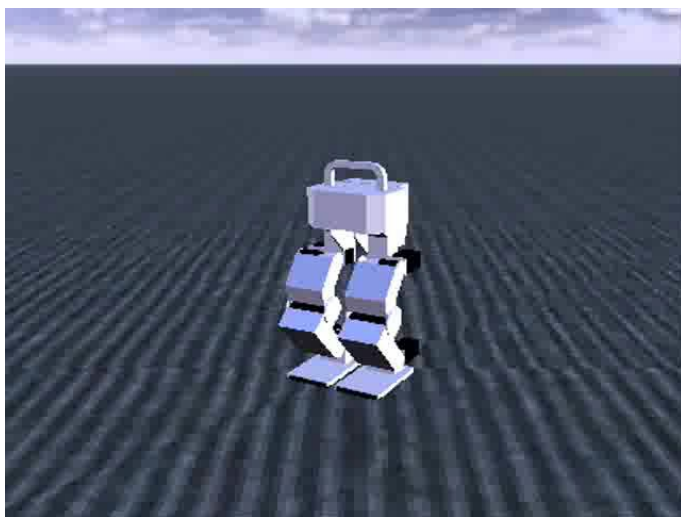


第1回「実践！ ロボット教育・研究フォーラム」

e-nuvo WALK ver.3 を用いた  
大学機械工学系の創成教育プログラム



平成21年7月22日  
近畿大学 理工学部 機械工学科 原田 孝

## ▶ 基礎ゼミとは

- 1年生に対する導入教育
- 1学年の定員200名の大人数の学科構成
- 教員1名に対して学生10名の小人数教育体制
- 学生達自らの課題形成，解決からプレゼンテーション

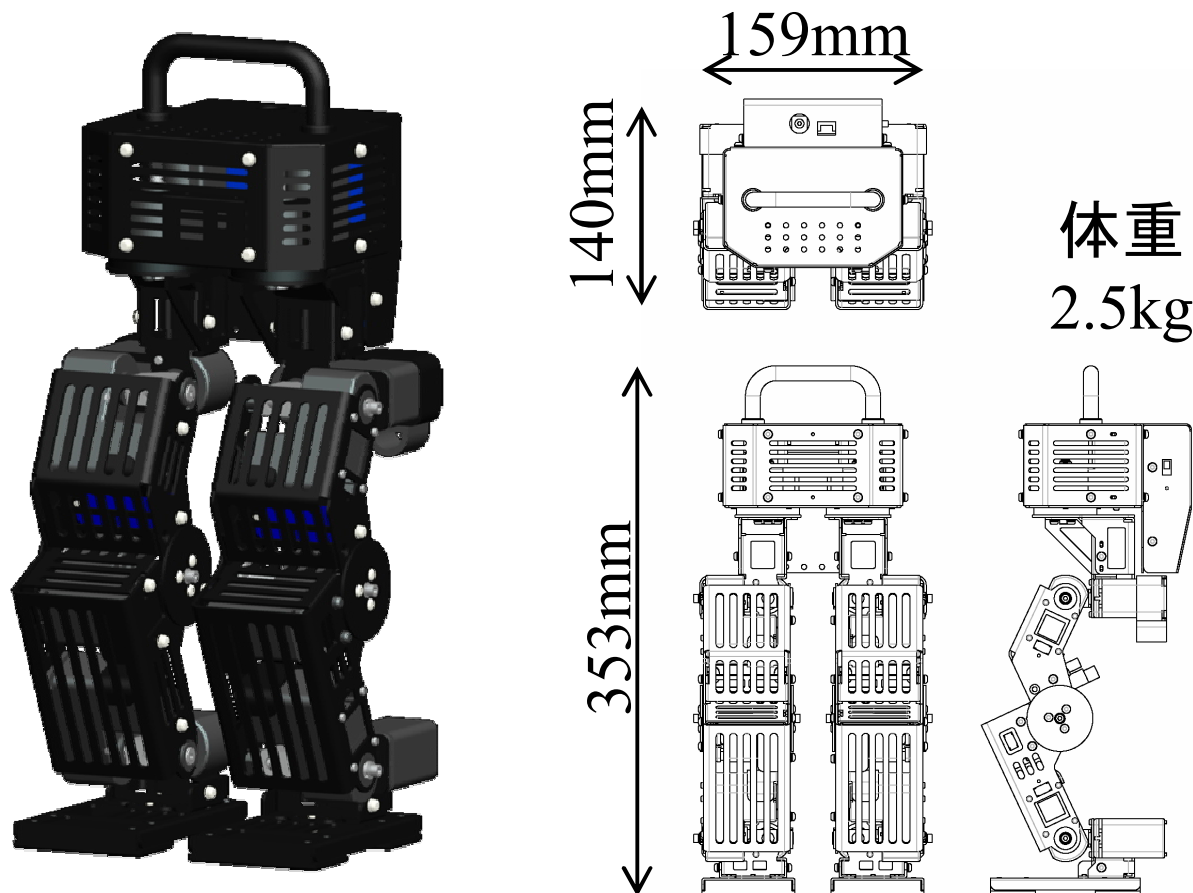
## ▶ 機械工学科における基礎ゼミ

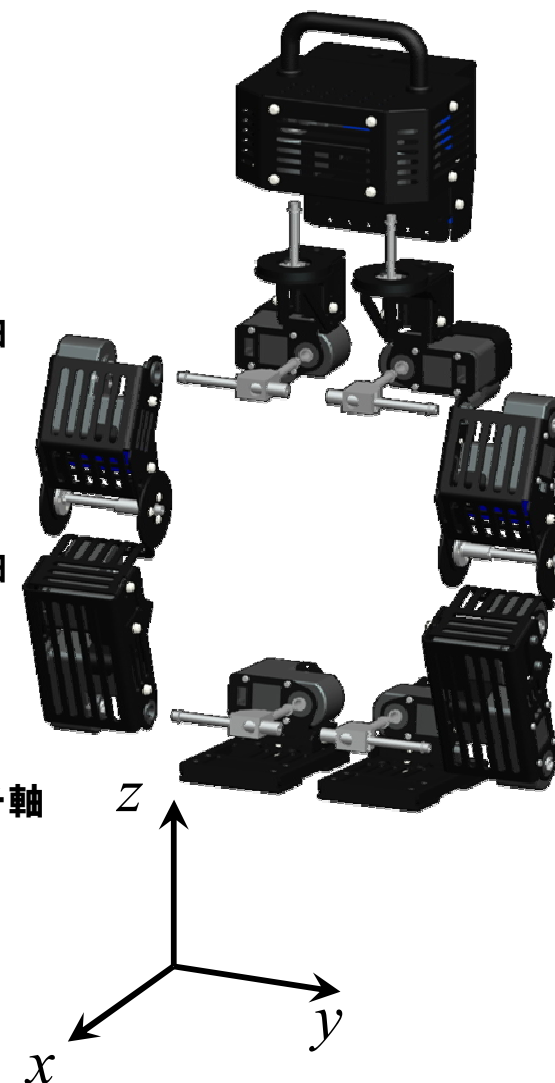
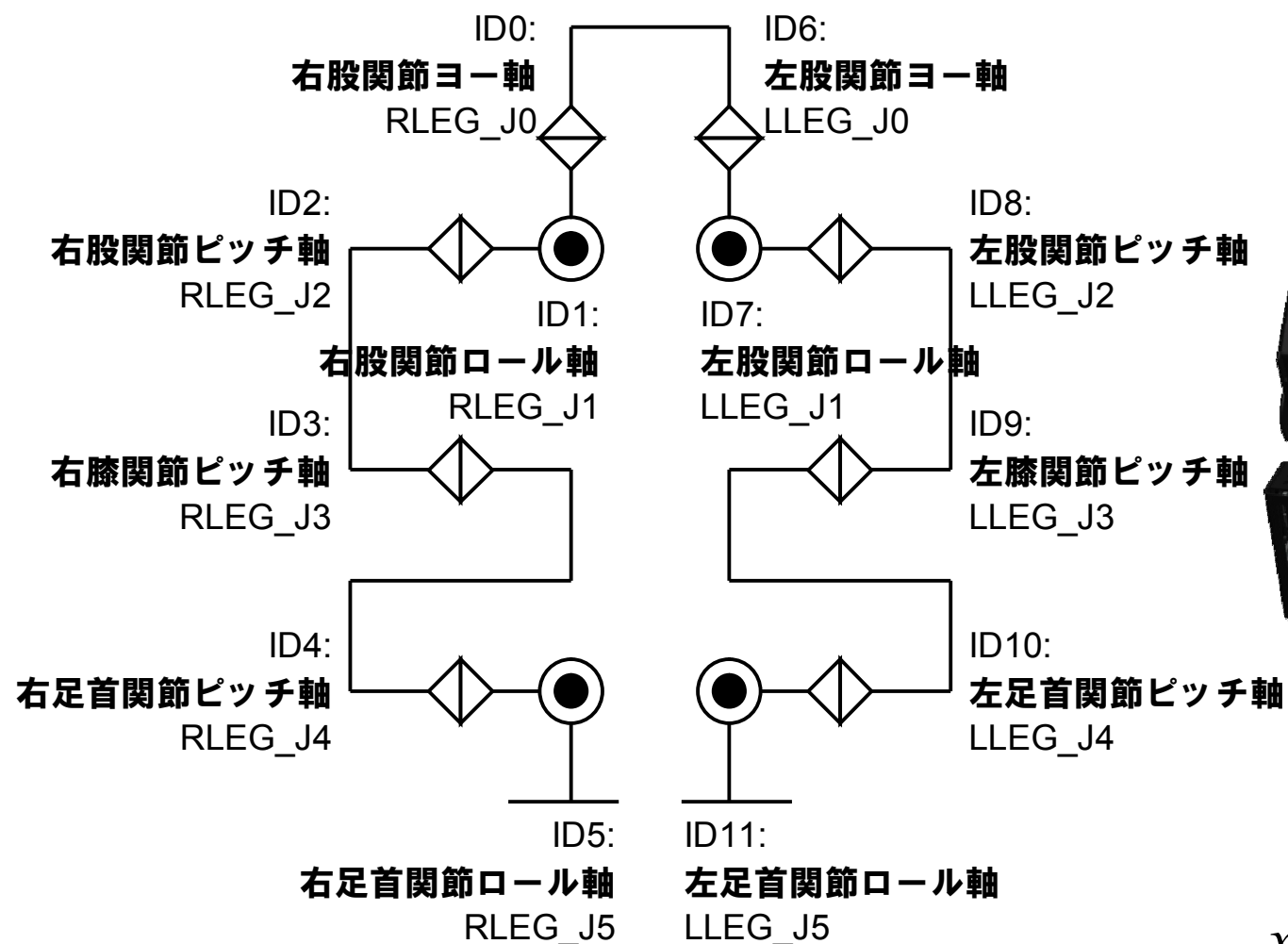
- 平成15年度より，ペーパーカーレースを実施
- 学生にモータ，プーリと電池ボックスを配布
- 紙を素材に自動車を作成し，スピード/登坂を競う

