

「どこでも」+「リアル体験」 箱庭でドローン操縦訓練

合同会社箱庭ラボ



アジェンダ

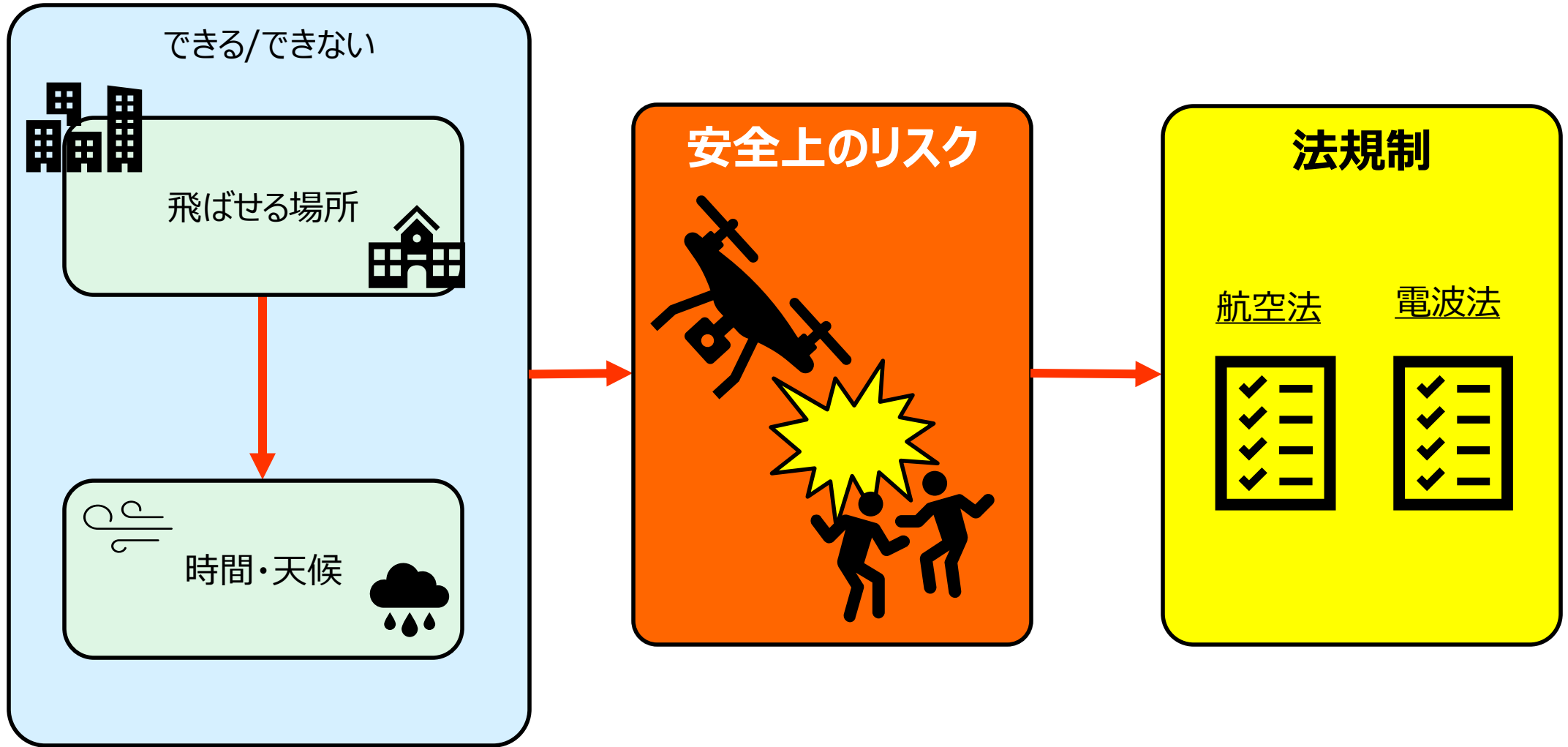
1. ドローンシミュレータの重要性と課題 [1分]
2. 箱庭ドローンとは？ [1分]
3. 箱庭ドローンを、ここで体験する！ [3分]
4. 箱庭ドローンの仕組みは？ [2分]
5. 箱庭ドローンの応用先 [2分]
6. 箱庭ロボのサービス紹介 [1分]



