九州大学学術情報リポジトリ
Kyushu University Institutional Repository

PFコイル電源制御プログラムの開発

新谷, 一朗
九州大学応用力学研究所

https://doi.org/10.15017/4482085

出版情報：九州大学応用力学研究所技術室 技術室報告. 3, pp.39-43, 2021-07. Research Institute for Applied Mechanics, Kyushu University
バージョン：
権利関係：

九州大学応用力学研究所 技術室
技術室報告 Vol. 3, 39-43

PF コイル電源制御プログラムの開発

新谷　一朗

要　旨

応用力学研究所の核融合力学部門では、乱流プラズマに関する研究発展のためトーラスプラズマ生成装置（PLATO）を用いた物理実験を実施している。PLATO に搭載された PF コイルに流す電流を制御するためには、PF コイル電源にパラメータおよび電流波形を設定し、充電開始指令を送る必要がある。本稿では、当該電源を制御するために開発した LabVIEW プログラムについて紹介する。

キーワード

PLATO　PF コイル　コイル電源　制御　LabVIEW

1．はじめに

核融合力学部門では、藤澤彰英主幹教授を中心に乱流プラズマをテーマにした研究に取り組んでいる。乱流プラズマに関する調査を行うため、応用力学研究所の乱流プラズマ実験棟にて、トーラスプラズマ生成装置（以下、PLATO: PLAsma Turbulence Observatory）を用いた物理実験が行われている。

PLATO がある実験棟の本体室には、3 種類のコイル（トロイダルフィールドコイル : TF コイル、ポロイダルフィールドコイル : PF コイル、オーミックコイル : OH コイル）と、各コイルに大電流を流すために使用する PLC（Programmable Logic Controller）電源（以下、コイル電源）が設備されている。PF および OH コイル電源は以前通電試験を行った際に故障したため、実験で使用するコイルは 2020 年 5 月まで TF コイルのみであった。しかし、同年 6 月に PF および OH コイル電源の修理が行われ、当該電源が復旧したことにより、制御プログラムを用いた PF/OH コイルへの通電を行うことが可能になった。

本稿では、PF コイル電源を制御するために、NI（National Instruments）製の LabVIEW で開発したプログラムについて紹介する。

2．PF コイルおよびコイル電源について

2-1．PF コイル

図 1 に、PF コイルの配置図を示す。PF コイルは PLATO 真空容器の周りに取り付けられている。PF コイルは、D、Q、H の 3 コイルと 2 対のフィードバックコイルで構成されており、プラズマ位置や形状制御の役割を担っている。

なお 2021 年 5 月現在、フィードバックコイルは使用されていないため、本稿ではフィードバックコイルに関する説明は省略する。

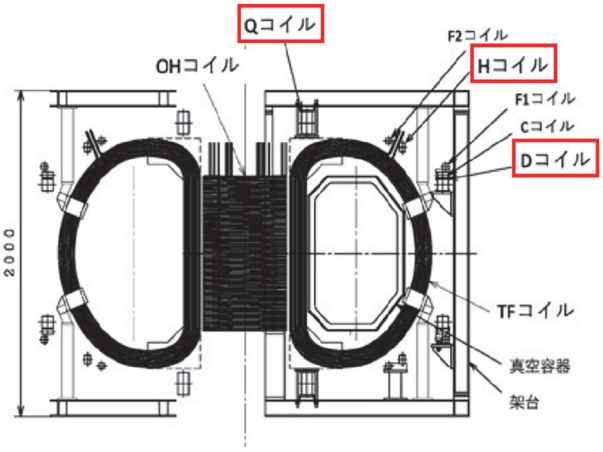

図 1　PF コイルの配置図

2-2．PF コイル電源

PF コイル電源は、D コイル電源、Q コイル電源、H コイル電源の 3 台で構成されている。これらを使用して各コイルに電流を流すためには、まず 2 つのパラメータ（最大出力電流、遅延時間）を設定する必要がある。最大出力電流とは、コイルに流す電流の最大値であり、0～600A の間に設定できる。遅延時間とは、コイル電源が放電開始トリガ信号を受信してから、オペレータが設定した電流波形を出力するまでにかかる時間であり、0～1000ms の間に設定できる。