- ▶ **平成20年度よりe-nuvo WALK ver. 3を導入**
  - 大学1年生という低学年を対象
  - 100人規模の大人数に対する機械工学教育
  - 創成教育プログラムを構築して実施した
  - 「大学生らしい」取り組み
  
- ▶ **内容**
  1. 二足歩行ロボット教材の選定
  2. オリジナル・ソフトウェアの作成
  3. 教育体制と設備
  4. 教育課題と進め方
  5. 競技会：「ロボリンピック床運動」
  6. 教育効果の客観的評価
  7. まとめ

# 二足歩行ロボット教材の選定

- ▶ **ハードウェアの選定** 物理・力学教育にこだわる
  - 機械工学の基本である物理，力学の導入教育を意識
- ▶ e-nuvo WALK ver. 3 (以下, e-nuvo WALK3)
  - 左右各6自由度の下肢のみを有する シンプルな構成



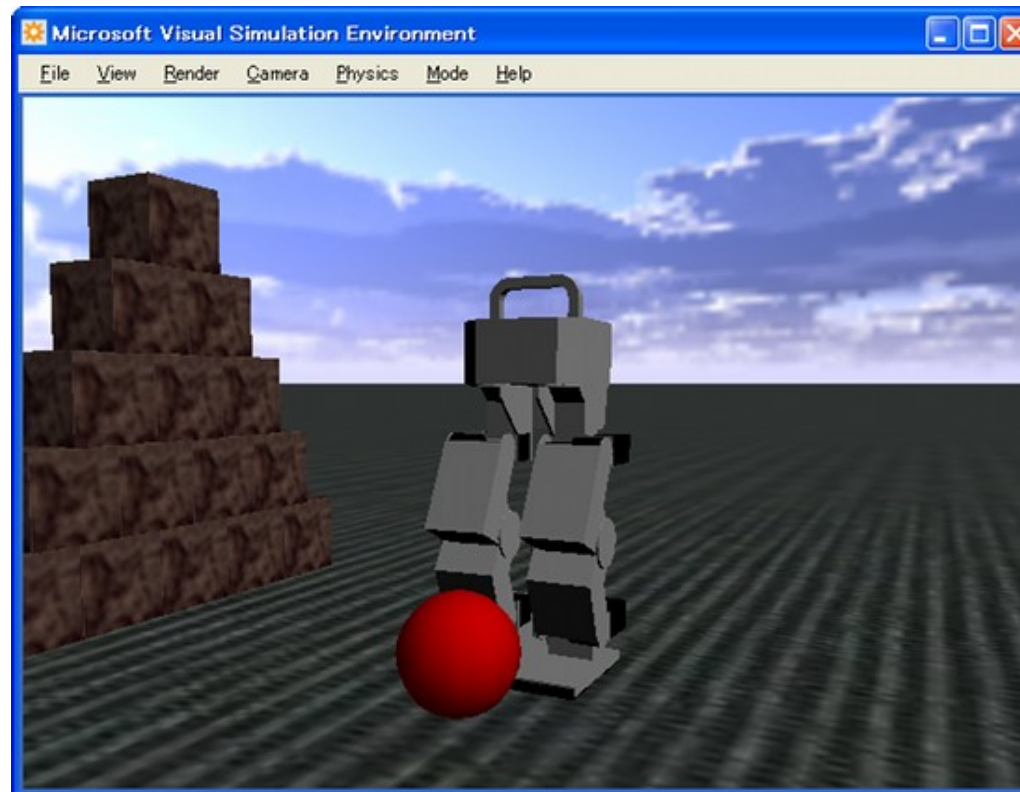


**各脚6関節，計12関節**

**「1関節」 = 「1モータ」 = 「1自由度」 ⇒ 12自由度**

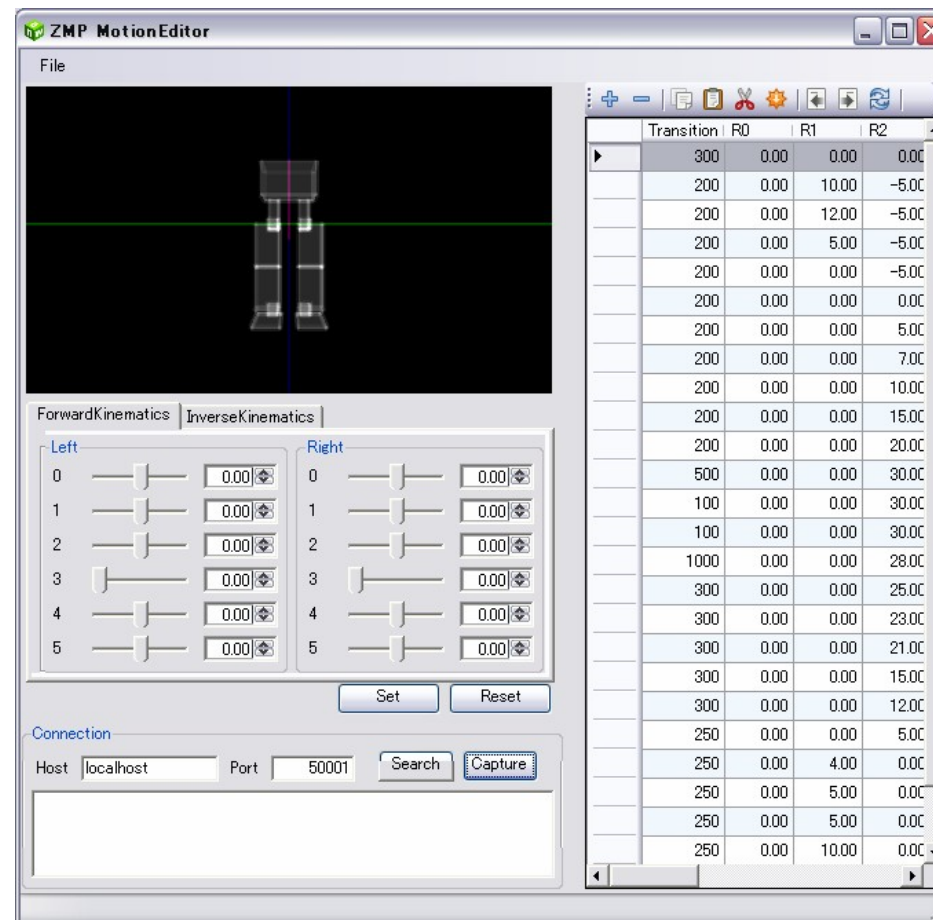
