

# 東海大学・アラスカ大学共同ロケット実験プロジェクト

遠山 文雄<sup>\*1</sup> , Joseph G. Hawkins<sup>\*2</sup>

## Collaborative Rocket Experimental Project between Tokai University and University of Alaska Fairbanks

by

Fumio TOHYAMA and Joseph G. HAWKINS  
(Received on Aug. 28, 2001)

### Abstract

The collaborative rocket experiment that is called the Student Rocket Project (SRP) has started in 1995 between Tokai University Shonan (TUS) and University of Alaska Fairbanks (UAF). UAF is the only one university to have a rocket launch site in the world. This program provides students of TUS and UAF with the opportunity to design, to construct and to test sounding rocket payloads that are launched on a non-interference basis from Alaska. This scientific educational program has proven to be very effective in providing students with practical, real-world engineering design experience. The program also allows students to participate in all phases of a sounding rocket mission, in contrast to more traditional sounding rocket or spacecraft projects in which students are only involved with the scientific instrumentation and data analysis.

From August 1996 to March 2001, a total of 41 TUS students and professors have visited Alaska 6 times and a total of 9 UAF students and professors have visited Japan 4 times to hold many SRP meetings and workshops. We basically design, construct and test onboard instruments or mechanical systems and we also make hybrid rockets too. For their successful launch, students are working on computer designing for electronic circuits or separation system, on wind tunnel testing and launching for model rockets and on combustion testing for hybrid rockets.

In January 2000, the first collaborative sounding rocket of that the motor was supplied by NASA, was launched from Alaska and all of payloads were successfully carried to the apogee of 89 km high. Tokai students constructed a fluxgate magnetometer for detecting rocket attitudes during the flight and the magnetometer was carried on the payload. We got a good data of rocket attitude performance on the experiment. We describe about the SRP collaboration and a result of the Tokai instrument in the sounding rocket experiment.

*Keywords:* rocket experiment, international collaboration project, Student Rocket Project, fluxgate magnetometer

## 1. はじめに

学生ロケットプロジェクト (SRP) と呼ばれる東海大学湘南校舎 (TUS) とアラスカ大学フェアバンクス校 (UAF) の間に共同ロケット実験プロジェクトが 1995 年からスタートした。アラスカ大学は世界で唯一ロケット射場を持っている大学である。この計画は両校の学生に観測ロケットの搭載機器を企画設計、製作と試験を学生自身に行わせる機会を与え、アラスカで打ち上げるものである。この科学的教育は学生に実習と真の技術的設計を体験させることに非常に効果があることを証明している。従来の観測ロケットや衛星計画では、学生は観測機器やデータ処理だけにしか携われなかったのに

比べ、このプログラムは学生が観測ロケットミッションのすべての段階に参画することができるものである<sup>1)</sup>。

1996 年 8 月から 2001 年 3 月までに、学生と教員延べ 41 名がアラスカ大学を 6 回にわたり訪問し、アラスカ大学の学生と教員は、延べ 9 名が 4 回にわたり東海大学を訪問して多数の討論会やワークショップを開催し、またロケットの打ち上げ実験を行ってきた。基本的には観測ロケットに搭載する機器や構造体の設計、製作、試験およびハイブリッドロケットの製作を行っている。これらのロケット打ち上げのために、コンピュータデザイン、風洞試験、モデルロケット打ち上げやハイブリッドロケットの燃焼試験などを行っている。

2000 年 1 月に NASA からロケットのエンジン部を提供されて、最初の共同観測ロケットがアラスカから打ち上げられた。すべての搭載機器は正常に動作し、ロケットは 89km の高度まで飛翔した<sup>2,3)</sup>。東海大学 SRP チームはロケットの姿勢検出の目的でフラックスゲート磁力計を製作しロケットに搭載

\*1 工学部航空宇宙学科教授

\*2 アラスカ大学工学部電気工学科教授

し、良好なデータを得て、ロケットの飛翔特性を測定することが出来た。ここでは、SRP 共同実験の概要を述べると共にこの観測ロケット実験で得られた東海大学担当の機器についての結果を述べる。

## 2. 学生ロケットプロジェクト

アラスカ大学の呼びかけに応じて 1995 年に設立された東海学生ロケットプロジェクト(TSRP: Tokai Student Rocket Project)は、最初の 1 年間は学生主体の宇宙工学の勉強会が中心であったが、1996 年遠山が 3 ヶ月間のアラスカ大学滞在中にアラスカ SRP の指導者である Hawkins 博士と詳細な共同研究の話し合いにより、本格的な活動がスタートした。同年 8 月に東海大学から学生 7 名がアラスカ大学を訪問し、第 1 回目の共同ワークショップを 2 週間にわたり開催してから、これまでに多くの討論会、プレゼンテーション、講演会、ロケット製作実習、ロケット打ち上げが行われてきた。このプロジェクトの設立趣意は次のことを目的としている<sup>1,4,5,6)</sup>。

- (1) 物の作り、手作りを通してロケット理工学の実験実習の場とし、将来の宇宙技術者を養成することを目標とする。
- (2) 1~2 年後に実際のロケットに搭載し、打ち上げて実験的な成果の総括が出来得る実習を行う。
- (3) ロケット構造体、ペイロードは民生品を使って製作することによって経済性を追求する。
- (4) ロケットペイロードの企画、製作、試験、ロケット追跡、データ解析を通して宇宙科学、電子工学、計測工学、通信工学、情報処理学などの広い理工学の知識と技術を体得する。
- (5) プロジェクトの広報活動、プレゼンテーション、ドキュメント作成、アラスカ大学との交流等を通して付加価値の高い社会性、情報取得力、発表力、英語力、国際性を身に付ける。
- (6) 技術者の卵である若者に、宇宙に対する夢を与えるプログラムとする。

アラスカ大学と東海大学は、このプロジェクトを広く日本の多くの大学に広めようと努力しており、日本側の窓口である東海大学は他大学への参加を呼びかけてきたが 1999 年、富山県立大学工学部が参加した。また、日本の宇宙科学者の多くが加入している日本地球電磁気・地球惑星圏学会の分科会として「アラスカロケット実験研究会」(SAREP: Society of Alaska Rocket Experiment Project)が発足し、東海大学と富山県立大学が幹事校となって 2001 年 6 月に日本地球惑星科学合同学会でワークショップを開催した<sup>7)</sup>。このワークショップにはアラスカ大学 SRP スタッフ 4 名も来日し、日本の大学・研究所の多くの研究者が参加して盛況に開催された。同時に東海大学、富山県立大学、アラスカ大学の 3 校がそれぞれの SRP 活動について学会発表を行った<sup>8-10)</sup>。

