

D-Ball 縮減現実を用いたスポーツ競技のデザイン

築瀬洋平^{†1†2} 又吉康綱^{†3} 坂井俊介^{†4} 稲見昌彦^{†2}

概要：本研究では超人スポーツ (Super Human Sports) デザインの一手法として縮減現実を用いた球技を提案する。カメラ映像の入力から連続した赤色のみを抽出し表示するアプリケーションを用い、スマートフォンを装着したヘッドマウントディスプレイを身につけた競技者が球技を行うというものである。競技者はボールおよび床、壁、競技者につけられたマーカーのみ見る事ができる。互いの視覚特性を考えうえて判断と行動を行う様になり、様々な競技技術が生まれ、あたかも透明人間同士で球技をしているかのような体験になることを意図している。

キーワード：超人スポーツ, 縮減現実

D-Ball: Designing sports games with diminished reality

YOHEI YANASE^{†1†2} YASUTSUNA MATAYOSHI^{†3}
SHUNSUKE SAKAI^{†4} MASAHICO INAMI^{†2}

Abstract: In this study, a superhuman sports design is proposed a ball game using diminished reality. In particular, an application that extracts and displays only continuous red from the input of a camera image and is said to perform ball game by a player equipped with a head-mounted display using a smart phone. It is possible to see only markers attached to balls and floors, walls, and athletes, so that techniques such as visual hiding of balls and bodies are created after considering the visual characteristics of each other, and it is possible to obtain the experience as if it is a competition between transparent humans.

Keywords: Super Human Sports, Diminished Reality

1. はじめに

情報科学や機械工学を用いて人間の能力を補綴・拡張する人間拡張(Augmented Human)の利用によるスポーツの拡張が注目され、国内でも超人スポーツ協会がワークショップや競技会などの活動が行っている[1].

超人スポーツは「人を超える」「人と人のバリアを越える」力を持った超人同士がテクノロジーを自在に操り、競い合う人機一体のスポーツ創出を活動の趣旨として抱えている。

代表的な超人スポーツとしてジャンピング・スティルトとバブルサッカー[2]用のバブルを組み合わせた状態でぶつかり合って相手を倒すバブルジャンパー[3]や小型モーターデバイスを手綱で操作して順位を競うキャリオット[4]などの競技が挙げられる。どちらも一見して従来のスポーツとの差別化が図られており、話題として取り上げられ易い一方で「人を超える」という観点から見るとバブルジャンパーはジャンピング・スティルトとバブルによって動きが不自由になり、相手を転ばせるという競技でありながら着用しない人間よりも不利な状態になっている。キャリオットは従来のモータースポーツと比してダイレクトに身

体を使った操作が要求され身体拡張としての要件を満たしている反面、現状は競技開催が室内もしくはごく狭い範囲での競技に限られており、用地や安全性確保の難しさが伺える。拡張されていない状態の人間と比べて明らかに能力が上がっている、もしくはそのように見えるという面は重要だが、現状ではそれらが十分に確保されるまでに時間が必要と言える。

1.1 スポーツとルール

スポーツにはルールがある。例えば単純な競争競技の場合はスタートの合図と共に競争を開始し、ゴールに到達するまでの時間を競い、その時間が短い方を勝者とするなどがルールとなる。こういったごくシンプルな競技においても例えばトラックの長さの計測、スタート合図の文言、妨害の禁止および何を以て妨害とするかの条項など様々な規則が定められている[5]。このような細則は実際に長い時間をかけ、繰り返し競技を行う中で定められてきたものと想像できる。増して球技のように複雑さの増したものに関してはルールが戦略に影響を及ぼし、プレイヤーの判断を左右する事になる。例えばバスケットボールのスリーポイントシュート、ラグビーにおけるゴールキックとトライの得点差などがそれに当たり、競技性を導くうえで重要な要素となる。

^{†1} ユニティ・テクノロジー・ジャパン合同会社
^{†2} 東京大学先端科学技術研究センター
^{†3} 明治大学総合数理学部先端メディアサイエンス学科
^{†4} 東京大学情報理工学系研究科

