

ロケットエンジンの推力測定システムの開発

研究者: 情報科学類3年
金子 紘也

工学システム学類3年
上村 典道

工学システム学類3年
丹羽 直之

応用理工学類2年
赤須 雄太

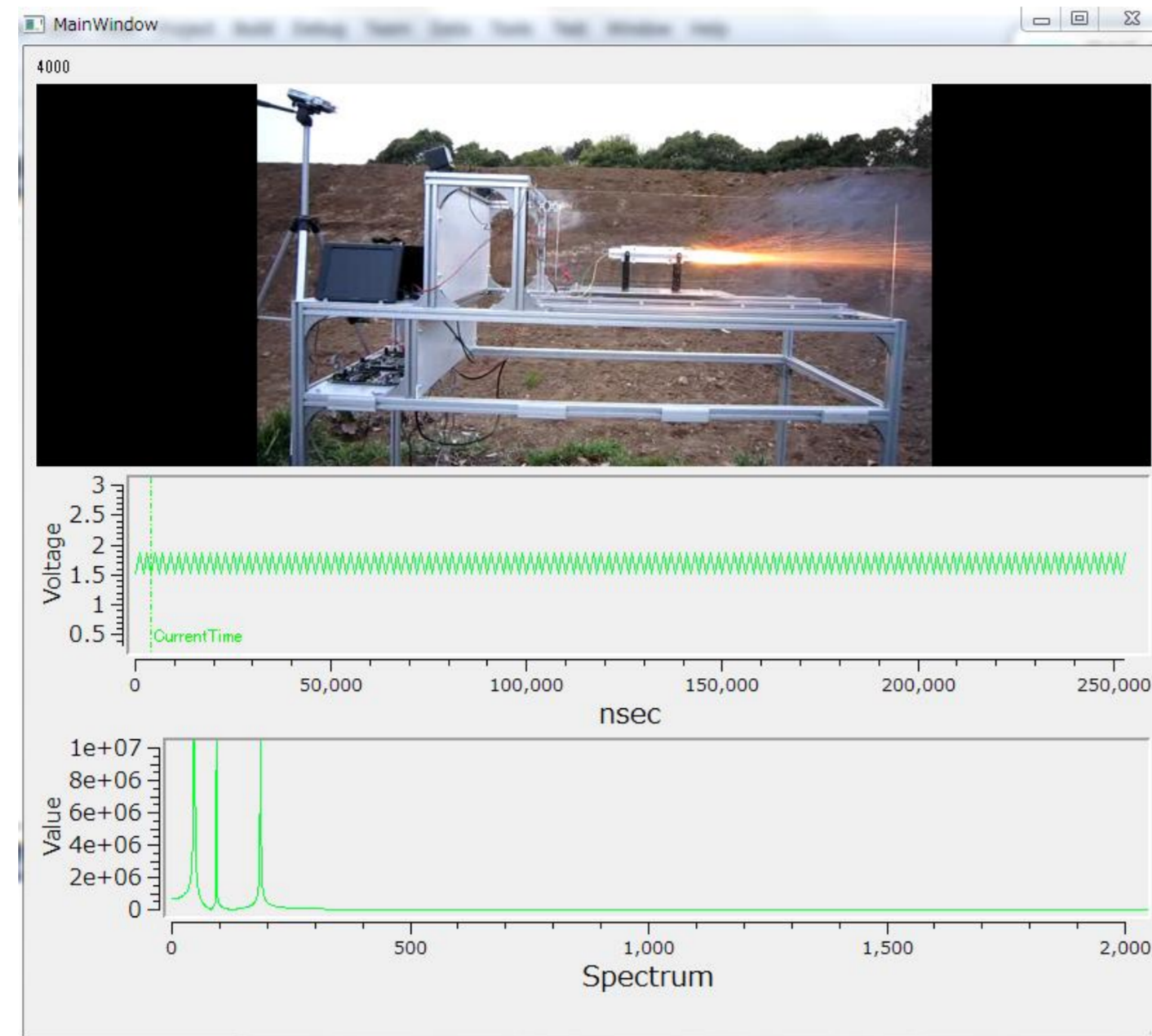
応用理工学類2年
大古 喬之

1. 研究の背景、目的

近年、様々な大学や学生団体レベルにおいて小型のロケットの試作や研究が行なわれている。その一方で、ロケットエンジンそのものではなく、小型のロケットを対象にした測定システムについては、その場その場に応じて製作することが多く、汎用的かつ効果的な測定システムの開発は行なわれていない。本研究では、小型固体ロケットエンジンそのものの開発や評価を支援することを目的とした推力測定システムを研究、施策を行なう。

