



4A11

オープンソース仮想環境「箱庭」を用いた 搭載ソフトウェアへの適用

高田光隆 (名古屋大学)、細合晋太郎、高瀬英希 (東京大学)、
福田竜也 ((株) インテック)、久保秋真 ((株) チェンジビジョン)、
森崇 ((合) 箱庭ラボ、(株) 永和システムマネジメント)

Agenda

- 「箱庭」とは？
 - TOPPERSプロジェクトと箱庭
 - 箱庭のしくみ
- 箱庭の適用事例
 - ETロボコン、学生/社会人向け向け教育教材
- 搭載ソフトウェアへの適用
 - SpaceWireOS
 - 箱庭環境での搭載ソフトウェア
- Hakoniwa-space実現にむけて
 - 物理シミュレーション(Unity)との連携
 - 複数の搭載ソフトウェアとの連携

TOPPERSプロジェクトと箱庭①

目的

ITRON仕様(組込みRTOS)を出発点として組込みシステム開発に有用な各種の高品質なオープンソースソフトウェアと、技術者育成のための教育コンテンツを開発し、組込みシステム開発に新しいスタンダードを提案する

<https://www.toppers.jp/>

発足

2003年にNPO法人化

会員

企業・大学・個人会員などから構成されており150を超える

主な成果物

組み込みシステム向けのリアルタイムOS(RTOS)と周辺ミドルウェアおよびプラットフォーム環境
JAXAの高信頼RTOSとして採用(H-IIA/Bの誘導制御計算機・慣性センサーユニット)

TOPPERSプロジェクトと箱庭②

箱庭WG

- TOPPRESプロジェクトのワーキンググループ(WG)として活動
- オープンソース活動ではあるが、参加メンバーは**それぞれの所属におけるアウトカムを意識して活動**
 - <https://github.com/toppers/hakoniwa/>
 - 高田の場合: 組込みシステムのソフトウェアプラットフォームに関する研究
 - 宇宙: SpaceWireOS, cFS, C2A...
 - 車載: AUTOSAR
 - 仮想シミュレーション環境の実現