# 二足歩行ロボット教材の選定

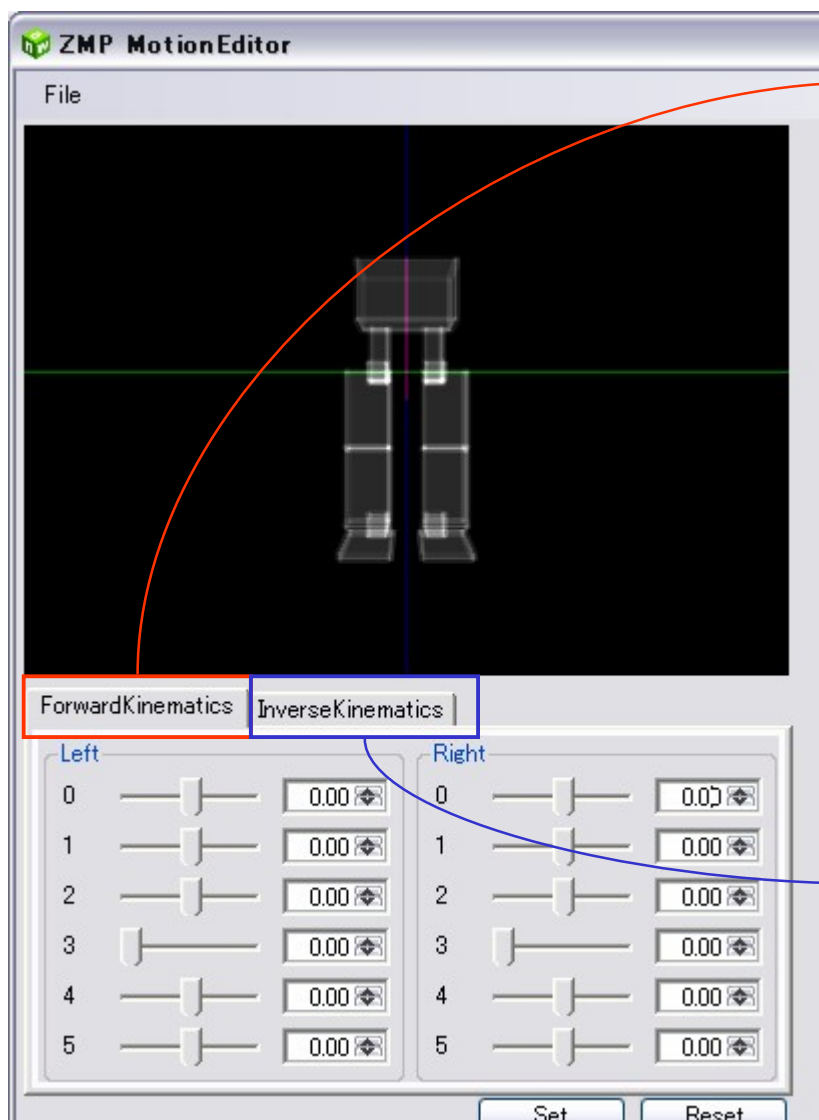
- ▶ **ソフトウェアの選定** Microsoft Robotic Studio (MRS)準拠
  - **物理シミュレータ** Virtual Simulation Environment (VSE)
  - **e-nuvo WALK 3のVSE用ロボットの力学モデル**
  - **リンクの質量, 質量中心, 慣性モーメント**
  - **機械工学科の力学教育には, 格好の教材**



## ▶ Motion Editor ティーチング&プレイバックソフトウェア

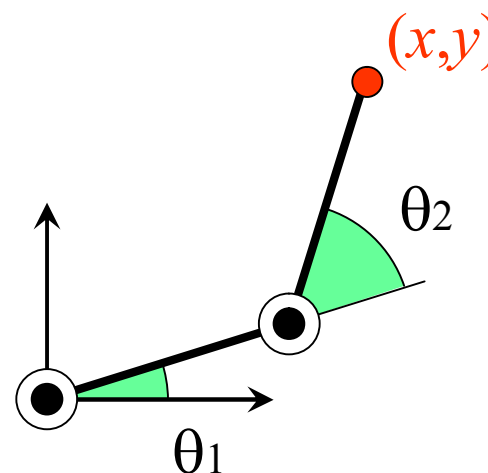
- 関節/足先座標系の目標位置(ポーズ), 到達時間を教示
- 一連のポーズと到達時間データの集合⇒モーション
- 実ロボット/仮想ロボットのモーションプレイバック





## 順運動学 (Forward Kinematics)

関節角度 → 足先位置・姿勢



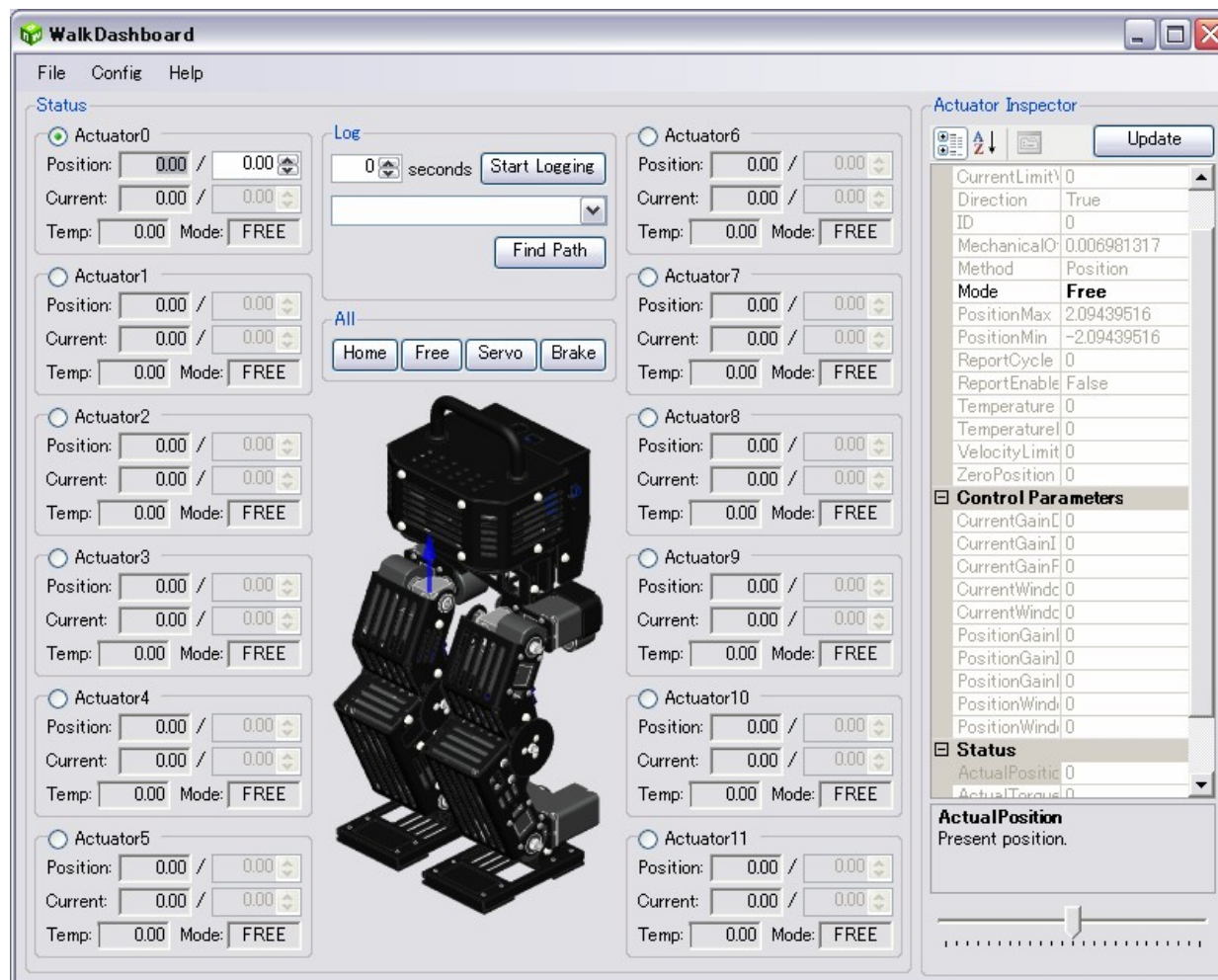
## 逆運動学 (Inverse Kinematics)

