



# IoT時代の仮想シミュレーション環境

## 「箱庭」の実現に向けた 検討および初期実装

---

|        |                |
|--------|----------------|
| 高瀬 英希  | (京都大学／JSTさきがけ) |
| 細合 晋太郎 | (チェンジビジョン)     |
| 高田 光隆  | (名古屋大学)        |
| 庭野 正義  | (アイコムシステック)    |
| 辻 悠斗   | (永和システムマネジメント) |
| 森 崇    | (永和システムマネジメント) |

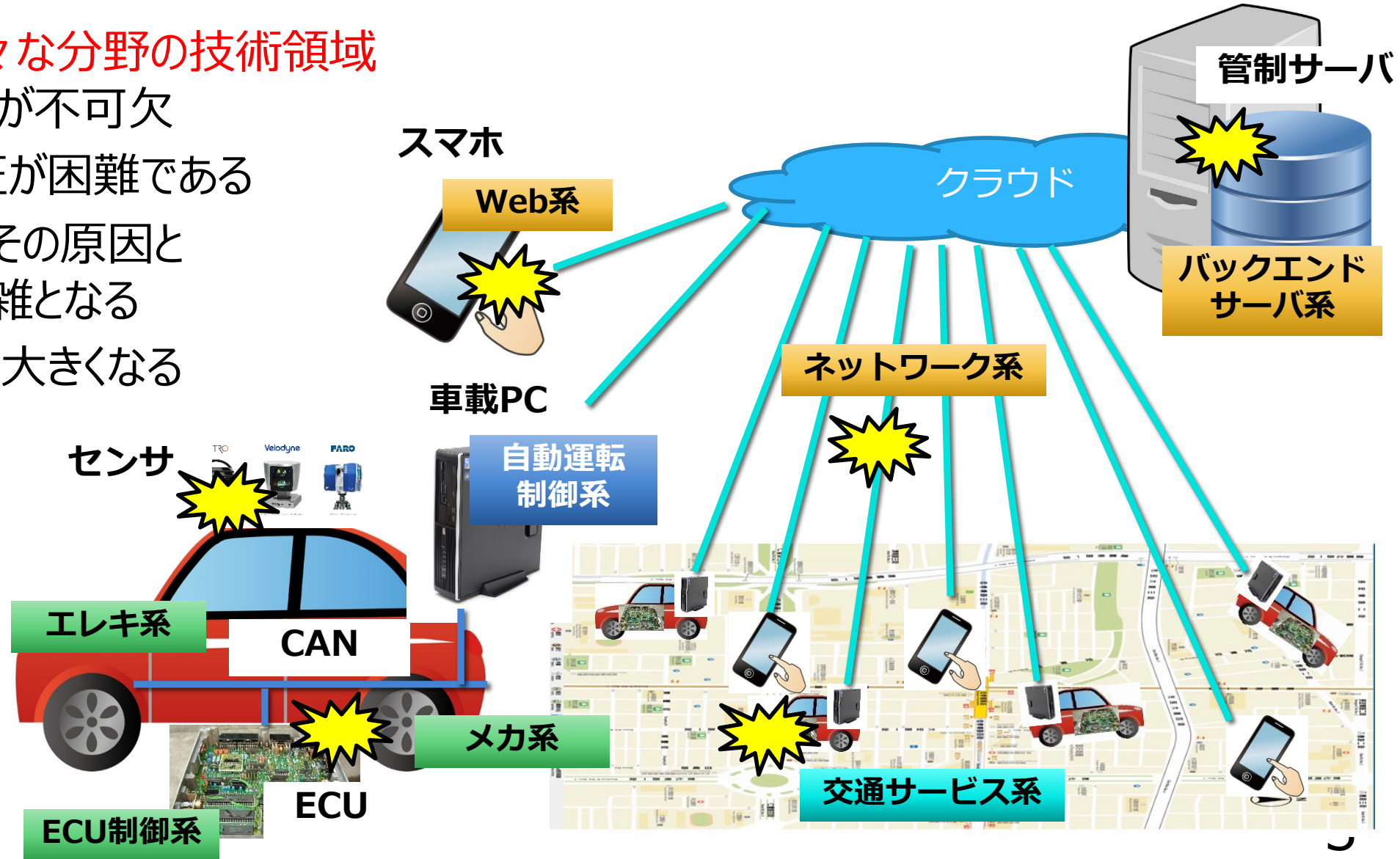
# Agenda

- IoTシステム開発時／サービス構築時の課題
- **箱庭**：IoT時代の仮想シミュレーション環境
  - コンセプトと狙い・想定される利用シーン
  - アーキテクチャ（技術要素とコア機能）
- コンセプトと狙いを実証するためのプロトタイプモデル
- 単体ロボット向けシミュレータ
  - プロトタイプモデルの構成
  - 時間管理機構と通信データの仕様
  - 展開事例
- まとめ：今後のロードマップ

# IoTシステム開発時の課題 (例: 自動運転配車システム)



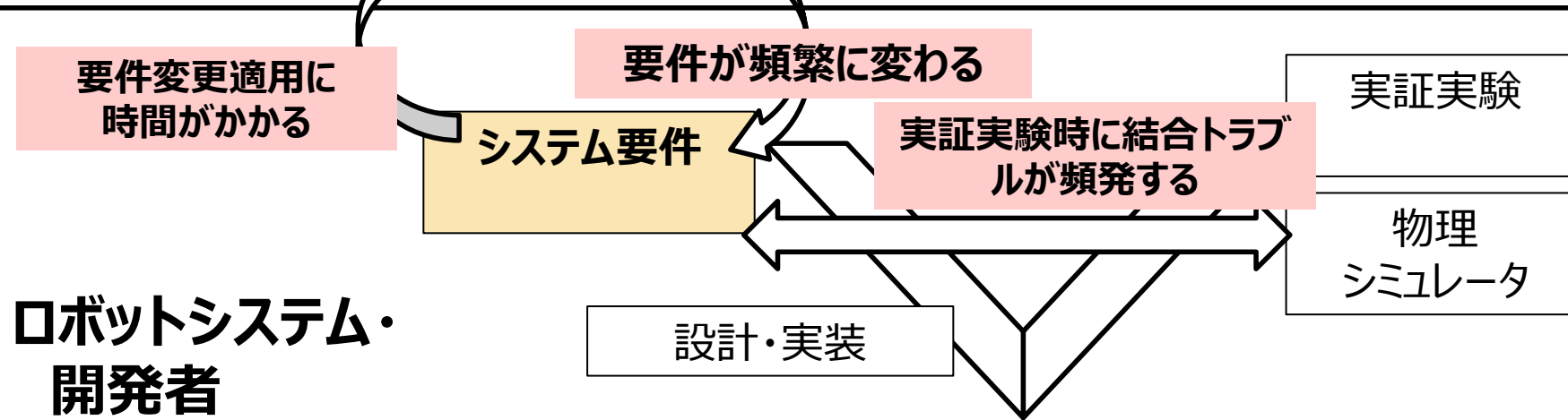
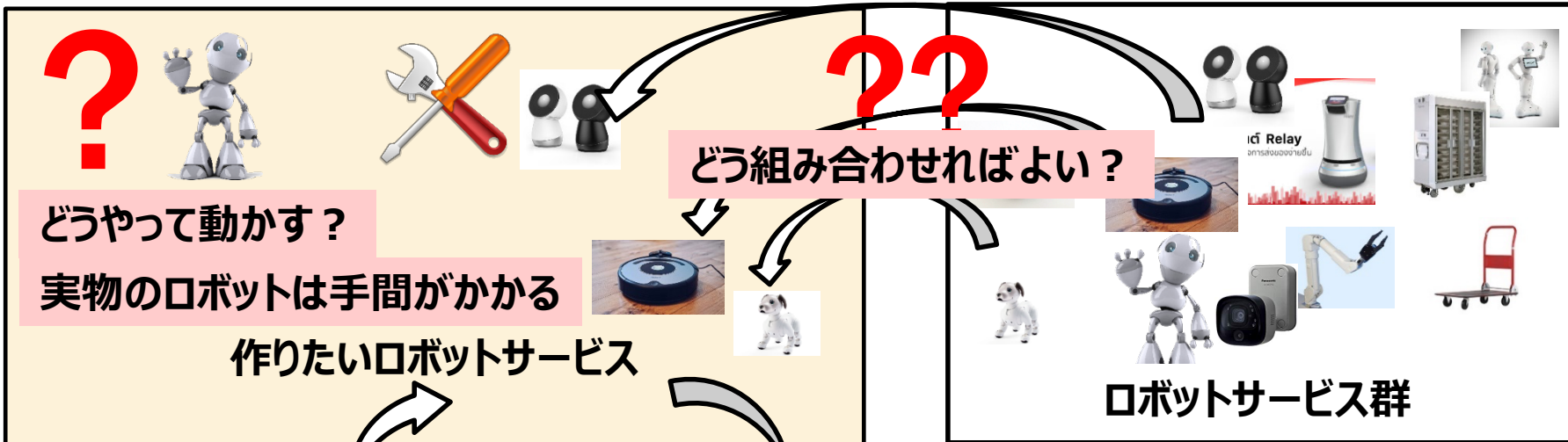
- IoT開発には様々な分野の技術領域  
= 技術者の結集が不可欠
- 結合テストや検証が困難である
- 問題発生時にはその原因と  
経路の調査が複雑となる
- 実証実験コストも大きくなる



