

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年6月7日現在

機関番号：84510

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22615050

研究課題名（和文） 身振り表現媒体としてのロボットデザイン

研究課題名（英文） Design of a humanoid robot as media for body performances

研究代表者 後藤泰徳（GOTO YASUNORI）

兵庫県立工業技術センター・技術支援部・上席研究員

研究者番号：70470242

研究成果の概要（和文）：身振り表現の媒体として、遣い手による直感的な振り付けが可能な等身大の人型ロボットを開発した。粘土製オブジェを手でこねてアニメーションを作るクレイアニメのように、遣い手が直接ロボットの各関節を動かした後、ロボットがその動きを再現する。遣い手がロボットに対する制御知識がなくても、振り付けることができるシステムである。

研究成果の概要（英文）：A life-size humanoid robot in which the intuitive arrangement of gesture by a user is possible as a medium of expression was developed. Like clay animation in which the object is modified by hand, a user moves each joint of a robot, it performs them. It is a system to make arrangement of gesture for a robot by a user even if without technical knowledge.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,200,000	660,000	2,860,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
2012年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：

科研費の分科・細目：デザイン学

キーワード：デザイン、ロボット、ヒューマノイド、演劇、芸能

## 1. 研究開始当初の背景

未来の人型ロボット開発の方向としては、介護作業の過度な負担を軽減する目的や、人が入れない作業現場など、人の代替としての役割を担うための機能の進化が考えられる。

一方で、作業機能は有しないが、ロボットによる楽隊や演劇など、人を楽しませるための役割を担うための進化の方向も考えられる。本研究は、後者におけるロボットの身振り表現の重要性に着目したものである。

人型ロボット開発は、これまでその機能や姿を人に近づけるべく進んできた。人のように歩行できるようにするため、自律制御の高価な装置や、その制御のためのプログラム開発などの技術が進歩してきた。人型ロボット自体があたかも意識をもち、鉄腕アトムのように、一個の独立した存在としての自律型ロボットを目指したものである。

一方で、日本では文楽人形のように、それ自身は木の部材の集まりでしかないけれども、人が巧みに動かすことで、観客の感情移入を誘う文化も存在している。文楽人形はいわば、他律型ロボットであり、それ自体が芸術品であるモビルアート（動く芸術）としてのロボットの祖先である。単純な機構であっても、人形遣いによる動かし方の工夫ひとつであたかも生きていくような感覚を持たせることができた。高度化する技術を前提にするのではなく、伝統の延長線上で、人の感情移入や情動を誘う身振りについて考察を進め、その考察に基づいて、機構全体を再構築し、その機構に動作データを与えて動かすAIを持たない他律型ロボット、つまり今様文楽人形ができないか、と仮定した。

今様文楽人形として、人を楽しませるための役割を担い、身近な存在としての親しまれるようには、身振り表現を魅力的にする必要がある。文楽人形やマペットのように、人が直接操作するのではなく、動作データを与えて動かすロボットの場合、人間ほど関節自由度をロボットに与えることは困難である。限られた機構の中で魅力的な動きを表現する必要がある。また、工業製品としての人型ロボットという観点からも、最小限の機構構成であることが美感上、望ましい。以上の観点から、今様文楽人形としての人型ロボットのデザインを試みた。

## 2. 研究の目的

研究の目的は、身振り表現の媒体として、ロボットに対する専門知識がなくても遣い手による直感的な振り付けが可能な等身大の人型ロボットを開発することである。最終的には今様文楽人形として、制御知識のない人でも簡単に扱えるようにすることで、ロボットによる新たな身振り表現の促進を目指している。

振り付け方法としては、各関節を直接手で動かし、その動作を記憶する方法を検討した。

粘土製オブジェを手でこねてアニメーションを作るクレイアニメのように、遣い手が直接ロボットの各関節を任意に動かした後、ロボットがその動きを再現することにより、遣い手がロボットに対する制御知識がなくても、振り付けることができるシステム構築を目指した。

## 3. 研究の方法

### 3. 1. 開発の原型モデル

すでに、人間の特徴的な動作、特にファッションモデルの動作特徴を再現可能にする人型ロボット（図1）を開発している。この人型ロボットは、アルミフレームによる骨格を持ち、18軸のアクチュエータを同時制御することで、様々なポーズをとることが可能である。また、手や足だけでなく肩や股関節が上下前後方向に移動し、人間のトルソ同様官能的な表現機構を有する点が特長である。

制御はコンピュータの専用アプリケーションを用い、各関節の動作量を指定することで行う。これにより、任意の身振りを振り付けることが可能になった。本研究は、この人型ロボットをベースに開発を進めた。

しかし、コンピュータ操作による振り付けは、文楽人形のように遣い手が直接人形を操作する方式に比べると、間接的なインターフェイスであるため、思うように情感を込めた振り付けが難しい。

