流の吹き出し温度設定を 25℃に設定した。



図 1 スポットクーラー

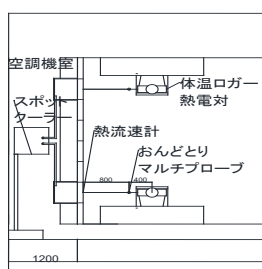


図 2 気候室平面図

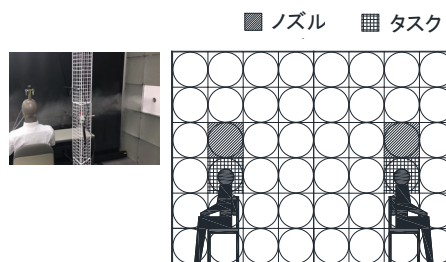


図 3 ファン吹出位置

2.2 被験者及び着衣量

被験者として、男女 6 名ずつ（年齢層 10 代～20 代、40 代）の計 12 名を採用し、被験者には適切な報酬を支払い被験者実験への協力を得た。年齢は 20 代の被験者が多く、一般的な体格の被験者が多いことが分かる。着衣は夏期のクールビズ導入オフィスを想定した。男性は半袖シャツ、インナー、スラックス、靴下、サンダルとし、女性は半袖シャツ、インナトッキング、サンダルを着用とした。

被験者が受ける気流の吹き出し位置と風速は昨年度と同様とし、タスク吹き出し風、ノズ

ルー一定風、ノズル変動風の3パターンとした。気流パターンを図4~6に示す。ノズル吹出は吹出風速0.9m/sとし、変動風の場合には、変動幅を±0.4m/sとして0.5m/s~1.3m/sの気流を40秒周期で図9のように変動させた。またタスク吹出の風速は0.35m/sとした。なお、ここで示す風速はファンの設定風速であり、人体近傍の実際の風速とは異なる。

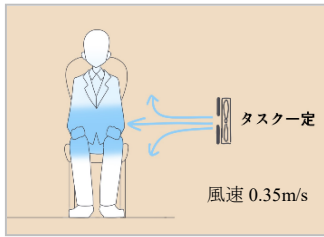


図4 タスクー定気流

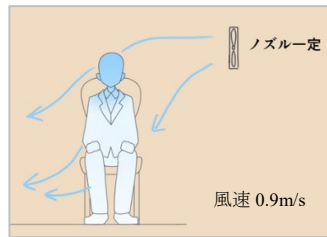


図5 ノズルー定気流



図6 ノズル変動気流

2.3 人体近傍風速

今回の実験では、送風機とスポットクーラーを併用した局所的な低温気流を用いているため、人体周辺気流での気流速と気流温度の測定を行った。各気流パターンにおける人体近傍の風速と気流温度を図7~12に示す。全体的な傾向としては気流が強い部位はその分気流温度が冷たいという結果になっており、ノズルー一定の高さ1.4mで26.5℃と人体周辺の温度では最低温度を記録した。その他の気流温度は、室内温度より0.5℃~1.0℃程度低い状況であった。スポットエアコンでの吹出温度は25℃に制御されていたが、室内空気との混合により26.5℃以上の気流温度となっていると考えられる。

