

多深度地温測定装置の製作

森 章一¹、曾根 敏雄²

1. 技術部先端技術支援室
2. 水・物質循環部門水文気象分野

1 はじめに

地温観測による土壌の凍結・融解深の推定は、一般に数深度の温度データから内挿することにより行われてきた。この方法では、測定深度の間隔が大きい場合には大きな誤差を生じることになるため、測定点数を増やすことが望まれる。しかし、ボーリング孔を利用した温度測定では、孔径と温度センサーケーブルの太さとによって、測定点数が限られる。そこで測定点数が増えてもケーブル数が増えない方式の温度センサーを用いた温度測定装置を作製し、野外観測を行った（曾根ほか、2014）。

今回、試作したセンサー部とロガー（記録計）部は、市販の部品を組み合わせ、安価で比較的容易に作製でき、2 cm 以内の誤差で最大凍結深を推定できた。このロガー部は、温度測定以外にも応用が可能である。

2 測定機器の概要

本測定機器は温度センサー部とロガー部に分かれる。

2.1 温度センサー部：温度センサーには、1-Wire 方式の DS18B20+（マキシム）を用いた。この方式では、1 組の信号・電源線上の任意の多数の位置に温度センサーを配置することが出来る。したがって最大凍結深を把握したい場合には、最大凍結深が予想される範囲に温度センサーを集中させることによって、最大凍結深が高分解能で判読できる。それぞれのセンサーは固有のシリアル番号を持ち、温度の値とともにデジタル信号としてマイコンと通信する。また測点が多くても 1 台のロガーで記録が出来ることも、この方式の特徴の一つである。この温度センサーの精度は 0.5℃、分解能は 0.0625℃である（表 1）。1 cm 間隔でセンサーを配置したセンサー部の例とリボンコードを利用した例を写真 1、2 に示す。

