

小型飛翔探査体 ハマナ 1 開発計画

主催：SWEST

協賛：SESSAME + TOPPERS

目的

本プロジェクトでは、模型ロケットの打ち上げ軌道追跡を行うシステムを開発します。その目的は、組み込みソフトウェアの開発技術教育のための教材作成とその普及です。教育の対象は、主に組み込みソフト開発の中級技術者（定義の詳細は、SESSAME のスキル標準による）です。組み込みシステムの開発現場では、プログラムの製作需要に追われてシステム全体を俯瞰しながらの開発や基本的な要求を吟味しながらのソフト開発機会が失われています。このような現場では、より高いレベルの開発方式へ移行するための基本スキルが技術者個人につかなくなる恐れがあります。その対策法として業務中での OJT とは異なる方法でのプロジェクト経験を積むことが挙げられます。ハマナ 1 は、この経験蓄積を目指しています。複数の企業の技術者、管理者がオープンな開発命題に沿って開発を実施、その経過を記録して教材の作成を行います。作成後の教材は、TOPPERS や SESSAME などの NPO 団体や一般企業の教育活動を通じて組み込みソフト技術者の育成に役立てます。

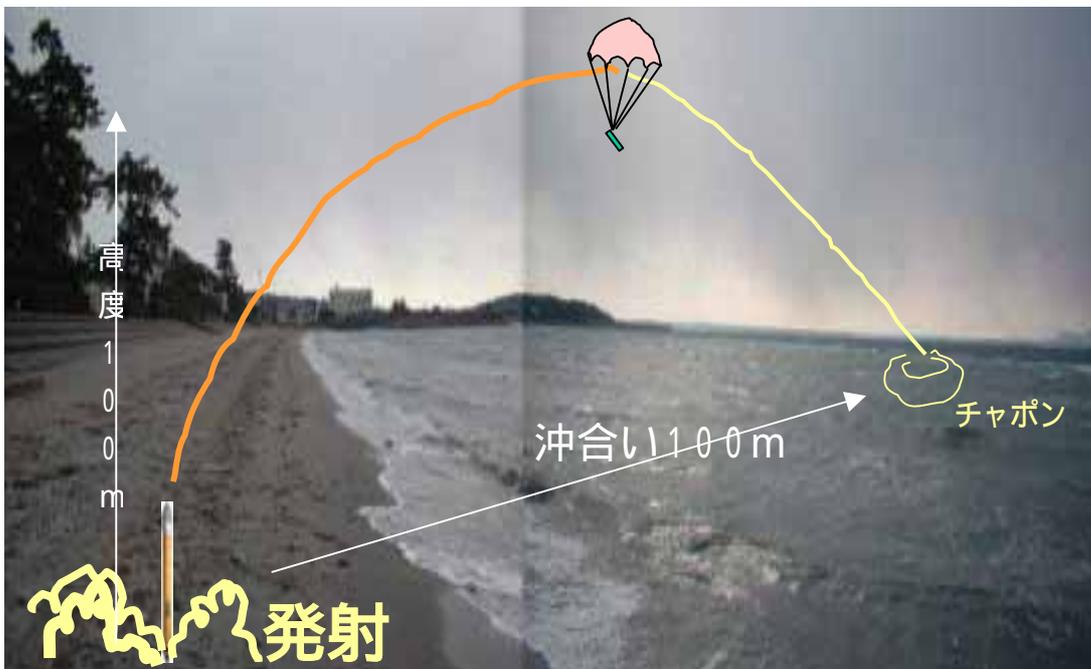
概要

ハマナ - 1 では、サーベイヤ計画の要素技術として、超小型ロケットを利用した低高度（100 - 200 m）からの地上観測技術に必要な飛行経路の記録と飛翔体の回収を実験します。つまり、小型モデルロケットに GPS モジュールと制御 / 記録用のマイコンを搭載して浜名湖の湖岸から湖の上空に向けて発射し飛行軌道を記録します。

