

夏季における寝室の温熱環境、温熱感覚及び睡眠の質の関係

—大阪の賃貸集合住宅居住者を対象とした分析—

正会員 ○橋 良樹*¹ 正会員 梅宮 典子*² 会員外 新井 潤一郎*³正会員 小林 知広*⁴ 正会員 中山 裕介*¹

4.環境工学—10. 温冷感— f. 住宅の温熱環境

寝室 冷房 OSA 睡眠調査 温熱感覚

1. 背景と目的

温暖化と都市高温化により夏季の熱帯夜数が増加している。筆者らは夏季睡眠時の適切な冷房使用について検討するにあたって大阪の集合住宅居住者55名ののべ383日を対象に温熱環境の実測をおこない、温熱環境と睡眠の質のあいだの関係が弱いことを示した。行動申告にもとづいて冷房を30分以上使用した「冷房使用日」と全く使用しない「非使用日」のどちらにおいてもその関係は弱く、「非使用日」においては、温熱環境が暑いほうがむしろ睡眠の質がよい傾向があった^{文1)}。本報は、1) 睡眠時の室温や外気温と冷房使用との関係を分析し、2) PMV や SET*で温熱環境を表し、3) OSA 睡眠調査における起床時眠気因子、入眠・睡眠維持因子、疲労回復因子、睡眠時間因子などの因子別得点についても含めて、温熱環境と温冷感と睡眠の質の三者の関係について分析したので報告する。

2. 方法

調査は大阪市内および堺市内の公団・公社賃貸集合住宅において、2014年8月19日～9月27日に44人、2015年8月1日～9月10日に44人の居住者を対象に実施した。各居住者は連続した1週間のあいだ温湿度を測定記録し、毎朝、前夜の睡眠時の温熱感覚や睡眠の質について評価する。また、冷房使用、窓開放および扇風機使用、寝室の在・不在、睡眠について、30分単位で日誌に記入する。住戸属性や自宅の住環境評価にも回答する。睡眠の質の評価には、15項目からなるOSA睡眠調査票MA版^{文2)}を用いた。OSA各因子と項目を表1に示す。起床時眠気因子は「集中力」、「解放感」、入眠・睡眠維持因子は「はっきり」、「ぐっすり」、「ウトウト」、「寝つき」、「目覚め」、「眠りの深さ」、夢見因子は「悪夢」、「夢」、疲労回復因子は「疲れ」、「だるさ」、「気分」、睡眠時間因子は「食欲」、「睡眠時間」で構成されている。「非常によい」、「ややよい」、「やや悪い」、「非常に悪い」の4段階で評価する。

表1 OSA各因子と項目

起床時眠気	集中力	解放感					
入眠・睡眠維持	はっきり	ぐっすり	ウトウト	寝つき	目覚め	眠りの深さ	
夢見	悪夢					夢	
疲労回復	疲れ					だるさ	気分
睡眠時間	食欲					睡眠時間	

表2 温熱環境の測定項目

測定項目	測定精度	測定位置	測定間隔
気温	0.5K	就寝時の頭部周辺	2014年30分 2015年10分
湿度	1%RH	就寝時の頭部周辺	就寝前 起床後

寝室は最もプライベートな空間であるため、温熱環境のセンサーは教示にしたがって居住者に寝室の枕元に設置していただいた(表2)。気温の変動性状をもとに寝室気温を代表する位置に設置できていたと判断できた2015年34人、2014年21人のデータを使用する。

3. 調査期間の外気温

外気温には気象台の10分間隔データを使用する。図1に両年の夏における日平均外気温の推移を示す。2014年は冷夏であり、また調査期間が異なるため、2014年は30.4℃から20.5℃(平均24.4℃)、2015年は31.9℃から22.3℃(平均27.2℃)を推移している。

