

小型PWI実験装置冷却水流量状態監視システムの開発

東島, 亜紀
九州大学応用力学研究所技術室

<https://hdl.handle.net/2324/1959037>

出版情報 : 九州大学応用力学研究所技術職員技術レポート. 8, pp.1-6, 2007-03. Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University

バージョン :

権利関係 :

小型 PWI 実験装置 冷却水流量状態監視システムの開発

九州大学応用力学研究所技術室 東島 亜紀

0. はじめに

炉心理工学研究センターでは、現在、小型 PWI 実験装置での実験を行っている。小型 PWI 実験装置は、磁場コイルを用いて磁場を生成し、プラズマを真空容器内に閉じ込める小型球状トカマク装置(大半径 $R = 0.3 \text{ m}$, 小半径 $a = 0.2 \text{ m}$) である。

実験中、小型 PWI 実験装置の各磁場コイルには、電磁場を発生させるため、数十 kA の大電流が流される。この大電流によるコイル発熱からコイル自身を守る為に、各磁場コイルには熱を取り除くための冷却水を常に流す必要がある。冷却水の流量が既定値に達していない場合には、運転を止めるなどの措置をとる必要があり、実験中、流量の状態は常に監視していなければならない。これらの冷却水流量は、実験装置傍にある冷却水配管に取り付けられた流量計で監視できる。しかし実験中は、各磁場コイルやそのフィーダーに大電流が流れるほか、高出力の 8.2GHz マイクロ波発振装置を用いた電流立ち上げ、および電流駆動実験時における高出力のマイクロ波の発振、プラズマ点火中における X線の発生などがあり、人体への安全上、実験装置のある本体室は鉛遮蔽扉で締め切られ立ち入ることが出来ない。従って、実験中は実験装置傍にある流量計の値を読むことができず、常時監視することができない。

現在、各磁場コイルに流される冷却水配管に取り付けられている流量計は、流量計に設定する値より流量が下がった場合、接点信号が出力される仕組みのものである。従って、この接点信号を常時監視することで、冷却水流量の状態を監視することができる。一方、この接点信号を遠隔地まで引き回して監視することで、冷却水流量の状態を遠隔地にて監視できるが、監視対象機器の数が多くなった場合、多くの信号ケーブルを長い距離にわたって敷設する必要があり、多大な労力を要する。そこで実験装置から離れた遠隔地（制御室）で、冷却水流量の状態を簡便に常時監視ができるように、この接点信号を利用した冷却水流量状態監視システムの開発を行った。

1. 冷却水流量状態監視システムの基本構成

各磁場コイルの冷却水流量状態監視を行うための条件を挙げる。

- ①各磁場コイルに流す冷却水の流量を、接点信号を通じて常時監視する。
- ②接点信号の授受に際して、基準電位の混在に対応できるように、電気的な絶縁をおこなう。
- ③接点信号を監視し、冷却水が流れていない、もしくは最低限必要な流量（設定値）を下回った状態を、エラーとする。
- ④一つでも磁場コイルの冷却水流量の状態がエラーになった場合は、警報を鳴らす。
- ⑤エラー発生時には、どの流量計がエラーになっているのか、各磁場コイルそれぞれの状態を視覚的に判りやすい画面で監視できるようにする。
- ⑥遠隔からの監視を可能とする。

これらを踏まえ、変更や信号増設等が比較的簡易であり、視覚的に判りやすい画面設計が可能なプログラミングツール「LabView」を用いて、基本構成を考えた（図1）。

LabView の信号入力用モジュールには、96 チャンネル 5V/TTL/CMOS デジタル信号入力対応の PCI ボード NI PCI-6509 を選択した。

既存の冷却水流量計（警報接点付流量計）から出される信号は接点信号であり、信号入力用

モジュールで受け取る信号は電圧信号である。よって、接点信号を電圧信号に変換する必要がある。この際、ノイズ防止および安全のためチャンネル毎に電氣的な絶縁を行う。

信号入力用モジュールにて取り込んだ信号により、冷却水流量の状態を判断し画面に表示させるプログラムを LabView で作成する。

LabView 及び信号入力用モジュール (NI PCI-6509) を組み込んだ汎用パソコンは、冷却水流量計が設置されている場所の近く、すなわち本体室に配置し、接点信号ケーブルの敷設距離を短くする。この汎用パソコンを、Ethernet ネットワークに組み込み、同ネットワーク上に属する遠隔地 (制御室) の汎用パソコンを用いて、画面の共有を行う。

