ノート

スマートフォン連携記録計の開発

菅家　章*

Development of Smartphone-Linked Recorder

KANKE Akira*

1. 緒　　言

平成 11 年度に当所で導入した恒温恒湿槽の記録計が故障した。記録計は購入から 16 年以上経っているため，修理はメーカから断られた。同じ記録計は製造していないため，新しい記録計を調査したところ，故障した記録計と同様に紙へ打点する方式の他，SD カードや USB メモリなどの半導体メモリへ記録するペーパレス方式の記録計がみられた。当所の恒温恒湿槽は企業や個人が有料で利用できるため，槽内の温湿度変化の記録を利用者が持ち帰る場合がある。紙へ打点する記録計は紙を利用者へ手渡すだけでよいが，ペーパレス方式の記録計を導入する場合，当所はコンピュータウィルスを考慮して外部から持ち込んだ USB メモリの使用を禁止していることから，「利用者が持参した未使用の CD-R へ当所職員が温湿度データをコピーする」，「メールで温湿度データを利用者へ送信する」など，両者の作業が増えることになる。

そこで本研究では，利用者のスマートフォンと記録計を無線通信（Wi-Fi）で接続し，温湿度データをスマートフォンへ表示して持ち帰られるスマートフォン連携記録計の開発を試みた。

このようなデジタル化により，利用者は温湿度データの確認，保存，集計，グラフ化などがスマートフォンのアプリで可能になり，当所の職員は作業軽減につながることから，簡易的な DX（Digital Transformation）の例として，試作した装置について報告する。

* 上越技術支援センター

2. スマートフォン連携記録計

2.1 試作した装置の構成

恒温恒湿槽と試作した装置の写真を図 1 に示す。恒温恒湿槽の測定温湿度と同じ温度と湿度が試作した装置で表示されている。このように記録計が接続できるよう，温度と湿度に対応した出力の信号線が恒温恒湿槽で用意されている。Ch.1 信号線（温度）は 150.0℃に対し+1500mV，-40.0℃に対し-400mV が出力され，Ch.2 信号線（湿度）は 0%RH に対し 0mV，98%RH に対し +980mV が出力されるため，記録計はプラスとマイナスの両電源が必要である。また，日時記録に必要な時計，日時・温度・湿度・データ名・記録中や記録停止の状態を表示できる画面，記録開始と記録停止を操作するスイッチ，データを残すための SD カード，突然の停電でも測定したデータを保存できる電池，スマートフォンと通信するための Wi-Fi 機能が必要なので，これらの機能を持つ M5Stack Technology Co., Ltd 製の M5Stack Core2 をコンピュータに使用した。

図 1　恒温恒湿槽と試作した装置の写真

試作した装置の全体の写真を図 2 に示す。試作した装置は，M5Stack 部，金属ケースへ入れた A/D(Analog/Digital)変換部と電源部，AC アダプタ（USB Type-C 出力）の構成である。A/D 変換部はアナログ回路なので，回路にノイズが重畳しないよう，金属ケースの FG(Frame Ground)は恒温恒湿槽の FG へ接続した。

試作した装置のブロック図を図 3 に示す。Core2 は A/D 変換器を内蔵しているが，両電源に対応していないので，Microchip Technology Inc.製 16bit A/D 変換器 MCP3425 を外付けし，Core2 の I^2C（PA_SDA と PA_SCL）へ接続した。反転加算回路，反転回路，+500mV 定電圧回路は演算増幅器を使用した。-400mV（-40.0℃）が Ch.1 へ印加されると「-(-400mV+500mV)」が演算され，反転加算回路から-100mV が，後段の反転回路から+100mV が出力される。後段のマルチプレクサはプラス側の電圧だけを出力できる信号選択器である。Ch.1 が選択された場合，+100mV が A/D 変換器の「+」へ印加されるが，A/D 変換器の「-」へ+500mV が印加されると A/D 変換器から「(+100mV)-(+500mV)」の値が出力される。これは Ch.1 へ印加された電圧と同じ値になる。+1500mV（150.0℃）が Ch.1 へ印加された場合，+2000mV が A/D 変換器の「+」へ印加される。MCP3425 の基準電圧は 2048mV であり，恒温恒湿槽の温度変化範囲（-40.0℃～150.0℃）の A/D 変換ができる。演算増幅器は DC/DC コンバータの±5V 電源を使用した。SDA，SCL，GPIO はハイレベルが+3.3V のデジタル信号なので，マルチプレクサと A/D 変換器は Core2 の+3.3V 電源を使用した。

