

アクションフィギュアによる 3D ゲームコントローラ

伊東達也[†] ロバート・ハウランド[†]
エミリー・オルムステッド[†] 星野准一[†]

本稿では、アクションフィギュアをゲームコントローラとして用いることを提案する。使用するアクションフィギュアは内部に搭載したセンサ類により、自身の姿勢を検出可能である。このアクションフィギュアのポーズでキャラクターの姿勢を再現することにより、キャラクターの動作を直感的に行うことができる。本稿では、アクションフィギュアの制作と、評価実験で得られた結果についてまとめる。

3D Game Controller using Action Figure

TATSUYA ITO[†] ROBERT HOWLAND[†]
EMILY OLMSTEAD[†] JUNNICHI HOSHINO[†]

In this paper, we propose new types of controller using Action figure. Action figure has many sensors in order to detect pose. Using this output, we can control character intuitively. And we summarize process of making Action figure and result of assessment experiment.

1. はじめに

家庭用ゲーム機が普及する昨今、ゲームハードも従来からの据え置き器だけでなく、PCからスマートフォンに至り多岐にわたっており、広く様々なゲームを体験することができる。ゲームを行う上で重要となるのが操作に用いるコントローラである。本稿ではコントローラとして一般的に用いられているジョイスティックやボタンなどを内包したものを指す。タッチ操作を用いるものを除いて、一般的なコントローラは操作性が高いことや多くの人の手になじみやすい形状としてボタンやスティックを内包した形状になっている。

しかし、従来のコントローラでの操作は、キャラクターが行うアニメーションを一連の動作としてボタン一つで簡略に表現しているため、自由度が低くなりユーザが想定している動作が行えないという問題がある。また、ボタン操作という形式をとっているため、キャラクターの行う動作が入力した操作と直感的に結びつかないという問題も生じている。そこで、ユーザが直感的に操作できるようなコントローラを提案する。

本稿では、アクションフィギュアを入力としたコントローラを提案する。本研究では、アクションフィギュアの姿勢入力に対応するキャラクターを操作する。アクションフィギュアを用いるのは直感的な操作を行うだけでなく、対象ユーザ層である子供たちに対して有用であるからである。具体的には、人形劇などを利用した遊戯は子供の物語理解に対して有効であり[1]、子供の読解力の向上、他社への思いやりを育てることに有効であると言われている[2][3][4]。このように、子供にとって人形を入力として用いることは有用であると考えられる。

関連する研究として、主にテーブル上で複数人が操作するものが知られている[5][6]。これらのシステムでは複数体のキャラクターが登場しており、キャラクター毎にマーカーを持つ物理オブジェクトを対応させ、それらを操作することで移動や方向転換などの簡単な操作を提唱している。ところが、従来システムでは前述したような可動部のないフィギュアやマーカーなどを入力デバイスとして利用している。そのため、通常の人形劇でよく用いられる、登場人物が手を振ったり歩いたりするなど、キャラクターの四肢を動かすような動作を自由に入力することは難しい。これにより、ストーリー表現の自由度が下がるとともに、ユーザがキャラクターに対して生命感を感じることができず、感情移入する障害となったり、ストーリー世界への没入感が低下したり、ストーリー体験の楽しさ・面白さが低下することが考えられる。また、ユーザからの入力が一方向的にアニメーションキャラクターに伝わり、ストーリー世界の出来事の反応はモニタを通して視覚的に伝わるだけであるため、ストーリー世界の出来事が体感的に感じられにくいという問題がある。

[†] 筑波大学大学院システム情報工学科
University of Tsukuba, Graduate School of System and Information Engineering

そこで、ユーザからフィジカルキャラクタへの働きかけがアニメーション世界に反映されるとともに、アニメーション世界の CG キャラクタの反応がフィジカルキャラクタに反映されるインタフェースを提案する。本稿では、これらの問題を解決するために可動部を持ったフィギュアの姿勢を入力として用いるデバイスの開発とコンテンツ制作について述べる。

