

Title	チームにおける知識創造活動のための効果的な室内照明デザイン
Sub Title	Effective Interior Lighting Design For Knowledge Creation Team Activities
Author	佐藤, 奈央(Sato, Nao) 当麻, 哲哉(Toma, Tetsuya)
Publisher	慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科
Publication year	2014
Jtitle	
JaLC DOI	
Abstract	
Notes	修士学位論文. 2014年度システムデザイン・マネジメント学 第178号
Genre	Thesis or Dissertation
URL	<a href="https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO40002001-00002014-0038">https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=KO40002001-00002014-0038</a>

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

修士論文

2014 年度

チームにおける知識創造活動のための  
効果的な室内照明デザイン

佐藤 奈央

(学籍番号 : 81333316)

指導教員 准教授 当麻 哲哉

2015 年 3 月

慶應義塾大学大学院システムデザイン・マネジメント研究科  
システムデザイン・マネジメント専攻

Effective Interior Lighting Design  
For Knowledge Creation Team Activities

Nao Sato

(Student ID Number : 81333316)

Supervisor Tetsuya Toma

March 2015

Graduate School of System Design and Management,  
Keio University  
Major in System Design and Management

# 論 文 要 旨

学籍番号	81333316	氏 名	佐藤奈央
論文題目： チームにおける知識創造活動のための 効果的な室内照明デザイン			
(内容の要旨) 近年、ビジネスや学校教育の場面で知識創造活動が活発化している。本論文で用いる「知識創造」とは、創造的な作業を行う人の、一定時間あたりに遂行するアウトプットのことである。これまで「個人」の知識創造活動の作業効率を向上させる研究は多く報告されており、とくに照明環境が与える影響が大きいとされている。一方、「チーム」による知識創造活動は個人と同様に重要でありながら、その照明環境による研究例はわずかししか報告がない。 本研究では、チームの知識創造活動においても、照明環境が与える影響は大きいものと仮説を立て、照明環境の異なる条件でのアウトプットの変化を確認することを目的とした。具体的には、個人の生産性の先行研究と同様に、照明環境の条件として照度と色温度を指標とし、高照度・高色温度を「6000 K - 750 lx」、低照度・高色温度を「6000 K - 375 lx」、高照度・低色温度を「3000 K - 750 lx」、低照度・低色温度を「3000 K - 375 lx」とし、4つの照明条件を設定した。そして一定時間に遂行される創発的なコミュニケーション作業としてマインドマップを課したが、照明環境の異なる条件において遂行される作業の生産性だけでなく、生理・心理反応についても評価、分析した点は本研究の新規性である。また、本研究では、照明効果よりも習熟効果が影響を与えるという既存研究（ホーソン実験）を考慮し、照明効果が与える影響を調査するために習熟効果による差が出ないように実験設計を行った。 実験の結果、照明環境の違いがチームの知識創造活動の生産性へ影響を与えることが確認できた。照明の照度、色温度は相互作用しており、照度と色温度の組み合わせによって作業の生産性や生理反応、心理反応へ与える影響の変化が見られた。具体的には、作業の生産性は照度の違いにより影響が異なった。唾液アミラーゼより検出されるストレス値は色温度の違いにより影響が異なった。そして、被験者の主観評価により明らかにされる集中度は照度の違いにより影響に違いが、また覚醒度については高照度・高色温度の空間でのみ影響が申告された。とくに高照度・低色温度の「3000 K - 750 lx」の照明環境はチームによる知識創造活動の照明環境として有効であり、適度なストレス、集中、覚醒を促す効果が確認できた。照明の違いが創造性へ与える影響は個人の場合と同様に高照度・低色温度の照明環境がより有効であったが、チームでは高照度がより影響を与え、個人では低色温度がより影響を与えることが新たな発見であった。 これまでの先行研究ではオフィス照明は主に個人のデスク照明について検討がなされていたが、本研究により会議室やミーティングルームなどのチームで活動をする空間の照明環境にも影響が顕著に出ることが明らかになった。今後、オフィスや学校で実際に行われるタスクを課した現地実験による検証を行うことにより、チームによる知識創造活動が重視される現場での本研究成果の活用が期待される。			
キーワード (5 語) 知識創造 生産性 照明環境 照度 色温度			

## SUMMARY OF MASTER'S DISSERTATION

Student Identification Number	81333316	Name	Nao Sato
Title			
Effective Interior Lighting Design for Knowledge Creation Team Activities			
Abstract			
<p>In late years knowledge creation activity becomes active in a scene of business and the school education. Knowledge creation to use in this article is the output that a person carrying out a creative activity accomplishes at constant time. A lot of studies to improve work efficiency of the knowledge creation activity of "the individual" are reported, and it is said that the influence that illumination environment gives work efficiency is particularly big until now. A lot of studies to improve work efficiency of the knowledge creation activity of "the individual" are reported, and it is said that the influence that illumination environment gives work efficiency is particularly big until now.</p> <p>In this study, I hypothesized that I might have the effect that illumination environment gave on the knowledge creation activity of "the team".</p> <p>A study purpose is to confirm a change of "the knowledge creation activity in the team" on the different condition of the illumination environment. I analyze productivity of emergence-like communication accomplished at uniformity time from a subjective point of view and an objective point of view. The condition of the illumination environment assumed color temperature and illumination an index. The work imposed mind map.</p> <p>As a result of experiment, I was able to confirm that difference in illumination environment affected the productivity of the knowledge creation activity of the team. Illumination environment of the high illumination was effective, and the illumination environment of "3000 K -750 lx" was able to confirm in particular an effect to promote moderate stress, concentration, and awakening. As for the influence that difference in illumination gave to originality, the team and the individual were similar results.</p> <p>Until now, the office illumination was considered for only personal desk illumination, but it is necessary to examine illumination environment of the space that is active by the team such as a meeting room and the meeting room. After having really performed the inspection that imposed a task to be accomplished in offices, the knowledge creation activity by the team can expect on-site utilization made much of.</p>			
Key Word (5 words)			
Intellectual Creation, Productivity, Lighting environment, Illuminance, Color temperature			

## 目次

第1章 序論	1
1.1 研究背景	1
1.1.1 知識創造活動の活発化	1
1.1.2 チームによる知識創造の重要性	2
1.1.3 チームでの知識創造活動を支援する試み	4
1.1.4 知識創造活動の発展に向けた課題	4
1.1.5 本研究の範囲	5
1.2 研究目的	6
1.3 本研究の社会的意義	7
1.4 論文の構成	8
第2章 先行研究	10
2.1 知識創造とは	10
2.2 知識創造の先行研究	12
2.2.1 知識創造の研究事例	13
2.2.2 研究事例の分類と本研究との比較	14
2.3 知識創造のための照明環境によるアプローチ	14
2.3.1 知識創造のための空間デザインの歩み	15
2.3.2 空間環境と知識創造性の関係	16
2.3.3 照明環境と知識創造の関係	17
2.3.4 ホーソン実験との違い	20
2.4 研究手法	21
2.4.1 マインドマップによる作業効率の測定方法	22
2.4.2 客観的評価手法（生理反応）	26
2.4.3 主観的評価手法（心理反応）	28
2.5 本研究の社会的意義	29
第3章 実験概要	31
3.1 実験による検証	31
3.2 実験内容	32
3.2.1 実験対象	33

3.2.2	実験用具	33
3.2.3	実験条件	37
3.2.4	実験室内のレイアウト	40
3.3	測定方法	41
3.3.1	チームによるマインドマップの作業効率測定に関して	41
3.3.2	唾液アミラーゼ活性の測定に関して	42
3.3.3	心的状態の測定に関して	42
3.4	実験の手順	43
第4章	実験結果	45
4.1	物理環境の測定結果	45
4.2	チームによる知識創造作業の作業成績の測定結果	46
4.2.1	集計結果と評価・分析結果	46
4.2.2	作業効率に関する考察	50
4.3	ストレス量の測定結果	51
4.3.1	集計結果と評価・分析結果	51
4.3.2	ストレス量に関する考察	56
4.4	心的状態「集中度」「覚醒度」の測定結果／自己申告採点	57
4.4.1	集計結果と評価・分析結果	57
4.4.2	心的状態に関する考察	61
第5章	結論と今後の展望	63
5.1	結論	63
5.2	今後の研究課題	64
5.3	今後の展望	65
謝辞		66
参考文献		67
付録		71
付録1	アンケート調査シート	71
付録2	相関関係の分析	73

図 1-1	研究計画 .....	8
図 2-1	知的活動と生産性の関係.....	11
図 2-2	SECI モデル .....	12
図 2-3	知識創造と室内環境の関係 .....	16
図 2-4	知的生産性と環境要因 .....	22
図 2-5	マインドマップ .....	23
図 2-6	能力分類票とマインドマップの能力分類.....	25
図 3-1	実験による検証のフロー.....	31
図 3-2	蛍光灯のパッケージ .....	34
図 3-3	唾液アミラーゼ計測装置.....	35
図 3-4	唾液採取中の様子.....	35
図 3-5	色彩照度計 .....	36
図 3-6	IC レコーダー .....	36
図 3-7	実験室の様子.....	37
図 3-8	蛍光灯を設置した天井の様子.....	38
図 3-9	実験室レイアウトと物理環境の測定点 .....	40
図 4-1	チーム毎の回答項目数集計データ .....	46
図 4-2	照明条件の試験順序による作業効率の集計結果.....	47
図 4-3	マインドマップのテーマ毎の作業効率の集計結果 .....	48
図 4-4	照明条件毎のマインドマップの作業効率集計結果 .....	48
図 4-5	照明条件毎の唾液アミラーゼ活性の集計結果 .....	53
図 4-6	照明条件毎の唾液アミラーゼ活性の平均推移 .....	53
図 4-7	照明条件毎のストレス値平均値の比較 .....	54
図 4-8	集中度の集計結果.....	58
図 4-9	覚醒度の集計結果.....	58

図 4-10	心的状態の分析結果 .....	59
表 2-1	研究事例 .....	12
表 3-1	実験用具 .....	34
表 3-2	実験条件 .....	37
表 3-3	照明環境条件 .....	39
表 3-4	照明条件の特徴 .....	39
表 3-5	照明条件の試験順（順番） .....	44
表 4-1	照明環境の測定結果 .....	45
表 4-2	チーム毎の回答項目数集計データ .....	47
表 4-3	t 検定の結果 .....	49
表 4-4	唾液アミラーゼ活性の集計データ .....	52
表 4-5	ストレス量の推移の差の t 検定 .....	54
表 4-6	心的状態の採点結果集計データ .....	57

# 第1章 序論

## 1.1 研究背景

### 1.1.1 知識創造活動の活発化

現代は、ナレッジエコノミー\*1といわれる時代であるとされている。ナレッジエコノミーとは、知識を基盤とする社会のことであり、人と組織の知識や情報が社会のあらゆる問題解決や利益をもたらすとされる時代のことである。

経済活動を歴史的に展望すると、農業社会とされる農耕を基盤とする生活を営んできた時代は、人々は農耕地帯で作物や牧畜を通じていた。その後、産業革命を通じて工業社会となり、生産活動の現場は工場などに移り、高度な技術をもとにものづくりをすることで社会を発展させてきた。そして、現代のナレッジエコノミーでは、生産活動の現場はオフィスが主な場所となり、知識という新たな価値観に基づく社会が形成されている<sup>[1]</sup>。その結果、現代では、いかに知識を生むかといった知識創造活動が経済を左右しているとされている。

ナレッジエコノミーへ変換した影響を受けて、国土交通省主導のもとに知的生産性研究委員会が発足（2007年）した。知識創造活動の主な現場であるオフィスや教育現場で、知識創造活動に優れた空間の設計、建設を目的としており、今後の日本経済の発展に寄与するものとされている<sup>[2]</sup>。

知識創造の伴う作業の生産性に関する研究が多く行われるようになったことに伴い、社会全体の知識創造性（感性・創造性）を向上させることを目指して組織されたニューオフィス推進協議会では、「クリエイティブ・オフィス・レポート」\*2の

---

\*1 ナレッジエコノミー(Knowledge economy)：知識経済。経営学者ピーター・ドラッカー[Peter Drucker,1909-2005]が著書『断絶の時代』の中で提唱。

\*2 クリエイティブ・オフィス・レポート：ニューオフィス推進協議会より発行。知識創造理論を実践するためのひとつの方法論を記したレポート冊子。

発行などの活動が行われている。そのような社会背景から、知識創造活動の活発化が加速した。

### 1.1.2 チームによる知識創造の重要性

企業経営や教育の現場においても、ナレッジエコノミーを牽引する人や組織の能力開発が積極的に行われている。個人の単純作業や創造作業における能力開発だけでナレッジエコノミーの時代の流れについていくのは困難であり、複数人のチームワークの中で知識や情報を活用し、いかにして社会に利益を生み出していくかといった能力が求められている。

個々人の能力だけでなく、集団となったときの能力が求められるようになった要因には、複数人で共同作業をすることにより、個人の能力だけでは補完できない新たな発見や思いがけない気づき、集合知を生み出しやすいからである。ナレッジエコノミーの時代において必要なイノベーションを加速するため、チームによる発想の集合知に注目が集まっているのである<sup>[3]</sup>。

ここでは、2つの観点からチームによる知識創造が重要視されている事例をあげる。ひとつは企業経営、もうひとつは学校教育の観点である。

#### (1) 企業経営的観点

チームによる知識創造活動というのは、近年ビジネスの場面でとくに重要視されている。チームワークで生まれる集合知から導かれる新たな発見や気づきこそ、現代のナレッジエコノミーでの企業経営の発展を後押しするとされている。

かつては、イノベーションのような社会に新たな価値を生み出すきっかけや気づきは、一部の優れた研究者や起業家の個人の力によって生み出されると信じられたが、近年イノベーションは一人の創造から生み出されることは滅多にないという事実が明らかになった。これまで一人の創造的な発見により生み出されたと信じられ

てきたイノベーションは、目に見えない共同的な創造作業の過程で生み出されていたのである<sup>[4]</sup>。

日本を代表する自動車製造業の本田技研株式会社では、「ワイガヤ」というチームでの討論によって新たな価値やコンセプトを作り出す場が重視されてきた。ワイガヤとは、「年齢や職位にとらわれずワイワイガヤガヤと腹を割って議論する」といった独自のスタイルのことであり、それによって本田技研株式会社がこれまで世に送り出してきた数々のイノベーションの創造に結びついたとされている<sup>[5]</sup>。

本田のワイガヤのような取り組みはあらゆる企業で導入されており、チームの知識創造が組織のものづくりを支えているということが広く認識されている。

## (2) 学校教育の観点

学校教育の現場でも、社会構造の変化の流れを受けて、21世紀を生きる子供たちは積極的な「開かれた個」（自立を確立しつつ、他人を受容し、多様な価値観を持つ人々と共に思考し、協力・協働しながら課題を解決し、新たな価値を生みだしながら社会に貢献することができる個人）であることが望まれている<sup>[6]</sup>。

中央教育審議会<sup>\*3</sup>は、将来的な学校教育において、論理や思考といった知的活動だけでなく、感性・情緒の基盤であるコミュニケーションによる他者との関わりやチームでの知識創造活動を重視すべきであるとしている<sup>[6]</sup>。

このように、新しい学習指導要領においても言語活動の充実が重要な課題となっており、学校教育の現場でチームでの知識創造活動を通じて、子ども達のコミュニケーションに関する能力や感性を育まれることが期待されている。

---

\*3 中央教育審議会：文部科学省におかれている審議会。教育や生涯学習の推進、スポーツの振興に関する調査・審議を担っている審議会。

### 1.1.3 チームでの知識創造活動を支援する試み

企業活動において知識創造活動が重要な要素を占めるようになったことから、ワーカーの働き方も変革してきた。オフィス業務の比重が個人の単純作業からチームでの創造的な作業へ変化しつつあることに伴い、オフィスの室内空間からワーカーの働きやすさをサポートする取り組みがなされている。

執務空間における室内空間の質が作業効率に影響を及ぼすことが指摘されている<sup>[7]</sup>ことから、知識創造の主な場であるオフィス空間の環境整備が検討されている。

オフィスでより密なコミュニケーションが行われる場所としてミーティングスペースが想定されるが、一般的なミーティングスペースはオフィステーブルやオフィスチェアが設置されているに過ぎない。

しかしながら、チームで創造的作業を行う際に最適な室内環境があるとされ、検討が行われている。創造的作業を立位やハイツールで行うことで創造性が向上する傾向にあるという結果<sup>[8]</sup>や、移動や体の向きの変更の容易さが創造性の向上に影響を与える可能性<sup>[9]</sup>が明らかになっている。

### 1.1.4 知識創造活動の発展に向けた課題

企業活動における知識創造活動を例に挙げると、生産性とは仕事や作業の成果の質や量のことであり、企業競争力を決定する重要な要因になることは疑いの余地はない。しかしながら、知識創造活動における生産性向上のための手法に関する提案や開発は未だ途上段階であるといえる<sup>[10]</sup>。

ナレッジエコノミーとされる現代において、日本社会がグローバル市場で競争していくためには知識創造性という観点からの社会全体の発展が必要である。人や組織の生産性の評価をする際に、室内環境の影響が最も大きいとされており、室内環境

の改善を行うことにより、オフィス労働者や学校における生徒の学習能力における生産性を高めようとする研究は 25 年以上前から行われている<sup>[11]</sup>。

しかしながら、オフィスの照明環境は JIS の標準規格にしたがい照明基準で規定された照度・色温度が適用されている。オフィス業務の比重が個人の単純作業からチームでの創造的作業へ変化しつつある現状において、照明環境が個人の単純作業だけでなくチームの創造的作業を支援する可能性を明らかにする必要がある。また、照明環境は個人の創造的な活動を促進させるという研究報告があることから、チームでの創造的な活動に対しても有効な影響を与えることが期待できる。

知識創造活動の発展のためには、個人の創造活動の生産性を支援する環境を議論するだけでなく、チームとしてどのような成果が期待できるか検討する必要がある。

### 1.1.5 本研究の範囲

本研究はチームによって知識創造を促すことを目指している。上記のように、知的活動における知識創造の重要性やチームで知識創造活動をすることの重要性は認識されているが、研究対象としての報告はわずかである。一方、個人と知識創造活動のアウトプットを向上させる研究は多く報告されている。知識創造は企業のものづくりを支える行いであり、その仕組みを明らかにするためにはチームにおける知識創造を対象とした研究が求められている。

本研究では、チームの知識創造を促す空間の研究にフォーカスし、研究範囲とした。知識創造の現場であるオフィス空間におけるチームの知識創造活動を対象とし、そのアウトプットに影響を与える要因を明らかにすることを目標とした。

## 1.2 研究目的

本研究の目的は、チームの知識創造活動を促す室内照明環境の条件を明らかにすることである。実験による検証を通じ、照明環境の異なる条件においてチームによる知識創造に与える影響の違いを確認し、最も適したな照明条件を提案することを目指している。

