

マイコンLANボードを用いた 回収ヘリウムガス純度モニターシステム

大学院理学研究科/極低温科学センター 森山弘章 (h_moriyama423@mail.cts.tohoku.ac.jp)

1. はじめに

極低温科学センター・青葉山地区(以下センター)では液体ヘリウムを主に理学部・薬学部・工学部に供給しており、蒸発したヘリウムガスは回収配管を通じてセンターまで回収して再び液化している。回収配管は理学系ライン(極低温科学センター・物理A棟・化学棟・巨大分子解析センター)と工学系ライン(工学部・薬学部・総合棟)の2系統に分かれており、理学系は正圧、工学系はセンターのブローにより負圧で回収している。

ヘリウムガスの回収で特に問題となるのはガスの純度である。空気等の不純物が混入した低純度のガスが液化機に入ると、液化効率が悪くなるばかりか最悪の場合、水や窒素により配管が閉塞して液化機が停止する可能性がある。そのため各建物のガスバックやガスメータ付近など、要所要所には純度計を設置しており、そこでヘリウムガスの純度を確認することができる。しかし純度計による監視には、夜間や休日など人がいない時に低純度のガスを流されてもわからないという問題点がある。確かに記録計もあるが非常に高価なため、複数の場所に設置することは困難である。そこで今回、簡単にネットワークプログラミングのできる安価なマイコンLANボード(以下ボード)とフリーのデスクトップアプリケーション開発ソフトを用いて、遠隔地の純度計の値をデータ保存しグラフとして表示できる、回収ヘリウムガス純度モニターシステムを構築した。

2. システム概要

図1は本システムの構成図である。センターに設置された純度計・圧力ゲージの出力をボードのA/Dコンバータによって変換した値とガスメータのカウント数を、ネットワークを通じてデータ収集用のパソコンに送信している。パソコンで受信したデータはアプリケーションソフトによってファイルに保存し、そのファイルデータからグラフを描画する。

