

表面結露水量の計測における結露水形状のモデル化

金沢工業大学大学院 学生会員 宮村 壽
 金沢工業大学工学部 正会員 安田 正志
 同 垂水 弘夫
 同 久保 猛志

1. はじめに

本研究は、上下水道における屋内処理施設などの高湿度な空間において問題となる、表面結露の程度を目視に頼ること無く判別し、結露水量を一定の尺度の下に推定する結露計の開発を目的として、マルチスペクトルスキャナ（MSS）の応用を提案するものである。

これまでの研究¹⁾²⁾³⁾でアルミとガラスについて検討してきたが、図1に示すようにアルミとガラスでは結露水の付着形態に大きな差があったため、本報では熱伝導率がアルミ(191kcal/mh°C)とガラス(0.65kcal/mh°C)の間にある鉄(62kcal/mh°C)を含めた3材を用いて、バンド間比と反射光強度の関係を明らかにするとともに、新たな反射光強度モデルの検討を行う。

2. 実験概要

実験に使用したMSSは(株)オプトリサーチ製の MSR-4250 型で、波長 400~2500nm の分光放射輝度を計測可能である。結露水の重量測定は電子天秤を、形態画像取得(20倍・100倍)は表面観察装置を用いた。

測定材料には 150mm 四方のアルミ(2mm 厚)、ガラス(3mm 厚)と鉄(1mm 厚)をそれぞれ3枚使用した。

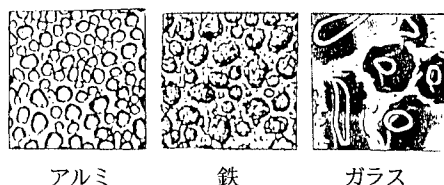


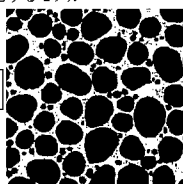
図1 結露水形態画像

(バンド間比 1.00 付近における 3mm×3mm の様子)

1) 結露面積を指標とするモデル

表面観察装置で正面から捕えた結露画像により算出した結露面積を指標とするモデル

- 結露面積算定方法
- ① 結露画像を2値化する
 - ② 機械処理で面積を算定する



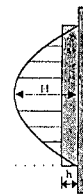
2 値画像

3) 濡れ面最低高さを設定したモデル

単に結露水の高さではなく、表面が濡れているというだけで一定の反射光の減衰があるとし、濡れ面全体に最低高さ h を与えた高さを指標とするモデル
 さらに、高さをべき乗操作した重み付けにより高さ指数を算定する

結露水高さ指数算定方法

- ③ 濡れ面の最低高さ h を与える
- ④ 0.01mm を 1 とおいて指数化する
- ⑤ 結露水高さ H をべき乗操作する

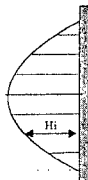


2) 結露水高さを指標とするモデル

横方向及び下方向より計測した結露画像から算出した結露水高さを指標とするモデル

平均結露水高さ算定方法

- ⑧ 粒径別に結露粒個数を計測する
- ⑨ 粒径別に1つの粒に注目して、メッシュに区切った各点の高さ H_i を横方向及び下方向から計測した画像を用いて計測する
- ⑩ 粒径別の高さ分布に粒径別の個数を乗じて平均高さを算定する



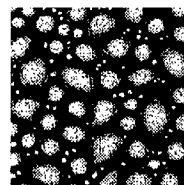
4) 平均光沢度を指標とするモデル

光沢部分の明るさを3段階に分類し、面積加重平均した平均光沢度を指標とするモデル

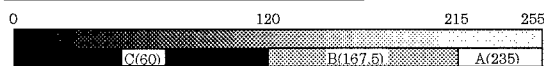
平均光沢度数算定方法

- ⑥ 結露部分の明るさを 256 のレベルに分け、215、120 を境に3段階(A,B,C)に分類する
- ⑦ A,B,C の中央値を、それぞれの面積 S_A, S_B, S_C で加重平均する

$$\text{平均光沢度数} = (S_A \times 235 + S_B \times 167.5 + S_C \times 60) / (S_A + S_B + S_C)$$



光沢を3段階に塗り分けた画像



明るさレベルの3段階分類 ()内は中央値

図2 本論で検討する4つのモデル

表面結露 水分量 マルチスペクトルスキャナ

〒921-8501 石川県石川郡野々市町扇が丘 7-1 TEL 076-248-1100(内 2352) FAX 076-294-6707

3. MSSデータを用いた反射光強度モデルの検討

1) 結露面積を指標とするモデル：図3

バンド間比が大きくなると結露水量は単調増加を示すが、結露面積はバンド間比 0.9 前後で大きく増加し、それ以降はほとんど変化がない。よって、MSSデータの変化は結露面積とは無関係だといえる。

