様　式　C－19、F－19－1、Z－19　(共通)

科研費
KAKENHI

科学研究費助成事業　　研究成果報告書

令和　４ 年　６ 月 １７ 日現在

機関番号：２７１０１
研究種目：基盤研究(C)（一般）
研究期間：2018～2021
課題番号：１８Ｋ０６４５０

研究課題名（和文）日常生活における夜間の光がエネルギー消費へ及ぼす影響の把握

研究課題名（英文）Effects of daily light exposure at night on energy expenditure

研究代表者
福田　裕美（FUKUDA, YUMI）

北九州市立大学・国際環境工学部・准教授

研究者番号：５０５５１４１２

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費）　　3,400,000円

研究成果の概要（和文）：本研究で、若年者の日常生活におけるモニター画面の利用実態とそこから受ける光刺激を把握し、その刺激によってDIT（食事誘発性熱産生）を指標とした生体リズムに影響が見られたこと、モニター画面からの光刺激量は生体リズムを乱すほど強いとは考えられないが、映像内容による脳活動の賦活がDITに影響を及ぼした可能性が考えられることなどが明らかになった。研究成果は、学会発表、学術雑誌への寄稿、市民公開講座での講演などを通じて、社会的に還元することができたと考えている。

研究成果の学術的意義や社会的意義
これまで、夜間の光刺激は体内リズムを乱すことが懸念され、特に若年者のスマートフォンの利用が増加する中で、就寝前の光刺激が心身への悪影響を及ぼすことが懸念されてきた。本研究では、若年者の日常生活におけるモニター画面の利用実態を調査し、その影響を実験的に明らかにした。実際のモニター画面からの光刺激量はこれまで生体リズムに影響がないと考えられてきたレベルであるにもかかわらず、実際に生体リズムは影響を受けた。視聴内容によって脳の賦活が生じ、生体リズムへの影響につながることが示唆され、若年者を中心としたモニター画面の利用への指針化につながる重要な知見を得ることができたと考えている。

研究成果の概要（英文）：In this study, we researched the actual usage of the monitor screen in the daily life of young people and the light stimulus received from the monitor, and found that the stimulus affected the biological rhythm of DIT (Diet-Induced Thermogenesis) as an index. The level of light stimulus from the monitor screen is not considered to be strong enough to disturb the biological rhythm, but it became clear that the activation of brain activity by the video content may have affected DIT. We believe that the results could contribute to society through presentations at academic conferences, publication in academic journals, and lectures at citizen’s course.

研究分野：環境心理生理

キーワード：光曝露　食事誘発性熱産生　課題集中能力　日内変動　メラトニン

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

１．研究開始当初の背景

　近年、日本においてメタボリックシンドローム（内臓脂肪型肥満を基に、糖尿病、脂質代謝異常、高血圧、脂肪肝が重なって起こる病態）の増加が深刻な問題となっている。日本人の現在のエネルギー摂取量は、餓死者が出た 1946 年の水準より低いにもかかわらず、メタボリックシンドロームの患者は増加している（厚生労働省国民健康・栄養調査）。エネルギー摂取量が低いにもかかわらずメタボリックシンドロームが増加する原因は、食の欧米化（高脂肪食）や、生活習慣の乱れから生じる運動不足や食習慣の乱れが考えられる（図 1）。さらに、最近の研究では、夜間の光暴露は肥満や高脂血症の増加と相関があることも報告されている（Obayashi et al., 2013; McFadden et al., 2014）。しかし、これらの研究では食事の摂取状況に関する把握が行われておらず、夜間の光暴露が肥満や高脂血症の直接の原因となるのか、それとも夜間の食事量や回数が増加した結果（食習慣の乱れ）を反映しているのか明らかではない。