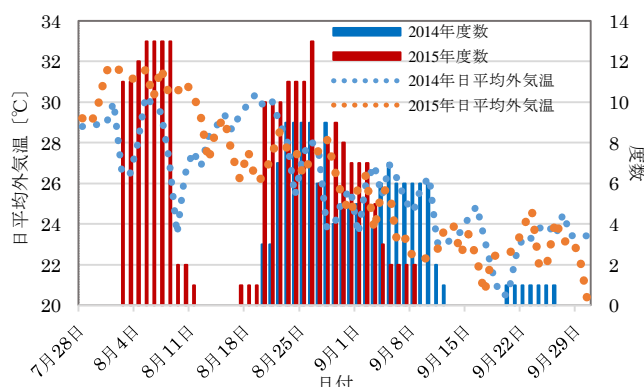


図1 日平均外気温と測定人数

Relation among Thermal Environment, Thermal Sensation and Sleep Quality in bedroom during summer -Analyses of University Apartments in Osaka-

Yoshiki TACHIBANA, Noriko UMEMIYA, Jun-ichiro ARAI, Tomohiro KOBAYASHI and Yusuke NAKAYAMA

4. 調査結果

4.1 睡眠時の室温と湿度

図2に睡眠時における室温と外気温の平均値を示す。2015年は10分間隔、2014年は30分間隔のデータを使用し、1日毎の居住者ごとに異なる睡眠時間帯で平均した値を年別に平均した。睡眠時の外気温の平均は2014年24.3℃、2015年26.4℃で2015年が高いが、室温平均は2014年27.5℃、2015年27.8℃でほぼ同じである。図3に相対湿度の室内と外気の平均を示す。平均は個人別の就寝前と就寝後の2回の平均を年別に平均した。湿度は外気も室内も両年でほぼ同じである。

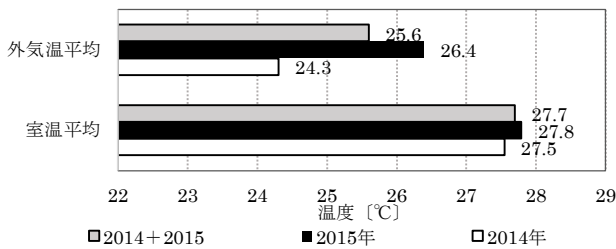


図2 睡眠時平均室温と平均外気温

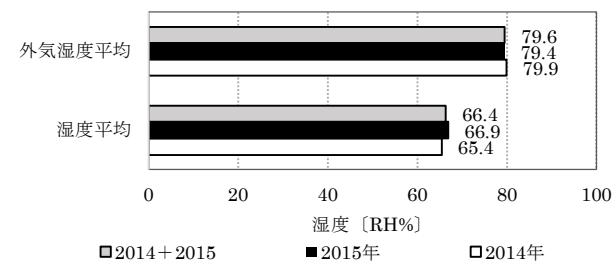


図3 睡眠時平均室内湿度と平均外気湿度

4.2 睡眠時の温熱環境調節行為

図4に、30分ごとの申告に基づいて各被験者で1日ごとに求めた睡眠時間に対する冷房を使用した時間率、窓を開放した時間率の平均を示す。睡眠時の冷房使用率は2014年19.1%、2015年36.0%、窓開放率は2014年58.2%、2015年46.2%であり、2015年は2014年より冷房を使い窓を閉めている。

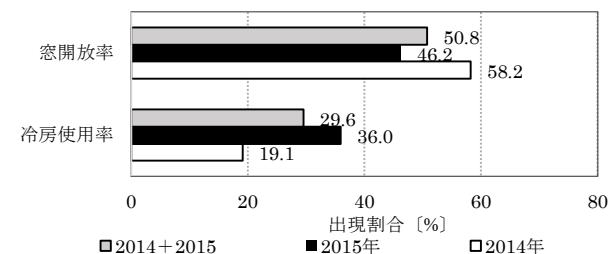


図4 冷房使用率と窓開放率

4.3 OSA 得点

図5に、冷房使用日誌に基づいて睡眠時に冷房を30分以上使用した「冷房使用日」と、一晩中全く冷房を使用しなかった「冷房非使用日」別に、5点刻みの OSA 得点

の出現割合 (%) を示す。OSA 得点の平均値は使用日 49.1 点、非使用日 47.9 点で少し差があり ($P=0.15$)、使用日の方が非使用日より睡眠の質が高い傾向がある。

