

デジタルスポーツの提案

野嶋 琢也^{1,a)} 小池 英樹^{1,b)} 佐藤 俊樹^{1,c)} ノックホンハ フーング^{1,d)} 太田 智也^{1,e)}
甲斐 貴大^{1,f)}

概要：スポーツとは身体運動を伴う遊びの一種である。そして近年、スポーツ分野に対して各種デジタル技術が取り入れられるようになってきた。しかしながらスポーツの観点から見た場合、デジタル技術の利用は限定的であり、判定補助や運動データ収集など、スポーツの支援技術にとどまっているのが現状である。一方、現代の遊びの大きな分野の一つに、デジタルゲーム(ビデオゲーム)が存在する。従来は比較的単純な遊びとみなされていたデジタルゲームであるが、近年はそれをスポーツとみなす考えが広まっており、e-sportsと呼ばれる分野が形成されつつある。本研究ではスポーツとデジタル技術の融合形態を整理しつつ、あらたな融合形態として「デジタルスポーツ」を提案するものである。さらに本稿では、デジタルスポーツについて詳細な定義を行い、ドッジボールのデジタルスポーツ化を行ったので、それについて報告する。

1. はじめに

スポーツという言葉は、ラテン語の *deportare* が語源である [14]。この言葉は *de* (=away) と *portare* (=carry), すなわち生存に必要な不可欠なことから離れる、気晴らし、休養、楽しむといった意味がある。つまりスポーツとは基本的に余暇の活動であり、遊びとしての要素を強く含む活動を意味する言葉である。それでは、キャッチボールはスポーツと言えるのであろうか。また、あるいはデジタルゲーム(ビデオゲーム)はスポーツと呼べるのであろうか。スポーツは遊びとしての要素を含む活動ではあるものの、純粋な遊びとはまた異なるというのが、現在の共通の認識である。一方、現代の代表的な遊びの一つに、デジタルゲームが存在する。デジタルゲームはCG等のデジタル技術を用いてそれぞれに固有の世界を作り出し、プレイヤーはその世界のなかで、所定の目的を達成するべくプレーをするというものである。デジタル技術の発達、ならびにゲーム構成理論の向上により、魅力的なゲームが多数開発され、多くの人々に親しまれている。そして現在では、このデジタルゲームとスポーツとが融合し、新たな分野を形成しつつ

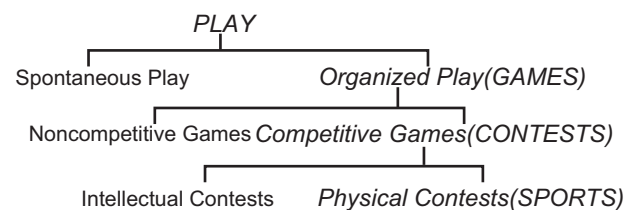


図 1 Sports の分類図 [8]

ある。本稿ではデジタルゲームとスポーツの関係性を整理した上で、その融合形態に応じた分類を行う。その上で新たな既存スポーツとデジタル技術の新たな融合であるところのデジタルスポーツを提案する。

2. デジタルスポーツの提案

2.1 スポーツの定義

広辞苑(第6版)によれば、スポーツとは「陸上競技・野球・テニス・水泳・ボートレースなどから登山・狩猟などに至るまで、遊技・競争・肉体的鍛錬の要素を含む身体運動の総称」[19]である。The Oxford English Dictionary[10]によれば、スポーツという単語は複数の意味を持つとされているが、本稿の趣旨に合致するものとしては、”*Pleasant pastime; entertainment or amusement; recreation diversion*”, あるいは”*Participation in games or exercise, esp. those of an athletic character or pursued in the open air; such games or amusements collectively*”となっており、両者とも身体運動や遊びといった側面が強調された定義になっている。

