標準新有効温度 (SET*) における放射, 湿度, 気流, 着衣
の影響の温度換算INDIVIDUAL TEMPERATURE EXPRESSION FOR EACH INFLUENCE
OF THERMAL RADIATION, HUMIDITY, AIR VELOCITY
AND CLOTHING INSULATION REGARDING SET*

深井 一夫*

Kazuo FUKAI

Standard New Effective Temperature (SET*, Gagge et al., 1986) is a single temperature index of human response to a thermal environment. Therefore SET* can not individually describe each influence from thermal factors, that is, radiation, humidity, air velocity, clothing insulation and activity. In this paper, a method to individually express the thermal influences of radiation, humidity, air velocity and clothing insulation with the exception of activity in temperature scale are proposed. SET* was indicated as the value adding temperatures capable of expressing the influences of the four thermal factors mentioned above to the air temperature of the actual environment as a basal temperature.

Keywords : *Standard New Effective Temperature, thermal factors, thermal index, loci for constant thermal sensation*

S E T*, 温熱要素, 温熱指標, 等温感線

1. はじめに

温熱指標の一つである新有効温度 (New Effective Temperature: ET*) は, 実環境と温熱的に等価な相対湿度を50%に標準化した平均放射温度と気温が等しい環境の気温として, その基本的概念が1971年にGagge, Stolwijk, Nishi¹⁾により発表された。その後湿度に加えて気流と着衣についても標準化した標準新有効温度 (Standard New Effective Temperature: SET*) がGagge, Nishi, Gonzalez²⁾により示され, さらに1986年には Gagge, Fobelets, Berglund³⁾によりET* からSET*への標準化の方法などに修正がなされ, 代謝量の異なる場合にも相互にSET*の値を比較できる様に改良したSET*が提案された。

SET*は複数の温熱要素を総合して, 単一の温度で表す温熱指標 (単一温度指標) であり, 温熱感覚との対応を明らかにしておけば, 環境側の気温, 放射, 湿度, 気流の温熱4要素と人体側の着衣量, 代謝量のすべての温熱要素を考慮して温冷感の予測や温熱環境の評価が単一の数値により可能となる。そこで, 筆者ら^{4)~8)}は日本人

を被験者とした実験的検討により, 代謝量や着衣量の異なる場合も含めてSET*と日本人の温熱感覚との対応を明らかにしてきた。しかし一方ではSET*が単一温度指標であるがために, 個々の温熱要素の影響を個別に把握することができない。温熱要素の影響の分離表現を考えた温熱指標としては, 堀越ら⁹⁾の放射, 湿度, 気流の影響を分離して表し, 温度変換して気温に加えあわせた数値で示す修正湿り作用温度があり, 人と周囲環境との間の熱平衡式に基づいて理論的に導出された指標で実験的な検証も堀越ら¹⁰⁾によりなされているが, 着衣の影響については表現されていない。本論文では, 着衣の効果も考慮され既に広く用いられているSET*において, 与えられた温熱条件からSET*を導出する過程を検討し, 代謝を除く放射, 湿度, 気流, 着衣の各温熱要素の影響を温度換算して, 基準となる気温にそれぞれの温度換算値を加算することによりSET*を表現する方法について報告する。代謝に関しては前述のように1986年にGaggeら³⁾が発表したSET*では, 異なる代謝量でのSET*の値を相互

* 横浜国立大学工学部建築学教室 助手・工修

Research Assoc., Dept. of Architecture, Faculty of Engineering,
Yokohama National Univ., M. Eng.

