

ボール型軟体ゲームコントローラ：ぷよこん

中津留義樹[†] 平松良介^{††} 星野准一^{†††}

本稿では、エンタテインメントで用いられるコントローラを軟体物質で構成された柔軟性を持つものにする事で、より多くの感覚を使え、より多くのモーションを許容する体感型コントローラを実現できると考える。従来研究として曲げセンサを使用した軟体コントローラにより、その有用性が確認されている。しかし、従来の曲げセンサによる方式では耐久性に問題があった。そこで、本稿では曲げセンサに替わる大気圧センサを使用したボール型軟体コントローラを提案する。展示を通して提案した新方式の耐久性と操作性の検証を行う。

A Soft Body Controller that can be Thrown : PUYO-CON

YOSHIKI NAKATSURU[†] RYOSUKE HIRAMATSU^{††}
JUNICHI HOSHINO^{†††}

In this paper, we propose a ball-shape controller for entertainment with soft material which user can use more senses and more motions. The utility is being confirmed as a conventional research by the soft body controller using the flex sensor. However, there was a problem in durability in the method with a flex sensor. Then, in this text, it proposes the ball type soft body controller using the air pressure sensor that replaces a flex sensor. the operativeness and the durability of the new method is verified through the exhibition.

1. はじめに

多くのシステムでは、情報を入力するためのコントローラと情報を出力するモニタといった表示デバイスから構成されている。特にエンターテインメント分野におけるゲームコントローラの発展は目覚ましく、多数のボタンを配したソニープレイステーション 1) のコントローラをはじめ、同じくソニーの PlayStation Move 2) や任天堂 Wii 3) における体感型コントローラは多くの人に楽しみを与えている。ところが、多ボタン型のコントローラでは習熟度により操作効率が大きく変化し、ゲーム初心者にとっては大きな敷居となっている。その中で、ゲーム初心者から熟練者まで直観的に操作できる体感型コントローラの登場により、世代を問わずゲーム文化が急速に普及した。体感型コントローラとは加速度や相対的な位置情報を元に体験者のモーションを読み取り、そのモーションをゲーム世界に反映させているものである。4)5)6)7) それにより、テニスやボーリング、ボクシングといったスポーツにおける手や腕のモーションを直接入力できるため、体験者はよりリアルなゲーム体験を得ることができる。しかしながら、このような従来型のコントローラでは、体験者がコントローラを持ってモーションを行うため、ゲームに夢中になった体験者は、予期せずコントローラを手から離してしまったり、何かにぶつけてしまったりすることがある。それにより、コントローラ本体やぶつけた物を破壊してしまうという事故が発生している。それに伴い、ストラップやゴムカバーを取り付けるといった対策が取られているが、残念ながら根本的な解決には至っていない。

それは、コントローラ本体がプラスチックなどの固い素材で作られており、落下した際の耐衝撃性や、ぶつけた物に対する破壊防止策には限界があるためである。また、そのような使用を想定していないということもある。さらに、これらのコントローラは手の、しかも指先の皮膚感覚のごく一部を用いた ON/OFF 動作に過ぎず、モーションにおいても体の一部の動きを読み取るに過ぎない。本来、人間は多くの感覚情報を元に活動しているが、従来のコントローラは人間の感覚情報を制限してしまっており、その感覚情報の一部を利用するに留まっている。つまり、人間は手を握ることによって握ったものの感触や変形を感じ取り、加える力としてフィードバックしているが、従来のコントローラではボタンを押すか離すか、そしてコントローラが手から離れない限られたモーションといった少ない感覚情報の入力に制約されているのである。これらの問題を解決するために、軟体物質で構成された柔軟性を持つコントローラにす

[†]筑波大学 システム情報工学研究科 / JST CREST
University of Tsukuba, Graduate School of Systems and Information Engineering / JST CREST

^{††}筑波大学 システム情報工学研究科 / JST CREST
University of Tsukuba, Graduate School of Systems and Information Engineering

^{†††}筑波大学 システム情報工学研究科 / JST CREST
University of Tsukuba, Graduate School of Systems and Information Engineering

ることで、より多くの感覚を使え、より多くのモーションを許容する体感型コントローラを実現できると考える。コントローラ自体を軟体とすることで、耐衝撃性に優れ、投擲といった体験者の体を離れた操作も可能となる。さらに、コントローラの変形を用いた力の入力、加えて体の多くの部位における触力覚を用いた操作、複数人での操作も実現できる。

