

# AIレクチャー:先駆的知識メディアに関して

## AI Lecture : Pioneering knowledge media expression

宮田 一乗  
Kazunori Miyata

北陸先端科学技術大学院大学  
Japan Advanced Institute of Science and Technology

### 1. はじめに

本 AI レクチャーでは、著者が北陸先端科学技術大学院大学にて過去 3 年間に渡り学生と取り組んできた、知識メディア創造の実践例を中心に解説する。

#### 1.1 知識メディア創造

筆者の所属組織では、平成 17 年度から「知識メディア創造教育コース」を開講した。このコースでは、21 世紀をサバイバルするための知識創造、メディア創造に関する方法論、技法、技術およびノウハウを修得し、企業・研究所等の即戦力となる優秀な人材の輩出を目的としている。

筆者の研究室では、デジタルメディアの先駆的な応用の研究に取り組み、知識メディア創造の実践を通じて教育にあたってきた。デジタルメディアの理論的な研究ばかりでなく、応用研究として実際にものづくりをし展示を行うことで、企画力、プロジェクト推進能力、運営力など、大学内だけでは培うことのできない能力を向上させることを目指している。

#### 1.2 IVRC

岐阜の各務原市と日本 VR 学会が中心となって運営している、国際学生対抗バーチャルリアリティコンテスト (IVRC) が毎年開催されている。1993 年より開催されており、バーチャルリアリティやロボットといった先端技術を用いたインタラクティブな作品のコンテストである。筆者の研究室では、この大会に 2003 年より参加しており、2 年連続で岐阜本選まで勝ち進んでいる。

以降、この大会に出品した作品の解説を中心に述べていく。

### 2. UoQ (2003 年度)

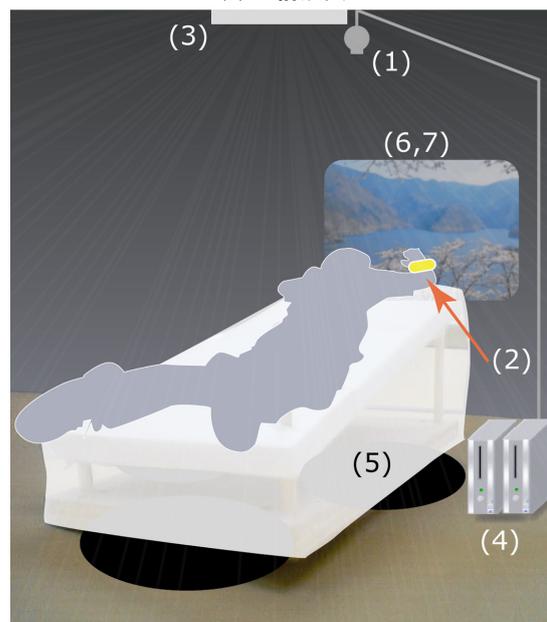
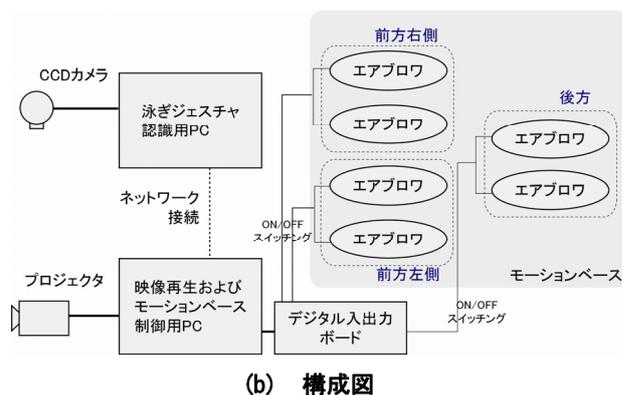
UoQ は、「映像の中を泳ぐ」感覚を視覚的に提供する VR アプリケーションである。UoQ では、CCD カメラで観測された両腕の動きの変化にあわせて、投影されるビデオの再生速度を制御し、映像の中を泳いでいるような感覚を体験させるものである。

