

農業への応用を目的とした低コスト気象センサシステムの開発

中城 智之^{*1}, 兵藤 勇志^{*2}, 山田 大貴^{*2}, 西山 祥大^{*2}, 山内 崇弘^{*2}

Development of Low-Cost Weather Sensor System Intended to Application for Agriculture

Tomoyuki NAKAJO^{*1}, Daiki YAMADA^{*2}, Yuji HYODO^{*2}, Syodai NISHIYAMA^{*2}
and Takahiro YAMAUCHI^{*2}

^{*1} Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronic Engineering

Introduction of Information Technologies (IT) is essential for activation of agriculture in community scale and for development of food security system in the world scale. A weather sensor is one of such IT tools because not to mention the weather information is very important for growth diagnosis and growing management of agricultural products. In fact, weather sensor has been used in the field of the gardening actually. However, weather sensor is not so widely used in the case of outdoor and low-cost type crops such as paddy rice because the conventional weather sensor costs a lot relatively to the profit; the weather sensor must have his own power and communication systems in the outdoor. But, technology about IoT has made progress substantially and very low-cost and useful devices have become available in recent years. In the context, we have developed low-cost weather sensor system which works in the outdoor with his own power and communication system.

Key Words : Weather Sensor, Arduino, Sensor Network, IoT, Agriculture

1. 背景と目的

近年、環太平洋貿易協定の進展や従事者の高齢化を背景として、構造改革による農業の高収益化が求められており、農産物の低コスト化・高品質化のために様々な情報技術の導入が進められている⁽¹⁾。気象情報は作物の生育診断や生育管理のために必須の情報であり、従来から様々なタイプの気象センサが開発され使用されている。そのコストは1台あたり数十万円程度と決して低価格ではなく、特に水稻のような屋外型作物では必ずしも導入が進んでいない現状があるが、近年、IoT 技術の著しい進展により、低コストの各種デバイスが豊富に提供されるようになってきた。本研究では、そのようなデバイスを利用し、1台あたり5~6万円以下のコストを目的として屋外設置型の低コスト気象センサシステムの開発を行った。

2. 気象センサシステムの概要

2.1 システム構成

本研究で開発を行っている気象センサシステムのブロック図を Fig. 1 に示す。システムを統括するマイコンとして、Arduino⁽²⁾のブートローダが書き込まれた3個の ATmega328 を使用し、それぞれセンサ部、電源部および通信部の制御を分散して行うシステムとした。

センサ部では 1-wire 方式による雨量計・風向風速計、I²C 類似の方式による温湿度計を接続し、雨量、風向・

* 原稿受付 2016年2月29日

^{*1} 工学部 電気電子工学科

^{*2} 工学部 電気電子情報工学科4年

E-mail: nakajo@fukui-ut.ac.jp

風速, 温度, 湿度の情報を計測する. 取得データは, 液晶表示器 (LCD) で表示する他, SD カードおよびメモリ IC へ記録される. メモリ IC は I²C 方式により 3 個の ATmega328 に接続されており, 各種データをマイコン間で共有する. また, リアルタイムクロック IC (RTC) により時刻情報の取得を行うが, RTC の時刻補正のために GPS センサの時刻データを数日に 1 回の頻度で参照する. 電源部では 6V (9Ah) の鉛バッテリーを用い, 低損失 3 端子レギュレータで 3.3V に変換する. バッテリーへの充電はソーラーパネルで行うが, 充電制御は FET と D 型フリップフロップを用いたスイッチとマイコン, ソーラーパネルとバッテリーの電圧計測のためのバッファ回路を組み合わせる方式とした. マイコンはソーラーパネルとバッテリーの電圧を AD 変換して計測し, 電圧の状況に応じてスイッチの開閉を制御する. 通信部は, 現状では無線 LAN 規格 IEEE 802.11 b/g に準拠している Wi-Fi カード CC3000 を用い, 最寄りのアクセスポイントを経由してサーバーへアクセスする方式とした. なお, 消費電力低減のため, 動作電源は 3.3V に統一した上で ATmega328 のパワーダウンモードを活用した運用プログラムにしている.

