

夏季における睡眠の質と住戸の熱的性能の関係 —大阪の公団・公社賃貸共同住宅を対象とした調査—

RELATION BETWEEN RESIDENTIAL THERMAL PERFORMANCE AND SLEEP QUALITY DURING SUMMER —SURVEY OF PUBLIC RENT APARTMENTS IN OSAKA—

建築環境工学 中山 裕介

住戸の熱的性能と睡眠の関係を明らかにするため、アンケートと室温測定を行なった。1-1)疲労回復は断熱水準、暖冷房の効き、冷房設定温度、1-2)入眠・睡眠維持は寝室窓方位、日射熱の煩わしさ、日差しの眩しさと関係がある。2-1)疲労は、一部冷房使用の場合に断熱水準の影響を受ける。2-2)維持は、冷房不使用の場合に窓方位の影響を受ける。3-1)一部冷房使用の場合、断熱水準が古く、設定温度が低いほど睡眠時室温上昇が大きい。3-2)冷房不使用の場合、東向き寝室の室温が高い。

A questionnaire and room temperature measurement was administered to assess the relation between sleep quality and residential thermal performance. 1-1) Fatigue recovery (FR) is related to insulation level, residential heating and cooling performance, and preset temperature of AC. 1-2) Falling asleep, and maintaining sleep (MS) is related to window direction of bedroom, solar heat from window, and glare of sun. 2-1) FR is related to insulation level only part-time AC-user. 2-2) MS is related to window direction only non-user. 3-1) Case of part-time AC-user, as insulation level is low and preset temperature is low, rise of temperature becomes large. 3-2) Case of non-user, temperature of east-facing bedroom is high.

1. 背景と目的

近年、我が国の都市部では熱帯夜日数が増加し^{文1)}、睡眠中の熱中症リスクが高まっている。熱中症対策として積極的な冷房使用が呼びかけられているが^{文2)}、適切な使用の具体的指針は示されていない。一方で、COOL BIZ キャンペーンや東日本大震災以降の節電など、冷房の節約も求められている。睡眠中、省エネルギーに配慮しつつ、熱的不快のない、「適切な」冷房使用法の解明が求められている。

睡眠時の冷房使用に関する研究としては、久保ら(2002)^{文3)}や石丸ら(2009)^{文4)}が寝床気候に着目して、冷房使用による熱的快適性の低下や中途覚醒リスクの増大を指摘している。坂根ら(2014)^{文5)}は、寝床にとどまらない住戸環境全般と睡眠との関係に着目し、有職者を対象としたアンケート調査から、住戸の暖冷房の効きやすさや日射の煩わしさもまた睡眠の質に影響を及ぼす実態を明らかにしている。

そこで本研究では、共同住宅居住者を対象にアンケート調査と寝室室温測定を実施し、1)睡眠の質に影響を及ぼす住戸の熱的性能や冷房使用法、2)睡眠の質と熱的性能や冷房使用法との関係の冷房頻度による差異、

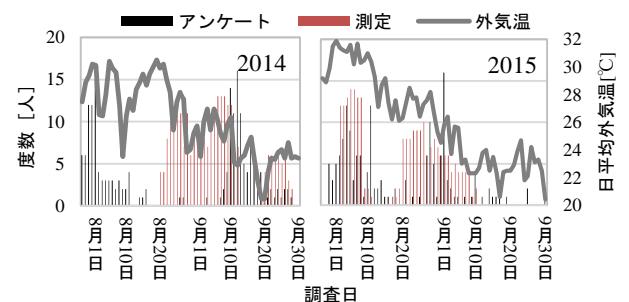


Fig.1 調査実施日と日平均外気温の推移

3)熱的性能と睡眠時室温の関係を分析し、住戸の熱的性能を考慮した適切な冷房使用法を検討する。

2. 方法

Fig.1に、調査期間の日平均外気温の推移とアンケート回答日、測定実施日の分布を示す。

2.1 アンケート調査

Table1にアンケート調査の概要と調査項目を示す。睡眠時の冷房使用は、「ここ1~2週間」について回答させた。睡眠調査は、平日の起床後に前夜の睡眠をOSA睡眠調査票^{文6)}で評価させた。OSA睡眠調査は、4段階15尺度で睡眠感を評価し、5因子の得点と、そ

の平均の OSA 総合得点を算出する。得点は偏差値であり、高得点ほど質が高い。本研究では、起床時眠気因子得点（以下「起床」）、入眠および睡眠維持因子得点（以下「維持」）、疲労回復得点（以下「疲労」）、OSA 総合得点（以下「OSA」）を分析する。

