

エネルギー科学研究科
エネルギー社会・環境科学専攻修士論文

題目： 冬季における室内気流環境が
知的集中に及ぼす影響の実験研究

指導教員： 下田 宏 教授

氏名： 古田 真也

提出年月日： 平成28年2月10日(水)

目次

| | |
|----------------------------|----|
| 第 1 章 序論 | 1 |
| 第 2 章 研究の背景と目的 | 3 |
| 2.1 研究の背景 | 3 |
| 2.2 温熱環境と知的生産性に関する既往研究 | 4 |
| 2.2.1 知的生産性の定義 | 4 |
| 2.2.2 知的生産性と心理的要因 | 5 |
| 2.2.3 温熱環境に関する既往研究 | 8 |
| 2.3 研究の目的 | 10 |
| 第 3 章 冬季における集中度向上気流の適用 | 11 |
| 3.1 集中度向上気流の概要 | 11 |
| 3.1.1 弱気流と強気流 | 11 |
| 3.1.2 夏季における集中度向上気流の評価実験概要 | 12 |
| 3.2 冬季における集中度向上気流 | 15 |
| 3.3 冬季における集中度向上気流の評価実験 | 17 |
| 3.3.1 実験の目的 | 17 |
| 3.3.2 実験の概要 | 17 |
| 3.3.3 環境条件 | 19 |
| 3.3.4 実験参加者 | 22 |
| 3.3.5 実験の手順 | 24 |
| 3.3.6 計測項目 | 26 |
| 3.4 実験結果と考察 | 29 |
| 3.4.1 伝票分類タスク実施時の CTR | 29 |
| 3.4.2 生理的脳疲労 | 33 |
| 3.4.3 主観的疲労 | 34 |
| 3.4.4 室内環境の主観評価 | 36 |
| 3.4.5 個人特性 | 36 |

論文要旨

題目：冬季における室内気流環境が知的集中に及ぼす影響の実験研究

下田研究室, 古田 真也

要旨：

世界規模でエネルギー・環境問題が深刻化しており、エネルギーをより効率よく利用する必要がある。そのためオフィスでは、空調を緩和する等の省エネルギー活動を推進しているが、過度な省エネルギー対策は室内環境の快適性を損ない、知的作業の生産性（知的生産性）を低下させる可能性がある。

日本の多くのオフィスビルにおいて、冬季の空調による温熱環境の一括制御に対して不快感を感じている執務者は多い。執務者の好みで執務者周囲の温熱環境を調節できるタスク・アンビエント空調は、従来の空調の一括制御による不満も軽減でき、エネルギーの過剰消費を防ぐことができるとされ、注目が集まっている。既存研究では、温熱環境の要素である気流と知的生産性の関係について十分な知見がなく、また、これまでは気流が知的生産性に及ぼす影響は主観によって評価され、客観的かつ定量的に評価した事例は少ない。

本研究室では弱気流・強気流を組み合わせた気流環境を提案し、夏季では知的生産性が向上することを示したが、冬季における気流が知的生産性に及ぼす影響についての十分な知見は得られていない。そこで本研究では、比較的室内温度が低く、風に当たることが好ましくない冬季において、作業間に定期的に休息を取ることを促す気流環境を提案するとともに、知的生産性に与える影響を検証することを目的とする。

本研究では、「1/f ゆらぎ」、「休息」の2つの観点で開発したリフレッシュ気流を提案し、執務者が知的作業を行う際に直接リフレッシュ気流を曝露する。「1/f ゆらぎ」とは心地良い自然の風がもつ周波数特性であり、リフレッシュ気流の風速をこのゆらぎになるように変化させることで実現している。このリフレッシュ気流を執務者に曝露することで、快適性、知的生産性を向上させる効果を期待している。また、このリフレッシュ気流を曝露している間に休息を取ることで、意識して感じていない執務者の身体負担を減らすことで、集中度や知的作業のパフォーマンスを向上させる効果を期待している。

本研究では、被験者実験を実施し、リフレッシュ気流を曝露する環境（気流環境）と無風との環境（標準環境）の2種類の気流条件における、評価実験用タスクの解答時間、および、疲労、部屋環境等に関するアンケート結果からリフレッシュ気流が知的生産性に与える影響を評価した。評価実験用タスクの解答時間から本研究室で開発した集中時間比率を算出したところ、提案したリフレッシュ気流の有効性は確認できなかった。一方で、集中時間比率が向上した実験参加者はリフレッシュ気流に曝露されることによって、長期休息状態を含む長い解答時間の回数が減少し、集中度が向上することが確認できた。また、リフレッシュ気流に対して好印象である場合、快適性や集中のしやすさ等部屋環境に対する印象が向上し、その結果、疲労感が低下し、集中が向上する傾向にあることが確認できた。

今後は、執務者が自らの好みのタイミングでリフレッシュ気流を発生させて休息が取れるような環境での検証や、温熱環境や照明環境等が適切に制御できないオフィス環境での検証を行う必要がある。

| | | |
|--------------|--------------------------|-----------|
| 3.4.6 | 実験参加者インタビューの結果 | 36 |
| 3.5 | 考察 | 38 |
| 3.5.1 | 気流条件間における CTR の比較 | 38 |
| 3.5.2 | 強気流の送風時に生じる騒音の影響 | 38 |
| 第 4 章 | 冬季におけるリフレッシュ気流の提案 | 40 |
| 4.1 | 強気流評価実験 | 40 |
| 4.1.1 | 実験の目的 | 40 |
| 4.1.2 | 実験の概要 | 40 |
| 4.1.3 | 実験環境 | 40 |
| 4.1.4 | 実験参加者 | 43 |
| 4.1.5 | 実験結果 | 43 |
| 4.1.6 | 考察 | 45 |
| 4.2 | 提案するリフレッシュ気流 | 46 |
| 第 5 章 | リフレッシュ気流の評価 | 50 |
| 5.1 | 提案するリフレッシュ気流の評価実験 | 50 |
| 5.1.1 | 実験の目的 | 50 |
| 5.1.2 | 実験の概要 | 50 |
| 5.1.3 | 環境条件 | 52 |
| 5.1.4 | 実験参加者 | 56 |
| 5.1.5 | 計測項目 | 58 |
| 5.2 | 実験結果 | 60 |
| 5.2.1 | 集中指標 CTR | 60 |
| 5.2.2 | 生理的脳疲労 | 61 |
| 5.2.3 | 主観的疲労 | 63 |
| 5.2.4 | 主観的感情状態 | 64 |
| 5.2.5 | 気流の主観評価 | 66 |
| 5.2.6 | 個人特性 | 66 |
| 5.2.7 | 実験参加者へのインタビューの結果 | 66 |
| 5.3 | 考察 | 67 |
| 5.3.1 | 気流条件間における CTR の比較 | 67 |
| 5.3.2 | CTR と フリッカー値および主観評価の関係 | 67 |

| | | |
|--------------|-----------------------------------|------------|
| 5.3.3 | リフレッシュ気流による知的生産性の向上 | 69 |
| 5.3.4 | リフレッシュ気流による知的生産性の低下 | 83 |
| 第 6 章 | 結論 | 89 |
| | 謝 辞 | 91 |
| | 参 考 文 献 | 92 |
| 付録 A | 冬季における集中度向上気流評価実験の実験結果 | A-1 |
| A.1 | 計測対象とした実験参加者の集中時間比率 CTR | A-1 |
| A.2 | 個人特性の実験結果 | A-4 |
| A.3 | 室内環境に対する主観評価の実験結果 | A-8 |
| A.4 | 実験参加者インタビューの結果 | A-12 |
| 付録 B | 強気流評価実験の実験結果 | B-1 |
| 付録 C | リフレッシュ気流評価実験のアンケート類資料、実験結果 | C-1 |
| C.1 | 室内環境に対する環境評価アンケートの追加項目 | C-1 |
| C.2 | 実験参加者の属性 | C-2 |
| C.3 | 個人特性の実験結果 | C-5 |
| C.4 | 計測対象とした実験参加者の集中時間比率 CTR | C-9 |
| C.5 | 室内環境に対する主観評価の実験結果 | C-12 |
| C.6 | 実験参加者インタビューの結果 | C-17 |
| C.7 | CTR と フリッカー値および主観評価の関係 | C-19 |

目 次

| | | |
|------|--|----|
| 2.1 | 世界の一次エネルギー消費量の推移 ^[1] | 3 |
| 2.2 | Woods らによる人間反応評価のための拡張モデル ^[15] | 5 |
| 2.3 | 知的生産性変動モデル ^[20] | 7 |
| 2.4 | 解答時間ヒストグラムと情報処理状態の関係 ^[20] | 7 |
| | | |
| 3.1 | 夏季における集中度向上気流の概要図 ^[8] | 12 |
| 3.2 | 空気清浄機 (Panasonic 社製、F-VXJ90-WZ) の写真 | 13 |
| 3.3 | 伝票分類タスクに用いる伝票の例 | 14 |
| 3.4 | 伝票分類タスクの解答を入力するタブレット画面 | 15 |
| 3.5 | 冬季における集中度向上気流の適用 | 16 |
| 3.6 | 冬季における集中度向上気流の風速の変化の様子 | 16 |
| 3.7 | 冬季評価実験の実験プロトコル | 18 |
| 3.8 | 冬季評価実験の実験室のレイアウト | 20 |
| 3.9 | 冬季評価実験の実験中の様子 | 20 |
| 3.10 | 冬季評価実験の実験参加者の服装 | 22 |
| 3.11 | 数独タスクの例 | 24 |
| 3.12 | 冬季評価実験における室内環境に関するアンケート画面 | 28 |
| 3.13 | 伝票分類タスク実施時の CTR の全実験参加者の平均値の環境間比較 (n.s.:not significant) | 31 |
| 3.14 | 伝票分類タスク実施時の CTR の全実験参加者の平均値の SET 間比較 (n.s.:not significant) | 32 |
| 3.15 | 冬季評価実験のフリッカー値の実験参加者の平均値の環境間比較 (*: $p < 0.05$) | 33 |
| 3.16 | 自覚症しらべ (ねむけ感) のスコアの全 SET の比較 (n.s.:not significant) | 34 |
| 3.17 | 自覚症しらべ (ぼやけ感) のスコアの全 SET の比較 (n.s.:not significant) | 35 |
| | | |
| 4.1 | 強気流評価実験の実験プロトコル | 41 |
| 4.2 | 送風機 (Panasonic 社製、F-BL25Z-W) の写真 | 42 |

| | | |
|------|--|----|
| 4.3 | 強気流評価実験の気流環境 | 42 |
| 4.4 | 強気流評価実験の全実験参加者の平均フリッカー値の気流条件間比較 (**: $p < 0.01$) | 44 |
| 4.5 | 提案するリフレッシュ気流 | 48 |
| 4.6 | 提案するリフレッシュ気流の風速の変化の様子 | 48 |
| 4.7 | 提案するリフレッシュ気流の風速の周波数解析結果 | 49 |
| 5.1 | リフレッシュ気流評価実験の実験プロトコル | 51 |
| 5.2 | リフレッシュ気流評価実験の実験室のレイアウト | 52 |
| 5.3 | リフレッシュ気流評価実験の実験中の様子 | 53 |
| 5.4 | 送風機と実験参加者の位置関係 | 55 |
| 5.5 | 比較問題解答画面 | 57 |
| 5.6 | 比較問題1問当たりの解答時間推移例1 | 58 |
| 5.7 | 比較問題1問当たりの解答時間推移例2 | 58 |
| 5.8 | 伝票分類タスク実施時のCTRの全実験参加者の平均値の環境間比較 (n.s.:not significant) | 61 |
| 5.9 | 各SETにおける伝票分類タスク実施時のCTRの全実験参加者の平均値 の環境間比較 (n.s.:not significant) | 62 |
| 5.10 | フリッカー値の実験参加者の平均値の環境間比較 (***: $p < 0.001$ 、*: $p < 0.05$) | 62 |
| 5.11 | 自覚症しらべ (ねむけ感) の全SETの比較 (*: $p < 0.05$ 、n.s.:not significant) | 63 |
| 5.12 | 自覚症しらべ (だるさ感) の全SETの比較 (*: $p < 0.05$ 、n.s.:not significant) | 64 |
| 5.13 | MMS (集中) のスコアの全SETの比較 (n.s.:not significant) | 65 |
| 5.14 | MMS (倦怠) のスコアの全SETの比較 (n.s.:not significant) | 65 |
| 5.15 | 主観評価 (集中しやすい) とCTRの関係 | 68 |
| 5.16 | 主観評価 (空気の動きが快適) とCTRの関係 | 68 |
| 5.17 | 実験参加者5のSET3の1問当たり解答時間遷移 | 71 |
| 5.18 | 実験参加者9のSET1の1問当たり解答時間遷移 | 71 |
| 5.19 | 実験参加者9のSET2の1問当たり解答時間遷移 | 72 |
| 5.20 | 実験参加者17のSET3の1問当たり解答時間遷移 | 72 |
| 5.21 | 実験参加者30のSET1の1問当たり解答時間遷移 | 73 |
| 5.22 | 実験参加者30のSET2の1問当たり解答時間遷移 | 73 |
| 5.23 | 実験参加者30のSET3の1問当たり解答時間遷移 | 74 |

| | | |
|------|---|-----|
| 5.24 | 実験参加者 31 の SET1 の 1 問当たり解答時間遷移 | 74 |
| 5.25 | 実験参加者 5 の SET3 の 20 分間および 25 分間の CTR の比較 | 75 |
| 5.26 | 実験参加者 9 の SET1 の 20 分間および 25 分間の CTR の比較 | 75 |
| 5.27 | 実験参加者 9 の SET2 の 20 分間および 25 分間の CTR の比較 | 76 |
| 5.28 | 実験参加者 17 の SET3 の 20 分間および 25 分間の CTR の比較 | 76 |
| 5.29 | 実験参加者 30 の SET1 の 20 分間および 25 分間の CTR の比較 | 76 |
| 5.30 | 実験参加者 30 の SET2 の 20 分間および 25 分間の CTR の比較 | 77 |
| 5.31 | 実験参加者 30 の SET3 の 20 分間および 25 分間の CTR の比較 | 77 |
| 5.32 | 実験参加者 31 の SET1 の 20 分間および 25 分間の CTR の比較 | 77 |
| 5.33 | リフレッシュ気流の効果が期待される実験参加者の気流に関する主観評価結果 | 80 |
| 5.34 | リフレッシュ気流の効果が期待される実験参加者の部屋環境に関する主観評価結果 | 80 |
| 5.35 | リフレッシュ気流の効果が期待される実験参加者の自覚症しらべの結果 | 81 |
| 5.36 | リフレッシュ気流の効果が期待される実験参加者のフリッカー値や MMS の結果 | 81 |
| 5.37 | 実験参加者 13 の SET2 の 1 問当たり解答時間遷移 | 84 |
| 5.38 | 実験参加者 24 の SET2 の 1 問当たり解答時間遷移 | 84 |
| 5.39 | リフレッシュ気流によって集中が阻害された実験参加者の気流に関する主観評価結果 | 86 |
| 5.40 | リフレッシュ気流によって集中が阻害された実験参加者の部屋環境に関する主観評価結果 | 86 |
| 5.41 | リフレッシュ気流によって集中が阻害された実験参加者の自覚症しらべの結果 | 87 |
| 5.42 | リフレッシュ気流によって集中が阻害された実験参加者のフリッカー値や MMS の結果 | 87 |
| A.1 | 主観による評価 (湿度が湿潤・湿度が快適) (*: $p < 0.05$) | A-8 |
| A.2 | 主観による評価 (顔付近が暑い・全身が暑い) (**: $p < 0.01$ 、n.s.:not significant) | A-8 |
| A.3 | 主観による評価 (足元が暑い・室温が快適) (n.s.:not significant) | A-9 |
| A.4 | 主観による評価 (ほこりを感じる・空気が澱んだ) (n.s.:not significant) | A-9 |
| A.5 | 主観による評価 (風圧を感じる・空気が循環している) (***: $p < 0.001$) | A-9 |

| | | |
|------|--|------|
| A.6 | 主観による評価 (空気の動きが快適・悪臭がする) (n.s.:not significant) | A-10 |
| A.7 | 主観による評価 (室外音がうるさい・室内音がうるさい) (n.s.:not significant) | A-10 |
| A.8 | 主観による評価 (照明が明るい・照明が快適) (n.s.:not significant) | A-10 |
| A.9 | 主観による評価 (集中しやすい・目が覚める) (n.s.:not significant) | A-11 |
| A.10 | 室内環境の主観評価 (部屋環境が好き・部屋全体が快適) (*: $p < 0.05$) | A-11 |
| C.1 | リフレッシュ気流評価実験の環境評価アンケート | C-1 |
| C.2 | 主観による評価 (湿度が湿潤・湿度が快適) (n.s.:not significant) | C-12 |
| C.3 | 主観による評価 (顔付近が暑い・全身が暑い) (n.s.:not significant) | C-12 |
| C.4 | 主観による評価 (足元が暑い・室温が快適) (n.s.:not significant) | C-13 |
| C.5 | 主観による評価 (ほこりを感じる・空気が澱んだ) (n.s.:not significant) | C-13 |
| C.6 | 主観による評価 (風圧を感じる・空気が循環している) (**: $p < 0.001$, *: $p < 0.01$) | C-13 |
| C.7 | 主観による評価 (空気の動きが快適・悪臭がする) (*: $p < 0.05$, n.s.:not significant) | C-14 |
| C.8 | 主観による評価 (室外音がうるさい・室内音がうるさい) (**: $p < 0.01$, *: $p < 0.05$) | C-14 |
| C.9 | 主観による評価 (音が快適) (n.s.:not significant) | C-14 |
| C.10 | 主観による評価 (照明が明るい・照明が快適) (n.s.:not significant) | C-15 |
| C.11 | 主観による評価 (集中しやすい・目が覚める) (n.s.:not significant) | C-15 |
| C.12 | 室内環境の主観評価 (部屋環境が好き・部屋全体が快適) (n.s.:not significant) | C-15 |
| C.13 | 室内環境の主観評価 (湿度による作業効率の向上・温度による作業効率の向上) (n.s.:not significant) | C-16 |
| C.14 | 室内環境の主観評価 (風圧による作業効率の向上・においによる作業効率の向上) (n.s.:not significant) | C-16 |
| C.15 | 室内環境の主観評価 (音による作業効率の向上・照明による作業効率の向上) (n.s.:not significant) | C-16 |
| C.16 | フリッカー値と CTR の関係 | C-19 |
| C.17 | ねむけ感と CTR の関係 | C-19 |
| C.18 | だるさ感と CTR の関係 | C-23 |
| C.19 | ぼやけ感と CTR の関係 | C-23 |

| | |
|--|------|
| C.20 集中と CTR の関係 | C-23 |
| C.21 倦怠と CTR の関係 | C-23 |
| C.22 主観評価（集中しやすい）と CTR の関係 | C-24 |
| C.23 主観評価（目が覚める）と CTR の関係 | C-24 |
| C.24 主観評価（部屋全体が快適）と CTR の関係 | C-24 |
| C.25 主観評価（部屋の環境が好き）と CTR の関係 | C-24 |
| C.26 主観評価（空気の循環）と CTR の関係 | C-25 |
| C.27 主観評価（風圧を感じる）と CTR の関係 | C-25 |
| C.28 主観評価（空気の動きが快適）と CTR の関係 | C-25 |
| C.29 主観評価（風圧が作業効率を向上）と CTR の関係 | C-25 |

表 目 次

| | | |
|-----|--|------|
| 3.1 | 夏季評価実験の実験室の室内環境条件 | 12 |
| 3.2 | 夏季評価実験の知的生産性の比較 ^[8] | 15 |
| 3.3 | 冬季評価実験の実験室の室内環境条件 | 19 |
| 3.4 | 冬季評価実験の気流条件の実施順 | 21 |
| 3.5 | 冬季実験参加者の属性(グループ分け・年齢・環境耐性) | 23 |
| 3.6 | 自覚症しらべの項目 ^[35] | 27 |
| 3.7 | 計測解析対象外とした理由 | 30 |
| 3.8 | 冬季における集中度向上気流評価実験の騒音レベル | 39 |
| 3.9 | 夏季における集中度向上気流評価実験の騒音レベル | 39 |
| 4.1 | 強気流評価実験の室内環境条件 | 41 |
| 4.2 | 強気流評価実験の知的生産性の比較 | 43 |
| 5.1 | リフレッシュ気流評価実験の実験室の室内環境条件 | 53 |
| 5.2 | リフレッシュ気流評価実験の気流環境の実施順 | 54 |
| 5.3 | MMS(集中, 倦怠)の項目 ^[43] | 59 |
| 5.4 | 計測解析対象外とした理由 | 60 |
| 5.5 | 気流の効果が期待される実験参加者 | 70 |
| 5.6 | 各実験参加者の伝票分類タスク後半 25 分における tail 値以上の解答時間の回数 | 78 |
| 5.7 | リフレッシュ気流が集中を阻害した可能性がある実験参加者 | 83 |
| A.1 | グループ 1~4 の実験参加者の CTR(%) | A-2 |
| A.2 | グループ 5~7 の実験参加者の CTR(%) | A-3 |
| A.3 | KG 式日常生活質問紙による実験参加者のタイプ | A-5 |
| A.4 | STAI(状態不安・特性不安)のスコア | A-6 |
| A.5 | 朝型夜型診断の朝型度のスコアと実験参加者のタイプ | A-7 |
| A.6 | 評価実験の実験参加者インタビューの結果(弱気流に気付いたか) | A-12 |
| A.7 | 評価実験の実験参加者インタビューの結果(強気流への気づき) | A-13 |

| | | |
|------|--|------|
| A.8 | 評価実験の実験参加者インタビューの結果(強気流に対する印象) | A-14 |
| A.9 | 評価実験の実験参加者インタビューの結果(強気流の風量や送風時間・間 隔について) | A-15 |
| B.1 | 強気流評価実験の実験参加者インタビューの結果(部屋の温度・湿度の 印象) | B-1 |
| B.2 | 強気流評価実験の実験参加者インタビューの結果(強い風が当たった部 位と印象) | B-1 |
| B.3 | 強気流評価実験の実験参加者インタビューの結果(強い風の風量と期間 について) | B-2 |
| C.1 | リフレッシュ気流評価実験参加者 1-16 の属性(グループ分け・年齢・環 境耐性) | C-3 |
| C.2 | リフレッシュ気流評価実験参加者 17-32 の属性(グループ分け・年齢・環 境耐性) | C-4 |
| C.3 | KG 式日常生活質問紙による実験参加者のタイプ | C-6 |
| C.4 | STAI(状態不安・特性不安) のスコア | C-7 |
| C.5 | 朝型夜型診断の朝型度のスコアと実験参加者のタイプ | C-8 |
| C.6 | グループ 1~2 の実験参加者の CTR(%) | C-10 |
| C.7 | グループ 3~4 の実験参加者の CTR(%) | C-11 |
| C.8 | 評価実験の実験参加者インタビューの結果(時間帯による集中のしやすさ) | C-17 |
| C.9 | 評価実験の実験参加者インタビューの結果(リフレッシュ気流に対する 気づき) | C-18 |
| C.10 | 評価実験の実験参加者インタビューの結果(リフレッシュ気流の風量・送 風時間・間隔に関して) | C-20 |
| C.11 | 評価実験の実験参加者インタビューの結果(リフレッシュ気流の印象) . | C-21 |
| C.12 | 評価実験の実験参加者インタビューの結果(ゆらぎに対する気づき) . . | C-22 |

第 1 章 序論

近年、エネルギー問題や地球温暖化等の地球環境問題が深刻化しており^[1]、エネルギー消費量をできるだけ抑え、効率よく利用する必要がある。オフィスでは、夏季における空調の設定温度を 28℃にする空調の緩和等省エネルギー活動が推進されている。しかし、オフィスにおける過度な省エネルギー対策は室内環境の快適性を損ない、知的作業における執務者の作業効率を低下させている可能性がある^[2]。よって、オフィスでは、省エネルギー活動のみならず知的作業の生産性（知的生産性）の維持・向上を考慮した室内環境の改善が必要となる^[3]。

室内環境を構成する要素として温熱、空気質、照明等があるが、日本の冬季では多くのオフィスビルにおいて、空調による温熱環境の一括制御に対して不快感を感じている執務者は多い^[4]。執務者個人を対象としたタスク・アンビエント空調は執務者の好みで温熱環境を調節できるため、従来の空調の一括制御による不満も軽減でき、エネルギーの過剰消費を防ぐことができる^[5]として注目が集まっている。このように温熱環境に関して室内温度、相対湿度と知的生産性の関係性に関して調査した研究はこれまでに数多くなされてきた^{[6][7]}。

しかし、温熱環境の要素である気流と知的生産性の関係性についてはこれまでに十分な知見がなく、気流が知的生産性に及ぼす影響を主観的に評価しており、客観的かつ定量的に評価した事例は少ない。上記の背景を受けて島村らは弱気流・強気流を組み合わせた気流環境を提案し、夏季において気流環境による知的生産性の向上を示した^[8]。一方、冬季における気流の知的生産性に及ぼす影響に関して十分な知見が得られていない。

そこで本研究では、比較的室内温度が低く、風に当たるのが好ましくない冬季において、作業時における休息を促す気流環境を提案し、その効果が知的作業の集中に与える影響を検証することを目的とする。この研究を通じて、これまでほとんど実証されていなかった冬季における室内環境での気流の評価やこまめな休息が疲労や知的作業の集中に及ぼす影響を検証することで、執務者の知的生産性の向上や疲労の軽減、それに伴う労働時間の減少に繋がりを明らかにし、エネルギー消費量の削減に貢献できるかどうかを検討する。

本論文は第 1 章の序論を含め、6 章で構成されている。第 2 章では、研究の背景と既

往研究を述べ、本研究の目的を述べる。第3章では、冬季において実施した評価実験について述べる。第4章では、提案するリフレッシュ気流の概要について述べ、第5章では、提案するリフレッシュ気流の評価実験を行い、リフレッシュ気流がタスク作業に与える影響について分析した。第6章では、本研究の結果をまとめ、今後の課題について述べる。

第 2 章 研究の背景と目的

本章ではまず、研究の背景と温熱環境に関する既往研究について述べた後、本研究の目的について述べる。

2.1 研究の背景

近年、人口増加や発展途上国の経済成長等により、図 2.1 に示すように世界のエネルギー消費量は増加傾向にある^[1]。このようなエネルギー問題や地球温暖化等の地球

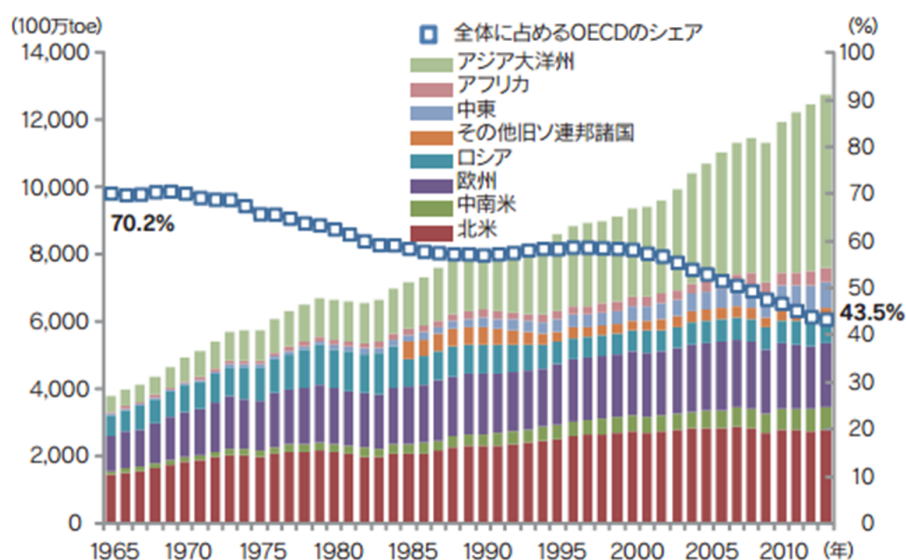


図 2.1: 世界の一次エネルギー消費量の推移^[1]

環境問題の観点から、オフィスでは、夏季における空調の設定温度を 28℃にする空調の緩和や照明の間引き等省エネルギー活動が推進がされている。しかし、空調・照明等の使用範囲や設定を制限することが、執務者の作業効率に影響する懸念がある。オフィスにおける執務者の業務には書類作成、情報管理等の知的作業があり、過度な省エネルギー対策は室内環境の快適性を損ない、知的作業における執務者の作業効率を低下させている可能性がある^[2]。このような、執務者の作業効率の低下は労働時間の増加、さらにはエネルギー消費量の増加につながる。よって、直接の省エネルギー対

策だけではなく、知的作業を対象とした生産性（知的生産性）の維持・向上を考慮したオフィスにおける室内環境の改善が必要となる^[3]。

知的生産性に影響を与えると考えられる室内環境の代表的な物理要素として、温熱、空気質、照明、音が挙げられる。中でも不適切な温熱環境は執務者に過度のストレスを及ぼす危険性がある。また、温熱環境は、温度、湿度、気流、熱放射等が複合的に身体に影響を及ぼす。よって、温熱環境を空調等で適切に制御することは、知的生産性の維持、向上を図るために重要である。実際、日本の冬季では、多くのオフィスビルにおいて、空調による温熱環境の制御に対して不快感を感じている執務者は多い^[4]。

一方で、温熱環境を構成する要素の1つである気流に関する既存研究では、室内温度、湿度が高い高温多湿の不快な環境下での調査が多く、その評価方法も熱的快適性に関する主観評価が主である^[9]。そのため、冬季のような高温多湿でない室内環境下における気流環境が知的生産性に与える影響を調査した研究はほとんど行われていない。また、執務者個人が自分の周囲だけをスポット的に制御できるタスク・アンビエント空調に関する研究では、気流が熱的快適性だけではなく、疲労、心理面に影響を及ぼし^[10]、冬季における温熱環境の制御にも有効であると示唆されている^[11]。

また、室内環境の要素だけではなく、疲労、集中等、生理・心理的な要素も知的生産性に影響を与える要因として考えられる。中でも疲労に関しては、ICT(Information and Communication Technology) 技術の発展により、知的作業のうちコンピュータを用いた作業であるVDT(Visual Display Terminals) 作業が占める割合は増加しており、精神的な疲労、ストレス、身体的な疲労となって執務者に影響を及ぼしている。このような知的作業の作業負荷を軽減するために、長時間作業の間に休息をとる等作業時間の管理を厚生労働省は奨励しており^[12]、小まめな休息はパフォーマンスの維持、疲労軽減に有効であると示唆されている^[13]。

2.2 温熱環境と知的生産性に関する既往研究

2.2.1 知的生産性の定義

一般的に、生産性はインプットに対するアウトプットの比として定義されている。中島は「一定の労働時間あたりに労働者が生み出した付加価値を労働者数で割ったもの」を労働生産性と定義している^[14]。一方、Woodsらは知的生産性を「経済指標」として考え、既往研究から、知的生産性に影響を及ぼす要因を分析し、知的生産性は作業効率に関連するコスト要因により決定されるとしている^[15]。村上らも、生産性を「経済

指標」として考え、「良質な執務空間を提供するための投資」をインプット、「生産性向上をもたらす恩恵の金額換算値」をアウトプットとして考えることで、室内環境改善に対する投資効果が知的生産性になると示している^[16]。しかし、アウトプットを考える際、オフィスワーカーが行う意見交換等の知識創造作業を定量化することは困難である。ここで、Woodsらのモデルを図 2.2 に示す。このモデルでは、知的生産性に

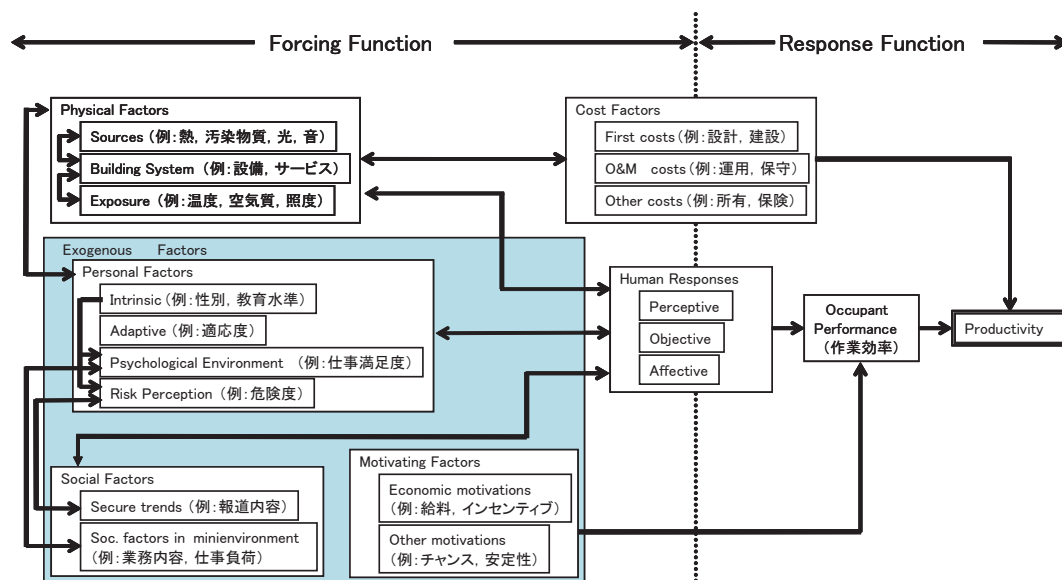


図 2.2: Woods らによる人間反応評価のための拡張モデル^[15]

影響を与える要因を以下のように考えている。まず、室内環境の温度、空気質、音等の物理的要因は心理的要因や生理的反応を経由して、作業効率に影響する。また、給料やインセンティブなどの経済的モチベーションとチャンスや安定性などの経済的モチベーション以外のモチベーションは直接作業効率に影響する。そして、物理的要因やモチベーション要因が作業効率に影響することで、最終的に知的生産性に影響している。

以上より、知的生産性は、「作業効率」と「経済指標」の2つの観点があるが、本研究では、室内環境の変化によるオフィスにおける執務者のパフォーマンスの評価に焦点を当てるため、単位時間当たりの知的作業の量を示す「作業効率」を知的生産性と定義する。

2.2.2 知的生産性と心理的要因

疲労や集中、覚醒、モチベーション等、生理・心理的要因は知的生産性に大きな影響を与えると考えられている。Cui らは極端に暑い不快な室内環境下では作業に対するモ

モチベーションやパフォーマンスが低下することを示している^[17]。図 2.2 によると経済的モチベーション等の Motivating Factors が直接、作業効率に影響を及ぼすため、室内環境によるモチベーションの変化は作業効率に大きな影響を与えられとされる。また、疲労の蓄積は執務者の集中やモチベーションの低下を引き起こし、逆に集中やモチベーションの低下によって執務者は疲労を自覚しやすくなる。田辺らは、知的生産性の評価に関して、疲労や満足度等の人体反応を併せて評価する必要があるとし、疲労度を評価することによる知的生産性評価手法を提案している^[18]。

よって、同じ作業をしている場合でも、知的生産性は疲労や集中等の生理心理的要因によって間接的に影響を受けるので、知的生産性の評価では、疲労度や集中の度合い等執務者の作業状態を考慮する必要がある。

大石は執務者の作業状態について、一定期間認知資源を対象に割り当てている状態を集中、認知資源を対象に割り当てていない状態を非集中と定義した集中-非集中モデルを提案した^[19]。

上記の集中-非集中モデルおよび、本研究室で開発した知的生産性変動モデル^[20]から作業状態、集中と知的生産性の関係について説明する。まず、図 2.3 に示すように知的作業中の執務者の情報処理状態は3状態に分類でき、(1)集中して作業が進行している作業状態、(2)集中しているが無意識のうちに作業が中断している短期中断状態、(3)意識的に休息をとっている長期休息状態とする。作業状態と短期中断状態を集中状態、長期休息状態を非集中状態として対応させる。また、作業状態と執務者が認知タスクに対して解答するのに要した時間（以下解答時間）のヒストグラムとの関係を見ると図 2.4 の関係になる。図 2.3 の知的生産性変動モデルで、作業状態と短期中断状態の遷移確率が一定だと仮定すると、作業状態と短期中断状態のみからなる解答時間分布は、図 2.4 に示すように対数正規分布の形で示すことができ、式 (2.1) で表される対数正規分布関数で近似できる。ただし、 t は認知タスクの1問あたりの解答時間とし、 e^μ は最頻値、 σ は標準偏差とする。解答時間が短い区間の対数正規分布が作業状態と短期中断状態からなる集中状態に当てはまり、解答時間が長くなった区間では作業状態、短期中断状態と長期休息状態からなる非集中状態に当てはまる。

大石らは一定時間実施した難易度が均一な認知タスクの1問あたりの解答時間から、集中状態となる解答時間の比率にある集中時間比率 CTR(Concentration Time Ratio、以下 CTR) を算出し、オフィスにおける知的生産性はこの集中時間比率を指標とすることで評価できるとした^[20]。集中状態の総時間を T_c は、 $F(t)$ の期待値 $\exp(\mu + \frac{\sigma^2}{2})$ と総解答数 N を用いて式 (2.2) で表される。そして、式 (2.3) で表される認知タスクの実

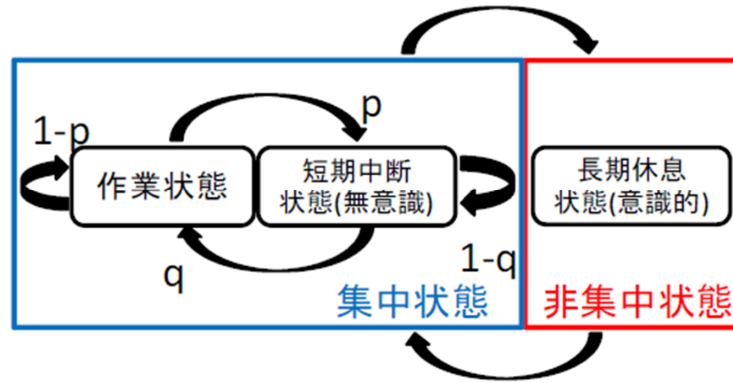


図 2.3: 知的生産性変動モデル [20]

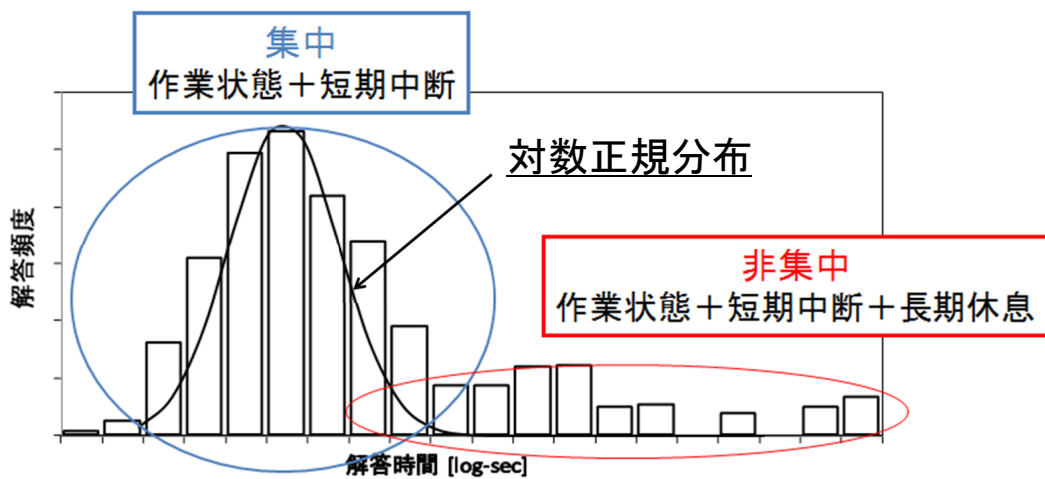


図 2.4: 解答時間ヒストグラムと情報処理状態の関係 [20]

施時間 T_{total} に対する集中状態の総時間 T_c の比率として CTR が算出される。

$$F(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma t}} \exp \left[-\frac{(\ln(t) - \mu)^2}{2\sigma^2} \right] \cdot p \quad (2.1)$$

$$T_c = \exp \left(\mu + \frac{\sigma^2}{2} \right) \cdot N \quad (2.2)$$

$$CTR = \frac{T_c}{T_{total}} \quad (2.3)$$

執務者の集中状態は温度等の物理的要素や覚醒、モチベーション等の生理・心理的要因による影響を受ける。そのため、室内環境の変化が覚醒、モチベーション等の生理・心理的要因を通じて、知的生産性に与える影響を測定する場合、作業中の執務者の集中状態が占める割合を指標として用いればよい。つまり集中時間比率 CTR を用いることで室内環境の変化が知的生産性に与える影響を定量的に示せる。

2.2.3 温熱環境に関する既往研究

沼中らは執務者 174 名に室内環境および執務者行動・空間評価アンケート調査を行った。その結果、テキストタイピング等の情報処理やリラックス等休息等のいずれの執務者行動とも温熱環境が「重要である」と回答した人数の割合は比較的高いことを示している^[21]。この結果より執務者が作業する環境として温熱環境を重要視していることが分かる。温熱環境では、主に、空気温度、放射温度、相対湿度、気流、着衣量、代謝量という 6 要素がそれぞれ複合的に影響を及ぼす。着衣量と代謝量は人体側要素で、他の 4 要素は環境物理要素である。

2.2.3.1 温度・湿度に関する既往研究

まず、温度に関する既往研究について述べる。Seppanen^[6] は温熱環境と作業効率に関する既往研究のレビューを行い、室内温度と作業効率の関係式から作業効率が最大となる温度を 22℃とし、22℃を超えると作業効率が低下するというモデルを示した。西川らは 25℃および、28℃の温暖な環境下において、作業成績と疲労の関係の調査を行い、知的生産性を評価した^[22]。また、実際の室内環境では温度分布は均一にはならないため、頭や手足等に局所不快感が生じことがある。断熱性の不十分な室内環境では、冬季の暖房時には床付近の温度が低く、天井付近の温度が高くなる上下温度差の問題があり、その上下温度差の変化が熱的快適性、疲労、作業効率等に与える影響について調査した研究がある^{[23][24]}。また、このような作業効率や疲労の評価だけではな