金属ケース内部の A/D 変換部と電源部の写真を図 4 に，A/D 変換部と電源部のプリント基板配線面の写真を図 5 に示す。DC/DC コンバータのノイズがプリント基板を伝搬して演算増幅器や A/D 変換器へ入らないよう，電源部と A/D 変換部のプリント基板は分け，ノイズ重畳の原因になるグランドループができないように配線した。

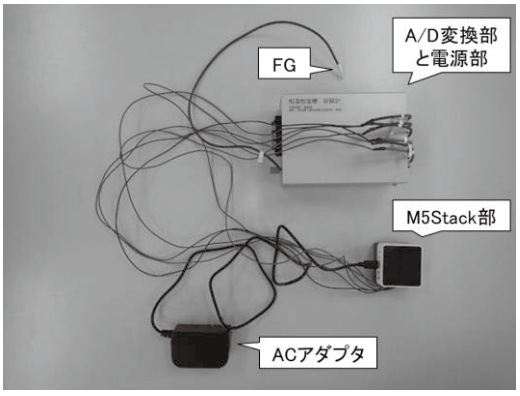

図 2　試作した装置の全体の写真

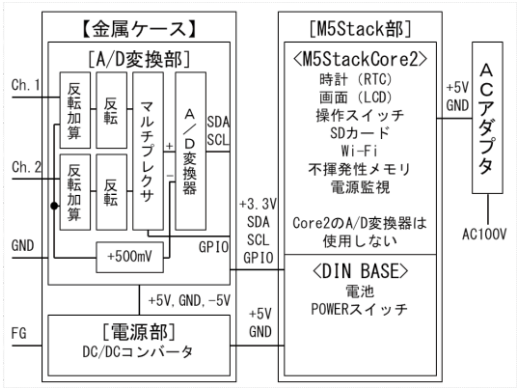

図 3　試作した装置のブロック図

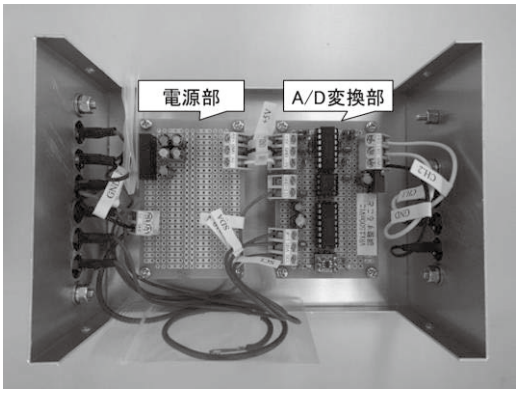

図 4　A/D 変換部と電源部の写真

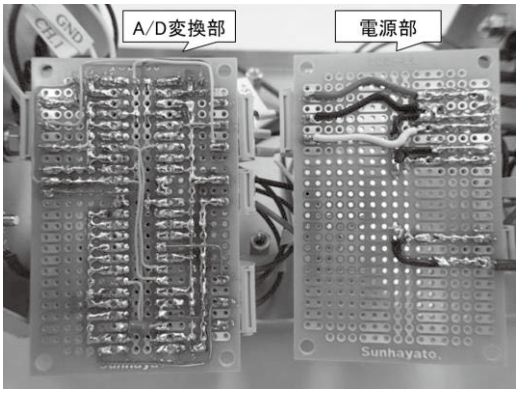

図 5　プリント基板配線面の写真

2.2　スマートフォン連携の設定

試作した装置の主画面を図 6 に示す。破線の丸印の位置にタッチ式操作スイッチが 3 つあり，各スイッチの機能は「記録開始／記録停止」，「通信接続 QR コード表示」，「表示接続 QR コード表示」である。以下，スマートフォン連携の設定方法について説明する。

