

MDDロボットチャレンジ 競技仕様書

2008 年 4 月 23 日

MDD ロボットチャレンジ 2008 実行委員会

概要	3
競技の目的.....	3
MDD チャレンジ・アーキテクチャの発展経緯と 2008 年	4
審査と競技の構成.....	5
ソフトウェア審査.....	5
自動航法競技のモデリング	5
相撲競技のモデリング	5
飛行競技のルール.....	6
自動航法競技（ Navigation flight ）	6
相撲競技（ Sumo Fligh ）	8
競技会場	9
耐空性審査について.....	10
機体のサイズ制限について	10
著作権など.....	10
スケジュール.....	11
参考文献	12
付録 チャレンジャーへの指令	13
セサミテクノロジーと Haluna-1 飛行船.....	13
実用観測ソフトウェア要求[requirement]：	14
付帯条件（非機能要求）：	15

概要

本書は、2008 年 10 月に開催予定の MDD ロボットチャレンジ 2008 の競技について規定と解説を行なう。MDD ロボットチャレンジ 2008 (以下 MDD チャレンジ) は、情報処理学会の組込みシステム研究会 SIGEMB が主催する組込みシステムシンポジウム ESS2008 の特別企画である。MDD (Model Driven Development) とは、明示的な論理にもとづきソフトウェアモデルを変換することの繰り返しで最終ソフトウェアを生成する開発方式である。

MDD チャレンジ 2008 では、前年と同様の自動航法競技と今年から新規の相撲競技を実施する。

* 自動航法に関しては、本書の付録 チャレンジャーへの指令 で記述された実機 Haluna-1 のプロトタイプ Haluna-4M-B の航法ソフトウェア開発を中心課題とする。

Haluna-4M-B は、実機開発に先立って、航法ソフトウェアを MDD で開発するための先行研究機だと思ってほしい。Haluna-4M-B は、飛行船の固有速度に対して気流速度が小さい条件でのみ飛行を行える室内飛行船である。

なお、競技およびシステム構成は、推進委委員会で開発中の試作機の状態などに応じて、変更が生じる。変更が生じた場合には、メーリングリストで関係者に連絡、仕様書についても改訂を行う。

* 相撲競技は、MDD に必要なモデリング技術の獲得に注力するための競技種目である。いわゆるフライト・アシストシステムの原型を開発することを課題として、チャレンジャーが現実のフライトコントローラとして有意でかつ良質なモデルを作成することを目指す。相撲では、コード生成は目的とせず、課題の適切なモデルへの写像に注力していただく。

競技の目的

MDD チャレンジは、小型飛行船を制御するシステムを開発することで、組込みソフトウェア開発の基礎を学ぶ機会、MDD の研究に参加する機会を提供する。組込みソフトウェア開発は、他の一般的なソフトウェア開発と比べると MDD の適用が難しいと言われている。入出力にかかわる標準化の難しさや依然として厳しいメモリ利用の制限などに起因するモデルと実装の対応問題などが理由である。こうした問題を含めて、MDD チャレンジでは、実技を通じて学び、今後の研究に役立つ知見を得ることが目的である。

具体的には、以下のような領域での活動を心がける。

1. 研究促進：組み込みソフトウェアとシステム工学推進のための研究用試料を開発する

- 下記領域について開発実践しながら情報を蓄積し研究に役立てる
 - ◇ ドメインテーマ (小型飛行船制御)
 - ◇ ハードウェア (電気, 電子, 機械, 計測など)
 - ◇ ソフトウェア (制御, 通信, 情報処理など)
 - ◇ 評価技術 (モデル評価)
 - ◇ 運営管理技術 (開発プロジェクト運営, 教育イベント運営)

2. 産業振興：MDD というソフトウェア工学の開発パラダイムを学ぶ機会を提供する

- UML モデルレイヤーの
 - 1 層 (実装), 2 層 (アプリモデリング), 3 層 (メタモデリング) 開発技術習得
- 開発したハードウェア、情報を開示 / 展示して産業振興に役立てる

