

応用論文

ボール型デバイスを用いた人体を介する情報伝送システム

高橋 征資^{*1} Charith Lasantha Fernando^{*1} 新居 英明^{*1}
 常盤 拓司^{*1*2} 杉本 麻樹^{*1} 稲見 昌彦^{*1}

Information Transmission System Using Ball Devices through User's Body

Masato Takahashi^{*1} Charith Lasantha Fernando^{*1} Hideaki Nii^{*1}
 Takuji Tokiwa^{*1*2} Maki Sugimoto^{*1} Masahiko Inami^{*1}

Abstract – In this paper, we describe the information transmission system that uses the contact between users and ball devices as an information channel in interactive contents. When the ball device with built-in transmitter comes in contact with the user who wear the receiver, this system transmits information with the human body communication through user's body. We aim at the improvement of the augmentation of the interaction in such a way that presenting information on user's body according to the contact between each ball device and each user by this method. This system also enables use in a wide range field in the same network by managing contact information of both collectively. We realize the application development mixed the contents environment of the real world with the virtual space by regarding ball devices as input interface. Moreover, we developed a interactive game content intended for children with this system, and conduct a user study.

Keywords : human body communication, wearable computer, entertainment computing

1 はじめに

レジャーゲームやスポーツの中でも、ボールを用いたゲームはその直感的な操作、戦略的なゲーム性、スピード感、グループ分けによる一体感を特徴する代表的な娯楽のひとつである。プレイヤーが直接ボールを操作するこれらのゲームにおいて、どのプレイヤーにどのボールが接触したかという当たり判定は重要なゲーム要素であることが多い。しかしながら、従来のゲームにおけるボールとプレイヤーの当たり判定は、自己申告制であったり審判の判断を要する不明確さを有する判定方式であった。

一方でプレイヤーがボールを操作し、標的を目掛け投射する、標的に的中するといった一連の物理的な動作は、この種のゲームのインタラクティブ性の本質であると考えられる。とくに標的に的中した際のダイナミックな反応はプレイヤーの快感に繋がる。

本システムでは人体通信により、各ボール型デバイスと各ユーザ間の接触をユーザの身体を介して検出することで、当たり判定をコンピュータに委ねる。また両者の接触に応じ、ユーザの身体に情報提示を行うなど、インタラクションの拡張性の向上を目指す。

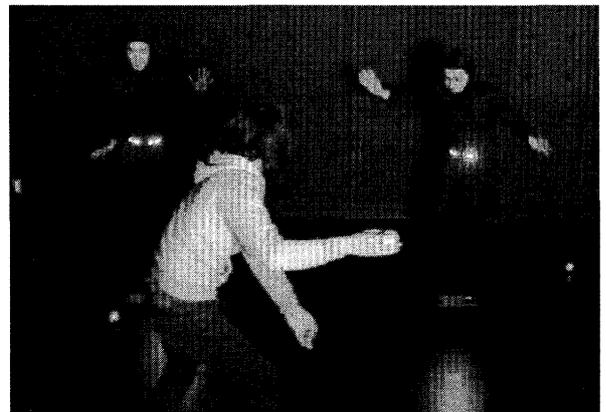


図1 本システムの利用イメージ
 Fig.1 Image of this system

近年では、VRの分野においてもフィジカルなボール型デバイスを用いたインタラクティブコンテンツに関する研究を目にする機会が増えた。これらのコンテンツは、ボール自体にコンピュータを組み込み、内蔵センサの値に応じ情報を提示するものや、周りの環境に予めセンサを設置する事でボールの位置情報を検出する手法が多く見られる [6][7][8]。いずれもボールの特性に着目し、マルチモーダルな情報の入出力を実現しているが、前者は情報チャンネルが各種センサの取得可能な情報に限られ、ボール型デバイスがどのユーザからどのユーザへ移ったか、といった情報を取得す

^{*1}慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科

^{*2}公立はこだて未来大学

^{*1}Guraduate School of Media Design, Keio University

^{*2}Future University Hakodate

る手法は見られない。後者はプレイヤーの位置を特定するにあたり大掛かりな設備を要し、利用範囲が所定のプロジェクション範囲や、カメラの視野内に限定されることが多かった。

