

# ARLISS2007報告

日本側コーディネータ 東京大学 中須賀真一

## 1. 全体概要

今年度のCanSatの米国での実験 (ARLISS: A Rocket Launch for International Student Satellites)は、例年通り、ネバダ州のBlack Rock砂漠で、9月12日から15日にかけて行われた。アメリカ・スタンフォード大学のTwiggs教授と東京大学の中須賀の全体のコーディネーションのもと、AEROPACというカリフォルニア地区のアマチュアロケットグループの提供してくれるARLISS標準ロケット(図1)により、直径147mm、1050gまでのオープンクラスのペイロードを高度13000フィート(約4km)まで打ち上げて放出し、落下中にさまざまな実験を実施するというものである。また、350ml缶サイズのCanSatについては、従来のようにARLISS標準ロケットで3機同時打ち上げという方式ではなく、350ml用のロケットが提供され、ほぼ同じ高度まで単独での打ち上げが行われた。今年度は風が強くて打ち上げを待つ時間が長く、予定の3日間ではすべての大学の2回の実験ができずに、AEROPACのご好意により、予定を超えて土曜日まで実験を実施した。日本からは8大学12チーム、1高専、1高校、韓国から1大学、アメリカから3大学が参加し、参加人数も総勢110名程度と、昨年とほぼ同数の規模であった。ただ、日本としては初めての高校生および高専チームの参加があり、大学も3大学が初参加、また、韓国からも初参加を得るなど、ますますの広がりを見せてきている。



図1 ARLISS標準ロケット

## 2. 9月11日(前日の準備日)

参加する各大学が三々五々、ネバダ州GerlachのBrunoのレストランに集合し、少し遅れて到着した香川大を待って、全員でBlack Rock砂漠に向かった。砂漠の表面は、今年は比較的硬く、車の轍もそれほど深くない状態であった。赤いAEROPACと書いたコーンを頼りに、砂漠に作られた打ち上げサイトを目指して、日本の学生を載せた十数台の車が砂煙をあげながら隊列を組んで進むさまはある意味で壮観であり、また、これだけの日本の学生がアメリカで実験をしに来たのだという深い感慨を持った。今年の打ち上げサイトはN40° 49' 17.4" W119° 08' 18.3" であり、昨年度の場所より約3kmほどずれた位置に設定されていた。

打ち上げサイトでTwiggs教授と再会し、さっそくテントの組み上げ、机の設置などの準備作業が実施された。同時に、打ち上げサイトから1.5kmはなれた地点にComebackコンペの目標地点を設置した。例年通り、AEROPACのJim&Becky夫妻がきれいに洗っておいでくれた日本の国旗をコーンを利用して立てた。今年からルールを若干修正し、究極のゴールを20m以内と設定し、それ以内に入ったCanSatはすべてゴール到達として、あとはスピードで順位を決めるということにしたため、フラッグを中心に半径20mの円を書いた。この中に、どれだけ大学がCanSatを到達させてくれるだろうか、という期待に胸が膨らむ。さっそく、いくつかの大学がGPSによるゴール地点の計測を始めた(図2)。

全員集合し、中須賀がひととおり注意事項とComebackコンペのルールを説明した後、大事な打ち上げ順の決定に入った。早朝は風が弱く、時間とともに地面が熱せられて風が強くなる例年の傾向を知って、どの大学も早いスロットの獲得を目指した。じゃんけんの結果、1回目は以下の順となり、2回目は基本的には逆順とした。なお、アメリカの大学はこの日は来なかったため、打ち上げのアレンジはそれぞれにやってもらうこととした。なお、350ml缶サイズ(2機)は、ロケットサイズが違うので、別途アレンジを実施することとした。



図2 Comebackコンペの目標地点(打ち上げサイトから1.5km遠方)とGPS計測するチーム

表1 オープンクラスの1回目フライト順 (2回目は逆順)

---

①東北大、②東工大(Labチーム)、③早稲田塾高校生チーム、④電通大、⑤慶応大、⑥日本大(Comeback)、⑦津山高専、⑧ソウル大、⑨大阪府立大、⑩東工大(3年生)、⑪日大(オープンクラス)、⑫香川大、⑬秋田大

---

注)350ml缶サイズは、東工大3年生チーム、香川大の2機で、別途アレンジ

---

### 3. 9月12日(実験初日)

早いスロットの大学が7時過ぎから三々五々集まり、テントの下で準備が進められた(図3)。ロケット側がこの日に砂漠にやって来る人が多く、来ても準備に時間がかかるため、最初はロケットのアサインメントがなかなか行われなかった。やがて、8時になり、例年通り、打ち上げ管制場を中心にして、ブリーフィングが行われ、注意事項が述べられた。特に、危険に関する自己防御の必要性、砂漠が自然保護区域になっているためゴミを出さないことなどの点が強調された。日本側の代表として中須賀がAEROPACの皆さんの毎年のサポートへの感謝の意を述べ、参加大学数、Comebackコンペの概要などを述べた。例年どおりに「CanSatを見つけても計測する必要があるので、場所だけ記憶して、持って帰ってこないでください」というメッセージもロケット側に伝えた。ブリーフィングの最後に、日本・韓国からの参加チーム全員で写真を撮り、さあいよいよ打ち上げた、と気持ちがいよいよ盛り上がってきた(図4)。



