

住宅メーカー実験棟における小規模ドライミストの実験値と理論値の整合性の検討

5105063 波多野 晃也

辻本研究室

1. 研究背景

著者がはじめてドライミストを体験したのは、2005年の愛知万博のときであり、そのときの体験が今回、卒業研究をするきっかけとなった。現在、本研究室では、住宅への実用化に向けたドライミストの研究をおこなっており、これまでに温度効果などの実験により得られた数値を分析してきた。著者は、ある程度の理論値と実験値の比較は必要と考えている。また、そうすることで複雑な要素を排除し、最適噴霧に適したドライミストの設置が可能になるのではないかと考えた。

2. 研究目的

本研究は、ミスト粒子を1質点とみなし、到達範囲を差別的に数値解析し、最適な噴霧位置、噴霧角度、噴霧距離を検討することにある。それによって、ドライミストの簡易的な設計システムが構築できるのではないかと考えた。

3. 実験概要

静岡県富士市内にあるハウスメーカーの実験住宅2階子供部屋(8.1帖)を使用する。ベランダにドライミスト装置を設置(上りかまちからの距離: 1000~2000mm、ノズル高さ: 1200~1400mm、噴霧角度: 0°~90°)し、室内には熱電対55点、アスマン乾湿球計、PMV計を設置する。詳しくは図1、表1に示す。

4. 実験方法

ドライミスト装置の噴霧位置、高さ、角度を変えながら測定する。はじめと噴霧終了後の5分間はミストを噴霧せずに室内の温度、湿度、風速を測定する。

5. 理論値の算定法

5.1 ミスト粒子の軌道算定

図2にミスト形成過程を示す。ノズルから水が噴出すると、薄い液膜ができる。そこに振動が生じ液柱になり、最後に分裂して液滴を形成する。本論では、噴出されてすぐに液滴になったと仮定し、そこに時間軸のゼロ点を設定する。

また、ノズルからの噴流によるミストの輸送ではなく、粒子の空気抵抗を考慮した放物運動の軌跡と風の影響で考える。以下は、本論に用いた式である。これに、室内平均風速0.4m/sによる移動も考慮する。ただし、放物運動時のx成分速度が終端速度に達するまでは、粒子の運動に依存し、風による影響は考えないとする。

以下に、算定式を記す。

ストークスの法則より、

$$F = 6\pi\eta r v \text{ (抵抗力)}, \quad \gamma = 6\pi\eta r \text{ (抵抗係数)}$$

運動方程式より、

$$m a_x = -F_x$$

$$m a_y = -mg - F_y$$

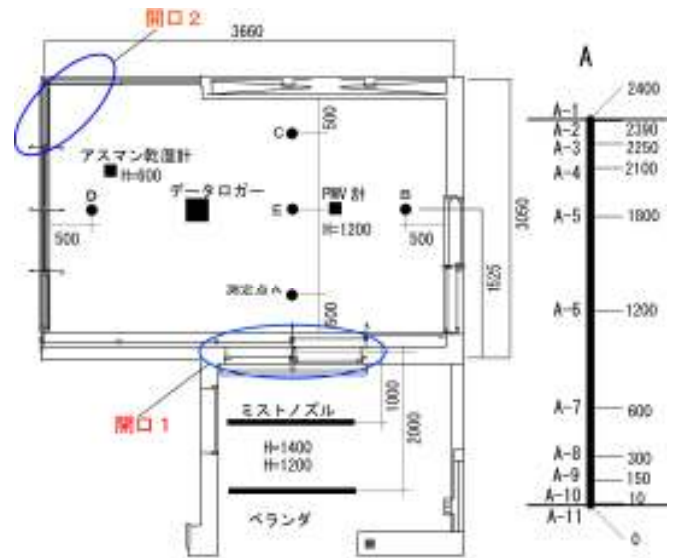


図 1: 実験住宅 2 階平面図

表 1: ノズル噴霧条件

噴霧圧力	4.8MPa
ノズル口径	0.16mm
噴霧水温	33.4°C
噴霧量	0.698g/s
噴霧角度	0° 45° 90°
噴霧高さ	H=1200mm, 1400mm
噴霧位置	D=1000mm, 2000mm

