

# CyReal実証環境の設計・アーキテクチャ

---

情報通信研究機構

総合テストベッド研究開発推進センター

テストベッド研究開発運用室 副室長

宮地利幸



# StarBED

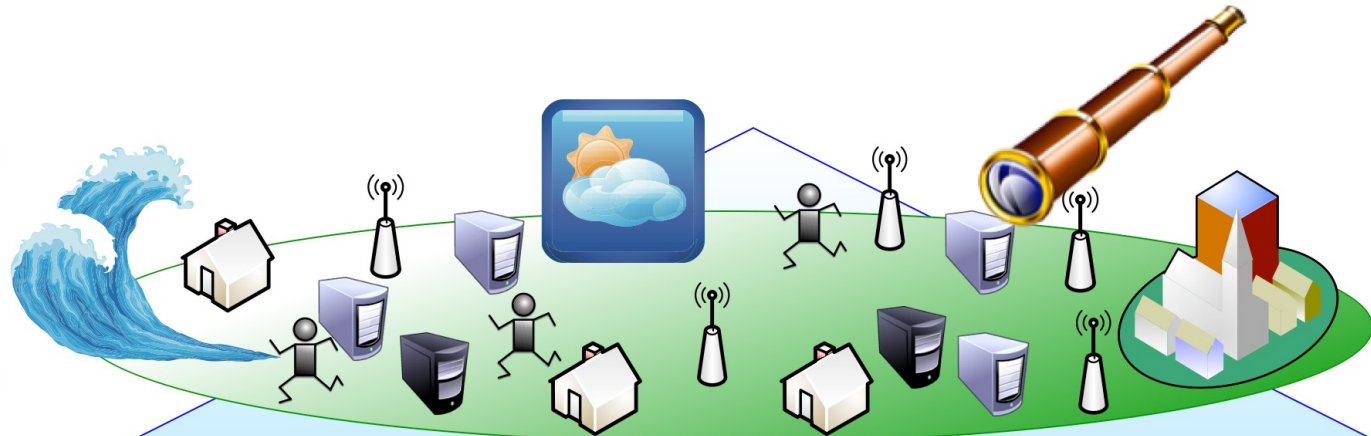


- 実験専用のPC群
  - 実世界と同じOSやソフトウェアが動作
  - PCをそのまま貸し出すのでOSの入れ替えも可能
  - 持ち込んだハードウェアを接続可能
  - ネットワーク構成も自由に設定可能
  - インターネットから隔離されているので「失敗」を許容
  - マルウェア等の動作検証も可能
  - 数百台（2022年度 240台 7680コア）のPCが存在するため大規模な環境での検証が可能
  - 実時間で動作
- 実験PC群を簡単に操作可能なミドルウェアの提供
- 石川県能美市のNICT北陸StarBED技術センターに設置



# IoT/CPS技術検証のためのアプローチ

実現した要素群を適切に組み合わせ「リアルな」検証環境を構築。実環境では再現不可能な要素も導入。利用者の実験シナリオを実行し、観測・解析。



全体として利用者の要求を満たすリアルな検証環境を

**連携**

PCをそのまま利用できない場合は、PC上にセンサデバイスなどを模倣もしくは外部のシミュレータと連携して必要な要素をテストベッド上に実現



利用者の  
持ち込み機器



そのままPCを利用



ネットワーク環境の模倣



PC上で  
センサなどを模倣



シミュレータで  
物理現象などを模倣

StarBEDの多数のPCと外部接続設備で実験環境を構築するための資源を提供

外部接続  
JGN/WIDE



StarBEDのPC群

# 新しいシステムで可能とすること



## SpringOSと同等以上の機能

- OSのインストレーション
- ネットワーク設定
- 実験シーケンス管理
- (その他管理者用機能)