# IoTサービス構築時の課題 (例: ロボットサービス)

## ロボットサービス・提供者

- ・ロボットサービスをどう組み合わせると、効果的な新しいサービスを創出できるかわからない
- ・新しいサービスを検討するにしても、実物のロボットでは準備・手間がかかりすぎる



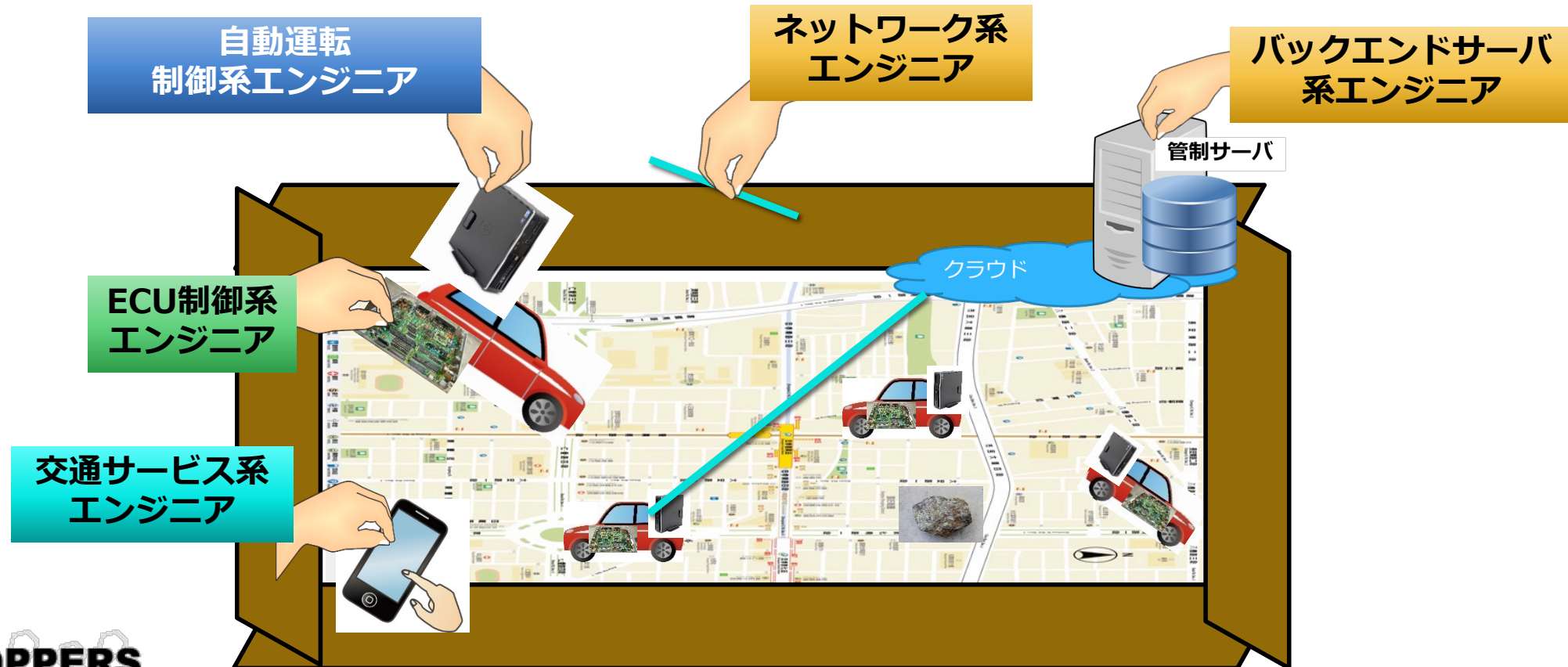


# Agenda

- IoTシステム開発時／サービス構築時の課題
- **箱庭：IoT時代の仮想シミュレーション環境**
  - **コンセプトと狙い・想定される利用シーン**
  - **アーキテクチャ（技術要素とコア機能）**
- コンセプトと狙いを実証するためのプロトタイプモデル
- 単体ロボット向けシミュレータ
  - プロトタイプモデルの構成
  - 時間管理機構と通信データの仕様
  - 展開事例
- まとめ：今後のロードマップ