次に各電源に対して波形設定を行った後、各電源に充電開始指令を送る。充電は約 3 分で完了し、その後、各コイル電源が放電開始トリガ信号を受信すると、コイルに電流が流れる仕組みになっている。

3．制御プログラム

PF コイル電源を遠隔で制御するため、実験棟の制御室にある常設用 PC（オペレータ PC）からパラメータや電流波形の設定、充電開始指令が可能なプログラムを開発した。

図 2 に、PF コイル電源と制御プログラムの関連図を示す。オペレータは中央制御を介して、パラメータおよび充電開始指令を本体室内の現場制御盤へ送る。電流波形のデータは、オペレータ PC から中央制御を介して、各コイル電源に送られる。

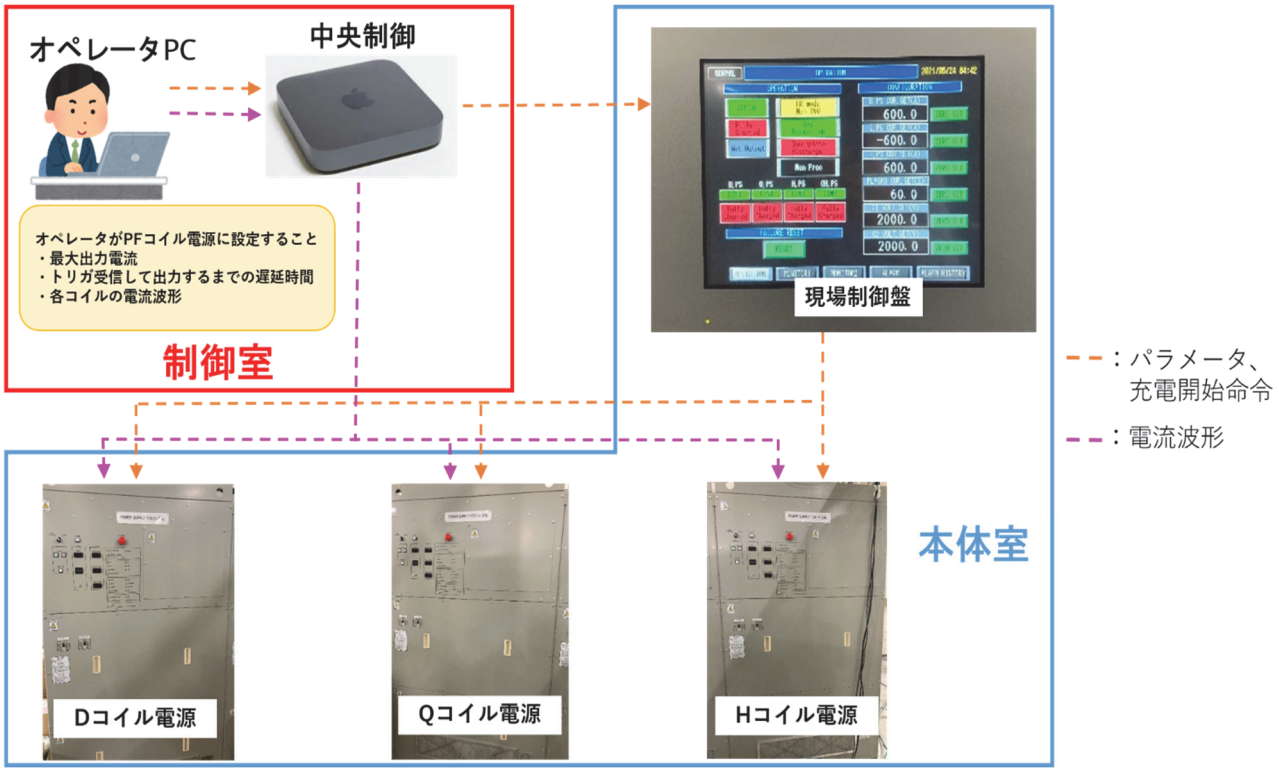

図 2　PF コイル電源と制御プログラムの関連図

3-1．パラメータ設定

パラメータの設定を行うには、まずオペレータ PC から PF コイル電源制御プログラム（図 3）を起動する。そして、所定の箇所に最大出力電流と遅延時間を入力する。Q コイルは他のコイルに対して逆向きに電流が流れるため、最大出力電流が負の値に変換される。その後、電源への指令リストから「Setting」を選択し、送信ボタンを押下する。

