

照度が変化するときの気分プロフィールと光環境評価

PROFILE OF MOOD STATES AND LIGHT ENVIRONMENT EVALUATION WHEN ILLUMINATION CHANGES

建築環境工学分野 荒井哲朗

本研究では、高照度・低照度、暗化・明化、瞬時変化・漸時変化の照明条件を設定し、室内光環境評価の被験者実験を行なって統計的に分析した結果、以下を明らかにした。1)照度を瞬時変化させると暗化後の快適性の低下が抑えられ、明化後には向上する。2)暗化時には、照度変化に対して、気になる・不自然・慣れていない、と感じていると快適性が悪くなる。3)活気の低い人は、暗化後には快適性が悪くなり、明化後には明るさ感が向上する。4)瞬時変化では気分による影響を受けにくい。

This experiment evaluated a light environment by setting illumination conditions as low or high, by lightning and darkening the environment, and by gradual and instantaneous change of illumination. Statistical analyses yielded the following results. 1) When changed instantaneously, comfort deteriorates after darkening and improves after lightening. 2) When darkened, if illumination changes are disturbing, unnatural, or unfamiliar, then comfort deteriorates. 3) Comfort deteriorates after darkening and the sense of brightness improves after lightening if the vibrance is low. 4) When changed instantaneously, illumination is unlikely to affect a mood state.

1. 背景と目的

家庭部門と事業部門の温暖化ガス排出量は依然として増加傾向にあるが、建築物のエネルギー使用量の約2割を照明用が占めており¹⁾、省エネルギー化を実現した照明システムの開発が強く求められている。

金澤ら(2011)²⁾は、明るさセンサを設置した事務室で25%~100%の調光率における消費電力の変化について測定し、調光なしと比較して50%に調光で15.0%、25%で26.4%の消費電力削減を実証した。

照度変化に関する被験者の反応については、加藤(2012)³⁾が、一定の照度変化率で空間の照度を減光・増光させる実験を行ない、緩やかに光量を変化させた場合は瞬時的に変化させた場合よりも明るさ感の変化が緩やかになることを明らかにした。

省エネルギーのために照度を低減する際には、人間の目の順応特性を考慮した明視性保持だけでなく、快適性が損なわれないようにすることが重要である。

一方、熱田ら(2010)⁴⁾、川本ら(2011)⁵⁾は、被験者属性と光環境評価の関係に着目し被験者実験を行ない、「自宅の構造」や「昼間の照明環境」といった個人属性や住戸属性など日常生活での照明環境によって個人が快適と感じる光環境に差があることを明らかにした。

個人属性との関係については、直井ら(2003)⁶⁾が、自宅における光環境をもとに被験者を昼光派・電灯派・併用派に分類し、明るさ感申告とそれに伴う行動申告

ではそれぞれの特徴が各被験者に現れることを明らかにした。

本研究は、高照度と低照度の2段階で照度を変化させる場合に、瞬時と漸時の変化速度に対する快適性評価も含めた光環境評価について実験室実験を行なって統計的に分析する。川本らの結果を受けて、個人属性による光環境評価の違いにも着目し、気分プロフィール(POMS)による分類をおこなう。POMSとは、全65の質問項目について5段階で評価させ、①緊張②うつ③怒り④活気⑤疲労⑥混乱の6つの気分尺度を測定できる、臨床分野で開発された気分測定のための方法である。

本研究の目的は、具体的には1)照明条件による光環境評価の違い、2)照度変化速度と光環境評価の関係、3)漸時変化実験における照度変化認識と光環境評価の関係、4)気分プロフィールと光環境評価の関係、を明らかにすることである。

2. 方法

2-1 被験者

2012年と2013年の8月に高校生148人と172人が実験に参加した。

2-2 実験場所

実験室(図2.1)は25℃、50%一定に保持した。天井に露出逆富士型hf型蛍光灯32W×2灯式が4台設置

され、電圧出力を 25% から 100% まで調光できる。室中央の机の周囲に 6 席を設け、窓は 2 面あるがカーテンをひいた。

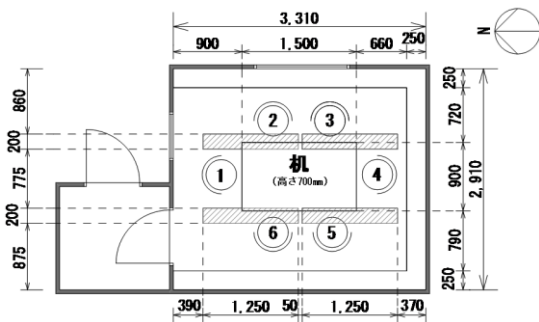


図 2.1 人工気候室 平面図

2-3 実験条件

実験条件(表 2)として、照度条件は、100%「高照度」と 25%「低照度」の 2 段階に調節した。机上面照度はそれぞれ約 2200lx、約 350lx である。実験途中で照度を変更し、呈示順序条件は入室時高照度⇒低照度の「暗化」と、入室時低照度⇒高照度の「明化」の 2 通りとした。また、照度変化速度条件は照度を瞬時的に変化させる「瞬時変化」と、2 分かけて漸次的に変化させる「漸時変化」(瞬時に対応して漸”時”と表記する)の 2 通りとした。

