

Autonomous Inspection and Verification Task (宇宙ステーション船内の自律的な点検・確認タスク)

1. メインゴール

宇宙ステーション船内では、実験機器や設備の状態確認のために、宇宙飛行士が定期的に巡回し、各機器の状態を確認するような作業が行われています。しかし、これらの作業は比較的単純である一方、宇宙飛行士の貴重な作業時間を消費します。

本タスクでは、宇宙ステーション船内での点検作業を自律ロボットが代替することを想定し、自律巡回および撮影能力を評価します。ロボットはドッキングステーションから自律的に出発し、宇宙飛行士を回避しながら目的地まで移動します。この際、宇宙飛行士は移動したり、動作したりしません。目的地では点検対象物を探索し、所定の条件を満たす撮影を行います。すべての撮影が完了した後、ロボットはドッキングステーションへ自律的に帰還し、ドッキングします。

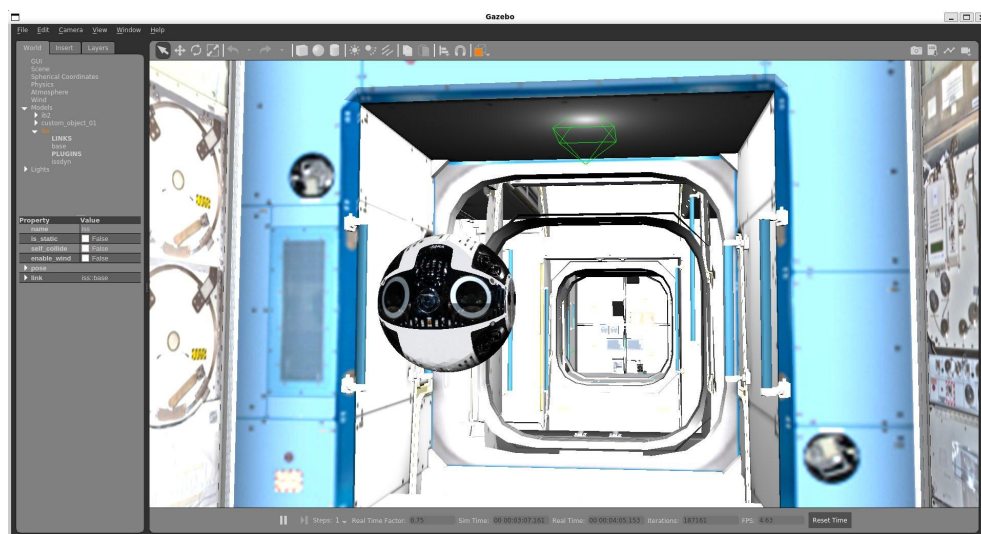
本タスクは、宇宙ステーション船内で活動する自律巡回ロボットに必要な航法、障害物回避、物体認識、および自律タスク実行能力を評価することを目的としています。本タスクでは、宇宙ステーション船内で活動するロボットに必要な以下の技術要素に焦点を当てています。

フォーカス

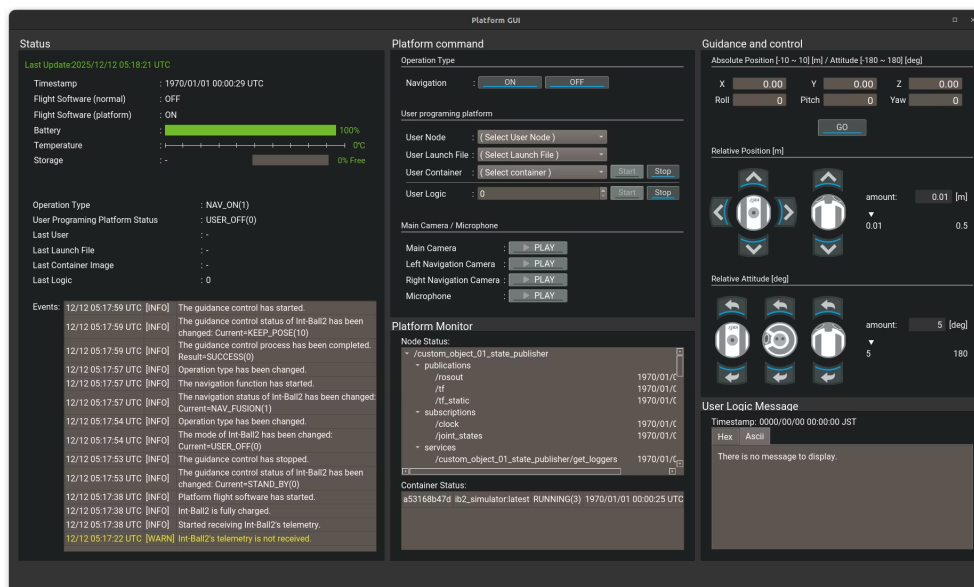
- 無重力環境における航法 (自己位置推定)
- 自律移動および経路計画
- 障害物回避
- 物体認識および探索
- 視覚ベースの撮影タスク
- タスクプランニング

