

LabVIEWを用いた高速度カメラ自動化プログラムの開発

関谷, 泉
九州大学応用力学研究所

<https://doi.org/10.15017/4794811>

出版情報 : 九州大学応用力学研究所技術室 技術室報告. 4, pp.38-42, 2022-07. Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University

バージョン :

権利関係 :

LabVIEW を用いた高速度カメラ自動化プログラムの開発

関谷 泉

要 旨

高温プラズマ理工学研究センターのプラズマ境界力学実験装置（QUEST 装置）で生成したプラズマは、高速度カメラによって観測・録画される。従来はプラズマ生成のたびにカメラを手動操作する必要があり、担当者の負担が大きく人為的ミスも生じやすい状況であった。この状況を改善するため、プログラミング言語である LabVIEW を用いて高速度カメラの操作を自動化するプログラムを開発した。

キーワード

高速度カメラ 自動化 LabVIEW QUEST

1. はじめに

高温プラズマ理工学研究センターでは、QUEST 装置を用いてプラズマを生成し、長時間電流駆動やプラズマ-壁相互作用等の研究を行っている。プラズマ生成および維持には、QUEST 装置周辺の各種機器のパラメータを調整する必要がある。パラメータには、高周波（RF）装置や各種コイルの電圧・電流値の波形、ガス導入のタイミングなどがあり、これらを調整する判断材料の一つに、プラズマの形状が挙げられる。プラズマ形状を観察するために、Photron 社製高速度カメラ FASTCAM SA5 を設置し、ライブ映像の観察・録画・リピート再生を行っている。

① ライブ映像の観察

生成プラズマの形状や明るさ、持続時間をライブ映像で観察する。発生時間が短く観察が難しい場合は、後述のリピート再生にて確認する。

② 録画

録画データを保存し、後述のリピート再生に利用する。その他、異なるプラズマ映像の比較や、映像と計測データを組み合わせた解析など、さまざまな用途に利用する。

③ リピート再生

プラズマ生成（ショット）後、次のショット

までの準備時間に、録画をリピート再生し、プラズマの観察および各種パラメータの調整を行う。スロー再生やコマ送りができるため、瞬発的なプラズマの観察や懸念箇所の詳細確認が可能である。

従来は、担当者が専用ソフトウェア PFV3 で高速度カメラを操作していた。詳細は 2-2.にて後述するが、実験中は手動操作をする必要があり、さらに実験終了後にも追加作業が発生していた。そのため、担当者の負担が大きく、人為的ミスも発生しやすい状況であった。

この状況を改善するため、プログラミング言語である LabVIEW を用いて、高速度カメラの操作を自動化するプログラムを開発した。なお、開発には、LabVIEW 2020 および Photron 社が提供している LabVIEW 用ライブラリを利用した。

2. 高速度カメラ FASTCAM SA5

高速度カメラ FASTCAM SA5 は株式会社 Photron によって製造され、QUEST 実験においては 2017 年からプラズマ観測に利用している（図 1）。当該カメラの仕様を表 1 に示す。ただし、色付き項目に関しては QUEST 実験で使用する値を記載した。



引用 : <https://www.photron.co.jp/discontinued/fastcam/sa5/>

図 1 FASTCAM SA5

表 1 FASTCAM SA5 仕様^[1]

撮像素子	C-MOS イメージセンサ
デジタル インターフェース	Gigabit Ethernet
記録メモリ容量	8 [GB]
解像度	512×512
撮影速度	最速 16000 [fps]
シャッター速度	最速 1/500000 [s]

2-1. 高速度カメラの配置・操作概要

高速度カメラと関連機器の配置を図 2 に示す。高速度カメラは、発生したプラズマを撮影するため、真空容器の窓に設置されている。ショット用のトリガー信号が中央制御システムから配信されると、分配器を経由したトリガーを受け、高速度カメラが録画を開始する。得られた録画データは、専用 LAN を介して真空容器傍のカメラ用 PC に転送される。当該 PC には専用ソフトウェアがインストールされており、録画の確認や撮影条件の設定が可能である。

