

モデルロケットにおける安定係数と飛行性能に関する研究

－ モデルロケット全国大会での入賞を目標に －



実施担当者
岡山県立倉敷工業高等学校
教諭 藤田 学

1 はじめに

モデルロケットは、本体に紙や木、プラスチックなどの非金属材料を用いて製作し、黒色火薬でできた固体燃料で打ち上げるロケットである。日本モデルロケット協会が主催する全国大会が年2回、茨城県で開催されており、私たち県立倉敷工業高等学校チームは、その大会での上位入賞を目標とし、高度競技用の機体を中心に、機体質量は小さいけれども、風の影響を受けにくく、安定した飛行性能を示すロケットの開発に取り組んだ。

2 研究方法

私たちが目標の達成に向けて取り組んだ内容は次の通りである。

- ① フリーのアプリケーションである「OPEN ROCKET」(<https://openrocket.info/>) を用いてロケットを設計し、風速2m/s の場合と5m/s の場合でシミュレーションを行い、到達高度の変化を確認する。なお、設計する際には、フィンの形状と後退翼の割合、並びに、重力中心と圧力中心との差をロケット胴体の直径で割った「安定係数」(図1) に重点を置いた。
- ② 安定係数が0.72、0.91、1.1の機体について、特に風速の変化に対して到達高度が大きく変化しなかった機体を安定性の高い機体と判断し、試作とテストフライトを行い、実際の飛行の様子を確認した。
- ③ 最も安定して飛行した機体の設計に準じて、高度競技とストリーマ滞空競技用、パラシュート滞空競技用の機体を製作し、全国大会に出場した。
- ④ 得られた成果を多くの学会で発表し、受けたアドバイスを元に、新たな機体の開発を行い、来年度の全国大会での更なる上位入賞を目指す。

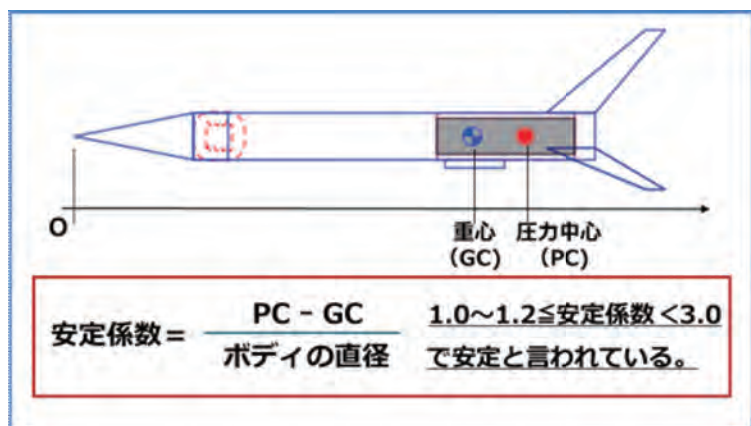


図1 安定係数について

3 結果と考察

3-1 シミュレーションの結果と試験飛行の結果

安定係数が約0.72と0.91、1.1の場合についての計算質量とシミュレーション結果、及び試験飛行の結果を図2に示す。なお、実機はノーズコーンと胴体は紙で、フィンにはバルサ材を用い、表面は耐熱性と耐水性、強度を増加させるために柿渋でコーティングしている。

安定係数	計算質量	到達高度 (風速2m/s)	到達高度 (風速5m/s)	設計画面	試験飛行
0.72	5.0g	87.6m	86.9m		
0.91	5.0g	87.2m	86.4m		
1.1	5.0g	87.7m	86.9m		

図2 シミュレーションと試験飛行の結果

試験飛行の結果は、安定係数1.1の機体のみが安定した飛行を示し、安定係数が0.72と0.91の機体については、途中で上下が逆になる、非常に不安定かつ危険な飛行状態を示した。図1の中にも示したように、一般には安定係数が1.0~1.2以上のロケットが安定して飛行するといわれている。しかし、モデルロケットのトップチームの中には、安定係数は0.75程度が良いという意見もある。今回の結果とロケットの形状を比較すると、トップチームのフィンには面積も小さく、大きく後ろに張り出していないことから、おそらく比較的大きな後退翼を採用している私たちの機体では、安定した飛行を実現するためには、1.1以上の安定係数が必要であると考えられる。

3-2 大会用機体について

全国大会に向けては、安定係数1.1のロケットをもとに、より到達高度を高めるため、フィン形状の微調整を行った。また、競技に合わせてロケット内部にサイズの大きなストリーマーやパラシュートを収納できるようにボディーの長さを変化させて次ページに示した図3のような、各競技ごとの特性に合わせたロケットを製作した。

