

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

オフィスワークの
題目： プロダクティビティ改善のための
照明制御法の研究

指導教員： 吉川 榮和 教授

氏名： 富田 和宏

提出年月日： 平成18年2月9日(木)

論文要旨

題目：オフィスワークの生産性改善のための照明制御法の研究

吉川榮和研究室 富田 和宏

要旨：

一般に、企業では人件費が大きな割合を占め、オフィス環境の改善によりワークの生産性(生産性)が向上すれば、その金銭的メリットは大きい。しかし、オフィスワークの作業効率を評価する手法は確立されておらず、環境改善による金銭的メリットを客観的に評価できないため、オフィス環境の改善は敬遠されがちである。

そこで、昨年度当研究室では、オフィスワークの作業効率を定量的かつ客観的に評価するため、オフィスワークの知的能力を反映するタスクとして、パフォーマンステスト CPTOP を開発した。また、生理指標、主観評価も用いた統合的な生産性評価手法を提案し、2名の被験者での実験により、その妥当性を検証した。

このように、昨年度までに生産性評価に一定の成果を見た。本研究では実際に環境を改善することにより、オフィスワークの生産性を向上させることを目的とした。生産性に影響する環境要因として、換気量、室温が主要な要因と考えられているが、これらの改善には多くのエネルギー投資が必要となる。そこで本研究では、比較的少ないエネルギー投資でワークの生体リズムを改善し、生産性にも大きな影響を与えられとされる照明に着目した。

照明の生産性への影響として、日中(特に午前中)に1,000lx以上の高照度光を浴びることで体内時計が調整され、10,000lxまでは照度とともに覚醒度が向上するということが知られている。このため、従来の机上面照度700lx一定というオフィスの照度設定には体内時計の調整の観点からすると問題がある。本研究ではこうした知見をもとに、午前中及び昼食後の高照度光照射によって体内時計を調節し、昼食後の眠気を解消することで生産性の向上を図る照明制御法を提案した。また、昨年度開発した CPTOP に加え、瞬目から覚醒度、メラトニンから生体リズム、アミラーゼからストレスを推定し、照明の効果を総合的に評価する手法を提案した。

提案した照明制御法に関して、6名の被験者で効果検証のための基礎実験を行った。実験は高照度光1,400lx、標準的な700lx、高照度光2,100lxの条件の順で一週間ずつ行った。その結果、瞬目、メラトニン、アミラーゼの結果からは照明の効果を裏付けるデータが得られなかったものの、CPTOPによるパフォーマンス結果では2,100lxの高照度光条件で700lxの条件よりも有意に好成績となり、9%以上のパフォーマンス向上の効果がある事がわかった。さらに、照明制御が実際のオフィスワークに対しても効果を示すかを検証するため、6名の被験者で高照度光3,500lxとして検証実験を行った。その結果、実際にオフィスで行われている経理処理作業に関して、照明制御によって成績が向上する傾向が確認された。

今後は、更に長期間にわたって実験を実施することで、効果の上限、効果の発揮に必要な日数など詳細な検討をするとともに、より厳密に生理指標を測定することで、多角的に効果を検証する必要がある。

目次

第 1 章 序論	1
第 2 章 研究の背景と目的	3
2.1 研究の背景	3
2.2 プロダクティビティに関する既往研究と課題	4
2.2.1 プロダクティビティの概念と定義	4
2.2.2 プロダクティビティの評価手法	6
2.3 昨年度までの研究成果	10
2.4 本研究の目的	17
第 3 章 プロダクティビティ向上のための照明制御法とその評価方法の提案	20
3.1 照明が生体リズムに与える影響	20
3.2 照明制御法の検討	21
3.2.1 生体リズム改善のための照明制御パターン	22
3.2.2 作業効率向上のための照明制御パターン	23
3.2.3 バランス型の照明制御パターン	23
3.3 照明によるプロダクティビティ向上効果の評価方法	24
3.3.1 パフォーマンス	24
3.3.2 覚醒度	27
3.3.3 生体リズム	28
3.3.4 ストレス	29
第 4 章 照明制御法の効果検証のための基礎実験	31
4.1 実験の目的	31
4.2 実験方法	31
4.2.1 被験者	31
4.2.2 実験環境	32
4.2.3 実験条件	33

4.2.4	計測項目	33
4.2.5	実験手順	36
4.3	実験結果	38
4.3.1	パフォーマンス	38
4.3.2	覚醒度	41
4.3.3	生体リズム	41
4.3.4	ストレス	43
4.3.5	主観評価	46
4.4	考察	46
第 5 章	実オフィスにおける照明制御法の効果検証実験	51
5.1	実験の目的	51
5.2	実験方法	51
5.2.1	実験環境	51
5.2.2	実験条件	53
5.2.3	計測項目	53
5.2.4	実験手順	54
5.2.5	被験者	54
5.3	実験結果	55
5.3.1	CPTOP	55
5.3.2	実作業量	58
5.4	考察	58
第 6 章	結論	61
	謝辞	63
	参考文献	64
付録 A	実験結果の一覧	付録 A-1
A.1	パフォーマンス	付録 A-1
A.2	自覚症しらべ	付録 A-8

目 次

2.1	従業員の労働生産性3%向上時の経済効果	4
2.2	Woodsらによる拡張モデル	6
2.3	口頭理解タスクのテスト画面例	13
2.4	書面理解タスクのテスト画面例	13
2.5	口頭表現タスクのテスト画面例	14
2.6	文書表現タスクのテスト画面例	14
2.7	記憶タスクのテスト画面例及び状態遷移規則の例	15
2.8	数学的推論タスクのテスト画面例	16
2.9	演繹的推理タスクのテスト画面例	16
2.10	帰納的推理タスクのテスト画面例	17
2.11	情報秩序化タスクのテスト画面例	17
2.12	認知速度タスクのテスト画面例	18
2.13	時分割タスクのテスト画面例	18
3.1	光による生体リズムの位相の変化 ^[23]	20
3.2	物の認識とメラトニンの分泌での照度の影響の違い ^[24]	21
3.3	照度と覚醒レベルの関係 ^[25]	22
3.4	生体リズム改善のための照明制御パターン	22
3.5	作業効率向上のための照明制御パターン	23
3.6	バランス型の照明制御パターン	24
3.7	習熟曲線導出実験の結果	26
3.8	口頭理解と書面理解テストの各セットにおける難易度	27
3.9	瞬目の波形による解析	28
3.10	唾液を用いたストレス測定の実験の原理	30
4.1	実験室の俯瞰図	32
4.2	実験の様子	32
4.3	照度計	33

4.4	照度計測点における照度の実測値	34
4.5	瞬目計測用のマーカー貼り付け位置	35
4.6	瞬目計測用の 120fps 高速カメラ	35
4.7	CocoroMeter-唾液からのストレス測定器具	36
4.8	CocoroMeter の唾液採取方法	36
4.9	実験の日程	37
4.10	実験手順	37
4.11	全被験者の平均 CPTOP 得点 (前半)	39
4.12	全被験者の平均 CPTOP 得点 (後半)	40
4.13	口頭理解、書面理解の得点に関する難易度評価実験との比較	40
4.14	CPTOP タスク中の瞬目波形の解析結果 (被験者 A)	41
4.15	各被験者の唾液中メラトニン濃度 [mg/L]	43
4.16	アミラーゼ比活性量 [KU/L](被験者 A ~ C)	44
4.17	アミラーゼ比活性量 [KU/L](被験者 D ~ F)	45
4.18	自覚症しらべ訴え得点の平均 (眠気感、不安定感、不快感)	47
4.19	自覚症しらべ訴え得点の平均 (だるさ感、ぼやけ感、総合得点)	48
4.20	被験者 A と全被験者の平均 CPTOP 得点の比較	50
5.1	実験場所の俯瞰図	52
5.2	実験の様子	52
5.3	被験者ごとの机上面照度の実測値	53
5.4	経理処理に必要な能力のアンケート結果	54
5.5	各被験者の CPTOP 得点	55
5.6	被験者 G ~ I の CPTOP 得点	56
5.7	被験者 J ~ L の CPTOP 得点	57
5.8	経理処理作業の実作業量	58

表 目 次

2.1	Performance Assessment Battery(PAB)	8
2.2	ヒューマンアビリティによる知的能力分類	11
2.3	プロダクティビティに影響を与える環境要因	19
3.1	習熟曲線のパラメータ	27
4.1	各被験者の属性	31
4.2	各被験者の唾液中メラトニン濃度 [mg/L]	42
4.3	照明条件 2 と標準条件の 4 日目における CPTOP 得点の差異	49
5.1	各被験者の属性	55
5.2	経理処理作業の実作業量	59
A.1	CPTOP の結果一覧 (被験者 A)	付録 A-2
A.2	CPTOP の結果一覧 (被験者 B)	付録 A-3
A.3	CPTOP の結果一覧 (被験者 C)	付録 A-4
A.4	CPTOP の結果一覧 (被験者 D)	付録 A-5
A.5	CPTOP の結果一覧 (被験者 E)	付録 A-6
A.6	CPTOP の結果一覧 (被験者 F)	付録 A-7
A.7	自覚症しらべの結果一覧 (被験者 A)	付録 A-8
A.8	自覚症しらべの結果一覧 (被験者 B)	付録 A-11
A.9	自覚症しらべの結果一覧 (被験者 C)	付録 A-14
A.10	自覚症しらべの結果一覧 (被験者 D)	付録 A-17
A.11	自覚症しらべの結果一覧 (被験者 E)	付録 A-20
A.12	自覚症しらべの結果一覧 (被験者 F)	付録 A-23

第 1 章 序論

人は有史以来、日中の晴天下では 10 万 lx を超える太陽光の元で暮らしてきた。その生活は正に日の出とともに起き、日没とともに眠る、というものであった。また、生活のリズムだけではなく、人は自身の体内のリズムでさえもサーカディアンリズムと呼ばれる日の光に影響を受けたリズムを持っている。しかし、1879 年にエジソンにより電球が発明されて以来、人は自らの手で明かりを生み出し、夜を昼と変えるようになった。

今日、コンビニエンスストアを始め、ファミリーレストラン、インターネットカフェなど 24 時間営業の店も多く、特に若者を中心に夜型の生活を送る者が増えてきている。5 年毎に行われる NHK 放送文化研究所の「国民生活時間調査」によると、深夜 0 時まで起きている人の数は、80 年には約 22% であったものが、95 年には 35% にまで増加してきている。こうして 24 時間社会と化した現代社会において、うつ病や睡眠障害という問題が深刻化してきている。これらは人が太陽の光を離れ、照明の光の元で生きるようになったために、生体リズムが乱れてきたことが一因だと言われている。一方で、その照明によって、こうした生体リズムの乱れを治そうという試みもなされている。人がその生体リズムを維持するためには数千 lx の光が必要だといわれている。数千 lx の光というのは、日中の屋外と比べれば明るくないが、通常の室内よりもかなり明るく、医学生理学分野では「高照度光 (bright light)」と呼ばれている。こうした高照度光を日中 (特に午前中) に受光することにより、睡眠や生体リズムの機能が衰え始めた高齢者に対して、その自然の生体リズムを回復させようという手法を**ブライツケア^[1]**と呼ぶ。

こうした生体リズムの乱れは、高齢者や夜型の生活を送る若者だけではなく、多くの人が働くオフィスでも問題となっている。オフィスワーカーは朝から晩まで建物の中にいることが多く、常に照明の光の下にいる。しかし一般にオフィスの照明は照度 700lx 程度と太陽光に比べてはるかに弱く、また変化もしない。このため、生体リズムが乱れ、睡眠の質の悪化、覚醒レベルの低下、ひいてはうつ病や睡眠障害という重大な症状を起こしかねない。一方で、近年オフィスワーカーの生産性、プロダクティビティが注目されてきている。オフィスにおいて人件費の占める割合は大きく、そこで働く人にとって快適な環境を用意し、プロダクティビティを向上させるということは、経済的にも重要なことである。

そこで、本研究では照明が生体リズムに与える影響に着目し、照明制御によりオフィスのワークの生産性を向上させることを目指す。また、昨年度開発したタスクテスト CPTOP を用いて、その効果を定量的に評価することを目標とする。具体的にはまず、生産性に関する既往研究をまとめ、本研究の位置付けを明らかにする。その後、照明が生体リズムに与える影響に関する知見をもとに、生産性を向上させるための照明制御法について検討する。そして、その照明制御法の効果を被験者実験によって確認する。

本論文は序論を含め、全6章で構成されている。第2章では、生産性に関する既往研究をまとめ、昨年度までの研究の経過について述べる。第3章では、照明が生体リズムに与える影響に関してまとめ、その知見をもとに生産性を向上させるための照明制御法及びその効果の評価法を検討する。第4章では、被験者実験により、提案した照明制御法の効果を検証する。第5章では、実オフィスにおいて、照明制御が実際のタスクにおいても効果を表すかを検証する。第6章では、本研究の結果をまとめ、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。次いで、プロダクティビティに関する既往研究をとりまとめ、昨年度までの研究の成果について述べる。最後に本研究の目的について述べる。

2.1 研究の背景

近年、環境問題に対する社会的要請やコスト削減のため、多くの企業で省エネルギーへの取り組みが積極的に行われており、室内環境構築の際にも省エネルギーが最大の視点となっている。しかしながら単にエネルギー消費削減のみを考えた取り組みでは執務に悪影響を及ぼす事も懸念され、却って多くのコストが必要となる事も考えられる。また、オフィス等においては快適性や「ひとにやさしい」技術などは、その費用対効果が明確にしづらいため、副次的扱いにされる事が多いのが実情である。

一方で、欧米では1984年に Brill^[2] によってオフィス環境とプロダクティビティに関する研究報告がなされているのを始めとし、室内環境の改善により、オフィスワークの生産性を向上させようという試みが盛んに行われており、近年、わが国でも注目を集めている。こうした試みの元となっている考えとして、オフィスワークの生産性をあげることの効果の大きさがある。一般に、オフィスにおいて人件費は大きな割合を占め、建物などシステムへの投資よりもはるかに大きい。そのため生産性の向上はたとえ数%であってもその金額換算値は大きな数字になり、環境改善による費用対効果は高いとの報告が多数なされている。Lomonaco ら^[3] は 10,000 ft² のオフィスビルでオフィスワークの生産性が 3% 上昇した場合、その金額換算値は年間 58,508 ドルとなり、その投資回収期間は 0.68 年になると試算している。これをもとに、橋本ら^[4] は日本の実態^[5] に置き換え、オフィス実態調査をもとに、占有面積を 6 m²/人 と 12 m²/人、平均給料は 200 ~ 600 万円 / 年として再計算している。その結果を図 2.1 に示す。

しかし、これらの研究では、室内環境が改善された場合のオフィスワークの生産性向上の割合に関しては予想でしかなく、実際に環境の改善による快適性向上の費用対効果を算出するには、オフィスワークの生産性を正しく評価する必要がある。こうした観点から、オフィスにおける生産性を定義し、その定量的評価を行う試みが近年米

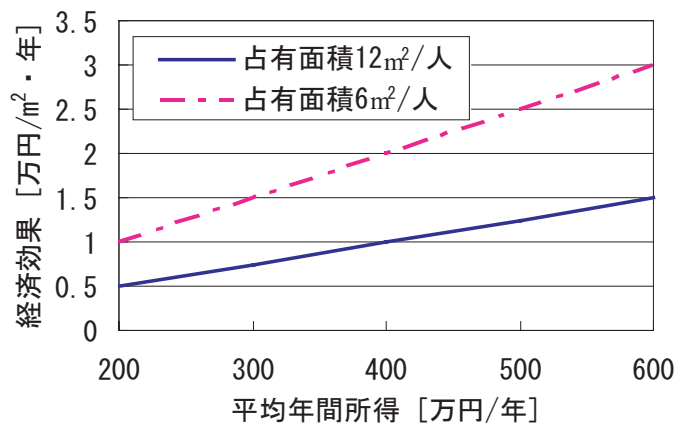


図 2.1: 従業員の労働生産性 3%向上時の経済効果

国を中心に広く行われてきている。

2.2 プロダクティビティに関する既往研究と課題

オフィスワークの生産性は、プロダクティビティとして米国を中心に 20 年以上前から盛んに研究されており、アメリカの Lawrence Berkeley 国立研究所らが参画する Indoor Health and Productivity プロジェクト^[6]では、1,000 件を超えるオフィスデザインや室内環境とプロダクティビティに関する文献タイトルなどを格納したデータベースを構築・公開している。また Brill^[2]はオフィスデザインとプロダクティビティとの関係について初めて大規模な調査を行い、その結果をまとめている。この研究報告以降、プロダクティビティに対する人々の関心が集まり、その効果の検証を目的とした研究が増えている。

本節では既往研究におけるオフィス生産性の定義と評価法についてまとめ、その課題について議論する。

2.2.1 プロダクティビティの概念と定義

現在、プロダクティビティの定義には様々なものが存在する。その代表的なものが労働生産性^[7]である。これは一定期間内に生み出された財・サービスのアウトプットの量を労働者数で割ったものと定義されている。しかし、この定義は職種によりアウトプットの捉え方が様々であり、定量化困難な場合もあるため、汎用的な尺度とするには一層の議論が必要である。

またプロダクティビティを執務者の状態から捉えようとする試みもなされている。NEMA^[8] はオフィスワークが以下のような状況のときを、プロダクティビティが良好なときであると説明した。

- より正確に作業が行える
- 正確性を損なうことなく、より速く作業が行える
- 疲れずにより長く作業が行える
- より効果的に学ぶことができる
- より創造的である
- より効果的にストレスに耐えうる
- より協調、協力して働きうる
- 予知しない状況によりよく対処できる
- より健康的であると感じる、それにより作業に多くの時間を費やせる
- より多くの責任を受け入れられる
- 要求に対してより積極的に応じる

また Woods と Sensharma^[9] は、過去の文献をもとにプロダクティビティに影響を与える要因を分析し、図 2.2 に示すモデルを提案している。この中で彼らはプロダクティビティを、在室者の作業効率を経済指標に変換したものと捉え、作業効率と関連コスト要因により決定されると説明し、作業効率の金額換算値と関連するコスト要因の比で表すことを提案している。

このモデルでは設備や建築物システムが室内環境の諸要因を変化させ、居住者の心理、生理的反応に影響を及ぼし、作業効率を左右する構造が示されている。居住者の反応はまた、居住者自身の特性や生得的な属性（例えば性別など）、順応や適応、体調など個人的要因からも大きな影響を受けるとしている。一方で、ブルーカラーワーカー（肉体労働者）やホワイトカラーワーカー（知識労働者、事務員など）などの職種、管理職、専門職、技術職、事務職などの仕事の種類、気分やモチベーションなどもプロダクティビティを考える上で必要な要因としている。

わが国では近年になり、橋本ら^[4] がプロダクティビティに関する既往研究をまとめ、その定義の明確化を行っている。彼らはプロダクティビティを建物オーナーや企業経営者のための経済指標、つまり室内環境改善に対する費用対効果を確認するための指標と解釈し、Woods ら^[9] が示したように、作業効率の金額換算値を関連するコスト要因で

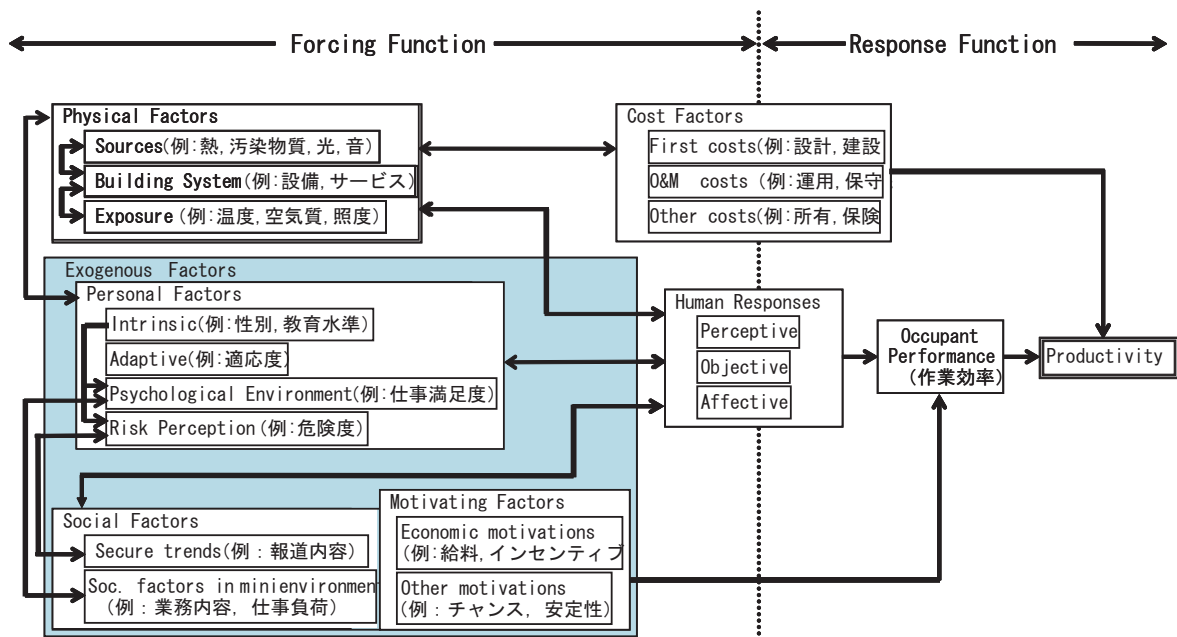


図 2.2: Woodsらによる拡張モデル

割ったものとして定義している。また、その要因である作業効率については、NEMA^[8]などの見解を踏まえ、単に作業速度や精度だけでなく、疲労やシックビル症などに起因する健康不良や欠勤、環境や仕事に対する満足度を反映させたものが適切であるとしている。コスト要因に関しては人件費やエネルギー費や保全費などを計測・集計したものをを用いるとしている。

2.2.2 プロダクティビティの評価手法

プロダクティビティを評価するためには、オフィスワーカーの生産性を計測する必要がある。計測対象がブルーカラーワーカーの場合には、単位時間当たりの作業量やその精度を比較的容易にコスト換算することができる。しかし、ホワイトカラーワーカーを対象とした場合、そのアウトプットはアイデアなど創造的なものもあり、その定量的評価は困難な場合が多い。そこで、これまでオフィスワーカーの生産性を計測する様々な手法が提案、検討されてきている。本項ではこれまでに提案されてきた評価手法についてまとめ、その問題点について述べる。

(1) パフォーマンスの直接計測による評価

ホワイトカラーワーカーの知的生産性に関しても、作業量や作業効率が直接的に計測可能な場合も存在する。橋本ら^[4]は、ASHIRAE 1992 Workshop on IAQにおいて拳

げられた計測項目を参考に以下のような計測項目を列挙している。

- 作業スペースでの不在状況
- 作業時間あるいは作業の停止時間 (休憩や中断)
- 自発的な残業時間
- 疾病率の推移 (病欠など)
- あるプロセスに必要とする作業時間
- 商品生産数
- 売り上げあるいは利益
- 製品やサービスあたりのトータルユニットコスト
- 医療費削減による利益 / 健康管理費
- 新規得意先開拓数
- 退職率・転職率の推移、再雇用、教育費負担
- 出席率、全国的テストの平均点 (学校を対象とした場合)

また、実際に測定および評価を行っている例もある。Fiskら^[10]は、病院のコールセンターにおいて、コールに対する平均処理時間を測定し、換気量およびその他要因との関係について検討を行っており、換気量が非常に高い状態の時に作業効率が2%上昇し、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。その他にも、Kronerら^[11]は、保険引受業務部門に個人毎に制御された環境システムを導入し、一定期間中に作成されたファイル数の測定結果からその効果を評価する試みを行っている。その結果、環境制御システム単独のプロダクティビティへの影響を2%程度と報告している。

こうしたアプローチは、アウトプットが定量的に測定可能な場合には有用である。しかし、単純な繰り返し作業をほとんど含まず、創造性を問われるような作業についてはこうした評価法による評価は難しいと考えられる。

(2) 仮想タスクによる評価

仮想的パフォーマンス測定とは、測定、定量化が可能な作業を与え、その測定値からプロダクティビティを評価する方法である。中でも最も一般的に用いられる方法は、テキストタイピングタスクである。これは例文テキストと同じ文字をタイプするタスクであり、Wargoekiら^[12]は、空気質を左右する汚染物質濃度、換気量とテキストタイピングなどからなるタスク成績との関係を検討し、定量的な関係を得ている。しかし、

表 2.1: Performance Assessment Battery(PAB)

作業名	作業内容
Two-letter Search	2文字の目標アルファベットとアルファベット文字列が表示、文字列中に目標の2文字が存在するかを判断
Four choice serialreaction time	テンキー 1、2、4、5 に対応する4つのボックスが表示、内一つが点滅した際に点滅するボックスの数字を入力
Interval production	時計の秒針が表示、自らが1秒と感じる間隔でボタンを押して秒針を動かす作業
Manikin	画面に人体、および の図形が人体周囲および左右の手に表示され、人体を囲んでいる図形と同じ図形を持っている方の手の左右を答える
Code Substitution	数字とアルファベットの対応表が与えられ、その後文字が画面に表示され、それに対応する数字を入力する作業
Matching to sample	はじめにサンプルの図形、その後2つの図形が画面上に並んで表示され、サンプルと同一の図形を選択する作業
Running memory	1から3の数字が1文字ずつ次々と画面上に表示され、1つ前に表示された数字をキーボードより入力する

こうしたタスクは実際のオフィスワークにおける創造的要素を反映しているとは言い難い。

一方、コンピューターを用いて、知覚、判断など、脳の高次の働きをテストするタスクも考案されている。その代表として挙げられるのが表 2.1 に示すような Walter Reed の Performance Assessment Battery(PAB) である^[13]。これらは設定された標準作業の負荷により、異なるケース間についての比較が可能であり、横断的な調査などには有用である。しかし、その内容は実際のオフィスワークとは大きく異なっており、オフィスワークに対応したタスクとは言い難い。

(3) 主観による評価

主観的評価法は、図 2.2 に示した Woods らのモデルにおける人間の心理的反応を測定し、プロダクティビティを評価する手法である。作業種類の違いによる影響が少なく、現場での運用も比較的容易であるという利点がある。問題点としては、偏見や先

入観によるバイアスの発生が挙げられ、結果の解釈についてはその背景をよく理解していることが必要である。

主観的評価の代表的な評価項目として快適性と疲労が挙げられる。疲労は作業の量、質、スピードに大きく影響するため、これを測定し、プロダクティビティを評価することがよく行われている。こうした疲労感を測定する手法として、自覚症しらべ^[14]が国内では広く用いられている。自覚症しらべは以下に示すような25の質問項目に対し、1: 感じない、2: やや感じる、3: 感じる、4: 強く感じる、5: 非常に強く感じる、の5段階で回答させ、5つの群に分類して評価するものである。

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

しかし、こうした疲労感とプロダクティビティとの関係は明らかにされておらず、また生産性に関わる一要素のみでの評価では不十分だと考えられる。

一方で、主観的方法によりプロダクティビティを直接評価することもよく行われており、一般的にオフィスビルにおいてプロダクティビティ効率を議論する際のデータのほとんどはこの方法により測定されたものである。代表的なものとしては、執務者に自身の知的生産性の程度を尺度評価させるもの、生産性の増減率を自己申告させるものなどがある。いずれも簡易にプロダクティビティを評価することができるが、結果に対する説明要素が不十分であり、これのみでプロダクティビティを評価するには客観性に欠け、今後も検討が必要であると考えられる。

(4) 生理指標による測定

ある室内環境における実作業または擬似作業遂行時の執務者の生理反応から、プロダクティビティを評価しようとする試みもなされている。田辺ら^[15]は頭部血中酸素濃

度を計測し、プロダクティビティの評価に適用しようとして試みている。この他にも脳波、心拍 R-R 間隔などの生理的指標を用いた測定などが考えられる。こうした生理指標による評価は客観評価が可能であるが、作業効率との関係を明らかにする必要があるとともに、これらは執務者の身体的側面のみでの評価であるため、生理指標評価のみではプロダクティビティの評価としては不十分であると考えられる。

2.3 昨年度までの研究成果

こうしたプロダクティビティ研究の現状を踏まえ、昨年度河内^[16]はプロダクティビティの定量的かつ客観的な評価を目指し、オフィスワークを反映するパフォーマンステストとして Cognitive Performance Test of Productivity (以下 CPTOP と呼ぶ) の開発を行った。これは、Fleishman ら^[17]によって、表 2.2 のように分類された人の知的能力をもとに、オフィス作業に対するアンケート調査を行い、オフィスワークに重要な能力を抽出し、それぞれの能力に対応するタスクテストを作成したものである。以下にオフィスワークに重要とされた能力と、それぞれに対応するタスクテストについて述べる。

口頭理解能力

口頭理解能力のテストとして、音読された文章 (500 文字程度、約 2 分) を聞きとり、その内容に対応した設問に答えるタスクを考案した。タスクテストの画面例を図 2.3 に示す。このタスクではまずヘッドセットを通して録音された文章が流れ、続いてその内容に即した設問がディスプレイに表示される。設問は表示された問題文が聞き取った内容に対して、A: 論理的に考えて正しい、B: 論理的に考えると間違っている、C: 聞き取った文章からは判断できない、の 3 つから回答する形式である。1 回のテストで 3 つの文章を出題し、1 つの文章に対し 4 問の設問文を用意する。回答の制限時間は文章の再生終了後 90 秒とする。口頭理解能力の評価には、問題の正答率を用いる。

書面理解能力

書面理解能力のテストとして、ディスプレイに表示される文章 (500 文字程度) を読み、その内容に対応した設問に答える読解力テストの課題を考案した。タスクテストの画面例を図 2.4 に示す。問題が始まるとディスプレイには図 2.4 左側の文章のみが表示されており、それを読み終わり、[質問・回答に進む] のボタンをクリックすると図 2.4 右側の質問文が表示される。設問は、4 つの選択肢の中から文章の内容にあっているも