2.2 寝室室温測定

Table2 に室温測定の概要と調査項目を示す。被験者はアンケート回答者の一部である。室温は、枕元にボタン電池型ロガーを設置し 10 分間隔で記録し、寝室在室や睡眠、冷房使用の時間を 30 分単位で記録させた。OSA 睡眠調査票は、毎日起床後に回答させた。

2.3 分析対象の特性

アンケート調査の分析対象は、長時間在宅の非有職者とし、1)週の勤務が 5 日以上や 40 時間以上、2)平日の在宅が 12 時間未満、3)健康状態 5 段階中の「不良」と「やや不良」、4)ストレス 4 段階中の「非常にある」、5)居住年数 1 年未満を除外した 167 名とした。

分析対象 167 名は、平均年齢 60.4 ± 15.9 歳、女性 66.4% である。Fig.2 に『ここ 1~2 週間の睡眠時冷房使用頻度（以降「冷房頻度」）』を示す。以降、冷房頻度は「高頻度側」（「非常によく使用」、「よく使用」）と「低頻度側」（「時々使用」、「ほとんど不使用」）、および「不使用」に三分する。Fig.3 に冷房頻度とタイマー使用の関係を示す。「高頻度側」は睡眠中全時間冷房を使用し、「低頻度側」はタイマーを設定し冷房を使用する傾向がある。

測定調査の分析対象は、アンケートと同条件で抽出した 44 名とする。平均年齢 59.2 ± 14.6 歳、女性 61.2% であり、アンケート分析対象と有意差はない。Fig.4 に被験者別日別の睡眠時間に対する冷房使用時間の割合（以下「冷房時間率」）を示す。以降、冷房時間率を「全時間使用」（100%）、「一部使用」（1~99%）、「不使用」（0%）に三分する。

3. 睡眠の質と関係する住戸性能や冷房使用

住戸属性や住環境主観評価、冷房使用と OSA 総合、起床、維持、疲労の関係について分散分析を行った。有意な関係がみられた項目を示す。

3.1 『断熱水準』（Fig.5）

『断熱水準』は、住棟の竣工年に基づき「H11 以降」、「H4-H10」、「H3 以前」の 3 段階とした。『断熱水準』別の疲労の平均は、「H11 以降」が 56.3 で最も高く、「H3 以前」が 49.7 で最も低く、差は有意である ($p=0.087$)。OSA 総合、起床、維持は、『断熱水準』による差がない。

『断熱水準』が高い場合に疲労得点が高いといえる。

3.2 『暖房の効きやすさ』（Fig.6）

『暖房の効きやすさ』は、「年間を通した住環境について、どうお感じですか」と前文を設け、「効きやすい」、

Table1 アンケートの方法

配布時期	2014年7月28日~8月1日, 9月8日~11日 2015年7月31日~8月2日, 8月27~29日	
回収数	2014年:352通, 2015年:293通	
調査項目	個人属性	年齢, 性別, 勤務日数, 勤務時間, 平日在宅時間
	ここ1~2週間の睡眠時冷房使用	使用頻度, タイマー使用, 設定温度(上限および下限)
	住戸属性	竣工年, 住戸位置, 寝室窓方位, 主観評価(風通し, ベランダからの眺望, 外気清浄度, 暖房の効きやすさ, 冷房の効きやすさ, 日射熱の煩わしさ, 日射しの眩しさ, 外の騒音, 上下階や隣戸の騒音)
睡眠調査	OSA睡眠調査票, 温熱感覚	

Table2 室温測定の方法

測定時期	2014年:8月19日~9月26日	2015年:8月1日~9月10日のうち各7日間
被験者数	2014年:44名	2015年:44名
調査項目	室温, 相対湿度	
	生活行動記録	寝室在室, 冷房使用, 睡眠, 窓開放
	睡眠調査	OSA睡眠調査票, 温熱感覚

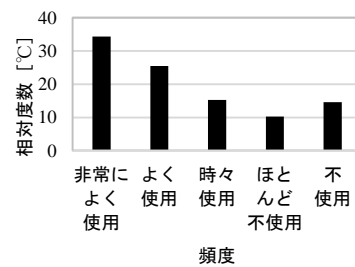


Fig.2 冷房頻度 (アンケート)

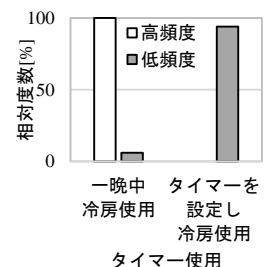


Fig.3 冷房頻度とタイマー (アンケート)

