

1.0 版

改訂日：2022 年 2 月 18 日

第 3 回「きぼう」ロボット プログラミング競技会 ガイドブック



1.0 版(改訂日：2022 年 2 月 18 日)

国立研究開発法人宇宙航空研究開発機構(JAXA)

1.0 版

改訂日：2022 年 2 月 18 日

改訂履歴

改訂履歴 を以下に記載する

改定日	バージョン	段落	改訂場所
2022 年 2 月 18 日	1.0	全て	-

目次

1. はじめに.....	1
1.1. Kibo-RPC の目的.....	1
1.2. 第 3 回「きぼう」ロボットプログラミング競技会(Kibo-RPC)の教育目標	1
1.3. 第 1 回 Kibo-RPC について	2
1.4. 第 2 回 Kibo-RPC について	3
1.5. ISS のロボットの紹介	4
2. イベント情報.....	5
2.1. 参加方法.....	5
2.2. イベント計画	5
2.2.1. イベントスケジュール	5
2.2.2. イベント詳細	6
(1) 各国予選.....	6
(2) 軌道上決勝.....	6
2.2.3. Web サイトとシミュレーションのリリース.....	7
3. ゲームの説明	8
3.1. シナリオ	8
3.2. ゲーム概要	8
3.3. ゲームの流れ.....	9
3.4. 今後公開される情報.....	10
3.5. 評価基準.....	10
3.6. Astrobees の特性に関するヒント.....	10
3.6.1. Astrobees のレンダリング	10
3.6.2. Astrobees のスペック.....	12
3.6.3. Astrobees の参考文献.....	12

1. はじめに

1.1. Kibo-RPC の目的

「きぼう」ロボットプログラミング競技会(Kibo Robot Programming Challenge, Kibo-RPC)は、国際宇宙ステーション(以下、ISS)「きぼう」日本実験棟内で、フリーフライヤロボットするロボット(Astrobee、Int-ball)を学生のプログラミング技術を用いて動かし、様々な問題を解決することを学ぶ教育プログラムです。専門家の科学者や技術者と交流し、その仕事を間近で見ることで、教養や専門的な目標を高い次元で実現するための機会となることが期待されています。参加者はこのプログラムを通じて、最先端の技術手法を学び、科学、技術、工学、数学のスキルを磨く機会を得ることができます。

本プログラムは、宇宙航空研究開発機構(JAXA)が米国航空宇宙局(NASA)と協力して開催しています。

1.2. 第3回「きぼう」ロボットプログラミング競技会(Kibo-RPC)の教育目標

第3回 Kibo-RPC では、シミュレーション後に実際のロボットを ISS 内で動かすことで、シミュレーションは実世界に近似したものでしかないことを学びます。そのため、不確実性や誤差を考慮した上で、実世界でうまく動作するシミュレーションプログラムを作成する技術を習得することが期待されます。このような理由から、シミュレーションの試行を通じて、位置制御や修正の必要性、自由飛行するロボットの姿勢決定、船内環境での指定されたタスクの実行方法などを学習することが可能となります。

1.3. 第 1 回 Kibo-RPC について

第 1 回 Kibo-RPC は、2019 年 10 月から 2020 年 10 月の間に開催されました。2020 年 6 月に各国/地域で予選大会を開催し、代表チームを選出しました。2020 年 10 月 8 日、7 カ国・地域の代表チームが作成したプログラムを ISS 内(軌道上)の Astrobee にアップロードして競い合いました。バンラデシュの学生は、オブザーバーとして競技に参加しました。

