

# LHD-NBI におけるビーム画像保存システムの開発

佐藤守<sup>A)</sup>、長壁正樹<sup>B)</sup>、浅野英児<sup>B)</sup>、河本俊和<sup>A)</sup>、近藤友紀<sup>B)</sup>、NBI グループ<sup>B)</sup>

<sup>A)</sup>核融合科学研究所 技術部 加熱技術課

<sup>B)</sup>核融合科学研究所

## 概要

大型負イオン源には、ビームが空間的に不均一になるという問題がある。LHD 用 NBI (中性粒子入射) 加熱装置では、この不均一性を評価する為に、CCD カメラを図 1 に示す位置に設置し、ビーム引き出し面近くの側面にて、ビームと真空容器内の残留水素ガスによって発生する H $\alpha$  光を観測している。これまでは必要に応じてビデオ録画していたが、現在これを PC に取り込んで画像データとして保存するシステムを開発中であり、NBI3 号機にてテスト運用を試みたので、ここではその途中経過を報告する。

## 1 システムの構成

このシステムの構成図を図 2 に示す。H $\alpha$  光を観測するため、CCD カメラにはフィルターを取り付けてある。本体室から制御室までの映像信号の伝送方法は各ビームラインによって異なるが、今回ソフトウェアのテストに使用した 3 号機では光通信で行なっている。基本的には、ビームを撃っている間の画像を取り込むわけだが、ビームを評価するためには、ベースとして、ビームを撃つ直前のアーク放電中の画像も 1 枚は必要である。取り込むタイミングは、制御室 BNC パネルより NBI 計測トリガ 2 として用意されているビームトリガパルス(TTL)を使用する。また、RS-170 の信号は、1 秒 30 フレームで送られているため、保存された画像の 1 フレーム目はトリガパルスより最大で 33 ms の遅れがある。画像の正確なタイミングを知るために、タイマーボードを使用してその遅れ時間を測定する。画像は管理しやすいように NBI ショットナンバーのファイル名で保存する。

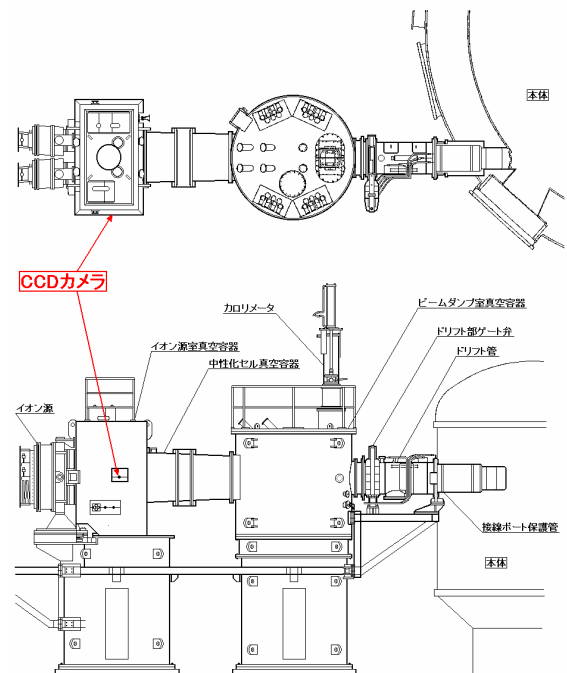


図 1. CCD カメラの設置位置

## 2 画像集録

画像集録には National Instruments 社製の PCI-1409 画像集録ボードを使用した。ボード選定の基準として、トリガ入力できることが絶対条件としてあったこと、また、このボードの特徴として、画像を 8 ビットだけでなく 10 ビットでデジタル化できるところからこのボードに決めた。タイマーボードには、同じく National Instruments 社製の PCI-6602 を使用した。これは、同社のほかのボードと同期を取るために用意されている RTSI バスを利用して、PCI-1409 と同期がとれるためである。ボードのセットアップ後、付属のユーティリティソフトウェアの Measurement & Automation Explorer を使用し画像の集録や保存ができることを確認した。