足先位置・姿勢 → 関節角度



## ▶ Walk Dashboard

### ■ 原点補正, サーボON/OFF, サーボパラメータ調整など



- ▶ **重心位置計算** **先ずは、静力学を考慮したモーション設計**
  - 静力学のみを考慮したモーション設計
  - 大学1年生を対象
  - 本学独自にロボットのポーズに対する重心位置を計算し表示するソフトウェアを作成し、学生に配布した。
  - Microsoft Excelを用いて実装⇒自宅のパソコンで自習
  
- ▶ **ロボット工学**
  - 同次変換行列を用いた座標変換
  - ヒューマノイド・ロボットの下肢の順逆運動学
  - 興味を持った学生が、本格的に学習できる内容

# オリジナル・ソフトウェア

[順運動学]

関節角度

足先の位置姿勢

Right	(deg)	(rad)	Left	(deg)	(rad)	Right	NUVO		Left	NUVO
$\theta R0$	0.00	0.000	$\theta L0$	0.00	0.000	PRX	0.00	0.00	PLX	0.00
$\theta R1$	-24.23	-0.423	$\theta L1$	-14.04	-0.245	PRY	-45.00	-75.00	PLY	-35.00
$\theta R2$	-46.74	-0.816	$\theta L2$	-25.59	-0.447	PRZ	60.00	-100.00	PLZ	20.00
$\theta R3$	93.47	1.631	$\theta L3$	51.17	0.893	RRX	7.00	0.12	RLX	7.00
$\theta R4$	-46.74	-0.816	$\theta L4$	-25.59	-0.447	RRY	0.00	0.00	RLY	0.00
$\theta R5$	31.23	0.545	$\theta L5$	21.04	0.367	RRZ	0.00	0.00	RLZ	0.00

[逆運動学]

関節角度

↑ COPY

足先の位置姿勢

↓ COPY

Right	(deg)	(rad)	Left	(deg)	(rad)	Right	NUVO		Left	NUVO
$\theta R0$	0.00	0.000	$\theta L0$	0.00	0.000	PRX	0.00	0.00	PLX	0.00
$\theta R1$	-24.23	-0.423	$\theta L1$	-14.04	-0.245	PRY	-45.00	-75.00	PLY	-35.00
$\theta R2$	-46.74	-0.816	$\theta L2$	-25.59	-0.447	PRZ	60.00	-100.00	PLZ	20.00
$\theta R3$	93.47	1.631	$\theta L3$	51.17	0.893	RRX	7.00	0.12	RLX	7.00
$\theta R4$	-46.74	-0.816	$\theta L4$	-25.59	-0.447	RRY	0.00	0.00	RLY	0.00
$\theta R5$	31.23	0.545	$\theta L5$	21.04	0.367	RRZ	0.00	0.00	RLZ	0.00

移動時間 500 msec

RESET

本Sheetを末尾にCOPY

[ロボット動作] 順運動学=0,逆運動学=1

関節角度

0

Right	(deg)	(rad)	Left	(deg)	(rad)
$\theta R0$	0.00	0.000	$\theta L0$	0.00	0.000
$\theta R1$	-24.23	-0.423	$\theta L1$	-14.04	-0.245
$\theta R2$	-46.74	-0.816	$\theta L2$	-25.59	-0.447
$\theta R3$	93.47	1.631	$\theta L3$	51.17	0.893
$\theta R4$	-46.74	-0.816	$\theta L4$	-25.59	-0.447
$\theta R5$	31.23	0.545	$\theta L5$	21.04	0.367

接地足選択 右=0,左=1

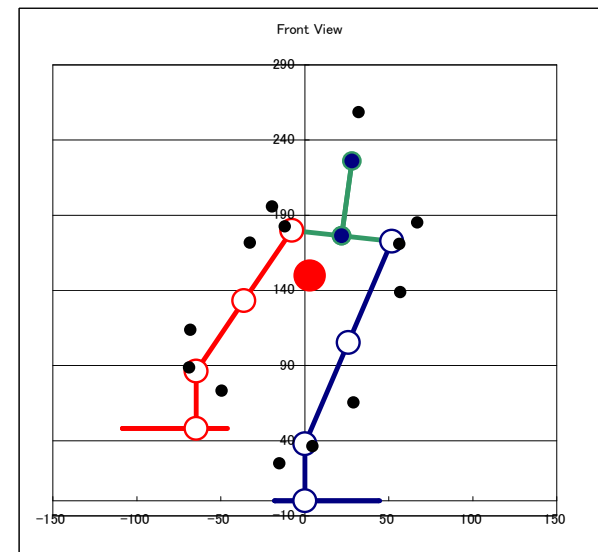
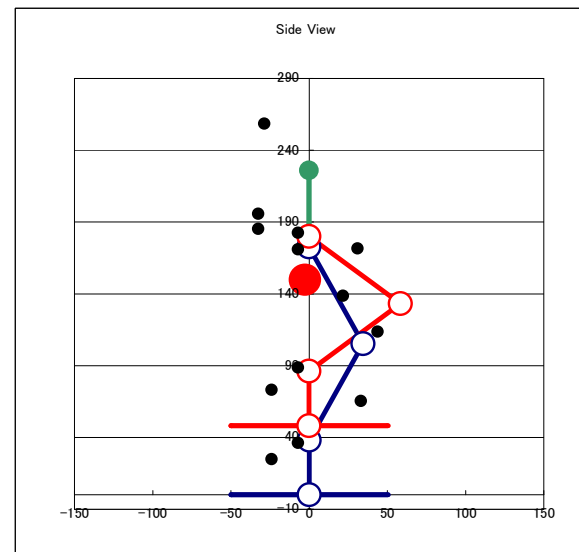
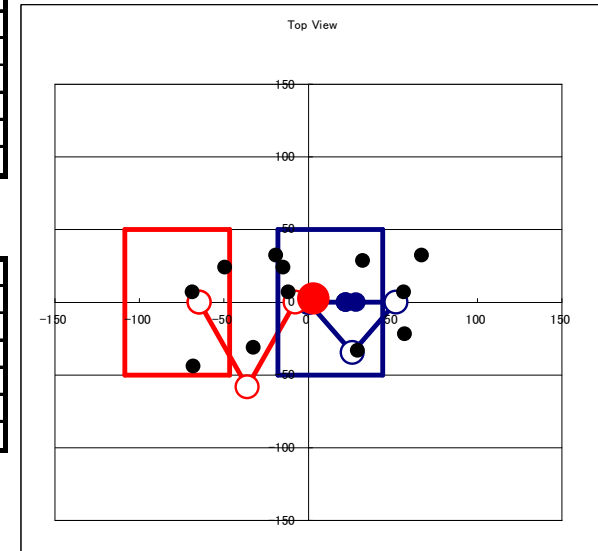
1

接地足位置姿勢 Yaw(x) Pitch(y) Roll(z)