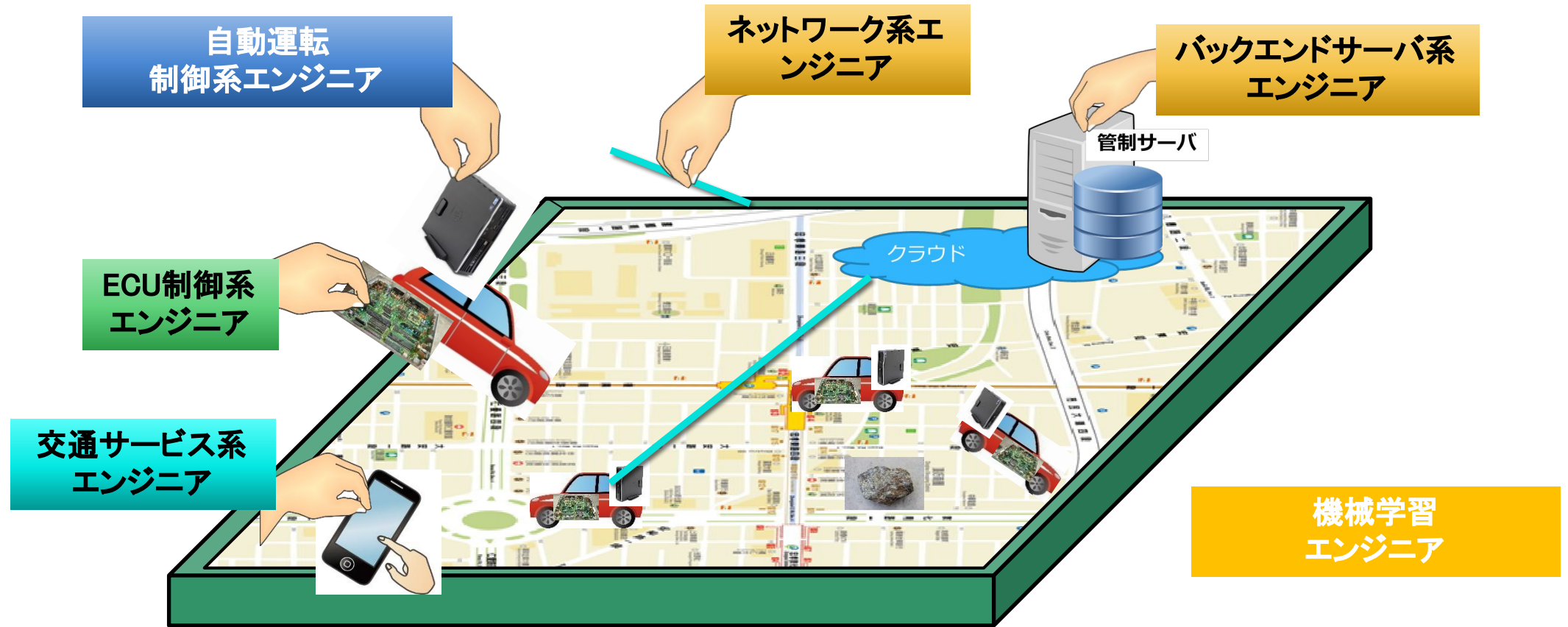
箱庭を適用する想定対象

- 異なるドメイン間のエンジニアリング
- 複雑・大規模なシステムのシミュレーション
- 現実と仮想環境の融合
 - デジタルツイン, SDx, AI copilot...

WGの主なメンバと役割			
氏名	主な役割	所属	SNS
森 崇	主査 全体統括、Athrill	永和システムマネジメント/箱庭ラボ	  
高瀬 英希	mROS、ROS、IoT	東京大学/JSTさきがけ	  
細合 晋太郎	IDE、モデリング、可視化、クラウド	東京大学	  
高田 光隆	カーネル、応用検討	名古屋大学NCES	  
福田 竜也	クラウド、ロボティクス	インテック	  
小森 顕博	可視化		 
久保秋 真	モデリング、応用検討	チェンジビジョン	
國井 雄介	デジタルツイン活用	クレスコ	

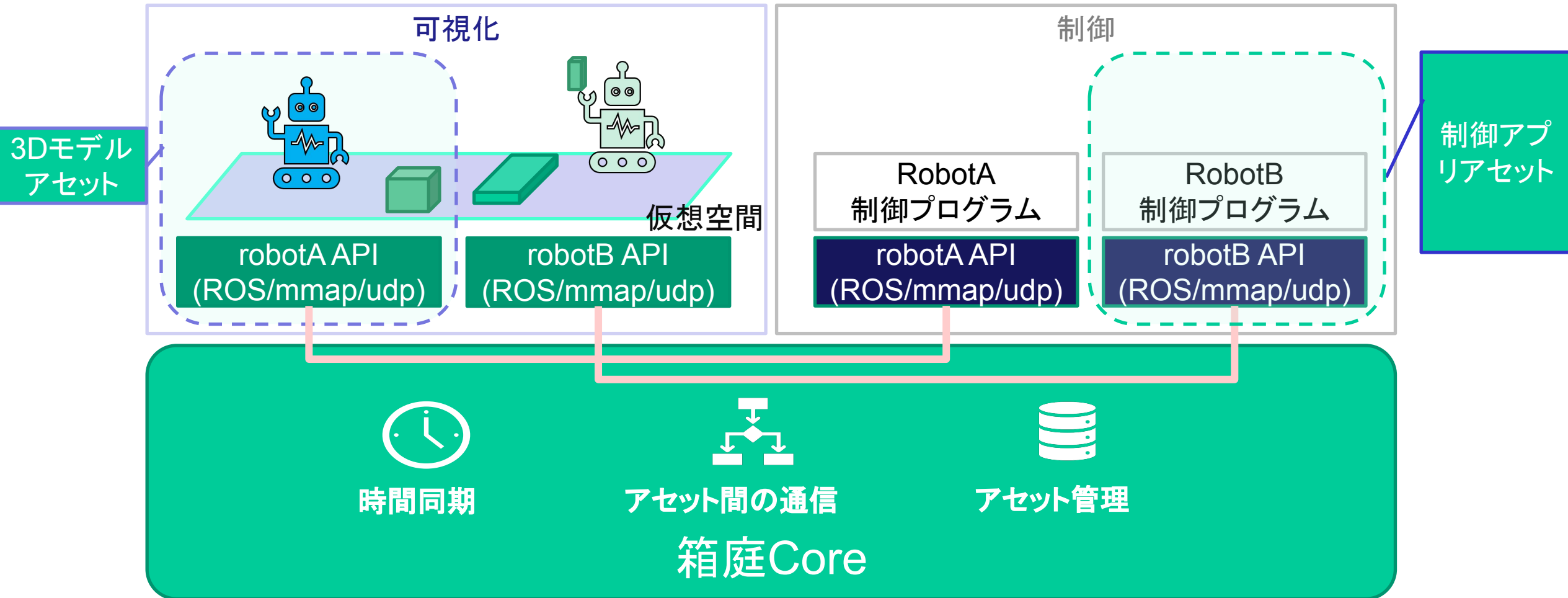
『箱庭』とは？ コンセプトと狙い

- 箱の中に、様々なモノをみんなの好みで配置して、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



箱庭のしくみ (IoT, ロボティクスを中心に)

