

3D プリンターを用いた低価格気象観測測器の開発と検証

Development and verification of low-cost meteorological observation instruments using 3D printers

○峠嘉哉・田中賢治・Temur KHUJANAZAROV

○Yoshiya TOUGE, Kenji TANAKA, Temur KHUJANAZAROV

As climate change progresses, the low density of the meteorological observation network is one of the challenges for disaster prevention especially in the developing countries. Therefore in this research, we attempted to develop the inexpensive meteorological observation device of about 100 dollars to complement the meteorological observation. In the case of a naturally ventilated temperature-humidity sensors using a 3D printer, the influence of the radiation was large. So, we developed a ventilated system using materials that can be purchased easily and inexpensively. As a result, the accuracy was comparable to that of commercially available equipment.

1. はじめに

気象観測は気象災害を研究・対策する上での基盤である。しかし、特に発展途上国では気象観測の密度が低いことが問題視されている (Hrachowitz et al. 2013)。近年は気候変動の影響が顕在化しているが、全球で進行する気候変動に対しその観測は非一様に実施されている。観測密度が不十分であることで増加するリスクへの対処が遅れることや、変化の原因を水文学的・定量的に考察することが将来困難になると危惧される。

市販の複合気象ステーション(AWS)は高精度で耐久性が高いが、安価な機種でも数千ドルのため地点数に限界がある。ここで、市販のAWSは様々な環境を想定するので、設置地点の環境には不要な耐久性能を持つ事も少なくない。性能がやや低くても地域の環境にあう安価なAWSの開発により、広範な領域の観測を助力できる可能性がある。

そこで本研究は、近年性能が向上している3Dプリンタや、近隣の店舗で入手しやすい安価な資材を用いることで、\$100程度の安価な気象観測ステーションの開発を目的とする。温湿度計を対象に、開発した測器の構成や検証事例を示す。

2. 測器の構成

測器の電子部は、センサ素子とデータ記録部位からなる。データ記録部位にはRaspberryPiやArduino等の安価なマイコンを使用し、センサ部位を変えることで観測項目を変更する。センサ部位は一般に数百円から数千円と安価であり、マイコン自体も数千円程度である。電子部を降雨等の

外環境から守るのが筐体であり、本研究では3Dプリンターを用いた自然通風型の筐体と、購入しやすい資材やファンを用いた強制通風型の筐体の二種類を検討した。

本研究で使用したセンサ素子の仕様は表1の通りである。BME280は観測項目が多く安価であるため利用例が多いが、水文観測には精度が劣ると考えたため、比較的精度の高いMCP9800も併用した。マイコンにはRaspberryPi zero WH(2000円程度)を用いた。RaspberryPi zero WHはデータ記録装置として最低限の機能を有する上に、ワイヤレス接続が可能であるため作業効率が高い利点がある。

表1 使用したセンサ素子の仕様

センサ	価格	項目	仕様
BME280	1000円	温度	±1°C, -40°C~85°C
		湿度	±3%, 0~100%
		気圧	300~1100hPa, ±1hPa
MCP9800	1200円	温度	±0.25°C, -40~125°C

3. 温湿度計の開発と検証

3.1 3Dプリンターによる自然通風型温湿度計
3Dプリンターで開発した筐体が図1である。一般的な自然通風型温度計と同様に、外環境からセンサー部を守りつつ通風される構造とした。

温湿度計の検証は、日射量と温度が高く筐体内部の通風がより必要な時期として、2021年9月10日から9月11日に実施し、検証用の測器にはWXT536を用いた。図2と図3は温度・湿度の結果である。3Dプリンターで開発した測器は市販の測器よりも熱伝導特性が異なるため、日射を受けた後の筐体内部の温度上昇が大きいことが分かった。

