



# GGCリサーチ オープンシミュレータの 開発と公開

○岡田 慧

(ガンダム GLOBAL CHALLENGEメンバー, 東京大学)

吉崎 航

(ガンダム GLOBAL CHALLENGEシステムディレクター, アスラテック株式会社)

# GUNDAM FACTORY YOKOHAMA

- 横浜の山下ふ頭内で展示されている「18mの実物大“動くガンダム”」を公開する施設
- 2020年12月19日～2021年3月31日

## ■ガンダム本体

- モデルはRX-78(『機動戦士ガンダム』, 全高18m)
- 可動フレーム(鋼鉄)+外装(カーボン樹脂)
- 質量は約25t
- 関節自由度は全24自由度(ハンド除く)
- アクチュエータは全て電動
- 「モータ+減速機」と「電動シリンダ」併用  
(大トルク部は電動シリンダ)

## ■安全性

- 腰部を後方から支持  
(GUNDAM-CARRIER(支持台車)に接続)
- 動作時, 人は非搭乗
- 遠隔制御室から動作指示
- 屋外環境, 天災を踏まえて設計  
(雨, 塩害, 地震, 台風)



# GGC(GUNDAM GLOBAL CHALLENGE)

- 18mの実物大ガンダムを動かすことに挑戦するプロジェクトチーム

## GGCリーダー

富野 由悠季・『機動戦士ガンダム』シリーズ総監督

橋本 周司・早稲田大学名誉教授

ピトヨハルトノ・中京大学工学部教授

本元 克行・映画監督

斎藤精一・パノラマティクス主宰

## GGCディレクター

石井 啓範・テクニカルディレクター

吉崎 航・システムディレクター

川原 正毅・クリエイティブディレクター

## Technical Partners

乃村工藝社・アスラテック・川田

工業・住友重機械搬送システム・

ココロ・ナブテスコ・三笠精機・

安川電機・前田建設工業

## GGCメンバー 2014年7月公募開始 2015年10月発表

金子 裕哉・ガンダムとザクに相撲をとらせて四脚にした自立歩行

江 明勲・人間らしく歩行するロボットの擬人化設計

木原 由光・外部動力供給式軽量型ガンダム独立歩行システム

岡田 慧・ガンダム・リサーチ・オープンプラットフォームの開発

# ガンダム・リサーチ・オープンプラットフォーム フォームの開発 (提案書)

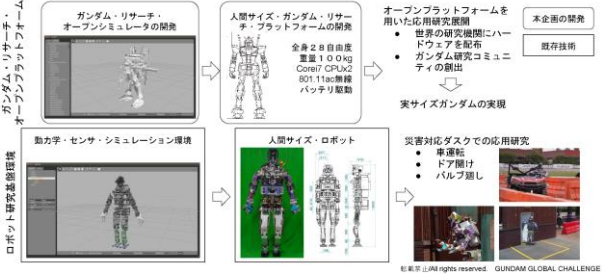
情報システム工学研究室 岡田慧

情報システム工学研究室 岡田慧

情報システム工学研究室 岡田慧

## A) ガンダム・リサーチ・オープンプラットフォームの開発

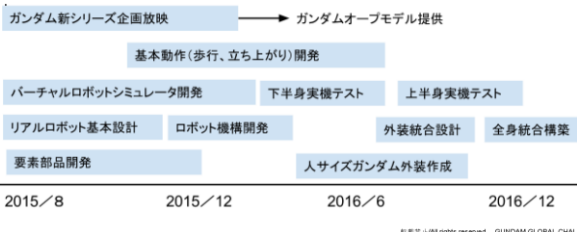
概要：実在のガンダムモビルスーツを用いたソフトウェア並びにハードウェアのオープンロボットプラットフォームを開発し、世界の若者が夢を持って自由にロボット開発に参加できる体制を創出と、ロボティクス分野のさらなる発展へ寄与し「リアルガンダム」の実現に繋げることを目的とします。



情報システム工学研究室 岡田慧

## 開発スケジュール

本企画ではリアル・バーチャルのロボット研究開発可能なガンダムシミュレータ並びに人間サイズガンダムロボットを開発し、これを基盤として世界の研究者、プログラマ、ホビイストが参画し共に夢を追って「リアルガンダム」の実現に没頭できるようなオープンプラットフォームの実現を目指します。そのために、プロジェクト開始から半年でシミュレータ環境を開発、提供し、さらに1年で人サイズのガンダムロボットを開発し、GGCメンバーが広く活用できるようにします