く、覚醒度^[25]、モチベーション^[26]等の心理的要因の評価、また、上下温度差等の局所不快感の評価等、様々な観点から室内温度と知的生産性の関係について議論されている。湿度に関しては、Tsutsumiらは30% RH~70% RHの間で変化させた相対湿度が快適性や作業効率に与える影響について調査し、相対湿度が70% RHだと、疲労の訴え率が増加すると報告している^[7]。また、オフィスワーカーを対象としたインターネット調査や被験者実験によるアンケート調査を行い、乾燥による不快感の実態把握や乾燥感と温湿度、風速等温熱環境の要素との関係について言及した研究^[27]がある。

2.2.3.2 気流に関する既往研究

気流と知的生産性の関係性に関する研究として、タスク・アンビエント空調による局所気流について言及する。タスク・アンビエント空調を用いれば、執務者の周りの環境に対し、執務者の好みに合わせて温熱環境・空気質環境を形成できるため、従来の空調の一括制御による執務者の不満も軽減でき、エネルギーの過剰消費を防ぐことができる^[5]。そのため、タスク・アンビエント空調はオフィス環境における熱的快適性・省エネルギー性の向上に寄与できると期待されている。

タスク・アンビエント空調による気流について、Zhaiらは室内温度が上昇しても執務者の熱的快適性を維持させる効果があることを報告し^[9]、また、疲労、心理面に影響を及ぼす効果があることを秋元らが示唆している^[10]。執務者の熱的快適性は、温度、湿度、気流等の温熱環境の6要素だけではなく、風速、風量、風向、気流変動の周期性等の気流特性に対しても影響を受ける。そのため、風速等の気流特性を変化させ、風に強弱をつけるゆらぎ気流や自然の風が持つ周波数特性を反映したSNW(Simulated Natural Wind、以下SNW)^[28]の研究が行われている。

Zhouらは相対湿度50%、室温26℃または30℃の環境条件下で、SNWを含む3種類の気流の好み、快適性について調査を行った結果、SNWが好きな被験者は総被験者数の半数以上を占め、快適性に関しては、30℃の場合、SNWの不満足者数は最も低くなると報告している^[28]。また、Cuiらは快適性やモチベーションについて、SNWと風速が一定であるCMW(Constant Mechanical Wind)の2種類の気流による比較実験を行った。その結果、温暖な環境でもSNWのように気流を適切に制御することで、モチベーションが向上する可能性を示唆している^[29]。

2.3 研究の目的

以上の背景に述べたように、様々な既往研究で気流が知的生産性に与える影響を評価しているが、主に主観による評価であり、客観的かつ定量的に評価した事例は少ない。そこで島村らは温熱環境の中でも気流に着目し、提案する気流環境が知的生産性に与える影響を、本研究室で開発した集中時間比率 CTR を用いて客観的かつ定量的に評価し、夏季において提案する気流環境の有効性を評価した^[8]。一方で、風に当たることで乾燥、冷え等の不快感を引き起こすとされており、冬季のような温度が低い室内環境下での気流が知的生産性に与える影響は検証されていなかった。

そこで本研究ではまず、島村らが提案した気流環境を冬季でも適用し、知的生産性の評価実験を行った。評価実験では、快適性は向上したものの、個人の状態によっては、気流を当てても覚醒度の向上に繋がらず、気流環境が眠気を引き起こし、休息時間の増加につながる事例が存在した。その結果を踏まえ、気流が曝露している間は休息をとることで、執務者が意識して感じていない身体負担を減らし、作業のパフォーマンスを上げ、知的生産性の向上に繋がる気流環境を検討する。以上より本研究では、比較的室内温度が低く、風に当たるのが好ましくない冬季において、作業時における休息を促す気流環境を提案するとともに、その効果と知的作業の集中に与える影響を評価することを目的とする。

第 3 章 冬季における集中度向上気流の適用

本章では島村らが提案した弱気流と強気流の 2 種類の気流を組み合わせた集中度向上気流の概要及び、この気流を冬季に適用し、その効果を検証するために実施した評価実験について述べる。

3.1 集中度向上気流の概要

3.1.1 弱気流と強気流

島村ら^[8]は以下に示すように弱気流と強気流の 2 種類の気流を組み合わせた集中度向上気流を提案した。その概要を図 3.1 に示す。本節ではこの気流環境の知的生産性を向上させる効果を検証するために夏季に実施した評価実験について述べる (以下、夏季評価実験と記す)。夏季に実施した評価実験の気流制御に関して、弱気流では風速 0 ~ 0.4 m/s の範囲で常時変化する弱めの風を執務者の上半身に曝露することで、執務者周辺の空気の循環を促し、覚醒度の維持、空気質の向上を図った。また、強気流では、執務者の後頭部に風速 1.6m/s の強めの風を 10 分に 1 回、20 秒間曝露し、刺激を与えることで気分転換を図った。

- 弱気流

- 執務者の周りに弱い風を曝露し続けることで、空気の循環や空気中の埃や塵を除去する等の空気質向上効果
- 風速 0~0.4m/s

- 強気流

- 一定の間隔で直接執務者の後頭部に強風を短時間曝露することによる、気分転換効果
- 風速 1.6m/s、10 分に 1 回、20 秒間

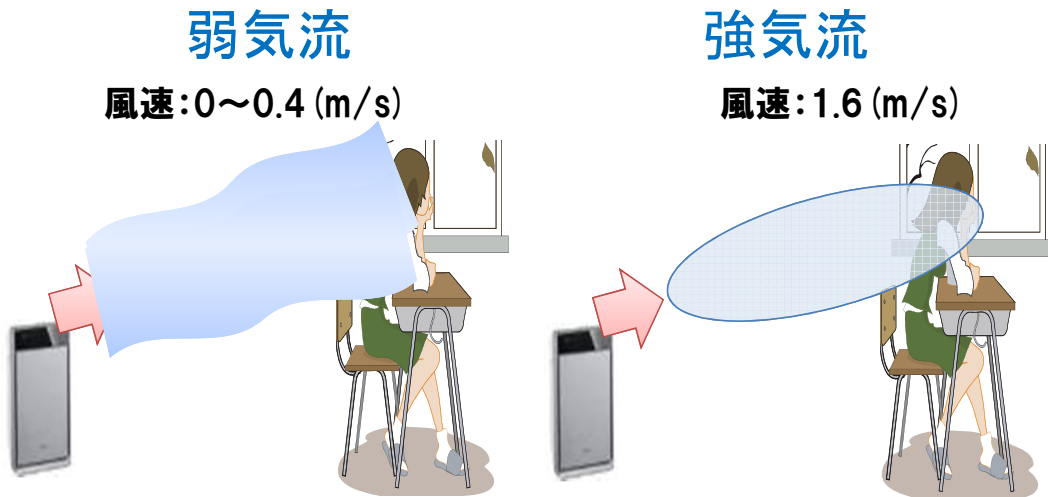


図 3.1: 夏季における集中度向上気流の概要図^[8]

3.1.2 夏季における集中度向上気流の評価実験概要

島村らは集中度向上気流の評価を目的として2014年8月～2014年9月に京都大学工学部1号館実験室にて被験者実験を行った^[8]。実験概要を下記に示す。図 3.2 に示すような Panasonic 社製の空気清浄機 (F-VXJ90-WZ) を執務者の左側後方 1.9m の床の上に離して設置し、気流を発生させる機器として用いた。

気流条件は (1) 気流環境 (集中度向上気流) と (2) 標準環境 (空気清浄機から気流を曝露せず無風) の2条件を設定し、また表 3.1 に示すように、温度、湿度、二酸化炭素濃度を一定に保つように制御した。

表 3.1: 夏季評価実験の実験室の室内環境条件

| 室温 | 湿度 | 二酸化炭素濃度 | 騒音レベル | 机上面照度 |
|---------|-----------|-----------|-----------|--------|
| 26 ± 1℃ | 70 ± 10 % | 700ppm 以下 | 57.2dB 以下 | 460lux |

空気清浄機の吹き出し口



図 3.2: 空気清浄機 (Panasonic 社製、F-VXJ90-WZ) の写真

実験参加者は、健康な大学生(男性12名、女性16名)であり、1グループ4人の計7グループに分けて、グループごとに連続する3日間の実験を実施した。1日目をタスクに慣れるための練習日、2, 3日目を計測対象とし、気流条件のカウンターバランスを考慮して、(1) 気流環境、(2) 標準環境を設定した。伝票分類タスク^[30]を1日3回課し、伝票分類タスクの計測結果から知的作業の集中指標となる集中時間比率 CTR を用いて、知的生産性を評価した。伝票分類タスクに用いる伝票の例を図 3.3 に、解答を入力するタブレット画面を図 3.4 に示す。伝票分類タスクは、提示された伝票用紙を、日付、業種、金額の3種類の要素によって27通りに分類し、タブレット上に表示された27個のボタンの中から選択するタスクである^[30]。各区分について、日付は「1~10日」「11~20日」、「21~31日」の3通り、業種は、「百貨店・小売」、「飲食・喫茶」、「運送・郵便」の3通り、金額は、「0~5000円」、「5001~50000円」、「50001円~」の3通りとなる。ボタンを押すことで伝票分類タスクの1問当たりの解答時間が計測される。なお、計測結果から集中時間比率 CTR を算出する際に、本研究で開発した CTR 解析ツール^[31]を用いた。

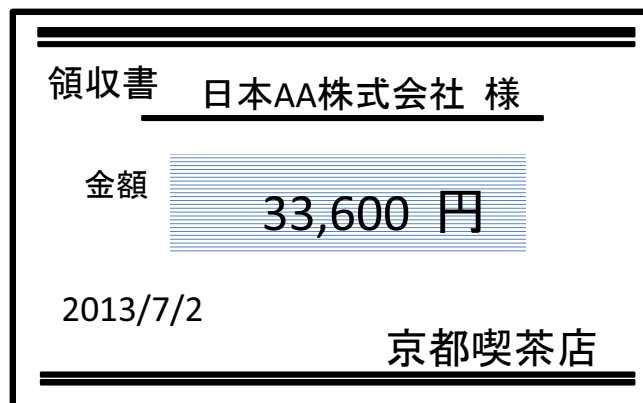


図 3.3: 伝票分類タスクに用いる伝票の例

また、実験期間中、体調不良や参加態度が著しく悪い実験参加者の計7名を計測対象外とし、それ以外の計19名の伝票分類タスクの計測結果から集中時間比率 CTR を気流条件ごとに算出し、計19名の実験参加者で平均した。その結果を表 3.2 に示す。

(1) 気流環境が(2) 標準環境と比較して、平均6.5%ポイント向上し、対のある両側 t 検定を用いて、集中時間比率 CTR を環境条件間で比較したところ、有意差が見られた ($p < 0.001$)。

図 3.4: 伝票分類タスクの解答を入力するタブレット画面

表 3.2: 夏季評価実験の知的生産性の比較^[8]

| CTR 平均値 (弱気流・強気流環境)(%) | CTR 平均値 (標準環境)(%) | CTR 平均値の差 (% ポイント) | 向上率 (%) |
|------------------------|-------------------|--------------------|---------|
| 61.1 | 54.6 | 6.5*** | 11.9% |

*** : $p < 0.001$

3.2 冬季における集中度向上気流

本研究では、夏季において知的生産性向上の効果があつた集中度向上気流を冬季でも適用できるように、風速、気流を曝露する位置等を検討する予備実験を実施した。その結果、夏季と同じ気流環境では、気流によって寒冷感を感じたという意見が多かつたため、弱気流・強気流とも風速を下げ、下記の変更を行った。変更後の気流環境を図 3.5 に示し、120 秒間気流を曝露した場合の風速の変化を図 3.6 に示す。

- 弱気流
 - 風速 0~0.2m/s
 - 執務者の頭上に風向を調節し、直接、執務者の身体には曝露しない。
- 強気流

– 風速 1.2 m/s、10 分に 1 回、20 秒間

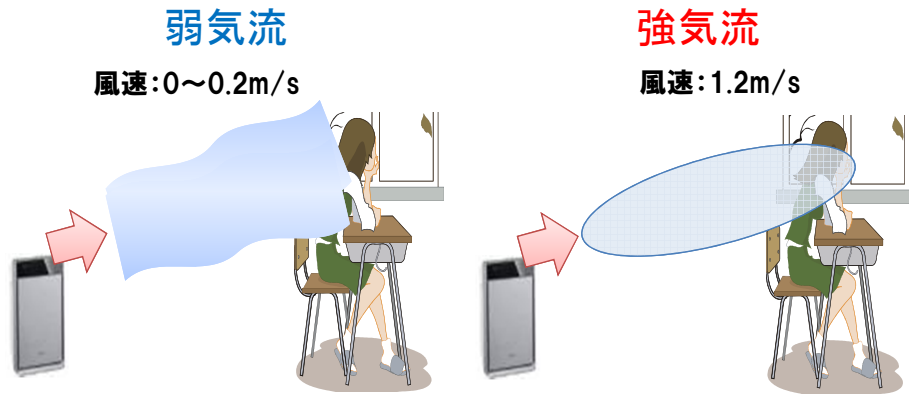


図 3.5: 冬季における集中度向上気流の適用

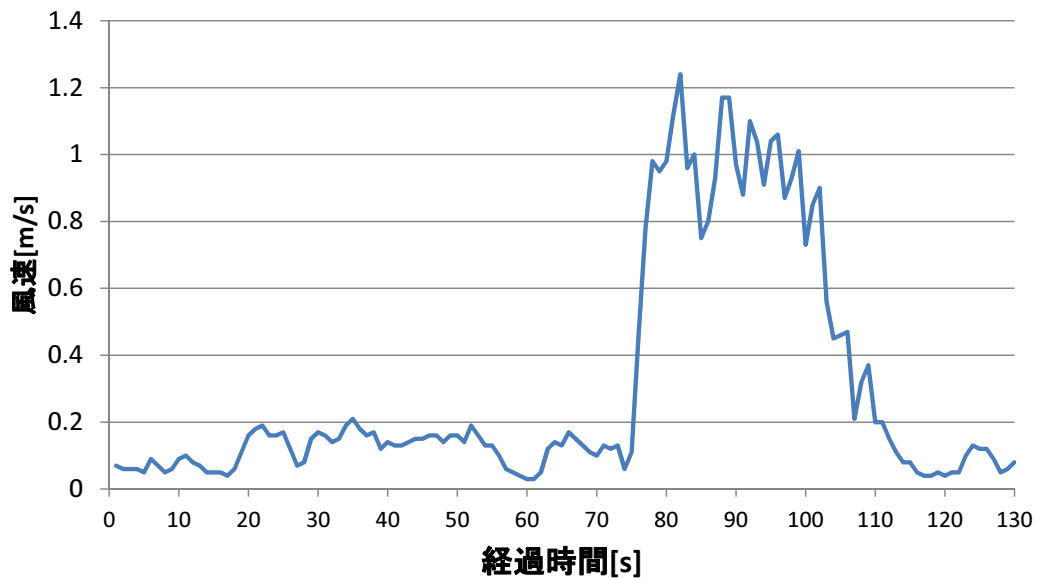


図 3.6: 冬季における集中度向上気流の風速の変化の様子

3.3 冬季における集中度向上気流の評価実験

本節では、前節で説明した冬季における集中度向上気流が知的生産性に与える影響を評価するために実施した評価実験について述べる。

3.3.1 実験の目的

本評価実験では、夏季にて知的生産性を向上させる効果があった集中度向上気流を冬季にも適用し、その影響を検証することを目的とする。

3.3.2 実験の概要

2014年12月～2015年1月に京都大学工学部1号館233号室にて被験者実験を行った(以下、冬季評価実験と記す)。温度、湿度、二酸化炭素濃度が一定保つように制御し、(1)気流環境(冬季における集中度向上気流)と(2)標準環境(空気清浄機から気流を曝露せず無風)の2条件を設定し、その2つの気流条件間で、気流が執務者の知的生産性に与える影響について評価する。実験参加者に認知タスクとして伝票分類タスクを課し、集中時間比率CTRを用いて執務者の知的生産性を評価した。実験参加者は、健康な大学生(男性14名、女性14名)であり、1グループ4人の計7つのグループに分けて、グループごとに連続する3日間の実験を実施した。1日目をタスクに慣れるための練習日、2日目、3日目を計測対象とし、気流条件のカウンターバランスを考慮して、(1)気流環境、(2)標準環境を設定した。本評価実験のプロトコルを図3.7に示す。

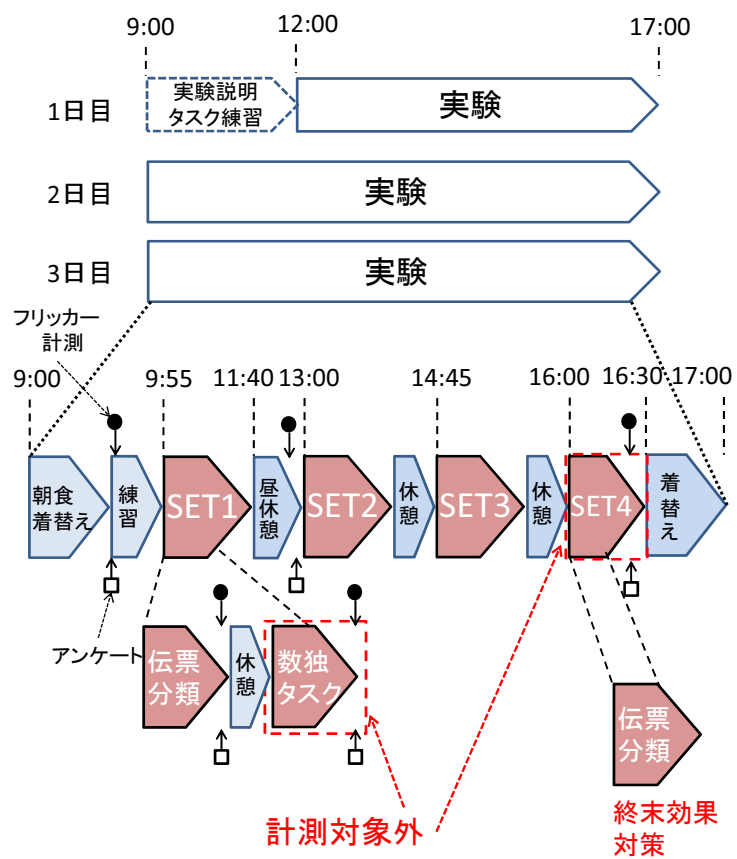


図 3.7: 冬季評価実験の実験プロトコル

3.3.3 環境条件

気流を送風するための機器は夏季評価実験と同様に Panasonic 社製の空気清浄機 (F-VXJ90-WZ、図 3.2) を使用した。評価実験では、気流以外の環境要素が知的生産性に影響を与えることを防ぐために実験室の空調の設定温度、風量等を固定し、温度、湿度、机上面照度、色温度の環境条件が一定になるように制御した。その結果を表 3.4 に示す。実験室の上下温度差による影響を軽減するため、サーキュレータ 3 台で空気を

表 3.3: 冬季評価実験の実験室の室内環境条件

| 室温 | 湿度 | 二酸化炭素濃度 | 騒音レベル | 机上面照度 |
|-------------|----------|-----------|-----------|--------|
| 23 ± 0.5 °C | 45 ± 5 % | 800ppm 以下 | 48.7dB 以下 | 460lux |

攪拌した。足元の冷え対策として、ホットカーペットを設置し、気流によって寒さ、冷えを感じにくい環境を設定した。また、眼等の乾燥感を防止するために加湿器を設置した。そして、空気清浄機から送風される気流が、送風対象の実験参加者だけではなく他の実験参加者にも当たることを防ぐため、ついたてを設置した。

(1) 室内環境

実験室の室内環境について、実験室のレイアウトを図 3.8 に示し、実験の実験参加者の様子図 3.9 に示す。なお、図 3.8 にあるように、外光の影響を防ぐため、窓は遮光している。

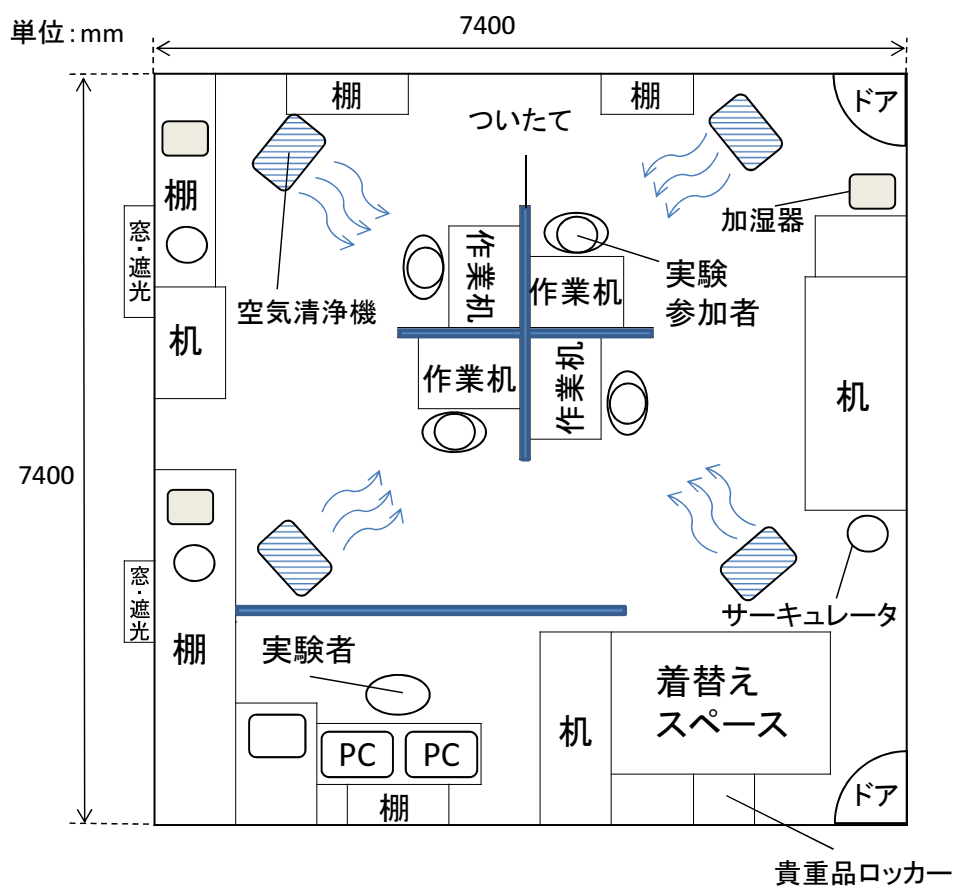


図 3.8: 冬季評価実験の実験室のレイアウト



図 3.9: 冬季評価実験の実験中の様子

(2) 気流環境

弱気流・強気流という2種類の気流を組み合わせた冬季における集中度向上気流を気流環境と設定し、練習日である1日目を除く、2日目と3日目で気流条件の順序効果のカウンターバランスを取るように、(1) 気流環境と(2) 標準環境を1日1条件としてそれぞれ割り当てた。表 3.4 に各グループに対する気流環境の実施順を示す。

表 3.4: 冬季評価実験の気流条件の実施順

| | 1日目 | 2日目 | 3日目 |
|-------|-------|------|------|
| グループ1 | 説明・練習 | 標準環境 | 気流環境 |
| グループ2 | 説明・練習 | 気流環境 | 標準環境 |
| グループ3 | 説明・練習 | 気流環境 | 標準環境 |
| グループ4 | 説明・練習 | 標準環境 | 気流環境 |
| グループ5 | 説明・練習 | 気流環境 | 標準環境 |
| グループ6 | 説明・練習 | 気流環境 | 標準環境 |
| グループ7 | 説明・練習 | 標準環境 | 気流環境 |

3.3.4 実験参加者

実験参加者は28名（男性14名、女性14名）の健康な大学生で、1グループ4名の7つのグループに分け、それぞれグループ1～7とした。また、実験参加者のBody Mass Indexを18.5～25.0となるようにスクリーニングを行い、実験参加者の体型の違いによって、環境感度に差が発生しないようにした。また、実験参加者の属性を調査するため、実験前に年齢、室内環境への耐性に関するアンケートを実施した。その結果を表3.5に示す。

実験参加者には図3.10に示すTシャツ、シャツ、フリース、ズボン、靴下、スリッパに着替えてもらい、服装を1.2 cloに統制した。ただし、cloは、人間が生理的・心理的に快適さを維持できる衣服の断熱性能として定義され、肌着、シャツ、ズボン、スーツ、靴下の衣服の組み合わせが1.0 cloとなる^[32]。



図 3.10: 冬季評価実験の実験参加者の服装

表 3.5: 冬季実験参加者の属性 (グループ分け・年齢・環境耐性)

| 実験グループ | 実験参加者 No | 性別 | 年齢 | 暑さ | 寒さ | 湿気 | 乾燥 | 騒音 | 振動 | 風圧 | 悪臭 | 刺激臭 | 塵・埃 |
|--------|----------|----|----|------|-------|-------|-------|-------|-------|------|-------|-------|-------|
| グループ1 | 1 | 男 | 24 | 強い | 弱い | やや弱い | 普通 | やや強い | やや弱い | 普通 | 弱い | 弱い | 普通 |
| | 2 | 男 | 19 | 弱い | 弱い | 普通 | とても弱い | 普通 | 普通 | 普通 | とても弱い | とても弱い | 弱い |
| | 3 | 男 | 23 | 普通 | やや弱い | 普通 | やや弱い | やや強い | 普通 | 普通 | 普通 | 普通 | 普通 |
| | 4 | 男 | 24 | 普通 | 弱い | 普通 | 普通 | 普通 | 普通 | 普通 | 弱い | 弱い | とても弱い |
| グループ2 | 5 | 女 | 21 | 弱い | 普通 | 普通 | やや弱い | やや弱い | 普通 | 普通 | やや弱い | やや弱い | やや弱い |
| | 6 | 男 | 18 | 強い | 強い | とても弱い | 普通 | 弱い | 普通 | 強い | 普通 | 普通 | 強い |
| | 7 | 男 | 21 | 普通 | やや弱い | 普通 | やや弱い | やや弱い | 普通 | やや強い | 弱い | 弱い | とても弱い |
| | 8 | 女 | 20 | やや強い | やや強い | 普通 | やや弱い | 普通 | 普通 | 普通 | やや弱い | やや弱い | やや弱い |
| グループ3 | 9 | 男 | 23 | 強い | 強い | 普通 | 弱い | 強い | 普通 | 強い | とても弱い | とても弱い | 弱い |
| | 10 | 女 | 20 | やや強い | 弱い | やや強い | 普通 | 普通 | 普通 | 普通 | やや弱い | やや弱い | 普通 |
| | 11 | 男 | 19 | 弱い | やや強い | やや弱い | 普通 | 強い | 強い | やや強い | 弱い | とても弱い | 普通 |
| | 12 | 女 | 23 | やや弱い | 弱い | 弱い | 普通 | やや弱い | とても弱い | やや弱い | 弱い | 弱い | 普通 |
| グループ4 | 13 | 女 | 26 | 弱い | 弱い | やや弱い | 普通 | やや弱い | やや弱い | 普通 | 弱い | 弱い | 普通 |
| | 14 | 男 | 22 | 普通 | 普通 | 普通 | 普通 | とても強い | とても強い | 普通 | やや弱い | 弱い | 弱い |
| | 15 | 男 | 22 | やや弱い | やや強い | やや弱い | やや弱い | 普通 | やや強い | 普通 | やや弱い | やや弱い | やや弱い |
| | 16 | 女 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| グループ5 | 17 | 女 | 20 | 普通 | 弱い | 普通 | 普通 | 普通 | 普通 | 普通 | 弱い | 弱い | 普通 |
| | 18 | 男 | 23 | 弱い | 弱い | 普通 | やや弱い | やや弱い | やや弱い | 普通 | 弱い | 弱い | 弱い |
| | 19 | 男 | 21 | やや弱い | やや弱い | 普通 | やや弱い | 普通 | 弱い | やや強い | 普通 | 普通 | やや弱い |
| | 20 | 女 | 22 | やや強い | 弱い | とても弱い | 普通 | 普通 | 普通 | やや強い | 普通 | 普通 | やや弱い |
| グループ6 | 21 | 男 | 21 | 普通 | 普通 | 普通 | 普通 | 普通 | 普通 | 普通 | やや弱い | やや弱い | やや弱い |
| | 22 | 女 | 22 | 普通 | 弱い | 弱い | 弱い | やや弱い | やや弱い | 普通 | とても弱い | とても弱い | とても弱い |
| | 23 | 女 | 23 | 弱い | とても弱い | 弱い | 弱い | やや弱い | やや弱い | 普通 | 弱い | 弱い | 弱い |
| | 24 | 男 | 19 | やや弱い | やや強い | 普通 | 普通 | 弱い | 普通 | 普通 | 弱い | 弱い | 普通 |
| グループ7 | 25 | 女 | 22 | やや弱い | 弱い | 強い | 強い | やや弱い | 普通 | 普通 | とても弱い | とても弱い | やや弱い |
| | 26 | 女 | 20 | やや弱い | とても弱い | 普通 | 弱い | やや弱い | 弱い | 弱い | とても弱い | とても弱い | とても弱い |
| | 27 | 女 | 21 | 弱い | やや弱い | 普通 | やや弱い | 強い | 普通 | やや弱い | 弱い | 弱い | やや弱い |
| | 28 | 女 | 22 | やや弱い | 弱い | 普通 | 普通 | やや弱い | 普通 | 普通 | とても弱い | とても弱い | 普通 |

3.3.5 実験の手順

図 3.7に示したように、1日における実験時間は各日9時から17時までとしている。

まず、1日目に実験参加者に実験の説明、作業タスクの練習をした後で、気流条件がそれぞれ異なる2、3日目に伝票分類タスクを実施し、45分間における伝票分類タスクの1問当たりの解答時間を計測した。

また、図 3.7にあるように伝票分類タスクだけでは認知負荷が増加し、作業も単調になるためダミータスクとして数独タスクを実施している。ただし、数独タスクは知的生産性評価の計測対象外としている。図 3.11に本実験で用いた数独タスクの解答用紙を示す。数独タスクとは各整数（1～9）が各行、列および3×3のブロック内に1回だけ、配置されるように整数を9×9のマスを埋めるパズルである。

| | | | | | | | | |
|----------------------------|---|---|---|---|---|---|---|--|
| 数独タスク (No.1-1) | | | | | | | | |
| 参加者 ID _____ | | | | | | | | |
| | | | | 9 | 5 | 1 | 3 | |
| | | 6 | 8 | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | 8 | | 7 | | | 3 | 9 | |
| | | 5 | 9 | | 4 | 8 | | |
| | 7 | 1 | | | 6 | | 2 | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | 1 | 4 | | |
| | 2 | 7 | 6 | 3 | | | | |
| 解答を終えたら、紙をめくって次の問題を解いてください | | | | | | | | |

図 3.11: 数独タスクの例

図 3.7のSET1～3は伝票分類タスク45分、数独タスク20分及び、それぞれのタスクの終了後にアンケートを実施している。また、各タスクの開始時に実験参加者に、「9時から17時まで作業すると仮定して、疲れない程度のペースで作業して下さい」と教示をしている。この教示は、あるタスクだけは集中して取り組むといった作業意欲の

大幅な変化が作業効率に変化を与え、その影響が気流が知的生産性に与える影響よりも大きくなることを防ぐために行っている。

なお、1日の最後は作業意欲が向上する終末効果があるため、終末効果がある最後タスクのSET4は30分としており、計測対象外としている。最終日となる3日目のSET4に当たる時間は、3日間を通しての室内環境や自身の体調等に関するインタビューを実施している。実験参加者の体調等が3日間を通じて、変化しないように生活統制として以下の教示を行った。

- 朝食、昼食と飲料水を配布し、実験時間中は、実験者が準備した以外の飲食物を摂取しないこと。
- 実験期間中はカフェインを含む飲食物は控えること。
- 配布した活動量計を装着し、規則正しい生活を送ること。

3.3.6 計測項目

本評価実験では、集中時間比率 CTR、生理的脳疲労、主観的疲労、室内環境の主観評価、個人特性を計測した。本研究の目的である集中時間比率 CTR の計測以外に複数の計測項目を設けたのは、集中時間比率 CTR による客観的・定量的結果と、その他の結果の関係を検討するためである。以下に計測項目の詳細を述べる。

(1) CTR

知的生産性の評価指標として集中時間比率 CTR を用いたが、集中時間比率 CTR は認知タスク 1 問当たりの解答時間から、認知タスクの作業時間中、執務者がどの程度の時間、集中状態であるかを示す指標である。知的生産性を一定時間当たりの作業量として考え、評価する場合、認知タスクを繰り返し作業することによる慣れの影響を考慮しなければならない。一方集中時間比率 CTR による評価では、認知タスクへの慣れによる影響を受けにくいことが既存研究で確認されている^[30]。

また、認知タスクに難易度のばらつきがあれば、認知タスクの作業量に影響を与えてしまう。そのため、集中時間比率 CTR の算出に当たっては、難易度がばらつきがなく均一な認知タスクを用いる必要がある。本研究室では、オフィス執務者に必要な言語能力、計算能力、判断能力を測るために、難易度が一定となるような伝票分類タスクを開発し、これまでに室内環境の評価を行ってきた^[30]。

(2) 生理的脳疲労

気流環境による生理的脳疲労への影響を計測するためにフリッカー値^[33]計測を実験開始前、伝票分類タスクと数独タスクの終了直後、昼休憩の終了時に実施した。フリッカー値計測は高頻度に点滅する光がちらついて見える点滅の閾値 (Hz) を測定するもので、作業による中枢神経の疲労を示す指標として、産業保健の分野で用いられてきた。フリッカー値の低下は大脳皮質の活動水準が低下し、知覚の低下につながり、反対にフリッカー値の増加は大脳皮質の活動水準が覚醒状態になることを示している^[34]。そのため、フリッカー値の変化は生理的脳疲労の評価として用いられ、本評価実験では、周波数 (Hz) を低下させていく下降法で 1 回のフリッカー値計測につき、連続 3 回ずつ計測し、その中央値を用いた。

(3) 主観的疲労

環境の違いによる疲労感を主観的に評価するために、日本産業衛生協会・産業疲労研究会が考案した自覚症しらべ^[35]を実施した。自覚症しらべはねむけ感 (I 群)、不安定感 (II 群)、不快感 (III 群)、だるさ感 (IV 群)、ぼやけ感 (V 群) の 5 要因に各 5 問の質問項目がカテゴリー化され、計 25 項目からなる質問用紙となっている。表 3.6 に自

覚症しらの質問項目を示す。各質問項目に対し、1：まったくあてはまらない、2：わずかにあてはまる、3：少しあてはまる、4：かなりあてはまる、5：非常にあてはまるの5段階評価で回答を行い、各要因の合計点を算出することで、各要因別に疲労度の評価を行う^[35]。本評価実験では、各タスクの作業終了後に iPad を用いて自覚症しらべを実施した。

表 3.6: 自覚症しらの項目^[35]

| I 群 | II 群 | III 群 | IV 群 | V 群 |
|----------|------------|----------|---------|---------|
| ねむけ感 | 不安定感 | 不快感： | だるさ感 | ぼやけ感 |
| ねむい | 不安な感じがする | 頭がいたい | 腕がだるい | 目がしょぼつく |
| 横になりたい | ゆううつな気分だ | 頭がおもい | 腰がいたい | 目がつかれる |
| あくびがでる | おちつかない気分だ | 気分がわるい | 手や指がいたい | 目がいたい |
| やる気がとぼしい | いらいらする | 頭がぼんやりする | 足がだるい | 目がかわる |
| 全身がだるい | 考えがまとまりにくい | めまいがする | 肩がこる | ものがぼやける |

(4) 室内環境の主観評価

各 SET の作業終了後に実験室の室内環境について、図 3.12 に示す項目に関し、iPad を用いた環境評価アンケートを実施した。現在の室内環境について感じる印象を、各項目、7段階評価を行い、中央の「どちらでもない」を0とする-3～+3の7段階で点数化する。

室内環境評価アンケート

現在の室内環境について感じる印象を選んでください。

開始

| | 非常に | かなり | やや | どちら でもない | やや | かなり | 非常に | |
|-------------------|-----|-----|----|-------------|----|-----|-----|----------|
| 乾燥する | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | じめじめする |
| (湿度が)快適 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 不快 |
| (全身が)暑い | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 寒い |
| (顔付近が)暑い | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 寒い |
| (足元が)暑い | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 寒い |
| (室温)快適 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 不快 |
| 空気が よどんでいる | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | すんでいる |
| ほこりっぽい | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ほこりっぽくない |
| 空気が循環 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 停滞 |
| 風圧を感じる (空気の動き) | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 感じない |
| 快適 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 不快 |
| 悪臭がする (室内の音) | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 悪臭がしない |
| うるさい | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | しずか |
| (室外の音) うるさい | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | しずか |
| (照明)明るい | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 暗い |
| (照明)快適 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 不快 |
| 集中しやすい (部屋全体) | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 集中しにくい |
| 快適 | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 不快 |
| 眠くなる (部屋の環境) | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 目が覚める |
| 好き | ● | ● | ● | ● | ● | ● | ● | 嫌い |

入力完了

図 3.12: 冬季評価実験における室内環境に関するアンケート画面

(5) 個人特性

実験参加者の個人特性が作業への集中に及ぼす影響を調べるために KG 式日常生活質問紙 (KG's Daily Life Questionnaire)^[36]、STAI(State-Trait Anxiety Inventory-JYZ)^[37]、朝型夜型診断^[38]を実施した。

KG 式日常生活質問紙は日常生活の行動に関して、全 55 項目の質問に「はい」、「いいえ」、「? (どちらでもない)」の 3 段階評価で回答を行い、その合計得点によって、行動パターンを以下の特徴をもつタイプ A、タイプ B と分類する^[36]。このタイプ A、タイプ B は、活動性を示す指標として、Friedman と Rosenman によって提案された^[39]。タイプ A は攻撃性・敵意性、時間的切迫・焦燥感、競争性、達成努力・精力的活動等の特徴が見られ、判定基準からタイプ A でないものはタイプ B と定義されている。

次に STAI は「状態不安」(現在の不安)と「特性不安」(普段からの不安)を測定・評価するアンケートである^[37]。状態不安、特性不安ともにそれぞれ、20 項目の質問があり、1: 全くあてはまらない、2: いく分あてはまる、3: かなりよくあてはまる、4: 非常によくあてはまるの 4 段階で回答を行い、各項目の合計得点によって、5 段階に区分される。

最後に朝型夜型診断は生活リズム、就寝時間、起床時間等に関する質問項目があり、各項目の得点の合計によって、朝に調子が良いタイプを朝型、昼過ぎから調子よくなるタイプを夜型とする朝型および夜型の分類を行うアンケートである^[38]。得点区分は超朝型 (70~86)、朝型 (59~69)、中間型 (42~58)、夜型 (31~41)、超夜型 (16~30) のようになっている。

3.4 実験結果と考察

3.4.1 伝票分類タスク実施時の CTR

実験参加者 28 名のうち、体調不良や遅刻などの理由で実験期間中に統制ができなかった実験参加者、指示通りに作業を行っておらず著しく解答数が少ない実験参加者の計 12 名を計測対象外とし、それ以外の 16 名を計測対象とした。解析対象外とした実験参加者の番号と解析対象外にした理由を表 3.7 に示す。伝票分類タスクの計測結果から集中時間比率 CTR を算出し、その結果を付録 A の表 A.1、表 A.2 に示す。なお、表 A.1、表 A.2 で表 3.7 に示した計測対象外の実験参加者の集中時間比率 CTR は、欠損値として「-」で示す。また、集中時間比率 CTR を気流条件ごとに算出するとともに、計測対象者 (N=16) の平均と標準偏差を計算した結果を図 3.13 に示す。同様に伝

表 3.7: 計測解析対象外とした理由

| 実験参加者 No. | 解析対象外とした理由 |
|-----------|----------------|
| 1 | 作業中に居眠りをしていた |
| 6 | 作業中に居眠りをしていた |
| 9 | 作業中に居眠りをしていた |
| 11 | 実験期間中に体調不良になった |
| 12 | 実験期間中に体調不良になった |
| 14 | 実験期間中に体調不良になった |
| 16 | 実験期間中に体調不良になった |
| 19 | 作業中に居眠りをしていた |
| 21 | 作業中の総解答数が少なかった |
| 23 | 実験期間中に遅刻があった |
| 28 | 実験期間中に遅刻があった |

票分類タスク SET1、伝票分類タスク SET2、伝票分類タスク SET3 における集中時間比率 CTR について計測対象の実験参加者 ($N = 16$) で平均した結果を図 3.14 に示す。気流環境が標準環境と比較して、平均 1.0 % ポイント向上したが、対のある両側 t 検定を用いて、集中時間比率 CTR を気流条件間で比較したところ、有意差は見られなかった ($p = 0.47$)。

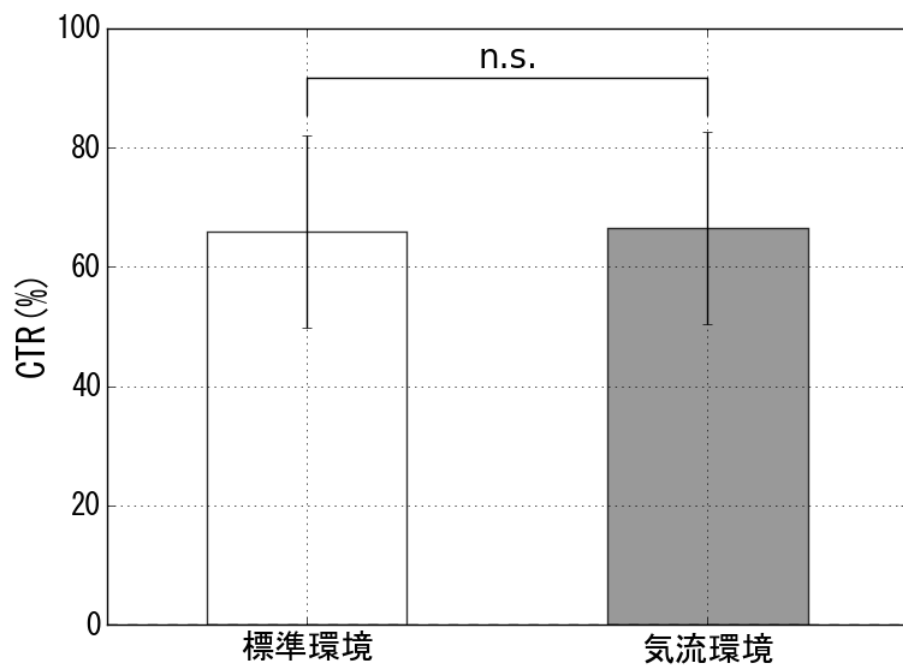


図 3.13: 伝票分類タスク実施時の CTR の全実験参加者の平均値の環境間比較 (n.s.:not significant)

