

ZigBeeモジュールを使用した モデル・ロケット軌道計測システムの製作

松本 哲明

「チームT・D」は、モデル・ロケットに搭載する飛行観測システムを製作した。ヴィッツが開発した観測モジュールのキットをベースに、加速度センサとZigBeeモジュールを搭載し、取得したデータをリアルタイムで地上局に伝送するというものだ。観測システムの重量制限は50g。組み合わせ型の開発により開発期間の短縮を図った。（編集部）

Hamana-4は、モデル・ロケットを用いた飛行記録の観測システムを開発する教育プロジェクトです。モデル・ロケットに搭載するための観測機器を開発し、飛行中の各種情報(例えば、GPSデータや加速度、地磁気、角速度など)を取得・解析するための、教育環境の場を提供しています。

参加チームは、ロケット本体の製作(加工)やハードウェア、ソフトウェアを含む観測システムの開発、モデル・ロケットの打ち上げといった一連の作業に携わります。組み込みシステムを丸ごと取り扱える教育の場として、興味深いプロジェクトです。

筆者は、ひょんなきっかけから、このHamana-4プロジェクトに参加することになりました。

始まりはTOPPERSカンファレンス

2007年6月15日、TOPPERSカンファレンスで行われた抽選会において、筆者は見事に観測キット付きモデル・ロケットを引き当ててしまいました(写真1)。これは、ヴィッツが開発したモデル・ロケット搭載用観測モジュールのキットと、Estes社のモデル・ロケット「Baby Bertha」をセットにしたものです。本賞品には、さらに「TOPPERSを代表してHamana-4プロジェクトに参加する」という特典(?)まで付いていました。

これをきっかけに「チームT・D」の活動が始まりました。プロジェクト計画書を作成し、チームT・DとしてHamana

実行委員会に提出したのは2007年7月8日です。この時点では、チーム・メンバは筆者のみという状態でした。7月中旬にはほかのメンバが決定し、ようやく開発がスタートしました。

リソース不足を「組み合わせ」で補う

Hamana-4の公式な打ち上げ日は8月30日であり、開発期間は1.5カ月しかありません。しかも、本業と並行しての作業となります。チーム・メンバは全員多忙で、Hamana-4のための時間がなかなか取れない状態でした。さらに、メンバが東京と名古屋に分散しており、期日までに開発を終えるのは非常に難しい状況でした。

このため、筆者らは、既の実績のあるソフトウェア・モジュールを組み合わせる“組み合わせ型の開発”によって開発期間の短縮を図ることにしました。

計測システムの構想

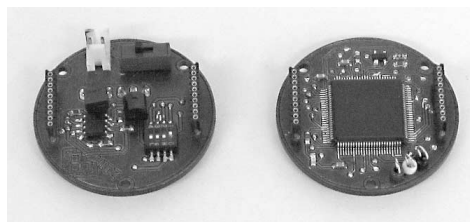
Hamana-4では、モデル・ロケットに搭載するシステム(ペイロード)に何らかのセンサを搭載し、飛行中のデータを記録することが規定されています(図1)。ヴィッツ製の観測モジュール・キットにはフラッシュROMが搭載されており、測定したデータをこのフラッシュROMに記録することを想定しています。しかし、ほかのチームの計画書を見ると、既に同じようなシステムを採用しているチームがありました。ほかのチームと異なるシステムを開発した

写真1 抽選会で当たった「観測キット付きモデル・ロケット」

Hamanaプロジェクトへの参加経験があるヴィッツが開発した観測モジュールのハードウェアをキットとして提供している。(b)の左が電源+フラッシュ・メモリ基板、右がCPU基板(「H8/3069F」を搭載)である。オプションでセンサ基板も用意されている。



(a) 観測キット付きモデル・ロケットの外観



(b) 観測キットの基板

1. ルール

- モデル・ロケット安全コードに準拠して実施する。
- Hamana-4独自のルールとして以下のものを定義する。
 - 使用するエンジンはC6-5, B6-4, A8-3
 - 会場の状況により使用するエンジンを選定する(広い河川敷ならC6-5エンジンまで使用可能, ホテル駐車場などではB6-4エンジンまで使用可能, など)
- Hamana実行委員会の指示のもと打ち上げる。
- モデルロケット協会の4級以上のライセンスを取得している者が打ち上げること。

2. Hamana-4モデル・ロケット本体基準

- モデル・ロケットの総重量(ペイロード, エンジンを含む)は, 以下の表の範囲内とする。なお, 重量が指定重量未満のときには, 実行委員会によるウエイトの搭載を指示する場合がある。

| エンジン | 重量(g) |
|------|-----------|
| A8-3 | 65 ~ 85 |
| B6-4 | 100 ~ 113 |
| C6-5 | 100 ~ 113 |