表 1.3-1 参加チーム数

オーストラリア	14
インドネシア	37
日本	12
シンガポール	3
台湾	58
タイ	151
UAE	38
合計	313 チーム 1168 人

➤ 1st Kibo-RPC Website

<https://humans-in-space.jaxa.jp/krpc/1st/index.html>

➤ YouTube

https://youtu.be/UhTz_ukm1cE

➤ KUOA News

https://iss.jaxa.jp/en/kuoa/news/kibo-rpc_pre.html

https://iss.jaxa.jp/en/kuoa/news/kibo-rpc_final.html

*バンラデシュからの参加者はオブザーバーとして 48 チーム、172 名が参加しました。

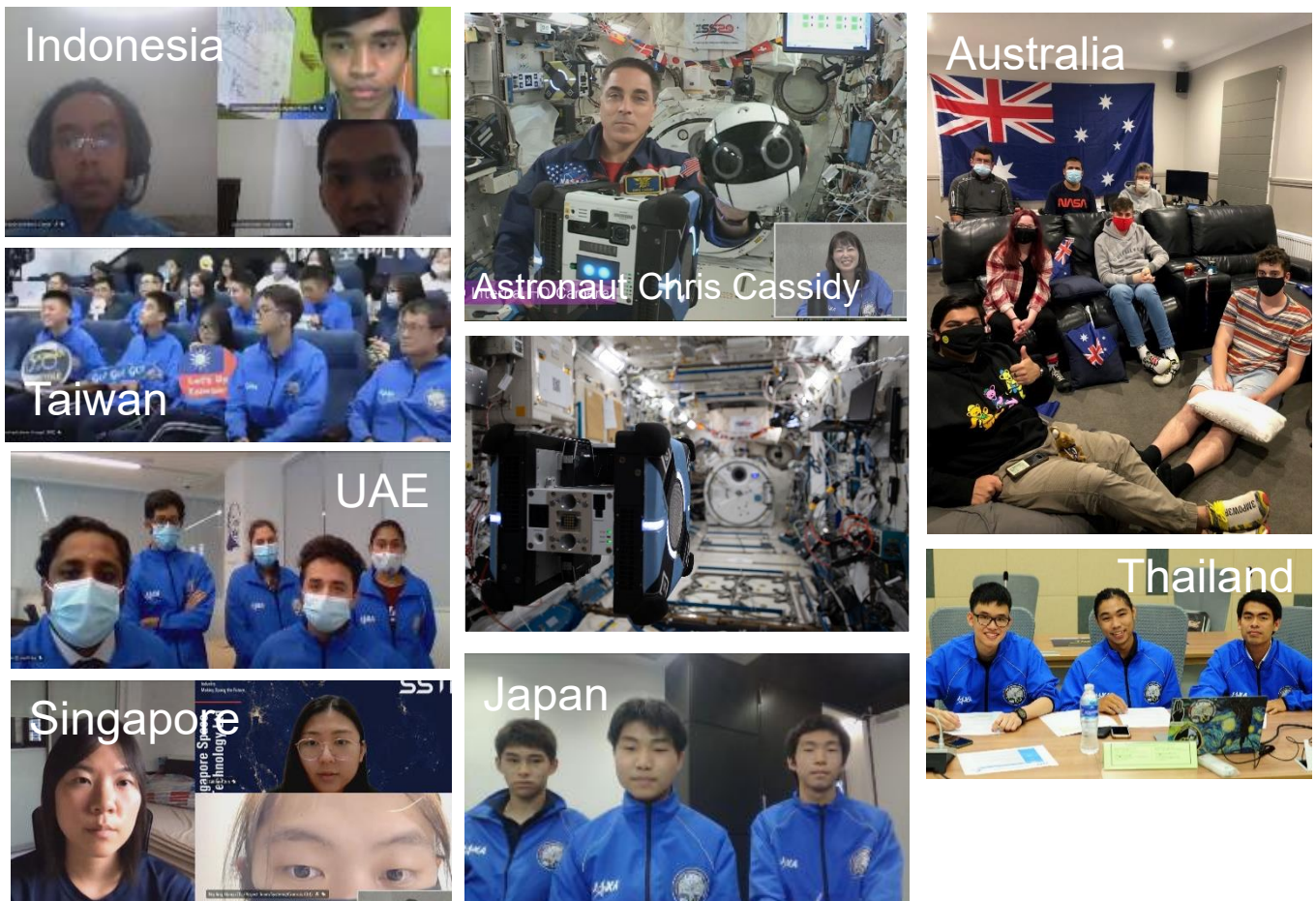


図 1.3 第 1 回 Kibo-RPC 本選参加チーム

1.4. 第 2 回 Kibo-RPC について

第 2 回 Kibo-RPC は、2021 年 2 月から 2021 年 10 月の間に開催されました。2021 年 7 月に各国/地域で予選大会を開催し、代表チームはプログラミング決勝大会に参加し、シミュレーション環境における順位付けを行いました。この順位の順番で ISS 内での飛行を行いました。2021 年 10 月 24 日、9 カ国・地域の代表チームが作成したプログラムを ISS 内(軌道上)の Astrobee にアップロードして競い合った結果動画を用いて軌道上決勝イベントを実施しました。ネパール、ニュージーランドはオブザーブ参加となりました。

