

ロボカップ2023 サッカーヒューマノイドリーグに向けた自律型二足歩行ロボットの開発

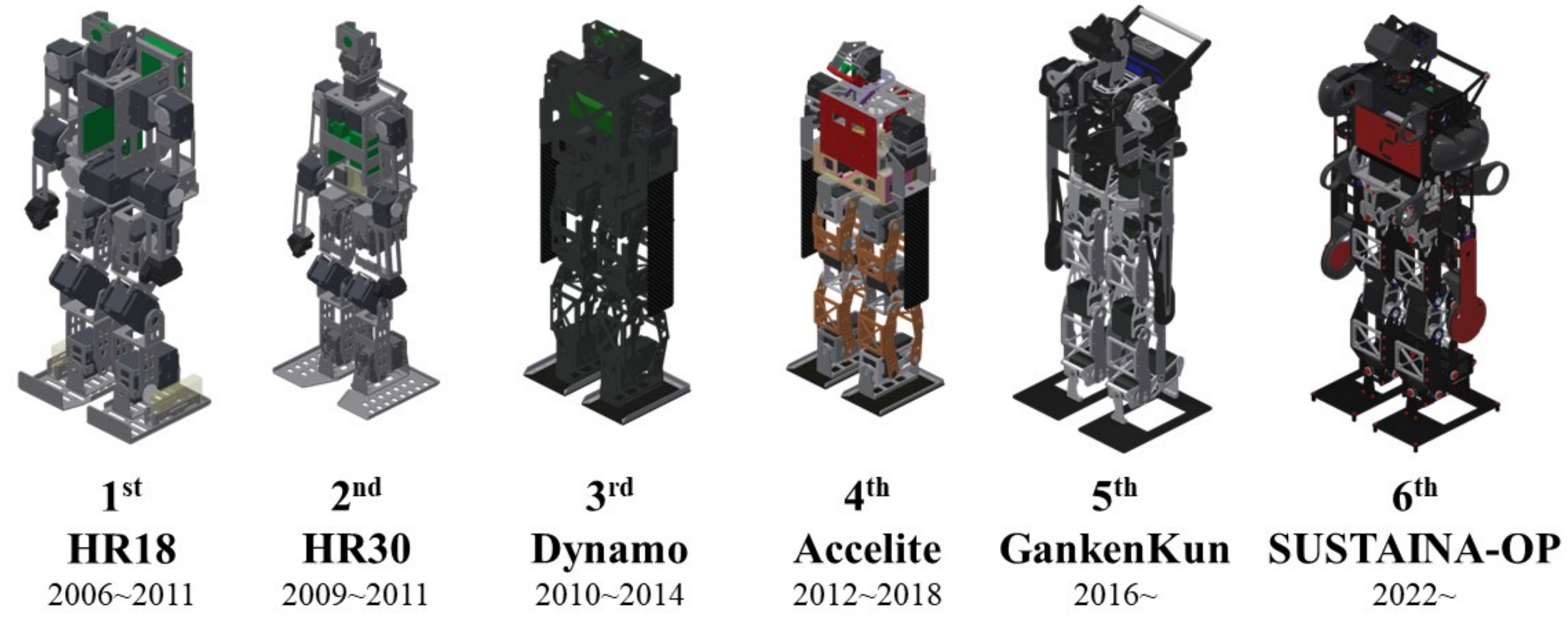
○久保寺 真仁, ○野口 裕貴, 井上 叡, 横尾 陸, 桑野 雅久, 林原 靖男 (千葉工大)

1. はじめに

ロボカップ競技会に出場するサッカーを行う自律型二足歩行ロボットの開発を紹介

チーム : CIT Brains [1]

- 千葉工業大学未来ロボティクス学科の学生を中心として構成
- 2006年からロボカップヒューマノイドリーグに参加
- これまでに6世代の小型二足歩行ロボットを開発