## B) (リアルガンダム) 人間サイズ検証機の開発

人型サイズから等身大サイズまでシミュレーション可能なガンダム用のロボットシミュレータを開発します。このシミュレータではGazeboと呼ばれるソフトウェアをベースにします。これは、モータやギアなどの駆動部や力覚、姿勢覚、視覚等のセンサ部のシミュレーションが可能であり、ロボット研究分野の加速化に大きく貢献しています。

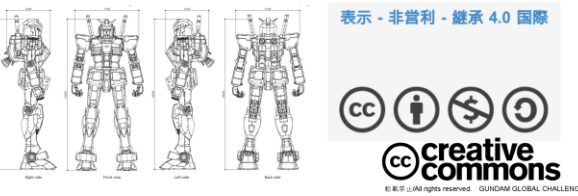
開発ではシミュレータ、シミュレータ上で稼働するガンダムモデル、基本的動作ライブラリ(起き上がり、歩行等)を行います。また世界のロボット研究者に広く使われているオープンソースミドルウェア(ROS)に対応したインターフェースをオープンソースライセンスとして広く一般に公開し、GGCメンバーを含めて世界の研究者による各技術開発に貢献することを目的とします。



情報システム工学研究室 岡田慧

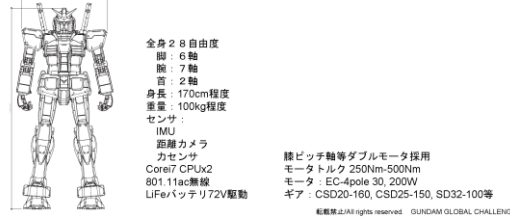
## 開発スケジュール：オープン・モビルスーツ・モデル

オープンプラットフォームの展開には「RX-78-2ガンダム」の3Dモデル情報(リンク情報、関節情報、外観形状)が必要になり、かつ、オープンプラットフォームとして展開するにはこれがオープンなライセンス(例えばクリエイティブコモンズ<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/deed.ja>)で提供します。これが難しい場合はオープンなライセンスが可能なモビルスーツを新たに開発し、その新シリーズのTV放映を行い、視聴者を巻き込みながら、オープンプラットフォームの開発と展開を行う計画になっています。



## B) (リアルガンダム) 人間サイズ検証機の開発

シミュレータで開発した機体、動作、行動の実現可能性の検証検証機として人間サイズ(2m程度)のガンダムロボットを開発します。開発では、下半身検証機、上半身検証機を制作し基本動作の実現可能性を検証した後、デザイン性を損なわない外装との統合機構を開発し全身統合を行います。開発したロボットはシミュレータと同様のROSのインターフェースを提供し、シミュレータで検証した起き上がり、歩行の動作プログラムを変更することなく、実機で実行できることを確認します。



情報システム工学研究室 岡田慧

## 企画展開

本企画はガンダムロボットのソフトウェアとハードウェアのオープンプラットフォームの開発し、これを広く社会に提供することでより多くの人々を本チャレンジに呼びこむことを目指します。具体的には、世界最先端のロボット研究が可能な技術レベルを取り込んだオープンプラットフォームを展開することで、ガンダムを中心とした最先端のロボティクス技術の集積拠点を確立し、「リアルガンダム」の実現基盤を構築します。2020年の「リアルガンダム」の実現のためには遅くとも2016年にはオープンロボットプラットフォームを実現する必要があるため、既に確立している既存技術を活用し、以下の2つの開発を実施します。

- A. リアルロボットの完全シミュレーション(駆動系、認識系、行動系、物理エンジン)が可能なガンダムシミュレータの開発
- B. シミュレータで実現する歩行や立ち上がる動作が実世界で実現可能なことを実証する人サイズ検証機を開発

# GGC リサーチ オープンシミュレータ

[http://wiki.ros.org/gundam\\_robot](http://wiki.ros.org/gundam_robot)

- GUNDAM RX-78 URDFモデル
- Gazebo シミュレータ
- ロボットコントローラ (ros\_control)