- 箱庭は、単なるシミュレータではなくシミュレータを作るフレームワーク



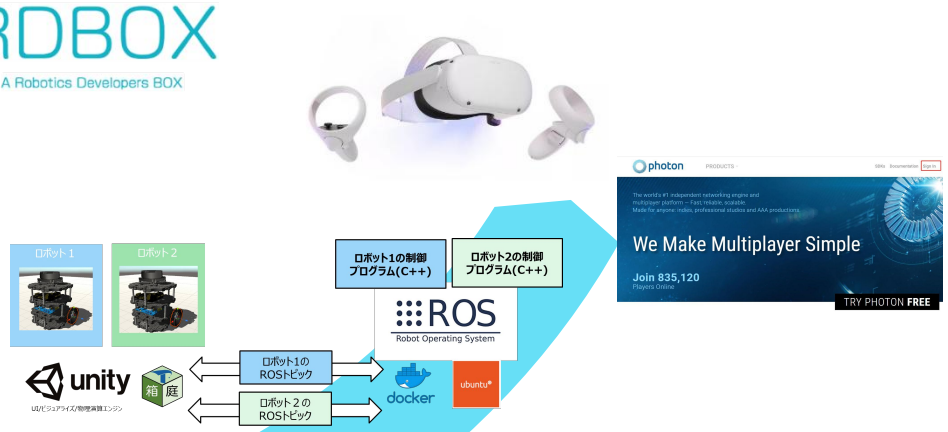
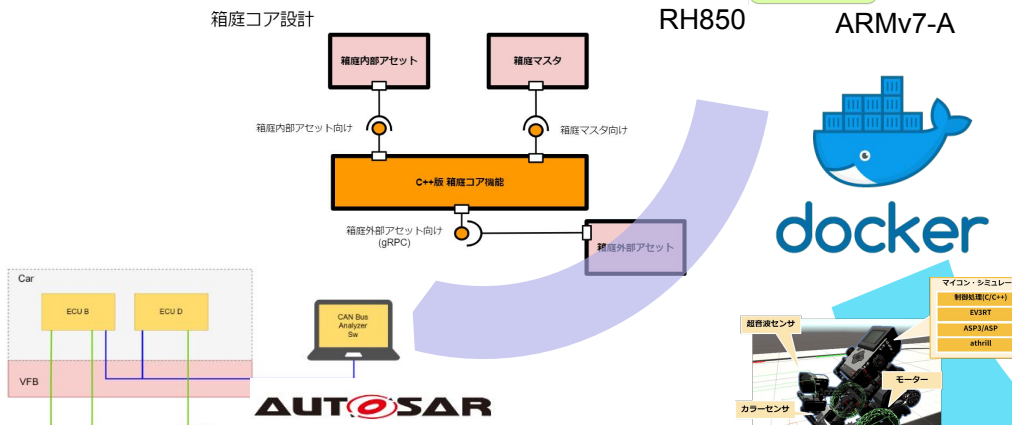
箱庭はSimulation HUB



