

夏季の寝室における冷房使用と  
 温冷感・熱的快適感・熱的受容度の申告に基づく快適範囲  
 —大阪の大学生を対象とした実態—

**Thermally Comfort Zones in Bedrooms during Summer based on Thermal Sensation  
 -Survey of University Students in Osaka-**

○別所 洋奈 (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)  
 橘 良樹 (大阪市立大学) 中山 裕介 (大阪市立大学)  
 Hirona BESSHO\* Noriko UMEMIYA\* Tomohiro KOBAYASHI\*  
 Yoshiki TACHIBANA\* Yusuke NAKAYAMA\*

\*Osaka City University

Based on the responses of 24 university students and graduate students in Osaka, we analyzed the thermal comfort zones in bedrooms during summer in relation to thermal sensations and sleep quality. Results showed the following. 1) The thermal comfort zones in bedrooms based on thermal sensations are SET\* 19.3–22.7°C, with thermal acceptability is SET\* 17.7–28°C, and feelings of good sleep at 20.1–23.7°C. 2) The thermal environment zone, for which the AC-users' comfortable response rate is higher than the not AC-users' is SET\* 24–25.7 based on thermal sensations and feelings of good sleep.

## 1. 背景と目的

近年都市部の熱帯夜数が増加し<sup>文1)</sup>、夏季に冷房なしで良質な睡眠をとることは難しくなっていると思われる。大阪の集合住宅では夏に 41.2%が窓を開け冷房なしで就寝しているという調査結果もある<sup>文2)</sup>。

そこで本研究は、夏季の就寝中の温熱感覚や睡眠の質の実態を把握し、就寝中にどのように寝室の温熱環境を調節すれば睡眠の質が保てるのかを明らかにするために、温熱環境の実測と申告調査を、3年間のべ 581 日の大学生 24 名の盛夏期における睡眠の実態を分析する。「熱的快適」は各種の申告尺度に対して定義し、1)睡眠時の就寝時に「熱的快適」と評価される寝室の温熱環境の範囲、2)睡眠の質(OSA)との関係、3)冷房使用日と非使用日の「熱的快適」範囲のちがいを明らかにする。

## 2. 方法

5月～10月の中間期、梅雨期、盛夏期、残暑期の期に各期約 10 名、3年でのべ 83 名を対象に、1期に 7 日連続でのべ 581 日に、1)10 分間隔で寝室の気温・湿度、2)30 分間隔の生活行動記録と寝室温熱環境調節状況の記録、毎朝起床時の前夜睡眠時の 3)温熱感覚と睡眠感(OSA)の申告を採取した。4)寝衣と寝具などの睡眠状況も尋ねた。『昨夜の睡眠時にあなたが寝る部屋に感じた』感覚として、温冷感、熱的快適感、熱的受容度、睡眠感「非常によかった」～「非常に悪かった」の 4 段階を尋ねた。

温湿度計は被験者自身が頭部近傍に設置する。SET\*には、風速は冷房時と通風時は 0.2m/s、扇風機運転時は風量

Table.1 clo value and velocity

Clothing	clo value	fan air volume	velocity
半袖半ズボン	0.23clo	強風	2.5
半袖長ズボン	0.42clo	中	1.2
長袖長半ズボン	0.37clo	微風	0.3
長袖長ズボン	0.57clo	リズム風	0.2
ほぼ裸	0.04clo	その他	0.2
		非使用	0

設定による 0.2～2.5m/s、寝衣は申告に基づき Table.1<sup>文3)</sup>で、代謝量は 0.9met、グローブ温は室温と仮定した。

## 3. 調査対象の構成

Fig.1 に被験者属性と住戸属性を示す。自宅通学生 63%、下宿生 37%、『冷え性』は「少し」が最多で 36.2%、次いで「人並」32.8%である。『暑さ耐性』は「弱い」が最多で 44.8%、次いで「人並」39.7%である。『睡眠』の習慣は「やや不規則」が最多で 63.8%である。住戸形態は 2 階建ての戸建て 44.4%で最も多く、下宿生は全員が集合住宅である。『寝室の暑さ』は、「通風だけでも暑さをしのげる」が最多で 54.1%、「暑いときだけ冷房を利用すれば足りる」31.1%、「冷房なしでは暑さをしのげない」14.8%である。Fig.2 に測定当日の寝具と寝衣、温熱感覚および睡眠感の分布を示す。『寝衣』は「半袖半ズボン」68.9%、「半袖長ズボン」10.0%、『掛け布団』は「大判タオル」および「タオルケット」が最多で 18.4%、次いで「綿毛布」17.8%である。温冷感「暑くも寒くもない」34.8%、熱的快適感「快適」62.6%、熱的受容感「我慢できた」85.8%、

