

箱庭ドローンシミュレータ の最新情報



合同会社箱庭ラボ
森崇



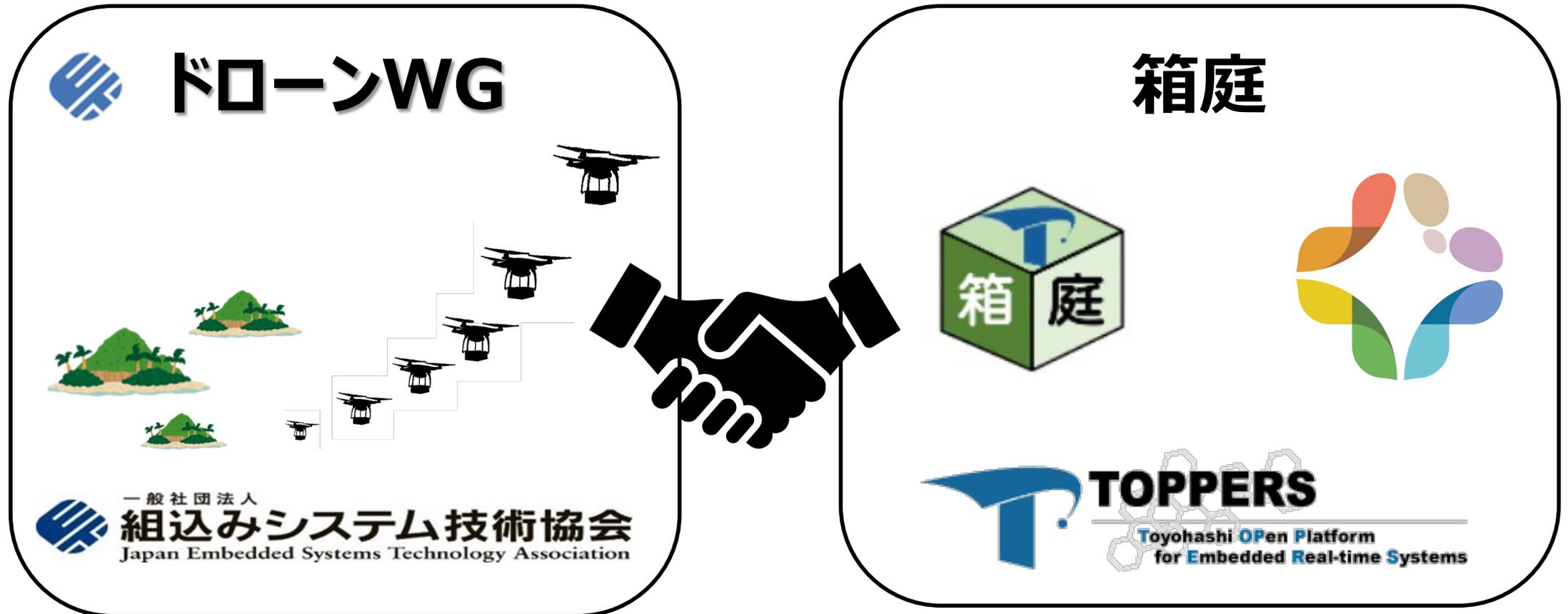
アジェンダ

1. 背景と狙い
2. オープンソースのドローン技術
3. 箱庭ドローンシミュレータの特徴と独自性
4. 箱庭ドローンシミュレータのデモ
5. 箱庭ドローンシミュレータの展開
6. 箱庭デジタルツイン・デモ



背景

- JASAドローンWGと箱庭がタッグを組みました！



狙い

• JASAドローンWG

- ドローンの安全性対策として、シミュレータを導入したい
- 特に、安全対策用のシナリオ検証環境が必要
- ユースケース
 - ドローンの物理モデルとドローン制御用のファームウェアをシミュレーション
 - 外乱（風とか雨）のシミュレーション
 - ドローンが荷物を運ぶシミュレーション

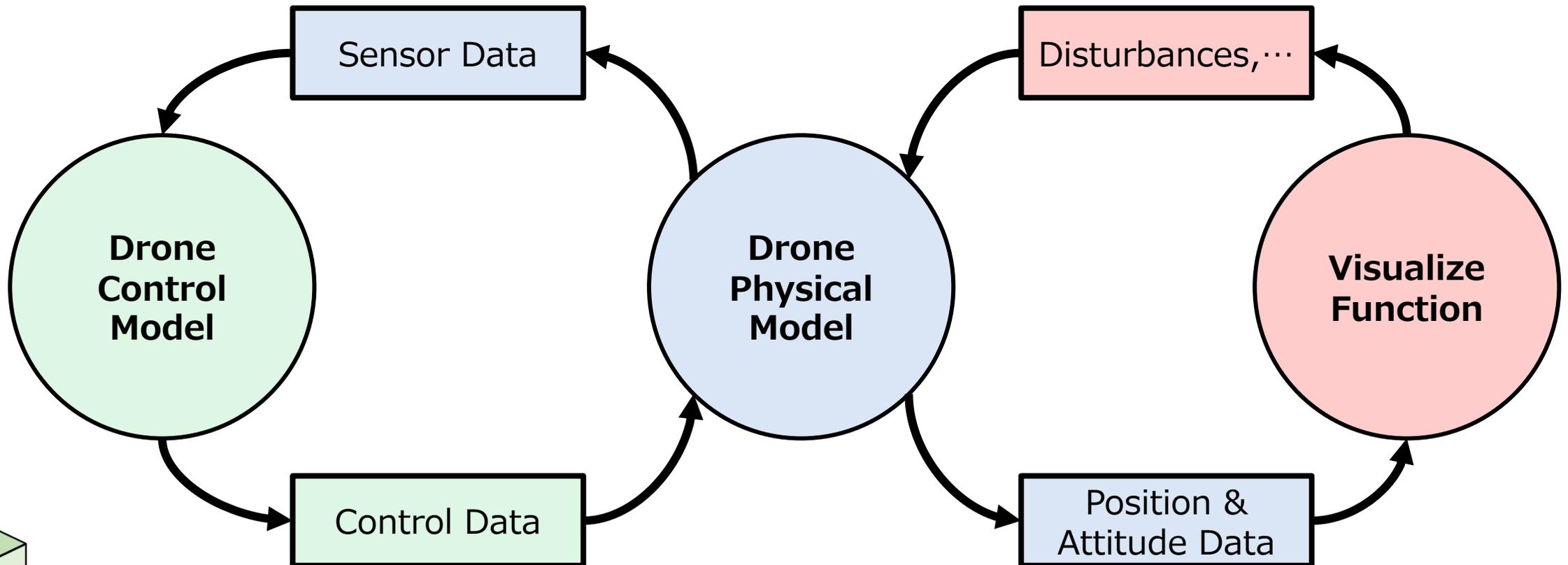
• 箱庭

- 箱庭技術の適用ドメインを増やしたい
- 高精度シミュレーションが求められるドメインへのチャレンジ！
- MATLAB連携を箱庭でもやれるようにしたい
- ドローン向けに脚光を浴びているPX4というソフトを箱庭でも動かせるようにしたい



目指す姿

- 「制御モデル」、「物理モデル」、「ビジュアライズ」を3つの独立した機能と捉え、
- 箱庭がそれらを統合する！



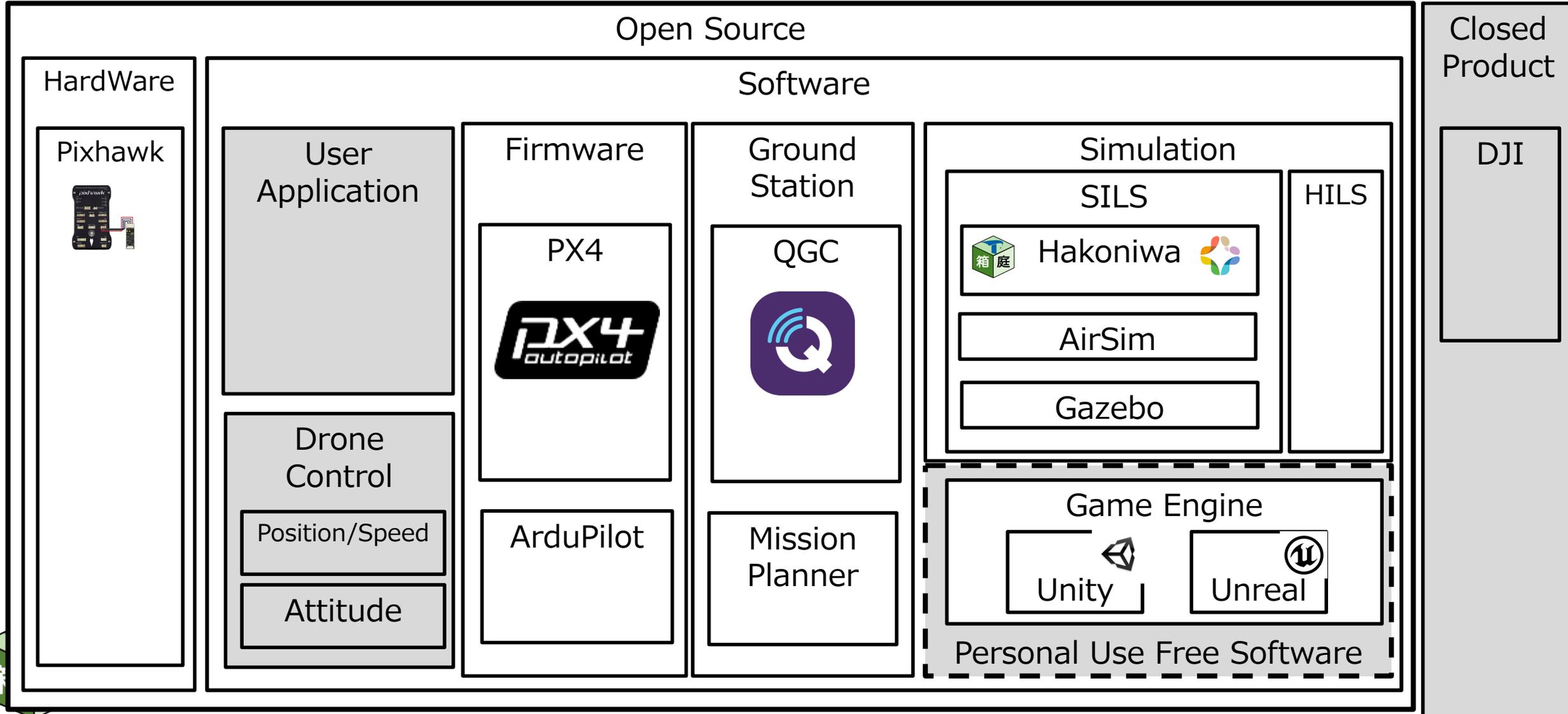
アジェンダ

1. 背景と狙い
2. **オープンソースのドローン技術**
3. 箱庭ドローンシミュレータの特徴と独自性
4. 箱庭ドローンシミュレータのデモ
5. 箱庭ドローンシミュレータの展開
6. 箱庭デジタルツイン・デモ