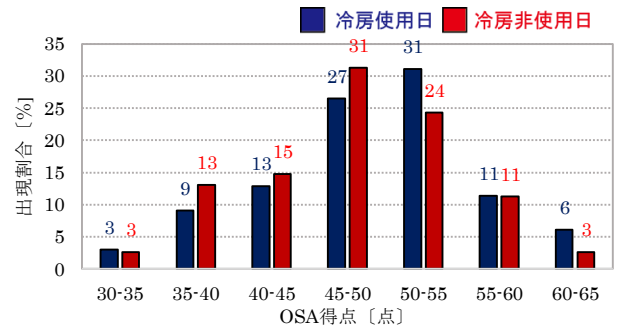


図5 OSA 得点

4.4 室温および温冷感

就寝から起床までの平均室温は、使用日27.4℃、非使用日28.2℃である。図6に起床時に回答した睡眠時の温冷感を示す。使用日は「暑くも寒くもない」が28.9%、非使用日は「暑くも寒くもない」、「やや暑い」がともに32.2%で最多であり、使用日のほうが有意に暑い ($P=0.003$)。

図7に、「冷房使用による温冷感の変化」について示す (2015年のみの設問で、のべ85日のデータ)。温冷感「やや涼しい」では、「冷房使用によって涼しくなった」割合が高い。一方、温冷感「やや暑い」であっても67%が「涼しくなった」と回答している。睡眠時の温冷感は、冷房使用による温冷感変化とは独立して評価されていたといえる。

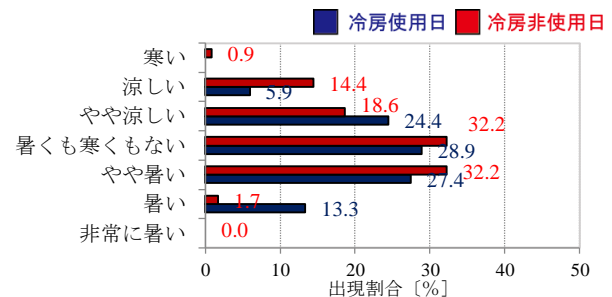


図6 温冷感申告の分布

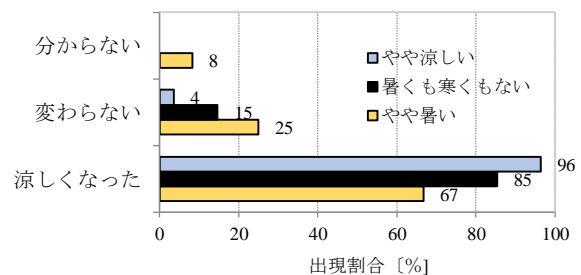


図7 「冷房使用による温冷感の変化」の分布

5. 温冷感と睡眠の質の関係

図8に温冷感とOSA得点の関係を示す。使用日では「涼しい」ほどOSAが高い ($P=0.002$)。一方、非使用日は温冷感とOSA得点に関係がない ($P=0.86$)。大阪の大学生の調査でも同様の結果が得られている²³⁾。

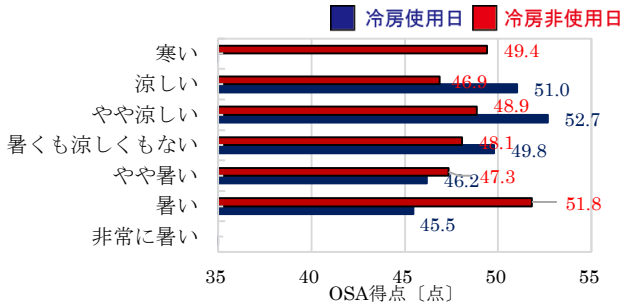


図8 温冷感と OSA の関係

PMVと温冷感申告の関係を図9に示す。PMVの算出では温湿度は実測データ、MRTは室温+1℃、気流は扇風機停止やりズム風は0.2 m/s、別途実施の測定から扇風機「強」2.5m/s、「中」1.2m/s、「微」0.3m/s、代謝は一律0.9Met、クロ値はアンケートから推定した(表3)