表 2 実験条件

照度変化速度条件	呈示順序条件	照度条件
瞬時変化	暗化	高照度
		低照度
	明化	低照度
		高照度
漸時変化	暗化	高照度
		低照度
	明化	低照度
		高照度

2-4 実験手順

図 2.4 に瞬時変化・暗化の場合の実験手順を示す。瞬時変化実験は 2012 年に、漸時変化実験は 2013 年に行なった。1 回の実験の所要時間は、2012 年が約 20 分、2013 年が約 25 分である。質問への回答は、実験室の雰囲気と光環境への順応時間を兼ねる。

図 2.4 瞬時変化・暗化の実験手順



3. 調査項目

調査項目は、1)調査対象者の被験者属性・健康状態・生活習慣、2)調査対象者の環境意識や生活スタイル、

3)自宅の住戸や自室の属性、4)実験室の空間の雰囲気評価 32 項目、5)実験室の光環境評価 9 項目、9)調査前 1 週間の気分(POMS)、10)照明変化認識について 3 項目(漸時変化のみ)、その他とした。

光環境評価項目は、空間の明るさ感(7)、アンケート記入時の明るさ感(7)、室内の明るさのむら(8)、まぶしさ(5)、電灯の色の好み(4)、電灯のちらつき(4)、光環境の快適性(7)、光環境の好悪(7)、作業性(5)の 9 項目である(括弧内はカテゴリ数)。作業性については、「この部屋は作業がはかどりそうか」に対して、選択肢を「とてもはかどりそう」「はかどりそう」「すこしはかどりそう」「はかどらない」とした。

雰囲気評価は、5 段階の 32 対 SD 尺度を使用し、因子分析によって、『居心地』、『清潔』、『動き』、『調和』、『新鮮』の 5 因子に分類した。

4. 被験者の構成

主な表 4 に示す。「結露」「自室の壁の色」の項目以外で両年のあいだで有意な差はなかった。

表 4 主な被験者属性

カテゴリー		2012 年	2013 年
被験者数	高⇒低	72[人]	88[人]
	低⇒高	76[人]	84[人]
	合計	148[人]	172[人]
性別	男性	68.24[%]	63.95[%]
	女性	31.76[%]	36.05[%]
学年	高 1	20.95[%]	30.13[%]
	高 2	60.81[%]	50.00[%]
	高 3	18.24[%]	19.87[%]
自宅構造	木造	33.33[%]	28.03[%]
	コンクリート造	66.67[%]	68.15[%]
集合形態	戸建て	64.38[%]	64.94[%]
	集合住宅	35.62[%]	35.06[%]

5. 照明条件と光環境評価

5-1 照度条件による違い

図 5.1-1 に瞬時変化における暗化・明化での光環境評価の高照度と低照度の評価を、図 5.1-2 に漸時変化における暗化での雰囲気評価を示す。光環境評価で、照度条件により差がある項目では高照度が低照度より評価が高い。「明るさ感」「記入明るさ感」「まぶしさ」は特に差が大きい、「快適性」「好悪」「作業性」はそれらに比べると差が小さい。雰囲気評価では、高照度の方が低照度より右の表現側に評価している尺度が多く、特に『居心地』『清潔』因子では差がみられる尺度が多い。

すなわち、照度の変化によって明るさ感やまぶしさの違いは強く感じているが、それが快適さや好悪、雰囲気の評価に必ずしも反映されているとはいえない。明るさ感や居心地・清潔感は照度を下げる場合の方が照度による違いを感じやすい。

5-2 順序条件による違い

図 5.2-1 に瞬時変化・漸時変化における高照度・低照

度での暗化の場合と明化の場合の光環境評価を、図 5.2-2 に瞬時変化における高照度と低照度での暗化の場合と明化の場合の雰囲気評価を示す。まぶしさは暗化明化ともに有意な差がみられ、明化の方が暗化よりも「まぶしさが気になる」側に評価している。一方、「明るさ感」「記入明るさ感」は、高照度では暗化と明化の差がなく、低照度では強く差がある (p<0.01%)。雰囲気評価では、『居心地』因子と『新鮮』因子において、低照度では暗化と明化で差がみられる。逆に、『動的』因子では高照度で差がある。