表 2.2: ヒューマンアビリティによる知的能力分類

能力名	能力の説明	能力の用いられる場面
口頭理解能力	話された言葉や文を理解する能力	講義、説明、出来事や場所、人物の描写、電話、テレビなどのメッセージを聞いて理解するのに用いられる。
書面理解能力	書かれた言葉や文を理解する能力	本、記事、説明書、文面になった説明、仕事の命令書の読解に用いられる。
口頭表現能力	ほかの人が理解できるように話して言葉を使う能力	説明を行ったり、スピーチをしたり、出来事を描写したりということに用いられる。
文章表現能力	ほかの人が理解できるように書面で言葉を使う能力	文書、説明書、指示書、推薦状、手紙、メモなどを書くことに用いられる。
アイデアの流暢さ	多くのアイデアを生み出す能力。	ある問題に対して複数の結論や、新しいツールの様々な使い方や、代わりとなる調査の可能性や故障したものの修理などに用いられる。
独創性	普通ではない賢いアイデアを生み出す能力	設備を修理するために新しいツールを発明したり、社員募集や仕事をよりよくするための新しいアイデアを思いついたり、新しい絵画法を作ったりという場面で用いられる。
記憶能力	言葉や数字、絵や手順など、情報を覚える能力	新しい名前や顔、規則、電話番号、場所の風景、文書、バスの番号の記憶などに用いられる。
問題への感受性	何かが間違っていることを知る能力	装備の故障や、病気の初期段階、受信したデータの正確性などに気づくことが含まれる。
数学的推論能力	問題を理解し、数学的方法を選択し問題を定式化する能力	数学的推論は、ミサイルの軌跡を表現する数式を作ったり、生産量のデータを分析するのに統計を用いたり、ビジネスの利益を計算する方法を決めたりすることに用いられる。
数字能力	四則演算や数字の操作を早く正確に行う能力	数字能力は収入に対する税金を計算したり、レストランの請求書を計算するのに用いられる。
演繹的推理能力	一般的な法則を特別な問題に適用し、論理的な解を見出す能力	航空力学を用いて新しい飛行機を設計したり、株を選ぶのにどの要素を考えるべきか決めたり、事件の際にある行動が特定の法律を犯したかどうか決めたりすることに用いられる。

次項に続く

能力名	能力の説明	能力の用いられる場面
帰納的推理能力	ばらばらな情報から一般法則や結論を導き出す能力	研究で得られた多くの結果から病気の診断を行ったり、風向き、気圧などの情報を用いて天気を予測したり、持ちうる証拠を用いて罪状を決める場合などに用いられる。
情報秩序化能力	物の配置など決められた法則に正確に従う能力	センテンスを意味のあるパラグラフに構成したり、数字やアルファベットを指示どおりに並べたりということに用いられる。
分類柔軟性	一連の物事をグループ化するような法則を作り出す能力	合成繊維を強度、コスト、弾力、融点の点から分類したり、花を大きさ、色、におい、効用から分類したりという場面で用いられる。
理解速度	構成や意味がないと一見思われる情報を早く理解する能力	天気レーダーのパターンを見て天気を決定したり、モルス信号を受信したりするような場面で用いられる。
理解の柔軟性	他のないように隠された既知のパターンを同定したり、検出したりする能力	カモフラージュされたターゲットを探し出す、部屋の図面や手書きの複雑な図形の中からスイッチを探し出す、ラフの中のゴルフボールを探し出す場面などで用いられる。
位置確認能力	自分の位置、または物体の自分に対しての位置を認識する能力	飛行機の操縦、町で地図を用いる、新規開店時のフロア設計などに用いられる。
視覚化能力	物が移動したときにどのように見えるかを創造できる能力	ゲームで相手の駒の先読みをする、紙を切り貼りして立方体を作る、模様替えの際家具がどう見えるか予測する時などに用いられる。
認知速度	文字、数字、物体、絵、パターンをすばやく正確に比較する能力	印刷ミスがないかどうかテキストをすばやく調べたり、データの正確性を素早く調べたり、様々な株価の増減を調べるのに新聞の株式市場のページを調べるのに用いられる。
選択的注意能力	一定期間、タスクに集中する能力	ボイラーの音でうるさい部屋の中で技術書を読む、後ろに聞こえる人の会話を無視して管制官からの着陸指示を聞き取る、などに用いられる。
時分割能力	2つ以上の行為や情報源の間での往復を効果的に切り替える能力	時分割能力は、航空管制官が多くの計器などに注意を払ったり、ウェイターが一度に多くの注文を処理したりするのに用いられる。

のを選ぶ形である。ただし、この設問は、被験者が文章を読む際に内容を吟味して読むように与えたもので、書面理解能力の評価には用いない。1回のテストで3つの文章を出題し、1つの文章に対し4問の設問文を用意する。1つの文章の制限時間は2分とする。書面理解能力の評価には、書面理解能力が下がると読解の速度が落ちると考え、問題文を読むのにかかった時間を用いる。この時間は文章がディスプレイに表示されてから、[質問・解答に進む]のボタンをクリックするまでの時間を計測する。

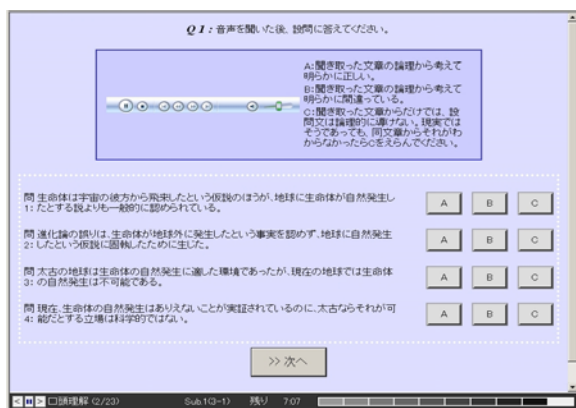


図 2.3: 口頭理解タスクのテスト画面例

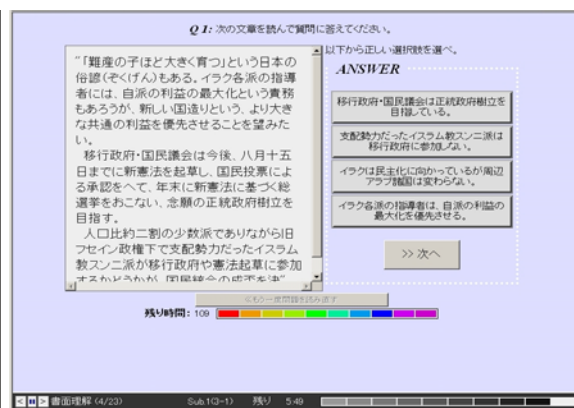


図 2.4: 書面理解タスクのテスト画面例

口頭表現能力

口頭表現能力のテストとして、ディスプレイに表示される図 2.5 のような写真を見て、その内容を口頭で表現するというタスクを考案した。被験者には実験前に「他の人がそれを聞いて写真の状況が思い浮かぶように表現してください」と指示を与える。回答はヘッドセットを通して吹き込む。写真がディスプレイに出力されて最初の 30 秒は写真を見る時間とし、その後 60 秒で回答する。制限時間内に回答が終わらなかった場合、時間終了時の回答を採用する。1回のテストで3問出題する。写真にはあらかじめその絵を伝える際に表現をする必要のある表現ポイントを設定している。「どのような人物(動物)が写っているか」「位置関係はどう写っているか」「どのような状況が写っているか」「どのような場所が写っているか」を表現ポイントを設定する際の基準とした。本テストでは、設定しておいた表現ポイントのうち正確に表現された表現ポイントの割合を正答率とし評価に用いる。

文章表現能力

口頭表現能力のテストとして、ディスプレイに表示される図 2.6 のような写真を見

て、その内容を文章で表現するというタスクを考案した。被験者には実験前に「他の人がそれを読んで絵が思い浮かぶように表現してください」と指示を与える。回答はキーボードを用いて行い、写真を見る時間を含めて120秒で回答する。制限時間内に回答が終わらなかった場合時間終了時の回答を採用する。1回のテストで3問出題する。写真にはあらかじめその絵を伝える際に表現をする必要のある表現ポイントを設定している。「どのような人物(動物)が写っているか」「位置関係はどう写っているか」「どのような状況が写っているか」「どのような場所が写っているか」を表現ポイントを設定する際の基準とした。本テストでは、設定しておいた表現ポイントのうち正確に表現された表現ポイントの割合を正答率とし評価に用いる。



図 2.5: 口頭表現タスクのテスト画面例

図 2.6: 文書表現タスクのテスト画面例

記憶能力

記憶能力のテストとして、吉川ら^[18]の考案した状態遷移規則記憶テストを用いた。タスクテストの画面例を図 2.7 に示す。「問題」の枠の中の [1]、[2]、[3] のボタンを押すとボックスの中の図形があらかじめ実験者側で用意した図 2.7 右下に示すような遷移規則に基づいて変化する。被験者は、そのボタンを何度か押しながら、表示されている図形 (、 、) の変化の仕方 (状態遷移) を記憶し、変化規則を全て記憶したら [解答に移る] ボタンをクリックする。その後、回答フォームの選択肢 (、 、) から図形を選び、覚えた規則を回答する。1回のテストで5問出題し、評価には1分あたりの正解数を用いる。なお、このテストでは最初に用意した状態遷移規則の複雑性から、エントロピ(難易度)が一意に決定する。よって本テストでは、1回5問のテストにつき各エントロピ1回ずつ、常に同じ順で出題した。

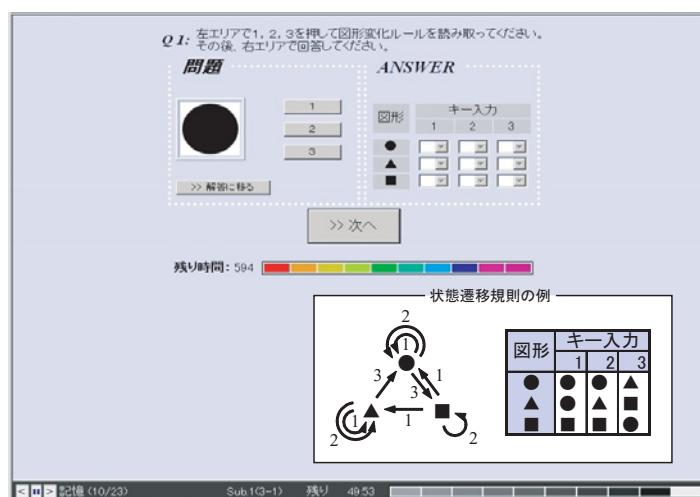


図 2.7: 記憶タスクのテスト画面例及び状態遷移規則の例

数学的推論能力

数学的推論能力のテストとして、ディスプレイに表示された数学の問題を解答する数学テストのタスクを考案した。タスクテストの画面例を図 2.8 に示す。数学の問題としては、数列の穴埋め問題を用い、数列として等差数列、等比数列、フィボナッチ数列を基本とする 8 種類の数列のパターンを用意し、1 回の問題にそれぞれ 1 問ずつ出すことで問題の難易度を一定に保っている。回答は、ディスプレイに表示された 4 つの値の中から正しい値を選びクリックする。1 回のテストに 8 問出題し制限時間は 1 問につき 1 分とする。評価には 1 分あたりの正解数を用いる。

演繹的推理能力

演繹的推論能力のテストとして、ディスプレイに表示された三段論法の問題の正誤を判断する三段論法テストをのタスクを考案した。タスクテストの画面例を図 2.9 に示す。Lefford^[19]によると、三段論法の問題には 3 つの変数があり、変数の違いにより難易度が異なる。1 つは、論証の内容(感情的/中立的)、2 つ目は論証の妥当性(有/無)、3 つ目は見かけ上の真偽(真/偽)である。日毎のテストに難易度の違いが出ないように、この 3 つの変数を組み合わせて計 9 問出題する。制限時間は 1 問につき 15 秒とする。評価には 1 分あたりの正解数を用いる。

帰納的推理能力

帰納的推論能力のテストとして、Bruner ら^[20]による「刺激を分類する学習」を用

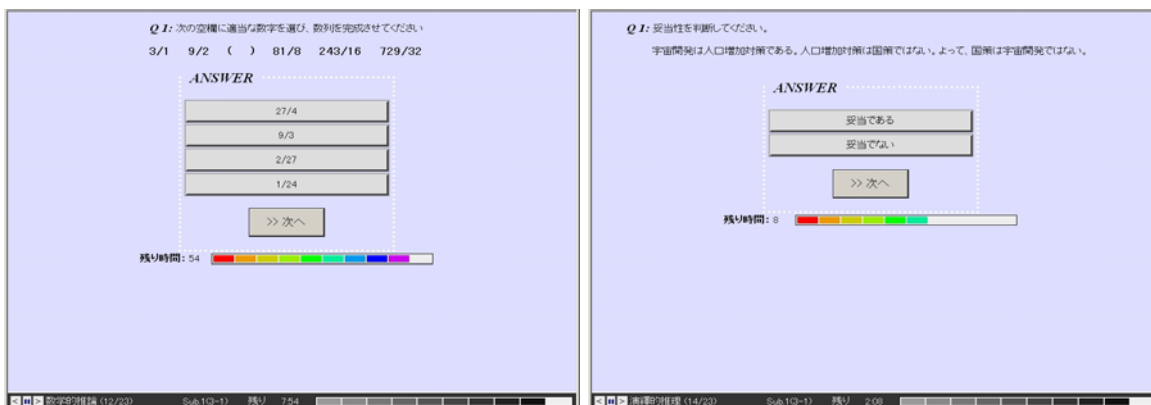


図 2.8: 数学的推論タスクのテスト画面例 図 2.9: 演繹的推理タスクのテスト画面例

いたルール推理テストのタスクを用意した。タスクテストの画面例を図 2.10 に示す。このテストでは、はじめディスプレイ上に図形の形 (\square 、 \triangle 、 \circ)、図形の数 (1、2、3 個)、図形の色 (白、黒) を組み合わせた 18 個のボタンが表示されている。実験者はあらかじめそれらの中の部分集合を指定するルールを用意する。例えば「黒い図形」という概念の場合には、このボタンの中で図形の形や数にかかわらず黒い図形がすべて当てはまる。被験者ははじめこのルールを知らされていない。ボタンをクリックするとそのボタンに描かれている図形がルールに当てはまっていれば、ディスプレイの中央に“TRUE”と、当てはまっていなければ“false”と表示されるようになっており、実験者があらかじめ想定しているルールを見出すのが課題である。回答にはルールがわかったら形、数、色について 1 つずつルールを選び、選び終わったら [チェック] をクリックする。正解していれば、[次の問題へ] のボタンをクリックすることで次の問題へ進むことができる。1 問の制限時間は 50 秒とし、5 分間テストを行う。評価には 1 分あたりの正解数を用いる。

情報秩序化

情報秩序化能力のテストとして、ディスプレイに表示された 8 件の図書リストを決められた法則どおりに並び替える図書並び替えテストのタスクを考案した。タスクテストの画面例を図 2.11 に示す。図書リストには、その図書の図書名、著者、出版社、出版年度、値段が掲載されており、それぞれの昇順および降順で 10 パターンの並び替えの法則を設定する。1 問の制限時間は 1 分とし、上記の法則で 1 問ずつ出題し計 10 問出題される。評価には 1 分あたりの正解数を用いる。



図 2.10: 帰納的推理タスクのテスト画面例 図 2.11: 情報秩序化タスクのテスト画面例

認知速度

認知速度のタスクとして、基準となる図形と同じパターンの図形を探し出す、図形探しテストのタスクを考案した。タスクテストの画面例を図 2.12 に示す。間違いの3つの選択肢はいずれも正解と似たパターンの物がランダムに生成される。1問の制限時間は10秒とし、1回に60問解答する。評価には1分あたりの正解数を用いる。

時分割能力

時分割能力のテストとして、認知課題とタイピングの二重課題のタスクを考案した。タスクテストの画面例を図 2.13 に示す。認知課題は、画面左下から1定速度で動いてくる2種類の絵(電球と爆弾)を用意された画面左上の正しいボックスに導くというものである。2つのボックスに向かう道の分岐点が矢印の向いている方向に絵が流れるような分岐器になっており、Tabキーを押すことで矢印の方向が変化する。タイピングはディスプレイの右上に表示される数字の文字列をタイピングするもので入力後Enterキーを押すことで正誤が判定される。現れる対象物と表示されるアルファベットの文字列はランダムに生成される。被験者は、認知課題を行いながらタイピングを行うことを要求される。テストは5分間行う。評価には、(認知タスクの正解率) × (タイピングの正解数) を時分割ポイントとして用いる。

2.4 本研究の目的

昨年度までの研究において、パフォーマンステスト CPTOP を開発することによって、プロダクティビティを定量的に評価するための準備が整った。しかし、単にオフィ

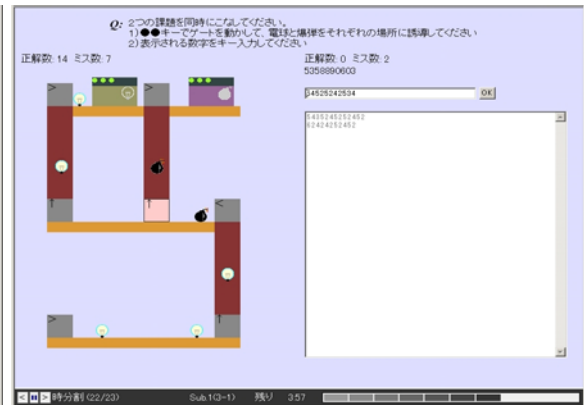
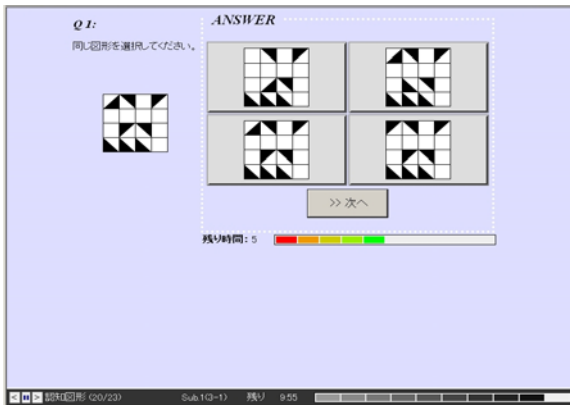


図 2.12: 認知速度タスクのテスト画面例 図 2.13: 時分割タスクのテスト画面例

ス環境を評価するだけでは不十分であり、よりよいオフィス環境を探していくことも、また必要である。そこで本研究では、オフィス環境を改善し、オフィスワーカーのプロダクティビティを向上させる手法を研究し、昨年度開発した CPTOP を用いて、その評価を行っていくことを考える。

オフィスワーカーのプロダクティビティに影響を与える環境要因としては、Wyon ら^[21]によって、表 2.3 に示すような要因があげられている。これは、Healthy Buildings 2000 ワークショップに参加した専門家らに対して行ったアンケートの結果である。このアンケートでは、換気量、室温の支持率が高くなっている。この二つに関しては、これまでも Fisk ら^[10]の研究報告を始めよく研究されており、実際にプロダクティビティに影響を与えるとの報告も多い。しかし、一方で空調は業務用エネルギー消費の約 5 割を占めており^[22]、改善のために新たにエネルギーを費やすというのは難しい。換気に関しても、換気量を上げればその分空調に必要なエネルギーも増え、同様の問題がある。

一方、主に室内で働くオフィスワーカーへの影響、という観点で考えると日光は大きな影響を与えるとは考えにくく、アンケートでの支持率も高くは無い。しかし、人の生活は古来より日の光と共にあり、日光は本来人のパフォーマンスに密接に関わる存在だと考えられる。そこで、本研究では照明制御により、人が本来接していた日光の代わりにすることで、オフィスワーカーのプロダクティビティを向上させることを考える。

具体的には、まず照明が人間の生体リズムに与える影響に関して検討し、その効果を引き出すための照明制御法を検討する。そして、実験によりその照明制御法の効果を定量的に評価することを目的とする。

表 2.3: プロダクティビティに影響を与える環境要因

環境要因	支持率	環境要因	支持率
換気量	76%	空調機器の保守	9%
室温	55%	清掃状態	6%
騒音レベル	27%	発揮製有機化合物	6%
粉塵	21%	照明の質	6%
個人的環境制御可能度	18%	騒音の質	6%
気流	18%	匂い	3%
日光	12%	プライバシー	0%
熱的不快感	9%	照度	0%

第 3 章 プロダクティビティ向上のための照明制御法とその評価方法の提案

本章では照明が生体リズムに与える影響について述べ、その効果を引き出すための照明制御法について検討する。その後、照明制御の効果を評価するための手法について提案する。

3.1 照明が生体リズムに与える影響

第 2 章で述べたように、オフィスワークの生産性としては、作業のパフォーマンスだけではなく、健康不良や欠勤による影響も大きく関わっている。一方で昨今の 24 時間社会においては、生体リズムの乱れから、睡眠障害やうつ病が大きな問題となっており、オフィスワークのプロダクティビティにも大きな影響を与えていると考えられる。

こうした生体リズムに対しては、光環境の変化が最も強い影響を持つことが知られている。本来、人間の体内時計は 24 時間ではなく、約 24.5 時間サイクルで動いており毎朝光を浴びることによりこのサイクルがリセットされ、24 時間の生活に適応している。こうした光の生体リズムへの影響を、Boyce^[23] は図 3.1 のように深部体温から生体リズムを評価し、強い光を浴びせた場合と弱い光を浴びせた場合の位相の変化を見ることで確認している。

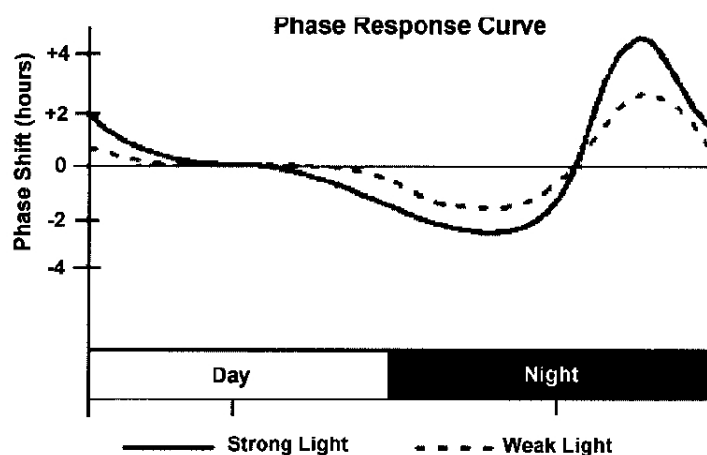


図 3.1: 光による生体リズムの位相の変化^[23]

一方、これまで、オフィスの光環境のコントロールは、視認性や眼精疲労など、光による視神経へのストレスの解消を対象として行われてきた。そのため、オフィスビルでは物が適正に見えるかという観点から、一般に机上面照度を 700lx 程度に設定している。

しかし、Rea ら [24] によって、図 3.2 に示すように、光による物の視認性は 700lx 程度でほぼ 100% となるが、生体リズムの安定したマーカーとして知られているメラトニン分泌量の影響は 700lx 程度ではほとんどなく、1,000lx を越えたあたりから十分な影響を発揮し始める、という報告がなされている。また図 3.3 に示すように、少なくとも

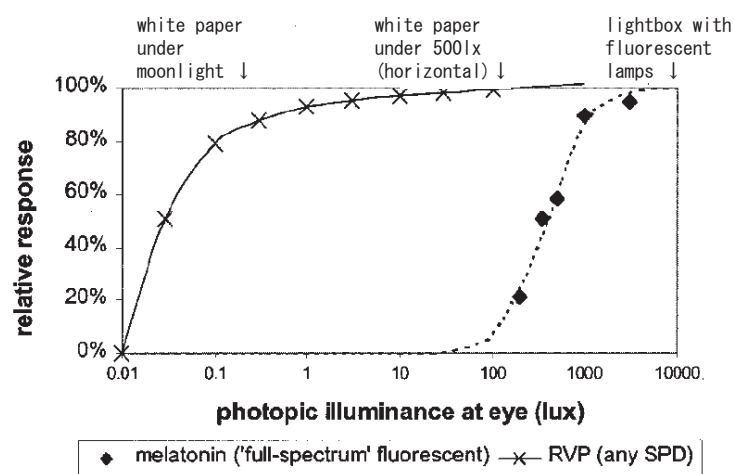


図 3.2: 物の認識とメラトニンの分泌での照度の影響の違い [24]

10,000lx までは、照度が上昇するにつれて覚醒度も上昇する [25] という報告もある。

こうした結果から 700lx という従来のオフィスの照度設定では生体リズムの観点から考えると受光量不足となっており、これが生体リズムの乱れを引き起こし、ひいては睡眠障害やうつ病、覚醒レベルの低下などによりオフィスワークの生産性を減少させていることが考えられる。

3.2 照明制御法の検討

前節で述べたように、従来の机上面照度 700lx 一定という照明制御では、オフィスワークの生産性に悪影響を与えていることが考えられる。そこで本節では、前節で述べた既往研究の知見をもとに、オフィスワークの生産性を向上させる照明制御法として 3 通りのパターンを考え、それぞれについて検討する。

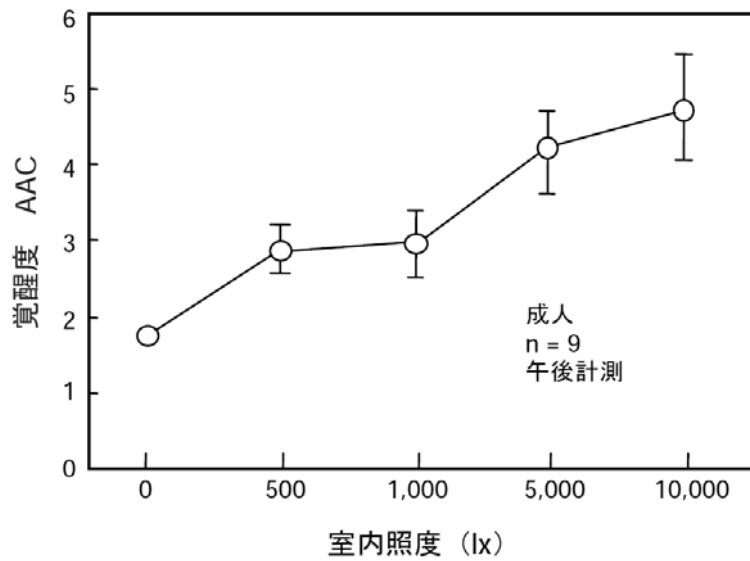


図 3.3: 照度と覚醒レベルの関係^[25]

3.2.1 生体リズム改善のための照明制御パターン

生体リズムの改善のみを目的とし場合、図 3.4 のような照明制御が考えられる。これは、午前中に 1,000lx 以上の高照度光を照射することによって受光量不足を補い、体内時計をリセットして正しい生体リズムのサイクルに戻す。また、残業時間である夕方の 18 時以降はメラトニン抑制効果の強い青色波長の領域を避けた低色温度の照明とし、視認性を保ったまま夜間の良質な睡眠に向けての環境を整える。

この照明制御法では、生体リズムの観点からは十分な効果が期待できるが、オフィス用の照明システムとして考えた場合、午後の照明制御にさらに作業効率を改善する余地があると思われる。

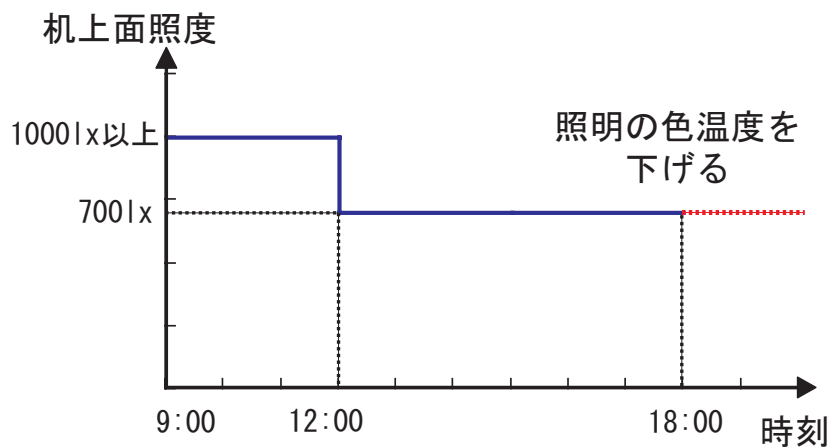


図 3.4: 生体リズム改善のための照明制御パターン

3.2.2 作業効率向上のための照明制御パターン

オフィス作業中の作業効率の向上のみを目的とした場合、図 3.5 のような照明制御が考えられる。これは、勤務時間中は常に 1,000lx 以上の高照度光を照射し、覚醒レベルを高く保つことを目的としている。

この照明制御法では、覚醒レベルが常に高く保たれ、作業効率が向上することが期待されるが、常に緊張状態を強いられるため、疲労が蓄積し、長期的に見た場合パフォーマンスが低下することが懸念される。

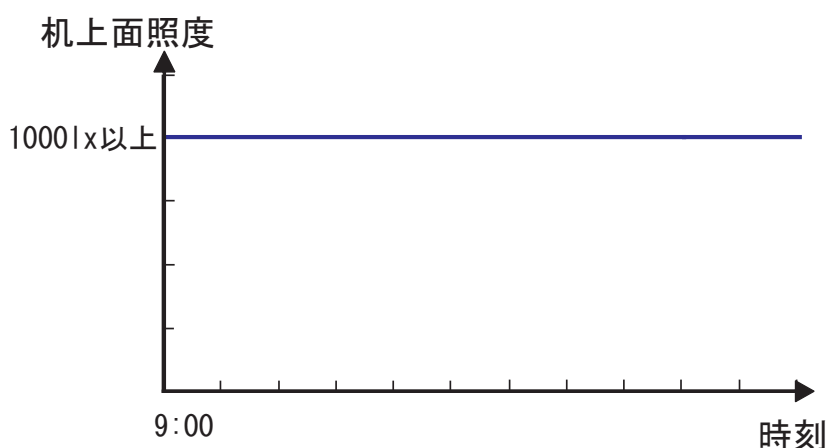


図 3.5: 作業効率向上のための照明制御パターン

3.2.3 バランス型の照明制御パターン

覚醒レベルの向上と疲労による長期的な影響の軽減の両立を目指した場合、図 3.6 のようなバランス型の照明制御が考えられる。これは前項の作業効率向上型同様、午後にも 1,000lx 以上の高照度光を照射するが、主に昼食後の眠気解消を目的とし、1 時間程度の照射後徐々に照度を下げていき、通常のオフィスの設定照度である 700lx にする。また、昼の休憩時間中は照度を 500lx 程度まで下げることで、エネルギー消費の削減になるとともに、仮眠を促すことで、午後の眠気防止のための高照度光の照射による効果を高めることができると考えられる。18 時以降の残業時間においては生体リズム改善型同様、低色温度の照明とすることで、生体リズムを眠りに向けて調整する。

