

夏季の寝室における冷房や通風利用パターンによる睡眠の質の違い
 -大阪の集合住宅を対象とした分析-

Relation between thermal control use and sleep quality during summer
 - Survey of apartments in Osaka-

○橘良樹 (大阪市立大学) 梅宮典子 (大阪市立大学) 小林知広 (大阪市立大学)
 別所洋奈 (大阪市立大学) 中山裕介 (大阪市立大学)

Yoshiki TACHIBANA* Noriko UMEMIYA* Tomohiro KOBAYASHI*
 Hirona BESSHO* Yusuke NAKAYAMA*

*Osaka City University

This survey compared sleep quality when using three thermal control patterns based on 75 respondents on a total of 343 days for three years in collective housing in Osaka. The thermal environment is expressed by the mean during sleep. It is defined as the total insulation values of bedding systems. Results show that sleep quality has nothing to do with the indoor thermal environment in the case of "full time air conditioner." Moreover, it is worse as the thermal environment becomes hotter in the case of "full time window opening." Good sleep quality is obtained by "using an air conditioner timer" when the outdoor temperature exceeds 27.9°C.

1. 背景と目的

地球温暖化と都市高温化の進展によって熱帯夜数が増加し、都市部において夏季に睡眠の質を確保することは年々難しくなっている。熱中症の予防のため積極的な冷房使用が呼びかけられているが、睡眠時の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た研究もある^{文3) 4)}。本研究は、大阪の集合住宅居住者 75 名の 3 年間 343 日を対象に、寝室の温湿度実測と申告調査から、1)出現頻度が高い温熱環境調節のパターンを明らかにし、2) 室内・外における温熱環境、3)温熱感覚、4)睡眠の質、5)温熱環境と睡眠の質の関係のこれらパターンのあいだの違いを明らかにする。睡眠の質に強く関係する要因を除いた分析もおこなう。温熱環境は睡眠時の平均値で表し、断熱量は寝具まで考慮した「総合断熱量」を用いる。

2. 方法

測定対象は大阪市および堺市の公団公社賃貸集合住宅 43 団地 77 棟 306 住戸を対象に募集し、2014 年 44 戸、2015 年 44 戸、2016 年 37 戸の協力を得た^{注1)}。調査期間を fig.1 に示す。間取りは 3DK と 2LDK の合計が半数を超え、平均居住階数は 5.7 階、対象者は女 53.5%、50 才代 23.8%、有職 72.0%、専業主婦 10.8%で、寝具は布団 77.3%である。

測定日の外気温は、2014 年 30.4~20.5°C (平均 24.4°C)、2015 年は盛夏期に多く測定したため 31.9~22.3°C (平均 27.5°C)、2016 年は 31.6°C~24.5°C (平均 29.4°C) を推移している。居住者は 1 週間のあいだ寝室の頭部周辺に温

湿度計を設置して測定し^{注2)}、30 分単位で冷房や扇風機の使用・不使用、窓の開・閉、寝室の在・不在、起床・就寝を記録するほか、毎朝前夜の睡眠時の温熱感覚や睡眠の質 (OSA) を評価する。自宅や寝室の住戸属性、寝室の住環境・雰囲気評価、体質・習慣や健康状態、測定期間中の気分 (POMS) も回答する。睡眠時の温冷感に『昨夜の睡眠時にあなたが寝る部屋で感じた暑さ寒さ』として尋ねた。睡眠の質は OSA 睡眠調査票^{文5)}の 5 因子 15 項目により 4 段階評価する。得られたのべ 606 日のうち、1)ストレスが「非常にあった」、2)健康状態が「不良」、3)睡眠が悪い側で、悪い理由が温熱以外、4)2 歳以下の子と就寝の場合を除き、50 戸のべ 75 人 343 日を以降の分析対象とする。