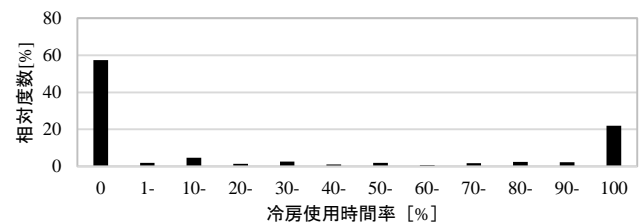


Fig.4 冷房使用时间率分布 (室温測定)

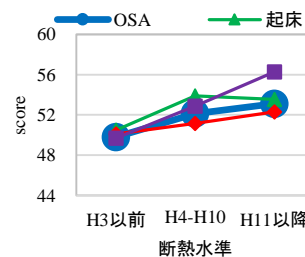


Fig.5 断熱水準

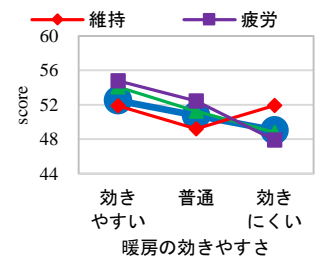


Fig.6 『暖房の効きやすさ』

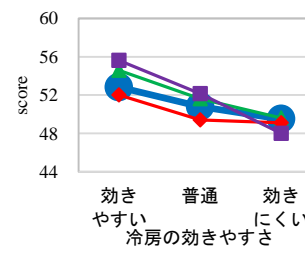


Fig.7 『冷房の効きやすさ』

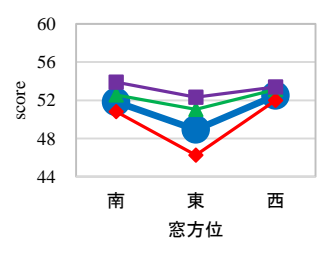


Fig.8 『寝室窓方位』

「普通」、「効きにくい」で回答させた。カテゴリ別の疲労の平均は、「効きやすい」が 54.8 で最も高く、

「効きにくい」が 47.9 と最も低く、差は有意である ($p=.052$)。OSA 総合、起床、維持は、『暖房の効きやすさ』による差がない。

暖房が「効きやすい」場合に疲労得点が高いといえる。

3.3 『冷房の効きやすさ』 (Fig.7)

『冷房の効きやすさ』は、「年間を通した住環境について、どうお感じですか」と前文を設け、「効きやすい」、「普通」、「効きにくい」で回答させた。カテゴリ別の疲労の平均は、「効きやすい」が 55.6 で最も高く、「効きにくい」が 48.0 で最も低く、差は有意である ($p=.019$)。OSA 総合、起床、維持は、『冷房の効きやすさ』による差がない。

冷房が「効きやすい」場合に疲労得点が高いといえる。

3.4 『寝室窓方位』 (Fig.8)

『寝室窓方位』は、住戸の間取りを回答者を書いてもらい「南向き」、「東向き」、「西向き」、「北向き」に分類した。出現度数は「南向き」108、「東向き」12、「西向き」19、「北向き」2であり、「北向き」は分析から除いた。『寝室窓方位』別の維持の平均は、「西向き」52.0、「南向き」50.8 に対し、「東向き」46.2 で最も低く、差は有意である ($p=.073$)。OSA 総合、起床、疲労は『寝室窓方位』による差がない。

寝室が東向きの場合に維持得点が低いといえる。

3.5 『日射熱の煩わしさ』 (Fig.9)

『日射熱の煩わしさ』は、「年間を通した住環境について、どうお感じですか」と前文を設け、「煩わしい」、「普通」、「煩わしくない」で回答させた。カテゴリ別の維持は、「煩わしくない」が 55.6 で最も高く、「煩わしい」が 48.2 で最も低く、差は有意である ($p=.083$)。OSA 総合、起床、疲労は、『日射熱の煩わしさ』による差はない。

日射熱が「煩わしい」場合に維持得点が低いといえる。

3.6 『日射しの眩しさ (2015 年調査のみ)』 (Fig.10)

『日射しの眩しさ』は、「年間を通した住環境について、どうお感じですか」と前文を設け、「眩しい」、「普通」、「眩しくない」で回答させた。カテゴリ別の維持の平均は、「眩しくない」が 53.4 で最も高く、「眩しい」が 47.9 で最も低く、差は有意である ($p=.092$)。OSA 総合、起床、疲労は、『日射しの眩しさ』による差がない。

日射しが「眩しい」場合に維持得点が低いといえる。

3.7 寝室の冷房設定温度 (Fig.11)

