

神戸大-北大 GCOE 衝突実験実習装置の製作

中坪 俊一、藤田 和之、中鉢 健太

技術部装置開発室

はじめに

平成 20 年度グローバル COE（以下、GCOE）に採択された神戸大学－北海道大学連携によるプログラム『惑星科学国際教育研究拠点の構築』の拠点形成計画の一つとして多様な人材教育を目的とした事業がある。今回製作した装置は、この多様な人材教育の場として、衝突実験と分析技術を通じて大学院生に研究レベルでの実践的トレーニングを行なうためのものである。約 5 年前に本研究所と神戸大学にそれぞれ、4 bar 程度の低圧ガス銃を製作した。この経験から今回このような大きなプロジェクトに技術部が関わることとなった。

装置の概略 ～装置全体～

製作した装置の全体図および各部の構成は図 1 の通りである。ガス銃は取り付ける位置を変えることにより、斜めからも弾が撃てるような構造である。最大の特徴は、前後面に取り付けられた大きな窓である。試料の設置や内部が明瞭に観察でき、試料台に設置されたターゲットの衝突の様子を一度に多くの大学院生が見ることができる。また、ガス銃が取り付けしていないガス銃固定部は、観察や照明等の窓としても利用できる。

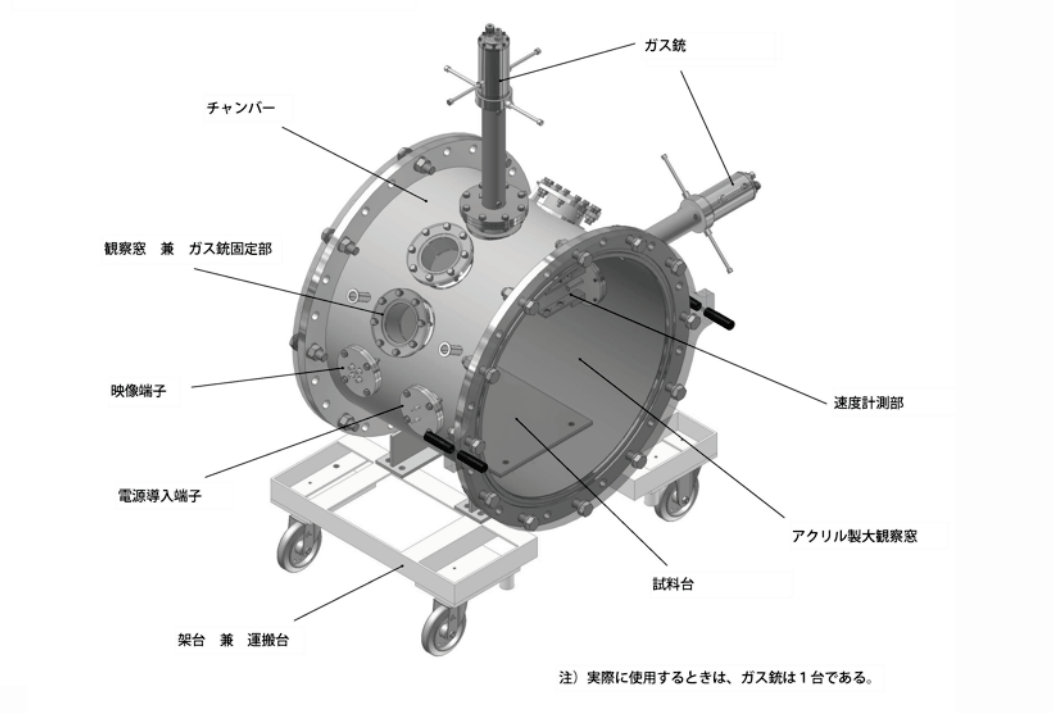


図 1 衝突実験装置全体図

装置の概略 ～ガス銃～

弾を発射するガス銃の内部は図 2 に示す構造となっている。弾を装填するときは、高压容器内部に圧力がかかっていないことを確認し、高压容器・ダイヤフラムなどを外し、銃身に挿入する。その後、ダイヤフラム・高压容器を取り付け、ガスラインより不活性ガスを 10 bar 充填する。弾を撃つ時は電磁ソレノイドに通電し、ソレノイドの先に取り付けた撃針を上下に駆動させダイヤフラムを破ることにより、高压ガスが銃身内に流れ、弾が発射される。