東海大学とアラスカ大学の共同ロケットは 2000 年 1 月に第 1 号機、TR-1 が打ち上げられたが、第 2 号機である SRP-4 ロケットの打ち上げは 2002 年 3 月に予定されている<sup>11,12)</sup>。

## 3. 東海大学 SRP チームの活動

Table 1. はこれまでに両大学で開催された共同ワークショップやロケット発射実験などの交流履歴を示す。

これまでの共同開催研究の活動概略を紹介する。

1. Dr. Hawkins 来日 (1995.10 講演会と討論会)

SRP についての理解のため、アラスカ大学や SRP についての講演を行い、学生たちとの討論会を開催した。これを契機に学生たちのモチベーションが高まり、自主的な放課後の勉強会が盛んになった。

2. アラスカ大学訪問 (1996.8 ワークショップ)

学生 7 名が 2 週間にわたり SRP の実験実習、プレゼンテーション、講義を受けた。ここで次期ロケットに東海大学学生自作のペイロードの搭載が決定された。帰国後の検討の結果、ロケットの姿勢運動を測定するセンサがないことから、磁力計を用いた姿勢計を製作搭載することを決め、同年秋から翌年にかけてフラックスゲート磁力計の設計製作を行った。磁力計についてのポテンシャルは皆無であったので、ゼロからの知識と技術の修得であった<sup>13,14)</sup>。

3. 噛み合わせテスト (1997.3 搭載磁力計の試験)

学生が製作した磁力計をアラスカ大学に持ち込み、ペイロードを組み立てて電氣的試験と磁氣的較正試験を行った。学生 4 名だけの渡航であった。

4. アラスカ大学訪問 (1999.3 ワークショップ)

NASA からアラスカ大学に供与されるロケットモーター搬入が遅れ、打ち上げが延期されたので、春休みを利用したワークショップを開催した。ロケット搭載機器や SRP 活動の現状と進捗状況のプレゼンテーションが主な内容であった<sup>15)</sup>。

5. Dr. Hawkins 招聘 (1999.8 ワークショップ)

富山県立大学 (TPU) 工学部と共同で Hawkins 博士を日本に招聘し、両校でそれぞれワークショップを開催した。東海大学では「アラスカ大学での工学教育」というテーマでの講演会を開催し、60 名もの参加者を見た。その後、ロケットプロジェクトについての学生を中心とした討論会、講義を行った。アラスカ大学で研究員をしている Hawkins 夫人も同伴して来日したので、ショートレクチャーなどをしていただいた。歓迎会や行事終了後の富士登山では学生との交流も盛んであった<sup>16,17)</sup>。

6. ロケット 1 号機打ち上げ (2000.1 打ち上げ)

初の共同ロケット TR-1 が発射されることになり、1 週間前にアラスカ大学入りして準備作業を行った。動作試験、磁気試験を経て、ランチャ点での磁気オフセット量の測定を行い、発射された。東海大学のフラックスゲート磁力計は全飛翔中正常で、ロケットの姿勢計測に成功した<sup>2-4)</sup>。

7. 次期ロケットペイロードの打ち合わせ (2000.7)

アラスカ大学 SRP の電気チームのリーダーである Edward 氏が来日し、東海大学 SRP メンバーと次期ロケットのペイロードについて打ち合わせを東海大学で行った。

8. SRP-4 ロケット設計会議 (2000.8)

次期ロケット SRP-4 は 2002 年 3 月に打ち上げが予定されている。1999 年から参加の富山県立大学メンバーも加わりペイロードの設計や計画についてワークショップが開かれた。また、東海大学のハイブリッドロケットの製作方法をアラスカ大学から教授され、最後の 2 日間を射場のポーカークラットで待機したが、強風のため延期となった<sup>18)</sup>。

9. ハイブリッドロケット発射実験(2001.3)

2000年8月に延期となったハイブリッドロケットの発射実験がアラスカ大学ポーカークラフト発射場で打ち上げられ、高度300mでパラシュート不調のためペイロード部は地面に激突して回収が出来なかった<sup>18)</sup>。

10. ワークショップ・学会分科会(2001.6)

アラスカ大学 SRP メンバーが日本地球惑星科学合同学会に参加する機会に東海大学で第5回ワークショップが富山県立大学のメンバーも参加して開催された。内容は主にSRP-4ロケットペイロードの技術的プレセッションであった<sup>19)</sup>。また、東京代々木で開催された日本地球惑星科学合同学会で分科会として「アラスカロケット実験研究会」を開催し、東海大学、アラスカ大学、富山県立大学のSRP活動について各指導者から内容の紹介と参加要請があった<sup>7)</sup>。さらに学会講演会においては3大学の学生チームがそれぞれポスター発表した<sup>8-10)</sup>。

東海大学での学生活動は放課後の自主活動が主であり、航空宇宙学科、電子工学科、材料科学科、精密工学科などの学生30-40人が活動している。活動グループはTable 2に示すように、磁力計や太陽センサ、紫外線観測器を中心とした搭載計器の製作、モーター部との切断機構の開発、ハイブリッドロケットの燃焼試験とペイロード搭載、風洞試験による飛翔パフォーマンス試験、計算機シミュレーション、モデルロケットの発射実験などのグループがあり、自主的なグループ活動の他、毎週定例の全体会が開かれている。教員側としてはアドバイス始め不定期のレクチャーや実験指導などを行っている<sup>11,12,20,21)</sup>。

このように両大学の共同研究・実習が学生主導で行われていて、それぞれの大学での進捗状況や会議の内容は電子メールで頻繁に行っている。お互いの訪問時にホームステイや招待パーティを実施しており、国際交流にも大きな効果をあげている。このような教育研究手段は技術研究や技術者養成という目的だけでなく、最近特に欠如しているもの作りの実験実習や理科系離れ現象の解消と国際感覚の修得にも大いに役立つ総合的教育研究プロジェクトである。

