



## 紹介

# 和歌山市内の宇宙工学実験場の報告

## Valuable Experimentation Sites in Wakayama-City for Space Education

貴島 政親<sup>1</sup>, 秋山 演亮<sup>1</sup>, 林 美由貴<sup>1</sup>, 西濱 玲子<sup>1</sup>,  
横山 正樹<sup>1</sup>, 山浦 秀作<sup>1</sup>, 石塚 互<sup>1,2</sup>, 尾久土 正己<sup>1,3,4</sup>,  
吉住 千亜紀<sup>1</sup>, 佐藤 奈穂子<sup>1</sup>, 小谷 朋美<sup>1</sup>

<sup>1</sup>和歌山大学宇宙教育研究所, <sup>2</sup>和歌山大学教育学部, <sup>3</sup>和歌山大学観光学部,  
<sup>4</sup>和歌山大学学生自主創造科学センター(クリエ)

2000年からロケット・人工衛星・成層圏バルーンの小小型化及び教材化が進み、大学研究室のみならず学生団体・社会人団体でも自作・研究ができるようになった。しかし高高度飛翔可能な実験場は全国でも稀有である。和歌山大学では、和歌山市内に2つの実験場「和歌山市コスモパーク加太」「和歌山大学電波観測通信施設」を運用している。2012年度は、和歌山大学学生のみならず、高校生・企業・社会人団体によって活用されてきたためここに報告する。和歌山は大阪府や関西国際空港からも近く、実験場も和歌山大学から近くアクセスが良く、今後関西・四国を中心に全国からの活用が期待できる。

キーワード：実践教育，実験場，高高度

### 1. はじめに

和歌山大学では、和歌山市内の飛翔体実験場として、「和歌山市コスモパーク加太」(以下、コスモパーク加太)に加えて、2012年度から「和歌山大学電波観測通信施設」(以下、12mパラボラアンテナ敷地)の活用も開始したのでここに報告する。1節では当該実験場について、2節では実験主体団体について紹介する。3節では実験機体種毎に2012年度実験活動について報告する。4節では2012年度の実験の技術的・教育的成果について報告する。

### 2. 実験場について

ロケットの打ち上げ実験・各飛翔体の飛行実験には高度制限について、また地上回収であれば敷地面積について条件を満たした実験場が必要である。現在日本に10箇所程度が実験場として運用されている<sup>1)</sup>。和歌山大学ではコスモパーク加太と伊豆大島を主に運用してきた<sup>1)</sup>。実験担当者との事前調整、敷地所有者・近隣関係各所・航空管制などへの許可申請、実験時の安全管理・技術指導を行ってきた。また2012年度より大学敷地内の新実験場も運用開始した。

#### 2.1 和歌山市コスモパーク加太

「和歌山市コスモパーク加太」は和歌山県庁が管理しており、全国の社会人・学生の飛翔体実験に活用してもらおうと和歌山大学が一元借用手続きを行なっている。

コスモパーク加太はその中でも大学から車で15分と大変便利な場所にある。コスモパーク加太では最大到達高度400mに設定してある。

ハイブリッドエンジンを用いたロケット(ハイブリッドロケット)や火薬を用いたモデルロケット及びオクトコプターなどの飛翔体実験ができる実験場として活用されている(表1)。

#### 2.2 和歌山大学電波観測通信施設

和歌山大学キャンパス内に、人工衛星受信などのために直径12mのパラボラアンテナが建設された<sup>2)</sup>。この敷地内にて、2012年度よりハイブリッドロケットエンジンの燃焼実験を開始した(表2)。後述するが、J型までのロケットエンジン燃焼実験が可能であり、それ以上の大型エンジンではコスモパーク加太で実験を行なう。

## 2.3 東京都伊豆大島裏砂漠

和歌山大学が運用している実験場だが、本紙では和歌山市内の実験場について報告するため、ここでは割愛する。

## 3. 実験団体・目的

2012年度の実験場使用団体は、和歌山大学学生による「宇宙開発プロジェクト(以下、WSP)<sup>[1]</sup>」、社会人有志によるロケット開発チーム「TOKAI ROCKETEERS(以下、TR)」、大阪府の企業「株式会社創機システムズ(以下、創機システムズ)<sup>[2]</sup>」、和歌山大学宇宙教育研究所(以下、IfES)である。

実験目的は、1)ロケット製作・研究目的、2)製作・実験・改良を通じた技術者人材育成であるが、その本質は独りではできない作業(プロジェクト)に参画することでプロジェクトマネジメント経験を積んだ人材を育成することもできる。また、研究会や展示会イベントでのデモンストレーション目的での実験も行なう。

