

Arduino を用いた液体窒素自動供給装置の更新

亀屋 信博

北海道大学 大学院理学研究院 極低温液化センター

1. はじめに

極低温液化センターでは学内の液体窒素利用者がセルフサービスで利用できる液体窒素自動供給装置を運用している。この自動供給装置の制御 PC は導入から20年近く経過していたために更新が望まれていたが、使用しているデバイスの接続規格が古くなっていたことが更新の妨げになっていた。そこで、使用しているデバイスの代わりに安価なワンボードマイコンである Arduino を用いてシステムの一部を更新することができたので報告する。

2. システム構成

液体窒素自動供給装置に必要な機能は次のものである。

- ユーザー認証
- 液体窒素容器の重量測定 (ロードセル出力電圧の読み取り)
- 電磁弁の開閉
- 停止ボタン操作の読み込み
- 供給量の記録

これらの機能の中で、電磁弁の開閉にはデジタル出力を必要とし、重量測定にはアナログ入力を必要とする。プログラムは Visual Basic で自作しているので、制御 PC は Windows マシンである必要がある。

3. 更新前のシステムの問題点と改善策

更新前のシステムにおいてはデジタル入出力のために PCI-2702C、アナログ入力のために PCI-3171A という PCI 接続のインターフェースボードを利用していた。現在 PCI スロットを2本装備する PC は殆ど販売されておらず、制御 PC を更新するためには状態の良い中古 PC を入手するか、PCI スロットを使わないインターフェースを合わせて導入する必要があった。

Arduino は PC と USB ケーブルで接続され、デジタル入出力ポートとアナログ入力ポートを有する。電磁弁の開閉と停止ボタンの読み込みに利用していたデジタル入出力ボード PCI-2702C は Arduino のデジタル入出力ポートで代替可能である。その一方で、アナログ入力ボード PCI-3171A については Arduino のアナログ入力ポートでは分解能が足りなかったため、外付けの AD コンバーターとして ADS1115 を利用することにした。ADS1115 は16ビットの分解能を持ち、Arduino から利用するためのライブラリも公開されている。Arduino Nano、ADS1115 共に互換品であれば1000円程度で入手可能であることも導入の決め手となった。

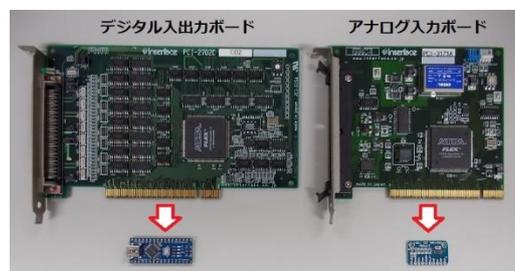


図 1 新・旧デバイスの比較

4. 更新後のシステム

Arduino の導入にあたり制御プログラムの修正が必要となった。これまではデジタル入出力やアナログ入力に関わる部分をデバイスメーカーから提供されたライブラリを用いていたが、変更後はシリアル通信を用いる必要があったので電磁弁の開閉や重量の読み取りなど必要に応じて制御プログラムと Arduino との間で簡単なテキストメッセージを送受信するように修正した。

Arduino を導入することで得られるメリットは先に挙げた古い規格のインターフェースボードの置き換えに加え、自動供給装置の安全性向上がある。従来のシステムでは全ての操作を制御 PC を介して行っていたため、液体窒素供給中に PC の不具合があった場合に電磁弁の閉止が行えなくなる可能性があった。更新に際してはこの点を改善すべく Arduino のプログラムを作成した。供給終了にはいくつかのケースが考えられるが大きく分けると「制御プログラムの判断で停止する」場合の「自動停止」と、「利用者の判断で停止する」場合の「手動停止」の2種類がある。これらのうち、「手動停止」においては停止ボタンの読み込みを Arduino が行うため、制御 PC の状態に関わらず電磁弁を閉止することができるようになった。Arduino 自体もプログラムで動いているので不具合の可能性はあるが、電磁弁の開閉や停止ボタンの読み込みといった単純な動作のみを受け持っているため制御 PC のプログラムから比べてバグの発生する確率は低い。また、Arduino 自体が万一動作を停止したとしても自動で再起動されるウォッチドッグタイマー機能があるため、電磁弁が開放された状態で制御不能となることはない。この点から、今回の更新で自動供給システムの安全性は大きく向上したと思われる。

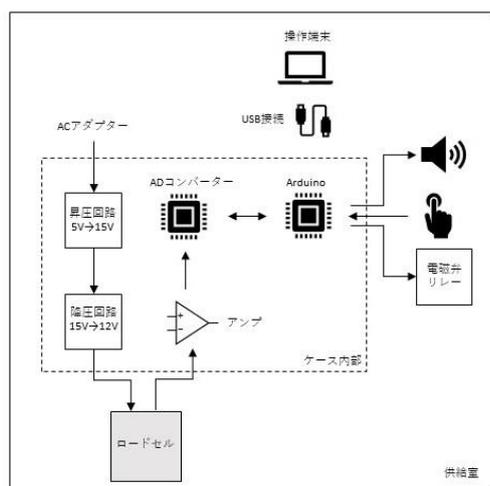


図 2 更新後のシステム概要

5. まとめ

老朽化した液体窒素自動供給装置の一部を Arduino を使って更新することができた。更新後のシステムは制御 PC とデバイスの接続を USB ケーブルのみで行うので、将来の機材更新も容易になるはずである。

他大学の寒剤供給部門においても自動供給装置の老朽化が問題になっている話を聞くので、今回の報告が参考になれば幸いである。