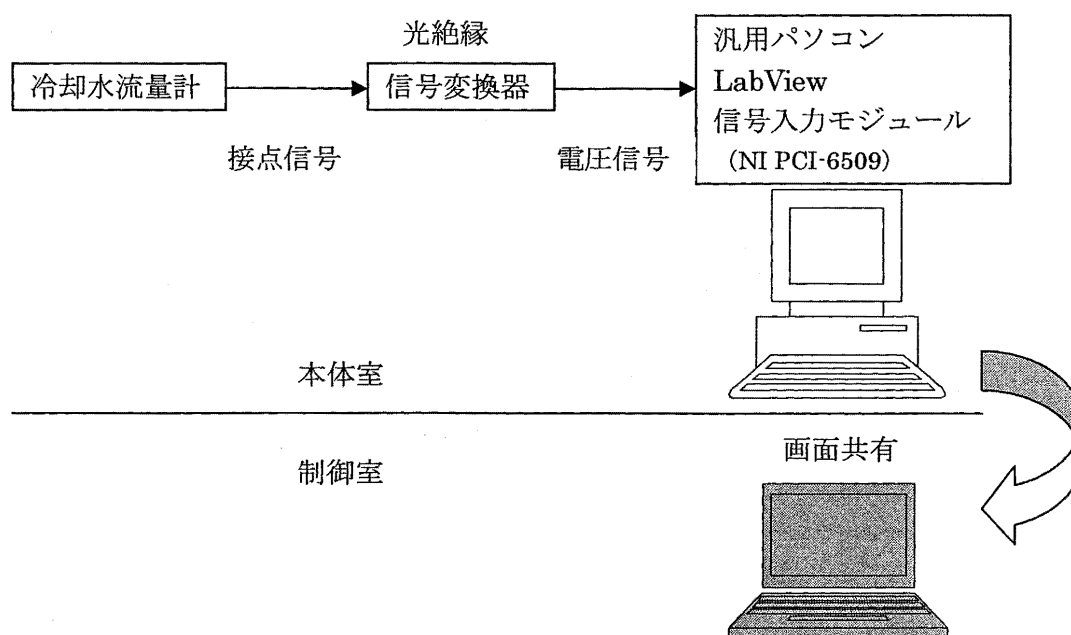


図 1. 冷却水流量状態監視システム基本構想

2. 接点から電圧への信号変換器の作成

冷却水流量計からの接点信号を電圧信号に変換し、かつ電氣的絶縁をおこなう信号変換器の作成を行った。

冷却水流量計のリレーボックス側から出される接点信号は、設定値より流量が下がればスイッチが ON になる設定である。

チャンネル毎の電氣的絶縁を行うために、各チャンネルにて絶縁型 DC-DC コンバータを用いて、冷却水流量計側に電源を供給した。PCI-6509 モジュール側へ電圧信号を出力するための電源は各チャンネルで共通が良い。また、冷却水流量計と LabView PCI-6509 モジュール間ではフォトカプラを用いて光絶縁を行い電氣的に絶縁し、接点信号が ON になった場合は 5V、OFF の場合は 0V の電圧信号を PCI-6509 へ出力する。

