

環境要因に関する睡眠指針案の作成

研究分担者 佐伯圭吾 奈良県立医科大学 疫学・予防医学講座

研究協力者 大林賢史 奈良県立医科大学 疫学・予防医学講座

研究要旨

科学的エビデンスに基づいて、一般市民が活用しやすい睡眠指針を作成することは重要である。本研究の目的は、良質な睡眠を得るための睡眠環境を実現するための指針作成である。令和3年度には光（夜間の光環境、日中の光環境）、温度（就寝前の室温・入浴、就寝中の室温）、音（夜間の騒音）の環境が、睡眠に及ぼす影響に関する疫学研究のナラティブレビューを行った。令和4年度はレビュー結果をもとに、光、温度、音環境について良い睡眠のための健康づくりの指針案を作成した。令和5年度は具体的な事項についての理解を深めやすい指針とするために、よくある疑問と回答（Q&A）や、ショートコラムを追加作成した。

A. 研究目的

「健康づくりのための睡眠指針2014」の第6条・第7条では、光環境が睡眠に及ぼす影響が示されている。良い睡眠や体内リズムを保つためには、就寝前に強い照度や短波長の光を浴びないようにし、起床後は太陽光など強い光を浴びることが望ましいと記載された。しかしこれらの根拠は、高照度光による影響に関する生理学的実験や、少人数の対象者での実験研究の結果が主であり、疫学データに基づくエビデンスは乏しかった。そこで本研究では光環境と睡眠に関する疫学研究をレビューし、指針に反映させることとした。

夜間の騒音環境に関しては、近年、既存データをまとめたシステマティックレビューや、住環境の騒音と睡眠を測定した疫学研究が散見される。また寝室の温度環境については、比較的詳細に望ましい室温設定について記載されているが、近年実施された実生活下の疫学研究や、就寝前に入浴や室内温度環境についての研究がみられることから、知見の整理し、指針に反映させることを目的とした。

B. 研究方法

光（夜間の光環境、日中の光環境）、温度（就寝前の室温・入浴、就寝中の室温）、音（夜間の騒音）の環境が、睡眠に及ぼす影響に関する疫学研究についてナラティブレビューを行い、研究デザイン、曝露因子やアウトカムとその測定法、分析法、対象者の基本特性、おもな分析結果について整理した。

レビュー結果に基づいて、光・温度・音に配慮した良い睡眠のための環境づくりの指針として、①光の環境づくりで大切なこと、②温度の環境づくりで大切なこと、③音の環境づくりで大切なことを記載した。

一般市民からよく質問を受ける事項や、より具体的なアドバイスについて、疑問と回答例（Q&A）を作成し、ショートコラムを追加作成した。

C. 結果

夜間の光環境と睡眠に関する疫学研究について文献検索を行い、抄録やフルテキストをレビューした結果、最終的に9編の論文が該当した（表1）。9編のうち、4編が衛星写真から推定した屋外の明るさを曝露因子として用いた論文であった。残り

の5編は、寝室に設置した照度ロガーまたは手首や額に装着する照度ロガーを用いて測定した照度または短波長光パワーを曝露因子として用いた論文であった。2編の短期間縦断分析を除くと、他の7編は横断分析結果であった。9編中7編で夜間の光環境と睡眠の間に有意な関連を認めた。

日中の光環境と睡眠に関する疫学研究について文献検索を行い、抄録やフルテキストをレビューした結果、最終的に3編の論文が該当した(表2)。1編が短期間縦断分析で、他の2編は横断分析結果であった。3編中2編で日中の光環境と睡眠の間に有意な関連を認めた。

夜間の環境騒音の健康影響に関する疫学研究としては、建物外部で実測した騒音と、建物に住む対象者の睡眠に関する症状を調査した横断研究が多く実施されていた。しかし研究結果は学会発表や調査報告書が多く、査読を経た研究論文が乏しい点や、睡眠症状の質問内容が一貫していない点が課題であった。これらの先行研究について、対象者別データを収集したメタ解析を行ったレビュー論文が2編存在した(表3)。1編は1971~2004年の先行研究の結果をまとめたナラティブレビューで、合計23400人の結果を統合したメタ解析の結果は、鉄道、道路、航空機による夜間平均騒音レベルが高いと、主観的睡眠障害の有病率が有意高い関連を示した。1編は、2000年以降に発表された研究に関するシステムティックレビューであった。そのメタ解析によると、調査票に騒音源に関する質問を含む研究(対象者数33714人)では、夜間の騒音と主観的睡眠障害に有意な関連が見られたのに対し、騒音源に関する質問を含まない睡眠調査(対象者数30515人)では、有意な関連がみられなかった。さらに寝室内で夜間騒音を測定し、ポリソムノグラフィーで客観的に評価した睡眠の関連を検討した論文が3篇存在した。そのうち2編は、騒音イベントとその直後の睡眠ステージの変化確率を検討した縦断研究で、騒音イベントの最大音圧は睡眠ステージ変化と有意に関連していた。

就寝中の寝室温度と睡眠の関連についての疫学研究として6編の横断研究がみられた。そのうち3編は、調査票を用いた主観的睡眠との関連を報告しており、他の3編はアクチグラフィーなどを用いて客観的に測定した睡眠との関連を報告していた。6編のうち5編の論文は、室温が高い場合に、

