

## 赤外およびフルカラーLED と加速度センサを内蔵したスポーツ用ゴムボール 「跳ね星」の開発

出田修<sup>1</sup>，中村潤<sup>2</sup>，芝崎郁<sup>1</sup>，児玉幸子<sup>2</sup>，小池英樹<sup>3</sup>

<sup>1</sup>電気通信大学電気通信学部人間コミュニケーション学科

<sup>2</sup>電気通信大学大学院電気通信学研究科人間コミュニケーション学専攻

<sup>3</sup>電気通信大学大学院情報システム学研究科

### Development of a Rubber Ball “Bounding Star” for Digital Sports: A Ball Containing Infrared and Full Color LEDs and an Acceleration Sensor

**Abstract:** In this study, we develop a new ball device, which contains infrared and full color LEDs and an acceleration sensor. This ball has the following features: (1) people can play catch with it in a dark place as the ball itself emits bright light; (2) the flushing speed and color of the LED lights change depending on the acceleration gained at the moment when the ball is thrown by a player or at the moment of bounding on a floor or a wall. Therefore, the audience can intuitively know how fast the ball is being handled during the game; and (3) the ball contains infrared LEDs; hence, it can be recognized easily by image recognition techniques. The position and rotation of the ball are recognized in real time. According to these data, interactive computer graphics are generated as a stage effect during the game. We discuss the interaction design of the ball and select the appropriate material in order to realize the abovementioned features. Subsequently, we develop a rubber ball “Bounding Star” by using an acceleration sensor and IR and full color LEDs.

#### 1. はじめに

本研究は、手軽にプレイできるスポーツ用デバイスとしてゴムボール「跳ね星」の開発を行い、それを用いたスポーツにおけるインタラクションについて検討を行う。

ボールを用いたインタラクションに関する先行研究として、石井らの“PingPongPlus”[1]や、菅野らの“SHOOTBALL”[2]がある。これらはプレイ環境がゲームの状況に応じて変化をするが、使われるボール自体は変化しない。また、赤外線 LED を内蔵したボール型デバイスとしてロボサッカー用のウィルトロニクス社製 IR ロボボール[3]があるが、表面は硬質プラスチックケースとなっており、非弾性ボールであり、ボール自体が発光するものではない。「跳ね星」では、その加速度に応じてボール自体がパルス発光する。フルカラーLED の色と発光周波数を変えるため、ボールの見た目の変化はプレイ内容を反映する。また、画像認識によって位置検出を行い、ゲームの演出や情報掲示板などの出力にダイレクトに反映させることが可能となる。

#### 2. 「跳ね星」の開発

##### 2.1 コンセプト

「跳ね星」のボールとしての特性をまとめる。  
反発係数の高いボールとしての機能がある。  
ボールをバウンドさせる球技に用いる。  
ボール自体が発光し、照明のない所でボールを使ったゲームが可能。

加速度センサを内蔵し、プレイヤーや床・壁などの衝突から加えられる加速度に応じて内部のフルカラーLEDを制御する。  
赤外線 LED を内蔵し、赤外線を検出するビデオカメラによる画像認識で位置や回転を検出。これらの情報を、電光掲示板や競技場の外部環境にテキストやグラフィックとして出力する。