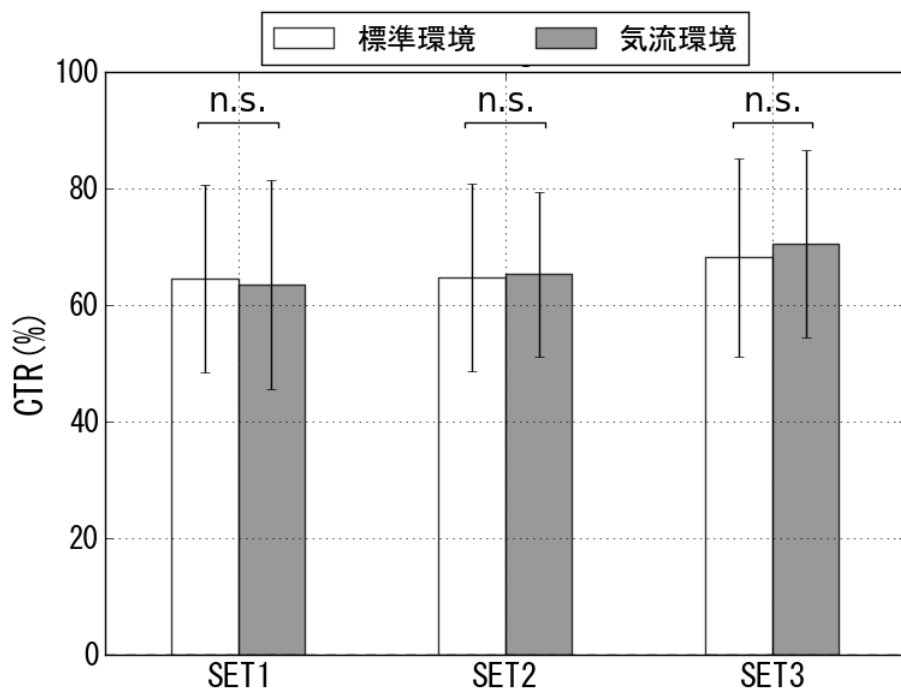


図 3.14: 伝票分類タスク実施時の CTR の全実験参加者の平均値の SET 間比較 (n.s.:not significant)

3.4.2 生理的脳疲労

各時間帯のフリッカー値測定の結果について、環境条件間ごとに計測対象の実験参加者 ($N = 16$) で平均した。その結果を図 3.15 に示す。また環境条件間で比較するために、対応する時間帯の計測結果をそれぞれ対のある両側 t 検定を行った結果、SET1 の数独タスクで標準環境の平均値が気流環境の平均値と比較して有意に高い傾向が見られた ($p < 0.05$)。

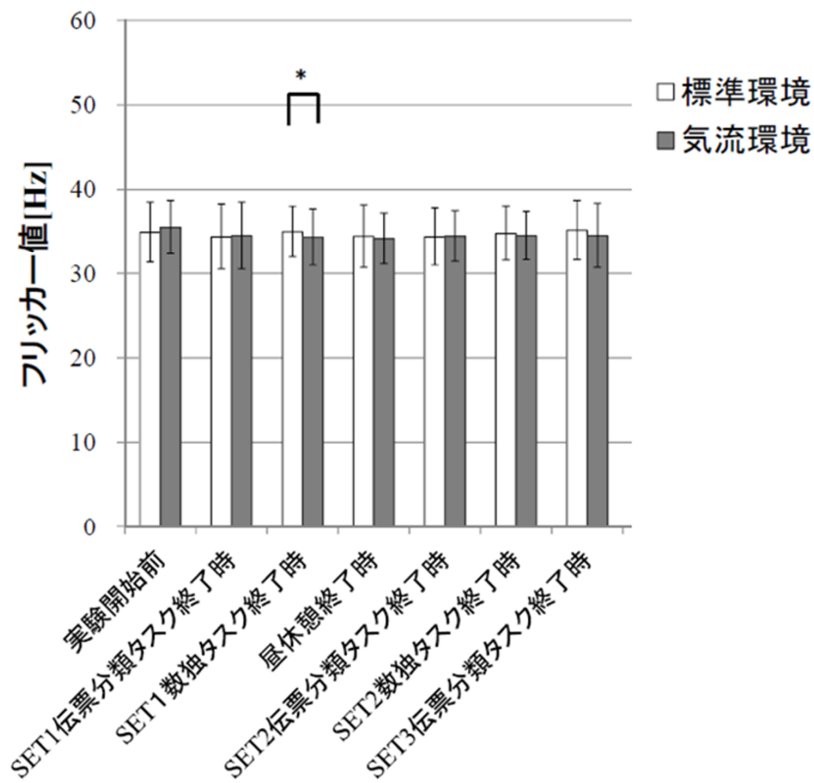


図 3.15: 冬季評価実験のフリッカー値の実験参加者の平均値の環境間比較 (*: $p < 0.05$)

3.4.3 主観的疲労

伝票分類タスク SET1、伝票分類タスク SET2、伝票分類タスク SET3 における自覚症しらべのねむけ感、だるさ感の結果についてそれぞれ、計測対象の実験参加者 ($N = 16$) で平均した結果を図 3.16、図 3.17 に示す。

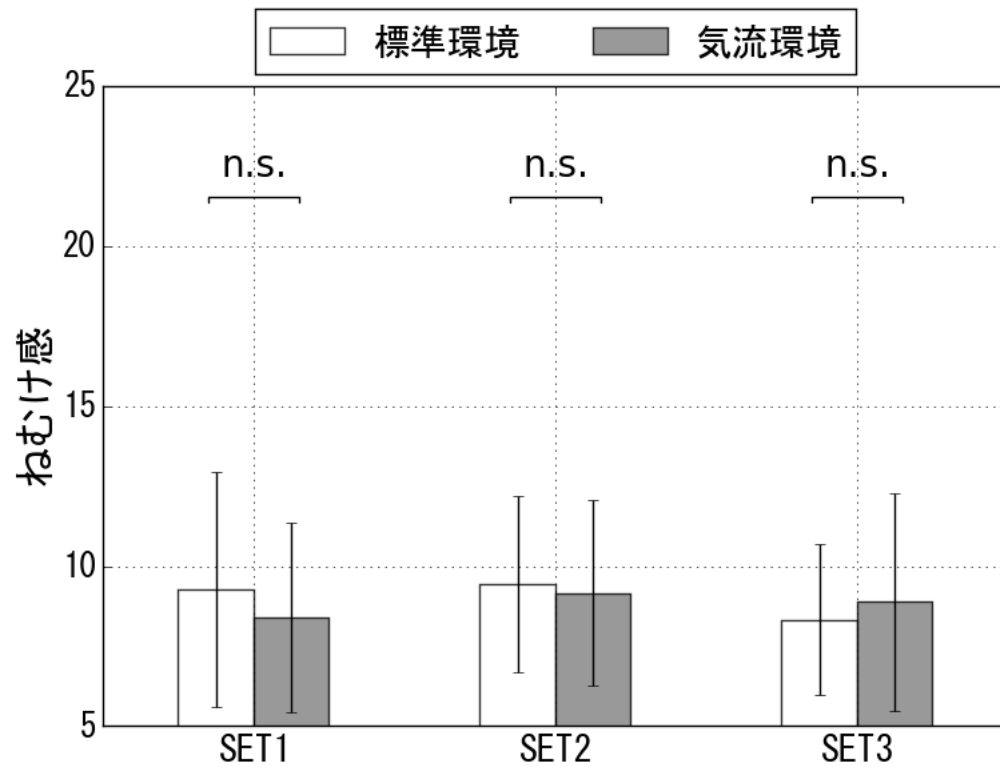


図 3.16: 自覚症しらべ (ねむけ感) のスコアの全 SET の比較 (n.s.:not significant)

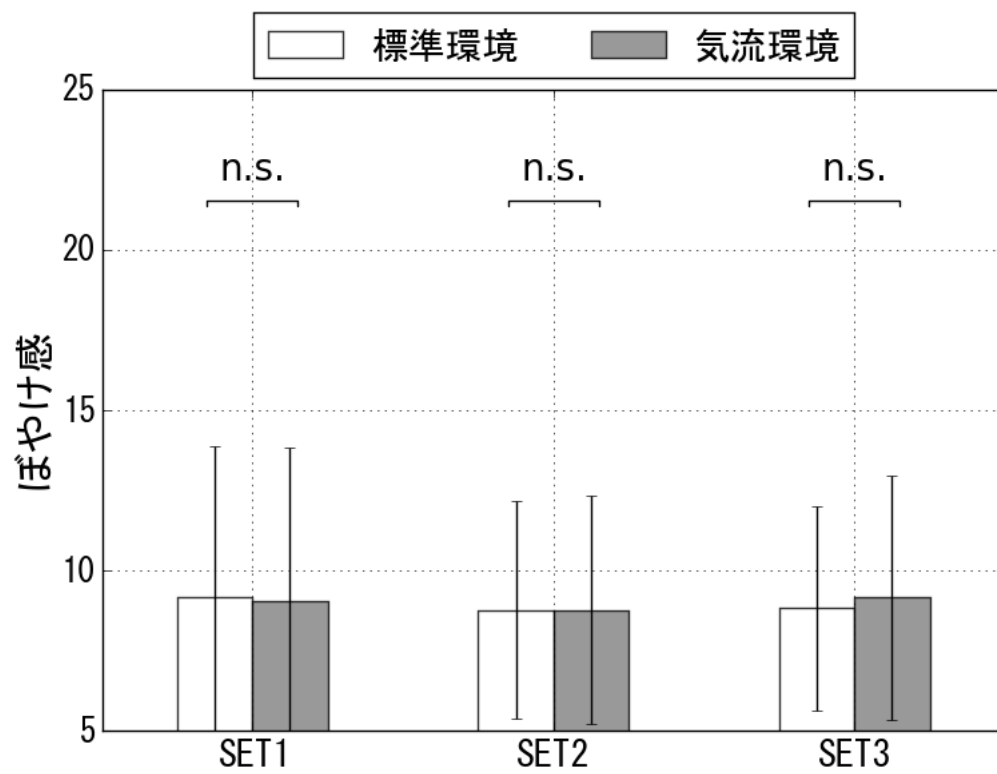


図 3.17: 自覚症しらべ (ぼやけ感) のスコアの全 SET の比較 (n.s.:not significant)

3.4.4 室内環境の主観評価

室内環境の主観評価に関する環境評価アンケートについて各環境条件間の実験参加者の回答を計測対象の実験参加者 ($N = 16$) で平均した結果を付録 A の図 A.1～図 A.10 に示す。「湿度が湿潤」および、「湿度が快適」を図 A.1、「顔付近が暑い」および、「全身が暑い」を図 A.2、「足元が暑い」および、「室温が快適」を図 A.3、「ほこりを感じる」および、「空気が澱んだ」を図 A.4、「風圧を感じる」および、「空気が循環している」を図 A.5、「空気の動きが快適」および、「悪臭がする」を図 A.6、「室外音がうるさい」および、「室内音がうるさい」を図 A.7、「照明が明るい」および、「照明が快適」を図 A.8、「集中しやすい」および、「目が覚める」を図 A.9、「部屋環境が好き」および、「部屋全体が快適」を図 A.10 とする。

項目ごとにそれぞれ対のある両側 t 検定を行ったところ、環境条件間で有意差がみられたのは、「風圧を感じる」と「空気が循環している」($p < 0.001$)、「気流が快適」と「全身が暑い」($p < 0.01$) で、「湿度が快適」、「湿度が乾燥」、「部屋環境が快適」は有意傾向 ($p < 0.05$) であった。

3.4.5 個人特性

ここでは、実験参加者の個人特性として、KG 式日常生活質問紙を用いたタイプ別判断の結果、STAI の結果、朝型夜型診断の結果をそれぞれ、付録 A の表 A.3、表 A.4、表 A.5 に示す。まず、表 A.3 により実験参加者の内、12 名はタイプ A 行動パターンに分類され、15 名はタイプ A 行動パターンに分類される。また、表 A.5 から、4 名は夜型、1 名は朝型、22 名は中間型であった。

3.4.6 実験参加者インタビューの結果

冬季評価実験の実験参加者インタビューの結果を付録 A の表 A.6～表 A.9 に詳細に示し、以下にその一部を記載する。

- 強気流の印象

- 風が当たることで目が覚める。風があたって涼しく感じ気持ち良かった。
- 作業しているときに風が当たると一瞬手がとまってしまい、集中力がとぎれる。風があたっていて、寒いと感じた。

- 強気流の風量、間隔

- 風量、間隔ともにちょうどいい。
- ちょっと弱めの方がいい。強いという印象があった。

上記の実験参加者インタビューの結果から、強気流が当たることで目が覚める、涼しくなる等の強気流による覚醒度の向上や実験参加者の体感温度を下げる冷却効果が冬季においても確認できた。一方、一部の参加者は風が当たることで不快感を感じたという意見があり、その理由として、強気流が当たることによる作業に対する阻害、体感温度を下がって寒いということを挙げていた。

3.5 考察

3.5.1 気流条件間における CTR の比較

図 3.13 から気流環境における集中時間比率 CTR は標準環境と比較して平均 1.0 % ポイント向上したが、有意差はなかった（夏季実験では 6.5% ポイント向上）。また、図 A.5、図 A.6、の「風圧を感じる」、「空気が循環している」、「空気の動きが快適」に関する主観評価結果により、弱気流・強気流の気流環境下では実験参加者は空気の循環、気流が快適だと感じていることが確認できた。加えて、図 A.2、図 A.3 の「全身が暑い」、「室温が快適」により、気流によって全身が冷え、体感温度の低下によって、有意差はないもの、室温の快適性を向上させる結果につながったと推測される。そして、上記の気流による影響により図 A.10 の「部屋全体が快適」から気流環境下における室内環境の向上につながったと考えられる。一方、図 A.9 の「集中しやすい」、「目が覚める」について、気流環境を標準環境と比較して、「集中しやすい」は僅かな差しかなく、「目が覚める」はほとんど差がなかった。また、図 3.16 より自覚症しらのねむけ感の得点は伝票分類の SET1 では気流環境が高く、伝票分類の SET3 では標準環境が高くなっている。気流条件間のフリッカー値の比較でも、SET1 の数独タスク終了時に有意傾向が確認できた以外はほとんど差がなかった。このことから、気流による刺激が覚醒度の向上につながらず、結果、集中度の向上につながらなかったと考えられる。

以上まとめると、弱気流・強気流を組み合わせた気流環境では冬季においては空気の循環や強気流の冷却刺激による体感温度の低下によって室内の快適性を向上させる効果がある一方、夏季評価実験で確認された集中時間比率 CTR 向上の効果は確認できなかった。

そこで集中時間比率 CTR 向上の効果が確認できなかった原因について考察する。夏季評価実験と冬季評価実験における大きな環境要素の違いは気流の風速だけではなく、気流の風速の違いによる空気清浄機の騒音が考えられる。そこで、夏季評価実験と冬季評価実験における音環境の違いについて考察する。

3.5.2 強気流の送風時に生じる騒音の影響

島村らは夏季評価実験にて、空気清浄機から発生する騒音が覚醒度の向上に参与している可能性を示唆している^[8]。冬季評価実験でも気流の送風時に空気清浄機から発生する騒音は発生しているが、風速を下げている分、発生する騒音も小さくなってい

る。そこで、冬季評価実験と夏季評価実験における騒音レベルの比較を行う。冬季における評価実験期間中の標準環境、弱気流送風時と強気流送風時の騒音レベルを表 3.8 に示し、夏季評価実験の騒音レベルを表 3.9 に示す。

表 3.8: 冬季における集中度向上気流評価実験の騒音レベル

| 標準環境 | 弱気流送風時 | 強気流送風時 |
|--------|--------|--------|
| 44.0dB | 45.1dB | 48.7dB |

表 3.9: 夏季における集中度向上気流評価実験の騒音レベル

| 標準環境 | 弱気流送風時 | 強気流送風時 |
|--------|--------|--------|
| 46.9dB | 47.0dB | 57.2dB |

表 3.8 から冬季評価実験では、強気流送風時の騒音は容易に認知できるレベルで、標準環境と強気流送風時との差分は 4.7dB となっている。一方表 3.9 から夏季評価実験では、強気流送風時の騒音はかなり大きく、不快に感じられるレベルで、標準環境と強気流送風時との差分は約 10dB になっている。

実験参加者のインタビューから夏季評価実験では「強気流の送風時に生じる騒音により、集中が途切れた」という意見とともに「強気流の送風時の騒音によって、目が覚めた」という意見も多く挙げられている。上記の意見から、島村らは強気流の送風時の騒音が実験参加者の低下傾向にある覚醒度を向上させ、実験参加者の知的生産性を向上させた可能性について述べている。一方、冬季評価実験では「作業の邪魔になるほどではないが気になる」と答えている意見があるが、夏季評価実験に比べると音に関する意見を述べた参加者の割合は少ない。冬季評価実験では計測対象外となった実験参加者も含め居眠りする実験参加者が多く、自覚症しらのねむけ感も実験参加者によってはかなり大きなスコアを示していた。

以上より、冬季評価実験では、実験参加者が眠気を感じていた割合が多く、強気流の送風時の騒音も低下している覚醒度を維持・向上させるレベルではなく、その結果、知的生産性が向上しなかった可能性が推測となるが考えられる。

第 4 章 冬季におけるリフレッシュ気流の提案

3 章では集中度向上気流の概要と、冬季に実施した集中度向上気流の評価実験について述べた。一方、冬季にて集中度向上気流の有効性が確認できなかった原因として、夏季、冬季の室温等の温熱環境や空気清浄機から発生する騒音レベルの違いが考えられた。そこで弱気流、強気流の組み合わせである集中度向上気流のうち、より積極的に環境の変化を与え、覚醒度や快適性を向上させる強気流の効果を検証するために実施した評価実験について述べる。そして、その結果を踏まえて、提案するリフレッシュ気流について述べる。

4.1 強気流評価実験

4.1.1 実験の目的

夏季、冬季等季節によらず、執務者が眠気を感じている場合に、強気流が集中や覚醒度に与える影響を検証し、評価することを目的とする。

4.1.2 実験の概要

2015 年 10 月 24 日～26 日の 3 日間にわたって、京都大学工学部 1 号館 010 号室で被験者実験を実施した。10 月に実験を実施した理由として、夏季、冬季の室温等温熱環境の変化に依存せず、強気流が集中や覚醒度に与える影響を評価するためである。実験参加者は男子大学生 8 名で、1 日目にはタスクに慣れるための練習日、2、日目、3 日目を計測対象とし、(1) 気流環境 (強気流)、(2) 標準環境 (気流を曝露せず無風) を設定した。実験参加者に認知タスクとして伝票分類タスク 45 分を 3 回課し、集中時間比率 CTR を用いて執務者の知的生産性の評価を行った。本評価実験のプロトコルを図 4.1 に示す。

4.1.3 実験環境

強気流による覚醒度向上効果を調べるため、眠気を誘発させる室内環境を設定した。実験室の環境条件を表 4.1 に示す。局所的な気流を頭部に送風するため、送風する機

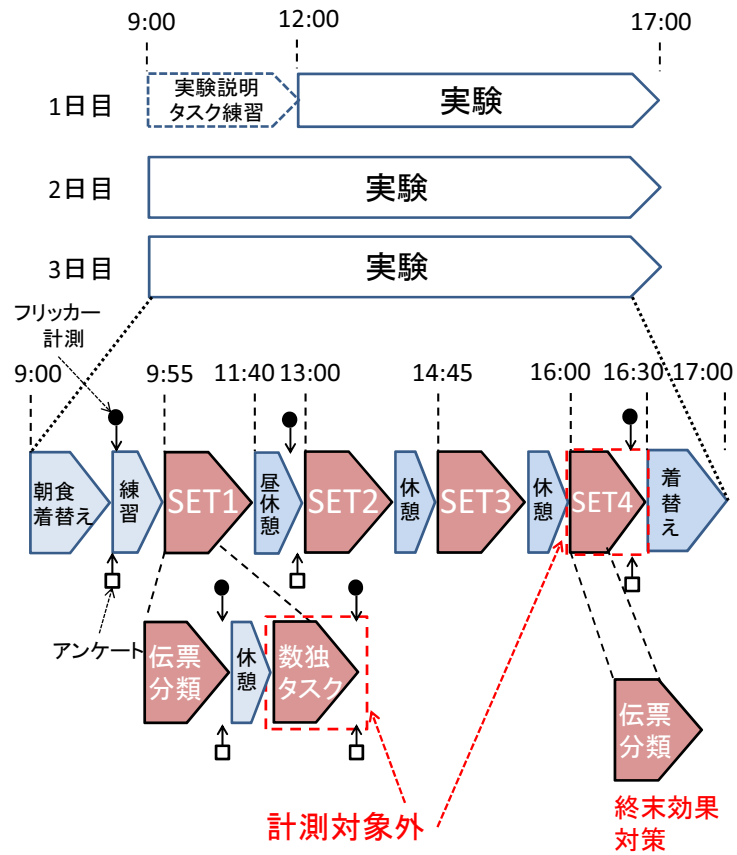


図 4.1: 強気流評価実験の実験プロトコル

表 4.1: 強気流評価実験の室内環境条件

| 室温 | 湿度 | 二酸化炭素濃度 | 騒音レベル | 机上面照度 |
|---------------|----------|-----------|-----------|--------|
| 25.5 ± 0.5 °C | 45 ± 5 % | 800ppm 以下 | 53.2dB 以下 | 700lux |

器として Panasonic 社製の送風機 (F-BL25Z-W、図 4.2) を用いた。送風機を実験参加者の左側前方約 1.5m の位置に設置し、強気流を風速 2.8(m/s) で 10 分に 1 回送風した。図 4.3 に強気流評価実験の気流環境を示す。



図 4.2: 送風機 (Panasonic 社製、F-BL25Z-W) の写真

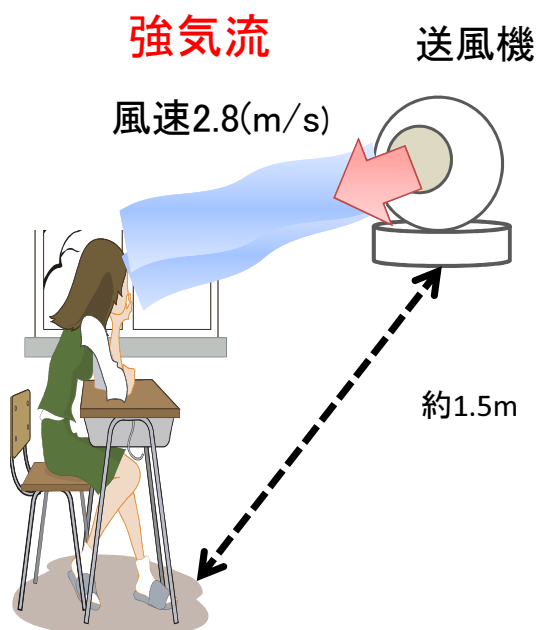


図 4.3: 強気流評価実験の気流環境

また、送風機が気流を送風する際に発生する騒音をスピーカーにより増幅させている。これは曝露している強気流を感じることで目が覚める等の覚醒度向上効果が音のレベルを上げることで、より増大すると考えられるためである。

表 4.2: 強気流評価実験の知的生産性の比較

| CTR 平均値 (気流環境)(%) | CTR 平均値 (標準環境)(%) | CTR 平均値の差 (% ポイント) | 向上率 (%) |
|-------------------|-------------------|--------------------|---------|
| 57.8 | 56.3 | 1.0 | 3 |

4.1.4 実験参加者

3.3.5 で記載した生活統制に加え、睡眠時間の統制を行った。初日に就寝・起床時間を聞き、通常より 2 時間就寝時刻を遅く設定してもらい、実験期間 (3 日間) 続けてもらった。ただし、「睡眠時間が 5 時間未満になる場合は身体に変調をきたさないように就寝を 2 時間遅らせることはしなくてもよい」と教示した。

4.1.5 実験結果

実験参加者 8 名のうち、体調不良や遅刻などの理由で実験期間中の統制ができなかった実験参加者 1 名、作業を行っておらず著しく解答数が少ない実験参加者 2 名の計 3 名を計測対象外とし、それ以外の計 5 名を計測対象とした。計測対象とした計 5 名の集中時間比率 CTR の平均について述べる。表 4.2 に示すように気流条件間で比較するとそれぞれ対のある両側 t 検定による有意差は見られなかった。次に、フリッカー計測の結果を図 4.4 に示す。気流条件間でそれぞれ対のある両側 t 検定を行い、数独タスクの SET 1 にて、有意差が見られたが ($p < 0.01$)、計測対象である伝票分類タスクは全 SET で有意差は見られなかった。

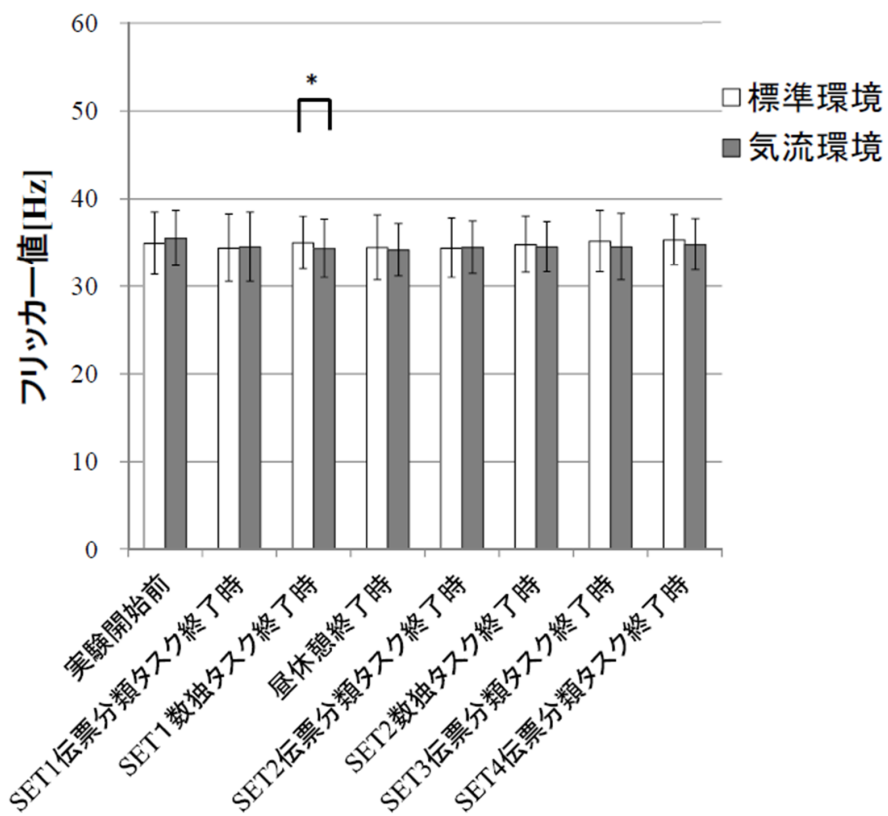


図 4.4: 強気流評価実験の全実験参加者の平均フリッカー値の気流条件間比較 (**: $p < 0.01$)

また、実験最終日に実験参加者に部屋の環境についてインタビューを行った。強気流評価実験の実験参加者インタビューの結果の詳細を付録Bに示し、一部を下記に示す。

- 実験室の室温が高い分、眠気を感じた。
- 強気流が当たると眠気があるときには眠気が飛んだ。
- 強気流が当たると伝票分類タスクのときは眠気覚ましになった。
- 強気流が当たると音のほうに気が散った。
- 強気流が当たると風が作業の邪魔になることもあった。
- 強気流の風量も期間もそこまで不快とは思わなかった。

「実験室の室温が高い分、眠気を感じた」というインタビューの結果より、実験室の温度、湿度等温熱環境は実験参加者の眠気を誘発させていた。また、強気流が当たると眠気が解消されたという意見も確認できた。その一方で、強気流の送風時に発生する音を増幅させていることもあり、「音のほうに気が散る」という意見や「強気流の風が当たることで作業の邪魔になる」という意見が挙げられていた。

4.1.6 考察

実験参加者の眠気を誘発されたことから温熱環境の設定として意図通りの結果であった。しかし、計測対象である伝票分類タスクには強気流を当てることによる覚醒の効果が低かったことが推測される。このことはフリッカー計測の結果からも言える。また、眠気を感じていない場合では、強気流や送風時に発生する音に意識が向いてしまい、作業の邪魔となり、伝票分類タスクの作業成績が低下している可能性が考えられる。強気流の風量も期間に関して、期間が短かった分、不快感を感じることはないという意見があるが、これ以上、強気流の風量や期間を強くしたり、長くする場合は不快感を覚える可能性やより一層作業の邪魔となる可能性が考えられる。

4.2 提案するリフレッシュ気流

前節では、眠気を誘発させるような環境下で強気流、気流の送風時に発生する騒音による覚醒度向上効果を検証するための実験について述べた。一方、単調作業の繰り返しから生じる覚醒度の低下に関して、以下の2種類の改善方法があると廣瀬らは指摘している^[40]。

- 強制的に大脳皮質を刺激し、脳の活動レベルを向上させる方法
- 短時間の休憩を取り、リフレッシュする方法

まず、1つ目に関しては、光や音等の物理的刺激を与えることで覚醒度の維持・向上を図る方法で、3章の集中度向上気流、前節の強気流もこの方法に該当する。しかし、刺激への慣れによって覚醒度の維持・向上効果が弱まる可能性がある。そのため、覚醒度の維持・向上に関し、効果的に短時間の休憩を取り、リフレッシュする方法が好ましいと廣瀬らは主張している^[40]。

強気流評価実験では伝票分類タスクを課したが、伝票分類タスクも単調作業の繰り返しであるから覚醒度の低下が考えられる。また、気流条件では、1日に何回も気流を当てているため、気流への慣れによって覚醒度の維持・向上効果が弱まってしまう可能性も考えられる。

そこで本研究では、リフレッシュ気流が期待する効果として、執務者が疲れている状態の場合、休息を促し、再び作業へ集中して取り組むといったリフレッシュさせる気流(以下、リフレッシュ気流と記す)を提案する。強気流のように強い風を一定時間暴露するのではなく、風速を短時間で変化させ、気流をゆらがせるようにリフレッシュ気流を設計した。リフレッシュ気流の概要を図 4.5 に示し、風速の変化の様子を図 4.6 に示す。図 4.5 に示すように執務者の前方から執務者の頭部に約30秒間、曝露される。気流をゆらがせる理由として、また、快適性とゆらぎの関係性については様々な研究がされているが、スペクトル分析による各周波数成分のパワースペクトルが周波数 f の逆数に比例する $1/f$ ゆらぎが現象として自然界で観測され、人によっては心地よいもの快適なものとしてされている。特に、風に関しては、自然界で吹く風が $1/f$ ゆらぎに近く、人は覚醒や睡眠等のサーカディアンリズムや、呼吸、心拍等の生体リズムが存在し、心拍間隔には $1/f$ ゆらぎが存在し、甲田らは心拍間隔に着目し、心拍間隔信号の生体リズムと $1/f$ ゆらぎの性質を利用した扇風機の制御方法を提案している^[41]。また、住谷らは風向および風速にゆらぎ制御をし、その快適性について評価を行なった^[42]。

図 4.6 からリフレッシュ気流の風速の周波数解析を行うと図 4.7 のようになる。ただし、図 4.7 は両対数グラフとなっており、 $1/f$ ゆらぎに近いことが確認できる。

そして提案するリフレッシュ気流を曝露している 30 秒間は、「積極的に休息をとってください」を教示している。その理由として、ICT 技術の進展によって、オフィス執務者が行っている多くは VDT 作業となっており、執務者の精神、身体負担を減らすため、厚生労働省は「VDT 作業における労働衛生管理のためのガイドライン」^[12] を定め、作業の時間管理を以下のように定め、奨励していることが挙げられる。

- 連続作業時間が 1 時間を超えないようにすること
- 連続作業と連続作業の間に 10～15 分の作業休止時間を設けること
- 連続作業時間内において 1～2 回程度の小休止を設けること

本研究でも認知タスクとして用いている伝票分類タスクも iPad を利用しているため、連続作業時間が 1 時間以内、連続作業の間に 10～15 分の作業休止時間を厳守して、実験を行っている。しかし、上記の指針は、視覚系や筋骨格の疲労を軽減するためであり、執務者が意識して感じていない身体負担を考慮してない。実際、過去の伝票分類タスクを用いた被験者実験では、「毎日、この作業を 9 時～17 時ですると思って、あまり疲れないように、自分のペースで作業してください。できるだけ、正確に作業してください」を教示しているが、5 分以上の長い休息を取っていた事例も多く見られる。

本研究では、リフレッシュ気流を等間隔に曝露することで、作業に対するリズム作りを促す効果を期待している。そして、執務者が疲れている状態の場合、気流を曝露している間は休息を取ることで、その後、より集中して作業に取り組む効果を期待している。また、執務者が集中している状態の場合、強い風が長時間にわたって吹くこともないので、作業への阻害は少ないと考えている。

リフレッシュ気流



図 4.5: 提案するリフレッシュ気流

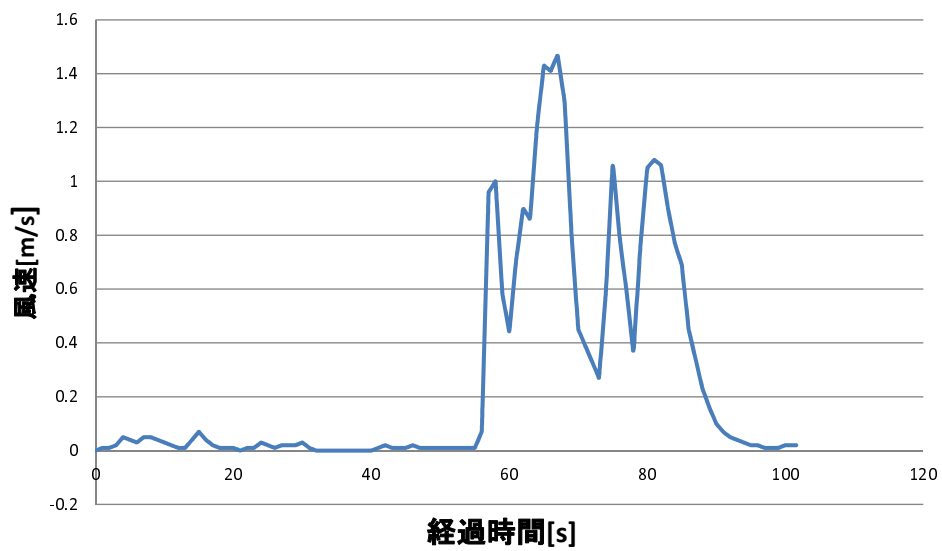


図 4.6: 提案するリフレッシュ気流の風速の変化の様子

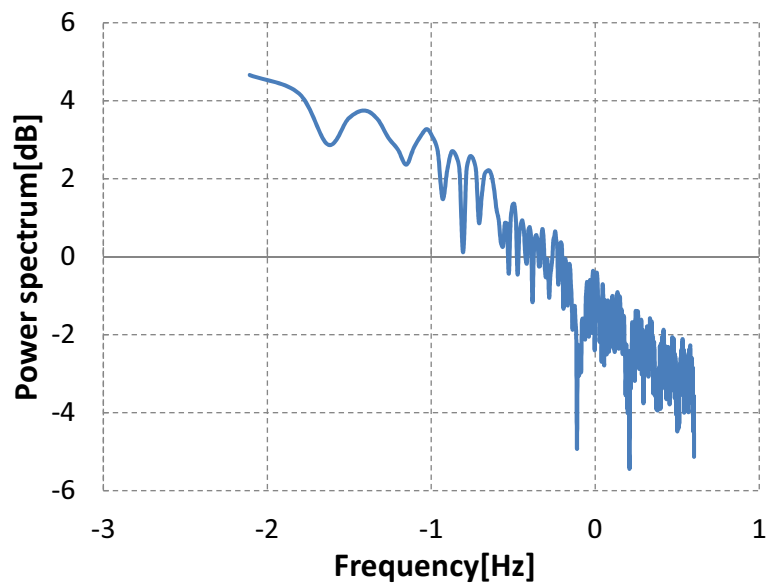


図 4.7: 提案するリフレッシュ気流の風速の周波数解析結果

第 5 章 リフレッシュ気流の評価

本章では提案するリフレッシュ気流の有効性を評価するために実施した評価実験について述べる。実験の目的と概要を述べた後に、実験の方法についての詳細を述べ、最後に実験の結果と考察を述べる。

5.1 提案するリフレッシュ気流の評価実験

5.1.1 実験の目的

本評価実験では、提案するリフレッシュ気流が執務者の集中および知的生産性に与える影響を評価することを目的とする。

5.1.2 実験の概要

2015年12月5日～28日に京都大学工学部1号館010号室で被験者実験を行った。温度、湿度、二酸化炭素濃度が一定に保つように制御し、(1)気流環境(冬季におけるリフレッシュ気流)と(2)標準環境(送風機から気流を曝露せず無風)の2条件を設定し、その2つの気流条件間で、気流が執務者の知的生産性に与える影響について評価を行う。実験参加者に認知タスクとして伝票分類タスクを課し、本研究室で開発したCTRを用いて執務者の知的生産性を評価する。評価実験のプロトコルを図5.1に示す。実験参加者は、健康な20～40代の男女(男性:17名、女性15名)であり、1グループ8人の計4つのグループに分けて、グループごとに連続する3日間の実験を実施した。1日目にはタスクに慣れるための練習日、2日目、3日目を計測対象とし、気流条件のカウンターバランスを考慮して、(1)気流環境、(2)標準環境を設定した。

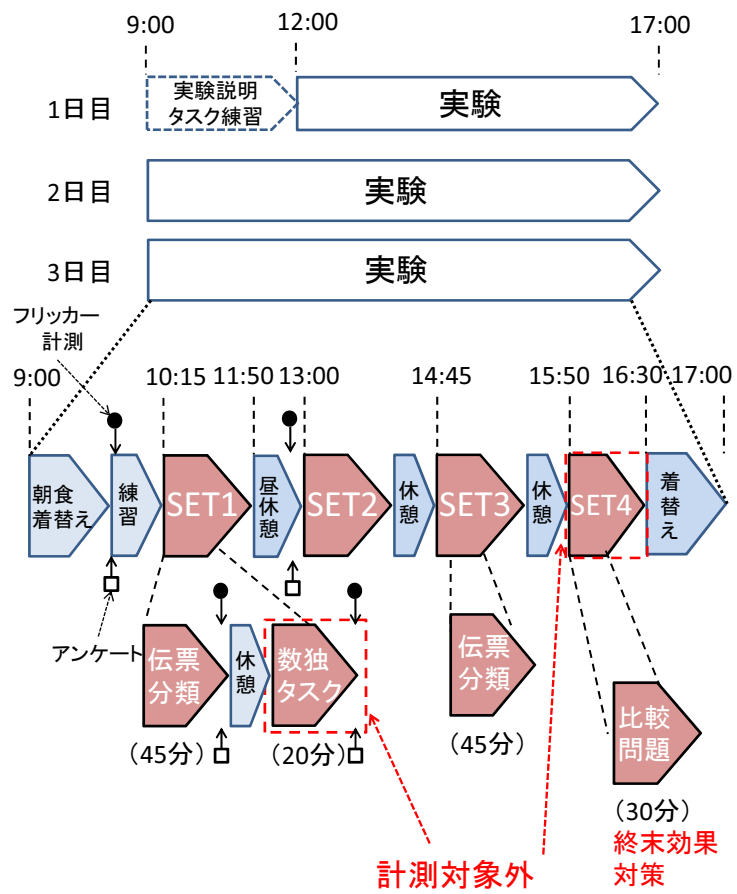


図 5.1: リフレッシュ気流評価実験の実験プロトコル

5.1.3 環境条件

実験室の空調の設定温度、風量等を固定し、温度、湿度、CO₂濃度等の環境条件が一定になるように制御した。環境条件を表 5.1 に示す。室内上下温度差による影響を低減させるため、サーキュレータ 3 台で空気を攪拌した。また、気流による眼等の乾燥感を防止するために加湿器を設置した。そして、空気清浄機からの気流が、曝露対象である実験参加者だけではなく他の実験参加者にも当たるのを防ぐため、ついたてを設置した。

(1) 室内環境

実験室の室内環境について、実験室のレイアウトを図 5.2 に示し、実験中の様子を図 5.3 に示す。図 5.2 にあるように、外光の影響を防ぐため、窓は遮光している。