なお、今回の実験実習では神戸大学の工作室を利用して、実験に参加した大学院生が技術職員に指導を受けながら、自らが工作機械を使って弾を作るという実習も行われた。

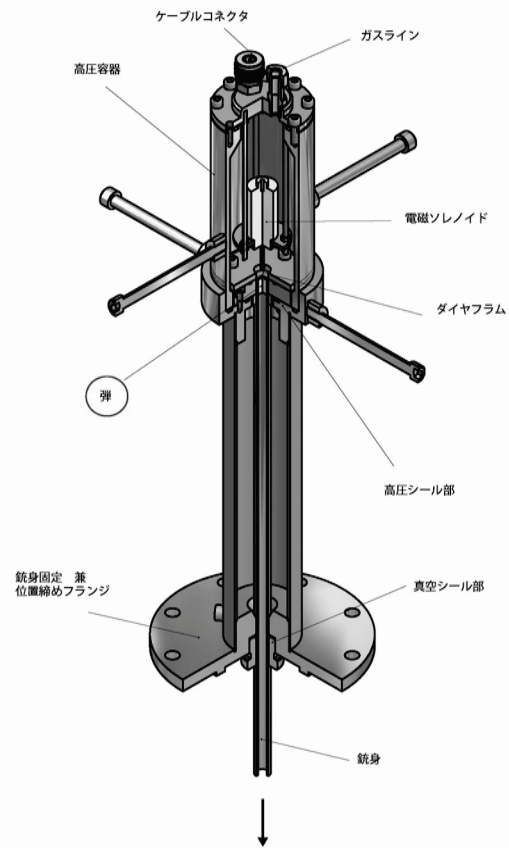


図 2 ガス銃内部構造

装置の仕様

依頼者から図 3 に示すような設計概念が提示され、仕様に対しては以下の要望があった。

1. 実験試料の制限を設ける必要が少なく、実験時の解析を容易にするため、チャンバーの内径をできる限り大きくしてほしい（最低 $\phi 500$ mm、希望 $\phi 700$ mm）
2. チャンバー内を真空にしてほしい（100 kPa 程度）
3. 実験の様子を観察するために大きな窓をつける（前後面）
4. 概念図にある角度から弾が撃てるようにする（角度精度は ± 1 度程度）
5. ガス銃は 10 bar（できれば 15 bar）程度の圧力に耐えられる構造とする
6. 弾の発射はソレノイド構造とする
7. 弾の速度を計測する測定器を取り付ける

初期の設計では、神戸大学の実験室の間口・建物のエレベーターの幅より大きく、搬入できない寸法だった。そのため、再度実験装置の寸法等を変更し、仕様が確定した。

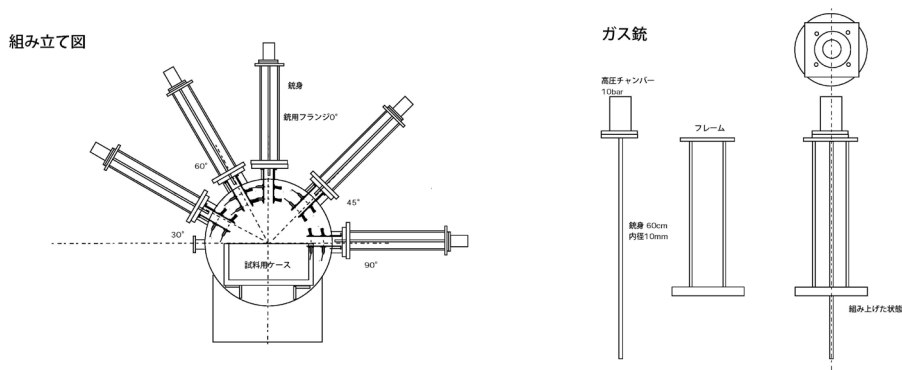


図 3 提示された装置の概念図

装置の設計・製作

依頼は神戸大学－北海道大学 GCOE が採択された後の 2008 年 9 月にあり、納期は衝突実験が行われる翌年 2 月であった。依頼後すぐに設計を開始したが、予算が正式に確定し製作を開始したのは 11 月中旬であり、納期までの時間が 2 ヶ月程度しかなかった。製作を開始するまでの 2 ヶ月弱の期間、我々は様々な要望を満たすべく、いくつかの設計と見積計算をおこなった。中でも依頼者の要望を満たすためのチャンバーのサイズと仕様に時間を割いた。

真空チャンバーを設計・製作するときは、円筒状のパイプに穴をあけて、ポートと呼ばれる窓や真空部品をそれぞれ取り付ける方法が用いられる。これまで製作してきた真空チャンバーも、ほとんどを同様の方法で製作してきた。しかし、今回の要望はこれまで製作してきたチャンバーをはるかに超えるサイズであり（最低でも $\phi 500 \text{ mm}$ 、できれば $\phi 700 \text{ mm}$ ）、我々の保有する工作機械ではパイプを購入して正確な穴加工をすることはできない。外注では費用が非常にかかり、費用を抑えようとする加工サイズが最大 $\phi 500 \text{ mm}$ 程度までと制限されるため、加工方法を再検討した。

そこで今回採用した方法が、図 4 にあるように板にあらかじめ窓となる穴を加工し、その後図 5 のように外注でその板をロール加工で丸め溶接をして、円筒状にする方法である。



