



mocopi autumn CAMP
2023.9.9

ヒューマノイド向け モーショントレースシステムの開発

mocopi 発売当日に デモ動画を公開できた理由 (わけ)

#Meridian計画 メンバー

堀ノ内 貴志 (holypong)

本日のアジェンダ

- ・ 自己紹介
- ・ Meridian ?
- ・ モーショントレースシステムの開発
- ・ まとめ

自己紹介：堀ノ内 貴志 (holypong)



仕事：国内メーカーに勤務

- ・ 組込機器・ロボット・ドローンの商品開発・研究開発・企画を経験
- ・ ロボティクス・AI・XR・IoT のシステムソフト開発が得意
- ・ 直近はクラウドベースのソフト開発環境構築などを担当



趣味：ロボティクス×ものづくり

- ・ 1996 PC98/Win95 3DCGシミュレータを無料公開（ロボット学会誌に収録）
- ・ 2003～ 「ROBO-ONE」ほか小型ヒューマノイド格闘競技大会で上位入賞
- ・ 2009～ ロボティクスの面白さを後進に伝えたい
 - 業界活性化の支援（二足歩行ロボット協会 会員）
 - 学んだ技術のデモ動画を公開中（Youtube/ニコニコ動画）

Mocopi発売当日にモーショントレースデモ公開

受け取った2時間後にデモ動画をツイート、リアルロボット制御は世界初！！



2023/1/20 のツイート



公開した mocopi モーショントレースシステム デモ動画

どうしてこんなにすばやく公開できたの？



Meridian ?

「理想のヒューマノイド開発環境」に挑戦

二名川氏が開発。GitHub (<https://github.com/Ninagawa123>) で2021年にOSS公開

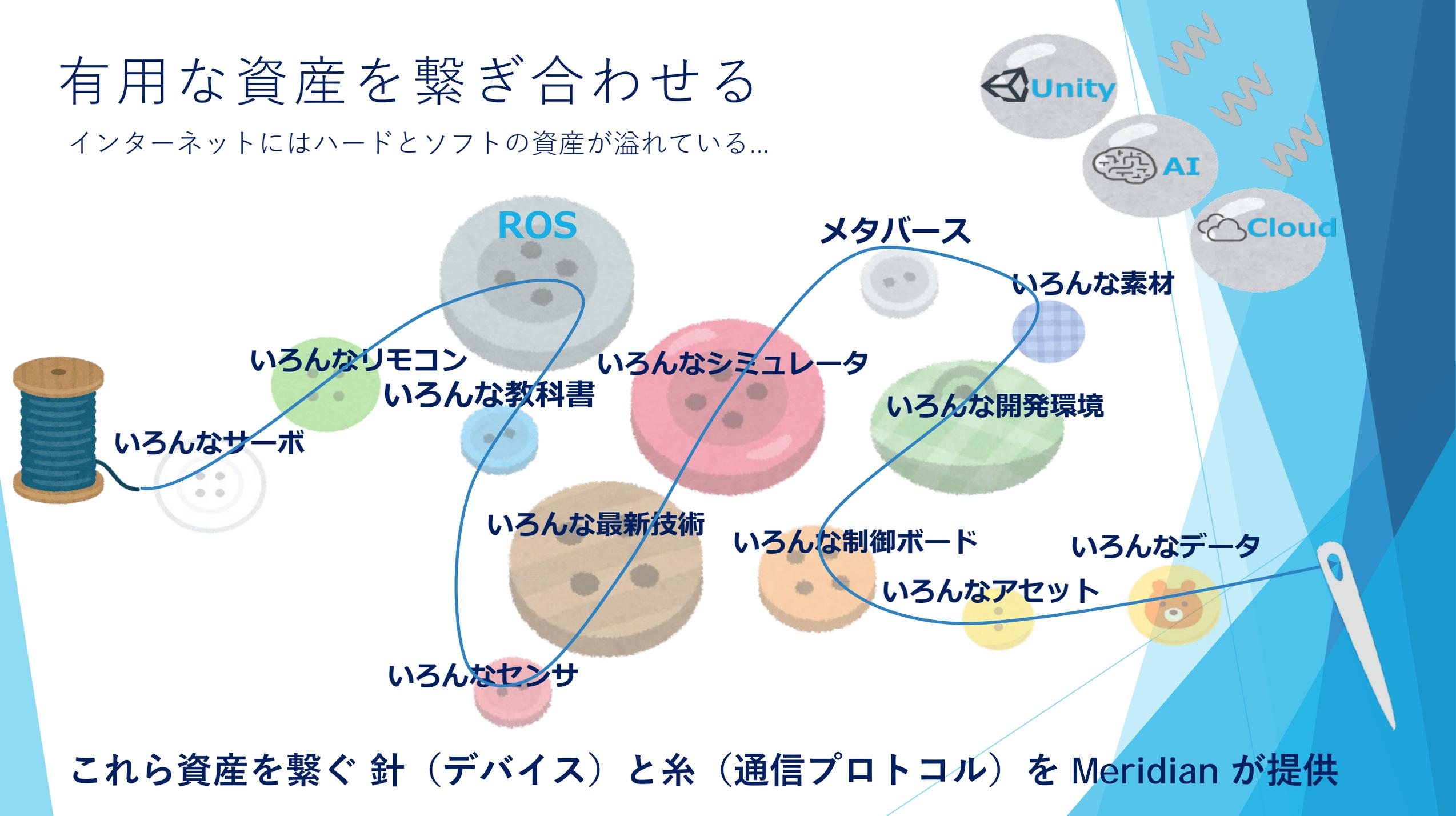
【狙い】

- ✓ 人体のようなのびやかな運動をホビーロボットで再現できる。
- ✓ 計算制御の学び・実装が楽しくできる。
- ✓ 各種シミュレーター、ビジュアライザーを使うことができる。
- ✓ 各社のコマンドサーボを混ぜて使える。
- ✓ センサもリモコンも自由に組み合わせて使える。
- ✓ モーション作成中に配線が絡まない千切れない。
- ✓ 電源バチンで即起動する。
- ✓ データもぜんぶ取れる。
- ✓ メタバースと連携できる。
- ✓ ROSの資産も使える。
- ✓ [Unity・AI・Cloudの最新技術をカンタンに導入できる。](#)
- ✓ システムが非ブラックボックスで、可読性が高い。
- ✓ チュートリアルが充実している。
- ✓ 情報交換しながらみんな楽しく開発できる。



