



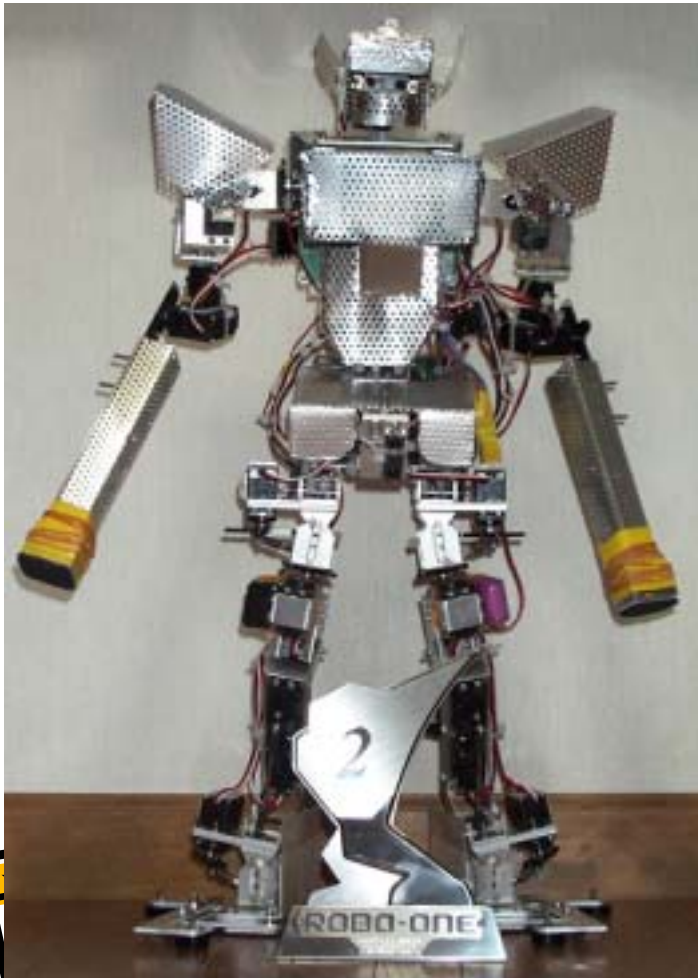
HSWRシリーズの移り変
わりと歩行制御みたいなもの

HSWロボットの会 中村素弘

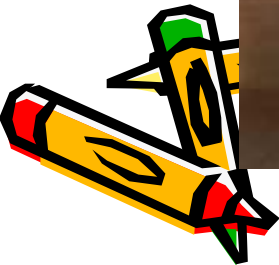
HSWRシリーズの紹介



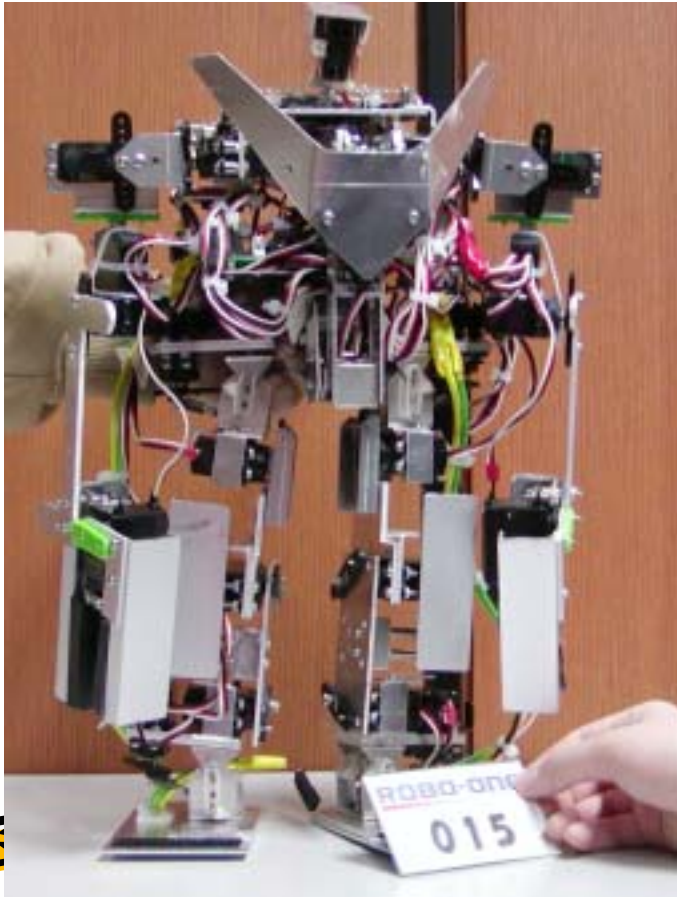
HSWR-01



- 平成14年1月製作
- 身長60センチ 体重3.2Kg
 - モータ PDS-2144
- 制御用マイコン
 - HSWB-01
- 特徴
 - 大きな身体でもなんとかあるく。
 - 簡単な自律プログラムでボールキャッチと投げかえしを実現。
 - 脚部関節は全てリンク式でトルク不足を解消
 - 傾斜センサを利用したフィードバックで重心制御を行っている。
- 歩行
 - 静歩行では有るがリンク機構を活用した滑らかな歩行
 - 膝曲げてない……

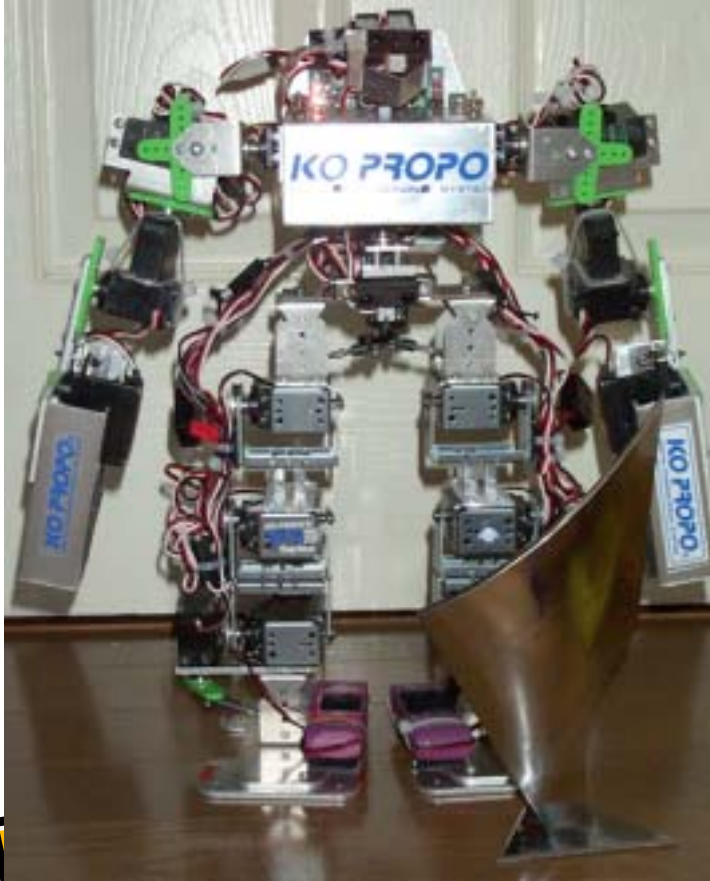


HSWR-02

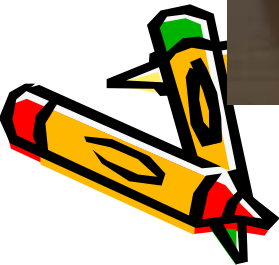


- 平成15年1月製作
- 身長45cm 重量3.5Kg
 - モータ PDS-2144
- 制御用マイコン
 - HSWB-01
- 特徴
 - グリッパーを搭載し、ボールを拾い上げて投げる機能を実現
 - 脚部フレームを全て片持で実現、安価な構成
 - 前後転倒状態からの起上がりが可能(これが開発目的)
- 歩行
 - もっとも単純な静歩行
 - 自分の評価では失敗作

HSWR-03



- 平成15年7月製作
- 身長35センチ 重量2.5kg
- 制御用マイコン
 - HSWB-02
- 特徴
 - 初めて市販フレームを使用したロボット(簡単！)
 - デモとしてボールキャッチ&キックを実現
 - 後に誰でもできるといわれてちょっと悲しかった..
 - グリッパはついているだけでたいした事をさせなかったのが残念..
 - 相変わらず、腕は片持ち
- 歩行
 - できるだけ足をあげての歩行を目指すも安定性が弱く静歩行の限界をみた感じ