すなわち、まぶしさは照度変化後の評価では照度変化前と相対的に評価して、照度変化前後での差を強く感じやすいために呈示順序によって評価に差が生じ、雰囲気評価の居心地や新鮮さは暗化の方が明化よりも照度変化前後での差を感じやすい、といえる。

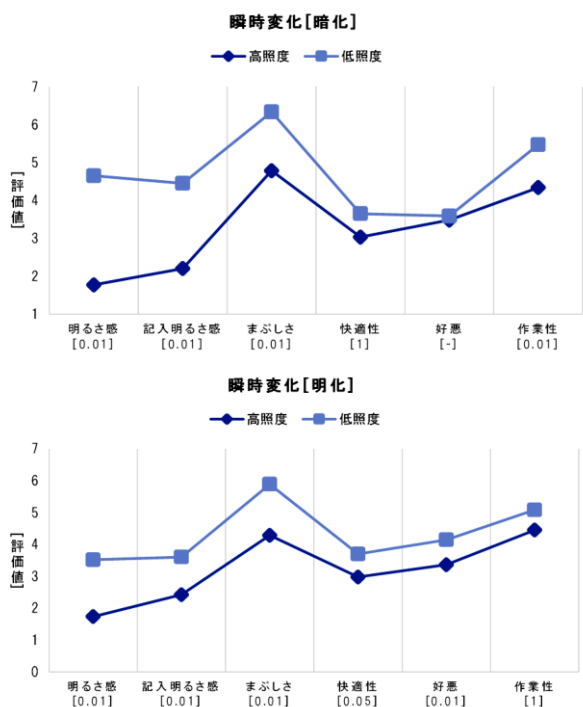


図 5.1-1 瞬時変化における暗化・明化での光環境評価の高照度と低照度の評価

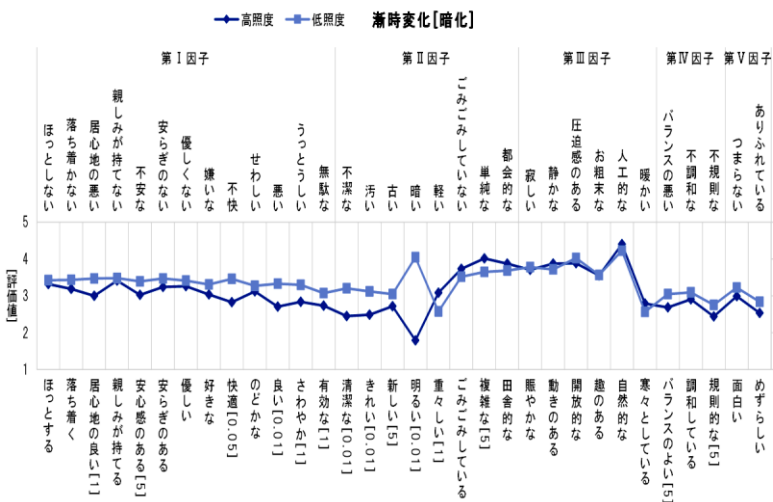


図 5.1-2 漸時変化における暗化での雰囲気評価

6. 照度変化速度による違い

6-1 変化速度と変化後の評価

光環境評価では、暗化の方が明化よりも変化速度による差が大きく、明化では変化速度による差がみられない。さらに、暗化では瞬時変化の方が「色の好み」「快適性」「好悪」が悪くならない。雰囲気評価では、『居心地』因子は暗化の方が明化より変化速度による違いがあり、『新鮮』因子は明化の方が暗化より変化速度による違いがある。さらに、暗化では『居心地』因子は瞬時の方が悪くならず、明化では『新鮮』因子は漸時の方が良くなる。