寝室の冷房設定温度は、「ここ 1~2 週間について教えてください」と前文を設け、下限と上限を回答させた。本研究では、下限と上限の平均値を分析に用いる。

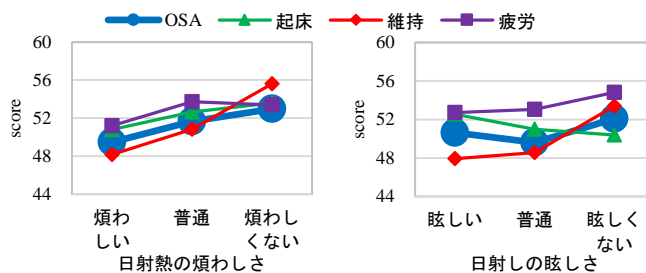


Fig.9『日射熱の煩わしさ』 Fig.10『日射しの眩しさ』

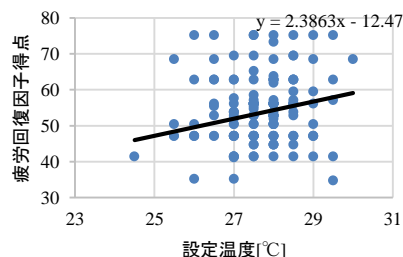


Fig.11 冷房設定温度と疲労回復

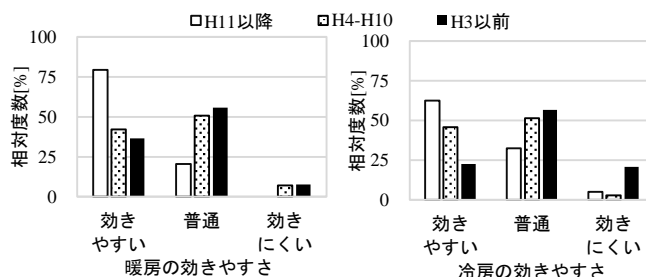


Fig.12 『断熱水準』と『暖冷房の効きやすさ』

疲労と設定温度は正の相関があり、設定温度が高いほど得点が高い (相関係数 $R=0.395$)。OSA 総合、起床、維持は設定温度と相関がない。

冷房設定温度が高いほど疲労得点が高いといえる。

4. 冷房頻度別の睡眠の質と熱的性能や冷房使用

疲労は、『断熱水準』、『暖房の効きやすさ』、『冷房の効きやすさ』、『設定温度』と、維持は、『寝室窓方位』、『日射熱の煩わしさ』、『日射しの眩しさ』と関係がみられる。これらの関係を冷房頻度別に分析する。

4.1 『断熱水準』や『暖冷房の効きやすさ』と疲労

Fig.12 に『暖房の効きやすさ』や『冷房の効きやすさ』に対する『断熱水準』の分布を示す。「H11 以降」が最も暖冷房が「効きやすい」に分布し、「H4-H10」、「H3 以前」と『断熱水準』が古いほど「効きにくい」側に分布する。以降、住戸の断熱性能を仮定する項目として『断熱水準』を用いる。

Fig.13 に、冷房頻度別の『断熱水準』と疲労の関係を示す。『断熱水準』別の疲労の平均は、「高頻度側」は、「H11 以降」56.2、「H4-H10」52.9、「H3 以前」53.6 であり、有意差がない ($p=.192$)。「不使用」は、「H11 以降」54.3、「H4-H10」52.5、「H3 以前」54.2 であり、

有意差がない ($p=.688$)。一方、「低頻度側」は、「H11以降」が57.4で最も高く、「H4-H10」54.2、「H3以前」が47.3で最も低く、差は有意である ($p=.018$)。

全時間冷房を使用する、または冷房を使用しない場合は『断熱水準』と疲労は関係がない。タイマーを使用する場合は『断熱水準』が低いと疲労得点が低いといえる。

4.2 『設定温度』と疲労

Fig.14 に、冷房頻度別の設定温度と疲労の関係を示す。「高頻度側」は設定温度と相関がない (相関係数 $R=-.021$)。一方「低頻度側」は、設定温度が高いほど疲労が高い ($R=.395$)。

4.3 『寝室窓方位』や『日射の煩わしさ』、『日射しの眩しさ』と維持

Fig.15 に『日射熱の煩わしさ』、『日射しの眩しさ』に対する『寝室窓方位』の分布を示す。維持が低い「東向き」は、同じく維持の低い日射熱の「煩わしい」、日射しの「眩しい」に50%以上が分布する。「南向き」と「西向き」は、「東向き」と比較し、日射熱と日射しの評価が高い。以降、日射遮蔽性能を仮定する項目として『寝室窓方位』を用いる。

Fig.16 に、冷房頻度別の『寝室窓方位』と維持の関係を示す。『寝室窓方位』別の維持の平均は、「高頻度側」は「南向き」50.5、「東向き」48.9、「西向き」51.1であり、有意差はない ($p=.957$)。「低頻度側」は「南向き」51.4、「東向き」42.2、「西向き」49.0であり、有意差はない ($p=.199$)。一方、「不使用」は「南向き」50.8、「東向き」39.7、「西向き」53.7であり、「東向き」が「南向き」や「西向き」と比較し有意に低い ($p=.077$)。

