

# Watch the Birdie!—視聴覚MRと音イベント検出を利用した複合現実型アトラクション

Watch the Birdie! --- A Mixed-Reality Attraction Using  
Audio-Visual MR-System and Sound Event Detection Technique

石黒 祥生, 大槻 麻衣, 比嘉 恭太, 上坂 晃雅, 木村 朝子, 柴田 史久, 田村 秀行  
Yoshio ISHIGURO, Mai OTSUKI, Kyota HIGA, Akimasa UESAKA,  
Asako KIMURA, Fumihisa SHIBATA and Hideyuki TAMURA

立命館大学情報理工学部  
(〒525-8577 滋賀県 草津市 野路東1丁目1-1)

**Abstract:** "Watch the Birdie!" is a multi user Mixed Reality (MR) attraction using Audio-Visual MR System and sound event detection technique. In this attraction, birds will come and fly away when users make a sound by "Bird call": a tool generating an artificial chirp sound of bird. The sound detection system can localize the sound source position, made by each user, by the use of one pair of microphone array. Users can sense an approach of the birds, confirming not only by CG but also by the loudness and direction of the chirps, by using a three-dimensional sound field system.

**Key Words:** Mixed Reality, Audio-Visual MR, Sound Event Detection, Three Dimension Sound Field.

## 1. はじめに

「Watch the Birdie!」は、複数人が同時体験可能な視覚・聴覚共存型の複合現実感(Mixed Reality; MR)システムを利用したMRアトラクションである。

これまでもMR技術を用いた様々なエンターテインメントやインタラクティブ・アート作品が発表されている[1][2]。その最も大きな成功例は、2005年に愛知県で開催された「愛・地球博」の「日立グループ館」におけるライド型MR展示で、約180万人の来場者が体験した。このアトラクションが大きな人気を集めたのは、他の大半のパビリオンが従前の大型映像シアター中心の受動型体験であったのに対して、来場者1人ずつが異なった視点か

らの映像を実時間体験ができ、かつ来場者がCG製のバナナを投げたり、CG製の希少動物を手の平で動かせるといった参加体験型であったことが最大の原因と言われている。しかしながら、これらはすべて現実世界と仮想世界の視覚的な融合だけに留まっている。

最新の先端技術を駆使した作品が人々に新たな感動を与えるならば、我々は視覚的MRだけでなく、聴覚のMRや音刺激が仮想空間や複合現実空間に及ぼす効果を駆使したMRコンテンツ作りを目指すことにした。「Watch the Birdie!」は、こうして生まれたMRアトラクションで、新しいMR研究の成果を試す対象ともなっている。

本稿では、2章でこのMRアトラクションのデザインコンセプト、3章でシステム構成、4、5章でインタラクション機能とそれらを実現するために必要な視聴覚融合型のMR技術と、MR空間に音イベントを反映させる技術について述べる。



図1 Watch the Birdie! 体験風景 (イメージ図)



