

科学研究費助成事業 研究成果報告書



令和 4 年 6 月 15 日現在

機関番号： 1 3 6 0 1
 研究種目： 奨励研究
 研究期間： 2020 ~ 2020
 課題番号： 2 0 H 0 0 9 4 5
 研究課題名 モデルロケットの最適設計方法に関する研究

研究代表者

関 啓亮 (Seki, Keisuke)

信州大学・工学部・技術職員

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 480,000 円

研究成果の概要：モデルロケットを設計するには、ロケットの機体直径の決定、目標高度の決定（打上場所の決定）、質量の決定とエンジンの決定、発射台離脱速度の確認、全長と重心位置の決定、圧力中心とフィン形状の決定、パラシュートと降下速度の決定、ロケット製作作業、打上日の決定の順に進めることで、おおよその設計、製作作業を行うことができる。この手順で行えば基本設計から逸脱することなく理想とするロケット機体を設計することができる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

今日の我が国では「ロケット開発はあくまで研究対象」であり、教材として用いるための「モデルロケットの教育手法（主に設計手法）」は明らかにされてこなかった。そのため、本研究において安全なモデルロケットの設計方法が確立できれば学校教育等で生徒がクラブ活動等でモデルロケットを設計・製作することが可能となり、今後物理などの教育内容にも盛り込むことが可能となる。また、モデルロケットの打上実験を通じた教育は生徒の向上心を非常に得やすいことから今後、より一層の安全なモデルロケットの普及・拡大が期待できる。

研究分野：航空宇宙工学

キーワード：モデルロケット 設計手法 直径 加速度 速度 高度

1. 研究の目的

今日、モデルロケットを用いた小中学校等の出前講義は生徒が独自のモデルロケットの製作に挑戦する例が少しずつではあるが増えてきたと言える。しかしながらモデルロケットの設計方法は様々なパラメータが必要であることから、未だに確立されておらず、また経験則等の数値も多く存在し、もう一步踏み込んで高校物理などの教材とすることができず、教育教材としてはいまだ難易度が高い。また、推進器に用いるモデルロケットエンジン(以下、エンジン)は火薬を用いることから安全に運用するには十分な知識が必要であり、加えてエンジンの推力とロケット機体の重量関係(推力重量比)、ロケット機体の断面積との関係等を理解する必要もあるため、一般の理科教員では指導において非常に難易度が高いといえる。一方、米国や欧州などの先進国では、モデルロケットを用いる教育は盛んに行われており、国主導の教育プログラムさえ存在している。

しかしながら、我が国では戦後に火薬に関する研究が大きく規制され、飛翔体の研究も一部を除いて途絶えたことから、モデルロケットを教育教材にする検討はいまだ行われておらず、一部でモデルロケット教育が行われているのは、一部の理科教員の努力によるところが非常に大きい。それらの理由から、今日の我が国では「ロケット開発はあくまで研究対象」であり、教材として用いるための「モデルロケットの教育手法(主に設計手法)」は明らかにされてこなかった。

上記の背景から、各条件のモデルロケットを設計・製作し、実験を行うことで失敗例も含めた情報をまとめ、その結果により導かれたモデルロケットの最適な設計方法を確立することを本研究の目的とする。

2. 研究成果

本研究において、モデルロケットの設計を何度も行い、実験機の製作を行った。その結果得られた知見をもとに以下のようなモデルロケット設計手法(手順)を確立した。

初めに、モデルロケットを設計するには、その技量と設計値の精度を少しずつ一致していく必要がある。「基礎設計に戻って何度も調整を繰り返していくこと」が重要といえる。使用するエンジン、抵抗となる空気抵抗や重力、発射台を出る速度、回収できる範囲やパラシュートでの降下速度など、いくつも調整を行い少しずつ各々のパラメータを決定していく。

本研究において、一般的にモデルロケットの設計手順は、以下のような手順を何度も反復(修正)しながら進めた。その他の方法では途中で行き詰まる場合が多いといえる。

ロケットの機体直径の決定			
目標高度の決定（打上場所の決定）	加速度	$\alpha_n = \frac{F_n}{M_n} - g - \frac{C_D \cdot A}{M_n} \cdot \frac{1}{2} \rho \cdot V_{n-1}^2$	F: 推力 M: 質量 g: 重力加速度 C_D: 抗力係数 A: ロケット断面積 ρ: 大気密度 t: 単位時間
質量の決定とエンジンの決定、 発射台離脱速度の確認	速度	$V = V_{n-1} + \Delta t \cdot \alpha_n$	
全長と重心位置の決定	上昇高度	$\Delta H = \frac{V_{n-1} + V_n}{2} \cdot \Delta t$	
圧力中心とフィン形状の決定	(目標高度は上昇高度の積分で求める)		
パラシュートと降下速度の決定			
ロケット製作作業			
打上日の決定			

ロケットの直径は、設計のすべての部品に影響しており上昇中の空気抵抗を支配する。多くの場合、紙筒を使用することから、市販されている紙筒の寸法から選ぶ場合が多い。直径が決まったら、打上高度を決定する。直径と目標高度が決まるとロケット機体に割いてよい質量がおおよそ決まり、目標とする高度まで打ち上げられるエンジンを選定する。エンジンが決まったら上記加速度の式に推力(F)を入力していく。また、使用する発射台の滑走部分の長さから、発射台を離れる瞬間の速度を確認する。この値は安全にロケットを打ち上げる上で非常に重要で、20m/s を大きく下回るような値(15~17m/s など)だと、発射した際に機首が倒れ、水平に飛行し、保安エリアを逸脱し、思わぬ事故を招く可能性がある。その後、ノーズコーンの長さなど、ロケットの全体の長さを設計していく。その際、重心位置がロケットの先端から最終的に全長の60%の位置に来るように搭載物などの内部部品の配置を工夫する。おおよその重心位置が決まったら、フィン(尾翼)を設計していく。尾翼の設計が決まると全体の詳細な質量が求まるので、飛翔後のパラシュートで降下する際の速度を計算することができる。ここでパラシュートの直径を決める。実際のロケット機体の製作では、重心位置が設計値と大きく異なることの内容に細心の注意を払って接合作業を行う。完成したら、実機での重心位置の測定や機体質量の測定を行い、逐次計算と大きなずれがないか確認をする。ロケット機体の完成見込みが立ったところで打上場所や打上日を決定する。このような手順で設計製作を実施するのが最も確実な手法と言える。

以上の手順が本研究において得られたロケット設計における最適な設計手法の成果である。

主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

なし

研究組織（研究協力者）

氏名	ローマ字氏名
----	--------