この照明制御法では、生体リズムを改善することによって中・長期的に疲労や疾病を低減するとともに、特に覚醒度の低下する昼食後の眠気を防止することで短期的にもパフォーマンスが向上することが期待される。

本研究では今後、プロダクティビティ向上効果が最も高いと期待される、このバランス型の照明制御パターンについて検討する。

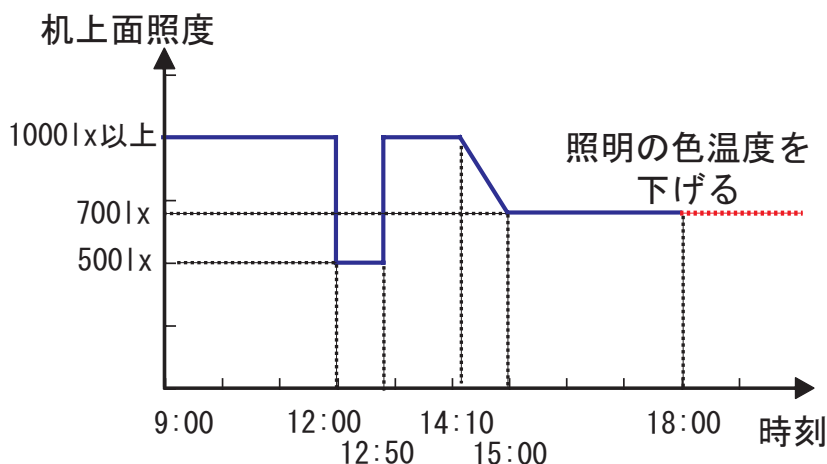


図 3.6: バランス型の照明制御パターン

3.3 照明によるプロダクティビティ向上効果の評価方法

前節で述べたように、照明制御によるプロダクティビティ向上効果には

- 覚醒度向上効果（高照度照射により即時的に、また生体リズムの改善に伴う睡眠の質の向上により中期的に現れてくると考えられる）
- 疲労、疾病低減効果（生体リズム改善により中・長期的に現れてくると考えられる）

の2つの効果によるものがあると考えられ、その評価は即時的なパフォーマンスの測定だけでは行うことができない。そこで本研究では、開発したパフォーマンステストに加え、主観的評価、生理指標による評価を組み合わせることで、照明制御の効果を評価する手法を提案する。

3.3.1 パフォーマンス

パフォーマンスの測定には2.3節で述べたパフォーマンステストCPTOPを用いる。このテストは1時間程度の測定によって、オフィスワークに対応した能力がその環境においてどの程度発揮されているかを評価することが可能である。しかし、昨年度の研究によって、11種のタスクテストのうち、記憶、帰納的推理、情報秩序化、認知速度、時分割、の5つのタスクに関しては習熟の影響により正しく評価が行えない、と

いう問題点があった。また、口頭理解、書面理解、の2つのタスクに関しては問題の文章に対する理解を問うタスクであるため、出題した文章によって難易度に違いが出る、という問題点があった。この2つの問題を解決するため、服部^[26]とともに実験を行った。以下に行った2つの実験に関して述べる。

習熟曲線導出実験

被験者実験によって習熟の傾向を表す習熟曲線を導出し、得られる結果を補正するため、習熟曲線導出実験を行った。実験は、被験者15名に記憶テスト、帰納的推理テスト、情報秩序化テスト、認知速度テスト、時分割テストの順で1セットとしたタスクテストを3日間で計12セット行った。

また、習熟曲線の導出に当たって、以下のような習熟のモデルを考えた。試行回数 n 回目の習熟度を P_n 、初期時点での習熟度を P_1 、習熟による成績向上の限界値を P_{lim} とし、1回の試行ごとに残りの習熟余地 $(P_{lim} - P_n)$ に対して改善率 $r(0 < r < 1)$ 倍の習熟度の上昇があるとし、習熟度を

$$P_n = P_{lim} - (P_{lim} - P_1) \cdot (1 - r)^{n-1} \quad (3.1)$$

であらわす。

実験の結果を図3.7に示す。CPTOPの得点は、各被験者のそのタスクにおける平均点を100として正規化した上で、全ての被験者の得点を平均したものであり、習熟曲線はその平均点に対して最小二乗法を用いて式(3.1)の関数式のあてはめを行ったものである。また、信頼度95%の信頼区間として上限値、下限値を示している。

タスクにより習熟曲線の傾向は異なっているが、いずれのタスクでも習熟曲線は15名の得点の平均値をよく近似していると思われる。表3.1に求められた習熟曲線のパラメータを示す。ここで $k = P_{lim}$ 、 $a = P_{lim} - P_1$ 、 $b = 1 - r$ である。これ以降、ここであげた5つのタスクにおけるCPTOPの得点はこの習熟曲線によって補正をかけたものとする。

難易度評価実験

被験者実験によって口頭理解テスト及び書面理解テストの各問題の難易度を把握し、得られる結果を補正するため、難易度評価実験を行った。実験は口頭理解テスト、書面理解テストともに、1セット3問としたものを、36セット用意し、6日間かけて行った。

実験の結果を図3.8に示す。CPTOPの得点は、各被験者のそのタスクにおける平均点を100として正規化した上で、全ての被験者の得点を平均したものである。書面理

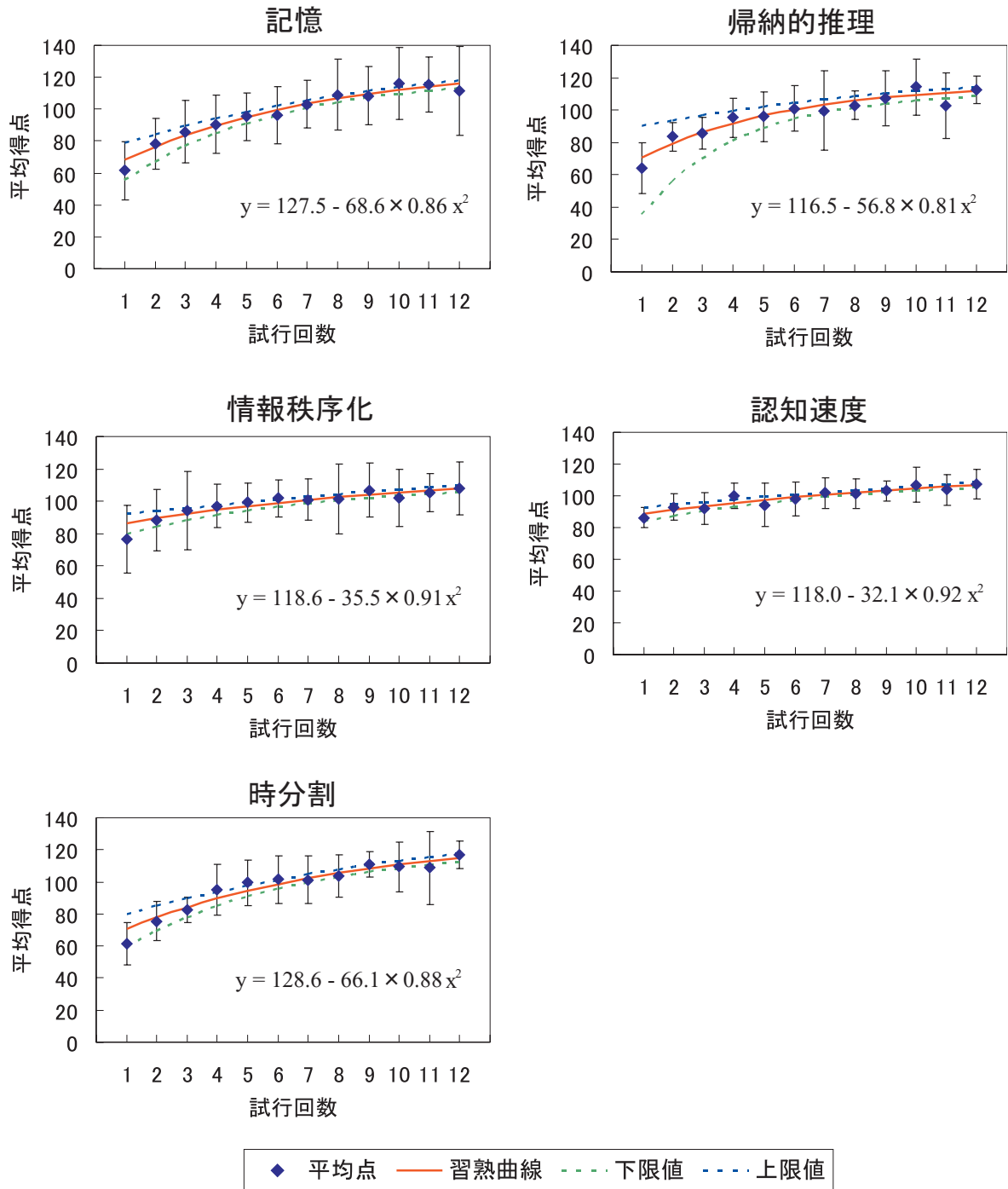


図 3.7: 習熟曲線導出実験の結果

表 3.1: 習熟曲線のパラメータ

	習熟曲線 ($y = k - a \cdot b^x$)			決定係数
	k	a	b	R^2
記憶	127.5	68.6	0.86	0.93
帰納的推理	116.5	56.8	0.81	0.74
情報秩序化	118.6	35.5	0.91	0.85
認知速度	118.0	32.1	0.92	0.88
時分割	128.6	66.1	0.88	0.93

解テストに比べ、口頭理解テストの結果が大きくばらついているが、全員が100点または0点になる事はなく、タスクテストとして不適切な問題はなかった。これ以降、ここであげた2つのタスクにおけるCPTOPの得点は、この実験で得られた各セットの平均点によって割ることで、難易度に関する補正をかけたものとする。

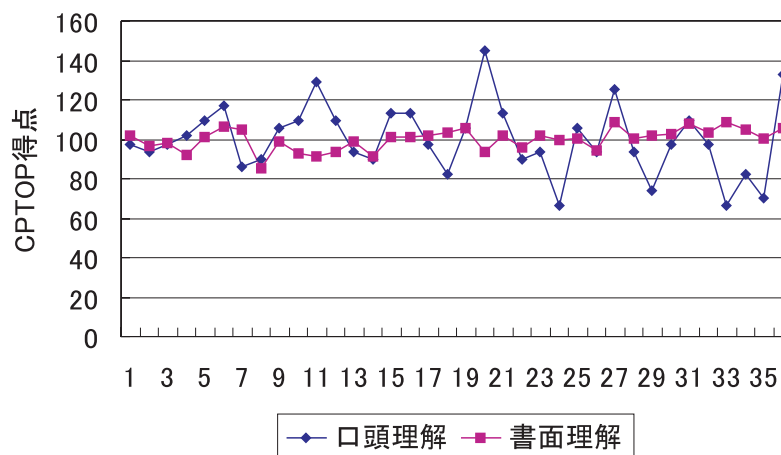


図 3.8: 口頭理解と書面理解テストの各セットにおける難易度

3.3.2 覚醒度

パフォーマンスの向上が照明による覚醒度の向上によるものであることを確認するために、覚醒度を評価することが必要であると考えられる。覚醒度の評価として、医学的に標準化されたものとして脳波がある。覚醒状態から睡眠状態に遷移すると α 波が出現することにより疲労による眠気の評価ができ、航空機のパイロットの疲労・眠

気の評価を行った報告^[27]等がなされている。しかし、脳波の計測は機器の取り扱いが煩雑であることなど課題も多い。

そこで、より簡易に覚醒度を評価する手法として、瞬目により評価することを考える。瞬目とは、まばたきのことであり、「覚醒中の眼瞼の一時的瞬間的閉開」とされている。一般に瞬目は、ウィンクのような意図的なもの（随意性瞬目）、光などの外的な刺激によって誘発されるもの（反射性瞬目）、周期的に生じるもの（自発性瞬目）の3つに分類される。このうち自発性瞬目は覚醒度の評価に有用であるとの報告^[28]が数多くなされている。中でも、Caffierら^[29]は図3.9のように瞼の開閉のスピードから覚醒度を評価する手法を提案しており、閉眼時間(closing time)、再開眼時間(reopening time)、瞬目持続時間(blink duration)が覚醒度の上昇とともに減少すると述べている。

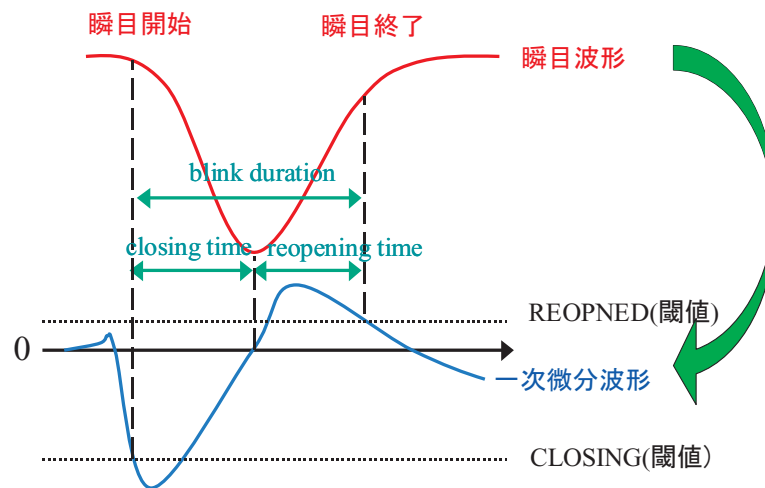


図 3.9: 瞬目の波形による解析

3.3.3 生体リズム

パフォーマンスの向上が照明による生体リズムの改善によるものであることを確認し、またすぐにはパフォーマンスに反映されない生体リズムの改善による効果の評価するために、生体リズムを評価することが必要であると考えられる。生体リズムの変化は深部体温に現れ、これを測定することで評価することが可能であるが、通常深部体温を測定することは困難である。

そこで、生体リズムの最も安定したマーカーとされている^[30]メラトニンを計測し、

生体リズムを評価することを考える。メラトニンは入眠前から体内の濃度が上昇し、生体が夜と認識する時間帯には高い濃度を示し、生体が昼と認識する時間帯では分泌はほぼ消失する。このメラトニン分泌は強い光を浴びることにより抑制されることが知られている。

3.3.4 ストレス

照明による疲労・疾病の低減というようなその場のパフォーマンスでは評価できない効果を評価するために、その時点でのストレス状態を計測し、長期的な影響を推定することを考える。

ストレスという言葉は現在あいまいに用いられているが、Selye^[31]によって「生体が外界から刺激を加えられたときに生体に生じる反応」とされている。生体は外部からストレス刺激を受けると、速やかにストレス応答し、外部刺激に対応することが知られている。しかし、生体のホメオスタシスによって補償できない強いストレス刺激の場合、生体には緊急に防御反応が生じる。その結果交感神経系の活動が副交感神経系の活動に対して優位となり、心拍の増加、呼吸数の増加などが起こる。従って、こうした自律神経系ストレス応答の計測は一過性のストレス反応の評価に有効である。

さらに外部からのストレス刺激が継続になると、交感神経系の緊急反応に続いて内分泌系の変動を伴う生体防御が起こることが知られている。本実験で求められる、照明による効果の評価においては中・長期的な影響を推定することが必要であるため、こうした内分泌系の変化を測定することが有効であると考えられる。こうした内分泌系のストレス指標として、一般にコルチゾールやノルエピネフリン等のホルモンが用いられる。しかし、これらは非侵襲的に採取できる唾液や尿に含まれる濃度が低く、短時間で簡便に測定できないという問題点がある。そこで、山口^[32]によって開発された、唾液中の α -アミラーゼの活性からストレスを評価する手法を用いることを考える。唾液腺におけるアミラーゼ分泌は、交感神経 - 副腎髄質系 (sympathetic nervous - adrenomedullary system: SAM system)、すなわちノルエピネフリンの制御を受けていることがわかっている。このSAM systemには図 3.10 に示すように、ホルモン作用と直接神経作用の2つの制御作用が存在する。このため、ストレス刺激に対し20~30分遅れるホルモン作用に比べ、1~数分という短時間で応答し、簡便かつ短時間で計測することが可能となっている。

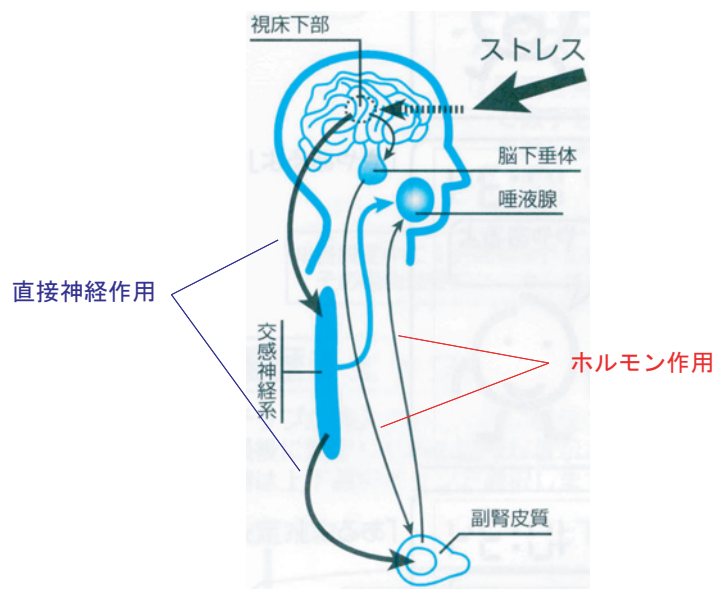


図 3.10: 唾液を用いたストレス測定の原理

第 4 章 照明制御法の効果検証のための基礎実験

本章では第 3 章に示した照明制御法の検証のために行った被験者実験について述べる。

4.1 実験の目的

本実験では、3.2 節で提案した照明制御法の効果を、昨年度開発したパフォーマンステスト CPTOP を中心とした 3.3 節の評価手法を用いて、被験者実験によって定量的に評価することを目的とする。また同時に、1,000lx 以上としていた照明制御の最高照度を異なる値で比較することで、より費用対効果の高い照明制御法を検討する。

4.2 実験方法

4.2.1 被験者

被験者はオフィスワークの経験があり、健康な男性 1 名、女性 5 名の計 6 名 (平均年齢 27.7 歳 : 22 歳 ~ 38 歳) である。各被験者の属性を表 4.1 に示す。表中の平均就寝時刻、平均睡眠時間はともに、実験前に行った普段の生活習慣に関するアンケートへの回答である。被験者には実験参加に当たって、十分な説明をした上で了解を得た。また、実験期間中の日曜午後から金曜午後までの間は飲酒、夜更かしを禁止し、毎日 6 時間以上の睡眠をとるよう教示した。

表 4.1: 各被験者の属性

	性別	年齢	平均就寝時刻	平均睡眠時間
被験者 A	男性	22 歳	AM2 ~ 3 時	8 ~ 10 時間
被験者 B	女性	28 歳	AM2 ~ 3 時	8 時間
被験者 C	女性	36 歳	AM0 時	6 時間
被験者 D	女性	26 歳	AM0 時	6 時間
被験者 E	女性	27 歳	AM1 ~ 2 時	9 時間
被験者 F	女性	27 歳	AM0 時	6 時間

4.2.2 実験環境

実験は照度コントロールの可能な実験室で行った。実験室の俯瞰図を図 4.1 に示す。また実験中の様子を図 4.2 に示す。照度は天井に設置された 12 枚の照明パネル (図 4.1 中、白四角形) 及び補助の二つの丸形シーリングライト (図 4.1 中、白八角形) により 500 ~ 2,000lx までの範囲で調節可能となっている。また、図 4.1 中上側の窓から外光を模擬した光を取り入れることで、さらに照度を上げることが可能となっている。

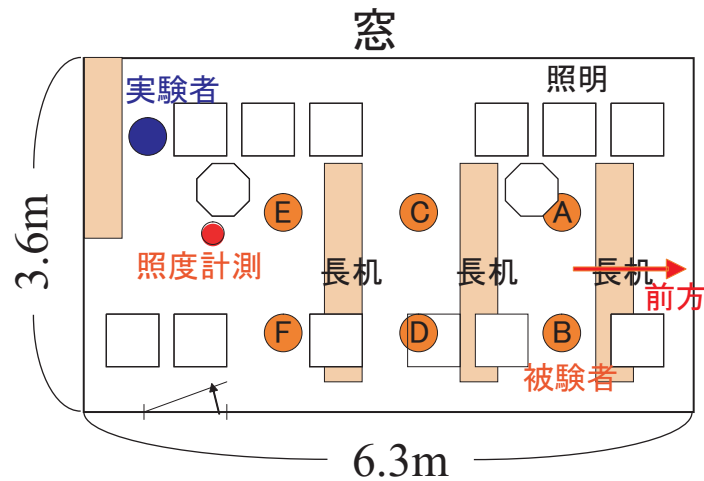


図 4.1: 実験室の俯瞰図



図 4.2: 実験の様子

4.2.3 実験条件

今回の実験では3.2節で示した3つの照明制御パターンのうち、もっとも高い効果が得られると期待されるバランス型(図3.6)を検討の対象とすることとし、1,000lx以上で設定すべき最高照度の値を、標準的なオフィスの推奨照度の2倍である1,400lx(照明条件1)と3倍である2,100lx(照明条件2)になるよう制御した二つの条件を用意する。また、それらとの比較のため、机上面照度を標準的なオフィスの推奨照度である700lxで一定に制御した条件(標準条件)を用意した。

4.2.4 計測項目

本実験では3.3節で述べたように、照明制御の効果を評価するために、パフォーマンス、覚醒度、ストレス、生体リズムに関する指標を計測する。それらに加えて主観の面からも2.2.2項で述べた自覚症しらべを用い、覚醒度や疲労感の裏づけを取る。

また、図4.1中の照度計測点において、図4.3のように被験者の机上面の高さに設置した照度計によって実際の照度を測定する。実際に測定した照度を図4.4に示す。



図 4.3: 照度計

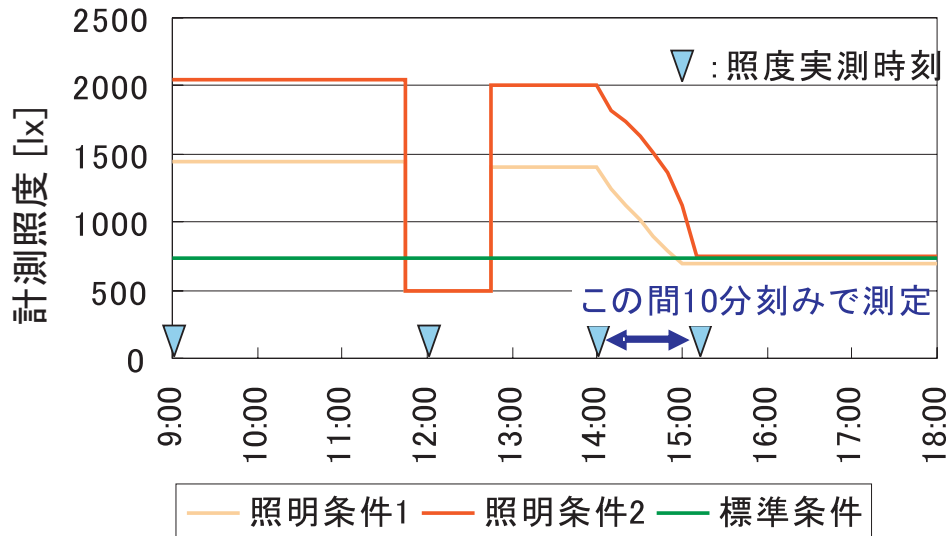


図 4.4: 照度計測点における照度の実測値

パフォーマンス

パフォーマンスの測定には昨年度開発し、3.3 節で改善を行ったパフォーマンステスト CPTOP を用いる。CPTOP は口頭理解、書面理解、口頭表現、文書表現、記憶、数学的推論、演繹的推理、帰納的推理、情報秩序化、認知速度、時分割の順で 1 セットとし、1 セット約 60 分となるようにした。ただし、このうち口頭表現に関してはシステムの問題により結果が正常に取得できず、解析の対象から外した。

覚醒度

覚醒度の評価には図 3.9 に示した瞬目のパラメータを用いる。瞬目の測定は機器の関係上、1 名の被験者のみとし、眼鏡及びコンタクトレンズを装着していなかった被験者 A を対象に測定する。測定はまず、図 4.5 に示すように被験者のまぶた上下に 2mm 程度のプラスチック球に再帰性反射材を貼り付けたマーカーを装着する。図 4.6 のように設置した赤外線 LED による反射光を MATROS 社製 120frame/sec(120fps) の高速カメラ CV A33CL で撮影し、ライブラリ社製ソフトウェア Radish でトラッキングする。そして、上まぶた、下まぶたそれぞれのマーカーの座標からマーカー間の距離を算出し、瞬目の波形とする。

生体リズム

生体リズムの評価のために唾液中のメラトニンを測定する。唾液は脱脂綿を唾液腺付近に含み採取する。採取後即座に冷凍し、専門機関 (SRL 社) によりメラトニン含有

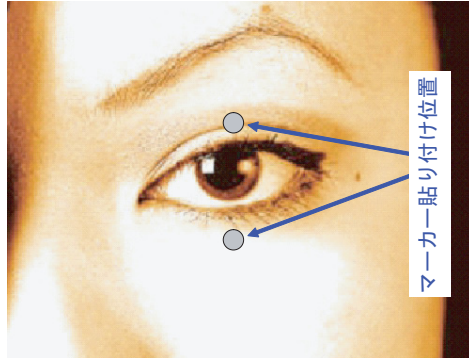


図 4.5: 瞬目計測用のマーカー貼り付け位置

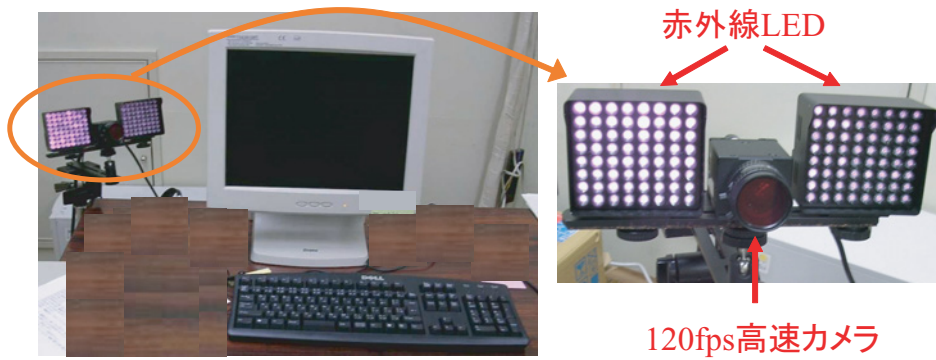


図 4.6: 瞬目計測用の 120fps 高速カメラ

量の検査を行い、唾液中のメラトニン濃度 [pg/mL] の情報を得ている。

ストレス

ストレスの評価には唾液中アミラーゼの活性を用いる。唾液中アミラーゼは図 4.7 に示した Nipro 社製の CocoroMeter により測定する。これは図 4.8 のように、使い捨てのシートを用いて舌下に 30 秒ほど挟むことで唾液を採取するものである。結果はアミラーゼ比活性量 [KU/L] の形で出力され、個人差はあるが、目安として 0~30 [KU/L] ならば、ストレスを感じていない、30~45 [KU/L] ならば、ややストレスを感じている、45~60 [KU/L] ならば、ストレスを感じている、50~200 [KU/L] ならばストレスを感じている、と判断することができる。



図 4.7: CocoroMeter-唾液からのストレス測定器具

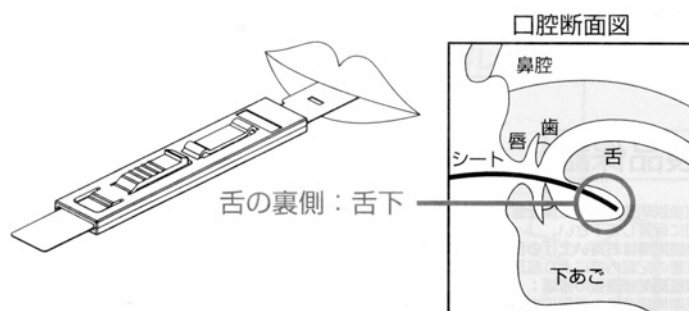


図 4.8: CocoroMeter の唾液採取方法

4.2.5 実験手順

実験は図 4.9 に示す日程の通り、2005 年 12 月 5 日から 12 月 22 日までの土曜日と日曜日を除いた 14 日間行った。このうち、1 週目の月曜日はそれまでの被験者それぞれ

の環境の違いをリセットするため標準条件とし、照明条件の影響をリセットするために間に標準条件を挟み、照明条件1 - 標準条件 - 照明条件2の順で1週間ずつ実験を行った。

実験手順を図4.10に示す。1日を午前、昼食後、夕方の3つに分け、それぞれにおいて初めに自覚症しらべを行い、1時間程度通常のオフィス業務を模擬した作業を行った後、CPTOPを実施する。その後アミラーゼの唾液採取と自覚症しらべを実施する。それに加えて、アミラーゼの基準として各日の実験開始前に唾液採取を実施する。また、各日の就寝直前にメラトニンのための唾液採取を実施する。ただし、CPTOPの問題数の関係から、各条件1日目、4日目以外は午前中のCPTOPの代わりにオフィス業務の模擬作業を実施する。この模擬作業は負荷として与えるもので、解析の対象とはしない。