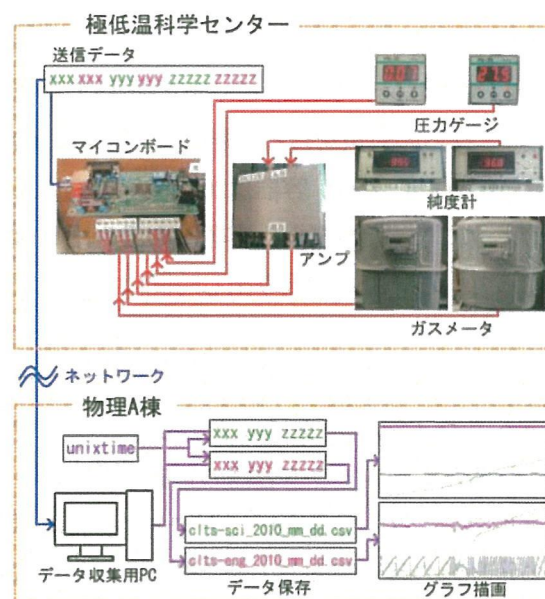


図1. システム構成図

2.1. データ送信部

データ送信部はボードとアンプから構成されている。ボードは秋月電子より発売されている AKI-H8/3069F を使用した(図2)。

このボードは価格も安価で、ROMライター回路が内蔵されておりシリアルコネクタも装備されてい

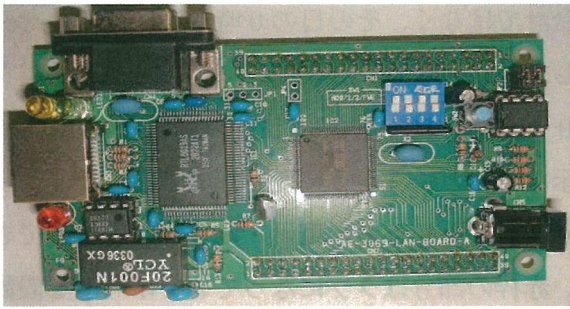


図 2. マイコン LAN ボード AKI-H8/3069F

るため、RS-232C ケーブルとパソコンを接続するだけでプログラムの書き込みができる。ボードのプログラムは H8 マイコン用 OS である MES (Micro Embedded System) で作成した。プログラムは純度計と圧力ゲージの出力を A/D 変換し、それを複数回サンプリングして平均化した値とガスメータカウント数を合わせたデータを、データ収集用 PC の IP アドレスとポートに向けて 5 秒毎に送るといった単純な内容となっている。送信データの中身は『理学系純度 A/D 変換値 工学系純度 A/D 変換値 理学系ライン圧 A/D 変換値 工学系ライン圧 A/D 変換値 理学系ガスメータカウント値 工学系ガスメータカウント値』となっている (図 5 の上部時刻の右隣がボードから送信されたデータを表示している)。ガスメータにはパルス発信機能 (ラッチングリレー方式) がついており、5V の電圧をかけると $0.05m^3$ 毎に $0V \rightarrow 5V \rightarrow 0V \rightarrow 5V \rightarrow \dots$ となる接点パルスを発信する。これを外部クロックとしてボードの 16 ビットタイマに入力し、立ち上がり/立ち下がり両エッジでカウントアップすることでガスの流量を計測することができる。またチャタリング防止のためにフリップフロップ回路を通してボードに入力している (図 3)。

純度計の出力は $0 \sim 1V$ だがボードの基準電圧が 5V なので、10 ビットの分解能を持つ A/D コンバータを有効に利用するためにアンプで電圧増幅している。圧力ゲージはアナログ出力可能で、出力が $1 \sim 5V$ のためそのままボードに入力して A/D 変換している。データ送信のプロトコルには UDP

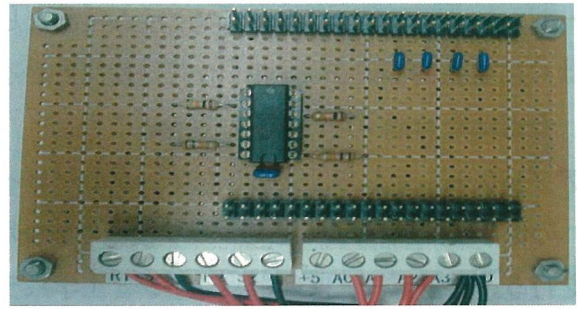


図 3. チャタリング防止回路:ユニバーサル基盤上に配線。その他に純度計・圧力ゲージ・ガスメータからのコードを接続するターミナルブロックとボード側のソケットに差し込むピンヘッダを配置している。この上に図 2 のボードがのる。

を選択した。TCP に比べてコネクションを作らないためデータ送信の信頼性は落ちるが、パケットサイズが小さく処理が軽くなるためである。またプロトコルを UDP から TCP に変更するのに、対して時間がかからないのでとりあえず UDP を選択したという点もある。

2.2. データ受信部

アプリケーションソフトは純国産オープンソースのデスクトップアプリケーション統合開発環境である WideStudio で作成した。図 4 は WideStudio の開発画面である。

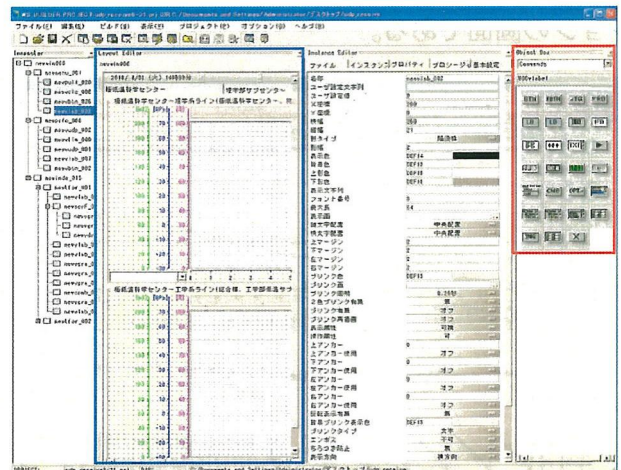


図 4. WideStudio 開発画面

Object Box (赤枠部) からコンポーネントと呼ばれるソフトウェア部品を選んで Layout Editor (青枠部) に貼り付け、そのコンポーネントがどのように動作するのかをプログラムする (イベントプロシージャの記述) だけで簡単にデスクトップアプリ