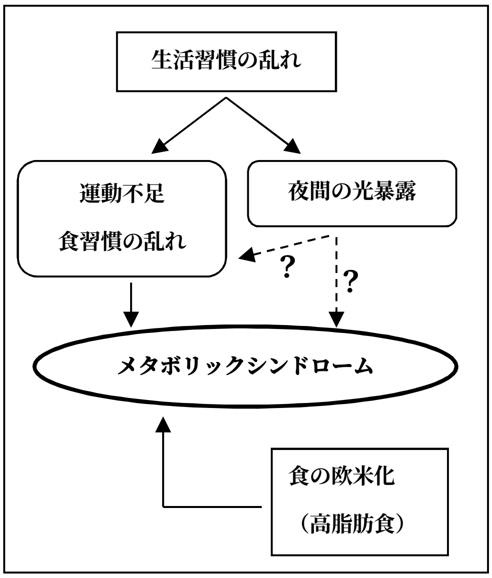

図１　メタボリックシンドローム増加の原因

　そこで、申請者らは、平成 26〜29 年度に科学研究費補助金（基盤 C）を受けて行った研究において、光暴露がエネルギー消費に直接影響するかどうかを実験的に検証した。その結果、光の明暗サイクルがエネルギー消費の一種である食事誘発性熱産生（DIT）の日内変動をもたらし、夜間に明るい光環境下で過ごすと DIT の日内リズムが乱れることを発見した（Fukuda and Morita, 2017）。DIT は、食後の消化・吸収によって発生するエネルギー消費で、食事の時間や内容によって比較的容易に変化させられることから、持続的な肥満予防につながると期待されている。この実験結果より、夜間の光暴露が直接エネルギー代謝に影響を及ぼし、肥満や高脂血症の一因につながる可能性が示された。しかし、この研究では夜間の光暴露を 7000 lx に設定しており、実際の夜間の室内照度（250 lx 程度）からは大きく異なっている。また、現代のヒトは、照明からの光だけでなく、スマートフォンを含む携帯電話やパーソナルコンピュータ、テレビなどの液晶ディスプレイからの光にも暴露されている。これらの電子機器が発する光は、生体リズムに大きな作用をもたらすピーク波長 460nm 付近の短波長光（ブルーライト）を多く含むと一般には考えられているが、実際に各電子機器から発せられる光の分光分布を測定し、生体への影響を比較した報告はない。これらの生体影響を把握し、生活の中で暴露される夜間の光がエネルギー消費へ及ぼす影響を検討することが、現代日本における生活習慣病の予防や健康増進の視点から必要である。

２．研究の目的

　本研究では、生活の中で夜間に暴露される光の実態を把握し、そのエネルギー消費への影響を把握することを目的としている。具体的には、以下の点を明らかにする。

　まず、一般的な生活時間や夜間の光暴露の現状（利用する液晶ディスプレイの種類と時間など）を、郵送による自記式質問紙で調査する。この調査結果を基に、一般に夜間に暴露される光の刺激量と時間を加味した実験設定を行う。次に、生活習慣の中で夜間に受ける光がエネルギー消費へ及ぼす影響を、実験的に把握する。以上の研究から得られた成果をデータベース化し、生活習慣病の予防や健康増進のために、照明計画や液晶ディスプレイ利用の指針化を図る。

３．研究の方法

【2018 年度】

　生活時間や夜間の光暴露の現状（利用する液晶ディスプレイの種類と時間など）を、郵送による自記式質問紙で調査する。大学生は特に生活習慣が乱れやすく、改善効果が高いと考えられることから、調査対象者は大学生男女とする。質問紙は、生活習慣、体型への関心、液晶ディスプレイの利用状況等に関する質問項目から構成されるものとする。この調査結果を基に、一般的に夜間に暴露される光の刺激量と時間を加味した実験設定を行う。光の刺激量は、Lucas ら（2014）の計算式を用いて、光の分光分布とヒトの眼に存在する受光器の分光感度分布から算出する（Fukuda et al., 2010, 2012, 2017）。光条件、実験期間などを設定し、6 名程度を対象に予備実験を行う。

【2019 年度】

　生活習慣の中で夜間に受ける光がエネルギー消費へ及ぼす影響を、実験的に把握する。

比較対象は、一般的な室内照度（250 lx）や消灯後の照度（10 lx 以下）が考えられる。
◆実験方法
被験者は健康な女子大学生である。実験は気温と湿度が一定に保たれた人工気候室内で行う。申請者らが過去に行った研究（Fukuda and Morita, 2017）を参考に、夜間の光条件（例：①250 lx＋液晶ディスプレイ光、②250 lx、③10 lx）のエネルギー消費への影響を、光条件下の夜間と翌日の昼食時に測定する。DIT は食後 8 時間程度持続することから、被験食を 1 日目の 8 時と 20 時前後、2 日目の 12 時に摂取し、その他の時間は水のみ摂取可とする。1 日目の 20 時前後と 2 日目の 12 時前後で呼吸代謝測定装置（VO2000, MGC Diagnostics Co., USA）を用いて安静時代謝量を測定し、各食事前と比較して食後に増加した安静時代謝量が DIT となる。食後数回にわたって精密体重計を用いて体重を測定し、DIT の増加と体重減少の関係を把握する。また、光刺激からエネルギー消費への情報伝達のメカニズムを解明するため、食事前後で心電図を測定し、心拍変動を周波数解析することで自律神経の関与を、夜間の唾液中メラトニンや朝方のコルチゾールの分泌から、概日リズムを反映するホルモン分泌の関与を検討する。実験の実施には、数名の学生アシスタントを雇った。
【2020 年度および 2021 年度】
2020 年度は、①～③の過程で得られた結果の詳細な検討と、必要に応じて追実験を行う。本研究と申請者らの過去の研究から得られた成果をデータベース化し、生活習慣病の予防や健康増進のために、照明計画や液晶ディスプレイ利用の指針化を図る。研究成果は国内外の学会や学術雑誌、ホームページ等で公開し、社会に還元する。
本研究では、夜間の光がエネルギー消費へ及ぼす影響を明らかにし、そのメカニズムを検討する。しかし、メカニズムを決定的に明らかにするには、ヒトを対象にした実験では多くの制約があるため、2021 年度には動物実験を可能にする新たな研究体制を模索し、今後の研究の展開を図る。