に比較できるように改良され、筆者ら⁹⁾が行った軽歩行程度の比較的低い代謝量の範囲での被験者実験の結果からも、代謝量の異なる場合にもSET*と温冷感の関係はほぼ等しいことを確認しており、SET*における代謝量に関する考慮に実用上の問題はないと考えられるが、代謝量の相違は人体熱収支への影響が大きく生理的状態値も大きく変化し、異なる代謝量での温熱的等価性等の理論的な根拠に疑問を感じるため、代謝量の影響の温度換算については本論文では除外する。

なお、本論文で用いる人体の生理的状態値を算出するための体温調節数値モデル（2節モデル）およびET*、SET*の計算は1986年のGaggeらの論文³⁾に示されるプログラムを基にしている。

2. ET*, SET*の導出に用いる温熱的等価環境を示す“Gaggeらの等温感線”

Gaggeらは、実環境と温熱的に等価であるための条件を、人体の生理的状態値であるぬれ面積率・皮膚温・皮膚表面での放熱量の三者が等しいことで規定して、皮膚表面での熱収支式よりこの条件を満たす環境を示す湿り空気線図上の直線を導き、ET*およびSET*の導出に用いた。すなわち皮膚表面での熱収支は、代謝量のうちの呼吸にともなう放熱以外の伝導と血流により皮膚表面へ伝わる熱量と皮膚表面での乾性および湿性放熱量が等しいとした下式で表される¹¹⁾。

$$Msk = Hsk = h \cdot Fcl \cdot (Tsk - To) + w \cdot he \cdot Fpcl \cdot (Psk^* - Pa) \quad [W/m^2] \quad \dots\dots\dots(1)$$

ただし、

- ・ Msk : 体内から皮膚表面へ伝導と血流により伝わる熱量（代謝量－呼吸放熱量） [W/m²]
- ・ Hsk : 皮膚表面から周囲の環境への全放熱量 [W/m²]
- ・ Tsk : 皮膚温 [°C]
- ・ w : ぬれ面積率 [N.D.]
- ・ Psk* : 皮膚温(Tsk)での飽和水蒸気圧 [kPa]
- ・ To : 作用温度 [°C]
- ・ Pa : 環境の水蒸気圧 [kPa]
- ・ h : 総合熱伝達率 (=hc+hr) [W/m²/K]
- ・ Fcl : 着衣の伝熱効率係数 [N.D.]
- ・ he : 蒸発に伴う物質熱伝達率 [W/m²/kPa]
- ・ Fpcl : 着衣の透湿効率係数 [N.D.]

また、

$$To = (hc \cdot Ta + hr \cdot Tr) / h \quad \dots\dots\dots(2)$$

- ・ Ta : 気温 [°C]
- ・ Tr : 放射温度 [°C]
- ・ hc : 対流熱伝達率 [W/m²/K]

- ・ hr : 放射熱伝達率 [W/m²/K]
- $$h \cdot Fcl = - \frac{1.0}{Icl + 1.0 / (h \cdot fcl)} \quad \dots\dots\dots(3)$$
- ・ Icl : 着衣の熱抵抗 (=0.155・Iclo) [m²K/W]
0.155: 単位変換の定数 (clo → m²K/W)
 - ・ Iclo : クロ値で表した着衣の熱抵抗 [clo]
 - ・ fcl : 体表面積に対する着衣表面積の割合 [N.D.]
fcl = 1.0 + Kclo・Iclo
 - ・ Kclo : クロ値からfclを推定する定数 [N.D.]
- $$he = LR \cdot hc$$
- $$he \cdot Fpcl = - \frac{LR}{Ia/ia + Icl/icl} \quad \dots\dots\dots(4)$$
- ・ LR : Lewisの関係の定数 [K/kPa]
 - ・ Ia : 着衣表面空気層の熱抵抗 [m²K/W]
 - ・ ia : 着衣表面空気層の透湿係数 (=hc/h) [N.D.]
 - ・ icl : 着衣の透湿係数 [N.D.]

