

参考資料 4 行動観察調査結果を基にした SET*と利用人数の関係式導出

1. 目的

温熱環境の違いによる屋外休憩スペースなどでの人の利用傾向を把握するため、複数日・複数地点で調査した既往研究での行動観察結果をもとに、SET*と利用人数の関係式導出の検討を行った。

【参考にした既往研究】

■大丸有地区における行動観察調査¹

■調査日程

夏期：2011年8月7日～8月11日（5日間）

秋期：2011年10月17日～10月20日，10月24日～10月26日（7日間）

■調査時間

9：00～17：00

■調査場所



¹ 三坂ほか，人が利用する屋外空間における環境評価に関する研究 その2 屋外アメニティ空間における調査概要と夏季実測結果，日本建築学会大会学術講演梗概集（東海），2012年9月．／安藤ほか，人が利用する屋外空間における環境評価に関する研究 その3 屋外アメニティ空間の利用状況に関する考察と秋季温熱環境，日本建築学会大会学術梗概集（東海），2012年9月．等の調査より

■ 今回の分析に用いた項目

- ・ 各地点の SET*
- ・ 各地点の 1 分ごとの利用者数

2. SET*と利用者数の関係

分析に用いた 9 地点はそれぞれ、立地、キャパシティ等の条件が異なるため、各地点で利用者数と SET*の関係は異なる。さらにその関係は時間帯によっても異なる。そのため、今回の測定値から他の場所にも適用できるように一般化された関係式を導くためには、利用者数に何らかの基準化を施した上で用いる必要がある。

以上を鑑み、今回は各地点の各時刻における利用者数に対し式(1)(2)のような基準化を行う。

$$U_s(i, j, k, l) = \frac{U(i, j, k, l)}{U_a(i, k)} \quad (1)$$

$$U_a(i, k) = \left\{ \sum_{j=1}^{n_d} \sum_{l=0}^{59} U(i, j, k, l) \right\} / (n_d \times 60) \quad (2)$$

- ：
- $U_s(i, j, k, l)$: 地点*i*、測定日*j*、時刻*k*時*l*分における基準化利用者数
- $U(i, j, k, l)$: 地点*i*、測定日*j*、時刻*k*時*l*分における利用者数
- $U_a(i, k)$: 全測定日の地点*i*、*k*時台における平均利用者数
- n_{day} : 全測定日数 (=12)

例えば、地点 1 における 2011 年 8 月 7 日の 9:30 における基準化利用者数は、その時刻の地点 1 において測定された利用者数[人]を全測定日の地点 1 の 9 時台における平均利用者数[人]で除することで算出される。

上述の基準化利用者数を、2°C刻みの SET*域毎に全地点、全測定日（夏期・秋期双方を含む）で平均化すると、図 1 のように 26-28°Cを頂点とする山なりの傾向を示す。

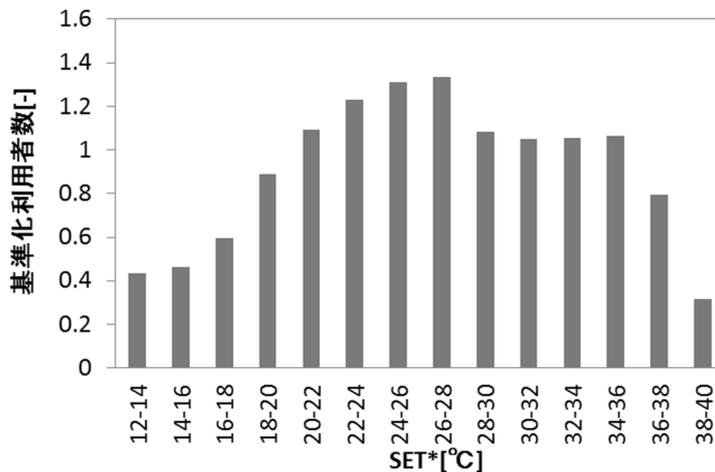


図 1 基準化利用者数と SET*

3. SET*と利用者数の関係式導出

ここでは前節で得られた基準化利用者数と SET*の関係から、基準化利用者数と SET*の関係式を導出する。実験値の傾向からは山なりの分布を示す関数に回帰させることが妥当と考えられ、さらに山の形状は頂点に対して非対称であることが推測される。そのため今回は、歪度（分布の非対称性）と尖度（裾の厚さ）をパラメータとして与えることで分布の形状を操作できるジョーンソン SU 分布を用いることとする。ジョーンソン SU 分布は下式により表現される。

$$f(x) = A \frac{\delta}{\lambda \sqrt{2\pi} \sqrt{\frac{x-\varepsilon^2}{\lambda} + 1}} \exp \left[-\frac{1}{2} \left\{ \gamma + \delta \sinh^{-1} \left(\frac{x-\varepsilon}{\lambda} \right) \right\}^2 \right] \quad (3)$$