表 1.4-1 参加チーム数

オーストラリア	15	ニュージーランド	4
バングラデシュ	22	シンガポール	5
インドネシア	13	台湾	18
日本	19	タイ	176
マレーシア	12	ベトナム	1
ネパール	1	合計	286 チーム 905 人

➤ 2nd Kibo-RPC Website

<https://humans-in-space.jaxa.jp/krpc/2nd/index.html>

➤ YouTube

<https://www.youtube.com/watch?v=eDXf1ISUBmA&t=20s>

➤ KUOA News

<https://humans-in-space.jaxa.jp/biz-lab/news/detail/001926.html>

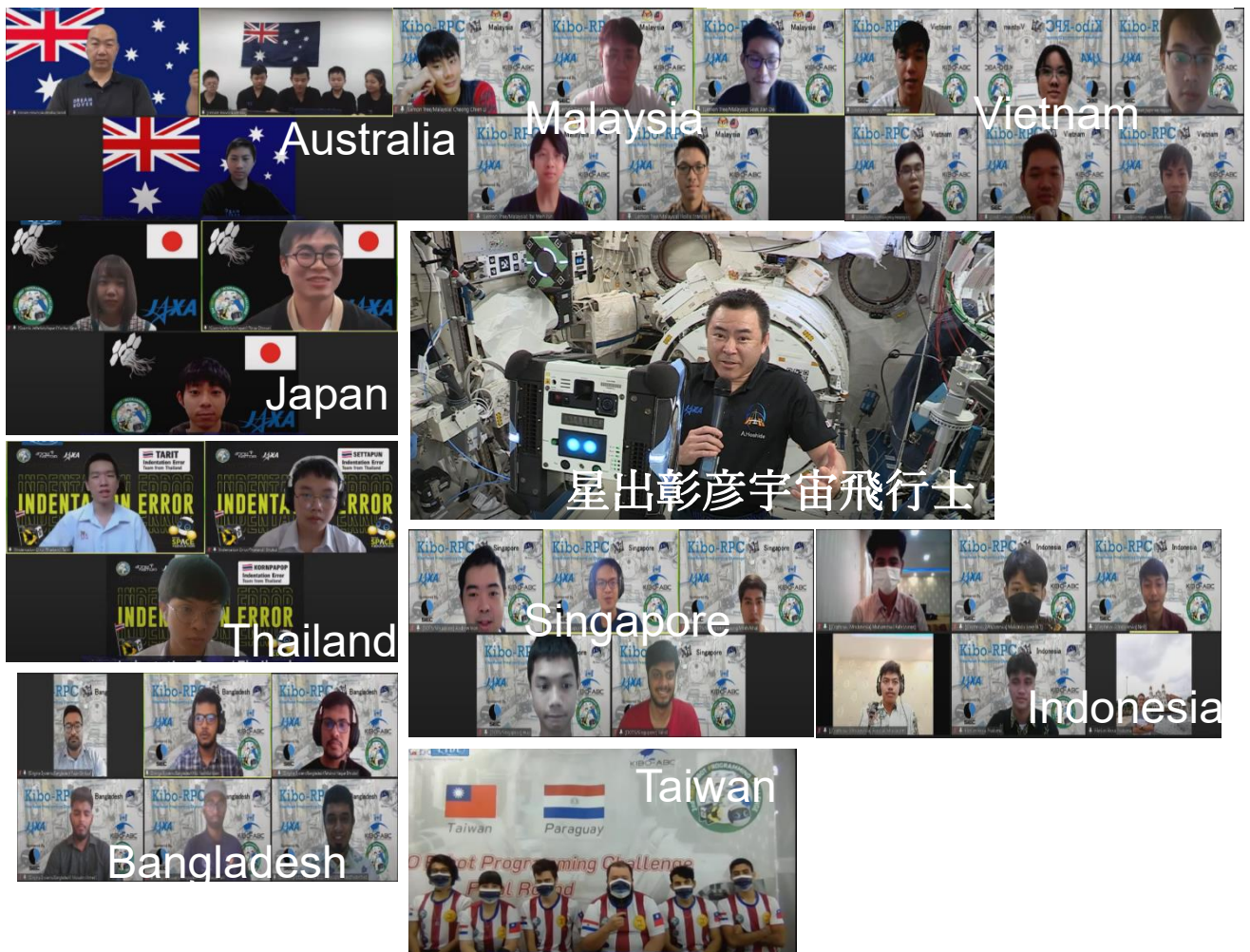


図 1.4 第 2 回 Kibo-RPC 本選参加チーム

1.5. ISS のロボットの紹介

ISS には、Astrobee や Int-Ball*などのロボットが搭載されています。参加者は、Astrobee を「きぼう」日本実験棟の指定された場所に移動させるためのプログラムを作成します。

*今回 Int-Ball は競技で使用いたしません。

Astrobee とは?



図 1.5-1 Astrobee

NASA の新しい自由飛行型ロボットシステム「Astrobee」は、宇宙飛行士がルーチンワークに費やす時間を短縮し、人間にしかできないことに集中できるように支援するものです。このロボットは、自律的に、あるいは宇宙飛行士や管制官、地上の研究員の遠隔操作によって動作し、ステーション内の在庫管理や実験の記録、小物や貨物の移動といった作業を行うことができます。
(<https://www.nasa.gov/astrobee>)

Int-Ball とは?



図 1.5-2 Int-Ball

Int-Ball は、ISS/「きぼう」でクルーが行うルーチンワークのビデオ撮影を、最終的にゼロにすることを目的とした自由飛行型カメラロボットです。現在の民生用カメラと同様に、Int-Ball は船内クルーと密接に連携し、地上オペレーターに柔軟な視界を提供します。Int-Ball は、おそらく宇宙で初めての人間に優しいカメラロボットです