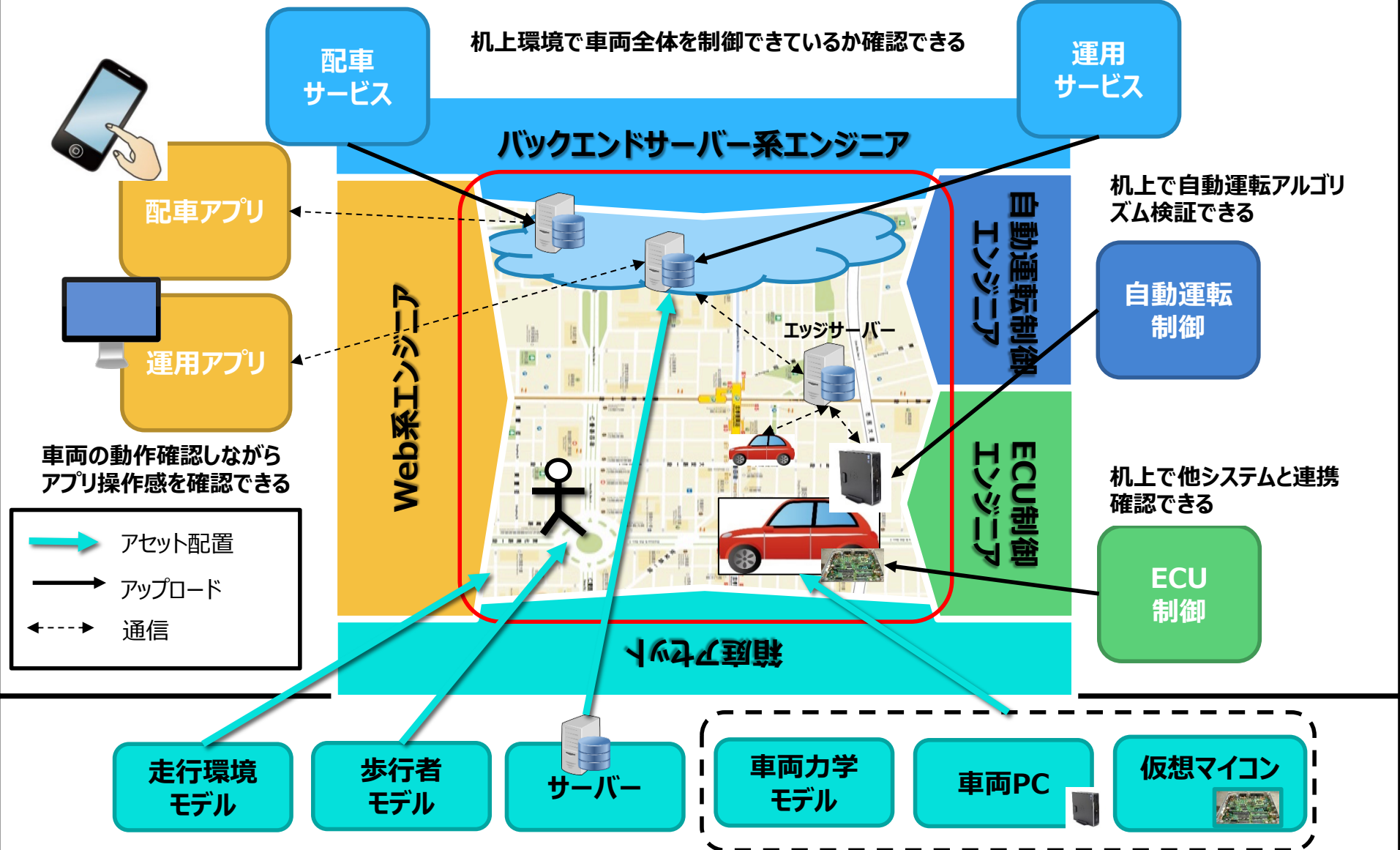
# 『箱庭』のコンセプトと狙い

- 箱の中に、様々なモノをみんなの好みに配置して、いろいろ試せる！  
⇒ 各技術者が開発対象と興味(=アセット)を持ち寄って、机上で実証実験



# 箱庭ドメイン・サービス

エンジニアが集まって手軽に全体結合/問題早期検出できる



様々なアセットを利用して、いろいろ試せる

箱庭アセット・サービス



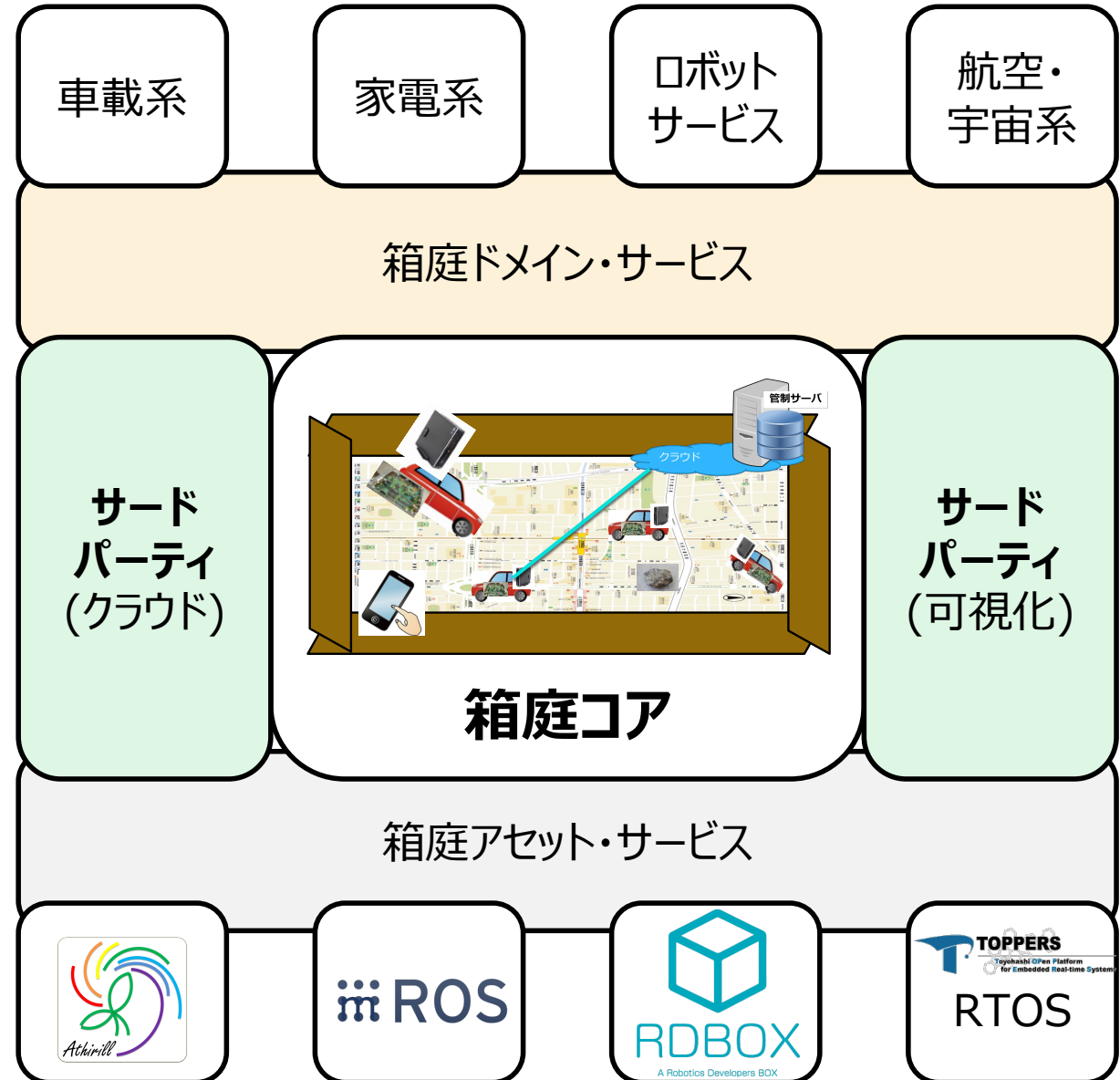
# 『箱庭』のアーキテクチャ

■ 箱庭ドメイン・サービス  
様々な分野への適応を目指す

■ 箱庭コア  
箱庭固有のシミュレーション技術をコア技術化  
**Hakoniwa Engine**

■ サードパーティ  
既存のサードパーティ製は積極利用

■ 箱庭アセット・サービス  
シミュレーション内の登場物をアセット化  
箱庭アセット数の拡充を目指す



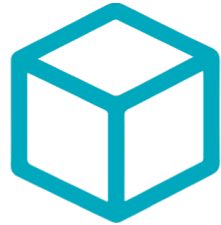
# 『箱庭』の技術要素

組込みマイコン  
シミュレータ



ROS

組込みマイコン向け  
ROS 1ノード実行環境



RDBOX

A Robotics Developers BOX

分散ロボット/IoT向け  
ネットワークフレームワーク



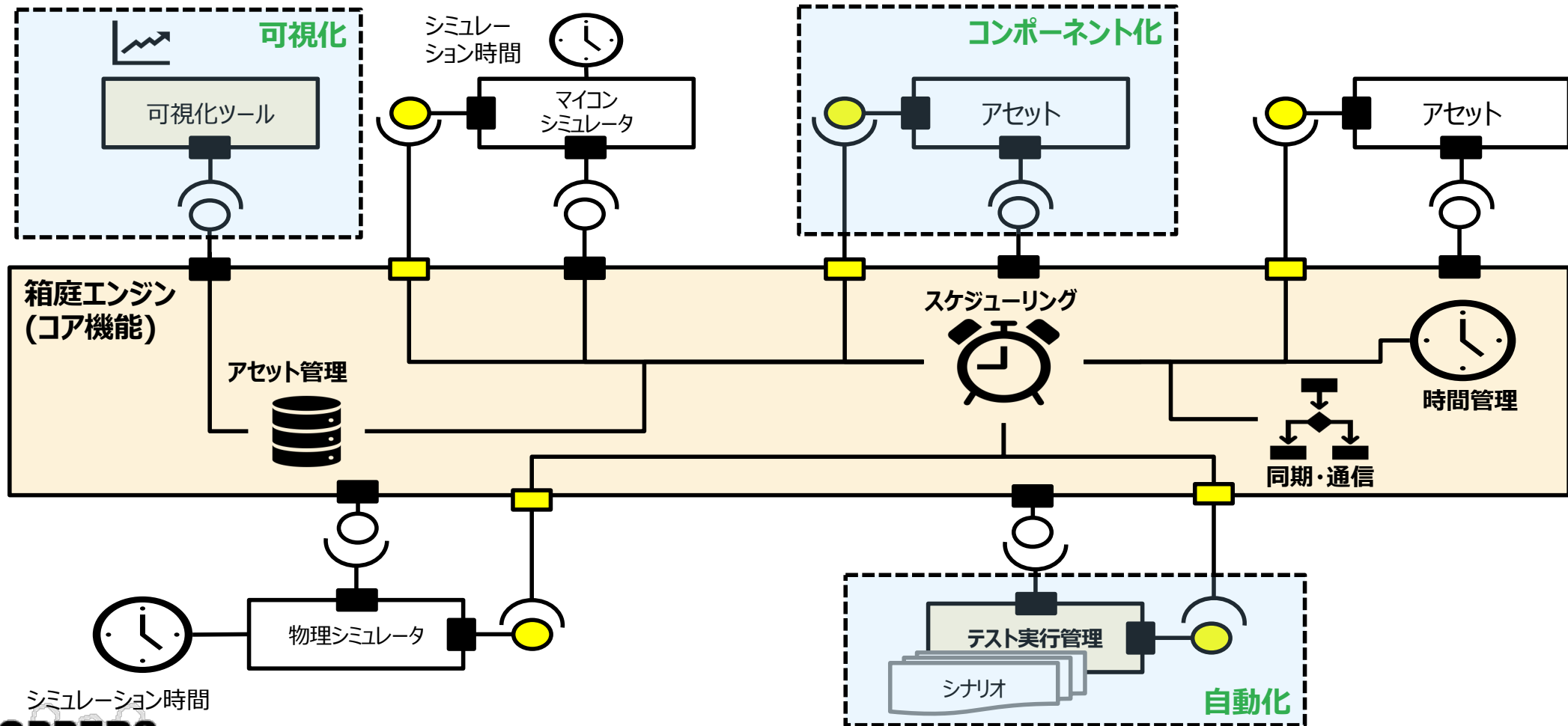
リアルタイム3D開発  
プラットフォーム



IoT/自動運転時代の  
仮想シミュレーション環境

# Hakoniwa Engine:

## 複雑なシステムを仮想環境で動作させるためのコア機能



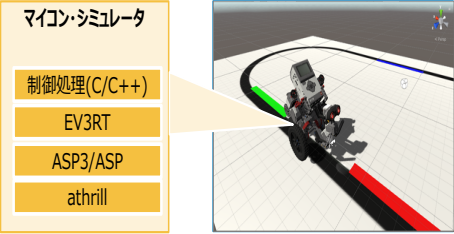
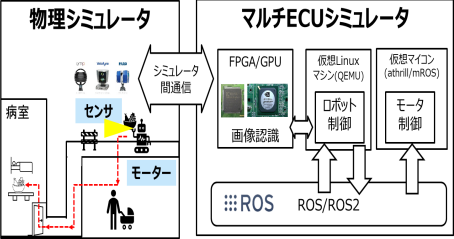
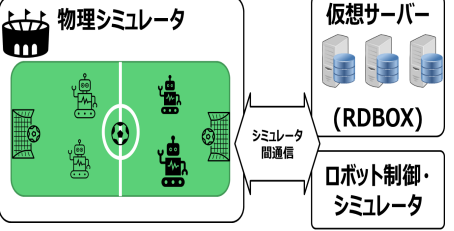


# Agenda

- IoTシステム開発時／サービス構築時の課題
- **箱庭**：IoT時代の仮想シミュレーション環境
  - コンセプトと狙い・想定される利用シーン
  - アーキテクチャ（技術要素とコア機能）
- **コンセプトと狙いを実証するためのプロトタイプモデル**
- 単体ロボット向けシミュレータ
  - プロトタイプモデルの構成
  - 時間管理機構と通信データの仕様
  - 展開事例
- まとめ：今後のロードマップ

# プロトタイプモデルの開発

目的：箱庭コンセプトの実現可能性の実証と技術研鑽

|                                                                                    | プロトタイプモデル                         | 目的                                                                                                                               |
|------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|   | <b>A :</b><br><b>単体ロボット向け</b>     | <ul style="list-style-type: none"> <li>・シミュレータ間の連携方法の検討</li> <li>・アセット間の時間同期と通信方式の確立</li> <li>・広報活動（ユーザ・技術者の獲得）</li> </ul>       |
|   | <b>B :</b><br><b>ROS・マルチECU向け</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>・ヘテロ環境(ECU/FPGA/GPU)の机上構築</li> <li>・通信可視化方法の検討（ROS連携含む）</li> <li>・箱庭アセットの仕組み検討</li> </ul> |
|  | <b>C :</b><br><b>ロボット間協調動作向け</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>・クラウドサービスとの連携</li> <li>・ロボット間の協調連携方法の検討</li> <li>・箱庭アセットの拡充</li> </ul>                    |

