

機関番号：27103

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008～2010

課題番号：20370100

研究課題名（和文）

日常生活で受ける光の分光分布の違いがヒトのサーカディアンリズムに及ぼす影響

研究課題名（英文）

The effect of light emitting in daily life on human circadian rhythm

研究代表者

森田 健 (MORITA TAKESHI)

福岡女子大学・人間環境学部・教授

研究者番号：20326474

研究成果の概要（和文）： 200字程度

季節によって変化する光とメラトニン分泌挙動の年間変動を把握・考察した。日本の被験者の受光量は年間を通してその変化が小さいが、メラトニン最大分泌量は冬に有意に多い。逆に年間で受光量が大きく変動するスウェーデンではメラトニンの年間変化は小さい。メラトニン最大分泌時刻は両国とも年間変動が小さい。これは日本の光環境の年間変化が小さかったこと、及びスウェーデンでは受光量の年間変動は大きい、日長時間の季節間変動をもたらす影響が相殺した結果と考えられる。

研究成果の概要（英文）：

The purpose of this study was to investigate the annual variations of melatonin secretion of subjects and of their surrounding light conditions in Japan and Sweden. Swedish subjects got a lot of light in evening and nighttime due to long-day in summer. The annual light change in Japan was small in comparison with Sweden. The melatonin peak level decreased and the peak time advanced in summer, while in winter the peak level increased and the peak time delayed in Japan. The melatonin secretion in Sweden was lower than in Japan during the course of a year.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	4,800,000	1,440,000	6,240,000
2009年度	6,600,000	1,980,000	8,580,000
2010年度	2,900,000	870,000	3,770,000
年度			
年度			
総計	14,300,000	4,290,000	18,590,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：人類学・応用人類学

キーワード：環境適応能、生体リズム、光、メラトニン

1. 研究開始当初の背景

人間は進化の過程における自然環境との適応の結果として、体温、睡眠・覚醒、ホルモン分泌などのサーカディアンリズムを代表とする生体リズムを獲得した。健康で快適な生活環境を考える場合、この生体リズムを基にしたヒトの環境適応能を考慮すること

が非常に重要である。

近年、種々の環境要因の中で特に光が、サーカディアンリズム（例えばメラトニンホルモンリズムなど）を通して、ヒトの生理・心理・行動に大きく影響することが明らかにされつつある。自然光環境下において、高緯度地域の冬期にはうつ傾向を示すヒトが多く

なることが知られている。その要因は短い日照時間と低照度によるメラトニンリズムの乱れとも考えられている。今日の日本における、日中であっても人工照明に依存する地下街やオフィスの光環境は、人工的にこの高緯度地域の冬期光環境を作っているのではないだろうか。また逆に、光が溢れる夜間の人工照明環境は、良質な睡眠に關与するメラトニンの分泌を抑制することが指摘されている。今日の都市生活環境の光は、前述のように多くの問題を有している。本研究はこのような問題意識から、日常生活における光環境がもたらすサーカディアンリズムへの影響を再考し、現代都市光環境の計画手法に新しい視点を提供することを目的としている。

光とサーカディアンリズム（メラトニンホルモンリズム）の關係においては、「いつ」・「どのような光を」・「どの程度」受けたかが重要になる。

「いつ」については、位相反応曲線としての報告(Honma K and Honma S, 1988 や Minor DS ら, 1991)があり、朝の光は生体リズムの位相を前進させ、夜間の光は位相を後退させること、また日中の高照度光は夜間のリズム振幅を増大させることが確認(Park ら, 1998)されている。

「どの程度」については、1980年に夜間のメラトニン分泌に対して2500ルクス以上の高照度光が抑制効果をもたらすことが報告(Lwey ら, 1980)されて以降、多くの研究が行われ、現在では一般の住宅における照度程度でも抑制が見られることが報告(例えば Aoki ら, 1998)されている。

一方、「どのような光を」に関しては、近年、光とメラトニン分泌に關する分光感度曲線が提案され(Brainard ら, 2001 や Thapan ら, 2001)、450-500nm 付近の短波長光の大きな影響が指摘されている。しかしサーカディアンリズムに關する受光器と光の波長の關係については、まだ動物レベルの報告が多く、ヒトに關する知見は十分とは言えない。また、前述報告の多くは、実験室内で行われ、単一の光源や単波長光を一定時間提示することから得られたものが多い。しかし日常の生活環境では、自然光や白熱灯・蛍光灯を代表とする人工照明光が光源であり、これらは多くの波長成分が混在した光である。単一光源や単波長光で得られた結果の加法則としての影響が、我々の生活環境の中で現れるのか否かは明確ではない。