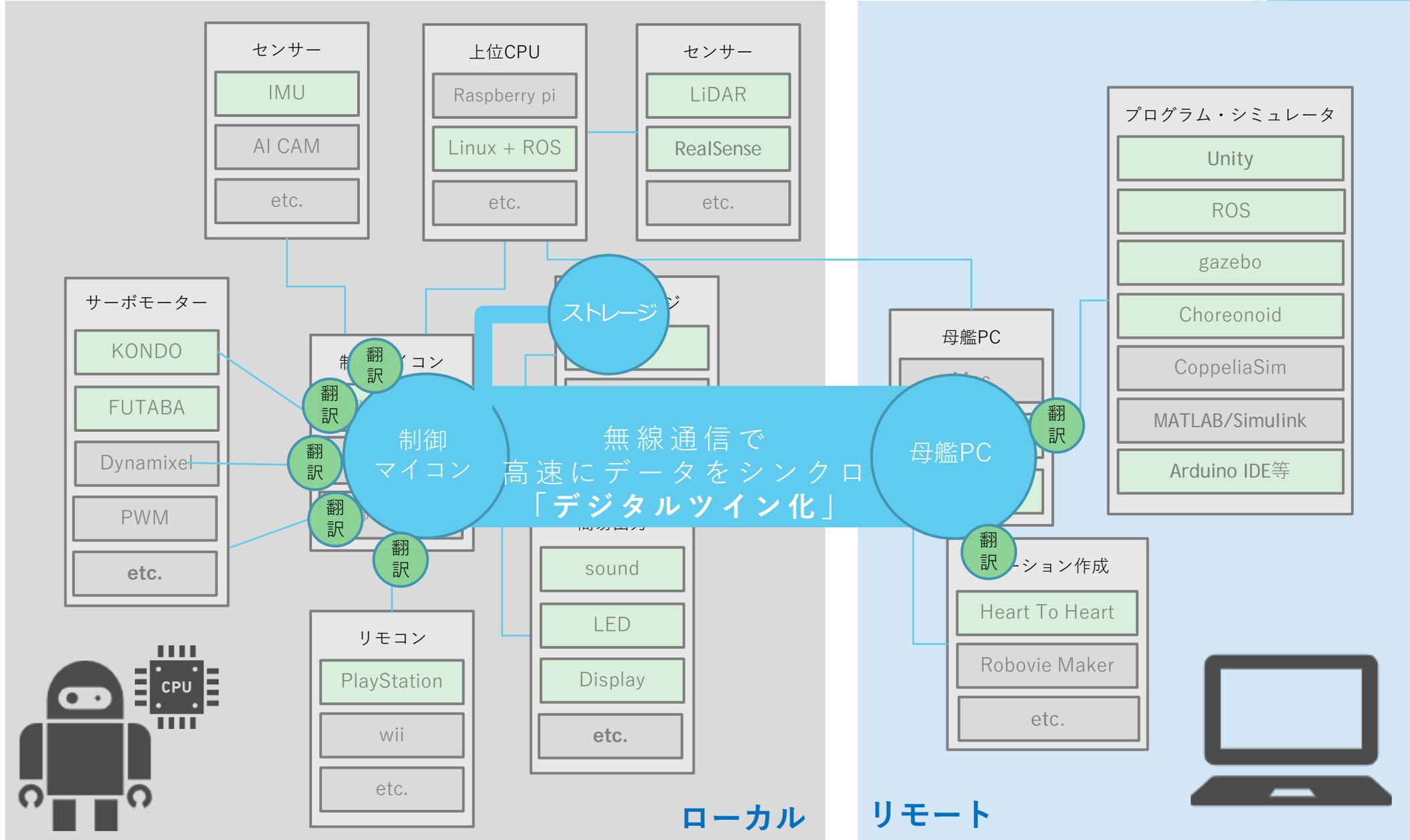
有用な資産を繋ぎ合わせる

インターネットにはハードとソフトの資産が溢れている...



これら資産を繋ぐ 針（デバイス）と糸（通信プロトコル）を Meridian が提供

小型ヒューマノイドのシステム構成

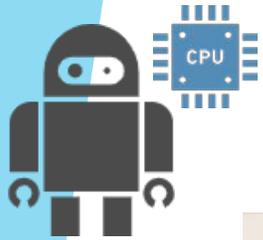


インターネット

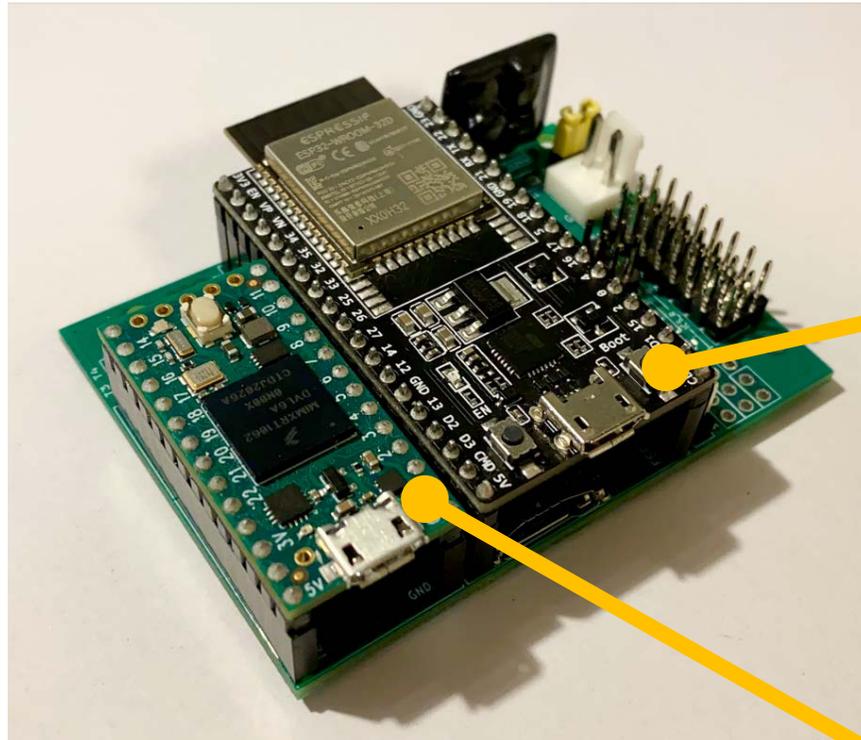
コンピューティングリソース： 小 << 大

<<< 無限大

Meridian デバイス



ヒューマノイドに搭載する基板。2つの市販ボードで処理負荷を分散。
VSCode + Platform IO + Arduinoライブラリを使用。



Meridian Board Type.K ver1.2

(((•))) Wi-Fi/Bluetooth (リモート接続)

ESP32-DevkitC

無線通信処理が得意

- デュアルコア 240MHz CPU
- Wi-Fi 2.4GHz IEEE 802.11b/g/n
- Bluetooth V4.2 BR/EDR BLE
- SD IO
- etc.