## 4. 実験内容について

### 4.1 モデルロケット

エンジンに火薬を用いたロケットをここでは“モデルロケット”と云う。推力によってA型ロケット・B型・C型…とアルファベット順に分類される。ここでは、使用したA, G, H型ロケットの活用実績について報告する。

#### 4.1.1 紙モデルロケット(A型)

A型エンジンは一番小型のエンジンであり、ロケット花火と同様の扱いでよく、教材として使いやすい。

和歌山大学ではA4用紙、厚紙、ビニル袋などの日用品を材料に、工作も簡単な紙モデルロケット(A型)を活用している(図1)。活用の場としては、2012年04、05月に大学新入生歓迎会、2013年01月に高校生にハイブリッドロケットを自作してもらった「ロケットガール&ボーイ養成講座2012(以下、ロケガ)<sup>[3]</sup>」での導入部分で使用した。

工作・安全意識・ロケット原理の導入として活用されている。工作では、刃物の使用など基本的な部分を学ぶ。安全意識では「なにか危険であって、どうすれば安全に実施できるか」を考え、「危険なことをやった

らダメ」ではなく「危険なことでも安全にしてやれば研究できる」という意識を芽生えさせる。ロケットの原理では、重心・空圧中心・風見効果などを学び、物理学的教養を以ってして、人工物が構想通りの現象を自然界内で実現できることを学ぶことができる。



図1 A型モデルロケット



図2 A型モデルロケット打上実験(2012年04月26日)

表1 「コスモパーク加太」の2012年度実験利用一覧

日付	実験種類	機体	製作者	目的	一般見学者対応
2012/04/07	打上	紙モデルロケット(A型)	大学生(和歌山大学)	大学新入生歓迎	非公開
2012/04/08	打上	紙モデルロケット(A型)	大学生(和歌山大学)	大学新入生歓迎	非公開
2012/04/15	打上	紙モデルロケット(A型)	大学生(和歌山大学)	大学新入生歓迎	非公開
2012/04/16	打上	紙モデルロケット(A型)	大学生(和歌山大学)	大学新入生歓迎	非公開
2012/05/19	打上	ハイブリッドロケット(J型)	大学教員(IfES)	教員の初製作ロケット	公開
2012/05/26	打上	紙モデルロケット(A型)	大学生(和歌山大学)	大学新入生歓迎	非公開
2012/05/27	打上	紙モデルロケット(A型)	大学生(和歌山大学)	大学新入生歓迎	非公開
2012/06/16	打上	モデルロケット(H型)	企業(創機システムズ)	缶サット甲子園ロケット準備	非公開
	飛翔	オクトコプター	大学教員(IfES)	実用化試験	
2012/06/17	打上	ハイブリッドロケット(J型)	大学生(WSP)	1年生の初製作ロケット	公開
	打上	ハイブリッドロケット(J型)	大学教員(IfES)	教員育成	
	飛翔	オクトコプター	大学教員(IfES)	実用化試験	
2012/07/07	打上	ハイブリッドロケット(J型)	社会人(TR)	研究開発	公開
2012/07/08	打上	ハイブリッドロケット(J型)	大学教員(IfES)	教員育成	公開
	打上	モデルロケット(H型)	企業(創機システムズ)	缶サット甲子園ロケット準備	
2012/07/15	打上	モデルロケット(H型)	企業(創機システムズ)	缶サット甲子園ロケット(地方大会)	公開
	飛翔	オクトコプター	大学教員(IfES)	実用化試験	
	係留飛翔	バルーン	既製品	缶サット甲子園ロケット(地方大会)	
2012/07/28	打上	モデルロケット(H型)	企業(創機システムズ)	缶サット甲子園ロケット準備	非公開
2012/07/29	打上	モデルロケット(H型)	企業(創機システムズ)	缶サット甲子園ロケット準備	非公開
2012/08/04	打上	モデルロケット(H型)	企業(創機システムズ)	缶サット甲子園(全国大会)	公開
2012/08/06	打上	ハイブリッドロケット(J型)	大学教員(IfES)	天文教育普及研究会	非公開
2012/09/19	燃焼	ハイブリッドエンジン(J型)	企業(創機システムズ)	技術者人材育成	非公開
2012/09/24	燃焼	ハイブリッドエンジン(L型)	企業(創機システムズ)	技術者人材育成	非公開
2012/10/06	打上	ハイブリッドロケット(J, L型)	企業(創機システムズ)	技術者人材育成	公開
2013/01/12	打上	紙モデルロケット	高校生	ロケットガール&ボーイ養成講座	非公開
2013/01/24	燃焼	ハイブリッドエンジン(L型)	企業(創機システムズ)	技術者人材育成	非公開
2013/02/09	打上	ハイブリッドロケット(L型)	企業(創機システムズ)	技術者人材育成	公開
	打上	ハイブリッドロケット(J型)	社会人(TR)	研究開発	
2013/03/09	燃焼	ハイブリッドエンジン(L型)	社会人(TR)	研究開発	公開
2013/03/22-24	打上予定	モデルロケット(H型)	企業(創機システムズ)	高校生自作の缶サット実験	未定
	打上予定	モデルロケット(G型)	既製品	実用化試験	公開
	打上予定	ハイブリッドロケット(J型)	高校生	ロケットガール&ボーイ養成講座	
	打上予定	ハイブリッドロケット(J型)	高校生	ロケットガール&ボーイ養成講座	
	打上予定	ハイブリッドロケット(J型)	高校生(茨木工科高校)	ロケットガール&ボーイ養成講座	
	打上予定	ハイブリッドロケット(J型)	高校生(洛陽工業高校)	ロケットガール&ボーイ養成講座	
	打上予定	ハイブリッドロケット(I型)	大学生(WSP)		
	打上予定	ハイブリッドロケット(J型)	企業(創機システムズ)	高校生自作の缶サット実験	
飛翔予定	オクトコプター	既製品	実用化試験		