# A : 単体ロボット向けシミュレータ

## ETロボコンを題材として構築

### 技術研鑽視点での狙い :

- ・物理シミュレータと  
マイコンシミュレータ間  
連携方法の検討
- ・異なるシミュレータ間の  
時間同期の検討

### その他の狙い :

- ・ETロボコンユーザ層に  
箱庭を広める (広報活動)

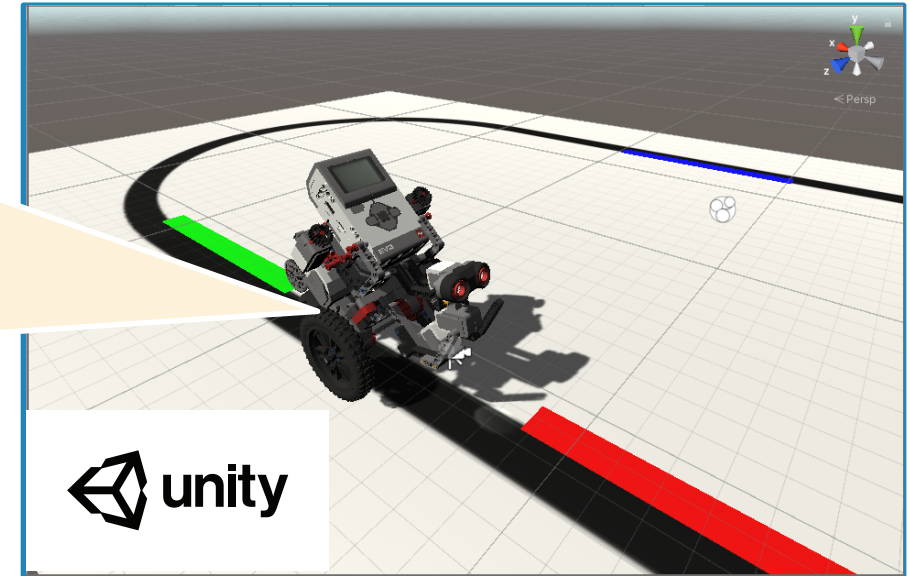
### マイコン・シミュレータ

制御処理(C/C++)

EV3RT

ASP3/ASP

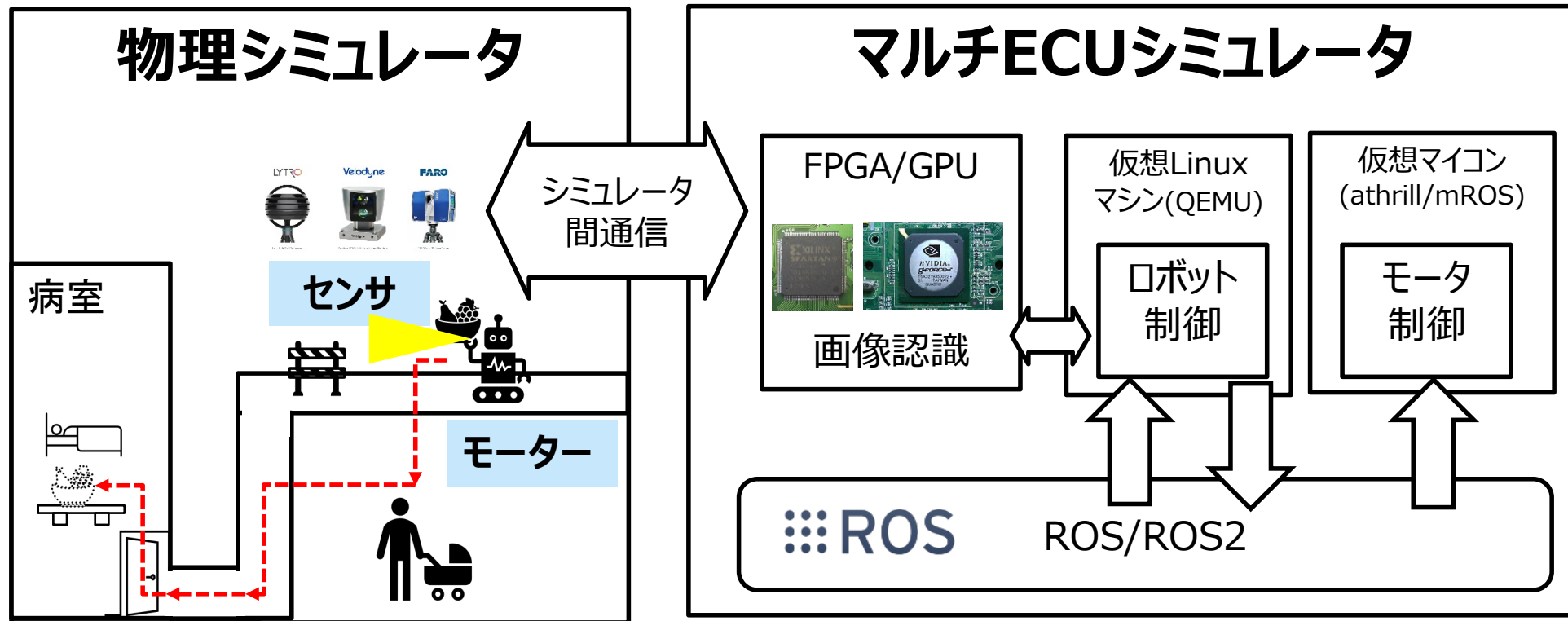
athrill



Unityパッケージの設計と作成にあたっては、宝塚大学 東京メディア芸術学部 吉岡章夫准教授および学部生の杉崎涼志さん、木村明美さん、千葉純平さんにご協力いただきました。

HackEVのUnityアセットは、ETロボコン実行委員会より提供いただいたデータを基に作成しています。実行委員会の皆さまに深く感謝いたします。ただし本アセットはETロボコンの本番環境とは異なりますので、大会に参加予定の方はご注意ください。また、本アセットは、個人利用または教育利用に限定してご利用ください。

# B : ROS・マルチECU向けシミュレータ



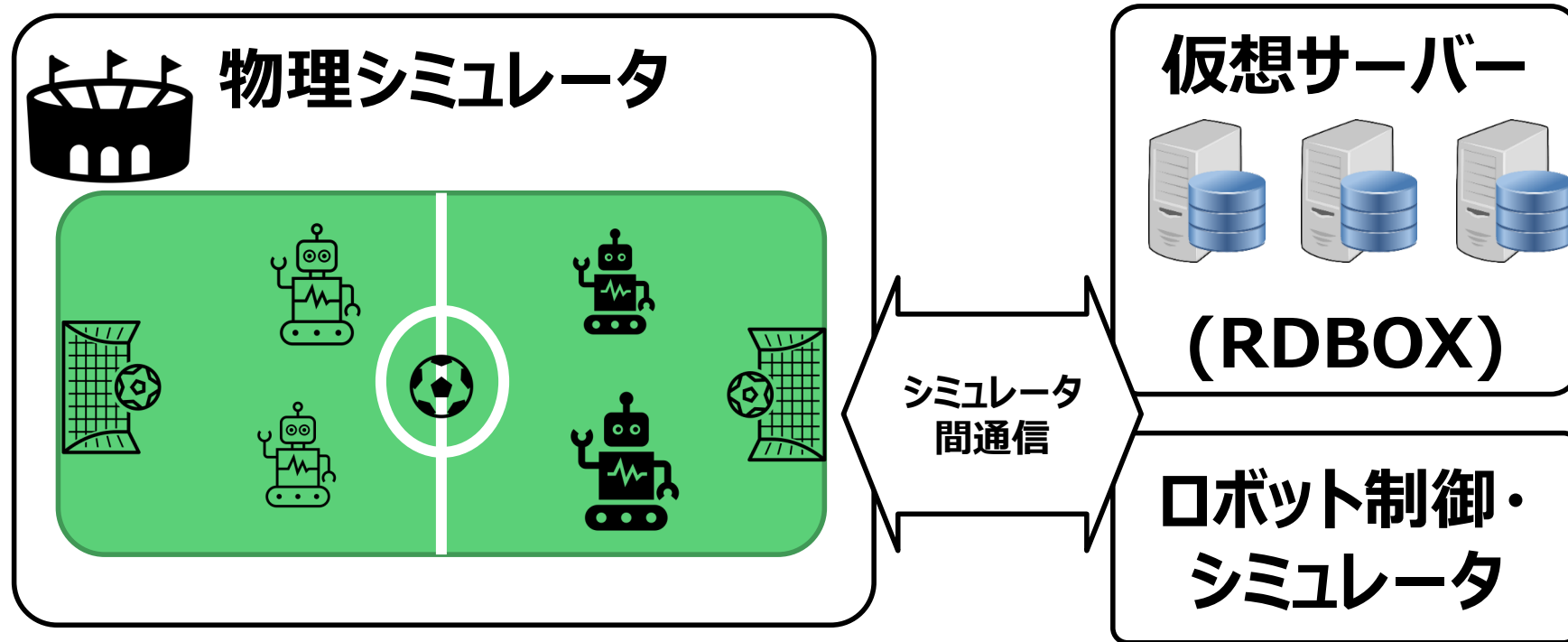
## 技術研鑽視点での狙い :