2. ロボカップ ヒューマノイドリーグ

ロボカップ

- 国際的な自律移動型ロボットによる競技会
- 人工知能やロボット工学を促進する「ランドマーク・プロジェクト」
 - 目標: 「西暦2050年までに、サッカーの世界チャンピオンチームに勝てる、自律移動のヒューマノイドロボットのチームを作る」

ヒューマノイドリーグ

- 自律型二足歩行ロボットを用いたサッカー競技
 - ロボットサイズによる2クラス制
 - 人間に近い身体構造と感覚に制約



3. ロボットを構成する要素技術

- 自立して動作する二足歩行ロボット
 - ロボットプラットフォーム「SUSTAINA OP™ [2]」
- ロボット自身の状態や周辺状況の検出
 - 深層学習を利用した画像処理
- 周囲の状況のデータに基づいた適切な行動選択
 - チームプレーを考慮した行動決定
- 人工芝フィールドで転倒せず運動できる身体制御
 - ZMP規範に基づく歩行パターン生成

4. ロボットプラットフォーム

ロボットプラットフォーム「SUSTAINA-OP™」

- コンセプト: 「持続可能性: Sustainability」
 - 堅牢性を高め、修理やメンテナンスに必要なリソースを最小限に抑える
 - アタッカーやゴールキーパーなど、様々な役割を担える汎用性
- 開発コストの高さという障壁: **開発データをGitHub[3]で一般に公開**

メカニズム

- 安定した歩行を追求した設計
 - 脚部に平行リンク構造
 - 揺動型スライダクランクによる減速機構

エレクトロニクス

- GPU搭載の組み込み用SoMを採用
 - 画像処理や機械学習などを用いた研究課題に対応
- LiHv 3S1P 2800mAhのバッテリーで最大30分の自立動作が可能

