

令和 5 年 6 月 22 日現在

機関番号：32508

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2022

課題番号：17K00790

研究課題名（和文）視覚特性を考慮した快適タスク&アンビエント照明の究明と実用化に向けた設計法の提案

研究課題名（英文）The investigation of "Comfortable Task & Ambient Lighting" considering the visual property and the proposition of design method for it's practical use

研究代表者

井上 容子（Inoue, Youko）

放送大学・奈良学習センター・特任教授

研究者番号：70176452

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：タスク&アンビエント照明（TAL）とは、照明の役割を空間全体の照明（アンビエント照明）と作業面の照明（タスク照明）に分けることで省電力を図り、作業に必要な照度を確保する不均一照明方式（適所適光）である。欧米では広く普及しているが、空間の不均一さと調光時の煩わしさ、ならびに設計照度に関する資料が未だ十分には整備されていないことが障害となり、我が国では普及が停滞している。本研究では、TAL普及を推進するために、被験者実験に基づいて、作業状況の変化に応じて、目的とするTALにストレスレスに移行するための調光速度の実験式、ならびに移行前後のTAL照度分布の容認率（定常順応時の等容認率線図）を提案した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

TALにおいて許容される照度分布（定常順応時の等容認率線図）、およびTAL制御方式に応じた不快率と調光速度の関係式・図は有用なTAL設計資料であり、この提案は省電力照明であるTALの我が国における普及に貢献するという点で社会的意義が極めて高い。

また、定常順応時の等容認率線図の提案に際して、初期条件や順応時間などの実験条件の影響を排除した定常順応時の容認照度推定式の考案と、個人差の一因である照度に対する嗜好を推定式に組み込むという試みは新規性にとみ、従来のように実験条件に依存することのない、定常順応時の結果を得たという点で学術的意義が高い。

研究成果の概要（英文）：Task & Ambient Lighting (TAL) is a non-uniform lighting method that saves power by dividing the role of lighting into general lighting (ambient lighting) and lighting for the work surface (task lighting), and secures the illuminance necessary for work. Although it is widely used in Europe and the United States, its spread is stagnant in Japan due to the obstacles of non-uniformity, troublesomeness of dimming, and the lack of design data on illuminance and its distribution.

In this study, with the aim of popularizing TAL in Japan, we proposed an experimental formula for the dimming speed for transitioning to the desired TAL in a stressless manner according to changes in work conditions, based on subject experiments. In addition, in order to clarify the acceptance rate of the TAL illuminance distribution before and after the transition, diagrams of iso-acceptance rates line at steady-adaptation were presented.

研究分野：建築環境工学

キーワード：タスク&アンビエント照明 照明制御方式 調光速度 照度分布 作業面照度 快適性 視作業性 省エネルギー

1. 研究開始当初の背景

タスク&アンビエント照明(以下、TALと表記)では、アンビエント照明とタスク照明にそれぞれ異なる役割を持たせ、天井照明などの空間全体の照明(アンビエント照明)を抑え、スタンドライト(タスク照明)などで作業に必要な照度・輝度を適切に確保するという照明方式である。適所適光を実践する省電力な不均一照明方式であり、欧米では広く普及している。一方、日本では風土・文化・生活スタイル・電力供給力などによって培われた日本人独自の均一照明への要求によって欧米のような普及がみられない。我が国におけるTAL普及のために諸課題の解決が模索されてきたが、設計照度に関する資料が未だ十分でないことが障害となり、普及が停滞している。

2. 研究の目的

日本人が感じるTALの不便さ、煩わしさなど、我が国への導入に際しての課題を明確にした上で、煩わしさ・不快さを解消するための明るさの空間的・時間的分布に関するTAL設計指針を被験者実験に基づいて提案する(当初目標は時間的分布のみ)。順応速度などの利用者の視覚特性に配慮した適所適光による快適性と多様性を確保したTALを実現し、生活空間を豊かにすると共に、照明用エネルギーの大幅削減に寄与する。

3. 研究の方法

研究は、適正な照度分布(空間的分布)と調光速度(時間的分布)の提案に大別される。当初計画は後者のみであったが、COVID-19による実験規模縮小と提案システムの検証(モニター実験)中止のため、前者の分析を追加した(引用文献)。作業状況の変化に応じて目的とするTALにストレスレスに移行するための調光速度の提案(2)に加えて、移行前後のTAL照度分布の許容率を併せ提案(1)することで、研究の量的レベルを担保し、質的レベルが向上した。