ケーションの開発ができる。プログラム言語としてはC/C++、Java、Perl、Ruby等が使用できるが、今回はC言語を用いてプログラムした。

アプリケーションでは受信したデータのファイルへの保存と、ファイルからのグラフ描画の2つのみを行う。受信データは理学系ラインと工学系ラインが一緒になっているので、それぞれのデータに切り分けて受信時のunixタイムと共にファイルに保存する(図1下側)。ファイル保存形式はcsvである。PostgreSQL等を用いたデータベースでの保存も検討したが、プログラムの習得に時間がかかりそうであるのと、現時点では取り扱うデータ数が少なく、csvの方がデータの移動や管理が容易そうであることから、ファイルベースでの保存を選択した。csvファイルの中身は『データ受信時 unixタイム, 純度 A/D 変換値, ライン圧 A/D 変換値, ガスメータカウント』となっている。また、ファイル名は理学系ラインでは『clts-sci_yyyy_mm_dd.csv』となり、yyyyに年、mmに月、ddに日が入る。

2.3. アプリケーションの機能

図5は回収ヘリウムガス純度モニターアプリケーションの画面である。

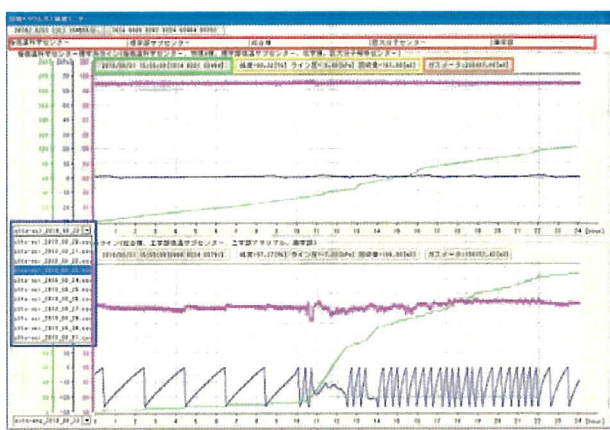


図 5. 回収ヘリウムガス純度モニター画面

上のグラフが理学系ライン、下のグラフが工学系ラインのグラフになっている。トレンドグラフの桃色が純度、青がラインの圧力、緑がガスの流量(回収量)を示している。尚、回収量はいままで

の合計ではなく、その日の0時からの回収量を表示している。純度のy軸をクリックする毎にレンジを0~100%、50~100%、90~100%、95~100%、表示なし、というように変更ができる。ライン圧と回収量はトレンドの表示・非表示のみ変更できる。赤枠の部分はタブになっていてボードを設置している場所を選択する事ができる(現在はセンターの理学系・工学系ラインのみ)。青枠の部分ではプルダウンからcsvファイルを選択することによって、見たい日付のグラフを表示できる。緑枠の部分は最新のデータを受信した日時とそのデータを、黄枠は純度・ライン圧・ガス回収量、橙枠はガスメータの積算値を表示している。