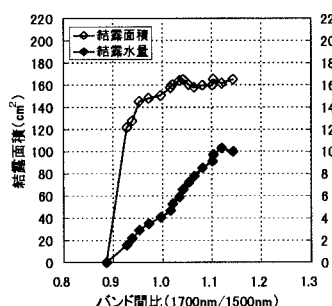


図3 バンド間比と結露面積（鉄）

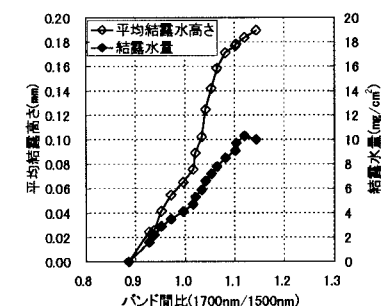


図4 バンド間比と平均結露水高さ（鉄）

2) 結露水高さを指標とするモデル：図4

平均結露水高さの変化は単調増加で、結露水量と同様に直線で近似可能であるが、各材料間で傾きが異なる。そこで結露水高さデータを基に、結露水量を計算で推定できるのではないかと考えられる。

3) 濡れ面最低高さを設定したモデル：図5

濡れ面の最低高さ h と結露水高さ H について表1に示す16条件を設定し、それぞれについてバンド間比 0.89～1.01 における 0.01 毎のモデル値を3次式による近似で求め、標準偏差の平均SDを算出した。SDが最小となったのは $h=0.13\text{mm}$ 、 H を1.0乗とした時の1.163であった。この条件により、材料を問わずバンド間比から結露水高さ指数を一意に求めることができた。

4) 平均光沢度を指標とするモデル：図6

バンド間比の変化に関わらず、平均光沢度は増減を繰り返すだけである。よって、結露部分の平均明さを指標とする平均光沢度を用いたモデルでは、結露水量の推定はできないといえる。

4. 本研究のまとめ

(1) アルミ、ガラス、鉄を対象とした表面結露実験を行い、結露進行に伴う状態の変化をとらえた。

(2) 4種の反射光強度モデルを作成・検討した結果、濡れ面最低高さを設定したモデルにより、材種によらず、バンド間比と結露水高さ指数の関係が得られた。

（文献）

- 1) 宮村壽, 安田正志, 垂水弘夫, 久保猛志: 表面に付着する結露水量の計測手法の開発, 土木学会第52回年次学術講演会講演概要集, CS, pp.264-265, 1997.9
- 2) 垂水弘夫, 久保猛志, 宮村壽, 岡崎俊春: 表面結露計測へのマルチスペクトルスキャナの応用, ガラスおよびアルミ板を対象として, 日本建築学会計画系論文集, 第480号, pp.55-60, 1996.2
- 3) 垂水弘夫, 久保猛志, 宮村壽, 岡崎俊春: 表面結露計測へのマルチスペクトルスキャナの応用, MSSデータと結露水量との対応について, 日本建築学会計画系論文集, 第465号, pp.61-67, 1994.11

表1 SD算定結果

	$H^{1.0}$	$H^{2.0}$
$h=0.01\text{mm}$	4.449	40.711
$h=0.03\text{mm}$	4.351	42.403
$h=0.05\text{mm}$	2.725	31.631
$h=0.07\text{mm}$	2.252	22.704
$h=0.09\text{mm}$	2.096	16.947
$h=0.11\text{mm}$	1.466	14.183
$h=0.13\text{mm}$	1.163	14.296
$h=0.15\text{mm}$	1.248	18.919

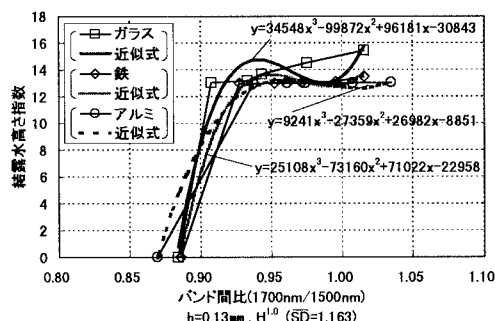


図5 バンド間比と結露水高さ指数

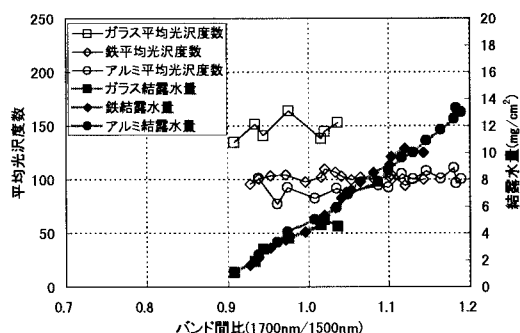


図6 バンド間比と平均光沢度数の関係