¹ 電気通信大学大学院 情報システム学研究所
Graduate School of Information Systems, University of
Electro-Communications

a) tnojima@is.uec.ac.jp

b) koike@is.uec.ac.jp

c) den@vogue.is.uec.ac.jp

d) shin.phuong@vogue.is.uec.ac.jp

e) t_ohta@vogue.is.uec.ac.jp

f) kai@vogue.is.uec.ac.jp

遊びとスポーツの区別, そしてスポーツのより正確な定義への試みとして, Coakley はスポーツを, "sports as well-established, officially governed competitive physical activities in which participants are motivated by internal and external rewards"[6] と定義した. つまり内発的・外発的動機により行われる競争的身体活動としてスポーツを定義している. ただし Coakley はこの定義について, スポーツの範囲としてはやや狭く, この定義にはそぐわないものの, スポーツと呼んで差し支えない活動も存在することを認めている. 同時にこの定義は多くの人に幅広く共有可能であろうことも付記している. 一方で Guttmann は遊びとスポーツの関係性について図 1 に示すように, 単純な遊びから, 構造化, 競争といった概念を取り入れることで, 段階的にスポーツを定義している [8]. 例えばただなんとなくボールをいじる, あるいは地面に投げつけるといった遊びは "Spontaneous play" に分類される. これがキャッチボールになると, ボールを落とさないように受け止める, 相手がとりやすいように投げるといった構造化がなされ, "Organized play" に分類される. そしてただのキャッチボールでは競争的ではないが, これが野球になると競争的要素が発生し, 明確にスポーツとして分類できる, といった具合である.

スポーツの厳密な定義を目指す動きがある一方で, "mind sports" や "electric sports" など, 従来とは異なる種類の活動を「スポーツ」としてみなす動きも存在する. "mind sports" とは囲碁やチェスなどの頭脳を使う遊びを意味し, "Intellectual Contest" に相当するものである [17]. そして "electric sports(e-sports)" とは「デジタルゲームを競技として捉える」, あるいは「デジタルゲームを使用して競技する」ものであるとされている [17]. デジタルゲームの操作には一定の身体運動能力が必要であることを考えるならば, e-sports は Guttmann の定義に基づくスポーツに分類することも決して不自然ではない. また近代スポーツの祭典であるオリンピックの委員会は, "The Olympic Movement should strengthen its partnership with the computer game industry in order to explore opportunities to encourage physical activity and the practice and understanding of sport among the diverse population of computer game users." [16] と, デジタルゲーム産業とのパートナーシップ強化に関する答申を出している. このことから, 今後デジタルゲームとスポーツとの関係はより強固かつ密接になっていくものと推測される.

2.2 近代スポーツとデジタル技術

Guttmann の定義に基づいて考えるならば, デジタルゲームは構造化された遊びであり, 競争的要素があり, コントローラの操作など一定の身体運動能力が要求されることから, スポーツとして分類することは矛盾しない. しかし

ながら伝統的な, 野球やサッカーのようないわゆる近代スポーツとも著しく異なる性質があるのもたしかである. 近代スポーツと e-sports を区別する大きな相違点の一つに, 空間性・全身運動があると考えられる. 多くの近代スポーツでは, 多少の差はあれども, 空間的移動, 全身運動が要求される. それに対して多くの e-sports の場合, 活動場所がディスプレイを中心とした極めて限定的領域であることがほとんどである. また, 運動部位についてみても, 多くはコントローラ操作のために手先を動かす程度であり, 全身運動というレベルには到達しないものがほとんどである.

デジタル技術は e-sports において中心的役割を果たすばかりでなく, 近代スポーツに対しても大きな貢献をしている. デジタル技術は近代スポーツに対して, 試合進行に必要な審判・判定支援に対して特に貢献してきた. 古くはフェンシングの電気審判器に始まり, 野球や相撲などでのビデオ判定, そして近年では Fraunhofer IIS の GoalRef[3] を用いたサッカーのゴール判定のように, 幅広い種目で審判支援のためのデジタル技術が利用されている. また, Nike 社による Nike+[5] や, Adidas 社 miCoach Elite Team System[1] などのように, 従来は困難であったスポーツプレイ中の運動データの取得・共有・可視化技術も提案されている. これらのデータは, ネットワークを通じて共有することで, スポーツに対するモチベーション維持であったり, あるいは効果的なトレーニング方法のための基礎データ, 試合のための作戦立案といった形で利用されている.