Table 1. History of the collaboration

Date	Place	Contents	Participant	
			TUS	UAF
Oct. 16-18, 1995	Tokai	Meeting	44	1
Aug. 5-16, 1996	Alaska	Workshop	8	11
Mar. 14-19, 1997	Alaska	Test	4	10
Mar. 17-20, 1999	Alaska	Workshop	9	13
Aug. 2- 5, 1999	Tokai	Workshop	28	3
Jan. 24-31, 2000	Alaska	Rocket Launch	6	17
Jul.31-Aug.2, 2000	Tokai	Meeting	25	1
Aug. 7-13, 2000	Alaska	Workshop	3	10
Mar. 11-17, 2001	Alaska	Hybrid Rocket	11	6
Jun. 3- 7, 2001	Tokai	Workshop	38	4

Table 2 Working Groups of Tokai SRP Team

Group	Working Contents
Payloads Magnetometer	Sun Sensor
	Ultra-violet
	Mechanical
Mechanical	Separation System
	Flight Performance
Hybrid Rocket	Combustion Test
	Tunnel Test
Measurement	Vibration Test
	Vacuum Test
	Temperature Test
Future Sensors	Gyroscope

3. アラスカ大学 SRP の現状

アラスカ大学は1992年と1995年に学生ロケットを打ち上げた。1号機は20名の学生が15ヶ月かけてテレメータ、温度計、加速度計の製作とペイロード部のロケット構造体を製作した。2号機は40名の学生が3年近くかけてSバンド・テレメータシステムを修得し、フライトコンピュータの搭載、モーター部との切断機構とパラシュートシステムを完成させてDGPSによるロケット位置の測定を行った<sup>1)</sup>。そして3号機は東海大学との共同ロケットとなったTR-1である<sup>22,23)</sup>。UAFにおけるSRP組織をFig.1に示す。指導者は工学部のDr. Hawkinsがあたり、数名の教授がアドバイザーとして補助している。ほかに数名のSRP専門のアシスタントスタッフがおり、非常勤助手のような身分である。学生全体のまとめ役を行うプログラムマネージャーは大学院生があたっていて、ロケット構造体、電気回路、回収システムチームなどがある。特に広報活動やドキュメントを製作編集する広報チームがあり、NASA やスポンサーへの報告書の作成、ホームページ製作、マスコミ外交、広報誌の発行など非常に大きな役割を担っている<sup>24)</sup>。

UAFではSRPのためのカリキュラムは通常セメスターでは設けられていない。サマーセメスターでロケット工学などの宇宙コースカリキュラムが開講されることがある。一般には学部生から大学院生までの学生が参加してチームを形成していて、広報は文科系の学生が担当している。通常は放課後に研究室で各チームが仕事をしており課外活動である。1996年現在ではNASAからのSRP予算があり、2年間の予算総額は1,370万円、そのうちロケットモーターの運搬費、ペイロード構造体の材料、電子回路部品、パラシュートなどの材料費用が450万円、非常勤技術者の人件費40万円、学生アルバイト費用として880万円が計上されている。アルバイトは主に院生の労働力に支払われているが、院生は自分の研究が学生ロケット実験に関連していることもあり、アルバイト料としては通常の半分以上の報酬である。このアルバイト量は5人の学生が夏休みなら週40時間、セメスター中なら週10時間をそれぞれ15週間行っている<sup>22)</sup>。

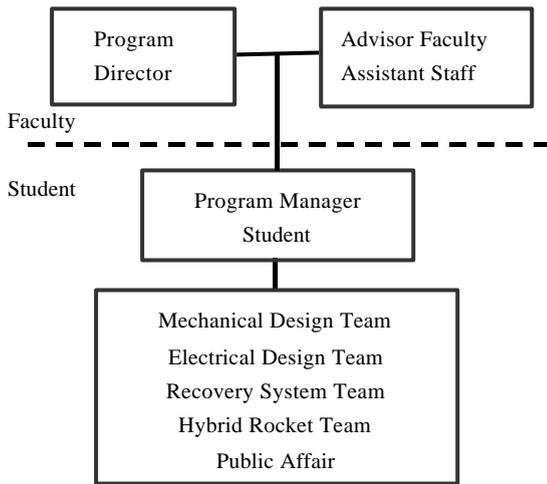


Fig.1 Organization of UAF-SRP

これは学生メンバーが 1996-1997 年にかけて手作りし、振動試験，温度試験，真空試験を行って搭載したフラックスゲート磁力計は，磁場をベクトル量として測定できる三成分磁力計である<sup>27)</sup>。

Table 3. TR-1 Sounding Rocket Launch Data

Mission Name	Orion 30.044UP
Subject	Flight Performance
Instruments	Tri-axial Accelerometer
	Thermometer
	Barometer
	Power Supply
	Telemeter
	Flight Computer
	Fluxgate Magnetometer
Launch Time	1025UT, Jan.30 2000
Launch Site	PFRR, Alaska USA
Rocket Size	L6.5 m, D0.36 m
Payload Size	L3.8 m, D0.20 m
Weight	525 kg (Inst. 55 kg)
Apogee	79 km (T+140 sec.)
Ranging	20 degrees, 52 km (T+500)

#### 4. 日米共同ロケット1号機の発射実験

##### 4.1 ロケット実験概要

アラスカ大学との初の共同ロケット TR-1 は、2000 年 1 月 30 日現地時間 01 時 25 分、アラスカ州フェアバンクスのポーカーフラット発射場(PFRR: Poker Flat Research Range)から打ち上げられた。ロケットデータを Table 3 に、実験に使用されたオリオンロケットの概観を Fig. 2 に示す。

##### 4.2 フラックスゲート磁力計

東海大学の担当計器はロケットの姿勢測定の目的で、地磁気を基準としたロケット機軸の方向を計測するフラックスゲート磁力計である。これは日本でのロケットや科学衛星の全てに東海大学の磁力計を搭載しているが、その実績から新たな開発なしに製作できるからである<sup>25,26)</sup>。Fig. 3 に磁力計の構成図を、Table 4 に搭載した磁力計の仕様を示す。