都市化が進む現代生活における不眠を代表とするテクノアダプタビリティ問題の多くは、環境適応能の一つの基本であるサーカディアンリズムの不調に起因すると言われている。従ってこれらの影響を考えるためには、サーカディアンリズムに影響する日常生活の中で経験する様々な光の影響を、総合的

に把握する必要がある。そのためには、フィールド（日常生活）の中で「いつ」・「どのような光を」・「どの程度」受けたかを把握し、それらのサーカディアンリズム（メラトニンリズム）への影響の考察が必須である。

2. 研究の目的

メラトニン分泌の季節変動についてはいくつもの報告がある。ヒトを対象とした実験で、冬よりも夏の方がメラトニンの最大分泌時刻が早くなること(Honma K. et al. 1992)や、朝のメラトニン減少が夏において早くなること(Vondrasova D. et al. 1997)が報告されている。しかしこれらの研究は実験室内で行われたものである。これらに対し Ueno・Towatari ら(2007)は、日常生活での受光状況とメラトニン挙動の季節性を調査している。その調査では、秋のメラトニン挙動が他の季節と大きく異なり、最大分泌量が大きく、その時刻が遅いことを示し、それまでに報告されたような夏のメラトニン挙動は見られなかったと述べている。このことについて筆者らは、日中に自然光を浴びず、日没後も人工光に曝され続けている現代のライフスタイルが反映しているのではないかと結論付けている。またこの調査の被験者は大学生であるため、試験や長期休暇など学生特有の行事が影響を与えたとも考察している。そこで本研究では、年間を通して生活スタイルの変化が小さい社会人を被験者として、一年間メラトニン分泌の挙動と日常生活での受光状況を「いつ」・「どのような光を」・「どの程度」経験したのかを合わせて調査し、それらの季節変動を含む個人内変動と個人間変動を考察することを目的とした。

また、現在の日本において都市に暮らす人々の多くは、朝起きてオフィスに行き、人工照明の下で日中を過ごし、帰宅してからも就寝まで人工照明の明るさの中で過ごす。このような人工的な光環境は一年中変化することがないため、メラトニン分泌挙動に季節性が見られず、本来のリズムと乖離した状況にある事が考えられる。そこで、太陽光の年間変動が大きい高緯度地域であるスウェーデンも調査対象とし、日本の受光およびメラトニン分泌と比較・考察することも合わせて目的とした。

以上のことより、単一の光源、単波長光を用いて、分析的実験により報告されてきたこれまでのメラトニンリズムに及ぼす光の影響を、「総合的」に把握分析すること、さらにヒトの環境適応能とテクノアダプタビリティというジレンマ状態にある現代都市生活光環境を考察することを目的とした。

3. 研究の方法

被験者は社会人であり、日本の被験者は福

岡市および京都市に在住する 25 名（男性 18 名・女性 7 名、平均年齢 36.2 歳、標準偏差 9.65 歳）、スウェーデンの被験者はヘルシンボリ市に在住する 15 名（男性 3 名・女性 12 名、平均年齢 46.1 歳、標準偏差 9.76 歳）である。被験者の生活は、土・日曜を休日とし、業務の開始・終了時刻が年間を通して変化しない、一年間ほぼ一定のスタイルを保持している。年間を通じた日本被験者の平均起床時刻は 06:38、就寝時刻 23:55、始業時刻 08:44、就業時刻 19:15 であり、スウェーデン被験者の平均起床時刻 06:02、就寝時刻 22:53、始業時刻 07:47、就業時刻 16:52 であった。

毎月一週間、火曜 12:00 から金曜 12:00 までの 4 日間を 12 回、一年間調査した。調査期間中の生活には制約を設けず、普段通りの生活を送るように指示した。被験者は調査期間中連続して携帯型照度活動計 (Actiwatch-L ; Mini-mitter, USA) を非利き腕の手首に装着し、日常生活での受光量、活動量を 1 分毎に測定した。受光量および活動量は、早朝 (04:00-08:00)、朝 (08:00-12:00)、日中 (12:00-15:00)、夕方 (15:00-20:00)、夜 (20:00-24:00)、深夜 (00:00-04:00) の 6 時間帯に分け、それぞれの平均値を算出した。また夜間の就寝中の活動状況より Actiware ソフトを用いて睡眠潜時、睡眠効率を算出した。メラトニンは木曜 11:00 から金曜 07:00 まで 4 時間毎、計 6 回唾液を採取し冷凍保存した。後日、ELISA 法によってそれらの濃度を分析した。最大分泌量とその時刻は spline 補間によって算出した。