ROS Discourse

**New packages for Melodic 2020-02-05**  
 ■ General release, melodic

clalancette Feb '20

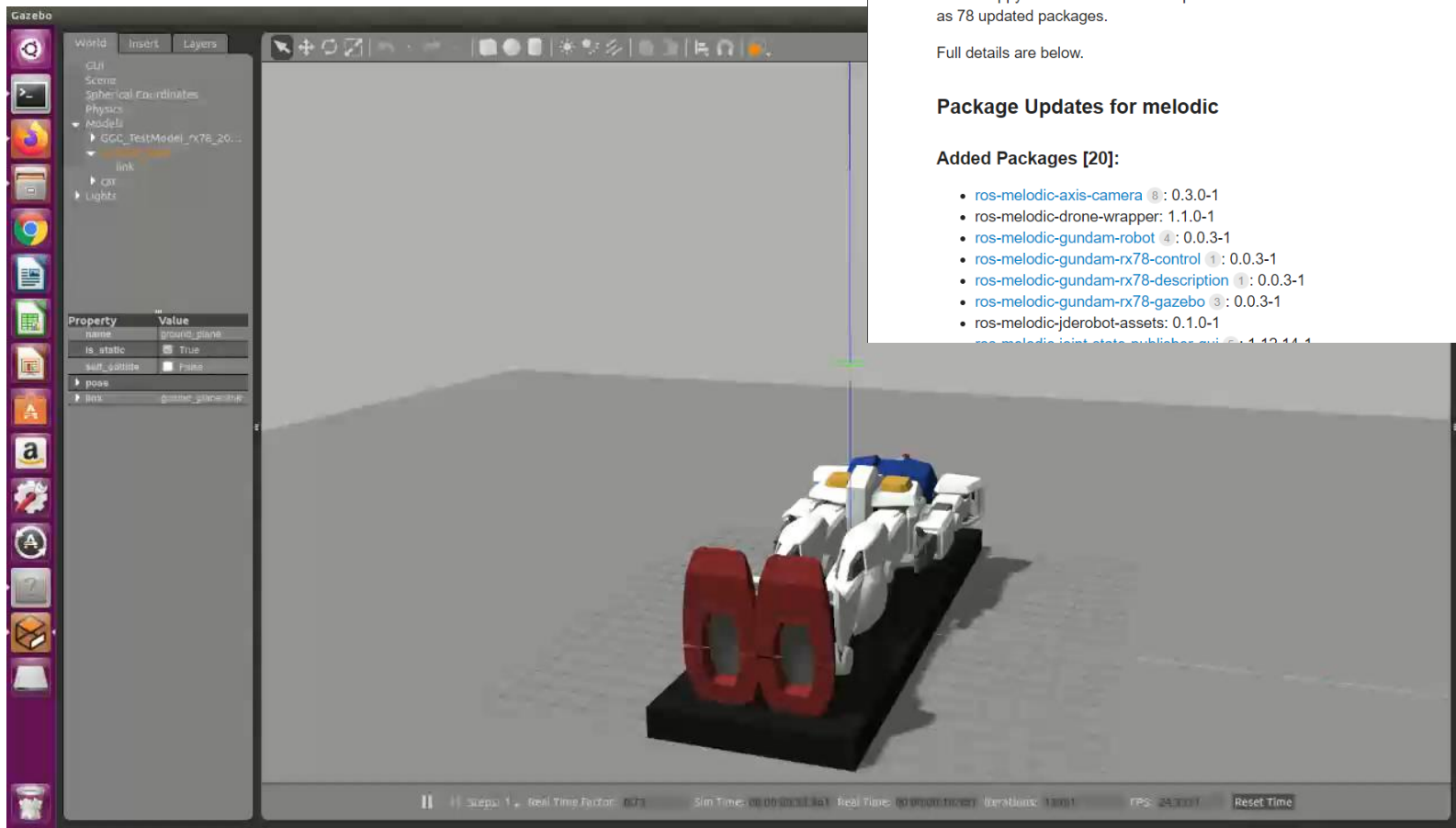
We're happy to announce the next update of ROS Melodic. We have 20 new packages as well as 78 updated packages.

Full details are below.

**Package Updates for melodic**

**Added Packages [20]:**

- [ros-melodic-axis-camera](#) @ : 0.3.0-1
- [ros-melodic-drone-wrapper](#) : 1.1.0-1
- [ros-melodic-gundam-robot](#) @ : 0.0.3-1
- [ros-melodic-gundam-rx78-control](#) @ : 0.0.3-1
- [ros-melodic-gundam-rx78-description](#) @ : 0.0.3-1
- [ros-melodic-gundam-rx78-gazebo](#) @ : 0.0.3-1
- [ros-melodic-jderobot-assets](#) : 0.1.0-1
- [ros-melodic-joint-state-publisher-gui](#) @ : 1.12.11-1