3. 教育実践：情報技術教育のプラットフォームとしての模型飛行船開発を行う

- 工学原理を適用した組込み技術 (UML モデリング, MDD 原理) → 大学生
- 開発技術を高められる組込み技術 (MDD の実用) → 社会人

MDD チャレンジ・アーキテクチャの発展経緯と 2008 年

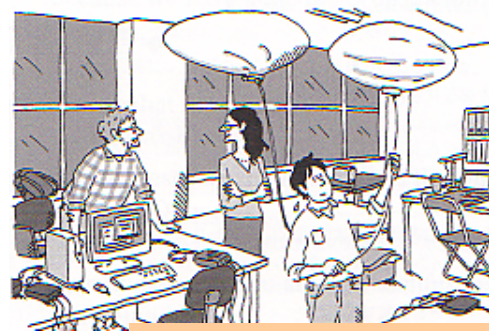
MDD チャレンジでは、ソフトウェアモデルに対応する飛行船の仕組みを一括してアーキテクチャと呼んでいる。コンテストに使えるアーキテクチャは、2004 年 10 月の第一回以来、開発が継続している。チャレンジャー、主催者ボランティアメンバーは、いままでに下記のようなシステムを開発、製作してきた。

2004 年：

- 超音波通信で制御される飛行船
- 超音波での地上測位システム

2005 年：

- Rf 無線および Ir による通信モジュール
- Rf 無線 HDLC プロトコル
- 超音波ソナーによる高度と経緯度測位
- 天井からの画像撮影による方位と位置決め



SE の英会話「超」入門 より引用

2006 年：

- 角速度センサでの方位測定
- ZigBee, Blue Tooth などのネットワーク通信

2007 年：

- 搭載 AirMPU の PCB (プリント基板) 化とチャレンジャーへの貸与
- 地上超音波受信モジュールの PCB 化

今年度、ソフトウェアチャレンジャーが利用できるアーキテクチャは、以下のとおり。

- 飛行船エンベロープ(市販品)
- 飛行船 DC モータ直結の 3 軸プロペラによる推進(上下、左、右)
- 飛行船搭載ソナーによる高度測位
- 飛行船搭載角速度センサによる方位測定
- 地上超音波マトリクスによるグランドコントロールでの経緯測位
- ZigBee 無線モジュールによるグランドコントロールと飛行船搭載 AirMPU 通信

このアーキテクチャにより、チャレンジャーは、グランドコントロールと位置づけたコンピュータ(通常は、パソコン)と 2 チャンネルのシリアル通信を介して飛行制御、位置測位をおこなうことができる。

審査と競技の構成

MDD ロボットチャレンジは下記のソフトウェア審査と飛行競技から成る。フライトを実現するためのアーキテクチャについては、参考[2]に記されている。

1) ソフトウェア審査

モデリング 事前提出されたモデルをソフトウェアモデルの視点で審査する

2) 飛行競技

自動航法競技 離陸、自動で航法飛行を行って着陸するまでの応用的動作および経過表示ソフトウェアの動作を審査する

相撲競技 行司が競技をしきり、審判が場外、接触などを判断する

ソフトウェア審査

本書では、航法、相撲のどちらでもUMLを前提に仕様が述べられているが、UML標準(ISO19501,2005)に規定されないモデリング手法や記法を用いてもかまわない。その場合には、審査委員会が記法の文法と意味を理解できるだけの補助資料を用意すること。

自動航法競技のモデリング

チャレンジャーは、本書の付録にある「チャレンジャーへの司令」という要求に基づきモデリングを行う。「チャレンジャーへの司令」では、砂漠に生息する動物を観察する飛行船のためのプロトタイプ飛行船を開発するという要求が述べられている。この要求と飛行船の飛行原理、特性、プログラミング言語の特性などを組み合わせ、明示的なモデルの変換を繰り返し、最終的な航法飛行を行うソフトウェアが作られることを示すことが求められる。

