

## 温度基準ゾンデの開発と成層圏における気温計測誤差の評価

清水健作\*1、長谷部文雄\*2

\*1:北海道大学大学院環境科学院、明星電気 \*2:北海道大学大学院地球環境科学研究院

### 1. はじめに

気球に温度、湿度、気圧センサを吊り下げたラジオゾンデは、高層気象観測の1つの手法として、現在でも不可欠な存在である。ラジオゾンデ搭載のセンサは、気温 40～-90℃、気圧 1000～5hPa までという広いダイナミックレンジをカバーしつつ、昼夜による日射変化を考慮して、十分な精度を確保する必要がある。近年の GPS 技術の発達により、気圧計の誤差については補正が可能となりつつあるが、温度センサの日射依存性については、本質的な問題解決がなされておらず、日射補正という便宜的な経験的手法に依存している。

しかしながら、温度センサに対する日射の影響は、観測時の雲量に依存したアルベド、時間・季節・地域によって変化する太陽高度角、ゾンデの上昇速度など、様々な観測条件に依存するため、正確な補正は困難である。このことは、近年の国際比較観測でも日中の温度データが製造メーカー間で有意に異なることから明らかである (Nash et al., 2005; Immler, 2009)。周囲の気温にセンサが同化するのに長時間を要し、日射の強くなる成層圏において、昼間の気温を正確に計測することができる温度センサは非常に重要である。また、大気基準観測を行い、全球的・地域的な気候変動の兆候を監視・検知するための基盤ネットワークを目指す GCOS/GRUAN からは、非常に高精度な温度ゾンデの要求は高い (WG-ARO, 2008)。

本研究では、従来の温度センサより熱容量が極めて小さいために、応答時間が非常に短く日射の影響を殆ど受けない新型の温度基準ゾンデ MTR (Meisei Temperature Reference sonde: 以下、MTR) を開発した (写真)。講演ではその詳細を紹介するとともに、その飛揚データの解析から明らかになった温度データの特徴について議論する。

### 2. 温度基準ゾンデ MTR の開発

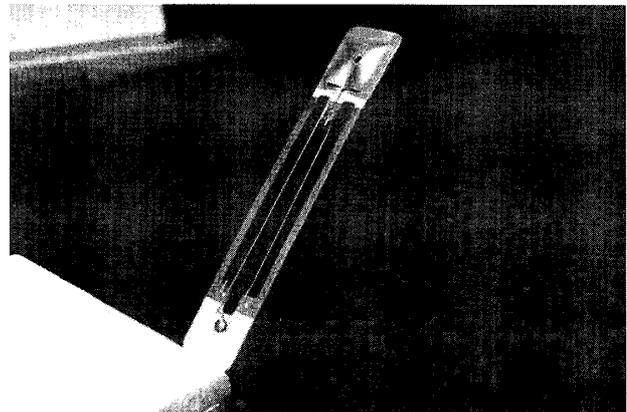
MTR は、ロケットゾンデや低層ゾンデで使用されてきた極細線式温度センサ (観測部観測課, 2005) を、通常ゾンデ用に再設計したもので、10hPa での応答時間は 0.03 秒で日射の影響は 0.3K 以下となっている。また、6Hz でデータを取得する為、高度換算で約 1m 毎の温度データを取得できる。

### 3. 飛揚結果

MTR を用いて昼夜の飛揚を行ったところ、昼間は正、夜間は負のパルス状温度変動が見出された。その発生周期は、吊紐の長さに依存する振り子運動周期の半分程度であった。この温度変動は成層圏に入ると振幅が増大していた。この変動を理解する為、飛揚中の気球の表面温度を実際に計測してみたところ、MTR によって観測された温度変動

と相関がみられ、高度と共に気温-気球表面温度差が増加していた。10hPa においては、周囲の気温に対して昼間は約 20K 高く、夜間は約 10K 低くなっていた。

温度データに見出されたパルス状の温度変動の詳細を明らかにするために、地域、吊紐の長さ、気球の大きさを変えて昼夜に飛揚を行った結果、次のような特徴を見出した。中緯度帯より熱帯の方が昼夜共に変動が大きく、昼間の温度変動の最大振幅は 7K に達した。吊紐を長くして気球と温度センサの距離を遠ざけると、パルス状の温度変動の頻度が減少した。また、気球の大きさと温度変動の振幅には比例関係が見出された。



### 4. 結論

熱容量を小さくすることにより日射補正が不要と考えられる新型の温度基準ゾンデ MTR を開発した。MTR の飛揚データを解析したところ、昼は正、夜は負のパルス状温度変動が見出された。この変動は、昼は気球表面の日射による加熱、夜は気球内部ガスの断熱膨張による冷却によって、気球表面温度が気温と偏差をもち、その気球表面で熱交換を行った気塊が、気球後流としてゾンデ観測値に影響を与えたためであると解釈される。この影響は気球のサイズ、吊紐の長さ、気象条件及び地域によって変化すると考えられる。今後は、さらに解析を進めて従来の日射補正の考え方には組み込まれていない、気球後流によって発生する気温計測誤差について、定量的に評価を行う。

#### [参考文献]

- Immler, F, 2009: [http://www.hydrometeoindustry.org/Reports2009/Attachments/GRUAN/GRUAN-March\\_2009\\_GCOS-112%20Summary.pdf](http://www.hydrometeoindustry.org/Reports2009/Attachments/GRUAN/GRUAN-March_2009_GCOS-112%20Summary.pdf)
- Nash, J. et al., 2006: WMO intercomparison of radiosonde systems, Vacoas, Mauritius, 2- 25 February 2005.
- WG-ARO, 2008: Specifications for a Reference Radiosonde for the GCOS Reference Upper-Air Network (GRUAN).
- 観測部観測課, 2005: 気象ロケット観測 30 年の記録, 測候時報 72. 4-6