

衛星通信と私

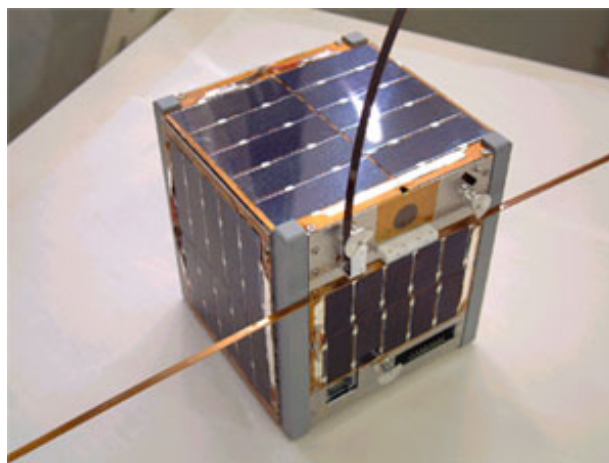
三菱電機株式会社 鎌倉製作所
石川 早苗

2003年6月30日、東京大学・東京工業大学の学生がつくった世界最小の衛星 Cube Sat がロシア・プレセツク宇宙基地から ROCKOT ロケットにより打上げられました。東大の Cube Sat「XI-IV(サイ・フォー)」と東工大の Cube Sat「CUTE-I」は、どちらも1年以上経った現在も元気に動いていて、様々なデータや画像を地上へ送り続けています。私は東大の Cube Sat の開発に携わった経験を通して、衛星通信について考えてみたいと思います。



まず、Cube Sat「XI-IV」とは

Cube Sat はサイズが 10cm × 10cm × 10cm のサイコロ型で、重さは1kgの超小型衛星です。6つの外面に貼られた太陽電池と Li-Ion 電池で電力を供給します。そのうちの1面には、通信アンテナ(送信用、受信用)とカメラが搭載されていて、地球の撮影などのミッションを行います。



Cube Sat「XI-IV」の外観

XI-IV は通常は CW ビーコン(モールス信号)で衛星の電圧、温度等のハウスキーピングデータを送信しています。より詳細なデータや画像データを取得したい場合には、地上からコマンドをアップリンクすると、衛星の送信系が切り替わり FM パケット通信でデータがダウンリンクされるようになっています。周波数は送信系が 430MHz 帯、受信系が 144MHz帯、とアマチュア無線の周波数帯を使用していて、世界中の誰でも XI-IV からの信号を受信することができます。

Cube Sat との出会い

今から約4年前のこと、東京大学工学部航空宇宙工学科中須賀研究室で超小型衛星プロジェクトが始動しました。学生が衛星の設計から製作・試験まですべてを行い、しかもそれを軌道上へ打上げて実証・運用するという夢のような計画のことを聞いたとき、私はこれだ、と思いました。今までこんなに面白そうな話は聞いたことがなかったし、ちょうど大学で何か夢中になれるものを探し

ていた頃でした。

プロジェクトには中須賀研のメンバーを中心に 20 人程の学生が集まり、各自の研究や講義の合間に進めていました。プロジェクトマネージャーのもと、電子系(C&DH)、電源系、通信系、構造系、宇宙環境系、地上局系の 6 つのサブシステムに分かれて、1 人 2 つずつサブシステムを担当するという体制で、私は電子系と通信系を担当。航空宇宙工学の専攻では衛星設計のメインとなる電気・通信関係の勉強はあまりやらないので、ほとんど独学でした。しかもそれまでモノ作りとか電子工作に縁遠かった私は初めは右も左も分からない状態。でも実際やり始めてみると、その面白さにどんどん引き込まれていくのでした。

衛星開発の厳しさと楽しさ

衛星は開発フェーズによって BBM(Bread Board Model)、EM(Engineering Model)、FM(Flight Model)を製作していきます。そのフェーズ毎に各サブシステムをかみ合わせて試験を行うのですが、いつも電子系と通信系で不具合が出て、トラブルシュートの連続でした。モノというのは正直で、間違った設計では間違っただけに動きます。ハード(ウェア)はハードだ、ということは何度も思い知らされました。そんなときの研究室は、本当に不夜城という名がぴったりで常に何人かは徹夜態勢。「俺達に終電はない」とかいうたすきが壁に掛かっていたのが忘れられません。当時は私も大学から自転車 5 分のところに下宿していたのに、しょっちゅう朝 4 時頃帰宅しては昼頃研究室に来るという生活をしていました。苦労しながらもうまく動いたときの嬉しさや達成感がたまらなかったのです。

