

模型ロケット打ち上げプロジェクト 「Hamana-3」における安全対策

「確実に安全に」を実現するためのプロジェクト推進

大西秀-

開発プロジェクトを推進するにあたり、安全に配慮するのは当 たり前のことである. しかし、確実に安全に実施するには、決 められたルールを守るだけでなく、さまざまな事態を想定して 対策を施す必要がある、ここでは、新入社員研修の一環として 模型ロケットの打ち上げを実施した企業が、どのような対策を 実施したのかについて解説する. (編集部)

「Hamana-3」プロジェクド¹は、小型の模型ロケットに観測機 器を搭載し、飛行経路などのデータを取得・解析することを目的 とした開発プロジェクトです.筆者の所属する会社は,新入社員 研修の一環としてこのプロジェクトに参加しました、模型ロ ケットとはいえ,推進力を得るために火薬(エンジン)を使用する ため,事故を起こす危険性があります.そのため,会社として安 全順守を徹底しました.ここでは,筆者らが同プロジェクトを進 めるにあたり,どのような安全対策を実施したかを解説します.

パラシュート ロケット本体 ゴムひも 打ち上げ ノーズコーン

図1 模型ロケットの構造(外観)

模型ロケットは本体とノーズコーン(ロケットの先端部分),パラシュート, エンジンからなる. ノーズコーンにパラシュートを装着して,本体に装てん する. 打ち上げた後, 空中で本体とノーズコーンが分離し, パラシュートが 開く仕組みとなっている.本体の材質としては,紙,木,バルサ,プラスチ ックなどの軽量の材料のみ使用が許されている.

● 模型ロケットの構造と安全性

模型ロケットの構造を図1に示します.模型ロケットの構造 は火薬の燃焼による推力で空中に射出されるという点において は,通常私たちが知っているロケットとほぼ同じです,また, 模型ロケットは空中でパラシュートを開いて地上に降りてくる 速度を緩やかにすることにより、地上で回収して再利用できる ように設計されています.

エンジンは模型ロケットの飛行制御をすべて実施する重要な 構成要素です(図2). エンジンは噴射ノズル,推進剤,遅延燃 焼剤,逆噴射剤で構成されています.

エンジンの製造方法は、米国ロケット協会(National Association of Rocketry: NAR)2 によって定められています,エン ジン製造元はサンプリング燃焼の数値を公開することにより品 質を保証しています.また,NAR自身が安全性の検査を実施し ています、実際に,規定の方法による打ち上げでは,過去40年 にわたり重大な人身事故は起きていません、さらにNARは、模

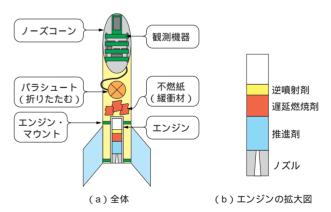


図2 模型ロケットの内部構造(断面図)

推進剤は、エンジン・ノズルから推力を発生させるための主燃料である、遅 延燃焼剤は,推進剤が燃焼し終わった後,慣性飛行を行うためのディレイ (遅延)を実現する火薬である.逆噴射剤は,ロケット本体内に噴射してノー ズコーンを射出し、パラシュートを開く役割を果たす、

KeyWord Hamana-3, Hamana-2, 安全,模型ロケット,安全コード, SWEST, 研修

精制 組み込みシステムの 信頼性 と 安全性 を高める

型ロケットの打ち上げ安全基準「模型ロケット安全コード(Model Rocket Safety Code)」「3 を定めています.このように,規格に従ったエンジンの使用と,安全基準の順守により,模型ロケットの安全性を高めています.

なお、火薬を使用するということで、なんらかの法律によって規制されているように思われるかもしれませんが、模型ロケットで通常使用するエンジン(型式 A8-3、C6-5)の火薬量は20g以下であるため(表1)、おもちゃ(花火と同様の)扱いとなり、火薬類取締法には抵触しません注1.

筆者らが開発した Hamana-3 用のロケット(写真1)と搭載した観測機器(写真2), 観測機器の構成(図3)を示します. 観測機器に加速度センサとジャイロ・センサを搭載し,空中における模型ロケットの運動を解析しようと試みました注2. 飛行中に必要なデータをフラッシュ・メモリに書き込み,地上で回収した後にデータをパソコンに取り込んで,パソコン上で飛行経路を表示することができました. なお, Hamana-3 の前年に実施した「Hamana-2」プロジェクトに関しては,本誌2006年6月

表1 代表的なエンジンのスペック

エンジンは火薬量によって A ~ J型に分類される.C型エンジンまでは,火薬量が 20g 以下である.

エンジン 型式	総出力 [Ns]	遅延時間 [s]	最大打ち上げ 重量[g]	最大出力 [N]	火薬量 [g]
A8-3	2.5	3	85	11.8	5.6
C6-5	10	5	113	15.3	14.9

号 ^{4 § 5)}で解説していますので,興味のある方は参照してください.

● 取り組んだ安全対策

プロジェクトに参加する上で会社から要求されたのは,打ち上げを「確実に安全に実施する」ことです.会社の事業の一つとして実施する以上,万が一事故が起きてしまったら会社としての責任を問われることになります.会社自体の評価にも少なからず影響するため,会社からの要求は納得できるものでした.

「安全に」実施するには,安全のためのルール(模型ロケット 安全コードなど)を順守すればよいのですが,「確実に安全に」



写真1 筆者らが開発したHam ana-3 用のロケット(発射の瞬間)

模型ロケットの機体は全長が320mm,重量が40g.米国Estes Industries and COX社の模型ロケット「BABY BEATHA」をもとに作成した.なお,機体そのものは,Hamana-2で使ったものを継続して使用した.



写真2 搭載した観測機器 観測機器は高さが63mm,直径が

36mm, 重量が37g.

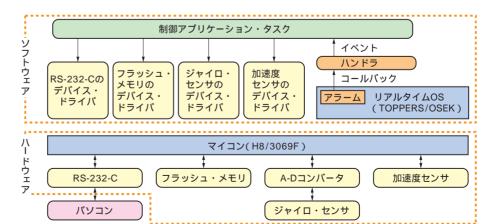


図3

観測機器の構成

H8マイコンに,OSEK/VDX 仕様に準拠したリアルタイムOS「TOPPERS/OSEK」を搭載した.ジャイロ・センサと加速度センサからデータを得て,フラッシュ・メモリに書き込む.書き込んだデータは,観測機器を地上で回収した後,RS-232-C 経由でパソコンに取り込む.

注1:日本国内でD型エンジン以上の模型ロケットを打ち上げる場合は,火 薬類取締法に準拠した日本モデルロケット協会の自主消費基準を順守 する必要がある.

注2: 慣性航法(速度と位置を随時割り出していく航法)の構造と似ているが、予算の都合によりジャイロ・センサが1軸しか取れなかったため、 擬似的な解析に終わった.