

## Monitor system of Superconducting RF Test Facility (STF)

Sakae ARAKI<sup>\*,A)</sup>, Hitoshi HAYANO<sup>A)</sup>, Norihito OHUCHI<sup>A)</sup>, Nobuhiro TERUNUMA<sup>A)</sup>,  
Atsushi HAYAKAWA<sup>B)</sup>, Jun-ichi OZAWA<sup>B)</sup>, Yoshinori TSUKADA<sup>B)</sup>

<sup>A)</sup> High Energy Accelerator Research Organization (KEK)

1-1 Oho, Tsukuba-shi, Ibaraki, 305-0801, Japan

<sup>B)</sup> Kantou Information Service(KIS)

8-21 Bunkyo-cho, Tsuchiura-shi, Ibaraki, 300-0045, Japan

### Abstract

To promote R&D for the International Linear Collider (ILC) for regional production capabilities and construction share, Superconducting RF Test Facility (STF) has been developed since 2005 in KEK. The prototype control system of the STF was developed based on the EPICS toolkit running on PC/Linux. It has been used and evaluated at the cryostat temperatures measurement using a PLC and Network devices. The present status of the monitor system is reported.

## 超伝導RF試験設備の計測システム

### 1. はじめに

KEKではILC国際リニアコライダーやERLの開発・試験を目的として超伝導RF試験設備(STF)の建設が進行中である。STFでは2006年からLバンド大電力クライストロンの高圧試験と超伝導加速空洞用のカップラーの大電力試験およびLLRF系の実証試験が開始された[1]。また、冷却性能試験のために冷凍機システムが設置され、クライオモジュールに空洞が組み込まれた。(図1)

そして、最初の冷却試験ではクライオモジュールに最低限の空洞を装着して、クライオスタットの冷却性能を主目的として行われることになった。また、各々装置は各担当グループが開発し試験を進めているが、クライオモジュールとしての冷却性能やRF性能を総合的に評価試験する場合、それらの情報の共有や記録および制御が必要になる。そこで計測システムには、イーサネットをフィールド・バスとしてネットワーク・ベースの計測・制御機器を用いた。

現段階の計測は冷却試験の温度モニタが主たる目的だが、クライストロン電源運転や空洞位置モニタ(WPM)と共にデータのロギングを開始したので、ここに報告する。

### 2. PC-Linux

OSにはLinux (Scientific Linux 4.2 or 5 [2])を採用した。Linuxを利用する事で、安価にExperimental Physics and Industrial Control System(EPICS) [3]の開発環境を構築する事が出来るようになった。Linux

上でIOCとアプリケーション開発が利用出来るようになった事により、全てのソフトウェア開発の効率が著しく向上した。その反面、OSにリアルタイム性が無いため、同期やタイミングに対しては別様で補わなければならない。近年、小規模加速器や実験装置、各グループ単位でEPICSが導入される様になり、それらの資産(デバイス/ドライバ・サポート)も蓄積された[4]。それらを有効に活用し開発時間を短縮するために、STF加速器計測システムは実績のあるEPICS 3.14を採用した。



図1、トンネル内に設置されたクライオモジュール。この内部には温度センサー等200点以上が仕込まれている。左下にはカップラー接続待ちの導波管。

\* E-mail : sakae.araki@kek.jp

### 3. 計測装置

現段階に於いては電子ビーム運転に関する真空系、電磁石電源系、ビームモニタ系は未設置で、冷却試験に関するものが設置されている。

#### 3.1 クライストロン系

Lバンド大電力クライストロンの制御には、RF波形の平坦部における振幅0.3%rms、位相0.3deg.rmsの安定度を実現するために、cPCIに組み込まれたデジタル制御機器と横河電機製PLC/FA-M3が用いられている。充電電圧の設定と読出し、およびインターロックに関するステータスの読出しとリセットは、安全とポリシーのため専用PCからの制御に限定しているが各パラメータは収集と表示のためChannel Access(CA)によりアーカイブされている。

#### 3.2 クライオスタット計測系

冷凍機設備やクライオモジュールには、常温から極低温(2K)まで温度測定をするため、セルノックス(Cernox)温度計、白金コバルト(PtCo)温度計、銅コンスタンタン(CC)熱電対温度計が超伝導空洞およびクライオスタット周りに設置されている。また冷凍設備として圧力計、流量計、液面計、加温用冷凍機ヒータが接続されている。それら約200点を横河電機製MW-100とHIOKI製8422の2種類のデータロガーに集約されイーサネットを通じてデータ収集している(図2、左)。冷凍設備本体の運転制御に関しては安全管理と共に独立したシステムで運用しているので、ここでは割愛させていただく。

