

微細水ミスト噴霧による暑熱緩和効果の屋外実験
 気温の瞬時変動の解析と体感評価の時間変化

正会員 ○成田健一*1 正会員 三坂育正 *2
 正会員 河野俊樹*3

音波温度 蒸発冷却 ヒートアイランド
 表面皮膚温 気温低下 体感温度

はじめに

ミスト噴霧による暑熱緩和効果は、実際の気温低下と皮膚が濡れる効果が複合していると思われるが、その詳細はまだ不明である。効果的なノズル配置等の設計手法を確立するためには、体感される涼しさのメカニズムを明らかにすること、とりわけ瞬時的な気温変動を計測することが不可欠であると思われる。昨年は、音速の気温依存性を利用している超音波風速温度計を用い、水滴の影響を受けずに乾球温度を測定することで、微細水ミストによる気温低下領域を実測することが可能であることを示した。今回は引き続き、ミストの粒径も変化させながら、気温低下の瞬時変動について解析するとともに、ミスト噴霧下において被験者実験を行い、体感評価の時間変化と気温変動の関係を検討した。

実験方法

昨年同様、超音波風速温度計を 9 台用いて、微細水ミスト噴霧による気温変動と 3 成分風速 (1 秒毎) を測定した。実験サイトは幹線道路の歩道空間を想定し、幅 3.2m、長さ方向 14.0m、高さ 2.5m とした。長辺の側面片側 (建築棟側) と屋根面には、プラスチック製の透明な波板を取り付けている (図 1)。ミストノズルは 2.5m 高さに 1.8m 間隔で 2 列、計 16 個配置している。ノズルにビニールチューブをかぶせることで、圧力と噴霧量を変えずに、ノズルの数を変化させた。ノズル数は full の 16 個と交互に半分に間引いた 8 個の 2 条件、被験者実験では 5 個とした。なお、昨年の実測で、超音波風速温度計の温度出力の経時変化が無視できないことが分かったため、2 時間毎にミスト噴霧なしでのデータを必ず取得し、バックグラウンド気温とのキャリブレーションを細かく行いなが