本論文で用いる1986年版の2節モデル³⁾では、上記の各係数のうちのいくつかは、以下の様な式あるいは定数が使用されている。

- ・ 対流熱伝達率 hcは気流速度または代謝量から下式により算定され、両者のうちの大きな値が用いられる。ただし最小値は3 W/m²/K (0.137 m/sの気流に相当)である。

$$hc = 8.6 \cdot V^{0.53}$$

$$hc = 5.66 \cdot (M/58.15 - 0.85)^{0.39}$$

$$\text{ただし、 } V : \text{気流速度 [m/s]} \\ M : \text{代謝量 [W/m}^2\text{]}$$

- ・ Kclo = 0.25
- ・ LR = 15.1512・(Tsk + 273.15) / 273.15
- ・ ia = 0.45
- ・ icl = 0.45 (通常着衣)

(1)式を作用温度(To)と水蒸気圧(Pa)の関係にまとめると、

$$Pa = - (\phi/w) \cdot To + \left[Psk^* - \frac{Hsk - h \cdot Fcl \cdot Tsk}{w \cdot he \cdot Fpcl} \right] \quad \dots\dots\dots(5)$$

$$\text{ただし、 } \phi = (h \cdot Fcl) / (he \cdot Fpcl)$$

ここで代謝量および気流速度・着衣量を固定すれば各伝熱係数 (h, Fcl, he, Fpcl)は定数となる。さらに皮膚温(Tsk), ぬれ面積率(w), 皮膚面放熱量(Hsk)が一定であるとすれば、(5)式右辺第1項のうちの(φ/w)と第2項は定数とみなせ、(5)式は環境の水蒸気圧(Pa)に関する作用温度(To)の一次式となる。つまりTsk, w, Hskがともに等しく、(1)式で表される皮膚表面における熱収支式が成立する環境のToとPaは線形関係にあり、その軌跡はToを横軸、Paを縦軸としたToとPaの直交する空気線図上で傾き-(φ/w)の直線となる。Gaggeらはこの直線を温熱的に等価な環境を示す等温感線であるとし、本論文では“Gaggeらの等温感線”と表記する。この直線は与えら

れた環境の温湿度条件を示す空気線図上の点を通り、相対湿度50%線との交点の温度が、相対湿度を50%に標準化した等価環境の温度つまり ET^* である。したがって、 ET^* は次式を満足するような温度として、反復計算により求められる。

$$H_{sk} = h \cdot F_{cl} \cdot (T_{sk} - ET^*) + w \cdot h_e \cdot F_{pcl} \cdot (P_{sk} - 0.5 \cdot P_{ET^*}) \quad \dots\dots\dots(6)$$

ただし、

$$P_{ET^*} : \text{温度}(ET^*)\text{での飽和水蒸気圧} \quad [\text{kPa}]$$

SET^* は、気流速度および着衣量を標準値として(5)式の中の各伝熱係数を再度算出し、新たなGaggeらの等温感線を求めて、 ET^* と同様に相対湿度50%線との交点の温度を(6)式にならない求めたものである。

3. 各温熱要素の影響の温度換算

本論文で扱う影響を分離して温度換算する温熱要素は、代謝量を除いた放射・湿度・気流・着衣量の4つである。このうち放射については、人体側の生理的状態とは直接の関連を持たない人体と環境との間の対流および放射熱伝達率と環境側の気温・放射温から求められる作用温度に基づいて評価することとし、本論文で扱う他の3つの要素に先立ち独立にその効果を温度換算して表示する。一方、湿度・気流・着衣量の3つの温熱要素の影響の温度への換算は、 ET^* において相対湿度を50%に標準化する方法と同様の考え方をを用いる。つまり、与えられた温熱条件から2節モデルを用いて求めた生理的状態値である皮膚温・ぬれ面積率・皮膚表面での放熱量の三者が等しいことを温熱的に等価であることの条件として、ひとつあるいは複数の温熱要素を標準化したときの等価環境の気温を上記のGaggeらの等温感線を用いて求め、標準化する前の状態の気温との差をもって、その標準化した温熱要素の標準値からの偏差の影響と見なす。ただし、湿度・気流・着衣量は、人体側の生理的状態値と相互に影響を及ぼし合うため、それぞれ互いに完全には独立でない。したがって、3つの温熱要素の影響を温度換算した値は、それぞれの要素を標準化する順番に多少の影響を受けることになるが、この点に関する詳しい考察は後に述べることにし、まず、それぞれの温熱要素の影響の温度換算の方法について述べる。

