

LabVIEW を用いた高速度カメラの制御自動化

関谷泉[#]

九州大学 応用力学研究所 技術室

概要

九州大学応用力学研究所高温プラズマ理工学研究センターでは、核融合炉の実現を目指し、球状トカマク装置 QUEST (Q-shu University Experiment with Steady-State Spherical Tokamak) を用いて研究・実験を行っている。本実験においては、プラズマ点火 (以下ショット) ごとに装置内に発生したプラズマを高速度カメラにて録画し、リピート再生を行う。従来、カメラ担当者が手動で録画と保存、再生を実施する必要があった。したがって、手動操作回数の削減による担当者の負担軽減、実験室への滞在期間短縮を目的として、プログラム言語 LabVIEW を用いて録画やリピート再生の手順を自動化した。本発表では自動化の過程に加え、録画ファイルの容量低減やソフトウェア間の互換といった自動化後に行った改良も紹介する。

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。それらの研究に最適なプラズマの生成と維持のためには、QUEST 装置の磁場コイル・RF 装置等のパラメータを最適化する必要がある。その判断材料の一つに、高速度カメラで撮影したプラズマの映像 (図 2) がある。例えば、プラズマの立ち上がり方、輝度、形状などの情報が映像から得られる。この映像を基に、磁場や RF ビームの強度・時間変化を調整していく。

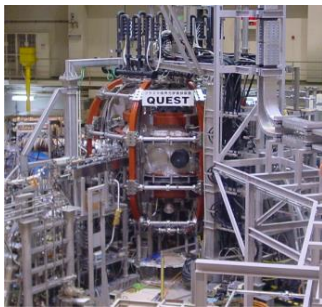


図 1. QUEST 装置

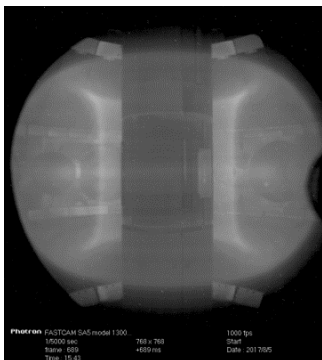


図 2. プラズマ映像

2. 高速度カメラ

QUEST 実験で利用する高速度カメラは、株式会社 Photron 社製 FASTCAM SA5 (以下 SA5) と FASTCAM Nova S6 (以下 Nova) の 2 種類である。全体的な形状を撮影する場合には SA5、短時間、高 fps、高シャッター速度で撮影する場合には Nova を利用する。当初は SA5 を対象として制御プログラムを開発し、その後 Nova へ適用できるよう機能を調整した。



図 3. SA5 (左) と Nova (右)

2.1 QUEST 実験時の高速度カメラ操作手順

QUEST 実験時に求められる高速度カメラの操作フローチャートを図 4 に示す。実験中はショットに合わせて図 4 の④～⑧を繰り返す。

2.2 専用ソフトウェア PFV の操作と問題点

PFV は、高速度カメラと接続している PC に導入することで、当該カメラの操作が可能となる専用ソフトウェアである。PFV の主な機能を以下に示す。

- 高速度カメラの制御
- 録画、保存、再生
- 簡易画像処理、画像計測
- 録画ファイルの変換 (AVI、MRAW、MP4 など)

PFV を用いた高速度カメラの操作における主な問題点を以下に挙げる。

- 実験中の手動操作が多い
PFV の場合、図 4 で示した⑤以外の手順全てで手動操作する必要があり、担当者は制御室 PC

前に常時待機する必要があった。また、次ショット前のリピート再生停止やトリガー待機開始に係る操作を失念し、次ショットの録画ができないうミスも発生していた。

- 録画ファイル名がショット番号に未対応
QUESTのショット番号は、最大5桁の一意的な連番が割り振られ、その番号にコイルの設定値および通電結果、計測機器からのデータなどが紐づけられている。PFVには録画ファイル名を自動でつける機能はあるが、任意文字列に連番が付く形式(例:#22222_001.avi、#22222_002.avi、...)しか指定できなかった。したがって、担当者は図4の手順⑩において、実際のショット時刻とファイル保存時間を照合して録画抜けがないか確認し、ファイル名をショット番号に修正する必要があった(例:#22222.avi、#22223.avi、...)。実験目的によっては一日の録画ファイル数が100を超える場合があり、時間と手間がかかっていた。

2.3 MRAW 形式

MRAWは、ヘッダー情報なしの非圧縮バイナリデータファイルである。バイナリ形式であるため、AVI等と比べるとファイル容量が軽くなる利点がある。ただし、PFVでMRAWファイルを読み込む場合には、同時に生成されるカメラ情報ファイル(CIH、Camera Information Header)が必須となる。

2.4 LabVIEW 用ライブラリ

高速度カメラの操作は、上記PFVの他にLabVIEWでも行うことが可能である。そのためには、Photron社が提供しているLabVIEW用ライブラリPHOTRON Device Control VIを導入する必要がある。当該ライブラリには、高速度カメラの制御・録画・保存・再生が可能なサンプルプログラムが用意されている。

3. 制御自動化

本開発では、カメラ用PCにLabVIEW2020と上記ライブラリを導入し、サンプルプログラムを改造して自動化プログラムを作成した。

3.1 要件

LabVIEWによる高速度カメラの操作自動化における要件を以下に示す。

- 録画ファイルの保存先フォルダ自動作成(yyyymmdd)
- ショット番号による録画ファイル自動命名
- 録画ファイル保存後、自動でリピート再生開始
- 次ショット前に自動でリピート再生を停止し、トリガー待機モードに移行

