

# 生態環境計測学 2019.04.10 の質問・補足

回答者 : 植山

1. 国際温度目盛と補間温度計について補足してほしい。

[Answer]

国際温度目盛は、再現可能な定義定点とそれを補間する方法により定義されている。これらの定義定点や補間方法は国際実用温度目盛で定義されており、現在の温度の定義は 1990 年の「The International Temperature Scale of 1990; ITS-90」に明確に記載されている（櫻井, 1990）。定義定点とは、三重点、凝固点、融解点など実験的に再現できる温度点である。補間法とは、定点間の温度を決める方法であり、補間温度計を用いる。例えば、13.80033 K~961.78°Cの間の温度目盛りは、定められた条件を満たした白金温度計で、定められた手続きにより計測された温度と定義される。日本では、これらの条件を満たした定義温度を再現できる温度定点実現装置を産業総合研究所が有しており、日本の国家基準となっている。この国家基準により構成された特定二次標準機により産業界の温度計が校正されている。

引用・参考文献

櫻井弘久, 1990; 1990 年国際温度目盛 (ITS-90) について, 熱測定, 17, 137-145.

CHINO, 2019 年閲覧. [https://www.chino.co.jp/support/technique/traceability\\_index/](https://www.chino.co.jp/support/technique/traceability_index/)

2. 電磁波の計測から表面温度が計測できることについて補足してほしい。

[Answer]

温度を持つ物体は、表面温度に対応した電磁波を射出する。ステファン—ボルツマンの法則とは、黒体放射量が黒体温度の 4 乗に比例するという法則である。この時の比例定数 ( $\sigma$ ) がステファン—ボルツマン定数 ( $5.67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ ) である。ここで、黒体とは、すべての波長の放射を吸収・射出する物体のことをいう。現実に存在する物体から射出される放射エネルギーは、黒体放射よりも小さい。射出率とは、黒体放射に対する放射エネルギーの減衰率として定義される。黒体以外の物体に対する放射量 ( $L$ ) は、物体の表面温度 ( $T_{\text{surf}}$ ; 単位は絶対温度) と射出率 ( $\epsilon$ ) とステファン—ボルツマン定数 ( $\sigma$ ) を使って、以下のように表される。

$$L = \epsilon \sigma T_{\text{surf}}^4$$

参考文献

日本農業気象学会, 1997: 黒体 (black body), 新編 農業気象学用語解説集—生物生産と環境の科学—, 日本農業気象学会, 東京, pp. 90.

3. 熱電対温度計の原理とノイズがのる原因について説明がほしい。

[Answer]

熱電対についてはウィキペディアによる説明が簡潔であるため、それを引用する。「熱電対(英: *thermocouple*)は温度差を測定するセンサ。異なる二種の金属を接合すると、それぞれの熱電能の違いから2つの接合点を異なる温度に応じた電圧が発生し一定の方向に電流が流れる。異種金属の2接点間の温度差によって熱起電力が生じる現象(ゼーベック効果)を利用した温度センサである。」

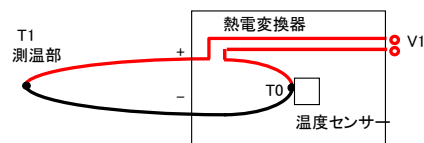


図 1. 熱電対温度計の回路

熱電対を用いる計測では、図 1 のような回路を用いて測温部の温度(T1)を計測する。熱電対では、T1 と T0 の温度差が計測される。このため T1 の温度の絶対値を知るためには、電気抵抗温度計等で T0 の温度(冷接点)を計測しておく必要がある。

熱電対で出力される電圧は温度差 1°Cあたり約 40  $\mu\text{V}$  程度と非常に微弱である。そのため、周囲の信号線や電源からのわずかなノイズ(例えば 1 mV にもみたくない微弱な電圧変化)によって不要な電流が誘導され正しく計測できない場合がある。電界内を信号線が通ると電流が生じて(アンペールの法則)ノイズとなりえる。特に熱電対を長く取り回して使用する際など、長い配線自体がアンテナとなりノイズを拾うことがあるため注意が必要である。

参考文献：

日本農業気象学会(1997), 新訂 農業気象の測器と測定法. 農業技術協会, 東京, 345pp.

Wikipedia (<http://ja.wikipedia.org>) 関連キーワード：熱電対

4. アスマン乾湿計の原理について説明してほしい。

[Answer]

アスマン乾湿計は二本の液体封入温度計からなり、そのうち一つで気温を計測し、もう一つで湿球温度を計測する。湿球温度とは感部を水で湿らせたガーゼを巻きつけて定常となったときの温度をさす。大気が乾燥し水が蒸発しやすい状態では、気温に比べて湿球温度は低下する。即ち、アスマン乾湿計では水が蒸発する際に生じる気化潜熱を利用して湿度を計測する。

5. 温暖化予測の気温と天気予報の気温の違いは何か？

[Answer]

地球温暖化検出に必要な気温とは、気候値の自然変動を知るための気温である。天気予報の気温とは、日々刻々と変化する気象現象を知るための気温である。

6. アノマリとは何かを説明してほしい。

[Answer]