2. システム構成

本測定システムは、ロケット本体を保持する推力測定台と、圧力を電圧に変換する歪み検出器、ロケットへの着火・測定データの取得を行なう電子機器類、及び測定データの解析を行なうソフトウェアで構成されている。



(図3) 解析ソフトウェア(開発中)

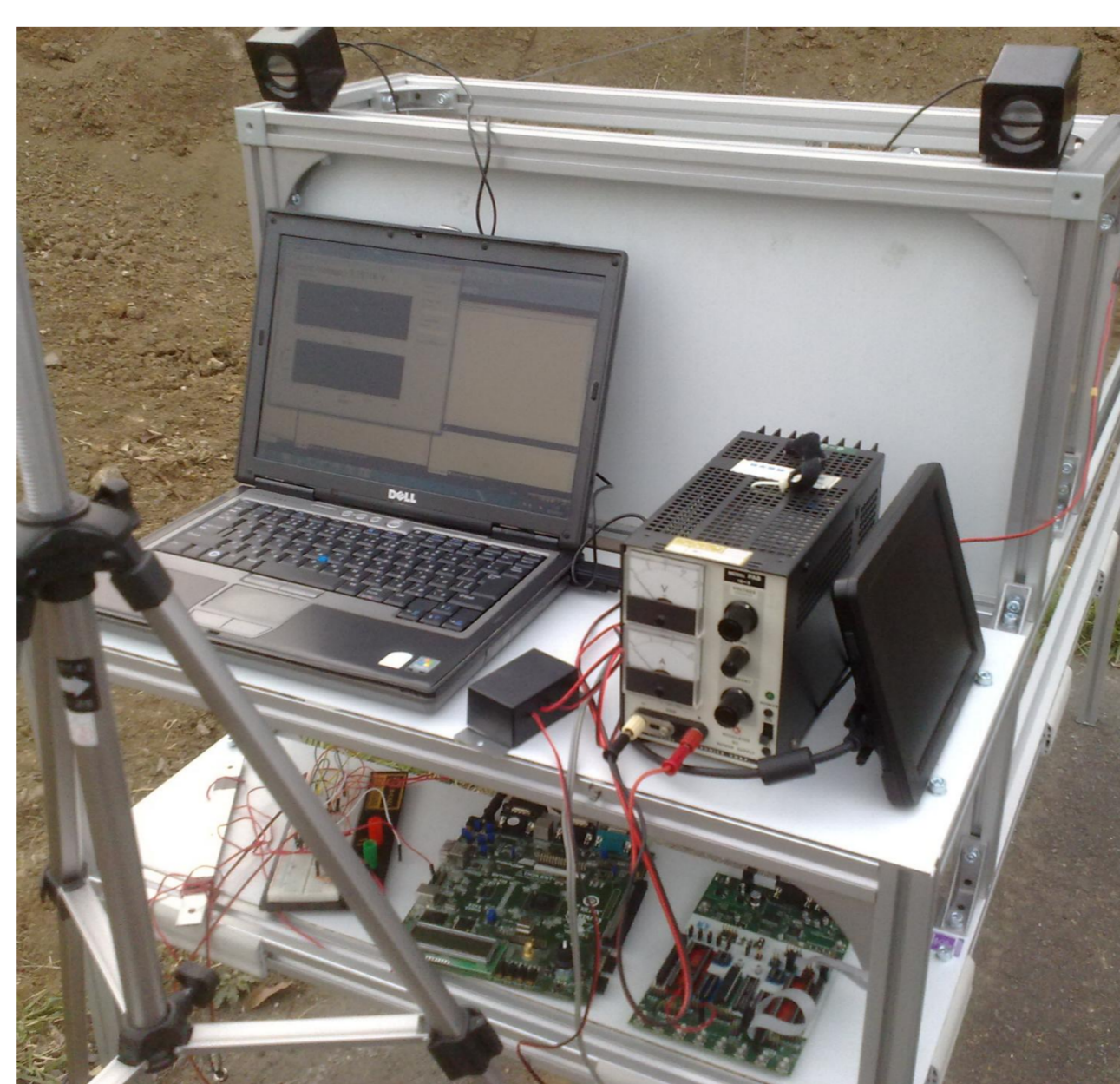
・推力試験台及び歪み検出器(図1)
ロケットは、安全性を考慮し滑車上のアルミパイプ中に固定される。固定されたロケットの周囲はポリカーボネートとアルミの板によって囲まれており、実験者および計測機器を保護するようになっている。燃焼試験の際はロケットが固定された滑車はレール上を走り、歪みゲージをはりつけた試験片を押して変形させる。これにより、ロケットの推力が歪みゲージから出力される電圧へと変換されるため、これをアンプによって増幅し出力することによって、推力の測定を実現する。



