

二足歩行ロボット教育コンテンツの概要

所属：(株)リコー GJ事業部
竹内良輔

はじめはセミナー補助ロボットから

- 昨年10月に、今後のコンテンツの開発会議を行った。
- セミナー教材については、NEXCESSでコンテンツが揃ってしまった感があり、何か元気の出るコンテンツの開発を行うおうという話になった。
- ロケット、気球船、ライトレサー等、他の団体でやっているものが多く、漠然とロボットが候補にあがった。
- 今年2月に、コンテンツが思いつかないまま、セミナー補助ロボットの位置づけでESP企画の江崎さんから「はじめロボット」を1台購入することになった。



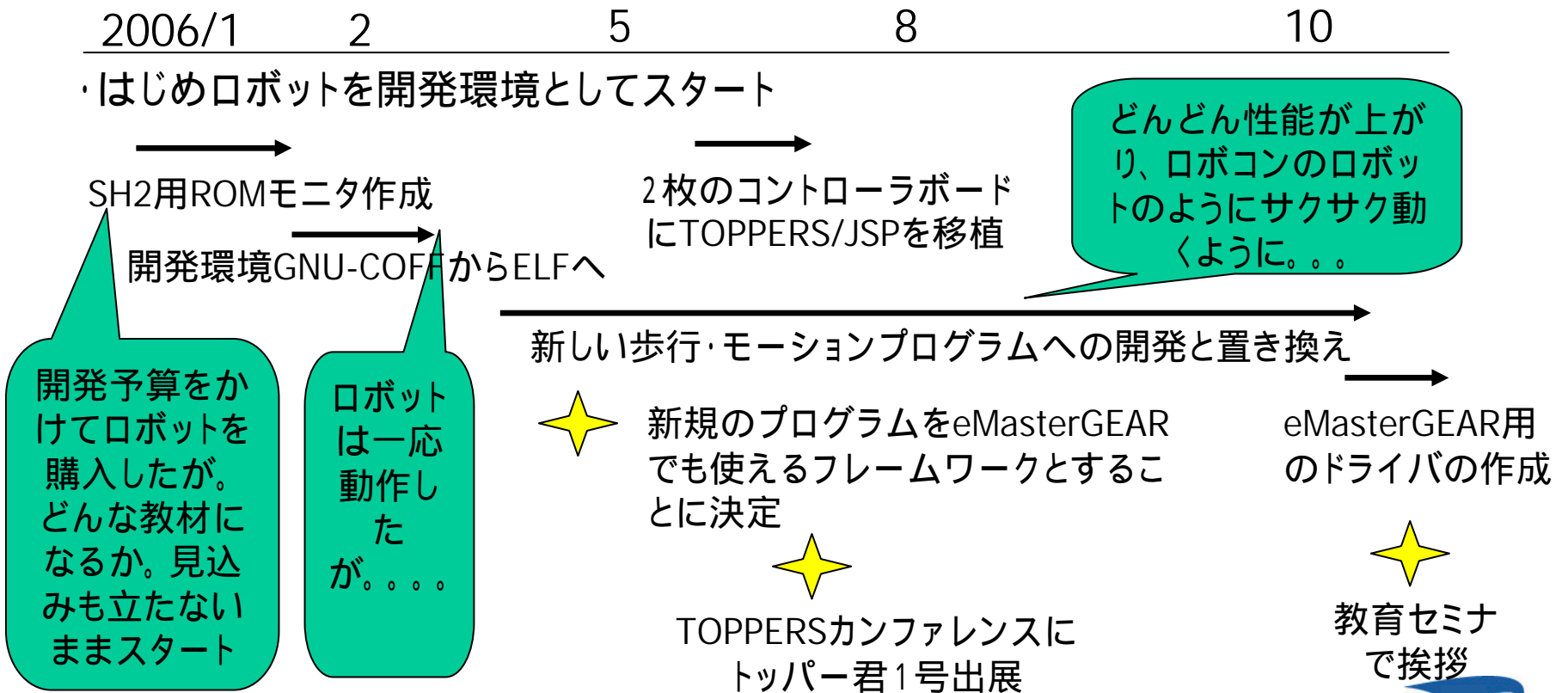
10月の教育セミナーで挨拶する
トッパー君号 (eMasterGEAR)

ワーキングによる方針選択

- 今年のWG参加者
小野先生、小川さん、宮本さん、本田さん、中嶋さん、邑中さん、森田さん、田中さん
- ワーキングではロボット有識者によるロボコンの状況や高専、職業訓練所の現状や要望をお聞きした
- 結果として、ロボットの実装教育、教材に役立つオープンソフトウェアや資料の開発を行うことになった