- マルチECU/FPGA/GPU間の連携方法検討(シミュレーション時間同期等)
- 箱庭アセット間の通信可視化方法の検討(ROS/ROS2連携含む)
- 箱庭アセットの仕組み検討

## その他の狙い :

- ROSユーザ層に箱庭を広める (広報活動)
- その他チャレンジ(つくばチャレンジ/FPGAデザインコンテスト)

# C : ロボット間協調動作向けシミュレータ



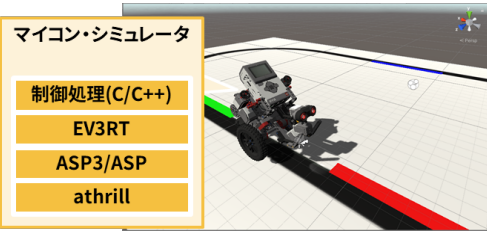
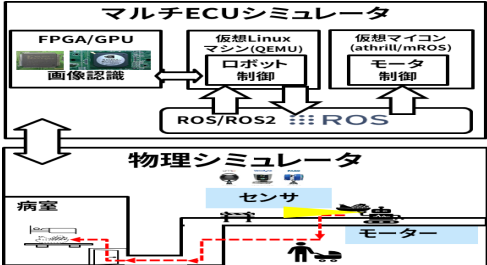
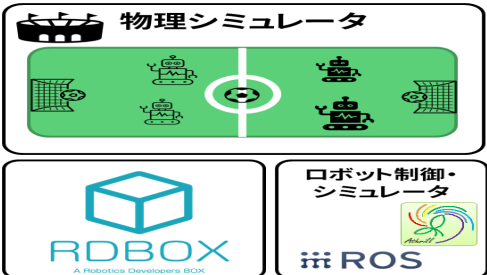
## 技術研鑽視点での狙い :

- ・クラウド連携方法検討
- ・ロボット間の連携方法検討(より複雑なロボットの動き/干渉に挑戦)
- ・箱庭アセットを増やす仕組みの検討

## その他の狙い :

- ・RDBOX連携(開発支援仮想環境としての箱庭の実績作り)
- ・RDBOXユーザ層に箱庭を広める (広報活動/ROSCon JP 参加)

# プロトタイプモデルの開発状況

| プロトタイプモデル                                                                           | 技術調査 | 実装 | 動作確認 | 配布 |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------|----|------|----|
|    | ○    | ○  | ○    | ○  |
| EV3RTの教育向け活用に興味のある方,<br>ETロボコンへの参加を検討される方向けに公開中                                     |      |    |      |    |
|    | △    | △  | △    | ×  |
| 仮想マイコン(docker/athrill/mROS)とUnity間連携完了<br>FPGA/GPUおよびLinux(QEMU)との連携方法を検討予定         |      |    |      |    |
|  | ○    | ○  | ○    | ×  |
| ET & IoT Digital 2020のTOPPERS/SESSAMEパビリオンにて<br>RDBOXとの連携方法/デモ等をご紹介します！！            |      |    |      |    |

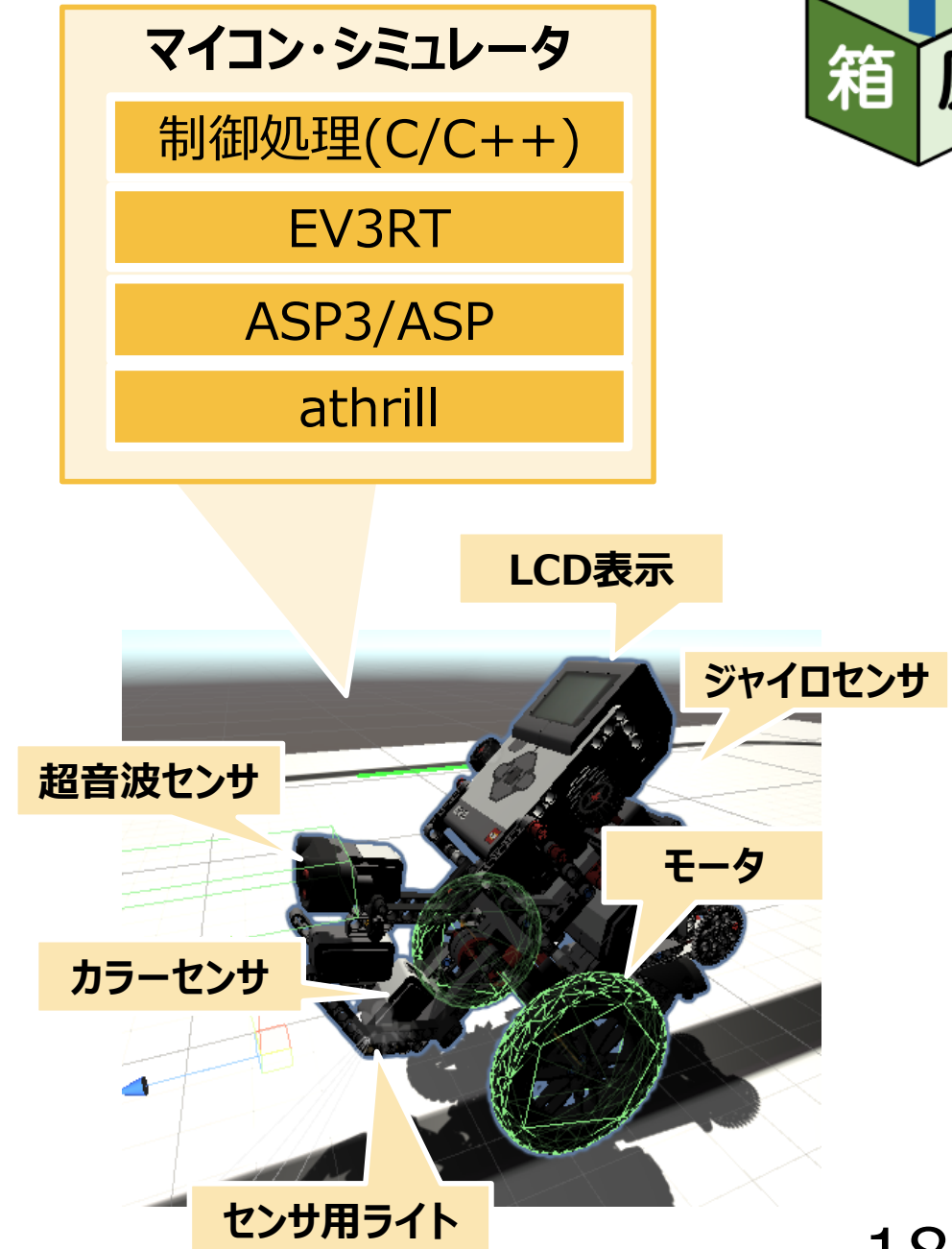


# Agenda

- IoTシステム開発時／サービス構築時の課題
- **箱庭**：IoT時代の仮想シミュレーション環境
  - コンセプトと狙い・想定される利用シーン
  - アーキテクチャ（技術要素とコア機能）
- コンセプトと狙いを実証するためのプロトタイプモデル
- **単体ロボット向けシミュレータ**
  - **プロトタイプモデルの構成**
  - **時間管理機構と通信データの仕様**
  - **展開事例**
- まとめ：今後のロードマップ