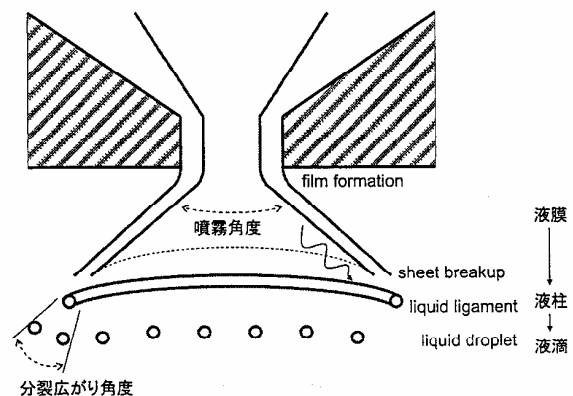


図 2: ミスト形成過程概念図

この微分方程式を時間に対して2回積分すると、

$$x = \frac{m}{\gamma} v_0 \left(1 - e^{-\frac{\gamma}{m} t} \right) \cos \theta$$

$$y = \frac{m}{\gamma} \left\{ \left(v_0 \sin \theta + \frac{m}{\gamma} g \right) \left(1 - e^{-\frac{\gamma}{m} t} \right) - g t \right\} + h$$

η : 粘性係数、 r : 粒子半径、 v : 粒子速度、 m : 粒子質量
 v_0 : 粒子の初速度、 h : 初期高さ、 γ : 抵抗係数、 θ : 噴霧角度

5.2 噴出初速度の算定

ベルヌーイの定理より、

$$v_0 = \sqrt{\frac{2(P_{in} - P_{out})}{\rho}}$$

P_{in} : 管内圧力、 P_{out} : 雰囲気圧力、 ρ : 空気密度
 h : 流量係数

この結果は図4に示す。

6. 実験値と理論値の検討

図5からミストの軌道は1400~1700mmを通っておるので、ここに冷気が集中すると考えられる。また、冷気は下に下降するので、1400mm以下が良く冷えると考えられる。これは、実験結果である図3、図4のグラフと比較しても明らかである。全ての測定点におけるグラフは載せられないので、本論では、一番ノズルに近く、効果が顕著であるA点を検討した。

7. まとめ

精度の高いシミュレーションをするにはミストの噴流に関する実験のデータが必要である。また、定常時ではなく非定常時におけるシミュレーションを検討する必要もある。また、今回の条件では、ミストによって冷却された空気の寿命が約6秒以下であることもわかった。

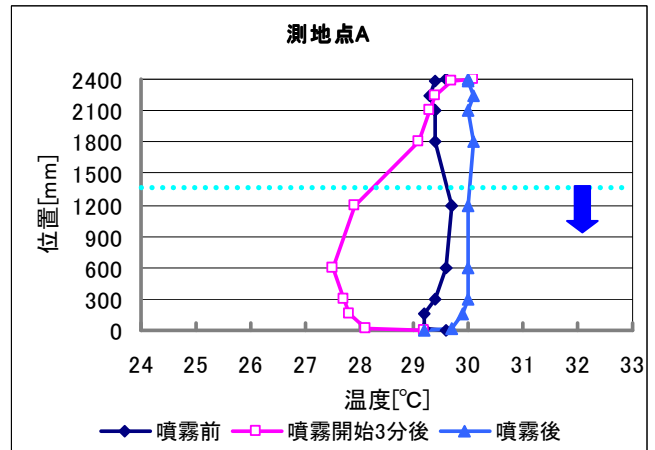


図3: A点における垂直温度変化(D=1000, H=1200)