3. 睡眠時平均室内 SET* (総合) の定義

温熱環境を SET*で評価するに際し、風速は『扇風機の強さ』の申告から「強」2.5m/s、「中」1.2m/s、「微風」0.3m/s、

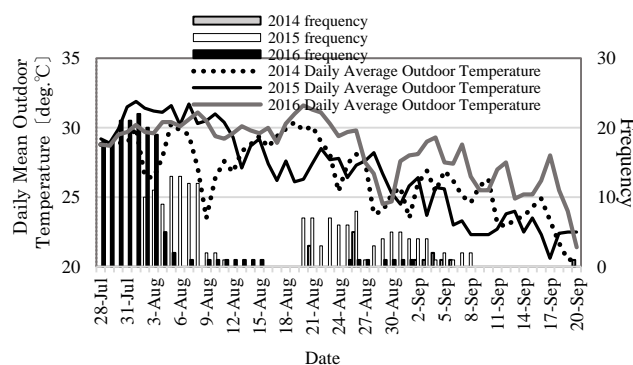


fig.1 Daily mean outdoor temperature and measured periods

「リズム風」、「その他」、「不使用」0.2m/s とし、冷房使用時や窓開放時は 0.2m/s とする。放射温度は室温と同じ、代謝量は 0.7met とする^{注3)}。着衣断熱量は寝衣の断熱量のみ考慮した「寝衣断熱量」と、寝具まで考慮した「総合断熱量」の 2 種類を検討する。『寝衣の種類』の申告を用いて、ISO9920 基準^{文6)}にもとづいて Table.1 のように与える。基準にない「長袖半ズボン」、「浴衣、甚平」などは、ISO 基準の個別の着衣のクロ値を加算する。

Lin ら (2008)^{文7)} はサーマルマネキンを用い、ベッドや掛布団、寝衣の種類に対する寝具カバー率を考慮して寝具まで含めた睡眠時の総合的な断熱量を測定した。Lin らの寝具や寝具カバー率との対応を Table.2~4 に示す。

Lin らは半袖半ズボンと長袖長ズボンのみ測定した。本研究では半袖半ズボンが 47.8% 等他の寝衣も多い。そこで、Lin らの半袖半ズボンと長袖長ズボンのクロ値と「総合断熱量」との関係をもとに、他の寝衣の「総合断熱量」を線形補間により、ベッド、掛布団、寝具カバー率の組み合わせごとに求める。fig.2 は通常のマットレス、ブランケット、寝具カバー率 23.3% の例である。半袖半ズボンと長袖長ズボンの「寝衣断熱量」x と「総合断熱量」y の 2 点を結んだ式 $y = 0.5588x + 1.2515$ に Table.1 の「寝衣断熱量」を与え、「総合断熱量」を推定している。

4. 温熱環境調節行為パターンの出現頻度

冷房使用、窓開放、扇風機使用の 3 行為に対し、睡眠時間に対する行為時間率 1~99% のとき「一時使用」(△) とする。全時間使用 (○) や不使用 (×) と合わせ、3×3×3=27 組合せのうち、出現頻度が上位のパターンを Table 5 に示す。①冷房全時間使用が 69 日 21.4%、②窓開放全時間が 60 日 18.6%、③冷房一時使用が 36 日 11.2% と多い。

Table.1 Clothing and clo value

Clothing	clo value
short sleeve, short gown	0.23clo
short sleeve, long gown	0.42clo
long sleeve, short gown	0.37clo
long sleeve, long gown	0.57clo
dress	0.21clo
summer kimono, summertime casual wear	0.41clo
close on bareness	0.04clo
no sleeve	0.18clo
underwear	0.10clo
only short sleeve	0.12clo

Table.2 the kind of the bed

Study of Lin et (2008)	This study
A conventional mattress	bed
Zongbang bed	futon

Table.3 Percentage coverage of body surface area

Study of Lin et (2008)	This study
23.3%	uncovered when I noticed
	covered in temporarily or in mid-flow
	no comforter
48.0%	only foot
59.1%	only lower body
67.0%	covered at all times

Table.4 the kind of Comforter

Study of Lin et (2008)	This study
Blanket (B)	cotton blanket
	wool blanket
	cotton thermal
	large towel
Summer Quilt 2 (Q2)	summer cotton comforter
	summer feather comforter
Summer Quilt 1 (Q1)	heavy cotton comforter
	heavy feather comforter

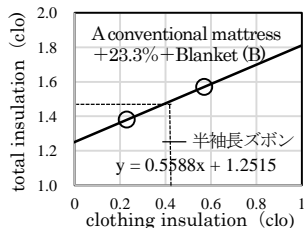


fig.2 estimated total insulation values from clothing insulation values (example)

Table.5 higher pattern of the thermal control use frequency

	Air conditioner	Window	fan	frequency
① full time air conditioner	○	×	×	21.4%
② full time window opening	×	○	×	18.6%
③ using an air conditioner timer	△	×	×	11.2%
④ do nothing	×	×	×	7.5%
⑤ full time Air conditioner and fan	○	×	○	6.5%