組み系エンジニア

ロボットAI系エンジニア

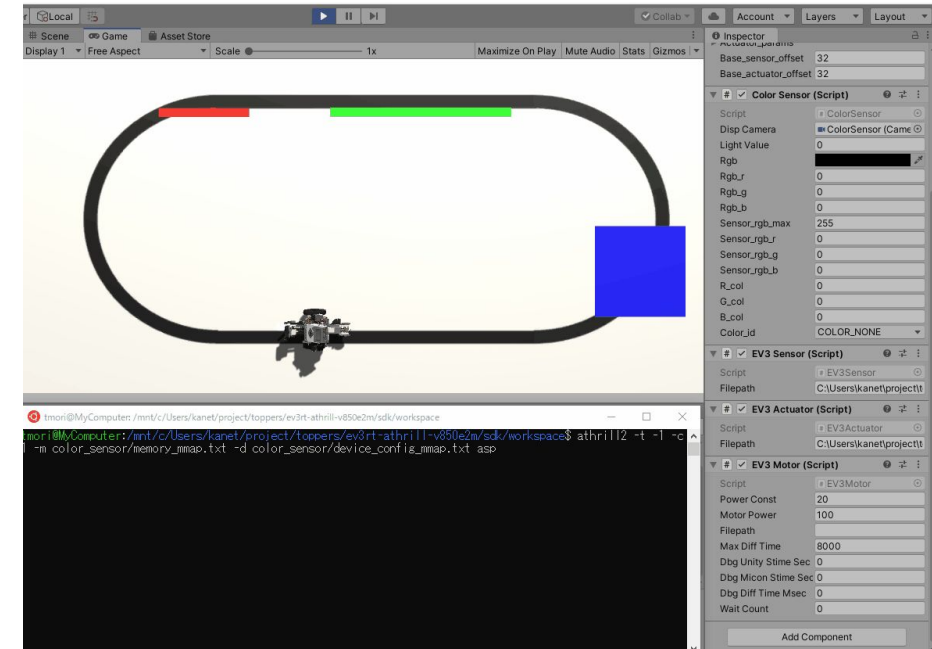
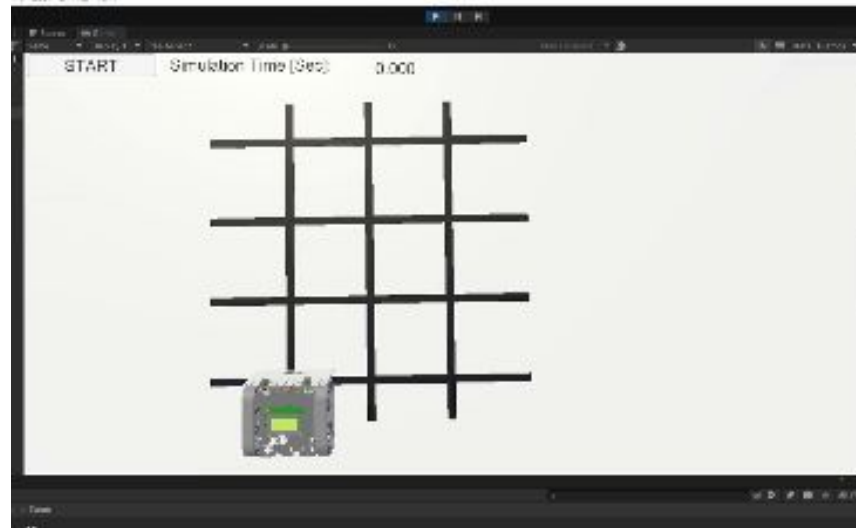
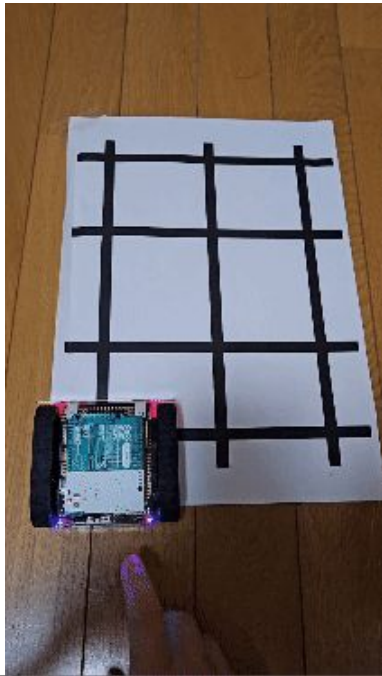
ロボット開発の新しいカタチ



ロボット制御系エンジニ

箱庭の採用事例

- ETロボコン(<https://www.etrobo.jp/>)
- 大学学部生向けのグループ演習
- 学生・社会人向けのPBL演習教材(開発中)
- 車載ソフトウェア教育(https://github.com/ncesnagoya/autosar_os_training)



箱庭の宇宙ドメインへの適用を考える(開発プロセス)

1. ミッション検証
 - MBSEなどでまとめた情報をもとにミッションの予想をシミュレーション
 - ミッションの可視化を行うことで必要な物理モデルを検討
2. BBM、EM、FMの噛み合わせ試験のシミュレーション環境
 - 各系の開発ではシミュレータを用いたソフト開発はすでに実施と想定
 - 各系の全体を噛み合わせる試験であらかじめ箱庭で実施することで、実際の噛み合わせ試験からのフィードバックを最小限に抑える
 - 全体を噛み合わせるのは時間的、物理的な制約がかなり大きいと聞いている
 - 複数のシミュレーションを同時に動かす(同期して動かす)ところから
 - 各系毎の開発時も可能か?(SILS、HILS的な利用)
3. 地上系も含めた全体シミュレーション環境
 - (打ち上げー)軌道投入ーテレメ受信ーミッション開始までのシミュレーション
 - 軌道投入後の過渡状態を再現するのは難しいと思うが…

箱庭の宇宙ドメインへの適用を考える(その他)