睡眠の質が有意に低いとする横断関連を指摘していた(表4)。

就寝前の温度環境が睡眠に及ぼす影響の研究として、就寝前の室温や入浴と睡眠の関連についての研究を検索した。就寝前の室温と入眠潜時に関する短期縦断関連に関する研究が1編みられ、就寝前2時間の室温が高いと、主観的・客観的入眠潜時が有意に短縮する関連を報告していた。入浴を含むPassive Body heating (PBH) と睡眠に関しては、システムティックレビューが1編報告されており、少人数(5名から25名)を対象とする介入研究からなる11の先行研究のデータを用いたメタ解析は、入浴と入眠潜時短縮の有意な関連を示していた。さらに実生活下での入浴と入眠潜時の短期的縦断関連を報告する疫学研究が1編みられた(表5)。

レビュー結果に基づいて、インフォメーションシート 第2原則:「光・温度・音に配慮した、良い睡眠のための環境づくりを心がけて」の章を作成した。光、温度、音の環境づくりについて、

- ・日中はできるだけ日光を浴びよう
- ・寝室にはスマートフォンやタブレット端末を持ち込まず、できるだけ暗くして眠る
- ・寝室は暑すぎず寒すぎない温度で、就寝1~2時間前に入浴をしてからだを温めてから寝床に入る
- ・できるだけ静かな環境で、リラックスできる寝衣・寝具で眠ろう

といったポイントを踏まえて記載した。

さらに活用しやすい指針とするた「よくある疑問と回答(Q&A)」として具体的な質問に対するアドバイスを加筆した。

D. 考察

科学的エビデンスに基づいて、一般市民が活用しやすい睡眠指針を作成することは重要である。本研究によって、実際の生活環境での光、温度、騒音曝露と睡眠に関する疫学研究の知見を睡眠指針に反映することができた。今後は睡眠環境の疫学研究について定期的に新たな知見を把握し、睡眠指針をアップデートしていく必要があると考える。

E. 結論

睡眠環境に関する疫学研究に関するナラティブ

ナラティブレビューに基づいて睡眠指針を作成した。

[倫理面への配慮]

本研究は公表された論文内容を用いたものであり、対象者を特定する個人レベル情報を扱わないものとした。

F. 健康危険情報

なし

G. 研究発表

論文発表

1. Obayashi K, Saeki K, Yamagami Y, Kurumatani N, Sugie K, Kataoka H. Circadian activity rhythm in Parkinson's disease: findings from the PHASE study. *Sleep medicine* 2021; 85: 8-14, doi:10.1016/j.sleep.2021.06.023.
2. Okumura K, Obayashi K, Tai Y, Yamagami Y, Negoro H, Kataoka H, Saeki K et al. Association between NT-proBNP and nocturia among community-dwelling elderly males and females: A cross-sectional analysis of the HEIJO-KYO study. *Neurourol Urodyn* 2021; 40: 112-119, doi:10.1002/nau.24550.
3. Tai Y, Obayashi K, Yamagami Y, Yoshimoto K, Kurumatani N, Nishio K, Saeki K et al. Hot-water bathing before bedtime and shorter sleep onset latency are accompanied by a higher distal-proximal skin temperature gradient in older adults. *Journal of clinical sleep medicine : JCSM : official publication of the American Academy of Sleep Medicine* 2021; 17: 1257-1266, doi:10.5664/jcsm.9180.
4. Mitsui K, Saeki K, Tone N, Suzuki S, Takamiya S, Tai Y, Obayashi K et al. Short-wavelength light exposure at night and sleep disturbances accompanied by decreased melatonin secretion in real-life settings: a cross-sectional study of the HEIJO-KYO cohort. *Sleep medicine* 2022; 90: 192-198, doi:10.1016/j.sleep.2022.01.023.
5. Obayashi K, Tai Y, Yamagami Y, Saeki K. Associations between indoor light pollution and unhealthy outcomes in 2,947 adults: Cross-sectional analysis in the HEIJO-KYO cohort. *Environ Res* 2022; 215: 114350, doi:10.1016/j.envres.2022.114350.
6. Okumura K, Obayashi K, Tai Y, Yamagami Y, Kurumatani N, Saeki K. Influence of depression on the association between colder indoor temperature and higher blood pressure. *J Hypertens* 2022; 40: 2013-2021, doi:10.1097/HJH.0000000000003221.
7. Tai Y, Obayashi K, Yamagami Y, Kurumatani N, Saeki K. Association Between Passive Body Heating by Hot Water Bathing Before Bedtime and Depressive Symptoms Among Community-Dwelling Older Adults. *Am J Geriatr Psychiatry* 2022; 30: 161-170, doi:10.1016/j.jagp.2021.06.010.
8. Tai Y, Obayashi K, Yamagami Y, Saeki K. Inverse Association of Skin Temperature With Ambulatory Blood Pressure and the Mediation of Skin Temperature in Blood Pressure Responses to Ambient Temperature. *Hypertension* 2022; 79: 1845-1855, doi:10.1161/HYPERTENSIONAHA.122.19190.
9. Tai Y, Obayashi K, Okumura K, Yamagami Y, Negoro H, Kurumatani N, Saeki K et al. Association Between Before-bedtime Passive Body Heating and Nocturia During the Cold Season Among Older Adults. *J Epidemiol* 2023; 33: 398-404, doi:10.2188/jea.JE20210471.
10. Yamagami Y, Obayashi K, Tai Y, Saeki K. Association between indoor noise level at night and objective/subjective sleep quality in the older population: a cross-sectional study of the HEIJO-

KYO cohort. Sleep 2023; 46,
doi:10.1093/sleep/zsac197.