5. 行為パターン①②③の比較

上記①~③のあいだで、温熱環境、温熱感覚、気分、OSA の平均を fig.3 に比較する。p: * (<5%)、** (<1%)。

外気温は①27.1℃、②26.4℃、③27.6℃で、②<③、②<① (p<1, 5%) であり、外気温の低い夜に開けている。

室温は①26.4℃、②28.3℃、③27.4℃、室内 SET* (寝衣) は①22.7℃、②25.5℃、③24.6℃、室内総合 SET* は①28.7℃、②31.3℃、③29.7℃で、いずれも③<①<② (p<1%)。

温冷感は①4.4、②4.1、③4.4 で①②③に有意差はない。

OSA は、①48.9 点、②51.9 点、③51.3 点で、②が①より睡眠の質が高い (p<1%)。

POMS 得点 (以降 POMS) は①6.2 点、②1.6 点、③4.5 点で、②>①、②>③で (p<1%, 5%)、②が他より良い。

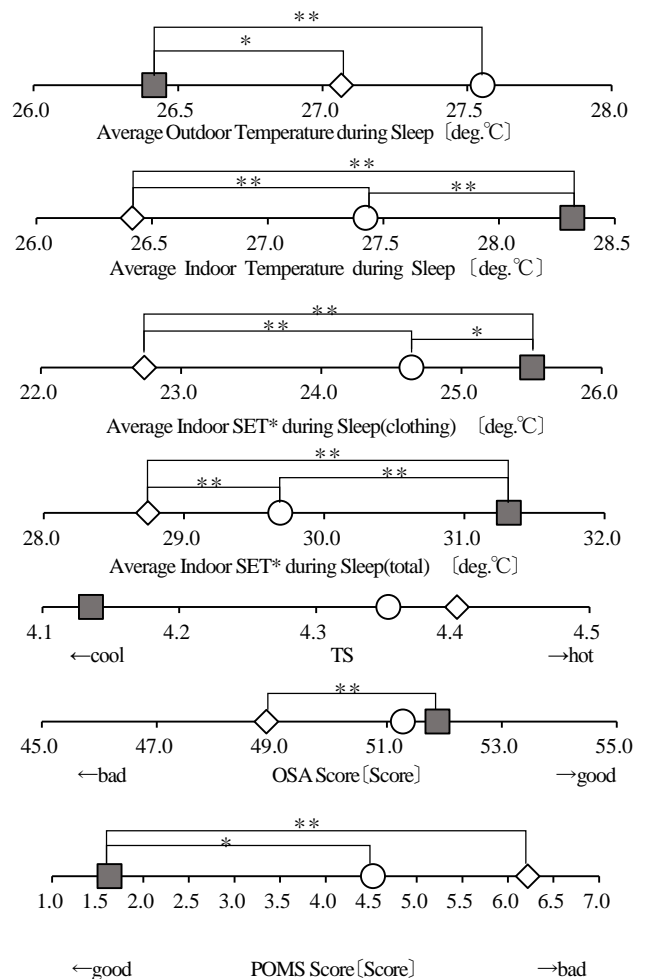
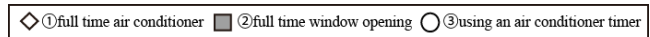


fig.3 Comparison of thermal control use ①②③

すなわち、室内温熱環境は②>③>①の順に高いが温冷感は①②③に差はない、睡眠の質は①が②より悪い、期間中の気分(POMS)は②が良い等、調節行為のパターン、特に冷房を使う日①③と窓のみの日②のあいだで、有意な差がある。

6. 睡眠の質との関係

①②③別の温熱環境やPOMSとOSAとの回帰分析のR値とP値をTable.6に示す。

寝衣断熱量や総合断熱量とOSAの関係を図.4~fig.5に示す。①では寝衣断熱量、総合断熱量ともにOSAと関係がないが、②③では断熱量が小さいほどOSAが良い。すなわち着衣や寝具の断熱量は、睡眠時に全時間冷房使用しない日では小さいほうが睡眠が良い一方で、全時間冷房を使う日では睡眠の質と関係がない。

fig.6にPOMSとOSAとの関係を示す。①③では関係がないが、②では正の相関がある。

fig.7~ fig.8に外気温や室温とOSAとの関係を示す。①②では相関がないが、③では正の相関がある。一方Table.6が示すように、室内のSET*とOSAは関係がない。一時的に冷房を使う日のみで室内気温や外気温が高いほど睡眠が良い、しかし室内SET*で表した温熱環境は、①②③ともに睡眠の質とは関係がない、といえる。

