

## 参考資料 3 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

熱環境の違いが屋外休憩スペースなどの人の利用人数に及ぼす影響を把握するため、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<sup>1</sup>

#### ■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 下記9地点



<sup>1</sup> 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

■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

分析に用いた大丸有地区の 9 地点はそれぞれ、立地、屋外休憩スペースの規模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、本既往研究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、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った。

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

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

- $U_s(i, j, k, l)$  : 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た。

上述の基準化利用者数を、2℃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、図のように 26-28℃を頂点とする山なりの傾向を示した。

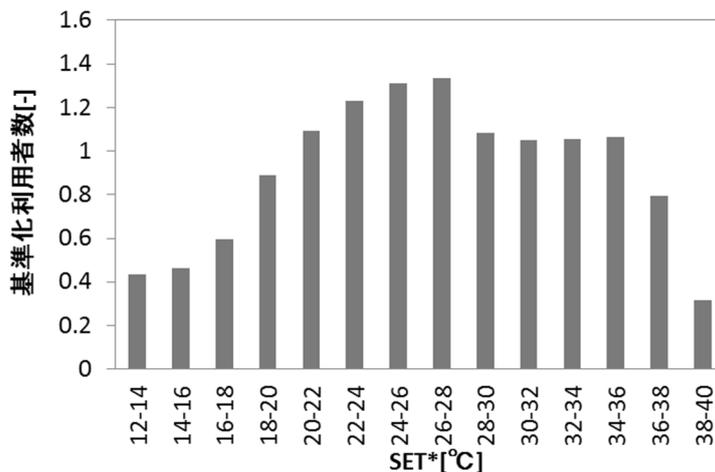


図 1 基準化利用者数と SET\*

### 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。実測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。そのためには、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ンソン SU 分布を用いることとする。ジョンソン SU 分布は下式により表現された。

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

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、用いた利用者数の実測値は無限区間で積分しても1にはならない。そのため、基準化利用者数と SET\*の関係式を求める際には関数全体に定数 A を乗じることで補正した。

$$f(x) = A \frac{\delta}{\lambda\sqrt{2\pi}\sqrt{\left(\frac{x-\varepsilon}{\lambda}\right)^2 + 1}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left\{\gamma + \delta\sinh^{-1}\left(\frac{x-\varepsilon}{\lambda}\right)\right\}^2\right] \quad (4)$$