そこで、本研究では現行の制御プログラムを改良し、コンピュータからの操作ではなく、人がロボットの各関節を動かし、その移動量を記憶してロボットに再現させる方式にした。



図1 ファッションモデルの動作特徴を再現可能にする人型ロボット

### 3. 2. 骨格フレームのデザイン

振り付け方法の変更に伴って、骨格機構も変更した。図1の人型ロボットでは、アルミ押し出し材を主材として使用していた。しかし、金属製は硬度が高いため、直接手で触れるには危険が伴う。そこで、金属ではなく木製の骨格に変更することで、振り付け時の安全性向上を図った。制御の知識のない人でも直感的に身振り表現を安全にできる木製ロボットの骨格フレームをデザインした。

関節の可動部位や回転方向は図1の人型ロボットを踏襲し、部材を金属から木材に置き換えることにした。肩が上下に揺動し、腰をひねることで、ポージングができるような機構になっている。この機構からモータなどを外し、部材を金属から木材に置き換え、リデザインしている。

開発の原型モデルとなる図1のロボットは、ファッションモデルの動作観察に基づいて、機構設計を行っている。例えば図1右図は図1左図の人型ロボットの3次元設計図であるが、このように右手を腰に添えてポーズをとる姿勢は、モデルの動作特徴の一つである。この場合、左肩が右肩より上方に移動するとともに、体幹の中心軸が右側方に傾斜する。このほか、「胸部と腰部の捻りと、肩と股関節間の左右体側交互の上下揺動の連動」や、ポージング時の遊脚の外旋や左右脚の交差時における「脚動作に伴う股関節の前後上下移動」や「体幹中心軸の側方傾斜」などが、動作観察の結果、特徴的な姿勢であることがわかった。このような特徴を再現可能にするため、図1のロボットの骨格機構は設計されている。

図1の人型ロボットの動きを模式図で表すと、図2のようになる。図2で、胸部では、部材1がボード2に対し、支点1を中心にaのように垂直方向に回転する。この動きは、肩

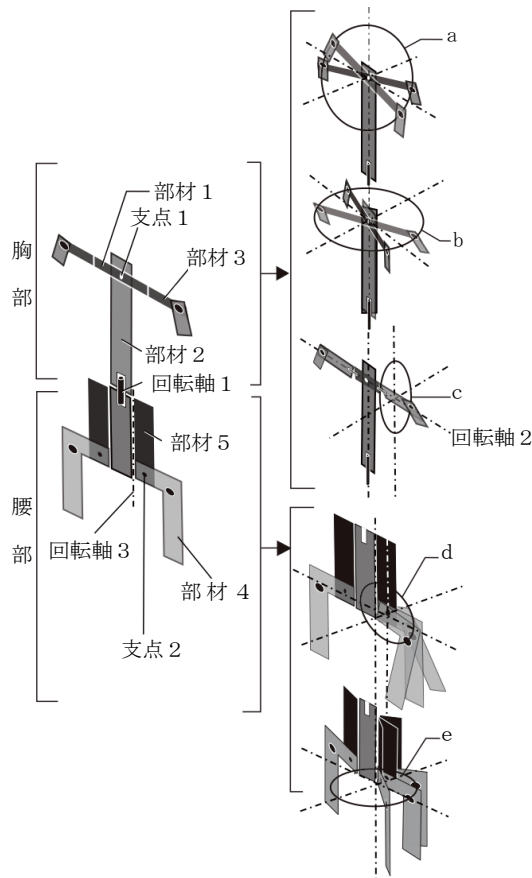


図2 骨格フレームの基本構成

の上下揺動動作に相当する。次に胸部全体が回転軸1を中心にbのように水平方向に回転する。この動きは、腰の捻り動作に相当する。腕部全体が回転軸2を中心に前後方向に回転する。この動きは腕の振りに相当する。

腰部では、部材4が支点2を中心にdのように垂直方向に回転する。この動きは、脚の回内・外動作に相当する。次に部材4と部材5は、回転軸3を中心に回転し、eのように水平方向に回転する。この動きは、脚の外・内旋動作に相当する。

以上の基本設計に基づいて、木材の特性を考慮しながら、設計・制作した骨格フレームが図3左図である。この骨格フレームに後述する駆動制御システムを装着したものが図3右図である。