(図1) 歪みゲージとレール

・点火シーケンス制御(図2)

試験時の安全性を考え小型ディスプレイの点滅とスピーカーからの警告音の出力を含む、点火シーケンス制御を行なう。点火シーケンスはFPGA上に実装されたシーケンサを用いて行なわれ、数度の警告音、画面の点滅の後に、接続されたAVRマイコン基盤に対して点火シグナルが送信され、AVRマイコン基盤に接続された点火回路の電源がONになるようになっている。シーケンサそのものは点火シーケンスのみでなく、RS232Cベースで送られるコマンドによってFPGAボード上の各デバイスのON/OFFやSleep、送信データの切り替えなど汎用的なシーケンサとして利用できるようになっているが、点火シグナルについては伝送路上のノイズを考慮し、点火シーケンス専用のマクロ命令からでないことと実行できないような安全対策を取った。



(図2) PC及び周辺基盤

・計測及び解析用ソフトウェア

ログ取得用と解析用で2つのソフトウェアの開発を行なった。ログ取得用ソフトウェアはRS232C接続されたFPGAボードが送信する電圧データをリアルタイムにプロットし、ログファイルに書き出すソフトウェアである。シーケンサの点火シグナルと同期してログ取得を開始できるような仕組みも備えている。解析用ソフトウェアは取得した電圧ログや、映像、音声などを時間軸で統合して分析できるようなインターフェイスを備えたソフトウェアであり、測定後の分析を容易にするものである。(図3)

3. 試験手法

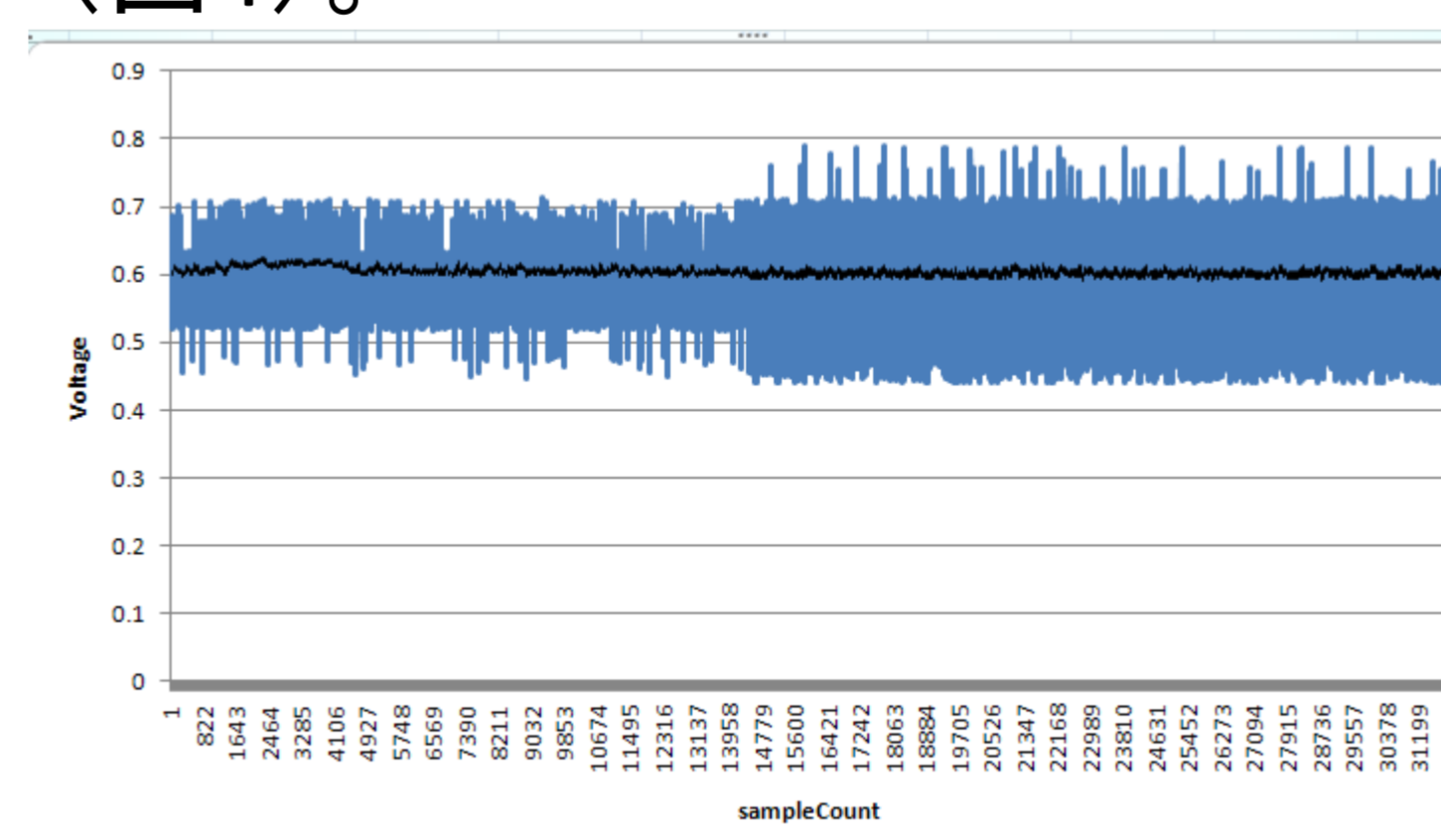
固体燃料ロケットを3本製作し、本システムを用いて実際に燃焼試験を行った。固体燃料ロケットのプロペラントに過塩素酸アンモニウムのコンポジット推進薬を使用し、いくつかの想定燃焼室圧に対して最適膨張で推力が100Nになるように設計した。

