

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 26 日現在

機関番号：32503

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2016

課題番号：26420589

研究課題名(和文) 地域・季節に配慮した健康照明環境の実設計に向けた提案

研究課題名(英文) Proposal for design of healthy lighting environment with consideration for region and season

研究代表者

望月 悦子 (MOCHIZUKI, Etsuko)

千葉工業大学・創造工学部・教授

研究者番号：80458629

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：サーカディアン・リズムの観点から居住地域に応じた適切な照明条件を明らかにすることを目的に、4季節に渡り睡眠環境と睡眠実態のモニタリング調査を実施、加えて実験室実験にて日中の曝露照明条件が夜間の睡眠に与える影響を検証した。モニタリング調査では、主観アンケートで睡眠に問題のあるグループの方がうつ状態の傾向にあることが示された。睡眠時間と睡眠感得点に対する就床前の室内照度の有意な影響はなかったが、寝室照明を低色温度に変えることで睡眠時間ならびに睡眠感が改善された。実験室実験では、曝露照度・光色を一日かけて緩やかに変化させることで、夜間のメラトニン分泌が促進され、睡眠効率を高めることも示唆された。

研究成果の概要(英文)：In order to identify optimum lighting conditions according to the residential area and season from the viewpoint of circadian rhythm, monitoring survey of sleeping environment and sleeping state over 4 seasons was conducted. In addition, the effect of the light exposure conditions during the day on sleep at night was examined in the laboratory experiments. In the monitoring survey, subjective questionnaire indicated that the group with problems in sleep tended to be depressed. There was no significant effects of the room lighting condition prior to bedding on the sleeping time and the sleeping feeling score. However, by changing the bedroom lighting colour to low color temperature, sleeping time and sleeping feeling were improved. In the laboratory experiments, it was suggested that melatonin secretion at night was promoted and sleep efficiency was increased by gradual change in exposure illuminance / correlated color temperature over a day.

研究分野：建築環境工学

キーワード：睡眠 光環境 シフトワーカー 看護師 モニタリング調査

1. 研究開始当初の背景

東日本大震災以降、ライフスタイルの見直しと人間の生体機能に融合した建築環境の構築が求められてきている。従来の“時間・空間的に常時一定の照明環境が快適である”という思想に基づく照明計画ではなく、人間の生理・心理に対する効果に基づき、時間帯に応じて照明条件を変化させることで、より健康・快適な建築照明空間の構築を目指していくことが今後は必要不可欠である。

2. 研究の目的

本研究の最終的な目的は、サーカディアン・リズムの観点から地域・季節の違いに配慮した最適な照明条件を明らかにすることである。

はじめに、全国複数物件にて、四季を通じた睡眠実態のモニタリング調査を行い、季節・地域による睡眠の違いを検証した。

次に、モニタリング調査の結果に基づき、日中の覚醒レベル、就床から入眠までに要する時間ならびに睡眠効率の改善を目的に、日中の照明条件が睡眠にもたらす心理的・生理的影響について被験者を用いた実大実験で検証した。

3. 研究の方法

3-1 睡眠実態のモニタリング調査

本調査の前に2014年11月に4週間に渡りD大学の看護師寮で予備調査を行い、調査方法を検討した。調査項目は表1に示す通りである。予備調査の期間は4週間としたが、調査期間中のデータのばらつき程度、被験者への負担を考慮し、本調査の期間は各季節2週間とした。

本調査は2015年夏から2016年春にかけて計4回、2施設(栃木県、福岡県)で実施した。表2に調査期間と各施設で得られたデータの内訳を示す。全4回の調査全てのデータを得られた被験者はD大学看護師寮の6名(学生2名、看護師4名)である。図1に一例としてD大学看護師寮の平面図(約27m²のワンルーム)と測定機器の設置状況を示す。S病院看護師寮も同様の規模、間取りである。被験者が在室中の曝露光環境をおおよそ把握するため、各室の窓際机上面に温湿度・照度ロガー(T&D TR-74Ui)を設置した(図1)。また、被験者には就床中、睡眠計(OMRON HSL-002C)を枕元に設置し、睡眠状態を記録してもらった。他、睡眠に関するアンケート調査用紙は指定した日に回答してもらった。なお調査は各施設の倫理委員会の承認を得た上で実施した。