ただし、MDDの学習段階にあるチャレンジャーおよびシステム開発に主眼を置くシステムチャレンジャーは、変換モデルの明示が無くともよい(UMLモデリングレイヤのUMLモデル層のみに対応する航法飛行モデル提示でよい)。特にシステムチャレンジャーの場合は、ハードウェアの設計や分析モデルと実装までの資料などの提示があってもよい。(これらは、MDDの概念をCIMへ広げるための有益な資料となる)

また、最適経路の導出アルゴリズムなど特定の機能や着目点に限ってモデリングすることでもよい。ただし、この場合は審査ドキュメントにその理由や機能、着目点とそれ以外の領域との接続に関する説明を添付すること。

相撲競技のモデリング

単純な飛行指令群をどのように解釈、変換して飛行船への推力指令に変換するかを明確かつ正確に、人にとって理解しやすく表現するかを競う。このようなモデリングは、モデリング技能の獲得や技能向上に役立つ。さらに、飛行船の場合には、ホバー状態の維持、指令受信時点の角速度など過去の飛行指令シーケンスや飛行状態によって推力制御の補正を行なうと操縦性能が向上することが知られている。こうした特性をモデリングすることは組込みシステム開発技術の向上に有効である。

チャレンジャーには、実機の振る舞いを観察しながらモデリングをしていただきたい。

飛行競技のルール

自動航法競技 (Navigation flight)

飛行船を出発地(Lift off point)から離陸して立ち寄り点(Way point)を通過しながら目的地(Goal point)に着陸させるように航行させることを競う。出発地から目的地までは直線距離で15m程度である。立ち寄り点は空中にある風船(立ち寄り点 $n \quad n=1,2 \dots$)である。ポイント間の距離は、4mから7m程度、高度差は2m程度とする予定である。ヨー軸周りには20度/秒以下の緩旋回で航行可能なコースを予定している。高さ方向は、垂直上昇を前提としたコースになる。立ち寄り点は、He入りの風船を糸で係留し、風速指標を兼ねる。そのために立ち寄り点の真下は通過できない。

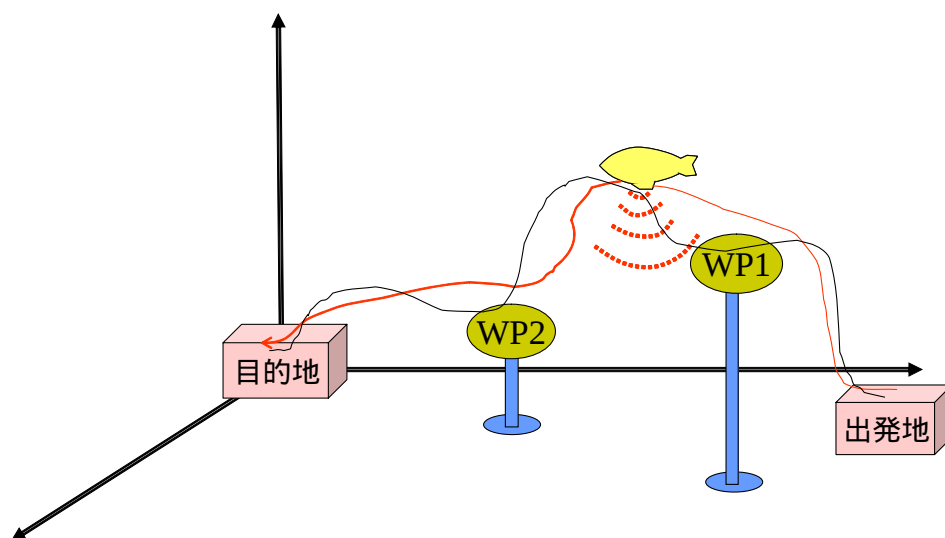


図1 飛行競技・航法飛行の概要

最終決定されたコースの3次元配置情報は、9月の耐空性審査当日に開示する。立ち寄り点などの配置精度は、 $\pm 10\text{cm}$ 程度である。この精度のために着陸点は、約直径1m程度の円形ポートを用意する。航行中は、図4に例示されるような航行状態の表示を行なうこと。この航行状態表示は、会場に用意した画面モニターにて表示する。表示の目的は、チャレンジャの開発した自動航行ソフトウェアが何を行っているかを参加者全員に理解してもらうことにある。従って、表示内容や形式は、各チームの創意工夫に任せる。図4の例では、基地局への入力、出力、モードからなる。入力として、「方位」、「無線」、「超音波」があり、それぞれの信号の値を表示している。出力には無線があり、無線で送信する内容が、「方針」であり、「無線」のフォームの部分の値が送信される。モードは、「正常・右ターン」と記されている部分である。