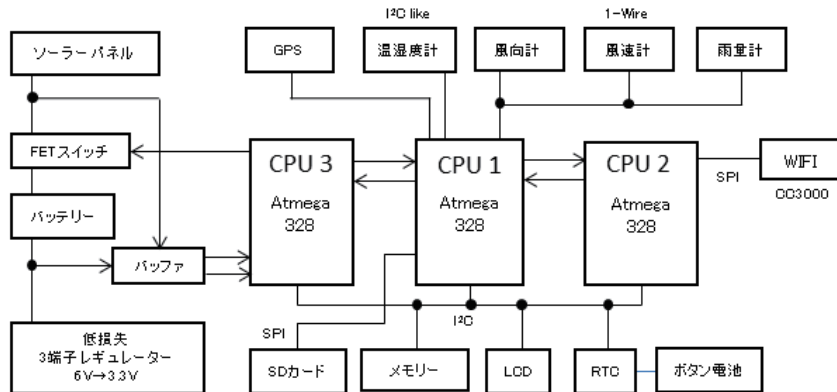


Fig.1 気象センサシステムのブロック図. センサ部, 電源部, 通信部を 3 個の ATmega328 で制御する方式とし, 動作電圧は 3.3V で統一している.

2.2 主要センサ

本節では, 主要センサの一つである風速・風向計および雨量計の仕様について述べる. 本研究では, 1-wire LAN 方式によるセンサを使用した. 1-wire LAN はダラス・セミコンダクタ社が開発したバスシステムであり, 1 本のケーブルで電力伝送と信号伝送を共有するため, 信号線とグラウンド線のわずか 2 本のケーブルで多数のセンサデバイスをシリアル接続可能という特徴がある. また, 類似のバスシステムである I²C 方式と比較して, ケーブル長を長くすることが可能なため, マイコンから離れた場所に複数のセンサデバイスを設置する必要がある場合により適している. 本研究では, それぞれ 1-wire LAN デバイスである DS2423 と DS2438 を用いた製作された雨量計と風向風速計を購入して使用した. 雨量計は転倒舂方式, 風速計はカップ方式であり, それぞれ雨量・風速に応じた転倒回数・回転回数をカウンタ IC である DS2423 でカウントする. 風向計では風向に対応して出力される直流電圧を DS2438 の AD 変換機能を用いて計測する. いずれもデータは IC 内部のメモリに蓄積され, マイコンからの指令に応答してマイコンに送られる.

2.3 ソフトウェア

2.3.1 制御ソフトウェア

Fig.2 に, CPU1 の制御ソフトウェアのフローチャートを示す. マイコンは通常, RTC から時刻情報を読み込んでおり, 時刻の秒がゼロになると, SD カード上に日付を名前とするデータファイルをオープンする. その後, デジタルポートから風向センサの電源を ON にし, 風向・風速・雨量の 1-wire デバイスからデータを取得する. このとき, 配列内にあらかじめ指定されたデバイスアドレスを順次指定し, 順番にデータを取得する. 1-wire デバイスからのデータ取得の終了後, バッテリーとソーラーパネルの電圧データをメモリ IC から取得する. この電圧データは CPU3 が CPU1 とは独立に取得してメモリ IC に書き込むデータであり, CPU1 はデータを必要な時にデータを読み込むだけである. 充電制御は CPU3 が担当し, メモリ IC には電圧データだけでなく, 充電している

