

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： 集中状態に着目した  
知的生産性評価の検討

指導教員： 下田 宏 教授

氏名： 金川 英弘

提出年月日： 平成28年2月10日(水)

# 目次

<b>第 1 章 序論</b>	<b>1</b>
<b>第 2 章 研究の背景と目的</b>	<b>2</b>
2.1 研究の背景	2
2.2 知的生産性に関する既往研究	3
2.2.1 知的生産性の概念	3
2.2.2 知的生産性の評価手法	4
2.2.3 集中と知的生産性の関係	6
2.2.4 3 状態知的生産性変動モデル	8
2.2.5 集中時間比率 CTR	8
2.3 反応時間解析に関する既往研究	10
2.4 研究の目的	11
<b>第 3 章 集中状態に着目した知的生産性評価手法</b>	<b>13</b>
3.1 認知タスク解答のメカニズム	13
3.2 集中状態評価指標	14
3.3 集中状態評価指標算出アルゴリズムの開発	16
3.3.1 集中状態評価指標算出アルゴリズムの詳細	16
3.3.2 集中状態評価指標算出アルゴリズム実行に必要な環境	18
<b>第 4 章 提案指標を用いたデータセットの解析</b>	<b>20</b>
4.1 2013 年度照明環境評価実験の概要	20
4.1.1 実験の目的	20
4.1.2 実験の方法	21
4.1.3 実験の結果	23
4.2 2014 年度夏季気流実験の概要	25
4.2.1 実験の目的	25
4.2.2 実験の方法	25

4.2.3	実験の結果	28
4.3	2014年度冬季気流実験の概要	29
4.3.1	実験の目的	31
4.3.2	実験の方法	31
4.3.3	実験の結果	31
4.4	2015年度総合環境評価実験の概要	32
4.4.1	実験の目的	32
4.4.2	実験の方法	33
4.4.3	実験の結果	33
4.5	集中状態評価指標の比較方法	35
4.5.1	環境条件間での比較	36
4.5.2	異なる覚醒状態での比較	36
4.5.3	異なるモチベーション間での比較	36
4.6	集中状態評価指標の環境条件間比較	37
4.6.1	照明実験データセットの解析	37
4.6.2	夏季気流実験データセットの解析	40
4.6.3	冬季気流実験データセットの解析	43
4.6.4	総合環境評価実験データセットの解析	46
4.7	異なる覚醒状態での比較	49
4.8	異なるモチベーション下での集中状態評価指標の比較	52
4.9	考察	56
<b>第5章 結論</b>		<b>70</b>
<b>謝辞</b>		<b>72</b>
<b>参考文献</b>		<b>73</b>
付録 A	認知タスクの説明	付録 A-1
付録 B	照明実験解析結果詳細	付録 B-1
付録 C	夏季気流実験解析結果詳細	付録 C-1
付録 D	冬季気流実験解析結果詳細	付録 D-1

付録 E 総合環境評価実験解析結果詳細	付録 E-1
付録 F 高モチベーション下での集中状態評価指標解析結果詳細	付録 F-1
付録 G 照明実験における p と m の算出結果 ( $t_s = 70$ )	付録 G-1

## 目 次

2.1	Woods らによる人間反応評価のための推理モデル	3
2.2	習熟によるパフォーマンス向上の例	5
2.3	card らの人間情報処理モデル	7
2.4	人間をシングルプロセッサのコンピュータと考えた場合の情報処理の流れ	7
2.5	集中とパフォーマンスの概念	8
2.6	3 状態知的生産性変動モデル	9
2.7	解答時間ヒストグラムと集中	10
2.8	反応時間データの例	11
3.1	ステップ分解例 (m=15)	14
3.2	ステップ分解で想定される情報処理の流れ	14
3.3	モデル分布の例	15
3.4	ステップ分解で想定される情報処理の流れ	17
3.5	モデル分布近似結果 (失敗例)	18
4.1	タスク&アンビント照明と従来の天井照明の違い (イメージ)	20
4.2	実験室レイアウト (照明実験)	21
4.3	実験中の様子 (照明実験)	22
4.4	評価実験のプロトコル (照明実験)	24
4.5	伝票分類実施時の環境条件間 CTR 比較 (照明実験)	24
4.6	弱・強気流環境の概要	25
4.7	風速の変化の様子	26
4.8	真上から見た空気清浄機の位置	26
4.9	実験室のレイアウト (夏季気流実験)	27
4.10	評価実験のプロトコル (夏季気流実験)	29
4.11	伝票分類実施時の環境条件間 CTR 比較 (夏季気流実験)	30
4.12	伝票分類実施時の環境条件間 CTR 比較 (冬季気流実験)	33
4.13	評価実験のプロトコル (総合環境評価実験)	34

4.14	伝票分類実施時の環境条件間 CTR 比較 (総合環境評価実験)	35
4.15	照明実験における p の環境条件間比較 (m=10)	37
4.16	照明実験における ts の環境条件間比較 (m=10)	38
4.17	照明実験における p の環境条件間比較 (m=15)	38
4.18	照明実験における ts の環境条件間比較 (m=15)	39
4.19	照明実験における p の環境条件間比較 (m=20)	39
4.20	照明実験における ts の環境条件間比較 (m=20)	40
4.21	夏季気流実験における p の環境条件間比較 (m=10)	40
4.22	夏季気流実験における ts の環境条件間比較 (m=10)	41
4.23	夏季気流実験における p の環境条件間比較 (m=15)	41
4.24	夏季気流実験における ts の環境条件間比較 (m=15)	42
4.25	夏季気流実験における p の環境条件間比較 (m=20)	42
4.26	夏季気流実験における ts の環境条件間比較 (m=20)	43
4.27	冬季気流実験における p の環境条件間比較 (m=10)	43
4.28	冬季気流実験における ts の環境条件間比較 (m=10)	44
4.29	冬季気流実験における p の環境条件間比較 (m=15)	44
4.30	冬季気流実験における ts の環境条件間比較 (m=15)	45
4.31	冬季気流実験における p の環境条件間比較 (m=20)	45
4.32	冬季気流実験における ts の環境条件間比較 (m=20)	46
4.33	総合環境評価実験における p の環境条件間比較 (m=10)	46
4.34	総合環境評価実験における ts の環境条件間比較 (m=10)	47
4.35	総合環境評価実験における p の環境条件間比較 (m=15)	47
4.36	総合環境評価実験における ts の環境条件間比較 (m=15)	48
4.37	総合環境評価実験における p の環境条件間比較 (m=20)	48
4.38	総合環境評価実験における ts の環境条件間比較 (m=20)	49
4.39	異なる覚醒状態における p の比較 (m=10)	49
4.40	異なる覚醒状態における ts の比較 (m=10)	50
4.41	異なる覚醒状態における p の比較 (m=15)	50
4.42	異なる覚醒状態における ts の比較 (m=15)	51
4.43	異なる覚醒状態における p の比較 (m=20)	51
4.44	異なる覚醒状態における ts の比較 (m=20)	51
4.45	p のモチベーション間比較 (m=10)	52

4.46	ts のモチベーション間比較 (m=10)	53
4.47	p のモチベーション間比較 (m=15)	53
4.48	ts のモチベーション間比較 (m=15)	54
4.49	p のモチベーション間比較 (m=20)	54
4.50	ts のモチベーション間比較 (m=20)	55
A.1	伝票分類の説明	付録 A-2
A.2	単語分類の説明	付録 A-3
G.1	照明実験における p の環境条件間比較 (ts=70)	付録 G-2
G.2	照明実験における m の環境条件間比較 (ts=70)	付録 G-2

# 表 目 次

2.1	建築空間と知的活動の階層モデル	6
3.1	伝票分類タスクのステップ分解	19
4.1	実験室の環境条件 (照明実験)	22
4.2	照明条件の詳細	22
4.3	照明条件の日程表	23
4.4	実験室の室内環境条件 (夏季気流実験)	27
4.5	気流環境の実施順 (夏季気流実験)	28
4.6	解析対象外とした理由	30
4.7	実験室の室内環境条件 (冬季気流実験)	31
4.8	騒音レベル (冬季気流実験)	32
4.9	気流環境の実施順 (冬季気流実験)	32
4.10	環境条件の詳細 (総合環境評価実験)	35
4.11	p 環境条件間比較結果まとめ	55
4.12	ts 環境条件間比較結果まとめ	56
4.13	照明実験における p 平均の照明条件間比較 (m=10)	58
4.14	照明実験における ts 平均の照明条件間比較 (m=10)	58
4.15	照明実験における p 平均の照明条件間比較 (m=15)	59
4.16	照明実験における ts 平均の照明条件間比較 (m=15)	59
4.17	照明実験における p 平均の照明条件間比較 (m=20)	60
4.18	照明実験における ts 平均の照明条件間比較 (m=20)	60
4.19	夏季気流実験における p,ts 平均の環境条件間比較 (m=10)	61
4.20	夏季気流実験における p,ts 平均の環境条件間比較 (m=15)	61
4.21	夏季気流実験における p,ts 平均の環境条件間比較 (m=20)	62
4.22	冬季気流実験における p,ts 平均の環境条件間比較 (m=10)	62
4.23	冬季気流実験における p,ts 平均の環境条件間比較 (m=15)	63
4.24	冬季気流実験における p,ts 平均の環境条件間比較 (m=20)	63



4.25	総合環境評価実験における p,ts 平均の環境条件間比較 (m=10)	64
4.26	総合環境評価実験における p,ts 平均の環境条件間比較 (m=15)	64
4.27	総合環境評価実験における p,ts 平均の環境条件間比較 (m=20)	65
4.28	異なる覚醒状態における p,ts の比較 (m=10)	65
4.29	異なる覚醒状態における p,ts の比較 (m=15)	66
4.30	異なる覚醒状態における p,ts の比較 (m=20)	66
4.31	異なるモチベーション下における p,ts の比較 (m=10)	68
4.32	異なるモチベーション下における p,ts の比較 (m=15)	68
4.33	異なるモチベーション下における p,ts の比較 (m=20)	69
B.1	照明実験における p の算出結果 Group1-3(m=10)	付録B-2
B.2	照明実験における p の算出結果 Group4-6(m=10)	付録B-3
B.3	照明実験における ts の算出結果 Group1-3(m=10)	付録B-4
B.4	照明実験における ts の算出結果 Group4-6(m=10)	付録B-5
B.5	照明実験における p の算出結果 Group1-3(m=15)	付録B-6
B.6	照明実験における p の算出結果 Group4-6(m=15)	付録B-7
B.7	照明実験における ts の算出結果 Group1-3(m=15)	付録B-8
B.8	照明実験における ts の算出結果 Group4-6(m=15)	付録B-9
B.9	照明実験における p の算出結果 Group1-3(m=20)	付録B-10
B.10	照明実験における p の算出結果 Group4-6(m=20)	付録B-11
B.11	照明実験における ts の算出結果 Group1-3(m=20)	付録B-12
B.12	照明実験における ts の算出結果 Group4-6(m=20)	付録B-13
C.1	夏季気流実験における p の算出結果 Group1-3(m=10)	付録C-2
C.2	夏季気流実験における p の算出結果 Group4-6(m=10)	付録C-3
C.3	夏季気流実験における ts の算出結果 Group1-3(m=10)	付録C-4
C.4	夏季気流実験における ts の算出結果 Group4-6(m=10)	付録C-5
C.5	夏季気流実験における p の算出結果 Group1-3(m=15)	付録C-6
C.6	夏季気流実験における p の算出結果 Group4-6(m=15)	付録C-7
C.7	夏季気流実験における ts の算出結果 Group1-3(m=15)	付録C-8
C.8	夏季気流実験における ts の算出結果 Group4-6(m=15)	付録C-9
C.9	夏季気流実験における p の算出結果 Group1-3(m=20)	付録C-10
C.10	夏季気流実験における p の算出結果 Group4-6(m=20)	付録C-11

C.11 夏季気流実験における $t_s$ の算出結果 Group1-3( $m=20$ ) . . . . .	付録C-12
C.12 夏季気流実験における $t_s$ の算出結果 Group4-6( $m=20$ ) . . . . .	付録C-13
D.1 冬季気流実験における $p$ の算出結果 Group1-3( $m=10$ ) . . . . .	付録D-2
D.2 冬季気流実験における $p$ の算出結果 Group4-6( $m=10$ ) . . . . .	付録D-3
D.3 冬季気流実験における $t_s$ の算出結果 Group1-3( $m=10$ ) . . . . .	付録D-4
D.4 冬季気流実験における $t_s$ の算出結果 Group4-6( $m=10$ ) . . . . .	付録D-5
D.5 冬季気流実験における $p$ の算出結果 Group1-3( $m=15$ ) . . . . .	付録D-6
D.6 冬季気流実験における $p$ の算出結果 Group4-6( $m=15$ ) . . . . .	付録D-7
D.7 冬季気流実験における $t_s$ の算出結果 Group1-3( $m=15$ ) . . . . .	付録D-8
D.8 冬季気流実験における $t_s$ の算出結果 Group4-6( $m=15$ ) . . . . .	付録D-9
D.9 冬季気流実験における $p$ の算出結果 Group1-3( $m=20$ ) . . . . .	付録D-10
D.10 冬季気流実験における $p$ の算出結果 Group4-6( $m=20$ ) . . . . .	付録D-11
D.11 冬季気流実験における $t_s$ の算出結果 Group1-3( $m=20$ ) . . . . .	付録D-12
D.12 冬季気流実験における $t_s$ の算出結果 Group4-6( $m=20$ ) . . . . .	付録D-13
E.1 総合環境評価実験における $p$ の算出結果 Group1-3( $m=10$ ) . . . . .	付録E-2
E.2 総合環境評価実験における $p$ の算出結果 Group4-6( $m=10$ ) . . . . .	付録E-3
E.3 総合環境評価実験における $p$ の算出結果 Group7( $m=10$ ) . . . . .	付録E-4
E.4 総合環境評価実験における $t_s$ の算出結果 Group1-3( $m=10$ ) . . . . .	付録E-5
E.5 総合環境評価実験における $t_s$ の算出結果 Group4-6( $m=10$ ) . . . . .	付録E-6
E.6 総合環境評価実験における $t_s$ の算出結果 Group7( $m=10$ ) . . . . .	付録E-7
E.7 総合環境評価実験における $p$ の算出結果 Group1-3( $m=15$ ) . . . . .	付録E-8
E.8 総合環境評価実験における $p$ の算出結果 Group4-6( $m=15$ ) . . . . .	付録E-9
E.9 総合環境評価実験における $p$ の算出結果 Group7( $m=15$ ) . . . . .	付録E-10
E.10 総合環境評価実験における $t_s$ の算出結果 Group1-3( $m=15$ ) . . . . .	付録E-11
E.11 総合環境評価実験における $t_s$ の算出結果 Group4-6( $m=15$ ) . . . . .	付録E-12
E.12 総合環境評価実験における $t_s$ の算出結果 Group7( $m=15$ ) . . . . .	付録E-13
E.13 総合環境評価実験における $p$ の算出結果 Group1-3( $m=20$ ) . . . . .	付録E-14
E.14 総合環境評価実験における $p$ の算出結果 Group4-6( $m=20$ ) . . . . .	付録E-15
E.15 総合環境評価実験における $p$ の算出結果 Group7( $m=20$ ) . . . . .	付録E-16
E.16 総合環境評価実験における $t_s$ の算出結果 Group1-3( $m=20$ ) . . . . .	付録E-17
E.17 総合環境評価実験における $t_s$ の算出結果 Group4-6( $m=20$ ) . . . . .	付録E-18

E.18	総合環境評価実験における ts の算出結果 Group7(m=20)	付録E-19
F.1	高モチベーション時における p の算出結果 (m=10)	付録F-2
F.2	ハイモチベーション時における ts の算出結果 (m=10)	付録F-3
F.3	高モチベーション時における p の算出結果 (m=15)	付録F-4
F.4	高モチベーション時における ts の算出結果 (m=15)	付録F-5
F.5	高モチベーション時における p の算出結果 (m=20)	付録F-6
F.6	高モチベーション時における ts の算出結果 (m=20)	付録F-7
G.1	照明実験における p の算出結果 Group1-3(ts=70)	付録G-3
G.2	照明実験における p の算出結果 Group4-6(ts=70)	付録G-4
G.3	照明実験における m の算出結果 Group1-3(ts=70)	付録G-5
G.4	照明実験における m の算出結果 Group4-6(ts=70)	付録G-6

# 第 1 章 序論

社会の持続的発展のために、人類の地球環境との共存は必要不可欠である。今や企業にとっても、地球環境へ配慮した経営を行うことが当たり前となっている。特に、2011年に発生した東日本大震災の2次災害である福島第一原子力発電所の事故以降、企業の節電への意識はより一層高まっている。実施の容易さや経費削減にもつながるといふ理由から、実際の取り組みとしては、蛍光灯の間引きや冷暖房の調整などオフィス環境の見直しが図られている。しかし、これらの取り組みは電力消費量の削減を重視するあまり、オフィス環境を悪化させ、執務者の知的生産性を低下させる恐れがある。オフィスでの作業は書類作成や情報管理などの知的作業が大半を占めており、このような知的作業の効率は労働時間に大きな影響を及ぼす。生産性の低下によって労働時間が長くなると、結果として人件費やエネルギー消費の増大を引き起こすことになりかねない。このため、オフィス環境を設計する際には、エネルギー消費量と知的生産性との適切なバランスを計る必要があり、そのためにはまず、知的生産性を適切に評価する必要がある。

本研究室では、知的生産性を定量的かつ客観的に評価する指標として集中時間比率 (Concentration Time Ratio; 以下 CTR) を用いてきた<sup>[1]</sup>。CTR は3状態知的生産性変動モデル<sup>[2]</sup>に基づいて開発された指標であり、認知タスクの総作業時間における集中状態にある時間の占める割合を表している。しかし、集中状態は作業状態と短期中断状態という2つの状態から構成されており、CTR では集中状態内部の状態遷移を捉えることができない。そこで本研究では、集中状態を表すパラメータを指標として設定することにより、集中状態に着目した知的生産性評価を検討する。

本論文は、序論を含めて全5章で構成されている。第2章では、研究の背景および知的生産性の概念と定義を述べる。その後、知的生産性評価指標 CTR とその問題点について述べ、それを踏まえた本研究の目的と意義を述べる。第3章では、集中状態を表すパラメータを指標として設定することにより、集中状態を評価することを述べる。そして、指標を算出するためのアルゴリズムについて述べる。第4章では、過去に行われた実験のデータから集中状態を比較した結果を述べる。第5章では、結論として本研究の成果をまとめ、今後の課題を述べる。

## 第 2 章 研究の背景と目的

本章では、まず本研究の背景について述べる。次に、知的生産性に関する既往研究についてまとめ、現状の課題を提示する。最後に、本研究の目的を述べる。

### 2.1 研究の背景

近年、日本の業務部門での電力消費量は増加傾向にある<sup>[3]</sup>一方で、東日本大震災に伴う原子力発電所の事故によって多くの原子力発電所からの電力供給が停止し、あらゆる場面において電力消費量の削減が求められている。そのため企業では、地球環境への配慮も兼ねて、省エネルギーの取り組みを数多く行なっている。その取り組みの例として、冷暖房の調整や照明の間引き等がある。しかし、これらの取り組みは電力消費量の削減を重視するあまり、オフィス環境が悪化し、執務者の知的生産性に悪影響を及ぼす可能性がある。今日ではオフィスにおける業務の大半が書類作成や情報処理などの知的作業であることを考えると、知的作業の効率である知的生産性の低下は労働時間の増加を招き、逆に電力消費量を増加させる恐れもある。したがって、オフィス環境を設計する際には電力消費量と執務者の知的生産性のバランスを考慮する必要があり、そのためにはまず、知的生産性を適切に評価する必要がある。

知的生産性を評価するための手法としては、仮想タスクを用いた評価がよく用いられており、これによって客観的な評価が可能となる。また、仮想タスクを用いた知的生産性評価の指標として、本研究室では集中時間比率 (Concentration Time Ratio; 以下 CTR) を用いてきた。CTR を用いることによって、客観的かつ定量的な知的生産性の評価が可能となる<sup>[1]</sup>。しかし、CTR は 3 状態知的生産性変動モデルに基づく集中状態と非集中状態の比率のみに着目した指標であるため、集中状態内部の状態遷移については考慮できていない。集中状態内部の状態遷移に大きな差が見られる場合は、同じ CTR でも集中の程度が異なる可能性がある。つまり、集中状態内部の状態遷移を評価することによって、集中の程度を考慮した知的生産性の評価を行える可能性がある。そこで本研究では、どのような条件において集中状態内部の状態遷移に差が生じるのかを調べる。

## 2.2 知的生産性に関する既往研究

### 2.2.1 知的生産性の概念

知的生産性とはオフィスなどでの知的作業の効率を表す概念で、大きく分けて2つの考え方がある。一方は経済性を重視した考え方で、知的作業を行う環境のために投入した資本と得られた利益の利率として捉えられるものである。Woods<sup>[4]</sup>のモデルなどはこの考え方に即している。図2.1にWoodsらによる人間反応評価のための推理モデルを示す。もう一方は、経済性については考えず、単位時間当たりの作業量である執務者の作業効率を評価する考え方である。作業効率はオフィス環境により変化するため、作業効率という観点から知的生産性を評価した場合、投入した資本に関わらずオフィス環境そのものを評価できる。電力消費量削減を目的として照明や空調などのオフィス環境を変化させる場合、作業効率という観点から評価することが望ましい。これは、執務者の知的生産性を向上させるオフィス環境が実現できれば、電力消費量削減に加えて労働時間の短縮による人件費の削減も期待できるからである。以上の理由から、本研究では、作業効率という観点から知的生産性の評価を試みる。

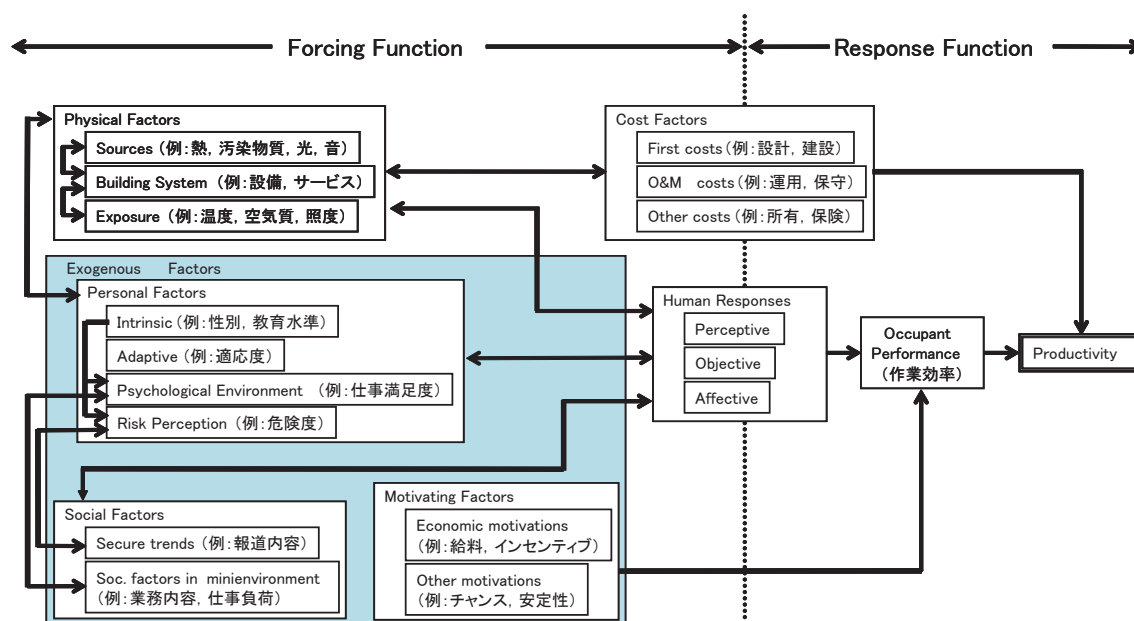


図 2.1: Woodsらによる人間反応評価のための推理モデル

## 2.2.2 知的生産性の評価手法

知的生産性の評価手法は、主観評価、生理指標による評価、オフィス作業量の直接計測、仮想タスクによる評価に大別できる。以下でそれぞれについて概説する。

- 主観評価

作業執務者に対して照明環境などに関するアンケートを実施し、環境が知的生産性に与える影響を評価する手法である。例えば、室内環境の観点から生産性評価を試みる手法として杉浦らのSAP(Subjective Assessment of workplace Productivity)<sup>[5]</sup>がある。これは室内環境についての主観評価に関する既往研究を元に作成されたアンケートである。多量のデータを手軽に収集でき、汎用的なアンケートを用いることで、他研究の計測結果と比較し易い。その反面、被測定者の先入観や偏見が介入し得るため、客観的な評価が難しい。

- 生理指標による評価

生体反応を計測することで知的生産性を評価する手法である。例えば、西原<sup>[6]</sup>らは頭部血中酸素濃度から知的作業中のメンタルワークロードを計測し、作業成績とメンタルワークロードの関係を調べている。作業内容に関わらず客観的な評価が可能であるが、知的生産性との関係については不明瞭な部分が多い。さらに、執務者に計測器を装着する必要があるため、実際のオフィスでの環境評価などには導入しにくい。

- オフィス作業量の直接計測

オフィスで実際に実施されている仕事の中で、計測可能な作業量を知的生産性の評価に用いる手法である。実際のオフィス作業により知的生産性を評価した例として、Fiskらによる病院のコールセンターの事例がある<sup>[7]</sup>。これは、コールに対する平均処理時間とオフィスの換気量等の環境要因との関係について検討した研究であり、換気量が高い時に作業効率が2%上昇し、逆に高温環境では作業効率の低下が認められたと報告している。定量評価が可能であり、実際のオフィス作業を反映しているため、評価結果の信頼性が高い。しかし実際には、定量的に作業量を計測できるオフィス作業は限られている。

- 仮想タスクによる評価

オフィス業務で用いる認知機能に着目し、作業量の定量評価が可能な認知タスクを執務者に実施させ、作業効率などの尺度により知的生産性を評価する手法であ

る。オフィス執務者の知的生産性を評価するパフォーマンステストとして、本研究室で開発してきた CPTOP(Cognitive Performance Test of Productivity) がある<sup>[8][9]</sup>。CPTOPはオフィスワークを実施する際に使用する能力と同じ能力を使用する仮想タスクを準備することで、実際のオフィスワークを定量的かつ客観的に評価することを目指したものである。定量的で客観的な評価が可能であり、様々な環境の評価に対して同一の尺度を用いることで、計測される値に汎用性が生じる。しかし、仮想タスクを用いて知的生産性を評価する場合には、作業量を定量評価可能な認知タスクを、執務者に繰り返し実施させる必要がある。そしてその際、執務者の作業習熟に伴って作業効率が向上するという習熟効果が現れる。習熟効果の問題点は、環境条件間で作業効率に差が生じた場合、その差を習熟効果の影響と環境条件の影響とに区別することが困難になることである。Bohlenら<sup>[10]</sup>によると、作業効率は累積実施時間に伴い、一定の改善率で極限值に近づく。習熟効果の影響を考慮した上で、作業効率から知的生産性を評価するための方策として、計測を複数回繰り返し習熟曲線を推測して作業効率に補正をかける方法がある。榎本ら<sup>[11]</sup>は、作業効率は1回の試行ごとに一定の改善率である一定値に近づくことと仮定し、習熟曲線による補正を試みた。しかし、習熟曲線を導出するためには同一環境下で同じ内容のタスクを多数回繰り返し実施する必要があり、執務者の身体的、精神的負担の増加や体調・モチベーション等の統制が問題となる。図2.2に習熟によるパフォーマンス向上の例を示す。

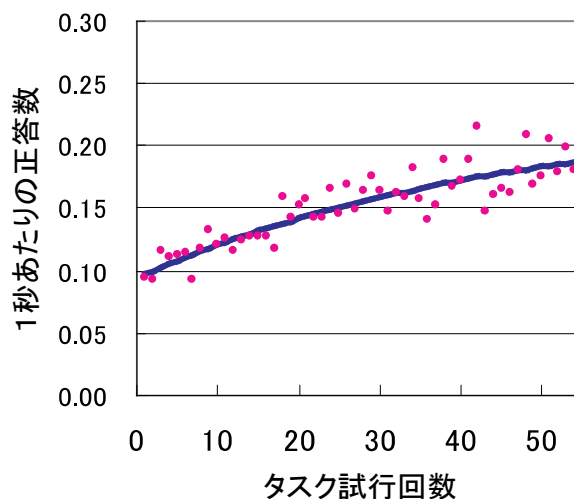


図 2.2: 習熟によるパフォーマンス向上の例



### 2.2.3 集中と知的生産性の関係

知的作業を分類したモデルに、村上ら<sup>[12]</sup>が提案する建築空間と知的活動の階層モデルがある。このモデルでは、表 2.1 に示すように知的作業を三つの階層に分けている。第一階層の情報処理は、知識や情報の定型処理・事務処理である。具体的には、文字や図形の認識にかかわる視覚認知、音声認識に関わる聴覚認知、判断や操作に関わる動作制御が含まれる。第二階層の知識処理は、知識や情報の調査や探索、加工処理、知的価値向上である。具体的には知識蓄積に関わる記憶や知識加工に関わる計算が含まれる。これら第一階層、第二階層は、成果を定量評価しやすいため、アウトプットの計測により測定可能である。一方、第三階層の知識創造は、価値創造やイノベーションなどの新しい価値を創造する処理である。例えば、分析・統合などの収束的思考、想起やひらめきなどの拡散的思考が含まれる。

第一階層と第二階層の知的作業は、シンボル処理としてシングルプロセッサのコンピュータのアナロジーで考えることができる。Cardら<sup>[13]</sup>は人間の認知心理学的特性を、コンピュータとのアナロジーの観点から、記憶システムと処理システムに分類し人間情報処理モデルを考案した。そのモデルを図 2.3 に示す。人間情報処理モデルを参考に、人間の作業処理のプロセスをモデル化して考えたときの情報処理の流れを図 2.4 に示す。この情報処理の流れの中で、一定期間認知資源を対象に割り当てている状態を集中状態、認知資源を対象に割り当てていない状態を非集中状態と定義する。建築空間と知的活動の階層に基づいた、集中とパフォーマンスの概念を図 2.5 に示す。集中は知的作業のすべての段階で関連する重要な要素であると考えられている<sup>[12]</sup>ので、すなわち、集中状態にある時間が長いほど知的生産性が高いと言える。

表 2.1: 建築空間と知的活動の階層モデル

第 1 階層	知識情報の定型処理、事務処理 (情報処理)
第 2 階層	知識情報の調査探索、加工処理、知的価値向上 (知識処理)
第 3 階層	価値創造、イノベーション (知識創造)