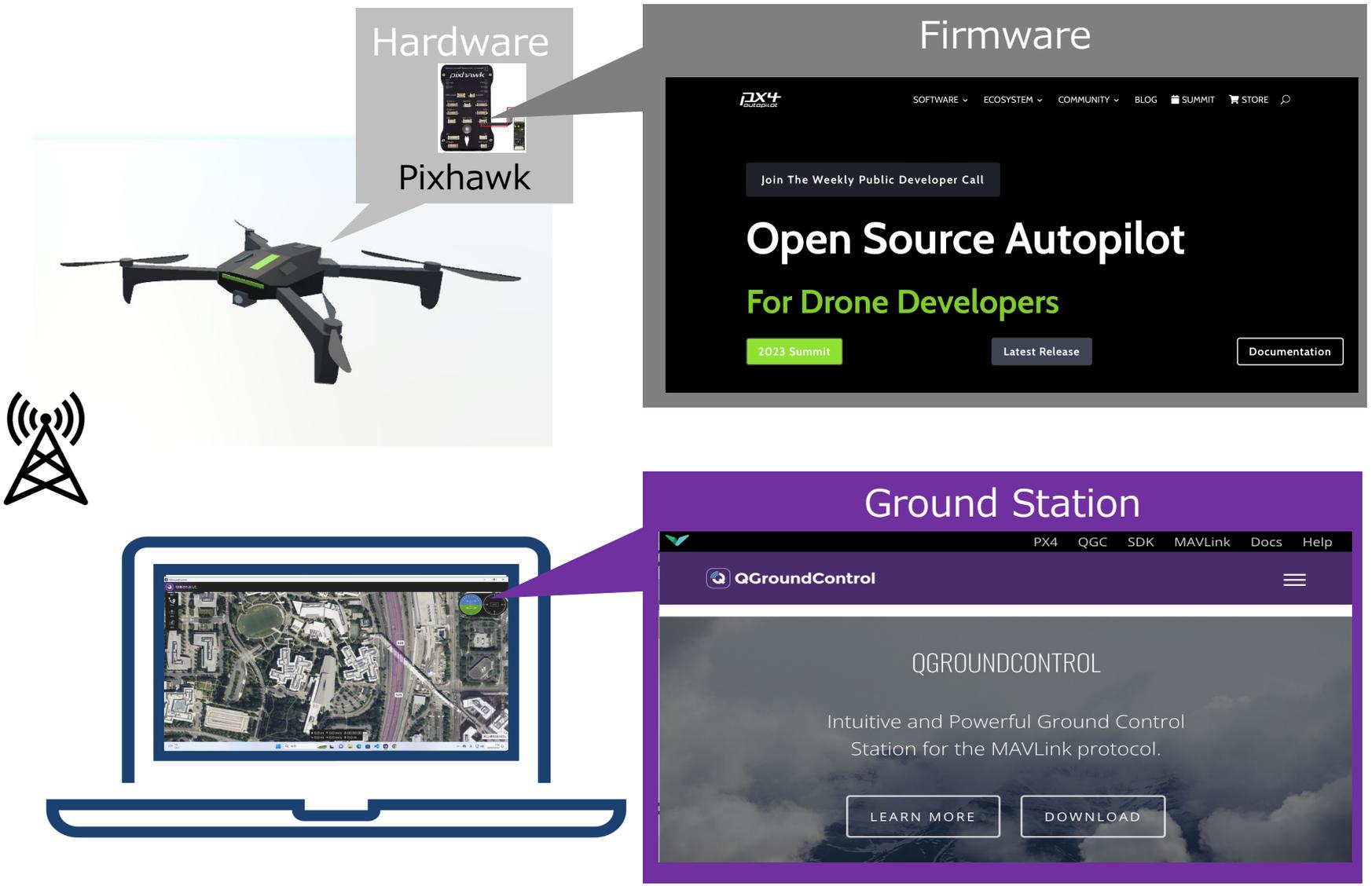


オープンソースのドローン技術

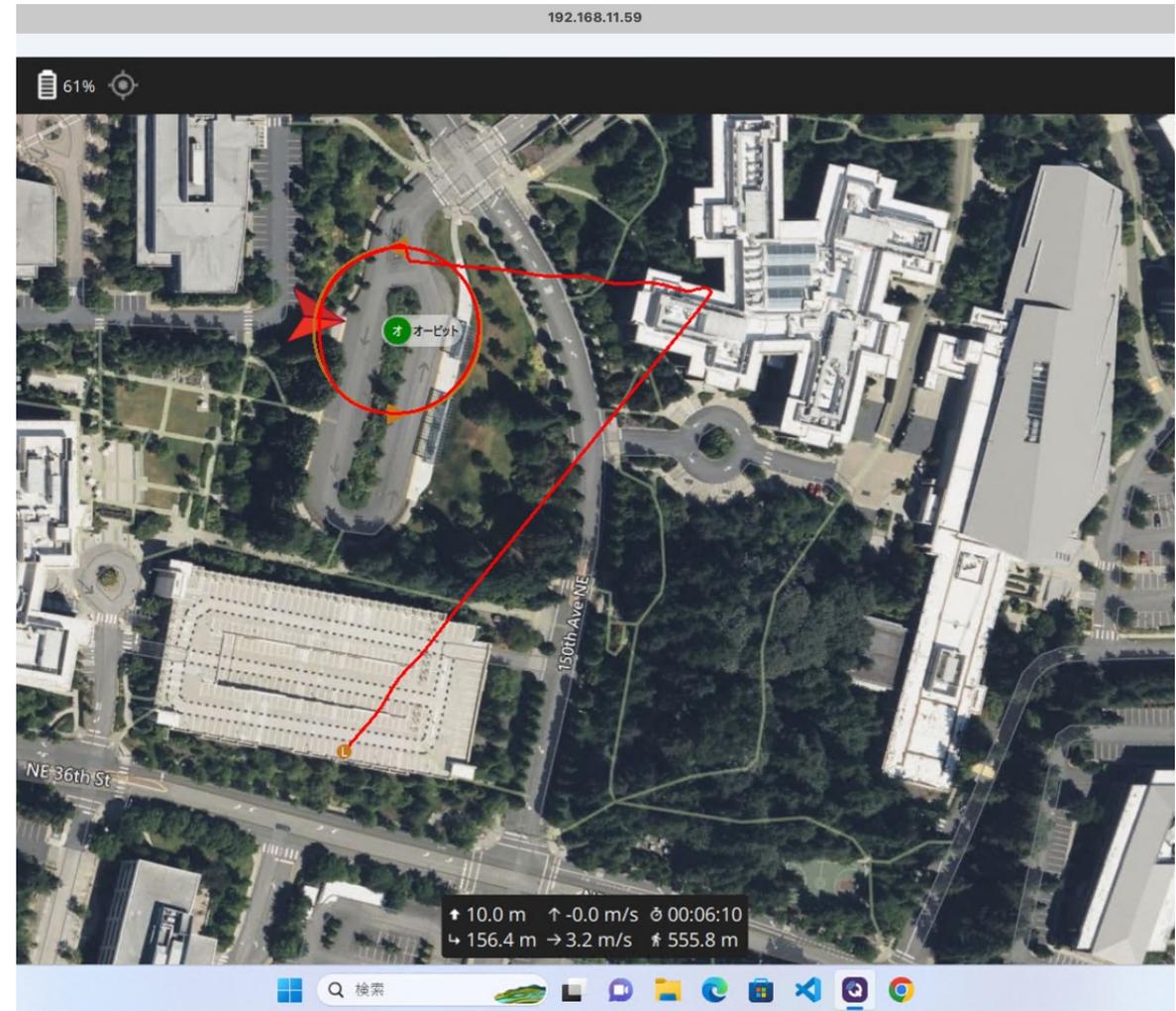
- オープンソースベースでのドローン技術のエコシステム



ドローン用オープンソース技術のエコシステム

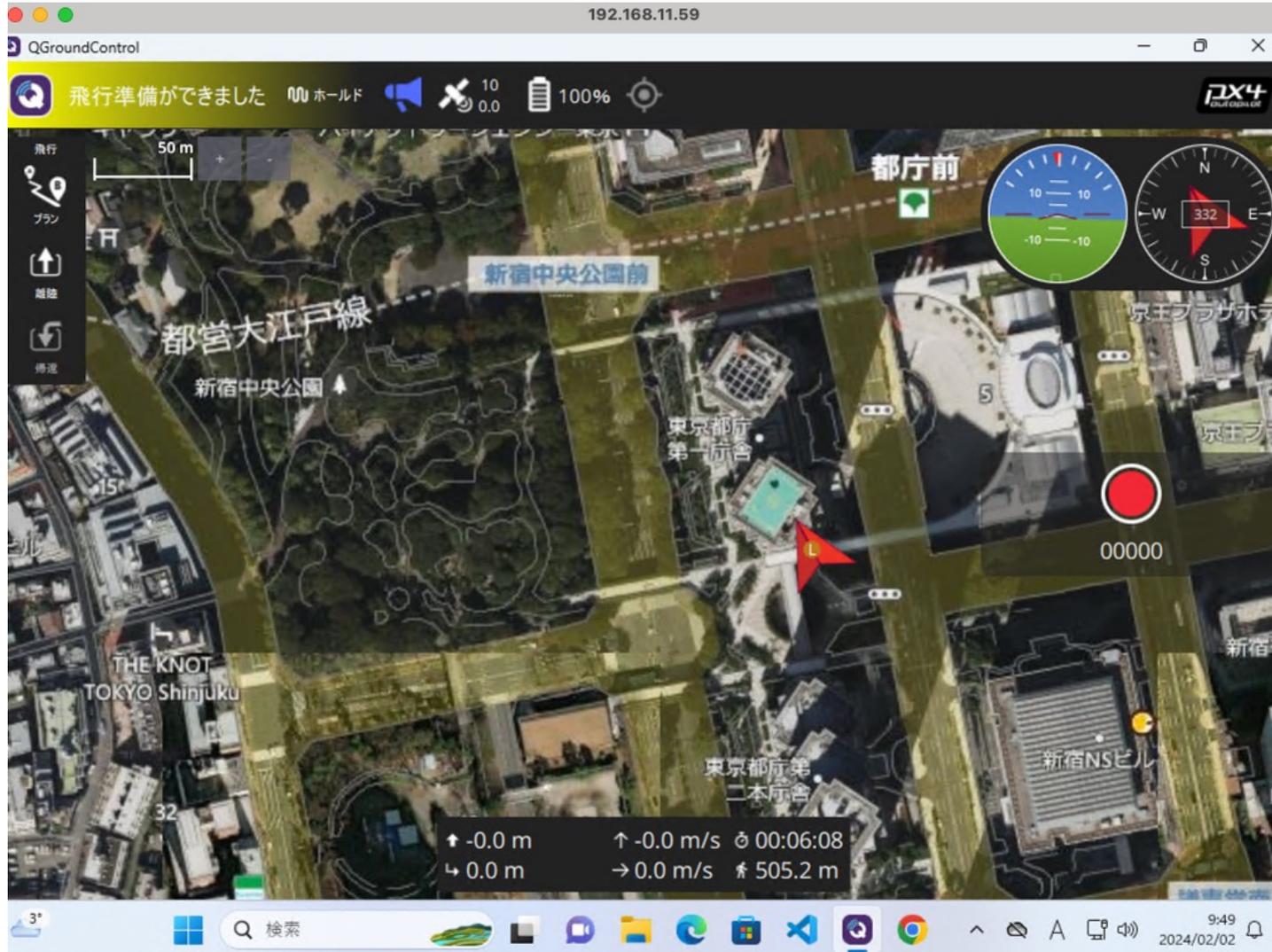


- 何ものか
 - ドローンの地上局システム用のアプリケーション
- 主な用途
 - 地上から機体を遠隔操作し、
 - 様々なミッションを実行できる
- サポートしているファームウェア
 - PX4
 - ArduPilot
- 動作環境
 - Windows
 - Linux
 - MacOS



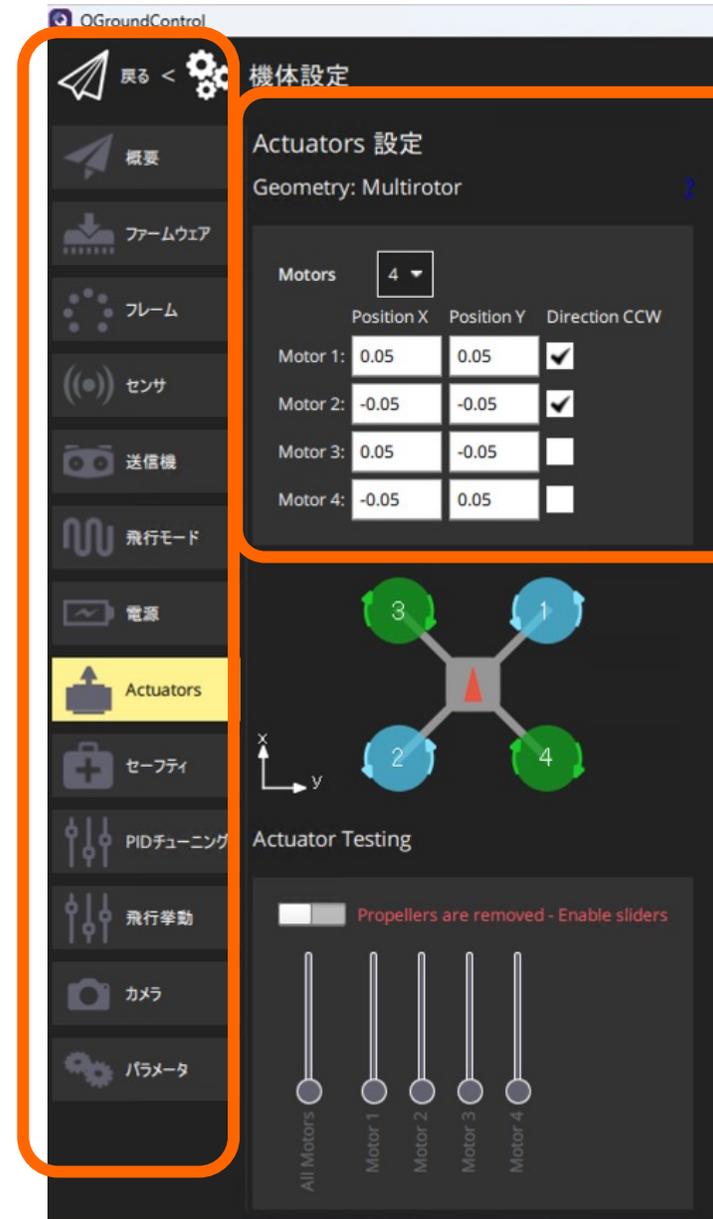
地図の自動取り込み

- 東京都 : 35.689、139.692



様々な機器設定

- 機体の様々な設定が可能です！
 - Actuators
 - 飛行挙動
 - PIDチューニング



- Actuators
 - ローターの位置
 - 回転方向

機体設定

飛行挙動 設定

飛行挙動は飛行特性の設定に使用します。

応答性スライダーを有効にします (有効にすると加速度制限パラメータなどが自動的に設定)

応答性

0.01 1

値が大きいくほど機体の反応が速くなります。応答性の遅さと最大速度の高さが重なるような組み合わせは、制動距離が長くなるので注意が必要です。

水平方向の速度スライダーを有効にします (有効にした場合、個々の速度制限パラメータが自動的に設定)

水平速度 (m/s)

0.5 3.5 20

水平方向の速度を制限します。(すべてのモードに適用)

垂直方向の速度スライダーを有効にします (有効にした場合、個々の速度制限パラメータが自動的に設定)

Vertical velocity (m/s)

0.2 8

垂直方向の速度を制限します。(すべてのモードに適用)