冷房を使用する場合は窓方位と維持の関係はない。冷房を使用しない場合、東向きの寝室は維持得点が低いといえる。

5. 『断熱水準』や『設定温度』と寝室室温

『断熱水準』と『設定温度』は、「低頻度側」で疲労との関係がある。ここで室温測定データより、『断熱水準』や『設定温度』と睡眠時室温の関係を分析する。

5.1 『断熱水準』と睡眠時室温

5.1.1 睡眠時平均室温 Fig.17 に冷房時間率別の『断熱水準』と睡眠時平均室温の関係を示す。「全時間使用」、「一部使用」、「不使用」はすべて、『断熱水準』による睡眠時平均室温の差はない ($p=.169, .108, .188$)。

5.1.2 睡眠時室温上昇 起床前3時間の平均室温と就寝後3時間の平均室温の差を睡眠時室温上昇とする。Fig.18 に冷房時間率別の『断熱水準』と室温上昇の関係を示す。「全時間使用」と「不使用」は、『断熱水準』による室温上昇の差がない ($p=.169, .110$)。一方「一部使用」は、「H11以降」0.2℃、「H4-H10」0.7℃、「H3以前」1.0℃で、『断熱水準』が低いほど室温上昇が大き

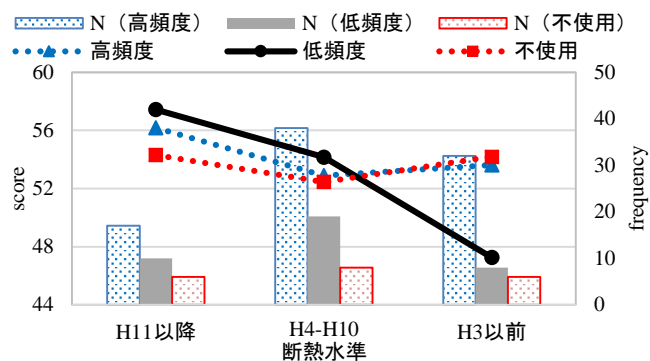


Fig.13 冷房頻度別の『断熱水準』と疲労

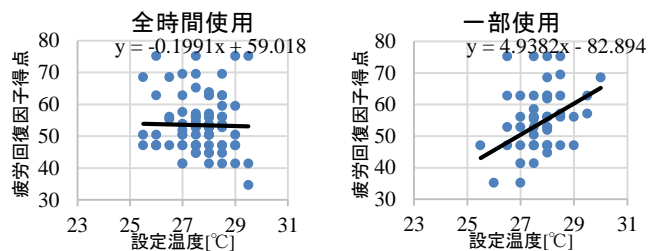


Fig.14 冷房頻度別の『設定温度』と疲労

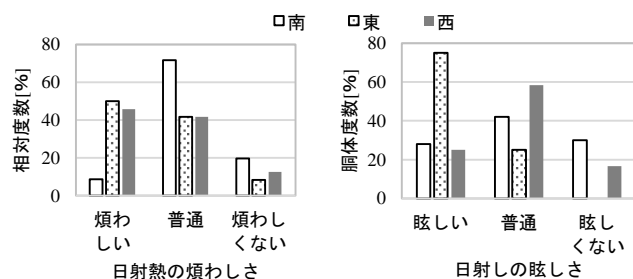


Fig.15 『寝室窓方位』と『日射熱の煩わしさ』や『日射しの眩しさ』

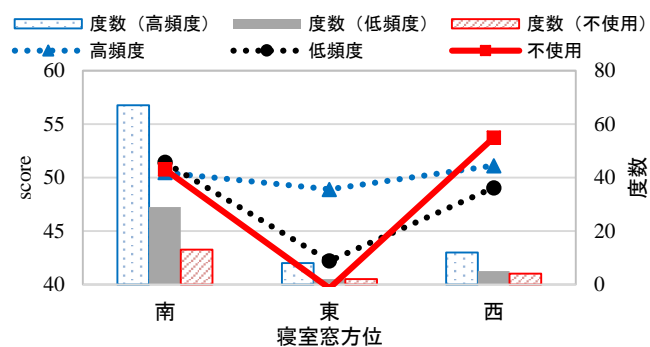


Fig.16 冷房頻度別の『寝室窓方位』と維持

く、差は有意である ($p=.029$)。

「一部使用」は一時的に室温が低下するが、冷房が停止した際に『断熱水準』が低いほど室温が上昇していると考えられる。

5.2 『設定温度』と睡眠時室温

5.2.1 睡眠時平均室温 Fig.19 に冷房時間率別の『設定温度』と睡眠時平均室温の関係を示す。「全時間使用」

と「一部使用」はいずれも、『設定温度』と室温の相関がみられる ($R=0.672, .395$)。「全時間使用」の室温は設定温度より約 1°C 低い傾向がある。「一部使用」は、室温が設定温度より 1°C 程度高い傾向がある。