また exergames[15] という分野では, スポーツに限らず運動全般をより魅力的かつ効果的に行う目的で, 身体運動にデジタルゲームを取り入れる研究が行われている. 一般に健康維持の観点から継続的な運動が推奨されるが, 現実にはなかなかモチベーションを維持することが困難であるという問題がある. これに対してデジタルゲームの特長を利用することで,モチベーションを維持するといった研究が行われてきた [7][12]. チクセントミハイによれば, 人間は自身のスキルと相対する課題の難易度のバランスがとれている状態の時にフロー状態に陥る, すなわち楽しいと感じられる状態になるとされている [13]. e-sports の中核はデジタル技術であるため, 物理的制約の強い近代スポーツと比較して両者のバランスがとりやすく, 多様な方法でフロー状態へと導くことが可能であるという特徴がある. つまり exergames とはデジタルゲームのこの特長を, 運動へのモチベーション維持などへ適用するものである. この exergames の身近な事例としては, コナミの Dance Dance Revolution に始まり, 任天堂の Wii コントローラを利用した Wii Sports や Microsoft の Kinect スポーツ, SCE の Playstation Move を利用したスポーツチャンピオンなど, 全身運動を入力に利用した各種運動用ゲームを挙げることができる. このように Exergames は e-sports とは異なる観点でデジタルゲームを利用しており, 興味深い試みで

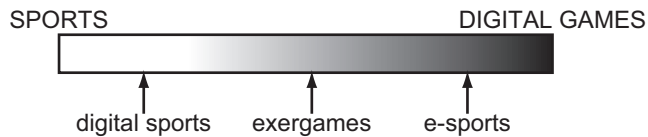


図 2 デジタルスポーツの分類

ある。しかしながらこれまでの研究は一般的な運動に関連するものがほとんどであり、近代スポーツとの融合はあまり考慮されてこなかった。特にチームスポーツとデジタルゲームとの融合という観点からは、ほとんど省みられていない。

2.3 デジタルスポーツの定義

本研究で提案するデジタルスポーツとは、「近代スポーツにより近い領域で、デジタルゲームの特性を活かした形態の新しいスポーツ」である。これまで見たように、近代スポーツにおけるデジタル技術は、周辺技術、支援技術としての利用が主流であった。一方で e-sports や exergames に例に示すように、デジタル技術は身体運動に対して積極的に利用されるようになってきている。しかしながら近代スポーツそのものへの適用はほとんど報告されていない。これに対してデジタルスポーツは、近代スポーツに対してデジタルゲームの特長を融合し、新しいスポーツの楽しさを提供するものである。この近代スポーツ、デジタルスポーツ、exergames、e-sports、デジタルゲームを、デジタル技術と近代スポーツの融合度合いの観点から分類したものを図 2 に示す。

図 2 では、まずデジタルゲームとスポーツを対極に配置している。そして e-sports はデジタルゲームに極めて近いものであることから、デジタルゲームの近傍に配置される。一方 exergames の場合、デジタル技術と身体運動が適度に融合されているため、e-sports よりも近代スポーツよりも位置づけられる。しかしながらその研究の多くは身体運動とデジタルゲームの融合に着目しており、近代スポーツの枠組みに分類し得ない運動が多く占められている。特にチームスポーツへの適用はほとんど考慮されていない。このことから近代スポーツからやや離れた場所に位置づけるのが妥当であると考えられる。この exergames と近代スポーツとの間を埋めるものが、本研究で提案するデジタルスポーツである。

ここまでデジタルスポーツに関して、抽象的な観点から議論をしてきた。以降では実際の近代スポーツのデジタルスポーツ化を通じて、デジタルスポーツの概念の明確化を試みる。