学会発表

1 生活環境における温度曝露とその影響の測定

佐伯圭吾

日本疫学会学術総会（シンポジウム）2023年2月

2 実生活環境下での入浴と夜間頻尿の短期縦断的関連：平城京スタディ

田井義彬, 大林賢史, 山上優紀, 佐伯圭吾

日本疫学会学術総会 2023年1月

3 紫色励起LEDのメラトニン分泌、客観的覚醒度、主観的眠気への影響：無作為化クロスオーバー試験

三井勝裕, 佐伯圭吾, 孫明ゆえ, 山上優紀, 田井義彬, 大林賢史 日本時間生物学会学術大会 2022

2022年12月

4 有機EL(OLED)照明とLED照明による光環境下の夜間作業効率と眠気—無作為化クロスオーバー非劣性試験—

澤木友利華, 久保智樹, 山口洋一, 清水宏司, 山上優紀, 佐伯圭吾, 大林賢史

日本時間生物学会学術大会 2022年12月

5 皮膚温リズムと肥満の関連：平城京スタディ

田井義彬, 大林賢史, 山上優紀, 佐伯圭吾 日本時間生物学会学術大会 2022年12月

6 黄斑色素密度と腎糸球体濾過量の関連

辻中大生, 佐伯圭吾, 大林賢史, 西智, 上田哲生, 緒方奈保子

日本網膜硝子体学会総会 2022年12月

7 総死亡の相対危険が最低となる室温の推計:既存データとコホートデータを用いた分析

佐伯圭吾, 田井義彬, 山上優紀, 大林賢史

日本公衆衛生学会総会 2022年10月

8 実生活環境下における寒冷曝露時の血圧上昇における皮膚温の媒介効果：平城京スタディ

田井義彬, 大林賢史, 山上優紀, 佐伯圭吾 日本公衆衛生学会総会 2022年10月

9 冬の室内寒冷曝露と筋力・歩行速度低値の横断関連：平城京スタディ

諏訪内宏益, 大林賢史, 田井義彬, 山上優紀, 佐伯圭吾

日本公衆衛生学会総会 2022年10月

10 緑内障患者における内因性光感受性網膜神経節細胞障害と認知機能の関連

吉川匡宣, 大林賢史, 宮田季美恵, 治村寛信, 佐伯圭吾, 緒方奈保子 日本緑内障学会学術集会 2022年9月

11 睡眠休養感に影響しうる生活環境要因

佐伯圭吾, 大林賢史

日本睡眠学会定期学術集会 2022年6月

12 実生活環境下での入浴と客観的睡眠指標の縦断的関連：外気温による効果修飾（平城京スタディ）

田井義彬, 大林賢史, 山上優紀, 佐伯圭吾

日本睡眠学会学術集会 2022年6月

13 うつ症状の有無が寒冷曝露と血圧高値の関連に及ぼす影響：平城京スタディ

奥村和生, 大林賢史, 田井義彬, 山上優紀, 佐伯圭吾

日本精神神経学会学術総会 2022年6月

14 Association between Circadian Activity Rhythms and Mood Episode Relapse in Bipolar disorder:

Results from A Prospective Cohort Study

江崎悠一, 大林賢史, 佐伯圭吾, 藤田潔, 岩田仲生, 北島剛

Annual Conference of the International Journal of Psychiatry and Neurosciences 2022年6月

15 寛解期および病相期を含めた双極性障害患者における客観的・主観的睡眠パラメータの比較

藤田明里, 江崎悠一, 大林賢史, 佐伯圭吾, 藤田潔, 岩田仲生, 北島剛司

日本精神神経学会学術総会 2022年6月

16 内因性光感受性網膜神経節細胞機能と緑内障重症度の関連：LIGHTスタディ

宮田季美恵, 吉川匡宣, 大林賢史, 治村寛信, 佐伯

圭吾, 緒方奈保子
 日本眼科学会総会 2022 2022 年 4 月
 17 実生活の入浴中の血圧変動と皮膚温の関連 :
 1527 人の大規模疫学研究 (平城京スタディ)
 田井義彬, 大林賢史, 山上優紀, 佐伯圭吾
 日本公衆衛生学会 2021 2021 年 12 月
 18 Association between Circadian Characteristics of
 the Distal Skin Temperature Rhythm and Actigraphic
 Sleep in Community-Dwelling Older Adults
 田井義彬, 大林賢史, 山上優紀, 佐伯圭吾
 日本時間生物学会学術大会 2021 年 11 月
 19 Effect of Evening Light Exposure on Sleep in
 Bipolar Disorder: A Longitudinal Analysis for
 Repeated Measures in the APPLE Cohort
 江崎悠一, 大林賢史, 佐伯圭吾, 藤田潔, 岩田仲
 生, 北島剛司
 Annual Conference of the International Society for
 Affective Disorders 2021 年 11 月
 20 緑内障患者における ADMA と夜間血圧の関連
 : LIGHT スタディ
 吉川匡宣, 大林賢史, 宮田季美恵, 佐伯圭吾, 緒方
 奈保子
 日本眼循環学会学術集会 2021 年 9 月
 21 高齢者における夜間頻尿と入浴との関連 : 平
 城京スタディ
 田井義彬, 大林賢史, 山上優紀, 車谷典男, 佐伯圭
 吾
 日本睡眠学会学術集会 2021 年 9 月
 22 双極性障害患者における夜型クロノタイプと
 自傷行為との横断的関連 : APPLE コホートスタ
 ディからの知見
 江崎悠一, 大林賢史, 佐伯圭吾, 藤田潔, 岩田仲
 生, 北島剛司
 日本睡眠学会学術集会 2021 年 9 月
 23 Preventive Effect of Morning Light Exposure on
 Relapse of Depressive Episode in Bipolar Disorder:
 Results from A Prospective Cohort Study
 江崎悠一, 大林賢史, 佐伯圭吾, 藤田潔, 岩田仲

生, 北島剛司
 Annual Conference of the International Society for
 Bipolar Disorders 2021 2021 年 5 月