2. セットアップ

競技は、国際宇宙ステーション日本実験棟「きぼう」(JEM) の船内を模擬したシミュレータ環境で行われます。ロボットは、宇宙ステーション船内を自由浮遊しながら移動するロボットを想定し、JAXAで開発されたInt-Ball2を使用します。また、Int-Ball2の操作とプログラムの実行には、地上支援装置であるGSE(Ground Support Equipment)を使用します。



Int-Ball2のシミュレータ (Gazebo)



Int-Ball2用のGSE

競技環境は、競技環境を明確化するために、以下の3つのエリアを定義します。

ドッキングエリア

- ロボットがスタートおよびゴールとして使用する領域です。
- ロボットはドッキングステーションにドッキングした状態から競技を開始し、タスク完了後に再びこの位置へ戻ります。

```
docking_area:
  x_range: [10.6858938, 11.1858938]
  y_range: [-3.8864698, -3.3864698]
  z_range: [3.8705872, 4.3705872]
```

ナビゲーションエリア

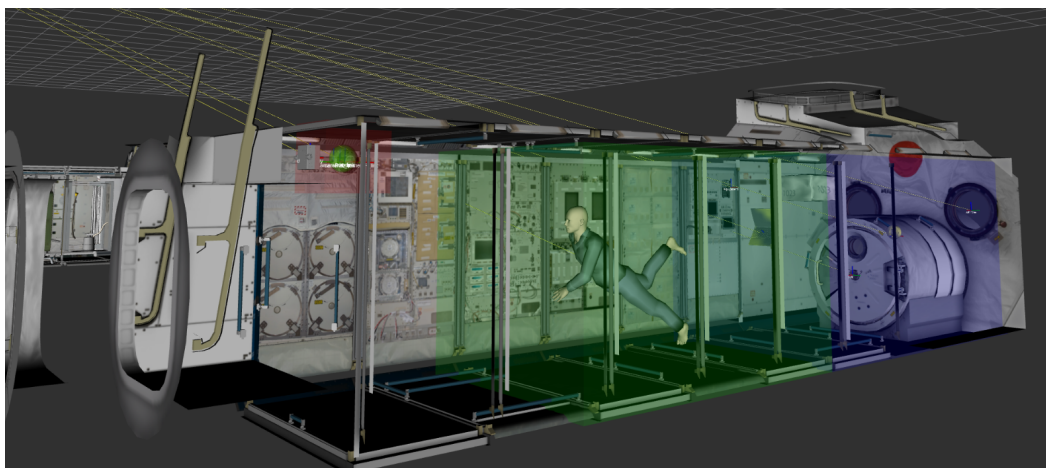
- ロボットが撮影対象エリアへ移動するために通過する領域です。
- このエリアには宇宙飛行士が配置される場合があります。ロボットは安全距離を保ちながら宇宙飛行士を回避して、移動するする必要があります。

```
navigation_area:
  x_range: [10.0, 12.0]
  y_range: [-8.0, -5.0]
  z_range: [4.0, 6.0]
```

点検エリア

- 撮影対象物が配置される領域です。
- ロボットはこのエリア内で対象物を探索し、条件を満たす撮影を行います。

```
search_area:
  x_range: [10.0, 12.0]
  y_range: [-11.5, -8.0]
  z_range: [4.0, 6.0]
```



競技における3つのエリア (赤:ドッキングエリア, 緑:ナビゲーションエリア, 青:点検エリア)