図 4 にパラメータ設定時のフローチャートを示す。オペレータが前述の操作を行うと、プログラム側から現場制御盤へ数値の書き込みが行われる。現場制御盤へ値を書き込むと、今度はオペレータが設定した値と現場制御盤の値が一致して

いるかを確認するため、現場制御盤の値を読み取る処理が行われる。読み取った値と設定した値が同じであれば、設定完了ランプ（送信ボタン下にある左側のランプ）が点灯し、パラメータの設定は完了する。

3-2．充電開始指令の送信

充電開始指令の送信も、図 3 のパネルから行うことができる。電源への指令リストから、「Charge ON」を選択して、送信ボタンを押下すると、充電が開始される。充電が完了すると、充電完了ランプ（送信ボタン下にある右側のランプ）が点灯する。

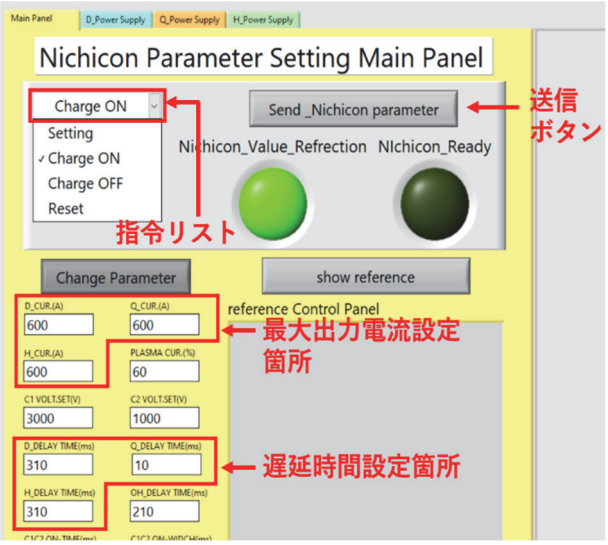

図 3 パラメータ設定パネル（一部抜粋）

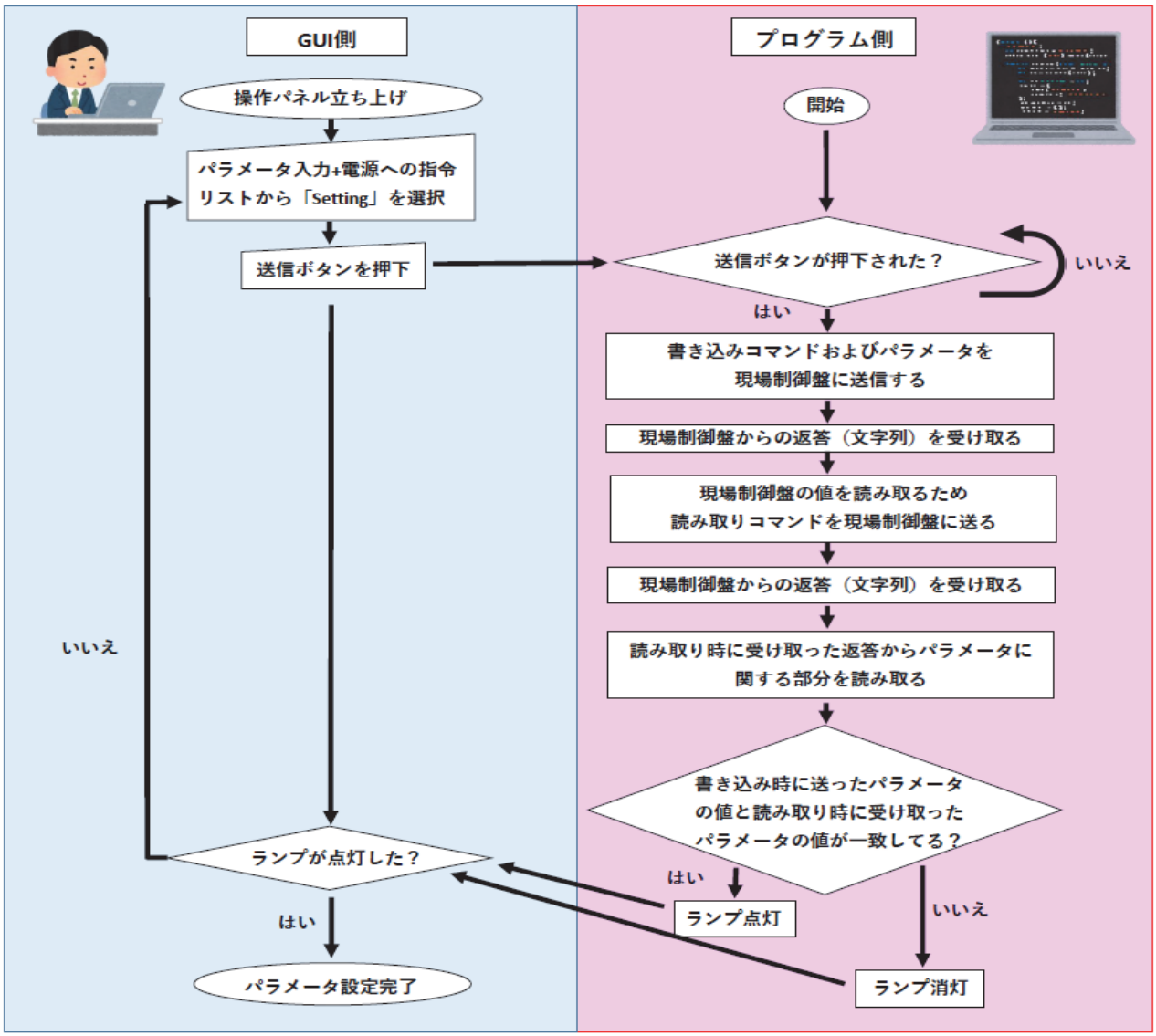

図 4　パラメータ設定時の制御プログラムフローチャート

3-3．PF コイルの電流波形設定