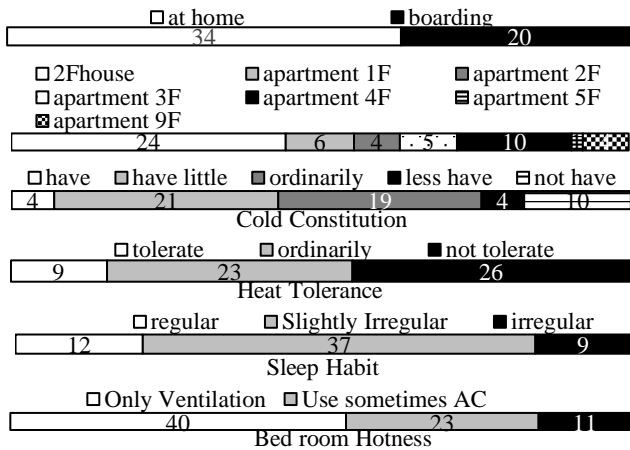


Fig.1 Frequency of Subject Basic Attribute

睡眠感は「ややよかった」61.3%が最も多い。次いでそれぞれ、「やや暑い」26%、「やや不快」30.8%、「我慢できないときがあった」12.9%、「やや悪かった」22.4%が多い。

4. 測定結果

本研究では温熱環境は睡眠中の平均値で表す。盛夏期における一晩の睡眠時平均 SET\*、WBGT<sup>文4)</sup>について、1℃刻みで表した分布を Fig.3 に示す。睡眠時平均 SET\*は 19～31℃で、26℃台が最多、平均値は 25.7℃である。WBGT は 19～30℃で、27℃が最多である。WBGT は 25℃～28℃(警戒)が 34.7%、28℃～31℃(嚴重警戒)が 8.2%、31℃以上は 0%である。WBGT が 28℃を超えると、すべての生活活動中に熱中症の危険があるとされており、温熱環境を睡眠時平均値で評価した場合でも、28℃を超える日があることは注目される。

OSA 総合得点の分布は Fig.4 のようになる。50 点が最多で、平均は 48.3 点、標準偏差 2.92 点である。

5. 温熱感覚及び睡眠感に基づく睡眠時熱的快適範囲

Fig.5 に睡眠時平均 SET\*と快適申告率の関係を示す。ここに快適申告率とは、5 種類の申告尺度に対してそれぞれ、1)7 段階温冷感において「中立」、2) 温冷感において中央 3 カテゴリーの範囲、3)4 段階の熱的快適感において「快適」、4)3 段階の熱的受容度において「我慢できた」、5)4 段階の睡眠感において「非常によい」と「ややよい」に申告される割合と定義する。温冷感中立と熱的快適感でみた快適申告率は、SET\*21℃までは SET\*が高くなるほど高くなるが、21℃を超えると著低下している。他の申告でみた快適率も、21℃を超えると低下または横ばいになっている。

ASHRAE 基準 55<sup>文5)</sup> は、在室者の 80%が受容できる温熱環境の範囲を快適と定義している。そこで Fig.6 に、快適申告率 80%に相当する SET\*の範囲を示す。温冷感中央 3 カテゴリー、熱的受容度、及び睡眠感に対する快適域はそれぞれ 19.3～22.7℃、17.7～28℃、20.1～23.7℃である。温冷感中立と快適感「快適」の申告率は