##### 2.2 システム構成

「跳ね星」を画像認識する際は、ビデオカメラに赤外線透過フィルタを取り付け、可視光線を遮断する。プロジェクタの光に照らされた場合も、「跳ね星」のみが認識できる。

使用電力量は 1.15(W)であり、1.2 (V) の充電電池 4 個を用い、充電時間は 150 分、充電後の稼働時間は 4 時間である。

「跳ね星」の内部構造を図 1 に示す。

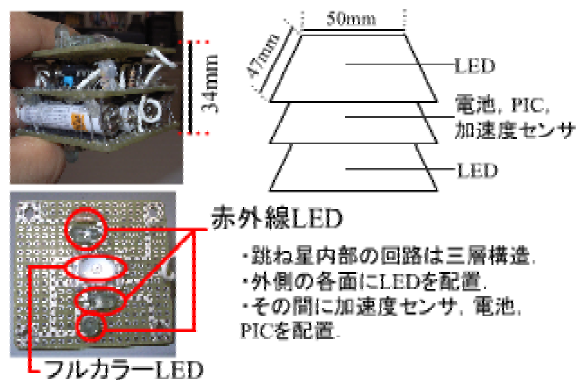


図 1 「跳ね星」内部のデバイス配置

### 2.3 素材とデザイン

よく跳ねるボールを作るために、素材としてシリコーンゴム「KE-106」を採用した。ボールの直径は98mm、重量は518g、反発係数は0.76である。

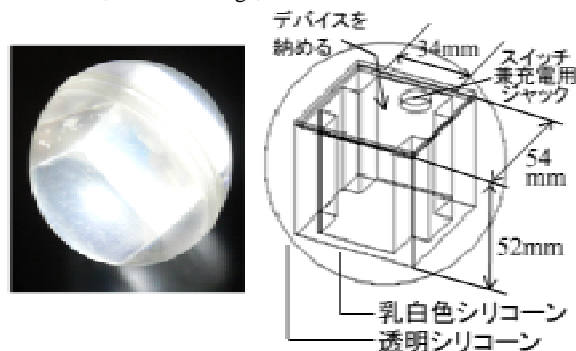


図2 「跳ね星」のデザイン

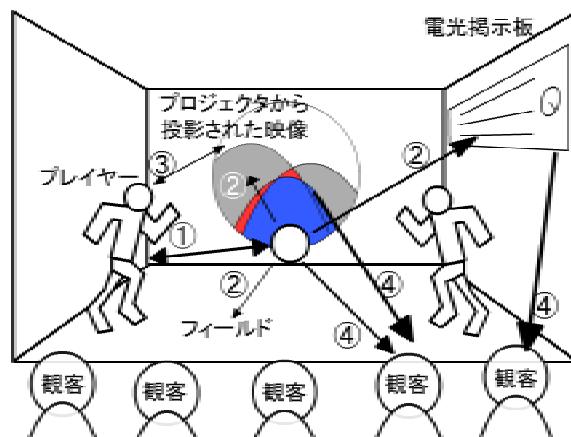


図3 発生するインタラクション  
矢印は情報の伝達方向を示している

## 3. インタラクションの設計

### 3.1 加速度センサとパルス周波数の対応

「跳ね星」に内蔵された加速度センサからのデータを PIC に渡す。PIC では、加速度に応じて、フルカラーLED の色と点滅の周波数を変化させる。

ボールと地面や壁との衝突、人がボールを投げる瞬間に加速度が検出された時に、発光色が変わる。x, y, z 軸の各成分から加速度の絶対値を計算し、その値に対応させた周波数で LED を発光させる。

表1 加速度とパルス周波数の対応

加速度(G)	周波数(Hz)	人の動作
1.1 ~ 1.5	3	手で軽くボールを振る
1.5 ~ 6.0	6	ボールを自然落下させバウンドさせる, ボールを投げる
6.0 ~	15	ボールをバットで打つ, 野球のピッチャーのような投球フォームで強くボールを投げる

### 3.2 赤外線 LED による位置検出と、グラフィックおよびパルス発光との同期

赤外線 LED は常時点灯しており、画像認識によって得た「跳ね星」の位置、回転に応じたグラフィックを生成することが可能である。

### 3.3 インタラクションに関する検討

「跳ね星」は、スポーツにおけるインタラクションをボールデバイスとプレイヤーの間のみならず、ボールを介したプレイヤー・競技場・観客の間の新たなインタラクションとコミュニケーションを実現する。

### プレイヤーとボール

ゲーム中、プレイヤーがボールをついたり、投げたり、キャッチしたりする激しい動きと同時に、ボールが高速にパルス発光する、あるいは(激しさを表す)赤色に変化する。

### 競技場(壁, 床, 情報表示板)とボール

「跳ね星」の位置や明滅に応じたグラフィックを生成する。あるいは、電光掲示板などへ情報を掲示する。

### プレイヤーとグラフィック

変化するグラフィックの内容をスポーツのルールに組み込み、ボールが特定のグラフィックに接触した場合に得点上がる、プレイヤーが動く範囲をグラフィックで指定するなど、ボールのふるまいと競技場のグラフィックの変化をスポーツのルールに導入することが可能である。

### ボール, グラフィック, 情報掲示板と観客

観客はボールや競技場のグラフィックの表現からゲームの進行状況に関する情報を受け取る。これらの表現はゲームの演出効果としても使われる。

## 4. 結果

本稿では、加速度センサと LED を組み込んだゴムボール「跳ね星」の設計と製作について報告し、そのスポーツにおける可能性を検討した。

### 参考文献

- 1) Hiroshi Ishii, Craig Wisneski, Julian Orbanes, Ben Chuu, and Joe Paradiso, "PingPongPlus: Design of an Athletic-Tangible Interface for Computer-Supported Cooperative Play", Proceedings of CHI '99, pp.394 - 401, 1999.
- 2) Yoshiro Sugano, Jumpeo Ohtsuji, Toshiya Usui, Yuya Mochizuki, Naohito Okude "SHOOTBALL: The tangible ball sport in ubiquitous computing", ACM ACE2006 Demonstration Session, 2006.
- 3) IR-RoboBall, <http://www.wiltronics.com.au/catalogue/shop.php?cid=112164>