具体的には、照明環境は個人の知識創造と同様にチームによる知識創造活動すなわち、「アイデア出し」のアウトプットに影響を与えるという仮説をもとに、照明環境がチームの一定時間に遂行する知識創造活動に与える影響を主観的・客観的立場から評価する。ここでの生産性とは、個人やチームとしての数量的な知識創造活動の成果であり、チームの知識創造活動としてチームによるマインドマップの作成を設定した。また、照明環境の異なる条件とは、照明の照度と色温度のことを指している。本研究では、実験による検証の中で、照度と色温度の組み合わせにより形成される照明環境を4条件比較する。4つの照明条件がチームの知識創造へ与える影響の違いを作業効率、生体反応、心理反応といった観点から比較・分析し、最終的に4つの条件から最適な照明環境を明らかにした。また、マインドマップのテーマによる差や照明条件の試験順序による差がないように実験設計を行った。これはチームの均一性を保つことと、一般的に言われているホーソン実験の習熟効果による差が出ないことを目指したためである。

チームによる知識創造活動をするための照明環境を整備することを通じ、オフィス空間や学校教育などチームでの発想を重視される現場での活用が期待できる。

### 1.3 本研究の社会的意義

本研究では、照明環境の異なる条件下において、一定時間に遂行される「チームでの知識創造活動」の変化と作業効率を定量的に確認することを目的としている。

チームによる発想などの知識創造活動は、ナレッジエコノミーといわれる現代において重要な生産活動であるとされており、知的活動の主な現場であるビジネスや学校教育の現場において、物理的な環境整備の観点から生産活動の発展に寄与できるものと考えられる。

従来、オフィス空間や教育空間では、知識創造作業を通じてどのようなアウトプットを創出できるかといった最終的な成果の質・量を中心に評価されており、物理環境の観点からの議論はあまりされてこなかった。「照明環境」というどの空間にも既に備わっている環境性能を考慮することで、知識創造作業をする人や組織の生理・心的反応に影響を及ぼし、それがアウトプットとして表面化することが報告されており、今後重視すべき観点である。

照明環境と知識創造活動の関係は、「個人の創造性」に対する影響について先行研究で明らかにされており、「チームの創造性」へ与える影響もあるものと考えられる。

本研究での実験による検証を通じて、チームで知識創造作業をする際の最適な照明環境を確認することで、世の中の知識創造活動をより活発化し、質の高い成果の創造に繋がることを期待できる。

また、将来的にオフィス空間や学校教育などのチームでの知識創造活動が重視される現場での活用の可能性も考えられる。そのためには、オフィスでの知識創造活動を想定したタスクを課した現地実験による検証を行う必要がある。

## 1.4 論文の構成

本研究の流れを図 1-1 に示す。

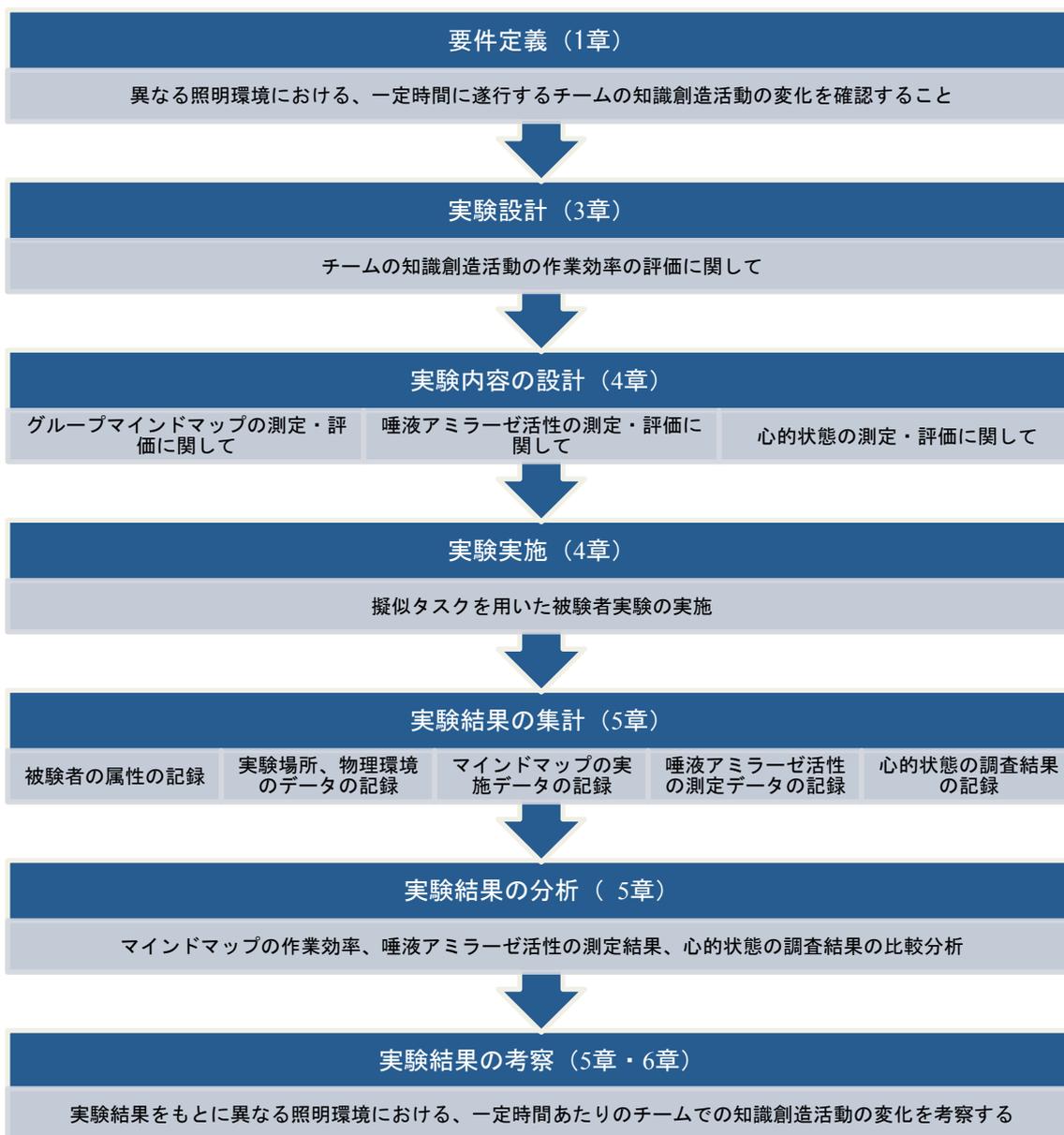


図 1-1 研究計画

本章では、序論として研究の背景である知識創造活動の重要性や問題点をもとに、研究目的を明らかにした。次章からは以下の通りに論じる。

第2章では、これまでの知識創造研究の歩みや照明環境と生産性の関係に関する先行研究を紹介し、本研究の新規性や社会的意義について触れる。

第3章では、実験概要として、実験による検証方法、本研究の仮説を検証するための実験の内容について述べる。

第4章では、第3章の実験設計にしたがって実施した実験結果について述べる。作業の生産性、生理反応、心理反応の観点から評価・分析した結果を明らかにする。

第5章では、第4章の実験結果をもとに本研究の結論を述べている。照明環境の異なる条件においてチームで知識創造活動をする上での照明デザインの提案をした。

## 第2章 先行研究

本章では「知識創造」の定義に触れながら、これまでの知識創造の研究対象としての歩みと室内環境との関係が重視されるようになった背景について述べる。

また、本研究で照明環境とチームの知識創造の関係を明らかにするにあたり、参考とした照明環境と個人の創造活動の研究や、知識創造の生産性を評価するための研究手法について述べる。

### 2.1 知識創造とは

ここでは、知識創造を説明するために、一般的な定義を2つ示す。ひとつは知的生産性研究委員会により定義された知的活動の中での知識創造の分類である。もうひとつは日本の知識創造の研究の第一人者である野中郁次郎<sup>\*4</sup>による定義である。

知識創造に関して様々な論者によって議論が行われているが、要するに知識創造とは知的活動における「アイデア出し」というように説明することができる。

#### 2.1.1 知的生産性研究委員会による定義

知識創造は、「新たな価値の創造やイノベーションの創発」として知的生産性研究委員会<sup>\*5</sup>により定義されている<sup>[2]</sup>。人や組織の生産活動を測定するために、知的活動を段階的に分けた指標の一つであるとされており、人や組織の行動の創造性やひらめきなどについての定性的な構成要素として評価されている。

具体的には、図 2-1 のように組織における人の知的活動は3つの階層に分類され

---

<sup>\*4</sup> 野中郁次郎[1935-]：日本の経営学者。知識経営の生みの親として知られている。『失敗の本質』（1991）、『知識経営企業』（1996）などの著者。

<sup>\*5</sup> 知的生産性研究委員会：国土交通省主導のもと発足（2007年）。知的生産を向上させる環境に関する研究を行う機関。

ており、第1階層「情報処理」は情報の定型処理や事務処理などを指し、第2階層「知識処理」は情報処理や情報の調査・探索、加工処理、知的価値向上を指し、第3階層「知識創造」は上記の通りである。図2-1は知的生産性研究委員会の報告書<sup>[2-1]</sup>より筆者が引用して編集を加えたものである。これら3つの知的活動の階層に応じて、人の意識や行動、空間や環境の設備を検討することによって生産性の測定が試みられている。

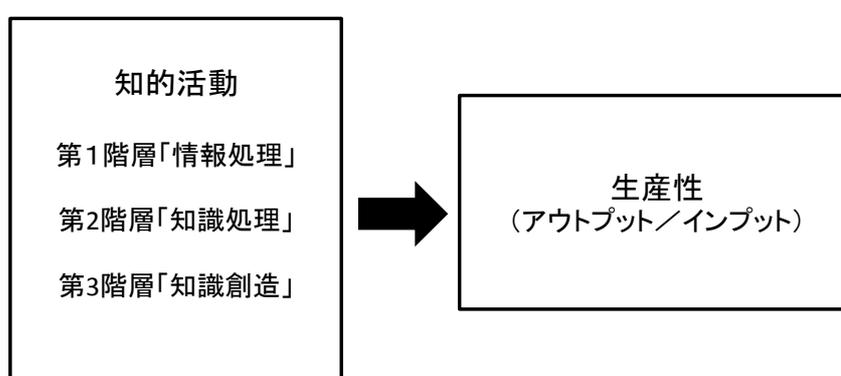


図 2-1 知的活動と生産性の関係

### 2.1.2 野中による定義

野中の著書『知識創造企業』では、「知識は企業競争力を保つキーである」とされ、共同化、表出化、内面化、連結化といった4つの知識変換プロセスにより、世の中に新たな技術や製品が生み出されているとして知識創造を説明している<sup>[12]</sup>。

図2-2のSECIモデルは、知識変換プロセスを図示したプロセスモデルである。野中は、知識には暗黙知と形式知の2つがあり、それらを個人や組織が相互に絶え間なく変換、移転することによって新たな知識が創造されているとした。そのプロセスが上記の4つであり、継続的な循環が想定されている<sup>[13]</sup>。



図 2-2 SECI モデル

## 2.2 知識創造の先行研究

知識創造に関する研究の代表例を表 2-1 に示す。

これまでの研究は、大きく分けて「姿勢」、「環境」、「コミュニケーションの『場』の構成」といったアプローチがなされてきた。ここでは、代表的な研究成果について順に説明する。また、表 2-1 の研究成果を 3 つの観点から分類し、本研究の範囲との比較を行った。

表 2-1 研究事例

研究分類	研究事例	チーム	業務	空間
a. 姿勢	立位・ハイツール -前田 (2010)	○	○	×
b. 環境	①照明 -割田ら (2010)	×	○	○
	②音 -井本 (2012)	×	○	○
c. コミュニケーションの「場」	①マグネットスペース -岸本 (2010)	○	×	○
	②くつろぎ空間 -望月ら (1996)	○	×	○

## 2.2.1 知識創造の研究事例

前田の研究(2010)では、知識創造をする人の姿勢に注目し、身体の向きや姿勢、作業をするときの相手との距離関係がブレインストーミングの内容に影響を与えるとし、とくに立位やハイツールの姿勢をとったケースで知識創造への影響が見られることを明らかにした<sup>[8]</sup>。

割田の研究(2010)では、室内環境のうち照明環境に注目し、異なる照明環境が個人の知識創造へ与える影響の違いを明らかにした。割田はオフィス空間でのワーカーの知識創造活動として商品開発を想定し、数独<sup>\*6</sup>やマインドマップ<sup>\*7</sup>、ブレインライティング<sup>\*8</sup>といった模擬作業を課した実験を行った。その結果、高色温度の照明環境で作業成果が高くなることが明らかにした<sup>[14]</sup>。

井本の研究(2012)では、室内環境のうち音環境に注目し、指向性の異なるスピーカーでBGMを聴取している際の個人の知識創造への影響の違いを明らかにした。井本は、スピーカーの種類や位置を変えた音環境下で、個人の知識創造としてS・A創造性検査を用いた実験を行った。その結果、知識創造活動には、無指向性スピーカーを左右180度の位置に置いた音環境が有効であるということを明らかにした<sup>[10]</sup>。

岸本の研究(2002)では、コミュニケーションの「場」としてオフィスにマグネットスペースを設置し、ワーカー同士のインフォーマルコミュニケーションを促した。オフィス内でワーカー同士の出会いや交流の回数、時間を持たせることで自ずとインフォーマルコミュニケーションが生まれ、フォーマルコミュニケーションの場での変化への迅速な対応や、アイデアの創出につながるということが明らかにされた<sup>[15]</sup>。

望月らの研究(1996)では、オフィス内にくつろぎ空間を設置することによって

---

\*6 数独：株式会社ニコリの登録商標である。

\*7 マインドマップ：ブザン・オーガナイゼーション・リミテッド社の登録商標である。

\*8 ブレインライティング：全員無言で集団思考を行うことができる自由連想法。

コミュニケーションの場を持たせ、知識創造につながる事が明らかにされた。具体的には、会議室の近くにリラックスするための機能を持たせた空間を設置し、会議と会議の間に休憩を挟むことで上記の空間でインフォーマルコミュニケーションが持たれ、休憩後の会議の成果を向上させた<sup>[16]</sup>。

## 2.2.2 研究事例の分類と本研究との比較

先行研究は表 2-1 に示した通りである。本研究の範囲は、第 1 章で述べたように、「業務の中でのチームによる知識創造を行う空間」にフォーカスしている。ここでは先行研究の事例に関して、チームを対象とした研究か、業務の場を対象とした研究か、また空間としての研究かといった 3 つの観点から分類し、本研究の範囲と比較して説明する。

表 2-1 のマトリックス図のように、先行研究事例のうち 3 つの観点にすべてに該当する研究はなされていない。いずれかの観点が欠けた研究がほとんどである。

前田の姿勢に関する研究は空間の要素が欠けており、割田の照明環境の研究や井本の音環境に関する研究はいずれもチームではなく個人の知識創造を対象とした研究である。また、岸本や望月らのコミュニケーションの「場」の構成による研究は業務内のフォーマルコミュニケーションではなく、インフォーマルコミュニケーションといった業務外のコミュニケーションに対するアプローチである。

したがって、本研究の範囲は先行研究に関連する部分はあるが、研究範囲が完全に重なる研究事例はほとんどないため、新規性のある研究であるといえる。

## 2.3 知識創造のための照明環境によるアプローチ

ここでは、本研究の範囲から照明環境という室内の環境性能に注目した背景について、照明環境と知識創造に関する先行研究との関係を示しながら述べる。まずは、

知識創造の空間デザインの研究の歩みについて触れる。そして、いくつかのアプローチ方法のうち、「環境」を研究対象とした背景について説明し、またその「環境」のうちとくに「照明環境」によるアプローチがチームの知識創造へ有効であると仮定した背景について述べる。

### 2.3.1 知識創造のための空間デザインの歩み

知識創造の主な場であるオフィスでは、空間設計というのは「企業が目的を達成する上の必要条件にはならないが、十分条件になる」<sup>[17]</sup>といわれるように、人や組織の行動やその成果に影響を与えるということにいち早く気づき、改善がなされてきた。

オフィス空間の設計や細部のデザインに関する研究や試みは 1990 年代まではオフィス空間の快適性や機能性の向上に焦点が当てられていた<sup>[18]</sup>。それまで日本型のオフィス設計は欧米諸国と比較して設計やデザインへかける配慮やコスト、労力が低く設定されがちであり、製品のダンピングにつながっているという指摘がなされていた<sup>[19]</sup>。その結果、オフィス空間の快適性や機能性が追求されるようになった。

1990 年代後半になると、オフィス空間に関する関心の対象は知的生産や知識創造の生産性を高める空間であることへ変わっていった<sup>[20]</sup>。その背景には、情報技術の進歩による社会構造の変化に伴い、人々の働き方が変化してきたことがある<sup>[21][22]</sup>。第 1 章で述べたように、知識創造社会へと移り変わったことで、ワーカーは個人個人に割り振られた目的を達成するという受動的なワークスタイルではなく、集団で同じ目的を共有し同じ作業を通じたアイデア創出などが重視されるようになった。その結果、オフィス空間は情報を処理するだけの空間から、あらゆる人材とともに共同作業によって、多様な情報を交換し、衆知を集めて新たな知識を生み出す場であるという再定義が認識され始めた<sup>[21-24]</sup>。

オフィス空間のデザインにおいて、知識創造の生産性への配慮が求められるよう

になると、人や組織の知識創造を刺激する空間としての環境整備が考えられるようになった。室内空間の環境と生産性の関係は、図 2-3（知的生産性研究委員会報告書（2009）より引用して筆者が作成）のように、3階層からなる知的活動に人体の生体反応や心理反応（疲労、覚醒、モチベーションメンタルワークロード、満足度、快適性）が影響を与えており、その人体反応に影響を与えるのが室内環境であるとしている。

オフィスの環境としてあげられる変数は、①光環境（照明環境：明視性と雰囲気）、②音環境（静謐さや遮音性）、③温熱環境、④空気環境（清浄さやシックビル問題への配慮）、⑤空間環境（床面積、天井の高さ、備品、家具、レイアウトなど）、また近年は⑥ICT 環境（場所、距離、時間などの制約から解放される要因となる）なども新たに考慮すべき対象となっている<sup>[19]</sup>。