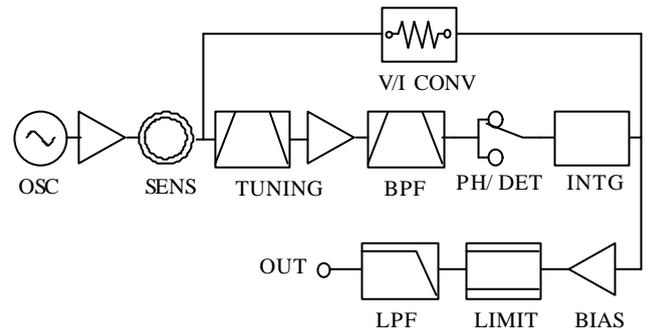


Fig. 3 Scheme of the Fluxgate Magnetometer

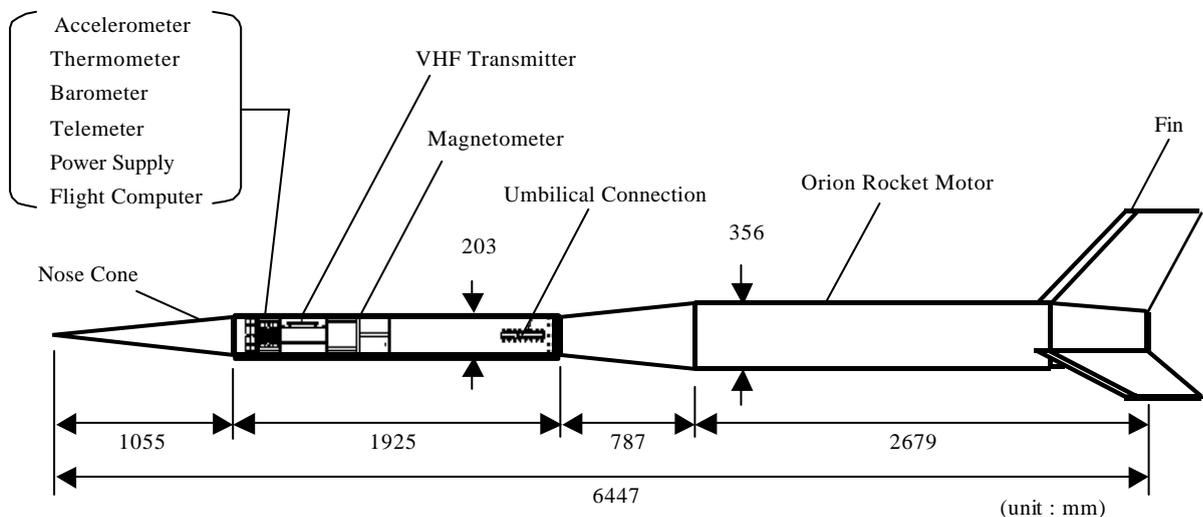


Fig. 2 Schematic the ORION Rocket and Onboard Instruments

磁力計のフライトデータを用いて感度や磁気オフセット量を補正して磁場量に換算した<sup>28)</sup>。Table5 に磁気オフセット結果を示す。磁気オフセット量は発射後 236 秒を境にして大きく変化しており、この時刻にロケット構造体に磁気モーメントが変化するような何かが生じたと思われる。

**Table 4** Specification of Tokai Magnetometer

Sensor Core	Permalloy, 20mm Ring
Range of Field	± 100,000 nT
Output Voltage	0.0 - 5.0 Volts
Drive Frequency	9.6 kHz
Frequency Response	18.5Hz (-3dB)
Data Sampling	Digital 50Hz, 12bits
Resolution	1.22mV (48.8nT) / digit
Size and Weight	
Sensor	54 × 31 × 49H (mm), 409 g
Electronics	150 × 100 × 75H (mm), 510g
Power Consumption	±15V, ±80mA

**Table 5** Magnetic Offset of Magnetometer

Time[sec]	X [nT]	Y[nT]	Z[nT]
100 - 236	545.6	-248.5	630.0
236 - 497	2,728	3,231	-646.0

**4.3 ロケットの飛翔データ**

Fig.4 はレーダーデータによるロケットの航跡で、高度(km)と発射後の時間を示す。

ロケット軸に直角な磁力計のX成分とロケット機軸に沿った磁力計のZ成分の 220-280 秒までの生データを Fig.5 及び Fig.6 にそれぞれ示す。もし、ロケットがZ軸周りに安定にスピンをしていれば、図の 220-235 秒のように、X成分は正弦波となり、Z成分は直線的となる。ロケットがプレセッションを含むコーニング運動をすると、Z成分はプレセッション周期に同期し、プレセッション角度に応じた振幅の正弦波となる。スピンはX、Y成分波形から求め、基本的には 90°の位相差である。磁力線からのロケット機軸方向の方向余弦は IGRF モデルによる理論地球磁場とロケット座標系での磁場のスカラー積で求まる。

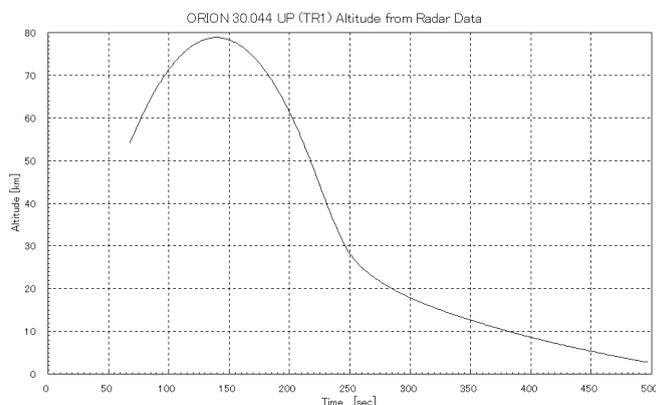
**4.4 ロケットのスピン特性**

フラックスゲート磁力計から測定されたロケットのスピン周波数を Fig.7 に示し、次のような結果が得られた。

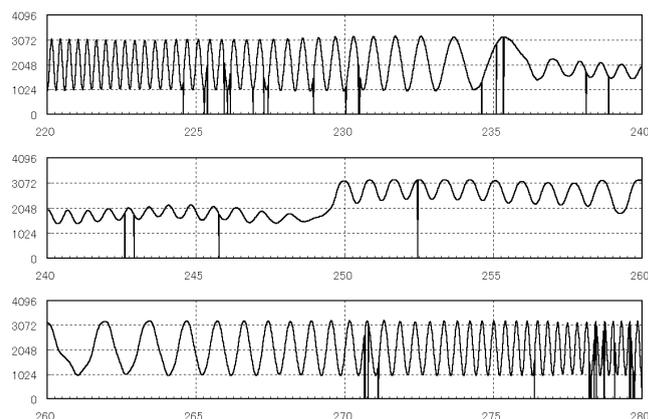
- (1) 磁力計データの X、Y 成分の位相からスピン方向はロケット下方から見て時計回りであった。
- (2) 100 秒から 200 秒（高度 61.4km）までスピンは 5.0rps で