H. 知的財産権の出願・登録状況

1. 特許取得

なし

2. 実用新案登録

なし

3. その他

参考文献 (表中の番号に対応)

- Wallace-Guy GM, Kripke DF, Jean-Louis G, Langer RD, Elliott JA, Tuunainen A. Evening light exposure: implications for sleep and depression. *J Am Geriatr Soc.* 2002 Apr;50(4):738-9.
- Obayashi K, Saeki K, Kurumatani N. Association between light exposure at night and insomnia in the general elderly population: the HEIJO-KYO cohort. *Chronobiol Int.* 2014 Nov;31(9):976-82.
- Obayashi K, Saeki K, Iwamoto J, Okamoto N, Tomioka K, Nezu S, Ikada Y, Kurumatani N. Effect of exposure to evening light on sleep initiation in the elderly: a longitudinal analysis for repeated measurements in home settings. *Chronobiol Int.* 2014 May;31(4):461-7.
- Koo YS, Song JY, Joo EY, Lee HJ, Lee E, Lee SK, Jung KY. Outdoor artificial light at night, obesity, and sleep health: Cross-sectional analysis in the KoGES study. *Chronobiol Int.* 2016;33(3):301-14.
- Obayashi K, Yamagami Y, Kurumatani N, Saeki K. Pre-awake light exposure and sleep disturbances: findings from the HEIJO-KYO cohort. *Sleep Med.* 2019 Feb;54:121-125.
- Xiao Q, Gee G, Jones RR, Jia P, James P, Hale L. Cross-sectional association between outdoor artificial light at night and sleep duration in middle-to-older aged adults: The NIH-AARP Diet and Health Study. *Environ Res.* 2020 Jan;180:108823.
- Paksarian D, Rudolph KE, Stapp EK, Dunster GP, He J, Mennitt D, Hattar S, Casey JA, James P, Merikangas KR. Association of Outdoor Artificial

- Light at Night With Mental Disorders and Sleep Patterns Among US Adolescents. *JAMA Psychiatry*. 2020 Dec 1;77(12):1266-1275.
8. Amdisen L, Daugaard S, Vestergaard JM, Vested A, Bonde JP, Vistisen HT, Christoffersen J, Garde AH, Hansen ÅM, Markvart J, Schläunssen V, Kolstad HA. A longitudinal study of morning, evening, and night light intensities and nocturnal sleep quality in a working population. *Chronobiol Int*. 2021 Dec 14:1-11.
 9. Mitsui K, Saeki K, Tone N, Suzuki S, Takamiya S, Tai Y, Yamagami Y, Obayashi K. Short-wavelength light exposure at night and sleep disturbances accompanied by decreased melatonin secretion in real-life settings: a cross-sectional study of the HEIJO-KYO cohort. *Sleep Med*. 2022 Feb;90:192-198.
 10. Boubekri M, Cheung IN, Reid KJ, Wang CH, Zee PC. Impact of windows and daylight exposure on overall health and sleep quality of office workers: a case-control pilot study. *J Clin Sleep Med*. 2014 Jun 15;10(6):603-11.
 11. Miedema HM, Vos H. Associations between self-reported sleep disturbance and environmental noise based on reanalyses of pooled data from 24 studies. *Behav Sleep Med*. 2007;5(1):1-20. Epub 2007/02/23.
 12. Basner M, McGuire S. WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Review on Environmental Noise and Effects on Sleep. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(3). Epub 2018/03/15.
 13. Basner M, Samel A, Isermann U. Aircraft noise effects on sleep: application of the results of a large polysomnographic field study. *J Acoust Soc Am*. 2006;119(5 Pt 1):2772-84.
 14. Aasvang GM, Overland B, Ursin R, Moum T. A field study of effects of road traffic and railway noise on polysomnographic sleep parameters. *J Acoust Soc Am*. 2011;129(6):3716-26.
 15. Elmenhorst EM, Pennig S, Rolny V, Quehl J, Mueller U, Maass H, et al. Examining nocturnal railway noise and aircraft noise in the field: sleep, psychomotor performance, and annoyance. *Sci Total Environ*. 2012;424:48-56.
 16. Okamoto-Mizuno K, Tsuzuki K. Effects of season on sleep and skin temperature in the elderly. *Int J Biometeorol*. 2010;54(4):401-9.
 17. van Loenhout JA, le Grand A, Duijm F, Greven F, Vink NM, Hoek G, et al. The effect of high indoor temperatures on self-perceived health of elderly persons. *Environ Res*. 2016;146:27-34.
 18. Quinn A, Shaman J. Health symptoms in relation to temperature, humidity, and self-reported perceptions of climate in New York City residential environments. *Int J Biometeorol*. 2017;61(7):1209-20.
 19. Lappharat S, Taneepanichskul N, Reutrakul S, Chirakalwasan N. Effects of Bedroom Environmental Conditions on the Severity of Obstructive Sleep Apnea. *J Clin Sleep Med*. 2018;14(4):565-73.
 20. Williams AA, Spengler JD, Catalano P, Allen JG, Cedeno-Laurent JG. Building Vulnerability in a Changing Climate: Indoor Temperature Exposures and Health Outcomes in Older Adults Living in Public Housing during an Extreme Heat Event in Cambridge, MA. *Int J Environ Res Public Health*. 2019;16(13).
 21. Zhang X, Luo G, Xie J, Liu J. Associations of bedroom air temperature and CO₂ concentration with subjective perceptions and sleep quality during transition seasons. *Indoor air*. 2021;31(4):1004-17.
 22. Saeki K, Obayashi K, Tone N, Kurumatani N. A warmer indoor environment in the evening and shorter sleep onset latency in winter: The HEIJO-KYO study. *Physiol Behav*. 2015;149:29-34.
 23. Haghayegh S, Khoshnevis S, Smolensky MH, Diller KR, Castriotta RJ. Before-bedtime passive body heating by warm shower or bath to improve sleep: A systematic review and meta-analysis. *Sleep Med Rev*. 2019;46:124-35.
 24. Tai Y, Obayashi K, Yamagami Y, Yoshimoto K, Kurumatani N, Nishio K, et al. Hot-water bathing before bedtime and shorter sleep onset latency are accompanied by a higher distal-proximal skin temperature gradient in older adults. *J Clin Sleep Med*. 2021;17(6):1257-66.

