

1. 4色温度計

4色温度計は、放射特性などが異なる4つの温度センサで温度を測定し、測定された温度から気温、風速、周囲の熱放射量、日射量を導出する測器である。小型軽量かつ頑健であることから、火星着陸探査機に搭載する測器の候補のひとつとなっている。

温度センサの熱収支は以下の式で表される。

$$C \frac{dT}{dt} = -hA(T - \theta) - \epsilon\sigma T^4 A + \epsilon LA + \alpha SA + Q$$

ここで、 T は温度センサの温度、 C は温度センサの熱容量、 h は熱伝達係数(風速に依存)、 A は温度センサの表面積、 θ は気温、 ϵ は熱放射の放射率、 σ はステファン・ボルツマン定数、 α は日射の吸収率、 Q はセンサの発熱率である。右辺の各項は順番に、周囲の空気との熱交換、自身が射出する熱放射による冷却、周囲が射出する熱放射を吸収することによる加熱、日射を吸収することによる加熱、センサ自身の発熱による加熱である。 ϵ 、 α 、 Q などが異なる温度センサを並べて測定すると、温度センサの数だけ熱収支の式が得られ、それらを連立して解くことで、気温、風速、周囲の熱放射量、日射量が導出される。

2. 温度計の特性と4色温度計の性能

4色温度計で導出される各物理量の精度は、各物理量の変化に対してそれぞれの温度計が異なる応答をするときに、高くなる。例えば、日射の吸収率が大きく異なる温度計を使用すると、日射を高い精度で導出することができる(日射吸収率の違いが小さいと導出される日射の精度は低くなる)。現在、温度計の光学特性として、黒色(α 大、 ϵ 大)、白色(α 小、 ϵ 大)、金属メッキ(α 小、 ϵ 小)の3つが、製作可能なものとして検討されて

いる。

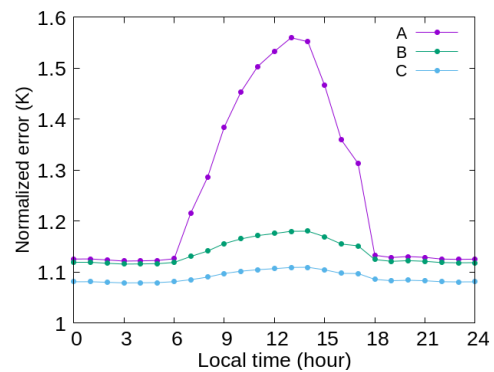
温度計の特性は、光学特性以外にも、大きさ、形状、発熱率、などによって規定される。本研究は、4色温度計を火星環境下で使用した場合について、大きさと発熱率が測器の性能に及ぼす影響を解析的に評価した。

3. センサの大きさと発熱率

図は、Juventae Chasma (火星着陸探査の候補地)で春分の日を観測をおこなった場合を想定して、4色温度計の性能を評価した結果である。測器の性能は周辺環境に依存するが、センサを小型化し、一部センサの発熱量を大きくすると、測器の性能は向上することが示された。

表：試作中の4色温度計の特性。dはセンサの直径。

	α	ϵ	Q (W/m ²)	d(m)
温度計1(黒)	0.96	1.00	1.0×10^{-4}	4.0×10^{-3}
温度計2(白)	0.15	0.99	1.0×10^{-4}	4.0×10^{-3}
温度計3(金)	0.20	0.01	1.0×10^{-4}	4.0×10^{-3}
温度計4(白)	0.15	0.99	1.0×10^{-3}	4.0×10^{-3}



図：4色温度計によって導出される気温に含まれる誤差。横軸は地方時。(A) 試作中の4色温度計。(B) センサを小型化(サイズを0.5倍)した場合。(C) 温度計4の発熱率を10倍にした場合。