3. ドッジボールのデジタルスポーツ化

本章では実際の近代スポーツのデジタルスポーツ化を試みる。具体的には学校教育で広く取り入れられているドッジボールを対象とし、デジタルスポーツ化の基本戦略とそ

の得失、ならびに必要機材について議論したうえで、実際に開発した機材について簡単に述べる。

3.1 デジタルスポーツ化の基本戦略と得失

ドッジボールのルールには、地域やグループによって異なる数多くの亜種が存在する。公式ルール [18] からさらに単純化して、本稿では以下の点をドッジボールの基本的ルールとして考察をすすめる。

- 2 チームに分かれ、それぞれ一定の範囲で区切られた陣地に入る。
- 互いに相手チームに対してボールを投げあてる
- ボールに当てられた陣地内の人、陣地外に出る
- 陣地外の人が相手側陣地内の人にボールを当てたとき、自チーム陣地内に復帰できる
- 陣地内に人がなくなったチーム、あるいは所定の時間経過後に陣地内に残っている人数が少ない方のチームが負け

ドッジボールに限らず多くの近代スポーツの抱える問題点として、物理的制約からその難易度の自由な調整が困難であるというものがある。例えば大人のチームと子供のチームなど、チーム同士の力量に大きな差がある場合、試合は一方的になりがちであり、スポーツとして競技を楽しむことは難しい状態である。また、個人の単位で考えた場合でも同様の問題があり得る。チームの中で運動能力差が極端に大きい場合、運動能力の高いプレーヤーにとっては物足りない競技、運動能力の低いプレーヤーにとっては難易度の高い競技になってしまい、互いに競技を楽しむことが困難となることが想定される。このような問題に対してデジタルゲームの場合、ゲームの進行に物理的制約はほとんど影響しないため、適切な形でレベル調整が比較的容易となるという利点が存在する。例えばチームを組んで敵を倒すというデジタルゲームを考える。チームメンバーが全員剣で敵を倒す直接戦闘タイプであった場合、各人の剣の技量がそのままチームの強さとなり、剣の技量の善し悪しが強く勝敗に影響を及ぼす結果となる。しかしこのチームに、銃を扱うメンバーや、魔法で攻撃するメンバー、あるいは魔法で仲間を回復させられるようなメンバーが存在するとどうであろうか。戦闘のバリエーションが大幅に増加するため、単純に剣の技量だけでは優劣は付けられないことになる。これはゲーム内の戦闘を複雑化し、簡単には勝敗を予想できない、楽しいゲームの実現に貢献するものである。ドッジボールのデジタルスポーツ化に際しては、これと同様の概念の導入を試みる。

ドッジボールのチームメンバー全員に、デジタルゲームの世界で多用されているヒットポイント (HP) と、各プレーヤーに以下のようなキャラクタを設定することを考える。

- 攻撃特化型キャラクタ：適切なコマンドをいれることで魔球を投げることができる

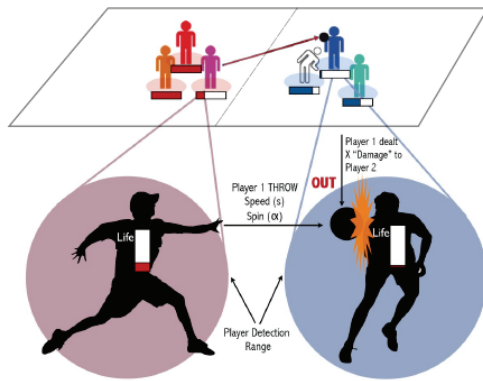


図 3 デジタルスポーツ化されたドッジボールの概念図

- 防御特化型キャラクター：HP が極端に高く、他のキャラクターの数倍のダメージまで耐えられる
- 回復特化型キャラクター：攻撃力・防御力は他のキャラクターよりも低い、仲間の HP を回復させられる