従来研究 8) として曲げセンサを利用した軟体コントローラの開発を行った。これまでにない新しい操作感から評価を得たが、曲げセンサの耐久性に問題があり、長時間の使用に耐えるものではなかった。

本稿では、従来の曲げセンサ方式から替わる空気圧センサ方式を採用して投擲可能かつ変形による力の入力が可能な軟体コントローラを開発する。また、展示により多くの人に体験、評価を行い、コントローラの有効性を確認することを目的とする。

2. コンセプト

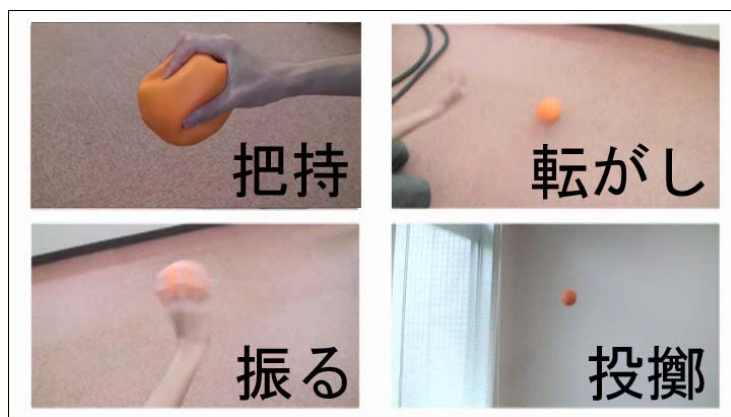


図 1 コントローラのコセプト

Figure 1 Concept of controller

ボタン式コントローラにはない、変形を入力できること、そして、軟体構造により投擲や転がしといった動作を実現することである。それにより今までは実現できなかった粘度のようにオブジェクトを変形できるアクションや力の入力、また、コントローラを投げたり転がしたりといった手から離れるモーションの入力も可能となる。それは、1つのコントローラを使い複数人で投げ合うといったモーションも可能とする。

そのためにコントローラは、変形を計測する計 14 個センサが組み込まれた構造部

と、モーションを認識する加速度センサ、及びそれらの情報を無線で送信するための無線モジュールから構成されている。また、それらの制御を一貫して行うマイクロコンピュータも搭載する必要がある。それに加え、センサ制御部に加わる力を緩和するための軟体構造及びコアとなる構造材を要する。軟体構造は、手で触れる外皮部により触感といった手触りを表現し、内側の軟体部は本体の柔らかさを表現するとともに、制御部を保護する。

これらの要求を実現するにあたり、片手でも操作可能な大きさとし、コントローラ本体はソフトボールほどの大きさを目標として開発した。

3. 従来研究

ボール型軟体ゲームコントローラとして曲げセンサ方式のものを開発している。使用している曲げセンサは片方向のみの検出となるため、3cm に切断したセンサを 2 つ両面に貼り合わせることによって両方向の曲げに対応できるようにしている。これを計 14 個コントローラに配置することによって変形を計測している (図 2)。このコントローラは国立科学博物館において展示し、多数のユーザに触ってもらうことで軟体ゲームコントローラの有用性の確認をすることができた。しかし、変形を計測するために使用した曲げセンサだが、触感は非常に良かったものの、センサ自体の耐久性が問題となった。繰り返し加えられる強い曲げにより、センサの金属皮膜が塑性変形を起し、最終的には割れが発生し断線してしまうことが相次いだ。想定した使用方法では問題にならなかったものの、初めて触る使用者が、握るだけでなく、コントローラをねじるように動かしてしまっていた。これにより、想定されていなかったせん断方向への力が加えられてしまうことによって劣化が早められたものと思われる。