ただし、温熱環境やPOMSの範囲は①②③のあいだで異なる。したがって次節では、温熱環境やPOMSが平均±標準偏差の範囲で①②③を比較する。

7. 温熱環境の範囲を限定した睡眠の質との関係

7.1 外気温の範囲を限定した場合

外気温の平均±標準偏差の範囲は25.4℃から28.6℃である。fig.9は外気温26℃台から29℃台までを示す。参考に棒グラフで出現頻度を示す。図の左が①②③の合計で、図の右は①②③合計のうちPOMSの平均±標準偏差のデータに限定している。

左右とも、①②③合計では外気温が高いときOSAが高い。①②③を較べると、左右ともOSAは外気温26~27℃では②が①③より良いが、28~29℃では①③の方が良い。③では外気温が高いほどOSAが良い。

fig.10は②と③について、極端な外気温を除くために外気温25.4℃~28.6℃に限定して、外気温とOSAの関係を示す。②はR²値は小さいが、回帰線は27.9℃で交わる。睡眠時の平均外気温が27.9℃を超える日は調査対象データの28%を占めるが、これらの日では一時的に冷房を使った場合のほうが睡眠の質が良い、といえる。

7.2 室温の範囲を限定した場合

室温の平均±標準偏差の範囲は25.6℃から29.0℃である。fig.11は室温26℃台から29℃台までを示す。図の見方はfig.9と同じである。

左右とも、①②③を合わせた場合は室温に関係なくOSAが50点前後である。しかし①②③別にみると、室温が同じでもOSAが異なっている。左右とも、室温が28℃を超えると③が最もOSAが良い。特に右の図でこの差は