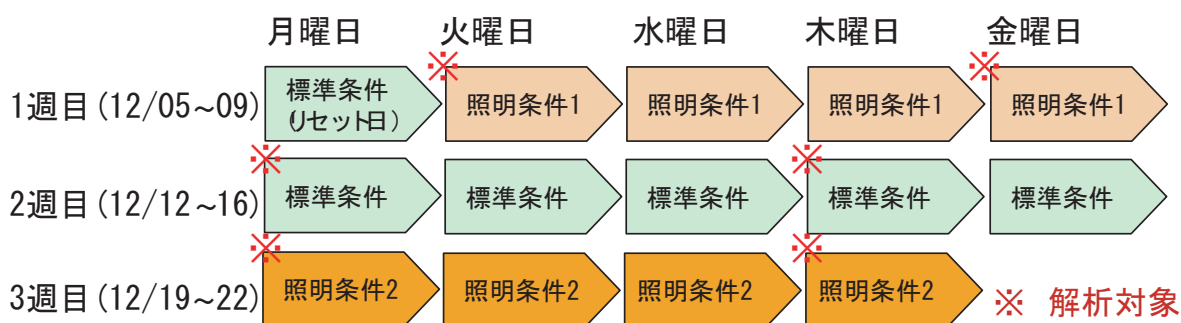


図 4.9: 実験の日程

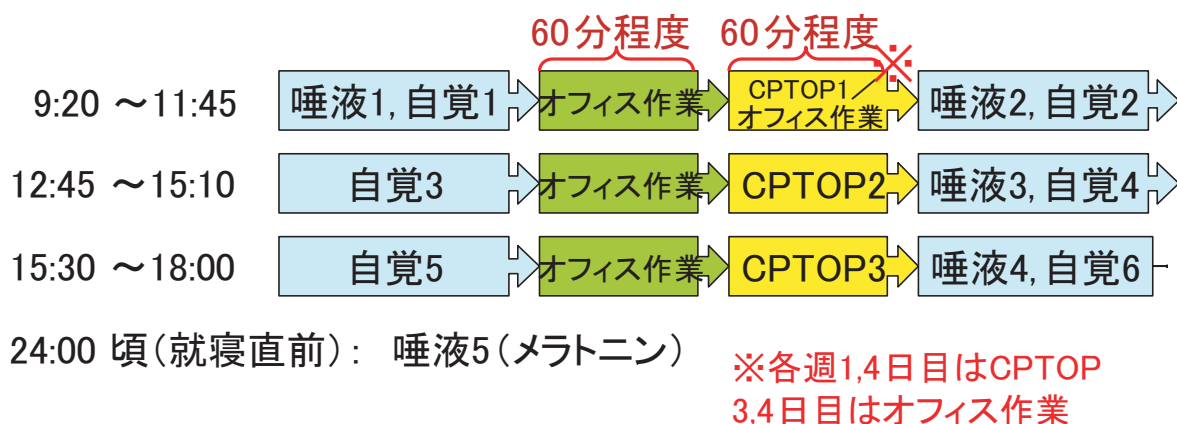


図 4.10: 実験手順

4.3 実験結果

4.3.1 パフォーマンス

CPTOP の全被験者の平均得点を図 4.11、4.12 に示す。CPTOP の各タスクの結果は正答率や所要時間など様々な形となるが、このままでは、被験者全体の傾向を見ることが、各タスクの点数を足し合わせて総合的な得点を見ることが出来ず、環境の違いを測るという CPTOP の目的を果たせない。このため、ここでは各被験者ごとに、タスクごとの全日程での平均点を基準として 100 点とすることで正規化を行っている。以下、CPTOP 得点とは正規化した得点を指す。また、正規化する前の各被験者の得点の一覧を付録 A.1 に示す。

結果より、同一の環境であるはずの標準条件の 5 日間において、口頭理解テストで 25.9、数学的推論テストで 30.5 と大きな標準偏差の値を取っていることがわかる。このうち、口頭理解テストに関しては 3.3 節で述べたように、書面理解テストと共に被験者実験の結果から難易度による補正をかけている。しかし、図 4.13 に示すように、口頭理解テストと書面理解テストの各セットごとの点数を、難易度評価実験時のものと比べると、書面理解テストでは相関係数 $R^2 = 0.51$ と相関関係が見られ、難易度の補正が出来ていると思われるが、口頭理解テストでは相関関係が見られず、難易度の補正に失敗していると考えられる。

この原因として、口頭でのタスクは雑音など、周囲のわずかな環境変動の影響も受けやすく、それがノイズとなってしまっていることが考えられる。また、各セットごとに、決まった数式にランダムに数字を入れることで難易度にばらつきが出ないよう問題を作成した、数学的推論テストに関しても、難易度のばらつきのあることが示唆されている。これは同じ数式でも、入れた数の大きさ、分数が既約になる場合とならない場合、などの違いが結果に大きな差となって現れたものと考えられる。

また、全体の平均に関して標準条件と各照明条件の結果を比較すると、1 日目～4 日目までの全ての日において、照明条件 2 の得点が標準条件の得点より有意に高くなっているが (1 日目 : $p < 0.001$ 、2 日目 : $p < 0.05$ 、3 日目 : $p < 0.001$ 、4 日目 : $p < 0.001$)、照明条件 1 と標準条件の間には有意差は見られない。

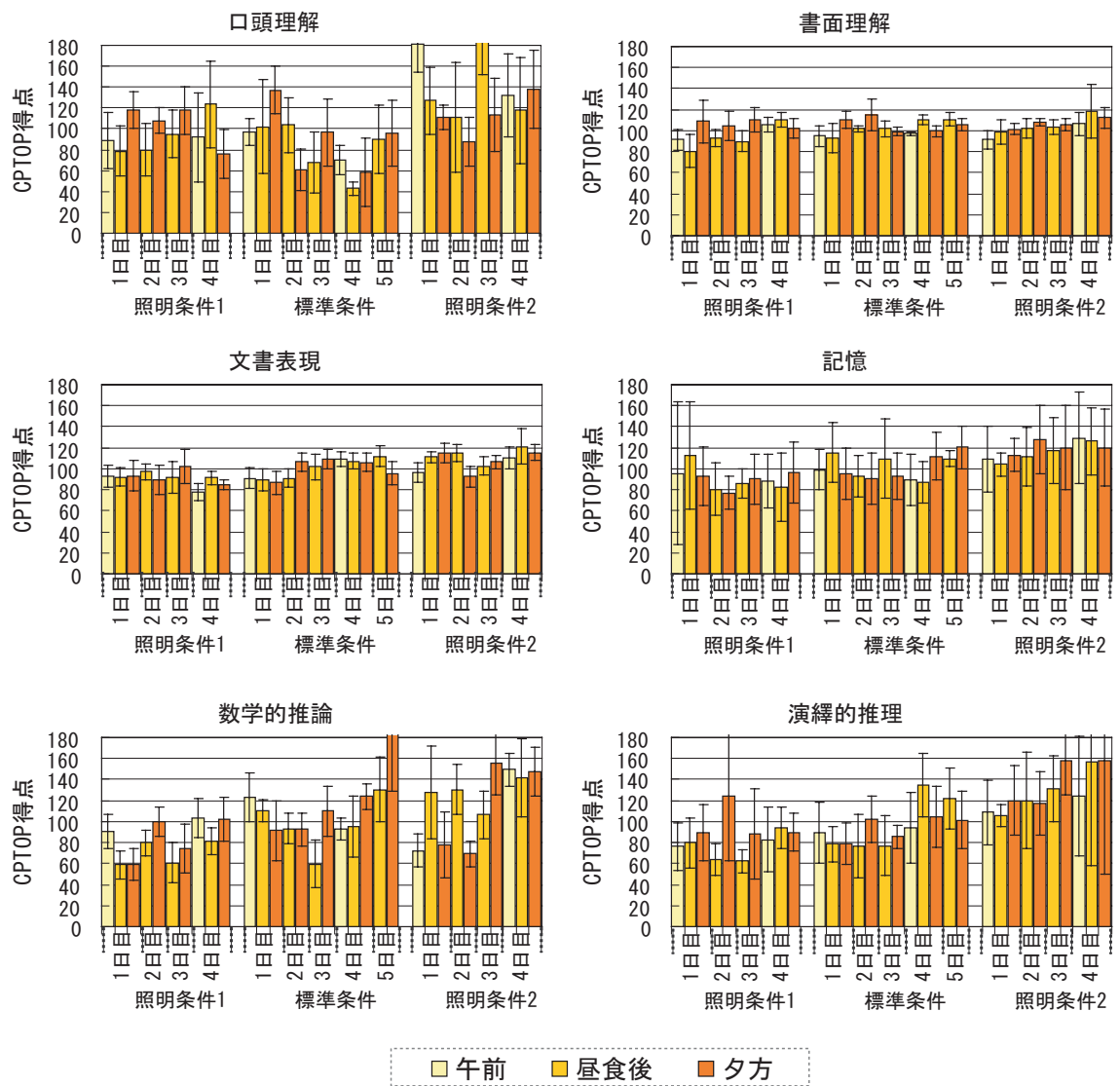


図 4.11: 全被験者の平均 CPTOP 得点 (前半)

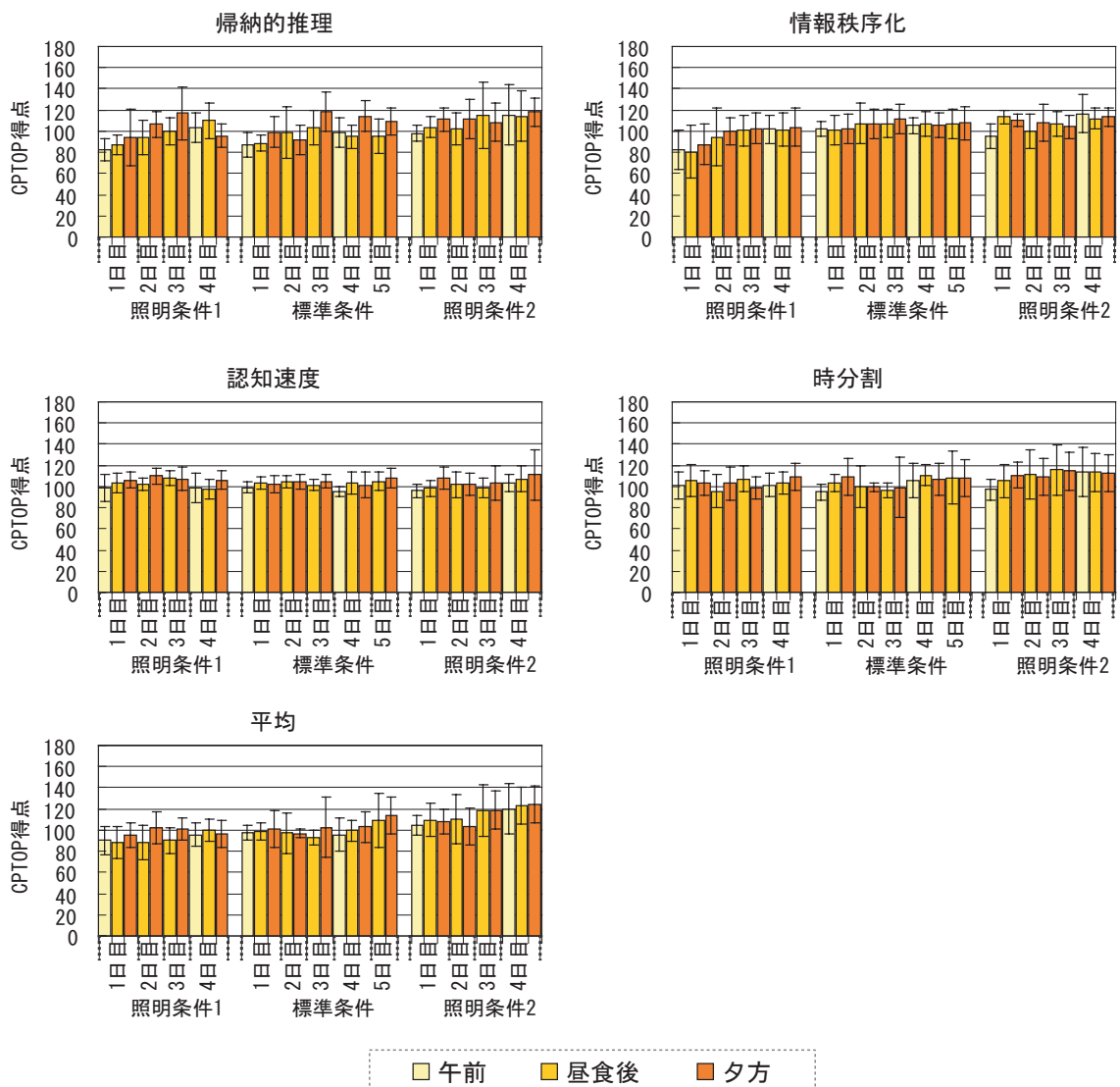


図 4.12: 全被験者の平均 CPTOP 得点 (後半)

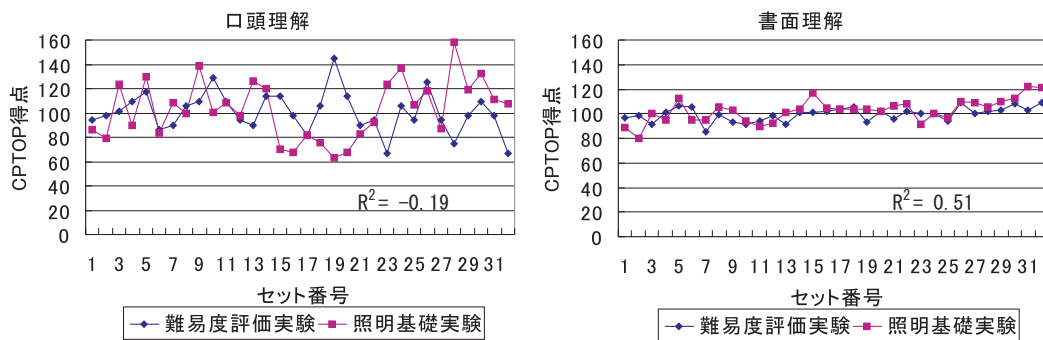


図 4.13: 口頭理解、書面理解の得点に関する難易度評価実験との比較

4.3.2 覚醒度

瞬目の結果を図 4.14 に示す。結果は被験者 A の CPTOP を開始してから終了するまでの間の全瞬目について、それぞれのパラメータで平均を取ったものである。またノイズや随意性の瞬目を除くため、 $0.15 < \text{closing time}$ かつ $0.05 < \text{blink duration} < 0.5$ の条件を満たすものだけを瞬目として採用した。但し照明条件 1 の 1 日目午前中に関しては、機器の操作ミスのため、データが未取得となっている。

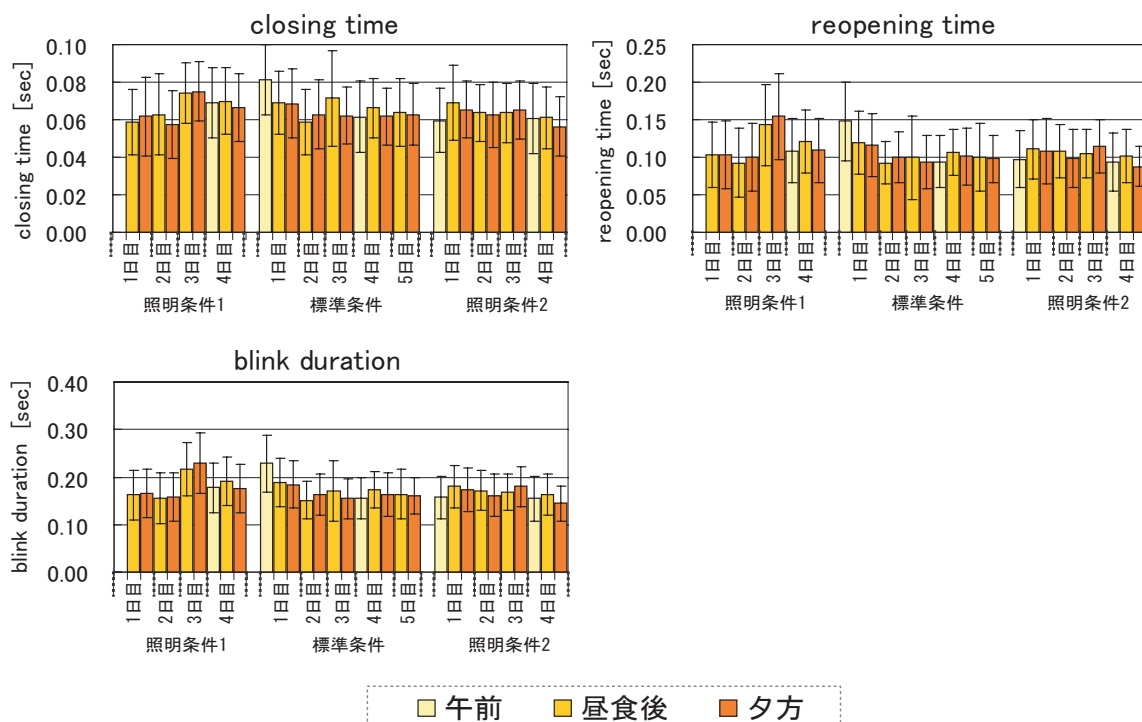


図 4.14: CPTOP タスク中の瞬目波形の解析結果 (被験者 A)

結果より、3つの指標共に照明条件 1 の 3 日目から標準条件の 1 日目にかけて高い値となっており、覚醒度の低下が示唆される。標準条件と各照明条件の間では差は見られず、覚醒度に大きな違いは無いと考えられる。

4.3.3 生体リズム

メラトニン濃度の結果を表 4.2 及び図 4.15 に示す。表中、no data となっているものは記録の無いものである。また、メラトニン濃度 2.8 [mg/L] 未満は測定することが出来ないため、2.8 未満としている。

照明条件では、日中高照度光を浴びることにより、メラトニン分泌が抑制されてい

表 4.2: 各被験者の唾液中メラトニン濃度 [mg/L]

	被験者 A		被験者 B		被験者 C	
	採取時刻	数値	採取時刻	数値	採取時刻	数値
照明条件 1(前日)	23:15	3.3	N/A	2.8 未満	23:45	6.1
照明条件 1(1 日目)	22:30	3.3	N/A	2.8 未満	23:30	16
照明条件 1(2 日目)	23:10	4.4	N/A	2.8 未満	23:00	5.6
照明条件 1(3 日目)	23:35	6.7	N/A	2.8 未満	23:00	5.6
照明条件 1(4 日目)	01:35	17	N/A	2.8 未満	22:30	5.6
標準条件 (前日)	23:15	3.3	N/A	2.8 未満	23:00	7.2
標準条件 (1 日目)	22:45	4.4	N/A	2.8 未満	22:30	5
標準条件 (2 日目)	23:20	7.2	N/A	2.8 未満	22:30	2.8 未満
標準条件 (3 日目)	23:25	12	N/A	4.4	22:45	3.9
標準条件 (4 日目)	23:10	8.3	N/A	2.8	22:50	5
標準条件 (5 日目)	01:05	14	N/A	2.8 未満	23:00	3.3
照明条件 2(前日)	00:15	11	N/A	2.8 未満	22:50	5
照明条件 2(1 日目)	06:55	7.2	N/A	2.8 未満	23:00	13
照明条件 2(2 日目)	23:20	5.6	N/A	2.8 未満	23:00	7.8
照明条件 2(3 日目)	00:20	6.7	N/A	2.8 未満	23:00	17
照明条件 2(4 日目)	01:20	18	00:00	4.4	23:00	16
	被験者 D		被験者 E		被験者 F	
	採取時刻	数値	採取時刻	数値	採取時刻	数値
照明条件 1(前日)	23:55	2.8 未満	N/A	2.8 未満	23:55	22.0
照明条件 1(1 日目)	23:15	6.7	N/A	2.8 未満	00:00	6.7
照明条件 1(2 日目)	00:30	10.0	N/A	2.8 未満	00:30	2.8 未満
照明条件 1(3 日目)	23:30	8.3	N/A	6.1	00:00	18.0
照明条件 1(4 日目)	03:15	4.4	N/A	6.1	00:55	28.0
標準条件 (前日)	N/A	5.0	N/A	7.8	00:20	17.0
標準条件 (1 日目)	23:45	4.4	N/A	2.8 未満	N/A	16.0
標準条件 (2 日目)	23:30	4.4	N/A	2.8 未満	00:30	4.4
標準条件 (3 日目)	23:45	4.4	N/A	2.8 未満	00:00	11.0
標準条件 (4 日目)	23:30	3.3	N/A	7.2	00:00	15.0
標準条件 (5 日目)	00:10	2.8 未満	N/A	2.8 未満	00:30	28.0
照明条件 2(前日)	23:30	2.8 未満	N/A	2.8 未満	00:15	18.0
照明条件 2(1 日目)	23:30	3.9	N/A	N/A	01:00	6.1
照明条件 2(2 日目)	00:00	4.4	N/A	2.8 未満	00:00	10.0
照明条件 2(3 日目)	23:45	5.6	N/A	3.3	00:20	19.0
照明条件 2(4 日目)	00:50	3.9	23:50	3.9	00:30	12.0

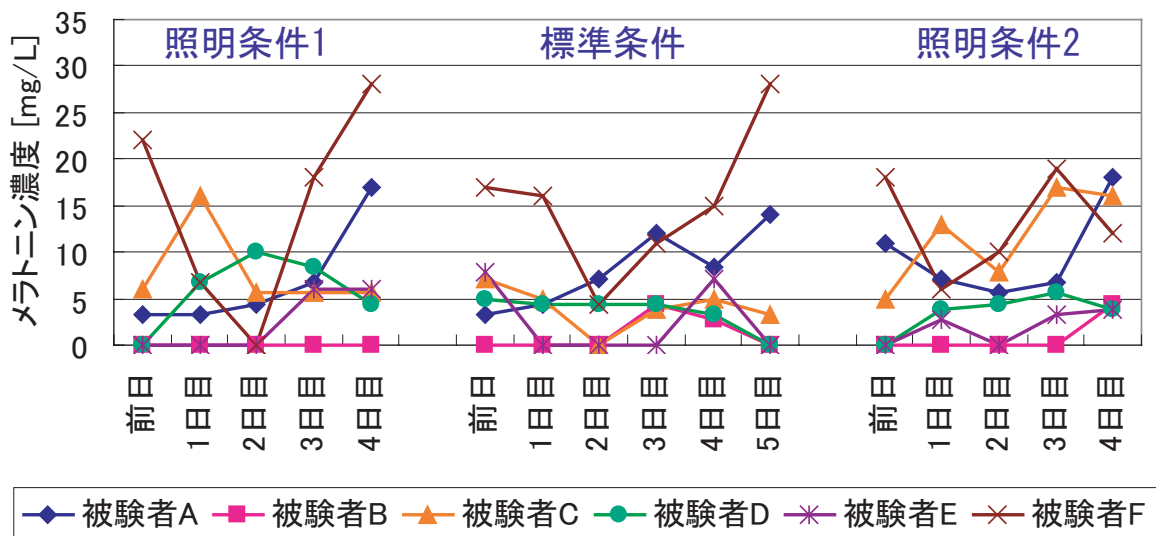


図 4.15: 各被験者の唾液中メラトニン濃度 [mg/L]

るため、夜間はその分多量に分泌され、良質な睡眠が促されると期待されていたが、被験者C以外ではそういった傾向は見られない。この原因としては、今回の被験者6名はいずれも健康な者であり、睡眠障害等をもたないため、高照度光により日中はメラトニンの分泌が抑制され、覚醒度が高まるものの4日間の照射では生体リズムを更に向上させるには十分ではない可能性が考えられる。

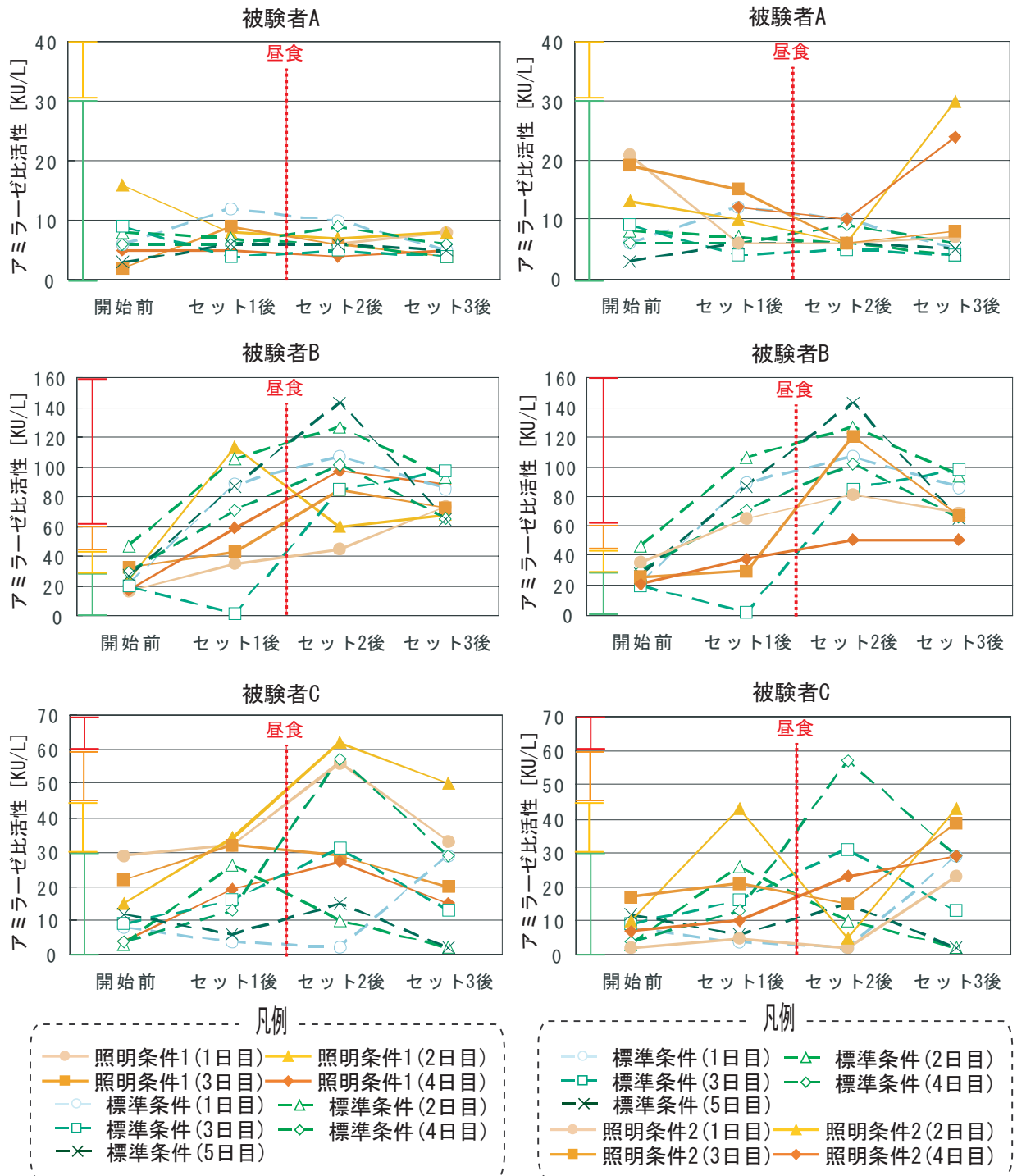
4.3.4 ストレス

アミラーゼ比活性量の結果を図 4.16、4.17 に示す。

ストレスのある、なしの目安として設定されている 30 [KU/L] を超えない被験者 A、D、F と超えるときのある被験者 C、大きく超えている被験者 B、E に分かれている。このうち被験者 A、D、F に関しては、照明条件で標準条件よりもストレスを感じている傾向が示されているが、いずれも大きな値とはなっていない。ストレスをある程度感じていると考えられる、被験者 B、C、E では、セット 2 まで徐々にストレスが上がっていくが、セット 3 の終了後には減少する傾向が見て取れる。これは作業からの開放に対する安心感によるものであると思われる。

照明条件1 - 標準条件の比較

標準条件 - 照明条件2の比較

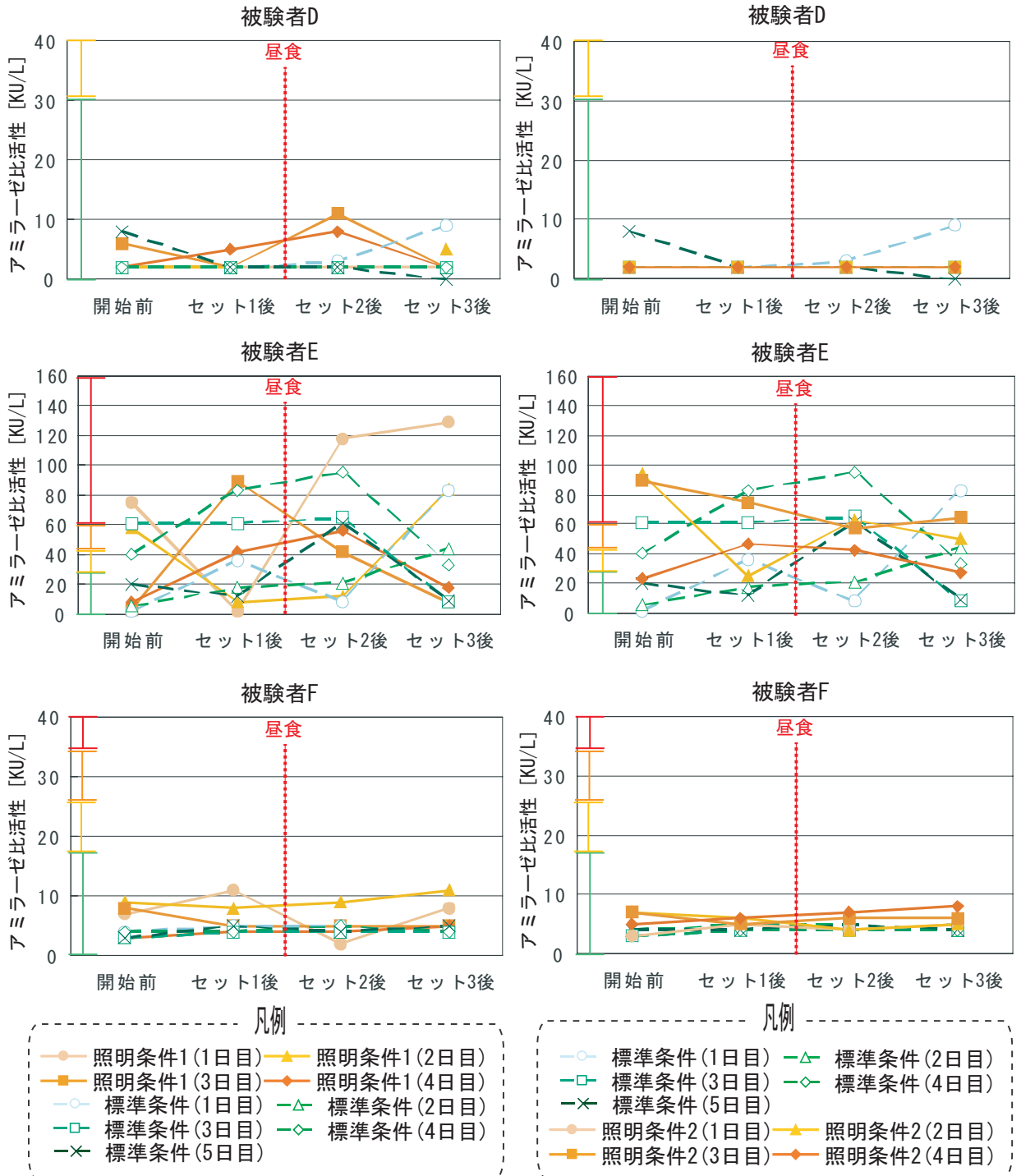


ストレス指標 : (0~30) ない, (30~45) ややある, (45~60) ある, (60~200) だいぶある

図 4.16: アミラーゼ比活性量 [KU/L](被験者 A ~ C)