3-1 放射の影響

放射による影響は、先にも述べたように、作用温度(To)により評価する。 To は実環境と人体熱収支の上で等価な平均放射温度と気温の等しい環境の気温によって表され、気温と放射温をそれぞれ対流熱伝達率と放射熱伝

達率で重み付けした平均温度で、前出の(2)式である。

放射の影響を温度換算したものを実環境の気温と作用温度の差として表現することとしたので、この放射の影響を $\Delta Trad$ と表記すると、

$$\Delta Trad = To - Ta = hr \cdot (Tr - Ta)/h \quad \dots\dots\dots(7)$$

これは既にGaggeら¹²⁾により提案されている放射の影響を分離して表す有効放射場($ERF = hr \cdot (Tr - Ta)$)の考え方そのもので、 ERF を総合熱伝達率 h で除して温度の単位に変換したものが $\Delta Trad$ である。

$$\Delta Trad = ERF/h \quad \dots\dots\dots(8)$$

To を気温と放射の影響の温度換算値の和で表せば、

$$To = Ta + \Delta Trad \quad \dots\dots\dots(9)$$

作用温度では湿度に関しては何ら規定できないが、実環境との等価性を維持するためには、湿度に関しても規定しておくことが必要で、皮膚表面での湿性放熱を等しくするような湿度を考える。皮膚表面での湿性放熱量は、ぬれ面積率が等しければ皮膚温における飽和水蒸気圧と環境の水蒸気圧との差に比例することから、等しい湿性放熱を得るには水蒸気圧を実環境と等しく保つ必要がある。したがって、作用温度を用いるときの相対湿度は、水蒸気圧が実環境と等しく温度が作用温度の値であるときの相対湿度で表す。

3-2 湿度の影響

湿度の標準値をRH50%とし、温熱的等価性を保ちつつ湿度のみをRH50%に標準化するために必要とされる気温の変化量を湿度の影響の温度換算値とする。すなわち、上記の放射の影響を考慮した作用温度と実環境の水蒸気圧により決まる空気線図上の点を通るGaggeらの等温感線を、与えられた温熱条件のもとで2節モデルにより求めた生理的状態値等から決定する。そして、この等温感線とRH50%線との交点の温度つまり ET^* の値を求め、もとの作用温度との差を湿度の影響の温度換算値とする。これを $\Delta Thum$ と表記すれば、

$$\Delta Thum = ET^* - To \quad \dots\dots\dots(10)$$

ET^* を気温とそれぞれの温熱要素の温度換算値の和として表せば、

$$ET^* = Ta + \Delta Trad + \Delta Thum \quad \dots\dots\dots(11)$$

3-3 気流の影響

ET^* は上記のごとく放射および湿度を標準化したものであるが、次に気流を標準化し、気流の影響の温度換算値を求める。

気流は直接には対流熱伝達率 hc に影響を及ぼし、 hc は第2節に示したとおり気流速度または代謝量により決定される。気流の標準値としては静穏気流、すなわち hc を $3.0 \text{ W/m}^2/\text{K}$ とする。ただし、与えられた代謝量より求まる hc が $3.0 \text{ W/m}^2/\text{K}$ を越える場合にはその値を採用し、

例えば椅座作業時の代謝量として用いられる1.1metではhcは3.3W/m²/Kである。気流の影響はhcを介してh,he,Fcl,Fpclの各伝熱係数を変化させ、新たに(5)式により示されるGaggeらの等温感線を求め、ET*と同様にこの等温感線上のRH50%となる環境の気温を求める。この温度は、放射・湿度を標準化したET*をさらに気流についても標準化した温熱的等価環境の温度を意味し、ET*velと表記する。したがって、気流の影響を温度換算した値を放射・湿度の場合と同様に ΔT_{vel} と表記すれば、

$$\Delta T_{vel} = ET^*_{vel} - ET^* \quad \dots\dots\dots(12)$$

また、Taを基準にすれば、ET*等と同様に、

$$ET^*_{vel} = Ta + \Delta T_{rad} + \Delta T_{hum} + \Delta T_{vel} \quad \dots\dots(13)$$