SPI(有線接続)



Teensy 4.0

豊富なI/Oで電子機器のRT制御が得意

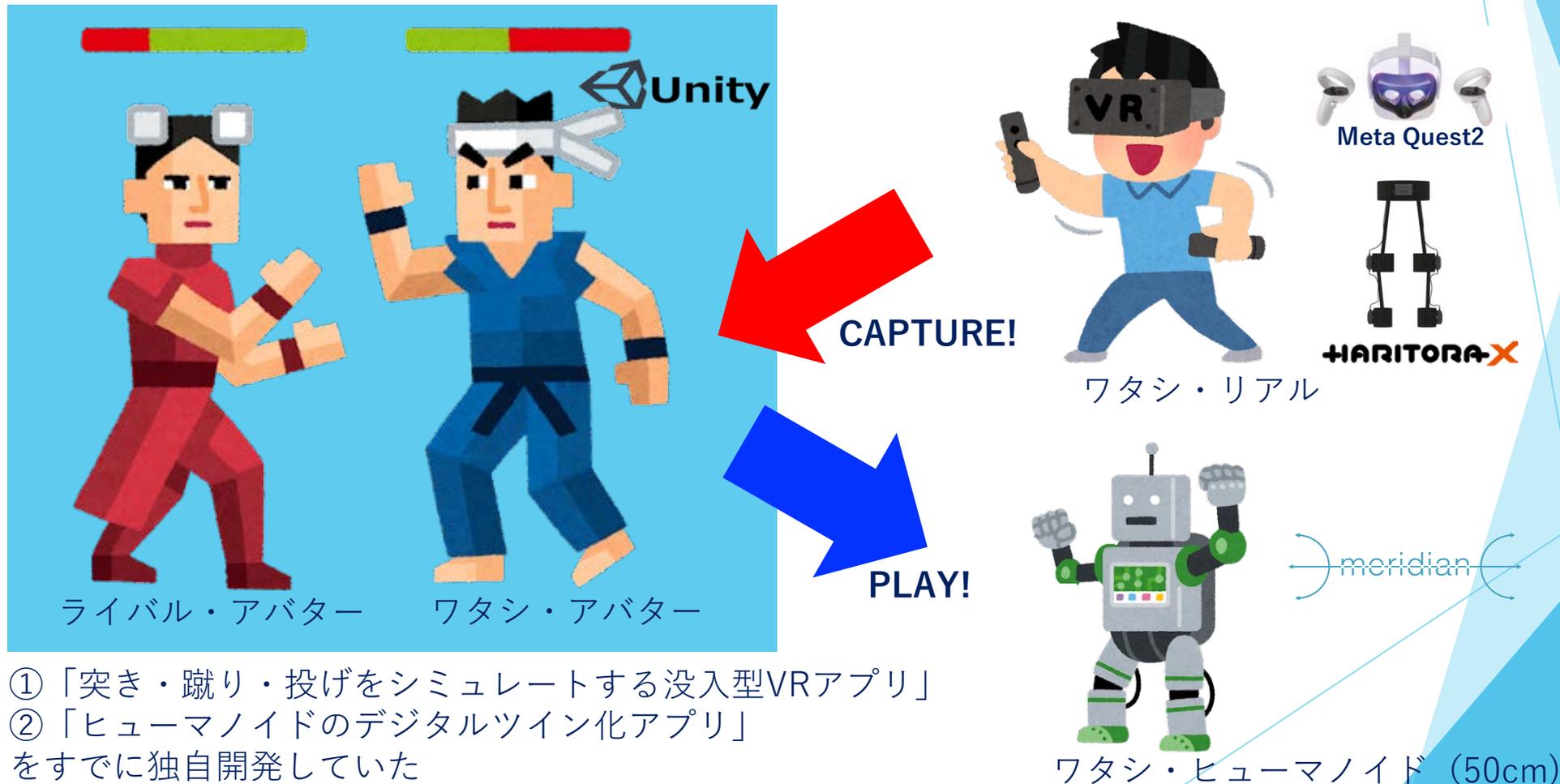
- ARM Cortex-M7 600MHz CPU
- UARTx4
- SD IO
- etc.



モーショントレースシステムの開発

「自らの格闘技でロボットを戦わせたい」

対戦用小型ヒューマノイドの格闘モーションをカンタンに作成するため、Shiftall社のHaritoraX*1を使ったリアルタイムモーションキャプチャ&プレイを実現



- ① 「突き・蹴り・投げをシミュレートする没入型VRアプリ」
 - ② 「ヒューマノイドのデジタルツイン化アプリ」
- をすでに独自開発していた

*1: Haritorax。Shitall製の8点～11点トラッキング (<https://ja.shiftall.net/products/haritorax>)

I. 多様なモーションデータを取込む

- ① Unity標準の人モーションファイルを取り込む . . . 【A】
- ①' VMC Protocol *1対応VRソフトが出力する人モーションを取り込む . . . 【B】
- ② 取込んだ人モーションをヒューマノイドモーションへRT変換*3・送信する

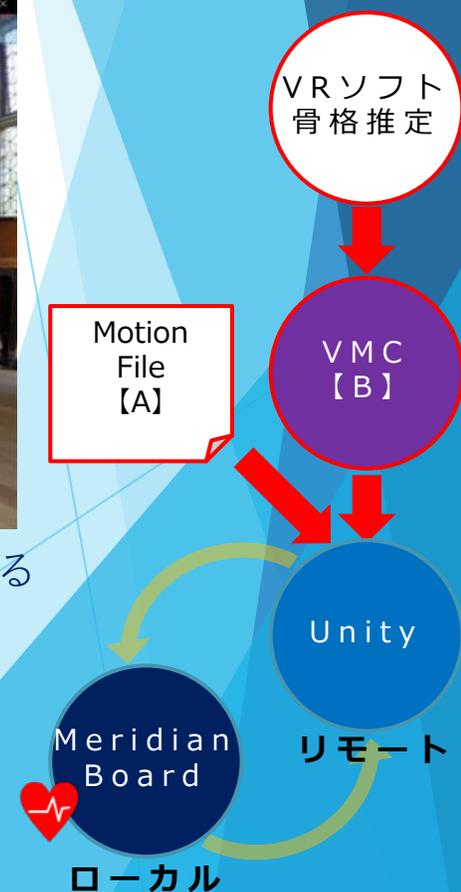


【A】 人モーションファイルを再生する



【B】 VRソフトが動画からRT骨格推定*2し再生する

*1: Virtual Motion Capture。アバターの人モーションの送受信機能 (<https://protocol.vmc.info/>)
*2: ThreeD Pose Tracker。映像から骨格推定するVRソフト (<https://digital-standard.com/tdpt/>)
*3: Kirurobo氏のVMC Protocolを受信しロボットを動かす技術 (<https://github.com/kirurobo>)