また、Novaに対しては、録画ファイル容量がSA5より大きくなる影響で、以下の要件が追加された。

- より軽量のMRAW形式による録画と保存
- LabVIEW、PFV両方でのMRAWファイル再生

3.2 追加・変更した機能

サンプルプログラムの改造において、追加・変更した機能を以下に示す。

- 録画ファイル保存先フォルダの自動作成
図4の②ソフト起動時に、西暦4桁、月2桁、日2桁を取得し、それを名称とするフォルダを指定ディレクトリに新規作成する機能を追加した。
- ショット番号とカウントダウン秒数の取得
ショット番号は録画ファイルの自動命名(図4⑥)、次ショットまでのカウントダウン秒数はリピート再生終了タイミングの指定(図4⑧)に必要となる。これらの値は、実験情報配信サーバからhtml経由で配信されている。この情報をLabVIEWで取得するプログラ

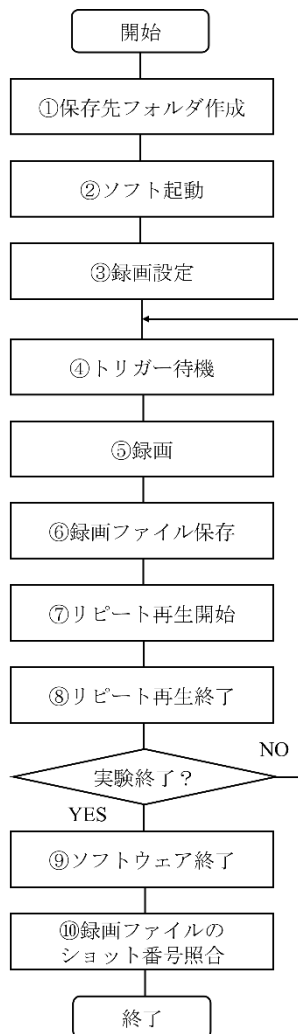


図4. 高速度カメラ操作フロー図

ムは別件で作成済みであり、それを使用した。

3. 録画時間を指定する機能
サンプルプログラムでは、録画時間を指定できなかったため、録画時間を秒数で指定できる機能を追加した(図4⑤)。
4. リpeat再生用画面の追加
サンプルプログラムでは、ライブ映像と同じ画面でリpeat再生していたが、自動化に際し、エラーが頻発した。そのため、別画面に移行してからリpeat再生するようにした(図4⑦)。なお、副次的効果として、後述する5と6の処理が簡単になった。
5. リpeat再生時の字幕追加・保存
リpeat再生初回に、fps・シャッター速度・再生時間(msec)をフレーム毎に字幕として付与し、録画ファイルに上書き保存する機能を追加した(図4⑦)。2回目以降は、字幕付きファイルをリpeat再生する。なお、当機能はAVIのみ利用可能であり、MRAWに対してはPFVで字幕を付ける必要がある。
6. リpeat再生停止・トリガー待機移行の自動化
次ショットまで残り20秒となった時、リpeat再生を停止して画面を閉じ、トリガー待機に移行する機能を追加した(図4⑧)。

また、Nova対応のために追加した機能を以下に示す。

7. MRAW形式による録画と保存
前述の通り、Novaによる録画ファイルの容量はSA5より大きくなる。大容量になると保存に時間がかかり、次ショットの録画に間に合わない可能性がある。そのため、バイナリ形式で軽量であるMRAW形式での保存が必須となった。サンプルプログラムには既にMRAW保存プログラムが存在しており、上記2、3、4の機能を当該プログラムに組み込むことでMRAW形式での保存が可能になった。
8. LabVIEW、PFV両方でのMRAWファイル再生
サンプルプログラムにはCIHファイルを作成する機能は実装されていなかった。PFVにて再生するにはCIHファイルが必須であるため、LabVIEW作成のMRAWファイルをPFVで再生することができなかった。CIHファイルの拡張子は.cihであるものの、内容はテキスト形式で記述されており、書き込みが可能であった。したがって、LabVIEWでCIHファイルを書き替えるプログラムを作成した。その結果、LabVIEW・PFV両方でMRAWファイルの再生が可能になった。

4. まとめ

自動化の結果、手動操作が必要となるのは実験開始(図4②)と終了(図4⑨)、そして撮影・録画条件の変更時(図4③)のみとなり、実験中は基本的に操作が不要となった。次ショット前のリpeat再生停止とトリガー待機への移行も自動化したため、録画ミスを防止できるようになった。録画ファイル名もショット番号に合わせて自動入力するため、実験終了後にファイル名を照合・変更する手間がなくなった。

また、SA5より録画ファイル容量が増大したNovaに対応するため、非圧縮バイナリデータファイルであるMRAWにて保存と再生ができるように上記プログラムを改善した。

5. 今後

現在、自動化プログラムにおいて、3.2で述べた通り、fps・シャッター速度・再生時間(msec)の字幕をMRAWファイルに付与できていない。また、実験後に録画データを手動で保存用サーバに転送している。今後、MRAWファイルへの字幕付与プログラムと、サーバへの録画ファイル自動転送プログラムを作成する予定である。