## CyReal実証を可能とする機能

- 各実験要素が連携して動作できる基盤の提供
- 各実験要素の入替えによる連続的な研究開発をサポートできる基盤を提供

## 新たな研究成果を組込む機能

- 利用者が簡単に独自技術を組込める仕組みを提供
- 対象実装のみを容易に組替えられる仕組みを提供



# CyReal実証環境を利用した技術検証

## Case A: シミュレータとして

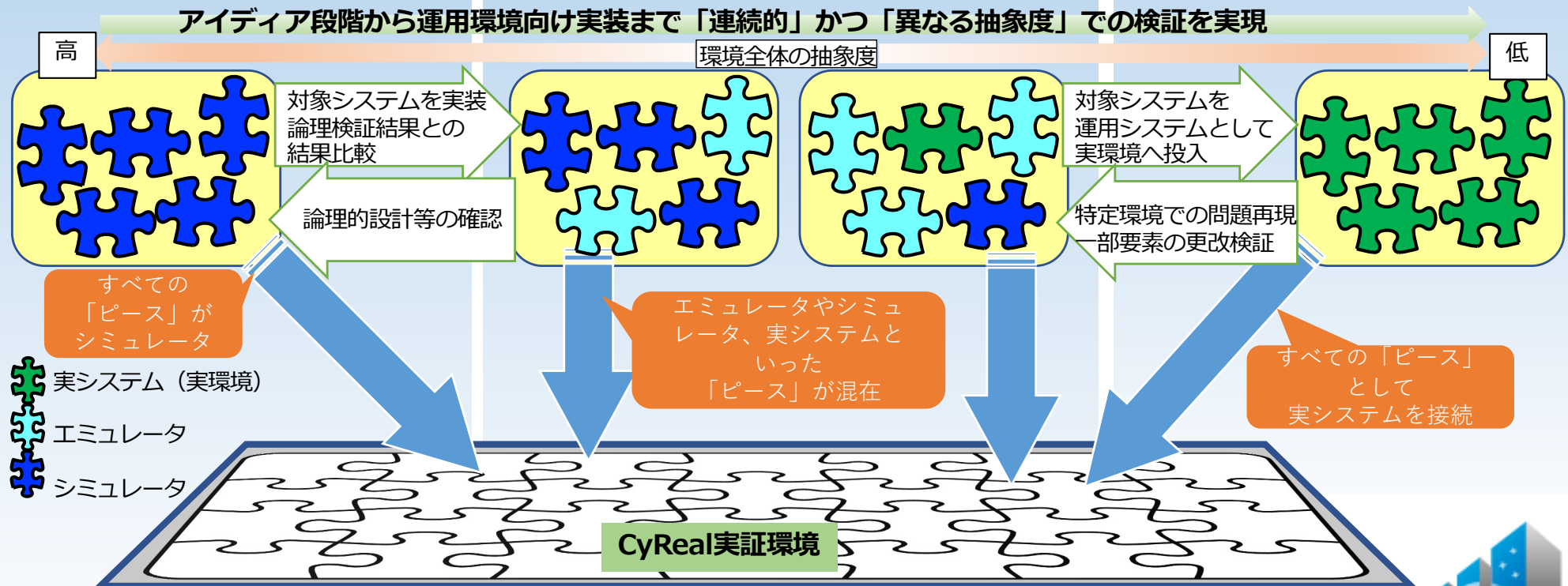
- ・複数のシミュレーションの「連携」による論理的な動作確認
- ・検証対象部分のシミュレータのみの用意で検証を可能に
- ・デジタルツインとして活用

## Case B: テストベッドとして

- 抽象度の異なる要素を組み合わせ、検証項目を明確化
- ・実環境向けシステム要素単体での検証
  - ・非常時等、実システム（実環境）では再現が難しい状況でのシステム検証
  - ・オペレータ・利用者の教育・訓練

## Case C: 運用システムとして

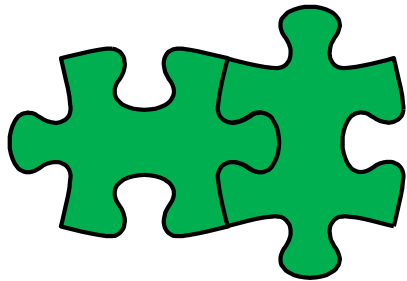
- ・連携基盤をそのまま活用し実システムとして運用も可能
- ・システム要素の更改もエミュレータとの連携で容易に