照明条件1 - 標準条件の比較

標準条件 - 照明条件2の比較



ストレス指標 : ┃ (0~30) ない, ┃ (30~45) ややある, ┃ (45~60) ある, ┃ (60~200) だいぶある

図 4.17: アミラーゼ比活性量 [KU/L](被験者 D ~ F)

4.3.5 主観評価

自覚症しらの眠気感、不安定感、不快感、だるさ感、ぼやけ感、及びそれらの平均を取った疲労感訴えの総合得点に関して、全被験者の平均を取ったものを図 4.18 に示す。これはそれぞれ、平均値を 1 として正規化したものである。正規化する前の各被験者の自覚症しらの結果を付録 A.2 に示す。

自覚症しらの結果として、照明により覚醒度が向上し、眠気感が下がることが期待された。しかし、照明条件 2 の 1 日目においてこそ標準条件より有意に訴えが下がっているが、2 日目以降では統計的差は見られない。しかし、疲労感訴えの総合得点では、照明条件 2 の 3 日目を除く 3 日間において標準条件よりも総合的な疲労の訴えが有意に低く、照明が何らかの影響を及ぼしている事が示唆された。

4.4 考察

CPTOP の結果から照明条件 2 においては、1 日目～4 日目までの全ての日で標準条件より有意に高得点となっており、また、照明条件 2 の 4 日間の間でも 1 日目と比較して 3 日目 ($p < 0.05$)、4 日目 ($p < 0.01$) と有意に得点が向上しており、照明によってパフォーマンスが向上していると考えられる。一方で、照明条件 1 では、標準条件の得点との間に有意差は無く、高照度光は 1,400lx 程度では効果が無く、2,100lx 程度から効果を現す事が示唆される。また、本実験の目的は定量的な評価であるため、照明実験 2 と標準条件の 4 日目において、仮説平均との差異を設定して検定を行ったところ、表 4.3 に示すように仮説平均との差異を 9 ポイントとして、照明条件 2 で標準条件よりも有意に高得点となった ($p < 0.001$)。CPTOP の得点は 100 を基準としているため、この結果より、2,100lx で図 3.6 の照明制御を 4 日間行えば、9%のパフォーマンス向上が見込めると考えられる。

しかし、一方で、CPTOP によるパフォーマンス評価の裏づけとなるべき瞬目による覚醒度評価の結果には照明の影響は見取れない。これは図 4.20 に示すように、被験者 A は他の被験者に比べ、照明条件での成績の向上度が 4 日目で平均 6.3 ポイントと全被験者の平均 23.0 ポイントに比べてかなり低く、そもそも照明の効果を受けにくかったためと考えられる。

また、生体リズムの評価のために測定したメラトニン、ストレスの評価のために測定したアミラーゼの結果も照明による効果を示すものとはなっていない。この原因として、これら二つの指標はともに、生体リズムの改善、ストレスや疾病の低減、と問

照明条件1 - 標準条件の比較

標準条件 - 照明2条件の比較

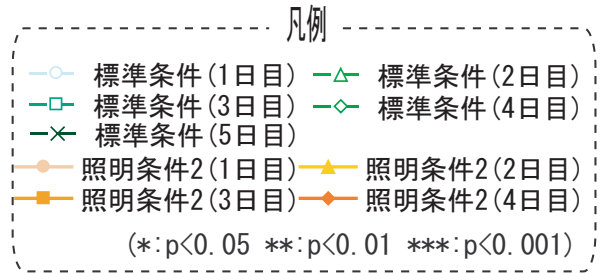
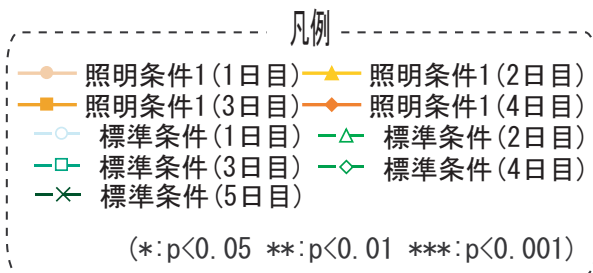
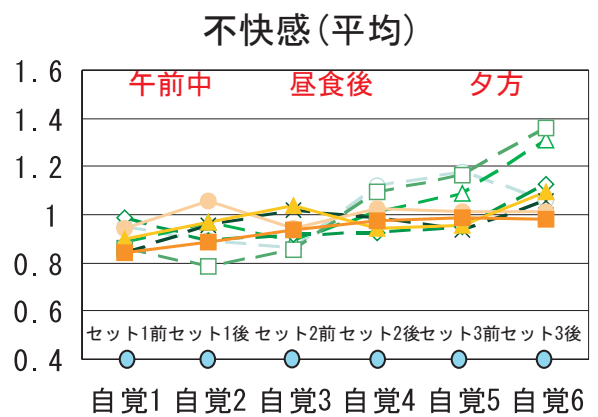
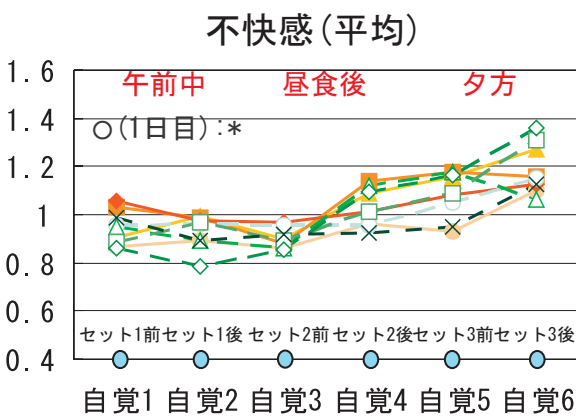
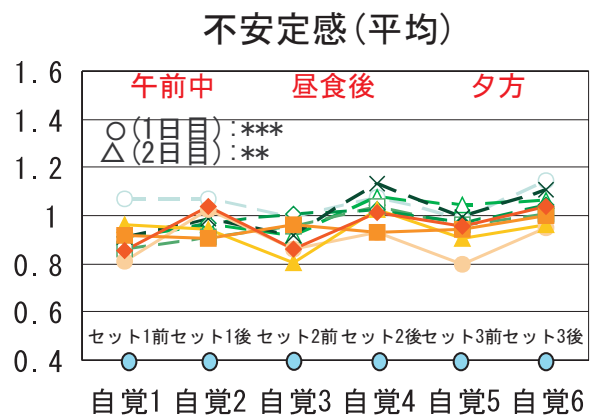
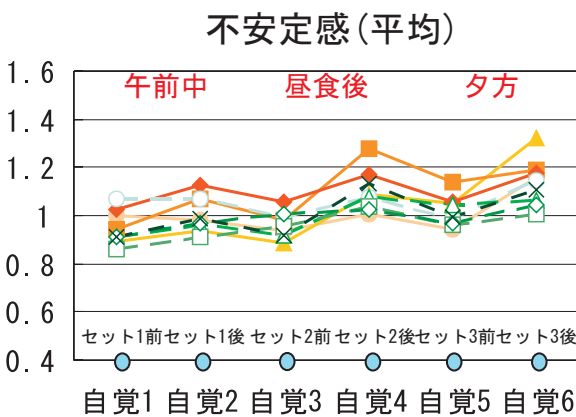
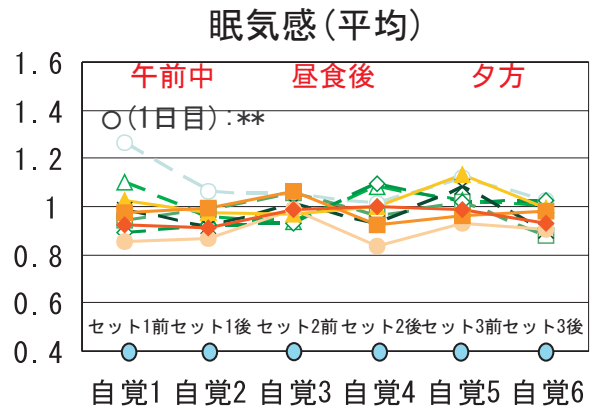
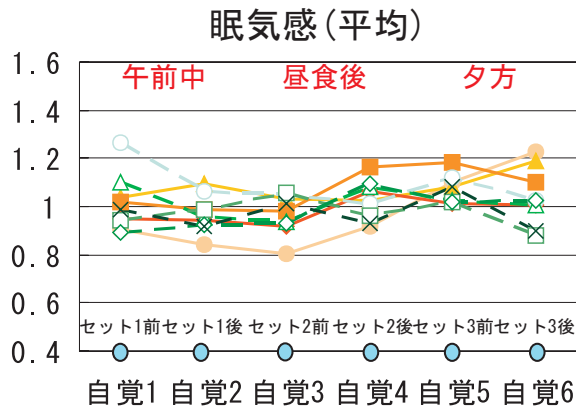


図 4.18: 自覚症しらべ訴え得点の平均(眠気感、不安定感、不快感)

照明条件1 - 標準条件の比較

標準条件 - 照明条件2の比較

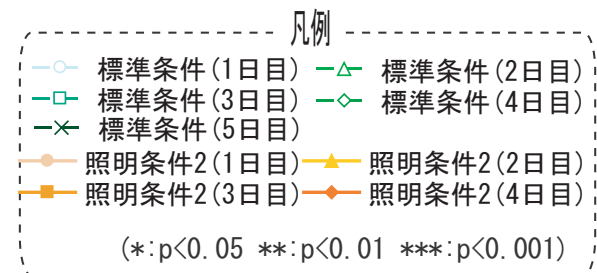
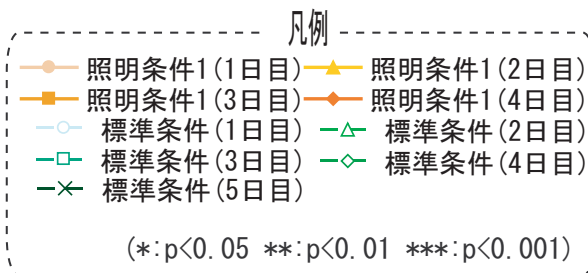
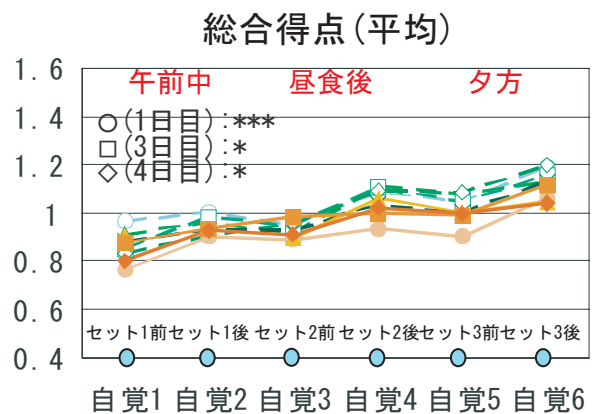
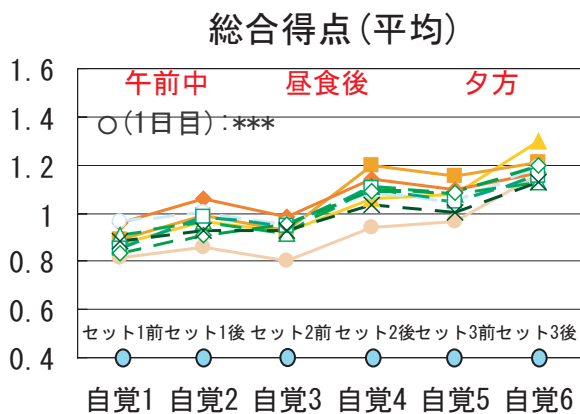
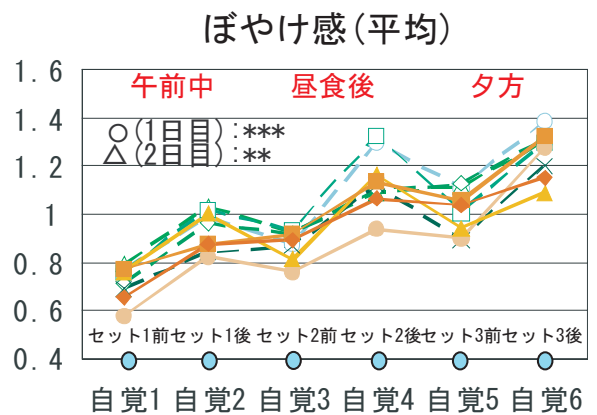
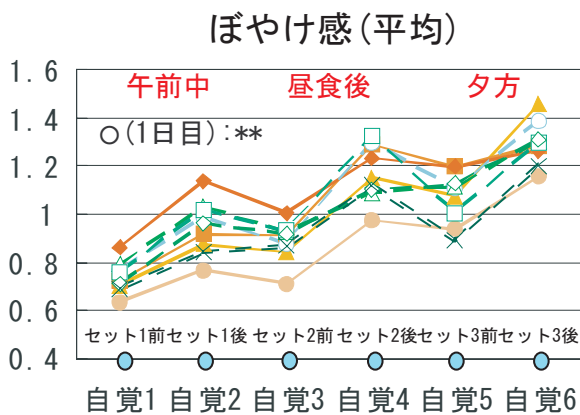
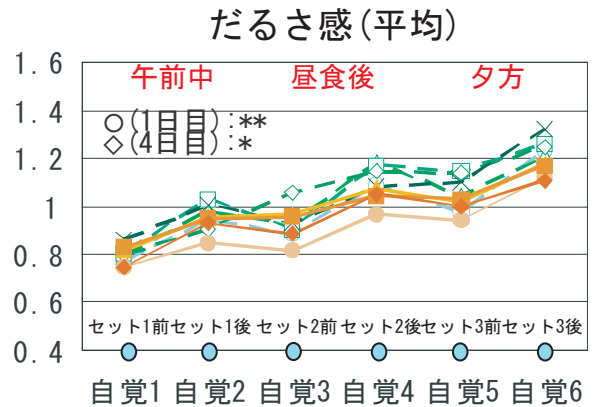
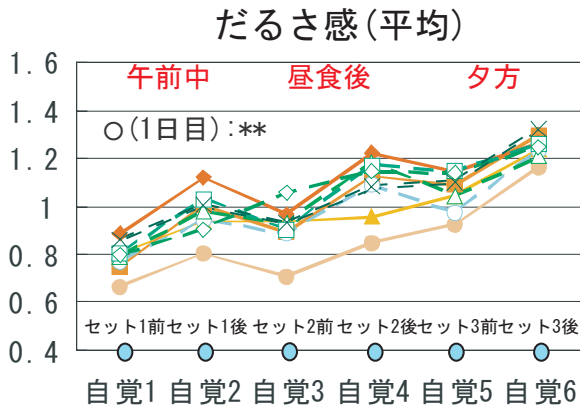


図 4.19: 自覚症しらべ訴え得点の平均(だるさ感、ぼやけ感、総合得点)

表 4.3: 照明条件 2 と標準条件の 4 日目における CPTOP 得点の差異

	照明条件 2 の CPTOP 得点	標準条件の CPTOP 得点
平均	122.5	99.5
分散	246.7	30.8
観測数	18	18
ピアソン相関		0.47
仮説平均との差異		9.00
自由度		17.00
t		4.25
P(T ≤ t) 片側		0.0003
t 境界値 片側		1.74
P(T ≤ t) 両側		0.0005
t 境界値 両側		2.11

題のある状態を想定したものだったが、今回の被験者はいずれも健康に問題が無かったため、大きな影響が現れなかったことが考えられる。また、こうした効果が現れるには 4 日間では短すぎる事も原因として考えられる。

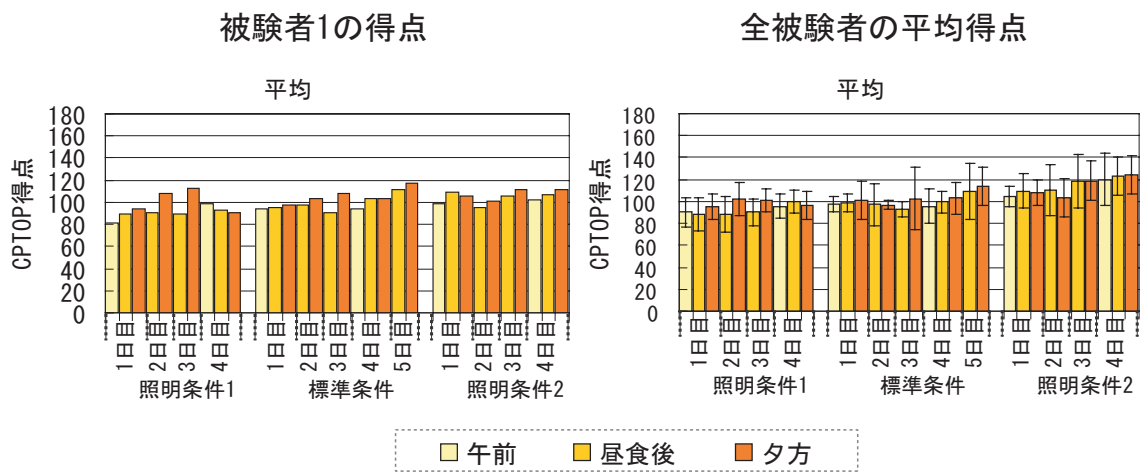


図 4.20: 被験者 A と全被験者の平均 CPTOP 得点の比較

第 5 章 実オフィスにおける照明制御法の効果検証実験

本章では、第 3 章で提案した照明制御法の実際のオフィスにおける有効性を検討した効果検証実験について述べる。

5.1 実験の目的

第 4 章の実験の結果から、実験室においてはプロダクティビティ向上のための照明制御法に一定の効果が見られた。そこで、この照明の効果が実際のオフィスワークにおいても有効であるかどうかを検証することを目的とする。

5.2 実験方法

本実験では、被験者は通常のオフィスワーカーであり、実験期間中も普段の業務をこなしている。このため実験の実施に当たって、次に示すような制約がある。

- こなすべき仕事の量は日によって違い、突発的に仕事が入ることもあるため、予め実験日を完全に定めておくことはできない。
- 実験の実施時間に関しても、1 日のうち被験者の都合のいい時間帯とする。
- 通常の業務の妨げとならないよう、実験のために割く時間は 1 日当たり 10 分程度とする。

以上の制約を考慮に入れ、以下に記すような方法で実験を実施した。

5.2.1 実験環境

実験は、A 社経理部門(通常のオフィス)のワンフロアにおいて、その一部に図 5.1 に示すように、天井に机上面照度を 300lx ~ 3,500lx の範囲で制御可能な照明装置を設置した空間で行った。実験の様子を図 5.2 に示す。

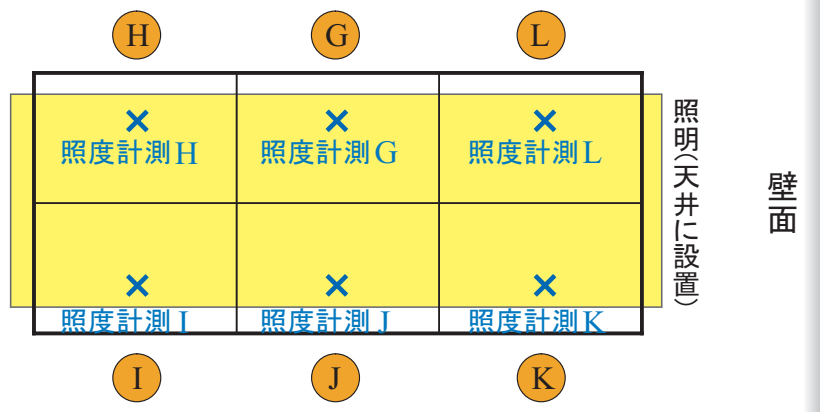


図 5.1: 実験場所の俯瞰図



図 5.2: 実験の様子

5.2.2 実験条件

今回の実験では3.2節で示したバランス型(図3.6)の制御パターンを用い、効果が顕著に現れるように、最高照度を3,500lxと高めに設定した(照明条件)。また比較のため机上面照度をオフィスの標準の照度設定である700lx一定とした標準条件を用意し、照明条件の前後に実施した(標準条件(前半)、標準条件(後半))。照明条件の各日において、図5.1の各照度計測ポイントで記録した照度を図5.3に示す。

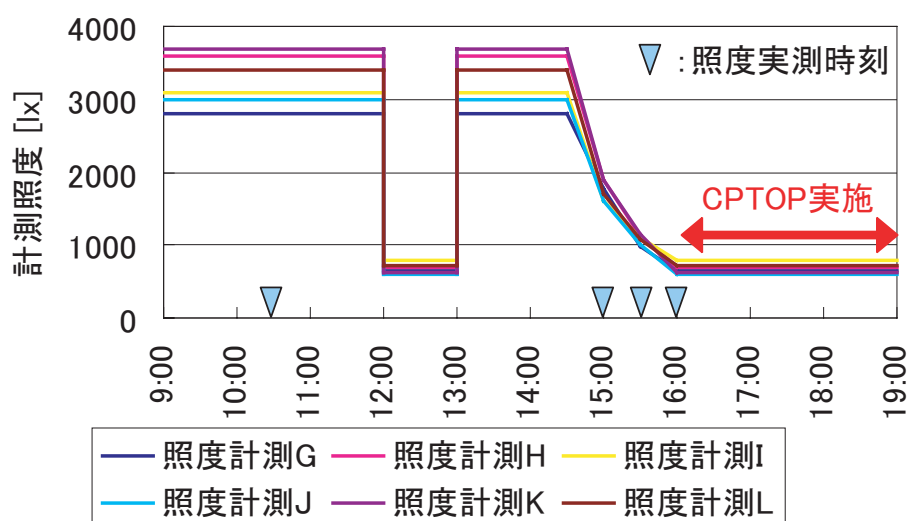


図 5.3: 被験者ごとの机上面照度の実測値

5.2.3 計測項目

CPTOP

実験に使える時間は10分であるため、通常のCPTOP1セット分(1時間)を実施する時間は無い。そこで今回の実験の対象である経理処理作業に必要な能力をアンケートによって抽出し、その能力に対応するタスクのみを短縮版として実施する。アンケートの結果を図5.4に示す。この結果から書面理解能力、口頭表現能力、認知速度能力が経理処理作業に必要な能力だと考えられる。このうち口頭表現のタスクはオフィスで実施するには不向きであるため、認知速度5分、書面理解5分として計10分で1セットとし、実験日の夕方に実施する。

実作業量

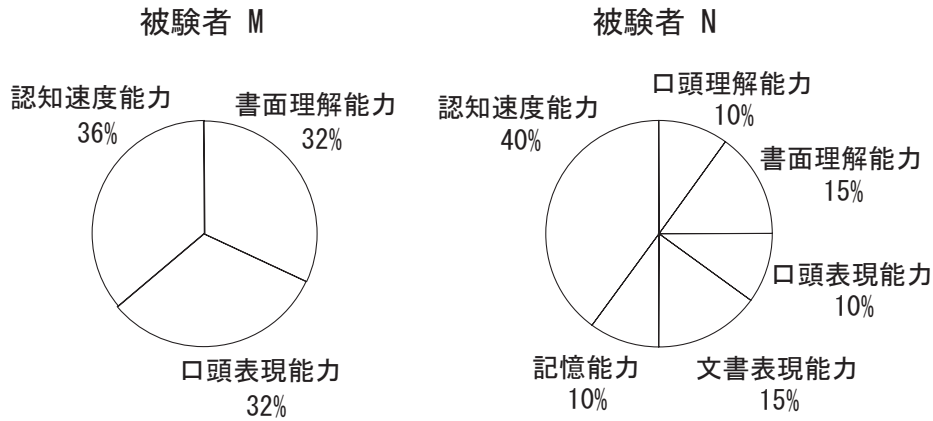


図 5.4: 経理処理に必要な能力のアンケート結果

CPTOP 実行日と同日に、被験者に任意の一時間程度の時間を選んでもらい、経理処理作業の伝票処理枚数を計測し、1 分間あたりの伝票の処理枚数を実作業量とする。経理処理作業は紙の伝票から必要なデータを抽出し電子データとして記録するとともに、伝票の整合性をチェックし、問題があれば作成者に問い合わせするという作業である。

5.2.4 実験手順

実験は 2005 年 11 月 21 日～2006 年 1 月 12 日に行った。この期間中で被験者が平均的な作業量である日を選択し、実験日とする。ただし、照明条件に関しては、照明による生体リズムへの影響を計測するために、連続して実施する必要がある。このため、事前に極端な作業が入らないと考えられる日として、12/12(月)、12/13(火)、12/15(木)、12/16(金)の4日間を選択し、その4日間を含む1週間を照明条件とする。その前後約3週間を標準条件の実験期間とし、その中から3日間ずつを各被験者が実験日として選択する。

5.2.5 被験者

被験者は普段から経理処理作業に従事する男性 1 名、女性 5 名の計 6 名。各被験者の属性を表 5.1 に示す。被験者には実験前に実験内容に関して十分説明を行った上で了解を得た。

表 5.1: 各被験者の属性

	性別	年齢
被験者 G	女性	20 代
被験者 H	女性	20 代
被験者 I	女性	20 代
被験者 J	女性	20 代
被験者 K	女性	20 代
被験者 L	男性	30 代

5.3 実験結果

5.3.1 CPTOP

各被験者の平均 CPTOP 得点を図 5.5 に、被験者それぞれの CPTOP 得点を図 5.6、図 5.7 に示す。標準条件 (後半) ではシステムトラブルのため、ほとんどの日で CPTOP が実施できておらず、図上ではデータが未取得の部分を赤い×印で表している。

結果からは書面理解、認知速度ともに照明による成績の向上は見られず、逆に書面理解テスト、認知速度テストともに照明条件で標準条件 (前半) よりも有意に得点が下がっている ($p < 0.05$)。また平均得点に関しても照明条件で標準条件 (前半) よりも有意に得点が下がっている ($p < 0.01$)。