我々は、ボール型デバイスとユーザ間の接触を人体通信を用いて検出することで、それらの問題の改善を図った。この手法により、各ボール型デバイスと各ユーザ間の接触を新たな情報チャンネルとして用いることが可能となる。また本システムはボール型デバイスとユーザ間の接触時のデータ処理によるシステムであるため、大掛かりな設備の必要がなく利用範囲も制限されない。

本稿では、ボール型デバイスとユーザ間の接触を情報チャンネルとして利用した情報伝送システムについて述べる。その手法として人体通信を用いることで、送信機を内蔵したボール型デバイスと受信機を装着したユーザが接触した際に、ユーザの身体を介して情報伝送を瞬時に行う。

本システムは、ボール型デバイスを用いたインタラクティブコンテンツにおける、接触判定のデジタル化、インタラクティブ性の拡張を目的とする。この手法により、ボール型デバイスを入力インタフェースと捉えることで、レジャーゲームやインタラクティブコンテンツ等の実世界環境に情報空間を複合したアプリケーション開発を想定したシステムを提案する。

2 関連研究

2.1 人体通信を用いたシステムに関する研究

人体通信技術は、Zimmerman によりウェアラブルコンピューティングへの適用を意図に”PAN (Personal Area Network)”[1]が提案されたのがその起源である。その後、暦本らによる人体通信を用いた鍵の解錠デバイス”Wearable Key”[2]、NTTの体の表面を伝送経路とする人体通信プロジェクト”RedTacton”[3]の、名刺サイズの送受信機”Firmo, Paul Dietzらによる、人体通信を用い、複数のユーザの指の操作を検出するテーブル型ディスプレイ”DiamondTouch”[4]が実用化されたものの、現段階ではエンタテインメントを対象とした応用はあまり例を見ない。

人体通信に関連し、皮膚電気活動を用いたインタラクションに関する先攻研究として、馬場らの”Freqtric Drums”[5]が挙げられる。これは複数のユーザ間の身体接触に応じて数種のドラム音を出力する電子楽器である。Freqtric Drumsは、皮膚インピーダンスを用い、人体に流れる電流量を計測することで人体間の接触の強弱を検出している。本システムは、ボールとユーザ間の接触を対象としたシステムであり、利用状況において触れる強さの検出を重要視する必要はない。また

接触時のデータ伝送を実現するため人体通信による接触検出手法を用いている。

2.2 ボールを媒体とするシステムに関する研究

フィジカルなボールを用いたインタラクション、エンタテインメントに関する従来の研究では、ボール自体にコンピュータが組込まれ、内蔵センサの情報を取得する手法や、周りの環境に予めセンサを設置する事でボールの位置情報を検出する手法が見られる。

石井らの、プロジェクションされた卓球台上で、卓球ボールの衝突位置の検出を行う”PingPongPlus”[6]は、従来のスポーツに適応されたシステムである。PingPongPlusにおいては、複数のマイクにより検出した卓球ボールのバウンド位置に応じてゲーム中の演出を拡張することで、ゲーム性、インタラクティブ性の向上、拡張を実現している。

小池らの、各種センサや無線モジュールを組み込んだボールを用い、高速度カメラでそのボールの位置検出を行う”跳ね星”[7]や、菅野らの、各種センサを組み込んだボールを用い、特定の空間にカメラやプロジェクタを設置することで、壁面をゲーム領域として使用したボールゲーム”shootball”[8]は、その独自のコンテンツに限られたシステムである。またそのセンシング手法から、利用範囲がプロジェクタの投影領域や、所定の空間に限定される。

本システムでは、ボールとユーザ間の接触判定に人体通信を用いることで、どのボールがどのユーザに渡ったかという情報が取得可能となる。位置情報は取得不可能であるが、本システムを応用することで、グループ分け、接触回数提示などといったゲーム内容の設計が可能となる。また検出にカメラなどのセンサ機器を設置する必要がない。