3-2 日中の照明条件が睡眠にもたらす効果の検証

睡眠効率の改善には、就寝前の低照度化が効果的とされるが、過去の研究で、就寝前に極端に低照度にせずとも日中から夕方にかけて徐々に照度を低下させることでほぼ同

表1 調査項目

調査項目	使用機器	調査頻度
温度・湿度・照度	T&D TR-74Ui	10分間隔
睡眠時間	OMRON HSL-002C	毎日
睡眠	ピッツバーグ睡眠質問票	開始時1回
	Epworth Sleepiness Scale	1回/週
	OSA睡眠調査票第2版	1回/週
	ベックうつ病調査表	開始時1回

表2 調査時期と調査件数

施設名	D大学看護師寮	S病院看護師寮
所在地	栃木県	福岡県
夏(2015/6/4-7/3)	14名	3名
秋(2015/10/4-20)	13名	3名
冬(2015/12/1-24)	12名	0名
春(2016/5/14-6/10)	10名	2名



図1 調査対象室平面図と測定器設置状況

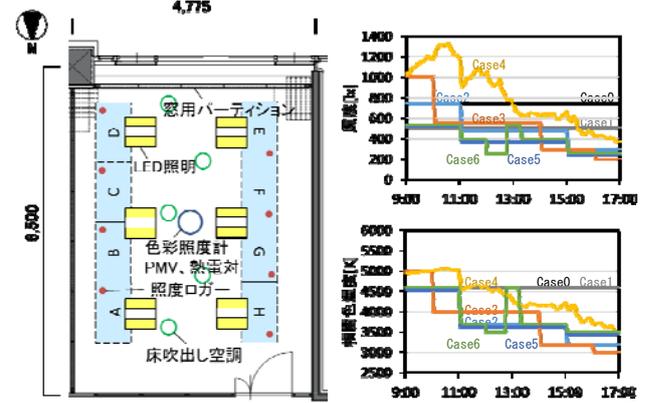


図2 実験室平面図と測定器設置位置 図3 実験条件

表3 実験条件

Case	日程	器具	窓(開口率)	実験中の積算曝露照度 [lx・h]	消費電力 [Wh]	照明効率 [lm/W]
0	8月24日 12月23日	直下型	0%	6000	232	178
1	8月25日 12月24日	直下型	0%	4000	176	157
2	8月26日	直下型	0%	4000	172	157
3	8月28日	直下型	0%	4000	175	150
4	8月27日	直下型	14%	4000+昼光	172	157
5	12月25日	拡散型	0%	3130	140	152
6	12月26日	拡散型	0%	3100	138	152

等の効果が得られた。そこで本研究では、調光・調色が可能なLED照明器具を用いて、できる限り少ない光量(エネルギー消費量)で、サーカディアン・リズムの調整に効果的な日中の照明条件を明らかにすることを目的に被験者実験を行った。実験には2種類の照明器具を用いた。

実験は図2に示す平面図をもつ実大実験室にて行った。図中には、実験中の環境物理量を測定するための器設置位置も併記した。実験条件は表3、図3に示す通りである。Case0とCase1は夏季と冬季の季節による違いを比較するために同一の照明条件で行った。その他の条件は、朝から夕方にかけて徐々に照度・相関色温度を低下させた。照度・相関色温度の変化を被験者が知覚しないように5分間かけて設定を変更した。Case6は、昼食後の眠気を防止することを目的に、昼の休憩時間中は照度を255 lxまで下げ、その後30分間は実験開始時と同じ照度に一気に上昇させた。

被験者には健康な男性8名(平均年齢22.3歳)を用いた。被験者の着衣量は夏季実験では0.55clo、冬季実験では1.10cloとし、実験中の活動量は1.1Met(着席や非常に軽い作業)を想定して、実験室内の予測温冷感申告が-1.0(やや涼しい) ≤ PMV ≤ +1.0(やや暖かい)となるように室温を調節した。

図4に一日の実験スケジュールを示す。被験者はねむり時間計(OMRON HSL-002C)を用いて、実験期間中の夜間の睡眠状態を記録した。起床直後に睡眠感の主観申告(OSA 睡眠調査票第2版)を行った。また、4名の被験者には睡眠効率を計測するため携帯式行動量測定計(Actiwatch、Philips Respironics社製)、被験者全員に心拍変動を測定するため心拍センサ(Fit bit charge HR)を入浴時以外に装着させた。9時に実験を開始し、17時に終了するまで、被験者はオフィスを想定したタスク(四則演算、テキストタイピング、マインドマップ)を3回(60分/回)行った。タスクの前後にはフリッカー閾値測定、唾液アミラーゼ活性測定(唾液アミラーゼモニター、ニプロ社製)、温熱・光環境に関する主観アンケート、疲労に関する自覚症しらべを実施した。また、タスク後には作業性も評価させた。唾液中のメラトニン濃度、コルチゾール濃度を測定するため、表3中に下線付きで示す5条件(Case1, 2, 4, 5, 6)で、起床時、9時30分、13時30分、帰宅前、就床前の計5回唾液を採取した(Saliva Collection Aid (SCA)、Salimetrics社)。

