

## LINAC VACUUM MONITORING SYSTEM AT LEBRA

Kyoko Nogami<sup>\*A)</sup>, Ken Hayakawa<sup>A)</sup>, Toshinari Tanaka<sup>A)</sup>, Yasushi Hayakawa<sup>A)</sup>,  
Isamu Sato<sup>B)</sup>, Keisuke Nakao<sup>C)</sup>

A) Laboratory for Electron Beam Research and Application (LEBRA),  
Institute of Quantum Science, Nihon University,  
7-24-1 Narashinodai, Funabashi, Chiba, 274-8501

B) Advance Research Institute for the Sciences and Humanities, Nihon University,  
7-24-1 Narashinodai, Funabashi, Chiba, 274-8501

C) Graduate School of Science and Technology, Nihon University,  
7-24-1 Narashinodai, Funabashi, Chiba, 274-8501

### Abstract

Vacuum monitoring is one of basic methods to seize symptoma of troubles in a particle accelerator. In the 125 MeV linac system at Laboratory for Electron Beam Research and Application (LEBRA) of Nihon University, the accelerating tubes, the high power RF waveguides and the electron beam transport lines have been pumped and kept at an ultrahigh vacuum with ion pumps. However, only the vacuum around the klystron output RF windows was recorded with a pen-recorder during operation of the linac. Thus, a vacuum monitoring system has been developed for continuous monitoring of every ion pump; the digital value of the ion-pump current is accumulated in PC every 10 sec and stored in a database.

## 日大LEBRAにおける真空度常時モニタシステム

### 1. はじめに

経験的に加速器内で何かトラブルが起こった場合、真空度が悪化することが知られている。そこで、真空度を常にモニタすることは、加速器内でのトラブルの兆候を知るためのひとつの方法であると言える。

日本大学電子線利用研究施設 (Laboratory for Electron Beam Research and Application: LEBRA) においてはイオンポンプを用いて、加速管および自由電子レーザ、パラメトリック X 線ビームラインを高真空に保っている。イオンポンプを流れるイオン電流からその付近の真空度を知ることができる。いままでは、電子銃とクライストロン窓下流側周辺の真空度を運転時のみペンレコーダで記録させているだけで、その他の箇所は、定期的に運転開始前の真空度を運転日誌に記録している程度であった。これでは、加速器運転時に加速管内でトラブルが起こったときに迅速な対応がしにくい。そこで、LEBRA 加速器の各箇所の真空度を常時モニタし、さらに、トラブルが起こったときにその原因を詳細に調べるためにも記録することのできるシステムが必要とされる。今回そのシステムの整備をおこなったので報告する。

### 2. 真空度モニタシステム

#### 2.1 真空システム

LEBRA において加速器内の真空は、各箇所に設置されたいくつかのゲートバルブによって分けられて

いる。そして、各部分はスパッタイオンポンプによって排気され、高真空に保たれている。現在、リモートで開閉ができるゲートバルブおよび各箇所に設置されたイオンポンプの位置を図 1 に示した。また、各ゲートバルブが閉まった状態でのそれぞれの真空度を表 1 に示す。

表 1: LEBRA 加速器における各箇所の真空度とイオンポンプの種類

| 名称            | 真空度 [Pa]                |
|---------------|-------------------------|
| クライストロン系統の導波管 | $\sim 10^{-5}$          |
| 電子銃           | $< 10^{-7}$             |
| 加速管           | $\sim 2 \times 10^{-6}$ |
| FEL ライン       | $\sim 3 \times 10^{-5}$ |
| エキスパンダチェンバ    | $\sim 10^{-4}$          |
| PXR ライン       | $\sim 10^{-5}$          |
| FEL モニタポート    | $\sim 10^{-4}$          |

#### 2.2 モニタシステムの開発

各箇所に設置されたイオンポンプの電源は、制御室またはモジュレータ室に設置されている。それぞれのイオンポンプ電源の record out からの電圧値をアナログ回路で増幅した後、A/D 変換してパソコンに取り込み真空度に換算している (図 2)。