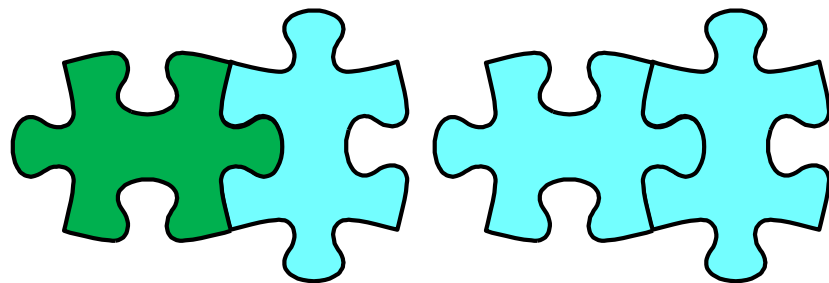
# 各要素の接続




## 実システムとエミュレータ

実システムはAPI、プロトコル、HW規格など規定されたインタフェースにしたがって接続



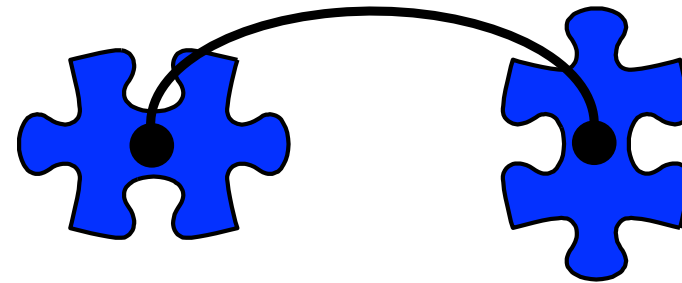
エミュレータは実システムのインタフェースやAPI、プロトコルに従って実システム以外の情報を出すシステム



-  実システム (実環境)
-  エミュレータ
-  シミュレータ

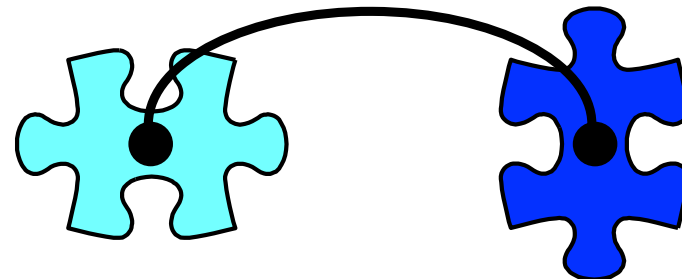
## シミュレータとシミュレータ

それぞれのシミュレータの入出力をそれぞれの入出力に変換して送受信



## シミュレータとエミュレータ

シミュレータの出力をエミュレータの入力（設定ファイル等）に変更して入力  
エミュレータの出力（実インタフェース）で受信した出力をシミュレータの形式に変更して入力