ミッション旋回半径

2 16

この値を大きくすると、ミッションにおける曲がり角はなだらかに曲がります。(コーナーカット) 正確なコーナートラッキングをするためには、最小値を使用してください。

- 速度制限かけれます
- 箱庭は3.0m/s

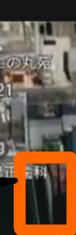


直感的な操作とリアルタイム監視

機体の操作



地図上に目標地点を設定



機体の姿勢角を表示



機体の位置や速度を表示



- 何ものか
 - ドローンのファームウェア
 - オートパイロット用のフライトスタック
- 主な用途
 - 様々な機体を選択できる
 - マルチコプター、固定翼、VTOL
 - 地上走行ロボット、水中ドローン
 - 豊富なソフトウェアが揃っている
 - 機体制御プログラム
 - 周辺ドライバ
- 動作環境
 - POSIX準拠のOS
 - NuttX OS (組み込み向け)
 - Linux、MacOS (シミュレータ向け)

```
[0/1] launching px4 none_iris (SYS_AUTOSTART=10016)

PX4

px4 starting.

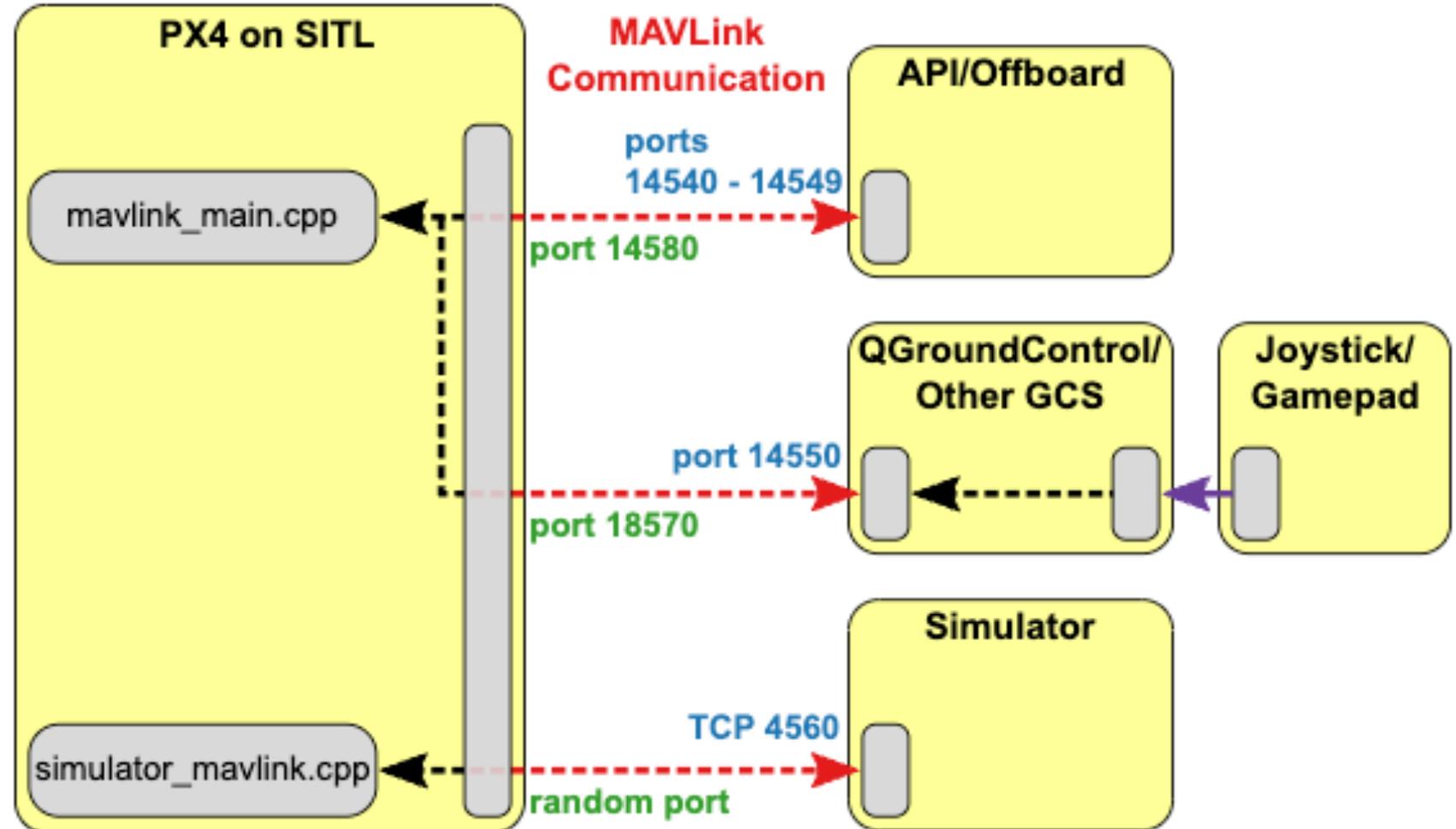
INFO [px4] startup script: /bin/sh etc/init.d-posix/rcS 0
env SYS_AUTOSTART: 10016
INFO [param] selected parameter default file parameters.bson
INFO [param] importing from 'parameters.bson'
INFO [parameters] BSON document size 839 bytes, decoded 839 bytes (
INT32:15, FLOAT:24)
INFO [param] selected parameter backup file parameters_backup.bson
INFO [dataman] data manager file './dataman' size is 7868392 bytes
INFO [init] PX4_SIM_HOSTNAME: 127.0.0.1
```



外部連携が考慮されたアーキテクチャ

1. TCP/UDP通信で、以下の連携が可能

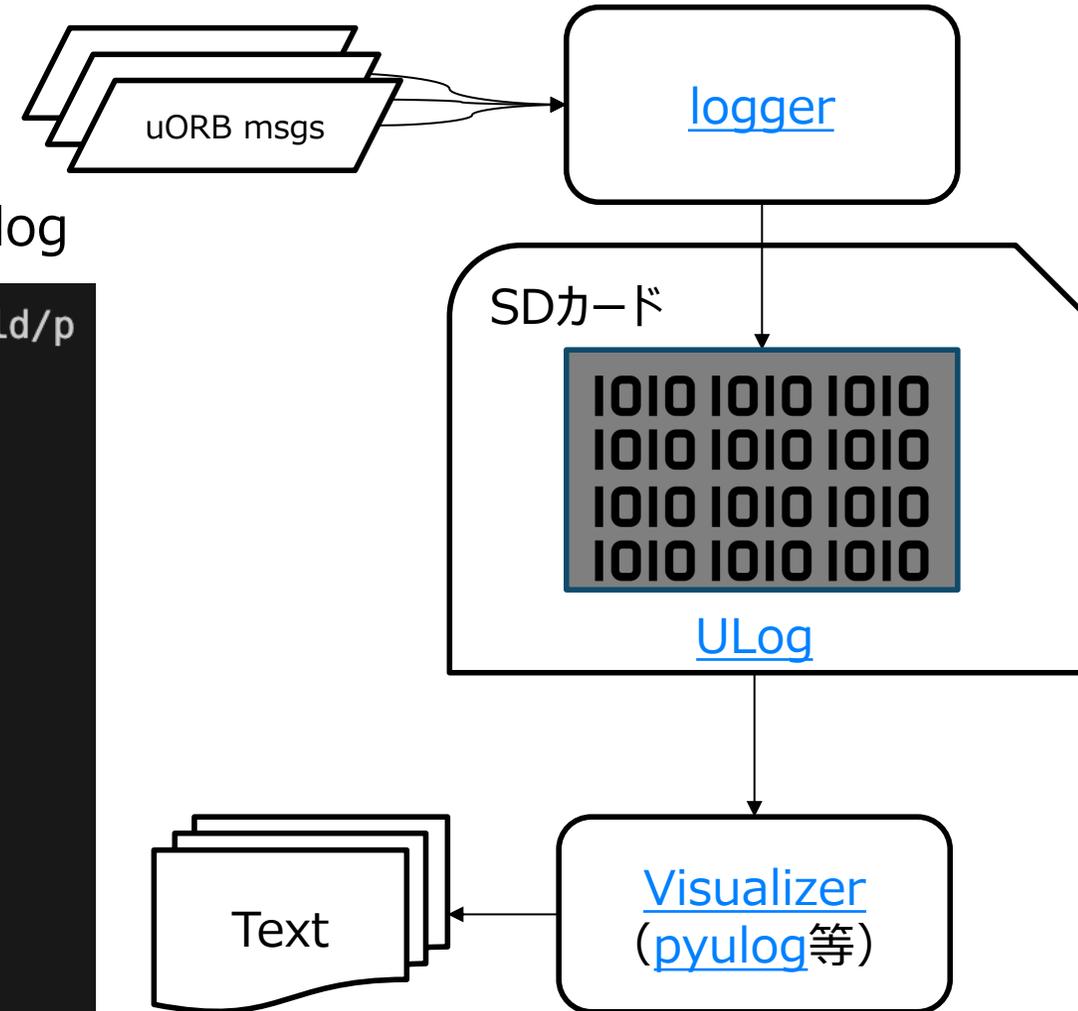
1. Offboard
2. QGC
3. Simulator



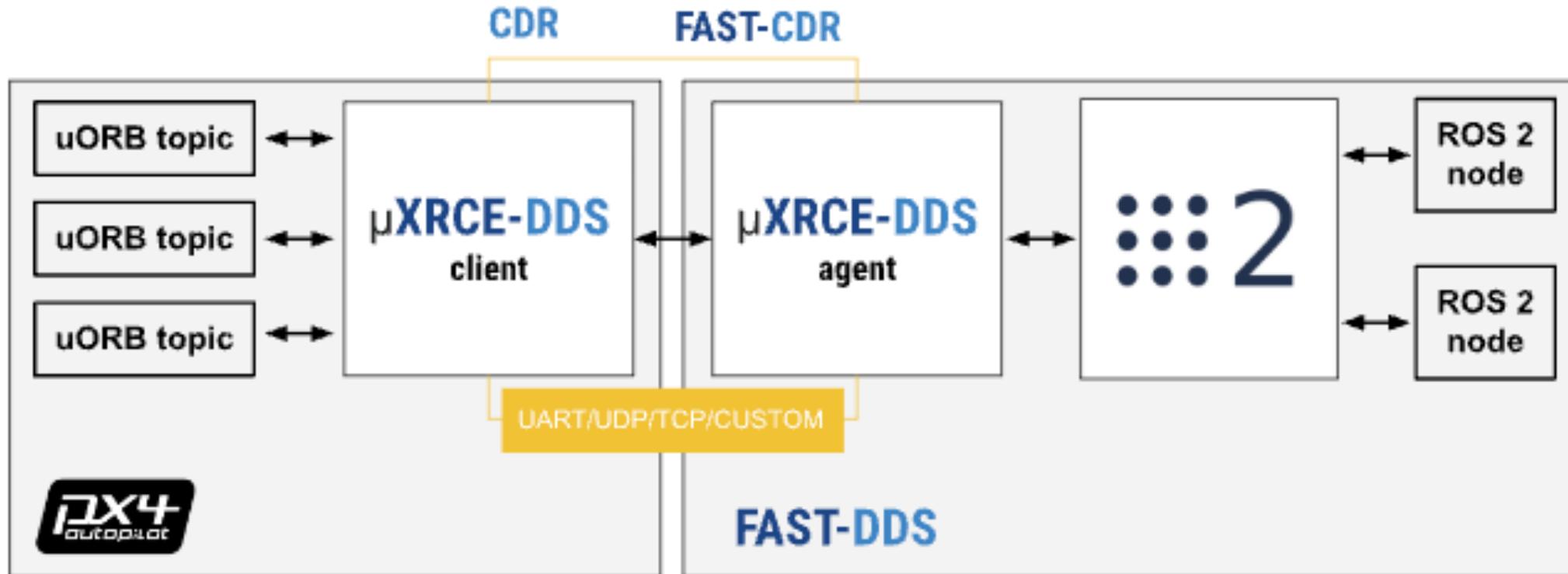
ロギング機構とビジュアライザー

- uORBのメッセージは自動ロギングされる
 - シミュレータの場合ここにあります。
 - PX4-Autopilot/build/px4_sitl_default/rootfs/log

```
tmori@TakashinoMacBook-Pro PX4-Autopilot % ls ./build/px4_sitl_default/rootfs/log/2024-0*  
./build/px4_sitl_default/rootfs/log/2024-01-25:  
02_19_36.ulg    08_02_49.ulg    21_57_11.ulg  
04_24_24.ulg    08_09_47.ulg    22_21_04.ulg  
04_27_40.ulg    08_25_37.ulg  
07_31_03.ulg    08_28_09.ulg  
  
./build/px4_sitl_default/rootfs/log/2024-01-28:  
21_43_23.ulg    21_44_59.ulg  
  
./build/px4_sitl_default/rootfs/log/2024-01-29:  
00_20_57.ulg    00_23_27.ulg  
  
./build/px4_sitl_default/rootfs/log/2024-01-30:  
01_35_04.ulg    07_14_33.ulg    07_22_55.ulg  
01_38_05.ulg    07_15_43.ulg    07_28_53.ulg  
07_11_44.ulg    07_16_58.ulg    23_14_32.ulg
```



- uORBメッセージは、 μ XRCE-DDSを通して、ROS2に変換できます！



https://docs.px4.io/main/en/middleware/uxrce_dds.html

アジェンダ

1. 背景と狙い
2. オープンソースのドローン技術
3. **箱庭ドローンシミュレータの特徴と独自性**
4. 箱庭ドローンシミュレータのデモ
5. 箱庭ドローンシミュレータの展開
6. 箱庭デジタルツイン・デモ