# ライセンス

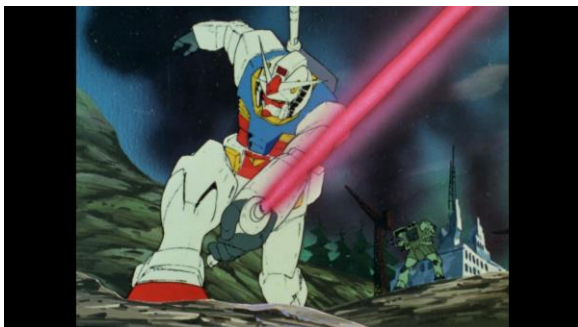
- ソースコード : BSD
- ロボットモデル : GGCリサーチオープンシミュレータ利用許諾

表示 非営利  
 作品のクレジットを表示すること 営利目的での利用をしないこと  
 改変禁止 継承  
 元の作品を改変しないこと 元の作品と同じ組み合わせのCCライセンスで公開すること

クリエイティブ・コモンズ・ジャパン「クリエイティブ・コモンズ・ライセンスとは」より引用  
<https://creativecommons.jp/licenses/>

## 『機動戦士ガンダム』 1979年

- バンダイナムコグループ『ガンダム』関連売上  
2020年度 過去最高950億
- ガンプラの中国・北米市場が拡大中



2021年5月：  
バンダイナムコ  
グループ  
2020年度  
決算説明会

### 1 GGCリサーチ オープンシミュレータに基づく作品、制作物の著作権等の法的権利の表示について。



【表示・非営利・継承】

【©創通・サンライズ/ガンダムGLOBAL CHALLENGE】

利用者は、GGCが、GGCリサーチ オープンシミュレータにより配布するデータの利用にあたり、制作物の発表には、「©創通・サンライズ/ガンダムGLOBAL CHALLENGE」のクレジット表示をなし、非営利目的に限り、元の作品と同じ組み合わせのライセンスで公開するものとします。  
ただし、GGCリサーチ オープンシミュレータから配布されたデータ、及びこ



Learning ROS is part of becoming a Gundam pilot. Just saying.

ツイートを翻訳

Catsuka @catsuka · 2020年9月22日

Life-sized Gundam in Yokohama is now in testing mode.

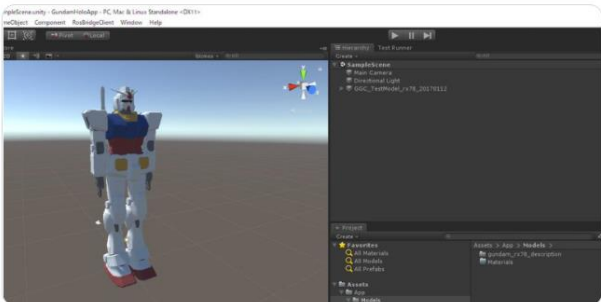
このスレッドを表示



午前8:38 · 2020年9月22日 · Twitter for Android



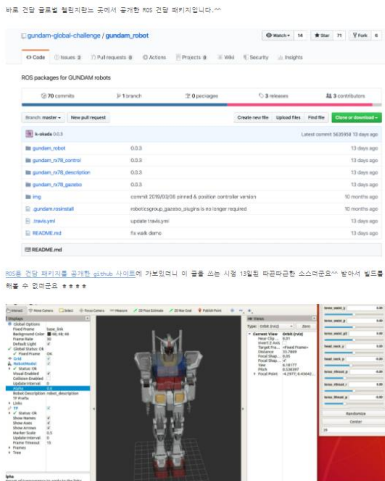
Unity Editor にガンダムが出現！



午前10:59 · 2020年1月22日

42 1 このツイートを共有

返信をツイート



富野良之(Yoshiyuki Tomino)の《高达》(Gundam)系列于1979年首次上映...



# 世界の反応



实体经济 A股 港股 美股 基金 理财 黄金 期货 债券 互联网金融 房地产 更多

## 日本正建造迄今最大机器人：身高18米，可行走

2020年02月06日 21:13 麻省理工科技评论

(来源: Gundam Global Challenge)

富野良之(Yoshiyuki Tomino)的《高达》(Gundam)系列于1979年首次上映...

《变形金刚》《环太平洋》《铁甲钢拳》《电子世界》《超级大金剛》...



图 | 今年10月，横浜将揭开18米的行走高达机器人的面纱 (来源: 高达工厂)

横浜机动战士工厂的目标是将标志性的RX-78-2机器人带入横浜港口的巨大公共景点中...