模型ロケットは、きわめて短時間でかつ簡単に観測プローブを数百メートルの上空に運ぶことができます。この特性を生かすと各種の野外実験が容易になることが実用上も期待されます。つまり、一般のロケットによる観測は、1 万メートル以上の高空・成層圏観測ですが、地表付近の微気象調査や特定の地域を上空から観測するためには超小型ロケットを利用すると便利でしょう。この観測方式の実用化を目指して、ハマナ 1 では、打ち上げたロケットの軌道（緯度経度高度）を GPS によって記録します。同時に地上からも最大到達高度を記録して GPS による記録の妥当性を検証します。

実験内容

- GPS を搭載して飛行軌道を記録する
ロケットに搭載した CPU (GPS 内臓 CPU とは別に用意する) によって LLH (緯度、経度、高度) 座標を記録、帰還後に軌道計算して表示する。
発射前に射点に併置した GPS と搭載 GPS をシンクロさせて DGPS 動作を実現する。
- 地上からロケットの飛行軌道を観測する
GPS によって相対位置を測った 3 点のグランドマーカから到達高度を算出する
この観測にどの程度のソフトウェアを実装するかは、プロジェクト参加者が決定する



- 他の実験
もしも、開発協力者から上記以外の実験希望があった場合には、安全性に問題がなければ、追加プロジェクトとして本期間中に開発し実験項目に加えます。
以下は追加実験の例です。
 - ・ 加速度センサの信号から到達高度を計測する実験
XYZ3 軸センサをロケットに搭載して加速度を記録、帰還後に積分計算する
 - ・ 自由落下中に地表の画像を撮影する実験
CCD カメラを搭載、開傘後に地表を撮影、帰還後に表示する

作業内容

開発には、下記の大項目があります。理想的には全ての活動を志願者で分担し、多くの参加者に見てもらいたいことが望ましいでしょう。志願者が少ない場合には、イベント運営<実験進行<開発の優先度で人員を割り当ててできる範囲での実施とします。

- ・ イベント運営の作業
 - 現地調整（ホテル、消防など）
 - 記録集積と編集
 - 活動報告
 - 見学希望者への通知
- ・ 当日実験進行の作業
 - ビデオ、記録
 - 秒読み
 - 回収
- ・ システム開発
 - ソフトウェア開発
 - 発射、追跡メカトロニクス開発
 - ロケット作成

次ページは、開発と運営の一部に関わる参考 WBS です。

参考 開発 WBS		岩橋	森	岸田	穴田	二上	石濱	宿口	??
搭載コンピュータ	シンクロナイズ シーケンス制御 搭載 GPS 読み出しと書き込み 品質確保 ソフトウェアモデル								
管制装置	グランドマーカ情報入力 秒読み シンクロ制御 固定 GPS 読み出しと記録 マニュアル計測データ入力 軌道データ読み出しと記録 軌道データ計算と表示 品質確保 ソフトウェアモデル								
メカトロ 共通ライブラリ	機体作成 点火制御 マニュアル計測装置 GPS_IO								

は、主担当であり、計画から実務まで当該分野の責任者
は、支援担当であり、主担当と連携して実務を行う

今後の日程

現在の賛同メンバーを中心にして4月より開発と予備実験を開始します。開発会議や実験装置の組み立てなどを行うための拠点は、東陽テクニカの組込みソフトラボ（東京都日本橋）に置きます。また、期間中の個人レベルで実施できる開発作業は、メンバーが各自の開発拠点で実施します。

以下は、開発会議用の参考日程です。

曜							
月日	日	週	プロジェクト関連	ソフト開発関連	メカトロ関連	運営関連	ドキュメント
3月20日	土	1	起案				
3月27日	土	2					開発計画書
4月3日	土	3			GPS 搭載方法決定	参加者の募集	機構図
4月10日	土	4				射場決定	正式地図
4月17日	土	5	開発会議 - 1	メンバー確定		消防書への承認依頼	
4月24日	土	6		機体選定			実験仕様書
5月1日	土	7		方式決定			ソフトウェア概要図
5月8日	土	8	開発会議 - 2	シンクロ方法詳細			
5月15日	土	9			地上燃焼試験		試験写真
5月22日	土	10	ダミー発射実験				
5月29日	土	11					
6月5日	土	12			エレクトロニクス完了	回収方式確定	回収手順書
6月12日	土	13					
6月19日	土	14		単体試験終了			単体試験成績書
6月26日	土	15					
7月3日	土	16	開発会議 - 3	統合試験	擬似発射実験		試験成績書
7月10日	土	17					
7月17日	土	18				ドキュメント整理	開発記録図書
7月18日	日	18					
7月19日	月	18	Last Slack Days				
7月20日	火	18					
7月21日	水	18	最終確認会議			実施演習	
7月22日	木	18	本番			成果発表	実験データ、ビデオ
7月23日	金	18	まとめとお祝い			宴会	写真

