

TEMPERATURE MEASUREMENT SYSTEM OF KEK LINAC

Yoshiharu Yano^{1,A)}, Mituo Ikeda^{A)}, Shigeki Fukuda^{A)}, Shiro Kusano^{B)}

^{A)} High Energy Accelerator Research Organization
 1-1 Oho, Tsukuba, Ibaraki 305-0801 Japan

^{B)} Mitsubishi Electric System & Service Co., Ltd.
 2-8-8 Umezono, Tsukuba, Ibaraki, 305-0045 Japan

Abstract

The temperature management is one of the very important items to supply a steady beam for the accelerator. The temperature measurement system of KEK Linac was introduced about ten years ago. Because the system had become old, a new temperature measurement system was introduced. This system can be measured by the temperature resolution of 0.01°C. We introduce the new temperature measurement system of KEK Linac.

KEK LINACの温度計測システム

1. はじめに

加速器にとって安定なビームを供給する為には温度管理は非常に重要な項目の一つである。加速管およびクライストロンの冷却水温度、ギャラリーの温度、これらは要求される安定度は違っているが、ともに高い安定性を要求される。これらの温度管理は施設部機械運転係によって実施されておりわれわれが出来る事はこれらを監視し問題を指摘する事である。現在のKEK LINACの温度計測システムはほぼ10年前に導入された物で高精度の温度測定器を使いGP-IBを経由してデータの収集を行っている。システムの老朽化に伴いネットワーク接続可能なデータロガーによる新しい温度計測システムの導入を始めたのでここに紹介する。

2. KEK LINACの概要

図1にKEKの電子陽電子LINACの概要を示す。マスターオシレーターで作られた2865MHzのRFは位相補償ケーブル (3ppm/°C) か光ファイバー (2ppm/°C) により各セクターの恒温槽内に設置されたLLRF系に送られる。LLRFはIφA (移相器減衰器)、パルスモジュレータ、位相モジュレータ、増幅器からなりサブブースタークライストロン (SB) をドライブする。SBはそれぞれ4-8台の大電力クライストロンをドライブし増幅されたRFは加速管へと導かれる。通常モジュレータのあるギャラリーは±1°C、加速管の冷却水の温度は±0.1°Cで管理されており2856MHzで1度以下の位相変動に収まっている¹⁾。