そしてドッジボールの基本的ルールについても、「ボールに当てられたら陣地外に出る」のではなく、「HP が 0 になったら陣地外に出る」という変更を加えるものとする(図 3)。さらに、ボールが当たったときの HP へのダメージについても、「当たったボールのスピードや回転数、あるいはあたった部位に応じて HP の減少量が増減する」といったルールを適用することを考える。このような形でドッジボールをデジタルスポーツ化した場合、誰にどのキャラクターを設定するか、どのキャラクターから狙っていくかといった、チームとしての戦略の幅が一気に拡大し、新しい楽しみ方の提供に繋がるものと期待される。また個人の単位で考えた場合でも、個々人の技量を多様な軸で評価することに繋がるため、チームメンバーの運動能力に大きな差があっても、各人が楽しめる要素を作ることが可能であると期待される。

例えば大人主体のチームと子供主体のチームのような、運動能力に極端に差のあるチームでの対戦を考える。この時運動能力の高いチームに対してのみ

- HP を低く設定する/ボールに当たったときのダメージ量を大きく設定する
- 投げられる魔球の種類や効果量を限定する

といった調整をすることで、自然な形で、両チームの強さをデジタルスポーツの枠組みの中で対等になるように調整することが可能になると考えられる。これは「互いに全力で競技を行う」というスポーツのもっとも基本的な楽しみが、デジタルスポーツ化によって従来より広範囲に実現可能となったことを意味する。

続いて、個人の観点からデジタルスポーツ化の効果について考察する。今回のデジタルスポーツ化に際しては、個々人に多様なキャラクターを設定することを提案している。仲間を回復させる、仲間を守るといった、チーム全体を支

援するような目標を各キャラクターに設定することで、運動能力とは異なる形でのチームへの貢献が期待される。例えば運動能力の高くないプレーヤーに回復特化型キャラクターを割り当てた場合、ただボールから逃げる以外の役割が与えられることで、その役割を果たすべく、競技に積極的に関与するようになることが期待される。これは自らの能力と対応すべき課題のバランスがとれた状態であり、フロー状態への条件が整えられていることも意味している。

以上よりデジタルスポーツでは、デジタルゲームの特性を近代スポーツに応用し、近代スポーツを物理的制約から解放することで、スポーツの新しい楽しみの提供を可能にするものであると言える。次節では、ドッジボールのデジタルスポーツ化に際して必要となる技術と、実際に実現された技術の一部について簡単に紹介する。

3.2 デジタルスポーツ化で求められる技術

本稿において提案するドッジボールのデジタルスポーツ化に際しては、デジタル情報の管理、特に HP を管理するシステムと、デジタルゲームらしい特殊効果を発生させるシステムの開発が必要となる。まず HP の管理に関するシステムについて考察する。

HP の管理とはすなわち、ボールのプレーヤーに対するあたり判定と、ダメージ量コントロールである。その実現にあたっては、以下の情報が計測可能である必要があると考えられる。

- 誰がボールを投げたか
- 何にボールが当たったのか (人であるかどうか)
 - 人に当たった場合、誰に当たったのか
 - 人に当たった場合、どこにいる人なのか
- あたった時のボールの状態 (速度・回転数など)

これらを実現するにあたっては、HP の管理・表示システム、プレーヤーが陣地の内外どちらにいるか、プレーヤーの位置測定システム、ボールとプレーヤーの接触判定システム、ボールの運動状態計測システム、の四つのシステムが必要になると考えられる。

続いて発生させる特殊効果について考察を加える。本稿では特殊効果として、攻撃特化型キャラクターの魔球と、回復特化型キャラクターの回復を設定している。両者のうち、回復は HP の管理・表示システムに分類されるべきものであることから、ここでは魔球について考察する。本稿で述べる魔球とは、重力や、通常のボールに発生する空気力だけではあり得ないような軌道を描くボール、とする。そしてそれを実現するためには、ボールに対して軌道変化を促す力を発生させる機構が搭載されている必要がある。