该机器人正在使用开源机器人操作系统(ROS)和Gazebo模拟软件进行开发...

头条号入驻

麻省理工科技评论 麻省理工学院。关注即将商业化的创新，聚焦即将资本化的创业。

- 合成生物学将引领下一代基因组学，更高效的工程化方法和诊断会更加有效和安全？
国内首例患者支付120万获CAR-T细胞疗法治愈？上海瑞金医院采用CAR-T细胞疗法治愈患者癌细胞 | 专访叶海峰、杜冰
科学突破奖像章鱼触手一样灵活的“机械臂”机器人，有望实现远程无线操控手术

财经自媒体联盟

今日推荐 优秀作者 看点月榜

8090后炒币实录：山顶站岗、离场、值T、等风来

App Store 14年：流水的规则，铁打的苹果“税” Techsoso科技智言

雷明特的悲剧，谁不欠雷明的债！ 每天学点经济学

俄乌的一价价格战，把中国通商半打漏进了泥潭 市值榜

年轻人淘米的大厂梦

# ロボット研究での活用

- RAL-ICRA2022 投稿中
- 強化学習による全身行動生成と最適制御による推力制御による飛行歩行制御

## Hybrid Whole-body Locomotion based on Learning and Optimization Methods for Aerial Humanoid Robots

Fan Shi, Tomoki Anzai, Yuta Kojio, Kei Okada, Masayuki Inaba  
The University of Tokyo, 113-8654, Tokyo, Japan

**Abstract**—Aerial humanoid robots are versatile platforms to walk and fly. In this paper, we propose a novel hybrid locomotion behavior for aerial humanoid robots, in which the aerodynamic force is combined to assist the ground-force-based locomotion. Robustness is improved compared to the ordinary humanoid locomotion; meanwhile, energy is saved comparing to aerial maneuvering. The challenges of whole-body hybrid locomotion lie in the computational complexity for the high-dimensions contact-switched system and safety-critical thruster device. To tackle these problems, we develop the controller combining the reinforcement learning (RL) and optimization method. The framework is demonstrated on several humanoid robot platforms with a bi-copter flight unit. To our best knowledge, it is the first work that demonstrates the hybrid whole-body locomotion behavior on the aerial humanoid robots

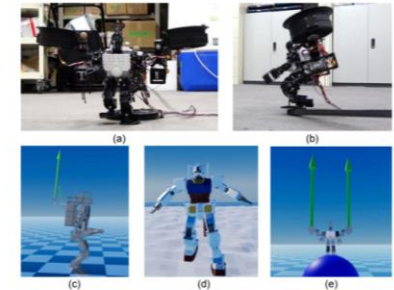
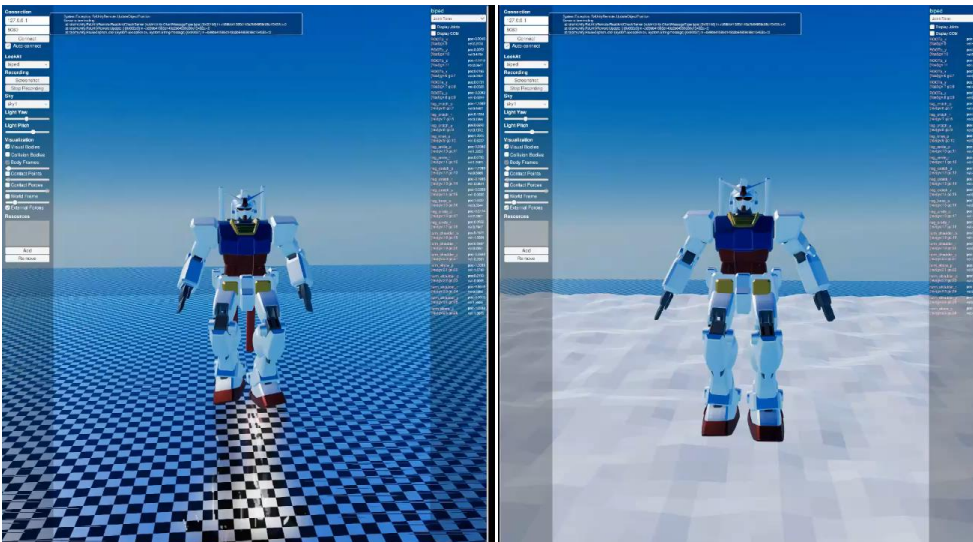


