

第4回ROBO-ONE Technical conference
「DYNAMIZERの開発とモーション作成テクニック」



撮影：森山 和道氏
http://www.moriyama.com/

有限会社杉浦機械設計事務所
代表取締役 杉浦富夫
http://www.machinedesign.co.jp



小型2足歩行ロボットDYNAMIZERの
開発プロセスについての紹介

Part1 開発プロセス

二足歩行ロボットの自作

第5回ROBOONE時概観

DYNAMIZERの概略スペック

第五回ROBOONEエントリーシートより抜粋

1. サイズ：W160mm x D160mm x L570mm、重量2.4kg
2. 自由度：22軸自由度（脚12、腕2、腰3、首1、手のひら1）
3. 動力源・制御方法：動力電源・制御電源、受信機共リチウムポリマー2次電池
制御方法 マイコン、距離ソフトウェアHSR08-02
4. 特徴・製造法・制御方法・外観

*3次元CAD(Helix)で各パーツの設計を行い、ローランドDG社製3次元ドリリングマシン「モダラMDX-500」と3次元CAMソフトCRAFTMILLで部品一つ一つをABS材にて切削加工にて作成し組み立てている。

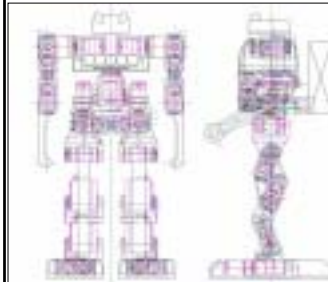


主な戦歴

- 第4回ROBOONE ベスト16
- 第2回バンダイカップ4位
- 第1回パーニングカップ3位
- 第1回ROBOONE SPECIAL 準優勝
- 第1回芝浦工業大学ロボットフェスティバル3位

DYNAMIZER設計・開発の流れ

設計・開発フロー



- アクチュエータの選定は重要！
- *性能
 - *価格
 - *入手性
 - *保守部品の充実



1号機では予備を含め34個の3645MGを購入した
2号機用は既に2346CSを24個準備している
尚ベスタクの301がアクチュエータも新発売され

- ・構想(ラフスケッチ)と機構設計(2次元CAD製)
- ・図3次元CADによる各部の詳細モデリング(干涉・加工性等の検証等)
- ・FEM解析(脚部など重要な部品のみ)
- ・部品試作・仮組立て・手直し

基本設計(機構設計)は2次元CAD(MICROCADAM Helix)にて行っている。

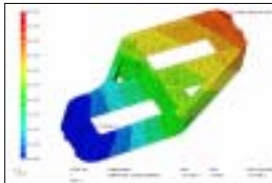
実際は試行錯誤の連続でこの範囲を何度も循環する。



三次元ツールの活用(1)

全ての部品は三次元CAD(MICROCADAM Helix)にて詳細設計

脚部など重要な部品にはFEM解析による強度解析を実施(クボタ KSWAD ADVENTURE&FEMS)



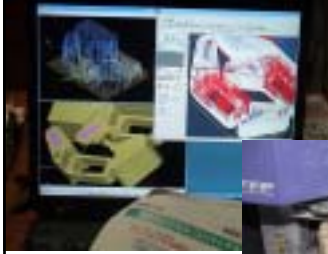
モデル作成に関しCAM加工やFEM解析に耐えるクオリティを心がける

15kg・cmトルク荷重発生時の太もも部品の変位コンター図(約0.5mmも変形している。)

三次元ツールの活用(2)

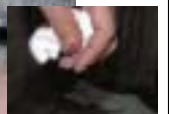
切削RPによるロボットパーツ製作

弊社所有RP機材
加工機 R D G社MDX-500
MDX-15 MDX-3
CAMソフト:リアルファクトリ社
CraftMILL Pro V3を使用
工具:主にUNIONツールの樹脂用



CraftMILL V3 ProでNCデータ生成 試作

試作パーツが良好ならそのまま実働試作部品となる



怪我にはくれぐれ注意下さい。

すね部品の切削中の様子

三次元ツールの活用(番外編)