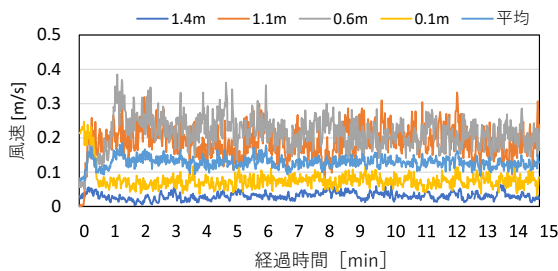


図7 タスク吹出 近傍風速推移

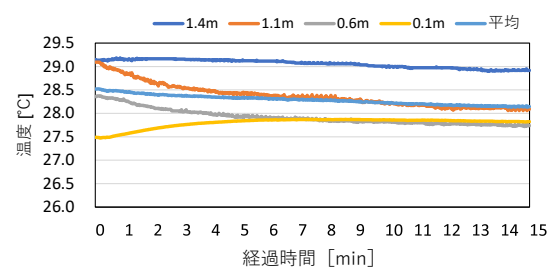


図8 タスク吹出 人体周辺気流温度

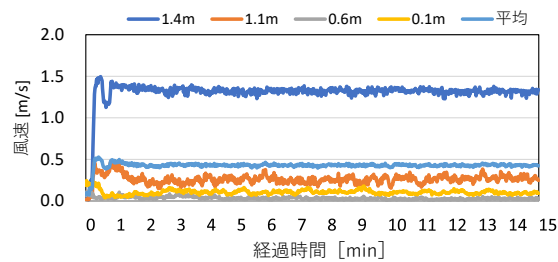


図9 ノズルー一定吹出 近傍風速推移

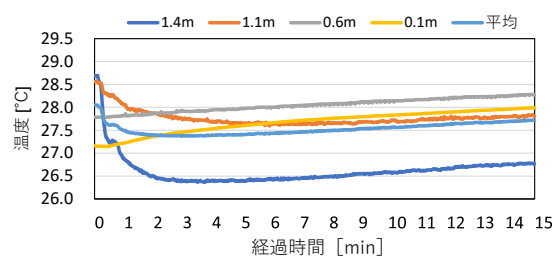


図10 ノズルー一定吹出 近傍気流温度

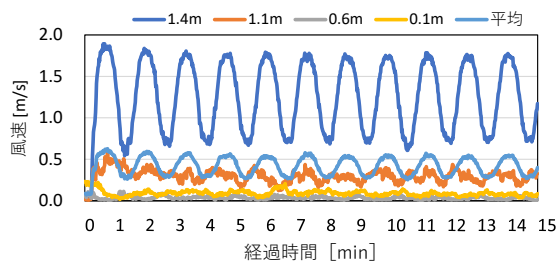


図11 ノズル変動吹出 近傍風速推移

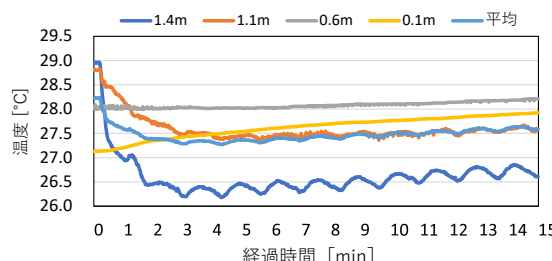


図12 ノズル変動吹出 人体周辺気流温度

タスク吹出に関しては、頭の位置である高さ1.4mでは風速が0.1m/s以下の静穏気流であり気流温度も29℃と室温と同等であった。高さ1.1mでは風速が0.2m/sから0.3m/sの間で推移

しており、気流温度も室温である 29°Cより 0.5~1.0°C低い値となった。足元である高さ 0.1m では風速が 0.1m/s 程度であり、温度は最も低く 29°Cより 1.0°C以上低い値であった。タスク吹出については頭の位置の冷却効果は少なく、高さ 0.6m 以下を積極的に冷却していることが分かった。

ノズル一定吹出に関しては、頭の位置である高さ 1.4m での風速が平均 1.4m/s であり、26.5°C 程度の気流温度となっていた。高さ 1.1m は風速 0.3m/s 前後であり、気流温度は 27.5°C 前後であった。タスク吹出と比較して、ノズル一定では頭を積極的に冷却しており、その他の高さについても室温より 1°C 以上低い気流が当たっていることが分かった。

ノズル変動吹出に関しては、高さ 1.4m と 1.1m での風速と気流温度に周期的な変動が見られファンの風速変動の影響を大きく受けていることが確認された。高さ 1.4m で平均 1.4 m/s を記録しており、上下幅がおおよそ ± 0.4 m/s となりファン制御の変動設定値 0.5 ~ 1.3 m/s と近似した変動が見られた。0.6m 以下の高さでは風速も静穏気流で変動はなく、気流温度も室温と同等の 29°C 付近であった。