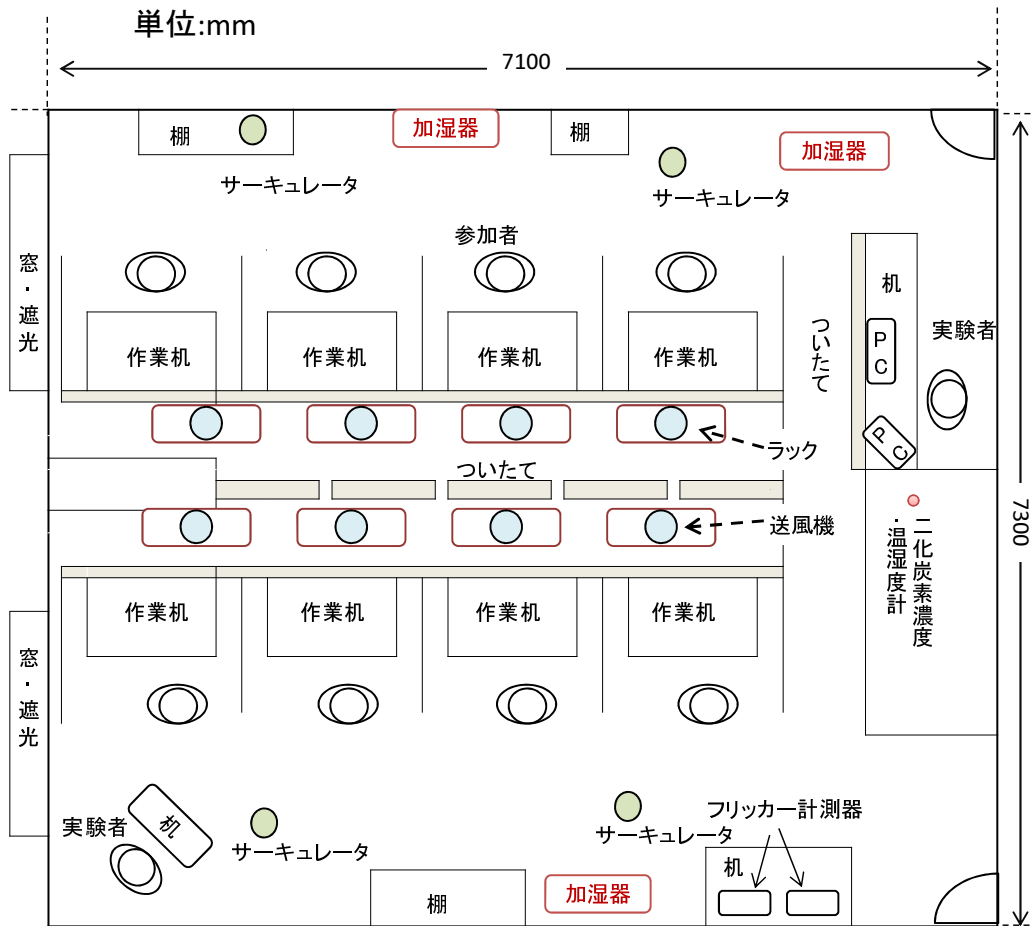


図 5.2: リフレッシュ気流評価実験の実験室のレイアウト



図 5.3: リフレッシュ気流評価実験の実験中の様子

表 5.1: リフレッシュ気流評価実験の実験室の室内環境条件

| 室温 | 湿度 | 二酸化炭素濃度 | 騒音レベル | 机上面照度 |
|-------------------------------------|---------------|-----------|-----------|--------|
| $24 \pm 0.5 \text{ }^\circ\text{C}$ | $45 \pm 5 \%$ | 800ppm 以下 | 50.0dB 以下 | 700lux |

(2) 気流環境

練習日である1日目を除く、2日目と3日目で気流条件の順序効果のカウンターバランスを取るように、(1) 気流環境と(2) 標準環境を1日1条件としてそれぞれ割り当て、表 5.2 に示す。気流環境において、リフレッシュ気流を出すタイミングとして、45分間の伝票分類タスクの場合は開始後20分、30分、40分の計3回、その他の30分間のタスクは開始後20分の計1回を設定している。図 5.4 に示すように送風機は実験参加者と約1.5m 離れた場所に配置した。

表 5.2: リフレッシュ気流評価実験の気流環境の実施順

| | 1日目 | 2日目 | 3日目 |
|-------|-------|------|------|
| グループ1 | 説明・練習 | 気流環境 | 標準環境 |
| グループ2 | 説明・練習 | 標準環境 | 気流環境 |
| グループ3 | 説明・練習 | 気流環境 | 標準環境 |
| グループ4 | 説明・練習 | 標準環境 | 気流環境 |

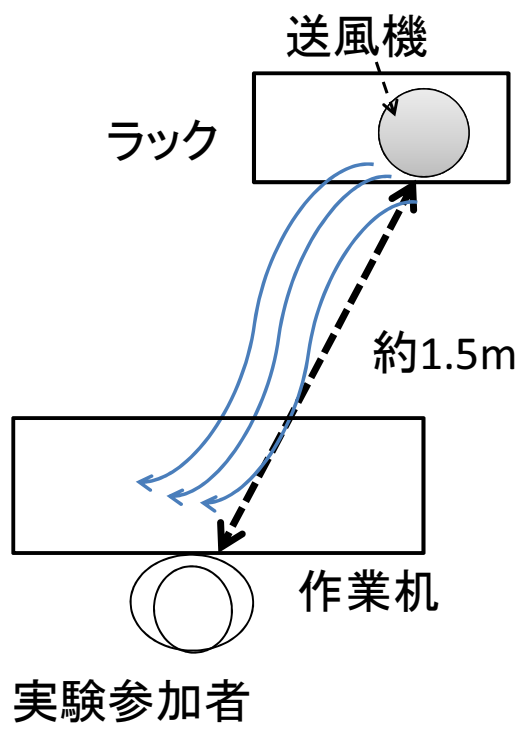


図 5.4: 送風機と実験参加者の位置関係

5.1.4 実験参加者

実験参加者を募集する際に認知タスクである比較問題の作業状況によってスクリーニングを行った。このスクリーニングは認知タスクに対する解答速度等、作業状況によって3日間の実験に支障をきたさないか、また個人差がある集中の持続の程度を事前調査するために行った。比較問題とは、単語の意味を比較する問題と数字の大小を比較する問題が同時に出題され、条件に当てはまるように計4通りに分類するタスクである。比較問題はPCやタブレットなどの身近なデバイス上でホームページにアクセスすることで実施可能であるため、実験の参加希望者には自身のデバイスから比較問題のホームページにアクセスしてもらい、30分間解答させ、比較問題の解答成績によってスクリーニングを行う。

ここで、比較問題を実施する際の参加者の手順を以下に示す。

1. 比較問題のホームページにアクセスする
2. 比較問題の説明、理解する
3. 比較問題の練習をする（5分間）
4. 比較問題を30分間解答する

図 5.5 の画面左側の一行目に単語の意味を比較する問題が、二行目に数字の大小を比較する問題が表示されており、図 5.5 の画面右側で一行目の回答、二行目の回答の両方に当てはまるものを選択する形式となっている。

一行目の単語の意味を比較する問題では、4つのカテゴリー（地名・人工物・動物・植物）に属する単語の中から、表示されている2つの単語が同じカテゴリーに属するか、異なるカテゴリーに属するかを回答をする。図 5.5 の場合は、京都（地名）と北海道（地名）の組み合わせなので、カテゴリーは「同じ」となる。

二行目の数字の大小を比較する問題では、4桁の数字2つを不等号で繋いだものが表示されており、この不等式が正しいか誤りかを回答する。図 5.5 の場合は、左の6792より右の6540が小さいので、不等式は「間違い」となる。

なお、難易度が問題ごとに変化するのを防ぐため、2つの数字を比較する際、全ての問題において不等号の向きは変化せず、また2つの数は千の位が等しく、百の位が異なるような数字が表示される。そして、一行目の回答、二行目の回答の両方に当てはまるものを選択すると、画面左側の問題が次の問題になり、30分続けることでこの1問

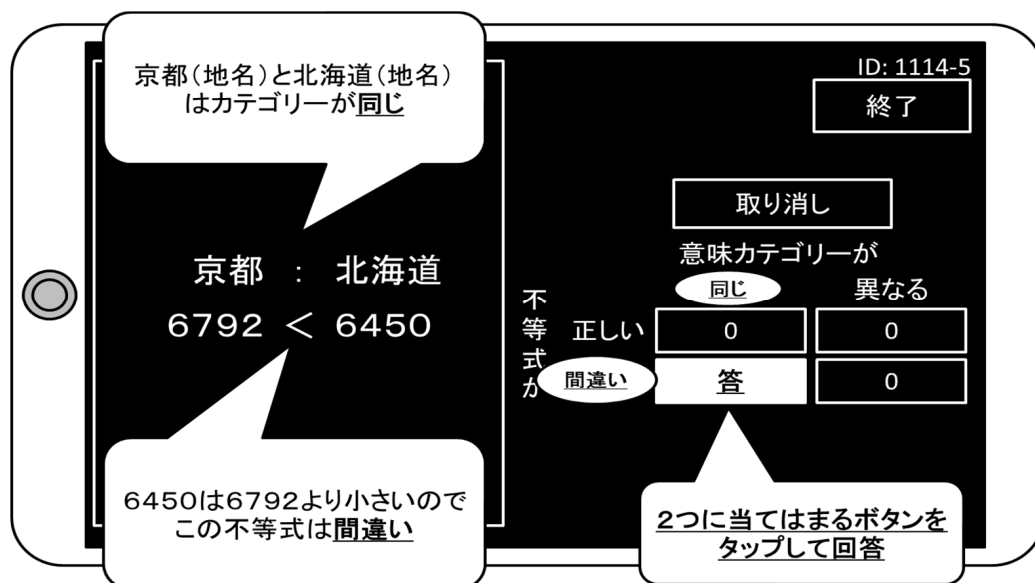


図 5.5: 比較問題解答画面

当たりにかかった解答時間、正答数を計測した。以下の基準を設けて、比較問題の作業成績によってスクリーニングを行った。始めに、問題解答数 N_{all} と誤答数 N_{error} からエラー率 ($Error[\%]$) を式 5.1 から算出し、エラー率 $[\%]$ が 10% を超える場合、および N_{all} が 300 に満たない数の場合は実験参加者から除外した。

$$Error = \frac{N_{error}}{N_{all}} \times 100[\%] \quad (5.1)$$

リフレッシュ気流評価実験の参加希望者に実際に解答してもらった 30 分間の比較問題における 1 問当たり解答時間遷移を図 5.6 および図 5.7 に示す。ただし、縦軸は 1 問当たりの解答時間、横軸は経過時間 (30 分) とする。

図 5.6 の場合は、1 問当たりの解答時間にばらつきがあり、1 問当たりの解答時間が 10 秒以上となる場合も多く見られる。特に、経過時間が 1500 秒となる付近で 1 問当たりの解答時間が 30 秒の場合が 2 か所あり、大きく変動していることが分かる。一方で、図 5.7 の場合は、1 問当たりの解答時間が 10 秒以内に収まっており、1 問当たりの解答時間にばらつきがないため、30 分間作業しても集中がとぎれないと推測される。この例のように 1 問当たりの解答時間にばらつきがなく、一定のペースで作業する場合は、気流を曝露した場合に、集中が阻害され、作業の邪魔になると可能性があるため、今回の実験参加者からは外している。

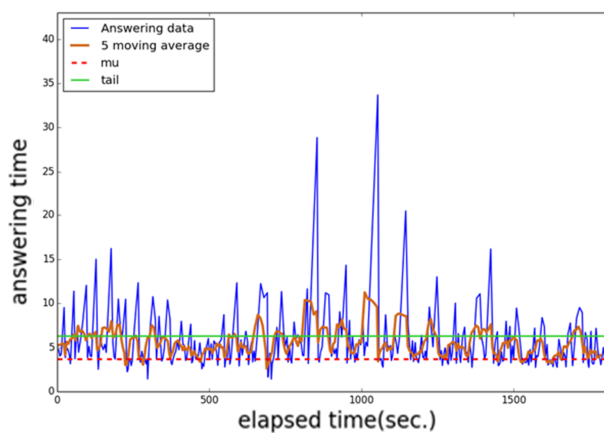


図 5.6: 比較問題 1 問当たりの解答時間推移例 1

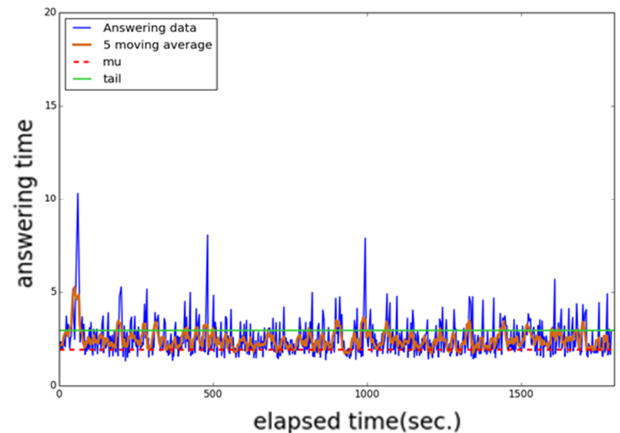


図 5.7: 比較問題 1 問当たりの解答時間推移例 2

上記のスクリーニングにより選んだ実験参加者全員に実験前に年齢と室内環境への耐性の主観評価アンケートを実施した。結果を付録 C の表 C.1～表 C.2 に示す。

5.1.5 計測項目

本評価実験では、集中時間比率 CTR、生理的脳疲労、主観的疲労、主観的感情状態、室内環境の主観評価、個人特性を計測した。本研究の目的である集中時間比率 CTR の計測以外に複数の計測項目を設けたのは、集中時間比率 CTR による客観的・定量的結果と、その他の結果の対応を検討するためである。

- 集中指標 CTR
- 生理的脳疲労
- 主観的疲労
- 主観的感情状態
- 気流の主観評価
- 個人特性

計測項目は 3 章で述べた冬季における集中度向上気流評価実験とほぼ同様の計測項目となっているが、異なる点は、気流、温度、音等の室内環境要素が作業効率に与える評価に関する項目を図 3.12 に示した環境評価アンケートに追加した点である。図 C.1

に変更後の環境評価アンケートの追加した項目を示す。また、環境の違いが実験参加者の感情状態に与える影響を主観的に評価することを目的に寺崎らの多面的感情状態尺度^[43]（Multiple Mood Scale、以下 MMS）を追加した。

MMS は、不安等単一の感情状態だけでなく、複数の感情の状態を同時に測定できる質問用紙である。活動的快、非活動的快、親和、集中、抑鬱・不安、敵意、倦怠、驚愕の 8 要因で構成され、各 10 問の質問項目がカテゴリー化され、計 80 項目からなる質問用紙となっている。各質問項目に対し、1：全く感じていない、2：あまり感じていない、3：少し感じている、4：はっきり感じているの 4 段階評価で回答を行い、各要因の合計点を算出することで今現在の感情状態を測定できる^[43]。なお、本研究では、MMS の 8 要因の内、「集中」および「倦怠」の 2 要因の計 20 項目を用いており、各タスク後のアンケートとして実施した。表 5.3 に集中および倦怠の質問項目を示す。

表 5.3: MMS（集中, 倦怠）の項目^[43]

| 集中 | 倦怠 |
|-------|--------|
| 慎重な | つまらない |
| ていねいな | 不機嫌な |
| 丁重な | ばからしい |
| 思慮深い | 疲れた |
| 懸命な | 退屈な |
| 用心深い | だるい |
| 注意深い | 無気力な |
| 真剣な | ぼんやりした |
| 鋭敏な | ぼやぼやした |
| 緊張した | 無関心な |

5.2 実験結果

5.2.1 集中指標 CTR

実験参加者 32 名のうち、体調不良や遅刻などの理由で実験期間中の統制ができなかった実験参加者、指示通りに作業を行っておらず、集中時間比率 CTR が算出するのに必要な解答数に達していない等の理由で実験参加者の計 11 名を計測対象外とし、それ以外の計 21 名を計測対象とした。解析対象外とした実験参加者の番号と解析対象外にした理由を表 5.4 に示す。なお、著しく解答数が少ない場合等、集中時間比率 CTR が算出できなかった実験参加者は表 5.4 で解析不能と記載した。ここでは、計測対象の計 21 名の集中時間比率 CTR、集中時間比率 CTR の平均、各 SET における集中時間比率 CTR の平均について述べる。計測対象の計 21 名の集中時間比率 CTR を付録 C の表 C.6、表 C.7 に、集中時間比率 CTR を図 5.8、図 5.9 に示す。、気流環境での集中時間比率 CTR が 66.0%、標準環境での集中時間比率 CTR が 65.0% と比較して、1.0% ポイント高いが、標準環境と気流環境の CTR の平均を対のある両側 t 検定で比較すると、有意差は見られなかった ($p = 0.38$)。

表 5.4: 計測解析対象外とした理由

| 実験参加者 No. | 計測対象外の理由 |
|-----------|--------------------------|
| 3 | 実験期間中に体調不良であり、1日参加できなかった |
| 4 | 計測不能 |
| 7 | 実験期間中に体調不良であり、1日参加できなかった |
| 8 | 計測不能 |
| 10 | 実験期間中に体調不良であり、1日参加できなかった |
| 12 | 実験期間中に体調不良であり、1日参加できなかった |
| 16 | 実験期間中に体調不良であった |
| 24 | 計測不能 |
| 26 | 実験期間中に体調不良であった |
| 29 | 計測不能 |
| 32 | 計測不能 |

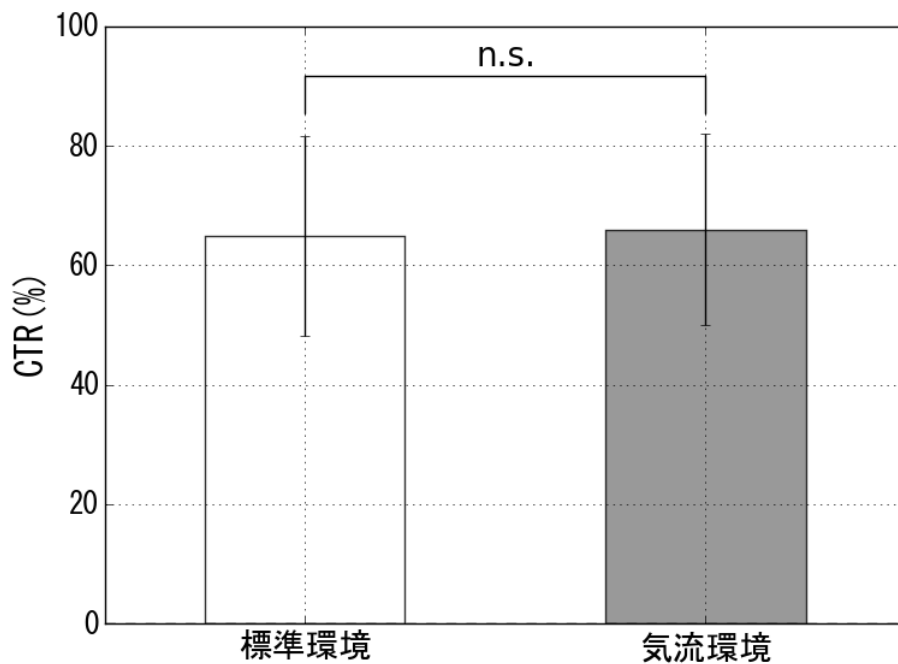


図 5.8: 伝票分類タスク実施時の CTR の全実験参加者の平均値の環境間比較 (n.s.:not significant)

5.2.2 生理的脳疲労

各時間帯のフリッカー値測定の結果について、気流条件間ごとに計測対象の実験参加者 ($N = 21$) で平均した。その結果を図 5.10 に示す。また気流条件間で比較するために、対応する時間帯の計測結果をそれぞれ対のある両側 t 検定を行った結果、有意差が見られたのは、昼休憩終了時 ($p < 0.001$) であった。また、実験開始前、SET1 数独タスク終了時、SET2 伝票分類タスク終了時は有意に高い傾向が得られた ($p < 0.05$)。

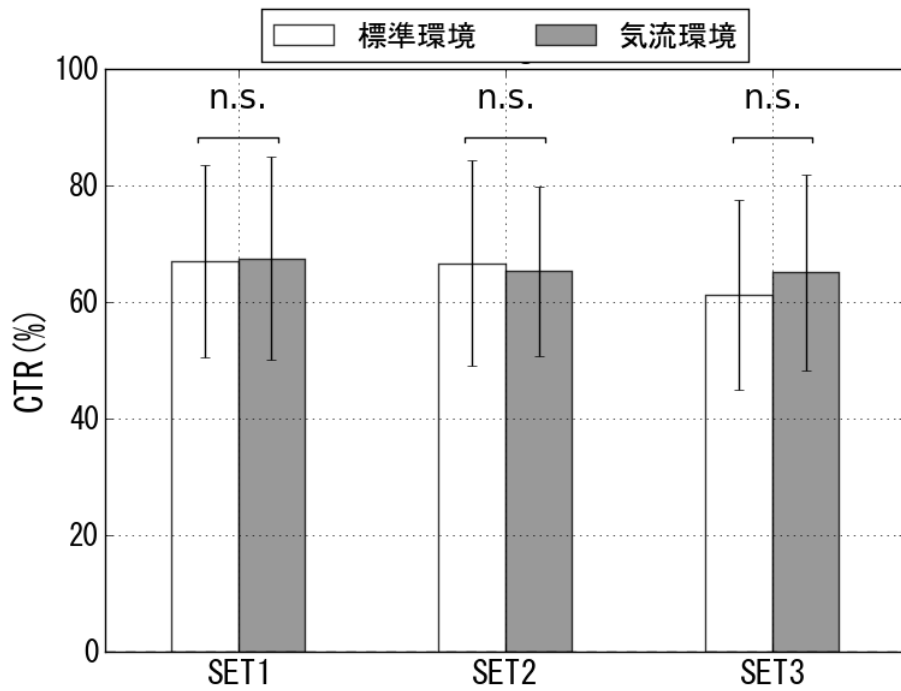


図 5.9: 各 SET における伝票分類タスク実施時の CTR の全実験参加者の平均値の環境間比較 (n.s.:not significant)

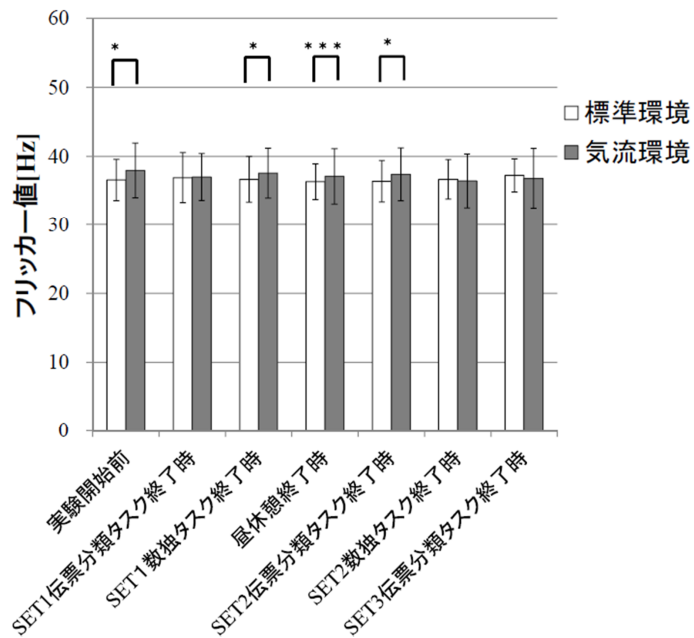


図 5.10: フリッカー値の実験参加者の平均値の環境間比較 (***: $p < 0.001$ 、*: $p < 0.05$)

5.2.3 主観的疲労

伝票分類タスク SET1、伝票分類タスク SET2、伝票分類タスク SET3 における自覚症しらべのねむけ感、だるさ感の結果についてそれぞれ、計測対象の実験参加者 ($N = 21$) で平均した結果を図 5.11、図 5.12 に示す。また気流条件間で比較するために、対応する時間帯の計測結果をそれぞれ対のある両側 t 検定を行った。その結果、伝票分類タスクの SET3 で、ねむけ感とだるさ感がともに気流環境が標準環境と比較して有意に低い傾向が見られた ($p < 0.05$)。

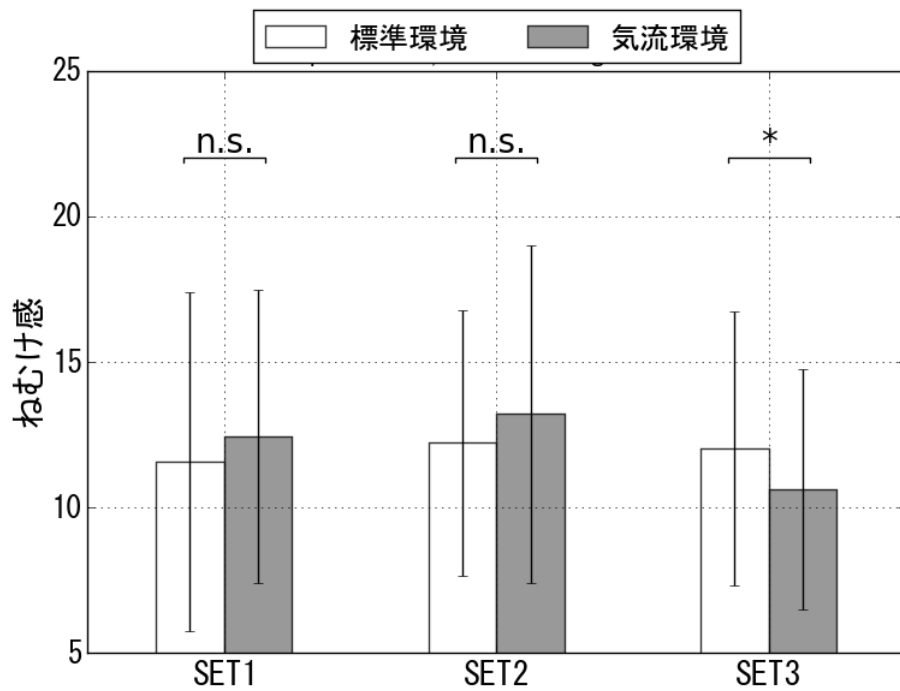


図 5.11: 自覚症しらべ (ねむけ感) の全 SET の比較 (*: $p < 0.05$ 、n.s.:not significant)

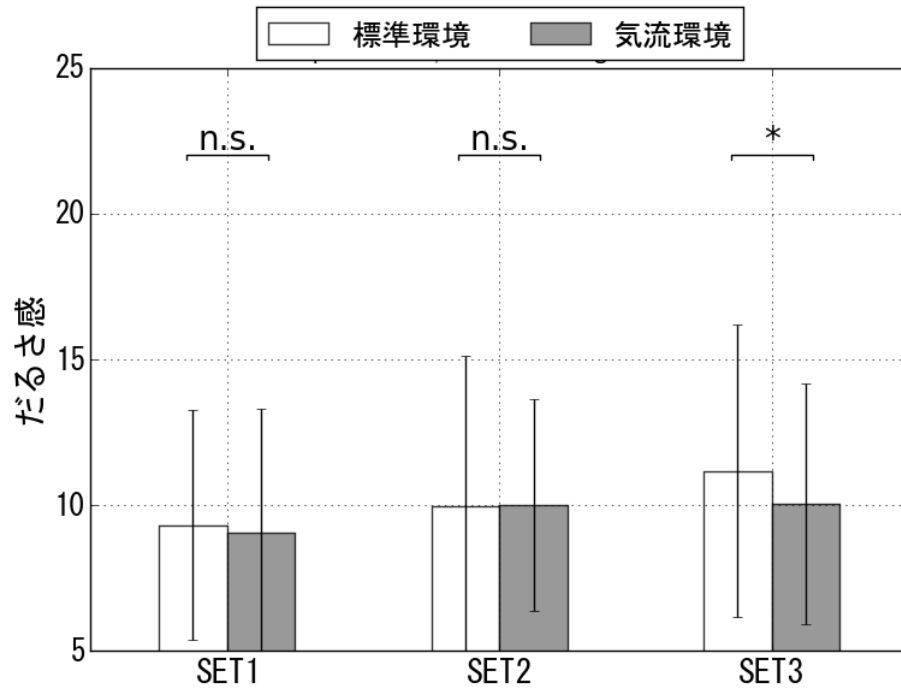


図 5.12: 自覚症しらべ（だるさ感）の全 SET の比較 (*: $p < 0.05$ 、n.s.:not significant)

5.2.4 主観的感情状態

伝票分類タスク SET1、伝票分類タスク SET2、伝票分類タスク SET3 における MMS の集中、倦怠の結果について、それぞれ計測対象の実験参加者 ($N = 21$) で平均した結果を図 5.13、図 5.14 に示す。また気流条件間で比較するために、対応する時間帯の計測結果をそれぞれ対のある両側 t 検定を行った結果、集中、倦怠とも有意差はなかった。

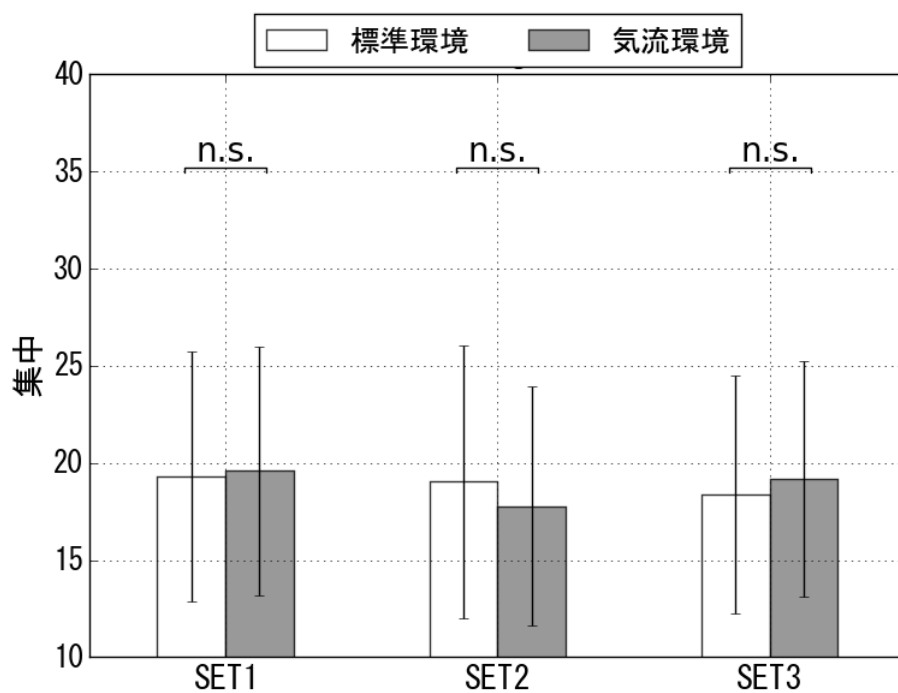


図 5.13: MMS (集中) のスコアの全 SET の比較 (n.s.:not significant)

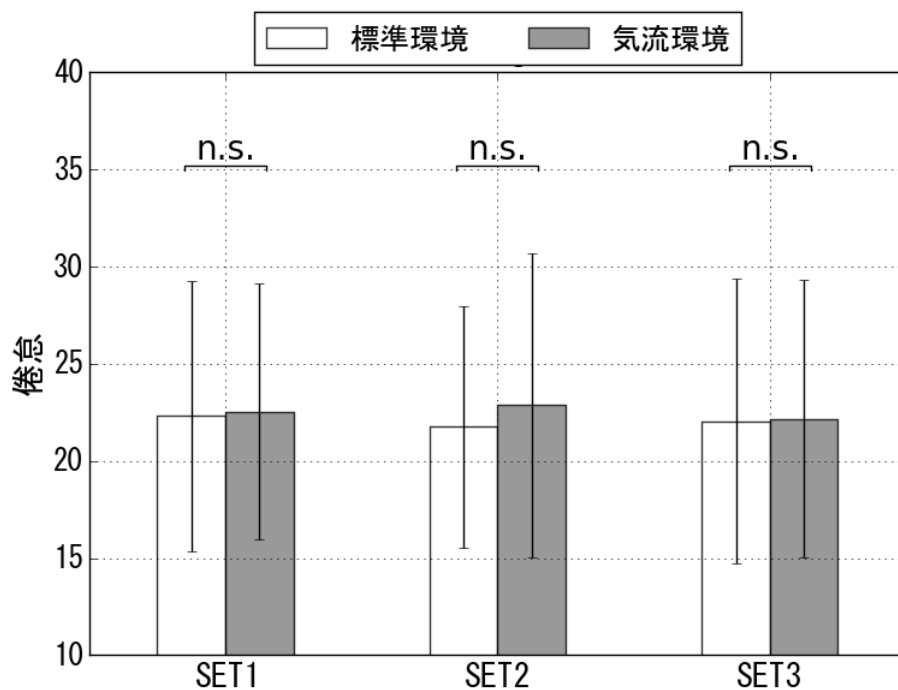


図 5.14: MMS (倦怠) のスコアの全 SET の比較 (n.s.:not significant)

5.2.5 気流の主観評価

室内環境の主観評価に関する環境評価アンケートについて各気流条件間の実験参加者の回答を計測対象の実験参加者 ($N = 21$) で平均した結果を付録 C に示す。各項目ごとにそれぞれ対のある両側 t 検定を行ったところ、気流条件間で有意差がみられたのは、「風圧を感じる」、「風圧による作業効率の向上」 ($p < 0.001$)、「空気が循環している」、「室外音がうるさい」 ($p < 0.01$) で、「気流が快適」、「室内音がうるさい」 ($p < 0.05$) には有意傾向が見られた。

5.2.6 個人特性

実験参加者の個人特性として、KG 式日常生活質問紙を用いたタイプ別判断の結果、STAI の結果、朝型夜型診断の結果をそれぞれ、付録 C の表 C.3、表 C.4、表 C.5 に示す。

5.2.7 実験参加者へのインタビューの結果

リフレッシュ気流評価実験の実験参加者へのインタビューの結果の詳細を付録 C に示し、以下にその一部を記載する。

- リフレッシュ気流の印象
 - 顔が暑かったのでよかった。涼しくて気持ちよかった。
 - 風が吹き終わった後、やる気が回復していた。
 - 眠気が取れて良かったが、集中時は、集中に戻すのに時間がかかった。

実験参加者インタビューの結果から、リフレッシュ気流の印象は2種類に区別される。1つは集中度向上気流の強気流のような体感温度を下げる冷却効果であり、実験参加者の約25%は冷却効果に関する意見を挙げていた。もう1つは、リフレッシュ気流が曝露させている間の休息时间による疲労、モチベーションの回復等リフレッシュ効果であり、実験参加者の約50%以上はリフレッシュ効果に関する意見を挙げていた。また、リフレッシュ気流が作業に影響を及ぼしたどうかについて、「風がないと休憩のタイミングがつかめないから疲れた」のように作業に対するリズムづくりや上記に述べたリフレッシュ効果に関する意見が多く得られた。

5.3 考察

5.3.1 気流条件間における CTR の比較

図 5.8 に示したように、CTR による評価で、伝票分類タスクでは気流環境が標準環境と比較して 1.0% ポイント向上したが、有意差は見られなかった ($p = 0.38$)。また、図 C.6、図 C.7、の「風圧を感じる」、「空気が循環している」、「気流が快適」および図 C.14 の「風圧による作業効率の向上」に関する環境評価アンケートの結果により、リフレッシュ気流の気流環境下では実験参加者は空気の循環、気流が快適だと感じ、気流によって作業の効率が向上したと感じていたことが確認できた。また、図 5.11、図 5.12 のねむけ感・だるさ感が伝票分類タスクの SET3 において気流環境が有意に高い傾向であったことからリフレッシュ気流が疲労がたまる 1 日の後半に影響し、気流の快適性や送風している間の休息が疲労の軽減に繋がった可能性があると推測される。また、実験参加者インタビューの結果から休息を自らの裁量で取りたいという意見も挙げられていた。気流が送風している間は積極的に休息を取るという教示であったため、集中している状態にも関わらず、作業に対する集中が阻害され、結果的に集中時間比率 CTR の値が低下した可能性がある。

5.3.2 CTR と フリッカー値および主観評価の関係

集中時間比率 CTR と フリッカー値および主観評価の関係を調査するために伝票分類タスクの各 SET における気流環境と標準環境との差分を算出した。例えば、SET に関する集中時間比率 CTR の気流条件差（以下、CTR（条件間差））を以下の式で計算する。

$$\text{CTR (条件間差)} = \text{気流環境における CTR} - \text{標準環境における CTR} \quad (5.2)$$

同様にフリッカー値や主観評価（自覚症しらべ、MMS、環境評価アンケート）の各項目に関しても気流条件差（以下、条件間差）の算出を行う。

以下に CTR（条件間差）と フリッカー値、MMS（集中と倦怠、以下「集中」、「倦怠」と記す）、自覚症しらべ（ねむけ感、ぼやけ感とだるさ感、以下「ねむけ感」、「ぼやけ感」、「だるさ感」と記す）環境評価アンケートの関係を付録 C の図 C.16～図 C.29 に示す。気流の印象は部屋環境の印象に影響を与えられるので、環境評価アンケートから「空気の循環」、「風圧を感じる」、「空気の動きが快適」、「風圧が作業効率を向上」の気流に関する項目、「集中しやすい」、「目が覚める」、「部屋の環境が好

き」、「部屋全体が快適」の部屋環境に関する項目について抜粋した。また、各項目の条件間差に対し、回帰直線を引き、決定係数 R^2 を算出した。決定係数 R^2 が最も高い項目は下記に示す $R^2 = 0.19$ の図 5.15 の「集中しやすい」であり、図 5.16 に示すようにいずれの項目に関しても決定係数 R^2 は低い結果となった。また、各項目ともデータに外れ値と考えられるものがあり、傾向が捉えにくい。そこで実験参加者ごとに CTR (条件間差) の正負による判別、つまり気流環境において集中時間比率 CTR が向上したか低下したかによって場合分けをして分析を行うことにした。

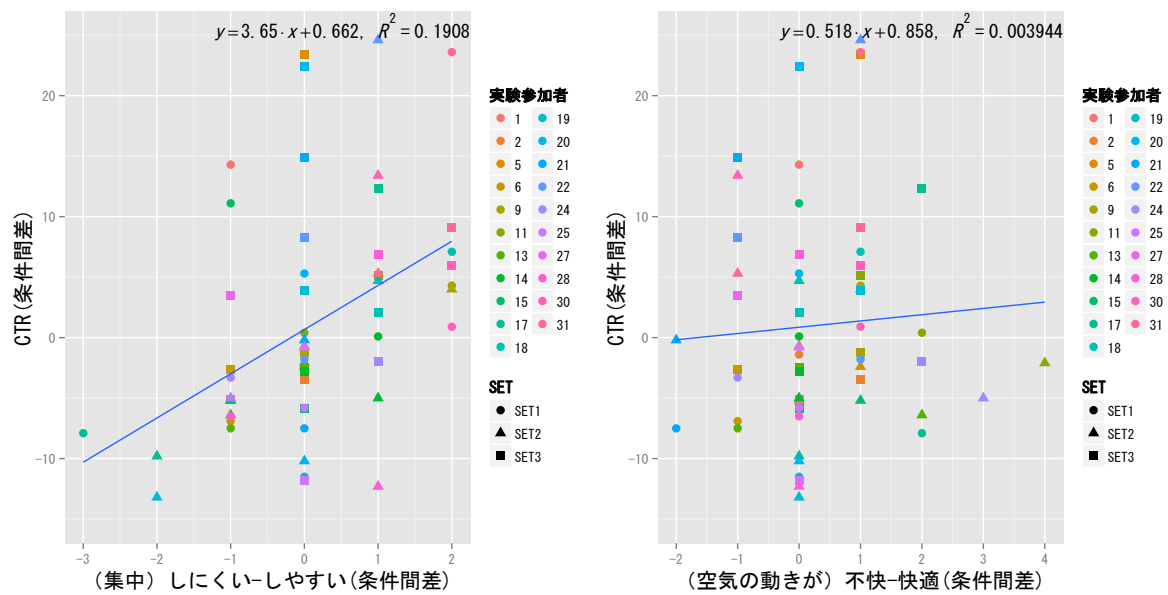


図 5.15: 主観評価（集中しやすい）と CTR 図 5.16: 主観評価（空気の動きが快適）と CTR の関係

5.3.3 リフレッシュ気流による知的生産性の向上

伝票分類タスク 45 分間において、リフレッシュ気流はタスク開始後 20 分、30 分、40 分後に曝露されるため、タスク開始後 20 分間は気流条件間で室内環境の差はない。そのため、気流条件の違いが伝票分類タスク開始後 20 分以降の解答時間遷移に影響し、集中時間比率 CTR の結果に差が発生する可能性もある。そこで、気流環境での集中時間比率 CTR の結果が、標準環境と比較して高い実験参加者の SET に対し、伝票分類タスク開始後 20 分以降の後半 25 分の解答時間遷移に着目し、下記の分析を行った。

1. リフレッシュ気流が最初に曝露される 20 分以降で長期休息状態を含む解答時間割合を気流条件間で比較し、リフレッシュ気流の効果が期待される実験参加者とその SET を選択する
2. 伝票分類タスク 45 分を、リフレッシュ気流が最初に送風される前半 20 分と、後半 25 分の 2 つに分けて、後半 25 分の CTR を気流条件間で比較する
3. リフレッシュ気流の効果が期待される実験参加者の CTR とフリッカー値、主観評価の関係性を調査する

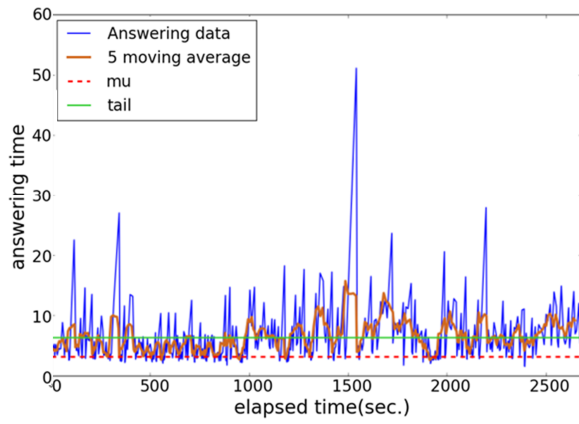
(1) リフレッシュ気流の効果があると期待される実験参加者とその SET の選択

標準環境と比較して気流環境の方が長期休息状態を含む解答時間が少ない実験参加者を選択し、その結果を表 5.5 に示す。

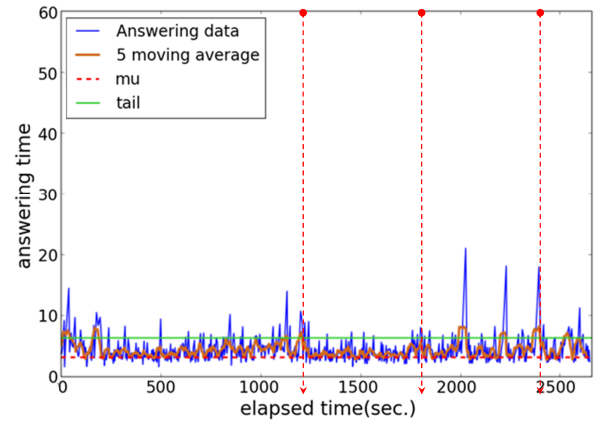
表 5.5: 気流の効果と期待される実験参加者

| 実験参加者 No. | SET | CTR(条件間差、% ポイント) |
|-----------|------|------------------|
| 5 | SET3 | 23.4 |
| 9 | SET1 | 4.3 |
| 9 | SET2 | 4.0 |
| 17 | SET3 | 12.3 |
| 30 | SET1 | 0.9 |
| 30 | SET2 | 13.4 |
| 30 | SET3 | 6.0 |
| 31 | SET1 | 23.6 |