4. 研究成果

4-1 睡眠実態のモニタリング調査結果

(1) 睡眠とうつ状態の関係

図5にピッツバーグ睡眠質問票得点とベックうつ病調査表点数の関係を示す。ピッツバーグ質問票では、6点以上で睡眠に問題がある可能性があるとして診断される。ベックうつ病

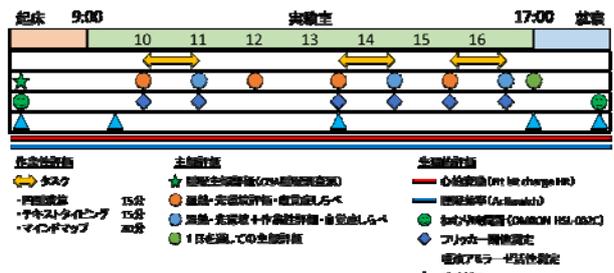


図4 一日の実験スケジュール

調査表では、11-16点: 軽いうつ状態、17-20点: 臨床的な意味でのうつ状態との境界(専門的治療が必要)、21-30点: 中程度のうつ状態、31-40点: 重いうつ状態、41点以上: 極度のうつ状態と診断される。全体的に睡眠質問票の得点が高くなるにつれて、うつ病調査表点数も高くなる傾向が見られた。特に看護師は睡眠に問題があり、かつ臨床的な意味でのうつ状態と判断される割合が高かった(約45%)。

(2) 睡眠時間・睡眠効率

睡眠とうつ状態に問題の可能性のある被験者とその他の被験者とで分けて、各グループ睡眠時間のデータが10日以上取得できた被験者を対象に結果をまとめた。図6に各グループの被験者の睡眠時間、睡眠効率の結果を平均値で示す。睡眠とうつ状態に問題のあるグループの睡眠時間は平均約293分、問題のないグループは約356分で、問題のあるグループの方が平均して63分ほど睡眠時間が短かった。睡眠効率については両グループとも平均して93%以上と高かった。

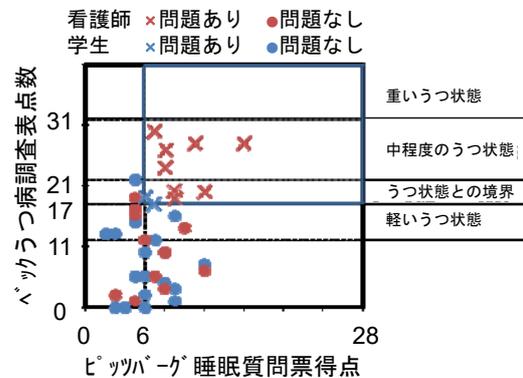


図5 睡眠とうつ状態

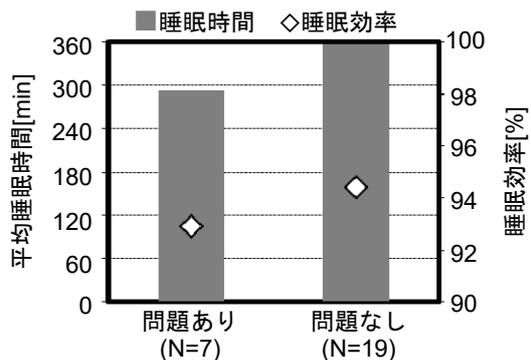


図6 睡眠時間と睡眠効率

(3) 季節による睡眠時間の違い

図7に全調査期間のデータが得られた看護師4名の各季節の睡眠時間の累積出現頻度を示す。累積出現頻度60%以上の睡眠時間(7時間以上)は、季節による差がほとんどないが、累積出現頻度20%以下の範囲(6時間未満)で季節による差が大きかった。夏季や冬季は温熱環境の影響が考えられるが、同じ中間期でも春より秋の方が睡眠時間が短かった。秋と春で睡眠時間に差があったのは被験者SとIで、被験者S(窓東向き、冬に昼白色から電球色に交換)は、OSA 睡眠調査票の得点(各季節3回の申告中央値)に2季節で有意差があったのに対し、被験者I(窓西向き、全季節電球色)には有意差はなかった。睡眠感を向上させるためには、睡眠時間を長くとるだけでは不十分な可能性がある。