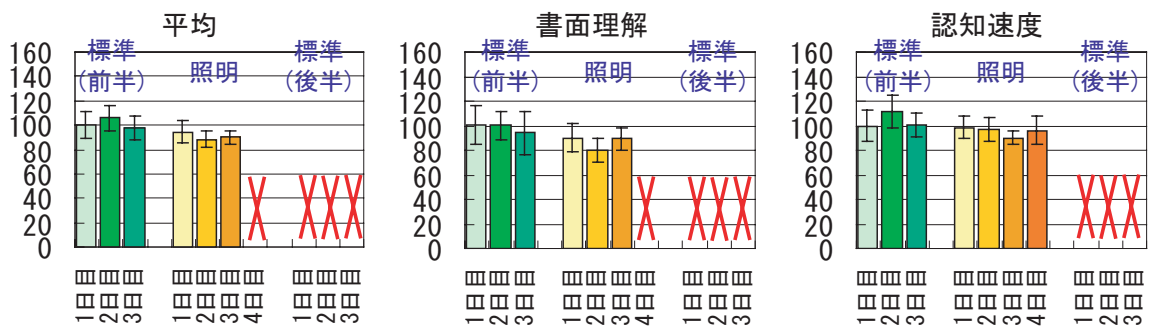


図 5.5: 各被験者の CPTOP 得点

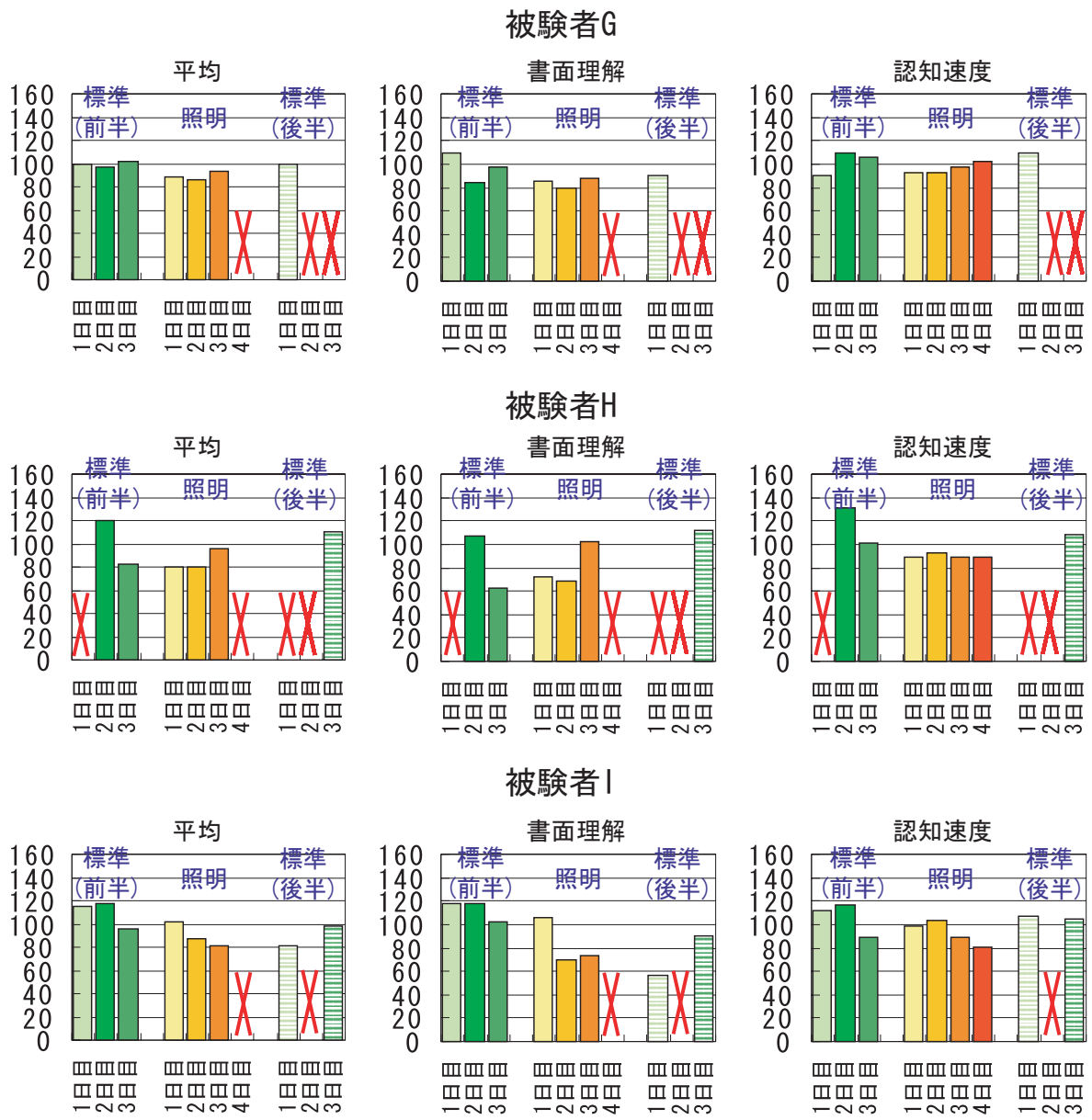


図 5.6: 被験者 G ~ I の CPTOP 得点

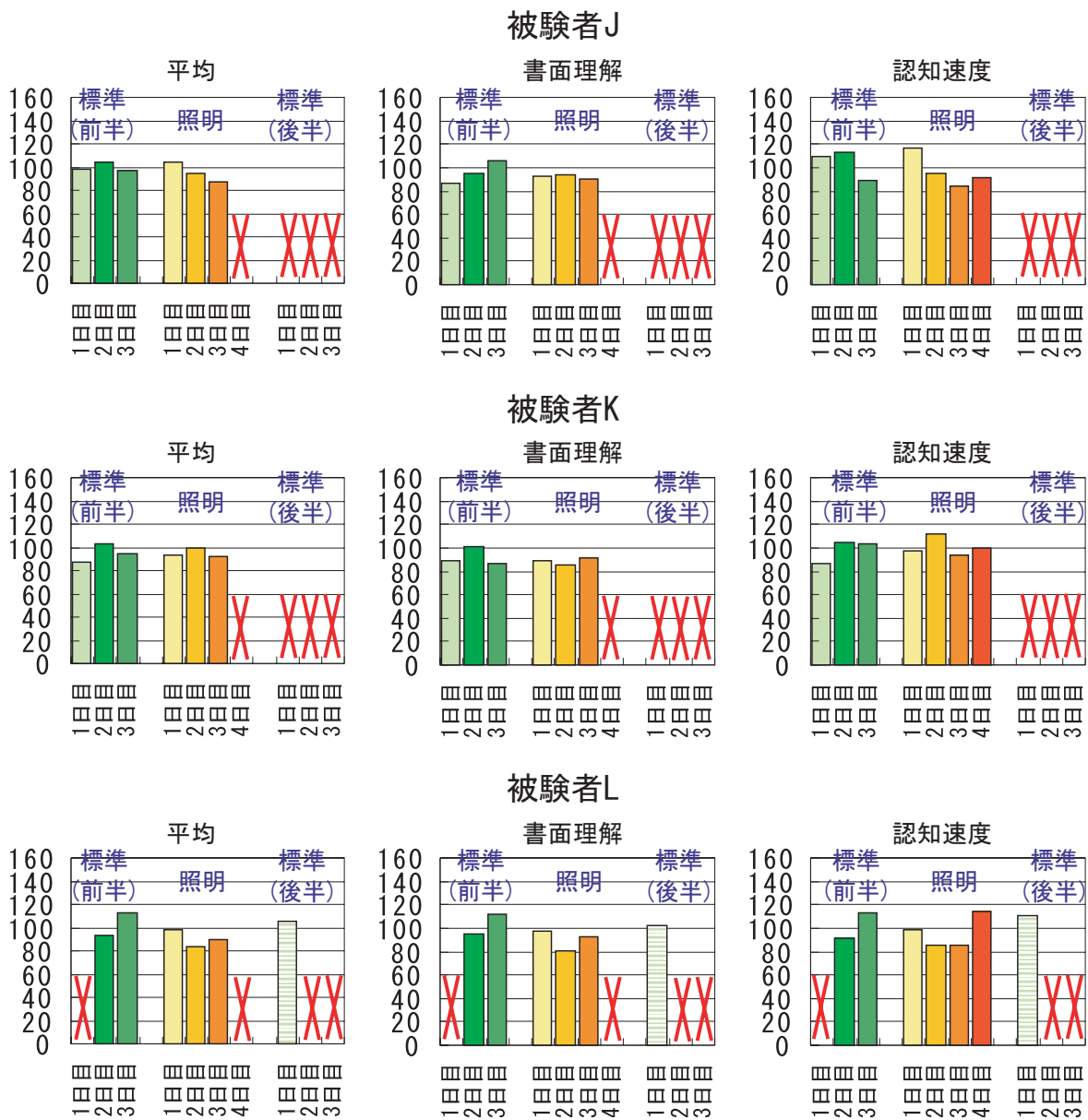


図 5.7: 被験者 J~L の CPTOP 得点

5.3.2 実作業量

各被験者の経理処理作業における実作業量を図 5.8 及び表 5.2 に示す。6 名の被験者のうち被験者 G、I、J、K、の 4 名において、照明条件の作業量が標準条件前半、後半の作業量より高くなっている。被験者 H では逆に照明条件の方が標準条件よりも作業量が低下している。

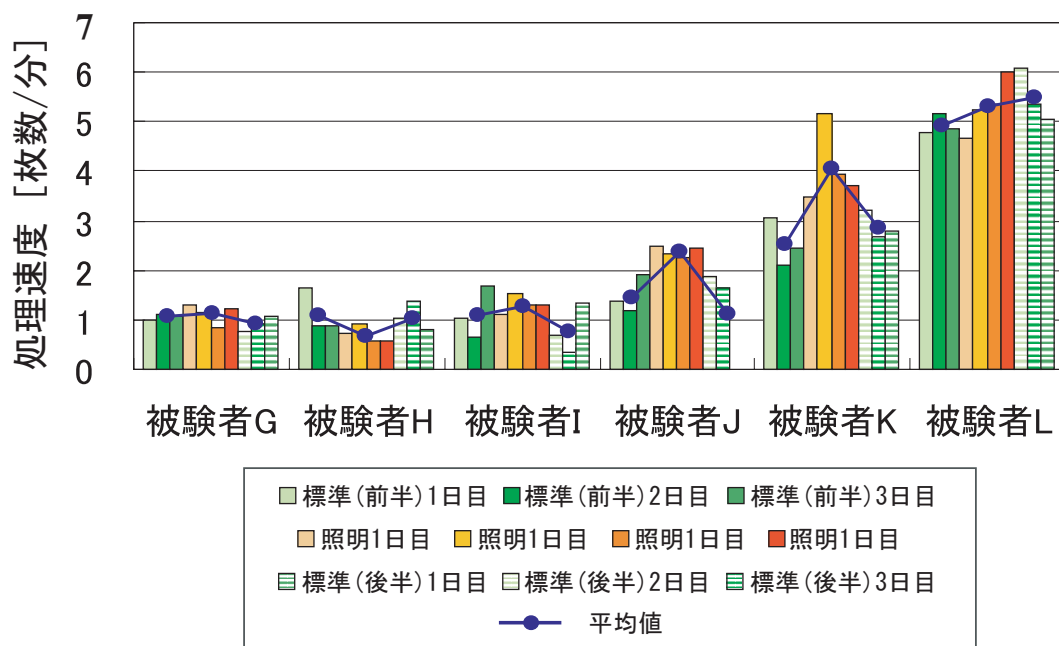


図 5.8: 経理処理作業の実作業量

5.4 考察

実際のオフィスワークである経理処理作業の伝票処理速度は、全被験者 6 名中 4 名で、照明条件が標準条件よりも高得点となっており、照明によりパフォーマンスが向上していることが示唆されている。しかし、一方でタスクテストである CPTOP の結果では逆に照明条件で標準条件よりも有意に得点が下がっている。

この原因として次のような事が考えられる。経理処理作業の伝票処理速度は午前中～夕方にかけての早めの時間帯で測定しているのに対し、CPTOP は夕方以降の伝票処理速度の計測時間帯以降に測定している。また、この実験では照明条件として、最高照度を 3,500lx と高めに設定した条件を採用している。このため、生体リズムへの影響や覚醒度向上効果は高いが、こうした条件が強いストレスとなっていることも考えられる。こうした事から、照明条件では午前中は照明の影響によりパフォーマンスが

表 5.2: 経理処理作業の実作業量

		標準条件 (照明前)			照明条件				標準条件 (照明後)		
		1日目	2日目	3日目	1日目	2日目	3日目	4日目	1日目	2日目	3日目
被 験 者 G	開始時間	10:10	10:30	14:25	15:10	13:00	15:00	10:40	11:20	15:00	11:00
	記録時間	60	45	45	35	30	35	50	40	60	60
	総処理件数	60	50	48	45	35	30	62	31	55	65
	処理速度	1.0	1.1	1.1	1.3	1.2	0.9	1.2	0.8	0.9	1.1
被 験 者 H	開始時間	15:11	14:30	16:05	15:36	15:16	15:16	15:36	14:18	19:30	17:43
	記録時間	63	82	30	30	30	34	28	30	30	27
	総処理件数	103	72	26	22	28	20	16	31	41	22
	処理速度	1.6	0.9	0.9	0.7	0.9	0.6	0.6	1.0	1.4	0.8
被 験 者 I	開始時間	10:00	15:35	16:00	16:00	14:25	15:10	15:45	14:10	15:00	16:15
	記録時間	60	60	30	40	25	20	30	35	60	20
	総処理件数	63	40	50	45	38	26	39	24	20	27
	処理速度	1.1	0.7	1.7	1.1	1.5	1.3	1.3	0.7	0.3	1.4
被 験 者 J	開始時間	11:10	14:20	11:30	13:30	11:00	14:15	14:10	12:50	13:30	N/A
	記録時間	40	30	30	20	30	30	30	60	30	
	総処理件数	55	36	57	50	70	68	74	112	49	
	処理速度	1.4	1.2	1.9	2.5	2.3	2.3	2.5	1.9	1.6	
被 験 者 K	開始時間	13:20	13:00	10:00	14:10	13:10	13:00	13:00	10:40	11:15	11:00
	記録時間	60	60	30	25	30	20	35	30	30	30
	総処理件数	183	126	74	87	155	79	130	96	80	84
	処理速度	3.1	2.1	2.5	3.5	5.2	4.0	3.7	3.2	2.7	2.8
被 験 者 L	開始時間	14:30	10:50	9:40	16:00	12:50	13:00	15:10	12:50	9:55	9:30
	記録時間	60	60	60	30	30	60	60	60	60	60
	総処理件数	286	309	292	140	157	322	360	364	322	302
	処理速度	4.8	5.2	4.9	4.7	5.2	5.4	6.0	6.1	5.4	5.0

記録時間は作業量を記録した時間 [分]、総処理件数は記録時間内に処理した枚数

処理速度は1分間に何枚処理したかを表す。

上昇するが、そのことがストレスとなり、夕方以降では逆にパフォーマンスが低下するという現象が起きていると考えられる。

実作業量において、被験者6名中1名だけ照明条件で標準条件よりも低得点となっている被験者Hに関して、他の被験者5名が平均13:00頃と早めの時間帯に伝票処理速度の計測を始めているのに対し、平均16:00頃と遅い時間帯に計測を始めているため、疲労の影響が出ているものと考えられる。

このように、今回の実験では、照明により実際のオフィスワークにおいてもパフォーマンスが上昇することが示唆されたものの、実験の条件に関する制約から、その効果をCPTOPで確認し、定量的に評価するまでには至っていない。今後は、実際のオフィスの現場においても、より厳密に実験条件を設定し照明の効果の検証を行っていく必要がある。

第 6 章 結論

本研究では、特に照明に着目し、室内環境を改善することでオフィスワーカーのプロダクティビティを向上させることを目的とし、そのための照明制御法とその照明効果の評価手法を提案した。

第 2 章では、研究の背景として、室内環境を改善することで期待される効果の大きさについて述べた。また、室内環境を改善するためにオフィスワーカーのプロダクティビティの定量的な評価が必要であることを述べ、プロダクティビティに関する既往研究についてまとめた。次いで、昨年度までにプロダクティビティの定量的かつ客観的な評価のためにパフォーマンステスト CPTOP を開発したことを述べ、CPTOP の概要を説明した。そして昨年度までにプロダクティビティを定量的かつ客観的に評価する準備が整ったことを受け、本研究では、室内環境として特に照明に着目し、プロダクティビティを改善するための照明制御法について研究することを述べた。

第 3 章では、照明がプロダクティビティに与える影響として、日中の高照度光照射による体内時計の調節効果及び高照度光照射による覚醒度の向上効果があることを述べた。そしてこれらの知見をもとにプロダクティビティを改善するための照明制御法として、午前中及び昼食後に 1,000lx 以上の高照度光を照射する手法を提案した。また、昨年度開発した CPTOP に加え、瞬目から覚醒度、メラトニンから生体リズム、アミラーゼからストレスを推定することで、照明制御法を評価することを提案した。

第 4 章では、第 3 章で述べた照明制御法の効果検証のために実施した基礎実験について述べた。この実験では、照明の効果を定量的に評価及び高照度を照射する際の照度の検討を目的とした。実験は、6 名の被験者に対して、高照度光を 2,100lx とした条件、標準のオフィスの照度設定である 700lx 一定とした条件、高照度光を 1,400lx とした条件、の 3 条件をこの順に 1 週間ずつ実施した。この実験の結果から、提案した手法で高照度照射の照度を 2,100lx として制御した照明の下に 4 日間居た場合、標準的な 700lx の照明の下に 4 日間居た場合と比較し、約 9% パフォーマンスの向上が見込めることがわかった。しかし一方で、瞬目、メラトニン、アミラーゼという生理指標からは照明による改善効果を示すデータは得られず、提案した評価手法の妥当性を確認することはできなかった。今後より厳密に生理指標を測定することで、多角的に効果を検証する必要がある。

第5章では、第3章で述べた照明制御法の実際のオフィスワークにおける有効性を検証するために行った実証実験について述べた。この実験では、被験者を実際のオフィスワーカー6名とし、高照度光を3,500lxとした条件を実オフィスにおいて一週間実施し、簡略化されたCPTOPの成績と実際のオフィスワークである経理処理作業の作業量を700lx一定とした条件下でのものと比較した。この実験の結果から、実際のオフィスワークに対しても提案した照明制御法によりパフォーマンス向上効果がみられることがわかった。しかし一方で、夕方以降パフォーマンスが低下する傾向も見られ、3,500lxという照度設定が大きな負荷となることも示唆された。

本研究での結果から、提案した照明制御法を用い、高照度光を2,100lxとした条件下に4日間居ることで、オフィスワーカーのパフォーマンスを約9%向上させられることがわかった。また、高照度光を1,400lxとした条件では効果が見られず、3,500lxとした条件では午前中はパフォーマンスの向上が見られるものの、午後には逆に低下する傾向が見られたことから、高照度光の照度として2,100lx程度が適当であることがわかった。今後は、高照度光3,500lxの条件を実験室においても実施し、疲労度が増加していることを確認する必要がある。また、更に長期間に渡って実験を実施することで、照明によるパフォーマンス向上効果の上限、効果が十分に発揮されるまでにかかる日数を検討するとともに、より厳密に生理指標を測定することで、多角的に効果を検証する必要がある。

謝 辞

本研究に携わる機会をお与え頂き、研究会等で貴重なご意見を頂いたのみならず、お忙しい中にもかかわらず、研究に対する取り組み方や態度を丁寧に教えて下さいました吉川 榮和 教授に深く感謝いたします。

研究会等で鋭いご指摘により本研究に対する理解を深めさせていただき、常に親身になってご指導くださいました下田 宏 助教授に心より感謝いたします。

研究室生活全般を通して様々な環境を整えていただき、常に我々のことを気にかけて丁寧にご指導くださいました石井 裕剛 助手に心より感謝いたします。

本研究を進めるにあたり、折にふれ研究の指針を示していただき、常に温かい言葉をかけて下さいました寺野 真明 客員助教授に深く感謝いたします。

本研究を行うにあたり、研究の方向性から、実験結果の実施、解析にいたるまで、様々な局面で常にご指導・ご助力くださいました松下電工株式会社の大林 史明 博士、岩川 幹生 氏に心より感謝いたします。

中間発表等を通じ、私の拙い発表に耳を傾けて頂き、異なる視点より様々な貴重なご意見を下さいました、エネルギー科学研究科の諸先生方に心より感謝いたします。

ともに同じ研究チームの一員として、時に議論し、時に助け合いながら互いに研究を乗り切った修士2回生の服部 瑤子 さんに心より感謝いたします。

研究の苦勞をともにし、また時にはプログラム作成などで助けていただいた修士2回生の関山 友輝 君、互いに励ましあいながらともに息抜きに励んだ修士2回生の宇田 旭伸 君、米谷 健司 君に心より感謝いたします。

数少ない修士1回生として、我々の無理な注文も快く引き受けてくださり、縁の下で修論執筆を助けて下さった鶴田 将之 君に心より感謝いたします。

いたらぬ先輩たちにもいやな顔一つせず、楽しく遊びに付き合ってくれた学部4回生の近藤 祐樹 君、松岡 和宏 君に心より感謝いたします。

最後に、いつも温かい笑顔とともに、我々の研究室での生活を様々な面から支えてくださった若林 友美 さん、吉川 万里子 さん、駒井 遙 さん、山下 恵未依 さん方秘書の皆さんに心より感謝いたします。

参考文献

- [1] 小山ら: ブライト・ケア・システム - 光による高齢者の睡眠覚醒改善手法 -, 松下電工技報 65, pp.34-40 (1999).
- [2] M.Brill: Using Office Design to Increase Productivity Volume 1, Buffalo Workplace Design and Productivity Inc., (1984).
- [3] G.Lomonaco and D.Miller: Environmental Satisfaction, Personal Control and the Positive Correlation to Increased Productivity, Johnson Controls Inc.,(1997).
- [4] 橋本, 寺野, 杉浦, 中村, 川瀬, 近藤: 室内環境の改善によるプロダクティビティ向上に関する調査研究第1～4報, 平成15年度空気調和・衛生工学会学術講演論文集, (2003).
- [5] ニューオフィス推進協議会 (編): 平成13年度オフィス実態調査報告書, (2002).
- [6] Indoor Health and Productivity Project: <http://www.dc.lbl.gov/IHP/>, (2006年1月現在).
- [7] 中島: 日本経済の生産性分析, 日本経済新聞社, (2006).
- [8] NEMA: Lighting and Human Performance; A Review, Light Equipment Division of the National Electrical Manufacturers Association and the Lighting Research Institute, (1989).
- [9] N.P. Sensharma and J.E. Woods: An Extension of a Rational Model for Evaluation of Human Responses, Occupant Performance, and Productivity, Healthy Building 2000, Workshop 9, (2000).
- [10] W.J. Fisk, P.N. Price, D. Faulkner, D.P. Sullivan, D.L. Dibartolomeo, C.C. Federspiel, G. Liu, and M. Lahiff²: Worker Performance and Ventilation, Part1, 2, Proceedings of Indoor Air 2002, pp.784-795, (2002).
- [11] W.M.Kroner and J.A.Stark-Martin: Environmentally Responsive Workstation and Office-Worker Productivity, ASHRAE Transactions, Vol.100, pp.750-755, (1994).

- [12] P.Wargoeki, D.P.Wyon and P.O.Fanger: Productivity is Affected by the AirQuality in Offices, Healthy Building 2000, pp.635-640, (2000).
- [13] 西原, 田辺: 自己調節可能な気流環境が知的生産性に与える影響に関する研究, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, pp.173-176, (2002).
- [14] 日本産業衛生学会・産業疲労研究会編集委員会(編): 産業疲労ハンドブック; 労働基準調査会, (1988).
- [15] 西原, 田辺: 自己調節可能な気流環境が知的生産性に与える影響に関する研究, 空気調和・衛生工学会学術講演会後援論文集, pp.173-176, (2002).
- [16] 河内: 生理心理指標を用いたワークスペースプロダクティビティの統合的評価に関する基礎研究, 京都大学エネルギー科学研究科修士論文,(2004).
- [17] E. Fleishman and M. Reilly: Handbook of Human Abilities, Consulting Psychologists Press, pp.1-37, (1992).
- [18] 吉川, 下田, 長井, 小島: マンマシンインターフェイスにおける人間のオンライン認知情報処理特性に関する基礎実験研究, システム制御情報学会論文誌, Vol.3, No.9, pp.261-276, (1990).
- [19] A. Lefford: The Influence of Emotional Subject Matter on Logical Reasoning, Journal of General Psychology, Vol.34, pp.127-151, (1946).
- [20] J. Bruner, J. Goodnow and G. Austin: A Study of Thinking Reprint Edition, Transaction Publishers, (1986).
- [21] D.P.Wyon and W.J.Fisk: Research Needs and Approaches Pertaining to the Indoor Climate and Productivity, Healthy Building 2000 Workshop Summaries, (2000).
- [22] 日本エネルギー経済研究所: 総合エネルギー統計, (2002).
- [23] P.R. Boyce: Light, Sight, and Photobiology, Lighting Futures, Vol.2, No.1, pp.3-6 (1997).

- [24] M. Rea, M. Figueiro and J. Bullough: Circadian Photobiology: an Emerging Framework for Lighting Practice and Research, *Lighting research & technology*, Vol.34, No.3, pp.177-190 (2002).
- [25] 萩原, 荒木, 道盛, 斎藤: 脳波を用いた覚醒度定量化の試みとその応用, *日本ME学会雑誌*, Vol.11, No.1, pp.86-92 (1997).
- [26] 服部: オフィスワークのプロダクティビティ評価のためのパフォーマンステストの改良と評価, *京都大学エネルギー科学研究科修士論文*, (2005).
- [27] N. Wright and A. McGown: Vigilance on the Civil Flight Deck, *Ergonomics*, Vol.44, No.1, pp.82-106 (2001).
- [28] 田多, 山田, 福田: まばたきの心理学, *北大路書房*, (1991).
- [29] P.P. Caffier, U. Erdmann and P. Ullsperger: Experimental evaluation of eye-blink parameters as a drowsiness measure, *European Journal of Applied Physiology*, pp.319-25 (2003).
- [30] 人間の睡眠・覚醒リズムと光 (心地よい眠りと目覚め) 白川: *照明学会誌*, Vol.84, No.6, pp.354-361 (2000).
- [31] H. Selye and T. McKeown: Studies on the Physiology of the Maternal Placenta in Therat, *Proceedings of the Royal Society (London)*, CXIX-B, Vol.1, No.34 (1935).
- [32] M. Yamaguchi, T. Kanemori, M. Kanemura, N. Takai, Y. Mizuno, H. Yoshida: Performance Evaluation of Salivary Amylase Activity Monitor, *Biosensors and Bioelectronics*, Vol.20, pp.491-497 (2004).

付録 A 実験結果の一覧

第4章で述べた照明制御法の効果検証のための基礎実験の結果のうち、本文中に記載できなかったパフォーマンス及び自覚症しらべの全データをここに記す。

A.1 パフォーマンス

本文中の第4章では各テストの得点に関して、全ての被験者の平均得点を正規化したものを記した。ここでは各被験者のタスクごとの正規化前の得点を記す。

表 A.1: CPTOP の結果一覧 (被験者 A)

		口頭 理解 *1	書面 理解 *2	文書 表現 *3	記憶 *4	数学的 推論 *4	演繹的 推理 *4	帰納的 推理 *4	情報 秩序化 *4	認知 図形 *4	時分割 *5
照明 条件 1	1 日目 (午前)	33.33	57.33	4.67	1.64	6.39	6.66	4.07	9.34	7.27	33.02
	1 日目 (昼食後)	50.00	44.67	4.67	2.93	5.39	7.33	5.22	10.79	8.77	41.28
	1 日目 (夕方)	58.33	59.33	5.33	3.89	6.08	5.95	4.68	10.65	10.56	39.56
	2 日目 (昼食後)	33.33	69.00	6.00	6.03	7.37	2.65	5.61	15.36	10.91	32.52
	2 日目 (夕方)	50.00	72.33	4.67	4.89	7.29	13.33	7.10	10.62	11.18	43.42
	3 日目 (昼食後)	37.50	61.67	5.00	8.16	5.89	3.61	5.70	12.46	10.27	42.10
	3 日目 (夕方)	58.33	54.00	7.00	7.08	8.52	8.29	7.31	14.34	9.73	50.44
	4 日目 (午前)	75.00	69.33	4.67	9.94	6.19	4.66	6.26	12.18	8.12	46.16
	4 日目 (夕方)	33.33	68.67	5.33	9.01	7.37	4.94	5.97	10.34	9.36	60.00
標準 条件	4 日目 (夕方)	33.33	65.00	4.67	8.76	6.52	4.68	7.79	11.74	10.01	51.41
	1 日目 (午前)	50.00	56.33	6.33	7.00	6.88	7.14	4.92	12.64	10.51	45.76
	1 日目 (昼食後)	25.00	45.33	5.33	14.27	7.39	4.29	6.19	13.42	11.81	53.29
	1 日目 (夕方)	50.00	69.33	4.33	10.93	7.69	2.91	5.75	12.42	11.59	57.07
	2 日目 (昼食後)	66.67	69.00	5.00	10.07	7.27	5.30	5.56	14.69	10.79	43.55
	2 日目 (夕方)	33.33	84.00	6.67	10.05	5.57	8.06	7.23	12.99	12.09	0.00
	3 日目 (昼食後)	25.00	76.00	5.67	9.76	3.47	5.90	7.14	12.76	11.26	54.75
	3 日目 (夕方)	41.67	67.67	6.33	11.61	7.13	4.29	9.65	18.09	11.56	52.39
	4 日目 (午前)	33.33	71.33	6.33	7.47	6.96	6.11	5.45	14.95	10.57	59.05
	4 日目 (昼食後)	33.33	76.00	6.33	11.47	7.75	7.67	6.78	14.54	10.42	62.92
	4 日目 (夕方)	16.67	70.33	6.67	13.06	9.40	6.17	9.34	12.01	11.77	57.04
5 日目 (昼食後)	50.00	70.00	7.00	11.19	11.55	5.21	7.17	14.22	10.49	58.00	
5 日目 (夕方)	58.33	76.00	5.33	12.85	12.59	5.65	9.19	12.17	12.26	62.38	
照明 条件 2	1 日目 (午前)	41.67	62.00	6.00	6.23	5.84	7.65	7.65	11.89	12.47	48.79
	1 日目 (昼食後)	50.00	82.00	6.67	10.76	7.89	6.24	7.21	15.58	12.06	62.30
	1 日目 (夕方)	41.67	60.67	6.67	13.31	5.75	4.67	7.25	15.77	14.60	69.30
	2 日目 (昼食後)	58.33	75.33	7.33	7.67	6.93	3.35	5.59	13.56	12.68	63.89
	2 日目 (夕方)	33.33	74.00	6.00	10.32	5.26	6.70	7.80	13.67	13.16	63.87
	3 日目 (昼食後)	58.33	72.67	6.33	8.81	6.40	5.74	6.46	13.76	11.18	66.64
	3 日目 (夕方)	33.33	75.67	5.67	9.33	8.47	8.96	8.38	15.06	13.85	73.57
	4 日目 (午前)	58.33	89.67	6.00	8.57	10.07	4.27	5.24	12.67	12.49	63.99
	4 日目 (昼食後)	25.00	78.00	7.33	11.46	8.22	6.52	7.33	14.06	13.69	68.16
4 日目 (夕方)	33.33	80.00	6.00	11.84	10.46	3.28	8.82	16.21	14.02	68.95	

*1: 1 問 25 点とした点数、 *2: 制限時間-回答時間 [sec]、 *3: 回答ポイント数

*4: 単位時間正解数 [/min]、 *5: 時分割ポイント

表 A.2: CPTOP の結果一覧 (被験者 B)

