



## 2008 年度上期未踏 IT 人材発掘・育成事業(未踏ユース)採択案件評価書

### 1. 担当PM

筧 捷彦 PM(早稲田大学 基幹理工学部 情報理工学科 教授)

### 2. 採択者氏名

チーフクリエイター: 石川 達也(電気通信大学知能機械工学科 学部4年)

コクリエイター: なし

### 3. プロジェクト管理組織

株式会社 ゴーガ

### 4. 委託金支払額

2,981,208 円

### 5. テーマ名

実機を用いたモーションデザインツールの開発

### 6. 関連Webサイト

なし

### 7. テーマ概要

本提案は、web カメラでロボットの動作を撮影し、ロボットの動作を止めることなく動いているロボットのモーションをすぐに修正出来るモーションデザインツールを開発する。

近年小型のヒューマノイドロボットがエンタテインメント向けに多数発売されている。ロボットを動かす場合、ロボットのモーション作成をする必要があるが、このモーション作成は発売されているロボットに付属しているソフトウェアで行われることが大半である。このソフトウェアにより初めてロボットを触る人でも簡単にロボットのモーションデザインが出来るようになったが、モーションの確認に手間がかかる点や、思い通りの動作を入力することが難しい点が問題点として残っている。本提案は、その問題点を解決し、より使いやすいモーションデザインツールの開発を提案している。

提案内容としては、まずロボットを1軸のベルトコンベアの上で歩かせる。するとロボットはその場に留まり周期動作を繰り返すようになる。これにより web カメラでロボットの動作を監視出来るようになる。ここで、ロボットの動作周期に合わせて web カメラで静止画像を撮影して表示すると、周期動作中のあるひとつの姿勢だけを画面に表示しつづけることができる。web カメラから静止画像を取り込むタイミングをPCにより指示することにより、「足を上げる」、「足を踏み出す」など特徴的な姿勢を抽出する。この抽出した動作の関節角度を修正することにより、動いているロボットのモーションをすぐに修正することが可能となる。

本提案により、ロボットのモーションデザインは、より簡単で、より便利なものとなる。エンタテインメント分野でのロボットの活躍の場を広げると共に、ホビーとして家庭に普及させることで、ものづくりに対する興味・関心を喚起するなどの効果が期待できる。

## 8. 採択理由

自立型二足歩行ロボットが比較的簡単に手に入るようになった。しかし、その先が難しい。二足歩行させるには、ロボットを制御するソフトウェアの調整が必要になる。ところが、自立型であるが故に、コンピュータで開発したソフトウェアをロボットにダウンロードし、試験動作させる。不具合を直すのには、コンピュータに戻って変更を施し、ダウンロードし試験動作させる、という反復を行わなければならない。

ロボットのハードウェアは、実動作のレベルで見ればそれぞれに個性をもつ(ぐらいに、差異がある)。どうしても、試験動作による調整が必要になる。電子回路なら、シンクロスコープをつないで試験動作させ、必要な調整部品を動かして調整が可能である。ロボットにもシンクロスコープがあるといいのに。

そこで、ロボット用のシンクロスコープを作ってやろう、というのがこのプロジェクトである。同じ動作を定位置で反復して行う、というのがシンクロスコープの原理である。ロボットなら、同じ場所で二足歩行を反復して行えばいいではないか。そこで、短距離のベルトコンベアを用意し、その上でロボットを二足歩行させ、その動作をビデオカメ

ラでとらえてコンピュータに取り込めば、まさにロボット用シンクロスコープができる。

いうはやさしくても、実際にこれを使い物になる形で実現するのは、ハードウェアもちろん、取り込んだ動画をうまく料理してロボット制御の調整につなげのためのソフトウェアも、また、そうした調整を可能とするロボット制御プログラムそのものも、それ相当に難しい課題である。提案者は、ロボットそのものの扱いには慣れている。その経験を生かして、未踏ユースの期間内に実用化のめどがたつプロトタイプに挑戦する。道は平坦ではないが、提案者の意気込みと経験とで乗り切ってくれると期待する。

## 9. 開発目標

ロボットを1軸のベルトコンベアの上で歩かせる。するとロボットはその場に留まり周期動作を繰り返すようになる。これによりカメラでロボットの動作をずっと監視出来るようになる。ここで、ロボットの動作周期に合わせてカメラで静止画像を撮影して表示すると、周期動作中のあるひとつの姿勢だけを画面に表示しつづけることができる。web カメラから静止画像を取り込むタイミングを PC により指示することにより、「足を上げる」、「足を踏み出す」など特徴的な姿勢を抽出する。この抽出した動作の関節角度を、マウสดラッグを用いて修正することにより、動いているロボットのモーションをすぐに修正することが可能となる。