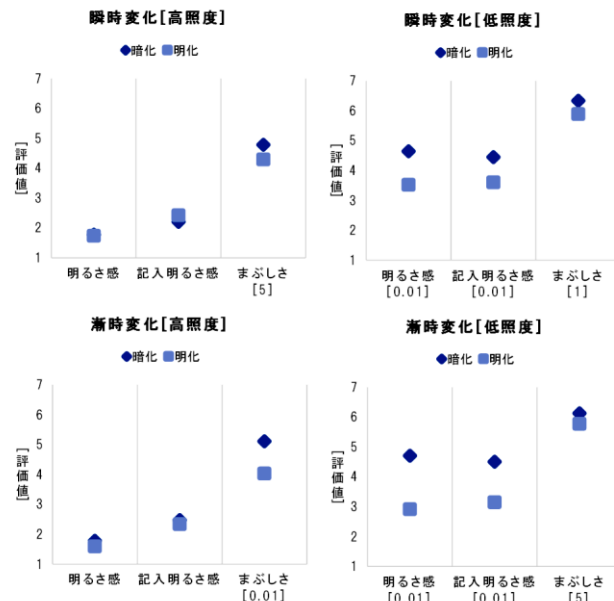


図 5.2-1 瞬時変化・漸時変化における高照度・低照度での暗化と明化の光環境評価

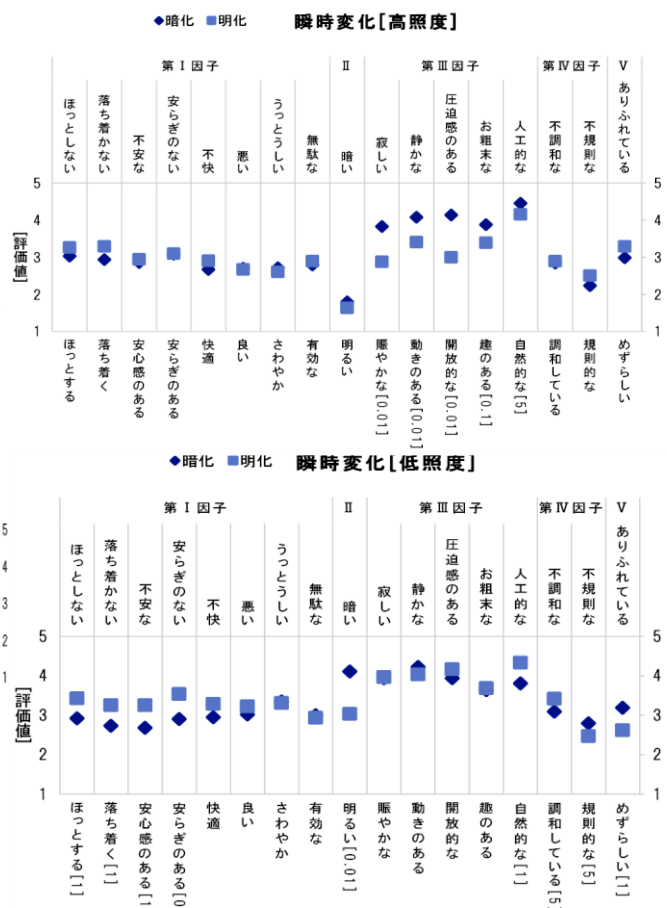


図 5.1-2 漸時変化における暗化での雰囲気評価

6-2 各変化速度における照度条件による評価の違い

図 6.2-1 に暗化・明化での瞬時変化と漸時変化の光環境評価を、図 6.2-2～3 に暗化・明化での瞬時変化と漸時変化の雰囲気評価を示す。光環境評価では、暗化時の「色の好み」「快適性」「好悪」は、瞬時のほうが暗化後の評価が悪くならない。明化時の「むら」「色の好み」「快適性」「好悪」「作業性」は、瞬時の方が明化後の評価が良くなる。また、「明るさ感」「記入明るさ感」「まぶしさ」「ちらつき」は変化速度による違いはない。雰囲気評価では、暗化時の『居心地』因子は瞬時の方が暗化後に評価が悪くならない尺度が多く、『清潔』『動的』因子では、漸時の方が暗化後に評価が悪くならない尺度が多い。また、明化時の『居心地』『清潔』『調和』因子は、瞬時変化の方が明化後に評価が良くなる尺度が多い。「明るい⇔暗い」については変化速度による違いはみられず、呈示順序と変化速度に関わらず高照度と低照度で評価に差がみられる。

以上の2節から、明るさやまぶしさは変化速度による違いはなく、呈示順序に関わらず照度変化前後で評価に大きな差がみられることがわかる。また、照度を下げる場合には瞬時的に変化させた方が快適さ・好悪や居心地が悪くならず、照度を上げる場合には瞬時的に変化させた方が快適さ・好悪・作業性や居心地・清潔感が良くなるといえる。

7. 照度変化認識

漸時変化実験では、照度変化認識として、実験の最後に『明るさの変化が気になりましたか(以降「気付き」)』(1.気になる⇔4.気付かない)、『明るさの変化は不自然でしたか(以降「不自然さ」)』(1.不自然⇔4.自然)、『現在の明るさに慣れましたか(以降「慣れ」)』(1.慣れた⇔4.慣れていない)の3項目を尋ねた。

7-1 照度変化認識の回答分布

暗化と明化を比較すると、暗化の方が、照度の変化を気にならない・不自然・慣れていない、と答える割合が多い。

7-2 照度変化認識の間の相互関係

照度変化認識の間の相互関係をみると、「気付き」と「不自然さ」は相関関係が強く、「気付き」「不自然さ」と「慣れ」は負の相関関係があることがわかった。

8. 照度変化認識による評価の違い

5章・6章より照度変化速度条件によって光環境評価に違いがみられることが明らかになった。本章以降ではさらに実験条件に加えて個人の感覚や気分状態の違いによって評価に差がみられるのかを分析する。