(<https://fanfun.jaxa.jp/topics/detail/10536.html>)

2. イベント情報

2.1. 参加方法

✓ 参加方法については、「Entry Description」をご参照ください。

2.2. イベント計画

2.2.1. イベントスケジュール



表 2.2.1 イベントスケジュール

2.2.2. イベント詳細

(1) 各国予選

各国/地域の代表を選出するために、参加者は各国/地域の POC が主催するシミュレータを使用した予選大会に参加する必要があります。

- ・ 各チームは指定された期日までに JAXA のシミュレーションに対応したプログラムを開発し、提出してください。
- ・ 得点はミッションにかかった時間とレーザー照射の正確さで競い合います。
- ・ 優勝チームが、軌道上決勝に参加する代表チームとなります。

ただし、軌道上での実施チーム数の制限により、各国代表の中からさらに予選の成績をもってチーム数を減らす可能性もあります。軌道上決勝出場チーム数は ISS クルーのスケジュールに依存するため、後日発表します。

- ・ 競技は、JAXA が定める採点要素やゲームルールに基づいて各国/地域の POC により審査されます。
- ・ ゲームルールの詳細は、「Kibo-RPC Rulebook」に記載されています。

会場やスケジュールなどの詳細情報は、各国/地域の POC から発表されます。

なお、ワールドワイドチーム(募集要項を参照)は、各国予選で負けた場合、Kibo-RPC 事務局が実施するボーナスラウンドに参加することができます。ボーナスラウンドの優勝チームも軌道上決勝に進むことができます。ボーナスラウンドの詳細は後日 Kibo-RPC 事務局から発表します。

(2) 軌道上決勝

各国予選で選ばれたファイナリストは、軌道上決勝に進出することができます。

- ・ ファイナリストの各チームは、JAXA のシミュレーション環境でプログラムを開発し、指定された期日までに、Kibo-RPC 事務局にプログラムを提出する必要があります。
- ・ 提出された各チームのプログラムは、Kibo-RPC 事務局・NASA Astrobee 開発チームの動作チェックの後、ISS の Astrobee にアップリンク/インストールされます。
- ・ 競技は、JAXA の採点要素およびゲームルールに基づき審査されます。