表 1 DS18B20+ の特長（MAXIUM）。

作動電圧	3.0 – 5.0V
測定温度範囲	-55 – 125℃
誤差	±0.5℃ (-10 – 85℃)
分解能	0.0625℃
通信時間	750 mSec

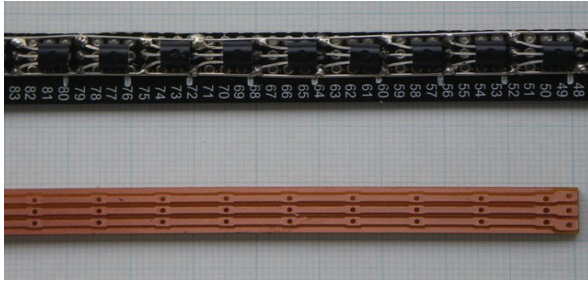


写真1 センサー部。(上)ユニバーサル基板を用いた例、(下)1 cm 間隔基板製作例。

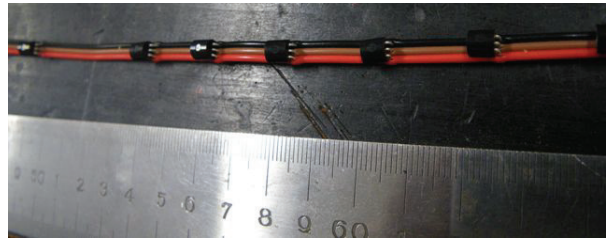


写真2 センサー部。リボンコードを用いた2-5 cm 間隔の例。

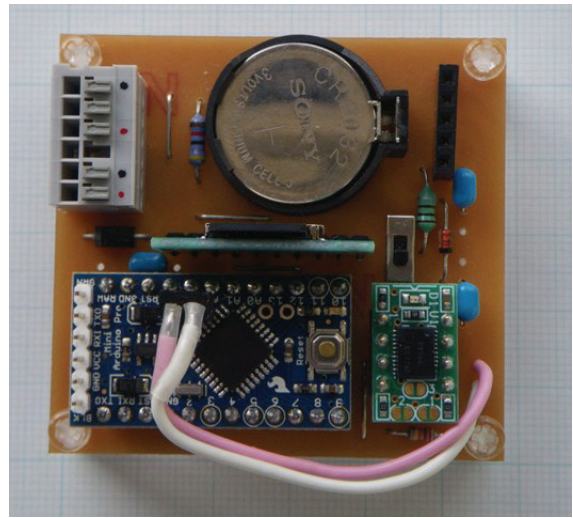
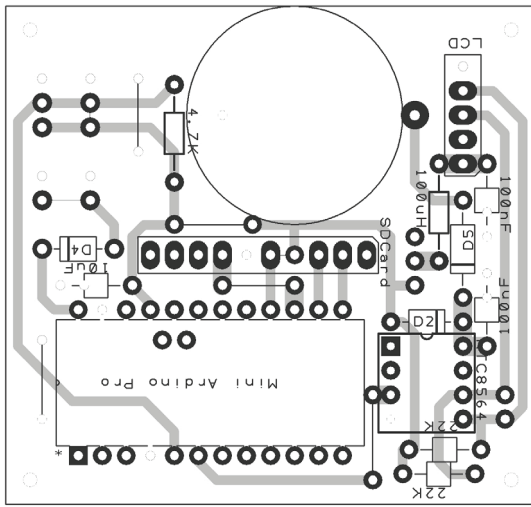