図3 初日の打ち上げ前のテント(準備開始！)



図4 日本・韓国からの参加チーム全体の集合写真(photo by KIKUKO USUYAMA)

各大学が待ち時間の間にレジストレーションを行った。今年は、例年と異なり、一人1日10ドルの登録・トイレ代を大学ごとにまとめて支払う際に、あわせて打ち上げロケット代(オープンクラス400ドル、350ml缶135ドル)を支払ってチケットをもらい、それをアサインされたロケットの所有者に渡すというシステムになっていた。そうこうするうちに、ロケット側の準備が次第に整い、ロケットのアサインメントが始まった。AERO PACのBeckyが「この人のロケットが準備完了」という連絡を中須賀にもたらし、中須賀が日本の大学に「次はあなたの番で、この人のロケットに乗せなさい」という連絡をすることで割り当てが順々に進められた。一部、間に合わないから先に次の大学を、というチームもあったが、おおむねスムーズに割りあえたが進んで。また、準備ができた大学から中須賀がCanSatの計量(オープンクラス1050g以下、350ml缶サイズ350g以下)を厳密に行い、重量的には問題ないことを確認し、写真撮影を行った(図5)。



図5 計量を終え、ほっとするチームメンバーとローバー(電通大)

この日の朝は、風もなく、パラシュートもよく見える青空で、絶好のコンディションであった。午後から少しかぜが出てきたが、おおむね気象条件はよく、前日決定した順にしたがって打ち上げが進んだ(図6)。1回目のフライトは、9:50の東北大学の打ち上げを皮切りに、準備が間に合わなかった香川大、ロケットが間に合わなかった秋田大を残して、ほぼ全チームが打ち上げをすることができた。各大学の成果はそれぞれの報告を参照されたい。初参加の高校生、高専チームも効率的に作業を進め、無事に1回目のフライトを終えた。CanSatを目視で追いかけることができず、GPSも取れなかったため探索に時間がかかったが、ロケット側からの位置の通報もあり、2時間ほどで回収もできたようである。



図6 次々と打ち上げ(初日)

#### 4. 9月13日(2日目)

この日は朝から風が強く、ロケットのアサインメントはしたものの、打ち上げ待ちの状態が続いた。各チームは、この時間を利用して、1回目の成果の解析を基にした2回目に向けての整備に余念がなく、時間はあつという間に過ぎていったと思われる。少し強い風の中を、まず東工大の350ml缶サイズが9:25に打ち上げを実施したが、それ以降はさらに風が強まり、全面的に待機状態となった。午後になって少し風が弱まった機会を利用し、13:45に東工大3年生チームが打ち上げ、それに引き続いて、電通大、高校生チーム、日大(オープン)、津山高専、秋田大、慶応大、ソウル大が打ち上げた。

風が強く、遠くに飛ばされた上、GPSによる位置データのダウンリンクができなかったところは、探索に大いに時間がかかったようであるが、ロケット側の協力もあり、1高専を残してすべてのCanSatの回収ができた。ただ、18:00の打ち上げ場クローズの時間までに打ち上げのできなかった6大学7チームは、ロケットのアサインだけ済ませ、翌朝の朝食ミーティングの前に実施することとなり、朝5:30集合となった。また、CanSat未発見の津山高専も翌早朝に継続して探索することとした。

#### 5. 9月14日(3日目、打ち上げ予備日+発表会)

まだ真っ暗な中、朝5:30に打ち上げサイトに到着し、大学の到着を待った。6:00に6大学すべてがそろったが、猛烈な風に砂嵐のように砂が巻き上がって、視界もない中、車の中でひたすらに風がおさまるのを待った。(図7)ここ数年、このような強風になることが増えているような気がする。地球の気候変動のせいかもしれない、という思いがよぎる。この中を前日にローバーを見つけられなかった津山高専が無事に回収に成功したのは驚きであった。



図7 砂嵐の中、3時間待機(3日目早朝)

結局8:30まで待っても一向に風が収まらないので、午前中に打ち上げはあきらめ、Brunoのレストランでの10:00からの朝食ミーティングに向かうよう、各大学に指示した。砂漠は激しい砂嵐で、視界3m程度の中を、出口の位置を記したGPSレシーバーを頼りにのろのろ運転で砂漠を脱出し、Brunoに到着した。GPSのありがたさを痛感した大学は多いと思う。