三次元スキャナによるサーボモータの精密スキャン

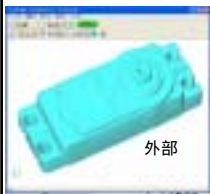
メーカー提供の図面寸法は
樹脂収縮や抜き勾配などを考
慮しておらず当てにならない場
合も多い。(例)2346ICSの場合
0.02mm程度マイナス寸法



ローランFDG製3次元スキャナPIX-30

<三次元スキャンの利点>

- ・最小スキャンピッチ0.05mmときめ細かい
- ・全自動で精度が良い
- しかしあくまでもノギスやマイクロメータによる測定と製図が基本である。



外部



内部

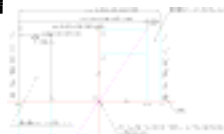


測定結果を元に3Dモデリング

制御部と通信



姫路ソフトウェア
HSWB02RG



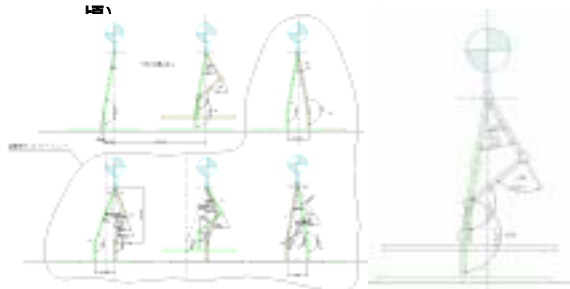
パルス値が制御範囲を
抜けると暴走し困った時書いた図

HSWB-02はサーボ用3P端子やマイコン電源用三端子レギュレータ、コネクタまでオールインワンであり、初心者でも直ぐに動かす事が出来て扱い易い、現在のVerである02RGではジャイロ信号処理や、近藤2346ICSレッドバージョンに対応、教示機能(産業用ロボットで言う所謂ティーチング)他新機能を活用できる。

HSWB-02によるモーション作成の概要

Part 2 モーション作成テクニック

歩行モーション作成手順の基本(HSWB-01の



実際には左右脚踏み出し毎に、
左右の重心移動が入るが比較的容易
なので省略 人類の進化の図のよう CADの寸法機能にて相対値を測定

2次元CADにて各関節パーツの寸法簡略図を作成・パーツ配置し
回転角度を寸法機能にて測定しHSWB-02のスク립ト値を算出していた。
この為一つのモーションを作るのにも手間がかかり苦労した。

新兵器HSWB-02と正太郎君と三男坊'巧美' の投入

第4回参加時から テスターとして参加



ポーズDEモーション → 各ポーズを登録した順序で自動スク립ト作成してくれる。ばらばら漫画の原理

スク립トチェイン → 複数のモーションを順次実行 = 自動動作

サーボ動作時の加減速値、加減速カーブの設定が可能 → 滑らかな動き、転ばない動きの実現

ジョグダイヤルによるサーボのリアルタイム動作等インターフェースの改善 → スクリプトの直感的な生成やロコモーション(循環歩行)成立の数値的なチェック等

そして 必殺兵器 鉄人28号の正太郎君と巧美(三男坊)の投入



更にHSWB-02RGでは、2346ICSの教示機能やポジションキャプチャ・キャラクタリステックチェンジ、そしてRC用ジャイロ信号の処理に対応している。

子供を動員するのは、親の特権です。皆さんお国のためにも子供を沢山作りましょう。

HSWB-02の4大機能画面(バージョンは02)



モーション登録支援



スク립トチェイン



ポーズDEモーション (by GY2&HP-3)



コントロールパネル

巧美にバトンタッチ

ダイナマイザーの動きについて

杉浦巧美

ぼくは、父の作ったダイナマイザーのプログラミングをするまえに、ぼくと兄と、ダイナマイザージュニアのプログラムを作っていました。ROBO - ONE Jr 大会では、二大会連続3位に入賞することができました。そこで父に、「ダイナマイザーのプログラムを作ってみないか?」といわれ、プログラムの作り方を教えてもらいました。まずなれなきゃだめなので、計算などをしないでプログラムをつくっていました。