表3 寝室の着衣とクロ値

Clothing	clo value
半袖半ズボン	0.23
半袖長ズボン	0.26
長袖半ズボン	0.28
長袖長ズボン	0.31
ワンピース	0.35
浴衣	0.31
ほぼ裸	0.05
ノースリーブ短パン	0.16
甚平	0.31
上下下着	0.1
半袖のみ	0.12

非使用日では勾配が緩やかであるが温冷感中立時にPMVがほぼ0である。PMV算出時の仮定は妥当と考えられる。使用日では温冷感中立時にPMVがほぼ-1で、温冷感中立がPMV「涼しい」側である。

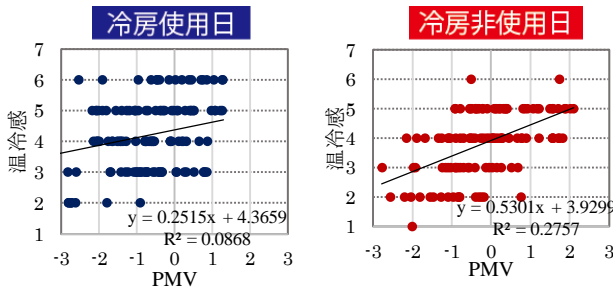


図9 PMV と温冷感の関係

図10は、PMV と OSA 得点に関係しないことを示す。

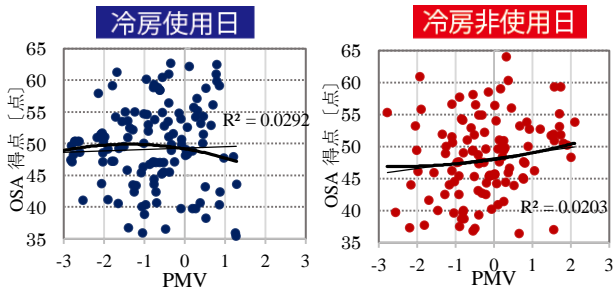


図10 PMV と OSA 得点の関係

以上より使用日では、1)温冷感と睡眠の質は関係が強く「涼しい」ほど睡眠の質が高い、2)PMVは温冷感と関係、3)しかしPMVと睡眠の質は関係がない、といえる。

6. 睡眠時の室温および外気温と冷房使用との関係

6.1 睡眠時平均外気温と冷房使用の関係

図11、図12に外気温1℃ごとの冷房使用と非使用の選択率を示す。外気温と使用・非使用は30分刻みでの瞬時値である。23℃~25℃台と28℃台が多い。冷房使用率は29℃で50%で最大で、30℃、31℃にかけて下がる。30℃以上は度数が小さく無視すると、外気温が高いほど冷房使用率が高い。27、28℃台の冷房使用率は40~50%である。

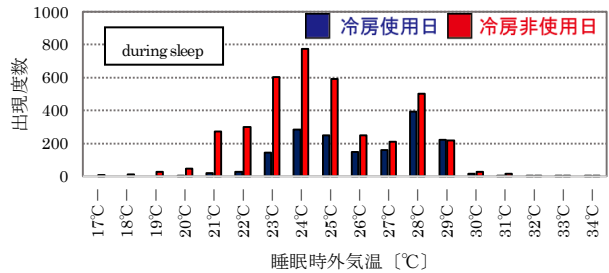


図11 外気温と冷房使用・非使用の関係(度数分布)

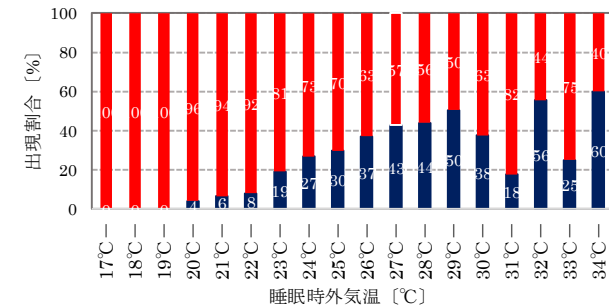


図12 外気温と冷房使用・非使用の関係(相対度数分布)

6.2 睡眠時平均室温と冷房使用の関係(図13、図14)