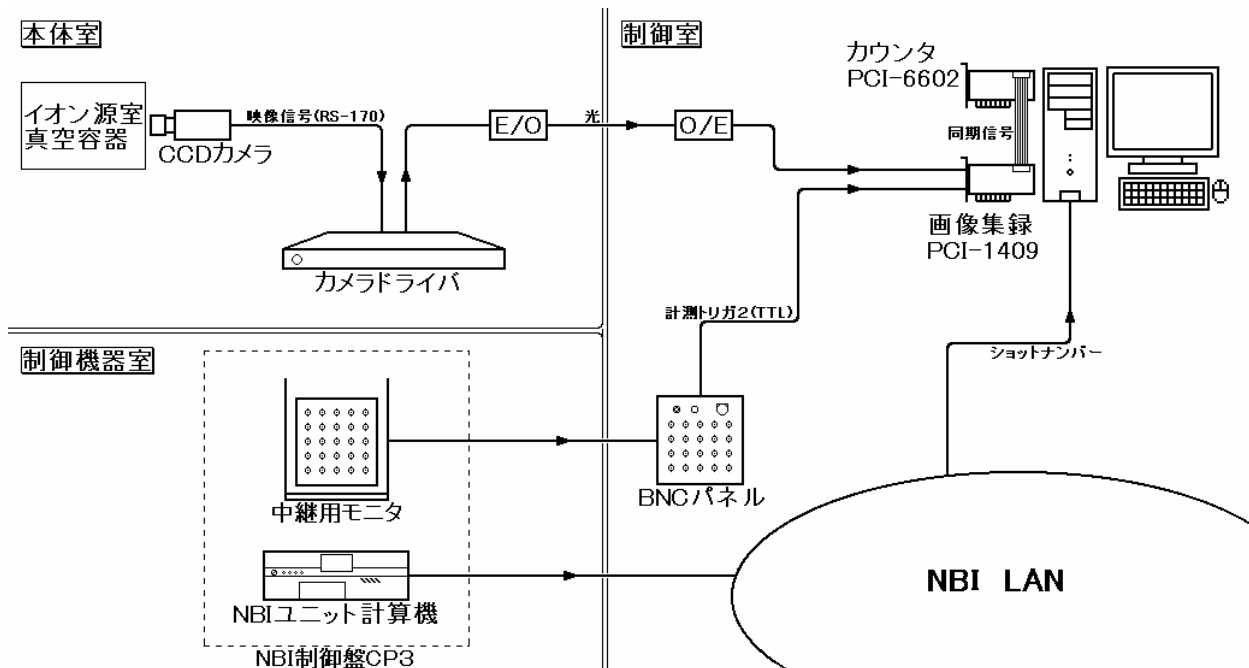


図 2. システム構成図

### 3 ソフトウェア開発

開発環境には、VisualBasic6.0 を使用した。PCI-1409、PCI-6602 共に NI 社の製品であるため、同じ NI 社の LabVIEW を使用したほうがサンプルも豊富で開発しやすいと思われるが、私が LabVIEW は使用したことがないが VisualBasic は使用したことがあること、LabVIEW が高額であること、少しではあるが VisualBasic 用のサンプルも付属していることから VisualBasic6.0 を使用することにした。

#### 3.1 シーケンスの流れ

画像集録の状態遷移を図 3 に示す。この図から、このソフトに必要な主な処理は以下の 5 つである。

- 画像を集録する
- 外部トリガで集録を開始する
- ユニット計算機よりショットナンバーを取得する
- データを保存する
- トリガから最初のフレームまでの時間を計測する

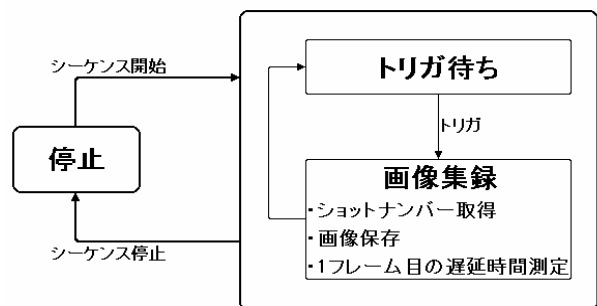


図 3. 状態遷移図

これら 5 つの処理を、それぞれテストして、基となるサンプルファイルにコードを追加していった。

画像集録ボードには、CW IMAQ コントロールという OCX コンポーネントが付属しており、それを使用し集録ボードを動作させます。上の二つに関してはサンプルファイルをほぼそのまま利用することができた。3 つ目のショットナンバーの取得に関しては、もともと NBI LAN につながっている制御盤ユニット計算機が、ショットナンバーを記述したテキストファイルを、NBI のマスターパルス毎に作り出しているということなので、それを Inet コントロールを使用し、FTP でダウンロードしてくることにした。データの保存に関しては、IMAQ コントロールに保存用の関数が用意されており、それを利用した。直前のアーク放電画像とトリガから 1 フレーム目までの時間計測の部分は今回のテストの段階では、まだできていない。

### 3.2 ユーザーインターフェイス

図3に操作画面を示す。操作画面は、私以外の人の使用も考慮して、扱いやすさを重視して作った。開始する時は、ビームのパルス幅を設定して”StartSequence”ボタンを押し、終了するときは”Stop”ボタンで停止、”Quit”ボタンでアプリケーションを終了する。

各ボタンには操作ミスが起きないように、イベントによっての使用可・使用不可の処理を施した。集録時間設定用

のテキストボックスには数値及びピリオド以外の入力を制限し、また Set ボタンを押したときに入力した数値が正しいかどうかを評価するようにした。画像表示は基本的に集録中のみであるが、スクロールバーを設けて、最新のショットだけはフレーム毎に見られるようにした。