実験室の大きさはD2.7×W2.7×H2.6m、内装は白である。アンビエント照明には光天井を用い、作業面の局部照明(タスク照明)にはスタンドを用いた。タスク照度T=アンビエント照度A+スタンド照度Sである。色温度は4400K~4800Kとした。被験者は何れも視機能に問題のない20代女性とした。年齢と性という属性の影響を排除し、今後の属性比較を可能としている。

実験室は一般的な居室やオフィスとは異なる単純な空間であるが、実験変数の関係に絞った分析が可能であり、輝度への変換も容易なため、実用性の高い結果が取得できている。室容積に関しては、今日、社会的要請が急速に高まっているパーソナル空間の検討に適しており、輝度分布に変換することで室容積の異なる一般の生活空間への応用が可能である。

(1) TALにおいて容認される定常順応時の照度分布を求めるための実験(引用文献)

視作業を行う上で、快適と感じる下限の作業面照度Tの測定を行った。被験者自身が作業面照度をT調光した。実験はとの二段階に分けて行った。実験条件を以下に示す。

被験者は15名とした。アンビエント照明(光天井)のみとタスク照明(スタンドライト)のみの場合について測定を行った。初期作業面照度T₀は0, 75, 500, 1200 lxの4条件とした。被験者は初期作業面照度T₀が提示されてから42.5分後までの間に、10回の作業面照度Tの調光を行った。

被験者は30名とした。作業面照度Tが変化しても、アンビエント照度Aとの比T/Aは自動的に一定に保たれる照明環境下で測定を行った。T/Aは1, 3, 5, 10, の5条件とし、各T/Aにおいて、初期作業面照度T₀は30, 750 lxの2条件とした。被験者は初期作業面照度T₀が提示されてから540(一部1140)秒後までの間に、2回の作業面照度Tの調光を行った。ランドルト環を用いた60秒間の視作業も行った。

(2) TAL調光形式に応じた適正な照度の調光速度を求めるための実験(引用文献)

TAL環境下では、シーンに応じてアンビエント照明またはタスク照明、あるいは両者の調光が行われる。調光方法は、表1に示す4形式とした。調光による明るさの変化に対する気付き・快不快・許容、机上面と空間の印象評価、および作業のしやすさ・疲労・グレアについて評価を行った。被験者は12名~15名とした。調光時の照度は対数的に変化させた(式1)。E₁は調光前照度、E₂は調光後照度、tは調光時間[秒]である。検討範囲を表2に破線で示す。調光形式によって異なるが、照度0~1800 lx、T/A=1~∞、調光速度0.05~瞬時の範囲内で実施した。

$$\text{調光速度 } S_E = \frac{|\log E_2 - \log E_1|}{t} \times 60 \dots \dots \dots (1)$$

表1 4種類の調光形式とその特徴

形式	一定	変化	特徴	調光装置
i	A	S	作業内容や好みに応じた作業面照度の個別調節	簡易：スタンドなどのタスク照明器具のみ
ii	S	A	環境照度の調節、追従して作業面照度も変化	簡易：アンビエント照明器具のみ
iii	T/A	T	均斉度を変えない調節	スタンドなどのタスク照明器具とアンビエント照明器具の連動調光が必要
iv	T	T/A	作業面照度を一定に維持した環境照度の調節	

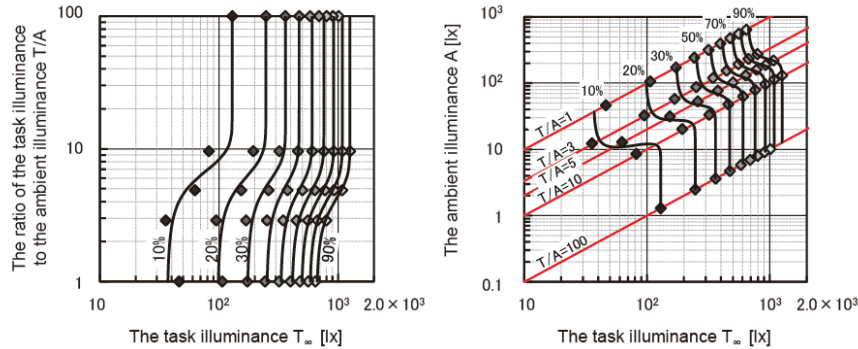
4. 研究成果

(1) TAL において容認される定常順応時の照度分布 (等容認率線図、引用文献)