まずアナログ回路部は、それぞれ 2 種類のイオンポンプ電源に対応した回路を製作した。電子銃、加速管などに設置されているイオンポンプを制御して

\*E-mail: nogami@lebra.nihon-u.ac.jp

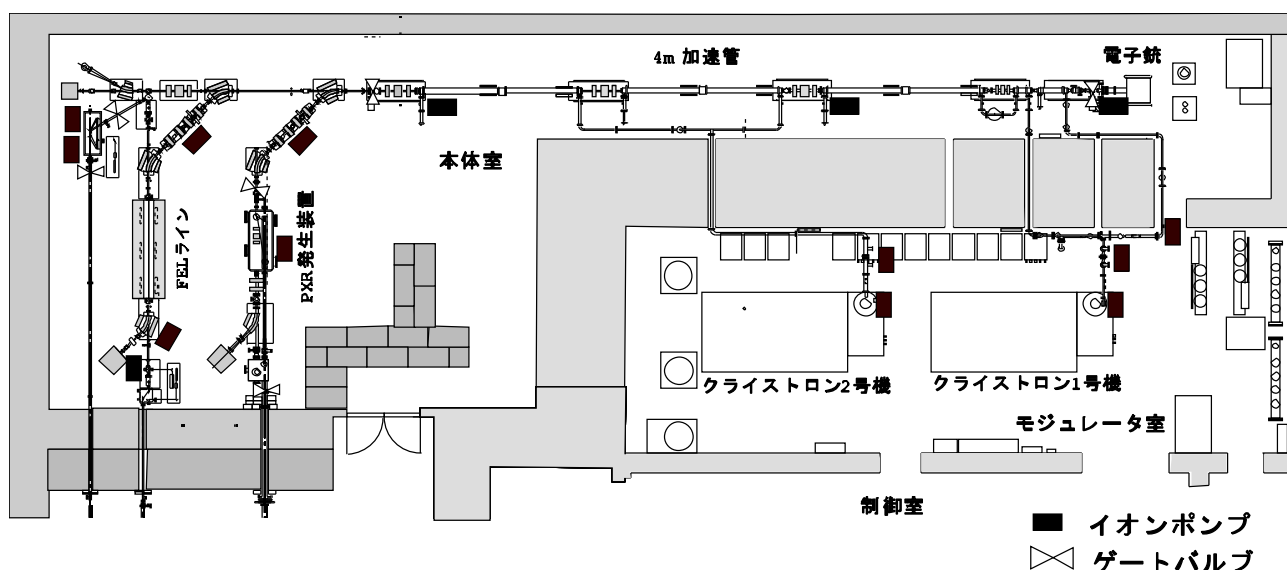


図 1: LEBRA の構成図

いる ULVAC 製の電源は、record out の出力電圧値に 50 Hz の AC 成分がノイズとして含まれている。そこで、これを取り除くために差動増幅回路を用いた。また、クライストロン周辺のイオンポンプの電源は ANELVA 製のもので、その出力電圧値は反転増幅回路を用いて増幅している。ここで、加速器運転時は RF トリガと同期してクライストロンを作動させているので、マイクロ波を放出するのにもなって、ガス放出が起こる。このためクライストロンに近い各部の真空度は、RF トリガ周波数で変化していると考えられる。そこで、クライストロン窓下流側においてトリガの周波数以上の変化をノイズとみなし、ローパスフィルタを用いて 10 Hz 以上の周波数成分を取り除いたのち電圧を増幅している。

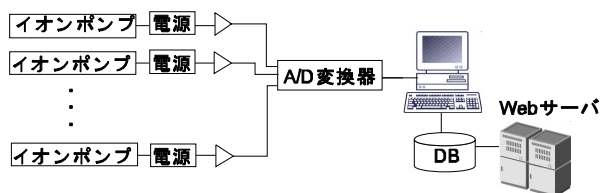


図 2: データ取得の流れ

A/D 変換器の分解能は 12bit で、サンプリングレートが最大 100 kHz のものを使用した。シングルエンド入力最大 16 チャンネルまで取り込むことができるので、クライストロン、電子銃、加速管および FEL ビームラインの計 16 台のイオンポンプからの信号を取り込むことができる。

このようにして取得した真空値は、現在、10 秒間隔でデータベースに記録している。データベース化した真空度は、LEBRA のプライベートネットワーク内から Web ブラウザでグラフまたはカンマ区切りの

テキスト形式で取得することができるようになっている。

### 2.3 システムの利用

電子銃周辺における真空度の時間変化の例を図 3 の上段に示した。図中の矢印部の変化は、電子銃直後に取り付けられたゲートバルブを加速器運転のために開閉したことによるものである。線状の真空悪化は、電子銃からのガス放出によるものだと考えられる。また、図 3 の下段には、クライストロン 1 号

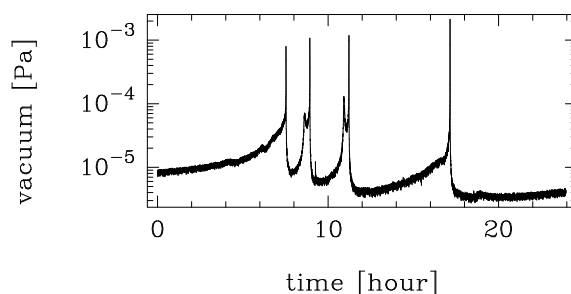
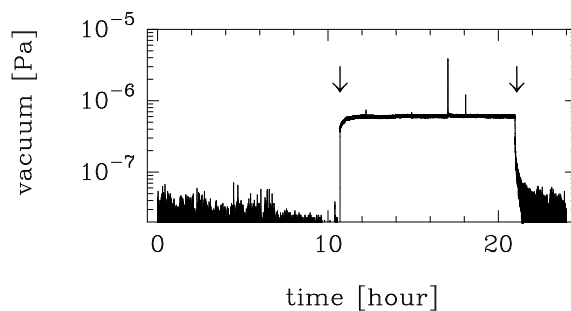


図 3: 電子銃周辺 (上段) とクライストロン 1 号機 (下段) の真空度の変化の例

機系統の導波管の真空度の変化を示した。このとき、ユーザによる FEL の利用実験が行われていたが、真空度の急激な悪化によりインターロックが働き RF トリガが停止した。そのため、いったん加速器を停止させ、真空度の変化をみながら回復したのち、RF トリガをかけ運転を再開することができた。

### 3. まとめ

今回、LEBRA に設置されているイオンポンプのうち、加速器および自由電子レーザビームラインのイオンポンプからの信号を常時モニタできるシステムを整備した。その真空度は、イオンポンプ電源の record out の出力電圧値をアナログ回路で増幅し A/D 変換したものをを用いて換算した。このようにして得られた真空度は、10 秒間隔でデータベースに記録している。そして、LEBRA のプライベートネットワーク内から取得でき、常時モニタとして利用している。

### 4. 今後の課題

今後の課題として、パラメトリック X 線ビームラインおよびユーザに供給している自由電子レーザラインの真空度もモニタできるように整備することが残されている。

また、これ応用して制御システムと連動させることを考えている。たとえば、真空度の急激な悪化が起こったときには、電子ビームを止めゲートバルブを自動的に閉じたりすることが考えられる。これにより一番ダメージの受けやすい電子銃を保護し、そのほかリーク部分から加速管およびクライストロンへのダメージを最小限に抑えることができると思われる。