式中の4つのパラメータ $\gamma, \delta, \lambda, \varepsilon$ により分布の形状が決定される。ジョーンソン SU 分布は本来確率分布関数であるため無限区間の積分は1となるが、今回用いる利用者数の実験値は無限区間で積分しても1にはならない。そのため、関数全体に定数 A を乗じることで補正している。

5つのパラメータ $\gamma, \delta, \lambda, \varepsilon, A$ を操作し、最小二乗法により実測値にフィッティングした結果を下図に示す。なお、人間の体温の限界が約 42°C であることから、SET*42°C の基準化利用者数が 0 になると仮定している。図 2 の赤いプロットは前節で得た実験値で、青いプロットは前述の仮定値である。

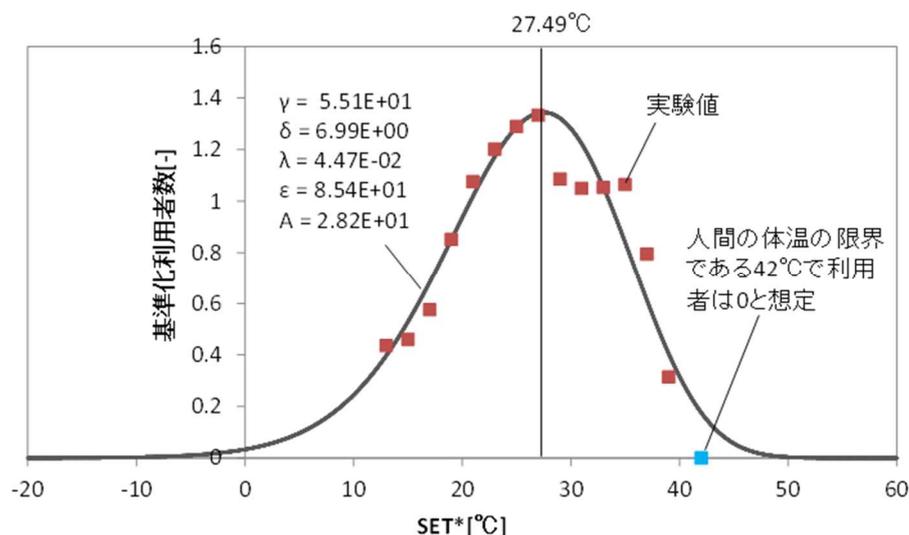


図 2 基準化利用者数と SET*の関係式

得られた回帰式は、27.49°Cを頂点とし、SET*の低い側が比較的なだらかな、高い側が比較的急であるような形状となっている。

(参考) 熱環境緩和による利用者数増分の算出方法 (案)

熱環境緩和策の実施による利用者数増分は前節で得られた SET^* を変数とする利用者数の関数により推測する。具体的には式 (4) に示すように緩和策実施前後の SET^* から緩和策実施前後の基準化利用者数の増加率を算出し、それを緩和策実施前に測定された利用者数に乗じることで算出する。

$$\Delta U = U_{before} \times \frac{u_s(SET^*_{after}) - u_s(SET^*_{before})}{u_s(SET^*_{before})} \quad (4)$$

- ΔU : 熱環境緩和策の実施による利用者数増分
- U_{before} : 熱環境緩和策の実施前に測定された利用者数
- $u_s(SET^*)$: 基準化利用者数 (前節でフィッティングした SET^* の関数)
- SET^*_{before} : 熱環境緩和策の実施前の SET^*
- SET^*_{after} : 熱環境緩和策の実施後の SET^*

2015年8月4日9時~17時のクリスタルタワーにおける実測結果を用いた算出例を図3に示す。なお、算出に用いた $U_{before} = 0.25$ 人、 $SET^*_{before} = 36.3^\circ\text{C}$ のは実際に測定された値であり、 $SET^*_{after} = 30^\circ\text{C}$ は緩和策実施後を想定した仮定値である。

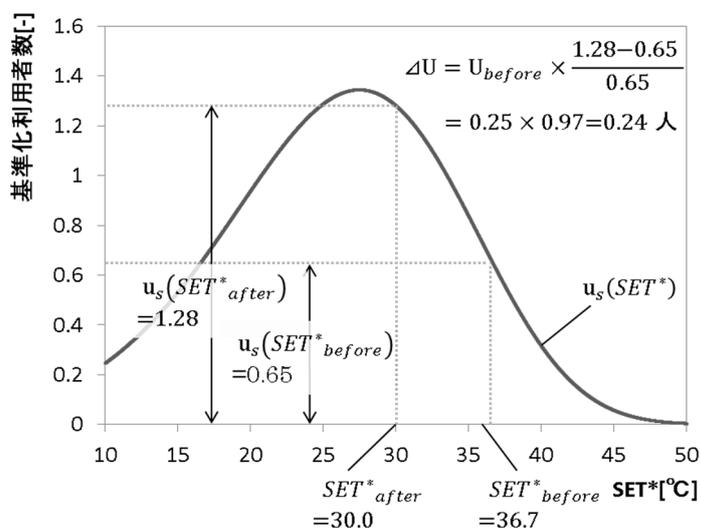


図 3 利用者数増分の算出例