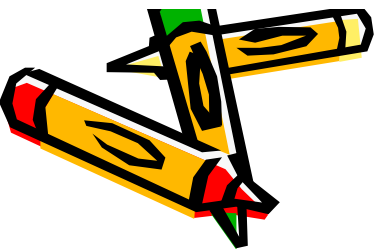
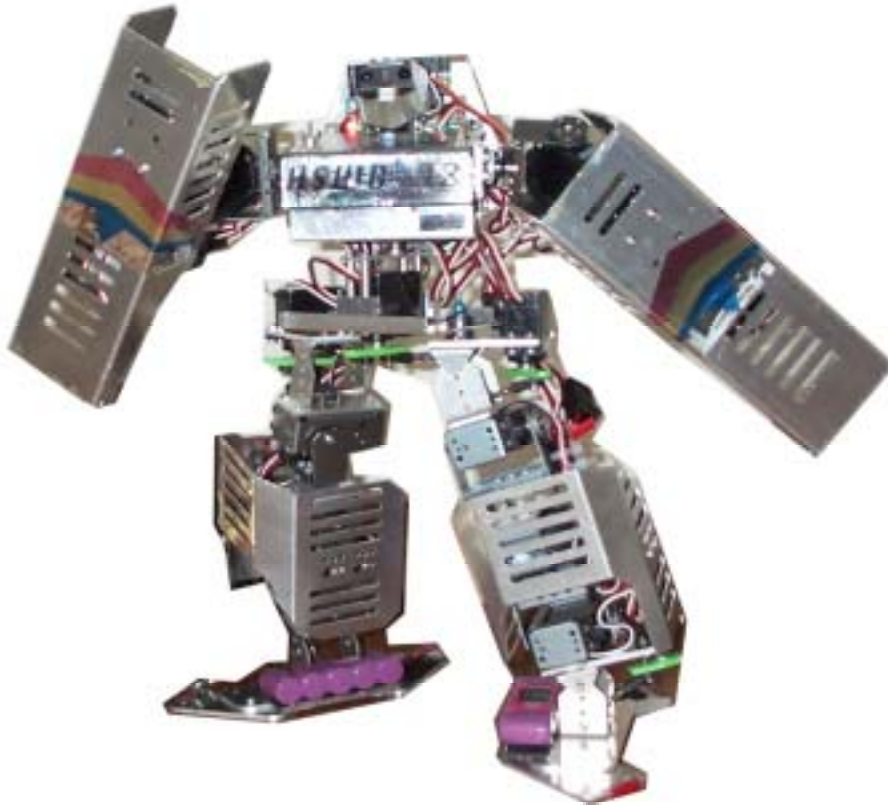
HSWR-03改

- 特徴

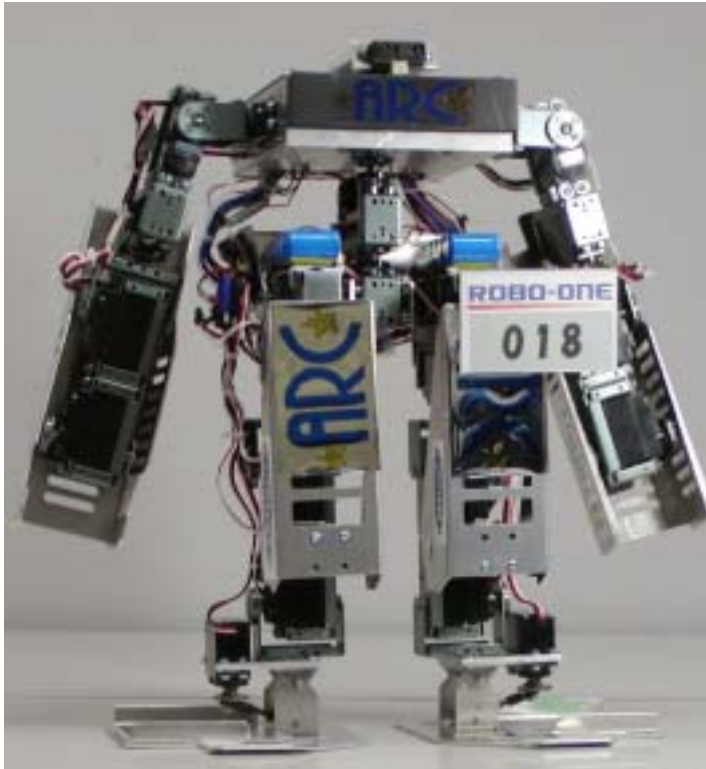
- HSWR-03の攻撃力の低さを改善するべく可動式アームカバーを搭載
- 腰部、股関節とも追加され、動作がスムーズになる。
- 格闘のみを目的としたロボット

- 歩行

- HSWR-03の股関節を改造した結果、かなり安定した静歩行を実現し、さらに腕の振り上げ反動を用いた移動方法を実現した。



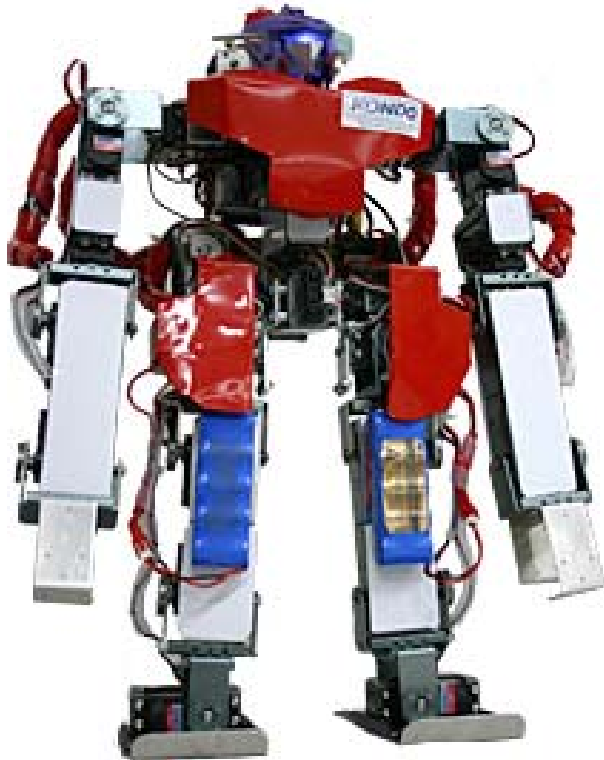
HSWR-04



- 身長43センチ 重量3.5kg
- 制御用マイコン
 - HSWB-02
- 特徴
 - HSWR-03改を受け継ぎ攻撃力
のみに注力したロボット。
 - 腕カバーに続いて臍カバーも可
動式にするも、使いこなせず。
 - 腰部の水平回転部はサーボを2
個直結し360度回転を実現
 - 股関節はいわゆるガンダム系を
実装(好みの問題)
 - 大会ではオペレータが自滅



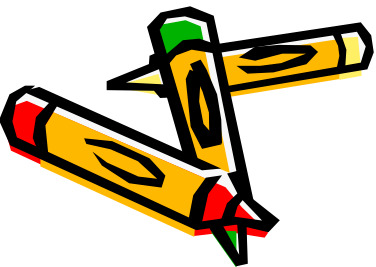
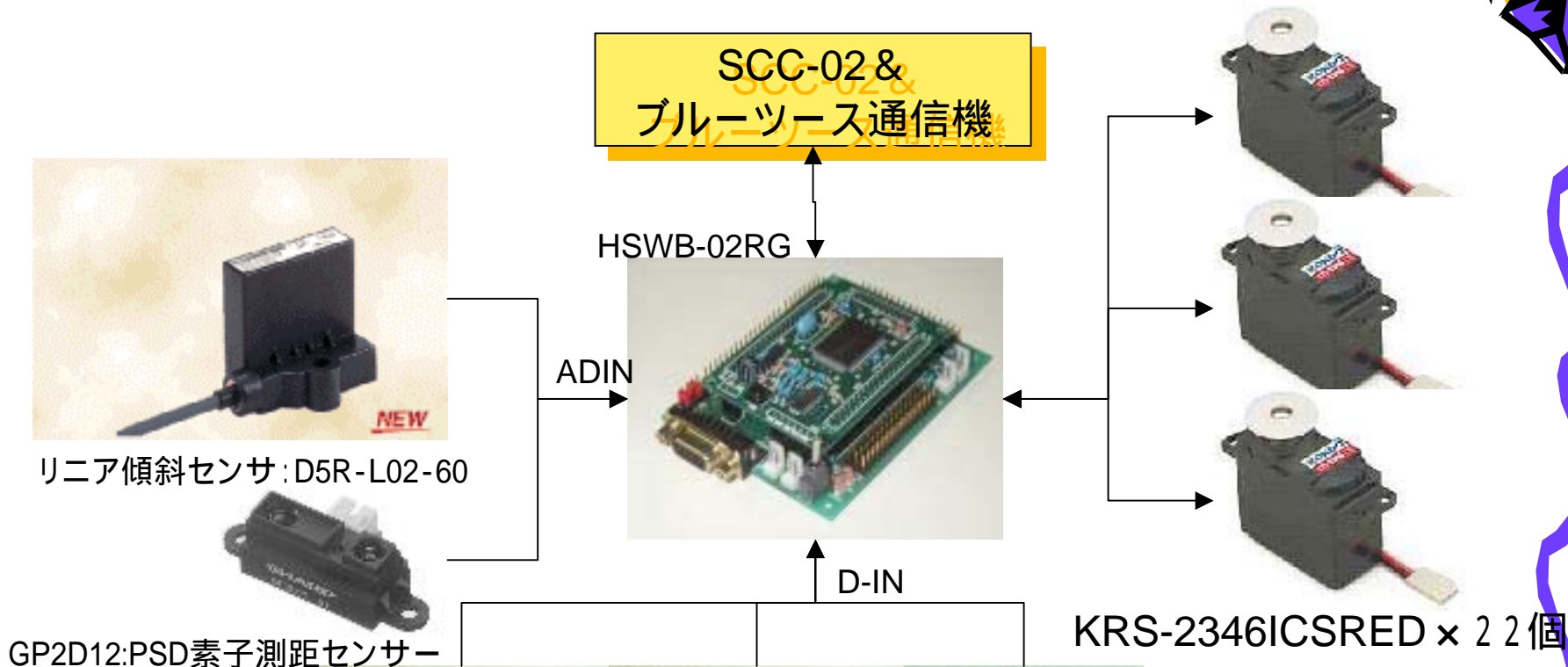
HSWR-05



