

## 通風筒を使用しない気温測定に関する問題点と対策

高山拓也, 高橋修平 (北見工業大学)

### 1. はじめに

無電源地域での無人気象観測に使用される自然通風筒は風が弱いとき、日射によって通風筒が温度上昇し、測定温度が高く現れる問題点がある。南極の無人気象観測においても、夏期に日中の風速 1~2 [m/s] 以下で昇温する現象が見られる。昇温したデータは、太陽高度および風速を考慮して取り除くが、風速データがない時はその判定が難しい。低温のために通風装置動作が難しくなる極地での観測を想定して、通風筒を使用せずに白色と黒色のセンサーおよびステンレスカバー付きセンサーによる測定温度を利用して正しい気温を求める方法を試みた。

### 2. 観測方法

2002年12月11~16日に北見工大寒地気象観測所と2003年1月1日~2月28日に陸別町関地区において気温観測を行った。使用観測機器は強制通風筒に加えて、白色センサー、黒色センサー、ステンレスセンサーを通風筒なしで設置した。(図1) データロガーは「おんどとり Jr. TR-52」を使用し、10分毎にデータ収集した。また、日射計は10分毎、風速計は1時間毎にデータ収集した。

### 3. 北見での観測例

各センサー温度と強制通風筒(真の温度と考える)との差を「温度偏差」として議論する。図2に北見における各センサーの時刻別温度偏差を示す。日中の温度偏差は日射によって、黒色(最大約 5℃)、ステンレス(約 3℃)、白色(約 1℃)の順に大きい値を示した。また、夜間は放射冷却によって、黒色、白色ともに負の偏差(約 -1℃)が生じたが、ステンレスはほぼ0であった。

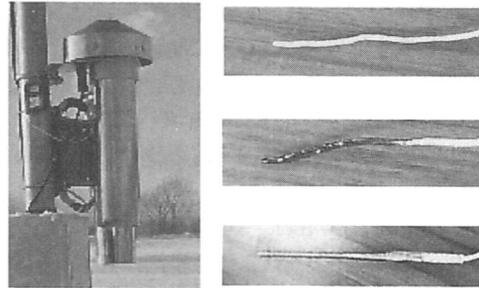


図1 各種温度計

強制通風筒(左), 白色センサー(右上)  
黒色センサー(右中), ステンレスセンサー(右下)

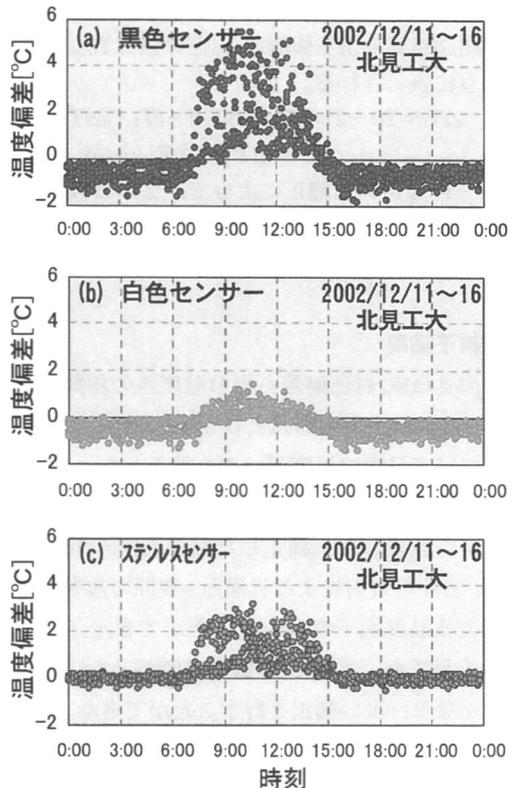


図2 各種温度計の時刻別温度偏差グラフ

(a) 黒色センサー, (b) 白色センサー  
(c) ステンレスセンサー

#### 4. 日中・夜間それぞれの温度補正方法

6~18時の日中においては、黒白温度差によって補正温度を算出する。夜間においては、放射冷却効果の小さいステンレスセンサー観測温度のデータをそのまま使用する。

日中については、白,黒それぞれのセンサーによる測定温度を  $T_1, T_2$ 、強制通風筒による測定温度  $T_0$  (真の気温)との温度差を

$$\Delta T_1 = T_1 - T_0 \dots (1), \quad \Delta T_2 = T_2 - T_0 \dots (2)$$

とし、 $\Delta T_1$ が温度差  $T_2 - T_1$ と次のような関係があるとする。

$$\Delta T_1 = a(T_2 - T_1) + b \dots (3)$$

定数  $a, b$  が強制通風筒との観測から求められているとき、 $T_1, T_2$  の観測から求まる値  $\Delta T_1', T_0'$  を次式に定義する。