図 4 板を加工している様子

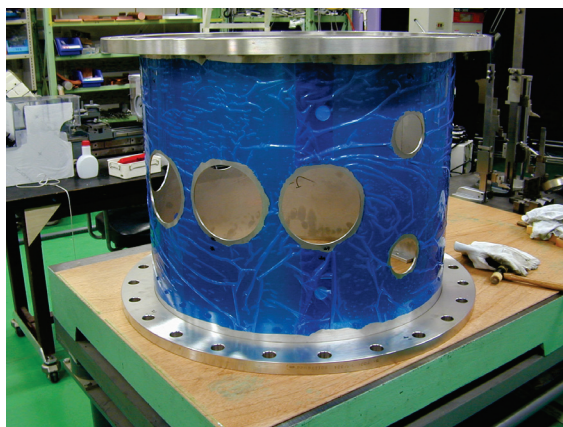


図 5 板を丸め溶接し、フランジをつけた状態

当然のことだが、板に円をあけた場合、ロール加工後パイプにしたときには、その円は楕円になってしまう。これでは、円筒状の窓などを取り付けようとすると、二次加工が必要になる。そこで、あらかじめ板状の時に楕円状の穴をあけ、二次加工を不要にした。しかし、当初こちらが外注先に要求していた板厚 4-5 mm のロール加工は形状保持などの点で問題が生じるなど難しく、板厚 3 mm までという制限が付いてしまった。そこで加工に先立ち、板厚 3 mm で真空圧 (100 kPa) に耐えられるかの解析をおこない (図 6 と 7)、強度の確認をした。穴のあいた箇所周辺は変形量が多く、安全率が低い。しかし、そこにはガス銃固定用の肉厚フランジが溶接されるため、解析値以上の強度は保たれる。

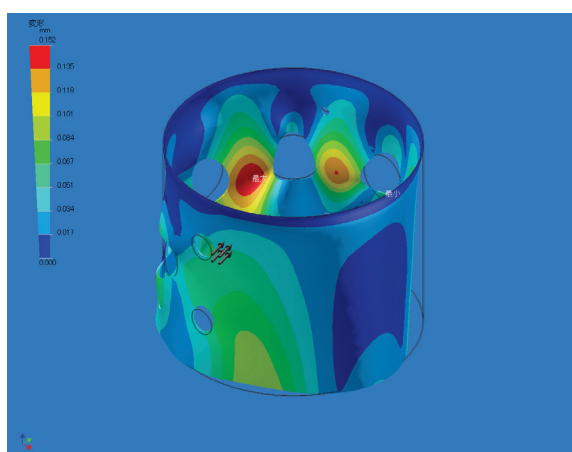


図 6 100 kPa 時の変形量

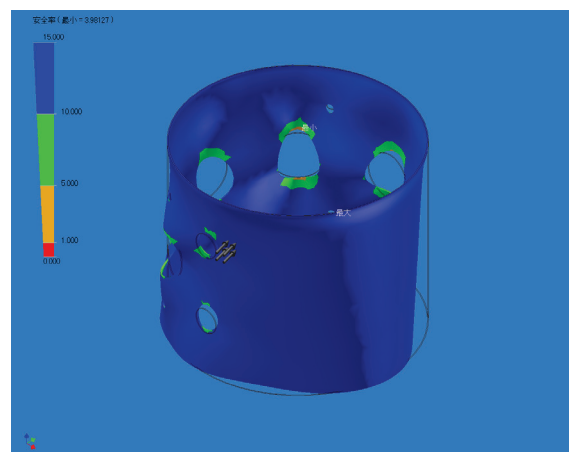


図 7 100 kPa 時の安全率

おわりに

今回試行錯誤を繰り返しながら、短期間にもかかわらず、図 8 に示す実験装置が製作できた。また、依頼者の要望を最大限満たす仕様の装置が製作でき、さらに実験実施場所である神戸大学まで行き設置にも携わった。実験実習のすべてには立ち会えなかったが、衝突実験は当初の目的を無事に達成したようである。次年度以降もこの装置を使い、神戸大学-北海道大学 GCOE プログラムに参加される大学院生の実験実習、神戸大学-北海道大学の研究に役立つように今後も携わっていきたい。

今回のような、大きなプロジェクト参加に対してご協力・お誘いをいただいた本研究所の山本哲生教授、名古屋大学環境学研究科の荒川政彦准教授ならびに神戸大学理学研究科の中村昭子准教授には大変お世話になりました。心よりお礼申し上げます。

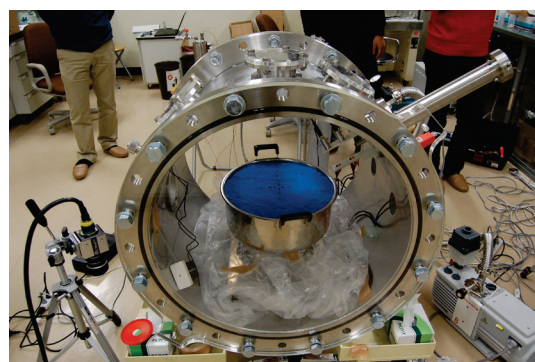


図 8 実験装置 (神戸大学にて)