父のプログラムは、計算してうごきをつくっているのですが、歩行の場合、右足出すときは転ばないけど、左足出すときは転ぶという感じで、全然左右たいしようではありません。なぜ僕の歩行が転ばないかというと、まず自分の歩行の動きを観察して、それと似た動きを作ってるからです。ほかの動きでも、自分のうごきを観察し、それと似た動きを作りました。

「自分の作った動きは左右たいしようになってる」と父は言ってましたが、歩行の場合、右足出すときは転ばないけど、左足出すときは転ぶという感じで、全然左右たいしようではありません。なぜ僕の歩行が転ばないかというと、まず自分の歩行の動きを観察して、それと似た動きを作ってるからです。ほかの動きでも、自分のうごきを観察し、それと似た動きを作りました。



ROBO - ONE 5 大会の時予選落ちしました。なぜこの時お父さんがROBO-ONESpecialみたいな動きができなかったかというと、お父さんがプログラムを作ったからだと思います。確かに自慢のモンローウオークは滑らかですが、あの時内緒ですが実はうつ伏せからの起き上がりが出来ていませんでした。それはなまけていたということもあると思うけど、やはり、計算的に動きを作ろうと思うのが間違っていたと思います。ぼくがプログラムの作り方を教えてもらったからは、父が、ロボットの整備担当、ぼくがプログラム担当、という役割になっていました。

ぼくは1日に、1~2モーション位、ROBO-ONESpecialの動きを、どんどん作っていました。

父が会社に行くときに毎日宿題を出すのでそれが結構大変で少し頭に来ました。

最終的に試合前には、うつ伏せ起き上がりやでんぐり返し、ちゃんと早く歩ける歩行、階段のぼり、階段下り、早い90度回転、でんぐりかえしなど、全部で20以上のモーションをつくりました。その間フジTVの密着取材などもあり緊張しました。



時間が有れば動画

それでは次に 具体的に、モーション作成テクニックについて説明します。

ダイナマイザーの歩行について

プログラムを作るときは、動きの1コマ1コマを作り、つなぎ合わせます。最初慣れるまではHSWB-02のポーズDEモーションという機能を使いました。今はしかにモーション登録支援でプログラミングできるようになりました。ダッシュの歩行では、2歩で6コマでできています。
* 1コマ目は、重心移動と少し屈伸させる動作です。横の重心移動は、足を上げて倒れない程度にします。ダイナマイザーは、10度から15度程度左右に重心を移動させます。
* 2コマ目は、片足を上げます。バランスをとりながら片足をあげるの、とても難しかったです。
* 3コマ目は、2コマ目で上げた足を下げる動作です。下げる動作は、難しく1コマめで屈伸していないと、足を伸ばせなくて、うまく下ろせません。
* 4コマ目は、反対の足に重心移動をする動作ですこの動作が一番難しいです。それは、転ばないように重心を移動し、なおかつ前方にも重心を移動するからです。
* 5, 6コマめは2, 3コマ目の逆です。

なにげに手の振り逆にしてたダッシュ歩行モーション (飛脚走りと言ったらいい)

1 左足踏みおろし 4 右足踏みおろし 左足踏みおろし

2 体重左移動 5 体重右移動

3 右足上げ 6 左足上げ 動画で解説予定

6から1にHSWB-02のジャンプコマンド(J_AA)で循環させれば無限歩行のロコモーションが成立する。

90度ターン二回後述

仰向け起き上(後述)がりに約3秒

ダイナマイザーの起き上がりについて
まず仰向けからです。仰向けからの起き上がりは、3コマでできてしまいます。

- 1コマめは、ひざを立てて、腰を起こす動作です。
- 2コマめは、いっきに体全体を起こします。
- 3コマ目は、2コマ目の状態からただ、ホームポジションになるだけです。仰向けからの起き上がりは、ひじょうに簡単です。問題は、うつ伏せからの起き上がりです。何が問題かという、仰向けの状態からなら、腰を上へあげれば、うつ伏せからの起き上がりでは腰を上には上げれず、体を起こすのが、大変になります。(お父さんが今までうまく作れなかった理由が良くわかりました。)