		口頭 理解 *1	書面 理解 *2	文書 表現 *3	記憶 *4	数学的 推論 *4	演繹的 推理 *4	帰納的 推理 *4	情報 秩序化 *4	認知 図形 *4	時分割 *5
照明 条件 1	1 日目 (午前)	25.00	67.33	5.67	1.53	3.60	3.86	2.98	7.78	10.52	16.32
	1 日目 (昼食後)	41.67	70.33	6.00	4.98	1.53	5.09	3.52	4.01	10.80	21.53
	1 日目 (夕方)	58.33	73.67	6.00	5.88	1.58	3.90	3.93	5.94	11.25	24.27
	2 日目 (昼食後)	25.00	71.33	6.00	6.41	2.88	4.82	3.87	5.92	10.63	21.21
	2 日目 (夕方)	66.67	85.00	4.67	5.24	2.94	4.90	4.27	8.25	11.86	18.60
	3 日目 (昼食後)	33.33	57.67	5.00	5.20	1.69	3.65	4.40	8.13	12.12	29.47
	3 日目 (夕方)	41.67	61.33	6.33	7.82	1.86	4.62	4.74	7.68	11.89	22.60
	4 日目 (午前)	25.00	77.33	4.67	7.45	5.07	4.24	5.62	8.57	11.33	21.69
	4 日目 (昼食後)	41.67	68.33	5.67	7.56	2.52	5.25	6.21	11.04	9.53	26.44
	4 日目 (夕方)	50.00	64.33	5.33	5.75	2.93	4.65	4.11	12.31	12.09	0.00
標準 条件	1 日目 (午前)	50.00	55.00	5.67	8.41	4.33	3.01	3.98	11.02	10.02	23.94
	1 日目 (昼食後)	50.00	63.33	5.00	9.21	3.85	4.80	4.33	11.53	10.90	30.16
	1 日目 (夕方)	58.33	73.00	4.67	7.80	2.35	6.52	5.51	10.15	12.85	37.42
	2 日目 (昼食後)	58.33	71.33	5.33	8.85	4.12	3.56	6.11	14.23	11.36	36.16
	2 日目 (夕方)	33.33	81.33	5.67	9.17	3.73	6.19	4.44	13.55	11.43	0.00
	3 日目 (昼食後)	50.00	69.00	7.00	11.56	3.13	2.69	5.61	13.25	11.57	29.42
	3 日目 (夕方)	41.67	68.33	6.67	7.17	4.36	5.62	6.74	13.08	12.49	37.72
	4 日目 (午前)	41.67	67.33	7.00	9.52	0.00	3.73	4.42	12.36	10.53	34.02
	4 日目 (昼食後)	25.00	69.33	6.33	6.53	5.16	11.22	4.80	12.16	12.56	32.23
	4 日目 (夕方)	58.33	66.33	6.00	9.24	5.19	3.48	5.44	12.08	10.94	38.35
照明 条件 2	5 日目 (昼食後)	50.00	75.00	6.33	7.75	3.69	6.56	4.33	12.90	12.62	41.92
	5 日目 (夕方)	41.67	68.33	6.33	9.53	8.75	9.47	5.55	12.96	13.88	32.79
	1 日目 (午前)	50.00	61.33	5.33	7.69	3.34	4.07	4.61	10.64	11.05	31.35
	1 日目 (昼食後)	75.00	62.67	6.33	8.19	7.12	6.81	5.46	11.48	12.72	26.87
	1 日目 (夕方)	50.00	63.00	6.67	9.00	3.12	11.11	6.41	12.77	13.31	34.28
	2 日目 (昼食後)	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
	2 日目 (夕方)	Data	Data	Data	Data	Data	Data	Data	Data	Data	Data
	3 日目 (昼食後)	83.33	71.33	7.00	6.18	5.46	11.02	5.55	12.89	11.49	41.01
	3 日目 (夕方)	41.67	76.33	6.67	9.19	7.01	14.44	6.90	12.51	11.96	37.69
	4 日目 (午前)	58.33	82.33	6.00	8.23	6.56	15.56	7.62	14.38	12.02	36.20
4 日目 (昼食後)	25.00	117.3	6.33	9.92	6.31	23.33	7.02	14.07	11.57	30.19	
4 日目 (夕方)	41.67	91.67	7.33	8.64	4.89	17.78	6.62	12.40	12.70	34.02	

*1 : 1 問 25 点とした点数、 *2 : 制限時間-回答時間 [sec]、 *3 : 回答ポイント数

*4 : 単位時間正解数 [/min]、 *5 : 時分割ポイント

表 A.3: CPTOP の結果一覧 (被験者 C)

		口頭 理解 *1	書面 理解 *2	文書 表現 *3	記憶 *4	数学的 推論 *4	演繹的 推理 *4	帰納的 推理 *4	情報 秩序化 *4	認知 図形 *4	時分割 *5
照明 条件 1	1 日目 (午前)	25.00	66.00	4.50	6.23	3.45	4.06	2.90	5.93	10.30	39.22
	1 日目 (昼食後)	25.00	57.00	4.33	6.06	2.22	3.12	3.14	6.45	10.40	43.29
	1 日目 (夕方)	41.67	77.67	4.50	5.09	2.58	3.84	5.65	5.98	11.48	44.44
	2 日目 (昼食後)	41.67	77.33	4.67	2.69	2.74	2.46	5.26	7.15	10.85	50.47
	2 日目 (夕方)	50.00	84.67	3.67	2.69	4.34	3.47	5.32	9.46	12.23	62.96
	3 日目 (昼食後)	41.67	72.00	4.33	3.41	1.79	2.53	5.51	8.62	13.42	55.06
	3 日目 (夕方)	33.33	86.00	3.67	3.50	2.17	5.72	7.59	10.85	11.98	43.54
	4 日目 (午前)	33.33	100.00	3.67	2.74	4.03	3.00	5.36	12.32	13.03	63.09
	4 日目 (昼食後)	83.33	83.67	4.00	1.16	3.07	4.49	5.60	9.36	12.76	56.98
	4 日目 (夕方)	25.00	69.67	3.67	6.86	5.10	5.73	4.39	8.70	12.96	66.01
標準 条件	1 日目 (午前)	41.67	88.67	4.00	4.08	3.82	4.35	4.97	10.88	13.06	53.71
	1 日目 (昼食後)	16.67	88.67	4.00	5.27	3.86	4.24	4.62	8.84	12.59	67.35
	1 日目 (夕方)	41.67	81.00	4.67	2.77	2.64	3.64	4.28	12.83	12.15	55.10
	2 日目 (昼食後)	33.33	87.33	4.33	3.94	2.60	1.44	3.44	13.47	13.47	51.86
	2 日目 (夕方)	41.67	93.00	5.33	3.10	2.75	6.42	3.87	13.22	12.16	60.39
	3 日目 (昼食後)	33.33	88.67	4.67	7.71	1.29	2.74	4.25	13.51	13.32	52.39
	3 日目 (夕方)	33.33	94.00	5.33	2.96	3.08	4.58	4.51	12.58	14.36	30.50
	4 日目 (午前)	33.33	89.67	5.33	3.74	4.15	3.69	5.10	11.39	13.78	54.63
	4 日目 (昼食後)	25.00	91.67	4.67	4.66	2.73	4.45	3.92	11.88	12.60	74.23
	4 日目 (夕方)	33.33	85.67	5.00	4.19	3.99	5.49	5.92	14.22	15.65	68.95
5 日目 (昼食後)	33.33	92.67	5.33	5.97	4.94	6.68	3.70	10.54	14.03	52.64	
5 日目 (夕方)	41.67	93.00	4.00	4.97	9.61	3.46	5.26	13.50	13.49	65.48	
照明 条件 2	1 日目 (午前)	58.33	86.00	4.00	7.10	2.57	5.50	4.79	13.23	12.41	67.18
	1 日目 (昼食後)	41.67	90.00	5.33	4.76	5.63	6.61	4.48	14.85	12.65	84.61
	1 日目 (夕方)	50.00	88.67	5.67	5.61	3.03	5.70	5.43	13.51	13.54	76.73
	2 日目 (昼食後)	41.67	105.00	5.00	5.73	5.55	9.94	5.15	14.82	13.93	74.77
	2 日目 (夕方)	41.67	98.33	4.33	6.37	2.85	8.46	4.26	15.17	12.47	67.15
	3 日目 (昼食後)	75.00	92.33	4.67	7.61	3.38	9.34	5.01	14.39	12.94	58.05
	3 日目 (夕方)	41.67	100.00	4.67	4.78	5.45	6.99	4.08	12.28	12.77	62.90
	4 日目 (午前)	41.67	93.67	4.67	6.56	5.42	5.54	4.64	16.75	14.10	67.89
	4 日目 (昼食後)	66.67	98.33	4.67	4.76	3.79	8.73	3.60	14.51	14.64	60.39
	4 日目 (夕方)	50.00	104.67	5.33	3.70	6.77	16.89	6.17	15.93	14.05	59.87

*1: 1 問 25 点とした点数、 *2: 制限時間-回答時間 [sec]、 *3: 回答ポイント数

*4: 単位時間正解数 [/min]、 *5: 時分割ポイント

表 A.4: CPTOP の結果一覧 (被験者 D)

		口頭 理解 *1	書面 理解 *2	文書 表現 *3	記憶 *4	数学的 推論 *4	演繹的 推理 *4	帰納的 推理 *4	情報 秩序化 *4	認知 図形 *4	時分割 *5	
1	照明条件	1 日目 (午前)	58.33	85.00	6.67	6.43	7.03	6.77	4.25	8.69	14.59	47.39
		1 日目 (昼食後)	41.67	79.33	5.67	7.60	4.28	4.84	5.32	12.97	16.14	53.25
		1 日目 (夕方)	75.00	88.67	4.33	8.37	3.31	5.10	4.64	13.46	17.88	52.80
		2 日目 (昼食後)	50.00	87.33	5.67	10.23	5.49	5.20	6.40	13.69	16.43	61.00
		2 日目 (夕方)	66.67	93.67	5.67	9.88	6.49	7.99	6.71	15.45	18.57	62.41
		3 日目 (昼食後)	25.00	98.33	5.33	10.27	4.02	5.36	7.15	15.11	18.00	60.99
		3 日目 (夕方)	50.00	94.67	5.67	12.27	4.77	4.06	9.40	13.23	17.99	63.93
		4 日目 (午前)	58.33	99.33	5.33	9.93	6.42	4.92	6.52	16.85	16.12	60.99
		4 日目 (昼食後)	66.67	101.00	5.67	10.11	6.84	6.40	7.43	16.04	18.67	65.35
	4 日目 (夕方)	75.00	94.00	6.00	12.01	6.94	5.64	7.92	17.72	18.58	63.25	
標準条件		1 日目 (午前)	66.67	94.00	6.00	12.01	9.80	5.56	8.19	16.44	18.87	73.41
		1 日目 (昼食後)	50.00	95.00	7.00	11.60	8.43	4.56	7.38	14.52	18.72	71.00
		1 日目 (夕方)	58.33	88.67	6.00	12.34	8.40	5.26	8.39	13.98	18.50	74.77
		2 日目 (昼食後)	66.67	99.33	7.00	10.18	7.42	6.19	7.86	12.63	20.24	66.90
		2 日目 (夕方)	41.67	110.67	7.33	11.63	8.04	7.35	9.16	15.22	20.45	74.54
		3 日目 (昼食後)	16.67	95.67	5.67	10.97	6.59	8.22	7.41	16.66	17.78	72.00
		3 日目 (夕方)	58.33	97.67	7.67	12.04	6.61	7.35	9.18	14.73	17.70	74.78
		4 日目 (午前)	41.67	99.00	6.67	11.15	6.53	5.77	9.98	16.23	17.47	69.00
		4 日目 (昼食後)	33.33	95.00	7.67	9.79	6.79	9.80	7.74	14.16	19.13	72.00
		4 日目 (夕方)	25.00	96.67	7.67	11.13	9.00	7.76	8.31	16.52	16.08	71.00
	5 日目 (昼食後)	25.00	92.67	8.33	12.84	7.55	12.07	7.93	15.99	20.59	70.08	
	5 日目 (夕方)	25.00	103.33	6.00	11.39	10.83	8.92	7.88	14.59	19.53	66.90	
2	照明条件	1 日目 (午前)	75.00	96.33	7.33	12.74	5.64	8.36	8.96	16.44	17.28	68.44
		1 日目 (昼食後)	91.67	91.67	7.00	11.52	5.49	7.90	10.03	17.44	17.36	73.41
		1 日目 (夕方)	50.00	94.00	8.33	12.75	8.55	10.33	8.67	16.33	19.10	72.00
		2 日目 (昼食後)	58.33	98.67	7.00	10.98	8.94	8.85	10.28	14.20	19.53	71.00
		2 日目 (夕方)	25.00	100.33	6.67	13.54	5.35	6.76	10.17	13.25	20.45	72.00
		3 日目 (昼食後)	66.67	96.00	6.33	13.14	8.09	10.07	11.81	14.77	18.95	75.00
		3 日目 (夕方)	50.00	96.00	7.33	12.48	10.83	12.16	9.02	15.68	17.29	75.00
		4 日目 (午前)	58.33	101.00	8.33	14.63	10.58	8.43	10.26	17.12	20.53	81.34
		4 日目 (昼食後)	66.67	95.00	8.33	14.32	8.62	6.34	10.03	17.60	19.15	87.00
	4 日目 (夕方)	66.67	103.00	8.00	12.34	8.90	9.81	10.57	16.98	17.16	80.68	

*1: 1 問 25 点とした点数、 *2: 制限時間-回答時間 [sec]、 *3: 回答ポイント数

*4: 単位時間正解数 [/min]、 *5: 時分割ポイント

表 A.5: CPTOP の結果一覧 (被験者 E)

		口頭 理解 *1	書面 理解 *2	文書 表現 *3	記憶 *4	数学的 推論 *4	演繹的 推理 *4	帰納的 推理 *4	情報 秩序化 *4	認知 図形 *4	時分割 *5
照 明 条 件 1	1 日目 (午前)	58.33	79.00	5.33	2.53	2.30	3.43	2.96	6.48	10.24	12.04
	1 日目 (昼食後)	33.33	71.00	6.00	3.07	1.77	4.60	3.50	6.09	10.69	11.29
	1 日目 (夕方)	58.33	108.00	6.67	1.49	2.29	5.99	3.73	9.57	9.39	13.90
	2 日目 (昼食後)	33.33	80.33	6.67	1.13	2.38	4.18	4.22	10.41	10.28	12.15
	2 日目 (夕方)	66.67	105.00	7.33	1.34	3.70	8.83	5.81	11.73	10.13	15.41
	3 日目 (昼食後)	41.67	83.00	8.00	1.48	1.74	4.01	5.28	11.22	10.63	18.39
	3 日目 (夕方)	58.33	88.00	7.33	1.31	2.93	6.86	6.14	12.24	12.62	18.38
	4 日目 (午前)	58.33	79.00	5.67	1.33	3.60	7.52	6.50	11.91	12.08	18.97
	4 日目 (昼食後)	75.00	92.00	5.67	1.50	2.71	7.09	7.52	12.53	10.15	16.54
	4 日目 (夕方)	58.33	84.33	5.33	1.67	3.59	6.18	5.28	10.87	12.07	24.22
標 準 条 件	1 日目 (午前)	50.00	72.33	5.67	3.05	5.57	5.22	5.59	11.52	10.41	17.93
	1 日目 (昼食後)	75.00	83.67	6.33	3.09	4.24	4.07	6.00	11.24	10.85	18.07
	1 日目 (夕方)	75.00	87.33	6.33	1.87	4.71	5.61	7.56	14.17	10.93	0.00
	2 日目 (昼食後)	66.67	86.33	6.00	2.47	3.19	5.50	8.41	11.97	12.00	22.63
	2 日目 (夕方)	25.00	112.00	7.00	1.62	3.91	4.44	6.18	12.48	12.86	19.59
	3 日目 (昼食後)	33.33	93.00	6.33	1.57	1.66	4.90	8.14	12.79	12.67	19.74
	3 日目 (夕方)	33.33	87.00	6.00	2.06	4.67	4.09	8.35	12.16	12.40	22.45
	4 日目 (午前)	33.33	85.00	7.33	1.53	3.12	5.88	6.92	12.37	10.79	26.46
	4 日目 (昼食後)	25.00	81.00	7.67	1.57	3.83	7.34	7.12	14.32	12.39	25.82
	4 日目 (夕方)	16.67	89.67	7.00	2.80	4.83	6.72	8.22	13.49	11.38	21.88
照 明 条 件 2	5 日目 (昼食後)	41.67	87.33	6.67	3.08	6.43	7.77	7.80	14.47	12.42	27.51
	5 日目 (夕方)	33.33	94.67	5.67	3.75	6.97	4.56	7.07	14.94	13.97	29.28
	1 日目 (午前)	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No
	1 日目 (昼食後)										
	1 日目 (夕方)	Data	Data	Data	Data	Data	Data	Data	Data	Data	Data
	2 日目 (昼食後)	66.67	91.33	8.00	3.92	4.86	5.62	7.26	13.17	13.66	31.25
	2 日目 (夕方)	50.00	84.67	5.67	4.97	1.75	4.59	8.79	14.13	13.44	29.18
	3 日目 (昼食後)	75.00	78.33	6.33	4.29	4.11	6.17	10.84	13.82	13.72	31.42
	3 日目 (夕方)	83.33	87.33	7.00	5.39	7.05	8.85	6.80	14.06	15.34	28.66
	4 日目 (午前)	83.33	85.33	7.33	5.77	5.81	7.39	8.74	15.22	13.78	32.56
4 日目 (昼食後)	66.67	89.33	8.00	5.07	7.03	8.02	8.24	13.08	15.32	30.88	
4 日目 (夕方)	66.67	98.33	7.33	4.86	6.33	7.17	7.62	12.28	18.43	30.48	

*1: 1 問 25 点とした点数、 *2: 制限時間-回答時間 [sec]、 *3: 回答ポイント数

*4: 単位時間正解数 [/min]、 *5: 時分割ポイント

表 A.6: CPTOP の結果一覧 (被験者 F)

		口頭 理解 *1	書面 理解 *2	文書 表現 *3	記憶 *4	数学的 推論 *4	演繹的 推理 *4	帰納的 推理 *4	情報 秩序化 *4	認知 図形 *4	時分割 *5
照明 条件 1	1 日目 (午前)	41.67	68.00	6.00	4.71	5.19	3.88	4.81	14.88	10.18	62.50
	1 日目 (昼食後)	25.00	56.33	6.00	6.12	3.47	4.84	4.93	14.73	11.02	68.01
	1 日目 (夕方)	50.00	70.33	6.00	6.12	2.45	8.45	5.90	14.72	11.08	67.94
	2 日目 (昼食後)	66.67	66.00	5.33	4.27	4.08	5.19	5.09	0.00	0.00	66.74
	2 日目 (夕方)	58.33	90.00	6.00	6.67	5.38	7.25	6.74	14.92	12.79	72.09
	3 日目 (昼食後)	50.00	83.00	5.00	7.01	4.21	4.31	6.71	17.57	11.85	74.12
	3 日目 (夕方)	58.33	74.00	6.67	6.91	3.66	2.22	6.46	16.78	12.79	73.99
	4 日目 (午前)	25.00	80.00	3.67	8.16	5.05	6.33	6.99	13.33	10.90	78.76
	4 日目 (昼食後)	83.33	78.33	6.00	8.93	3.37	6.88	7.51	16.57	12.42	77.55
4 日目 (夕方)	41.67	72.67	5.00	6.89	5.60	6.39	6.90	17.45	13.25	78.99	
標準 条件	1 日目 (午前)	41.67	64.00	4.67	7.88	6.58	8.01	5.54	15.40	12.18	72.62
	1 日目 (昼食後)	58.33	70.33	4.33	7.08	5.90	7.61	5.25	18.58	13.40	75.48
	1 日目 (夕方)	66.67	80.33	4.67	10.40	3.10	5.73	6.71	14.86	11.97	78.39
	2 日目 (昼食後)	41.67	82.33	4.67	6.53	4.35	7.02	6.62	15.17	13.37	73.16
	2 日目 (夕方)	16.67	74.33	5.67	8.86	4.14	5.64	5.34	15.45	12.52	0.00
	3 日目 (昼食後)	25.00	75.00	6.67	9.25	2.66	4.67	7.73	15.03	12.15	72.58
	3 日目 (夕方)	16.67	80.33	6.67	9.91	6.75	6.56	8.07	18.24	13.07	82.99
	4 日目 (午前)	25.00	81.33	6.00	10.89	3.99	10.17	7.42	16.85	11.88	77.33
	4 日目 (昼食後)	33.33	79.67	5.67	8.35	2.62	11.00	7.24	18.40	14.51	78.98
	4 日目 (夕方)	33.33	76.33	5.33	13.70	5.31	9.29	7.44	16.62	14.05	76.67
5 日目 (昼食後)	25.00	88.67	6.00	10.32	5.51	7.62	7.04	18.58	13.98	73.81	
5 日目 (夕方)	50.00	82.00	6.67	13.67	4.86	6.92	8.02	18.32	13.07	75.33	
照明 条件 2	1 日目 (午前)	58.33	61.67	5.33	14.35	2.22	9.42	6.73	13.81	12.14	77.23
	1 日目 (昼食後)	58.33	70.00	6.67	11.98	5.34	6.40	7.67	20.57	12.27	76.25
	1 日目 (夕方)	50.00	79.00	6.00	10.20	1.41	7.45	8.65	18.60	12.93	81.15
	2 日目 (昼食後)	50.00	80.67	6.67	13.52	7.31	9.11	7.21	14.10	10.42	72.66
	2 日目 (夕方)	50.00	87.67	4.67	11.73	3.63	9.57	7.85	20.35	11.71	79.28
	3 日目 (昼食後)	75.00	93.67	5.67	12.51	4.34	7.07	6.36	17.48	11.54	81.29
	3 日目 (夕方)	83.33	87.00	6.67	11.79	6.59	8.48	7.61	15.62	11.64	80.61
	4 日目 (午前)	66.67	82.33	7.00	12.76	6.31	5.86	9.02	18.75	11.54	67.38
	4 日目 (昼食後)	58.33	96.00	8.67	12.12	7.38	5.85	9.42	18.75	12.53	87.00
4 日目 (夕方)	41.67	98.33	7.00	14.06	6.28	3.44	6.67	20.44	12.35	82.93	

*1 : 1 問 25 点とした点数、 *2 : 制限時間-回答時間 [sec]、 *3 : 回答ポイント数

*4 : 単位時間正解数 [/min]、 *5 : 時分割ポイント

A.2 自覚症しらべ

本文中の第4章では各疲労感に関して、全ての被験者の訴え度を正規化したものを記した。ここでは各被験者の疲労感ごとの正規化前の訴え度を記す。

表 A.7: 自覚症しらべの結果一覧 (被験者 A)

	眠気感 (被験者 A)					
	自覚 1	自覚 2	自覚 3	自覚 4	自覚 5	自覚 6
照明条件 1 (1 日目)	4.0	4.2	3.4	4.0	4.0	4.8
照明条件 1 (2 日目)	4.0	4.2	3.8	4.2	4.8	4.2
照明条件 1 (3 日目)	4.2	3.8	4.2	4.4	4.2	4.4
照明条件 1 (4 日目)	4.0	4.2	3.2	4.2	4.0	3.4
標準条件 (1 日目)	3.6	4.0	3.8	3.8	4.0	4.0
標準条件 (2 日目)	4.0	3.6	3.4	3.8	4.0	4.0
標準条件 (3 日目)	4.0	3.2	4.4	3.2	3.8	2.8
標準条件 (4 日目)	3.6	3.2	3.2	4.0	4.0	3.0
標準条件 (5 日目)	3.8	3.2	3.8	2.8	4.4	3.0
照明条件 2 (1 日目)	3.2	3.4	3.4	1.8	2.0	2.2
照明条件 2 (2 日目)	4.6	4.6	4.2	4.0	4.0	4.0
照明条件 2 (3 日目)	3.6	3.8	4.0	3.8	4.0	3.6
照明条件 2 (4 日目)	3.8	3.0	3.2	3.4	3.4	3.2

	不安定感 (被験者 A)					
	自覚 1	自覚 2	自覚 3	自覚 4	自覚 5	自覚 6
照明条件 1 (1 日目)	1.6	1.8	1.6	1.8	1.6	2.0
照明条件 1 (2 日目)	1.8	1.6	1.6	2.0	2.2	2.2
照明条件 1 (3 日目)	1.6	1.8	1.6	1.8	2.0	2.2
照明条件 1 (4 日目)	1.8	2.2	1.6	1.8	2.0	1.8
標準条件 (1 日目)	1.4	1.6	1.4	1.6	1.6	1.8
標準条件 (2 日目)	1.6	1.4	1.4	1.4	1.8	1.6
標準条件 (3 日目)	1.6	1.4	1.4	1.4	1.8	1.8
標準条件 (4 日目)	1.6	1.4	1.6	1.6	1.6	1.8
標準条件 (5 日目)	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4
照明条件 2 (1 日目)	1.4	1.4	1.4	1.0	1.0	1.4
照明条件 2 (2 日目)	2.0	1.8	1.4	1.8	1.4	1.4
照明条件 2 (3 日目)	1.6	1.4	1.4	1.4	1.6	1.4
照明条件 2 (4 日目)	1.4	1.8	1.0	1.4	1.4	1.4

	不快感 (被験者 A)					
	自覚 1	自覚 2	自覚 3	自覚 4	自覚 5	自覚 6
照明条件 1 (1 日目)	1.4	1.2	1.2	1.2	1.2	1.6
照明条件 1 (2 日目)	1.6	1.4	1.0	1.4	1.8	1.6
照明条件 1 (3 日目)	1.6	1.2	1.6	1.8	2.0	1.4
照明条件 1 (4 日目)	2.2	1.8	1.2	1.6	1.8	1.6
標準条件 (1 日目)	1.6	1.6	1.4	1.4	1.6	1.6
標準条件 (2 日目)	1.8	1.6	1.0	1.6	2.0	1.0
標準条件 (3 日目)	1.8	2.2	1.4	2.0	1.8	2.4
標準条件 (4 日目)	1.2	1.2	1.0	1.6	1.8	1.8
標準条件 (5 日目)	1.8	1.0	1.4	1.0	1.4	2.0
照明条件 2 (1 日目)	1.6	1.6	1.6	1.0	1.0	1.0
照明条件 2 (2 日目)	2.2	2.0	1.8	1.8	1.8	1.4
照明条件 2 (3 日目)	1.4	1.6	1.8	1.4	1.8	1.6
照明条件 2 (4 日目)	1.4	1.0	1.6	1.0	1.6	1.0

	だるさ感 (被験者 A)					
	自覚 1	自覚 2	自覚 3	自覚 4	自覚 5	自覚 6
照明条件 1 (1 日目)	1.6	2.2	1.6	2.2	2.2	3.0
照明条件 1 (2 日目)	1.2	2.2	2.2	2.2	2.6	2.8
照明条件 1 (3 日目)	1.6	2.0	1.6	2.4	2.4	2.8
照明条件 1 (4 日目)	1.8	2.6	1.8	2.6	2.6	2.6
標準条件 (1 日目)	1.4	1.6	1.6	2.0	1.8	2.6
標準条件 (2 日目)	1.0	2.0	2.2	2.6	2.4	2.8
標準条件 (3 日目)	1.4	2.0	1.6	2.4	2.0	2.6
標準条件 (4 日目)	1.0	1.4	1.6	1.8	2.0	2.6
標準条件 (5 日目)	1.0	2.0	1.4	2.0	2.2	2.8
照明条件 2 (1 日目)	1.0	1.0	1.0	1.4	1.2	1.6
照明条件 2 (2 日目)	1.6	1.8	2.0	2.0	1.8	2.2
照明条件 2 (3 日目)	1.0	1.4	1.4	1.6	1.6	2.0
照明条件 2 (4 日目)	1.0	1.2	1.0	1.2	1.2	1.6

	ぼやけ感 (被験者 A)					
	自覚 1	自覚 2	自覚 3	自覚 4	自覚 5	自覚 6
照明条件 1 (1 日目)	1.2	2.4	2.2	3.0	2.8	3.6
照明条件 1 (2 日目)	1.6	2.4	2.2	3.2	3.4	4.4
照明条件 1 (3 日目)	1.6	2.2	2.4	2.8	2.6	3.4
照明条件 1 (4 日目)	2.0	2.8	2.4	3.4	2.6	3.0
標準条件 (1 日目)	1.8	2.2	2.0	2.4	2.2	2.8
標準条件 (2 日目)	1.0	2.0	1.4	2.4	2.4	2.6
標準条件 (3 日目)	1.0	1.8	1.0	2.4	2.2	2.8
標準条件 (4 日目)	1.0	1.6	1.0	2.0	2.0	2.6
標準条件 (5 日目)	1.0	1.0	1.0	1.6	1.0	2.6
照明条件 2 (1 日目)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	2.6
照明条件 2 (2 日目)	1.6	2.8	1.0	2.6	1.0	2.0
照明条件 2 (3 日目)	1.0	1.2	1.4	1.4	1.4	2.8
照明条件 2 (4 日目)	1.0	1.0	1.8	1.0	1.0	1.6

1:まったく当てはまらない、2:わずかに当てはまる、3:少し当てはまる

4:かなり当てはまる、5:非常によく当てはまる

表 A.8: 自覚症しらべの結果一覧 (被験者 B)

	眠気感 (被験者 B)					
	自覚 1	自覚 2	自覚 3	自覚 4	自覚 5	自覚 6
照明条件 1 (1 日目)	1.8	1.8	1.6	2.0	3.0	4.0
照明条件 1 (2 日目)	2.0	2.8	1.6	1.4	1.6	2.2
照明条件 1 (3 日目)	2.0	1.6	1.2	1.8	1.8	1.4
照明条件 1 (4 日目)	1.0	1.0	1.0	1.2	1.0	1.2
標準条件 (1 日目)	3.4	2.6	1.4	1.8	1.6	2.2
標準条件 (2 日目)	1.6	1.6	1.0	1.8	1.2	1.6
標準条件 (3 日目)	1.0	2.2	1.0	1.4	1.8	1.0
標準条件 (4 日目)	1.0	1.4	1.2	2.0	1.4	2.0
標準条件 (5 日目)	1.2	1.2	1.8	1.2	1.6	1.0
照明条件 2 (1 日目)	1.2	1.4	1.0	1.0	1.0	1.6
照明条件 2 (2 日目)						
照明条件 2 (3 日目)	1.4	1.6	1.4	1.0	1.0	1.2
照明条件 2 (4 日目)	1.0	1.2	1.0	1.2	1.2	1.0

	不安定感 (被験者 B)					
	自覚 1	自覚 2	自覚 3	自覚 4	自覚 5	自覚 6
照明条件 1 (1 日目)	1.6	1.8	1.4	1.2	1.4	1.6
照明条件 1 (2 日目)	1.0	1.2	1.0	1.2	1.0	1.4
照明条件 1 (3 日目)	1.0	1.0	1.2	1.2	1.0	1.0
照明条件 1 (4 日目)	1.0	1.2	1.2	1.0	1.2	1.8
標準条件 (1 日目)	1.2	1.0	1.0	1.2	1.0	1.2
標準条件 (2 日目)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
標準条件 (3 日目)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
標準条件 (4 日目)	1.0	1.0	1.0	1.2	1.0	1.0
標準条件 (5 日目)	1.0	1.4	1.0	1.4	1.0	1.6
照明条件 2 (1 日目)	1.0	1.2	1.0	1.2	1.0	1.2
照明条件 2 (2 日目)						
照明条件 2 (3 日目)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.2
照明条件 2 (4 日目)	1.2	1.0	1.0	1.2	1.0	1.2