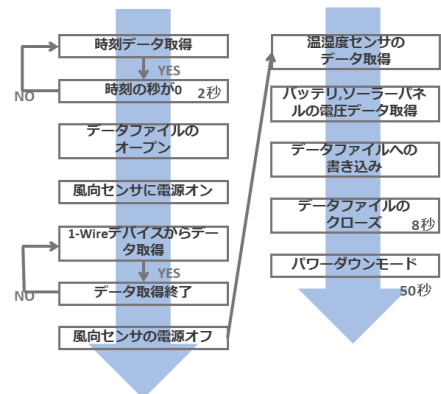


Fig.2 CPU1 の制御ソフトウェアのフローチャート

か否かも記録する．これにより CPU1 は充電制御が正しく行われているか知ることができ，正しく行われていない場合は割り込みにより CPU3 の動作を制御する．SD カード上のデータファイルに取得したデータを書き込みファイルを開いた後，同じデータをバイナリーフォーマットでメモリ IC にも記録する．その後，CPU1 は消費電力抑制のため約 50 秒のパワーダウンモードに入る．パワーダウンモード終了後，再び RTC から時刻情報を読み取る動作に入り，以下，同じ手順を繰り返す．通信については CPU2 が担当し，一定時間毎にメモリ IC からデータを読み込んでサーバーに送信する．サーバーとのやり取りの結果をメモリ IC に書き込んでおくことで，CPU1 は通信の状況を知る事が可能であり，必要な場合は CPU2 に割り込みによって指示を送り，通信の頻度を落とすなど必要な対策を取る．なお，時刻情報については 3 日に 1 回の頻度で GPS センサを起動し正確な時刻を取得し，RTC の時刻を補正する．これにより，消費電力を抑えつつ，正確な時刻を取得できる．

2.3.2 通信部のソフトウェア

センサで得られたデータは，Arduino Wi-Fi シールドを用いてネットワークを通してサーバーに送信される (Fig.3)．データの送信方法として，ソケット通信によるデータ送信も検討したが，Arduino の IP アドレスが動的に変化してしまうため，ソケット通信のための設定に手間や時間がかかってしまう，そこで，より簡潔に使える送信方法である HTTP-POST を採用した．HTTP-POST では Web ページへのアクセスと同じ仕組みでデータを送信できるため，自身の IP アドレスを知る必要がなく，接続先の URL さえ知っていれば接続できる特徴がある．送られてきたデータは HTTP 通信であるため，HTML および JavaScript で受け取る．その後，Python でそのデータの中身から認証を行い，サーバーにデータとして保存するかどうかの判断を行う．また，データサーバーへアクセスした Arduino などのセンサへ指示を送ることも可能である．活用次第ではより柔軟なデータ測定が可能になる．

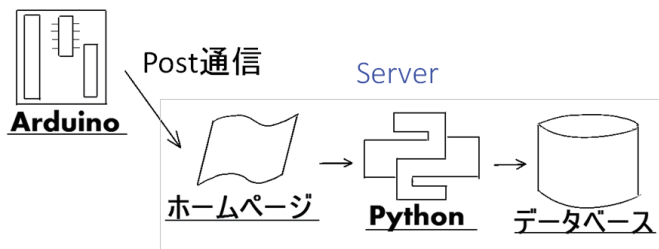


Fig.3 気象センサとデータサーバーの間の通信方式.

2.4 消費電力およびコスト

水稻のような屋外型作物のための使用を考える場合，システムの消費電流とコスト低減は必須の課題である．開発している気象センサシステムの消費電力および主要コストの見込みを Table 1 に示す．消費電流については，平均消費電流の低減が重要との観点から，計測および制御を行うときのみ ATmega328 をアクティブモードにし，かつ各種センサに ATmega328 から通電することにした．また，ATmega328 のプログラム上でクロック周波数を 8 MHz に下げた．その結果，GPS センサおよび通信部を除いた状態における平均消費電流を 4 mA まで抑えることができた．使用バッテリーの容量 9 Ah (Table 1 参照) より，充電なしで約 90 日間の使用が可能な消費電流であり，天候の悪い日の多い北陸地方でも安心して使用可能である．経済的コストは約 6 万円であり，従来の気象センサシステムと比較して非常に低価格で製作できる．