箱庭ドローンシミュレータの特徴と独自性

安全な箱の中で、自分好みの環境や制御をたくさん試せます！

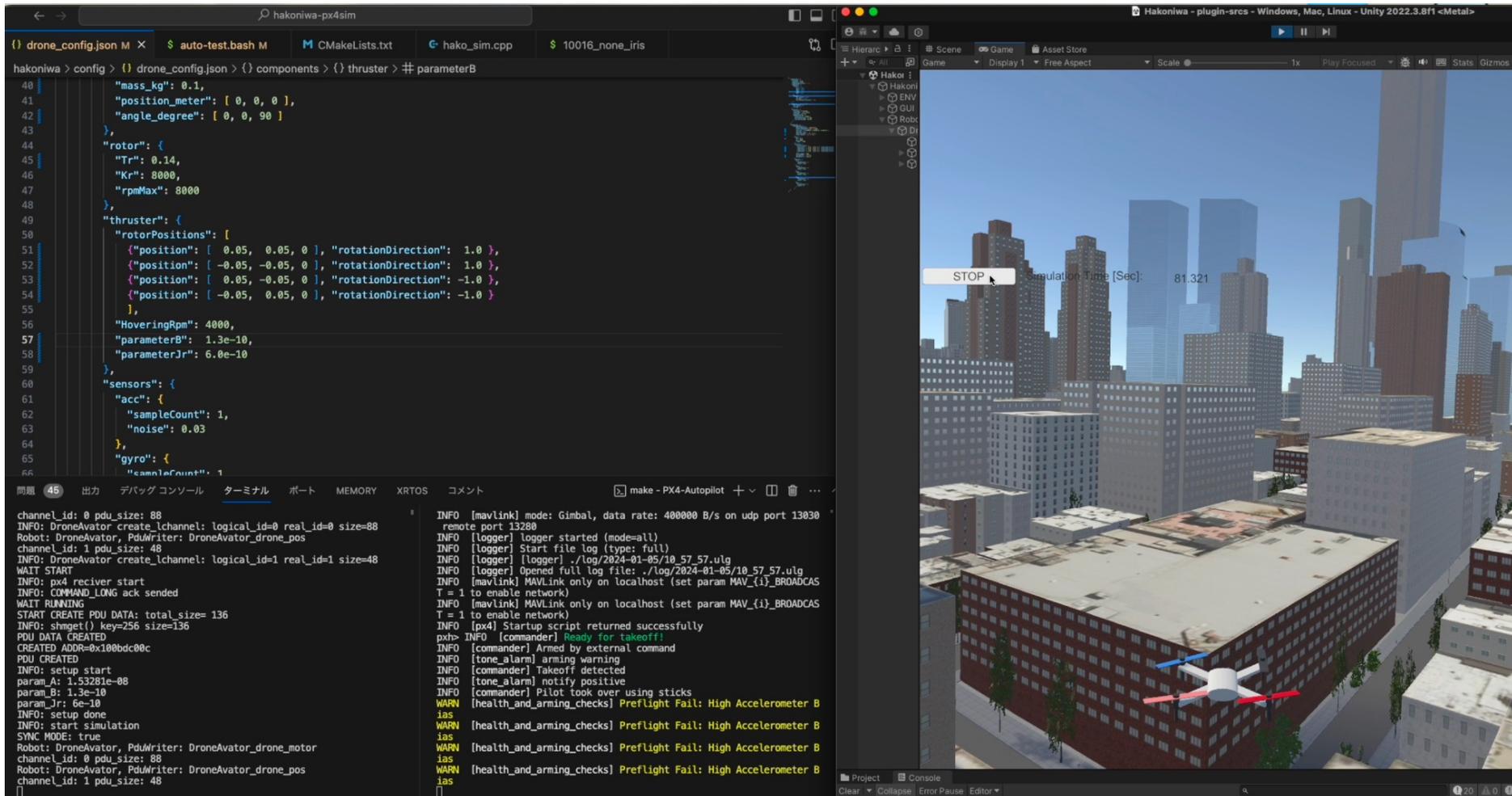
1. 世界中の都市でドローンを飛ばせます
2. PX4/QGC連携できます
3. ゲームエンジンを選べます
4. ドローンのプラントモデルを作れます
5. 自動テストのサポート
6. ベンダ毎のセンサを選べます

2024年6月25日（火）
v2.5.0がリリースされました！



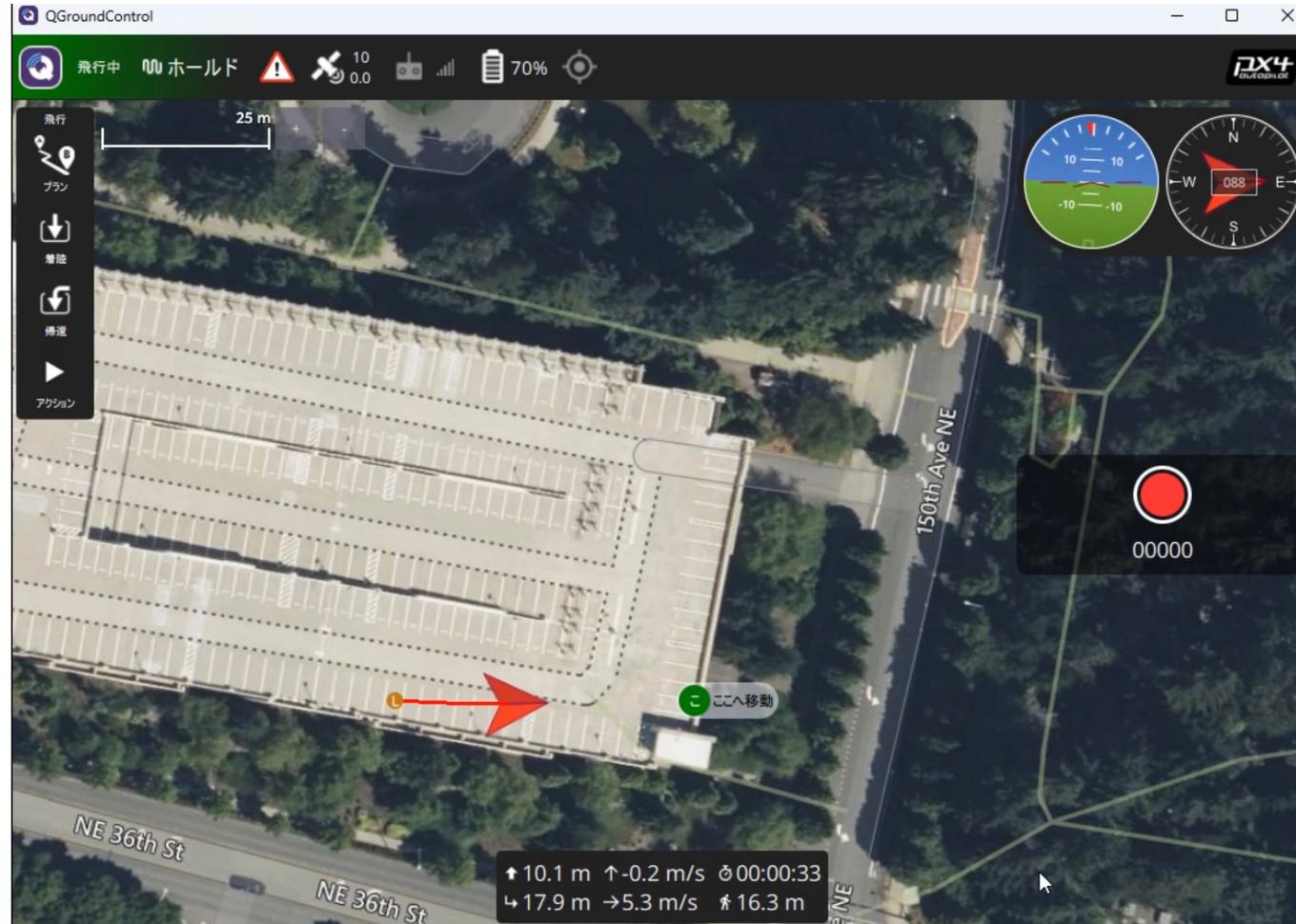
世界中の都市でドローンを飛ばせます！

Plateau や Esri が提供している3D都市モデルを利用できます



PX4/QGC連携できます！

- PX4と連携したシミュレーションが可能です
- QGCを使ったウェイポイントの設定も可能です



ゲームエンジンを選べます！

箱庭のアーキテクチャは、
ゲームエンジンを選択できる構造です



Game Engine

Unity

Unreal

ドローンのプラントモデルを作れます！

- MATLAB／Simulinkで作成できます
- C言語で自作することもできます

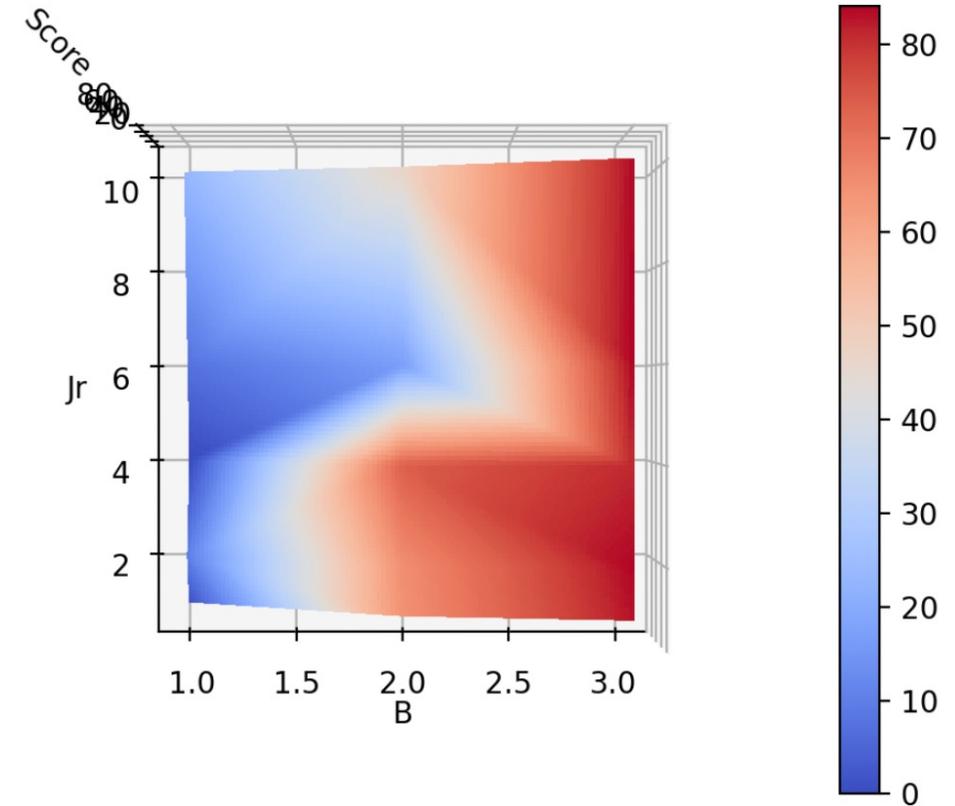
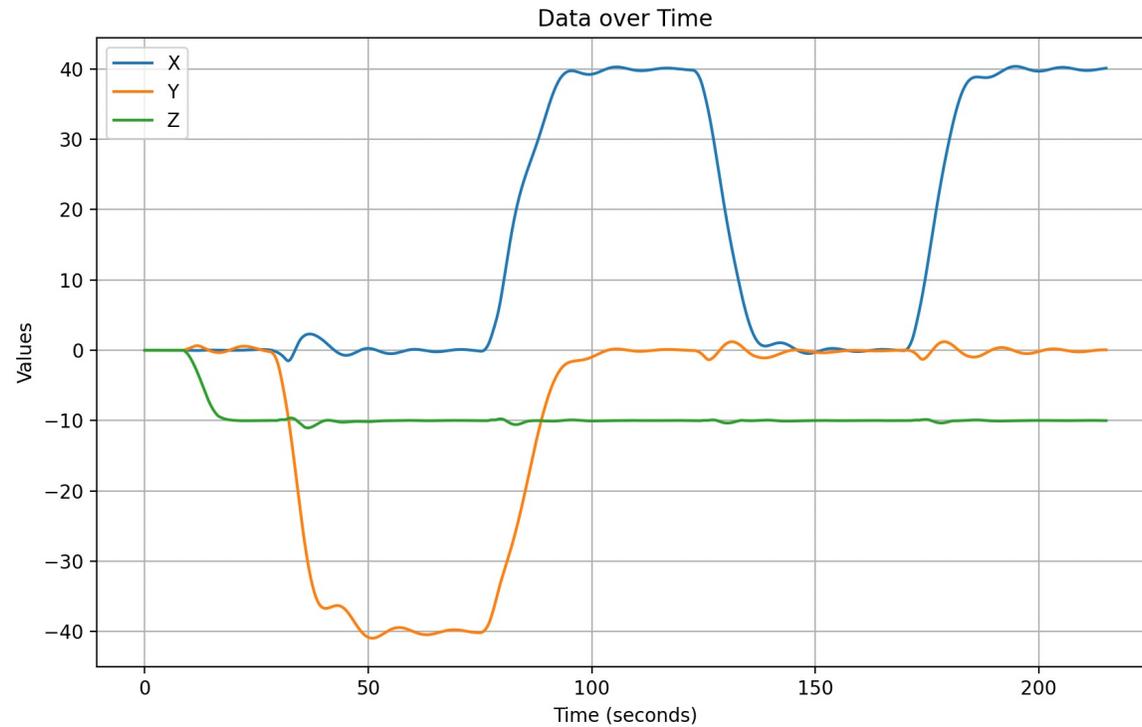
MATLAB／Simulink

$$\begin{aligned}\dot{u} &= -g \sin \theta - (qw - rv) - \frac{d}{m}u \\ \dot{v} &= g \cos \theta \sin \phi - (ru - pw) - \frac{d}{m}v \\ \dot{w} &= -\frac{T}{m} + g \cos \theta \cos \phi - (pv - qu) - \frac{d}{m}w\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\dot{p} &= (\tau_\phi - qr(I_{zz} - I_{yy}))/I_{xx} \\ \dot{q} &= (\tau_\theta - rp(I_{xx} - I_{zz}))/I_{yy} \\ \dot{r} &= (\tau_\psi - pq(I_{yy} - I_{xx}))/I_{zz}\end{aligned}$$