朝食ミーティングは10:00(例年より1時間遅い)にスタートし、一人10ドルの支払いを済ませて朝食をとったのち、10:30ごろから発表がスタートした(図8)。参加者はほとんどが日本の大学であるので、日本の中で順々に発表を行い、その合間に時々韓国、アメリカの大学が発表するという方式をとった。1大学、質疑応答を入れて10分、その中に必ずロケットの所有者の名前と那人への謝意を述べることをお願いした。各大学とも、写真をふんだんに取り入れた美しい発表をしていたが、もう少し要点をピンポイントで表現する技術と、英語を磨くべきであるという印象を持った。最後に中須賀がcomebackコンペの総評をしたが、まだ2回目が飛んでいない大学が何校もあり、最終成績は出せなかった。いずれの大学の機体も風に弱く、能代ではいいが、Black Rockの風には歯が立たないという印象を述べ、各大学の奮起を期待する旨を述べた。また、発表会全体については、発表が多すぎて2時間以上は長すぎる、AEROPAC側の発表ももっと入れたい、という点がTwiggs先生から課題として出されており、次年度に向けての宿題としている。

13:00ごろに発表会が終了し、早朝に打ち上げができなかった6大学はすぐに砂漠に行って準備をした。しかし、残念ながら一向に風は収まる気配を見せず、結局この日もフライトはできなかった。ARLISSのオフィシャルな日程はここで終了であるが、AEROPACのBeckyと相談の結果、ロケット側は引き続き土日まで砂漠に滞在しているので、まだ滞在する時間余裕がある大学は土曜に打ち上げ可能であるとのありがたいオファーをいただき、土曜の朝から残りの打ち上げを行うこととなった。



図8 Brunoでの朝食ミーティング(3日目10:00から)

## 6. 9月15日(土曜)

朝から好天で風もなく、絶好のコンディションの中、残りの大学の打ち上げが無事に行われた。その成績が各大学からもたらされ、最終的にはComebackコンペの結果は表2のようになった。日本・韓国については、上位3位までの結果は、以下ようになった。

1位 大阪府立大学 2位 ソウル大学 3位 日本大学

しかし、帰国後、9月21日にBecky経由で、アメリカのハワイのコミュニティカレッジの成績が連絡され、目標までの距離が、1回目0.4マイル、2回目0.25マイル(400m)と報告された。現在、制御履歴の提出を求めているが、これが「制御あり」となると、ハワイのコミュニティカレッジが1位になる。最終的な順位はそれを待つこととした。

表2 Comebackコンペの成績 (\*は350ml缶サイズ)

大学名	1回目	2回目	重量 (g)
電通大	3152m(制御なし)	7952m(制御なし)	1000
東工大	1680m(制御あり)	1160m(制御なし)	760
東工大B3*	8900m(制御なし)	3950m(制御あり)	320
東北大	3200m(制御なし)	制御なし	1030
日大	1500m(制御あり)	2回目棄権	920
慶応大	754m(自由落下)	5090m(制御あり)	920
大阪府立大	1260m(制御あり)	1270m(制御なし)	700
秋田大	16400m(制御あり)	7100m(制御あり)	840
香川大*	898m(自由落下)	930m(制御なし)	350
津山高専	1768m(制御なし)	12400m(制御なし)	1045
ソウル大	1300m(制御あり)	自由落下	920

## 7. 総評

風に泣かされたARLISSであった。ロケット側が飛べる判断しても、CanSat側が待ってくれと要求して待っていただいたこともたくさんあり、辛抱強く待ってくれ、かつ土曜にまで打ち上げのチャンスをくれたAER OPACの人々の忍耐とご好意に心より感謝する次第である。毎年そうであるが、彼らの好意がなければ、この実験はありうべくもないので、参加する大学はそれをしっかりと考えて、彼らが手伝ってよかったと思ってくれるようなフライトができるよう、十分準備した機体を持ってくるべきである。それが、彼らへの感謝の気持ちの最もよい表現法であろう。

運営に関しては、ロケット側からのReadyの知らせに対し、準備に手間取る大学の数は減ったことは良い傾向である。ただ、まだ現地に来て製作をしている(最終調整ではなく)大学があり、これはすでにこの段階でプロジェクトは失敗であると考えたほうが良いだろう。アメリカに来るまでにしっかりと製作・試験をし、現地では、最終チェックと微調整だけの状態に持ってくるのが、ARLISS実験でのミニマムサクセスであると考えていただきたい。また、いくつかの大学ではしっかりとチェックリストを読み上げながら最終調整をしていたが、どの大学もそのような癖をしっかりとつけたいものである。また、結果解析にも時間がかかる大学があったが、データが取れたらすぐに制御履歴が出せるようなテンプレートを事前に準備しておくべきであろう。次年度は回収後、1時間以内(TBD)に制御履歴の提出を求める制約を入れることも考えている。