- 身長40センチ 重量3kg
- 制御用マイコン
 - HSWB-02RG
- センサ関連
 - レートジャイロセンサ 2個
 - 傾斜センサ 1個
 - 2346REDサーボによる位置センサ 22個
 - 赤外線式測距センサ 1個
 - 地磁気センサ 1個
- 歩行
 - 静歩行にジャイロと傾斜センサによる姿勢制御を追加し、安定歩行を実現
 - ダッシュ時には動歩行擬きとしジャイロセンサを活用

HSWR-05に搭載されたHSWB-02RGは市販の物に次期アップデート予定の機能の内、アナログジョイスティックサポート機能が追加されています。

HSWR-05のシステム構成



GWSジャイロセンサ : PG-03

デジタルコンパスモジュール
[RDCM-802]

その他、
イトーレイネツ製
フレーム等も使用

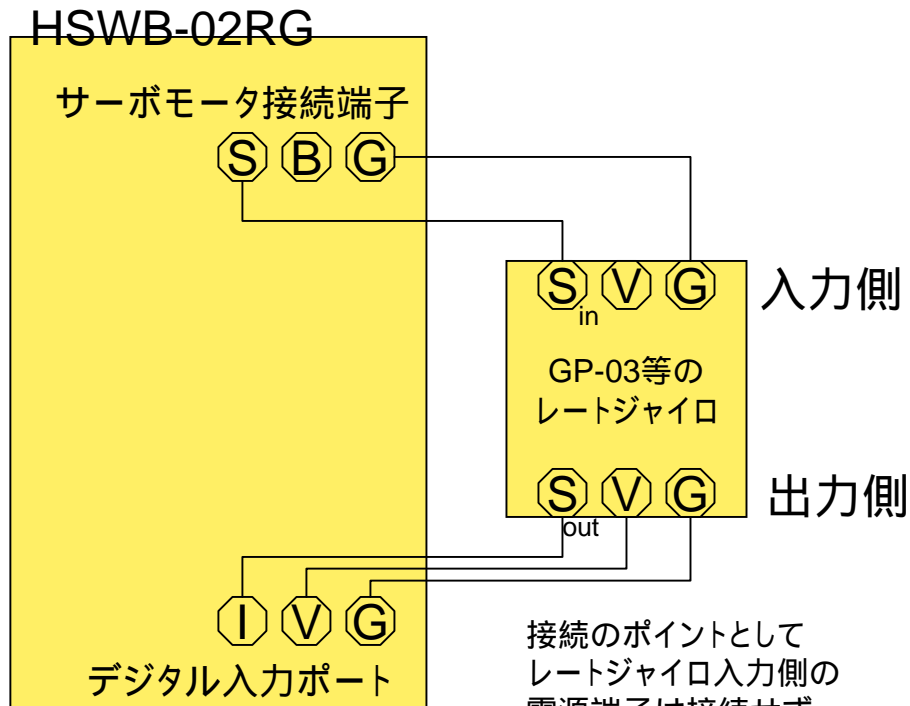


HSWR-05の姿勢制御概要

- 突発的な姿勢変化への対応
 - 何かを踏み付けたり、重心移動が早すぎて転倒しそうな場合はジャイロセンサを用いてリアルタイムに姿勢を変化させ対応しています。
- 全体的な姿勢変化への対応
 - 平地から斜面へのぼる、もしくは傾斜が切り替わる等した場合は傾斜センサを用いて姿勢を判定し、基本姿勢を変化させる事によりバランスを取ります。
- 段差等の踏み込みへの対応
 - 持上げた遊脚を着地するとき、足首関節を脱力し、さらに膝関節、股関節の保持力を低下させておきます。
 - 着地にいたったとき、遊脚の各関節の現在の位置を読み出し、指示値に再設定し、保持力を最大にあげる事で転倒しないで平地から斜面に移動する事ができます。



ジャイロセンサーと HSWB-02RGの接続



接続のポイントとして
レートジャイロ入力側の
電源端子は接続せず、
信号入力側の端子を用いて
電源を供給します。
これはサーボ電源とマイコ
ン電源の短絡を防ぐ為に必
要な事項です。

- HS WB-02RGのデジタル入力
にラジコン用に市販されているレー
トジャイロ(GWSPG-03等)を接
続します。
- これらのジャイロは基準信号を必
要とするため、ジャイロ1個に付き
サーボ端子1個を消費します。
 - 将来は基準信号を必要としない
ホビーロボット専用のジャイ
ロセンサが市販されると思い
ますのでこれらを利用すると
より簡単かつコンパクトにロボッ
トへ組み込む事ができると思
われます。