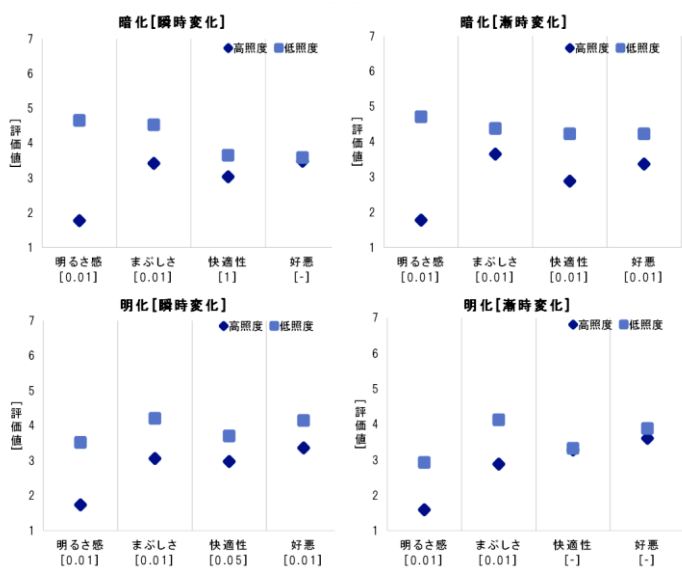


図 6.2-1 暗化・明化での瞬時変化と漸時変化の光環境評価

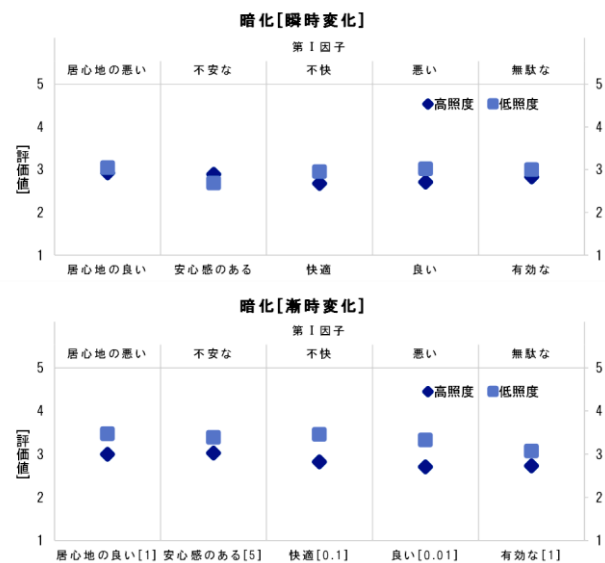


図 6.2-2 暗化での瞬時変化と漸時変化の雰囲気評価



図 6.2-3 明化での瞬時変化と漸時変化の雰囲気評価

図 8.1 に照度変化認識の有無別による光環境評価の照度変化後の評価値から照度変化前の評価値を引いた差の平均値を示し、図 8.2 に「慣れ」の有無による雰囲気評価の差を示す。光環境評価では、変化認識によって有意に差がみられた「明るさ感」「記入明るさ感」については、「気付き」「不自然さ」がある場合、および「慣れ」がない場合の方が、暗化後に評価が悪くなり、明化後に評価が良くなる。「快適性」「好悪」「作業性」については、暗化では「明るさ感」と同じ傾向であるが、明化では「慣れ」がある方が明化後に評価が良くなる。「快適性」「好悪」「作業性」は「慣れ」の有無によって評価に大きな差がある。また、「明るさ感」は暗化と明化の両順序において「不自然さ」の有無によって差がある ($p<1\%$)。雰囲気評価では、暗化は「慣れ」の有無によって『居心地』因子に差があるが、明化は認識の有無によって有意水準 1%以下で差がみられる項目は「不自然さ」の「明るい⇔暗い」のみである。雰囲気評価は光環境評価よりも照度変化認識の有無による違いがみられる項目が少ない。