#### 2.1 システムの概観

UoQ は、図 1 に示すような 7 つの要素から構成される。

- (1) USB 接続の CCD カメラ (320 x 240 画素の解像度)
- (2) 腕に装着する反射シール付き腕輪
- (3) 反射板を照射する参照光 (天井の蛍光灯を使用)
- (4) 泳ぎジェスチャの認識用 PC1 台、映像コンテンツの再生およびモーションベース制御用 PC1 台
- (5) 体験者が横たわる可動式ベッド (モーションベース)
- (6) 映像を投影するためのプロジェクタ
- (7) スクリーン

連絡先: 宮田一乗, 北陸先端科学技術大学院大学・知識科学教育研究センター, 〒923-1292 石川県能美市旭台 1-1, Tel:0761-51-1810, Fax: 0761-51-1804, miyata@jaist.ac.jp



(a) システムの概観  
図 1 システムの構成

#### 2.2 腕の動作解析

UoQ では、CCD カメラで取得される画像から、体験者の腕の動作を認識する。体験者には、右手に黄色、左手に赤色の反射板付きの腕輪をそれぞれ装着させる。腕の運動の解析には、まず、カメラから取得した画像から黄色および、赤色と判断された色領域を求める。つづいて、求められた色領域の重心座標値を計算し、前フレームで求めた重心からの移動量を算出する。この移動量から、映像再生の速度を求める。

#### 2.3 エアブローによる姿勢制御

体感ゲームなどに应用されているモーションベースの姿勢制御は、一般に油圧や空気圧シリンダを複数個用いるのが一般

的であるが、ユーザの体の下にシリンダを配置することになるため、高価で複雑かつ大がかりな筐体が必要となる。

本手法では、エアブローの空気吐出制御による簡易な姿勢制御を行った。図 2 は製作した空気吐出部の断面図を示したものである。エアブローから吐出した空気はタイヤチューブにより覆われた A 部にたまり、A 部の空気圧が上がる。タイヤチューブは A 部の体積を広げる方向で延伸し、さらに空気を吐出すると、図 2(2)に示すようにホバークラフトと同等の原理で浮揚する。エアブローの制御は、腕の移動量がある設定値より大きくなった場合に、該当する側のスイッチを ON にする。

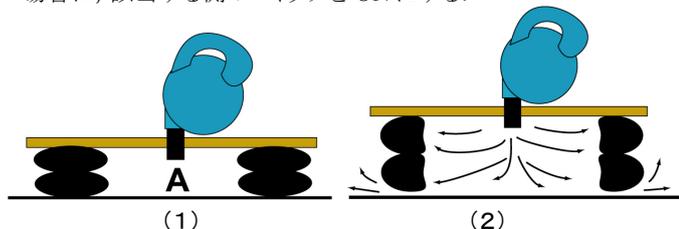


図 2 エアブローの動作

## 2.4 映像再生

映像再生は単純な連続再生ではなく、体験者の腕の移動量に従い、動的に再生速度を制御する。再生する映像コンテンツは、以下のようにして制作した。まず、スクリーンサイズと同じサイズのポリゴンに、動画をムービーテキストチャートとしてマッピングする。この平面の上方に、青空の静止画を貼り付けた別のポリゴンを設置し、ポイントスプライトとして雲を配置した。体験者の腕の動きが速まるにつれて、動画をマッピングしたポリゴンを下に移動させることで、徐々に空に上がっていくような演出をした。さらに雲が移動し、静止画の中でも前進している感覚を提示した。また、体験者の腕の動きが止まると、動画をマッピングしたポリゴンを上に移動させて、降下感を演出した。