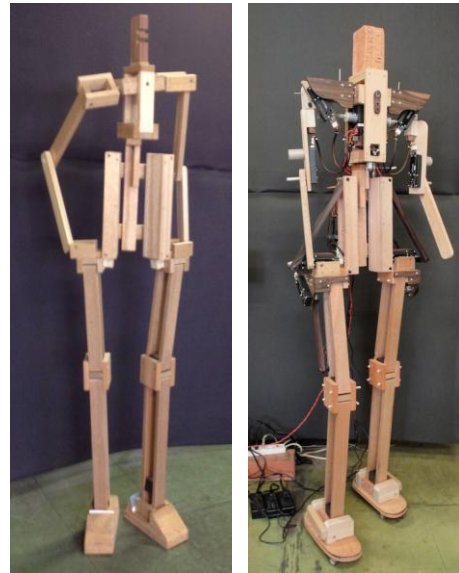


図1をベースに開発した木製ロボットの骨格フレーム

骨格フレームに駆動制御システムを装着

図3 制作した骨格フレーム

### 3. 3. 駆動制御システムの概要

本研究の駆動制御システムも骨格フレーム同様、図1の人型ロボットのシステムを改良している。このロボットの制御の基本的な流れは次のとおりである。まず、コンピュータの制御アプリケーションを用いて各アクチュエータ（電動シリンダ、モータ）の動作量を入力する。与えられたデータを受信して、アクチュエータが駆動する。アクチュエータは、ポテンショメータを後付けで装着している。アクチュエータの作動量（=電位差）を検知しコンピュータにフィードバックして、与えた動作量を実行しているかを確認するシステムとなっている。

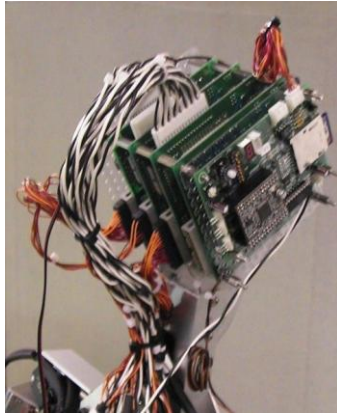


図4 開発の元になったシステム

このシステムでは制御基板を頭部に集中していたが、各駆動部との結線が頭部に集中するため、判別しにくかった（図4）。

そこで、駆動制御システムの装着をより簡易にし、かつ装着後も判別しやすいようにするため、制御基板を1つに集約するのではなく、部位別にブロック化する方式を検討した。

関節を動かすモータはDC12Vギア付きモータを用いた。そのギアボックス裏側に取り付け可能な制御通信基板を開発し、駆動するモータ部と制御通信部を一つにした機電一体型モータ駆動モジュールとした。このモジュールには2つで構成される。一つはマスターユニットでもう一つはスレーブユニットである（図5）。

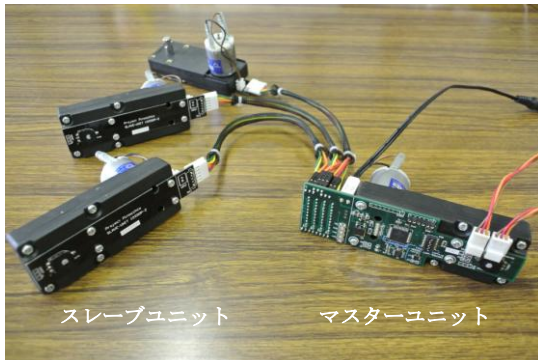


図5 機電一体型モータ駆動モジュール

マスターユニットは自身のモータと3つのスレーブユニットのモータで一つのセットとなっており、このセットで4軸同時制御が可能である。マスターユニットとスレーブユニットは電力供給とポテンシオメータとコンピュータとの通信ケーブルを束ねたケーブルを一つのコネクタをはめればよいだけになっている。このため、各ユニット毎の結線が容易になっただけでなく、位置関係が視覚的に明快になった。また、ユニット同士を繋ぐケー

ブル長を複数用意することで、関節間の距離がある場合でも対応できるようになっている。

上半身の場合、このセットの機のマスターユニットを左肩の前後回転部位（図2のcに相当）に装着し、スレーブユニットの一つを左肩の上下方向の揺動（図2aに相当）に、2つ目を左腕部の体側方向での回転に、3つ目を左肘の回転に用いている。一方、右側では、右肩の前後回転部位にマスターユニットを装着し、胸部の回転（図2bに相当）に、スレーブユニットの一つを装着し、2つ目を右腕部の体側方向での回転に、3つ目を右肘の回転に用いている。

マスターユニット同士はRS485通信で基板を直列につなぐことができるので、さらなる多軸制御が可能である。たとえば葡萄の房のイメージで、ぶどうの実がスレーブユニットにあたり、実を束ねている房がマスターユニット、房を束ねる枝や幹がRS485通信ケーブルにあたる。前述のように上体左右には、それぞれ、マスターユニット1つとスレーブユニット3つで構成されるセットが装着されており、この2つのセットのマスターユニット同士がRS485通信ケーブルで結線されている。同様に、下体左右にそれぞれ一つのセットを装着し、上体の2つのセットのマスターユニットと直列的に接続している。