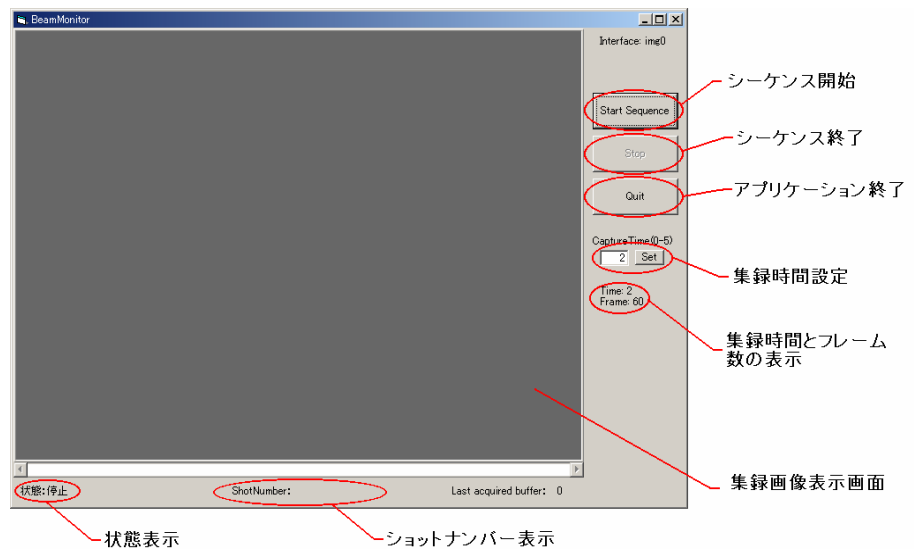


図4. 操作画面

## 4 結果と考察

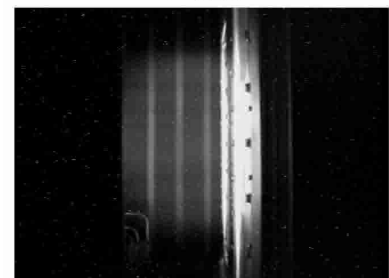
現在、開発の途中段階ではあるが、LHD 実験の第7サイクル中にテスト運用をしてみた。図5に集録した画像、図6に動作中のアプリケーションの操作画面を示す。集録時間を2秒に設定し、シーケンスを開始して、一連の集録動作を1時間ほど続けたところ、トリガパルスでの集録開始、FTPによるショットナンバーの取得、ショットナンバーのファイル名での画像の保存等、特に問題なく動作した。1時間で停止したことの理由として、データ量が360MBもの大きさになってしまったことが挙げられる。NBIでは1日あたり300ショットほどのビームを撃つ。1ショット2秒パルスを1日続けると、ビットマップ形式で5.4GBものデータ量になる。ZIP形式等で圧縮してみたが、もともと白黒で保存しているためか、3分の2程度にしかならない。しかし、これは1ファイルあたりのサイズというよりも、ファイル数が多すぎることのほうが大きな原因であると思われる。

## 5 今後の課題

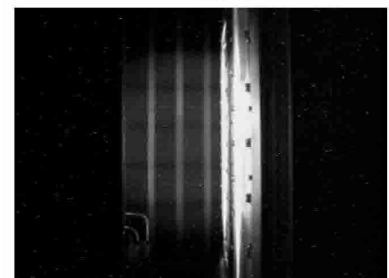
今回テスト運転してみて、新たにデータ量の問題が浮かび上がった。データ量を気にせず全フレームを保存するという方法もあるが、もう一度、データとして何が必要であるかを見直し、各ショット代表的なフレームのみを保存し、必要なときにだけ全フレームを保存する等の対策を考える必要がある。また、集録していない時でも、モニタできた方がよ



アーク放電



ビーム(両撃ち)



ビーム(片撃ち)

図5. 集録画像

り良いように思われた。

今回の報告に間に合わなかった課題としては、トリガパルスから最初のフレームまでの時間を計測すること。これに関しては、ボード間の速度にどの程度の精度があるかも調べたい。また、ビームを引き出す直前のアーク放電の画像を集録すること、そして、ビームの画像との差分を取る処理をすることも必要である。

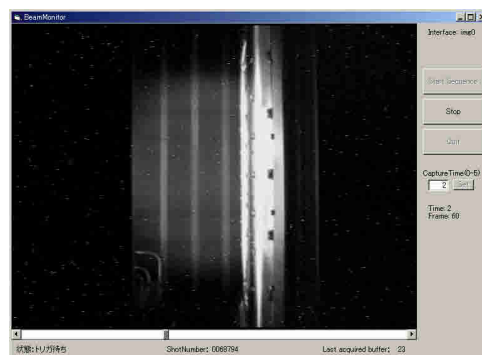


図 6. 操作画面(動作中)