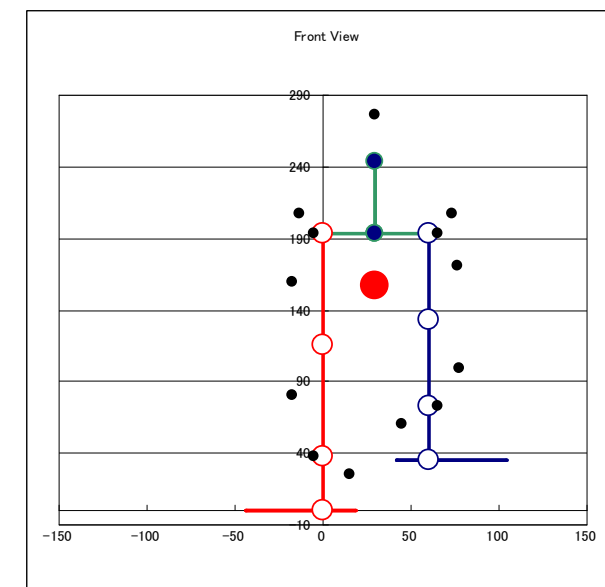
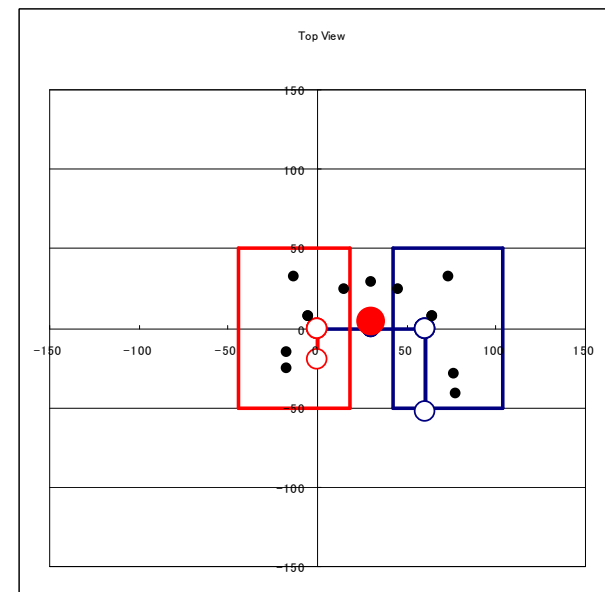
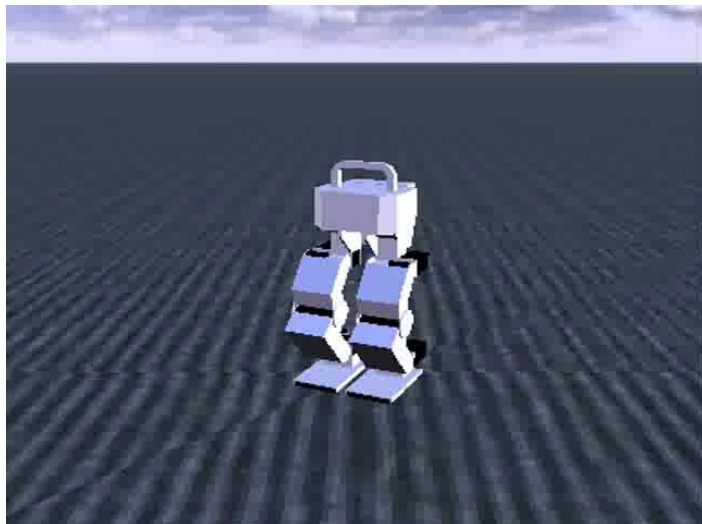
	deg		
RPY	0	0	0
1	0	0	0
0	1	0	0
0	0	1	0
0	0	0	1

px  
py  
pz

Trans			
0	0	0	-38
1	0	0	0
0	1	0	0
0	0	1	-38
0	0	0	1

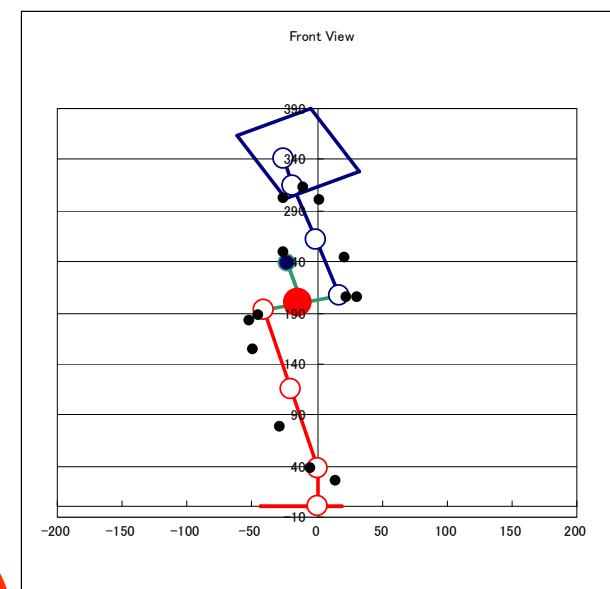
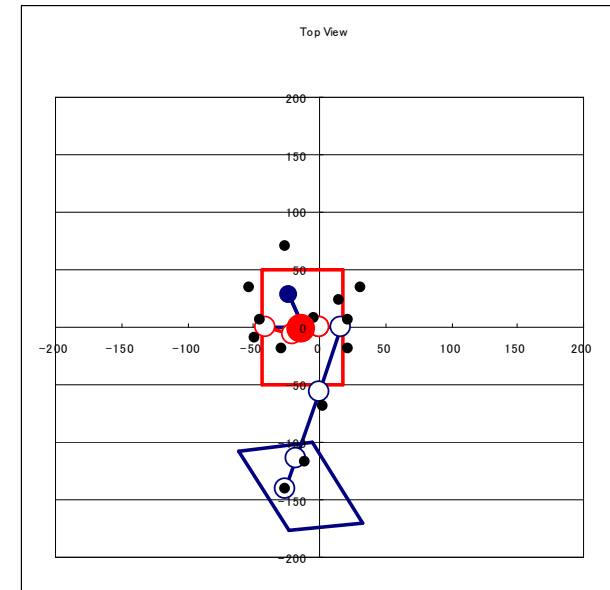
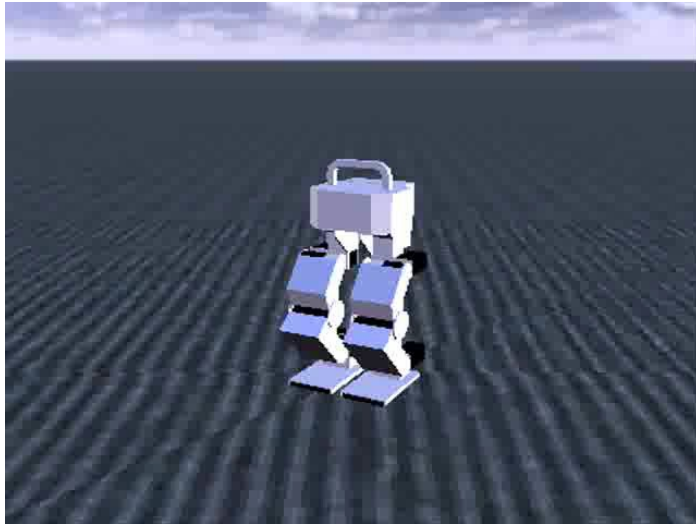