4. 研究成果

本調査結果は、季節によって変化する光に伴うメラトニン分泌挙動の年間変動を、個人内及び個人間変動の視点から考察した。日本の被験者の経験する光環境は年間を通してその変化は小さいにもかかわらず (図 1)、メラトニン最大分泌量が冬期に多いという有意な年間変動が見られた (図 3)。逆に図 2 に示すように、一年の光環境が大きく変動するスウェーデンでは、メラトニン最大分泌量の年間を通じた変化は小さかった (図 3)。

スウェーデンでのメラトニンの年間分泌挙動の変動が小さいことは、高緯度地域特有の季節間にある大きな日長差が原因の一つと考えられる。夏期は長日であり、調査を行ったスウェーデンの夏至は、日の出が 03:30 頃、日の入りが 21:00 頃である。光を日中だけでなく夜も浴び、メラトニンリズムに対する日中の光のプラスの影響 (夜間分泌増加) だけでなく、夜間の光のマイナスの影響 (分泌抑制) も受けていると考えられる。一方、冬期は短日であり、スウェーデンの冬至は日の出が 08:30 頃で、日の入りが 15:30 頃である。

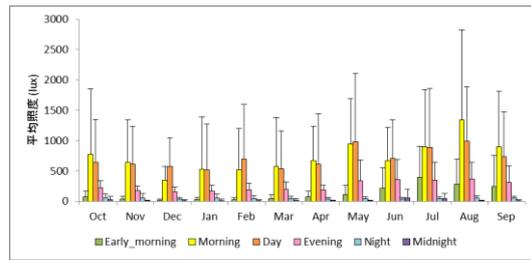


図 1 受光量の年間変動 (日本)

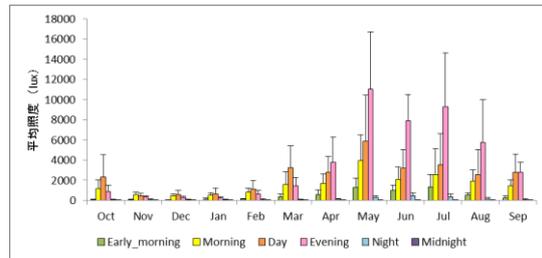


図 2 受光量の年間変動 (スウェーデン)

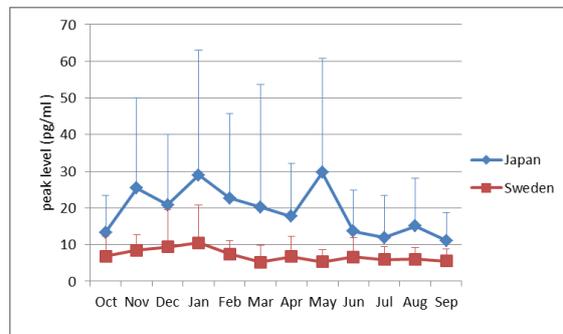


図 3 メラトニン最大分泌量の年間変動

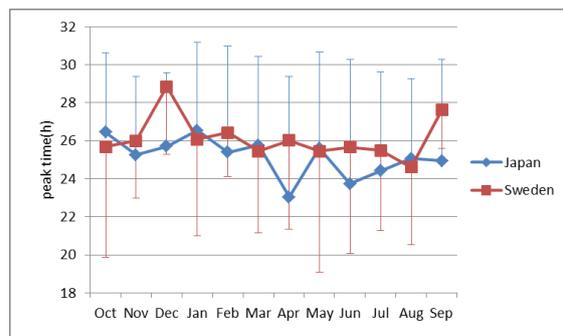


図 4 メラトニン最大分泌時刻の年間変動

光は夜だけでなく日中も少なく、メラトニンリズムに対して夜間の光が少ないというプラスの影響 (分泌抑制の減少) だけでなく、日中の光が少ないことでマイナスの影響 (分泌増加への効果少) も受けている。以上のように冬期も夏期もプラスとマイナスの影響・効果が相互に相殺しあい、結果としてメラトニン最大分泌量に年間を通して変化が小さかったのではと考えられる。

また、光とメラトニンの年間変動に対しては、光履歴による受光器感度変化の寄与も推測される。日本の被験者は年間を通して就寝時刻が遅く、24時以降の深夜であっても光を浴びる機会が多いことが確認された。さらに、一年の日の出時刻と出勤時に該当する早朝(04:00-08:00)と、一年の日没時刻と帰宅時に該当する夕方(17:00-20:00)において、スウェーデンに比較してその変化幅は小さいものの、冬期の受光量に比べ夏期の受光量が多いという光環境の年間変動が有意に認められた。日中の高照度は夜間のメラトニン分泌を促すという過去の報告から、日本のメラトニン分泌量は夏期に多くなることが考えられる。しかし、本調査では秋～冬期に分泌量が多くなるという結果を示した。この挙動には、数カ月前の受光履歴によって生じたその時点の受光器感度の変化が関わっているメカニズムが考えられる。すなわち、春から夏にかけては受光量が増加し、それに伴った受光器感度の低下、逆に夏から秋にかけては受光量が減少し、それに伴った受光器感度を向上という機構が備わっているのかもしれない。さらにその感度の変化は数カ月遅れるため、秋から冬は光感度が鈍くなり、深夜の受光によるメラトニン分泌抑制の影響が他の季節に比べて小さかったことが考えられる。