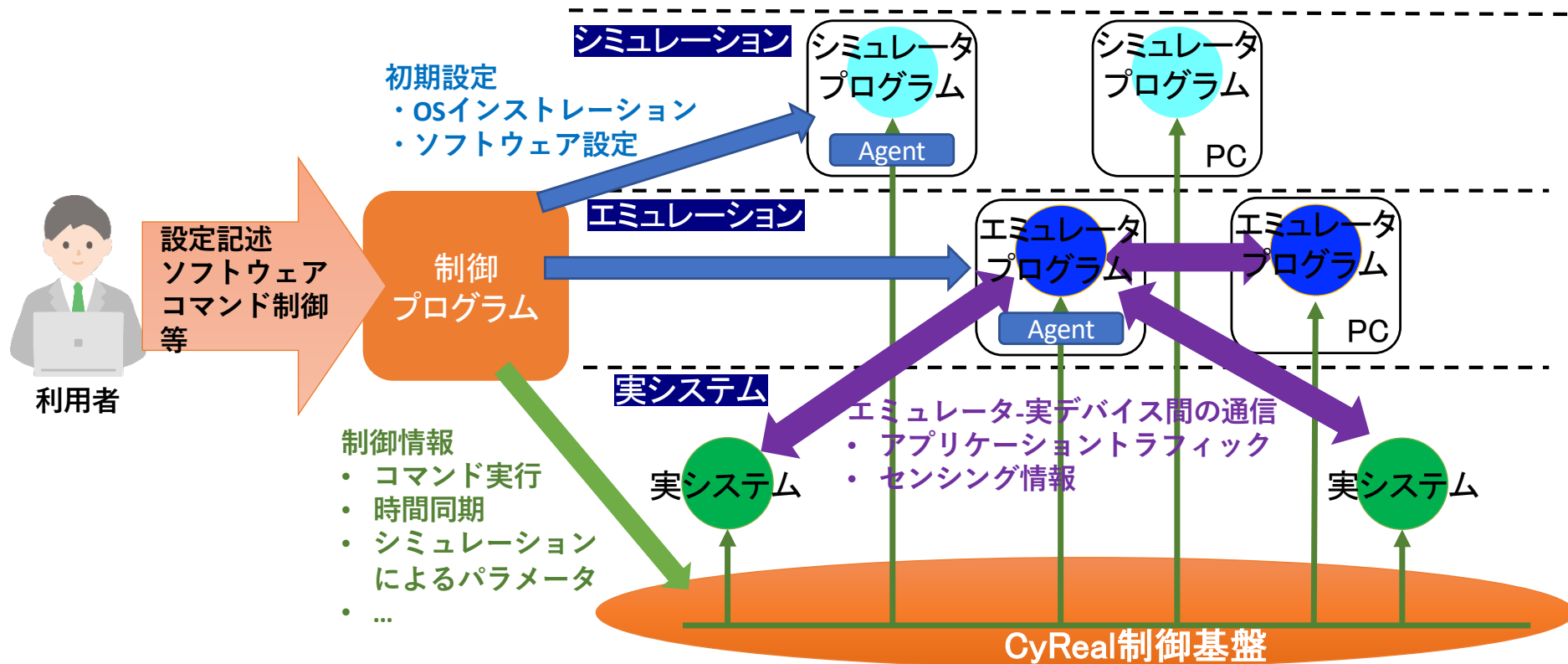


※シミュレータの入出力を実インタフェースに合わせてエミュレータ・実デバイスと連携させることも出来るが  
そうなった次点でそれは「エミュレータ」

# CyReal実証環境の利用

各要素間で情報を交換可能とする制御基盤を提供

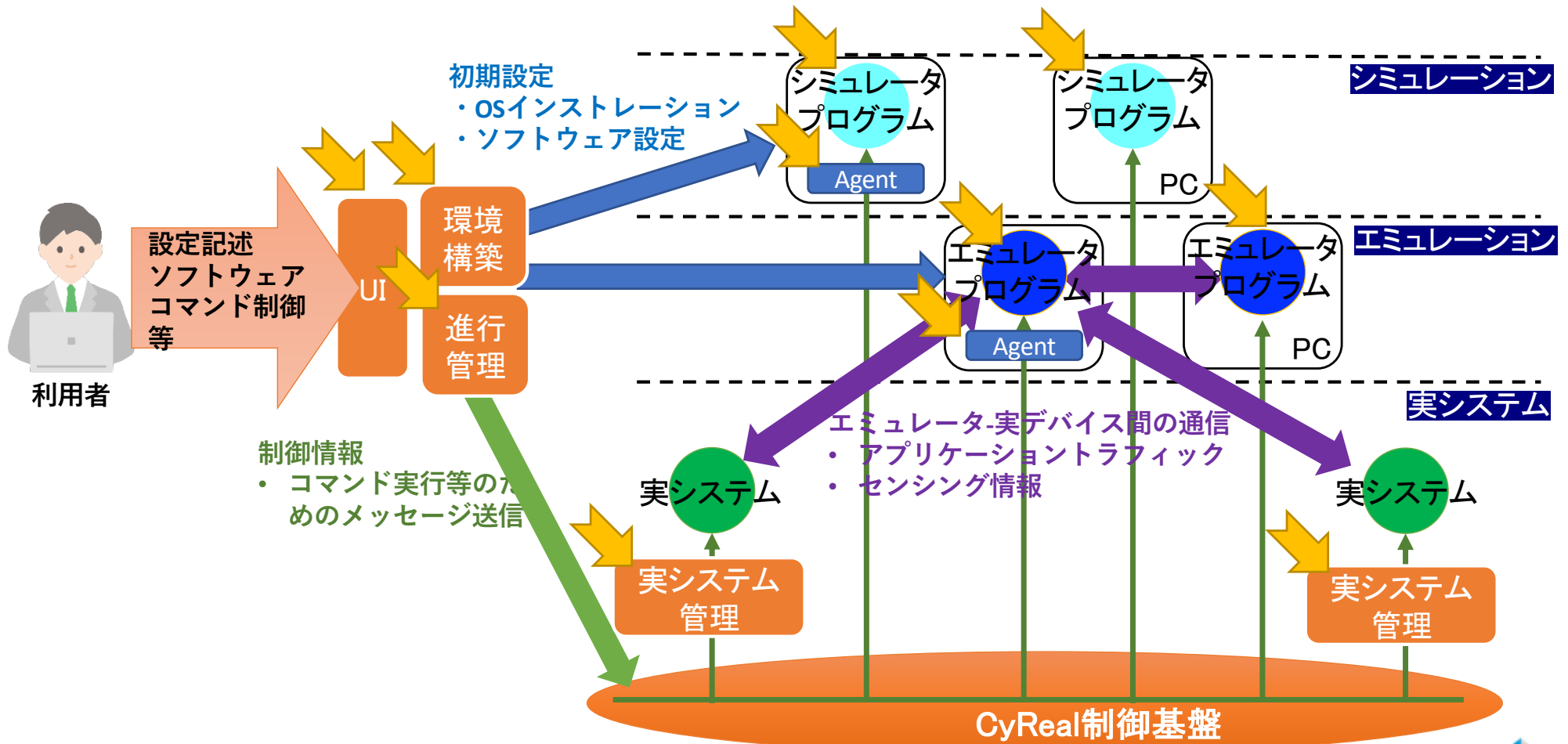
- シミュレータ、エミュレータ、実デバイスの連携を可能に
- 実験側のトラフィックは現実世界と同様に自由に通信が可能
- ただしシミュレータは実時間より短時間で情報の提供の必要あり



# 「ファシリティ」

- 各機能をファシリティとして定義して登録可能

で示した要素はそれぞれ独立したファシリティとして実装され、「疎」に結合





# スクショ: 割り当てリソース管理



The screenshot displays the StarBED dashboard interface. The top navigation bar includes the StarBED logo, version 73, and user information (sbeng-22, sbeng, ログアウト). The left sidebar contains navigation links for Dashboard, Resource Management, Facility Management, OS Management, Infrastructure Management, File Operations, Experiment Management, Jobs, and Version Information. The main content area is titled 'リソース管理' (Resource Management) and shows a list of '実験ノード' (Experiment Nodes). Each node (y001, y002, y011, y012) is represented by a card with a power status icon, a list of bus interfaces (bus4.0, bus31.0, bus31.1, bus98.0, bus98.1) with their respective purposes, and three action buttons: 'バックアップ' (Backup), 'レストア' (Restore), and 'iDRAC'.

**リソース管理**

実験ノード

Node ID	Power Status	Bus Interface	Purpose
y001	🟢	bus4.0	["Management", "Pxe"]
		bus31.0	["Experiment"]
		bus31.1	["Experiment"]
		bus98.0	["Experiment"]
		bus98.1	["Experiment"]
y002	🟢	bus4.0	["Management", "Pxe"]
		bus31.0	["Experiment"]
		bus31.1	["Experiment"]
		bus98.0	["Experiment"]
		bus98.1	["Experiment"]
y011	🟢	bus4.0	["Management", "Pxe"]
		bus31.0	["Experiment"]
		bus31.1	["Experiment"]
		bus98.0	["Experiment"]
		bus98.1	["Experiment"]
y012	🟢	bus4.0	["Management", "Pxe"]
		bus31.0	["Experiment"]
		bus31.1	["Experiment"]
		bus98.0	["Experiment"]
		bus98.1	["Experiment"]