2. 関連研究

ゲームコントローラ関連の研究として様々なことが以前から行われている。人形の動きを入力として物語を進める研究の1つとして、実世界のフィギュアの移動を入力とし、物語を進めるシステムがある [5]。このシステムでは入力に固定のフィギュアを使用しており、カメラでフィギュア下部に設置されているマーカを読みとって位置を検出している。そこで固形フィギュアの移動によってストーリーを実現している。しかし、フィギュアの関節は動かないため、フィギュアを動かすことによって物語中のキャラクタの移動を行うことだけに留まっている。

同様に、栗飯らの研究[7]では、AR 技術を利用して、3D キャラクタを操作する電子絵本の作成を提案している。この研究では、読み聞かせの問題点として幼児の集中力が続かないことに着目し、電子絵本を実現することで、絵本を触りながら読み進めることによるインタラクションを用いてこの問題を解決しようとしている。電子絵本では、AR マーカーを利用して複数のキャラクタを画面中に出現させ、AR マーカーの移動、回転などの操作などを行っている。これ以外にもタッチ操作による AR マーカーの電子的実現や、ハンドジェスチャによる効果音制御などによる MMI : Multi Modal Interface の実現を目指している。

また、杉本らは GENTORO[8]というデバイスを提案している。GENTORO では、システムを使用する前に、子供たちが独自にストーリーを作り上げる。その後、ユーザは PC 上のペイントソフトを用いてそのストーリー場面にあった絵を書く。ハンドプロジェクトでユーザが書いた絵を床に映して、カメラ型ロボットにその絵の中の指定した経路を移動させて自由なストーリーテリングを誘発している。この研究では、カメラ型の移動ロボットにはセンサを必要とせず、プロジェクトに取り付けたカメラ画像のみでカメラ型ロボットの制御を行っている。

このほかに、恐竜型ロボットを意図したように操作して子供の自由なストーリーテリングを誘発させる研究として、Ryokai らの研究[9]が知られている。この研究では、恐竜型のロボットを動かすことでストーリーテリングを行う。まず初めに、子供は自由にストーリーを作成し、紙に自由にストーリー中のシーンを描画する。次にそのシーンで恐竜型デバイスにどのような動作をさせるかを決め、画像認識で子供の書いた

絵を認識し、プログラム側でその絵を提示された時の恐竜の動作を指定する。この絵を複数毎用意して恐竜型ロボットの前に順に提示していくことで、ストーリーにあった動作を実現し、子供が考えたストーリーを他の子供と共有しながらストーリーテリングが行えたという結果が得られている。

3. システム全体の要件設定

3.1 ゲームコントローラとしてのアクションフィギュア要件

本研究では、従来のゲームコントローラで行うことのできなかった直観的な操作を実現するために、センサを内蔵したアクションフィギュアを入力として用いる。アクションフィギュアをコントローラとして利用する利点は大きく二つ考えられる。一つは、フィギュアで姿勢をそのままキャラクタの動作と利用できるという点で直感的な操作を行わせることが出来るという点がある。次に、人形を利用するため、キャラクタの感情理解や物語理解などに役立ち、対象ユーザの幼児に対して有効であると言える[1][2][3][4]。