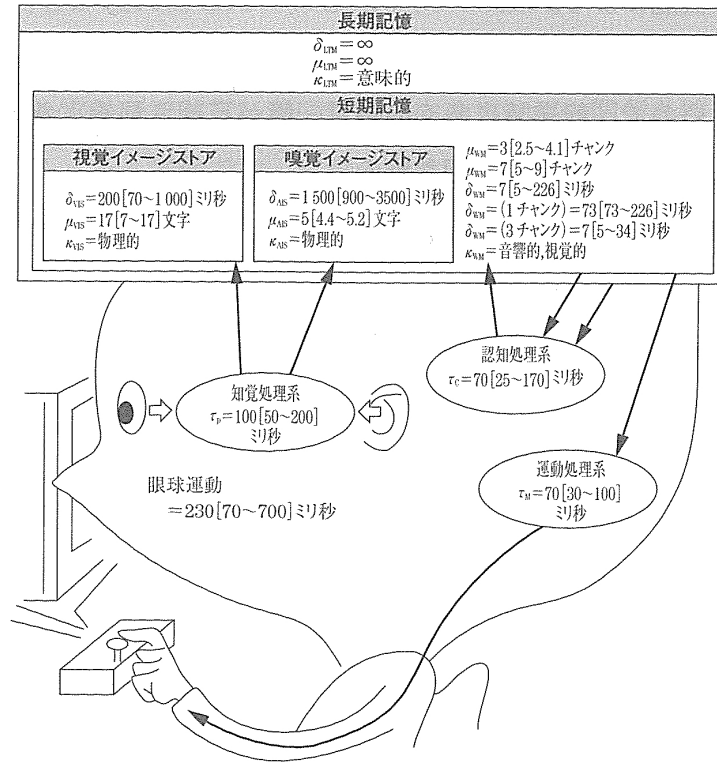


図 2.3: card らの人間情報処理モデル

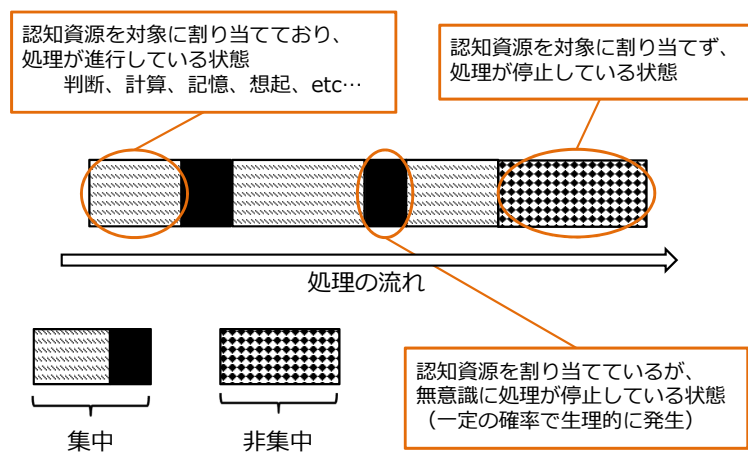


図 2.4: 人間をシングルプロセッサのコンピュータと考えた場合の情報処理の流れ

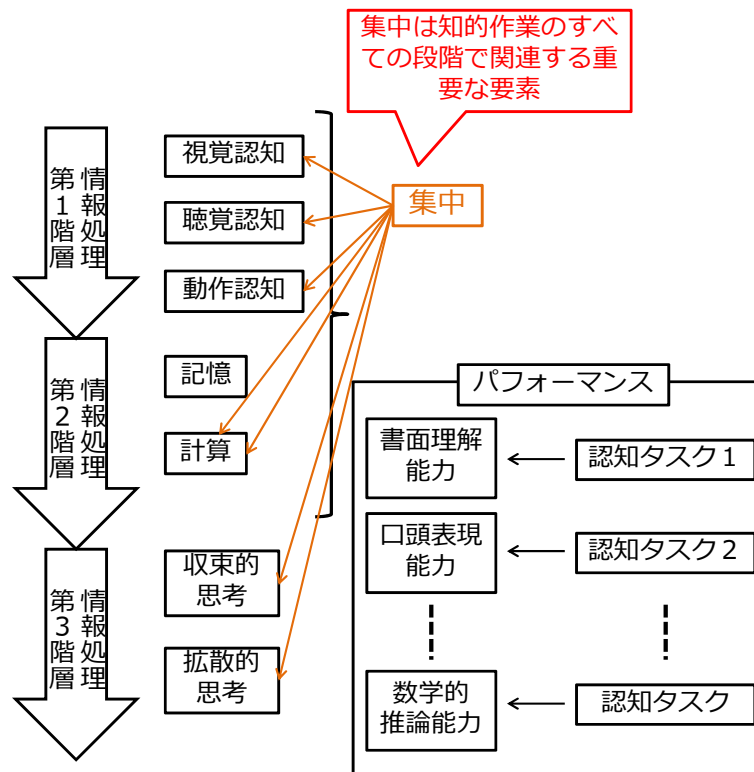


図 2.5: 集中とパフォーマンスの概念

## 2.2.4 3 状態知的生産性変動モデル

2.2.3 項で述べた集中という概念に基づいた認知モデルとして、図 2.6 に示す知的生産性変動過程を説明する 3 状態知的生産性変動モデル<sup>[2]</sup>がある。モデルの 3 つの状態のうち、集中状態は「作業状態」と「短期中断状態」の 2 状態に、非集中状態は「長期休息状態」に対応する。作業状態とは作業に注力しており、作業処理が進行している状態である。短期中断状態とは、作業に注力しているが、無意識に作業が中断している状態である。そして長期休息状態とは、疲労などから意識的に作業が中断している状態である。3 状態知的生産性変動モデルにおいて、執務者は作業中にこれらの 3 状態の間を遷移すると考えられる。なお、短期中断状態は Bills<sup>[14]</sup> が述べている Blocking と関連すると考えられている。Bills は Blocking を作業中の短い意識の中断であると定義し、無意識に起こり避けられない現象であるとしている。

## 2.2.5 集中時間比率 CTR

図 2.6 の作業状態と短期中断状態の遷移確率が一定でマルコフモデルを形成している場合、解答時間頻度の分布は式 (2.1) に示すような対数正規分布によって近似できる。

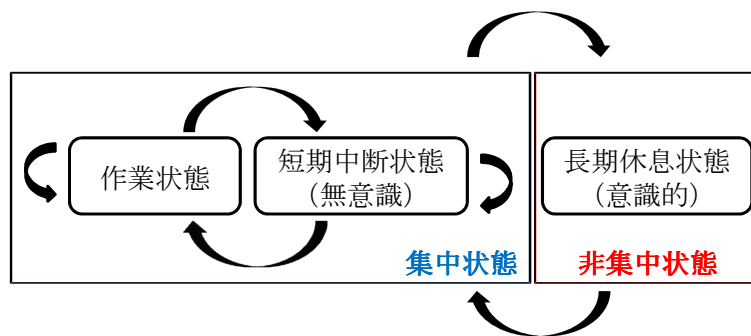


図 2.6: 3 状態知的生産性変動モデル

ただし、 $t$  は認知タスク 1 問の解答に必要な時間、 $\mu$  は対数正規分布の最頻値、そして  $\sigma$  は対数正規分布の標準偏差をそれぞれ表している。この近似の詳細は 3.1 節で述べる。

$$f(t) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma t}} \exp\left(-\frac{(\ln(t) - \mu)^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2.1)$$

このとき図 2.7 のように、対数正規分布で解答頻度の分布を近似することによって集中状態と非集中状態を分離することが可能となる。以下、認知タスクを用いた計測から得られる解答時間頻度の分布を頻度分布と呼ぶ。数十分間以上にわたって、難易度が均一の認知タスクを連続して  $T$  秒間実施させ、その間の合計解答数が  $N$  問であった場合、集中状態における 1 問あたりの平均解答時間  $\overline{CT}$  が明らかになれば、CTR は式 (2.2) で計算することができる。右辺の分子は (集中状態の平均解答時間  $\overline{CT}$ )  $\times$  (合計解答数  $N$ )、すなわち集中時間の合計を表し、それを分母の作業実施時間  $T$  で割ることにより、集中時間比率が求められる。

$$CTR = \frac{\overline{CT} \cdot N}{T} \quad (2.2)$$

図 2.7 のように、 $\overline{CT}$  は長期休息状態が生じず、頻度分布が式 (2.1) の対数正規分布で表される区間を想定した時の平均解答時間と考えられる。これは対数正規分布の平均値であるから、 $\overline{CT}$  は式 (2.3) で表される。

$$\overline{CT} = \exp\left(\mu + \frac{\sigma^2}{2}\right) \quad (2.3)$$

従って、式(2.3)右辺のパラメータ $\mu$ と $\sigma$ を求めることにより $\overline{CT}$ が決定し、これと式(2.2)からCTRを求めることができる。パラメータは、頻度分布のグラフに対して、対数正規分布による近似曲線を導出することで求める。

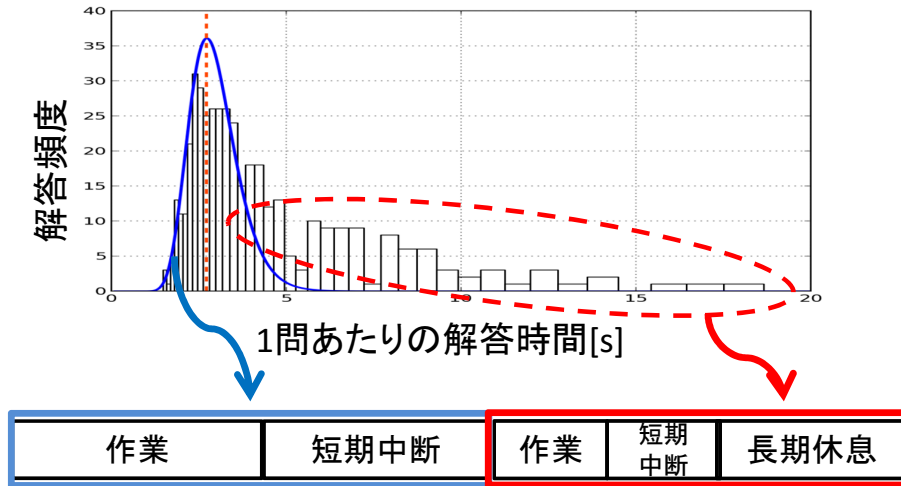


図 2.7: 解答時間ヒストグラムと集中

## 2.3 反応時間解析に関する既往研究

仮想タスクを用いた心理学実験のデータ解析において、最も簡単な方法として、一定時間内に解答したタスクの解答時間データの平均値を算出する方法が挙げられる。しかし、図 2.8 の反応時間データの例に示すように、仮想タスクを解答したデータの分布は正に歪曲していることが多い。なお、正に歪曲するというのは、分布の最頻値が平均値より左に位置し、解答時間の長いデータが多く観測されることを言う。仮想タスクを解答したデータの分布が正に歪曲している場合、平均値を用いてもデータを適切に解析できない可能性がある。これは、平均値は全観測値を平等に利用するため外れ値の影響を受けやすく、正に歪んだデータではデータを過大評価する恐れがあるからである。外れ値の影響を排除するための手段として、データに一定の閾値を設定し、閾値以上の観測値を解析対象から除外することも考えられる。しかし、閾値の値に明確な根拠は無く、これは適切な解析が行えると言い難い。

また、別の方法として、最頻値を用いて解析する方法がある。しかし、反応時間のデータは連続な実数であり、全く同じ観測値が複数回得られることは厳密にはありえない。したがって、便宜上の最頻値を求めるためには図 2.8 に示すように横軸を一定の

間隔で区切ったヒストグラムを用いる必要がある。しかし、ここで得られる最頻値は横軸を区切る間隔に依存するため、一意性に欠ける。

そこで、得られたデータの代表値を算出して評価を行うのではなく、データ全体を統計分布で近似することによってパラメータを算出し、その値を評価するという方法がよく用いられている<sup>[15]</sup>。ここでの近似とは、既知の統計分布が実験から得られたデータと最もよく重なるようにパラメータを調整することを言う。近似に用いる統計分布は対数正規分布<sup>[16]</sup>、Ex-Gaussian 分布<sup>[17]</sup>、Wald 分布<sup>[18]</sup>などが存在するが、本研究では特に対数正規分布を用いた近似を対象とする。これは、2.2.4 項で述べた 3 状態知的生産性変動モデルに基づいて知的生産性を評価する場合、集中状態における解答時間頻度の分布を対数正規分布で近似できるからである。この近似の詳細は 3.1 節で述べる。

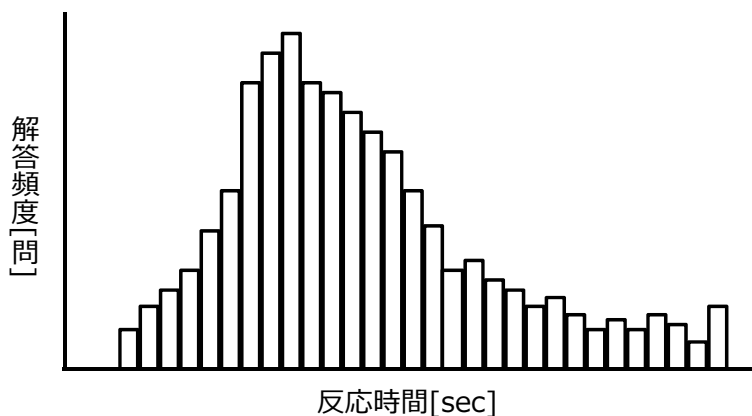


図 2.8: 反応時間データの例

## 2.4 研究の目的

本研究室では過去に複数回の環境評価実験を実施しているが、いずれのデータ解析においても知的生産性評価の指標として CTR を用いている。一方で、2.1 節で述べたように、CTR は集中状態と非集中状態の比率のみに着目した指標であるため、集中状態内部の状態遷移については考慮していない。集中状態内部の状態遷移に大きな差が見られる場合は、同じ CTR でも集中の程度が異なる可能性があり、CTR だけでは知的生産性を適切に評価できていない可能性がある。すなわち、集中状態内部の状態遷移を評価することによって、集中の程度を考慮した知的生産性の評価をできる可能性がある。

そこで本研究では集中状態内部の状態遷移に着目し、集中状態を表すパラメータを

知的生産性評価のための新たな指標として設定する。そして、この指標を用いて本研究室で過去に行われた環境評価実験の結果を解析し、どのような条件において集中状態内部の状態遷移に差が生じるのか調べることを目的とする。

## 第 3 章 集中状態に着目した知的生産性評価手法

本章ではまず、認知タスクの解答がどのような認知プロセスを経ることで完了するのかを、2.2.4 節で述べた 3 状態知的生産性変動モデルに基づいて述べる。そして、認知タスク解答のプロセスに基づいて集中状態内部の変化を表すパラメータについて説明し、本研究ではそれらのパラメータを用いて知的生産性を評価することを述べる。最後に、上記のパラメータを算出するための解析アルゴリズムについて述べる。

### 3.1 認知タスク解答のメカニズム

2.2.4 項で述べた 3 状態知的生産性変動モデルに基づくと、作業状態に遷移している場合のみ作業が実際に進行しており、短期中断状態に遷移している場合には無意識に処理が中断している。以下、集中状態内部における作業状態と短期中断状態の遷移に着目し、認知タスク解答のメカニズムを説明する。ただし、ここでの作業とは本研究室で開発された伝票分類タスクに代表される認知タスク解答のための作業を示している。伝票分類タスクの詳細は付録 A に示す。

図 3.1 に示すように、認知タスクの解答は複数のステップに分解することが可能であり、タスクを 1 問解答するためにはそれらのステップを全て完了する必要がある。以下、認知タスク 1 問の解答に必要なステップ数を  $m$  とする。また、ステップ分解で想定される情報処理の流れを図 3.2 に示す。一方、認知タスク解答に必要なステップをひとつ経ることが 3 状態知的生産性変動モデルにおいて作業状態に 1 回遷移することであるとすると、認知タスクを 1 問解答することは作業状態を  $m$  回経過することに等しい。

難易度が一定の認知タスクを同じ能力の執務者が同じ環境条件下で複数問解答した場合、集中状態における解答時間は常に一定となるはずである。しかし実際には、1 問の解答までに短期中断状態を何回挟むかによって解答時間が異なる。作業状態への遷移確率を  $p$ 、短期中断状態への遷移確率を  $1-p$  とすると、1 問の解答までに短期中断状態を  $n$  回挟む確率は  ${}_{m+n-1}C_n \cdot p^m \cdot (1-p)^n$  で表される。このように、作業状態と短期中断状態との遷移はマルコフモデルとして表されるので、これは対数正規分布で近似することが可能となる。認知タスク 1 問の解答までに短期中断状態を  $n$  回挟む時、1 回の状態遷移に要する時間  $ts[\text{ms}]$  は作業時間中で一定であるとすると、解答時間は



$ts(m+n)/1000[\text{sec}]$  となる。解答を複数回行う場合には式 (3.3) に基づいて図 3.3 のような分布が得られる。なお、図 3.3 は例として  $p=0.4$ 、 $m=15$ 、 $ts=100$  の場合を示している。以下、3 状態知的生産性変動モデルに基づいた理論上の解答頻度分布をモデル分布と呼ぶ。

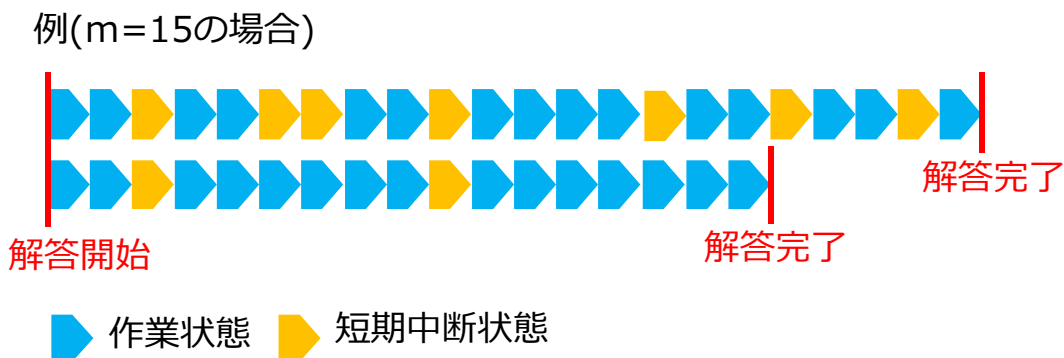


図 3.1: ステップ分解例 ( $m=15$ )

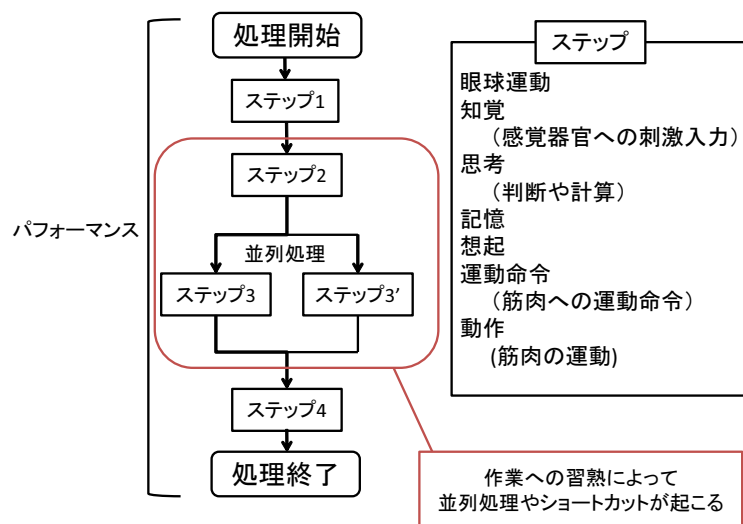


図 3.2: ステップ分解で想定される情報処理の流れ

## 3.2 集中状態評価指標

式 (3.3) で示したように、モデル分布の概形を決めるパラメータは3つ存在するため、これら3つのパラメータによって集中状態を評価できる。

1つ目は、作業状態へ遷移する確率  $p$  である。2.2.5 項で述べたように、執務者が集中状態にあるときは一定の確率で作業状態と短期中断状態の間を遷移する。 $p$  が大きい

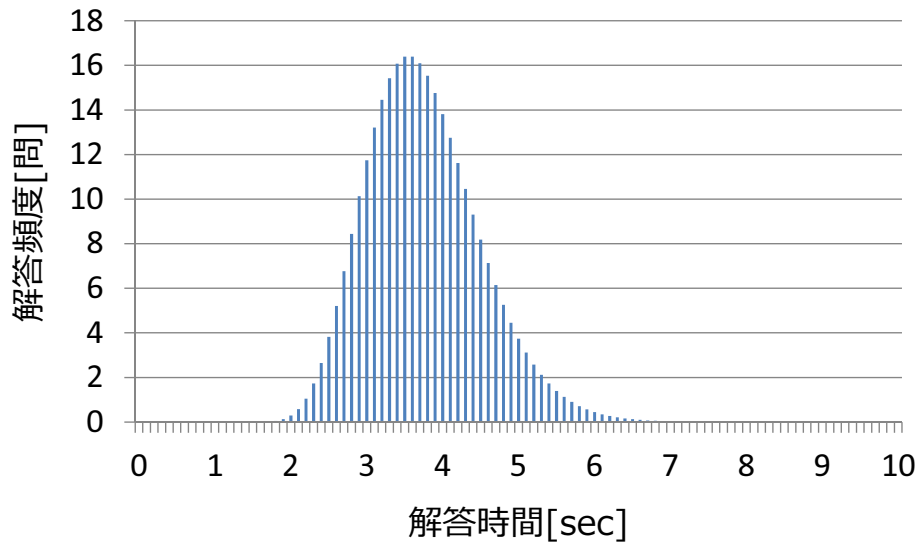


図 3.3: モデル分布の例

ほど作業状態への遷移回数が多くなり、短期中断状態への遷移回数が少なくなるので、図 3.3 の分布の分散が小さくなる。

2つ目は、認知タスク解答に必要な作業状態への遷移回数  $m$  である。 $m$  が大きいほど、1問の解答に必要な状態遷移の数も多くなるので、平均解答時間は長くなる。しかし、タスクを複数回実施することによって執務者が作業に習熟した場合には認知タスクの解答戦略に個人差が生じないため、 $m$  はタスクに固有の定数であると言える。

そして3つ目は、1回の状態遷移に必要な時間  $t_s$  である。この時間は人間の認知処理系における1周期の時間を表している。 $t_s$  が大きいほど1回の状態遷移に要する時間が長いので、集中状態における平均解答時間は長くなる。Cardによると人間の認知処理系における1周期の時間は最小で25ms、最大で170msであるとされており、執務者によって  $t_s$  の値は異なると言える。また、同じ執務者が複数回認知タスクを実行した場合においても、疲労やモチベーションなどの影響によって  $t_s$  の値が変動する可能性がある。

以上のように、集中状態を表すパラメータは3つ存在し、これらを用いることで集中状態内部の変化を捉えることが可能となる。2.1節で述べたように、集中状態内部で大きな差が見られる場合はすなわち知的生産性も大きく変動する可能性があるため、本研究では、これら3つのパラメータ  $m$ 、 $p$ 、 $t_s$  を用いて知的生産性の評価を行う。なお、以下ではこれら3つのパラメータを合わせて集中状態評価指標と呼ぶ。

### 3.3 集中状態評価指標算出アルゴリズムの開発

本節ではまず、集中状態評価指標算出アルゴリズムの詳細について述べる。そして、アルゴリズムの実行に必要な環境について説明する。

#### 3.3.1 集中状態評価指標算出アルゴリズムの詳細

本研究室で過去に行った環境評価実験において、執務者は認知タスクの解答をタブレット端末上で入力し、タスク1問あたりの解答時間をサーバ経由で計測している。以下、ここで得られるデータを解答時間データ、解答時間データを構成するひとつひとつの点をデータ点と呼ぶ。

集中状態評価指標算出アルゴリズムは大きく二つの段階に分かれている。一段階目では解答時間データをもとに対数正規分布の概形を表すパラメータ  $\mu$  と  $\sigma$  を決定する。2.2.5 項で述べたように、まず対数正規分布で頻度分布を近似することによって集中状態と非集中状態を分離する必要があるからである。そして二段階目として、集中状態を表す  $\mu$  と  $\sigma$  をもとに集中状態評価指標  $m$ 、 $p$ 、 $ts$  を算出する。以下では、これらの具体的な方法について説明する。

一段階目ではまず、解答時間データを解答時間が昇順になるように並び替える。次に、図3.4に示すように、解答時間の短いものから順に累積した頻度分布(以下、これを単に累積頻度分布と呼ぶ)を作成し、高さが1になるように正規化する。この累積頻度分布のうち、解答時間の短い部分は式(3.1)、式(3.2)に示す対数正規分布の累積分布関数で近似できるとして、式(3.3)に示す近似誤差が最小となるような  $\mu$  と  $\sigma$  を算出する。ただし、 $F(t_n)$  は対数正規分布の累積分布関数、 $G(t_n)$  は図3.4のような累積頻度分布を正規化した関数を示し、 $t_n$  は解答時間が  $n$  番目に小さいデータ点の解答時間を、 $N$  は解析対象となるデータ点数を表す。そして、解答時間の長いものから順にデータ点をひとつずつ削減し、削減するたびに同様の手順で  $\mu$  と  $\sigma$  を算出する。最後に、対数正規分布への近似が可能な範囲まで  $\mu$  と  $\sigma$  の算出を繰り返し、最も近似誤差が小さくなるような対数正規分布の  $\mu$  と  $\sigma$  を一段階目の出力結果とする。

$$F(t) = \frac{k}{2} \operatorname{erfc} \left( -\frac{(\ln(t) - \mu)}{\sqrt{2}\sigma} \right) \quad (3.1)$$

$$\operatorname{erfc}(x) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_x^{\infty} \exp(-s^2) ds \quad (3.2)$$

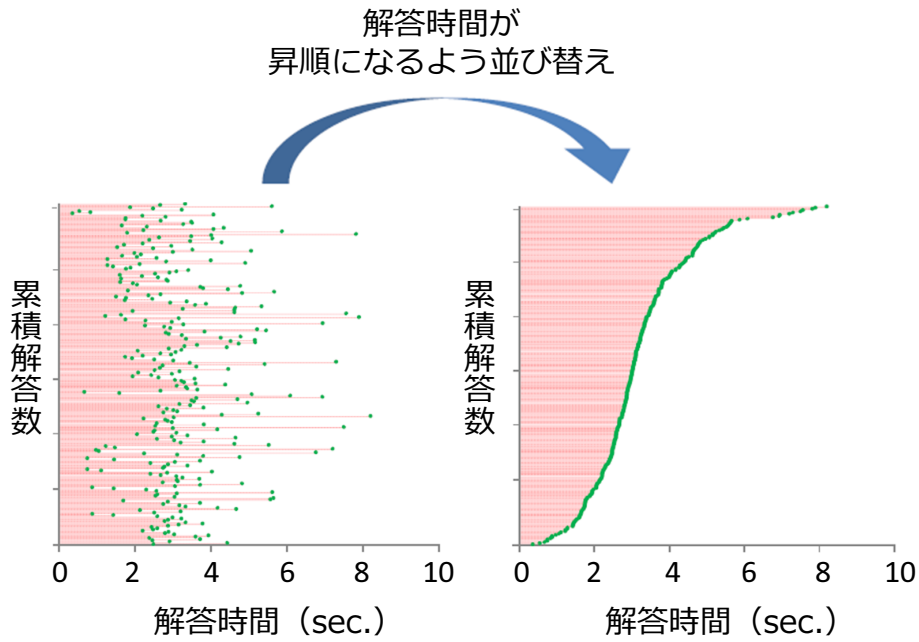


図 3.4: ステップ分解で想定される情報処理の流れ

$$\sum_{t_n=t_1}^{t_N} (F(t_n) - G(t_n))^2 \quad (3.3)$$

二段階目では  $m$  を一定値に固定し、一段階目で出力した対数正規分布と、近似に用いるモデル分布との誤差が最小になるような  $p$  と  $t_s$  を算出する。その際、まず対数正規分布とモデル分布との近似に用いる横軸の範囲を設定するため、近似対象となる対数正規分布の累積分布関数の縦軸の値が 0.95 となるときの横軸の値 (以下、 $x_{max}[sec]$  とする) を取得する。これは、図 3.5 の赤線に示すように、近似に用いる横軸の範囲が広いとモデル分布のデータ点の多くが 1 に収束し、対数正規分布との適切な近似を行うことができなくなるからである。なお、図 3.5 の青い実線は対数正規分布の累積分布関数、緑の点群は累積頻度分布、そして赤い点線はモデル分布の累積分布関数を示す。そしてその後、式 (3.4) に示す対数正規分布の累積分布関数とモデル分布の累積分布関数との誤差が、横軸の値が 0 から  $x_{max}$  までの範囲で最小になるような  $p$  と  $t_s$  を算出する。ただし、 $F(t_n)$  は対数正規分布の累積分布関数、 $H(t_n)$  はモデル分布の累積分布関数を表し、 $n_{max}$  は式 (3.5) を満たす最大の整数、 $t_n$  はモデル分布において解答時間が  $n$  番目に小さいデータ点の解答時間を示す。

なお、本研究で解析対象とした解答時間データは全て伝票分類タスクを実施したときのものであり、表 3.1 で示すように伝票分類タスクの解答に必要なステップは大きく

15に分解できるので、 $m$ の値は15に固定して解析を行う。ただし、 $m$ の変動による感度解析のため、 $m$ の値が10と20の場合も同様に解析する。また、算出した $t_s$ の値が25未満もしくは170より大きい場合、そのデータを解析不能として除外する。これは、3.2節で述べたように、状態遷移に必要な時間が人間の認知処理系における1周期の時間であるとする、上記の範囲から逸脱する $t_s$ は理論上あり得ないからである。

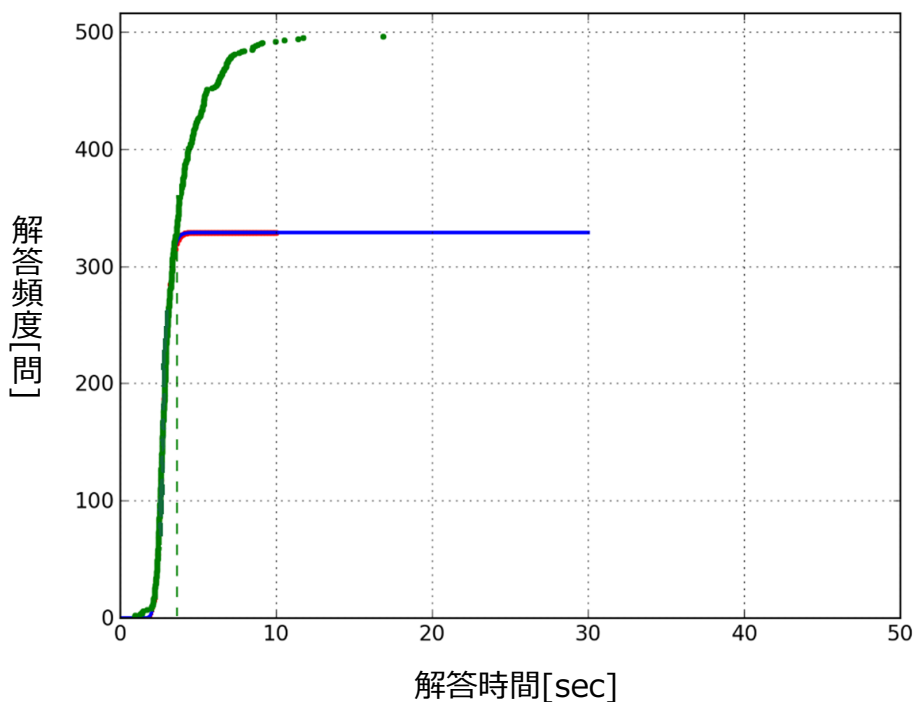


図 3.5: モデル分布近似結果 (失敗例)

$$\sum_{t_1}^{t_{nmax}} (H(t_n) - F(t_n))^2 \quad (3.4)$$

$$nmax \leq \frac{xmax}{ts} \quad (3.5)$$

### 3.3.2 集中状態評価指標算出アルゴリズム実行に必要な環境

アルゴリズムの実装にはプログラミング言語である Python ver.2.7 を使用した。その他に、数値計算、グラフの描画などのライブラリとして、PyLab、PIL、NumPy、SciPy を使用した。このアルゴリズムは Python 言語を読み込める環境に、上記ライブラリをインストールした PC 上で実行できる。