4. 開発環境としての展開

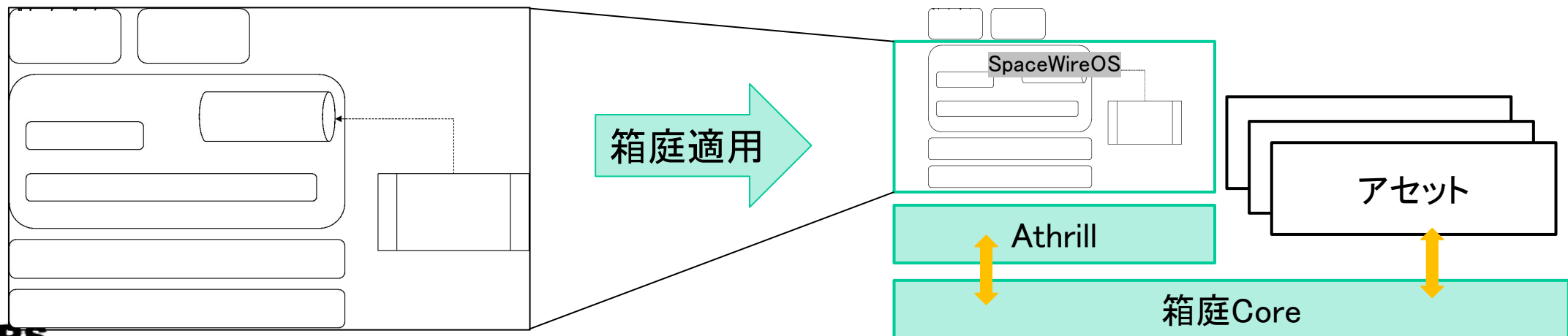
- シミュレータと実機で同じソフトウェア開発環境を実現
- 複数のメンバが同じ開発環境を共有
- シミュレーションしたい情報を開発メンバー間で共有

5. 教育向け

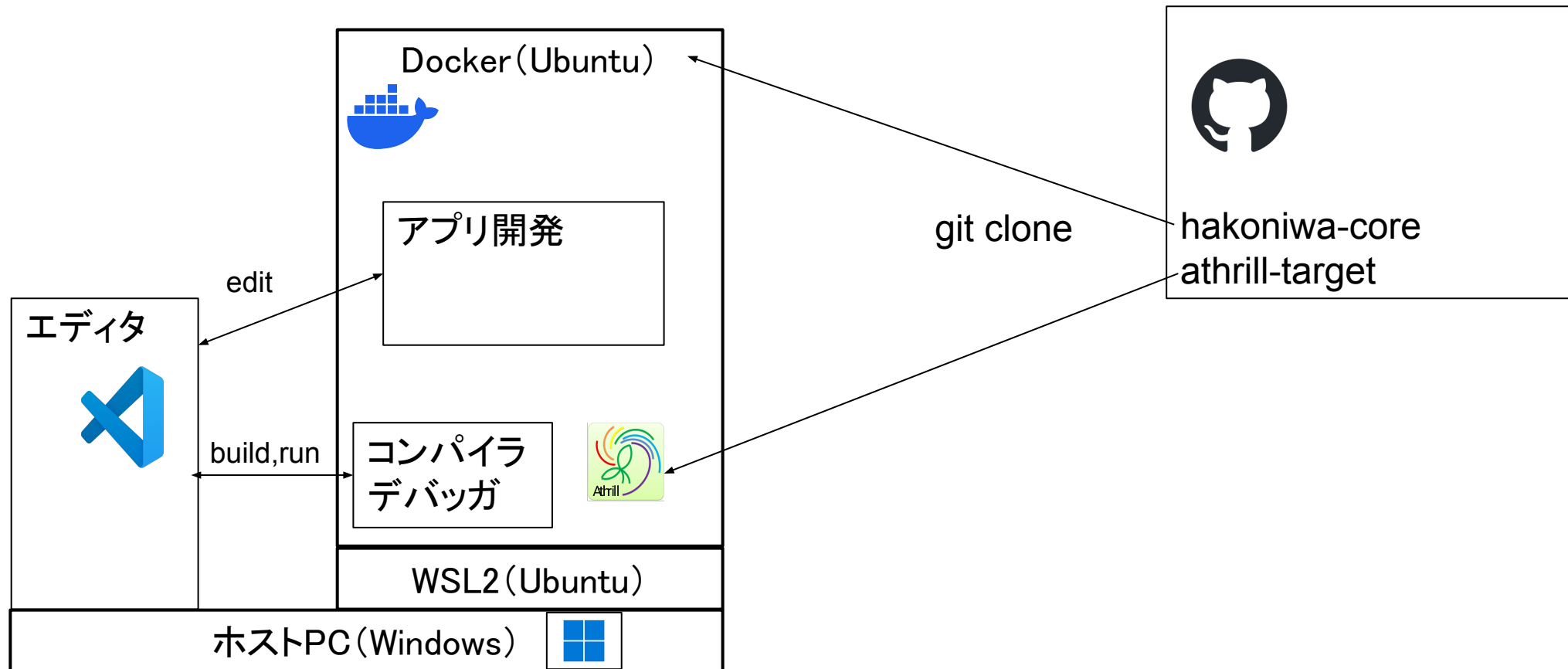
- 実開発と同じソフトウェア環境を利用
- シミュレーションベースでミッションアプリ開発を行う