ドローンシミュレータの重要性と課題

そもそも
ドローン飛ばすの難しい

なぜか？



具体的には？

- 訓練場所・費用関連
 - 「資格取得だけで**27万円～80万円**」
 - 「ドローン1機あたり**50万円～200万円**」(産業利用の場合)
 - 「屋外訓練場確保に**月額10～30万円**」(一般的な訓練場レンタル費用)
- 安全上のリスク関連
 - 「事故報告義務違反で**罰金30万円以下**」
 - 「人身事故時の損害賠償は**数千万円規模**」
- 法規制対応関連
 - 「飛行申請手続きに**2～4週間**」- 国交省申請の標準期間
 - 「法規制確認に**専門知識**必要」- 航空法、電波法の複雑さ
 - 「小型無人機等飛行禁止法」- 違反時は警察対応・刑事罰の可能性あり

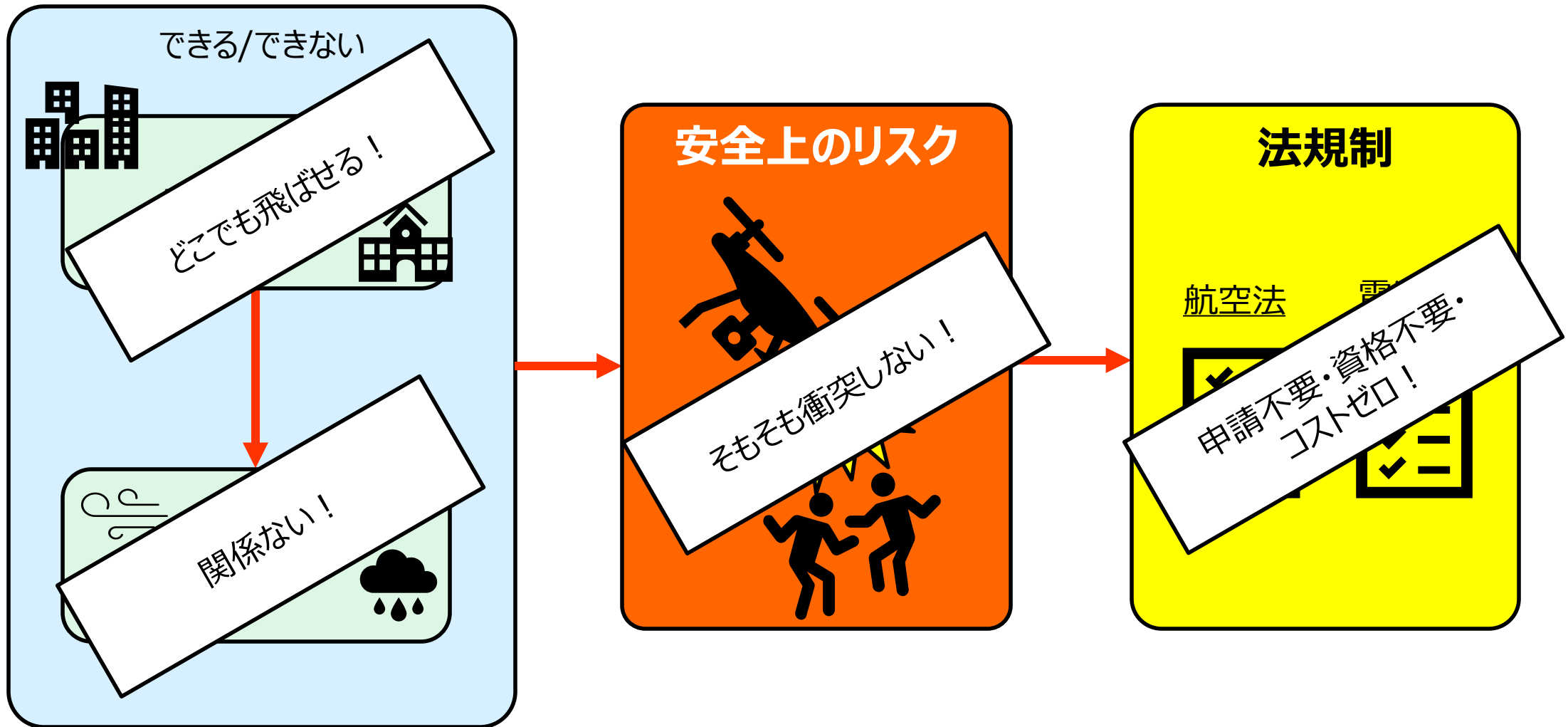


ドローンシミュレーターです。