写真3 ロガー部作製基板。

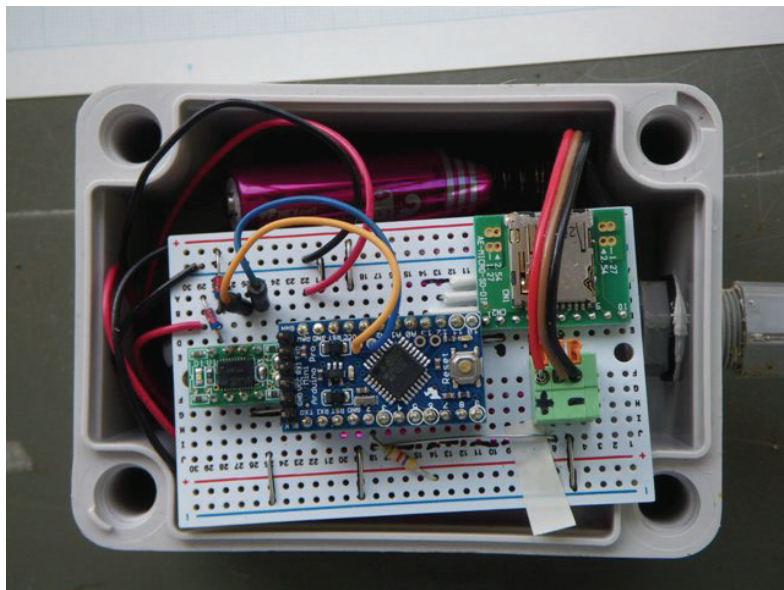


写真4 ロガー部。ブレッドボード型基板使用例。

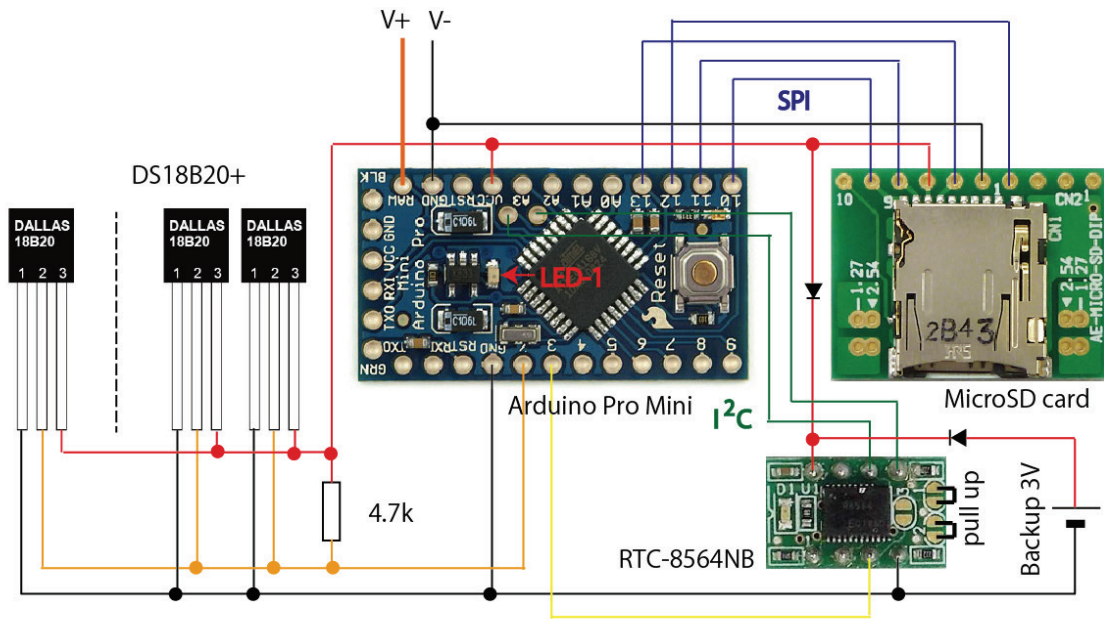


図 1 センサー部及びロガー部の結線の例。

2.2 ロガー部：マイコンには開発が容易で安価な Arduino を用いた。Arduino にはいくつかの種類があり、標準的な Uno (5 V) を用いれば、半田付けをしなくてもブレッドボード上で回路を組むこともできる。ここでは低消費電力の Pro Mini (3.3V) を用いた (写真 3、4)。各デバイス (microSD カード、DS18B20+、RTC:リアルタイムクロック) との結線の例を図 1 に示す。

Arduino や、各デバイスの使用法が判るスケッチ (プログラム) が、Web 上に公開されている。それらを組み合わせることで、容易にロガーを作動させることが出来る。RTC により測定時間になるとマイコンが作動し計測を開始し、測定が終わるとマイコンは休止する。測定温度データは時間とシリアル番号とともに SD カードに保存されるため、SD カードを交換する事で測定データを回収できる。消費電力は、測定中には約 5 mA (1 測点約 1 秒) で、待機中には約 0.4 mA (0.2 mA : 図 1 中の LED-1 を除去時) であった。単 3 形リチウム乾電池 4 本、1 時間間隔の測定条件で 1 年程度の測定が可能である。このロガー部は温度測定以外にも、湿度、気圧など多様なセンサーに対応し、容易に他項目の測定へと応用が可能である。

3 野外観測

北海道北見地方置戸町 (森・曾根、2013) において、土壌の最大凍結深と凍土の融解過程を観察するため、本装置を用いて地温観測を行った。センサー部はリボンコードを用い (写真 2)、0 - 125 cm 深さまでの 35 深度に温度センサーを配置した (図 2)。