その回路図を図 2 に示す。

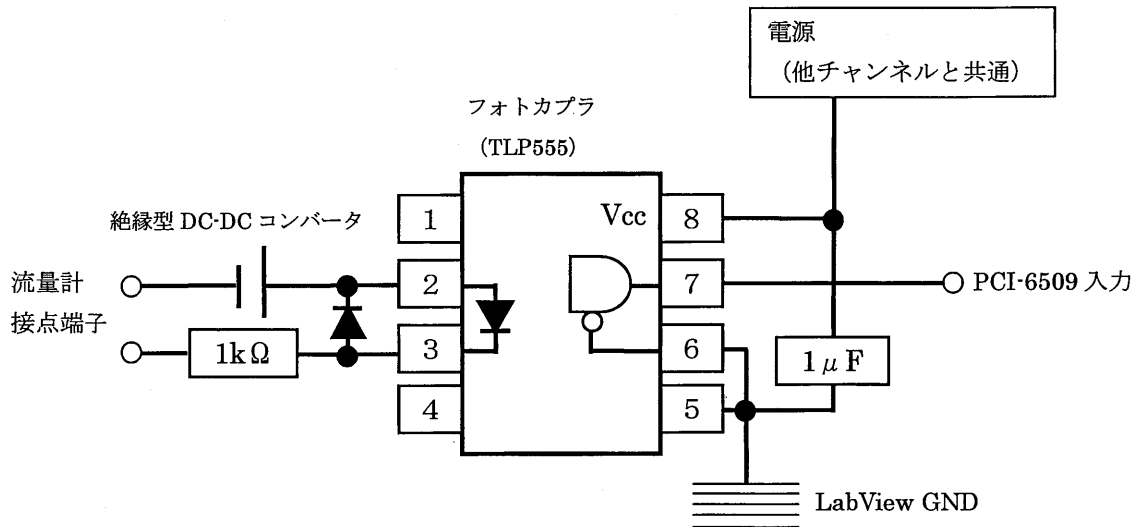


図 2. 接点入力-電圧出力回路図

この回路を 1 チャンネルとし、磁場コイルの冷却水流量監視だけでなく、今後接点信号による何らかの装置等の状態監視を行う場合も想定し、計 40 チャンネルの接点信号を電圧信号に変換する変換器を作成した。

3. LabView での冷却水流量状態監視システムの作成

LabView にて、冷却水流量状態監視システムを作成した。

状態監視画面として、各磁場コイルの冷却水流量に対し各ランプボタンを作成し、正常の場合は緑、異常の場合は赤を表示させる。また、異常の場合は、対象ランプが赤になったと同時に、警報を鳴らす。