3 人体通信を利用したボールコンテンツ

本章では、本システムの特性について詳しく述べる。本システムは、ボール型デバイスを用いたインタラクティブコンテンツへの応用を想定したシステムであるが、その特徴として、人体通信を用いたボール型デバイスとユーザ間の接触時のデータ伝送が挙げられる。この機能により実現可能となる項目は主に以下の2点である。

- a. ボール型デバイスとユーザ間の接触検出
- b. ボール型デバイスとユーザ間の接触時データ伝送

aは、特定のセンサ等を用いることなく、ボール型デバイスとユーザ間において、ユーザの身体全体を対象とした接触検出を実現する機能である。

bは、aと同様のシステム構成において、ボール型デバイスとユーザの接触の際、ボール型デバイスから

高橋・Fernando・新居・常盤・杉本・稲見：ボール型デバイスを用いた人体を介する情報伝送システム

ユーザの装着する受信機に瞬時にデータを伝送する機能である。ボール型デバイスの出力データを受信機を通し読取することで、コンテンツ内においてどのボールがどのユーザに渡ったかという情報や、グループ分け、接触回数提示などといった機能の実装を実現する。

次章では、人体通信により a にあたる機能を実装した ver. 1, b にあたる機能を追加実装した ver.2 のシステムに関して順に述べる。

4 システム設計

4.1 全体構成

本システムは、人体通信において受信機として機能するレーザーバベルト、送信機として機能するトランスミッターボールから成る。レーザーバベルトは各ユーザにもれなく装着される。送信機の発する電波の周波数帯域を検出する FSK 復調回路を備える受信機を用いることで、FSK(Frequency-shift keying) 通信方式によりボール型デバイスとユーザ間の接触検出、データ伝送を行う(図 2)。

人体通信の代表的な通信方式として、電界方式と電流方式がある [1]。電界方式は、人体表面に沿う電界に変化を与え通信を行う方式である。直接人体に電極が接触することなく通信を行うため、衣服の上からでも利用できるが、微弱な電波を用いるためノイズに弱い。通信には主に数 MHz から数十 MHz の搬送波を用いる。電流方式は、人体と電極が接触した際、人体に微弱電流を流し、その電流に変調をかけて通信を行う。送信機から人体に伝送された電流は、受信機で受信されるとともに、グラウンドを介して送信機に戻る。電界方式に比べノイズに強いが、利用状況により送受信機とグラウンドとの距離が変化することによる不安定要素を有する。通信には主に数百 kHz から数十 MHz の搬送波を用いる。

本システムでは、ボールと人体間の接触判別における誤認を防ぐことを重視し電流方式を用いた、電流方

式の場合、一般的な衣服上での接触検出は不可能だが、本システムでは受信電極にバーアンテナを接続し、検出感度を増幅することで、薄手の衣服上での接触検出を行う。また、グラウンドの不安定要素を有するが、送受信機それぞれからグラウンド線を地面に接する長さまで垂らすことでその問題を対処した。

4.2 人体を介する接触検出システム (ver.1)

本節では、人体を介する接触検出システム (ver.1) について述べる。ver.1 では、人体通信において受信機として機能するレーザーバベルト、送信機として機能するトランスミッターボールから成る。レーザーバベルトは各ユーザにもれなく装着される。送信機の発する電波の周波数帯域に対応した FSK 復調回路を備える受信機を用いることで、ボール型デバイスとユーザ間の接触感知を実現している。

4.2.1 レーザーバベルト設計 (ver.1)

ユーザは、レーザーバベルトを腰に巻き付けて装着し、人体通信の電極が接続された導電パッドを身体に直接張り付ける(図 3)。これでユーザの身体を介した接触検出体制が整う。製作したレーザーバベルトは以下の 3 つの機能を持つ。