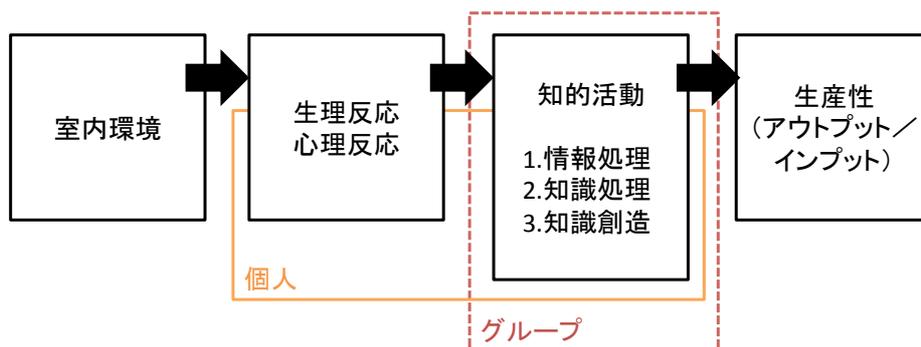


図 2-3 知識創造と室内環境の関係

### 2.3.2 空間環境と知識創造性の関係

オフィスの環境性能の一つとしても挙げられている空間環境（床面積、天井の高さ、備品、家具、レイアウトなど）と知識創造作業の関係を明らかにした研究報告がある。空間環境とは、光環境や音環境などのオフィス環境を構成する環境性能と

は異なり、作業中に使用する空間を構成するハード面の性質を指している。知識創造作業を行う空間の環境を整備することにより、作業を促進させようとしている。

金らの研究（2006）では、ブレインストーミング（以下ブレスト）によるアイデアの発想空間としての条件をブレインストーミングの回答数と空間のレイアウトの特徴の関係を実験により明らかにした。金らの研究では、標準的な会議室のテーブルとあらゆるレイアウトを取るテーブル（座位近接、立位、ハイツール、近座後傾）をそれぞれ部屋のサイズを大・小で設定し、ブレストの回答数を比較した。上記のようなレイアウト空間における回答数は、部屋のサイズはゆとりがあり広い空間の方が全体的にブレストを促進しやすい傾向があるが、レイアウトにより影響を与える要素が異なる結果となり、姿勢や机の有無がブレストの促進に関係していることが明らかとなった<sup>[25]</sup>。

以上のように、オフィスの環境整備には5つの環境性能からのアプローチが中心であったが、近年空間環境といった観点からのアプローチも検討されるようになっている。

### 2.3.3 照明環境と知識創造の関係

室内環境と知識創造の関係を明らかにする研究報告は多くなされているが、とくに照明環境が人の知識創造作業へ与える効果が大きいとされている。その要因について、ここでは照明と知識創造の代表的な研究事例として割田らの研究、三木らの研究を参照して記述する。

#### (1) 割田らの研究

割田ら（2009）の研究では、照明環境の色温度と照度が個人の創造性へ与える影響を明らかにしている。割田らはオフィス空間でのワーカーの創造性が伴う作業と

して商品開発を想定し、被験者に数独<sup>\*9</sup>やマインドマップ<sup>\*10</sup>、ブレインライティング<sup>\*11</sup>といった模擬作業を課した実験を行った。同時に加算作業やテキストタイピングといった単純作業を想定した実験も行ったが、照度・色温度の組み合わせによる照明環境は、単純作業の作業効率には影響を与えないが、知識創造作業に影響を与えることが明らかになった。その理由として、単純作業は作業に集中することが作業効率に影響し室内環境の影響を受けにくく、一方で知識創造作業は作業の内容により室内環境が異なる影響を及ぼしたものと考察した。また、心理状態と作業効率の関係として、主観的な疲労感が低い空間は作業効率を向上させる空間である可能性を明らかにした。割田らは、異なる照明環境を4ケース設定し、その照明環境の違いによる作業効率の違いについて、被験者による照明環境の満足度の申告結果と共に評価する方法をとっている。

以上のように、割田らの研究では個人の知識創造作業において照明環境が与える影響が明らかになったが、個人だけでなく集団の知識創造活動に影響を与える可能性が考えられる。照明環境が個人を対象とした知識創造活動の支援だけでなく、集団を対象とした知識創造活動を支援する可能性を明らかにする必要があると考えられる。具体的には、色温度の違いが影響を与えており、低色温度（3000 K）のときとくに知識創造が促されるということが明らかにされた<sup>[14]</sup>。本研究では、割田らの個人の知識創造への照明効果の検証実験を参考にチームの知識創造を対象とした照明効果の検証実験を行うこととした。

## (2) 三木らの研究

三木らの研究（2011）では、創造的業務において各個人が最適であると感じる照度を明らかにする実験が行われた。この研究での創造的業務とは割田らの研究と同様に企画、設計やプログラミング開発などを想定した、個人の知識創造作業である。

---

\*9 数独：株式会社ニコリの登録商標である。

\*10 マインドマップ：ブザン・オーガナイゼーション・リミテッド社の登録商標である。

\*11 ブレインライティング：全員無言で集団思考を行うことができる自由連想法。

具体的には、ユーザーが要求した照度・色温度を実現するシステムの構築を行い、それを用いて個人が好む照度・色温度に関する実験を行い、その結果から執務に最適な照度・色温度についての検討が行われた。評価方法は、時間帯や体調が照度、色温度の選考にどのような影響を与えるかといった観点である。実験の結果、体調や時間帯によって選考照度および選考色温度は変化し、創造的業務には比較的、低照度・低色温度の照明環境が向いていることが明らかにされた。

三木らの研究では、割田らの研究と同様に個人の知識創造に関して、照度・色温度の違いが影響を与えるということが明らかにされた。また、とくに低色温度の照明環境は単純作業ではなく、知識創造に対して有効であることが共通の考察であった<sup>[26]</sup>。

### (3) 照明環境と知識創造に関する総括

割田らの研究、三木らの研究では、個人の知識創造において照明環境が与える影響が明らかにされた。とくに低色温度の照明環境は知識創造作業中の個人に好まれやすく、作業効率にも結びついていることが明らかにされている。また両者ともに、個人のデスク周辺の照明環境は執務者の作業内容や体調、気分に合わせて照度・色温度を調整できる制御装置の検討の必要性について述べている。

上記のように、これまでの研究は個人の知識創造を対象とした検証実験がなされているが、照明の照度・色温度は個人だけでなく集団の知識創造に影響を与える可能性が考えられる。照明環境が個人を対象とした知識創造活動の支援だけでなく、集団を対象とした知識創造活動を支援する可能性を明らかにする必要があると考えられる。具体的には、色温度の違いが影響を与えており、低色温度（3000 K）のときとくに知識創造が促されるということが明らかにされているが、個人が集まり集団となったときの知識創造に対しても同様に低色温度が有効であるかを検証する必要がある。

第1章で述べたように、社会構造の変化に伴い集団による知識創造活動が活発化

している背景もあり、照明環境という既に備わっている物理環境の観点からアプローチすることが重要である。照明環境は既存の会議室に低コストで導入できると可能性やオフィスに部分的に適用でき他の業務の妨げとなるようなこともなくワーカーの合意形成が得やすいというメリットや、スイッチ一つでの切り替えが容易にできるというメリットがある。また、上記のように個人を対象とした研究事例があり比較検証しやすいという背景があることから、照明環境を本研究においてチームの知識創造を促す空間のアプローチ方法とした。

### 2.3.4 ホーソン実験との比較

ここで物理的な作業条件として照明効果が作業員の作業能率へ与える影響を明らかにした歴史的な実験であるホーソン実験<sup>\*12</sup>との違いを説明する。

ホーソン実験では、工場ワーカーの作業効率は客観的な物理環境よりも、工場内の個人の間関係やモチベーションが影響を及ぼすのでないかという仮説が導かれた。また、作業の成果を向上させる最も大きな要因は、作業を繰り返し行うことによる習熟効果による影響であることが明らかにされた。つまり、照明効果などの室内の物理的な環境は個人の作業成果へ与える影響は少なく、作業を重ねれば重ねるほど作業性は向上していくという習熟効果の大きさが認識された<sup>[27][28]</sup>。

ホーソン実験はフィールドスタディ研究の代表とされており、上記のようにワーカー同士の仲間意識や集団内での自発的な規範意識が作業効率に影響を与えるという仮説が実証されたが、現代の企業経営やマネジメントでは仕事の専門家、知識労働化により工場労働とは異なる「客観的な労働条件・賃金待遇のインセンティブ」がより強く働くようになったのではないかという指摘がされている<sup>[27]</sup>。

したがって、本研究の対象はホーソン実験のように工場内のルーチンワークとい

---

\*12 ホーソン実験：アメリカのウェスタン・エレクトリック社のホーソン工場にて行われた一連の実験・調査。(1924~1932年)

った個人の単純作業を対象としておらず、また第1章で述べたように工業社会から知識創造社会へ変革し、働き方も変化したように企業労働の中でチームの知識創造が盛んになった。そのような社会的背景があり、チームの知識創造活動と工業社会の工場労働での単純作業は作業内容が大幅に変化しており、作業成果へ与える影響が異なることは十分に考えられる。ワーカー同士の仲間意識や集団内での自発的な規範意識だけでなく、習熟効果に関してもホーソン実験で実証された仮説とは異なる結果が出る可能性が考えられる。近年の知的活動を対象とした物理環境の整備による検証実験でも明らかにされたように、環境要因が知的活動の作業効率へ与える効果は大きいと考えられている<sup>[7]</sup>。そこで、本研究では作業を繰り返すことによる効果を排除した実験を行うことで、純粋な照明環境の効果を検証した。

## 2.4 研究手法

知識創造活動や知的生産活動における生産性の評価のために様々な測定方法が検討されている。

図 2-3 のように、オフィスや学校などにおける知識創造のアウトプット(質や量)には、室内環境や心的状態といった個人的環境などあらゆる要素が影響を耐える。図 2-4 のように、組織の人間関係や社会的な地位なども影響を与えるとされている。

ある共通のテーマや目的に基づいて、集団でアイデアを発想したり、新たな気づきを導いたりといった知識創造活動には、人間の意識や生理状態、心的状態が大きく影響を与えるとされている。したがって、これらの知的生産の評価には、主観的な評価だけでなく客観的な評価を踏まえた定量的な測定を行い、比較検証できるようにする必要がある。

ここでは、本研究で用いた測定方法について擬似タスクによる作業効率の測定方法と客観的評価手法、主観的評価手法の3つについて述べる。

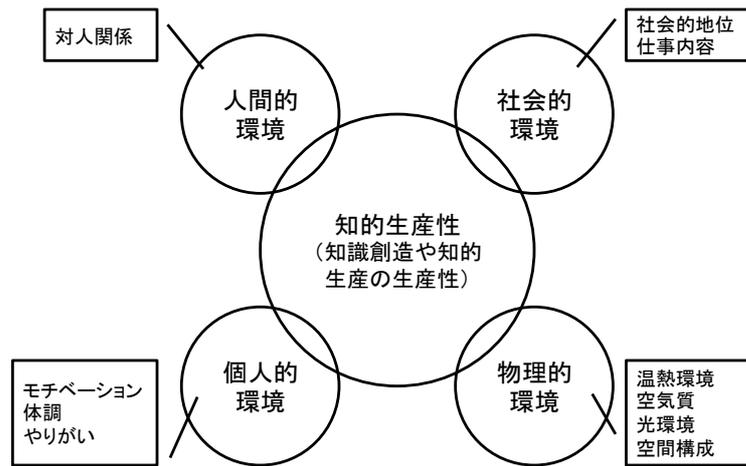


図 2-4 知的生産性と環境要因

### 2.4.1 マインドマップによる作業効率の測定方法

本研究では、チームによる知識創造の作業効率を測定するために、擬似タスクとしてマインドマップを設定した。擬似タスクとは、作業効率の定量化の可能な測定しやすい特定のタスクを与え、一定時間あたりの作業成績の測定値から生産性を評価するために設定するものである。

これまでの研究では、単純作業の生産性評価の擬似タスクとして、テキストタイピングが行われている。これは、コンピューター上で例文テキストと同じ文章をタイピングするよう指示し、その精度やスピードを測定する方法である。Wargockiら（2000）は、テキストタイピングの手法を用いて、室内空気質を左右する汚染濃度・換気量と作業成績との関係を明らかにした<sup>[29]</sup>。

本研究では、チームによる知識創造を測定するための擬似タスクの設定が求められており、個人の知識創造の作業効率を測定する際に用いられるマインドマップを同様に、チームの知識創造を測定するためのタスクとして設定した。ここではマインドマップの概要と知識創造性としての捉え方とその評価手法について述べる。

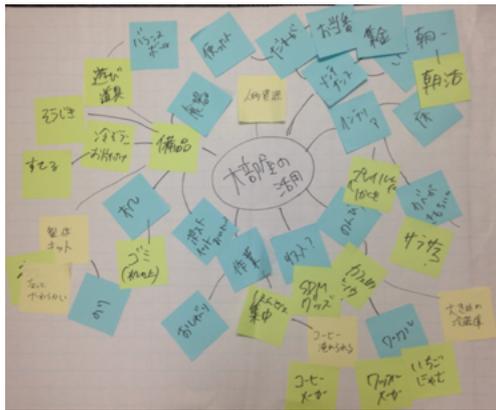


図 2-5 マインドマップ

従来、個人における創造性が求められる知的活動（加算作業、校正作業、テキストタイピング、商品開発などの単純作業）の生産性を測定する指標としてマインドマップなどの模擬作業が検討されている<sup>[14][30]</sup>。既往研究では、マインドマップは回答した項目数により、作業効率を評価している。

チームで行うマインドマップはグループマインドマップと称されている。グループマインドマップとは、従来、個人で思考・発想を行う際の手助けとして開発されたイメージツールである「マインドマップ」を集団で行うためにアレンジされたものである。マインドマップ自体は、イギリス出身の著述家トニー・ブザン<sup>\*13</sup>が開発した思考ツールである。図 2-5 にマインドマップの事例を示す。

トニー・ブザンは、マインドマップとは「放射思考を外面化したものであり、脳の自然な動きを表したものである。脳の潜在能力を解き放つ鍵となる強力な資格的手法で、誰もが身に付けることができる。あらゆる用途に使用でき、学習能力を高めたり、考えを明らかにしたりすることに役立ち、生産性の向上が可能になる」と定義している<sup>[31]</sup>。

\*13 トニー・ブザン[Tony Buzan,1942-]：イギリスの著述家。弟であり国際政治学者であるバリー・ブザン[Barry Buzan,1946-]と共に、「マインドマップ」の手法を考案、現在も世界中で普及活動をしている。『記憶の法則』（1991）、『頭が良くなる本』（1997）、『ザ・マインドマップ』（2005）の著者。

トニー・ブザンはマインドマップの特徴として、著書『ザ・マインドマップ』<sup>\*14</sup>の中で以下の項目をあげている。

- 1) 中心イメージを描くことにより、関心の対象を明確にする
- 2) 中心イメージから主要テーマをブランチ（枝）のように放射状に広げる
- 3) ブランチ（枝）には関連する重要なイメージや重要な言葉をつなげる
- 4) あまり重要でないイメージや言葉も、より重要なものに付随する形で加える。

ブランチ（枝）は節をつなぐ形で伸ばす。

中心に描くイメージは、抽象的なキーワードでもよく、マインドマップを作成する過程で抽象的な概念のイメージを具体的な情報となる。このような作業を繰り返すことで、図 2-5 のようなイメージマップとなる。このようにマインドマップを作ることで、情報を整理したり、情報についての理解を深めたり、設定したテーマから新たな気づきや発見を得たりすることができる。

また、最初のテーマが木の幹であるとする、そこから放射状に展開したキーワードがブランチ（枝）となり、またそこから葉が生えるように新たにキーワードが展開されていき、大きな情報の木が形成される。つまり、思考ツールとして同様に行われているブレインストーミングのように、単に情報を発散するための作業だけでなく、発散作業と収束作業を同時的に行うためのコミュニケーション作業であるともいえる。

マインドマップを用いた創造性の研究は、個人の知識創造作業の生産性を測定する指標として用いられている<sup>[14]</sup>。本研究では、グループでの発想の生産性を計測するために、マインドマップを複数人で行うグループマインドマップを採用した。

また、能力分類申告調査<sup>\*15</sup>でマインドマップは「アイデア創出」「独創性」「関係

---

\*14 『ザ・マインドマップ』(The Mind Map Book) : トニー・ブザン[Tony Buzan,1942-]が弟のバリー・ブザン [Barry Buzan,1946-]と共に、初めてマインドマップを案出した著書。日本語翻訳版は 2005 年、神田昌典翻訳のもとダイヤモンド社より初版発行、現在第 12 刷発行。

\*15 能力分類申告調査 : Handbook of Human Ability の認知能力分類を参考にした調査。

性発見速度」「関係性発見柔軟性」が高い申告率であることが報告されている<sup>[32]</sup>。

この能力分類申告調査は、あらゆる業務を行う際に必要とされる認知能力を評価するために、必要と回答した人数を算出し、グラフ化することで、ある業務・作業を行う際に必要な能力の抽出が可能となる。上記の研究報告からもマインドマップは、個人や組織の知識創造作業の作業効率の測定に適しているとされている。(図 2-6)

番号	能力
1	口頭理解
2	書面理解
3	口頭表現
4	文章表現
5	アイデア創出
6	独創性
7	記憶
8	問題への感受性
9	数学的推論能力
10	数字処理
11	演繹的推理
12	帰納的推理
13	情報秩序化
14	分類柔軟性
15	関係性発見速度
16	関係性発見柔軟性
17	空間位置確認
18	視覚化
19	比較速度
20	集中力
21	時分割



図 2-6 能力分類票とマインドマップの能力分類

## 2.4.2 客観的評価手法（生理反応）

客観的評価手法として、被験者の生体反応を測定する方法がある。通常、タスクの作業成績や心理反応と併用して用いられている。本研究では、唾液アミラーゼ活性を測定することにより検出されるストレス量により被験者の生理反応を客観的に評価した。

ここでは、本研究で用いた唾液アミラーゼ活性によるストレス量の定量化の方法と、その他の生理反応の評価手法について説明する。

### (1) 唾液アミラーゼ活性によるストレス量の定量化

本研究では、唾液アミラーゼ活性を測定することで人の生理反応としてストレス値を評価することとした。唾液アミラーゼの測定は、専用のチップやモニターを用いるだけで場所や対象を選ばず測定できるという点が他の客観的評価手法と比べて容易であるとされている。

唾液アミラーゼ活性は、血漿ノルエピネフリン濃度と相関が高いことがよく知られており、ストレス評価における副交感神経の指標として利用されている<sup>[33]</sup>。唾液を用いたストレス値測定メカニズムは、唾液中の内分泌活動の指標となるコルチゾールや各免疫活動の指標となる sIgA、交感神経活動の指標となる  $\alpha$  アミラーゼなどの物質が測定可能であり、これらはいずれも急性、慢性のストレス状態を反映することが知られている<sup>[34]</sup>。

唾液アミラーゼの測定によるストレス量測定のメリットとしては、上記で述べたように専用の測定チップやモニターなどを用い、比較的安価でかつ場所を選ばず測定できることが挙げられる。従来の機器と比べて測定が容易になったことから、あらゆる場面、立場からの研究アプローチが盛んになった。

とくに室内環境とストレスの関係の研究において、生体反応を測定する際に用いられている<sup>[35][36]</sup>。また、日常生活上でストレスを起因する行動が唾液アミラーゼ活