図 3 に状態監視システムの基本処理のフローチャートを示す。

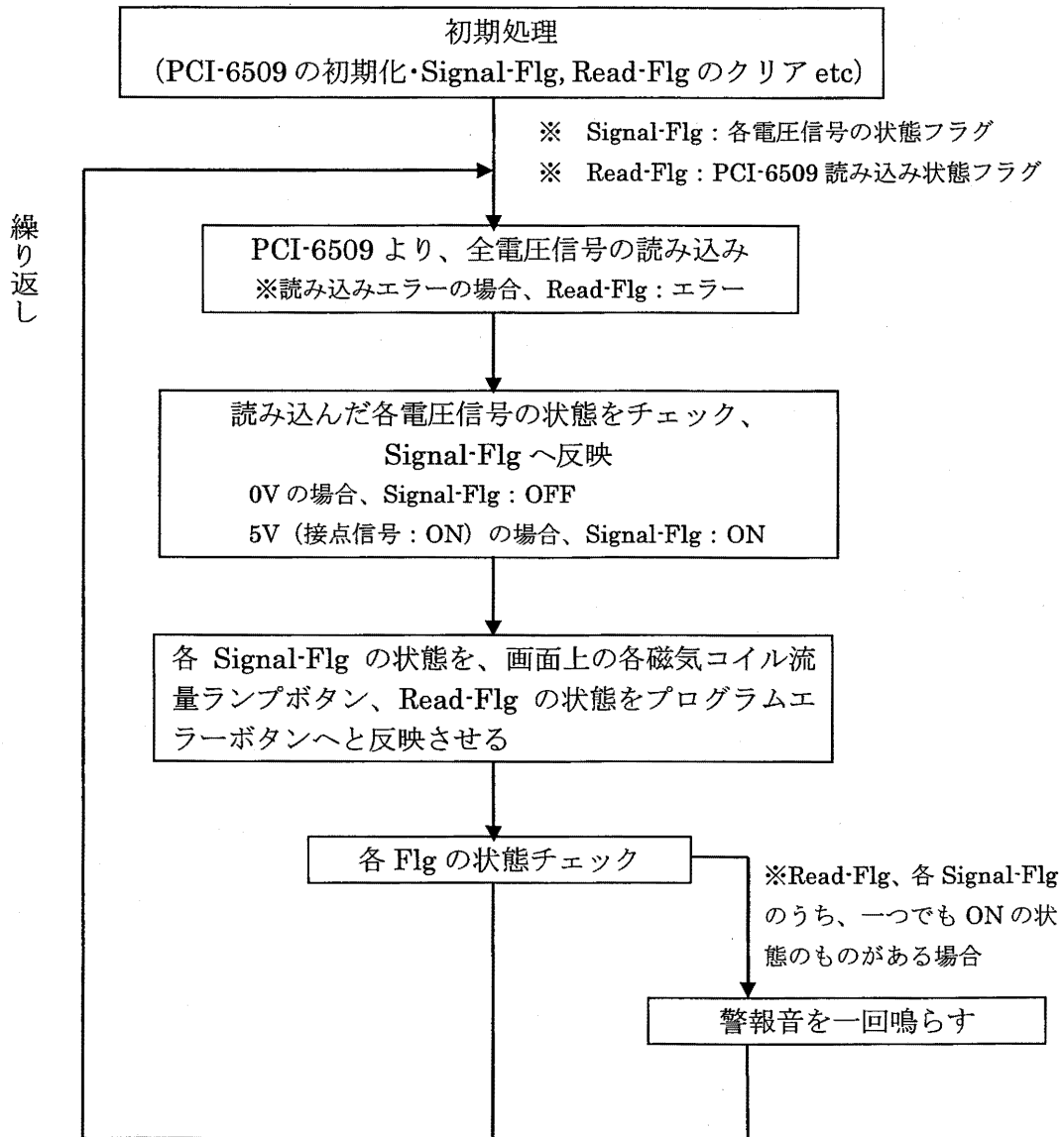


図3. 状態監視システムの基本処理

図3のような処理を繰り返し、冷却水流量の常時監視とする。

一連の処理を繰り返す時間幅は監視を行う機器等による。現在の各磁場コイルの冷却水流量監視においては、3秒の周期で処理を繰り返している。

図4に、作成した冷却水流量状態監視画面を示す。

また、この冷却水流量状態監視画面は、WindowsXPの付属アクセサリであるリモートデスクトップ機能により、本体室に設置されている本体パソコン以外のLAN上のパソコンで閲覧可能となっている。これにより、遠隔地での冷却水流量の常時監視を可能にしている。