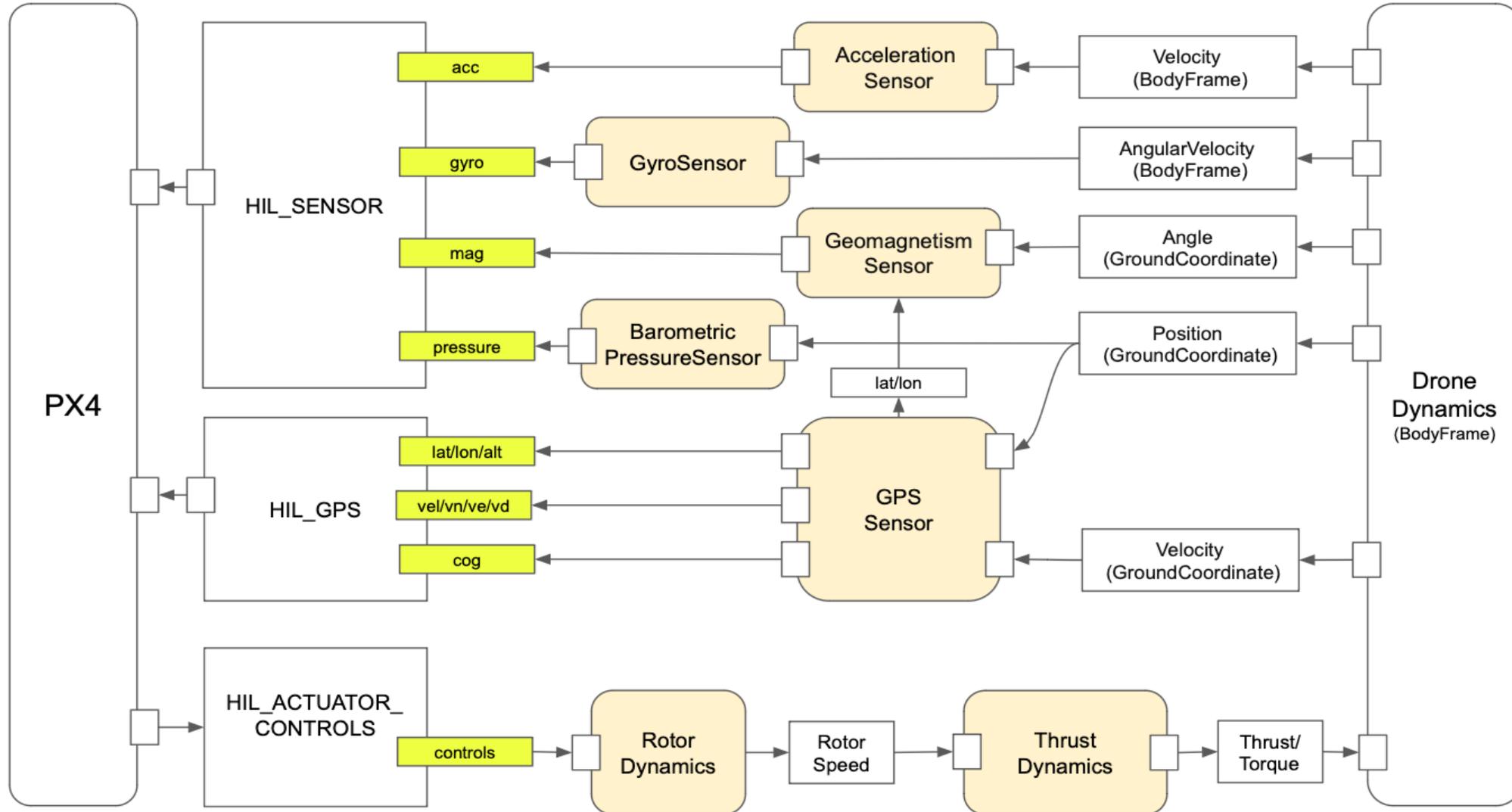
自動テストのサポート

- ゲームエンジンなしでも評価できます。
- テストシナリオベースで自動テストし、グラフ化やパラメータ探索なども可能

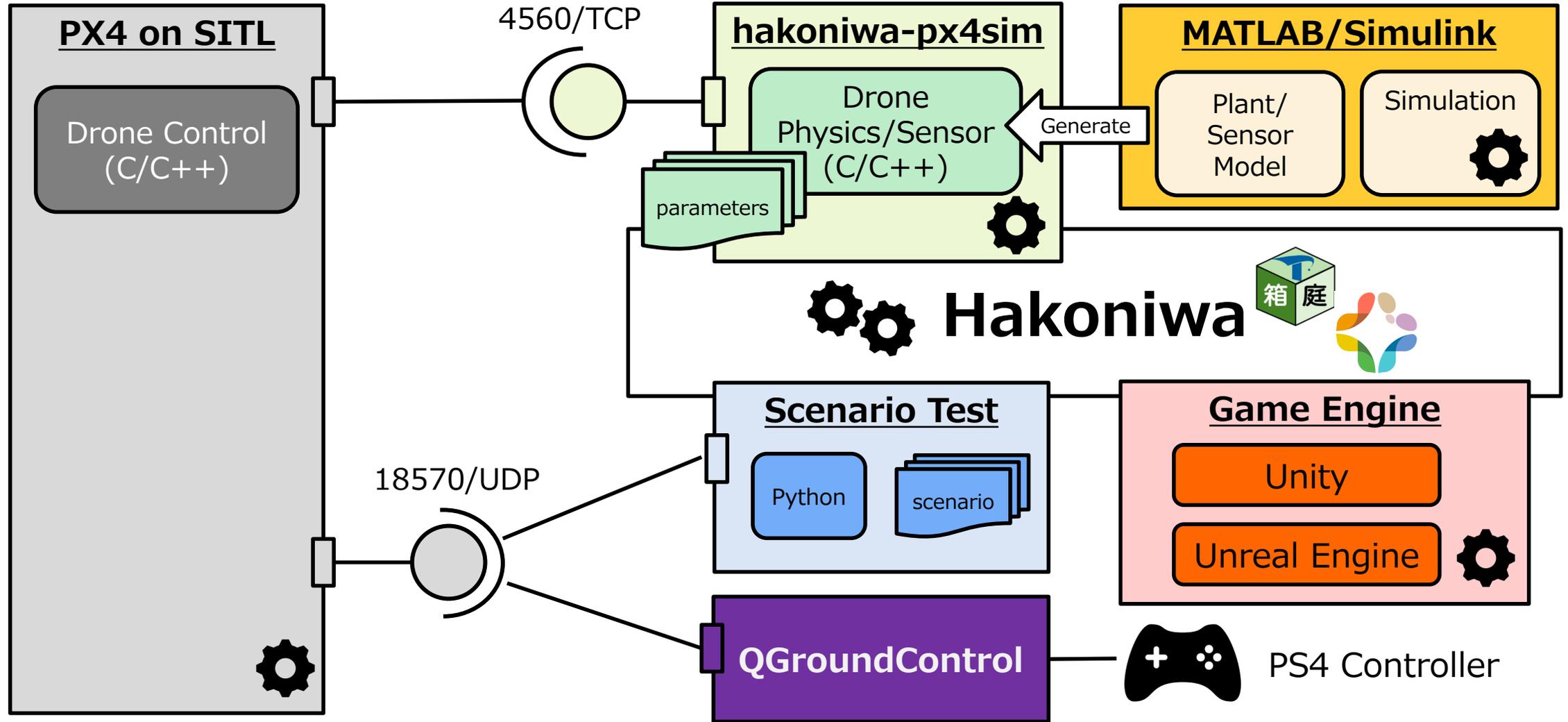


ベンダ毎のセンサを選べます

- センサ（IMU等）をベンダ毎に差し替えて評価できます



箱庭ドローンシミュレータのアーキテクチャ



箱庭は様々なソフトウェアを繋げるハブです！



アジェンダ

1. 背景と狙い
2. オープンソースのドローン技術
3. 箱庭ドローンシミュレータの特徴と独自性
4. **箱庭ドローンシミュレータのデモ**
5. 箱庭ドローンシミュレータの展開
6. 箱庭デジタルツイン・デモ



箱庭ドローンシミュレータのデモ

- PX4とQGCを連携したドローンの移動
- ジャイロセンサーの温度ドリフトの可視化
- Pythonプログラムでドローンの荷物輸送



PX4とQGCを連携したドローンの移動

The image displays a development environment with three main windows:

- Left Window (File Explorer):** Shows the project structure for 'hakoniwa-px4sim'. The 'config' directory is expanded, showing various configuration files like 'drone_config.json'.
- Middle Window (Code Editor):** Displays the 'drone_config.json' file. The 'components' section is visible, containing 'droneDynamics', 'rotor', and 'thruster' configurations. The 'droneDynamics' section includes parameters like 'physicsEquation', 'collision_detection', 'manual_control', 'airFrictionCoefficient', 'inertia', 'mass_kg', and 'body_size'. The 'rotor' section includes 'vendor', 'Tr', 'Kr', and 'rpmMax'. The 'thruster' section includes 'vendor', 'rotorPositions', 'HoveringRpm', 'parameterB', and 'parameterJ'.
- Right Window (3D Simulation):** Shows a 3D view of a drone model in a simulated environment. The drone is positioned on a blue grid floor, and a green cube is visible in the background. The Unity interface includes a Hierarchy panel, a Scene view, and a Properties panel.

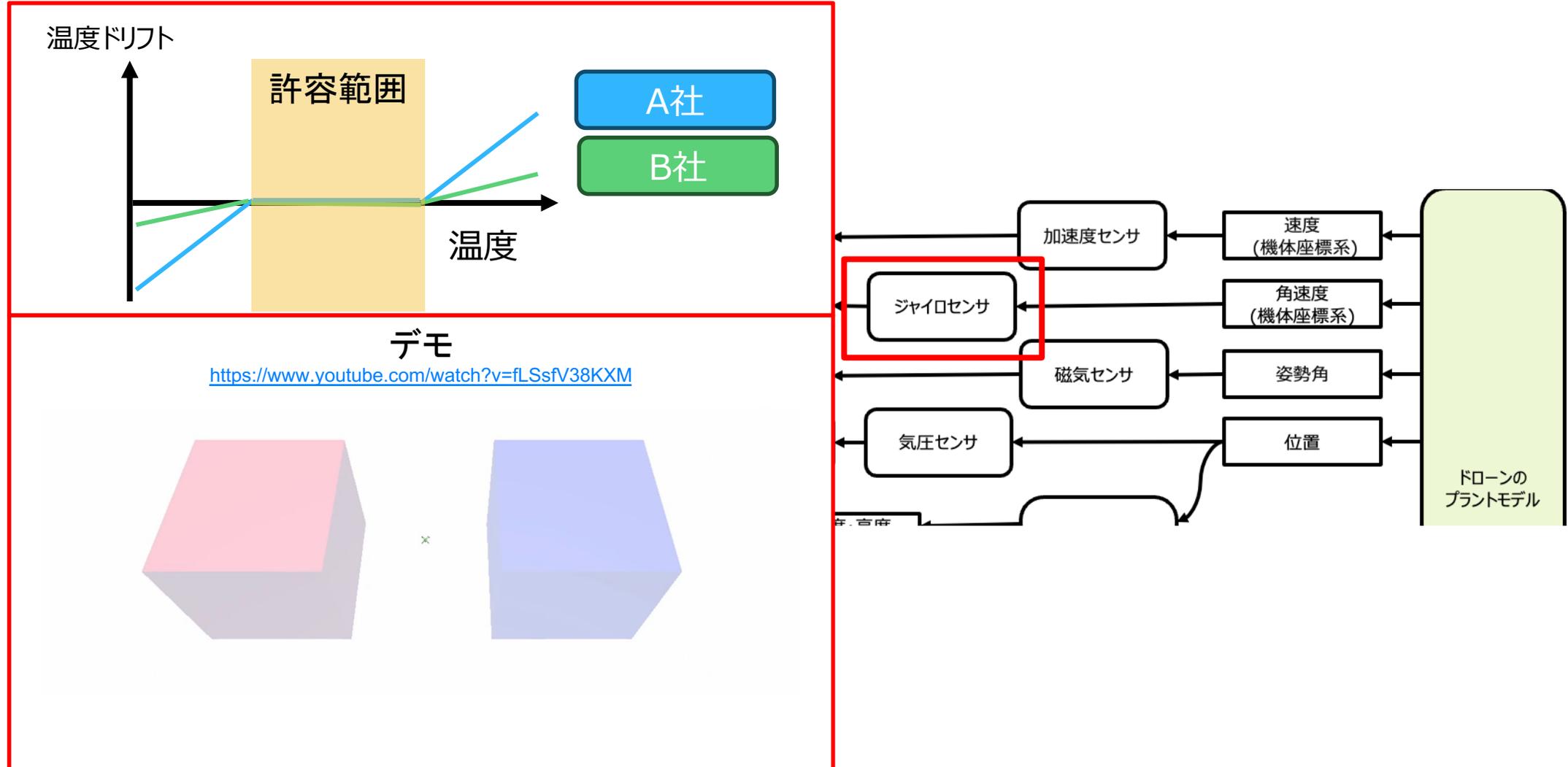
At the bottom of the image, there is a terminal window showing the command prompt 'tmori@TakashinoMacBook-Pro PX4-Autopilot %' and a QGroundControl window showing a top-down view of a drone's flight path over a building complex. The QGroundControl window includes a status bar with '通信が失われました' (Communication lost), a mission button, and various telemetry data like altitude, velocity, and battery level.