$$\Delta T_1' = a(T_2 - T_1) + b \dots (4)$$

$$T_0' = T_1 - \Delta T_1' \dots (5)$$

(5)式の  $T_1, T_2$  のみの観測から推定される  $T_0'$  と、強制通風筒による観測値  $T_0$  との差  $\Delta T_0'$  は次のように表わされる。

$$\Delta T_0' = T_0' - T_0 = (T_1 - \Delta T_1') - (T_1 - \Delta T_1) = \Delta T_1 - \Delta T_1' \dots (6)$$

$T_2 - T_1$  を用いた補正によって、この  $\Delta T_0'$  がどれだけ0に近づくかを検討する。

この原理を図3のフローチャートに示す。

#### 5. 補正結果

図4(a)に白色偏差-黒白温度差の相関を示す。この日中の回帰式より  $a, b$  を求め、原理に基づいて日中の温度データを補正した。また、夜間はステンレスセンサーでの観測温度のデータに置換した。補正した結果を図4(b)に示す。日中の日射による昇温と、夜間の放射冷却による温度低下を抑えることができた。図4(c)を見ても、平均,標準偏差の値がともに0に近くなり、よい補正を行うことができた。

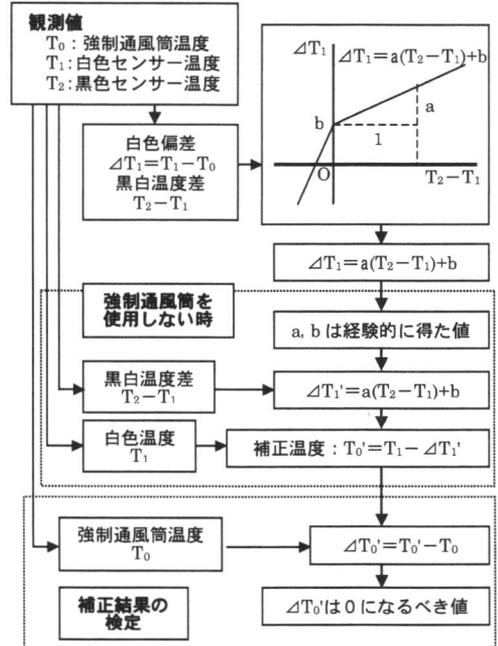


図3 温度補正原理フローチャート

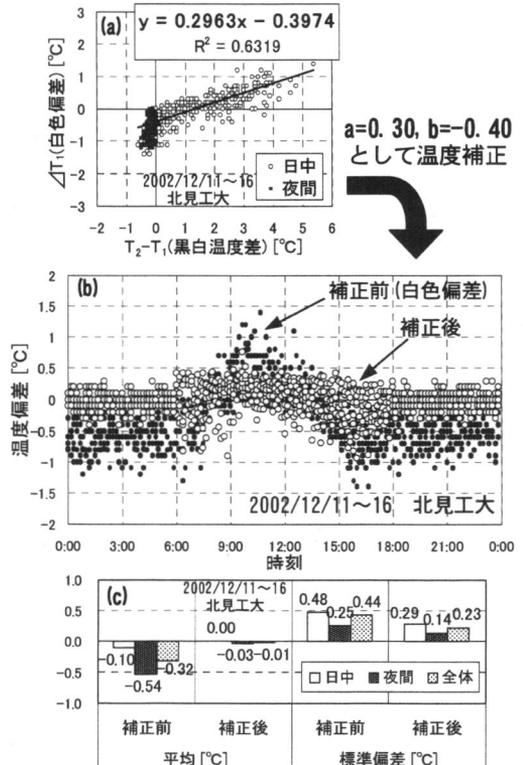


図4 補正結果(北見)