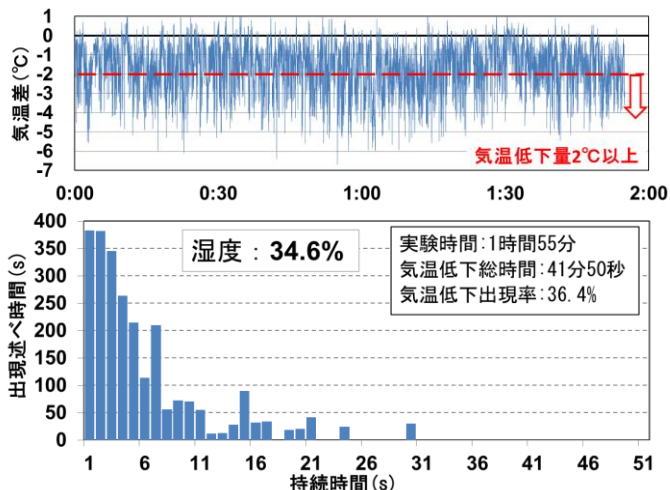


図 2 気温低下量の変動(上)と持続時間分布(下)の一例

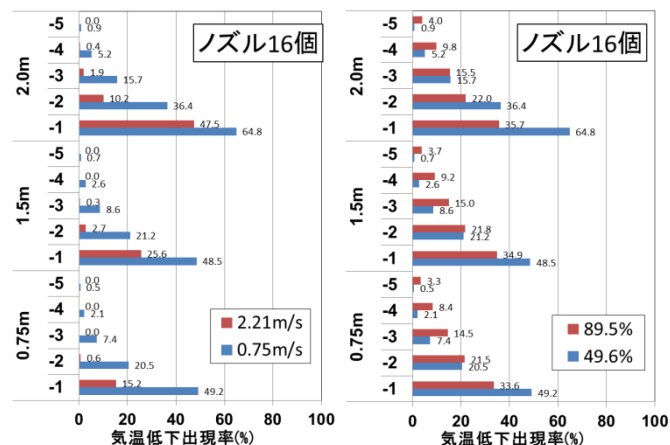


図 3 測定高さ・風速・湿度による気温低下出現率の比較

ら実験をすすめた。使用したノズルは、主に粒径 20、30、40 μ m の 3 種類である。

気温低下の持続時間と出現率の解析

図 2 は、約 2 時間の気温変動の様子と、一定温度 (ここでは 2 $^{\circ}$ C) 以上の気温低下が持続した長さ (秒) の分布の一例である。大半の気温低下は、持続時間が 5 秒以内となっているが、最長 30 秒持続した場合もあった。このような持続時間の分布は、測定高さ (ノズルからの距離) や湿度・風速条件、ノズルの数によって変化した。さらに、これらの持続時間分布をもとに一定温度以上の気温低下が起こった総時間を求め、基

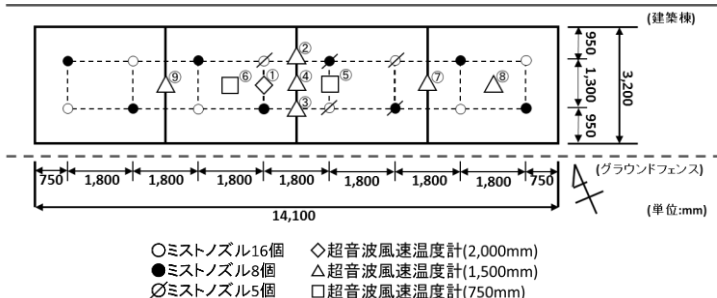


図 1 ミストノズルと超音波風速温度計の平面配置

準温度毎に気温低下出現率を算出して比較した。図 3 は、測定高さ 2.0、1.5、0.75m の 3 高度について、-1 ~ -5℃の気温低下が出現する割合を、湿度条件と風速条件について比較したものである。高湿度そして強風になるほど出現率が小さくなる傾向があり、特に地表近くは強風時に出現率が極端に小さくなる。図は省略するが、ノズルの数が半減すると、条件にかかわらず、出現率は大幅に小さくなった。

体感温度に及ぼす要因 (被験者実験)

椅座安静状態の被験者 (半袖半ズボン) の周囲、高さ 0.13~2.0m に超音波風速温度計 9 台を配置し、1 秒毎の気温変化を測定すると同時に、肘掛けに水平において右下腕部の皮膚表面温度をサーモカメラで 3 秒毎に収録した (図 4)。さらに、右手の 4 指の位置にボタンスイッチを設けたボックス (ボタンで出力電圧が変わる) を自作し、ミスト噴霧時の体感温度を、押さないを含めた 5 段階で評価させ、1 秒毎に申告値を収録した。評価時間は、噴霧なしの前 1 分に続く 10 分間とし、5 人の被験者で、ノズルの粒径も変えながら、計 92 回の測定を行った。

9 点の気温と皮膚温、および体感評価申告値の経時変化の一例を図 5 に示す。さらに、熱画像と同じ 3 秒毎のデータについて、噴霧前 1 分間の値を基準とした各測器位置の気温低下量と皮膚温低下量を求め、体感温度申告値との相関を求めた。図 6 は、各位置における気温低下量および皮膚温低下量、並びにそれらと申告値の相関係数

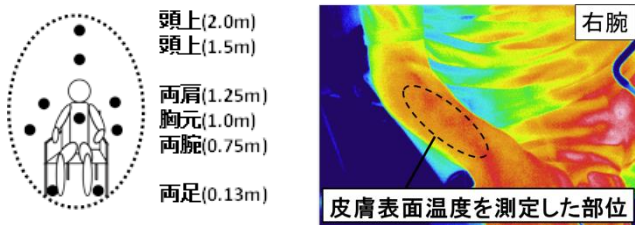


図 4 被験者実験時の測器配置(左)と皮膚温測定部位(右)