ただし、実験中は真空容器内のプラズマから X 線が発生するため、本体室には入室できず、当該

PC も操作できない。したがって、制御室の PC から、QUEST 内部 LAN の一つである実験系 LAN を介してリモートデスクトップ接続し、遠隔操作する。制御室 PC の画面は、制御室内に設けられた大型モニターに共有されている。

2-2. 専用ソフトウェア PFV3 の操作と問題点

PFV3 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 (図 3)。PFV3 の主な機能を以下に示す。

- 高速度カメラの制御機能
- 録画、保存、再生機能
- 簡易画像処理、画像計測機能
- 録画ファイルの変換、ビューワー機能

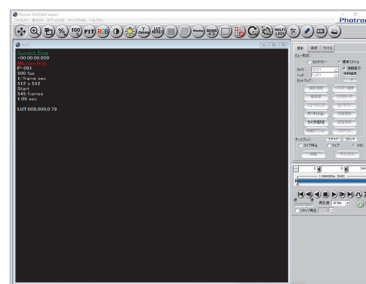


図 3 PFV3 画面

PFV3 を用いた高速度カメラの操作フローを図 4 に示す。色付きの項目は PFV3 で行う操作である。また、点線枠は自動で進行する動作である。

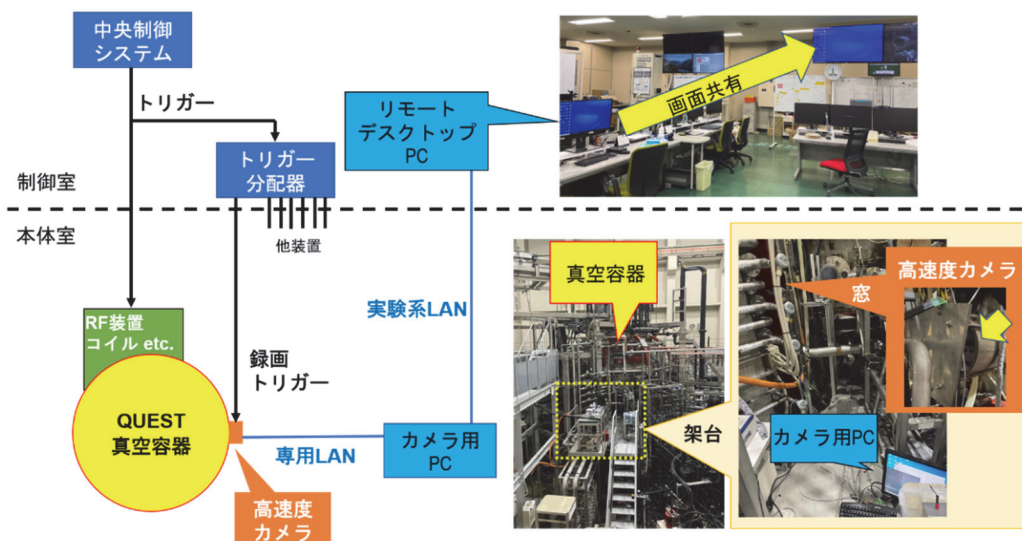


図 2 高速度カメラ配置

PFV3 を用いた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
 フロー図に示したように、実験中はショットに合わせて PFV3 を操作する必要があり、担当者は制御室の PC 前に待機しなければならなかった。また、次ショット前で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、次ショットが録画できないミスもまれに発生していた。
- 録画ファイル名がショット番号に未対応
 ショットには最大 6 桁の一意的な連番が割り振られ、その番号に各種装置の設定値や計測機器からのデータが紐づけられている。PFV3 には録画ファイル名を自動でつける機能はあるものの、任意文字列に連番が付く形式（例：#22222_001.avi、#22222_002.avi、…）であった。そのため、担当者は実験終了後、実際のショット時刻とファイル保存時刻を照合して録画の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、…）。実験によっては一日の録画ファイル数が 100 を超える場合もあり、時間と手間がかかっていた。