3-3 全国大会結果

本研究の目標としてきた、第47回モデルロケット全国大会は、令和7年10月4日（土）、雨が降ったり止んだりする中、茨城県霞ヶ浦総合公園で開催された。本校からは、これまでともに開発を進めてきた、1年生の遠藤陽向、樺野莉輝、西川倫矢と私が出場した。各競技の結果を次ページの表1に示す。上位入賞を目標とした高度競技の結果は、1名が危険飛行で失格となってしまう、残り3名の平均も64.0m と、シミュレーションの結果からは30m 近くマイナスとなってしまった。実際の飛行の様子を、ほぼ真下の地上から目視で確認していたが、かなり後端が横に振られているように見えた。テストフライトを行ったときは晴天で風速も2m/s 未満であったが、当日は雨が降ったりやんだり、かなり湿度が高く、風速も3m/s から4m/s という状況であった。

競技内容	安定係数	計算質量	到達高度 (風速2m/s)	滞空時間 (風速2m/s)	設計画面
高度	1.1	4.7g	93.1m	9.8s	
滞空 (ストリーマー)	1.5	7.3g	84.6m	9.15s	
滞空 (パラシュート)	2.2	11.6g	60.4m	50.8s	

図3 全国大会で使用した機体のシミュレーション結果

出場者	滞空競技 (ストリーマー)	滞空競技 (パラシュート)	高度競技
遠藤陽向	19秒40 (1位!)	—	失格 (危険飛翔)
椋野莉輝	—	16秒90 (29位)	68.66m (28位)
西川倫矢	—	23秒60 (21位)	56.89m (50位)
藤田学 (教員)	失格 (ストリーマー分離)	—	66.51m (32位)

表1 モデルロケット全国大会結果

シミュレーションの結果を大きく下回った理由として私たちが考えたことは、シミュレーションやテストフライトでは確認できなかった、紙を巻いて作ったロケットのボディーの湿気による強度低下と、横風の影響とが重なったためではないかということであった。一方、滞空競技では、高度競技と異なり、どの機体も安定した飛行姿勢を示したことで、そして、遠藤がストリーマー滞空競技で優勝し、パラシュート滞空競技ではシミュレーションを下回ったものの、2機ともパラシュートが開き記録を残せたこと、さらに、中学生から大学生までの生徒・学生部門で第3位に入賞し、倉敷工業高校では初めて、ロッキードマーティン・パフォーマンス賞を受賞できたことが私たちにとっての救いとなった。滞空競技で安定した飛行を示した理由としては、いずれの機体内部も、高度競技よりも遙かに大きなストリーマーやパラシュートが詰まっておらず、安定係数が増加したこと、湿気によるボディーの強度低下を防げたことがその理由であると考えた。また、パラシュート滞空競技でよりシミュレーション結果に近づけるためには軽量化が必要であると考えた。

これらのことから、高度競技用の機体においては、今後、機体質量を増加させたり、シミュレーションでの到達高度を低下させたりすることなく、安定係数の増加と、湿度が高くとも低下しないボディーの強度が必要になると考えた。

3-4 他の大会や研究発表会での成果

2025年11月22日ふくやまふれ愛ランドにおいて開催された第1回全日本ペーパーロケット大会に本校生徒4名と藤田が研究から得られた成果をもって参加し、藤田が総合2位、樫野が7位、遠藤が8位に入賞した。2026年1月31日には、プラズマ・核融合学会が主催する第23回高校生シンポジウムにおいて、生徒がオンラインで研究成果を発表し、審査員特別賞をいただくことができた。また、2026年2月22日に岡山市で開催された日本金属学会・日本鉄鋼協会中国四国支部が主催する第61回「若手フォーラム」のポスターセッションにおいて、生徒による優秀な研究報告を行ったことを認定された。さらに、2026年3月20日に東京学芸大学附属竹早小学校で開催された Japan Space Ed Port においても本研究の紹介を宇宙教育関係者に向けて行った。これらの発表で大学の先生方からいただいたアドバイスの中で、最も印象に残った点は、前方からの風だけでなく、横風に対する安定係数も考慮するべきであるという点である。ぜひ、今後は、このアドバイスに対する具体的な方法を見出したいと考える。

4 まとめ

これまでの研究から分かったことや得られた成果をまとめると次のようになる。

- ① 後退翼の大きなフィンを持つ機体では安定した飛行を実現するためには、1.1以上の安定係数が必要である。
- ② 安定した飛行を実現し、記録を上げるためには、高い湿度でも弱まらないボディーの高い強度が必要である。
- ③ 滞空競技では、今回使用した機体をもとに軽量化に取り組めば良い。

これらのことを踏まえ、今回の研究と大会参加で最も印象に残った点は、ロケットの開発のいう研究課題は、ゴールはないものの、全国大会という節目を目標に掲げることができ、生徒の研究テーマとして、非常に興味深い題材であるということであった。



図4 表彰台に立つ倉工生

謝辞

本研究を進めるにあたり、多大なるご支援をいただいた公益財団法人・中谷財団の皆様、厚くお礼を申し上げます。