## 2.5 結果と評価

UoQ では、画像キャプチャレートは平均 15 フレーム/秒で、滑らかな体験が可能になった。その体験風景を図 3 に示す。

腕の動きに合わせて映像の速度や揺れを演出したことに対して、ある程度満足できるとの評価を受けた。特に、動作していた腕の静止に伴いモーションベースが沈み込む姿勢制御と映像演出のリンクが、高い没入感と浮遊感を感じる体験者が多かった。また、腕の振りにあわせて、モーションベースに預けた体の重心が前後左右に移動することによる浮遊感の演出を評価するコメントも寄せられた。一方で、映像コンテンツに対しては改善の余地があるとの評価を受けており、映像の中を自由に泳ぎたい、ストーリー性を盛り込んで欲しいなどのコメントが多かった。



図 3 IVRC2003 東京予選における展示の様子

## 3. TonTon (2004 年度)

TonTon は、紙相撲がテーマの対戦型の VR アプリケーションである。プレイヤーが水を揺らす行為を入力データとし、水に浮かぶスクリーンに表示される紙力士の動きに影響を及ぼすことで対戦する。紙相撲は、1 対の紙力士を土俵上を立て、土俵の傍を指で叩くことで紙力士を操作して勝負をするという簡単な遊びである。紙相撲を遊ぶ上で一番の面白みは、指で叩くというアナログ的な行為によって生じる、予想の困難なカオティックかつ突発的な紙力士の独特な動きにあると考える。また、参加者のスキル差も少なく、老若男女を問わず、誰もが気軽に遊ぶことができるのも魅力の 1 つである。

TonTon では、ゲームパッドのような複雑な操作が必要なデバイスではなく、身体動作に直結した、直接的な操作を可能とする新たなインタラクション手法の開発を第一の目的とした。

### 3.1 トントンのシステム構成

本システムは、図 4 に示すような 4 つのモジュールから構成される。各構成要素は以下のとおりである。

- (1) 水上に浮かぶスクリーンに映像を投影するプロジェクタ。
- (2) プレイヤーが押し下し波を起こすためのウェーブジェネレータキューブ(発泡スチロール製、以下、WGC と略す。)を、3 個 2 対配置したトントンタンク(アクリル製の水槽)。
- (3) スクリーン 4 隅および、6 個の WGC の下部に配置された、距離を測定する測距センサ群。
- (4) A/D 変換ボードを介して(3)からのデータを取得し、システム全体を制御するための PC1 台。

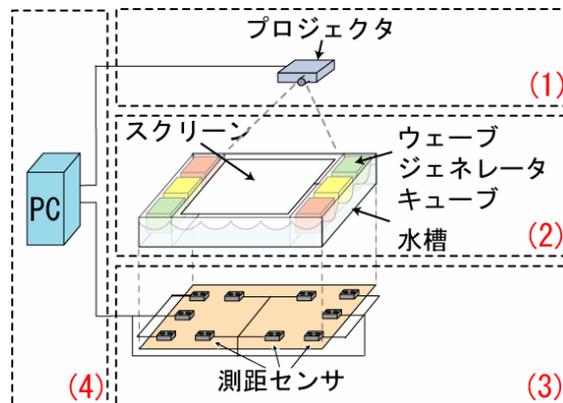


図 4 トントンのシステム構成図

システム内での処理の流れを以下に示す。

- (P1) 測距センサにより、6 個の WGC および、スクリーンの 4 隅の水槽底面からの距離を測定する。
- (P2) 測定結果から、WGC の押下の速度とスクリーンの傾きを算出する。
- (P3) P2 の情報を基に、紙力士への影響を算出する。
- (P4) 紙力士同士の干渉、および応力を算出する。同時に、勝敗の判定を行う。
- (P5) 紙力士の動作映像を生成し、プロジェクタでスクリーンに投影する。

### 3.2 システムの実装

システムの実装例を図 5 に示す。測距センサは、水槽底面を隔てて上向きに設置され、WGC やスクリーンまでの距離を測定する。リアルタイムで変位情報を取得し、WGC に対しては押下の速度を、スクリーンに対しては傾きを算出する。