性に与える効果など、各種ストレス値の測定が研究されている<sup>[37]</sup>。

以上のように、あらゆる立場からストレス負荷時の人体への影響に関する研究が行われており、とくに人間の主観的感情と唾液アミラーゼ活性によるストレス値の相関が見られている。用いられたストレス負荷に注目すると、ジェットコースター<sup>[38]</sup>、運転時のストレス<sup>[39]</sup>、クレペリン検査<sup>[40]</sup>、鏡映描写課題<sup>[41]</sup>など、被験者に対して作業課題を用いた研究が多くなされてきた。

これらの研究では、唾液アミラーゼ活性と否定的感情との間に弱い正の相関、同じく唾液アミラーゼ活性と肯定的感情との間に弱い負の相関がみられたことが報告されている。

また、会話という外的刺激により、活動的会感情が増加し、それに伴う交感神経活動が唾液アミラーゼ活性をある程度増大させる可能性が考えられている<sup>[37]</sup>ため、本研究の実験の中では異なる照明環境毎の作業前に被験者の安静状態時を測定のタイミングとした。また、作業前の安静時の唾液アミラーゼ活性を測定し、そこで検出されたストレス量を基準に個人のストレス量の変化を測定評価した。

## (2) その他の生理反応の評価手法

唾液アミラーゼ活性の測定によるストレス量評価というアプローチ以外にも、人の生体情報を測定することにより生理反応を評価する手法がいくつかある。

これまでの研究では、西原ら（2003）が脳内酸素状態を測定して、脳の活動状態を把握し、知的生産性の評価に利用する試み<sup>[42]</sup>や、岩田ら（2003）が心拍 R-R 感覚を測定し、生理・心理反応と作業効率との関係を分析している<sup>[43]</sup>。

上記のような人間の脳波や心拍などを測定する方法は、人体へ電極などの機器を装着しながら作業をする必要があり、装着することで違和感が生じることがある。そういった被験者が感じる違和感などが作業成績へ及ぼす影響を排除する必要があり、測定時に何らかの対策が必要であるとされている<sup>[33]</sup>。

### 2.4.3 主観的評価手法（心理反応）

主観的評価手法とは、自己申告や質問に回答することで人体の心理的な反応を測定する方法である。ここでは、本研究で用いたアンケート調査による心的状態の評価手法と、その他の心理反応の評価手法について説明する。

#### (1) アンケート調査による心的状態の評価

本研究では、アンケート調査に基づいて主観的疲労兆候調べを参考に、被験者の作業中の心的状態を評価した。擬似タスクの作業中の心的状態の変化を測定することで、作業効率や生理反応との関係を明らかにすることができる。

アンケート項目については、主観的疲労兆候調べのカテゴリー1、2にあたる「覚醒度」や「集中度」に関する質問を設定した。通常の状態を「0」とし、±で5段階（-2, -1, 0, 1, 2）の範囲で該当する特典を申告する形式にしたがって、記入させた。

#### (2) その他の心理反応の評価手法

心理反応を測定するための代表的な方法として、疲労感や快適性を自己申告し、それを定量化して作業効率を推定する方法がある。とくに疲労感作業の量や質、スピードに影響すると考えられている。

これまでの研究では、生産性の主観的な評価指標として主観的疲労兆候調べ<sup>\*16</sup>が利用されている<sup>[44]</sup>。主観的疲労兆候調べでは、疲労感に関するカテゴリーに分類された項目について被験者が該当する項目に○、該当しない項目に×を記入する形で、疲労レベルが測定されている。

---

<sup>\*16</sup>主観的疲労兆候調べ：自覚症状調べ。日本産業衛生学会産業疲労研究会によって作成された、疲労度の自覚症状調査シート。

## 2.5 本研究の社会的意義

本研究では、これまで「個人」の知識創造活動の作業効率に大きな影響を与えるとしていた照明効果は、チームの知識創造活動にも同様に影響を与えるものと仮説を立て、照明環境の異なる条件でのアウトプットの変化を確認することを目的とした。また、検証実験を通じ、最終的にチームの知識創造を促す室内照明の条件を明らかにすることを目指している。

従来、照明環境と知識創造の研究は、個人を対象とした研究報告がほとんどであり、チームのような複数人のアイデア出しといった知識創造を対象とした研究はなされてこなかった。しかしながら、近年先進国を中心に世界的にナレッジエコノミーへ転換したこともあり、人々の働き方が大幅に変化した。その結果、ビジネスや学校教育の場面でチームによる知識創造の重要性やその効果が認識されてきており、物理的な環境整備の観点からチームの知識創造を促す要因を追求する必要性が増している。

また、本研究ではホーソン実験といった歴史的なケーススタディによる検証で明らかにされた、ワーカーの作業効率へ影響を及ぼす要因は物理環境ではなく、組織内の人間関係や作業を重ねることによる習熟効果であるといった認識と異なる立場をとっている。上記の検証では、工場ワーカーといった個人の単純作業を対象としており、本研究ではチームを対象に、またアイデア出しといった作業に対する検証を行っている。研究対象が異なることから、ホーソン実験で検証された仮説とは異なる新たな結果が明らかになる可能性が考えられる。また、本研究の実験の中では作業を習熟効果を排除した実験を行うこととし、純粋な照明環境の効果も検証しており、社会的意義のある研究であるといえる。

以上のように、本研究では先行研究で触れられていないチームの知識創造を促す空間の研究にフォーカスしており、新規性のある研究であるといえる。

本研究での実験による検証を通じて、チームで知識創造作業をする際の最適な照

明環境を確認することで、世の中の知識創造活動をより活発化し、質の高い成果の創造に繋がることを期待できる。

また、将来的にオフィス空間や学校教育などのチームでの知識創造活動が重視される現場での活用の可能性も考えられる。これまではオフィス照明において個人のデスク周辺ばかりが検討対象とされていたが、チームで会議室といったチームのアイデア出しが行われる空間の照明環境のデザインに本研究の成果の活用が期待される。そのためには、オフィスでの知識創造活動を想定したタスクを課した現地実験による検証を行う必要がある。

## 第3章 実験概要

本章では、チームで知識創造活動をする上での照明環境の影響を明らかにし、室内照明デザインの一助とするために実施した実験の内容について述べる。照度と色温度の違いによる照明環境が個人やチームの知識創造活動のアウトプットを主観的・客観的に評価する。

具体的には、チームでの発想を想定したタスクを用いた被験者実験を通じ、チームによる知識創造活動に最適な照明環境の条件を明らかにする。そして、一定時間におけるタスクの作業成果と被験者の生理反応、心理反応を測定し、評価、分析した。

### 3.1 実験による検証

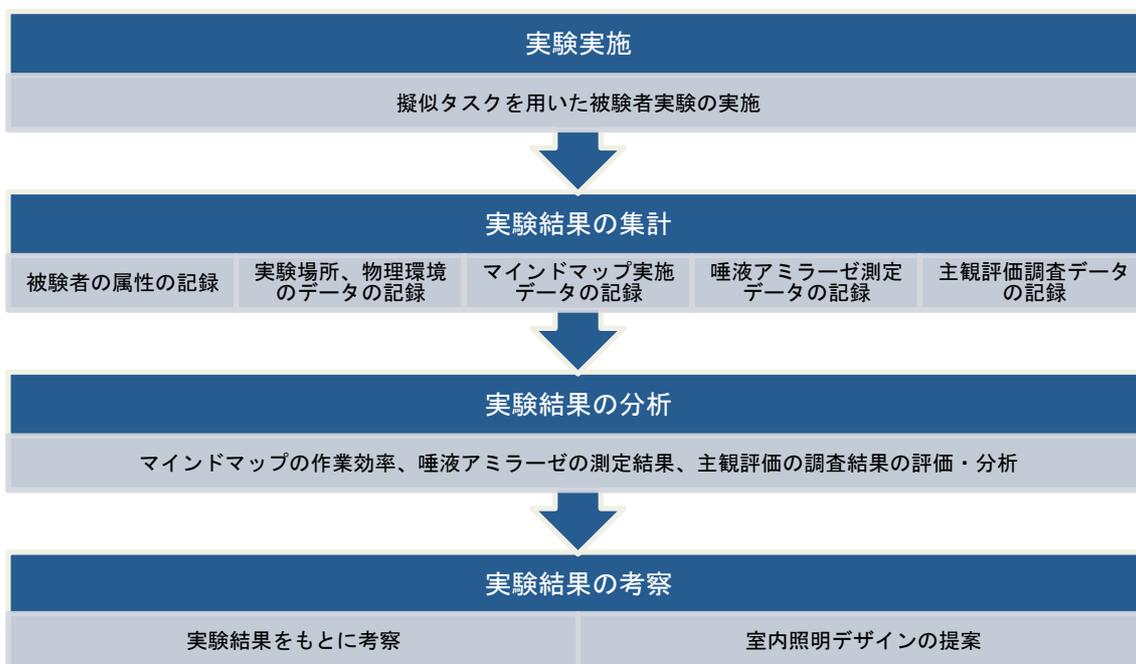


図 3-1 実験による検証のフロー

本研究では、チーム知識創造活動を促す照明環境の条件を明らかにするために、擬似タスクを用いた実験室実験による検証を行った。

図 3-1 に実験による検証のフローを示す。

図 3-1 の実験による検証のフローにしたがって擬似タスクを用いた実験室実験を行い、測定項目の集計、分析、評価を通じて、異なる照明環境がチームの意識創造活動に与える影響の違いを考察し、チームの知識創造を促す室内照明デザインを明らかにする。

## 3.2 実験内容

知識創造活動の生産性の測定には、実際の活動場所であるオフィスや学校など現場での実地実験において測定することが好ましいとされているが、実際は問題点も多い。そのため、実験室などで被験者を対象に擬似タスクを用いた実験が一般的に実施されている。本研究では、実験室実験を用い、被験者に対して擬似タスクとして、マインドマップを課すことで知識創造活動のアウトプットを測定した。

また、知識創造活動の評価のために、作業の生産性だけでなく、生体反応・心理反応を考慮した定量的な評価・分析を行った。それに伴い、実験中の測定項目として主観的・客観的評価を用いたあらゆる観点からの検証をした。

本研究では、異なる照明環境の条件下における知識創造性の評価という観点から、4 つの照明環境の条件設定を行った。照明条件は照明の「色温度」と「照度」を指標とした組み合わせを 4 条件設定し、チームが知識創造活動を行う際に照明の違いによってどのような影響の変化が見られるか観察した。

### 3.2.1 実験対象

実験の対象者は、年齢 20 代の男女 18 名である。3 名ずつ男女別のチームを 6 チーム構成した。

男女別のチーム編成とした要因は、チームによる知識創造活動を行う際にチーム内に女性のメンバーがいることで創造性が高まるという研究報告があるため、異性がいることによるコミュニケーションの量の差を排除するためである。チームのメンバー編成は、同じオフィスや学校でともに活動する間柄であることを想定し、面識のある者同士で組むこととした。同じチームとなった被験者同士で、共同の作業を課して実験を行った。

対象者はマインドマップに熟知した大学院生である。照明条件を変え作業を重ねるごとの習熟効果によって、結果に変化が出ることを避けるためである。また、事前に実施したコミュニケーション能力調査でもほぼ同レベルの結果が得られた学生で構成されており、チームの均一性が保たれるようにした。

被験者には、本研究の目的、検査方法、協力の任意性、匿名性の確保、採取したデータの取り扱い及び保管方法に関して説明し、これらの事項に同意を得た上で実施した。

### 3.2.2 実験用具

実験で使用した機器・道具を表 3-1 に示す。

表 3-1 実験用具

実験用具	用具名称：製品名（メーカー）
(1)	蛍光灯：FHF32EXDH（Panasonic），クール色（6000 K）
(2)	蛍光灯：FHF32EXLH（HITACHI），電球色（3000 K）
(3)	唾液アミラーゼ計測装置：酵素分析装置唾液アミラーゼモニター（NIPRO）
(4)	唾液アミラーゼモニターチップ：酵素分析装置（NIPRO）
(5)	色彩照度計：CL-200A（コニカミノルタ）
(6)	IC レコーダー：ICD-UX532/UX533F/UX534F シリーズ（SONY）

(1)(2)は、照明環境の4ケースを設定する際に用いた。オフィスや学校などで多く使用される業務用HF器具専用の蛍光灯である。(1)(2)は異なる色温度の照明環境を形成するために、(1)はクール色により照明条件1、2を(2)は電球色により照明条件3、4を設定するために使用した。(図3-2)



図 3-2 蛍光灯のパッケージ（上：(FHF32EXDH) / 下：(FHF32EXLH)）

(3)唾液中のアミラーゼ濃度の計測装置であり、(4)の専用チップを使用して測定した。(図 3-3) (図 3-4)

唾液アミラーゼ活性の測定方法は、図 3-4 のように専用のチップを口に含み (30 秒間)、図 3-3 の専用の計測装置に差し込み (30 秒間)、唾液アミラーゼ濃度を検出する。唾液アミラーゼ活性の濃度は、「KU/L」(キロユニットパーリットル) でリットル当たりの濃度で表現される。



図 3-3 唾液アミラーゼ計測装置<sup>[45]</sup>



図 3-4 唾液採取中の様子

(5)色彩照度計により、実験室の色温度、照度の照明環境を管理した。(図 3-5)  
色彩温度計は、色温度と照度を同時に測定できる装置であり、照明環境の記録、管理に適している。



図 3-5 色彩照度計<sup>[46]</sup>

(6)IC レコーダーは記録用として、作業中の被験者の音声情報を記録した。(図 3-6)



図 3-6 IC レコーダー

### 3.2.3 実験条件

ここでは、実験条件と実験室の様子を示す。(表 3-2) (図 3-7)

表 3-2 実験条件

a.実験場所	神奈川県横浜市 協生館内小部屋
b.実験日時	2014年11月28日～12月15日 (全日) 午後13時～15時
c.室内の物理環境	①テーブルあり ②チェアあり ③窓なし ④蛍光灯による全般照明 ⑤部屋の広さ 3.2m×4.2m ⑥壁の色：白



図 3-7 実験室の様子

実験場所は、自然光の影響を受けないよう配慮し、窓のない完全遮光の空間とした（神奈川県横浜市慶應義塾大学協生館内の小部屋）。

実験実施日時は、2014年11月28日～12月15日に実施した。また、実験の時間帯は午後13時～15時に設定した。被験者が日常的に太陽の光から影響を受ける生体リズム（サーカディアンリズム）を考慮するため、全日同じ時間帯とした。

実験室の室内環境は、備品として円形テーブル1台と被験者分のチェア3脚を設置した。備品の設置地点に関する詳細は、図3-9に記述する。照明環境は、蛍光灯による全般照明（2列2組）として、既設の直行型用照明器具（安定期）を使用した。全般照明とは、室内全体を一様に明るくするための拡散光照明であり、一般的なオフィスや学校の教室に設置されている。図3-8は、蛍光灯を設置した天井の様子である。

表3-3に異なる照明環境を構成するための条件設定を示す。オフィスや学校などでの照明基準<sup>\*17</sup>である Case.1（6000lx-750lx）を基本設定とし、照度のみを下げた Case.2（6000k-375lx）、色温度のみを落とした Case.3（3000k-750lx）、さらに照度・色温度をともに落とした Case.4（3000k-375lx）を設定した。



図 3-8 蛍光灯を設置した天井の様子  
（同等の部屋の写真）

<sup>\*17</sup> 照明基準：日本工業規格が定める照明基準総則（JISZ9110-2011）により規定。「人々の諸活動が、安全、容易、かつ快適に行えるような視環境を作り出すための照明基準」（一般社団法人照明学会）とされている。

表 3-3 照明環境条件

照明条件	色温度 (K)	照度 (lx)
Case.1	6000	750
Case.2	6000	375
Case.3	3000	750
Case.4	3000	375

表 3-4 照明条件の特徴

照明条件	照明環境の詳細
Case. 1	JIS により規格されている照明基準。一般的に、オフィスや学校で慣れ親しんでいる照明環境。
Case. 2	照明基準から照度を低く設定した照明環境。一般的に、節電照明時に間引き消灯された照明空間に近い。
Case. 3	照明基準の色温度を温かみのある電球色へ変えた照明環境。一般的に、家庭のリビングや飲食店などの団欒空間で用いられる。
Case. 4	電球色の照明空間を低照度で設定した照明環境。一般的に、ホテルのロビーやバーなどの非日常空間を演出される際に用いられる。

各照明条件の環境上の特徴は、表 3-4 の通りである。それぞれの照度・色温度は上記のように Case.1 の照明基準を元に設定されている。高照度・低色温度、高色温度・低色温度の組み合わせにより選定した。これらの照明条件の設定は、照明環境と知的活動を対象とした先行研究を参考にしている<sup>[14]</sup>。

### 3.2.4 実験室内のレイアウト

実験室のレイアウトと物理環境の測定点を図 3-9 に示す。

実験室の中心部に円形テーブルを設置し（図 3-7）、3名の被験者はテーブルを囲むように着席する。所定の位置に設置されたテーブル上でひとつのマインドマップを共同作業で行うこととした。

照明環境を設定するための照度・色温度の測定地点はテーブル上の中心部として、照明条件を切り替えるタイミングで照度・色温度を確認、設定値へ調整した。照度の調整方法は、照明本体へカバーを被せるなどして実施した。記録用の IC レコーダーの設置地点は照度・色温度の測定点と同様のテーブル上中心地とした。

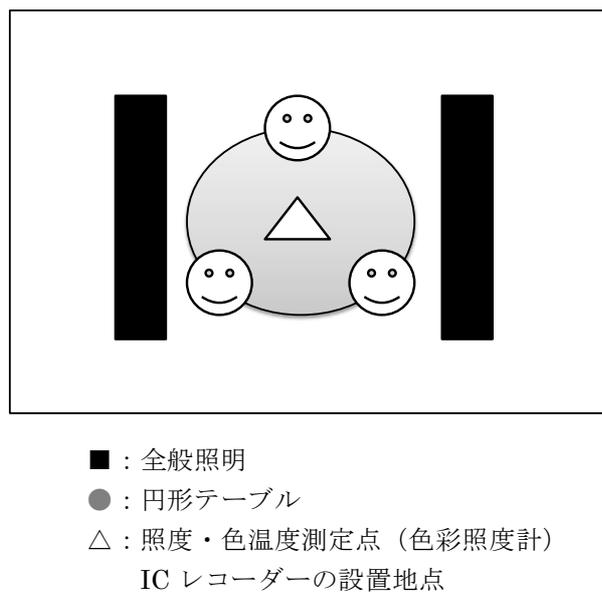


図 3-9 実験室レイアウトと物理環境の測定点

### 3.3 測定方法

ここでは、上記で設定された環境において、測定した項目とその測定方法について述べる。

#### 3.3.1 チームによるマインドマップの作業効率測定に関して

チームによる知識創造活動の作業効率を測定するために、被験者3名を1組としたチームに対して、マインドマップの作成を擬似タスクとして課した。ここでのマインドマップは、通常個人が行うツールを複数人で同時に行う、「グループマインドマップ」と称されるものである<sup>[31]</sup>。ツールの使用方法は従来のマインドマップと同様である。