搭載ソフトウェアを用いた箱庭のシミュレーション環境

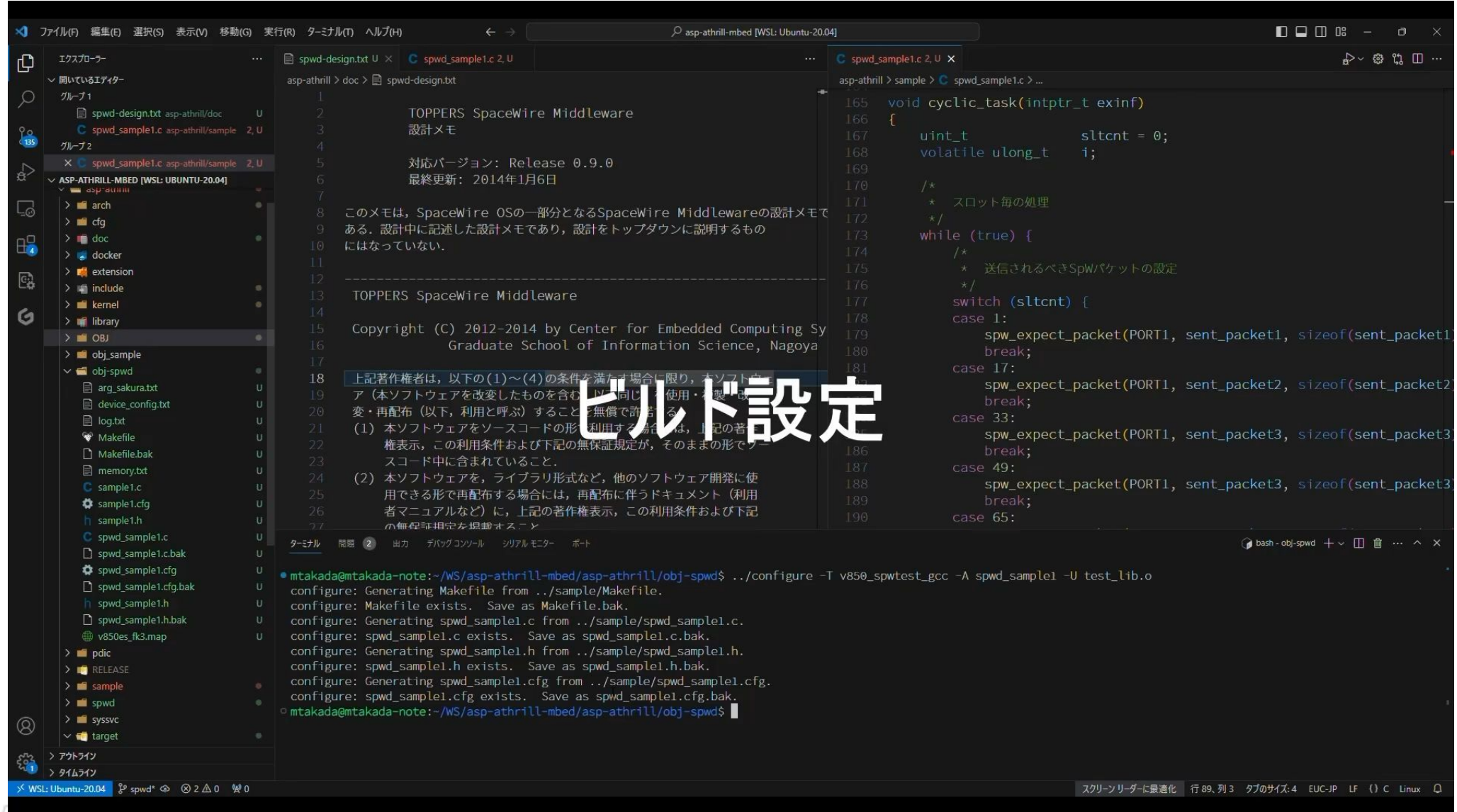
- SpaceWireOS (名古屋大学)
 - SpaceWire上のデータ配信をするための遅延時間を保証する、SpaceWire-Dプロトコルを搭載する通信ミドルウェアとRTOS
 - RTOSはTOPPERS/ASP, HRP2カーネルを使用
- Athrill (TOPPERSプロジェクト)
 - CPUのインストラクションセットシミュレータ(RH850, Armv7)
 - 箱庭のアセットとして動作し、他のシミュレータとの連携が可能
 - athrillデバイス(仮想デバイス)を経由することで、デバイスIOを箱庭のデータとして入出力ができる (SpaceWireのデータ伝送ができる)