図2 バードコール

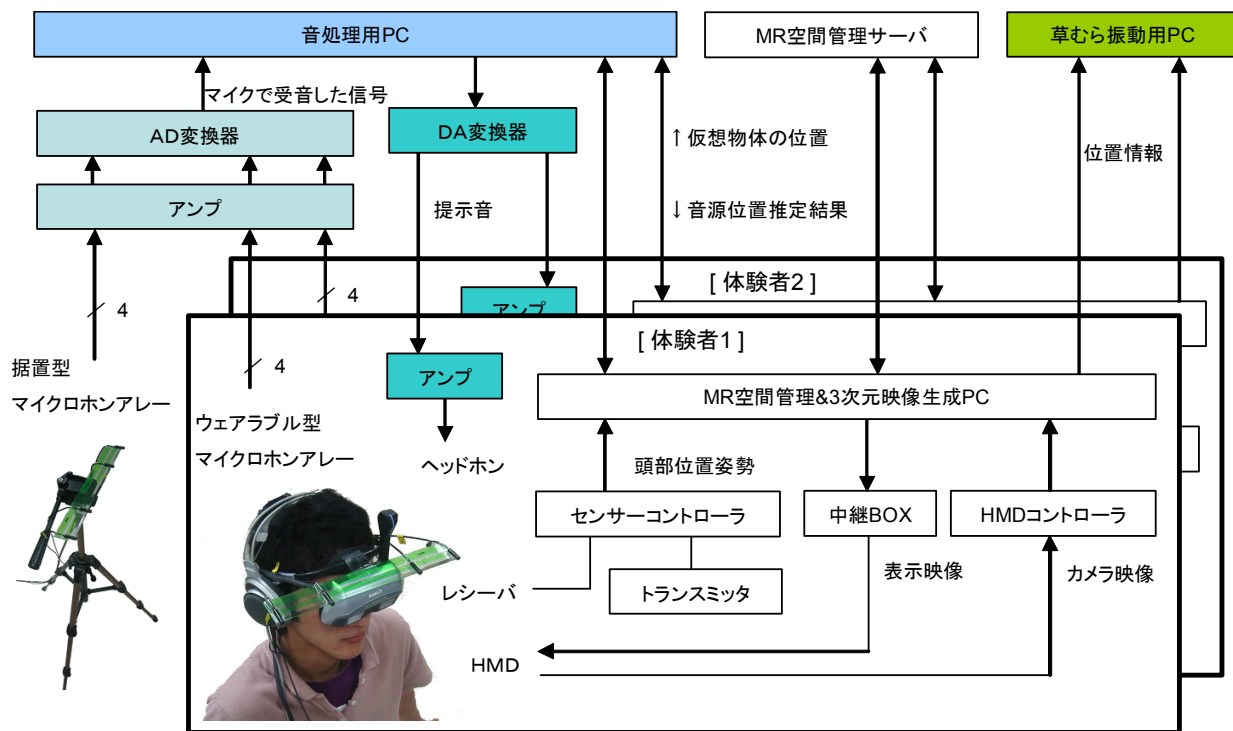


図3 システム構成

## 2. Watch the Birdie!のデザインコンセプト

新技術の有効性検証の場であると同時に、MR技術のもつ可能性を魅力的に見せるものでなくてはならない。CG描画された鳥がさえぎりながら飛ぶ様子を観察したり、体験者自身が音イベントを発生させることで鳥とインタラクションできるもの（図1）を制作することにし、

「Watch the Birdie!」（写真撮影時に子供に語りかける言葉。「ほら、鳥さんを見てね」の意）と名付けた。

この体験型アトラクションには、以下の3つのインタラクションモードを組み込むことにした。

- (1) 音源（スピーカー）に集まる鳥（CG）を観察
- (2) 音デバイスによるメニュー選択
- (3) 音デバイスを使って草むらの中から鳥を呼び寄せ、その鳥が体験者の周りをさえぎりながら飛ぶ様子を観察

これらを実現するために本MRアトラクションでは、視覚・聴覚の両面で違和感なく実世界と仮想世界を融合する技術[3]と、現実空間で発した音の方向・位置推定を行い、その結果をMR空間へのイベント入力とする技術[4]を導入する。

また、「メニュー選択」や「鳥を呼び寄せる」などのインタラクションに利用する音デバイスとして、バードウォッチング等で鳥の鳴き声を模す道具として用いられる「バードコール」（図2）を採用する。

## 3. システム構成

図3に本システムの構成を示す。本システムは(a)現実世界と仮想世界の視覚的融合、(b)聴覚的融合、(c)実世界で発せられた音源方向・位置の推定、そして(d)実物の草むらの中からCGの鳥が飛び出してくる際に草むらを揺らす