1.2 超人スポーツにおけるルールのデザイン

スポーツを創出する際にはそのルールを考える必要があるが、長い時間とプレイの繰り返しによってルールを洗練させていく通常競技と異なり、超人スポーツのような先端技術を用いた競技の場合は技術革新や社会的な環境の変化を考慮し、頻繁にルールを変更していく必要が出て来る。

高等専門学校の学生によるロボット競技コンテスト「アイデア対決・全国高等専門学校ロボットコンテスト」では学校関係者やロボット工学の専門家が競技委員会を結成してルールの設定を行っている[6]。超人スポーツの創出においても同様にルールの設定に関する知見を共有し、新たな技術や環境の出現に備える必要がある。

2. D-Ball の競技デザイン

D-Ball は縮減現実(Diminished Reality)を用いた一連の競技の総称である。プレイヤーはスマートフォンを用いたヘッドマウントディスプレイ（以下スマートフォン HMD）を着用し、視界に制限のある状態で競技に臨む。アプリケーションはスマートフォンのカメラからの入力画像にシェーダ処理を加え、設定された色に近いものだけを抽出した画像を作成し、Google VR SDK を用いて VR 映像として出力する[図 1]。なお、これらは Unity を用いて Android App として作成されている。

これにより装着者は設定された色以外を見る事ができなくなる。これは暗闇の中にいて一部のものだけが見えるような状態を模擬していると言える。こういった空間内で競技を行う場合、自分の視界の状態から相手の視界を想像し、相手から動きを悟られないように振る舞う、視覚特性を用いたトリックを使うなどのかけひきが発生すると期待でき

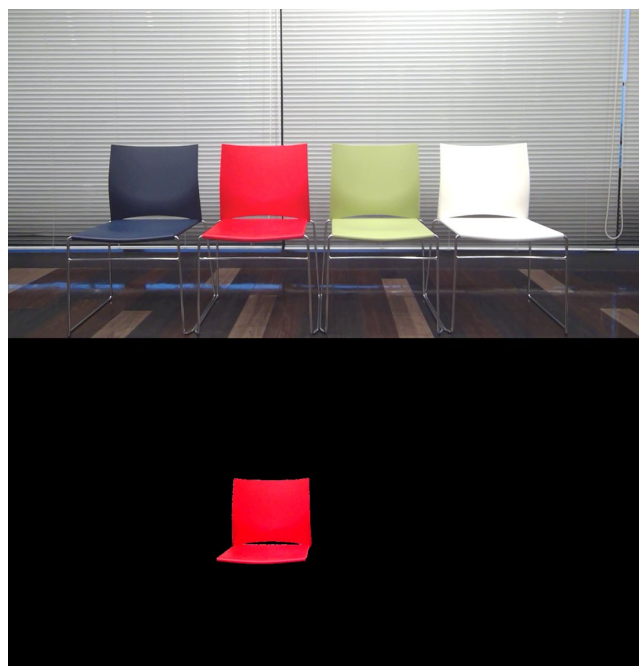


図 1 上：カメラ入力画像 下：処理後の画像

る。これは透明人間同士が競技しているような状態が生まれることを意図している。

2.1 D-Ball 使用技術の変遷

D-Ball は元々、光学迷彩ドッジボールというコンセプトでデザインされた。グリーンスクリーンで囲まれた空間に立ち、背景と同色のユニフォームを着用した選手同士でボールをぶつけ合うという競技である。スマートフォン HMD に搭載されたアプリケーションによって緑色に近い色合いをすべて黒色で塗りつぶすことにより、緑色以外の物体を浮かび上がらせる。しかしこれは技術的に可能ではあるものの、緑色のスクリーンに囲まれた空間を用意するというコストの問題があった。これに替わるものとして考案されたのが特定の色のみを抽出するシェーダを用いた現方式である。名称を D-ドッジボールとした。