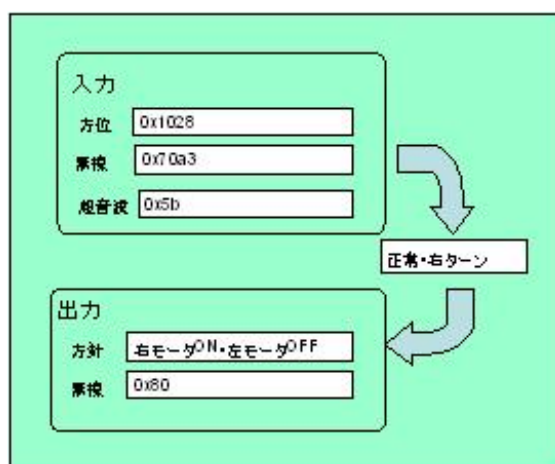


図4 スクリーンへの表示例

航法飛行の評価点：

飛行の評価は下記の点を審判が判断して加点する。個々の点数は審査委員会から発表される

1. 立ち寄り点近傍1m以内を通過したと審判が判断した
2. 立ち寄り点に機体が接触した
3. 目的地(ゴールポイント)の円形内に降下して着地、静止した
4. 着地はできたが、静止できずにバウンドした
5. 飛行中の情報を審判が理解できる形でスクリーンに実時間表示できた

離陸してからの最大航行時間は5分間とする。5分を過ぎた場合、もしくは航行不能と審判が判断した場合には、その時点でフライトは終了とし、それまでの獲得ポイントがチームの航法飛行ポイントとなる。

相撲競技 (Sumo Fligth)

相撲競技は、2組のチャレンジャが操船アルゴリズムの実行とチームワークを競う競技である。

競技会場には、空間土俵が構築されている。土俵は、高さ6m、一辺が約4mの 6 角柱ワイヤーフレームである。



る。

フレームは、飛行船エンベロープと同じく He が充填された浮体と軽量リボンで構成されている。ここに2機の飛行船が入り、それぞれのチャレンジャが地上からテキスト指令を送りながら操船する。

競技手順：

両者が土俵空間内に入ったところで行司が競技開始を宣言する。宣言から 5 分間が競技時間である。審判が場外、あるいは床への接地を宣言した場合には、5 分発たずとも競技終了になる。

勝敗：

宣言から 5 分以内に相手の飛行船エンベロープを押して土俵空域外へエンベロー

プ全体を出す、あるいは床に接地させることができたチームの勝ちとする。競技は、相手を押すことだけが許される。プロペラで相手のエンベロープを裂く、とがった部品で突き刺すなどの方法は許されない。あくまでエンベロープ同士の押し合いで勝敗を決める。ただし、押されずとも、操船ミスなどで自ら土俵空間外へ出てしまったものは負けである。