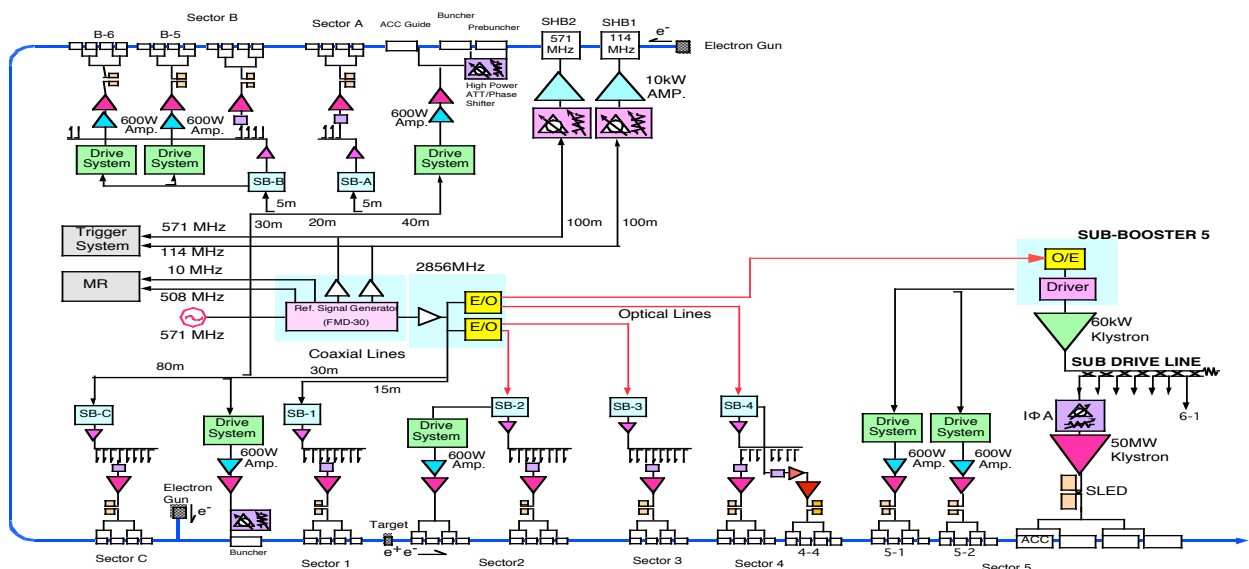


図. 1 電子陽電子LINAC概要

¹ E-mail: Yoshiharu.yano@kek.jp

3. 旧温度計測システム

現在稼働中の温度計測システムは加速管の冷却水の温度監視を目的に導入された物で0.001℃の分解能を持った温度計をGP-IBインターフェイスで接続している。8台の測定器をギャラリーに分散し光ファイバーによってインターフェイスを延長し現場に設置したパソコンに接続している。取得したデータはネットワーク接続された他のパソコンに送られデータベースに蓄積される。監視用のパソコンはそのデータを取込みトレンドグラフと音声アラームにより監視を行っている。図.2に旧温度計測システムの概要を示す^[1]。

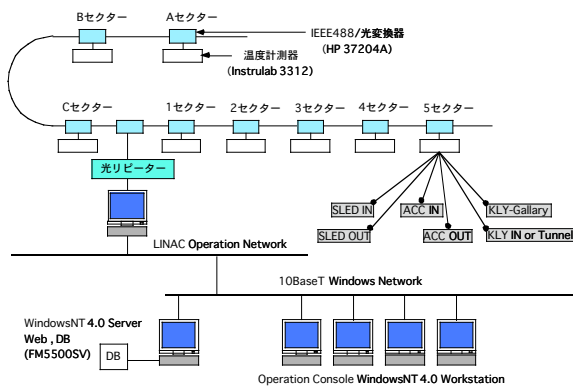


図.2 旧温度計測システム

しかし、このシステムは下に示すような問題を抱えている。

- 1) クライストロンギャラリーという非常にノイズの多い場所で稼働している為エラーの発生も多く、計測システムが停止する事が多い。
- 2) この温度測定システムは他のデータ取得システムと独立に稼働している為取得データのタイムスタンプが他の情報 (RF, Beam, Etc.) と合っていない。
- 3) システムの老朽化に伴い機器の故障も多くなって来ているが予備の機器の取得も困難になっている。

このシステムは設置当初より非常に有効に活用されビームの安定供給に貢献している。次期システムはこれらの問題点を充分考慮して選定しなければならない。

4. 新温度計測システム

KEKB-RINGへの連続入射、PF-RINGへのトップアップ入射 (H19年予定) にもないLINACのビームはより高い安定性を求められる様になった。しかし、空調システムの性能劣化とLINACの運転に関わる機器の増設などにより、5月～6月の期間はギャラリーの温度変動が多くなりビームに深刻な影響を与え始めている。また、ギャラリーに設置されているRFのモニターシステム (VXI) にも温度変動の影響が観測されるためこれらの機器の温度変化も観測する必要がある。新システムはギャラリー、クライストロン

モジュレータ、VXI、恒温槽等の温度を監視するために導入した。あわせて恒温槽内のLLRFのレベルの監視も行いギャラリーの温度変動の影響も観測した。システムの選定に当たって加速管の冷却水温度の測定も視野に入れた機器を選択した。新旧システムをしばらくの間併用し、新システムの有用性を確認した後に入換えを行う予定である。