5.2.2 睡眠時室温上昇 Fig.20 に冷房時間率別の『設定温度』と室温上昇の関係を示す。「全時間使用」は『設定温度』による室温上昇の有意差がない ($p=.223$)。一方「一部使用」は、『設定温度』が低温側ほど室温上昇が大きく、差は有意である ($p=.090$)。

「一部使用」は、一時的に室温が低下するが、冷房が停止することで室温が上がると考えられる。設定温度が低いほど就寝後の室温が低下するため、冷房停止後の室温上昇が大きくなっていると考えられる。

5.3 睡眠時室温上昇と疲労回復因子得点

冷房時間率「一部使用」において、『断熱水準』が古い場合と『設定温度』が低い場合に室温上昇が大きくなることが明らかになった。Fig.21 に冷房時間率別の室温上昇と疲労の関係を示す。「全時間使用」と「不使用」は、室温上昇が $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 以内に分布しており、疲労との関係がない。一方「一部使用」は、室温上昇が 1°C 以上にも分布している。「一部使用」の疲労の平均は、室温上昇が $\pm 1^{\circ}\text{C}$ 以内で 58.4 、 1°C 以上で 48.3 であり、室温上昇が 1°C を超えると有意に得点が下がる ($p=.087$)。

6. 『寝室窓方位』と睡眠時室温

『寝室窓方位』は、「不使用」で維持との関係がある。ここで室温測定データより、『寝室窓方位』と睡眠時室温の関係を分析する。

6.1 睡眠時平均室温

Fig.22 に冷房時間率別の『寝室窓方位』と睡眠時室温の関係を示す。『寝室窓方位』別の睡眠時平均室温は、「全時間使用」は「南向き」 27.6°C 、「東向き」 27.7°C 、「西向き」 27.3°C であり、「東向き」が最も高いが有意差はない ($p=.211$)。「一部使用」は、「南向き」 28.3°C 、「東向き」 28.4°C 、「西向き」 27.9°C であり、「東向き」が最も高いが有意差はない ($p=.286$)。「不使用」は、「南向き」 28.0°C 、「東向き」 28.9°C 、「西向き」 27.9°C であり、「東向き」が最も高く、差は有意である ($p=.046$)。

冷房を使用しない場合、東向きの室温が最も高いといえる。

6.2 睡眠時平均室温と入眠および睡眠維持因子得点

Fig.23 に冷房時間率別の睡眠時室温と維持の関係を示す。「全時間使用」、「一部使用」、「不使用」はすべて、室温と負の相関があり、「不使用」、「一部使用」、「全時間使用」の順に相関が強い ($R=-.412, -.322, -.255$)。