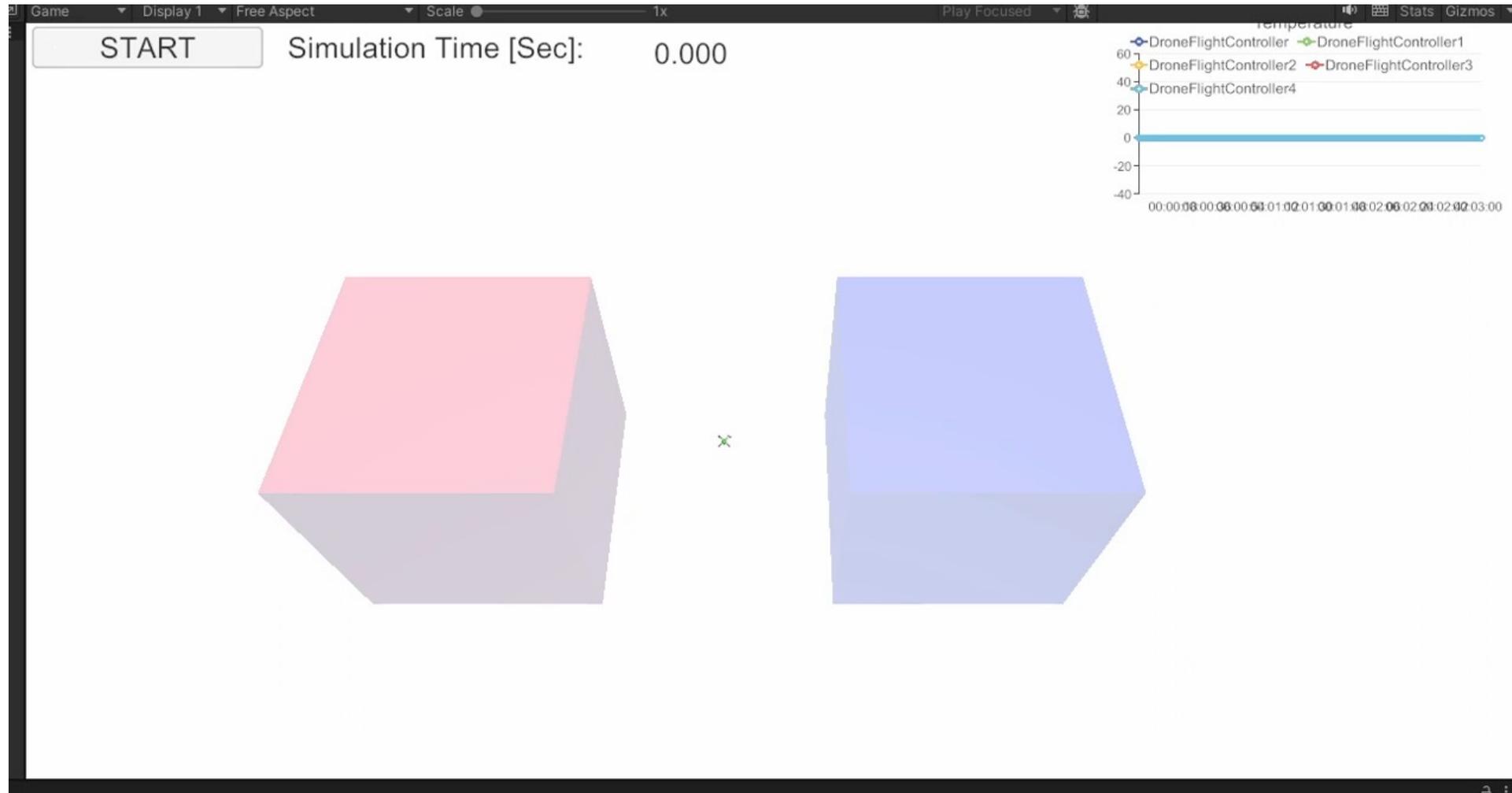
<https://www.youtube.com/watch?v=IEYTQkZcwB0>