Fig. 1. Hybrid whole-body locomotion on aerial humanoid robots. (a)-(b) are hybrid walking on 3-kg Kxr robot with the flight unit, (c) is hybrid jumping on 200-kg Atlas robot with the flight unit, (d) is hybrid running on 40-ton Gundam robot with the vectored propulsion device on the rough terrain, (e) is hybrid loco-manipulation on the ball. High-resolution video: <https://fanshi14.github.io/me/ral22>

### I. INTRODUCTION

In nature, there are three main locomotion scenarios for birds: flight locomotion, legged locomotion, and wing-assisted hybrid locomotion combining aerodynamic and ground forces [1]. The hybrid locomotion strategy shows



一歩 0.5秒 2m/秒, スラスト力と傾斜角を最適化  
前進  
3mの起伏のある地形でランダムな方向へ進行

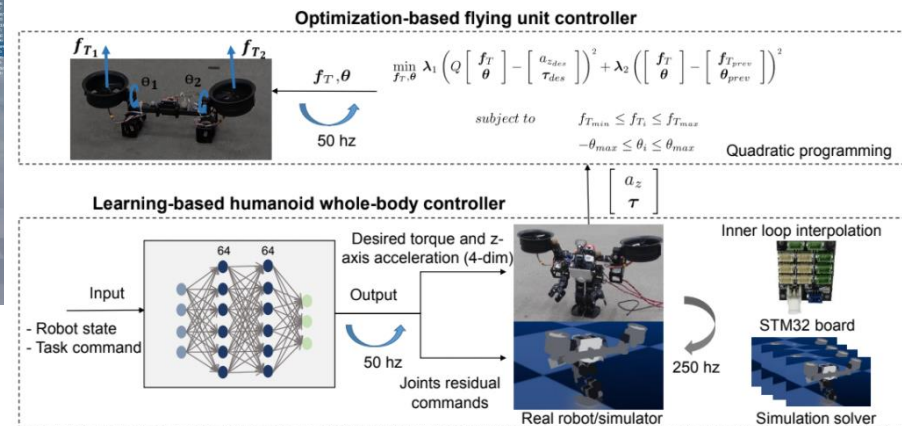


Fig. 3. The proposed online control framework of combining the optimization and learning method for hybrid locomotion for both safety-critical unit and high-dimensions humanoid robot, in which the simulation and real robot share the same framework with the same control frequency.



# 実物大ガンダムシステム構成図

## ■システム概要

- 演出制御装置からの指令で動く構成
- 最上位通信はDMX (照明などで使われる方式)
- 全体の制御システムはV-Sido(ブシドー)
- 基本はモーション再生だが、指は常に干渉を回避するよう、リアルタイムな動作生成が行われている

## ■V-Sido(ブシドー)の機能

- 制作前の負荷シミュレーション
- 振り付けのためのモーション作成
- モーションを滑らかにし、物理的に整合性をとるための自動修正
- 現場安全確認のためのCGによる情報共有
- 複数装置に関わるガンダム全体の制御

etc....

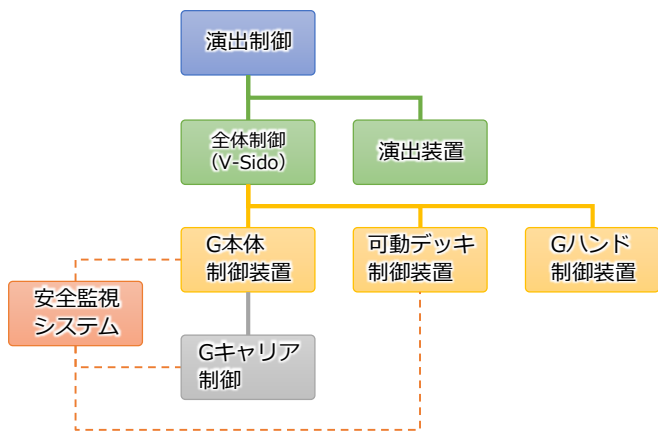


図.実物大”動くガンダム”のシステム構成



図.V-Sidoで事前に作られたCG (左) と実機で再現された動作 (右)

※本件でROSは使われていないが、外部システムと連携するモードが用意されている

# まとめ

- ガンダムのROSシミュレータ
  - 年間900億円の市場を生み出すロボット
  - GGCライセンス下でのロボットモデルの公開
  - `sudo apt install ros-melodic-gundam-robot`
- オープンプラットフォームによるイノベーション
- コミュニティの構築と参加

## 今後の課題

- 実システムでの利用
- 実物大ガンダムの検討