TAL における適正な照度分布に関する研究は希少である上に、実験の初期条件と順応時間に依存した検討に留まっており、定常順応状態としての提案とは言いがたいものが殆どである。

そこで、本研究では実験 から、初期条件と順応時間の影響を排除した定常順応時の容認作業面照度の推定式を提案した。その際、容認される作業面照度には個人差が大きかったことから、これを照度に対する嗜好と捉え、作業面照度の嗜好を推定式に組込むことで推定の精度を向上させた。この方法を用いて、実験 でも定常順応時に容認される作業面照度の推定を行った。

と の結果を併せることで、TAL における等容認率線を提示した (図 1)。この、T、A、T/A の関係における等容認率線は有用な設計資料となり得る。ただし、実空間に対する適用可能範囲については検討が必要である。また、視作業の結果から、T/A=5 以内、かつ作業面照度が約 100~500 lx 確保されていれば TAL における作業性の低下は殆どないことを確認した。引き続き、容認できるアンビエント照度など、調光内容・形式の影響の検討へと発展させたい。



T_{∞} is the acceptable task illuminance in a steady state.

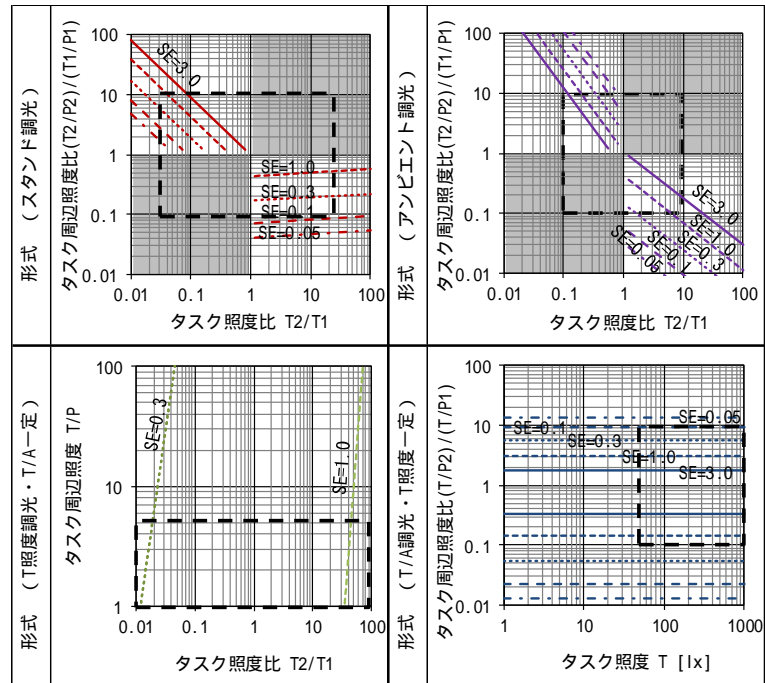
図 1 定常順応時のタスク & アンビエント照明における等容認率線：T、A、T/A と容認率の関係

(2) TAL 調光形式に応じた適正な照度調光速度 (引用文献)

調光形式毎に、評価と各照度および調光速度の関係式 (重回帰) を求めた。回帰精度を高めるために、被験者への視刺激である作業面中心から視角 40~60° の範囲の平均照度を周辺照度 $P (= A + 0.13S)$ とし、回帰には A に変えてこれを用いた。

表 2 は回帰の結果を可視化したものである。破線領域内が実験範囲、直線は不快率を 20% に抑えるための調光速度 S_e である。全ての等調光速度線は、変化がないことを示す座標に収束すべきものである。調光形式によって適正速度は異なり、その様相を把握し得た。提案実験式は設計資料として有用である。

表 2 不快率 20% の調光速度 S_e とタスク照度 T・周辺照度 P の関係表



引用文献

丸山悠、井上容子、タスク & アンビエント照明において容認される作業面照度に関する研究：照度の嗜好を考慮した定常順応状態の推定と等容認率線図の提案、日本建築学会環境系論文集、第 87 巻、第 801 号、2022.11、712-721