あったが、200 秒以降 236 秒までスピンは減少し、急激にスピンが 0 となった。

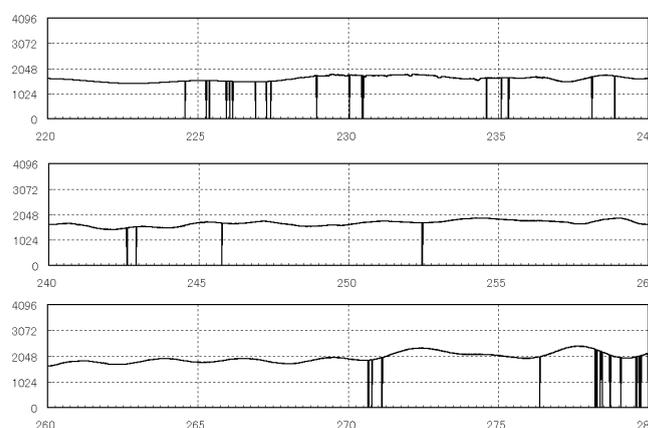
- (3) スピンがほぼ停止してから後、260 秒から急激に増加し 310 秒(16.7km)では 7.7rps と最高値を示し、その後スピンは空力抵抗により徐々に減少して 490 秒で 2rps となった。



**Fig. 4** Trajectory for the TR-1



**Fig.5** Output form in the Spin Plane (H)



**Fig.6** Output form aligned to the Rocket Axis (Z)

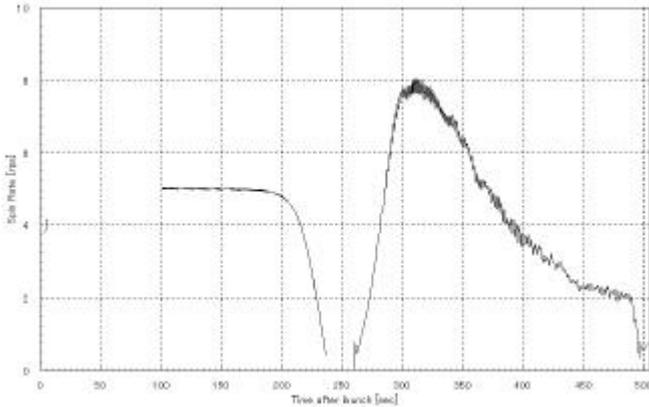


Fig. 7 Rocket spin rate for the time after launch

4.5 ロケットのコーニング運動

ロケットは一般に機軸が歳差運動を含むコーニング運動を行うが、TR-1 ロケットの機軸と地球磁力線の方向とのなす角度変化を Fig. 8 に示す。磁力計から得られた姿勢結果は次のようになる。

- (1) 195 秒までロケット軸方向の地球磁力線とのなす角度は約  $155 \pm 3^\circ$  であった。これは、発射時のランチャセット角度が  $160^\circ$  なのでほぼ一定に飛翔したことを示す。コーニングは半角  $3^\circ$ 、周期 13 秒の小さな変動をしている。
- (2) 195 秒以降、ロケット軸方向は徐々に水平方向（磁場とのなす角は  $80^\circ$ ）へ変化し、ついに機軸は下方に向くと同時にスピンは増加していった。
- (3) 270 秒から歳差運動は最大の半角  $25^\circ$  のコーニングとなり、300 秒での短いコーニング周期は 2 秒であった。

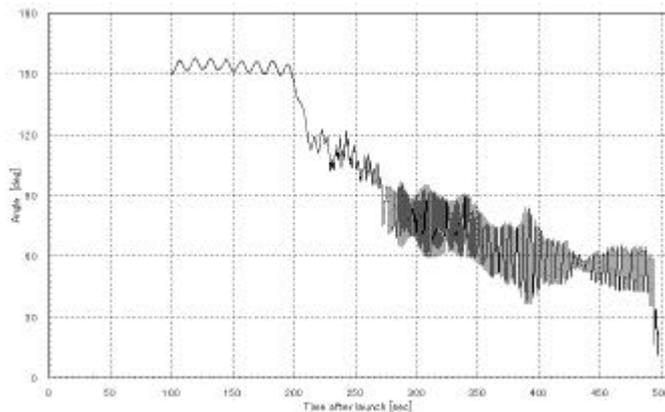


Fig. 8 Directional Angle of the Rocket Axis

4.6 結論

- (1) 発射から 200 秒までのロケット姿勢とスピンは安定であったが、これ以降スピンは減少し、ロケット機軸方向の大きな変動が 200 秒に生じた。これはペイロードがモーターからちぎれたのではないかと推測される。しかし、この時点でまだ完全に分離してはいない。それは、Fig. 5 に示す

ようにこの二つの部分は 200-236 秒まで一緒にスピンスしていると思われる。

- (2) Fig. 6 での Z 出力が 228-236 秒でスピン周期に同期して変動していることが判るが、これはちぎれなかったペイロードがモーターに振り回されているのかも知れない。そしてペイロードは 236 秒でモーターからちぎれて離れたと推測できる。これは、Fig. 5 でそれまでであったスピスが 0 となっているからである。もう一つの理由は Table 5 に示したように、磁氣的オフセット量がこの秒時を境に大きく変動していることを裏付けている。
- (3) Fig. 5 の 236-260 秒の間、X 出力が正弦波を示しているが、その中心線はオフセットされている。249 秒で、オフセットレベルの変化は X 軸方向が変化したことを示し、Y 出力が X 出力に対して 236-249 秒の間逆位相であり、249-260 秒の間は同位相であった。この事から、ロール軸の周りに  $60-90^\circ$ 、周期 0.8 秒で振動的回転をしていることが明らかになった。この種の運動はロケットが再突入のフラットスピン中によく見られる現象である。
- (4) ちぎれ分離以降、ペイロードのフィンが Fig. 5 や Fig. 7 の 260 秒以降に示すように、スピンを増加させ、2 回目のスピニアップが 260-310 秒で生じた。
- (5) 顕著なフラットスピンは認められなかった。
- (6) 下降時の 280-400 秒の間にロケットはコーニングをされており、その周期は 2.5-1.5 秒で最大半角は  $25^\circ$  であった<sup>2,3)</sup>。これらの姿勢概要結果を Table 6 にまとめる。