表2 「和歌山大学12mパラボラアンテナ敷地」の2012年度実験利用一覧

日付	実験種類	機体	実験者	目的
2012/04/05	燃焼	ハイブリッドエンジン	大学生(WSP)	大学新入生歓迎
2012/04/28	燃焼	ハイブリッドエンジン	社会人(TR)	人材育成
2012/05/01	燃焼	ハイブリッドエンジン	大学生(WSP)	テレビ取材
2012/06/02	燃焼	ハイブリッドエンジン	大学生(WSP)	人材育成
2012/06/30	燃焼	ハイブリッドエンジン	大学生(WSP)	人材育成
2012/12/15	燃焼	ハイブリッドエンジン	社会人(TR)	研究開発

#### 4.1.2 G型・H型モデルロケット

和歌山大学では既製品のG型ロケット，企業と共同開発したH型ロケットの打ち上げ実験を行った。H型モデルロケットを共同開発し，試験打ち上げを行った。当ロケットの活用場として，高校生が自作した缶サット（空き缶サイズの模擬人工衛星）を打ち上げる競技会「缶サット甲子園」の地方大会・全国大会にて使用した（図3）。その実績を経て，外国人指導者（教員・研究者・学生）が缶サットの製作・実験経験を積むことができる人材育成プログラム「缶サットリーダートレーニングプログラム（CLTP）」<sup>[4]</sup>にて，秋田県能代での缶サット打ち上げに使用した。



図3 企業と共同開発したH型モデルロケット  
（缶サット甲子園2012全国大会より）

### 4.2 ハイブリッドロケット

ハイブリッドロケットとは液体酸化剤と固体ロケットを用いたエンジンを使用したロケットである。日本では2000年以降に教材化に成功し，現在7団体以上がロケットを自作・実験している。実験は，ロケット打ち上げ実験だけでなく，エンジンの燃焼実験も行なっている。和歌山での実験実績は，主にIfES，WSP，創機システムズ，TRによる燃焼実験・打ち上げ実験である（図4）。またロケガにて製作されたロケットの打ち上げにも利用される予定である。

#### 4.2.1 ハイブリッドロケット打上実験

2012年度は，従来使用したJ型に加え，飛翔高度を抑えるI型，大型のエンジンであるL型の，エンジン燃焼実験とロケット打上実験を行った。



図4 大学教員が製作したハイブリッドロケット

#### 4.2.2 ハイブリッドロケットエンジン燃焼実験

I・J型については，和歌山大学内「12mパラボラアンテナ敷地」で燃焼実験を行なった。騒音・振動・安全管理のためK型以上については安全距離確保と騒音の問題から，「コスモパーク加太」にて実施するようにしている。

2012年度は，企業によるL型エンジン燃焼実験を「コスモパーク加太」で行った。

### 4.3 バルーン

「缶サット甲子園」地方大会では，缶サットを高高度まで運搬する手段として係留バルーンを使用した（図5）。またこの際WSPの学生は，バルーンの取扱いを訓練することができ，09月の成層圏バルーン放球実験<sup>3)</sup>へつなぐことができた。



