

SUSTAINA-OP : ロボカップ用キッドサイズ ハードウェアプラットフォームヒューマノイドロボット

SUSTAINA-OP : Kid-sized Open Hardware Platform Humanoid Robot for RoboCup

○学 久保寺真仁(千葉工業大学) 林原靖男(千葉工業大学)

1. はじめに

背景

- ロボカップ ヒューマノイドリーグ: 歩行・身体制御や物体認識, 自己位置推定など様々な研究課題が課せられる
- ヒューマノイドロボットの開発コストが高い障壁を克服するためにプラットフォームのロボットが利用される
- プラットフォームには, 更新される競技規則や様々な研究課題に迅速に対応するために, 仕様を変更できる柔軟性が求められる

関連研究

- DARwIn-OP**(別名:ROBOTIS-OP) Ha, I. et al.[1]
 - 身長 46cm, 重量 2.8kg, 20 自由度
- Sigmaban+** [2]
 - 身長 70cm, 重量 5.5kg, 20 自由度
- Wolfgang-OP** Bestmann, M. et al. [3]
 - 身長 80cm, 重量 7.5kg, 20 自由度

本研究の取り組み

新たなハードウェアプラットフォームを開発

- コンセプト「持続可能」**
 - 新規参加者や多数のロボットを使用するソフトウェア開発者にとって使いやすく, 長期的に利用できる
- 新しい競技規則に対応する柔軟性**
 - 長期的な開発を可能とするため, 堅牢性を向上させ, 修理やメンテナンスに必要なリソースを削減

2. 開発したヒューマノイドロボット

表 SUSTAINA-OP™ の仕様

Height	647 mm
Weight	5.18 kg (Battery included)
Walking speed	Max. 33 cm/s
DoF	19
Actuators	KONDO B3M-SC-1170-A × 10 pcs KONDO B3M-SC-1040-A × 9 pcs
Sensors	TDK InvenSense MPU-9250 e-con Systems e-CAM50 CUNX
Computing unit	NVIDIA Jetson Xavier NX 16GB AVerMedia EN715
Battery	LiHv 11.4V 3S1P 2800mAh
Materials	A2017, GFRP, POM, TPU, PLA, etc
Electronics	Main Board Ver. 2.2 EN715 Expansion Board Ver. 1.1 Start Stop Switch Ver. 3.0