プログラム提出日・提出方法などの詳細は、後日お知らせします。

日付: 2022 年 9 月末頃

会場: 筑波宇宙センター(TKSC) (https://www.jaxa.jp/about/centers/tksc/index_j.html)

軌道上決勝の様子は、YouTube でライブ配信される予定です。

開催方法は詳細が決まり次第お知らせします。

2.2.3. Web サイトとシミュレーションのリリース

ウェブシミュレーションを含むウェブサイトは、段階的に準備される予定です。準備が整うまでは、過去の Kibo-RPC Web Site を参照してください。

(第 1 回:<https://humans-in-space.jaxa.jp/krpc/1st/index.html>、
第 2 回:<https://humans-in-space.jaxa.jp/krpc/2nd/index.html>)

表.2.2.3 リリーススケジュール

イベント	日付
Programming Manual 公開	2022 年 4 月 1 日
Rule Book 公開	2022 年 4 月 1 日
JAXA Web シミュレーション公開	2022 年 4 月 1 日
軌道上決勝用にアップデート	2022 年 7 月末頃

3. ゲームの説明

3.1. シナリオ

2020 年の流星の衝突により生じた ISS のエアリークは、アジアの若いプログラマたちの活躍により応急処置を施すことができた。

2021 年、エアリークが再発し、修理ミッションが再び発動された。残念ながら今回も応急処置にとどまることとなった。

2022 年、近年問題となっているスペースデブリ群が ISS に衝突し、その衝撃により再びエアリークが発生した。ISS 内の気圧が低下して、「きぼう」内部で物の散乱が起こった。地上管制官によるテレメトリの確認結果、気圧の低下スピードが予想以上に早く、穴が二つ空いている可能性が示唆された。

一つの穴は幸運にも船内カメラの映像解析により特定できた。まだ穴は小さく、レーザの熱に溶けやすい材質のため、付近に当てるだけで簡単に溶接できると考えられる。また、Astrobee にとってアクセスの容易な場所であることも幸いしている。

もう一つの穴が難関で、どうやら前回応急処置した箇所が疑わしい。デブリの衝突による衝撃で大きく開いたと考えられるが、確認する方法は、Astrobee が穴の前まで行って観察することである。応急処置した箇所が原因とすると、これまで何回も溶接を繰り返したことから、材質の劣化も考慮しなければならない。正確な位置への照射が望ましい。

前回と同様、宇宙飛行士は安全な場所に避難しており、Astrobee だけがミッション遂行が可能である。散乱した障害物をうまく避け、エアリークを止めたら宇宙飛行士に完了報告をして安心させてほしい。今度こそ正確で完全なエアリークの修理が必要である。3 回目の正直となるか。

!!ミッション!!

若きプログラマの諸君よ、再び直面した危機から ISS を救え！

*このストーリーはフィクションです。

3.2. ゲーム概要

スタート位置から指定された場所2か所にAstrobeeを移動させ、レーザをターゲットに照射するプログラムをチームで作成します。その後、宇宙飛行士に「ミッション完了」を報告します。得点は、ターゲットにレーザを当てた精度、経過時間の組み合わせで算出されます。

3.3. ゲームの流れ

- ① スタート位置から Astrobee を Point1 付近に移動させる。
- ② 周囲の AR タグを利用して、Target1 の緑色の四角内のエリアにレーザを照射する。
- ③ 障害物に見立てた侵入禁止エリア(Keep Out Zone (KOZ)*1)を避けながら、Astrobee を Point2 周辺に移動させる。
- ④ 周囲の AR タグを利用して位置補正をしつつ、Target2 中心にレーザ照射する。
 ※より良いターゲティングのために位置を微調整したい場合は、制限時間内に自動的に再試行するようにプログラムすることができる。
- ⑤ KOZ を避け、Airlock 方向を向いたまま Astrobee を Goal に移動させる。
- ⑥ Astrobee の機能を用いて、宇宙飛行士に “Mission Complete” を報告する。*2*3

*1Keep Out Zone(KOZ)・・・

Astrobee が移動できない領域。Astrobee が Keep Out Zone に侵入しようとする時、拒否される。

*2 制限時間は 5 分です。(ミッション完了コマンドで終了し、宇宙飛行士への報告時間は含めません。)