と表すことができる。

3-4 着衣の影響

着衣の標準値は、1986年版のSET*プログラムでは、代謝量の異なる条件間でのSET*の相互比較を可能とするために(14)式で示される代謝量Mの関数としての標準着衣量Icls(clo単位)を用いている。すなわち、

$$I_{cls} = 1.33 / [(M - W) / 58.15 + 0.74] - 0.095 \quad \dots\dots(14)$$

ただし、W:外部になした仕事量 [W/m²]

この標準着衣量を算出する(14)式の導出に関する理論的な根拠についてはGaggeら³⁾の論文の中にも述べられていないが、筆者ら⁶⁾が行った実験的検討では軽歩行程度までの活動度においては、(14)式の標準着衣量を用いることにより、代謝量の異なる場合にもSET*と温冷感の関係がほぼ同様に保持されていることが確認できた。また、本論文ではSET*そのものに対する新たな提案を行うことが目的ではなく、既存のSET*における各温熱要素の影響の温度換算を可能にすることを目的としているため、着衣量の標準値としては、代謝量に応じて(14)式により求まる値をそのまま用いることとする。(5)式のGaggeらの等温感線においては、着衣量を標準化することによりFclおよびFpclが変化して、新たな等温感線が決まる。この等温感線とRH50%線との交点の温度がSET*であり、ET*velの着衣量を標準化した等価環境の温度とも見られる。着衣量の影響の温度換算値を ΔT_{clo} と表記すれば、

$$\Delta T_{clo} = SET^* - ET^*_{vel} \quad \dots\dots\dots(15)$$

また、Taを基準にすれば、

$$SET^* = Ta + \Delta T_{rad} + \Delta T_{hum} + \Delta T_{vel} + \Delta T_{clo} \quad \dots\dots\dots(16)$$

と表すことができる。したがって、SET*の値を気温を

図-1 温熱要素を標準化した等価環境の温度と温熱要素の影響の温度換算値の関係

基準として放射・湿度・気流・着衣の影響をそれぞれ温度換算したものに分離し、その総和として表現できたことになる。

図-1には気温から1つまたは複数の温熱要素を標準化した等価環境の温度を経てSET*に至る過程を示す。設定条件は次節に示す例と同一である。

4. 標準化の順番の相違による温度換算値の差

与えられた温熱条件から各温熱要素の影響を温度換算し、気温を基準として各要素の影響の温度換算値の総和としてSET*を表せることを前節に示したが、先にも述べたように、湿度・気流・着衣量の影響の温度換算では標準化の順番の相違により温度換算値に差が生じる。例えば、湿度の影響を考える場合、着衣量が実際の値での湿度の影響と、着衣量を標準値とした条件での湿度の影響が完全には一致しない。湿度・気流・着衣量の3つの温熱要素の影響の温度換算値は、換算の順番を考慮すると各要素について4つずつ考えられるので、これらについて検討する。

一例として代謝量は椅座作業時程度の1.1metで、気温27℃、放射温30℃、相対湿度80%、気流0.5m/s、着衣量0.4cloの条件を想定する。筆者ら^{4),5)}の実験結果によると中立的温冷感（やや涼しい～やや暖かい）の得られるSET*の範囲はおおよそ22～26℃で、ここで想定した条件のSET*が25.51℃となることから、この温熱環境は放射温がかなり高くまた高湿であるが、緩やかな気流(0.5m/s)と薄着(0.4clo)によりほぼ中立的な温冷感の得られる状態と判断できよう。前節に示した方法にしたがって放射・湿度・気流・着衣量の影響を温度換算するが、湿度・気流・着衣量の標準化の順番を換えることにより、以下に示す新たな4つの指標が定義できる。すなわち、