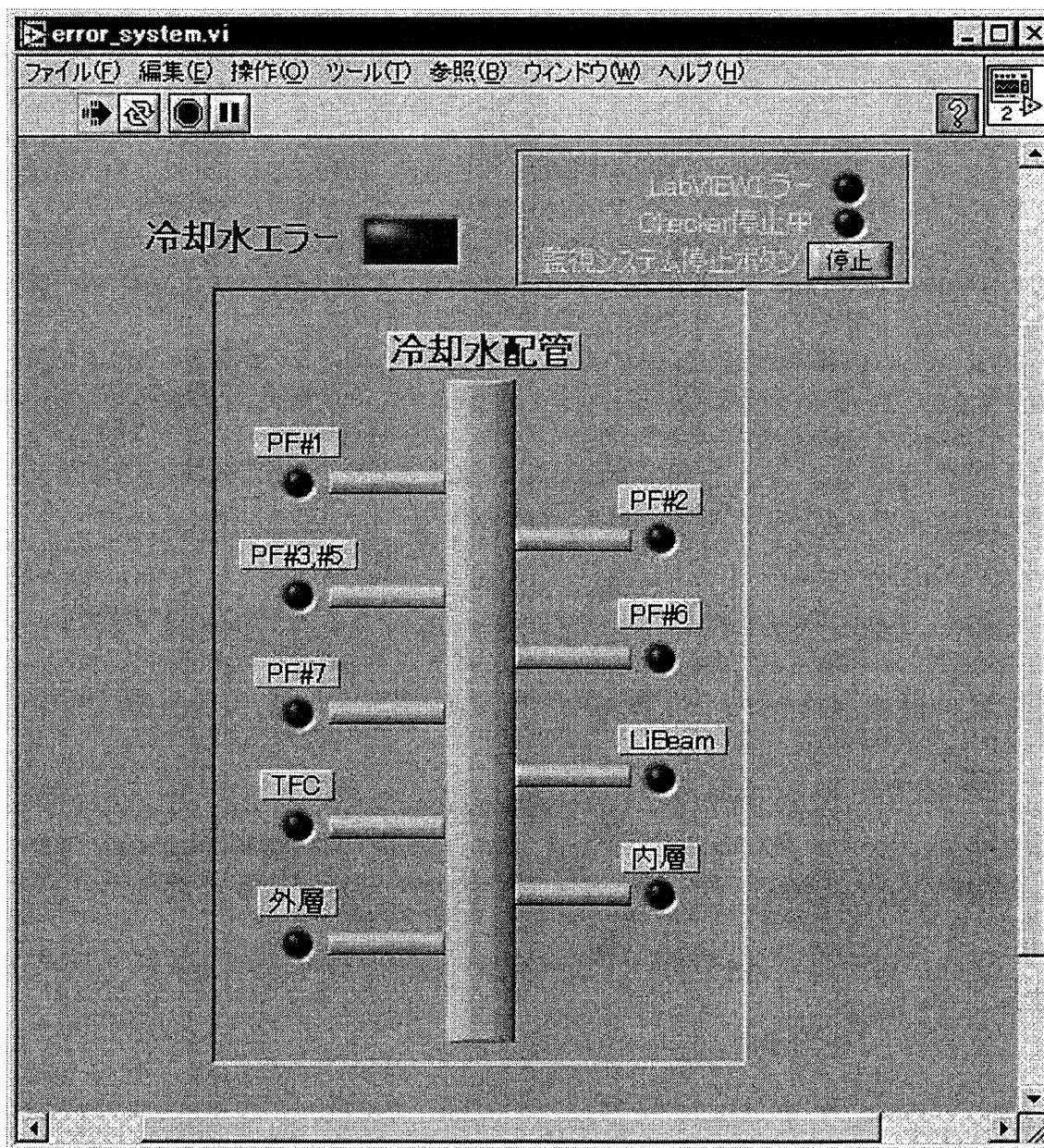


図4. 冷却水流量状態監視画面

4. 任意の警報の手動停止機能追加

実験装置の各磁場コイル以外に、冷却水を使用している装置（リチウムビーム装置）があり、この装置の冷却水流量状態をシステムに組み込んでいる。

しかし、この装置は温度を上げて実験を行うこともあり、その場合は冷却水を止めて使用する。この場合、リチウムビーム装置の冷却水流量計より常に流量異常の信号が送られ、警報が鳴り続けることになり、新たに別のエラーが発生したとしても、警報音では判断できない。このため、他の流量計の状態は、時折画面を確認しなければ判らず、冷却水の異常を感知しにくくなる恐れがあった。

このような事象を避けるため、この装置に対する冷却水流量の異常は、汎用パソコンの画面的に現状のままランプで表示させるが、新たにランプの横にチェックボックスを作成した。こ

のボックスにチェックを入れることによって、警報だけを手動で止めることが可能な機能を追加した。これにより、確実に冷却水流量の監視がおこなえるようになった。

5. 今後の課題

現在、冷却水流量状態監視システムを使用しているが、問題点としていくつか挙げられる。

まず、冷却水流量状態監視画面を本体室以外でのパソコンで閲覧しているが、リモートデスクトップの機能上、システムの警報が閲覧しているパソコンからしか出力されない点である。本体室で作業をしている場合に備えて、本体室に設置してある本体パソコン側でも、警報を出力できる機能を考えなければならない。

また、本冷却水流量状態監視システムは、警報を鳴らしてエラーが発生したことを実験者に知らせるが、コイル電源など他機器へエラーが発生したことを伝達する機能は有しない。従って、各磁場コイルに冷却水が流れていない、または設定量より流量が少ない場合に、エラー信号を他機器へ出力し、エラーが復帰されるまで運転をさせないなどの機能を拡張できれば、実験オペレーション上の安全性がより高まると思われる。

謝辞

最後に、この冷却水流量状態監視システム作成・運用にあたり、炉心理工学研究センターの先生方には、ご指導および問題点のご指摘など、さまざまな助言を頂きました。特に、長谷川真助手・川崎昌二技官には、電子回路作成やシステム構成など、サポート及びご協力を頂きました。この場をお借りして、感謝の意を表します。

参考文献

TOSHIBA フォトカップラ・データブック, 株式会社東芝 半導体事業本部, 1994 年発行
LabVIEW Basics I 初級コースマニュアル, NATIONAL INSTRUMENT 発行
NI-DAQ クイックスタートガイド, NATIONAL INSTRUMENT 発行
SCB-100 100-Pin Shielded Connector Block Installation Guide, NATIONAL INSTRUMENT 発行