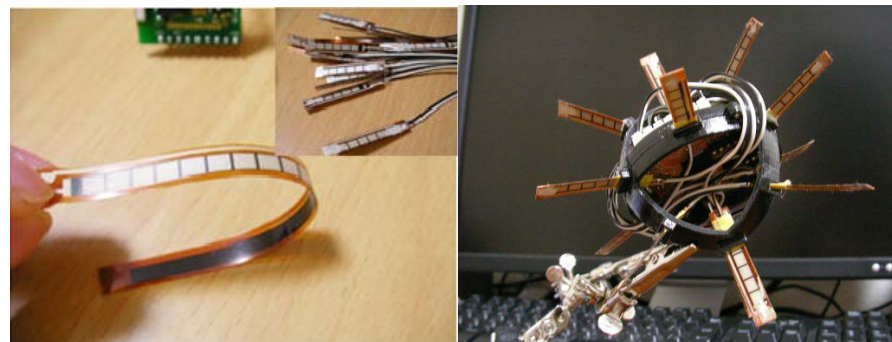


図 2 曲げセンサと曲げセンサの配置

Figure 2 Flex sensor & Their position

4. システム構成

本システムは、ユーザが握った際の変形を読み取ること、コントローラ自体を投擲することも考慮していることから外形を球形としている。またユーザの操作の妨げにならないように内臓電源と無線通信を利用してワイヤレスでの使用を可能としている。無線通信としてはBluetoothを利用している。

システムの構成は(図3)のようになっている。モーションを認識するための3軸加速度センサとコントローラの外形の変形を読み取る為の14個大気圧センサがそれぞれ制御用のマイクロコンピュータに接続されている。センサとマイクロコンピュータ間の接続は12bitのADコンバータによって為されている。マイクロコンピュータによって取得されたデータはBluetooth通信によってホストコンピュータに渡される。

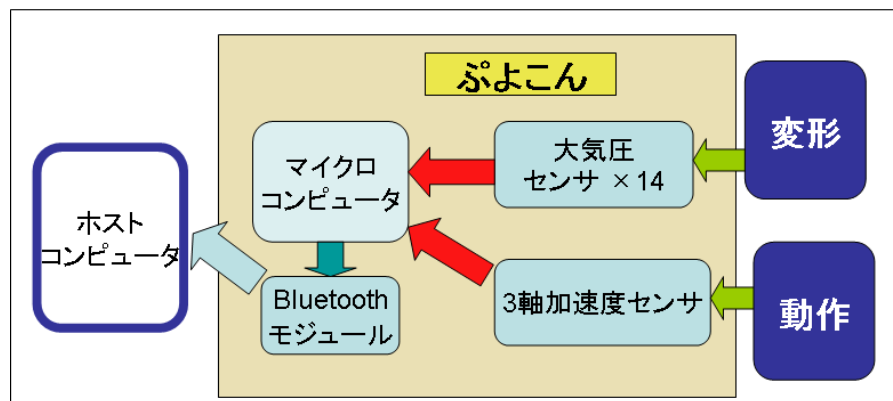


図3 システム構成図
Figure 3 System diagram

これらの制御ハードウェアはコントローラ内部の球形のコアに収められていて外部の変形から守られている。コアには直接、大気圧センサが内部の大気圧を測定するエアバッグがセンサと同数である14個配置している(図4)。コアの上部から1-3-6-3-1の数になるように均等に配置されており、コントローラの変形を偏りなく測定できるようにしている。エアバッグはチューブを通じてコア内部の大気圧センサに接続される。このエアバッグ間の間隙をスポンジで充填し、その周囲をシリコンゴム製の外皮で包むことによってコントローラの外形は成り立っている(図5)。本コントローラの触感エアバッグ、充填材および外皮を適宜交換することによって望むものに変更す

ることが出来る。

コントローラの大きさはソフトボール大の直径10cmに収まり、重さは155gと軽量である。握力や腕力の無い子供でも投げたり転がしたりといった操作が難なくできるようになっている。



図4 コアとエアバッグ
Figure 4 A core and air bags



図5 外皮と充填材
Figure 5 Skin and filler

5. 空気圧センサ方式による変形の検出

曲げセンサで問題となった耐久性を向上させるため空気圧センサを用いることとした。使用するセンサは空気圧センサ XFGM-6050KPGSR である。このセンサは、センサに空気圧をかけることで出力電圧が変化する。測定可能である範囲は0~50kpaであり、絶対定格はその2倍の圧力となっている。本システムにおいて、把持圧力はその範囲を超えることは無いため、このレンジのセンサで安全に使用できると判断した。また、最小分解能は12.5paである。

センサごとに小さいエアバッグを装着し、操作者が把持した部分にかかる圧力変化を読み取ることとした。エアバッグとセンサの大気圧測定部及び両者を繋ぐチューブは密閉されている。それによりエアバッグの体積が変形により増減することによる内部の圧力変化を測定することができるようになっている。

エアバッグ自体も把持により自在に変形するため、触感を大きく損なうことなく、繰り返しの強い荷重にも耐えられるようになっている。空気圧センサは温度補償回路も含まれているため、使用に伴いコントローラの温度が変化しても安定したセンシングを行えるようになっている。