表1 夜間の光環境と睡眠の関連

| 著者（日付） | 国 | 対象者数 | 対象者年齢 | 研究デザイン | 曝露因子（測定方法） | アウトカム（測定方法） | 分析方法 | 主な結果【交絡因子】 |
|-----------------------------|-------|---------------------------|-----------------|---------------------------|--|---|---------------------------------------|---|
| Wallace-guy et al. 2002 [1] | 米国 | 154人 (M0/F154) | 66.7歳 (SD不明) | Cross-sectional | 就寝前4時間の平均曝露照度 (wrist light meter) | 中途覚醒時間・睡眠効率・入眠潜時・総睡眠時間 (アクチグラフ/睡眠日誌) | 不明 | 就寝前4時間の平均曝露照度とアクチグラフ睡眠項目は有意な関連を認めなかった【年齢、季節】 |
| Obayashi et al. 2014 [2] | 日本 | 857人 (M425/F432) | 72.2歳±7.1 (SD) | Cross-sectional | 入床中の平均寝室照度 (light meter/水平照度) | 睡眠障害 (質問票: PSQI)、中途覚醒時間・睡眠効率・入眠潜時・総睡眠時間 (アクチグラフ) | ロジスティック回帰分析 (睡眠障害)、共分散分析 (アクチグラフ睡眠項目) | 入床中平均曝露照度増加で睡眠障害割合が有意に高かった (調整OR=1.61: 第1四分位群 vs. 第4四分位群)、入床中平均曝露照度増加でアクチグラフ睡眠項目 (中途覚醒時間・睡眠効率・入眠潜時・総睡眠時間) が有意に悪かった【年齢、性、BMI、身体活動量、メラトニン分泌量、入床時刻、離床時刻、日長時間】 |
| Obayashi et al. 2014 [3] | 日本 | 192人 (M96/F96) | 69.9歳±6.3 (SD) | Longitudinal (short-term) | 入床前4時間の平均曝露照度 (wrist light meter) | 入眠潜時 (アクチグラフ) | 線形混合効果モデル | 入床前4時間の平均曝露照度増加で入眠潜時が有意に延長していた (調整回帰係数=0.133: per log lux 増加毎)【年齢、性、身体活動量、入床時間、日長時間、入床中平均曝露照度】 |
| Koo et al. 2016 [4] | 韓国 | 8526人 (M4010/F4526) | 52.9歳±9.0 (SD) | Cross-sectional | 夜間の屋外の明るさ強度 (衛星写真) | 睡眠障害 (質問票) | ロジスティック回帰分析 | 衛星写真の明るさ強度の高い群は低い群より睡眠障害割合が有意に高かった (調整OR=1.53)【年齢、性、被教育歴、住居タイプ、収入、飲酒、喫煙、就寝前カフェイン摂取、うつ、肥満】 |
| Obayashi et al. 2019 [5] | 日本 | 1108人 (M521/F587) | 71.9歳±7.1 (SD) | Cross-sectional | 離床前2時間の平均寝室照度 (light meter/水平照度) | 睡眠障害 (質問票: PSQI)、中途覚醒時間・睡眠効率・入眠潜時・総睡眠時間 (アクチグラフ) | ロジスティック回帰分析 (睡眠障害)、共分散分析 (アクチグラフ睡眠項目) | 離床前2時間の平均寝室照度増加で睡眠障害割合が有意に高かった (調整OR=1.56: 第1四分位群 vs. 第4四分位群)、離床前2時間の平均寝室照度増加でアクチグラフ睡眠項目 (中途覚醒時間・睡眠効率・入眠潜時) が有意に悪かった【年齢、性、BMI、飲酒、喫煙、高血圧、糖尿病、身体活動量、メラトニン分泌量、入床時刻、離床時刻、日長時間】 |
| Xiao et al. 2020 [6] | 米国 | 333365人 (M196005/F137360) | 不明 (約62歳) | Cross-sectional | 夜間の屋外の明るさ強度 (衛星写真) | 睡眠時間 (質問票) | ロジスティック回帰分析 | 衛星写真の夜間屋外の明るさ強度増加で短時間睡眠 (7時間未満) の割合が有意に高かった (女性: 調整OR=1.16: 第1五分位群 vs. 第5五分位群/男性: 調整OR=1.25: 第1五分位群 vs. 第5五分位群)【年齢、人種、婚姻、住所、喫煙、飲酒、身体活動量、テレビ視聴、住宅価格】 |
| Paksarian et al. 2020 [7] | 米国 | 10123人 (M4953/F5170) | 15.2歳±0.06 (SD) | Cross-sectional | 夜間の屋外の明るさ強度 (衛星写真) | 睡眠パターン (平日の入床時刻・平日の睡眠時間・週末-平日の入床時刻の差・週末の過剰睡眠時間) (質問票) | ロジスティック回帰分析 | 衛星写真の夜間屋外の明るさ強度増加で睡眠パターン (平日の入床時刻・平日の睡眠時間・週末-平日の入床時刻の差) と有意に悪かった |
| Amdisen et al. 2021 [8] | デンマーク | 317人 (M212/F105) | 43歳±12 (SD) | Longitudinal (short-term) | 就寝前2時間の平均曝露照度、入床中の平均寝室照度 (wrist light meter) | 入眠潜時、中途覚醒、睡眠障害 (質問票) | 線形混合効果モデル | 就寝前2時間および入床中の平均寝室照度と睡眠指標は有意な関連を認めなかった【年齢、性、BMI、喫煙、クロノタイプ、カフェイン、日中光曝露量】 |
| Mitsui et al. 2022 [9] | 日本 | 580人 (M272/F308) | 71.0歳±7.6 (SD) | Cross-sectional | 入床中の平均曝露短波長光パワー (短波長光meter付ヘッドバンド) | 睡眠障害 (質問票: PSQI)、中途覚醒時間・睡眠効率・入眠潜時・総睡眠時間 (アクチグラフ) | ロジスティック回帰分析 (睡眠障害)、共分散分析 (アクチグラフ睡眠項目) | 入床中の平均曝露短波長光パワー増加で睡眠障害割合が有意に高い (調整OR=1.90: 第1三分位群 vs. 第3三分位群)、入床中の平均曝露短波長光パワー増加でアクチグラフ睡眠項目 (中途覚醒時間・睡眠効率・入眠潜時・断眠係数) が有意に悪い【年齢、性、BMI、飲酒、喫煙、高血圧、糖尿病、身体活動量、メラトニン分泌量、入床時刻、離床時刻、日長時間】 |