開発の経緯

- かくして、はじめロボットはトッパー君1号へ、eMasterGEARはトッパー君2号に変身した。



二足歩行のための基本技術

- 歩くことがこんなに大変、4つの基本技術
- モーションによる制御
個々の関節の時間ごとの角度を決めておき、順番に再生させることにより、ロボットに動作をさせる
- 逆運動学を使った制御
直立時の足底を3次元座標の原点として、歩行をXYZ座標で指示する、逆運動学を用いてその関節の角度をリアルタイムに計算して歩行等の動作を行わせる
- ZMP
歩行時の床からの反発力(ZMP)を計算し、足底にとどめるような姿勢をとらせて、歩行時の転倒を防ぐ制御
- 静歩行と動歩行
片足で重心移動を行いながら歩く動歩行ではZMPの制御が必要となる。また、歩き始め、終わりは静歩行

1秒？ 300MS 500MS

- 問い合えず、はじめロボットを動作させた時は片足に1秒、静歩行の制御で歩行を行っていた
- はじめロボットの動作はロボコンのロボットと比べると、まったく遅く、RTOS上での実行はロボット制御以外のタスクはほとんど動かなかった(7月時点)
- 7月からロボット制御のプログラムを新規設計し、プログラムの入れ替えを行ったところ、歩行速度が2倍に上がり動歩行に移行した(ロボコンのロボットのような歩行)
- 最終調整で、動作の補間部分を完全に整数演算化すると、さらに早くなりZMPが合わず転倒した
- 本来、はじめロボットの片足の移動時間は300ms、設定値どおりでは制御が難しく、設定値を500msに変更した

仕様書はあって無きがもの

- 骨格 関節 サーボ

ロボットの制御を行うにあたって、最初からサーボの制御を行うのではなく、骨格の中に関節があり関節に制御を行い、それに対応したサーボ(もちろん、サーボがない場合もある)に動作を伝えるデータ構造とした

- モーション設定は、ずばり当てはまった

モーションの設定は関節に対して制御するので、22サーボのはじめロボットも、16サーボのeMasterGEARも、同一のモーションでそれなりの動作が行えた

- 歩行は試行錯誤の繰り返し

歩行の座標制御は骨格としての左右の足のみを対象として行った。いろいろな歩行パターンに沿って、時分割でXYZを与えるが、歩く コケル動作の繰り返し…

- なるだけ、うまく歩くようにZMP等の補正手順を手探りで追加した

もっと時間を…ととも、ジャイロ制御まで行き着けません

先人の技術と努力はどこに

- 今回の開発にあたって、本当に役立ったのは、はじめロボットやeMasterGEARの歩行や動作を良く見ること、
- その動作をもとに、ロボットにどのような手順で動作を指示するかを仕様化しプログラミングした
- 2台のロボットのオリジナルの動作も、きっと、試行錯誤でプログラムやモーションを変えつつ、最終的に今動作しているものにおちついたのに違いない
- 何年後には、ロボット産業は1億円をとっぱするとか？
- そのころでも、試行錯誤でロボットを動かそうという技術者はいよるのやら？
- もし、効率的な開発手法でロボット開発を行うようになっても、試行錯誤を繰り返した先人達の苦労を忘れてはならない(と心に思う、今日この頃)

2台のロボットのデータがお互いに使えた

- モーション用のデータを作る時間がなく、モーションデータをオリジナルのデータをそのまま使わせて頂きました

はじめロボットのオリジナルデモ用モーションデータを、数値化して、そのまま、eMasterGEARに搭載してデモできるようにし、eMasterGEAR用の起き上がりよりのモーションデータを、少し修正し、はじめロボットに搭載して起き上がりさせました