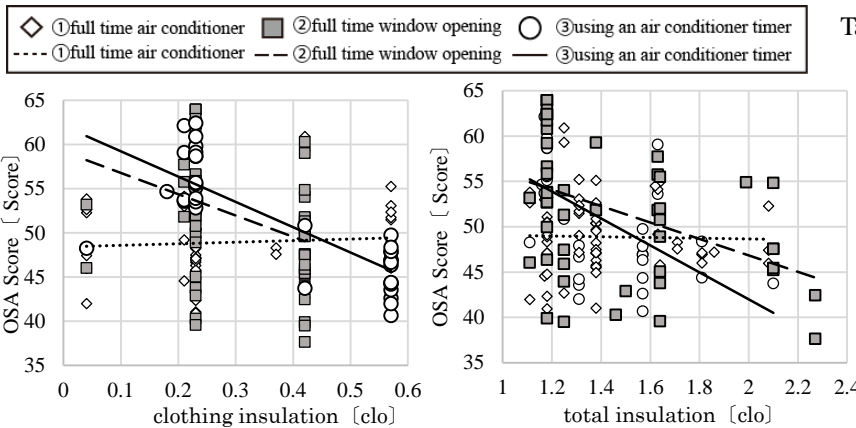


fig.4 Relation between clothing insulation and OSA score

fig.5 Relation between total insulation and OSA score

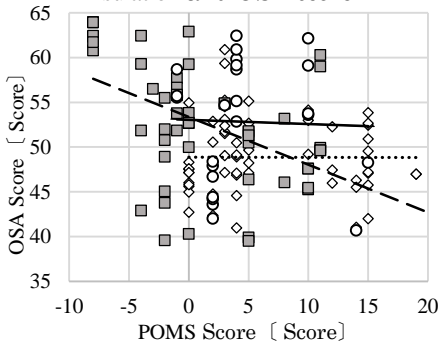


fig.6 Relation between POMS Score and OSA score

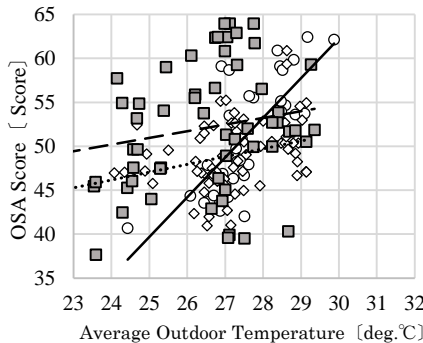


fig.7 Relation between Average Outdoor Temperature and OSA score

Tables.6 Relation between OSA and thermal environment, insulation and POMS

	①full time air conditioner	②full time window opening	③using an air conditioner timer
Average Indoor Temperature	R=-0.01 P=0.93	R=0.15 P=0.26	R=0.38 P=0.02
Average Outdoor Temperature	R=0.30 P=0.01	R=0.19 P=0.15	R=0.75 P=<0.0001
clothing insulation	R=-0.06 P=0.62	R=-0.36 P=0.006	R=-0.80 P=<0.0001
Average Indoor SET* during Sleep(clothing)	R=0.006 P=0.96	R=0.02 P=0.87	R=-0.20 P=0.24
total insulation	R=-0.02 P=0.85	R=-0.42 P=0.002	R=-0.57 P=0.0004
Average Indoor SET* during Sleep(total)	R=-0.04 P=0.75	R=-0.22 P=0.13	R=-0.08 P=0.64
POMS Score	R=-0.003 P=0.98	R=-0.47 P=0.0005	R=-0.03 P=0.88

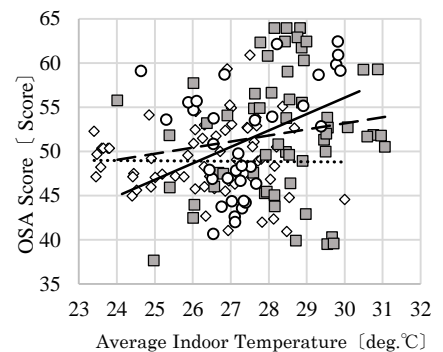


fig.8 Relation between Average Indoor Temperature and OSA score

大きい。冷房を一時的に使う日③の睡眠の質は、睡眠時平均室温が27℃台のときは①②③のうち最も悪いが、28～29℃台のときは①②③のうち最も良い。さらにこの傾向は、極端な POMS の居住者を除くに明瞭になる、といえる。また、右の図では27℃台で①②③のうち①が最も良い。すなわち、極端な POMS の居住者を除くと、睡眠の質は、睡眠時平均室温が27℃台のときは①②③のうち全時間冷房を使う日①が最も良い。

7.3 室内 SET* (総合) と OSA 得点との関係

室内 SET* (総合) の平均±標準偏差の範囲は 27.9℃から 31.7℃である。fig.12 は 28℃台から 31℃台まで示す。

左右とも、室温と同様に①②③を合わせると OSA が 50 点前後である。しかし①②③別にみると OSA は、①では室内 SET* (総合) と関係がない。28℃台のときは①②③に差はない。②の OSA は、29～30℃台のときは①③より特に良いが、29～31℃にかけて SET*が高くなるほど悪くなり、31℃では③に逆転される。右図で極端な POMS のデータを除くと、③の OSA は 30～31℃台で①②より良い。すなわち、寝具まで考慮した SET*で表すと、睡眠の質は、冷房を全時間使う日①では室内温熱環境と関係がない、29～30℃では窓のみの日②が特に良いが、31℃では冷房を一時的に使う日③が最も良い。