本システムのコンセプトを図1に示す。本システムでは、アクションフィギュアの姿勢入力を用いてゲーム中の3D キャラクタを自由に動作させる。

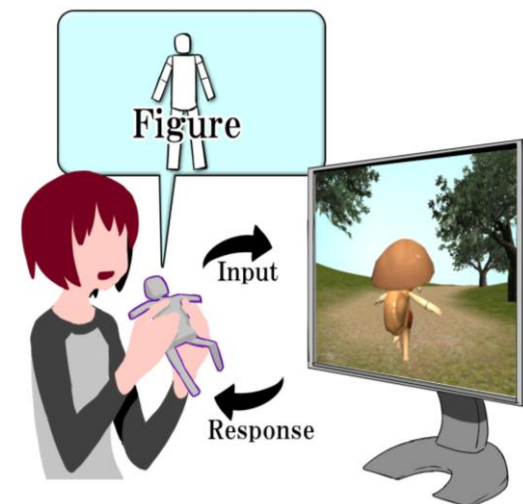


図1 システムコンセプト

3.2 アクションフィギュア機能要素設計

アクションフィギュアは対象ユーザとして子供を想定している。そこで、システム設計時点で、第一にフィギュアの小型化を目標とした。それは、子供が把持しながら各関節を操作可能とするためである。デバイス自体はある程度大型化することで主要な関節はすべて動作させることは可能である。しかし、子供が手に持って遊ぶという前提より、デバイスは可能な限り小さく、耐久性を併せ持つように設計した。アクションフィギュアを小型デバイスとする上で、稼働させる部分は人形劇などの映像を参考に決めた。映像調査の結果、キャラクタの動作で一番用いられている部分は肩の動作であり、反対に足の動作はほとんど用いられなかった。そこで、主要な肩を重点的に動作させるようにし、反対に足の動作を簡略に設定した。また、人形劇では首の動作が頻繁に行われているが、ゲーム中での動作を検討した際に「はい、いいえ」などの意思決定にしか用いる機会がないことと、腕の動作と比較してゲーム中キャラクタの動作にほとんど反映されないため、首の動作は提案システムでは用いていない。

4. システム全体の構成

本研究は、バーチャルのプレイヤーキャラクタを操作するアクションフィギュアとコンテンツを実演する PC 部分から構成される。本システムではユーザはアクションフィギュアの動作を介して、PC 上でコンテンツの操作を行う。アクションフィギュア 1 体で 3D キャラクタ 1 体を動かす。具体的な操作方法は、PC 上の 3D キャラクタをアクションフィギュアの関節の曲げや、傾きなどのアクションフィギュアの姿勢を入力として自由に動かす。ユーザはそれぞれ自由に自分のキャラクタを動作させ、複数キャラクタの動作によってユーザが思い描いたストーリーを PC 上で実行する。PC 上では 3D キャラクタにフィギュアの入力姿勢通りのポーズをとらせている。ユーザは 3D キャラクタを動作させながら自由にゲームコンテンツを体験する。

提案するシステム全体の構成と、そのフローチャートは図 2 のようになる。システムはデバイスとしてのアクションフィギュア部分とコンテンツ実演部としての PC 部分に大別される。

4.1 アクションフィギュア

アクションフィギュアは複数のセンサ、モジュールを内蔵し、PC と USART によって通信している。アクションフィギュアの機構はアクリル板、アルミ板などから構成されている。アクションフィギュアはサイズが 140×70×25[mm] の大きさで、重量約 200[g] とほぼ市販の可動部を持つフィギュアと同程度の大きさを実現している。この大きさは、想定している子供のユーザでも十分に動かすことのできるサイズとなっている。