- (a) 白色偏差と黒白温度差の相関
- (b) 補正前後の時刻別温度偏差
- (c) 補正前後の平均及び標準偏差



7. 風速・日射との関係

北見で観測されたデータから、日射をパラメータとした温度偏差－風速のグラフを図10に示す。風速が小さいと、日射の大きさに伴って温度偏差が生じている傾向が見られる。黒色センサー、白色センサーともに風速 2.0[m/s]以下で、0.1[kW/m<sup>2</sup>]以上のとき、昇温が確認された。

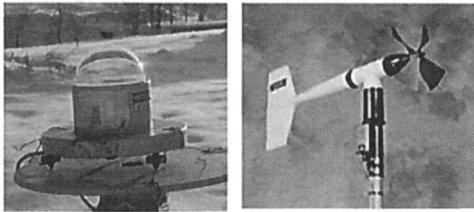


図9 日射計(左)と風速計(右)

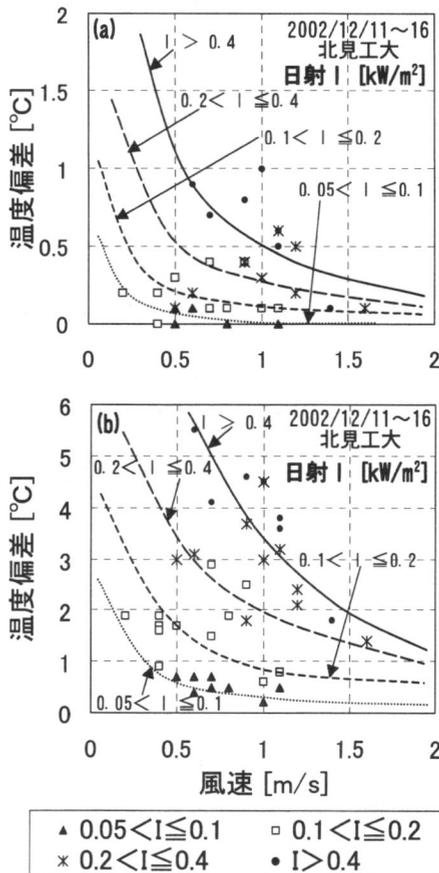


図10 温度偏差－風速グラフ

(a) 白色センサー (b) 黒色センサー

ここで、センサー昇温の熱収支的考察を行う。センサーがΔT温度上昇するとき、日射吸収熱と顕熱 Q<sub>T</sub>=αvΔTによる放射熱が等しいとすると、

$$\alpha v \Delta T = (1-a)I \dots (7)$$

$$\therefore \Delta T = \frac{(1-a)}{\alpha} \cdot \frac{I}{v} \dots (8)$$

α：熱交換係数 v：風速 ΔT：温度偏差  
a：アルベド I：日射

と表わされる。アルベドのみが異なる2つのセンサーにおいて

$$\Delta T_1 = \frac{(1-a_1)}{\alpha} \cdot \frac{I}{v}, \quad \Delta T_2 = \frac{(1-a_2)}{\alpha} \cdot \frac{I}{v} \dots (9)$$

$$\frac{\Delta T_2}{\Delta T_1} = \frac{1-a_2}{1-a_1} \dots (10)$$

$$\therefore \Delta T_1 = \frac{1-a_1}{a_1-a_2} \cdot (T_2 - T_1) \dots (11)$$

つまり、(3)式において a = (1 - a<sub>1</sub>) / (a<sub>1</sub> - a<sub>2</sub>), b = 0 となることを意味している。

8. まとめ

通風筒を使用せずに各種温度センサーを露出させて、気温を求める方法を試みた。

- ・裸センサーのとき、風速 2.0[m/s]以下で、0.1[kW/m<sup>2</sup>]以上のとき、日射による昇温の誤差が大きくなる。
- ・日中の昇温については、白色、黒色センサーの温度差によって補正できる。
- ・夜間の過冷却については、放射冷却効果の小さいステンレスセンサーの温度をほぼ補正なしで使用できる。
- ・これらの方法を用いれば、通風筒を使用しなくても、気温測定が可能である。

参考文献

- 1) 金原寿郎(1961)：大学演習 一般物理学
- 2) 気象ハンドブック編集委員会(1979)：気象ハンドブック
- 3) 佐藤研吾、高橋修平、亀田貴雄(2002)：気温用通風筒の温度特性と問題点
- 4) 高橋修平、佐藤研吾、亀田貴雄(2002)：自然通風筒気温測定における昇温の対策と考察、寒地技術シンポジウム 2002 寒地技術論文・報告集 Vol.18