

## 動的な軌道変化が可能なボール型デバイスの開発

太田 智也    山川 隼平    野嶋 琢也\*

**概要.** デジタルスポーツとは、デジタル技術によって拡張されたスポーツである。デジタルスポーツでは、例えばボールにセンサやLED等のデジタル機器を内蔵することで、ボールの動きに応じた視覚効果を実現するなど、新たなスポーツの楽しみ方の提供が可能となっている。しかしながら従来のデジタルスポーツは、新たな視覚効果を得るためにデジタル技術が利用されており、スポーツそのものの拡張は行われてこなかった。そこで我々は、デジタルスポーツの概念を球技に取り入れ、デジタル技術によってスポーツそのものの拡張を目的としたボールの開発を行うこととした。球技のエンタテインメント性を高めてきた最も重要な要素の一つに、「白熱した試合」が挙げられる。実力の拮抗する者同士の対戦は、実際のプレイヤーだけでなく、観戦をしている第三者にも感動や興奮を与える。しかし、スポーツにおいては体格や身体能力の違いがプレイに大きく差をつけてしまい、白熱した試合の実現が困難になることがある。ここにデジタル技術を応用し、ボールの機能によってプレイヤーの運動能力に補助を行うことで、誰もが全力を出して楽しめるようなスポーツが実現するものと期待される。本研究では、圧縮空気の噴射によって動的に軌道を変化させることが可能なボールの開発をもってこれの実現を目指す。噴射のタイミング・方向を制御することで、従来では不可能であった変化球、速度の調整等が可能となる。本稿では、開発したボールの圧縮空気噴射実験の結果から、軌道変化の実現性を評価・検証する。

### 1 はじめに

デジタル技術によって拡張されたスポーツを、デジタルスポーツと呼ぶ。出田らは、内部に各種センサやLED等を搭載したボール型デバイスである「跳ね星」[2]を開発し、ボール自身の発光を伴う新たなスポーツを提案した。また、Xiaoらはボールの落下位置検出が可能な卓球台のシステムを公開することで、ユーザによる手軽なスポーツアプリケーション開発を支援した[3]。これらのデジタルスポーツは、視覚的演出によってスポーツの新たな楽しみ方を見出したものであるが、スポーツそのものの拡張は行われていない。

ここで我々は、スポーツに用いられるボールに着目し、圧縮空気の噴射によって運動中のボールの軌道を動的に変化させるシステムを開発した(市川ら, 2010)[1]。球技に本システムを取り入れることにより、実現の難しかった変化球やボールの速度の動的な調節、パスやシュートの精度向上が可能になり、より戦略性の高いデジタルスポーツが実現できると考えられる。また、子供と大人といったプレイヤー間の身体能力等の差を埋めるためのハンディキャップとしての機能も期待できる。本研究では、開発したボール型デバイスの改良を行い、軽量化および各種

センサの搭載を行った。本稿では、姿勢情報に基づく噴射タイミングの制御と、ボール落下時における軌道変化実験を行ったため、その結果について報告する。

### 2 デバイスの改良

既に開発したデバイスはボール内部にモデルガンのスペアマガジンを搭載したものであり、ガスの噴射によって落下の軌道を変化させることに成功している[1]。しかし、噴射タイミングの制御は行われておらず、任意の方向への軌道変化は実現していない。本研究では、噴射圧力源を自転車用空気入れに変更し、小型・軽量化を行った。今回開発したプロトタイプの質量は378gであり、既に開発していたデバイスから122gの軽量化に成功した。また、新たに追加した機能として、空気弁の開閉時間を制御することにより、噴射時間のコントロールを可能にした。また、ボールの姿勢を推定するセンサを内蔵し、姿勢情報に基づいた噴射タイミングが可能となった。

### 3 軌道変化を可能とするボール型デバイス

開発したデバイスは、圧縮空気の噴出を行う出力部と、ボールの姿勢等を取得する入力部から構成される。入力部からの情報をもとに、Arduino Nanoによる噴出制御を行う。出力部は、自転車用小型空気入れ(マルニ工業製)とCO<sub>2</sub>タンク(BARBIERI社製)、空気弁の開閉用のDCモータ(並木精密宝石SCL16-30)から構成される。入力部はボールの

Copyright is held by the author(s).