3. 研究成果

3.1 皮膚表面温度

代表的な男女被験者の皮膚表面温度の時間変化を図 13~18 に示す。

タスク吹出については、女性においてスリッパを履いている「足の甲」と衣服に覆われている「胸・みぞおち」については時間経過による温度変化が大きいがないが、その他の「前額・手の甲・すね」などの皮膚が露出している部分の末端部については、時間の経過により 0.5°C 以上の皮膚表面温度の低下が見られた。特に「手の甲」の温度低下が大きい結果であった。

ノズル一定吹出については、「前額・手の甲・すね」に皮膚表面温度の低下傾向が見られ、その他の部位は一定の値であり、大きな変動は見られなかった。

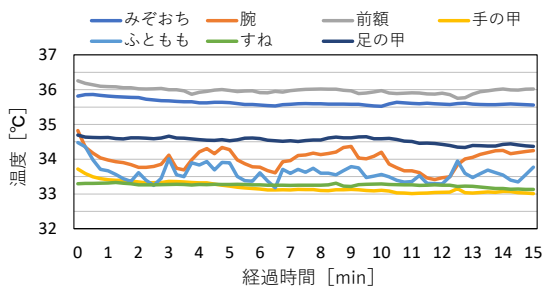


図 13 タスク吹出 皮膚表面温度 (No.2 男性)

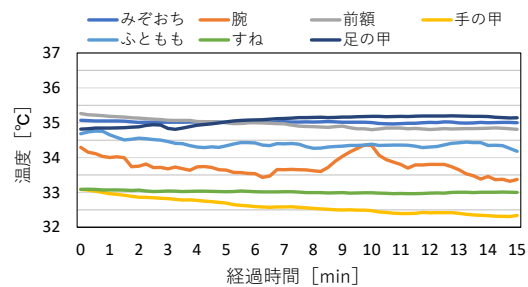


図 14 タスク吹出 皮膚表面温度 (No.12 女性)

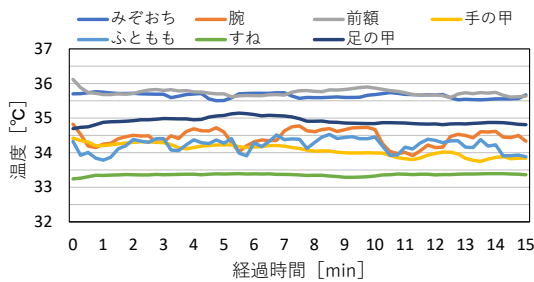


図 15 ノズル一定 皮膚表面温度 (No.2 男性)

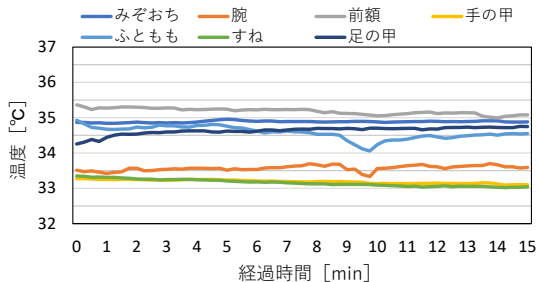


図 16 ノズル一定 皮膚表面温度 (No.12 女性)

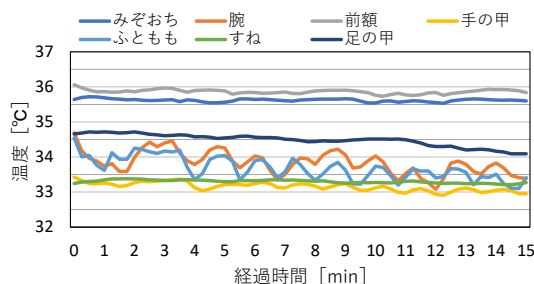


図 17 ノズル変動 皮膚表面温度 (No.2 男性)