# 片足上げ 転倒



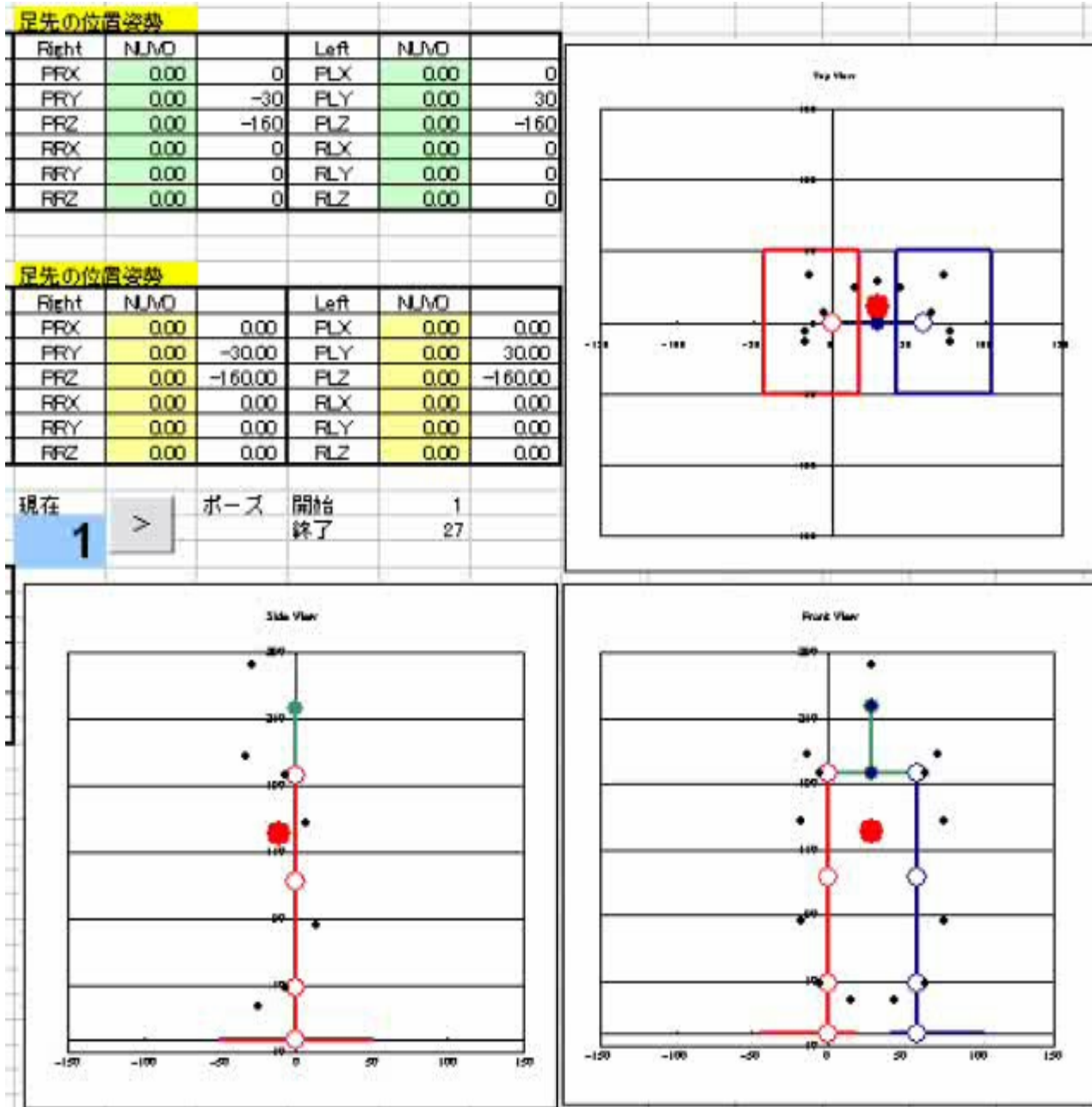
体の重心位置が接地足裏上ないと転倒する

# ハイキック



体の重心位置が接地足裏上あると転倒しない

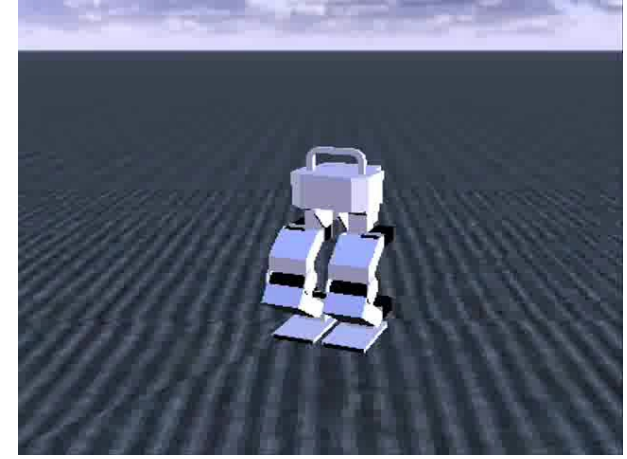
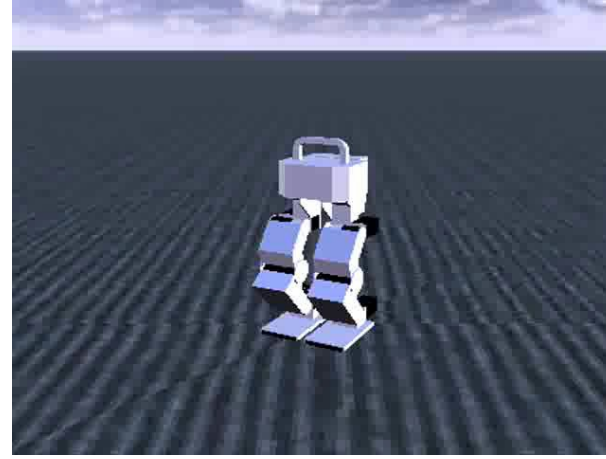
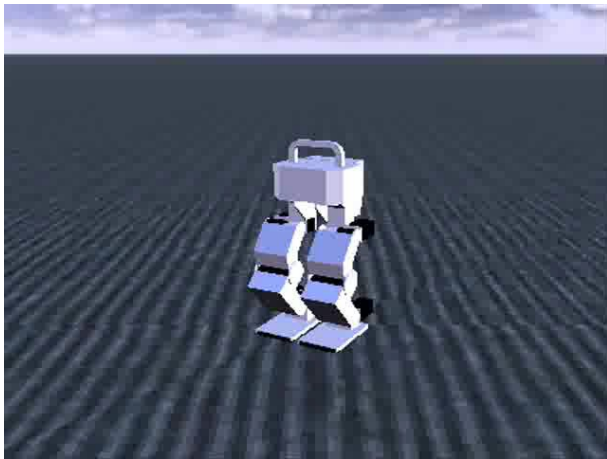
# 左足ハイキック(重心位置)