表 3.1: 伝票分類タスクのステップ分解

ステップ数	ステップ	分類
1	伝票分類タスクをめくる	運動
2	日付を確認	知覚
3	日付を記憶	記憶
4	金額を確認	知覚
5	金額を記憶	記憶
6	宛名を確認	知覚
7	宛名を記憶	記憶
8	デバイスに目を移す	眼球運動
9	日付の分類先を判断する	知覚
10	分類先に目を移す	眼球運動
11	金額の分類先を判断する	知覚
12	分類先に目を移す	眼球運動
13	宛名の分類先を判断する	知覚
14	分類先に目を移す	眼球運動
15	核当箇所キーを押す	運動命令

## 第 4 章 提案指標を用いたデータセットの解析

本章ではまず、本研究室で過去に実施された環境評価実験について概説する。そして、第 3.3 節で述べた集中指標算出アルゴリズムを用いてそれぞれのデータを解析した結果を述べ、本研究で提案する指標が環境条件、覚醒状態、モチベーションによってどのように変動するのかを調べる。

### 4.1 2013 年度照明環境評価実験の概要

本節では、本研究室で 2013 年に行われた照明環境評価実験の目的と方法について述べ、最後に実験の結果を述べる。なお、以下では本実験のことを照明実験と、本実験で得られたデータセットを照明実験データセットと呼ぶ。

#### 4.1.1 実験の目的

本実験では、天井照明に比べタスク&アンビエント照明がどの程度知的生産性を向上させるかを CTR を用いて定量的に示すことを目的とする。なお、タスク&アンビエント照明とは、図 4.1 に示すように部屋を均一に照らす天井照明と、手元のタスクライトを併用した照明環境のことである。

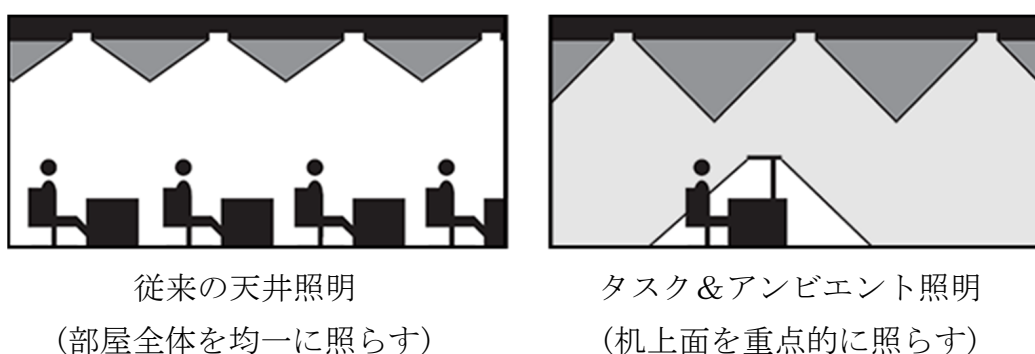


図 4.1: タスク&アンビエント照明と従来の天井照明の違い(イメージ)

## 4.1.2 実験の方法

実験参加者は30代～50代の派遣社員男女12名ずつ、計24名であり、全員が色覚異常を持たない健常者であった。

照明条件は、2種類の色温度のタスクライトと天井照明を用いて、タスク&アンビエント照明1(以下TA1照明)、タスク&アンビエント照明2(以下TA2照明)、アンビエント照明(以下A照明)の3条件を設定した。実験室のレイアウトを図4.2に示す。照明による影響項のみを抽出するため、窓を遮光し、表4.1に示すように、室温、湿度、二酸化炭素濃度を統制した。実験中の様子を図4.3に示す。実験参加者が作業を行う机の前に、本棚を模したポスターを設置した。ポスターは、異なる9冊の雑誌の表紙を載せたものを4種類用意した。

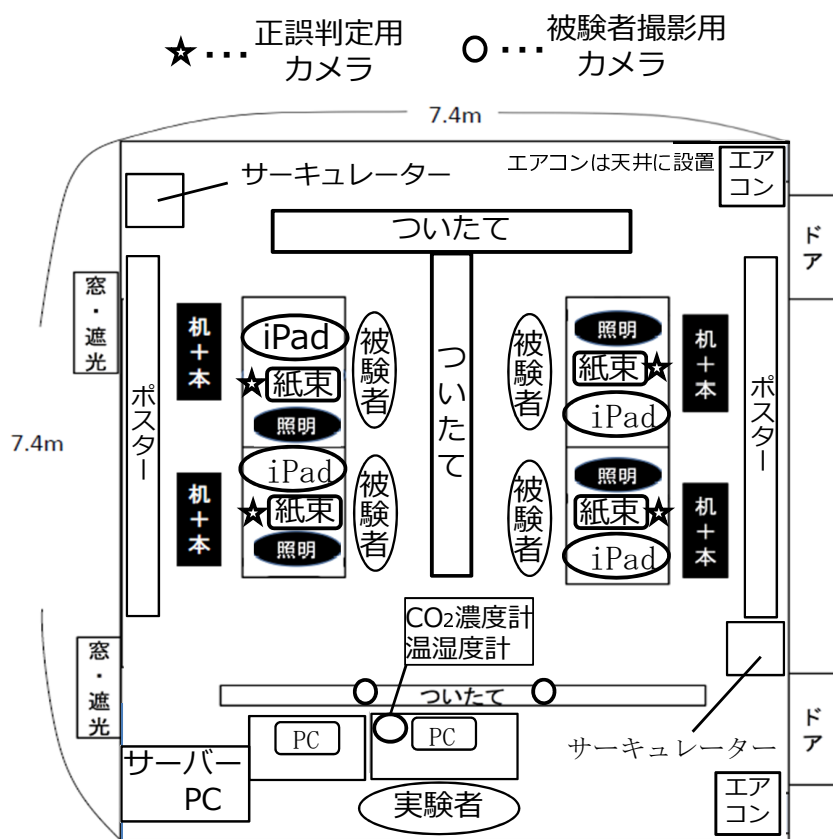


図 4.2: 実験室レイアウト (照明実験)

表 4.2 に、各照明条件の天井照明とタスクライトそれぞれを単独で使用した際の机上面照度 (lux) と、色温度 (K) を示す。

表 4.3 に、実験で設定した、日ごとの照明条件を示す。照明条件のカウンターバランスをとるため、24名の被験者を Group1 から Group6 の 6 グループに分け、月曜日か



表 4.1: 実験室の環境条件 (照明実験)

室温	湿度	二酸化炭素濃度
$26 \pm 1 \text{ } ^\circ\text{C}$	$70 \pm 10 \%$	800ppm 以下



図 4.3: 実験中の様子 (照明実験)

表 4.2: 照明条件の詳細

		天井照明	タスクライト
TA1 照明	机上面照度	300lux	450lux
	色温度	5000K	6200K
TA2 照明	机上面照度	300lux	450lux
	色温度	5000K	5000K
A 照明	机上面照度	750lux	—
	色温度	5000K	—

ら木曜日までの4日間（以下、day1, day2, day3, day4 と表記する）で行った。

表 4.3: 照明条件の日程表

	月	火	水	木
Group1	TA1	A	TA2	TA1
Group2	TA2	A	TA1	TA2
Group3	TA1	TA2	A	TA1
Group4	TA2	TA1	A	TA2
Group5	A	TA2	TA1	A
Group6	A	TA1	TA2	A

実験は2013年7月29日から9月5日にかけて、京都大学工学部1号館233号室で行った。実験のスケジュールを図4.4に示す。day1は、実験参加者を実験環境へ適応させるための練習日として設け、day2からday4の計測結果を評価した。セット1～3は同じ内容であり、各セットで伝票分類を30分間、伝票分類を3分間、単語分類を30分間、単語分類を3分間行い、CTRを計測した。伝票分類と単語分類の詳細は付録Aに示す。30分間のタスクでは「この作業を9時から17時まで実施すると考え、自分のペースで作業してください。できる限り正確に作業してください」と教示し（以下、これを通常タスクと呼ぶ）、3分間のタスクでは「できる限り速く正確に、集中して作業してください」と実験参加者に教示した（以下、これを全力タスクと呼ぶ）。

各日のセット4は、1日の最後の作業で作業意欲が向上する影響を抑えるために実施した。また、最終日のday4にはセット4の代わりにグループインタビューを行い、4日間通しての感想などをヒアリングした。

### 4.1.3 実験の結果

実験では、実験の教示を守らず適切に作業に取り組まなかった実験参加者や実験期間中に体調不良であった実験参加者の合計3名を計測対象から外した。伝票分類実施時の各照明条件ごとのCTRの比較を図4.5に示す。配光や色温度の違いがCTRに与える影響を評価するため、各照明条件におけるCTRをそれぞれ対のある片側t検定を用いて比較したところ、TA1照明はA照明に比べて有意に高く ( $p < 0.01$ )、TA2照明もA照明に比べて有意に高い傾向があった ( $p < 0.05$ )。単語分類実施時のCTRでは、環境条件間で有意な差は見られなかった。

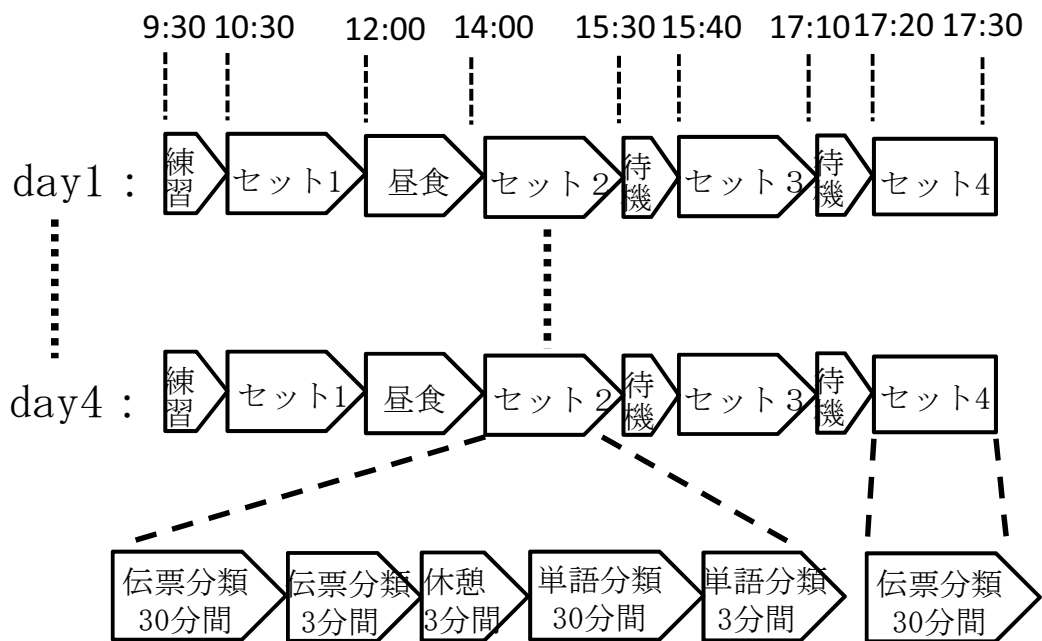


図 4.4: 評価実験のプロトコル (照明実験)

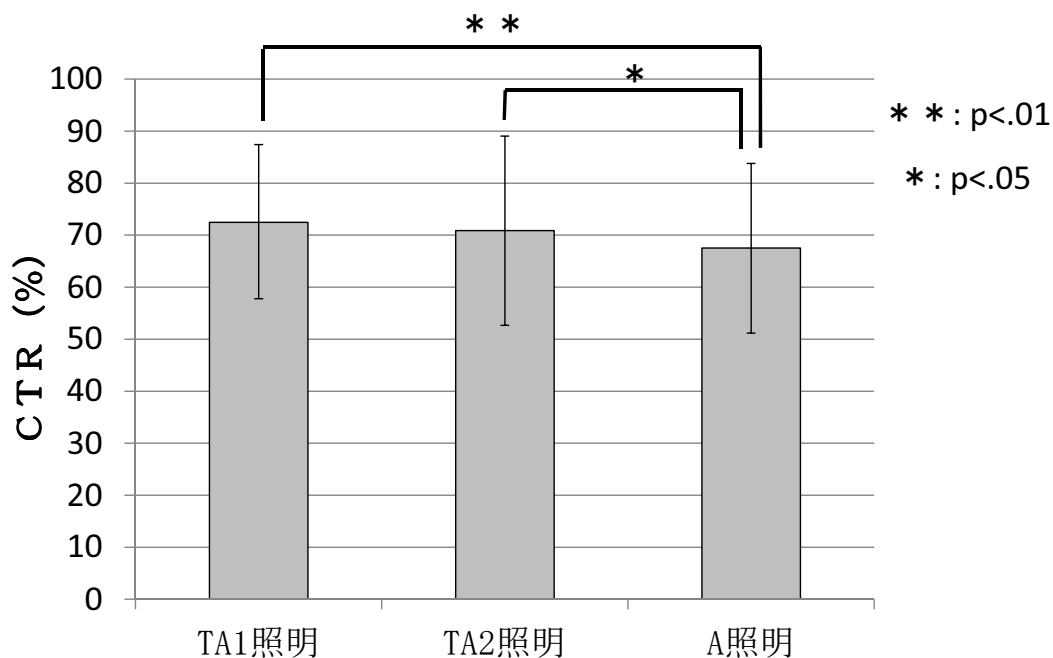


図 4.5: 伝票分類実施時の環境条件間 CTR 比較 (照明実験)

## 4.2 2014年度夏季気流実験の概要

本節では、本研究室で2014年夏季に行われた気流環境評価実験の目的と方法について述べ、最後に実験の結果を述べる。なお、以下では本実験のことを夏季気流実験と、本実験で得られたデータセットを夏季気流実験データセットと呼ぶ。

### 4.2.1 実験の目的

夏季において、弱・強気流環境の知的生産性を向上させる効果を客観的かつ定量的に検証することを目的とする。

なお、弱・強気流環境とは弱気流と強気流を組み合わせた気流環境である。弱・強気流環境の概要を図4.6に示す。弱気流は風速0~0.4(m/s)に設定し、送風中は風速が変化するように調整する。風速の変化の様子を図4.7に示す。風速は120秒で1サイクルとする。強気流は風速1.6(m/s)に設定する。風速は、執務者の頭部付近と同様の高さである床面から1.1mの高さでの風速を示す。強気流は10分に1回、20秒間送風した。気流を送風する空気清浄機は執務者の左側後方約2mの位置に設置し、弱気流は執務者の上半身周辺、強気流は後頭部左側から左肩に送風するように調整する。空気清浄機と執務者の位置関係を図4.8に示す。

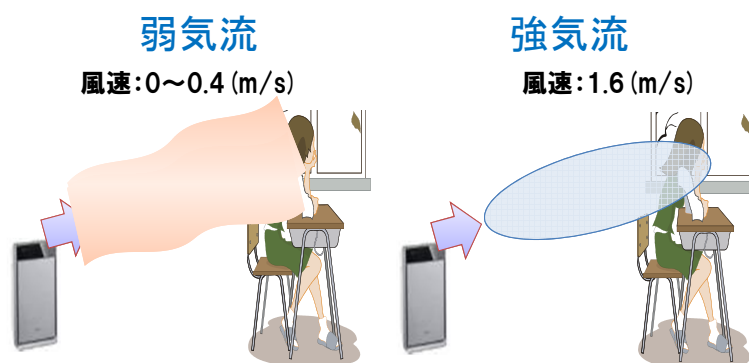


図 4.6: 弱・強気流環境の概要

### 4.2.2 実験の方法

実験は、健康な大学生28名(男性12名、女性16名)を対象に実施した。実験室のレイアウトを図4.9に示す。外光の影響を防ぐため、窓は遮光した。また、室温、湿度、机上面照度、照明の色温度は表4.4のように統制した。気流環境は、気流がない環境で

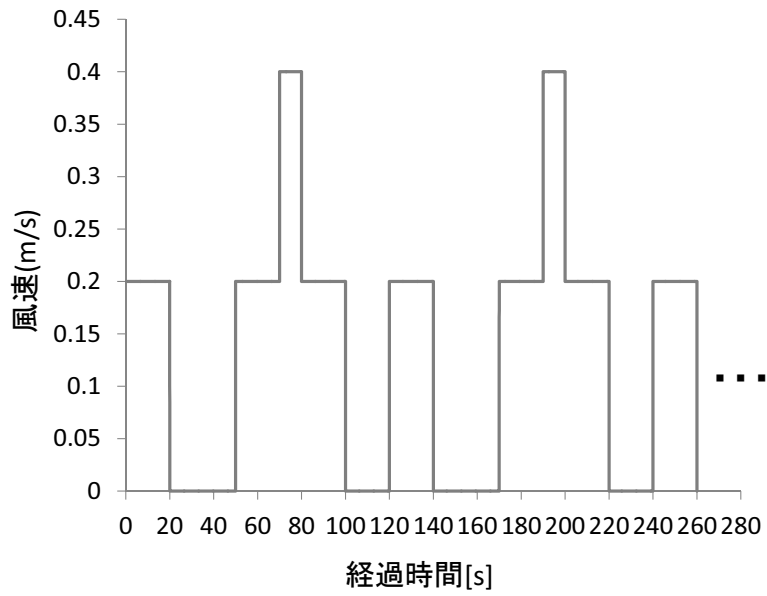


図 4.7: 風速の変化の様子

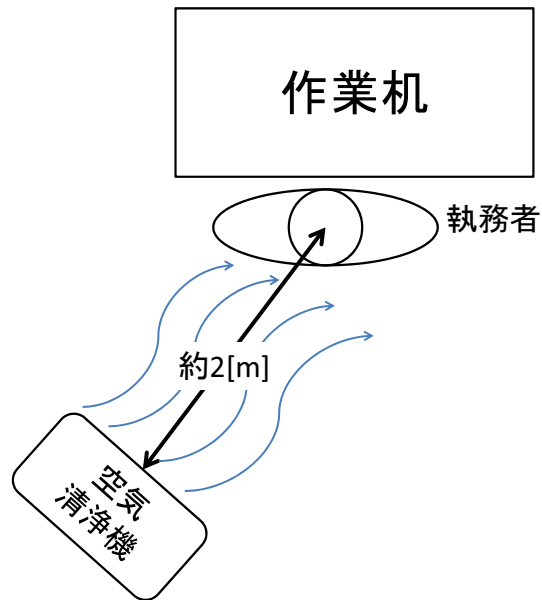


図 4.8: 真上から見た空気清浄機の位置

ある「標準環境」と「弱・強気流環境」との2条件を設定した。実験で比較した気流環境の実施順を表4.5に示す。実験は月曜日から水曜日と木曜日から土曜日のそれぞれ3日間(以下、1日目、2日目、3日目と表記する)で実施した。1日目は、実験の説明と伝票分類タスクの作業の練習日とし、2日目と3日目で気流環境を1日1条件で実施した。

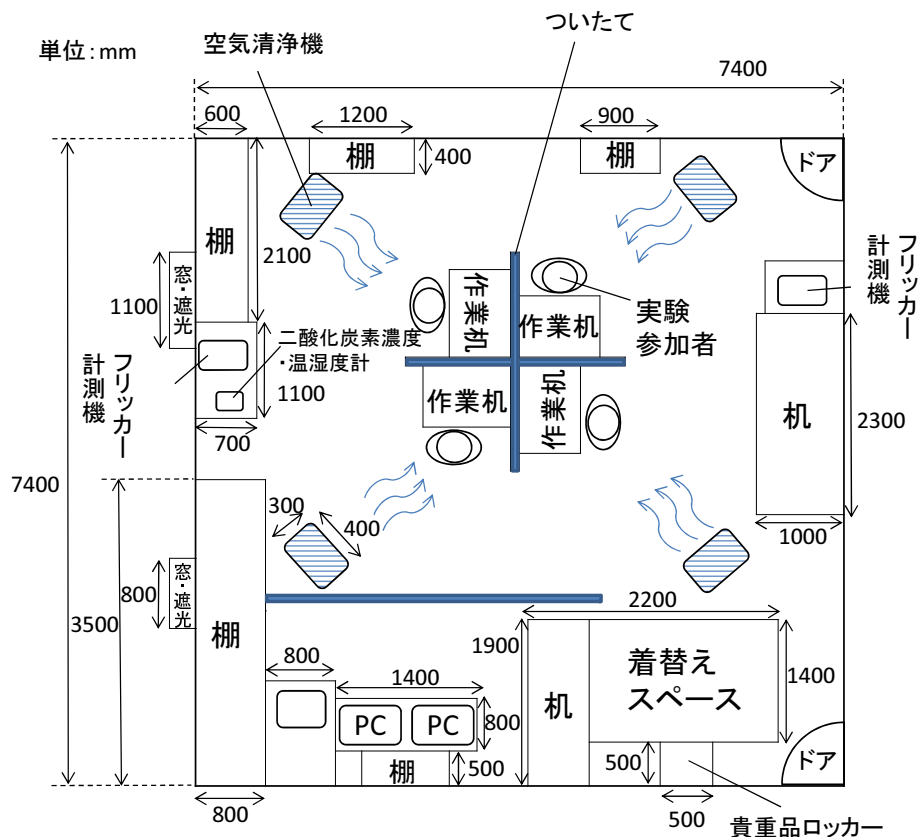


図 4.9: 実験室のレイアウト (夏季気流実験)

表 4.4: 実験室の室内環境条件 (夏季気流実験)

室温	湿度	二酸化炭素濃度	騒音レベル	机上照度	照明の色温度
26 ± 1 °C	70 ± 10 %	700ppm 以下	57.2dB 以下	460lux	5000K

実験は、2014年8月4日から9月6日にかけて、京都大学工学部1号館233号室で行った。各グループの実験参加者は連続する3日間の実験に参加した。実験のプロトコルを図4.10に示す。いずれの実験参加者も初日に実験の説明を受けた後にタスクの

表 4.5: 気流環境の実施順 (夏季気流実験)

	1 日目	2 日目	3 日目
グループ 1(男性)	説明・練習	標準環境	弱・強気流環境
グループ 2(女性)	説明・練習	標準環境	弱・強気流環境
グループ 3(男性)	説明・練習	弱・強気流環境	標準環境
グループ 4(女性)	説明・練習	弱・強気流環境	標準環境
グループ 5(男性)	説明・練習	標準環境	弱・強気流環境
グループ 6(女性)	説明・練習	弱・強気流環境	標準環境
グループ 7(女性)	説明・練習	標準環境	弱・強気流環境

練習を行い、2、3 日目に気流環境を変えてタスクを実施し、その知的生産性を計測した。図 4.10 の SET1~3 は伝票分類タスク 45 分間、数独タスク 20 分間及び SET 終了後のアンケート類から構成される。伝票分類タスクの 45 分間は、「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」と教示した。各日最後の SET4 は、1 日の最後の作業で作業意欲が向上する終末効果の対策のために実施することから解析対象外とする。また、数独タスクは、伝票分類タスクだけ実施することによる作業の単調さを軽減するために実施することから、解析対象外とした。最終日の 4SET 目には実験参加者インタビューを実施し、3 日間を通しての感想などをヒアリングした。

### 4.2.3 実験の結果

実験では、実験の教示を守らず適切に作業に取り組まなかった実験参加者や実験期間中に体調不良であった実験参加者の合計 9 名を計測対象外とした。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 4.6 に示す。伝票分類タスクを実施し得られた解答時間データから CTR を算出した。各気流環境ごとの CTR の比較を図 4.11 に示す。標準環境下と弱・強気流環境下の CTR を対のある両側 t 検定で比較したところ、弱・強気流環境下での CTR が標準環境下での CTR と比較して、6.5%ポイント有意に高く ( $p < 0.001$ )、その向上率は 11.9%であった。

### 4.3 2014年度冬季気流実験の概要

本節では、本研究室で2014年冬季に行われた気流環境評価実験の目的と方法について述べ、最後に実験の結果を述べる。なお、以下では本実験のことを冬季気流実験と、本実験で得られたデータセットを冬季気流実験データセットと呼ぶ。

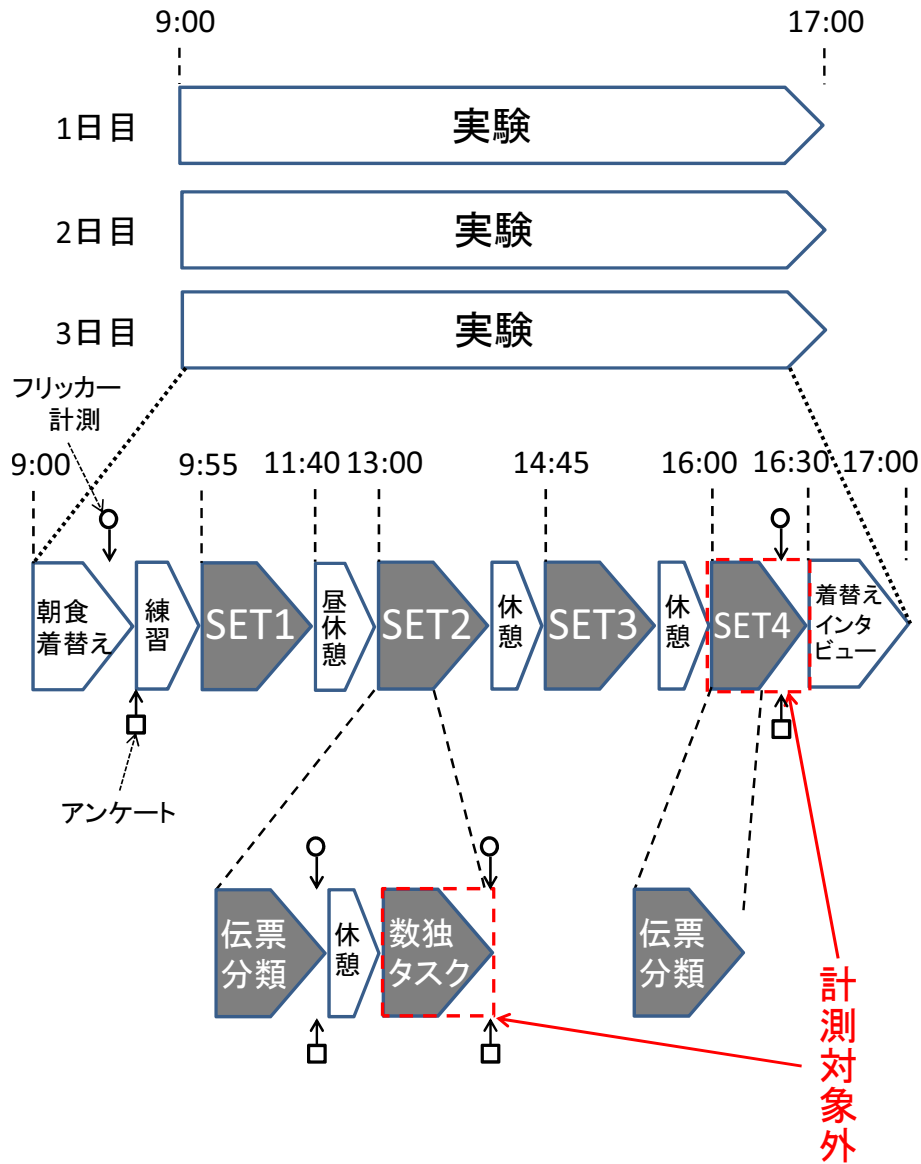


図 4.10: 評価実験のプロトコル (夏季気流実験)



表 4.6: 解析対象外とした理由

実験参加者 No.	解析対象外の理由
5	作業中に居眠りをしていた。
6	悪い姿勢で作業をしていた。
11	実験期間中に体調不良であった。
13	実験期間中に体調不良であった。
16	作業中に居眠りをしていた。
19	実験期間中に体調不良であった
26	作業中に居眠りをしていた。
27	作業中に居眠りをしていた。
28	実験期間中に体調不良であった。

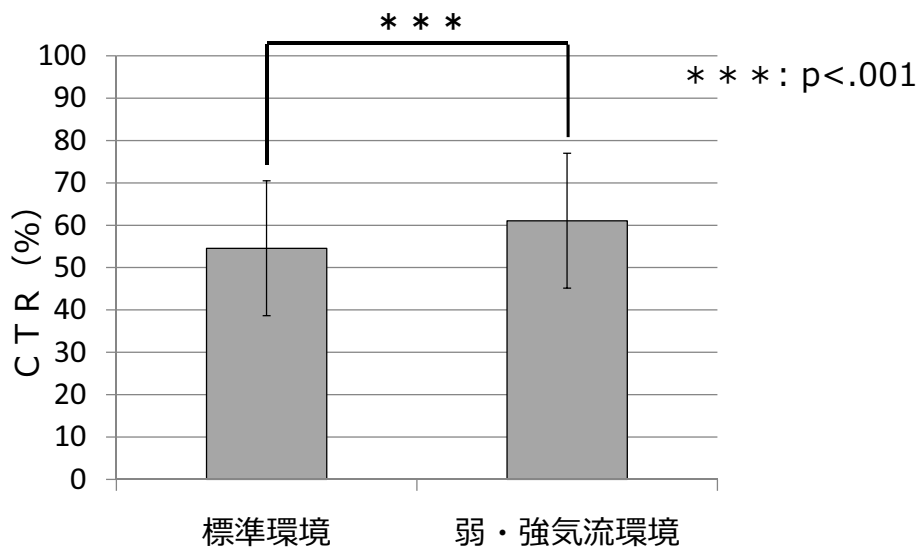


図 4.11: 伝票分類実施時の環境条件間 CTR 比較 (夏季気流実験)

### 4.3.1 実験の目的

4.2.1 で述べた弱・強気流環境に改良を加え(以下、これを冬季気流環境とする)、冬季における知的生産性を向上させる効果を客観的かつ定量的に検証することを目的とする。

なお、冬季気流環境とは弱気流と強気流を組み合わせた気流環境である。弱気流は0.2m/sで、執務者に風を当てるためではなく、周囲の空気を動かして澁み感をなくすために発生させた。また、強気流の風速は1.2m/sに設定する。執務者の頭部付近に当たるように10分に1回、20秒間送風した。気流を送風する空気清浄機は執務者の左側後方約1.9mの位置に設置した。

### 4.3.2 実験の方法

実験は2014年12月20日から2015年1月22日にかけて、健康な大学生28名(男性14名、女性14名)を対象に実施した。室温、湿度、二酸化炭素濃度は表4.7のように統制した。環境条件として、気流を発生させない「標準環境」と4.3.1項で述べた「冬季気流環境」の2条件を設定した。気流発生による騒音レベルを表4.8に、実験で比較した環境条件の実施順を表4.9に示す。実験参加者は連続する3日間の実験に参加し、1日目は実験の説明と伝票分類タスクの練習日として設け、2日目と3日目で標準環境と冬季気流環境をそれぞれ実施した。なお、環境条件の順序による影響を相殺するため、実験参加者の半数は2日目に標準環境下で、残りの半数は2日目に冬季気流環境下で作業を実施した。実験のプロトコルは夏季気流実験で実施したものと同一であるため、図4.10に示す。また、各SETの内容や教示の内容も4.2.2項で述べた夏季気流実験と同一である。

表 4.7: 実験室の室内環境条件 (冬季気流実験)

室温	湿度	二酸化炭素濃度	机上面照度	照明の色温度
23℃±0.5℃	45±5%	800ppm以下	460lux	5000K

### 4.3.3 実験の結果

実験では、実験の教示を守らず適切に作業に取り組まなかった実験参加者や実験期間中に体調不良であった実験参加者の合計12名を計測対象から外した。伝票分類タス

表 4.8: 騒音レベル (冬季気流実験)