安全な箱の中で自由に飛ばせる

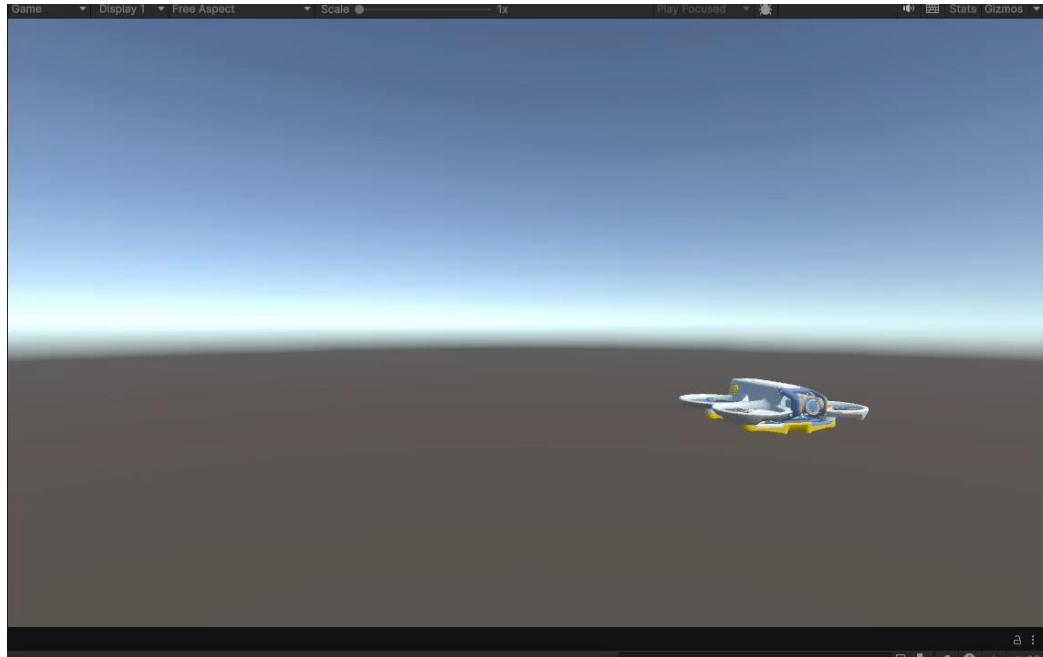


箱庭ドローンとは？



箱庭ドローンとは？

ドローンのリアルな動きを再現！



制御アルゴリズムと物理挙動を忠実に再現

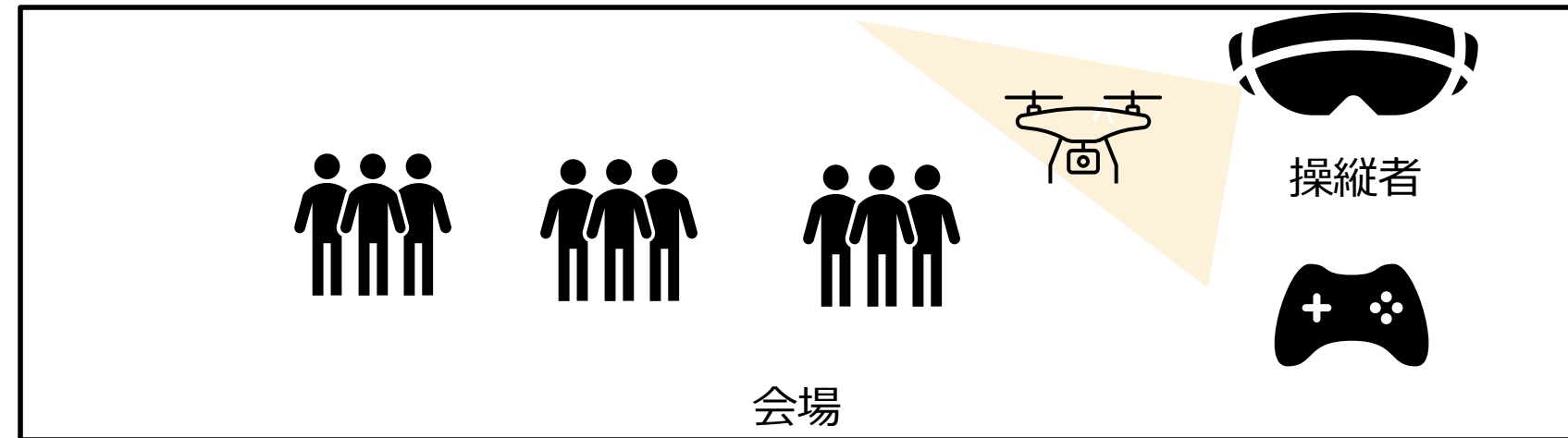
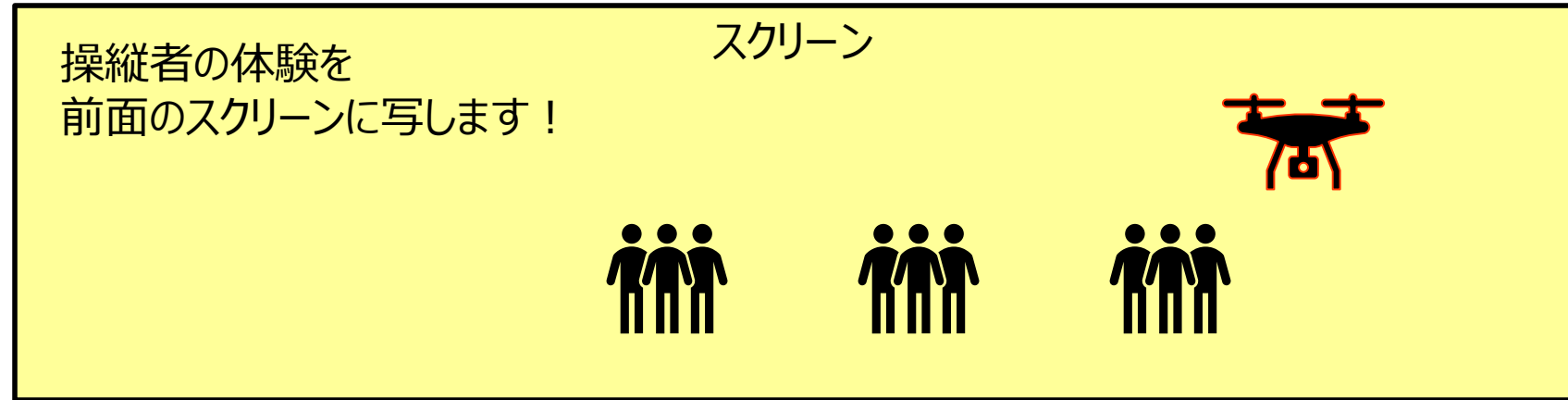
ARでリアルな体験！