表2 日中の光環境と睡眠の関連

| 著者（日付） | 国 | 対象者数 | 対象者年齢 | 研究デザイン | 曝露因子（測定方法） | アウトカム（測定方法） | 分析方法 | 主な結果【交絡因子】 |
|-----------------------------|-------|-----------------|-------------|--------------------------|----------------------------------|---|-----------|--|
| Wallace-guy et al. 2002 [1] | 米国 | 154人（M0/F154） | 66.7歳（SD不明） | Cross-sectional | 24時間の平均曝露照度（wrist light meter） | 中途覚醒時間・睡眠効率・入眠潜時・総睡眠時間（アクチグラフ／睡眠日誌） | 不明 | 24時間の平均曝露照度増加でアクチグラフ睡眠項目（中途覚醒時間・入眠潜時）が有意に良かった【年齢、季節】 |
| Boubekri et al. 2014 [10] | 米国 | 49人（M19/F30） | 不明（約45歳） | Cross-sectional | 窓側の業務スペース | 業務中の曝露照度（wrist light meter）、睡眠の質（質問票：PSQI／アクチグラフ） | t-test | 窓側の業務スペースの職員は業務中の曝露照度が有意に高く、PSQIスコアが有意に低かった【無し】 |
| Amdisen et al. 2021 [8] | デンマーク | 317人（M212/F105） | 43歳±12（SD） | Longitudinal（short-term） | 起床後2時間の平均曝露照度（wrist light meter） | 入眠潜時、中途覚醒、睡眠障害（質問票） | 線形混合効果モデル | 起床後2時間の平均寝室照度と睡眠指標は有意な関連を認めなかった【年齢、性、BMI、喫煙、クロノタイプ、カフェイン、日中光曝露量】 |