湿度も同様に日射量が高い場合にずれが大きく、温度の観測精度の影響を受けたと考えられる。



図1 開発した測器の検証

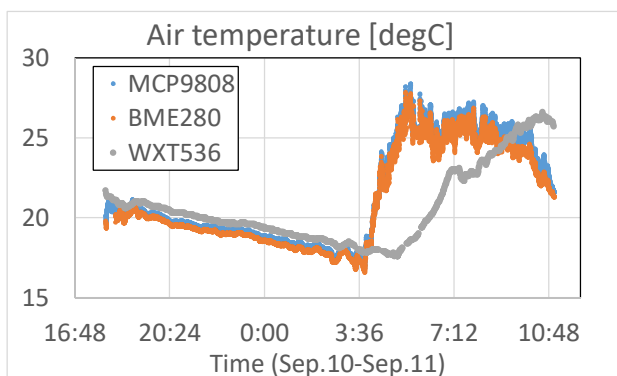


図2 温度変化

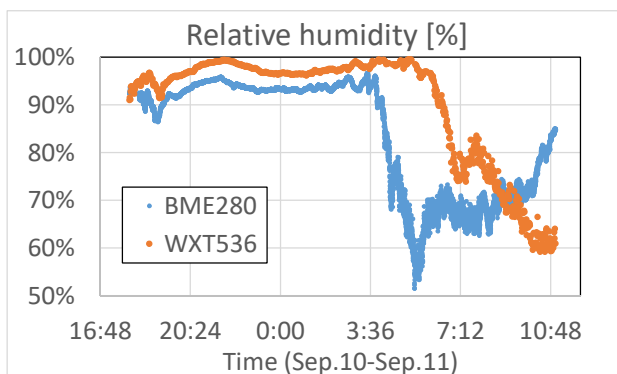


図3 湿度変化

3. 2 市販の資材を用いた強制通風型温度計

前節での検討により日射量の影響を除去する方法として、強制通風型への変更が考えられた。3Dプリンターで筐体を作成することも可能ではあるが、通風筒に塩ビ管を使用するなど、より安価な方法があると考えられたため、通風筒とファンからなる強制通風型の温度計を開発した。個々の部材は容易・安価に購入可能である。

検証は2022年8月27日から29日に実施し、同様に放射量や温度の高い日に実施した。検証にはHOBOの温度計を用いた。結果、高精度な気温観測が実現できた(図5)。HOBOと開発した測器の差を確認すると、放射量が高い正午付近にHOBOの気温が高かったが、その理由は、HOBOは自然通風型

であるため放射の影響により温度を過大評価していたと考えられた。今回開発した強制通風型測器の方が精度が高かったと考えられた。図6に温度差のヒストグラムを示す。

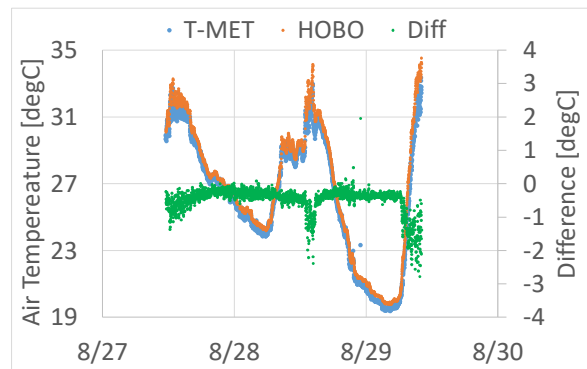


図4 温度変化

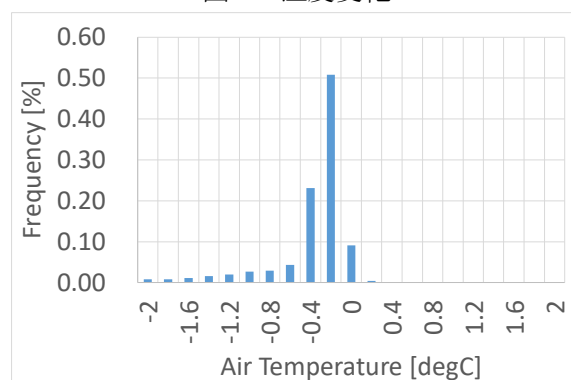


図5 温度差のヒストグラム

4. まとめ

本研究では、3Dプリンターや安価なセンサー、マイコンを用いた安価な気象測器の開発を実施した。3Dプリンターで開発した筐体は放射量の影響が大きかったものの、資材を用いた強制通風型測器の精度は高かった。今後は3Dプリンターを用いた自然通風型測器でも高精度観測が実現できるように筐体の構造を改良する予定である。また、安価な機器の広い利用を想定し、途上国への展開や多地点水文観測等も実施予定である。

謝辞：本研究は京都大学防災研究所共同研究(令和3年度一般共同研究2021G-01)、文部科学省統合的気候モデル高度化研究プログラム領域課題4(JPMXD0722678534)、科学研究費補助金(17H04585, 代表: 峠嘉哉)の成果による。ここに謝意を示す。

参考文献

M. Hrachowitz et al.: A decade of predictions in ungauged basins (PUB)—a review, *Hydrological Sciences Journal*, 58.6, 1198–1255, 2013.