そこでぼくは手を使って起き上がろうと考えました。そしたら4コマでできました。

- 1コマ目は、ひざをたてて、手を前に出します。
- 2コマ目は、手で体を支えます。
- 3コマ目は、手をすごく動かし、いっきに体を起こします。
- 4コマ目はそのままホームポジションにもどすだけです。

腰のピッチ関節を生かしたイーグル攻略モーション



ダイナマイザーには大きな可動角の腰ピッチ関節がありこれを生かしたダイナミックなモーションが可能である



仰向け起き上がり



前でんぐり返し

動画

ダイナマイザーの回転について

- 90度回転は、5コマで、1秒位でできました。
- 1コマ目は、体重移動と屈伸をします。
 - 2コマ目は、片足を上げます。
 - 3コマ目は、片足を前にぐっただします。
 - 4コマ目は、スピードを0, 2くらいにして、1コマ目と同じかっこうにして、その反動で、90度回ります。
 - 5コマ目は、そのままホームポジションにします。これを2回繰り返すとダッシュの時の180度回転になります。



まとめ まず最初は、なれるのが大切なので、人の動きを観察したりして、プログラムを作るとよいと思います。壊れないロボットを設計・製作してくれた父や、神経の部分を開発した姫路ソフトウェアの中村博士に感謝します。

ここでマル秘ダイナマイザーイーグル攻略時のモーション統計

イーグル攻略タイム 3分24秒95にに要したモーションは

- 腕上げ1回
- 手ロック1回
- 降下1回
- 手ロック解除 + 腰ひねり1回
- ホームポジション復帰1回
- 前でんぐり返し5回
- 不慮の転倒2回
- 仰向け起き上がり1回
- 方向修正用90度前後左右のクイックターン14回
- 仰向け状態への修正4回(最大のピンチ)
- 前進歩行16歩

オマケ ワンパターンな攻撃 ダイナ往復ピンタ



数少ないピンタヒットシーン
対戦相手HSWR03



攻撃がこれしか無いのはやはり問題
今後の大きな課題である。

ここで時間が有れば動画

ダイナ往復ピンタと
新技 ダイナ浴びせ倒し

新型機の開発状況

Part 3 DYNAMIZER2

DYNAMIZER新旧比較(達成度20%)

DYNAMIZER

DYNAMIZER2

HITEC 5645MG

アクチュエータ

近藤 2346 ICS
レッドバージョン

HSWB-02

制御部

HSWB-02RG(レッド
バージョン対応)

積み重ね関節

股関節及び足首関節

直交関節

ABS、一部POM

材質

MCナイロン、一部POM

2.4Kg

質量

2.0Kg(目標)

DYNAMIZER 2の進捗(1)

SCC02 = スクリプトコントローラ姫路02 に関して

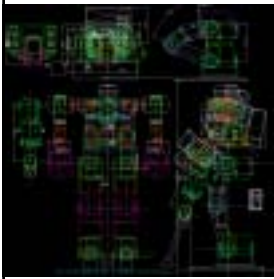


ただいまテスト中です。

ただいまテスト中です

スクリプトコントローラSCC-02はHSWB-02用のOAKS16-MINIベースの記憶用マイコンで、平たく言えばHSWB-02のプログラムサイズを60Kバイトまで拡大しプログラム後も不揮発で各種スクリプトを格納し、HSWB-02のスクリプトチェイン機能でラジコン送信機を初め、232Cインターフェースを持つ色々なコントローラからパソコン無しでもロボットの操縦や自律動作が実現できる画期的なボードです。

DYNAMIZER2の進捗(2)



設計図

現在製造中の部品 急がねば.....

終わり