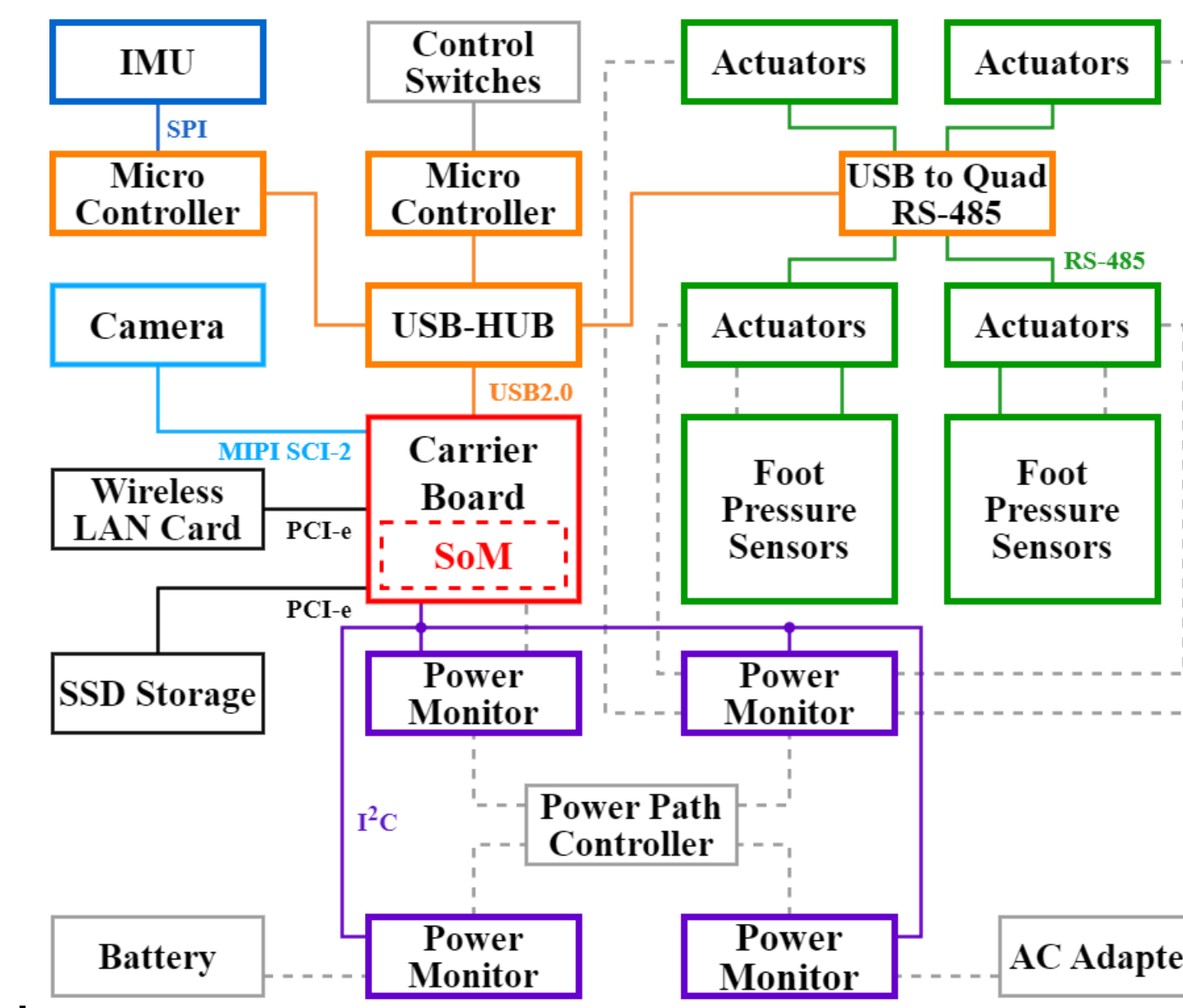


図 電気システムの概要



図 SUSTAINA-OP™

表 SUSTAINA-OP™ の仕様

Height	650 mm
Weight	5.30 kg (Battery included)
Walking speed	Max. 33 cm/s
DoF	19 DoFs
Actuators	B3M-SC-1170-A (KONDO) × 10 pcs B3M-SC-1040-A (KONDO) × 9 pcs IMU: ICM-42688-P (TDK InvenSense) Camera: e-CAM50 CUNX (e-con Systems)
Sensors	Encoders: Contactless magnetic 12bit/1round in actuators Strain gauge: SC700-40kg (Sensor and Control Co., Ltd.) × 8 pcs
Single board computer	SoM: Jetson Xavier NX (NVIDIA) Carrier board: A203 V2 (Seed studio)
Battery	LiHv 11.4V 3S1P 2800mAh: HP-G830C2800S3 (Hyperion)
Materials	A2017, GFRP, POM, TPU, PLA, etc

6. ロボカップヒューマノイドリーグ競技会における成果

- ロボカップ2023 世界大会 サッカー ヒューマノイドリーグに出場
 - 10か国 (AU, BR, CA, CN, DE, FR, ID, JP, KR, UK) から12チームが参加し, **準優勝**

参考文献

- CIT Brains website. url: <http://www.cit-brains.net/>
- 久保寺真仁, 林原靖男: "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". 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス講演会'23 予稿集, 2A1-A15, (2023).
- SUSTAINA-OP™ Open Hardware Platform website. url: <https://github.com/SUSTAINA-OP>

5. ソフトウェア

ソフトウェア群

- Publisher/Subscriber型通信モデルやRPCなどを利用した分散アーキテクチャ
- OS: NVIDIA JetPack 5.0.2 SDKを用いて構築されるUbuntu 20.04

照明条件の変化にロバストな画像処理

- YOLO: ボール, ゴールポスト, ロボットを検出
- セマンティックセグメンテーション: フィールドの白線と緑地を検出



図 機械学習の推論の例

サッカー競技における行動決定

- 階層化型タスクネットワーク(HTN)を採用
 - タスクツリーで行動を抽象的に表現し構築
- ドリブルやキックなどの組み合わせによる複数パターンによる戦略

100 Hzで実行される身体制御

- ZMP規範に基づく歩行パターン生成
 - 計算負荷軽減のために、事前に計算済みのZMP軌道をテーブルとして利用
 - 180 μs 程度の計算時間でパターンを生成
- IMUを活用した姿勢安定化制御