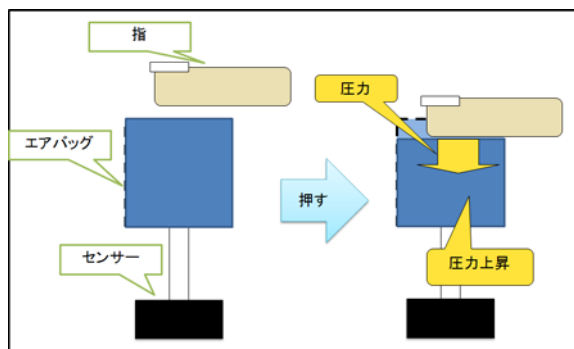


図 6 大気圧センサによる変形測定の概要

Figure 6 abstract of sensing transformation by air pressure sensor

6. 動作実験

6.1 自由把持実験

本実験では、コントローラの想定使用例にも挙げている、手で握る動作について示す。以下ではコントローラを片手で自由把持した場合の各センサの反応状態の確認を行った。

放射状に配置した空気圧センサにより、球状の軟体外皮の変形を読み取る。本実験では特に方向は指定していない。各方向のセンサ分解能も十分である。また、握力の差異により強く反応している部分とそうでない部分があることが分かる。これにより力の入力による繊細なコントロールを実現できることが分かった。

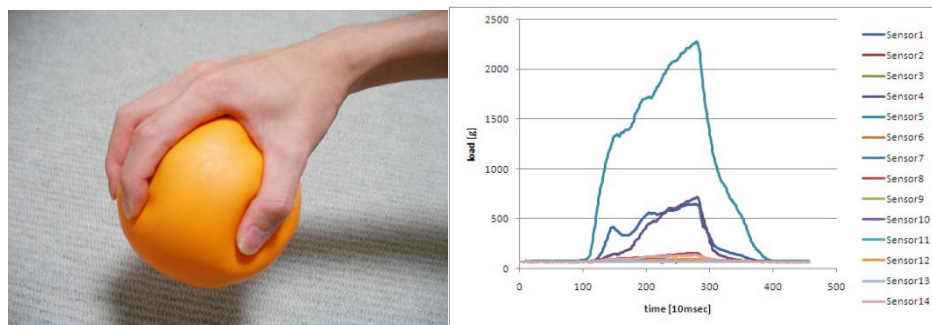


図 7 自由把持による結果

Figure 7 Result of grasping

6.2 投擲実験

本実験では、このコントローラの特徴の一つである、投擲時における各センサの値を計測した。以下に計測した加速度センサと空気圧センサの値のグラフを示す。

投擲は上方に投げた後地面に着地し転がり停止するという一連の動作である。

加速度センサと空気圧センサの両方のデータから、上方への投擲時に把持されている状態から、解放され、着地するまでの一連の流れを読み取ることができる。

投擲時のデータの取得は、加速度センサだけでなく空気圧センサも用いることで、手から離れた瞬間を読み取ることが可能であることがわかる。

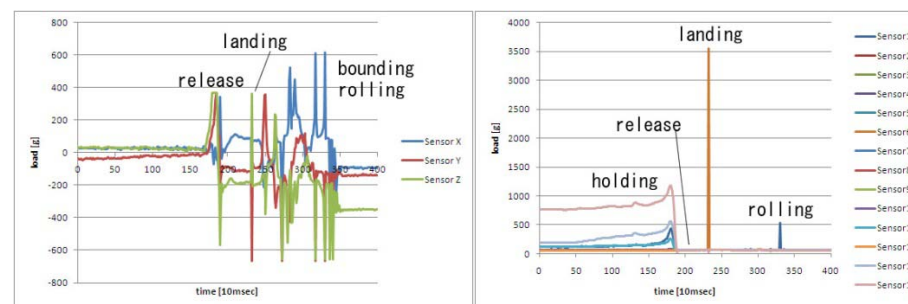


図 8 投擲時の加速度センサと大気圧センサのグラフ

Figure 8 Graph of accelerometer and air pressure sensor at throwing

7. 評価実験

7.1 概要

空気圧センサ方式のコントローラを、実際に被験者に使用してもらい、想定通りの耐久性と操作性を持っているかの評価を2009年12月17日から19日の3日間、パシフィコ横浜で行われたSIGGRAPH ASIA Emerging Technology 2009にて体験展示で行った。体験者は20歳代から70歳代のお年寄りの方まで非常に幅広い。また日本人だけでなく半数近くは外国人となっている。体験者数はおよそ400人であり、見学者を含めるとその倍程度である。