4-2 日中の照明条件が睡眠にもたらす効果の検証結果

(1) メラトニン分泌への影響

図8に一例として一日を通してメラトニン濃度の変化が大きかった被験者Eの唾液中メラトニン濃度を示す。日中に濃度が低く、就寝前から起床後にかけて濃度が高くなるサーカディアン・リズムが確認された。夏季・冬季ともに照度・相関色温度が一定の条件(Case1)とその他の一日を通して照明条件が変化する条件(Case2, 4, 5, 6)で異なる傾向を示し、夏季はCase1よりCase2, 4で就寝前のメラトニン濃度が低かったのに対し、冬季はCase5, 6の方がCase1よりもメラトニン濃度が高くなっていた。

図9に日中(9:30, 13:30, 帰宅前)の唾液中メラトニン濃度の合計値を示す。季節による違いを確認するため、ここでは夏季と冬季の両実験に参加した被験者7名のデータを用いた。夏季には開口部を有し曝露光量の大きいCase4でメラトニンの分泌が日中抑制されていることがわかる。一日を通して一定の照明環境であるCase1では、夏季よりも冬季の方がメラトニンの分泌濃度が低くなった。また、Case1とCase1の約半分の曝露光量であるCase5, 6とを比べると、照度・色温度を一日通して変化させたCase5, 6の方が日中のメラトニン分泌が抑制されていた。

(2) 睡眠効率と入眠に要した時間への影響

図10に各条件を体験した日の夜の睡眠効率と就床から入眠までに要した時間を示す。ここでは夏季と冬季の両実験に参加した被験者7名のデータを用いた。常時一定の照明条件であるCase0とCase1を各々夏季と冬季で比べたが、顕著な違いは見られなかった。Case0は一日一定の照明条件であるが、曝露光量が多く、夏季・冬季とも入眠までの時間が短く睡眠効率も高かった。一方、Case2, 3とCase1を比べると、曝露光量は等しいが、一日を通して照明条件を変化させたCase2, 3の方が睡眠効率は高く、入眠までの時間も短い傾向にあった。また、Case5, 6は、Case0

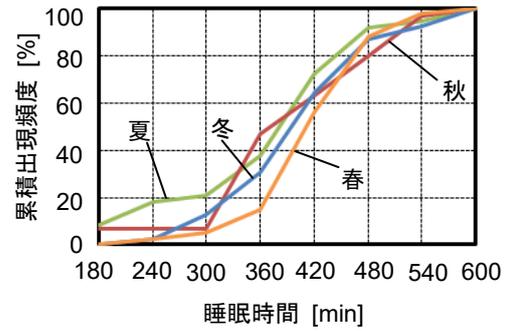


図7 各季節の睡眠時間分布

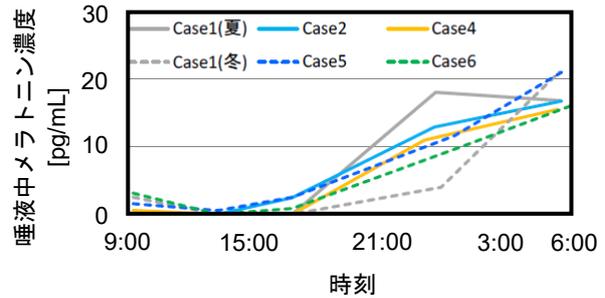


図8 唾液中メラトニン濃度の変化(被験者E)

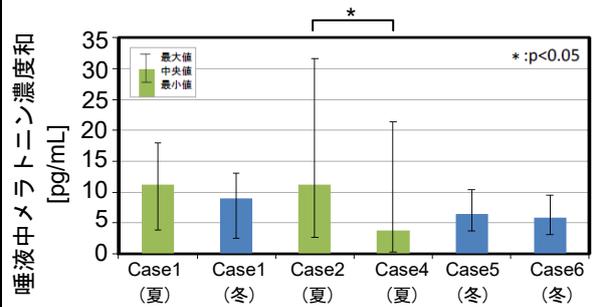


図9 日中の累計唾液中メラトニン濃度

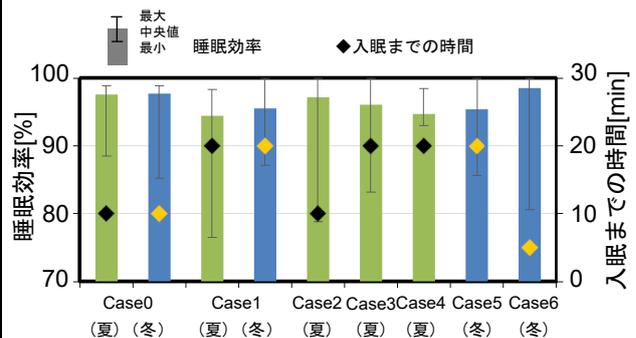


図10 睡眠効率と入眠に要した時間

の約半分の曝露光量であるが、一日を通して照明条件を変化させることで、同等の睡眠効率を確保し、特に昼休み後の眠気防止対策を講じたCase6は入眠までの時間も短くすることができた。