箱庭ドローンを、ここで体験する！

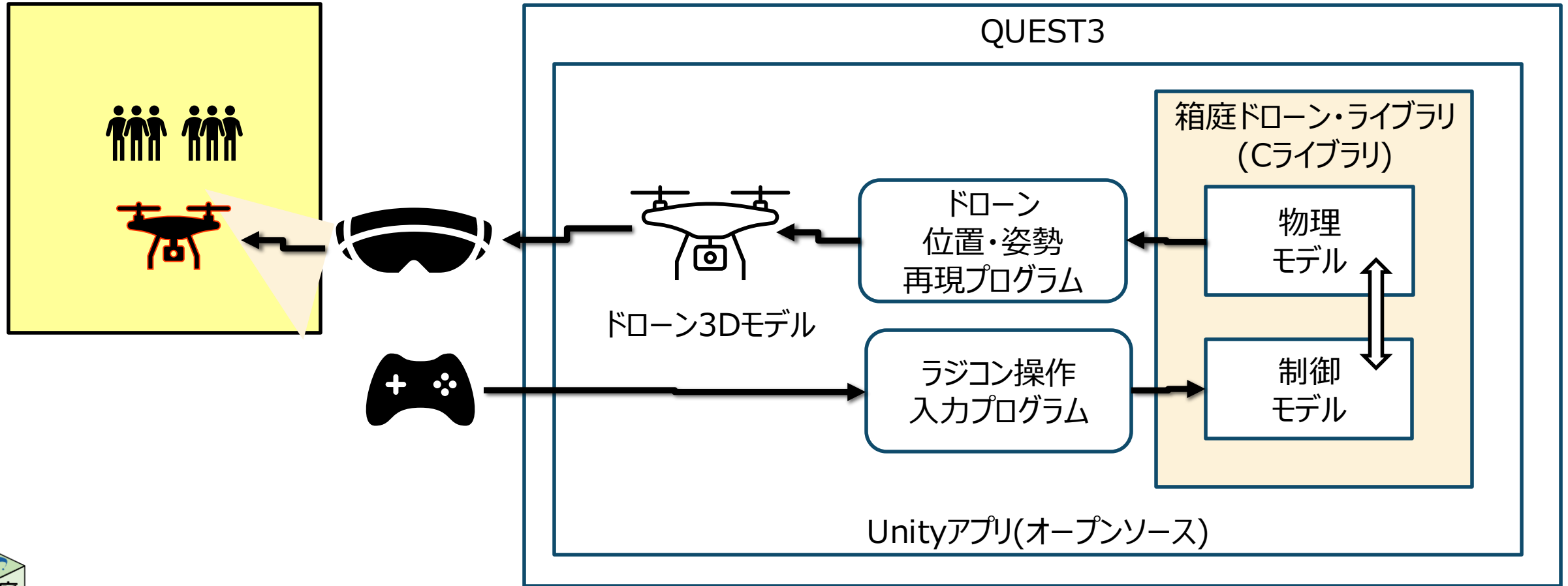


箱庭ドローンを、ここで体験する！



箱庭ドローンの仕組みは？

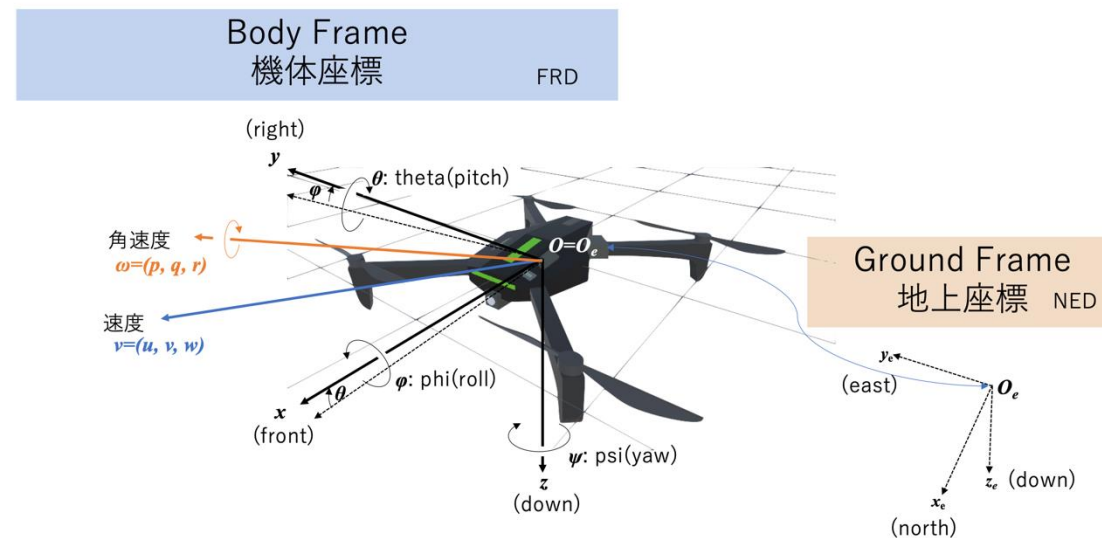
ARドローン操縦体験の仕組みには、
箱庭ドローン・ライブラリが重要な役割を担っています！



箱庭ドローンの物理モデル

ドローンの物理運動方程式を数値計算してます。

→ゲームロジックではありません。



運動方程式

Body Frame

速度, 加速度(並進)

ニュートンの運動方程式

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

関数名は, `acceleration_in_body_frame` .

角速度, 角加速度(回転)

オイラーの運動方程式

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

関数名は, `angular_acceleration_in_body_frame` .

詳細はこちらを参照ください。

• <https://speakerdeck.com/hiranabe/math-physics-and-dynamics-of-drone-in-hakoniwa>