- ・人体通信における受信機としての機能
- ・照明効果、音響効果による情報提示
- ・入力周波数の切替機能

レーザーバベルト内部には、人体に流れる変調された微弱電流をデジタルデータに復調する FSK 復調器、プログラマブルオシレータ、バーアンテナ、データ処理用の PIC16F876 マイコン、情報提示のためのスピーカ、スピーカアンプ、複数の LED が組込まれている(図 4)。FSK 復調器には新日本無線の NJM2211 を使用し、中心周波数を 600kHz、スペース周波数とマーク周波数をそれぞれ 500kHz/700kHz に設定した(表 1)。

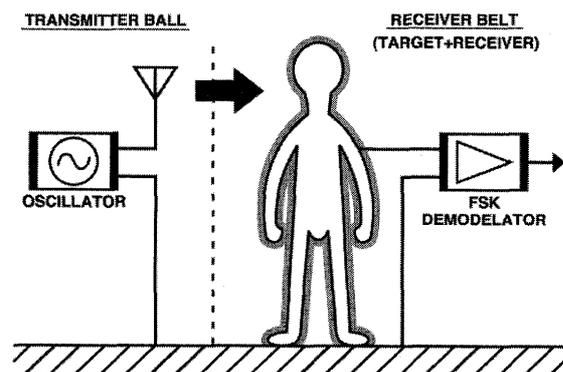


図 2 本システムの構成

Fig. 2 Configuration of this system



図 3 レーザーバベルトの外観

Fig. 3 Appearance of the receiver belt

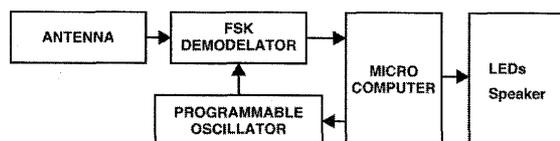


図4 レシーバベルト ver.1 内部のシステム図

Fig. 4 System figure inside of the receiver belt ver.1

表1 使用周波数とFSK復調器の出力データ

Table 1 Setting frequency and output data of FSK demodulator

	Space	Center	Mark
Frequency(Hz)	500k	600k	700k
FSK Output	High	-	Low

このFSK復調器は、入力信号端子がマーク周波数を検出するとLow、スペース周波数を検出するとHighを出力する。レシーバベルト内部のプログラマブルオシレータはマーク周波数である700kHzに設定する。このオシレータは、トランスミッタボールが出力し続けるスペース周波数である500kHzの周波数を感知した際、FSK復調器のデータ出力をHighからLowに瞬時に戻す役割を担う。プログラマブルオシレータは、1K-20MHzの周波数に対応するLinear TechnologyのLTC6900CS5を使用した。バーアンテナはバリアブルコンデンサと併用し、使用する周波数帯に同調させる。マイコンはFSK復調器の出力データに応じて、LED、スピーカの出力を制御する。LEDは装着するユーザの接触時の照明効果や接触回数提示に用い、スピーカは接触時の音響効果に用いることを想定し実装した。また送信機とのグラウンドを安定させるため、レシーバ回路のグラウンド線の接続端子から80cm程度のシールド線を地面に垂らす。

4.2.2 トランスミッタボール設計 (ver.1)

ユーザが操作するトランスミッタボールは、人体通信における送信機として機能する。トランスミッタボールは、ゴムボール内部にプログラマブルオシレータを含む回路が組込まれ、表面はオシレータの出力電極を接続したアルミホイルで覆われている(図5)。プログラマブルオシレータの周波数を接触対象となるレシーバベルトのスペース周波数に設定することで、人体通信による接触感知に対応する。トランスミッタボールも同様に、受信機とのグラウンドを安定させるため、内部回路のグラウンド線を1メートル程度地面に垂らす。

4.2.3 ver.1の課題点

ver.1では、ボール型デバイスとユーザ間の接触検出を目的に、常に一定の周波数を出力するトランスミッタボールを、レシーバベルト内のFSK復調器にて検出する機能を実装した。しかしながら、この機能のみ