作業は1枚の紙上で行い、被験者1人につき1セット配布したポストイット上に自由にイメージやキーワードを記入し、紙上に添付するよう指示した。

作業時間は5分間とし、一定時間における作業効率としてポストイットで掲示された回答の項目数を集計した。第2章で述べたように、一般的にブレインストーミングやマインドマップは回答された項目の数が多いほど、多くの情報、新たな気づきを獲得できたものとして評価される<sup>[25]</sup>。本研究でも、回答の項目数が多い結果を作業効率が高い成果として評価することとした。

マインドマップのテーマは、あらかじめ設定したテーマ3つの中から、被験者に自由選択させた。設定したテーマは、テーマの難易度によって作業成績へ与える影響を最小限にするために、誰もが少なからず興味、関心を抱いている「衣」「食」「住」にまつわる内容を設定した。

また、チームの習熟度の差が作業成績へ与える影響を軽減するために、事前に予備練習を課して、被験者間の習熟度の差を最小限にした。具体的には、まずマインドマップに関するやり方の説明を行い、あらかじめ設定したいくつかのテーマに従

い数回反復練習を実施した。実験対象者は全員、マインドマップに熟知した大学院生であったが、予備練習により習熟レベルを一定にすることで、ホーソン実験で述べられている習熟効果による影響が結果に出ることを避けた。

第4章の実験結果において、上記のテーマや照明条件の試験順序による差が出ていないか統計処理を行った上で、照明環境に焦点を当てた評価、分析を行った。

### 3.3.2 唾液アミラーゼ活性の測定に関して

知識創造作業中の生体上の変化を測定するために、唾液中のアミラーゼ活性の値を測定した。第2章で述べたように、唾液アミラーゼ活性を測定することにより、個人のストレス量を分析することができる<sup>[31]</sup>。

本実験では、実験作業前に暗所（2000 K - 350 lx）で5分間の安静状態を維持した後、まず1回目の唾液アミラーゼ活性を測定した。ここで検出されたストレス量を安静時のストレス評価の基準として用いた。そして照明環境下での作業前、5分間の安静状態の後に、2回目の唾液アミラーゼ活性の測定を行った。ここで検出されたストレス量は、照明条件の影響を受けたストレス評価とした。これらはいずれも被験者毎に個別に測定した。

唾液アミラーゼ活性の測定には、専用のチップを口に含み、専用モニターに差し込んで、唾液アミラーゼ濃度を「KU/L」の値で検出した。ストレス量の測定には、採取時間約30秒、モニターによる分析に約30秒を要した（図3-3、図3-4）。

また、唾液アミラーゼ活性の数値は個人の体質や状態により個人間で最大100 KU/L程度異なることから、照明条件毎の平均値を比較分析することとした。

### 3.3.3 心的状態の測定に関して

作業中の個人の心的状態の変化を測定するために、被験者に心理反応を問うアン

ケート調査を個別に行い、主観評価として測定した。

照明環境下でのグループによるマインドマップ作業の直後に、被験者に個別に作業中の「集中度」「覚醒度」に関して、5段階で評価させた。5段階評価は、《-2,-1,0,1,2》と設定し、0の時が通常状態とし、被験者の主観により±で評価をさせた。

### 3.4 実験の手順

本実験の手順は、筆者がコーディネーターを務め、実験内容の説明やアンケート用紙の配布から回収、唾液アミラーゼ活性の測定までを行った。

内容は以下のとおりである。

① **【照明環境条件 case.1 : 6000k-750lx】**

安静状態の維持 (5 分間)

唾液計測 (2 分間)

グループマインドマップ (2 分間)

アンケート調査 (3 分間)

----- (休憩 10 分間) -----

② **【照明環境条件 case.2 : 6000k-375lx】**

安静状態の維持 (5 分間)

唾液計測 (2 分間)

グループマインドマップ (2 分間)

アンケート調査 (3 分間)

----- (休憩 10 分間) -----

③ **【照明環境条件 case.3 : 3000k-750lx】**

安静状態の維持 (5 分間)

唾液計測 (2 分間)

グループマインドマップ (2 分間)

アンケート調査 (3 分間)

----- (休憩 10 分間) -----

- ④ 【照明環境条件 case.4 : 3000k-375lx】  
 安静状態の維持 (5 分間)  
 唾液計測 (2 分間)  
 グループマインドマップ (2 分間)  
 アンケート調査 (3 分間)

実験は上記のように、照明条件 case.1~4 を 1 セットとし、同じ被験者チームを対象に実施した。

照明環境の切り替えのタイミングで被験者に対して休憩を 10 分間ずつ与え、作業による肉体的、精神的な疲労を解消させ、気分をリフレッシュさせた。

照明環境の条件設定の順番によって作業成績へ与える影響を削減するために、被験者チーム毎に照明の照明環境の条件設定の順番をランダムに変えて対応した。照明条件の試験順序は表 3-5 の通りである。

表 3-5 照明条件の試験順 (順番)

被験者チーム	Case.1	Case.2	Case.3	Case.4
1	1	2	3	4
2	2	1	4	3
3	3	4	1	2
4	4	3	2	1
5	1	2	3	4
6	2	1	4	3

## 第4章 実験結果

本章では、実験結果の集計について述べる。

実験場所や照明環境の記録結果やマインドマップの作業効率の集計結果と唾液アミラーゼ活性の測定によるストレス値の分析結果、心的状態の調査結果の相関関係を分析・評価した。

### 4.1 物理環境の測定結果

物理環境の測定地点は図 3-9 に示した通りである。

室温環境は一定のものとし、照明環境は色彩照度系で照明環境の切り替え毎にテーブルの中心地点で測定した。(表 4-1)

表 4-1 照明環境の測定結果

被験 グループ	Case.1		Case.2		Case.3		Case.4	
	色温度	照度	色温度	照度	色温度	照度	色温度	照度
1	5970k	745lx	5960k	380lx	2994k	750lx	2992lx	377lx
2	5972k	769lx	5969k	370lx	2990k	772lx	2990lx	380lx
3	5988k	774lx	6004k	377lx	2988k	738lx	2985lx	390lx
4	5984k	740lx	6002k	340lx	2985k	740lx	2987lx	355lx
5	5968k	752lx	5980k	350lx	2980k	742lx	2961lx	360lx
6	5975k	748lx	5990k	375lx	3004k	745lx	2970lx	364lx

照度、色温度は、それぞれ条件設定値の±40 までを許容範囲内とした。

## 4.2 チームによる知識創造作業の作業成績の測定結果

マインドマップを用いたチームによる知識創造作業の作業成績の測定結果について、マインドマップの回答項目数の集計結果とその評価・分析結果について述べる。

### 4.2.1 集計結果と評価・分析結果

照度・色温度の組み合わせによる4つの照明環境において、それぞれ被験者3名ずつ1チーム(全6チーム、18名)のマインドマップの作業効率という観点から、マインドマップの回答項目数(ポストイットで添付された個数)の集計の比較を行った。

図4-1、表4-2は、被験者グループごとの回答項目数の集計データである。

図4-2は、照明環境条件ごとの回答項目数の平均値を比較している。

図4-3は、照明条件ごとの作業効率のt検定結果である。

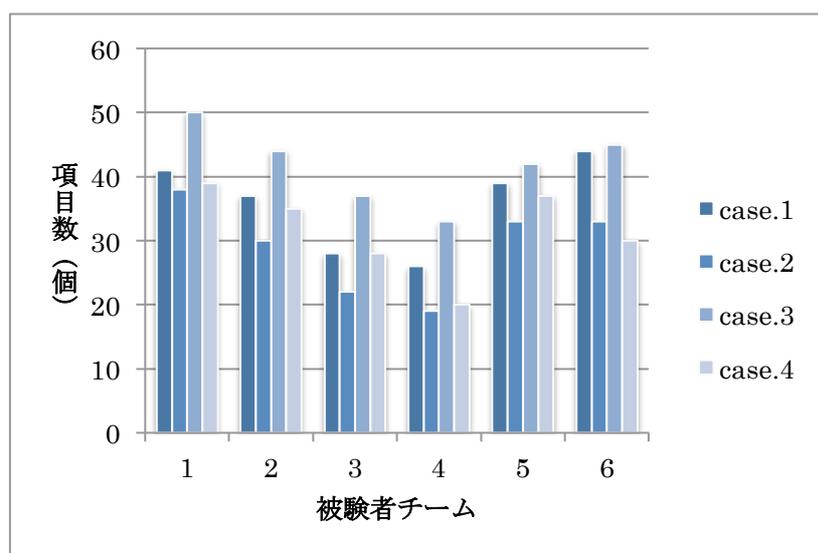


図4-1 チーム毎の回答項目数集計データ

表 4-2 チーム毎の回答項目数集計データ

被験者チーム	Case.1	Case.2	Case.3	Case.4
1	41	38	50	39
2	37	30	44	35
3	28	22	37	28
4	26	19	33	20
5	39	33	42	37
6	44	33	45	30

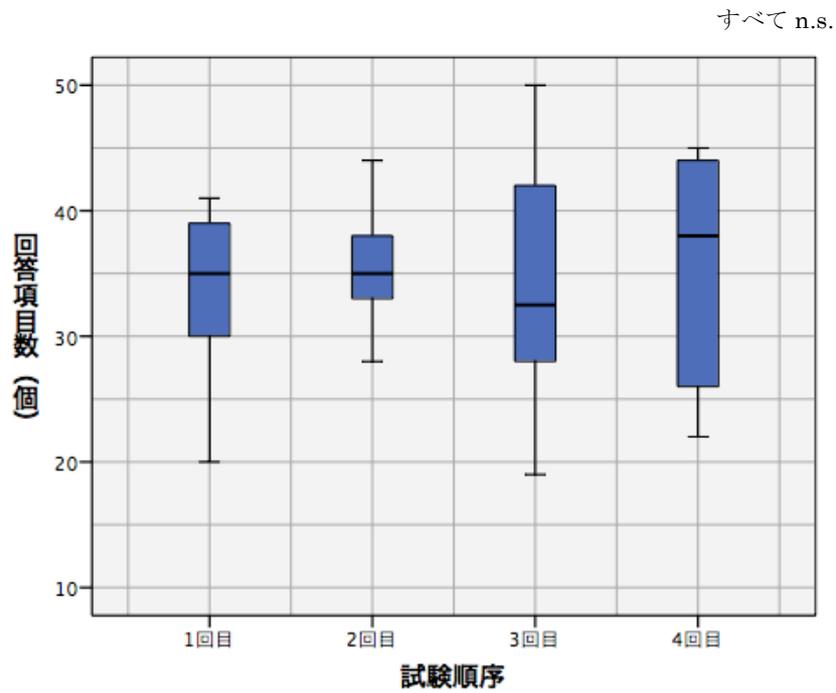


図 4-2 照明条件の試験順序毎の作業効率の集計結果

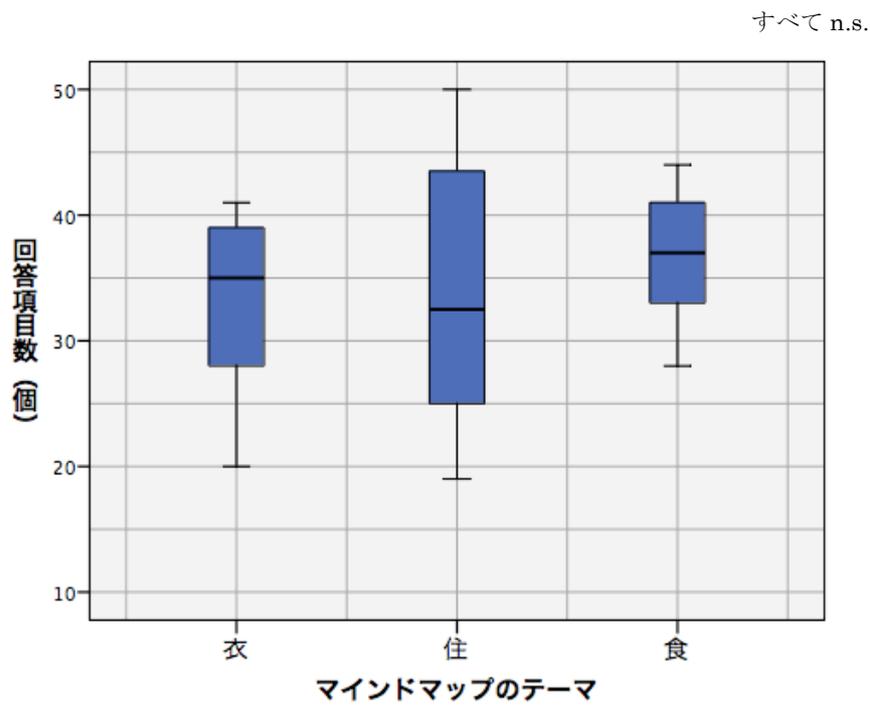


図 4-3 マインドマップのテーマ毎の作業効率の集計結果

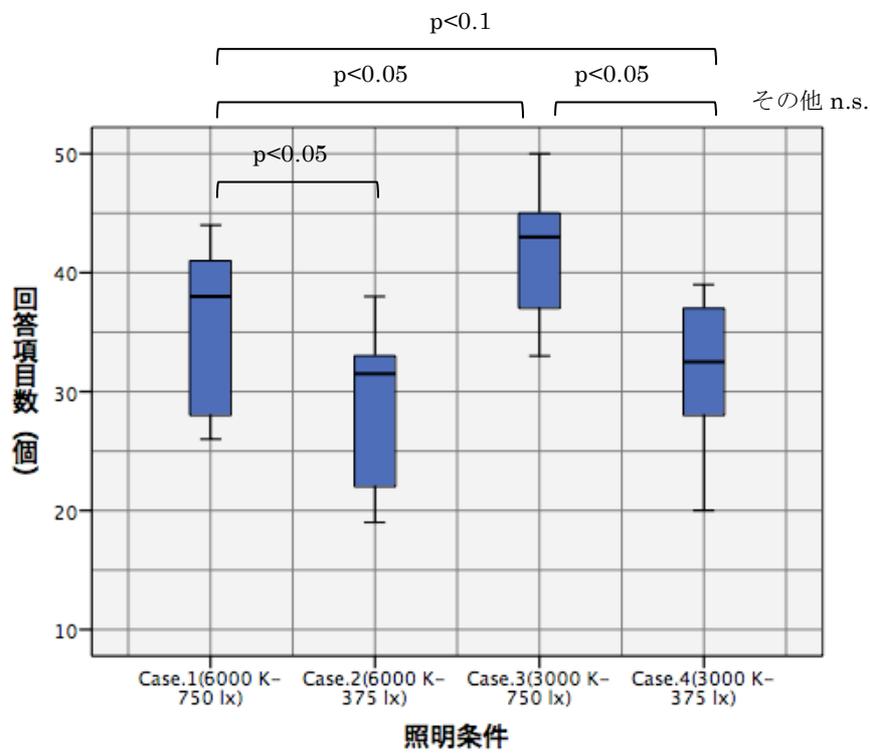


図 4-4 照明条件毎のマインドマップの作業効率集計結果

表 4-3 t 検定の結果

		対応サンプルの差					t	df	有意確率 (両側)
		平均値	標準偏差	平均値の標準誤差	差の 90% 信頼区間				
					下限	上限			
ペア 1	case.1 - case.2	6.667	2.582	1.054	4.543	8.791	6.325	5	.001
ペア 2	case.1 - case.3	-6.000	3.286	1.342	-8.703	-3.297	-4.472	5	.007
ペア 3	case.1 - case.4	4.333	5.125	2.092	.117	8.549	2.071	5	.093
ペア 4	case.2 - case.3	-12.667	2.160	.882	-14.444	-10.890	-14.363	5	.000
ペア 5	case.3 - case.4	10.333	3.502	1.430	7.452	13.215	7.227	5	.001
ペア 6	case.2 - case.4	-2.333	3.327	1.358	-5.070	.403	-1.718	5	.146

異なる照明条件のもとでチームでのマインドマップ作業を行ったところ、図4-1、表4-2、図4-2、図4-3、図4-4、表4-3のような集計結果になった。

図4-1は、チーム毎に集計した4つの照明条件における回答項目数のグラフである。

表4-2は、チーム毎の照明条件における回答項目数の表である。

図4-2は、照明条件の試験順序毎にみた作業効率の集計結果であり、これは照明条件を考慮せずに4回の試験順序によって習熟効果が表れているかを分析調査するために統計処理を行った結果である。

図4-3は、マインドマップのテーマ毎の作業効率の集計結果であり、これにテーマによって作業効率に影響が出ているか分析調査するために統計処理を行った結果である。

図4-4は、照明条件毎の回答項目数の差、平均値を箱ヒゲ図で示している。

表4-3は被験者のチーム内で照明条件毎の作業効率についてt検定を行った結果である。

まず、図4-2では照明条件をばらつきとし試験順序による作業効率の傾向があるか調査した結果である。統計処理の結果、試験順序の違いによる有意な差は見られなかった。したがって、本実験では習熟効果による影響は出ていないということが明らかになり、作業効率については照明環境の効果を検証対象とすることとした。

そして図4-3では、3つのテーマ設定によって作業効率に影響が現れているか調査した結果である。統計処理の結果、テーマによって作業効率上がる、下がるとい

った傾向は見られず、作業効率に有意な差は見られなかった。したがって、本実験では習熟効果と同様に、テーマによる影響は出ていないということで、照明環境を対象として作業効率の評価・分析を行うこととした。

照明条件の違いによる集計結果より、異なる照明条件がチームのマインドマップの作業効率へ与える影響の違いが確認できた。作業成績は、Case. 3(3000 K - 750 lx)、Case. 1(6000 K - 750 lx)、Case. 4(3000 K - 375 lx)、case. 2(6000 K - 375 lx)の順番で回答数が集計された。

図4-4の照明環境毎の作業効率の比較結果より、被験者チームで照明条件毎に作業効率に差があるかどうかについてt検定を行ったところ、高色温度6000 Kの場合、高照度Case. 1の方が低照度Case. 2よりも作業効率が有意に向上し ( $t=6.325$ ,  $df=5$ ,  $p=0.001$  ( $p<0.05$ ))、低色温度3000 Kの場合、高照度Case. 3の方がCase. 4よりも作業効率が有意に向上した ( $t=7.227$ ,  $df=5$ ,  $p=0.001$  ( $p<0.05$ ))。また、照度別に見たばい、高照度750lxでは高色温度Case. 1と低色温度Case. 3の間に有意な差は見られた ( $t=-4.472$ ,  $df=5$ ,  $p=0.007$  ( $p<0.05$ )) が、低照度では高色温度Case. 2と高色温度Case. 4の間では有意な差は見られなかった ( $t=-1.718$ ,  $df=5$ ,  $p=0.146$  ( $p>0.1$ ))。