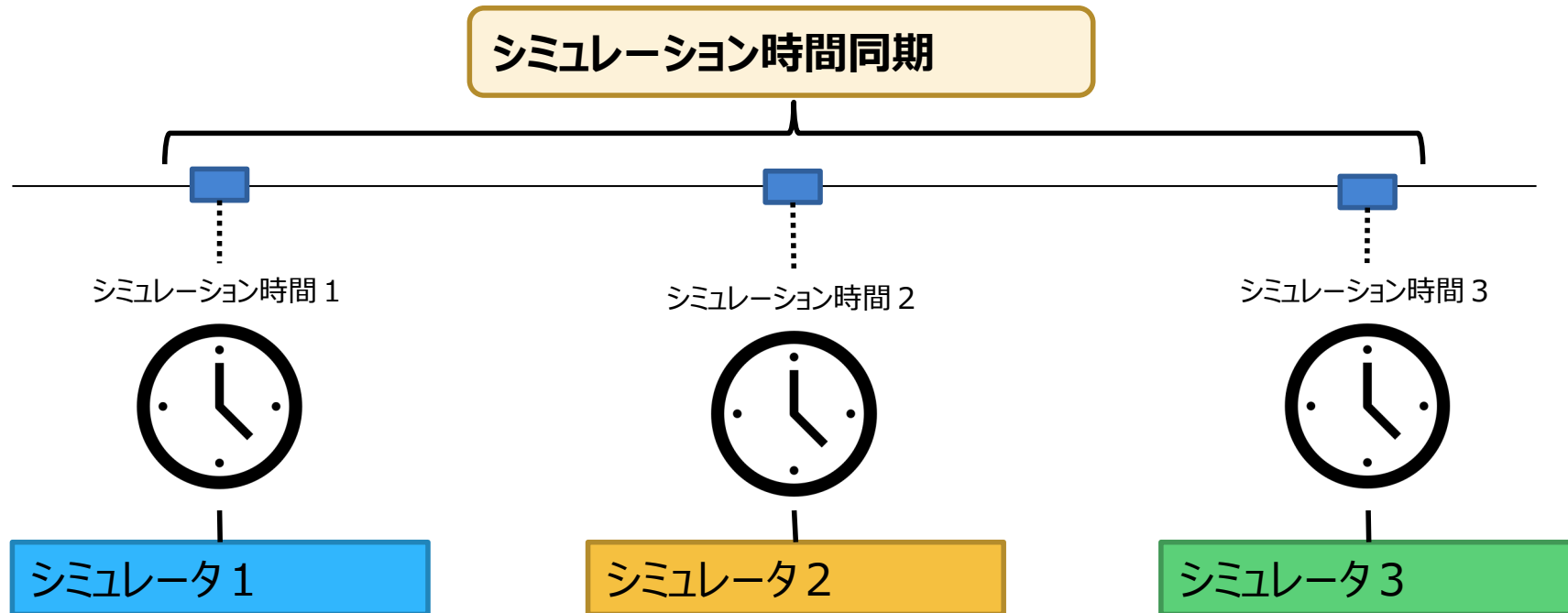
# プロトタイプモデルの構成

- 1台のロボットが1個の組込みマイコンで制御
  - 仮想化対象：HackEV @ETロボコン
- 組込みマイコン：athrill
  - カーネルとロボット制御用プログラムの仮想化
  - 実行プラットフォーム：TOPPERS/EV3RT
    - ISA：V850E2M <- ARMv7-A
    - カーネル：TOPPERS/ASP3 <- HRP3
    - 制御アプリのレベルでは互換となる
- 可視化・物理演算：Unity
  - センサ値の取得(カラー, 超音波, ジャイロ)
  - モータ制御・LCD表示



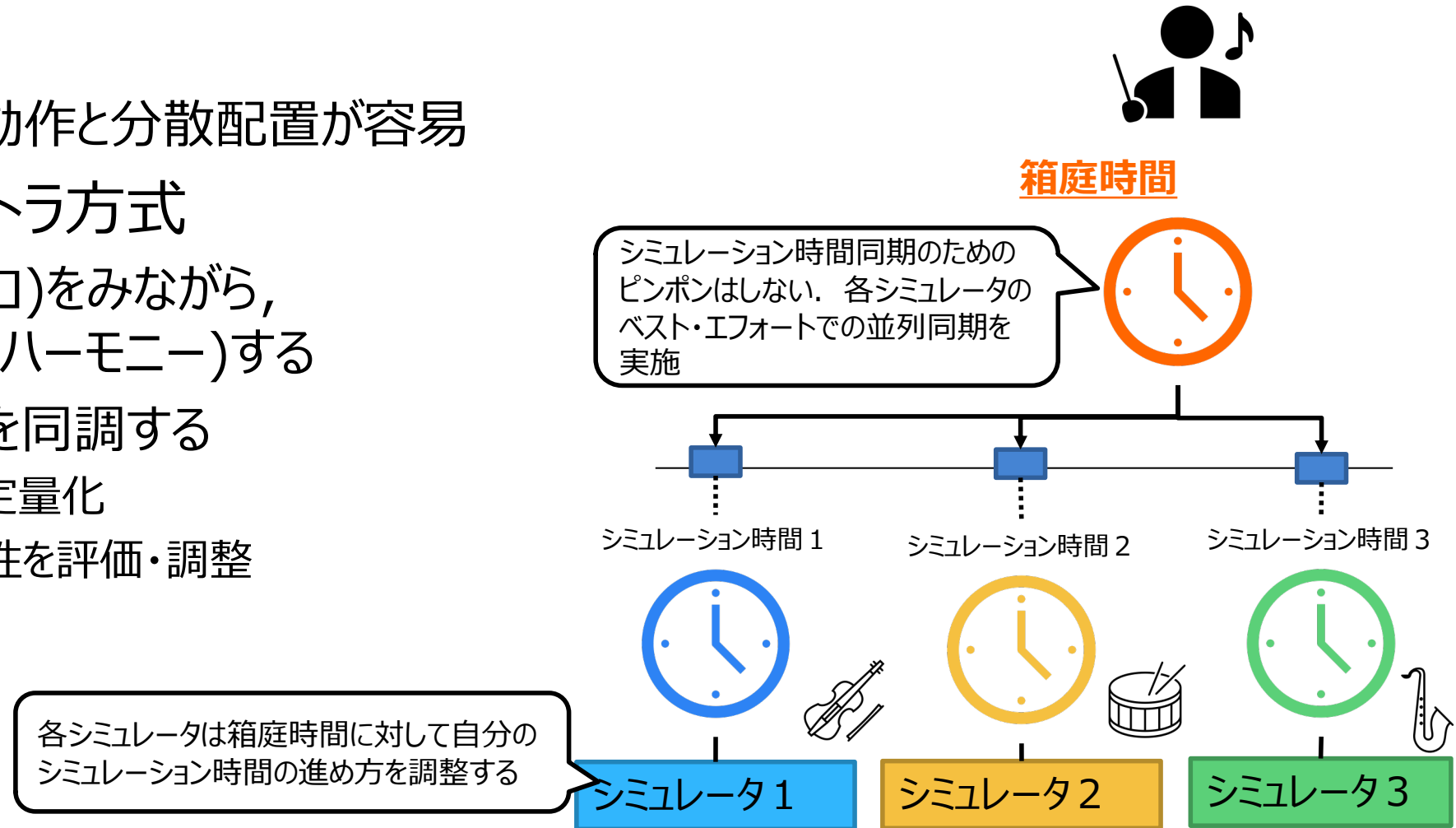
# 時間同期の必要性

- 箱庭は様々なシミュレータの混在を許す環境
  - 各シミュレータがそれぞれ固有のシミュレーション時間を持つ
  - 各シミュレータが独立して動作すると、実行タイミングにズレが生じる



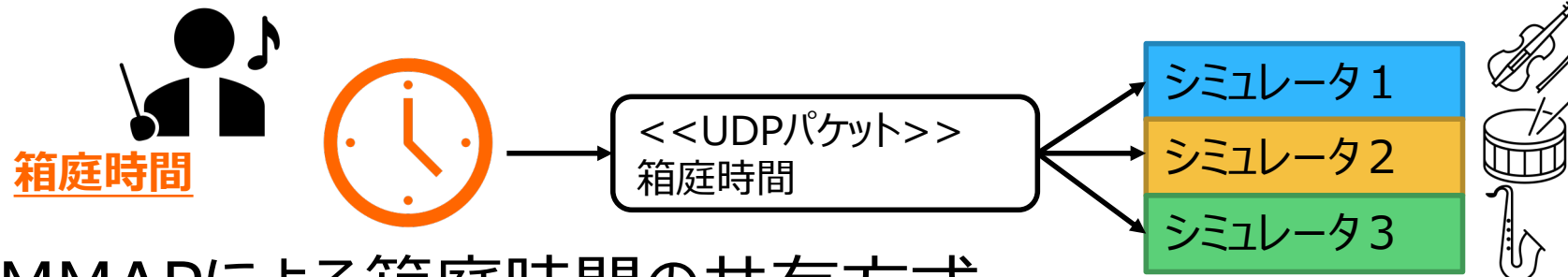
# 箱庭の時間同期方式

- 分散制御方式
  - シミュレータの並列動作と分散配置が容易
- 仕組み：オーケストラ方式
  - 箱庭時間(マエストロ)をみながら、時間を調整・同期(ハーモニー)する
  - 各シミュレータ時間を同調する
    - 時間同期の程度を定量化
    - 環境スペックの妥当性を評価・調整