\* Tomoya Ota, 電気通信大学大学院 情報システム学研究科 情報メディアシステム学専攻, Shumpei Yamakawa, 電気通信大学大学院 情報システム学研究科 情報メディアシステム学専攻, Takuya Nojima, 電気通信大学大学院 情報システム学研究科

姿勢情報を取得するための加速度センサとジャイロセンサ、モータの回転角を測定し噴射量を調節するためのポテンシオメータによって構成される。また、PCからの指令を受信するための無線モジュールを搭載する。ボール内部の構成を、図1に示す。

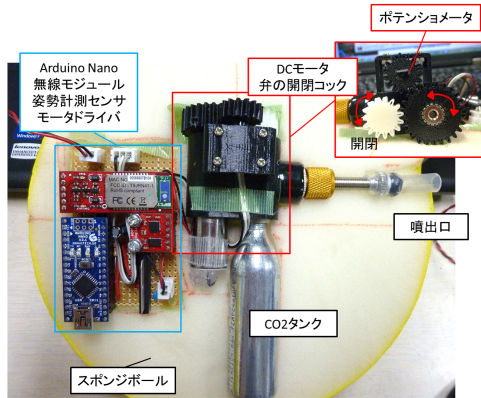


図 1. ボール内部の構成

## 4 実験

運動中のボールの軌道を任意に変化させるためには、(1) 任意の方向への圧縮空気噴射が可能なこと (2) 噴射によって、軌道を変化させるために十分な反力が発生することが必要不可欠である。そこで本稿では、姿勢情報を用いた噴射タイミングの制御およびボールの投げ上げ時における圧縮空気噴射実験を行い、本システムの実現性の検証を行った。

### 4.1 実験手法

本システムは、ボールの傾きが水平面に対して30度以下であり、かつ落下を観測したときのみ噴射を行う。実験ではボールを2mほどの高さまで投げ上げ、噴射時と非噴射時それぞれの、地面に落下するまでのボールの運動を観察した。また、ボールの移動距離と姿勢角を、内蔵されたセンサの値から算出し記録した。

### 4.2 実験結果

実験結果を図2に示す。横軸がx軸、縦軸がz軸の座標であり、原点を始点として、投げ上げてから床に落下するまでの軌道を示している。非噴射時と比較して、噴射時のボールの落下軌道が明らかに変化していることがわかる。図3のグラフは、上から鉛直方向の加速度値、水平面に対する噴射口の相対角度、噴射の有無を示している。傾き30度以下、かつ加速度の減少時に噴射していることから、姿勢に基づいた噴射タイミングの制御が行えていることが確認できた。本実験により、姿勢、加速度に基づいた噴射のタイミング制御が確かに行われていること、

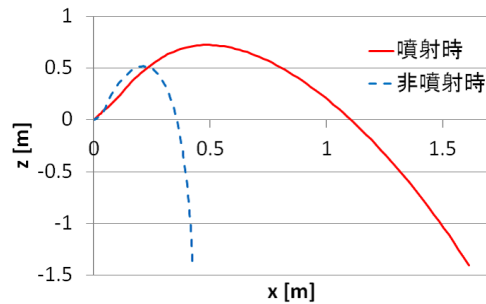


図 2. ボールの軌道 (x 軸: 絶対値)

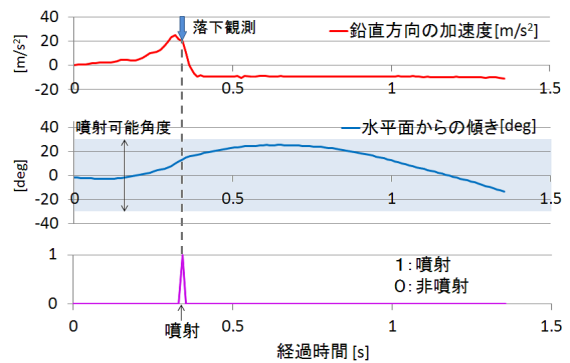


図 3. 噴射タイミングの制御

圧縮空気の噴射によるボールの軌道変化の実現可能性が示された。

## 5 おわりに

本稿では、デジタルスポーツへの応用を目的とした、空気噴出機構を搭載したボールのプロトタイプを開発し、動的な軌道変化の実現可能性を実験により検証した。実験の結果、本プロトタイプは落下中の自身の軌道を変化させることが可能であることが示された。また、内蔵のセンサによって姿勢や簡単な運動状態の取得が可能であり、噴射タイミングを制御できることが示された。今後はデジタルスポーツでの実使用に向け、さらなる性能向上を目指す。

## 参考文献

- [1] Takashi Ichikawa and Takuya Nojima: Development of the Motion-Controllable Ball, UIST, 2010, p.425-426
- [2] Osamu Izuta, Toshiki Sato, Sachiko Kodama and Hideki Koike: Bouncing Star Project: Design and Development of Augmented Sports Application Using a Ball Including Electronic and Wireless Modules, Augmented Human Conference, 2010
- [3] Xiao Xiao, Michael S. Bernstein, Lining Yao, David Lakatos, Lauren Gust, Kojo Acquah and Hiroshi Ishii: PingPong++: Community Customization in Games and Entertainment. ACE, 2011