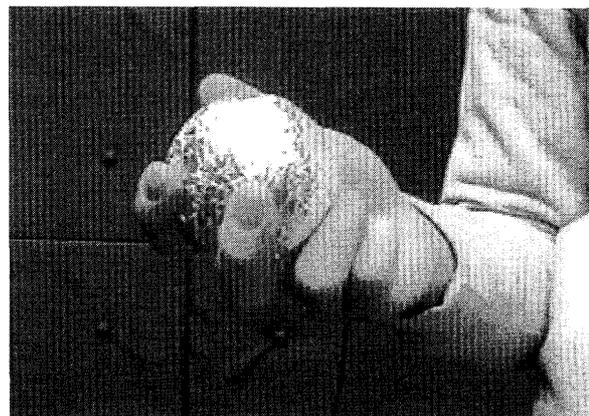


図5 トランスミッタボールの外観

Fig.5 Appearance of the transmitter ball

では本システムの目指す接触判定のデジタル化は満たすものの、インタラクティブ性の拡張の幅が制限される。次節では、まずインタラクティブ性の更なる拡張を目的に、人体通信を用いることの利点を活かし、新たに開発したボール型デバイスを用いた人体を介する情報伝送システムについて述べる。

4.3 人体を介する情報伝送システム (ver.2)

本節では、人体を介する情報伝送システム(ver.2)について述べる。ver.2では、ver.1と同様に人体通信において受信機として機能するレシーバベルト、送信機として機能するトランスミッタボールから成る。レシーバベルトは各ユーザにもれなく装着される。トランスミッタボールの出力する変調波の周波数帯に対応したFSK復調回路を備える受信機を用い、変調前のデータを読み取ることで、ボール型デバイスとユーザ間の情報伝送を実現している。

4.3.1 データ伝送方式 (ver.2)

本システムでは、パルス幅伝送方式により情報伝送を行う。トランスミッタボールとユーザが接触した際、レシーバベルト内のFSK復調器が、トランスミッタボールの出力する変調波を人体を介して検出する。FSK復調器は、ver.1と同様のものを使用した。FSK復調器の出力データから、マイコンのキャプチャ機能を用いてHigh入力の時間幅を計測する。時間幅に応じて、スタートビット、1, 0を割当てること、トランスミッタボールの出力するデータを読み取る(図6)。

本システムでは、High出力の時間幅に対して4msをスタートビット、2msを1、1msを0に設定し、それぞれ間に1msのLow出力の時間を設けた。また、スタートビット後のバイナリデータは4ビットとした。本システムでは、ボールの出力するID情報に応じたインタラクションの実装を想定したシステムであるため、必要最低限の情報量の確保、接触時の確実な情報伝送を目的に、これらの方式を設計した。

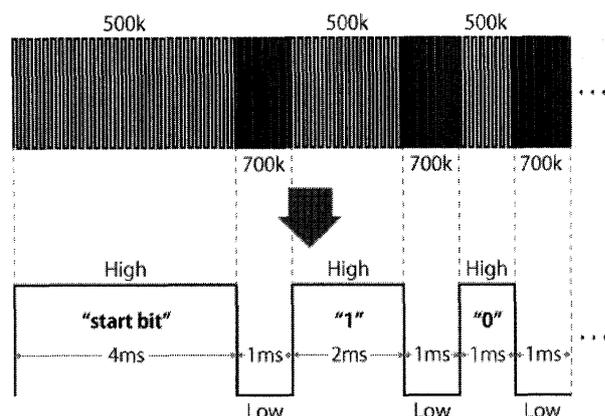


図6 パルス幅伝送方式による送受信
Fig. 6 Data treatment according to the High length of FSK output

FSK 変調にあたり、ver.1 と同様に中心周波数を 600kHz, スペース周波数とマーク周波数をそれぞれ 500kHz/700kHz に設定した。

4.3.2 レシーバベルト設計 (ver.2)

ver.1 と同様、ユーザはレシーバベルトを腰に巻き付けて装着し、人体通信の電極が接続された導電パッドを身体に直接張り付ける。ver.2 のレシーバベルトは以下の 2 つの機能を持つ。

- ・人体通信における受信機としての機能
- ・接触に応じた照明効果、音響効果による情報提示
- ・FSK 復調器、マイコンを用いたデータ読取機能

レシーバベルト内部には、FSK 復調器、データ処理用の PIC16F876 マイコン、バーアンテナ、スピーカ、スピーカアンプ、複数の LED、バッテリーが組込まれている (図7)。