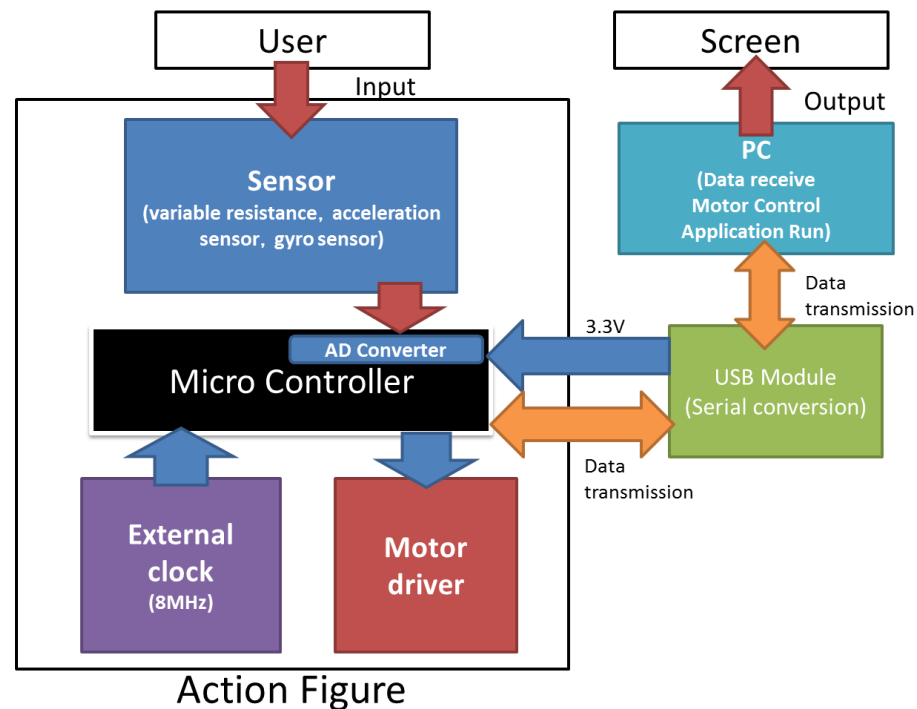


図 2 システムの構成とフローチャート

4.2 コンテンツ実行部分

PC では複数のアクションフィギュアそれぞれからセンサ情報を取得している。センサ情報は ASCII 文字として PC へ転送され、PC 上でそれぞれ角度や大きさといった情報へ変換し、求めたセンサ値をもとにキャラクタの姿勢を計算し、リアルタイムでキャラクタを動作させストーリーを実行する。コンテンツは 3D キャラクタの操作を、アクションフィギュアを用いて自由に操作させるものであり、計算した姿勢をもとに事前にシステムで指定したアクションを実行する。ストーリーの進行に伴って、必要に応じてフィギュアを振動させることでユーザへフィードバックを返す。

5. アクションフィギュア構成

5.1 モジュール構成

フィギュア部分では関節角や傾きなどのセンサ情報を取得し、内蔵する PIC で取得した値を AD 変換した後、PC へ送信する。また、小型振動モータを内蔵しており、PC からキャラクタの接触などの物理的なフィードバックを受け取れるような設計としてある。アクションフィギュアにはセンサとして可変抵抗、加速度センサ、ジャイロセンサが内蔵されている。可変抵抗で電圧の変異を検出することでアクションフィギュアの関節角を取得し、加速度センサのセンサ値の変化を用いてコンテンツ部分で姿勢変化とジャンプを実現している。また、ジャイロセンサの値によりキャラクタの向きを測定している。センサ情報はフィギュアに内蔵した PIC マイコンに内蔵された AD コンバータで AD 変換したものを、USB モジュールを介して PC へ転送する。今回デバイスの小型化を行う為、PIC マイコンは AD コンバータを内蔵したものを選択し。アクションフィギュアに内蔵する 12 個のセンサの数だけ AD 変換対応ポートを持つものとしている。また、多大なスペースを必要とする USB モジュールは内蔵せず、デバイスの外付として利用している。アクションフィギュア内部には小型振動モータを内蔵しており、PC 上でキャラクタが他のキャラクタやゲームオブジェクトと接触した際に PC から指示を送ることで駆動させる。

フィギュアは PC と有線接続し、電源はモジュールの USB バスから取得している。今回試作したフィギュアと設計時に作成したフィギュアのモデルを図 3 に示す。

フィギュアの設計として、プロトタイプ機では四肢を積層樹脂によって造形していたが、プロトタイプ機ではリード線がむき出しになるという問題があったため、試作したアクションフィギュアではアクリル板を中空にし、その中にリード線を這わせることでリード線切断の問題を解決した。また、可変抵抗のボリューム部分の接合を前後から行い、ボリュームに対して回転ではなく垂直に働く力に対する壊れやすさの耐久性を改善した。