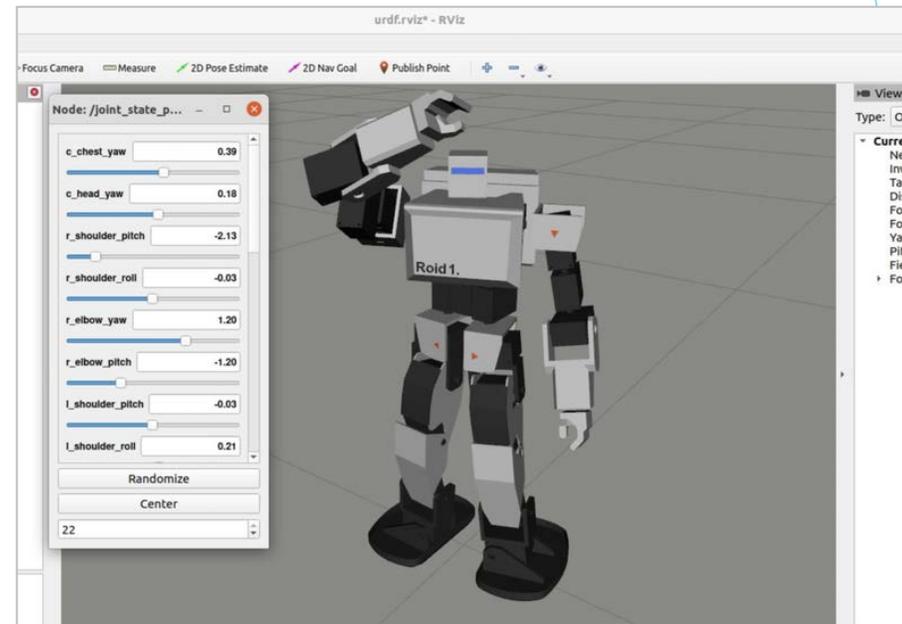


Ⅱ. モーショントレースでロボットを操縦する

- ① VMC Protocol対応VR機器（mocopi*1/Haritorax*2）で人の動きをトレースする
 - ② 通信経路にROSを挟んで、ヒューマノイドモーションを joint_state に変換する。
- Meridianで UnityとROSを繋ぎ、それぞれの有用な資産を活用する準備ができた！



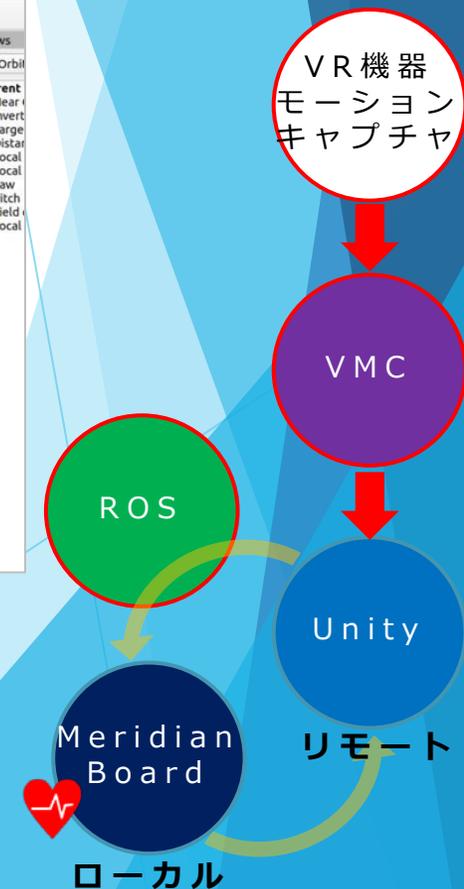
モーションキャプチャデータをUnityとROSに渡す



Rviz画面。URDFモデルで物理演算を検証中

*1: mocopi。SONY製の6点トラッキング (<https://www.sony.jp/mocopi/>)

*2: Haritorax。Shitall製の8点~11点トラッキング (<https://ja.shiftall.net/products/haritorax>)





まとめ

- Meridianを使って最新XR技術"mocopi"を小型ヒューマノイドにすばやく繋いだ
- あらゆるロボットがMeridianの適用対象（ヒューマノイドに限定しない）
- エンジニアがロボティクスに日常的に触れて研究開発を共に楽しんでほしい
- エンジニアの成長が我々のミライの生活を助ける・面白くすると信じて...



holypong

@automo_emo

活動空間



#Meridian計画



「holypong automo のチャンネル」



holypong

@automomo_emo

https://twitter.com/automomo_emo



/robot 「Meridian部室」

Discord 招待リンク (50名)



<https://discord.gg/3QTSfPfKKA>

END

フリー素材：
いらすとや、ICOOON MONO



Board Type.K Ver 1.2
2021.12.12 (2022.05.29訂正)

ICS_3の電源は必要な電圧を
主電源もしくはDCDC2など
から半田接続してください。

小型サーボ用の
降圧DCDC増設などに

マイコン5V給電用
安定化コンデンサ
もし必要なら追加

5V給電オンオフ用
(USB経由のマイコン書き込みが
安定しない場合の対策として
スイッチやジャンパを設置)