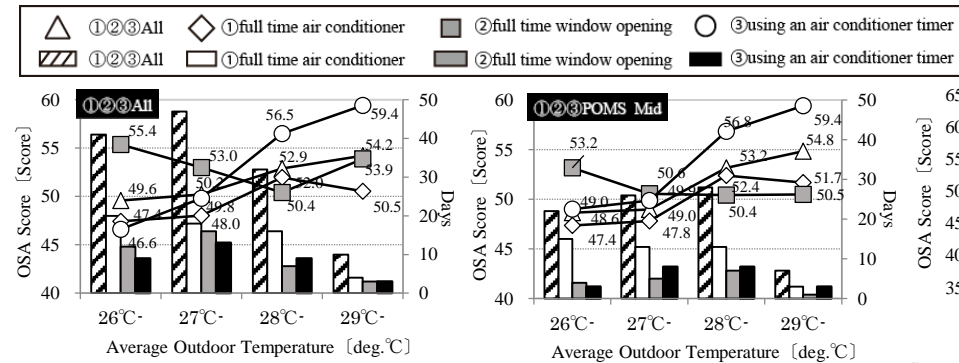


fig.9 Relation between Average Outdoor Temperature and OSA score

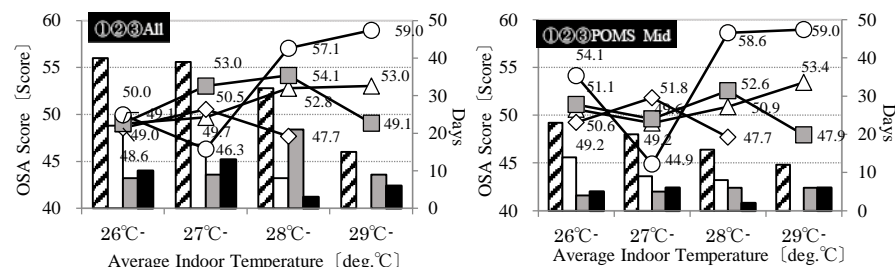


fig.11 Relation between Average Indoor Temperature and OSA score

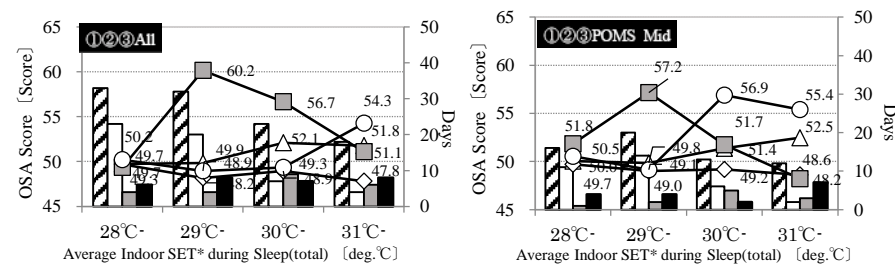


fig.12. Relation between Average Indoor SET*(total) and OSA score

8. まとめ

大阪の集合住宅居住者 75 名の 3 年間 343 日を対象に、夏季の寝室の測定と申告調査を実施し、睡眠時の温熱環境調節行為のうちよく出現する 3 パターン、全時間冷房使用 (出現頻度 21.4%) (①)、全時間窓開放 (同 18.6%) (②)、冷房一時使用 (同 11.2%) (③) のあいだで睡眠の質 (OSA) を比較した。温熱環境を睡眠時の平均値で評価する場合、以下のことがいえる。

- 1) 室内温熱環境は②>③>①であるが温冷感は①②③で差がなく、OSA は②>①、POMS は②が最も良い。
- 2) 睡眠時に全時間冷房を使わない場合②③では、寝衣断熱量や総合断熱量が小さいほど OSA が良い。
- 3) POMS は OSA に強く関係し、②が①③より睡眠の質が良い。
- 4) OSA は、睡眠時に全時間冷房を使う①では室内 SET* と関係がない。窓のみを使う②では高温ほど悪い。
- 5) POMS が極端なデータを除くと、一時的に冷房を使う③では室内 SET*が高いときに睡眠の質が良い。
- 6) OSA は窓のみを使う②で最も良いが、外気温が 27.9℃を超える日 (出現頻度 28%) には、OSA は一時的に冷房を使う③が最も良い。

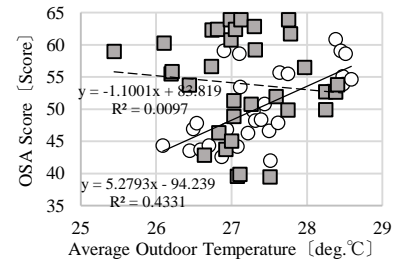


fig.10 Relation between outdoor temp. (25.4-28.6°C) and OSA score

参考文献
 文1) 気象庁 <http://www.jma.go.jp/jma/menu/menureport.html> 平成28年10月18日閲覧
 文2) 環境省: 気温の上昇が睡眠に及ぼす影響、ヒートアイランド対策の環境影響等に関する調査業務報告書, pp.1-50, 2009年2月,
 文3) 久保ら: 夏季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,
 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,
 文5) 山本ら: 中年・高齢者を対象としたOSA睡眠感調査票(MA版)の開発と標準化. 脳と精神の医学 10: 401-409, 1999
 文6) ISO9920:1995
 文7) Zhongping Lin, Shiming Deng; „Building and Environment 43 (2008) 905-916,

注1) 27戸は2年、14戸は3年協力したため、実質70戸。
 注2) 2014年は30分、2015～16年は10分間隔で測定。
 注3) 別途実施した扇風機の風速測定と3住戸でのグローブ温度測定にもとづく

謝辞 ダイキン工業 新井潤一郎氏に謝意を表す。