天井への接触は、判定が困難と思われるため評価外とする。

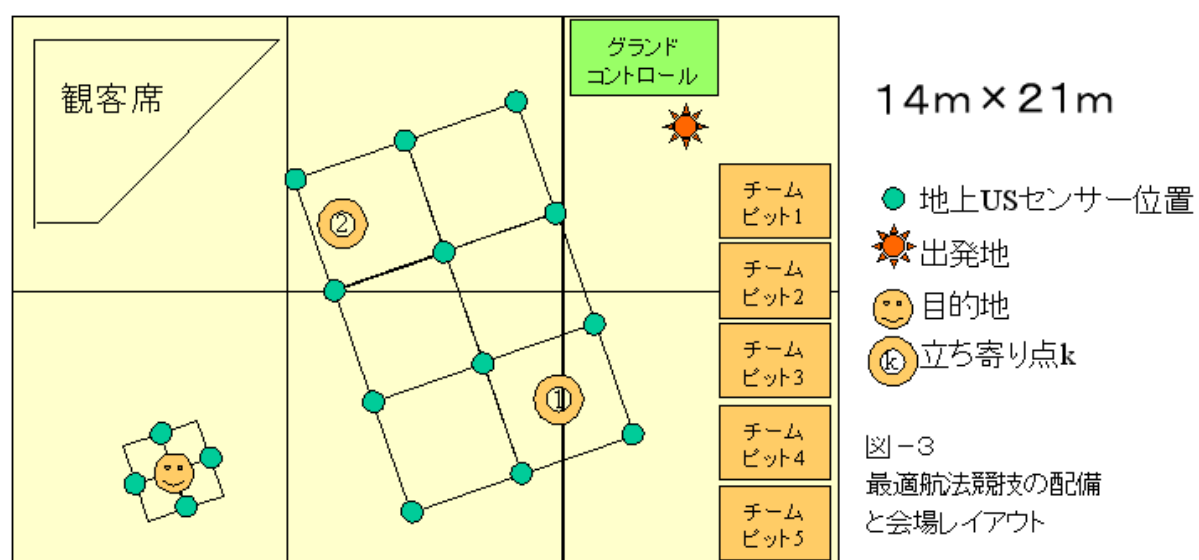
競技は、それぞれのチャレンジャが 3 回の対戦を行い勝率で順位を決める。対戦相手は、くじ引きと運営委員会協議で決定する。

競技会場

MDD チャレンジ 2008 は、東京代々木で実施する。(写真)



図 3 に競技会場の配置について示す．飛行空域は、観客席の上空を含め会場室内のどこを飛行してもよい。



観客席などの配置は変更されることもある。

耐空性審査について

耐空性審査とは、飛行船が競技会場で飛行させるに足る品質（信頼性、安全性など）を維持しているかを検査し、競技への参加を認める一連の作業のことである。対象は、機械構造、電子・電氣的ハードウェア、ソフトウェアである。具体的な検査方法は8月末までに決定する。2008年度については、チャレンジャがこの検査のために特別な準備をする必要のないように主催者は配慮する。ただし、安全要求の高いシステム開発に関する学習を目的としたチャレンジャーには、安全性解析などの技術教育を提供する。（基本的には、検査を実施する日における開発ドキュメントとハードウェアを検査担当が確認する程度である。）

この検査後もチャレンジャーは、モデルの改良、ハード的な飛行特性の改善を行うことができるが、検査以降の変更点は記録される必要がある。

機体のサイズ制限について

競技エリアは、W 14 m × D 21 m × H 8 mとなっている。この範囲で飛行ができるように以下のサイズ制限を設ける。

エンベロープについては、以下のサイズとする

全長は2 m以下、直径は1 m以下（タンデム構成の場合は、1本の直径が0.8 m以下）

機体の総浮力は、最大300リットル以下とする

著作権など

MDD チャレンジで作成された著作物、試作品などは一般の知的著作権の社会通念に準じて取り扱う。つまり、製作したモデルの著作権はチャレンジャーに帰属し、本活動をもとに論文、書籍を発行した場合、権利関係は提出先の学会などの規定にしたがう。

ただし、研究促進、産業振興、教育推進を意図した利用希望者に対して、著者はその知的財産の利用を許諾するものとする。このために、教育資料、アーキテクチャ、モデル、プログラムなどは、Web サイトにて順次公開することを前提とする。製作者の氏名は、本人からの希望があれば匿名扱いとする。

スケジュール

詳細日程は、別紙“MDD チャレンジ2008予定”を参照してください。

UML の基礎的な利用法については、各自で自習のこととします。

6 月下旬	技術知識教育 MPU、通信、位置検出の原理と実装
7月中旬—8 月	相撲競技の練習、飛行試験
9 月 15 日(月)敬老の日	耐空性審査
10 月 3 日(金)	モデル提出締切
10 月28 日(火)	競技前 調整飛行
10 月29 日(水)	MDD ロボットチャレンジ競技