このような構成をしたモーションデザインツールの開発を目標とする。

## 10. 進捗概要

開発者は、1軸のベルトコンベアの製作にかかる前に、ロボットを宙吊りにする枠組みを製作して、宙吊りのロボットに対して開発目標のシステムと同様なシステムを試作して基本的な着想の妥当性を確認している。

ロボットには、その動作制御を行う CPU を積んだ基盤が組み込まれているが、普通は、そのプログラムを外部から流し込むインターフェースがついているだけで、ロボットの状態を外部に送り出すインターフェースは付属していない。そこで、新しくこうした送受信のインターフェースを備えた CPU 基盤を試作して積み替えて実験を行っていた。その後、同様のインターフェースを積んだ基盤が市販されていることがわかり、それ以後は市販の基盤を使って実験をすすめることとなった。

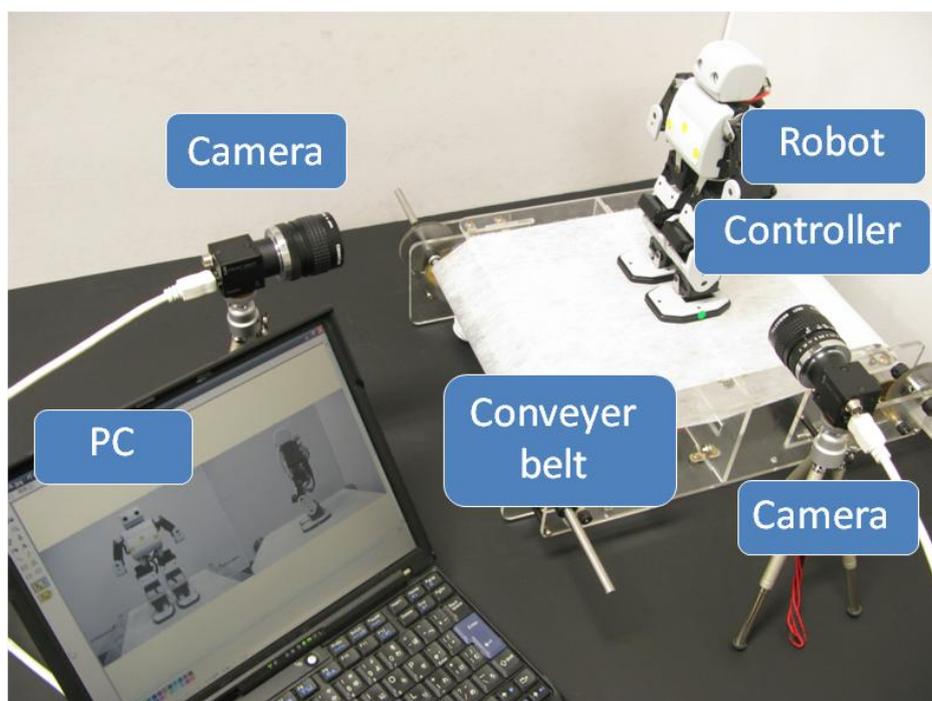
こうした準備段階を経た後で、1軸のベルトコンベアの製作に取りかかったが、さすがは機械工学の勉強をしているだけのことはあって、CAD を利用して的確なベルトコンベアを作り出した。しかしながら、その上で歩かせるロボットを2体購入したものの、ロボットのできがよくなく、思うように足踏みをしてくれない。(ホビーのロボットではし

ばしば起きることだという。)やむを得ず、所有の使い古しのロボットを使って実験を進めることになった。使い古しだけに間接部分の摩耗もあって、直進歩行をさせても曲がってしまう。むりやり腕を振ることで本体にひねりを生じさせることで直進歩行に補正する、という荒技を使ってソフトウェアシステムのデバッグ・チューンアップを続けることになった。

成果報告会が目前に迫ったところで、せっかく購入した2体のロボット(型式が違う)が、同じシステムを使ってモーションのデザインができることを示したい、というので、これまた、持ち前のロボット調整の技を駆使してなんとか成果発表会の直前までにこれらのロボットを使ってモーションデザインできる状態にまで持ち込むことに成功した。