2台のロボットは、なぜか、同じ起き上がり処理

フレームワークの基本機能

- シナリオ実行機能

ロボットは時間イベントに従ってアクション型で記述したシナリオに従って実行する。複数のシナリオを登録、実行、管理する機能を持つ標準シナリオは以下の5つ

- 1) モーション実行
- 2) 前後歩行
- 3) ステップ
- 4) 横移動
- 5) お辞儀

- ターゲット位置の設定機能

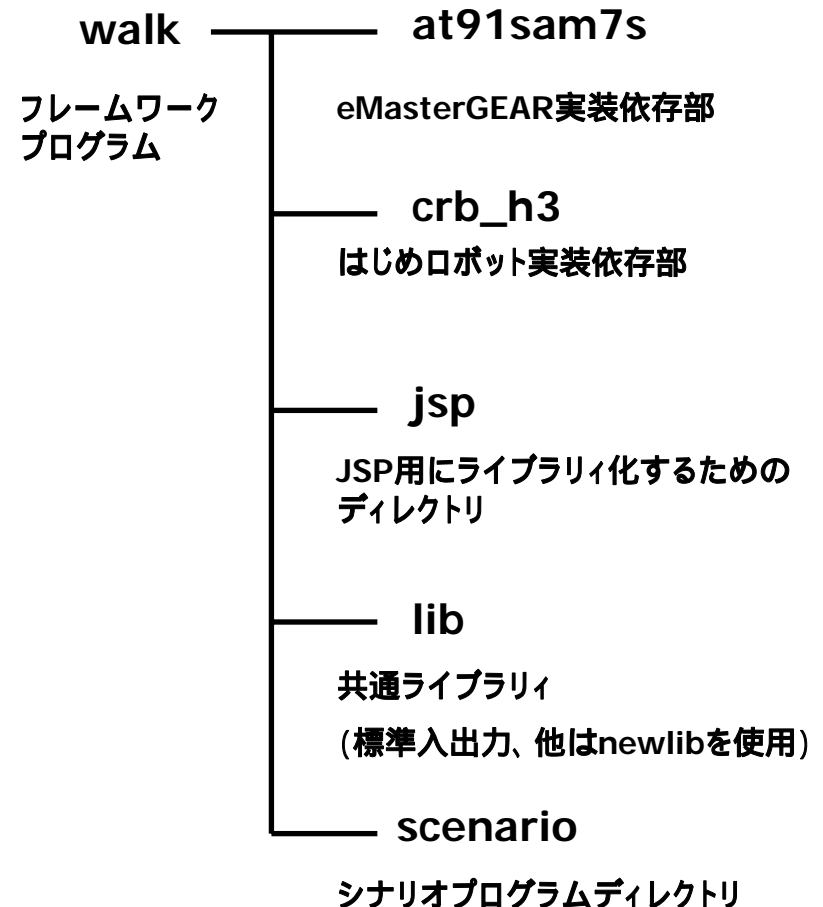
シナリオ内でターゲットのロボットの関節角度または座標とターゲット時間を指定する機能をもつ。指定された角度や座標は自動で状態遷移を行う

- モーション変換機能

ストリームデバイスからモーションデータを取り込み変換を行い、モーション実行シナリオで実行する機能

フレームワークの構造

- 左図が非OSの開発ディレクトリ構成で、ロボット制御ボード依存部はat91sam7sとcrb_h3ディレクトリに収められている
- 全体で1万行くらいのプログラムで、依存部は各2千行くらい(OS版は依存部が小さい)



TOPPERS/JSPへの対応

- 2つのタスクで対応

OSなしバージョンで開発したロボット制御部を1タスクに、コマンド等のインターフェイス用に1タスクを使用して、TOPPERS/JSP1.4.2上で実行させます

- シリアル通信やタイマはOSのものを使用

シリアル通信やタイマをTOPPERS/JSP用のドライバをそのまま使用、教材用のタスクモニタ上も実装されていますので、実行監視もできます

- eMasterGEAR(トッパー君2号)はOS上の音楽機能を使用して、音楽演奏が可能です

Web公開版の説明

- **公開の目的**

ロボットを教えたくても、なかなか、コンテンツやソフトウェアの開発が難しく、こまっぺいらっしやる組込み関係の講師の方々の教材のサンプルとなるような技術資料や実行ソフトウェアをオープンで公開して、教育補助を行う

現状、RTOSなしのロボット制御プログラムが多く、今後、ロボットの多機能化に必要なソフトウェアをRTOSを通して拡張しやすくするために、TOPPERS/JSPを搭載して、RTOS型ロボットのサンプルとしたい

- **公開内容**

書類: 1) 二足歩行ロボットの基本技術簡単な解説書(小野先生)

2) ロボット制御部の仕様書、RTOS部分の仕様書

3) ロボット製作日記

公開ソフトウェア: 以下の4つの形態のソフトウェア(共通部が多い)

1) はじめロボット: 非OS版、TOPPERS / JSP版

2) eMasterGEAR: 非OS版、TOPPERS / JSP版

- **公開時期**

来年: 1月から3月を予定: TOPPERSプロジェクトのWeb公開

セミナーへの展開

- 教育WGでは、二足歩行ロボットセミナーコンテンツの開発を、ソフィアシステムさんと検討中です

eMasterGEAR(トッパー君2号)の制御ボードであるAT91SAM7S128ボード(ARM7)をベースに、歩行部4サーボのロボットの歩行制御、TOPPERS/JSP対応等のセミナーを検討中です

セミナー実施に際して、上記ロボットの購入が必要となり、ニーズを含めて、検討中の段階です

実施時期は早くても、来年または再来年の冬を予定しています

2台のロボットのデモ

- トッパー君1号、2号を使ってデモを行います。機能は少ないようですが、歩行だけでも大変なのです。



謝辞

- コンテンツ開発に際して、ESP企画の江崎さん、ベストテクノロジーの上光さん、MI-RA-Iテクノロジー・コーポレーションのJin Satoさんに助言と助力を頂きました
- 開発に際して以下の図書を参考としました
ヒューマノイドロボット: 梶田秀司編著
ロボットシステム入門: 松日楽信人・大明準治共著
図解雑学ロボット: 新井健生監修
Interface2004年6月号ようこそ二足歩行ロボット制御の世界へ: 吉田幸作他