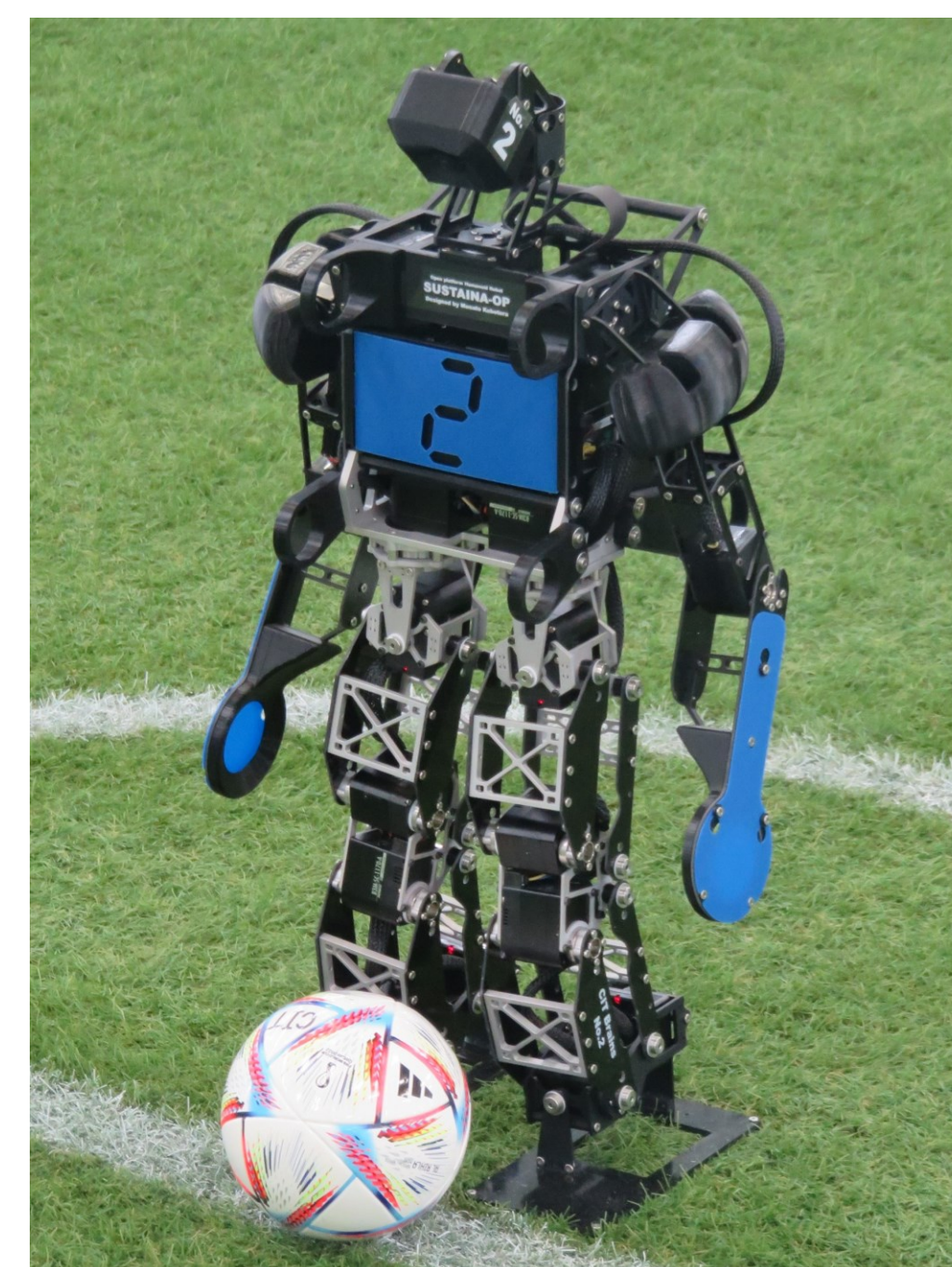


図 SUSTAINA-OP™

3. 機械設計

設計方針

- オープンプラットフォームヒューマノイドロボット『GankenKun』[4]の運動学的構造をベース
- 工学的知識は必要ではあるが, ロボットを初めて開発する人でも, ロボットの製作・保守・運用ができること

股部ヨー軸のクロスローラベアリング

- 股部ヨー軸は, 歩行の着地時などにモータがアキシャル荷重を受ける
 - 多くのプラットフォームでは“スラストベアリング”が採用されるが, 隙間調節が課題に
- 調節を不要とするために, **クロスローラベアリングを採用**

脚ピッチ軸とロール軸の滑り軸受構造

- 平行リンク機構は多くの軸受を有する
 - 従来ロボット『GankenKun』では, 歩行の衝撃が加わるたびに関節部にはアキシャル荷重がかかり, 玉軸受けがしばしば破損
- アキシャル荷重にも対応した, **滑り軸受けを採用**