したがって、色温度の違いに関わらず、照度のちがいにより作業効率に変化が見られることが明らかになった。とくに高照度750lxの照明環境Case. 1、Case. 3において作業効率が高くなることが確認できた。

## 4.2.2 作業効率に関する考察

照明条件の異なる条件においてチームの創造性の生産性は、高照度・低色温度(3000 K - 750 lx)が高い結果となった要因には、従来高照度・低色温度の照明空間が家庭や飲食店などの団欒空間で用いられていることが関連していると考えられる。従来、オフィスや学校などの知的活動の照明空間は、JISより規定されている照明基準にしたがい、Case. 1と同様の6000 K - 750 lxの高照度・高色温度の

空間が適用されている。割田らの先行研究において、Case. 1の高照度・高色温度の照明空間は個人の単純作業や創造作業には適しているという研究生が明らかにされた<sup>[14]</sup>が、他者との創発的なコミュニケーションが伴う知識創造作業においてはCase. 3の高照度・低色温度の照明空間の方が適しており、作業効率が高くなることが明らかになった。被験者は、団欒空間としてCase. 3の高照度・低色温度の空間に慣れていたことから、マインドマップといった創発的なコミュニケーションの伴う知識創造活動が誘発された可能性が考えられる。

また、チーム毎の作業成果に注目すると、6組のチームにより作業成績に若干の増減が見られ、会話量の多いチームは回答項目数も多く、会話量の少ないチームは回答項目数が少なくなるといった傾向が見られ、属人的な部分の違いが見られた。そのように、一般的に知識創造は、個人の能力差など属人的な部分の影響が大きいなどあらゆる要因が影響しているとされているが、本実験では照明効果による影響も大きいということが明らかになった。

## 4.3 ストレス量の測定結果

マインドマップを用いたチームによる知識創造作業中のストレス値の測定結果について、唾液アミラーゼ活性の測定を用いた集計結果とその評価・分析結果について述べる。

### 4.3.1 集計結果と評価・分析結果

照度・色温度の組み合わせによる4つの異なる照明環境において、チームによるマインドマップを行った場合の被験者のストレス値の評価という観点から、マーカを用いた唾液アミラーゼ活性の測定結果の比較を行った。

表 4-4 唾液アミラーゼ活性[KU/L]の集計データ

被験者	安静時	Case.1	Case.2	Case.3	Case.4
1	54	85	82	13	11
2	44	60	68	53	26
3	30	39	43	15	12
4	41	40	45	33	30
5	49	52	54	61	54
6	40	39	45	33	30
7	52	59	60	32	74
8	25	22	15	32	23
9	31	40	32	31	32
10	44	61	71	34	32
11	25	20	20	32	33
12	52	60	58	46	51
13	41	59	54	32	65
14	20	16	17	22	19
15	33	35	32	29	18
16	68	75	79	66	70
17	86	101	98	77	78
18	51	54	62	45	46

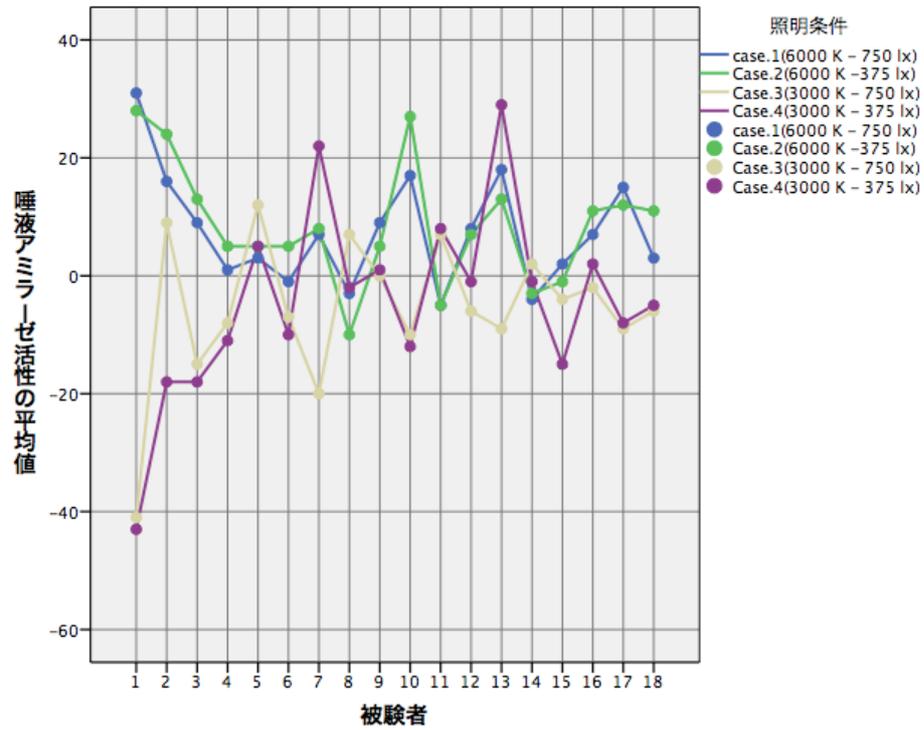


図 4-5 照明条件毎の唾液アミラーゼ活性[KU/L]の集計結果

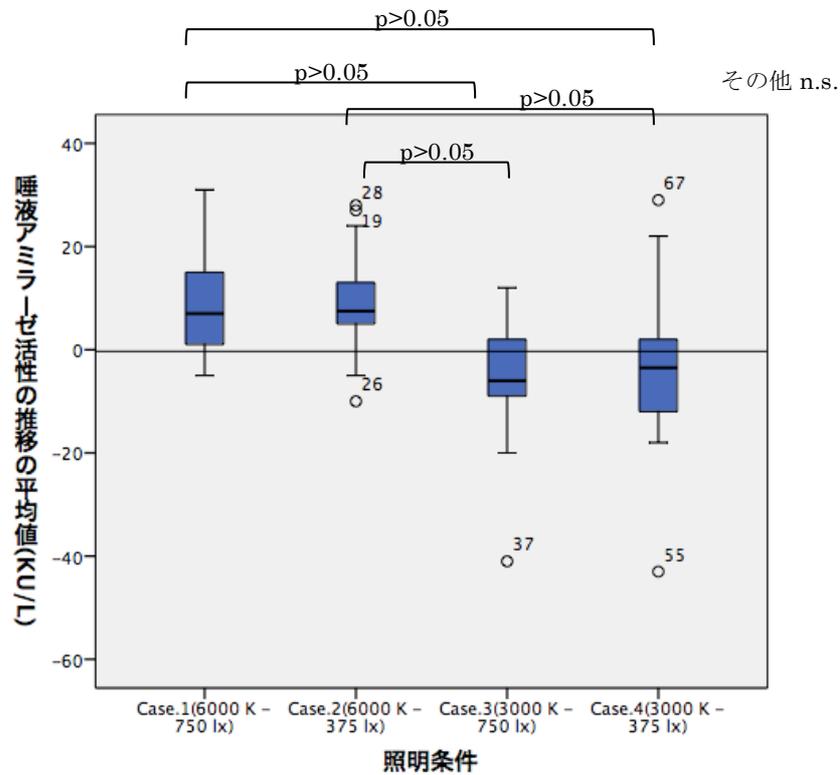


図 4-6 照明条件毎の唾液アミラーゼ活性[KU/L]の平均推移

照明条件毎のストレス値の平均値集計結果

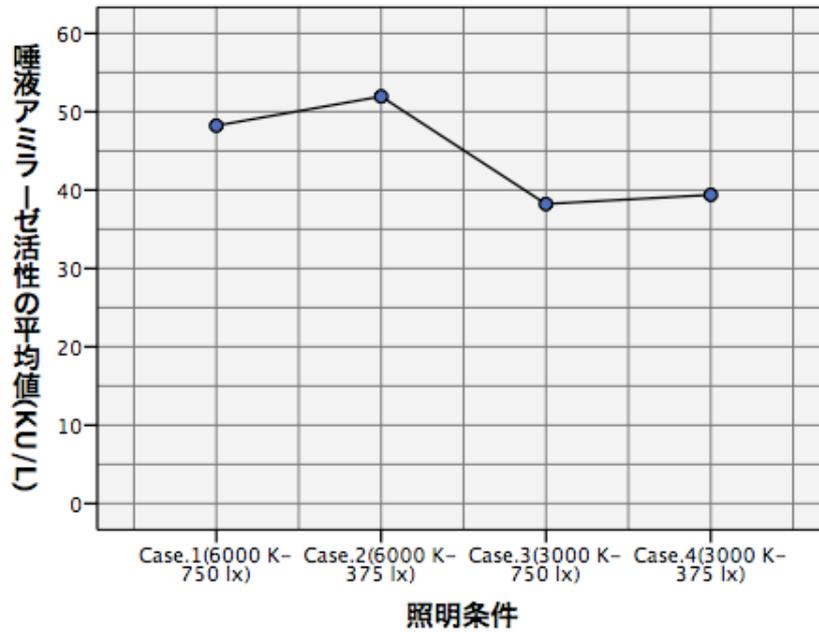


図 4-7 照明条件毎のストレス値平均値の比較

表 4-5 ストレス量の推移の差の t 検定

		対応サンプルの検定					t	df	有意確率(両側)
		対応サンプルの差			差の 95% 信頼区間				
ペア	比較	平均値	標準偏差	平均値の標準誤差	下限	上限			
ペア 1	case.1 - case.2	-1.222	4.906	1.156	-3.662	1.217	-1.057	17	.305
ペア 2	case.1 - case.3	12.944	19.567	4.612	3.214	22.675	2.807	17	.012
ペア 3	case.1 - case.4	11.667	21.085	4.970	1.181	22.152	2.347	17	.031
ペア 4	case.2 - case.3	14.167	19.877	4.685	4.282	24.051	3.024	17	.008
ペア 5	case.2 - case.4	12.889	22.334	5.264	1.782	23.995	2.448	17	.025
ペア 6	case.3 - case.4	-1.278	15.807	3.726	-9.138	6.583	-.343	17	.736

唾液より測定されるアミラーゼ活性の値 (KU/L) は、値が高いほど高ストレス状態であり、低いほど低ストレス状態であると評価できる。異なる照明条件での唾液アミラーゼ活性の値を測定したところ、表4-4、図4-5、図4-6、図4-7のような集計結果となった。

表4-4は、被験者18名の測定結果を安静時と照明条件毎に集計した結果である。

図4-5は、照明条件毎のストレス量を測定された唾液アミラーゼ活性の測定値より、安静時を基準として推移の平均値を被験者毎に集計した結果である。

図4-6は、照明条件毎のストレス値の推移を箱ヒゲ図で示したグラフである。

図4-7は、図4-6の分析結果より平均値のみを照明条件毎に比較したグラフである。

表4-5は、照明条件毎にストレス値の差があるかt検定を行った結果である。

集計・分析結果より、異なる照明条件における唾液アミラーゼ活性より評価されるストレス量の変化が確認できた。ストレス値は、Case.2(6000 K - 375 lx)、Case.1(6000 K - 750 lx)、Case.4(3000 - 375 lx)、Case.3(3000 K - 750 lx)の順で集計された。

照明環境毎のストレス量の比較より、被験者内で照明条件毎に差があるかどうかについてt検定を行ったところ、色温度別に見た場合、高色温度6000 Kは、高照度Case.1と低照度Case.2有意差は見られなかった。低色温度3000 Kも同様に、高照度Case.3と低照度Case.4で有意差は見られなかった。一方、照度別に見た場合、高照度750 lxは、高色温度Case.1は低色温度Case.3よりストレス量が高く有意差が確認できた ( $t=2.807$ ,  $df=17$ ,  $p=0.012$  ( $p<0.05$ ))。低照度375 lxは、高色温度Case.2は低色温度Case.4よりストレス値が高く有意差が確認できた ( $t=2.448$ ,  $df=17$ ,  $0.025$  ( $p<0.05$ ))。

したがって、照度の違いに関わらず、色温度の違いによりストレス量に変化が見られることが明らかになった。とくに高色温度の照明環境Case.1、Case.2において高ストレスとなることが確認できた。

### 4.3.2 ストレス量に関する考察

異なる照明環境を用いてチームによる知識創造活動中のストレス値の変化を確認したところ、Case.1(6000 K - 750 lx)、Case.2(6000 K - 375 lx)の高色温度の照明環境が高ストレスとなった要因には、高色温度のクール色の光が人のストレス状態を起因していることが考えられる。

何かしらの作業を遂行している時の人のストレス度は、適度な状態であることが望ましい。チームの知識創造作業を行う際に適度なストレス状態を確認するために、ストレス値と作業効率との関係から評価・分析する必要がある。

## 4.4 心的状態「集中度」「覚醒度」の測定結果／自己申告採点

### 4.4.1 集計結果と評価・分析結果

異なる照明環境においてチームでマインドマップを行った後に被験者の心的状態を自己申告によって主観評価させ、これらの結果を集計した。質問項目は「集中度」「覚醒度」であり、被験者自身の基準で5点満点評価により申告させた。

表 4-6 心的状態の採点結果集計データ

状態 被験者	集中度				覚醒度			
	Case.1	Case.2	Case.3	Case.4	Case.1	Case.2	Case.3	Case.4
1	4	2	4	2	5	2	2	1
2	5	2	4	2	5	1	3	1
3	4	2	5	1	3	2	2	1
4	4	3	4	3	5	2	3	1
5	3	2	3	3	3	2	2	2
6	4	2	4	2	5	1	3	1
7	5	1	4	2	4	2	2	2
8	4	2	4	3	4	2	2	2
9	3	4	5	1	4	3	2	1
10	3	1	4	3	4	1	1	1
11	4	2	3	2	5	1	2	2
12	5	2	3	3	4	1	3	2
13	4	3	4	2	5	3	2	3
14	4	4	5	1	5	1	3	4
15	3	2	4	1	4	2	2	1
16	5	2	4	1	4	1	2	1
17	4	3	4	2	3	3	2	2
18	5	2	5	3	5	3	1	2

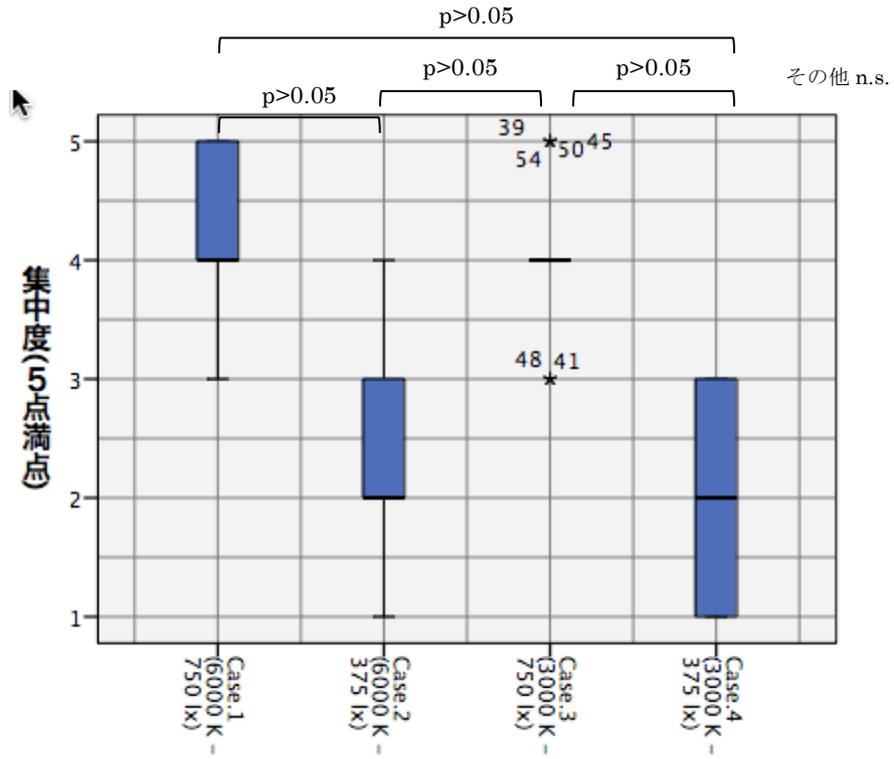


図 4-8 集中度の集計結果

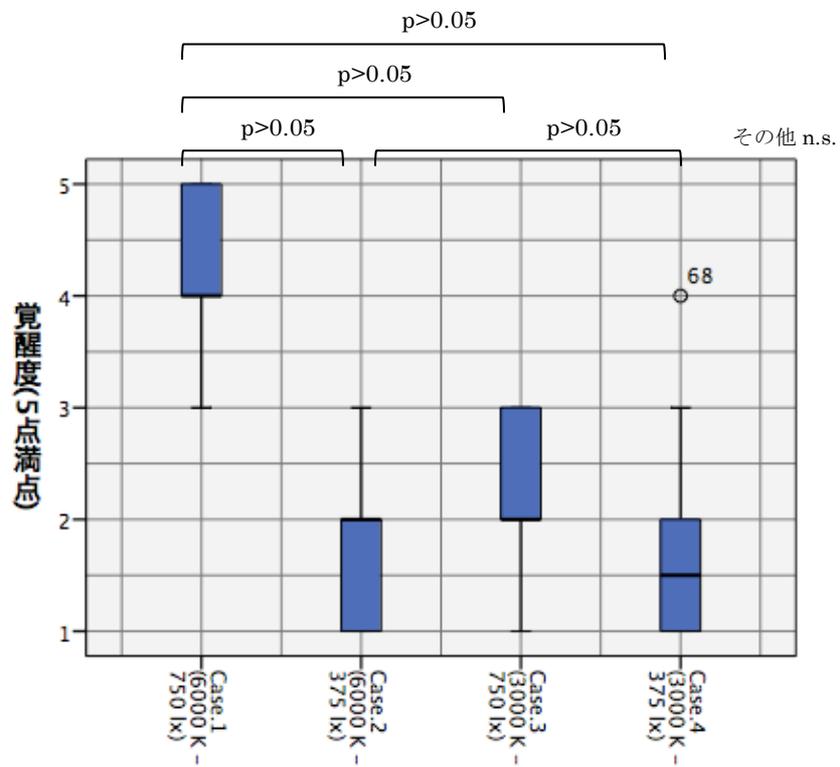


図 4-9 覚醒度の集計結果

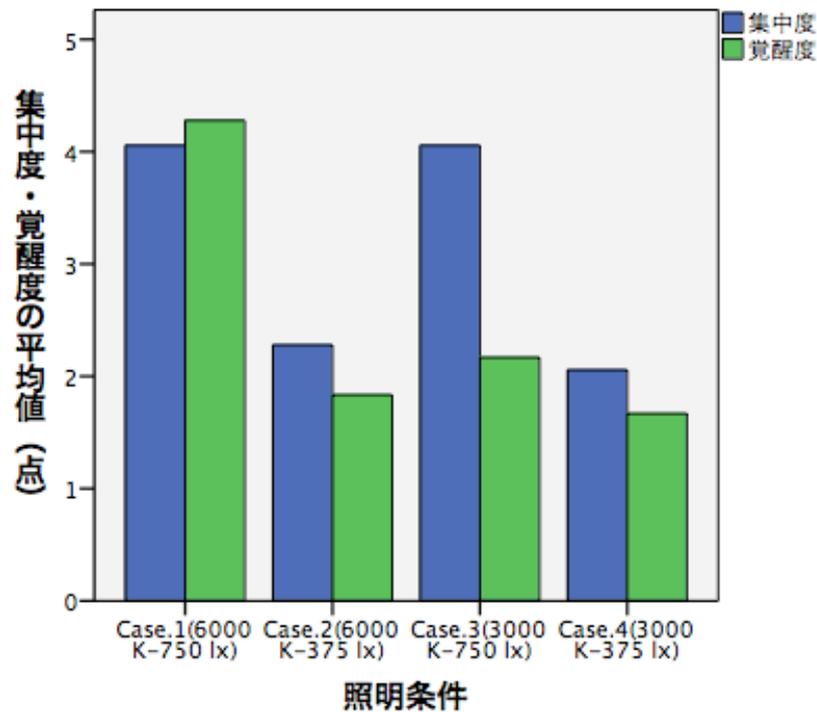


図 4-10 照明条件毎の心的状態の分析結果

被験者の自己申告による心的状態は、被験者自身の基準で作業中の「集中度」、  
「覚醒度」について主観評価させた。通常の心的状態を「0」とし、±で5段階  
(-2, -1, 0, 1, 2) の範囲で該当する得点を申告する形式にしたがって記入させた。  
異なる照明条件でのチームによる創造的な作業中の心的状態を測定したところ、表  
4-6、図4-8、図4-9、図4-10のような集計結果となった。