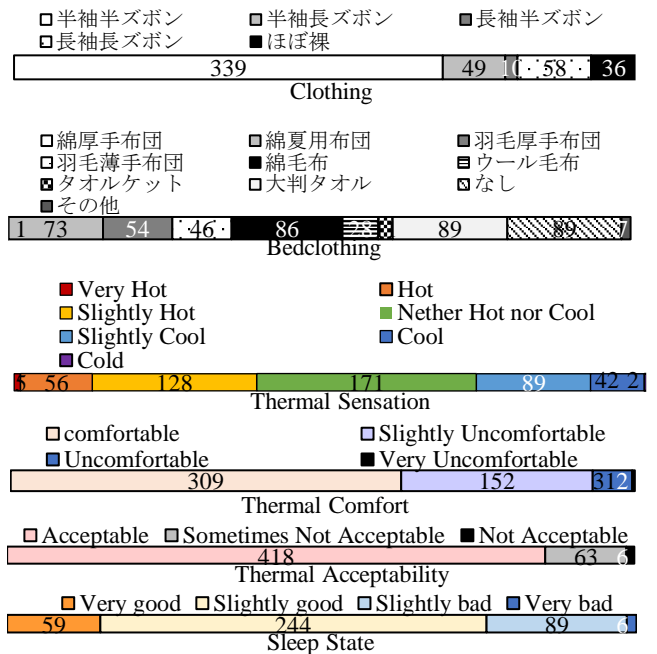


Fig.2 Frequency of Thermal Sensation and Sleep State

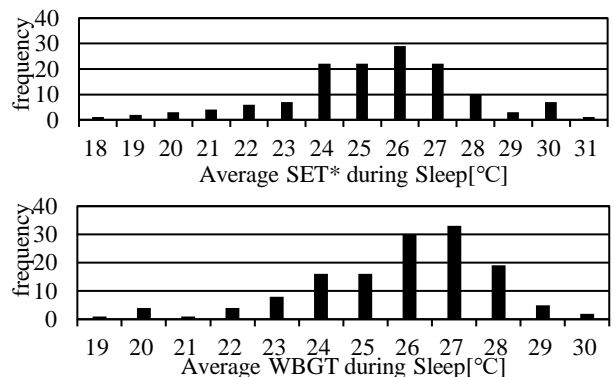


Fig.3 Average SET\* and WBGT during Sleep in Midsummer

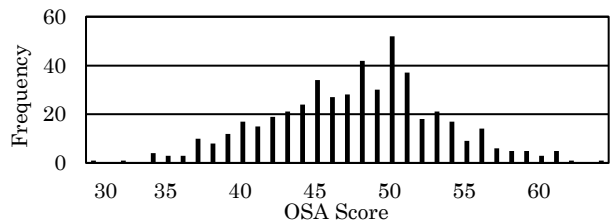


Fig.4 Frequency of OSA Score

帰すると 80%を上回る範囲は存在しなかったが、快適感「快適」では 18℃、19℃および 22℃において申告率が 80%を上回っている。

次に ASHRAE 基準の快適範囲(活動時)との比較を行う。Fig.7 に、温冷感、熱的快適感、熱低受容度、睡眠感の申告においてそれぞれ、中央 3 カテゴリー、「快適」、「我慢できた」、上位 2 カテゴリーに申告された日の温熱環境を空気線図上にプロットして示す。これらの快適な日は ASHRAE 基準 0.5clo 快適域 24～28℃にくらべて広く分布している。

温冷感中央 3 カテゴリーによる快適域は室温 23.3～

28.4℃、睡眠感による室温の快適範囲は 22～24.9℃であり、ASHRAE 基準の快適域に較べて低温側に分布している。熱的受容度による室温の快適範囲は 22.1～31℃であり、ASHRAE 快適域の低温側と高温側の両方に分布している。これらの快適範囲いずれも半数以上が ASHRAE の科的域の外にある。こうしたずれの原因として、睡眠時にそもそも感覚がないことや、それにも関わらず睡眠時の起床時に前夜の睡眠時の感覚について評価させていることが考えられる。他にも、寝室というプライベートな空間に対する評価であることや、期待感の違い、暑さへの回答者の生理的な順応なども考えられる。