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。

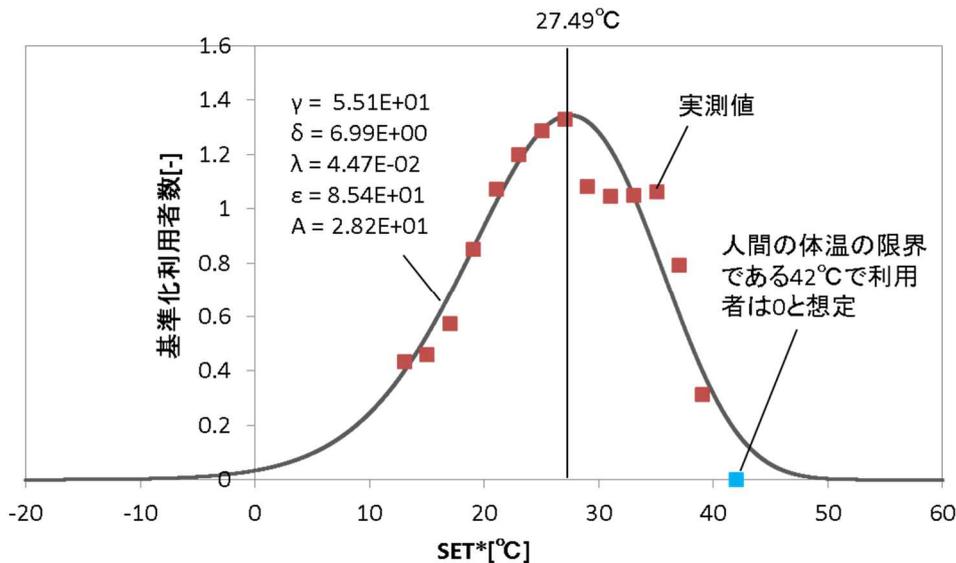


図2 基準化利用者数と SET\*の関係式

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

#### 4. 本事業での調査結果を用いた関係式の改善

検討した関係式を本事業の CO<sub>2</sub> 排出量削減効果評価に応用するために、本事業での調査結果を用いてサンプル数を増やし、関係式の改善を行った。東京ビッグサイト前海上公園と、大阪ビジネスパークにおいて実施した利用調査から、それぞれの利用人数の基準化を行ったところ、図3、4のようになった。これらの調査結果を合わせると、図5のようになった。本事業での事業実施場所と既往研究の調査地で人の利用形態が異なることを鑑みて(本事業の事業実施場所はオフィスビルに隣接する休憩スペースである一方、既往研究の調査地は通路沿いの休憩スペース等も含む)、大丸有地区での既往研究から求めた値は統合しなかった。統合した基準化利用者数の分布をジョンソンSU分布に回帰させたところ、28.1℃を頂点とする関係式(図6)となり、これをCO<sub>2</sub> 排出量削減効果評価の際の屋外利用促進型での算出に用いることとした。

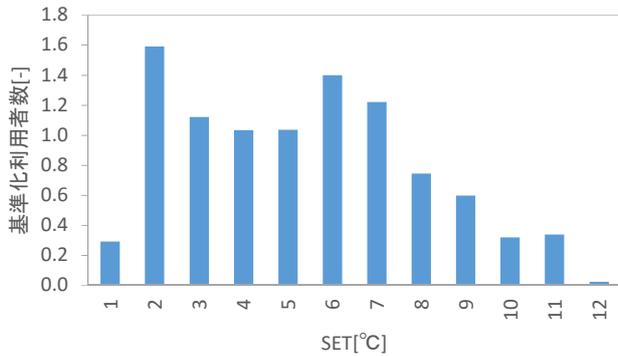


図3 東京ビッグサイト前海上公園でのSET\*と基準化利用者数の関係 (2015年8月、2016年6～8月)

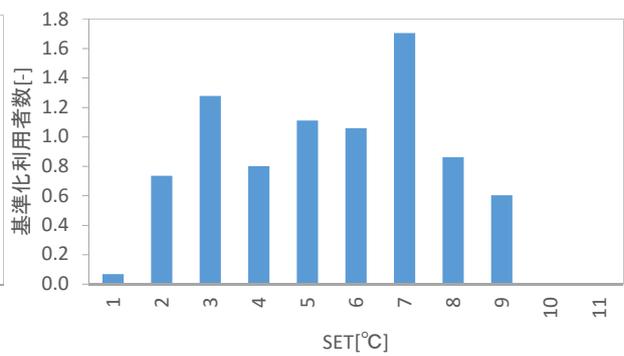


図4 大阪ビジネスパークでのSET\*と基準化利用者数の関係 (2016年7・10月)

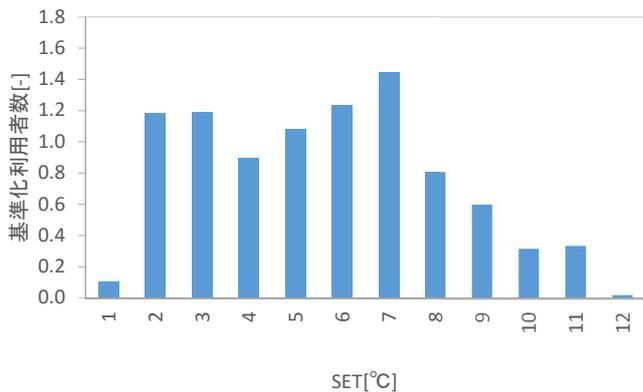


図5 東京ビッグサイト前と大阪ビジネスパークでの結果を統合

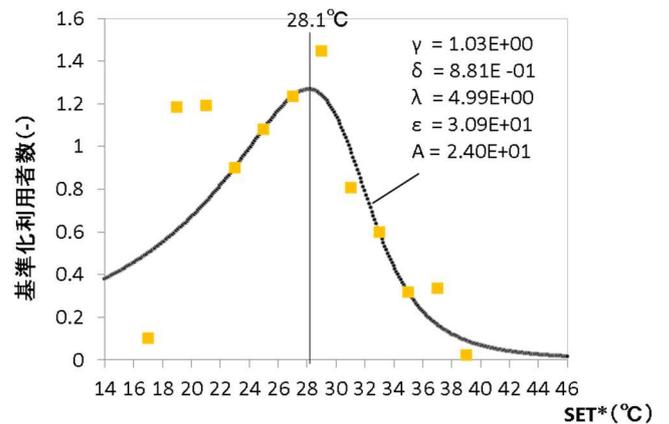


図6 本事業でCO<sub>2</sub> 排出量削減効果算出時に用いるSET\*と利用者数の関係