小谷美由紀、井上容子、タスク & アンビエント照明に関する研究 4 種の調光形式における適切な調光速度の検討、日本建築学会大会、学術講演梗概集 D-1、環境工学、40249、2021.9、519-520

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 MARUYAMA Haruka、INOUE Youko	4. 巻 87
2. 論文標題 STUDY ON THE ACCEPTABLE TASK ILLUMINANCE FOR TASK AND AMBIENT LIGHTING	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ)	6. 最初と最後の頁 712～721
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3130/aije.87.712	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 IKEGAMI Yoko、INOUE Youko	4. 巻 87
2. 論文標題 INVESTIGATION OF THE ADJUSTMENT METHOD OF ARTIFICIAL LIGHTING FOR ABSORBING DAYLIGHT FLUCTUATIONS (PART2) : THE IMPRESSION EVALUATION UNDER THE ENVIRONMENT WHERE ILLUMINANCE CHANGES MONOTONICALLY	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ)	6. 最初と最後の頁 522～529
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3130/aije.87.522	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 OE Yuki、INOUE Youko、TANGO Mizuki	4. 巻 85
2. 論文標題 STUDY ON LIGHTING IN CONSIDERATION OF AGE AND LIFE ACTIVITIES IN LIVING SPACE	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Environmental Engineering (Transactions of AIJ)	6. 最初と最後の頁 725～732
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3130/aije.85.725	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計12件（うち招待講演 1件/うち国際学会 2件）

1. 発表者名 小谷美由紀、井上容子
2. 発表標題 タスク&アンビエント照明に関する研究 4種の調光形式における適切な調光速度の検討
3. 学会等名 日本建築学会大会 学術講演梗概集 D-1 環境工学
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小谷美由紀, 井上容子
2. 発表標題 タスク&アンビエント照明の調光方法に関する研究 - (その3) 作業面照度を変化させずアンビエント照明を調光する場合 -
3. 学会等名 照明学会全国大会講演論文集
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小谷美由紀, 井上容子
2. 発表標題 タスク&アンビエント照明に関する研究 作業面照度を変化させずタスクアンビエント比を変化させる場合の調光速度の検討
3. 学会等名 日本建築学会大会 学術講演梗概集 D-1 環境工学
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小谷美由紀, 井上容子
2. 発表標題 作業面と周辺の照度バランスに関する検討 (その7) - タスクアンビエント比を変化させない場合の作業面照度調光速度の検討 -
3. 学会等名 日本建築学会近畿支部研究報告集 第59号・環境系
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Youko Inoue, Yoko Ikegami, Haruka Hamana and Ayana Kishima
2. 発表標題 Study on dynamic adaptation properties under the chromatic colored light and the glare source
3. 学会等名 AIC(Association Internationale de la Couleur) 2020 Natural Colours - Digital Colours (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 小谷美由紀, 井上容子
2. 発表標題 作業面と周辺の照度バランスに関する検討(その6) 調光時の評価指標
3. 学会等名 日本建築学会近畿支部研究報告集 第58号・環境系
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小谷美由紀, 井上容子
2. 発表標題 タスク&アンビエント照明に関する研究 アンビエント照明増光時における周辺照度の検討
3. 学会等名 日本建築学会大会 学術講演梗概集 D-1 環境工学
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小谷美由紀, 井上容子
2. 発表標題 タスク&アンビエント照明の調光方法に関する研究(その2) アンビエント照明調光の場合
3. 学会等名 照明学会全国大会講演論文集
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小谷美由紀, 井上容子
2. 発表標題 タスク&アンビエント照明の調光方法に関する研究(その1) アンビエント照明減光の場合
3. 学会等名 照明学会全国大会講演論文集
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 井上容子
2. 発表標題 生活によりそうこれからの照明
3. 学会等名 レーザー学会学術講演会第38回年次大会 公開特別講演会（招待講演）
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 TAGA Ayako, OE Yuki and INOUE Youko
2. 発表標題 Suggestion of the Comfortable Lighting in Consideration for Age; -The Examination of an Indoor Impression Evaluation for Life Activitie -
3. 学会等名 Proceedings of the 8th Lux Pacifica (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 神内美咲、井上容子
2. 発表標題 タスク&アンビエント照明に関する研究-適正な色温度・作業面照度・経過時間の関係
3. 学会等名 日本建築学会近畿支部 建築環境工学部会若手研究者研究発表会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------