5.2 キャラクタの実現可能動作

今回製作したフィギュアは、人形劇の映像評価により、必要な自由度を肩関節に 2 自由度、肘、股関節に 1 自由度、姿勢に 3 自由度、回転に 1 自由度と定めた。センサを用いてこれらの情報を取得し、キャラクタ動作を表現している。図 3 では加速度センサの向きにしたがって x, y, z 軸を定めている。この軸に従った場合、肩関節では x, z 軸周りの回転を実現し、肘、股関節では x 軸周りの回転の検出が可能である。動作範囲はそれぞれの関節で最大 180 度であるが、肘は人間に近い動作をさせる目的で、機構でフィギュアの正面方向に 90 度しか回転しないよう制限している。x, z 軸方向の加速度でキャラクタの姿勢を検出できる。フィギュアの回転はジャイロセンサの出

力から制御し、y 軸回りの回転を検出可能である。

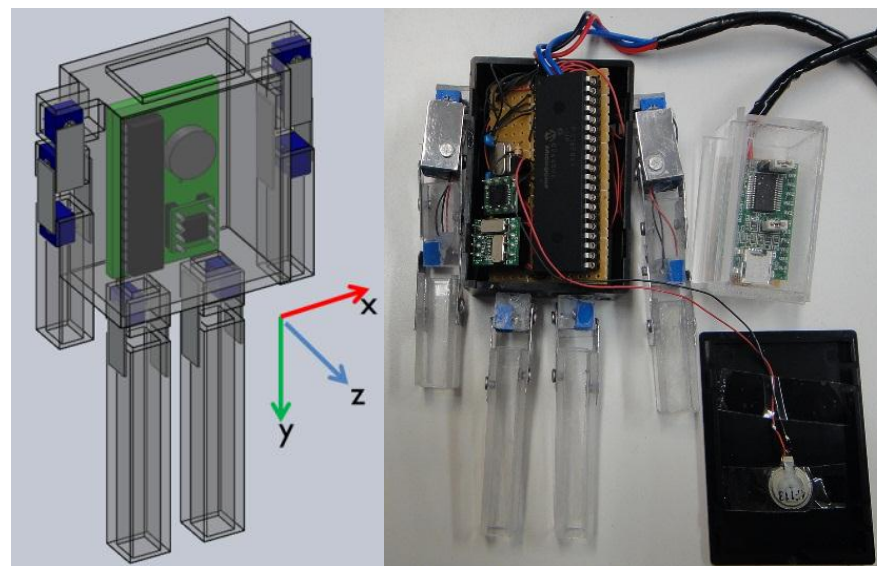


図 3 3D モデル(左)と試作したフィギュア(右)

5.3 デバイス-PC 間の通信

AD 変換したセンサ値を USART で PC へ送信している。PC ではリアルタイムでキャラクタ動作を反映させる必要があるため、データ量を抑えた高速通信が要求される。そこで本システムではデータ量を抑えるためにセンサを区別する接頭文字とセンサの値をそれぞれ char 型の 1 文字で表現して転送している。具体的には、AD コンバータで得られた情報の下位 2 ビットを右シフトし 6 ビットに間引いて、32 から 127 までの ASCII コードに収まるようにデータを調整している。その際、接頭文字として用いる文字はそのセンサ値に割り当てている範囲以外の文字を使用している。また、ボーレートの設定を 57600 まで上げることで、1 秒間に転送できるデータ数を増やし、高速通信を実現している。アクションフィギュア 1 台の場合、11 個すべてのセンサ情報を転送するのに 25[ms]必要としているので、1 秒間に 40 回の通信が可能である。センサ情報は 1 つにつき char 型 2 文字で表現しているため、1 台のフィギュアでは 1 秒間に $40 \times 11 \times 2 \times 8 = 7040$ ビットの通信を行っている。今後複数台で同時にゲームコンテ

ントを体験する際に、理論的には同時に最大 8 台のアクションフィギュアを通信させてもリアルタイムで 8 体のキャラクタを操作することが可能である。現状使用している USB モジュールの通信速度が最大 460Kbps なので、8 台での通信は十分実現可能である。