4. 試験結果

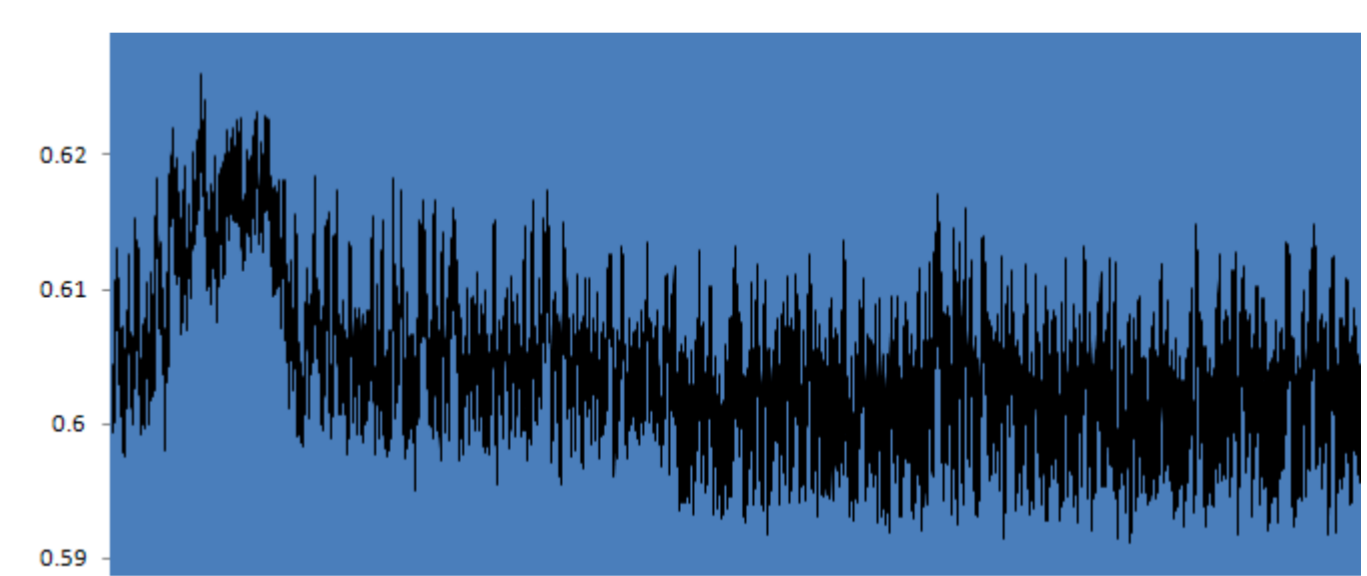
3度行なった試験(図6)では、全システムが正常に稼働し、ロケットの燃焼も非常良好であった。取得したログを確認したところ、非常に周期的なノイズが多く、歪みゲージ後段のアンプ回路に多くのノイズが発生していることがわかった(図5)。移動平均を取ったグラフを見ると、時間の推移と主に山のようなものが辛うじて確認できたが、正確な推力の算定は行えなかった。また、3度目の試験において、ロケットが歪み検出棒を突き抜けることがあった(図4)。



(図4) ゲージ部を突き抜けた様子



(図5) 測定結果(青は実測、黒は50区間移動平均)



(図6) 試験の様子

5. 今後の展望

本研究で、安全安価なロケットの推力測定台構築に関する知見が得られた。今後は、現在開発中である解析ソフトウェアの改良を重点的に行ない、データからの知識抽出が効率的に行えるようにしていくとともに、現在ノイズが非常に多い歪みゲージ周辺回路を改良していく。