

プラズマリミターにおける ADC を用いた冷却系統監視システム構築

関谷 泉

九州大学応用力学研究所技術室

1. はじめに

球状トカマク装置 QUEST (図 1) を用いた実験 (以下 QUEST 実験) においては、プラズマの長時間放電やプラズマ-壁相互作用の研究を実施している。現在、定常球状トカマク運転に向けて、静電プローブとしても動作可能なプラズマリミターを準備している (図 2)。プラズマリミターとして動作させるには、水冷系統の温度と流量を常時監視する必要がある、そのために ADC を用いた監視システムを構築したため、報告する。

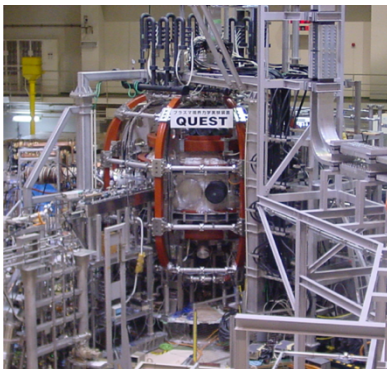


図 1 QUEST 装置

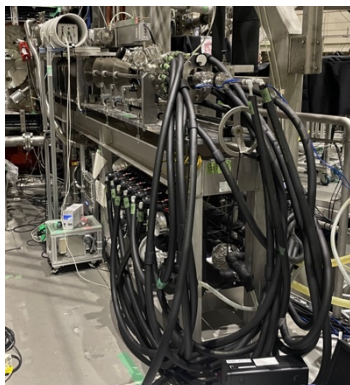


図 2 プラズマリミター

2. プラズマリミター

プラズマリミターとは、プラズマが真空容器壁に直接接触して壁を損傷させないように、プラズマ

の形状と位置を制限するために設置される構造物である。QUEST のようなトカマク型プラズマの場合、内側の位置を制限するために容器中央に設置されるものと、外側の位置を制限するために容器壁側に設置されるものがある。その性質上、リミターは先端が超高温のプラズマに接触するため、リミター自体が溶け出さないように冷却を行わなければならない。したがって、リミターとして動作させている間は、冷却水の温度と流量のデータを常に取得し、監視を行う必要がある。

本報告にて対象となるプラズマリミターは、真空容器の壁側に設置されており、可動範囲は容器の主半径位置 0.9–1.4 m である。リミターへの冷却水配管は 7 本となる。それぞれ流量計 (FD-H10) は流入側に 1 台、温度計 (FI-T15) は冷却水からの除熱量を計測するために、流入・流出側に 1 台ずつ設置されている (図 3)。すなわち、1 配管につき 3 台、全体で 21 台からのデータを同時に監視しなければならない。これらを一斉に収集・監視するため、NI 社製の ADC (cRIO-9053 および NI-9224) を用いた (図 4)。



図 3 温度計 (左) と流量計 (右)



図 4 ADC 装置

3. 冷却システムシステム構築

3.1 ADC

今回の冷却システムシステム開発において、NI 社製 8 チャンネルアナログ入力モジュールである NI-9224 を 3 台、同社製コントローラである cRIO-9053 に組み込んで ADC として使用している。NI-9224 のサンプリングレートは 1kS/秒/ch である。

3.2 電流-電圧変換基板と保護ボックス加工

NI-9224 のアナログ入力は電圧信号であるが、温度・流量計はデータを電流信号として出力している。したがって、温度・流量計から出力された電流信号を、電圧信号に変換してから NI-9224 へ入力する必要がある。出力電流の範囲は 4–20 mA であるため、入力電圧信号の範囲を 1–5 V とすると、変換に必要な抵抗値は 250 Ω となる。したがって、1kΩ 抵抗を 4 つ並列接続するよう基板を設計した。基板設計は DesignSpark アプリで行い、業者に発注した。基板が手元に届いた後は、ケーブル用コネクタと抵抗を基板に実装した (図 5)。

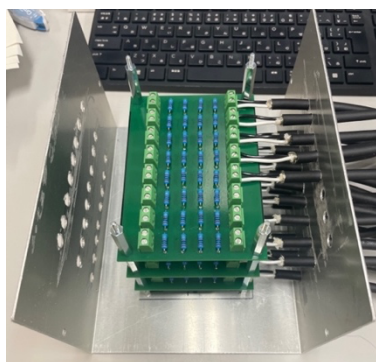


図 5 電流-電圧変換基板

また、基板は ADC システムと共にプラズマリミター近傍の 19 インチラックに設置することになる。したがって、プラズマ生成時に発生する X 線から保護するため、アルミ製ボックスを加工して当該基板を収納した (図 6)。



図 6 アルミ製ボックス

3.3 ADC 制御 LabVIEW プログラム

上記 ADC システムを用いた冷却水温度・流量監視プログラムを、ビジュアルプログラミング言語である LabVIEW で作成した (図 7)。当該プログラムの要件を以下に示す。

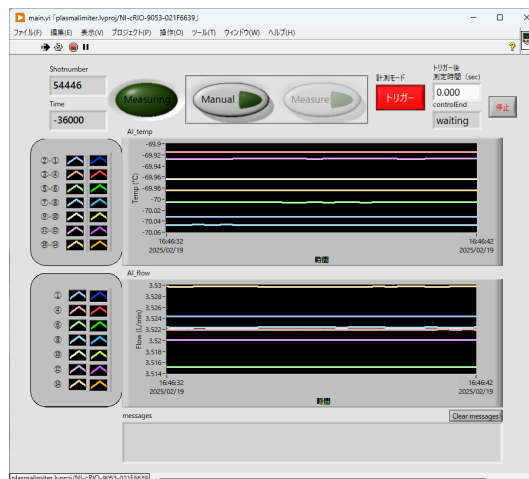


図 7 温度・流量監視プログラム

- 冷却水温度・流量のリアルタイム表示
入力電圧信号 (1–5 V) を、流量 (0–30 L/min) と温度 (-20–180 °C) に変換し、チャート機能を利用して常に表示するようにした。
- 温度・流量データのバイナリファイル保存
プラズマ点火トリガー入力から、指定秒数だけデータを保存するトリガーモードと、カウントダウン秒数を元にデータを保存するゲートモードを実装し、任意で切り替えられるようにした。温度・流量データは各々バイナリ形式ファイルで cRIO に一時的に保存される。
- 保存ファイルを QUEST データベースへ転送
cRIO に保存されたバイナリファイルを、FTP 通信を用いて QUEST データベースに転送する。転送完了後は cRIO からバイナリファイルを削除する。

4. 今後

ADC 制御 LabVIEW プログラムは作成したが、QUEST 実験のシーケンス情報やトリガーを利用した動作試験は未実施のため、今年度中に確認する予定である。プログラムの確認が完了次第、冷却システムシステム機器のプラズマリミターへの設置を行う。

設置後は、QUEST 実験が実施されるタイミングで本番環境での動作試験を行い、問題がなければ運用に移る予定である。

謝辞

本報告の冷却システム構築にあたり、応用力学研究所高温プラズマ理工学センターの永島芳彦准教授に多くのご指導を賜りました。また、ADC モジュールの構築や基板設計、アルミ製ボックスの加工など、多くの方々にご協力いただきました。この場を借りて深く感謝を申し上げます。