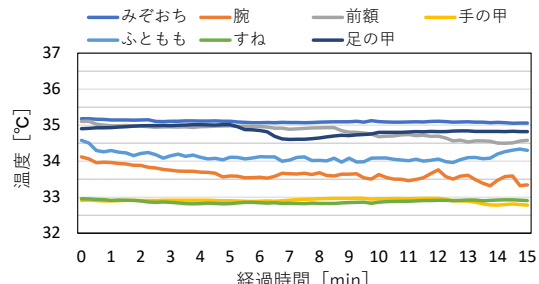


図 18 ノズル変動 皮膚表面温度 (No.12 女性)

ノズル変動吹出については、「ふともも・腕」などにおいて、皮膚表面温度が短い時間で0.5℃程度変動を繰り返している状況が確認された。ノズル吹出において当たっている気流速度が高いと思われる「前額」については皮膚表面温度の変化が少なく、「ふともも・腕」の変動が大きかった事については、頭部に当たった風が人体包むように流れていき、腕やふともも部分を冷却していたのではないかと考えられる。女性については「前額」も表面温度が低下していく傾向が見られた。

3.2 アンケート結果

(1) 快適感

アンケート調査の結果について、男女別における平均申告の時間変動を確認した。快適感の結果を図 19 に示す。

温熱快適性は全体的に言うと快適側のプラス評価となっている。しかし、男性は時間がたつにつれて快適性が少しずつ下がっている傾向が見られ、ノズル変動だけは暴露 10 分後には快適性が一番高い評価を受けていた。女性は男性と異なり、時間とともに快適感がわずかに上昇している結果となった。ノズル変動においてのみ快適感が最終的に下がっていることが分かる。

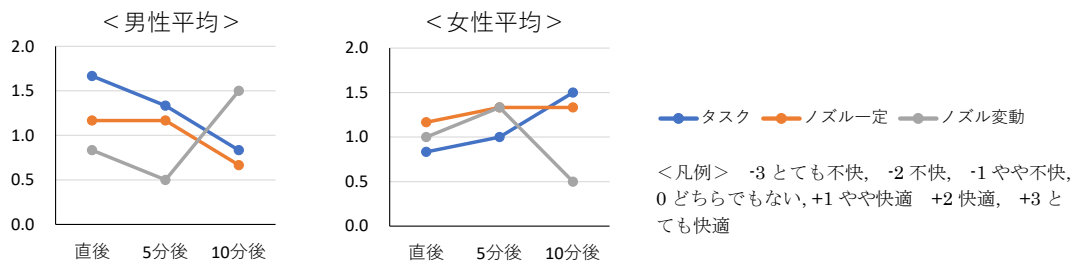


図 19 快適感

(2) 気流感

気流感の結果を図 20 に示す。気流感は、男女に感じ方の差に大きな差は無いと思われた。ノズル一定のグラフのみ快適度の変位の仕事が変わっているのが分かった。男子は、ノズル一定の変位量が大きい為、ノズル変動のほうが総合的に気流感の感じ方が高いと思われる。しかし、女性は、ノズル一定とノズル変動を総合的に評価しても同等の気流感を感じている結果であった。