ジャイロセンサーの温度ドリフトの可視化

- ジャイロセンサーの温度ドリフトによる性能差を可視化する



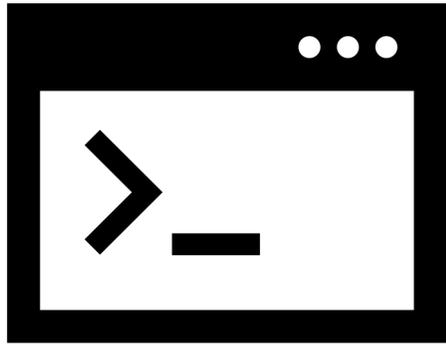
例：温度ドリフト



<https://www.youtube.com/watch?v=fLSsfV38KXM>

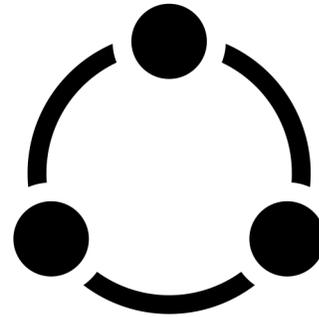
Python アプリ&API ライブラリの位置付け

Pythonアプリ



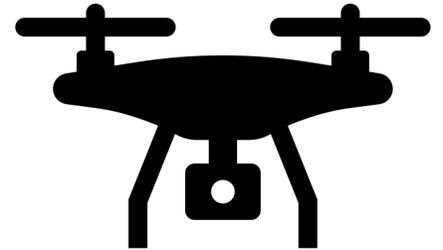
ドローンを操作し、
様々なミッションを
コントロール

Python APIライブラリ



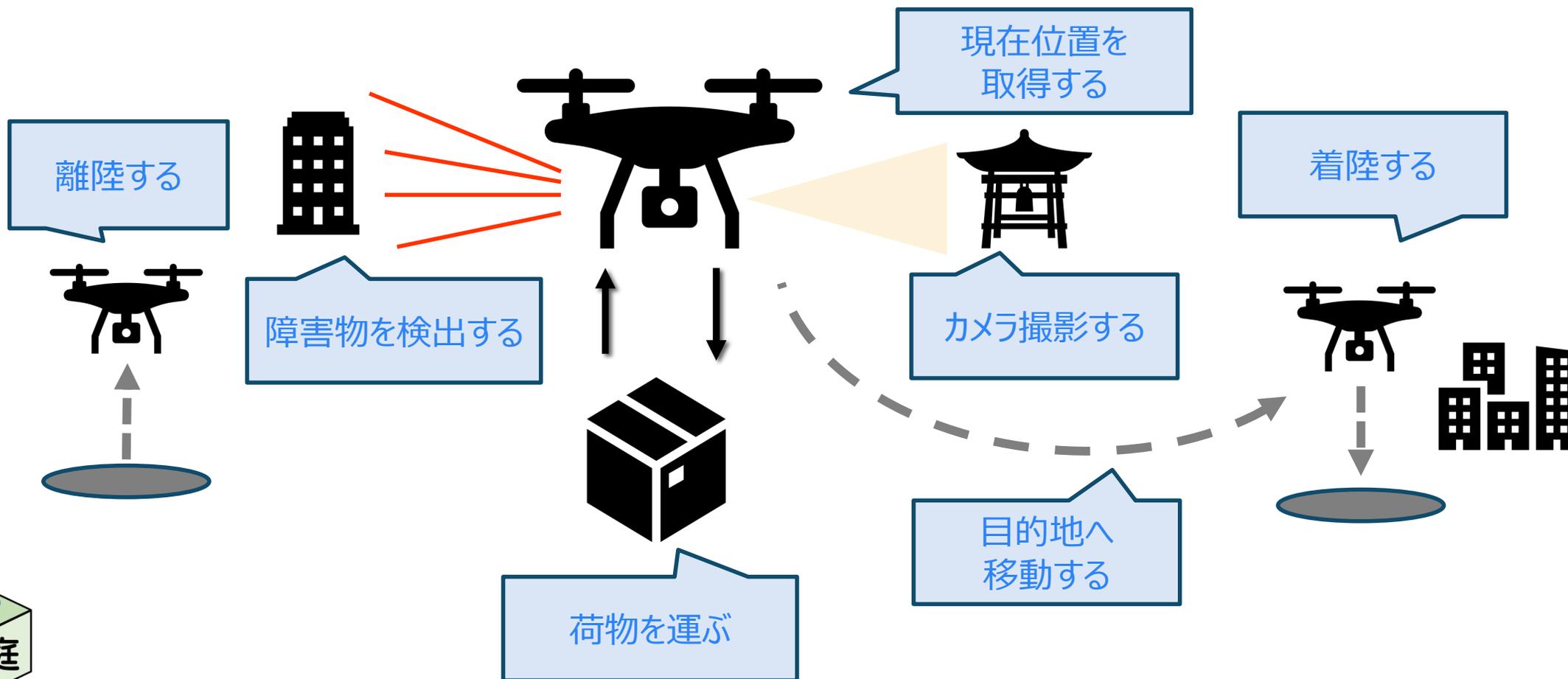
箱庭ドローンを
操作するため
のAPIセット

箱庭ドローン

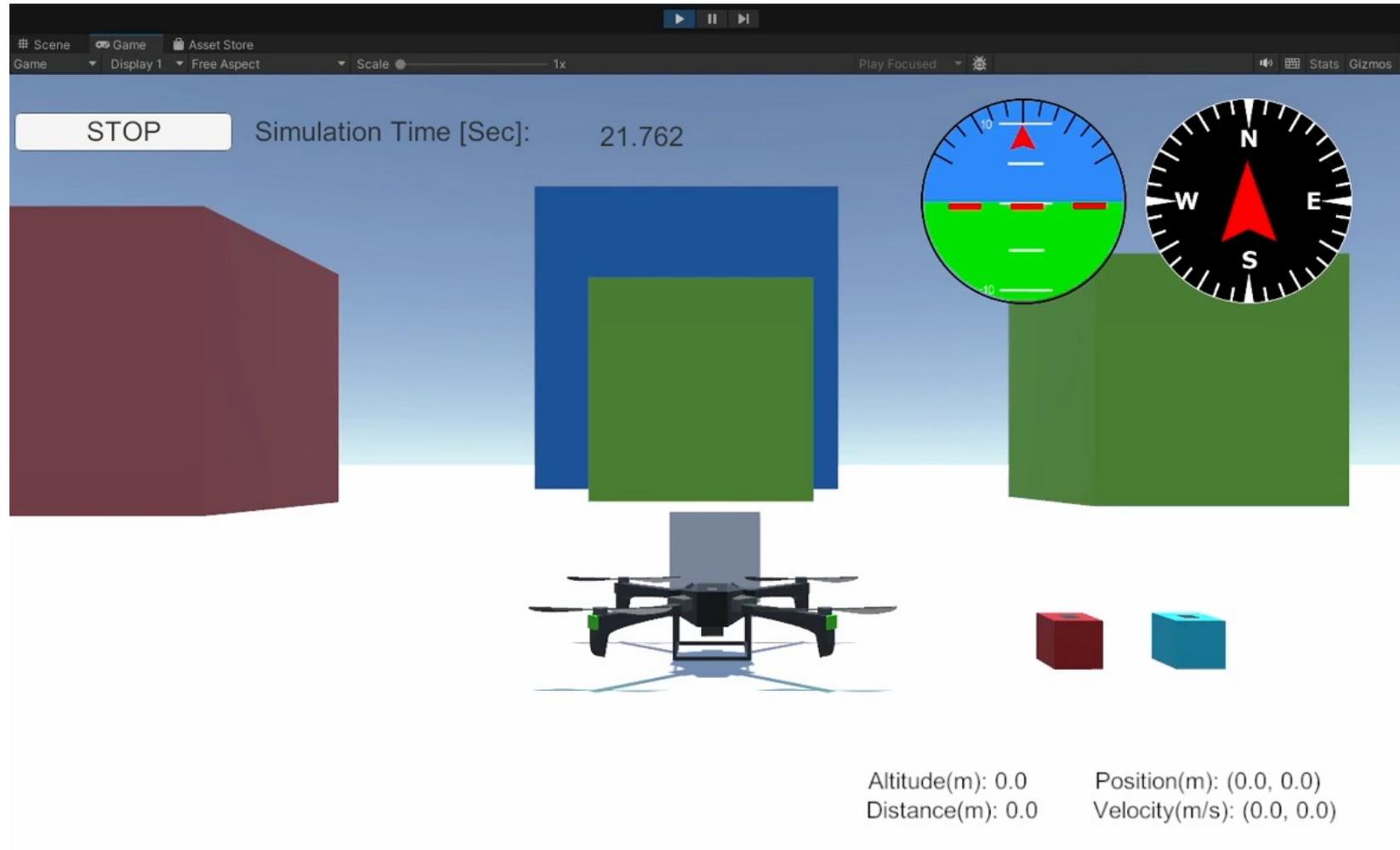


Unityの3Dモデル
で作成された
ドローン

箱庭ドローンを操作するAPIセットは全部で7個あります。

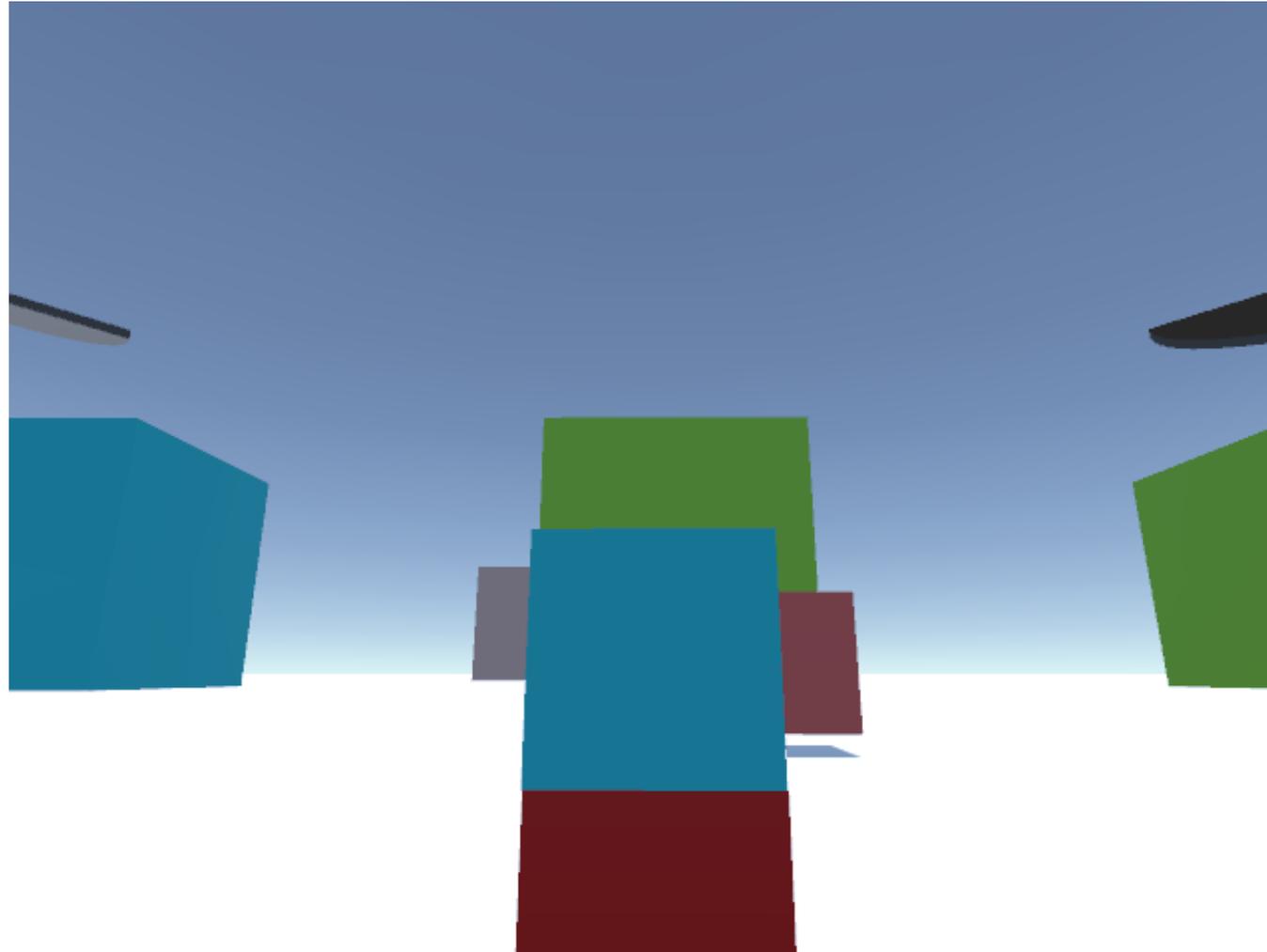


Pythonプログラムでドローンの荷物輸送



<https://www.youtube.com/watch?v=1eHvgdBNYFA>

カメラ撮影した画像データ :



箱庭ドローン・シミュレータのマニュアル

- JASAドローンWGのホームページ上で一般公開されています！
 - [箱庭ドローンシミュレータ_事前インストール編_windows版](#)
 - [箱庭ドローンシミュレータ_操作編](#)



アジェンダ

1. 背景と狙い
2. オープンソースのドローン技術
3. 箱庭ドローンシミュレータの特徴と独自性
4. 箱庭ドローンシミュレータのデモ
5. **箱庭ドローンシミュレータの展開**
6. 箱庭デジタルツイン・デモ



箱庭ドローンシミュレータの展開

JASAドローンWG
実証実験

ソフトウェア開発
教育演習教材

箱庭

デジタルツイン

ドローンde観光



■リアルな世界



機体のリアルな情報を提供
想定ユースケースでのシミュレーション

バーチャル空間利用

リアル空間利用

シミュレーション結果のフィードバック
リアル空間のユースケースに活用

■バーチャルな世界



しまなみ海道での利活用検討

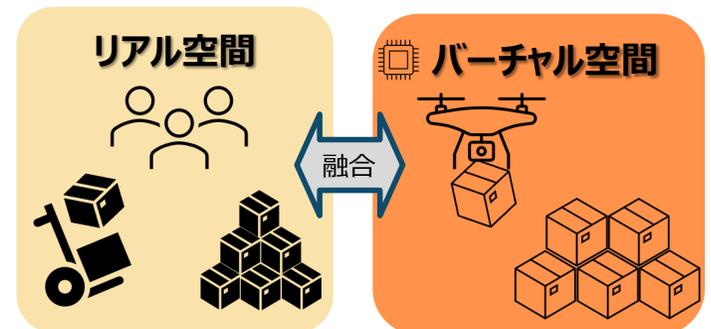


デジタルライフライン検証



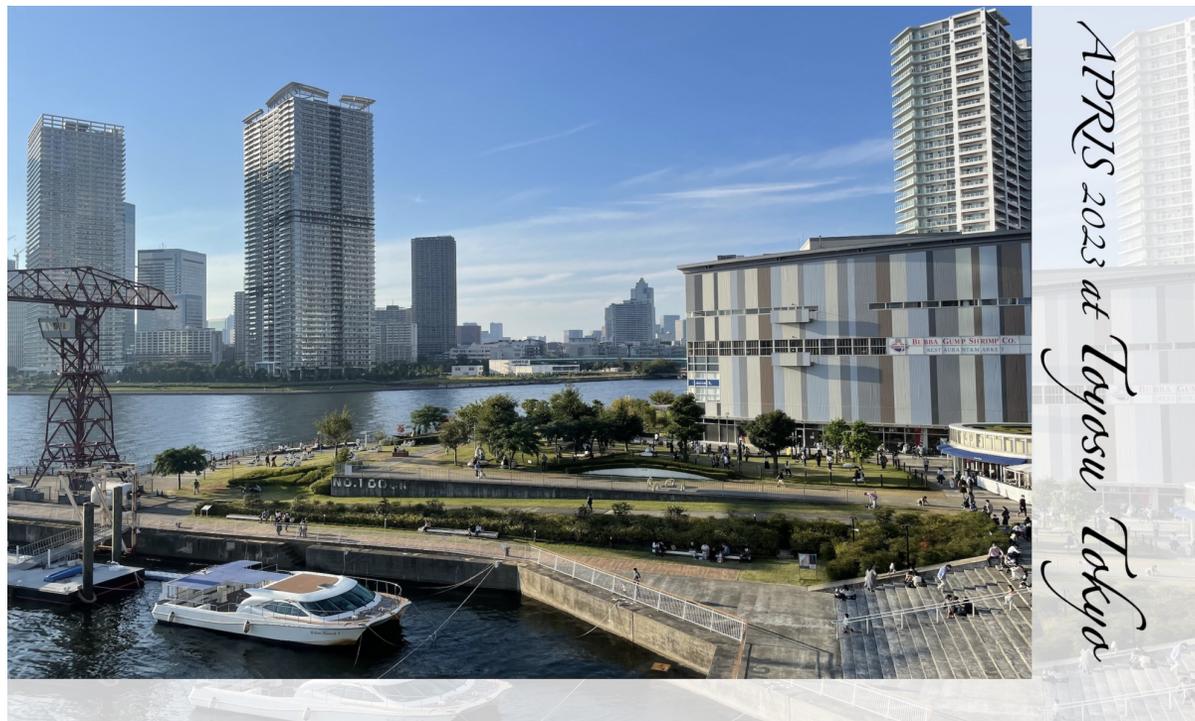
デジタルライフライン
(位置情報、気象情報、サービス運行情報)

新たなサービス創出、教育

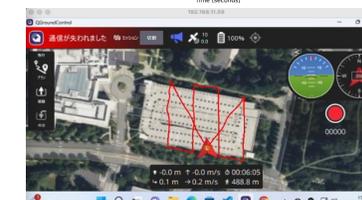
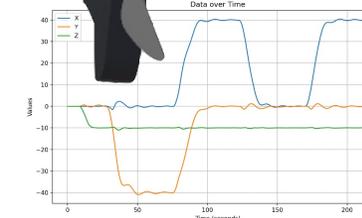
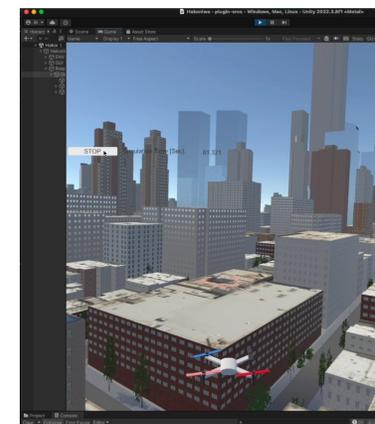


ソフトウェア開発教育演習教材(1/2)

モデリング教育演習での箱庭ドローン・シミュレータ活用



- ・教育利用でのフィードバック
- ・箱庭のブランディング・認知度向上



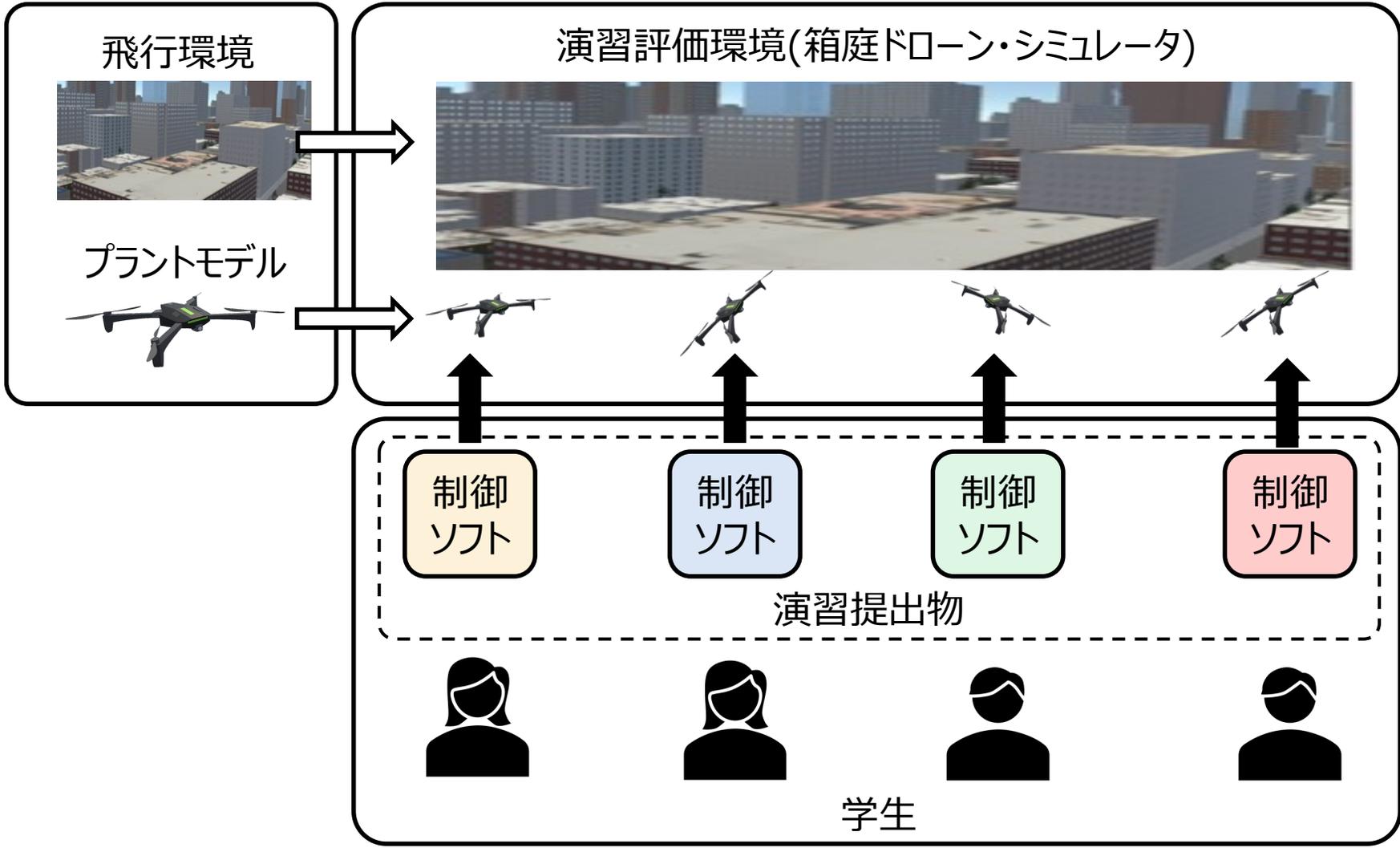
- ・自由な発想で生まれる様々なユースケースを試行
- ・モデリングを中心にした手軽なプログラミング
- ・ドローンを活用した新しいビジネス検討