気流停止時	弱気流発生時	強気流発生時
44.0dB	45.1dB	48.7dB

表 4.9: 気流環境の実施順 (冬季気流実験)

	1 日目	2 日目	3 日目
グループ 1 (男性 4 名)	説明・練習	標準環境	冬季気流環境
グループ 2 (男女 2 名ずつ)	説明・練習	冬季気流環境	標準環境
グループ 3 (男女 2 名ずつ)	説明・練習	冬季気流環境	標準環境
グループ 4 (男女 2 名ずつ)	説明・練習	標準環境	冬季気流環境
グループ 5 (男女 2 名ずつ)	説明・練習	冬季気流環境	標準環境
グループ 6 (男女 2 名ずつ)	説明・練習	冬季気流環境	標準環境
グループ 7 (女性 4 名)	説明・練習	標準環境	冬季気流環境

クを実施し得られた解答時間データから CTR を算出した。各環境条件ごとの CTR の比較を図 4.12 に示す。標準環境下と冬季気流環境下の CTR を対のある両側 t 検定で比較したところ、有意な差は見られなかった。

## 4.4 2015 年度総合環境評価実験の概要

本節では、本研究室で 2015 年に行われた環境評価実験の目的と方法について述べ、最後に実験の結果を述べる。なお、以下では本実験のことを総合環境評価実験と、本実験で得られたデータセットを総合環境評価実験データセットと呼ぶ。

### 4.4.1 実験の目的

執務者の知的生産性向上に最適である環境条件と、通常のオフィスを模した標準環境と比較することで、環境条件の違いによる知的生産性向上効果の有無を検証することを目的とする。なお、それぞれの環境条件についての詳細は 4.4.2 項で述べる。

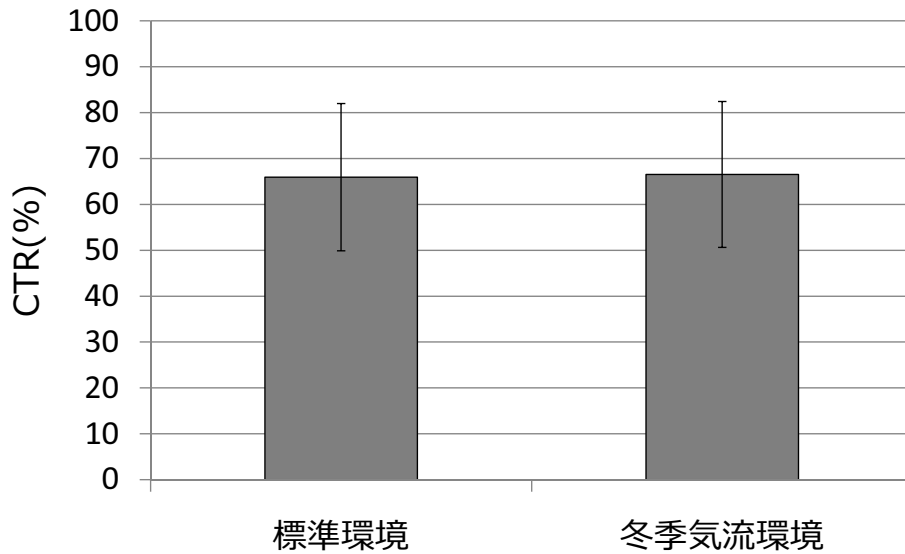


図 4.12: 伝票分類実施時の環境条件間 CTR 比較 (冬季気流実験)

#### 4.4.2 実験の方法

実験参加者は20代～50代の男性12名、女性15名の計27名で、全員が台湾語を母国語としていた。温度条件、照明条件、空気質条件を環境変数として調整し、執務者がオフィス作業を実施する上で最適な環境を設計した。以下、この室内環境をベスト環境と呼ぶ。ベスト環境、標準環境の詳細を表4.10に示す。環境条件による順序効果を相殺するため、実験参加者の半数は1日目にベスト環境、2日目に標準環境で実験を実施し、残りの半数は1日目に標準環境、2日目にベスト環境で実験を実施した。なお、日ごとのパフォーマンスに大きな差が生じる実験参加者を解析対象から除外するため、各日のセット1は同じ環境で実験を実施した。1日の実験スケジュールを図4.13に示す。セット1～3は同じ内容であり、各セットで伝票分類を30分間行い、CTRを計測した。そのうち、セット2とセット3を解析対象とした。その際、「この作業を9時から17時まで実施すると考え、自分のペースで作業してください。できる限り正確に作業してください」と教示し、3分間のタスクでは「できる限り速く正確に、集中して作業してください」と教示した。各日のセット4は、一日の最後の作業で作業意欲が向上する影響を抑えるために実施した。

#### 4.4.3 実験の結果

4.4.2項で述べたように1日目と2日目のセット1でパフォーマンスに大きな差が生じた実験参加者は計測対象から除外し、19名を計測対象者とした。環境条件ごとのCTR



図 4.13: 評価実験のプロトコル (総合環境評価実験)

表 4.10: 環境条件の詳細 (総合環境評価実験)

		ベスト環境	標準環境
温度条件	室内気温	21 °C	25 °C
照明条件	天井照明	300lux	500lux
	タスクライト	750lux	0lux
空気質条件	相対湿度	60 %	80 %
	二酸化炭素濃度	600ppm	1000ppm

の比較を図 4.14 に示す。ベスト環境が CTR に与える影響を評価するため、それぞれの環境条件における CTR を対のある両側 t 検定を用いて比較したところ、ベスト環境における CTR は標準環境に比べて有意に高かった ( $p < 0.01$ )。

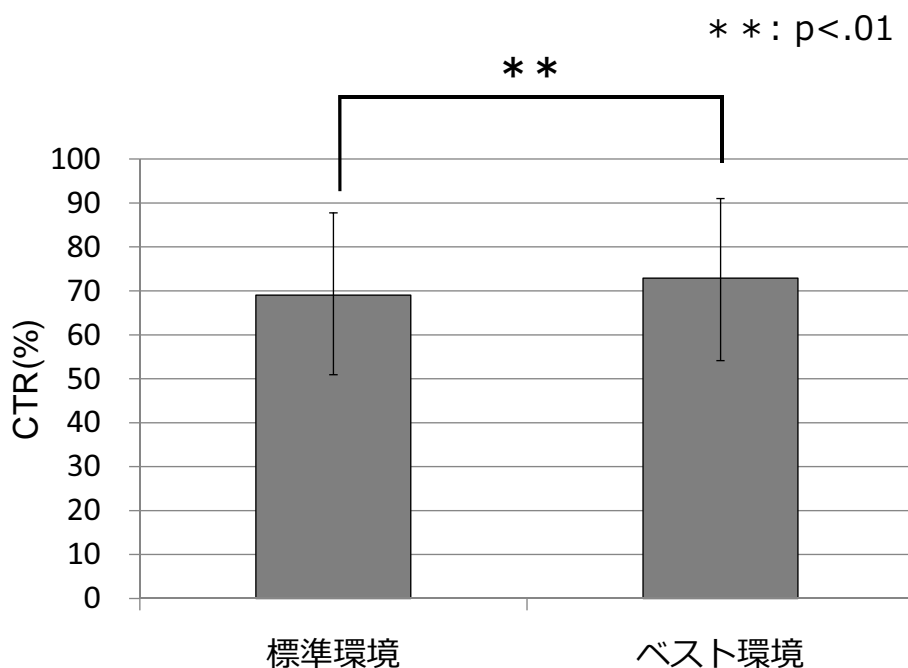


図 4.14: 伝票分類実施時の環境条件間 CTR 比較 (総合環境評価実験)

## 4.5 集中状態評価指標の比較方法

本節では、集中状態評価指標を用いて比較する項目と、その方法について述べる。

#### 4.5.1 環境条件間での比較

異なる環境条件下で作業を行うことが集中状態にどのような影響を与えるのか調べるため、照明実験データセット、夏季気流実験データセット、冬季気流実験データセット、総合環境評価実験データセットにおける集中状態評価指標を算出する。そして、それぞれのデータセットにおいて、環境条件間で集中状態評価指標を比較する。

#### 4.5.2 異なる覚醒状態での比較

異なる覚醒状態において作業を行う際、集中状態にどのような差が生じるのかを調べる。なお、覚醒度は日本産業衛生協会・産業疲労研究会が考案した自覚症しらべ<sup>[19]</sup>の評価項目のひとつである、ねむけ感を用いて評価した。具体的にはまず、各被験者の計測対象となるセットのうち、直後に計測したねむけ感が最大である場合と2番目に大きい場合の集中状態評価指標を選出する。各被験者においてこの集中状態評価指標を集めたものを低覚醒度データ群と呼ぶ。同様に、各被験者の計測対象となるセットのうち、直後に計測したねむけ感が最小である場合と2番目に小さい場合の集中状態評価指標を選出する。各被験者においてこの集中状態評価指標を集めたものを高覚醒度データ群と呼ぶ。すなわち、低覚醒度データ群はねむけを感じている状態で作業に取り組んだ際の集中状態評価指標、高覚醒度データ群はねむけが小さい状態で作業に取り組んだ際の集中状態評価指標である。そして、低覚醒度データ群と高覚醒度データ群とを比較する。

#### 4.5.3 異なるモチベーション間での比較

執務者のモチベーションが異なる場合に集中状態にどのような差が生じるのかを調べるため、4.1.2項で述べた2種類の教示のもとで解答された解答時間データを用いる。全力タスクは高モチベーション時、通常タスクは低モチベーション時に該当するとし、全力タスクと通常タスクを行った結果をもとにそれぞれ集中状態評価指標を算出し、比較する。ただし、全力タスク3分間の解答時間データではデータ数が少なく対数正規分布への近似が適切に行われないう可能性があるため、一日に行った全力タスク3セットのデータを結合したものを解析対象とした。以下、結合したこれらのデータを全力タスク結合データと呼ぶ。また、通常タスクはセット2のデータのみを用いる。これは、セット1は午前中に実施したため実験参加者の体調が安定していない可能性が高く、セット3は一日の終わりが近づくことによる終末効果が現れる可能性があるた

め、もっとも安定したデータを取得できるのはセット2だからである。

## 4.6 集中状態評価指標の環境条件間比較

本節では、3章で述べた集中状態評価指標を用いて照明実験データセット、夏季気流実験データセット、冬季気流実験データセット、複合環境評価実験データセットを解析した結果を述べる。なお、3.3.1項で述べたように、いずれの解析においてもtsが25未満もしくは170より大きいデータを解析不能とした。

### 4.6.1 照明実験データセットの解析

本項では、照明実験データセットの解析を行った結果を、 $m=10,15,20$ それぞれの場合について述べる。解析対象とした被験者数は21人で、解析対象としたデータ数は欠損を除いて186であった。

- $m=10$  のとき

解析不能なデータ数は30であった。これは解析対象データ数の16.1%に値する。TA1環境、TA2環境、A環境それぞれにおいてpを算出した結果を付録Bに示す。ただし、本論文では、欠損データ、無効データはN/Aと表記する。また、各環境条件ごとのpを図4.15に、各環境条件ごとのtsを図4.16に示す。配光や色温度の違いが集中状態評価指標に与える影響を評価するため、各照明条件におけるpとtsをそれぞれ対のある両側t検定を用いて比較したが、いずれのパラメータにおいても有意差は認められなかった。

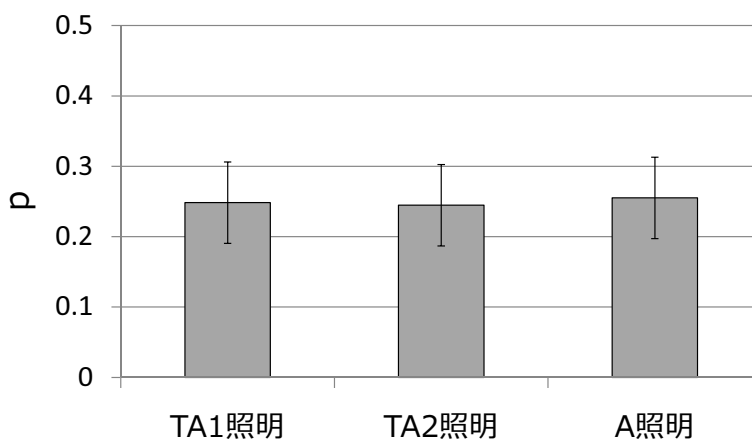


図 4.15: 照明実験における p の環境条件間比較 ( $m=10$ )



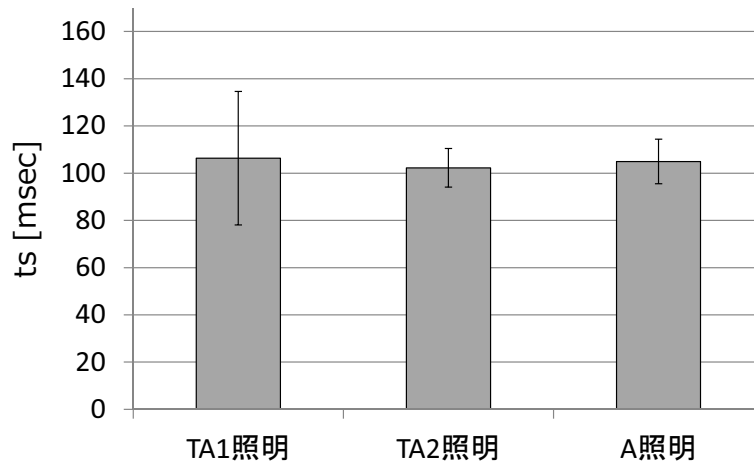


図 4.16: 照明実験における ts の環境条件間比較 (m=10)

- m=15 のとき

解析不能なデータ数は24であった。これは解析対象データ数の12.9%に値する。TA1環境、TA2環境、A環境それぞれにおいてpを算出した結果を付録Bに示す。また、各環境条件ごとのpを図4.17に、各環境条件ごとのtsを図4.18に示す。配光や色温度の違いが集中状態評価指標に与える影響を評価するため、各照明条件におけるpとtsをそれぞれ対のある両側t検定を用いて比較したが、いずれのパラメータにおいても有意差は認められなかった。

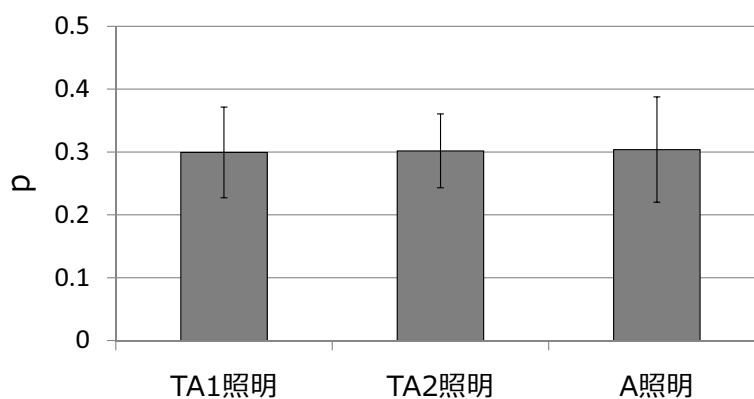


図 4.17: 照明実験における p の環境条件間比較 (m=15)

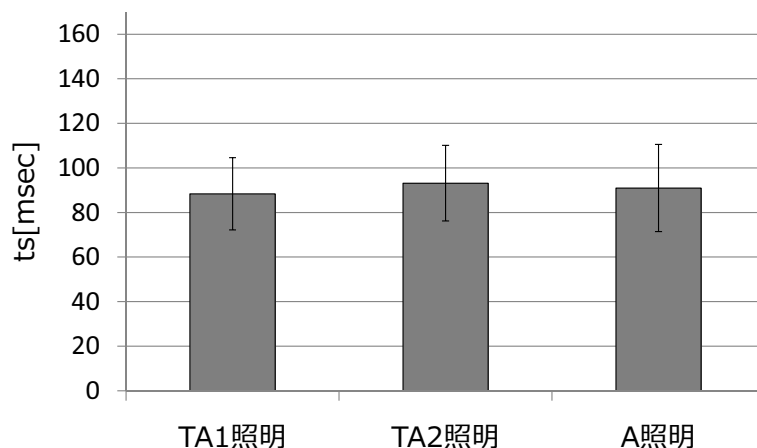


図 4.18: 照明実験における ts の環境条件間比較 (m=15)

- m=20 のとき

解析不能なデータ数は 42 であった。これは解析対象データ数の 17.7% に値する。TA1 環境、TA2 環境、A 環境それぞれにおいて p を算出した結果を付録 B に示す。また、各環境条件ごとの p を図 4.19 に、各環境条件ごとの ts を図 4.20 に示す。配光や色温度の違いが集中状態評価指標に与える影響を評価するため、各照明条件における p と ts をそれぞれ対のある両側 t 検定を用いて比較したが、いずれのパラメータにおいても有意差は認められなかった。

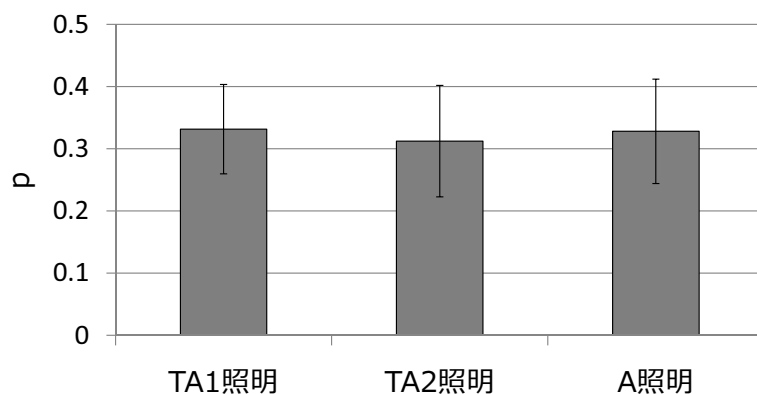


図 4.19: 照明実験における p の環境条件間比較 (m=20)

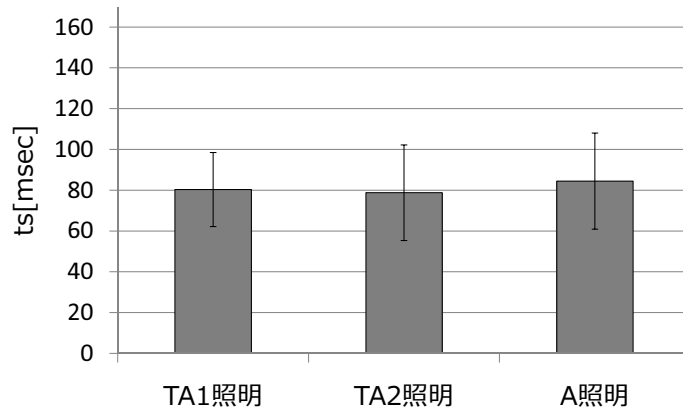


図 4.20: 照明実験における ts の環境条件間比較 (m=20)

#### 4.6.2 夏季気流実験データセットの解析

本項では、夏季気流実験データセットの解析を行った結果を、m=10,15,20 それぞれの場合について述べる。解析対象とした被験者数は18人で、解析対象としたデータ数は欠損を除いて106であった。

- m=10 のとき

解析不能なデータ数は26であった。これは解析対象データ数の24.5%に値する。弱・強気流環境と標準環境それぞれにおいて p を算出した結果を付録 C に示す。また、各環境条件ごとの p を図 4.21 に、各環境条件ごとの ts を図 4.22 に示す。弱・強気流環境が集中状態評価指標に与える影響を評価するため、各環境条件における p と ts をそれぞれ対のある両側 t 検定を用いて比較したが、いずれのパラメータにおいても有意差は認められなかった。

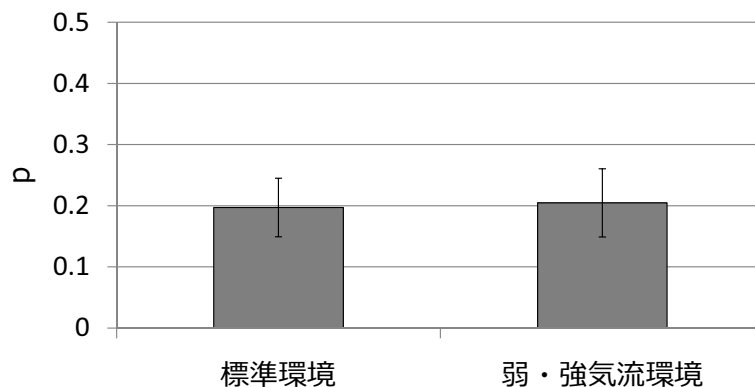


図 4.21: 夏季気流実験における p の環境条件間比較 (m=10)

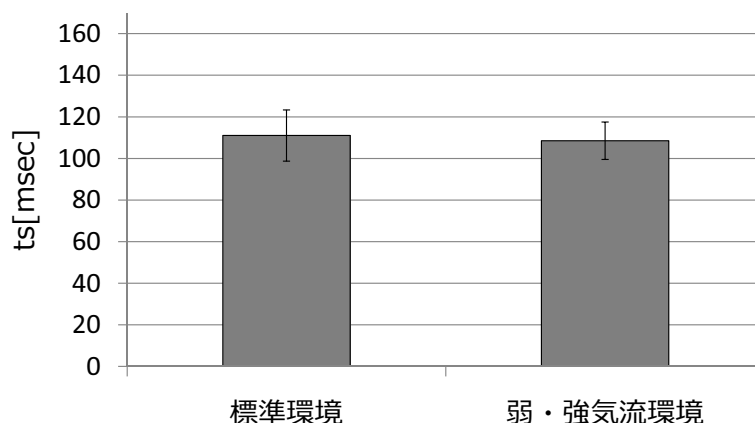


図 4.22: 夏季気流実験における ts の環境条件間比較 (m=10)

- m=15 のとき

解析不能なデータ数は 25 であった。これは解析対象データ数の 23.6% に値する。弱・強気流環境と標準環境それぞれにおいて p を算出した結果を付録 C に示す。また、各環境条件ごとの p を図 4.23 に、各環境条件ごとの ts を図 4.24 に示す。弱・強気流環境が集中状態評価指標に与える影響を評価するため、各環境条件における p と ts をそれぞれ対のある両側 t 検定を用いて比較したが、いずれのパラメータにおいても有意差は認められなかった。

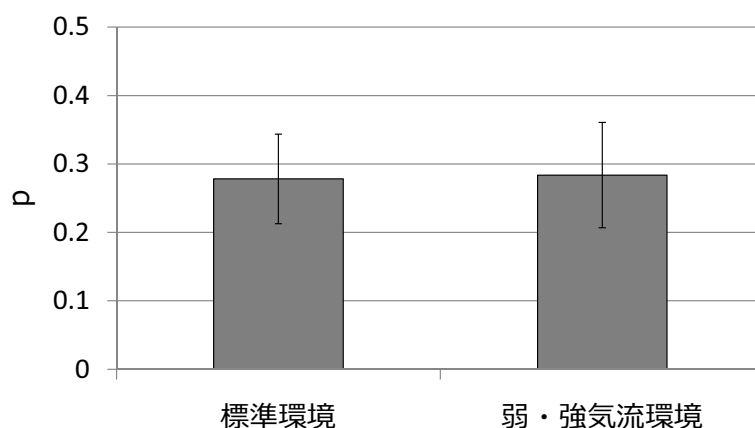


図 4.23: 夏季気流実験における p の環境条件間比較 (m=15)

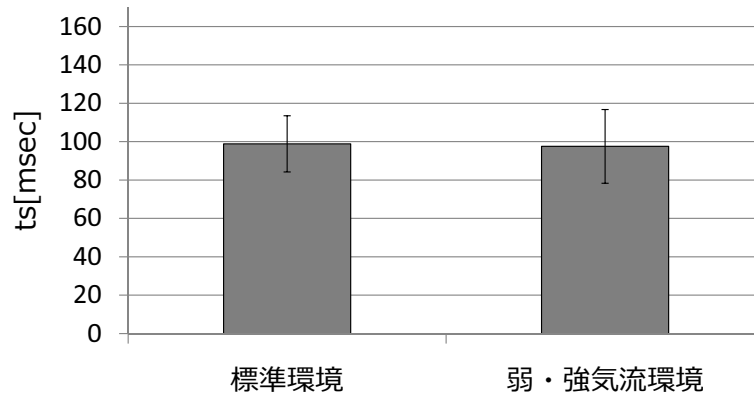


図 4.24: 夏季気流実験における ts の環境条件間比較 (m=15)

- m=20 のとき

解析不能なデータ数は 29 であった。これは解析対象データ数の 27.4% に値する。弱・強気流環境と標準環境それぞれにおいて p を算出した結果を付録 C に示す。また、各環境条件ごとの p を図 4.25 に、各環境条件ごとの ts を図 4.26 に示す。弱・強気流環境が集中状態評価指標に与える影響を評価するため、各環境条件における p と ts をそれぞれ対のある両側 t 検定を用いて比較したが、いずれのパラメータにおいても有意差は認められなかった。

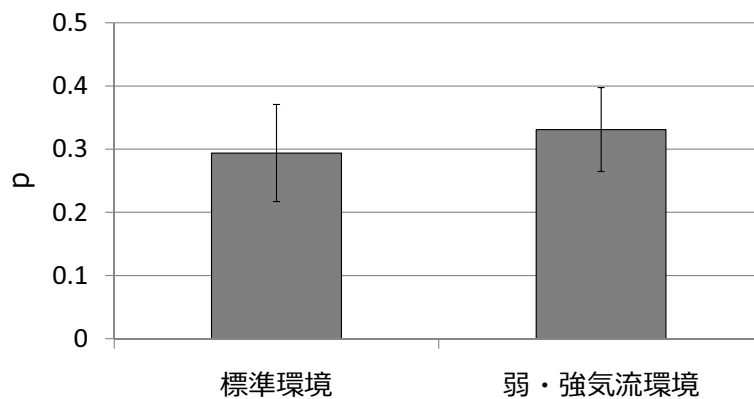


図 4.25: 夏季気流実験における p の環境条件間比較 (m=20)

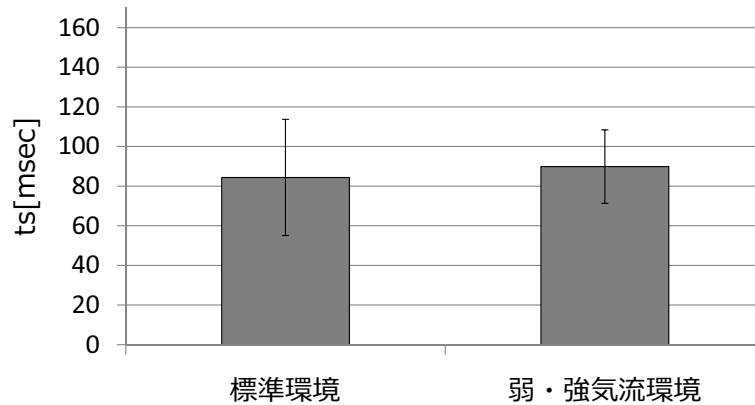


図 4.26: 夏季気流実験における ts の環境条件間比較 (m=20)

### 4.6.3 冬季気流実験データセットの解析

本項では、冬季気流実験データセットの解析を行った結果を、m=10,15,20 それぞれの場合について述べる。解析対象とした被験者数は15人で、解析対象としたデータ数は欠損を除いて89であった。

- m=10 のとき

解析不能なデータ数は11であった。これは解析対象データ数の12.4%に値する。冬季気流環境と標準環境それぞれにおいて p を算出した結果を付録 D に示す。また、各環境条件ごとの p を図 4.27 に、各環境条件ごとの ts を図 4.28 に示す。冬季気流環境が集中状態評価指標に与える影響を評価するため、各環境条件における p と ts をそれぞれ対のある両側 t 検定を用いて比較したが、いずれのパラメータにおいても有意差は認められなかった。

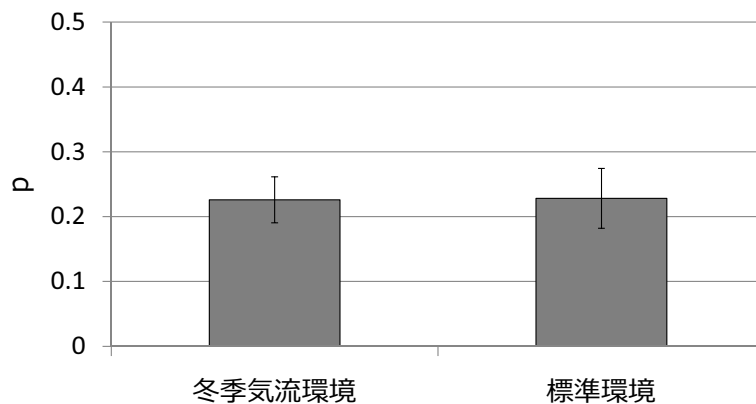


図 4.27: 冬季気流実験における p の環境条件間比較 (m=10)

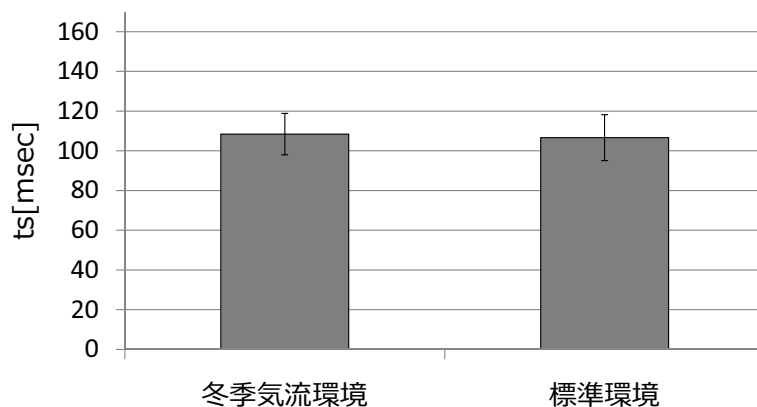


図 4.28: 冬季気流実験における ts の環境条件間比較 (m=10)

- m=15 のとき

解析不能なデータ数は 11 であった。これは解析対象データ数の 12.4% に値する。冬季気流環境と標準環境それぞれにおいて p を算出した結果を付録 D に示す。また、各環境条件ごとの p を図 4.29 に、各環境条件ごとの ts を図 4.30 に示す。冬季気流環境が集中状態評価指標に与える影響を評価するため、各環境条件における p と ts をそれぞれ対のある両側 t 検定を用いて比較したが、いずれのパラメータにおいても有意差は認められなかった。

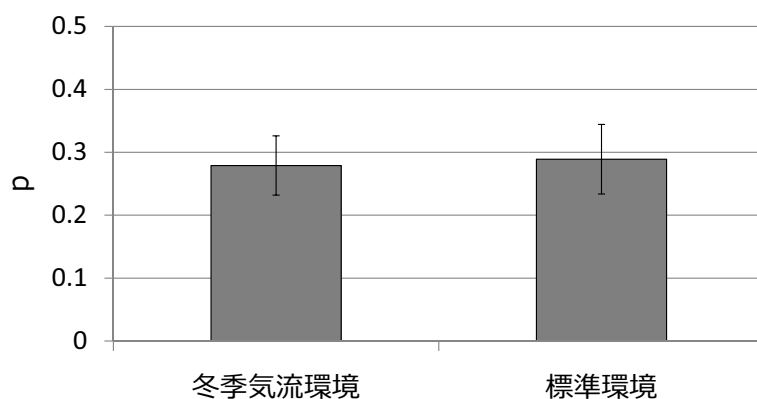


図 4.29: 冬季気流実験における p の環境条件間比較 (m=15)