2このジャイロセンサを接続する場合は上記の接続を2組行います。



ジャイロセンサの 設置ポイント1



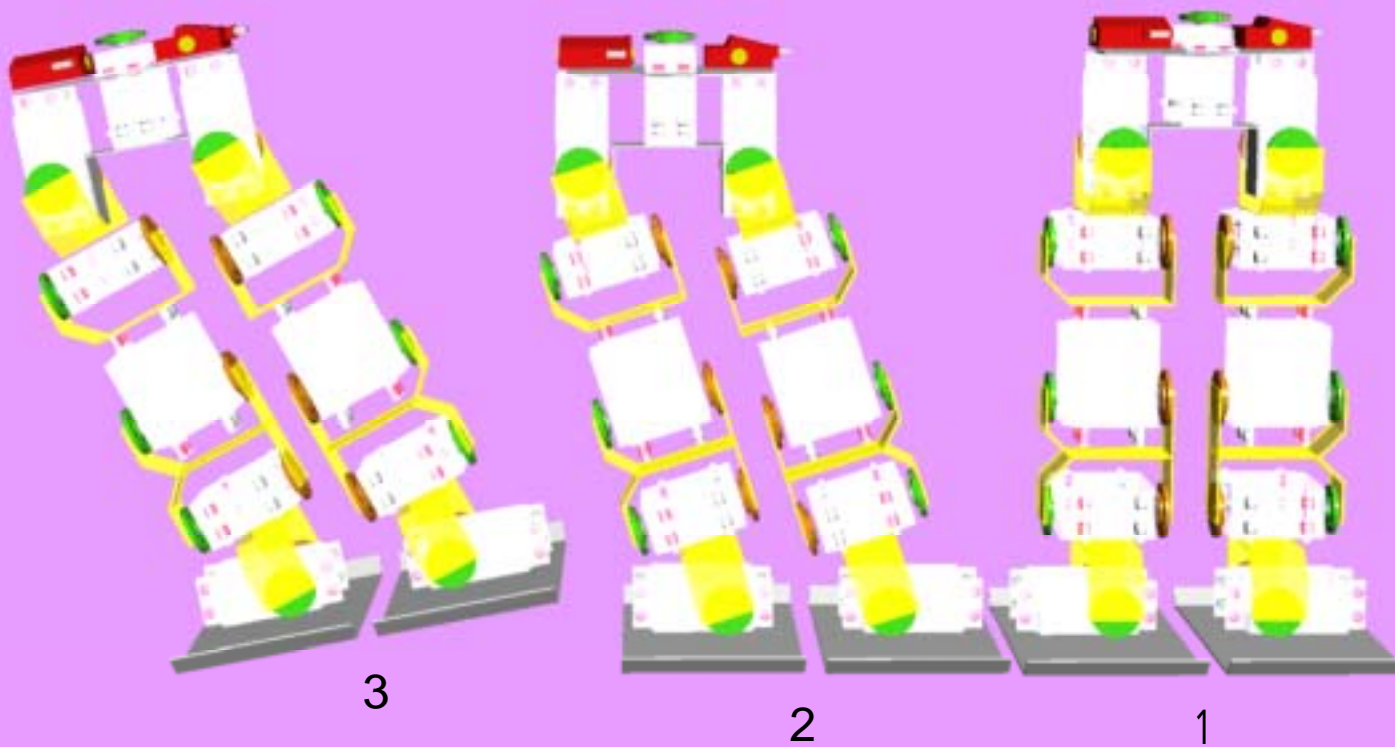
ジャイロをロボットに配置する場合、常に水平を保ちたい部分に設置します。

2個搭載する場合はそれぞれの検出軸が90度ずれる様に配置します。

このとき、本来の回転軸に比べてジャイロセンサの検出軸がずれていても検出に大きな問題にはなりませんので邪魔にならないところに搭載すると良いです。



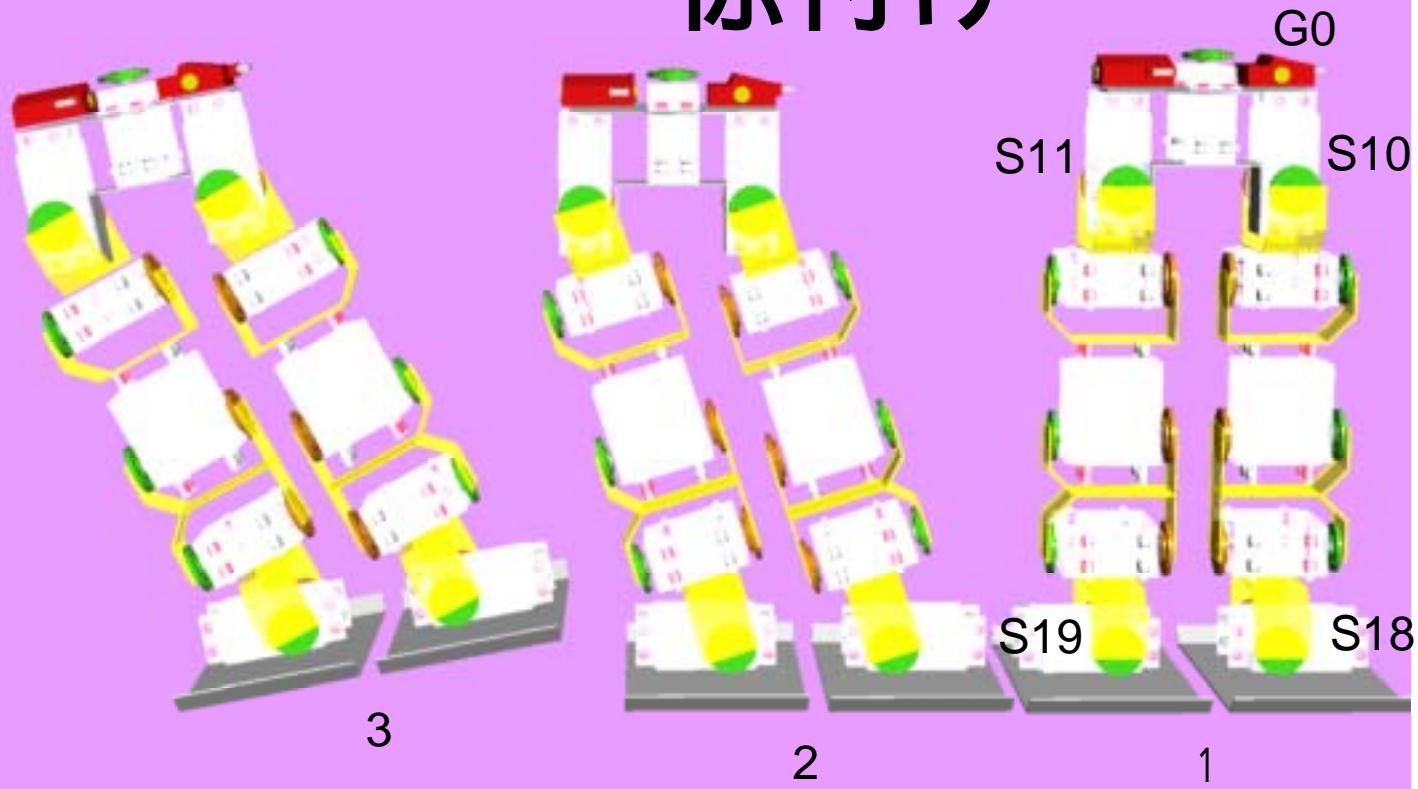
ジャイロセンサとサーボの関係付け



早い体重移動を行うとその反動でロボットが転倒してしまう場合があります。
同様に障害物を踏み付けた場合も同様の事態があり得ます。



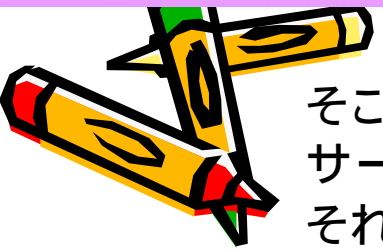
ジャイロセンサとサーボの関係付け



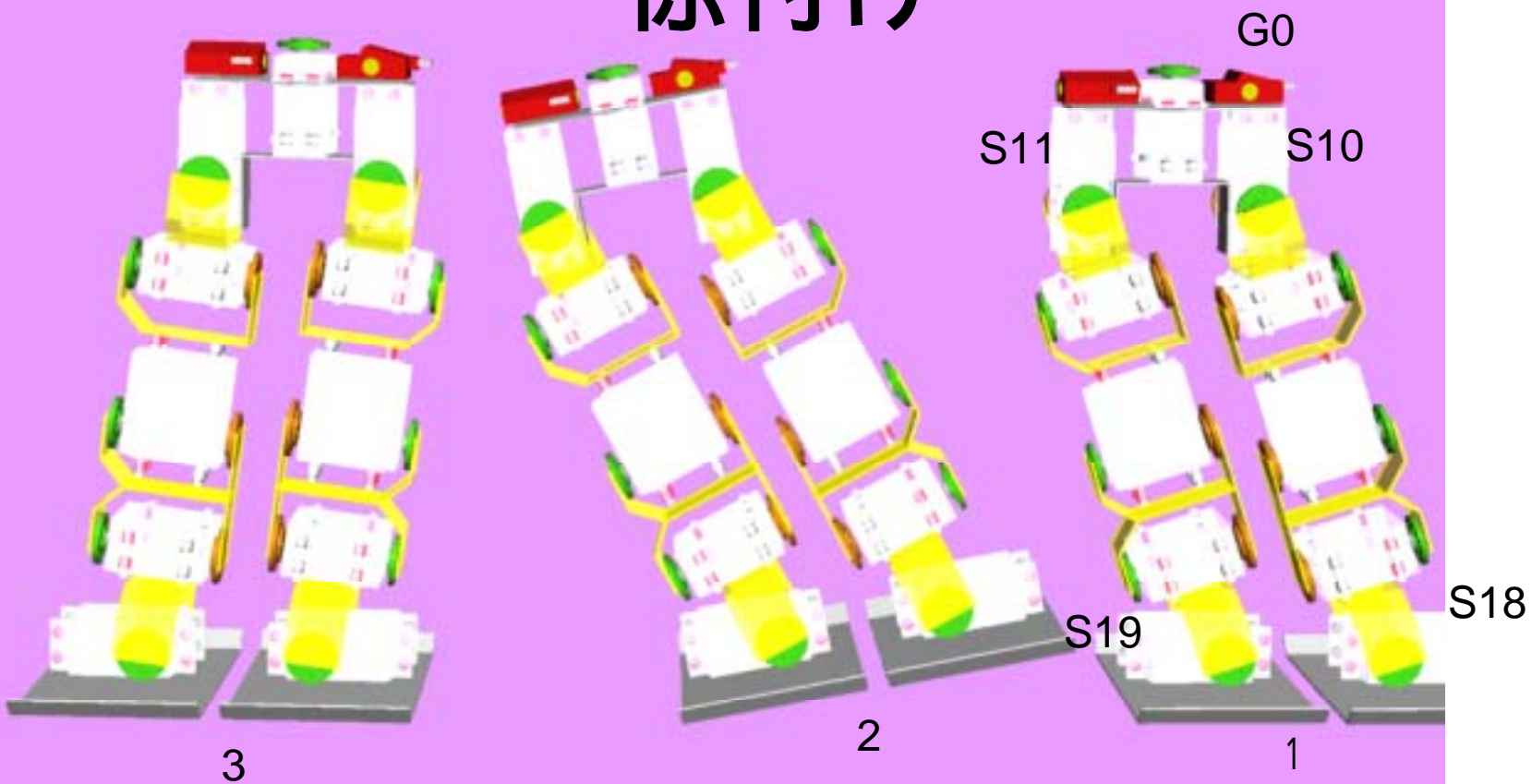
サンプルスクリプト
#GYTBL 0 S10 +5
#GYTBL 0 S11 +5
#GYTBL 0 S18 +5
#GYTBL 0 S19 +5
#GYCTR 1

上記の宣言を
スクリプト中で行えば
リアルタイムにジャイロの検出結果が各サーボに反映されます。
ジャイロの番号とモーター番号、与える回転方向と感度を指定します。

そこでジャイロG0と左右体重移動に関わるサーボモーターS10,S11,S18,S19を関係付けます。それらの設定はHSWB-02RGのスクリプトによって行います。