図5 係留バルーン（缶サット甲子園2012地方大会）

### 4.4 マルチコプター

モデルロケットは火薬許可申請・エンジンのため費

用と手間がかかる。許可申請では手間と消費計画による制約が発生し、エンジンでは1機あたり5万円程度の費用がかかる。そこで注目されるのがオクトコプターなどに代表される UAV (Unmanned Aerial Vehicle, 図6) である。2012年度は「コスモパーク加太」「伊豆大島裏砂漠」での飛翔試験を経て、ハードウェア調整やソフトウェア操作などの基礎が構築できた。今後はマニュアル作成や講習会開催を行ない、全国の宇宙教育拠点での操縦者育成につなげたいと考えられている。



図6 左がオクトコプター、右がヘキサコプター

## 5. 成果

### 5.1 人材育成

TRについては、和歌山大学保有の燃料供給系(GSE)と打ち上げ台(ランチャー)を組立・運用できるようになった。

創機システムズ社については、和歌山大学の実験機材を参考に、GSEを独自に持ち、運用をすることができるようになった。またランチャーも独自に開発し打ち上げ実験を行ない、すでに4機のロケットを打ち上げるに至っている。

WSPでは加太での打上、12mパラボラアンテナ敷地での燃焼実験を経て、秋田県能代でのロケット打上実験へ参加することができた。

ロケが参加の高校生は、2013年02月09日の加太での打上実験を見学し、11日に同敷地にて自力での燃焼実験を行なうことに成功した。

### 5.2 デモンストレーション

「天文教育普及研究会」が和歌山大学で開催された

ため、コスモパーク加太にてデモンストレーションを行った。ハイブリッドロケットとH型モデルロケットについて打ち上げのみならず、機体や打上機材の見学ができ、当大学の実践教育について理解して頂くことができた。

和歌山での実験を経て、名古屋での市主催イベントにて、デモンストレーションを行った<sup>4)</sup>。近隣住民のみならず、Japan Aerospace2012国際航空宇宙展での企業家・研究者の方々を招き、日本における実践的宇宙教育について理解を深めて頂くことができた。

### 5.3 技術研究開発

燃焼実験はエンジンの設置方法が縦・横の2種類に大別されている。縦型の場合は打ち上げ時と同じ環境下で実験できる。横型の場合は燃焼時の重力変化を考慮せず簡便に推力が計測されるという意見がある。

横型燃焼実験では特殊な治具が必要となる。酸化剤タンクが液体であり横にすることができないため、タンクと固体燃料をL字配管によって結合しなければならない。2012年度、TRは高い工作技能を活かし自作し、燃焼実験を行なうことができ、推力測定に成功した。

## 6. まとめ

和歌山大学では和歌山市内に2つの実験場を運用している。宇宙教育研究所だけでなく、高校生・大学生・社会人・企業が活用している。ロケットを始め、バルーンやオクトコプターなどの多種多様な飛翔機体について実験が行われている。実験目的は研究開発だけでなく、実験当事者の技術的・プロジェクトマネジメントとしての人材育成、宇宙工学の普及活動としても活用されている。

和歌山市内の実験場は大学から近く、大阪や関西国際空港からの交通の便も良い、全国でも貴重な実験場である。今後も関係各所・実験当事者のご理解を頂きながら実験場として全国に公開していきたいと期待する。

### 謝辞

コスモパーク加太については、和歌山県庁のご理解ご支援の下、使用させて頂いたので感謝します。和歌山大学12mパラボラアンテナ敷地については、和歌山

大学関係各所のご理解の下，使用できるようになりここに感謝します。

本活動及び研究については，和歌山大学内競争的資金「教育改革推進事業」での採択経費，総合科学技術会議により制度設計された最先端研究開発支援プログラムにより日本学術振興会を通しての助成によって推進されました。また株式会社創機システムズとは「ハイブリッドロケット等飛翔体打上げ実験」という研究題目にて共同研究しました。

最後に，和歌山市内の実験場に関わる方々全てに謝意を表します。

#### 注

- [1] <http://wspblog.blog134.fc2.com/>
- [2] <http://www.souki-co.jp/>
- [3] <http://www.wakayama-u.ac.jp/ifes/rgb2012/index.html>
- [4] <http://cltp.info/>

#### 引用・参考文献

- 1) 秋山演亮(2012)：宇宙教育研究所の役割と活動方針，和歌山大学宇宙教育研究所紀要，1，1-9
- 2) 佐藤奈穂子(2012)：和歌山大学12mパラボラアンテナを用いた宇宙プロジェクトマネジメント授業，和歌山大学宇宙教育研究所紀要，1，23-27
- 3) 横山佳紀,他(2013)：和歌山大学宇宙開発プロジェクト(WSP)における2012年度成層圏バルーンバルーンサット放球実験報告書，submitted
- 4) 関啓亮，他(2013)：ハイブリッドロケット打上実験(豊川市)，submitted