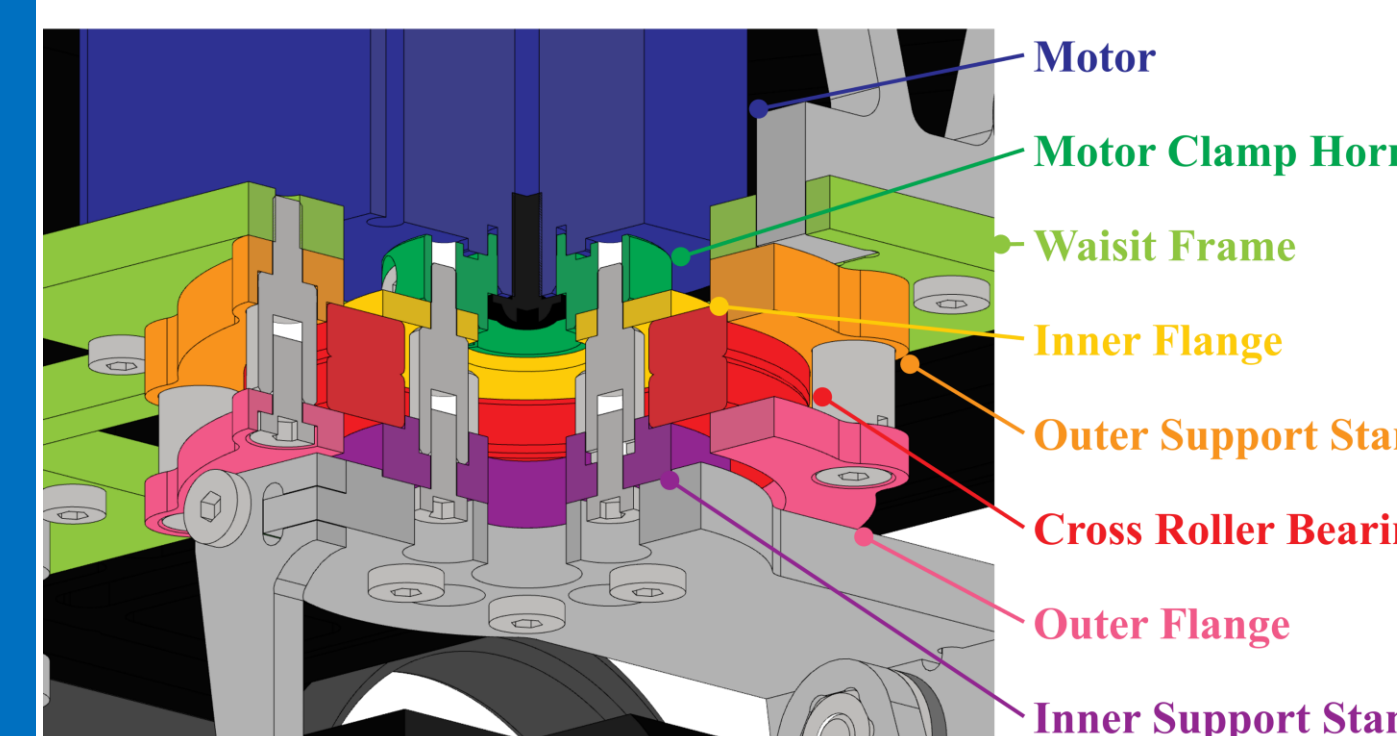


図 股部ヨー軸におけるクロスローラ軸受構造の断面

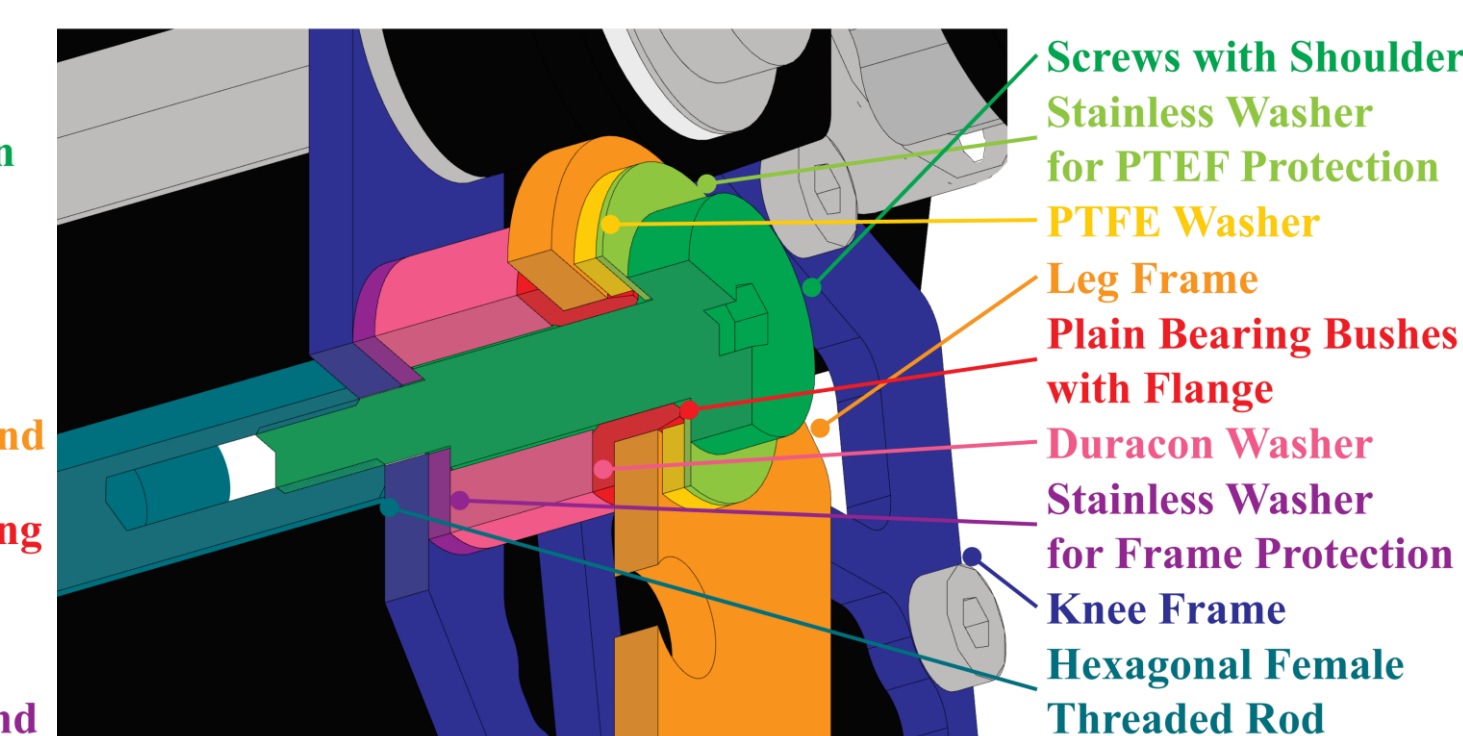


図 脚ピッチ軸とロール軸の滑り軸受構造の断面

4. 電気設計

電源

- バッテリーを搭載することで, **最大30分間の動作が可能**

シングルボードコンピュータ

- GPUを搭載**したNVIDIA® Jetson Xavier™ NXを採用
 - 物体認識や歩行制御をリアルタイムに処理

カメラ

- 広角レンズを装着したMIPI SCI-2 I/Fのカメラを搭載
 - パン駆動のみで足元のボールと遠くのゴールを同時に撮影可能

コマンドサーボモータの通信・制御

- 全身のコマンドサーボモータを4並列で通信・制御

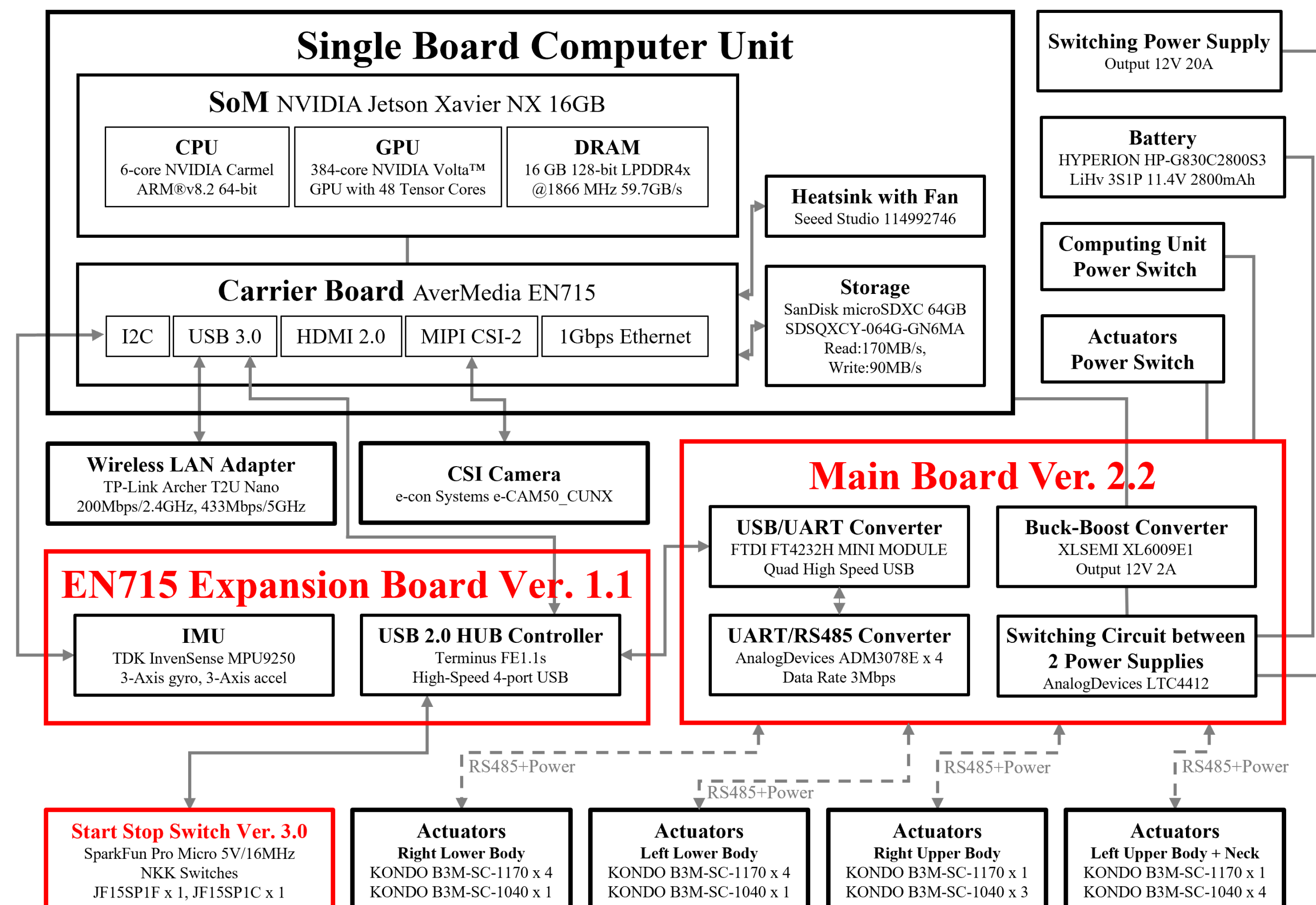


図 電子部品と接続のシステムブロック図

(赤い部分は本研究での開発した基板を示す)

5. まとめ

製作

- 材料費(加工費用を除く)はおよそ100万円