アノマリ (anomaly) とは基準値からの偏差を表し、以下のように定義される。

$$anomaly_i = V_i - V_{std}$$

ここで、 $V_i$  はデータ列  $i$  番目の値、 $V_{std}$  は基準値、 $anomaly_i$  はデータ列  $i$  番目のアノマリを表す。例えば、図 2 は、1850 年からの全球の気温のアノマリである。例えば、ここでは 1961～1990 年間の気温の平均値 ( $V_{std}$ ) を使って各年の気温 ( $V_i$ ) の偏差を計算したものが、アノマリとして示されている。

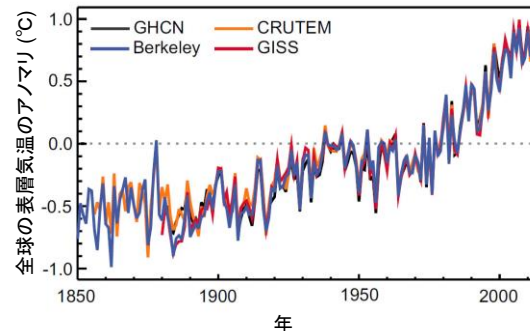


図 2. 全球の表層気温のアノマリ

1961-1990 年に対する相対値 (IPCC, 2013)

引用文献

IPCC, 2013; 第 5 次報告 (Hartmann, D.L., A.M.G.

Klein Tank, M. Rusticucci, L.V. Alexander, S. Brönnimann, Y. Charabi, F.J. Dentener, E.J. Dlugokencky, D.R. Easterling, A. Kaplan, B.J. Soden, P.W. Thorne, M. Wild and P.M. Zhai, 2013: Observations: Atmosphere and Surface. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.)

7. 温度とは分子の運動エネルギーの統計値であるなら、熱輸送のメカニズムをどう理解するとよいか？

[Answer]

熱輸送には、「伝導」、「分子拡散」、「乱流拡散」、「層流伝達」などいくつかのメカニズムに大別することができる。「熱伝導」では、ある物質を構成する分子の運動エネルギーが隣り合う物質の分子に直接作用する (分子同士の衝突) ことで、運動量が伝達され、エネルギーが輸送される。すなわち、隣り合う物質へと熱が輸送される。「分子拡散」では、空気中の分子運動や分子同士の衝突によりエネルギーが輸送される。「乱流拡散 (乱流輸送)」とは、空気や水などの流体中の輸送形態である。乱流拡散では、熱エネルギーをもつ物体 (流体) そのものが乱流により移動し (分子運動している場ごと流体として移動するイメージ)、エネルギーが輸送される。「層流伝達」は、レイノルズ数が低く、乱流が卓越していない流体における輸送形態であり、熱は乱流拡散の時と同様に熱エネルギーをもつ流体そのものが層流により移動する。

8. 気温を計測する際の注意点と、各国の昇温量の違いが計器の誤差や測定法による問題に起因していないのか？

[Answer]

正確な気温の計測には、日射の影響を最小限にするために測温部を金属製の二重筒で保護することと、筒内を適切な風速で通風することが必要である。

気温の計測には測定高度を十分に検討して設置する必要がある。一般に、測定高度が低ければ、最高気温は高く、最低気温は低くなる傾向がある。異なる地点の気温と比較する場合は、空気力学的な測定高度を統一するか、測定高度による違いを補正する必要がある。気象官署やアメダス観測点などの気象庁による地上気温の計測高度は 1.5 m である。

温度計の設置場所については、目的に応じた設置場所を慎重に検討する必要がある。屋根面や路面の気温を知りたいのであれば、人工構造物上に観測点を設ければよいが、対象とする人工構造物の影響を強く受けた気温となるため、計測された気温がどの程度の空間代表性を有するかについては、検討が必要である。気象庁では、手入れされた芝生上の気温を計測している。屋根面で計測した気温は、芝生で計測された気温より高くなる傾向があるため、気象庁の気温と比較したい場合は、同様の芝生に測器を設置する必要がある。

温暖化の検出などの目的で気温を計測する場合、都市内であればヒートアイランドの影響を受ける。農耕地であっても農作物の成長や長期的には品種の変更に起因した熱収支の影響を受ける。このため、温暖化の検出などを目的とする場合は、人為的な影響が及ばず、また周辺の植生の影響が経年的に変化しない場所を選定して計測する必要がある。これらの条件を満たす気象庁の観測点は、日本であれば、離島などの数点の気象観測所に限られる。

地球温暖化の影響評価に利用される気温は、ヒートアイランドなど的人為的な影響が少ないとされる地点の地上気温を用いて評価されている。地上気温以外に、海面温度、高層大気の状態など様々な観測値を統計的に調和させることで、昇温量が算出されている。IPCC 等で用いられる全球の気温は各観測点の気温のデータを緯度・経度 5 度ごとの格子に区分して平均し、各格子の面積で重み付けして全球の平均気温を計算する。各格子の平均値を求める際は、観測地点の標高や地表面被覆による気温の絶対値の違いを除くため、長期平均値からの偏差が集計される。この際、都市化の影響や観測点の移動など人為的な影響が見られる地点に関しては平均気温の計算には用いられない。また、海洋の気温については、海洋表層の水温変動と気温との相関が高いことを利用して、海洋表層の水温から決定される。昇温量の評価は、基準となる年代からの偏差として定量化したり、回帰分析を用いて経年的な上昇率として定量化されたりする。

参考文献：

野沢徹, 2009: 地球全体の平均気温の求め方 気象ブックス 026 ココが知りたい地球温暖化. 国立環境研究所 地球環境センター, 成山堂, 20-24.