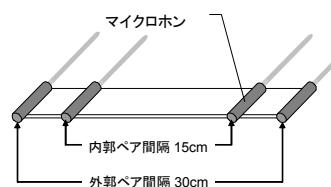


図4 マイクロホンアレー構成



図5 マイクロホンアレー

という4つの処理部から構成される。

(a)では、MR空間管理および3次元映像生成を行う。MR空間の管理には、キャノン製MRプラットフォーム・システムの複数人同時体験可能なマルチユーザ・タイプを利用しており、MR空間管理サーバとMR空間管理&3次元映像生成PCから構成される。体験者は、ビデオスルー型HMD (Canon VH-2002) を装着し、MR空間で鳥が飛びまわる様子を観察する。HMDの位置姿勢検出には、Polhemus社製の磁気センサ3SPACE FASTRAKを使用している。MR空間管理&3次元映像生成PCでは、各体験者のHMDに描画される3次元映像生成を生成するとともに、鳥などの仮想物体の位置を音処理用PCと草むら振動用PCに送信する。

(b)では、(a)で描画する仮想物体（鳥など）の位置から音（さえずり声などの）が聞こえるように、音処理用PCで体験者ごとの3次元音場を生成する。生成された人工音は、DA変換器（Thinknet社製 DF-2032D）に出力され、ヘッドホンアンプで増幅されて各体験者が装着する開放型ヘッドホン（SONY製MDR-F1）に提示される。この開放型ヘッドホンは、装着時にヘッドホンと耳の間に隙間ができるため、体験者が現実世界の音と音処理用PCで生成した人工音を同時に聴取することが可能である。

(c)では、音の検出と音源方向・位置の推定を行う。集音には4chのマイクロホンアレーを利用する。受音に用いるマイクロホンは無指向性とし、図4に示すマイクロホン間隔で非金属製の剛体板に固定した。マイクロホンアレーは三脚に取り付け、位置を固定した据置型（図5左）1台と、HMDに取り付けたウェアラブル型（図5右）2台を利用する。マイクロホンアレーによって受音した信号はマイクロホンアンプ（Thinknet社製 MA-2016C）でラインレベルに増幅し、AD変換機（Thinknet社製 DF-2X16-2）を経由した後、音処理用PCに入力され、音源方向・位置の推定処理が行われ、その結果がMR空間管理&3次元映像生成PCに送られる。

(d)では、鳥が草むらから飛び出してくる様子を臨場感高く表現するために、草むらを模した装置を実空間に配置する。CGの鳥が草むらから飛び出すと、草むら振動用PCから草の根元に設置されたモータに回転命令が送られ、実際に草がゆれる構造になっている。

#### 4. インタラクティブ機能

体験者は4.1から4.3節に示すインタラクティブ機能を順を追って体験する。

##### 4.1 スピーカーに集まる鳥の観察

HMDを通して体験スペースを眺めると、CGで描かれた沢山の鳥が跳ねまわっている様子を観察することができる。この体験スペースに、スピーカーを置き、スピーカーから音が鳴りはじめると、その周りに鳥が寄ってくる。スピーカーは簡単に動かすことができ、スピーカーを移動すると、そちらの方に鳥が移動する。ここでは、5.2で述べる音源位置の推定方法により、スピーカーの位置を推定し、推定された音源位置に鳥が寄ってくる。また、音源位置の推定結果がわかりやすいよう、確認用のアイコン描画も行う（図6）。