2.2 D-ドッジボールのルール

アプリケーションの開発と並行し、ルールの設定を行った。D-ドッジボールは 2 チーム、各 3 名、計 6 名で行われる球技で、プレイヤーは全員 D-Ball アプリケーションを搭載したスマートフォン HMD を着用する。D-Ball アプリケーションは赤色を抽出するように設定し、ボール、コートライン、プレイヤーのユニフォームに付加されるマーカーなどはアプリケーションで可視となるよう赤色とした。

競技のルールはドッジボールに準じるが、プレイヤーは手足にそれぞれ 1 つずつ、計 4 つのマーカーをつけ、ボールを当てられるたびにそれを外し、すべてのマーカーが外されたら外野に出るというルールを加えている。当たると徐々に見える部位が減り、当たりにくくなるハンディキャップを意図している。

また、コートの広さは 4m 四方と設定した。これは通常のドッジボールが一度当たると外に出るのに対し、光学迷彩ドッジボールは 4 回必要で競技時間が長くなる事が予想されるため、コートを狭くし当たる頻度を増やそうと考えたためである。その他、味方同士の接触や上記したような競技時間の問題などは実際のプレイ施行後にマーカーの数

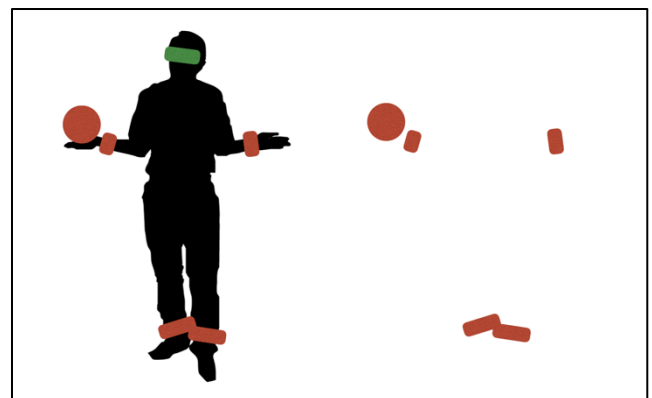


図 2 左：マーカーとボール 右：HMD から見たイメージ

の増減，チーム人数の変更などで対処できるようルール上数値で調整できる項目を織り込んでいる．

2.3 D-ドッジボールのテストプレイ

アプリケーション完成後，前述のルールに基づきテストプレイを行った．しかし，アプリケーションによる画面表示の遅延がおおよそ 200ms と予想よりも大きく，飛んで来るボールをキャッチする，動いている相手にボールを当てるなどは困難であるという結果となった．ドッジボールは飛んで来るボールを避ける，避けようとする相手にボールを当てるという行動とそれに伴う駆け引きが競技の骨子となるため競技を行うには致命的な問題であると言える．

そこでドッジボールを拡張するというコンセプトを破棄し，D-Ball アプリケーションを使いプレイ可能なスポーツをデザインするという方向に変更を行った．

2.4 D-キャッチボール

現状の D-Ball アプリケーションの遅延の大きさではドッジボールをプレイするのは困難であったが，スポーツ競技には制限をつけることで競技性を高めるものが散見される．

例えばサッカーではフィールドプレイヤーに手の使用を禁じ，バスケットボールなど多くの球技ではボールを手で持ち運ぶのではなくドリブルのみで移動を許すことにより，競技特有の身体の動きの習熟を競わせている．視覚の制限だけでなく遅延の要素を取り込むことによって新たなスポーツが創出できると考える事ができる．

そこで視界制限のあるドッジボールから視界制限と遅延のある中でキャッチボールをするというコンセプトに変更を行った．通常狭い空間でボールを受け渡すのは容易であるが，D-アプリケーションの使用によって通常の受け渡しは難しくなりそこに工夫が生まれるはずである．プレイヤーは2チーム，各2名ずつで内野と外野に分かれる．ボールを持っている攻撃側チームは内野と外野のプレイヤーの間でボールを転がして受け渡す．防御側チームはパスが通らないように妨害する．妨害が成功すると攻撃側と防御側が入れ替わり，5点を先取したチームを勝ちとした．また，ユニフォームにつけるマーカーは両膝，胸，背中，の4箇所貼る事を基本とした．