すなわち、ゆっくりと照度を変化させる場合に限っ

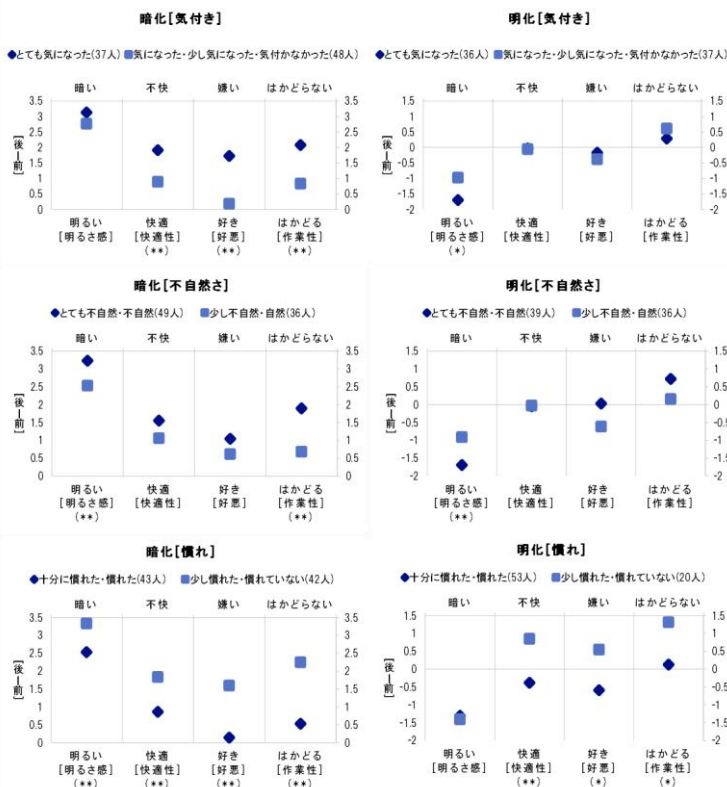


図 8.1 照度変化認識の有無別による光環境評価の差の平均値

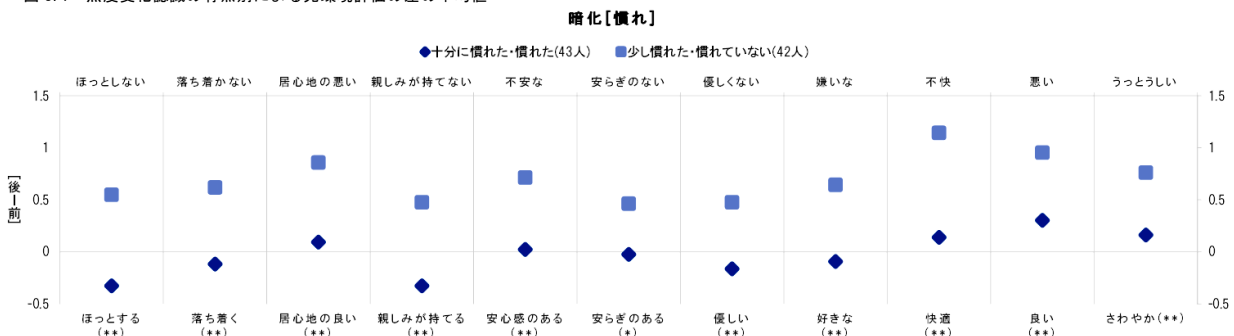


図 8.2 に「慣れ」の有無による雰囲気評価の差

ては、照度を変化させる場合には、変化が気になったり不自然さを感じて慣れていない人は、暗化後の明るさ感や快適性・好悪・作業性をより悪く感じ、明化後の明るさ感を良く感じる。特に、変化に慣れていないと、快適性・好悪・作業性は照度変化前後での差が大きく、暗化では明るさ感・快適性・好悪・作業性や居心地が悪くなり、明化では快適性・好悪・作業性が悪くなる。また、明るさ感については、不自然さを感じると照度変化前後での差を強く感じる傾向がある。

9. POMS

9-1 POMS 得点

POMS65 項目から 40 項目を引用し、各因子を 100 点満点に換算した得点の平均値を図 9.1 に示す。

9-2 POMS クラスタ分析

POMS 各因子の得点パターンをクラスタ分析で分類した。分類数を 3~6 に設定し、分類数が 4 分類のときに V (活気) の得点のみ高く他の因子得点が高いクラスターと V (活気) の得点のみ低く他の因子得点が高いクラスターの 2 つの特徴的なクラスターが表れたため、以降 4 分類について考察する。図 9.2 に各クラスターの POMS 因子得点のプロフィール図を示す。

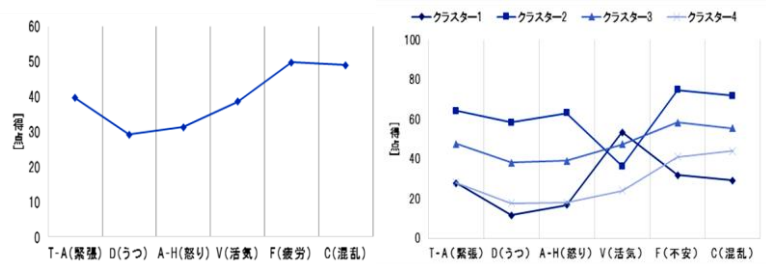


図 9.1 POMS 因子の平均値プロフィール

図 9.2 各クラスターの POMS 因子得点

10. POMS クラスタによる室内光環境評価の違い

V (活気) のみ高く他の因子が低いクラスター 1 と V のみ低く他の因子が高いクラスター 2 に着目し、これら 2 つのクラスターによる光環境評価および雰囲気評価の違いについて考察する。図 10.1 に V (活気) の高低による瞬時変化・漸時変化における暗化後・明化後の光環境評価の平均値を示し、図 10.2~3 に漸時変化における V (活気) の高低による暗化後・明化後の雰囲気評価の平均値を示す。光環境評価では、瞬時変化では POMS により差がみられる項目はなく、漸時変化では