3. ステージ構成

本競技では難易度調整のため、宇宙飛行士の人数や配置の異なる3つのステージを用意します。宇宙飛行士の人数や配置は各ステージで固定されており、すべてのチームに対して同一条件で競技が行われます。

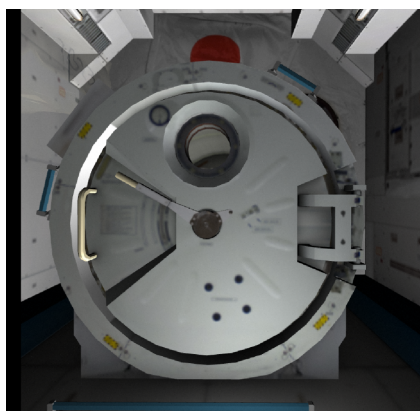
- ステージ1 : 宇宙飛行士は配置されません。
- ステージ2 : 宇宙飛行士が1人配置されます。
- ステージ3 : 宇宙飛行士が2人配置されます。

4. 撮影対象物

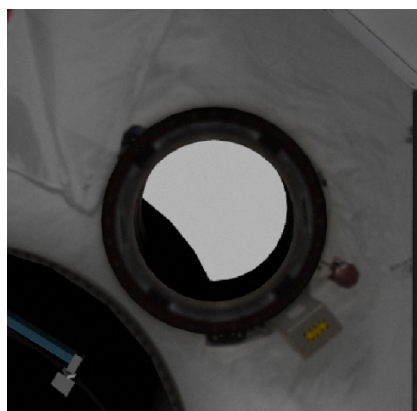
点検エリアには、固定対象物と可搬対象物が配置されます。対象物の名称および外観 (写真) は競技前に公開されますが、配置位置は公開されません (ただし、可搬対象物は非公開の物体を含みます)。ロボットは点検エリア内を探索し、対象物を検出する必要があります。

固定対象物

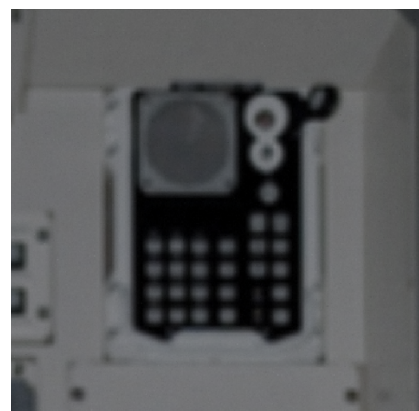
- 宇宙ステーション船内に常設されている設備を想定した対象物です。
- 本競技では、エアロックや窓 (右側)、実験装置を用います。



エアロック



窓 (右側)



実験装置

固定対象物のリスト

可搬対象物

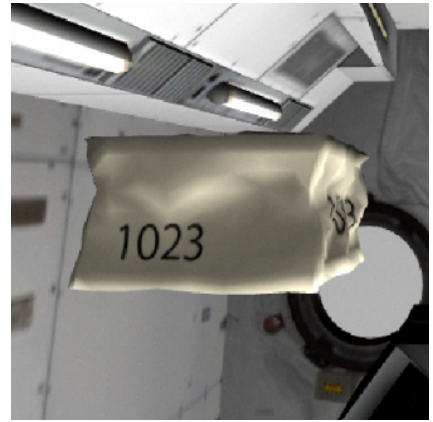
- 宇宙飛行士が持ち込む機器を想定した対象物です。
- 本競技では、ラップトップやテープ、物資輸送用バッグ (Cargo Transfer Bag:CTB) を用います。CTB には複数のIDが付与されていて、指定されたIDのものを撮影する必要があります。
- また、固定対象物と異なり、可搬対象物には競技開始まで非公開の物体も含まれます。



ラップトップ



テープ



CTB (ID: 1023, 1456, 2789)

可搬対象物のリスト (事前公開のみ)

5. 自動採点プログラム

本競技は、採点における公平性を確保するために、自動採点プログラムを用います。自動採点プログラムでは主に、競技開始時の命令文 (撮影対象物の指定) の送信と、自律的な移動に関する採点、対象物の撮影に関する採点を行います。