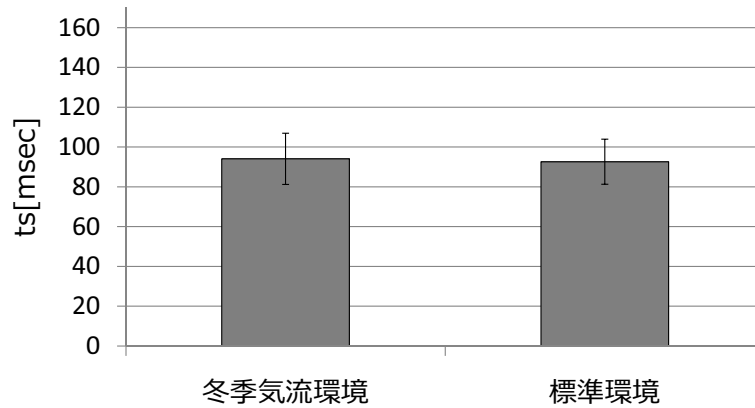


図 4.30: 冬季気流実験における ts の環境条件間比較 (m=15)

- m=20 のとき

解析不能なデータ数は 19 であった。これは解析対象データ数の 21.3% に値する。冬季気流環境と標準環境それぞれにおいて p を算出した結果を付録 D に示す。また、各環境条件ごとの p を図 4.31 に、各環境条件ごとの ts を図 4.32 に示す。冬季気流環境が集中状態評価指標に与える影響を評価するため、各環境条件における p と ts をそれぞれ対のある両側 t 検定を用いて比較したが、いずれのパラメータにおいても有意差は認められなかった。

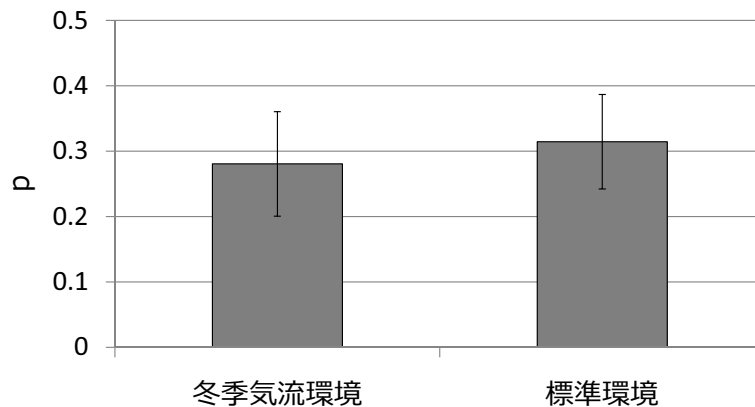


図 4.31: 冬季気流実験における p の環境条件間比較 (m=20)



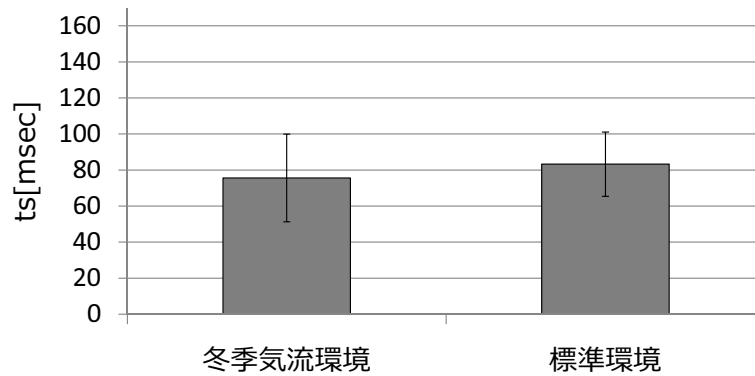


図 4.32: 冬季気流実験における ts の環境条件間比較 (m=20)

#### 4.6.4 総合環境評価実験データセットの解析

本項では、総合環境評価実験データセットの解析を行った結果を、m=10,15,20 それぞれの場合について述べる。解析対象とした被験者数は 22 人で、解析対象としたデータ数は欠損を除いて 88 であった。

- m=10 のとき

解析不能なデータ数は 8 であった。これは解析対象データ数の 9.1% に値する。ベスト環境と標準環境それぞれにおいて p を算出した結果を付録 E に示す。また、各環境条件ごとの p を図 4.33 に、各環境条件ごとの ts を図 4.34 に示す。執務者の知的生産性向上に最適である環境条件が集中状態評価指標に与える影響を評価するため、各環境条件における p と ts をそれぞれ対のある両側 t 検定を用いて比較したが、いずれのパラメータにおいても有意差は認められなかった。

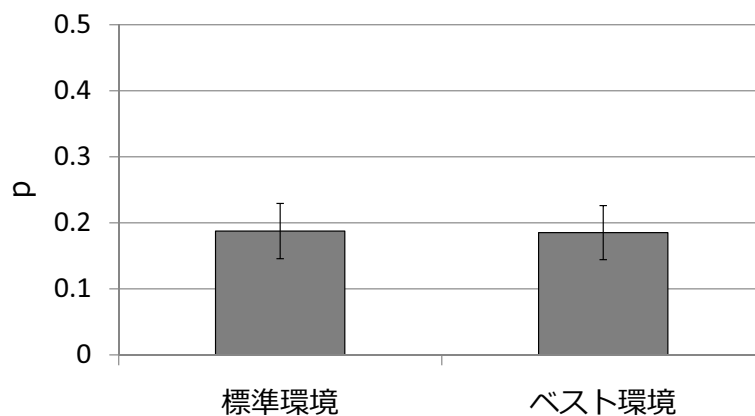


図 4.33: 総合環境評価実験における p の環境条件間比較 (m=10)

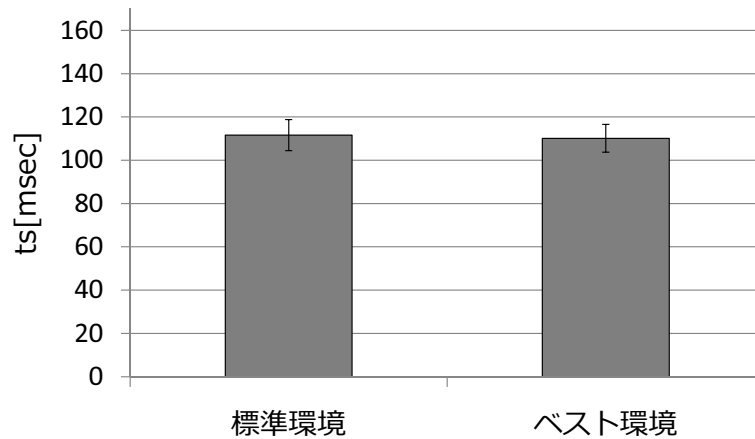


図 4.34: 総合環境評価実験における ts の環境条件間比較 (m=10)

● m=15 のとき

解析不能なデータ数は9であった。これは解析対象データ数の10.2%に値する。ベスト環境と標準環境それぞれにおいて p を算出した結果を付録 E に示す。また、各環境条件ごとの p を図 4.35 に、各環境条件ごとの ts を図 4.36 に示す。執務者の知的生産性向上に最適である環境条件が集中状態評価指標に与える影響を評価するため、各環境条件における p と ts をそれぞれ対のある両側 t 検定を用いて比較したが、いずれのパラメータにおいても有意差は認められなかった。

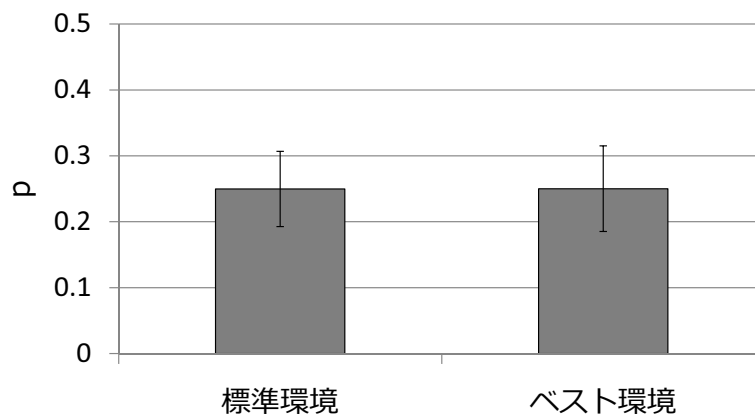


図 4.35: 総合環境評価実験における p の環境条件間比較 (m=15)

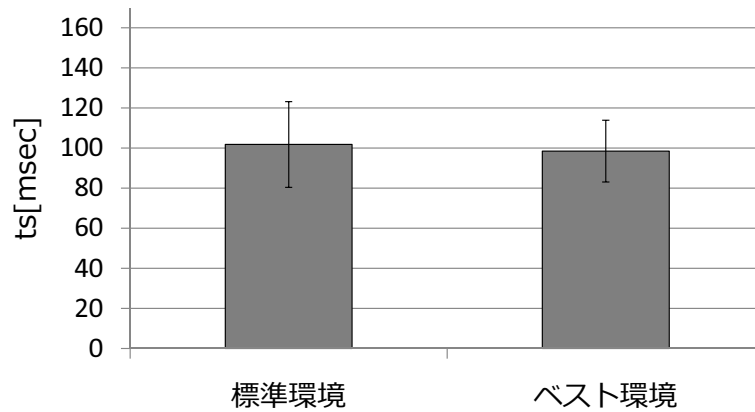


図 4.36: 総合環境評価実験における ts の環境条件間比較 (m=15)

- m=20 のとき

解析不能なデータ数は8であった。これは解析対象データ数の9.1%に値する。ベスト環境と標準環境それぞれにおいて p を算出した結果を付録 E に示す。また、各環境条件ごとの p を図 4.37 に、各環境条件ごとの ts を図 4.38 に示す。執務者の知的生産性向上に最適である環境条件が集中状態評価指標に与える影響を評価するため、各環境条件における p と ts をそれぞれ対のある両側 t 検定を用いて比較したが、いずれのパラメータにおいても有意差は認められなかった。

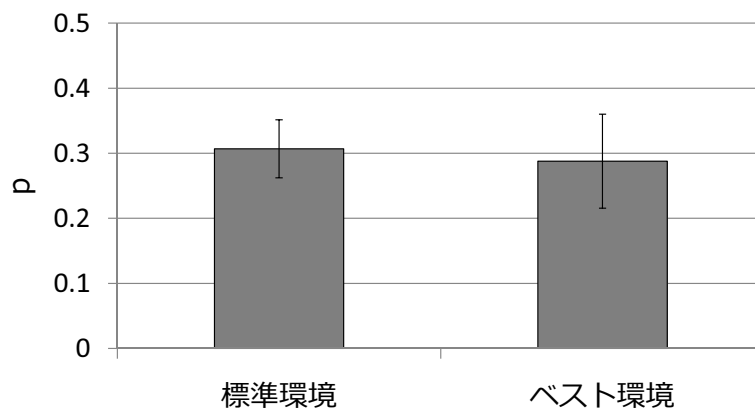


図 4.37: 総合環境評価実験における p の環境条件間比較 (m=20)

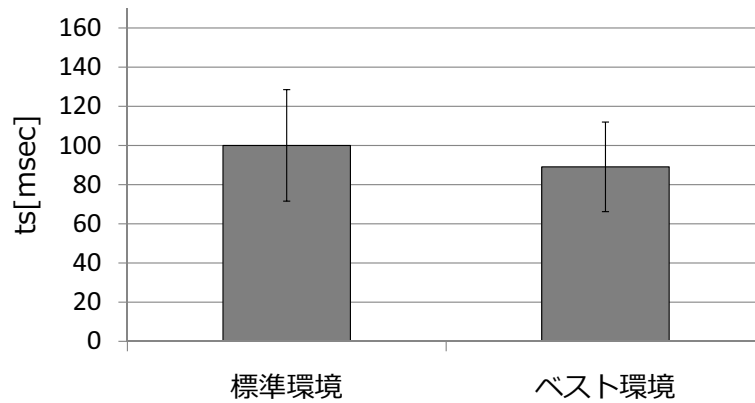


図 4.38: 総合環境評価実験における ts の環境条件間比較 (m=20)

## 4.7 異なる覚醒状態での比較

本節では、4章で述べた実験のうち、夏季気流実験のみを対象とする。これは、夏季気流実験の強気流は実験参加者の覚醒度向上を目的として設計されているため、覚醒度の違いによる集中状態評価指標の差が最も顕著に表れるからである。以下、異なる覚醒状態での集中状態評価指標を比較した結果を、m=10,15,20 それぞれの場合について述べる。

- m=10 のとき

高覚醒度状態、低覚醒度状態における p の比較を図 4.39 に、ts の比較を図 4.40 に示す。いずれもパラメータにおいても覚醒状態による有意な差は見られなかった。

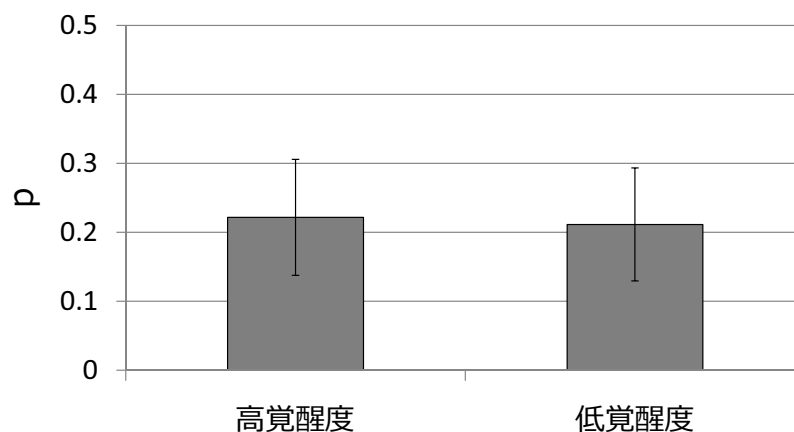


図 4.39: 異なる覚醒状態における p の比較 (m=10)

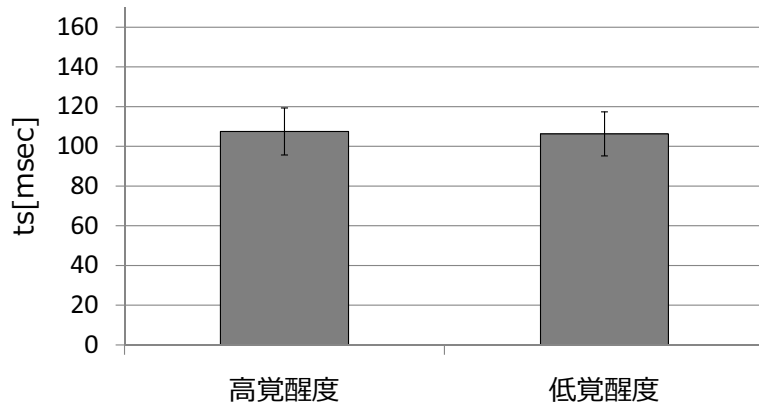


図 4.40: 異なる覚醒状態における  $ts$  の比較 ( $m=10$ )

- $m=15$  のとき

高覚醒度状態、低覚醒度状態における  $p$  の比較を図 4.41 に、 $ts$  の比較を図 4.42 に示す。いずれもパラメータにおいても覚醒状態による有意な差は見られなかった。

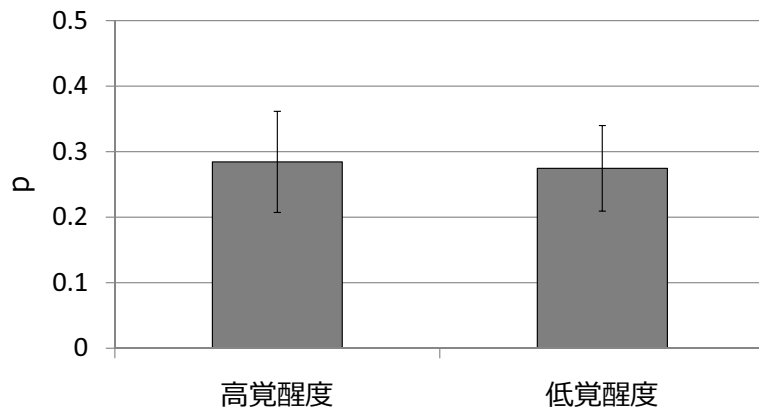


図 4.41: 異なる覚醒状態における  $p$  の比較 ( $m=15$ )

- $m=20$  のとき

高覚醒度状態、低覚醒度状態における  $p$  の比較を図 4.43 に、 $ts$  の比較を図 4.44 に示す。いずれもパラメータにおいても覚醒状態による有意な差は見られなかった。

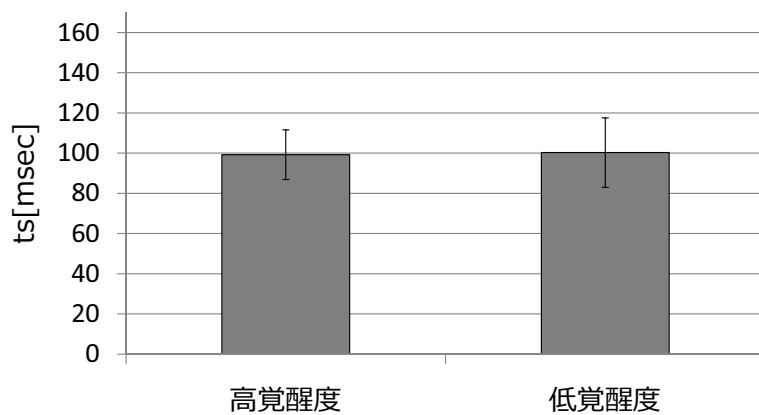


図 4.42: 異なる覚醒状態における ts の比較 (m=15)

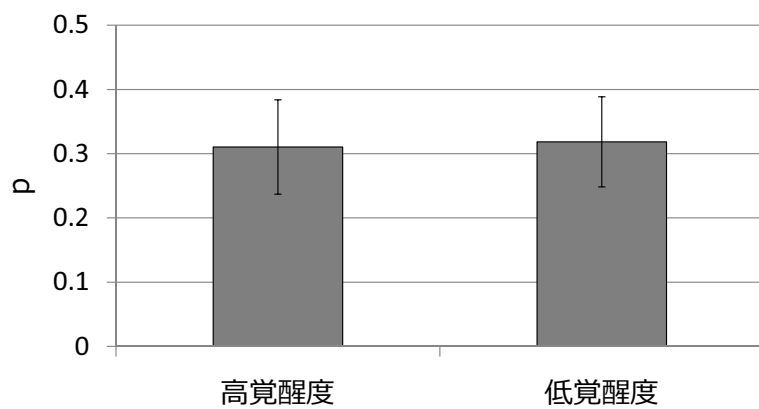


図 4.43: 異なる覚醒状態における p の比較 (m=20)

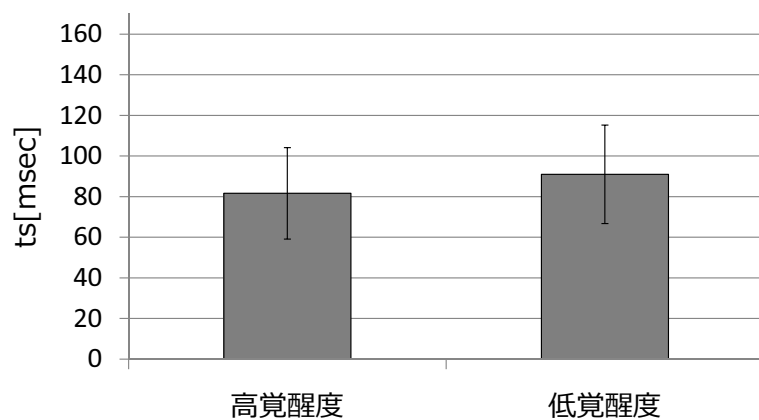


図 4.44: 異なる覚醒状態における ts の比較 (m=20)

## 4.8 異なるモチベーション下での集中状態評価指標の比較

本節では、4で述べた実験のうち、照明実験のみを対象とする。4.6.1項で述べたように、照明条件を変えても集中状態評価指標に有意な差は見いだせなかった。そのため、ここでは、3つの環境条件下での通常タスクのセット2の結果をまとめて低モチベーションデータ群とする。そして、3つの環境条件下での全カタクの結果をまとめて高モチベーションデータ群とし、これらふたつのデータ群での比較を行う。以下、 $m=10,15,20$ それぞれの場合についての結果を述べる。

- $m=10$  のとき

全カタク結合データを解析した結果、解析不能なデータ数は3であった。これは解析対象データ数の4.8%に値する。TA1環境、TA2環境、A環境下における高モチベーション時の $p$ と $ts$ を算出した結果を付録Fに示す。高モチベーションデータ群と低モチベーションデータ群の解析結果を比較するため、対のある両側 $t$ 検定を行った。図4.45、図4.46に示すように、高モチベーション時の $p$ は低モチベーション時の $p$ より有意に大きく( $p < 0.001$ )、 $ts$ はモチベーション間で差が見られなかった。

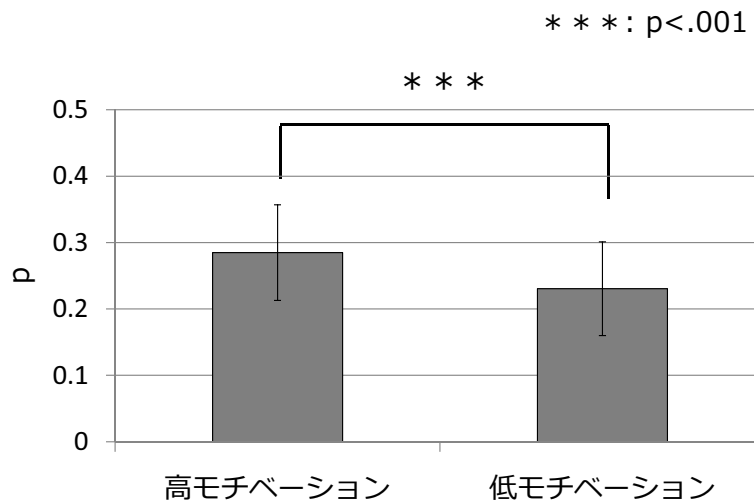


図 4.45:  $p$  のモチベーション間比較 ( $m=10$ )

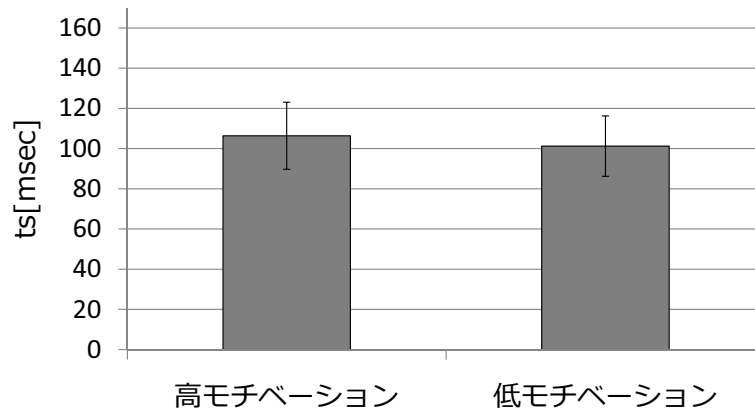


図 4.46: ts のモチベーション間比較 (m=10)

● m=15 のとき

全力タスク結合データを解析した結果、解析不能なデータ数は1であった。これは解析対象データ数の1.6%に値する。TA1環境、TA2環境、A環境下における高モチベーション時のpとtsを算出した結果を付録Fに示す。高モチベーションデータ群と低モチベーションデータ群の解析結果を比較するため、対のある両側t検定を行った。図4.47、図4.48に示すように、ハイモチベーション時のpは低モチベーション時のpより有意に大きく ( $p < 0.001$ )、高モチベーション時のtsは低モチベーション時のtsより有意に小さかった ( $p < 0.001$ )。

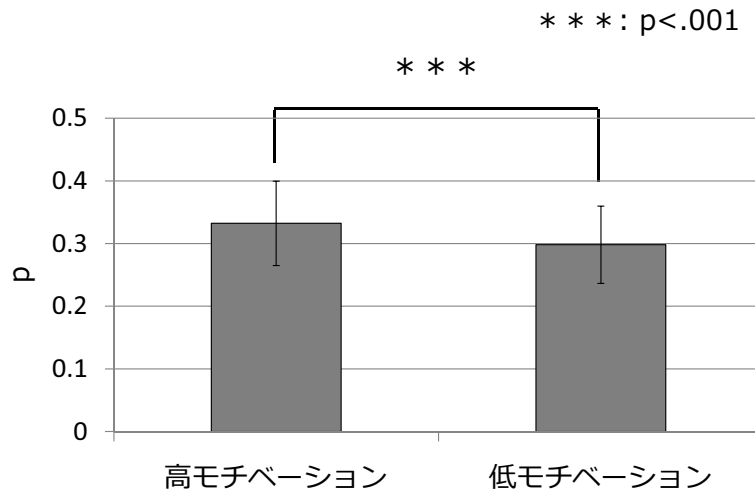


図 4.47: p のモチベーション間比較 (m=15)



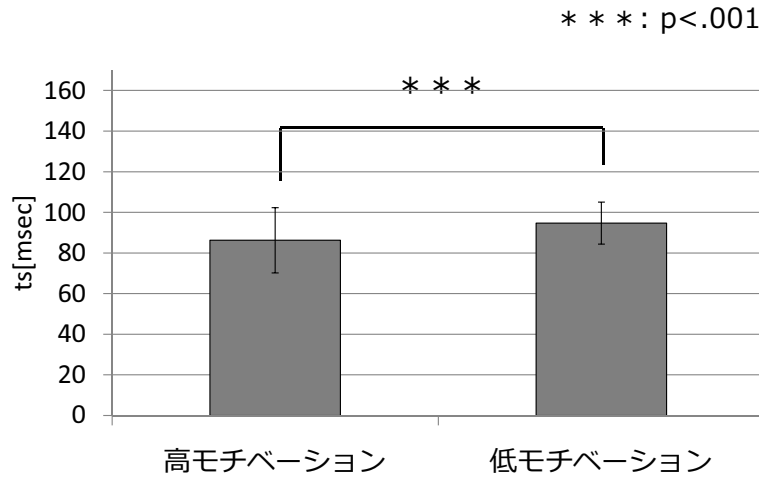


図 4.48: ts のモチベーション間比較 (m=15)

- m=20 のとき

全力タスク結合データを解析した結果、解析不能なデータ数は14であった。これは解析対象データ数の22.2%に値する。TA1環境、TA2環境、A環境下における高モチベーション時のpとtsを算出した結果を付録Fに示す。高モチベーションデータ群と低モチベーションデータ群の解析結果を比較するため、対のある両側t検定を行った。図4.49、図4.50に示すように、高モチベーション時のpと低モチベーション時のpでは有意な差が見られなかったが、高モチベーション時のtsは低モチベーション時のtsより有意に小さかった ( $p < 0.01$ )。

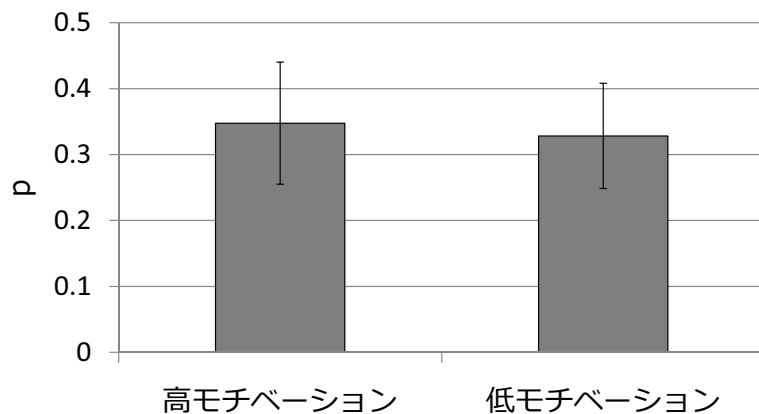


図 4.49: p のモチベーション間比較 (m=20)

pとtsの解析結果をまとめたものを表4.11、表4.12に示す。ただし、設定環境は、照明実験においてはTA1環境、夏季気流実験においては弱・強気流環境、冬季気流実験

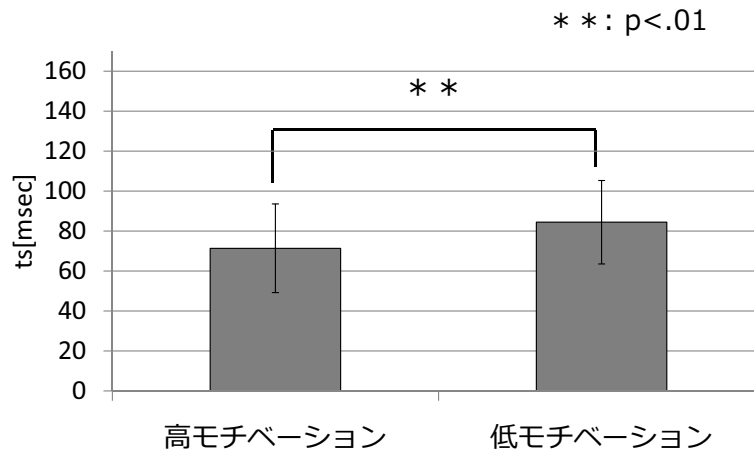


図 4.50: ts のモチベーション間比較 (m=20)

においては冬季気流環境、総合環境評価実験においてはベスト環境を示す。また、標準環境は、照明実験においては A 環境を示す。

表 4.11: p 環境条件間比較結果まとめ

		p(設定環境)	p(標準環境)	p 平均値の差
照明実験 (通常タスク)	平均値	0.299	0.304	-0.005
	標準偏差	0.072	0.084	
夏季気流実験	平均値	0.284	0.278	0.006
	標準偏差	0.077	0.065	
冬季気流実験	平均値	0.279	0.289	-0.010
	標準偏差	0.047	0.055	
総合環境評価実験	平均値	0.250	0.250	0.000
	標準偏差	0.057	0.065	

表 4.12: ts 環境条件間比較結果まとめ

		ts(設定環境)	ts(標準環境)	ts 平均値の差
照明実験 (通常タスク)	平均値	88.4[ms]	91.0[ms]	-2.6[ms]
	標準偏差	16.2[ms]	19.6[ms]	
夏季気流実験	平均値	97.5[ms]	98.9[ms]	-1.3[ms]
	標準偏差	19.2[ms]	14.6[ms]	
冬季気流実験	平均値	94.0[ms]	92.6[ms]	1.4[ms]
	標準偏差	12.9[ms]	11.3[ms]	
総合環境評価実験	平均値	98.5[ms]	101.8[ms]	-3.3[ms]
	標準偏差	21.4[ms]	15.4[ms]	

## 4.9 考察

照明実験において、照明条件ごとの p と ts を、TA1 照明と A 照明、TA2 照明と A 照明で比較した結果を表 4.13、表 4.15、表 4.17、表 4.14、表 4.16、表 4.18 に示す。

夏季気流実験において、環境条件ごとの p と ts を比較した結果を表 4.19、表 4.20、表 4.21 に示す。

冬季気流実験において、環境条件ごとの p と ts を比較した結果を表 4.22、表 4.23、表 4.24 に示す。

総合環境評価実験において、環境条件ごとの p と ts を比較した結果を表 4.25、表 4.26、表 4.27 に示す。

4.6 節で述べたように、タスク&アンビエント照明環境を導入しても、弱・強気流環境を導入しても、温度や湿度などを統制して最適な作業環境を設定しても、集中状態評価指標に変化は見られなかった。すなわち、これらの環境条件を設定しても集中状態内部に差が存在しないため、集中状態の比率のみに着目した指標である CTR を用いて知的生産性を適切に評価できていると言える。

m の変動による感度解析のため、各実験のデータセットにおいて、m を 10、15、20 に固定して p と ts を算出したが、総合環境評価実験データセット以外の解析においては m が 15 の時に最も解析不能なデータが少ないという結果になった。3.3.1 項で述べたように、ts が 25 未満もしくは 170 より大きい場合は理論上起こりえないので、解析