3. 結論と今後の展望

本研究によって，気象センサシステムの基本を構築することができた．電源部では消費電流を抑えた充電制御器の製作に成功し使用の目途が立った．通信部については Wi-Fi による通信機能を付加し，アクセスポイントを利用可能な通信環境での運用は可能となった．今後は使用素子を再検討し，さらなる低コスト化を実現していきたい．また，気象データの利用法として BLASTAM 法⁽³⁾のプログラムの開発を行っており，本報告では割愛したが基本的な有効性を確認できている⁽⁴⁾．今後，屋外での運用テストを行い，システムの有効性を確認していくと同時に，いもち病発生予測など実用面での応用を検討していく予定である．

Table 1 開発中の気象センサシステムの消費電力および主要コストの見込み.

	素子名	型名	消費電力 (mA)	コスト (円)
センサ部	マイコン	ATmega-328	2 ^{*1}	250
	水晶振動子	16MHz		30
	温湿度系	SHT-11		2,500
	風向風速計			30,000
	雨量計			10,000
	GPS センサ	GMS7-CR6	< 26 ^{*2}	2,200
	SD カード		1	250
	基板	UB-ARD02WH	---	820
電源部	マイコン	ATmega-328	1 ^{*3}	250
	水晶振動子	16MHz		30
	バッファ	NJU7084D		150
	D 型フリップフロップ	SN74HC74N		20
	N チャネル MOS-FET	2N7000		20
	P チャネル MOS-FFT	2SJ334		150
	低損失三端子レギュレータ	TA48M033F		100
	バッテリー	WP9-6A		1,200
	ソーラーパネル	18V/4W		1,300
	基板	UB-ARD02WH	---	820
通信部	マイコン	ATmega-328	~ 260 ^{*2}	250
	水晶振動子	16MHz		30
	Wi-fi カード	CC3000		5,000
	基板	UB-ARD02WH		820
共通部	リアルタイムクロック	RX-8025NB	---	450
	ボタン電池	CR2032	---	40
	メモリ IC	24FC1025-I/P	---	1000
	液晶表示器		---	600
	基板	UB-ARD02WH		820
合計			4 ^{*4}	59,080

*1 ATmega328 のパワーダウンモードを使用し、1 分に 1 回の測定にした場合の平均消費電流.

*2 使用時の消費電流. 不使用時の消費電流は無視できる.

*3 ATmega328 のパワーダウンモードを使用し、10 秒に 1 回の制御を行った場合の平均消費電流.

*4 WIFI および GPS センサを除いたセンサ部の平均消費電流と電源部の平均消費電流の和.

謝 辞

本研究は、福井工業大学・クラスター研究 F「地域適合型エコキャンパスシステム構築のための要素技術の研究」(代表：中尾一成・電気電子工学科・教授，平成 25-27 年度)において実施されました。関係各位に感謝申し上げます。

文 献

- (1) 農林水産省，「スマート農業の実現に向けた研究会」検討結果の中間とりまとめ，平成 26 年 3 月，http://www.maff.go.jp/j/kanbo/kihyo03/gityo/g_smart_nougyo/pdf/cmatome.pdf (参照日 2016 年 2 月 26 日)。
- (2) Arduino ウェブサイト，<https://www.arduino.cc/>，(参照日 2016 年 2 月 26 日)。
- (3) 越水幸男，アメダス資料による葉いもち発生予察法，東北農業試験場研究報告，78，pp. 67-121，1988。
- (4) 西山祥大，兵藤勇志，山内崇弘，山田大貴，農業に役立つ気象センサシステムの開発，福井工業大学・電気電子情報工学科 27 年度卒業論文，pp. 46-57，2015。

(平成 28 年 3 月 31 日受理)