主電源。
7V-26Vを入力できます。
12Vの他、7.4Vなどを主電源
に選ぶことができます。

ヒューマノイドの度量衡

TypeKのピン配置

- 2つの市販ボードで負荷分散
- モータ制御のSIO3系統 + α
- センサ通信のI2C・SPI
- 自分で配線できるFreeピン
- SDメモリ



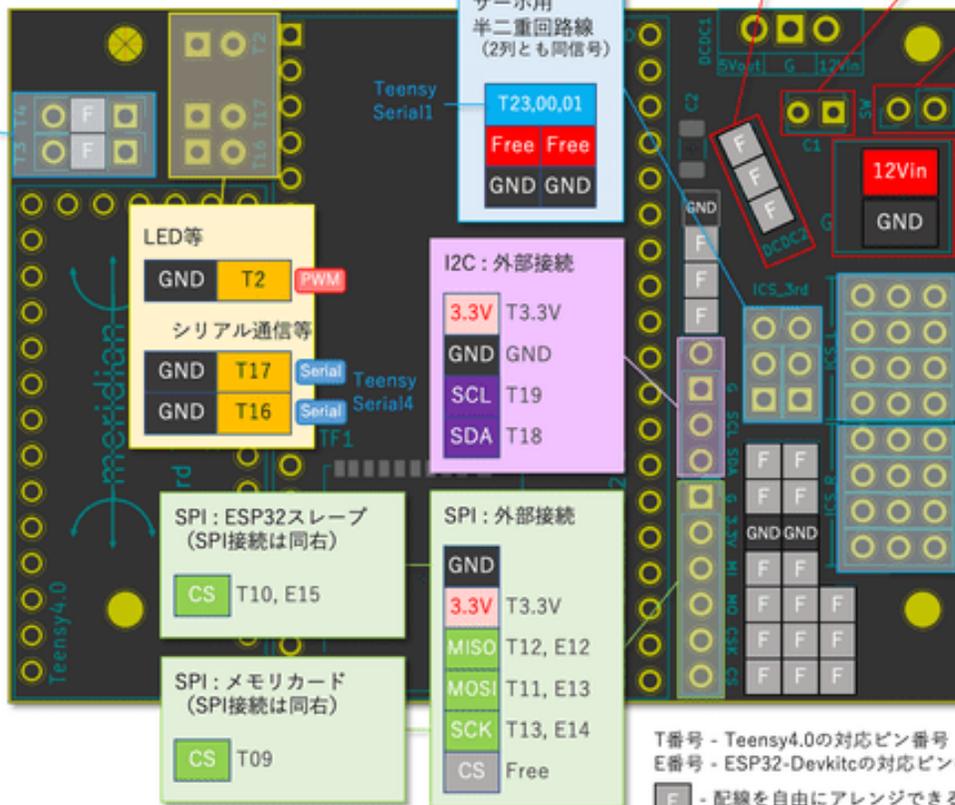
Teensy4.0
未接続ピン

[表面]

20 Serial
21 Serial
22 PWM

[裏面]

24 PWM Se 29 PWM Se
25 PWM Se 30
26 31
27 32
28 PWM Se 33 PWM

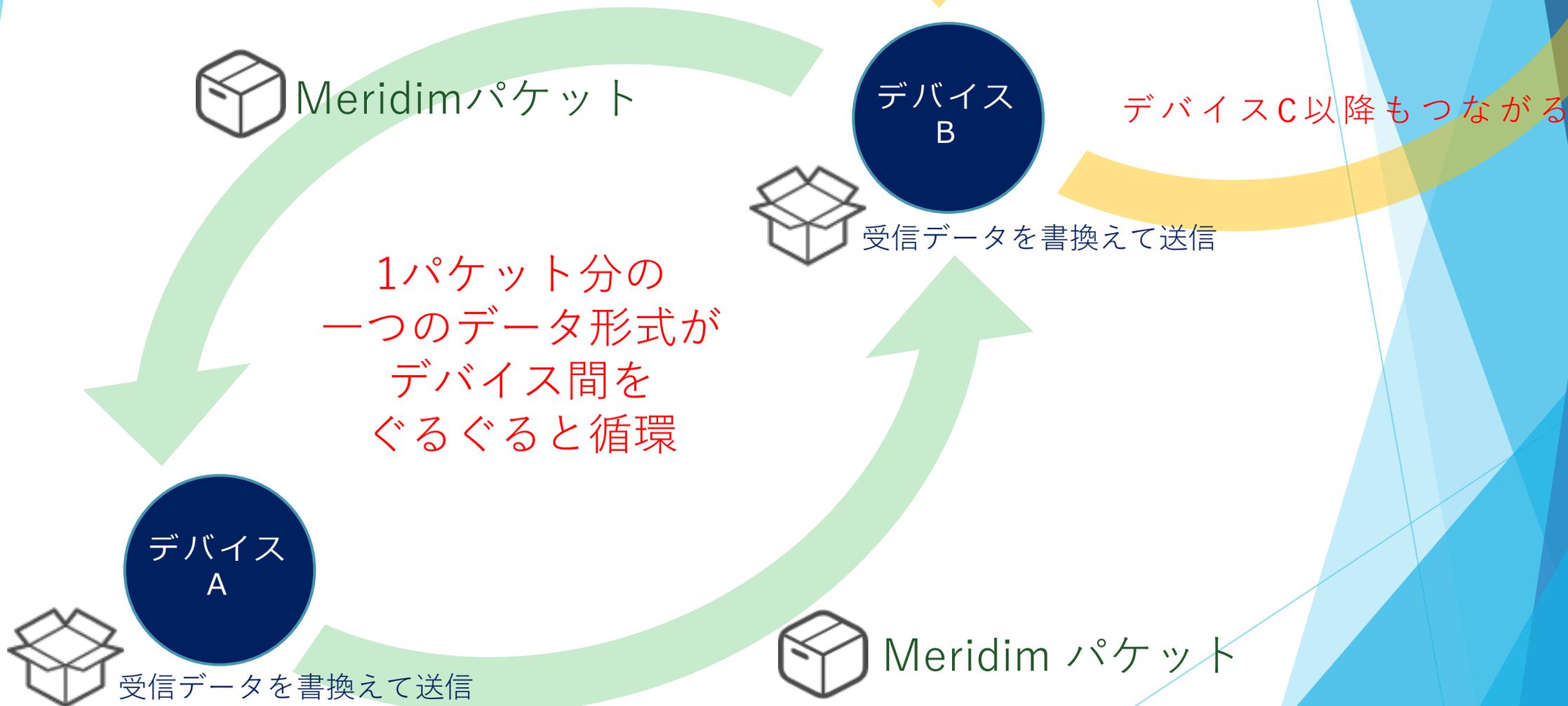


T番号 - Teensy4.0の対応ピン番号
E番号 - ESP32-Devkitcの対応ピン番号

F - 配線を自由にアレンジできる未接続ピン
裏面にてTeensy等のピンより半田付けで配線してください。

Meridian 通信プロトコル

100Hz通信を可能にする短文（Meridimパッケージ）を循環・リレーする仕組み



 100Hzをキープする発振器の働き

Meridim90パケットの構成(180Byte)