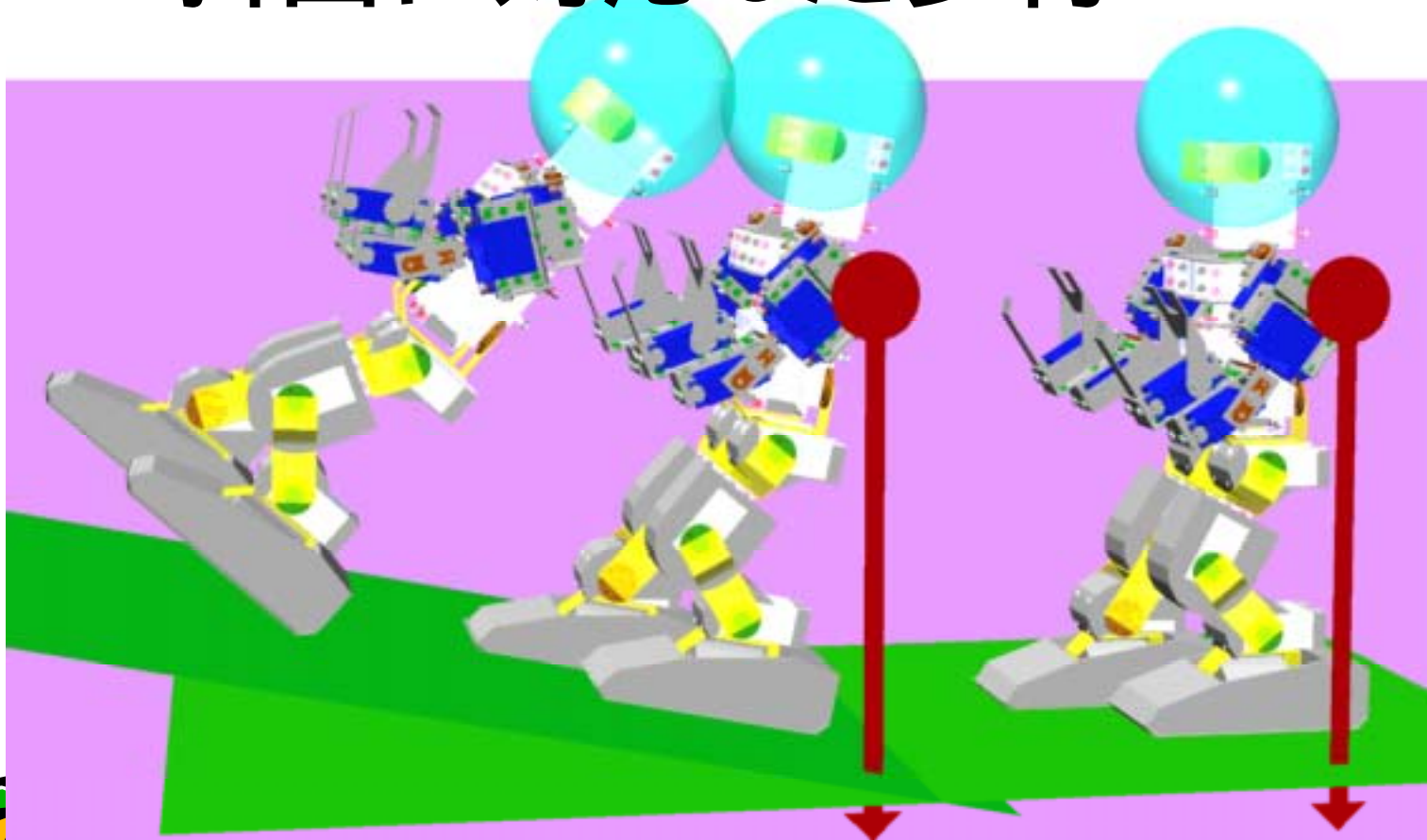
ジャイロセンサとサーボの関係付け



先の設定によりジャイロセンサの値に応じて各サーボモータがオフセットされて転倒する事なく復帰する事ができます。別に設置したジャイロ1を用いて前後方向についても同様の定義を行うと前後方向の転倒も防止する事ができます。

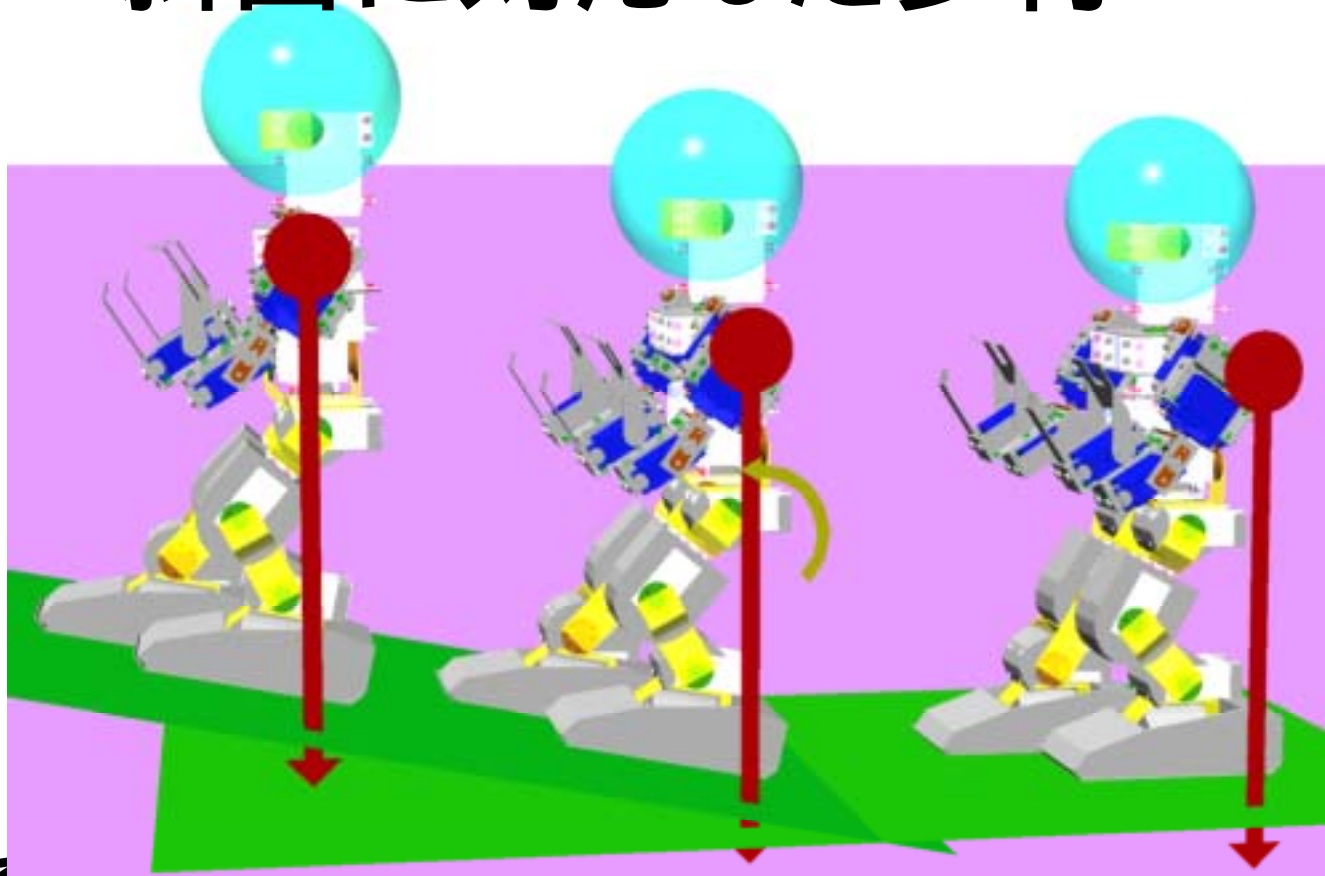


HSWR-05の 斜面に対応した歩行



平地歩行用に調整された歩行モーションのまま、
斜面を歩行させると重心が足裏領域をはずれ転倒し易くなります。
足裏サイズが小さくなればなる程、顕著になります。

HSWR-05の 斜面に対応した歩行

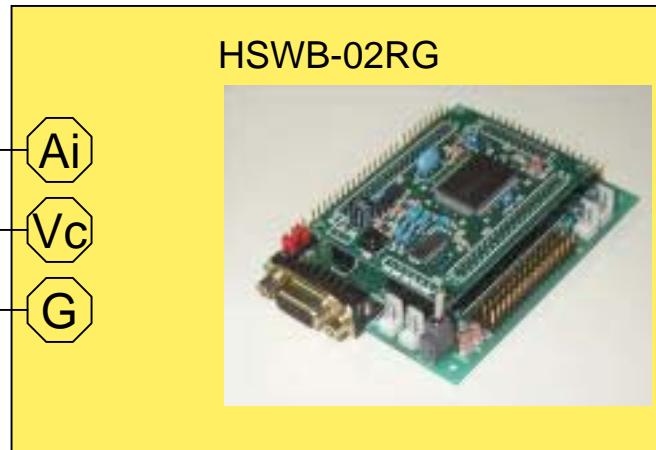


傾斜センサを上半身に配置する事により、上体の傾きを検知し常に垂直になる様に股関節を調整します。
これにより、ある程度の坂道まで対応する事ができます。

傾斜センサの接続



S
Vc
G



Ai
Vc
G

傾斜センサをHSWB-02RGに接続する場合はアナログ入力ポートに直結するだけですみます。

アナログポートの値を読み出すには下記の様なスクリプトで行います。

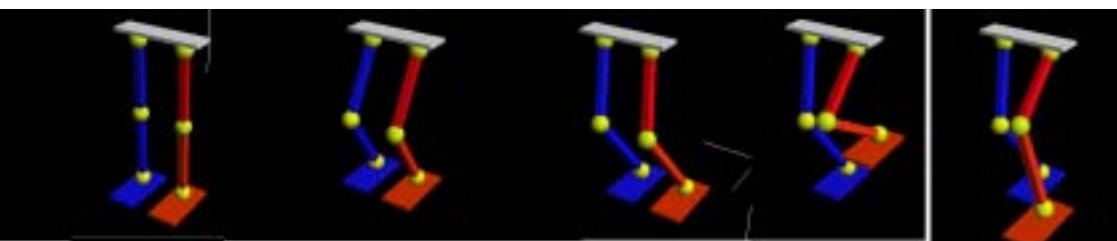
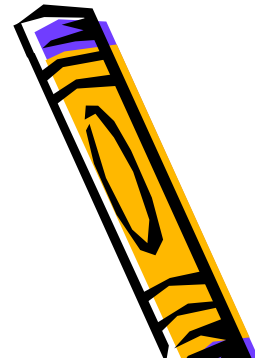
```
#INDA 0 V00
```