開発資源や費用などの手当てについて

人的な開発資源は、SESSAME、TOPPERS など NPO に募集をかけてボランティアを募ります。(3月時点で7名の協力メンバー) 実験準備に必要な交通費などの諸費用は、各自が負担とします。

開発機材は、下記のような手当てになっています。

機材名称	製品名	スポンサー
・ ロケット本体	ESTES 製 Level-2 モデル	東陽テクニカ
・ GPS	古野電気製 GH80	古野電気
・ 管制側コンピュータ	SH3 + WindowsPC	ルネサスシステム
・ 搭載コンピュータ	M16C	SESSAME
・ 発射基地設備	点火リレー、風速センサーなど	東陽テクニカ

これら機材を提供いただいた方法は、廉価で提供されたもの、期間中の貸し出しなどさまざまです。よって、SWEST 終了後に同じ実験を繰り返す事はできません。

この調達で実費が発生したものについては、東陽テクニカで処理済みです。今後が発生する費用(要員の旅費は除く)についても、10万円を上限として東陽テクニカが提供します。

実験手順の案

実験手順の決定は、射場の決定と予備実験終了後に行います。

準備・同期、秒読み、発射、帰還/追跡、回収、軌跡解析といういくつかの段取りから構成されているために、数名の実験担当者が実験の状況を確実に把握して各自の任務を遂行する必要があります。このために活動と担当について以下のように状態モデルを定義します。個々の状態における判定結果が Green であれば、次の状態へ進めると考えます。この一般モデルも示します。

スーパータイプ : [シーケンスクラス : State 継続 green | 停止 yellow | 中止 red]

サブタイプ : [打ち上げシーケンス] [観測シーケンス]

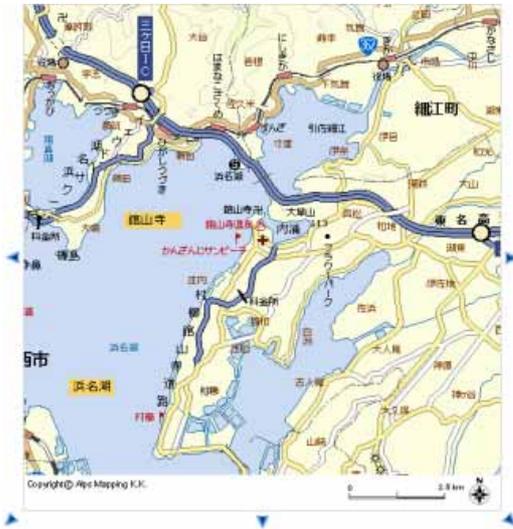
* 編集注 : 上記は、まだ作成中です *

下記の手順を実験 1 と 2 で繰り返す。

- 1 . 射点と観測点設営
事前の調査が必要
- 2 . 射点にて時計同期
- 3 . 射点と観測点での LLH 測定
ナビを 4 台使えば、同時観測して精度計算ができる
- 4 . 発射準備
- 5 . 秒読み
音声による。詳細シーケンスは今後、規定する
- 6 . 発射
高い精度は求めないので、メカニカルリレーによる点火。ただし、誤点火を防止する安全システムは作りこむこと
- 7 . 追尾
一般的な ESTES の俯角測定儀か同等品を用いればよいと思うが、時間が許せばタイムマーカごとの俯角記録を自動化したい
- 8 . 回収
湖上に落下させるとなると回収船を用意する必要がある
- 9 . データ統合
演算については、これから検討
- 10 . 解析
 1. 実験 1 . の場合 : 軌道と到達高度計算
 2. 実験 2 . の場合 : 高度積分、画像再生
- 11 . 表示