図4に示すメラトニン最大分泌時刻には両国とも大きな年間変動は見られなかった。これは日本の光環境が一年間ほとんど変わらなかったこと、およびスウェーデンでは受光量の年間変動は大きい、日長時間の季節間変動が大きく、プラスとマイナスの影響が相殺された結果と考えられる。また夏期と冬期にDim Light Melatonin Onsetを確認した過去の研究では、メラトニン分泌増加時刻や分泌低下時刻のみが季節間で変化する、すなわち分泌時間の長さのみが変化すると報告されている。本調査結果もこれを支持するように、季節間では分泌継続時間のみが変化し、最大分泌時刻は変化しなかったことが考えられる。

一日の中での受光とメラトニンの関係について、日中の高照度受光経験が、夜のメラトニン分泌量の増加を促し、夜間の高照度受光経験は、メラトニン分泌の抑制と後退を促すことが知られている。本調査結果では、早朝の受光量が多いほどメラトニンの最大分泌時刻が早いという相関傾向が両国で認められた。日本とスウェーデンの両国でメラトニン最大分泌時刻の大きな年間変動は見られなかったが、平均値の変化では夏期に早くなっている。夏期における早朝の受光量増加が影響したと考えられる。各時間帯の受光量とメラトニン最大分泌量の相関は、日本では見られなかった。一方、

スウェーデンでは早朝から夕方の受光量と負の相関傾向が見られた。すなわち、スウェーデンでは、早朝から夕方の受光量が多いほど夜間のメラトニン最大分泌量が少なくなることであり、このことは過去の報告とは一致せず、今後の検討事項として残された。睡眠効率は深夜(00:00-04:00)の受光量と有意な負の相関があり、睡眠潜時は有意な正の相関があった。これは深夜の受光が多いほど睡眠の質が低下し、寝付くまでの時間が長くなることを意味している。しかし、昼間の光も睡眠効率の低下と睡眠潜時の延長を促す傾向が見られた。昼も夜も受光量が多い場合もあり、今後の研究事項である。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[学会発表] (計 5件)

1. Comparison of melatonin rhythm among Japanese and Swedish under natural and artificial light condition. M. Tanaka, M. Adamsson, T. Wakamura, T. Laike, T. Morita. 10th International Congress of Physiological Anthropology. (Fremantle, Australia) 2010.
2. メラトニンリズムと受光履歴の季節変動. 田中美寿穂, 若村智子, 森田健. 第62回日本生理人類学会(大阪) 2010.
3. 日常生活で受ける光とメラトニン分泌挙動の関係—日本とスウェーデンにおける一年調査. 森田健, 田中美寿穂, M. Adamsson, T. Laike, 若村智子. 第17回日本時間生物学会(東京) 2010.
4. 2W1H in the relationship between a circadian rhythm and light. 森田健. 環境生理研究会・日本生理人類学会照明研究部会合同シンポジウム(京都) 2010
5. 日常生活で受ける光とメラトニン分泌挙動の関係—日本とスウェーデンにおける一年調査. 田中美寿穂, 森田健, M. Adamsson, T. Laike, 若村智子. 日本生理人類学会第6回研究奨励発表会(福岡) 2011.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森田 健 (MORITA TAKESHI)
福岡女子大学・人間環境学部・教授
研究者番号：20326474

(2) 研究分担者

若村 智子 (WAKAMURA TOMOKO)
京都大学・医学部・准教授
研究者番号：40240452

(3) 研究協力者

福田 裕美 (FUKUDA YUMI)
福岡女子大学・人間環境学部・助手
研究者番号:50551412

田中 美寿穂 (TANAKA MIZUHO)
福岡女子大学・人間環境学研究科
・大学院生

Thorbjorn LAIKE
Lund University, Sweden
・ Department of Architecture & Built
Environment ・ Professor

Mathias ADAMSSON
Lund University, Sweden
・ Department of Architecture & Built
Environment ・ PhD student

Jim WATERHOUSE
Liverpool John Moores University
・ Professor

Krzysztof Blazejczyk
University of Warsaw, Poland ・ Faculty of
Geography and Regional Studies ・
Professor