7. 結論

大阪の 645 世帯を対象としたアンケート調査と 88 世帯の寝室室温測定を実施し、住戸の熱的性能や、冷房使用頻度、設定温度などの冷房使用方法と睡眠との

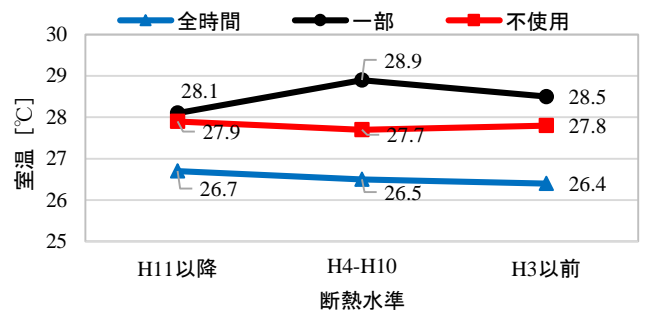


Fig.17 冷房時間率別の『断熱水準』と睡眠時室温

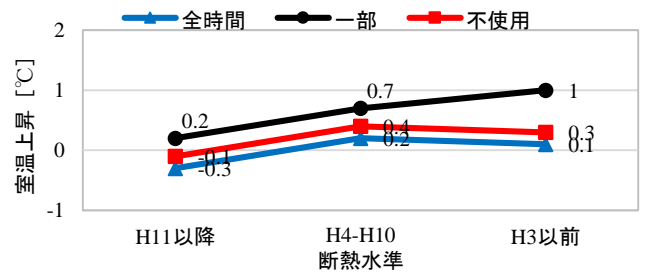


Fig.18 冷房時間率別の『断熱水準』と室温上昇

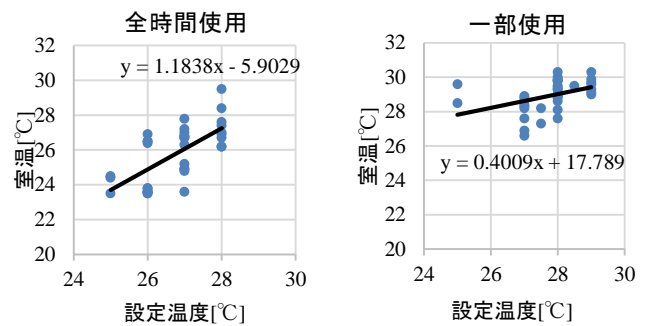


Fig.19 冷房時間率別の『設定温度』と室温

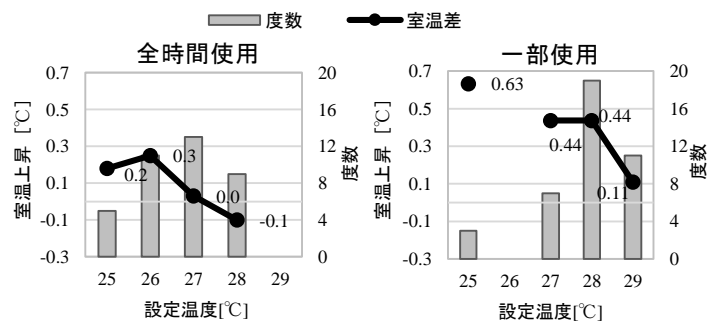


Fig.20 冷房時間率別の『設定温度』と室温上昇

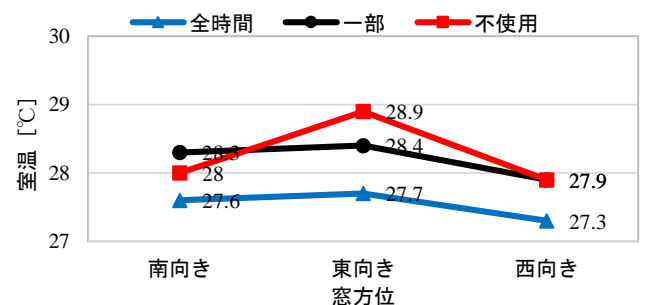


Fig.22 冷房時間率別の『寝室窓方位』と睡眠時室温

関係の実態について以下を明らかにした。

アンケート調査より、1-1)断熱水準が低い場合、主観的な暖冷房の効きやすさが「効きにくい」と評価される場合、および回答直近2週間の冷房設定温度が低い場合に、OSAの疲労回復因子得点が低い。1-2) 寝室の窓が東向きの場合、日射熱が主観的に「煩わしい」場合、日射しが主観的に「眩しい」場合に、OSAの入眠および睡眠維持因子得点が低い。2-1)住戸の断熱水準や冷房設定温度と疲労回復因子得点は、冷房頻度が「低頻度側」の場合に関係がある。2-2) 寝室の窓方位と入眠および睡眠維持因子得点は、冷房を使用しない場合に関係がある。

測定調査より、睡眠中一時的に冷房を使用する場合、3-1) 住戸の断熱水準が低いほど、冷房設定温度が低いほど、就寝後と起床前の室温差が大きい。3-2) 室温の差が1℃以上であると、疲労回復因子得点が下がる。3-3) 冷房を使用しない場合、寝室の窓が東向きの場合に室温が高い。

睡眠時にタイマーを使用する場合、設定温度を下げすぎず、就寝後と起床前の室温上昇を抑えることで疲

労回復因子得点の低下を防ぐことができる。また、窓方位が東向きの寝室では、冷房を全時間使用することで、入眠および睡眠維持因子得点を維持できる。窓方位が東向き以外の寝室では、全時間冷房を使用する場合と冷房を使わない場合で、睡眠の質の差はみられなかった。

参考文献

文1)気象庁 HP: <http://www.jma.go.jp/jma/menu/menureport.html>, 文2) 環境省: 熱中症環境保健マニュアル 2014,2014年, 文3) 久保ら: 夏期と冬期における高齢者の睡眠と寝室・寝床環境に関するアンケート調査, 人間-生活環境系シンポジウム報告集 26, pp.105-108, 2002年12月, 文4)石丸ら: 夏季の都市部での睡眠温熱環境に関する実態調査, 日本生気象学会雑誌 46(3), S41, 2009年9月, 文5) 坂根ら: 夏季における睡眠の質に影響する居住環境因子 - 大阪市内の有職者を対象とした分析-, 第43回空調和・衛生工学会近畿支部学術研究発表会論文集, pp261-264, 2014年3月, 文6) 山本ら: 中年・高齢者を対象とした OSA 睡眠調査票 (MA 版) の開発と標準化, 脳と精神の医学 10, pp.401-409, 1999年