# 二足歩行

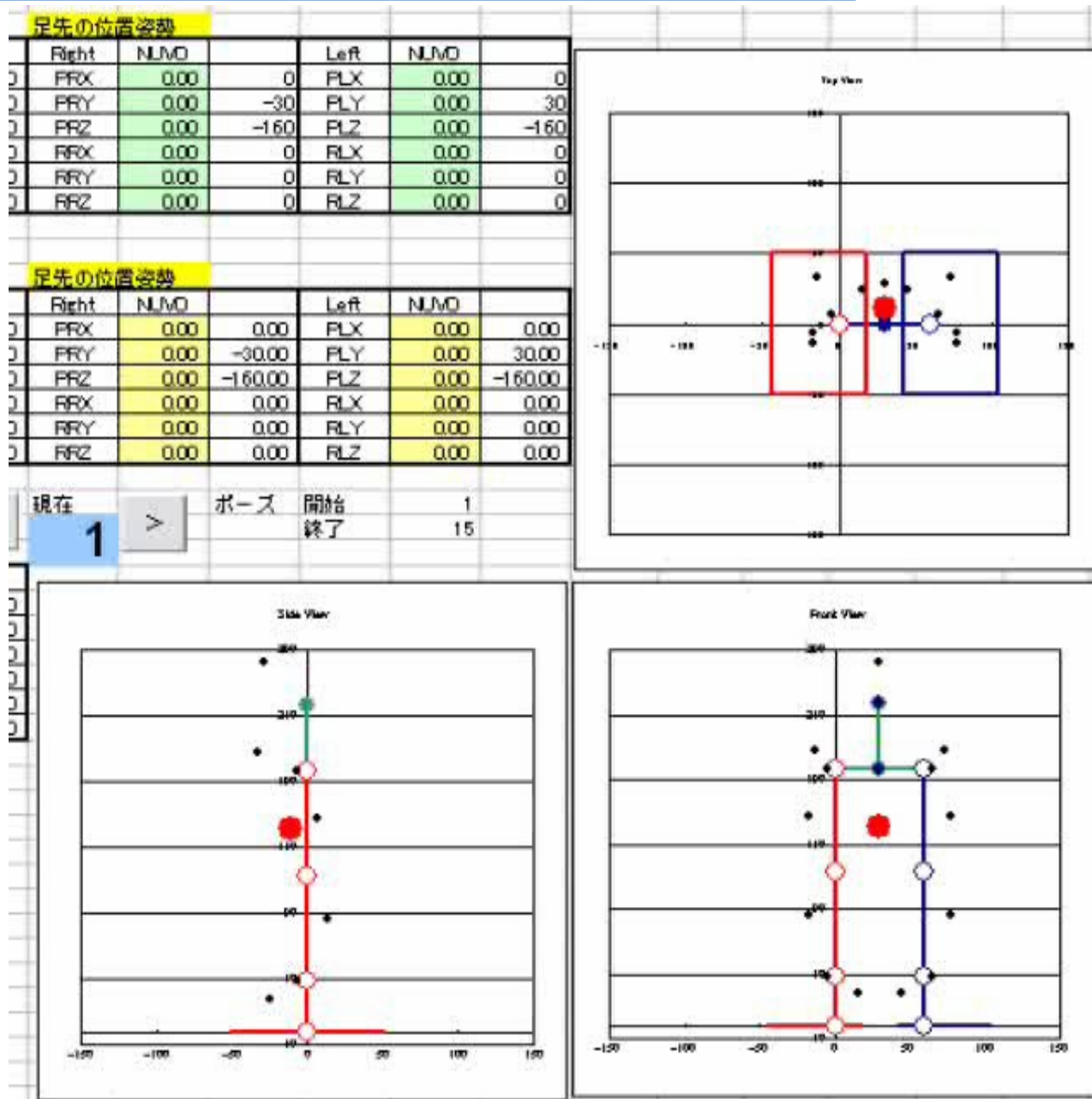
静歩行  
動歩行

重心を常に接地足裏に乗せてゆっくり歩行  
動力学的なバランスをとって歩行





# 静歩行(接地と重心位置考慮)





平成20年度後期 機械工学科 基礎ゼミII にて実施

1セメスタ 1時間30分×14回

二足歩行ロボット教育 1時間30分×6回=9時間

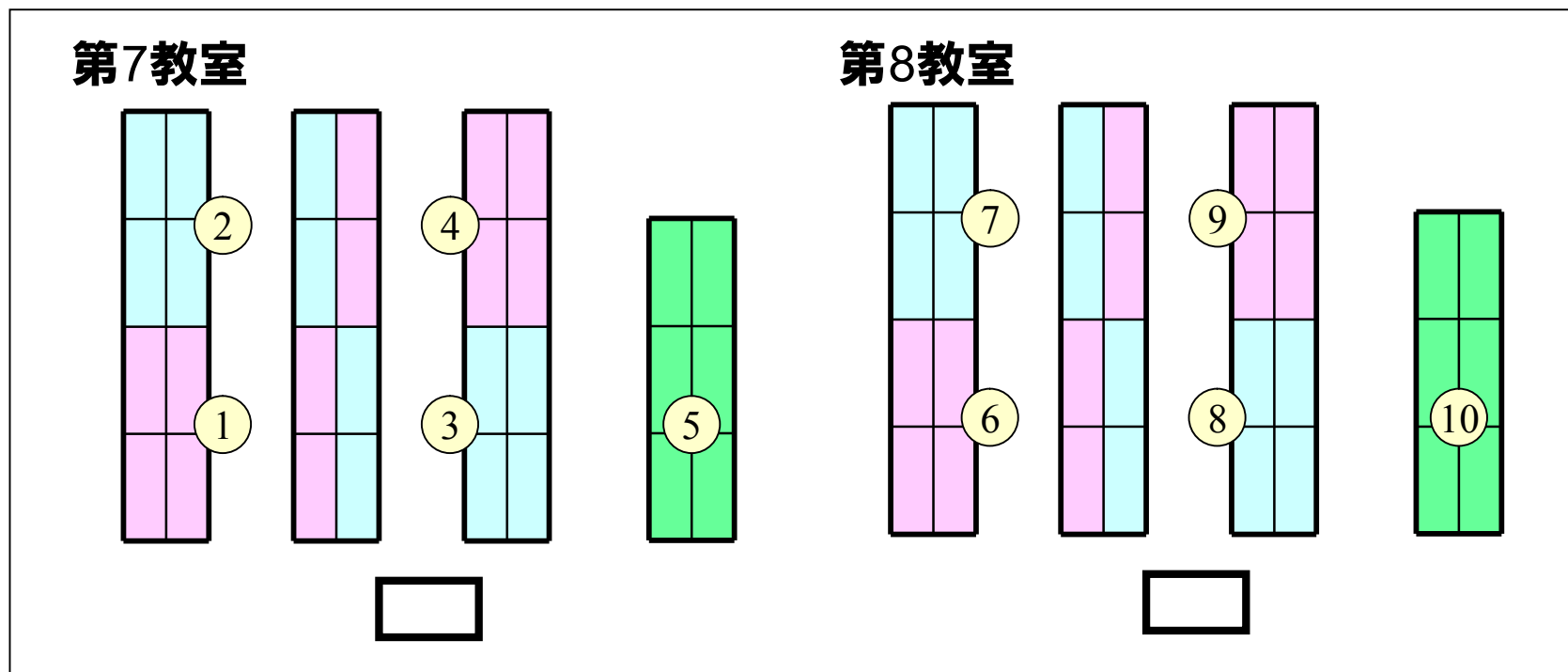
## シラバス(抜粋)

実際の二足歩行ロボットを用いて、物理法則に支配される現実世界で、巧く目的課題を実現させる方法を考案試行し、創造性を育成する。

	1週	2～7週(6回)	8～13週(6回)	14週
A班(100名)	全体 説明	ロボット	ペーパーカー	ペーパーカー 全体レース
B班(100名)		ペーパーカー	ロボット	



## 38号館 第7,8情報処理教室(端末120台)



10人×10Gr

グループ	担当教員		TA
①②④	宇田, 木原	原田	長瀬, 杉本
③⑤	岩崎, 橋本		石川
⑥⑦⑨	落合, 玉城	大坪	川辺, 倉本
⑧⑩	久米, 鈴木		松山

- ▶ **教育体制** 教員1名に対して学生10名の小人数教育
  - 100名一斉講義
  - 学生10人×10班, 各班1名, 計10名の教員
  - 教員は課題の進め方に関するアドバイスに徹する
  - TA6名(機械系大学院生) 技術的サポート
  
- ▶ **教育設備** 各学生にコンピュータ1台→仮想ロボット操作
  - PC端末120台の情報処理教室を仕切なし10区画に分割
  - 作業用の区画, 班毎の共有ドライブ
  - 各端末へMRS, ZMP社, 本学ソフトをインストール
  - 各班にロボット1台
  - 900mm×900mmの市販のロボット競技用リング



# 教育課題と進め方

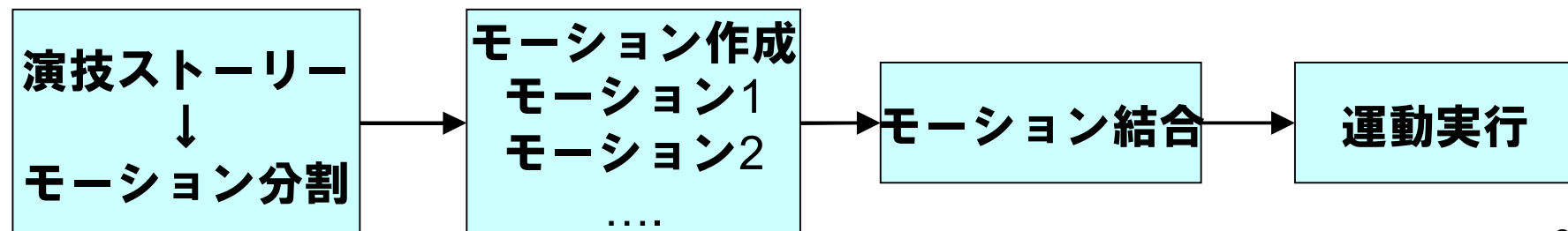
## 競技会 ロボリンピック床運動

- 床 900mm×900mm
- プレゼンテーション 1分  
    パワーポイントを用いる
- 演技時間 2分以内
- (プレゼンテーション,芸術点,技術点：各10点)×審判教員

1週	ロボットの使い方説明
2週	先ずは歩かせる
3-5週	課題に取り組む
6週	競技会

## 課題の進め方

- 場所：38号館2F 第7,8情報処理教室
- 1チーム 10人×10グループ
- ロボットはチームに1台, パソコンは1人1台
- 基礎ゼミ日誌に進捗状況などを記入し, 毎時間担当教員に提出

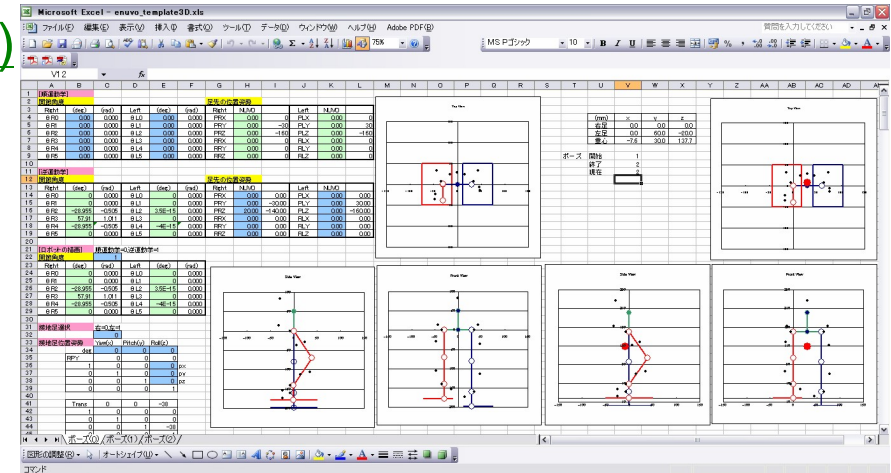
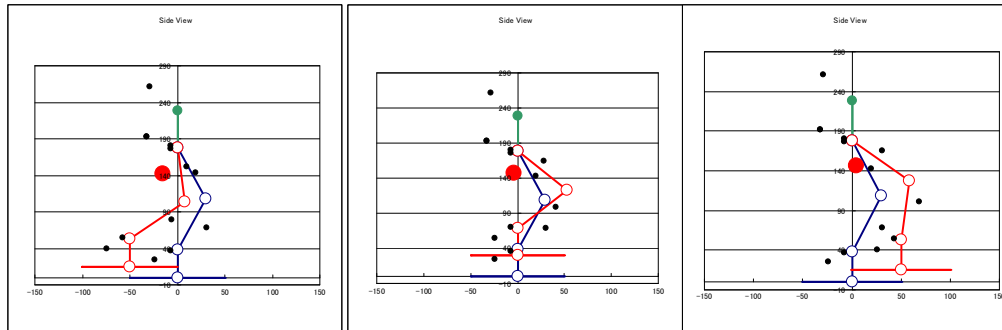