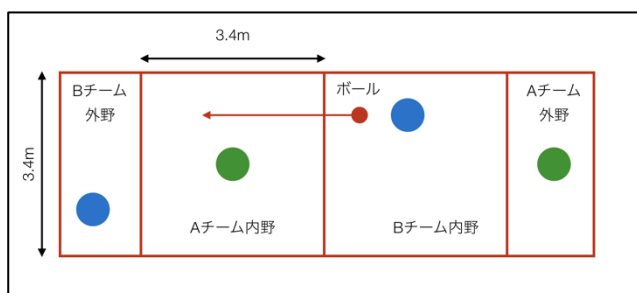


図 3 D-キャッチボールのコート

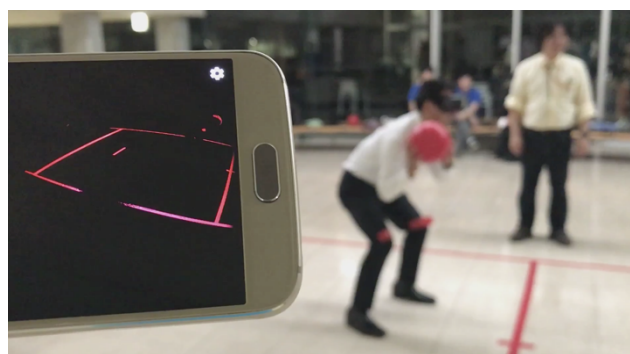


図 4 D-キャッチボールプレイの様子

2.5 D-キャッチボールのプレイ

前項のようにルールを設定し，さらにテストプレイを行ってコートの内野の広さを 3.4m とした．その後，東京大学先端科学技術研究センター30周年記念イベント「先端研スポーツ」でD-キャッチボールの大会を開催した[図4]．

参加者はいずれも当日初めてルールの説明を受けて参加しておりプレイ経験はなかった．大会ではトーナメント方式で，3位決定戦を含む4試合が行われた．

パスによる受け渡しで得点を得るという性質上，コミュニケーションが重要な要素となると予想したが，実際は声を掛け合うことで相手チームにも挙動が伝わってしまうというデメリットも生じる．そのためか，積極的に声を掛け合うチームと無言でボールを転がしチームメイトの反射神経に委ねるチームとでははっきりと戦略が分かれた．

また，遅延があることを利用してボールを素早く動かし相手に位置を悟らせにくくしたうえで投げる，背中に隠す事で相手の視界から完全にボールを消す，自身のマーカーを完全に隠すような姿勢を取って相手の視界から消えるなどのテクニックを駆使する様子も見られた．相手の視界を活用する技術は同時にチームメイトにも視覚的な不利を及ぼすというデメリットがある．中には投げる相手の動作を一切見ずに受けてだけを見て妨害するという戦術を駆使するチームもあった．試合数が十分ではなく，それぞれ技術も十分に磨かれていないためどの戦術が有効かという判断はしにくい，コミュニケーションをあまり取らずに素早く投げ，ボールに触れたチームメイトが素早く取ることに期待する戦術を取ったチームが2勝を上げ優勝となった．

3. D-Ball の展望

以上のようにD-Ballアプリケーションの遅延問題により当初予定していたD-ドッジボールを行うことはできなかったが，同じアプリケーションを用いて遅延をプレイに取り入れたD-キャッチボールを開発し，実際に大会を行った．以下に今後の展望について述べる．

3.1 D-キャッチボールの継続

今後の活動として、競技の発展のためには試合映像などを共有したうえでさらなる試合の開催を重ね、現アプリケーションとルールにおいていかなる戦術があり得るか、有効かなど競技の特性を見極める必要がある。それらは特定色の提示と遅延という二つの要素の複合によって生じているが、本来は遅延による影響と特定色のみでの提示による影響は切り分けて分析する必要がある。