#### 3.3 ワイヤー位置モニタ(WPM)系

超伝導加速空洞は、ビーム横方向に「 $\pm 200 \mu\text{m}$ 」以下の精度で据え付けられていることが要求されている。空洞自身は、ガスリターンパイプ(GRP)にぶら下がる格好で設置され、冷却時には金属収縮で約4mmもビーム方向に移動する。いったん空洞がクライオモジュールの中に設置されて、かつ、超高真空なり極低温に冷やされると、各空洞の位置測定や調整が困難である。そこで、クライオモジュールの外

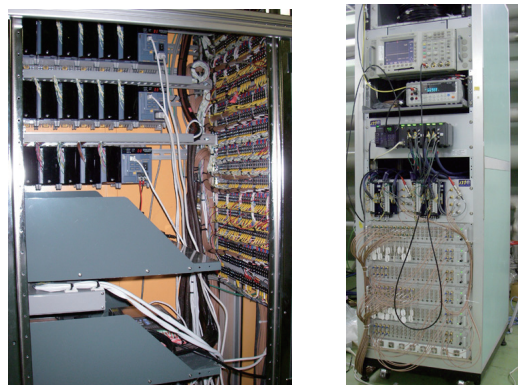


図2. データ収集機器。  
クライオスタット計測系 (図左) と  
ワイヤー位置モニタ系 (図右)。

から極低温下の各空洞の位置測定を行うWPM装置が設置されている(図3)。

WPMは、中に張ってあるワイヤーに140MHz RF信号(CW)を通し、WPM内の4つのストリップライン電極板から誘起信号を受信する方式である。ビーム方向に張ってあるワイヤーを基準とし、WPMの動きを検出することで空洞などの動きを測定する。長さ13mのSTFクライオモジュール内には、WPMをガスリターンパイプ(GRP)に10台、空洞に最大16台、計26台組み込まれる。信号は検出器に接続され、マルチプレクサで切り替えて読み取る方式になっている。切り替えおよび読み出しにはキーエンス製PLC/KV-1000を用いている(図2、右)。

### 4. 測定システム

全ての計測システムの機器はSTF専用のネットワーク配下に設置されている。その概略を図4に示す。高周波システムには専用のPCを設置してEPICS-IOCを組み込んで各種RF試験のために独立制御にしている(図5、左)。また、現在ネットワークからのコントロールを原則的に排除している。その上で将来の拡張したSTFコントロールシステムに対応できるように、メインサーバ(Xeon-PC/RAID)を用意して、各種のデータを収集している。WPM系は各々セン

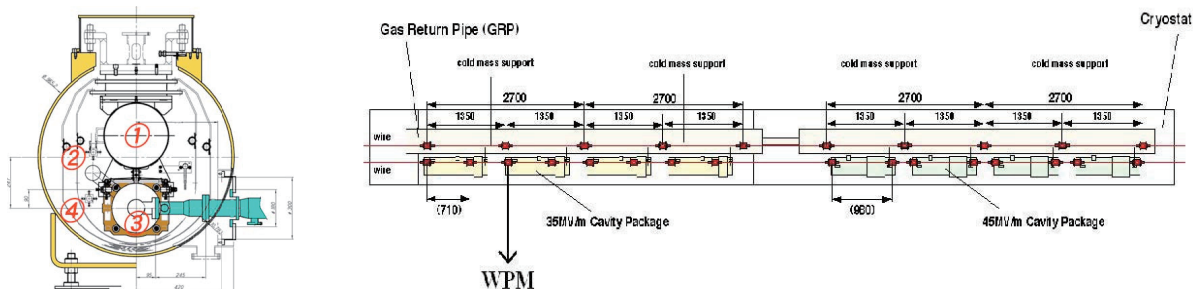


図3. クライオモジュールに設置されるWPM位置図。  
①ガスリターンパイプ(GRP) ②GRP用WPM ③空洞 ④空洞用WPM

サを毎秒ごとに切り替えてデータを取得し換算している。データの即時同期は犠牲にして中長期的の変動を確認出来るようにシステムが組まれている。クライオスタット計測系の温度計はセンサーの種類等に応じて抵抗値を温度に換算する必要があり、通常は換算パラメータと基準値を設定するだけでよいのだが、セルノック温度計は温度計個体の固有校正パラメータを持っているため、ソフトウェア上で校正ファイルの指定が出来るようにデータベースを作成した。それらのデータ表示画面は、実測値のオンライン表示画面(図5、右)とアーカイブに保存されている過去の履歴表示画面を用意した。