以上の睡眠モニタリング調査、日中の照明条件が睡眠に与える影響に関する被験者実験を通して、以下の知見を得ることができた。

- ① うつ状態には睡眠時間の長短による影響が少なからず考えられる。

- ② 睡眠時間の短い被験者（6 時間未満）で、季節による睡眠時間の違いが示唆された。
- ③ 就床前の照明を高色温度光から低色温度色に変えることで睡眠感の改善が期待される。
- ④ 日中の照明条件を一日かけて変化（高照度・高色温度→低照度・低色温度）させることで、曝露光量が少なくても、サーカディアン・リズム（睡眠ホルモンの一つであるメラトニンの分泌）の調整に良い効果が見られ、また、夜間の睡眠の質（睡眠効率、就床から入眠に要する時間）を改善することが期待できる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕（計 0 件）

〔学会発表〕（計 10 件）

- ① 望月悦子：光で変わる、光で変える睡眠，第 66 回癒しの環境研究会(2017/11/26)，日本医科大学医学部（東京都文京区）〔発表確定〕
- ② 望月悦子，辰元宗人，平田幸一，村江行忠，大島佳保里，安藤満代：地域・季節の違いが睡眠にもたらす影響に関する調査（その 4），第 50 回照明学会全国大会(2017/9/5～7)，東北学院大学多賀城キャンパス（宮城県多賀城市）〔発表確定〕
- ③ Etsuko MOCHIZUKI： Toward comfortable and healthy lighting environment, The 11th Taiwan Solid State Lighting (2017 tSSL) Symposium(2017/4/12～13)，台北（台湾）
- ④ 辰元宗人，望月悦子，大島佳保里，尾田恵，村江行忠，平田幸一：看護師寮における光環境の変更による睡眠の変化，第 11 回医療の質・安全学会学術集会(2016/11/19～20)，幕張メッセ国際会議場（千葉県千葉市）
- ⑤ 大島佳保里，村江行忠，辰元宗人，平田幸一，尾田恵，望月悦子：地域・季節の違いが睡眠にもたらす影響に関する調査（その 3），第 49 回照明学会全国大会(2016/8/31～9/1)，日本大学理工学部駿河台キャンパス（東京都千代田区）
- ⑥ 大島佳保里，村江行忠，伊藤優，市川菜奈絵，河野利幸，島裕二，丹羽啓之，望月悦子：オフィス空間の環境制御手法に関する実験的研究（その 8 サーカディアン・リズムに配慮した LED 照明の無線制御に関する研究），2016 年度日本建築学会大会（九州）(2016/8/24～26)，福岡大学（福岡県福岡市）
- ⑦ 辰元宗人：薬剤に関するインシデント事例の課題と対策・睡眠環境改善，第 5 回医療安全講習会(2016/7/8)，獨協医科大学病院（栃木県下都賀郡）
- ⑧ 大島佳保里，村江行忠，望月悦子，濱田祐太，辰元宗人，平田幸一：照明環境における季節・地域の違いが睡眠にもたらす影響に関する調査，平成 27 年度室内環境学会学術大会(2015/12/3～4)，沖縄コンベンションセンター（沖縄県宜野湾市）

- ⑨ 望月悦子，濱田祐太，辰元宗人，平田幸一，尾田恵，村江行忠，大島佳保里：地域・季節の違いが睡眠にもたらす影響に関する調査（その 1），第 48 回照明学会全国大会(2015/8/27～29)，福井大学（福井県福井市）
- ⑩ 大島佳保里，村江行忠，望月悦子，濱田祐太，辰元宗人，平田幸一，尾田恵：地域・季節の違いが睡眠にもたらす影響に関する調査（その 2），第 48 回照明学会全国大会(2015/8/27～29)，福井大学（福井県福井市）

〔その他〕

ホームページ等

<http://mochizukilab.sharepoint.com/Pages/default.aspx>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

望月悦子 (MOCHIZUKI Etsuko)
千葉工業大学・創造工学部・教授
研究者番号：80458629

(2) 研究分担者

辰元宗人 (TATSUMOTO Muneto)
獨協医科大学・医学部・准教授
研究者番号：30296157

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

村江 行忠 (MURAE Yukitada)
大島 佳保里 (OSHIMA Kaori)