3.2 遅延の改善

遅延を改善する方法としてはソフトウェアの最適化がまず考えられる。現状 D-BALL アプリケーションは Unity のシェーダ機能を用いて作成されているが、スマートフォンに対する最適化などが十分ではない可能性がある。また、Unity のような統合開発環境では不要な処理などが走っており処理速度が低下している可能性があるため、ネイティブでの開発実装という方向性も有効と考える。

ソフトウェアでの遅延を避けるため暗室で蛍光物質によるマーカーにブラックライトを照射して競技を行うという方式も考えられる。ただし、この場合は設置コストが低いという D-BALL アプリケーションによるメリットは失われる。

また、遅延があることは許容する代わりにボールの軌道を予測して表示[7]するなどの機能を追加するなどもある。

3.3 D-BALL アプリケーションによる別競技のデザイン

現状の D-BALL アプリケーションは D-キャッチボール専用のものではなく他の競技にも応用可能である。D-キャッチボールは遅延がありボールをキャッチするのが難しい事を利用しているが、例えばマーカーのついた障害物を多数用意し、それを配置した狭い空間の中で動かずにいる相手選手を見つける D-かくれんぼのような競技は容易に実施可能である。この場合、遅延の要素はあまり問題にならない。D-BALL アプリケーションは Android スマートフォンに向けて配布でき、スマートフォン HMD を含めても比較的安価であるため今後多くの超人スポーツイベントやワークショップなどで利用される事が期待できる。

4. 超人スポーツのデザイン

超人スポーツという言葉からは人間の運動能力を拡張するようなプロダクトが期待されるが、単純により速く走る、より高く跳ぶ、より素早く動くようなデバイスを開発、使用できるようにするには多くの時間が必要とされる。しかし D-Ball アプリケーションは視覚を限定することにより互いに透明人間になったかのような感覚を模擬することがで

きる。このような仕組みを用いてプレイするスポーツをデザインする知見はいずれ、より自然に人を透明に見せるような技術が実現した時に有用である。同様に力が強くなったような感覚、足が速くなったような状態などを模擬する事ができれば将来物理的にそれが可能になった際のスポーツデザインやルール作りに有用である。

前述の遅延問題により D-ドッジボールはプレイできなかったものの遅延を織り込んだデザインをすることにより D-キャッチボールという別なスポーツを生み出す事はできた。現在の超人スポーツ技術は発展途上ではあるが、その時点の技術でスポーツとして成り立つ競技をデザインすることは可能であり、そうしたものに未来の超人スポーツの完成形を想像させる力があることは期待できる。

超人スポーツをデザインする場合、未来の完成形のコンセプトを示すと同時に、その都度現在利用可能な技術でデザインされたスポーツを示し、その結果と過程を共有していくことは将来の超人スポーツの普及に不可欠であると考えられる。

参考文献

- [1] 超人スポーツ委員会, 超人スポーツ協会, <http://superhuman-sports.org/>, 2017 年 11 月 30 日確認。
- [2] バブルサッカー, <http://bubble-football.jp/>, 2017 年 11 月 30 日確認。
- [3] 超人スポーツ協会, バブルジャンパー, <http://superhuman-sports.org/sports/bubblejumper.php>, 2017 年 11 月 30 日確認。
- [4] 超人スポーツ協会, キャリオット, <http://superhuman-sports.org/sports/carryotto.php>, 2017 年 11 月 30 日確認。
- [5] 日本陸上競技連盟, 日本陸上競技連盟競技規則, <http://www.jaaf.or.jp/about/rule/>, 2017 年 11 月 30 日確認。
- [6] NHK エンタープライズ, ルール決定の舞台裏, <http://www.nep-ihistory.jp/column/archives/95>, 2017 年 11 月 30 日確認。
- [7] Yuta Itoh, Jason Orlosky, Kiyoshi Kiyokawa, Gudrun Klinker, Laplacian Vision: Augmenting Motion Prediction via Optical See-Through Head-Mounted Displays, ACM SIGGRAPH 2016 Emerging Technologies (SIGGRAPH '16). ACM, New York, NY, USA, , pages. DOI: <http://campar.in.tum.de/pub/itoh2016ah/itoh2016ah.pdf>, 2017 年 11 月 30 日確認。