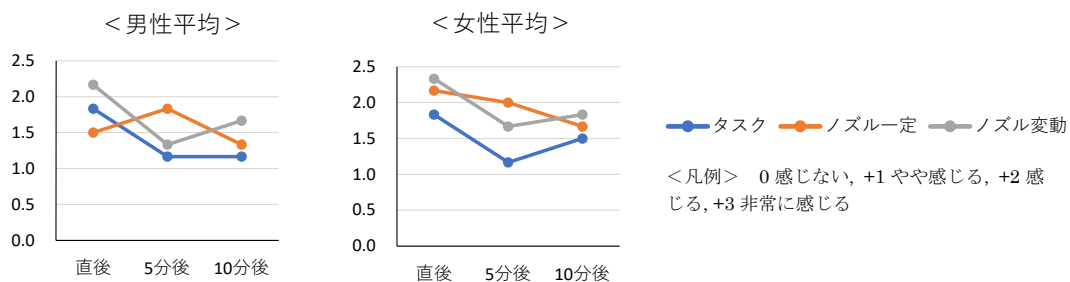


図 20 気流感

(3) 気流快適性

気流快適感の結果を図 21 に示す。男性のグラフについては、ノズル変動以外はそろって気流快適感が時間経過とともに低下しているのに対し、ノズル変動のグラフは、開始五分までは他の気流と同じ快適感をしているが 10 分後になると気流感が増幅している。女性は時間経過とともに気流快適感が上がってきている。しかし、男性に対して、女性は開始 10 分後には、気流快適感がほぼ 0 に近い値を指しており、不快になりかけていることが分かる。

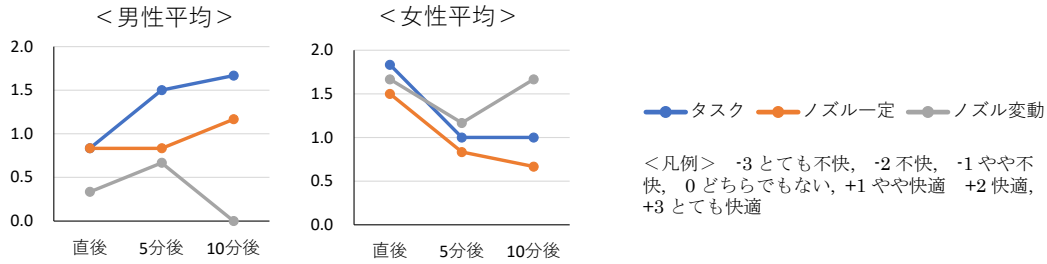


図 21 気流快適感

(4) 温冷感

温冷感の結果を図 22 に示す。温冷感としては全体的にマイナスになっている。男性はノズル変動風が一番冷房能力を感じており、タスクとノズル一定にはさほどの差は見られないがノズル一定が一番冷涼感を感じていないと思われる。

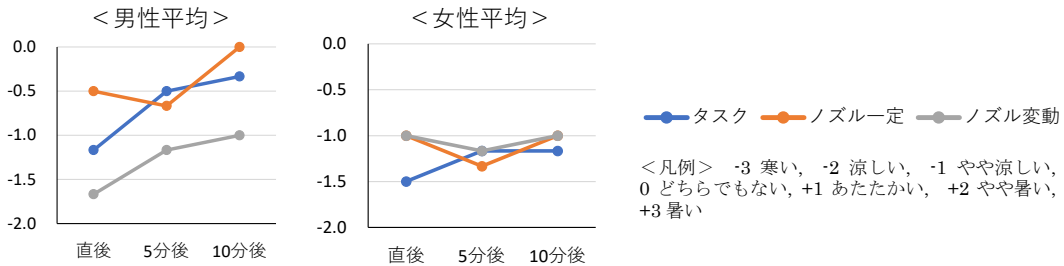


図 22 温冷感

(5) 室温調整要望

実験時の室温変動要望の結果を図 23 に示す。男性は、全体的に室温を下げたいという要望が多い中、女性側の意見では 29°Cの室温でからの変更は望んでいない結果となった。

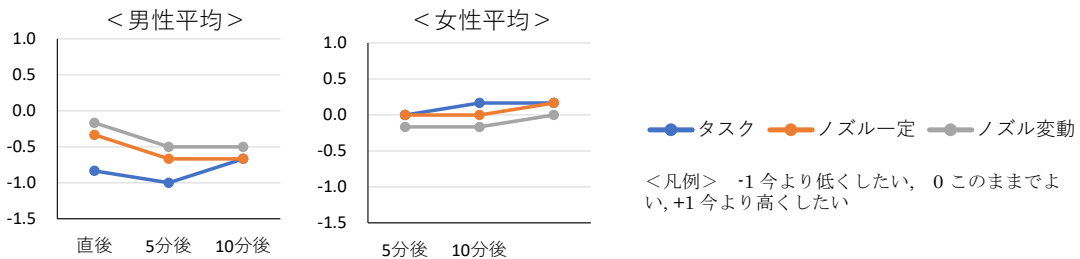


図 23 室温の調整要望

(6) 室内環境満足度

室内環境満足度の結果を図 24 に示す。満足度は男女によって大きな偏りがある。男性はどの気流においても満足度が経過時間に比例して低下している。ノズル変動においては、暴露 10 分後の満足度が再び上昇していることが確認される。女性はノズル一定とタスクは時間経過とともに満足度が上昇している。しかし、ノズル変動は時間経過によって満足度が低下する結果となっている。