6. OSA 得点に基づく睡眠の快適範囲

Fig.8 に SET\*の 1℃刻みの各晩に対して各種と OSA 得点 (睡眠の質) の快適範囲を示す。図の縦棒は度数を示す。ここに快適範囲とは、OSA 得点上位 25%以上の範囲と定義する。OSA 総合では 51.2 点、OSA 起床時眠気因子では 50 点、OSA 入眠・睡眠維持因子では 52.2 点、OSA 疲労回復因子では 51.1 点に相当する。回帰曲線で見ると快適率は、OSA 総合得点では、SET\*が低いときは SET\*とあまり関係がないが、22～23℃を過ぎると緩やかに低下、起床時眠気因子と疲労回復因子では、21～22℃までは SET\*に関わらず高いが、21～22℃をピークとして低下し、26℃以降では再び上昇する。この傾向は疲労回復因子が得に強い。入眠・睡眠維持因子では、SET\*が高くなると快適率がやや上昇する。睡眠の質は 4 種類とも、SET\*が高いとき快適率が下がる傾向があるが、SET\*が高いとき OSA 評価でした快適率が低いとは限らない。上位 25%であるにもかかわらず、占める割合が高くなっている理由としては上位 25%の値近くに分布が集中しているためだと考えられる。

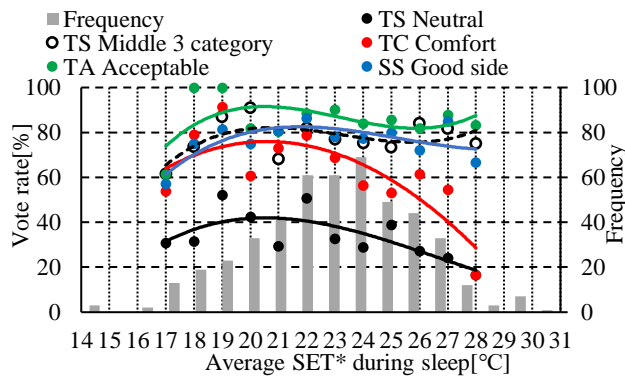


Fig.5 Comfort Thermal Sensation Vote Rate by Average SET\* during Sleep

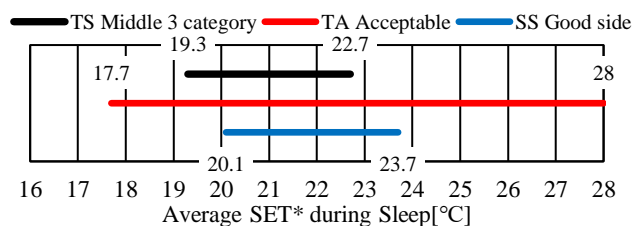


Fig.6 Thermally Comfort Zone Based on each Scale

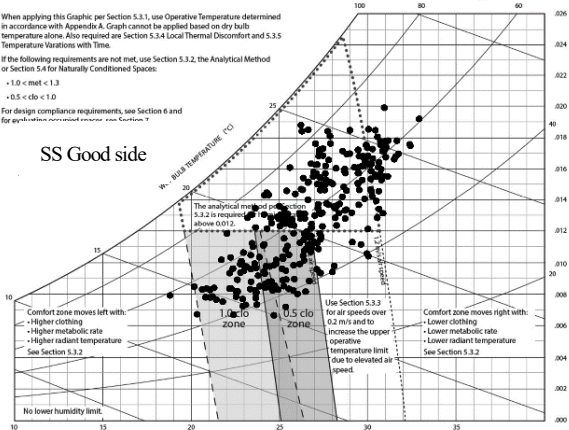
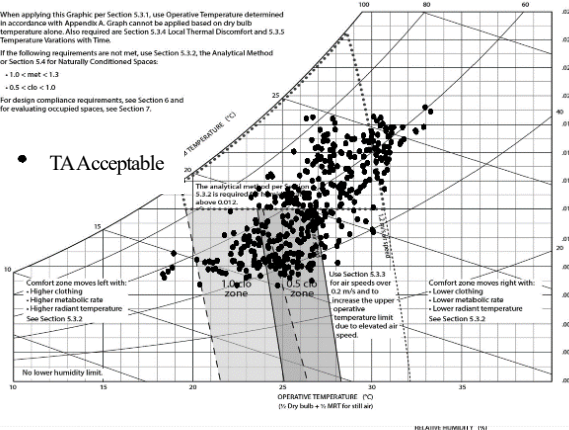
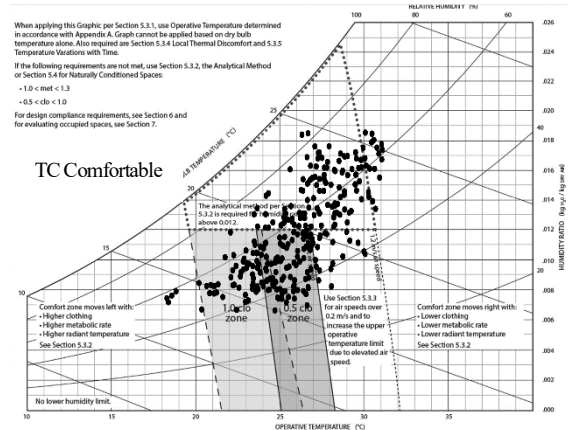
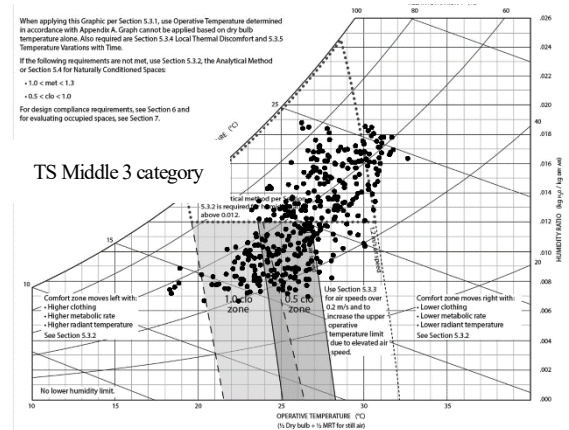