「明るさ感」「記入明るさ感」「むら」「まぶしさ」「ちらつき」「快適性」「好悪」で POMS による差がみられる。漸時変化においては、暗化時の「むら」「快適性」「好悪」は V (活気) の低いクラスター1の方が暗化後の評価を悪く感じ、明化時の「明るさ感」「記入明るさ感」「まぶしさ」「ちらつき」で明化後の評価が良い。「色の好み」「作業性」は変化速度・呈示順序に関わらず POMS による差はない。雰囲気評価では、いずれの因子においても漸時の方が瞬時よりも POMS による差がみられやすい。漸時においては、暗化時の『居心地』因子ではクラスター1の方が暗化後の評価が悪く、逆に『清潔』因子では V (活気) の高いクラスター2の方が暗化後の評価が悪い。

すなわち、照度を変化させる場合には瞬時的に変化させると POMS による差はみられないが、ゆっくりと変化させると差がみられることがわかる。漸時変化では、V (活気) の低い人は、暗化後の快適さ・好悪や居心地を悪く感じ、明化後の明るさ感・まぶしさを良く感じる。逆に、清潔さは V (活気) の高い人の方が暗化後を悪く感じている。

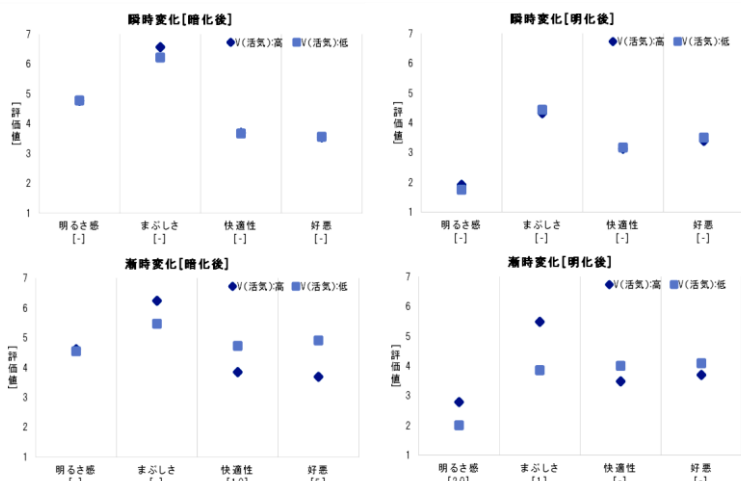


図 10.1 V (活気) の高低による瞬時変化・漸時変化における暗化後・明化後の光環境評価



図 10.2 漸時変化における V (活気) の高低による暗化後・明化後の雰囲気評価

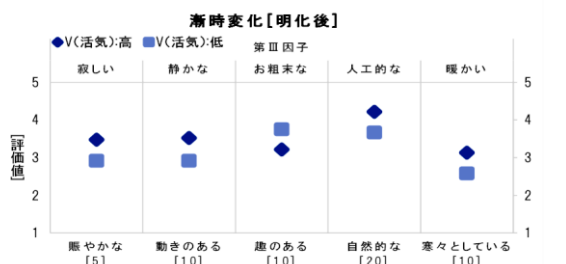


図 10.3 漸時変化における V (活気) の高低による暗化後・明化後の雰囲気評価

11. まとめ

本研究では、快適性と省エネの共存した効率的な照明設計の実現に寄与することを目的として、照度を変化させる場合の光環境評価と雰囲気評価に関して、320名を対象に実験を行ない、高照度と低照度、明化と暗化、瞬時変化と漸時変化の照明条件を設定し比較した。また、照度変化認識による違い、気分プロフィールによる比較も行なった。