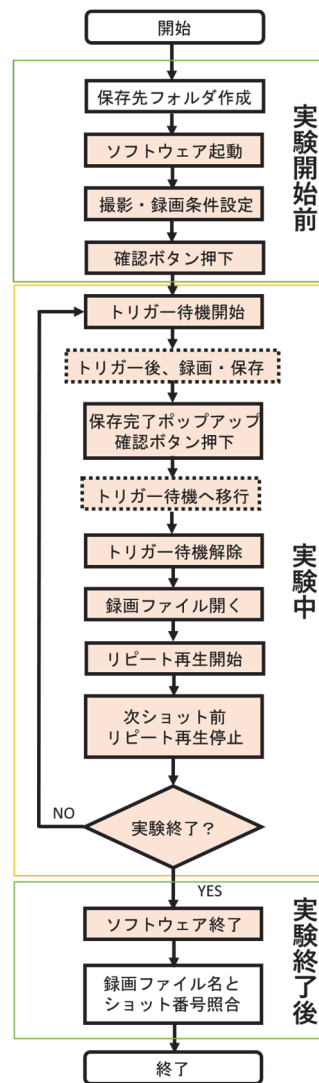


図 4 高速カメラ操作フロー図

2-3. LabVIEW 用ライブラリ

高速度カメラの操作は、PFV3 の他に LabVIEW でも行うことができる。そのためには、Photron 社から提供されている LabVIEW 用ライブラリである PHOTRON Device Control VI を導入する必要がある。基本的な機能は PFV3 とほぼ同じだが、簡易画像処理・計測機能とファイル変換機能は非搭載である。本ライブラリには、高速度カメラによる録画・保存・リピート再生を制御するサンプルプログラムが用意されている。

本開発では、カメラ用 PC に LabVIEW 2020 と上記ライブラリを導入した後、サンプルプログラムを改造して高速度カメラの操作自動化を図った。

3. 自動化

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を年月日で自動作成
- 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を開始
- 次ショット前に自動でリピート再生を停止、トリガー待機モードへ移行

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。

① 録画ファイル保存先フォルダの自動作成
 プログラム開始時に、西暦・月・日を取得し、それらを名称とするフォルダを新規作成するプログラムを作成し追加した。

② ショット番号とカウントダウンの取得
 ショット番号と次ショットまでのカウントダウンは、それぞれ録画ファイルの自動命名と自動操作のタイミング指定に必要となる。これらの値は、実験用 Web ページで配信されている。当該ページからショット番号を抜き出すプログラムは別件で作成しており、それを流用した。また、同プログラムを複製し、参照 URL を変更することで、カウントダウン取得プログラムを作成した。

③ 録画時間を指定する機能の追加
 サンプルプログラムでは、録画時間は設定できず、録画開始後に停止ボタンを手動で押すまでの時間で決定されていた。自動化に際し、録画時間を秒数で設定できるようにし、設定時間経過後に自動で録画を停止する機能を追加した。

④ リポート再生用画面の追加
 サンプルプログラムでは、ライブ映像と同じ画面でリポート再生していた。開発当初は変更せずにはいたが、エラーが頻発したため、別画面に移行してからリポート再生を開始するようにした(図 5)。なお、副次的効果として、後述する⑤⑥の処理が簡単になった。

⑤ リポート再生時の字幕追加・保存
 リポート再生初回に、FPS・シャッター速度・再生時間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プログラムを追加した。2回目以降は、字幕付きファイルを開いてリポート再生する。

⑥ リポート再生停止・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、リポート再生を停止して画面を閉じ、トリガー待機に移行するプログラムを追加した。

