

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

原田 孝 (近畿大学 理工学部 機械工学科)

近畿大学理工学部では、1 年生に対する導入教育として基礎ゼミと称する創成教育カリキュラムを実施し、学科毎に独自の教育プログラムを展開している。創成教育とは、1 学年の定員 200 名の大人数の学科構成である本学において、教員 1 名に対して学生 10 名の小人数教育体制を構築し、学生達自らの課題形成、解決からプレゼンテーションを実施させることを基本としている。機械工学科では平成 15 年度より、1 年生後期にペーパーカーレースと題して、学生にモータ、プーリと電池ボックスを配布し、「紙」を素材にしてスピードまたは登坂を競う自動車の設計、製作および競技会を実施してきた。平成 20 年度より ZMP 社製の二足歩行ロボット e-nuvo WALK ver. 3 を導入し、基礎ゼミの新たなプログラムを準備し実施した。大学 1 年生という低学年を対象とし、100 人規模の大人数に対する機械工学教育という条件下で、創成教育プログラムを構築して実施した内容を紹介する。

1. 二足歩行ロボット教材の選定

1.1 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、力学の導入教育であることを意識し、左右各 6 自由度の下肢のみを有するシンプルな構成である e-nuvo WALK ver. 3 (以下、e-nuvo WALK3) を教材として選定した。

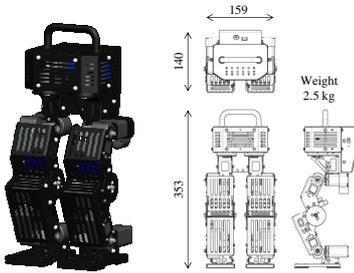


Fig.1 Overview of e-nuvo WALK ver. 3 (ZMP)

1.2 ソフトウェア 「Microsoft Robotic Studio 準拠」

e-nuvo WALK3 は、Microsoft Robotic Studio(以下、MRS)に準拠し、MRS に付随する物理シミュレータである Virtual Simulation Environment(以下、VSE)により、コンピュータ内に構築した仮想ロボットを、現実のロボットと同じプログラムで動作させることができる。

ZMP 社より、e-nuvo WALK 3 の VSE 用ロボットの力学モデルが提供されている。リンクの質量、質量中心、慣性モーメントなどの動力学パラメータを用いて、ロボットの動的挙動がシミュレーションでき、機械工学科向けの力学教育には、格好の教材である。

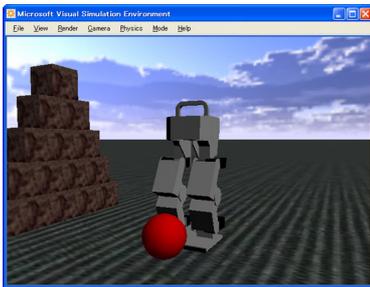


Fig. 2 Robot in the Microsoft Virtual Simulation Environment

ZMP 社より、MRS と連携する下記のソフトウェアが提供されている。

①Motion Editor 専用のオフライン・ティーチング用プログラム。関節座標および足先座標系における一連の目標位置(ポーズ)と、各目標位置へ到達するまでの時間を教示する。一連のポーズと到達時間データの集合をモーションと呼ぶ。

Motion Editor から、実ロボットおよび仮想ロボットに対して、モーションをプレイバックさせることも可能である。

②Walk Dashboard 原点補正、サーボの ON/OFF や、モータのゲインなどのサーボパラメータの調整を行う。

2. オリジナル・ソフトウェアの作成

2.1 重心位置計算 「まずは、静力学でモーション設計」

大学 1 年生を対象とするため、まずは、静力学のみを考慮したモーション設計を行なわせることとし、本学独自にロボットのポーズに対する重心位置を計算、表示するソフトウェアを作成し、学生に配布した。

Microsoft Excel を用いて実装し、学生が自宅のパソコンでも自習できるようにした。ソフトウェアは、同次変換行列を用いた座標変換や、ヒューマノイド・ロボットの下肢の順逆運動学などのロボット工学に基づいており、興味を持った学生が、本格的に学習できる内容とした。

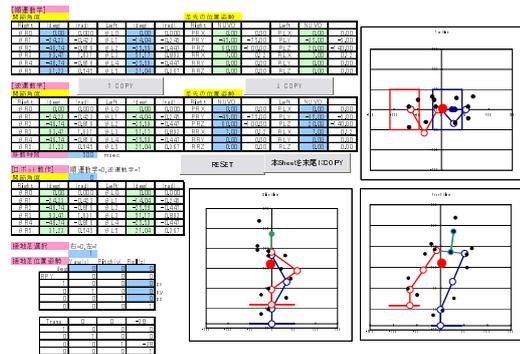
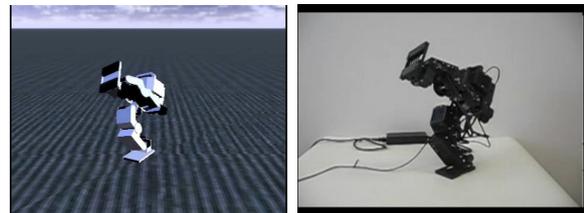