その結果、照度を変化させる場合には以下の点を考慮して照明設計を行なうことが重要であるといえる。

1)照度を下げる場合には、瞬時的に変化させた方が減光後の快適性・好悪や居心地の低下を抑えることができ、照度を上げる場合にも瞬時的に変化させた方が増光後の快適性・好悪や居心地・清潔感をより向上させることができる。2)照度を下げる場合には、照度の変化に対して気になる・不自然・慣れていないと感じていると、快適性・好悪・作業性の評価が悪くなる傾向がある。さらに、照度の変化に対して慣れていないと感じていると、照度を上げる場合には快適性・好悪・作業性があまり向上しない。3-1)気分状態で活気の低い人は、照度をゆっくりと下げる場合には快適性・好悪や居心地がより悪くなったと感じ、照度を上げる場合には明るさ感・まぶしさや動きがより向上している。つまり、活気の低い人は照度の変化を強く知覚しやすいといえる。3-2)また、瞬時変化では POMS による違いはみられないが、漸時変化では違いがみられた。つまり、瞬時的に照度を変化させる方が気分による影響を受けにくい。

省エネ対策などで照度を変化させる場合には、照度を変化させる速度といった照明条件や、照度変化に対する感受性や気分状態といった個人の属性も考慮することで、省エネを促進しながらも快適性を損なわない光環境を提供できるのではないかと。

参考文献

- 1) 経済産業省 資源エネルギー庁：総合エネルギー統計
- 2) 金澤朗蘭，茂木正史：学術講演梗概集 2011, pp.497-498, 2011年7月
- 3) 加藤未佳：照度の漸増減と明るさ変化認識について，月刊ディスプレイ 第18号, pp.55-61, 2012年4月
- 4) 熱田洋志，梅宮典子，大倉良司，鈴木玉美：光環境評価に影響する因子に関する実験的研究，日本建築学会近畿支部研究報告集 環境系 第50号, pp.13-16, 2010年5月
- 5) 川本遼平，鈴木玉美，梅宮典子：自宅の構造や照明使用習慣と光環境評価の関係に関する実験的研究，学術講演梗概集, pp.429-430, 2011年5月
- 6) 直井隆行，若月貴訓，竹内亜沙美，宿谷昌則：後得的明るさ感に関する実験的研究，日本建築学会 第569号, pp.55-60, 2003年7月

討議等

◆討議 [鍋島美奈子先生]

この結果がどう省エネに結び付けられるのか、どういった設計に反映できるのか。気分プロフィールはどのように関係させるのか。

◆回答：

省エネ調光システムでは、昼光の変動に合わせて室内照度を自動的に変化させている。単に高い照度に設定すれば、明るすぎることに不満を感じる人は少ないので全員が満足するが、必要以上に明るくすることで省エネは期待されない。オフィスにおける照明設計において、個人に合わせた設計を行なうことで、より効率的な照明運用を実現でき、省エネ化に結びつけることができると考えられる。個人の属性を考慮した照明設計を行なうにあたって、在室者の気分に合わせて快適と感じる光環境を提供することで、無駄な照明利用を抑えることができ、消費電力の削減につながる。

◆討議 [瀧澤重志先生]

加藤の既往研究では照度を緩やかに変化させた方が良いということだったが、今回の結果の評価としては緩やかに変化させないほうが良いということだが、それは新しい知見であるのか。気分プロフィールの意義、実際に実用するときには人の気分を外部から推定できるのか。

◆回答：

加藤の研究では、明るさ感の変化に対する認知においては緩やかに変化させた方が良いという結果であった。本研究では、明るさ感の評価に関しては瞬時的に変化させた場合も緩やかに変化させた場合も照度変化前後で評価は大きく変化し、照度速度変化による違いはみられなかった。しかし、快適性や好悪に関しては緩やかに変化させた方が照度低下後の評価の低下が抑えられ、明化後には向上することが明らかになった。この結果は、照度が増えるときの明るさ感に加えて快適性について明らかにしているため、新しい知見であるといえる。

気分プロフィールを照明設計に活用する意義としては、個人の属性として気分状態を考慮することで、より個人が快適だと感じる光環境を効率的な照明運用によって提供することができることであると考える。外部から推定することは難しいが、個人が調整する際には自分の気分に合わせて視環境にするための指標になり得るのではないかと考える。

◆討議 [小林知広先生]

快適性を上げるために有効である具体的な照明制御の提案はどうか。

◆回答：

具体的な照明制御の提案としては、以下の点があげられる。

- 1) 省エネ対策で照度を下げる場合には、瞬時的に変化させることで、減光後の快適性の低下を抑えることができる。照度を上げる場合には瞬時的に変化させることで、増光後の快適性をより向上させることができる。
- 2) 気分状態で活気の低い人は、照度をゆっくりと下げるときには快適性がより悪くなったと感じるので、気分に合わせて個人で調整することで快適性を維持することができる。
- 3) 瞬時的に照度を変化させる場合には、POMS による違いはみられず、緩やかに変化させる場合には POMS による違いがみられるので、瞬時的に照度を変化させることで気分状態の影響を抑えることができる。