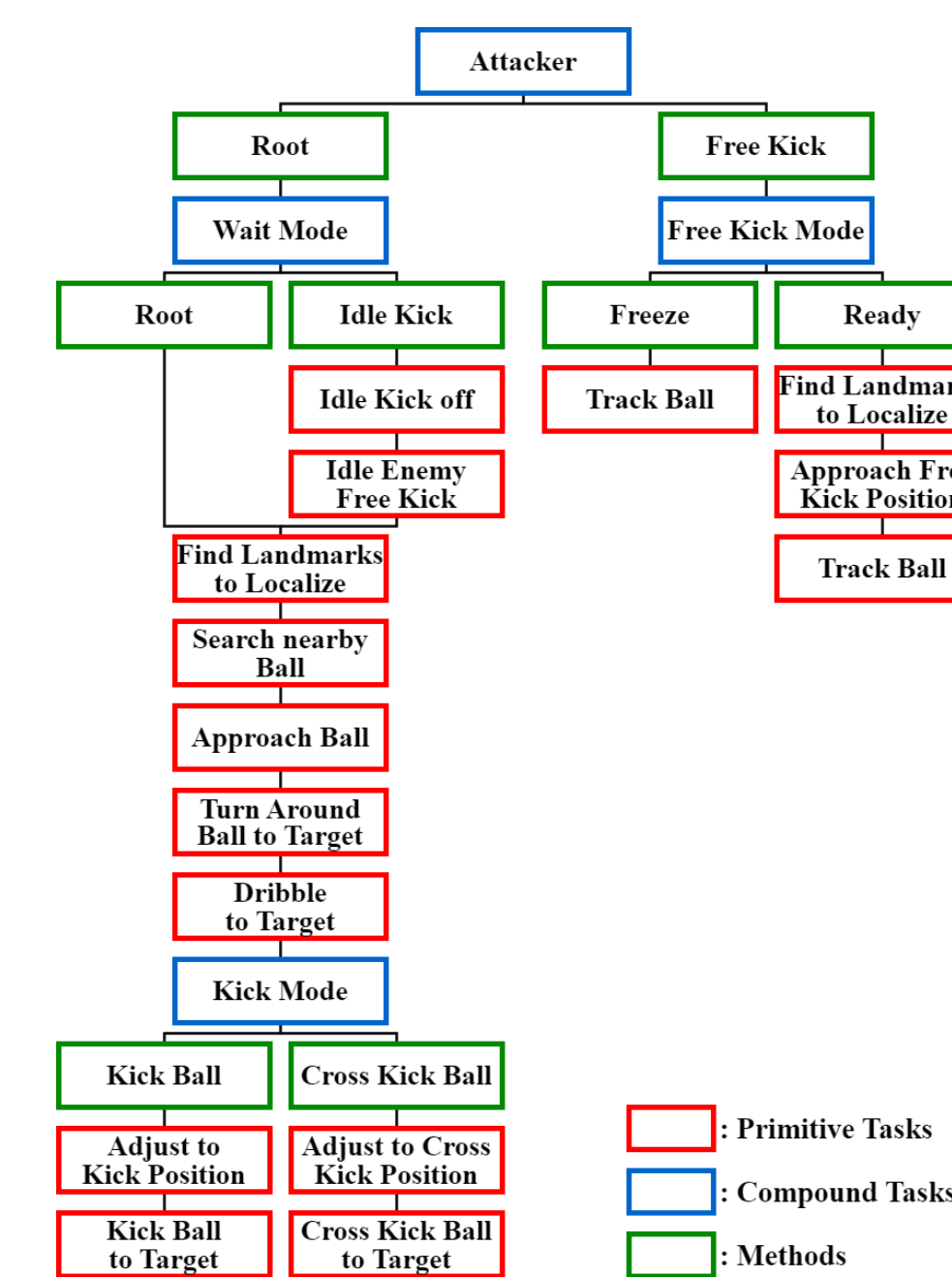


図 アタッカーロボットのタスクツリー例