3. システムの稼働状況

2010年5月頃からセンターにボードを設置してデータの収集を開始した(図6)。

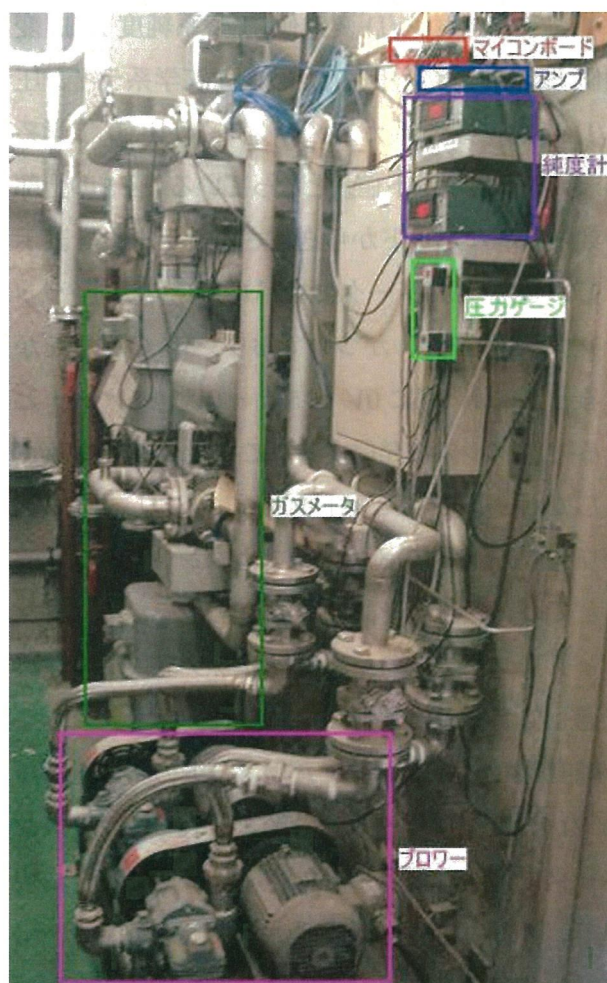


図 6. 極低温科学センターでのボード設置状況

設置後はボードとアプリケーションとも特に問題無く動作しており、設定通りにデータの送受信を行っている。収集したデータとグラフを見てみると、理学系ラインでは特筆すべき事はないが、工学系ラインでは前述したように負圧でガスを回収しており、約 $0kPa$ (ゲージ圧)になると $-27.4kPa$ まで引くようにブロワーを制御しているため、ライン圧のグラフが鋸状になっている。また、トランスファー等により流量が増えるとブロワーが頻繁に動くので幅が狭くなっている。回収量はブロワーが動いている時のみガスメータが回るので、階段状になっている(図7)。

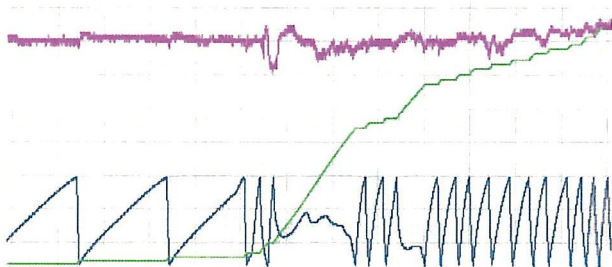


図7. 工学系ラインのグラフ:ブロワーの能力を超えて多量のガスが流れてくると、中央部分の様に歪なグラフになる。

純度計は一応100%調整をしているはずだが、今までのデータから理学系ラインは99.5%、工学系ラインは98.5%でおおよそ最高のガス純度となるようである。理学系ラインでは集計開始から純度が99%より下がったことはないが、工学系ラインでは頻繁に純度の低下があり、ひどい時には75%位になることもあった。そこで6月頃からネットワークを介さずに、ボードとノートPCのみを設置してデータ収集を行っている(図8)。

ここに設置されているガスメータにはパルス発振機能がなく、ライン圧も計測していないので代わりに温度センサを取り付け、アプリケーションも図9のように変更した。設置後、図10の下のグラフのような特徴的なグラフが見られ、こちらでも純度が低下していた(この場所では104.6%位が最も良い純度である)。これとヘリウム容器の配達・使用状況により原因を解明することができた。