図11、図12と同様室温について示す。冷房使用時非使用時ともに28℃台が多い。室温が高いほど冷房使用率が低く、冷房を使用しているとき室温は低いといえる。

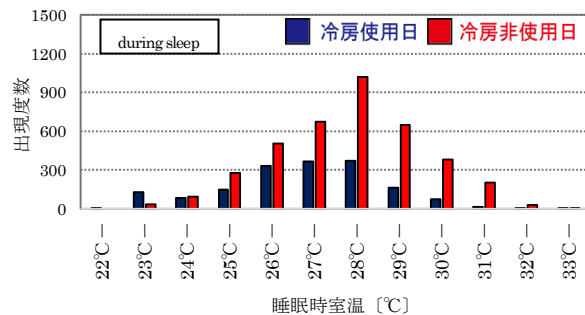


図13 室温と冷房使用・非使用の関係(度数分布)

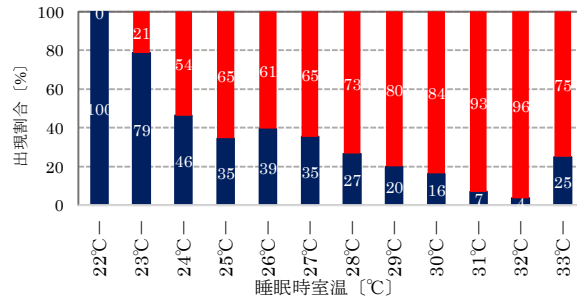


図14 室温と冷房使用・非使用の関係(相対度数分布)

7. SET*と睡眠の質の関係

7.1 睡眠時平均室内SET*と睡眠の質の関係

図15に、睡眠時平均室内SET*と睡眠の質の関係を示す。SET*算出時の仮定は前述のPMVと同じである。使用日、非使用日ともにSET*と睡眠の質に関係はない。熱帯夜のみを抽出しても関係はなかった(図略)。

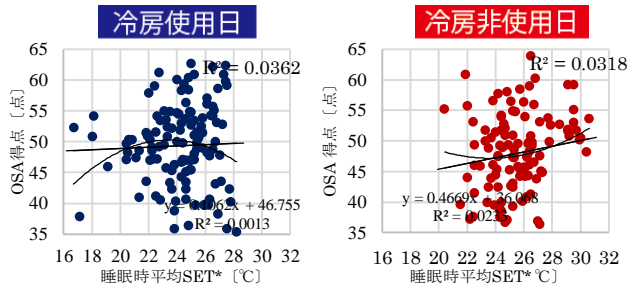


図15 睡眠時平均SET*とOSA得点の関係

7.2 睡眠時平均室内SET*と起床時眠気因子(図16)

OSAの因子別の得点についてSET*との関係を調べる。睡眠時平均室内SET*と起床時眠気因子得点に関係はない(図16)。

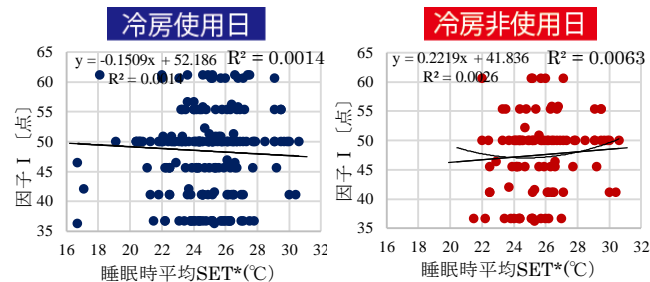


図16 睡眠時平均SET*と起床時眠気因子の関係

7.3 睡眠時平均室内SET*と入眠・睡眠維持因子(図17)