# モーション作成方法

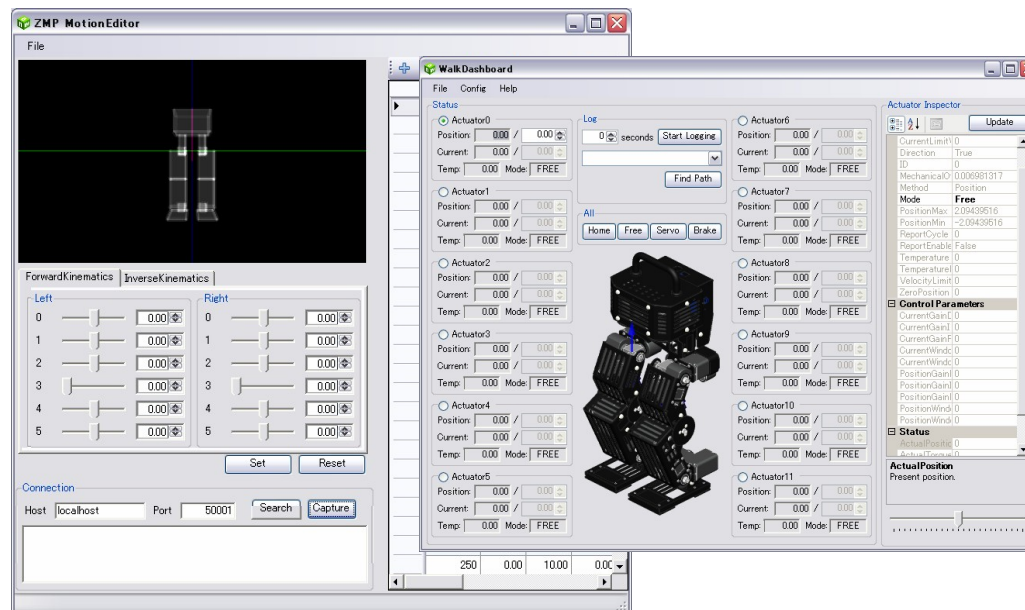
## ①姿勢/重心位置計算 (近畿大学オリジナル)

倒れないポーズを作る



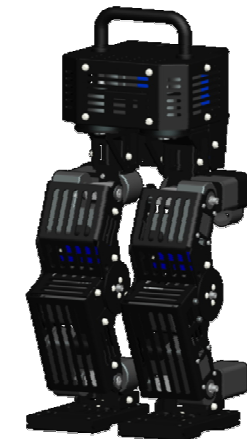
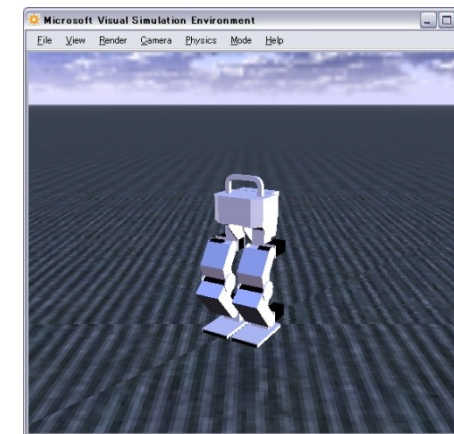
## ②Motion Editor, Walk Dashboard (ZMP)

①で作成したポーズを入力/ロボット動作



## ③Robotic Studio (Microsoft)

物理シミュレーション



## ④e-nuvo walk ver.3(ZMP)



**複数モーションの結合**  
**⇒近畿大学オリジナルソフトを使用**



# 基礎ゼミ II 日誌(記入例)

理工学部 機械工学科 基礎ゼミ II 日誌 [ロボット]			
学籍番号	0810350000	氏名	近大 太郎
	図/写真など	日誌	
1週		[ 月 日] ・実施した内容を記述する ・日記ではなく、日誌である。 問題は何か、どのように解決したのか、結果はどうなったのか、などを、具体的に記述する ・翌週に提出し、担当教員のチェックを受ける ・日誌は提出し、採点対象とする	
	:	:	
6週	競技会		

## ▶ 魅せるストーリー創成と複雑なモーションの実行

- **第1回の競技会：平成20年12月1日**
  - **大学1年生の講義で、これほど大規模の授業を行なったのは本学が初めてということもあり、複数の新聞やメディア媒体の取材を受けた。**
- 
- **日刊工業新聞 ロボナブル**, “近大, ZMPの2足歩行ロボ教材を使った, 大規模人数によるロボット競技会を公開”,
  - **Robot Watch**, “近畿大学がロボットをものづくり人材育成授業に活用 1年生100人による競技会ROBOLYMPIC 床運動を実施”
  - **Robot Venture, ZMP CEO Blog**, “近畿大学ROBOLYMPIC 100人で二足歩行競技大会”,
  - **旺文社パスナビ**, “近畿大学 競技会ロボリンピック床運動が開催される”,
  - **三月 兎**, “近畿大学, 「e-nuvo WALK ver.3」でロボット競技会を実施”, **ロボコンマガジン**, No.62, p.56, 2009

## 近大 ZMPの2足歩行ロボ教材を使った大規模人数によるロボット競技会を公開

ロボリンピック床運動では、1分間のプレゼンと2分間の演技で競い合った。プレゼンは、演技の内容と見どころを簡潔に紹介し、演技ではストーリー性を持たせたモーションを披露した。演技は芸術点と技術点が与えられ、前者はストーリー性や動作のメリハリ度などを、後者は動きの意外性や体重移動などを基準に採点した。

結果は、30満点中29.2点を獲得した15班が優勝した。演技テーマは“極限”で、「礼」に始まり、「準備体操」「横歩き」「リンボーダンス」,「ハイキック」から「連続片脚ジャンプ」,そして「正座」と「礼」で終わるモーションを披露。重心位置を正確に計算することにより、このような複雑なモーションを取りながらバランスを維持するという“極限”に挑戦してみせた。

## 近大 ZMPの2足歩行ロボ教材を使った大規模人数によるロボット競技会を公開



「リンボーダンス」



「ハイキック」

## 近畿大学がロボットをものづくり人材育成授業に活用 1年生 100人による競技会ROBOLYMPIC 床運動を実施



<http://robot.watch.impress.co.jp/>

## ▶ 授業評価アンケート

- 近畿大学理工学部 of 全授業で実施
- 結果を担当教員にフィードバック
- 教員は改善点をまとめたリフレクションペーパー提出する
- 全講義のリフレクションペーパーは自由に閲覧可能

## ▶ 外部評価

- JABEE認定プログラムの継続的なPDCAサイクル
- 各学科で外部評価委員会を設置
- 平成20年度はペーパーカーレースを外部評価
- 平成21年度はロボット競技会を外部評価の計画



**ロボットに興味を持って、機械工学科に入学してくる学生が多いが、では、具体的に何がしたいのかを答えられる学生は殆どいない。今回の教育プログラムにて、ロボット技術を垣間見て、2年生以降の専門科目に対する学習意欲が向上することを期待している。**

**近年、自動車やロボットを題材とした教材が多く市販されている。本学を含む多くの大学や企業がこれらの教材を導入し、教育プログラムも整備されつつある。**

**一方、ロボットや自動車だけが機械工学ではなく、熱力学、材料力学、流体力学といういわゆる3力学の教育も重要である。**

**機械工学科の教員として、大学と教育産業が連携し、これら3力を題材とした、魅力的な導入教育・創成教育プログラムの充実も必要であると考えている。**