技術的には、ローバーでは、今年は着地の際の衝撃やパラシュートの分離が大きな障害であった。着地衝撃は、垂直速度が問題であるだけでなく、風が強い場合は水平速度も大きくそれが機材の破損につながっている。パラシュートサイズの適正化と、地面に衝突しても破損しない構造の検討が必要である。一方のフライバックの機体はいずれも風に負けて流されている。制御は確かにされているが、風上に向かおうとした瞬間に風に押し戻され、結局は螺旋を巻きながら風下に流されていくという制御履歴が数多く見られた。パラフォイルは、能代のような風のない低空での飛行に効果的なものは一般にL(揚力)もD(抵抗)も大きく、

強い風では風上には決して昇れない。Black Rockでは上空で通常10～20m/sの風が吹き、低空でも5～10m/sの風が吹いているが、その風に勝てる(その中でも風上に向かえる)パラフォイルであることを設計要求に入れて設計・試験した大学が果たしてどれくらいあるだろうか？ それをしないで、適当に市販のものを買ってきてつけても、それは最初から勝てない試合に臨むのと同じである。もっと空気力学的な性能を追求し、たとえば、同じパラフォイルでも迎角を検討するなどして、Black Rockの風環境にあったものを研究してほしい。その意味で、固定翼形式が現れた(能代では3大学だったが、ARLISSには1大学のみ参加)ことは大変よい傾向である。翼は空間の制約から翼面荷重が非常に大きくなってしまふことへの対策と、縦・横の安定性をどう取るかがクリティカルな問題であろう。

着陸したCanSat探索の効率化も運営上の大きな問題であろう。強風のもと、機体の落下地点が不明で、数時間探し回る大学が今年もたくさんあった。実験の最中に、AEROPACの技術者が、GPSとダウンリンク送信機をパックにして、電力だけ供給したら自動的に位置情報をダウンリンクしてくれるモジュールを提供してくれ、津山高専はそれを使ったようであるが、そのようなシステムをたとえば我々で共同開発し、それだけは他のシステムがどうであろうと確実に動くようにしてすべてのCanSatの位置をモニターする、という策も今後考えたい。また、Twiggs教授の提案で、図9のように砂漠の上にリピーターを点在させて、それ経由で情報を双方に送る(コマンドも送れる)ようなシステムを次年度に向けて作ろうという話も始まっている。この情報システムは砂漠の様子を日本などにWebカメラで伝えたり、日本から遠隔操作でローバーなどを操縦したりすることも目指した大掛かりなものであり、すでに、衛星通信を使った砂漠からインターネットへの接続は今年も実験的に実施していた。次年度はすべての大学が1時間以内でCanSatを回収できることを目標として、我々もこのような情報網の整備に協力したいと考えている。

ARLISSも1999年から数を重ねて、来年はいよいよ第10回の記念大会になる。参加大学は、もう一度ARLISSの意義を見直して、各大学の教育・衛星開発プログラムに効果的に利用できるよう、いっそうの検討をお願いすると同時に、上記の砂漠での位置通報・双方向情報システムなど、よりARLISSを円滑に面白く進められるシステムを共同で検討していくことへのご協力をお願いする次第である。あわせて、ロケットの連中との共同作業を通じて、「より高度に楽しむ」ことの追求もやっていこうではないか。

## In order to find CanSats on the Praya

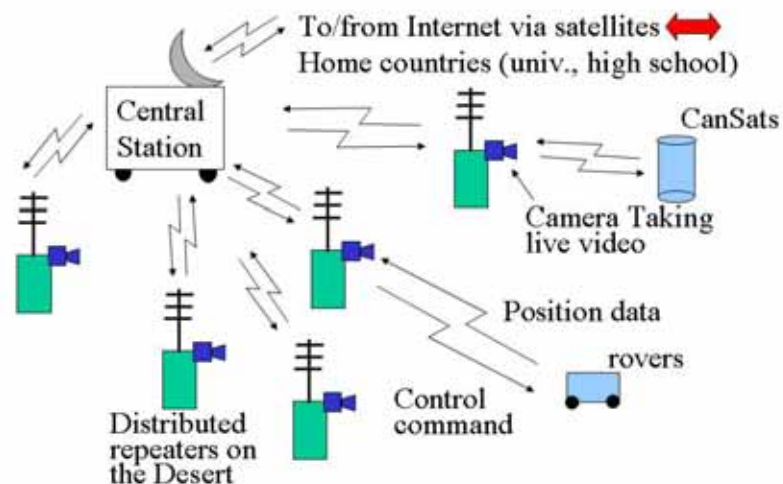


図9 CanSatと交信するための砂漠上での情報システムの提案