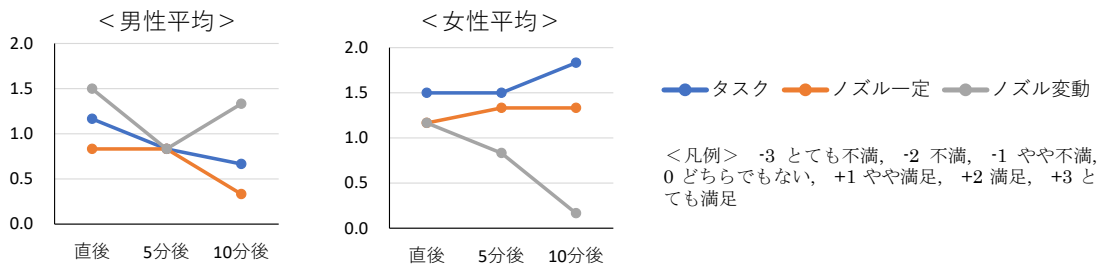


図 24 満足感

3.3 まとめ

昨年度の実験ではノズル一定風、ノズル変動気流、タスク気流、壁一面気流の4パターンの気流を用いて被験者実験を行い、一番快適感を感じるのはタスク空調であるという結論であった。この結果を踏まえて今年度は高温な気温下で冷房が使用されることを考慮し、気流のパターンは同様として室温より低い吹出温度とした場合の被験者実験を行った。人工気候室とスポットエアコンを用いた低温局所気流に関する被験者実験を実施した結果、以下の知見を得た。

- ・男性はノズル変動気流の満足度が一番高い。
- ・女性はタスク吹出の満足度が高い。
- ・男性は、気流感が強く、室温よりも涼しい気流、そして、変化がある気流を好む。
- ・女性は、気流感がそれほど高くない気流を好む。

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)

1. 該当なし

[学会発表] (計 0 件)

1. 該当なし

[図書] (計 0 件)

1. 該当なし

[その他, 産業財産権, ホームページ等]

1. 該当なし

5. 研究組織

(1) 研究代表者

中野淳太 (東海大学・工学部建築学科・准教授)

(2) 研究分担者

1. 山本佳嗣 (東京工芸大学・工学部工学科建築コース・准教授)

2. 青野友紀 (東京工芸大学・工学研究科建築・風工学専攻・修士2年)

6. 要約(Abstract, 英文)

Thermal Comfort of Local Wind with Various Diffuser Characteristics

Representative Researcher (Affiliation)

Junta Nakano (Associate Professor, Department of Architecture, Tokai Univ., Dr. Eng.)

Summary・Figures

In last year's experiment, subject experiments were conducted using four patterns of airflow: constant nozzle airflow, fluctuating nozzle airflow, task airflow, and one-sided wall airflow, and it was concluded that task air conditioning was the most comfortable. Based on this result, considering that the air conditioner will be used under high temperature this year, the subject experiment was conducted when the airflow pattern was the same and the outlet temperature was lower than room temperature. As a result of conducting a subject experiment on low-temperature local airflow using an artificial climate room and a spot air conditioner, the following findings were obtained.

- ・ Men are most satisfied with the nozzle fluctuation airflow.
- ・ Women are highly satisfied with task launches.
- ・ Men prefer airflow that has a strong sense of airflow, is cooler than room temperature, and has a variable airflow.
- ・ Women prefer airflow that does not have a high feeling of airflow.