 - 他のプラットフォームと比べて安価

RoboCup2022による試用

- SUSTAINA-OP™を6体製作し, 9試合実施
- ヒューマノイドリーグ・キッドサイズ部門の**サッカー競技で優勝**
- 約**50回の転倒**が生じるが**ハードウェアの故障による退場は無し**
 - 「堅牢性を向上させ, 修理やメンテナンスに必要なリソースを削減する」ことができた

謝辞

SUSTAINA-OP™の開発にあたり, 野口裕貴氏, 横尾陸氏, 井上叡氏, 川鍋清志郎氏, 岩澤尚樹氏, 三淵優太氏に多大なご協力をいただいた。また, CIT Brainsのメンバーにも作業に協力いただき, ここに深謝の意を表します。

参考文献

- Ha, I., and Tamura, Y., Asama, H., Han, J. and Hong, D. W., "Development of open humanoid platform DARwIn-OP" SICE Annual Conference 2011, pp.2178-2181, 2011.
- Bestmann, M., G'uldenstein, J., Vahl, F. and Zhang, J., "Wolfgang-OP: A Robust Humanoid Robot Platform for Research and Competitions," 2020 IEEE-RAS 20th International Conference on Humanoid Robots (Humanoids), pp.90-97, 2021.
- Rhoban Football Club - Robot Specification Humanoid Kid-Size League, Robocup 2023 Bordeaux. URL: https://submission.robocuphumanoid.com/uploads/Rhoban_Football_Club-specs-6396ffb295003.pdf
- 下吉拓明, 林原靖男. "ロボカップ用オープンプラットフォームヒューマノイドロボットの開発第1報メカニズムの設計と製作. ロボティクス・メカトロニクス講演会講演概要集, 2P1-307, 2017.