

令和7年度 東京情報大学総合研究所プロジェクト研究  
研究実績報告書

1. 研究課題名

ブラックロック砂漠のロケット打ち上げによる惑星探査ローバ実証実験の研究

2. 研究組織

| 区分    | 氏名    | 所属・職名            |
|-------|-------|------------------|
| 研究代表者 | 秋山 実穂 | 総合情報学部 総合情報学科・助教 |
| 研究分担者 | 斎藤 卓也 | 総合情報学部 総合情報学科・教授 |

3. 研究期間

2025 年 4 月 1 日～2026 年 3 月 31 日（1 年計画の 1 年目）

4. 研究の目的

小型惑星探査ローバ CanSat における、ロケット打ち上げにより高度 4000m から放出されたローバが自律走行で目標地点を目指す、アメリカネバダ州で開催される ARLISS という競技がある。目標位置には目印の物体が設置されており、LiDAR センサを用いた目標物体への 0m 距離までの誘導を目指す。本研究は、従来技術を応用し目標物体との衝突を避けつつ中心へ到達する新制御システムの開発を目的とする。大会の優勝評価を目指すとともに、研究の特色化と学生教育の推進を図る。

5. 研究報告

5.1 背景・目的

本研究は、惑星探査ローバ（CanSat）の自律誘導技術の高度化を目的として、アメリカ・ネバダ州ブラックロック砂漠における国際大会 ARLISS（A Rocket Launch for International Student Satellites）に参加し、ロケット打ち上げ環境下での実証実験を行ったものである。

ブラックロック砂漠は「地球上で最も火星表面に近い環境」とされ、惑星探査ローバの実証に適した地形・気候条件を備える。ARLISS では、AeroPac（Association of Experimental Rocketry of the Pacific）が運用するハイパワーロケットにより、CanSat を高度約 4,000 m まで打ち上げる。時速約 1,500 km、約 25 秒間で 4,000 m へ達するハイパワーロケットの衝撃に耐える必要があり、機体には高い耐衝撃性と信頼性が求められる。

本研究では、以下の 1-2 のテーマで研究を行う。

1. 旧ゴールにおける AI（Object Detection）と 2D LiDAR を統合した 0 m ゴール到達技術の実証

## 2. 新ゴールにおける GPS 非依存の自律走行技術と LiDAR によるゴール認識の実証

2 つを主軸とし、惑星探査ローバの自律誘導技術の確立を目指した。2 テーマにて 1 を旧ゴールのテーマとし、2 を新ゴールのテーマとして略式で以降記述する。

### 5.2 手法

#### 5.2.1 実験環境と競技概要

ARLISS ComeBack Competition は、ロケットに搭載された CanSat が高度約 4,000 m で放出され、地上落下後に自律走行により目標地点に設置された目標物体（ゴール）を目指す競技である。走行距離は 1~8 km 程度であり、ゴールは旧来のカラーコーンに加え、2025 年より新たに 4 つの赤球体を配置した新ゴールが導入された。従来から利用されているカラーコーンタイプのゴールを旧ゴール、新たに利用される 4 つの赤球体のゴールとする。

#### 5.2.2 旧ゴールにおける Object Detection と 2D LiDAR を統合した 0 m ゴールのシステム構成

旧ゴールの CanSat は、以下 1-2 の 2 つのセンシング技術を統合してゴール認識を行う。

##### 1. Object Detection (Raspberry Pi AI Camera)

深層学習モデル YOLO v8 を用いて、画像中の物体位置を矩形領域として検出を行う。Deep Learning を用いて画像中の四角領域でどこになんの物体があるか認識可能であり、ゴールを認識することで 10m 距離からの誘導走行制御を行う。

##### 2. 2D LiDAR (YDLIDAR GS2)

LiDAR によるレーザー距離測定により前方物体までの距離を取得する。AI で検出した四角領域内で、LiDAR 距離情報を検出し、誘導走行制御を行うことで 0 m 地点への到達判定を行う。AI において 10 m 以上の距離からカラーコーンを検出し、接近後に LiDAR で「数字は物体との距離」として距離を計測し、0m 判定を行う様子が示されている。