Fig.7 Operative Temperature and Humidity Ratio of each "comfort" vote and ASHRAE Comfort Zone

7. 冷房使用日と非使用日の快適申告率の比較

Fig.9 に冷房使用日と非使用日別に、温熱感覚や OSA 得点にもとづく「快適」申告率を示す。図の縦棒は度数を示す、温冷感中立、温冷感中央 3 カテゴリー、熱的快適感による「快適」申告率は、SET\*23~26°Cでは同じ SET\*に対し冷房使用日の方が非使用日より高い。熱的受容度による「快適率」も SET\*24°C~27°Cでは同様に使用日の方が高いが、22°Cでは使用の方が著しく低い。

睡眠感による「快適」申告率では冷房使用日と非使用日で同程度である。OSA 得点による「快適」申告率ほどの因子も、非使用日は SET\*が高くなるほど低下しているが、使用日は 25°Cがピークとなっている。つまり OSA は冷房非使用日は SET\*が低いほど得点が良いが、使用日は 25°Cのとき最も良い。

8. 結論

盛夏期において、睡眠の翌朝に評価した前夜の温熱感覚や睡眠感に基づいて「快適」率を定義し、睡眠時平均値で表した温熱環境との関係について実態を明らかにした。寝衣は半袖半ズボン 68.9%、掛け布団は大判タオルおよびタオルケット 18.4%。平均 SET\*は 25.7°C。温冷感「中立」、熱的快適感「快適」が最多であるが、WBGT28°C以上は 8.2%である。2-1)温冷感中央 3 カテゴリー、熱的受容度「我慢できる」、睡眠感よい側を「快適」と見なすと、「快適」率 80%の SET\*はそれぞれ、19.3~22.7°C、17.7~28°C、20.1~23.7°C。2-2)ASHRAE 基準と較べると、睡眠時の「快適」範囲は下側に 1~2°C、上側に 3°C広い。2-3)OSA に基づく「快適」率は、SET\*が高くなると低くなる傾向があるが、SET\*が高いときに低いとは限らない。

3-1)温冷感や熱的快適感や受容度に基づく「快適」率はいずれも、SET\*23~26°Cでは冷房使用日が非使用日より高い。受容度に基づく 22°Cでは使用日の方が低い。3-2)OSA に基づく「快適」率は冷房使用日は 25°Cで最も高く、非使用日は SET\*低いほど高い。

謝辞 新井潤一郎博士 (ダイキン工業) に謝意を表す

参考文献

- 1) 気象庁 <http://www.jma.go.jp/jma/index.html>
- 2) 坂根ら:有職者の夏季における睡眠の質に関連する居住環境因子、空衛・近・論文集 263-266、2012
- 3) ISO, Ergonomics of the thermal environment-Estimation of the thermal insulation and evaporative resistance of a clothing ensemble
- 4) 日本生気象学会編著:日常生活における熱中症予防指針 Ver.3、日本生気象学会、2013年5月
- 5) ANSI/ASHRAE Standard.55-2013