選定の条件として以下の事柄を考慮した。

- 1) 加速管冷却水の温度は±0.1℃で管理されているため^[2]、この温度を監視し変動の傾向を見る為には±0.01℃の分解能が必要である。
- 2) 測定箇所が分散しているためネットワーク接続が出来る事が必要である。
- 3) ノイズの多い環境に設置するためノイズに対する耐性が高い事が必要である。

これらの条件を満たす物としてネットワークデータロガーKE3000 (チノー株式会社) を採用した。図.3に新温度計測システムの概要を示す。

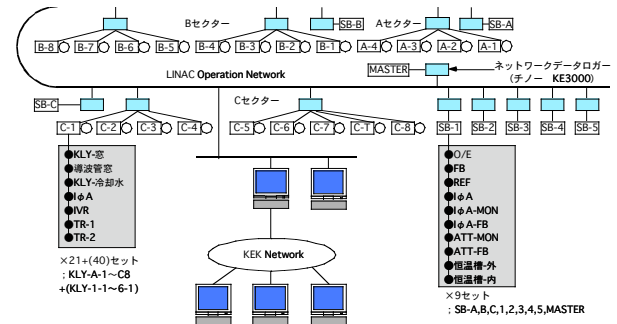


図.3 新温度計測システム

現在全ての恒温槽とA、B、Cセクターが設置済みであり1～5セクターに関しては今期設置を行う予定である。取得したデータはEPICSレコード化されているため標準のビューアでの観測が容易になっている^[3]。

加速管冷却水の温度は比較のためにA、2セクターIN、4セクターIN/OUT、の4カ所に設置した。図.4にAセクターで計測した新旧のデータを示す。

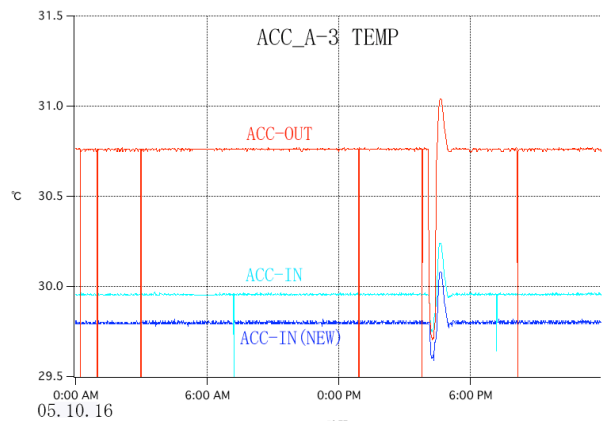


図.4 Aセクター加速管冷却水温度

これはLINAC運転中、一時的にRFを停止し地下に入室した時の加速管冷却水温度のデータである。新

システムでは絶対温度校正を行っていないため同じ場所の測定結果が旧システムのデータと約0.2℃の開きがある。入換えを行う際には現場での絶対温度校正が必要になる。図5は冷却水のポンプが一部故障している時の加速管の冷却水温度の様子である