上記のコマンドをスクリプト中に記述するとアナログポート0に接続された装置からの入力電圧が0から255に変換されてV00変数に格納されます。(0から255は0Vから5Vに対応します。)

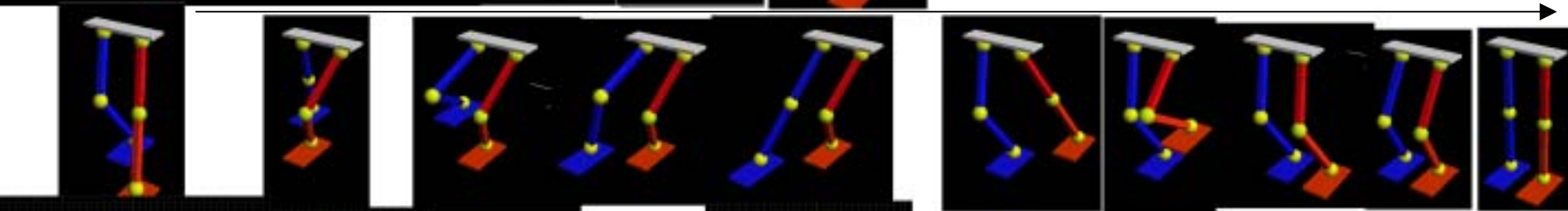
傾斜センサが水平の場合電圧は2.5Vが出力されるのでV00にはおよそ128が格納されます。

この変数の大きさを判定して股関節等の値を調整し、上半身を垂直に保つ様、制御を行っています。

傾斜センサによる姿勢制御 のタイミング



歩行モーションの流れ



歩行モーションの流れ

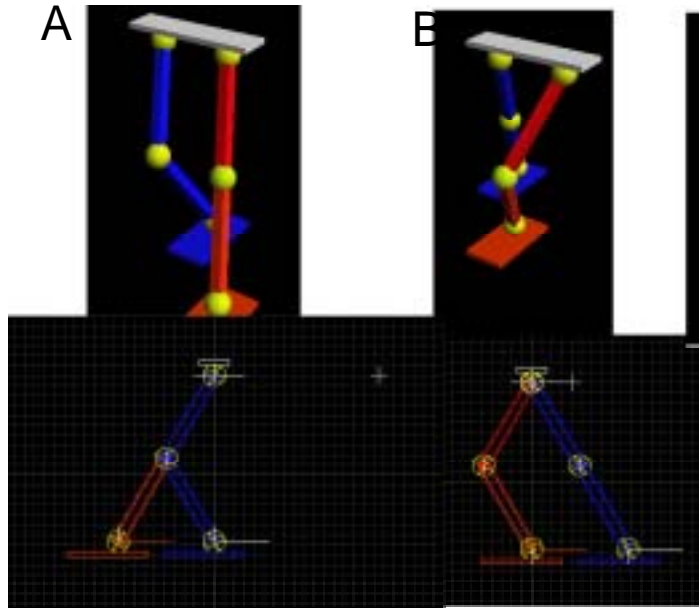


HSWR-05では歩行モーションのサイクル中常に上体の姿勢制御を行っているわけではありません。

上体の姿勢制御を行っているポイントは上記の内、大きく重心が移動するとき、移動期間中に傾斜センサを監視し、上体の位置制御を行っています。



傾斜センサを取り入れた歩 行のプログラム例



前方への体重移動(AからB)の際は同時に8個のサーボモータを移動させますが、1ポイント移動する毎にサブルーチンBLをコールし上体の位置を補正します。

```

;初期化処理
#INDA 2 V02
#LET V02 N10 - = V03
;USIRO
#LET V02 N10 + = V04
;MAE
    
```

初期化処理ではあらかじめ直立時の傾斜センサを読み込みその前後の猶予を含んだ制限値を変数に記録します。

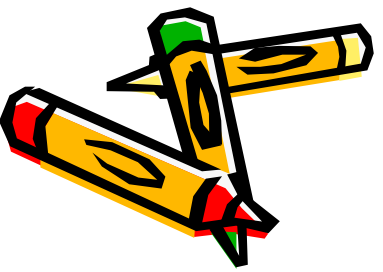
```

姿勢AからBへ移動するルーチン

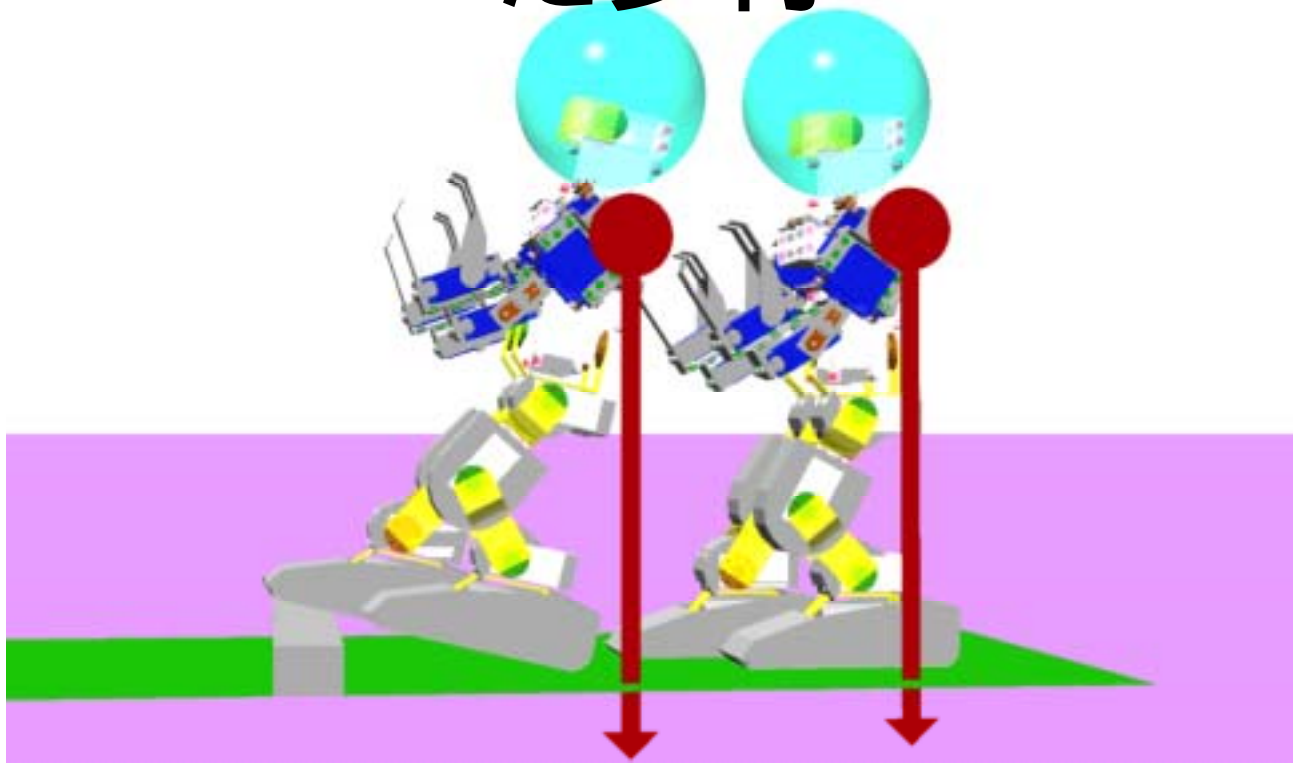
#LET N28 = V01
;WLP1
M121
M141
M151
M161
M171
M191
M201
M211
#JSUB BL
W5
#LET V01 N1 - = V01
;IF V01 N0 ## ## WLP1
    
```

```

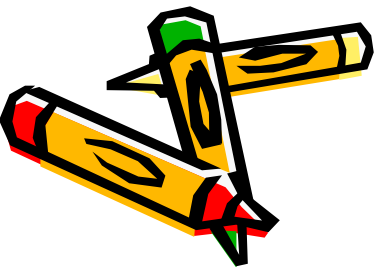
上体の姿勢を制御するサブルーチン
:BL
#INDA 2 V05 傾斜センサ読み込み
#IF V05 V04 SKIP SKIP ##
M121 股関節のモータ
M13-1 股関節のモータ
W15
J BL
;
;SKIP
#IF V05 V03 ## SKIP2 SKIP2
M12-1
M131
W15
J BL
;SKIP2
#RET
    
```