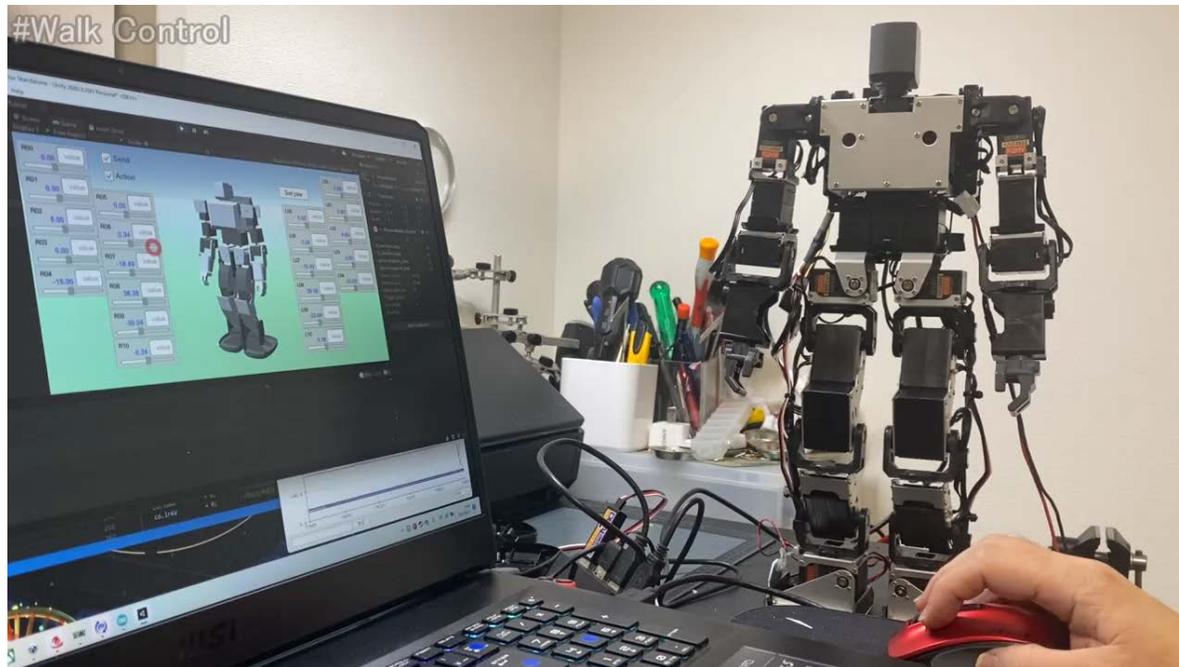
- EtherのUDPの1パケットに収める
- 16ビット x 90個 = 180バイトのデータを定型とし、30軸分の指令やIMUデータやリモコンデータを格納
- パケットサイズは可変 (最大1472Byte)

(←左半身系データ)

(右半身系データ→)

I. リモートで試してローカルにすばやく移植する

- ① リモート Unity/ROS で安定歩行制御のアルゴリズムを記述する (C++/C# or Python)
- ② リモートとローカル間を、歩行データ送信・センサデータ受信して100HzでRT制御する
- ③ リモートでの検証が終わったら、ローカル Arduinoへの移植する (C++)



UVC (上体垂直制御*1) アルゴリズムを使って、大きい外力に対する反射行動

*1: Dr.Guero氏 (@doctorguero) の倒れない二足歩行ロボットを実現する技術
(<https://www.youtube.com/watch?v=B6YltEG2mNs>)