- 射場の選定と回収

実験は SWEST の前日を本番日とするので、射場は、浜名湖館山寺温泉の付近になります。SWEST 参加者から見学希望者を募って様子を見てもらう事は有益でしょう。



詳細地図

- 探査体の仕様

ESTES の C タイプエンジンをを用いた 1 段ロケットを使う。

ペイロードがナビ+バッテリー+CPU などで 20g はあるだろう。

ロケット本体の軽量化を図る必要があると思われる。また、発射前に乾燥させてやることでさらに 2g 程度は軽量化ができるはず。

GPS 外形寸法 (MAX) 21×21×11mm

重量 10g 程度

使用するロケット：C クラスの 10Nsec エンジンを使う。(ペイロードの状況で変化)

- 開発対象ソフトウェア機能

探査体

1. 制御系

- (ア) リセット応答

天候確認、制御系確認、安全確認シーケンスの後で、探査体の電源が入り探査体の搭載 CPU が始動する。これを搭載 CPU のリセットと呼ぶ。このリセット時点での搭載 CPU の動作をリセット応答とする。

リセット応答では、ビルトインテストを実施する。ビルトインテストでは、メモリを含めたハードウェアの自己診断を実施する。このテストでフェールした場合には、BIT_RED フラグを立てる。テストに通った場合は、クロック同期信号の着信待ち状態となる。

- (イ) シンクロナイズ

管制発射装置から時刻とクロック同期信号を受け取って±0.1mSec の精度でシステムとの時刻同期を取る。もしも同期が取れない場合には、Sync_RED フラグを立てる。クロック同期は、最終秒読み開始時に実施する。もし、最終秒読みの期間中に発射シーケンスを中止した場合には、Sync_RED フラグを立てる。

2. GPS 系

- (ア) GPS 制御

GPS 仕様にしたがって GPS の初期化、セルフテストを行う。

セルフテストは、規定の位置情報からの LLH データの誤差が 1 秒以内であることを検証する。もしも位置誤差が大きい場合には、GPS_RED フラグを立てる

- (イ) LLH データの記録

クロック同期完了後は、1 秒間隔で GPS よりデータを取得する。GPS のデータから LLH データを生成する。GPS データの取得タイミングは、GPS モジュールに

依存するので、最悪の場合、発射後 1 秒間の LLH は不明となる。

搭載プロセッサのメモリの都合から、クロック同期後、100 秒までの GPS データを記録する。もしも 100 秒経過した場合には、GPS データの記録を停止する。

(ウ) LLH 記録のアップロード指令によって LLH のアップロードを行う。

地上設備

1) 管制発射装置

(ア) 探査体へのプログラミング

(イ) 探査体への指令ダウンロード

(ウ) 秒読み

(エ) 点火

2) 射点グランドマーカ

(ア) GPS 位置情報との差分計算

射点は、市販地図から緯度経度が 1 秒以下の精度で確定できる。この情報を元にロケットとの同期がとれてからの射点の LLH 情報のズレを記録する。このズレは衛星、大気圏の状況によって変化するので、ロケットの計算誤差もほぼ平行に誤差を生んでいると推定される。よって、ロケットの LLH ログから同時刻の射点ログを引けば、射点を原点とした高精度の位置追跡ができる。

(イ) 離陸同期から着水までのタイムマーキング機能

これは、GUI を通じて管制官が入力したイベント発生シグナルを時刻情報とともに記録する。

(ウ) 射点から見た探査体方位データ記録 (オプション)

(エ) 探査体からの LLH データアップロードと表示

3) 観測点グランドマーカ (2 基)

これは、マニュアル計測として実施するものである。

(ア) 観測点 LLH データ記録 (オプション)

(イ) 離陸同期から着水までのタイムマーキング (オプション)

(ウ) 観測点から見た探査体方位データ記録 (オプション)

観測点は、射場側の湖岸 2 箇所と対岸 1 箇所の計 3 箇所。