## 11. 成果

できあがったモーションデザインのシステム一式は、つぎのようになっている。



ロボットの状態を PC 側で把握するために、前後方向、左右方向の2方向にカメラを置いてロボットの動作を撮影して PC に送り込む。その映像の解析を容易にするため、ロボットの足に関節3点にマーカー(緑色)を貼る。また、ロボットの左右のぶれを検出するために、ロボットの正面には黄色のマーカーを正三角形をなすように貼り付けている。

作成したソフトウェアシステムは、歩行動作の動作周期に合わせてカメラから画像を

取得して特定姿勢を抽出し、マウスドラッグにより動作修正が行えるようになっている。その要点はつぎのようになっている。

ロボットの関節に貼ったマーカを画像中から抽出するのは、マーカ色だけをマスク処理して取り出している。この部分のソフトウェアは OpenCV を使って作っている。

さて、PC の画面上に、周期動作の中で特定の姿勢になった状態だけを取り出して表示することで、その姿勢の静止画像を表示するようにしたい。周期動作をしているのだから、時刻を計測して一定間隔でサンプリングすれば良さそうであるが、ロボットは周期動作にはぶれがある。そこで、ロボットの動作をシリアル通信で PC に伝えてこのぶれを補正している。

ベルトコンベアの上を単純に歩かせるだけでは、ロボットと地面とのすべりなどが働き、位置・姿勢ともに変化してしまう可能性がある。特定姿勢を抽出して動作設計を行うためには、ロボットの位置・姿勢を留める必要がある。そこでカメラでロボットの位置・姿勢を計測し同じ姿勢を保つように制御を行っている。ロボット正面に正三角形をなす位置に貼った3点のマーカを撮影した画像から抽出して、その3点がなす三角形の形状を計測することで体そのものの向きを計算している。

こうして計測されたロボットの位置と姿勢から、ロボットとベルトコンベアにフィードバックをかけることでロボットの位置と姿勢を一定に保っている。単純な幾何学計算の応用であるが、実時間の制御を行うところはなかなかの技である。

このシステムでの一番の売りは、カメラ画像から同期をとり計算して画面上で静止画像となっているロボットの姿勢そのものをマウスでドラッグして姿勢を変更できる点にある。この部分には、ロボットの足についての逆運動学の式を導出してシステムに実装している。腰を原点、足裏を目標点とした時の、各関節角度を導出しているである。拘束条件として、足裏が地面に平行という条件をつけて計算を行っている。こうして出来上がったシステムは、ロボットには重力や慣性力といった力が動的にかかるので、知られているモーションキャプチャやアニメーション作成のためのモデリングツールなどを用いる手法を使ったのでは、実際の関節角は目標値とは異なってしまふ。これを計算で補正するのは、ロボットの正確なモデルの計測と大量の計算が必要になり現実的ではない。その点で開発したシステムは、実機の特長そのものに従って生じるロボットの動作を直接に計測しつつ制御するものであるから、思い通りの動作を簡単に作る事ができる。なかなかの優れものである。

## 12. プロジェクト評価

一時期はシステムが仕上がるのだろうかと心配したこともあった。しかし、さすがはロボット大好き人間だけのことはある。いったん物理的な環境が整うと、そこから先は一気呵成にことが進んでいった。

マーカの検出に使ったアルゴリズムなどは、簡単そのものといっていいものである。でも確かにこのシステムを使う環境下ではそれで十分なのである。(もっとも、そうでない環境に移るといろいろ不具合が生じてくる。成果発表会の場所でデモをやった時には、周りの壁や物品の色合いの関係からうまくマーカが抽出できなかった。そのとき、開発者はあわてずさわがず、用意してきた段ボールでこのシステム全体を囲うことで切り抜けたのである。)

ロボットそのものの動作を作る、ということに特化して必要最小限のソフトウェアを作ったことにあたる、という点では、抜きん出たものを持っている。これで出発点は出来上がった。その能力をさらにのばして、ユーザインタフェースまでも考えたシステムづくりができるようになったときには、まちがいなくスーパークリエイターになるに違いない。

### 13. 今後の課題

ロボット動作の設計者が動作を修正するときに操作を行う動作設計画面を充実させる必要がある。また、今回開発した下半身の動作設計を行うツールに加えて、上半身に対しても逆運動学のモデルを立てて動作設計できるツールが用意できるとよい。

また、さらにユーザインタフェースまでも磨き上げて、より多くの人がロボットに親しみ、ロボットのモーションデザインを楽しめるような、ソフトウェア・ハードウェアを組にしたシステムに仕上げたい。