以下では上記の開発項目のうち、実際に開発されたシステムについて簡単に紹介する。



図 4 プレーヤ認識の様子

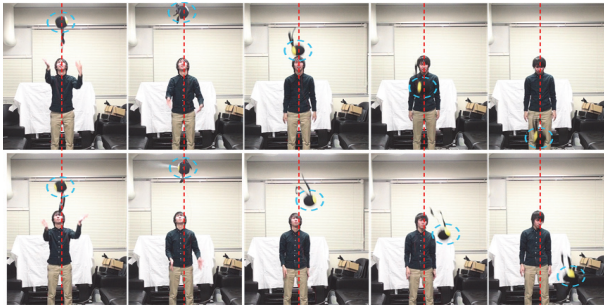


図 5 ポール軌道変化の様子 (上: 空気噴射なし, 下: 空気噴射有り)

3.2.1 HP の管理・表示のためのシステム：プレーヤ認識可能なボールの開発

我々はまずボールに加速度センサや無線データ通信装置など、ボールの運動状態を計測可能なシステムを開発した。そして無線データ通信装置の機能を応用して、ボールが現在のプレーヤの近傍に存在するかを判定可能な、プレーヤ認識可能なボールを実現した。プレーヤ認識の様子を図 4 に示す。この時、ボールと同じ無線データ通信装置がプレーヤにも装着されている。そしてボールの通信装置は、他のどの通信装置が近傍に存在するかを、即ちどのプレーヤが近傍に存在するかを個別に認識できる機能がある。これを利用することで、プレーヤ認識を行った。そして衝撃が判定された際に、どのプレーヤの近傍に存在するかを判定することで、誰にあたったかというあたり判定を実現するものである。

3.2.2 特殊効果を生ずるためのシステム：ボールの飛行軌道変化

ドッジボールが前提であることから、特に空中にあるボールの軌道について、それを変化させるための機構の実装を試みた。飛行中のボール軌道を変化させるためには、ボールの形状を大きく変化させ、より大きな空気力で軌道を変化させる方法と、何らかのエネルギー源を搭載し、そこから発生される反力で軌道を変化させる方法が考えられる。本研究ではより大きな軌道変化効果を狙い、圧縮空気タンクによる空気噴射を用いた飛行軌道変化手法を採用したボールを開発した [20]。その軌道変化の様子を図 5 に示す。

4. デジタルスポーツと観客

本稿の最後に、これまで言及されてこなかったスポーツと観客の観点から、デジタルスポーツの可能性を分析する。スポーツとは本来楽しむための活動であるが、これまでの議論では楽しませる対象はスポーツのプレーヤであった。一方でオリンピックやプロスポーツリーグなどにおいては、観客を楽しませることを目的としたデジタルシステムが、数多く開発され、導入されてきた [4][2]。Coakley らによれば、観客はスポーツを構成する重要な要素の一つである [6] ことから、デジタル技術により観客を楽しませる技術の開発は、デジタルスポーツにおける重要な研究要素になると考えられる。

我々はこれまで、この観点に基づいていくつかのシステムを開発してきた。まず開発されたシステムが跳ね星と呼ばれるボールである [9]。これは位置・運動計測機能ならびに視覚効果発生装置を組み込んだボールである。このボールを利用することで、ボールならびにプレイフィールドに対して、ボール運動に応じて変化する視覚効果を生じさせている。その後ボール内部にカメラを搭載し、運動中のボール視点動画を構成する BallCam! システムを開発した [11]。

このような視覚効果や特殊な映像は、十分に観客を楽しませる力があると考えられる。しかしデジタルスポーツの場合、視覚効果に限定されない、多様な楽しませ方があり得ると期待される。例えば前述のデジタルスポーツ化されたドッジボールにおいて、観客の応援でダメージ量が増減する、あるいは魔球の効果量が変化するといったシステムを開発することは可能であると考えられる。このように観客を積極的に競技そのものに参加させることで、観客に対してスポーツの新しい楽しみ方を提供することが可能になると期待される。

5. まとめと今後の課題

本稿ではまずスポーツを定義し、デジタル技術と近代スポーツの融合について分析を行った。その上で近代スポーツ、本研究で提案するデジタルスポーツ、exergames、e-sports、デジタルゲームの分類を行った。そして具体例としてドッジボールを挙げ、ドッジボールのデジタルスポー