４．研究成果
2018 年度は、日常生活における生活時間や夜間の光暴露の現状（室内照明および利用する液晶ディスプレイの種類と時間など）と体格（BMI）との関係を、自記式質問紙で調査した。対象は、大学生は特に生活習慣が乱れやすく、改善効果が高いと考えられることから、大学生男女（九州大学、九州産業大学、東海大学、福岡女子大学の男女学生 311 名）とした。有効回答 288 名（男性 165 名、女性 123 名、18-23 歳）を得た。質問紙の内容は、生活習慣、体型への関心、液晶ディスプレイの利用状況等に関する質問項目から構成されるものとした。調査結果から、大学生が夜間にモニター画面からの光に暴露される時間は、2～3 時間であり、その光源の約 7 割はスマートフォンであることが明らかとなった。また、BMI には運動時間、居住形態（一人暮らしか家族と同居か）、そして夜間の電子機器使用時間が関係していることが明らかとなった。
2019 年度は、夜間の電子機器の使用による光刺激が食後の消費エネルギー量（DIT）へ及ぼす影響を明らかにするための実験を行った。前年度の調査結果をもとに、一般に夜間に暴露される光の種類と時間を把握し、実験における夜間（20：30～24：00）の光暴露条件を通常光条件（蛍光灯, 200lx, 32.21 melanopic lx）とモニター刺激条件（通常光条件 ＋ モニター刺激 0.01 melanopic lx）に分けて設定した。光の刺激量は、Lucas ら（2014）の計算式を用いて算出した。夜間の光条件による違いを、夕食（20 時）と翌日の昼食（12 時）における DIT の変化で把握した。被験者は光条件が異なる 1 泊 2 日の実験に、実験間隔を最低 3 日空けて 2 回参加し、光条件の提示順序はランダムとした。食事内容は 2 食×2 回とも同一のものとし、食事の前 12 時間は水のみ摂取可とした。結果として、モニター刺激条件では通常光条件よりも有意に夜間の DIT が低下することが示され、翌日の昼にはその影響は残っていないことが示された。モニター刺激条件が DIT に影響を及ぼしたメカニズムとしては、モニター刺激に映像を用いたので、脳活動の賦活が DIT に影響している可能性が考えられた。DIT と精密体重計を用いて計測した体重との関係を見たが、有意な関連は見られなかった。光刺激からエネルギー消費への情報伝達のメカニズムを解明するため、心拍変動を周波数解析することで得られる自律神経活動 や、夜間の唾液中メラトニンや朝方のコルチゾールの分泌の関与については、十分な裏付けが得られなかった。この点については、引き続き今後の検討課題である。
2020 年度の予定は、これまでの過程で得られた結果の詳細な検討と、必要に応じ追実験を行うことであった。また、本研究と申請者らの過去の研究から得られた成果をデータベース化し、生活習慣病の予防や健康増進のために、照明計画や液晶ディスプレイ利用の指針化を図ることでもある。研究成果は国内外の学会や学術雑誌、ホームページ等で公開し、社会に還元する予定であった。2020 年度の実績としては、前年度までに得られたデータの分析を行い、結果を検討した。結果として、モニターからの光刺激は生体リズムを乱すほど強いとは考えられず、DIT に影響を及ぼしたメカニズムとしては、映像内容による脳活動の賦活が考えられた。今回、明らかにできなかった以下の点について、追実験を行った。①日中の光暴露と大学生の課題への集中力との関係を事前調査