Fig. 3 Position of the center of gravity

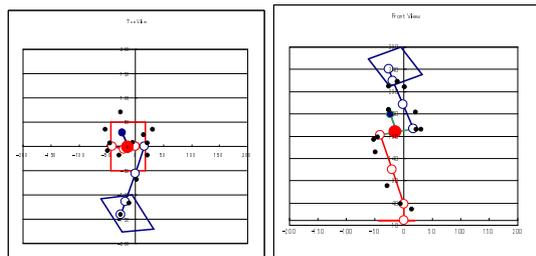
2.2 モーション設計解析の例

ロボットがハイキックしているポーズに関して、(a)VSE 上の仮想ロボット、(b)実ロボット、(c)重心位置計算結果を示す。接地足裏の支持多角形に重心(赤丸で表示)が載っていれば、ロボットは転倒しない。



(a) virtual robot

(b) actual robot



(c) top view and front view of the center of gravity

Fig.4 Static balancing at "High Kick"

3. 二足歩行ロボットを用いた教育の実際

3.1 教育体制 「教員 1名/学生 10名の小人数教育」

1 学年 200 名を 100 名の 2 班に分け、ロボット教育に関しては 6 回という限られた講義時間である(1 講義時間 90 分)。100 名の一斉講義とし、学生 100 名をさらに 10 人×10 班に分け、各班 1 名、計 10 名の教員を割り当てた。学生の自主性を尊重し、教員は課題の進め方に関するアドバイスに徹した。別途、ロボットの操作を事前に教育した機械系大学院生からなるティーチング・アシスタント 6 名が、技術的なサポートを行なう体制にて教育を実施した。

Table 1 Schedule of the educational program

	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	

3.2 教育設備 「各学生に PC1 台→仮想ロボット操作」

コンピュータ端末 120 台、120 名収容の本学情報処理教室を仕切なしの 10 区画に分割し、各班に端末 10 台と作業用の区画、および班毎に共有ドライブを割り当てた。各端末には MRS を含む ZMP 社提供のソフトウェアと、本学で独自に作成したソフトウェアをインストールした。

900mm×900mm の市販ロボット競技用リングを各班に 1 台ずつ与え、ロボットはリング上で動作させることに統一した。



Fig. 5 Scenery of the class

3.3 教育課題と進め方 「ロボリンピック床運動」

「ロボリンピック床運動」と題して、ロボットを前述のリング上で床運動させることを課題とし、各班に競わせた。床運動は 2 分間の自由演技とし、演技前に 1 分間のプレゼンテーションを行い、演技ストーリーや見どころなどの解説を行なわせる。与えられた 6 週間の講義時間に対し、下記のように教育を進めた。

- 第 1 週：ロボットの操作説明
- 第 2 週：ロボットの力学 「倒れないためには」
- 第 3～5 週：グループワーク
- 第 6 週：競技会

3.4 採点方法 「作業日誌で進捗管理」

ペーパーカーレースとロボット課題を総合して、学生個人の成績をつける。共通フォーマットの作業日誌を学生個人単位で作成させ、担当教員が毎回チェック、アドバイスを行っている。ロボット課題に関しては、各学生の所属している班の競技点 30 点満点と、個人の作業日誌に対する 20 点満点の評点を合計して、成績評価点とした。

3.5 競技会 「魅せるストーリー創成と複雑なモーション」

第 1 回の競技会を、平成 20 年 12 月 1 日に実施した。ZMP 社の e-nuvo WALK 3 を用いて、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。その一部を以下に引用する。

日刊工業新聞 ロボナブル 近大、ZMP の二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

<http://robonable.typepad.jp/news/2008/12/20081202-zmp2-2.html>

(前略) 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」に挑戦してみた。(後略)



Limbo dance

High kick

(1) 日刊工業新聞 ロボナブル, “近大、ZMP の二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”, <http://robonable.typepad.jp/news/2008/12/20081202-zmp2-2.html>

(2) 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”, <http://robot.watch.impress.co.jp/cda/news/2008/12/05/1487.html>

(3) Robot Venture, ZMP CEO Blog, “近畿大学 ROBOlympic 100 人で二足歩行競技大会”, http://www.sekkeiseizo.net/blog/blog2/2008/12/robolympic_100.html

(4) 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

4. 教育効果の客観的評価システム

4.1 授業評価アンケート 近畿大学工学部では、全ての授業に対して学生アンケートの形式で授業評価を行い、結果を担当教員にフィードバックしている。授業評価アンケートに対して、担当教員は改善点をまとめたリフレクションペーパーを学部へ提出する義務がある。全講義のリフレクションペーパーは、各学科事務にて自由に閲覧できる。

4.2 外部評価 近畿大学工学部では、JABEE 認定プログラムの継続的な PDCA サイクルを機能させるために、各学科で外部評価委員会を設置している。今年度はペーパーカーレースの実施状況を外部評価の対象としたが、次年度はロボット競技会を外部評価の対象とする計画である。

5. まとめ

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。