	不快感 (被験者 B)					
	自覚 1	自覚 2	自覚 3	自覚 4	自覚 5	自覚 6
照明条件 1 (1 日目)	1.0	1.0	1.0	1.4	1.2	1.0
照明条件 1 (2 日目)	1.2	1.4	1.0	1.2	1.0	1.2
照明条件 1 (3 日目)	1.4	1.4	1.0	1.2	1.4	1.6
照明条件 1 (4 日目)	1.0	1.0	1.0	1.0	1.2	1.0
標準条件 (1 日目)	1.0	1.4	1.0	1.0	1.2	1.6
標準条件 (2 日目)	1.2	1.2	1.2	1.8	1.6	1.6
標準条件 (3 日目)	1.0	1.2	1.0	1.2	2.2	2.2
標準条件 (4 日目)	1.2	1.0	1.2	1.8	2.2	2.8
標準条件 (5 日目)	1.2	1.0	1.2	1.0	1.0	1.0
照明条件 2 (1 日目)	1.0	1.0	1.2	1.6	1.2	1.8
照明条件 2 (2 日目)						
照明条件 2 (3 日目)	1.0	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0
照明条件 2 (4 日目)	1.0	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0

	だるさ感 (被験者 B)					
	自覚 1	自覚 2	自覚 3	自覚 4	自覚 5	自覚 6
照明条件 1 (1 日目)	1.4	1.6	1.2	2.0	2.6	2.8
照明条件 1 (2 日目)	1.8	2.2	1.8	2.0	2.2	3.2
照明条件 1 (3 日目)	1.4	2.4	2.0	2.4	2.4	2.8
照明条件 1 (4 日目)	1.2	1.8	1.2	2.2	1.6	2.0
標準条件 (1 日目)	1.2	1.8	1.4	2.6	1.6	2.6
標準条件 (2 日目)	1.0	1.4	1.2	2.0	1.2	2.0
標準条件 (3 日目)	1.2	1.6	1.2	2.0	2.2	2.6
標準条件 (4 日目)	1.4	1.4	1.8	2.0	1.8	2.0
標準条件 (5 日目)	1.6	1.8	1.6	1.8	1.8	2.4
照明条件 2 (1 日目)	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	2.0
照明条件 2 (2 日目)						
照明条件 2 (3 日目)	1.4	1.8	1.6	1.6	1.4	2.0
照明条件 2 (4 日目)	1.2	1.4	1.6	1.6	1.4	1.6

	ぼやけ感 (被験者 B)					
	自覚 1	自覚 2	自覚 3	自覚 4	自覚 5	自覚 6
照明条件 1 (1 日目)	1.4	1.2	1.0	2.0	1.4	1.6
照明条件 1 (2 日目)	1.2	1.0	1.0	2.8	1.2	3.4
照明条件 1 (3 日目)	1.2	1.0	1.0	2.8	2.6	2.4
照明条件 1 (4 日目)	1.2	2.2	1.0	2.0	2.0	1.6
標準条件 (1 日目)	1.4	1.8	1.0	3.4	2.0	3.6
標準条件 (2 日目)	1.2	1.4	1.0	1.4	1.6	2.4
標準条件 (3 日目)	1.0	1.6	1.0	3.2	1.4	2.6
標準条件 (4 日目)	1.2	1.6	1.8	2.4	2.6	2.6
標準条件 (5 日目)	1.2	1.0	1.0	2.6	1.0	1.8
照明条件 2 (1 日目)	1.2	1.8	1.4	2.2	2.0	3.2
照明条件 2 (2 日目)						
照明条件 2 (3 日目)	1.2	2.0	1.4	3.0	2.2	3.4
照明条件 2 (4 日目)	1.0	2.4	1.6	2.6	2.2	2.4

1:まったく当てはまらない、2:わずかに当てはまる、3:少し当てはまる

4:かなり当てはまる、5:非常によく当てはまる

表 A.9: 自覚症しらべの結果一覧 (被験者 C)

	眠気感 (被験者 C)					
	自覚 1	自覚 2	自覚 3	自覚 4	自覚 5	自覚 6
照明条件 1 (1 日目)	2.2	1.8	2.0	2.2	2.4	2.4
照明条件 1 (2 日目)	2.8	2.6	3.4	3.0	2.6	3.0
照明条件 1 (3 日目)	3.4	3.0	3.2	3.2	3.0	3.4
照明条件 1 (4 日目)	3.0	3.0	3.2	3.4	3.4	2.6
標準条件 (1 日目)	3.2	2.4	3.2	2.6	3.4	2.0
標準条件 (2 日目)	2.8	3.0	3.2	3.0	3.6	2.6
標準条件 (3 日目)	3.4	2.6	3.2	3.0	2.4	2.4
標準条件 (4 日目)	3.0	2.6	2.8	2.8	2.8	2.4
標準条件 (5 日目)	2.8	2.8	3.0	2.8	3.0	2.6
照明条件 2 (1 日目)	3.2	2.6	4.0	3.0	4.0	2.6
照明条件 2 (2 日目)	2.8	2.4	2.8	2.4	2.8	2.2
照明条件 2 (3 日目)	2.4	2.8	2.8	2.6	2.6	2.6
照明条件 2 (4 日目)	2.8	2.8	3.0	3.0	2.8	2.6

	不安定感 (被験者 C)					
	自覚 1	自覚 2	自覚 3	自覚 4	自覚 5	自覚 6
照明条件 1 (1 日目)	2.2	2.2	2.0	2.0	2.0	2.4
照明条件 1 (2 日目)	1.6	1.6	2.4	2.4	2.2	2.4
照明条件 1 (3 日目)	2.6	2.2	2.6	2.8	2.6	3.0
照明条件 1 (4 日目)	2.6	2.8	2.6	3.0	2.6	2.4
標準条件 (1 日目)	2.8	2.6	2.2	2.2	2.0	2.8
標準条件 (2 日目)	1.8	2.0	2.0	2.2	2.0	2.4
標準条件 (3 日目)	1.6	2.0	2.2	2.2	2.0	1.8
標準条件 (4 日目)	2.0	2.0	2.4	1.8	2.0	2.0
標準条件 (5 日目)	2.0	2.0	1.6	2.0	2.0	2.0
照明条件 2 (1 日目)	1.4	2.0	1.6	2.0	1.8	1.8
照明条件 2 (2 日目)	1.6	1.6	1.8	1.8	1.8	1.8
照明条件 2 (3 日目)	1.4	1.8	1.6	1.6	1.8	1.8
照明条件 2 (4 日目)	1.6	1.8	1.8	2.0	2.0	1.8

	不快感 (被験者 C)					
	自覚 1	自覚 2	自覚 3	自覚 4	自覚 5	自覚 6
照明条件 1 (1 日目)	2.0	2.4	1.8	2.6	2.0	2.6
照明条件 1 (2 日目)	1.8	2.6	2.2	2.8	2.6	2.8
照明条件 1 (3 日目)	2.8	2.8	2.0	2.8	3.0	3.2
照明条件 1 (4 日目)	2.6	2.8	3.0	2.4	2.4	2.8
標準条件 (1 日目)	2.2	2.2	2.0	2.0	2.0	2.2
標準条件 (2 日目)	1.8	1.8	1.6	1.6	2.2	2.0
標準条件 (3 日目)	2.0	2.2	2.0	1.8	1.8	2.4
標準条件 (4 日目)	2.4	1.8	1.8	2.2	2.0	2.4
標準条件 (5 日目)	2.0	2.8	2.4	2.4	2.2	2.2
照明条件 2 (1 日目)	2.0	2.8	2.4	2.2	2.6	2.6
照明条件 2 (2 日目)	2.0	2.4	2.2	2.0	2.0	2.2
照明条件 2 (3 日目)	2.2	2.4	2.4	2.0	2.2	2.8
照明条件 2 (4 日目)	2.0	2.6	2.2	2.6	2.2	2.2

	だるさ感 (被験者 C)					
	自覚 1	自覚 2	自覚 3	自覚 4	自覚 5	自覚 6
照明条件 1 (1 日目)	1.8	3.0	2.6	2.8	3.2	3.6
照明条件 1 (2 日目)	3.8	3.6	3.6	3.6	4.0	3.8
照明条件 1 (3 日目)	3.6	4.4	4.0	4.4	4.4	4.4
照明条件 1 (4 日目)	4.0	4.6	4.0	4.0	4.4	4.2
標準条件 (1 日目)	2.8	3.2	3.4	3.8	3.8	3.8
標準条件 (2 日目)	3.0	4.0	3.4	4.0	4.0	3.6
標準条件 (3 日目)	3.0	3.6	3.6	4.2	3.8	4.4
標準条件 (4 日目)	2.8	3.6	4.0	4.4	4.2	4.2
標準条件 (5 日目)	3.2	3.2	3.4	4.2	3.8	4.2
照明条件 2 (1 日目)	2.6	3.6	3.0	4.2	3.8	4.4
照明条件 2 (2 日目)	2.8	3.6	3.4	4.2	4.2	4.2
照明条件 2 (3 日目)	3.2	3.6	3.4	4.0	4.2	4.4
照明条件 2 (4 日目)	3.2	4.0	3.8	4.0	4.0	4.0

	ぼやけ感 (被験者 C)					
	自覚 1	自覚 2	自覚 3	自覚 4	自覚 5	自覚 6
照明条件 1 (1 日目)	1.8	2.0	2.0	2.8	2.8	3.6
照明条件 1 (2 日目)	2.8	3.4	3.2	3.8	4.4	4.2
照明条件 1 (3 日目)	3.0	4.6	4.0	3.8	4.2	4.4
照明条件 1 (4 日目)	3.6	4.2	4.0	3.8	4.0	3.8
標準条件 (1 日目)	2.2	2.6	2.8	3.2	3.0	3.4
標準条件 (2 日目)	2.4	3.8	3.2	3.6	3.0	3.8
標準条件 (3 日目)	2.4	3.8	3.6	3.4	3.6	4.2
標準条件 (4 日目)	1.8	3.6	3.6	3.8	3.2	3.8
標準条件 (5 日目)	2.6	3.4	2.8	3.6	3.0	3.4
照明条件 2 (1 日目)	2.0	2.8	3.0	2.8	3.0	3.0
照明条件 2 (2 日目)	2.4	2.8	3.0	3.2	3.4	3.4
照明条件 2 (3 日目)	2.6	2.6	2.8	2.8	3.2	3.0
照明条件 2 (4 日目)	2.2	2.2	2.6	3.2	2.6	2.8

1:まったく当てはまらない、2:わずかに当てはまる、3:少し当てはまる

4:かなり当てはまる、5:非常によく当てはまる

表 A.10: 自覚症しらべの結果一覧 (被験者 D)

	眠気感 (被験者 D)					
	自覚 1	自覚 2	自覚 3	自覚 4	自覚 5	自覚 6
照明条件 1 (1 日目)	1.6	1.2	1.2	1.2	1.8	1.6
照明条件 1 (2 日目)	1.6	1.6	2.0	2.2	3.0	2.8
照明条件 1 (3 日目)	2.0	1.4	1.8	2.8	3.4	2.6
照明条件 1 (4 日目)	2.2	2.0	2.0	2.4	2.2	2.6
標準条件 (1 日目)	2.4	1.6	2.6	1.8	2.8	2.0
標準条件 (2 日目)	2.8	1.4	2.0	2.4	2.2	2.2
標準条件 (3 日目)	1.6	1.4	2.0	2.0	2.4	2.4
標準条件 (4 日目)	2.0	2.2	2.2	2.4	2.4	2.6
標準条件 (5 日目)	2.6	2.4	2.2	2.6	2.6	2.4
照明条件 2 (1 日目)	1.8	1.6	2.4	2.2	2.4	2.4
照明条件 2 (2 日目)	2.6	2.2	2.2	2.4	3.4	2.8
照明条件 2 (3 日目)	2.6	1.8	2.6	2.0	2.4	2.6
照明条件 2 (4 日目)	1.8	1.6	2.0	2.2	2.2	2.2

	不安定感 (被験者 D)					
	自覚 1	自覚 2	自覚 3	自覚 4	自覚 5	自覚 6
照明条件 1 (1 日目)	1.4	1.2	1.2	2.0	1.2	2.4
照明条件 1 (2 日目)	1.2	2.2	1.4	2.6	2.4	3.8
照明条件 1 (3 日目)	1.4	2.8	1.4	3.2	2.6	2.8
照明条件 1 (4 日目)	1.6	1.8	1.8	2.4	1.4	1.8
標準条件 (1 日目)	1.8	2.0	1.6	2.0	1.6	2.0
標準条件 (2 日目)	1.6	2.4	1.8	2.4	2.2	2.0
標準条件 (3 日目)	1.2	1.2	1.6	2.0	1.2	2.0
標準条件 (4 日目)	1.8	1.6	1.8	1.8	1.8	2.0
標準条件 (5 日目)	1.4	2.0	1.6	2.4	2.2	2.0
照明条件 2 (1 日目)	1.4	2.2	1.4	1.8	1.4	2.0
照明条件 2 (2 日目)	1.8	2.0	1.2	2.0	1.6	1.8
照明条件 2 (3 日目)	1.6	1.8	1.6	1.8	1.6	1.8
照明条件 2 (4 日目)	1.2	1.6	1.6	1.6	1.4	1.8

	不快感 (被験者 D)					
	自覚 1	自覚 2	自覚 3	自覚 4	自覚 5	自覚 6
照明条件 1 (1 日目)	1.4	1.4	1.4	1.2	1.6	1.8
照明条件 1 (2 日目)	1.2	1.6	1.8	2.2	3.0	3.0
照明条件 1 (3 日目)	1.8	1.6	1.4	2.2	2.0	1.8
照明条件 1 (4 日目)	1.8	1.6	1.6	1.6	1.8	2.4
標準条件 (1 日目)	1.8	1.4	2.2	2.0	2.2	2.0
標準条件 (2 日目)	1.4	1.4	1.4	2.0	1.8	1.8
標準条件 (3 日目)	1.2	1.2	1.2	1.6	1.4	1.8
標準条件 (4 日目)	1.4	1.4	1.4	1.8	1.6	1.8
標準条件 (5 日目)	1.6	1.6	1.6	1.8	1.8	1.8
照明条件 2 (1 日目)	1.4	1.4	2.0	1.8	1.6	1.8
照明条件 2 (2 日目)	1.6	1.4	1.4	1.8	2.0	1.8
照明条件 2 (3 日目)	1.8	1.4	1.8	1.8	1.6	1.8
照明条件 2 (4 日目)	1.4	1.4	1.6	1.8	1.6	1.8

	だるさ感 (被験者 D)					
	自覚 1	自覚 2	自覚 3	自覚 4	自覚 5	自覚 6
照明条件 1 (1 日目)	1.0	1.2	1.2	1.2	1.2	1.6
照明条件 1 (2 日目)	1.2	1.4	1.6	1.6	1.6	2.0
照明条件 1 (3 日目)	1.6	1.4	1.4	2.2	2.0	2.8
照明条件 1 (4 日目)	1.8	2.2	2.4	2.4	2.0	2.8
標準条件 (1 日目)	2.0	2.4	2.4	2.2	2.4	2.8
標準条件 (2 日目)	2.6	2.0	2.0	2.4	2.2	2.6
標準条件 (3 日目)	2.0	2.4	2.6	2.4	2.6	2.6
標準条件 (4 日目)	2.2	2.2	2.2	2.4	2.4	2.4
標準条件 (5 日目)	2.4	2.2	2.4	2.2	2.2	2.4
照明条件 2 (1 日目)	2.2	2.4	2.2	2.4	2.4	2.4
照明条件 2 (2 日目)	2.0	2.2	2.2	2.4	2.4	2.4
照明条件 2 (3 日目)	2.2	2.2	2.4	2.6	2.6	2.6
照明条件 2 (4 日目)	2.0	2.2	2.2	2.6	2.4	2.6

	ぼやけ感 (被験者 D)					
	自覚 1	自覚 2	自覚 3	自覚 4	自覚 5	自覚 6
照明条件 1 (1 日目)	1.8	2.2	1.4	2.0	1.8	2.4
照明条件 1 (2 日目)	1.4	2.0	2.0	2.2	2.2	2.6
照明条件 1 (3 日目)	1.8	2.0	1.6	4.6	3.6	3.6
照明条件 1 (4 日目)	2.8	3.6	4.0	4.2	4.0	4.4
標準条件 (1 日目)	2.0	2.4	3.0	4.2	3.2	4.0
標準条件 (2 日目)	2.0	3.2	3.0	3.2	3.4	3.6
標準条件 (3 日目)	2.2	2.6	3.0	3.8	2.6	3.6
標準条件 (4 日目)	2.4	3.0	2.6	3.4	3.4	3.8
標準条件 (5 日目)	2.2	2.6	3.0	3.0	3.4	3.8
照明条件 2 (1 日目)	1.4	2.4	2.0	3.2	3.0	3.4
照明条件 2 (2 日目)	2.2	2.8	2.4	3.0	2.8	3.4
照明条件 2 (3 日目)	2.2	2.2	3.2	3.0	3.2	3.6
照明条件 2 (4 日目)	2.0	2.8	2.6	3.6	3.8	3.4

1:まったく当てはまらない、2:わずかに当てはまる、3:少し当てはまる

4:かなり当てはまる、5:非常によく当てはまる

表 A.11: 自覚症しらべの結果一覧 (被験者 E)

	眠気感 (被験者 E)					
	自覚 1	自覚 2	自覚 3	自覚 4	自覚 5	自覚 6
照明条件 1 (1 日目)	4.6	4.6	4.8	4.8	4.8	4.8
照明条件 1 (2 日目)	4.6	4.6	4.8	5.0	4.6	5.0
照明条件 1 (3 日目)	3.8	4.6	5.0	5.0	4.8	5.0
照明条件 1 (4 日目)	4.8	4.8	5.0	4.8	5.0	5.0
標準条件 (1 日目)	4.8	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0
標準条件 (2 日目)	5.0	5.0	4.8	5.0	5.0	4.4
標準条件 (3 日目)	4.8	4.2	4.8	5.0	4.8	5.0
標準条件 (4 日目)	4.6	4.6	4.6	4.4	4.2	4.4
標準条件 (5 日目)	5.0	4.2	4.4	4.2	5.0	4.0
照明条件 2 (1 日目)						
照明条件 2 (2 日目)	4.4	3.8	4.0	3.8	4.2	4.0
照明条件 2 (3 日目)	4.6	4.8	4.4	4.6	4.6	4.6
照明条件 2 (4 日目)	4.6	4.2	4.6	4.6	4.6	4.6

	不安定感 (被験者 E)					
	自覚 1	自覚 2	自覚 3	自覚 4	自覚 5	自覚 6
照明条件 1 (1 日目)	2.6	2.2	2.6	2.2	2.2	2.8
照明条件 1 (2 日目)	2.6	2.0	1.8	2.2	2.4	3.2
照明条件 1 (3 日目)	2.6	2.8	2.8	4.2	3.0	3.2
照明条件 1 (4 日目)	3.6	3.4	3.6	4.4	3.6	4.2
標準条件 (1 日目)	4.0	4.2	4.4	4.4	4.2	4.4
標準条件 (2 日目)	3.6	3.2	3.4	4.0	3.8	4.4
標準条件 (3 日目)	3.0	3.2	3.0	4.6	4.0	3.8
標準条件 (4 日目)	2.8	4.2	3.6	4.4	4.0	4.2
標準条件 (5 日目)	4.0	3.2	3.8	4.4	3.6	4.6
照明条件 2 (1 日目)						
照明条件 2 (2 日目)	3.4	2.8	2.8	3.6	3.8	4.4
照明条件 2 (3 日目)	3.8	3.4	3.6	3.8	3.6	4.2
照明条件 2 (4 日目)	3.2	4.6	3.8	4.6	4.4	5.0

	不快感 (被験者 E)					
	自覚 1	自覚 2	自覚 3	自覚 4	自覚 5	自覚 6
照明条件 1 (1 日目)	4.2	3.8	4.0	3.4	3.4	3.4
照明条件 1 (2 日目)	4.2	3.2	3.4	3.0	3.2	4.0
照明条件 1 (3 日目)	4.0	3.2	3.2	3.6	3.0	4.0
照明条件 1 (4 日目)	4.2	2.6	3.6	3.8	3.8	4.0
標準条件 (1 日目)	4.0	3.8	3.6	3.2	3.4	4.2
標準条件 (2 日目)	4.0	3.2	3.8	3.8	3.8	4.0
標準条件 (3 日目)	3.6	3.2	3.6	3.6	3.6	4.0
標準条件 (4 日目)	3.2	2.8	3.4	3.2	3.0	3.6
標準条件 (5 日目)	4.8	3.6	3.2	4.0	3.6	3.6
照明条件 2 (1 日目)						
照明条件 2 (2 日目)	3.4	3.8	3.6	3.4	3.6	3.8
照明条件 2 (3 日目)	3.6	4.2	4.2	3.8	3.6	3.8
照明条件 2 (4 日目)	3.6	3.6	3.6	4.4	4.4	4.4

	だるさ感 (被験者 E)					
	自覚 1	自覚 2	自覚 3	自覚 4	自覚 5	自覚 6
照明条件 1 (1 日目)	2.8	2.8	2.8	2.6	2.6	3.4
照明条件 1 (2 日目)	2.8	3.0	3.2	3.2	3.2	4.0
照明条件 1 (3 日目)	1.4	3.4	3.0	3.6	3.4	4.2
照明条件 1 (4 日目)	3.4	3.8	3.6	4.4	4.0	4.4
標準条件 (1 日目)	2.8	3.0	2.2	3.2	2.8	3.6
標準条件 (2 日目)	2.6	3.4	3.0	4.2	3.6	4.2
標準条件 (3 日目)	3.0	3.8	2.4	4.4	4.0	4.0
標準条件 (4 日目)	3.4	3.0	4.2	4.6	4.6	4.8
標準条件 (5 日目)	3.0	3.6	2.8	3.8	4.2	5.0
照明条件 2 (1 日目)						
照明条件 2 (2 日目)	2.6	3.0	3.6	3.6	3.0	4.4
照明条件 2 (3 日目)	3.4	3.4	3.8	4.2	3.8	4.2
照明条件 2 (4 日目)	2.4	3.8	2.8	4.6	4.2	4.4

	ぼやけ感 (被験者 E)					
	自覚 1	自覚 2	自覚 3	自覚 4	自覚 5	自覚 6
照明条件 1 (1 日目)	2.2	1.8	2.2	1.8	2.2	2.6
照明条件 1 (2 日目)	2.2	2.2	2.2	2.0	2.4	3.8
照明条件 1 (3 日目)	1.6	2.2	2.8	2.6	2.2	2.8
照明条件 1 (4 日目)	2.2	2.0	2.0	2.6	2.8	3.4
標準条件 (1 日目)	3.0	3.6	2.8	3.6	4.0	3.6
標準条件 (2 日目)	3.8	3.4	3.6	3.4	4.0	4.4
標準条件 (3 日目)	4.0	3.6	4.2	4.2	2.8	3.8
標準条件 (4 日目)	2.6	2.8	2.8	2.6	3.0	4.2
標準条件 (5 日目)	2.2	3.4	3.8	4.0	3.4	4.0
照明条件 2 (1 日目)						
照明条件 2 (2 日目)	2.0	2.2	2.6	4.0	3.2	3.0
照明条件 2 (3 日目)	3.2	3.0	3.2	4.0	3.4	3.8
照明条件 2 (4 日目)	2.2	2.4	2.4	3.4	3.6	4.4

1:まったく当てはまらない、2:わずかに当てはまる、3:少し当てはまる

4:かなり当てはまる、5:非常によく当てはまる

表 A.12: 自覚症しらべの結果一覧 (被験者 F)

	眠気感 (被験者 F)					
	自覚 1	自覚 2	自覚 3	自覚 4	自覚 5	自覚 6
照明条件 1 (1 日目)	1.4	1.2	1.2	1.6	1.8	1.8
照明条件 1 (2 日目)	2.4	2.0	2.0	2.0	1.8	2.4
照明条件 1 (3 日目)	1.6	2.4	2.0	2.4	2.4	2.2
照明条件 1 (4 日目)	1.8	1.8	1.8	2.4	2.2	2.4
標準条件 (1 日目)	2.4	2.0	2.0	2.2	2.2	2.0
標準条件 (2 日目)	2.4	2.0	2.0	2.2	2.0	2.2
標準条件 (3 日目)	2.0	2.4	3.0	2.0	2.0	1.8
標準条件 (4 日目)	1.6	1.8	2.0	2.4	2.4	2.2
標準条件 (5 日目)	1.8	1.8	1.8	2.0	2.0	2.2
照明条件 2 (1 日目)	1.4	1.8	1.8	2.0	2.0	1.8
照明条件 2 (2 日目)	1.6		1.8	2.4	2.4	2.0
照明条件 2 (3 日目)	2.0	2.2	2.6	2.2	2.2	2.2
照明条件 2 (4 日目)	2.2	2.6	3.0	2.6	2.6	2.4

	不安定感 (被験者 F)					
	自覚 1	自覚 2	自覚 3	自覚 4	自覚 5	自覚 6
照明条件 1 (1 日目)	1.2	1.0	1.2	1.4	1.4	1.2
照明条件 1 (2 日目)	1.4	1.2	1.2	1.2	1.2	1.4
照明条件 1 (3 日目)	1.2	1.2	1.2	1.4	1.4	1.2
照明条件 1 (4 日目)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
標準条件 (1 日目)	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
標準条件 (2 日目)	1.0	1.0	1.0	1.4	1.2	1.2
標準条件 (3 日目)	1.2	1.4	1.4	1.2	1.2	1.2
標準条件 (4 日目)	1.0	1.2	1.2	1.2	1.0	1.2
標準条件 (5 日目)	1.0	1.0	1.2	1.4	1.2	1.2
照明条件 2 (1 日目)	1.0	1.2	1.2	1.2	1.0	1.0
照明条件 2 (2 日目)	1.0		1.0	1.2	1.0	1.0
照明条件 2 (3 日目)	1.2	1.0	1.6	1.2	1.2	1.2
照明条件 2 (4 日目)	1.0	1.4	1.0	1.2	1.2	1.2

	不快感 (被験者 F)					
	自覚 1	自覚 2	自覚 3	自覚 4	自覚 5	自覚 6
照明条件 1 (1 日目)	1.2	1.6	1.6	2.0	2.0	3.0
照明条件 1 (2 日目)	1.4	1.8	1.8	2.4	2.2	2.8
照明条件 1 (3 日目)	1.2	1.8	1.6	2.2	2.4	2.2
照明条件 1 (4 日目)	1.4	1.8	1.8	2.2	2.2	2.2
標準条件 (1 日目)	1.4	1.4	1.6	2.0	2.2	2.4
標準条件 (2 日目)	1.6	1.6	1.8	2.4	2.6	2.6
標準条件 (3 日目)	1.4	1.6	2.0	2.0	1.8	2.4
標準条件 (4 日目)	1.2	1.4	1.8	2.2	2.6	3.0
標準条件 (5 日目)	1.2	1.4	1.4	1.6	1.8	3.0
照明条件 2 (1 日目)	1.2	1.6	1.6	1.8	1.8	1.8
照明条件 2 (2 日目)	1.0		1.4	2.0	1.6	2.0
照明条件 2 (3 日目)	1.2	1.4	1.8	1.8	1.6	2.6
照明条件 2 (4 日目)	1.2	1.4	1.6	1.8	1.8	2.2

	だるさ感 (被験者 F)					
	自覚 1	自覚 2	自覚 3	自覚 4	自覚 5	自覚 6
照明条件 1 (1 日目)	1.6	1.6	1.8	2.0	2.0	3.0
照明条件 1 (2 日目)	2.2	2.0	2.2	2.2	2.4	2.8
照明条件 1 (3 日目)	2.0	2.2	2.2	2.4	2.2	2.8
照明条件 1 (4 日目)	2.2	2.6	2.6	3.4	3.6	3.8
標準条件 (1 日目)	2.0	2.6	2.8	2.8	2.8	3.2
標準条件 (2 日目)	2.4	2.8	2.8	3.2	3.2	3.4
標準条件 (3 日目)	2.2	2.8	2.8	3.0	3.2	3.2
標準条件 (4 日目)	2.0	2.8	3.2	3.2	3.2	3.6
標準条件 (5 日目)	2.4	2.8	3.0	3.2	3.2	3.8
照明条件 2 (1 日目)	1.6	2.0	2.2	2.6	2.8	3.6
照明条件 2 (2 日目)	2.2		2.2	2.8	2.8	3.2
照明条件 2 (3 日目)	2.2	2.6	2.6	2.8	3.0	3.4
照明条件 2 (4 日目)	2.2	2.6	2.8	3.2	3.2	3.6

	ぼやけ感 (被験者 F)					
	自覚 1	自覚 2	自覚 3	自覚 4	自覚 5	自覚 6
照明条件 1 (1 日目)	1.4	2.0	2.0	2.8	3.2	3.8
照明条件 1 (2 日目)	1.8	2.6	2.6	3.0	3.0	3.2
照明条件 1 (3 日目)	2.0	2.6	2.6	3.0	3.0	3.0
照明条件 1 (4 日目)	1.8	2.6	2.6	2.8	3.2	3.6
標準条件 (1 日目)	1.4	2.6	2.2	2.8	2.8	3.4
標準条件 (2 日目)	2.4	2.6	2.8	3.2	3.0	3.4
標準条件 (3 日目)	1.8	2.8	2.6	3.2	3.2	3.0
標準条件 (4 日目)	2.2	2.6	2.8	2.8	3.0	3.2
標準条件 (5 日目)	1.8	2.4	2.6	2.6	2.8	3.2
照明条件 2 (1 日目)	1.6	2.4	2.4	2.6	2.4	3.2
照明条件 2 (2 日目)	2.2		2.4	3.0	3.0	3.2
照明条件 2 (3 日目)	2.2	2.6	2.6	3.2	3.2	3.2
照明条件 2 (4 日目)	2.0	2.6	2.8	2.8	3.2	3.4

1:まったく当てはまらない、2:わずかに当てはまる、3:少し当てはまる

4:かなり当てはまる、5:非常によく当てはまる