表4-6は被験者18名の申告結果を2つの質問項目毎に集計した結果である。

図4-8、図4-9は、質問項目別に集計した結果を箱ヒゲ図にしたものである。

図4-10は、被験者が回答した2つの質問項目の採点結果の平均値を照明条件毎に  
集計した結果である。

集計結果より、異なる照明条件におけるチームによるマインドマップ作業中の心的  
状態の変化が確認できた。

以下、2つの質問項目別に集計結果を述べる。

## (1) 「集中度」

異なる照明条件における作業中の集中度は、Case.1(6000 K - 750 lx)、Case.3(3000 K -750 lx)、Case.2(6000 K - 375 lx)、Case.4(3000 K - 6000 K)の順で申告結果が集計された。

照明条件毎の集中度の比較より、高照度の照明空間は集中度の申告点数が高く、低照度の照明空間は集中度の申告点数が低い傾向が確認できた。

したがって、異なる照明環境における作業中の集中度の主観評価は、白温度の影響は小さく、照度の影響が大きくなることが明らかとなった。この結果は、異なる照明条件におけるマインドマップの作業効率と同様の傾向となっている。

## (2) 「覚醒度」

異なる照明条件における作業中の覚醒度は、Case.1(6000 K - 750 lx)、Case.3(3000 K -750 lx)、Case.2(6000 K - 375 lx)、Case.4(3000 K - 6000 K)の順で申告結果が集計された。

照明条件毎の覚醒度の比較は、集中度の結果とは異なり、高照度・高色温度の照明環境でのみ申告点数が高く、他の3条件では申告点数は低くなる傾向が確認できた。本研究での高照度・高色温度の照明空間とはCase.1(6000 K - 750 lx)である。

したがって、異なる照明環境における作業中の覚醒度的主観評価は、照度・色温度による影響は小さいことが明らかとなった。

## 4.4.2 心的状態に関する考察

異なる照明環境を用いてチームによる知識創造活動中の心的状態を主観評価によって、その変化を確認したところ、集中度は Case. 1 (6000 K - 750 lx)、Case. 3 (3000 K - 750 lx)、覚醒度は Case. 1 (6000 K - 750 lx) でのみ申告点数が高いことが確認できた。

以下、2つの質問項目毎に集計結果についての考察を述べる。

### (1) 集中度

集中度が高照度について申告率が高くなった要因には、照度が高い照明環境はコミュニケーションをする相手の表情が確認しやすく、会話の反応や感情の変化を受け取りやすいことから、会話を促しやすい空間が形成されていたことが考えられる。また、高照度の空間は視界が広く保ちやすく、マインドマップのような手を動かすことに対する作業性の良さも関連していると考えられる。

低照度の照明環境について申告率が低くなった要因には、照度が低い照明環境が会話や作業などを阻害していた可能性が考えられる。

### (2) 覚醒度

覚醒度が Case. 1 の高照度・高色温度の照明空間でのみ申告率が高くなった要因には、高照度・高色温度の照明環境は普段から知的活動の現場の照明基準として慣れていることから、覚醒しやすい効果があった可能性が考えられる。

同様に高色温度でありながら覚醒度の申告率が低かった Case. 2 の低照度の照明空間は、照度の低さは不快感を与え逆に覚醒を妨げた可能性が考えられる。高色温度・低照度の照明環境は、オフィスの節電照明における間引き点灯にあたる照明環

境であり、近年オフィスの節電照明が作業性を妨げる可能性があるという指摘に関連する結果となったといえる。

低色温度の照明空間で申告率が低かった要因には、電球色のような低色温度の照明環境は、知的活動の現場よりも団欒空間で用いられることから、人をリラックスさせ適度な覚醒に抑える効果があることが考えられる。

## 第5章 結論と今後の展望

本章では、第4章の実験結果をもとにチームでの知識創造作業の観点から照明環境についての考察より結論づける。そして、研究目的であるチームでアイデア出しをする上での照明環境のデザインをする上で考慮すべきこと、本研究の検証結果を踏まえて、今後の知識創造作業の研究における展望について述べる。

### 5.1 結論

照明環境の異なる条件でのチームによる知識創造活動の変化を確認する実験を行ったところ、照明環境の違いがチームの知識創造活動の生産性へ影響を与えることが確認できた。照明の照度、色温度は相互作用しており、照度と色温度の組み合わせによって作業の生産性や生理反応、心理反応へ与える影響の違いを確認することができた。

具体的には、作業の生産性は照度の違いにより影響が異なり、色温度の違いに関わらず高照度の照明環境で作業性の高さが確認できた。唾液アミラーゼ活性より検出されるストレス値は色温度の違いにより影響が異なり、照度のちがいに関わらず高色温度の照明環境で高ストレス状態となることが確認できた。被験者の自己申告により評価される集中度は照度の違いにより影響が異なり、作業の生産性と同様に高照度の照明環境で申告率が高い傾向が見られた。また、覚醒度については高照度・高色温度の空間でのみ影響が申告された。とくに、高照度・低色温度の「3000 K - 750 lx」の照明環境はチームによる知識創造活動の照明環境として有効であり、適度なストレス、集中、覚醒を促す効果が確認できた。照明環境の違いが創造性へ与える影響は、個人の場合と同様に高照度・低色温度の照明環境がより有効であったが、チームでは高照度がより影響を与え、個人では低色温度がより影響を与えることが新たな発見であった。

また、本研究では一般に言われているホーソン実験の習熟効果については差がないように実験設計を行い、実験結果においても照明条件の試験順序による作業効率の差がなかったことから照明効果が知識創造へ与える影響に関する検証実験を行うことができた。結果として、照明効果に焦点を当てた結果が得られた。

## 5.2 今後の研究課題

本研究の課題として、心理反応の測定方法を検討する必要がある。本研究では、先行研究を参考に被験者による5段階評価での申告された点数を元に評価した。しかしながら、質問項目の心的状態（集中度、覚醒度）の定義が人により曖昧である点に検討する必要があると感じた。しかしながら、実験結果では申告率に一定の傾向が見られ、また有意差を確認することができたことから実験上問題はなかった。今後、被験者による心的状態の自己申告調査を行いやすくするためには、被験者間で共通の定義を認識することに関する配慮が必要である。

また、本研究では研究目的であったチームで知識創造活動をする上での照明環境のデザインがなされていない。本研究では、照明環境として高照度・低色温度の照明環境がチームの知識創造へ有効であることが明らかにされた。それを踏まえて、照度に関しては高照度（750 lx）、色温度に関して電球色の低色温度（3000 K）というように、主に会議室の色温度を調光することで、チームによる知識創造のための室内照明デザインを行うことが課題である。

### 5.3 今後の展望

ここでは、本研究の成果が社会的に活用されることが考えられる今後の展望について述べる。

これまでの知的活動の生産性と照明環境の関係に関する先行研究では、オフィス照明は主に個人のデスク照明についての検討がなされていた。個人のデスク照明は使用シーンや作業内容によって調光することが好ましいとされていたが、個人のデスク周辺以外の照明環境に関しての検討はなされていなかった。本研究により会議室やミーティングルームなどのチームで活動をする空間にも影響が顕著に出ることが明らかになった。とくに、色温度を調光することが効果的であり、デスク周辺の照明環境と同様に使用シーンや作業内容によって、適切な照明環境を適用することで作業効率が向上することが考えられる。今後、オフィスや学校で実際に行われるタスクを課した現地実験による検証を行うことにより、チームによる知識創造活動が重視される現場での本研究成果の活用が期待される。

また、オフィスや学校などの知的活動の現場において、照明環境を自由に設定できる環境づくりが必要である。現状は、JISにより規定されている照明基準「6000 K - 750 lx」が推奨されており、ほとんどの知的活動空間で基準値に一律の照明環境が適用されている。日本社会の知識創造活動の発展を促すためには、使用用途や業務目的に適した照明環境を自由自在に調光・調節できるような仕組みが求められる。

## 謝辞

本研究を遂行するにあたり、多くの方の協力をいただきました。ここで感謝の言葉を述べさせていただきます。

まずは、手厚くご指導、ご鞭撻をしてくださった指導教員の当麻哲哉准教授には深く感謝しております。当麻先生のご指導、ご鞭撻のお陰で本研究を書き上げることができました。そして、本論文の執筆にあたり、的確なアドバイスやご指摘をくださった、副査の中野冠教授、審査会にて意義深いご意見をくださった高野研一教授、五百木誠准教授に感謝の意を表します。また、第5章で述べた実験機材「唾液アミラーゼ活性モニター・チップ」に関しては、高野研一教授に貸していただきました。重ねてお礼申し上げます。

日頃より切磋琢磨した当麻研究室の同期の皆様、ゼミでの議論を活発にしてくださった先輩、後輩の皆様、同じ研究室の皆様のおかげで大学院生活を意義深いものにすることができました。その他研究科の同期の皆様にも心より感謝しております。

この2年間の学業、私生活を支えてくださった皆様全員の名前を挙げることはできませんが、ここに改めて深く感謝の意を表して謝辞とさせていただきます。

## 参考文献

### 第1章

- [1] 村上周三：知的生産性研究の目的と枠組み，第2回知的生産性研究委員会（2008）
- [2] 知的生産性研究委員会：知的生産性研究委員会報告書（案）（平成21年度），抜粋資料14（2009）
- [3] 株式会社富士通ソーシャルサイエンスラボラトリ：2014年9月16日プレスリリース，  
<http://www.ssl.fujitsu.com/release/2014/09/16.html>（2015年1月16日）
- [4] Farrell, 2001
- [5] 本田技研株式会社：2015年度 Honda Recruiting Site，  
<http://www.honda-recruit.jp/feelings/hondaism.php>（2015年1月16日）
- [6] コミュニケーション教育推進会議：子どもたちのコミュニケーション能力を育むために-「話し合う・創る・表現する」ワークショップへの取組-，コミュニケーション教育推進会議審議経過報告（2012）
- [7] 村上周三, 伊藤一秀, P. Wargocki: 教室の環境と学習効率, 建築資料研究社(2007)
- [8] 前田・金・呉・西出・松田・鯨井：室空間環境とレイアウトが創造活動と心理評価に及ぼす影響に関する考察-オフィスにおける知的創造空間に関する実験的研究-, 日本建築学会計画系論文集, 75, 652, pp.1389-1398（2010）
- [9] 蒲田：ミーティングスペースにおける創造的問題解決に寄与する場の構成に関する研究
- [10] 井本：音楽聴取におけるスピーカーの指向性が知的生産性に与える影響の評価分析（2012）
- [11] 橋本・杉浦・川瀬・寺野・中村・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研究（第5報）標準的なプロダクティビティ測定方法の要件についての考察，空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集(2010)

## 第2章

- [12] 野中郁次郎：知識創造企業，東洋経済新報社(1996)
- [13] 野中郁次郎：知識創造の経営，日本経済新聞社(1990)
- [14] 割田・伊香賀・張本・市原・半谷・多和田・佐藤：照度と色温度が知的生産性に与える影響に関する被験者実験，2009年度日本建築学会関東支部研究報告集（2009）
- [15] 岸本章弘：海外のオフィスに学ぶ-1-クリエイティブワークを支えるオフィス空間，日本オフィス学会誌，第2巻第1号，pp.58-62（2010）
- [16] 望月・宇田川・武藤・平出・大石：知的創造空間に関する研究（その3）談話過失の改装の知的創造活動への効果，日本建築学会大会学術講演概集（近畿），pp.781-782（1996）
- [17] オフィスユースウェア・マネジメント研究会：いい会社はオフィスが違う，NTT出版（2012）
- [18] 阿部：オフィス空間のデザイン研究の変換-快適性と機能性の追求-，経済学研究，第63，第1号，pp.97-113（2013）
- [19] 阿部：オフィス空間のデザイン研究レビュー-知的創造性に着目したオフィス空間のデザインをめぐる-，地域経済経営ネットワーク研究センター年報，3，pp.87-101（2014）
- [20] 日経アーキテクチャ，成長の種は「知的生産性」：定量評価するツール整備で顧客への説得力が増す，2011年1月10日号，pp.20-23（2011）
- [21] 岸本：変革するワークプレイスの現在と未来，日本画像学会誌，第47巻，第1号，pp.25-31（2008）
- [22] 岸本：NEW WORKSCAPE-仕事を変えるオフィスのデザイン-，弘文堂（2011）
- [23] 紺野：儲かるオフィス-社員が幸せに働ける「場」の創り方-，日経PB（2008）
- [24] 財団法人建築環境・省エネルギー機構編著：知的創造とワークプレイス，武田ラウンドハウスジャパン（2010）

- [25] 金・前田・呉・西出・松田・鯨井：ブレインストーミング空間の心理的評価と促進要因に関する考察，日本建築学会大会学術講概集，5423，pp.857-858（2006）
- [26] 三木・谷口・吉見：創造的業務における最適な照度および色温度(2011)
- [27] Keyword Project + Psychology：フィールドスタディ(field study)とホーソン工場の研究（ホーソン実験）2，  
<http://digitalword.seesaa.net/article/249591792.html>（2014年2月14日）
- [28] ダイヤモンド社：ダイヤモンドオンライン\_ エルトン・メイヤー ホーソン実験，<http://diamond.jp/articles/-/778>（2014年2月14日）
- [29] Warlock, Wyon and Fanger: Productivity is Affected by the Air Quality in Offices, Healthy Buildings 2000, Espoo, Finland, pp.635-640(2000)
- [30] 樋口ら：「人にやさしい空間」の研究（その12）創造性のパフォーマンス評価（基礎実験），日本建築学会大会学術講演概集（2009）
- [31] トニー・ブザン，ハリー・ブザン，（訳者）神田昌典：ザ・マインドマップ，ダイヤモンド社（2005）
- [32] 市原・張本・伊香賀・佐藤・割田：照明計画と知的生産性に関する研究，大成建設技術センター法，第43報，2010
- [33] 中野敦行：唾液アミラーゼによるストレスの評価，教育公演（2011）
- [34] 井澤・城月・菅谷・小川・鈴木・野村：唾液を用いたストレス評価—採取および測定順序と各唾液中物質の特徴—，日本保管代替医療学会誌，4，pp.91-101（2007）
- [35] 大竹・渡辺・長澤：室内空間におけるストレスを軽減する色彩環境に関する研究，2006年度日本建築学会関東支部研究報告集，5006，pp.21-24（2006）
- [36] 多和田・長澤・渡辺・番場：空間による五感刺激とストレス反応の関係の研究，日本建築学会関東支部研究報告集，5001，pp.1-4（2006）
- [37] 長野：スピーチ課題が唾液アミラーゼに与える効果，文京学院大学人間学部研究紀要，vol.10，No.1，pp.221-228（2008）
- [38] 金丸・金森・山口・吉田・水野：唾液アミラーゼ活性によるジェットコースター

の感性評価, 電子情報通信学会技術研究報告, 103, pp. 1-6 (2003)

[39] 東・山口・出口・若林・水野: 唾液アミラーゼ活性を利用した交感神経活動モニタと運転ストレスの評価, 電子情報通信学会技術研究報告, 104, pp. 35-40 (2004)

[40] 山口・金森・金丸・水野・吉田: 唾液アミラーゼ活性はストレス推定の指標になりうるか, 医用電子と生体工学, 39, pp. 46-51 (2001)

[41] 辻・川上: アミラーゼ活性に基づく簡易ストレス測定値を用いたストレス測定と主観的ストレス反応測定との関連性の検討, 大阪樟蔭女子大学人間科学研究紀要, 6, pp. 63-73 (2007)

[42] 西原・田辺: 中程度の高温環境下における知的生産性に関する被験者実験, 日本建築学会環境系論文集, 第 568 号, pp. 33-39 (2003)

[43] 岩田・石垣・長谷部・斎藤: 膜建築の昼光照明オフィス環境における生理・心理反応および作業効率 (その 1) 実験方法・作業効率・R-R 間隔, 日本建築学会大会学術講演概集, pp. 781-782

[44] 西川: 疲労と作業成績による室内環境の知的生産性評価に関する研究 (2010)

### 第 3 章

[45] NIPRO : 新製品情報 唾液アミラーゼモニター ,  
[https://www.nipro.co.jp/ja/medicalstaff/new\\_products/201408\\_amylase/index.php](https://www.nipro.co.jp/ja/medicalstaff/new_products/201408_amylase/index.php)  
(2015年1月20日)

[46] コニカミノルタ : 色彩照度計 CL-200A 製品情報 ,  
<http://www.konicaminolta.jp/instruments/products/light/cl200a/> (2015年1月20日)