また、表 5.5 に記載した実験参加者 5 名 (計 8SET) の 45 分間の伝票分類タスクの 1 問当たり解答時間遷移を図 5.17~図 5.24 に示す。なお、縦軸は伝票分類タスクの 1 問当たりの解答時間、横軸は経過時間 [sec.] を示す。また、赤色の横線は 1 問当たりの解答時間の最頻値を示し、緑色の横線は tail 値 (対数正規分布の約 99.9% が含まれる上限値) を示す。tail 値より長い解答時間は長期休息状態を含む解答時間となる。気流環境における伝票分類タスクの 1 問当たり解答時間遷移に示す赤色の縦線はリフレッシュ気流が曝露されるタイミング (20 分後、30 分後、40 分後) の目安を示したものである。図 5.17~図 5.24 から長期休息状態を含む解答時間の割合は標準環境と比較して気流環境の方が減少している傾向が確認でき、特に図 5.19 では経過時間が 2000 秒となる場合に上記の傾向が確認できる。

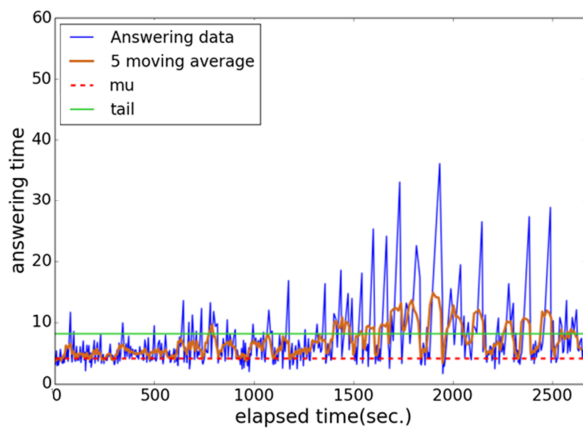


[1] 標準環境

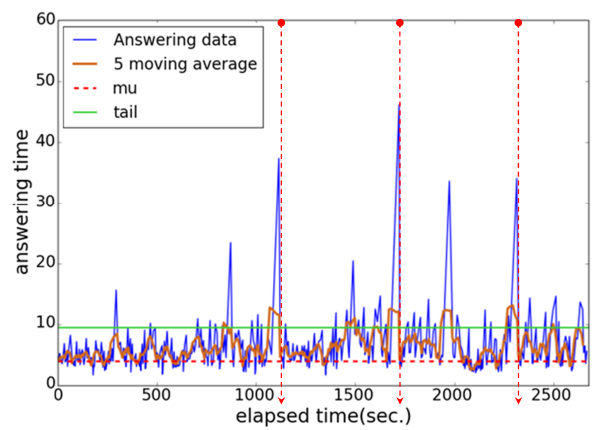


[2] 気流環境

図 5.17: 実験参加者 5 の SET3 の 1 問当たり解答時間遷移

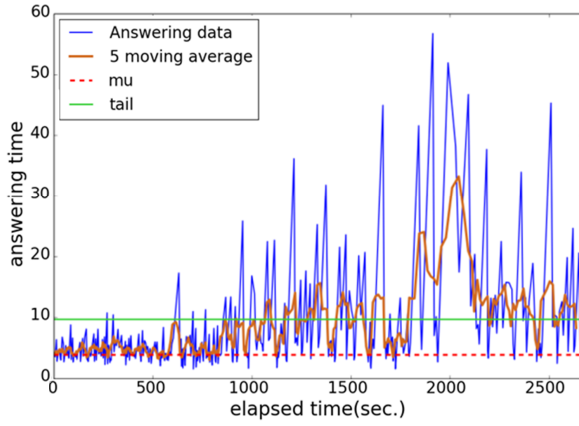


[1] 標準環境

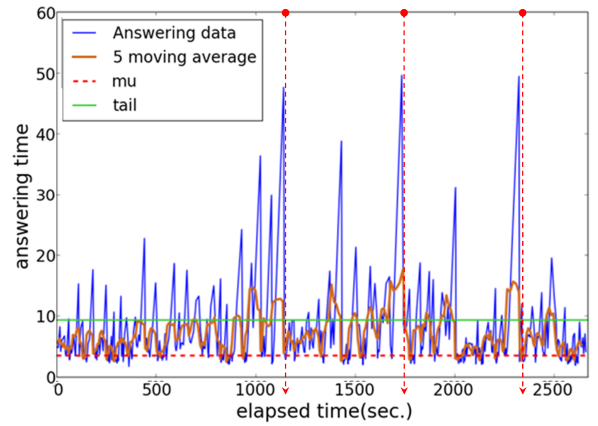


[2] 気流環境

図 5.18: 実験参加者 9 の SET1 の 1 問当たり解答時間遷移

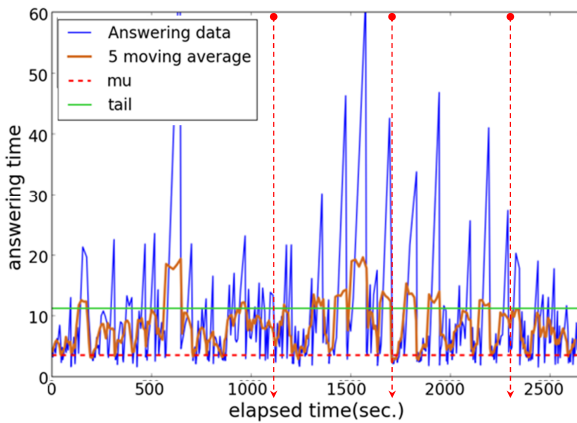


[1] 標準環境

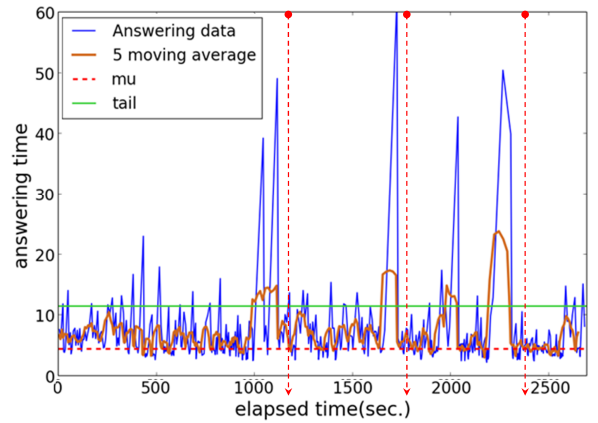


[2] 気流環境

図 5.19: 実験参加者 9 の SET2 の 1 問当たり解答時間遷移

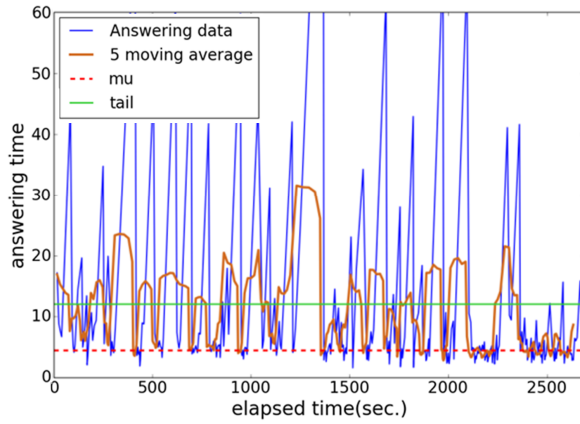


[1] 標準環境

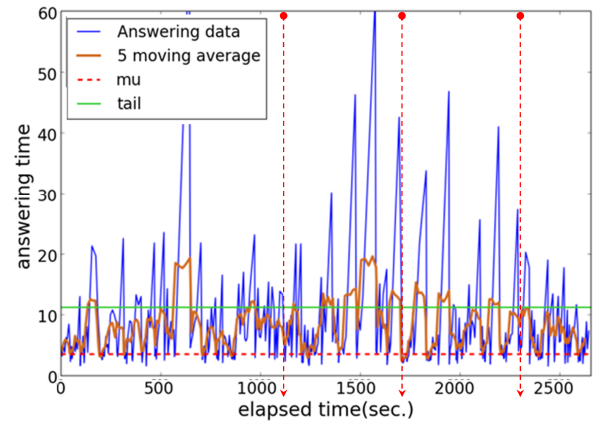


[2] 気流環境

図 5.20: 実験参加者 17 の SET3 の 1 問当たり解答時間遷移

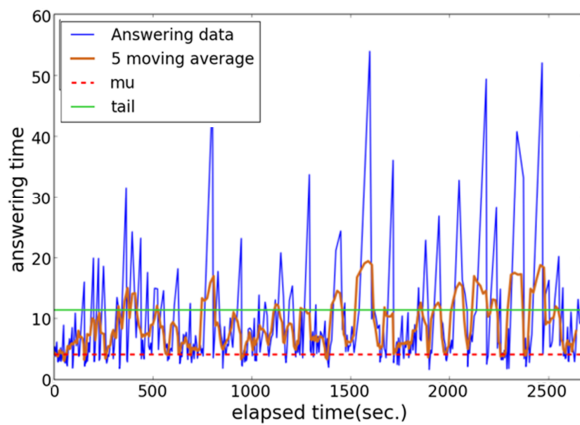


[1] 標準環境

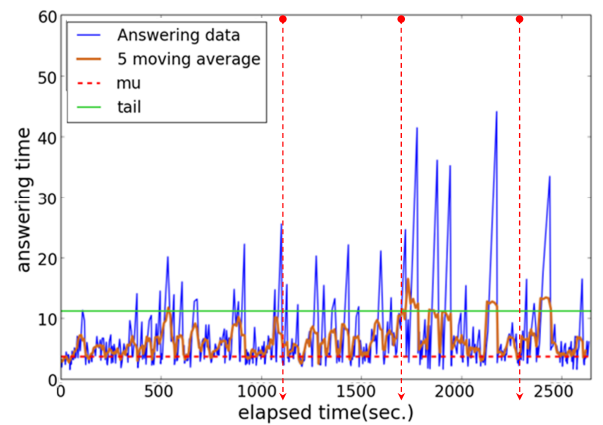


[2] 気流環境

図 5.21: 実験参加者 30 の SET1 の 1 問当たり解答時間遷移

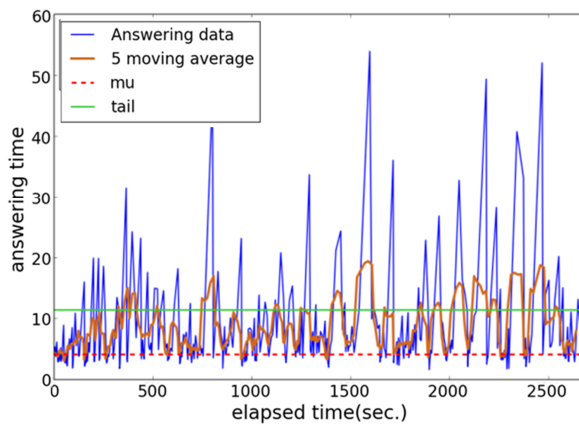


[1] 標準環境

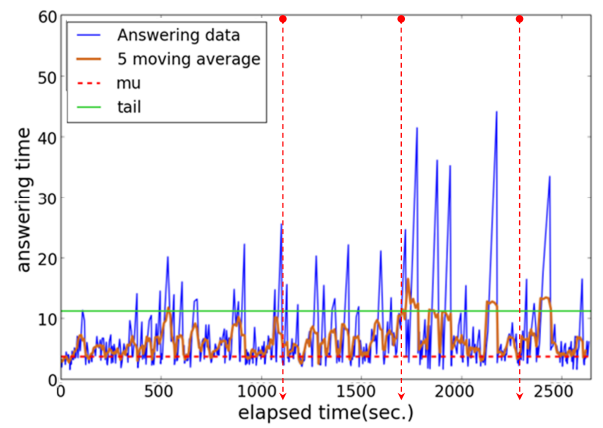


[2] 気流環境

図 5.22: 実験参加者 30 の SET2 の 1 問当たり解答時間遷移

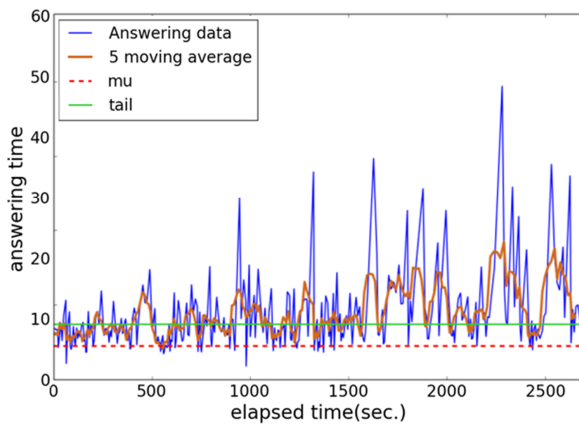


[1] 標準環境

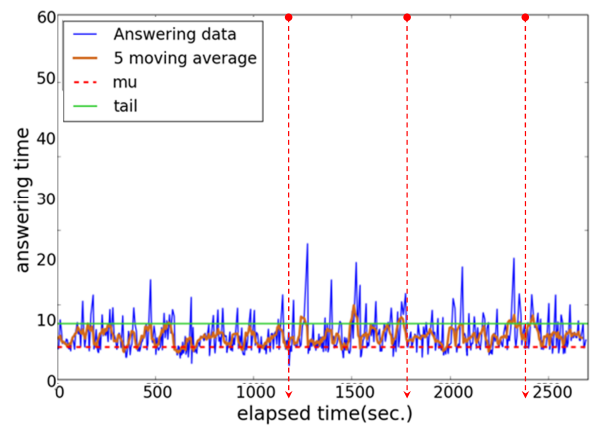


[2] 気流環境

図 5.23: 実験参加者 30 の SET3 の 1 問当たり解答時間遷移



[1] 標準環境



[2] 気流環境

図 5.24: 実験参加者 31 の SET1 の 1 問当たり解答時間遷移

(2) 伝票分類タスク開始後 20 分および後半 25 分の CTR の比較

表 5.5 に記載した実験参加者 5 名（計 8SET）の開始後 20 分間および開始後 25 分間の伝票分類タスクの 1 問当たり解答時間推移から集中時間比率 CTR を算出した。その結果を図 5.25～図 5.32 に示す。なお、図 5.25～図 5.32 に記載している 23 分半の CTR についてはリフレッシュ気流が送風される時間に休息を取っていたと仮定し、後半 25 分からリフレッシュ気流が曝露される時間（1 回につき 30 秒）を引いた時間の集中時間比率 CTR である。後半 25 分の集中時間比率 CTR について着目すると、図 5.29 の実験参加者 30 の SET1 以外は気流環境が標準環境と比較して集中時間比率 CTR が高くなるという結果であった。

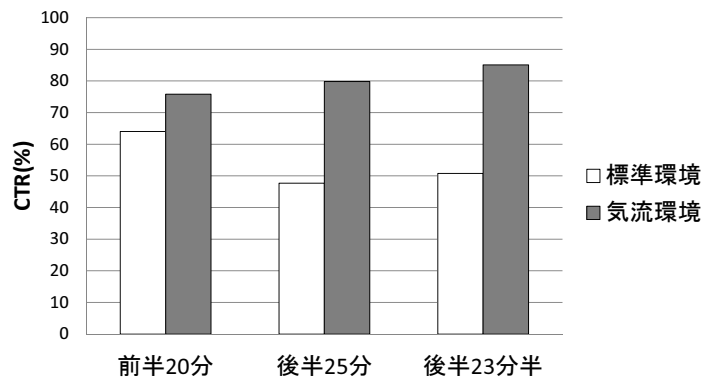


図 5.25: 実験参加者 5 の SET3 の 20 分間および 25 分間の CTR の比較

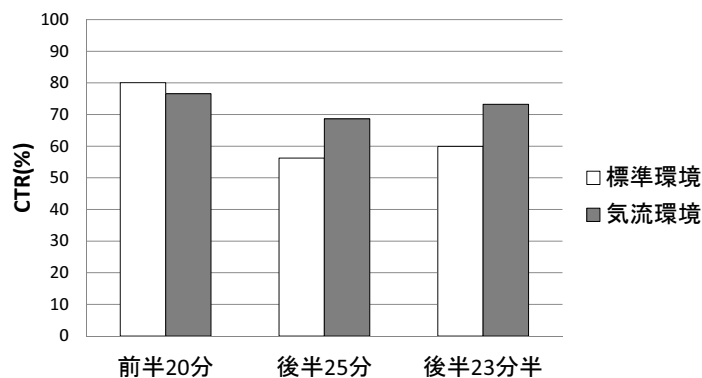


図 5.26: 実験参加者 9 の SET1 の 20 分間および 25 分間の CTR の比較

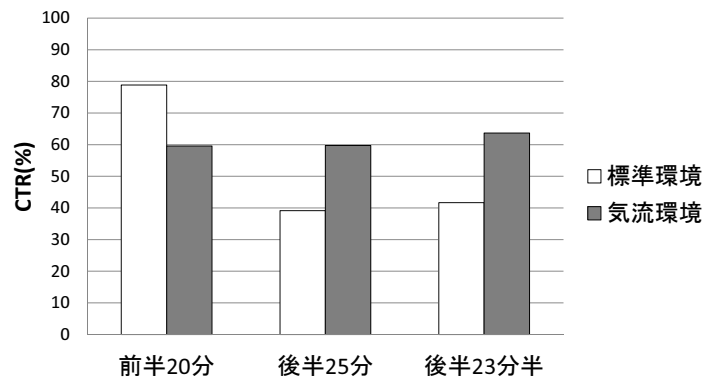


図 5.27: 実験参加者 9 の SET2 の 20 分間および 25 分間の CTR の比較

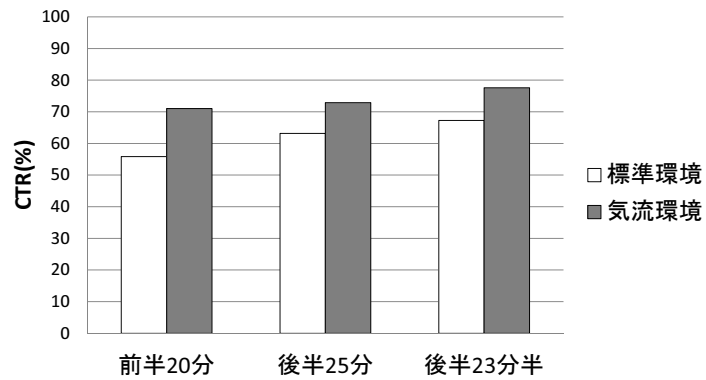


図 5.28: 実験参加者 17 の SET3 の 20 分間および 25 分間の CTR の比較

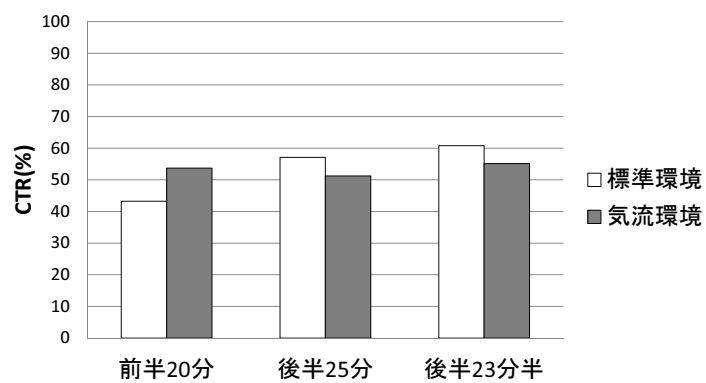


図 5.29: 実験参加者 30 の SET1 の 20 分間および 25 分間の CTR の比較

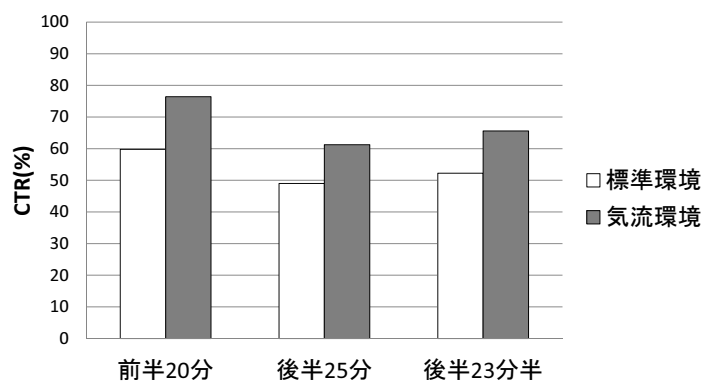


図 5.30: 実験参加者 30 の SET2 の 20 分間および 25 分間の CTR の比較

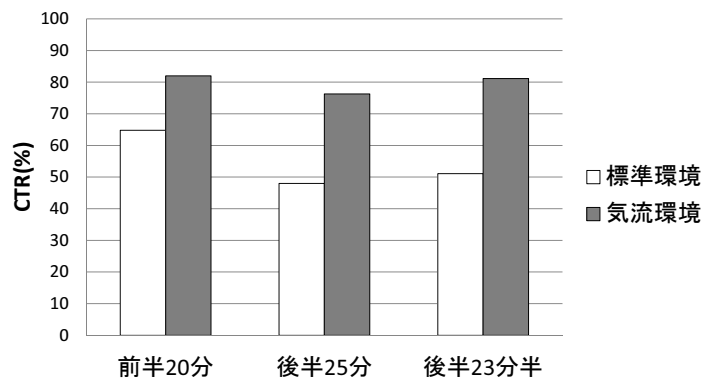


図 5.31: 実験参加者 30 の SET3 の 20 分間および 25 分間の CTR の比較

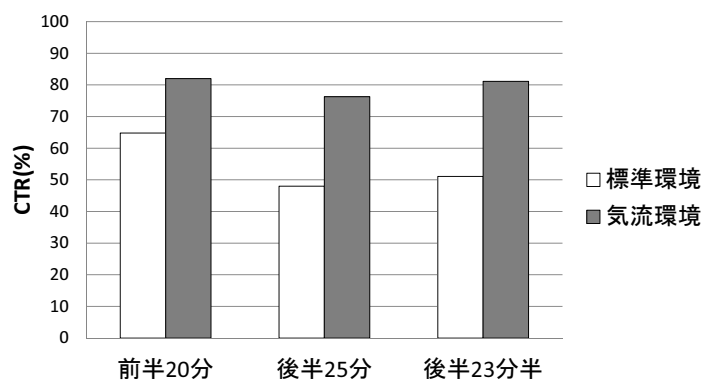


図 5.32: 実験参加者 31 の SET1 の 20 分間および 25 分間の CTR の比較

表 5.6: 各実験参加者の伝票分類タスク後半 25 分における tail 値以上の解答時間の回数

| 実験参加者 No. | SET | tail 値 [秒] | | tail 値以上の解答時間となる回数 | | 効果 |
|-----------|------|------------|------|--------------------|------|----|
| | | 標準環境 | 気流環境 | 標準環境 | 気流環境 | |
| 5 | SET3 | 6.3 | 6.3 | 88 | 91 | × |
| 9 | SET1 | 8.2 | 9.6 | 52 | 28 | ○ |
| 9 | SET2 | 9.8 | 9.4 | 46 | 32 | ○ |
| 17 | SET3 | 11.9 | 11.5 | 28 | 17 | ○ |
| 30 | SET1 | 12.1 | 11.2 | 19 | 23 | × |
| 30 | SET2 | 11.5 | 11.2 | 29 | 19 | ○ |
| 30 | SET3 | 11.2 | 11.2 | 28 | 21 | ○ |
| 31 | SET1 | 7.5 | 7.5 | 87 | 47 | ○ |

また、(1) の表 5.5 で示した実験参加者 5 名 (計 8SET) の伝票分類タスク 45 分のうち後半 25 分の 1 問当たりの解答時間データから長期休息状態が含まれるかどうかについての閾値となる時間の tail 値よりも長い解答時間の回数を表 5.6 に示す。なお、標準環境と比較して気流環境では tail 値以上の解答時間の回数が少なくなっている SET は○を、逆の場合は×で示している。特に、気流環境で実験参加者 9 の SET1、および実験参加者 31 の SET1 では tail 値以上の解答時間の回数が著しく減少している。

(3) リフレッシュ気流の効果が期待される実験参加者の CTR とフリッカー値、主観評価の関係

リフレッシュ気流の効果が期待される実験参加者とその SET で集中時間比率 CTR とフリッカー値および主観評価の関係について分析をする。式 5.2 で算出したフリッカー値、自覚症しらべ、MMS、環境評価アンケートの条件間差を選択した実験参加者とその SET について図 5.33～図 5.36 に示す。環境評価アンケートの内「風圧を感じる」、「空気が循環している」、「気流が快適」、「風圧による作業効率の向上」の気流に関する項目に対する条件間差を図 5.33 に、「集中しやすい」、「部屋全体が快適」、「目が覚める」、「部屋環境が好き」の部屋環境に関する項目に対する条件間差を図 5.34 に示す。また、自覚症しらべの「ねむけ感」、「不快感」、「だるさ感」、「ぼやけ感」に対する条件間差を図 5.35 に示す。そしてフリッカー値や MMS の「集中」、「倦怠」に対する条件間差を図 5.35 に示す。なお、図 5.33～図 5.36 の凡例に関して「実験参加者 No.-SET 名」で表記した。

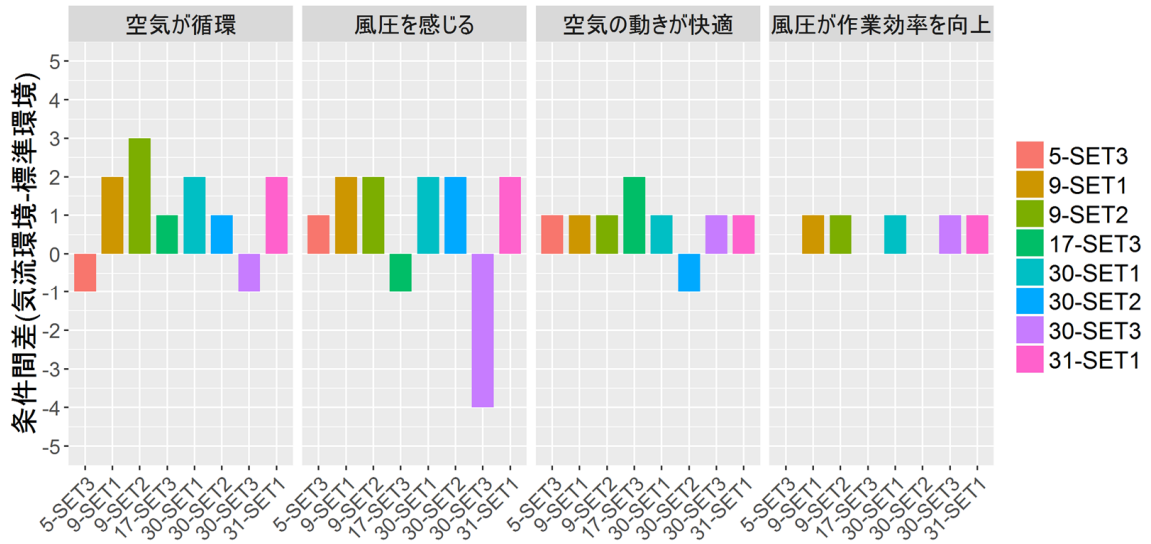


図 5.33: リフレッシュ気流の効果が期待される実験参加者の気流に関する主観評価結果

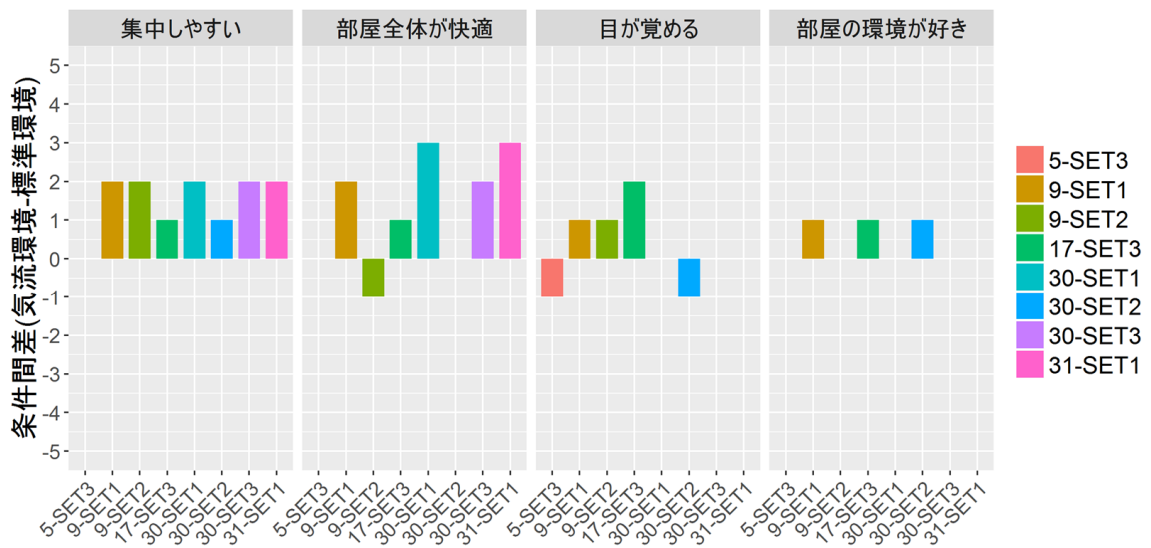


図 5.34: リフレッシュ気流の効果が期待される実験参加者の部屋環境に関する主観評価結果

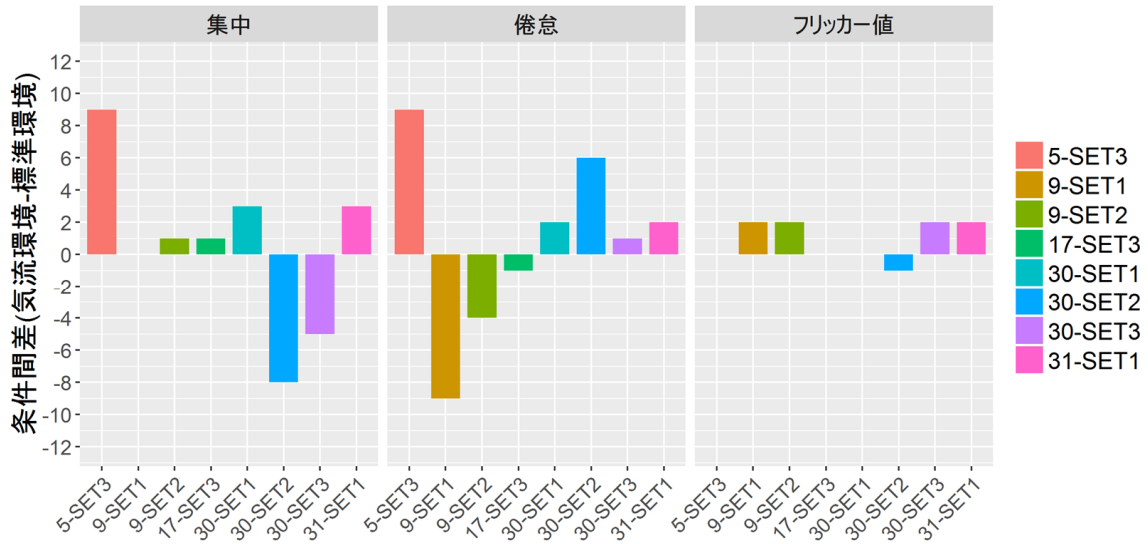


図 5.35: リフレッシュ気流の効果が期待される実験参加者の自覚症しらべの結果

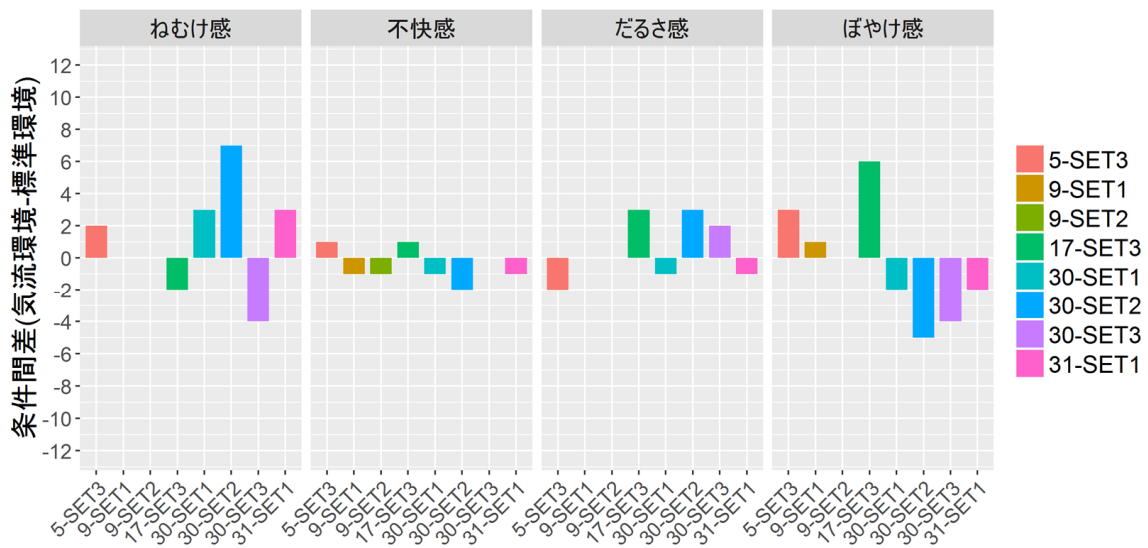


図 5.36: リフレッシュ気流の効果が期待される実験参加者のフリッカー値や MMS の結果

図 5.33～図 5.36 の結果より、リフレッシュ気流の効果が期待される実験参加者 5 名 (8SET) を環境評価アンケートの部屋環境の印象から以下の 2 通りに分類できる。

- (a) 実験参加者 9 の SET1、SET2、実験参加者 17 の SET3、実験参加者 30 の SET1、SET3、実験参加者 31 の SET1
- (b) 実験参加者 5 の SET3、実験参加者 30 の SET2

(a) に関しては気流と部屋全体への印象の関係性があり、「集中」、「倦怠」、「ねむけ感」等が向上・低下している傾向が見られる。実験参加者 31 の SET 1 を例にすると、実験参加者 31 は気流を感じたことで、部屋環境が快適と感じるようになり、集中が向上した。その結果、「集中」の向上、「だるさ感」等疲労の低下につながったと考えられる。また、インタビューで尋ねたリフレッシュ気流の印象については「普通に気持ちよかった。リラックス。リズム作りになった。モチベーション的に風があってよかった。」と答えていることから、リフレッシュ気流が部屋環境の快適性やモチベーションを向上させていると考えられる。以上より、リフレッシュ気流が部屋環境の印象を向上させ、集中度、疲労の低下等心理的要因に影響し、その結果、CTR の向上につながった可能性がある。

(b) に関しては、気流の印象については (a) とほぼ同様の傾向であるが、部屋全体の印象については実験参加者 5 の SET3 では「集中しやすい」と「部屋全体が快適」に条件間差がなく実験参加者 30 の SET2「部屋全体が快適」に条件間差がない。また、「目が覚める」に関しては条件間差が負、つまり、標準環境が気流環境よりも高いことを示している。一方、図 5.34 の結果から実験参加者 5 の SET3 では「集中」と「倦怠」がともに高く、実験参加者 30 の SET2 では「集中」が低下、「倦怠」が増加している。実験参加者 5 の SET3 では (a) の傾向と異なり、倦怠の低下が見られず、実験参加者 30 の SET2 では (a) の傾向と大きく異なる。よって、(b) に関しては (a) と異なり、気流と部屋全体への印象があまり関係がなく、倦怠感やモチベーション等、リフレッシュ気流の以外の要因に影響を受けた可能性が考えられる。

5.3.4 リフレッシュ気流による知的生産性の低下

前項ではリフレッシュ気流の効果が期待される実験参加者を選択し、リフレッシュ気流がCTR、疲労、集中、部屋環境等に与える影響について分析し、本項では、リフレッシュ気流が集中を阻害した可能性がある実験参加者について、分析する。

(1) リフレッシュ気流によって集中が阻害された実験参加者の選択

式 5.2 で算出した CTR(条件間差) より、気流環境の集中時間比率 CTR が標準環境と比較して低下した実験参加者とその SET を表 5.7 に示す。

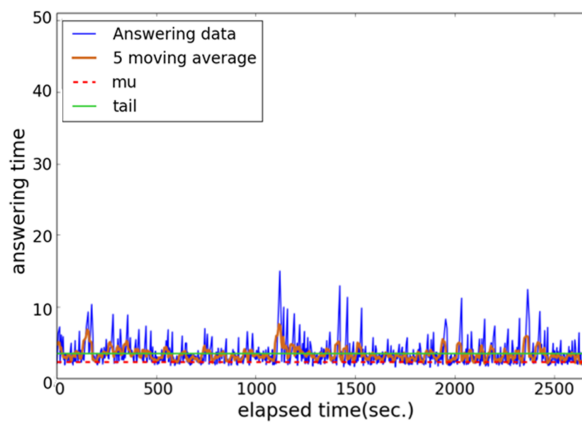
また、表 5.7 で挙げた実験参加者 5 名 (計 9SET) のうち、実験参加者 24 の SET2、お

表 5.7: リフレッシュ気流が集中を阻害した可能性がある実験参加者

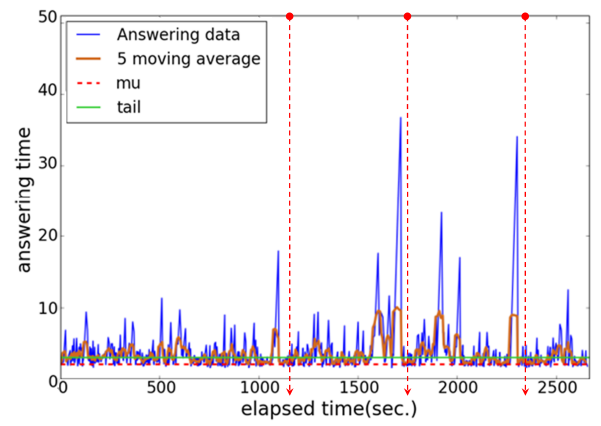
| 実験参加者 No. | SET | CTR(条件間差、% ポイント) |
|-----------|------|------------------|
| 13 | SET1 | -7.5 |
| 13 | SET2 | -6.4 |
| 13 | SET3 | -2.5 |
| 14 | SET1 | 0.1 |
| 14 | SET2 | -5 |
| 14 | SET3 | -2.8 |
| 19 | SET2 | -10.2 |
| 20 | SET2 | -13.2 |
| 24 | SET2 | -5.0 |

よび実験参加者 13 の SET2 の 45 分間における伝票分類タスクの 1 問当たり解答時間遷移を図 5.37～図 5.38 に示す。図 5.37 から実験参加者 13 の SET2 と図 5.38 から実験参加者 24 の SET2 に関して、気流環境において、リフレッシュ気流が曝露されるタイミング (開始後 20 分、30 分、40 分) で 1 問当たりの解答時間が 30 秒程度となっているから、リフレッシュ気流による休息を取っていることが確認できる。また、リフレッシュ気流が最初に送風される 20 分以降の後半 25 分の解答時間遷移を気流条件間で比較する。図 5.37 から実験参加者 13 の SET2 と図 5.38 から実験参加者 24 の SET2 では、長期休息状態を含む解答時間 (tail 値よりも長い解答時間) の割合は気流環境の方が標準環境と比較して増加している。また、インタビューの気流の印象では、「風が当たっているのを意識すると意図的に作業を止めてしまった」という意見も挙げられていた。上記より表 5.7 で挙げた実験参加者はリフレッシュ気流が曝露されて休息を取っ

たが、集中を阻害されてしまった可能性が考えられる。

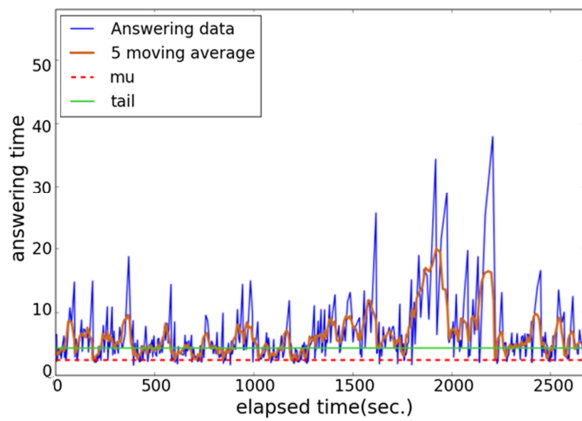


[1] 標準環境

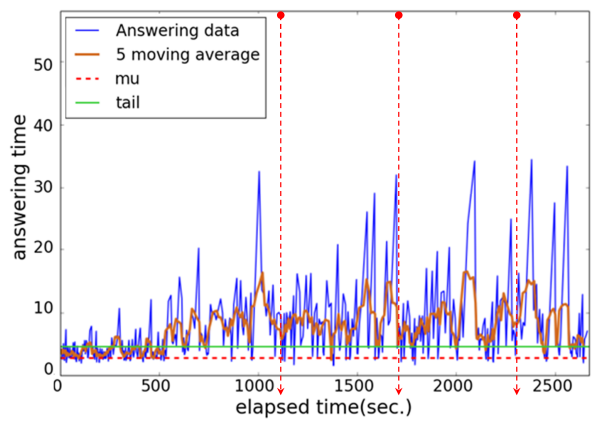


[2] 気流環境

図 5.37: 実験参加者 13 の SET2 の 1 問当たり解答時間遷移



[1] 標準環境



[2] 気流環境

図 5.38: 実験参加者 24 の SET2 の 1 問当たり解答時間遷移

(2) リフレッシュ気流によって集中が阻害された実験参加者の CTR とフリッカー値、主観評価の関係

リフレッシュ気流が集中を阻害した可能性がある実験参加者とその SET に関して、集中時間比率 CTR とフリッカー値および主観評価の関係について分析をする。式 5.2 で算出したフリッカー値、自覚症しらべ、MMS、環境評価アンケートの条件間差を選択した実験参加者とその SET について図 5.39～図 5.42 に示す。環境評価アンケートの内「風圧を感じる」、「空気が循環している」、「気流が快適」、「風圧による作業効率の向上」の気流に関する項目に対する条件間差を図 5.39 に、「集中しやすい」、「部屋全体が快適」、「目が覚める」、「部屋環境が好き」の部屋環境に関する項目に対する条件間差を図 5.40 に示す。また、自覚症しらべの「ねむけ感」、「不快感」、「だるさ感」、「ぼやけ感」に対する条件間差を図 5.41 に示す。そしてフリッカー値や MMS の「集中」、「倦怠」に対する条件間差を図 5.42 に示す。なお、図 5.39～図 5.42 の凡例に関して「実験参加者 No.-SET 名」で表記した。