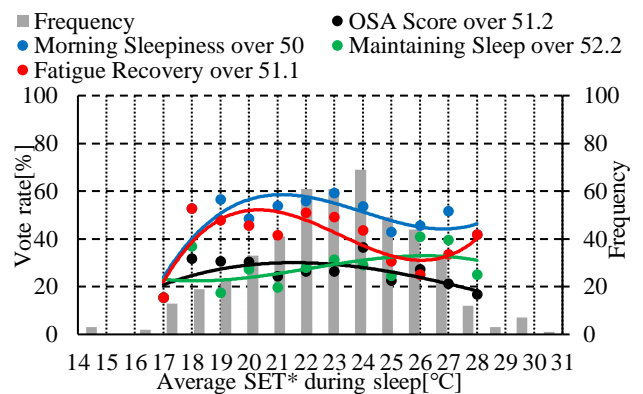


Fig.8 'Comfort' Rate of OSA Score for SET\* during Sleep

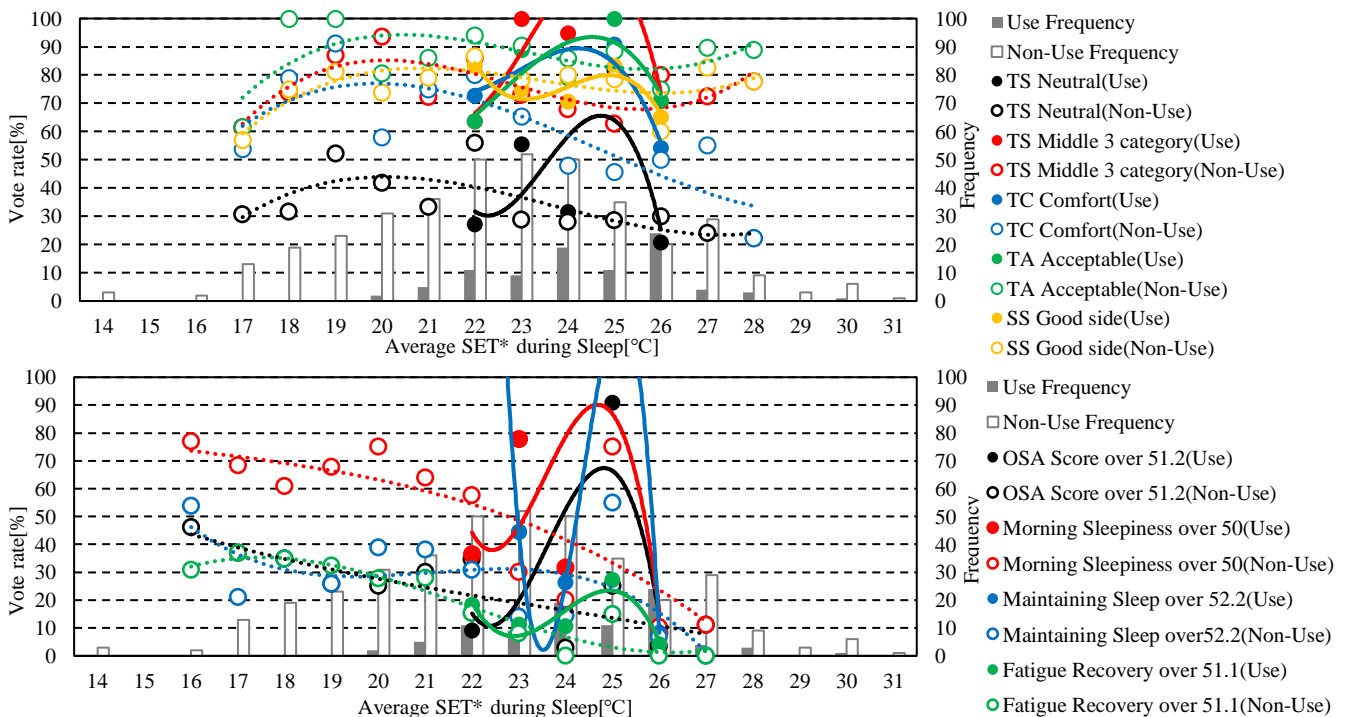


Fig.9 'Comfort' Rate of Thermal Sensation and OSA Score for SET\* during AC use and not use nights