睡眠時平均室内SET*と入眠・睡眠維持因子に関係はないが、二次回帰すると因子得点は使用日はSET*23.5℃、非使用日はSET*25.4℃付近で最低になる。

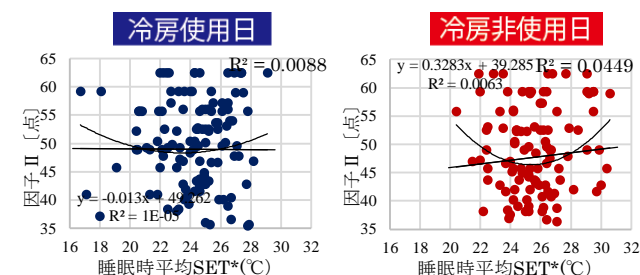


図17 睡眠時平均SET*と入眠・睡眠維持因子の関係

7.4 睡眠時平均室内SET*と疲労回復因子(図18)

SET*と疲労回復因子は冷房使用日では関係はないが、冷房非使用日ではSET*が高いほど疲労回復得点が高い。

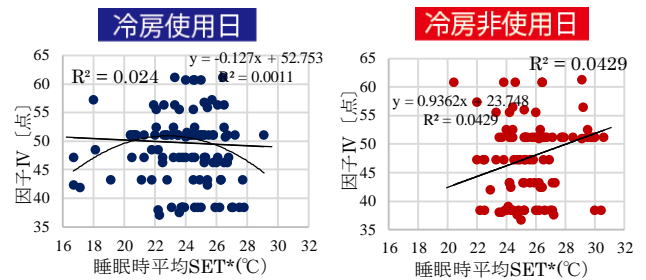


図18 睡眠時平均SET*と疲労回復因子の関係

7.5 睡眠時平均室内SET*と睡眠時間因子(図19)

睡眠時平均室内SET*が高いほど睡眠時間因子得点が高い(使用日、非使用日でそれぞれ、 $p=0.10$ 、 $p=0.06$)。

以上のようにOSA総合得点は寝室の睡眠時平均SET*と関係がないが、OSAの因子別にみると、関係する場合がある。ただしSET*が高いほど睡眠の質はむしろ高いという傾向がある。

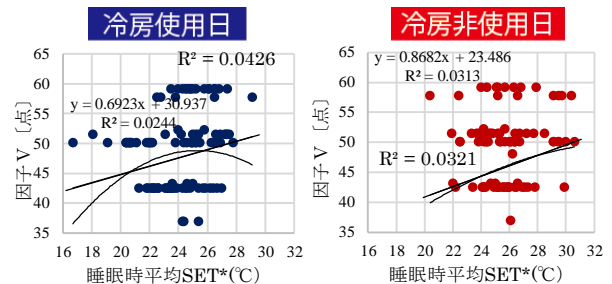


図19 睡眠時平均SET*と睡眠時間因子の関係

8. まとめ

大阪の集合住宅居住者55名のべ383日を対象に、行動申告にもとづき冷房を30分以上使用した「冷房使用日」と全く使用しない「非使用日」について、睡眠時平均室温、温冷感、OSA睡眠評価得点の相互関係を分析した。1)室温は使用日27.4℃、非使用日28.2℃、温冷感は使用日が有意に暑く、OSA得点は使用日49.1点、非使用日47.9点で有意水準5%で差がない、2)OSA得点は、使用日は「涼しい」ほど高いが非使用日は温冷感申告と関係がない、3)PMVゼロのとき使用日は「暑い」側であるが、非使用日は「中立」に一致、4)30分刻みの気温に対する冷房使用率は、外気温が高いと高く27、28℃で約40%、5)SET*とOSA得点とは使用日非使用日とも関係がない、6)疲労回復や睡眠時間の因子得点は、むしろ温熱環境が暑いほど高い。

参考文献 1)橘ほか:空衛・近・論文集, A-65, 2016 2)山本ほか:脳と精神の医学, 10:pp.401-409, 1999 3)橘ほか:建・大会・梗概集, pp.343-344, 2015

*1 大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻 大学院生 Graduate Student, Graduate School of Engineering, Osaka City Univ.

*2 大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻 教授・博(工) Prof. Graduate School of Engineering, Osaka City Univ., Dr.Eng.

*3 ダイキン工業株式会社、医学博士 Daikin Industries, Ltd., Ph.D.

*4 大阪市立大学大学院工学研究科都市系専攻 講師・博(工) Lec. Graduate School of Engineering, Osaka City Univ., Dr.Eng.