PF コイルの電流波形設定をするには、図 5 の電流波形設定パネルを操作する。オペレータは、電流波形表示部分からグラフの形を確認しながら、電流波形設定部分を編集する。その後、送信ボタンを押し、電流波形のデータをコイル電源に送信する。コイル電源の仕様上、送る波形は以下の条件を満たす必要がある。

・電流立ち上がり時間 ≧ 100ms
・電流立ち下がり時間 ≧ 100ms
・フラットトップ時間 ≦ 200ms

また、タブを切り替えることで、Q および H コイルの電流波形も同様に設定することができる。しかし、3-1 節のパラメータ設定とは異なり、PF コイル電源に送信した波形データがコイル電源に書き込まれているかを確認する機能はついていない。そのため、実際に PF コイルに電流を流した後で、PF コイルに流れた電流データを収集して波形を確かめる必要がある。

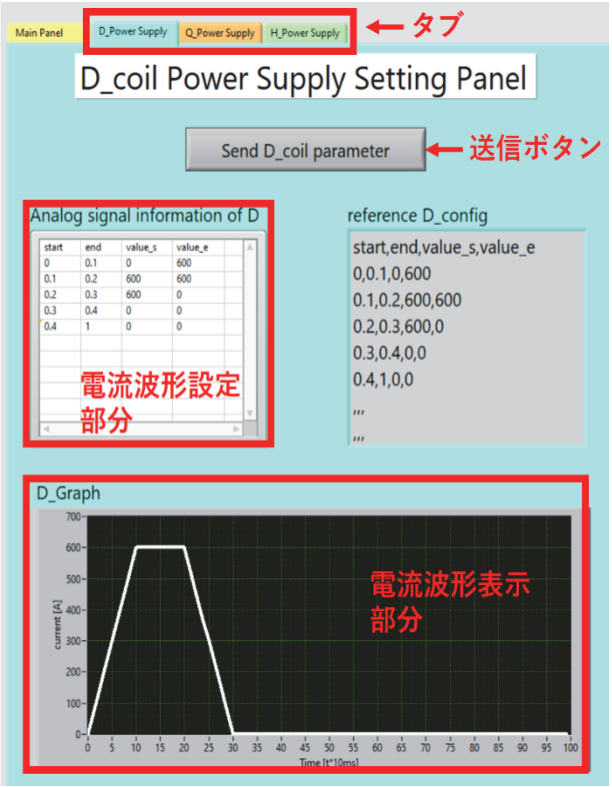

図 5　D コイル電流波形設定パネル

4．PF コイルに電流を流した時の波形確認

実際に PF コイルに電流を流し、オペレータの設定通りに電流波形が出力されているか確認するため、各コイル電源に対して、図 6 のように電流波形を設定して通電したところ、図 7 の結果を得た。両図から、設定通りに PF コイルに電流が流れていることを確認した。