*3 実際の方法は Rule Book に提示します。

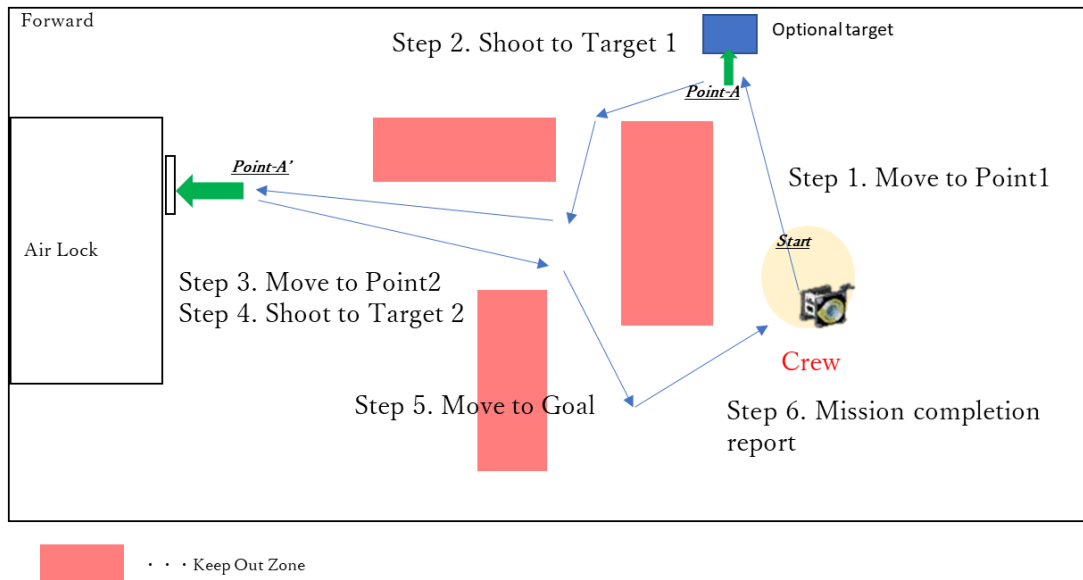


図 3.3-1 ゲームシナリオ

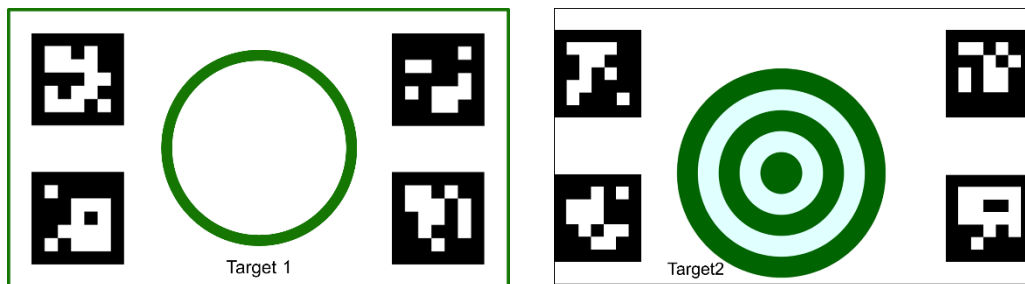


図 3.3-2 ターゲット(左:Target1、右:Target2)

3.4. 今後公開される情報

以下の情報は、「Kibo-RPC Rulebook」で公開される予定です。

1. スタート時の座標と方向
2. Point1 の座標と方向
3. Point2 の座標と方向
4. 各 KOZ の座標
5. AR タグ間の位置関係
6. AR タグの大きさ
7. ターゲットの大きさ

3.5. 評価基準

レーザー照射の精度とミッション完了までの経過時間から、プログラムを評価します。2 つの要素で評価し、得点を算出します。3rd Kibo-RPC では、時間よりもより正確にミッションを達成できた方が高評価になるようにとリングを行います。詳細については Rule Book に提示します。