6. 体験するゲームコンテンツ

6.1 ゲームコンセプト

アクションフィギュアからの入力でキャラクタを操作する、3D 空間自由探索型ゲームを製作した。ゲームコンテンツはゲームエンジン Unity を用いて制作を行った。製作したコンテンツでは、ユーザ 1 人がキャラクタを操作して目的地までキャラクタを送り届けるというものである。マップは図 4 のように製作し、プレイヤーはキャラクタを丘陵にある旗(ゴール)まで障害物を乗り越えてたどり着かせるというものになっている。

6.2 ゲームキャラクタの動作

体験コンテンツ内でキャラクタに実現させる動作として、歩く、ジャンプ、物を持つ、物を投げる、はしごを登る、という 5 つの動作をアクションフィギュアとコントローラによって実現している。今回動作をこれら 5 つに決定したのは、選択した動作はゲームコンテンツの中で頻繁に利用されるからである。製作したゲームコンテンツでは、これらの動作をすべて実現することでキャラクタをゴールへ導くことが出来るように製作した。

アクションフィギュアを用いた場合は、歩く動作をキャラクタの左右の足を交互に前後することで実現している。その際、ジャイロセンサの値によって方向を検出し、その方向へ前進する。また、別の移動方法として加速度センサの前後左右方向の値を検出し、検出された値だけその方向へ移動する動作も行っている。ジャンプ動作は加速度センサの上方向成分を取得し、その値が閾値を超えたときに実行している。物を持つ動作は、オブジェクトの検出範囲内で肘を 90 度前方向へ曲げることで実現し、物を投げる動作は、物を持った状態から肘を前方へ伸ばした際に行われる。はしごを登る動作は、はしごの前で両肩を前方へ交互に伸縮させることで行う。