##### 4.2 音デバイスによるメニュー選択

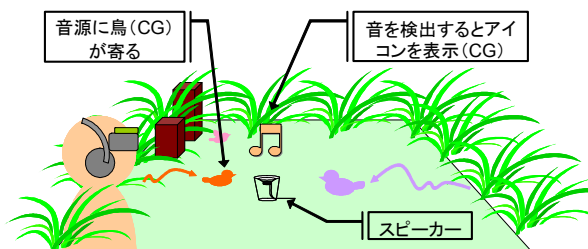


図6 スピーカーに集まる鳥の観察



図7 音デバイスによるメニュー選択の様子

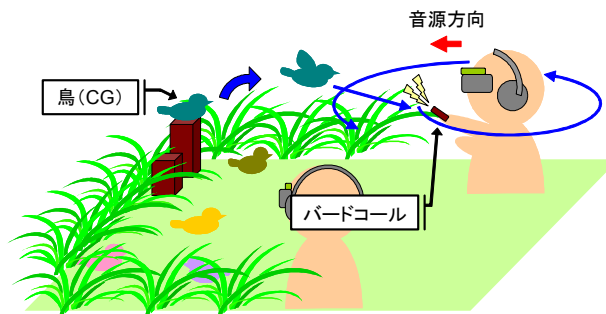


図8 鳥を呼び寄せるインタラクティブ

次のインタラクティブモードでは、体験者の目の前に、CGで描かれたスイッチが、体験者を中心に半円状に並んで提示される。それぞれのスイッチには、様々な鳥が描かれており、じっくり観察したい鳥のスイッチに向かって、体験者がバードコールを鳴らすことにより、その鳥を選択することができる（図7）。この音デバイスを利用したスイッチ選択操作は、5.2で述べる音源方向の推定により実現する。

##### 4.3 鳥を呼び寄せるインタラクティブ

このインタラクティブモードでは、4.2節で選択した鳥を、バードコールを使って体験者の近くに呼び寄せることができる。体験スペースを取り囲むように設置された草むらに向かって、体験者がバードコールを鳴らすと、音を発した方角の草むらから4.2節で選択した鳥が飛来する。この際、バードコールの音源位置をもとにどの体験者がバードコールを鳴らしたのかを特定し、鳥はその体験者の周りをさえずりながら飛びまわる。鳥の飛び方は、事前に用意したいくつかの飛行経路からランダムに決定される（図8）。

ここでは、飛びまわっているCGの鳥の位置からさえずりが聞こえるように、5.1節で述べる視聴覚融合型のMR技術を利用している。また、鳥を呼び寄せる際の、バードコールを鳴らした方向の推定には、5.2節の音源方向推定、バードコールを鳴らした体験者の推定には、同様に5.2の音源位置推定技術を利用する。

#### 5. MR空間に対する音の入出力処理

##### 5.1 視聴覚融合型MR

現実世界と仮想世界両方の音を違和感なく提示するた

めに、本アトラクションでは比嘉らが提案する視聴覚融合型のMR技術[3]を導入した。PCで生成した3次元音場をヘッドホンで提示するバイノーラル方式を採用することで、体験者に飛びまわっているCGの鳥の位置からさえずり（人工音）を提示することができる。また、開放型ヘッドホンを用いることで、体験者は、バードコールの音、草むらが動く音など、現実世界で発せられる音も同時に聞くことができる。

他にも、密閉型のヘッドホンにマイクロホンを取り付け、実世界の音を収録し、人工音と混合する方法も考えられる。しかし、比嘉らの実験結果から、この方法では、マイクロホンで集音してからヘッドホンに提示するまでに遅延が発生し、体験者自身が声を出す場合に違和感があることがわかっている[3]。よって、本アトラクションでは開放型ヘッドホンを採用した。

本アトラクションは、複数人による同時体験を可能としている。このため、ある仮想物体から発せられる音をPCで合成する場合は、各体験者と音源の相対位置をもとに、それぞれの体験者用の人工音を生成する必要がある。また、例えば複数の鳥（CG）がいろいろなところで鳴いている場合などに、異なる位置で同時に発せられる音を提示する必要がある。これは、それぞれの仮想物体の位置をもとに計算される人工音を単純に足し合わせることで容易に実現することができる。

## 5.2 音イベントの検出

本アトラクションでは、音イベントを検出しインタラクションに利用している。音イベントの音源方向および音源位置の推定には、大槻らの方法[4]を用いているが、音源方向、音源位置、それぞれの推定結果は、目的に応じて使い分けている。