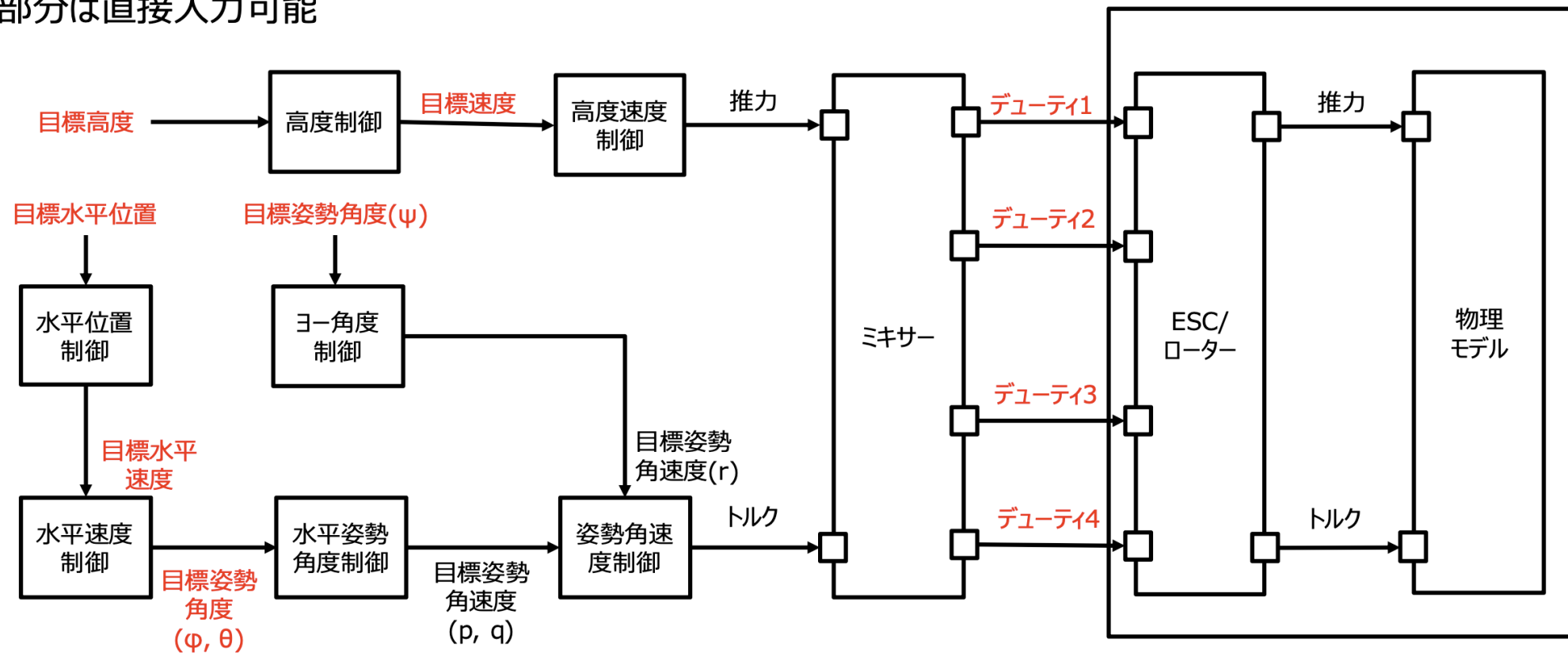


箱庭ドローンの制御モデル

ドローンの制御ブロック(PID制御)を複数組み合わせして実現しています。

→ゲームロジックではありません。

赤字部分は直接入力可能



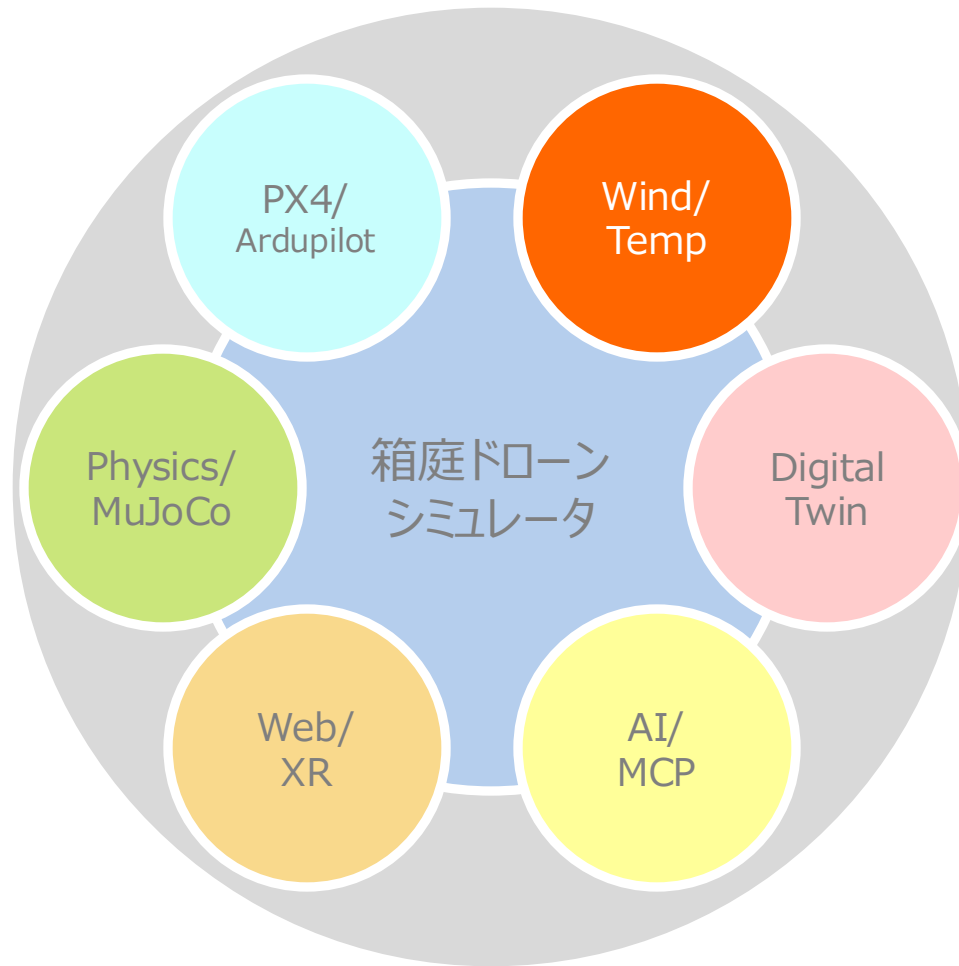
だから、

ドローンのリアルな動き

を再現できるのです。

箱庭ドローンの応用先

そして、箱庭というプラットフォームで動かすと、その可能性は飛躍します。



- ◎ PX4 / Ardupilot
 - オープンソースの主要フライトコントローラ
 - 実機互換の制御が可能
- ◎ Physics / MuJoCo
 - 高精度な物理エンジンで動作を再現
 - 姿勢制御・外力応答のテストに有効
- ◎ Wind / Temp
 - 風や温度など環境パラメータを模擬
 - 動作条件の再現・テストが可能
- ◎ Web / XR
 - WebやVR/AR表示で可視化
 - 遠隔操作や体験展示向けの活用も
- ◎ Digital Twin
 - 現実空間とのリアルタイム連携
 - 状態監視やサービス連携に応用
- ◎ AI / MCP
 - AIアルゴリズム（例：経路最適化）との統合
 - 群制御・自律飛行の研究基盤に



多様なシミュレーションを統合するプラットフォーム

→分散シミュレーションハブ

- 単一のシミュレータではありません
- 異なる機能やプログラム、シミュレータなどを統合します



- アセット管理・制御
- アセット間通信
- スケジューリング・時間管理
- シミュレーション制御

想定ユースケース

箱庭ドローンの活用例：

ユースケース(例)	想定活用	対象
制御アルゴリズム検証	PX4連携/Ardupilot連携/制御検証	制御研究者・教育機関
センサーフュージョン実験	GPS+IMU+LiDARの組合せ検証	物流・ドローンR&D
屋内環境再現シミュレータ	トンネル／ビル内での障害検出実験	インフラ点検業
経路安全性評価	気象影響／風条件下の飛行経路検証	自治体・実証プロジェクト
剛体衝突・損傷挙動シミュレーション	MuJoCoを活用した障害物接触・転倒・破損などの物理検証	安全性検証／設計エンジニア／研究者
通信連携PoC	ROS2連携・WebUI監視・MAVLink試験	ロボット・遠隔操作産業
自然言語飛行実験	Claude連携で音声／対話操作訓練	展示／STEAM教育用途