図5 トントンの実装例

### 3.3 紙力士の挙動計算

紙力士へ及ぼす力は、以下の2力を与えるものとする。

(1) WGCからの作用力: WGCは紙相撲のフィールドと同じ座標系にあるものとして、以下の計算を行う。各プレイヤーに対して3つのWGCで最も移動速度が高いWGCを求める。ここで、求めたWGCをW1, W2, その移動速度をV1, V2とし、2体の紙力士に向かって、W1, W2の中心からV1, V2の大きさに応じた力を作用させる。

(2) 土俵からの作用力: 土俵からの2体の紙力士に対する作用力の計算には、スクリーンの法線ベクトルの速度を用い、各力士の新たな位置を求める。

以上で求められた移動量を合算して、最終的な各力士の位置を決める。その後、力士どうしの衝突判定を行い、衝突する場合には、衝突後の挙動を紙力士を仮想的に球体とみなして計算する。また、水中での挙動を表現するため、水抵抗を考慮し、紙力士の動きの鈍さを表現した。勝敗は、力士が土俵を割った場合にのみ負けとした。

### 3.4 映像生成と表示法

図6で示すように、紙相撲の映像は、DirectX Graphicsを用いてリアルタイムで描画し、水槽の斜め上からスクリーンに投影させた。特殊効果として、パンプマッピングを用いて水中での揺れを演出し、WGCからの作用力をトラスプリミティブを用いた波紋で表現した。

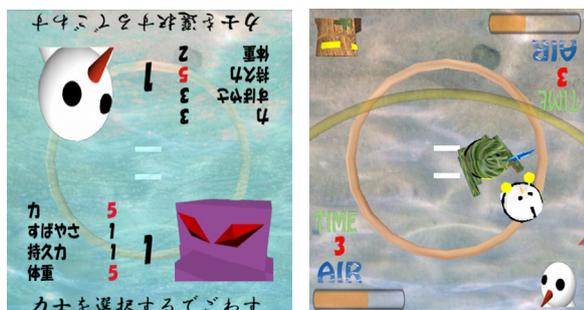


図6 トントンの出力映像

### 3.5 結果と評価

実験に用いたPCは、DELL製 DimensionXPS (Pentium4 3GHz, 1Gメモリ)で、グラフィックスカードとして、GeFORCE 6800 Ultra (256MB)を用いた。評価実験において、体験者からは「波で操作できるのが良い」や「水中で紙相撲の発想が面白い」などのコメントが多数寄せられ、新たなインタラクション手法による紙相撲を楽しんでもらうことができた。また本システムは2日間で計10時間の遊びに耐え、その耐久性も確認できた。

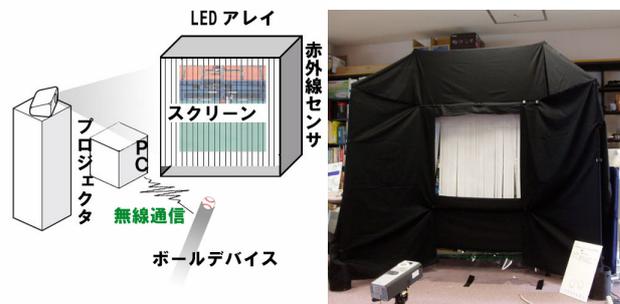
媒体に用いた水に関しては、良い印象を得ることができた。これは、波紋による力の伝わりが視覚化されていることや、自分が押した、もしくは相手が押した水の感触を感じることができるといったことが評価されたと考えられる。