体験者を原点としたときの音源方向はウェアラブル型のマイクロホンアレー1台を利用して推定することができる。本MRアトラクションでは、3.2節の音デバイスによるメニュー選択と3.3節の鳥を呼び寄せる際の鳥が登場する方向の決定に、この音源方向の推定結果を利用している。

音源位置の推定に据置型1台と、ウェアラブル型1台のマイクロホンアレーを用いる。まず、マイクロホンアレーで集音された音データから、それぞれ音源方向の推定を行う。据置型マイクロホンアレーの位置姿勢は事前に計測しており、ウェアラブル型マイクロホンアレーの位置姿勢は、HMDに取り付けられた磁気センサから取得することができる。よって、それぞれのマイクロホンアレーの位置姿勢と、そのマイクロホンアレーから集音されたデータをもとに推測された音源方向情報から、音源の2次元位置（高さ情報以外）を推定することができる。

本アトラクションでは、4.1節のスピーカーに集まる鳥の観察と4.3節のバードコールを鳴らした体験者の特定に、この音源位置の推定結果を利用しており、前者の場合はスピーカーが床に置かれているという条件のもと音源の3次元位置を求めており、後者の場合はバードコールの音

源位置と体験者の位置（HMDに装着された磁気センサの位置）に近い体験者が、バードコールを鳴らしたと推定している。但し、本アトラクションでは、2名の体験者を想定しているため、ウェアラブル型マイクロホンアレーが2台存在する。位置推定にどちらのウェアラブル型マイクロホンアレーを利用するかは、据置型とウェアラブル型マイクロホンアレーの距離、マイクロホンアレー同士がなす角度をもとに、大槻らの提案する方法により選択する[4]。

また、本大会の技術展示のような大きな雑音環境下でもストレスなく体験できるシステムとするためには、雑音除去が必須である。そこで、今回音デバイスとして利用するバードコールが発する周波数帯を通すバンドパスフィルタを掛けることで、体験者の話し声など雑音の影響を受けにくいシステムを構築した。

## 6. むすび

複数人が同時体験可能な視覚・聴覚融合型のMRアトラクション「Watch the Birdie!」を制作した。スピーカーに集まる鳥の観察、バードコールを用いたメニュー選択、音デバイスを用いて草むらの中から鳥を呼び寄せ、その鳥が体験者の周りをさえずりながら飛ぶ様子を観察するという、音を利用した3つのインタラクション機能を実現した。

本アトラクションは、視覚だけでなく、聴覚においても実世界と仮想世界を融合する新しいMR技術を利用しており、体験者からは、臨場感が増す、HMDでは見ることができない側面、背面の様子を補完することができるなど好評であった。また、音イベントをMR空間に対する入力として利用する新たな試みも、余計なセンサ類を装着する必要がなく簡便であると好評であったが、バードコールの使い方によって想定した周波数の音が鳴らず音イベントとして認識されない、雑音除去が十分でないといった課題も残した。

**謝辞** 本研究の一部は、科研費・基盤研究A「三感融合型複合現実空間の構成法に関する研究」による。

### 参考文献

- [1]大島, 佐藤, 山本, 田村: “RV-Border Guards:複数人参加型複合現実感ゲーム”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.4, No.4, pp.699-705, 1999.
- [2]木村, 橋本, 一刈, 種子田, 鬼柳, 柴田, 田村: “Cherry Blossom Cyberview -サイバー観桜会-”, 同第9回大会論文集, pp.609-610, 2004.
- [3]比嘉, 西浦, 木村, 柴田, 田村: “視覚・聴覚を併用した複合現実感システムの開発(1)―視覚的MRと聴覚的MRの同時提示の実現-”, 本大会, 2006.
- [4]大槻, 西浦, 木村, 柴田, 田村: “現実の音イベントの方向・位置の推定とその複合現実空間への反映”, 本大会, 2006.