#### 5.2.3 新ゴールにおける GPS 非依存の自律走行技術と LiDAR によるゴール認識のシステム構成

新ゴールにおける GPS 非依存の自律走行技術と LiDAR によるゴール認識の研究では、GPS を使用しない位置推定を採用した。9 軸センサ（加速度・ジャイロ・地磁気）とホール素子によるタイヤ回転数を統合し、自己位置推定を行った。ゴール認識には 3D 回

転型 LiDAR を用い、4 つの赤球体の真ん中へ距離測定しながら走行する方式を採用した。

GPS ロス環境を模擬したミッションであり、惑星探査ローバの実運用を想定した技術検証である。

### 5.3 結果

#### 5.3.1 旧ゴールにおける 0 m ゴール到達の実証

旧ゴールの CanSat は、1.8 km 地点からの自律走行により、正確に 0 m 地点へ到達した。

また 1.5 時間走行し、長距離走行と高精度誘導の両立が確認された。

走行ログでは、スタート地点（緯度 40.8844，経度 -119.103388）からゴール地点（40.878944，-119.123349）までの軌跡が示され、最終停止位置は誤差 0 m であった。

#### 5.3.2 新ゴールにおける GPS なし自律走行の実証

新ゴールは、1.5 km 地点からの走行で、GPS なし区間約 1.3 km を含む 2.48 m までゴールに接近した。1.5km から 251m は GPS なしで走行し、ゴールに走行制御できた。LiDAR 検知は正確に検知ができず 0m 地点には走行していないが、2.48m で停止であった。走行ログでは、GPS 非依存の自己位置推定が長距離で安定して機能したことが確認できた。

#### 5.3.3 国際大会での成果

ARLISS 2025 において、東京情報大学は以下の 1-2 部門で世界 1 位を獲得した。

1. 旧ゴール部門優勝 Legacy Goal Accuracy Award (0 m)
2. 新ゴール部門優勝 New Goal Accuracy Award (2.48 m)

### 5.4. 考察・今後の展望

#### 5.4.1 AI × LiDAR 統合による高精度ゴール認識の有効性

旧ゴール研究の成果から、AI による長距離物体検出と、LiDAR による近距離精密距離測定を組み合わせることで、0 m 精度のゴール到達が可能であることが示された。惑星探査ローバにおいて、視覚と距離センサの統合は極めて有効である。

#### 5.4.2 GPS 非依存の自律走行技術の実用性

新ゴールの成果は、GPS が利用できない惑星環境（火星・月面など）における自律走行技術の基盤となる。特に、9 軸センサとホイールオドメトリを統合した自己位置推定が 1 km 以上の距離で安定したことは重要な成果である。

#### 5.4.3 今後の課題

今後の課題として、まず LiDAR によるゴール認識の安定性を向上させ、新ゴールにおける停止要因を解消することが挙げられる。また、砂漠環境におけるセンサノイズへの対策を講じるとともに、AI モデルの軽量化を通じて推論速度の向上を図る必要がある。さらに、3D LiDAR を用いた地形認識を高度化することで、より精度の高いシステム構築を目指す。

#### 5.4.4 今後の展望

得られた成果から、2026 年度に論文誌投稿、新ゴール GPS ロス制御研究も査読付き国際会議へ予定している。研究成果の国際発信が進む見込みである。

また、惑星探査ローバにおける、マルチセンサ融合、自律誘導アルゴリズムの強化、過酷環境下での耐久性向上など、より高度な技術開発が期待される。

### 6. 成果の公表

研究成果の公表として、以下の 1-2 の研究を公表した。

1. M. Akiyama and T. Saito, "Accurate 0 m Goal Achievement for CanSat Using Multi-Zone ToF," The 2025 International Conference on Computational Science and Computational Intelligence (CSCI'25), Dec. 2025.
2. 秋山実穂, 「惑星探査ローバ CanSat における自律誘導技術の変遷とエッジ深層学習の実装」, 第 62 回サイバーワールド(CW)研究会 招待講演, 2026 年 3 月.