参考文献

- [1] 二上貴夫, 渡辺晴美編: “MDD ロボットチャレンジ 2004 - 産学連携による組込みソフトウェア開発の
実践 ”, 情報処理学会, 2005
- [2] 渡辺晴美, 満田成紀, 飯田周作, 鷲崎弘宣編 “MDD ロボットチャレンジ 2005”, 情報処理学会, 2006
- [3] 二上貴夫著 “SE の英会話超入門”, 技術評論社, 2006
- [4] チーム WEST MDD チャレンジ2007審査資料, ソフトウェア

付録

チャレンジャーへの指令

参考文献 [1] の要求記述部分を改定，掲載した．

MDD ロボットチャレンジは，組み込みソフトウェアとシステム開発の技術研究と人材育成という2つの目的を持った場です．本文書では，組み込みシステムを開発する仮想的なビジネス上のきっかけからストーリー展開を始めることで，チャレンジャー諸君に実際の新製品開発の雰囲気を掴んでいただきます．新製品の開発には，一般にシーズ型とニーズ型があります．シーズとは，技術的な種のことで，今までに無い仕組みが存在して，それを開発のコア技術と位置づけて製品化に必要なものを付加して行く方式です．ニーズ型は，必要性（ソフトウェア工学としては要求とか要件と呼ばれる）が先に存在し，それを満たすシステムをソフトとハードの技術を駆使して開発するものです．本誌の仮想プロジェクトは，シーズ型といえます．最初に小型飛行船の技術が存在し，その利用方法として野生動物の自動調査に求めています．ただ，ニーズ型で開発が開始されても途中でシーズを発見してしまう場合もあれば，その逆もあります．こうしたシーズ／ニーズの反転は，ソフトウェア開発者を翻弄するものです．しかし，MDD によって目標，モデル，変換技術などを上手に開発してゆけば外界に翻弄されず筋の良い開発ができるはずです．では，以下を通読して仮想開発プロジェクトの前提と雰囲気を理解してください．

セサミテクノロジーと Haluna-1 飛行船



セサミテクノロジーは，神奈川県丹沢のふもとにある産業用ロボットの開発会社です．最近では，一般的な工業用ロボットのほかに先進的な制御機器や観測システムを研究開発しています．その一つにロボット飛行船（通称 Haluna-1）がありました．

このロボット飛行船は，ヘリウムガスの浮力で浮上し，電動モータによるプロペラ推進で移動します．日本人がロボットと聞くとアトムやガンダムといった人型ロボットを思い浮かべますが，こうした自動探査を行うような飛行体や無人の潜水艦も英語ではロボットと呼ばれます．（Robot:=mechanical device programmed to perform tasks）

Haluna-1 は，最高速度36 Km / hr で飛行します．これはオリンピックの短距離選手が100mを全速力で走る速度に相当します．全長は2.5m，直径1m，浮力は1.5Kgあって，バッテリーやモータ，制御コンピュータが搭載されています．推進にはセサミ電機が別のプロジェクトで開発した燃料電池を使います．これによって空中で停留，上昇，下降，旋回など自由な飛行ができるのです．

飛行船の構造や推進システムなどの基本的な部分と制御ソフト（control and guidance）は，出来上がっています．つまり，地上から離陸して直線飛行をするくらいの基本動作はすでに出来上がっています．しかし，航行用（navigation）のソフトウェアは，まだ試作段階です．

セサミテクノロジーのマーケティング担当者は，Haluna-1 の飛行が航空機と比べて静かなこと，天候の条件さえ良ければ，3時間の低速連続飛行が可能なことから野生動物などの生態観察に用途があると考えました．そこで，世界中の野外科学関係の学会にメールを送り，Haluna-1 の特徴を

伝えました。



その結果、今年になってアメリカの生態学研究所から、この飛行船を使って砂漠の動物の行動を調べたいという打診が来たのです。これを受けて、セサミ電機では、砂漠動物の観測システムを開発することになりました。