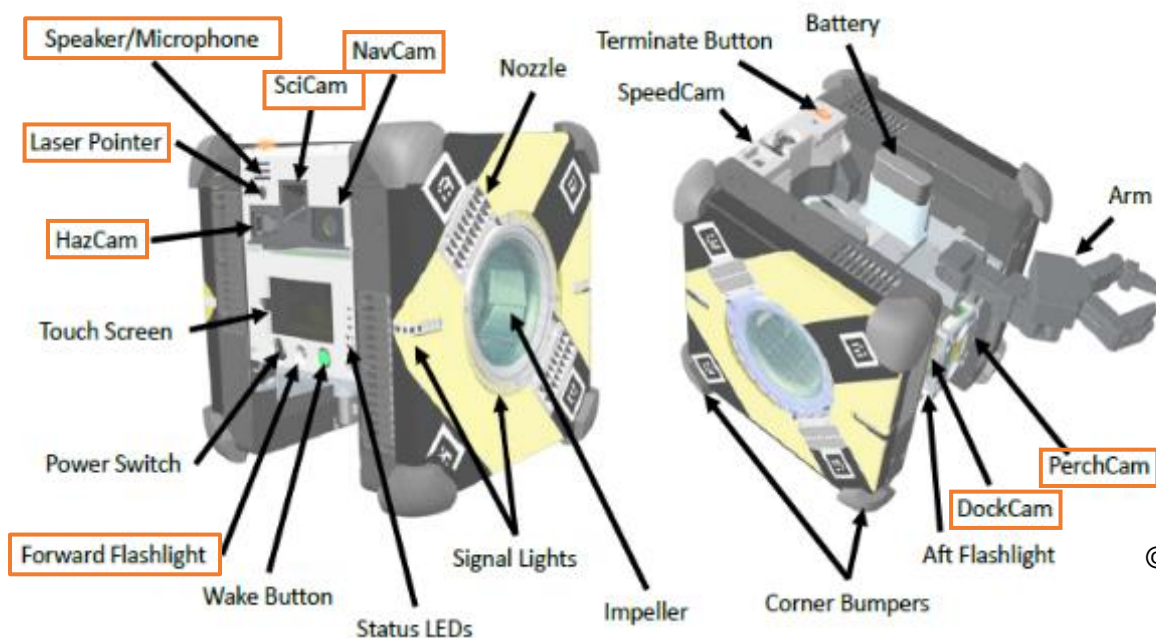
精度	ターゲットの中心からレーザーのヒットポイントまでの距離
時間	ミッション開始からミッション完了コマンドまでの時間

3.6. Astrobee の特性に関するヒント

ここでは、Run を成功させるための Astrobee の特性に関するヒントを提供します。

3.6.1. Astrobee のレンダリング

表 3.6.1-1 に、Astrobee が備えるいくつかの外部ハードウェアコンポーネントを示します。Astrobee は 1 辺約 32cm の立方体で、搭載されたハードウェアは、シミュレータや ISS 軌道上決勝で使用されます。



©NASA

名称	説明
HazCam	30cm 以内の障害物を検出するモノクロカメラ
NavCam	画像データ処理および撮影を行うモノクロカメラ
SciCam	動画撮影用カラーカメラ (参加者は利用できません。最終ラウンドでは、SciCam を使用してカラー動画を撮影し、Astrobee の目として機能します)
DockCam	ドッキングステーションにドッキングするためのモノクロカメラ (シミュレータでは背面の動画撮影に使用できます)
PerchCam	手すりをつかむためのモノクロカメラ (必要に応じて、このカメラを使ってプログラムを作成することができます)
Laser Pointer	ターゲットへの照射 (NavCam とは距離があります。レーザ照射する際は注意が必要です。距離の詳細については、プログラミングマニュアル 5.4 項をご参照ください。)
Flashlight	QR コード読み取り時に使用します
Speaker	宇宙飛行士に「ミッション完了」を伝える