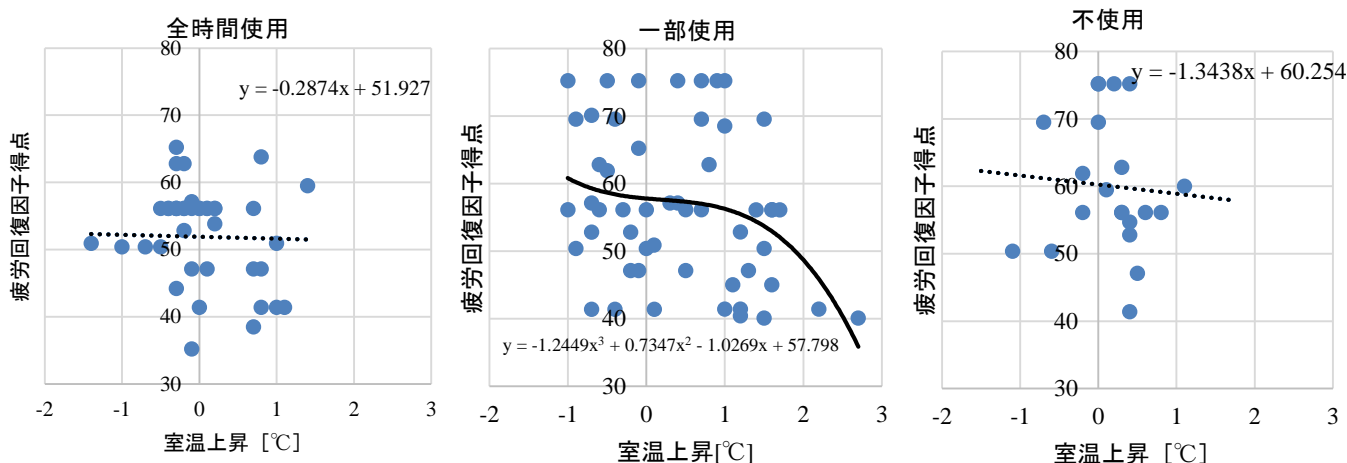


Fig.21 冷房時間率別の室温上昇と疲労回復因子得点

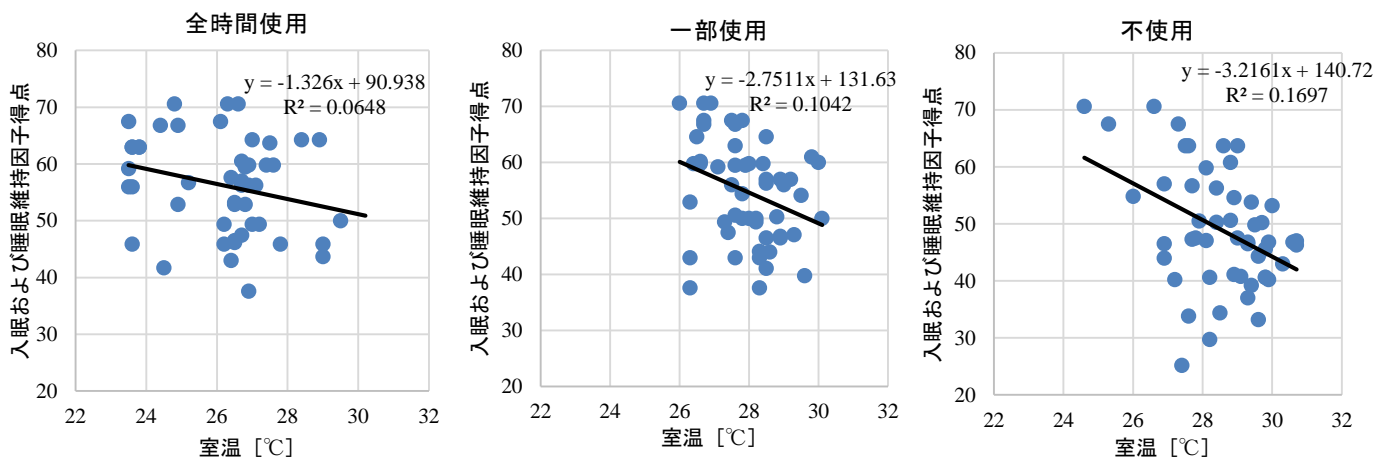


Fig.23 冷房時間率別の睡眠時室温と入眠および睡眠維持因子得点