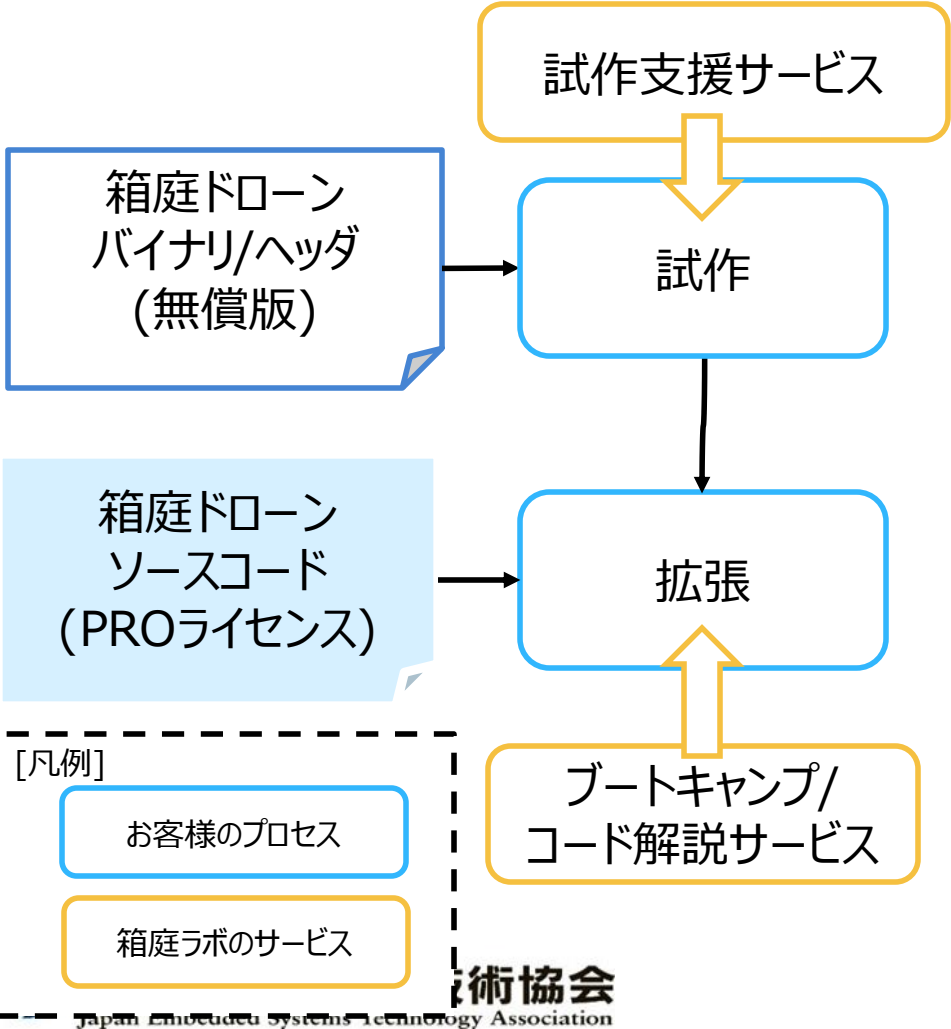
導入・活用実績（予定含む）

活用領域	事例	主な内容	対象
教育	APRIS/ CPWC	モデリング教育教材として活用 / 学生が受賞	高専・大学
展示・体験	量子EXPO / Japan Drone 2025	ドローン経路最適化 / AR空力ドローンシミュレーション	企業・研究
	大阪・関西万博 / ATCロボットストリート	バーチャルドローンAR体験 / バーチャルドローン観光体験	教育イベント
物流・輸送	運輸会社（予定）	ドローン配送シナリオの事前検証・自律飛行評価	行政・自治体 物流・運輸業
インフラ検査/保守	橋梁・トンネル点検シナリオ（予定）	・デジタルツインによる事前ルート確認 ・画像認識のテスト環境 ・操縦トレーニング	建設・インフラ・研究



箱庭ラボのサービス紹介

「箱庭ドローンPRO」ライセンスを提供しています。
無償版では難しい、本格的な開発・連携・商用化を支援するライセンスパッケージです。



項目	無償版	PROライセンス
利用料金	無償	有償 (ライセンス契約)
ソースコードの参照・改変	✗ 不可 (バイナリ提供)	✓ 可能 (拡張調整が自由)
技術サポート	✗ なし	✓ コンサル・ブートキャンプ対応あり
機能拡張・カスタマイズ	✗ 不可 (バイナリ提供)	✓ 一緒に相談しながら拡張可能
商用利用	✗ 不可	✓ 商用利用可能 (契約に基づく)
実証・PoC対応	開発者向けの検証まで	✓ 実証～本番開発まで対応

対象：

SIer／研究機関／教育機関／実証実験プロジェクト

サービス概要：

- ✓ ソースコード参照・改変が可能なPROライセンス提供
- ✓ 開発フェーズに応じた試作支援サービス（導入方法・動作検証）
- ✓ 技術者によるブートキャンプ／コード解説で開発をスムーズに
- ✓ 商用化・実証実験に向けた技術相談／仕様調整支援