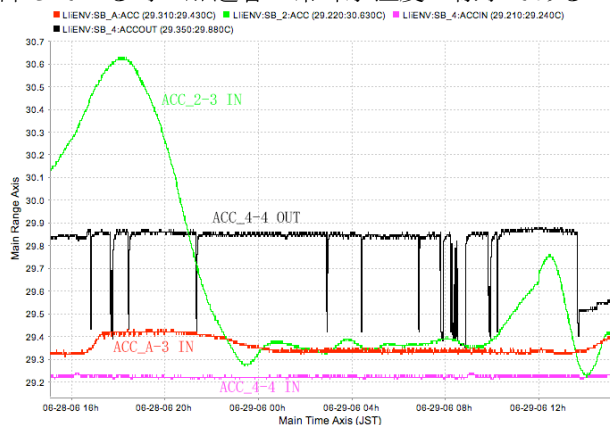


図.5 異常時の加速管冷却水温度

この場合2セクターのRF位相の変動が主な原因でビーム性能が悪化していたためこの温度データを考慮に入れてビーム調整を行った。

5. メインドライブラインの変動

以前より原因不明でビームの性能が悪化する減少が起きていた。Cセクターの位相に問題がある事は分かっていたが原因の特定が出来ていなかった。Cセクターに関するギャラリー、VXI、恒温槽の温度とメインドライブライン (MD)、リファレンスライン (REF)、IφAのパワーをモニターする事によってこれらの原因を特定できた。図.6にギャラリーの温度変動とメインドライブラインパワーの変化の様子を示す。

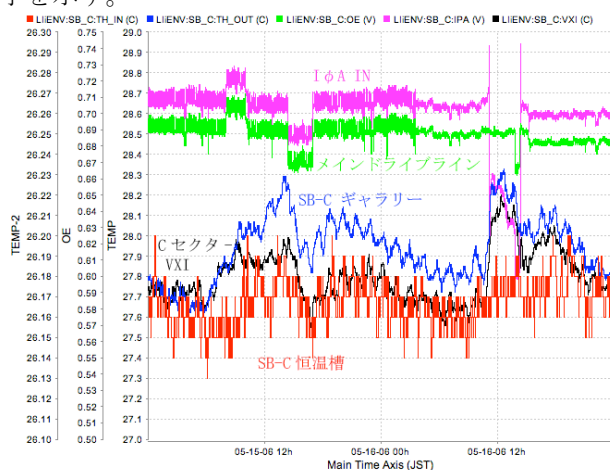


図.6 Cセクター温度とMDパワー

様々な要因が重なり合っておりまだ完全には解決していないが今までに分かっている事を以下に示す。

- 1) 恒温槽に設置したIφAモジュールのパネルコネクタの修理不良。
- 2) リファレンスラインフィードバックモ

ジュール内コネクタのゆるみ。

- 3) メインドライブライン(20D)及びリファレンスライン(10D)の連結部N型コネクタでの接続状態の変化。

1)、2)に関してはモジュール単体の問題であったが、3)については他の全ての同様の箇所でおこる可能性がある事である。これらのケーブルは位相補償ケーブルを使用しているため温度変動に対しては3ppm/℃の位相変動しか起らないがケーブル(銅)の線膨張率は $17.7 \times 10^{-6}/K$ ため1℃の変化で100m当り約2mm伸び縮みする。そのストレスはケーブル端のコネクタ部にかかるため締め付け不足ではなくても接続の状態が変わってしまう。特にL型の変換を使用している部分は影響が顕著である。さらに10D、20DのケーブルにN型コネクタを付けているためその部分の状態も影響を受けVSWRが変わってしまう。そのためメインドライブラインのパワー変動(段差が出る)が生じる。

6. 最後に

今後、旧システムに入っていない箇所の加速管冷却水温度を取り入れていくとともに、電磁石電源等の温度も監視する方向で検討中である。これらを総合的に監視する事が出来ればトラブル発生時の原因究明に非常に有益である。また、一般的にハイパワーの機器のトラブルは突然起きる物ではなく事前に何らかのシグナルを発している。これを各部の温度を監視することによってその兆候を見つける事が出来ればトラブルも未然に防ぐ事が可能であろう。そのためには監視データの上限、下限のアラームだけではなく変動の様子を監視し状態の変化に対しアラームを出せるような監視ソフトウェアの整備が必要である。

参考文献

- [1] T.Oogoe, et al., Proceedings of the Meeting on Engineering and Technology in Basic Research KEK, Tsukuba, Japan March 4-5, 1999
- [2] Design Report on PF Injector Linac Upgrade for KEKB, KEK Report 95-18,1996
- [3] S.Kusano et al., "Development of Data Archive System using EPICS tool at the KEK Linac", Proc. Of 31th Linear Accelerator Meeting, Sendai, 2006.