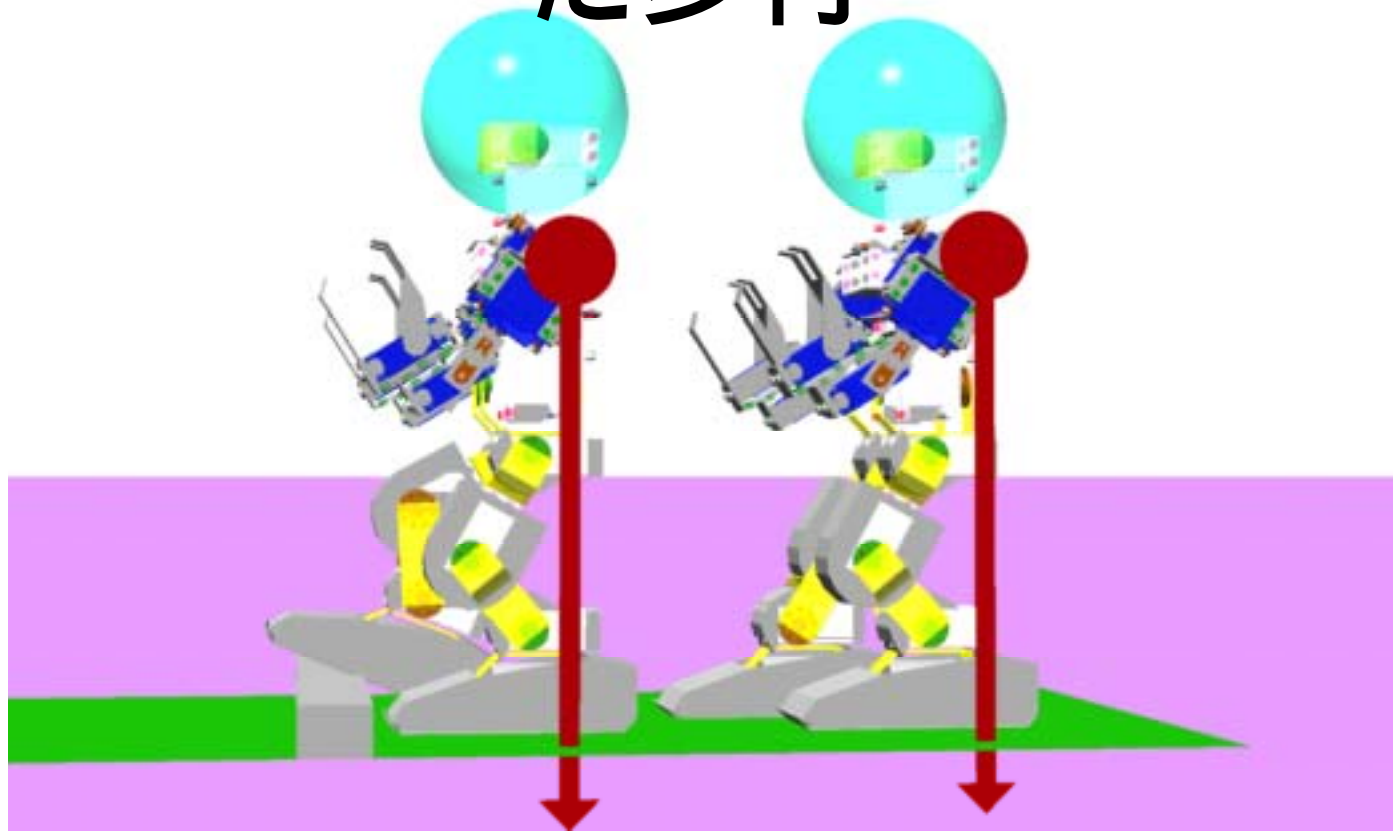
教示機能搭載サーボを用いた歩行



単純な平地用歩行モーションの場合、障害物を踏み付けただけで転倒する事が有ります。
これに対応する為、HSWR-05では近藤科学より販売されているREDサーボシリーズの「教示機能」を応用しています。



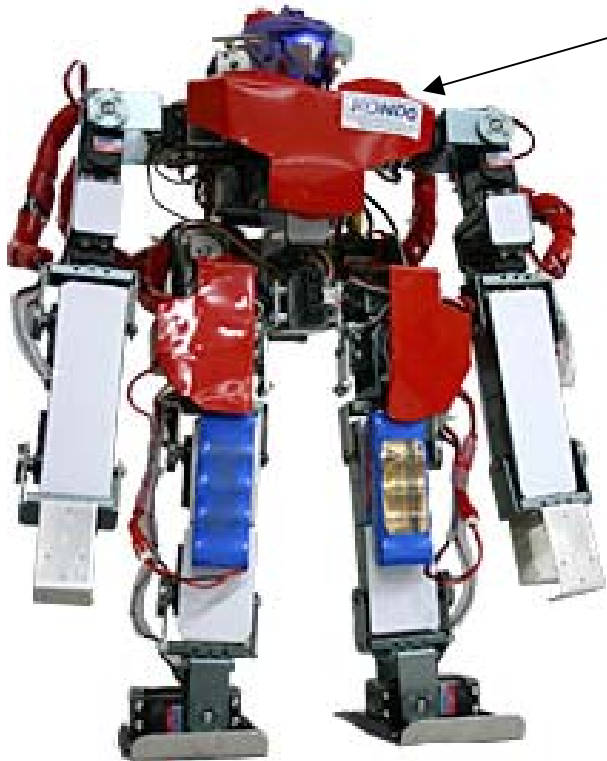
教示機能搭載サーボを用いた歩行



踏み付けた際に足首関節をフリーにし、さらに膝関節、股関節ともに保持力を下げる事により上図に様に脚部を着地する事ができます。着地完了後、各関節位置を再度サーボに対して教示し、その位置で各関節を固定する事により転倒せずに歩行する事ができます。

時間の都合で動画の用意ができませんでしたので後日WEB等で公開する予定です。

地磁気センサへの対応



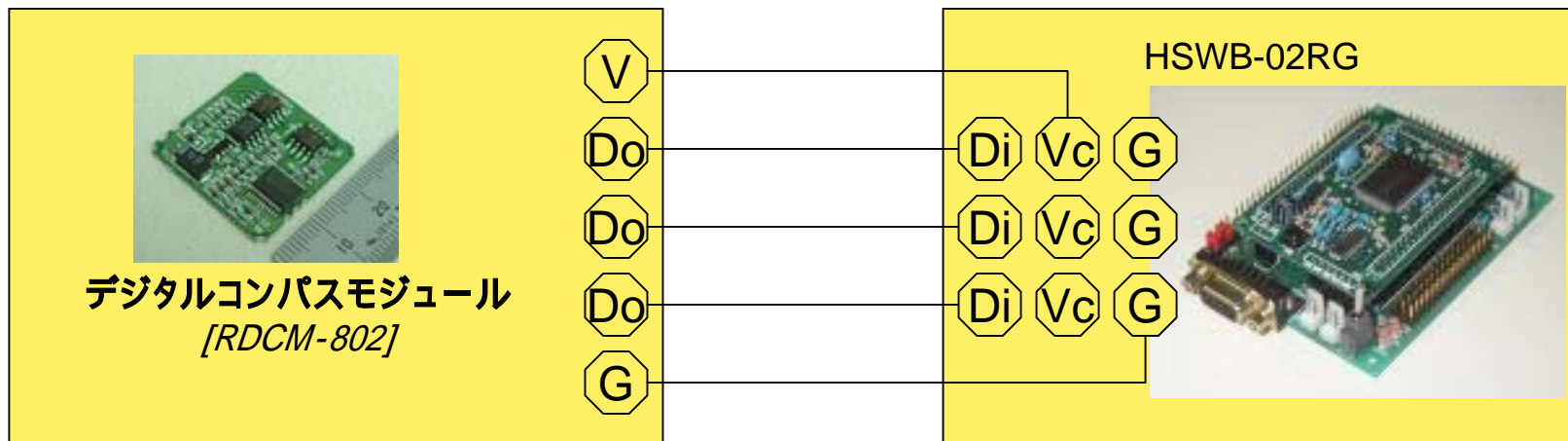
デジタルコンパスモジュール
[RDCM-802]

HSWR-05では地磁気センサを搭載して、自機が向いている方向を常に把握する事ができます。これにより、任意の方向に転換したり、正確な方向転換を行う事ができます。

なお、地磁気センサをロボットに搭載する場合、サーボモーター等磁気を発生する物よりできるだけ離し、水平に設置する事がポイントです。



地磁気センサの接続



デジタルコンパスからはデジタル出力が3 bit出力されています。
これをHSWB-02RGのデジタル入力の4、5、6に接続しています。
デジタルコンパスからの入力を読み取る為に下記のコマンドをスクリプト
中に記述します。

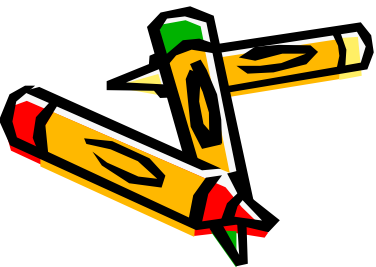
```
#INDV V00
```

```
#LET V00 N16 / = V00
```

デジタル入力の情報を変数V00に格納
変数V00を16で割って0から7の数値に
変換します。

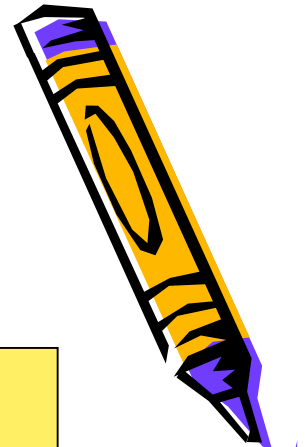
あとは、変換された数値を「自機が向いている方向」として使用し、アプ
リケーションプログラムを実行します。