データの 流れ

コマンドサーボ

命令
実行

状態
データ
返信

センシング
データ

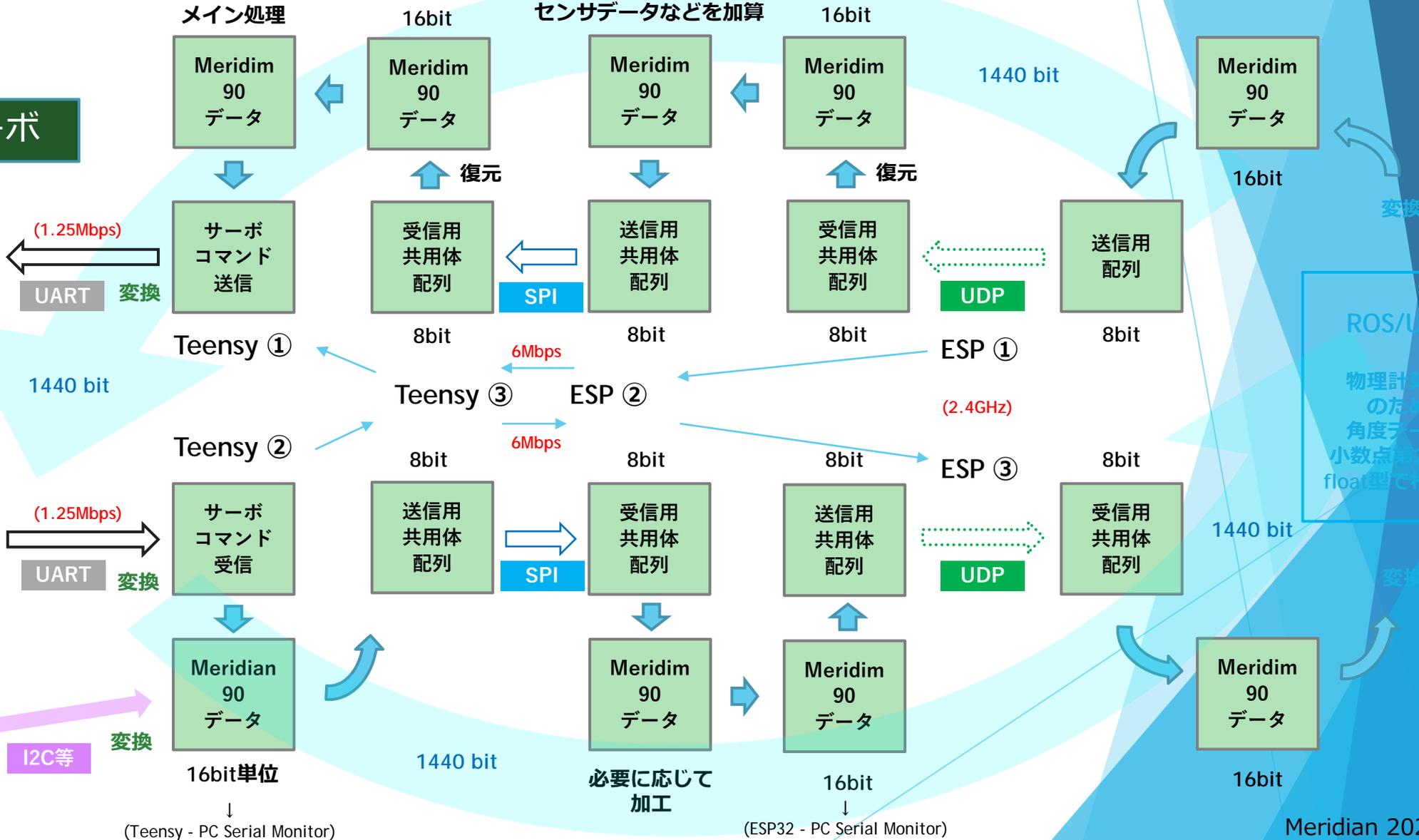
Teensy4.0

ESP32

PC/ROS/Unity

スタンドアロン時
計算処理や
モーションなどの
メイン処理

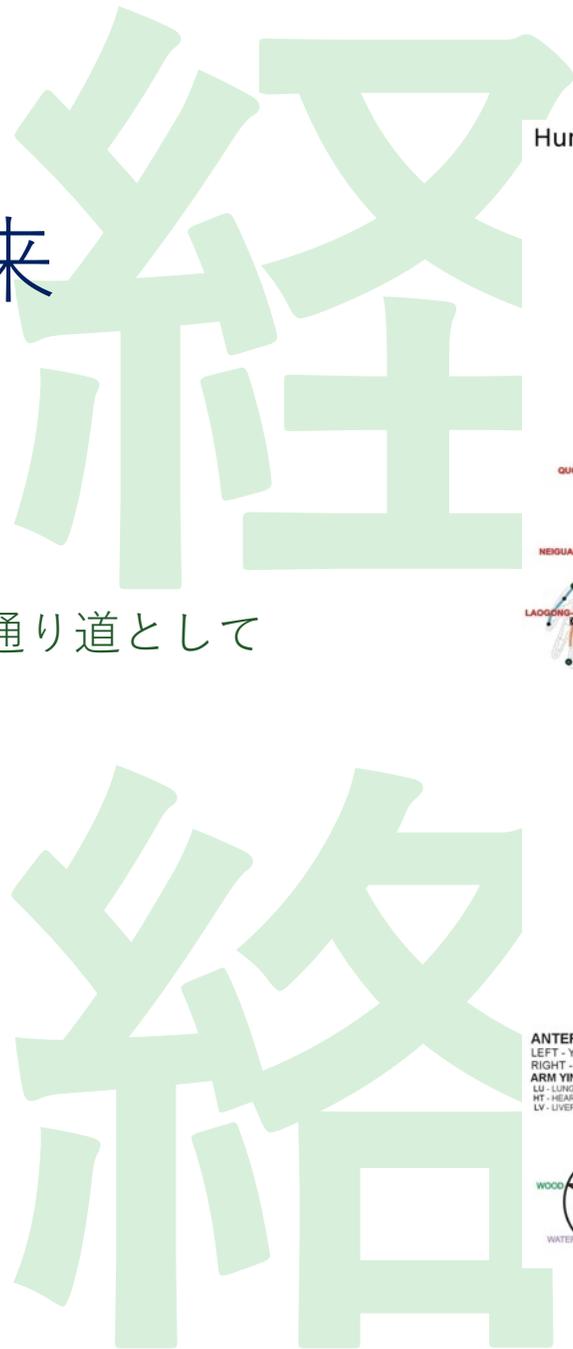
必要に応じて
リモコンデータや
センサデータなどを加算



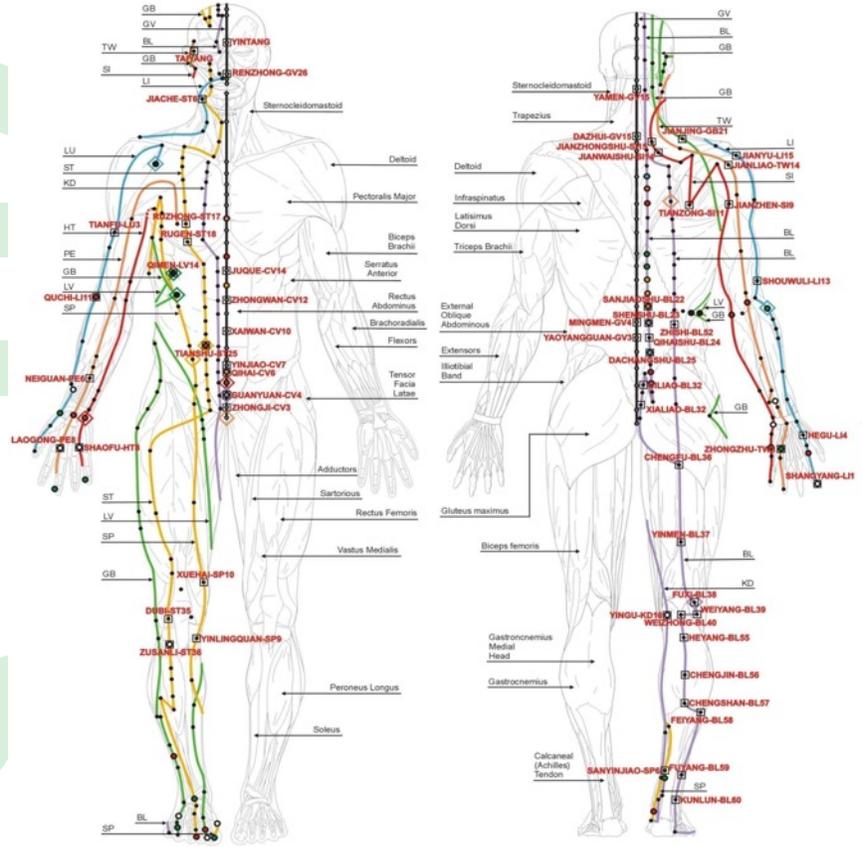
ROS/Unity
物理計算処理
のために
角度データは
小数点第2までの
float型で格納保持

Meridianの由来

メリディアンとは「**経絡**」のこと。
 古代中国の医学において、
 人体に必要な気や血液、水などの通り道として
 考え出された概念。



Human body meridians



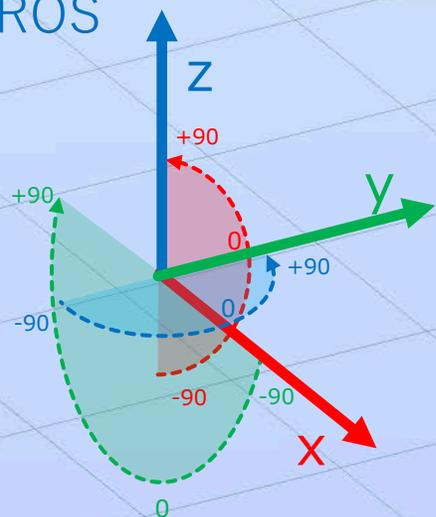
ANTERIOR VIEW
 LEFT - YIN SUPERFICIAL MERIDIANS
 RIGHT - SUPERFICIAL MUSCULATURE
ARM YIN MERIDIANS & SHICHEN **LEG YIN MERIDIANS & SHICHEN**
 LU - LUNG MERIDIAN 3 - 5 AM SP - SPLEEN MERIDIAN 9 - 11 AM
 ST - STOMACH MERIDIAN 7 - 9 AM KD - KIDNEY MERIDIAN 5 - 7 PM
 LI - LARGE INTESTINE MERIDIAN 9 - 11 AM PE - PERICARDIUM MERIDIAN 7 - 9 PM
 LV - LIVER MERIDIAN 1 - 3 AM CV - CONCEPTION VESSEL (CENTERLINE)