VLAN

VLAN ID
891
892
893
894
895

```
[{"nodes": [{"group": "Y", "interfaces": [{"ipAddress": "172.16.5.1", "macAddress": "80:78:25:D4:6E:2E", "port": "bus4.0", "purposes": ["Management", "Pxe"], "type": null}, {"ipAddress": null, "macAddress": "B4:96:91:BA:08:3A", "port": "bus31.0", "purposes": ["Experiment"], "type": null}, {"ipAddress": null, "macAddress": "B4:96:91:BA:08:3B", "port": "bus31.1", "purposes": ["Experiment"], "type": null}, {"ipAddress": null, "macAddress": "B4:96:91:B3:40:48", "port": "bus98.0", "purposes": ["Experiment"], "type": null}, {"ipAddress": null, "macAddress": "B4:96:91:B3:40:49", "port": "bus98.1", "purposes": ["Experiment"], "type": null}], "nodeName": "y001", "powerControl": {"ipAddress": "172.16.15.1", "macAddress": null, "port": null, "purposes": [], "type": "iDRAC"}, "storages": [{"capacity": "446.64 GiB", "letter": "sda", "letters":
```



# スクショ：バックアップ実行

The screenshot shows the StarBED dashboard interface. A modal dialog titled "y002 バックアップ" is open, allowing the user to configure backup settings for node y002. The dialog includes the following fields:

- バックアップ対象のディスク**: sda SSD 446.64 GiB ["Boot"]
- バックアップサイズ (GB)**: 10
- イメージバックアップ先URL**: nfs://{サーバ名}/{ファイルパス}

A note in the dialog states: "※ バックアップサイズは、OSのセットアップされたパーティションサイズより若干大きめ (+5%以上を推奨)のサイズを指定してください。"

The background dashboard shows a "リソース管理" (Resource Management) section with a list of nodes (y001, y002, y012) and their associated bus devices (bus4.0, bus31.0, bus31.1, bus98.0, bus98.1). A "バックアップ実行" (Execute Backup) button is visible at the bottom of the dialog.

```

{"nodes": [{"group": "Y", "interfaces": [{"ipAddress": "172.16.5.1", "macAddress": "80:78:25:D4:6E:2E", "port": "bus4.0", "purposes": ["Management", "Pxe"], "type": null}, {"ipAddress": null, "macAddress": "B4:96:91:BA:08:3A", "port": "bus31.0", "purposes": ["Experiment"], "type": null}, {"ipAddress": null, "macAddress": "B4:96:91:BA:08:3B", "port": "bus31.1", "purposes": ["Experiment"], "type": null}, {"ipAddress": null, "macAddress": "B4:96:91:B3:40:48", "port": "bus98.0", "purposes": ["Experiment"], "type": null}, {"ipAddress": null, "macAddress": "B4:96:91:B3:40:49", "port": "bus98.1", "purposes": ["Experiment"], "type": null}], "nodeName": "y001", "powerControl": {"ipAddress": "172.16.15.1", "macAddress": null, "port": null, "purposes": [], "type": "iDRAC"}, "storages": [{"capacity": "446.64 GiB", "letter": "sda", "letters":
  
```

# スクショ：ジョブ実行履歴

The screenshot shows the StarBED dashboard interface. The browser address bar indicates the URL is `vmuser220/dashboard/sbeng-22/jobs`. The dashboard header includes the StarBED logo, version 73, and user information for 'sbeng-22' and 'sbeng'. A left sidebar contains navigation menus for Dashboard, Resource Management, Facility Management, OS Management, Infrastructure Management, File Operations, Experiment Management, Jobs, and Version Information. The main content area is titled 'ジョブ' (Jobs) and displays a list of job execution records. Each record includes a title (e.g., 'ディスクバックアップ' or 'ディスクレストア'), a timestamp, a status (e.g., 'error' or 'finished'), and a detailed description of the operation performed on a specific node and disk.