FSK 復調器の出力データから、PIC16F876 マイコンでそのデータの読み取りを行う。バーアンテナはバリャブルコンデンサと併用し、使用する周波数帯に同調させる。またマイコンは取得データに応じて、LED、スピーカの出力を制御する。LED は装着するユーザの接触時の照明効果や接触回数提示に用い、スピーカは接触時の音響効果に用いることを想定し実装した。また送信機とのグラウンドを安定させるため、レシーバ回路のグラウンド線の接続端子から 80cm 程度のシー

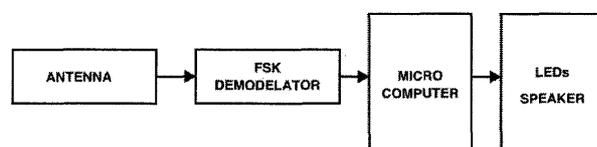


図7 レシーバベルト ver.2 内部のシステム図
Fig. 7 System figure inside of the receiver belt ver.2

ルド線を地面に垂らす。

4.3.3 トランスミッターボール設計 (ver.2)

ユーザが操作するトランスミッターボールは、人体通信における送信機として機能する。外観は ver.1 のものと同様である。ver.2 のトランスミッターボールは、ゴムボール内部に PIC16F876 マイコンを含む回路が組込まれ、表面はオシレータの出力電極を接続したアルミホイールで覆われている。マイコンの PWM 出力を用いて 500kHz/700kHz の周波数を切り替えることで、特定のデータを出力し続ける。トランスミッターボールも同様に、受信機とのグラウンドを安定させるため、内部回路のグラウンド線を 1メートル程度地面に垂らす。

5 ユーザ評価

本システムの有用性、拡張性の調査を行うため、ユーザ評価を行った。ユーザ評価にあたり、本システムを簡潔に実装したアプリケーションを用いる必要があると考え、射的形式のアプリケーションを開発した。

本アプリケーションはビデオゲームのシューティングゲームの要領で、一方向にボールを当て合う射的形式のアプリケーションである。体験者はプレイヤーとして、ボールをターゲットに目掛けて投じる。ターゲットの身体にボールが接触すれば、ダメージを連想させる効果音と共に、そのターゲットの装着するレシーバベルトの LED が一つ消灯する。これはそのターゲットの所持する体力が一段階下がったことを意味する。ターゲットはボールの接触を避けるため、自由に逃げ回ることができるものとする。本システムはこの様に应用することで、実世界のコンテンツ環境にビデオゲームの仮想空間を複合する。

アプリケーションの特性上、本システムを直感的に理解し、即座にルールを理解しゲームを楽しむことができるかどうかについての評価を得るには、ユーザは子供を対象とするのが相応しいと考えた。そこでこども向けワークショップを一同に集結した博覧会イベントである第 6 回ワークショップコレクション [9] にてユーザ評価を行った (図8)。開催期間 2 日間の体験人数は計 200 名近くであった。このワークショップでは、まず体験者である子供たちにゲームの説明をした。その内容は以下の 3 点である。

- ・トランスミッターボールをターゲットに投げる
- ・体に当たればターゲットの所持体力が減少する
- ・各ターゲットの所持体力が消滅すればゲームクリア

説明後、アプリケーションを体験してもらい、全ターゲットを撃破したところでクリアとした。一回の体験人数は上限 20 名とし、混乱を避けるため、トランスミッターボールを一人ずつ順番に渡し投じてもらった。



図8 ユーザ評価の様子

Fig. 8 Appearance of user study

プレイヤー側に用意したトランスミッタボールは3個、ステージにはレシーバベルトを装着した成人男性のターゲット3名が上り、うち所持体力数が3段階の者が2名、6段階の者が1名とした。