- ・To vel : 気流を標準化した作用温度
- ・To clo : 着衣量を標準化した作用温度
- ・To vel, clo : 気流および着衣量を標準化した作用温度^{注1)}
- ・ET*clo : 着衣量を標準化したET*

また先に述べたように、作用温度を用いるときの相対湿度は与条件の相対湿度とは異なり、与条件と水蒸気圧が等しいまま温度を作用温度としたときの相対湿度（この条件では74.1%）であり、湿度を標準化しない場合の等価環境の湿度としてはこの値を用いる。

図-2には、実環境を出発点として各温熱要素の影響の温度換算値および各指標の値を、それぞれの標準化の順番を追って示している。

この例では、放射の影響の温度換算値は(7)式により+1.31℃となる。つぎに湿度の影響すなわち相対湿度が標準値の50%に比較して高湿であることの効果を温度に

換算すると、標準化の順番の相違により+0.71～+1.01℃の幅を持つ。標準化前の温度が高い場合には、標準化前後での水蒸気圧の差が大きく、また標準化に用いるGaggeらの等温感線の空気線図上での負の傾きが小さくなるために温度換算値が大きくなる。また、気流が大きい場合や着衣量が小さい場合にも温度換算値が大きくなる傾向があるが、これは気流が大きく着衣量が小さいほどGaggeらの等温感線の負の傾きが小さくなることに起因していると考えられる。つぎに標準とした静穏気流に比べて大きな0.5m/sの気流の効果の温度換算値は-1.89～-2.23℃で、湿度が低く皮膚表面での湿性熱放散の生じやすい場合や、着衣量が少なく乾性熱放散の生じやすい場合に、その絶対値が大きくなる。着衣量では、1.1metでの標準着衣量0.63cloよりも少ない0.4cloとした薄着の効果は-1.52～-1.73℃で、標準化の順番の相違による差は小さい。平均値としてみると湿度の効果は+0.85℃（標準偏差0.14℃）、気流の効果は-2.05℃（標準偏差0.14℃）、薄着の効果は-1.61℃（標準偏差0.09℃）で、与条件の気温27℃に放射の影響の温度換算値+1.31℃と湿度・気流・着衣の効果の温度換算値の平均値を加えるとSET*の値25.51℃となる。計算結果の一覧をSET*とぬれ面積率の値とともに表-1に示す。また表-2～表-6には、放射(放射温=気温+3℃)、気流(0.5m/s)、着衣量(0.4clo)の条件は前述の場合と同一で、気温と湿度の条件が高温低湿(27℃, 20%)、中温高湿(24℃, 80%)、中温低湿(24℃, 20%)、低温高湿(21℃, 80%)、低温低湿(21℃, 20%)であるような環境での標準化の順番が異なる場合の温度換算値の一覧を示す。表-1に示した高温高湿条件に比べると、低温側または低湿側の条件ではぬれ面積率が小さく湿度の影響が少なくなり、標準化の順番の相違による温度換算値のばらつきは小さくなる傾向にある。

5. まとめ

単一温度指標であるために個々の温熱要素の影響を個別に把握することのできないSET*において、SET*を導出する考え方と同様の方法により、放射・湿度・気流・着衣の4つの温熱要素の影響を温度換算する方法を示した。またSET*は、基準となる気温にこれらの温度換算値を加え合わせたものとして表すことが可能である。ただし、ここで提示した方法では湿度・気流・着衣の各要素の温度換算値は厳密には独立でなく、各温熱要素の影響を完全に分離できない憾みがある。しかし、高温・高湿環境以外では各要素の標準化の順番の相違による温度換算値の差は小さく、実用的にはそれぞれの温度換算値を平均した値で温熱要素の効果の把握が十分に可能と考えられる。また、図-2や各表に示したような各段階に