競技開始時の命令文送信

- ロボットは競技開始時に、自動採点プログラムに対してROS Service Call (サービス名: /competition_start) を行い、自動採点プログラムから命令文を受信し、競技を開始します。
- 命令文は英語で「Go to the inspection area, take pictures of ○○ (固定対象物) and ○○ (可搬対象物), and return.」の形式で与えられます。

自律的な移動に関する採点

- 移動に関する採点は、ロボットが各エリアの突破や到達で判定します。
- この際、宇宙飛行士や壁などに接触または衝突した場合、その点数は加点されません。安全かつ正確な移動ができているか、その性能を評価します。

対象物の撮影に関する採点

- 物体の撮影に関する採点は、画像処理に依存せず「物体がカメラの視野内に存在するか」を幾何的に判定することで行います。
- ロボットは撮影を行ったタイミングで、自動採点プログラムに対してROS Service Call (サービス名: /report_capture) を送信します。自動採点プログラムは、ロボットのカメラ座標系と物体の位置関係に基づき、以下の条件を満たした場合に撮影成功と判定し、ロボットにTrueを返します。
 - ロボットと物体との距離が1m以内であること
 - ロボットのカメラの向きと物体方向のなす角が30度以内であること (内積により判定)

6. シナリオ

1. スタートフェーズ

競技開始時、ロボットはドッキングエリアにあるドッキングステーションの前方25cmで浮遊した状態

で配置されます。

レフェリーのスタート合図と同時にチームはシミュレーションの開始と地上局を模擬したGSEからロボット制御プログラムを起動します。プログラム起動後、チームはGSE含む操作を行うことはできません。その後、ロボットから採点プログラムにコールし、採点プログラムからの命令文メッセージが送信されます。これを合図に、競技タイマーが始動し、競技が開始となります。この際、10分以内に採点プログラムにコールできず、競技が開始しない場合、そこで競技終了となります。無事に競技が開始できた際の競技時間は、シミュレーション時間 (ROS時間)で15分です。ロボットは自律的にドッキングステーションから離脱し、ナビゲーションエリアへ移動します。

2. ナビゲーションフェーズ

ロボットはナビゲーションエリアを通過し、点検エリアへ移動します。

ナビゲーションエリアには、ステージによって宇宙飛行士が配置される場合があります。ロボットは宇宙飛行士と衝突することなく安全に回避しながら移動する必要があります。

ロボットがナビゲーションエリアを突破し点検エリアへ到達した場合、宇宙飛行士回避タスクが成功したものとして評価されます。各宇宙飛行士に対しての回避タスクの評価は、個別に行われます。ロボットが宇宙飛行士に衝突した場合、その宇宙飛行士に関する回避の得点は無効となります。

また、宇宙ステーション船内では安全性が極めて重要なため、本競技では移動時の安全性についても評価を行います。ロボットは宇宙飛行士の中心位置から40cm以上の安全距離を維持することが推奨されます。安全距離を確保した安定した移動が行われた場合、加点対象となります。

3. 点検フェーズ

ロボットは点検エリア内で対象物を探索します。

対象物を検出した後、ロボットは対象物の前方へ移動し、撮影条件を満たす位置と姿勢を調整します。撮影は以下の条件を満たしたときに成功と判定されます。

- ロボットと物体との距離が1m以内であること
- ロボットのカメラの向きと物体方向のなす角が30度以内であること (内積により判定)

条件を満たした状態で画像を取得し、採点システムへ撮影完了の通知を送信する必要があります。撮影は、固定対象物および可搬対象物の両方に対して行う必要があります。

4. 帰還フェーズ

撮影タスク完了後、ロボットはドッキングエリアへ自律的に帰還します。

帰還時もナビゲーションエリアを通過するため、宇宙飛行士が存在する場合があります。ロボットはこれらを回避しながら安全に移動する必要があります。ロボットがドッキングステーションへ到達し、自律的にドッキングステーションの前方25cmまで移動が完了した時点でタスク終了となります。