POSTERIOR VIEW
 LEFT - SUPERFICIAL MUSCULATURE
 RIGHT - YANG SUPERFICIAL MERIDIANS
ARM YANG MERIDIANS & SHICHEN **LEG YANG MERIDIANS & SHICHEN**
 LI - LARGE INTESTINE MERIDIAN 9 - 11 AM ST - STOMACH MERIDIAN 7 - 9 AM
 SI - SMALL INTESTINE 1 - 3 PM BL - BLADDER MERIDIAN 3 - 5 PM
 TW - TRIPLE WARMER 9 - 11 PM GB - GALL BLADDER MERIDIAN 11 PM - 1 AM
 GV - GOVERNING VESSEL (CENTERLINE)

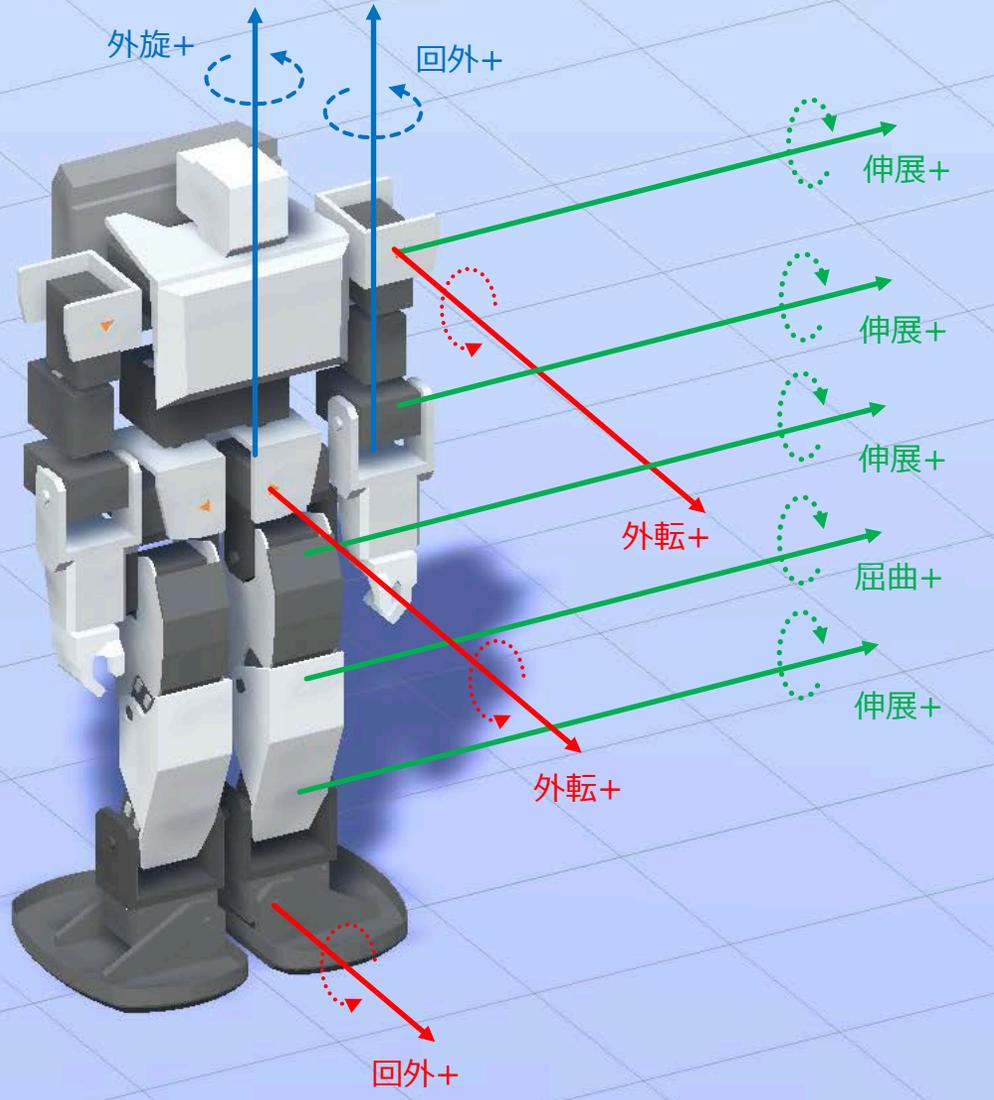
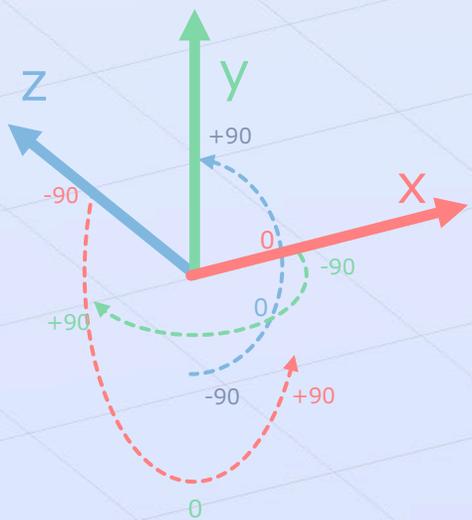
LEGEND

- WOOD PHASE MERIDIAN
- 1ST FIRE PHASE MERIDIAN
- 2ND FIRE PHASE MERIDIAN
- EARTH PHASE MERIDIAN
- METAL PHASE MERIDIAN
- WATER PHASE MERIDIAN
- PRIME VESSEL
- STIMULATION ACUPRESSURE POINT
- SEDATION ACUPRESSURE POINT
- ELEMENTAL ACUPRESSURE POINT*
- AL ARM ACUPRESSURE POINT
- YU (ASSOCIATED) ACUPRESSURE POINT
- SUPERFICIAL ACUPRESSURE POINT
- *SHICHEN MERIDIAN STRIKING POINT
- SHICHEN ZANFU 12 HOUR VITAL STRIKING POINT
- WRIST PULSE
- LEFT SUPERFICIAL
- RIGHT SUPERFICIAL
- GENERAL USE STRIKING POINTS

Math/ROS



Unity



ヒューマノイドの度量衡

回転軸方向の整理

サーボの回転軸の正逆をローカルルールではなく、物理学やROSで使われる「右手系」に合わせる。

オリジナルロボットの制作においても、このルールに準拠しましょうという提案。
(※ただし右半身は正逆ミラー)