これらのキャラクタの動作をアクションフィギュアで行った際の様子は、図 5 のようになる。

また、ゲーム中のオブジェクトに触れた際にはアクションフィギュア自体が振動してユーザへフィードバックを与える設計となっている。

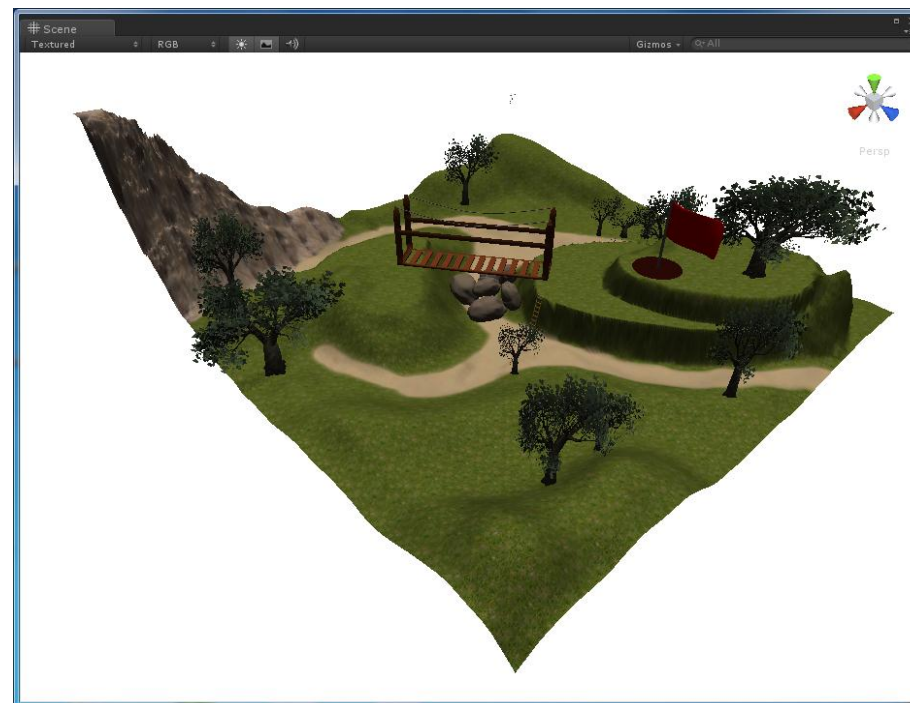


図 4 コンテンツの 3D 空間マップ

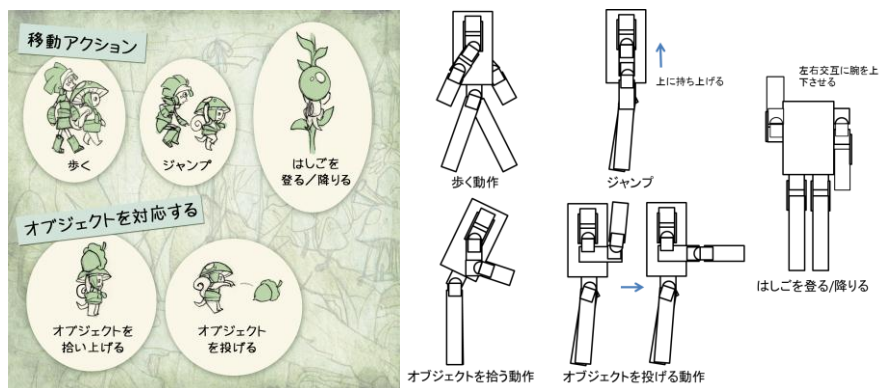


図5 アクションフィギュアとキャラクタ動作の対応付け

7. 動作検証

前述したコンテンツ内の5つのキャラクタの動作が、アクションフィギュアで行えているかの検証を行った。アクションフィギュアの各センサの出力をグラフ化したものを図6示す。図6の左上のグラフでは、キャラクタの回転の様子を表しており、左右60度の回転を行った際の出力となっている。このグラフから回転が行える様子がうかがえる。また、右上の図はジャンプの様子を検出しており、y軸の加速度センサの立ち上がりを検出することでキャラクタ動作を実現可能である。左下の図は右肩の肘と肩の3つの可変抵抗の変化の様子を示している。この図では、時間経過と共に通常状態から物を拾う動作、物を投げる動作と遷移させている。物を拾う動作では、肘の抵抗の出力の実が大きく変化しており、物を投げる動作では肘の動作に加えて肩のx軸周りの出力が加わっているため、これら2つの動作を差別化することが可能である。また、はしごを登る動作は、階段付近でオブジェクトを投げる動作を左右の腕で連続して行うことで表現する。右下のグラフでは左右の足の可変抵抗の出力を示しており、足の前後動作を検出できており、このパターンを検出することで前方への移動が実現できる。