結果、体験者は最低限のルール説明のみで、本システムを直感的に理解し、即座にゲームを楽しんでいる様子が見られた。特に男児の体験者が熱狂する様子が目立った。中には、人間にボールを当てるという行為自体に難色を示す女児の体験者も見受けられた。アプリケーションの特質上、これは想定内の反応であると考えられる。体験者の中には、ターゲットの人体全体での接触感知が可能であることを理解し、あえて顔などの特定の箇所を狙おうとするものが多かった。また狙い通りの的中した際には、ひと際大きな喜びを示した。これは人体通信を用いる本システムならではの操作方法である。期間中、グラウンド線が絡まる、ボールに接続されたグラウンド線が断線するといったトラブルが何度か起こったものの、結果として、多くの体験者がゲームに熱中できたことから、射的形式のコンテンツとして十分成立した内容であったと言える。

6 考察

6.1 本システムの有用性

ユーザ評価から、本システムの有用性を考察する。まず、ボール型デバイスを用いたコンテンツにおける本システムの応用可能性について考察する。ユーザ評価では、本システムを用いて開発した射的を題材としたアプリケーションを使用した。このアプリケーションは、プレイヤーとターゲットとに別れる形式のゲームであるため、ボールの操作はプレイヤーのみ、ボールの接触感知はターゲットのみの一方となる。このユーザ評価によって、プレイヤーが操作したボールとターゲット間の接触検出に応じたインタラクションの実装は実現したと考える。ペイントボール等に見ら

れるチーム戦のゲーム形式では、ボールが双方向に移動し、プレイヤーの所属チームに応じた接触感知が必要となる。これはトランスミッタボールに複数の異なるデータを書込むことで実現可能となる。以上より、ボール型デバイスを用いたコンテンツの一部に本システムが利用可能であると考えられる。

技術的な問題点として、送信機と受信機のグラウンドの不安定要素がある。常にボールが地面に接した状態で行うゲーム形式では問題ないが、一般的なボールを用いたゲームはボールが宙に浮き、激しく回転した状態での人体接触を要とする形式がほとんどである。この場合、現状のシステムでは両者のグラウンドが不安定な状況になる。現段階では、送信機と受信機それぞれからグラウンド線を地面に垂らすことでその問題を解決しているが、この状態では、プレイヤー、ボールの動作に支障をきたす懸念がある。解決策として、人体通信に2電極構造の電流方式を用いる、高感度のアンテナを組込むといった策を検討している。

6.2 本システムの拡張性

本システムは、従来のボール型デバイスを用いたコンテンツの一部に組込むことで、その接触判定精度の向上やコンテンツ中の演出効果の拡張が期待される。また、今回実装したレシーバベルトの様に、各ユーザにコンテンツ内の情報を提示したり、無線通信によりグループ別けや各ユーザの接触状況を管理するといった利用も想定される。また、ボール型デバイス自体がルールを持つ新たなゲーム形式を創出できると考える。以上より、本システムを用いることで、ボール型デバイスとユーザ間の接触を要とするインタラクティブコンテンツにおいて、新たなゲーム性、インタラクティブ性の創出が期待される。

7 おわりに

本稿では、人体通信を用いたボール型デバイスとユーザ間の接触時のデータ伝送システムについて述べた。現段階では、技術的な問題点をいくつか抱えているものの、今後、従来のインタラクティブコンテンツへの適応や拡張性が期待される。ユーザ評価の結果、体験者が直感的に本システムを理解し、コンテンツを楽しむことは大きな成果であった。しかしながら、ボールを用いたフィジカルなゲームは、プレイヤーによる高速度の動作を伴うため、ゲームの進行やプレイヤーの動作に支障をきたす弊害は払拭する必要がある。以上のことを踏まえ、今後はグラウンドに関する障害、トランスミッタボール、レシーバベルトの耐久性といった問題点の改善を行う。

謝辞

本研究は、科学技術振興事業団「JST」の戦略的基礎研究推進事業「CREST」の支援により行った。また、ユーザ評価にあたり、慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科修士課程2年の公文悠人、同所属の竹田周平の協力を得た。