それらの画面はJavaで作成されSTFネットワーク内であれば、どの端末でも表示が可能となっている。しかし、STFネットワーク外からは、当然ながら同ネットワーク内にアクセスしなければ表示できないため、その手段は管理およびセキュリティ上好ましくなく、データ表示に限って外部ネットワークから閲覧出来るように変更を行った。STFネットワークとKEKネットワークの間にゲートウェイPCを用意して、そこにアクセス用サーバプロセスを設置した。アクセス用のプログラムは、大量のデータ点数を処理するため、サーバの負担を軽くするためにWebアクセスによる方法はあえてとらずJavaで作成してJarファイルの配布方式にした。各自のアクセス端末にJava Runtime Environment (JRE)version1.4以降の環境が整っていれば、配布ファイルを実行するだけで同等の表示が(複数実行も)可能になった。

## 5. まとめと今後の課題

計測システムとしてクライオスタット計測系を中心に開発を行った。EPICSシステムを用いてデータロギングが可能となり、簡単にデータの表示がネットワーク上で出来るようになった。今後は冷却試験や経験を踏まえて改良し、増設される機器への対応およびシステムのアップグレードが必要となる。

## 参考文献

- [1] 早野仁司, 他, “超伝導RF試験設備の現状”, In this meeting; 福田茂樹, 他, “KEK超伝導RF試験装置(STF)のRF源の開発”, In this meeting; 明本光正, 他, “KEK超伝導試験設備(STF)に於ける10MWクライストロン用パルスモジュレータの開発”, In this meeting; 宍戸寿郎, 他, “STFベースライン超伝導空洞における加速モードの周波数調整と性能測定”, In this meeting; 竹中たてる, 他, “KEK STF Phase0.5とPhase1における導波管の現状”, In this meeting.
- [2] <https://www.scientificlinux.org/>
- [3] <http://www.aps.anl.gov/epics/>
- [4] J. Odagiri, et al., “Development of EPICS Device/driver Support Modules for Network-based Devices”, Proc. Of the 31th Linear Accelerator Meeting in Japan, Sendai, Aug 2-4, 2006.

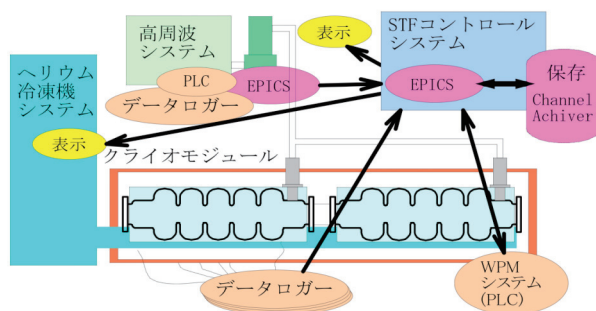


図4. STF計測システムの概略図。

各種のデータはコントロールシステムに集約されて、データ表示やアーカイブが行われる。

これらの機器はSTFネットワークでつながれており外部からのアクセス用に別途ゲートウェイPCを用意し通信(表示)を可能としている。

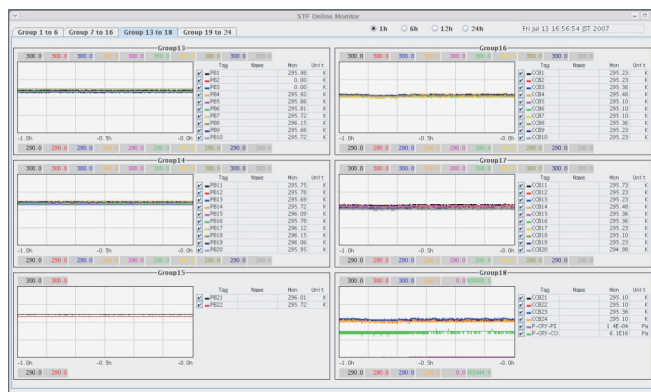


図5. ウィンドウアプリケーションの様子。

図左はクライストロン用パルスモジュレータ制御。図右はクライオスタット計測系の表示画面、上部タブにて切り替えて約200chを確認出来る。これらの表示画面はJavaで作製されている。