不能として計測対象から外している。すなわち、解析不能なデータが少ないほど、理論とよく合う結果であると言えるため、伝票分類タスクをステップ分解することで想定した  $m=15$  は妥当であると考えられる。

$m$  を変動させて解析を行った結果、いずれの環境条件においても、 $m$  が 10 の時より 20 の時の方が出力される  $t_s$  の値は小さいという結果になった。この原因を以下で検討する。図 3.3 に示すようなモデル分布において、 $p$  が大きいほど分布の分散が大きくなる。そして、 $m$  が大きいほど 1 問の解答に必要な時間が長くなるので、分布は全体的に右に位置する。また、 $t_s$  が大きいほど 1 ステップに要する時間が長くなるので、分布の横軸の縮尺が大きくなる。これらのパラメータを用いて集中状態内部の状態遷移を表す場合、同じ概形の分布を描く場合でもパラメータの組み合わせが一通りであるとは限らず、例えば  $m$  が小さい場合には  $t_s$  を大きくすることで同じ概形の分布を描ける場合がある。したがって、3.3.1 項で述べた解析手法の第一段階で得られる対数正規分布に対してモデル分布を用いた近似を行う際、 $m$  を小さい値で固定するほど  $t_s$  の値は大きくなり、 $m$  を大きい値で固定するほど  $t_s$  の値は小さくなる。このように、 $m$  の変動に伴って  $t_s$  の値も変動するため、 $m$  が 10 の場合には  $t_s$  の値が大きく、 $m$  が 20 の場合には  $t_s$  の値が小さくなったと考えられる。

$t_s$  を固定して対数正規分布とモデル分布を近似し、 $p$  と  $m$  をパラメータとして出力した結果を付録 G に示す。3.2 節で述べた Card による人間の認知処理系における 1 周期の時間は平均で 70ms であるため、 $t_s$  を 70ms に固定して  $p$  と  $m$  を算出した。また、環境条件によってパラメータに有意な差は生じないことが判明しているため、ここでは照明実験のみを解析の対象とした。解析の結果、 $m$  を固定した場合に比べて  $p$ 、 $m$  ともに標準偏差が大きく、セットによる結果のばらつきが大きいことが分かった。 $m$  は本来タスクに固有の定数であると考えられるため、セットごとに値が大きく変動するとは考えにくい。したがって、これでは妥当なパラメータが得られているとは言えず、 $t_s$  を固定する解析ではうまくパラメータを算出できないことが分かった。

表 4.13: 照明実験における p 平均の照明条件間比較 (m=10)

	p(TA1 照明)	p(A 照明)	p 平均値の差
平均値	0.248	0.255	-0.007
標準偏差	0.058	0.066	

	p(TA2 照明)	p(A 照明)	p 平均値の差
平均値	0.245	0.255	-0.010
標準偏差	0.063	0.066	

表 4.14: 照明実験における ts 平均の照明条件間比較 (m=10)

	ts(TA1 照明)	ts(A 照明)	ts 平均値の差
平均値	106.4[ms]	105.0[ms]	1.4[ms]
標準偏差	28.2[ms]	9.5[ms]	

	ts(TA2 照明)	ts(A 照明)	ts 平均値の差
平均値	102.3[ms]	105.0[ms]	-2.7[ms]
標準偏差	8.2[ms]	9.5[ms]	

表 4.15: 照明実験における p 平均の照明条件間比較 (m=15)

	p(TA1 照明)	p(A 照明)	p 平均値の差
平均値	0.299	0.304	-0.005
標準偏差	0.072	0.084	

	p(TA2 照明)	p(A 照明)	p 平均値の差
平均値	0.302	0.304	-0.002
標準偏差	0.059	0.084	

表 4.16: 照明実験における ts 平均の照明条件間比較 (m=15)

	ts(TA1 照明)	ts(A 照明)	ts 平均値の差
平均値	88.4[ms]	91.0[ms]	-2.6[ms]
標準偏差	16.2[ms]	19.6[ms]	

	ts(TA2 照明)	ts(A 照明)	ts 平均値の差
平均値	93.2[ms]	91.0[ms]	2.2[ms]
標準偏差	17.0[ms]	19.6[ms]	

表 4.17: 照明実験における p 平均の照明条件間比較 (m=20)

	p(TA1 照明)	p(A 照明)	p 平均値の差
平均値	0.332	0.328	0.003
標準偏差	0.072	0.084	

	p(TA2 照明)	p(A 照明)	p 平均値の差
平均値	0.312	0.328	-0.016
標準偏差	0.090	0.084	

表 4.18: 照明実験における ts 平均の照明条件間比較 (m=20)

	ts(TA1 照明)	ts(A 照明)	ts 平均値の差
平均値	80.3[ms]	84.4[ms]	-4.1[ms]
標準偏差	18.1[ms]	23.6[ms]	

	ts(TA2 照明)	ts(A 照明)	ts 平均値の差
平均値	78.8[ms]	84.4[ms]	-5.7[ms]
標準偏差	23.4[ms]	23.6[ms]	

表 4.19: 夏季気流実験における p,ts 平均の環境条件間比較 (m=10)

	p(弱・強気流環境)	p(標準環境)	p 平均値の差
平均値	0.205	0.197	0.008
標準偏差	0.056	0.048	

	ts(弱・強気流環境)	ts(標準環境)	ts 平均値の差
平均値	108.5[ms]	111.0[ms]	-2.6[ms]
標準偏差	9.0[ms]	12.3[ms]	

表 4.20: 夏季気流実験における p,ts 平均の環境条件間比較 (m=15)

	p(弱・強気流環境)	p(標準環境)	p 平均値の差
平均値	0.284	0.278	0.006
標準偏差	0.077	0.065	

	ts(弱・強気流環境)	ts(標準環境)	ts 平均値の差
平均値	97.5[ms]	98.9[ms]	-1.3[ms]
標準偏差	19.2[ms]	14.6[ms]	



表 4.21: 夏季気流実験における p,ts 平均の環境条件間比較 (m=20)

	p(弱・強気流環境)	p(標準環境)	p 平均値の差
平均値	0.331	0.294	0.037
標準偏差	0.067	0.077	

	ts(弱・強気流環境)	ts(標準環境)	ts 平均値の差
平均値	108.5[ms]	111.0[ms]	-2.6[ms]
標準偏差	18.6[ms]	29.3[ms]	

表 4.22: 冬季気流実験における p,ts 平均の環境条件間比較 (m=10)

	p(弱・強気流環境)	p(標準環境)	p 平均値の差
平均値	0.226	0.228	-0.002
標準偏差	0.035	0.046	

	ts(弱・強気流環境)	ts(標準環境)	ts 平均値の差
平均値	108.4[ms]	106.6[ms]	1.7[ms]
標準偏差	10.5[ms]	11.5[ms]	

表 4.23: 冬季気流実験における p,ts 平均の環境条件間比較 (m=15)

	p(弱・強気流環境)	p(標準環境)	p 平均値の差
平均値	0.279	0.289	-0.010
標準偏差	0.047	0.055	

	ts(弱・強気流環境)	ts(標準環境)	ts 平均値の差
平均値	94.0[ms]	92.6[ms]	1.4[ms]
標準偏差	12.9[ms]	11.3[ms]	

表 4.24: 冬季気流実験における p,ts 平均の環境条件間比較 (m=20)

	p(弱・強気流環境)	p(標準環境)	p 平均値の差
平均値	0.281	0.314	-0.034
標準偏差	0.080	0.072	

	ts(弱・強気流環境)	ts(標準環境)	ts 平均値の差
平均値	75.6[ms]	83.3[ms]	-7.7[ms]
標準偏差	24.4[ms]	17.8[ms]	

表 4.25: 総合環境評価実験における p,ts 平均の環境条件間比較 (m=10)

	p(ベスト環境)	p(標準環境)	p 平均値の差
平均値	0.185	0.187	-0.002
標準偏差	0.042	0.041	

	ts(ベスト環境)	ts(標準環境)	ts 平均値の差
平均値	110.1[ms]	111.6[ms]	-1.5[ms]
標準偏差	7.2[ms]	6.4[ms]	

表 4.26: 総合環境評価実験における p,ts 平均の環境条件間比較 (m=15)

	p(ベスト環境)	p(標準環境)	p 平均値の差
平均値	0.250	0.250	0.000
標準偏差	0.057	0.065	

	ts(ベスト環境)	ts(標準環境)	ts 平均値の差
平均値	98.5[ms]	101.8[ms]	-3.3[ms]
標準偏差	21.4[ms]	15.4[ms]	

表 4.27: 総合環境評価実験における p,ts 平均の環境条件間比較 (m=20)

	p(ベスト環境)	p(標準環境)	p 平均値の差
平均値	0.288	0.307	-0.019
標準偏差	0.045	0.072	

	ts(ベスト環境)	ts(標準環境)	ts 平均値の差
平均値	89.1[ms]	100.0[ms]	-10.9[ms]
標準偏差	28.5[ms]	22.9[ms]	

異なる覚醒度における p と ts を比較した結果を表 4.28、表 4.29、表 4.30 に示す。

4.7 節で述べたように、異なる覚醒状態における集中状態評価指標にも有意な差は見られなかった。すなわち、30～45 分のタスク実施時間内において執務者の覚醒状態が変動した場合においても集中状態内部の状態遷移に差は生じないため、1 セットのデータからひとつの指標 CTR を算出することは妥当であると言える。

表 4.28: 異なる覚醒状態における p,ts の比較 (m=10)

	p(高覚醒度)	p(低覚醒度)	p 平均値の差
平均値	0.222	0.211	0.010
標準偏差	0.222	0.211	

	ts(高覚醒度)	ts(低覚醒度)	ts 平均値の差
平均値	107.5[ms]	106.3[ms]	1.2[ms]
標準偏差	107.5[ms]	106.3[ms]	

表 4.29: 異なる覚醒状態における p,ts の比較 (m=15)

	p(高覚醒度)	p(低覚醒度)	p 平均値の差
平均値	0.284	0.275	0.010
標準偏差	0.077	0.065	

	ts(高覚醒度)	ts(低覚醒)	ts 平均値の差
平均値	99.2[ms]	100.3[ms]	-1.1[ms]
標準偏差	12.4[ms]	17.3[ms]	

表 4.30: 異なる覚醒状態における p,ts の比較 (m=20)

	p(高覚醒度)	p(低覚醒度)	p 平均値の差
平均値	0.310	0.319	-0.008
標準偏差	0.073	0.070	

	ts(高覚醒度)	ts(低覚醒度)	ts 平均値の差
平均値	81.6[ms]	91.0[ms]	-9.3[ms]
標準偏差	22.5[ms]	24.3[ms]	

異なるモチベーション下における  $p$  と  $ts$  を比較した検定結果を表 4.31、表 4.32、表 4.33 に示す。 $m$  の変動による感度解析のために  $m$  を 10、15、20 に固定して  $p$  と  $ts$  を算出したが、 $m$  を 15 に固定した場合に解析不能なデータが最も少なかった。したがって、3.3.1 項で述べたように、伝票分類タスクをステップ分解することで想定した  $m=15$  は妥当であると考えられる。解析の結果、4.8 節で述べたように、 $m$  を 10 に固定した場合では  $p$  に有意差が見られ、 $m$  を 15 に固定した場合では  $p$  と  $ts$  の両方に有意差が見られ、 $m$  を 20 に固定した場合でも  $ts$  に有意差が見られた。そして、いずれの解析においても高モチベーション時の  $p$  の値の方が大きく、高モチベーション時の  $ts$  の値の方が小さかった。 $m$  を変動させて解析を行っても  $p$  と  $ts$  に同様の傾向が見られるので、この解析結果は信頼性が高く、モチベーションの高い場合には  $p$  の値が大きく、 $ts$  の値は小さくなると言える。

$p$  の値が大きく  $ts$  の値が小さいということは、作業状態に遷移する確率が高く、単位時間あたりに状態遷移を行う回数が多い。したがって、同じ CTR であっても高モチベーション時の方が実際には作業処理の進行が速いことを意味する。つまり、異なるモチベーション時の知的生産性を評価する際には、CTR を用いても、集中状態内部の状態遷移に差が生じるため、知的生産性を適切に評価することができていないと考えられる。

2.2.3 項で述べたように、認知資源を一定期間対象に割り当てている状態を集中状態と定義している。しかし、対象に認知資源を割り当てる程度、つまり集中の深さについては考慮していない。集中状態評価指標に有意な差が見られるのは、集中の深さに差が生じているからであると考えられる。通常タスクでは 1 日中作業しても疲れないう程度のペースで作業を行うが、全力タスクでは疲労を考慮せずにできるだけ早く作業を行うため、執務者にかかる精神負荷が大きいと考えられる。この精神負荷が大きいほど  $p$  の値も大きく、 $p$  の値が大きいほど作業に深く集中していると考えられる。また、 $ts$  が小さいことは人間の認知処理系における 1 周期の時間が短いことを示しており、同じ CTR においても  $ts$  が小さい方が作業処理の進行が速いため、 $ts$  も同様に集中の深さを示していると考えられる。

表 4.31: 異なるモチベーション下における p,ts の比較 (m=10)

	p(高モチベーション)	p(低モチベーション)	p 平均値の差
平均値	0.285	0.231	0.054***
標準偏差	0.072	0.071	

\*\*\* :  $p < .001$

	ts(高モチベーション)	ts(低モチベーション)	ts 平均値の差
平均値	106.4[ms]	101.3[ms]	5.1[ms]
標準偏差	16.7[ms]	15[ms]	

表 4.32: 異なるモチベーション下における p,ts の比較 (m=15)

	p(高モチベーション)	p(低モチベーション)	p 平均値の差
平均値	0.332	0.298	0.034***
標準偏差	0.067	0.062	

\*\*\* :  $p < .001$

	ts(高モチベーション)	ts(低モチベーション)	ts 平均値の差
平均値	86.3[ms]	94.7[ms]	-8.4[ms]***
標準偏差	16.0[ms]	10.3[ms]	

\*\*\* :  $p < .001$

表 4.33: 異なるモチベーション下における p,ts の比較 (m=20)

	p(高モチベーション)	p(低モチベーション)	p 平均値の差
平均値	0.348	0.328	0.019
標準偏差	0.093	0.080	

	ts(高モチベーション)	ts(低モチベーション)	ts 平均値の差
平均値	71.4[ms]	84.4[ms]	-13.1[ms]**
標準偏差	22.2[ms]	20.9[ms]	

\*\* :  $p < .01$



## 第 5 章 結論

近年、エネルギー消費量削減のための取り組みとして、多くのオフィスで冷暖房の調整や照明の間引きなどが行われている。しかし、これらのオフィス環境の変化によって執務者の知的生産性が低下する恐れがある。知的生産性の低下によって勤務時間が増加することはコストの増大につながるため、オフィス環境の設計においてはエネルギー消費量と知的生産性の適切なバランスを考慮する必要がある。そしてそのためには、オフィス環境と知的生産性の関係を定量的かつ客観的に計測する方法が必要である。そこで、室内環境の変化による知的生産性への影響を定量的に評価する指標である集中時間比率 (Concentration Time Ratio; CTR) が開発されてきた。ここでの集中とは、認知資源を一定期間対象に割り当てている状態のことであり、認知タスクの総作業時間に対する集中状態にあった時間の比率を集中時間比率としている。この指標を用いることで客観的かつ定量的な知的生産性の評価が可能となったが、集中時間比率は総作業時間に対する集中状態の比率のみに着目した指標であるため、集中状態内部の状態遷移については考慮できていない可能性があった。すなわち、集中状態内部の状態遷移を評価することによって、集中の程度を考慮した知的生産性の評価をできる可能性がある。

そこで本研究では、集中状態に着目した知的生産性評価を検討するため、集中状態を表すパラメータを集中状態評価指標として設定した。そして集中状態評価指標を用いて、異なる環境条件、異なる覚醒度、異なるモチベーション下において集中状態内部の状態遷移にどのような差が見られるのかを調べた。

第 2 章では、研究の背景および知的生産性の概念と定義を述べた。その後、知的生産性評価指標 CTR とその問題点について述べ、それを踏まえた本研究の目的と意義を述べた。

第 3 章では、3 状態知的生産性変動モデルに基づいて認知タスク解答のメカニズムを述べ、それを踏まえて、集中状態を表すパラメータ  $m$ 、 $p$ 、 $t_s$  を合わせて集中状態評価指標とすることを述べた。最後に、集中状態評価指標を算出するためのアルゴリズムについて記した。

第 4 章では、まず本研究室で過去に実施された環境評価実験の概要を述べ、集中状態評価指標の比較方法について述べた。そして、その方法に基づいて実際に指標を比較

した。その結果、異なる環境条件下においても、異なる覚醒状態下においても集中状態評価指標に差は見られないが、異なるモチベーション下では差が見られ、モチベーションが高い場合の方が作業状態への遷移確率を表す  $p$  の値が大きく、状態遷移に要する時間  $t_s$  の値は小さい結果となった。

本研究において、モチベーションが異なる場合には集中状態評価指標が変化するため、この場合には集中状態の時間比率のみに着目した CTR では知的生産性を適切に評価できないことが分かった。これは集中を認知資源を一定期間対象に割り当てている状態と定義しており、認知資源を対象に割り当てる程度を表す集中の深さについては考慮していないことが原因であると考えられる。作業状態への遷移確率  $p$  が大きいのは精神負荷を多く許容している状態であり、同じ CTR の場合でも集中は深いと考えられる。また、 $t_s$  が小さいことは人間の認知処理系における 1 周期の時間が短いことを示しており、同じ CTR においても  $t_s$  が小さい方が作業処理の進行が速いため、 $t_s$  も同様に集中の深さを示していると考えられる。

しかし、本研究ではモチベーションの変化によって集中の深さが変化することを示しただけであり、どの程度変化するのかを評価することが今後の課題である。また、環境評価実験において、実験参加者によっては日ごとに集中状態評価指標が大きく変動する場合もあるため、同じ実験参加者のデータで集中の深さに大きな差が生じないような再解析を試みる必要がある。

## 謝 辞

本研究を進めるにあたり、ミーティング等で貴重なご意見を頂いただけでなく、お忙しいにもかかわらず、常に熱心にご指導をして頂いた下田宏教授に深く感謝いたします。

研究に関する様々なご指導だけでなくイベントの開催など研究室での生活に関わることを教えていただきました石井裕剛助教に深く感謝いたします。

また、プロダクティビティチームとして知的生産性研究に取り組み、解析について多くの助言をいただきまし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心より感謝いたします。

同様にプロダクティビティチームとして知的生産性研究に取り組み、解析についても助言をしてくださいました修士課程の上東大祐さん、古田真也君、下中尚忠君、杉田耕介君に心より感謝いたします。

さらに、研究生活をおくる上で、仲良くしてくださいました同期の藤井巧哉君、徳丸博紀君、王湧金君に深く感謝いたします。

また、研究生活をおくる上で、日頃からお世話していただきました普照郁美さんに心より感謝いたします。

最後に、修士1回生から現在に至るまで有意義に研究生活を送れたのも、周りの方々の御助力があつてのことだと思えます。心より深くお礼申し上げます。

## 参考文献

- [1] K.Uchiyama, K.Ooishi, K.Miyagi, H.Ishii, H.Shimoda: Process of Evaluation Index of Intellectual Productivity Based on Work Concentration, ICSTE 2013, (2013).
- [2] K.Miyagi, S.Kawano, H.Ishii, H.Shimoda: Improvement and Evaluation of Intellectual Productivity Model based on Work State Transition, The 2012 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, pp.1491-1496, (2012).
- [3] エネルギー白書 : <http://www.enecho.meti.go.jp/topics/hakusho/>(2016年2月10日現在).
- [4] N.P.Sensharma, J.E.Woods: An Extension of a Rational Model for Evaluation of Human Responses, Occupant Performance, and Productivity, Healthy Building 2000, Workshop 9 (2000).
- [5] 杉浦, 橋本, 寺野, 中村, 川瀬, 近藤: ワークプレイスプロダクティビティの評価方法: 第1報-プロダクティビティ評価方法の整理と標準的な評価票の提案, 空気調和・衛生工学学術講演論文集, Vol.123, pp.11-22 (2007).
- [6] N.Nishihara, S.Tanabe, M.Haneda, S.Uchida, G.Kawaguchi, Y.Akiyama: Objective measurement of mental workload that affects productivity in moderately hot environment, Healthy Buildings 2009 Proceedings, (2009).
- [7] W.J.Fisk, P.N.Price, D.Faulkner, D.P.Sullivan, D.L.Dibartolomeo, C.C.Federspiel, G.Liu, M.Lahiff: Worker Performance and Ventilation, Part1, 2, Proceedings of Indoor Air 2002, pp.784-795 (2002).
- [8] 近藤: オフィス環境評価のための新知的パフォーマンステストの開発と評価, エネルギー科学研究科修士論文, 京都大学, (2008).
- [9] K.Enomoto, Y.Kondo, F.Obayashi, M.Iwakawa, H.Ishii, H.Shimoda, M.Terano: An Experimental Study on Improvement of Office Work Productivity by Circadian

Rhythm Light, The 12th World Multi-Conference on Systemics, Cybernetics and Informatics, WMSCI 2008., Vol.VI,pp.121-126 (2008).

- [10] G.A.Bohlen, J.W.Barany: A Learning Curve Prediction Model for Operators Performing Industrial Bench Assembly Operations, International Journal of Production Research, Vol.14, pp.295-303, (1976).
- [11] 榎本: オフィス環境評価のためのパフォーマンステストの実用化に向けた改良と評価, 修士論文(京都大学大学院エネルギー科学研究科), (2008).
- [12] 村上: 建築空間と知的活動の階層モデル, 2012.3.15 知的生産性研究委員会, 資料 No.5(2012).
- [13] S.K.Card, T.P.Moran, A.Newell: The Psychology of Human-Computer Interaction, Erlbaum Associates, (1983).
- [14] A.G.Bills: Blocking: A New Principle of Mental Fatigue, The American Journal of Psychology, Vol.43, No.2, pp.230-245 (1983).
- [15] J.N.Rouder, F.Tuerlinckx, P.Speckman, J.Lu, P.Gomez: A hierarchical approach for fitting curves to response time measurements, Psychonomic Bulletin and Review, pp.1201-1208 (2008).
- [16] W.J. van der Linden: A Lognormal Model for Response Times on Test Items, Journal of Educational and Behavioral Statistics, Vol.31, No.2, pp.181-204 (2006).
- [17] W.Schwarz: The ex-Wald distribution as a descriptive model of response times, Behavior Research Methods, Instruments and Computers, 33(4), pp.457-469.
- [18] A.Heathcote: Fitting Wald and ex-Wald distributions to response time data: An example using functions for the S-PLUS package, Behavior Research Methods, Instruments and Computers, 36(4), pp.678-694.
- [19] 産業疲労研究会 HP : 自覚症しらべ, <http://square.umin.ac.jp/of/index.html/>(2016年2月10日現在).

## 付録 A 認知タスクの説明

### 1. 伝票分類

伝票分類は、提示された伝票を3種類の要素によって計27通りに分類するタスクである。伝票分類の説明資料を図 A.1 に示す。分類の1つ目の要素は日付で、「1～10日」「11～20日」「21～31日」の3種類に分類する。2つ目の要素は会社の業種であり、「百貨店・小売」「飲食・喫茶」「運送・郵便」の3種類である。最後の要素は金額で、「0～5000円」「5001～50000円」「50001円～」に分類する。

### 2. 単語分類

単語分類は、提示された1つの単語を3種類の要素によって計27通りに分類するタスクである。単語分類の説明資料を図 A.2 に示す。分類の1つ目の要素は先頭文字の種類で、「ひらがな」「カタカナ」「漢字」の3種類に分類する。2つ目の要素は先頭文字の母音であり、「い」「う」「お」の3種類である。最後は単語のカテゴリーで、「動物・植物」「地名・人名」「人工物」に分類する。

なお、入力部には、漢字が読めない、知らない単語であるなどの理由から、判別できない問題をスキップするために「判別不可」ボタンも用意する。

## 「伝票分類タスク」について

紙に書かれた数字伝票を、与えられたルールに従って分類し、その結果に応じてタブレット端末(iPad)上の入力ボタンを押していくタスクです。解答を終えたら、紙を裏返しにしてめくり、次々に問題を解いてください。

開始の合図で、「開始ボタン」を押し、終了の合図まで続けてください。

### 分類のルール

・分類の条件は「日付」、「会社の業種」、「金額」

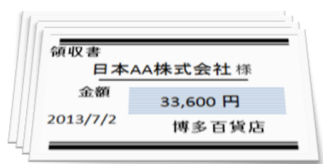
各条件は以下の3段階の区分が設定されている

・日付:「1~10日」、「11~20日」、「21~31日」

・会社の業種:「百貨店・小売」、「飲食・喫茶」、「運送・郵便」

・金額:「~5000円」、「~50000円」、「50001円~」

・誤った箇所を押してしまった場合、取り消しボタンを押して直前の操作を取り消し、正しい回答を入力する。



操作ミスに気付いた場合は、「取り消し」を押す

	1~10日~5000円	~50000円	50001円~
百貨店・小売	0	0	0
飲食・喫茶	0	0	0
運送・郵便	0	0	0
11~21日~5000円 ~50000円 50001円~			
百貨店・小売	0	0	0
飲食・喫茶	0	0	0
運送・郵便	0	0	0
21~31日~5000円 ~50000円 50001円~			
百貨店・小売	0	0	0
飲食・喫茶	0	0	0
運送・郵便	0	0	0

図 A.1: 伝票分類の説明

## 「単語分類タスク」について

紙に書かれた単語を、与えられたルールに従って分類し、タブレット端末(iPad)上の入力ボタンを押していくタスクです。解答を終えたら紙を裏返しにしてめくり、次々に問題を解いてください。

開始の合図で、「開始ボタン」を押し、終了の合図まで続けてください。

### 分類のルール

- 紙には単語がひとつ書かれている
- 分類の条件は「先頭文字の表記」、「先頭文字の母音」、「カテゴリー」
  - 各条件は以下の3段階の区分が設定されている
    - 先頭文字の表記:「ひらがな」、「カタカナ」、「漢字」
    - 先頭文字の母音:「い」、「う」、「お」
    - カテゴリー:「動植物」、「地名・人名」、「人工物」
- 誤った箇所を押してしまった場合、取り消しボタンを押して直前の操作を取り消し、正しい回答を入力する
- 分類先が分からない場合は、タブレット端末(iPad)画面上部の「不明」ボタンを押す

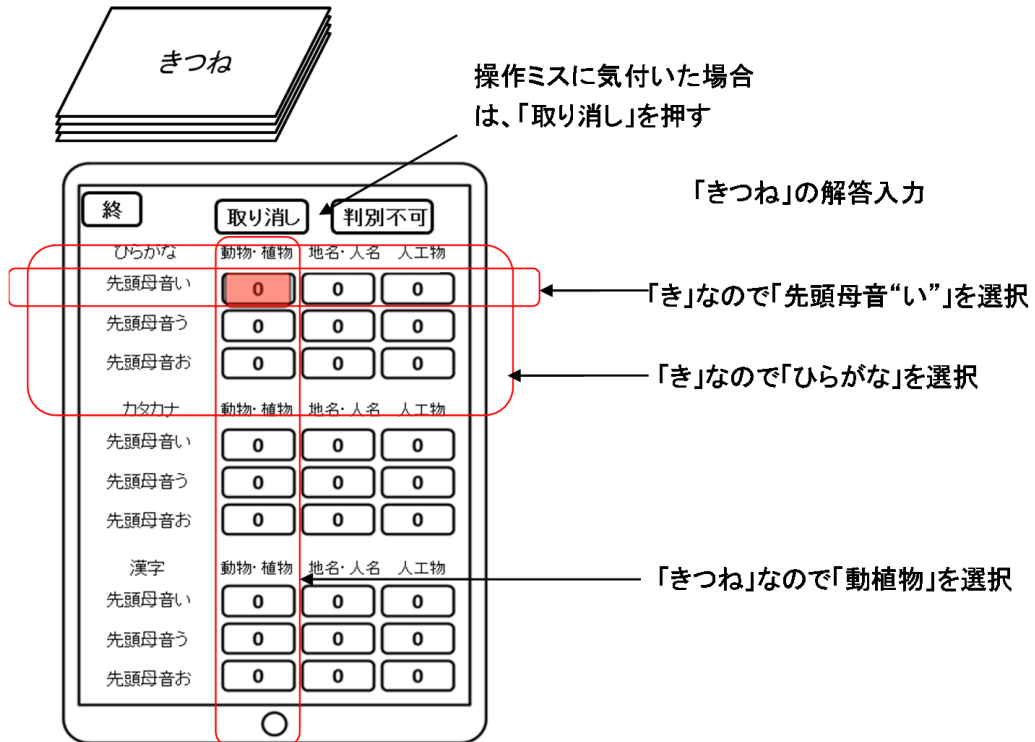


図 A.2: 単語分類の説明



## 付録 B 照明実験解析結果詳細

m を 10 に固定して TA1 照明、TA2 照明、A 照明それぞれにおいて p を算出した結果を表 B.1、表 B.2 に、ts を算出した結果を表 B.3、表 B.4 に示す。

m を 15 に固定して TA1 照明、TA2 照明、A 照明それぞれにおいて p を算出した結果を表 B.5、表 B.6 に、ts を算出した結果を表 B.7、表 B.8 に示す。

m を 20 に固定して TA1 照明、TA2 照明、A 照明それぞれにおいて p を算出した結果を表 B.9、表 B.10 に、ts を算出した結果を表 B.11、表 B.12 に示す。

表 B.1: 照明実験における p の算出結果 Group1-3(m=10)

	実験参加者	セット	TA1 照明	TA2 照明	A 照明
Group1	1	1	N/A	N/A	N/A
		2	N/A	N/A	N/A
		3	N/A	N/A	N/A
	2	1	0.188	0.234	0.169
		2	N/A	N/A	N/A
		3	0.225	0.214	0.210
	3	1	0.229	0.215	0.177
		2	0.237	0.227	0.184
		3	0.224	0.216	0.202
	4	1	0.224	0.235	0.203
		2	0.242	0.210	0.192
		3	0.395	0.216	0.236
Group2	5	1	N/A	N/A	N/A
		2	0.166	0.186	0.153
		3	0.190	0.180	0.195
	7	1	0.216	0.210	0.211
		2	N/A	N/A	N/A
		3	0.302	0.190	0.207
	8	1	N/A	N/A	N/A
		2	N/A	N/A	N/A
		3	N/A	N/A	N/A
Group3	9	1	0.250	0.153	0.177
		2	0.229	0.136	0.169
		3	N/A	N/A	N/A
	10	1	N/A	N/A	N/A
		2	0.184	0.232	0.216
		3	N/A	N/A	N/A
	11	1	N/A	N/A	N/A
		2	0.148	0.289	0.242
		3	0.231	0.293	0.241
	12	1	0.300	0.209	0.302
		2	0.306	0.197	0.307
		3	N/A	N/A	N/A

表 B.2: 照明実験における p の算出結果 Group4-6(m=10)