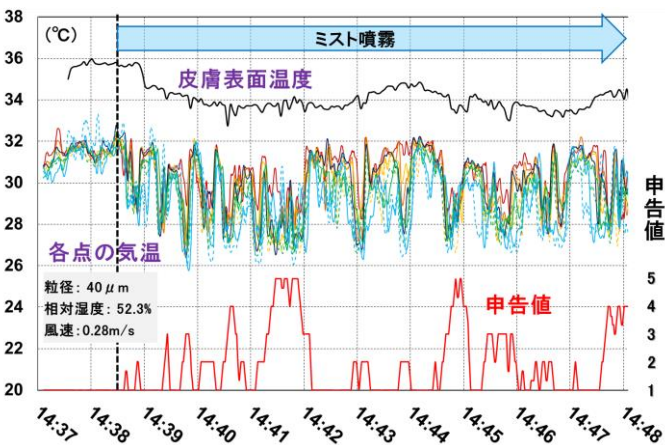


図 5 各点の気温変動・皮膚温の変化と申告値の経時変化の一例

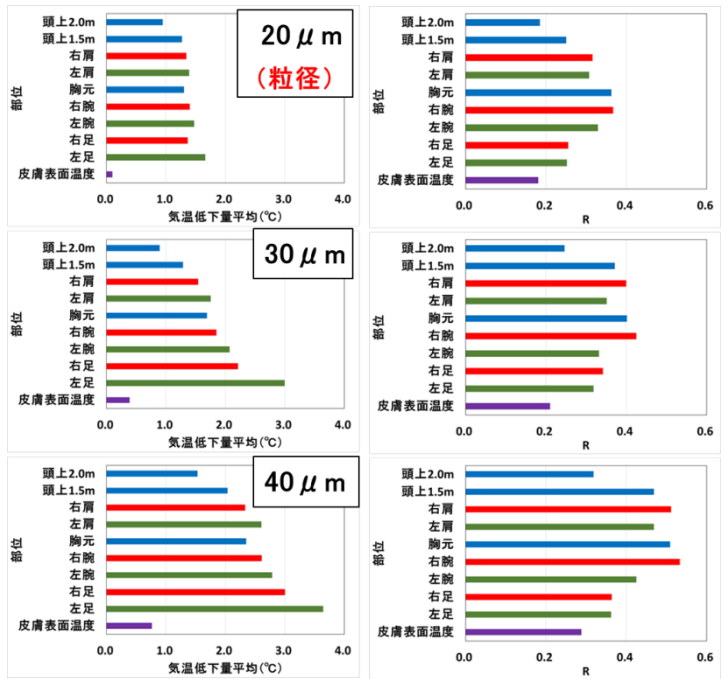


図 6 各点の気温低下量・皮膚温低下量(左)と申告値との相関(右)

をミストの粒径別に比較したものである。特にミストの粒径が大きい場合には、足元での気温低下量が大きくなっている。一方、申告値との相関は、上半身付近の気温に対する反応が大きい傾向がある。皮膚温については、温度低下の絶対量も小さく、体感温度申告値との相関も明確ではないという結果となった。

まとめ

ミスト噴霧による涼しさのメカニズムを探るため、近傍気温の変動と皮膚温の変化を測定しながら、体感温度の経時変化を把握した。今回の結果からは、皮膚へのミストの付着に伴う蒸発冷却の効果が体感温度に及ぼす影響は小さく、涼しさの主因は近傍気温の低下であると解釈できる。ただし、熱画像による皮膚温の測定精度にやや疑問が残る。カメラと対象との距離は 1.5m 程度であったが、その間を通過するミスト自体の影響が熱画像動画から推測された。また、皮膚温の変化が小さいからといって蒸発によって熱が奪われている量が必ずしも小さいとは断定できない面もあると思われる。今回、ピンポン球を黒塗装した小型グローブ温度も計測したが、応答が良くないため申告値との対応関係は認められなかった。

測定方法をさらに工夫し、皮膚の濡れ影響の寄与について、さらに検討を加えたい。

文献：成田健一ほか：微細水ミスト噴霧による気温低下領域の実測～超音波風速温度計の多点計測による検討、日本建築学会大会学術講演梗概集 (環境工学 I), 2015, pp.617-618.

謝辞：本研究は、科学研究費・基盤研究 (C)「水ミスト噴霧による快適空間の創出のための設計手法の構築」(代表・成田健一) によっている。ここに記して感謝の意を表します。

*1*2 日本工業大学工学部建築学科 教授・工博

*3 (株) イマギイレ

*1*2 Professor, Nippon Institute of Technology, Dr. Eng.

*3 Imagiire Corp.