7. スコアシート

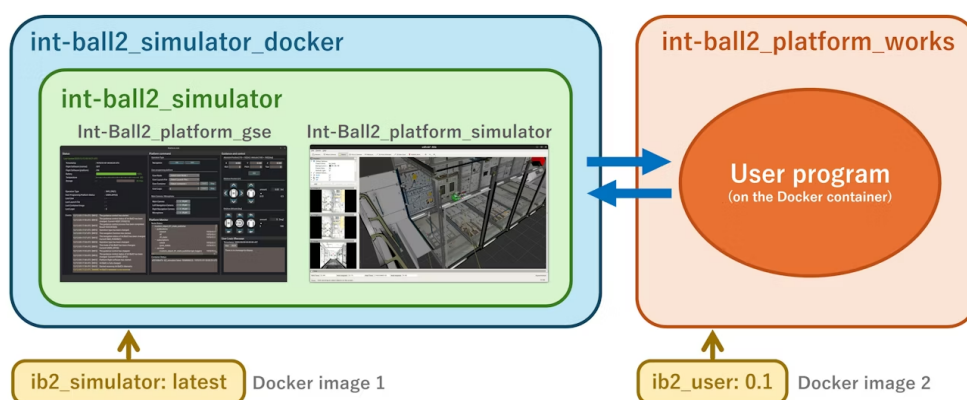
Action		Score
スタートタスク	スタート位置から自律的に離脱	10
ナビゲーションタスク (往路)	ナビゲーションエリアを通過	20
	宇宙飛行士1を回避 ※	10
	宇宙飛行士2を回避 ※	10
	安全ボーナス (宇宙飛行士の中心位置から40cm以上の安全距離を維持)	20
点検タスク	固定対象物を条件を満たして撮影	20
	可搬対象物を条件を満たして撮影	20
ナビゲーションタスク (復路)	ナビゲーションエリアを通過	20

	宇宙飛行士1を回避 ※	10
	宇宙飛行士2を回避 ※	10
	安全ボーナス (宇宙飛行士の中心位置から40cm以上の安全距離を維持)	20
ドッキングタスク	スタート位置に自律的に帰還	20
時間ボーナス	タスク完了時間ボーナス (最大10点) 時間制限 (15分) - タスク完了時間	10
合計		200

※ 宇宙飛行士が配置されないステージではこの得点は加点されない。

8. 実行環境

本競技はシミュレーション環境上で実施されます。シミュレータおよび採点プログラムおよび実行は、大会運営が用意したサーバーPC上で行います。参加チームは、自分たちのロボット制御プログラムをDockerイメージで準備し、運営に事前に提出する必要があります。下記の図における「ib2_user:0.1」のDockerイメージが、チームが用意できるDockerイメージになります。各チームのDockerイメージ名は、チームコードで管理し「ib2_team:{チーム番号}」の形で提出してください。例として、チーム番号が「1」の場合は「ib2_team:01」のようにしてください。競技時には、シミュレータ、採点プログラム、およびチームのプログラムが同一のサーバPC上で実行されます。



競技シミュレータの実行環境イメージ

具体的な実行方法については、チュートリアルを参照してください。ただし、下記は、あくまでチュートリアル環境であって、競技の本番環境とは異なります。宇宙飛行士の配置や、撮影対象の配置は、競技開始時まで公開しませんので、それらの変更にも柔軟に対応できる設計をお勧めします。

- チュートリアル記事: https://qiita.com/Yukikleda_robot/items/aed18db60e41e4fa6a52
- チュートリアルリポジトリ: <https://github.com/RoboCupAtSpaceJP/AtSpace2026>

サーバPCは、下記のスペックのものを我们用います。実行できるスペックを前提にプログラムを作成いただくことをお勧めします。

No.	Model	CPU	GPU	Memory	Disk
1	Alienware Aurora R9	8 x Intel Core i9-9900K 3.60GHz	GeForce RTX 2080 SUPER	16GB	SSD 512GB (sda), SSD 512GB (nvme0n1)

2	Alienware Aurora R9	8 x Intel Core i9-9900K 3.60GHz	GeForce RTX 2080 SUPER	16GB	SSD 512GB (sda), SSD 512GB (nvme0n1)
---	------------------------	------------------------------------	---------------------------	------	---

9. その他

具体的な競技日程は下記のRoboCup JapanOpen 2026 @Space Challenge (第1回) のWebサイトをご参照ください。

- <https://robocupatspacejp.github.io/years/2026.html>