開発環境を含めたフライトソフトウェアの箱庭対応



SpaceWireOSの動作の様子



File Explorer (Left):

- asp-athrill > doc > spwd-design.txt
- asp-athrill > sample > spwd_sample1.c
- ASP-ATHRILL-MBED [WSL: UBUNTU-20.04]
 - arch
 - cfg
 - doc
 - docker
 - extension
 - include
 - kernel
 - library
 - Obj
 - obj_sample
 - obj-spwd
 - arg_sakura.txt
 - device_config.txt
 - log.txt
 - Makefile
 - Makefile.bak
 - memory.txt
 - sample1.c
 - sample1.cfg
 - sample1.h
 - spwd_sample1.c
 - spwd_sample1.c.bak
 - spwd_sample1.cfg
 - spwd_sample1.cfg.bak
 - spwd_sample1.h
 - spwd_sample1.h.bak
 - v850es_fk3.map
 - pdic
 - RELEASE
 - sample
 - spwd
 - sysvc
 - target

Design Memo (Center):

```

1
2   TOPPERS SpaceWire Middleware
3   設計メモ
4
5   対応バージョン: Release 0.9.0
6   最終更新: 2014年1月6日
7
8   このメモは、SpaceWire OSの一部となるSpaceWire Middlewareの設計メモで
9   ある。設計中に記述した設計メモであり、設計をトップダウンに説明するもの
10  にはなっていない。
11
12  -----
13  TOPPERS SpaceWire Middleware
14
15  Copyright (C) 2012-2014 by Center for Embedded Computing Systems
16  Graduate School of Information Science, Nagoya University
17
18  上記著作権者は、以下の(1)~(4)の条件を満たす場合に限り、本ソフトウェア
19  (本ソフトウェアを改変したものを含む)の同一目的での使用・複製、改変・再配
20  布(以下、利用と呼ぶ)することを無償で許諾する。
21  (1) 本ソフトウェアをソースコードの形で利用する場合は、上記の著作
22  権表示、この利用条件および下記の無保証規定が、そのままの形でソー
23  スコード中に含まれていること。
24  (2) 本ソフトウェアを、ライブラリ形式など、他のソフトウェア開発に使
25  用できる形で再配布する場合は、再配布に伴うドキュメント(利用
26  者マニュアルなど)に、上記の著作権表示、この利用条件および下記
27  の無保証規定を掲載すること。
    
```

C Code (Right):

```

165 void cyclic_task(intptr_t exinf)
166 {
167     uint_t          sltcnt = 0;
168     volatile ulong_t i;
169
170     /*
171      * スロット毎の処理
172      */
173     while (true) {
174         /*
175          * 送信されるべきSpWパケットの設定
176          */
177         switch (sltcnt) {
178             case 1:
179                 spw_expect_packet(PORT1, sent_packet1, sizeof(sent_packet1));
180                 break;
181             case 17:
182                 spw_expect_packet(PORT1, sent_packet2, sizeof(sent_packet2));
183                 break;
184             case 33:
185                 spw_expect_packet(PORT1, sent_packet3, sizeof(sent_packet3));
186                 break;
187             case 49:
188                 spw_expect_packet(PORT1, sent_packet3, sizeof(sent_packet3));
189                 break;
190             case 65:
    
```

Terminal (Bottom):