- モデル・ロケットは, 実行委員会による機体審査を通過したのもののみ打ち上げ可能とする。機体審査はスイング・テスト(機体重心の確認), 逆噴射テスト(パラシュートの開花試験), 重量計測を実施する。

3. Hamana-4ペイロード基準

- 飛行中のデータを記録すること。記録するデータや解析に関しては参加チームに一任する。
- ペイロードは総重量50g以内とする。ただし実行委員会が審査で認めた場合, 60gまで搭載可能とする。
- ペイロード破損防止のための保護を義務づける。保護に使用する素材はペイロード重量には含めない。
- 外部からペイロードの動作を視認できる装置の搭載を義務づける。

図1 Hamana-4レギュレーション(抜粋, 要約)

全文は<http://www.hamana-x.com/wiki/wiki.cgi?page=Hamana4regulation>で参照できる。

いと考へ, 別の方法を検討した結果, 無線通信によって計測データをリアルタイムで地上局に伝送し, 地上局でデータを記録することにしました(図2)。この方法ならフラッシュROMのデバイス・ドライバが不要なので, 開発するソフトウェアのボリュームも削減できます。

無線通信方式の選定

利用可能な無線通信の候補として, 携帯電話やPHSのデータ通信, UWB(Ultra Wideband), Wi-Fi(IEEE802.11 a/b/g), Bluetooth, ZigBee(IEEE 802.15.4), 特定小電力無線を検討しました(図3, 表1)。モデル・ロケットに搭載することから, 以下の条件を満たすことが必須であると考えました。

- 伝送距離は200m以上(ロケットの飛行距離を考慮)
- 伝送速度は38,400bps以上(理由は後述)
- 消費電力が低いこと
- 軽量であること

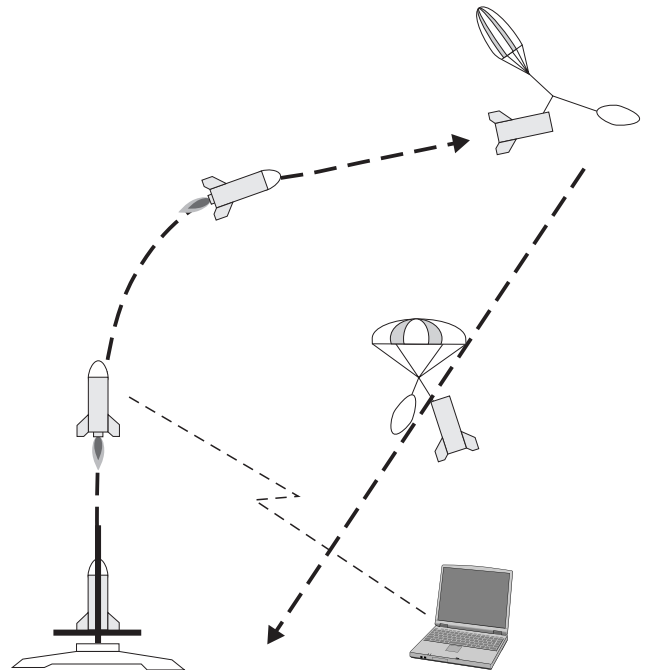


図2 開発するシステムの全体像

計測データを無線通信によってリアルタイムにモデル・ロケットから地上局に伝送し, 地上局でデータを記録する。

- 日本国内の法基準に適合していること

携帯電話やPHSは, 場所によっては使用できないことがある(“圏外”が存在する)ため, NGとしました。UWBは使用可能なモジュールが存在せず, Wi-Fi, Bluetoothは伝送距離が足りないため, NGとしました。最終候補としてZigBeeと特定小電力無線が残ったのですが, ZigBeeの方が小型, 軽量のモジュールが多い(2足歩行ロボットなどにも使用されている)と考え, ZigBeeに決定しました。

後になって分かったことですが, ZigBeeの通信プロトコルでエラー回復が行われることから, アプリケーション・レベルでのエラー回復のための処理を開発する必要がないという, ありがたい効果もありました。

ZigBeeモジュールの選定

ZigBeeモジュールの選定にあたっては, 「200m以上の伝送が可能で, Telec認証をモジュール単体で取得しているもの」という条件で探しました(Hamana-4という公式のプロジェクトで使用するため, 認証取得を条件とした)。

2足歩行ロボットに使用されているモジュールは確かに小型で消費電力が低いのですが, 伝送距離が数十メートルというものばかりで, 筆者らの条件に合致するものがなか