ジョブ名	日時	ステータス	実行内容
ディスクバックアップ	2023-02-13 16:05:11	error	ディスクのバックアップを実行します。プロジェクト: sbeng-22, ノード: y011, ディスク: /dev/disk/by-path/pci-0000:65:00.0-scsi-0:2:0:0, バックアップサイズ: 50, バックアップ先: nfs://exfs1.lab.starbed.org/home/guest/sbeng-sbeng-22/bkup/ubuntuSV001.gz
ディスクバックアップ	2023-02-13 15:52:12	finished	ディスクのバックアップを実行します。プロジェクト: sbeng-22, ノード: y002, ディスク: /dev/disk/by-path/pci-0000:65:00.0-scsi-0:2:0:0, バックアップサイズ: 50, バックアップ先: nfs://exfs1.lab.starbed.org/home/guest/sbeng-sbeng-22/bkup/y002/bkupy0022230213b.gz
ディスクバックアップ	2023-02-13 13:37:20	error	ディスクのバックアップを実行します。プロジェクト: sbeng-22, ノード: y011, ディスク: /dev/disk/by-path/pci-0000:65:00.0-scsi-0:2:0:0, バックアップサイズ: 50, バックアップ先: nfs://exfs1.lab.starbed.org/home/guest/sbeng-sbeng-22/bkup/ubuntuSV001.gz
ディスクバックアップ	2023-02-13 10:45:07	finished	ディスクのバックアップを実行します。プロジェクト: sbeng-22, ノード: y002, ディスク: /dev/disk/by-path/pci-0000:65:00.0-scsi-0:2:0:0, バックアップサイズ: 50, バックアップ先: nfs://exfs1.lab.starbed.org/home/guest/sbeng-sbeng-22/bkup/y002/bkupy0022230213a.gz
ディスクレストア	2023-02-13 10:20:18	error	ディスクのレストアを実行します。プロジェクト: sbeng-22, ノード: y011, レストイメージ: nfs://exfs1.lab.starbed.org/home/guest/sbeng-sbeng-22/bkup/ubuntuDT001.gz
ディスクバックアップ	2023-02-10 19:29:21	error	ディスクのバックアップを実行します。プロジェクト: sbeng-22, ノード: y011, ディスク: /dev/disk/by-path/pci-0000:65:00.0-scsi-0:2:0:0, バックアップサイズ: 50, バックアップ先: nfs://exfs1.lab.starbed.org/home/guest/sbeng-sbeng-22/bkup/ubuntuSV001.gz
ディスクバックアップ	2023-02-10 18:22:24	error	ディスクのバックアップを実行します。プロジェクト: sbeng-22, ノード: y011, ディスク: /dev/disk/by-path/pci-0000:65:00.0-scsi-0:2:0:0, バックアップサイズ: 50, バックアップ先: nfs://exfs1.lab.starbed.org/home/guest/sbeng-sbeng-22/bkup/ubuntuSV001.gz
ディスクバックアップ	2023-02-10 17:13:45	error	ディスクのバックアップを実行します。プロジェクト: sbeng-22, ノード: y011, ディスク: /dev/disk/by-path/pci-0000:65:00.0-scsi-0:2:0:0, バックアップサイズ: 50, バックアップ先: nfs://exfs1.lab.starbed.org/home/guest/sbeng-sbeng-22/bkup/ubuntuSV001.gz
ディスクバックアップ	2023-02-10 11:53:52	error	ディスクのバックアップを実行します。プロジェクト: sbeng-22, ノード: y011, ディスク: /dev/disk/by-path/pci-0000:65:00.0-scsi-0:2:0:0, バックアップサイズ: 50, バックアップ先: nfs://exfs1.lab.starbed.org/home/guest/sbeng-sbeng-22/bkup/ubuntuSV001.gz