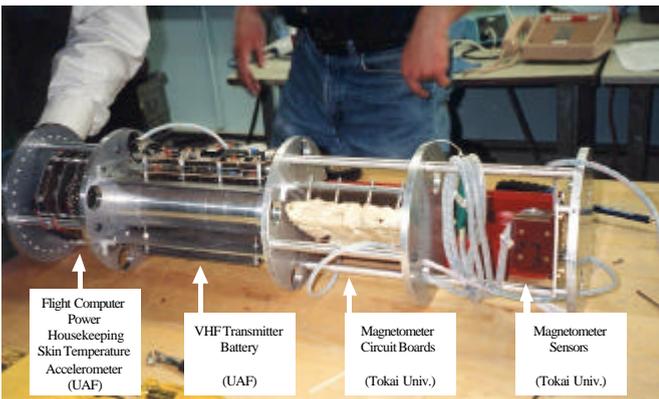
Table 6. Attitudinal Results for the TR-1

Spin Rate	5.0 rps	(100 – 180 sec.)
	5.0 to 0 rps	(180 – 236 sec.)
	0 to 7.7 rps	(260 – 300 sec.)
	7.7 to 2.0 rps	(300 – 490 sec.)
Coning	Angle / Period	3 deg./ 13.2sec (100 – 195 sec.)
	Roll Oscillating Angle / Period	60-90 deg. / 0.8 sec (236 – 260 sec.)
	Maximum Angle	25 ° (260 – 480 sec.)

最後に初の共同ロケット実験時の写真を掲げる。Photo 1 は 2000 年 1 月 30 日、アラスカ州フェアバンクス郊外のポーカーフラット発射場から打ち上げた TR-1 ロケットの発射作業に参加した、東海大学とアラスカ大学の学生たちがペイロードの組立てを終えてランチャセットする直前の写真である。Photo 2 はペイロード部の搭載計器を示す。右から東海大学のフラックスゲート磁力計センサ、磁力計電気回路部、アラスカ大学のフライトコンピュータと電源部およびハウスキーピング計測器部（加速度計、温度計、気圧計）である。Photo 3 は NASA 技術者によって、ランチャ上でロケットモーターにペイロード部を接続している発射 3 時間前作業の写真である。Photo 4 は午前 01 時 25 分に発射されたロケットをテレメータ受信点から撮影したものである。



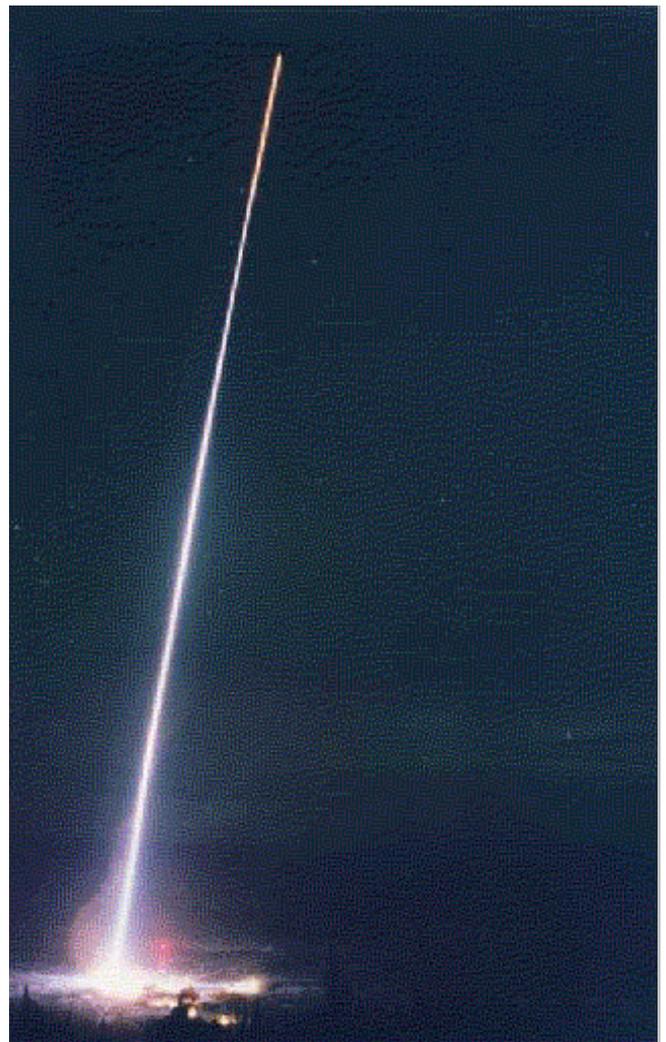
**Photo 1** Tokai and Alaskan Students in front of the TR-1 Rocket Payload in an Assembly Room (Photo by F. Tohyama)



**Photo 2** Onboard Instruments in the TR-1 Payload Tube (Photo by F. Tohyama)



**Photo 3** The TR-1 Rocket on the Launcher Rail (Photo by Randy Thomas)



**Photo 4** Midnight Launch of the TR-1 Rocket in Alaska (Photo by Randy Thomas)

## 5. 共同プロジェクトの将来と問題点

この「もの作りプログラム」において、学生の自主的な活動は、一方通行的な大学の講義やプログラミングされた実験実習とは比較できないほどの勉学・研究意欲の向上と宇宙理工学へのモチベーションの高揚が見られ、同時に他人や他大との協力、情報や広報の手段、意思伝達の方法も身に付けられる付加価値を見出した<sup>4)</sup>。現在東海大学 SRP チームでは、次のような近将来計画で活動が進められている<sup>18)</sup>。