しかし、何よりも本当の厳しさを知ったのは、三陸沖で行った長距離通信試験でした。Cube Sat 用に新規開発された超小型無線機で、軌道上ー地上間の長距離衛星通信がちゃんとできるか確認するという試験。宇宙科学研究所(現 JAXA)の大気球に Cube Sat を搭載してもらい、三陸沖ー東京間の水平距離約 500km で通信実験を行いました。この実験は準備段階から本当に苦労して、私も含めて現地(三陸)に行ったメンバー 4 人は 1 週間の平均睡眠時間 2 時間弱に、昼食も食わずに作業詰めという事態。どうしても無線機のノイズがひどくて、宇宙研の先生方のアドバイスも頂きながらの試行錯誤の繰り返しでした。寝ても覚めても頭から FM パケットと CW ビーコンの通信音が離れず、あんなに追い詰められたのは初めてです。その甲斐があっつか、実験本番ではクリアな音で通信ができ、東大局との交信という目標も達成できたのですが、この経験から学んだことは、衛星設計ではきちんとした知識がなければ根性だけではどうにもならないということ、そして衛星通信の奥深さ、です。

その後、衛星が打上げ時や宇宙空間での苛酷な環境に耐えられるか確認するために、振動試



長距離通信試験(三陸にて)

験、恒温槽試験、熱真空試験、放射線試験なども行いました。大学・高専・宇宙機関など、いろいろなところから試験設備をお借りして行った試験の数々。泊り込んで行った熱真空試験は特に印象に残っていますが、これらを一通り経験できたことは私のとても貴重な財産となっています。

そして2001年12月、約2年の開発期間を経てついに「XI-IV」が完成。ただしその後、打上げロケット側との契約トラブル等で度重なる打上げ延期があり、1年半後の2003年6月ようやくEurockot社のROCKOTロケットにより打上げられることとなります。なおその間、それまでプロジェクトを率いていた先輩方は次々と卒業していき、打上げ時には私もいつのまにか最高学年になっていました。

ついに宇宙へ…

打上げ当日。日本時間で深夜の打上げにも関わらず、これまでCube Satの開発に関わった卒業生もほぼ全員集合。誰もが小さな子供の旅立ちを見守る親のような気分で、狭い研究室に30人近くがぎゅうぎゅう詰めになっていました。打ち上げ失敗だけは勘弁してほしい…。今回の打上げでは1基のロケットにXI-IVも含めて10機もの衛星が搭載されていて、順次異なる軌道に投入されていく予定でした。そして…ついに無事XI-IVが軌道投入されたとの連絡。身体中がか一と熱くなりました。



打上げ当日の研究室の様子
(著者は中列右から2番目)

しかしまだXI-IV自身からの電波を受信するまでは安心できません。通信系を担当した私はXI-IVが初めて日本上空を通過するまでの間、気が気でなりません。衛星分離は検知できたのか、アンテナはちゃんと展開したのか、無線機は…？突然第一声が耳に入ってきたときは、全身がぞくぞくしました。地上局の無線機から聞こえてくる音は、聞き慣れた音に微妙にドップラーシフトがかかっていました。モールス信号の内容も確かにXI-IVであることを告げています。ああ…ついにやったんだ。実感とともに嬉しさが込み上げてきて、すごいことをやってしまったという達成感と感動で一杯になりました。2003年6月、Cube Sat 打上げ(ロシア・プレセツク)衛星って、そして通信ってすごい。



さて、その後は軌道推定に大忙し。超小型衛星でしかも同じサイズの他大学のCube Satが6機

も近くを飛んでおり、NORAD できえどれがどの衛星か見分けるのにしばらく日数が必要でした。でも何とか運用が軌道に乗ってくるにつれて、衛星の詳細データを取得したり、チャレンジミッションであったはずのカメラの撮影画像まで取得したりできるようになっていったのです。

そして、今

打上げから約一年経った今も、XI-IV は当初の寿命を大幅に越えて元気に生きています。搭載カメラで撮影した画像もかなりの枚数になりました。ずっと運用を続けてくれている現役メンバー、いつも XI-IV のデータを受信して下さっているアマチュア無線家の方、定期的にメールで配信している XI-IV の撮影画像を楽しみにしてくれている一般の方…。私は今でも時々空を見上げて、この広い空のどこかに自分達のつくった衛星が多くの人に見守られて飛んでいるんだと思うと嬉しくなります。そんな衛星と私達を結んでくれる衛星通信。私はまだそのほんの一部しか知らないけれど、これから長いお付き合いになりそうな予感がします。

私は学生時代にこのような一生モノの貴重な経験ができたことは本当に幸運でした。2004 年春、大学院を卒業した私は三菱電機に入社、現在は衛星の姿勢制御系設計の仕事に携わっています。日々学ぶことばかりですが、Cube Sat プロジェクトを通じて味わった喜びと感動をまた経験できるように頑張っていきたいと思っています。



XI-IV が撮影した地球の画像たち

東京大学中須賀研究室 <http://www.space.t.u-tokyo.ac.jp/cubesat/index.html>

UNISEC(大学宇宙工学コンソーシアム) <http://www.unisec.jp/index.html>