# スクショ：ファシリティ管理



dashboard version 73 sbeng-22 | sbeng ログアウト

トップ > ファシリティ管理

## ファシリティ管理

<b>HelloStarbed</b> Hello-StarBED! と標準出力に表示する。	<b>[Redacted] App</b> [Redacted] アプリの開始・制御を行う	<b>HelloStarb</b> Hello-StarBED! と標準出力に表示する。
<b>[Redacted]</b>	<b>LocationConverter</b> 移動条件をもとに、ステップごとの移動体の位置情報を算出する。	<b>SubscribeMessageBenchmarkOnPhysicalOS</b> MQTTのサブスクリバ、単純にメッセージを受け取ってログに書き出す(物理マシン用)
<b>SubscribeMessageBenchmark</b> MQTTのサブスクリバ、単純にメッセージを受け取ってログに書き出す	<b>StreamingBridge</b> データをROS2トピックまたはRedisで受信し、WebSocketにブリッジする機能を提供する。	<b>[Redacted]</b> 必要なモデルを合成する。
<b>[Redacted]</b> に送る	<b>[Redacted] erRos2</b>	<b>R</b> 入 [Redacted]。
<b>HelloWorldSample</b> 単純なファシリティのサンプル	<b>lperfServer</b> iperf serverを立ち上げる	<b>[Redacted]</b>
<b>ScriptExecutor</b> スクリプトを実行するファシリティ	<b>HelloStarbe</b> Hello-StarBED! と標準出力に表示する。	<b>HttpHello</b> 単純なHttp GET・POSTを行う。レスポンスはJSONで、サーバ側の環境

Zabbix



# スクショ：ファシリティ登録



The screenshot shows the StarBED dashboard interface. A modal dialog titled "新規ファシリティ" (New Facility) is open in the center. The dialog contains the following text and fields:

- Title: 新規ファシリティ
- Instruction: ファシリティ定義ファイルを選択してください。
- Field: ファイルを選択 (選択されていません)
- Instruction: ファシリティパッケージファイル(zip)を選択してください。
- Field: ファイルを選択 (選択されていません)
- Text: リリースノート
- Buttons: アップロード, キャンセル

The background dashboard shows a grid of facility cards, each with a wrench icon for configuration. Visible cards include:

- SyslogAgent: syslogをホストに転送する、ログエージェントファシリティ
- Ros2DatabaseDumper: 各種データをDBに保存する。
- FileStorage: ファイルストレージ
- SubscribeCommandAgent: CommandPublisherファシリティ経由でコマンドを受け付け、実行し、結果を返信する。
- HelloStarbed: Hello-StarBED! と標準出力に表示する。
- PrintEnv: Dump environment

The dashboard header includes "StarBED dashboard version 73", user "sbeng-22", and a "ログアウト" button. The left sidebar lists navigation options like "ダッシュボード", "リソース管理", "ファシリティ管理", etc.



# StarBEDノード



		P	W, X
Model		DELL PowerEdge R430	DELL PowerEdge R650
CPU		Intel 16-core Xeon E-2683 v4 * 2	Intel Xeon Gold 6330N 28Core * 2
# of CPU Core		7680	14336
Memory		384GB	512GB
Disk		SATA 1.2TB * 1, SSD1.6TB * 1	SSD 480GB * 2
Exp. NIC	GbE	3	0
	10G	2	0
	25G	0	4
	100G	0	0
Mgmt NIC	GbE	1	1
GPU		-	-
# of Nodes		240	256
Period		~ Mar. 2023	Apr. 2023 ~



# 今後の研究開発



## 研究開発

## ユーザへの提供環境 「テストベッド」

～前中長期計画

- シミュレータ・エミュレータ連携基盤  
Smithsonian
- SHIVA/NERVF/Jonathan ...: シミュレータとエ  
ミュレータの連携PoC群
- 減災オープンプラットフォームARIA

現中長期計画

- CyReal実証環境用ミドルウェアの  
アーキテクチャ設計

Apr. 2023

- 利用者がもちこんだシミュレーター・エミュ  
レーター・実システムを効率的に連携させる  
「プロトコル/インタフェース」の定義
- 利用者が共通的に利用できる汎用のシミュ  
レーターやエミュレータの開発と整備
- 実時間で動くエミュレータと、論理時間で動  
作するシミュレータの同期の仕組み（計算の  
複雑さによってシミュレーションが間に合わ  
ない場合なども）
- 利用者が利用しやすいUIなどの開発

ユーザ  
提供

- CyReal実証環境用ミドルウェア実装
  - 検証環境のセットアップ
  - 実験シーケンスの実行・管理
  - 一部可視化