デジタルコンパスからは0から7の数値で自機が向いている方向を返し
ます。



地磁気センサのプログラム例

起動時に自機の方角を把握する。



センサーの読み取りが安定するまでループする。

```
:LP
#INDV V10
#LET V10 N112 AND = V10
W50
#INDV V11
#LET V11 N112 AND = V11
W50
#IF V10 V11 LP ## LP
;
#LET V10 N16 / = V10
#IF V00 N0 ## S ##
#IF V00 N1 ## SW ##
#IF V00 N2 ## NE ##
#IF V00 N3 ## N ##
#IF V00 N4 ## SE ##
#IF V00 N5 ## W ##
#IF V00 N6 ## E ##
#IF V00 N7 ## NW ##
```

自機が向いている方向を格納している変数V10

読み込み完了後、自機が向いている方向を格納している変数V10を元に180度回転した先の方向をあらかじめ変数V11に格納しておく。
このとき、左右90度等もあらかじめ変数等に記録しておくと後で便利。

```
:S
#LET N3 = V11
J MAIN
:SW
#LET N2 = V11
J MAIN
:NE
#LET N1 = V11
J MAIN
:E
#LET N5 = V11
J MAIN
:SE
#LET N7 = V11
J MAIN
:W
#LET N6 = V11
J MAIN
:N
#LET N0 = V11
J MAIN
:NW
#LET N4 = V11
J MAIN
```

:MAIN



180度ターンの実行

:TURN180

ここにターンのモーションを記述

:TURNLP2

#INDV V00

デジタルコンパスのデータを読み取り

#LET V00 N112 AND = V00

有効ビット部分の残してマスク処理

W1

5ミリ秒待ってから

#INDV V01

再度デジタルコンパスのデータを読み取り

#LET V01 N112 AND = V01

有効ビット部分を残してマスク処理

#IF V00 V01 TURNLP2 ## TURNLP2入力結果を比較して一致するまで再処理

#LET V00 N16 / = V00

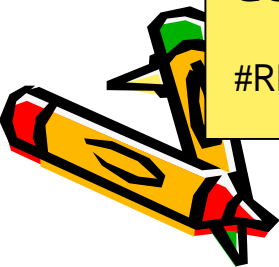
一致すれば16分の1して方向コードに変換し

#IF V00 V11 TURN180 ## TURN180 起動時に記録した方向を格納した変数と比較

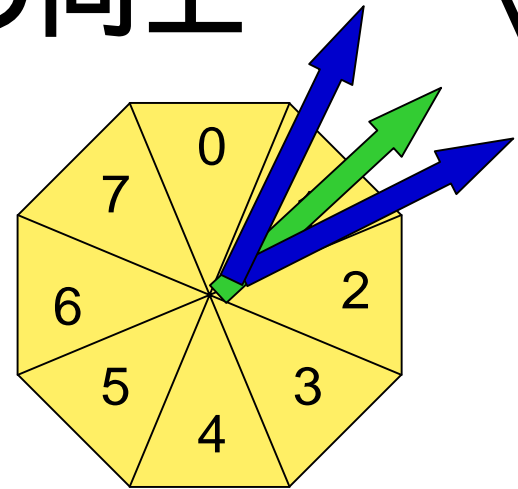
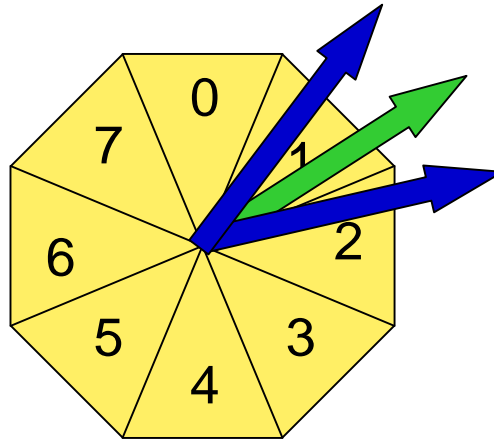
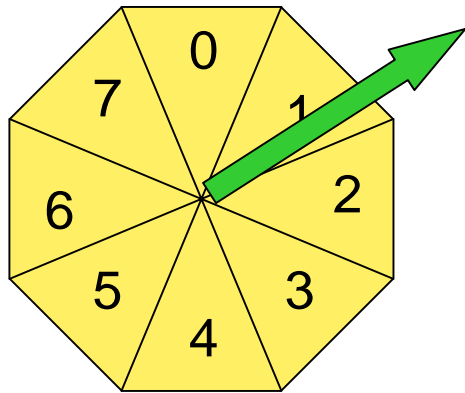
一致するまでターンを繰り返す。

ここにターン終了モーションを記述

#RET



地磁気センサの精度の向上



デジタルコンパスモジュール
[RDCM-802]

コンパスモジュールの場合、方向データは3ビットの分解能で出力されますが、この分解能で不足する場合は測定方法を工夫する事で24分解能程度まで向上する事ができます。

まず、1回目の測定後、コンパスモジュールのみを20度、右に回転させ再度測定します。

これにより測定方位が変化した場合、初期測定値の右寄りである事が分かります。

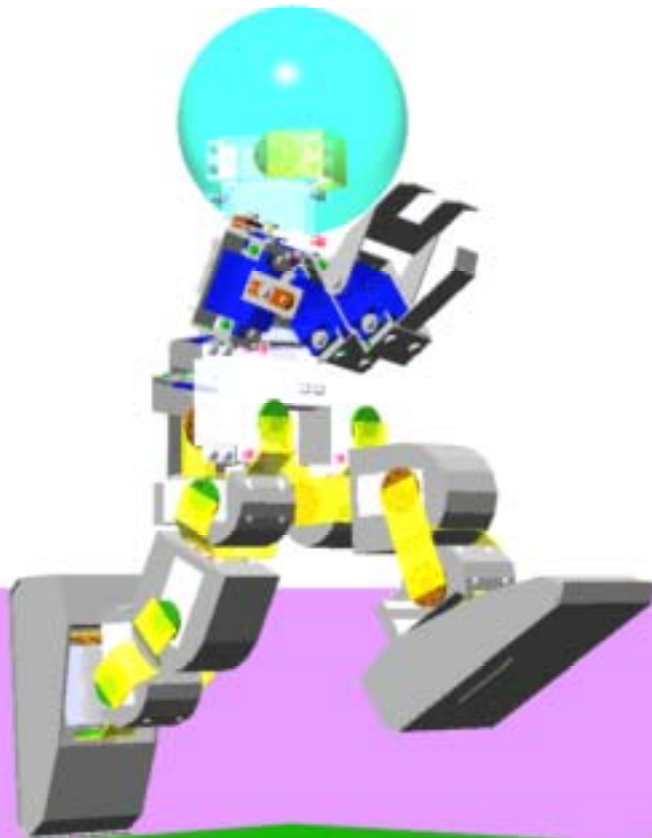
さらに続いて初期測定位置から左に20度回転させ再度測定します。これによって測定方位が変化した場合、初期測定値の左寄りである事が分かります。

どちらに回転しても測定方位が変化しなかった場合、初期測定方位はほぼまん中をさしている事になります。



今後の目標

- 転倒する動作を利用して歩く、「動歩行」に挑戦したいと考えています。
- 最終的には走行を目標にしています。



動歩行及び走行実現までに 取り組む内容

- HSWB-02RGのアップグレードとしてジャイロセンサ入力を3軸対応に拡張
- スクリプト実行機能を拡張して疑似マルチタスクを実現
- モーション記述機能強化とマルチタスク間の通信機能の搭載
- 足裏センサ等に対応できる様、各種割り込み処理を容易に使用できる様スクリプト機能を強化
- 新しいモーション製作画面の提供
 - 以上、取組中ですが、リリース次期は未定です。
 - できるだけ早く提供できる様、鋭意開発中です。

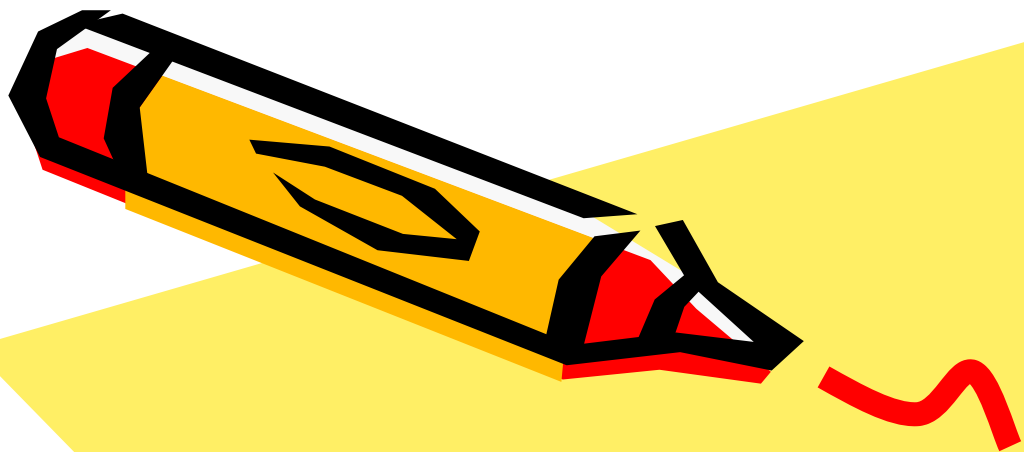


付録

<http://www.hsworks.co.jp/furoku.html>

上記にアクセスすると、HSWR-05の予選デモに使用したスクリプトが
全て参照できます。
御参考になれば幸いです。





HSWロボットの会

有限会社姫路ソフトウェアス