Haluna-1 の基本的なミッションは、超小型の GPS を搭載して飛行船自身の位置の個体を追跡し記録することです。動物の識別と追跡は、搭載した CCD カメラで地上を撮影して動物を画像認識して行います。飛行船は、同時に最大 20 機までが草原の上空を飛びながら野生動物を観察します。このデータは、草原の一角に構えた観測基地に電波で送られて準リアルタイムでデータを検討することが要求されています。次に、生態学研究所からの要求を示します。

実用観測ソフトウェア要求[requirement]：

Haluna-1 探査飛行船を飛行プラットフォームとして、以下の観測を行えるソフトウェアを開発すること。



野生動物観測の要求：

観測の要求は、現在のところ 3 種ある。どの観測も地表から 50m 程度の高度から地上へ影響を及ぼさずに実施する必要がある。これらの観測を遂行できる航行システムとすること。

1. 動物個体の行動範囲を特定する。

一定の地域上空（最大 1 Km 四方）を飛行し、特定熱、画像パターンを示す野生動物の信号を捕らえる。続いて、その動物の上空で静止し、

動物を追跡し行動範囲を特定する。もし動物の行動範囲が定点からの撮影視野を外れる場合には、動物を追跡して常に視野内に納めること。

2. 一定領域での動物の個体分布を計数する

一定の地域上空（最大 300m 四方）を飛行し、その範囲に存在する特定の動物種シグネチャを捕らえて位置を記録し、個体数を求める。

3. 一定地域での地表特性の測定をする

一定の地域上空を飛行し、地上の様子（映像、音、温度分布）などを計測する。

飛行条件は、天候、気温、湿度、気圧、水平風速、上昇気流速度などを別途規定する。（原則として飛行可能風速は、最高対気速度の 30%を越えない範囲風速である。）

付帯条件（非機能要求）:

開発するソフトウェアは，Haluna-1 に搭載された推進装置，通信装置，観測装置の全体を統括し制御するソフトウェア一式と地上から Haluna-1 に指令を与え，データを取得，記録する基地ソフトウェア一式である．

セサミテクノロジーで既に開発済みの制御ソフトウェアについては，適切な検証プロセスを通したならば，再利用してかまわない．なお，必要に応じて汎用の OS，データベースなどを調達しシステムに組込んでかまわないが，商用ソフト [Commercial Off-The-Shelf(COTS) software] としての品質と信頼性は事前評価すること（DO178B と DO278 に対応する）．

システムは，砂漠上空で運用されるために想定外の状況による機体の遺失は必ずリスクとして考慮すること．[risk evaluation / risk management]そして遺失の見込み確率に応じて観測データの遺失被害を最小化できる仕様とすること．

野生動物の活動を 50m 上空から CCD カメラで撮影するなど各種の環境観測を行うことが Haluna 計画の基本目的である．ターゲットは，野生動物であるが，野生動物の生態調査には，環境の基礎データも欠かせないため，一定地域の水，温度，画像などの観測も行えること．

Haluna-1 の仕様と飛行特性

1．飛行特性

地上基地より半径 1 Km 以内の領域

巡航高度 30m から 60m

飛行水平対気速度は，-3m/Sec（後進）から 10m/Sec．

上昇最大速度 1m/Sec

定点旋回速度 180 度/Sec

2．使用環境

航行可能な最大水平風速 2m/Sec

気温 最大 50 度まで

離陸時と航行時の温度差 20 度

気圧 通常大気圧

3．機体仕様

重量 1．0 Kg

全長 1．5 m

最大直径 1．0 m

浮力 1．5 Kg

観測装置搭載重量[payload] 0．5 Kg

4．推進と制御

上昇下降 プロペラ推進（DC モータ直結 2 インチプロペラ）

上昇推力 2 0 0 g

前進後進 プロペラ推進（DC モータ直結 2 インチプロペラ）

前進推力 2 2 0 g

旋回方式 前進用推力モータ 2 基の反転トルクによる