図-2 温熱的等価環境の温度の変化と標準化の順番の相違にともなう各温熱要素の影響の温度換算値

おける個別の温度換算値を参照すれば、より正確な把握が可能である。

今後は各要素の効果の温度換算値と温熱生理・心理反応との対応などの実験的な検証および代謝量が異なる場合の影響の温度換算について検討する必要があるだろう。

注1) Gaggeが示した標準作用温度(STO)^{9),11)}も着衣量と総合熱伝達率を標準化(放射熱伝達率を一定とすれば、対流熱伝達率の標準化すなわち気流を標準化したこととほぼ同義)した作用温度であるが、STOの標準化における温熱的等価条件では生理的状态値のひとつであるぬれ面積率を同一にするといった概念はなく、ここで示したTovel,cloとSTOとは異なる。

表-1 各温熱要素の影響の温度換算値の一覧

高温高湿条件

(Ta=27℃, Tr=30℃, RH=80%, 0.5m/s, 0.4clo, 1.1met)

(℃)	1	2	3	4	平均	標準偏差
放射の影響	1.31				—	—
湿度の影響	1.01	0.77	0.90	0.71	0.85	0.14
気流の影響	-1.98	-2.23	-1.89	-2.08	-2.05	0.14
着衣の影響	-1.62	-1.73	-1.52	-1.58	-1.61	0.09

(SET*=25.51℃, ぬれ面積率: w=0.140)

表-3 各温熱要素の影響の温度換算値の一覧

中温高湿条件

(Ta=24℃, Tr=27℃, RH=80%, 0.5m/s, 0.4clo, 1.1met)

(℃)	1	2	3	4	平均	標準偏差
放射の影響	1.29				—	—
湿度の影響	0.40	0.29	0.34	0.27	0.32	0.06
気流の影響	-1.93	-2.04	-1.84	-1.91	-1.93	0.08
着衣の影響	-1.77	-1.82	-1.68	-1.70	-1.74	0.07

(SET*=21.95℃, ぬれ面積率: w=0.060)

表-5 各温熱要素の影響の温度換算値の一覧

低温高湿条件

(Ta=21℃, Tr=24℃, RH=80%, 0.5m/s, 0.4clo, 1.1met)

(℃)	1	2	3	4	平均	標準偏差
放射の影響	1.27				—	—
湿度の影響	0.33	0.24	0.29	0.22	0.27	0.05
気流の影響	-2.18	-2.27	-2.09	-2.16	-2.17	0.08
着衣の影響	-1.89	-1.93	-1.80	-1.82	-1.86	0.06

(SET*=18.51℃, ぬれ面積率: w=0.060)

参考文献

- 1) Gagge, A.P., Stolwijk, J.A.J., Nishi, Y. : An Effective Temperature Scale Based on a Simple Model of Human Physiological Regulatory Response, ASHRAE Transactions, Vol.77, Part I, pp.247~262, 1971
- 2) Gagge, A.P., Nishi, Y., Gonzalez, R.R. : Standard Effective Temperature - A Single Temperature Index of Temperature Sensation and Thermal Discomfort, Proc. of The CIB Commission W 45 (Human Requirements) Symposium, Thermal Comfort and Moderate Heat Stress, Building Research Station, London September 1972, published by HMSO, pp.229~250, 1973
- 3) Gagge, A.P., Fobelets, A.P., Berglund, L.G. : A Standard Predictive Index of Human Response to the Thermal Environment, ASHRAE Transactions, Vol.92, Part 2B, pp.709~731, 1986
- 4) 深井一夫・後藤滋・斎藤純司・伊藤宏: 標準新有効温度(SET*)と日本人の温熱感覚に関する実験的研究(第1報) 冬季被験者実験による検討, 空気調和・衛生工学会論文集, No.48, pp.21~29, 1992

表-2 各温熱要素の影響の温度換算値の一覧

高温低湿条件

(Ta=27℃, Tr=30℃, RH=20%, 0.5m/s, 0.4clo, 1.1met)

(℃)	1	2	3	4	平均	標準偏差
放射の影響	1.30				—	—
湿度の影響	-0.75	-0.55	-0.66	-0.51	-0.62	0.11
気流の影響	-2.18	-1.98	-2.01	-1.86	-2.01	0.13
着衣の影響	-1.81	-1.73	-1.64	-1.60	-1.70	0.09