初めに，試作した装置の「通信接続 QR コード表示」スイッチに指で触れ，図 7 の左側の写真のように QR コードを表示する。QR コードは SSID やパスワードなどの Wi-Fi 接続に必要な情報が含まれている。Wi-Fi はルータを使わず，試作した装置とスマートフォンの直接通信にした。QR コードをスマートフォンのカメラでスキャンすると，図 7 の右側の写真のように接続の確認メッセージが表示される。「接続」を選択すると Wi-Fi の接続が完了する。

次に，試作した装置の「表示接続 QR コード表示」スイッチに指で触れ，図 8 の左側の写真のように QR コードを表示する。QR コードは試作した装置の IP アドレスが含まれた URL が記されている。QR コードをスマートフォンのカメラでスキャンすると，図 8 の右側の写真のメニュー画面が表示される。この画面は他の QR コードをスキャンするときに消えてしまうので，図 9 の「ブラウザ起動アイコン」に触れて，ブラウザの画面で表示するとよい。スマートフォン連携の設定は以上である。

Core2 は Dual Core なので，ブラウザの処理を CPU1 で，その他の処理を CPU0 で実行するよう処理を分け，プログラムを簡潔にした。

2.3　スマートフォン連携の機能

スマートフォンへ表示されたメニュー画面を図 10 に示す。データファイル表示，データファイル削除，日時設定，記録秒間隔設定（設定は不揮発性メモリに記憶），記録開始／記録停止の機能を用意した。データファイル表示の「SHOW DATA」を選択すると図 11 のようにデータファイル選択画面が表示され，データファ

図 6　試作した装置の主画面

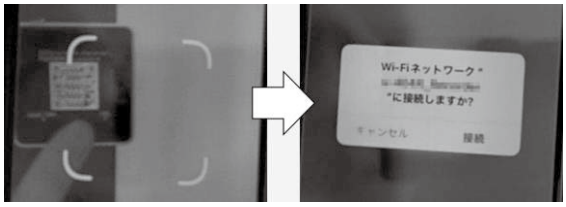

図 7　通信接続 QR コード表示

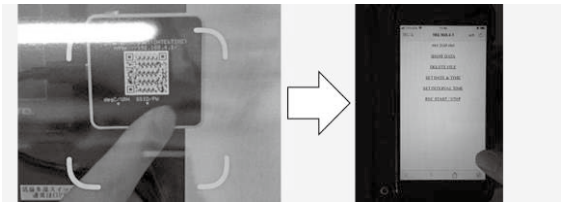

図 8　表示接続 QR コード表示

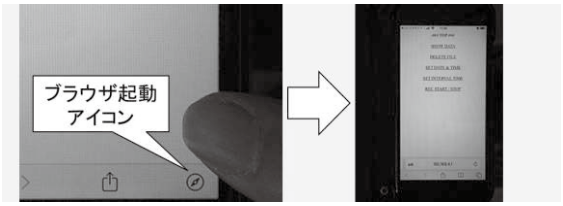

図 9　ブラウザの起動とメニュー画面

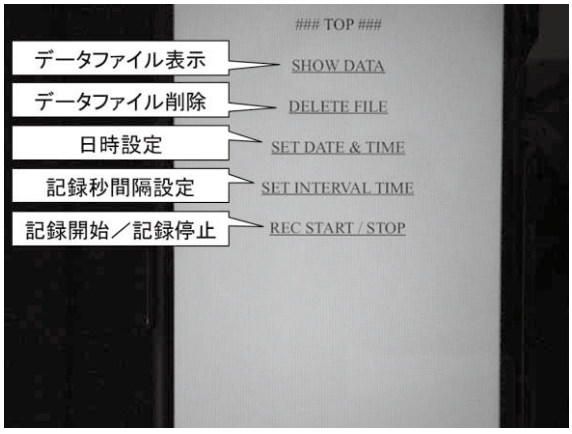

図 10　メニュー画面

イルを選択すると図12のようにデータが表示される。

停電時，恒温恒湿槽の運転は中断されるが，復電時，恒温恒湿槽は残りの運転を自動再開する。試作した装置は図 13 のように「POWER DOWN」の文字と日時を停電時に記録する。停電中は恒温恒湿槽から温湿度の電圧値が得られないので電源を自動切断し（図 14），復電後に記録を自動再開するようプログラムした。