## 4. 球魂 (2005年度)

球魂は、加速度センサと、のれん状スクリーンを用いた野球におけるピッチングを体感するVRアプリケーションである。従来の入力デバイスにはない、直接かつ直感的な入力方式を開発した。加速度センサを埋め込んだボールを用いることで、実際のピッチングと同じ動作で変化球を投げるができる。また、現実空間と仮想空間をシームレスにつなぐスクリーンを開発することで、プレイヤーは、投げたボールが仮想空間に飛び込むという新感覚を体験できるようになった。

### 4.1 システム構成

本システムは、図7(a)に示すように、のれん状スクリーンと、それを支える筐体、および野球ボールを改造したボールデバイスで構成する。のれん状スクリーンは図7(b)に示すような箱状の筐体内に懸下されており、PCでリアルタイムに合成した野球のバッターボックスの映像を投影する。スクリーンがのれん状であるため、ボールデバイスはスクリーンを容易に通過する。プレイヤーは、後述する専用のボールデバイスを、スクリーンに向かって投げ込む。



(a) システム構成 (b) のれん状スクリーン  
図7 システム概要

ボールデバイスには小型の3軸加速度センサが内蔵されており、デバイスのローカルな直交座標系の3軸方向に対する加速度データが無線でPCに伝える。PCではボールデバイスの回転速度や球速など解析し、スクリーンに投影する変化球の種類を選択する。

スクリーン周辺部には赤外線センサを設置し、ボールデバイスが飛び込んだ位置とタイミングを検知する。ボールデバイスがスクリーンを通過すると同時に、ボールデバイスがキャッチャーミットに収まるまでの映像を生成し、スクリーンに投影する。ここで、ボールデバイスがスクリーンを通過する位置とタイミングを、仮想空間のボールの投影される位置とタイミングに合わせることで、体験者に、現実空間で自分の投げたボールがシームレスに仮想空間へと飛び込んだような印象を与える。

### 4.2 システムの実装

ボールデバイスがスクリーンを通過した位置を検知するために、赤外線LEDと赤外線センサを用いた。

図8に示すように、スクリーン上部に水平に16本赤外線LEDを並べて設置し、左部にも同様に垂直に並べて設置した。これらと対になるように赤外線センサをスクリーン下部、右部にそれぞれ設置する。ここで、赤外線LEDの間隔を7cmにとり、ボールデバイスがディスプレイを通過するときに必ず赤外線LEDレーザを遮るようにした。遮られた赤外線LEDに対応する赤外線センサを検知し、ボールデバイスがスクリーンを通過した位置を求める。

ボールデバイスは野球ボールとほぼ同じ大きさとし、発泡スチロール製の心材を実際の野球ボールの皮で覆ったものを用いる。そして図 9 に示すように、ボールの心材にワイヤレス3軸加速度センサ(日立金属製:H34C)を埋め込んだ。このセンサは、200Hz のサンプリングレートで X, Y, Z のそれぞれの軸にかかる-4G~4G の加速度を、半径 10m 以内の受信機に送る。