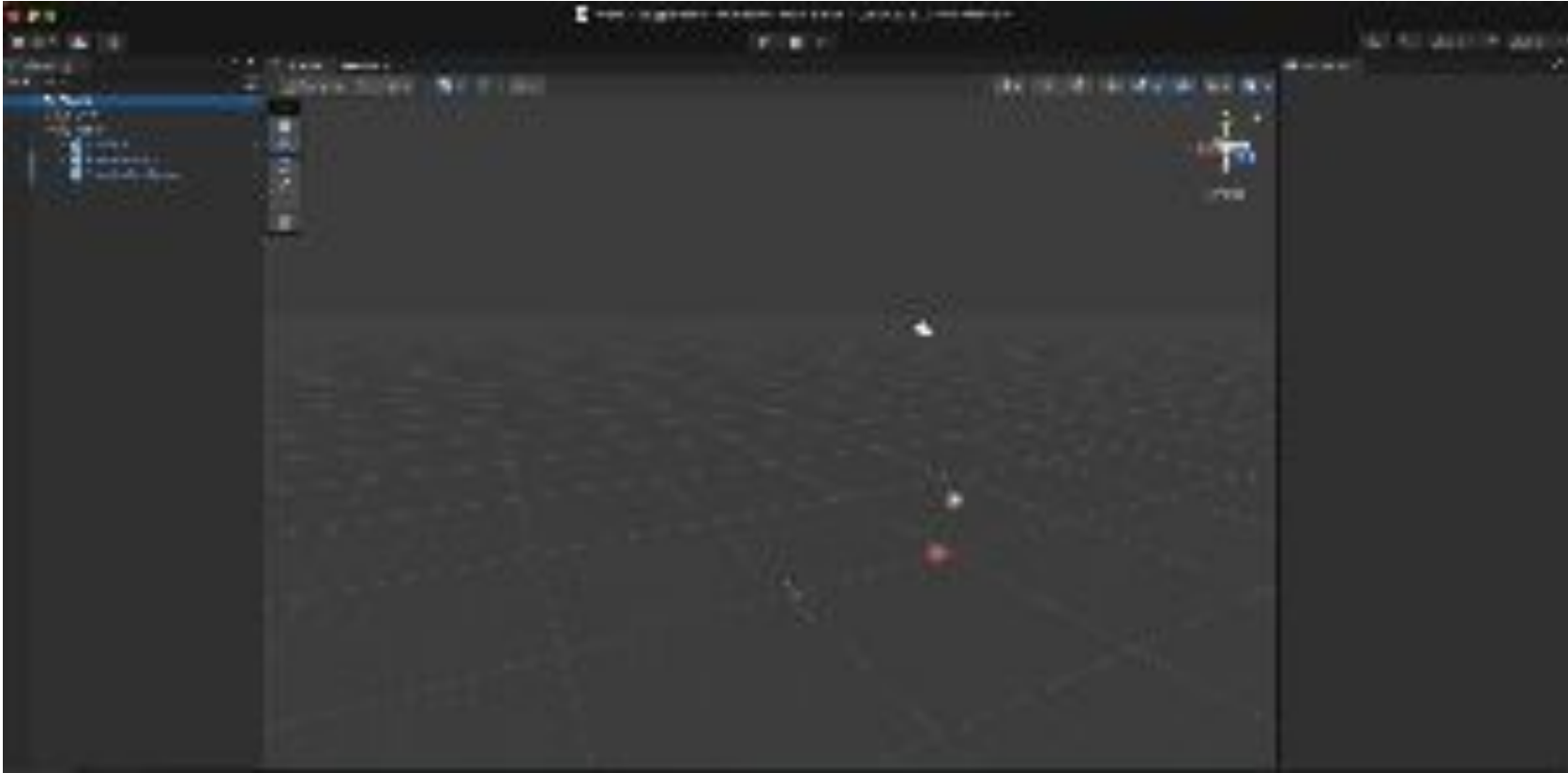
```

mtakada@mtakada-note:~/WS/asp-athrill-mbed/asp-athrill/obj-spwd$ ./configure -T v850-spwtest_gcc -A spwd_sample1 -U test_lib.o
configure: Generating Makefile from ../sample/Makefile.
configure: Makefile exists. Save as Makefile.bak.
configure: Generating spwd_sample1.c from ../sample/spwd_sample1.c.
configure: spwd_sample1.c exists. Save as spwd_sample1.c.bak.
configure: Generating spwd_sample1.h from ../sample/spwd_sample1.h.
configure: spwd_sample1.h exists. Save as spwd_sample1.h.bak.
configure: Generating spwd_sample1.cfg from ../sample/spwd_sample1.cfg.
configure: spwd_sample1.cfg exists. Save as spwd_sample1.cfg.bak.
mtakada@mtakada-note:~/WS/asp-athrill-mbed/asp-athrill/obj-spwd$
    
```

ビルド設定

箱庭の可視化アセットの例

- 万有引力での惑星と衛星の周回軌道運動
(Unityでモデルを作成)



まとめと今後の課題

- 仮想シミュレーション環境「箱庭」の紹介
- 宇宙ドメインでの箱庭の利用検討
- 搭載ソフトウェアの箱庭シミュレーションの適用例

- 今後の課題とお願い
 - 可視化を含めたプロトタイプ(Hakoniwa-space)の開発
 - 他の搭載ソフトウェア(cFS, C2Aなど)を箱庭アセットとして連携
 - 箱庭をどのように使うとうれしいか、一緒に考えませんか？
 - 主にSlackでコミュニケーションをとっています
 - GitHubに👍でも大歓迎

Thank you



NPO TOPPRES Project – Hakoniwa WG –

URL: <https://toppers.github.io/Hakoniwa/>

Mail: secretariat@toppers.jp