

モデルロケット打上げ時最大加速度測定のための搭載手作り加速度計の設計

科学部：久保 公貴（高2）、洞口 翼（高3）【東京工業大学附属科学技術高等学校】

要旨

モデルロケットの打上げ時に加わる加速度は、最大の加速度であり、機体の設計に必要な、強度の指標となる。2017年科学部主催の「マーブル・チャレンジ」では、チョコ筒を用いたモデルロケットに「手作り加速度計」を搭載して打上げ、打上げ時最大加速度の測定を行った。そのデータを見直して、改良型加速度計を再設計した。

手作り加速度計の構造

JAXA「宇宙ステーションキッズ・実験工作室」[1]の内容を参考に製作した手作り加速度計を、表1に示す仕様の自作チョコ筒ロケットに搭載した。この手作り加速度計の構造は図1の通りで、ゴムひもでつるされた記録部（両端は鉛筆）が、内部にセットされた筒状の記録用紙（斜線部）に接触している。加速度が加わるとゴムひもが伸び縮みし、それにより記録部が上下して記録用紙に線を引く。上昇時の最大加速度は最下点Bで記録する（図2）。実験後、実際に使用したゴムひもを記録されたL [mm]の長さ分だけばねばかりで引っ張って、その指示 M [g]を読み取る。静置状態の位置Aでは、質量 m [g]がゴムひもに加わっており、離床時の最大加速度 a_{max} [G]は以下で算出できる。

$$\text{最大加速度 } a_{max} = M / m \text{ [G]}$$

また、静置時にすでに下向きに1 [G]の重力がかかっているため、この値から-1 [G]の補正を行って打上げ時最大加速度 a [G]を求める。

表1 チョコ筒ロケットの仕様

全長	415 mm
直径	35 mm
全質量	64.2 g
打上げ時最大加速度	17.76 G
使用エンジン	B6-4

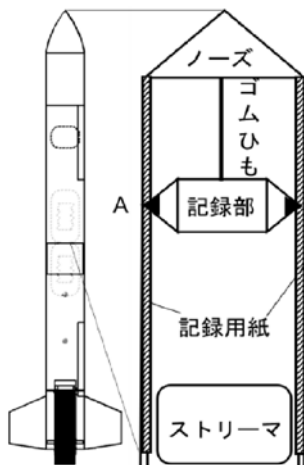


図1 加速度計の構造（模式図）

表2 打上げ実験の結果（2017年3月29日）

	R-1	P-1	P-2
記録部の質量 m [g]	7.03	10.0	10.0
ゴムひもの長さ (1G下) L_0 [mm]	57	79	64
ゴムひもの伸び L [mm]	86	42	72
最大移動距離 L_{max} [mm]	143	121	136
ばねばかりの指示 M [g]	60	180	165
記録最大加速度 a_{max} [G]	8.5	18.0	16.5
補正加速度 a [G]	7.5	17.0	15.5

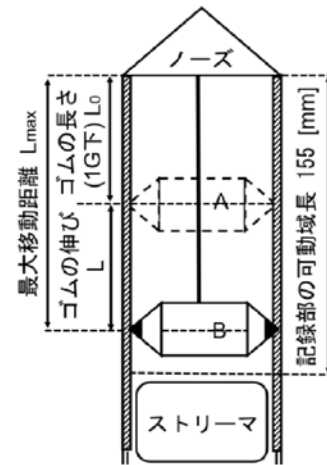


図2 打上げ時最大加速度時の記録部の移動

打上げデータの分析と改良設計のコンセプト

2017年3月29日、野田スポーツ公園で、マーブル・チャレンジのレッドチーム(R-1)とピンクチーム(P-1, P-2)の打上げに成功し、表2の実験結果を得た。そのデータを分析し、以下の2点の改良設計のコンセプト(*)を抽出した。

R-1における、記録された最大加速度 8.5 [G]は、ロケットの仕様に基づく打上げ時最大加速度の設計値 17.76 [G]を下回っている。ここで、記録部の最大移動距離 L_{max} の値143 [mm]は、記録部の可動域の長さ 155 [mm]に極めて近い値である。これは、打上げ時最大加速度が加わった時、記録部がその可動域の限界に達し、本来の位置までゴムひもが伸びきらなかったのが原因と考えられる。

P-1とP-2とを比較すると、記録部に1 [G]が加わった時のゴムひもの長さ L_0 は、P-2よりもP-1の方が長い。従って、P-1はゴムひもの伸び LもP-2より長くなるはずである。しかし、実際にはP-1のゴムひもの伸びは、P-2の伸びより短くなっている。これは、記録部がボディチューブ内に引っかかって、記録部の移動が妨げられたためと考えている。以上により、改良設計のコンセプトは以下の通りとする。なお、設計案はポスターに示す。

*打上げ時最大加速度の際の記録部の移動をボディチューブ内に収められるゴムひもを選定する。

*ボディチューブ内を滑らかに移動する形状の記録部を設計する。

参考文献

- [1] 宇宙航空研究開発機構。“実験工作室 モデルロケットを使った実験～加速度を測ってみよう”。宇宙ステーションキッズ・実験工作室。http://iss.jaxa.jp/kids/kousaku/kousaku03_2.html

謝辞

データを提供してくれたマーブル・チャレンジのレッドチーム・ピンクチームのメンバーに感謝します。