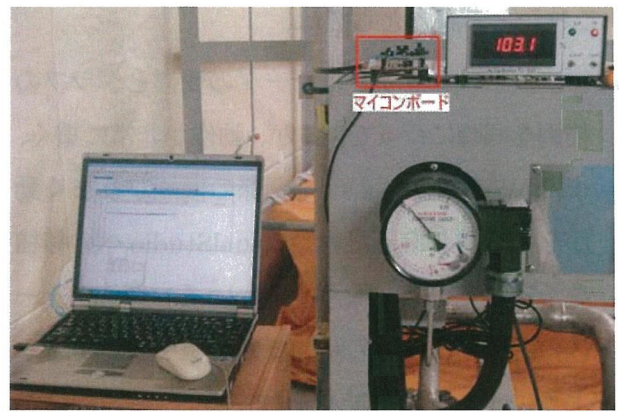


図8. ボードとノートPCの設置状況

他の場所でも純度の低下が見られたので、早急にボードを設置する必要がある。

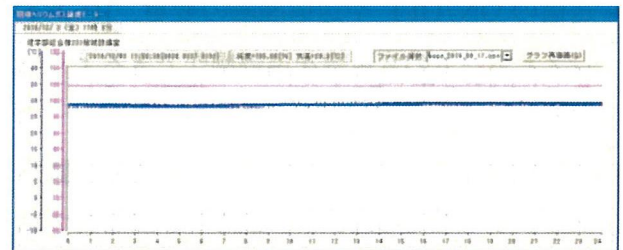


図9. 某所用に変更したアプリケーション画面:トレンドグラフの桃色が純度、青が気温になっている。

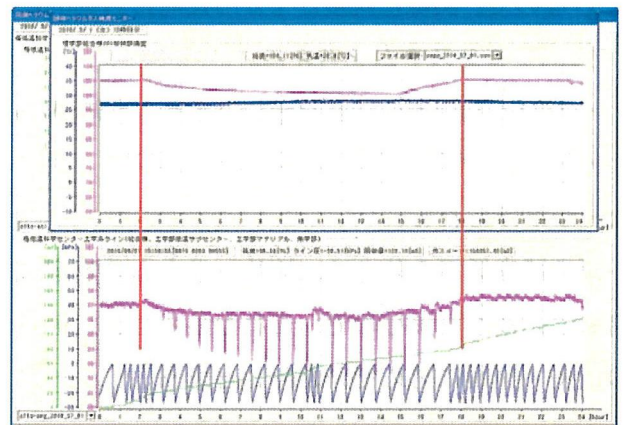


図10. 低純度ガス混入による工学系ライン純度の低下:上のグラフが純度低下原因の棟、下のグラフが工学系ラインである。赤ライン間の純度の低下が一致していることがわかる。

4. まとめと今後の課題

本システムの設置により純度・ライン圧・ガス回収量をデータとして保存し、いままでわからなかった時間帯の値も確認することができるようになった。また、プログラミングを通して基本的なC言語を学ぶことができた。

これからの課題としては、

- アプリケーションではデータの受信とグラフの描画を同時に行っているが、動作が非常に重く、また WideStudio の印刷関係の機能がうまく動かない問題もあるため、VisualStudio への移植を予定している。加えて細かいインターフェースの調整や、任意の時間での各値を表示できるようにする等の機能を追加する。
- ボードのプログラムはデータを送信するだけであるが、ボード上で Web サーバを立ち上げ CGI プログラムを動かすことも可能なので、データ送信の ON/OFF や送信間隔の変更、IP アドレスとポートの変更等を遠隔操作できるようにする。
- 将来的にはセンター以外にもボードを設置しネットワークとつないで、純度計が設置してある場所すべてをモニターできるようにする。
- 本システムではデータの保存とグラフの表示だけなので、実際に純度が下がった時に自動的に対応するシステムを考える。
- ヘリウム利用者も純度を確認できるように Web ページでグラフを見られるようにする。

などが挙げられる。

ガス純度低下の防止は、液体ヘリウムの安定供給には必要不可欠なので、これからも当システムの改良・発展に努めていきたいと思う。

参考 Web ページ

- [1] Embedded site:
<http://mes.sourceforge.jp/mes/>
- [2] Suns Moon Laboratory:
http://www.s-m-l.org/dev/h8_mes.html
- [3] H8-3069 ネット対応マイコンに MES を入れる:
<http://wasimiya.hp.infoseek.co.jp/>
- [4] やまねこのマイコン実験室:
<http://wiki.livedoor.jp/yamamaya.com/>

- [5] Widestudio/MWT:

<http://www.widestudio.org/ja/index.html>

- [6] vc2ws WideStudio のりかえ応援ページ:

<http://www.geocities.jp/ysvc2ws2/index.html>

その他、C 言語関連の Web ページを多数参考にさせていただいた。

参考文献

- [7] 平林俊一監修, 玉木徹, 末竹弘之, 重俊博, 三嶋務, 金泰斗, 川上正平, 山本清, 山崎亮 共著: WideStudio オフィシャルプログラミングガイド 毎日コミュニケーションズ, 2003
- [8] 坂村健監修, 平林俊一編著, 後藤渉, 末竹弘之, 川上正平, 平林洋介 共著: WideStudio 徹底ガイドブック パーソナルメディア, 2004
- [9] 青木直史: H8 マイコンによるネットワーク・プログラミング, 技術評論社, 2008
- [10] 藤沢幸穂: H8 マイコン完全マニュアル, オーム社, 2000