スレーブユニットの表面と裏面

スレーブユニット取付け用インターフェイス

図6 スレーブユニット

スレーブの基板はモータのギアボックスに直づけされている。スレーブの基板はロボット骨格フレームにおける装着スペースを減じるため、モータシャフトの動きを読み取るポテンシオメータの変位量をPCと通信するだけの機能に限定している。これにより、マスターユニットとの結線スペースだけが付加スペースになるだけなので、大幅な省スペース化が可能になるとともに、結線時の省作業化にも貢献している。

直方体のギアボックスの表面と裏面をシャフトが貫通しており、裏面にはポテンシオメータを実装したスレーブ専用基板が取り付けられ、一つのユニットを構成している。この

ユニットを図6右図の取付け用インターフェイスを介して図3左図のロボット骨格フレームに装着する。

### 3. 4. 振付け方法

振付け方法は、ティーチングプレイバックと呼ばれる方式である。感覚的には、粘土製オブジェを手でこねてアニメーションを作るクレイアニメに近い。まず、遣い手が直接ロボットの各関節を任意に動かした後、その位置を記録し、ロボットがその動きを再現する。この方式であれば、遣い手がロボットに対する制御知識がなくても容易に振り付けられる。

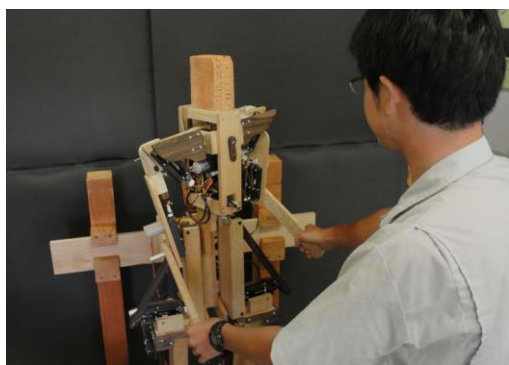


図7 ティーチングプレイバックによる直接的な動作入力

動いた関節位置の記録用に、専用アプリケーションを開発した。図3のようにロボットに振り付けた後、図4の現在値キャプチャーボタンをクリックすると、姿勢時の関節の位置情報を記録できる。図3のように、直接ロボットの関節を動かした後、PC上のアプリケーション(図4)の現在値キャプチャーボタンをクリックする。この作業を繰り返すことで、簡単に振付け作業を行うことができる。

また、一連の振付け作業を行った後、各関節のスライダーを上下して関節の移動量を後から調整することができる。



図4 ロボットの姿勢をキャプチャーするアプリケーション

## 4. 研究成果

前述の振付け作業を行った後、振付けデータを再生した結果、図7のように、振付けを再生した。

以上の研究プロセスにより、身振り表現の媒体として、遣い手による直感的な振り付けが可能な等身大の人型ロボットのプロトタイプを完成することができた。

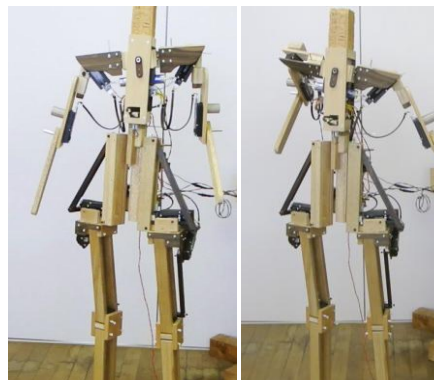


図8 振付け作業完了後、ロボットが再現

粘土製オブジェを手でこねてアニメーションを作るクレイアニメのように、遣い手が直接ロボットの各関節を任意に動かした後、ロボットがその動きを再現することにより、遣い手がロボットに対する制御知識がなくても、振り付けることができるシステムが完成した。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計2件)

“人型ロボットにおけるボディデザインのシステム化”, 後藤泰徳, 芸術工学会誌 (芸術工学会), 第53号, pp.96-101, 平成22年  
 “身振り表現媒体としてのロボットデザイン”, 後藤泰徳, 芸術工学会誌 (芸術工学会), 第60号, pp.10-11, 平成24年

[学会発表] (計0件)

[図書] (計1件)

体幹変形する人型ロボットボディのシステム化の研究, 神戸芸術工科大学/学位論文, 平成23年

〔産業財産権〕

○出願状況（計0件）

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

出願年月日：

国内外の別：

○取得状況（計0件）

名称：

発明者：

権利者：

種類：

番号：

取得年月日：

国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

後藤泰徳 (GOTO YASUNORI)

兵庫県立工業技術センター

技術支援部・上席研究員

研究者番号：70470242

### (2) 研究分担者

( )

研究者番号：

### (3) 連携研究者

大田尚作 (OTA SHOSAKU)

神戸芸術工科大学

プロダクトデザイン学科教授

研究者番号：90213727