表 3.6.1-1 Astrobee のレンダリング

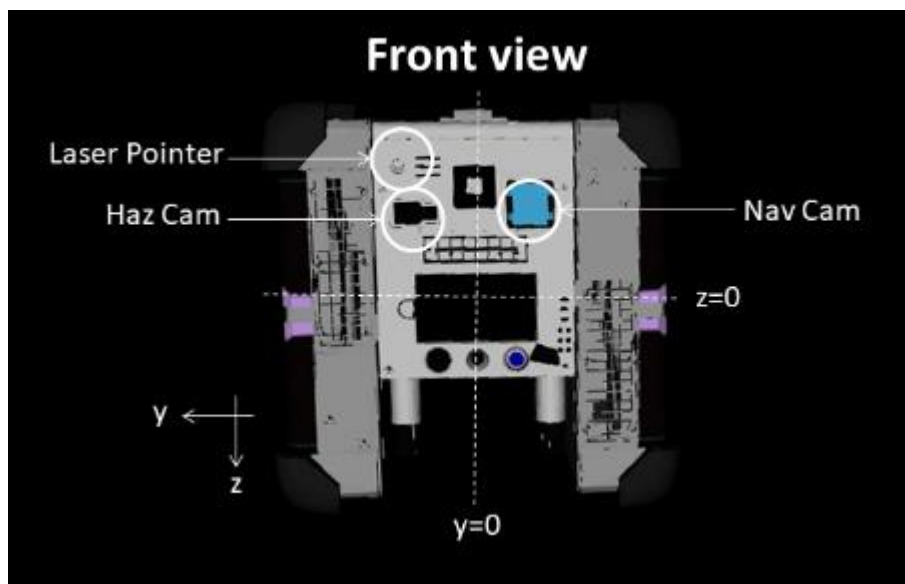


図 3.6.1-2 Astrobee の前面

表 3.6.1-1 Astrobee 中心からの距離

	x[m]	y[m]	z[m]
Nav Cam	0.1177	-0.0422	-0.0826
Haz Cam	0.1328	0.0362	-0.0826
Laser Pointer	0.1302	0.0572	-0.1111

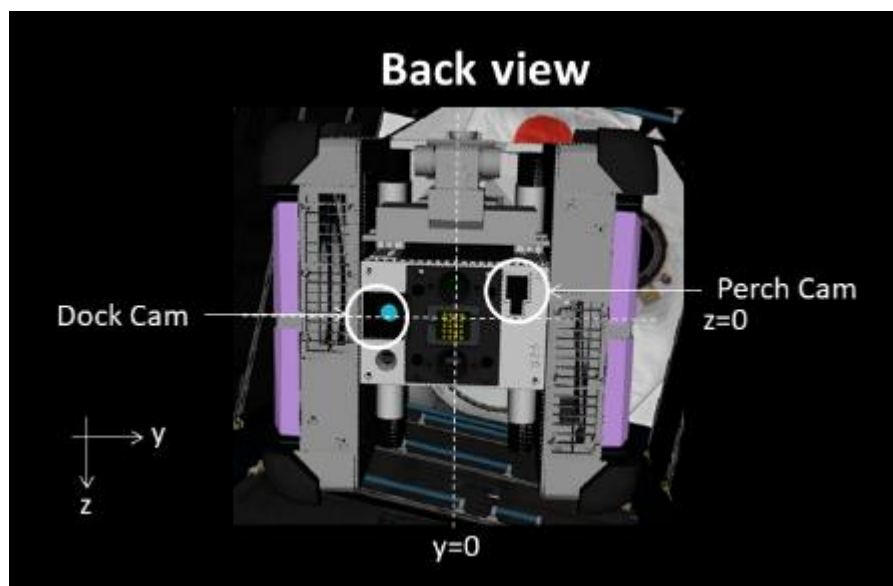


図 3.6.1-3 Astrobee 背面

表 3.6.1-2 Astrobee 中心からの距離

	x[m]	y[m]	z[m]
Dock Cam	-0.1061	-0.054	-0.0064
Perch Cam	-0.1331	0.0509	-0.0166

3.6.2. Astrobee のスペック

- * 質量: 10kg (4 つのバッテリーのうち、2 つだけ装着した状態)
- * 最大速度: 0.5 m/s
- * 最大推力(X 軸): 0.6 N
- * 最小移動距離: 0.05 m.
- * 最小回転角度: 7.5°
- * もし前方に障害物を発見した場合、Astrobee はその位置と姿勢を維持したまま、自動的にその場で停止します。移動中の Astrobee のプロセスはすべて破棄されます

3.6.3. Astrobee の参考文献

- ・ GitHub-1 (<https://github.com/nasa/astrobee>)
- ・ GitHub-2 (https://github.com/nasa/astrobee_android)
- ・ Astrobee の Web サイト (<https://www.nasa.gov/astrobee>)