表3 夜間の騒音と睡眠の関連

| 著者（日付） | 国 | 対象者数 | 対象者年齢 | 研究デザイン | 曝露因子（測定方法） | アウトカム（測定方法） | 分析方法 | 主な結果【交絡因子】 |
|-----------------------------|---------------------------------------|---|---|---|---|--|---|---|
| Miedema et al. 2007 [11] | 欧州、北米、日本 (1971～2004年) | 24の横断研究研究に参加した23400人(航空機騒音曝露者9982人、道路騒音曝露者10231人、鉄道騒音者3187人)のうち、年齢が判明し、45-65dBの騒音に曝露した22771人。 | 中央値45歳(12-98歳) | Narrative review: 先行研究の対象者別データを用いたメタ解析 | 夜間(午後11時から午前7時)に建物外部で曝露する交通騒音の平均値(A特性重みづけ音圧, dB)。 | 睡眠障害(質問票): 各先行研究で用いた質問票が異なるため、そのばらつきを標準化したスコア(1-100点)に換算した。 | 睡眠障害を従属変数、夜間騒音および交絡因子を独立変数とし、各研究による影響をランダム切片する混合線形モデル。 | 夜間騒音と睡眠障害は、有意な正の相関を示し、その影響は騒音源によって異なっていた。多変量解析の結果、道路および鉄道騒音における夜間騒音の回帰係数は1.72(95%CI: 1.52 to 1.92, p<0.01)で、航空機騒音では夜間騒音の回帰係数は3.15(95%CI: 2.72 to 3.58, p<0.01)であった。【年齢、年齢 ² 、対象者が参加した研究】 |
| Basner et al. 2018 [12] | 欧州、東南アジア、日本、韓国、香港 (2002～2015年) | 2000年以降に発表された30の先行研究に参加したのべ64229人(内訳: 航空機騒音曝露者9634人、道路騒音曝露者38970人、鉄道騒音曝露者15625人。) | 記載なし | Systematic review: 対象者別データ(一部制限あり)を用いたメタ解析 | 夜間に建物外部で曝露する交通騒音の平均値(A特性重みづけ音圧, dB)。測定値または24時間平均騒音に基づく推定値を分析に用いた。 | 睡眠障害(質問票): 入眠障害、中途覚醒、不眠症状の強さは5段階または11段階で質問されており、5段階のうち4以上、11段階のうち9以上の症状を「強い睡眠障害あり」とみなした。1つの研究で複数の症状を調査した場合は、結果の平均値を分析に用いた。 | 強い睡眠障害を従属変数、夜間の騒音レベル10dB高値を独立変数とし、各研究別のランダム効果、騒音による影響を固定効果とする混合効果ロジスティック回帰モデルを用いて、粗オッズ比を算出した。 バイアスを考慮して、騒音元に関する質問を含む研究と、同質問を含まない研究で層別化分析が行われた。 | <ul style="list-style-type: none"> 騒音源に関する質問を含む研究(n=33714) 夜間騒音10dB上昇に関連する睡眠障害のオッズ比は、航空機騒音曝露者(n=6461)で1.94(95%CI: 1.61 to 2.33)、道路騒音曝露者(n=20120)で2.13(95%CI: 1.82 to 2.48)、鉄道騒音曝露者(n=7133)で3.06(95%CI: 2.38 to 3.93)で、有意な関連がみられた。 騒音源に関する質問を含まない研究(n=30515) 夜間騒音10dB上昇に関連する睡眠障害のオッズ比は、航空機騒音曝露者(n=3173)で1.17(95%CI: 0.54 to 2.53)、道路騒音曝露者(n=18850)で1.09(95%CI: 0.94 to 1.27)、鉄道騒音曝露者(n=8494)で1.27(95%CI: 0.89 to 1.18)で、いずれも有意な関連が見られなかった。 |
| Basner et al. 2006 [13] | ドイツ | 64人(M28/F36)×9晩 | 38歳(19-61歳) | Longitudinal (short-term) | 被験者宅の寝室内で測定した航空機騒音(被験者の耳付近に設置した騒音計) | 睡眠構造、ノイズイベント発生後、90秒までの覚醒またはS1への睡眠ステージ変化確率(ポリソムノグラフィ) | 混合効果ロジスティック回帰モデル | 航空機による騒音イベントの最大音圧値は、睡眠ステージが覚醒またはS1へ変化する確率に有意な正の関連を示し(p<0.001)、約40dB以上の最大音圧のイベントにおいて、自然覚醒確率を有意に上回った。【背景騒音レベル、曝露時の睡眠ステージ、曝露時までの睡眠時間】 |
| Aasvang et al. 2011 [14] | ノルウェー | 40人(M20/F20): そのうち鉄道騒音曝露者20人、道路騒音曝露者20人 | 48.5歳(35-60歳) | Longitudinal (short-term) | 被験者宅の寝室内で測定した騒音(被験者の頭付近に騒音計を設置) | 睡眠構造 | Spearman 順位相関係数、一般線形モデル | 鉄道騒音曝露者において、夜間の平均騒音レベルは、REM睡眠時間と有意な負の関連を示し(rs=-0.71, p<0.01)、年齢調整後もその関連は有意であった(p=0.02)。【年齢】 |
| Elmenhorst et al. 2012 [15] | ドイツ | 33人(M11/F22)×9晩 | 36.2歳±10.3(SD) | Longitudinal (short-term) | 被験者宅の寝室内で測定した鉄道騒音(被験者の耳付近に設置した騒音計) | ノイズイベント直後の覚醒またはS1への睡眠ステージ変化確率(ポリソムノグラフィ) | 混合効果ロジスティック回帰モデル | 鉄道による騒音イベントの最大音圧値は、睡眠ステージが覚醒またはS1へ変化する確率に有意な正の関連を示した。【年齢、性別、背景騒音レベル、曝露時の睡眠ステージ、曝露時までに、曝露時の睡眠ステージで経過した時間、曝露時までの睡眠時間】 |
| Basner et al. 2018 [12] | ドイツ | 97人(M39/F58)×9晩 | 64人: 平均38歳(19-61歳) 33人36.2歳±10.3(SD) | Systematic review of longitudinal study (short-term) 論文13,15) データを用いたメタ解析 | 被験者宅の寝室内で測定した鉄道騒音(被験者の耳付近に設置した騒音計) | ノイズイベント直後90秒までの覚醒またはS1への睡眠ステージ変化確率(ポリソムノグラフィ) | 混合効果ロジスティック回帰モデル | 騒音イベントの最大音圧値(10dB上昇)と、睡眠ステージ変化(覚醒またはS1へ変化の変化)は有意に関連し、調整オッズ比は、下記のとおりであった。 道路騒音: 1.32(1.15 to 1.50) 航空機騒音: 1.32(1.19 to 1.47) 鉄道騒音: 1.34(1.19 to 1.51) 【年齢、性別、週末 or not、入眠後経過時間】 |