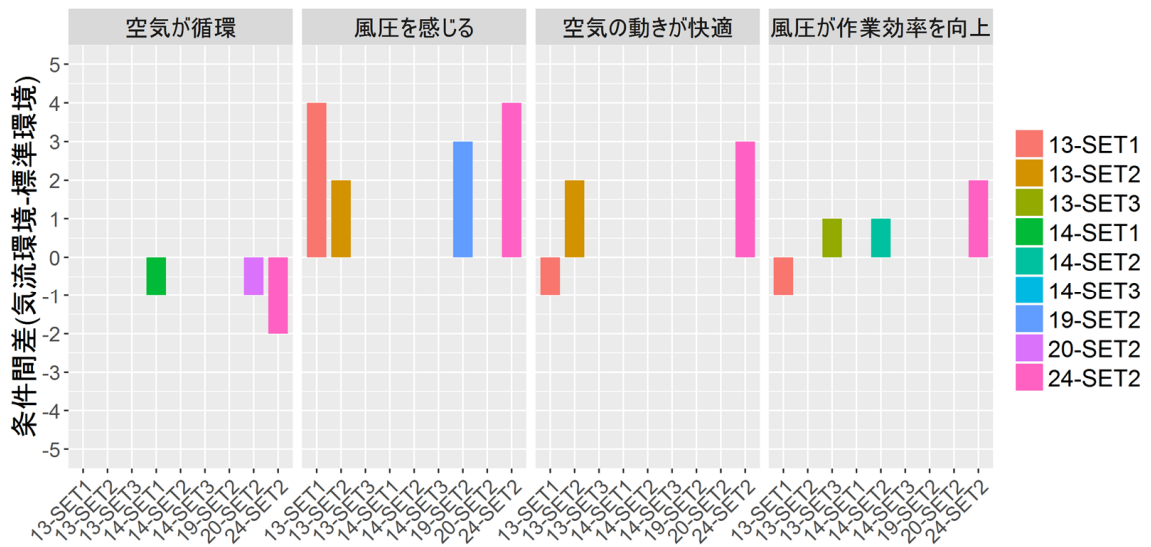


図 5.39: リフレッシュ気流によって集中が阻害された実験参加者の気流に関する主観評価結果

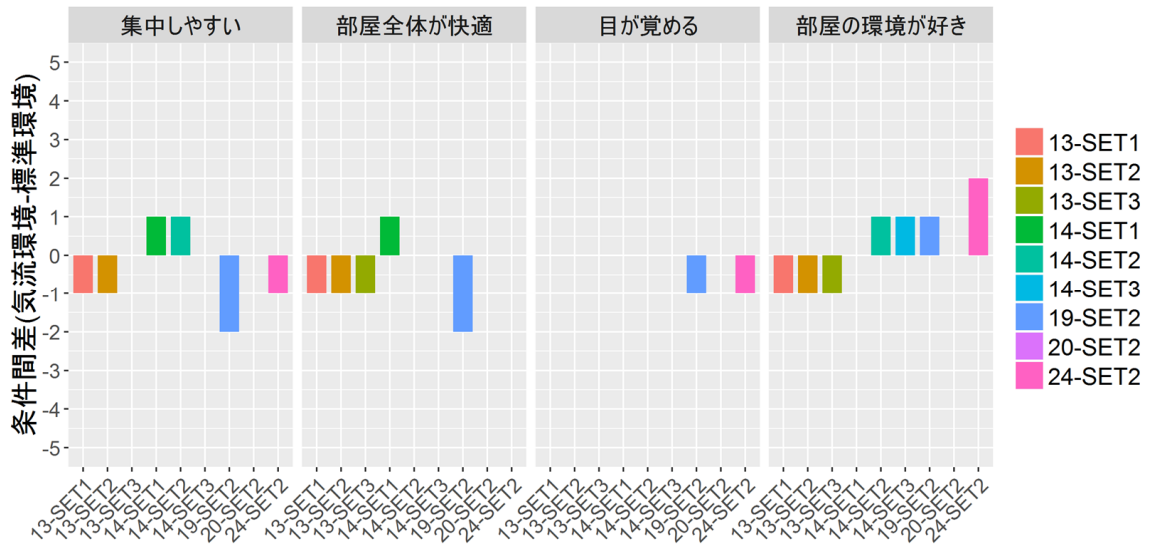


図 5.40: リフレッシュ気流によって集中が阻害された実験参加者の部屋環境に関する主観評価結果

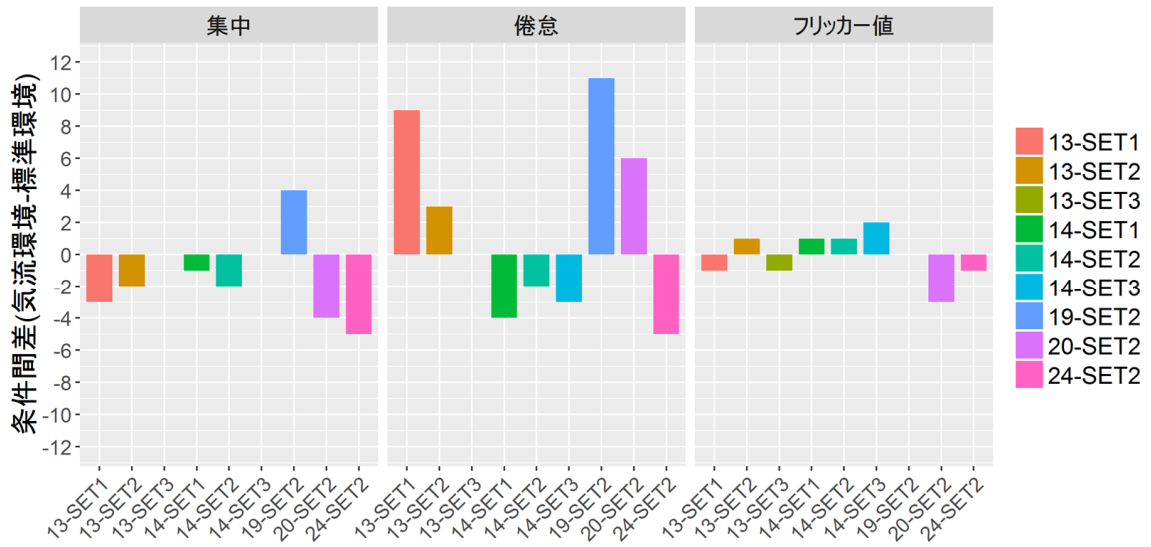


図 5.41: リフレッシュ気流によって集中が阻害された実験参加者の自覚症しらべの結果

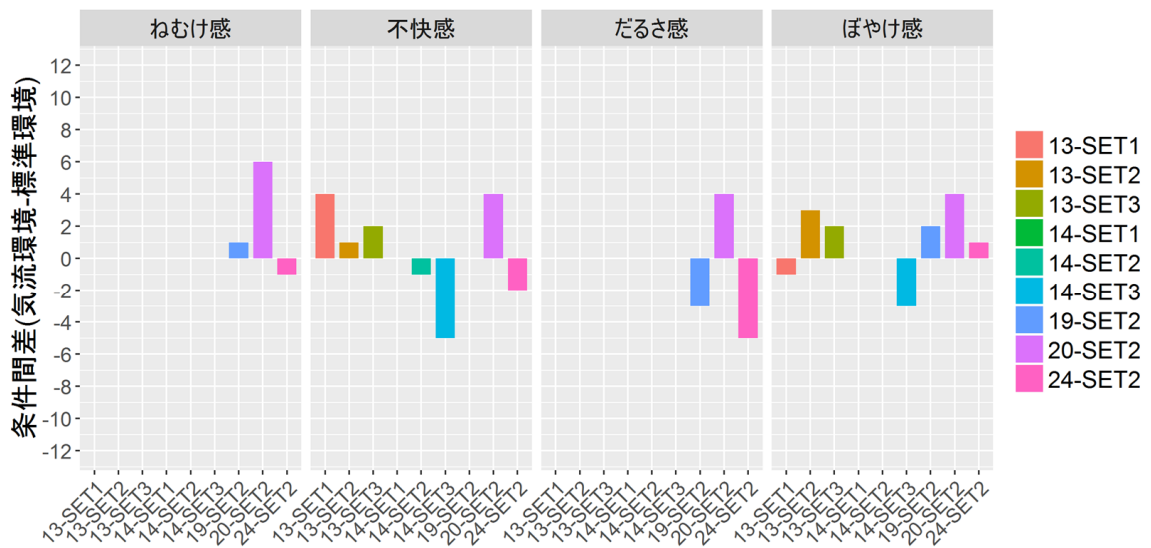


図 5.42: リフレッシュ気流によって集中が阻害された実験参加者のフリッカー値やMMSの結果

図 5.39～図 5.42 の結果より、リフレッシュ気流が集中を阻害した可能性がある実験参加者 5 名（計 9SET）を以下の 2 通りに分類できる。

- (c) 実験参加者 13 の SET1、SET2、SET3、実験参加者 19 の SET2、実験参加者 24 の SET2
- (d) 実験参加者 14 の SET1、SET2、SET3、実験参加者 20 の SET2

(c) に関しては気流に対する印象があり、部屋環境の不の印象に影響を与えていて、集中の低下または倦怠、ぼやけ感が増加している傾向が見られる。実験参加者 13 の SET 1 を例にすると、実験参加者 13 は風圧を感じ、気流に関して快適だと感じている。また、部屋環境に関しては気流環境下では「集中しにくい」かつ「部屋環境が不快」だと感じている。その結果、「集中」の低下、「だるさ感」等疲労の増加につながったと考えられる。また、インタビューのリフレッシュ気流の印象については「気持ちよかったが、風が当たっているのを意識すると意図的に作業を止めてしまった。」と答えていることから、リフレッシュ気流は快適だったが、リフレッシュ気流を意識してしまって集中しにくい部屋環境であったと考えられる。以上より、リフレッシュ気流が部屋環境の印象を低下させ、集中の低下、疲労の向上等心理的要因に影響し、その結果、CTR の低下につながった可能性がある。

(4) に関しては実験参加者 14、実験参加者 20 は「風圧を感じる」、「空気の動きが快適」の条件間差がないため、気流に対する印象はほとんどないと考えられる。実験参加者 14 は SET3 にて「集中しやすい」、「部屋全体が快適」、「目が覚める」等部屋環境に関する項目に条件間差がないため、実験参加者 14 は部屋環境の印象はほとんどないと考えられる。また、実験参加者 20 も同様に条件間差がないため部屋環境の印象もほとんどないと考えられる。そして、実験参加者 14 は「集中」の低下、実験参加者 20 は「倦怠」、「ねむけ感」、「だるさ感」が増加しているが気流に対する印象がなく、部屋全体の印象もないため、集中、疲労はリフレッシュ気流および部屋環境の影響を受けず、集中の低下や疲労の蓄積等によって CTR が低下した可能性が考えられる。

第 6 章 結論

本研究では、比較的室内温度が低く、風に当たることが好ましくない冬季において、知的生産性の維持・向上に寄与する気流環境を検討し、評価実験を行った。

第 3 章では、島村ら^[8]が提案した弱気流・強気流を組み合わせた集中度向上気流を冬季に適用するに当たって、変更点を記した。さらに集中度向上気流が冬季において知的生産性に与える影響を評価するために実施した評価実験について述べた。集中時間比率 CTR を用いて集中度向上気流による知的生産性の向上を評価したところ、気流が送風されない標準環境と比較して、集中時間比率 CTR の値が 1.0% ポイント向上したが夏期とは異なり有意差は確認できなかった。

第 4 章では、集中度向上気流のうち強気流が知的生産性および、覚醒度に与える影響を検証するために実施した評価実験について記した。その結果から強気流による覚醒度の向上、および知的生産性の向上効果は確認できなかった。そこで、自然な風に近い周波数特性を持つゆらぎ気流の快適性および、作業におけるこまめな休息の必要性を述べた。最後に提案するリフレッシュ気流の概要および、期待する効果について述べた。

第 5 章では、第 4 章で提案したリフレッシュ気流が冬季において知的生産性に与える影響を評価するために実施した評価実験について述べた。評価実験の結果から知的生産性の向上に関して、提案するリフレッシュ気流の有効性は確認できなかった。そこで、実験参加者ごとに集中時間比率 CTR が変化した要因を作業状況および、主観評価の結果と併せて分析し、考察した。

実験結果から集中時間比率 CTR が向上した実験参加者はリフレッシュ気流を送風することによって、長期休息状態を含んだ長い解答時間の回数が減少し、集中度が向上することが確認できた。また、リフレッシュ気流に対して好印象である場合、快適性や集中のしやすさ等部屋環境に対する印象を向上させ、その結果、疲労感が低下し、集中が向上する傾向にあるということが確認できた。

一方、集中時間比率 CTR が低下した実験参加者のうち、解答ペースが一定でなく、長期休息状態を含んだ長い解答時間が多い実験参加者はリフレッシュ気流が曝露され、休息しても、長期休息状態を含む長い解答時間の回数は低下せず、集中度が向上しないことが確認された。その要因としてリフレッシュ気流に対して不快感があり、その

結果、疲労感の増加や集中が低下する傾向にあるということが確認できた。

本研究では気流と休息の両方に着目し、休息を促すリフレッシュ気流を提案したが、長期休息状態を含む長い解答時間の減少は気流と休息のどちらによるのかを切り分けることが困難である。気流のみが知的生産性に与える影響を調査する必要がある場合、通常の意図的な休息とリフレッシュ気流による休息とを比較すること等、さらなる検証が必要になる。

また、本研究ではリフレッシュ気流を送風している間は積極的に休むように教示しており、実験参加者は10分間隔で休息をとっていた。近年、オフィス執務者の作業時間、休息に対する裁量権に注目が集まり、適切な休息を自らの裁量でとることは、疲労の低減に繋がる等、健康面に有効であると考えられている。例えば、劉らは、自らの裁量で作業時間内に休息をとることで、作業負担を軽減できると述べている^[44]。実際のオフィス環境で提案するリフレッシュ気流を適用する場合、執務者ごとに作業内容が異なり、それに伴う集中や疲労も個人差が大きいため、執務者の自らの裁量でリフレッシュ気流を送風し、休息をとることができるよう、気流を送風するタイミングの調整が必要になる。

実際のオフィスでは、温熱環境や照明環境等が適切に制御できないオフィスもあり、温度分布が不均一であるため、不快感を感じている執務者も多い。今後、リフレッシュ気流を実用化するにあたり、上記のタイミングを適切に調整する手法の開発やリフレッシュ気流を実際のオフィス環境で実証し、研究をさらに発展させていく必要がある。

謝 辞

本研究を進めるにあたって、何度も貴重な意見を頂き、研究や論文執筆、就職活動等、数々のご指導いただきました下田宏教授に深く感謝の意を申し上げます。研究や論文執筆に関する指導のみならず、研究室での生活に関わる多くのことを教えていただきました石井裕剛助教授にも深く感謝の意を申し上げます。

本研究を進めるにあたって、実験の実施から分析に至るまで多くのご指導・ご助力を頂いたパナソニック株式会社の大林史明様とパナソニックエコシステムズ株式会社の谷口和宏様に深く感謝の意を申し上げます。

実験の実施のサポートや論文執筆に関して、何回も論文をチェックしていただき、多くの指摘をしていただいた修士1回生の下中尚忠君、杉田耕介君に心より感謝いたします。

そして、研究への助言、気分転換に雑談し、仲良くして頂いた研究室の皆様に深く感謝いたします。

研究室生活を送るにあたり、日頃からお世話をして頂いた普照郁美さんに心より感謝致します。

最後に、様々なご支援頂いた全ての方々に、深く感謝の意を申し上げます。

参考文献

- [1] 経済産業省資源エネルギー庁: エネルギー白書 2015. http://www.enecho.meti.go.jp/about/whitepaper/2015pdf/whitepaper2015pdf_2_2.pdf (2015). Accessed December 12,2015.
- [2] 多和田, 伊香賀, 村上, 内田, 上田: オフィスの温熱環境が作業効率及び電力消費量に与える総合的な影響. 日本建築学会環境系論文集, **75(648)**, pp. 213–219 (2010).
- [3] 知的生産性研究委員会: 平成 23 年度知的生産性研究委員会報告書～知的生産性に優れた空間の設計と評価～. http://www.mlit.go.jp/jutakukentiku/house/torikumi/chiteki/H23/120315_shiryuu_8_1.pdf (2012).
- [4] 松尾, 村山, 栃原: 上下温度差が温熱快適性および知的生産性に及ぼす影響. 日本生気象学会雑誌, **43(2)**, pp. 79–89 (2006).
- [5] 須藤, 村上, 加藤, 宋, 近本: 人間の熱的適応性を考慮したパーソナル空調システムに関する研究: 第 1 報-従来型パーソナル空調システムの被験者実験による評価. 空気調和・衛生工学会論文集, (**95**), pp. 53–61 (2004).
- [6] O. Seppanen, W.J. Fisk, Q. Lei: Effect of temperature on task performance in office environment. Lawrence Berkeley National Laboratory (2006).
- [7] H. Tsutsumi, S. Tanabe, J. Harigaya, Y. Iguchi, G. Nakamura: Effect of humidity on human comfort and productivity after step changes from warm and humid environment. *Building and Environment*, **42(12)**, pp. 4034–4042 (2007).
- [8] S. Shimonaka, Y. Shimamura, M. Furuta, K. Miyagi, H. Ishii, H. Shimoda, K. Taniguchi, F. Obayashi: Objective and Quantitative Evaluation of Intellectual Productivity under Control of Room Airflow. *International Symposium on Socially and Technically Symbiotic Systems (STSS)*, pp. 121–128 (2015).
- [9] Y. Zhai, H. Zhang, Y. Zhang, W. Pasut, E. Arens, Q. Meng: Comfort under personally controlled air movement in warm and humid environments. *Building and Environment*, **65**, pp. 109–117 (2013).

- [10] 秋元, 松田, 西原, 田辺: 個人制御による非等温タスク空調が熱的快適性・知的生産性に与える影響. 日本建築学会環境系論文集, **(582)**, pp. 75–82 (2004).
- [11] 家崎, 高橋, 崇島, 松田, 横田, 李, 秋元, 田辺: 41551 タスク・アンビエント空調システムに関する研究 (その 17): 個人制御による非等温気流タスク空調を用いた冬季被験者実験 (タスク・アンビエント空調 (2), 環境工学 II). 学術講演梗概集. D-2, 環境工学 II, 熱, 湿気, 温熱感, 自然エネルギー, 気流・換気・排煙, 数値流体, 空気清浄, 暖冷房・空調, 熱源設備, 設備応用, **2003**, pp. 1123–1124 (2003).
- [12] 厚生労働省: 新しい「VDT作業における労働衛生管理のためのガイドライン」の策定について. <http://www.mhlw.go.jp/houdou/2002/04/h0405-4.html> (2002). Accessed December 12, 2015.
- [13] R. Balci, F. Aghazadeh: The effect of work-rest schedules and type of task on the discomfort and performance of VDT users. *Ergonomics*, **46(5)**, pp. 455–465 (2003).
- [14] 中島: 日本経済の生産性分析 - データによる実証的接近. 日本経済新聞社 (2001).
- [15] N. Sensharma, J. Woods: An Extension of a Rational Model for Evaluation of Human Responses, Occupant Performance, and Productivity, *Healthy Building 2000*. In Workshop, volume 9 (2000).
- [16] 村上ら: 教室の環境と学習効率. 建築資料研究社 (2007).
- [17] W. Cui, G. Cao, J. H. Park, Q. Ouyang, Y. Zhu: Influence of indoor air temperature on human thermal comfort, motivation and performance. *Building and Environment*, **68**, pp. 114–122 (2013).
- [18] S. Tanabe, N. Nishihara: Productivity and fatigue. *Indoor Air*, **14(s7)**, pp. 126–133 (2004).
- [19] 大石: 知的生産性評価のための客観的集中指標の開発. Master's thesis, 平成 24 年度エネルギー科学研究科修士論文, 京都大学, (2013).
- [20] 下田, 宮城, 金川, 島村, 石井, 内山, 大林: 40012 集中評価指標を用いた集中度向上照明の知的生産性評価: 1. 客観的・定量的な集中評価指標の提案 (知的生産性 (1),

環境工学 I, 2014 年度日本建築学会大会 (近畿) 学術講演会・建築デザイン発表会).
学術講演梗概集, **2014**, pp. 23–24 (2014).

- [21] 沼中, 高橋, 天野, 加藤, 高橋, 菊池: 知的生産性向上を目指した執務空間における
コミュニケーションおよび環境要素に関する実態調査. 日本建築学会環境系論文
集, **80(713)**, pp. 609–619 (2015).
- [22] 西川, 西原, 田辺: 中程度の高温環境下の長時間作業が作業効率と疲労に与える影
響に関する被験者実験. 日本建築学会環境系論文集, **74(638)**, pp. 525–530 (2009).
- [23] 唐木, 松橋, 栃原, 橋口, 松尾: F-36 室内の上下温度差が人間の生理・心理反応およ
び作業能に及ぼす影響 (その 1). 学術講演会論文集, **19(2)**, pp. 1275–1278 (2007).
- [24] 山岸, 堀越, 石井: 上下気温分布が人体の皮膚温および温冷感に与える影響につい
て. 人間と生活環境, **5(1)**, pp. 23–34 (1997).
- [25] K.W. Tham, H.C. Willem: Room air temperature affects occupants' physiology,
perceptions and mental alertness. *Building and Environment*, **45(1)**, pp. 40–44
(2010).
- [26] L. Lan, Zhiwei Lian, L. Pan: The effects of air temperature on office workers'
well-being, workload and productivity-evaluated with subjective ratings. *Applied
ergonomics*, **42(1)**, pp. 29–36 (2010).
- [27] 高田: 乾燥感と室内温熱環境条件に関する基礎的研究. 日本建築学会環境系論文集,
78(693), pp. 835–840 (2013).
- [28] X. Zhou, Q. Ouyang, G. Lin, Y. Zhu: Impact of dynamic airflow on human thermal
response. *Indoor air*, **16(5)**, pp. 348–355 (2006).
- [29] W. Cui, G. Cao, Q. Ouyang, Y. Zhu: Influence of dynamic environment with
different airflows on human performance. *Building and Environment*, **62**, pp.
124–132 (2013).
- [30] 宮城, 内山, 大林: 知的生産性評価のための集中指標の提案 (特集論文ヒューマン
センシングとその応用). *ヒューマンインタフェース学会論文誌 The transactions
of Human Interface Society*, **16(1)**, pp. 19–28 (2014).

- [31] 宮城, 金川, 島村, 石井, 下田, 内山, 大林: 40013 集中評価指標を用いた集中度向上照明の知的生産性評価: 2. 集中の計測・解析ツールの開発 (知的生産性 (1), 環境工学 I, 2014 年度日本建築学会大会 (近畿) 学術講演会・建築デザイン発表会). 学術講演梗概集, **2014**, pp. 25–26 (2014).
- [32] 田辺: 住宅における温熱快適性の評価 (「健康住宅・快適住宅・省エネ住宅」). 住宅総合研究財団研究年報, pp. 19–32 (1996).
- [33] 西村, 森本: 精神疲労推定のための CFF の測定方法と条件の検討 VDT 作業による疲労を対象として. 人間工学, **22(4)**, pp. 203–210 (1986).
- [34] 橋本: Flicker 値の生理学的意味と測定上の諸問題: Flicker Test の理論と実際. 産業医学, **5(9)**, pp. 563–578 (1963).
- [35] 日本産業衛生学会・産業疲労研究会編集委員会 (編) 産業疲労ハンドブック. 労働基準調査会 (1988).
- [36] 田中, 中田, 山崎, 高田, 宮田: 某企業従業員における Type A の分布-K G 式日常生活質問紙による TypeA 判別-. タイプA, **3**, pp. 68–73 (1992).
- [37] 日本産業衛生学会・産業疲労研究会編集委員会 (編) 産業疲労ハンドブック. 労働基準調査会 (1988).
- [38] 石原, 宮下, 犬上, 福田, 山崎, 宮田: 日本語版朝型-夜型 (Morningness-Eveningness) 質問紙による調査結果. 心理学研究, **57(2)**, pp. 87–91 (1986).
- [39] M. Friedman, R.H. Rosenman: Association of specific overt behavior pattern with blood and cardiovascular findings: blood cholesterol level, blood clotting time, incidence of arcus senilis, and clinical coronary artery disease. Journal of the American Medical Association, **169(12)**, pp. 1286–1296 (1959).
- [40] 廣瀬, 長坂: 休憩時の覚醒度変化がその後の作業成績に及ぼす影響. 人間工学, **38(1)**, pp. 32–43 (2002).
- [41] 甲田, 永田, 小木曾, 中野, 山中: 心拍リズムで駆動する扇風機の特異性. 日本音響学会誌, **50(10)**, pp. 836–841 (1994).

- [42] 住谷, 安久: 風向および風速にゆらぎ制御を行った風の快適性評価について. 電子情報通信学会論文誌. D-II, 情報・システム, II-情報処理, **80(7)**, pp. 1994–2001 (1997).
- [43] 寺崎, 岸本, 古賀: 多面的感情状態尺度の作成. 心理学研究, **62(6)**, pp. 350–356 (1992).
- [44] 劉, 東郷, 高橋: 精神作業中の休息の裁量権に関する実験的研究 (勤務時間制の多様化等の健康影響に関する研究). 労働安全衛生総合研究所特別研究報告, (**43**), pp. 115–119 (2013).

付録 A 冬季における集中度向上気流評価実験の 実験結果

A.1 計測対象とした実験参加者の集中時間比率 CTR

本文中の第3章では、集中時間比率 CTR を計測対象の実験参加者 ($N = 16$) で平均した結果、および各 SET ごとの集中時間比率 CTR を平均したものを記した。以下に全実験参加者の集中時間比率 CTR の値を SET ごとに記す。

表 A.1: グループ 1~4 の実験参加者の CTR(%)

| グループ | 実験参加者 No. | SET | 標準環境 (%) | 気流環境 (%) |
|--------|-----------|------|----------|----------|
| グループ 1 | 1 | SET1 | - | - |
| | 1 | SET2 | - | - |
| | 1 | SET3 | - | - |
| | 2 | SET1 | 55.5 | 44.0 |
| | 2 | SET2 | 51.7 | 50.4 |
| | 2 | SET3 | 55.7 | 46.4 |
| | 3 | SET1 | 81.9 | 87.3 |
| | 3 | SET2 | 79.4 | 84.5 |
| | 3 | SET3 | 80.2 | 81.7 |
| | 4 | SET1 | 59.4 | 75.8 |
| | 4 | SET2 | 55.9 | 65.2 |
| | 4 | SET3 | 46.6 | 74.0 |
| グループ 2 | 5 | SET1 | 53.6 | 58.7 |
| | 5 | SET2 | 53.6 | 58.6 |
| | 5 | SET3 | 64.4 | 57.8 |
| | 6 | SET1 | - | - |
| | 6 | SET2 | - | - |
| | 6 | SET3 | - | - |
| | 7 | SET1 | 63.2 | 66.7 |
| | 7 | SET2 | 48.8 | 63.5 |
| | 7 | SET3 | 64.8 | 67.2 |
| | 8 | SET1 | 75.1 | 72.8 |
| | 8 | SET2 | 70.1 | 67.4 |
| | 8 | SET3 | 80.5 | 83.0 |
| グループ 3 | 9 | SET1 | - | - |
| | 9 | SET2 | - | - |
| | 9 | SET3 | - | - |
| | 10 | SET1 | 82.3 | 76.0 |
| | 10 | SET2 | 67.5 | 69.5 |
| | 10 | SET3 | 89.6 | 79.6 |
| | 11 | SET1 | - | - |
| | 11 | SET2 | - | - |
| | 11 | SET3 | - | - |
| | 12 | SET1 | - | - |
| | 12 | SET2 | - | - |
| | 12 | SET3 | - | - |
| グループ 4 | 13 | SET1 | 77.7 | 83.1 |
| | 13 | SET2 | 83.6 | 85.4 |
| | 13 | SET3 | 75.7 | 84.1 |
| | 14 | SET1 | - | - |
| | 14 | SET2 | - | - |
| | 14 | SET3 | - | - |
| | 15 | SET1 | 46.6 | 41.5 |
| | 15 | SET2 | 56.4 | 51.5 |
| | 15 | SET3 | 52.4 | 39.7 |
| | 16 | SET1 | - | - |
| | 16 | SET2 | - | - |
| | 16 | SET3 | - | - |

表 A.2: グループ 5~7 の実験参加者の CTR(%)

| グループ | 実験参加者 No. | SET | 標準環境 (%) | 気流環境 (%) |
|--------|-----------|------|----------|----------|
| グループ 5 | 17 | SET1 | 67.7 | 72.0 |
| | 17 | SET2 | 65.5 | 69.5 |
| | 17 | SET3 | 55.1 | 72.3 |
| | 18 | SET1 | 32.9 | 29.4 |
| | 18 | SET2 | 33.4 | 48.3 |
| | 18 | SET3 | 40.5 | 57.7 |
| | 19 | SET1 | - | - |
| | 19 | SET2 | - | - |
| | 19 | SET3 | - | - |
| | 20 | SET1 | 45.9 | 41.3 |
| | 20 | SET2 | 41.5 | 52.0 |
| | 20 | SET3 | 55.0 | 48.4 |
| グループ 6 | 21 | SET1 | - | - |
| | 21 | SET2 | - | - |
| | 21 | SET3 | - | - |
| | 22 | SET1 | 72.8 | 69.5 |
| | 22 | SET2 | 73.9 | 62.9 |
| | 22 | SET3 | 84.0 | 65.8 |
| | 23 | SET1 | - | - |
| | 23 | SET2 | - | - |
| | 23 | SET3 | - | - |
| | 24 | SET1 | 81.6 | 65.0 |
| | 24 | SET2 | 95.0 | 83.7 |
| | 24 | SET3 | 94.4 | 92.0 |
| グループ 7 | 25 | SET1 | 78.7 | 84.5 |
| | 25 | SET2 | 79.3 | 89.5 |
| | 25 | SET3 | 87.6 | 84.7 |
| | 26 | SET1 | - | - |
| | 26 | SET2 | - | - |
| | 26 | SET3 | - | - |
| | 27 | SET1 | 42.9 | 39.5 |
| | 27 | SET2 | 71.2 | 66.7 |
| | 27 | SET3 | 83.5 | 92.9 |
| | 28 | SET1 | - | - |
| | 28 | SET2 | - | - |
| | 28 | SET3 | - | - |

A.2 個人特性の実験結果

本文中の第3章で記載したKG式日常生活質問紙、STAI、朝型夜型診断の結果について以下に示す。

表 A.3: KG 式日常生活質問紙による実験参加者のタイプ

| 実験参加者 No | 結果 | Type |
|----------|----|------|
| 1 | 38 | B |
| 2 | 52 | A |
| 3 | 36 | B |
| 4 | 53 | A |
| 5 | 36 | B |
| 6 | 40 | B |
| 7 | 38 | B |
| 8 | 50 | A |
| 9 | 22 | B |
| 10 | 30 | B |
| 11 | 31 | B |
| 12 | 55 | A |
| 13 | 32 | B |
| 14 | 38 | B |
| 15 | 36 | B |
| 16 | - | - |
| 17 | 45 | A |
| 18 | 42 | A |
| 19 | 24 | B |
| 20 | 56 | A |
| 21 | 45 | A |
| 22 | 48 | A |
| 23 | 58 | A |
| 24 | 49 | A |
| 25 | 26 | B |
| 26 | 26 | B |
| 27 | 56 | A |
| 28 | 24 | B |

表 A.4: STAI(状態不安・特性不安)のスコア

| 実験参加者 No | 状態不安検査 | 特性不安検査 |
|----------|--------|--------|
| 1 | 46 | 46 |
| 2 | 42 | 42 |
| 3 | 47 | 52 |
| 4 | 39 | 60 |
| 5 | 49 | 52 |
| 6 | 37 | 47 |
| 7 | 34 | 53 |
| 8 | 56 | 55 |
| 9 | - | - |
| 10 | - | - |
| 11 | 48 | 48 |
| 12 | - | - |
| 13 | 30 | 45 |
| 14 | 41 | 46 |
| 15 | 45 | 52 |
| 16 | - | - |
| 17 | 36 | 47 |
| 18 | 46 | 52 |
| 19 | 45 | 52 |
| 20 | 34 | 51 |
| 21 | 37 | 41 |
| 22 | 55 | 44 |
| 23 | 38 | 52 |
| 24 | 38 | 46 |
| 25 | 34 | 58 |
| 26 | 48 | 67 |
| 27 | 40 | 47 |
| 28 | 40 | 51 |

表 A.5: 朝型夜型診断の朝型度のスコアと実験参加者のタイプ

| 実験参加者 No | 朝型度のスコア | タイプ |
|----------|---------|-----|
| 1 | 56 | 中間型 |
| 2 | 38 | 夜型 |
| 3 | 47 | 中間型 |
| 4 | 42 | 中間型 |
| 5 | 43 | 中間型 |
| 6 | 53 | 中間型 |
| 7 | 61 | 朝型 |
| 8 | 47 | 中間型 |
| 9 | 45 | 中間型 |
| 10 | 57 | 中間型 |
| 11 | 51 | 中間型 |
| 12 | 51 | 中間型 |
| 13 | 45 | 中間型 |
| 14 | 53 | 中間型 |
| 15 | 57 | 中間型 |
| 16 | - | - |
| 17 | 54 | 中間型 |
| 18 | 44 | 中間型 |
| 19 | 40 | 夜型 |
| 20 | 48 | 中間型 |
| 21 | 58 | 中間型 |
| 22 | 47 | 中間型 |
| 23 | 53 | 中間型 |
| 24 | 38 | 夜型 |
| 25 | 46 | 中間型 |
| 26 | 48 | 中間型 |
| 27 | 39 | 夜型 |
| 28 | 47 | 中間型 |

A.3 室内環境に対する主観評価の実験結果

以下に、冬季における集中度向上気流評価実験の室内環境に対する環境評価アンケートの結果を示す。

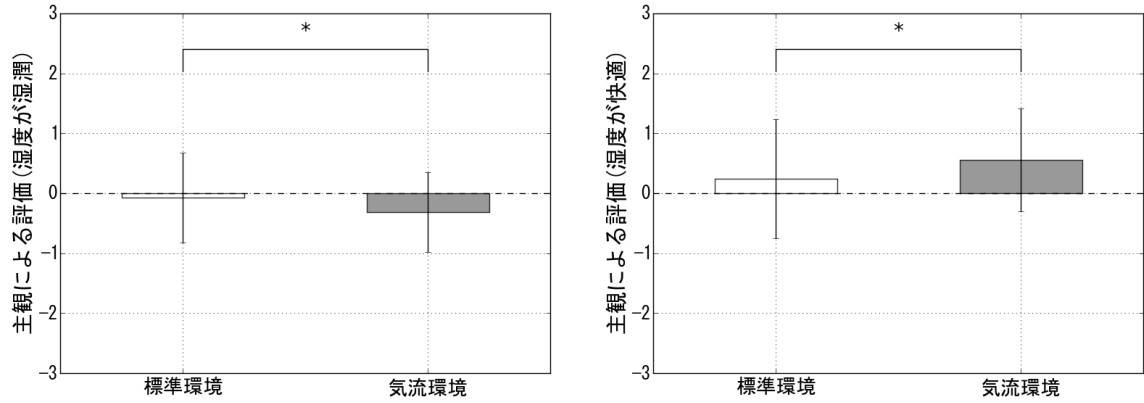


図 A.1: 主観による評価 (湿度が湿潤・湿度が快適) (*: $p < 0.05$)

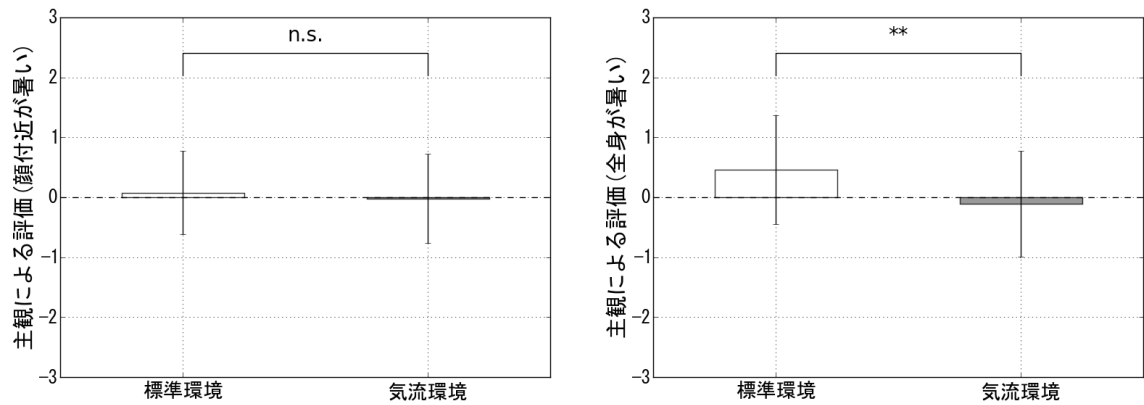


図 A.2: 主観による評価 (顔付近が暑い・全身が暑い) (**: $p < 0.01$, n.s.:not significant)

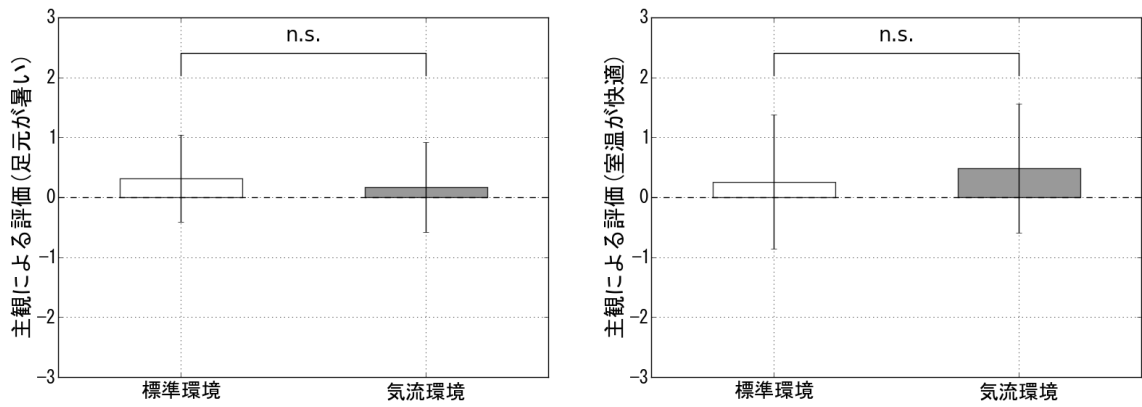


図 A.3: 主観による評価 (足元が暑い・室温が快適) (n.s.:not significant)

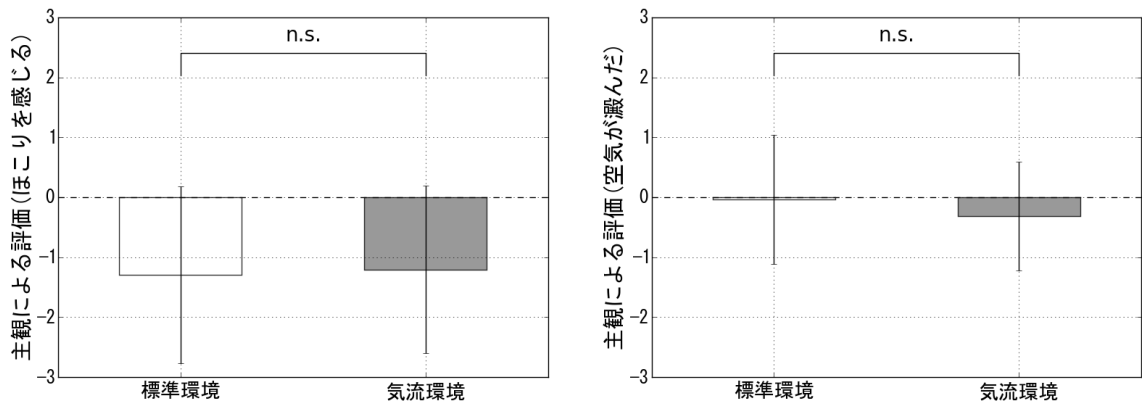


図 A.4: 主観による評価 (ほこりを感じる・空気が澱んだ) (n.s.:not significant)

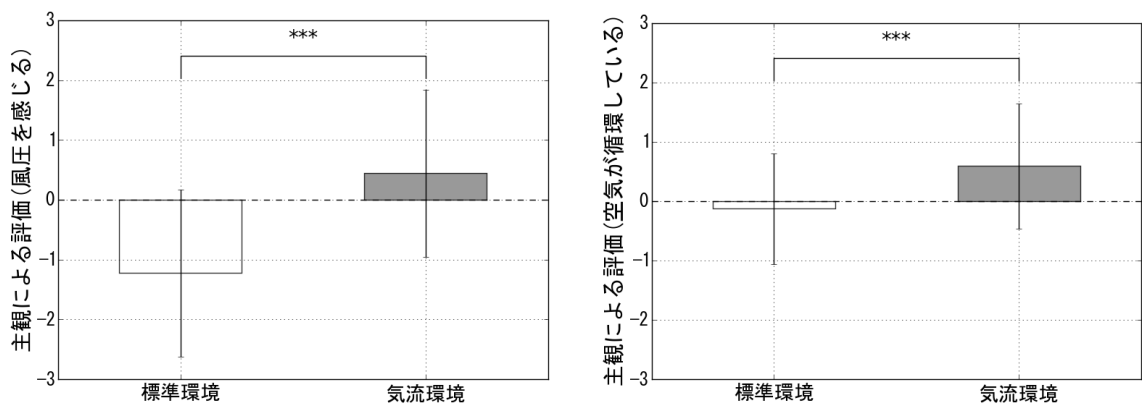


図 A.5: 主観による評価 (風圧を感じる・空気が循環している) (***: $p < 0.001$)