	実験参加者	セット	TA1 照明	TA2 照明	A 照明
Goup4	13	1	0.233	0.244	0.252
		2	0.131	0.251	0.247
		3	0.239	0.254	0.250
	14	1	0.239	0.259	0.290
		2	0.229	0.264	0.236
		3	0.216	0.243	0.231
	15	1	N/A	N/A	N/A
		2	N/A	N/A	N/A
		3	N/A	N/A	N/A
	16	1	N/A	N/A	N/A
		2	N/A	N/A	N/A
		3	N/A	N/A	N/A
Group5	17	1	N/A	N/A	N/A
		2	0.275	0.273	0.303
		3	0.292	0.295	0.310
	19	1	0.203	0.210	0.236
		2	0.234	0.554	0.285
		3	0.263	0.255	0.305
	20	1	0.284	0.236	0.295
		2	0.296	0.263	0.326
		3	0.456	0.264	0.321
Group6	21	1	0.243	0.273	0.268
		2	0.261	0.215	0.281
		3	0.276	0.276	0.288
	22	1	0.293	0.295	0.389
		2	0.257	0.244	0.309
		3	0.276	0.315	0.501
	23	1	N/A	N/A	N/A
		2	0.251	0.265	0.288
		3	N/A	N/A	N/A

表 B.3: 照明実験における ts の算出結果 Group1-3(m=10)

	実験参加者	セット	TA1 照明	TA2 照明	A 照明
Group1	1	1	N/A	N/A	N/A
		2	N/A	N/A	N/A
		3	N/A	N/A	N/A
	2	1	118.9	102.8	111.0
		2	N/A	N/A	N/A
		3	100.3	103.1	105.7
	3	1	108.3	104.1	107.6
		2	99.9	105.3	111.1
		3	106.2	106.4	111.6
	4	1	110.5	106.8	111.7
		2	109.6	110.0	108.3
		3	171.1	105.6	108.1
Group2	5	1	N/A	N/A	N/A
		2	115.3	108.8	113.5
		3	110.6	107.0	110.7
	7	1	107.6	107.7	105.5
		2	N/A	N/A	N/A
		3	236.9	108.3	113.7
	8	1	N/A	N/A	N/A
		2	N/A	N/A	N/A
		3	N/A	N/A	N/A
Group3	9	1	101.1	111.6	113.4
		2	105.6	114.0	113.0
		3	N/A	N/A	N/A
	10	1	N/A	N/A	N/A
		2	80.7	101.2	106.3
		3	N/A	N/A	N/A
	11	1	N/A	N/A	N/A
		2	60.0	102.6	106.4
		3	100.2	97.2	101.4
	12	1	95.2	108.9	98.8
		2	94.7	110.6	98.5
		3	N/A	N/A	N/A

表 B.4: 照明実験における ts の算出結果 Group4-6(m=10)

	実験参加者	セット	TA1 照明	TA2 照明	A 照明
Goup4	13	1	102.1	99.0	99.6
		2	50.0	98.2	97.4
		3	100.1	98.2	101.6
	14	1	100.0	98.2	100.5
		2	106.6	96.8	107.3
		3	105.4	99.7	103.5
	15	1	N/A	N/A	N/A
		2	N/A	N/A	N/A
		3	N/A	N/A	N/A
	16	1	N/A	N/A	N/A
		2	N/A	N/A	N/A
		3	N/A	N/A	N/A
Group5	17	1	N/A	N/A	N/A
		2	98.9	98.7	93.0
		3	94.9	99.0	95.9
	19	1	99.6	107.0	102.4
		2	101.9	62.1	104.3
		3	102.2	107.5	105.6
	20	1	101.1	106.1	95.7
		2	99.4	101.7	90.4
		3	162.7	101.9	91.3
Group6	21	1	102.8	98.2	100.0
		2	98.7	107.2	95.7
		3	101.8	96.5	99.9
	22	1	99.0	96.4	117.9
		2	98.8	96.0	93.9
		3	95.3	93.6	145.9
	23	1	N/A	N/A	N/A
		2	100.3	106.6	99.9
		3	N/A	N/A	N/A

表 B.5: 照明実験における p の算出結果 Group1-3(m=15)

	実験参加者	セット	TA1 照明	TA2 照明	A 照明
Group1	1	1	N/A	N/A	N/A
		2	N/A	N/A	N/A
		3	N/A	N/A	N/A
	2	1	0.246	0.305	0.241
		2	N/A	N/A	N/A
		3	0.301	0.292	0.279
	3	1	0.284	0.291	0.240
		2	0.317	0.294	0.264
		3	0.292	0.293	0.260
	4	1	0.290	0.276	0.261
		2	0.311	0.275	0.261
		3	0.322	0.289	0.312
Group2	5	1	0.250	0.252	0.240
		2	0.226	0.247	0.209
		3	0.096	0.227	0.089
	7	1	0.293	0.279	0.286
		2	N/A	N/A	N/A
		3	N/A	N/A	N/A
	8	1	N/A	N/A	N/A
		2	N/A	N/A	N/A
		3	N/A	N/A	N/A
Group3	9	1	0.326	0.214	0.327
		2	0.303	0.192	0.234
		3	N/A	N/A	N/A
	10	1	N/A	N/A	N/A
		2	0.306	0.308	0.287
		3	0.296	0.312	0.295
	11	1	0.312	0.356	0.306
		2	0.305	0.368	0.307
		3	0.308	0.377	0.314
	12	1	0.395	0.277	0.388
		2	0.401	0.270	0.394
		3	0.474	0.308	0.457

表 B.6: 照明実験における p の算出結果 Group4-6(m=15)

	実験参加者	セット	TA1 照明	TA2 照明	A 照明
Goup4	13	1	0.305	0.320	0.157
		2	0.327	0.333	0.189
		3	0.207	0.336	0.163
	14	1	0.194	0.343	0.368
		2	0.298	0.349	0.312
		3	0.295	0.329	0.303
	15	1	N/A	N/A	N/A
		2	N/A	N/A	N/A
		3	0.181	0.352	0.156
16	1	0.244	0.241	0.241	
	2	0.253	0.230	0.251	
	3	0.115	0.252	0.235	
Group5	17	1	N/A	N/A	N/A
		2	0.361	0.354	0.399
		3	0.293	0.377	0.407
	19	1	0.171	0.126	0.311
		2	N/A	N/A	N/A
		3	0.334	0.315	0.380
	20	1	0.369	0.306	0.386
		2	N/A	N/A	N/A
		3	0.384	0.333	0.386
Group6	21	1	N/A	N/A	N/A
		2	N/A	N/A	N/A
		3	0.357	0.184	0.368
	22	1	0.376	0.375	0.431
		2	0.336	0.329	0.400
		3	0.368	0.425	0.439
	23	1	0.355	0.394	0.366
		2	0.336	0.339	0.389
		3	0.357	0.335	0.388

表 B.7: 照明実験における ts の算出結果 Group1-3(m=15)

	実験参加者	セット	TA1 照明	TA2 照明	A 照明
Group1	1	1	N/A	N/A	N/A
		2	N/A	N/A	N/A
		3	N/A	N/A	N/A
	2	1	105.3	91.4	107.9
		2	N/A	N/A	N/A
		3	92.7	96.5	95.8
	3	1	91.4	96.4	99.8
		2	91.4	93.1	108.8
		3	93.9	97.6	97.8
	4	1	97.2	82.9	96.8
		2	96.7	98.2	100.7
		3	87.9	97.5	98.7
Group2	5	1	100.6	100.5	99.8
		2	107.4	99.5	106.0
		3	34.4	91.7	30.8
	7	1	99.2	97.4	97.7
		2	N/A	N/A	N/A
		3	N/A	N/A	N/A
	8	1	N/A	N/A	N/A
		2	N/A	N/A	N/A
		3	N/A	N/A	N/A
Group3	9	1	91.0	107.0	148.2
		2	95.6	109.3	106.7
		3	N/A	N/A	N/A
	10	1	N/A	N/A	N/A
		2	93.6	92.1	96.7
		3	99.5	90.2	96.5
	11	1	90.9	89.1	89.5
		2	89.1	88.6	91.5
		3	91.6	85.1	89.7
	12	1	86.8	99.5	87.5
		2	85.8	103.3	87.2
		3	101.0	90.4	100.8



表 B.8: 照明実験における ts の算出結果 Group4-6(m=15)

	実験参加者	セット	TA1 照明	TA2 照明	A 照明
Goup4	13	1	92.2	89.4	39.3
		2	91.2	89.9	47.9
		3	56.8	89.0	42.0
	14	1	52.7	89.0	86.1
		2	93.9	87.6	96.4
		3	97.9	92.4	92.8
	15	1	N/A	N/A	N/A
		2	N/A	N/A	N/A
		3	115.9	165.7	112.8
	16	1	100.6	103.5	105.6
		2	101.5	105.3	102.1
		3	44.9	100.5	106.8
Group5	17	1	N/A	N/A	N/A
		2	88.3	86.9	84.6
		3	62.3	85.8	86.9
	19	1	54.6	40.1	92.5
		2	N/A	N/A	N/A
		3	88.2	89.6	89.6
	20	1	90.8	93.5	84.9
		2	N/A	N/A	N/A
		3	87.9	88.6	73.5
Group6	21	1	N/A	N/A	N/A
		2	N/A	N/A	N/A
		3	89.3	40.9	86.3
	22	1	85.8	82.9	86.8
		2	88.7	88.9	82.1
		3	87.8	87.5	84.4
	23	1	99.9	113.5	88.2
		2	93.1	93.9	94.2
		3	88.8	90.7	94.0

表 B.9: 照明実験における p の算出結果 Group1-3(m=20)

	実験参加者	セット	TA1 照明	TA2 照明	A 照明
Group1	1	1	N/A	N/A	N/A
		2	N/A	N/A	N/A
		3	N/A	N/A	N/A
	2	1	0.336	0.373	0.403
		2	N/A	N/A	N/A
		3	0.230	0.359	0.341
	3	1	0.337	0.359	0.296
		2	0.379	0.362	0.308
		3	0.363	0.360	0.319
	4	1	N/A	N/A	N/A
		2	0.366	0.135	0.316
		3	0.399	0.344	0.371
Group2	5	1	0.306	0.303	0.288
		2	0.273	0.303	0.257
		3	0.304	0.298	0.310
	7	1	0.352	0.336	0.345
		2	N/A	N/A	N/A
		3	N/A	N/A	N/A
	8	1	N/A	N/A	N/A
		2	N/A	N/A	N/A
		3	N/A	N/A	N/A
Group3	9	1	0.398	0.261	0.297
		2	0.369	0.248	0.368
		3	N/A	N/A	N/A
	10	1	N/A	N/A	N/A
		2	0.373	0.352	0.349
		3	0.359	0.165	0.356
	11	1	0.256	0.418	0.139
		2	N/A	N/A	N/A
		3	0.363	0.308	0.202
	12	1	0.439	0.190	0.387
		2	0.452	0.312	0.440
		3	N/A	N/A	N/A

表 B.10: 照明実験における p の算出結果 Group4-6(m=20)

	実験参加者	セット	TA1 照明	TA2 照明	A 照明
Goup4	13	1	0.178	0.381	0.370
		2	0.392	0.210	0.370
		3	0.252	0.403	0.380
	14	1	0.252	0.407	0.251
		2	0.370	0.413	0.381
		3	0.366	0.397	0.378
	15	1	N/A	N/A	N/A
		2	0.209	0.246	0.186
		3	0.197	0.286	0.197
16	1	0.293	0.294	0.293	
	2	0.308	0.287	0.299	
	3	0.289	0.304	0.301	
Group5	17	1	0.399	0.132	0.462
		2	0.168	0.068	0.415
		3	0.339	0.339	0.372
	19	1	N/A	N/A	N/A
		2	N/A	N/A	N/A
		3	N/A	N/A	N/A
	20	1	N/A	N/A	N/A
		2	N/A	N/A	N/A
		3	N/A	N/A	N/A
Group6	21	1	N/A	N/A	N/A
		2	0.385	0.413	0.163
		3	N/A	N/A	N/A
	22	1	N/A	N/A	N/A
		2	N/A	N/A	N/A
		3	0.407	0.478	0.506
	23	1	0.334	0.349	0.438
		2	0.395	0.400	0.434
		3	0.413	0.378	0.322

表 B.11: 照明実験における ts の算出結果 Group1-3(m=20)

	実験参加者	セット	TA1 照明	TA2 照明	A 照明
Group1	1	1	N/A	N/A	N/A
		2	N/A	N/A	N/A
		3	N/A	N/A	N/A
	2	1	110.6	85.5	140.4
		2	N/A	N/A	N/A
		3	51.0	90.7	89.5
	3	1	82.8	90.8	94.0
		2	83.2	87.5	96.0
		3	88.7	91.0	91.2
	4	1	N/A	N/A	N/A
		2	86.5	33.1	93.1
		3	84.6	88.8	90.8
Group2	5	1	94.7	92.0	91.9
		2	98.7	93.8	99.3
		3	92.2	93.8	91.5
	7	1	90.2	88.9	89.9
		2	N/A	N/A	N/A
		3	N/A	N/A	N/A
	8	1	N/A	N/A	N/A
		2	N/A	N/A	N/A
		3	N/A	N/A	N/A
Group3	9	1	85.3	99.9	98.4
		2	89.6	108.4	130.7
		3	N/A	N/A	N/A
	10	1	N/A	N/A	N/A
		2	86.7	80.2	89.8
		3	91.8	32.5	88.3
	11	1	54.2	79.0	27.7
		2	N/A	N/A	N/A
		3	82.2	50.0	40.2
	12	1	72.0	48.7	64.8
		2	72.3	90.4	72.7
		3	N/A	N/A	N/A

表 B.12: 照明実験における ts の算出結果 Group4-6(m=20)

	実験参加者	セット	TA1 照明	TA2 照明	A 照明
Goup4	13	1	37.6	81.6	74.7
		2	83.3	39.9	76.1
		3	52.7	81.4	81.0
	14	1	52.7	80.2	41.2
		2	88.6	78.9	89.6
		3	92.5	84.9	88.2
	15	1	N/A	N/A	N/A
		2	110.5	97.7	107.1
		3	94.4	96.4	109.4
	16	1	93.1	97.5	99.3
		2	94.3	102.2	94.0
		3	93.6	93.2	106.8
Group5	17	1	74.1	21.4	73.4
		2	24.6	9.6	65.9
		3	88.1	90.7	84.3
	19	1	N/A	N/A	N/A
		2	N/A	N/A	N/A
		3	N/A	N/A	N/A
	20	1	N/A	N/A	N/A
		2	N/A	N/A	N/A
		3	N/A	N/A	N/A
Group6	21	1	N/A	N/A	N/A
		2	73.0	75.4	25.3
		3	N/A	N/A	N/A
	22	1	N/A	N/A	N/A
		2	N/A	N/A	N/A
		3	73.4	73.3	72.3
	23	1	68.3	73.1	79.8
		2	83.2	83.9	78.5
		3	77.4	77.0	56.0

## 付録 C 夏季気流実験解析結果詳細

m を 10 に固定して弱・強気流環境と標準環境それぞれにおいて p を算出した結果を表 C.1、表 C.2 に、ts を算出した結果を表 C.3、表 C.4 に示す。

m を 15 に固定して弱・強気流環境と標準環境それぞれにおいて p を算出した結果を表 C.5、表 C.6 に、ts を算出した結果を表 C.7、表 C.8 に示す。

m を 20 に固定して弱・強気流環境と標準環境それぞれにおいて p を算出した結果を表 C.9、表 C.10 に、ts を算出した結果を表 C.11、表 C.12 に示す。

表 C.1: 夏季気流実験における p の算出結果 Group1-3(m=10)

	実験参加者	セット	標準環境	弱・強気流環境
Group1	1	1	0.169	0.170
		2	0.198	0.197
		3	0.183	0.172
	2	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
	3	1	0.168	0.173
		2	0.180	0.172
		3	0.146	0.170
	4	1	N/A	N/A
		2	0.130	0.131
		3	0.122	0.197
Group2	7	1	0.217	0.297
		2	0.252	0.217
		3	N/A	N/A
	8	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
Group3	9	1	N/A	N/A
		2	0.186	0.161
		3	N/A	N/A
	10	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	0.238	0.248
	12	1	0.150	0.147
		2	N/A	N/A
		3	0.223	0.169

表 C.2: 夏季気流実験における p の算出結果 Group4-6(m=10)

	実験参加者	セット	標準環境	弱・強気流環境
Goup4	14	1	0.154	0.192
		2	N/A	N/A
		3	0.117	0.206
	15	1	0.259	0.220
		2	N/A	N/A
		3	0.257	0.231
Group5	17	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	0.287	0.291
	18	1	N/A	N/A
		2	0.170	0.195
		3	N/A	N/A
	20	1	0.210	0.386
		2	0.235	0.240
		3	0.217	0.226
Group6	21	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	0.308	0.295
	22	1	0.217	0.188
		2	0.157	0.159
		3	0.233	0.192
	23	1	0.155	0.134
		2	0.175	0.156
		3	0.156	0.146
	24	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	0.241	0.267



表 C.3: 夏季気流実験における ts の算出結果 Group1-3(m=10)

	実験参加者	セット	標準環境	弱・強気流環境
Group1	1	1	114.6	110.6
		2	109.2	109.8
		3	109.4	115.4
	2	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
	3	1	111.0	109.9
		2	107.9	111.7
		3	113.1	113.0
	4	1	N/A	N/A
		2	114.3	114.3
		3	117.0	105.9
Group2	7	1	170.2	95.5
		2	100.8	102.5
		3	N/A	N/A
	8	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
Group3	9	1	N/A	N/A
		2	111.0	113.4
		3	N/A	N/A
	10	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	104.8	100.7
	12	1	113.5	114.8
		2	N/A	N/A
		3	105.6	109.9

表 C.4: 夏季気流実験における ts の算出結果 Group4-6(m=10)

	実験参加者	セット	標準環境	弱・強気流環境
Goup4	14	1	115.0	108.7
		2	N/A	N/A
		3	118.4	108.4
	15	1	98.5	102.2
		2	N/A	N/A
		3	100.7	104.5
Group5	17	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	99.0	100.0
	18	1	N/A	N/A
		2	115.5	114.4
		3	N/A	N/A
	20	1	108.4	140.7
		2	107.4	101.2
		3	109.1	102.9
Group6	21	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	97.8	95.1
	22	1	107.4	111.8
		2	116.3	117.5
		3	107.3	89.7
	23	1	115.2	114.0
		2	113.7	113.3
		3	111.9	111.9
	24	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	97.7	99.5

表 C.5: 夏季気流実験における p の算出結果 Group1-3(m=15)

	実験参加者	セット	標準環境	弱・強気流環境
Group1	1	1	0.230	0.233
		2	0.259	0.262
		3	0.240	0.233
	2	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
	3	1	0.232	0.296
		2	0.244	0.240
		3	0.207	0.230
	4	1	N/A	N/A
		2	0.187	0.195
		3	0.173	0.260
Group2	7	1	0.209	0.269
		2	0.203	0.294
		3	N/A	N/A
	8	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
Group3	9	1	N/A	N/A
		2	0.256	0.228
		3	N/A	N/A
	10	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	0.306	0.318
	12	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	0.293	0.229

表 C.6: 夏季気流実験における p の算出結果 Group4-6(m=15)

	実験参加者	セット	標準環境	弱・強気流環境
Goup4	14	1	0.213	0.256
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
	15	1	0.343	0.291
		2	0.322	0.302
		3	0.329	0.306
Group5	17	1	0.376	0.397
		2	0.368	0.401
		3	0.365	0.366
	18	1	0.239	0.231
		2	0.230	0.248
		3	0.317	0.331
	20	1	0.281	0.363
		2	0.301	0.220
		3	0.276	0.303
Group6	21	1	0.439	0.507
		2	0.397	0.466
		3	0.378	0.388
	22	1	0.285	0.249
		2	0.217	0.217
		3	0.303	0.291
	23	1	0.211	0.196
		2	0.237	0.247
		3	0.219	0.206
	24	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	0.325	0.142

表 C.7: 夏季気流実験における ts の算出結果 Group1-3(m=15)

	実験参加者	セット	標準環境	弱・強気流環境
Group1	1	1	106.2	104.5
		2	97.7	99.3
		3	98.0	107.6
	2	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
	3	1	104.5	130.9
		2	99.8	106.3
		3	109.9	104.8
	4	1	N/A	N/A
		2	111.3	116.2
		3	112.8	95.8
Group2	7	1	107.8	55.2
		2	51.5	94.9
		3	N/A	N/A
	8	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
Group3	9	1	N/A	N/A
		2	104.1	108.6
		3	N/A	N/A
	10	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	91.8	88.1
	12	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	95.2	102.0

表 C.8: 夏季気流実験における ts の算出結果 Group4-6(m=15)

	実験参加者	セット	標準環境	弱・強気流環境
Goup4	14	1	108.0	98.8
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
	15	1	88.8	92.7
		2	90.1	90.7
		3	87.6	95.1
Group5	17	1	91.1	85.4
		2	88.8	85.9
		3	85.1	84.8
	18	1	107.9	96.9
		2	106.8	98.3
		3	153.0	135.1
	20	1	98.7	86.5
		2	94.2	61.1
		3	94.9	95.1
Group6	21	1	96.1	118.5
		2	85.5	105.0
		3	80.7	85.1
	22	1	96.5	101.2
		2	108.8	107.9
		3	95.0	95.0
	23	1	106.9	114.0
		2	106.0	123.6
		3	107.5	108.6
	24	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	90.4	32.0

表 C.9: 夏季気流実験における p の算出結果 Group1-3(m=20)

	実験参加者	セット	標準環境	弱・強気流環境
Group1	1	1	0.282	0.283
		2	0.310	0.321
		3	0.304	0.270
	2	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
	3	1	0.285	0.293
		2	0.305	0.305
		3	0.245	0.280
	4	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	0.211	0.314
Group2	7	1	0.337	0.192
		2	0.359	0.356
		3	N/A	N/A
	8	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
Group3	9	1	N/A	N/A
		2	0.306	0.280
		3	N/A	N/A
	10	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	0.371	0.395
	12	1	0.414	0.251
		2	N/A	N/A
		3	0.263	0.285

表 C.10: 夏季気流実験における p の算出結果 Group4-6(m=20)

	実験参加者	セット	標準環境	弱・強気流環境
Goup4	14	1	0.314	0.313
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
	15	1	N/A	N/A
		2	0.220	0.373
		3	0.105	0.354
Group5	17	1	0.363	0.460
		2	0.342	0.460
		3	N/A	N/A
	18	1	0.274	0.285
		2	0.116	0.304
		3	0.247	0.303
	20	1	0.335	0.426
		2	0.364	0.378
		3	0.335	0.368
Group6	21	1	0.398	0.452
		2	0.461	0.446
		3	0.278	0.393
	22	1	0.344	0.307
		2	0.265	0.262
		3	0.148	0.353
	23	1	0.256	0.346
		2	0.279	0.271
		3	0.262	0.250
	24	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A



表 C.11: 夏季気流実験における  $t_s$  の算出結果 Group1-3(m=20)

	実験参加者	セット	標準環境	弱・強気流環境
Group1	1	1	99.0	97.0
		2	89.3	92.4
		3	95.0	94.8
	2	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
	3	1	97.9	96.4
		2	95.7	103.3
		3	99.6	97.6
	4	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	104.5	88.5
Group2	7	1	136.2	28.0
		2	73.8	87.4
		3	N/A	N/A
	8	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
Group3	9	1	N/A	N/A
		2	94.4	101.1
		3	N/A	N/A
	10	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	84.9	83.5
	12	1	168.1	101.3
		2	N/A	N/A
		3	63.2	97.1

表 C.12: 夏季気流実験における  $t_s$  の算出結果 Group4-6(m=20)

	実験参加者	セット	標準環境	弱・強気流環境
Goup4	14	1	122.9	92.5
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
	15	1	N/A	N/A
		2	43.3	85.9
		3	18.2	83.9
Group5	17	1	64.1	74.5
		2	61.0	74.6
		3	N/A	N/A
	18	1	93.3	92.4
		2	37.3	93.0
		3	84.8	89.5
	20	1	90.6	77.8
		2	87.4	83.4
		3	88.0	88.4
Group6	21	1	63.3	78.5
		2	74.6	74.1
		3	42.5	64.7
	22	1	88.6	95.2
		2	100.7	99.1
		3	31.8	88.4
	23	1	98.9	158.6
		2	94.5	102.0
		3	97.9	100.7
	24	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A

## 付録 D 冬季気流実験解析結果詳細

m を 10 に固定して冬季気流環境と標準環境それぞれにおいて p を算出した結果を表 D.1、表 D.2 に、ts を算出した結果を表 D.3、表 D.4 に示す。

m を 15 に固定して冬季気流環境と標準環境それぞれにおいて p を算出した結果を表 D.5、表 D.6 に、ts を算出した結果を表 D.7、表 D.8 に示す。

m を 20 に固定して冬季気流環境と標準環境それぞれにおいて p を算出した結果を表 D.9、表 D.10 に、ts を算出した結果を表 D.11、表 D.12 に示す。

表 D.1: 冬季気流実験における  $p$  の算出結果 Group1-3(m=10)

	実験参加者	セット	冬季気流環境	標準環境
Group1	1	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
	2	1	N/A	N/A
		2	0.187	0.210
		3	0.174	0.162
	3	1	N/A	N/A
		2	0.188	0.153
		3	0.166	0.151
	4	1	N/A	N/A
		2	0.168	0.125
		3	N/A	N/A
Group2	5	1	N/A	N/A
		2	0.200	0.196
		3	0.188	0.215
	7	1	0.192	0.161
		2	0.197	0.190
		3	0.212	0.237
	8	1	0.201	0.214
		2	0.197	0.229
		3	0.206	0.213
Group3	10	1	0.237	0.263
		2	0.238	0.259
		3	0.240	0.270

表 D.2: 冬季気流実験における p の算出結果 Group4-6(m=10)

	実験参加者	セット	冬季気流環境	標準環境
Goup4	13	1	0.220	0.208
		2	0.226	0.332
		3	0.220	0.201
	15	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
Group5	17	1	0.277	0.254
		2	0.264	0.276
		3	0.260	0.257
	18	1	0.211	0.224
		2	0.239	0.239
		3	0.237	0.228
	20	1	0.288	0.221
		2	0.255	0.244
		3	0.217	0.243
Group6	21	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
	24	1	0.266	0.305
		2	0.279	0.314
		3	0.304	0.317
Group7	25	1	0.195	0.221
		2	0.264	0.240
		3	0.232	0.216
	27	1	N/A	N/A
		2	0.211	0.205
		3	0.275	0.230

表 D.3: 冬季気流実験における  $t_s$  の算出結果 Group1-3(m=10)

	実験参加者	セット	冬季気流環境	標準環境
Group1	1	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
	2	1	N/A	N/A
		2	111.8	120.8
		3	113.3	105.9
	3	1	N/A	N/A
		2	139.4	112.5
		3	115.0	111.6
	4	1	N/A	N/A
		2	109.9	114.0
		3	N/A	N/A
Group2	5	1	N/A	N/A
		2	109.7	109.2
		3	109.8	107.3
	7	1	108.8	103.9
		2	106.3	102.1
		3	108.5	106.4
	8	1	110.3	104.1
		2	108.8	105.7
		3	109.6	110.2
Group3	10	1	100.2	97.8
		2	103.7	99.1
		3	100.1	98.0

表 D.4: 冬季気流実験における ts の算出結果 Group4-6(m=10)

	実験参加者	セット	冬季気流環境	標準環境
Goup4	13	1	111.2	111.5
		2	106.7	165.9
		3	108.2	111.5
	15	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
Group5	17	1	101.2	98.2
		2	100.4	98.8
		3	98.4	99.5
	18	1	108.8	106.6
		2	102.9	98.7
		3	101.1	108.6
	20	1	108.1	104.4
		2	100.4	101.1
		3	108.1	101.3
Group6	21	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
	24	1	103.7	101.0
		2	98.8	93.1
		3	94.1	97.0
Group7	25	1	109.4	104.0
		2	100.3	106.7
		3	105.8	106.0
	27	1	N/A	N/A
		2	117.2	107.6
		3	151.7	109.1

表 D.5: 冬季気流実験における  $p$  の算出結果 Group1-3(m=15)

	実験参加者	セット	冬季気流環境	標準環境
Group1	1	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
	2	1	0.231	0.208
		2	0.245	0.256
		3	0.235	0.235
	3	1	0.209	0.230
		2	0.220	0.210
		3	0.223	0.212
	4	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
Group2	5	1	N/A	N/A
		2	0.264	0.263
		3	0.254	0.288
	7	1	0.255	0.238
		2	0.264	0.261
		3	0.261	0.306
	8	1	0.262	0.286
		2	0.259	0.304
		3	0.274	0.140
Group3	10	1	0.318	0.351
		2	0.312	0.338
		3	0.305	0.336



表 D.6: 冬季気流実験における p の算出結果 Group4-6(m=15)

	実験参加者	セット	冬季気流環境	標準環境
Goup4	13	1	0.286	0.192
		2	0.291	0.284
		3	0.290	0.260
	15	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
Group5	17	1	0.354	0.337
		2	0.335	0.356
		3	0.345	0.339
	18	1	0.278	0.298
		2	0.144	0.324
		3	0.315	0.291
	20	1	0.343	0.294
		2	0.335	0.317
		3	0.291	0.311
Group6	21	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
	24	1	0.336	0.373
		2	0.366	0.398
		3	0.262	0.400
Group7	25	1	0.264	0.291
		2	0.348	0.296
		3	0.315	0.289
	27	1	N/A	N/A
		2	0.261	0.275
		3	0.275	0.289

表 D.7: 冬季気流実験における  $t_s$  の算出結果 Group1-3(m=15)

	実験参加者	セット	冬季気流環境	標準環境
Group1	1	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
	2	1	107.490	110.354
		2	99.1	100.1
		3	103.9	105.9
	3	1	105.898	106.312
		2	109.2	105.2
		3	106.2	107.1
	4	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
Group2	5	1	N/A	N/A
		2	98.5	99.8
		3	100.9	98.2
	7	1	98.8	106.2
		2	97.9	96.1
		3	91.1	93.3
	8	1	98.1	95.7
		2	98.2	95.7
		3	99.4	46.2
Group3	10	1	91.2	89.8
		2	93.0	88.6
		3	86.8	83.6

表 D.8: 冬季気流実験における ts の算出結果 Group4-6(m=15)

	実験参加者	セット	冬季気流環境	標準環境
Goup4	13	1	99.5	66.9
		2	94.4	91.4
		3	98.3	97.7
	15	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
Group5	17	1	88.0	89.9
		2	87.6	87.6
		3	88.8	90.0
	18	1	97.4	95.7
		2	39.1	91.6
		3	92.0	94.0
	20	1	86.5	95.0
		2	90.0	89.7
		3	98.9	88.2
Group6	21	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
	24	1	89.5	83.0
		2	88.1	79.8
		3	52.1	82.4
Group7	25	1	101.0	94.0
		2	90.1	90.0
		3	97.7	97.0
	27	1	N/A	N/A
		2	97.4	99.2
		3	98.7	92.7

表 D.9: 冬季気流実験における p の算出結果 Group1-3(m=20)

	実験参加者	セット	冬季気流環境	標準環境
Group1	1	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
	2	1	0.255	0.248
		2	0.305	0.283
		3	0.272	0.281
	3	1	0.088	0.242
		2	0.261	0.262
		3	0.268	0.258
	4	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	0.297	0.219
Group2	5	1	N/A	N/A
		2	0.320	0.336
		3	0.320	0.346
	7	1	0.303	0.283
		2	0.315	0.321
		3	N/A	N/A
	8	1	0.186	0.350
		2	0.312	0.368
		3	0.329	0.325
Group3	10	1	0.398	0.415
		2	0.269	0.306
		3	0.388	0.407