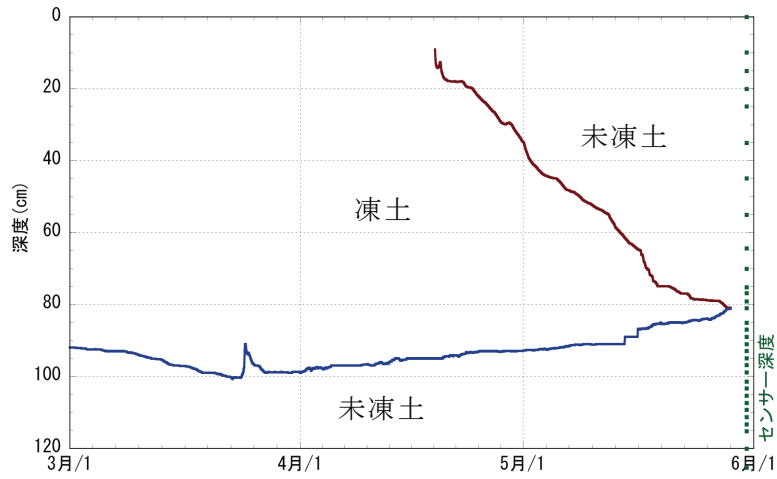


図2 置戸町における凍結線（青線）・融解線（赤線）（温度内挿による：2014年）とセンサー深度。

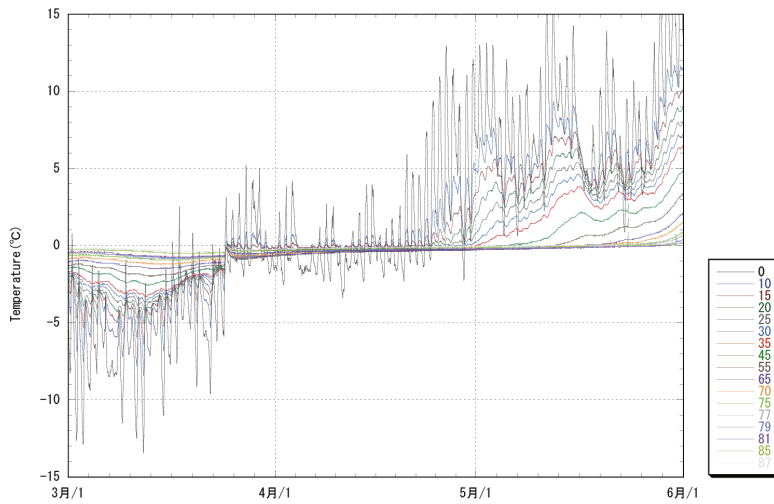


図3 置戸町における地温測定結果（0 - 87cm 深：2014年）。

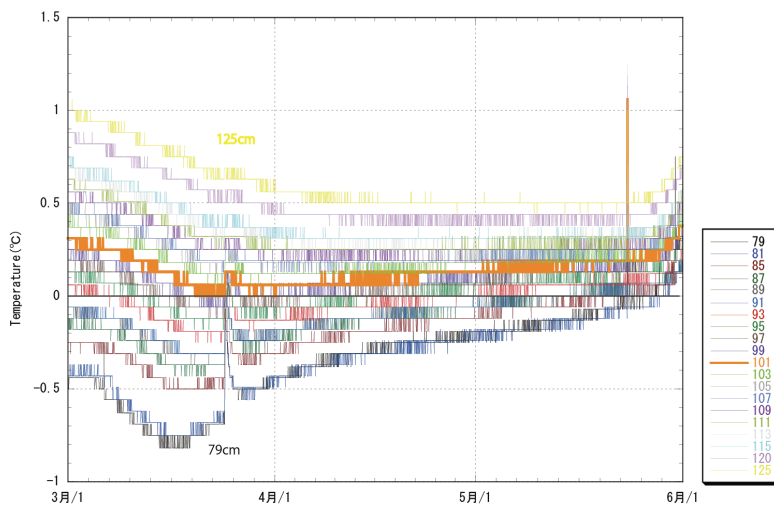


図4 地温測定結果（79 - 125cm 深：2014年）。

季節的凍結線、融解線の位置の変化を図 2 に示す。図 3、4 に地温観測結果を示す。最大凍結深は図 3、4 から 101 cm であった。また凍土は 5 月下旬まで約 80 cm 深付近に残存していた。なお 3 月下旬の地温の攪乱は融雪水の流入によると考えられ、5 月下旬の攪乱は現地で確認のためセンサーを引き出したことによる人為的なものである。

4 まとめと今後の展望

1 組のケーブルで多深度の地温測定ができる温度センサーを用いた観測装置を作製した。この装置は小型軽量で安価であるとともに、乾電池を用いて 1 年程度のデータ収集を実現した。これを用いて野外観測を行った結果、より正確な凍結深の測定が可能となった。但し個々の温度センサーの温度校正は必要である。

マイコン制御による測定は、センサーとプログラムを変更することで様々な項目の測定が可能である。また、マイコンチップの低消費電力化によって小容量乾電池での長期間にわたる測定が可能であるため、装置は小型軽量にできる。野外観測に限らず、多岐にわたる分野でその利用価値は高く、使用頻度はますます増加して行くと思われる。

近年のマイコンの低価格化や接続デバイスの充実などによって、マイコン機器の自作が急速に普及する一方で、自作するにはマイコンのプログラム、電子回路基板や機器筐体などの製作もしなければならない。技術部ではこのような部分の技術的サポートを行い、必要なソフトを含めた一連の測定システムとしての開発を目指して行く。

参考文献ほか

森 淳子、曾根 敏雄「北海道北見地方置戸町における凍結融解深度計測装置を用いた野外観測」雪氷研究大会（2013・北見）講演要旨集、183、2013 年 9 月。

曾根 敏雄、森 淳子、森 章一「凍結融解深度計測装置を用いた土壌凍結深の観測」雪氷研究大会（2014・八戸）講演要旨集、178、2014 年 9 月。

MAXIUM, DS18B20+ datasheet.

Arduino 検索 keywords: 割り込み、スリープモード、SD カード、RTC、I²C、DS18B20+、
<http://www.arduino.cc/>