ツ化についての考察と、そのために開発したシステムについて紹介を行った。今後はドッジボールのデジタルスポーツ化に関して、より詳細な設計を行い、デジタル・ドッジボール・システムの完成を目指す。また、同時に他の近代スポーツにも同様の概念を適用し、新たなデジタルスポーツの開発を目指す。

参考文献

- [1] Adidas. miCoach Elite Team System, available from <http://news.adidas.com/GLOBAL/micoach-elite-system/s/4fd08cfb-1e14-4575-9533-918016ab0893> (accessed 2013/08/28)
- [2] Dartfish, available from <http://www.com/en/> (accessed 2013/08/29)
- [3] Fraunhofer IIS. GoalRef, available from <http://www.iis.fraunhofer.de/en/bf/ln/referenzprojekte/goalref.html> (accessed 2013/08/28)
- [4] Hawk-Eye Innovations Ltd. Hawk-Eye., available from <http://www.hawkeyeinnovations.co.uk/> (accessed 2013/08/29)
- [5] Nike. Nike+, available from <http://nikeplus.nike.com/plus/> (accessed 2013/08/28)
- [6] Coakley, Jay: Sports in Society: Issues and Controversies, McGraw-Hill Humanities/Social Sciences/Languages, 2008.
- [7] Consolvo, Sunny and Everitt, Katherine and Smith, Ian and Landay, James A.: Design requirements for technologies that encourage physical activity, Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI), pp.457-466, 2006.
- [8] Guttmann, Allen: From Ritual to Record: The Nature of Modern Sports, Columbia University Press, 1979.
- [9] Izuta, Osamu and Sato, Toshiki and Kodama, Sachiko and Koike, Hideki: Bouncing Star project: design and development of augmented sports application using a ball including electronic and wireless modules, Proceedings of the Augmented Human International Conference (AH), Article No. 22, 2010.
- [10] James A. H. Murray, Henry Bradley, W.A. Craigie and C.T. Onions eds: The Oxford English Dictionary, Vol.XVI, Clarend Press Oxford, second edition, 2008.
- [11] Kitani, Kris and Horita, Kodai and Koike, Hideki: Ball-Cam: dynamic view synthesis from spinning cameras, Adjunct proceedings of the annual ACM symposium on User interface software and technology (UIST), pp.87-88, 2012.
- [12] Mueller, Florian 'Floyd' and Edge, Darren and Vetere, Frank and Gibbs, Martin R. and Agamanolis, Stefan and Bongers, Bert and Sheridan, Jennifer G.: Designing sports: a framework for exertion games, Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI), pp.2651-2660, 2011.
- [13] M・チクセントミハイ著, 今村浩明 [訳]: 楽しみの社会学, 新思案社, 2000.
- [14] Penjak, Ana and Karnincic, Hrvoje: Sport And Literature: An Overview of the Wrestling Combats in the Early Literary Texts, International Journal of Humanities and Social Science, vol.3, no.5, pp.49-55, 2013.
- [15] Sinclair, Jeff and Hingston, Philip and Masek, Martin: Considerations for the design of exergames, Proceedings of the 5th international conference on Computer graphics and interactive techniques in Australia and Southeast Asia - GRAPHITE '07, pp.289-296, 2007.
- [16] The XIII Olympic Congress: THE OLYMPIC MOVEMENT IN SOCIETY, 2009.
- [17] デジタルゲームの教科書制作委員会: デジタルゲームの教科書, ソフトバンククリエイティブ株式会社, 2010.
- [18] 日本ドッジボール協会 競技委員会 編: 公式ルール 審判テキストブック (2013-2014 年度版), 日本ドッジボール協会, 2013.
- [19] 新村 出 編: 広辞苑, 岩波書店, 第 6 版, 2008.
- [20] 太田智也, 山川隼平, 野嶋琢也: 動的な軌道変化が可能なボール型デバイスの開発, WISS 予稿集 (デモ/ポスター), 2012.