- (1) 次期大型ロケット SRP-4 は 2002 年 3 月発射予定で、東海大学 SRP チームは高度 90km 付近の電離層 D 領域の電流検出とロケット姿勢計測の目的でフラックスゲート磁力計および太陽センサを搭載する<sup>23)</sup>。両センサは設計製作を終え、現在地上試験を行っているが、このロケットには富山県立大学の電波伝播特性から電離層の特性検出の目的で電子密度測定器も搭載する<sup>10)</sup>。アラスカ大学は、GPS センサ、切断機構、パラシュート回収機構、ペイロード構造体の製作のほかに、テレメータ、集中電源、フライトコンピュータ、加速度計、温度計、気圧計などのハウスキーピング計器を担当する<sup>9,11,12)</sup>。
- (2) ハイブリッドロケットはこれまでに 1 機だけの打ち上げを行ったが、今後もハイブリッドロケットの燃焼試験、フィンやロケットの空気力学データを得るための風洞試験、コンピュータによるシミュレータ解析を行う<sup>18)</sup>。
- (3) ロケットのペイロード部との切断機構は、現在火器を用いた方法が採られているが、空気圧力などを利用したより安全な方法での方式を開発中である。
- (4) 国内での小型モデルロケットの発射が可能であるので、チームのロケット工学に対する意欲高揚のために発射試験とデモンストレーションを行い、同時にモデルロケットの高度や速度の検出技術を開発して性能特性を研究する。
- (5) その他、極域中層大気環境の観測を目的として紫外線観測器の開発、GPS センサやジャイロの研究を行っているグループもある。

他方、実践上での改善すべき点として次のような問題点もある。

- (1) ペイロードの製作などは学内での実験レベルで行うことが出来るが、ロケット実験費用は全額米国に頼っており、渡航費用は殆ど自己負担である。このような資金の不足が問題であり、米国政府や NASA の宇宙教育に対する国家的補助と同様に、日本側の文部科学省や NASDA からの経済的補助が強く望まれる。
- (2) 学生への教育指導は現在ボランティア的に放課後行われているが、指導プログラムやスタッフなどの教育組織の充実が望まれる。
- (3) 学生の自主性を重んじつつ、どこまで指導し、活動の方向性を舵取りするかのバランスの難しさが、試行錯誤で行っている。
- (4) 国内の活動組織や方法の統括および日本側の窓口など、国際共同であることの困難さや事務局の必要性が感じられる。

## 6. ロケットプロジェクト関連の広報記録

多くのマスコミからの取材により、各方面への広報がなされ、国内の研究者、大学、組織からの本プロジェクトに対する理解と協力が得られたと考える。これまでの主な広報記録を付記する（学内新聞掲載は除く）。

### 6.1 新聞掲載

- (1) University of Tokai students join in SRP research effort, The Pioneer, UAF, vol.5, No.1 (1997)。
- (2) 学生ロケット来年 1 月打ち上げへ・東海大が米国 UAF と共同で,日本工業新聞,5 月 19 日号 (1999)。
- (3) 学生の夢ロケットで打ち上げへ,毎日新聞 5 月 30 日号 (1999)。
- (4) 東海大・アラスカ大・日米若き星々夢ひかれ合い・学生ロケット宇宙を渡れ 東京新聞 7 月 5 日号 (1999)。
- (5) ロケット実験の会若手向けに発進,毎日新聞 8 月 2 日号 (1999)。
- (6) Student Rocket Aims for Stars (SARA'S REPORT), 英字新聞・週刊 ST10 月 1 日号, Japan Times (1999)。
- (7) 地域に未来はあるか・匠の技が消えてゆく,日本経済新聞 12 月 6 日号 (1999)。
- (8) 夢打ち上げる学生・いざカウントダウン,東京新聞 12 月 30 日号 (1999)。
- (9) 米の学生ロケット計画・東海大の学生チームが参加,科学新聞 1 月 28 日号 (2000)。
- (10) UAF rocket team keeps feet on the ground, Fairbanks Daily News-Miner, January 28 (2000)。
- (11) 東海大とアラスカ大が共同学生ロケット打ち上げ成功,科学新聞 3 月 10 日号 (2000)。
- (12) みんなのサイエンス・日米大学生共同開発ロケット打ち上げ成功,毎日中学生新聞 3 月 22 日号 (2000)。
- (13) 東海大学生、アラスカ大と共同でロケット打ち上げに成功,毎日新聞 4 月 8 日号 (2000)。
- (14) ロケット希望乗せ空へ・東海大とアラスカ大学生共同プロジェクト,読売新聞キャンパススコープ 4 月 1 日号 (2001)。

### 6.2 雑誌掲載

- (1) アラスカ大学と共同で学生の手でロケットを作る,宇宙のことが学べる学部・学科,私大蛍雪 8 月号 18-19, 旺文社インタラクティブ (1997)。
- (2) アラスカ大学と学生ロケット共同実験計画に取り組む 航空情報,第 649 巻 4 月号 60-65 酣燈社 (1998)。
- (3) 羽ばたけ、未来の宇宙工学者たち・アラスカ大の学生とロケットを共同開発 蛍雪時代 8 月号,112 (1999)。
- (4) 東海大・アラスカ大との共同研究でロケットの打ち上げに成功,受験チャレンジ 7 月号,ベネッセコーポレーション (2000)。
- (5) 飛んだぞ TR1・日米協力学生ロケットプロジェクト進行中,L5(エルファイブ)第 15 巻第 3 号 4-7,(財)日本宇宙少年団 (2000)。

## 6.3 放送

- (1) NHK World 44 minutes ( Interview ), NHK International Broadcasting Station (1999) .
- (2) 2002 年宇宙への旅 ,12 月 24 日 ,富山テレビ (1999) .
- (3) 飛べ, 僕らのロケット 2000 年の空に向かって ( はばたく若者シリーズ第 2 回 ), 1 月 3 日 ,NHK 国際放送 (2000) .
- (4)ズームイン朝・ロケットに夢を託そう, 1 月 17 日日本テレビ (2000) .
- (5) Launch Interview, January 30, Fairbanks Channel 11 (KUTV) (2000) .
- (6) ソーラーカーで世界にチャレンジ, 9 月 24 日テレビ大阪 (2000) .