参考文献

- [1] T. G. Zimmerman: Personal Area Networks: Near-field intrabody communication; IBM Systems Journal, Vol.35, 609-617 (1996)
- [2] Nobuyuki Matsushita, Shigeru Tajima, Yuji Ayatsuka, Jun Rekimoto: Wearable Key: Device for Personalizing nearby Environment; Proceedings of the 4th IEEE International Symposium on Wearable Computers (ISWC 2000), 119-126 (2000.10)
- [3] NTT RedTacton: <http://www.redtacton.com/>
- [4] Paul Dietz, Darren Leigh: DiamondTouch: a multi-user touch technology; Proceedings of the 14th annual ACM symposium on User interface software and technology (UIST 2001), 219-226 (2001.11)
- [5] 馬場哲晃, 牛尼剛聡, 富松潔: Freqtric Drums:他人と触れ合う電子楽器; 情報処理学会論文誌, 社団法人情報処理学会, Vol.48, No.3, 1240-1250 (2007.3)
- [6] Hiroshi Ishii, Craig Wisneski, Julian Orbanes, Ben Chun, Joe Paradiso: PingPongPlus: Design of an Athletic-Tangible Interface for Computer-Supported Cooperative Play; Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems (CHI 1999), 394-401 (1999.5)
- [7] Osamu Izuta, Toshiki Sato, Sachiko Kodama, Hideki Koike: Bouncing Star project: design and development of augmented sports application using a ball including electronic and wireless module; Proceedings of the 1st Augmented Human International Conference (AH 2010), pp. (2010.4)
- [8] Yoshiro Sugano, Yuya Mochizuki, Toshiya Usui, Naohito Okude: Shootball: the ball sport using dynamic goals; Proceedings of the international conference on Advances in computer entertainment technology (ACE 2007), 262-263 (2007.6)
- [9] ワークショップコレクションホームページ: <http://www.wsc.or.jp/>

(2010年12月10日受付)

[著者紹介]

高橋 征資



2009年慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科修了。同年より慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科博士課程に在学中。日本学術振興会特別研究員(DC1)。IPA未踏IT人材発掘・育成事業スーパークリエイター。エンタテインメントコンピューティング、メディアアート等に関する研究に従事。

Charith Lasantha Fernando



PhD. research student at Graduate School of Media Design, Keio University. He received his B.Sc. honors degree in Electronic and Telecommunication Engineering from the University of Moratuwa in Sri Lanka and Master in Media Design from Keio University in Japan. His research interests include human robot interaction, embedded systems and digital signal processing.

新居 英明 (正会員)



2003年から2006年まで電通大学院博士課程後期課程在籍。2006年より東大大学院情報理工学系研究科助教。2008年博士(工学)取得。2009年より慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科講師。2010年よりシンガポール国立大学研究員。

常盤 拓司 (正会員)



2001年慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科修了。2007年同博士課程退学。産業技術総合研究所特別研究員、日本科学未来館科学技術スペシャリスト、東京大学大学院工学系研究科特任研究員を経て、現在は公立ほこだて未来大学CREST研究員、慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科付属メディアデザイン研究所訪問研究員。

杉本 麻樹 (正会員)



2006年電気通信大学大学院電気通信学研究科博士後期課程機械制御工学専攻修了。博士(工学)。電気通信大学電気通信学部知能機械工学科特任助教などを経て、現在、慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科講師。画像提示装置を用いた計測と制御の研究に従事。

稲見 昌彦 (正会員)



1999年東京大学大学院工学研究科博士課程修了。博士(工学)。東京大学リサーチ・アソシエイト、同大学助手、電気通信大学講師、同大学助教授、JSTさきかけ研究者、MITコンピュータ科学・人工知能研究所客員科学者、電気通信大学知能機械工学科教授を経て、現在慶應義塾大学大学院メディアデザイン研究科教授。ロボット、バーチャルリアリティ等インタラクティブ技術に関する研究に従事。情報処理学会山下記念研究賞、同学会論文賞、日本バーチャルリアリティ学会学術奨励賞、同学会論文賞、同学会貢献賞、IEEE Virtual Reality Best Paper Award等受賞、日本バーチャルリアリティ学会、ACM、IEEE Computer Society等各会員。