(SET*=23.97℃, ぬれ面積率: w=0.076)

表-4 各温熱要素の影響の温度換算値の一覧

中温低湿条件

(Ta=24℃, Tr=27℃, RH=20%, 0.5m/s, 0.4clo, 1.1met)

(℃)	1	2	3	4	平均	標準偏差
放射の影響	1.29				—	—
湿度の影響	-0.50	-0.38	-0.44	-0.34	-0.42	0.07
気流の影響	-2.17	-2.04	-2.03	-1.93	-2.04	0.10
着衣の影響	-1.90	-1.84	-1.76	-1.72	-1.80	0.08

(SET*=21.02℃, ぬれ面積率: w=0.060)

表-6 各温熱要素の影響の温度換算値の一覧

低温低湿条件

(Ta=21℃, Tr=24℃, RH=20%, 0.5m/s, 0.4clo, 1.1met)

(℃)	1	2	3	4	平均	標準偏差
放射の影響	1.27				—	—
湿度の影響	-0.43	-0.31	-0.38	-0.28	-0.35	0.07
気流の影響	-2.47	-2.36	-2.35	-2.25	-2.36	0.09
着衣の影響	-1.88	-1.83	-1.75	-1.72	-1.80	0.07

(SET*=17.76℃, ぬれ面積率: w=0.060)

温度換算値一覧表の各数値の説明(表-1~6に共通)

	1	2	3	4
放射の影響	To-Ta			
湿度の影響	ET*-To	ET*vel-Tovel	ET*clo-Toclo	SET*-Tovel,clo
気流の影響	Tovel-To	ET*vel-ET*	Tovel,clo-Toclo	SET*-ET*clo
着衣の影響	Toclo-To	ET*clo-ET*	Tovel,clo-Tovel	SET*-ET*vel

- 5) 深井一夫・後藤滋・斎藤純司・伊藤宏・阿久井哲：標準新有効温度(SET*)と日本人の温熱感覚に関する実験的研究(第2報) 冬季および夏季における温熱感覚の比較, 空気調和・衛生工学会論文集 No.51, pp.139~147, 1993
- 6) 深井一夫・斎藤純司・伊藤宏・後藤滋：代謝量の異なる場合の標準新有効温度(SET*)と温熱感覚の関係 歩行時と椅座安静時の比較, 空気調和・衛生工学会論文集, No.55, pp.99~109, 1994
- 7) 深井一夫・伊藤宏ほか：SET*と温熱感覚の関係について(その7) 着衣の異なる場合のSET*と温冷感の相関, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, pp.565 ~ 568, 1992
- 8) 伊藤宏・深井一夫ほか：SET*と温熱感覚の関係について(その8) 着衣の異なる場合の温冷感・不快感・満足感の検討, 空気調和・衛生工学会学術講演会講演論文集, pp.569 ~ 572, 1992
- 9) 堀越哲美・小林陽太郎：総合的な温熱環境指標としての修正湿り作用温度の研究, 日本建築学会計画経論文報告集 第335号, pp.12~19, 1985
- 10) 堀越哲美・小林陽太郎・土川忠浩・福島重治：修正湿り作用温度・温熱風速場・有効放射場および減効湿度場による温熱環境条件の人体影響表現方法の検討, 日本建築学会計画経論文報告集 第380号, pp.12~23, 1987
- 11) 西安信：温熱評価と熱平衡, 温熱生理学(中山昭雄編), pp.61~63, 理工学社, 1981
- 12) Gagge, A.P., Rapp, G.M., Hardy, J.D. : The Effective Radiant Field and Operative Temperature Necessary for Comfort with Radiant Heating, ASHRAE Transactions, Vol.73, Part I, pp.I.2.1-I.2.9, 1967

(1994年3月8日原稿受理, 1994年9月19日採用決定)