**謝辞** 本プロジェクトの東海大学チームの設立とアラスカ大学との共同研究推進に際し、御骨折りと多大なご助力をいただいた、アラスカ大学国際北極研究センターの赤祖父俊一所長および通産省通信総合研究所元所長の畚野信義教授に深く感謝の意を表する次第である。これまで多大のご協力や援助をいただいた、宇宙開発事業団、社団法人資源協会・地球科学技術推進機構、有限会社テラ・テクニカ、文部科学省宇宙科学研究所に対し厚く御礼を申し上げる。さらに、アラスカ大学との共同研究に参加した富山県立大学工学部の岡田正美教授、および日本地球電磁気・地球惑星圏学会の分科会活動にご協力いただいた、元学会会長・松本紘京都大学教授に御礼を申し上げる。この学生ロケットプロジェクトは東海大学内での各部署からのご協力をいただいた。学長室、総合科学研究機構、工学部、研究推進部および東海大学新聞に感謝する。また、指導スタッフである東海大学工学部の櫻井 亨教授、利根川豊教授および判澤正久教授のご協力に対し感謝の意を表する。最後に 1995 年の SRP チームの設立に助力し、1 号機ロケットのペイロード製作実験から現在の SRP チームに至るまでのチームを育てて来た 学生指導者の福田研一君、古川 克君、田中竜太君、鈴木崇大君、平川和明君をはじめとする多くの歴代リーダー諸君に感謝の意を表する。

## 参考文献

- 1) Alaska Space Grant Program / UAF: International Student Rocket Program at the UAF, UAF Documentation (1995) .
- 2) 遠山文雄, 田中竜太, 東海 SRP チーム: アラスカ大学との共同学生ロケット発射実験, 地球惑星科学関連学会 2000 年合同大会講演予稿集, Eb-029 (2000) .
- 3) 田中竜太, 遠山文雄, J. Hawkins, 赤祖父俊一, 東海 SRP チーム: 日米学生ロケット 1 号機の発射実験結果, 航空宇宙学会・第 44 回宇宙科学技術連合講演会講演集, 86, 00-1G1 (2000) .
- 4) 遠山文雄: 学生ロケットプロジェクト, 日本機械学会 2000 年度年次大会資料集, (V)667-668 (2000) .
- 5) 遠山文雄, J. Hawkins, S. Akasofu: アラスカ大学との学生ロケット共同実験計画, 航空宇宙学会・第 44 回宇宙科学技術連合講演会講演集, 70, 97-13-3, 1-6 (1997) .
- 6) 遠山文雄, 田中竜太, TSRP チーム: アラスカ大学との学生ロケット実験共同計画, 航空宇宙学会・第 43 回宇宙科学技術連合講演会講演集 229 (1999) .
- 7) 遠山文雄, 岡田敏美, J. Hawkins: SEGEPSS 学会分科会アラスカロケット実験研究会研究集会報告書 (2001) .
- 8) 東海 SRP チーム 遠山文雄 桜井 亨 利根川豊 J. Hawkins, E. Burket: 東海大学 - アラスカ大学共同学生ロケット実験プロジェクト, 地球惑星科学関連学会 2001 年合同大会講演予稿集, Em-P004 (2001) .
- 9) Edward Burket, RJ Ponchione, Brian Hay, Joseph Hawkins, Toshimi Okada and Fumio Tohyama: The Development of a Modular Payload Structure for Student-Designed Sounding Rocket Experiments, Abstract of Japan Earth and Planetary Science Joint Meeting, Ep-P021 (2001) .
- 10) 西尾知浩, 石坂圭吾, 岡田敏美, 長野 勇, J. Hawkins, 松本 紘, 宮澤保夫: アラスカ学生ロケット SRP-4 による下部電離層電子密度測定計画, 地球惑星科学関連学会 2001 年合同大会講演予稿集, Ep-P020 (2001) .
- 11) The Student Rocket Project Team of UAF: SRP Interface Document for SRP-4, Ver.1.0 (2001) .
- 12) The Student Rocket Project Team of UAF: SRP Design Document for SRP-4, Ver.1.0 (2001) .
- 13) F. Tohyama: The Report of Visiting Seminar for Tokai-SRP at UAF, Documentation (1996) .
- 14) 遠山文雄, 東海 SRP チーム: 東海学生ロケットプロジェクト (TSRP) 活動記録写真集, ドキュメント (1997) .
- 15) 遠山文雄, 鈴木陽輔: 東海大学・アラスカ大学共同実験学生ロケットプロジェクト 1998 年度活動報告書 (1999) .
- 16) 遠山文雄: 第 3 回ワークショップ報告書 (1999) .
- 17) 遠山文雄, 田中竜太, 寺田哲也: 共同学生ロケットプロジェクト 1999 年度活動報告書 (2000) .
- 18) 遠山文雄, 平川和明: 東海大学・アラスカ大学共同実験学生ロケットプロジェクト 2000 年度活動報告書 (2001) .
- 19) 遠山文雄, 岡田敏美, J. Hawkins: 学生ロケットプロジェクト三大学合同研究集会 2001 報告書 (2001) .
- 20) 遠山文雄: ロケットのペイロード部の切断機構方式および CCD を用いた太陽センサーの研究開発, 東海大学総合研究機構報告, 第 24 号, 73-77 (2000) .
- 21) 田中竜太: TSRP 研究活動紹介ドキュメント (1999) .
- 22) Alaska Space Grant Program / UAF: Atmospheric Refractive Index Measurements-1, Documentation (1996) .
- 23) Leora A Houtary, Alaska Space Grant Program / UAF: Test Rocket-2 Mechanical Design Document (1999) .
- 24) Alaska Space Grant Program / UAF: The Pioneer, Vol5, No.1 (1997) .
- 25) 遠山文雄: フラックスゲート磁力計の低雑音国産コアの開発研究, 文部省科学研究費研究成果報告書 (2001) .
- 26) 田中竜太・馬場元樹・鳥居靖子・遠山文雄: 低雑音フラックスゲート磁力計の開発実験, 第 108 回地球電磁気・地球惑星圏学会講演予稿集, C41-P91 (2000) .
- 27) 古川 克, TSRP チーム, 遠山文雄: アラスカ学生ロケット搭載用磁力計の製作: 航空宇宙学会・第 41 回宇宙科学技術連合講演会講演集, 71, 97-13-4, 1-6 (1997) .
- 28) 田中真, 遠山文雄: 衛星搭載フラックスゲート磁力計データの解析処理システムの開発, 東海大学紀要工学部, Vol.32, No.2, 215-220 (1992) .
- 29) 東海大学学生ロケットプロジェクトチーム: ホームページ Web サイト; <http://tsrp.ms.u-tokai.ac.jp/> .
- 30) The Student Rocket Project Team / University of Alaska Fairbanks: アラスカ大学 SRP Web サイト; <http://www.uaf.edu/asgp/alaunchpge.htm> .