体験者には次項で示す2つのアプリケーションを順次体験してもらった。また、体験時にはごく簡単にアプリケーションとコントローラの説明を行ったうえで使用してもらった。体験の様子は、ビデオで撮影し、後の評価に利用した。以下に体験の様子を示す。



図 9 SIGGRAPH ASIA Emerging Technology 2009
Figure 9 SIGGRAPH ASIA Emerging Technology 2009

7.2 ソフトウェア仕様

使用したソフトウェアは以下の 2 種類である。

- 一つ目は、コントローラの反応状況を示すモニタリングアプリケーションである。14 個の空気圧センサと加速度センサに対応するオブジェクトとコントローラ外観を示し、実際に操作する際、センサがどう反応しているかを確認できる。具体的には、コントローラを変形させることで反応する空気圧センサのデータを、各センサに対応した球オブジェクトがコントローラの中心軸方向に移動することで、変形具合を把握することができる。また、球オブジェクトの色を、入力する把持力の強弱で青色から赤色へと変化させることで、より明示的に表示している。さらに、加速度センサのデータは中心にある大きな球オブジェクトを動かすことで、コントローラにどのような方向の加速度が、どの程度の大きさで与えられているかを把握することができる。空気圧センサのデータと同様に、加速度の強弱により青色から赤色に変化する。事前に体験して頂くことにより、コントローラの操作感や力の入れ方を容易に修得できる。
- 二つ目は、ボールを転がしてゴールを目指すゲームである。難易度の異なるコースが複数あり、ゲーム初心者の方から、熟練者の方まで楽しめるようになっている。また、ボールの慣性力を調整することで難易度の調整も可能である。操作は、コントローラを傾けることでボールの進行方向を決めることが可能となっている。また傾ける

速度や角度によって転がる速度も操作できる。さらに、ボールを転がしたい方向にコントローラを変形させることで、その方向へ加速するダッシュ効果を得られる。体験者はゲームオーバーになるまで難易度の高いコースへ進み楽しんでもらうようにした。

7.3 評価

曲げセンサ方式で問題になったような耐久性も全く問題なかった。中には強い力で握る体験者もいたが、400 人以上の体験者が使用した後も想定通り空気圧センサやエアバックは破損すること無く正常に動作していることが確認できた。ただし、耐久性に問題はなかったが、会場の無線通信環境が劣悪であり、家庭での室内利用を想定していたため、Bluetooth のワイヤレス接続が不安定になることがあった。

また撮影したビデオ映像を用いて評価を行った。体験者は幅広い世代であり、ゲームの熟練度もそれぞれに異なる。しかしながら、ほとんどの方が 5 分もかからないうちに操作を習得し、楽しみながら操作できるようになっていることが分かった。ただし、日頃からゲームに慣れ親しんでいる可能性が高い 20 歳から 30 歳の世代の体験者の習熟度は早く、1 コース目をクリアすると、特に迷うことなく 3 コース程度までクリアするケースが多かった。それに対し、50 歳以上のゲームに慣れ親しんでいない可能性の高い世代の体験者は、多少コントローラとゲームの習得に時間がかかり、思い通りに操作できないという傾向があった。全く操作ができず諦めた体験者は 60 歳から 70 歳代の 2 名であった。

ソフトウェア別にみると、モニタリングアプリケーションに関しては、体験者全員が力の入れ具合といった操作感をすぐに習得できている様子がうかがえた。また、今までにない操作方法にとっても興味深く、楽しみながら触っている様子が確認できた。題目にもあるように投擲可能なコントローラのため、実際に手の上で投げてみたり、転がしたりという使い方をする方も目立った。ほとんどの体験者がおもしろいという感想を述べ、中には複数回体験に来る方もいた。

ボールを転がすアプリケーションにおいても同様に複数回体験される方が多かった。ただし、モニタリングアプリケーションと異なり、ゲーム自体の難易度がある程度存在するため、操作に慣れるまでの時間は個人で差があった。アドバイス無しにタイムオーバーになるまでコースをクリアする方がいる半面、操作のタイミング等、ゲームのコツをアドバイスしなければクリアできない方もいた。また、日本人と外国人では操作の習熟度合いに差があり、平均すると日本人の体験者の方が早く習熟した。