## 付録 1

### 【アンケート調査シート】

- ◆年齢 (            ) 歳
- ◆性別 ( 男 ・ 女 )
- ◆体調 ( 悪い ・ やや悪い ・ ふつう ・ やや良い ・ 良好

#### コミュニケーションに関する質問

以下の質問にお答えください。

1. 全く知らない分野の話聞くのは、正直苦手もしくは面倒だと感じる。  
[ はい ・ いいえ ・ どちらとも言えない ]
2. 自分より年齢が上の人、下の人でもコミュニケーションがとれる方だ。  
[ はい ・ いいえ ・ どちらとも言えない ]
3. 悩み事の相談をよく持ちかけられる。  
[ はい ・ いいえ ・ どちらとも言えない ]
4. 何かを伝えると、質問されたり確認されたりすることが多い。  
[ はい ・ いいえ ・ どちらとも言えない ]
5. 話の論点がずれてしまう、伝えたいことがうまく伝わらないことがある。  
[ はい ・ いいえ ・ どちらとも言えない ]
6. 会議やミーティングでまとめ役や司会・進行役を頼まれることが多い。  
[ はい ・ いいえ ・ どちらとも言えない ]
7. 初対面の人との会話でも、話を引き出すことが得意な方だ。  
[ はい ・ いいえ ・ どちらとも言えない ]
8. 興味のない話題になると話が発展させられず、気まずくなることがある。  
[ はい ・ いいえ ・ どちらとも言えない ]
9. こちらの質問に対して、相手からの答えのポイントがずれていることがよくある。  
[ はい ・ いいえ ・ どちらとも言えない ]
10. 今まで付き合ったことのないタイプの人と、どう接していいかわからない。  
[ はい ・ いいえ ・ どちらとも言えない ]

11. 自分の主張が正しいと思ったら、徹底して説得・議論する方だ。

[ はい ・ いいえ ・ どちらとも言えない ]

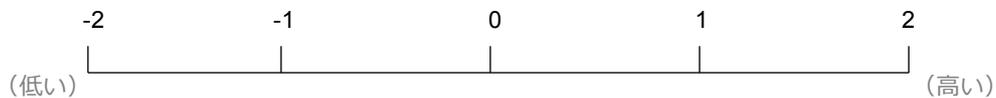
12. 集団行動、チームプレーではいつも浮いてしまう。

[ はい ・ いいえ ・ どちらとも言えない ]

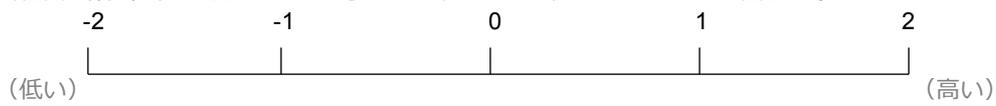
### あなたの心理状態に関する質問

現在、あなたが自覚している心理状態についての以下の質問に5段階から選んでお答えください。

1. 集中度（作業に没頭した度合い）



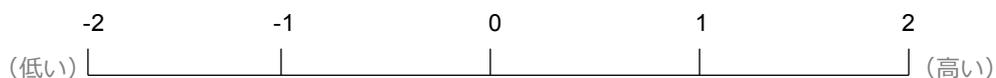
2. 覚醒度（作業中に頭の冴え、考え・感覚が鋭く働いたと感じる度合い）



### 作業に対する自己評価に関する質問

作業を終えて、自己評価を教えてください。

1. 作業成果に対する満足度の総合評価（話は盛り上がったか、積極的に参加できたかなど）



2. 感想（自由記述）

## 付録 2

### 相関関係の分析結果

#### 1. 各計測項目の相関関係

作業効率（マインドマップの回答項目数）とストレス量、主観評価による「集中度」・「覚醒度」に関する心的状態の関係を明らかにする。

表 1 各測定項目の相関関係

		相関分析			
		作業効率	唾液アミラーゼ活性	集中度	覚醒度
作業効率	Pearson の相関係数	1	.003	.451**	.191
	有意確率 (両側)		.977	.000	.108
	度数	72	72	72	72
唾液アミラーゼ活性	Pearson の相関係数	.003	1	-.042	.082
	有意確率 (両側)	.977		.723	.493
	度数	72	72	72	72
集中度	Pearson の相関係数	.451**	-.042	1	.509**
	有意確率 (両側)	.000	.723		.000
	度数	72	72	72	72
覚醒度	Pearson の相関係数	.191	.082	.509**	1
	有意確率 (両側)	.108	.493	.000	
	度数	72	72	72	72

\*\* . 相関係数は 1% 水準で有意 (両側) です。

表1は、異なる照明条件におけるチームのマインドマップを行った時の作業効率、唾液アミラーゼより測定されるストレス量、被験者の自己申告により評価される心的状態「集中度」、「覚醒度」の相関関係である。

分析結果より、マインドマップの作業効率は集中度との間で、1%水準の有意な正の相関関係（ $r=0.451$ ）が確認できた。

高い作業効率となった高照度の照明条件 Case.1 (6000 K - 750 lx)、Case.3 (3000 K - 750 lx) の照明環境において、高色温度である Case.3 の作業効率がより高い結果となった要因は、作業効率において唾液アミラーゼより測定されるストレス量、覚醒度との間に有意な相関関係がなかったことが考えられる。

## 2. 照明条件毎の各計測項目の相関関係

### (1) 照明条件 Case.1 6000 K - 750 lx

表 2 は、照明環境 Case.1 における作業項目とその他測定項目の相関関係を分析した結果である。

表 2 Case.1 各作業項目の相関関係

		相関分析			
		作業効率	唾液アミラーゼ	集中度	覚醒度
作業効率	Pearson の相関係数	1	.364	.204	.078
	有意確率 (両側)		.137	.416	.757
	度数	18	18	18	18
唾液アミラーゼ	Pearson の相関係数	.364	1	.320	-.334
	有意確率 (両側)	.137		.195	.176
	度数	18	18	18	18
集中度	Pearson の相関係数	.204	.320	1	.294
	有意確率 (両側)	.416	.195		.237
	度数	18	18	18	18
覚醒度	Pearson の相関係数	.078	-.334	.294	1
	有意確率 (両側)	.757	.176	.237	
	度数	18	18	18	18

表 2 より、Case.1 の照明環境における作業効率は、唾液アミラーゼとの間と集中度の間に低い正の相関関係が確認できた。それぞれの相関係数は、 $r=0.364$ 、 $r=0.204$ である。

また、唾液アミラーゼと集中度の間にも低い正の相関関係( $r=0.32$ )、唾液アミラーゼと覚醒度の間には低い負の相関関係( $r=-0.334$ )、集中度と覚醒度の方に低い正の相関関係( $r=0.294$ )が確認できた。

高照度・高色温度の照明環境は、作業効率は唾液アミラーゼ、集中度と関連していることが示唆される。

## (2) 照明条件 Case.2 6000 K - 375 lx

表 3 は、照明環境 Case.2 における作業項目とその他測定項目の相関関係を分析した結果である。

表 3 Case.2 各作業項目の相関関係

		相関分析			
		作業効率	唾液アミラーゼ	集中度	覚醒度
作業効率	Pearson の相関係数	1	.318	.200	.192
	有意確率 (両側)		.199	.425	.445
	度数	18	18	18	18
唾液アミラーゼ	Pearson の相関係数	.318	1	-.293	.141
	有意確率 (両側)	.199		.237	.576
	度数	18	18	18	18
集中度	Pearson の相関係数	.200	-.293	1	.347
	有意確率 (両側)	.425	.237		.158
	度数	18	18	18	18
覚醒度	Pearson の相関係数	.192	.141	.347	1
	有意確率 (両側)	.445	.576	.158	
	度数	18	18	18	18

表 3 より、Case.2 の照明環境における作業効率は、唾液アミラーゼとの間に低い正の相関関係が確認できた。(r=0.318)

また、集中度と覚醒度の間に低い正の相関関係(r=0.347)が確認できた。

低照度・高色温度の照明環境は、作業効率は唾液アミラーゼと関連していることが示唆される。

### (3) 照明条件 Case.3 3000 K - 750 lx

表 4 は、照明環境 Case.3 における作業項目とその他測定項目の相関関係を分析した結果である。

表 4 Case.3 各作業項目の相関関係

		相関分析			
		作業効率	唾液アミラーゼ	集中度	覚醒度
作業効率	Pearson の相関係数	1	.060	.359	.159
	有意確率 (両側)		.814	.143	.528
	度数	18	18	18	18
唾液アミラーゼ	Pearson の相関係数	.060	1	-.349	-.037
	有意確率 (両側)	.814		.156	.883
	度数	18	18	18	18
集中度	Pearson の相関係数	.359	-.349	1	-.174
	有意確率 (両側)	.143	.156		.491
	度数	18	18	18	18
覚醒度	Pearson の相関係数	.159	-.037	-.174	1
	有意確率 (両側)	.528	.883	.491	
	度数	18	18	18	18

表 4 より、Case.3 の照明環境における作業効率は、集中度の間に低い正の相関関係が確認できた (r=0.359) また、唾液アミラーゼと集中度の間にも低い負の相関関係が確認できた。(r=-0.349)

高照度・高色温度の照明環境は、作業効率は集中度と関連していることが明らかになった。

Case.3 と同様に作業効率が高い結果となった高照度・高色温度の照明環境である Case.1 と異なる点は、唾液アミラーゼと集中度の関係にある。上述のように、Case.1 は唾液アミラーゼと集中度の間に正の相関関係( $r=0.32$ )であり、Case.3 は負の相関関係( $r=-0.349$ )である。ともに作業効率と集中度の間に正の相関が確認されたにもかかわらず、唾液アミラーゼとの関係が異なる結果となった。このことから、高色温度の照明空間はストレスを促しやすく、低色温度の照明空間はストレスを抑制しやすいことがいえる。

#### (4) 照明条件 Case.4 3000 K - 375 lx

表 5 は、照明環境 Case.4 における作業項目とその他測定項目の相関関係を分析した結果である。

表 5 Case.4 各作業項目の相関関係

		相関分析			
		作業効率	唾液アミラーゼ	集中度	覚醒度
作業効率	Pearson の相関係数	1	-.294	-.384	-.021
	有意確率 (両側)		.236	.115	.933
	度数	18	18	18	18
唾液アミラーゼ	Pearson の相関係数	-.294	1	.153	.266
	有意確率 (両側)	.236		.545	.285
	度数	18	18	18	18
集中度	Pearson の相関係数	-.384	.153	1	.029
	有意確率 (両側)	.115	.545		.909
	度数	18	18	18	18
覚醒度	Pearson の相関係数	-.021	.266	.029	1
	有意確率 (両側)	.933	.285	.909	
	度数	18	18	18	18

表 5 より、Case.4 の照明環境における作業効率は、唾液アミラーゼと集中度の間にそれぞれ低い負の相関関係が確認できた。それぞれ相関係数は、 $r=-0.294$ 、 $r=-0.384$  である。

また、唾液アミラーゼは覚醒度との間に低い正の相関関係が確認できた。  
( $r=0.266$ )

低照度・低色温度の照明環境は、作業効率は唾液アミラーゼと集中度を抑制する傾向があることが明らかになった。

### 3. ストレス量と作業効率の相関関係

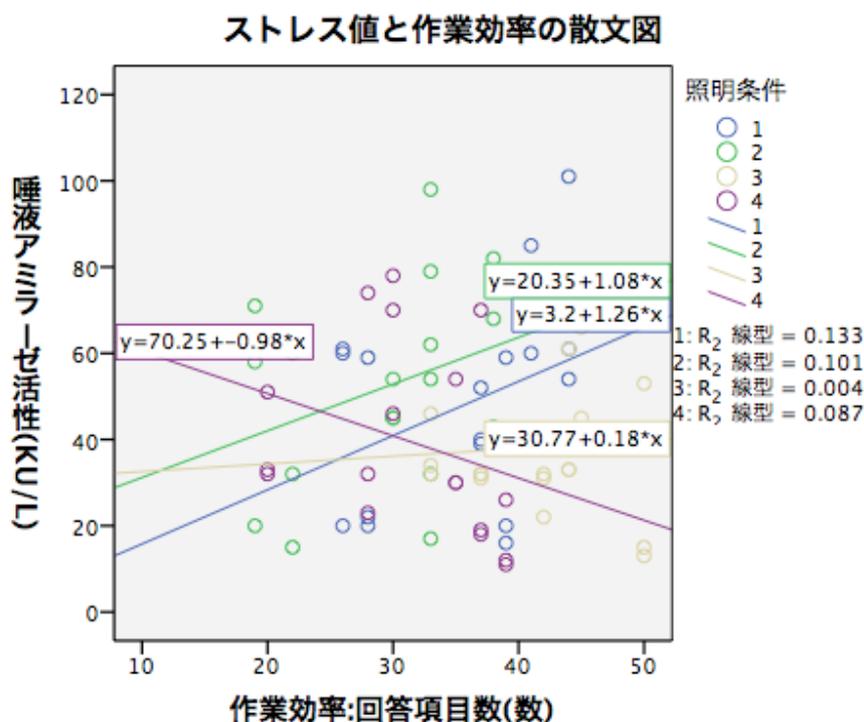


図1 ストレス値と作業効率の散点図

図1は、唾液アミラーゼより測定されるストレス量とマインドマップの作業効率の散点図である。

図1より、ストレス量と作業効率の関係は、Case. 1(6000 K - 750 lx)、Case. 2(6000 K - 375 lx)の照明環境について正の関連が強いことが確認できた。上記の2つの照明環境は高色温度の空間である。低色温度のCase. 3(3000 K - 750 lx)の照明環境はストレス量を反映せず、Case. 4(3000 K - 375 lx)の照明環境は逆にストレス量を軽減することが確認できた。

したがって、高色温度の照明環境は、ストレス量を高める傾向が強いことが明らかとなった。低色温度の照明環境は、ストレス量に反映しないかもしくは軽減させる傾向が明らかとなった。とくに、高照度・低色温度の照明環境は、適度なストレス状態を促す効果がある可能性が考えられる。

## 4. 主観評価（集中度・覚醒度）と作業効率の相関関係

### (1) 集中度と作業効率

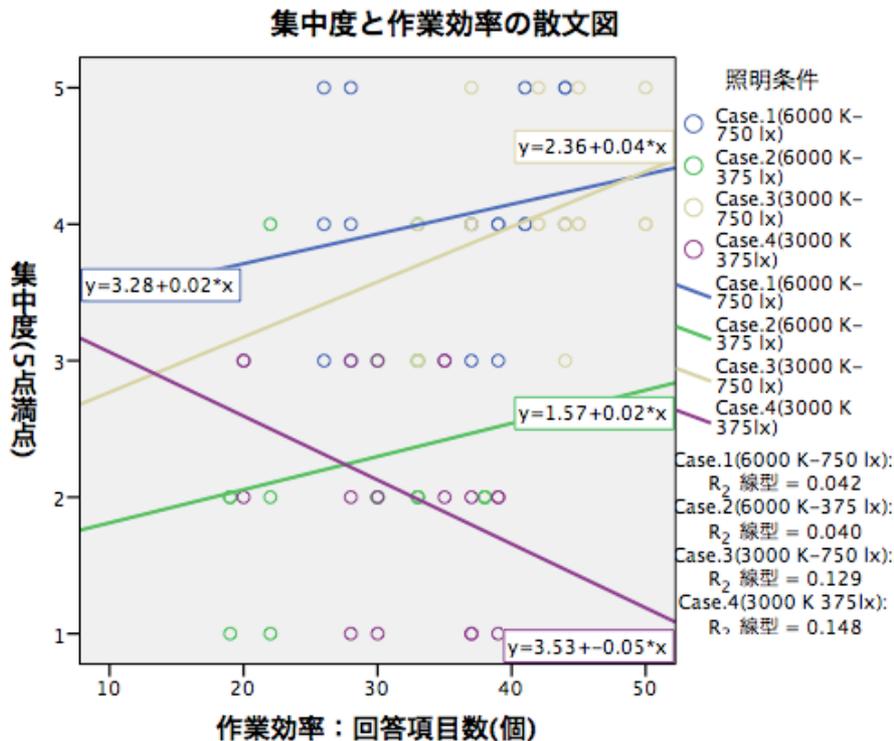


図2 集中度と作業効率の散点図

図2は、被験者の自己申告より評価される集中度とマインドマップの作業効率の散点図である。

図2より、集中度と作業効率の関係は、Case. 3(3000 K - 750 lx)の照明環境でとくに正の関連が強いことが確認できた。Case. 1(6000 K - 750 lx)は高い水準でやや正の関連がみられ、Case. 2(6000 K - 375 lx)は低い水準でやや正の関連が確認できた。Case. 4(3000 K - 375 lx)については、逆に負の関連が確認できた。

したがって、高照度・低色温度の照明環境は集中度を高める空間であることが明らかとなった。同様の低色温度の照明環境でも低照度であると、逆に集中度を低下させることが明らかとなり、低色温度の照明空間間におけるマインドマップの作業

効率の差の要因は集中度に作用するかが関係している可能性が考えられる。

## (2) 覚醒度と作業効率

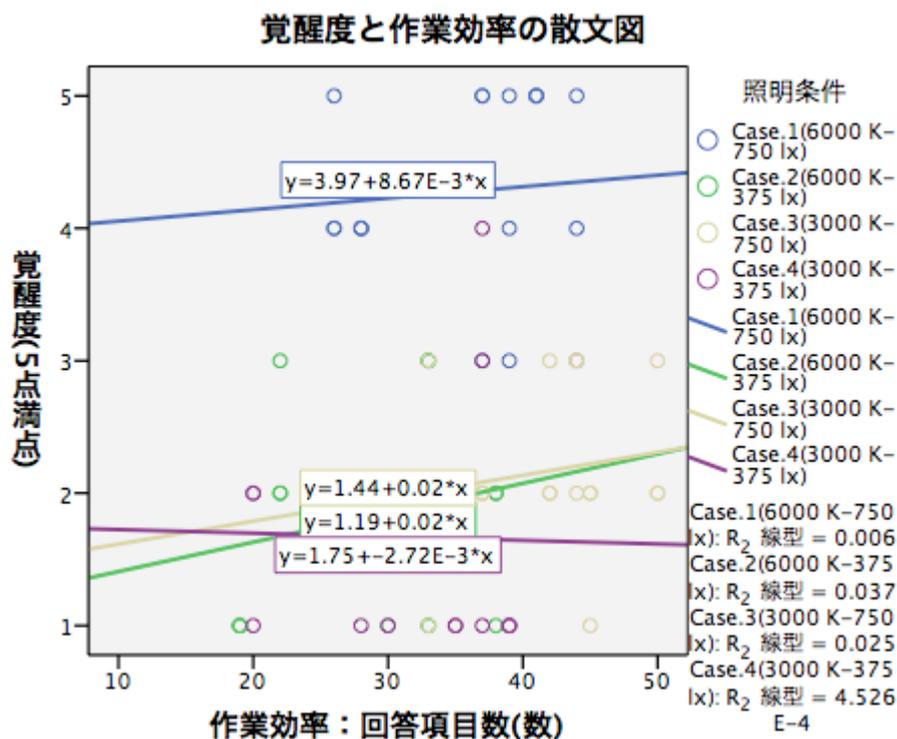


図3 覚醒度と作業効率の散点図

図3は、被験者の自己申告より評価される覚醒度とマインドマップの作業効率の散点図である。

図3より、覚醒度と作業効率の関係は、比較的関連が薄い傾向が確認できた。

したがって、チームによる創造的な作業を行う際は、照明は適度な覚醒度に抑える傾向が確認でき、個人の創造的な作業における覚醒度とは異なる結果が明らかになった。