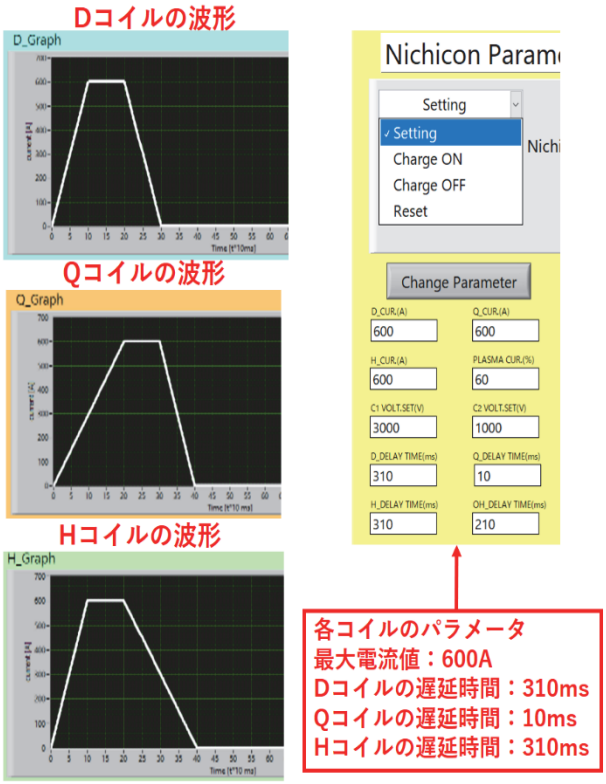

図 6　電流を流した際のパラメータおよび電流波形設定パネル（一部抜粋）

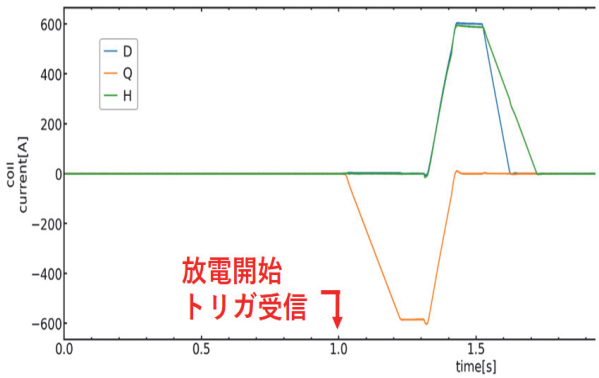

図 7　各コイルに流れた実際の電流波形グラフ

５．最後に

現在、開発した PF コイル電源制御プログラムは既存の PLATO 制御システムに組み込まれ、問題なく動作している。なお、既存の PLATO 制御システムに関する内容については、技術室報告 Vol.2[1]を参照して頂きたい。

先日、PLATO 実験の関係者に PF コイル制御プログラムについてヒアリングを行ったところ、「PF コイル電源制御プログラムの操作で特に難しいと感じたところはない」、「PF コイルに設定した電流がきちんと流れている」という感想を頂いた。今後も PLATO 実験の効率化のため、制御システムの改修に努めたい。

参考文献

[1] 新谷一朗:PLATO 制御システムの開発, 九州大学応用力学研究所技術室　技術室報告, 2, 35-42 , 2020.

謝辞

本プログラム開発の機会をくださった九州大学応用力学研究所の藤澤彰英主幹教授、稲垣滋教授、文贊鎬助教、プログラム作成時に助言をいただいた長谷川真助教に深く感謝します。また、電源に関する説明をしてくださった広島大学大学院先進理工系科学研究科の山崎広太郎助教にも、この場を借りてお礼申し上げます。