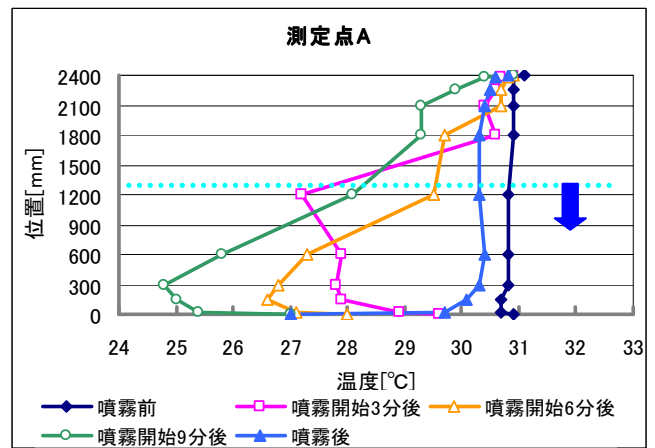


図4: A点における垂直温度変化(D=2000, H=1400)

<参考文献>

- 1) 伊 奎英, 山田英貴, 奥宮正哉, 辻本 誠: ドライミスト冷却効果の検証とCFD解析 日本建築学会環境系論文集 pp.1320 2008.11
- 2) 噴流工学 —基礎と応用— 社河内俊彦 森北出版 2004.3.24
- 3) 流体の力学 水力学と粘性・完全流体力学の基礎 松尾一泰 理工学社 2007.10.30

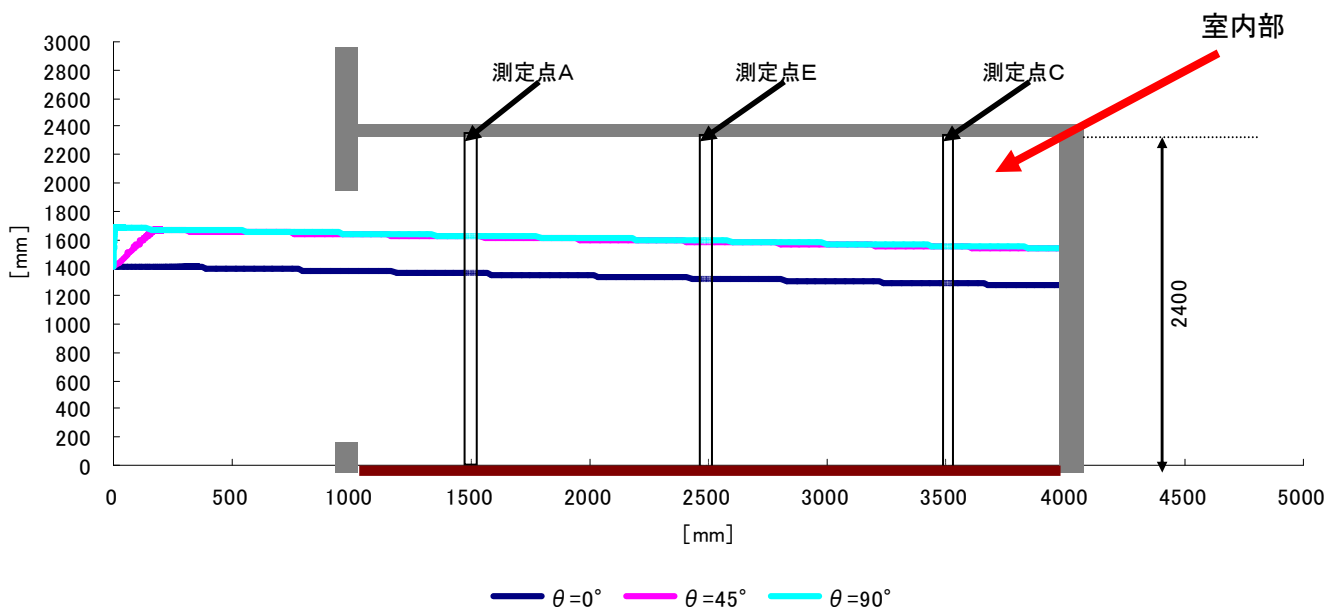


図5: ミストの放物運動による軌跡