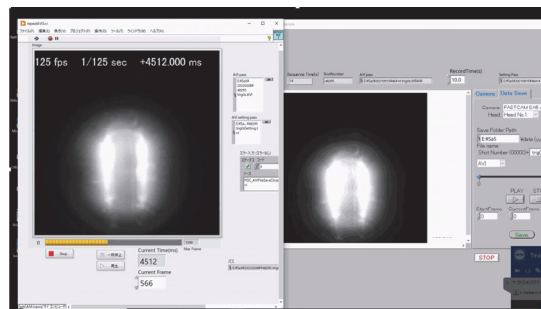


図 5 リポート再生用別画面 (左)

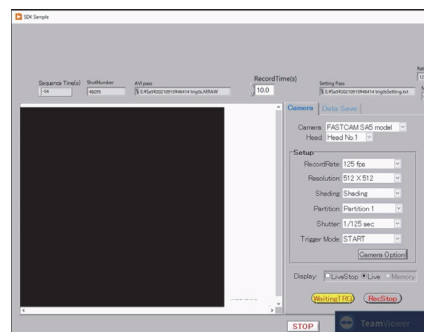


図 6 自動化後の LabVIEW 画面

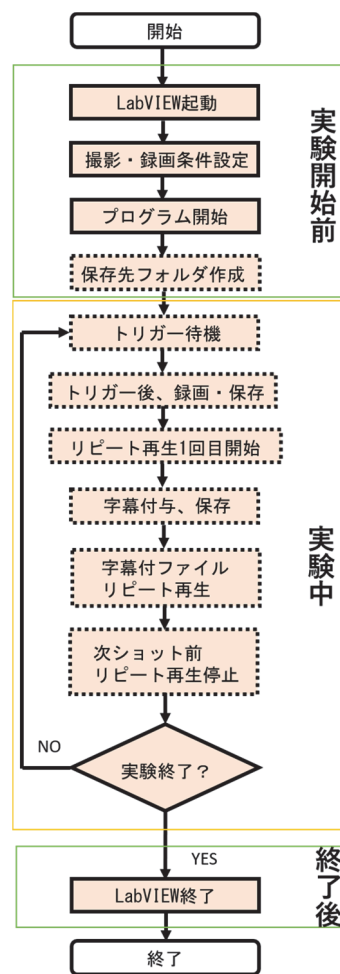


図 7 自動化後の操作フロー図

4. まとめ

自動化した LabVIEW プログラム (図 6) を用いた高速度カメラの操作フローを図 7 に示す。色付きの項目は LabVIEW で行う操作であり、点線枠は自動で進行する動作である。

自動化の結果、手動操作が必要となるのは、実験開始と終了、そして撮影・録画条件の変更時のみとなり、実験中は基本的に操作が不要となった。次ショット前のリピート再生停止とトリガー待機への移行も自動になったため、録画ミスが無くなった。また、録画ファイル名もショット番号に合わせて自動入力されるため、実験終了後にファイル名を照合・変更する必要がなくなった。以上により、担当者の負担が大幅に軽減された。

5. 今後の課題

今後の課題として、まずは字幕付き録画ファイルの低容量化である。字幕付き録画ファイルは、元の録画データからおよそ 4 倍の容量になってしまう。Windows Media Player の各種コーデックによる圧縮を試みたが、容量が軽減されるものの画質が非常に劣化してしまうため、字幕付き録画

ファイルの低容量化に向けた代替手段を講じる必要がある。

もう一つは、リピート再生の終了が早まる問題の解決である。LabVIEW プログラム開始後の数回において、まれに次ショットの 20 秒前よりも早くリピート再生が終了してしまう問題が発生している。プログラムを複数回実行していると、想定通りの時間に終了するようになるが、現在この原因を調査中である。

参考文献

- [1] 株式会社 Photron : FASTCAM SA5/FASTCAM SA5 RV ハードウェアマニュアル Revision 2.12J, p70, 2018.

謝辞

自動化プログラムの開発にあたり、高速度カメラの操作方法から LabVIEW ライブラリの提供など、様々な面でサポートして頂いた黒田賢剛特任助教に厚く御礼申し上げます。