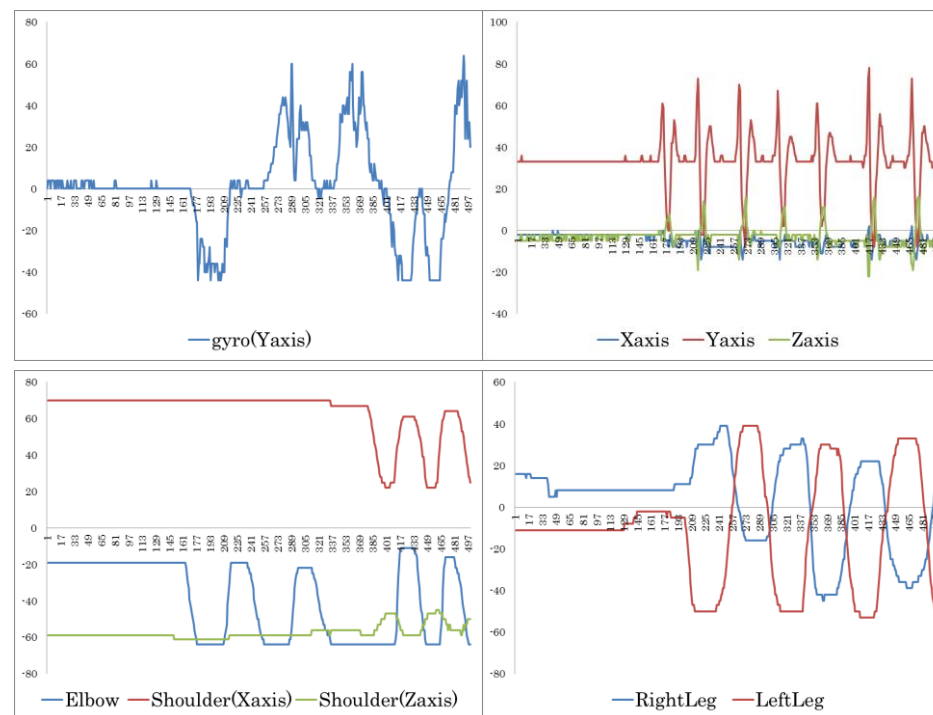


図6 各センサの出力電圧グラフ

8. まとめ

アクションフィギュアを用いたゲームコントローラの提案を行った。提案したシステムを構築しアクションフィギュアを用いて動作検証を行い、キャラクタに指定した動作を行わせることが出来るということを確認した。今後はアクションフィギュアによるコントローラが直感的に扱えるかという評価を行う必要がある。また、コントローラとしてだけでなく、アクションフィギュア複数体を用いてストーリーテリング支援などに取り組んでいく。

参考文献

- 1) 齊藤 康子:"児童のストーリー理解に及ぼす読み聞かせの効果", 創価大学大学院紀要 29, 187-206, 2007
- 2) 吉田 清治:"幼児教育における人形劇の役割", 1995
- 3) 今井 靖親, 上田 真貴:"小学生の物語理解に及ぼす絵本提示の効果", 奈良教育大学紀要(人文・社会科学)
- 4) 高橋 俊之, 梶谷 信之, 尾上 雅信:"幼児期の子供の遊びと学び", 岡山大学教育学部研究集録 第135号(2007) 127-135
- 5) Ali Mazalek and Glorianna Davenport . 2003. A Tangible Platform for Documenting Experiences and Sharing Multimedia Stories
- 6) Jun'Ichi Hoshino, Katsutoki Hamana, Shiratori Kazuto, and Atsushi Nakano. 2009. Distributed Episode Control System for Interactive Narrative Entertainment. In Proceedings of the 8th International Conference on Entertainment Computing (ICEC '09)
- 7) 栗飯 原萌, 小林 貴之, 村上 雄太郎, 菅原 祐人, 花村 成慶, 武田 智裕, 古市 昌一:"子供向け電子絵本による集中力持続のためのマルチモーダル・インタフェースの提案", 情報処理学会第73回全国大会
- 8) Masanori Sugimoto, Toshitaka Ito, Tuan Ngoc Nguyen, and Shigenori Inagaki. 2009. GENTORO: a system for supporting children's storytelling using handheld projectors and a robot. In Proceedings of the 8th International Conference on Interaction Design and Children (IDC '09).
- 9) Ryokai, K., Lee, M. J., and Breitbart, J. M. 2009. Children's storytelling and programming with robotic characters. In Proceeding of the Seventh ACM Conference on Creativity and Cognition (Berkeley, California, USA, October 26 - 30, 2009). C&C '09.
- 10) Yasuaki Kakehi, Makoto Iida, and Takeshi Naemura. 2006. Tablescape plus: upstanding tiny displays on tabletop display. In ACM SIGGRAPH 2006 Sketches (SIGGRAPH '06).
- 11) 加藤博一, Mark Billinghurst, Ivan Poupyrev, 鉄谷信二, 橘啓八郎::拡張現実感技術を用いたタンジブルインタフェース, 芸術科学会論文誌, Vol. No.2.pp.97-104.(2002).
- 12) 伊藤 雄一, 山口 徳郎, 秋信 真太郎, 北村 喜文, 渡邊 亮一, 市田 浩靖, 岸野 文朗:"TSU.MI.KI:仮想世界と実世界をシームレスに融合するユーザインタフェース", TVRSJ Vol.11 No.1, 2006

謝辞 アクションフィギュア作成に関してアドバイスをいただいた, 同研究室の中津留義樹氏, 堀内慎高氏に謹んで感謝の意を表する.