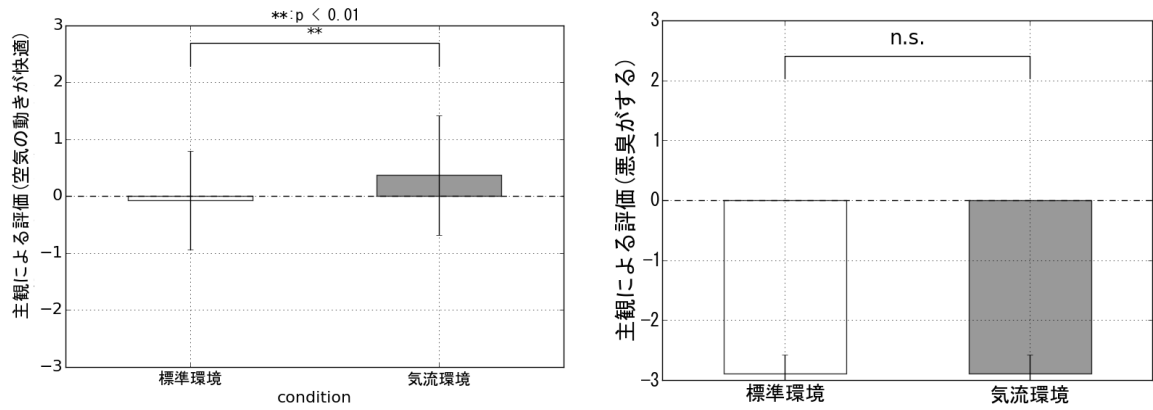


図 A.6: 主観による評価(空気の動きが快適・悪臭がする) (n.s.:not significant)

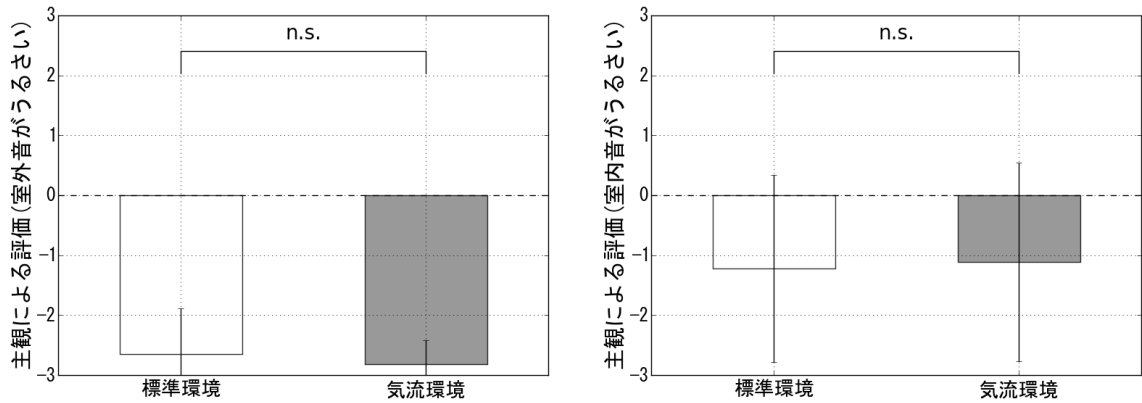


図 A.7: 主観による評価(室外音がうるさい・室内音がうるさい) (n.s.:not significant)

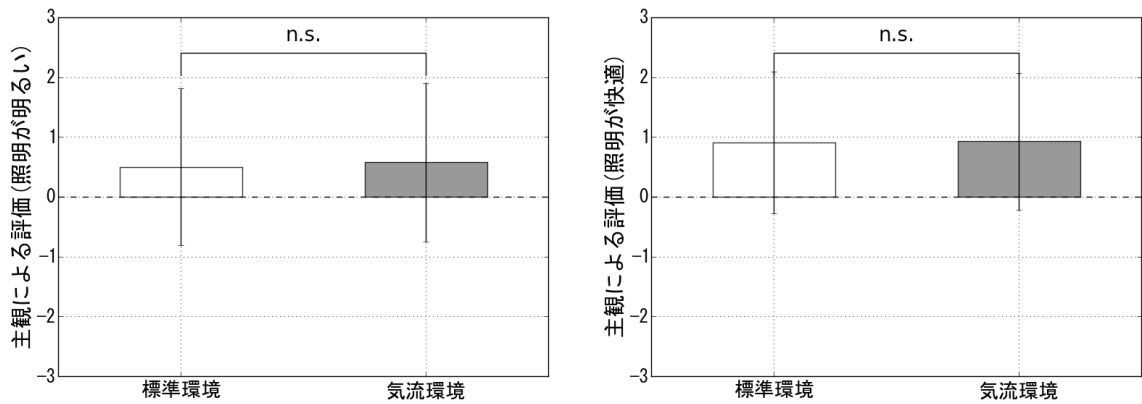


図 A.8: 主観による評価(照明が明るい・照明が快適) (n.s.:not significant)

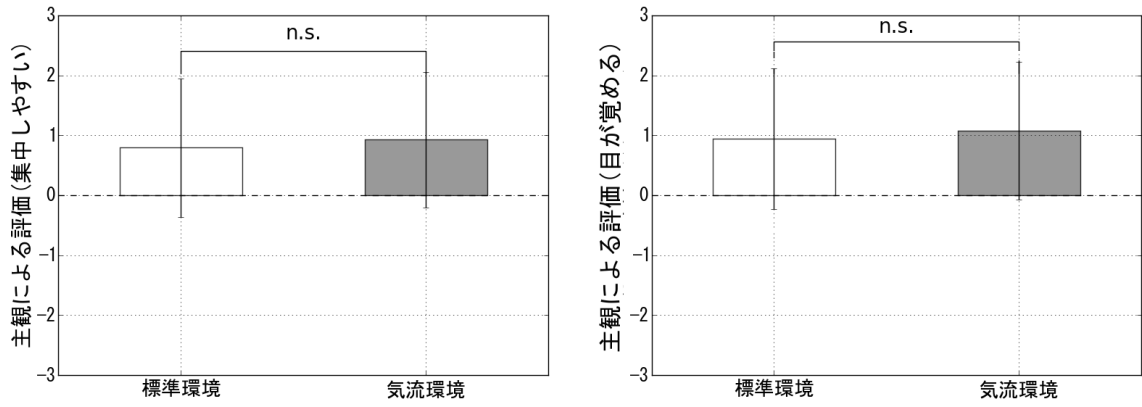


図 A.9: 主観による評価(集中しやすい・目が覚める) (n.s.:not significant)

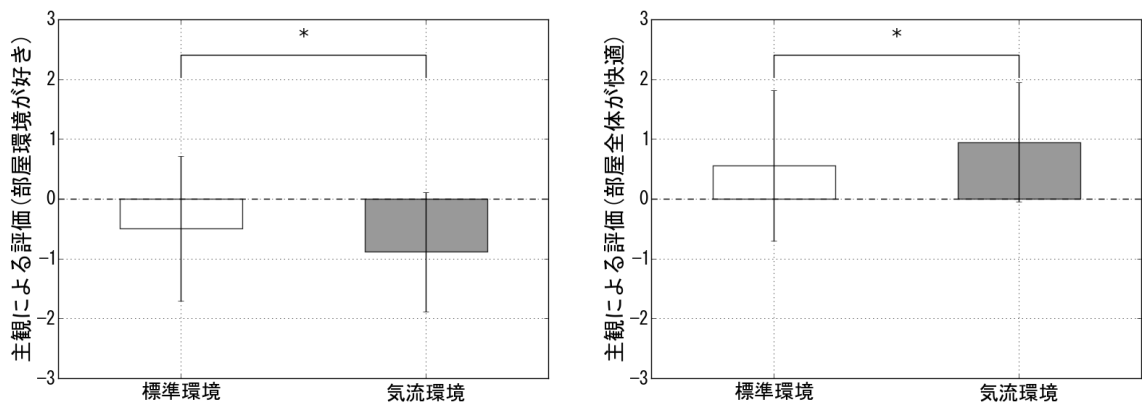


図 A.10: 室内環境の主観評価(部屋環境が好き・部屋全体が快適) (*: $p < 0.05$)

A.4 実験参加者インタビューの結果

以下に、冬季における集中度向上気流評価実験の実験参加者インタビューの結果を示す。

表 A.6: 評価実験の実験参加者インタビューの結果 (弱気流に気付いたか)

| | 実験参加者 No. | 弱気流に気付いたか |
|--------|-----------|------------------------------------|
| グループ 1 | 1 | 覚えていない。 |
| | 2 | 覚えていない。 |
| | 3 | 覚えていない。 |
| | 4 | 覚えていない。 |
| グループ 2 | 5 | 風はたまに出ている感じ。風と関係なく目は乾いた感じがあった。 |
| | 6 | 言われてみたら風がたまに出ていた。 |
| | 7 | 室温が低く風が吹いていた。 |
| | 8 | 時々強い風を感じて寒いと思った。空気の循環は時々出る強い風で感じた。 |
| グループ 3 | 9 | 気付かなかった。 |
| | 10 | 気付かなかった。 |
| | 11 | 気付かなかった。 |
| | 12 | 気付かなかった。 |
| グループ 4 | 13 | 気付かなかった。 |
| | 14 | 気付いていた。3日目は出てなかった。2日目は出てたと思う。 |
| | 15 | 気付いていた。3日間出てたような気がした。 |
| | 16 | - |
| グループ 5 | 17 | 気付かなかった。 |
| | 18 | 気付かなかった。 |
| | 19 | 気付かなかった。 |
| | 20 | 気付かなかった。 |
| グループ 6 | 21 | 気付かなかった。 |
| | 22 | 気付かなかった。 |
| | 23 | 気付かなかった。 |
| | 24 | 気付かなかった。 |
| グループ 7 | 25 | 気付かなかった。 |
| | 26 | 気付いていた。 |
| | 27 | 気付いていた。 |
| | 28 | 気付かなかった。 |

表 A.7: 評価実験の実験参加者インタビューの結果 (強気流への気づき)

| | 実験参加者 No. | 強気流への気づき |
|--------|-----------|---|
| グループ 1 | 1 | 気付いていた。2日目と3日目の作業中に感じた。 |
| | 2 | 気付いていた。2、3日目の作業中に風が当たったときは気づいていた。 |
| | 3 | 気付いていた。2日目の午後と3日目に風を感じた |
| | 4 | 気付いていた。2日目の午後に風を感じた。 |
| グループ 2 | 5 | 気付いていた。空気清浄機の空気清浄機から出る音は邪魔ほどではなかったが気になった。 |
| | 6 | 気付いていなかった。 |
| | 7 | 気付いていた。風で目が覚めた。 |
| | 8 | 気付いていた。風が吹いて少し寒かった。眠いときには風で目が覚める印象があった。 |
| グループ 3 | 9 | 気付いていた。 |
| | 10 | 気付いていた。 |
| | 11 | 気付いていた。 |
| | 12 | 気付いていた。 |
| グループ 4 | 13 | 気づいた。そんなに覚えていない。 |
| | 14 | 気づいた。そんなに覚えていない。 |
| | 15 | 気付いていた。何回か冷たい風を感じた。 |
| | 16 | - |
| グループ 5 | 17 | 気付いていた。たまに定期的に吹く時間がある。 |
| | 18 | 気づいた。毎日定期的に感じた。風が吹いたら涼しい。 |
| | 19 | 気づいた。たまに不規則に感じた。 |
| | 20 | 気付いていた。3日間ともに気流を感じた。 |
| グループ 6 | 21 | 気付いていた。2日目の昼ごろに強いと感じた。 |
| | 22 | 気付いていた。空気清浄機から出る音で気づいた。 |
| | 23 | 気付いていた。 |
| | 24 | 直接当たるときは感じた。それ以外は特に感じなかった。 |
| グループ 7 | 25 | 特に感じなかった。 |
| | 26 | 気付いていた。 |
| | 27 | 気付いた。 |
| | 28 | 気付いた。 |

表 A.8: 評価実験の実験参加者インタビューの結果 (強気流に対する印象)

| | 実験参加者 No. | 強い風に対する印象 |
|--------|-----------|--|
| グループ 1 | 1 | 2日目の風が吹いたときの印象。3日目の午後に当たった時に眠たかったので涼しい風によってリフレッシュ。 |
| | 2 | 風があたることで目が覚めたり、肌寒く感じた。空気清浄機から出る音で集中力が戻った気がした。 |
| | 3 | 後ろから風が当たっていると感じただけで邪魔でもなく作業に影響はない。正直、伝票の期間に1回くらいしか気づいていない。 |
| | 4 | 伝票で集中が切れているときに風で集中が引きもどされる。眠気は覚めるが、その影響は少ししか続かない。 |
| グループ 2 | 5 | 空気清浄機から出る音が気になるのと眠気が少しなくなった。空気清浄機から出る音は邪魔ほどではなかったが気になった。 |
| | 6 | 特に何も変化はなかった。 |
| | 7 | 伝票の時は単純作業で眠かったが風で目が覚めた。数独は集中していて風に気づかない時もあった。空気清浄機から出る音に関しては「鳴っている」程度。 |
| | 8 | 風は少し寒かった。眠いときには風で目が覚める印象があった。空気清浄機から出る音は少し気になる。 |
| グループ 3 | 9 | 2日目はすごく目が乾燥し、眠気を感じていたが、風が当たることで目が覚めた。 |
| | 10 | 昼食後の伝票のときに風を感じて、目が覚めた。起こされた。昼食後以外はそんなに印象は残っていない。 |
| | 11 | 風には気づいていた。昼食後目の伝票の眠いときに風があたることで集中が戻る。特に昼食後が印象に残っている。 |
| | 12 | 風が吹いたタイミングは覚えていない。空気清浄機から出る音で風に気づいた。風が当たることで寒いという印象。 |
| グループ 4 | 13 | 風に気付いた。ほてっていた時に風が来て、気持ち良かった。リフレッシュした。作業への妨げはそんなに感じなかった。 |
| | 14 | 2日目は、風が出始めたときの空気清浄機から出る音で作業が一時的に止まった。 |
| | 15 | 作業中どうしても眠くなる時に吹いてくると目が覚め、風が吹く度に集中できた。眠くないときの風は、風が吹いても気にならない。 |
| | 16 | - |
| グループ 5 | 17 | 集中しているときに風が吹くと作業の妨げになった |
| | 18 | 強めの風が吹くと目が覚める。 |
| | 19 | エアコンの風程度だったので、当たったと気付いたが、そんなに気にならなかった。作業の妨げにもならなかった。 |
| | 20 | 眠いときに風が吹くと、目が覚めて、その時から集中できた。 |
| グループ 6 | 21 | 強い風でリフレッシュ効果。 |
| | 22 | 暖かったときに冷たい風がくると気持ち良い。 |
| | 23 | 風があたっていた時、寒いと感じた。涼しい程度で特に不快はないときもあったが、寒くなってときは不快と感じた。 |
| | 24 | 作業しているときに風がくると一瞬手がとまってしまう。 |
| グループ 7 | 25 | - |
| | 26 | 強い風は眠気覚ましになる。リフレッシュになる。 |
| | 27 | 風があたって涼しく感じ気持ち良かった。 |
| | 28 | 眠気覚ましになる。リフレッシュになる。 |

表 A.9: 評価実験の実験参加者インタビューの結果 (強気流の風量や送風時間・間隔について)

| | 実験参加者 No. | 強い風の風量・送風時間・間隔に関して |
|--------|-----------|---|
| グループ 1 | 1 | 別に特に風があたったからといって集中が途切れるとかはないが、空気清浄機から出る音が大きかった。空気清浄機から出る音が小さくて涼しい風なら良い。 |
| | 2 | 風はもう少し弱い方が集中できた |
| | 3 | 全然気にしていなかった。 |
| | 4 | 暑くて眠いときにはもっと強い風を当ててほしい。しかし、これ以上強いと机の紙がとんでいって集中できないかもと感じた。 |
| グループ 2 | 5 | 眠気を飛ばすなら強い風がいいと思う |
| | 6 | 今の風の強さでちょうど良い。風が吹いていると気づいたが、さほど気にならない。 |
| | 7 | 風としては気になったが、 気を引き締めるならちょうど良い |
| | 8 | ちょうど良い。 |
| グループ 3 | 9 | 風の強さはちょうど良い。寝ていた時間にあたることで起きる強さ。 |
| | 10 | 強さはちょうど良い。 |
| | 11 | 強さはちょうど良い |
| | 12 | 強さはちょうど良い。 |
| グループ 4 | 13 | 作業中良く体がほてったので、風があたると良いと思った。 |
| | 14 | 風はあまり強くない方が良いと思った。風が冷たいと嫌。常温くらいの風があたると良いと思った。 |
| | 15 | もっと間隔が短く強い方が良い。集中できないときに風があたると良いので。 |
| | 16 | |
| グループ 5 | 17 | けっこう強いと思ったので、もうすこし弱い方が良い。 |
| | 18 | ちょうど良い。 |
| | 19 | 特に作業の妨げにはならなくて、作業中の刺激くらいにはなったので、良かった。 |
| | 20 | ちょっと強いと感じたが長時間ではなかったなので、ちょうど良い。 |
| グループ 6 | 21 | ちょっと弱めの風が良く、強いという印象があった。 |
| | 22 | そんなに不快ではない。ちょうど良かった。 |
| | 23 | 風が当たっているなという感覚ぐらい、作業しているときは風に気をとられることもあったのでもう少し弱くても良い。 |
| | 24 | 風の強さは弱くても良い。 風があたると集中力がとぎれる。 |
| グループ 7 | 25 | - |
| | 26 | 風の強さは一番強いときの風と弱いときの風の間ぐらいが良い。 |
| | 27 | 風の強さはちょうど良い。間隔はもう少し頻繁でも良い。 |
| | 28 | 風の強さ、間隔ともにちょうど良かった。 |

付録 B 強気流評価実験の実験結果

以下に、強気流評価実験の実験参加者インタビューの結果を示す。

表 B.1: 強気流評価実験の実験参加者インタビューの結果 (部屋の温度・湿度の印象)

| 実験参加者 No. | 部屋の温度・湿度の印象 |
|-----------|--------------------------------|
| A1 | - |
| A2 | 湿度が高いと不快。 |
| A3 | - |
| A4 | 伝票分類タスクは単調な作業なので、暑いと不快でぼーっとした。 |
| A5 | 作業中は気にならなかった。 |
| A6 | 気温が高いため、眠気を感じた。 |
| A7 | 眠かった。作業をするには不快であった。 |
| A8 | - |

表 B.2: 強気流評価実験の実験参加者インタビューの結果 (強い風が当たった部位と印象)

| 実験参加者 No. | 強い風が当たった部位と印象 |
|-----------|--|
| A1 | - |
| A2 | 暑がりなので、風が吹くと涼しくてリフレッシュになった。前髪が長く、風が作業の邪魔になることもあった。 |
| A3 | - |
| A4 | 伝票分類タスクのときは眠気覚ましになった。快適。数独タスクをしていたときは集中していたので邪魔。 |
| A5 | 顔に当たった。一瞬、集中が途切れた。 |
| A6 | 顔。作業が途切れた。眠気があるときには眠気が飛んだ。 |
| A7 | 顔。音のほうに気が散った。眠気があるときには眠気が飛んだ。 |
| A8 | - |

表 B.3: 強気流評価実験の実験参加者インタビューの結果 (強い風の風量と期間について)

| 実験参加者 No. | 強い風の風量と期間について |
|-----------|--|
| A1 | - |
| A2 | 風で集中が切れてしまったので、慣れるためにはもう少し長い方が良い。強さは丁度いい。 |
| A3 | - |
| A4 | 集中を切れさせるための風ならもっと強くいい、リフレッシュのためならもっと弱く・長い方が良い。 |
| A5 | 伝票が少し動いて気になった。短かったので気にならなかった。 |
| A6 | 風量も長さもそこまで不快とは思わなかった。 |
| A7 | 少し邪魔に感じた。 |
| A8 | - |

付録 C リフレッシュ気流評価実験のアンケート 類資料、実験結果

C.1 室内環境に対する環境評価アンケートの追加項目

以下に、リフレッシュ気流評価実験の室内環境に対する環境評価アンケートの追加項目を示す。

| 質問項目 | 非常に | かなり | やや | どちらでもない | やや | かなり | 非常に | |
|-------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------|
| (音環境が)不快な環境である | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | 快適な環境である |
| (湿度が作業効率を)低下させている | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | 高めてくれる |
| (室温が作業効率を)低下させている | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | 高めてくれる |
| (風圧が作業効率を)低下させている | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | 高めてくれる |
| (臭いが作業効率を)低下させている | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | 高めてくれる |
| (音が作業効率を)低下させている | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | 高めてくれる |
| (照明が作業効率を)低下させている | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | <input type="radio"/> | 高めてくれる |

図 C.1: リフレッシュ気流評価実験の環境評価アンケート

C.2 実験参加者の属性

本文中の第5章で記載したリフレッシュ気流評価実験の実験参加者の属性(グループ分け・年齢・環境耐性)を以下に示す。

表 C.1: リフレッシュシチュエーション評価実験参加者 1-16 の属性 (グループ分け・年齢・環境耐性)

| 実験グループ | 実験参加者 No | 性別 | 年齢 | 暑さ | 寒さ | 湿気 | 乾燥 | 騒音 | 振動 | 風圧 | 悪臭 | 刺激臭 | 塵・埃 |
|--------|----------|----|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| グループ 1 | 1 | 女 | 40 | とても弱い | とても弱い | やや強い | とても弱い | やや弱い | 普通 | 普通 | とても弱い | とても弱い | とても弱い |
| | 2 | 女 | 22 | やや弱い | とても弱い | やや強い | とても弱い | とても弱い | とても弱い | とても弱い | とても弱い | とても弱い | とても弱い |
| | 3 | 女 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 4 | 女 | 48 | 普通 | やや弱い | とても弱い | とても弱い | 普通 | 普通 | 普通 | とても弱い | とても弱い | 普通 |
| | 5 | 男 | 21 | 普通 | とても弱い | 普通 | 普通 | やや弱い | 普通 | 普通 | 普通 | 普通 | 普通 |
| | 6 | 男 | 23 | やや強い | やや弱い | やや弱い | とても弱い | やや強い | やや弱い | やや弱い | 普通 | とても弱い | やや弱い |
| | 7 | 男 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 8 | 男 | 22 | 普通 | とても弱い | 普通 | やや弱い | とても弱い | 普通 | 普通 | 普通 | とても弱い | とても弱い |
| グループ 2 | 9 | 女 | 21 | やや弱い | やや強い | 普通 | 普通 | やや弱い | 普通 | 普通 | 普通 | 普通 | 普通 |
| | 10 | 女 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 11 | 女 | 21 | とても弱い | とても弱い | 普通 | 普通 | 普通 | 普通 | 普通 | とても弱い | とても弱い | 普通 |
| | 12 | 男 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - |
| | 13 | 男 | 20 | とても弱い | やや弱い | 普通 | とても弱い | やや強い | やや強い | 普通 | 普通 | 普通 | やや弱い |
| | 14 | 男 | 22 | やや弱い | とても弱い | やや強い | 普通 | やや弱い | やや強い | とても弱い | やや弱い | やや弱い | とても弱い |
| | 15 | 男 | 20 | やや強い | やや強い | やや強い | やや弱い | とても弱い | やや強い | やや強い | やや強い | とても弱い | とても弱い |
| | 16 | 男 | 23 | 普通 | やや弱い | 普通 | とても弱い | とても弱い | やや弱い | やや弱い | やや弱い | とても弱い | とても弱い |

表 C.2: リフレクシオシユ气流評価実験参加者 17-32 の属性 (グループ分け・年齢・環境耐性)

| 実験グループ | 実験参加者 No | 性別 | 年齢 | 暑さ | 寒さ | 湿気 | 乾燥 | 騒音 | 振動 | 風圧 | 悪臭 | 刺激臭 | 塵・埃 |
|--------|----------|----|----|------|------|------|------|-------|------|-------|-------|-------|------|
| グループ3 | 17 | 女 | 20 | 普通 | やや強い | 普通 | 普通 | 普通 | 普通 | 普通 | 普通 | 普通 | 普通 |
| | 18 | 女 | 22 | 強い | 弱い | やや強い | やや弱い | やや弱い | 普通 | 普通 | 弱い | 弱い | 普通 |
| | 19 | 女 | 21 | やや弱い | 普通 | やや弱い | 普通 | 普通 | やや弱い | やや弱い | 弱い | 弱い | 弱い |
| | 20 | 女 | 22 | 普通 | 弱い | 普通 | 普通 | やや強い | 弱い | 弱い | 普通 | とても弱い | 弱い |
| | 21 | 男 | 22 | やや弱い | やや弱い | 普通 | 強い | 普通 | 弱い | やや弱い | やや弱い | やや弱い | 普通 |
| | 22 | 男 | 23 | 強い | やや弱い | 普通 | やや強い | やや強い | 普通 | やや弱い | やや弱い | やや弱い | 弱い |
| | 23 | 男 | 25 | やや弱い | やや弱い | 普通 | 普通 | 普通 | 普通 | 普通 | やや弱い | やや弱い | やや弱い |
| | 24 | 男 | 24 | 弱い | やや弱い | 普通 | 強い | 強い | やや強い | やや強い | やや強い | やや弱い | やや弱い |
| グループ4 | 25 | 女 | 19 | 弱い | 弱い | 普通 | やや弱い | やや弱い | 普通 | 普通 | やや弱い | やや弱い | 普通 |
| | 26 | 女 | 22 | やや弱い | 弱い | やや弱い | 普通 | 弱い | 弱い | やや弱い | 弱い | 弱い | 弱い |
| | 27 | 女 | 19 | 強い | 弱い | 弱い | やや強い | やや弱い | 強い | とても弱い | とても弱い | とても弱い | やや弱い |
| | 28 | 女 | 20 | やや弱い | やや強い | 弱い | 普通 | やや弱い | 普通 | やや弱い | 弱い | やや弱い | 普通 |
| | 29 | 男 | 23 | やや強い | やや強い | 普通 | 普通 | やや強い | 普通 | 普通 | とても弱い | とても弱い | 弱い |
| | 30 | 男 | 25 | やや弱い | やや弱い | やや弱い | やや強い | やや強い | やや強い | やや強い | やや強い | やや弱い | やや弱い |
| | 31 | 男 | 22 | 普通 | やや弱い | 普通 | やや弱い | やや強い | やや強い | やや強い | 弱い | 弱い | やや弱い |
| | 32 | 男 | 24 | 普通 | 弱い | 普通 | 普通 | とても弱い | 普通 | 普通 | 普通 | 弱い | 弱い |

C.3 個人特性の実験結果

本文中の第5章で記載したKG式日常生活質問紙、STAI、朝型夜型診断の結果について以下に示す。

表 C.3: KG 式日常生活質問紙による実験参加者のタイプ

| 実験参加者 No | 結果 | Type |
|----------|----|------|
| 1 | 38 | B |
| 2 | 52 | A |
| 3 | 36 | B |
| 4 | 53 | A |
| 5 | 36 | B |
| 6 | 40 | B |
| 7 | 38 | B |
| 8 | 50 | A |
| 9 | 22 | B |
| 10 | 30 | B |
| 11 | 31 | B |
| 12 | 55 | A |
| 13 | 32 | B |
| 14 | 38 | B |
| 15 | 36 | B |
| 16 | - | - |
| 17 | 45 | A |
| 18 | 42 | A |
| 19 | 24 | B |
| 20 | 56 | A |
| 21 | 45 | A |
| 22 | 48 | A |
| 23 | 58 | A |
| 24 | 49 | A |
| 25 | 26 | B |
| 26 | 26 | B |
| 27 | 56 | A |
| 28 | 24 | B |

表 C.4: STAI(状態不安・特性不安) のスコア

| 実験参加者 No | 状態不安検査 | 特性不安検査 |
|----------|--------|--------|
| 1 | 46 | 46 |
| 2 | 42 | 42 |
| 3 | 47 | 52 |
| 4 | 39 | 60 |
| 5 | 49 | 52 |
| 6 | 37 | 47 |
| 7 | 34 | 53 |
| 8 | 56 | 55 |
| 9 | - | - |
| 10 | - | - |
| 11 | 48 | 48 |
| 12 | - | - |
| 13 | 30 | 45 |
| 14 | 41 | 46 |
| 15 | 45 | 52 |
| 16 | - | - |
| 17 | 36 | 47 |
| 18 | 46 | 52 |
| 19 | 45 | 52 |
| 20 | 34 | 51 |
| 21 | 37 | 41 |
| 22 | 55 | 44 |
| 23 | 38 | 52 |
| 24 | 38 | 46 |
| 25 | 34 | 58 |
| 26 | 48 | 67 |
| 27 | 40 | 47 |
| 28 | 40 | 51 |

表 C.5: 朝型夜型診断の朝型度のスコアと実験参加者のタイプ

| 実験参加者 No | 朝型度のスコア | タイプ |
|----------|---------|-----|
| 1 | 56 | 中間型 |
| 2 | 38 | 夜型 |
| 3 | 47 | 中間型 |
| 4 | 42 | 中間型 |
| 5 | 43 | 中間型 |
| 6 | 53 | 中間型 |
| 7 | 61 | 朝型 |
| 8 | 47 | 中間型 |
| 9 | 45 | 中間型 |
| 10 | 57 | 中間型 |
| 11 | 51 | 中間型 |
| 12 | 51 | 中間型 |
| 13 | 45 | 中間型 |
| 14 | 53 | 中間型 |
| 15 | 57 | 中間型 |
| 16 | - | - |
| 17 | 54 | 中間型 |
| 18 | 44 | 中間型 |
| 19 | 40 | 夜型 |
| 20 | 48 | 中間型 |
| 21 | 58 | 中間型 |
| 22 | 47 | 中間型 |
| 23 | 53 | 中間型 |
| 24 | 38 | 夜型 |
| 25 | 46 | 中間型 |
| 26 | 48 | 中間型 |
| 27 | 39 | 夜型 |
| 28 | 47 | 中間型 |

C.4 計測対象とした実験参加者の集中時間比率 CTR

本文中の第 5 章では、集中時間比率 CTR を計測対象の実験参加者 ($N = 21$) で平均した結果、および各 SET ごとの集中時間比率 CTR を平均したものを記した。以下に全実験参加者の集中時間比率 CTR の値を SET ごとに記す

表 C.6: グループ 1~2 の実験参加者の CTR(%)

| グループ | 実験参加者 No. | SET | 標準環境 (%) | 気流環境 (%) |
|--------|-----------|------|----------|----------|
| グループ 1 | 1 | SET1 | 68.2 | 53.9 |
| | 1 | SET2 | 59.3 | 64.5 |
| | 1 | SET3 | 45.7 | 50.8 |
| | 2 | SET1 | 76.7 | 78.1 |
| | 2 | SET2 | 76.2 | 76.9 |
| | 2 | SET3 | 70.1 | 73.6 |
| | 3 | SET1 | - | |
| | 3 | SET2 | - | |
| | 3 | SET3 | - | |
| | 4 | SET1 | - | |
| | 4 | SET2 | - | |
| | 4 | SET3 | - | |
| | 5 | SET1 | 53.8 | 36 |
| | 5 | SET2 | 54.5 | 36.2 |
| | 5 | SET3 | 78.2 | 54.8 |
| | 6 | SET1 | 34.2 | 41.1 |
| | 6 | SET2 | 35.7 | 38.1 |
| | 6 | SET3 | 38.7 | 41.3 |
| | 7 | SET1 | - | |
| | 7 | SET2 | - | |
| | 7 | SET3 | - | |
| | 8 | SET1 | - | |
| | 8 | SET2 | - | |
| | 8 | SET3 | - | |
| グループ 2 | 9 | SET1 | 71.1 | 66.8 |
| | 9 | SET2 | 59.3 | 55.3 |
| | 9 | SET3 | 71.1 | 72.3 |
| | 10 | SET1 | - | |
| | 10 | SET2 | - | |
| | 10 | SET3 | - | |
| | 11 | SET1 | 78.5 | 78.1 |
| | 11 | SET2 | 79.2 | 81.3 |
| | 11 | SET3 | 77.1 | 72 |
| | 12 | SET1 | - | |
| | 12 | SET2 | - | |
| | 12 | SET3 | - | |
| | 13 | SET1 | 63.1 | 70.6 |
| | 13 | SET2 | 64.6 | 71 |
| | 13 | SET3 | 65.6 | 68.1 |
| | 14 | SET1 | 89.5 | 89.4 |
| | 14 | SET2 | 86.3 | 91.3 |
| | 14 | SET3 | 85.7 | 88.5 |
| | 15 | SET1 | 89.1 | 78 |
| | 15 | SET2 | 77.6 | 82.8 |
| 15 | SET3 | 74.7 | 80.6 | |
| 16 | SET1 | - | | |
| 16 | SET2 | - | | |
| 16 | SET3 | - | | |

表 C.7: グループ3~4の実験参加者のCTR(%)

| グループ | 実験参加者 No. | SET | 標準環境 (%) | 気流環境 (%) |
|-------|-----------|------|----------|----------|
| グループ3 | 17 | SET1 | 67.7 | 75.6 |
| | 17 | SET2 | 71 | 80.8 |
| | 17 | SET3 | 71.8 | 59.5 |
| | 18 | SET1 | 85 | 77.9 |
| | 18 | SET2 | 85.1 | 80.4 |
| | 18 | SET3 | 69 | 66.9 |
| | 19 | SET1 | 69.5 | 81 |
| | 19 | SET2 | 60.2 | 73.4 |
| | 19 | SET3 | 78 | 74.1 |
| | 20 | SET1 | 76 | 70.7 |
| | 20 | SET2 | 66.2 | 76.4 |
| | 20 | SET3 | 65.5 | 43.1 |
| | 21 | SET1 | 81 | 88.5 |
| | 21 | SET2 | 85.7 | 85.9 |
| | 21 | SET3 | 90.2 | 75.3 |
| | 22 | SET1 | 27.6 | 29.4 |
| | 22 | SET2 | 48.6 | 24 |
| | 22 | SET3 | 26.3 | 18 |
| | 23 | SET1 | 60.4 | 69.2 |
| | 23 | SET2 | 53.5 | 70.9 |
| | 23 | SET3 | 52 | 58.8 |
| | 24 | SET1 | 41.9 | 45.2 |
| | 24 | SET2 | 42.3 | 47.3 |
| | 24 | SET3 | 67.5 | 69.5 |
| グループ4 | 25 | SET1 | 64.8 | 70.6 |
| | 25 | SET2 | 52.1 | 52.9 |
| | 25 | SET3 | 32.2 | 44 |
| | 26 | SET1 | - | - |
| | 26 | SET2 | - | - |
| | 26 | SET3 | - | - |
| | 27 | SET1 | - | - |
| | 27 | SET2 | - | - |
| | 27 | SET3 | 73.6 | 70.1 |
| | 28 | SET1 | 66.9 | 73.4 |
| | 28 | SET2 | 57.6 | 69.9 |
| | 28 | SET3 | 63.8 | 56.9 |
| | 29 | SET1 | - | - |
| | 29 | SET2 | - | - |
| | 29 | SET3 | - | - |
| | 30 | SET1 | 53 | 52.1 |
| | 30 | SET2 | 68.7 | 55.3 |
| | 30 | SET3 | 53.9 | 47.9 |
| | 31 | SET1 | 79.1 | 55.5 |
| | 31 | SET2 | 66.4 | 61.1 |
| 31 | SET3 | 70 | 60.9 | |
| 32 | SET1 | - | - | |
| 32 | SET2 | - | - | |
| 32 | SET3 | - | - | |

C.5 室内環境に対する主観評価の実験結果

以下に、リフレッシュ気流評価実験の室内環境に対する環境評価アンケートの結果を示す。

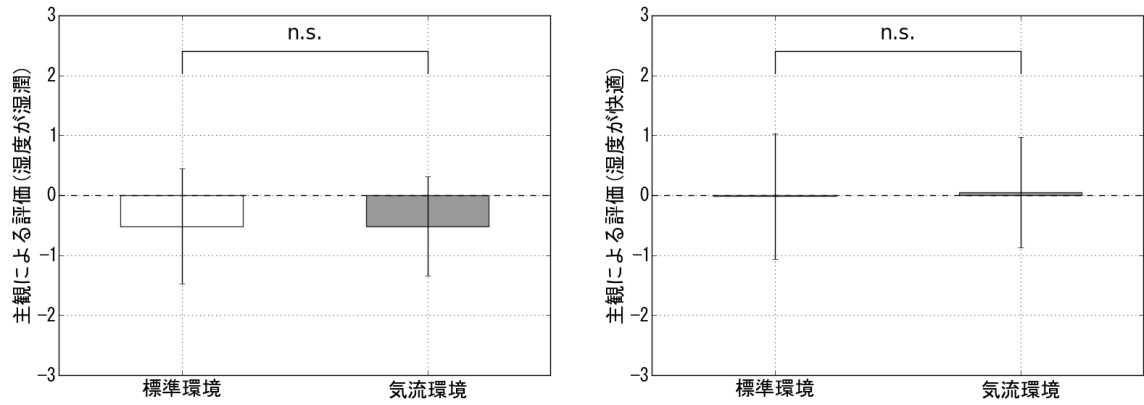


図 C.2: 主観による評価 (湿度が湿潤・湿度が快適) (n.s.:not significant)

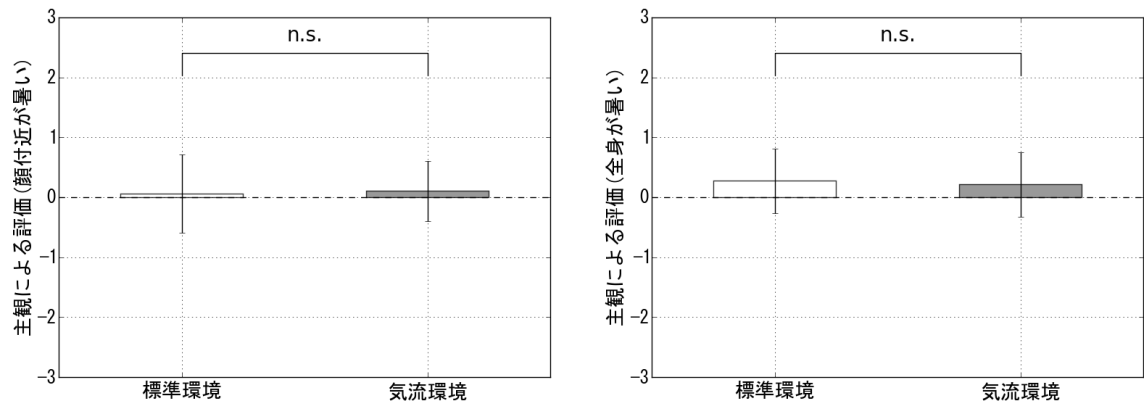


図 C.3: 主観による評価 (顔付近が暑い・全身が暑い) (n.s.:not significant)

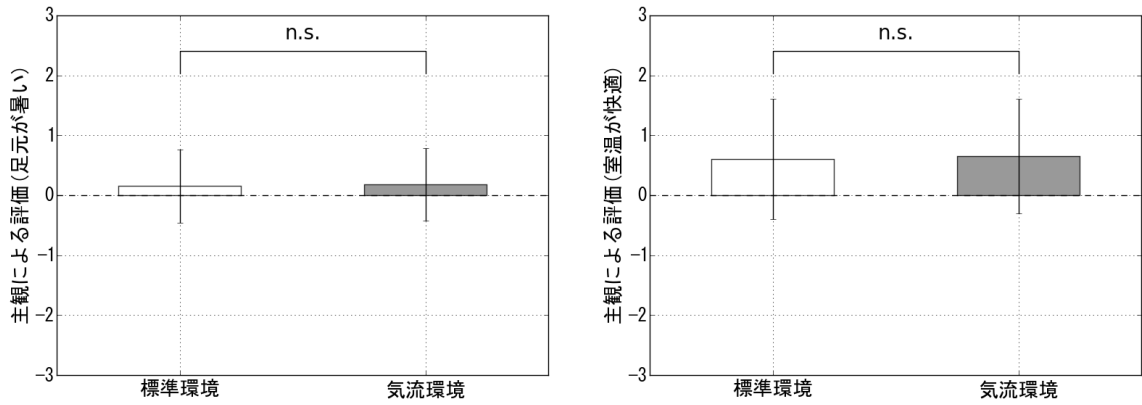


図 C.4: 主観による評価(足元が暑い・室温が快適) (n.s.:not significant)

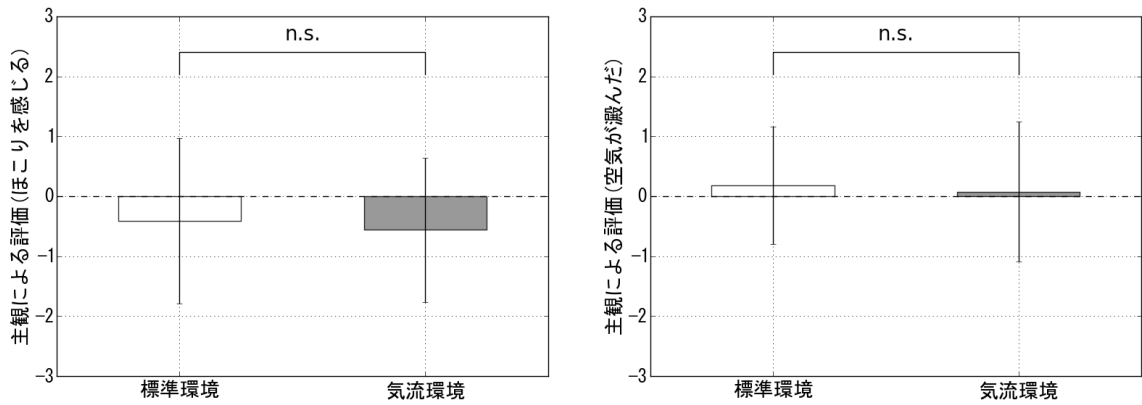


図 C.5: 主観による評価(ほこりを感じる・空気が澱んだ) (n.s.:not significant)