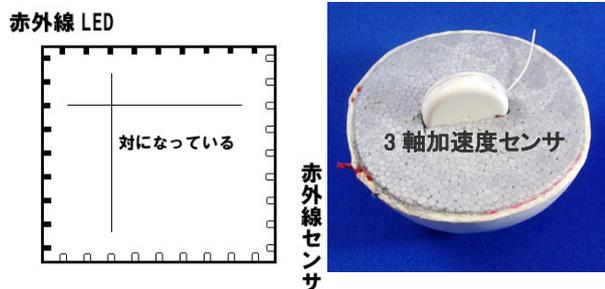


図 8 スクリーンセンサ

図 9 ボールデバイス

### 4.3 球種の判定法

球種の判定を、ボールの速度と遠心力で以下のように行う。

#### (1) ボールの速度による球種判定

ボールの速度は、センサの加速度変化から算出される滞空時間で求める。ボール内のセンサが測定する X, Y, Z 軸の加速度は、図 10 のようになる。

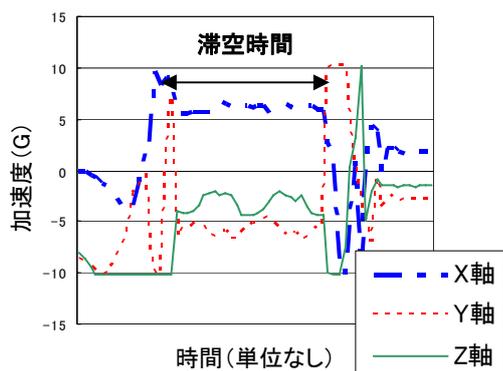


図 10 リリース時の加速度の変化

遠心力の大きさは、手からのリリースの瞬間に非常に大きな値を示す。これを始点とし、赤外線センサを通過した時刻を終点とすることで、ボールの滞空時間を算出する。ボールの速度はこの滞空時間に比例した値として求め、速度が一定以上の値の場合は、すべて火炎魔球とする。

#### (2) ボールの遠心力による球種判定

実際の変化球の球種はボールの回転速度に大きく影響を受けるが、ボールにかかる遠心力は回転速度に依存するため、遠心力を球種判定のパラメータに用いることにする。遠心力が閾値以上の場合には回転魔球、閾値以下の場合には分身魔球とする。

表1に遠心力および滞空時間と球種の関係を示す。以上の条件に当てはまらない場合は、魔球ではない普通の球とする。

表1 ボールデバイスの遠心力および滞空時間と球種の関係

遠心力\滞空時間	120ms 以下	120ms 以上
2G 以上	火炎魔球	回転魔球
0.3~2G	火炎魔球	普通の球
0.3G 以下	火炎魔球	分身魔球

### 4.4 映像演出

球魂の目的である変化球の投げ分けを楽しんでもらうため、ただボールの軌道を曲げる体験だけではなく、あたかも野球選手になったかのごとく振舞い、仮想空間に没入する総合的な演出をした。具体的には、野球場でリリーフを任されるという場面設定で、投球を体験するようにした。

スクリーン中央に設定されたストライクゾーンから外れた場合にボールと判定し、ボールカウントをする。これにより狙ったところに投げるといった遊びを演出する。ただし、回転魔球や分身魔球を投げた場合は、ボールがスクリーンのどこに飛び込んでもストライクとした。また、ストライクゾーンから外れた火炎魔球は、ワイルドピッチとした。

体験者に球種の投げ分けを体験させるために、3ストライク目は魔球を投げたときのみ取るものとし、魔球でない球を投げた場合はファールとする。

四球やワイルドピッチなどで相手チームの走者を進塁させ、その結果押し出しとなり逆転された場合、ゲームオーバーとした。

投影される映像は、より現実に近い投球感を与えるために、図 11 に示すような実写を用いたものにした。



図 11 球魂の映像

### 4.5 結果と評価

球魂では、直接的な動作による、ボール操作の随意性を楽しめ、従来の野球ゲームに欠けていた身体動作の醍醐味を演出できた。

評価実験の結果、多くの体験者が身体全体を使って勢いよくボールを投げていることを確認した。これは体験者が現実のピッチングと同じ動作で体験していたと考える。魔球の投げ分けに関しては、数回の練習を行うだけで多くのプレイヤーが行えていた。一方、ボールデバイスが軽いために操作しづらいという意見が多くあった。

### 5. まとめ

以上、IVRC での3つの出展作品を中心に、知識メディア創造の実践例を紹介した。紙面の都合上、多少わかりづらい記述になってしまったことをお詫し願いたい。

紹介した3作品とも、身体動作に直結した、誰にでも容易に操作できるインターフェイスを心がけており、電子デバイスを用いたシステム実装とデジタルメディア処理技術の応用的な研究である。

今後も、現実世界と仮想世界を結ぶ応用システムの研究をすすめて、人々の生活を豊かにするさまざまな提案をしつづけていきたい。