# シミュレータ間の通信方式

- UDPによる箱庭時間の共有方式
  - メリット：各シミュレータを別PCに配置できる
  - デメリット：遅延が発生する



- MMAPによる箱庭時間の共有方式
  - メリット：遅延は発生しない
  - デメリット：箱庭時間の管理機構とシミュレータは同一環境内に配置する



# 時間管理を含む通信データの仕様(一部)

## • athrill->Unity

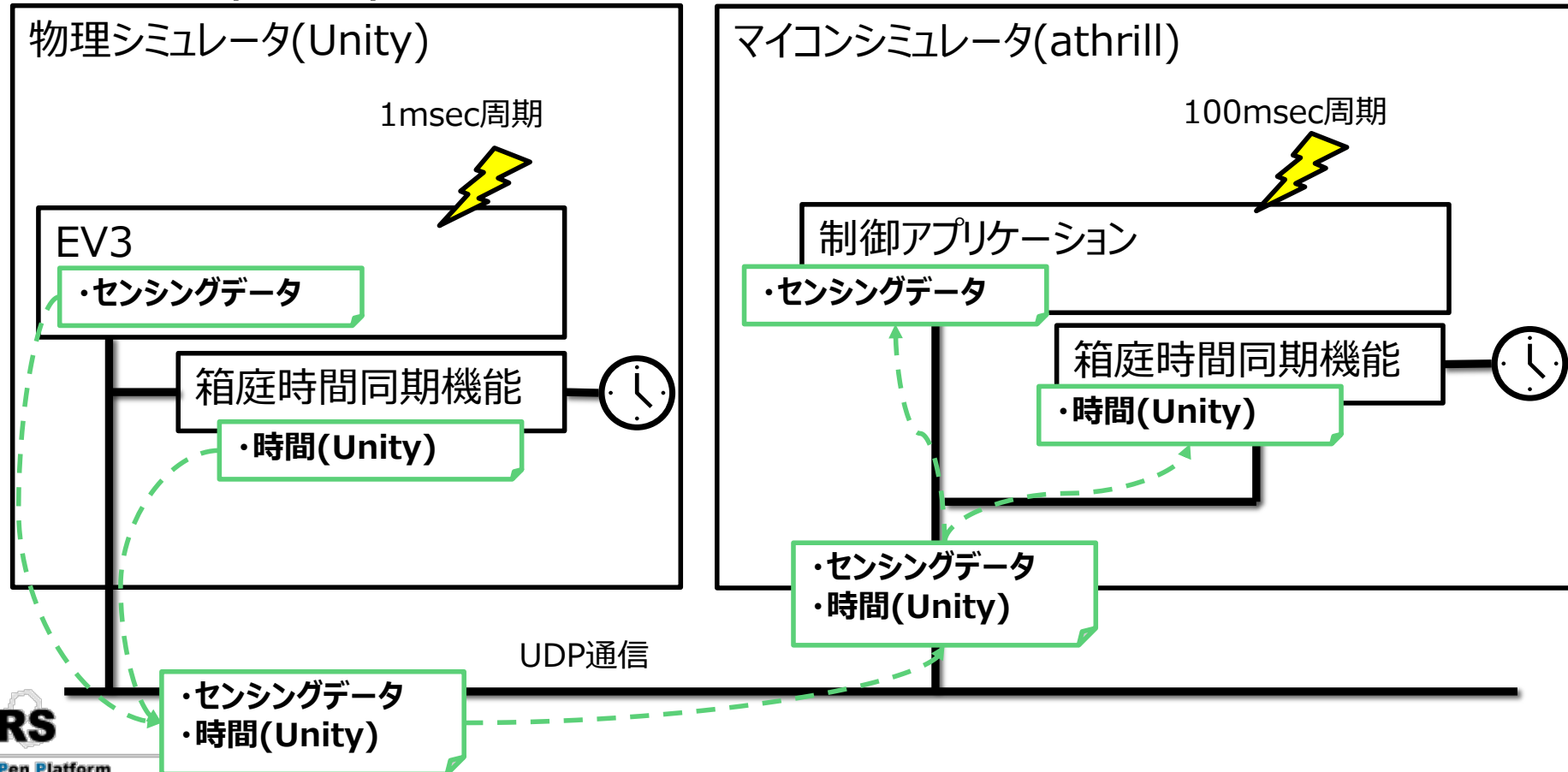
| 名称                       | offset | size | 値の単位表現   |
|--------------------------|--------|------|----------|
| ヘッダ情報                    | 0      | 4    | ASCIIコード |
| バージョン番号                  | 4      | 4    | 整数値      |
| 時間同期用情報<br>(Athrill側の時間) | 8      | 4    | 下位32ビット  |
|                          | 12     | 4    | 上位32ビット  |
| 時間同期用情報<br>(Unity側の時間)   | 16     | 4    | 下位32ビット  |
|                          | 20     | 4    | 上位32ビット  |
| 拡張領域オフセット                | 24     | 4    | 整数値      |
| 拡張領域サイズ                  | 28     | 4    | 整数値      |
| (HackEV基本機能)             | 32     | 480  | ---      |
| (HackEV拡張機能)             | 512    | 512  | ---      |

## • Unity -> athrill

| 名称                     | offset | size | 値の単位表現   |
|------------------------|--------|------|----------|
| ヘッダ情報                  | 0      | 4    | ASCIIコード |
| バージョン番号                | 4      | 4    | 整数値      |
| (予約領域)                 | 8      | 8    | ---      |
|                        |        |      |          |
| 時間同期用情報<br>(Unity側の時間) | 16     | 4    | 下位32ビット  |
|                        | 20     | 4    | 上位32ビット  |
| 拡張領域オフセット              | 24     | 4    | 整数値      |
| 拡張領域サイズ                | 28     | 4    | 整数値      |
| (HackEV基本機能)           | 32     | 480  | ---      |
| (HackEV拡張機能)           | 512    | 512  | ---      |

# 適用事例

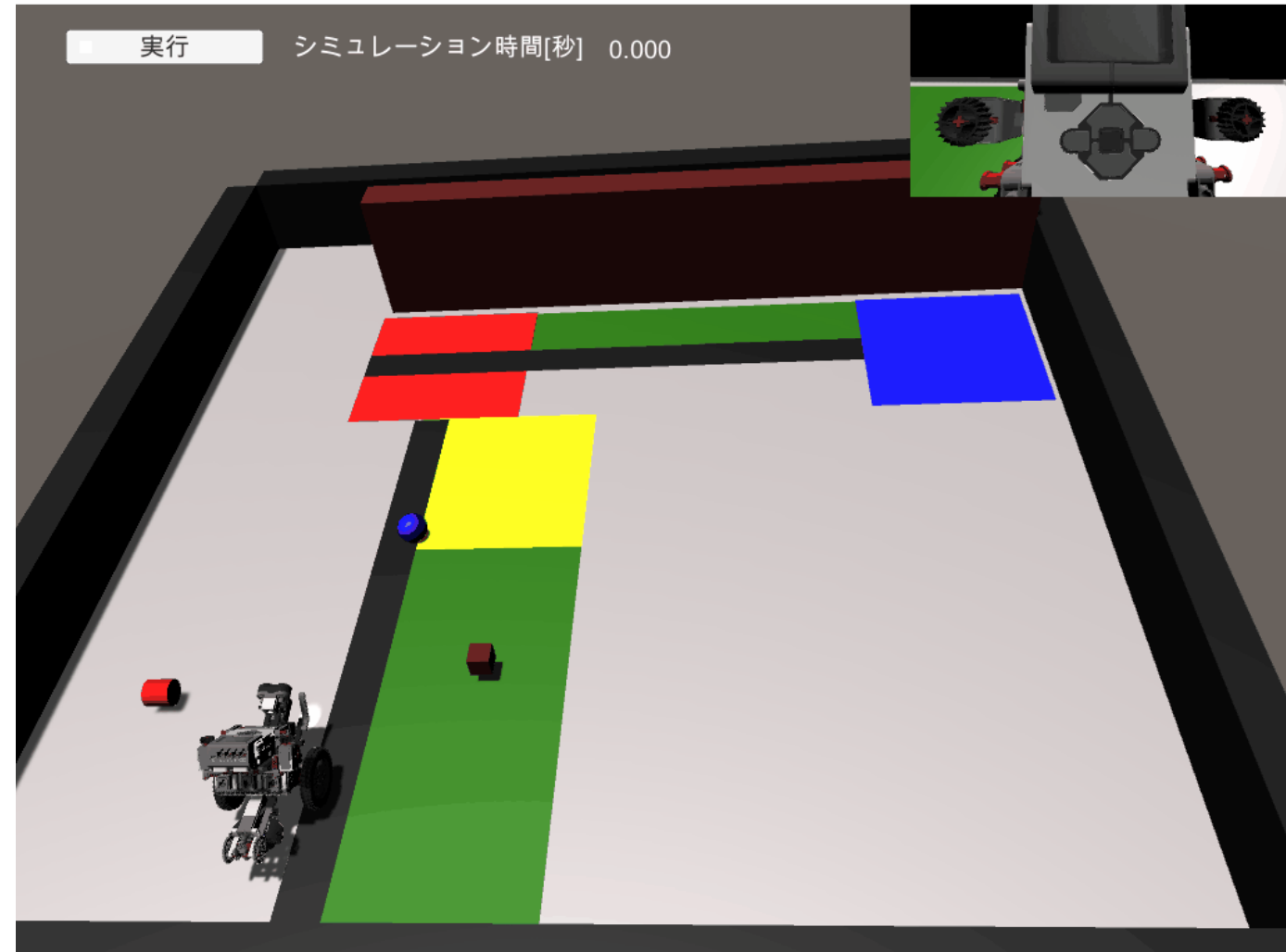
- UDP方式(MMAP方式も可能)
  - 物理シミュレータ(Unity)のセンシングデータ送信タイミングで箱庭時間を通知する
  - マイコンシミュレータ(athrill)が箱庭時間に合わせて自身の時間を調整する





# ロボット教育演習への展開の想定

- フロアの色, 障害物までの距離を各種センサで検出して, ゴールまでたどり着こう
- ロボットの内部状態でLEDカラーで変化させてみよう
- 地面に落ちているボールを運んでみよう



# 展開事例



## 2.1. 競技環境の概要と配布

競技環境は ET ロボコン 2020 シミュレータと etrobo 開発環境により構成される。参加チームはこれらを用いて走行体ソフトウェアを開発する。この様子を図 2-1 に示す。