した。明条件と暗条件で課題に取り組んでもらい、学生の課題遂行能力、クロノタイプ、翌朝の睡眠感などを調査した。明暗条件下における学生の課題遂行能力や睡眠感は有意な差はなかったが、実験条件の具体的な改善案を得ることができた。また、夜間の光がエネルギー消費へ及ぼす影響を明らかにし、そのメカニズムを検討する必要がある。
2020 年度は動物実験や医療現場での研究調査などの可能性を模索するため、新たな研究体制を構築し、今後の研究の展開を図った。②医療現場における光の影響調査についての予備調査も行い、mRGC 刺激に日内変動をもたせた照明下では、一般的な入院施設の照明下よりも体内の日内変動を維持しやすいという傾向を得た。
照明計画や液晶ディスプレイ利用の指針化については、照明学会の研究調査委員会報告書や照明学会誌年報で貢献することができたと考えている。

2021 年度は、2020 年度における COVID-19 や所属機関の変更に伴って滞ったこれまでの結果の詳細な検討と、研究成果のまとめと報告を行った。また、得られた結果をもとに、生活習慣病の予防や健康増進のために、照明計画や液晶ディスプレイ利用の指針化を図った。研究成果は国内外の学会や学術雑誌、ホームページ等で公開し、社会に還元した。

これまでの総括として、若年者の日常生活におけるモニター画面の利用実態とそこから受ける光刺激を把握したこと、その刺激によって DIT を指標とした生体リズムに影響が見られたこと、モニター画面からの光刺激量は生体リズムを乱すほど強いとは考えられないが、映像内容による脳活動の賦活が DIT に影響を及ぼした可能性が考えられることなどをまとめた。また、2020 年度に行った追実験の、日中の光暴露と大学生の課題への集中力との関係を調査した結果を検討し、医療現場における光の影響調査をするための研究体制の整備や、同じ実験手法を用いて植物への影響を把握するための実験条件の検討など、今後の研究発展につながる調査や検討を行った。光がもたらす人への影響を把握する指標として、DIT 以外に課題遂行能力、クロノタイプ、携帯型活動計から得られる夜間の睡眠状態、起床時の睡眠感評価なども検討した。これらの知見は、今後の研究発展に活かしたいと考えている。

研究成果は、2021 年度では生理人類学会での学会発表、照明学会誌年報や IOL&RS などの学術雑誌への寄稿、北九州市男女共同参画センターでの講演などを通じて、社会的に還元することができたと考えている。

５．主な発表論文等

〔雑誌論文〕　計4件（うち査読付論文　4件／うち国際共著　0件／うちオープンアクセス　1件）

１．著者名 福田裕美	４．巻 104
２．論文標題 照明年報6章1節　視覚生理学	５．発行年 2020年
３．雑誌名 照明学会誌	６．最初と最後の頁 287-288
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

１．著者名 福田裕美	４．巻 24
２．論文標題 概日リズム調節における光と食事の影響に関する研究動向	５．発行年 2019年
３．雑誌名 日本生理人類学会誌	６．最初と最後の頁 1-7
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.20718/jjpa.24.1_1	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 福田裕美	４．巻 105
２．論文標題 照明年報6章1節　視覚生理学	５．発行年 2021年
３．雑誌名 照明学会誌	６．最初と最後の頁 244-245
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

１．著者名 福田裕美	４．巻 36
２．論文標題 水晶体混濁と概日リズム	５．発行年 2022年
３．雑誌名 IOL&RS	６．最初と最後の頁 39-44
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 －

〔学会発表〕　計4件（うち招待講演　0件／うち国際学会　0件）

1．発表者名 福田裕美，古賀美希，森田健
2．発表標題 大学生のスマートフォン使用状況とエネルギー消費への影響
3．学会等名 日本生理人類学会第77回大会
4．発表年 2018年

1．発表者名 福田裕美，田中みどり，久瀬真奈美，森田健
2．発表標題 条件等色光刺激と網膜電図を用いたmRGC反応における日内変動の把握
3．学会等名 日本生理人類学会第79回大会
4．発表年 2019年

1．発表者名 福田裕美，田中みどり，森田健
2．発表標題 mRGC刺激の日内変動によるヒトの概日リズム制御に関する研究
3．学会等名 第52回照明学会全国大会
4．発表年 2019年

1．発表者名 田中みどり，福田裕美，森田健
2．発表標題 実生活におけるメラノプシンを含む網膜神経節細胞への一日を通した光刺激制御が夜間のメラトニン分泌挙動および睡眠へ及ぼす影響
3．学会等名 日本生理人類学会第80回大会
4．発表年 2019年

〔図書〕　計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

北九州市立大学国際環境工学部建築デザイン学科教員紹介
https://www.kitakyu-u.ac.jp/env/faculty/d-design/introduction/yumi-fukuda.html

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
研究分担者	森田　健 (MORITA TAKESHI) (20326474)	福岡女子大学・人間環境科学研究科・教授 (27103)	削除：2020年3月18日

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