7.4 考察

ビデオ映像からの評価から、体験したほとんどの方が操作に戸惑うことなく数分という短い時間の間に、コントローラの操作感を習得しゲームを楽しめる程度にまで上達していた。ここからも直感的な操作が実現できていることが分かる。

コントローラおよびゲームの習熟度が異なる理由は多々考えられるが、中でも日ごろからゲームに慣れ親しんでいるかどうかや、デバイス操作に慣れているかどうか

大きい理由であると考えている。特に若い世代の体験者は全体的に習熟速度が早く、高齢になるほど慣れるまでの時間が長いという傾向が見られた。ただし、体験時間の制約等があったため、高齢者であっても、もう少し体験時間があれば多くのコースをクリアできていた可能性が高い。それに加えて、体験者の器用さにも大きく影響されていることは明白である。また、ゲームの難易度を適宜変更すれば、習熟速度を早めることができたかもしれない。

展示会場で Bluetooth の接続が不安定になったのは、会場に多くの無線機器があったことや海外製の装置も多く、ノイズのため接続が維持できなくなったものと考えられる。ただし、室内での実験においては問題が無いため、一般家庭での利用においては Bluetooth の無線通信で十分であると考えられる。

この評価実験を通して、耐久性も含め、提案したコントローラの有効性が確認できた。

8. 今後の課題

本稿で提案したコントローラの特徴である変形入力を用いたアプリケーションを充実させ、より広い分野での応用と評価を行っていきたいと考えている。それと同時に、コントローラの触感や表現力の改良を行いたいと考えている。現状のコントローラは、空気圧センサ用エアバッグと軟体材料の弾性が異なるため、どうしても触感の差が生まれてしまっている。不用意に柔らかくすると操作性を失う恐れがあるため、ある程度の固さを保ちつつも触感豊かな構造に変更したいと考えている。そのためにはサッカーボールのような多角形による細密構造を利用したエアバックを搭載することで均質な触感を実現できると考えている。さらに、外皮材料の変更を行うなど、コントローラの可能性も同時に示していきたい。

また、センサを追加し、コントローラの絶対位置や方向を認識できるようにすることで、さらに汎用性の高いコントローラになると考えている。

9. おわりに

目的である軟体物質で構成された投擲可能かつ変形による力の入力が可能な軟体コントローラを従来とは異なる方法で開発した。動作を検証し、展示により多くの人に体験してもらい評価を行った。その際、多くの体験者に新しい操作感と楽しを提供できた。また、数百人のユーザに使用されても問題のない耐久性が確認でき、ユーザが壊れることを気にせず使用できるようになった。以上のことからコントローラの有効性を確認することができた。

参考文献

- 1) PlayStation <http://en.wikipedia.org/wiki/PlayStation>
- 2) PlayStationMove, <http://www.jp.playstation.com/ps3/move/>
- 3) Wii, <http://en.wikipedia.org/wiki/Wii>
- 4) Hasegawa, S., Toshiaki, I., and Hashimoto, N.2005. Human scale haptic interaction with areactive virtual human in a realtime physics simulator. In Proceedings of the 2005 ACM SIGCHI international Conference on Advances in Computer Entertainment Technology (Valencia,Spain, June 15 - 17, 2005). ACE '05,vol. 265. ACM Press, New York, NY, 149-155.
- 5) Oshita, M. 2006. Motion-capture-based avatar control framework in third-person view virtual environments. In Proceedings of the 2006 ACM SIGCHI international Conference on Advances in Computer Entertainment Technology (Hollywood, California, June 14 - 16, 2006). ACE '06, vol. 266. ACM Press, New York, NY, 2
- 6) The Balance Ball Interface Masasuke Yasumoto, Rie Sakai and Takashi Kiriya Graduate School of Film and New Media Tokyo National University of Fine Arts and Music.
- 7) Jelly Interface, <http://i3e.iit.u-tokyo.ac.jp/i3e10/works/kadowaki.html>.
- 8) Ryosuke Hiramatsu, Junichi Hoshino : A soft body controller that can be thrown. New feeling of operation and touch "PUYO-CON", ACM SIGGRAPH ASIA 2009 Emerging Technology, A Publication of ACM SIGGRAPH DVD-ROM, ISBN:978-1-60558-858-2 .