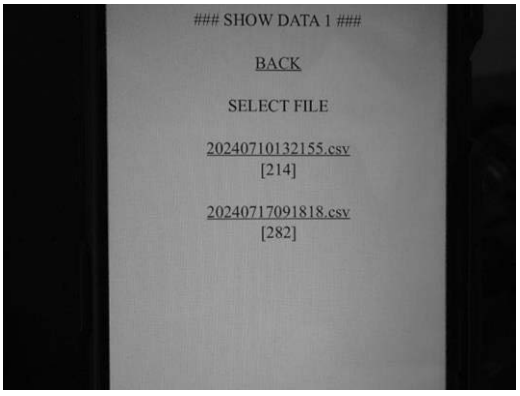

図 11　データファイル選択画面

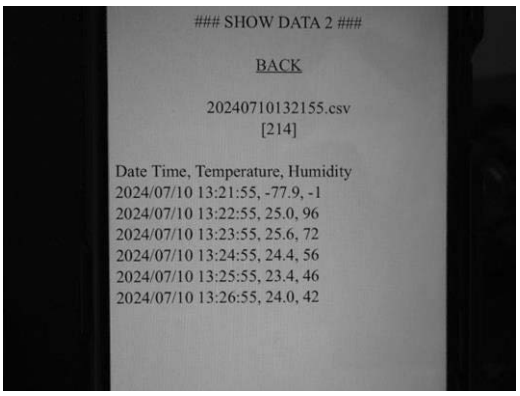

図 12　データファイル表示画面

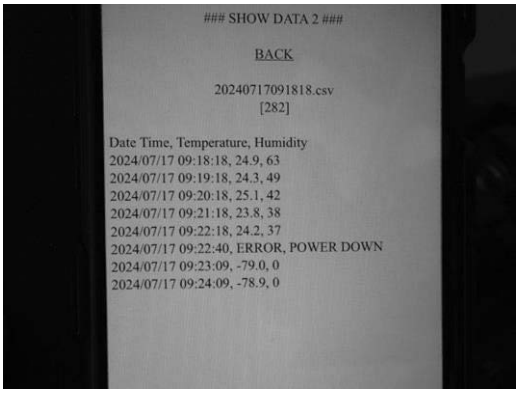

図 13　停電時の記録

図 14　電源の自動切断

3.　試作した装置の設置後について

試作した装置を恒温恒湿槽へ取り付け，温湿度の記録をスマートフォンへ表示して結果を確認するなど，試作した装置を活用している。恒温恒湿槽の担当職員がスマートフォンを持っていない場合を考え，日時設定と記録秒間隔設定はスマートフォンがなくても設定できるように改良した。今後も試作した装置の使用実績を増やしながら，試作した装置の改良を検討したい。

職員がプログラムし，数万円の材料費で製作したことを利用者へ説明すると，試作した装置の製作方法ばかりでなく，「他のセンサを付けられるか」，「DX に活用できるか」など，発展的な質問や意見が利用者から得られた。今後，試作した装置の応用についても検討したい。

試作した装置のプログラムは C 言語で作成した。職員が製作したプログラムは公開や配布ができるので，簡易的な DX の例として技術支援に活用したい。

4.　結　　言

(1) 利用者のスマートフォンと記録計を無線通信(Wi-Fi)で接続し，温湿度データをスマートフォンへ保存して持ち帰られるスマートフォン連携記録計の開発を試みた。

(2) 試作した装置の利用実績を増やしながら，試作した装置の改良を検討し，試作した装置の応用についても検討したい。

(3) プログラムは公開や配布ができるので，簡易的な DX の例として技術支援に活用したい。