表4 就寝中の室温と睡眠の関連

| 著者（日付） | 国 | 対象者数 | 対象者年齢 | 研究デザイン | 曝露因子（測定方法） | アウトカム（測定方法） | 分析方法 | 主な結果【交絡因子】 |
|--------------------------------|------|--------------------------|----------------|--|--|--|---|---|
| Okamoto-Mizuno et al.2010 [16] | 日本 | 19人（M13/F6） | 65.8歳± | Cross-sectional 冬(2月)、秋(10-11月)、夏(7-8月)に5日連続測定 | 寝室の室温、相対湿度は1分間隔で測定。 | 睡眠効率（アクチグラフィ） | 一元配置分散分析、Fisher's protected least significance difference | 冬、秋、夏の寝室温（相対湿度）は9.5°C(59.9%)、15.4°C(69.2%)、27.7°C(74.0%)で、睡眠効率は91.3%、90.3%、80.8%で、秋・冬と比べて夏の睡眠効率は有意に低かった。 |
| Loenhout et al.2016 [17] | オランダ | 113人（M51/F62） | 73.8歳±7.5(SD) | Cross-sectional | 居間・寝室温(4-9月測定) | 睡眠障害（質問票）：被験者は、5月1～7日と、8月14～20日に、週1回自記式質問票で睡眠障害の有無を回答した。 | ポアソン回帰モデル | 居間の24時間平均室温の1°C上昇は、睡眠障害の有病率21%増加（95%CI: 7-37%）と有意に関連した（P<0.002）【年齢、性別】 |
| Quinn et al.2017 [18] | 米国 | 40人 | 28.5歳（中央値） | Cross-sectional 夏：2014年5-9月、2015年5-9月、冬：2014年11-2015年3月の3期間に測定した。 | 居間および寝室温の温度は、床上1.5mの位置で60分間隔ごとに測定した。 | 主観的睡眠の質（質問票） | 混合効果ロジスティック回帰モデル | 15名は3期間すべての測定を完了し、13名は2期間、12名は1期間のみの測定を完了した。夏の測定において、24時間室温平均値1°C高値は、睡眠の質が「いつもより悪い」と回答する割合と有意に関連した（粗オッズ比:2.28, p<005）。 |
| Lappharat et al.2018 [19] | タイ | 63人の閉塞性睡眠時無呼吸患者（M46/F17） | 42歳（中央値） | Cross-sectional | 雨季（5-8月）と乾季（12-3月）の3晩、寝室の室温および相対湿度を5分毎に測定した。 | 睡眠障害（質問票）：PSQI>5を睡眠障害とする | 多重ロジスティック回帰分析 | 参加者の年平均寝室温は、26.12°Cで、睡眠中の寝室温高値は、睡眠障害の有病率と有意に関連した。（調整オッズ比:1.46, 95%CI:1.01 to 2.10）【年齢、性別、BMI、飲酒喫煙、受動喫煙の有無、apnea-hypopnea index】 |
| Williams et al.2019 [20] | 米国 | 51人（M22/F29） | 65歳（SD不明） | Cross-sectional | 対象者宅の室温は5分間隔で測定し、24時間平均値が算出された。測定は6-8月に実施した。 | アクチグラフィを用いて、寝返りの回数を測定した。 | 一般加法モデル | 室温は1晩あたりの寝返り回数と正の相関を示した。 |
| Zang et al. 2020 [21] | 中国 | 104人（M32/F72） | 29.0歳±11.4（SD） | Cross-sectional | 夜間の寝室温をベッドサイドのテーブルで、5分間隔で測定した。各対象者は春（4月）および秋（9、10月）に1晩の測定を行った。 | 主観的睡眠の質（質問票）：寝つきの良さ、起床時の回復感、睡眠の満足感、客観的睡眠の質（アクチグラフィ） | Spearmanの順位相関係数 | 夜間の寝室温と主観的・および客観的睡眠の質には有意な関連は認めなかった。 |

表5 就寝前の室温・入浴と睡眠の関連

| 著者（日付） | 国 | 対象者数 | 対象者年齢 | 研究デザイン | 曝露因子（測定方法） | アウトカム（測定方法） | 分析方法 | 主な結果【交絡因子】 |
|---------------------------|----|------------------|-------------------|---------------------------|--------------------------------------|-------------------------|-------------------|---|
| Sacki et al. [22] | 日本 | 861人（M423／F438） | 72.1歳 ±7.1(SD) | Longitudinal (short-term) | 就寝前2時間の居室室温 | 客観的入眠潜時（アクチグラフ）、主観的入眠潜時 | 多変量混合線形回帰モデル | 就寝前の室温1℃上昇は、有意に主観的入眠潜時の短縮（-0.021 log-min, 95%CI: ^-0.034 to -0.070）および客観的入眠潜時の短縮（-0.019 log-min, 95%CI: -0.034 to -0.003）と関連した。 【年齢、性別、BMI、飲酒、喫煙、睡眠薬・抗うつ薬・降圧薬の服用、入床時刻、身体活動量、外出時間、所得】 |
| Haghayegh et al.2019 [23] | 多数 | 134人（11の研究参加者） | 記載なし | Systematic review | 就寝前のPBH: Passive body heating（入浴を含む） | 客観測定による入眠潜時 | ランダム効果モデルを用いたメタ解析 | 就寝前1-2時間のPBHは、有意な入眠潜時短縮と関連した（Effect size: -1.01, 95%CI: -1.50 to -0.52, p<0.01）。また20分を超えるPBHは有意な入眠潜時の短縮と関連した（Effect size: -0.61, 95%CI: -0.94 to -0.28, p<0.01） |
| Tai et al. 2021 [24] | 日本 | 1094人（M512／F582） | 72.0歳±7.1（SD） | Longitudinal (short-term) | 入浴の有無、入湯時間、入浴から入床までの時間 | 客観的入眠潜時（アクチグラフ）、主観的入眠潜時 | 多変量混合線形回帰モデル | 就寝前61-120分の、10間以上の入浴は対照と比べて、主観的入眠潜時の有意な短縮（-0.16 log-min, 95%CI: -0.30 to -0.01）、客観的入眠潜時の有意な短縮（-0.23 log-min, 95%CI: -0.42 to -0.03）と関連した。また就寝前121-180分の、10間以上の入浴は対照と比べて、主観的入眠潜時の有意な短縮（-0.18 log-min, 95%CI: -0.35 to -0.01）、客観的入眠潜時の有意な短縮（-0.32 log-min, 95%CI: -0.56 to -0.09）と関連した。【年齢、性別、BMI、飲酒、喫煙、所得、教育歴、交代制勤務歴、睡眠薬・抗うつ薬・降圧薬の服用、eGFR、入床時刻、身体活動量、室温】 |