表 D.10: 冬季気流実験における p の算出結果 Group4-6(m=20)

	実験参加者	セット	冬季気流環境	標準環境
Goup4	13	1	0.335	0.112
		2	0.353	0.350
		3	0.318	0.144
	15	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
Group5	17	1	0.173	0.395
		2	0.217	0.238
		3	N/A	N/A
	18	1	0.344	0.364
		2	0.211	0.392
		3	0.369	0.359
	20	1	N/A	N/A
		2	0.206	0.388
		3	0.352	0.387
Group6	21	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
	24	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
Group7	25	1	0.313	0.352
		2	N/A	N/A
		3	0.381	0.349
	27	1	N/A	N/A
		2	0.112	0.306
		3	0.127	0.356

表 D.11: 冬季気流実験における ts の算出結果 Group1-3(m=20)

	実験参加者	セット	冬季気流環境	標準環境
Group1	1	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
	2	1	90.152	100.008
		2	95.4	83.2
		3	91.9	96.8
	3	1	30.700	84.453
		2	99.6	100.5
		3	97.4	100.1
	4	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	95.240	106.169
Group2	5	1	N/A	N/A
		2	91.2	97.7
		3	97.0	89.6
	7	1	89.6	96.6
		2	89.7	90.8
		3	N/A	N/A
	8	1	50.1	89.6
		2	90.5	88.6
		3	91.0	88.5
Group3	10	1	86.7	80.5
		2	59.1	59.0
		3	84.5	77.2

表 D.12: 冬季気流実験における  $t_s$  の算出結果 Group4-6(m=20)

	実験参加者	セット	冬季気流環境	標準環境
Goup4	13	1	88.6	88.6
		2	87.7	87.7
		3	80.7	80.7
	15	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
Group5	17	1	28.7	28.7
		2	39.8	39.8
		3	N/A	N/A
	18	1	92.0	92.0
		2	44.4	44.4
		3	82.2	82.2
	20	1	N/A	N/A
		2	38.2	38.2
		3	91.1	91.1
Group6	21	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
	24	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
Group7	25	1	91.0	91.0
		2	N/A	N/A
		3	89.8	89.8
	27	1	N/A	N/A
		2	28.5	28.5
		3	30.9	30.9

## 付録 E 総合環境評価実験解析結果詳細

m を 10 に固定してベスト環境と標準環境それぞれにおいて p を算出した結果を表 E.1、表 E.2、表 E.3 に、ts を算出した結果を表 E.4、表 E.5、表 E.6 に示す。

m を 15 に固定してベスト環境と標準環境それぞれにおいて p を算出した結果を表 E.7、表 E.8、表 E.9 に、ts を算出した結果を表 E.10、表 E.11、表 E.12 に示す。

m を 20 に固定してベスト環境と標準環境それぞれにおいて p を算出した結果を表 E.13、表 E.14、表 E.15 に、ts を算出した結果を表 E.16、表 E.17、表 E.18 に示す。



表 E.1: 総合環境評価実験における p の算出結果 Group1-3(m=10)

	実験参加者	セット	標準環境	ベスト環境	
Group1	2	1	N/A	N/A	
		2	0.339	0.317	
		3	0.447	0.551	
	3	1	N/A	N/A	
		2	0.248	0.262	
		3	N/A	N/A	
	4	1	N/A	N/A	
		2	N/A	N/A	
		3	N/A	N/A	
	5	1	N/A	N/A	
		2	N/A	N/A	
		3	0.139	0.136	
	Group2	6	1	N/A	N/A
			2	0.207	0.236
			3	0.191	0.215
7		1	N/A	N/A	
		2	0.232	0.221	
		3	0.242	0.222	
8		1	N/A	N/A	
		2	0.082	0.273	
		3	0.263	0.243	
10		1	N/A	N/A	
		2	0.221	0.248	
		3	0.218	0.235	
Group3		11	1	N/A	N/A
			2	0.216	0.206
			3	0.228	0.191
	15	1	N/A	N/A	
		2	0.216	0.164	
		3	0.210	0.184	

表 E.2: 総合環境評価実験における p の算出結果 Group4-6(m=10)

	実験参加者	セット	標準環境	ベスト環境
Group4	16	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	0.130	0.201
	17	1	N/A	N/A
		2	0.209	0.243
		3	0.175	0.214
	19	1	N/A	N/A
		2	0.148	0.168
		3	0.122	0.162
20	1	N/A	N/A	
	2	N/A	N/A	
	3	0.176	0.191	
Group5	21	1	N/A	N/A
		2	0.157	0.163
		3	0.140	0.148
	22	1	N/A	N/A
		2	0.231	0.217
		3	0.237	0.224
	23	1	N/A	N/A
		2	0.137	0.132
		3	0.217	0.134
24	1	N/A	N/A	
	2	0.127	0.106	
	3	0.129	0.103	
Group6	26	1	N/A	N/A
		2	0.258	0.245
		3	0.243	0.243
	28	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	0.203	0.234

表 E.3: 総合環境評価実験における  $p$  の算出結果 Group7( $m=10$ )

	実験参加者	セット	標準環境	ベスト環境
Group7	32	1	N/A	N/A
		2	0.197	0.195
		3	0.206	0.190
	33	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
	34	1	N/A	N/A
		2	0.217	0.287
		3	N/A	N/A

表 E.4: 総合環境評価実験における ts の算出結果 Group1-3(m=10)

	実験参加者	セット	標準環境	ベスト環境	
Group1	2	1	N/A	N/A	
		2	92.1	93.8	
		3	129.9	159.8	
	3	1	N/A	N/A	
		2	101.9	100.3	
		3	N/A	N/A	
	4	1	N/A	N/A	
		2	N/A	N/A	
		3	N/A	N/A	
	5	1	N/A	N/A	
		2	N/A	N/A	
		3	112.9	119.9	
	Group2	6	1	N/A	N/A
			2	105.0	104.2
			3	107.7	105.1
7		1	N/A	N/A	
		2	107.4	106.7	
		3	108.0	108.3	
8		1	N/A	N/A	
		2	31.1	101.7	
		3	99.2	99.1	
10		1	N/A	N/A	
		2	105.1	97.9	
		3	105.4	100.8	
Group3		11	1	N/A	N/A
			2	139.4	106.7
			3	105.6	109.0
	15	1	N/A	N/A	
		2	107.6	98.7	
		3	107.3	108.2	

表 E.5: 総合環境評価実験における ts の算出結果 Group4-6(m=10)

	実験参加者	セット	標準環境	ベスト環境
Group4	16	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	114.0	111.4
	17	1	N/A	N/A
		2	107.6	100.1
		3	110.7	106.1
	19	1	N/A	N/A
		2	115.5	110.3
		3	116.3	113.4
	20	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	111.2	110.7
Group5	21	1	N/A	N/A
		2	109.9	115.2
		3	115.0	113.7
	22	1	N/A	N/A
		2	105.6	109.6
		3	105.1	108.4
	23	1	N/A	N/A
		2	111.2	118.8
		3	107.2	119.0
	24	1	N/A	N/A
		2	117.6	119.0
		3	113.8	122.4
Group6	26	1	N/A	N/A
		2	103.8	98.9
		3	104.1	99.2
	28	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	114.8	110.9

表 E.6: 総合環境評価実験における ts の算出結果 Group7(m=10)

	実験参加者	セット	標準環境	ベスト環境
Group7	32	1	N/A	N/A
		2	111.7	111.8
		3	112.7	111.1
	33	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
	34	1	N/A	N/A
		2	109.2	98.2
		3	N/A	N/A

表 E.7: 総合環境評価実験における p の算出結果 Group1-3(m=15)

	実験参加者	セット	標準環境	ベスト環境	
Group1	2	1	N/A	N/A	
		2	0.418	0.414	
		3	0.431	0.423	
	3	1	N/A	N/A	
		2	0.321	0.334	
		3	0.346	0.336	
	4	1	N/A	N/A	
		2	N/A	N/A	
		3	0.327	0.244	
	5	1	N/A	N/A	
		2	N/A	N/A	
		3	0.198	0.192	
	Group2	6	1	N/A	N/A
			2	0.261	0.097
			3	0.261	0.284
7		1	N/A	N/A	
		2	0.297	0.295	
		3	0.302	0.292	
8		1	N/A	N/A	
		2	0.311	0.355	
		3	0.334	0.319	
10		1	N/A	N/A	
		2	N/A	N/A	
		3	0.291	0.308	
Group3		11	1	N/A	N/A
			2	0.326	0.275
			3	0.291	0.260
	15	1	N/A	N/A	
		2	0.288	0.240	
		3	0.283	0.246	

表 E.8: 総合環境評価実験における p の算出結果 Group4-6(m=15)

	実験参加者	セット	標準環境	ベスト環境
Group4	16	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	0.187	0.261
	17	1	N/A	N/A
		2	0.273	0.314
		3	0.242	0.289
	19	1	N/A	N/A
		2	0.271	0.239
		3	0.173	0.217
20	1	N/A	N/A	
	2	N/A	N/A	
	3	N/A	N/A	
Group5	21	1	N/A	N/A
		2	0.216	0.215
		3	0.197	0.208
	22	1	N/A	N/A
		2	0.301	0.276
		3	0.293	0.293
	23	1	N/A	N/A
		2	0.195	0.180
		3	0.097	0.178
24	1	N/A	N/A	
	2	0.176	0.149	
	3	N/A	N/A	
Group6	26	1	N/A	N/A
		2	0.322	0.416
		3	0.316	0.332
	28	1	N/A	N/A
		2	0.251	0.281
		3	0.263	0.293



表 E.9: 総合環境評価実験における p の算出結果 Group7(m=15)

	実験参加者	セット	標準環境	ベスト環境
Group7	32	1	N/A	N/A
		2	0.260	0.101
		3	0.277	0.241
	33	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
	34	1	N/A	N/A
		2	0.281	0.381
		3	0.256	0.497

表 E.10: 総合環境評価実験における ts の算出結果 Group1-3(m=15)

	実験参加者	セット	標準環境	ベスト環境
Group1	2	1	N/A	N/A
		2	76.3	83.1
		3	81.2	82.6
	3	1	N/A	N/A
		2	91.3	88.0
		3	90.6	88.1
	4	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	132.6	103.8
	5	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	109.9	115.2
Group2	6	1	N/A	N/A
		2	90.5	26.2
		3	100.5	95.9
	7	1	N/A	N/A
		2	94.5	98.5
		3	91.0	98.2
	8	1	N/A	N/A
		2	88.0	91.8
		3	86.6	89.4
	10	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	95.6	91.1
Group3	11	1	N/A	N/A
		2	144.8	97.9
		3	92.2	100.6
	15	1	N/A	N/A
		2	98.2	99.8
		3	98.4	98.8

表 E.11: 総合環境評価実験における ts の算出結果 Group4-6(m=15)

	実験参加者	セット	標準環境	ベスト環境
Group4	16	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	111.4	98.4
	17	1	N/A	N/A
		2	96.4	88.8
		3	104.3	97.5
	19	1	N/A	N/A
		2	145.6	107.2
		3	112.0	103.6
20	1	N/A	N/A	
	2	N/A	N/A	
	3	N/A	N/A	
Group5	21	1	N/A	N/A
		2	104.1	103.1
		3	110.2	108.9
	22	1	N/A	N/A
		2	94.5	94.2
		3	88.9	96.2
	23	1	N/A	N/A
		2	108.1	110.3
		3	29.2	106.5
24	1	N/A	N/A	
	2	111.0	114.0	
	3	N/A	N/A	
Group6	26	1	N/A	N/A
		2	87.5	120.0
		3	93.7	94.5
	28	1	N/A	N/A
		2	100.8	100.7
		3	102.2	94.0

表 E.12: 総合環境評価実験における ts の算出結果 Group7(m=15)

	実験参加者	セット	標準環境	ベスト環境
Group7	32	1	N/A	N/A
		2	100.0	35.8
		3	104.9	95.4
	33	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
	34	1	N/A	N/A
		2	95.7	90.4
		3	100.8	115.6

表 E.13: 総合環境評価実験における p の算出結果 Group1-3(m=20)

	実験参加者	セット	標準環境	ベスト環境	
Group1	2	1	N/A	N/A	
		2	0.308	0.318	
		3	0.295	0.461	
	3	1	N/A	N/A	
		2	0.273	0.189	
		3	0.347	0.406	
	4	1	N/A	N/A	
		2	N/A	N/A	
		3	0.316	0.296	
	5	1	N/A	N/A	
		2	N/A	N/A	
		3	0.238	0.230	
	Group2	6	1	N/A	N/A
			2	0.342	0.367
			3	0.312	0.340
7		1	N/A	N/A	
		2	0.371	0.353	
		3	0.376	0.350	
8		1	N/A	N/A	
		2	0.378	0.411	
		3	0.165	0.208	
10		1	N/A	N/A	
		2	0.348	0.399	
		3	0.167	0.177	
Group3		11	1	N/A	N/A
			2	0.298	0.212
			3	0.254	0.479
	15	1	N/A	N/A	
		2	0.345	0.298	
		3	0.340	0.308	

表 E.14: 総合環境評価実験における p の算出結果 Group4-6(m=20)

	実験参加者	セット	標準環境	ベスト環境
Group4	16	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	0.349	0.325
	17	1	N/A	N/A
		2	0.334	0.206
		3	0.298	0.351
	19	1	N/A	N/A
		2	0.355	0.289
		3	0.305	0.269
20	1	N/A	N/A	
	2	N/A	N/A	
	3	0.297	0.310	
Group5	21	1	N/A	N/A
		2	0.270	0.263
		3	0.329	0.248
	22	1	N/A	N/A
		2	0.356	0.332
		3	N/A	N/A
	23	1	N/A	N/A
		2	0.238	0.226
		3	0.345	0.230
24	1	N/A	N/A	
	2	0.218	0.190	
	3	N/A	N/A	
Group6	26	1	N/A	N/A
		2	0.398	0.395
		3	0.231	0.392
	28	1	N/A	N/A
		2	0.298	0.185
		3	0.281	0.220

表 E.15: 総合環境評価実験における  $p$  の算出結果 Group7( $m=20$ )

	実験参加者	セット	標準環境	ベスト環境
Group7	32	1	N/A	N/A
		2	0.310	0.299
		3	0.305	0.304
	33	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
	34	1	N/A	N/A
		2	0.339	0.315
		3	0.311	0.453

表 E.16: 総合環境評価実験における ts の算出結果 Group1-3(m=20)

	実験参加者	セット	標準環境	ベスト環境
Group1	2	1	N/A	N/A
		2	39.9	46.2
		3	39.2	66.9
	3	1	N/A	N/A
		2	55.5	34.6
		3	66.7	81.9
	4	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	95.2	95.3
	5	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	100.8	105.9
Group2	6	1	N/A	N/A
		2	91.7	85.8
		3	91.4	88.1
	7	1	N/A	N/A
		2	90.8	89.8
		3	87.9	89.9
	8	1	N/A	N/A
		2	81.8	80.1
		3	29.2	41.3
	10	1	N/A	N/A
		2	86.8	83.7
		3	38.4	36.4
Group3	11	1	N/A	N/A
		2	97.8	54.6
		3	59.0	145.3
	15	1	N/A	N/A
		2	89.3	94.7
		3	89.8	94.7



表 E.17: 総合環境評価実験における ts の算出結果 Group4-6(m=20)

	実験参加者	セット	標準環境	ベスト環境
Group4	16	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	164.7	93.4
	17	1	N/A	N/A
		2	90.5	41.4
		3	97.8	90.1
	19	1	N/A	N/A
		2	148.8	98.7
		3	157.0	97.9
20	1	N/A	N/A	
	2	N/A	N/A	
	3	95.7	92.8	
Group5	21	1	N/A	N/A
		2	100.0	97.0
		3	145.0	98.7
	22	1	N/A	N/A
		2	85.6	87.4
		3	N/A	N/A
	23	1	N/A	N/A
		2	100.8	106.5
		3	89.3	106.5
24	1	N/A	N/A	
	2	105.1	110.9	
	3	N/A	N/A	
Group6	26	1	N/A	N/A
		2	84.2	84.5
		3	47.8	85.9
	28	1	N/A	N/A
		2	91.3	46.1
		3	81.8	50.2

表 E.18: 総合環境評価実験における ts の算出結果 Group7(m=20)

	実験参加者	セット	標準環境	ベスト環境
Group7	32	1	N/A	N/A
		2	91.8	89.2
		3	86.9	93.0
	33	1	N/A	N/A
		2	N/A	N/A
		3	N/A	N/A
	34	1	N/A	N/A
		2	88.9	53.3
		3	93.5	79.3

## 付録 F 高モチベーション下での集中状態評価指標解析結果詳細

m を 10 に固定して TA1 環境、TA2 環境、A 環境下における高モチベーション時の p と ts を算出した結果を表 F.1、表 F.2 に示す。

m を 15 に固定して TA1 環境、TA2 環境、A 環境下における高モチベーション時の p と ts を算出した結果を表 F.3、表 F.4 に示す。

m を 20 に固定して TA1 環境、TA2 環境、A 環境下における高モチベーション時の p と ts を算出した結果を表 F.5、表 F.6 に示す。

表 F.1: 高モチベーション時における p の算出結果 (m=10)

	実験参加者	TA1 照明	TA2 照明	A 照明
Group1	1	0.321	0.316	0.310
	2	0.287	0.268	0.269
	3	0.318	0.288	0.246
	4	0.266	N/A	0.238
Group2	5	0.239	0.307	0.224
	7	0.263	0.240	0.242
	8	0.235	0.233	0.226
Group3	9	0.239	0.236	0.262
	10	0.241	0.244	0.261
	11	0.472	0.292	0.347
	12	N/A	0.289	0.306
Goup4	13	0.276	0.301	0.295
	14	0.238	0.284	0.250
	15	0.144	0.176	0.122
	16	0.232	0.260	0.224
Group5	17	0.279	0.290	0.486
	19	0.281	0.269	0.487
	20	0.292	0.246	0.307
Group6	21	0.242	0.232	0.302
	22	0.295	0.312	0.398
	23	0.259	N/A	0.501

表 F.2: ハイモチベーション時における ts の算出結果 (m=10)

	実験参加者	TA1 照明	TA2 照明	A 照明
Group1	1	88.6	95.1	96.4
	2	99.6	98.2	100.9
	3	95.2	101.9	101.0
	4	100.0	N/A	109.7
Group2	5	109.9	132.6	108.3
	7	103.6	98.9	98.3
	8	103.8	105.7	105.6
Group3	9	98.4	99.5	99.5
	10	99.0	98.1	98.7
	11	148.4	100.2	92.0
	12	N/A	94.4	96.3
Goup4	13	100.8	98.7	96.0
	14	105.8	98.2	99.0
	15	115.1	111.6	118.2
	16	108.2	121.0	109.1
Group5	17	100.1	95.7	149.9
	19	100.5	101.4	162.0
	20	98.6	103.7	92.9
Group6	21	100.6	104.4	96.2
	22	105.4	93.2	119.5
	23	101.6	N/A	170.0

表 F.3: 高モチベーション時における p の算出結果 (m=15)

	実験参加者	TA1 照明	TA2 照明	A 照明
Group1	1	N/A	0.387	0.401
	2	0.367	0.352	0.355
	3	0.408	0.163	0.328
	4	0.350	0.450	0.290
Group2	5	0.305	0.414	0.288
	7	0.336	0.319	0.329
	8	0.306	0.310	0.289
Group3	9	0.323	0.316	0.336
	10	0.318	0.322	0.335
	11	0.408	0.293	0.436
	12	0.408	0.375	0.403
Goup4	13	0.355	0.386	0.244
	14	0.309	0.359	0.338
	15	0.196	0.241	0.171
	16	0.299	0.312	0.293
Group5	17	0.354	0.379	0.414
	19	0.367	0.346	0.397
	20	0.376	0.194	0.392
Group6	21	0.110	0.304	0.330
	22	0.365	0.259	0.425
	23	0.328	0.353	0.387

表 F.4: 高モチベーション時における ts の算出結果 (m=15)

	実験参加者	TA1 照明	TA2 照明	A 照明
Group1	1	N/A	78.1	84.4
	2	86.3	88.3	90.6
	3	84.0	34.8	92.7
	4	89.4	119.6	91.4
Group2	5	95.0	123.5	94.4
	7	89.6	90.0	91.5
	8	91.9	96.1	92.1
Group3	9	91.2	92.0	87.7
	10	90.0	89.1	86.8
	11	83.0	65.5	77.7
	12	85.7	84.6	87.6
Goup4	13	88.2	87.1	50.0
	14	93.8	84.4	91.1
	15	106.2	105.4	113.5
	16	96.2	97.4	98.0
Group5	17	87.2	85.1	83.7
	19	89.1	88.5	86.9
	20	87.0	51.9	80.4
Group6	21	27.4	92.8	69.3
	22	87.8	49.3	84.8
	23	87.4	88.4	85.4

表 F.5: 高モチベーション時における p の算出結果 (m=20)

	実験参加者	TA1 照明	TA2 照明	A 照明
Group1	1	N/A	0.276	0.410
	2	N/A	0.421	N/A
	3	0.354	N/A	0.235
	4	0.155	0.399	0.193
Group2	5	0.365	0.476	N/A
	7	N/A	0.374	0.410
	8	0.156	0.374	0.367
Group3	9	0.386	0.357	0.225
	10	0.387	0.391	0.216
	11	0.359	0.213	0.358
	12	0.484	N/A	0.446
Goup4	13	N/A	0.428	N/A
	14	0.374	0.433	0.408
	15	0.242	0.292	0.211
	16	0.359	0.389	0.387
Group5	17	0.394	N/A	0.481
	19	0.217	0.167	0.453
	20	0.456	N/A	0.099
Group6	21	N/A	0.385	N/A
	22	0.270	0.160	0.398
	23	0.340	0.423	0.387



表 F.6: 高モチベーション時における ts の算出結果 (m=20)

	実験参加者	TA1 照明	TA2 照明	A 照明
Group1	1	N/A	39.5	64.9
	2	N/A	80.3	N/A
	3	52.7	N/A	47.5
	4	26.3	77.976	43.1
Group2	5	87.6	106.2	N/A
	7	N/A	80.4	86.7
	8	32.2	88.1	89.8
Group3	9	82.8	78.9	41.7
	10	83.6	82.7	39.7
	11	52.6	33.7	46.4
	12	76.521	N/A	72.2
Goup4	13	N/A	72.2	N/A
	14	86.5	77.2	83.3
	15	100.3	97.3	106.7
	16	88.0	95.0	102.2
Group5	17	71.3	N/A	72.7
	19	36.3	28.7	74.2
	20	80.0	N/A	12.9
Group6	21	N/A	89.5	N/A
	22	46.1	21.0	58.2
	23	68.3	81.815	63.4

## 付録 G 照明実験における p と m の算出結果 ( $t_s = 70$ )

$t_s$  を 70ms に固定して TA1 環境、TA2 環境、A 環境下における p と m を算出した結果を表 G.1、表 G.2、表 G.3、表 G.4 に示す。また、各環境条件ごとの p を図 G.1 に、各環境条件ごとの  $t_s$  を図 G.2 に示す。

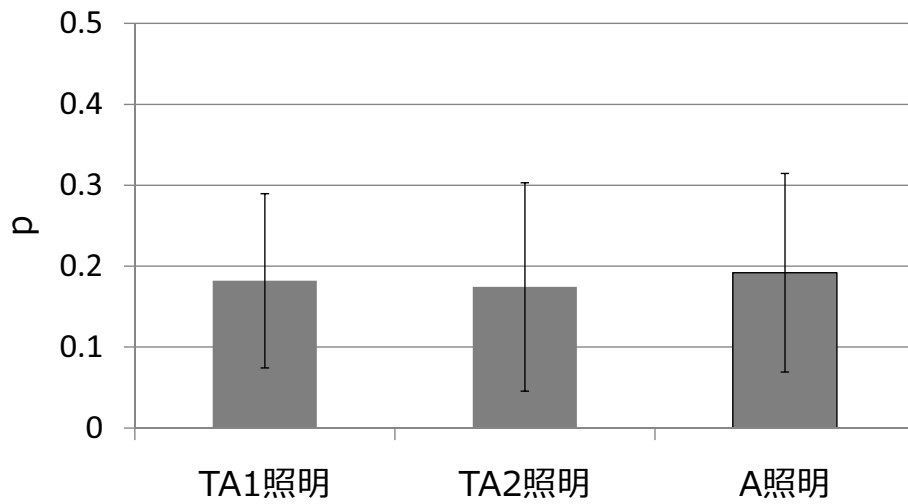


図 G.1: 照明実験における p の環境条件間比較 (ts=70)

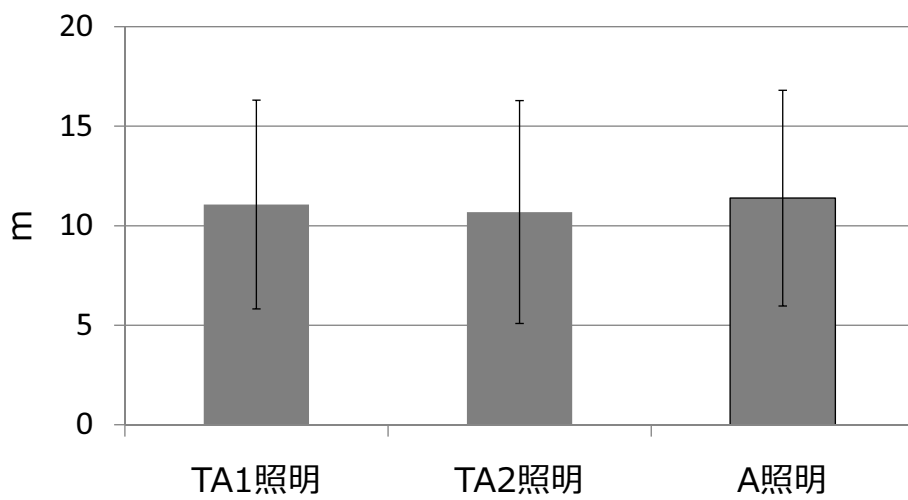


図 G.2: 照明実験における m の環境条件間比較 (ts=70)

表 G.1: 照明実験における p の算出結果 Group1-3(ts=70)

	実験参加者	セット	TA1 照明	TA2 照明	A 照明
Group1	1	1	0.017	0.031	0.154
		2	0.020	0.038	0.114
		3	0.018	0.021	0.087
	2	1	0.058	0.117	0.055
		2	0.225	0.042	0.043
		3	0.162	0.106	0.087
	3	1	0.124	0.091	0.084
		2	0.122	0.111	0.061
		3	0.078	0.059	0.066
	4	1	0.243	0.207	0.147
		2	0.278	0.191	0.091
		3	0.277	0.244	0.302
Group2	5	1	0.123	0.239	0.142
		2	0.074	0.123	0.088
		3	0.138	0.121	0.154
	7	1	0.073	0.071	0.102
		2	0.088	0.048	0.120
		3	0.039	0.051	0.053
	8	1	0.076	0.020	0.084
		2	0.047	0.064	0.043
		3	0.024	0.008	0.015
Group3	9	1	0.178	0.099	0.057
		2	0.111	0.060	0.054
		3	0.136	0.034	0.094
	10	1	0.159	0.034	0.138
		2	0.099	0.150	0.105
		3	0.090	0.264	0.076
	11	1	0.155	0.375	0.202
		2	0.137	0.283	0.228
		3	0.135	0.336	0.267
	12	1	0.405	0.152	0.398
		2	0.435	0.078	0.387
		3	0.447	0.231	0.413

表 G.2: 照明実験における p の算出結果 Group4-6(ts=70)

	実験参加者	セット	TA1 照明	TA2 照明	A 照明
Goup4	13	1	0.181	0.161	0.167
		2	0.144	0.168	0.148
		3	0.156	0.133	0.162
	14	1	0.156	0.136	0.325
		2	0.079	0.141	0.081
		3	0.076	0.126	0.098
	15	1	N/A	0.132	0.094
		2	0.139	0.132	0.126
		3	0.136	0.216	0.087
16	1	0.177	0.222	0.220	
	2	0.228	0.210	0.200	
	3	0.151	0.148	0.212	
Group5	17	1	0.230	0.145	N/A
		2	0.259	0.239	0.422
		3	0.304	0.258	0.421
	19	1	0.133	0.170	0.118
		2	0.166	0.811	0.273
		3	0.256	0.253	0.397
	20	1	0.330	0.209	0.267
		2	0.350	0.338	0.260
		3	0.373	0.305	0.322
Group6	21	1	0.250	0.181	0.232
		2	0.295	0.043	0.212
		3	0.236	0.168	0.287
	22	1	0.275	0.305	0.403
		2	0.171	0.130	0.308
		3	0.210	0.416	0.418
	23	1	0.339	0.335	0.374
		2	0.342	0.341	0.389
		3	0.347	0.316	0.357

表 G.3: 照明実験における m の算出結果 Group1-3(ts=70)

	実験参加者	セット	TA1 照明	TA2 照明	A 照明
Group1	1	1	2.0	3.0	9.0
		2	2.0	4.0	6.0
		3	2.0	2.0	5.0
	2	1	5.0	7.0	5.0
		2	14.0	4.0	4.0
		3	10.0	7.0	6.0
	3	1	8.0	6.0	7.0
		2	7.0	7.0	5.0
		3	5.0	4.0	5.0
	4	1	17.0	13.0	11.0
		2	18.0	14.0	7.0
		3	16.0	17.0	20.0
Group2	5	1	10.0	20.0	12.0
		2	7.0	10.0	9.0
		3	11.0	10.0	12.0
	7	1	5.0	5.0	7.0
		2	6.0	4.0	9.0
		3	4.0	4.0	4.0
	8	1	8.0	3.0	7.0
		2	6.0	9.0	5.0
		3	4.0	2.0	3.0
Group3	9	1	10.0	10.0	5.0
		2	7.0	7.0	5.0
		3	9.0	4.0	7.0
	10	1	9.0	3.0	9.0
		2	6.0	9.0	7.0
		3	6.0	16.0	5.0
	11	1	9.0	20.0	12.0
		2	8.0	14.0	14.0
		3	8.0	16.0	16.0
	12	1	19.0	11.0	19.0
		2	20.0	6.0	18.0
		3	20.0	14.0	19.0

表 G.4: 照明実験における m の算出結果 Group4-6(ts=70)

	実験参加者	セット	TA1 照明	TA2 照明	A 照明
Goup4	13	1	11.0	9.0	9.0
		2	8.0	9.0	8.0
		3	9.0	7.0	9.0
	14	1	9.0	7.0	16.0
		2	5.0	7.0	5.0
		3	5.0	7.0	6.0
	15	1	N/A	19.0	15.0
		2	20.0	14.0	20.0
		3	18.0	20.0	13.0
16	1	15.0	20.0	20.0	
	2	19.0	20.0	17.0	
	3	13.0	12.0	20.0	
Group5	17	1	11.0	7.0	N/A
		2	13.0	12.0	19.0
		3	14.0	12.0	19.0
	19	1	9.0	12.0	7.0
		2	10.0	13.0	14.0
		3	14.0	15.0	20.0
	20	1	17.0	13.0	12.0
		2	17.0	19.0	10.0
		3	18.0	17.0	13.0
Group6	21	1	15.0	9.0	12.0
		2	16.0	3.0	10.0
		3	12.0	8.0	14.0
	22	1	13.0	14.0	17.0
		2	9.0	7.0	13.0
		3	10.0	18.0	17.0
	23	1	20.0	20.0	19.0
		2	20.0	20.0	20.0
		3	18.0	18.0	18.0