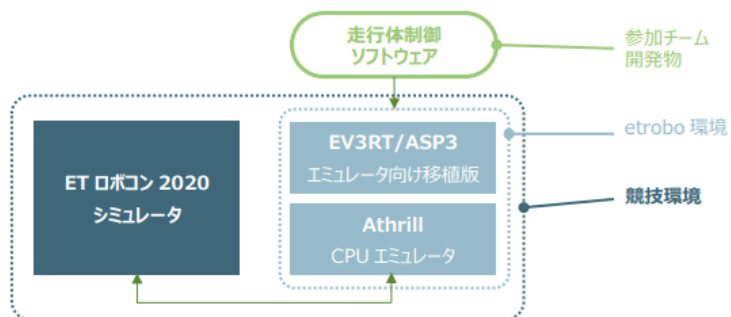
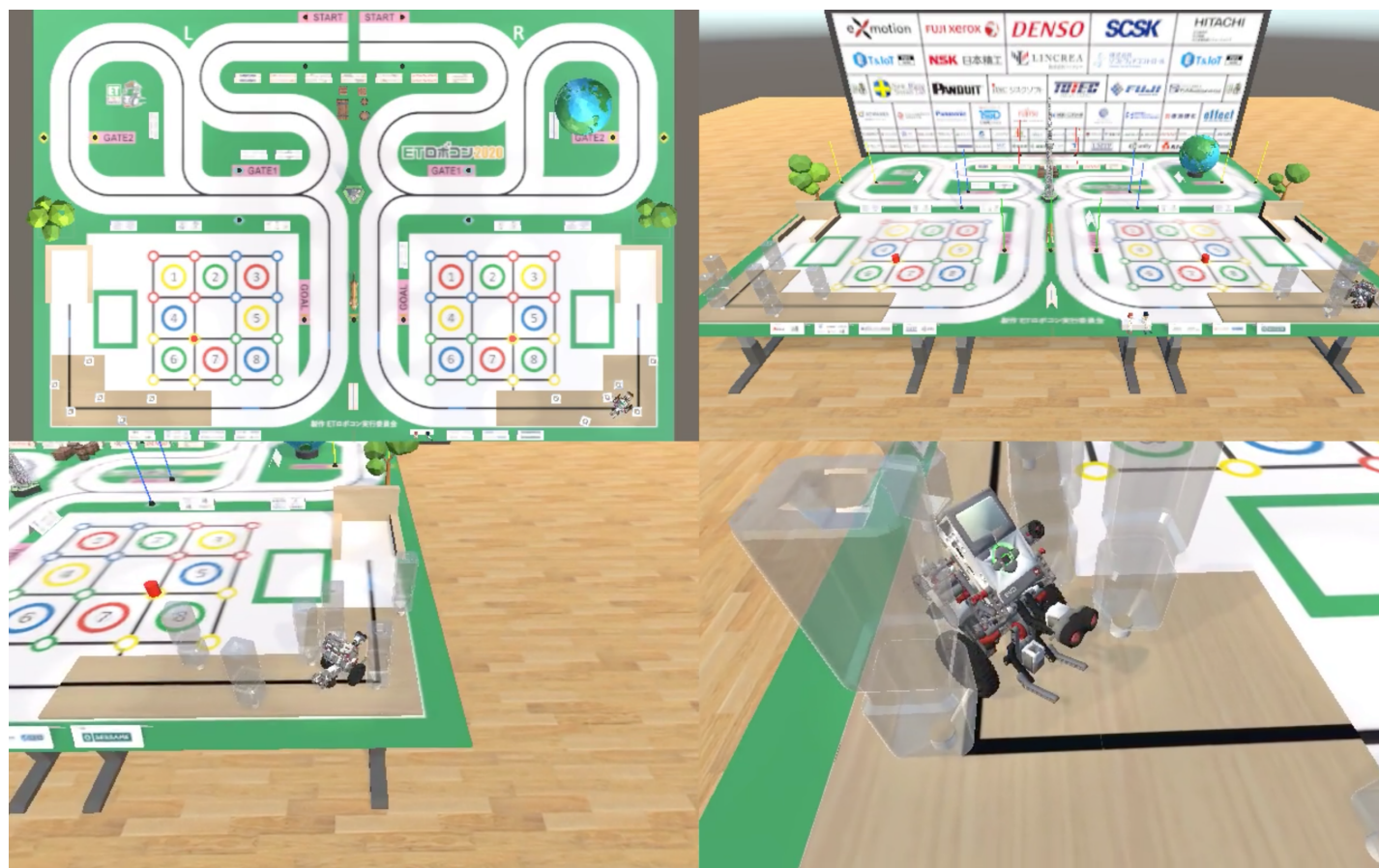


図 2-1 競技環境の概要

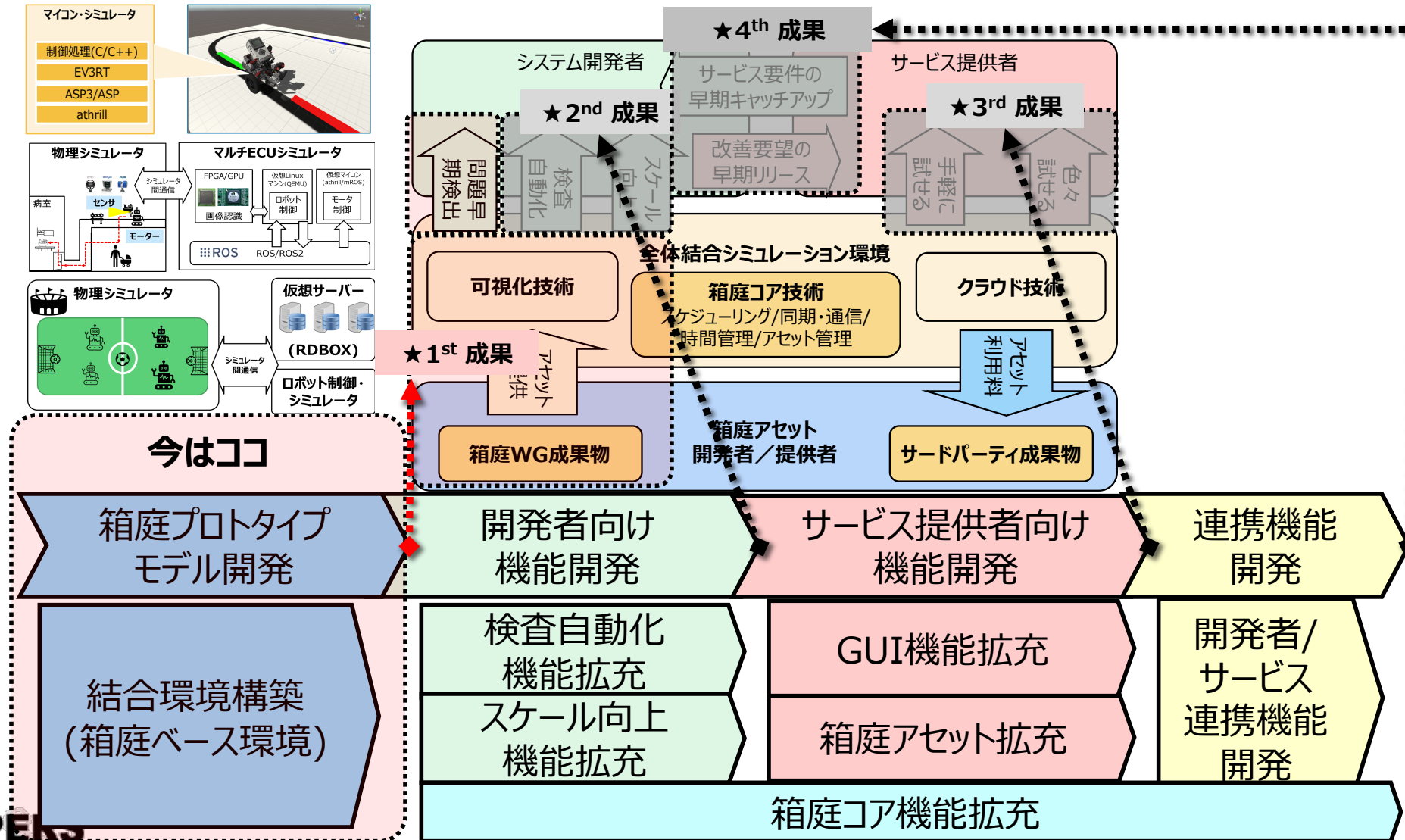
競技環境は、TOPPERS プロジェクト/箱庭 WG の成果物の一部を用いて開発されています。  
WG の皆さまに深く感謝いたします。



# Agenda

- IoTシステム開発時／サービス構築時の課題
- **箱庭**：IoT時代の仮想シミュレーション環境
  - コンセプトと狙い・想定される利用シーン
  - アーキテクチャ（技術要素とコア機能）
- コンセプトと狙いを実証するためのプロトタイプモデル
- 単体ロボット向けシミュレータ
  - プロトタイプモデルの構成
  - 時間管理機構と通信データの仕様
  - 展開事例
- **まとめ：今後のロードマップ**

# 今後のロードマップ





# 『箱庭』研究開発のお誘い

- でっかく語って，少しずつ育てております！
  - <https://toppers.github.io/hakoniwa/>
- 箱庭WGの狙い・趣旨にご賛同いただける方の参画をお待ちしております！！
  - まずはSlackでの議論，活動内容へのご要望，コア技術や各アセットの開発，などに参加したい方
  - 箱庭WGの活動で期待される技術成果を活用してみたい方
  - 製品開発に展開してみたい方

よろしくお願いいたします！！





# 謝辞・特記事項

- Unityパッケージの設計と作成にあたっては、宝塚大学 東京メディア芸術学部 吉岡章夫准教授および学部生の杉崎涼志さん、木村明美さん、千葉純平さんにご協力いただきました。
- HackEVのUnityアセットは、ETロボコン実行委員会より提供いただいたデータを基に作成しています。実行委員会の皆さまに深く感謝いたします。  
ただし本アセットはETロボコンの本番環境とは異なりますので、大会に参加予定の方はご注意ください。また、本アセットは、個人利用または教育利用に限定してご利用ください。
- 本資料は、ユニティ テクノロジーズまたはその関連会社がスポンサーとなったり、ユニティ テクノロジーズまたはその関連会社と提携しているものではありません。  
本資料に掲載された [Unity の登録商標一覧](#)に含まれる Unity の登録商標はすべて、ユニティ テクノロジーズまたはその米国や他の国々に所在する関連会社の登録商標または商標です。