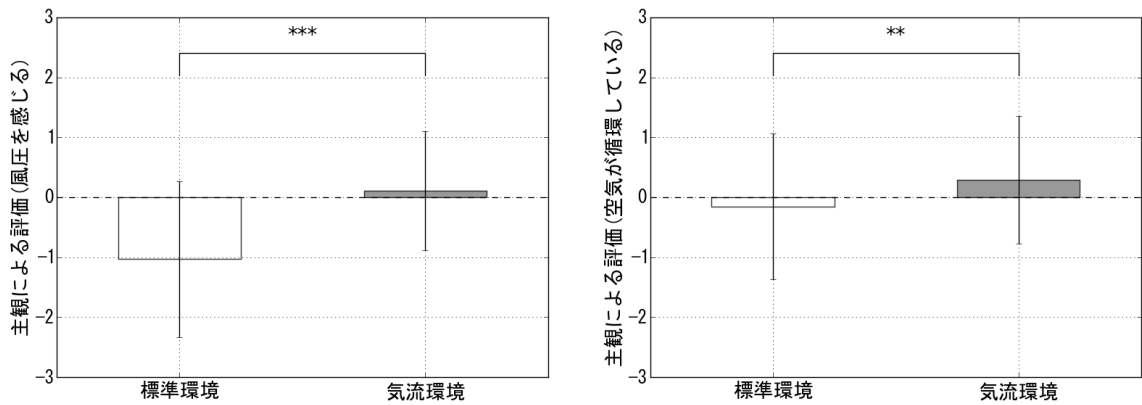


図 C.6: 主観による評価(風圧を感じる・空気が循環している) (***: $p < 0.001$, **: $p < 0.01$)

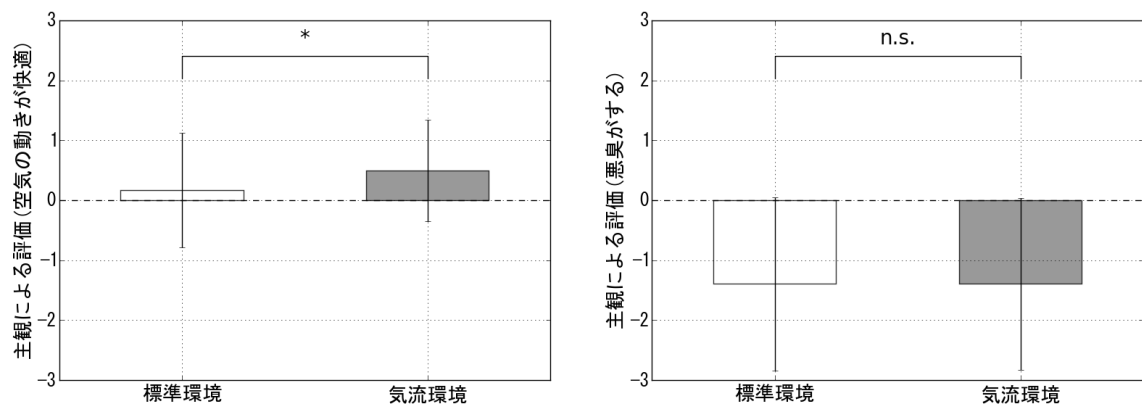


図 C.7: 主観による評価 (空気の動きが快適・悪臭がする) (*: $p < 0.05$ 、n.s.:not significant)

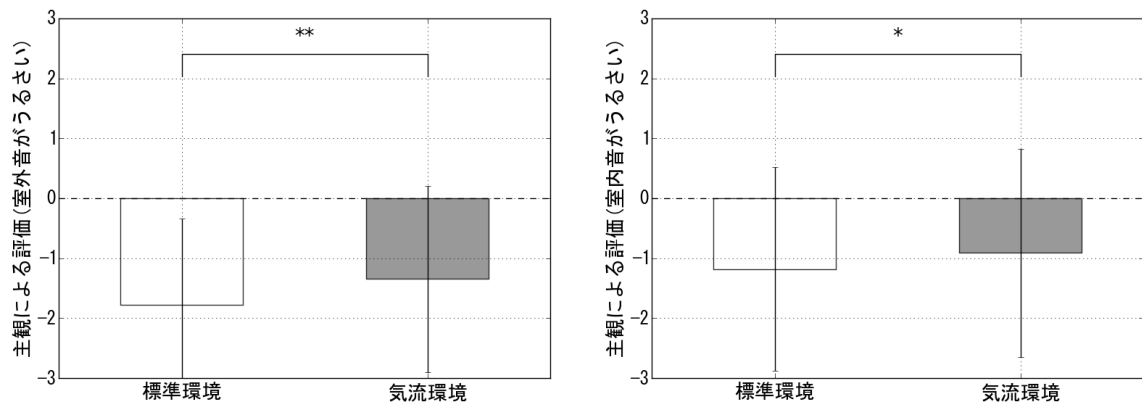


図 C.8: 主観による評価 (室外音がうるさい・室内音がうるさい) (**: $p < 0.01$ 、*: $p < 0.05$)

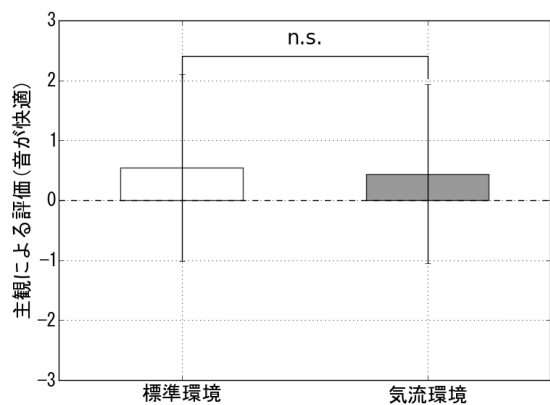


図 C.9: 主観による評価 (音が快適) (n.s.:not significant)

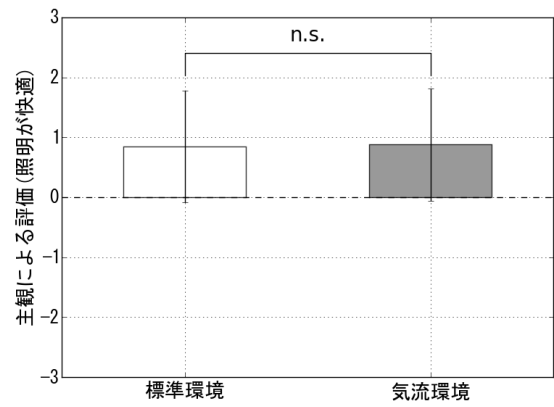
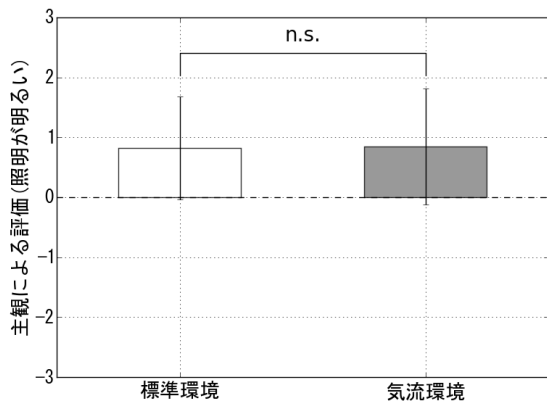


図 C.10: 主観による評価 (照明が明るい・照明が快適) (n.s.:not significant)

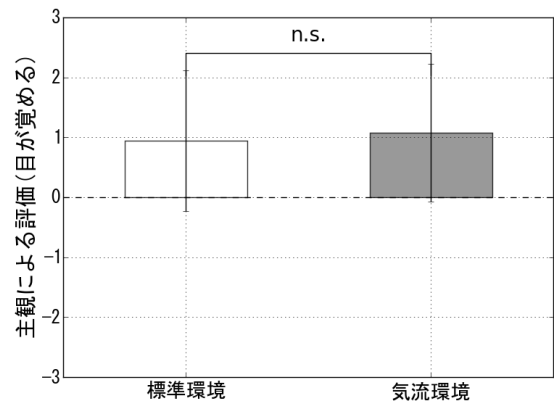
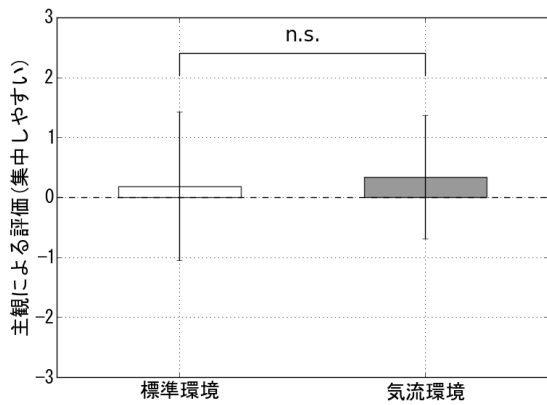


図 C.11: 主観による評価 (集中しやすい・目が覚める) (n.s.:not significant)

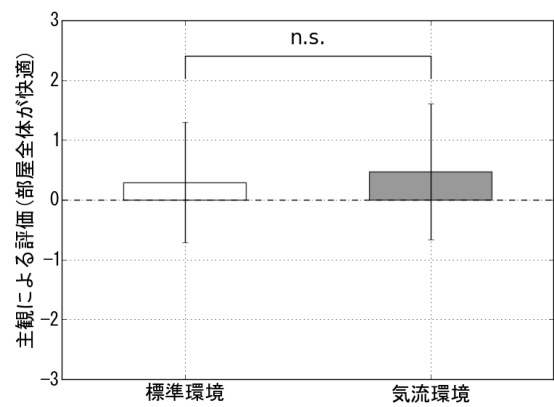
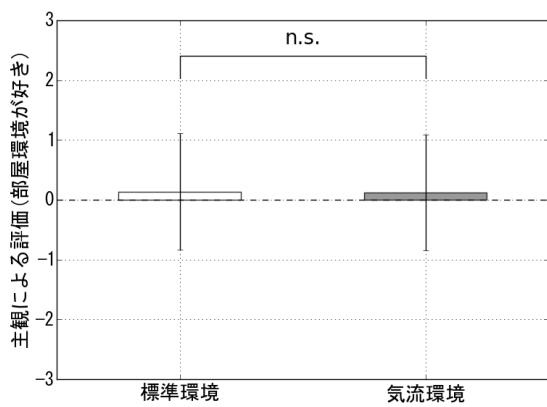


図 C.12: 室内環境の主観評価 (部屋環境が好き・部屋全体が快適) (n.s.:not significant)

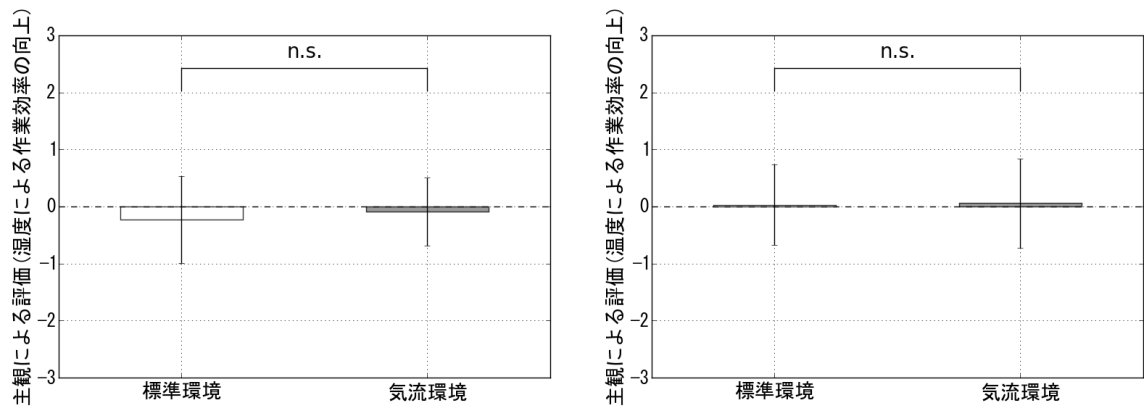


図 C.13: 室内環境の主観評価 (湿度による作業効率の向上・温度による作業効率の向上) (n.s.:not significant)

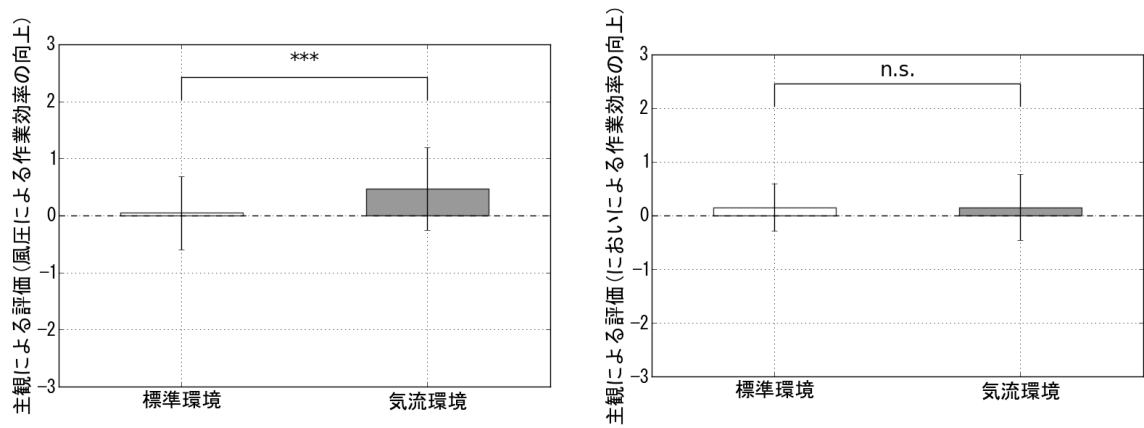


図 C.14: 室内環境の主観評価 (風圧による作業効率の向上・音による作業効率の向上) (n.s.:not significant)

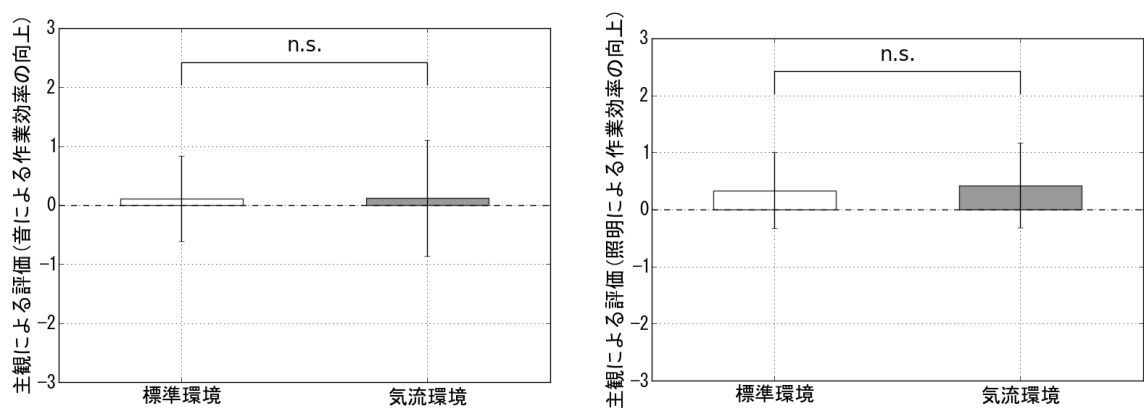


図 C.15: 室内環境の主観評価 (音による作業効率の向上・照明による作業効率の向上) (n.s.:not significant)

C.6 実験参加者インタビューの結果

以下に、リフレッシュ気流評価実験の実験参加者インタビューの結果を示す。

表 C.8: 評価実験の実験参加者インタビューの結果 (時間帯による集中のしやすさ)

| | 実験参加者 No. | 時間帯による集中のしやすさ |
|-------|-----------|--|
| グループ1 | 1 | 昼食後 |
| | 2 | 疲れてないため午前中 |
| | 3 | - |
| | 4 | 3回目の伝票分類タスク |
| | 5 | 午後 |
| | 6 | 昼食後は眠いため、眠気が消える午後 |
| | 7 | - |
| | 8 | 特に差はなし |
| グループ2 | 9 | あまり覚えがない。昼食後は眠たくなったが、他の時間は特に違いがない。 |
| | 10 | - |
| | 11 | 午前中。疲れていないので集中できた |
| | 12 | - |
| | 13 | 午前中の朝。昼食後は眠い。夕方は疲れている。 |
| | 14 | 午前中の朝。タスクが二つしかないため。 |
| | 15 | 午前中。時間が経つと疲れが出る |
| | 16 | 午前中の朝。昼食後は眠い。夕方は疲れている。 |
| グループ3 | 17 | 午前中。昼食後が集中できなくて眠気とか感じた。その後も多分疲れがたまってきた |
| | 18 | 午前中と数独タスクの時間帯。 |
| | 19 | 午前中。昼食後は眠気が襲ってきて、その後になると疲れが出てきた感じがする。 |
| | 20 | 午前中。数独タスクの時間。昼食後は眠たい。 |
| | 21 | 午前中。昼食後は眠くなる。 |
| | 22 | 昼食後。朝はまだ体が起きていない。 |
| | 23 | 午前中。 |
| | 24 | 午前中の朝。眠気が取れていく感じ |
| グループ4 | 25 | 午前中の早い時間帯。昼食後は眠くなる |
| | 26 | 午前中。昼食後ぼーっとする |
| | 27 | 午前中と昼食後。大きな休憩があるから |
| | 28 | 昼食前。午前中の朝いちはまだ頭が回ってないかなという感じ。 |
| | 29 | 午後。 |
| | 30 | 昼食前 |
| | 31 | 午前中 |
| | 32 | 午後の比較分類タスク |

表 C.9: 評価実験の実験参加者インタビューの結果 (リフレッシュ気流に対する気づき)

| | 実験参加者 No. | 風に対する気づき |
|--------|-----------|------------|
| グループ 1 | 1 | 気がついた。 |
| | 2 | 気づいた。 |
| | 3 | - |
| | 4 | 気づいた。 |
| | 5 | 気付いていなかった。 |
| | 6 | 気づいた。 |
| | 7 | - |
| | 8 | 気づいた。 |
| グループ 2 | 9 | 気づいた。 |
| | 10 | - |
| | 11 | 気づいた。 |
| | 12 | - |
| | 13 | 気づいた。 |
| | 14 | 気づいた。 |
| | 15 | 気づいた。 |
| | 16 | 気づいた。 |
| グループ 3 | 17 | 気づいた。 |
| | 18 | 気づいた。 |
| | 19 | 気づいた。 |
| | 20 | 気づいた。 |
| | 21 | 気づいた。 |
| | 22 | 気づいた。 |
| | 23 | 気づいた。 |
| | 24 | 気づいた。 |
| グループ 4 | 25 | 気づいた。 |
| | 26 | 気づいた。 |
| | 27 | 気づいた。 |
| | 28 | 気づいた。 |
| | 29 | 気づいた。 |
| | 30 | 気づいた。 |
| | 31 | 気づいた。 |
| | 32 | あまり気づかなかった |

C.7 CTRとフリッカー値および主観評価の関係

本文中の5.3.2項で記載したフリッカー値、自覚症しらべ（「ねむけ感」、「ぼやけ感」「だるさ感」）環境評価アンケート（「空気の循環」、「風圧を感じる」、「空気の動きが快適」、「風圧が作業効率を向上」、「集中しやすい」、「目が覚める」、「部屋の環境が好き」、「部屋全体が快適」）、MMS（「集中」、「倦怠」とCTRの条件間差の関係を以下に示す。

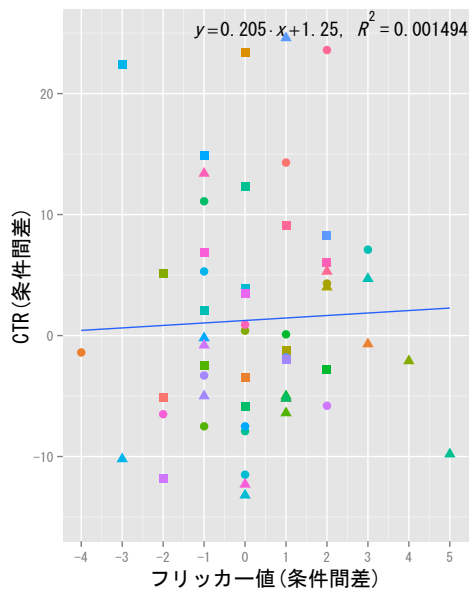


図 C.16: フリッカー値と CTR の関係

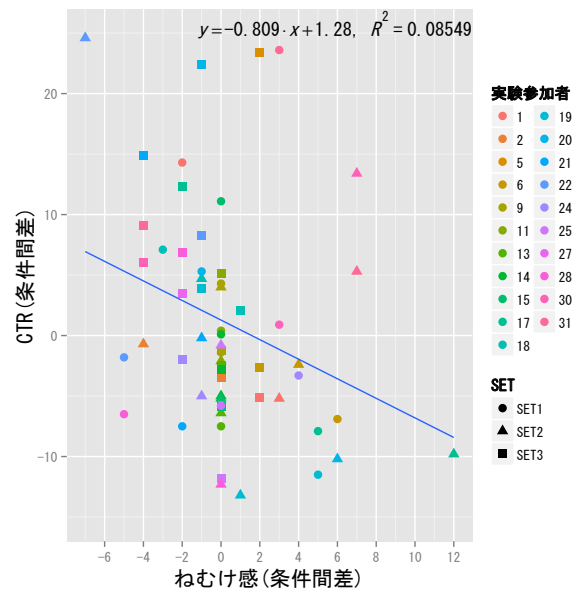


図 C.17: ねむけ感と CTR の関係

表 C.10: 評価実験の実験参加者インタビューの結果 (リフレッシュ気流の風量・送風時間・間隔に関して)

| | 実験参加者 No. | 強い風の風量・送風時間・間隔に関して |
|-------|-----------|--|
| グループ1 | 1 | これ以上強いのは嫌。意外と短く感じた |
| | 2 | 量は問題なし。ずっと出てるか止まっている方がいい。強弱が鬱陶しい。 |
| | 3 | - |
| | 4 | もっと吹いてほしい |
| | 5 | 期間が短かった。 |
| | 6 | 風がぬるかったので、もう少し長くても良い。 |
| | 7 | - |
| | 8 | もう少し長くて、かつ弱くても良い。 |
| グループ2 | 9 | 強さは弱かった。期間は丁度良かった。調整するほどではない。 |
| | 10 | - |
| | 11 | 強さは丁度いい。期間はもう少し長くてもいい。 |
| | 12 | - |
| | 13 | 少し弱い。期間はちょうどいい。 |
| | 14 | 少し弱い。期間はちょうどいい。 |
| | 15 | 少し弱い。期間はちょうどいい。 |
| | 16 | 少し弱い。期間はちょうどいい。 |
| グループ3 | 17 | 風の強さは丁度良いが、少し弱いかなという感じ。休憩をもっとしたかったので短いと思った。 |
| | 18 | 風の強さは丁度良くて、期間は自分の集中具合で短い時と長いと感じるときがあった。 |
| | 19 | 眠くなった時はもっと強い風を、集中している時は丁度良い強さだった。期間をもっと休憩したいと思った時があったのもっと長い方が良い。 |
| | 20 | 風の量は程よい感じた。期間はもう少し長い方が良い。 |
| | 21 | もう少し短くて良かった。 |
| | 22 | いいくらいの量。期間は倍くらい長くても良い。 |
| | 23 | 期間が短かった分、休もうか迷った。やるならもっと長い時間がいい。 |
| | 24 | もう少し長くても良かった。 |
| グループ4 | 25 | 風が来ますと予告されていたので構えていたけど、弱かったので拍子抜けした。でもこれ以上強いと嫌かも。 |
| | 26 | この程度の強さならあまり影響ない。ただ弱すぎて鬱陶しい、強い方が涼しいという意味があったと思う。 |
| | 27 | ちょうど良かった。 |
| | 28 | 強さは良い感じ。 |
| | 29 | 強さは丁度良い。期間は周期があって、そよ風のようによかった。 |
| | 30 | 音で吹いていると感じた。 |
| | 31 | もう少し強めでも良かった。ずっと吹いていてほしかった。 |
| | 32 | 強さは揺らぎの一番強いときが良かった。全体的に強めに。 |

表 C.11: 評価実験の実験参加者インタビューの結果 (リフレッシュ気流の印象)

| | 実験参加者 No. | リフレッシュ気流の印象 |
|--------|-----------|---|
| グループ 1 | 1 | 顔や目がしょぼしょぼするので要らないが足が冷えて顔がのぼせてきた時は気持ちがいい。 |
| | 2 | 顔が暑かったので良かった。 |
| | 3 | - |
| | 4 | 顔に当たり、涼しくて気持ちがいい。 |
| | 5 | 特に気づかなかった。 |
| | 6 | 顔全体に当たった。休憩ということだったので気持ちの切り替えをしていた。 |
| | 7 | - |
| | 8 | 顔に当たった。休憩した後は集中できたような気がした。ちょっと涼しく感じた。 |
| グループ 2 | 9 | 顔の辺り。時間の目安になって気分がリフレッシュされた。 |
| | 10 | - |
| | 11 | 顔に当たった。休めるので、風が終わった後やる気が回復していた。リフレッシュされた。 |
| | 12 | - |
| | 13 | 顔付近に当たった。基本的にリフレッシュできたが、風を意識すると作業が進まないの、意図的に手を止めていた。 |
| | 14 | 顔に当たった。リフレッシュしたが、風は休憩するかしないかという違いだった |
| | 15 | 顔に当たった。休憩して良いと言われたので気が楽になった。リフレッシュできた。風がないと休憩のタイミングがつかめないから疲れた。 |
| | 16 | 風自体には何も感じないが、休憩の合図になってその間リフレッシュした。風があったほうが休憩によりメリハリがついて作業が進んだような気がする。 |
| グループ 3 | 17 | 顔に当たった。当たった後は気分転換できた。途中から風を待ち遠しくなり待っていた。休憩は積極的に取るようにした。長時間タスクで煮詰まり顔が熱くなっていたのでリフレッシュになった。気分がよくなった。 |
| | 18 | 顔中心に当たった。当たってる時は休むようにしていて、区切りでリフレッシュするようにした。当たった後は気持ちが悪くてまた頑張ろうという気になった。 |
| | 19 | 顔に当たった。伝票のときは風で気持ちを切り替えてやろうと思った。数独タスクの時は風があまり気にならなかった。風が当たると気持ち良かった。伝票分類タスク中は風が助けになった。 |
| | 20 | 顔に当たった。伝票分類タスク中は風が当たると休むようにし、そのあと改めてやろうという感じになった。その他のタスクの時は風を全く気にしていなかった。風が当たったときに涼しくてリフレッシュした。 |
| | 21 | 眠気に効いた。気分的には特になかった。もう少し冷たい風がよかった。 |
| | 22 | いい印象でリフレッシュできたがもう少し冷たい風がよかった。 |
| | 23 | 作業にのめり込んでいたため、集中が切れた。 |
| | 24 | 眠気が取れて良かったが、集中時は、集中状態に戻すのに時間がかかる。 |
| グループ 4 | 25 | 顔に当たった。涼しいなと感じて休憩した。当たった後はやる気が戻ってリフレッシュした。 |
| | 26 | 頭頂部に当たった。顔の首元に来る方が涼しいが、風は好きでないの鬱陶しい。 |
| | 27 | 顔全体に当たった。1日目は乾くため鬱陶しかったが3日目は涼しくて気持ちよく感じた。 |
| | 28 | 顔全体に当たった。風が当たるといい感じにリフレッシュできた。 |
| | 29 | 扇風機と違って邪魔で意識が持っていられる。 |
| | 30 | 風自体を時計代わりに使っていた。印象は無い。 |
| | 31 | 風が吹いたときは息抜きになった。普通に気持ちよかった |
| | 32 | 集中時はうとうとうしい。揺らぎがあって、紛らわしい。 |

表 C.12: 評価実験の実験参加者インタビューの結果 (ゆらぎに対する気づき)

| | 実験参加者 No. | ゆらぎに対する気づきと印象 |
|-------|-----------|--|
| グループ1 | 1 | 特に違いはない |
| | 2 | 何か違うように感じた。 |
| | 3 | - |
| | 4 | 変わった気がする。 |
| | 5 | 気づかなかった。 |
| | 6 | 気づかなかった。 |
| | 7 | - |
| | 8 | 気づかなかった |
| グループ2 | 9 | 気づかなかった。 |
| | 10 | - |
| | 11 | 印象は特にはない。 |
| | 12 | - |
| | 13 | 好き。ずっと同じ強さより変化があって長く感じるから。 |
| | 14 | 嫌い。風がやんだと思って作業に入ろうとしたら吹き始めるから。 |
| | 15 | 嫌い。風がやんだと思って作業に入ろうとしたら吹き始めるから。 |
| | 16 | どちらかと言えば好き。 |
| グループ3 | 17 | 強弱あった方が好き。理由は風にリズムがあることが分かり、終わりがわかったので |
| | 18 | 印象は特にはない。 |
| | 19 | 強弱あった方が良い。ずっと同じ風圧だと、扇風機みたいで落ち着かない気持ちになるかなと思った。 |
| | 20 | 印象は特にはない。 |
| | 21 | 特に違いはない |
| | 22 | ゆらぎがある方が良い。首振りみたいな感じで良かった。 |
| | 23 | 一定の方がいい。強弱がある方と気が散りやすい気がする。 |
| | 24 | 良かった。 |
| グループ4 | 25 | どちらかというとき好き程度。 |
| | 26 | そもそも風にうっとうしいとしか思ってなかったなので、特に何も感じない。 |
| | 27 | 特に何も感じない。 |
| | 28 | 分からなかった。 |
| | 29 | 好き。 |
| | 30 | どちらでもない。 |
| | 31 | どちらでもない。 |
| | 32 | 嫌い。 |

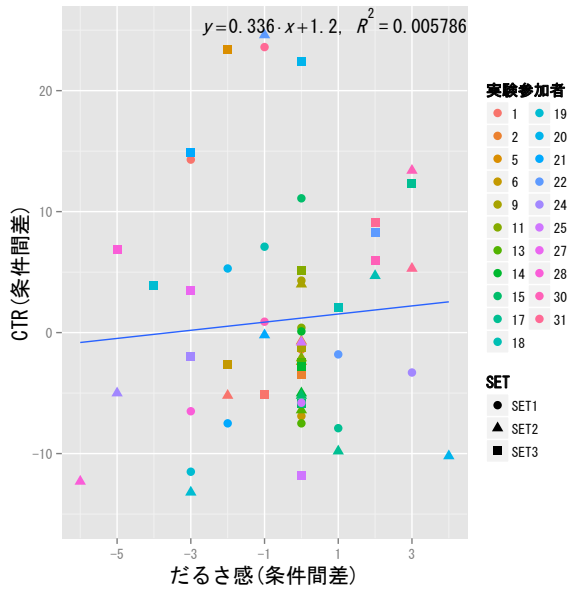


図 C.18: だるさ感と CTR の関係

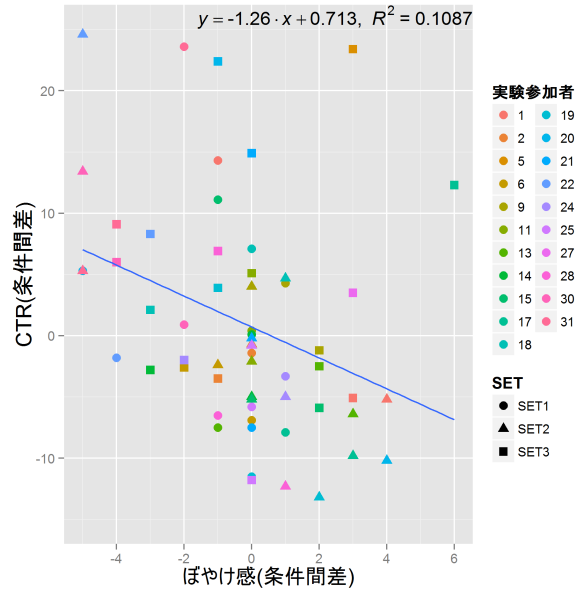


図 C.19: ぼやけ感と CTR の関係

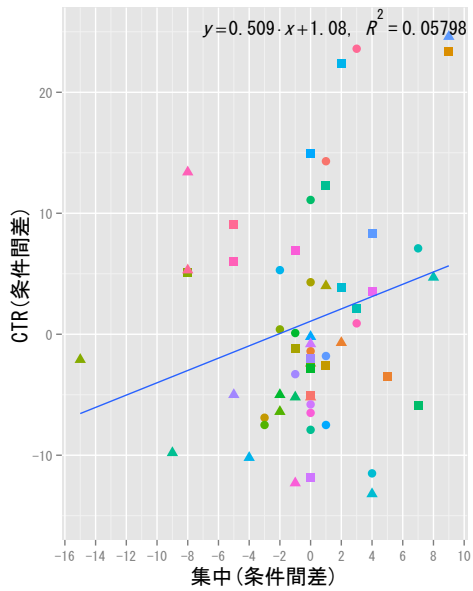


図 C.20: 集中と CTR の関係

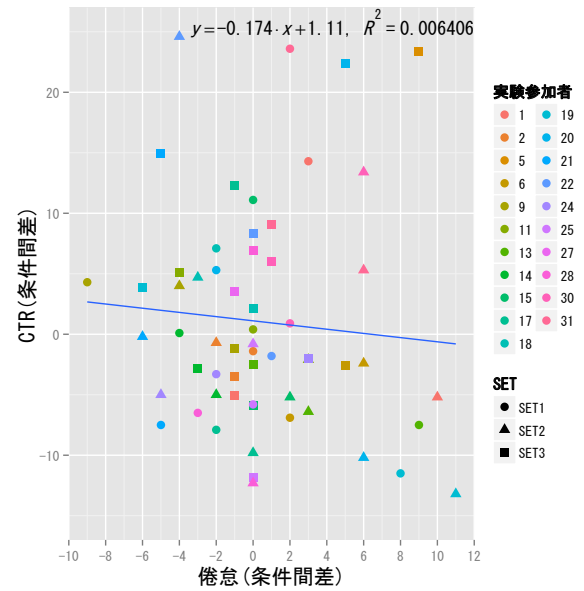


図 C.21: 倦怠と CTR の関係

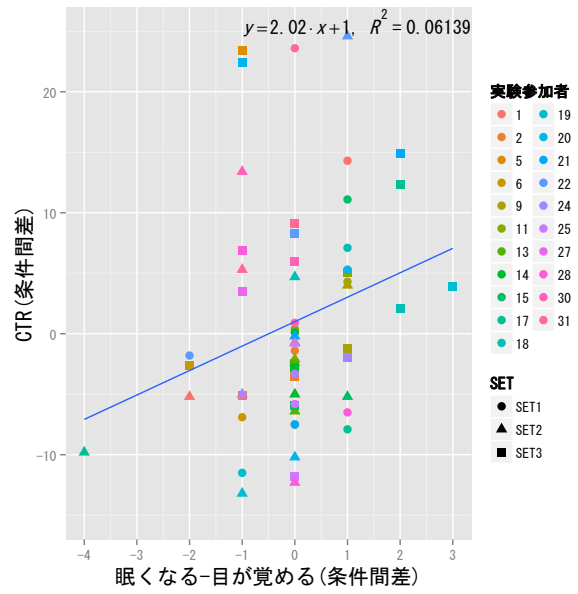
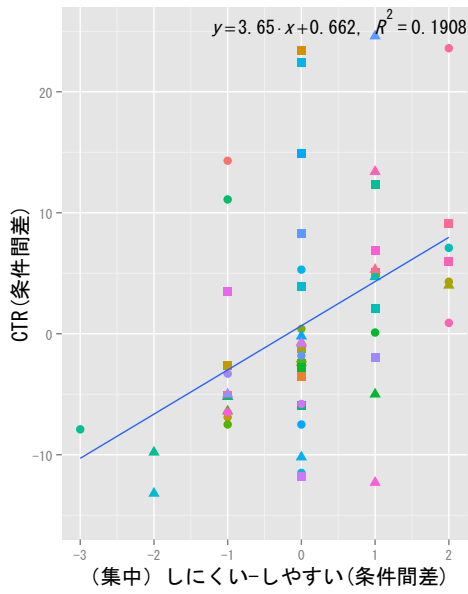


図 C.22: 主観評価 (集中しやすい) と CTR 図 C.23: 主観評価 (目が覚める) と CTR の関係

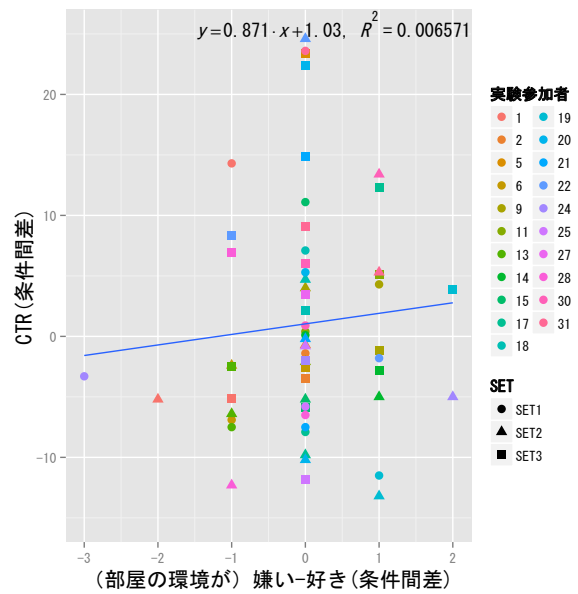
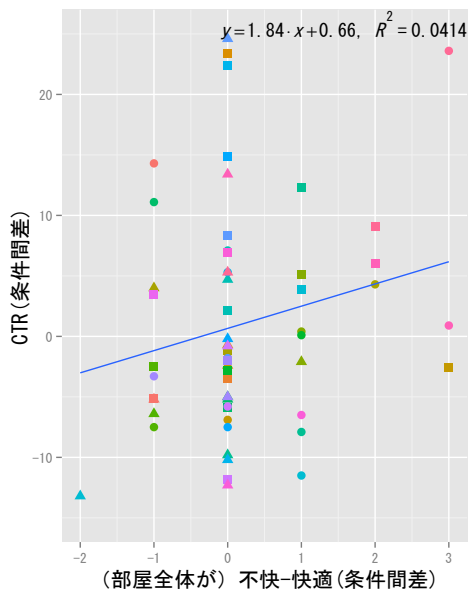


図 C.24: 主観評価 (部屋全体が快適) と 図 C.25: 主観評価 (部屋の環境が好き) と CTR の関係

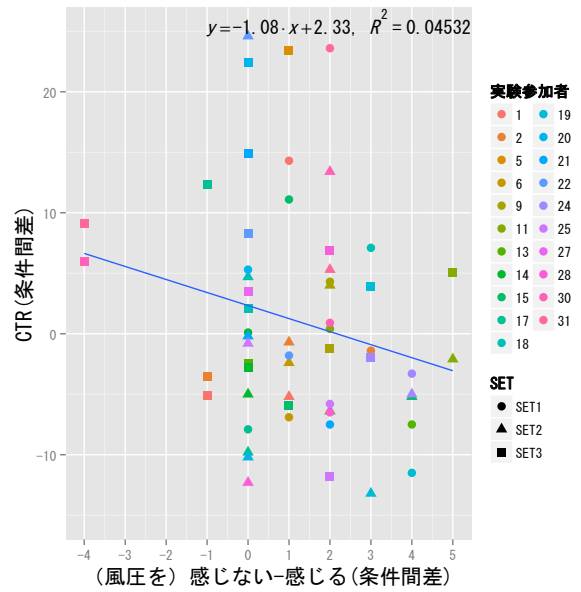
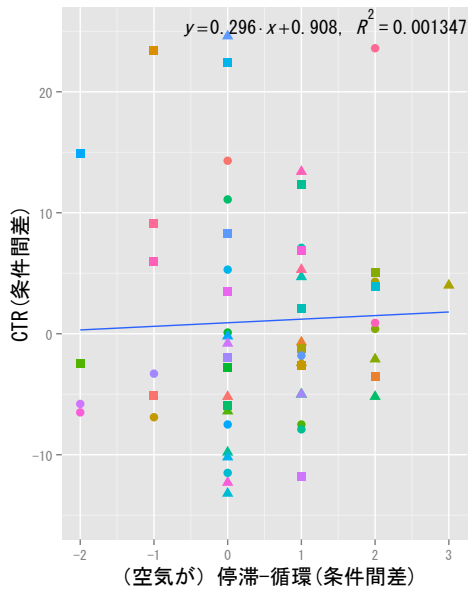


図 C.26: 主観評価 (空気の循環) と CTR の関係
 図 C.27: 主観評価 (風圧を感じる) と CTR の関係

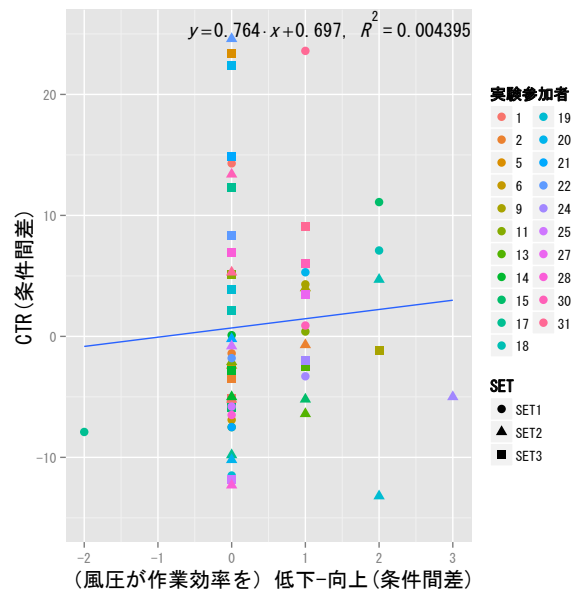
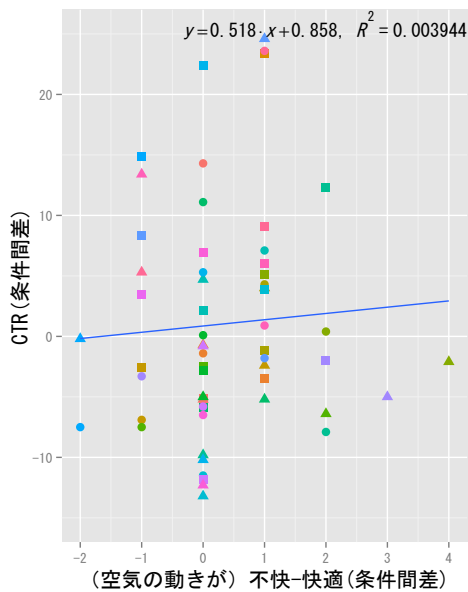


図 C.28: 主観評価 (空気の動きが快適) と CTR の関係
 図 C.29: 主観評価 (風圧が作業効率を向上) と CTR の関係