<http://www.sigemb.jp/APRIS/2023/>

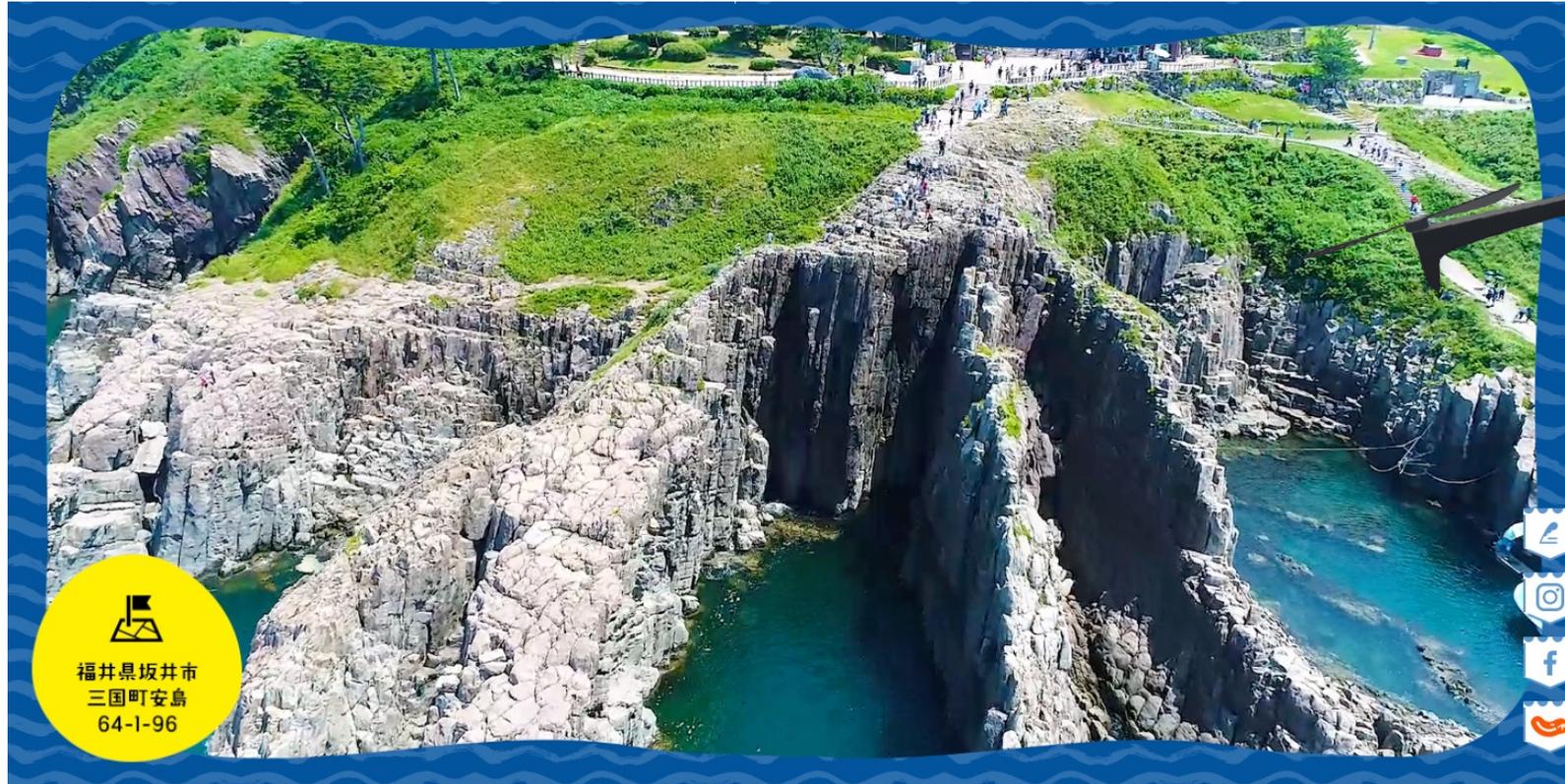


ソフトウェア開発教育演習教材(2/2)

制御工学演習での箱庭ドローン・シミュレータ活用



東尋坊をドローンの目線で観光する！



<https://www.vsky2019.com/>



雨の日は、箱庭de観光！



デジタルツイン(1/2)

デジタルツイン技術



株式会社小森研究所 <https://komori-lab.com/>

デジタルツインで人材育成！

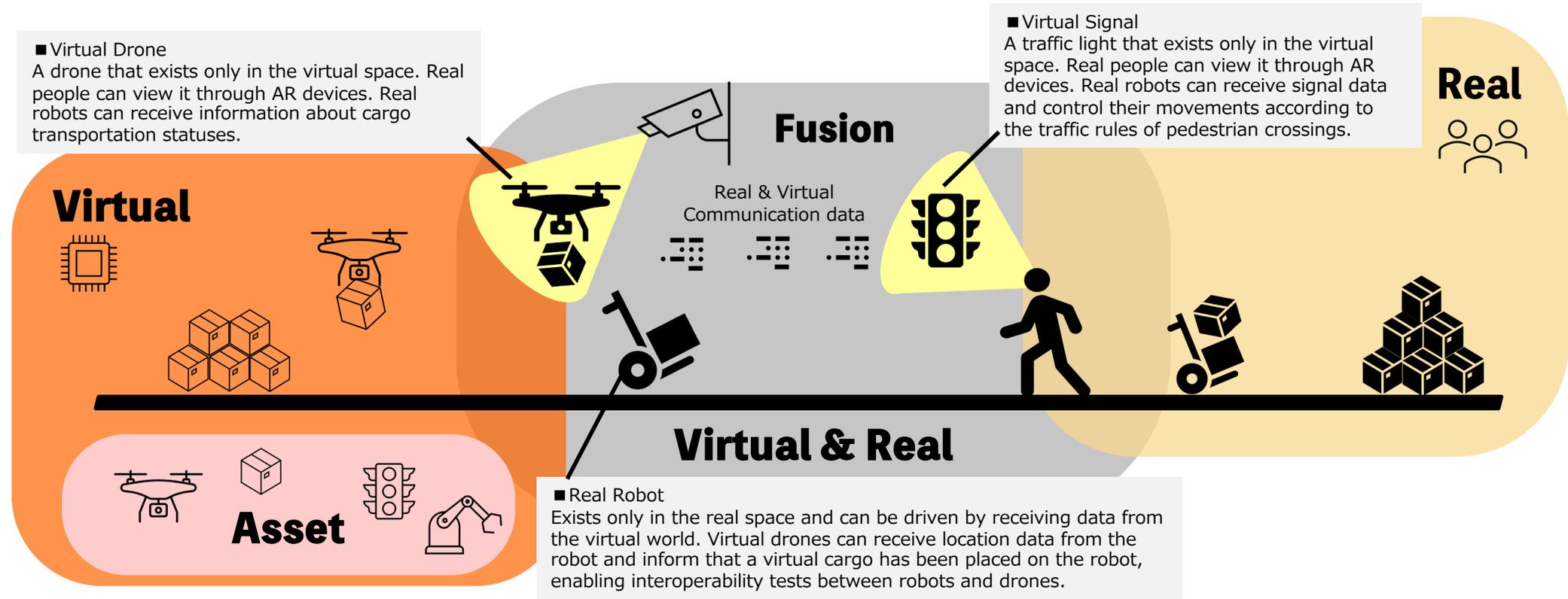
ドローン技術

 ドローンWG

箱庭シミュレーション技術



デジタルツイン(2/2)

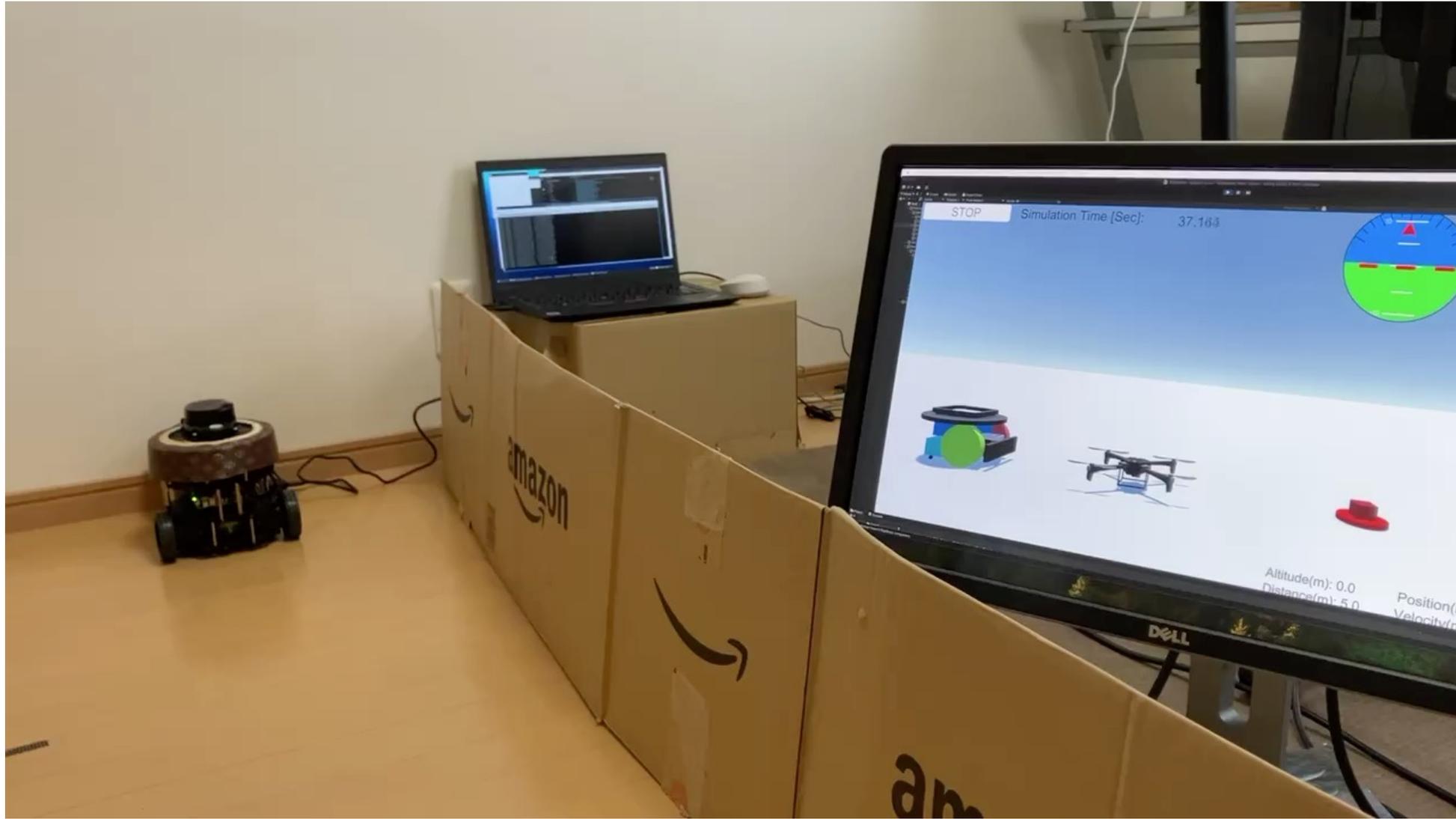


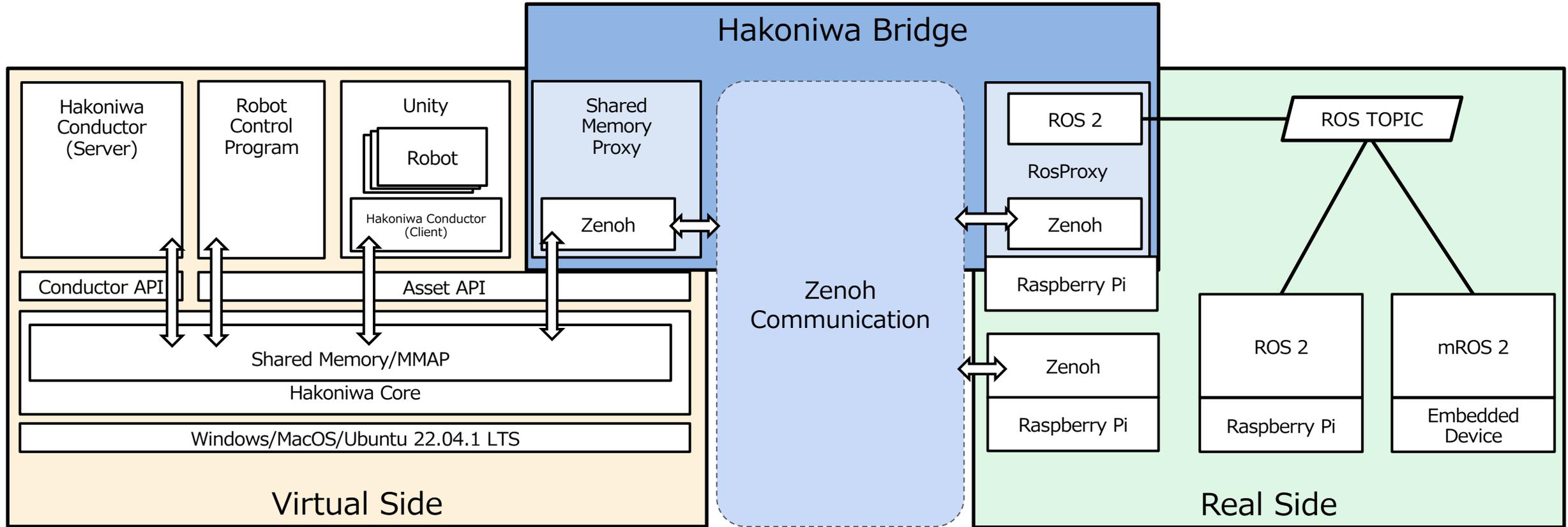
アジェンダ

1. 背景と狙い
2. オープンソースのドローン技術
3. 箱庭ドローンシミュレータの特徴と独自性
4. 箱庭ドローンシミュレータのデモ
5. 箱庭ドローンシミュレータの展開
6. **箱庭デジタルツイン・デモ**



箱庭デジタルツイン・デモ





箱庭ブリッジがデジタルツイン化を加速します



ご清聴

ありがとうございました！